

中華民國

國家溫室氣體排放

清冊報告



2024



前言

聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 已逾 20 餘年時間，迎來巴黎協定制定強而有力的全球承諾，並於今 (2024) 年要求以提升透明度架構 (Enhanced Transparency Framework, ETF) 的方法來獲取生成國家自定貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 的進展，以及對更廣泛全球減量進展的可靠資訊。而國家溫室氣體排放清冊 (National Greenhouse Gas Inventory) 是扮演提供關鍵數據的重要角色，可以了解各國溫室氣體排放現況及趨勢，也是檢核減量目標達成情形的依據。未來，因應巴黎協定推動溫室氣體減量作為，國家溫室氣體清冊也是全球盤點 (Global Stocktake) 的透明度基礎，作為確認締約方是否就其所承諾的 NDC 計畫實際執行。

環境部基於「氣候變遷因應法」(以下簡稱氣候法) 第 13 條對中央主管機關的要求，依循聯合國氣候變化綱要公約及巴黎協定相關規範，呼應各界對於瞭解我國溫室氣體排放及吸收統計情形與變化趨勢之殷切期望，根據 2006 年版聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 國家溫室氣體排放清冊指南的統計方法 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)，逐年更新彙編「中華民國國家溫室氣體排放清冊報告」，主動對外揭露我國自 1990 年起之國家溫室氣體排放及移除趨勢，今年 (西元 2024 年) 則發布「中華民國溫室氣體排放清冊報告 (2024 年版)」(以下簡稱本報告)。

為達成國家溫室氣體長期減量目標，我國現行氣候法明定 2050 年淨零目標及 5 年為一期之溫室氣體階段管制目標，以展現我國減量決心。目前依 2050 年淨零排放之長期減量目標及溫室氣體排放量達成情形，滾動檢討各階段減碳路徑規劃，我國於 2022 年 12 月 28 日公布我國淨零轉型之 2030 年 NDC 目標，並說明 12 項關鍵戰略的具體行動與措施。而國家溫室氣體排放清冊報告即為檢討溫室氣體減量目標達成情形之重要依據。

國家溫室氣體排放清冊由相關權責部會進行所轄部門溫室氣體排放數據之調查及統計作業，邀集相關領域專家學者就統計數據、方法及改善計畫等加以審議修正，每年定期提送環境部氣候變遷署彙整，經跨部會研商討論及編撰校稿後，建立國家溫室氣體排放清冊並對外公開。

參與本報告編輯相關部會包括：環境部、經濟部、農業部等，智庫團隊包括：財團法人工業技術研究院、財團法人台灣綜合研究院及財團法人臺灣綠色生產力基金會。

本報告內容參照「巴黎協定」第 13 條所提及的行動和支持透明架構之模式、程序及指南 (CMA.3 第 5 號決議附件)，總共分成八大章節，其中第一、二章主要說明臺灣溫室氣體排放清冊統計範圍、概況及整體溫室氣體排放趨勢之說明，第三至七章主要是按照 2006 IPCC 指南中之部門分類，分別陳述各部門不同溫室氣體排放源與吸收匯的統計方法、數據、結果、各部門排放趨勢等第八章改善規劃則主要陳述臺灣溫室氣體排放清冊統計工作尚須持續改善的內容與規劃，俾利未來對國家溫室氣體排放清冊品質做持續性的改善。

未來我國除逐年發布國家溫室氣體排放清冊報告外，並將參照巴黎協定相關運作規則的協商結果，持續精進報告透明度及數據品質，期透過報告連結國際社會，呈現我國對於減緩地球暖化之貢獻。

目錄

| | |
|---------------------------------|-------|
| 前言 | 1 |
| 目錄 | 2 |
| 表目錄 | 5 |
| 圖目錄 | 10 |
| 執行摘要 | |
| ES.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊 | ES-1 |
| ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要 | ES-1 |
| ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽 | ES-7 |
| ES.4 其他資訊 | ES-14 |
| 第一章 簡介 | |
| 1.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊 | 1-1 |
| 1.2 清冊準備之組織制度安排 | 1-1 |
| 1.3 清冊準備流程 | 1-1 |
| 1.4 方法與資料來源 | 1-1 |
| 1.5 主要排放源 | 1-3 |
| 1.6 品質保證及品質管制計畫資訊 | 1-5 |
| 1.7 一般不確定性 | 1-5 |
| 1.8 完整性評估 | 1-7 |
| 1.9 參考文獻 | 1-7 |
| 第二章 溫室氣體排放趨勢 | |
| 2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋 | 2-1 |
| 2.1.1 溫室氣體排放及移除 | 2-1 |
| 2.1.2 人均二氧化碳排放 | 2-1 |
| 2.1.3 二氧化碳密集度 | 2-1 |
| 2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋 | 2-1 |
| 2.2.1 二氧化碳 | 2-1 |
| 2.2.2 甲烷 | 2-4 |
| 2.2.3 氧化亞氮 | 2-6 |
| 2.2.4 氫氟碳化物 | 2-6 |
| 2.2.5 全氟碳化物 | 2-7 |
| 2.2.6 六氟化硫 | 2-7 |
| 2.2.7 三氟化氮 | 2-9 |
| 2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋 | 2-10 |
| 2.3.1 能源部門 | 2-10 |
| 2.3.2 工業製程及產品使用部門 | 2-13 |
| 2.3.3 農業部門 | 2-15 |
| 2.3.4 土地利用、土地利用變化及林業部門 | 2-16 |
| 2.3.5 廢棄物部門 | 2-16 |
| 第三章 能源部門 (CRT Sector 1) | |
| 3.1 部門概述 | 3-1 |
| 3.2 燃料燃燒 (1.A) | 3-1 |
| 3.2.1 能源產業 (1.A.1) | 3-17 |
| 3.2.2 製造業與營造業 (1.A.2) | 3-20 |
| 3.2.3 運輸 (1.A.3) | 3-25 |
| 3.2.4 其他部門 (服務業、住宅、農林漁牧)(1.A.4) | 3-29 |
| 3.2.5 其他 | 3-32 |
| 3.2.6 部門方法與參考方法的比較 | 3-32 |
| 3.2.7 國際運輸燃料 | 3-32 |
| 3.2.8 燃料的原料與非能源使用 | 3-36 |

| | |
|---------------------------------------|------|
| 3.3 燃料逸散性排放 (1.B) | 3-39 |
| 3.4 參考文獻 | 3-46 |
| 第四章 工業製程及產品使用部門 (CRT Sector 2) | |
| 4.1 部門概述 | 4-1 |
| 4.1.1 統計項目 | 4-1 |
| 4.1.2 調整與重新計算說明 | 4-1 |
| 4.1.3 統計結果 | 4-3 |
| 4.2 礦業 (非金屬製程) (2.A) | 4-3 |
| 4.2.1 水泥生產 (2.A.1) | 4-5 |
| 4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2) | 4-8 |
| 4.2.3 玻璃生產 (2.A.3) | 4-10 |
| 4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4) | 4-11 |
| 4.2.5 其他 (2.A.5) | 4-14 |
| 4.3 化學工業 (2.B) | 4-16 |
| 4.3.1 氨生產 (2.B.1) | 4-16 |
| 4.3.2 硝酸生產 (2.B.2) | 4-16 |
| 4.3.3 己二酸生產 (2.B.3) | 4-19 |
| 4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4) | 4-19 |
| 4.3.5 電石生產 (2.B.5) | 4-20 |
| 4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6) | 4-21 |
| 4.3.7 碳酸鈉 (純鹼 / 蘇打) 生產 (2.B.7) | 4-23 |
| 4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8) | 4-24 |
| 4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9) | 4-32 |
| 4.3.10 其他 (2.B.10) | 4-34 |
| 4.4 金屬工業 (2.C) | 4-35 |
| 4.4.1 鋼鐵生產 (2.C.1) | 4-35 |
| 4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2) | 4-40 |
| 4.4.3 原鋁生產 (2.C.3) | 4-41 |
| 4.4.4 鎂生產 (2.C.4) | 4-41 |
| 4.4.5 鉛生產 (2.C.5) | 4-43 |
| 4.4.6 鋅生產 (2.C.6) | 4-44 |
| 4.5 非能源產物燃料溶劑使用 (2.D) | 4-45 |
| 4.6 電子工業 (2.E) | 4-46 |
| 4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1) | 4-47 |
| 4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2) | 4-49 |
| 4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F) | 4-50 |
| 4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1) | 4-51 |
| 4.7.2 發泡劑 (2.F.2) | 4-53 |
| 4.7.3 滅火藥劑 (2.F.3) | 4-53 |
| 4.7.4 氣膠產品 (推進劑及溶劑) (2.F.4) | 4-54 |
| 4.7.5 溶劑 (非氣膠) (2.F.5) | 4-54 |
| 4.7.6 其他應用 (2.F.6) | 4-54 |
| 4.8 其他產品之製造與使用 (2.G) | 4-54 |
| 4.8.1 電子設備 (2.G.1) | 4-54 |
| 4.8.2 其它產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2) | 4-54 |
| 4.8.3 使用氧化亞氮產品 (2.G.3) | 4-56 |
| 4.9 其他 (2.H) | 4-56 |
| 4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1) | 4-56 |
| 4.10 參考文獻 | 4-58 |



第五章 農業部門 (CRT Sector 3)

| | |
|---------------------------|------|
| 5.1 部門概述 | 5-1 |
| 5.2 畜禽腸胃發酵 (3.A) | 5-3 |
| 5.3 畜禽糞尿處理 (3.B) | 5-7 |
| 5.3.1 畜禽糞尿處理 – 甲烷 | 5-7 |
| 5.3.2 畜禽糞尿處理 – 氧化亞氮 | 5-11 |
| 5.4 水稻種植 (3.C) | 5-13 |
| 5.5 農業土壤 (3.D) | 5-17 |
| 5.5.1 農耕土壤的氧化亞氮直接排放 | 5-19 |
| 5.5.2 農耕土壤的氧化亞氮間接排放 | 5-31 |
| 5.6 草原焚燒 (3.E) | 5-36 |
| 5.7 作物殘渣燃燒 (3.F) | 5-36 |
| 5.8 石灰處理 (3.G) | 5-38 |
| 5.9 尿素施用 (3.H) | 5-39 |
| 5.10 其他含碳肥料 (3.I) | 5-40 |
| 5.11 其他 (3.J) | 5-40 |
| 5.12 參考文獻 | 5-41 |

第六章 土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRT Sector 4)

| | |
|-------------------------------|------|
| 6.1 林業部門敘述 | 6-1 |
| 6.2 森林土地 (4.A) | 6-1 |
| 6.2.1 林地維持林地 (4.A.1) | 6-4 |
| 6.2.2 其他土地轉變為森林 (4.A.2) | 6-12 |
| 6.3 參考文獻 | 6-14 |

第七章 廢棄物部門 (CRT Sector 5)

| | |
|---------------------------------|------|
| 7.1 部門概述 | 7-1 |
| 7.2 固體廢棄物處理 (5.A) | 7-4 |
| 7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.1) | 7-4 |
| 7.2.2 無管理之廢棄物掩埋場 (5.A.2) | 7-10 |
| 7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3) | 7-14 |
| 7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B) | 7-14 |
| 7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C) | 7-17 |
| 7.4.1 廢棄物焚化 (5.C.1) | 7-17 |
| 7.4.2 廢棄物露天燃燒 (5.C.2) | 7-20 |
| 7.5 廢水處理與放流 (5.D) | 7-21 |
| 7.5.1 生活污水處理與放流 (5.D.1) | 7-21 |
| 7.5.2 事業廢水處理與放流 (5.D.2) | 7-28 |
| 7.6 參考文獻 | 7-33 |

第八章 改善規劃

8-1

名詞、縮寫與單位索引

附件一、IPCC 第五次評估報告溫暖化潛勢值

附件二、2022 年能源平衡表 – OECD 能源統計格式 (熱值單位)

附件三、能源部門燃料燃燒二氧化碳排放指標

附件四、能源部門燃料燃燒排放量 (間接排放)



表目錄

| | | |
|----------|-----------------------------------|-------|
| 表 ES2.1 | 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量 | ES-3 |
| 表 ES2.2 | 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量和移除量 | ES-4 |
| 表 ES2.3 | 1990 年至 2022 年甲烷排放量 | ES-5 |
| 表 ES2.4 | 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量 | ES-6 |
| 表 ES2.5 | 1990 年至 2022 年含氟氣體排放量 | ES-7 |
| 表 ES3.1 | 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量 | ES-9 |
| 表 ES3.2 | 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量 | ES-10 |
| 表 ES3.3 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量 | ES-11 |
| 表 ES3.4 | 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量 | ES-13 |
| 表 ES3.5 | 1990 年至 2022 年林業部門碳移除量變化 | ES-14 |
| 表 ES3.6 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量 | ES-15 |
| 表 1.5.1 | 各部門排放源類別 | 1-3 |
| 表 1.6.1 | 國家溫室氣體排放清冊現行 QA/QC 作法 | 1-5 |
| 表 1.7.1 | 國家溫室氣體排放清冊一般不確定性 | 1-6 |
| 表 1.8.1 | 國家溫室氣體排放清冊完整性說明 | 1-7 |
| 表 2.1.1 | 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量 | 2-1 |
| 表 2.2.1 | 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量 | 2-3 |
| 表 2.2.2 | 1990 年至 2022 年甲烷排放量 | 2-5 |
| 表 2.2.3 | 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量 | 2-6 |
| 表 2.2.4 | 1990 年至 2022 年氫氟碳化物排放量 | 2-8 |
| 表 2.2.5 | 1990 年至 2022 年全氟碳化物排放量 | 2-8 |
| 表 2.2.6 | 1990 年至 2022 年六氟化硫排放量 | 2-9 |
| 表 2.2.7 | 1990 年至 2022 年三氟化氮排放量 | 2-10 |
| 表 2.3.1 | 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量 | 2-11 |
| 表 2.3.2 | 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量 | 2-12 |
| 表 2.3.3 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量 | 2-13 |
| 表 2.3.4 | 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量 | 2-16 |
| 表 2.3.5 | 1990 年至 2022 年林業部門碳移除量變化 | 2-17 |
| 表 2.3.6 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量 | 2-18 |
| 表 3.1.1 | 能源部門所使用方法學 | 3-1 |
| 表 3.1.2 | 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量 | 3-2 |
| 表 3.2.1 | 能源部門燃料燃燒排放源分類 | 3-3 |
| 表 3.2.2 | 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數 | 3-5 |
| 表 3.2.3 | 一般廢棄物各分類之二氧化碳排放係數 | 3-9 |
| 表 3.2.4 | 各類溫室氣體溫暖化潛勢 | 3-9 |
| 表 3.2.5 | 能源熱值表 | 3-10 |
| 表 3.2.6 | 一般廢棄物歷年熱值 | 3-10 |
| 表 3.2.7 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量 | 3-11 |
| 表 3.2.8 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量 | 3-13 |
| 表 3.2.9 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-14 |
| 表 3.2.10 | 2021 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析 | 3-16 |
| 表 3.2.11 | 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 能源產業 | 3-17 |
| 表 3.2.12 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量 | 3-18 |
| 表 3.2.13 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量 | 3-19 |
| 表 3.2.14 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-21 |
| 表 3.2.15 | 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 製造業與營造業 | 3-21 |
| 表 3.2.16 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢 | 3-22 |
| 表 3.2.17 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量 | 3-24 |
| 表 3.2.18 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-25 |
| 表 3.2.19 | 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 運輸 | 3-25 |
| 表 3.2.20 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量 | 3-27 |

表目錄

| | | |
|----------|--------------------------------------|------|
| 表 3.2.21 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放量 | 3-28 |
| 表 3.2.22 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-29 |
| 表 3.2.23 | 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 服務、住宅、農林漁牧 | 3-29 |
| 表 3.2.24 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量 | 3-30 |
| 表 3.2.25 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量 | 3-31 |
| 表 3.2.26 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-32 |
| 表 3.2.27 | 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較 (初估值) | 3-32 |
| 表 3.2.28 | 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 國際運輸燃料 | 3-33 |
| 表 3.2.29 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量 | 3-34 |
| 表 3.2.30 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量 | 3-35 |
| 表 3.2.31 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量 | 3-36 |
| 表 3.2.32 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量 | 3-37 |
| 表 3.2.33 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量 | 3-37 |
| 表 3.2.34 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量 | 3-38 |
| 表 3.3.1 | 能源部門燃料逸散排放源分類 | 3-39 |
| 表 3.3.2 | 2006 IPCC 指南石油逸散排放係數 | 3-40 |
| 表 3.3.3 | 2006 IPCC 指南天然氣逸散排放係數 | 3-41 |
| 表 3.3.4 | 1990 年至 2022 年燃料逸散溫室氣體排放量 | 3-41 |
| 表 3.3.5 | 1990 年至 2022 年固體燃料逸散溫室氣體排放量 | 3-43 |
| 表 3.3.6 | 1990 年至 2022 年石油逸散溫室氣體排放量 | 3-43 |
| 表 3.3.7 | 1990 年至 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放量 | 3-45 |
| 表 3.3.8 | 2020 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析 | 3-46 |
| 表 4.1.1 | 工業製程及產品使用部門排放源分類 | 4-1 |
| 表 4.1.2 | 工業製程及產品使用部門所使用方法學 | 4-3 |
| 表 4.1.3 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量 | 4-4 |
| 表 4.2.1 | 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量 | 4-6 |
| 表 4.2.2 | 1990 年至 2022 年水泥熟料產量 | 4-7 |
| 表 4.2.3 | 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量 | 4-8 |
| 表 4.2.4 | 1990 年至 2022 年生石灰產量 | 4-9 |
| 表 4.2.5 | 1990 年至 2022 年石灰生產製程排放量 | 4-10 |
| 表 4.2.6 | 1990 年至 2022 年平板玻璃產量 | 4-11 |
| 表 4.2.7 | 1990 年至 2022 年玻璃生產製程排放量 | 4-11 |
| 表 4.2.8 | 1990 年至 2022 年純鹼使用量 | 4-12 |
| 表 4.2.9 | 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量 | 4-12 |
| 表 4.2.10 | 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用量 | 4-14 |
| 表 4.2.11 | 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量 | 4-14 |
| 表 4.2.12 | 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產量 | 4-15 |
| 表 4.2.13 | 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量 | 4-16 |
| 表 4.3.1 | 1990 年至 2022 年化學工業排放量 | 4-17 |
| 表 4.3.2 | 1990 年至 2022 年硝酸產量 | 4-18 |
| 表 4.3.3 | 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量 | 4-18 |
| 表 4.3.4 | 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量 | 4-20 |
| 表 4.3.5 | 1990 年至 2022 年碳化鈣產量 | 4-21 |
| 表 4.3.6 | 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量 | 4-21 |
| 表 4.3.7 | 1990 年至 2022 年二氧化鈦產量 | 4-22 |
| 表 4.3.8 | 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量 | 4-22 |
| 表 4.3.9 | 1990 年至 2022 年純鹼產量 | 4-23 |
| 表 4.3.10 | 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量 | 4-23 |
| 表 4.3.11 | 1990 年至 2022 年甲醇產量 | 4-25 |
| 表 4.3.12 | 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量 | 4-25 |
| 表 4.3.13 | 1990 年至 2022 年乙烯產量 | 4-26 |

表目錄

| | | |
|----------|---|------|
| 表 4.3.14 | 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量 | 4-26 |
| 表 4.3.15 | 1990 年至 2022 年氯乙烯產量 | 4-27 |
| 表 4.3.16 | 1990 年至 2022 年氯乙烯生產製程排放量 | 4-27 |
| 表 4.3.17 | 1990 年至 2022 年環氧乙烷產量 | 4-29 |
| 表 4.3.18 | 1990 年至 2022 年環氧乙烷 / 乙二醇生產製程排放量 | 4-29 |
| 表 4.3.19 | 1990 年至 2022 年丙烯腈產量 | 4-30 |
| 表 4.3.20 | 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量 | 4-30 |
| 表 4.3.21 | 1990 年至 2022 年碳黑產量 | 4-31 |
| 表 4.3.22 | 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量 | 4-32 |
| 表 4.3.23 | 1990 年至 2022 年 HCFC-22 產量 | 4-33 |
| 表 4.3.24 | 1990 年至 2022 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量 | 4-33 |
| 表 4.3.25 | 1990 年至 2022 年苯乙烯產量 | 4-34 |
| 表 4.3.26 | 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量 | 4-34 |
| 表 4.4.1 | 1990 年至 2022 年金屬工業排放量 | 4-35 |
| 表 4.4.2 | 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚產量 | 4-37 |
| 表 4.4.3 | 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量 | 4-37 |
| 表 4.4.4 | 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產排放量不確定性 | 4-38 |
| 表 4.4.5 | 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量 | 4-38 |
| 表 4.4.6 | 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量 | 4-39 |
| 表 4.4.7 | 1990 年至 2022 年鐵合金產量 | 4-40 |
| 表 4.4.8 | 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量 | 4-40 |
| 表 4.4.9 | 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量 | 4-41 |
| 表 4.4.10 | 1990 年至 2022 年鉛錠產量 | 4-43 |
| 表 4.4.11 | 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量 | 4-43 |
| 表 4.4.12 | 1990 年至 2022 年鋅錠產量 | 4-44 |
| 表 4.4.13 | 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量 | 4-44 |
| 表 4.5.1 | 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量 | 4-45 |
| 表 4.6.1 | 1990 年至 2022 年電子工業製程排放量 | 4-46 |
| 表 4.6.2 | 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量 | 4-47 |
| 表 4.6.3 | 1990 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量 | 4-49 |
| 表 4.7.1 | 1990 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量 | 4-51 |
| 表 4.7.2 | 1990 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 使用量 | 4-52 |
| 表 4.7.3 | 1990 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量 | 4-53 |
| 表 4.7.4 | 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 使用量 | 4-54 |
| 表 4.7.5 | 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量 | 4-54 |
| 表 4.7.6 | 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 使用量 | 4-55 |
| 表 4.7.7 | 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量 | 4-56 |
| 表 4.7.8 | 1994 年至 2022 年滅火劑使用排放量 | 4-57 |
| 表 4.8.1 | 2002 年至 2022 年其他產品之製造與使用排放量 | 4-58 |
| 表 4.8.2 | 2002 年至 2022 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之排放量 | 4-59 |
| 表 4.9.1 | 1990 年至 2022 年其他製程排放量 | 4-60 |
| 表 4.9.2 | 1990 年至 2022 年啤酒生產量 | 4-61 |
| 表 4.9.3 | 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量 | 4-61 |
| 表 5.1.1 | 農業部門排放源分類 | 5-1 |
| 表 5.1.2 | 農業部門所使用方法學 | 5-1 |
| 表 5.1.3 | 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量 | 5-2 |
| 表 5.2.1 | 畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數表 | 5-4 |
| 表 5.2.2 | 1990 年至 2022 年畜禽活動數據 | 5-5 |
| 表 5.2.3 | 1990 年至 2022 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量 | 5-6 |
| 表 5.3.1 | 畜禽糞尿管理排放甲烷之係數表 | 5-8 |
| 表 5.3.2 | 1990 年至 2022 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量 | 5-9 |

表目錄

| | | |
|----------|---|------|
| 表 5.3.3 | 畜禽糞尿處理排放氧化亞氮之係數表 | 5-11 |
| 表 5.3.4 | 1990 年至 2022 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量 | 5-12 |
| 表 5.4.1 | 水稻種植各期作甲烷排放係數 | 5-14 |
| 表 5.4.2 | 歷年各區水稻耕作面積 | 5-15 |
| 表 5.4.3 | 歷年各區水稻田甲烷排放量 | 5-16 |
| 表 5.4.4 | 甲烷通量與排放量比較 | 5-17 |
| 表 5.4.5 | 各區水稻田甲烷排放係數參數與蒙地卡羅法之不確定性結果 | 5-18 |
| 表 5.5.1 | 歷年農業土壤氧化亞氮排放總量 | 5-18 |
| 表 5.5.2 | 農業土壤氧化亞氮排放量不確定性 | 5-19 |
| 表 5.5.3 | 農業土壤氧化亞氮直接排放相關係數 | 5-22 |
| 表 5.5.4 | 歷年化學肥料施用量與施氮含量 | 5-22 |
| 表 5.5.5 | 歷年水稻田單位面積施氮量 | 5-23 |
| 表 5.5.6 | 歷年水稻田耕作面積與施肥量估算 | 5-24 |
| 表 5.5.7 | 歷年禽畜糞肥料施用量與施氮量 | 5-24 |
| 表 5.5.8 | 估算作物殘體投入土壤的氮量的設定係數 | 5-25 |
| 表 5.5.9 | 各類作物產量 | 5-26 |
| 表 5.5.10 | 各類作物殘體量 | 5-27 |
| 表 5.5.11 | 各類作物殘體氮量 | 5-28 |
| 表 5.5.12 | 歷年農業土壤的氧化亞氮直接排放 | 5-30 |
| 表 5.5.13 | 農業土壤直接氧化亞氮排放係數、活動數據及不確定性 | 5-31 |
| 表 5.5.14 | 農業土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數 | 5-32 |
| 表 5.5.15 | 農業土壤 N ₂ O 間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數 | 5-33 |
| 表 5.5.16 | 歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 揮散之排放量 | 5-33 |
| 表 5.5.17 | 歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 淋洗 / 逕流之排放量 | 5-34 |
| 表 5.5.18 | 農業土壤氧化亞氮間接排放 – 揮散之揮散係數、排放係數、活動數據及不確定性 | 5-35 |
| 表 5.5.19 | 農業土壤氧化亞氮間接排放 – 淋洗 / 逕流之排放係數、活動數據及不確定性 | 5-35 |
| 表 5.7.1 | 植被類型焚燒相關的焚燒係數值 (焚燒量與原生質量比例) | 5-37 |
| 表 5.7.2 | 農業殘體排放係數 (公斤 / 公噸乾物質焚燒量) | 5-37 |
| 表 5.7.3 | 歷年作物殘體焚燒量 | 5-37 |
| 表 5.7.4 | 作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量 | 5-38 |
| 表 5.9.1 | 歷年尿素施用量與施用產生之二氧化碳排放量 | 5-40 |
| 表 6.1.1 | 土地利用、土地利用變化及林業部門排放源分類 | 6-1 |
| 表 6.1.2 | 土地利用、土地利用變化及林業部門所使用方法學 | 6-1 |
| 表 6.1.3 | 1990 年至 2022 年林業部門溫室氣體移除量與不確定性 | 6-2 |
| 表 6.2.1 | 1990 年至 2022 年林地碳移除量變化 | 6-3 |
| 表 6.2.2 | 碳庫定義 | 6-4 |
| 表 6.2.3 | 相關轉換係數及年生長量 | 6-6 |
| 表 6.2.4 | 2010 年至 2022 年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積 | 6-7 |
| 表 6.2.5 | 1990 年至 2022 年林地維持林地面積 | 6-7 |
| 表 6.2.6 | 臺灣地區森林主產物伐採量 | 6-8 |
| 表 6.2.7 | 受干擾影響的森林面積與損失材積 | 6-9 |
| 表 6.2.8 | 1990 年至 2022 年林地維持林地碳移除量變化 | 6-10 |
| 表 6.2.9 | 林業活動數據與轉換係數各項不確定性分析結果 | 6-11 |
| 表 6.2.10 | 1990 年至 2022 年林地維持林地不確定性 | 6-11 |
| 表 6.2.11 | 1990 年至 2022 年土地轉變為林地面積 | 6-13 |
| 表 6.2.12 | 1990 年至 2022 年土地轉變為森林碳移除量變化 | 6-14 |
| 表 6.2.13 | 1990 年至 2022 年土地轉變為林地碳移除量不確定性 | 6-15 |
| 表 7.1.1 | 廢棄物部門排放源分類 | 7-1 |
| 表 7.1.2 | 廢棄物部門所使用方法學 | 7-2 |
| 表 7.1.3 | 廢棄物部門精進項目 | 7-2 |
| 表 7.1.4 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量 | 7-2 |



表目錄

| | | |
|----------|--|------|
| 表 7.1.5 | 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性 | 7-3 |
| 表 7.2.1 | 1990 年至 2022 年固體廢棄物處理總溫室氣體排放量 | 7-5 |
| 表 7.2.2 | 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF) | 7-6 |
| 表 7.2.3 | 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳比例 (DOC) | 7-7 |
| 表 7.2.4 | 2019 IPCC 精進指南廢棄物之 DOC 可被分解之比例 (DOC _F) | 7-7 |
| 表 7.2.5 | 2006 IPCC 指南掩埋場之氧化係數 | 7-7 |
| 表 7.2.6 | 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率 (k) 值 | 7-8 |
| 表 7.2.7 | IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表 | 7-8 |
| 表 7.2.8 | 1990 年至 2022 年妥善管理掩埋場活動數據統計 | 7-8 |
| 表 7.2.9 | 1990 年至 2022 年妥善管理掩埋場甲烷排放量 | 7-9 |
| 表 7.2.10 | 妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性說明 | 7-10 |
| 表 7.2.11 | 2022 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性 | 7-11 |
| 表 7.2.12 | 妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表 | 7-11 |
| 表 7.2.13 | 1990 年至 2022 年未妥善管理掩埋場活動數據統計 | 7-13 |
| 表 7.2.14 | 1990 年至 2022 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量 | 7-14 |
| 表 7.2.15 | 未妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性說明 | 7-15 |
| 表 7.2.16 | 未妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表 | 7-15 |
| 表 7.3.1 | 2006 IPCC 指南生物處理甲烷和氧化亞氮排放係數預設值 | 7-16 |
| 表 7.3.2 | 2006 IPCC 指南估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表 | 7-16 |
| 表 7.3.3 | 1990 年至 2022 年生物處理各類溫室氣體排放量 | 7-17 |
| 表 7.3.4 | 2022 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性 | 7-18 |
| 表 7.3.5 | 堆肥品質控制程序檢核表 | 7-18 |
| 表 7.4.1 | 1990 年至 2022 年廢棄物之焚化與露天燃燒總溫室氣體排放量 | 7-19 |
| 表 7.4.2 | 事業廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基) | 7-20 |
| 表 7.4.3 | 有害及醫療廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基) | 7-20 |
| 表 7.4.4 | 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放係數 | 7-20 |
| 表 7.4.5 | 2006 IPCC 指南焚化處理二氧化碳排放計算一覽表 | 7-20 |
| 表 7.4.6 | 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表 | 7-21 |
| 表 7.4.7 | 1990 年至 2022 年焚化處理之溫室氣體活動數據 | 7-21 |
| 表 7.4.8 | 1990 年至 2022 年一般廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量 | 7-22 |
| 表 7.4.9 | 1990 年至 2022 年一般事業廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量 | 7-23 |
| 表 7.4.10 | 1990 年至 2022 年醫療廢棄物與有害廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量 | 7-24 |
| 表 7.4.11 | 2022 年焚化一般廢棄物二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性 | 7-25 |
| 表 7.4.12 | 2022 年焚化一般事業廢棄物二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性 | 7-25 |
| 表 7.4.13 | 2022 年焚化醫療廢棄物與有害廢棄物之二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性 | 7-25 |
| 表 7.4.14 | 廢棄物焚化一般清冊品質控制程序檢核表 | 7-26 |
| 表 7.5.1 | 廢水處理系統甲烷及氧化亞氮排放潛勢 | 7-27 |
| 表 7.5.2 | 1990 年至 2022 年廢水處理與放流總溫室氣體排放量 | 7-28 |
| 表 7.5.3 | 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 MCF 值與甲烷排放係數 | 7-32 |
| 表 7.5.4 | 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 TOW _{REM} 值 | 7-33 |
| 表 7.5.5 | 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之氧化亞氮排放係數 | 7-33 |
| 表 7.5.6 | 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 N _{REM} 值 | 7-34 |
| 表 7.5.7 | 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理甲烷排放計算一覽表 | 7-34 |
| 表 7.5.8 | 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理甲烷排放計算一覽表 | 7-34 |
| 表 7.5.9 | 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理氧化亞氮排放計算一覽表 | 7-34 |
| 表 7.5.10 | 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理氧化亞氮排放計算一覽表 | 7-35 |
| 表 7.5.11 | 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放活動數據 | 7-35 |
| 表 7.5.12 | 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放量 | 7-36 |
| 表 7.5.13 | 1990 年至 2022 年生活污水納管處理甲烷排放之活動數據與排放量 | 7-37 |
| 表 7.5.14 | 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之活動數據 | 7-37 |
| 表 7.5.15 | 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放量 | 7-38 |



表目錄

| | | |
|----------|---|------|
| 表 7.5.16 | 1990 年至 2022 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之活動數據與排放量 | 7-39 |
| 表 7.5.17 | 生活污水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍 | 7-41 |
| 表 7.5.18 | 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放不確定性 | 7-41 |
| 表 7.5.19 | 2022 年生活污水納管處理甲烷排放不確定性 | 7-42 |
| 表 7.5.20 | 2022 年生活污水甲烷排放之總不確定性 | 7-42 |
| 表 7.5.21 | 生活污水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍 | 7-42 |
| 表 7.5.22 | 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之不確定性 | 7-42 |
| 表 7.5.23 | 2022 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之不確定性 | 7-43 |
| 表 7.5.24 | 2022 年生活污水氧化亞氮排放之總不確定性 | 7-43 |
| 表 7.5.25 | 生活污水一般清冊品質控制程序檢核表 | 7-43 |
| 表 7.5.26 | 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設 MCF 值與甲烷排放係數 | 7-46 |
| 表 7.5.27 | 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設氧化亞氮排放係數 | 7-46 |
| 表 7.5.28 | 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表 | 7-46 |
| 表 7.5.29 | 事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放參數採用一覽表 | 7-46 |
| 表 7.5.30 | 事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表 | 7-47 |
| 表 7.5.31 | 事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放參數採用一覽表 | 7-47 |
| 表 7.5.32 | 1990 年至 2022 年事業廢水處理甲烷活動數據 | 7-47 |
| 表 7.5.33 | 1990 年至 2022 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量 | 7-48 |
| 表 7.5.34 | 1990 年至 2022 年事業廢水氧化亞氮活動數據及排放量 | 7-49 |
| 表 7.5.35 | 事業廢水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍 | 7-51 |
| 表 7.5.36 | 2022 年事業廢水處理甲烷排放之不確定性 | 7-51 |
| 表 7.5.37 | 2022 年事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放之不確定性 | 7-52 |
| 表 7.5.38 | 事業廢水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍 | 7-52 |
| 表 7.5.39 | 2022 年事業廢水氧化亞氮排放之不確定性 | 7-52 |
| 表 7.5.40 | 2022 年事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放之不確定性 | 7-52 |
| 表 7.5.41 | 2022 年事業廢水總不確定性 | 7-52 |
| 表 7.5.42 | 事業廢水一般清冊品質控制程序檢核表 | 7-53 |
| 表 8.1.1 | 各部門排放源之改善計畫規劃 | 8-1 |

圖目錄

| | | |
|----------|---|-------|
| 圖 ES2.1 | 1990 年至 2022 年溫室氣體排放量趨勢：(a) 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)；(b) 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | ES-2 |
| 圖 ES2.2 | 2005 年和 2022 年各類溫室氣體排放量占比：(a)2005 年 (不包括 LULUCF)；(b)2021 年 (不包括 LULUCF)；(c)2005 年 (包括 LULUCF)；(d)2021 年 (包括 LULUCF) | ES-2 |
| 圖 ES2.3 | 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量趨勢 | ES-3 |
| 圖 ES3.1 | 2005 年和 2022 年各部門溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) 占比 | ES-8 |
| 圖 ES3.2 | 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量趨勢 | ES-8 |
| 圖 ES3.3 | 2005 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量和移除量變化 | ES-9 |
| 圖 ES3.4 | 2005 年和 2022 年能源部門溫室氣體排放量占比 | ES-11 |
| 圖 ES3.5 | 2005 年和 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量占比 | ES-13 |
| 圖 ES3.6 | 2005 年和 2022 年農業部門溫室氣體排放量占比 | ES-14 |
| 圖 ES3.7 | 2005 年和 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量占比 | ES-16 |
| 圖 1.3.1 | 國家溫室氣體排放清冊準備流程 | 1-2 |
| 圖 2.1.1 | 1990 年至 2022 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢 | 2-1 |
| 圖 2.1.2 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢 | 2-2 |
| 圖 2.1.3 | 1990 年至 2022 年二氧化碳排放密度趨勢 | 2-3 |
| 圖 2.2.1 | 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量趨勢 | 2-4 |
| 圖 2.2.2 | 1990 年至 2022 年甲烷排放量趨勢 | 2-6 |
| 圖 2.2.3 | 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量趨勢 | 2-7 |
| 圖 2.2.4 | 1993 年至 2022 年氫氟碳化物排放量趨勢 | 2-7 |
| 圖 2.2.5 | 1990 年至 2022 年全氟碳化物排放量趨勢 | 2-8 |
| 圖 2.2.6 | 1999 年至 2022 年六氟化硫排放量趨勢 | 2-9 |
| 圖 2.2.7 | 1999 年至 2022 年三氟化氮排放量趨勢 | 2-10 |
| 圖 2.3.1 | 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量趨勢 | 2-11 |
| 圖 2.3.2 | 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量趨勢 | 2-13 |
| 圖 2.3.3 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢 | 2-15 |
| 圖 2.3.4 | 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量趨勢 | 2-15 |
| 圖 2.3.5 | 1990 年至 2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量趨勢 | 2-17 |
| 圖 2.3.6 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢 | 2-18 |
| 圖 3.2.1 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-12 |
| 圖 3.2.2 | 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-12 |
| 圖 3.2.3 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-13 |
| 圖 3.2.4 | 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-14 |
| 圖 3.2.5 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-15 |
| 圖 3.2.6 | 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-15 |
| 圖 3.2.7 | 燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序 | 3-16 |
| 圖 3.2.8 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-18 |
| 圖 3.2.9 | 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-18 |
| 圖 3.2.10 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-19 |
| 圖 3.2.11 | 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-19 |
| 圖 3.2.12 | 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-20 |
| 圖 3.2.13 | 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-20 |
| 圖 3.2.14 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-22 |
| 圖 3.2.15 | 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-22 |
| 圖 3.2.16 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-23 |
| 圖 3.2.17 | 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-23 |
| 圖 3.2.18 | 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-24 |
| 圖 3.2.19 | 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-24 |
| 圖 3.2.20 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-26 |
| 圖 3.2.21 | 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-26 |
| 圖 3.2.22 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-27 |
| 圖 3.2.23 | 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-27 |

圖目錄

| | | |
|----------|--|------|
| 圖 3.2.24 | 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-28 |
| 圖 3.2.25 | 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-28 |
| 圖 3.2.26 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-30 |
| 圖 3.2.27 | 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-30 |
| 圖 3.2.28 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-31 |
| 圖 3.2.29 | 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-31 |
| 圖 3.2.30 | 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-31 |
| 圖 3.2.31 | 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-32 |
| 圖 3.2.32 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢 | 3-34 |
| 圖 3.2.33 | 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比 | 3-34 |
| 圖 3.2.34 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢 | 3-34 |
| 圖 3.2.35 | 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比 | 3-35 |
| 圖 3.2.36 | 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢 | 3-36 |
| 圖 3.2.37 | 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比 | 3-36 |
| 圖 3.2.38 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢 | 3-36 |
| 圖 3.2.39 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢 | 3-37 |
| 圖 3.2.40 | 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢 | 3-38 |
| 圖 3.3.1 | 1990 年至 2022 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢 | 3-41 |
| 圖 3.3.2 | 2022 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放占比 | 3-42 |
| 圖 3.3.3 | 1990 年至 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放量趨勢 | 3-42 |
| 圖 3.3.4 | 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比 | 3-42 |
| 圖 3.3.5 | 1990 年至 2022 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢 | 3-43 |
| 圖 3.3.6 | 2022 年石油逸散溫室氣體排放占比 | 3-43 |
| 圖 3.3.7 | 1990 年至 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢 | 3-44 |
| 圖 3.3.8 | 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放占比 | 3-44 |
| 圖 4.1.1 | 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比 | 4-4 |
| 圖 4.1.2 | 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比 | 4-4 |
| 圖 4.1.3 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依類別) | 4-5 |
| 圖 4.1.4 | 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依氣體) | 4-5 |
| 圖 4.2.1 | 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量趨勢 | 4-7 |
| 圖 4.2.2 | 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量趨勢 | 4-8 |
| 圖 4.2.3 | 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 民間來源) | 4-9 |
| 圖 4.2.4 | 1990 年至 2022 年石灰生產排放量趨勢 | 4-10 |
| 圖 4.2.5 | 1990 年至 2022 年玻璃生產排放量趨勢 | 4-11 |
| 圖 4.2.6 | 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量趨勢 | 4-13 |
| 圖 4.2.7 | 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢 | 4-14 |
| 圖 4.2.8 | 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢 | 4-16 |
| 圖 4.3.1 | 1990 年至 2022 年化學工業排放量趨勢 | 4-18 |
| 圖 4.3.2 | 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量趨勢 | 4-19 |
| 圖 4.3.3 | 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量趨勢 | 4-20 |
| 圖 4.3.4 | 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量趨勢 | 4-21 |
| 圖 4.3.5 | 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢 | 4-22 |
| 圖 4.3.6 | 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量趨勢 | 4-24 |
| 圖 4.3.7 | 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量趨勢 | 4-25 |
| 圖 4.3.8 | 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量趨勢 | 4-26 |
| 圖 4.3.9 | 1990 年至 2022 年氯乙烯生產製程排放量趨勢 | 4-28 |
| 圖 4.3.10 | 1996 年至 2022 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢 | 4-29 |
| 圖 4.3.11 | 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量趨勢 | 4-31 |
| 圖 4.3.12 | 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量趨勢 | 4-32 |
| 圖 4.3.13 | 1990 年至 2022 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢 | 4-33 |
| 圖 4.3.14 | 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量趨勢 | 4-35 |

圖目錄

| | | |
|---------|--|------|
| 圖 4.4.1 | 1990 年至 2022 年金屬工業排放量趨勢 | 4-36 |
| 圖 4.4.2 | 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢 | 4-37 |
| 圖 4.4.3 | 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢 | 4-39 |
| 圖 4.4.4 | 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量趨勢 | 4-40 |
| 圖 4.4.5 | 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量趨勢 | 4-42 |
| 圖 4.4.6 | 鎂生產排放統計 QA/QC 流程 | 4-42 |
| 圖 4.4.7 | 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量趨勢 | 4-43 |
| 圖 4.4.8 | 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量趨勢 | 4-45 |
| 圖 4.5.1 | 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢 | 4-46 |
| 圖 4.6.1 | 1999 年至 2022 年電子工業製程排放量趨勢 | 4-47 |
| 圖 4.6.2 | 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量趨勢 | 4-48 |
| 圖 4.6.3 | 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程 | 4-49 |
| 圖 4.6.4 | 1999 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢 | 4-50 |
| 圖 4.6.5 | TFT 平面顯示器製程排放統計 QA/QC 流程 | 4-51 |
| 圖 4.7.1 | 1994 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢 | 4-52 |
| 圖 4.7.2 | 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量趨勢 | 4-53 |
| 圖 4.7.3 | 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量趨勢 | 4-54 |
| 圖 4.7.4 | 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量趨勢 | 4-56 |
| 圖 4.7.5 | 1994 年至 2022 年滅火劑使用排放量趨勢 | 4-57 |
| 圖 4.8.1 | 2002 至 2022 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢 | 4-59 |
| 圖 4.8.2 | 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程 | 4-60 |
| 圖 4.9.1 | 1990 年至 2022 年啤酒製程排放量及歷年排放係數 | 4-61 |
| 圖 4.9.2 | 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量趨勢 | 4-61 |
| 圖 5.1.1 | 1990 年至 2022 年農業部門排放量趨勢 | 5-3 |
| 圖 5.1.2 | 2022 年農業部門溫室氣體各排放源占比 | 5-3 |
| 圖 5.2.1 | 1990 年至 2022 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量 | 5-5 |
| 圖 5.3.1 | 1990 年至 2022 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量趨勢 | 5-9 |
| 圖 5.3.2 | 1990 年至 2022 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量趨勢 | 5-12 |
| 圖 5.4.1 | 1990 年至 2022 年水稻種植甲烷排放量趨勢 | 5-15 |
| 圖 5.5.1 | 1990 年至 2022 年農業土壤直接氧化亞氮排放量趨勢 | 5-18 |
| 圖 5.5.2 | 1990 年至 2022 年農業土壤直接氧化亞氮排放總量 | 5-29 |
| 圖 5.5.3 | 1990 年至 2022 年農業土壤間接氧化亞氮 - 揮散之排放量 | 5-33 |
| 圖 5.5.4 | 1990 年至 2022 年農業土壤間接氧化亞氮 - 淋洗 / 逕流之排放量 | 5-33 |
| 圖 5.7.1 | 1990 年至 2022 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放量 | 5-39 |
| 圖 5.9.1 | 1990 年至 2022 年尿素施用產生二氧化碳排放 | 5-40 |
| 圖 6.2.1 | 1990 年至 2022 年林地碳移除量變化趨勢 | 6-3 |
| 圖 6.2.2 | 2022 年林地碳移除量各項目占比 | 6-4 |
| 圖 7.1.1 | 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放占比 | 7-4 |
| 圖 7.1.2 | 2022 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量占比 | 7-4 |
| 圖 7.1.3 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量趨勢 | 7-4 |
| 圖 7.1.4 | 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量趨勢 | 7-4 |

執行摘要

ES.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊

ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要

ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽

ES.4 其他資訊



執行摘要

ES.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊

依據聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 第 4 條¹ 及巴黎協定第 13 條² 與京都議定書第 5 條規範，締約方有義務提交有關因應氣候變遷相關進展之資訊，決議各國須編制國家清冊報告 (National Inventory Report, NIR) 供 UNFCCC 締約方會議檢視³。我國雖然不是 UNFCCC 締約方，但是向來恪盡地球村的責任，積極為減緩地球暖化貢獻心力，而建置國家溫室氣體清冊，估算溫室氣體排放量與移除量是國家因應 UNFCCC 的基本義務，也是減緩地球暖化的基本工作之一。

於 2018 年聯合國氣候變化大會 (COP 24) 期間通過了第 18/CMA.1 決議文⁴，說明為了履行增強透明度架構 (Enhanced Transparency Framework, ETF)，UNFCCC 附件一締約方所提交之相關報告須符合模式、程序及指南 (Modalities, Procedures and Guidelines, MPGs) 規範，國家清冊報告 (NIR) 每年以共同報告表格 (Common Reporting Tables, CRT) 電子報告國家溫室氣體清冊，加以說明該國溫室氣體清冊準備程序、排放趨勢說明、各部門統計情況、重新計算情況等的國家報告。此外，要求 2024 年起，採用 IPCC 第五次評估報告 (Fifth Assessment Report, AR5) 之 GWP。

我國自 1998 年以來便積極準備溫室氣體清冊，根據 2011 年在南非德班召開 UNFCCC 第 17 次締約方大會 (COP 17)，通過第 15/CP.17 號決議文⁵，要求已開發國家遵循 2006 年版聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 國家溫室氣體清冊指南的統計方法 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南)，於 2015 年起採用 2006 IPCC 指南統計方法遞交年度國家清冊報告 (Annual National Inventory Report)。

然而，IPCC 考慮自 2006 年以來科學和其他技術進步及成熟，為了支持編制及持續改進國家溫室氣體源排放量及匯移除量，以提供最新及科學依據，及巴黎協定 2020 年後適用於所有締約方的統一國家清冊方法學指南等因素，故發布 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for

National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2019 IPCC 精進指南)。2019 IPCC 精進指南係至今最為精細及專業的溫室氣體清冊指南，需要和 2006 IPCC 指南共同使用。

本報告同步依循 2006 IPCC 指南以及視本土化需求採納 2019 IPCC 精進指南之統計方法進行統計與彙編，展現我國積極遵約的努力與決心，迄今已經完成 1990 年至 2022 年溫室氣體清冊資料庫之建置，主要的目的在於彙整溫室氣體清冊統計概況，說明我國溫室氣體排放趨勢，除了有利於未來溫室氣體統計工作的持續進行外，並能藉此向國內外各界介紹我國溫室氣體統計工作概況，期能獲得各方建議，不斷提昇國家溫室氣體清冊的品質。

ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要

我國總溫室氣體排放量 (Total Greenhouse Gas Emissions)，不包括土地利用、土地利用變化及林業 (Land Use, Land-Use Change, and Forestry，簡稱 LULUCF)，自 2005 年 291,183 千公噸二氧化碳當量，降至 2022 年 285,967 千公噸二氧化碳當量，排放量減少 1.79%，年平均負成長率為 0.11%。另分析 2022 年總溫室氣體排放組成，二氧化碳排放占比為 95.70%，較 2021 年減少 3.51%，非二氧化碳為 4.30%，較 2021 年則減少 9.43%，資料如圖 ES2.1 所示。

進一步比較各類溫室氣體排放量資料可知，2005 年二氧化碳為我國所排放溫室氣體 (不包括 LULUCF) 中最大宗，占比為 91.66%，其次為甲烷 3.90%，及氧化亞氮 1.26% 與含氟氣體 3.18%；2022 年二氧化碳仍為占比最大 95.70%，其次為甲烷 1.60%，再其次為含氟溫室氣體 1.37% 及氧化亞氮 1.33%，如圖 ES2.2。

在 2005 至 2022 年間，二氧化碳排放量成長 2.55%，年平均成長率為 0.15%；二氧化碳移除量減少 2.04%，年平均負成長率為 0.12%；甲烷排放量減少 59.91%，年平均負成長率為 5.24%；氧化亞氮排放量增加 3.90%，年平均成長率為 0.23%；含氟溫室氣體排放量減少 57.62%，年平均負成長率為 4.92%，資料如圖 ES2.3 及表 ES2.1 所示。

1. 二氧化碳

我國二氧化碳排放源係來自於能源部門、工業製程及產品使用部門、農業部門和廢棄物部門，如表 ES2.2 所示。2005 年二氧化碳排放量為 266,888 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 273,683 千公噸二氧化碳當量，增加 2.55%，平

1 UNFCCC, ST/AI/189/ADD.9/REV.2, 1987.

2 UNFCCC, FCCC/CP/2015/10/Add.1, 2015.

3 UNFCCC, FCCC/CP/2002/8, 2002.

4 UNFCCC, FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2, 2018.

5 UNFCCC, FCCC/CP/2011/9/Add.2, 2011.

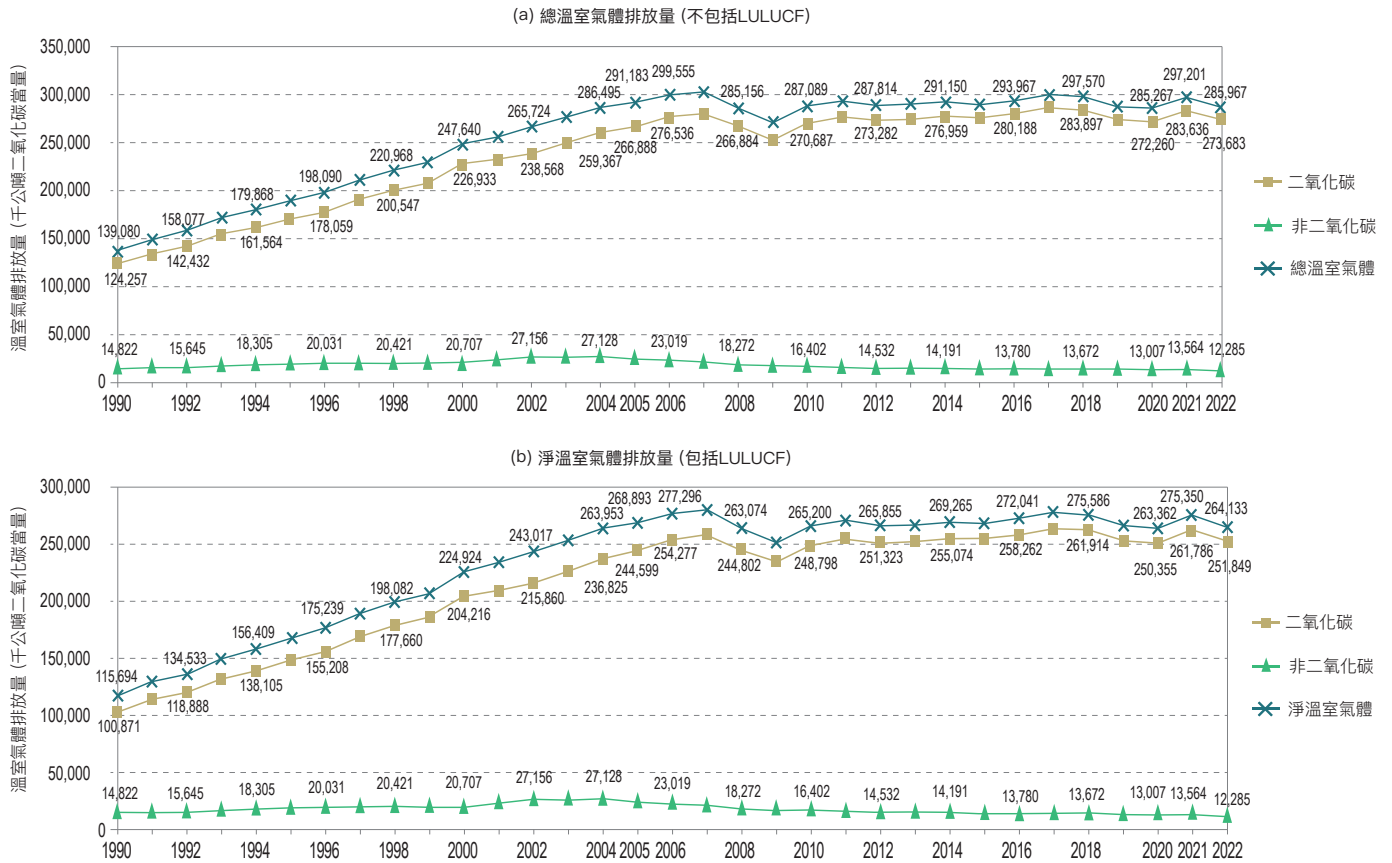


圖 ES2.1 1990 年至 2022 年溫室氣體排放量趨勢：
(a) 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)；(b) 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)

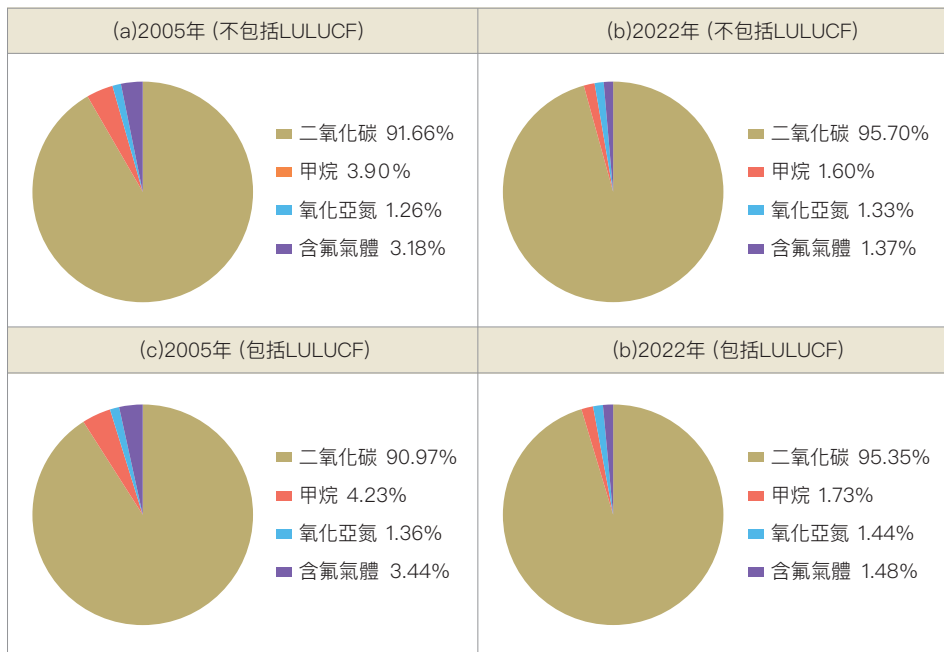


圖 ES2.2 2005 年和 2022 年各類溫室氣體排放量占比：
(a) 2005 年 (不包括 LULUCF)；(b) 2022 年 (不包括 LULUCF)；
(c) 2005 年 (包括 LULUCF)；(d) 2022 年 (包括 LULUCF)

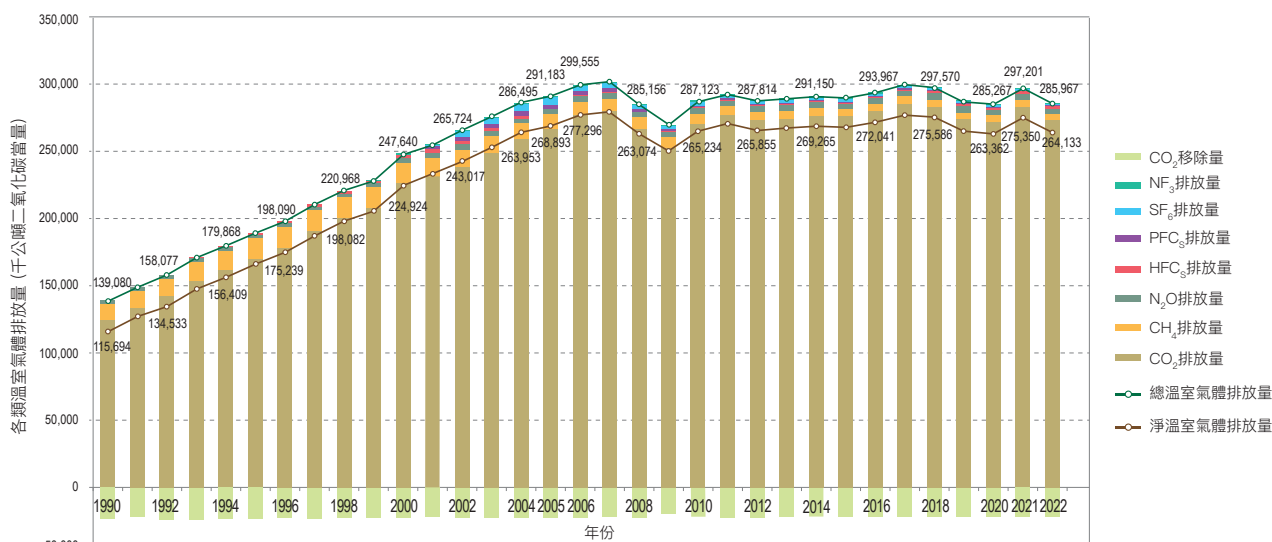


圖 ES2.3 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量趨勢

表 ES2.1 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳 | 1 | 124,257 | 133,631 | 142,432 | 154,046 | 161,564 | 170,065 | 178,059 | 190,782 | 200,547 | 208,024 | 226,933 |
| 甲烷 | 28 | 12,271 | 12,689 | 12,861 | 13,913 | 14,704 | 15,690 | 15,883 | 15,654 | 15,793 | 15,852 | 15,193 |
| 氧化亞氮 | 265 | 2,551 | 2,791 | 2,784 | 2,841 | 2,885 | 2,951 | 3,028 | 2,882 | 2,817 | 2,843 | 3,315 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 六氟化硫 | 23,500 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 三氟化氮 | 16,100 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | | 115,694 | 127,621 | 134,533 | 147,886 | 156,409 | 166,045 | 175,239 | 187,541 | 198,082 | 205,524 | 224,924 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | | 139,080 | 149,111 | 158,077 | 171,432 | 179,868 | 189,385 | 198,090 | 210,601 | 220,968 | 228,288 | 247,640 |
| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳 | 1 | 231,431 | 238,568 | 249,129 | 259,367 | 266,888 | 276,536 | 280,076 | 266,884 | 253,033 | 270,715 | 276,773 |
| 甲烷 | 28 | 14,367 | 13,580 | 12,750 | 12,004 | 11,386 | 10,623 | 9,831 | 8,978 | 8,058 | 7,525 | 7,173 |
| 氧化亞氮 | 265 | 3,366 | 3,437 | 3,447 | 3,584 | 3,657 | 4,124 | 4,168 | 3,811 | 3,957 | 4,311 | 4,211 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| 六氟化硫 | 23,500 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 三氟化氮 | 16,100 | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | | 233,297 | 243,017 | 253,351 | 263,953 | 268,893 | 277,296 | 279,739 | 263,074 | 250,598 | 265,234 | 270,618 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | | 255,147 | 265,724 | 275,975 | 286,495 | 291,183 | 299,555 | 301,813 | 285,156 | 269,986 | 287,123 | 292,565 |
| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳 | 1 | 273,282 | 274,577 | 276,959 | 276,263 | 280,188 | 285,730 | 283,897 | 274,446 | 272,260 | 283,636 | 273,683 |
| 甲烷 | 28 | 6,681 | 6,209 | 5,785 | 5,668 | 5,723 | 5,493 | 5,107 | 4,968 | 4,853 | 4,772 | 4,564 |
| 氧化亞氮 | 265 | 4,127 | 3,938 | 3,910 | 3,879 | 4,064 | 4,210 | 4,282 | 4,112 | 4,120 | 4,573 | 3,800 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| 六氟化硫 | 23,500 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |
| 三氟化氮 | 16,100 | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | | 265,855 | 267,320 | 269,265 | 268,005 | 272,041 | 277,542 | 275,586 | 265,493 | 263,362 | 275,350 | 264,133 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | | 287,814 | 289,294 | 291,150 | 289,905 | 293,967 | 299,504 | 297,570 | 287,410 | 285,267 | 297,201 | 285,967 |

備註：1. 溫暖化潛勢 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 引用 IPCC 第五次評估報告。

2. NE(未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

表 ES2.2 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量和移除量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A.1. 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.3. 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.4. 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,621 | 3,529 | 2,989 | 2,490 | 3,018 | 2,446 | 3,175 | 2,482 | 2,948 | 3,128 | 3,205 |
| 1.A.4.b 住宅 | 4,005 | 4,238 | 4,446 | 4,359 | 4,461 | 4,596 | 4,754 | 4,851 | 4,950 | 5,410 | 5,398 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 2,946 | 2,700 | 2,672 | 2,675 | 2,721 | 2,777 | 2,805 | 2,475 | 2,041 | 2,040 | 2,362 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 14,557 | 15,007 | 15,926 | 18,408 | 17,826 | 17,528 | 17,677 | 19,483 | 18,410 | 17,179 | 17,388 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 10,683 | 10,698 | 11,854 | 13,879 | 13,259 | 12,766 | 12,645 | 13,394 | 11,564 | 10,746 | 10,486 |
| 2.B 化學工業 | 575 | 551 | 575 | 617 | 770 | 858 | 999 | 1,026 | 1,007 | 1,079 | 1,148 |
| 2.C 金屬工業 | 3,275 | 3,735 | 3,474 | 3,888 | 3,774 | 3,884 | 4,013 | 5,045 | 5,817 | 5,333 | 5,734 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 |
| 2.H 其他 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 3. 農業部門 | 142 | 146 | 139 | 131 | 135 | 151 | 151 | 134 | 127 | 118 | 131 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 5. 廢棄物部門 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF) | 100,871 | 112,141 | 118,888 | 130,500 | 138,105 | 146,725 | 155,208 | 167,722 | 177,660 | 185,260 | 204,216 |
| 總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF) | 124,257 | 133,631 | 142,432 | 154,046 | 161,564 | 170,065 | 178,059 | 190,782 | 200,547 | 208,024 | 226,933 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A.1. 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.3. 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.4. 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,538 | 3,487 | 3,952 | 4,120 | 4,227 | 4,272 | 4,232 | 4,226 | 4,264 | 4,203 | 3,898 |
| 1.A.4.b 住宅 | 5,181 | 5,107 | 5,042 | 5,133 | 5,235 | 5,033 | 5,047 | 5,017 | 5,030 | 4,857 | 4,786 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 2,455 | 2,459 | 2,811 | 2,977 | 2,627 | 1,647 | 1,091 | 1,543 | 1,169 | 1,113 | 1,123 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 16,186 | 16,075 | 17,141 | 17,358 | 18,094 | 20,299 | 19,967 | 18,558 | 16,407 | 18,206 | 18,954 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 9,974 | 10,648 | 10,341 | 10,691 | 11,257 | 11,014 | 10,369 | 9,289 | 8,467 | 8,616 | 9,577 |
| 2.B 化學工業 | 1,232 | 1,313 | 1,384 | 1,485 | 1,751 | 1,721 | 1,845 | 1,601 | 1,601 | 1,778 | 1,737 |
| 2.C 金屬工業 | 4,960 | 4,096 | 5,397 | 5,162 | 5,066 | 7,544 | 7,733 | 7,648 | 6,317 | 7,792 | 7,620 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00007 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00004 |
| 2.H 其他 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 3. 農業部門 | 94 | 93 | 82 | 84 | 62 | 59 | 57 | 57 | 55 | 54 | 53 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 5. 廢棄物部門 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF) | 209,582 | 215,860 | 226,505 | 236,825 | 244,599 | 254,277 | 258,002 | 244,802 | 233,645 | 248,826 | 254,826 |
| 總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF) | 231,431 | 238,568 | 249,129 | 259,367 | 266,888 | 276,536 | 280,076 | 266,884 | 253,033 | 270,715 | 276,773 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A.1. 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.3. 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.4. 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,635 | 3,812 | 3,928 | 3,941 | 3,720 | 3,779 | 3,593 | 3,622 | 3,792 | 3,741 | 3,746 |
| 1.A.4.b 住宅 | 4,672 | 4,484 | 4,411 | 4,469 | 4,537 | 4,402 | 4,145 | 4,137 | 4,269 | 4,170 | 4,266 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 1,259 | 1,274 | 1,343 | 1,287 | 1,276 | 1,203 | 1,515 | 1,518 | 1,328 | 1,318 | 1,368 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 19,369 | 19,605 | 17,704 | 17,251 | 16,583 | 15,625 | 16,019 | 14,890 | 13,999 | 15,663 | 14,770 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 9,333 | 9,866 | 8,728 | 8,345 | 7,108 | 6,262 | 6,403 | 6,501 | 6,561 | 6,828 | 6,464 |
| 2.B 化學工業 | 1,714 | 1,749 | 1,884 | 1,842 | 1,760 | 1,709 | 1,684 | 1,666 | 1,550 | 1,730 | 1,270 |
| 2.C 金屬工業 | 8,301 | 7,970 | 7,072 | 7,044 | 7,696 | 7,634 | 7,913 | 6,706 | 5,870 | 7,090 | 7,020 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00004 | 0.00005 | 0.00006 | 0.00010 | 0.00008 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00006 |
| 2.H 其他 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |
| 3. 農業部門 | 55 | 45 | 40 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 29 | 27 | 22 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 5. 廢棄物部門 | 657 | 817 | 736 | 499 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 910 | 933 |
| 淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF) | 251,323 | 252,603 | 255,074 | 254,363 | 258,262 | 263,769 | 261,914 | 252,529 | 250,355 | 261,786 | 251,849 |
| 總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF) | 273,282 | 274,577 | 276,959 | 276,263 | 280,188 | 285,730 | 283,897 | 274,446 | 272,260 | 283,636 | 273,683 |

均成長率為 0.15%；2022 年二氧化碳排放量占總溫室氣體排放量 95.70%，其中，以能源部門占 94.25%、工業製程及產品使用部門占 5.40%、農業部門占 0.01% 與廢棄物部門占 0.34%。2022 年排放較 2021 年減少 3.51%，其中以能源部門減少 3.40%、工業製程及產品使用部門減少 5.70%、農業部門減少 15.93%、土地利用、土地利用變化及林業部門減少 0.08% 以及廢棄物部門增加 2.50%。

2. 甲烷

甲烷排放源則來自於農業部門、廢棄物部門與能源部門，如表 ES2.3 所示。2005 年甲烷排放量 11,386 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 4,564 千公噸二氧化碳當量，減少 59.91%，平均負成長率為 5.24%。2022 年甲烷排放量占總溫室氣體排放量 1.60%，其中，以農業部門占 44.97% 最多，其餘依次為廢棄物部門占 36.23%、能源部門占 18.27%、及工業製程及產品使用部門占 0.53%。

2022 年排放較 2021 年減少 4.35%，並以工業製程及產品使用部門減少 17.21%、廢棄物部門減少 8.36% 以及農業部門減少 2.96%，而能源部門增加 1.34%。

3. 氧化亞氮

氧化亞氮排放源為工業製程及產品使用部門、農業部門與能源部門，廢棄物部門也有少量排放，如表 ES2.4 所示。2005 年氧化亞氮排放量為 3,657 千公噸二氧化碳當量，2022 年增加為 3,800 千公噸二氧化碳當量，增加 3.90%，平均成長率 0.23%；2022 年氧化亞氮排放量占總溫室氣體排放量 1.33%，其中，以工業製程及產品使用部門占最高 (40.15%)，其餘依次為農業部門占 29.04%、能源部門占 27.81%，廢棄物部門占 2.99%。2022 年排放較 2021 年減少 16.90%，其中能源部門減少 2.45%、工業製程及產品使用部門減少 31.50%、農業部門減少 3.31% 及廢棄物部門減少 5.69%。

表 ES2.3 1990 年至 2022 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. 能源部門 | 592 | 567 | 557 | 572 | 589 | 597 | 582 | 575 | 599 | 628 | 643 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 6 | 8 | 7 | 8 | 9 | 11 | 13 | 13 | 11 | 13 | 15 |
| 3. 農業部門 | 3,264 | 3,472 | 3,381 | 3,388 | 3,374 | 3,449 | 3,455 | 2,993 | 2,703 | 2,820 | 2,813 |
| 3.A 畜禽腸道發酵 | 750 | 819 | 826 | 868 | 883 | 921 | 921 | 820 | 755 | 778 | 775 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,246 | 1,460 | 1,418 | 1,436 | 1,470 | 1,535 | 1,565 | 1,190 | 990 | 1,088 | 1,123 |
| 3.C 水稻種植 | 1,226 | 1,166 | 1,084 | 1,059 | 998 | 984 | 961 | 976 | 953 | 947 | 899 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 42 | 28 | 53 | 24 | 23 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 15 |
| 5. 廢棄物部門 | 8,410 | 8,643 | 8,917 | 9,945 | 10,731 | 11,632 | 11,833 | 12,073 | 12,479 | 12,391 | 11,722 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 13 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 1.6 | 0.06 | 2.2 | 0.3 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,295 | 1,436 | 1,485 | 1,452 | 1,479 | 1,520 | 1,602 | 1,575 | 1,517 | 1,431 | 1,411 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 935 | 945 | 953 | 962 | 970 | 977 | 983 | 990 | 982 | 935 | 894 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 360 | 492 | 531 | 490 | 509 | 542 | 619 | 586 | 534 | 497 | 517 |
| 甲烷總排放量 | 12,271 | 12,689 | 12,861 | 13,913 | 14,704 | 15,690 | 15,883 | 15,654 | 15,793 | 15,852 | 15,193 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 633 | 655 | 705 | 740 | 707 | 700 | 697 | 677 | 669 | 707 | 733 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 25 | 31 | 30 | 31 | 32 | 25 |
| 3. 農業部門 | 2,717 | 2,565 | 2,451 | 2,363 | 2,495 | 2,461 | 2,371 | 2,303 | 2,247 | 2,244 | 2,278 |
| 3.A 畜禽腸道發酵 | 739 | 712 | 701 | 688 | 698 | 688 | 682 | 655 | 640 | 648 | 660 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,074 | 1,022 | 1,019 | 1,024 | 1,071 | 1,058 | 994 | 965 | 924 | 931 | 944 |
| 3.C 水稻種植 | 887 | 816 | 721 | 643 | 717 | 706 | 690 | 676 | 678 | 659 | 668 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 17 | 14 | 10 | 9 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 5. 廢棄物部門 | 10,996 | 10,339 | 9,569 | 8,868 | 8,164 | 7,437 | 6,732 | 5,968 | 5,111 | 4,542 | 4,137 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.4 | 3 | 7 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 23 | 29 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,341 | 1,363 | 1,375 | 1,379 | 1,367 | 1,359 | 1,367 | 1,306 | 1,149 | 1,171 | 1,246 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 883 | 868 | 860 | 833 | 808 | 783 | 752 | 728 | 700 | 689 | 661 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 458 | 495 | 515 | 546 | 559 | 576 | 615 | 578 | 449 | 482 | 584 |
| 甲烷總排放量 | 14,367 | 13,580 | 12,750 | 12,004 | 11,386 | 10,623 | 9,831 | 8,978 | 8,058 | 7,525 | 7,173 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 能源部門 | 743 | 757 | 769 | 795 | 818 | 826 | 807 | 802 | 818 | 823 | 834 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 3. 農業部門 | 2,252 | 2,237 | 2,180 | 2,158 | 2,166 | 2,166 | 2,165 | 2,174 | 2,172 | 2,115 | 2,052 |
| 3.A 畜禽腸道發酵 | 653 | 649 | 634 | 641 | 628 | 632 | 640 | 643 | 650 | 665 | 655 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 904 | 874 | 840 | 834 | 829 | 827 | 832 | 844 | 845 | 842 | 821 |
| 3.C 水稻種植 | 688 | 710 | 702 | 678 | 705 | 704 | 689 | 684 | 677 | 608 | 576 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5. 廢棄物部門 | 3,660 | 3,187 | 2,808 | 2,686 | 2,710 | 2,474 | 2,106 | 1,963 | 1,834 | 1,805 | 1,654 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | 23 | 26 | 28 | 29 | 30 | 28 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,201 | 1,108 | 1,049 | 1,195 | 1,436 | 1,371 | 1,142 | 1,098 | 1,036 | 1,081 | 963 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 631 | 609 | 593 | 572 | 537 | 512 | 491 | 445 | 423 | 395 | 373 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 570 | 499 | 456 | 623 | 899 | 859 | 651 | 653 | 612 | 686 | 590 |
| 甲烷總排放量 | 6,681 | 6,209 | 5,785 | 5,668 | 5,723 | 5,493 | 5,107 | 4,968 | 4,853 | 4,772 | 4,564 |

表 ES2.4 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 能源部門 | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A.1 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.3 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.4 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 3. 農業部門 | 1,736 | 1,783 | 1,724 | 1,750 | 1,743 | 1,736 | 1,772 | 1,566 | 1,461 | 1,511 | 1,640 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 129 | 146 | 145 | 147 | 154 | 160 | 167 | 143 | 129 | 137 | 140 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,597 | 1,630 | 1,567 | 1,597 | 1,583 | 1,574 | 1,603 | 1,422 | 1,331 | 1,372 | 1,496 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 10 | 7 | 13 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 5. 廢棄物部門 | 190 | 181 | 190 | 198 | 200 | 216 | 218 | 213 | 200 | 194 | 186 |
| 氧化亞氮總排放量 | 2,551 | 2,791 | 2,784 | 2,841 | 2,885 | 2,951 | 3,028 | 2,882 | 2,817 | 2,843 | 3,315 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A.1 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.3 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.4 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 635 | 661 | 741 | 742 | 891 | 1,311 | 1,399 | 1,185 | 1,334 | 1,670 | 1,605 |
| 3. 農業部門 | 1,574 | 1,576 | 1,460 | 1,565 | 1,468 | 1,493 | 1,462 | 1,388 | 1,413 | 1,398 | 1,343 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 135 | 131 | 131 | 130 | 136 | 136 | 130 | 129 | 125 | 125 | 126 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,435 | 1,441 | 1,326 | 1,433 | 1,330 | 1,355 | 1,331 | 1,258 | 1,286 | 1,272 | 1,215 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5. 廢棄物部門 | 196 | 195 | 195 | 185 | 169 | 164 | 149 | 136 | 134 | 133 | 136 |
| 氧化亞氮總排放量 | 3,366 | 3,437 | 3,447 | 3,584 | 3,657 | 4,124 | 4,168 | 3,811 | 3,957 | 4,311 | 4,211 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A.1 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.3 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.4 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 1,527 | 1,407 | 1,384 | 1,378 | 1,550 | 1,729 | 1,838 | 1,743 | 1,709 | 2,227 | 1,526 |
| 3. 農業部門 | 1,363 | 1,306 | 1,298 | 1,272 | 1,270 | 1,225 | 1,203 | 1,154 | 1,201 | 1,141 | 1,104 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 123 | 122 | 121 | 121 | 122 | 123 | 125 | 129 | 130 | 130 | 130 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,238 | 1,184 | 1,176 | 1,150 | 1,146 | 1,101 | 1,077 | 1,025 | 1,071 | 1,011 | 973 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 5. 廢棄物部門 | 128 | 121 | 120 | 124 | 120 | 121 | 123 | 119 | 121 | 121 | 114 |
| 氧化亞氮總排放量 | 4,127 | 3,938 | 3,910 | 3,879 | 4,064 | 4,210 | 4,282 | 4,112 | 4,120 | 4,573 | 3,800 |

4. 含氟氣體

我國含氟溫室氣體多使用於經濟發展重點產業，包括半導體、光電、電力設施及鎂合金等產業，屬於較集中排放產業。如表 ES2.5 所示。其中，氫氟碳化物 (Hydrofluorocarbons, HFCs) 自 1993 年的 633 千公噸二氧化碳當量，增加至 2022 年 1,555 千公噸二氧化碳當量；全氟碳化物 (Perfluorocarbons, PFCs) 自 1999 年的 2 千公噸二氧化碳當量，增加至 2022 年 1,250 千公噸二氧化碳當量；六氟化硫 (Sulphur Hexafluoride, SF₆) 則自 1999 年 120 千公噸二氧化碳當量，於 2022 年增加至 660 千公噸二氧化碳

當量；而三氟化氮 (Nitrogen trifluoride, NF₃) 則自 1999 年 10 千公噸二氧化碳當量，於 2022 年增加至 455 千公噸二氧化碳當量。

就整體含氟溫室氣體排放量而言，自 2005 年 9,251 千公噸二氧化碳當量 (約占當年總溫室氣體排放量的 3.18%)，增加至 2022 年的 3,921 千公噸二氧化碳當量 (約占當年總溫室氣體排放量的 1.37%)，排放量減少 57.62%，年平均負成長率 4.92%，2022 年排放較 2021 年減少 7.10%。

表 ES2.5 1990 年至 2022 年含氟氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HFCs 總排放量 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 2.B 化學工業 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | NE | NE | NE | NE | NE | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 |
| PFCs 總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| SF ₆ 總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.C 金屬工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| NF ₃ 總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 含氟氣體總排放量 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,569 | 2,199 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| HFCs 總排放量 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 2.B 化學工業 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 43 | 49 | 49 | 49 | 85 | 100 | 167 | 123 | 172 | 169 | 144 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 136 | 160 | 187 | 205 | 219 | 233 | 236 | 235 | 233 | 226 | 229 |
| PFCs 總排放量 (2.E 電子工業) | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| SF ₆ 總排放量 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 2.C 金屬工業 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 2.E 電子工業 | 769 | 973 | 1,458 | 1,838 | 2,457 | 2,389 | 2,049 | 1,930 | 1,561 | 1,983 | 1,665 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 |
| NF ₃ 總排放量 (2.E 電子工業) | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 含氟氣體總排放量 | 5,983 | 10,139 | 10,649 | 11,541 | 9,251 | 8,272 | 7,738 | 5,483 | 4,938 | 4,572 | 4,408 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| HFCs 總排放量 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |
| 2.B 化學工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 104 | 173 | 184 | 142 | 160 | 169 | 169 | 152 | 161 | 156 | 151 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 294 | 361 | 431 | 508 | 597 | 725 | 875 | 1,012 | 1,143 | 1,273 | 1,405 |
| PFCs 總排放量 (2.E 電子工業) | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| SF ₆ 總排放量 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |
| 2.C 金屬工業 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |
| 2.E 電子工業 | 1,678 | 1,855 | 1,600 | 1,393 | 1,334 | 1,317 | 1,105 | 805 | 693 | 716 | 507 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 201 | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 |
| NF ₃ 總排放量 (2.E 電子工業) | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 含氟氣體總排放量 | 3,724 | 4,569 | 4,496 | 4,094 | 3,992 | 4,070 | 4,283 | 3,884 | 4,035 | 4,220 | 3,921 |

ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽

就部門別而言，能源部門歷年皆為我國溫室氣體總排放量最大之部門，2005 年和 2022 年能源部門溫室氣體排放量分別約占總排放量(不包括 LULUCF)的 85.79% 和 90.87%，工業製程及產品使用部門占 9.70% 和 7.08%，農業部門占 1.38% 和 1.11%，廢棄物部門占 3.13% 和 0.94%，如圖 ES3.1 所示。

1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 ES3.2 與表 ES3.1 所示。2022 年排放較 2021 年減少 3.78%，並以能源部門減少 3.38%、工業製程及產品使用部門減少 8.58%、農業部門減少 3.19%、廢棄物部門減少 4.76%；另土地利用、土地利用變化及林業部門的碳移除量減少 0.08%。

2022 年排放較 2005 年減少 1.79%，其中能源部門增加 4.03%、工業製程及產品使用部門減少 28.37%、農業部門減少 21.05%、廢棄物部門減少 70.36%；另土地利用、

土地利用變化及林業部門的碳移除量減少 2.04%，如圖 ES3.3 所示。

1. 能源部門

2005 年能源部門溫室氣體排放為 249,792 千公噸二氧化碳當量，至 2022 年增加為 259,849 千公噸二氧化碳當量，成長 4.03%，年平均成長率為 0.23%，如表 ES3.2 所示。在此期間能源部門溫室氣體排放量至 2008 年首度呈現下降趨勢，2009 年、2012 年以及 2018 年至 2020 年間逐年下降。2022 年排放較 2021 年減少 3.38%。2022 年能源部門溫室氣體總排放量占我國溫室氣體總排放量的 90.87%，其中，以 1.A.1「能源產業」為 182,243 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 70.14%，1.A.2「製造業與營造業」為 32,400 千公噸二氧化碳當量(占 12.47%)，1.A.3「運輸」為 35,451 千公噸二氧化碳當量(占 13.64%)，1.A.4「其他部門(服務業、住宅及農林漁牧)」為 9,417 千公噸二氧化碳當量(占 3.62%)，1.B.2「石油和天然氣」為 337 千公噸二氧化碳當量(占 0.13%)，如圖 ES3.4 所示。

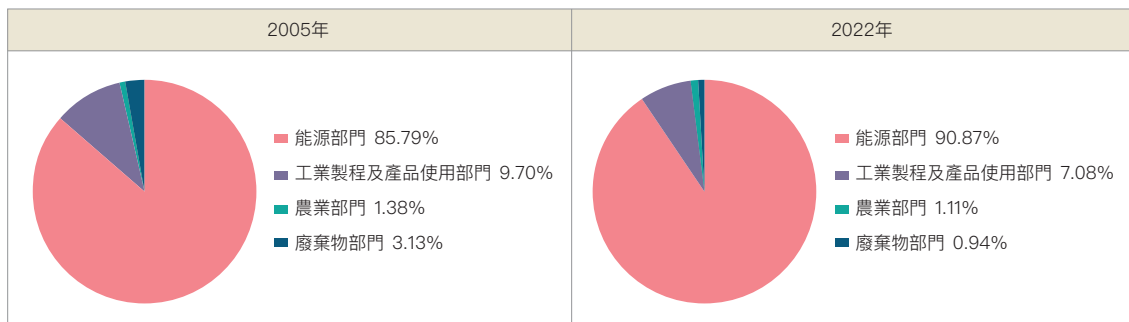


圖 ES3.1 2005 年和 2022 年各部門溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) 占比

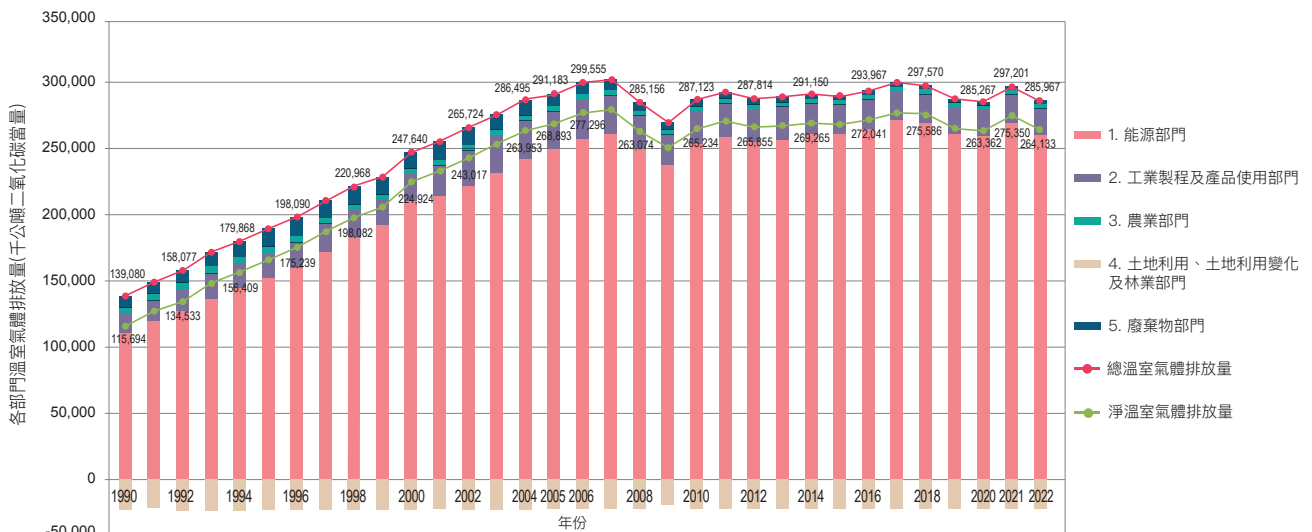


圖 ES3.2 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量趨勢

表 ES3.1 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 110,535 | 119,523 | 127,195 | 136,404 | 144,352 | 152,099 | 159,894 | 172,180 | 182,933 | 191,935 | 210,300 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 14,710 | 15,328 | 16,222 | 19,316 | 18,834 | 18,526 | 19,114 | 21,113 | 20,574 | 19,038 | 20,158 |
| 3. 農業部門 | 5,141 | 5,402 | 5,244 | 5,268 | 5,251 | 5,336 | 5,378 | 4,692 | 4,292 | 4,449 | 4,583 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 5. 廢棄物部門 | 8,694 | 8,858 | 9,415 | 10,444 | 11,430 | 13,424 | 13,703 | 12,616 | 13,170 | 12,865 | 12,599 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 115,694 | 127,621 | 134,533 | 147,886 | 156,409 | 166,045 | 175,239 | 187,541 | 198,082 | 205,524 | 224,924 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 139,080 | 149,111 | 158,077 | 171,432 | 179,868 | 189,385 | 198,090 | 210,601 | 220,968 | 228,288 | 247,640 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 214,149 | 221,783 | 231,599 | 241,762 | 249,792 | 257,186 | 261,070 | 249,316 | 237,614 | 253,526 | 258,957 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 22,824 | 26,897 | 28,555 | 29,672 | 28,257 | 29,906 | 29,135 | 25,256 | 22,709 | 24,481 | 24,991 |
| 3. 農業部門 | 4,385 | 4,234 | 3,993 | 4,012 | 4,026 | 4,013 | 3,890 | 3,748 | 3,716 | 3,696 | 3,674 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 5. 廢棄物部門 | 13,789 | 12,810 | 11,829 | 11,050 | 9,109 | 8,450 | 7,719 | 6,836 | 5,948 | 5,421 | 4,943 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 233,297 | 243,017 | 253,351 | 263,953 | 268,893 | 277,296 | 279,739 | 263,074 | 250,598 | 265,234 | 270,618 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 255,147 | 265,724 | 275,975 | 286,495 | 291,183 | 299,555 | 301,813 | 285,156 | 269,986 | 287,123 | 292,565 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 255,053 | 255,970 | 260,357 | 260,375 | 264,923 | 271,422 | 269,134 | 260,720 | 259,341 | 268,943 | 259,849 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 24,646 | 25,609 | 23,613 | 22,753 | 22,156 | 21,451 | 22,170 | 20,547 | 19,771 | 22,140 | 20,240 |
| 3. 農業部門 | 3,670 | 3,588 | 3,518 | 3,468 | 3,469 | 3,423 | 3,397 | 3,358 | 3,402 | 3,283 | 3,178 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 5. 廢棄物部門 | 4,446 | 4,126 | 3,663 | 3,309 | 3,420 | 3,208 | 2,868 | 2,785 | 2,753 | 2,835 | 2,700 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 265,855 | 267,320 | 269,265 | 268,005 | 272,041 | 277,542 | 275,586 | 265,493 | 263,362 | 275,350 | 264,133 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 287,814 | 289,294 | 291,150 | 289,905 | 293,967 | 299,504 | 297,570 | 287,410 | 285,267 | 297,201 | 285,967 |

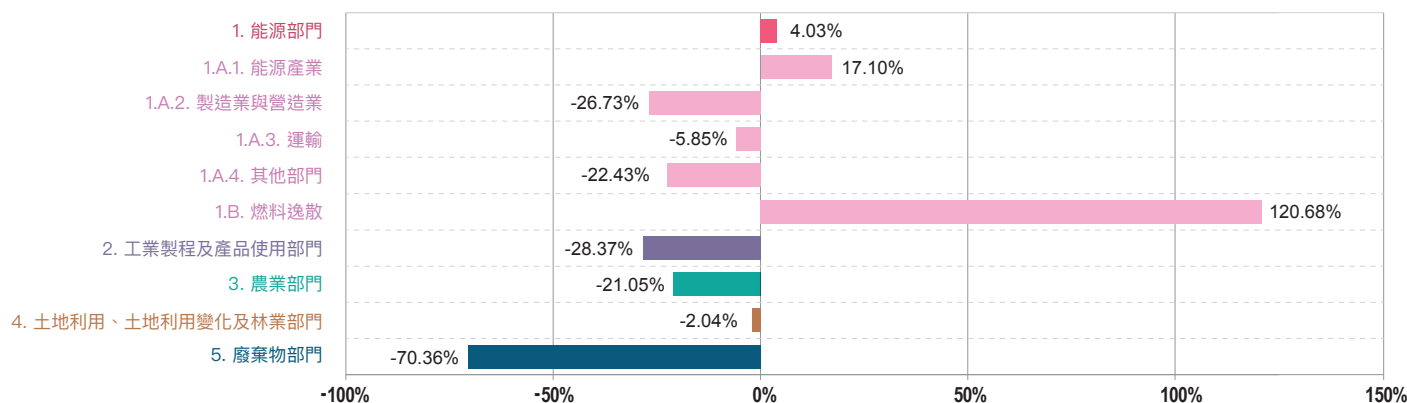


圖 ES3.3 2005 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量和移除量變化

表 ES3.2 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A.1 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.3 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.4 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 甲烷總排放量 | 592 | 567 | 557 | 572 | 589 | 597 | 582 | 575 | 599 | 628 | 643 |
| 1.A.1 能源產業 | 29 | 32 | 31 | 36 | 39 | 45 | 46 | 51 | 56 | 65 | 73 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 51 | 54 | 58 | 58 | 60 | 61 | 63 | 66 | 67 | 71 | 79 |
| 1.A.3 運輸 | 170 | 183 | 209 | 226 | 241 | 256 | 268 | 275 | 288 | 298 | 303 |
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 31 | 29 | 31 | 30 | 33 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| 1.B.1 固體燃料 | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 127 | 109 | 98 | 97 | 108 | 115 | 115 | 117 | 128 | 126 | 124 |
| 氧化亞氮總排放量 | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A.1 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.3 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.4 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 能源部門總排放量 | 110,535 | 119,523 | 127,195 | 136,404 | 144,352 | 152,099 | 159,894 | 172,180 | 182,933 | 191,935 | 210,300 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A.1 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.3 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.4 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 甲烷總排放量 | 633 | 655 | 705 | 740 | 707 | 700 | 697 | 677 | 669 | 707 | 733 |
| 1.A.1 能源產業 | 78 | 77 | 87 | 90 | 93 | 98 | 100 | 98 | 91 | 96 | 97 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 81 | 85 | 83 | 86 | 85 | 88 | 87 | 80 | 76 | 83 | 89 |
| 1.A.3 運輸 | 305 | 311 | 321 | 330 | 339 | 333 | 324 | 308 | 314 | 319 | 322 |
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 36 | 37 | 37 | 33 | 30 | 32 | 31 | 30 | 28 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 氧化亞氮總排放量 | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A.1 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.3 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.4 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 能源部門總排放量 | 214,149 | 221,783 | 231,599 | 241,762 | 249,792 | 257,186 | 261,070 | 249,316 | 237,614 | 253,526 | 258,957 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A.1 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.3 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.4 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 甲烷總排放量 | 743 | 757 | 769 | 795 | 818 | 826 | 807 | 802 | 818 | 823 | 834 |
| 1.A.1 能源產業 | 96 | 95 | 98 | 102 | 103 | 105 | 105 | 101 | 100 | 103 | 102 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 86 | 88 | 85 | 84 | 84 | 79 | 67 | 66 | 65 | 67 | 59 |
| 1.A.3 運輸 | 317 | 318 | 320 | 327 | 337 | 331 | 321 | 321 | 325 | 301 | 309 |
| 1.A.4 其他部門 | 28 | 28 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A.1 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.3 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.4 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 能源部門總排放量 | 255,053 | 255,970 | 260,357 | 260,375 | 264,923 | 271,422 | 269,134 | 260,720 | 259,341 | 268,943 | 259,849 |

備註：NO (未發生)，我國煤炭 2001 年起停產。

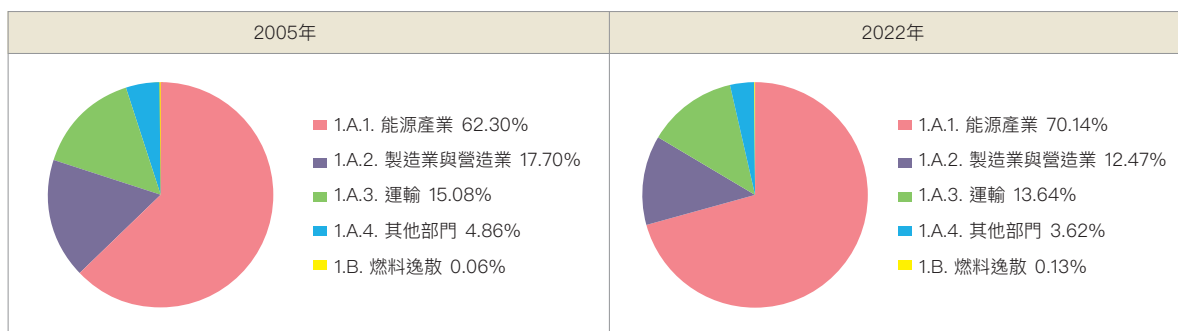


圖 ES3.4 2005 年和 2022 年能源部門溫室氣體排放量占比

2. 工業製程及產品使用部門

2005 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放為 28,257 千公噸二氧化碳當量，至 2022 年減少為 20,240 千公噸二氧化碳當量，減少 28.37%，年平均負成長率為 1.75%，如表 ES3.3 所示。2022 年排放較 2021 年減少 8.58%。2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量占我國溫室氣體總排放量的 7.08%，其中，以 2.C「金屬工業」7,047 千公噸二氧化碳當量占工業製程及產品使用部門溫室氣體排放的 34.82% (比例最大)，其次為 2.A「礦業 (非

金屬製品)」6,464 千公噸二氧化碳當量 (占 31.94%)、2.E「電子工業」3,209 千公噸二氧化碳當量 (占 15.85%)、2.B「化學工業」1,974 千公噸二氧化碳當量 (占 9.75%)、2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」1,405 千公噸二氧化碳當量 (占 6.94%)、2.G「其他產品之製造與使用」127 千公噸二氧化碳當量 (占 0.63%)、2.H「其他」15 千公噸二氧化碳當量 (占 0.07%) 以及 2.D「非能源產物燃料溶劑使用」0.06 公噸二氧化碳當量 (占 0.000003%)，如圖 ES3.5 所示。

表 ES3.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 14,557 | 15,007 | 15,926 | 18,408 | 17,826 | 17,528 | 17,677 | 19,483 | 18,410 | 17,179 | 17,388 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 10,683 | 10,698 | 11,854 | 13,879 | 13,259 | 12,766 | 12,645 | 13,394 | 11,564 | 10,746 | 10,486 |
| 2.B 化學工業 | 575 | 551 | 575 | 617 | 770 | 858 | 999 | 1,026 | 1,007 | 1,079 | 1,148 |
| 2.C 金屬工業 | 3,275 | 3,735 | 3,474 | 3,888 | 3,774 | 3,884 | 4,013 | 5,045 | 5,817 | 5,333 | 5,734 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 |
| 2.H 其他 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 甲烷總排放量 | 6 | 8 | 7 | 8 | 9 | 11 | 13 | 13 | 11 | 13 | 15 |
| 2.B 化學工業 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 12 | 10 | 13 | 15 |
| 2.C 金屬工業 | 0.2 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.2 |
| 氧化亞氮總排放量 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 2.B 化學工業 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 2.C 金屬工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 氫氟碳化物總排放量 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 2.B 化學工業 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | NE | NE | NE | NE | NE | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 六氟化硫總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.C 金屬工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 14,710 | 15,328 | 16,222 | 19,316 | 18,834 | 18,526 | 19,114 | 21,113 | 20,574 | 19,038 | 20,158 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 16,186 | 16,075 | 17,141 | 17,358 | 18,094 | 20,299 | 19,967 | 18,558 | 16,407 | 18,206 | 18,954 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 9,974 | 10,648 | 10,341 | 10,691 | 11,257 | 11,014 | 10,369 | 9,289 | 8,467 | 8,616 | 9,577 |
| 2.B 化學工業 | 1,232 | 1,313 | 1,384 | 1,485 | 1,751 | 1,721 | 1,845 | 1,601 | 1,601 | 1,778 | 1,737 |
| 2.C 金屬工業 | 4,960 | 4,096 | 5,397 | 5,162 | 5,066 | 7,544 | 7,733 | 7,648 | 6,317 | 7,792 | 7,620 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00007 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00004 |
| 2.H 其他 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 甲烷總排放量 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 25 | 31 | 30 | 31 | 32 | 25 |
| 2.B 化學工業 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 20 | 26 | 24 | 27 | 26 | 25 |
| 2.C 金屬工業 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | NO | NO | 4.8 | 4.8 | 5.5 | 3.9 | 6.2 | 0.02 |
| 氧化亞氮總排放量 | 635 | 661 | 741 | 742 | 891 | 1,311 | 1,399 | 1,185 | 1,334 | 1,670 | 1,605 |
| 2.B 化學工業 | 635 | 661 | 739 | 742 | 854 | 861 | 886 | 697 | 895 | 1,040 | 1,062 |
| 2.C 金屬工業 | NO | 0.4 | 1.5 | NO | NO | 84 | 85 | 81 | 68 | 107 | NO |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | 37 | 365 | 428 | 407 | 371 | 523 | 543 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 2.B 化學工業 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 43 | 49 | 49 | 49 | 85 | 100 | 167 | 123 | 172 | 169 | 144 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 136 | 160 | 187 | 205 | 219 | 233 | 236 | 235 | 233 | 226 | 229 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| 六氟化硫總排放量 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 2.C 金屬工業 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 2.E 電子工業 | 769 | 973 | 1,458 | 1,838 | 2,457 | 2,389 | 2,049 | 1,930 | 1,561 | 1,983 | 1,665 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 22,824 | 26,897 | 28,555 | 29,672 | 28,257 | 29,906 | 29,135 | 25,256 | 22,709 | 24,481 | 24,991 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 | 19,369 | 19,605 | 17,704 | 17,251 | 16,583 | 15,625 | 16,019 | 14,890 | 13,999 | 15,663 | 14,770 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 9,333 | 9,866 | 8,728 | 8,345 | 7,108 | 6,262 | 6,403 | 6,501 | 6,561 | 6,828 | 6,464 |
| 2.B 化學工業 | 1,714 | 1,749 | 1,884 | 1,842 | 1,760 | 1,709 | 1,684 | 1,666 | 1,550 | 1,730 | 1,270 |
| 2.C 金屬工業 | 8,301 | 7,970 | 7,072 | 7,044 | 7,696 | 7,634 | 7,913 | 6,706 | 5,870 | 7,090 | 7,020 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00004 | 0.00005 | 0.00006 | 0.00010 | 0.00008 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00006 |
| 2.H 其他 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |
| 甲烷總排放量 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 2.B 化學工業 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 2.C 金屬工業 | 0.07 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | NO | 0.01 | 0.01 | 0.0001 | NO | NO |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,527 | 1,407 | 1,384 | 1,378 | 1,550 | 1,729 | 1,838 | 1,743 | 1,709 | 2,227 | 1,526 |
| 2.B 化學工業 | 904 | 694 | 647 | 614 | 854 | 991 | 987 | 828 | 541 | 1,053 | 679 |
| 2.C 金屬工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 623 | 713 | 737 | 764 | 696 | 738 | 851 | 916 | 1,168 | 1,174 | 847 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |
| 2.B 化學工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 104 | 173 | 184 | 142 | 160 | 169 | 169 | 152 | 161 | 156 | 151 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 294 | 361 | 431 | 508 | 597 | 725 | 875 | 1,012 | 1,143 | 1,273 | 1,405 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| 六氟化硫總排放量 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |
| 2.C 金屬工業 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |
| 2.E 電子工業 | 1,678 | 1,855 | 1,600 | 1,393 | 1,334 | 1,317 | 1,105 | 805 | 693 | 716 | 507 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 201 | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 24,646 | 25,609 | 23,613 | 22,753 | 22,156 | 21,451 | 22,170 | 20,547 | 19,771 | 22,140 | 20,240 |

備註：1. NE (未估計)，指對現有源排放量和匯移除量沒有估計。

2. NO (未發生) 該排放源無生產或使用，如 HCFC-22 自 1993 年投產，並於 2005 年停產。

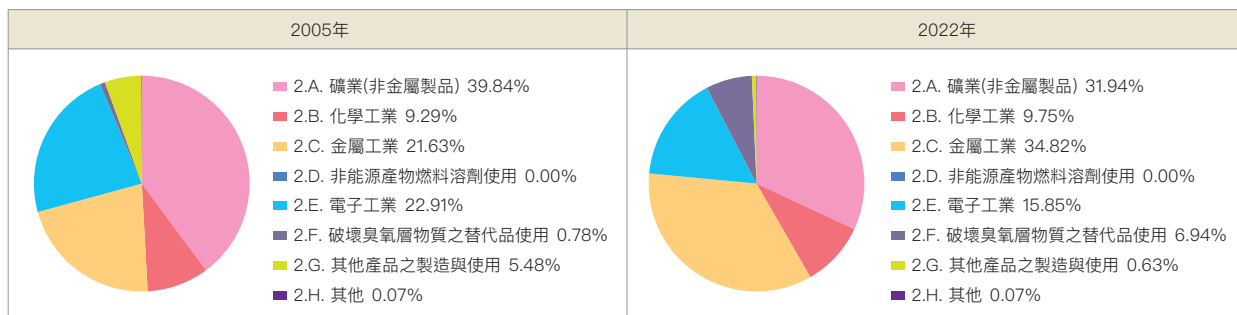


圖 ES3.5 2005 年和 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量占比

3. 農業部門

2005 年農業部門溫室氣體排放為 4,026 千公噸二氧化碳當量，至 2022 年減少為 3,178 千公噸二氧化碳當量，減少 21.05%，年平均負成長率為 1.38%，如表 ES3.4 所示。2022 年較 2021 年微幅減少 3.19%。2022 年農業部門溫室氣體排放約占我國溫室氣體總排放量的 1.11%，其中以 3.D「農耕土壤」排放占比最高 (30.61%)，3.B「畜禽糞尿處理」占 29.92%，3.A「畜禽腸胃發酵」占 20.60%，3.C「水稻種植」占 18.13%，3.H「尿素施用」排放占 0.71% 及 3.F「作物殘體燃燒」排放占 0.03%，如圖 ES3.6 所示。

4. 土地利用、土地利用變化及林業部門

土地利用、土地利用變化及林業部門移除之溫室氣體以二氧化碳為主，歷年之移除量呈現略有起伏增減的趨勢，每年的移除量變化並不大，主要係由森林資源年生長所增加的移除量為主，造林所增加的移除量及因森林干擾所減少的移除量較少。1990 年至 2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體排放量 (主要為森林資源之二氧化碳移除量) 如表 ES3.5 所示，2005 年移除量為 22,290 千公噸二氧化碳當量，至 2022 年減少為 21,834 千公噸二氧化碳當量，減少 2.04%，年平均負成長率為 0.12%。2022 年移除量較 2021 年減少 0.08%。

表 ES3.4 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 142 | 146 | 139 | 131 | 135 | 151 | 151 | 134 | 127 | 118 | 131 |
| 甲烷總排放量 | 3,264 | 3,472 | 3,381 | 3,388 | 3,374 | 3,449 | 3,455 | 2,993 | 2,703 | 2,820 | 2,813 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 750 | 819 | 826 | 868 | 883 | 921 | 921 | 820 | 755 | 778 | 775 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,246 | 1,460 | 1,418 | 1,436 | 1,470 | 1,535 | 1,565 | 1,190 | 990 | 1,088 | 1,123 |
| 3.C 水稻種植 | 1,226 | 1,166 | 1,084 | 1,059 | 998 | 984 | 961 | 976 | 953 | 947 | 899 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 42 | 28 | 53 | 24 | 23 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 15 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,736 | 1,783 | 1,724 | 1,750 | 1,743 | 1,736 | 1,772 | 1,566 | 1,461 | 1,511 | 1,640 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 129 | 146 | 145 | 147 | 154 | 160 | 167 | 143 | 129 | 137 | 140 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,597 | 1,630 | 1,567 | 1,597 | 1,583 | 1,574 | 1,603 | 1,422 | 1,331 | 1,372 | 1,496 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 10 | 7 | 13 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 農業部門總排放量 | 5,141 | 5,402 | 5,244 | 5,268 | 5,251 | 5,336 | 5,378 | 4,692 | 4,292 | 4,449 | 4,583 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 94 | 93 | 82 | 84 | 62 | 59 | 57 | 57 | 55 | 54 | 53 |
| 甲烷總排放量 | 2,717 | 2,565 | 2,451 | 2,363 | 2,495 | 2,461 | 2,371 | 2,303 | 2,247 | 2,244 | 2,278 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 739 | 712 | 701 | 688 | 698 | 688 | 682 | 655 | 640 | 648 | 660 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,074 | 1,022 | 1,019 | 1,024 | 1,071 | 1,058 | 994 | 965 | 924 | 931 | 944 |
| 3.C 水稻種植 | 887 | 816 | 721 | 643 | 717 | 706 | 690 | 676 | 678 | 659 | 668 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 17 | 14 | 10 | 9 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,574 | 1,576 | 1,460 | 1,565 | 1,468 | 1,493 | 1,462 | 1,388 | 1,413 | 1,398 | 1,343 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 135 | 131 | 131 | 130 | 136 | 136 | 130 | 129 | 125 | 125 | 126 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,435 | 1,441 | 1,326 | 1,433 | 1,330 | 1,355 | 1,331 | 1,258 | 1,286 | 1,272 | 1,215 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 農業部門總排放量 | 4,385 | 4,234 | 3,993 | 4,012 | 4,026 | 4,013 | 3,890 | 3,748 | 3,716 | 3,696 | 3,674 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 55 | 45 | 40 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 29 | 27 | 22 |
| 甲烷總排放量 | 2,252 | 2,237 | 2,180 | 2,158 | 2,166 | 2,166 | 2,165 | 2,174 | 2,172 | 2,115 | 2,052 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 653 | 649 | 634 | 641 | 628 | 632 | 640 | 643 | 650 | 665 | 655 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 904 | 874 | 840 | 834 | 829 | 827 | 832 | 844 | 845 | 842 | 821 |
| 3.C 水稻種植 | 688 | 710 | 702 | 678 | 705 | 704 | 689 | 684 | 677 | 608 | 576 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,363 | 1,306 | 1,298 | 1,272 | 1,270 | 1,225 | 1,203 | 1,154 | 1,201 | 1,141 | 1,104 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 123 | 122 | 121 | 121 | 122 | 123 | 125 | 129 | 130 | 130 | 130 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,238 | 1,184 | 1,176 | 1,150 | 1,146 | 1,101 | 1,077 | 1,025 | 1,071 | 1,011 | 973 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 農業部門總排放量 | 3,670 | 3,588 | 3,518 | 3,468 | 3,469 | 3,423 | 3,397 | 3,358 | 3,402 | 3,283 | 3,178 |

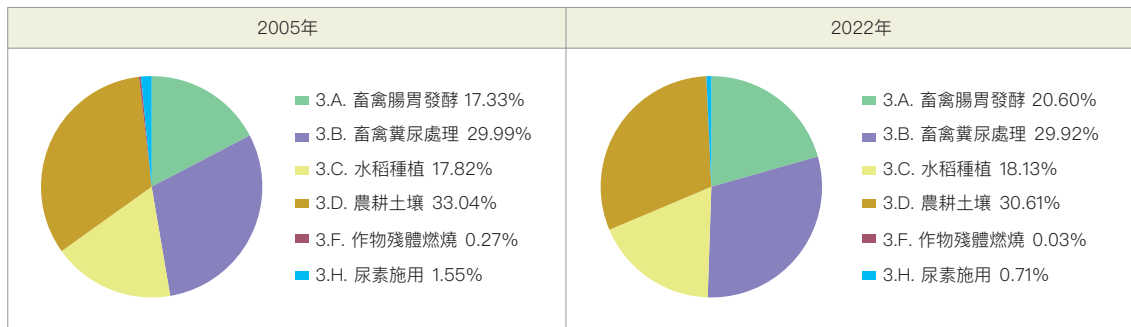


圖 ES3.6 2005 年和 2022 年農業部門溫室氣體排放量占比

表 ES3.5 1990 年至 2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--|-------------------------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -23,902 | -23,902 | -23,741 | -23,580 | -23,418 | -23,257 | -23,095 | -22,934 | -22,772 | -22,611 | -22,449 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2l}) | 607 | 2,503 ¹ | 333 | 216 | 190 | 202 | 559 | 266 | 326 | 401 | 389 |
| 4.A.2 其他土地轉變為林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -91 | -91 | -136 | -182 | -230 | -285 | -315 | -392 | -440 | -553 | -656 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -22,288 | -22,127 | -21,965 | -21,804 | -21,642 | -21,481 | -21,319 | -21,158 | -20,997 | -20,889 | -20,907 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2l}) | 1,112 ² | 167 | 227 | 243 | 369 | 251 | 308 | 199 | 2,753 ³ | 218 | 140 |
| 4.A.2 其他土地轉變為林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -673 | -747 | -886 | -981 | -1,016 | -1,029 | -1,062 | -1,123 | -1,145 | -1,218 | -1,181 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -20,932 | -20,970 | -21,004 | -21,040 | -21,068 | -21,105 | -21,148 | -21,202 | -21,271 | -21,318 | -21,359 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2l}) | 145 | 135 | 197 | 189 | 153 | 107 | 83 | 116 | 90 | 121 | 114 |
| 4.A.2 其他土地轉變為林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2g}) | -1,173 | -1,139 | -1,079 | -1,049 | -1,011 | -963 | -918 | -831 | -724 | -654 | -589 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |

備註：1. 1991 年其他災害包括颱風災害次數共 7 次，面積共 295.74 公頃，被害材積 1,348,998.61m³，損失材積 1,348,992.06 m³。

2. 2001 年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林大火外，尚發生 59 次小火警，火災受損面積廣達 395 公頃，森林資源損失慘重。

3. 2009 年莫拉克風災對我國中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區 3 天內降下超過 2,500 毫米的雨量，產生約 125 萬噸漂流木，致林木損失材積量大。

5. 廢棄物部門

2005 年廢棄物部門溫室氣體排放為 9,109 千公噸二氧化碳當量，至 2022 年減少為 2,700 千公噸二氧化碳當量，減少 70.36%，年平均負成長率為 6.90%，如表 ES3.6 所示。2022 年排放較 2021 年減少 4.76%。2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量約占我國溫室氣體總排放量的 0.94% (如表 ES3.6 所示)，其中，以 5.D 「廢水處理與放流」占 38.82% 最大，其次為 5.C 「廢棄物之焚化與露天燃燒」占 34.87%，其餘為 5.A 「固體廢棄物處理」占 24.56% 及 5.B 「固體廢棄物之生物處理」占 1.75%，如圖 ES3.7 所示。

ES.4 其他資訊

依據《氣候變遷因應法》相關規範，我國已建置完成符合國情、部門分工、資料庫分層管理之國家申報管理體系，由相關權責部會進行所轄部門溫室氣體排放數據之調查及統

計作業，邀集相關領域專家學者就統計數據、方法及改善計畫等加以審議修正，每年定期提送環境部氣候變遷署彙整，經跨部會研商討論及編撰校稿後，建立國家溫室氣體排放清冊並對外公開。此外，我國於 2013 年建置國家溫室氣體清冊電子化之登錄平台，同時由相關權責部會線上提交統計資料，並配合 UNFCCC 規範，於 2015 年起即與締約方同步依 2006 IPCC 指南，每年完成更新編撰國家溫室氣體清冊報告。

表 ES3.6 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 二氧化碳總排放量 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 甲烷總排放量 | 8,410 | 8,643 | 8,917 | 9,945 | 10,731 | 11,632 | 11,833 | 12,073 | 12,479 | 12,391 | 11,722 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 13 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 1.6 | 0.06 | 2.2 | 0.3 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,295 | 1,436 | 1,485 | 1,452 | 1,479 | 1,520 | 1,602 | 1,575 | 1,517 | 1,431 | 1,411 |
| 氧化亞氮總排放量 | 190 | 181 | 190 | 198 | 200 | 216 | 218 | 213 | 200 | 194 | 186 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 9 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 1.1 | 0.04 | 1.5 | 0.2 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 1.0 | 0.4 | 3 | 3 | 5 | 16 | 17 | 3 | 5 | 3 | 7 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 180 | 180 | 186 | 194 | 194 | 199 | 201 | 209 | 195 | 189 | 179 |
| 廢棄物部門總排放量 | 8,694 | 8,858 | 9,415 | 10,444 | 11,430 | 13,424 | 13,703 | 12,616 | 13,170 | 12,865 | 12,599 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 甲烷總排放量 | 10,996 | 10,339 | 9,569 | 8,868 | 8,164 | 7,437 | 6,732 | 5,968 | 5,111 | 4,542 | 4,137 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.4 | 2.6 | 7 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 23 | 29 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,341 | 1,363 | 1,375 | 1,379 | 1,367 | 1,359 | 1,367 | 1,306 | 1,149 | 1,171 | 1,246 |
| 氧化亞氮總排放量 | 196 | 195 | 195 | 185 | 169 | 164 | 149 | 136 | 134 | 133 | 136 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.3 | 2 | 5 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 17 | 21 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 27 | 23 | 21 | 21 | 8 | 9 | 9 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 169 | 171 | 172 | 159 | 154 | 147 | 129 | 115 | 112 | 109 | 107 |
| 廢棄物部門總排放量 | 13,789 | 12,810 | 11,829 | 11,050 | 9,109 | 8,450 | 7,719 | 6,836 | 5,948 | 5,421 | 4,943 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 二氧化碳總排放量 | 657 | 817 | 736 | 499 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 910 | 933 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 657 | 817 | 736 | 498 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 909 | 932 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | 1.7 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| 甲烷總排放量 | 3,660 | 3,187 | 2,808 | 2,686 | 2,710 | 2,474 | 2,106 | 1,963 | 1,834 | 1,805 | 1,654 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | 23 | 26 | 28 | 29 | 30 | 28 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,201 | 1,108 | 1,049 | 1,195 | 1,436 | 1,371 | 1,142 | 1,098 | 1,036 | 1,081 | 963 |
| 氧化亞氮總排放量 | 128 | 121 | 120 | 124 | 120 | 121 | 123 | 119 | 121 | 121 | 114 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 19 | 18 | 16 | 16 | 16 | 16 | 18 | 20 | 21 | 21 | 20 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 8 | 8 | 8 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 101 | 96 | 96 | 103 | 98 | 99 | 99 | 92 | 92 | 91 | 85 |
| 廢棄物部門總排放量 | 4,446 | 4,126 | 3,663 | 3,309 | 3,420 | 3,208 | 2,868 | 2,785 | 2,753 | 2,835 | 2,700 |

備註：NO (未發生) 該排放源無生產或使用，廢水處理與放流自 2015 年起納入事業廢水盤查資料。

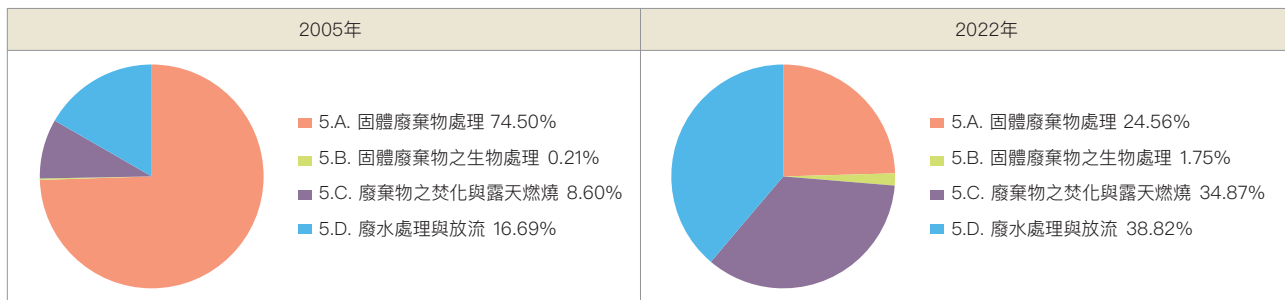
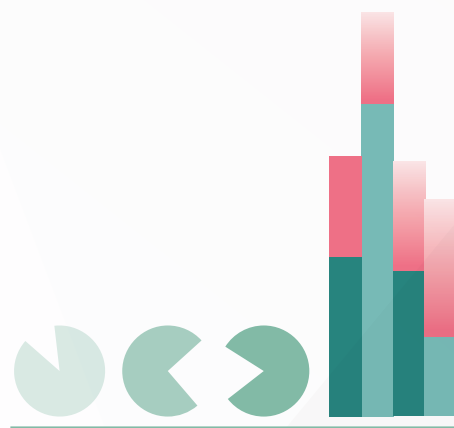


圖 ES3.7 2005 年和 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量占比

第一章 簡介

- 1.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊
- 1.2 清冊準備之組織制度安排
- 1.3 清冊準備流程
- 1.4 方法與資料來源
- 1.5 主要排放源
- 1.6 品質保證及品質管制計畫資訊
- 1.7 一般不確定性
- 1.8 完整性評估
- 1.9 參考文獻



第一章 簡介

1.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊

依據聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 第 4 條及第 12 條與京都議定書第 5 條規範，締約國有義務提交有關因應氣候變遷相關進展之資訊，供 UNFCCC 締約國會議檢視，我國雖然不是 UNFCCC 締約國，但是向來恪盡地球村一份子的責任，積極為減緩地球暖化貢獻心力，而建置一份國家的溫室氣體排放清冊，估算溫室氣體排放量與移除量，是一個國家因應 UNFCCC 的基本義務，也是減緩地球暖化的基本工作之一。我國依據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)¹，並參考 IPCC 於 2000 年提出更新補充之「良好作法指南 (Good Practice Guidance)」及不確定性管理 (Uncertainty Management)² (以下簡稱 2000 GPG)，與 2003 年「土地利用、土地利用變遷與林業良好作法指南」³ (以下簡稱 2003 LULUCF-GPG) 以及依照 IPCC 為了支持編制及持續改進國家溫室氣體源排放量及匯移除量，以提供最新科學依據，適用於所有締約方的統一國家清冊方法學指南等因素所發布 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 簡稱 2019 IPCC 精進指南)⁴ 共同編製國家溫室氣體排放清冊。

清冊編製係基於我國的實際情況，包括排放源的界定、關鍵排放源的確定、活動數據和排放係數的可獲得性，其主要目的在於彙整溫室氣體排放清冊統計概況，說明我國溫室氣體排放趨勢，除了有利於未來溫室氣體統計工作的持續進行外，並能藉此向國際或我國各界介紹我國溫室氣體統計工作概況，期能獲得各方建議，不斷提昇我國溫室氣體排放清冊的品質。

1.2 清冊準備之組織制度安排

我國溫室氣體排放清冊準備工作之負責部會為環境部，由其環境部氣候變遷署執行各部門溫室氣體排放與吸收統計彙整、更新、維護、及管理溫室氣體排放清冊資料庫；負責相關活動數據的權責部會，則分別進行清冊各部門的溫室氣體排放源及吸收匯的統計，部會分工如下：

1. 經濟部能源署：能源部門溫室氣體排放統計。
2. 經濟部產業發展署：工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計及彙整，冷凍空調使用及滅火劑使用之氯氟碳化物排放統計則由環境部逕行提供。
3. 農業部資源永續利用司：農業部門及土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體排放源及吸收匯統計。
4. 環境部氣候變遷署：廢棄物部門溫室氣體排放統計，並彙整整體國家溫室氣體排放清冊。

環境部作為我國推動國家溫室氣體排放清冊統計任務，並擔任編撰彙整國家溫室氣體排放清冊之中央主管機關，於每年彙編發布國家溫室氣體排放清冊報告，以召開國家溫室氣體排放清冊研商會議，邀集專家學者及各部門確立溫室氣體排放清冊數據、清冊報告內容及改善計畫檢討等，以及利用兩階段專家校稿方式完成。

1.3 清冊準備流程

我國國家溫室氣體排放清冊準備流程，如圖 1.3.1 所示。在活動數據統計部分主要由負責相關活動數據的權責部會，先進行清冊各部門的溫室氣體排放源及吸收匯的統計；執行溫室氣體排放清冊統計時，由各部門主動蒐集可靠的官方數據，資料來源包括環境部氣候變遷署、農業部資源永續利用司、農業部畜牧司、農業部農業試驗所、農業部農糧署、農業部林業保育署、經濟部能源署及經濟部產業發展署等相關部會，部分資料無法由官方數據提供者，例如工業製程及產品使用部門含氟溫室氣體排放，則進行產業調查，以獲得產業界各項製程的活動數據。

權責部會統計各部門溫室氣體排放清冊後，邀集部會專家學者校閱部門溫室氣體排放清冊，審視數據的正確性並提供改善建議。各權責部會經部門內審議修改後，提報各部門清冊給環境部並上傳電子化數據至國家溫室氣體排放清冊平臺。接著，由環境部召開國家溫室氣體排放清冊研商會進行研議，彙整並確認國家溫室氣體排放清冊報告內容，其後利用兩階段專家校稿，定稿後依「氣候變遷因應法」每年提交與公布。

目前我國已積極規劃溫室氣體國家體系 (National System)，以求能更精確掌握溫室氣體統計作業，優化各相關部會執行相關官方數據的統計與更新流程，期能持續並進一步改善溫室氣體排放清冊。

1 IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

2 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

3 IPCC, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 2003.

4 IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

1.4 方法與資料來源

我國溫室氣體排放清冊主要是依照 UNFCCC 委託 IPCC 所制定的 2006 IPCC 指南而統計建置，研究人員蒐集各部門的活動數據 (Active Data) 及排放係數 (Emission Factor) 後，輸入依據 IPCC 指南所建置之溫室氣體統計電腦系統 (IPCC GHG Software) 進行計算，再將資料輸出至 UNFCCC 共同報告表格 (Common Reporting Tables, CRT) 中，即成為我國溫室氣體排放清冊資料庫。以下簡述溫室氣體排放清冊之資料來源。

1. 能源部門

能源部門分類及燃料分類係與 2006 IPCC 指南的分類原則相同，其溫室氣體排放量計算方法，則按照數據分類方式有不同的計算級別，2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 的算法涉及能源的供需，2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)、指南方法 3 (Tier 3) 則以技術別數據為基礎進行計算；二氧化碳的計算方式係依據 2006 IPCC 指南的參考方法和部門方法，其他非二氧化碳的溫室氣體，則運用排放係數概估排放值。由於氣體的排放量取決於燃料類別、燃燒技術、操作情況、控制技術、維修及機具新舊等因素，需要詳細的技術別數據，因此並未列於 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 中。我國能源部門溫室氣體排放清冊統計資料之活動數據來源係依據經濟部能源署公布之能源平衡表 (新版)。此外，該部門計算之碳排放因子 (Carbon Emission Factors, CEF)、碳氧化分率 (Fraction of Carbon Oxidised) 與碳積存分率 (Fraction of Carbon Stored) 則主要引用 2006 IPCC 指南之預設值 (Default Value)。

2. 工業製程及產品使用部門

我國工業製程及產品使用部門中各行業 / 生產之活動數據來源，係以政府統計公告資料為主，其活動數據具公信力、誤差率小並為延續性資料；若無政府公告資料，則以產業公會統計資料替代，或採用向業者進行實際調查統計結果。2000 至 2022 年半導體業、薄膜電晶體液晶顯示器業及冷凍冷藏空調設備等排放係數主要參考 2006 IPCC 指南提供之預設係數，或由產業以量測方法所建立的排放係數進行計算。此外，電力事業與鎂合金產業的含氟氣體排放量自 2005 年後才有完整數據得以列入統計。

3. 農業部門

我國農業部門之統計數據於 1990 至 1999 年間乃是引用自臺灣省政府農林廳的「臺灣農業年報」；自 2000 年至今，因主管機關受精省異動而更名，改引用農業部編印的農業統計年報。至於排放係數以有研究報告之本土值為主，缺乏者則使用 2006 IPCC 指南之建議值。

4. 土地利用、土地利用變化及林業部門

森林所儲存之碳庫區分為生物量、死有機、土壤等三大類。活動數據主要引用林業署每年估算維持覆蓋之林型面積，以及林業統計每年新植造林、伐採、薪材收穫及干擾等，依據 2006 IPCC 指南原則，以目前我國可取得及歸納之資料進行分類計算。「生物量」相關係數則以我國研究數值為主，如果無此數值，則使用 2006 IPCC 指南預設值。而「死有機質」在 2006 IPCC 指南中認為碳貯存量變化並不明顯，因此可假設為 0，即投入與損失相抵；以及「土壤」部分則因報告年間沒有經歷森林類型、林地擾動或經營體制的重大轉變，假設為 0。

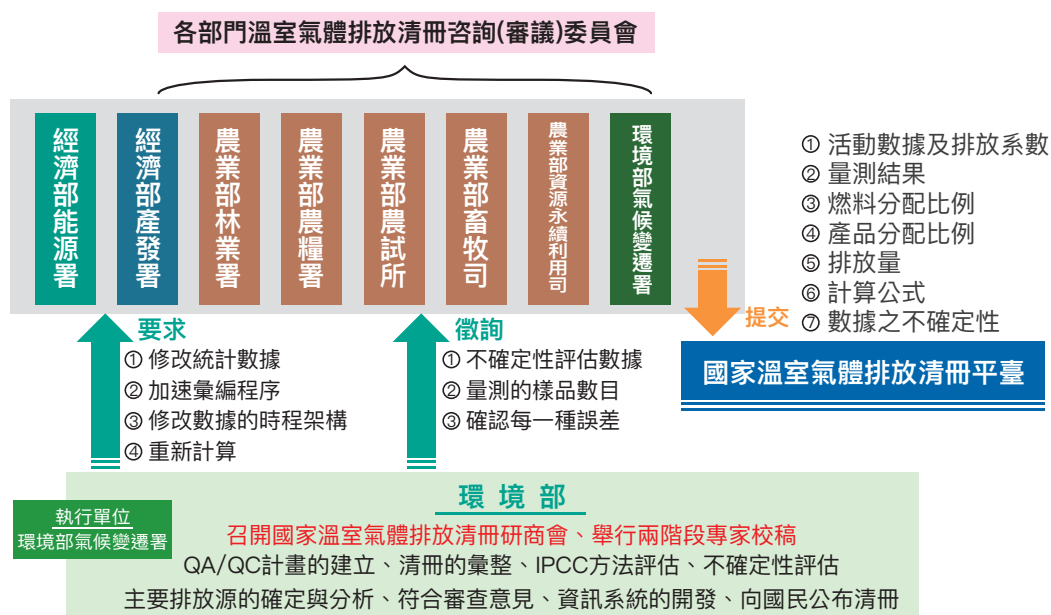


圖 1.3.1 國家溫室氣體排放清冊準備流程

5. 廢棄物部門

廢棄物部門統計溫室氣體排放時，所引用的固體廢棄物處理、廢水、廢棄物焚化與露天燃燒及其他廢棄物管理之活動數據，係來自環境部環境統計年報、沼氣回收資料焚化爐資料、水污染源管制資料管理系統、事業廢棄物管制資訊網、下水道普及率及糧食平衡表所產生之排放。

1.5 主要排放源

我國溫室氣體排放清冊主要係針對能源活動、工業生產過程、農業活動、土地利用變化和林業、廢棄物處理的溫室氣體排放量進行估算，以下說明我國溫室氣體排放主要排放源，詳如表 1.5.1。

表 1.5.1 各部門排放源類別

| 部門別 | 排放源類別 | 二氧化碳 | 甲烷 | 氧化亞氮 | 其他含氟氣體 |
|----------------------|-------|-------|----|-------|---|
| 1 能源部門 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A 燃料燃燒 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.1 能源產業 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.2 製造業與營造業 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.3 運輸 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.4.a 服務業 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.4.b 住宅 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.B 燃料逸散 | | ○ | ○ | ○ | |
| 1.B.1 固體燃料 | | NO | ○ | NO | |
| 1.B.2 石油和天然氣 | | NO | ○ | NO | |
| 1.C. 二氧化碳運輸與儲存 | | NE | NE | NE | |
| 2 工業製程及產品使用部門 | | ○ | ○ | ○ | HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃ |
| 2.A 礦業(非金屬製品) | | ○ | | | |
| 2.A.1 水泥生產 | | ○ | | | |
| 2.A.2 石灰(氧化鈣)生產 | | ○, NO | | | |
| 2.A.3 玻璃生產 | | ○ | | | |
| 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | | ○ | | | |
| 2.A.5 其他 | | ○ | | | |
| 2.B 化學工業 | | ○ | ○ | ○ | HFCs |
| 2.B.1 氨生產 | | NO | | | |
| 2.B.2 硝酸生產 | | | | ○ | |
| 2.B.3 己二酸生產 | | | | NO | |
| 2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 | | | | ○, NO | |
| 2.B.5 電石生產 | | NO, ○ | NO | | |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | | NO, ○ | | | |
| 2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產 | | NO, ○ | | | |
| 2.B.8 石化及碳黑生產 | | NO, ○ | ○ | | |
| 2.B.9 含氟化物生產 | | | | | IE, NO, HFCs |
| 2.B.10 其他 | | | ○ | | |
| 2.C 金屬工業 | | ○ | ○ | ○ | SF ₆ |
| 2.C.1 鋼鐵生產 | | ○ | ○ | ○ | |
| 2.C.2 鐵合金生產 | | ○ | ○ | | |
| 2.C.3 原鋁生產 | | NO | | | |
| 2.C.4 鎂生產 | | | | | SF ₆ |
| 2.C.5 鉛生產 | | NE, ○ | | | |
| 2.C.6 鋅生產 | | NE, ○ | | | |
| 2.C.7 其他 | | NO | NO | | NO |
| 2.D. 非能源產物燃料溶劑使用 | | ○ | | | |
| 2.D.1 合成潤滑油使用 | | ○, NO | | | |
| 2.D.2 石蠟使用 | | ○ | | | |
| 2.D.3 溶劑使用 | | | | | |
| 2.D.4 其他 | | | | | |

續下表

續上表

| 部門別 | 排放源類別 | 二氧化碳 | 甲烷 | 氧化亞氮 | 其他含氟氣體 |
|-------------------------------------|-------|------|----|------|---|
| 2.E 電子工業 | | | | ○ | HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃ |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | | | | ○ | HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃ |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | | | | ○ | PFCs, SF ₆ , NF ₃ |
| 2.E.3 光電(太陽能板) | | | | | NE |
| 2.E.4 熱傳流體 | NA | | | | |
| 2.E.5 其他 | NA | | | | |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | | | | | HFCs |
| 2.F.1 冷凍冷藏及空調 | | | | | HFCs |
| 2.F.2 發泡 | | | | | NE |
| 2.F.3 滅火劑 | | | | | HFCs |
| 2.F.4 氣膠 | | | | | NE |
| 2.F.5 溶劑 | | | | | NE |
| 2.F.6 其他應用 | | | | | |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | | ○ | ○ | ○ | HFCs, PFCs, SF ₆ , NF ₃ |
| 2.G.1 電子設備 | | | | | IE |
| 2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | | | | | PFCs, SF ₆ |
| 2.G.3 使用 N ₂ O 產品 | NE | | | | NE |
| 2.G.4 其他 | | | | | NE |
| 2.H 其他 | | ○ | | | |
| 2.H.1 食品及飲料工業 | | ○ | | | |
| 3 農業部門 | | ○ | ○ | ○ | |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | | | ○ | | |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | | | ○ | ○ | |
| 3.C 水稻種植 | | | ○ | | |
| 3.D 農耕土壤 | | | NO | ○ | |
| 3.E 草原焚燒 | | | NO | NO | |
| 3.F 作物殘體燃燒 | | | ○ | ○ | |
| 3.G 石灰處理 | NE | | | | |
| 3.H 尿素施用 | ○ | | | | |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | | | | |
| 3.J 其他 | NO | NO | NO | | |
| 4 土地利用、土地利用變化及林業部門 | | ○ | ○ | ○ | |
| 4.A 林地 | | ○ | NE | NE | |
| 4.B 農地 | | NE | NE | NE | |
| 4.C 牧草地 | | NE | NE | NE | |
| 4.D 濕地 | | NE | NE | NE | |
| 4.E 聚居地 | | NE | NE | NE | |
| 4.F 其他土地 | | NE | NE | NE | |
| 4.G 收穫林產品 | | NE | | | |
| 5 廢棄物部門 | | ○ | ○ | ○ | |
| 5.A 固體廢棄物處理 | | ○ | ○ | NO | |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | | | NO | ○ | |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | | ○ | ○ | ○ | |
| 5.D 廢水處理與放流 | | | ○ | ○ | |
| 5.E 其他 | | ○ | ○ | ○ | |

備註：
 深色底為 IPCC 指南不建議納入統計該氣體；標示○為已納入統計該氣體；標示 NO 為我國該分類項目無生產或使用，如停產；標示 IE 為該分類排放量已在其他清冊分類項目中作估計；標示 NE 為未調查估計該分類項目。

1. 能源部門

有關使用能源排放溫室氣體的總量估算，包括燃料使用、燃料逸散性、能源生產、運輸、儲存及傳送過程所產生的溫室氣體，此部份包含生質能，但不包括國際空運及海運使用。

2. 工業製程及產品使用部門

工業製程及產品使用部門中產生之溫室氣體總排放量，需按國際工業標準分類詳細報告各製程排放的溫室氣體，但不包括能源使用的排放量。我國工業製程及產品使用部門涉及範圍相當廣泛，包括礦業（非金屬製品）、化學工業、金屬工業、非能源產物燃料溶劑使用、電子工業、破壞臭氧層物質之替代品使用、電器設備及其他產品（包括六氟化硫和全氟碳化物）、食品及飲料工業，共計八大類、四十八個行業 / 製程，大部份製程產生溫室氣體，少部份製程則是因使用含一氧化碳及其他溫室氣體之原物料，高溫製造過程中產生二氧化碳及其他溫室氣體。

3. 農業部門

農業部門之排放，包括人類所飼養的畜禽類在腸胃發酵作用與糞尿的處理部分，以及因種植農作物所牽涉之排放，例如水稻田與其它農業土壤，與農作物殘體燃燒等產生之溫室氣體。而有關於燃料使用及廢水的溫室氣體排放，則在能源部門與廢棄物部門中計算。

4. 土地利用、土地利用變化及林業部門

由於土地利用變化及林業活動所排放與吸收的溫室氣體，其統計項目包括森林及其他木質生物量的改變、森林及草原的變更、棄置的經營用地、土壤對二氧化碳的釋放與吸

收及其他等五大類，內容涵蓋地上部生物量、地下部生物量、枯倒木、土壤有機碳等。

5. 廢棄物部門

廢棄物部門之溫室氣體排放包括固體廢棄物掩埋處理、廢水、廢棄物焚化及任何其他廢棄物管理之活動所產生之排放。任何石化產品焚化或分解所產生之二氧化碳排放應列入計算，但必須避免重複。此外，有機廢棄物處理及腐壞所產生之二氧化碳排放將不列入計算。對於廢棄物掩埋場及廢棄物焚化排放二氧化碳的部分，則包括固態廢棄物掩埋場甲烷排放、廢水處理甲烷排放與人類污水氧化亞氮之排放統計。

1.6 品質保證及品質管制計畫資訊

品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質管制 (Quality Control, QC) 是國家溫室氣體排放清冊準備工作極為重要的一環，如 1.3 節所述，各部會在其準備清冊程序過程，皆安排專家諮詢及同行專家審議之機制，而各部會之 QA/QC 計畫資訊，將在第 3 至 7 章中個別陳述。我國國家溫室氣體排放清冊現行的 QA/QC 作法，茲分成三個階段：各權責部會統計階段、國家清冊彙整階段、定稿與公布階段，其主要任務與品質管制屬性，請參見表 1.6.1。

表 1.6.1 國家溫室氣體排放清冊現行 QA/QC 作法

| 程序 | 任務 | QA/QC |
|-----------|---|-------|
| 各權責部會統計階段 | <ul style="list-style-type: none"> 按照 2006 IPCC 指南方法與表格統計。 活動數據引用自政府官方統計數據，遵循官方流程。 部會專家諮詢，確認相關方法與數據。 | QC |
| | <ul style="list-style-type: none"> 部會審議機制：執行同行專家審議。 部門清冊需經過政府程序後，方由各部會提報給環境部。 | QA |
| 國家清冊彙整階段 | <ul style="list-style-type: none"> 各部會數據及清冊報告由環境部氣候變遷署進行核校與檢查，必要時，再由各部會逕行修改。 | QC |
| | <ul style="list-style-type: none"> 國家溫室氣體排放清冊研商會議：各部門溫室氣體排放清冊數據、改善計畫檢討及清冊報告內容。 | QC |
| | <ul style="list-style-type: none"> 兩階段專家校稿：由各部會推薦各領域專長之學者，共同組成校稿委員會，專家校稿分成第一階段（分章節）與第二階段（不分章節）。 | QA |
| 定稿與公布階段 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部將國家溫室氣體排放清冊研商會議定稿之國家溫室氣體排放清冊及其報告於網路上公布。 | QA |

1.7 一般不確定性

我國國家溫室氣體排放清冊統計關於估計不確定性 (Uncertainty) 的內容，僅參照 IPCC 2000 GPG 及 2003 LULUCF-GPG 指南中，預設評估方法與數據，進行說明與評

估；目前，各部門已估算部門各排放源排放量及吸收匯的不確定性，唯部份部門不確定性尚須調整，整體國家溫室氣體排放清冊之不確定性暫時無法提供。各部會清冊不確定性評估情況，請參見所示表 1.7.1。

表 1.7.1 國家溫室氣體排放清冊一般不確定性

| 部門別 | 2022 年溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 不確定性 |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 1 能源部門 | 259,849 | 3.04 |
| 1.A 燃料燃燒 | 259,512 | 3.04 |
| 1.A.1 能源產業 | 182,243 | 4.17 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 32,400 | 3.87 |
| 1.A.3 運輸 | 35,451 | 4.78 |
| 1.A.4 其他部門 | 9,417 | — |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,763 | 2.37 |
| 1.A.4.b 住宅 | 4,278 | 6.40 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 1,376 | 3.27 |
| 1.B 燃料逸散 | 337 | 140.85 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | — |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 337 | 140.85 |
| 2 工業製程及產品使用部門 | 20,240 | 4.58 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 6,762 | — |
| 2.A.1 水泥生產 | 5,471 | 4.1 |
| 2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產 | 274 | 21.0 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 9 | 60.0 |
| 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | 665 | 17.0 |
| 2.A.5 其他 | 45 | 60.0 |
| 2.B 化學工業 | 1,974 | — |
| 2.B.1 氨生產 | NO | — |
| 2.B.2 硝酸生產 | 233 | 5.0 |
| 2.B.3 己二酸生產 | NO | — |
| 2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 | 446 | 7.0 |
| 2.B.5 電石生產 | NO | — |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | NO | 60.0 |
| 2.B.7 碳酸鈉 (純鹼) (蘇打) 生產 | NO | — |
| 2.B.8 石化及碳黑生產 | 1,285 | 36.0/22.0/685.0/61.0/55.0 |
| 2.B.9 含氟化物生產 | NO | — |
| 2.B.10 其他 | 10 | 113.0 |
| 2.C 金屬工業 | 7,153 | — |
| 2.C.1 鋼鐵生產 | 6,997 | 4.41 |
| 2.C.2 鐵合金生產 | NO | 25.0 |
| 2.C.3 原鋁生產 | NO | — |
| 2.C.4 鎂生產 | 27 | 30.0 |
| 2.C.5 鉛生產 | 4 | 30.0 |
| 2.C.6 鋅生產 | 19 | 30.0 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.000064 | — |
| 2.D.1 合成潤滑油使用 | 0.000062 | — |
| 2.D.2 石蠟使用 | 0.000003 | — |
| 2.D.3 溶劑使用 | NA | — |
| 2.D.4 其他 | NA | — |
| 2.E 電子工業 | 3,209 | — |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 2,835 | 12.0 |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | 375 | 12.0 |
| 2.E.3 光電 (太陽能板) | NE | — |
| 2.E.4 熱傳流體 | NE | — |
| 2.E.5 其他 | NE | — |

續下表

續上表

| 部門別 | 2022 年溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 不確定性 |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------|
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 1,405 | — |
| 2.F.1 冷凍冷藏及空調 | 1,387 | 5.0 |
| 2.F.2 發泡 | NE | — |
| 2.F.3 滅火劑 | 17 | 5.0 |
| 2.F.4 氣膠 | NE | — |
| 2.F.5 溶劑 | NE | — |
| 2.F.6 其他應用 | NE | — |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 127 | — |
| 2.G.1 電子設備 | IE | — |
| 2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | 127 | 5.0 |
| 2.G.3 使用 N ₂ O 產品 | NE | — |
| 2.G.4 其他 | NE | — |
| 2.H 其他 | 15 | — |
| 2.H.1 食品及飲料工業 | 15 | 5.0 |
| 3 農業部門 | 3,178 | |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 655 | 16.75 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 951 | 27.60/25.08 |
| 3.C 水稻種植 | 576 | -21.3~18.07 |
| 3.D 農耕土壤 | 973 | -8.55~144.32 |
| 3.E 草原焚燒 | NE | — |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 1 | — |
| 3.G 石灰處理 | NE | — |
| 3.H 尿素施用 | 22 | -50.00~5.00 |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | — |
| 4 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,834 | 8.80 |
| 4.A 林地 | -21,834 | 8.80 |
| 4.A.1 林地維持林地 | -21,245 | 9.03 |
| 4.A.2 其他土地轉變為林地 | -589 | 17.30 |
| 5 廢棄物部門 | 2,700 | 14.24 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 663 | 26.90 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 503 | 33.22 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 160 | 39.05 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 47 | 16.04 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 941 | 21.09 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 941 | 21.09 |
| 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | NE | — |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,048 | 26.40 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 455 | 35.52 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 594 | 37.87 |

備註：NA (該分類項目無生產或使用)，NE (未估計該分類)。

1.8 完整性評估

我國 2024 年國家溫室氣體排放清冊統計的範疇涵蓋 2006 IPCC 指南部門分類，包括能源部門、工業製程及產品使用部門、農業部門、土地利用、土地利用變化及林業部門、及廢棄物部門等，時間序列涵蓋 1990 年至 2022 年，其中僅

1.C「二氧化碳運輸與儲存」、3.G「石灰處理」、及 3.E「草原焚燒」等三項應統計而未統計之次部門分類，部份估計排放量或移除量極低，不會對整體國家溫室氣體排放量統計有超過重大性原則之影響；我國國家溫室氣體排放清冊完整性已經相當高，相關完整性說明請參見表 1.8.1。

表 1.8.1 國家溫室氣體排放清冊完整性說明

| IPCC 部門分類 | 時間序列完整性 | 次部門分類完整性 |
|-----------|----------------|---|
| 1. 能源部門 | 1990 年至 2022 年 | <ul style="list-style-type: none"> • 1.A.1.c.ii 其他能源產業。 • 1.A.3.b.i 汽車 ~1.A.3.b.vi 尿素機觸媒。 • 1.A.3.e 其他運輸。 • 1.A.5 其他。 • 1.C 二氧化碳運輸與儲存。 以上排放源，無調查數據，而未統計。 |

續下表

續上表

| IPCC 部門分類 | 時間序列完整性 | 次部門分類完整性 |
|---------------------|---|--|
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 1990 年至 2022 年 (其中含氟氣體統計 1993 年至 2022 年)/ 含氟氣體基準年自 1995 年起, 因此我國此部分數據仍屬完整。 | <ul style="list-style-type: none"> • 2.A.4.a 製陶生產之二氧化碳排放, 因此部分活動數據尚無法分類出碳酸鹽使用量, 故暫時無法估算。 • 2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產之二氧化碳, 因依據經濟部產業發展署(民生化工組)提供資料, 國內已無生產氧化鎂, 故無法估算。 • 2.B.1 氨生產之二氧化碳排放, 因國內無廠商製造生產液氨, 故無溫室氣體排放。 • 2.B.3 己二酸生產之二氧化碳排放, 因國內無生產己二酸, 故無溫室氣體排放。 • 2.B.5 電石生產之二氧化碳, 因於 2001 年起停產, 故 2002 年至 2022 年無溫室氣體排放。 • 2.B.6 二氧化鈦生產之二氧化碳, 因早期未生產, 故 1990 年至 1993 年無溫室氣體排放。 • 2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產之二氧化碳, 因於 2001 年起停產, 故 2002 年至 2022 年無溫室氣體排放。 • 2.B.8.a 甲醇生產之二氧化碳, 因於 1999 年起停產, 故 1999 年至 2022 年無溫室氣體排放。 • 2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇生產之二氧化碳, 因早期(1990 年至 1995 年)生產未進行調查, 而未統計。 • 2.B.9.a HCFC-22 生產之二氧化碳, 因自 1993 年投產, 並於 2004 年停產, 故僅有 1993 年至 2004 年之溫室氣體排放。 • 2.C.2 鐵合金生產之二氧化碳排放, 因曾停產, 故 2004 年至 2007 年間無溫室氣體排放。 • 2.C.3 原鋁生產之二氧化碳排放, 因無生產而無溫室氣體排放。 • 2.C.4 鎂生產之二氧化碳排放, 因早期(1990 年至 2001 年)生產未進行調查, 而未統計。 • 2.C.5 鉛生產之二氧化碳排放, 因早期(1990 年至 2002 年)生產未進行調查, 而未統計。 • 2.C.6 鋅生產之二氧化碳排放, 因早期(1990 年至 2002 年)生產未進行調查, 而未統計。 • 2.D.3 石蠟使用與 2.D.4 其他, 因國內無使用而無溫室氣體排放。 • 2.E.1 積體電路或半導體之氧化亞氮(1990 年至 2005 年)及含氟氣體排放(1990 年至 2000 年)未進行調查, 而未統計。 • 2.E.2 TFT 平面顯示器之氧化亞氮(1990 年至 2005 年)及含氟氣體排放(1990 年至 1998 年), 在我國很少廠房, 故不予計算。 • 2.F.1 冷凍冷藏及空調之氫氟碳化物排放, 因早期(1990 年至 1994 年)使用量少, 故不予計算。 • 2.F.3 滅火劑之氫氟碳化物排放, 因早期(1990 年至 2008 年)使用量少, 故不予計算。 • 2.F.2 發泡、2.F.4 氣膠、2.F.5 溶劑及 2.F.6 其他應用之氫氟碳化物排放, 因未進行調查, 而未統計。 • 2.G.1 電子設備, 因無法依 2006 IPCC 指南之方法別取得所需數據, 整併於 2.E.1 積體電路或半導體與 2.E.2 TFT 平面顯示器中。 • 2.G.2 其他產品使用 SF₆ 及 PFCs 因早期未進行調查, 故 1990 年至 2001 年未統計。 • 2.G.3 使用 N₂O 之產品及 2.G.4 其他, 因未進行調查, 而未統計。 |
| 3. 農業部門 | 1990 年至 2022 年 | <ul style="list-style-type: none"> • 3.E. 草原焚燒因我國鮮有此系統, 亦無統計資料, 故不予計算。 • 3.F 作物殘體燃燒之二氧化碳排放, 主要是以水稻稻葉為主, 其他如豆類、玉米、甘蔗等量少且無統計資料, 未列入計算。 • 3G 石灰處理之二氧化碳排放, 缺乏直接統計資料, 故未統計。 • 3.I 其他含碳肥料之二氧化碳排放, 因其使用量少且無確切統計數據, 故暫未估算。 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | 1990 年至 2022 年 | <ul style="list-style-type: none"> • 4.B 農地 • 4.C 牧草地 • 4.D 濕地 • 4.E 聚居地 • 4.F 其他土地 • 4.G 收穫林產品 <p>以上排放源無調查數據, 而未統計。</p> |
| 5. 廢棄物部門 | 1990 年至 2022 年 | <ul style="list-style-type: none"> • 5.A.3 未分類之廢棄物處理廠址 • 5.C.2 廢棄物露天燃燒 • 5.E 其他 <p>以上排放源無調查數據, 而未統計。</p> |

1.9 參考文獻

1. IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventory, 2006.
2. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
3. IPCC, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 2003.

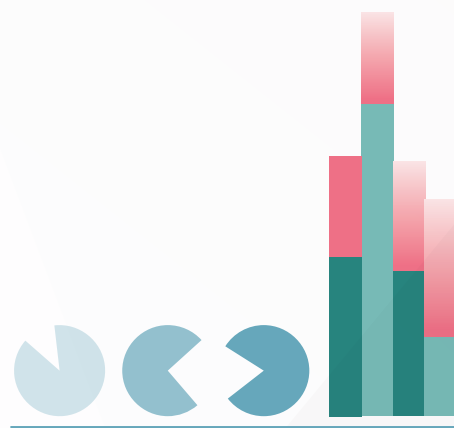
4. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.



第二章

溫室氣體排放趨勢

- 2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋
- 2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋
- 2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋



第二章 溫室氣體排放趨勢

2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

2.1.1 溫室氣體排放及移除

我國總溫室氣體排放量(不包括 LULUCF)自 2005 年 291,183 千公噸二氧化碳當量,降至 2022 年 285,967 千公噸二氧化碳當量,較 2005 年降低 1.79%,年平均負成長率為 0.11%,較 2021 年減少 3.78%。

同樣地,淨溫室氣體排放量(包括 LULUCF)自 2005 年 268,893 千公噸二氧化碳當量,降至 2022 年 264,133 千公噸二氧化碳當量,排放量減少 1.77%,年平均負成長率為 0.11%,較 2021 年減少 4.07%,詳如圖 2.1.1 及表 2.1.1 所示。

2022 年二氧化碳為我國所排放溫室氣體中最大宗,其次為甲烷,再其次為含氟溫室氣體及氧化亞氮。2022 年二氧化碳排放量為 273,683 千公噸二氧化碳當量(不包括 LULUCF),占總溫室氣體排放量 95.70%,在 2005 至 2022 年間,二氧化碳排放量成長 2.55%,年平均成長率為 0.15%;2022 年二氧化碳移除量為 21,834 千公噸二氧化碳當量,約為總溫室氣體排放量 7.64%,2005 至 2022 年間移除量減少 2.04%,年平均負成長率為 0.12%。2022 年甲烷排放量為 4,564 千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量 1.60%,2005 至 2022 年間排放量減少 59.91%,年平均負成長率為 5.24%。2022 年氧化亞氮排放量為 3,800 千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量 1.33%,2005 至 2022 年間排放量增加 3.90%,年平均成長率為 0.23%。2022 年含氟溫室氣體排放量為 3,921 千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量 1.37%,自 2005 至 2022 年間減少 57.62%,年平均負成長率為 4.92%。

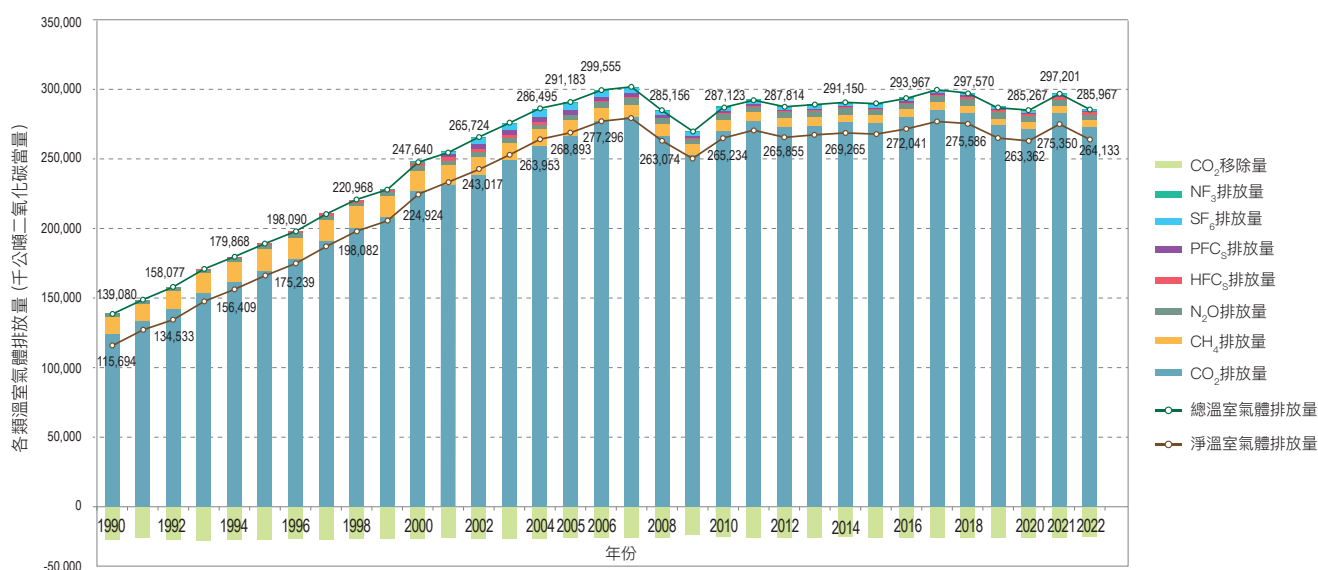


圖 2.1.1 1990 年至 2022 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢

表 2.1.1 1990 年至 2022 年各類溫室氣體排放量和移除量

(單位:千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳 | 1 | 124,257 | 133,631 | 142,432 | 154,046 | 161,564 | 170,065 | 178,059 | 190,782 | 200,547 | 208,024 | 226,933 |
| 甲烷 | 28 | 12,271 | 12,689 | 12,861 | 13,913 | 14,704 | 15,690 | 15,883 | 15,654 | 15,793 | 15,852 | 15,193 |
| 氧化亞氮 | 265 | 2,551 | 2,791 | 2,784 | 2,841 | 2,885 | 2,951 | 3,028 | 2,882 | 2,817 | 2,843 | 3,315 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 12 |
| 六氟化硫 | 23,500 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 |
| 三氟化氮 | 16,100 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 9 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 淨溫室氣體排放量(包括 LULUCF) | | 115,694 | 127,621 | 134,533 | 147,886 | 156,409 | 166,045 | 175,239 | 187,541 | 198,082 | 205,524 | 224,924 |
| 總溫室氣體排放量(不包括 LULUCF) | | 139,080 | 149,111 | 158,077 | 171,432 | 179,868 | 189,385 | 198,090 | 210,601 | 220,968 | 228,288 | 247,640 |

續下表

續上表

| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳 | 1 | 231,431 | 238,568 | 249,129 | 259,367 | 266,888 | 276,536 | 280,076 | 266,884 | 253,033 | 270,715 | 276,773 |
| 甲烷 | 28 | 14,367 | 13,580 | 12,750 | 12,004 | 11,386 | 10,623 | 9,831 | 8,978 | 8,058 | 7,525 | 7,173 |
| 氧化亞氮 | 265 | 3,366 | 3,437 | 3,447 | 3,584 | 3,657 | 4,124 | 4,168 | 3,811 | 3,957 | 4,311 | 4,211 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| 六氟化硫 | 23,500 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 三氟化氮 | 16,100 | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | | 233,297 | 243,017 | 253,351 | 263,953 | 268,893 | 277,296 | 279,739 | 263,074 | 250,598 | 265,234 | 270,618 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | | 255,147 | 265,724 | 275,975 | 286,495 | 291,183 | 299,555 | 301,813 | 285,156 | 269,986 | 287,123 | 292,565 |
| 溫室氣體 | 全球暖化潛勢 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳 | 1 | 273,282 | 274,577 | 276,959 | 276,263 | 280,188 | 285,730 | 283,897 | 274,446 | 272,260 | 283,636 | 273,683 |
| 甲烷 | 28 | 6,681 | 6,209 | 5,785 | 5,668 | 5,723 | 5,493 | 5,107 | 4,968 | 4,853 | 4,772 | 4,564 |
| 氧化亞氮 | 265 | 4,127 | 3,938 | 3,910 | 3,879 | 4,064 | 4,210 | 4,282 | 4,112 | 4,120 | 4,573 | 3,800 |
| 氫氟碳化物 | HFC-134a(1,300) 等 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |
| 全氟碳化物 | PFC-14(6,630) 等 | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| 六氟化硫 | 23,500 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |
| 三氟化氮 | 16,100 | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 二氧化碳移除量 | 1 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | | 265,855 | 267,320 | 269,265 | 268,005 | 272,041 | 277,542 | 275,586 | 265,493 | 263,362 | 275,350 | 264,133 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | | 287,814 | 289,294 | 291,150 | 289,905 | 293,967 | 299,504 | 297,570 | 287,410 | 285,267 | 297,201 | 285,967 |

備註：1. 溫暖化潛勢 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 引用 IPCC 第五次評估報告。

2. NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。

2.1.2 人均二氧化碳排放

我國 2022 年燃料燃燒二氧化碳排放量為 257,958 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，占總溫室氣體排放量 90.20%。1990 年人均排放量約 5.41 公噸二氧化碳當量 / 人，逐年持續揚升，至 2000 年為 9.43 公噸二氧化碳當量 / 人，2005 年上升至 10.91 公噸二氧化碳當量 / 人，2010 微幅下降至 10.88 公噸二氧化碳當量 / 人，2017 年上升至 11.44 公噸二氧化碳當量 / 人，為歷史高點，因 2019 年冠狀病毒疾病 (COVID-19) 疫情，2020 年降低至 10.92

公噸二氧化碳當量 / 人，2022 年微幅上升至 11.06 公噸二氧化碳當量 / 人，詳如圖 2.1.2 所示。1990 年至 2022 年期間人均排放量年均成長率約為 2.26%。

2.1.3 二氧化碳排放密集度

我國 1990 年二氧化碳排放密集度 (即每單位 GDP 之二氧化碳排放) 為 0.02121 公斤二氧化碳 / 元，2022 年為 0.01191 公斤二氧化碳 / 元，減少 43.85%，反映我國能源效率逐年改善之趨勢。詳如圖 2.1.3 所示。

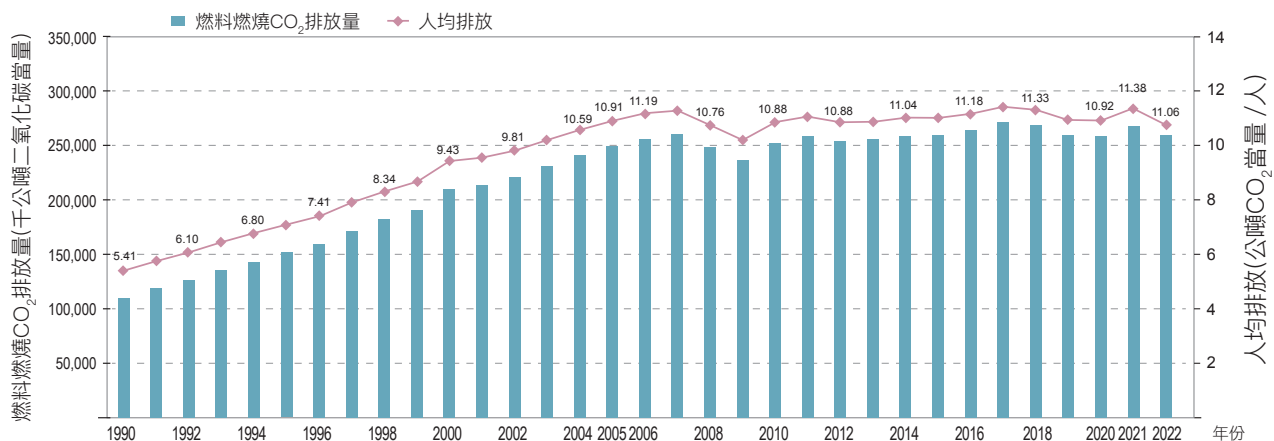


圖 2.1.2 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢

資料來源：人口資料來自行政院經濟部主計總處¹

1 行政院經濟部主計總處網站。http://www.dgbas.gov.tw

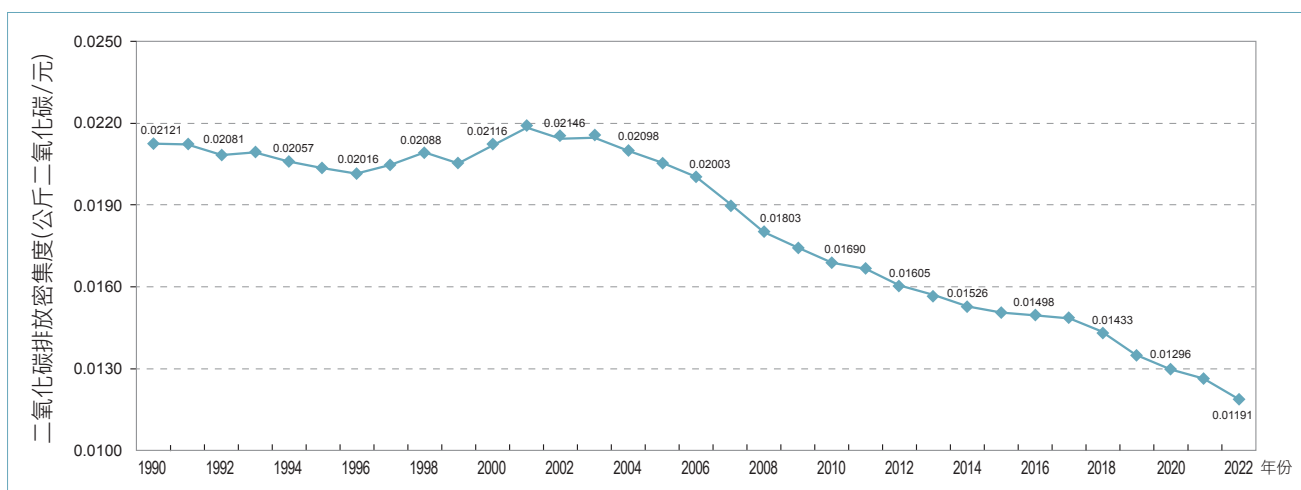


圖 2.1.3 1990 年至 2022 年二氧化碳排放密集度趨勢

資料來源：GDP 資料來自行政院經濟部主計總處

2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

2.2.1 二氧化碳

能源部門、工業製程及產品使用部門、農業部門和廢棄物部門係我國二氧化碳的主要排放源，表 2.2.1 列有各部門 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量與移除量清單，排放趨勢則如圖 2.2.1 所示。我國 2005 年二氧化碳排放量為 266,888 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 273,683 千公噸二氧化碳當量，增加 2.55%，平均成長率為 0.15%；其中 2022 年能源部門占 94.25%，包括能源產業為 66.36%、製造業與營造業為 11.79%、運輸為 12.68% 及其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧）為 3.43%，另工業製程及產品使用部門占 5.40%、農業部門占 0.01% 及廢棄物部門占 0.34%。2022

年較 2021 年排放量減少 3.51%，主要為能源部門減少；土地利用、土地利用變化及林業部門活動係二氧化碳的移除量，2005 年我國二氧化碳移除量為 22,290 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 21,834 千公噸二氧化碳當量，移除量減少 2.04%。

2.2.2 甲烷

我國主要甲烷排放來源係來自於廢棄物部門、農業部門、能源部門與工業製程及產品使用部門。表 2.2.2 列有各部門 1990 年至 2022 年甲烷排放量清單，排放趨勢則如圖 2.2.2 所示。我國 2005 年甲烷排放量為 11,386 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 4,564 千公噸二氧化碳當量，減少 59.91%，年平均負成長率為 5.24%。2022 年較 2021 年排放量減少 4.35%，其中 2022 年甲烷排放量以農業部門占 44.97% 最多、

表 2.2.1 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A.1. 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.3. 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.4. 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,621 | 3,529 | 2,989 | 2,490 | 3,018 | 2,446 | 3,175 | 2,482 | 2,948 | 3,128 | 3,205 |
| 1.A.4.b 住宅 | 4,005 | 4,238 | 4,446 | 4,359 | 4,461 | 4,596 | 4,754 | 4,851 | 4,950 | 5,410 | 5,398 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 2,946 | 2,700 | 2,672 | 2,675 | 2,721 | 2,777 | 2,805 | 2,475 | 2,041 | 2,040 | 2,362 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 14,557 | 15,007 | 15,926 | 18,408 | 17,826 | 17,528 | 17,677 | 19,483 | 18,410 | 17,179 | 17,388 |
| 2.A 礦業（非金屬製程） | 10,683 | 10,698 | 11,854 | 13,879 | 13,259 | 12,766 | 12,645 | 13,394 | 11,564 | 10,746 | 10,486 |
| 2.B 化學工業 | 575 | 551 | 575 | 617 | 770 | 858 | 999 | 1,026 | 1,007 | 1,079 | 1,148 |
| 2.C 金屬工業 | 3,275 | 3,735 | 3,474 | 3,888 | 3,774 | 3,884 | 4,013 | 5,045 | 5,817 | 5,333 | 5,734 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 |
| 2.H 其他 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 3. 農業部門 | 142 | 146 | 139 | 131 | 135 | 151 | 151 | 134 | 127 | 118 | 131 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 5. 廢棄物部門 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 淨二氧化碳排放量（包括 LULUCF） | 100,871 | 112,141 | 118,888 | 130,500 | 138,105 | 146,725 | 155,208 | 167,722 | 177,660 | 185,260 | 204,216 |
| 總二氧化碳排放量（不包括 LULUCF） | 124,257 | 133,631 | 142,432 | 154,046 | 161,564 | 170,065 | 178,059 | 190,782 | 200,547 | 208,024 | 226,933 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A.1. 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.3. 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.4. 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,538 | 3,487 | 3,952 | 4,120 | 4,227 | 4,272 | 4,232 | 4,226 | 4,264 | 4,203 | 3,898 |
| 1.A.4.b 住宅 | 5,181 | 5,107 | 5,042 | 5,133 | 5,235 | 5,033 | 5,047 | 5,017 | 5,030 | 4,857 | 4,786 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 2,455 | 2,459 | 2,811 | 2,977 | 2,627 | 1,647 | 1,091 | 1,543 | 1,169 | 1,113 | 1,123 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 16,186 | 16,075 | 17,141 | 17,358 | 18,094 | 20,299 | 19,967 | 18,558 | 16,407 | 18,206 | 18,954 |
| 2.A 礦業 (非金屬製程) | 9,974 | 10,648 | 10,341 | 10,691 | 11,257 | 11,014 | 10,369 | 9,289 | 8,467 | 8,616 | 9,577 |
| 2.B 化學工業 | 1,232 | 1,313 | 1,384 | 1,485 | 1,751 | 1,721 | 1,845 | 1,601 | 1,601 | 1,778 | 1,737 |
| 2.C 金屬工業 | 4,960 | 4,096 | 5,397 | 5,162 | 5,066 | 7,544 | 7,733 | 7,648 | 6,317 | 7,792 | 7,620 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00007 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00004 |
| 2.H 其他 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 3. 農業部門 | 94 | 93 | 82 | 84 | 62 | 59 | 57 | 57 | 55 | 54 | 53 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 5. 廢棄物部門 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF) | 209,582 | 215,860 | 226,505 | 236,825 | 244,599 | 254,277 | 258,002 | 244,802 | 233,645 | 248,826 | 254,826 |
| 總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF) | 231,431 | 238,568 | 249,129 | 259,367 | 266,888 | 276,536 | 280,076 | 266,884 | 253,033 | 270,715 | 276,773 |

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A.1. 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.3. 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.4. 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 1.A.4.a 服務業 | 3,635 | 3,812 | 3,928 | 3,941 | 3,720 | 3,779 | 3,593 | 3,622 | 3,792 | 3,741 | 3,746 |
| 1.A.4.b 住宅 | 4,672 | 4,484 | 4,411 | 4,469 | 4,537 | 4,402 | 4,145 | 4,137 | 4,269 | 4,170 | 4,266 |
| 1.A.4.c 農林漁牧 | 1,259 | 1,274 | 1,343 | 1,287 | 1,276 | 1,203 | 1,515 | 1,518 | 1,328 | 1,318 | 1,368 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 19,369 | 19,605 | 17,704 | 17,251 | 16,583 | 15,625 | 16,019 | 14,890 | 13,999 | 15,663 | 14,770 |
| 2.A 礦業 (非金屬製程) | 9,333 | 9,866 | 8,728 | 8,345 | 7,108 | 6,262 | 6,403 | 6,501 | 6,561 | 6,828 | 6,464 |
| 2.B 化學工業 | 1,714 | 1,749 | 1,884 | 1,842 | 1,760 | 1,709 | 1,684 | 1,666 | 1,550 | 1,730 | 1,270 |
| 2.C 金屬工業 | 8,301 | 7,970 | 7,072 | 7,044 | 7,696 | 7,634 | 7,913 | 6,706 | 5,870 | 7,090 | 7,020 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00004 | 0.00005 | 0.00006 | 0.00010 | 0.00008 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00006 |
| 2.H 其他 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |
| 3. 農業部門 | 55 | 45 | 40 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 29 | 27 | 22 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 5. 廢棄物部門 | 657 | 817 | 736 | 499 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 910 | 933 |
| 淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF) | 251,323 | 252,603 | 255,074 | 254,363 | 258,262 | 263,769 | 261,914 | 252,529 | 250,355 | 261,786 | 251,849 |
| 總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF) | 273,282 | 274,577 | 276,959 | 276,263 | 280,188 | 285,730 | 283,897 | 274,446 | 272,260 | 283,636 | 273,683 |

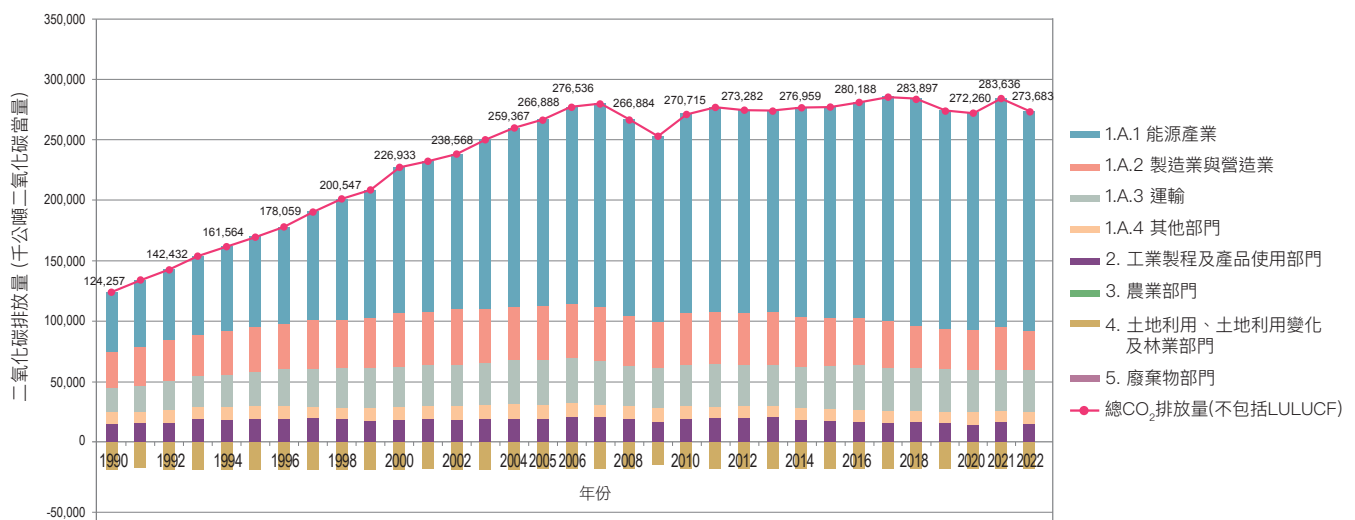


圖 2.2.1 1990 年至 2022 年二氧化碳排放量趨勢

其餘依次為廢棄物部門占 36.23%、能源部門占 18.27%，以及工業製程及產品使用部門占 0.53%。其中，2005 至 2022 年間廢棄物部門減少 79.74%，為比例最大者，農業部門則減少 17.74%；其中廢棄物部門於 2000 年間甲烷排放量開始逐年減少，主要是廢棄物處理改以資源回收與焚化，導致垃圾掩埋量大幅下降所致，使得 2005 至 2022 年垃圾掩埋場甲

烷排放量年平均負成長率為 12.79%，其主因與推動垃圾減量，以及推動廢棄物零掩埋、沼氣處理與鼓勵沼氣回收發電等政策有關，另外，生活污水處理與放流則由於生活污水接管率逐年增加，而使得甲烷排放量從 2005 年至 2022 年減少 59.91%。農業部門溫室氣體從 2005 年起呈逐年下降，主要係作物轉作政策及農業活動衰減有關。

表 2.2.2 1990 年至 2022 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1. 能源部門 | 592 | 567 | 557 | 572 | 589 | 597 | 582 | 575 | 599 | 628 | 643 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 6 | 8 | 7 | 8 | 9 | 11 | 13 | 13 | 11 | 13 | 15 |
| 3. 農業部門 | 3,264 | 3,472 | 3,381 | 3,388 | 3,374 | 3,449 | 3,455 | 2,993 | 2,703 | 2,820 | 2,813 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 750 | 819 | 826 | 868 | 883 | 921 | 921 | 820 | 755 | 778 | 775 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,246 | 1,460 | 1,418 | 1,436 | 1,470 | 1,535 | 1,565 | 1,190 | 990 | 1,088 | 1,123 |
| 3.C 水稻種植 | 1,226 | 1,166 | 1,084 | 1,059 | 998 | 984 | 961 | 976 | 953 | 947 | 899 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 42 | 28 | 53 | 24 | 23 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 15 |
| 5. 廢棄物部門 | 8,410 | 8,643 | 8,917 | 9,945 | 10,731 | 11,632 | 11,833 | 12,073 | 12,479 | 12,391 | 11,722 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 13 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 1.6 | 0.06 | 2.2 | 0.3 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,295 | 1,436 | 1,485 | 1,452 | 1,479 | 1,520 | 1,602 | 1,575 | 1,517 | 1,431 | 1,411 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 935 | 945 | 953 | 962 | 970 | 977 | 983 | 990 | 982 | 935 | 894 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 360 | 492 | 531 | 490 | 509 | 542 | 619 | 586 | 534 | 497 | 517 |
| 甲烷總排放量 | 12,271 | 12,689 | 12,861 | 13,913 | 14,704 | 15,690 | 15,883 | 15,654 | 15,793 | 15,852 | 15,193 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 633 | 655 | 705 | 740 | 707 | 700 | 697 | 677 | 669 | 707 | 733 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 25 | 31 | 30 | 31 | 32 | 25 |
| 3. 農業部門 | 2,717 | 2,565 | 2,451 | 2,363 | 2,495 | 2,461 | 2,371 | 2,303 | 2,247 | 2,244 | 2,278 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 739 | 712 | 701 | 688 | 698 | 688 | 682 | 655 | 640 | 648 | 660 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,074 | 1,022 | 1,019 | 1,024 | 1,071 | 1,058 | 994 | 965 | 924 | 931 | 944 |
| 3.C 水稻種植 | 887 | 816 | 721 | 643 | 717 | 706 | 690 | 676 | 678 | 659 | 668 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 17 | 14 | 10 | 9 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 5. 廢棄物部門 | 10,996 | 10,339 | 9,569 | 8,868 | 8,164 | 7,437 | 6,732 | 5,968 | 5,111 | 4,542 | 4,137 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.4 | 3 | 7 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 23 | 29 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,341 | 1,363 | 1,375 | 1,379 | 1,367 | 1,359 | 1,367 | 1,306 | 1,149 | 1,171 | 1,246 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 883 | 868 | 860 | 833 | 808 | 783 | 752 | 728 | 700 | 689 | 661 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 458 | 495 | 515 | 546 | 559 | 576 | 615 | 578 | 449 | 482 | 584 |
| 甲烷總排放量 | 14,367 | 13,580 | 12,750 | 12,004 | 11,386 | 10,623 | 9,831 | 8,978 | 8,058 | 7,525 | 7,173 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 743 | 757 | 769 | 795 | 818 | 826 | 807 | 802 | 818 | 823 | 834 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 3. 農業部門 | 2,252 | 2,237 | 2,180 | 2,158 | 2,166 | 2,166 | 2,165 | 2,174 | 2,172 | 2,115 | 2,052 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 653 | 649 | 634 | 641 | 628 | 632 | 640 | 643 | 650 | 665 | 655 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 904 | 874 | 840 | 834 | 829 | 827 | 832 | 844 | 845 | 842 | 821 |
| 3.C 水稻種植 | 688 | 710 | 702 | 678 | 705 | 704 | 689 | 684 | 677 | 608 | 576 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5. 廢棄物部門 | 3,660 | 3,187 | 2,808 | 2,686 | 2,710 | 2,474 | 2,106 | 1,963 | 1,834 | 1,805 | 1,654 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | 23 | 26 | 28 | 29 | 30 | 28 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,201 | 1,108 | 1,049 | 1,195 | 1,436 | 1,371 | 1,142 | 1,098 | 1,036 | 1,081 | 963 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 631 | 609 | 593 | 572 | 537 | 512 | 491 | 445 | 423 | 395 | 373 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 570 | 499 | 456 | 623 | 899 | 859 | 651 | 653 | 612 | 686 | 590 |
| 甲烷總排放量 | 6,681 | 6,209 | 5,785 | 5,668 | 5,723 | 5,493 | 5,107 | 4,968 | 4,853 | 4,772 | 4,564 |

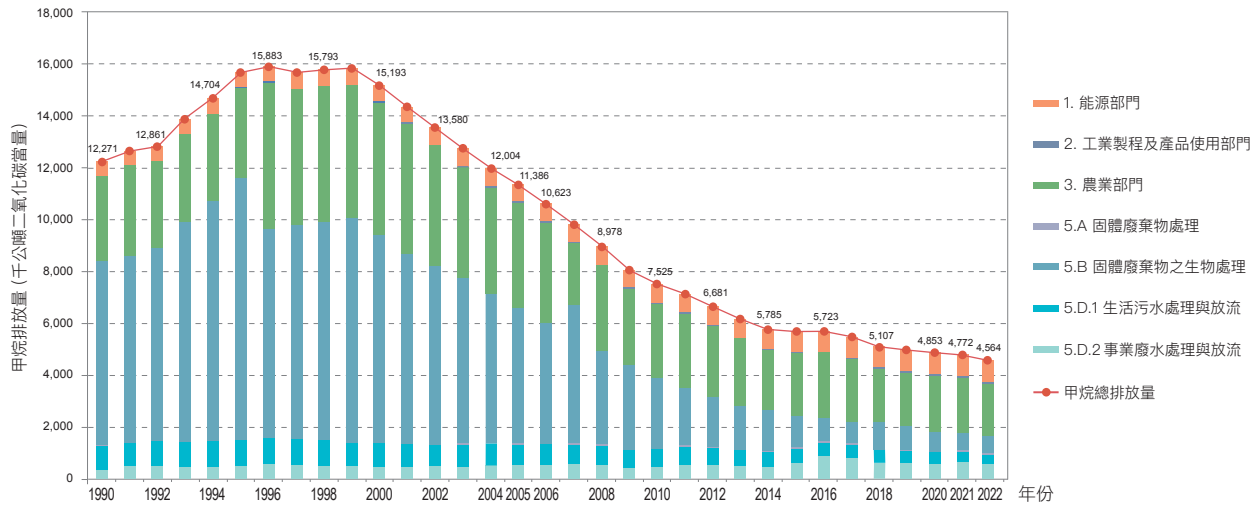


圖 2.2.2 1990 年至 2022 年甲烷排放量趨勢

2.2.3 氧化亞氮

氧化亞氮排放來源為農業部門、工業製程及產品使用部門與能源部門，廢棄物部門也有少量排放。農業部門氧化亞氮排放係以農業土壤排放為主，排放來源包括農地化學肥料使用、動物排泄物、固氮作物、農作物殘體等。而工業製程及產品使用部門近年氧化亞氮排放逐年增加，係以化學工業及電子工業為主，排放來源包括己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產、硝酸生產、積體電路或半導體及 TFT 平面顯示器等。我國 2005 年氧化亞氮排放量為 3,657 千公噸二氧化碳當量，2022 年為 3,800 千公噸二氧化碳當量，其中工業

製程及產品使用部門排放約 1,526 千公噸二氧化碳當量 (占 40.15%)、農業部門排放約 1,104 千公噸二氧化碳當量 (占 29.04%)、能源部門排放約 1,057 千公噸二氧化碳當量 (占 27.81%)、廢棄物部門排放約 114 千公噸二氧化碳當量 (占 2.99%)，詳如表 2.2.3 所示。1990 年至 2022 年各部門氧化亞氮的排放趨勢如圖 2.2.3 所示，就氧化亞氮總排放量而言，2005 至 2022 年排放量增加 3.90%，平均成長率 0.23%，相同期間下，以農業土壤排放量減少最多達 26.86%，年平均負成長率為 1.82%，係與農業部推廣合理化施肥有關。

表 2.2.3 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 能源部門 | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A.1 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.3 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.4 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 3. 農業部門 | 1,736 | 1,783 | 1,724 | 1,750 | 1,743 | 1,736 | 1,772 | 1,566 | 1,461 | 1,511 | 1,640 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 129 | 146 | 145 | 147 | 154 | 160 | 167 | 143 | 129 | 137 | 140 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,597 | 1,630 | 1,567 | 1,597 | 1,583 | 1,574 | 1,603 | 1,422 | 1,331 | 1,372 | 1,496 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 10 | 7 | 13 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 5. 廢棄物部門 | 190 | 181 | 190 | 198 | 200 | 216 | 218 | 213 | 200 | 194 | 186 |
| 氧化亞氮總排放量 | 2,551 | 2,791 | 2,784 | 2,841 | 2,885 | 2,951 | 3,028 | 2,882 | 2,817 | 2,843 | 3,315 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A.1 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.3 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.4 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 635 | 661 | 741 | 742 | 891 | 1,311 | 1,399 | 1,185 | 1,334 | 1,670 | 1,605 |
| 3. 農業部門 | 1,574 | 1,576 | 1,460 | 1,565 | 1,468 | 1,493 | 1,462 | 1,388 | 1,413 | 1,398 | 1,343 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 135 | 131 | 131 | 130 | 136 | 136 | 130 | 129 | 125 | 125 | 126 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,435 | 1,441 | 1,326 | 1,433 | 1,330 | 1,355 | 1,331 | 1,258 | 1,286 | 1,272 | 1,215 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5. 廢棄物部門 | 196 | 195 | 195 | 185 | 169 | 164 | 149 | 136 | 134 | 133 | 136 |
| 氧化亞氮總排放量 | 3,366 | 3,437 | 3,447 | 3,584 | 3,657 | 4,124 | 4,168 | 3,811 | 3,957 | 4,311 | 4,211 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 能源部門 | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A.1 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.3 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.4 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 1,527 | 1,407 | 1,384 | 1,378 | 1,550 | 1,729 | 1,838 | 1,743 | 1,709 | 2,227 | 1,526 |
| 3. 農業部門 | 1,363 | 1,306 | 1,298 | 1,272 | 1,270 | 1,225 | 1,203 | 1,154 | 1,201 | 1,141 | 1,104 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 123 | 122 | 121 | 121 | 122 | 123 | 125 | 129 | 130 | 130 | 130 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,238 | 1,184 | 1,176 | 1,150 | 1,146 | 1,101 | 1,077 | 1,025 | 1,071 | 1,011 | 973 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 5. 廢棄物部門 | 128 | 121 | 120 | 124 | 120 | 121 | 123 | 119 | 121 | 121 | 114 |
| 氧化亞氮總排放量 | 4,127 | 3,938 | 3,910 | 3,879 | 4,064 | 4,210 | 4,282 | 4,112 | 4,120 | 4,573 | 3,800 |

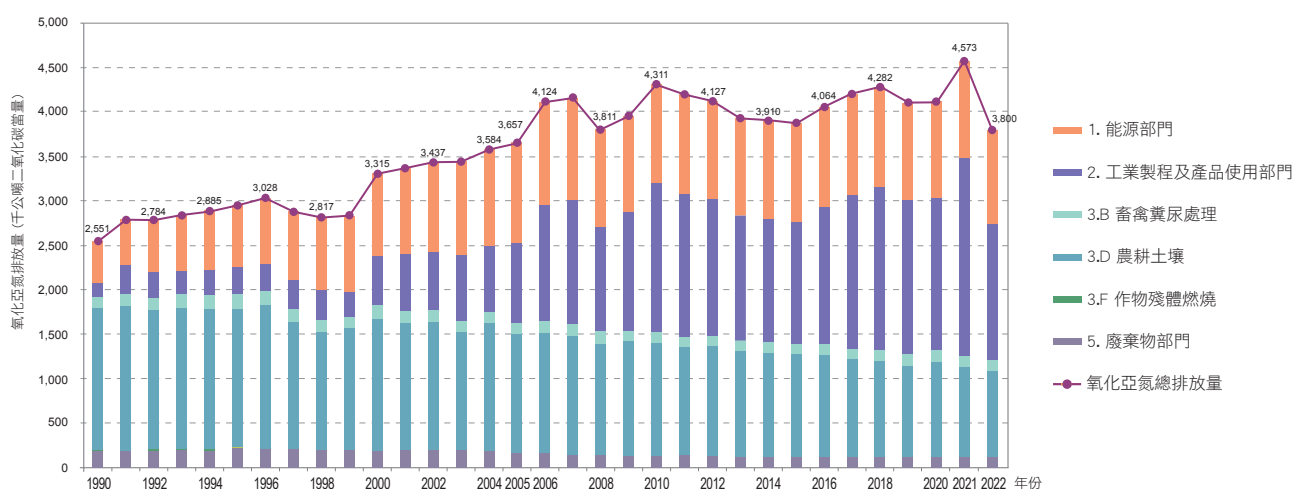


圖 2.2.3 1990 年至 2022 年氧化亞氮排放量趨勢

2.2.4 氫氟碳化物

我國氫氟碳化物排放來源係為工業製程及產品使用部門，包括早期以化學工業之含氟化合物生產為主要來源、後期為冷凍空調、半導體及滅火器。氫氟碳化物排放量 2022 年為 1,555 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.54%，2022 年較 2005 年增加 410.95%，年平均成長率為 10.07%，2022 年較 2021 年增加 8.85%，如圖 2.2.4 及表 2.2.4 所示。我國唯一生產氟氯烴 (Hydrochlorofluorocarbons, HCFCs) 廠商台灣塑膠工業股

份有限公司仁武廠在 2004 年關閉後，使得化學工業的氫氟碳化物排放量由 1,433 千公噸二氧化碳當量 (占氫氟碳化物排放量約 84.93%)，自 2005 年下降為零。我國依循蒙特婁議定書的管制規範逐步削減 CFCs 與 HCFCs，自 2011 年起國內冷凍空調新設備陸續轉為使用 HFCs 冷媒，包含 HFC-32、HFC-410A、HFC-404A，隨著我國 HFCs 冷媒使用量增加，可預期未來 HFCs 排放量成上升趨勢；唯隨著冷凍空調技術轉變與冷媒替代，現今 HFCs 設備種類繁多尚未完整列入統計範疇。

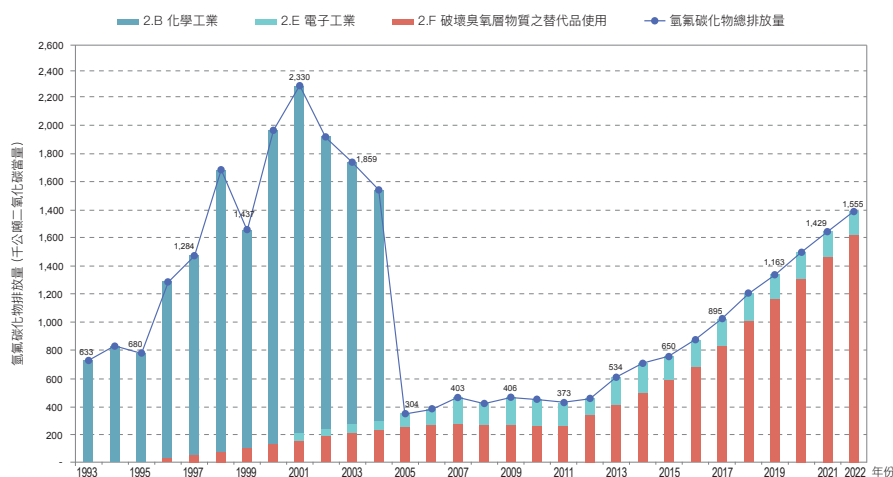


圖 2.2.4 1993 年至 2022 年氫氟碳化物排放量趨勢

備註：

- 2.B 化學工業：1990 年至 1992 年未調查估計氫氟碳化物排放量，並且我國於 2005 年起停止生產。
- 2.E 電子工業：1990 年至 2000 年未調查估計氫氟碳化物排放量。
- 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用：1990 年至 1994 年未調查估計氫氟碳化物排放量。

表 2.2.4 1990 年至 2022 年氫氟碳化物生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.B 化學工業 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | NE | NE | NE | NE | NE | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 |
| 氫氟碳化物總排放量 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B 化學工業 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 43 | 49 | 49 | 49 | 85 | 100 | 167 | 123 | 172 | 169 | 144 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 136 | 160 | 187 | 205 | 219 | 233 | 236 | 235 | 233 | 226 | 229 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B 化學工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 104 | 173 | 184 | 142 | 160 | 169 | 169 | 152 | 161 | 156 | 151 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 294 | 361 | 431 | 508 | 597 | 725 | 875 | 1,012 | 1,143 | 1,273 | 1,405 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |

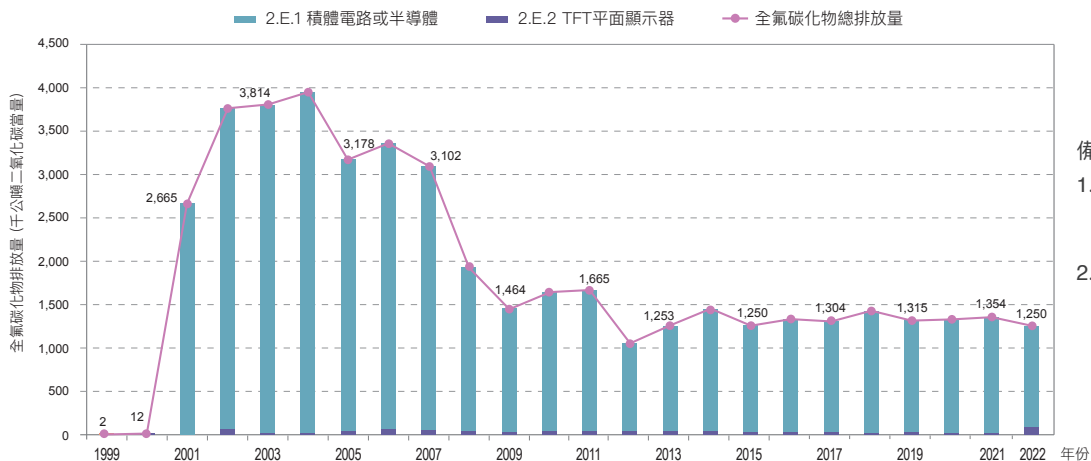
備註：1. NO (未發生)，代表我國該分類項目無生產或使用，即國內唯一氟氯烴廠僅於 1993 至 2004 年生產。

2. NE (未估計)，指對現有排放源未調查估計。

2.2.5 全氟碳化物

2022 年我國全氟碳化物排放量為 1,250 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.44%，2022 年較 2021 年減少 7.72%，如圖 2.2.5 及表 2.2.5 所示。早期積體電路或半導體尚未大量生產，有關全氟碳化物排放量相關資料不

齊全，故無法估算其排放量。至 2004 年後由於台灣半導體產業協會 (Taiwan Semiconductor Industrial Association, TSIA) 配合政府推動自願減量，包括半導體業、光電等產業導入安裝尾氣處理設施，同時以量測程序進行製程改善，使得全氟碳化物排放量逐年下降。



備註：

- 2.E.1 積體電路或半導體於 1990 年至 2000 年未調查估計全氟碳化物排放量。
- 2.E.2 TFT 平面顯示器於 1990 年至 1998 年未調查估計全氟碳化物排放量。

圖 2.2.5 1999 年至 2022 年全氟碳化物排放量趨勢

表 2.2.5 1990 年至 2022 年全氟碳化物排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 全氟碳化物總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.E 電子工業 | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 2,660 | 3,705 | 3,791 | 3,936 | 3,139 | 3,293 | 3,052 | 1,895 | 1,434 | 1,606 | 1,623 |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | 5 | 59 | 23 | 12 | 39 | 62 | 50 | 38 | 31 | 44 | 42 |
| 全氟碳化物總排放量 | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.E 電子工業 | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 1,009 | 1,211 | 1,411 | 1,222 | 1,304 | 1,271 | 1,396 | 1,287 | 1,320 | 1,334 | 1,156 |
| 2.E.2TFT 平面顯示器 | 45 | 42 | 38 | 28 | 32 | 33 | 25 | 28 | 16 | 20 | 93 |
| 全氟碳化物總排放量 | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |

備註：NE (未估計)，指對現有排放源未調查估計。

2.2.6 六氟化硫

2022 年我國六氟化硫排放量為 660 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.23%，2022 年較 2021 年減少 25.08%，如圖 2.2.6 及表 2.2.6 所示。六氟化硫排放量自 2002 年起逐年上升，其原因為 TFT 平面顯示器、電力設備及鎂生產使用量增加，以 2004 年 5,288 千公噸二氧化碳當量為最高排放量，而後因六氟化硫使用量減少，導致其排放量逐年減少，約減少 83.33%。

2.2.7 三氟化氮

2022 年我國三氟化氮排放量為 455 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.16%，2022 年較 2021 年減少 18.04%，如圖 2.2.7 及表 2.2.7 所示。三氟化氮排放量自 2001 年起逐年上升，其原因為半導體使用量增加。2008 年因全球經濟面臨衰退，導致其排放量自 2007 年 747 千公噸二氧化碳當量，大幅下降自 2008 年 191 千公噸二氧化碳當量，而後因半導體使用量增加，使得三氟化氮排放量自 2012 年 363 千公噸二氧化碳當量上升至 2013 年 723 千公噸二氧化碳當量，2014 年後逐年微幅下降。

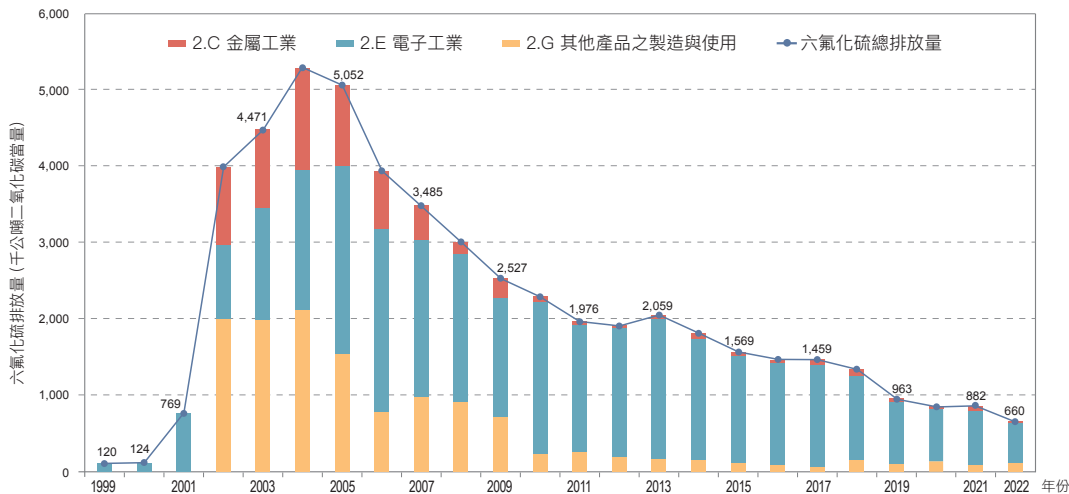


圖 2.2.6 1999 年至 2022 年六氟化硫排放量趨勢

備註：

- 2.C 金屬工業於 1990 年至 2001 年未調查估計六氟化硫排放量。
- 2.E 電子工業於 1990 年至 1998 年未調查估計六氟化硫排放量。
- 2.G 其他產品之製造與使用於 1990 年至 2001 年未調查估計六氟化硫排放量。

表 2.2.6 1990 年至 2022 年六氟化硫排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.C 金屬工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 六氟化硫總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C 金屬工業 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 2.E 電子工業 | 769 | 973 | 1,458 | 1,838 | 2,457 | 2,389 | 2,049 | 1,930 | 1,561 | 1,983 | 1,665 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 |
| 六氟化硫總排放量 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C 金屬工業 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |
| 2.E 電子工業 | 1,678 | 1,855 | 1,600 | 1,393 | 1,334 | 1,317 | 1,105 | 805 | 693 | 716 | 507 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 201 | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 |
| 六氟化硫總排放量 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |

備註：NE (未估計)，指對現有排放源未調查估計。

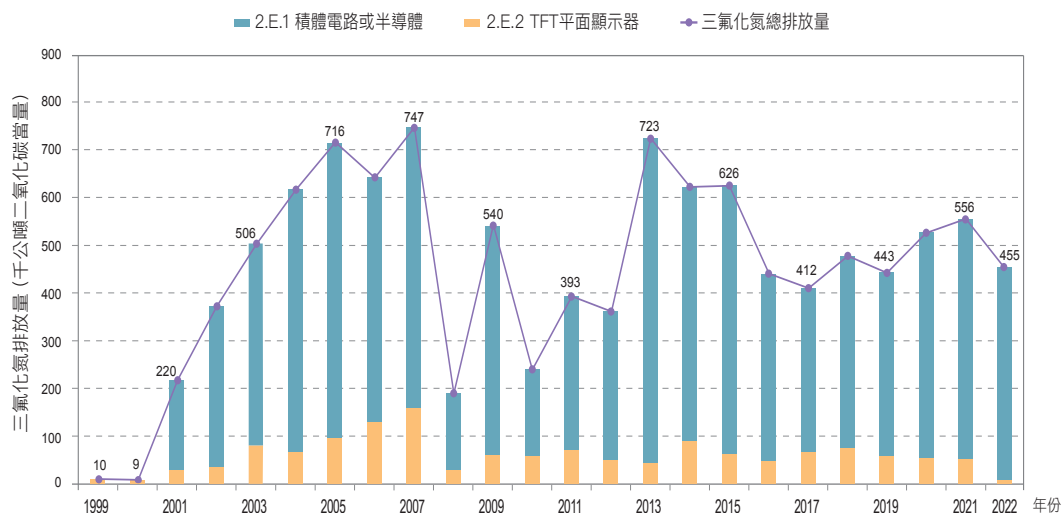


圖 2.2.7 1999 年至 2022 年三氟化氮排放量趨勢

備註：

- 2.E.1 積體電路或半導體於 1990 年至 2000 年未調查估計三氟化氮排放量。
- 2.E.2 TFT 平面顯示器於 1990 年至 1998 年未調查估計三氟化氮排放量。

表 2.2.7 1990 年至 2022 年三氟化氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 三氟化氮總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.E 電子工業 | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 189 | 336 | 426 | 549 | 619 | 514 | 588 | 163 | 479 | 182 | 322 |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | 31 | 36 | 80 | 67 | 97 | 130 | 160 | 29 | 62 | 59 | 71 |
| 三氟化氮總排放量 | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.E 電子工業 | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 312 | 680 | 533 | 562 | 392 | 343 | 400 | 385 | 473 | 504 | 448 |
| 2.E.2 TFT 平面顯示器 | 51 | 44 | 91 | 63 | 50 | 69 | 77 | 58 | 54 | 52 | 8 |
| 三氟化氮總排放量 | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |

備註：NE (未估計)，指對現有排放源未調查估計。

2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

就部門別而言，2022 年溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)，能源部門為 259,849 千公噸二氧化碳當量，占我國溫室氣體總排放量的 90.87%，工業製程及產品使用部門為 20,240 千公噸二氧化碳當量，占 7.08%，農業部門為 3,178 千公噸二氧化碳當量，占 1.11%，廢棄物部門為 2,700 千公噸二氧化碳當量，占 0.94%。2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門之移除量則為 21,834 千公噸二氧化碳當量，占總排放量 7.64%。1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 2.3.1 及表 2.3.1 所示。

2.3.1 能源部門

能源部門排放之溫室氣體種類包括二氧化碳、甲烷及氧化亞氮，該部門溫室氣體排放總量歷年來呈現上升趨勢，

至 2008 年首度呈現下降趨勢，2009 年及 2012 年又再度下降，2018 年至 2020 年間逐年下降，2022 年較 2021 年減少 3.38%，詳如表 2.3.2 和圖 2.3.2 所示。2022 年能源部門之溫室氣體總排放為 259,849 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 90.87%，以 1.A 「燃料燃燒」為 259,512 千公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體之大宗，約 99.87%，1.B 「燃料逸散」為 337 千公噸二氧化碳當量，占 0.13%。其中，1.A.1 「能源產業」為 182,243 千公噸二氧化碳當量，占能源部門溫室氣體排放量 70.13%，1.A.2 「製造業與營造業」為 32,400 千公噸二氧化碳當量 (占 12.47%)，1.A.3 「運輸」為 35,451 千公噸二氧化碳當量 (占 13.64%)，1.A.4 「其他部門 (包括服務業、住宅及農林漁牧)」為 9,417 千公噸二氧化碳當量 (占 3.62%)，1.B.2 「石油和天然氣」為 337 千公噸二氧化碳當量 (占 0.13%)。

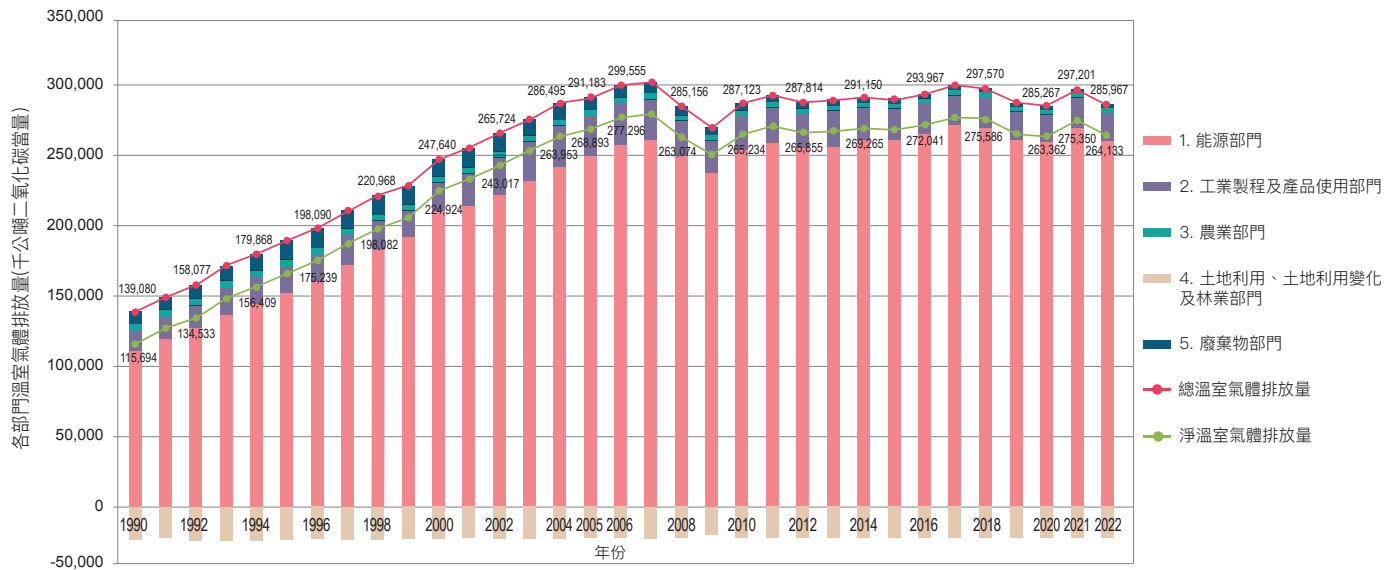


圖 2.3.1 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.1 1990 年至 2022 年各部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 110,535 | 119,523 | 127,195 | 136,404 | 144,352 | 152,099 | 159,894 | 172,180 | 182,933 | 191,935 | 210,300 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 14,710 | 15,328 | 16,222 | 19,316 | 18,834 | 18,526 | 19,114 | 21,113 | 20,574 | 19,038 | 20,158 |
| 3. 農業部門 | 5,141 | 5,402 | 5,244 | 5,268 | 5,251 | 5,336 | 5,378 | 4,692 | 4,292 | 4,449 | 4,583 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 5. 廢棄物部門 | 8,694 | 8,858 | 9,415 | 10,444 | 11,430 | 13,424 | 13,703 | 12,616 | 13,170 | 12,865 | 12,599 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 115,694 | 127,621 | 134,533 | 147,886 | 156,409 | 166,045 | 175,239 | 187,541 | 198,082 | 205,524 | 224,924 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 139,080 | 149,111 | 158,077 | 171,432 | 179,868 | 189,385 | 198,090 | 210,601 | 220,968 | 228,288 | 247,640 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 214,149 | 221,783 | 231,599 | 241,762 | 249,792 | 257,186 | 261,070 | 249,316 | 237,614 | 253,526 | 258,957 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 22,824 | 26,897 | 28,555 | 29,672 | 28,257 | 29,906 | 29,135 | 25,256 | 22,709 | 24,481 | 24,991 |
| 3. 農業部門 | 4,385 | 4,234 | 3,993 | 4,012 | 4,026 | 4,013 | 3,890 | 3,748 | 3,716 | 3,696 | 3,674 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 5. 廢棄物部門 | 13,789 | 12,810 | 11,829 | 11,050 | 9,109 | 8,450 | 7,719 | 6,836 | 5,948 | 5,421 | 4,943 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 233,297 | 243,017 | 253,351 | 263,953 | 268,893 | 277,296 | 279,739 | 263,074 | 250,598 | 265,234 | 270,618 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 255,147 | 265,724 | 275,975 | 286,495 | 291,183 | 299,555 | 301,813 | 285,156 | 269,986 | 287,123 | 292,565 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 255,053 | 255,970 | 260,357 | 260,375 | 264,923 | 271,422 | 269,134 | 260,720 | 259,341 | 268,943 | 259,849 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 | 24,646 | 25,609 | 23,613 | 22,753 | 22,156 | 21,451 | 22,170 | 20,547 | 19,771 | 22,140 | 20,240 |
| 3. 農業部門 | 3,670 | 3,588 | 3,518 | 3,468 | 3,469 | 3,423 | 3,397 | 3,358 | 3,402 | 3,283 | 3,178 |
| 4. 土地利用、土地利用變化及林業部門 | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |
| 5. 廢棄物部門 | 4,446 | 4,126 | 3,663 | 3,309 | 3,420 | 3,208 | 2,868 | 2,785 | 2,753 | 2,835 | 2,700 |
| 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF) | 265,855 | 267,320 | 269,265 | 268,005 | 272,041 | 277,542 | 275,586 | 265,493 | 263,362 | 275,350 | 264,133 |
| 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) | 287,814 | 289,294 | 291,150 | 289,905 | 293,967 | 299,504 | 297,570 | 287,410 | 285,267 | 297,201 | 285,967 |

表 2.3.2 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A.1 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.3 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.4 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 甲烷總排放量 | 592 | 567 | 557 | 572 | 589 | 597 | 582 | 575 | 599 | 628 | 643 |
| 1.A.1 能源產業 | 29 | 32 | 31 | 36 | 39 | 45 | 46 | 51 | 56 | 65 | 73 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 51 | 54 | 58 | 58 | 60 | 61 | 63 | 66 | 67 | 71 | 79 |
| 1.A.3 運輸 | 170 | 183 | 209 | 226 | 241 | 256 | 268 | 275 | 288 | 298 | 303 |
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 31 | 29 | 31 | 30 | 33 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| 1.B.1 固體燃料 | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 127 | 109 | 98 | 97 | 108 | 115 | 115 | 117 | 128 | 126 | 124 |
| 氧化亞氮總排放量 | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A.1 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.3 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.4 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 能源部門總排放量 | 110,535 | 119,523 | 127,195 | 136,404 | 144,352 | 152,099 | 159,894 | 172,180 | 182,933 | 191,935 | 210,300 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A.1 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.3 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.4 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 甲烷總排放量 | 633 | 655 | 705 | 740 | 707 | 700 | 697 | 677 | 669 | 707 | 733 |
| 1.A.1 能源產業 | 78 | 77 | 87 | 90 | 93 | 98 | 100 | 98 | 91 | 96 | 97 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 81 | 85 | 83 | 86 | 85 | 88 | 87 | 80 | 76 | 83 | 89 |
| 1.A.3 運輸 | 305 | 311 | 321 | 330 | 339 | 333 | 324 | 308 | 314 | 319 | 322 |
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 36 | 37 | 37 | 33 | 30 | 32 | 31 | 30 | 28 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 氧化亞氮總排放量 | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A.1 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.3 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.4 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 能源部門總排放量 | 214,149 | 221,783 | 231,599 | 241,762 | 249,792 | 257,186 | 261,070 | 249,316 | 237,614 | 253,526 | 258,957 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A.1 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.3 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.4 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 甲烷總排放量 | 743 | 757 | 769 | 795 | 818 | 826 | 807 | 802 | 818 | 823 | 834 |
| 1.A.1 能源產業 | 96 | 95 | 98 | 102 | 103 | 105 | 105 | 101 | 100 | 103 | 102 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 86 | 88 | 85 | 84 | 84 | 79 | 67 | 66 | 65 | 67 | 59 |
| 1.A.3 運輸 | 317 | 318 | 320 | 327 | 337 | 331 | 321 | 321 | 325 | 301 | 309 |
| 1.A.4 其他部門 | 28 | 28 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A.1 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.3 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.4 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 能源部門總排放量 | 255,053 | 255,970 | 260,357 | 260,375 | 264,923 | 271,422 | 269,134 | 260,720 | 259,341 | 268,943 | 259,849 |

備註：NO（未發生）該排放源無生產或使用，我國煤炭自 2001 年起停產。

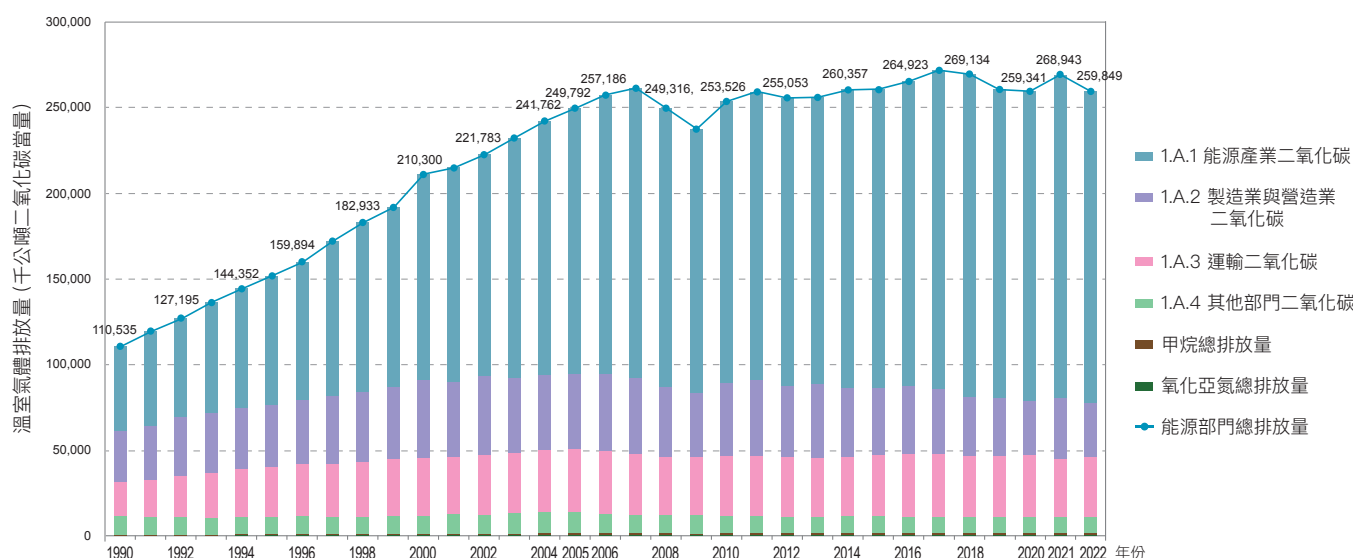


圖 2.3.2 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量趨勢

2005 至 2022 年間，能源部門之成長率為 4.03%，年平均成長率為 0.23%，其中 1.A.1「能源產業」溫室氣體排放量增加 17.10%，年平均成長率為 0.93%；1.A.2「製造業與營造業」減少 26.73%，年平均負成長率為 1.81%；1.A.3「運輸」減少 5.85%，年平均負成長率為 0.35%；1.A.4「其他部門」減少 22.43%，年平均負成長率為 1.48%；1.B.2「石油和天然氣」增加 120.68%，年平均成長率為 4.77%。

2.3.2 工業製程及產品使用部門

工業製程及產品使用部門排放之溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、全氟碳化物、氫氟碳化物、六氟化硫及三氟化氮等七種，該部門歷年溫室氣體排放量詳如表 2.3.3 和圖 2.3.3。以 2004 年 29,672 千公噸二氧化碳當量，成為歷年排放量最多的一年，約占我國溫室氣體總排放量的 10.44%，2006 年後溫室氣體排放量即逐年下降，2010 年因金屬工業之鋼鐵生產二氧化碳排放、TFT 平面顯示器六氟

表 2.3.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 14,557 | 15,007 | 15,926 | 18,408 | 17,826 | 17,528 | 17,677 | 19,483 | 18,410 | 17,179 | 17,388 |
| 2.A 礦業 (非金屬製品) | 10,683 | 10,698 | 11,854 | 13,879 | 13,259 | 12,766 | 12,645 | 13,394 | 11,564 | 10,746 | 10,486 |
| 2.B 化學工業 | 575 | 551 | 575 | 617 | 770 | 858 | 999 | 1,026 | 1,007 | 1,079 | 1,148 |
| 2.C 金屬工業 | 3,275 | 3,735 | 3,474 | 3,888 | 3,774 | 3,884 | 4,013 | 5,045 | 5,817 | 5,333 | 5,734 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 |
| 2.H 其他 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 甲烷總排放量 | 6 | 8 | 7 | 8 | 9 | 11 | 13 | 13 | 11 | 13 | 15 |
| 2.B 化學工業 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 12 | 10 | 13 | 15 |
| 2.C 金屬工業 | 0.2 | 2.0 | 1.5 | 1.2 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.2 |
| 氧化亞氮總排放量 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 2.B 化學工業 | 147 | 313 | 289 | 268 | 283 | 307 | 305 | 333 | 340 | 277 | 556 |
| 2.C 金屬工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 氫氟碳化物總排放量 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 680 | 1,120 | 1,284 | 1,812 | 1,437 | 2,054 |
| 2.B 化學工業 | NE | NE | NE | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | NE | NE | NE | NE | NE | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 2 | 12 |
| 六氟化硫總排放量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.C 金屬工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 120 | 124 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 10 | 9 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 14,710 | 15,328 | 16,222 | 19,316 | 18,834 | 18,526 | 19,114 | 21,113 | 20,574 | 19,038 | 20,158 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 二氧化碳總排放量 | 16,186 | 16,075 | 17,141 | 17,358 | 18,094 | 20,299 | 19,967 | 18,558 | 16,407 | 18,206 | 18,954 |
| 2.A 礦業（非金屬製品） | 9,974 | 10,648 | 10,341 | 10,691 | 11,257 | 11,014 | 10,369 | 9,289 | 8,467 | 8,616 | 9,577 |
| 2.B 化學工業 | 1,232 | 1,313 | 1,384 | 1,485 | 1,751 | 1,721 | 1,845 | 1,601 | 1,601 | 1,778 | 1,737 |
| 2.C 金屬工業 | 4,960 | 4,096 | 5,397 | 5,162 | 5,066 | 7,544 | 7,733 | 7,648 | 6,317 | 7,792 | 7,620 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00007 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00005 | 0.00004 |
| 2.H 其他 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 甲烷總排放量 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 25 | 31 | 30 | 31 | 32 | 25 |
| 2.B 化學工業 | 20 | 21 | 24 | 31 | 20 | 20 | 26 | 24 | 27 | 26 | 25 |
| 2.C 金屬工業 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | NO | NO | 4.8 | 4.8 | 5.5 | 3.9 | 6.2 | 0.02 |
| 氧化亞氮總排放量 | 635 | 661 | 741 | 742 | 891 | 1,311 | 1,399 | 1,185 | 1,334 | 1,670 | 1,605 |
| 2.B 化學工業 | 635 | 661 | 739 | 742 | 854 | 861 | 886 | 697 | 895 | 1,040 | 1,062 |
| 2.C 金屬工業 | NO | 0.4 | 1.5 | NO | NO | 84 | 85 | 81 | 68 | 107 | NO |
| 2.E 電子工業 | NE | NE | NE | NE | 37 | 365 | 428 | 407 | 371 | 523 | 543 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 2,330 | 2,017 | 1,859 | 1,687 | 304 | 333 | 403 | 358 | 406 | 395 | 373 |
| 2.B 化學工業 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 43 | 49 | 49 | 49 | 85 | 100 | 167 | 123 | 172 | 169 | 144 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 136 | 160 | 187 | 205 | 219 | 233 | 236 | 235 | 233 | 226 | 229 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | 2,665 | 3,764 | 3,814 | 3,949 | 3,178 | 3,355 | 3,102 | 1,932 | 1,464 | 1,650 | 1,665 |
| 六氟化硫總排放量 | 769 | 3,986 | 4,471 | 5,288 | 5,052 | 3,940 | 3,485 | 3,001 | 2,527 | 2,286 | 1,976 |
| 2.C 金屬工業 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 2.E 電子工業 | 769 | 973 | 1,458 | 1,838 | 2,457 | 2,389 | 2,049 | 1,930 | 1,561 | 1,983 | 1,665 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | NE | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | 220 | 373 | 506 | 617 | 716 | 644 | 747 | 191 | 540 | 241 | 393 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 22,824 | 26,897 | 28,555 | 29,672 | 28,257 | 29,906 | 29,135 | 25,256 | 22,707 | 24,481 | 24,991 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 | 19,369 | 19,605 | 17,704 | 17,251 | 16,583 | 15,625 | 16,019 | 14,890 | 13,999 | 15,663 | 14,770 |
| 2.A 礦業（非金屬製品） | 9,333 | 9,866 | 8,728 | 8,345 | 7,108 | 6,262 | 6,403 | 6,501 | 6,561 | 6,828 | 6,464 |
| 2.B 化學工業 | 1,714 | 1,749 | 1,884 | 1,842 | 1,760 | 1,709 | 1,684 | 1,666 | 1,550 | 1,730 | 1,270 |
| 2.C 金屬工業 | 8,301 | 7,970 | 7,072 | 7,044 | 7,696 | 7,634 | 7,913 | 6,706 | 5,870 | 7,090 | 7,020 |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 0.00004 | 0.00005 | 0.00006 | 0.00010 | 0.00008 | 0.00007 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00006 | 0.00007 | 0.00006 |
| 2.H 其他 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |
| 甲烷總排放量 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 2.B 化學工業 | 26 | 28 | 29 | 29 | 30 | 27 | 30 | 29 | 28 | 29 | 24 |
| 2.C 金屬工業 | 0.07 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | NO | 0.01 | 0.01 | 0.0001 | NO | NO |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,527 | 1,407 | 1,384 | 1,378 | 1,550 | 1,729 | 1,838 | 1,743 | 1,709 | 2,227 | 1,526 |
| 2.B 化學工業 | 904 | 694 | 647 | 614 | 854 | 991 | 987 | 828 | 541 | 1,053 | 679 |
| 2.C 金屬工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 623 | 713 | 737 | 764 | 696 | 738 | 851 | 916 | 1,168 | 1,174 | 847 |
| 氫氟碳化物總排放量 | 398 | 534 | 616 | 650 | 757 | 895 | 1,043 | 1,163 | 1,304 | 1,429 | 1,555 |
| 2.B 化學工業 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.E 電子工業 | 104 | 173 | 184 | 142 | 160 | 169 | 169 | 152 | 161 | 156 | 151 |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 294 | 361 | 431 | 508 | 597 | 725 | 875 | 1,012 | 1,143 | 1,273 | 1,405 |
| 全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業) | 1,054 | 1,253 | 1,449 | 1,250 | 1,336 | 1,304 | 1,421 | 1,315 | 1,336 | 1,354 | 1,250 |
| 六氟化硫總排放量 | 1,909 | 2,059 | 1,807 | 1,569 | 1,458 | 1,459 | 1,342 | 963 | 867 | 882 | 660 |
| 2.C 金屬工業 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |
| 2.E 電子工業 | 1,678 | 1,855 | 1,600 | 1,393 | 1,334 | 1,317 | 1,105 | 805 | 693 | 716 | 507 |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 201 | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 |
| 三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業) | 363 | 723 | 624 | 626 | 442 | 412 | 477 | 443 | 528 | 556 | 455 |
| 工業製程及產品使用部門總排放量 | 24,646 | 25,609 | 23,613 | 22,753 | 22,156 | 21,451 | 22,170 | 20,547 | 19,771 | 22,140 | 20,240 |

備註：1.NE（未估計），指對現有源排放量和匯移除量沒有估計。

2.NO（未發生）該排放源無生產或使用，如 HCFC-22 自 1993 年投產，並於 2005 年停產。

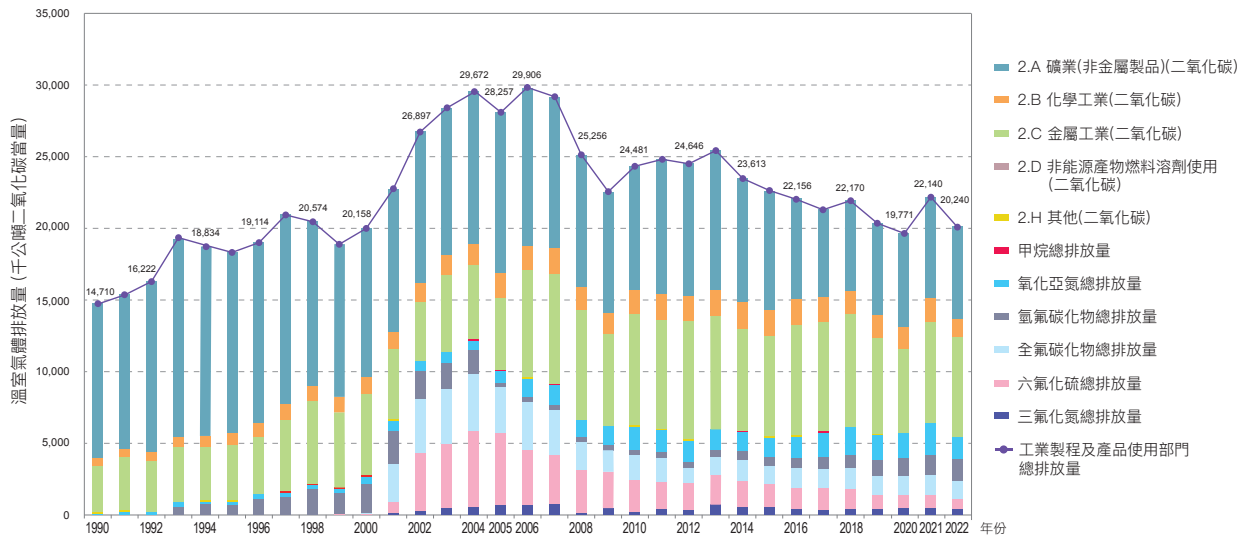


圖 2.3.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢

化硫排放及半導體全氟碳化物排放等使得工業製程及產品使用部門溫室氣體排放又有上升趨勢，至 2014 年起，因礦業二氧化碳（主要為水泥生產）及金屬工業二氧化碳（主要為鐵及鋼生產）減少，使得工業製程及產品使用排放量減少，而 2022 年較 2021 年排放量減少 8.58%。2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體總排放量 20,240 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 7.08%，其中 2.C「金屬工業」占工業製程部門溫室氣體排放的 34.82%，所占比例最大，其次為 2.A「礦業（非金屬製品）」占 31.94%、2.E「電子工業」占 15.86%、2.B「化學工業」占 9.75%、2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」占 6.94%、2.G「其他產品之製造與使用」占 0.63%、2.H「其他」占 0.07% 以及 2.D「非能源產物燃料溶劑使用」占 0.0000003%。2005 至 2022 年間，工業製程及產品使用排放量減少 24.64%，年平均負成長率為 1.75%。

2.3.3 農業部門

農業部門排放之溫室氣體種類包含甲烷、氧化亞氮及少量二氧化碳。該部門溫室氣體排放量逐年呈現遞減的趨勢，2022 年的 3,178 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 1.11%，與 2005 年相比較減少約 21.05%，年平均負成長率為 1.38%，較 2021 年減少 3.19%，詳如圖 2.3.4 和表 2.3.4 所示。2022 年排放以 3.D「農耕土壤」排放占 30.61%，3.B「畜禽糞尿處理」占 29.92%，3.A「畜禽腸胃發酵」占 20.60%，3.C「水稻種植」占 18.13%，3.H「尿素施用」排放占 0.70% 及 3.F「作物殘體燃燒」排放占 0.03%。

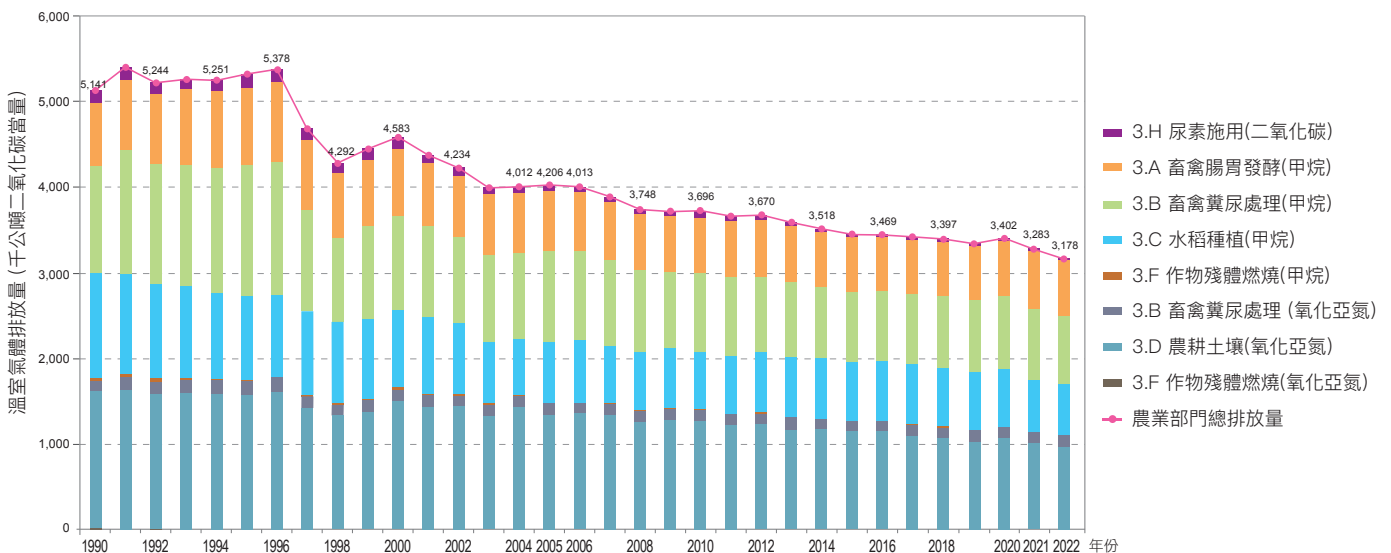


圖 2.3.4 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.4 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 142 | 146 | 139 | 131 | 135 | 151 | 151 | 134 | 127 | 118 | 131 |
| 甲烷總排放量 | 3,264 | 3,472 | 3,381 | 3,388 | 3,374 | 3,449 | 3,455 | 2,993 | 2,703 | 2,820 | 2,813 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 750 | 819 | 826 | 868 | 883 | 921 | 921 | 820 | 755 | 778 | 775 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,246 | 1,460 | 1,418 | 1,436 | 1,470 | 1,535 | 1,565 | 1,190 | 990 | 1,088 | 1,123 |
| 3.C 水稻種植 | 1,226 | 1,166 | 1,084 | 1,059 | 998 | 984 | 961 | 976 | 953 | 947 | 899 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 42 | 28 | 53 | 24 | 23 | 8 | 8 | 8 | 6 | 8 | 15 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,736 | 1,783 | 1,724 | 1,750 | 1,743 | 1,736 | 1,772 | 1,566 | 1,461 | 1,511 | 1,640 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 129 | 146 | 145 | 147 | 154 | 160 | 167 | 143 | 129 | 137 | 140 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,597 | 1,630 | 1,567 | 1,597 | 1,583 | 1,574 | 1,603 | 1,422 | 1,331 | 1,372 | 1,496 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 10 | 7 | 13 | 6 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 農業部門總排放量 | 5,141 | 5,402 | 5,244 | 5,268 | 5,251 | 5,336 | 5,378 | 4,692 | 4,292 | 4,449 | 4,583 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 94 | 93 | 82 | 84 | 62 | 59 | 57 | 57 | 55 | 54 | 53 |
| 甲烷總排放量 | 2,717 | 2,565 | 2,451 | 2,363 | 2,495 | 2,461 | 2,371 | 2,303 | 2,247 | 2,244 | 2,278 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 739 | 712 | 701 | 688 | 698 | 688 | 682 | 655 | 640 | 648 | 660 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,074 | 1,022 | 1,019 | 1,024 | 1,071 | 1,058 | 994 | 965 | 924 | 931 | 944 |
| 3.C 水稻種植 | 887 | 816 | 721 | 643 | 717 | 706 | 690 | 676 | 678 | 659 | 668 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 17 | 14 | 10 | 9 | 9 | 9 | 5 | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,574 | 1,576 | 1,460 | 1,565 | 1,468 | 1,493 | 1,462 | 1,388 | 1,413 | 1,398 | 1,343 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 135 | 131 | 131 | 130 | 136 | 136 | 130 | 129 | 125 | 125 | 126 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,435 | 1,441 | 1,326 | 1,433 | 1,330 | 1,355 | 1,331 | 1,258 | 1,286 | 1,272 | 1,215 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 農業部門總排放量 | 4,385 | 4,234 | 3,993 | 4,012 | 4,026 | 4,013 | 3,890 | 3,748 | 3,716 | 3,696 | 3,674 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 (3.H 尿素施用) | 55 | 45 | 40 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 29 | 27 | 22 |
| 甲烷總排放量 | 2,252 | 2,237 | 2,180 | 2,158 | 2,166 | 2,166 | 2,165 | 2,174 | 2,172 | 2,115 | 2,052 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 653 | 649 | 634 | 641 | 628 | 632 | 640 | 643 | 650 | 665 | 655 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 904 | 874 | 840 | 834 | 829 | 827 | 832 | 844 | 845 | 842 | 821 |
| 3.C 水稻種植 | 688 | 710 | 702 | 678 | 705 | 704 | 689 | 684 | 677 | 608 | 576 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 氧化亞氮總排放量 | 1,363 | 1,306 | 1,298 | 1,272 | 1,270 | 1,225 | 1,203 | 1,154 | 1,201 | 1,141 | 1,104 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 123 | 122 | 121 | 121 | 122 | 123 | 125 | 129 | 130 | 130 | 130 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,238 | 1,184 | 1,176 | 1,150 | 1,146 | 1,101 | 1,077 | 1,025 | 1,071 | 1,011 | 973 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 農業部門總排放量 | 3,670 | 3,588 | 3,518 | 3,468 | 3,469 | 3,423 | 3,397 | 3,358 | 3,402 | 3,283 | 3,178 |

2.3.4 土地利用、土地利用變化及林業部門

土地利用、土地利用變化及林業部門移除之溫室氣體以二氧化碳為主，歷年之移除量呈現略有起伏增減的趨勢，每年的移除量變化並不大，主要係由森林資源年生長所增加的移除量為主，造林所增加的移除量及因森林干擾所減少的移除量較少。1990 年至 2022 年間森林資源整體之年移除量變化，其中 1991 年及 2001 年係因森林火災及颱風等災害造成碳損失量高，其年移除量分別為 21,490 及 21,850 千公噸二氧化碳當量，其餘各年均維持穩定之狀態。直至 2009 年莫拉克風災對我國造成嚴重災害，致林木損失材積量大，其年移除量為 19,388 千公噸二氧化碳當量為最低，如圖 2.3.5 與表 2.3.5 所示。2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體的移除量為 21,834 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 0.08%，2005 至 2022 年碳移除量減少約 2.04%，年平均負成長率為 0.12%。

2.3.5 廢棄物部門

廢棄物部門排放之溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮三種。該部門溫室氣體排放量近年來逐漸遞減的趨勢，詳如圖 2.3.6 與表 2.3.6 所示，2022 年排放量為 2,700 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 0.94%，2022 年排放量較 2021 年減少 4.76%，與 2005 年相比較減少約 70.36%，年平均負成長率為 6.90%。2000 年後甲烷排放量大幅下降，主要是實行垃圾減量，導致衛生掩埋量和一般掩埋量大量減少，同時推行沼氣（甲烷）回收措施。2022 年廢棄物部門排放中，以 5.D「廢水處理與放流」占 38.81%，比例最大，其次為 5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」占 34.87%，其餘為 5.A「固體廢棄物處理」占 24.56% 及 5.B「固體廢棄物之生物處理」占 1.75%。

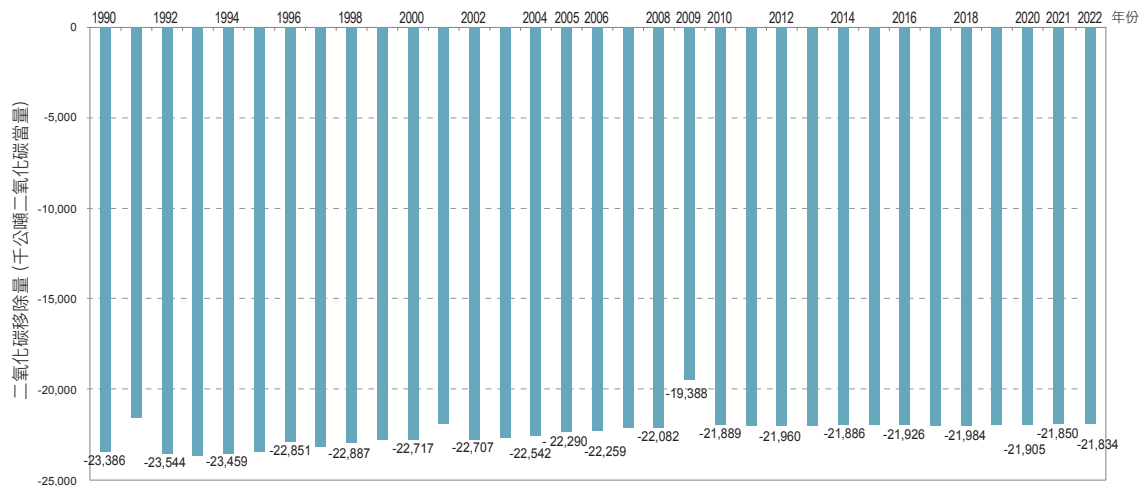


圖 2.3.5 1990 年至 2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量趨勢

表 2.3.5 1990 年至 2022 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--|--|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -23,902 | -23,902 | -23,741 | -23,580 | -23,418 | -23,257 | -23,095 | -22,934 | -22,772 | -22,611 | -22,449 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2L}) | 607 | 2,503 ¹ | 333 | 216 | 190 | 202 | 559 | 266 | 326 | 401 | 389 |
| | 生物量總碳移除量 (Δ CO ₂) | -23,295 | -21,399 | -23,408 | -23,364 | -23,228 | -23,055 | -22,536 | -22,668 | -22,446 | -22,210 | -22,061 |
| 4.A.2 其他土地轉變為 林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -91 | -91 | -136 | -182 | -230 | -285 | -315 | -392 | -440 | -553 | -656 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門 總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -23,386 | -21,490 | -23,544 | -23,546 | -23,459 | -23,340 | -22,851 | -23,060 | -22,887 | -22,764 | -22,717 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -22,288 | -22,127 | -21,965 | -21,804 | -21,642 | -21,481 | -21,319 | -21,158 | -20,997 | -20,889 | -20,907 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2L}) | 1,112 ² | 167 | 227 | 243 | 369 | 251 | 308 | 199 | 2,753 ³ | 218 | 140 |
| | 生物量總碳移除量 (Δ CO ₂) | -21,176 | -21,960 | -21,738 | -21,560 | -21,274 | -21,230 | -21,012 | -20,959 | -18,243 | -20,671 | -20,766 |
| 4.A.2 其他土地轉變為 林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -673 | -747 | -886 | -981 | -1,016 | -1,029 | -1,062 | -1,123 | -1,145 | -1,218 | -1,181 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門 總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -21,850 | -22,707 | -22,624 | -22,542 | -22,290 | -22,259 | -22,074 | -22,082 | -19,388 | -21,889 | -21,947 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 4.A.1 林地維持林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -20,932 | -20,970 | -21,004 | -21,040 | -21,068 | -21,105 | -21,148 | -21,202 | -21,271 | -21,318 | -21,359 |
| | 生物量碳排放量 (Δ CO _{2L}) | 145 | 135 | 197 | 189 | 153 | 107 | 83 | 116 | 90 | 121 | 114 |
| | 生物量總碳移除量 (Δ CO ₂) | -20,787 | -20,834 | -20,807 | -20,851 | -20,915 | -20,998 | -21,065 | -21,086 | -21,181 | -21,197 | -21,245 |
| 4.A.2 其他土地轉變為 林地 | 生物量碳移除量 (Δ CO _{2G}) | -1,173 | -1,139 | -1,079 | -1,049 | -1,011 | -963 | -918 | -831 | -724 | -654 | -589 |
| 土地利用、土地利用變化及林業部門 總碳移除量 (Δ CO ₂) | | -21,960 | -21,974 | -21,886 | -21,900 | -21,926 | -21,961 | -21,984 | -21,917 | -21,905 | -21,850 | -21,834 |

 備註：1. 1991 年其他災害包括颱風災害次數共 7 次，面積共 295.74 公頃，被害材積 1,348,998.61m³，損失材積 1,348,992.06 m³。

2. 2001 年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林大火外，尚發生 59 次小火警，火災受損面積廣達 395 公頃，森林資源損失慘重。

3. 2009 年莫拉克風災對我國中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區 3 天內降下超過 2,500 毫米的雨量，產生約 125 萬噸漂流木，致林木損失材積量大。

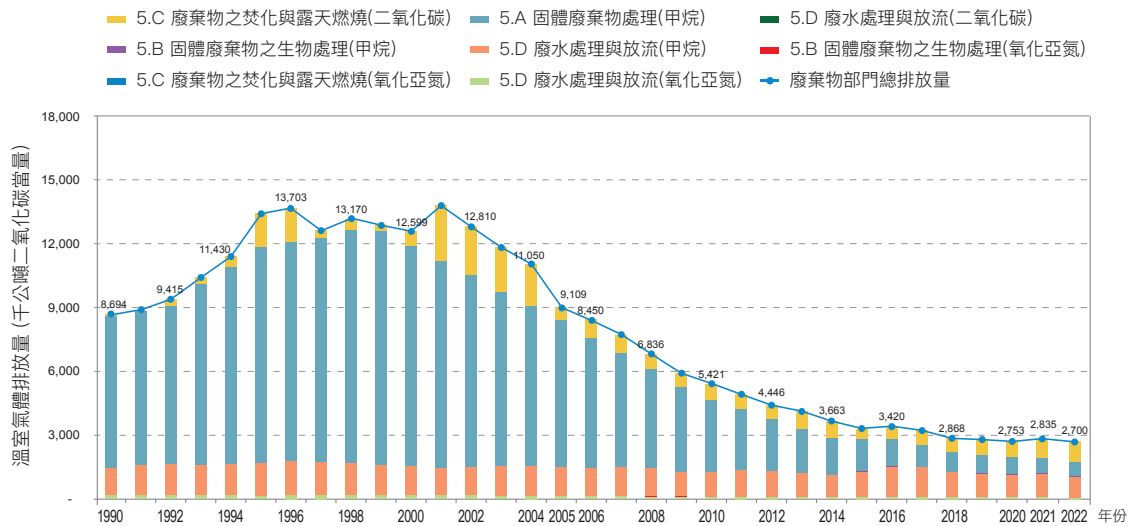


圖 2.3.6 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.6 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 二氧化碳總排放量 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 94 | 35 | 309 | 301 | 500 | 1,575 | 1,652 | 330 | 491 | 280 | 691 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 甲烷總排放量 | 8,410 | 8,643 | 8,917 | 9,945 | 10,731 | 11,632 | 11,833 | 12,073 | 12,479 | 12,391 | 11,722 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 13 | 0.6 | 0.9 | 0.5 | 0.2 | 0.7 | 0.3 | 1.6 | 0.06 | 2.2 | 0.3 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,295 | 1,436 | 1,485 | 1,452 | 1,479 | 1,520 | 1,602 | 1,575 | 1,517 | 1,431 | 1,411 |
| 氧化亞氮總排放量 | 190 | 181 | 190 | 198 | 200 | 216 | 218 | 213 | 200 | 194 | 186 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 9 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 1.1 | 0.04 | 1.5 | 0.2 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 1.0 | 0.4 | 3 | 3 | 5 | 16 | 17 | 3 | 5 | 3 | 7 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 180 | 180 | 186 | 194 | 194 | 199 | 201 | 209 | 195 | 189 | 179 |
| 廢棄物部門總排放量 | 8,694 | 8,858 | 9,415 | 10,444 | 11,430 | 13,424 | 13,703 | 12,616 | 13,170 | 12,865 | 12,599 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化碳總排放量 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 2,597 | 2,276 | 2,065 | 1,996 | 776 | 848 | 837 | 733 | 703 | 747 | 670 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 甲烷總排放量 | 10,996 | 10,339 | 9,569 | 8,868 | 8,164 | 7,437 | 6,732 | 5,968 | 5,111 | 4,542 | 4,137 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.4 | 2.6 | 7 | 11 | 13 | 16 | 18 | 20 | 23 | 29 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,341 | 1,363 | 1,375 | 1,379 | 1,367 | 1,359 | 1,367 | 1,306 | 1,149 | 1,171 | 1,246 |
| 氧化亞氮總排放量 | 196 | 195 | 195 | 185 | 169 | 164 | 149 | 136 | 134 | 133 | 136 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.02 | 0.3 | 2 | 5 | 8 | 9 | 11 | 13 | 14 | 17 | 21 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 27 | 23 | 21 | 21 | 8 | 9 | 9 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 169 | 171 | 172 | 159 | 154 | 147 | 129 | 115 | 112 | 109 | 107 |
| 廢棄物部門總排放量 | 13,789 | 12,810 | 11,829 | 11,050 | 9,109 | 8,450 | 7,719 | 6,836 | 5,948 | 5,421 | 4,943 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化碳總排放量 | 657 | 817 | 736 | 499 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 910 | 933 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 657 | 817 | 736 | 498 | 589 | 613 | 639 | 703 | 798 | 909 | 932 |
| 5.D 廢水處理與放流 | NO | NO | NO | 1.7 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| 甲烷總排放量 | 3,660 | 3,187 | 2,808 | 2,686 | 2,710 | 2,474 | 2,106 | 1,963 | 1,834 | 1,805 | 1,654 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 27 | 25 | 23 | 22 | 22 | 23 | 26 | 28 | 29 | 30 | 28 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,201 | 1,108 | 1,049 | 1,195 | 1,436 | 1,371 | 1,142 | 1,098 | 1,036 | 1,081 | 963 |
| 氧化亞氮總排放量 | 128 | 121 | 120 | 124 | 120 | 121 | 123 | 119 | 121 | 121 | 114 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 19 | 18 | 16 | 16 | 16 | 16 | 18 | 20 | 21 | 21 | 20 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 8 | 8 | 8 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 101 | 96 | 96 | 103 | 98 | 99 | 99 | 92 | 92 | 91 | 85 |
| 廢棄物部門總排放量 | 4,446 | 4,126 | 3,663 | 3,309 | 3,420 | 3,208 | 2,868 | 2,785 | 2,753 | 2,835 | 2,700 |

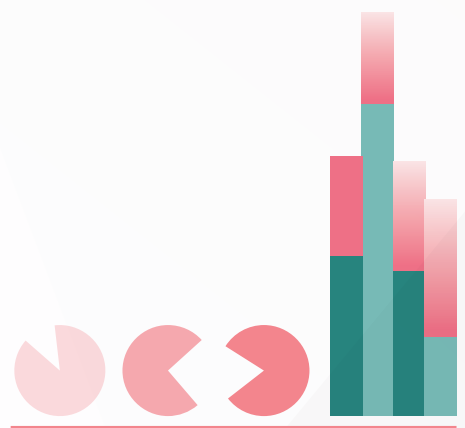
備註：NO (未發生)，代表我國該分類項目無生產或使用。



第三章

能源部門 (CRT Sector 1)

- 3.1 部門概述
- 3.2 燃料燃燒 (1.A)
- 3.3 燃料逸散性排放 (1.B)
- 3.4 參考文獻



第三章 能源部門 (CRT Sector 1)

3.1 部門概述

能源部門包括來自固定性與移動性能源活動，包括燃料燃燒及燃料逸散排放之所有溫室氣體總排放。自產煤炭已於 2000 年間停產，自產天然氣產量少，以 2022 年而言，其占初級能源供給比例不及 1%，逸散排放量相對燃料燃燒排放占比較低。

能源部門統計溫室氣體包含：二氧化碳、甲烷與氧化亞氮等三類，如表 3.1.1，2022 年能源部門溫室氣體排放總量為 259,849 千公噸二氧化碳當量，排放量相較 1990 年成長 135.08%，年均成長 2.71%；其中，燃料燃燒、燃料逸散排放量分別為 259,512 千公噸二氧化碳當量、337 千公噸二氧化碳當量。能源部門溫室氣體排放不確定性為 3.04%，如表 3.1.2。

3.2 燃料燃燒 (1.A)

1. 統計範疇

能源部門燃料燃燒溫室氣體排放包括所有燃料燃燒活動溫室氣體之總排放，其計算方法係依據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南) 方法 1 (Tier 1)，使用我國能源平衡表與 2006 IPCC 指南建議排放係數，進行溫室氣體排放統計，範疇如表 3.2.1。本部門統計資料包括：

(1) 部門方法統計：1990 年至 2022 年能源消費部門別，包括能源產業、製造業與營造業、運輸，以及服務業、住

宅、農林漁牧等其他部門之二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放量等溫室氣體排放當量。

(2) 參考方法統計：1990 年至 2022 年初級能源總供給之二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放量等溫室氣體排放當量。

生質能部分，考量生物固碳效果，生質燃料燃燒溫室氣體排放不包括在本部門排放總量，然仍會於能源部門「燃料燃燒二氧化碳統計與分析」公告文件進行數據揭露。至於廢棄物燃燒作為能源使用之排放，則須計算在本分類中；另依據 2006 IPCC 指南分類，用於國際航空與國際海運燃料的排放不應計算在國內排放總量內，應該分開予以計算。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒溫室氣體排放計算方法與程序

各方法簡述如下：參考方法 (Reference Approach) 為利用國家燃料燃燒能源供給數據計算之溫室氣體排放量；部門方法 (Sectoral Approach) 之 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，以 2006 IPCC 指南建議排放係數，計算該國之二氧化碳排放量；2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2) 為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，以各國本土化排放係數，計算該國之二氧化碳排放量；2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3) 為依排放型態別或個別排放源之細部數據，估計國家之二氧化碳排放量，以運輸部門為例，其排放量係依不同運輸方式之運具別、運量、油耗率及排放係數等數據進行估計。

現階段燃料燃燒二氧化碳排放統計係依據 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，統計參考方法及部門方法排放量。前述方法適用於本節各排放源溫室氣體排放量之計算，爰在此一併敘明，茲說明如下：

表 3.1.1 能源部門所使用方法學

| 溫室氣體排放源分類 | 二氧化碳 | | 甲烷 | | 氧化亞氮 | |
|-------------------|--------|------|--------|------|------|------|
| | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 |
| 1.A. 燃料燃燒 | | | | | | |
| 1.A.1 能源產業 | T1 | D | T1 | D | T1 | D |
| 1.A.2 製造業與營造業 | T1 | D | T1 | D | T1 | D |
| 1.A.3 運輸 | T1 | D | T1 | D | T1 | D |
| 1.A.4 其他部門 | T1 | D | T1 | D | T1 | D |
| 1.A.5 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B. 燃料逸散 | | | | | | |
| 1.B.1 固體燃料 | NE | NE | T1 | D | NE | NE |
| 1.B.2 石油和天然氣 | T1, T3 | D | T1, T3 | D | T1 | D |
| 1.B.3 來自能源產品之其他排放 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.C. 二氧化碳運輸與儲存 | NE | NE | | | | |

備註：1. 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1)；2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2, T2)；2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3, T3)；IPCC 指南預設方法 (IPCC Default, D)，國家特定方法 (Country Specific, CS)；NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計；NO(未生產)指我國該分類項目無生產或使用，如停產；灰底為指南未建議納入統計該氣體。

2. 石油精煉逸散排放 1990 年至 2004 年係以 2006 IPCC 指南方法 1 統計，自 2005 年起則改引用環境部之溫室氣體盤查報告書資料，即以 2006 IPCC 指南方法 3 進行統計。

表 3.1.2 1990 年至 2022 年能源部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 排放量 | 110,535 | 119,523 | 127,195 | 136,404 | 144,352 | 152,099 | 159,894 | 172,180 | 182,933 | 191,935 | 210,300 |
| | 不確定性 (%) | 2.259 | 2.264 | 2.468 | 2.690 | 2.670 | 2.593 | 2.690 | 2.838 | 2.870 | 2.599 | 2.940 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | | 110,226 | 119,259 | 126,968 | 136,181 | 144,134 | 151,893 | 159,723 | 172,026 | 182,774 | 191,773 | 210,145 |
| 1.A.1 能源產業 | | 49,275 | 55,298 | 57,702 | 64,963 | 69,723 | 75,472 | 80,389 | 90,485 | 99,726 | 105,212 | 119,718 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | | 30,255 | 32,101 | 34,558 | 34,984 | 36,028 | 37,111 | 38,103 | 40,491 | 40,530 | 42,451 | 45,484 |
| 1.A.3 運輸 | | 20,075 | 21,346 | 24,556 | 26,669 | 28,139 | 29,449 | 30,450 | 31,200 | 32,537 | 33,487 | 33,933 |
| 1.A.4 其他部門 | | 10,621 | 10,514 | 10,152 | 9,565 | 10,245 | 9,862 | 10,780 | 9,850 | 9,981 | 10,623 | 11,011 |
| 1.A.4.a. 服務業 | | 3,642 | 3,549 | 3,006 | 2,504 | 3,034 | 2,460 | 3,193 | 2,496 | 2,964 | 3,145 | 3,223 |
| 1.A.4.b. 住宅 | | 4,016 | 4,249 | 4,458 | 4,371 | 4,473 | 4,609 | 4,767 | 4,864 | 4,963 | 5,425 | 5,412 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | | 2,964 | 2,716 | 2,688 | 2,690 | 2,737 | 2,793 | 2,821 | 2,490 | 2,053 | 2,052 | 2,376 |
| 1.A.5 其他 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B. 燃料逸散 | | 309 | 264 | 227 | 223 | 218 | 206 | 172 | 155 | 158 | 162 | 155 |
| 1.B.1 固體燃料 | | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.2 石油和天然氣 | | 127 | 109 | 98 | 97 | 108 | 115 | 115 | 117 | 128 | 126 | 124 |
| 1.B.3 來自能源產品之其他排放 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.C. 二氧化碳運輸與儲存 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 排放量 | 214,149 | 221,783 | 231,599 | 241,762 | 249,792 | 257,186 | 261,070 | 249,316 | 237,614 | 253,526 | 258,957 |
| | 不確定性 (%) | 2.929 | 3.209 | 3.294 | 3.381 | 3.382 | 3.413 | 3.505 | 3.463 | 3.514 | 3.462 | 3.110 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | | 214,012 | 221,635 | 231,421 | 241,565 | 249,639 | 257,037 | 260,915 | 249,157 | 237,456 | 253,345 | 258,760 |
| 1.A.1 能源產業 | | 124,361 | 128,657 | 139,875 | 147,871 | 155,625 | 162,939 | 169,246 | 162,770 | 154,607 | 164,901 | 169,126 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | | 44,437 | 46,585 | 44,419 | 44,765 | 44,220 | 45,528 | 45,061 | 41,608 | 38,062 | 42,816 | 43,909 |
| 1.A.3 運輸 | | 33,994 | 35,294 | 35,270 | 36,646 | 37,654 | 37,573 | 36,195 | 33,949 | 34,282 | 35,413 | 35,877 |
| 1.A.4 其他部門 | | 11,221 | 11,099 | 11,857 | 12,283 | 12,140 | 10,998 | 10,413 | 10,830 | 10,505 | 10,214 | 9,847 |
| 1.A.4.a. 服務業 | | 3,556 | 3,505 | 3,973 | 4,142 | 4,249 | 4,294 | 4,254 | 4,248 | 4,286 | 4,224 | 3,918 |
| 1.A.4.b. 住宅 | | 5,195 | 5,121 | 5,056 | 5,147 | 5,249 | 5,047 | 5,061 | 5,030 | 5,044 | 4,871 | 4,800 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | | 2,470 | 2,473 | 2,828 | 2,995 | 2,642 | 1,656 | 1,097 | 1,552 | 1,175 | 1,119 | 1,130 |
| 1.A.5 其他 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B. 燃料逸散 | | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 1.B.1 固體燃料 | | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 1.B.3 來自能源產品之其他排放 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.C. 二氧化碳運輸與儲存 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 排放量 | 255,053 | 255,970 | 260,357 | 260,375 | 264,923 | 271,422 | 269,134 | 260,720 | 259,341 | 268,943 | 259,849 |
| | 不確定性 (%) | 2.963 | 3.088 | 3.168 | 3.137 | 3.123 | 3.123 | 3.281 | 3.161 | 3.041 | 3.036 | 3.043 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | | 254,838 | 255,742 | 260,118 | 260,121 | 264,656 | 271,138 | 268,846 | 260,433 | 259,039 | 268,618 | 259,512 |
| 1.A.1 能源產業 | | 167,467 | 167,643 | 174,376 | 174,315 | 177,839 | 186,416 | 188,561 | 180,844 | 180,064 | 189,031 | 182,243 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | | 42,725 | 43,524 | 40,590 | 39,780 | 39,857 | 38,305 | 35,018 | 34,059 | 33,048 | 35,679 | 32,400 |
| 1.A.3 運輸 | | 35,041 | 34,966 | 35,431 | 36,289 | 37,389 | 36,995 | 35,977 | 36,216 | 36,500 | 34,643 | 35,451 |
| 1.A.4 其他部門 | | 9,605 | 9,610 | 9,721 | 9,737 | 9,571 | 9,422 | 9,290 | 9,314 | 9,426 | 9,265 | 9,417 |
| 1.A.4.a. 服務業 | | 3,654 | 3,832 | 3,947 | 3,961 | 3,738 | 3,797 | 3,609 | 3,639 | 3,810 | 3,758 | 3,763 |
| 1.A.4.b. 住宅 | | 4,685 | 4,497 | 4,423 | 4,481 | 4,549 | 4,414 | 4,157 | 4,148 | 4,280 | 4,182 | 4,278 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | | 1,267 | 1,282 | 1,351 | 1,295 | 1,284 | 1,210 | 1,524 | 1,527 | 1,336 | 1,325 | 1,376 |
| 1.A.5 其他 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B. 燃料逸散 | | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 1.B.1 固體燃料 | | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 1.B.3 來自能源產品之其他排放 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.C. 二氧化碳運輸與儲存 | | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |

備註：1. 能源部門歷年皆依經濟部能源平衡表資料進行排放量計算，並配合環境部國家溫室氣體排放清冊報告編製需求，僅計算 N-1 年及 N-2 年之不確定性。

2. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產；

3. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

表 3.2.1 能源部門燃料燃燒排放源分類

| 排放源 | 範疇定義 | 排放氣體 |
|------------------------|--|----------------------|
| 1. 能源部門 (Energy) | 本部門包括來自固定性與移動性能源活動 (燃料燃燒及逸散性燃料排放) 所有溫室氣體排放。 | 二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮 |
| 1.A 燃料燃燒活動 | 1. 包括所有燃料燃燒活動所有溫室氣體之總排放。 2. 生質燃料燃燒排放之二氧化碳不包括在本部門，假如生物量是永續地產生，生質燃料燃燒排放之二氧化碳則可能不是淨排放；假如生物量的獲取是處於不穩定的速率下 (高於年平均成長率)，淨二氧化碳排放將顯現於土地利用變化及林業部門生物量積蓄的損失；生質燃料燃燒所排放的其他溫室氣體，則計算於本部門。 3. 廢棄物燃燒當成能源使用的排放，則計算在本分類中。 4. 用於國際空運與海運燃料的排放不應計算在國內排放總量內，兩者應該分開計算。 | 二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮 |
| 1.A.1 能源產業 | 包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。 | |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造 | 包括公用與自用發電廠、公用與自用熱能工廠及發電廠、公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。 | |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 公用與自用發電廠燃料燃燒排放。 | |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 公用與自用汽電共生廠燃料燃燒排放。 | |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。 | |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 關於石油產品煉製的所有燃燒活動。 | |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 包括從固體燃料轉變成次級、三級產品製程之能源使用的燃燒排放，包括木炭的生產過程。 | |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 包括焦炭、褐煤、煤球生產之燃料燃燒的排放。 | |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 其他能源產業能源使用之燃燒排放，本分類亦包括於煤礦開採、油氣萃取過程能源使用之排放。 | |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 包括工業中電力、熱能產生燃料燃燒排放。鋼鐵基本工業焦爐燃燒排放應被估算於 1A1c 分類中。 | |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | (ISIC Group 241 and Class 2431) | |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | (ISIC Group 242 and Class 2432) | |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | (ISIC Division 20) | |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙及印刷業 | (ISIC Division 17 and 18) | |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | (ISIC Division 10 and 11) | |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | (ISIC Division 23) | |
| 1.A.2.g. 其他 | 其他工業的燃料燃燒排放，此部分亦可包含來自營造業的排放。但請盡可能以 ISIC 分類標明清楚所計算的分類。 | |
| 1.A.3. 運輸 | 所有運輸活動燃料燃燒之排放。 | 二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮 |
| 1.A.3.a. 空運 | 包括起飛與著陸國際空運與國內空運 (服務業、私人、農業等) 的排放，不包括 1A3e 機場陸地運輸之排放，而且也不包括機場固定燃燒源的排放。 | |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 國際航空燃料使用的排放。 | |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 在一個國家內，所有國內客運、貨運起飛與著陸的各種機型燃料使用之排放。 | |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 包括所有因公路交通工具燃料使用之燃燒、逸散之排放，在公路行駛的農用交通工具亦包括在內。 | |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 包括貨運、客運路線的鐵路運輸排放。 | |
| 1.A.3.d. 水運 | 包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。 | |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。 | |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 除了魚釣及國際海運外，所有國內水上交通工具的排放。 | |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 包括管線運輸、機場及港口的地面活動、及除 1A4c、1A2 以外之道路外活動等之所有剩餘運輸活動的燃燒排放。軍事運輸應屬於 1A5。 | 二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮 |
| 1.A.3.e.i. 管線運輸 | | |
| 1.A.4. 其他部門 | 所有敘述於 1A4 項次下，以區分 1A5 的燃燒活動之排放。 | |
| 1.A.4.a. 服務業 | 服務業及機構建築的燃料燃燒排放。(ISIC categories 4103,42,6,719,72,8, and 91-96) | 二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 所有住宅燃料燃燒之排放。 | |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 農、林、內陸、沿海、深海魚釣、牧業之燃料燃燒排放，包括接駁工具、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室、及其他農林漁牧之燃料使用。 | |
| 1.A.5 其他 | 所有剩餘的未歸類之燃料燃燒排放，包括軍隊的燃料使用排放。 | 無 |

A. 各類能源活動之排放量計算：

(A) 各類能源排放量計算公式說明如下：

a. 二氧化碳排放量：

排放量 (公斤二氧化碳) = 各活動所使用之能源數據 (兆焦耳) × 各燃料燃燒排放係數 (公斤二氧化碳 / 兆焦耳)

b. 甲烷排放量：

排放量 (公斤甲烷) = 各活動所使用之能源數據 (兆焦耳) × 各燃料燃燒排放係數 (公斤甲烷 / 兆焦耳)

c. 氧化亞氮排放量：

排放量 (公斤氧化亞氮) = 各活動所使用之能源數據 (兆焦耳) × 各燃料燃燒排放係數 (公斤氧化亞氮 / 兆焦耳)

(B) 各類一般廢棄物每單位重量二氧化碳排放量計算公式說明如下：

各類廢棄物單位重量二氧化碳排放量 (公斤) = 各類一般廢棄物重量 (公斤) × 各類廢棄物乾基重量占濕基重量比 (%) × 碳成分占乾基總重量比 (%) × 化石能源成分占比 (%) × 44/12 (二氧化碳與碳之重量比)

(C) 各類一般廢棄物單位重量甲烷及氧化亞氮排放量計算公式說明如下：

各類廢棄物原始單位甲烷或氧化亞氮排放量 (公斤) = 各類一般廢棄物重量 (公斤) × 熱值 (千卡 / 公斤) × 4.1868 (焦耳 / 卡) × 一般廢棄物排放係數 (公斤甲烷或氧化亞氮 / 兆焦耳) × 10⁻⁹ × 各類廢棄物化石能源成分占比 (%)

B. 部門方法

聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 鼓勵有詳細能源使用資料的國家，依據「部門方法」分類方式計算，並按 2006 IPCC 指南中的報告格式提報該項計算結果。「部門方法」由「最終消費部門」計算其能源消費所產生之二氧化碳排放量。為確保各國排放統計之一致性、透明性及可比較性，避免各部門之間重複計算，並顧及既有國際通用的部門分類方式，UNFCCC 要求各成員國共同採行 2006 IPCC 指南之「部門方法」。

所有經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 國家及部門數據完整之開發中國家目前皆採用部門方法作為 OECD 國家二氧化碳排放指標跨國比較基礎，我國亦採用此法作為各項指標基準。部門方法計算步驟如下：

(A) 部門方法排放總量 = 能源產業能源淨排放量 + 製造業與營造業能源淨排放量 + 運輸燃料燃燒排放量 + 服務業燃料燃燒排放量 + 住宅燃料燃燒排放量 + 農林漁牧燃料燃燒排放量

(B) 各部門能源淨排放量 = 各部門固體燃料燃燒淨排放量 + 各部門液體燃料燃燒淨排放量 + 各部門氣體燃料燃燒淨排放量 + 各部門廢棄物燃燒淨排放量

C. 參考方法

由於並非所有國家均擁有詳細且精確的各部門最終能源使用資料；而能源供應資料相對易於掌握，爰 2006 IPCC 指南為使各國均能應用其方法，遂採行由能源供應面計算二氧化碳排放量，且可經由國際能源交易紀錄複核，由供應面計算全球資料既公平且實際可行。

參考方法一般使用於已建立能源供給統計的國家，目前所有 OECD 國家或開發中國家皆以此法計算，我國亦運用此法進行統計。參考方法計算步驟如下：

(A) 參考法排放總量 = 固體燃料燃燒淨排放 + 液體燃料燃燒淨排放 + 氣體燃料燃燒淨排放 + 廢棄物燃燒淨排放

(B) 固體 (煤及煤產品) 燃料燃燒淨排放 = 初級能源總供給之固體燃料燃燒排放量 - 固體扣除量

(C) 液體 (原油及石油產品) 燃料燃燒淨排放 = 初級能源總供給之液體燃料燃燒排放量 - 液體扣除量

(D) 氣體 (天然氣產品) 燃料燃燒淨排放 = 初級能源總供給之氣體燃料燃燒排放量 - 氣體扣除量

(E) 廢棄物燃燒淨排放 = 以廢棄物為初級能源總供給之排放量

(2) 排放係數

A. 燃料別排放係數

溫室氣體排放計算引用之排放係數，係以 2006 IPCC 指南所公布係數為主，其內涵以淨熱值為基準，計算其排放量，各燃料別排放係數詳如表 3.2.2。

由於我國一般廢棄物可依環境部統計進行類別分攤，而一般廢棄物之二氧化碳排放係數，係依據 2006 IPCC 指南中各類廢棄物中來自化石能源碳含量占比進行計算，詳如表 3.2.3。

而針對 2006 IPCC 指南中，未明列之能源排放係數，則引用其他國家公告之排放係數，如廢輪胎之排放係數係引用美國環境部公告係數，其內涵為以毛熱值為基準，並適用於該國之汽電共生廠，詳如表 3.2.2 與 3.2.3。

B. 溫室氣體溫暖化潛勢

各類溫室氣體溫暖化潛勢係依據 2014 年 IPCC 出版之「第五次評估報告」，詳如表 3.2.4，針對溫暖化潛勢數據，若因資料來源公布更新，得重新檢討數據之引用。

(3) 活動數據

A. 各類能源熱值標準

溫室氣體排放統計引用之各類能源熱值詳如表 3.2.5，其中化石燃料熱值係依據經濟部能源署出版統計刊物之「能源

產品單位熱值表」；一般廢棄物熱值係依據環境部公布之「中華民國環境保護統計年報」之垃圾發熱量定期進行更新，詳如表 3.2.6。針對上述各類能源熱值之引用來源，若因資料來源單位更新公布，應配合其調整，重新檢討各類能源熱值。

表 3.2.2 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數

| 能源產業類別 | | | | |
|---|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 燃料燃燒二氧化碳排放係數與燃燒率及固定率 | | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| | 排放係數 | 燃燒率 | 排放係數 | 排放係數 |
| 單位 | (kg CO ₂ /TJ) | (1.0 = 100%) | (kg CH ₄ /TJ) | (kg N ₂ O/TJ) |
| 固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products) | | | | |
| 煙煤 – 煉焦煤 (Bituminous Coal–Coking Coal) | 94,600 | 1 | 1 | 1.5 |
| 煙煤 – 燃料煤 (Bituminous Steam Coal) | 94,600 | 1 | 1 | 1.5 |
| 無煙煤 (Anthracite) | 98,300 | 1 | 1 | 1.5 |
| 亞煙煤 (Sub-bituminous Coal) | 96,100 | 1 | 1 | 1.5 |
| 褐煤 (Lignite) | 101,000 | 1 | 1 | 1.5 |
| 泥煤 (Peat) | 106,000 | 1 | 1 | 1.5 |
| 焦炭 (Coke Oven Coke) | 107,000 | 1 | 1 | 1.5 |
| 煤球 (Patent Fuel) | 97,500 | 1 | 1 | 1.5 |
| 焦爐氣 (Coke Oven Gas) | 44,400 | 1 | 1 | 0.1 |
| 高爐氣 (Blast Furnace Gas) | 260,000 | 1 | 1 | 0.1 |
| 轉爐氣 (Oxygen Steel Furnace Gas) | 182,000 | 1 | 1 | 0.1 |
| 液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total) | | | | |
| 原油 (Crude Oil) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煉油廠進料 (Refinery Feed stocks) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煉油氣 (Refinery Gas) | 57,600 | 1 | 1 | 0.1 |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 天然汽油 (Natural Gasoline) | 63,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 石油腦 (Naphthas) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 車用汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空汽油 (Aviation Gasoline) | 70,000 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空燃油 – 汽油 (Jet Fuel–Gasoline Type) | 70,000 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空燃油 – 煤油 (Jet Fuel–Kerosene Type) | 71,500 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | 3 | 0.6 |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 3 | 0.6 |
| 燃料油 (Fuel Oil) | 77,400 | 1 | 3 | 0.6 |
| 白精油 (White Spirits) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 潤滑油 (Lubricants) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 柏油 (Asphalts) | 80,700 | 1 | 3 | 0.6 |
| 溶劑油 (Solvents) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 石蠟 (Paraffin Waxes) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 石油焦 (Petroleum Coke) | 97,500 | 1 | 3 | 0.6 |
| 其他石油產品 (Other Petroleum Products) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 氣體 (天然氣 Natural Gas) | | | | |
| (自產) 天然氣 (Indigenous– Natural Gas) | 56,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| (進口) 液化天然氣 (Imported– LNG) | 56,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 廢棄物 | | | | |
| 事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste–scrape tyre) | 81,480 | 1 | 30.33 | 3.98 |
| 一般廢棄物 (Municipal Wastes non–biomass fraction) | 91,700 | 1 | 30 | 4 |

資料來源：1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy, Table 2.2, 2006.

2. 廢輪胎：US EPA(美國環保署), Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C-2 to Subpart C, 2013.



表 3.2.2 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數 (續)

| 製造業與營造業類別 | | | | |
|---|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 燃料燃燒二氧化碳排放係數與燃燒率及固定率 | | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| | 排放係數 | 燃燒率 | 排放係數 | 排放係數 |
| 單位 | (kg CO ₂ /TJ) | (1.0 = 100%) | (kg CH ₄ /TJ) | (kg N ₂ O/TJ) |
| 固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products) | | | | |
| 煙煤 – 煉焦煤 (Bituminous Coal–Coking Coal) | 94,600 | 1 | 10 | 1.5 |
| 煙煤 – 燃料煤 (Bituminous Steam Coal) | 94,600 | 1 | 10 | 1.5 |
| 無煙煤 (Anthracite) | 98,300 | 1 | 10 | 1.5 |
| 亞煙煤 (Sub-bituminous Coal) | 96,100 | 1 | 10 | 1.5 |
| 褐煤 (Lignite) | 101,000 | 1 | 10 | 1.5 |
| 泥煤 (Peat) | 106,000 | 1 | 2 | 1.5 |
| 焦炭 (Coke Oven Coke) | 107,000 | 1 | 10 | 1.5 |
| 煤球 (Patent Fuel) | 97,500 | 1 | 10 | 1.5 |
| 焦爐氣 (Coke Oven Gas) | 44,400 | 1 | 1 | 0.1 |
| 高爐氣 (Blast Furnace Gas) | 260,000 | 1 | 1 | 0.1 |
| 轉爐氣 (Oxygen Steel Furnace Gas) | 182,000 | 1 | 1 | 0.1 |
| 液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total) | | | | |
| 原油 (Crude Oil) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煉油廠進料 (Refinery Feed stocks) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煉油氣 (Refinery Gas) | 57,600 | 1 | 1 | 0.1 |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 天然汽油 (Natural Gasoline) | 63,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 石油腦 (Naphthas) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 車用汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空汽油 (Aviation Gasoline) | 70,000 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空燃油 – 汽油 (Jet Fuel–Gasoline Type) | 70,000 | 1 | 3 | 0.6 |
| 航空燃油 – 煤油 (Jet Fuel–Kerosene Type) | 71,500 | 1 | 3 | 0.6 |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | 3 | 0.6 |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 3 | 0.6 |
| 燃料油 (Fuel Oil) | 77,400 | 1 | 3 | 0.6 |
| 白精油 (White Spirits) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 潤滑油 (Lubricants) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 柏油 (Asphalts) | 80,700 | 1 | 3 | 0.6 |
| 溶劑油 (Solvents) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 石蠟 (Paraffin Waxes) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 石油焦 (Petroleum Coke) | 97,500 | 1 | 3 | 0.6 |
| 其他石油產品 (Other Petroleum Products) | 73,300 | 1 | 3 | 0.6 |
| 氣體 (天然氣 Natural Gas) | | | | |
| (自產) 天然氣 (Indigenous– Natural Gas) | 56,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| (進口) 液化天然氣 (Imported– LNG) | 56,100 | 1 | 1 | 0.1 |
| 廢棄物 | | | | |
| 事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste–scrape tyre) | 81,480 | 1 | 30.33 | 3.98 |
| 一般廢棄物 (Municipal Wastes non–biomass fraction) | 91,700 | 1 | 30 | 4 |

資料來源：1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy, Table 2.3, 2006.

2. 廢輪胎：US EPA (美國環保署) Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C, 2013.

表 3.2.2 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數 (續)

| 服務業類別 | | | | |
|---|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 燃料燃燒二氧化碳排放係數與燃燒率及固定率 | | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| | 排放係數 | 燃燒率 | 排放係數 | 排放係數 |
| 單位 | (kg CO ₂ /TJ) | (1.0 = 100%) | (kg CH ₄ /TJ) | (kg N ₂ O/TJ) |
| 固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products) | | | | |
| 煙煤 – 煉焦煤 (Bituminous Coal–Coking Coal) | 94,600 | 1 | 10 | 1.5 |
| 煙煤 – 燃料煤 (Bituminous Steam Coal) | 94,600 | 1 | 10 | 1.5 |
| 無煙煤 (Anthracite) | 98,300 | 1 | 10 | 1.5 |
| 亞煙煤 (Sub-bituminous Coal) | 96,100 | 1 | 10 | 1.5 |
| 褐煤 (Lignite) | 101,000 | 1 | 10 | 1.5 |
| 泥煤 (Peat) | 106,000 | 1 | 10 | 1.4 |
| 焦炭 (Coke Oven Coke) | 107,000 | 1 | 10 | 1.5 |
| 煤球 (Patent Fuel) | 97,500 | 1 | 10 | 1.5 |
| 焦爐氣 (Coke Oven Gas) | 44,400 | 1 | 5 | 0.1 |
| 高爐氣 (Blast Furnace Gas) | 260,000 | 1 | 5 | 0.1 |
| 轉爐氣 (Oxygen Steel Furnace Gas) | 182,000 | 1 | 5 | 0.1 |
| 液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total) | | | | |
| 原油 (Crude Oil) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煉油廠進料 (Refinery Feed stocks) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煉油氣 (Refinery Gas) | 57,600 | 1 | 5 | 0.1 |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 天然汽油 (Natural Gasoline) | 63,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 石油腦 (Naphthas) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 車用汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空汽油 (Aviation Gasoline) | 70,000 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空燃油 – 汽油 (Jet Fuel–Gasoline Type) | 70,000 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空燃油 – 煤油 (Jet Fuel–Kerosene Type) | 71,500 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | 10 | 0.6 |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 10 | 0.6 |
| 燃料油 (Fuel Oil) | 77,400 | 1 | 10 | 0.6 |
| 白精油 (White Spirits) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 潤滑油 (Lubricants) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 柏油 (Asphalts) | 80,700 | 1 | 10 | 0.6 |
| 溶劑油 (Solvents) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 石蠟 (Paraffin Waxes) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 石油焦 (Petroleum Coke) | 97,500 | 1 | 10 | 0.6 |
| 其他石油產品 (Other Petroleum Products) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 氣體 (天然氣 Natural Gas) | | | | |
| (自產) 天然氣 (Indigenous– Natural Gas) | 56,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| (進口) 液化天然氣 (Imported– LNG) | 56,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 廢棄物 | | | | |
| 事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste–scrape tyre) | 81,480 | 1 | 30.33 | 3.98 |
| 一般廢棄物 (Municipal Wastes non–biomass fraction) | 91,700 | 1 | 300 | 4 |

資料來源：1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy, Table 2.4, 2006.

2. 廢輪胎：US EPA (美國環保署) Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C, 2013.

表 3.2.2 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數 (續)

| 住宅及農林漁牧類別 | | | | |
|---|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 燃料燃燒二氧化碳排放係數與燃燒率及固定率 | | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| | 排放係數 | 燃燒率 | 排放係數 | 排放係數 |
| 單位 | (kg CO ₂ /TJ) | (1.0 = 100%) | (kg CH ₄ /TJ) | (kg N ₂ O/TJ) |
| 固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products) | | | | |
| 煙煤 – 煉焦煤 (Bituminous Coal–Coking Coal) | 94,600 | 1 | 300 | 1.5 |
| 煙煤 – 燃料煤 (Bituminous Steam Coal) | 94,600 | 1 | 300 | 1.5 |
| 無煙煤 (Anthracite) | 98,300 | 1 | 300 | 1.5 |
| 亞煙煤 (Sub-bituminous Coal) | 96,100 | 1 | 300 | 1.5 |
| 褐煤 (Lignite) | 101,000 | 1 | 300 | 1.5 |
| 泥煤 (Peat) | 106,000 | 1 | 300 | 1.4 |
| 焦炭 (Coke Oven Coke) | 107,000 | 1 | 300 | 1.5 |
| 煤球 (Patent Fuel) | 97,500 | 1 | 300 | 1.5 |
| 焦爐氣 (Coke Oven Gas) | 44,400 | 1 | 5 | 0.1 |
| 高爐氣 (Blast Furnace Gas) | 260,000 | 1 | 5 | 0.1 |
| 轉爐氣 (Oxygen Steel Furnace Gas) | 182,000 | 1 | 5 | 0.1 |
| 液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total) | | | | |
| 原油 (Crude Oil) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煉油廠進料 (Refinery Feed stocks) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煉油氣 (Refinery Gas) | 57,600 | 1 | 5 | 0.1 |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 天然汽油 (Natural Gasoline) | 63,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 石油腦 (Naphthas) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 車用汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空汽油 (Aviation Gasoline) | 70,000 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空燃油 – 汽油 (Jet Fuel–Gasoline Type) | 70,000 | 1 | 10 | 0.6 |
| 航空燃油 – 煤油 (Jet Fuel–Kerosene Type) | 71,500 | 1 | 10 | 0.6 |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | 10 | 0.6 |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 10 | 0.6 |
| 燃料油 (Fuel Oil) | 77,400 | 1 | 10 | 0.6 |
| 白精油 (White Spirits) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 潤滑油 (Lubricants) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 柏油 (Asphalts) | 80,700 | 1 | 10 | 0.6 |
| 溶劑油 (Solvents) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 石蠟 (Paraffin Waxes) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 石油焦 (Petroleum Coke) | 97,500 | 1 | 10 | 0.6 |
| 其他石油產品 (Other Petroleum Products) | 73,300 | 1 | 10 | 0.6 |
| 氣體 (天然氣 Natural Gas) | | | | |
| (自產) 天然氣 (Indigenous– Natural Gas) | 56,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| (進口) 液化天然氣 (Imported– LNG) | 56,100 | 1 | 5 | 0.1 |
| 廢棄物 | | | | |
| 事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste–scrape tyre) | 81,480 | 1 | 30.33 | 3.98 |
| 一般廢棄物 (Municipal Wastes non–biomass fraction) | 91,700 | 1 | 300 | 4 |

資料來源：1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy, Table 2.5, 2006.

2. 廢輪胎：US EPA (美國環保署) Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C, 2013.

表 3.2.2 2006 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放係數 (續)

| 運輸類別 | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|
| 項目 | 燃燃料燃燒二氧化碳排放係數與燃燒率及固定率 | | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| | 排放係數 | 燃燒率 | 排放係數 | 排放係數 |
| 單位 | (kg CO ₂ /TJ) | (1.0 = 100%) | (kg CH ₄ /TJ) | (kg N ₂ O/TJ) |
| 航空運輸 | | | | |
| 航空汽油 (Aviation Gasoline) | 70,000 | 1 | 0.5 | 2 |
| 航空煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type) | 71,500 | 1 | 0.5 | 2 |
| 公路運輸 | | | | |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | 62 | 0.2 |
| 車用汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | 33 | 3.2 |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | | |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 3.9 | 3.9 |
| 潤滑油 (Lubricants) | 73,300 | 1 | | |
| 天然氣 (Natural Gas) | 56,100 | 1 | 92 | 3 |
| 鐵路運輸 | | | | |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 4.15 | 28.6 |
| 亞煙煤 (Sub-bituminous Coal) | 96,100 | 1 | 2 | 1.5 |
| 非道路運輸 | | | | |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 4.15 | 28.6 |
| 水路運輸 | | | | |
| 煉油氣 (Refinery Feed stocks) | 57,600 | 1 | | |
| 液化石油氣 (LPG) | 63,100 | 1 | | |
| 汽油 (Motor Gasoline) | 69,300 | 1 | | |
| 煤油 (Kerosene) | 71,900 | 1 | | |
| 柴油 (Diesel Oil) | 74,100 | 1 | 7 | 2 |
| 燃料油 (Fuel Oil) | 77,400 | 1 | 7 | 2 |
| 白精油 (White Spirits) | 73,300 | 1 | | |
| 石蠟 (Paraffin Waxes) | 73,300 | 1 | | |
| 其他石油產品 (Other Petroleum Products) | 73,300 | 1 | | |
| 天然氣 (Natural Gas) | 56,100 | 1 | | |

資料來源：IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2: Energy, Table 3.2.1 & Table 3.2.2 & Table 3.4.1 & Table 3.5.2 & Table 3.5.3 & Table 3.6.4 & Table 3.6.5, 2006.

表 3.2.3 一般廢棄物各分類之二氧化碳排放係數

| 項目 | 乾基占濕基重量比 (%) | 碳成分占乾基重量比 (%) | 化石能源成分占比 (%) |
|---------|--------------|---------------|--------------|
| 紙類 | 90 | 46 | 1 |
| 纖維布類 | 80 | 50 | 20 |
| 木竹稻草落葉類 | 40 | 49 | 0 |
| 廚餘類 | 40 | 38 | 0 |
| 塑膠類 | 100 | 75 | 100 |
| 皮革橡膠類 | 84 | 67 | 20 |
| 其他 | 90 | 3 | 100 |

資料來源：IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 5: Waste, Table 2.4, 2006.

備註：本表排放係數係以濕基重量基準下之排放係數。

表 3.2.4 各類溫室氣體溫暖化潛勢

| 項目 | 二氧化碳 | 甲烷 | 氧化亞氮 |
|-------|------|----|------|
| 溫暖化潛勢 | 1 | 28 | 265 |

資料來源：IPCC, Climate Change, the Fifth Assessment Report, 2014.

表 3.2.5 能源熱值表

| 燃料別 | | 原始單位 | 淨熱值 (千卡) |
|----------|-----------|------------------------|----------|
| 煙煤 - 燃料煤 | 發電業 | 公斤 (kg) | 5,700 |
| | 鋼鐵業 | | 6,830 |
| | 其他 | | 6,080 |
| 煙煤 - 煉焦煤 | 至 1991 年止 | 公斤 (kg) | 6,840 |
| | 自 1992 年起 | | 7,010 |
| 亞煙煤 | 發電業 | 公斤 (kg) | 4,900 |
| | 其他 | | 5,600 |
| 無煙煤 | | 公斤 (kg) | 7,100 |
| 焦炭 | | 公斤 (kg) | 7,000 |
| 煤球 | | 公斤 (kg) | 3,800 |
| 焦爐氣 | | 立方公尺 (m ³) | 4,200 |
| 高爐氣 | | 立方公尺 (m ³) | 777 |
| 轉爐氣 | | 立方公尺 (m ³) | 1,869 |
| 原油 | | 公升 (liter) | 9,000 |
| 添加劑 | | 公升 (liter) | 9,000 |
| 液化油 | | 公升 (liter) | 8,900 |
| 煉油氣 | | 立方公尺 (m ³) | 9,000 |
| 液化石油氣 | | 公升 (liter) | 6,635 |
| 石油腦 | | 公升 (liter) | 7,800 |
| 車用汽油 | | 公升 (liter) | 7,800 |
| 航空汽油 | | 公升 (liter) | 7,500 |
| 航空燃油 | | 公升 (liter) | 8,000 |
| 煤油 | | 公升 (liter) | 8,500 |
| 柴油 | | 公升 (liter) | 8,400 |
| 燃料油 | | 公升 (liter) | 9,600 |
| 白精油 | | 公升 (liter) | 9,000 |
| 潤滑油 | | 公升 (liter) | 9,600 |
| 柏油 | | 公升 (liter) | 10,000 |
| 溶劑油 | | 公升 (liter) | 8,300 |
| 石蠟 | | 公升 (liter) | 9,000 |
| 石油焦 | | 公升 (liter) | 8,200 |
| 其他石油產品 | | 公升 (liter) | 9,000 |
| 天然氣 | | 立方公尺 (m ³) | 8,000 |
| 液化天然氣 | | 立方公尺 (m ³) | 9,000 |
| 一般廢棄物 | | 公斤 (kg) | 見表 3.2.6 |
| 廢輪胎 | | 公斤 (kg) | 7,685 |

資料來源：1. 經濟部，能源署能源統計手冊，2023 年 5 月。
2. 廢輪胎：US EPA, Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2013。

表 3.2.6 一般廢棄物歷年熱值

| 年份 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 熱值 (千卡) | 1,738 | | | | | | | | 1,651 | 1,889 | 1,541 |
| 年份 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 熱值 (千卡) | 1,712 | 1,618 | 1,785 | 1,689 | 1,788 | 2,022 | 2,098 | 1,914 | 1,896 | 1,854 | 1,941 |
| 年份 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| 熱值 (千卡) | 2,012 | 1,862 | 1,972 | 2,071 | 2,030 | 2,036 | 2,137 | 2,023 | 2,363 | 2,561 | |

資料來源：1. 1991 年至 1997 年無熱值統計數據，故沿用 1998 年數值。
2. 1998 年資料取自行政院環境保護署（現為環境部）之中華民國環境保護統計年報（2010）。
3. 1999 年至 2022 年資料取自行政院環境保護署（現為環境部）之中華民國環境保護統計年報（2023）。

B. 溫室氣體排放活動數據資料來源

各活動燃料燃燒使用數據係依據經濟部能源署公布之能源平衡表（熱值單位）。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

(A) 部門方法統計結果

1990年至2022年燃料燃燒排放之二氧化碳總量趨勢如圖3.2.1所示，其中1990年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為109,465千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至2000年為208,724千公噸二氧化碳當量，2005年成長至247,956千公噸二氧化碳當量，2010年成長至251,708千公噸二氧化碳當量，2021年成長至267,037千公噸二氧化碳當量，2022年則成長至257,958千公噸二氧化碳當量，較2021年減少3.40%，詳見表3.2.7。

溫室氣體排放占比方面，2022年燃料燃燒排放二氧化碳以能源產業為最高，達總排放量之70.41%，其次為運輸排放，

占比為13.45%，再次為製造業與營造業12.51%，占比較低者為住宅、服務業、與農林漁牧，分別為1.65%、1.45%及0.53%，詳見圖3.2.1及圖3.2.2。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算燃料燃燒之二氧化碳當量排放，由表3.2.7可知，1990年二氧化碳排放量為109,328千公噸二氧化碳當量，2000年為213,392千公噸二氧化碳當量，2005年為248,295千公噸二氧化碳當量，2010年增加至254,715千公噸二氧化碳當量，2021年為267,012千公噸二氧化碳當量，2022年則增加至258,725千公噸二氧化碳當量，較2021年減少3.10%。

B. 甲烷

(A) 部門方法統計結果

1990年燃料燃燒甲烷總排放量為283千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至2000年488千公噸二氧化碳當量，2005年成長至555千公噸二氧化碳當量，至2010年減少

表 3.2.7 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1. 能源部門 | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 109,465 | 118,443 | 126,058 | 135,206 | 143,103 | 150,810 | 158,579 | 170,835 | 181,518 | 190,446 | 208,724 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 109,328 | 118,873 | 126,131 | 138,301 | 144,758 | 152,161 | 160,279 | 173,644 | 186,939 | 194,180 | 213,392 |
| 1.A.1. 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.3. 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.4. 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,621 | 3,529 | 2,989 | 2,490 | 3,018 | 2,446 | 3,175 | 2,482 | 2,948 | 3,128 | 3,205 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 4,005 | 4,238 | 4,446 | 4,359 | 4,461 | 4,596 | 4,754 | 4,851 | 4,950 | 5,410 | 5,398 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 2,946 | 2,700 | 2,672 | 2,675 | 2,721 | 2,777 | 2,805 | 2,475 | 2,041 | 2,040 | 2,362 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 212,554 | 220,123 | 229,841 | 239,929 | 247,956 | 255,330 | 259,215 | 247,537 | 235,868 | 251,708 | 257,097 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 215,740 | 225,858 | 233,169 | 244,699 | 248,295 | 257,042 | 261,687 | 248,494 | 237,250 | 254,715 | 260,953 |
| 1.A.1. 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.3. 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.4. 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,538 | 3,487 | 3,952 | 4,120 | 4,227 | 4,272 | 4,232 | 4,226 | 4,264 | 4,203 | 3,898 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 5,181 | 5,107 | 5,042 | 5,133 | 5,235 | 5,033 | 5,047 | 5,017 | 5,030 | 4,857 | 4,786 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 2,455 | 2,459 | 2,811 | 2,977 | 2,627 | 1,647 | 1,091 | 1,543 | 1,169 | 1,113 | 1,123 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 253,201 | 254,109 | 258,480 | 258,475 | 262,982 | 269,461 | 267,209 | 258,823 | 257,433 | 267,037 | 257,958 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 255,792 | 257,114 | 261,582 | 258,621 | 264,583 | 270,498 | 267,575 | 260,385 | 256,282 | 267,012 | 258,725 |
| 1.A.1. 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.3. 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.4. 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,635 | 3,812 | 3,928 | 3,941 | 3,720 | 3,779 | 3,593 | 3,622 | 3,792 | 3,741 | 3,746 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 4,672 | 4,484 | 4,411 | 4,469 | 4,537 | 4,402 | 4,145 | 4,137 | 4,269 | 4,170 | 4,266 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 1,259 | 1,274 | 1,343 | 1,287 | 1,276 | 1,203 | 1,515 | 1,518 | 1,328 | 1,318 | 1,368 |

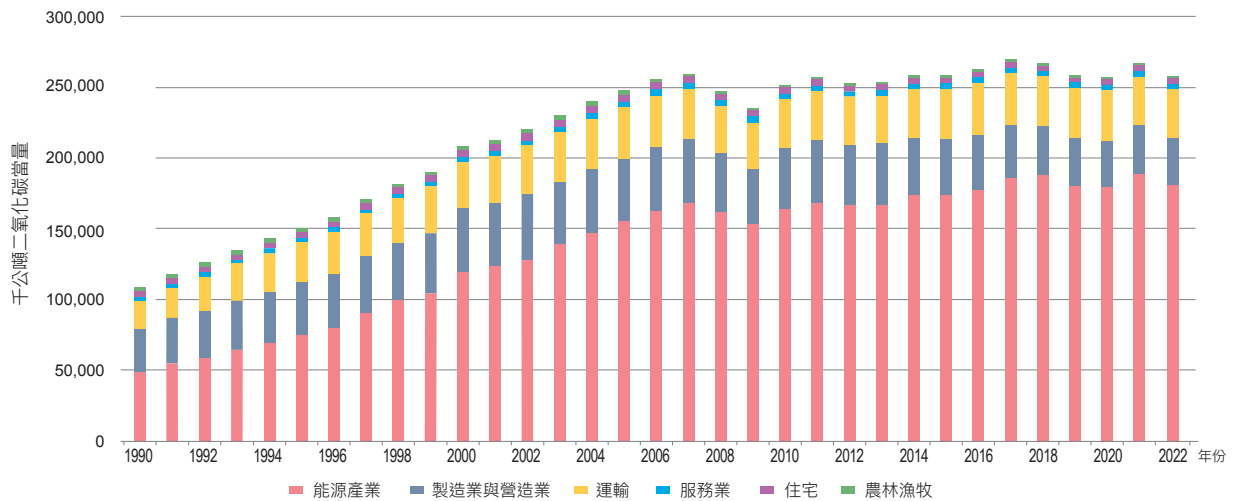


圖 3.2.1 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

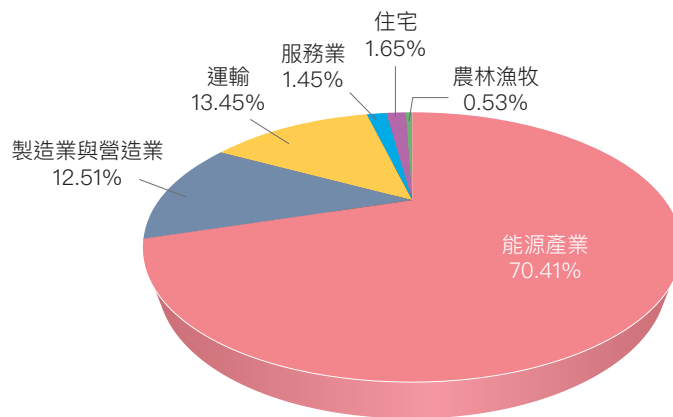


圖 3.2.2 2022 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

至 527 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 498 千公噸二氧化碳當量，2022 年微幅減少至 497 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 0.12%，詳見表 3.2.8。

溫室氣體占比方面，2022 年甲烷以運輸為最高，達總排放量之 62.26%，其次為能源產業，占比為 20.43%，再次為製造業與營造業排放，達 11.85%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 2.42%、2.01% 及 1.04%，詳見圖 3.2.3 及圖 3.2.4。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算燃料燃燒之甲烷排放，由表 3.2.8 可知，1990 年之甲烷排放量為 85 千公噸二氧化碳當量，逐年成長至 2000 年為 162 千公噸二氧化碳當量，2005 年達 187 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少為 180 千公噸二氧化碳當量，2021 年排放量減少為 171.9 千公噸二氧化碳當量，2022 年排放量則微幅增加至 173 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 0.62%。

C. 氧化亞氮

(A) 部門方法統計結果

1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 477 千公噸二氧

化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 933 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 1,128 千公噸二氧化碳當量，2010 年則減少至 1,110 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 1,083 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 1,057 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 2.45%，詳見表 3.2.9。

溫室氣體占比方面，2022 年氧化亞氮以能源產業為最高，達總排放量 49.24%，其次為運輸，占比為 42.21%，再次為製造業與營造業排放，達 7.58%，占比較低者為服務業、農林漁牧、與住宅，分別為 0.51%、0.28% 及 0.18%，詳見圖 3.2.5 及圖 3.2.6。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算燃料燃燒之氧化亞氮排放，由表 3.2.9 可知，1990 年排放量為 312 千公噸二氧化碳當量，逐年增加至 2000 年達 683 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 829 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年成長為 848 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 859 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 808 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 5.93%。

表 3.2.8 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| 1. 能源部門 | 283 | 302 | 330 | 349 | 371 | 391 | 410 | 421 | 441 | 466 | 488 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 283 | 302 | 330 | 349 | 371 | 391 | 410 | 421 | 441 | 466 | 488 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 85 | 91 | 94 | 102 | 107 | 116 | 121 | 129 | 139 | 150 | 162 |
| 1.A.1. 能源產業 | 29 | 32 | 31 | 36 | 39 | 45 | 46 | 51 | 56 | 65 | 73 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 51 | 54 | 58 | 58 | 60 | 61 | 63 | 66 | 67 | 71 | 79 |
| 1.A.3. 運輸 | 170 | 183 | 209 | 226 | 241 | 256 | 268 | 275 | 288 | 298 | 303 |
| 1.A.4. 其他部門 | 34 | 33 | 31 | 29 | 31 | 30 | 33 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 13 | 13 | 11 | 9 | 11 | 9 | 12 | 9 | 11 | 11 | 11 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 9 | 8 | 8 | 9 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 497 | 507 | 527 | 544 | 555 | 552 | 542 | 518 | 512 | 527 | 536 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 497 | 507 | 527 | 544 | 555 | 552 | 542 | 518 | 512 | 527 | 536 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 166 | 168 | 177 | 186 | 187 | 191 | 190 | 181 | 174 | 180 | 182 |
| 1.A.1. 能源產業 | 78 | 77 | 87 | 90 | 93 | 98 | 100 | 98 | 91 | 96 | 97 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 81 | 85 | 83 | 86 | 85 | 88 | 87 | 80 | 76 | 83 | 89 |
| 1.A.3. 運輸 | 305 | 311 | 321 | 330 | 339 | 333 | 324 | 308 | 314 | 319 | 322 |
| 1.A.4. 其他部門 | 34 | 33 | 36 | 37 | 37 | 33 | 30 | 32 | 31 | 30 | 28 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 12 | 12 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 | 13 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 9 | 9 | 11 | 11 | 10 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 527 | 529 | 531 | 541 | 551 | 542 | 519 | 515 | 516 | 498 | 497 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 527 | 529 | 531 | 541 | 551 | 542 | 519 | 515 | 516 | 498 | 497 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 178 | 177 | 179 | 179 | 183 | 184 | 181 | 176 | 172 | 171.9 | 173 |
| 1.A.1. 能源產業 | 96 | 95 | 98 | 102 | 103 | 105 | 105 | 101 | 100 | 103 | 102 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 86 | 88 | 85 | 84 | 84 | 79 | 67 | 66 | 65 | 67 | 59 |
| 1.A.3. 運輸 | 317 | 318 | 320 | 327 | 337 | 331 | 321 | 321 | 325 | 301 | 309 |
| 1.A.4. 其他部門 | 28 | 28 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 12 | 13 | 13 | 13 | 12 | 13 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 |

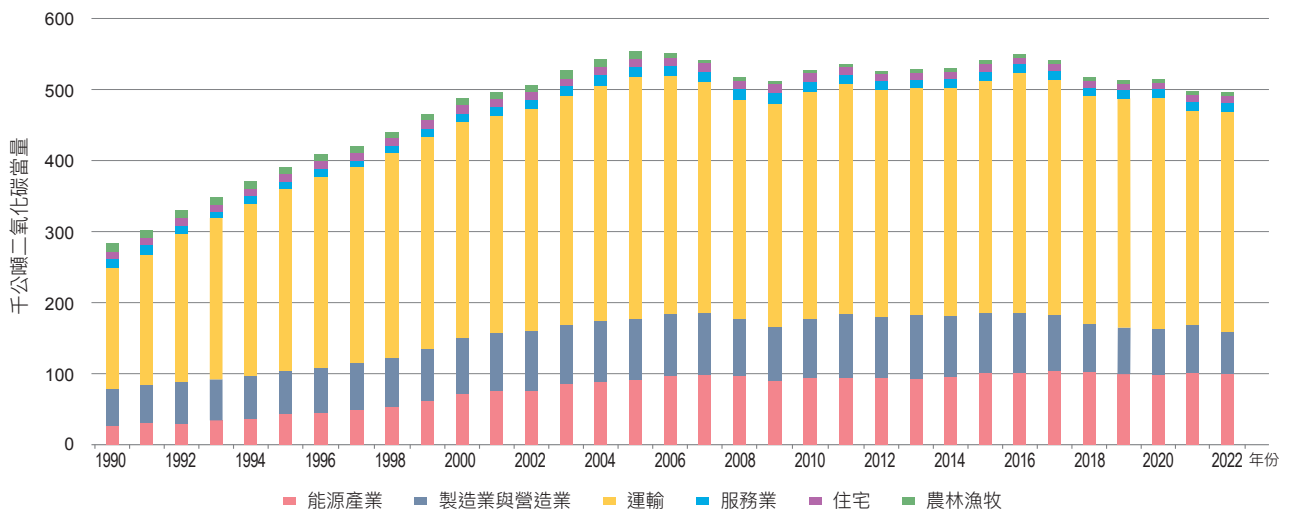


圖 3.2.3 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢

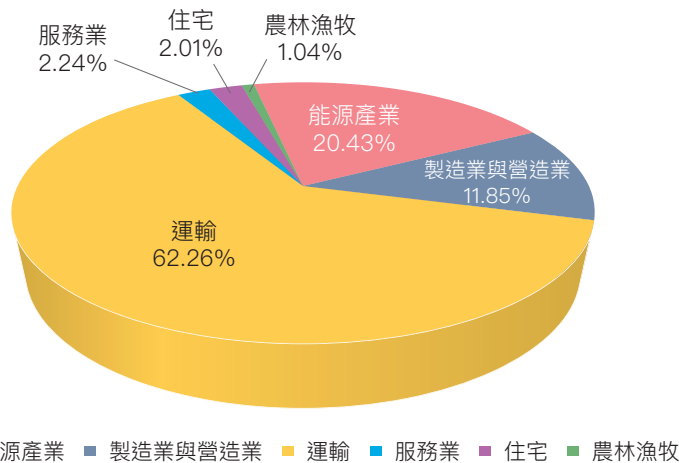


圖 3.2.4 2022 年能源部門燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.9 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1. 能源部門 | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 477 | 514 | 580 | 626 | 660 | 692 | 734 | 770 | 815 | 861 | 933 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 312 | 337 | 368 | 407 | 424 | 447 | 484 | 534 | 576 | 604 | 683 |
| 1.A.1. 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.3. 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.4. 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1. 能源部門 | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 961 | 1,005 | 1,052 | 1,092 | 1,128 | 1,155 | 1,158 | 1,102 | 1,077 | 1,110 | 1,127 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 705 | 743 | 784 | 817 | 829 | 860 | 881 | 839 | 801 | 848 | 869 |
| 1.A.1. 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.3. 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.4. 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1. 能源部門 | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A. 燃料燃燒 (部門方法) | 1,109 | 1,104 | 1,108 | 1,104 | 1,124 | 1,135 | 1,118 | 1,095 | 1,090 | 1,083 | 1,057 |
| 1.A. 燃料燃燒 (參考方法) | 849 | 858 | 866 | 847 | 861 | 870 | 866 | 846 | 824 | 859 | 808 |
| 1.A.1. 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.2. 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.3. 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.4. 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

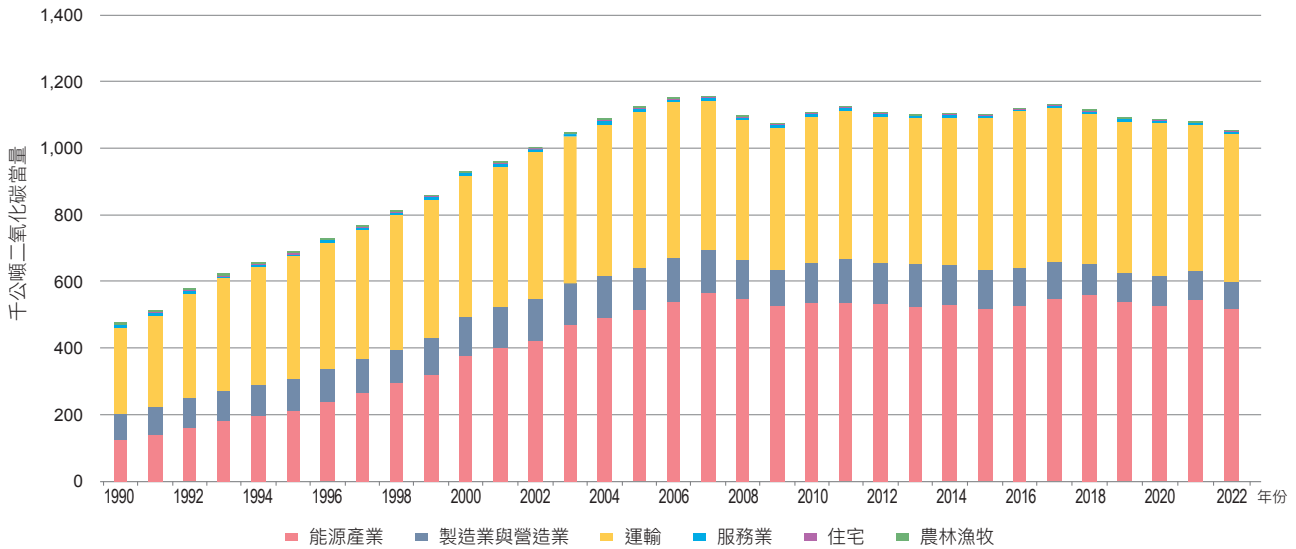


圖 3.2.5 1990 年至 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

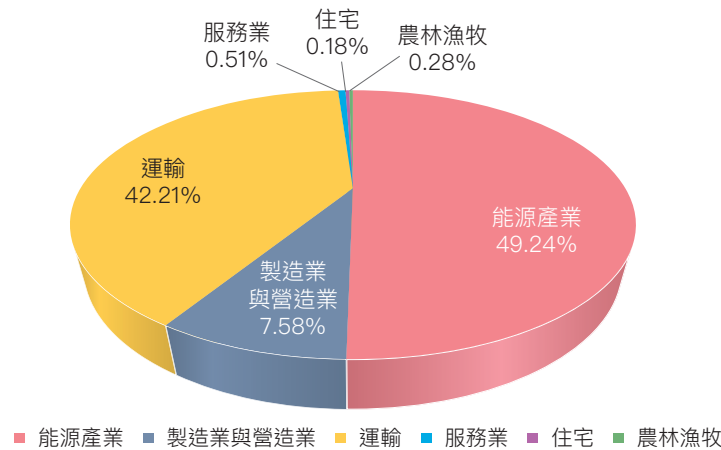


圖 3.2.6 2022 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比

(5) 完整性

自 1993 年起，即每年更新我國能源有關二氧化碳排放量，依循 2006 IPCC 指南建議之計算方法及排放係數等相關規範，並考量我國能源平衡表資料特性進行修正，且逐年隨能源統計資料更新而作調整。

配合 2018 年度能源平衡表修訂作業，新增農機用油、廢油甲酯等統計項目，並調整石油焦、天然氣等能源之行業別歸類。

有關生質能與廢棄物資料追溯年度，固態生質能與生質廢棄物用於汽電共生設備資料僅可追溯至 1990 年；液態生質能中，再生燃料油可追溯至 2002 年，生質柴油可追溯至 2005 年，酒精汽油則可追溯至 2007 年；氣態生質能則可追溯至 1999 年。

而廢棄物統計範疇包含一般廢棄物與事業廢棄物之能源使用，其中一般廢棄物部分，我國自 1990 年即已設置垃圾

焚化汽電共生設備，惟其一般廢棄物用量僅可追溯至 1991 年；另事業廢棄物之廢輪胎用量則僅可追溯至 2002 年。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

A. 分析方法

為完善我國溫室氣體排放清冊編製作業及確保能源統計資料之數據品質，能源部門參考 2006 IPCC 指南對於溫室氣體排放統計中有關不確定性分析相關規範，以及主要國家（如日本、澳洲、英國及紐西蘭等）不確定性分析做法及相關規範，並依我國現有燃料燃燒溫室氣體排放統計資料掌握情形，完成不確定性分析結果，以確保計算結果之數據品質。

依據 2006 IPCC 指南規範，燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性主要來源包括活動數據、排放係數與能源熱值等參數，茲說明如下：

(A) 活動數據不確定性：參考日本及英國做法，以我國能源平衡表「煤及煤產品合計」、「原油及石油產品合計」、

「天然氣合計」及「生質能及廢棄物合計」項目之「統計誤差」與「初級能源總供給」之比值，作為該能源別之不確定性百分比。

(B) 排放係數不確定性：引用 2006 IPCC 指南「能源產業類別」、「製造業與營造業類別」、「服務業類別」、「住宅及農林漁牧類別」及「運輸類別」建議之不確定性。

(C) 能源熱值不確定性：利用 2019 年各能源業者申報或檢測加權平均數與經濟部能源局「能源產品單位熱值表」公告數值之差異所計算不確定性之結果為基礎。

(D) 燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性，

$$U_c = \frac{\sqrt{\sum (E_x \times U_x)^2}}{\sum E_x}$$

U_c ：燃料燃燒排放量不確定性 (%)；
 E_x ：行業別排放量 (公斤二氧化碳當量)；
 U_x ：行業別排放量不確定性 (%)；

a. 行業別排放量不確定性，
$$U_x = \frac{\sqrt{\sum (E_{x,y} \times U_{x,y})^2}}{\sum E_{x,y}}$$

$E_{x,y}$ ：行業燃料別排放量 (公斤二氧化碳當量)；
 $U_{x,y}$ ：行業燃料別不確定性 (%)；

b. 行業燃料別不確定性，
$$U_{x,y} = \sqrt{\sum_{x,y,i} (U_{x,y,i})^2}$$

$U_{x,y,i}$ ：排放源不確定性 (%)；
 x ：行業別包括能源產業、製造業與營造業、運輸、農林漁牧、服務業及住宅；
 y ：燃料別包括煤炭、石油、天然氣及廢棄物等類別；
 i ：分別為各行業燃料別活動數據、能源熱值與排放係數。

B. 分析結果

2022 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析結果如表 3.2.10，不確定性為 3.04%。

(2) 時間序列的一致性

我國燃料燃燒溫室氣體排放係依據國家能源統計數據進行計算，除廢棄物排放資料外，各類能源統計可追溯至 1990 年，故資料涵蓋範疇與資料品質具相當一致性。

4. QA/QC 及查證

依據 2012 年建立之燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序，召開專家諮詢會議、審查會議，檢核活動數據之「完整性」與「合理性」，以確保我國燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質，詳見圖 3.2.7。

表 3.2.10 2022 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析

| 部門別 | 2022 年溫室氣體排放量 (千公噸 CO ₂ e) | 部門別排放量不確定性 (%) |
|----------------------|---------------------------------------|----------------|
| 能源產業 | 182,243 | 4.17 |
| 製造業與營造業 | 32,400 | 3.87 |
| 運輸 | 35,451 | 4.78 |
| 服務業 | 3,763 | 2.37 |
| 住宅 | 4,278 | 6.40 |
| 農林漁牧 | 1,376 | 3.27 |
| 排放量總計 | 259,512 | - |
| 燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性 (%) | | 3.04 |

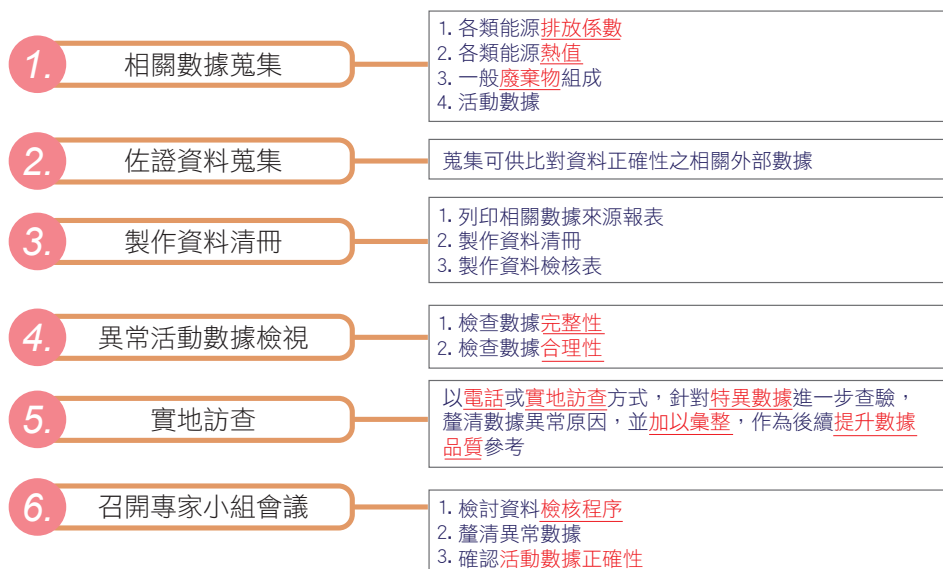


圖 3.2.7 燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序

(1) 「完整性」檢視方法

鑑於能源統計為第一手資料，無可對照之原始統計數據，爰由能源統計端每月進行活動數據檢視，參照 2006 IPCC 指南規範，每月進行活動數據檢視，其檢視程序及結果則作為後續燃料燃燒溫室氣體排放統計作業依據。

(2) 「合理性」檢視方法

A. 活動數據檢核之「合理性」檢視方法，由能源統計端進行逐月檢視，且能源消費之統計分析，應著重統計數據變動的忠實呈現，深入之變動因素由另案研析。

B. 「合理性」檢視訂定明確之一致性檢視標準，以變動範圍 5% 以上為合理檢視標準。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

3.2.1 能源產業 (1.A.1)

1. 統計範疇

能源產業燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類，可分為公用與自用電能及熱能製造業、石油煉製業，以及固體燃料製造與其他能源產業。而電能及熱能製造業可再細分公用與自用發電廠、公用與自用汽電共生廠及公用與自用熱能工廠，固體燃料製造與其他能源產業亦可區分為固體燃料製造業與其他能源產業兩類，如表 3.2.11。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「電能及熱能

製造業」為轉變投入—公用發電廠、自用發電廠、公用汽電共生廠與自用汽電共生廠之加總；「發電廠」參考轉變投入—公用發電廠；「汽電共生廠」參考轉變投入—公用與自用汽電共生廠；另我國目前無「公用熱能工廠」。

「石油煉製」活動數據請參考能源平衡表之能源部門自用—煉油廠。「固體燃料製造與其他能源產業」則為能源部門自用—煤礦業、油氣礦業、發電廠、煉焦工場 / 煤製品業、高爐工場與氣體燃料供應業之加總；其中，「固體燃料製造業」為能源部門自用—煉焦工場 / 煤製品業與高爐工場之加總；「其他能源產業」則僅包含能源部門自用—煤礦業、油氣礦業、發電廠與氣體燃料供應業之加總。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

能源產業 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 49,123 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年 119,268 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年增加為 155,014 千公噸二氧化碳當量，2010 年增加至 164,270 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 188,383 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 181,621 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 3.59%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 89.78% 為最高，詳見圖 3.2.8、3.2.9 與表 3.2.12。

B. 甲烷

能源產業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 29 千公噸二氧化碳當量，至 2000 年增加為 73 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年增加為 93 千公噸二氧化碳當量，2010 年增為 96 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 103 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 102 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 1.70%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 93.70% 為最高，詳見圖 3.2.10、圖 3.2.11 與表 3.2.13。

C. 氧化亞氮

能源產業 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 123 千公噸二氧化碳當量，至 2000 年增加為 377 千公噸二氧化碳

表 3.2.11 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 能源產業

| 排放源 | 範疇定義 |
|------------------------|--|
| 1.A.1 能源產業 | 包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 包括公用與自用發電廠、公用與自用熱能工廠及發電廠、公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 公用與自用發電廠燃料燃燒排放。 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 公用與自用汽電共生廠燃料燃燒排放。 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 關於石油產品煉製的所有燃燒活動，但不包括蒸散排放，蒸散排放應該計算於 1A3bv 或 1B2a 中。 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 包括從固體燃料轉變成次級、三級產品製程之能源使用的燃燒排放，包括木炭的生產過程。 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 包括焦炭、褐煤、煤球生產之燃料燃燒的排放。 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 其他能源產業能源使用之燃燒排放，本分類亦包括於煤礦開採、油氣萃取過程能源使用之排放。 |

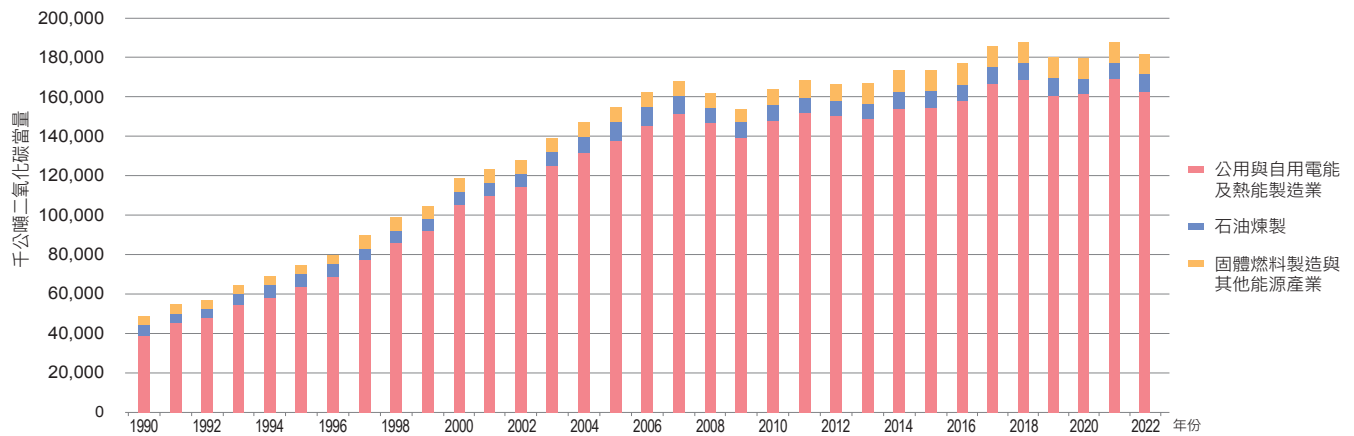


圖 3.2.8 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

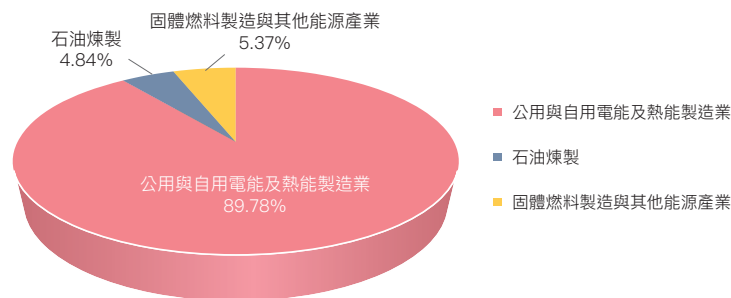


圖 3.2.9 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.12 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.A.1 能源產業 | 49,123 | 55,126 | 57,508 | 64,745 | 69,487 | 75,214 | 80,103 | 90,168 | 99,375 | 104,827 | 119,268 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 39,370 | 45,682 | 48,404 | 55,122 | 59,067 | 64,431 | 69,297 | 77,444 | 86,297 | 92,044 | 105,235 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 34,282 | 39,807 | 41,805 | 46,988 | 50,598 | 54,937 | 57,947 | 64,483 | 71,780 | 75,230 | 81,363 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 5,088 | 5,876 | 6,599 | 8,134 | 8,469 | 9,494 | 11,350 | 12,961 | 14,517 | 16,814 | 23,871 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 5,348 | 4,920 | 4,825 | 5,140 | 5,936 | 6,197 | 6,272 | 6,132 | 6,094 | 6,453 | 7,033 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 4,406 | 4,524 | 4,279 | 4,483 | 4,483 | 4,586 | 4,534 | 6,593 | 6,985 | 6,329 | 6,999 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 4,387 | 4,506 | 4,269 | 4,482 | 4,482 | 4,584 | 4,533 | 6,591 | 6,984 | 6,316 | 6,829 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 19 | 18 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 170 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.1 能源產業 | 123,880 | 128,157 | 139,316 | 147,288 | 155,014 | 162,298 | 168,580 | 162,125 | 153,989 | 164,270 | 168,491 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 110,122 | 114,803 | 125,310 | 132,104 | 138,334 | 145,505 | 151,793 | 147,090 | 139,849 | 148,397 | 152,478 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 83,527 | 87,115 | 91,864 | 93,526 | 99,432 | 105,892 | 107,374 | 107,131 | 99,334 | 106,823 | 109,878 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 26,595 | 27,687 | 33,446 | 38,578 | 38,901 | 39,614 | 44,419 | 39,960 | 40,516 | 41,574 | 42,601 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 7,045 | 6,527 | 6,776 | 7,732 | 9,663 | 9,392 | 9,217 | 7,778 | 7,889 | 7,827 | 7,160 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 6,713 | 6,828 | 7,230 | 7,452 | 7,017 | 7,400 | 7,570 | 7,257 | 6,251 | 8,046 | 8,852 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 6,705 | 6,815 | 6,983 | 7,170 | 6,973 | 7,362 | 7,530 | 7,216 | 6,210 | 8,005 | 8,811 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 8 | 12 | 247 | 282 | 44 | 39 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.1 能源產業 | 166,836 | 167,021 | 173,747 | 173,695 | 177,209 | 185,761 | 187,895 | 180,206 | 179,435 | 188,383 | 181,621 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 150,523 | 149,218 | 154,471 | 154,564 | 158,070 | 167,213 | 168,806 | 160,756 | 161,562 | 169,268 | 163,066 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 109,702 | 106,174 | 109,360 | 111,491 | 116,742 | 126,754 | 123,519 | 117,196 | 119,407 | 124,776 | 125,120 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 40,821 | 43,044 | 45,111 | 43,073 | 41,328 | 40,459 | 45,287 | 43,560 | 42,156 | 44,493 | 37,946 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 7,825 | 7,541 | 8,658 | 8,697 | 8,516 | 8,303 | 8,850 | 8,932 | 7,990 | 8,320 | 8,796 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 8,489 | 10,261 | 10,618 | 10,434 | 10,623 | 10,244 | 10,239 | 10,518 | 9,883 | 10,795 | 9,760 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 8,448 | 10,225 | 10,583 | 10,399 | 10,589 | 10,197 | 10,229 | 10,506 | 9,874 | 10,786 | 9,743 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 41 | 37 | 35 | 35 | 34 | 47 | 10 | 12 | 9 | 9 | 18 |

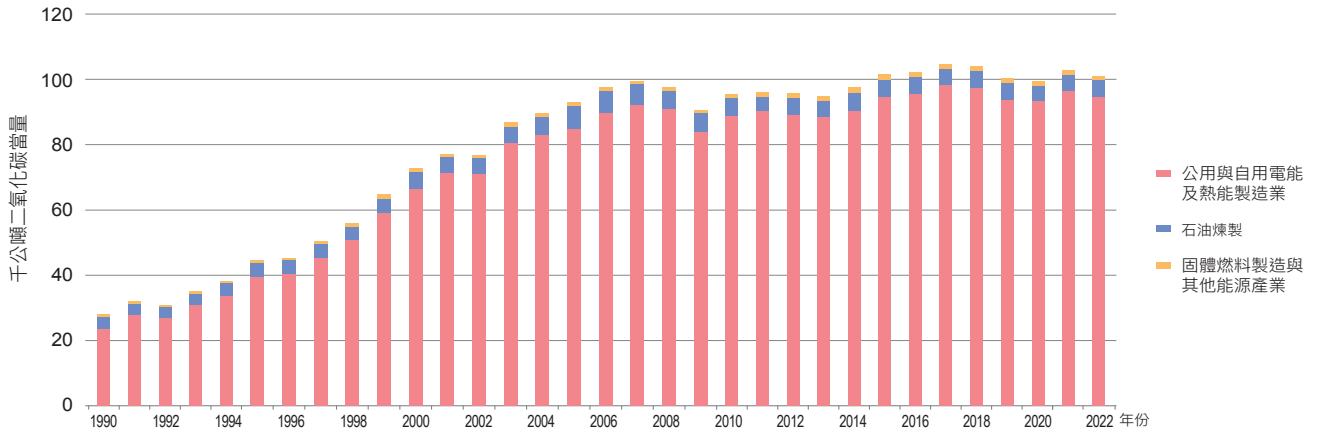


圖 3.2.10 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

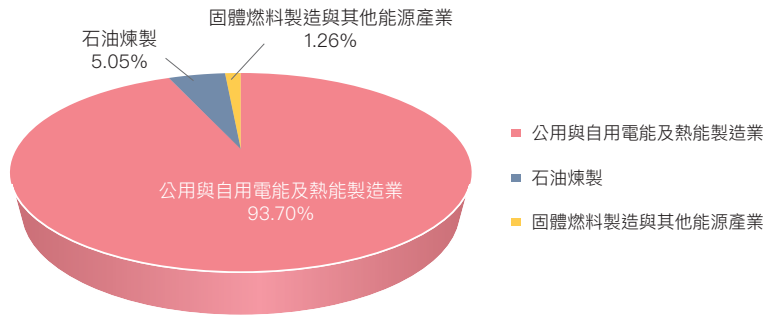


圖 3.2.11 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.13 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1.A.1 能源產業 | 29 | 32 | 31 | 36 | 39 | 45 | 46 | 51 | 56 | 65 | 73 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 24 | 28 | 27 | 32 | 34 | 40 | 41 | 46 | 51 | 60 | 67 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 23 | 26 | 24 | 28 | 29 | 33 | 32 | 34 | 37 | 39 | 40 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 21 | 27 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.1 能源產業 | 78 | 77 | 87 | 90 | 93 | 98 | 100 | 98 | 91 | 96 | 97 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 72 | 71 | 81 | 84 | 86 | 90 | 93 | 91 | 85 | 89 | 91 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 38 | 37 | 38 | 37 | 39 | 43 | 43 | 42 | 37 | 42 | 42 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 33 | 34 | 43 | 46 | 46 | 47 | 50 | 49 | 48 | 48 | 48 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.1 能源產業 | 96 | 95 | 98 | 102 | 103 | 105.1 | 104.6 | 101 | 100 | 103 | 102 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 90 | 89 | 91 | 95 | 96 | 99 | 98 | 94 | 94 | 97 | 95 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 41 | 40 | 42 | 46 | 48 | 52 | 48 | 45 | 45 | 48 | 48 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 48 | 49 | 49 | 49 | 48 | 47 | 50 | 49 | 49 | 49 | 47 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

當量，至 2005 年增加為 518 千公噸二氧化碳當量，2010 年增為 535 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 544 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 520 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 4.41%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 98.50% 為最高，詳見圖 3.2.12、圖 3.2.13 與表 3.2.14。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.2.2 製造業與營造業 (1.A.2)

1. 統計範疇

製造業與營造業燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類，分為：鋼鐵基本工業、非鐵金屬基本工業、化學材料與化學製品製造業、紙漿、紙及印刷業、食品飲料及菸草業、非金屬礦物製品製造業及其他等項目。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「鋼鐵基本工業」為工業部門—鋼鐵基本工業；「非鐵金屬基本工業」為工業部門—非鐵金屬基本工業；「化學材料製造業」為工業部門—化學材料製造業與化學製品製造業之加總；「紙漿、紙及印刷業」為工業部門—紙漿、紙及紙製品業與印刷業之加總；「食品飲料及菸草業」為工業部門—食品飲料及菸草業；「非金屬礦物製品製造業」為工業部門—非金屬礦物製品製造業；「其他」則為工業部門扣除上述行業別之統計結果。

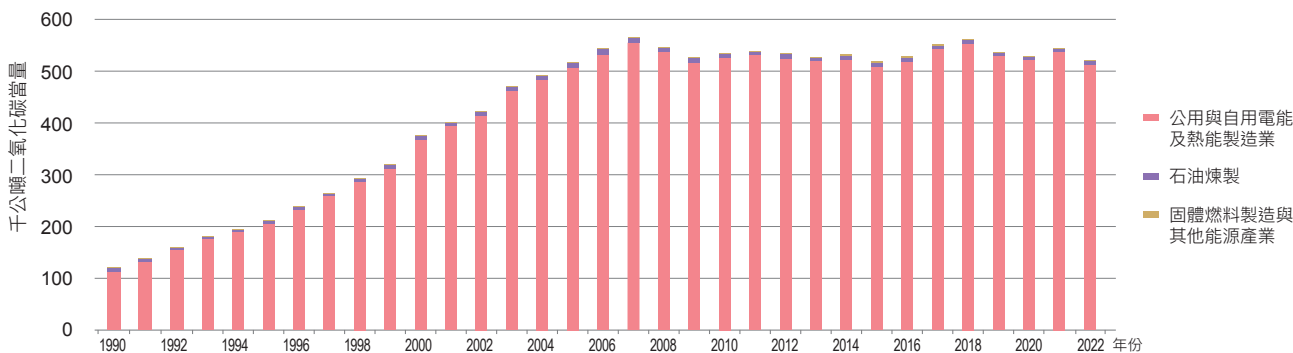


圖 3.2.12 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

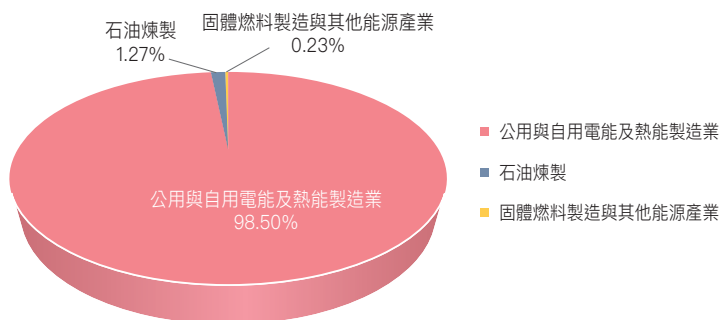


圖 3.2.13 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.14 1990 年至 2022 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.1 能源產業 | 123 | 140 | 162 | 183 | 197 | 213 | 240 | 266 | 294 | 321 | 377 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 117 | 135 | 157 | 178 | 191 | 206 | 234 | 260 | 288 | 313 | 368 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 108 | 123 | 138 | 156 | 166 | 175 | 194 | 216 | 238 | 250 | 273 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 8 | 12 | 19 | 22 | 25 | 31 | 40 | 44 | 50 | 64 | 94 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 6 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 8 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.1 能源產業 | 403 | 423 | 472 | 492 | 518 | 543 | 566 | 546 | 526 | 535 | 539 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 394 | 415 | 463 | 483 | 506 | 532 | 554 | 537 | 517 | 526 | 531 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 284 | 299 | 320 | 321 | 341 | 361 | 364 | 357 | 336 | 344 | 350 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 110 | 115 | 143 | 163 | 165 | 171 | 191 | 180 | 181 | 182 | 181 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 7 | 7 | 8 | 8 | 11 | 10 | 10 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.1 能源產業 | 534 | 528 | 531 | 519 | 527 | 550 | 561 | 537 | 530 | 544 | 520 |
| 1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業 | 526 | 519 | 523 | 510 | 519 | 542 | 553 | 529 | 523 | 537 | 512 |
| 1.A.1.a.i. 發電廠 | 348 | 331 | 336 | 329 | 345 | 373 | 367 | 349 | 347 | 357 | 354 |
| 1.A.1.a.ii. 汽電共生廠 | 177 | 188 | 187 | 181 | 174 | 169 | 186 | 180 | 175 | 180 | 159 |
| 1.A.1.a.iii. 熱能工廠 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.1.b. 石油煉製 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 |
| 1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.i. 固體燃料製造業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.1.c.ii. 其他能源產業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 3.2.15 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 製造業與營造業

| 排放源 | 範疇定義 |
|-----------------------|---|
| 1.A.2 製造業與營造業 | 包括工業中電力、熱能產生燃料燃燒排放。鋼鐵基本工業焦爐燃燒排放應被估算於 1A1c 分類中。 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | (ISIC Group 271 and Class 2731) |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | (ISIC Group 272 and Class 2732) |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | (ISIC Division 24) |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | (ISIC Division 21 and 22) |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | (ISIC Division 15 and 16) |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | (ISIC Division 23) |
| 1.A.2.g. 其他 | 其他工業的燃料燃燒排放，此部分亦可包含來自營造業的排放。但請盡可能以 ISIC 分類標明清楚所計算的分類。 |

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

製造業與營造業 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 30,124 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 45,284 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年減少至 44,008 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少至 42,612 千公噸二氧化碳當量，2021 年減少為 35,520 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 32,261 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 9.18%；排放占比以鋼鐵基本工業 29.94% 為最高，化學材料與化學製品製造業占 27.08%，非金屬礦物製品製造業占 14.73%，紙漿、

紙及印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 7.18%、2.65% 與 0.97%，詳見圖 3.2.14、圖 3.2.15 與表 3.2.16。

B. 甲烷

製造業與營造業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 51 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 79 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 85 千公噸二氧化碳當量，2010 年則減少至 83 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 67 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 59 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 11.72%；排放占比以化

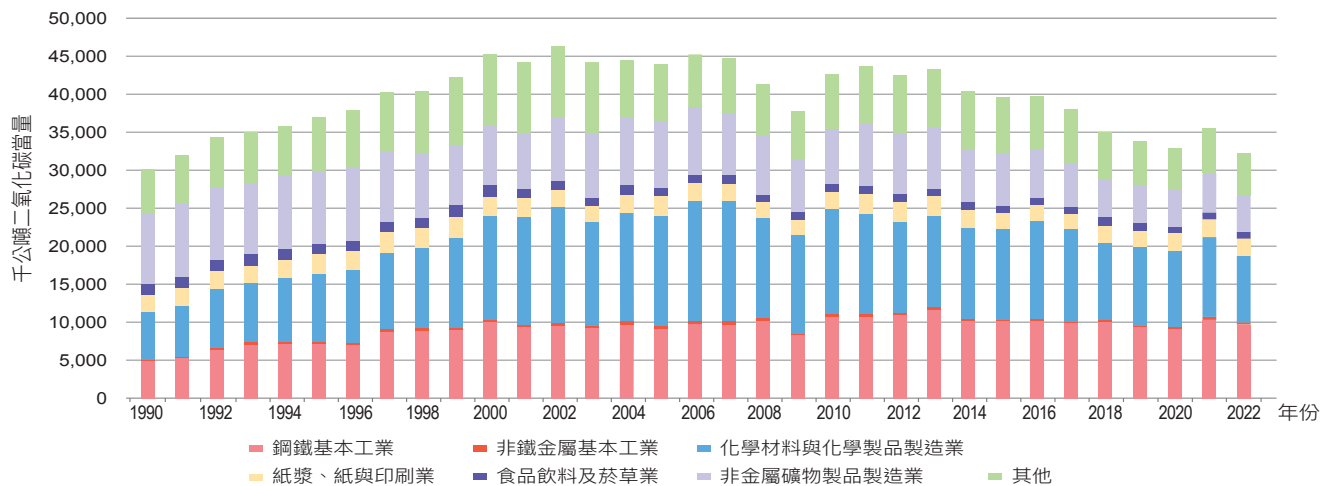


圖 3.2.14 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

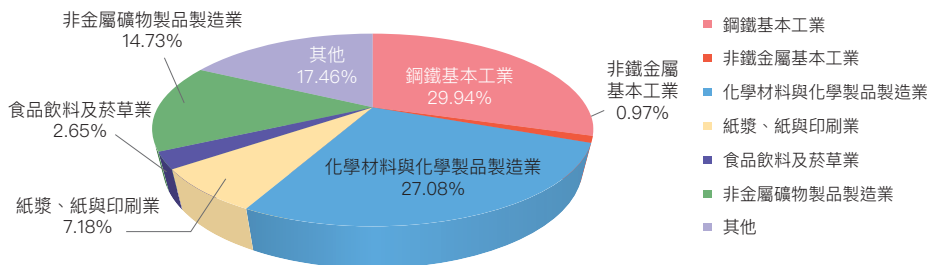


圖 3.2.15 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.16 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.A.2 製造業與營造業 | 30,124 | 31,963 | 34,410 | 34,835 | 35,876 | 36,956 | 37,942 | 40,323 | 40,360 | 42,269 | 45,284 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 4,883 | 5,288 | 6,316 | 7,060 | 7,146 | 7,118 | 6,977 | 8,703 | 8,832 | 8,962 | 9,964 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 193 | 209 | 209 | 233 | 254 | 286 | 347 | 403 | 365 | 349 | 342 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 6,321 | 6,645 | 7,796 | 7,865 | 8,464 | 9,004 | 9,528 | 10,062 | 10,583 | 11,770 | 13,690 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 2,169 | 2,329 | 2,437 | 2,320 | 2,437 | 2,543 | 2,604 | 2,770 | 2,625 | 2,829 | 2,640 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 1,522 | 1,450 | 1,480 | 1,423 | 1,395 | 1,368 | 1,383 | 1,375 | 1,339 | 1,544 | 1,460 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 9,261 | 9,680 | 9,485 | 9,528 | 9,622 | 9,681 | 9,586 | 9,109 | 8,593 | 7,876 | 7,741 |
| 1.A.2.g. 其他 | 5,773 | 6,362 | 6,687 | 6,405 | 6,559 | 6,955 | 7,518 | 7,900 | 8,024 | 8,940 | 9,447 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 44,234 | 46,373 | 44,211 | 44,551 | 44,008 | 45,309 | 44,845 | 41,410 | 37,874 | 42,612 | 43,691 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 9,370 | 9,555 | 9,164 | 9,687 | 9,096 | 9,790 | 9,718 | 10,235 | 8,303 | 10,774 | 10,820 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 344 | 343 | 320 | 411 | 377 | 363 | 367 | 331 | 252 | 295 | 299 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 14,277 | 15,337 | 13,687 | 14,309 | 14,595 | 15,882 | 15,856 | 13,176 | 12,991 | 13,902 | 13,252 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 2,359 | 2,198 | 2,155 | 2,431 | 2,523 | 2,345 | 2,345 | 2,074 | 1,964 | 2,161 | 2,527 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 1,291 | 1,181 | 1,090 | 1,158 | 1,137 | 1,093 | 1,079 | 992 | 1,006 | 1,059 | 1,054 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 7,355 | 8,368 | 8,568 | 8,946 | 8,766 | 8,819 | 8,268 | 7,858 | 6,990 | 7,176 | 8,413 |
| 1.A.2.g. 其他 | 9,238 | 9,392 | 9,226 | 7,609 | 7,515 | 7,017 | 7,212 | 6,743 | 6,369 | 7,245 | 7,326 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 42,515 | 43,309 | 40,386 | 39,577 | 39,656 | 38,115 | 34,858 | 33,902 | 32,895 | 35,520 | 32,261 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 10,964 | 11,712 | 10,218 | 10,140 | 10,219 | 9,908 | 9,993 | 9,316 | 9,083 | 10,286 | 9,658 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 278 | 287 | 294 | 276 | 259 | 219 | 292 | 314 | 323 | 366 | 312 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 11,968 | 12,085 | 11,975 | 11,919 | 12,891 | 12,155 | 10,251 | 10,264 | 9,984 | 10,559 | 8,735 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 2,608 | 2,514 | 2,380 | 2,082 | 2,030 | 1,937 | 2,275 | 2,217 | 2,323 | 2,339 | 2,315 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 1,066 | 1,001 | 1,011 | 990 | 981 | 943 | 1,007 | 968 | 900 | 890 | 856 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 8,061 | 8,183 | 6,971 | 6,924 | 6,386 | 5,885 | 4,972 | 5,090 | 4,971 | 5,223 | 4,753 |
| 1.A.2.g. 其他 | 7,570 | 7,528 | 7,537 | 7,246 | 6,889 | 7,068 | 6,069 | 5,733 | 5,311 | 5,858 | 5,631 |

學材料與化學製品製造業 28.49% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 19.29%，鋼鐵基本工業占 15.97%，紙漿、紙及印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 12.33%、0.94% 與 0.35%，詳見圖 3.2.16、圖 3.2.17 與表 3.2.17。

C. 氧化亞氮

製造業與營造業 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 80 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 121 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 127 千公噸二氧化碳當量，2010 年則減少至 121 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 92 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 80 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 12.62%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 29.19% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 20.22%，鋼鐵基本工業占 15.65%，紙漿、紙及印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 12.52%、0.83% 與 0.41%，詳見圖 3.2.18、圖 3.2.19 與表 3.2.18。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

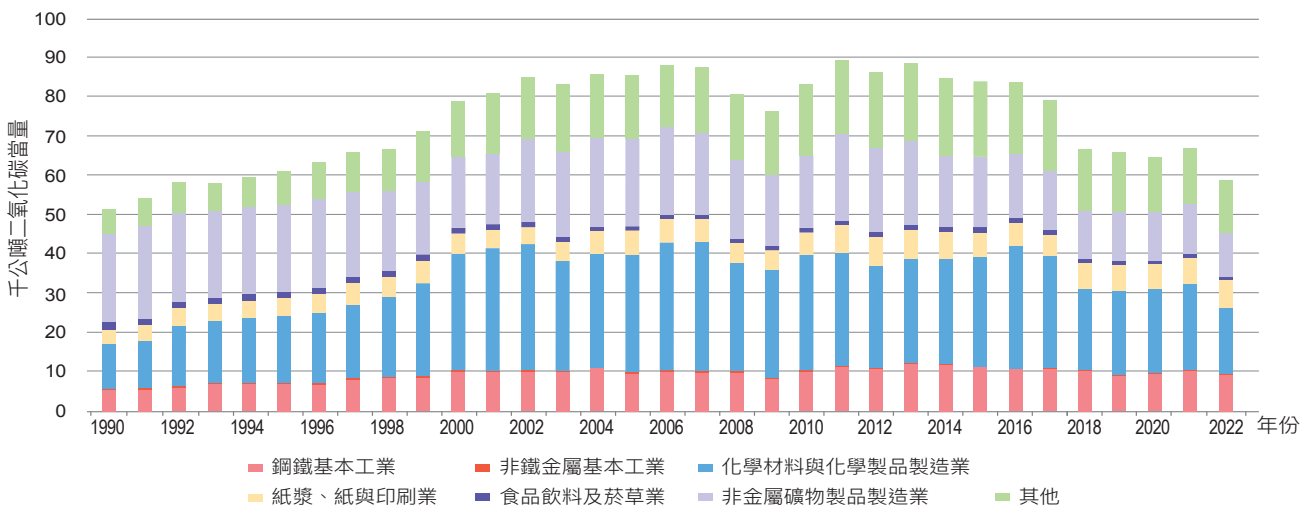


圖 3.2.16 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

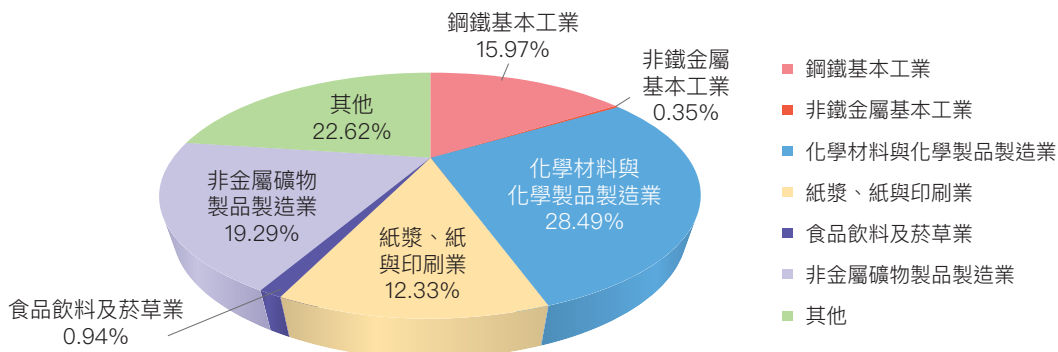


圖 3.2.17 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.17 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.2 製造業與營造業 | 51 | 54 | 58 | 58 | 60 | 61 | 63 | 66 | 67 | 71 | 79 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 11 | 12 | 15 | 16 | 17 | 17 | 18 | 19 | 20 | 24 | 30 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 22 | 24 | 23 | 22 | 22 | 22 | 23 | 22 | 20 | 18 | 18 |
| 1.A.2.g. 其他 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 81 | 85 | 83 | 86 | 85 | 88 | 87 | 80 | 76 | 83 | 89 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 10 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 11 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 31 | 32 | 28 | 29 | 30 | 33 | 33 | 28 | 27 | 29 | 29 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 5 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 7 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 18 | 21 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 20 | 18 | 18 | 22 |
| 1.A.2.g. 其他 | 15 | 16 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 16 | 18 | 19 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 86 | 88 | 85 | 84 | 84 | 79 | 67 | 66 | 65 | 67 | 59 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 11 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 26 | 27 | 27 | 28 | 31 | 29 | 21 | 22 | 21 | 22 | 17 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 5 | 7 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 21 | 21 | 18 | 18 | 17 | 15 | 12 | 12 | 12 | 13 | 11 |
| 1.A.2.g. 其他 | 19 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 |

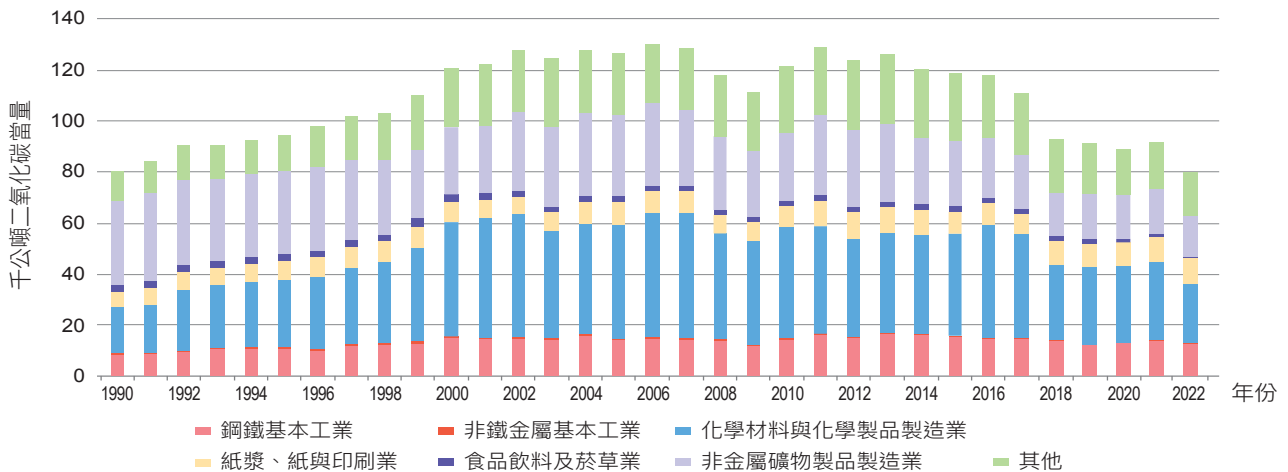


圖 3.2.18 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

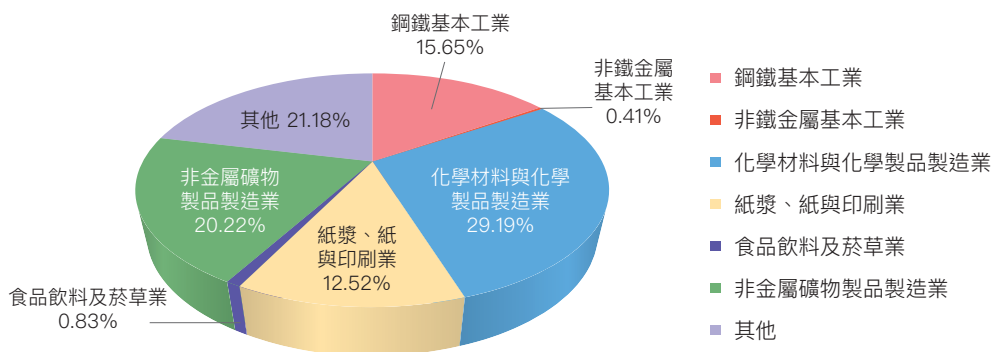


圖 3.2.19 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.18 1990 年至 2022 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.2 製造業與營造業 | 80 | 84 | 90 | 90 | 92 | 95 | 98 | 102 | 103 | 110 | 121 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11 | 11 | 10 | 12 | 12 | 13 | 15 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 18 | 19 | 24 | 24 | 26 | 27 | 28 | 30 | 32 | 37 | 45 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 33 | 34 | 33 | 32 | 32 | 33 | 33 | 32 | 30 | 27 | 26 |
| 1.A.2.g. 其他 | 11 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 16 | 17 | 18 | 21 | 23 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 122 | 128 | 125 | 127 | 127 | 130 | 129 | 118 | 111 | 121 | 129 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 14 | 15 | 14 | 16 | 14 | 15 | 14 | 14 | 12 | 14 | 16 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 47 | 48 | 42 | 43 | 45 | 49 | 49 | 41 | 41 | 44 | 42 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 7 | 7 | 7 | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 10 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 26 | 31 | 31 | 32 | 32 | 32 | 30 | 29 | 26 | 27 | 32 |
| 1.A.2.g. 其他 | 24 | 24 | 27 | 24 | 24 | 23 | 24 | 24 | 23 | 26 | 26 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.2 製造業與營造業 | 124 | 126 | 120 | 119 | 118 | 111 | 93 | 91 | 89 | 92 | 80 |
| 1.A.2.a. 鋼鐵基本工業 | 15 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 14 | 12 | 13 | 14 | 13 |
| 1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業 | 38 | 39 | 39 | 40 | 45 | 41 | 30 | 31 | 30 | 31 | 23 |
| 1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業 | 10 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 |
| 1.A.2.e. 食品飲料及菸草業 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業 | 30 | 31 | 26 | 26 | 24 | 22 | 17 | 18 | 17 | 18 | 16 |
| 1.A.2.g. 其他 | 27 | 27 | 27 | 26 | 24 | 24 | 21 | 20 | 18 | 18 | 17 |

3.2.3 運輸 (1.A.3)

1. 統計範疇

運輸部門燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類為空運、公路運輸、鐵路、水運與其他等大項；本節空運部分僅包含國內航空，水運部分則僅包含國內水運，至於國際航空及國際海運數據則於 3.2.7 節進行說明。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「國內航空」為運輸部門—國內航空；「公路運輸」為運輸部門—公路；「鐵路」為運輸部門—鐵路；「國內水運」為運輸部門—國內水運；「其他運輸」為運輸部門—管線運輸與其他之加總。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

運輸部門 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 19,646 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 33,207 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 36,846 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2010 年排放量減少至 34,652 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 33,905 千公噸二氧化碳當量，2022

表 3.2.19 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 運輸

| 排放源 | 範疇定義 |
|------------------|---|
| 1.A.3 運輸 | 所有運輸活動燃料燃燒之排放。 |
| 1.A.3.a. 空運 | 包括起飛與著陸國內空運（服務業、私人、農業等）的排放，不包括 1.A.3.e 機場陸地運輸之排放，而且也不包括機場固定燃燒源的排放。 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 在一個國家內，所有國內客運、貨運起飛與著陸的各種機型燃料使用之排放。 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 包括所有因公路交通工具燃料使用之燃燒、逸散之排放，在公路行駛的農用交通工具亦包括在內。 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 包括貨運、客運路線的鐵路運輸排放。 |
| 1.A.3.d. 水運 | 包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 除了魚釣及國際海運外，所有國內水上交通工具的排放。 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 包括管線運輸、機場及港口的地面活動、及除 1.A.4.c、1.A.2 以外之道路外活動等之所有剩餘運輸活動的燃燒排放。軍事運輸應屬於 1.A.5。 |

年則增加至 34,696 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 2.33%；排放占比以公路運輸 98.33% 為最高，國內水運占 0.97%，國內航空占 0.59%，詳見圖 3.2.20、圖 3.2.21 與表 3.2.20。

B. 甲烷

運輸部門 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 170 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 303 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 339 千公噸二氧化碳當量，其後排放量互有增減，2010 年減少至 319 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 301 千公噸二氧化碳當量，2022 年增加至 309 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 2.84%；排放占比以公路運輸 99.69% 為最高，國內水運占 0.28%，國內航空占 0.01%，詳見圖 3.2.22、圖 3.2.23 與表 3.2.21。

C. 氧化亞氮

運輸部門 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 259 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 423 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 469 千公噸二氧化碳當量，其後漸減再

增，2010 年減少至 442 千公噸二氧化碳當量，2021 年減少至 437 千公噸二氧化碳當量，2022 年則增加至 446 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 2.04%；排放占比以公路運輸 98.29% 為最高，鐵路占 0.84%、國內水運占 0.53%、國內航空占 0.34%，詳見圖 3.2.24、圖 3.2.25 與表 3.2.22。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

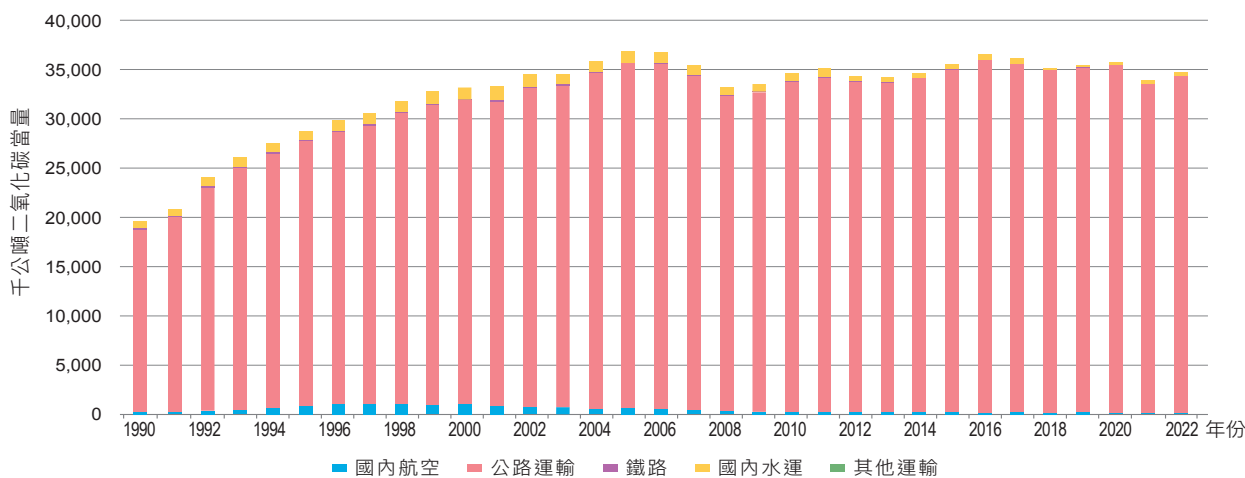


圖 3.2.20 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

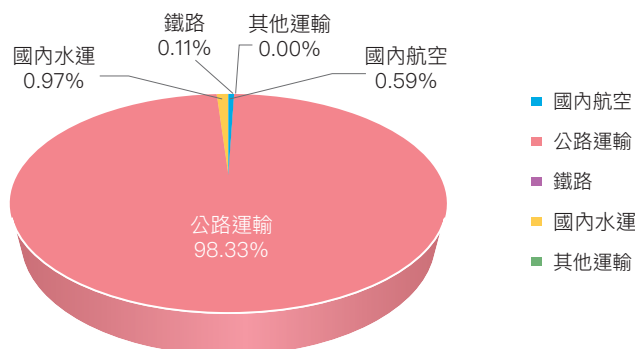


圖 3.2.21 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.20 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.A.3 運輸 | 19,646 | 20,888 | 24,033 | 26,103 | 27,540 | 28,822 | 29,801 | 30,536 | 31,844 | 32,772 | 33,207 |
| 1.A.3.a. 空運 | 280 | 300 | 368 | 527 | 641 | 853 | 1,072 | 1,075 | 1,025 | 1,052 | 903 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 280 | 300 | 368 | 527 | 641 | 853 | 1,072 | 1,075 | 1,025 | 1,052 | 903 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 18,547 | 19,762 | 22,693 | 24,515 | 25,866 | 26,936 | 27,615 | 28,290 | 29,570 | 30,370 | 30,956 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 130 | 139 | 138 | 144 | 140 | 140 | 132 | 129 | 126 | 133 | 123 |
| 1.A.3.d. 水運 | 690 | 687 | 833 | 916 | 893 | 893 | 982 | 1,042 | 1,124 | 1,217 | 1,226 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 690 | 687 | 833 | 916 | 893 | 893 | 982 | 1,042 | 1,124 | 1,217 | 1,226 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 | 33,267 | 34,542 | 34,509 | 35,859 | 36,846 | 36,771 | 35,419 | 33,216 | 33,541 | 34,652 | 35,107 |
| 1.A.3.a. 空運 | 828 | 755 | 630 | 646 | 592 | 516 | 390 | 259 | 228 | 231 | 257 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 828 | 755 | 630 | 646 | 592 | 516 | 390 | 259 | 228 | 231 | 257 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 30,942 | 32,459 | 32,790 | 34,035 | 35,022 | 35,091 | 33,976 | 32,089 | 32,449 | 33,475 | 33,962 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 118 | 117 | 106 | 95 | 96 | 94 | 91 | 90 | 74 | 82 | 83 |
| 1.A.3.d. 水運 | 1,380 | 1,211 | 982 | 1,083 | 1,135 | 1,069 | 961 | 778 | 790 | 864 | 804 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 1,380 | 1,211 | 982 | 1,083 | 1,135 | 1,069 | 961 | 778 | 790 | 864 | 804 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 | 34,284 | 34,209 | 34,666 | 35,506 | 36,584 | 36,202 | 35,202 | 35,438 | 35,715 | 33,905 | 34,696 |
| 1.A.3.a. 空運 | 259 | 237 | 266 | 258 | 287 | 293 | 289 | 276 | 204 | 144 | 206 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 259 | 237 | 266 | 258 | 287 | 293 | 289 | 276 | 204 | 144 | 206 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 33,460 | 33,422 | 33,865 | 34,773 | 35,725 | 35,307 | 34,695 | 34,935 | 35,271 | 33,414 | 34,117 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 83 | 83 | 77 | 69 | 57 | 53 | 56 | 54 | 55 | 42 | 37 |
| 1.A.3.d. 水運 | 483 | 467 | 458 | 405 | 516 | 550 | 163 | 173 | 185 | 306 | 336 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 483 | 467 | 458 | 405 | 516 | 550 | 163 | 173 | 185 | 306 | 336 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

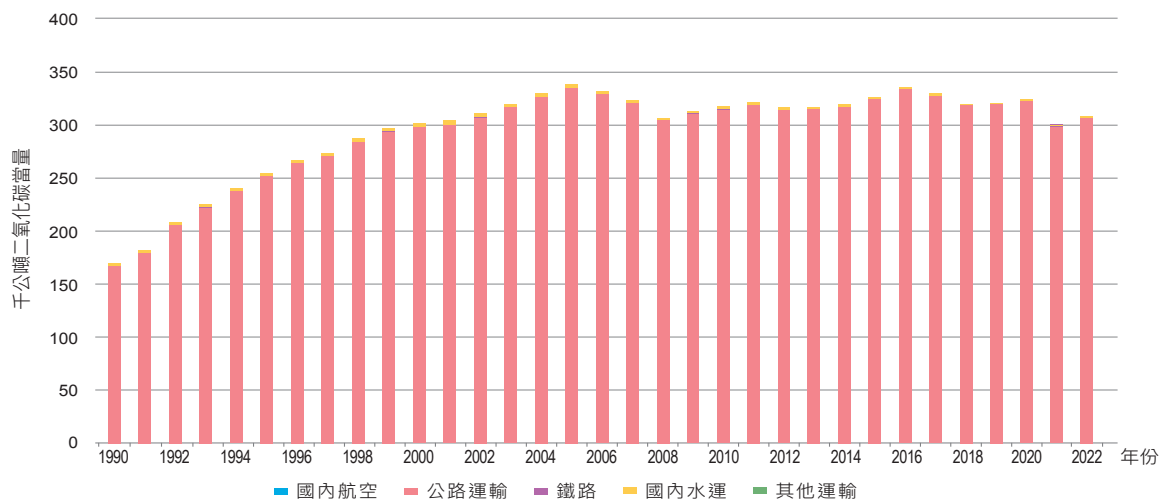


圖 3.2.22 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

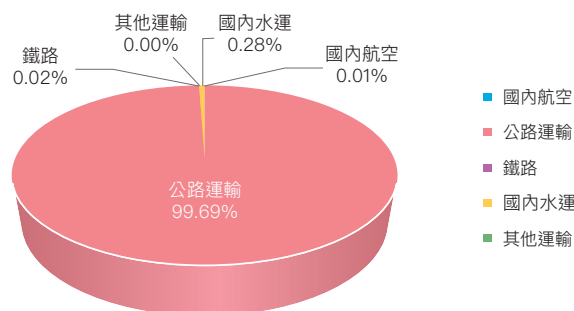


圖 3.2.23 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.21 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.3 運輸 | 170 | 183 | 209 | 226 | 241 | 256 | 268 | 275 | 288 | 298 | 303 |
| 1.A.3.a. 空運 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 168 | 181 | 207 | 224 | 239 | 253 | 265 | 272 | 285 | 295 | 299 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.d. 水運 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 | 305 | 311 | 321 | 330 | 339 | 333 | 324 | 308 | 314 | 319 | 322 |
| 1.A.3.a. 空運 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 301 | 308 | 318 | 327 | 336 | 330 | 322 | 306 | 312 | 316 | 320 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.d. 水運 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 | 317 | 318 | 320 | 327 | 337 | 331 | 321 | 321 | 325 | 301 | 309 |
| 1.A.3.a. 空運 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 316 | 316 | 318 | 326 | 335 | 329 | 320 | 321 | 324 | 300 | 308 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.A.3.d. 水運 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

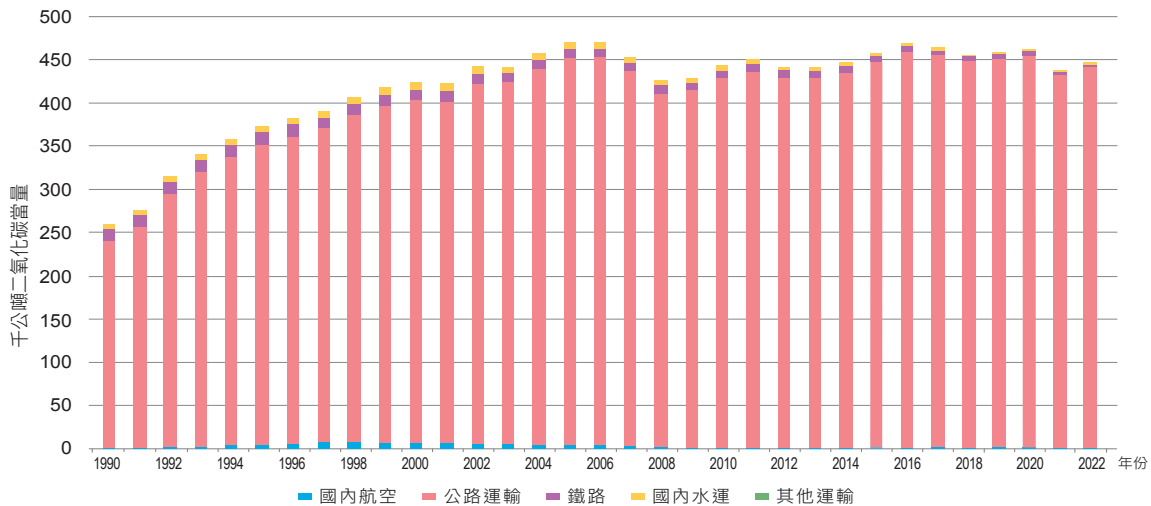


圖 3.2.24 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

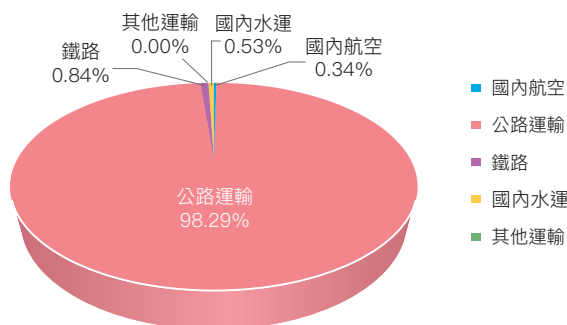


圖 3.2.25 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.22 1990 年至 2022 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.3 運輸 | 259 | 275 | 314 | 340 | 357 | 372 | 381 | 389 | 406 | 417 | 423 |
| 1.A.3.a. 空運 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 238 | 254 | 292 | 315 | 332 | 345 | 353 | 361 | 377 | 387 | 395 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 13 | 14 | 14 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 14 | 13 |
| 1.A.3.d. 水運 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 | 422 | 441 | 440 | 456 | 469 | 469 | 452 | 425 | 427 | 442 | 449 |
| 1.A.3.a. 空運 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 394 | 415 | 418 | 434 | 446 | 448 | 433 | 408 | 412 | 426 | 433 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 12 | 12 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 |
| 1.A.3.d. 水運 | 10 | 8 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 10 | 8 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 | 440 | 439 | 445 | 456 | 468 | 463 | 453 | 457 | 461 | 437 | 446 |
| 1.A.3.a. 空運 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 1.A.3.a.ii. 國內航空 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 1.A.3.b. 公路運輸 | 426 | 426 | 432 | 444 | 457 | 452 | 444 | 448 | 452 | 430 | 438 |
| 1.A.3.c. 鐵路 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 |
| 1.A.3.d. 水運 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1.A.3.d.ii. 國內水運 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 1.A.3.e. 其他運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.2.4 其他部門(服務業、住宅、農林漁牧)(1.A.4)

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，其他部門統計範疇包含服務業、住宅，以及農林漁牧之燃料燃燒排放，其中，農林漁牧包括農、林、內陸、沿海、深海魚釣、牧業之接駁工具、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室及其他農林漁牧之燃料使用排放。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「服務業」為服務業部門；「住宅」為住宅部門；「農林漁牧」為農業部門。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

服務業、住宅、農林漁牧 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 10,572 千公噸二氧化碳當量，至 2000 年增加為 10,965 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年達 12,089 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少為 10,174 千公噸二氧化碳當量，2021 年減少至 9,229 千公噸二氧化碳當量，2022 年則增加至 9,380 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 1.64%；排放占比部分，最高者為住宅 45.48%、其次為服務業 39.94%，農林漁牧為 14.59%，詳見圖 3.2.26、圖 3.2.27 與表 3.2.24。

B. 甲烷

服務業、住宅、農林漁牧 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 34 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少為 33 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年增加為 37 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少為 30 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為

表 3.2.23 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 服務、住宅、農林漁牧

| 排放源 | 範疇定義 |
|---------------|---|
| 1.A.4 其他部門 | 所有敘述於下的燃燒活動之排放。 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 服務業及機構建築的燃料燃燒排放。(ISIC categories 4103,42,6,7,19,72,8,and 91-96) |
| 1.A.4.b. 住宅 | 所有住宅燃料燃燒之排放。 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 農、林、內陸、沿海、深海魚釣、牧業之燃料燃燒之排放，包括接駁工具、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室、及其他農林漁牧之燃料使用。 |

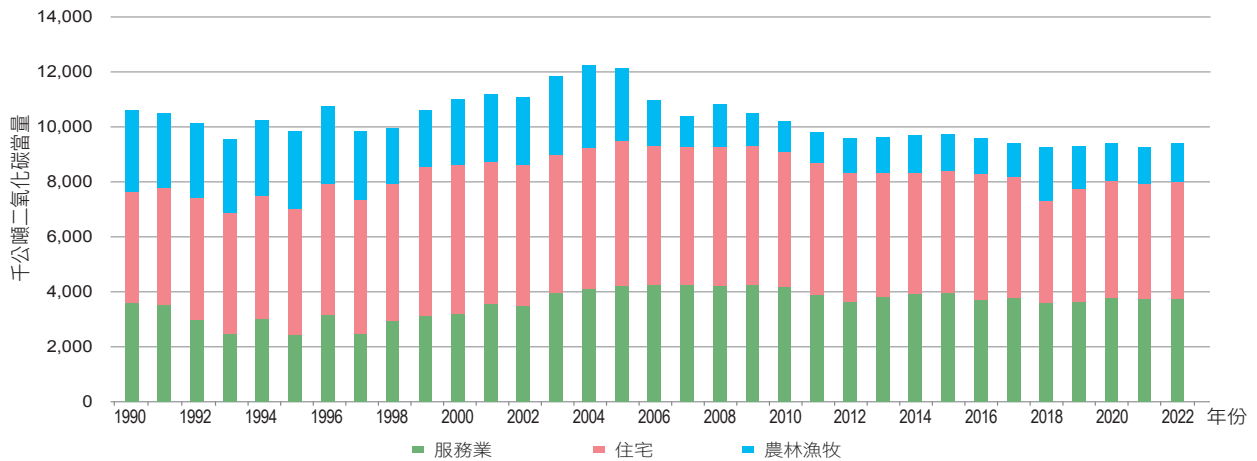


圖 3.2.26 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

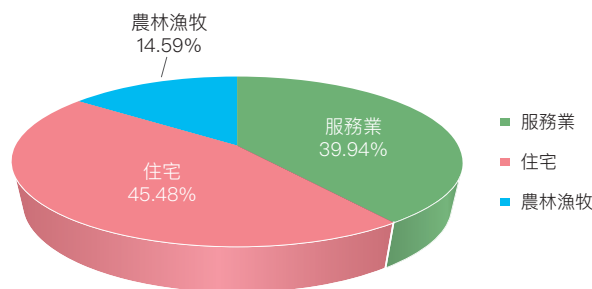


圖 3.2.27 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.24 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.A.4 其他部門 | 10,572 | 10,466 | 10,107 | 9,523 | 10,200 | 9,819 | 10,733 | 9,808 | 9,939 | 10,579 | 10,965 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,621 | 3,529 | 2,989 | 2,490 | 3,018 | 2,446 | 3,175 | 2,482 | 2,948 | 3,128 | 3,205 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 4,005 | 4,238 | 4,446 | 4,359 | 4,461 | 4,596 | 4,754 | 4,851 | 4,950 | 5,410 | 5,398 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 2,946 | 2,700 | 2,672 | 2,675 | 2,721 | 2,777 | 2,805 | 2,475 | 2,041 | 2,040 | 2,362 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.4 其他部門 | 11,174 | 11,052 | 11,806 | 12,230 | 12,089 | 10,952 | 10,371 | 10,785 | 10,463 | 10,174 | 9,808 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,538 | 3,487 | 3,952 | 4,120 | 4,227 | 4,272 | 4,232 | 4,226 | 4,264 | 4,203 | 3,898 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 5,181 | 5,107 | 5,042 | 5,133 | 5,235 | 5,033 | 5,047 | 5,017 | 5,030 | 4,857 | 4,786 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 2,455 | 2,459 | 2,811 | 2,977 | 2,627 | 1,647 | 1,091 | 1,543 | 1,169 | 1,113 | 1,123 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.4 其他部門 | 9,566 | 9,571 | 9,681 | 9,698 | 9,533 | 9,384 | 9,254 | 9,277 | 9,389 | 9,229 | 9,380 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 3,635 | 3,812 | 3,928 | 3,941 | 3,720 | 3,779 | 3,593 | 3,622 | 3,792 | 3,741 | 3,746 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 4,672 | 4,484 | 4,411 | 4,469 | 4,537 | 4,402 | 4,145 | 4,137 | 4,269 | 4,170 | 4,266 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 1,259 | 1,274 | 1,343 | 1,287 | 1,276 | 1,203 | 1,515 | 1,518 | 1,328 | 1,318 | 1,368 |

26.8 千公噸二氧化碳當量，2022 年微增加至 27.1 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 1.46%；排放占比部分以服務業 44.30% 最高、其次為住宅 36.71%、農林漁牧 18.99%，詳見圖 3.2.28、圖 3.2.29 與表 3.2.25。

C. 氧化亞氮

服務業、住宅、農林漁牧 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 15 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少為 14 千公噸二氧化碳當量，2005 年增加為 15 千公噸二氧化碳當

量，2010 年減少至 11 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少至 10.15 千公噸二氧化碳當量，2022 年則增加至 10.23 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 0.76%；排放占比部分，2022 年占比較高者為服務業 53.04%、其次為農林漁牧 28.52%，住宅為 18.44%，詳見圖 3.2.30、圖 3.2.31 與表 3.2.26。

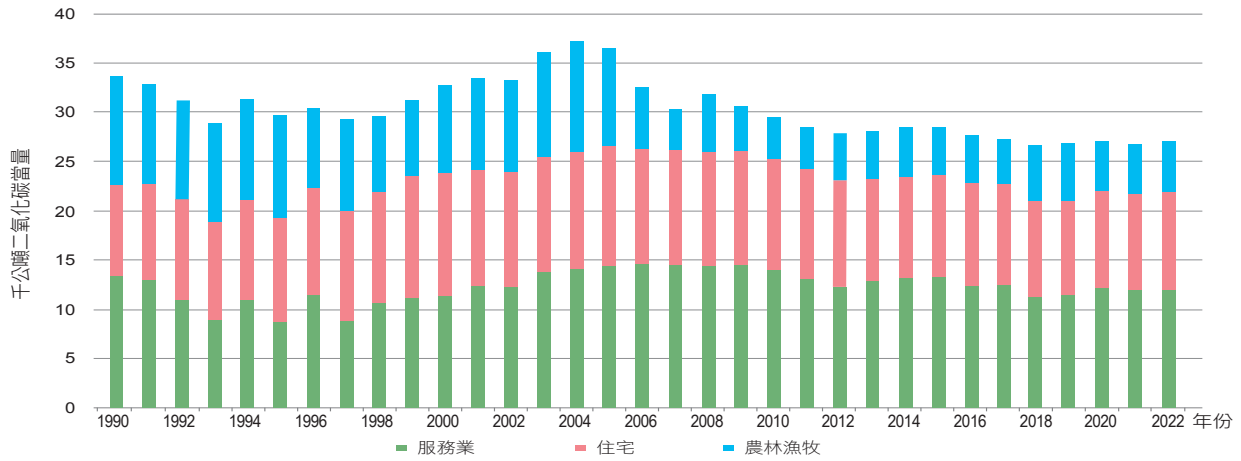


圖 3.2.28 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量趨勢

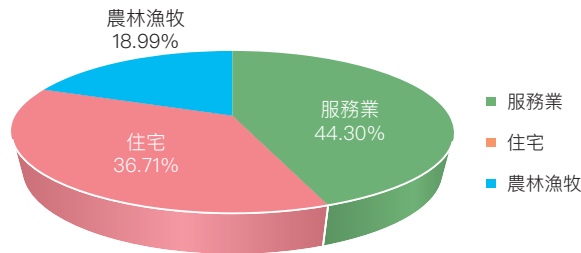


圖 3.2.29 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.25 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 31 | 29 | 31 | 30 | 33 | 29 | 30 | 31 | 33 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 13 | 13 | 11 | 9 | 11 | 9 | 12 | 9 | 11 | 11 | 11 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 9 | 8 | 8 | 9 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.4 其他部門 | 34 | 33 | 36 | 37 | 37 | 33 | 30 | 32 | 31 | 30 | 28 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 12 | 12 | 14 | 14 | 14 | 15 | 15 | 14 | 15 | 14 | 13 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 9 | 9 | 11 | 11 | 10 | 6 | 4 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.4 其他部門 | 28 | 28 | 29 | 28 | 28 | 27 | 27 | 27 | 27.1 | 26.8 | 27.1 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 12 | 13 | 13 | 13 | 12 | 13 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 |

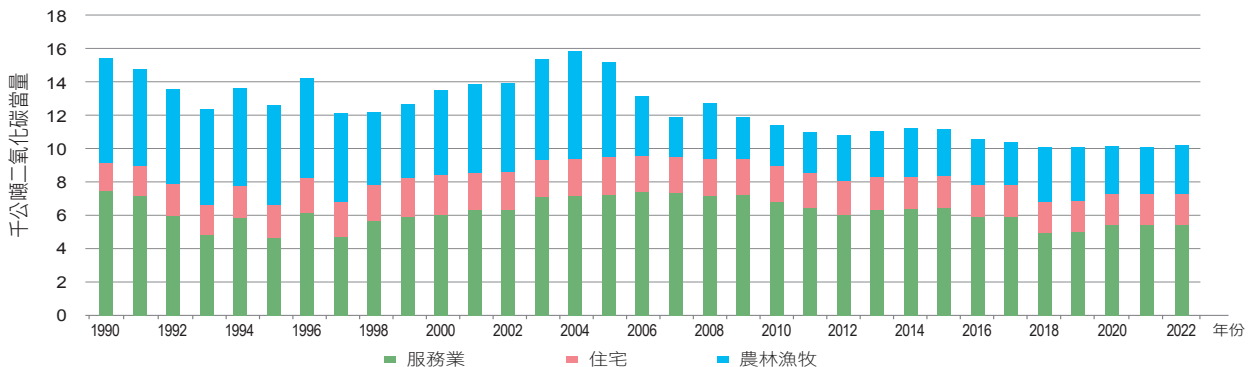


圖 3.2.30 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

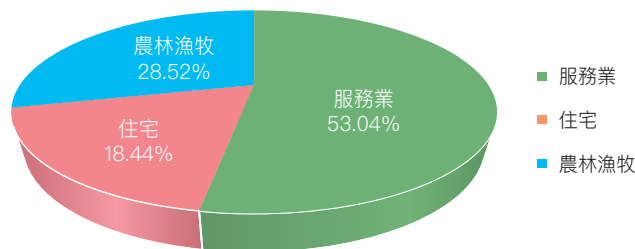


圖 3.2.31 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.26 1990 年至 2022 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1.A.4 其他部門 | 15 | 15 | 14 | 12 | 14 | 13 | 14 | 12 | 12 | 13 | 14 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 7 | 7 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.4 其他部門 | 14 | 14 | 15 | 16 | 15 | 13 | 12 | 13 | 12 | 11 | 11 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.4 其他部門 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10.15 | 10.23 |
| 1.A.4.a. 服務業 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| 1.A.4.b. 住宅 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.A.4.c. 農林漁牧 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.2.5 其他

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，我國其他部門統計範疇為能源平衡表其他項目，依據我國能源平衡表特性，並無其他項目統計數據。

3.2.6 部門方法與參考方法的比較

國際間燃料燃燒二氧化碳排放之統計，以參考方法作為檢核部門方法正確性之輔助做法，並以兩種方法之統計結果差異於 5% 以內作為評估基準。2022 年我國燃料燃燒計算部門方法與參考方法之差距為 0.30%，低於 2006 IPCC 指南建議的 5.0% 差異值，詳見表 3.2.27。

表 3.2.27 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年 | 參考方法統計結果 (千公噸) (A) | 部門方法統計結果 (千公噸) (B) | 計算方法差異 (%) $C=(A/B)*100-100$ |
|------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1990 | 109,328 | 109,465 | -0.13% |
| 1991 | 118,873 | 118,443 | 0.36% |
| 1992 | 126,131 | 126,058 | 0.06% |
| 1993 | 138,301 | 135,206 | 2.29% |
| 1994 | 144,758 | 143,103 | 1.16% |
| 1995 | 152,161 | 150,810 | 0.90% |
| 1996 | 160,279 | 158,579 | 1.07% |
| 1997 | 173,644 | 170,835 | 1.64% |
| 1998 | 186,939 | 181,518 | 2.99% |
| 1999 | 194,180 | 190,446 | 1.96% |
| 2000 | 213,392 | 208,724 | 2.24% |

續下表

續上表

| 年 | 參考方法統計結果 (千公噸) (A) | 部門方法統計結果 (千公噸) (B) | 計算方法差異 (%) $C=(A/B) * 100 - 100$ |
|------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 2001 | 215,740 | 212,554 | 1.50% |
| 2002 | 225,858 | 220,123 | 2.61% |
| 2003 | 233,169 | 229,841 | 1.45% |
| 2004 | 244,699 | 239,929 | 1.99% |
| 2005 | 248,295 | 247,956 | 0.14% |
| 2006 | 257,042 | 255,330 | 0.67% |
| 2007 | 261,687 | 259,215 | 0.95% |
| 2008 | 248,494 | 247,537 | 0.39% |
| 2009 | 237,250 | 235,868 | 0.59% |
| 2010 | 254,715 | 251,708 | 1.19% |
| 2011 | 260,953 | 257,097 | 1.50% |
| 2012 | 255,792 | 253,201 | 1.02% |
| 2013 | 257,114 | 254,109 | 1.18% |
| 2014 | 261,582 | 258,480 | 1.20% |
| 2015 | 258,621 | 258,475 | 0.06% |
| 2016 | 264,583 | 262,982 | 0.61% |
| 2017 | 270,498 | 269,461 | 0.38% |
| 2018 | 267,575 | 267,209 | 0.14% |
| 2019 | 260,385 | 258,823 | 0.60% |
| 2020 | 256,282 | 257,433 | -0.45% |
| 2021 | 267,012 | 267,037 | -0.01% |
| 2022 | 258,725 | 257,958 | 0.30% |

備註：此表不包含甲烷及氧化亞氮之排放量。

3.2.7 國際運輸燃料

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，國際運輸燃料部分統計範疇包括國際航空與國際海運燃料使用的排放。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「國際航空」為國際航空；「國際海運」為國際海運。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

國際運輸 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 6,645 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 16,709 千公噸二氧化碳當量，2005 年減少至 14,027 千公噸二氧化碳當量，2010

年減少至 11,673 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 10,255 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少為 9,935 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 3.11%；排放占比以國際航空 54.50% 為高，國際海運則占 45.50%，詳見圖 3.2.32、圖 3.2.33 與表 3.2.29。

B. 甲烷

國際運輸 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 13 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 30 千公噸二氧化碳當量，2005 年則減少至 21 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少至 16 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 13.3 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 12.6 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 5.39%；排放占比以國際海運 91.56% 為最高，國際航空則占 8.44%，詳見圖 3.2.34、圖 3.2.35 與表 3.2.30。

C. 氧化亞氮

國際運輸 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 47 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 118 千公噸二氧化碳當量，2005 年則減少至 100 千公噸二氧化碳當量，2010 年

表 3.2.28 燃料燃燒排放源分類統計範疇 – 國際運輸燃料

| 排放源 | 範疇定義 |
|----------------|--|
| 1.A.3 運輸 | 所有運輸活動燃料燃燒之排放。 |
| 1.A.3.a 空運 | 包括起飛與著陸國際空運（服務業、私人、農業等）的排放，不包括 1.A.3.e 機場陸地運輸之排放，而且也不包括機場固定燃燒源的排放。 |
| 1.A.3.a.i 國際航空 | 關於國際航空燃料使用的排放。 |
| 1.A.3.d 水運 | 包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。 |
| 1.A.3.d.i 國際海運 | 包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。 |

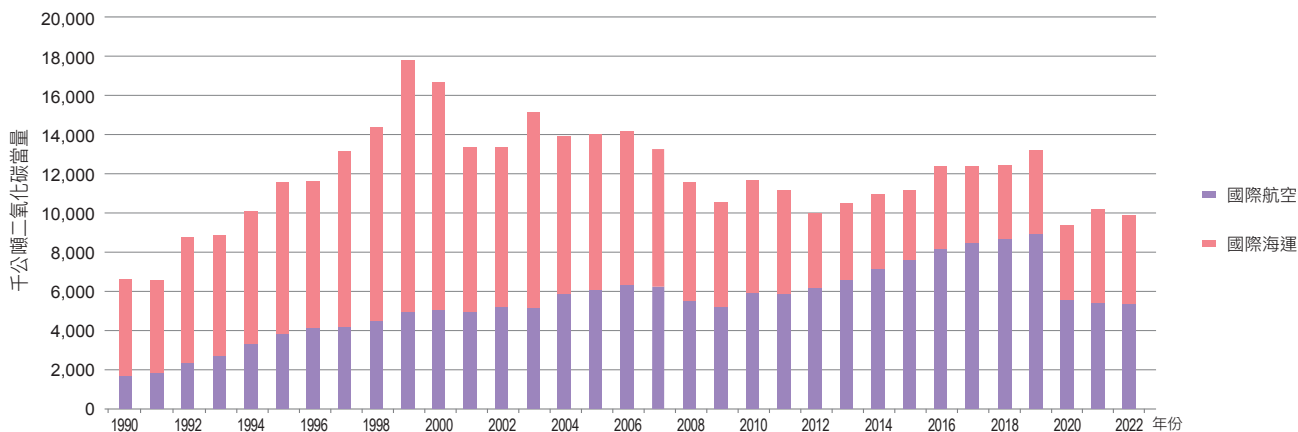


圖 3.2.32 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

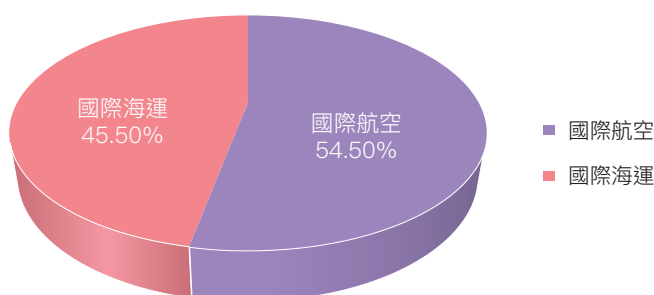


圖 3.2.33 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.29 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 6,645 | 6,604 | 8,802 | 8,877 | 10,113 | 11,574 | 11,619 | 13,179 | 14,392 | 17,819 | 16,709 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 1,701 | 1,927 | 2,376 | 2,749 | 3,375 | 3,879 | 4,146 | 4,289 | 4,558 | 5,035 | 5,094 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 4,944 | 4,678 | 6,426 | 6,128 | 6,739 | 7,695 | 7,473 | 8,890 | 9,835 | 12,784 | 11,615 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 13,354 | 13,361 | 15,155 | 13,965 | 14,027 | 14,169 | 13,272 | 11,565 | 10,564 | 11,673 | 11,168 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 4,982 | 5,249 | 5,177 | 5,909 | 6,120 | 6,372 | 6,295 | 5,556 | 5,251 | 5,925 | 5,910 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 8,372 | 8,112 | 9,979 | 8,056 | 7,906 | 7,798 | 6,977 | 6,009 | 5,313 | 5,748 | 5,258 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 10,025 | 10,536 | 10,972 | 11,198 | 12,411 | 12,437 | 12,507 | 13,190 | 9,444 | 10,255 | 9,935 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 6,212 | 6,586 | 7,184 | 7,652 | 8,225 | 8,526 | 8,713 | 9,006 | 5,588 | 5,459 | 5,415 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 3,813 | 3,950 | 3,788 | 3,545 | 4,187 | 3,911 | 3,794 | 4,183 | 3,855 | 4,796 | 4,521 |

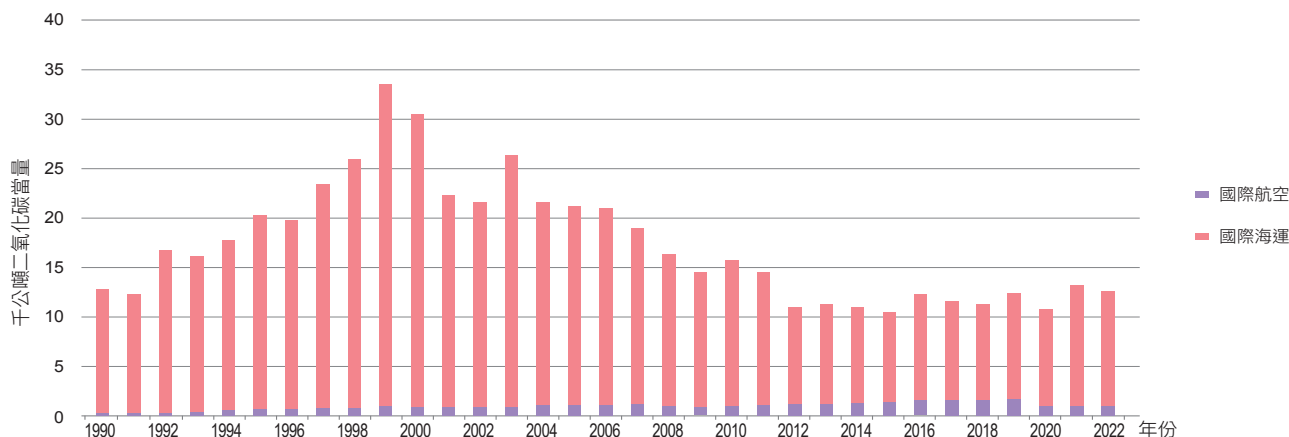


圖 3.2.34 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

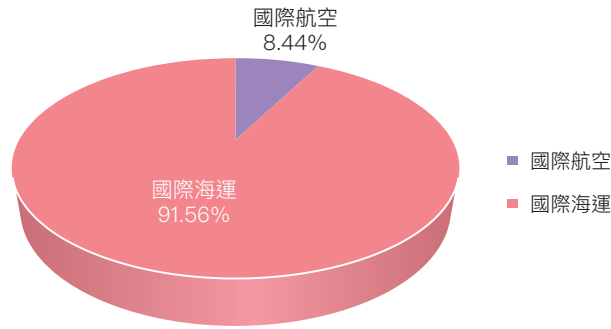


圖 3.2.35 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.30 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 13 | 12 | 17 | 16 | 18 | 20 | 20 | 23 | 26 | 33 | 30 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 13 | 12 | 16 | 16 | 17 | 20 | 19 | 23 | 25 | 32 | 29 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 22 | 22 | 26 | 22 | 21 | 21 | 19 | 16 | 15 | 16 | 15 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 21 | 21 | 25 | 20 | 20 | 20 | 18 | 15 | 14 | 15 | 13 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 11 | 12 | 11 | 13 | 13 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 10 | 10 | 10 | 9 | 11 | 10 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 |

減少至 83 千公噸二氧化碳當量，2021 年減少至 73 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 71 公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 3.04%；排放占比以國際航空 56.35% 最高，國際海運則為 43.65%，詳見圖 3.2.36、圖 3.2.37 與表 3.2.31。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.2.8 燃料的原料與非能源使用

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，非能源消費統計範疇包括工業、轉變及能源部門、運輸部門石化原料與其他等，現行燃料部分則包含固態、液態燃料為主。

2. 方法論議題

(1) 非能源使用燃料燃燒二氧化碳排放扣減量計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表之非能源消費統計數據。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

非能源使用燃料燃燒二氧化碳排放扣減量，1990 年為 13,766 千公噸二氧化碳當量，其後逐年增加至 2005 年達 48,427 千公噸二氧化碳當量，其後逐年互有增減，2021 年增加為 70,786 千公噸二氧化碳當量，2022 年減少至 60,055 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 15.16%，詳見圖 3.2.38 與表 3.2.32。

B. 甲烷

非能源使用燃料燃燒甲烷排放扣減量，1990 年為 16 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加至 2005 年為 56 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 82 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少為 70 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 14.96%，詳見圖 3.2.39 與表 3.2.33。

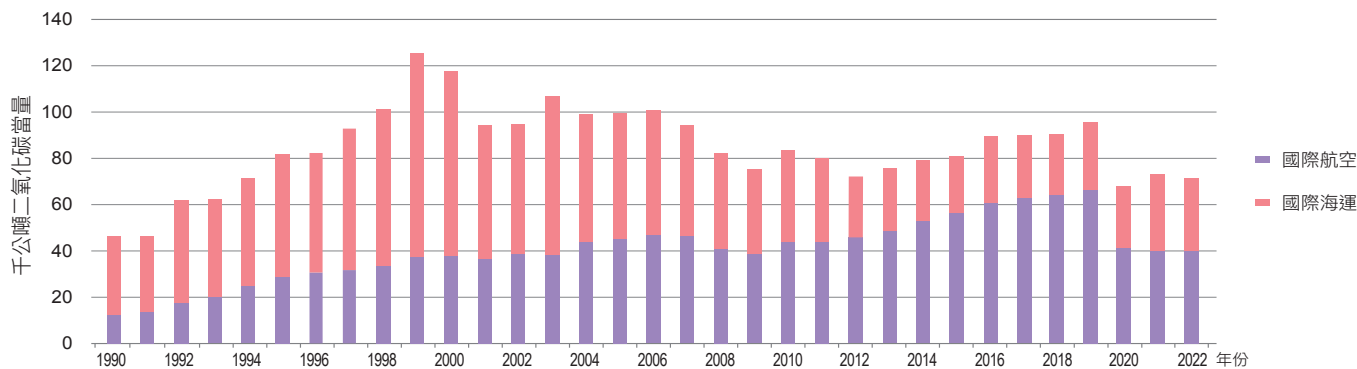


圖 3.2.36 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

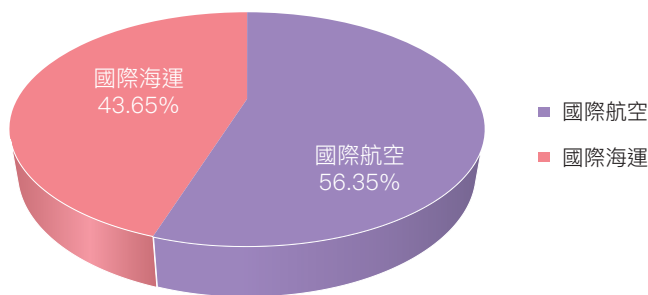


圖 3.2.37 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.31 1990 年至 2022 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 47 | 46 | 62 | 62 | 71 | 82 | 82 | 93 | 101 | 125 | 118 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 13 | 14 | 18 | 20 | 25 | 29 | 31 | 32 | 34 | 37 | 38 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 34 | 32 | 44 | 42 | 46 | 53 | 51 | 61 | 68 | 88 | 80 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 95 | 95 | 107 | 99 | 100 | 101 | 95 | 82 | 75 | 83 | 80 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 37 | 39 | 38 | 44 | 45 | 47 | 47 | 41 | 39 | 44 | 44 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 58 | 56 | 68 | 55 | 54 | 54 | 48 | 41 | 37 | 39 | 36 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.A.3 運輸 (國際運輸) | 72 | 76 | 79 | 81 | 90 | 90 | 91 | 96 | 68 | 73 | 71 |
| 1.A.3.a.i. 國際航空 | 46 | 49 | 53 | 57 | 61 | 63 | 65 | 67 | 41 | 40 | 40 |
| 1.A.3.d.i. 國際海運 | 26 | 27 | 26 | 24 | 29 | 27 | 26 | 29 | 27 | 33 | 31 |

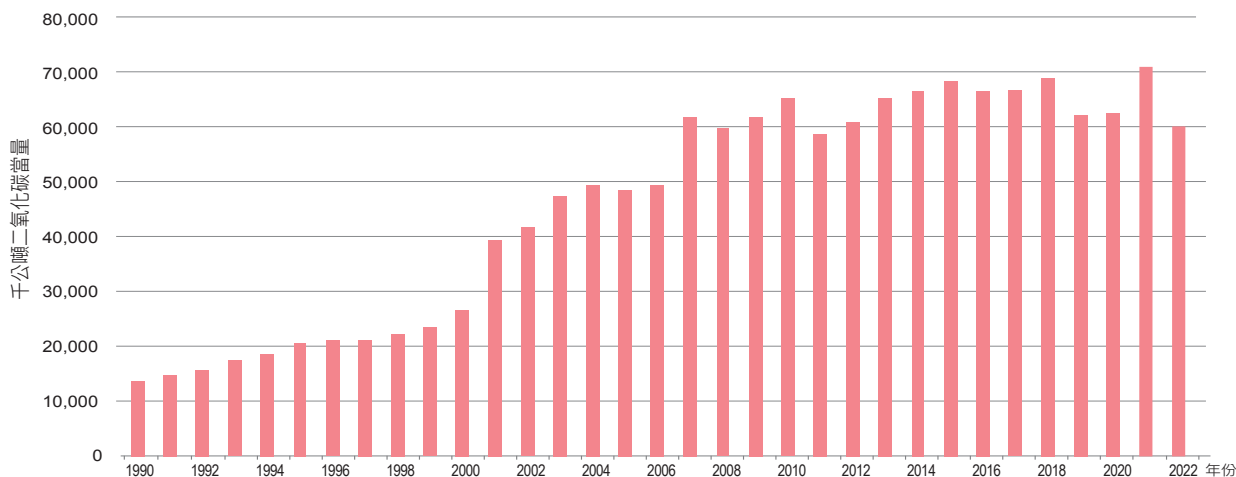


圖 3.2.38 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢

表 3.2.32 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 非能源消費 | 13,766 | 14,821 | 15,642 | 17,337 | 18,726 | 20,486 | 20,999 | 21,183 | 22,232 | 23,381 | 26,535 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 13,766 | 14,821 | 15,642 | 17,337 | 18,726 | 20,486 | 20,999 | 21,183 | 22,232 | 23,381 | 26,535 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 非能源消費 | 39,405 | 41,535 | 47,303 | 49,380 | 48,427 | 49,351 | 61,628 | 59,613 | 61,704 | 65,138 | 58,548 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 39,405 | 41,535 | 47,303 | 49,380 | 48,427 | 49,351 | 61,628 | 59,613 | 61,704 | 65,138 | 58,548 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 非能源消費 | 60,891 | 65,186 | 66,558 | 68,170 | 66,419 | 66,544 | 68,727 | 62,022 | 62,510 | 70,786 | 60,055 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 60,891 | 65,186 | 66,558 | 68,170 | 66,419 | 66,544 | 68,727 | 62,022 | 62,510 | 70,786 | 60,055 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

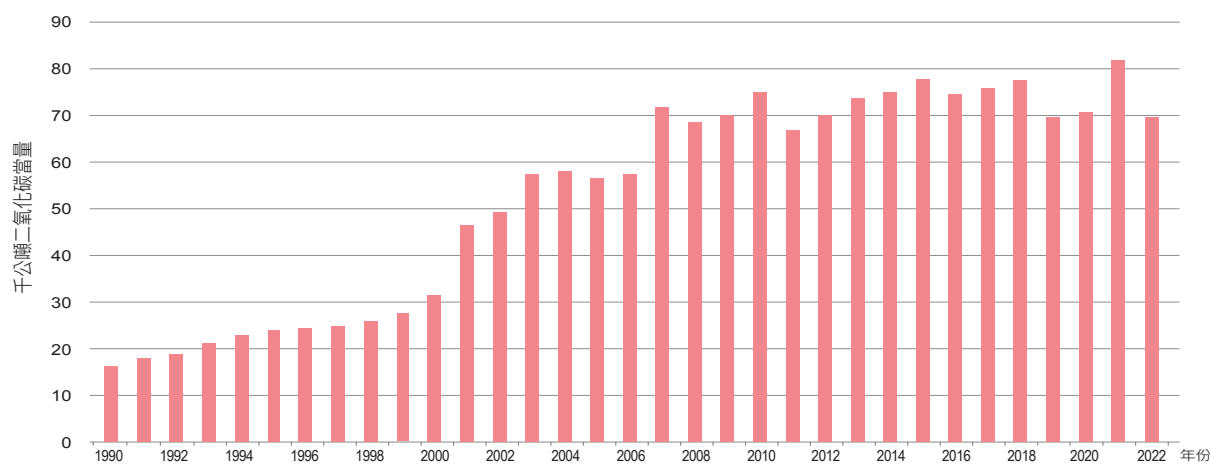


圖 3.2.39 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢

表 3.2.33 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 非能源消費 | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 32 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 16 | 18 | 19 | 21 | 23 | 24 | 24 | 25 | 26 | 27 | 32 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 非能源消費 | 46 | 49 | 57 | 58 | 56 | 57 | 72 | 69 | 70 | 75 | 67 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 46 | 49 | 57 | 58 | 56 | 57 | 72 | 69 | 70 | 75 | 67 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 非能源消費 | 70 | 74 | 75 | 78 | 74 | 76 | 78 | 70 | 71 | 82 | 70 |
| 工業、轉變及能源部門 (石化原料用) | 70 | 74 | 75 | 78 | 74 | 76 | 78 | 70 | 71 | 82 | 70 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

C. 氧化亞氮

非能源使用燃料燃燒氧化亞氮排放扣減量，1990 年為 30 千公噸二氧化碳當量，其後大致呈現增加趨勢，至 2005 年為 106 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 153 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 130 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 15.26%，詳見圖 3.2.40 與表 3.2.34。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.3 燃料逸散性排放 (1.B)

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，燃料逸散性排放指的是有意或無意的人為氣體排放，特別是來自於生產、製程、傳輸、儲存、及燃料的使用，亦包括非生產活動的燃燒排放，其排放源分類如表 3.3.1 所示。

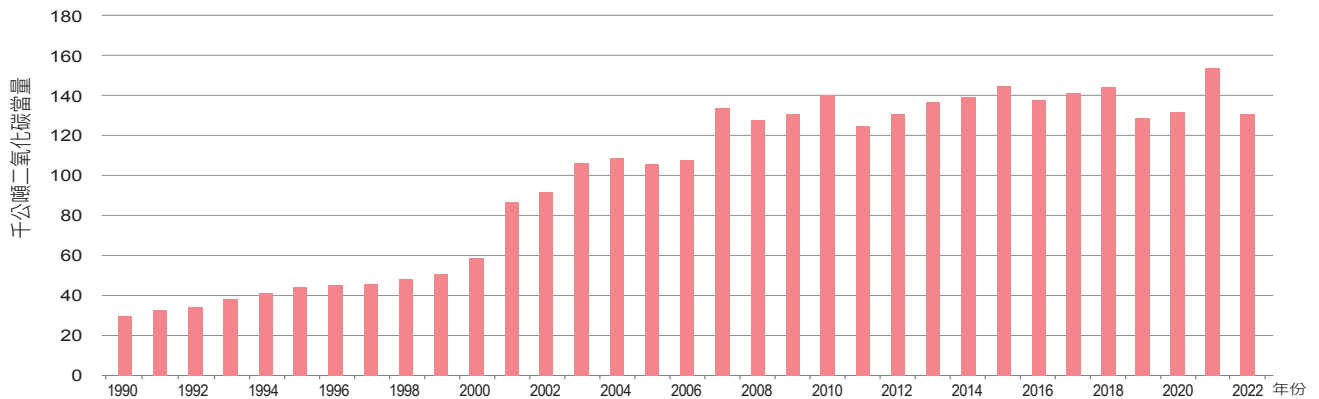


圖 3.2.40 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢

表 3.2.34 1990 年至 2022 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 非能源消費 | 30 | 33 | 34 | 38 | 41 | 44 | 45 | 45 | 48 | 51 | 58 |
| 工業、轉變及能源部門 | 30 | 33 | 34 | 38 | 41 | 44 | 45 | 45 | 48 | 51 | 58 |
| (石化原料用) | 14 | 14 | 14 | 16 | 24 | 26 | 27 | 29 | 27 | 28 | 33 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 非能源消費 | 86 | 92 | 106 | 108 | 106 | 107 | 133 | 127 | 130 | 140 | 124 |
| 工業、轉變及能源部門 | 86 | 92 | 106 | 108 | 106 | 107 | 133 | 127 | 130 | 140 | 124 |
| (石化原料用) | 68 | 68 | 76 | 84 | 80 | 82 | 104 | 106 | 112 | 119 | 103 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 非能源消費 | 130 | 136 | 139 | 144 | 137 | 141 | 143 | 128 | 131 | 153 | 130 |
| 工業、轉變及能源部門 | 130 | 136 | 139 | 144 | 137 | 141 | 143 | 128 | 131 | 153 | 130 |
| (石化原料用) | 110 | 117 | 119 | 125 | 119 | 121 | 123 | 111 | 115 | 134 | 112 |
| 運輸部門 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 其他 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 3.3.1 能源部門燃料逸散排放源分類

| 排放源 | 範疇定義 | 排放氣體 |
|-----------------------------|--|------|
| 1.B 燃料逸散排放 | 包括燃料開採、加工、儲存和運輸至最終消費前之直接和間接逸散。 | 甲烷 |
| 1.B.1 固體燃料 | 固體燃料開採、加工、儲存與運輸至最終消費前之直接和間接逸散。 | |
| 1.B.1.a. 煤炭開採與處理 | 所有煤炭活動產生的逸散排放。 | |
| 1.B.1.a.i. 地下煤礦 | 開採、開採後、廢棄礦坑和排水甲烷廢氣燃燒塔產生的逸散。 | |
| 1.B.1.a.i.1. 開採 | 自礦坑通風管和排氣系統排氣至大氣之煤層氣體 (seam gas) 逸散。 | |
| 1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放 | 煤炭開採後、運送至地表、加工、儲存與運輸產生之甲烷及二氧化碳逸散。 | |
| 1.B.1.a.i.3. 廢棄地下煤礦 | 廢棄地下礦坑產生之甲烷逸散。 | |
| 1.B.1.a.i.4. 甲烷燃燒或甲烷轉換成二氧化碳 | 廢氣燃燒塔燃燒甲烷，或經氧化過程轉換成二氧化碳。 | |
| 1.B.1.a.ii. 露天煤礦 | 露天煤礦開採產生之煤層氣逸散。 | |
| 1.B.1.a.ii.1. 開採 | 開採期間煤層破管、礦井地面和未開採露天礦脈之甲烷和二氧化碳逸散。 | |
| 1.B.1.a.ii.2. 開採後煤層氣排放 | 煤炭開採、加工、儲存和運輸之甲烷和二氧化碳逸散。 | |
| 1.B.1.b. 自燃與煤堆燃燒 | 煤炭開採過程中自燃之二氧化碳排放。 | |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 石油和天然氣開採、加工、儲存和運輸至最終消費前之直接和間接逸散。 | |
| 1.B.2.a. 石油 | 所有石油和天然氣活動產生的逸散排放，主要排放來源包括設備逸散洩漏、蒸發損失、排氣、噴焰燃燒與意外釋放等。 | |
| 1.B.2.a.i. 排氣 | 石油設備中伴生氣、廢氣及廢熱之逸散排放。 | |
| 1.B.2.a.ii. 噴焰燃燒 | 石油設備中燃燒天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。 | |
| 1.B.2.a.iii. 所有其他 | 石油設備中，洩漏、儲存損失、管線破裂、石井噴發、氣體移至井口排氣管、以及其他無法明確定義之任何其他氣體或蒸汽釋放等。 | |
| 1.B.2.a.iii.1. 探勘 | 石油鑽井、地層測試器試井和完井產生的逸散排放。 | |
| 1.B.2.a.iii.2. 生產和改質 | 石油生產過程之逸散排放，主要來自石油井口、油砂或頁岩油礦至石油運輸系統的起始處。 | |
| 1.B.2.a.iii.3. 運輸 | 包括煉油廠整體運輸系統（如管線、海洋油輪、油罐車和軌道車等）之相關逸散排放，主要來自儲存、補充、卸油及設備洩漏之蒸發逸散。 | |
| 1.B.2.a.iii.4. 精煉 | 原油煉製為石油產品整體過程之逸散排放。 | |
| 1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送 | 來自煉製為石油產品過程中運輸和配送之逸散排放，包括儲存、補充、卸載，以及設備洩漏之蒸發逸散。 | |
| 1.B.2.a.iii.6. 其他 | 未列入上述類別之石油系統（不含洩漏、噴焰燃燒）逸散排放，包括意外洩漏、廢油處理設備及油田廢棄物處理設備產生之逸散排放。 | |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 包括源自洩放、噴焰燃燒排放，以及與天然氣勘探、生產、加工、傳輸、儲存和配送的所有其他逸散來源產生的排放。 | |
| 1.B.2.b.i. 排氣 | 天然氣設備中天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。 | |
| 1.B.2.b.ii. 噴焰燃燒 | 天然氣設備中燃燒天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。 | |
| 1.B.2.b.iii. 所有其他 | 天然氣設備中，洩漏、儲存損失、管線破裂、石井噴發、氣體移至井口排氣管、以及其他無法明確定義之任何其他氣體或蒸汽釋放等。 | |
| 1.B.2.b.iii.1. 探勘 | 石油鑽井、地層測試器試井和完井產生的逸散排放。 | |
| 1.B.2.b.iii.2. 生產 | 氣井口輸送至氣體加工廠入口產生（不包括洩漏、噴焰燃燒），以及不需加工及輸送至氣體傳輸系統的連接點之逸散排放。包括氣井維修、氣體採集、處理、廢水及酸氣處理相關活動等逸散排放。 | |
| 1.B.2.b.iii.3. 加工 | 氣體加工設備之逸散排放（不包括洩漏、噴焰燃燒）。 | |
| 1.B.2.b.iii.4. 運輸和儲存 | 來自天然氣輸送分配系統（輸送至用戶端及天然氣分配系統），以及儲存之逸散排放。 | |
| 1.B.2.b.iii.5. 配送 | 天然氣配送至用戶端產生之逸散排放（不包括洩漏、噴焰燃燒）。 | |
| 1.B.2.b.iii.6. 其他 | 未列入上述類別之天然氣系統（不含洩漏、噴焰燃燒）逸散排放，包括氣井噴發或管線破裂產生之逸散排放。 | |
| 1.B.3 來自能源產品之其他排放 | 其他的溢散排放，例如地熱能生產、泥炭或其他不屬於 1.B.2 統計範疇之能源生產。 | 甲烷 |

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒溫室氣體排放計算方法與程序

依循 2006 IPCC 指南進行統計固體燃料、石油與天然氣於開採、處理、儲存、運輸等過程之逸散排放，並視資料

可及性，區分 2006 IPCC 指南方法 1、方法 2 與方法 3¹。惟有關使用端之燃料逸散，因已納入燃料燃燒排放統計，為避免重複計算，爰不予統計。

¹ 2006 IPCC 指南方法方法 3(Tier 3) 指能取得實際量測值或足夠估計數據；2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2) 指取得國家層級排放係數；2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 指皆無法取得上述數據，爰參採 2006 IPCC 指南預設排放係數進行計算。

A. 固體燃料

鑑於我國煤炭皆為地下煤礦，且受限無個別礦坑別排放係數與甲烷燃燒等資訊，爰 1990 年至 2000 年逸散排放參採 2006 IPCC 指南之方法 1 進行統計；另我國煤炭自 2000 年起即停止生產，爰 2001 年迄今無需進行統計。

(A) 開採前逸散排放量 (公噸二氧化碳當量 / 年) = 平均甲烷排放因子 (m³ / 公噸) × 地下煤炭產量 (公噸 / 年) × 轉換因子 (0.67 × 10⁻⁶ Ggm⁻³) × 溫暖化潛勢。

(B) 開採後逸散排放量 (公噸二氧化碳當量 / 年) = 平均甲烷排放因子 (m³ / 公噸) × 地下煤炭產量 (公噸 / 年) × 轉換因子 (0.67 × 10⁻⁶ Ggm⁻³) × 溫暖化潛勢。

B. 石油

按 2006 IPCC 指南建議，區分為排氣、噴燄燃燒、探勘、生產和改質、運輸、精煉、以及石油產品配送等範疇，其中「精煉」係指原油煉製至石油產品整個過程中之逸散排放，自 2005 年起援引溫室氣體盤查報告書屬逸散排放資料，即以 2006 IPCC 指南方法 3 進行補充統計，而 1990 年至 2004 年則依循 2006 IPCC 指南方法 1 進行統計；其餘統計範疇皆依循 2006 IPCC 指南方法 1 進行統計。

(A) 2006 IPCC 指南方法 1：活動數據 × 排放係數 × 溫暖化潛勢。

(B) 2006 IPCC 指南方法 3：引用「國家溫室氣體登錄平臺」之溫室氣體排放量盤查報告書數據進行統計「精煉」範疇之逸散排放量。

有關引用廠家「溫室氣體清冊」報告書之「表五：定量盤查」資料，基本篩選原則：

(A) 「排放源資料：屬逸散型式 (排除外購電力、固定、移動與製程等型式)」

(B) 「原燃物料或產品：原油、製程氣、廢氣 – 其他、廢氣 – 有機廢氣、製程氣、地塔逸散、高塔逸散、酸塔逸散與各種管線閥件等 (排除天然氣)」

(C) 「設備：管路設施、燃燒塔、管線閥件與燃氣管線等 (排除化糞池、各用途之冷凍與冷藏設備、消防設施、空冷設施與其他公用設施等)」

(D) 「製程：排除維修保養、化糞池、消防活動與冷媒補充等 (排除鍋爐發電程序等)」，但仍需視各廠申報內涵進行調整。

C. 天然氣

按 2006 IPCC 指南建議，區分為排氣、噴燄燃燒、探勘、生產、處理、運輸和儲存，以及配送等範疇，並依循 2006 IPCC 指南方法 1 進行統計，即活動數據 × 排放係數 × 溫暖化潛勢。

(2) 排放係數

燃料逸散排放計算引用之排放係數，係以 2006 IPCC 指南所公布係數為主，其中，固體燃料開採前平均甲烷排放因子為 18m³ / 公噸；開採後平均甲烷排放因子為 2.5m³ / 公噸。石油與天然氣逸散排放計算所引用排放係數如表 3.3.2、表 3.3.3 所示。

表 3.3.2 2006 IPCC 指南石油逸散排放係數

(單位：公噸 / 千立方公尺)

| 範疇 | 活動數據 | 2006 IPCC 指南方法選用 | 排放係數 | | |
|------------|-----------------|------------------|------------------------|--|------------------------|
| | | | 二氧化碳 | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| 排氣 | 原油：自產量 | 方法 1 | 9.5 × 10 ⁻⁵ | 7.2 × 10 ⁻⁴ | NA |
| 噴燄燃燒 | 原油：自產量 | 方法 1 | 4.1 × 10 ⁻² | 2.5 × 10 ⁻⁵ | 6.4 × 10 ⁻⁷ |
| 探勘 | - | 方法 1 | - | - | - |
| 生產和改質 | 原油：自產量 | 方法 1 | 1.8 × 10 ⁻³ | 1.801 × 10 ⁻³ (1.5 × 10 ⁻⁶ ~ 3.6 × 10 ⁻³) | NA |
| 運輸 | 原油：自產量 | 方法 1 | 4.9 × 10 ⁻⁷ | 5.4 × 10 ⁻⁶ | NA |
| 精煉 | 原油：自產量 | 方法 1 | ND | 2.18 × 10 ⁻⁵ (2.6 × 10 ⁻⁶ ~ 41.0 × 10 ⁻⁶) | ND |
| | 盤查資料 | 方法 3 | - | - | - |
| 石油產品配送 | | | | | |
| 汽油 | 汽油：最終消費 | 方法 1 | NA | NA | NA |
| 柴油 | 柴油：最終消費 | 方法 1 | NA | NA | NA |
| 航空燃油 – 汽油型 | 航空燃油 – 汽油型：最終消費 | 方法 1 | NA | NA | NA |
| 航空燃油 – 煤油型 | 航空燃油 – 煤油型：最終消費 | 方法 1 | NA | NA | NA |
| 其他 | - | 方法 1 | - | - | - |

資料來源：IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories CH₄: Fugitive Emissions, Table 4.2.4, 2006.

註：1. 括號內為 2006 IPCC 指南建議排放係數計算區間，本統計參採其計算區間之均值。

2. 精煉的 2006 IPCC 指南方法 3 直接引用廠家計算的年排放量。

3. 「-」表示無資料；NA(Not Applicable) 表示不適用；ND(Not Determined) 表示無法確定。

表 3.3.3 2006 IPCC 指南天然氣逸散排放係數

(單位：公噸 / 千立方公尺)

| 範疇 | 活動數據 | 2006 IPCC 指南方法選用 | 排放係數 | | |
|-------|------------------------------------|------------------|---|--|----------------------|
| | | | 二氧化碳 | 甲烷 | 氧化亞氮 |
| 排氣 | (自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量 | 方法 1 | - | - | - |
| 噴燄燃燒 | (自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量 | | 1.2×10^{-3} | 7.6×10^{-7} | 2.1×10^{-8} |
| 探勘 | - | - | - | - | - |
| 生產 | (自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量 | 方法 1 | 4.8×10^{-5} ($1.4 \times 10^{-5} \sim 8.2 \times 10^{-5}$) | 1.34×10^{-3} ($3.8 \times 10^{-4} \sim 2.3 \times 10^{-3}$) | NA |
| 處理 | (自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量 | | 2.35×10^{-4} ($1.5 \times 10^{-4} \sim 3.2 \times 10^{-4}$) | 7.55×10^{-4} ($4.8 \times 10^{-4} \sim 10.3 \times 10^{-4}$) | NA |
| 運輸與儲存 | (自產)天然氣+(進口)液化天然氣：轉變投入+能源部門自用+最終消費 | | 8.8×10^{-7} | 2.73×10^{-4} ($6.6 \times 10^{-5} \sim 4.8 \times 10^{-4}$) | NA |
| 配送 | 民營公司向中油公司購入 NG1 與 NG2 數量 | | 5.1×10^{-5} | 1.1×10^{-3} | ND |

 資料來源：IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories CH₄: Fugitive Emissions, Table 4.2.4, 2006.

註：1. 括號內為 2006 IPCC 指南建議排放係數計算區間，本統計參採其計算區間之均值。

2. 精煉的 2006 IPCC 指南方法 3 直接引用廠家計算的年排放量。

3. 「-」表示無資料；NA(Not Applicable)表示不適用；ND(Not Determined)表示無法確定。

(3) 活動數據

活動數據引用來源包括經濟部能源署公布之能源平衡表(原始單位)、天然氣業者申報之公用天然氣事業統計月報表、以及環境部「國家溫室氣體登錄平臺」之溫室氣體排放量盤查報告書。

(4) 燃料逸散溫室氣體排放統計結果

1990 年燃料逸散溫室氣體總排放量為 309 千公噸二氧

化碳當量，2000 年減少至 155 千公噸二氧化碳當量，2005 年微幅減少至 153 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年增加為 180 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 325 千公噸二氧化碳當量，2022 年則增加至 337 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 3.58%；占比方面，2022 年天然氣、石油逸散排放占比分別為 97.79%、2.21%，詳見表 3.3.4、圖 3.3.1、圖 3.3.2。

表 3.3.4 1990 年至 2022 年燃料逸散溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B. 燃料逸散 | 309 | 264 | 227 | 223 | 218 | 206 | 172 | 155 | 158 | 162 | 155 |
| 1.B.1 固體燃料 | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 127 | 109 | 98 | 97 | 108 | 115 | 115 | 117 | 128 | 126 | 124 |
| 1.B.2.a. 石油 | 35 | 28 | 24 | 25 | 25 | 28 | 29 | 28 | 30 | 30 | 30 |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 92 | 81 | 74 | 72 | 83 | 88 | 86 | 88 | 98 | 96 | 94 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.B. 燃料逸散 | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 136 | 148 | 178 | 197 | 153 | 148 | 155 | 159 | 157 | 180 | 197 |
| 1.B.2.a. 石油 | 32 | 34 | 37 | 40 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 105 | 114 | 141 | 156 | 149 | 146 | 153 | 156 | 154 | 178 | 196 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.B. 燃料逸散 | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 1.B.1 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2 石油和天然氣 | 216 | 228 | 238 | 254 | 267 | 284 | 288 | 288 | 302 | 325 | 337 |
| 1.B.2.a. 石油 | 2 | 11 | 9 | 10 | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 214 | 217 | 229 | 244 | 256 | 274 | 278 | 279 | 294 | 318 | 330 |

備註：NO (未生產)指我國該分類項目無生產或使用，如我國煤炭自 2001 年起停產。

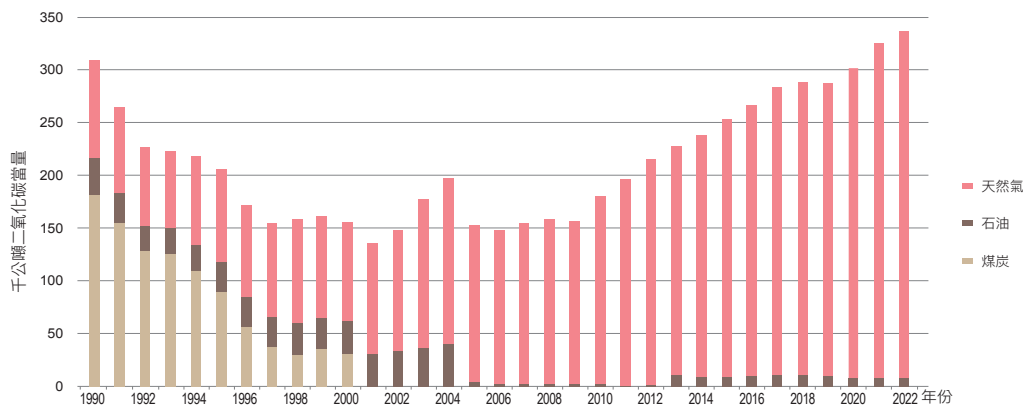


圖 3.3.1 1990 年至 2022 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

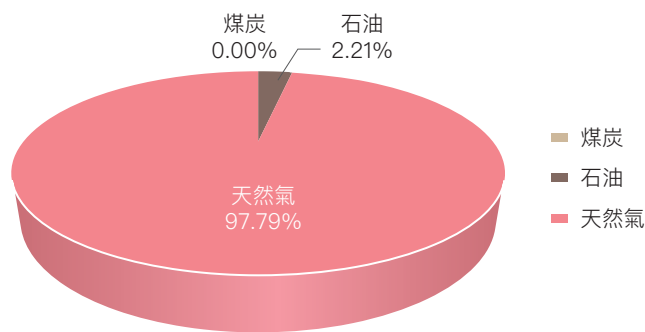


圖 3.3.2 2022 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放占比

A. 固體燃料

1990 年固體燃料逸散溫室氣體總排放量為 182 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續減少至 2000 年 32 千公噸二氧化碳當量，並自 2001 年起停產，2000 年排放占比分別為開採前 87.80%、開採後 12.20%，詳見圖 3.3.3、圖 3.3.4 與表 3.3.5。

B. 石油

1990 年石油逸散溫室氣體總排放量為 35 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少至 30 千公噸二氧化碳當量，2005 年減少至 4 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年則減少至 2 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 8 千公噸二氧化碳當量，2022 年則減少至 7 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 2.41%；排

放占比以精煉 97.17% 最高，其次依序為生產和改質 1.27%、噴燄燃燒 1.05%、排氣 0.51% 及運輸 0.004%，詳見圖 3.3.5、圖 3.3.6 與表 3.3.6。

C. 天然氣

1990 年天然氣逸散溫室氣體總排放量為 92 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 94 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 149 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年增加為 178 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 318 千公噸二氧化碳當量，2022 年則增加至 330 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 3.72%；排放占比以運輸與儲存 63.13% 最高，其次依序為配送 35.12%、生產 1.09%、處理 0.62% 及噴燄燃燒 0.04%，詳見圖 3.3.7、圖 3.3.8 與表 3.3.7。

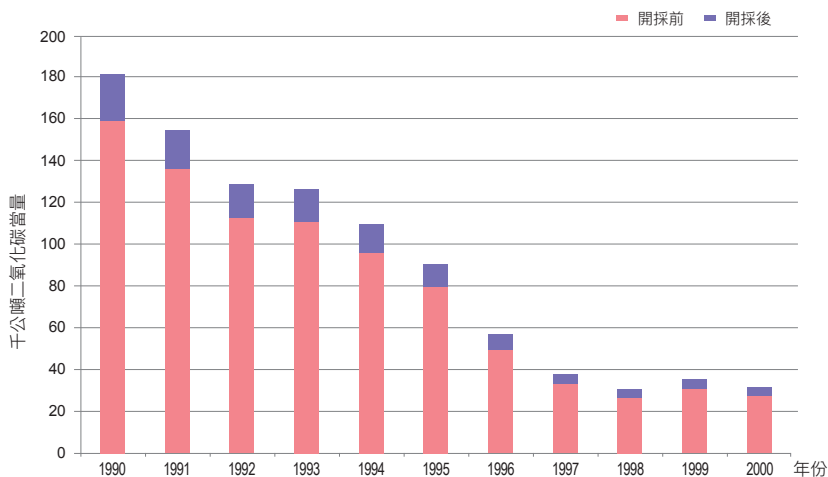


圖 3.3.3 1990 年至 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

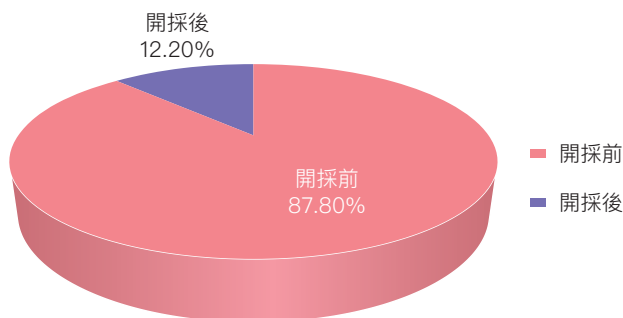


圖 3.3.4 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.5 1990 年至 2022 年固體燃料逸散溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B.1. 固體燃料 | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.1.a.i. 地下煤礦 | 182 | 155 | 129 | 126 | 110 | 90 | 57 | 38 | 30 | 35 | 32 |
| 1.B.1.a.i.1. 開採 | 159 | 136 | 113 | 111 | 96 | 79 | 50 | 33 | 27 | 31 | 28 |
| 1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放 | 22 | 19 | 16 | 15 | 13 | 11 | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.B.1. 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i. 地下煤礦 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i.1. 開採 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.B.1. 固體燃料 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i. 地下煤礦 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i.1. 開採 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如我國煤炭自 2001 年起停產。

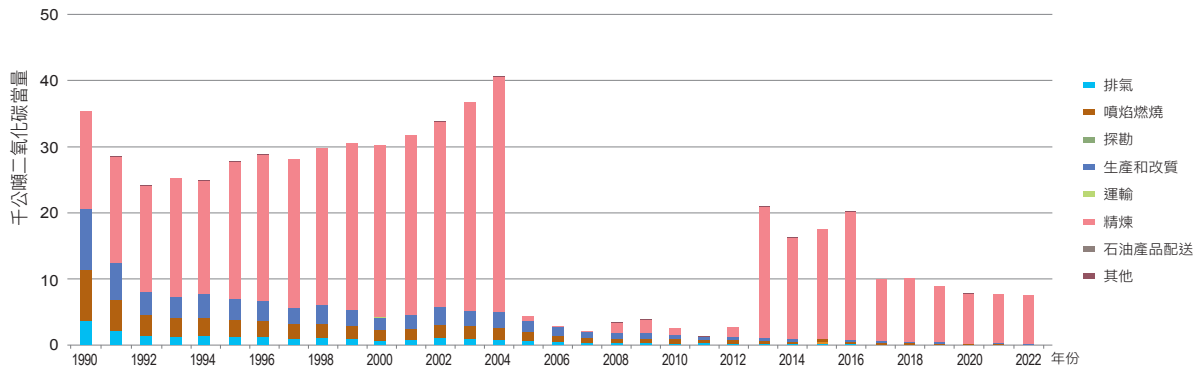


圖 3.3.5 1990 年至 2022 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢

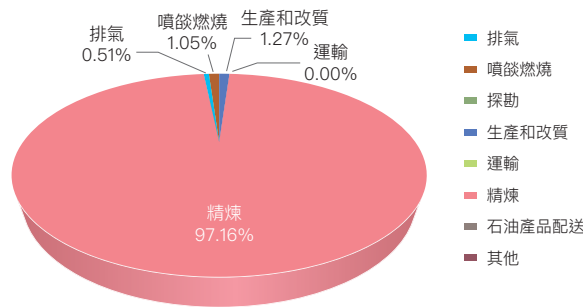


圖 3.3.6 2022 年石油逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.6 1990 年至 2022 年石油逸散溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B.2.a. 石油 | 35 | 28 | 24 | 25 | 25 | 28 | 29 | 28 | 30 | 30 | 30 |
| 1.B.2.a.i. 排氣 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.B.2.a.ii. 噴焰燃燒 | 8 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.B.2.a.iii. 所有其他 | 24 | 22 | 20 | 21 | 20 | 24 | 25 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 1.B.2.a.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.2. 生產和改質 | 9 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 1.B.2.a.iii.3. 運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.iii.4. 精煉 | 15 | 16 | 16 | 18 | 17 | 21 | 22 | 22 | 24 | 25 | 26 |
| 1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B.2.a. 石油 | 32 | 34 | 37 | 40 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 1.B.2.a.i. 排氣 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.ii. 噴焰燃燒 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1.B.2.a.iii. 所有其他 | 29 | 31 | 34 | 38 | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 1.B.2.a.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.2. 生產和改質 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.B.2.a.iii.3. 運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.iii.4. 精煉 | 27 | 28 | 31 | 35 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.B.2.a. 石油 | 2 | 11 | 9 | 10 | 11 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 7 |
| 1.B.2.a.i. 排氣 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.ii. 噴焰燃燒 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.iii. 所有其他 | 2 | 20 | 16 | 17 | 20 | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 7 |
| 1.B.2.a.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.2. 生產和改質 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.iii.3. 運輸 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.a.iii.4. 精煉 | 1 | 20 | 15 | 16 | 19 | 9 | 9 | 8 | 7 | 7 | 7 |
| 1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.a.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：1. 考量 1990 年起至 2004 年，因無法取得細部資料，參採 2006 IPCC 指南方法 1 進行計算；另配合我國盤查推動時程，自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即 2006 IPCC 指南方法 3。
2. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

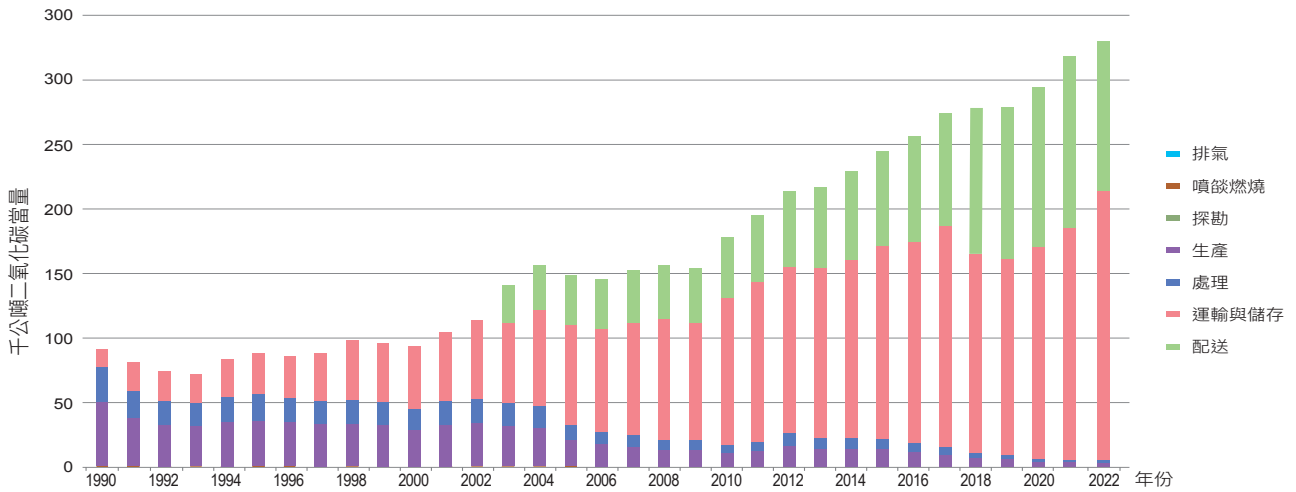


圖 3.3.7 1990 年至 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢

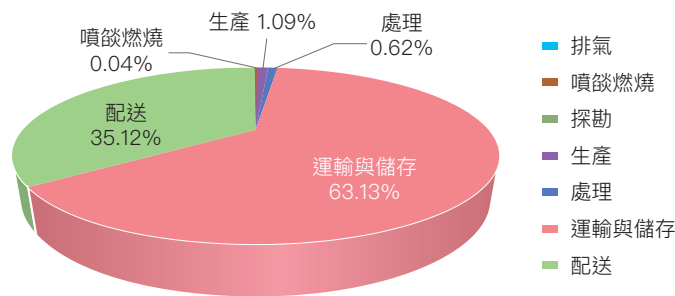


圖 3.3.8 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.7 1990 年至 2022 年天然氣逸散溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B.2.b. 天然氣 | 92 | 81 | 74 | 72 | 83 | 88 | 86 | 88 | 98 | 96 | 94 |
| 1.B.2.b.i. 排氣 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.ii. 噴燄燃燒 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.B.2.b.iii. 所有其他 | 90 | 80 | 73 | 71 | 82 | 86 | 85 | 87 | 97 | 95 | 93 |
| 1.B.2.b.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.iii.2. 生產 | 49 | 37 | 32 | 31 | 34 | 35 | 34 | 32 | 33 | 32 | 28 |
| 1.B.2.b.iii.3. 加工 | 28 | 21 | 18 | 18 | 19 | 20 | 19 | 18 | 19 | 18 | 16 |
| 1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存 | 14 | 22 | 23 | 22 | 29 | 31 | 32 | 37 | 45 | 45 | 49 |
| 1.B.2.b.iii.5. 配送 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 105 | 114 | 141 | 156 | 149 | 146 | 153 | 156 | 154 | 178 | 196 |
| 1.B.2.b.i. 排氣 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.ii. 噴燄燃燒 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.b.iii. 所有其他 | 104 | 113 | 140 | 155 | 148 | 145 | 152 | 156 | 154 | 178 | 195 |
| 1.B.2.b.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.iii.2. 生產 | 32 | 33 | 31 | 30 | 21 | 17 | 16 | 13 | 13 | 11 | 12 |
| 1.B.2.b.iii.3. 加工 | 18 | 19 | 18 | 17 | 12 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 7 |
| 1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存 | 54 | 61 | 62 | 74 | 78 | 80 | 87 | 94 | 91 | 114 | 124 |
| 1.B.2.b.iii.5. 配送 | NO | NO | 29 | 35 | 38 | 38 | 41 | 41 | 42 | 47 | 52 |
| 1.B.2.b.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 1.B.2.b. 天然氣 | 214 | 217 | 229 | 244 | 256 | 274 | 278 | 279 | 294 | 318 | 330 |
| 1.B.2.b.i. 排氣 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.ii. 噴燄燃燒 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1.B.2.b.iii. 所有其他 | 213 | 216 | 229 | 244 | 256 | 274 | 278 | 278 | 294 | 318 | 329 |
| 1.B.2.b.iii.1. 探勘 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.2.b.iii.2. 生產 | 17 | 14 | 14 | 14 | 12 | 10 | 7 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| 1.B.2.b.iii.3. 加工 | 9 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存 | 129 | 132 | 138 | 149 | 156 | 171 | 174 | 170 | 185 | 201 | 208 |
| 1.B.2.b.iii.5. 配送 | 58 | 62 | 68 | 73 | 81 | 87 | 93 | 98 | 102 | 110 | 116 |
| 1.B.2.b.iii.6. 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：1. 考量 1990 年起至 2004 年，因無法取得細部資料，參採 2006 IPCC 指南方法 1 進行計算；另配合我國盤查推動時程，自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即 2006 IPCC 指南方法 3。

2. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

(5) 排放係數

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

A. 分析方法

燃料逸散排放量不確定性分析係依循 2006 IPCC 指南規範進行統計，其不確定性主要來源包括活動數據、排放係數等參數，茲說明如下：

(A). 活動數據與排放係數不確定性：引用 2006 IPCC 指南建議之不確定性。

(B). 燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性，

$$U_f = \frac{\sqrt{\sum (F_m \times U_m)^2}}{\sum F_m}$$

U_f ：燃料逸散排放量不確定性 (%)；

F_m ：燃料別逸散排放量 (kg CO₂e)；

U_m ：燃料別逸散排放量不確定性 (%)；

$$a. \text{ 燃料別逸散排放量不確定性， } U_m = \frac{\sqrt{\sum (F_{m,n} \times U_{m,n})^2}}{\sum F_{m,n}}$$

$F_{m,n}$ ：燃料別逸散源排放量 (kg CO₂e)；

$U_{m,n}$ ：燃料別逸散源不確定性 (%)；

$$b. \text{ 燃料別逸散源不確定性， } U_{m,n} = \sqrt{\sum (U_{m,n,l})^2}$$

$U_{m,n,l}$ ：逸散源各範疇不確定性 (%)；

m ：燃料別包含固體燃料、石油與天然氣；

n ：為逸散源各範疇，包括固體燃料為地下煤礦、採掘後煤層氣排放；石油為排氣、噴燄燃燒、探勘、生產和濃縮、精煉、運輸、石油產品配送；天然氣為排氣、噴燄燃燒、探勘、生產、運輸與儲存、配送。

l ：分別為各燃料別各範疇之活動數據與排放係數。

B. 分析結果

2022 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析結果如表 3.3.8，整體不確定性為 140.85%。

(2) 時間序列的一致性

石油統計範疇之「精煉」逸散排放統計係以 2005 年為分界點，前後時間採用統計方法不同，考量 1990 年起至

表 3.3.8 2022 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析

| 燃料別 | 2022 年溫室氣體逸散排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 燃料別逸散排放量不確定性 (%) |
|----------------------|-----------------------------|------------------|
| 固體燃料 | - | - |
| 石油 | 7 | 3.69 |
| 天然氣 | 330 | 140.80 |
| 逸散排放量總計 | 337 | - |
| 燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性 (%) | | 140.85 |

2004 年，因無法取得細部資料，參採 2006 IPCC 指南方法 1 進行計算；另配合我國溫室氣體盤查推動時程（如 2005 年推動溫室氣體自願性盤查登錄，2012 年強制溫室氣體排放量申報法規與 2015 年氣候變遷因應法等），爰自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即 2006 IPCC 指南方法 3。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

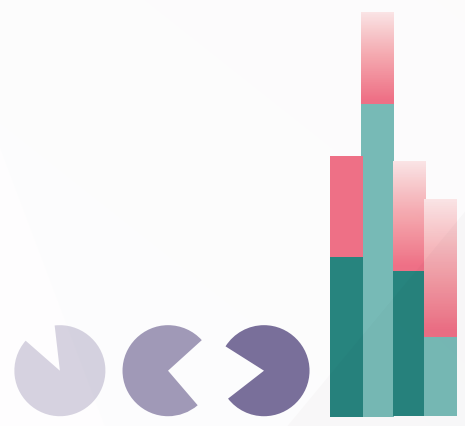
3.4 參考文獻

1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, 2006.
2. 行政院環境保護署（現為環境部），中華民國環境保護統計年報，2022。
3. 行政院環境保護署（現為環境部）國家溫室氣體登錄平臺。
4. 經濟部能源局（現為經濟部能源署），能源平衡表，2022。

第四章

工業製程及產品使用部門 (CRT Sector 2)

- 4.1 部門概述
- 4.2 礦業 (非金屬製程) (2.A)
- 4.3 化學工業 (2.B)
- 4.4 金屬工業 (2.C)
- 4.5 非能源產物燃料溶劑使用 (2.D)
- 4.6 電子工業 (2.E)
- 4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F)
- 4.8 其他產品之製造與使用 (2.G)
- 4.9 其他 (2.H)
- 4.10 參考文獻



第四章

工業製程及產品使用部門
(CRT Sector 2)

4.1 部門概述

依據 2006 IPCC 國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南), 我國工業製程及產品使用部門之溫室氣體排放, 各排放源產生之溫室氣體及排放源分類如表 4.1.1 所示, 計 2.A 「礦業 (非金屬工業)」、2.B 「化學工業」、2.C 「金屬工業」、2.D 「非能源產物燃料溶劑使用」、2.E 「電子工業」、2.F 「破壞臭氧層物質之替代品使用」、2.G 「其他產品之製造與使用」、2.H. 「其他」等八項分類, 估算二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化物 (Hydrofluorocarbons, HFCs)、全氟碳化物 (Perfluorocarbons, PFCs)、六氟化硫 (Sulfur Hexafluoride, SF₆)、三氟化氮 (Nitrogen Trifluoride, NF₃) 等七項溫室氣體種類, 方法學採用如表 4.1.2 所示。

2024 年度精進計畫針對我國工業製程與產品使用部門溫室氣體排放主要項目「水泥生產」製程排放, 水泥製程排

放統計方法學為 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2), 由水泥工業同業公會會員廠的水泥熟料生產量乘上環境部提供之預設排放係數, 以計算水泥生產製程排放。於 2023 年 5 月 25 日專家諮詢會議中, 因水泥工業同業公會反映國內業者近年已開始替代產生製程排放的原料, 建議從原使用環境部提供之預設排放係數改採用業者經查驗機構查證的排放係數, 故本年度水泥製程排放量計算, 統計方法學維持為 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2) 並由水泥工業同業公會會員廠的水泥熟料生產量乘上業者自廠發展排放係數。

另本年度針對 2.F.1 冷凍冷藏及空調之統計亦有執行精進計畫, 包含:

- (1) 考量我國家用空調除 R410A 機種, 自 2016 年起國內廠商陸續進口或製造 R32 機種, 經 2023 年 9 月 13 日召開之我國分離式 / 窗型 / 箱型空調 HFCs 排放清冊統計與精進專家諮詢會議 (專家合計占我國空調市占率超過 7 成) 檢視後, 自 2019 年起新增 R32 機種 (即納入冷媒替代轉

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門排放源分類

| 排放源分類 | | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFCs | PFCs | SF ₆ | NF ₃ | | |
|-------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|------|------|-----------------|-----------------|--|--|
| 2.A 礦業 (非金屬製程) | 2.A.1 水泥生產 | ○ | | | | | | | | |
| | 2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產 | 生石灰生產 | ○ | | | | | | | |
| | | 白雲石灰生產 | NO | | | | | | | |
| | 2.A.3 玻璃生產 | ○ | | | | | | | | |
| | 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | 製陶 | NA | | | | | | | |
| | | 其他蘇打粉 (純鹼) 使用 | ○ | | | | | | | |
| | | 其他 | 非冶鐵之氧化鎂生產 | NO | | | | | | |
| | | | 石灰石 白雲石 | ○ ○ | | | | | | |
| | 2.A.5 其他 | ○ | | | | | | | | |
| | | 玻璃纖維製品生產 | ○ | | | | | | | |
| 2.B 化學工業 | 2.B.1 氫生產 | NO | | | | | | | | |
| | 2.B.2 硝酸生產 | | | ○ | | | | | | |
| | 2.B.3 己二酸生產 | | | NO | | | | | | |
| | 2.B.4 己內醯胺、乙二酸、乙醛酸生產 | | | ○,NO | | | | | | |
| | 2.B.5 電石生產 | NO, ○ | NO | | | | | | | |
| | 2.B.6 二氧化鈦生產 | NO, ○ | | | | | | | | |
| | 2.B.7 碳酸鈉 (純鹼) (蘇打) 生產 | NO, ○ | | | | | | | | |
| | 2.B.8 石化及碳黑生產 | 甲醇 | NO, ○ | | | | | | | |
| | | 乙烯 | ○ | ○ | | | | | | |
| | | 氯乙烯 | ○ | ○ | | | | | | |
| | | 環氧乙烷 | ○ | ○ | | | | | | |
| | | 丙烯腈 | ○ | ○ | | | | | | |
| | | 碳煙 | ○ | ○ | | | | | | |
| 其他 | | | | | | | | | | |
| 2.B.9 含氟化物生產 | | | | IE,NO,○ | | | | | | |
| 2.B.10 其他 | | ○ | | | | | | | | |

續下表

續上表

| 排放源分類 | | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HFCs | PFCs | SF ₆ | NF ₃ | |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------|-------|-----------------|-----------------|--|
| 2.C 金屬工業 | 2.C.1 鐵及鋼生產 | 高爐鋼胚 | ○ | ○ | ○ | | | | |
| | | 電弧爐鋼胚 | ○ | | | | | | |
| | 2.C.2. 鐵合金生產 | | ○ | ○ | | | | | |
| | 2.C.3. 原鋁生產 | | NO | | | | | | |
| | 2.C.4. 鎂生產 | | | | | | | ○ | |
| | 2.C.5. 鉛生產 | | NE, ○ | | | | | | |
| 2.C.6. 鋅生產 | | NE, ○ | | | | | | | |
| 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | 2.D.1 合成潤滑油使用 | | ○, NO | | | | | | |
| | 2.D.2 石臘使用 | | ○ | | | | | | |
| | 2.D.3 溶劑使用 | | | | | | | | |
| | 2.D.4 其他 | 印刷油墨化學原料製造 | | | | | | | |
| | | 塗料化學製造程序 | | | | | | | |
| | | 製鞋業 | | | | | | | |
| 纖維織物印染業使用 | | | | | | | | | |
| 印刷電路板製造程序 | | | | | | | | | |
| 2.E 電子工業 | 2.E.1 積體電路或半導體 | | | | NE, ○ | NE, ○ | NE, ○ | NE, ○ | |
| | 2.E.2 TFT 平面顯示器 | | | | NE, ○ | | ○ | ○ | |
| | 2.E.3 光電(太陽能板) | | | | | NE | NE | NE | |
| | 2.E.4 熱傳流體 | | NA | | | | | | |
| | 2.E.5 其他 | | NA | | | | | | |
| 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 2.F.1 冷凍及空調 | 冷凍及固定式空調 | | | NE, ○ | | | | |
| | | 移動式空調 | | | NE, ○ | | | | |
| | 2.F.2 發泡劑 | | | | | NE | | | |
| | 2.F.3 滅火劑 | | | | | ○ | | | |
| | 2.F.4 空氣微粒 | | | | | NE | | | |
| | 2.F.5 溶劑 | | | | | NE | | | |
| 2.F.6 其他應用 | | | | | | | | | |
| 2.G 其他產品之製造與使用 | 2.G.1 電子設備 | | | | | | IE | IE | |
| | 2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | | | | | | IE, ○ | IE, ○ | |
| | 2.G.3 使用 N ₂ O 之產品 | | NE | | | | NE | NE | |
| | 2.G.4 其他 | | | | | | NE | NE | |
| 2.H 其他 | 2.H.1 食品及飲料工業 | 啤酒 | ○ | | | | | | |
| | | 肉、魚及家禽 | | | | | | | |
| | | 砂糖 | | | | | | | |
| | | 植物油及動物油 | | | | | | | |
| | | 動物飼料 | | | | | | | |

備註：1. 本表僅針對聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南) 建議統計分類中, 其溫室氣體排放種類屬規範之七類氣體進行呈現, 並於各小節中詳細說明該分類製程、計算方法、及採用係數等; 其他雖屬指南建議統計分類, 如硫酸、溶劑使用等 12 項, 其排放溫室氣體種類因屬非甲烷揮發性有機物 (Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOCs)、二氧化硫 (Sulphur Dioxide, SO₂) 等無法轉換或未受規範之溫室氣體, 無法納入溫室氣體排放統計結果, 故暫不進行呈現及說明。

2. 表格內容標示說明：

- 灰底：指南未建議納入統計該氣體；
- ○：已納入統計該氣體；
- NO：我國該分類項目無生產或使用，如停產；
- IE：該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目；
- NE：未調查估計該分類項目。
- NA：不適用，該分類被認為從未發生相關排放。

3. 部分項目標註兩項，表示 1990 年至 2020 年期間分類統計項目狀態改變，如因純鹼生產所產生之二氧化碳，於 2000 年停產後便無排放量，故標註為“○,NO”。

表 4.1.2 工業製程及產品使用部門所使用方法學

| 溫室氣體排放源分類 | | CO ₂ | | CH ₄ | | N ₂ O | | HFCs | | PFCs | | SF ₆ | | NF ₃ | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|------|-----------------|------|------------------|------|------|------|------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| 中分類 | 細分類 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 |
| 2.A 礦業 (非金屬工業) | 水泥生產 | T2 | D | | | | | | | | | | | | |
| | 石灰(氧化鈣)生產 | T1 | CS | | | | | | | | | | | | |
| | 玻璃生產 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| | 純鹼使用 | T1 | CS | | | | | | | | | | | | |
| | 石灰石使用 | T1 | CS | | | | | | | | | | | | |
| | 白雲石使用 | T1 | CS | | | | | | | | | | | | |
| | 玻璃纖維 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| 2.B 化學工業 | 硝酸生產 | | | | | T1 | CS | | | | | | | | |
| | 己內醯胺生產 | T3 | NE | | | | | | | | | | | | |
| | 二氧化鈦生產 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| | 乙烯生產 | T1 | CS | T1 | CS | | | | | | | | | | |
| | 氯乙烯生產 | T1 | D | T1 | D | | | | | | | | | | |
| | 環氧乙烷生產 | T3 | NE | | | | | | | | | | | | |
| | 丙烯腈 | T1 | D | T1 | D | | | | | | | | | | |
| | 碳煙生產 | T1 | D | T1 | D | | | | | | | | | | |
| | 苯乙烯生產 | | | T1 | CS | | | | | | | | | | |
| 2.C 金屬工業 | 鋼胚(高爐) | T3 | NE | | | | | | | | | | | | |
| | 鋼胚(電爐) | T3 | NE | | | | | | | | | | | | |
| | 鐵合金生產 | T1 | CS | T1 | D | | | | | | | | | | |
| | 鎂生產 | NO | NO | | | | | | | | | T2 | CS | | |
| | 鉛生產 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| | 鋅生產 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| 2.D 非能源產 物燃料溶劑使 用 | 合成潤滑劑使用 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| | 石蠟使用 | T1 | D | | | | | | | | | | | | |
| 2.E 電子工業 | 積體電路或半導體 | | | | | T2 | D | T2 | D | T2 | D | T2 | D | T2 | D |
| | TFT 平面顯示器 | | | | | T2 | D | T2 | D | T2 | D | T2 | D | T2 | D |
| 2.F 破壞臭氧 層物質之替代 品使用 | 冷凍及固定式空調 | | | | | | | T3 | NE | | | | | | |
| | 移動式空調 | | | | | | | T3 | NE | | | | | | |
| | 滅火藥劑 | | | | | | | T3 | NE | | | | | | |
| 2.G 其他產品 之製造與使用 | 電力設備中的 SF ₆ 和 PFCs 排放 | | | | | | | | | | | T3 | NE | | |
| 2.H 其他 | 啤酒生產 | T1 | CS | | | | | | | | | | | | |

備註：2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1)；2006 IPCC 指南方法 2(Tier2, T2)；2006 IPCC 指南方法 3(Tier3, T3)；IPCC 指南預設方法(IPCC default, D)，國家特定方法(country specific, CS)；NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計；NO(未生產)指我國該分類項目無生產或使用，如停產；灰底為指南未建議納入統計該氣體。

化率)，另統計方法論則依 2006 IPCC 指南計算設備製造、運轉及棄置階段的排放量；

(2) 依 2022 年 3 月 9 日召開之我國 HFCs 排放量統計與未來精進專家諮詢會議及 2023 年 9 月 13 日召開之我國中央空調 HFCs 排放清冊統計專家諮詢會議結論新增冰水機計算範疇；

(3) 車用空調活動數據由機動車輛登記數修正為新車領牌數。依重新計算後的結果顯示，2.F.1 冷凍冷藏及空調排放量为 1,387 千公噸二氧化碳當量，較重新計算前增加 162%。

我國 2022 年工業製程及產品使用部門排放量約 20,240 千公噸二氧化碳當量，主要排放為二氧化碳(占 72.97%)，

其次為氫氟碳化物(占 7.68%)、氧化亞氮(占 7.54%)、全氟碳化物(占 6.2%)、六氟化硫(占 3.26%)、三氟化氮(占 2.25%)以及甲烷(占 0.12%)，如圖 4.1.1 所示；若以排放源類別區分，主要排放源為金屬工業占 34.82%、礦業(非金屬工業)占 31.94%，如圖 4.1.2 所示。

1990 年至 2022 年工業製程部門排放量如表 4.1.3、圖 4.1.3 及圖 4.1.4 所示，2022 年溫室氣體排放量相較 2021 年減少約 1,899 千公噸二氧化碳當量，約減少 8.58%，其中化學工業較去年約減少 29.83%，電子工業約減少 18.88%。

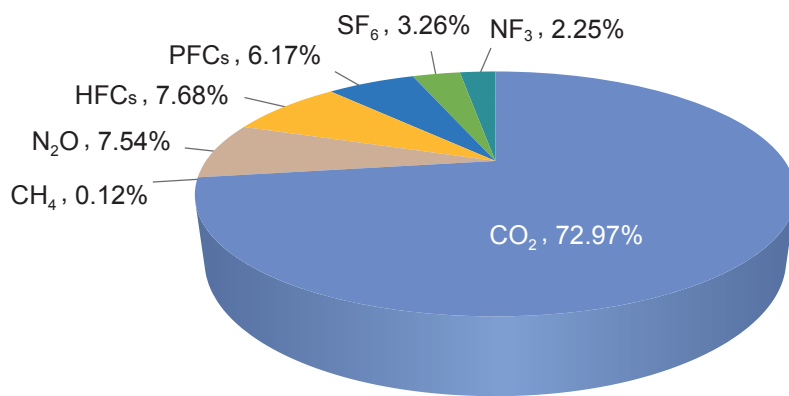


圖 4.1.1 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

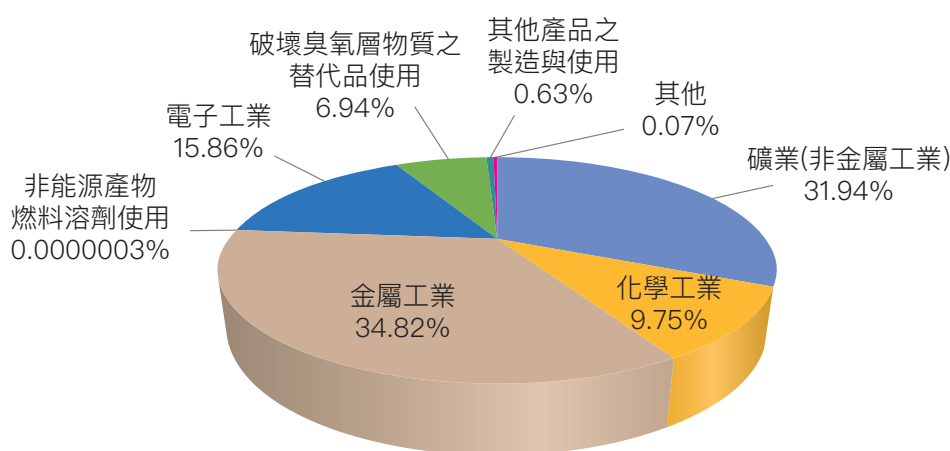


圖 4.1.2 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 2.A | 2.B | 2.C | 2.D | 2.E | 2.F | 2.G | 2.H | 合計 | 不確定性 (%) |
|------|------------|-------|-------|-------------|-------|---------------|------------|-----|--------|----------|
| | 礦業 (非金屬製程) | 化學工業 | 金屬製程 | 非能源產物燃料溶劑使用 | 電子工業 | 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 其他產品之製造與使用 | 其他 | | |
| 1990 | 10,683 | 728 | 3,276 | 0.00006 | NE | NE | IE | 23 | 14,710 | 8.36 |
| 1991 | 10,698 | 869 | 3,737 | 0.00006 | NE | NE | IE | 23 | 15,328 | 8.26 |
| 1992 | 11,854 | 870 | 3,476 | 0.00006 | NE | NE | IE | 23 | 16,222 | 8.04 |
| 1993 | 13,879 | 1,525 | 3,889 | 0.00007 | NE | NE | IE | 24 | 19,316 | 7.74 |
| 1994 | 13,259 | 1,777 | 3,775 | 0.00009 | NE | NE | IE | 23 | 18,834 | 7.66 |
| 1995 | 12,766 | 1,846 | 3,885 | 0.00008 | NE | 8 | IE | 21 | 18,526 | 7.71 |
| 1996 | 12,645 | 2,409 | 4,014 | 0.00008 | NE | 26 | IE | 20 | 19,114 | 7.53 |
| 1997 | 13,394 | 2,608 | 5,046 | 0.00008 | NE | 46 | IE | 19 | 21,113 | 7.76 |
| 1998 | 11,564 | 3,103 | 5,818 | 0.00009 | NE | 67 | IE | 22 | 20,574 | 8.37 |
| 1999 | 10,746 | 2,717 | 5,333 | 0.00009 | 132 | 89 | IE | 21 | 19,038 | 8.44 |
| 2000 | 10,486 | 3,661 | 5,734 | 0.00008 | 145 | 112 | IE | 20 | 20,158 | 8.42 |
| 2001 | 9,974 | 4,038 | 4,960 | 0.00007 | 3,696 | 136 | IE | 20 | 22,824 | 5.18 |
| 2002 | 10,648 | 3,802 | 5,106 | 0.00008 | 5,159 | 160 | 2,003 | 18 | 26,897 | 4.79 |
| 2003 | 10,341 | 3,770 | 6,409 | 0.00009 | 5,827 | 187 | 2,003 | 18 | 28,555 | 4.45 |
| 2004 | 10,691 | 3,691 | 6,496 | 0.00011 | 6,453 | 205 | 2,116 | 19 | 29,672 | 4.39 |
| 2005 | 11,257 | 2,625 | 6,112 | 0.00010 | 6,474 | 219 | 1,549 | 20 | 28,257 | 4.43 |
| 2006 | 11,014 | 2,602 | 8,390 | 0.00007 | 6,853 | 233 | 794 | 21 | 29,906 | 4.17 |
| 2007 | 10,369 | 2,756 | 8,276 | 0.00007 | 6,494 | 236 | 982 | 20 | 29,135 | 4.06 |
| 2008 | 9,289 | 2,322 | 7,883 | 0.00007 | 4,584 | 235 | 923 | 20 | 25,256 | 3.95 |
| 2009 | 8,467 | 2,522 | 6,631 | 0.00006 | 4,109 | 233 | 724 | 21 | 22,709 | 4.03 |
| 2010 | 8,616 | 2,843 | 7,964 | 0.00005 | 4,565 | 226 | 245 | 20 | 24,481 | 3.95 |

續下表

續上表

| 年份 | 2.A | 2.B | 2.C | 2.D | 2.E | 2.F | 2.G | 2.H | 合計 | 不確定性 (%) |
|------|------------|-------|-------|-------------|-------|---------------|------------|-----|--------|----------|
| | 礦業 (非金屬製程) | 化學工業 | 金屬製程 | 非能源產物燃料溶劑使用 | 電子工業 | 破壞臭氧層物質之替代品使用 | 其他產品之製造與使用 | 其他 | | |
| 2011 | 9,577 | 2,823 | 7,672 | 0.00004 | 4,410 | 229 | 260 | 20 | 24,991 | 3.97 |
| 2012 | 9,333 | 2,643 | 8,332 | 0.00004 | 3,821 | 294 | 201 | 21 | 24,646 | 4.10 |
| 2013 | 9,866 | 2,471 | 8,009 | 0.00005 | 4,718 | 361 | 165 | 19 | 25,609 | 2.94 |
| 2014 | 8,728 | 2,560 | 7,130 | 0.00006 | 4,594 | 431 | 150 | 19 | 23,613 | 3.02 |
| 2015 | 8,345 | 2,486 | 7,089 | 0.00010 | 4,174 | 508 | 132 | 20 | 22,753 | 5.69 |
| 2016 | 7,108 | 2,644 | 7,734 | 0.00008 | 3,968 | 597 | 85 | 19 | 22,156 | 5.77 |
| 2017 | 6,262 | 2,728 | 7,694 | 0.00007 | 3,941 | 725 | 81 | 20 | 21,451 | 5.53 |
| 2018 | 6,403 | 2,701 | 7,997 | 0.00006 | 4,022 | 875 | 154 | 19 | 22,170 | 5.25 |
| 2019 | 6,501 | 2,523 | 6,751 | 0.00006 | 3,630 | 1,012 | 113 | 17 | 20,547 | 5.39 |
| 2020 | 6,561 | 2,119 | 5,907 | 0.00006 | 3,886 | 1,143 | 137 | 18 | 19,771 | 5.44 |
| 2021 | 6,828 | 2,812 | 7,153 | 0.00007 | 3,956 | 1,273 | 103 | 15 | 22,140 | 4.88 |
| 2022 | 6,464 | 1,974 | 7,047 | 0.00006 | 3,209 | 1,405 | 127 | 15 | 20,240 | 4.58 |

備註：1. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。
 2. IE (已估計) 指該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目。

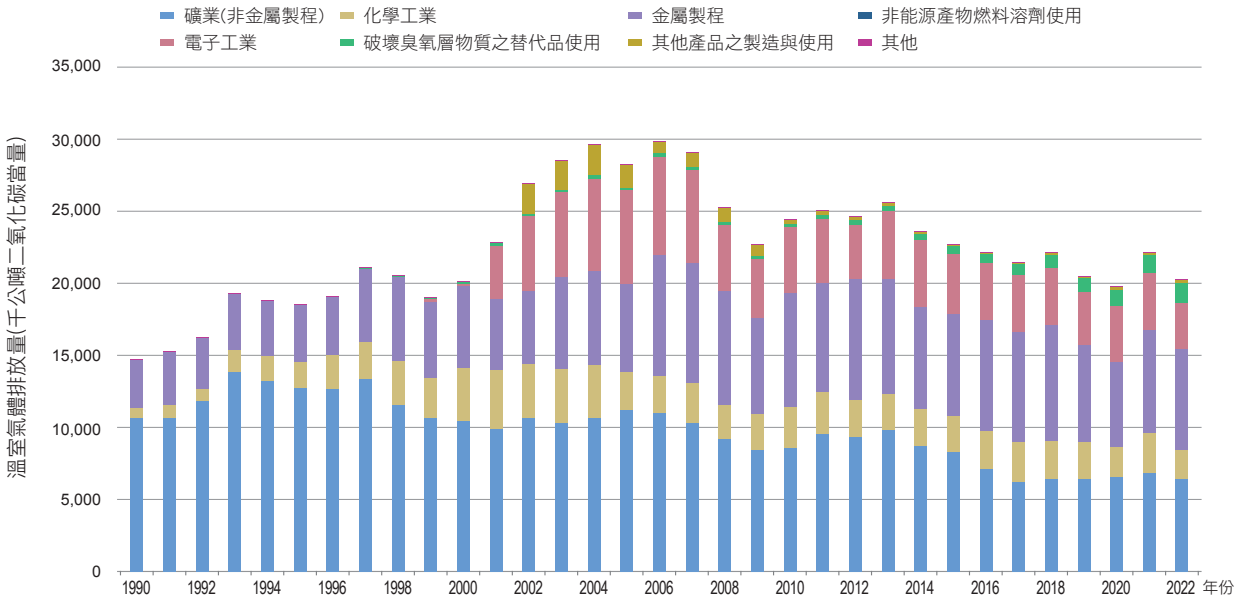


圖 4.1.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依類別)

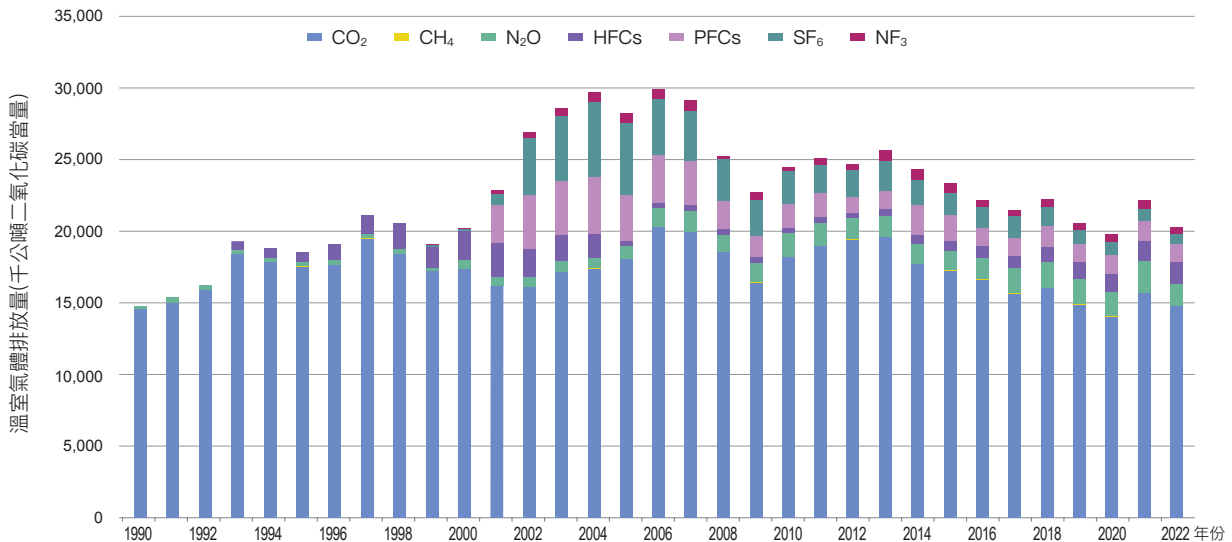


圖 4.1.4 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依氣體)

4.2 礦業 (非金屬工業) (2.A)

2.A「礦業(非金屬工業)」為工業製程及產品部門之高排放源(約三成),過去十年占比介於30%-40%之間,其中又以2.A.1「水泥生產」排放量最高,主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2022年礦業(非金屬工業)排放量約6,464千公噸二氧化碳當量,約占工業製程及產品使用部門31.94%,較2021年減少約364千公噸二氧化碳當量,係因製程排放之二氧化碳排放量減少所致,1990年至2022年排放量如表4.2.1及圖4.2.1所示。

4.2.1 水泥生產 (2.A.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查水泥生產過程所產生之二氧化碳,製程係以石灰石為主要原料,加入黏土、矽砂、鐵渣等副原料混合研磨製成生料,再將生料送入旋窯煅燒及燒結生成熟料,熟料與適量石膏、礦物摻料研磨後製成水泥成品,其中二氧化碳的排放主要來自煅燒過程的石灰石分解。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

A.1990年至1993年

此段期間因部分工廠歇業無法取得熟料數據,參照2006 IPCC 指南方法1(Tier 1),以水泥生產量及熟料進出口量推算熟料生產量,再透過排放係數計算二氧化碳排放量。1990年至1993年國內生產水泥類型多為卜特蘭I型,水泥中熟料含量約占95%,計算方法如公式4.2.1所示。

公式 4.2.1：

二氧化碳排放量

$$= \left\{ \sum_i (\text{國內業者生產 } i \text{ 型水泥重量} \times i \text{ 型水泥的熟料比例}) \right\} \times i \text{ 類水泥中熟料的排放係數}$$

表 4.2.1 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2.A.1 水泥生產 | 9,093 | 9,535 | 10,333 | 11,676 | 11,129 | 10,930 | 10,611 | 10,644 | 9,975 | 9,262 | 8,824 |
| 2.A.2 石灰(氧化鈣)生產 | 286 | 317 | 362 | 350 | 346 | 337 | 413 | 422 | 430 | 359 | 364 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 9 | 9 | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 |
| 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | 1,290 | 833 | 1,141 | 1,832 | 1,759 | 1,471 | 1,592 | 2,292 | 1,122 | 1,086 | 1,252 |
| 2.A.4.a 製陶 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.A.4.b 其他蘇打粉(純鹼)使用 | 99 | 98 | 102 | 104 | 123 | 121 | 119 | 122 | 119 | 122 | 125 |
| 2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.A.4.d 其他 | 1,192 | 735 | 1,038 | 1,728 | 1,636 | 1,350 | 1,474 | 2,170 | 1,004 | 964 | 1,127 |
| 2.A.5 其他 | 4 | 4 | 7 | 9 | 12 | 15 | 17 | 23 | 26 | 27 | 34 |
| 2.A 總計 | 10,683 | 10,698 | 11,854 | 13,879 | 13,259 | 12,766 | 12,645 | 13,394 | 11,564 | 10,746 | 10,486 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.1 水泥生產 | 9,086 | 9,774 | 9,313 | 9,546 | 9,977 | 9,812 | 9,484 | 8,504 | 7,865 | 8,105 | 8,512 |
| 2.A.2 石灰(氧化鈣)生產 | 323 | 356 | 367 | 348 | 314 | 300 | 267 | 166 | 184 | 227 | 225 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 17 | 15 | 10 | 13 | 13 |
| 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | 513 | 465 | 604 | 737 | 906 | 839 | 550 | 557 | 372 | 228 | 777 |
| 2.A.4.a 製陶 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.A.4.b 其他蘇打粉(純鹼)使用 | 119 | 104 | 71 | 112 | 114 | 115 | 113 | 113 | 91 | 111 | 114 |
| 2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.A.4.d 其他 | 394 | 361 | 533 | 625 | 793 | 724 | 438 | 445 | 281 | 117 | 663 |
| 2.A.5 其他 | 42 | 43 | 46 | 48 | 47 | 49 | 51 | 47 | 37 | 43 | 50 |
| 2.A 總計 | 9,974 | 10,648 | 10,341 | 10,691 | 11,257 | 11,014 | 10,369 | 9,289 | 8,467 | 8,616 | 9,577 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.1 水泥生產 | 7,996 | 8,030 | 7,088 | 6,313 | 5,395 | 5,357 | 5,378 | 5,508 | 5,730 | 5,886 | 5,471 |
| 2.A.2 石灰(氧化鈣)生產 | 202 | 286 | 184 | 149 | 153 | 175 | 186 | 208 | 198 | 230 | 274 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 6 | 9 | 9 |
| 2.A.4 其他使用碳酸鹽製程 | 1,074 | 1,493 | 1,399 | 1,823 | 1,500 | 670 | 775 | 730 | 584 | 650 | 665 |
| 2.A.4.a 製陶 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.A.4.b 其他蘇打粉(純鹼)使用 | 108 | 103 | 98 | 110 | 96 | 100 | 111 | 107 | 94 | 91 | 101 |
| 2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.A.4.d 其他 | 966 | 1,390 | 1,301 | 1,712 | 1,404 | 570 | 664 | 623 | 490 | 559 | 565 |
| 2.A.5 其他 | 50 | 47 | 47 | 49 | 50 | 51 | 56 | 47 | 43 | 52 | 45 |
| 2.A 總計 | 9,333 | 9,866 | 8,728 | 8,345 | 7,108 | 6,262 | 6,403 | 6,501 | 6,561 | 6,828 | 6,464 |

備註：1. NO(未生產)指我國該分類項目無生產或使用,如停產；
2. NA(不適用)指我國該分類被認為從未發生相關排放。

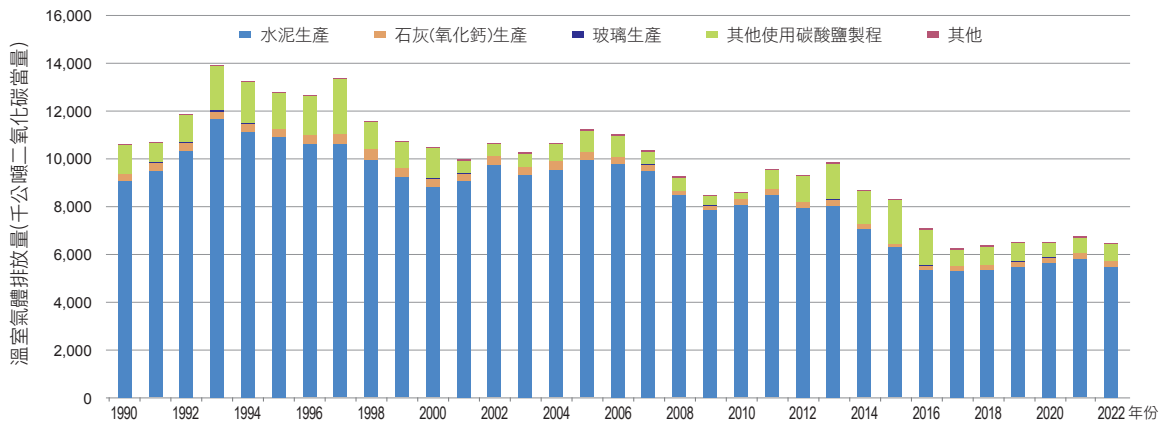


圖 4.2.1 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量趨勢

B.1994 年至 2022 年

參照 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2)，活動數據採較水泥生產量精準之熟料生產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.2.2 所示。

公式 4.2.2：

二氧化碳排放量 = 水泥熟料生產量 (公噸) × 水泥熟料排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

經由專家諮詢會決議¹，2020 年至 2022 年改由業者清冊中自廠發展排放係數作為水泥熟料之主要使用排放係數，如該業者尚未採用自廠發展排放係數，則保持沿用 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.52029 公噸二氧化碳 / 公噸熟料生產作為排放係數。

(3) 活動數據

1990 年至 1993 年由水泥工業同業公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿署進出口統計。1994 年至 2013 年資料來源為水泥工業同業公會，2014 年至 2022 年則由環境部事業溫室氣體排放量資訊平臺取得排放清冊，如表 4.2.2 所示。

(4) 排放量

水泥製程二氧化碳排放量與熟料生產量有關，排放量於 1997 年後因亞洲金融風暴而逐漸下降，2002 年因第 11 家水泥廠投產，故排放量增加，2006 年後因各廠減產及 2008 年受金融風暴影響，隔年 (2009 年) 二氧化碳排放量減少，2011 年後排放量呈逐漸下降趨勢，2016 年後維持穩定，如表 4.2.3 及圖 4.2.2 所示。

(5) 完整性

1990 年至 2013 年由水泥工業同業公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿署進出口統計，2014 年起則由環境部事業溫室氣體排放量資訊平臺取得排放清冊，期間排放係數皆參照 2006 IPCC 指南或由產業自行量測並經第三方查證，雖數據來源不同，但仍可完整顯示我國水泥生產製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南及經過水泥專家諮詢會邀請國內主要廠商代表檢視比對國內情況，結論如下：

A.1990 年至 1993 年：因活動數據僅能得到「水泥」項目，無法確知不同水泥類型的精確比例；經專家諮詢會議²確

表 4.2.2 1990 年至 2022 年水泥熟料產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 水泥熟料產量 | 17,478 | 18,325 | 19,861 | 22,442 | 21,391 | 21,007 | 20,393 | 20,457 | 19,172 | 17,802 | 16,961 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 水泥熟料產量 | 17,464 | 18,787 | 17,900 | 18,347 | 19,175 | 18,858 | 18,229 | 16,344 | 15,116 | 15,578 | 16,360 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 水泥熟料產量 | 15,369 | 15,433 | 13,623 | 12,134 | 10,370 | 10,297 | 10,336 | 10,587 | 10,904 | 11,186 | 10,498 |

備註：1990 年至 1993 年參照 2006 IPCC 指南方法 1，以水泥生產量及熟料進出口量推算熟料生產量；1994 年至 2022 年參照 2006 IPCC 指南方法 2，採用熟料生產量，1994 年至 2013 年資料來源為水泥工業同業公會，2014 年至 2022 年為環境部國家溫室氣體登錄平臺取得排放清冊。

1 因業者近年開始進行製程原料替代，故水泥工業同業公會建議使用業者經查驗機構查證的自廠發展排放係數；內容摘自經濟部產業發展署召開之工業製程部門溫室氣體排放量專家諮詢會議 (2023 年 5 月 25 日) 會議記錄。

2 1990 年至 1993 年僅能得到「水泥」項目，無法確知水泥「類型」；故假定國內所有的水泥產品都是卜特蘭水泥，對照 2006 IPCC 指南之不確定性為 35%。(2006 IPCC 指南 p.2.17 表 2.3 水泥生產不確定性值)。前述結果業經「工業製程部門溫室氣體排放量專家小組會議－水泥生產」確認 (2024 年 11 月 13 日)。

表 4.2.3 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 2.A.1 水泥生產 | 9,093 | 9,535 | 10,333 | 11,676 | 11,129 | 10,930 | 10,611 | 10,644 | 9,975 | 9,262 | 8,824 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.1 水泥生產 | 9,086 | 9,774 | 9,313 | 9,546 | 9,977 | 9,812 | 9,484 | 8,504 | 7,865 | 8,105 | 8,512 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.1 水泥生產 | 7,996 | 8,030 | 7,088 | 6,313 | 5,395 | 5,357 | 5,378 | 5,508 | 5,730 | 5,886 | 5,471 |

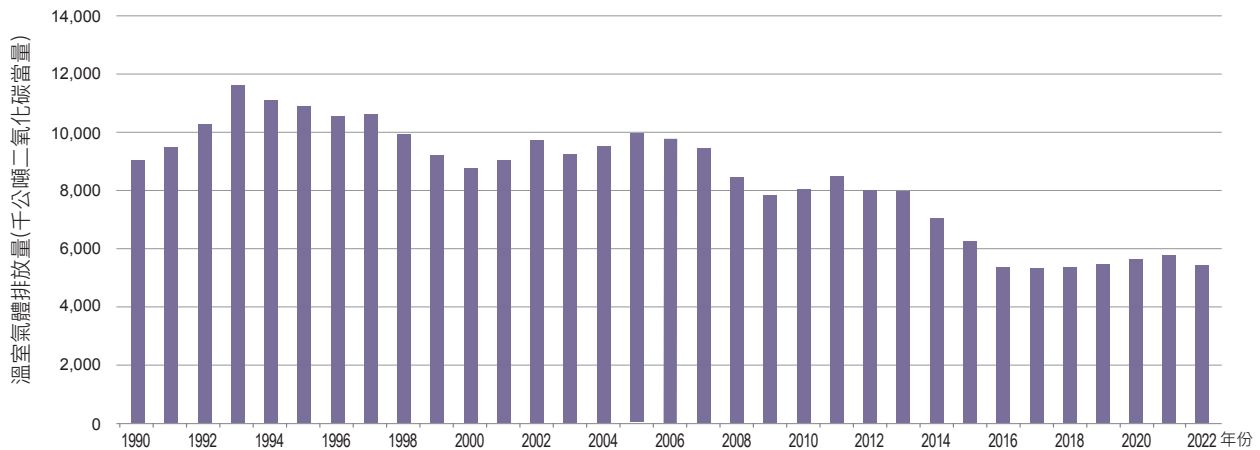


圖 4.2.2 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量趨勢

認並參考 2006 IPCC 指南不確定性為 35%；熟料的貿易數據不確定性為 10%，排放係數與 1994 年至 2022 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 36%。

B.1994 年至 2022 年：針對水泥生產活動數據，因各廠均有利用生熟比、質量平衡調整至最適之熟料量，且經第三方認證，參考 IPCC 指南並依保守性原則不確定性為 2%；另外，各廠已進行熟料的氧化鈣 (CaO) 化學分析且合理假設 CaO 全部來自石灰石 (CaCO₃)，排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.1%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 1993 年間，因部分工廠已歇業無法調查取得熟料數據，依據 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 年至 2022 年改使用 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，時間序列、資料來源及排放係數未一致，但經時間序列檢核，2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 和方法 2 (Tier 2) 兩者趨勢一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³檢視，2020 年至 2022 年排放係數改由業者清冊中自廠發展排放係數，若業者尚未採用自廠發展排放係數，則保持沿用 2006 IPCC 指南建議之排放係數。

6. 特定排放源的改善計畫

依專家諮詢會議³會議結論，水泥製程排放統計方法學維持 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，由水泥工業同業公會會員廠的水泥熟料生產量乘上環境部提供之預設排放係數。因國內業者近年已開始再利用不會產生製程排放的替代原料，為反映業者減碳成果，從 2020 年至 2022 年改由業者清冊中自廠發展排放係數且經第三方認證的水泥熟料之排放係數，作為水泥熟料之主要使用排放係數，如該業者尚未採用自廠發展排放係數，則保持沿用 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.52029 公噸二氧化碳 / 公噸熟料生產作為排放係數。

4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項目統計生產石灰 (CaO) 及白雲石灰 (CaO·MgO) 製程所產生的二氧化碳；但國內無白雲石灰製程⁴，故本項僅統計石灰生產之二氧化碳排放量。

3 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

4 於 106 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

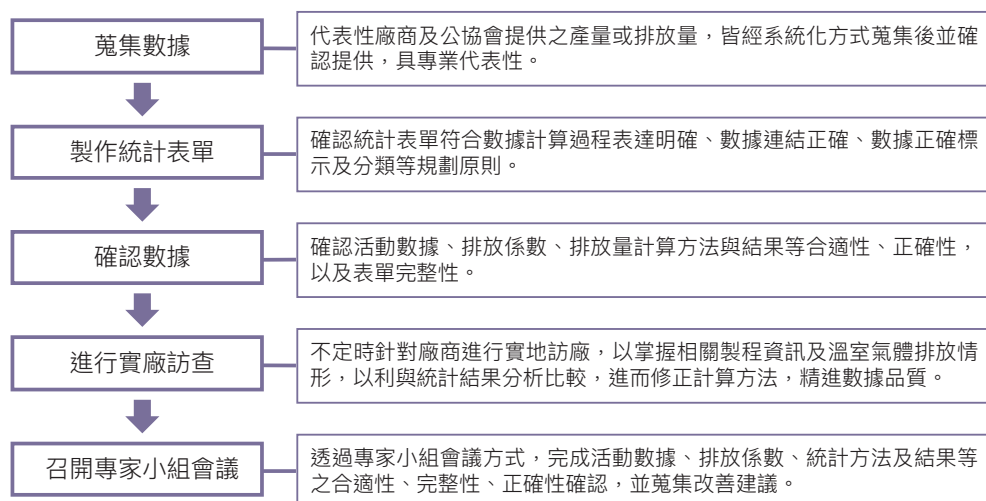
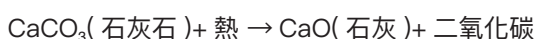


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 民間來源)

二氧化碳主要來自原料石灰石 (CaCO_3) 於石灰窯中，高溫煅燒形成氧化鈣的過程中排放，其生成反應式如下：



2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以石灰生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.2.3 所示。

公式 4.2.3：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{石灰生產量 (公噸)} \times \text{石灰排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)⁵ 建置之排放係數 0.706 公噸二氧化碳 / 公噸石灰生產，該排放係數係根據國內石灰生產量、製程實況及原料石灰石純度 90% 等實際情況推估求得。

(3) 活動數據

國內石灰生產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.4 所示。

(4) 排放量

石灰生產製程排放量與生產量有關，自 1998 年達 430 千公噸二氧化碳當量高點後，整體有下降趨勢，2022 年排放量為 274 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.5 及圖 4.2.4 所示。

(5) 完整性

經濟部工業統計年報調查對象為全國廠商，屬於國家級統計數據，經計算之結果可代表我國石灰生產製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，石灰生產活動數據不確定性為 15%，排放係數為 15%，合併不確定性則為 21%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於官方數據，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁶ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

表 4.2.4 1990 年至 2022 年生石灰產量

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 生石灰產量 | 405 | 449 | 512 | 496 | 490 | 477 | 585 | 598 | 609 | 509 | 516 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 生石灰產量 | 458 | 504 | 520 | 493 | 445 | 425 | 378 | 356 | 260 | 322 | 318 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 生石灰產量 | 287 | 405 | 261 | 211 | 216 | 247 | 263 | 294 | 280 | 326 | 388 |

5 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

6 「112 年國家溫室氣體排放清冊 - 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

表 4.2.5 1990 年至 2022 年石灰生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產 | 286 | 317 | 362 | 350 | 346 | 337 | 413 | 422 | 430 | 359 | 364 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產 | 323 | 356 | 367 | 348 | 314 | 300 | 267 | 166 | 184 | 227 | 225 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2018 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產 | 202 | 286 | 184 | 149 | 153 | 175 | 186 | 208 | 198 | 230 | 274 |

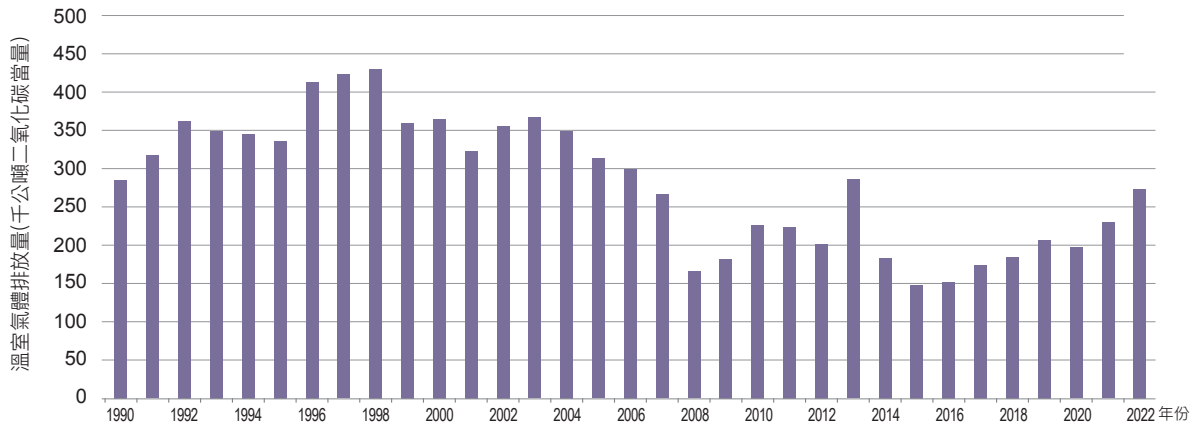


圖 4.2.4 1990 年至 2022 年石灰生產排放量趨勢

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查玻璃生產過程中所產生之二氧化碳。二氧化碳主要來自玻璃原料石灰石 (CaCO₃)、白雲石 (CaMg(CO₃)₂)、與純鹼 (Na₂CO₃) 之採掘過程及高溫化學反應。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，活動數據採經濟部統計處工業生產統計年報平板玻璃生產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.2.4 所示。

公式 4.2.4：

二氧化碳排放量 = 玻璃生產量 (公噸) × 玻璃排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.2 公噸二氧化碳 / 公噸玻璃生產，並考慮回收玻璃使用率 (86.77%)，故採用之排放係數為 $0.2 \times (1 - 0.8677) = 0.02646$ 。其中，回收玻璃使用率係使用環境部資源回收網 2013 年玻璃回收量及政府資料公開平臺 - 公告應回收項目之責任業者申報營業量或進口量 2013 年總量資料計算。

(3) 活動數據

活動數據為經濟部統計處工業生產統計年報平板玻璃生產量，如表 4.2.6 所示。

(4) 排放量

玻璃製程之二氧化碳排放量與玻璃生產量有關，排放量自 1995 年後因 1998 年亞洲金融風暴影響而逐漸下降，2001 年降至最低後逐漸上升至 2007 年最高點 (17 千公噸二氧化碳當量)，2022 年排放量約為 9 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.7 及圖 4.2.5 所示。

(5) 完整性

玻璃生產量為經濟部統計處工業生產統計年報公布數值，為我國主要廠商製程生產量，故計算結果可代表我國玻璃生產製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算 (例如：片)，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4)

4.2.4.1 製陶 (2.A.4.a)

二氧化碳產生於製陶材料的碳酸鹽煅燒，以及將石灰石用作熔劑，此部分活動數據尚無法分類出碳酸鹽使用量，故暫時無法估算。

4.2.4.2 其他蘇打粉 (純鹼) 使用 (2.A.4.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計使用純鹼產生的二氧化碳，純鹼用途廣泛，工業上常用於玻璃、肥皂、造紙及水處理等製程。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以純鹼使用量及排放係數計算二氧化碳排放量，使用量計算方法詳見活動數據敘述，計算方法如公式 4.2.5 所示。

公式 4.2.5：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{純鹼使用量 (公噸)} \times \text{純鹼使用排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸使用量)}$$

表 4.2.6 1990 年至 2022 年平板玻璃產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平板玻璃產量 | 355 | 355 | 426 | 421 | 491 | 509 | 442 | 441 | 437 | 432 | 457 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 平板玻璃產量 | 376 | 403 | 412 | 458 | 484 | 509 | 632 | 580 | 379 | 479 | 479 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 平板玻璃產量 | 399 | 405 | 391 | 391 | 379 | 342 | 312 | 306 | 241 | 352 | 353 |

表 4.2.7 1990 年至 2022 年玻璃生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.A.3 玻璃生產 | 9 | 9 | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | 12 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 17 | 15 | 10 | 13 | 13 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.3 玻璃生產 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 6 | 9 | 9 |

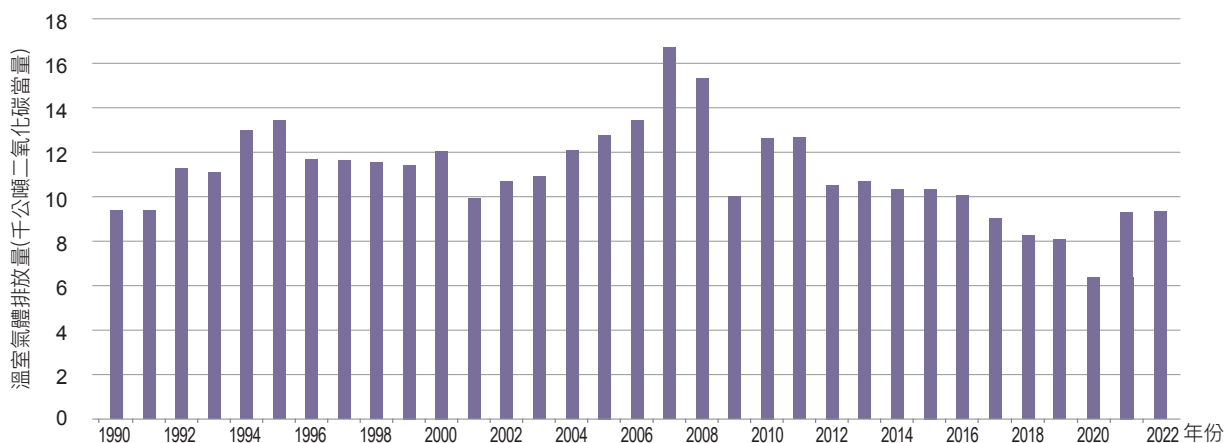


圖 4.2.5 1990 年至 2022 年玻璃生產排放量趨勢

7 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

(2) 排放係數

引用行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2000）⁸ 以質量平衡推估之排放係數 0.415 公噸二氧化碳 / 公噸純鹼使用。

(3) 活動數據

純鹼使用量的計算方法為生產量加上進口量，並扣除出口量；其中，生產量係引用自經濟部統計處工業生產統計年報（國內唯一生產廠商東南鹼業於 2000 年停止生產），進出口量則來自國貿署進出口統計，如表 4.2.8。

(4) 排放量

純鹼使用的排放量從 1990 年至 1993 年約維持 100 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2000 年上升（約維持 120 千公噸二氧化碳當量），2000 年因純鹼停產，排放量逐漸下降，2003 年因進口量減少，排放量也隨之降低，2004 年後進口量增加，排放量再度上升，如表 4.2.9 及圖 4.2.6 所示。

(5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報、國貿署進出口統計調查對象皆以全國為對象，屬於國家級統計數據，因此計算結果可代表我國純鹼使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，活動數據來自系統化之調查結果，不確定性建議值為 5%；排放係數的不確定性因指南未

提供建議值，暫無法納入計算，故參考日本工業製程與產品部門本項之不確定性，活動數據不確定性為 7.1%，排放係數不確定性為 15%，合併不確定性為 17%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.4.3 非冶鐵之氧化鎂生產 (2.A.4.c)

依據經濟部產業發展署（民生化工組）提供資料，國內已無生產氧化鎂。

4.2.4.4 其他 (2.A.4.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計使用石灰石 (CaCO₃) 與白雲石 (MgCO₃) 所產生的二氧化碳，石灰石與白雲石主要應用於工業製程，如造紙製程中皆會加入石灰石或白雲石作為溶劑，以去除雜質。而煉鋼製程中所使用之造渣劑已計算於鐵與鋼生產項中，故

表 4.2.8 1990 年至 2022 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 純鹼使用量 | 238 | 236 | 246 | 250 | 297 | 291 | 286 | 294 | 286 | 293 | 301 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 純鹼使用量 | 286 | 251 | 172 | 270 | 274 | 278 | 271 | 113 | 219 | 268 | 275 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 純鹼使用量 | 259 | 248 | 236 | 261 | 231 | 242 | 268 | 258 | 226 | 220 | 243 |

表 4.2.9 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用 | 99 | 98 | 102 | 104 | 123 | 121 | 119 | 122 | 119 | 122 | 125 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用 | 119 | 104 | 71 | 112 | 114 | 115 | 113 | 113 | 91 | 111 | 114 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用 | 108 | 103 | 98 | 110 | 96 | 100 | 111 | 107 | 94 | 91 | 101 |

8 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

9 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

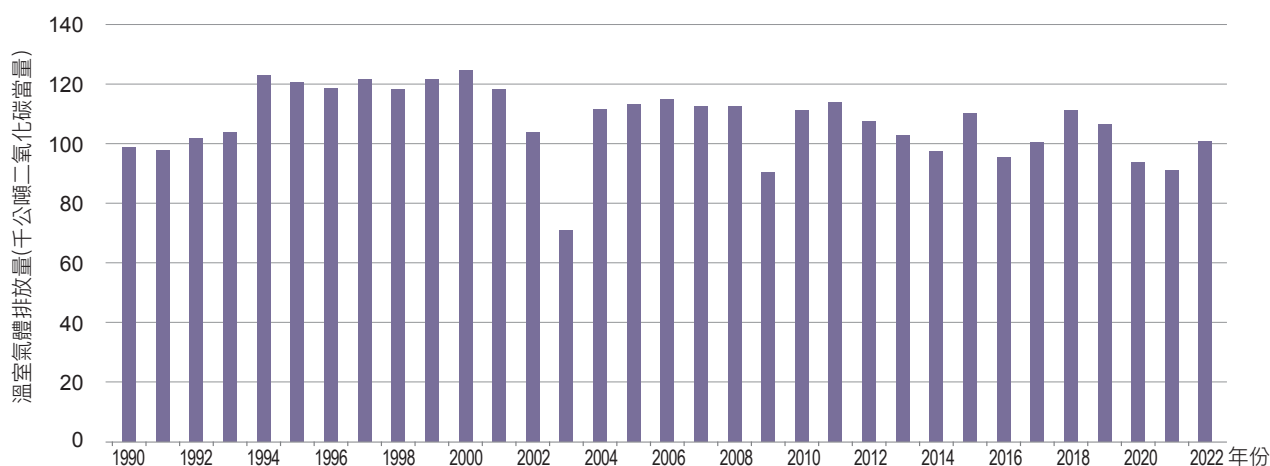


圖 4.2.6 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量趨勢

於本項中予以扣除。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以石灰石與白雲石使用量及排放係數計算二氧化碳排放量，使用量計算說明詳見活動數據，計算方式分別如公式 4.2.6 與公式 4.2.7 所示。

公式 4.2.6：

二氧化碳排放量 = 石灰石使用量 (公噸) × 石灰石排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸)

公式 4.2.7：

二氧化碳排放量 = 白雲石使用量 (公噸) × 白雲石排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸)

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)¹⁰ 建置之二氧化碳排放係數，該係數係根據質量平衡、石灰石及白雲石純度 90% 等實際情況建置，分別為 0.396 公噸二氧化碳 / 公噸石灰石使用、0.429 公噸二氧化碳 / 公噸白雲石使用。

(3) 活動數據

石灰石與白雲石從 1990 年至 2022 年的使用量如表 4.2.10 所示；其中，2003 年及 2004 年白雲石因鋼鐵公司使用量大於產銷量及進口量，計算結果為負值，故該年度使用量修正為 0 千公噸。

A.1990 年至 2000 年

石灰石在 1990 年至 2000 年因鋼鐵公司未建立排放清冊，無法依原方法計算使用量，故改引用環境部「固定空氣污染源資料庫」中石灰石銷售量；其中，於資料庫系統中之石灰石銷售量包含「大理石」銷售量。

白雲石在 1990 年至 2000 年未修正活動數據計算方法，僅忽略扣除鋼鐵公司使用量。

B.2001 年至 2022 年

2001 年至 2022 年石灰石與白雲石使用量計算方法相同，皆以銷售量加上進口量扣除出口量及鋼鐵製程使用量，以避免重複計算；其中，銷售量引用經濟部統計處工業生產統計年報，進出口量來自國貿署進出口統計，鋼鐵製程使用量則引用鋼鐵公司排放清冊。

(4) 排放量

石灰石與白雲石使用之 1990 年至 2022 年排放量如表 4.2.11 及圖 4.2.7 所示。

A.1990 年至 2000 年

由於活動數據來源差異，造成石灰石使用 1990 年至 2000 年排放量整體高於 2001 年至 2022 年，而 1990 年至 2000 年排放趨勢無一致性，僅 1993 年至 1996 年間約介於 1,350 至 1,728 千公噸二氧化碳當量之間。

1990 年至 2000 年白雲石使用因未扣除鋼鐵製程使用量，整體二氧化碳排放量略高於 2001 年至 2022 年，1990 年至 1993 年間排放量約介於 110 千公噸二氧化碳當量，並於 1994 年後下降，1997 年後排放量上升維持約 70 至 100 千公噸二氧化碳當量。

B.2001 年至 2022 年

石灰石使用之二氧化碳排放量遠高於白雲石使用，其中石灰石排放量 2002 年至 2005 年為上升趨勢，2006 年後下降，2008 年至 2009 年金融海嘯期間降至最低，而近年排放量又再度上升。而白雲石使用歷年排放趨勢較無一致性，排放量整體低於 50 千公噸二氧化碳當量，但於金融風暴後大幅上升至 2013 年達歷史高點，之後又逐年下降。

¹⁰ 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

表 4.2.10 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 石灰石使用量 | 2,725 | 1,570 | 2,346 | 4,075 | 3,871 | 3,232 | 3,633 | 5,267 | 2,350 | 2,187 | 2,725 |
| 白雲石使用量 | 262 | 265 | 255 | 267 | 239 | 164 | 82 | 197 | 170 | 229 | 110 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 石灰石使用量 | 866 | 825 | 1,345 | 1,579 | 1,917 | 1,792 | 1,028 | 976 | 701 | 116 | 1,219 |
| 白雲石使用量 | 120 | 80 | 0 | 0 | 79 | 32 | 72 | 136 | 8 | 165 | 421 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 石灰石使用量 | 1,657 | 2,500 | 2,819 | 4,004 | 3,422 | 1,217 | 1,327 | 1,078 | 861 | 1,031 | 1049 |
| 白雲石使用量 | 722 | 931 | 430 | 295 | 114 | 204 | 323 | 457 | 348 | 351 | 345 |

(5) 完整性

本項目活動數據皆以全國為調查對象，但因活動數據來源變更，石灰石使用 1990 年至 2000 年二氧化碳排放量整體高於 2001 年至 2022 年，對調查結果已造成影響。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，活動數據來自系統化之調查結果，不確定性建議值為 5%，排放係數不確定性建議值因指南未提供，暫無法納入計算，故參考日本工業製程與產品部門本項之不確定性，石灰石使用之活動數據不確定性為 9.2%，排放係數不確定性為 16.5%，合併不確定性為 19%；白雲石使用之活動數據不確定性為 9.2%，排放係數不確定性為 3.4%，合併不確定性為 10%。

(2) 時間序列的一致性

因無法依 2001 年至 2022 年方法取得 1990 年至 2000 年活動數據，兩段時間區間活動數據來源不同，故時間序列無一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹¹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.11 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 石灰石使用 | 1,079 | 622 | 929 | 1,614 | 1,533 | 1,280 | 1,439 | 2,086 | 931 | 866 | 1,079 |
| 白雲石使用 | 112 | 114 | 109 | 115 | 103 | 70 | 35 | 85 | 73 | 98 | 47 |
| 2.A.4.d 其他 | 1,192 | 735 | 1,038 | 1,728 | 1,636 | 1,350 | 1,474 | 2,170 | 1,004 | 964 | 1,127 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 石灰石使用 | 343 | 327 | 533 | 625 | 759 | 710 | 407 | 387 | 278 | 46 | 483 |
| 白雲石使用 | 52 | 34 | NO | NO | 34 | 14 | 31 | 58 | 3 | 71 | 181 |
| 2.A.4.d 其他 | 394 | 361 | 533 | 625 | 793 | 724 | 438 | 445 | 281 | 117 | 663 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 石灰石使用 | 656 | 990 | 1,116 | 1,586 | 1,355 | 482 | 525 | 427 | 341 | 408 | 416 |
| 石灰石使用 | 310 | 400 | 185 | 127 | 49 | 88 | 139 | 196 | 149 | 151 | 149 |
| 2.A.4.d 其他 | 966 | 1,390 | 1,301 | 1,712 | 1,404 | 570 | 664 | 623 | 490 | 559 | 565 |

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

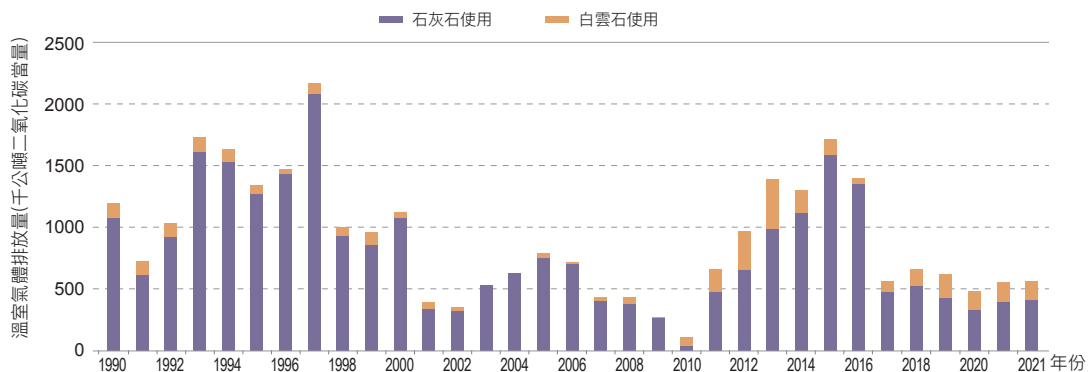


圖 4.2.7 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

11 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

4.2.5 其他 (2.A.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計使用玻璃纖維製品 (含棉、紗、紗束、切股、切股氈) 生產所產生的二氧化碳，二氧化碳主要來自玻璃原料石灰石 (CaCO₃)、白雲石 (CaMg(CO₃)₂)、與純鹼 (Na₂CO₃) 之採掘過程及高溫化學反應。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以玻璃纖維製品生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.2.8 所示。

公式 4.2.8：

二氧化碳排放量 = 玻璃纖維製品生產量 (公噸) × 玻璃纖維製品排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)¹² 建置之二氧化碳排放係數，為 0.19 公噸二氧化碳 / 公噸玻璃纖維製品生產。

(3) 活動數據

由經濟部統計處工業生產統計年報提供玻璃纖維製品生產量，玻璃纖維製品 1990 年至 2022 年生產量如表 4.2.12 所示。

(4) 排放量

玻璃纖維製品二氧化碳排放量與生產量有關，排放量由 1990 年逐年上升至 2007 年後因金融風暴而逐漸下降，近 5 年約維持在 51 千公噸二氧化碳當量，玻璃纖維製品生產之 1990 年至 2022 年排放量如表 4.2.13 及圖 4.2.8 所示。

(5) 完整性

經濟部統計處工業統計年報調查對象為全國廠商，屬於國家級統計數據，因此計算之結果可代表我國玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算 (例如：片)，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹³ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3 化學工業 (2.B)

「化學工業」分類項目包括「氨生產」(2.B.1)、「硝酸生產」(2.B.2)、「己二酸生產」(2.B.3)、「己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產」(2.B.4)、「電石生產」(2.B.5)、「二氧化鈦生產」(2.B.6)、「碳酸鈉 (純鹼 / 蘇打) 生產」(2.B.7)、「石化及碳黑生產」(2.B.8)、「含氟化物生產」(2.B.9)、「其他」(2.B.10) 等共計 10 項，排放溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷、及氧化亞氮等共計三項，其中排放量最大的分類項目是「石化及碳黑生產」(2.B.8)，近五年占「化學工業」排放量超過 50%。2022 年「化學工業」排放量約 1,974 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 9.75%，較 2021 年減少約 837 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2022 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

表 4.2.12 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 玻璃纖維製品生產量 | 18 | 18 | 39 | 45 | 61 | 78 | 90 | 123 | 136 | 143 | 179 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 玻璃纖維製品生產量 | 220 | 225 | 242 | 252 | 250 | 259 | 270 | 248 | 195 | 226 | 264 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 玻璃纖維製品生產量 | 262 | 248 | 250 | 260 | 266 | 268 | 295 | 248 | 225 | 275 | 238 |

12 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

13 「112 年國家溫室氣體排放清冊 - 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

表 4.2.13 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.A.5 其他 (玻璃纖維製品) | 4 | 4 | 7 | 9 | 12 | 15 | 17 | 23 | 26 | 27 | 34 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.A.5 其他 (玻璃纖維製品) | 42 | 43 | 46 | 48 | 47 | 49 | 51 | 47 | 37 | 43 | 50 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.A.5 其他 (玻璃纖維製品) | 50 | 47 | 47 | 49 | 50 | 51 | 56 | 47 | 43 | 52 | 45 |

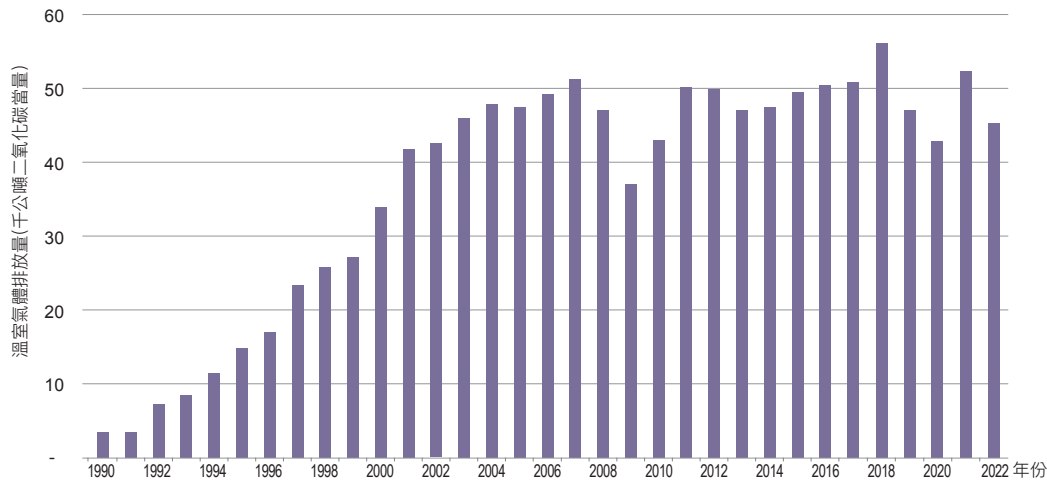


圖 4.2.8 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢

4.3.1 氨生產 (2.B.1)

本項目為統計氨化學生產製程的二氧化碳排放量，調查活動數據為「液氨生產量」，經詢問臺灣區酸鹼工業同業公會（以下簡稱酸鹼公會），國內無廠商製造生產液氨，故本項目無溫室氣體排放。

4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查硝酸製程所產生之氧化亞氮，國內採氨氧化法製程，以無水氨為原料，經觸媒氧化、冷凝後再以水吸收成硝酸，其中，氧化亞氮主要來自於吸收塔產生之尾氣。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以硝酸生產量及排放係數計算氧化亞氮排放量，計算方法如公式 4.3.1 所示。

公式 4.3.1：

氧化亞氮排放量 = 硝酸生產量 (公噸) × 硝酸排放係數 (公噸氧化亞氮 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

根據行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2000)¹⁴，國內硝酸廠並無針對氧化亞氮進行分析，計畫建議採用

AP-42 係數，為 5.00 公斤氧化亞氮 / 公噸硝酸生產。

(3) 活動數據

酸鹼公會僅可提供 2001 年至 2022 年的硝酸生產量，故 1990 年至 2000 年活動數據改引用經濟部統計處工業生產統計年報，經比對後確認前述二者之生產量數據一致，硝酸從 1990 年至 2022 年生產量如表 4.3.2 所示。

(4) 排放量

硝酸生產排放量自 1990 年排放 147 千公噸二氧化碳當量逐步上升至 1997 年的 184 千公噸二氧化碳當量，1998 年受亞洲金融海嘯影響而逐漸下降，2001 年起排放量回升後約介於 147 至 240 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.3 及圖 4.3.2 所示。

(5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報以全國為調查對象，酸鹼公會則係提供會員廠資料，但已確認兩者來源生產量數據一致，經計算之結果完整性無缺失問題。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，硝酸生產活動數據不確定性為 2%，排放係數為 5%，合併不確定性則為 5%。

¹⁴ 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

表 4.3.1 1990 年至 2022 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 2.B.1 氮生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.2 硝酸生產 | 147 | 157 | 141 | 147 | 135 | 156 | 165 | 184 | 177 | 132 | 93 |
| 2.B.3 己二酸生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 | NO | 156 | 148 | 121 | 147 | 151 | - | 148 | 163 | 146 | 463 |
| 2.B.5 電石生產 | 43 | 42 | 43 | 43 | 43 | 42 | 42 | 42 | 40 | 34 | 23 |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | NO | NO | NO | NO | 36 | 80 | 103 | 126 | 113 | 128 | 139 |
| 2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產 | 12 | 12 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| 2.B.8 石化及碳黑生產 | 524 | 501 | 526 | 571 | 688 | 736 | 856 | 861 | 858 | 922 | 990 |
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | 4 | 8 | 17 | 16 | 16 | 8 | NO | NO |
| 2.B.8.b 乙烯 | 34 | 31 | 32 | 32 | 39 | 38 | 39 | 42 | 41 | 56 | 69 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 118 | 105 | 114 | 135 | 151 | 142 | 179 | 164 | 180 | 228 | 250 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 18 | 21 | 20 | 23 | 21 |
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 94 | 92 | 104 | 103 | 110 | 112 | 129 | 129 | 119 | 125 | 133 |
| 2.B.8.f 碳煙 | 278 | 273 | 276 | 296 | 381 | 427 | 474 | 489 | 491 | 490 | 516 |
| 2.B.9 含氟化物生產 | NO | NO | NO | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.B.9.a 副產品排放 | NO | NO | NO | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 2.B.9.b 逸散排放 | NO | NO | NO | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE |
| 2.B.10 其他 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 6 |
| 2.B 總計 | 728 | 869 | 870 | 1,525 | 1,777 | 1,846 | 2,409 | 2,608 | 3,103 | 2,717 | 3,661 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.1 氮生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.2 硝酸生產 | 147 | 167 | 166 | 170 | 187 | 167 | 192 | 175 | 169 | 183 | 180 |
| 2.B.3 己二酸生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 | 488 | 494 | 573 | 572 | 667 | 694 | 694 | 522 | 726 | 857 | 882 |
| 2.B.5 電石生產 | NO | 18 | 12 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | 139 | 146 | 165 | 170 | 177 | 191 | 206 | 200 | 211 | 233 | 216 |
| 2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.8 石化及碳黑生產 | 1,107 | 1,164 | 1,224 | 1,340 | 1,587 | 1,542 | 1,654 | 1,416 | 1,407 | 1,561 | 1,537 |
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.8.b 乙烯 | 112 | 104 | 126 | 124 | 126 | 125 | 159 | 157 | 167 | 169 | 153 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 257 | 276 | 304 | 312 | 316 | 285 | 320 | 289 | 314 | 311 | 298 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | 29 | 39 | 51 | 133 | 329 | 319 | 324 | 268 | 245 | 295 | 276 |
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 209 | 243 | 252 | 271 | 276 | 299 | 323 | 257 | 295 | 328 | 298 |
| 2.B.8.f 碳煙 | 500 | 503 | 491 | 499 | 540 | 514 | 528 | 444 | 387 | 458 | 511 |
| 2.B.9 含氟化物生產 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.9.a 副產品排放 | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.9.b 逸散排放 | IE | IE | IE | IE | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.10 其他 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 9 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| 2.B 總計 | 4,038 | 3,802 | 3,770 | 3,691 | 2,624 | 2,601 | 2,755 | 2,321 | 2,522 | 2,843 | 2,823 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.1 氮生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.2 硝酸生產 | 172 | 137 | 184 | 187 | 199 | 199 | 193 | 196 | 211 | 224 | 233 |
| 2.B.3 己二酸生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 | 731 | 557 | 463 | 427 | 655 | 792 | 795 | 632 | 329 | 830 | 446 |
| 2.B.5 電石生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | 134 | 181 | 206 | 208 | 189 | 212 | 175 | 124 | 132 | 199 | NO |
| 2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.8 石化及碳黑生產 | 1,596 | 1,585 | 1,696 | 1,653 | 1,588 | 1,515 | 1,527 | 1,560 | 1,435 | 1,549 | 1,285 |
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.8.b 乙烯 | 163 | 170 | 181 | 183 | 182 | 174 | 183 | 178 | 172 | 184 | 144 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 322 | 336 | 323 | 345 | 342 | 345 | 362 | 362 | 350 | 366 | 355 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | 348 | 323 | 419 | 391 | 309 | 245 | 213 | 223 | 125 | 150 | 71 |
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 317 | 328 | 333 | 336 | 336 | 345 | 356 | 346 | 338 | 355 | 258 |
| 2.B.8.f 碳煙 | 446 | 427 | 440 | 397 | 419 | 406 | 413 | 450 | 451 | 494 | 458 |
| 2.B.9 含氟化物生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.9.a 副產品排放 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.9.b 逸散排放 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.B.10 其他 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2.B 總計 | 2,642 | 2,470 | 2,559 | 2,484 | 2,642 | 2,727 | 2,700 | 2,522 | 2,117 | 2,811 | 1,974 |

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產；
 2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。
 3. IE (已估計) 指該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目。

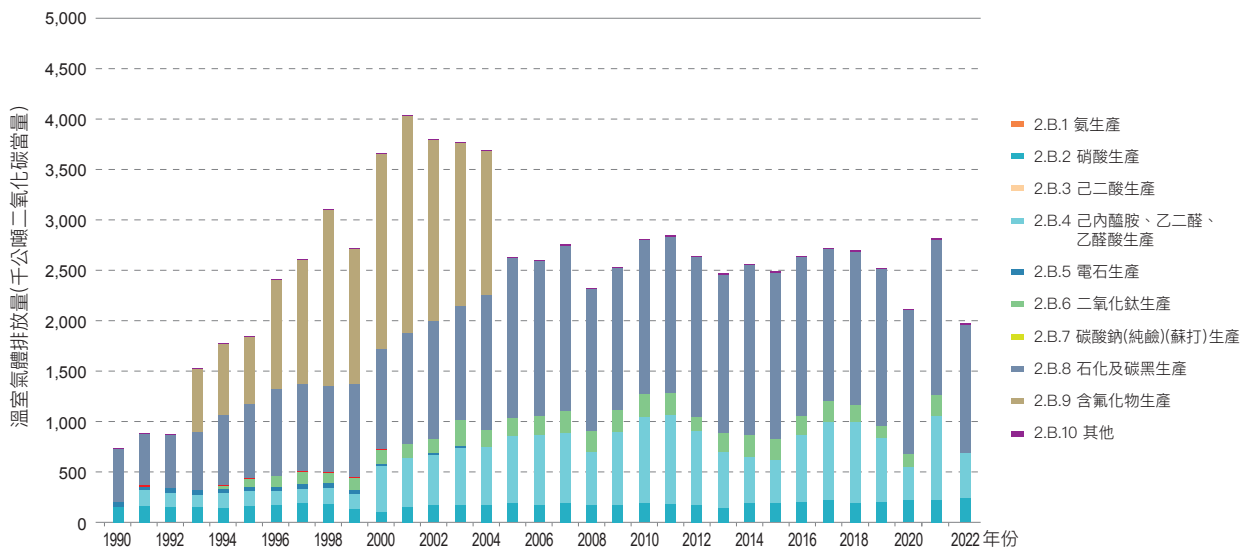


圖 4.3.1 1990 年至 2022 年化學工業排放量趨勢

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2022 年雖數據來源不同，但已確認兩者數據一致，不影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據 1990 年至 2000 年採用官方數據，2001 年至 2022 年則由業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁵ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.3 己二酸生產 (2.B.3)

本項目為統計己二酸生產製程氧化亞氮排放量，經詢問

酸鹼公會，國內無生產己二酸，故本項目無氧化亞氮排放。

4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

經詢問臺灣區石油化學同業公會（以下簡稱石油化學工業同業公會），國內僅生產己內醯胺，無乙二醛及乙醛酸之相關生產資料，故本項目僅針對「己內醯胺生產」進行詳述。

1. 排放源及匯分類的描述：

己內醯胺的所有製程均以甲苯或苯為基礎，主要用於生產尼龍-6 纖維和塑膠單體。例如 DSM/HPO 製程係以苯為原料，再以硫酸為催化劑進行貝克曼重組，是目前應用最廣泛的製程。在管理良好工廠中，製程二氧化碳、二氧化硫和非甲烷揮發性有機物 (Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOC) 排放量不大，主要排放溫室氣體是氧化亞氮。

表 4.3.2 1990 年至 2022 年硝酸產量

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 硝酸產量 | 111 | 119 | 107 | 111 | 102 | 118 | 125 | 139 | 134 | 99 | 70 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 硝酸產量 | 111 | 126 | 126 | 128 | 141 | 126 | 145 | 132 | 128 | 138 | 136 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 硝酸產量 | 130 | 103 | 139 | 141 | 150 | 150 | 145 | 148 | 160 | 169 | 176 |

(單位：千公噸)

表 4.3.3 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.2 硝酸生產 | 147 | 157 | 141 | 147 | 135 | 156 | 165 | 184 | 177 | 132 | 93 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.2 硝酸生產 | 147 | 167 | 166 | 170 | 187 | 167 | 192 | 175 | 169 | 183 | 180 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.2 硝酸生產 | 172 | 137 | 184 | 187 | 199 | 199 | 193 | 196 | 211 | 224 | 233 |

(單位：千公噸二氧化碳當量)

15 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

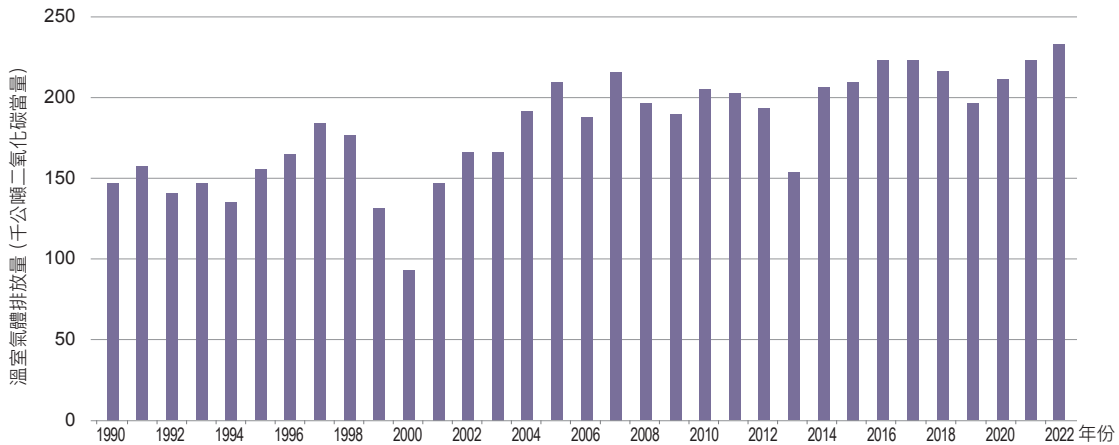


圖 4.3.2 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

1990 年至 2007 年排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以活動數據乘排放係數計算。

2008 年至 2022 年因國內廠商提供清冊，則參照 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，直接量測氧化亞氮排放，故無計算公式。

(2) 排放係數

1990 年至 2007 年排放量採本土排放係數 0.0102 公噸氧化亞氮 / 公噸生產量計算。2008 年至 2022 年參照 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，直接量測氧化亞氮排放，故無排放係數。

(3) 活動數據

1990 年至 2007 年活動數據為國內廠商提供己內醯胺生產量。2008 年至 2022 年參照 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，直接量測氧化亞氮排放，故無活動數據。

(4) 排放量

己內醯胺生產排放量從 1990 年的無生產或使用增加至 2022 年 446 千公噸二氧化碳當量，己內醯胺生產之 1990 年至 2022 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.3 所示，受到通膨、俄烏戰爭、疫情復甦因素影響，國際己內醯胺需求下降導致 2022 年溫室氣體排放量較 2021 年減少。

(5) 完整性

本項目活動數據皆由國內生產己內醯胺廠商提供，統計之排放量可代表國內己內醯胺生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量彙整自國內生產廠商清冊，整體合併不確定性為 7%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2007 年與 2008 年至 2022 年統計方法不同，但兩段時間區間活動數據來源相同，故時間序列呈一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁶檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.5 電石生產 (2.B.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

電石包含碳化矽 (SiC) 及碳化鈣 (CaC₂)，原料為矽砂、石英及石油焦，其生產過程中會產生二氧化碳、甲烷、一氧化碳、二氧化硫等氣體排放，本項僅統計二氧化碳及甲烷。碳化矽為重要人造研磨劑，碳化鈣則用於乙炔生產、氮基製造及電弧爐煉鋼中之還原劑。由於國內碳化矽已停產，原生產碳化鈣之台灣塑膠工業股份有限公司 (以下簡稱台塑) 也於 2003 年後停產，故以下僅描述碳化鈣生產。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以碳化鈣生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.3.2 所示。

公式 4.3.2：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{碳化鈣生產量 (公噸)} \times \text{碳化鈣排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

16 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

表 4.3.4 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.4 己內醯胺生產 | NO | 156 | 148 | 121 | 147 | 151 | 139 | 148 | 163 | 146 | 463 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.4 己內醯胺生產 | 488 | 494 | 573 | 572 | 667 | 694 | 694 | 522 | 726 | 857 | 882 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.4 己內醯胺生產 | 731 | 557 | 463 | 427 | 655 | 792 | 795 | 632 | 329 | 830 | 446 |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

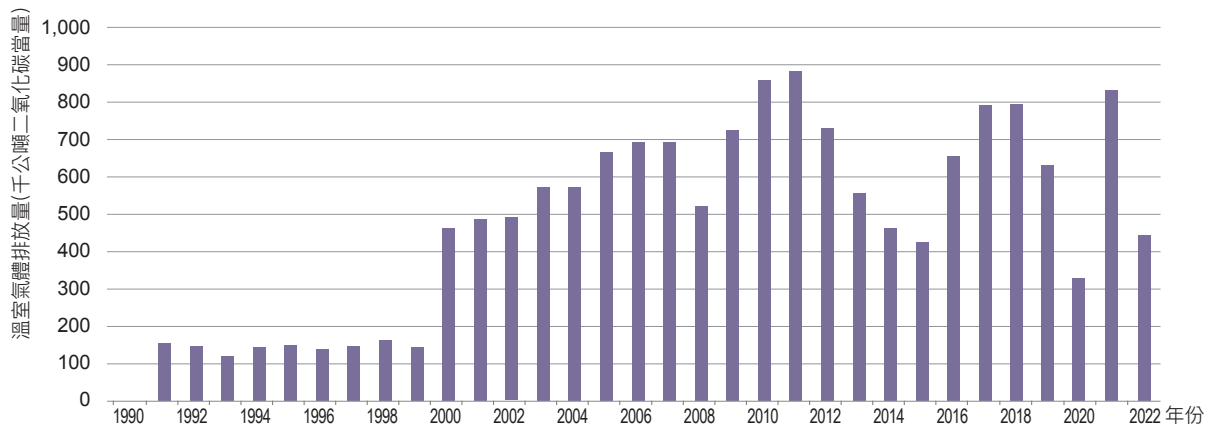


圖 4.3.3 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量趨勢

(2) 排放係數

依據行政院環境保護署（現為環境部）計畫(2000)¹⁷，碳化鈣排放係數為 1.09 公噸二氧化碳 / 公噸碳化鈣生產。

(3) 活動數據

國內碳化鈣已停產，另生產碳化鈣之台塑也於 2003 年後停產，生產量仍由台塑提供，如表 4.3.5。

(4) 排放量

碳化鈣生產製程 1990 年至 1998 年排放量約維持 42 千公噸二氧化碳當量，1999 年後逐漸下降，2003 年後停產，如表 4.3.6 及圖 4.3.4 所示。

(5) 完整性

數據來自國內生產碳化鈣廠商，經計算之結果可代表我國碳化鈣使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，活動數據為工廠級數據，其不確定性為 5%；排放係數不確定性因考量製程中石油焦揮發，2006 IPCC 指南建議不確定性為 10%，合併總不確定性為 11%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁸檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

二氧化鈦 (TiO₂) 是常見白色色素之一。主要用途是油漆製造，其次是造紙、塑膠、墨水等，二氧化鈦產品通常指二氧化鈦類，範圍適用鈦礦渣、合成金紅石 (>90 % 二氧化鈦)、金紅石型二氧化鈦。本項統計國內以氯化金紅石方法生產二氧化鈦所造成之二氧化碳排放，國內唯一生產二氧化鈦之業者已於 2023 年停止生產。

¹⁷ 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

¹⁸ 「112 年國家溫室氣體排放清冊 - 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

表 4.3.5 1990 年至 2022 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 碳化鈣產量 | 39 | 39 | 40 | 39 | 40 | 39 | 39 | 39 | 37 | 31 | 21 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 碳化鈣產量 | NO | 16 | 11 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 碳化鈣產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如碳化鈣於 2004 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.6 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.5 電石生產 | 43 | 42 | 43 | 43 | 43 | 42 | 42 | 42 | 40 | 34 | 23 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.5 電石生產 | NO | 18 | 12 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.5 電石生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如碳化鈣於 2004 年起停產，故無排放源發生。

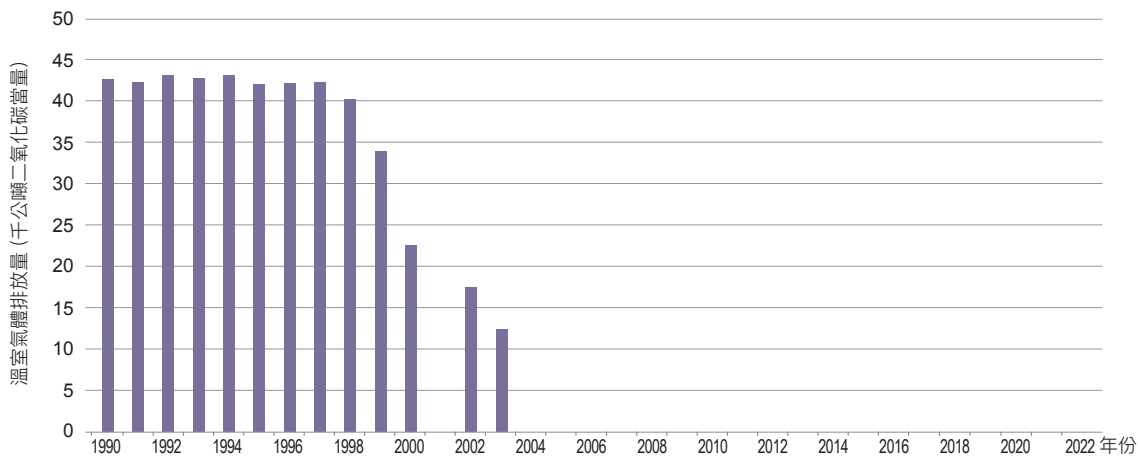


圖 4.3.4 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以活動數據乘排放係數計算，計算方法如公式 4.3.3 所示。

公式 4.3.3：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{二氧化鈦生產量 (公噸)} \times \text{二氧化鈦排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 1.34 公噸二氧化碳 / 公噸二氧化鈦生產。

(3) 活動數據

1990 年至 2022 年二氧化鈦生產量由國內唯一一家廠商提供，二氧化鈦 1990 年至 1993 年未生產，1994 年起由 27 千公噸逐年增加至 2010 年的 174 千公噸後呈現波動狀態，

因國內唯一生產廠商於 2023 年 8 月關廠，故無法取得 2022 年生產量，如表 4.3.7。

(4) 排放量

二氧化鈦生產由 1994 年持續上升至 2010 年 233 千公噸二氧化碳當量，2022 年排放量為 0 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.8 及圖 4.3.5 所示。

(5) 完整性

二氧化鈦生產量數據由國內生產廠商提供，經計算之結果可代表我國二氧化鈦生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以二氧化鈦生產量計算活動數據，並無使用其他單位估算，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定

性可能受活動數據影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產 (2.B.7)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計純鹼製程產生的二氧化碳，製程依原料不同區分為天然礦物製造及人工合成兩種；國內純鹼生產廠商，使用製程為人工合成方式，係以二氧化碳、鹽水、石灰石、焦炭及氨水等原料經一連串化學反應生成純鹼。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以純鹼生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.3.4 所示。

公式 4.3.4：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{純鹼生產量 (公噸)} \times \text{純鹼料排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

表 4.3.7 1990 年至 2022 年二氧化鈦產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 二氧化鈦產量 | NO | NO | NO | NO | 27 | 59 | 77 | 94 | 84 | 95 | 104 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 二氧化鈦產量 | 103 | 109 | 123 | 127 | 132 | 143 | 154 | 149 | 157 | 174 | 161 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 二氧化鈦產量 | 100 | 135 | 154 | 155 | 141 | 158 | 131 | 93 | 99 | 148 | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如二氧化鈦於 1990 年至 1993 年與 2022 年未生產，故無排放源發生。

表 4.3.8 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | NO | NO | NO | NO | 36 | 80 | 103 | 126 | 113 | 128 | 139 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | 139 | 146 | 165 | 170 | 177 | 191 | 206 | 200 | 211 | 233 | 216 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.6 二氧化鈦生產 | 134 | 181 | 206 | 208 | 189 | 212 | 175 | 124 | 132 | 199 | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如二氧化鈦於 1990 年至 1993 年與 2022 年未生產，故無排放源發生。

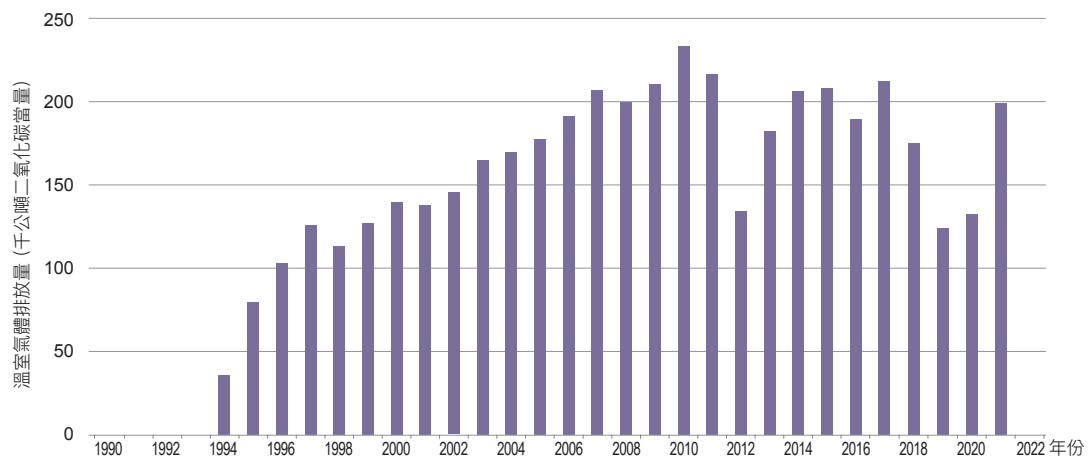


圖 4.3.5 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢

19 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

(2) 排放係數

根據行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2000）²⁰，由於二氧化碳為純鹼製程原料之一，且國內廠商另外生產碳酸氫鈉（NaHCO₃）來吸收過量二氧化碳，排放係數理論為 0 公噸二氧化碳 / 公噸純鹼生產，但為避免低估純鹼生產排放量，仍引用 2006 IPCC 指南建議排放係數 0.097 公噸二氧化碳 / 公噸純鹼生產。

(3) 活動數據

純鹼生產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.3.9 所示，且國內唯一生產廠商已於 2000 年停止生產。

(4) 排放量

由於純鹼製程中二氧化碳為原料之一，可回流再利用於製程中，故二氧化碳排放量較其他項目低，其排放量自 1990 年起統計即為逐漸下降趨勢，至 2000 年後完全停產後無排放量，如表 4.3.10 及圖 4.3.6 所示。

(5) 完整性

經濟部統計處工業統計年報調查對象為全國廠商，屬於國家級統計數據，經計算之結果可代表我國純鹼生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 版指南，活動數據來自系統化之調查結果，不確定性建議值為 5%，排放係數不確定性建議值因指南未提供，暫無法納入計算，故排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據引用自經濟部統計處工業生產統計年報，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²¹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)

石油化工以化石燃料或石油提煉產品做為原料，本節包含甲醇、乙烯、氯乙烯、環氧乙烷和丙烯腈生產估算排放說明。另外，碳黑為非石化產品，但因碳黑生產過程中使用化石原料，故納入此節說明。

4.3.8.1 甲醇 (2.B.8.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查甲醇製程產生之甲烷，其來源與其他石化產品製程類似，主要來自於設備元件逸散及製程尾氣，但尾氣會回流作為燃料，因此排放量較低，故甲烷主要排放源仍為製程逸散。

表 4.3.9 1990 年至 2022 年純鹼產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 純鹼產量 | 128 | 119 | 100 | 83 | 84 | 82 | 82 | 60 | 44 | 39 | 44 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 純鹼產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 純鹼產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產 | 12 | 12 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | 4 | 4 | 4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

²⁰ 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

²¹ 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

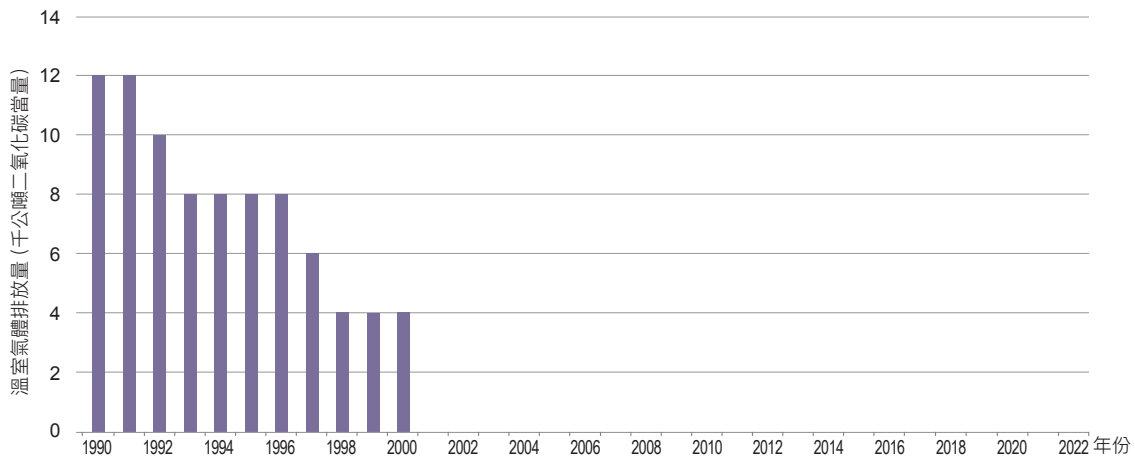


圖 4.3.6 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以甲醇生產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量，計算方法如公式 4.3.5 與公式 4.3.6 所示。

公式 4.3.5：

二氧化碳排放量 = 甲醇生產量 (公噸) × 甲醇排放係數 (公斤二氧化碳 / 公噸生產量)

公式 4.3.6：

甲烷排放量 = 甲醇生產量 (公噸) × 甲醇排放係數 (公斤甲烷 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

參照行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)²² 建議之排放係數分別為 310 公斤二氧化碳 / 公噸甲醇生產與 2.0 公斤甲烷 / 公噸甲醇生產，即高雄市環境保護局根據甲醇廠生產實況推估建置。

(3) 活動數據

甲醇生產量由石油化學工業同業公會提供，由於相關廠商已於 1999 年起停產，如表 4.3.11 所示。

(4) 排放量

甲醇排放量較其他石化產品項目低，且無一致性趨勢，1999 年因廠商停產後便無排放量，如表 4.3.12 及圖 4.3.7 所示。

(5) 完整性

甲醇生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國甲醇生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，活動數據若為「生產量」，建議不確定性為 20%，排放係數考量天然氣的使用，2006 IPCC 指南建議 CO₂ 及 CH₄ 之排放係數不確定性 30%，合併不確定性則為 36%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²³ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.2 乙烯 (2.B.8.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查乙烯製程所產生之甲烷，製程主要為輕油 (石油腦) 經裂解、蒸餾、壓縮、去乙烷及精餾後得到乙烯，甲烷主要來自設備元件逸散及製程尾氣，但尾氣一般會經壓縮後導回作為燃料，因此排放量較低，甲烷主要排放源來自於製程逸散。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以乙烯生產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量，計算方法如公式 4.3.7 與公式 4.3.8 所示。

²² 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

²³ 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

表 4.3.11 1990 年至 2022 年甲醇產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 甲醇產量 | NO | NO | NO | 13 | 25 | 49 | 46 | 47 | 22 | NO | NO |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 甲醇產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 甲醇產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.12 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | 4 | 8 | 17 | 16 | 16 | 8 | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2011 |
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.a 甲醇 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

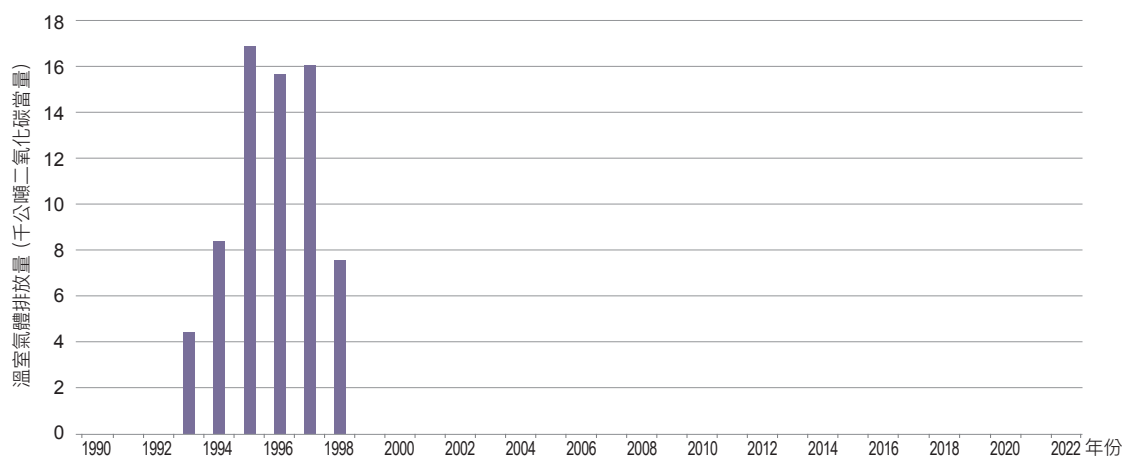


圖 4.3.7 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量趨勢

公式 4.3.7：

二氧化碳排放量 = 乙烯生產量 (公噸) × 乙烯排放係數 (公斤二氧化碳 / 公噸生產量)

公式 4.3.8：

甲烷排放量 = 乙烯生產量 (公噸) × 乙烯排放係數 (公斤甲烷 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)²⁴ 建置係數分別為 40 公斤二氧化碳 / 公噸乙烯生產與 0.12 公斤甲烷 / 公噸乙烯生產。

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供乙烯生產量，如表 4.3.13 所示。

(4) 排放量

我國乙烯生產量雖大，但其排放量相較其他項目仍屬較低，其排放趨勢為階段成長：1990 年至 1998 年介於 31 至 42 千公噸二氧化碳當量，1999 年起台塑六輕投入生產，2001 年上升至 112 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工，2007 年排放量再上升至 159 千公噸二氧化碳當量，2011 年後於 160 至 180 千公噸間變化，2022 年受全球通膨趨勢影響減產，導致排放量較 2021 年有較明顯的下降，如表 4.3.14 及圖 4.3.8 所示。

(5) 完整性

乙烯生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國乙烯生產排放量。

24 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2000 IPCC 良好作法指南及不確定性管理 (IPCC good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories, 簡稱 2000 GPG)²⁵, 乙烯生產活動數據不確定性為 5%, 排放係數為 77%, 合併不確定性則為 77%; 因乙烯生產造成之溫室氣體排放量占總部門不到 1%, 故對整體不確定性影響極低。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供, QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁶ 檢視無重新計算之建議, 故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.3 氯乙烯 (2.B.8.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查氯乙烯製程所產生之二氧化碳及甲烷, 製程主要在乙烯與氯產生二氯乙烷後, 二氯乙烷裂解產生氯乙烯單體, 二氧化碳主要來自於氧氯化過程中產生的副產物。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1), 以氯乙烯生產量、排放係數及地理調整因子計算二氧化碳及甲烷排放量, 其中

表 4.3.13 1990 年至 2022 年乙烯產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 乙烯產量 | 779 | 709 | 734 | 742 | 889 | 874 | 910 | 959 | 935 | 1,296 | 1,592 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 乙烯產量 | 2,584 | 2,393 | 2,900 | 2,864 | 2,900 | 2,888 | 3,666 | 3,623 | 3,852 | 3,929 | 3,522 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 乙烯產量 | 3,748 | 3,925 | 4,182 | 4,229 | 4,187 | 4,013 | 4,218 | 4,113 | 3,965 | 4,244 | 3,318 |

表 4.3.14 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.8.b 乙烯 | 34 | 31 | 32 | 32 | 39 | 38 | 39 | 42 | 41 | 56 | 68 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.8.b 乙烯 | 112 | 104 | 126 | 124 | 126 | 125 | 159 | 157 | 167 | 169 | 153 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.b 乙烯 | 163 | 170 | 181 | 183 | 182 | 174 | 183 | 178 | 172 | 184 | 144 |

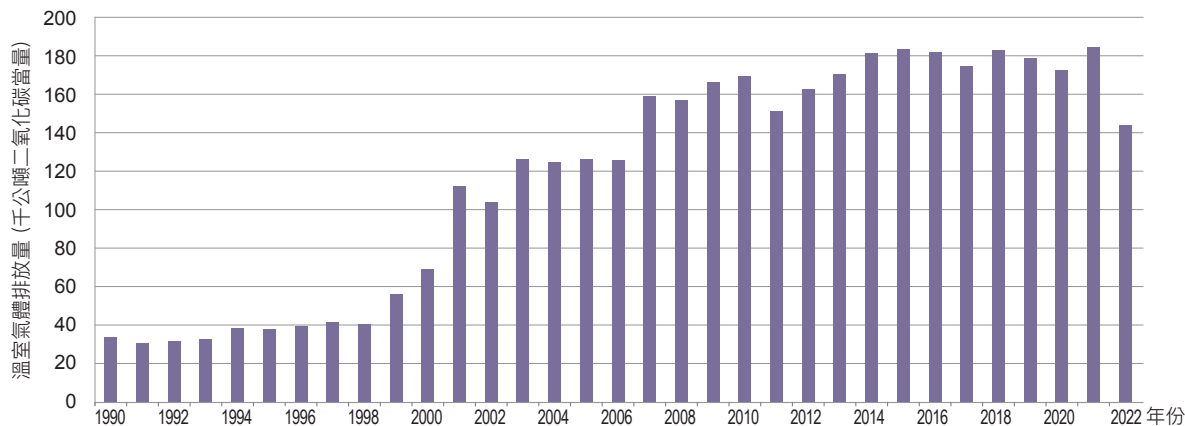


圖 4.3.8 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量趨勢

25 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

26 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

地理調整因子係比照日本與韓國建議值並依據 2006 IPCC 指南建議僅於計算二氧化碳時使用，計算方法如公式 4.3.9 與公式 4.3.10 所示。

公式 4.3.9：

二氧化碳排放量 = 氯乙烯生產量 (公噸) × 氯乙烯排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量) × 地理調整因子 90%

公式 4.3.10：

甲烷排放量 = 氯乙烯生產量 (公噸) × 氯乙烯排放係數 (公噸甲烷 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.196 公噸二氧化碳 / 公噸氯乙烯生產及 0.0000226 公噸甲烷 / 公噸氯乙烯生產。

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供氯乙烯生產量，如表 4.3.15 所示。

(4) 排放量

氯乙烯生產排放量與生產量有關，氯乙烯由 1990 年的 118 千公噸二氧化碳當量逐年上升至 2005 年的 316 千公噸二氧化碳當量，之後介於 280 至 360 千公噸二氧化碳當量排放量間震盪，如表 4.3.16 及圖 4.3.9 所示。

(5) 完整性

氯乙烯生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國氯乙烯生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南建議，活動數據若為「生產量」，建議不確定性為 20%；考量氯乙烯生產中氯化及直接氧化之特性，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 20%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故氯乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 28%，甲烷排放總不確定性為 22%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.4 環氧乙烷 (2.B.8.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查環氧乙烷 (C₂H₄O) 及乙二醇製程所產生之二氧化碳及甲烷，製程主要為乙烯經催化與氧氣反應產生環氧乙烷，環氧乙烷再與氧氣反應生產乙二醇，並經多次反應可生成二乙二醇、三乙二醇及聚乙二醇，二氧化碳主要來自於製造過程的副產物。環氧乙烷主要用途為製造乙二醇、乙二醇醚、酒精及胺的原料。

表 4.3.15 1990 年至 2022 年氯乙烯產量

| (單位：千公噸) | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 氯乙烯產量 | 665 | 593 | 641 | 764 | 851 | 802 | 1,013 | 927 | 1,018 | 1,288 | 1,415 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 氯乙烯產量 | 1,452 | 1,557 | 1,718 | 1,763 | 1,783 | 1,609 | 1,810 | 1,633 | 1,773 | 1,758 | 1,685 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 氯乙烯產量 | 1,817 | 1,900 | 1,822 | 1,949 | 1,932 | 1,946 | 2,045 | 2,044 | 1,974 | 2,067 | 2,003 |

表 4.3.16 1990 年至 2022 年氯乙烯生產製程排放量

| (單位：千公噸二氧化碳當量) | | | | | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 118 | 105 | 114 | 135 | 151 | 142 | 179 | 164 | 180 | 228 | 250 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 257 | 276 | 304 | 312 | 316 | 285 | 320 | 289 | 314 | 311 | 298 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.c 氯乙烯 | 322 | 336 | 323 | 345 | 342 | 345 | 362 | 362 | 350 | 366 | 355 |

27 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

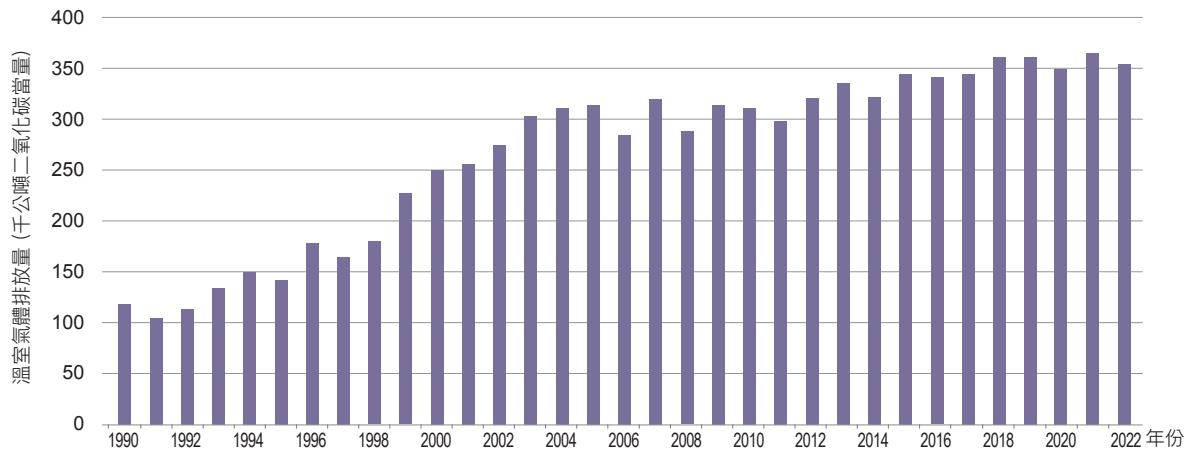


圖 4.3.9 1990 年至 2022 年氯乙烷生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

1996 年至 2004 年參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以環氧乙烷生產量及排放係數計算二氧化碳及甲烷排放量，計算方法如公式 4.3.11 與公式 4.3.12 所示。

公式 4.3.11：

二氧化碳排放量 = 環氧乙烷生產量 (公噸) × 環氧乙烷排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

公式 4.3.12：

甲烷排放量 = 環氧乙烷生產量 (公噸) × 環氧乙烷排放係數 (公噸甲烷 / 公噸生產量)

2005 年至 2013 年使用各廠商 1996 年至 2013 年年報所列之環氧乙烷與乙二醇相關產品生產量及 2014 年各廠之單位產品排放係數，計算方法如公式 4.3.13 所示。

公式 4.3.13：

二氧化碳排放量 = 環氧乙烷與乙二醇相關產品生產量 (公噸) × 單位產品排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

2014 年起參照 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，依國內生產廠商經第三者查證之盤查清冊數據進行彙算。

(2) 排放係數

1996 年至 2004 年採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.59 公噸二氧化碳 / 公噸環氧乙烷生產及 0.002 公噸甲烷 / 公噸環氧乙烷生產。

2005 年至 2013 年採用各廠 2014 年清冊製程排放量與年報產品生產量相除之單位產品製程排放係數二氧化碳當量 / 公噸環氧乙烷生產。

2014 年起統計自各廠經第三者查證之盤查清冊，由範疇一製程排放進行直接加總，故不需要使用排放係數。

(3) 活動數據

1996 年至 2013 年由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供環氧乙烷生產量，2014 年至 2022 年係透過調查業者經第三方查驗之溫室氣體盤查清冊統計其活動數據申報資料，環氧乙烷生產量在 1996 年始有調查估計，如表 4.3.17 所示。

(4) 排放量

1996 年至 2013 年環氧乙烷排放量與生產量有關，環氧乙烷排放量由 1996 年的 18 千公噸二氧化碳當量逐年上升，2005 年起因修正統計方法，以納入乙二醇製程部分一併統計，故排放量陡增，2014 年後因應生產量及業者蒐集製程 CO₂ 並製為產品轉售 (CCUS) 而逐漸減少排放。歷年排放量如表 4.3.18 及圖 4.3.10 所示。

(5) 完整性

1996 年至 2004 年環氧乙烷生產量由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要環氧乙烷廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國環氧乙烷生產排放量，惟早年無蒐集乙二醇生產量，並各廠生產比例差異大，若以現有資料換算排放係數則難以確認其精準度，已影響完整性。

2005 年至 2013 年使用各廠商年報之環氧乙烷與乙二醇產品之生產量並乘以 2014 年各廠盤查清冊與年報計算之單位產品製程排放係數以計算 2005 年至 2013 年製程排放量，針對乙二醇製程排放量進行追溯，以確保其完整性。

2014 年起彙算自國內環氧乙烷與乙二醇生產廠商盤查清冊，以確保其完整性。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

1996 年至 2004 年參照 2006 IPCC 指南建議，活動數據若為「生產量」，建議不確定性為 10%；考量環氧乙烷生產中氧氯化及直接氧化之特性，2006 IPCC 指南建議二氧化碳

排放係數不確定性為 10%、甲烷排放係數不確定性為 60%，故環氧乙烷二氧化碳排放總不確定性為 14%，甲烷排放總不確定性為 61%。

2005 年至 2013 年採用各年度「生產量」，建議不確定性為 10%，以 2014 年之單位產品排放係數，不確定性為 100%。

2014 年起彙整自生產廠商盤查清冊，則依盤查清冊提供之不確定性計算加總不確定性。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2004 年採用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，而 2005 年至 2013 年與 2014 年起分別改以不同方法執行，前後方法學不一致，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於官方數據，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁸ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.5 丙烯腈 (2.B.8.e)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查丙烯腈製程所產生之二氧化碳及甲烷，製程主要為氮氣、氧氣與丙烯直接氮氧化後得到丙烯腈，二氧化碳主要來自於製造過程的副產物。

表 4.3.17 1990 年至 2022 年環氧乙烷產量

| (單位：千公噸) | | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 環氧乙烷產量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 31 | 37 | 34 | 40 | 36 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 環氧乙烷產量 | 50 | 67 | 88 | 230 | 221 | 219 | 226 | 211 | 229 | 243 | 246 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 環氧乙烷產量 | 231 | 246 | 258 | 288 | 274 | 302 | 340 | 363 | 346 | 305 | 227 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

表 4.3.18 1990 年至 2022 年環氧乙烷 / 乙二醇生產製程排放量

| (單位：千公噸二氧化碳當量) | | | | | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 18 | 21 | 20 | 23 | 21 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | 29 | 39 | 51 | 132 | 329 | 319 | 324 | 268 | 245 | 295 | 276 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇 | 348 | 323 | 419 | 391 | 309 | 245 | 213 | 223 | 125 | 150 | 71 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

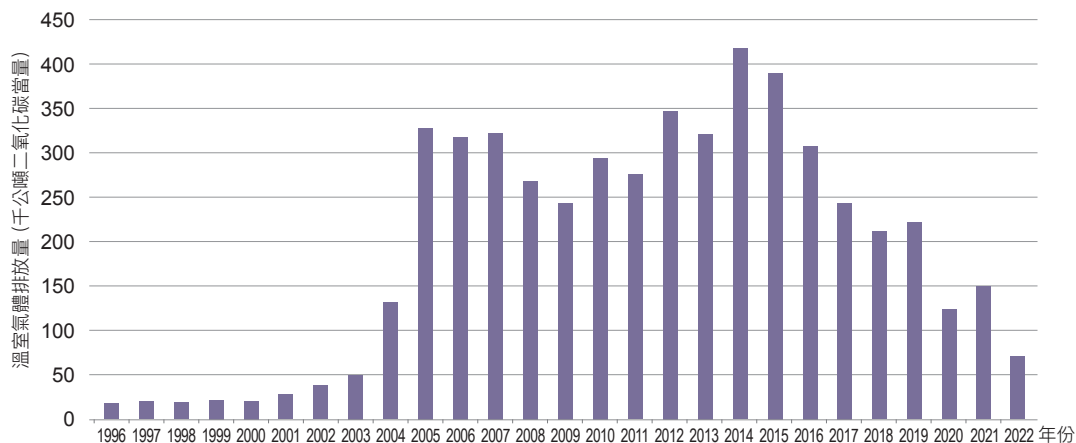


圖 4.3.10 1996 年至 2022 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢

28 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以丙烯腈生產量、排放係數及地理調整因子計算二氧化碳及甲烷排放量，其中地理調整因子係比照日本與韓國建議值並依據 2006 IPCC 指南建議僅於計算二氧化碳時使用，計算方法如公式 4.3.14 與公式 4.3.15 所示。

公式 4.3.14：

二氧化碳排放量 = 丙烯腈生產量 (公噸) × 丙烯腈排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量) × 地理調整因子 90%

公式 4.3.15：

甲烷排放量 = 丙烯腈生產量 (公噸) × 丙烯腈排放係數 (公噸甲烷 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.79 公噸二氧化碳 / 公噸丙烯腈生產及 0.00018 公噸甲烷 / 公噸丙烯腈生產。

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供丙烯腈生產量，如表 4.3.19 所示。

(4) 排放量

我國丙烯腈排放趨勢為階段成長；1990 年至 1998 年約 100~120 千公噸二氧化碳當量，1999 年台塑六輕投入生產，2001 年後逐漸上升至 209 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 年排放量再上升至 323 千公噸二氧化碳當量，2008 年受到金融海嘯影響下降至 257 千公噸二氧化碳當

量，2011 年後逐年上升，至 2021 年達 355 千公噸，如表 4.3.20 及圖 4.3.11 所示。

(5) 完整性

丙烯腈生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國丙烯腈生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南建議，活動數據若為「生產量」，建議不確定性為 60%；考量丙烯腈排放係數受到製程原料（丙烯）回收影響，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 60%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故丙烯腈二氧化碳排放總不確定性為 85%，甲烷排放總不確定性為 61%，因其占總排放量比例低，影響總不確定性低。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.19 1990 年至 2022 年丙烯腈產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 丙烯腈產量 | 131 | 129 | 146 | 144 | 153 | 156 | 180 | 180 | 167 | 175 | 186 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 丙烯腈產量 | 292 | 339 | 352 | 379 | 386 | 418 | 451 | 360 | 412 | 458 | 416 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 丙烯腈產量 | 443 | 458 | 465 | 470 | 470 | 482 | 498 | 484 | 425 | 496 | 360 |

表 4.3.20 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 94 | 92 | 104 | 103 | 110 | 112 | 129 | 129 | 119 | 125 | 133 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 209 | 243 | 252 | 271 | 276 | 299 | 323 | 257 | 295 | 328 | 298 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.e 丙烯腈 | 317 | 328 | 333 | 336 | 336 | 345 | 356 | 346 | 338 | 355 | 258 |

29 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

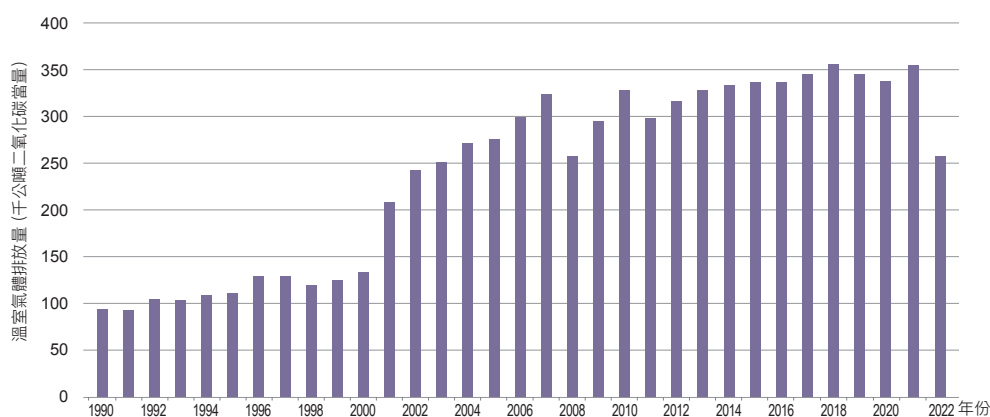


圖 4.3.11 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量趨勢

4.3.8.6 碳黑 (2.B.8.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查碳黑（又稱碳煙）製程所產生甲烷及二氧化碳，製程主要以乙炔、天然氣等原料經高溫熱裂解製造碳黑，其中，甲烷主要來自於製程尾氣排放。碳黑主要用於輪胎和橡膠產業。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以碳黑生產量、排放係數及地理調整因子計算二氧化碳及甲烷排放量，其中地理調整因子係比照日本與韓國建議值並依據 2006 IPCC 指南建議僅於計算二氧化碳時使用，計算方法如公式 4.3.16 與公式 4.3.17 所示。

公式 4.3.16：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{碳黑生產量 (公噸)} \times \text{碳黑排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)} \times \text{地理調整因子 } 90\%$$

公式 4.3.16：

$$\text{甲烷排放量} = \text{碳黑生產量 (公噸)} \times \text{碳黑排放係數 (公噸甲烷 / 公噸生產量)}$$

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 5.25 公噸二氧化碳 / 公噸碳黑生產及 0.00006 公噸甲烷 / 公噸碳黑生產。

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供碳黑生產量，碳黑 1990 年至 2022 年生產量如表 4.3.21 所示。

(4) 排放量

碳黑生產排放量自 1994 年起逐漸上升，1996 年後排放量維持約 500 千公噸二氧化碳當量，唯 2008 年至 2009 年受金融海嘯影響略下降，2011 年後又再度提升至 511 千公噸二氧化碳當量，2012 年後維持於約 400 千公噸二氧化碳當量，2021 年因受疫情趨緩經濟復甦影響排放量達 494 千公噸二氧化碳當量，2022 年則回到疫情前的排放水準，如表 4.3.22 及圖 4.3.12 所示。

(5) 完整性

碳黑生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國碳黑生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，碳黑生產活動數據不確定性為 5%，排放係數為 55%，合併不確定性則為 55%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

表 4.3.21 1990 年至 2022 年碳黑產量

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 碳黑產量 | 59 | 58 | 58 | 63 | 81 | 90 | 100 | 103 | 104 | 104 | 100 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 碳黑產量 | 106 | 106 | 104 | 106 | 114 | 109 | 112 | 94 | 82 | 97 | 108 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 碳黑產量 | 94 | 90 | 93 | 84 | 89 | 86 | 87 | 95 | 95 | 105 | 97 |

(單位：千公噸)

表 4.3.22 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.8.f 碳黑 | 278 | 273 | 276 | 296 | 381 | 427 | 474 | 489 | 491 | 490 | 516 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.8.f 碳黑 | 500 | 503 | 491 | 499 | 540 | 514 | 528 | 444 | 387 | 458 | 511 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.8.f 碳黑 | 446 | 427 | 440 | 396 | 419 | 406 | 413 | 450 | 451 | 494 | 458 |

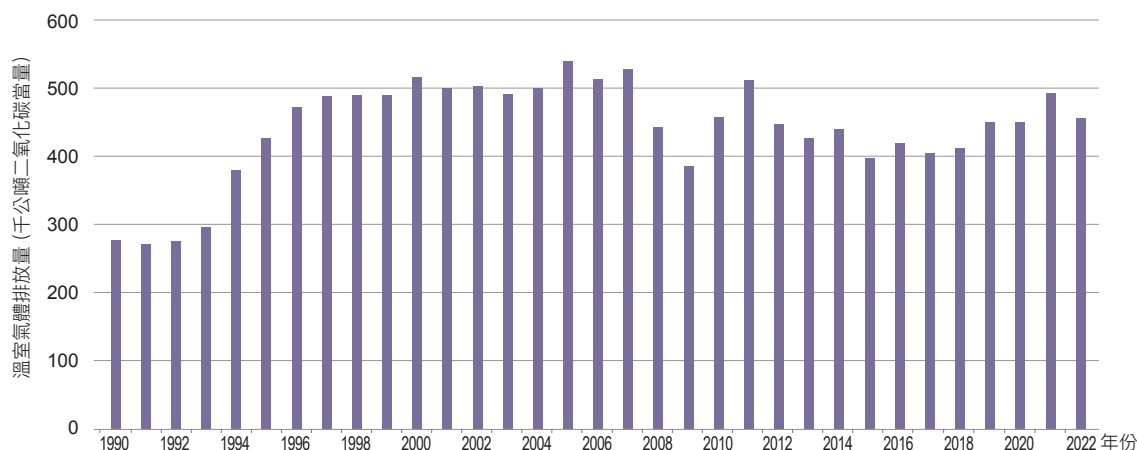


圖 4.3.12 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)

含氟化物生產包含副產品排放及逸散排放，主要排放氣體為氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫，分別詳述如下所示。

4.3.9.1 副產品排放 (2.B.9.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查生產一氯二氟甲烷 (HCFC-22 或 CHClF₂) 時 HFC-23 或 CHF 等副產品排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，排放副產品則為 HFCs (HFC-23)，但已於 2005 年停產，本項僅針對 HCFC-22 副產品排放進行說明。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以 HCFC-22 生產量及副產品 HFC-23 產生率 (排放係數) 計算 HFCs 排放量，計算方法如公式 4.3.18 所示。

公式 4.3.18：

$$\text{HFCs 排放量} = \text{HCFC-22 生產量 (公噸)} \times \text{HFC-23 產生率 (\%)} \quad (2) \text{ 排放係數}$$

(2) 排放係數

本項排放係數為 HCFC-22 副產品 HFC-23 之產生率，引用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2004)³¹，依實廠排放情形推估之產生率 1.5%，該係數排放已包含副產品及逸散排放的部分。

(3) 活動數據

1990 年至 2022 年 HCFC-22 生產量如表 4.3.23 所示，由國內生產廠商提供生產量，HCFC-22 自 1993 年投產，並於 2005 年停產。

(4) 排放量

HCFC-22 副產品排放量如表 4.3.24 及圖 4.3.13 所示。HCFC-22 於 1993 年至 2004 年生產期間，副產品 HFC-23 排放量趨勢為先升後降，自 1993 年排放 633 千公噸二氧化碳當量逐步成長至 2001 年 2,151 千公噸二氧化碳當量；2001 年起因中國大陸經濟崛起，而逐漸減產，最終於 2005 年停產，之後便不再排放。

(5) 完整性

國內過去僅台塑公司生產 HCFC-22，計算結果可代表國內 HCFC-22 副產品排放量。

30 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

31 行政院環境保護署 (現為環境部)，推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫，2004。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，故合併不確定性為 50%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業界提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³² 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.9.2 逸散排放 (2.B.9.b)

本項主要調查含氟化物生產製程中 HFCs、PFCs、SF₆ 等逸散排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，調查其副產品 (HFC-23) 排放量時已將逸散排放納入統計，故本項 HFCs 排放已列入「破壞臭氧層物質之替代品使用」項目之排放量統計中。

4.3.10 其他 (2.B.10)

以「苯乙烯生產」為其他類別之項目，以下對此項目做詳述。

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查苯乙烯製程所產生之甲烷，製程主要係以乙苯與蒸汽混合，經脫氫與精製後得苯乙烯單體，其中，苯乙烯甲烷來源主要來自於設備元件逸散及製程尾氣，但尾氣會導回做為燃料，因此排放量較低，甲烷主要排放源仍為製程逸散。

表 4.3.23 1990 年至 2022 年 HCFC-22 產量

(單位：公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| HCFC-22 產量 | NO | NO | NO | 3,401 | 3,850 | 3,610 | 5,880 | 6,655 | 9,382 | 7,248 | 10,444 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| HCFC-22 產量 | 11,565 | 9,716 | 8,724 | 7,702 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| HCFC-22 產量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內唯一 HCFC-22 生產廠商台塑仁武廠僅於 1993 年至 2004 年生產。

表 4.3.24 1990 年至 2022 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.B.9.a 副產品排放 (HFCs) | NO | NO | NO | 633 | 716 | 671 | 1,094 | 1,238 | 1,745 | 1,348 | 1,943 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.9.a 副產品排放 (HFCs) | 2,151 | 1,807 | 1,623 | 1,433 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.9.a 副產品排放 (HFCs) | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內唯一 HCFC-22 生產廠商台塑仁武廠僅於 1993 年至 2004 年生產。



圖 4.3.13 1990 年至 2022 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

32 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以苯乙烯生產量及排放係數計算甲烷排放量，計算方法如公式 4.3.19 所示。

公式 4.3.19：

甲烷排放量 = 苯乙烯生產量 (公噸) × 苯乙烯排放係數 (公噸甲烷 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2000)³³ 建置係數 0.1975 公斤甲烷 / 公噸苯乙烯生產。

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供苯乙烯生產量，如表 4.3.25 所示。

(4) 排放量

苯乙烯 1990 年至 1998 年約維持 1.9 千公噸二氧化碳當量，1999 年六輕完工後增產，2001 年至 2006 年排放量上升至 6.0 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 年至 2012 年排放量則維持約 11.0 千公噸二氧化碳當量左右，2022 年排放量下降至 9.9 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.26 及圖 4.3.14 所示。

(5) 完整性

苯乙烯生產量由石油化學工業同業公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國苯乙

烯生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 IPCC 2000 GPG 建議，活動數據若為「生產量」，活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性則參考日本國家溫室氣體排放清冊中，工業製程與產品使用部門苯乙烯排放係數不確定性，設定為 113%，合併不確定性則為 113%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁴ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4 金屬工業 (2.C)

2.C「金屬工業」為工業製程及產品使用部門中排放量最高分類，項目包括 2.C.1「鐵及鋼生產」、2.C.2「鐵合金生產」、2.C.3「原鋁生產」、2.C.4「鎂生產」、2.C.5「鉛生產」、2.C.6「鋅生產」等共計六項，統計溫室氣體種類

表 4.3.25 1990 年至 2022 年苯乙烯產量

(單位：百萬公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 苯乙烯產量 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.8 | 1.1 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 苯乙烯產量 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.8 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 1.7 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 苯乙烯產量 | 1.8 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 1.8 | 2.1 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

表 4.3.26 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.B.10 其他 (苯乙烯) | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 2.1 | 2.1 | 2.4 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 4.5 | 5.8 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.B.10 其他 (苯乙烯) | 6.4 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 10.1 | 9.3 | 10.6 | 10.7 | 9.4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.B.10 其他 (苯乙烯) | 9.9 | 11.3 | 10.9 | 11.2 | 11.7 | 10.1 | 11.7 | 11.1 | 10.9 | 11.0 | 9.9 |

33 行政院環境保護署 (現為環境部)，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

34 「112 年國家溫室氣體排放清冊 - 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

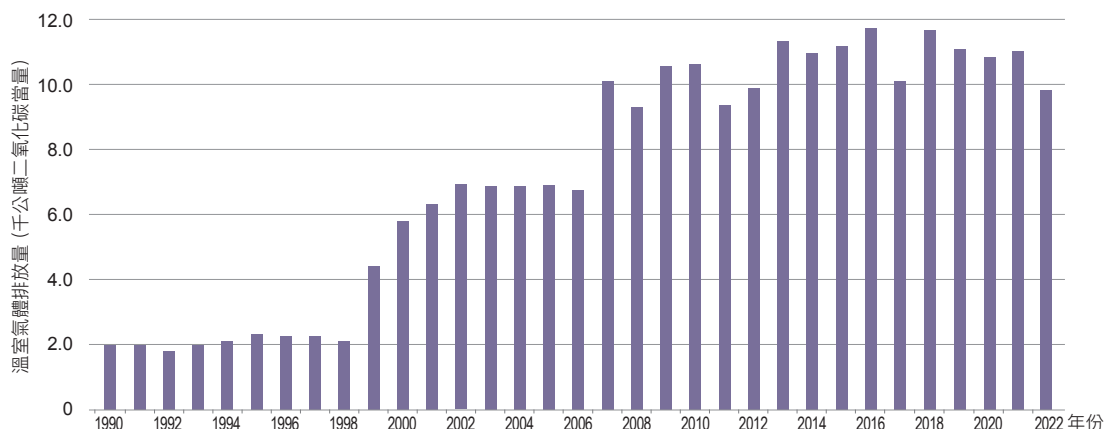


圖 4.3.14 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量趨勢

包含 CO₂、CH₄、N₂O、PFCs 及 SF₆。2022 年總部門排放量 7,047 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 34.82%。2022 年金屬工業排放量較 2021 年減少約 106 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.1 及圖 4.4.1 所示。

4.4.1 鋼鐵生產 (2.C.1)

4.4.1.1 一貫煉鋼 (2.C.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

2006 IPCC 指南建議統計一貫作業煉鋼製程，包含燒結工廠、煉鐵高爐工廠及煉鋼轉爐工廠等三項製程中所產生之二氧化碳及甲烷，其中二氧化碳 排放主要來自各項投入原料（包含焦炭、各類副產品、石灰石等）的碳成分釋出，另外，考量計算排放量完整性，氧化亞氮亦納入統計。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法³⁶

A. 1990 年至 2000 年

2000 年以前，國內廠商尚未建立排放清冊，故參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以一貫作業煉鋼之高爐鋼

胚生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.1 所示。

公式 4.4.1：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{高爐鋼胚生產量 (公噸)} \times \text{高爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳當量 / 公噸鋼胚生產量)}$$

B. 2001 年至 2022 年

參照 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，彙整國內鋼鐵公司溫室氣體排放清冊取得製程排放量；原統計方式應為原物料使用產生溫室氣體排放量（含作為氧化作用之爐氣）扣除產品、副產物及燃料用途爐氣部分，但考量我國鋼鐵業者已將爐氣使用量提報納入能源部門統計中，為避免重複計算，本項一貫作業煉鋼製程溫室氣體排放量不包含爐氣。

(2) 排放係數

1990 年至 2000 年採用 2001 年至 2009 年國內鋼鐵公司之高爐鋼胚製程排放量及生產量推估所得排放係數 0.5002 公噸二氧化碳當量 / 公噸高爐鋼胚生產，此係數已包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放。2001 年至 2022 年彙整國內鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故不需排放係數。

表 4.4.1 1990 年至 2022 年金屬工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.C.1. 鐵及鋼生產 | 3,243 | 3,450 | 3,261 | 3,718 | 3,631 | 3,690 | 3,837 | 4,865 | 5,642 | 5,270 | 5,701 |
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 2,815 | 2,916 | 2,712 | 3,123 | 3,063 | 3,122 | 3,223 | 4,174 | 4,907 | 4,635 | 4,987 |
| 2.C.1.b 電弧爐 | 428 | 534 | 549 | 595 | 568 | 568 | 613 | 691 | 735 | 635 | 714 |
| 2.C.2. 鐵合金生產 | 33 | 288 | 215 | 171 | 144 | 195 | 177 | 181 | 175 | 63 | 33 |
| 2.C.3. 原鋁生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.C.4. 鎂生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.C.5. 鉛生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.C.6. 鋅生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.C 總計 | 3,276 | 3,737 | 3,476 | 3,889 | 3,775 | 3,885 | 4,014 | 5,046 | 5,818 | 5,333 | 5,734 |

續下表

36 計算方法依經濟部工業局（現為經濟部產業發展署）召開「工業製程溫室氣體關鍵排放源－鐵與鋼生產專家諮詢會」（2015 年 6 月 24 日）結果辦理。

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.C.1. 鐵及鋼生產 | 4,939 | 4,072 | 5,353 | 5,105 | 5,000 | 7,575 | 7,751 | 7,505 | 6,334 | 7,862 | 7,563 |
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 4,223 | 3,271 | 4,513 | 4,205 | 4,095 | 6,597 | 6,712 | 6,491 | 5,534 | 7,175 | 6,639 |
| 2.C.1.b 電弧爐 | 717 | 801 | 840 | 900 | 905 | 979 | 1,040 | 1,013 | 800 | 687 | 924 |
| 2.C.2. 鐵合金生產 | 21 | 25 | 30 | NO | NO | NO | NO | 173 | 0.01 | 26 | 3 |
| 2.C.3. 原鋁生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.C.4. 鎂生產 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 2.C.5. 鉛生產 | NE | NE | 3 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 6 | 7 | 7 |
| 2.C.6. 鋅生產 | NE | NE | 14 | 50 | 58 | 49 | 62 | 48 | 49 | 11 | 47 |
| 2.C 總計 | 4,960 | 5,106 | 6,409 | 6,496 | 6,112 | 8,390 | 8,276 | 7,883 | 6,631 | 7,964 | 7,672 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.1. 鐵及鋼生產 | 8,239 | 7,927 | 7,025 | 6,993 | 7,640 | 7,605 | 7,886 | 6,685 | 5,859 | 7,082 | 6,997 |
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 7,482 | 7,045 | 6,147 | 6,231 | 6,888 | 6,818 | 7,073 | 5,973 | 5,125 | 6,283 | 6,303 |
| 2.C.1.b 電弧爐 | 757 | 882 | 878 | 762 | 752 | 787 | 813 | 713 | 734 | 798 | 694 |
| 2.C.2. 鐵合金生產 | 10 | 20 | 24 | 29 | 32 | 0 | 2 | 2 | 0.02 | NO | NO |
| 2.C.3. 原鋁生產 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.C.4. 鎂生產 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |
| 2.C.5. 鉛生產 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3.9 | 4.5 |
| 2.C.6. 鋅生產 | 47 | 18 | 18 | 17 | 19 | 23 | 20 | 14 | 5 | 5 | 19 |
| 2.C 總計 | 8,332 | 8,009 | 7,130 | 7,089 | 7,734 | 7,694 | 7,997 | 6,751 | 5,907 | 7,153 | 7,047 |

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產；
2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

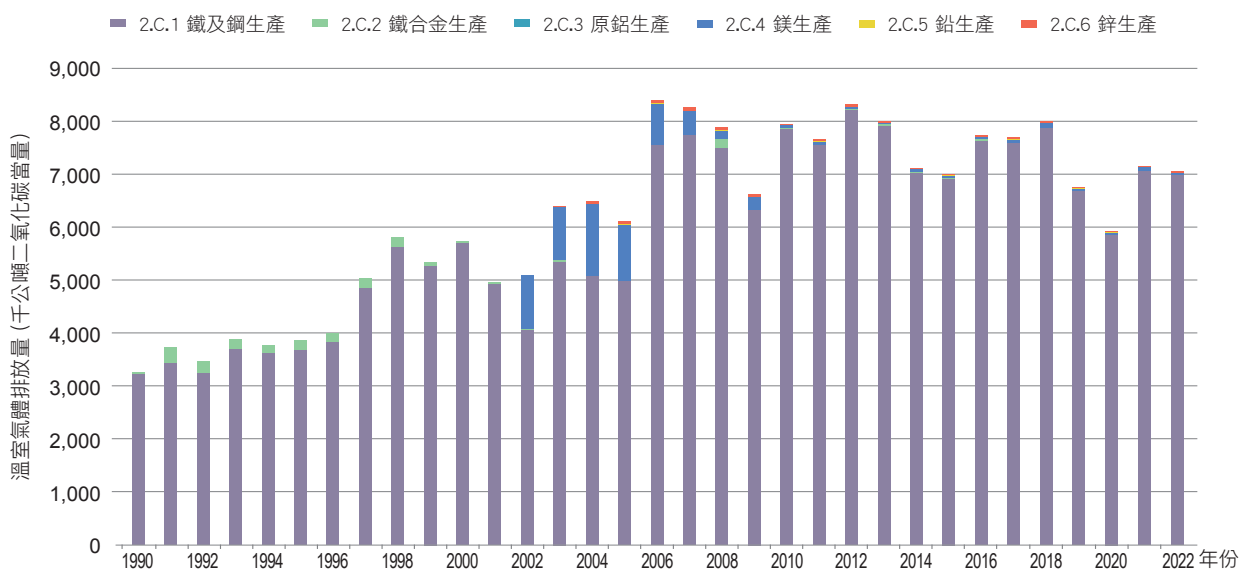


圖 4.4.1 1990 年至 2022 年金屬工業排放量趨勢

(3) 活動數據

1990 年至 2000 年由國內鋼鐵公司提供高爐鋼胚生產量，2001 年至 2022 年則改從國內鋼鐵公司排放清冊直接取得排放量，故不需透過活動數據計算排放量，1990 年至 2022 年生產量如表 4.4.2 所示。

(4) 排放量

一貫作業煉鋼製程在 2000 年以前為成長擴張階段，故排放量呈上升趨勢，之後轉為穩定成長，2004 年至 2009 年間則受景氣影響呈現上下振盪，2010 年後由於經濟復甦，

及國內第 2 家一貫作業煉鋼廠商投產，故排放量略為上升，2011 年後受景氣及中國鋼鐵產能過剩及去化影響而呈現波動，2022 年排放量為 6,303 千公噸二氧化碳當量，較 2021 增加 20 千公噸二氧化碳當量。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

(5) 完整性

1990 年至 2000 年活動數據由臺灣鋼鐵工業同業公會提供，排放係數則由 2001 年至 2009 年國內唯一使用高爐製程鋼鐵公司之生產量與排放量推算，排放量計算結果可代表我國高爐鋼胚製程排放量。

2001 年至 2022 年排放量彙整自國內所有採用高爐製程之鋼鐵公司排放清冊，其排放量可代表我國高爐鋼胚製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

2001 年至 2005 年因該公司清冊未進行不確定性計算，故改採用 2006 IPCC 指南建議，活動數據為國家生產數據，其不確定性為 10%，排放係數為參考國內特定工廠值，其不確定性為 5%，合併不確定性則為 11%。2006 年至 2022 年排放量之不確定性彙整自國內鋼鐵公司各年排放清冊，約為 5%，符合 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3) 不確定性範圍，1990 年至 2022 年高爐鋼胚總排放不確定性如表 4.4.4 所示。

(2) 時間序列的一致性

計算方法則隨各時期資料來源不同而有所不同，1990 年至 2000 年採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，即以生產量及

排放係數計算排放量；2001 年至 2022 年採 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，排放量則彙整自國內鋼鐵公司排放清冊。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據為業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.1.2 電弧爐鋼胚 (2.C.1.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

2006 IPCC 指南建議統計電弧爐鋼胚製程中所產生之二氧化碳，二氧化碳排放主要來自生鐵、廢鐵及增碳劑等原料中碳成分釋出。電弧爐鋼胚製程主要以生鐵及廢棄回收之鋼

表 4.4.2 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 高轉爐鋼胚產量 | 5,627 | 5,829 | 5,421 | 6,244 | 6,123 | 6,242 | 6,444 | 8,944 | 9,811 | 9,267 | 9,971 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 高轉爐鋼胚產量 | 10,317 | 10,524 | 10,779 | 10,939 | 9,854 | 10,683 | 10,884 | 10,088 | 8,150 | 10,396 | 11,935 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 高轉爐鋼胚產量 | 11,092 | 12,602 | 13,603 | 13,721 | 11,546 | 13,690 | 14,053 | 13,587 | 12,481 | 14,061 | 12,248 |

表 4.4.3 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 2,815 | 2,916 | 2,712 | 3,123 | 3,063 | 3,122 | 3,223 | 4,174 | 4,907 | 4,635 | 4,987 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 4,223 | 3,271 | 4,513 | 4,205 | 4,095 | 6,597 | 6,712 | 6,491 | 5,534 | 7,175 | 6,638 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.1.a 一貫煉鋼 | 7,482 | 7,045 | 6,147 | 6,231 | 6,888 | 6,818 | 7,073 | 5,973 | 5,125 | 6,283 | 6,303 |

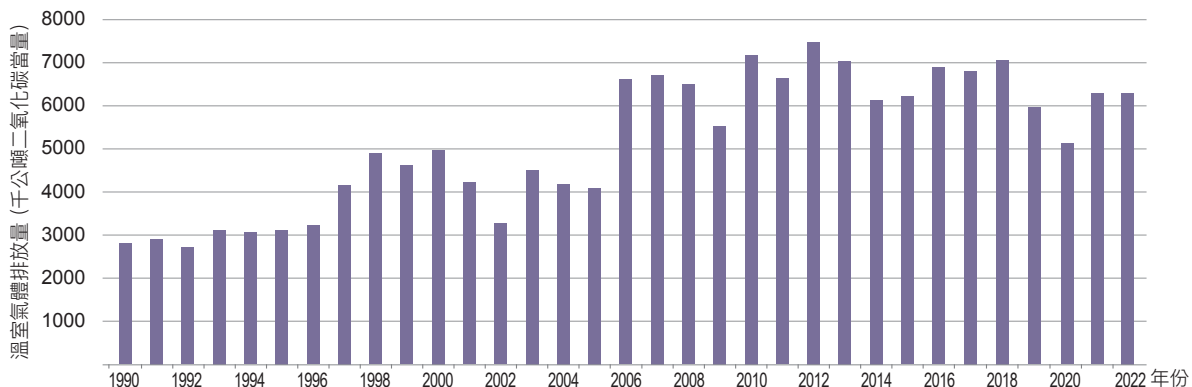


圖 4.4.2 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢

37 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

鐵製品為原料，加入增碳劑冶煉成各式碳鋼或合金鋼，冶煉過程並分為熔解、氧化及還原等。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以電弧爐鋼胚生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.2 所示。

公式 4.4.2：

二氧化碳排放量 = 電弧爐鋼胚生產量 (公噸) × 電弧爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

1990 年至 2012 年國內電弧爐廠商排放清冊尚不完整，故使用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 計算，碳鋼採用 0.104 公噸二氧化碳 / 公噸碳鋼胚生產，不銹鋼為 0.110 公噸二氧化碳 / 公噸不銹鋼胚生產，合金鋼則為 0.037 公噸二氧化碳 / 公噸合金鋼胚生產。

2013 年起直接採用廠商排放清冊，故不需排放係數。

(3) 活動數據

1990 年至 2012 年生產量如表 4.4.5 所示，其中 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚生產量由鋼鐵工業同業公會提供，2010 年後因中龍鋼鐵公司投入一貫作業煉鋼生產，其一貫作業煉鋼及電弧爐煉鋼製程無法切割，經鐵與鋼生產專家諮詢會議³⁸ 討論，決議參考世界鋼鐵協會分類方法，將中龍之電弧爐鋼胚歸類在高爐製程，並於我國電弧爐鋼胚總量中扣除中龍鋼鐵生產之電弧爐鋼胚生產量，做為 2010 年至 2012 年我國電弧爐製程活動數據。

2013 年至 2022 年使用 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，係直接彙整自國內電弧爐廠商之排放清冊，故不需活動數據。

(4) 排放量

電弧爐鋼胚排放量自 1990 年起呈成長趨勢，自 428 千公噸二氧化碳當量成長至 2007 年 1,040 千公噸二氧化碳當量，於 2008 年至 2009 年金融海嘯下降，2010 年後扣除中龍鋼鐵所生產之電弧爐排放量，故 2013 年後電弧爐鋼胚排放量約維持在 700 至 900 千公噸二氧化碳當量，如表 4.4.6 及圖 4.4.3 所示。

(5) 完整性

1990 年至 2012 年係由鋼鐵工業同業公會提供之電弧爐鋼胚生產量，屬全國電弧爐鋼胚總量，僅中龍鋼鐵公司電弧爐鋼胚生產量併入一貫作業煉鋼製程計算，故計算結果可代表國內電弧爐鋼胚製程排放量。

2013 年至 2022 年係彙整國內主要電弧爐製程鋼鐵公司排放清冊，其彙整排放量可代表國內電弧爐鋼胚製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，以國內電弧爐煉鋼業者經第三者查證之溫室氣體排放數據，合併不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

表 4.4.4 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產排放量不確定性

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 排放量不確定性 (%) | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | |
| 排放量不確定性 (%) | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.23 | 3.90 | 3.98 | 4.24 | 4.12 | 4.03 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| 排放量不確定性 (%) | 6.18 | 5.17 | 5.66 | 5.29 | 5.24 | 4.97 | 4.82 | 5.79 | 6.22 | 4.41 | 4.40 | |

表 4.4.5 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 電弧爐鋼胚產量 | 4,120 | 5,143 | 5,286 | 5,726 | 5,467 | 5,463 | 5,905 | 6,653 | 7,075 | 6,110 | 6,869 | 6,898 |
| 年份 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | |
| 電弧爐鋼胚產量 | 7,706 | 8,075 | 8,658 | 8,713 | 9,410 | 10,024 | 9,795 | 7,661 | 6,590 | 8,927 | 7,323 | |

備註：2013 年至 2022 年使用 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，係直接彙整自國內電弧爐廠商之排放清冊，故不需活動數據。

38 係指經濟部工業局 (現為經濟部產業發展署) 召開之「工業製程溫室氣體關鍵排放源 – 鐵與鋼生產專家諮詢會」(2015 年 6 月 24 日)。

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鐵合金生產製程中所產生之二氧化碳，製程以礦石、焦炭及渣化物質於電弧爐高溫熔煉生產鐵合金，其中，當金屬氧化造成焦炭及電極棒之碳消耗減少，熔煉過程將產生一氧化碳，並經由轉化槽轉化為二氧化碳排放。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鐵合金生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.3 所示。

公式 4.4.3：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{鐵合金生產量 (公噸)} \\ \times \text{鐵合金排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 3.9 公噸二氧化碳 / 公噸鐵合金生產。

(3) 活動數據

1990 年至 2022 年生產量如表 4.4.7 所示，2001 年至 2022 年鐵合金生產量係透過鋼鐵工業同業公會出版之《鋼鐵資訊年報》統計及更新，但無法提供 2000 年前數據，故這部分採用經濟部統計處工業生產統計年報。其中，鐵合金曾於 2004 年至 2007 年停產。

(4) 排放量

鐵合金排放量自 1991 年 287.5 千公噸二氧化碳當量下降至 2003 年 30.2 千公噸二氧化碳當量，並於 2004 年至 2007 年間停產，2008 年起再度生產，排放量達 173.5 千公噸二氧化碳當量，2008 年至 2022 年排放量起伏劇烈，於 2021 年至 2022 年再度停產，1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.8 及圖 4.4.4 所示。

(5) 完整性

鋼鐵工業同業公會及經濟部統計處工業生產統計年報調查鐵合金生產量，皆係以全國為調查對象，排放量計算結果可代表全國排放量。

表 4.4.6 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| 2.C.1.b 電弧爐 | 428 | 534 | 549 | 595 | 568 | 568 | 613 | 691 | 735 | 635 | 714 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.1.b 電弧爐 | 717 | 801 | 840 | 900 | 905 | 979 | 1,040 | 1,013 | 800 | 687 | 924 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.1.b 電弧爐 | 757 | 882 | 878 | 762 | 752 | 787 | 813 | 713 | 734 | 798 | 694 |

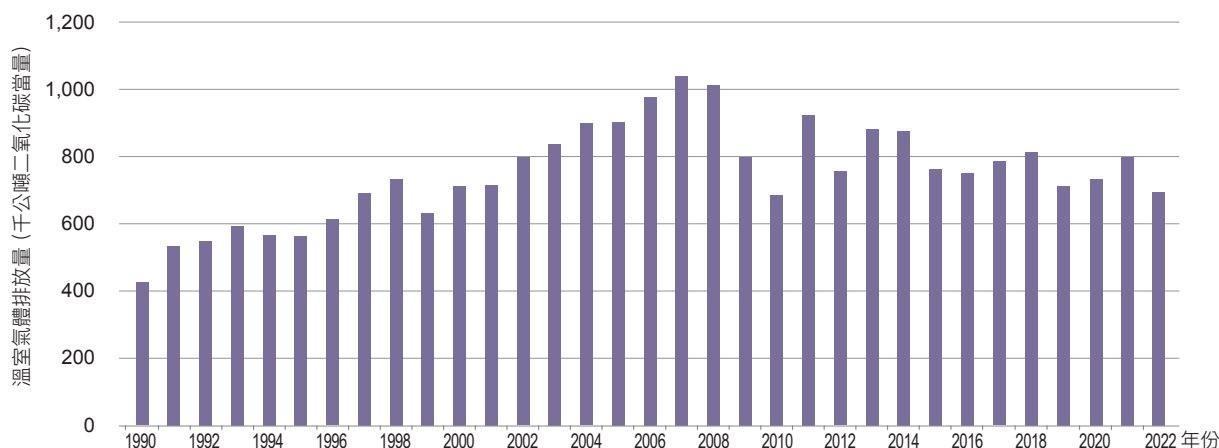


圖 4.4.3 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢

39 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。



3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以生產量計算活動數據，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性為 25%，合併不確定性則為 25%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2022 年數據來源不同，無時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁰ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)

本項目為統計原鋁生產排放二氧化碳及使用全氟碳化物之排放量，因國內鋁製造非自鋁礦提煉，換言之國內並無生產原鋁。

表 4.4.7 1990 年至 2022 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|
| 鐵合金產量 | 8 | 73 | 55 | 44 | 37 | 50 | 45 | 46 | 45 | 16 | 8 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 鐵合金產量 | 5 | 6 | 8 | NO | NO | NO | NO | 44 | 0.003 | 7 | 1 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 鐵合金產量 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 0.004 | 0.4 | 0.4 | 0.005 | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

表 4.4.8 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.C.2 鐵合金生產 | 33 | 288 | 215 | 171 | 144 | 195 | 177 | 181 | 175 | 63 | 33 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.2 鐵合金生產 | 21 | 25 | 30 | NO | NO | NO | NO | 174 | 0.01 | 26 | 3 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.2 鐵合金生產 | 10 | 20 | 24 | 29 | 32 | 0.02 | 2 | 2 | 0.02 | NO | NO |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

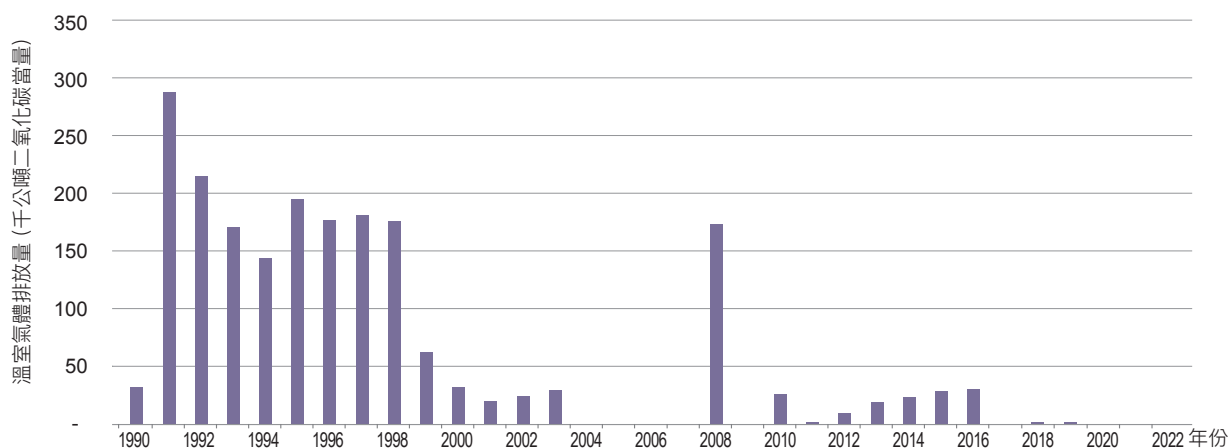


圖 4.4.4 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量趨勢

40 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

4.4.4 鎂生產 (2.C.4)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鎂生產使用六氟化硫排放量，鎂合金為高活性材料，溶解時需以氣體保護防止燃燒，目前產業界使用乾燥空氣、二氧化碳、六氟化硫混合為保護氣體，其中，六氟化硫為惰性氣體，使用過程將全部排放，故使用量即為其排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2003 年至 2009 年依據行政院環境保護署（現為環境部）歷年委辦計畫 (2016)⁴¹ 調查所得排放量，2010 年起改由產業發展署向生產廠商調查，均係參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，以鎂生產六氟化硫採購量為排放量，即台灣輕金屬協會⁴² 會員廠調查數據。

(2) 排放係數

由環境部歷年計畫或廠商提供排放量，係彙整自台灣輕金屬協會取得使用量，為一實際值，故無排放係數需求。

(3) 活動數據

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016) 或輕金屬協會會員廠提供，係依會員廠經查證之實際使用量統計活動數據。惟因鎂生產廠商逐漸外移或改生產其他輕金屬，且部分廠商以乾燥沙取代 SF₆ 之使用，或修改壓鑄製程為射出製程，以減少保護氣體之使用，本項活動數據已逐年降低。

(4) 排放量

依行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016) 資訊得知，鎂生產於新製程普及後才大量使用六氟化硫，早期使用六氟化硫為實驗推廣，使用量非常少，故無進行調查，鎂生產排放量自 2004 年排放 1,334 千公噸二氧化碳當量，下

降至 2022 年 27 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移，加上廠商配合環境部計畫推動進行減量工作，故排放量呈現明顯下降趨勢。以六氟化硫之全球暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 23,500 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 年至 2022 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

(5) 完整性

2002 年至 2009 年由環境部計畫提供之排放量係由台灣輕金屬協會調查，為會員廠排放量，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量，2010 年起由生產廠商提供，亦向台灣輕金屬協會提供之名單進行調查，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量若由廠商提供，屬於經系統性調查結果，建議排放量不確定性為 5%，但由於 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2) 尚存有假設（即使用之 SF₆ 全部排放），建議假設導致之不確定性為 30%，故排放量總不確定性經遞誤法匯算為 30%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2002 年無法取得排放量，2003 年至 2009 年與 2010 年起亦由不同來源提供數據，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

鎂生產排放量由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016)⁴³ 提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.6 所示。

表 4.4.9 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 2.C.4 鎂生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.4 鎂生產 | NE | 1,009 | 1,009 | 1,334 | 1,046 | 757 | 454 | 149 | 242 | 59 | 52 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.4 鎂生產 | 31 | 39 | 58 | 44 | 39 | 61 | 84 | 45 | 37 | 62 | 27 |

備註：NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鎂生產未大量使用六氟化硫，故未進行調查。

41 行政院環境保護署（現為環境部），我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。每年計畫名稱不同，此處僅列出最新一年計畫名稱。

42 台灣輕金屬協會 (Taiwan Light Metals Association, 簡稱 TWLMA) 於 2012 年 3 月 1 日由既有之台灣鈦金屬協會和台灣鎂合金協會，協同國內鋁合金相關的產學研機構正式合併擴展成立。

43 行政院環境保護署（現為環境部），我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。

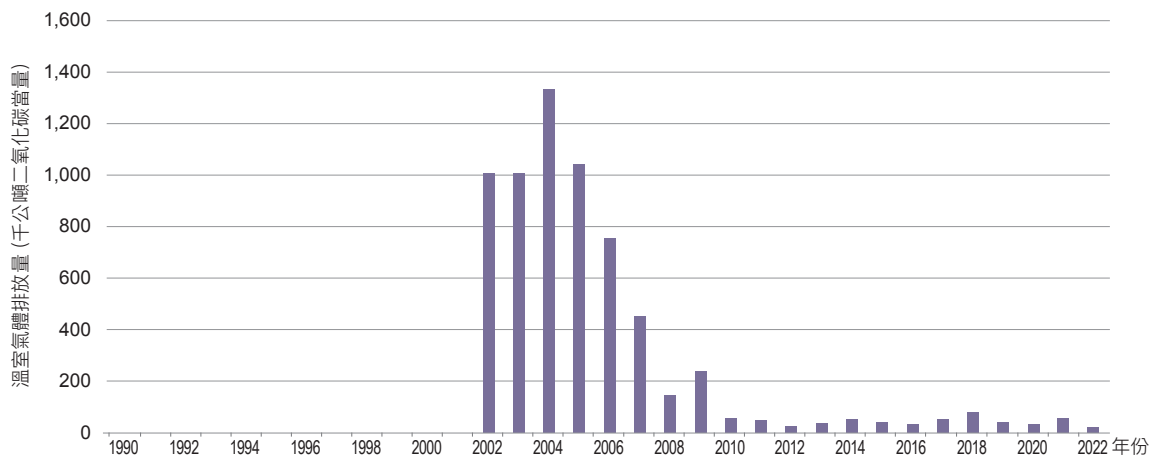


圖 4.4.5 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視建議至資料可及年分進行重新計算，故追溯至調查廠商可提供資料最早之 2010 年進行重新計算。

6. 特定排放源的改善計畫

原由環境部計畫提供調查數據，但考量產業外移，且國內已減少使用保護氣體，洽詢台灣輕金屬協會後，改由產業發展署向其提供名單之會員廠發放問卷調查採購量並統計，並追溯至調查廠商可提供資料最早之 2010 年。

4.4.5 鉛生產 (2.C.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鉛生產的二氧化碳排放量，國內鉛生產屬次級生產；其中，提煉鉛的次級生產量為回收鉛的處理量，大部分來自廢鉛蓄電池，二氧化碳來自於廢鉛蓄電池及其他回收廢鉛經過粉碎、脫硫等熔煉過程中產生。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鉛錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.4 所示。

公式 4.4.4：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{鉛錠生產量 (公噸)} \times \text{鉛錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

(2) 排放係數

依據 2006 IPCC 指南建議，源自次級原材料處理之排放係數為 0.2 公噸二氧化碳 / 公噸次級鉛生產。

(3) 活動數據

由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鉛錠生產量，2003 年前未進行調查，1990 年至 2022 年生產量如表 4.4.10 所示。

(4) 排放量

國內鉛生產 1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.11 及圖 4.4.7 所示，鉛生產排放量與鉛產品使用及回收率有關，由

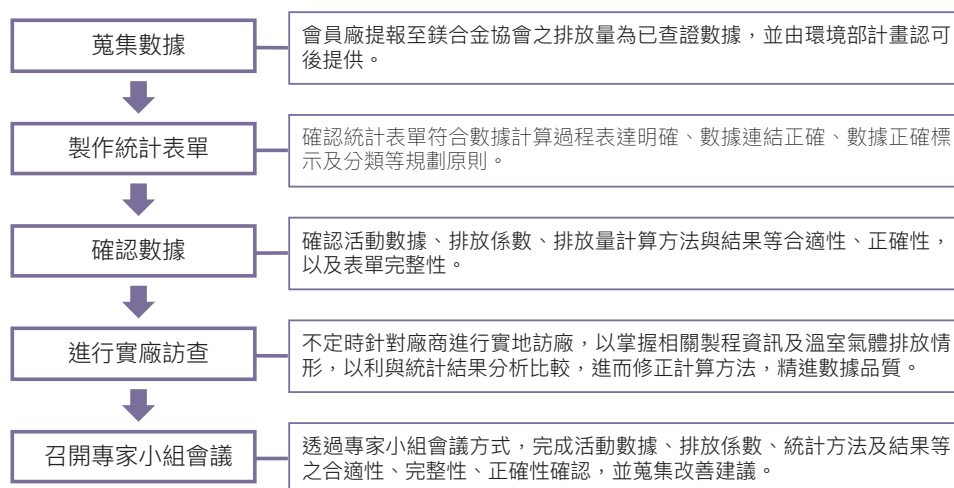


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

2003 年 2.7 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 9.0 千公噸二氧化碳當量後下降，2022 年排放量為 4.5 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

鉛錠生產量由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國鉛生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量若由廠商提供，屬於經系統性調查結果，建議排放量不確定性為 5%，但為避免低估不確定性，假設其製程較不穩定，排放量總不確定性為 30%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.10 1990 年至 2022 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鉛錠產量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 鉛錠產量 | NE | NE | 14 | 40 | 40 | 44 | 45 | 41 | 32 | 33 | 35 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 鉛錠產量 | 28 | 25 | 28 | 25 | 28 | 27 | 28 | 26 | 27 | 19 | 22 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鉛生產未進行調查。

表 4.4.11 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.C.5 鉛生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.5 鉛生產 | NE | NE | 2.7 | 7.9 | 8.0 | 8.8 | 9.0 | 8.2 | 6.3 | 6.6 | 7.1 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.5 鉛生產 | 5.5 | 5.0 | 5.5 | 5.5 | 5.6 | 5.1 | 5.1 | 5.3 | 5.3 | 3.9 | 4.5 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鉛生產未進行調查。

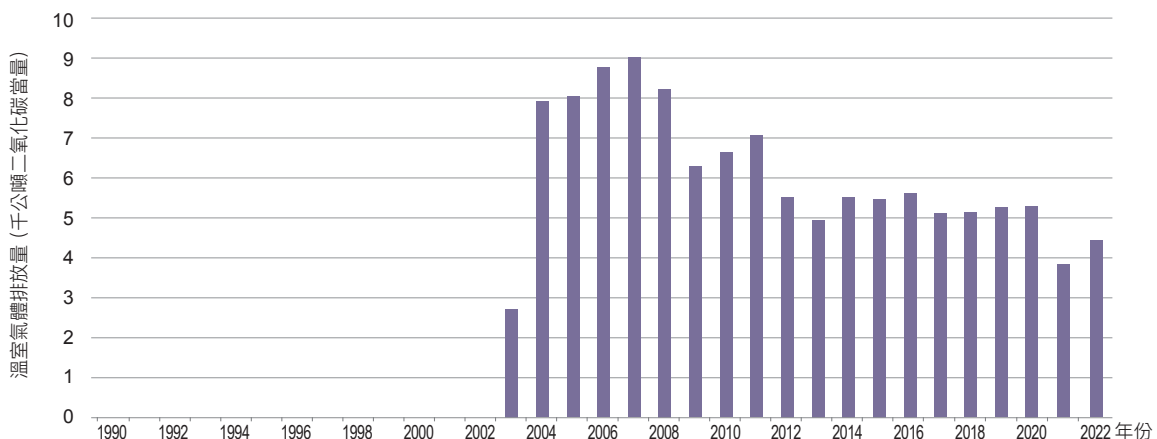


圖 4.4.7 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量趨勢

44 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

4.4.6 鋅生產 (2.C.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鋅生產二氧化碳排放量，國內鋅生產屬次級生產，由各種材料中經過分離、燒結、熔煉及提煉過程中回收金屬鋅，二氧化碳來自於過程中需使用含碳還原劑及產生高溫揮發性煙霧。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鋅錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.5 所示。

公式 4.4.5：

二氧化碳排放量 = 鋅錠生產量 (公噸) × 鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

依據 2006 IPCC 指南建議，源自次級原材料處理之排放係數為 1.72 公噸二氧化碳 / 公噸次級鋅生產。

(3) 活動數據

由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鋅錠生產量，2003 年前未進行調查，2003 年至 2022 年生產量如表 4.4.12 所示。

(4) 排放量

國內鋅生產 1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.13 及圖 4.4.8 所示，鋅生產排放量與鋅產品使用及回收率有關，由

2003 年 14 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 62 千公噸二氧化碳當量後下降，至 2022 年排放量為 19 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

鋅錠生產量由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國鋅生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量若由廠商提供，屬於經系統性調查結果，建議排放量不確定性為 5%，但為避免低估不確定性，假設其製程較不穩定，排放量總不確定性為 30%。

(2) 時間序列的一致性

由於 1990 年至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.12 1990 年至 2022 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鋅錠產量 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 鋅錠產量 | NE | NE | 8 | 29 | 34 | 28 | 36 | 28 | 28 | 6 | 27 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 鋅錠產量 | 27 | 11 | 10 | 10 | 11 | 13 | 12 | 8 | 3 | 3 | 11 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鋅生產未進行調查。

表 4.4.13 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.C.6 鋅生產 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.C.6 鋅生產 | NE | NE | 14 | 50 | 58 | 49 | 62 | 48 | 49 | 11 | 47 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.C.6 鋅生產 | 47 | 18 | 18 | 17 | 19 | 23 | 20 | 14 | 5 | 5 | 19 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鋅生產未進行調查。

45 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

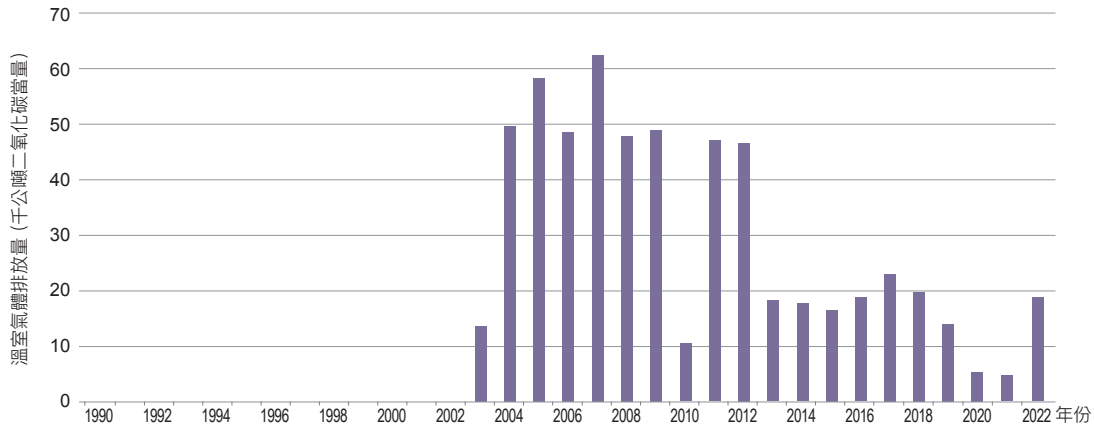


圖 4.4.8 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量趨勢

4.5 非能源產物燃料溶劑使用 (2.D)

2.D「非能源產物燃料溶劑使用」排放量趨近於零，分類項目包括 2.D.1「合成潤滑油使用」、2.D.2「石蠟使用」、2.D.3「溶劑使用」及 2.D.4「其他」等四項，排放溫室氣體種類為二氧化碳及 MNVOC 共計 2 項，但因 2006 IPCC 指南未提供 MNVOC 之 GWP 值，故僅統計二氧化碳排放量。

非能源產物燃料溶劑使用中，2.D.1「合成潤滑油使用」及 2.D.2「石蠟使用」皆係參考 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 進行計算，活動數據為透過經濟部統計處工業產銷存動態調查系統及國貿署進出口資料進行統計，排放係數則使用 2006 IPCC 指南預設值，2.D.1「合成潤滑油使用」為 0.073(公噸 CO₂/GJ 潤滑油)，2.D.2「石蠟使用」為 0.073(公噸 CO₂/GJ 石蠟)。

2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量約 0.064 公噸二氧化碳當量，1990 年至 2022 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。

4.6 電子工業 (2.E)

「電子工業」為工業製程及產品部門中第三大之排放分類，分類項目包括 2.E.1「積體電路或半導體」、2.E.2「TFT 平面顯示器」、2.E.3「光電(太陽能板)」及 2.E.4「熱傳流體」等共計四項，統計溫室氣體種類包含 N₂O、HFCs、PFCs、NF₃ 及 SF₆ 等共計五項。2022 年總排放量約 3,209 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 15.86%，各溫室氣體影響程度依序為 PFCs(38.9%)、N₂O(26.4%)、SF₆(15.8%)。1998 年前因電子產業未大量生產，未統計其溫室氣體使用量，僅呈現 1999 年至 2022 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為參照 2006 IPCC 指南及我國製造業特性新增之項目，主要調查積體電路及半導體使用氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)、三氟化氮(NF₃)、氧化亞氮(N₂O)所造成的排放量，調查氫氟碳化物(HFCs)種類為 CHF₃、CH₂F₂、CH₃F，全氟碳化物(PFCs)種類則為 CF₄、C₂F₆、C₃F₈、C₄F₈ 等。

表 4.5.1 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量

(單位：公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.D.1 合成潤滑油使用 | 0.048 | 0.047 | 0.051 | 0.060 | 0.073 | 0.067 | 0.071 | 0.075 | 0.077 | 0.075 | 0.061 |
| 2.D.2 石蠟使用 | 0.011 | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.013 | 0.013 | 0.012 | 0.010 | 0.015 | 0.017 | 0.015 |
| 2.D.3 溶劑使用 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D.4 其他 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D 總計 | 0.059 | 0.057 | 0.062 | 0.072 | 0.086 | 0.080 | 0.083 | 0.084 | 0.091 | 0.092 | 0.076 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.D.1 合成潤滑油使用 | 0.057 | 0.065 | 0.080 | 0.097 | 0.095 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.054 | 0.042 | 0.039 |
| 2.D.2 石蠟使用 | 0.011 | 0.010 | 0.012 | 0.012 | 0.009 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.004 | 0.004 | 0.001 |
| 2.D.3 溶劑使用 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D.4 其他 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D 總計 | 0.068 | 0.075 | 0.092 | 0.109 | 0.104 | 0.071 | 0.070 | 0.070 | 0.057 | 0.046 | 0.040 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.D.1 合成潤滑油使用 | 0.036 | 0.041 | 0.053 | 0.081 | 0.072 | 0.062 | 0.062 | 0.058 | 0.062 | 0.063 | 0.062 |
| 2.D.2 石蠟使用 | 0.002 | 0.006 | 0.002 | 0.020 | 0.012 | 0.011 | NO | 0.004 | NO | 0.004 | 0.003 |
| 2.D.3 溶劑使用 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D.4 其他 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| 2.D 總計 | 0.039 | 0.047 | 0.055 | 0.100 | 0.084 | 0.072 | 0.062 | 0.062 | 0.062 | 0.067 | 0.064 |

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如石蠟於 2020 年起停產，故無排放源發生；
2. NA (不適用) 指我國該分類被認為從未發生相關排放。

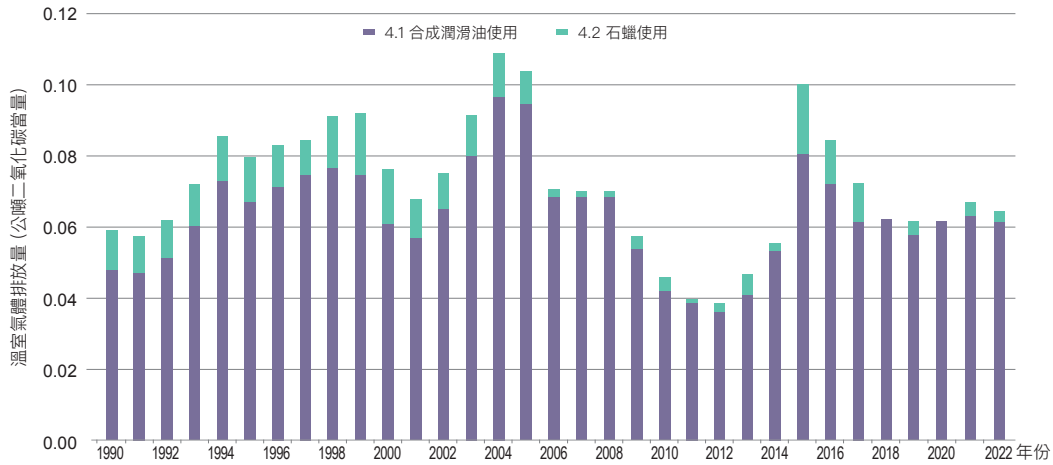


圖 4.5.1 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2001 至 2004 年依據行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫(2015)⁴⁶計算。係參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)b，依據氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其採用臺灣半導體產業協會 (The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 TSIA) 會員廠之氣體使用量；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC

指南規範進行推算求得，氧化亞氮由於 2006 IPCC 指南尚無同等規定，使用量全數轉為排放量。

2005 年至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2015) 提供之 TSIA 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TSIA 會員廠環境部國家溫室氣體登錄平臺之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之第一批應登錄之半導體產業盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2)b 進行計算。

表 4.6.1 1990 年至 2022 年電子工業製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2.E.1. 積體電路或半導體 | NE | NE | 3,432 | 4,605 | 4,795 | 5,139 | 4,585 | 5,064 | 4,590 | 2,873 | 2,732 | 2,778 |
| 2.E.2. TFT 平面顯示器 | 132 | 145 | 264 | 554 | 1,032 | 1,313 | 1,890 | 1,790 | 1,904 | 1,710 | 1,377 | 1,787 |
| 2.E.3 光電 (太陽能板) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.4 熱傳流體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.5 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 總計 | 132 | 145 | 3,696 | 5,159 | 5,827 | 6,453 | 6,474 | 6,853 | 6,494 | 4,584 | 4,109 | 4,565 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.E.1. 積體電路或半導體 | 2,919 | 2,254 | 2,987 | 3,205 | 2,938 | 2,844 | 2,787 | 3,072 | 3,004 | 3,388 | 3,432 | 2,835 |
| 2.E.2. TFT 平面顯示器 | 1,491 | 1,567 | 1,731 | 1,389 | 1,236 | 1,124 | 1,153 | 950 | 627 | 497 | 524 | 375 |
| 2.E.3 光電 (太陽能板) | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.4 熱傳流體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E.5 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.E 總計 | 4,410 | 3,821 | 4,718 | 4,594 | 4,174 | 3,968 | 3,941 | 4,022 | 3,630 | 3,886 | 3,956 | 3,209 |

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，如 2000 年前因積體電路或半導體、TFT 平面顯示器使用量及光電 (太陽能板) 生產量極少，未進行調查，因此無法計算排放量；熱傳流體未調查統計，因 2006 IPCC 指南尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

46 行政院環境保護署 (現為環境部)，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

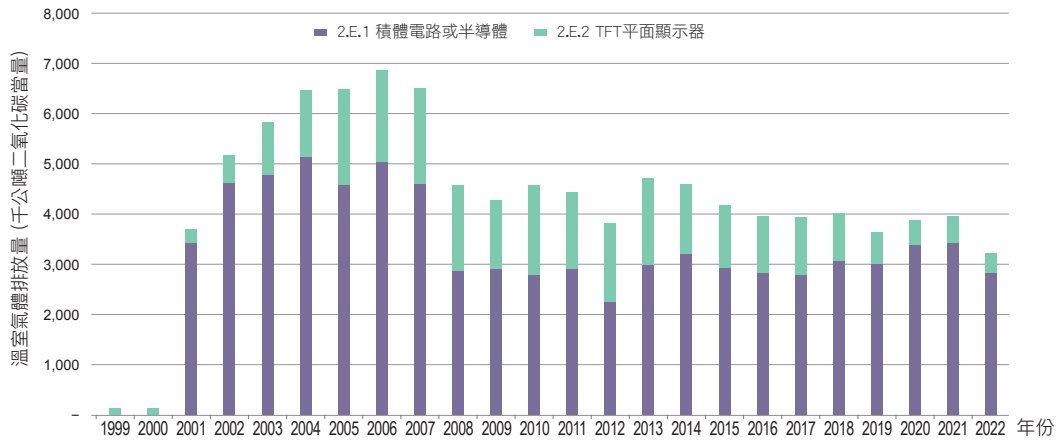


圖 4.6.1 1999 年至 2022 年電子工業製程排放量趨勢

(2) 排放係數

依行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）數據，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.3 及 IPCC 第五次評估報告的 GWP 計算。

(3) 活動數據

2001 年至 2015 年由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證，並於世界半導體協會 (World Semiconductor Council, WSC) 會議中討論並予揭露。2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平臺前亦經第三者查證。

(4) 排放量

2000 年前因積體電路或半導體產業廠商家數少，氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫使用量低，亦無進口之關稅號列，故未進行統計。2001 年至 2022 年積體電路或半導體主要排放溫室氣體種類為全氟碳化物，2001 年排放量為 3,432 千公噸二氧化碳當量，並逐年成長至 2004 年達到 5,139 千公噸二氧化碳當量。由於 TSIA 配合政府推動自願減量，導入安裝尾氣處理設施，與使用較低溫室氣體潛勢氣體取代，並同時以量測程序進行製程改善，以減少全氟碳化物的使用排放，使全氟碳化物排放量逐年降低，再加上 2008 年的經濟蕭條，故 2009 年呈現出最低值。隨著景氣復甦與新產能的增建，排放量開始回升。世界半導體協會 WSC 在 2012 年推出 PFCs 減量最佳可行技術規範（氣體取

代與削減設備安裝）並推行第二階段 PFCs 自願減量，因此近年產能雖有大幅成長，但在新產能必須執行此規範下，排放量能有效控制。至 2022 年約排放 2,835 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 13.9%，2001 年至 2022 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

(5) 完整性

2001 年至 2015 年間環境部計畫提供之排放量係由 TSIA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 95% 以上。調查結果可代表全國積體電路或半導體排放量。

2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具積體電路製程並使用含氟氣體之各廠資料，可代表全國積體電路或半導體排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

排放量係彙整自 TSIA 會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南之方法 2b 計算排放量，環境部計畫建議排放量之總不確定性為 12%。

2016 年起彙整自廠商盤查清冊，則依盤查清冊提供之不確定性計算加總不確定性。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年產業規模小，且該時期製程尾氣破壞處理做法尚未建立國際標準，因此 IPCC 對此段時間亦無相關排放量估算公式與參數可供參考。我國在此期間相關溫室

表 4.6.2 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HFCs | 43 | 49 | 49 | 49 | 85 | 100 | 167 | 123 | 172 | 169 | 144 |
| PFCs | 2,660 | 3,705 | 3,791 | 3,936 | 3,139 | 3,293 | 3,052 | 1,895 | 1,434 | 1,606 | 1,623 |
| SF ₆ | 540 | 514 | 529 | 605 | 704 | 816 | 400 | 335 | 313 | 354 | 377 |
| N ₂ O | NE | NE | NE | NE | 37 | 341 | 383 | 358 | 334 | 467 | 453 |
| NF ₃ | 189 | 336 | 426 | 549 | 619 | 514 | 588 | 163 | 479 | 182 | 322 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 3,432 | 4,605 | 4,795 | 5,139 | 4,585 | 5,064 | 4,590 | 2,873 | 2,732 | 2,778 | 2,919 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HFCs | 104 | 173 | 184 | 142 | 160 | 169 | 169 | 152 | 161 | 156 | 148 |
| PFCs | 1,009 | 1,211 | 1,411 | 1,222 | 1,304 | 1,271 | 1,396 | 1,287 | 1,320 | 1,334 | 1,156 |
| SF ₆ | 295 | 328 | 430 | 339 | 349 | 313 | 291 | 270 | 278 | 277 | 251 |
| N ₂ O | 535 | 595 | 647 | 673 | 640 | 690 | 817 | 910 | 1,156 | 1,162 | 832 |
| NF ₃ | 312 | 680 | 533 | 562 | 392 | 343 | 400 | 385 | 473 | 504 | 448 |
| 2.E.1 積體電路或半導體 | 2,254 | 2,987 | 3,205 | 2,938 | 2,844 | 2,787 | 3,072 | 3,004 | 3,388 | 3,432 | 2,835 |

備註：NE（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計。早期積體電路或半導體未大量生產，故無追溯調查 1990 年至 2000 年排放量。另，N₂O 尚無 IPCC 公告之製程耗用率及管末處理削減率，故迄今 TSIA 採用保守原則使用量 100% 全部排放申報，世界半導體協會已經開始討論其合宜性，將待其有結論之後配合之。

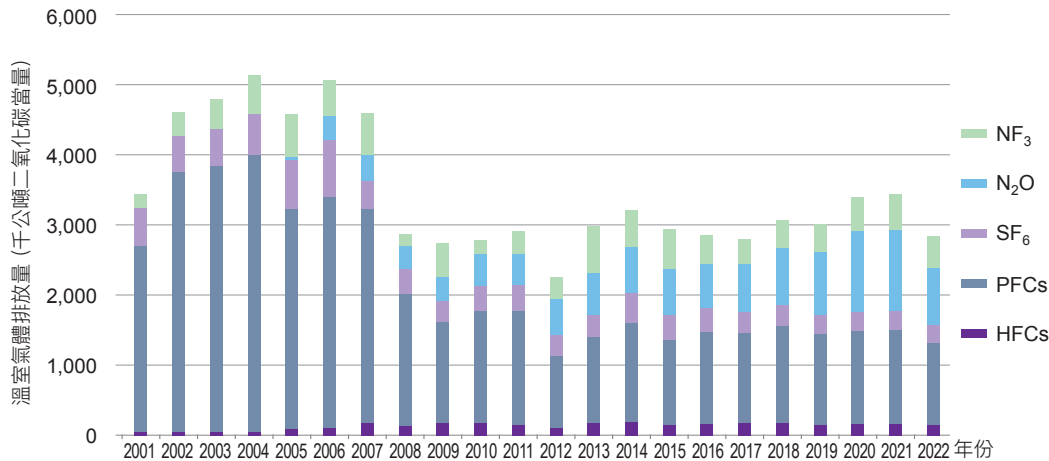


圖 4.6.2 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量趨勢

氣體使用量極小，氣體種類使用與尾氣處理情境已無法回溯以評估排放量，會影響時間序列一致性。

2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具備積體電路製程並使用含氟氣體之各廠，與 2001 年至 2015 年間以 TSIA 會員廠之範疇存有差異，會影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

排放量係彙整自 TSIA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為依國內製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調查 TFT 平面顯示器使用全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮所造成的排放量；其中，全氟碳化物主要調查種類為四氟化碳 (CF₄)。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

1999 年至 2004 年由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁴⁸ 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南方法 2b，依據全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其係採臺灣顯示器暨應用產業協會 (Taiwan Panel & Solution Association，簡稱 TPSA) 會員廠全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用量計算所得；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC 指南規範進行推算求得。自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2b 進行計算。

2005 年至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015) 提供之 TPSA 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TPSA 會員廠環境部國家溫室氣體登錄平臺之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2b 進行計算。

47 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

48 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

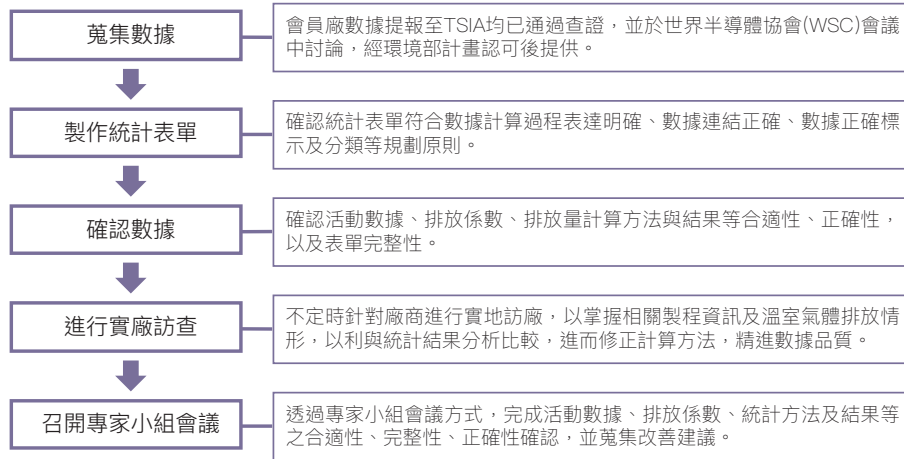


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

(2) 排放係數

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.4 及 IPCC 第五次評估報告的 GWP 計算。

(3) 活動數據

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證。2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平臺前亦經第三者查證。

(4) 排放量

1999 年前因 TFT 平面顯示器廠商產業家數少，全氟碳化物及六氟化硫使用量低，故未進行統計。

TFT 平面顯示器主要排放溫室氣體種類為六氟化硫，TPSA 已配合政府推動自願減量，並推動製程調整、替代氣體等多項減量措施，但由於平面顯示器廠商近年來擴廠，致使六氟化硫下降趨勢較不明顯，自 2005 年排放 1,890 千公噸二氧化碳當量下降至 2022 年 375 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 1.8%，1999 年至 2022 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.3 所示。

(5) 完整性

環境部計畫提供之排放量係由 TPSA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 98% 以上，調查結果可代表全國 TFT 平面顯示器排放量。

2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具 TFT 平面顯示器製程並使用含氟氣體之各廠資料，可代表全國 TFT 平面顯示器排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

排放量係彙整自 TPSA 會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南方法 2b 計算排放量，該計畫建議排放量之整合不確定性為 12%。

2016 年起彙整自廠商盤查清冊，則依盤查清冊提供之不確定性計算加總不確定性。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 1998 年無法取得排放量，且 2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具備積體電路製程並使用含氟氣體之各廠，與 2001 年至 2015 年間以 TPSA 會員廠之範疇存有差異，會影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

排放量係彙整自 TPSA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.5 所示。

表 4.6.3 1999 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| HFCs | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| PFCs | 2 | 12 | 5 | 59 | 23 | 12 | 39 | 62 | 50 | 38 | 31 | 44 |
| SF ₆ | 120 | 124 | 228 | 459 | 929 | 1,233 | 1,754 | 1,573 | 1,649 | 1,595 | 1,248 | 1,628 |
| N ₂ O | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 24 | 45 | 49 | 37 | 59 |
| NF ₃ | 10 | 9 | 31 | 36 | 80 | 67 | 97 | 130 | 160 | 29 | 62 | 56 |
| 2.E.2.TFT 平面顯示器 | 132 | 145 | 264 | 554 | 1,032 | 1,313 | 1,890 | 1,790 | 1,904 | 1,710 | 1,377 | 1,787 |

續下表

續下表

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| HFCs | NE | NE | NE | NE | NE | 0.001 | 0.011 | 0.051 | NO | 0.032 | 0.075 | 2.942 |
| PFCs | 42 | 45 | 42 | 38 | 28 | 32 | 33 | 25 | 28 | 16 | 20 | 93 |
| SF ₆ | 1,287 | 1,383 | 1,527 | 1,170 | 1,054 | 986 | 1,004 | 813 | 535 | 415 | 439 | 256 |
| N ₂ O | 90 | 88 | 118 | 90 | 91 | 57 | 48 | 34 | 6 | 12 | 12 | 15 |
| NF ₃ | 71 | 51 | 44 | 91 | 63 | 50 | 69 | 77 | 58 | 54 | 52 | 8 |
| 2.E.2.TFT 平面顯示器 | 1,491 | 1,567 | 1,731 | 1,389 | 1,236 | 1,124 | 1,153 | 950 | 627 | 497 | 524 | 375 |

備註：NE（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計，早期 TFT 平面顯示器未大量生產，故無追溯調查 2005 年前氧化亞氮排放量。

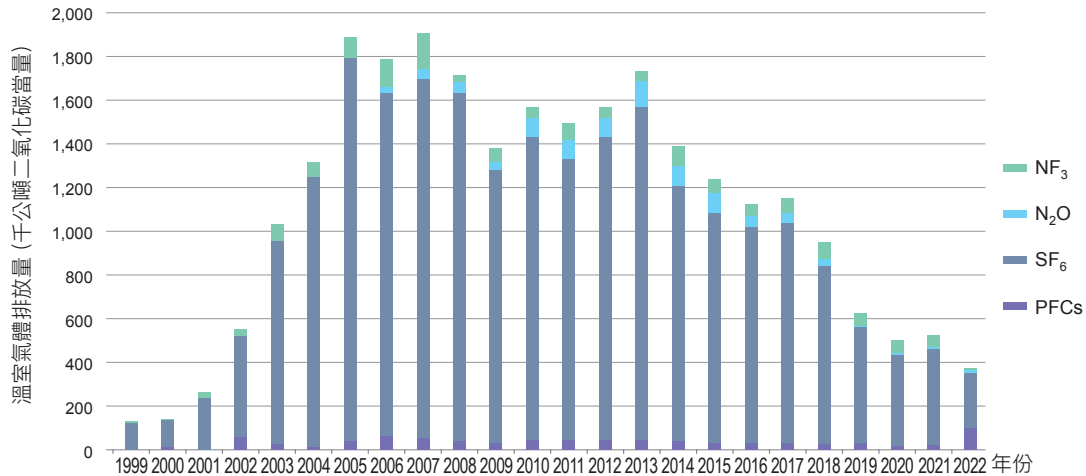


圖 4.6.4 1999 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F)

2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」分類項目包含 2.F.1「冷凍冷藏及空調」、2.F.2「發泡」、2.F.3「滅火劑」、2.F.4「氣膠」、2.F.5「溶劑」、2.F.6「其他應用」等共計六項，然而考量國內「發泡」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計；統計溫室氣體種類僅為氫氟碳化物(HFCs)，2022 年共排放 1,405 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 6.94%，1994 年至 2022 年排放量，如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

2.F.1 冷凍冷藏及空調設備分類項目包含 2.F.1.a 商用冷凍冷藏、2.F.1.b 家用冰箱、2.F.1.c 工業用冷凍冷藏、2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏、2.F.1.e 車用空調及 2.F.1.f 固定式空調，本節係說明前述設備之 HFCs 排放量。

4.7.1.1 商用冷凍冷藏 (2.F.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查商用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國商用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.2 家用冰箱 (2.F.1.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查家用冰箱產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算冰箱於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；惟現階段僅考量運轉階段的排放量，此項納入未來改善項目，計算方法如公式 4.7.1 所示。

公式 4.7.1：

運轉階段之 HFCs 排放量 = 市面上運轉台數 (設備壽齡 10 年) × 冷媒充填量 / 台 × 使用階段洩漏率 × GWP 值

49 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

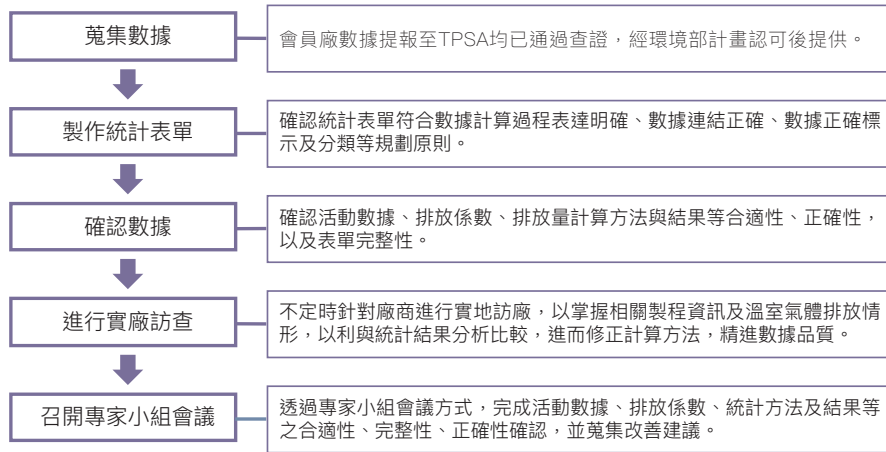


圖 4.6.5 TFT 平面顯示器製程排放統計 QA/QC 流程

表 4.7.1 1994 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|-----------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 2.F.1 冷凍冷藏及空調 | NO | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 | 136 | 160 | 187 | 205 |
| 2.F.1.a 商用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.b 家用冰箱 | NO | NO | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.5 | 1.5 |
| 2.F.1.c 工業用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.e 車用空調 | NO | 8 | 26 | 45 | 66 | 89 | 111 | 135 | 160 | 185 | 204 |
| 2.F.1.f 固定式空調 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.F.2 發泡 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.3 滅火劑 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 2.F.4 氣膠 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.5 溶劑 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.6 其他應用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 總計 | NO | 8 | 26 | 46 | 67 | 89 | 112 | 136 | 160 | 187 | 205 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 2.F.1 冷凍冷藏及空調 | 219 | 233 | 236 | 235 | 227 | 222 | 221 | 286 | 358 | 426 | 499 |
| 2.F.1.a 商用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.b 家用冰箱 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 2.F.1.c 工業用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.1.e 車用空調 | 218 | 232 | 235 | 234 | 225 | 221 | 216 | 214 | 221 | 223 | 228 |
| 2.F.1.f 固定式空調 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | 4 | 70 | 136 | 202 | 270 |
| 2.F.2 發泡 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.3 滅火劑 | NO | NO | NO | NO | 7 | 4 | 8 | 9 | 3 | 5 | 9 |
| 2.F.4 氣膠 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.5 溶劑 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F.6 其他應用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.F 總計 | 219 | 233 | 236 | 235 | 233 | 226 | 229 | 294 | 361 | 431 | 508 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| 2.F.1 冷凍冷藏及空調 | 588 | 721 | 868 | 1,006 | 1,136 | 1,261 | 1,387 | | | | |
| 2.F.1.a 商用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.1.b 家用冰箱 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | | | | |
| 2.F.1.c 工業用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.1.e 車用空調 | 242 | 261 | 286 | 306 | 326 | 343 | 351 | | | | |
| 2.F.1.f 固定式空調 | 345 | 459 | 581 | 698 | 809 | 916 | 1,035 | | | | |
| 2.F.2 發泡 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.3 滅火劑 | 9 | 4 | 6 | 6 | 7 | 12 | 17 | | | | |
| 2.F.4 氣膠 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.5 溶劑 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F.6 其他應用 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | | |
| 2.F 總計 | 597 | 725 | 875 | 1,012 | 1,143 | 1,273 | 1,405 | | | | |

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產；
 2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計；
 3. 國內「發泡」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計。

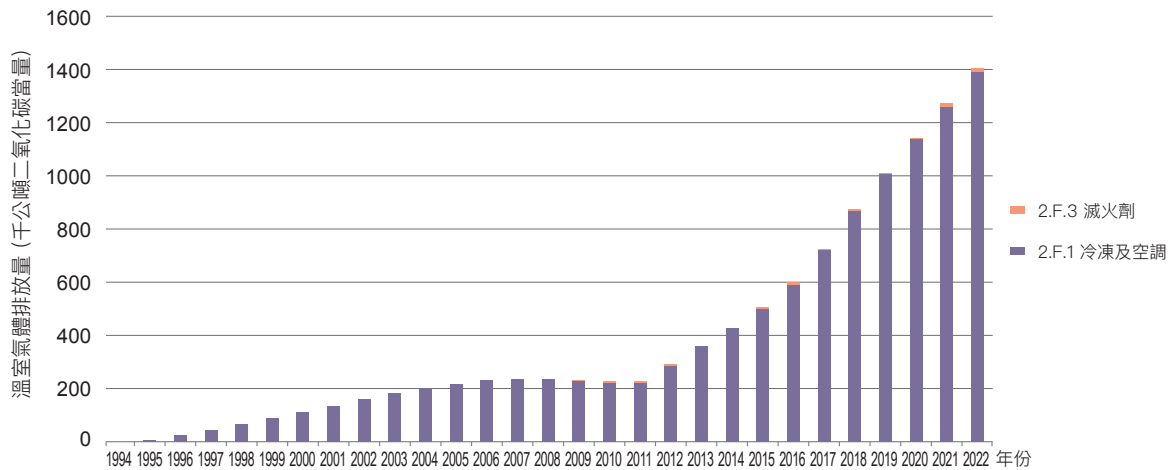


圖 4.7.1 1994 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，家用冰箱運轉階段之洩漏率為 0.1%。

(3) 活動數據

運轉階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之電冰箱內銷台數及財政部關務署統計資料庫之電冰箱進出口台數；乘上平均冷媒填充量後即可推估家用冰箱之 HFCs 使用量，如表 4.7.2 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將家用冰箱 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 之 GWP 為 1,300。

我國早期家用冰箱使用 CFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs(非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，因此家用冰箱新設備自 1996 年 1 月 1 日起轉為使用 HFC-134a，故我國自 1996 年起即有此項 HFCs 排放量；家用冰箱排放量近 10 年平均每年上升約 1.3%，2022 年為 2 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.3 及圖 4.7.2 所示。

(5) 完整性

活動數據來自經濟部統計處工業產銷存動態調查及財政部關務署統計資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可

代表我國家用冰箱之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

現階段僅考量使用階段的排放量，而參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2) 應計算冰箱於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；另，家用冰箱已自 2013 年陸續轉為使用 R600a(碳氫冷媒，非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，故此項排放源納入未來改善項目。

4.7.1.3 工業用冷凍冷藏 (2.F.1.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查工業用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來

表 4.7.2 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HFCs 使用量 | NO | NO | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 1.2 | 1.2 |
| 年份 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| HFCs 使用量 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 |
| 年份 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| HFCs 使用量 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

表 4.7.3 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.F.1.b 家用冰箱 | NO | NO | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 1.5 | 1.5 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 2.F.1.b 家用冰箱 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| 2.F.1.b 家用冰箱 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

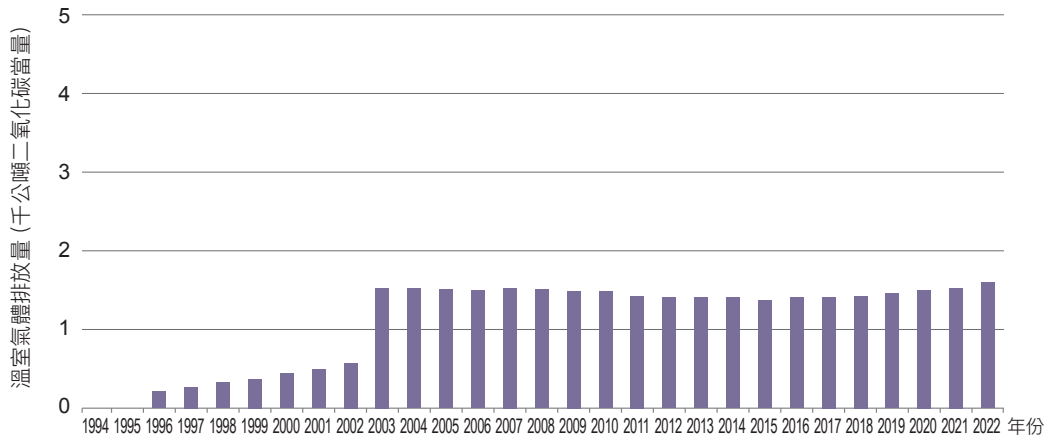


圖 4.7.2 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量趨勢

自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國工業用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.4 運輸用冷凍冷藏 (2.F.1.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查運輸用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國運輸用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.5 車用空調 (2.F.1.e)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查車用空調產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算車用空調於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；惟現階段僅考量使用階段的排放量，此項納入未來改善項目，計算方法如公式 4.7.2 所示。

公式 4.7.2：

運轉階段之 HFCs 排放量 = 市面上運轉台數 (累積 10 年) × 冷媒充填量 / 台 × 使用階段洩漏率 × GWP 值

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，車用空調運轉階段之洩漏率為 10% 算。

(3) 活動數據

運轉階段的活動數據採用交通部公路局資料庫之機動車輛新車領牌數資料；乘上平均冷媒填充量後即可推估車用空調設備之 HFCs 使用量，如表 4.7.4 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將車用空調 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 之 GWP 為 1,300。

我國早期車用空調使用 CFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs (非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，因此車用空調新設備自 1994 年 7 月 1 日起轉為使用 HFC-134a，此項為我國最早轉換使用 HFCs 之設備，故我國自 1994 年起即有 HFCs 排放量；車用空調排放量近 10 年平均每年上升約 5%，2022 年已達 351 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.5 及圖 4.7.3 所示。

(5) 完整性

活動數據來自交通部公路局資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可代表我國車用空調之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

現階段僅考量使用階段的排放量，而參照 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2) 應計算車用空調於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量，故此項納入未來改善項目。

4.7.1.6 固定式空調 (2.F.1.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量，計算方法如公式 4.7.3 至公式 4.7.6 所示。

表 4.7.4 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HFCs 使用量 | NO | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 |
| 年份 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| HFCs 使用量 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.7 | 1.7 | 1.8 |
| 年份 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| HFCs 使用量 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

表 4.7.5 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.F.1.e 車用空調 | NO | 8 | 26 | 45 | 67 | 89 | 112 | 135 | 160 | 185 | 204 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 2.F.1.e 車用空調 | 218 | 232 | 235 | 234 | 225 | 221 | 216 | 214 | 221 | 223 | 228 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| 2.F.1.e 車用空調 | 242 | 261 | 286 | 306 | 326 | 343 | 351 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

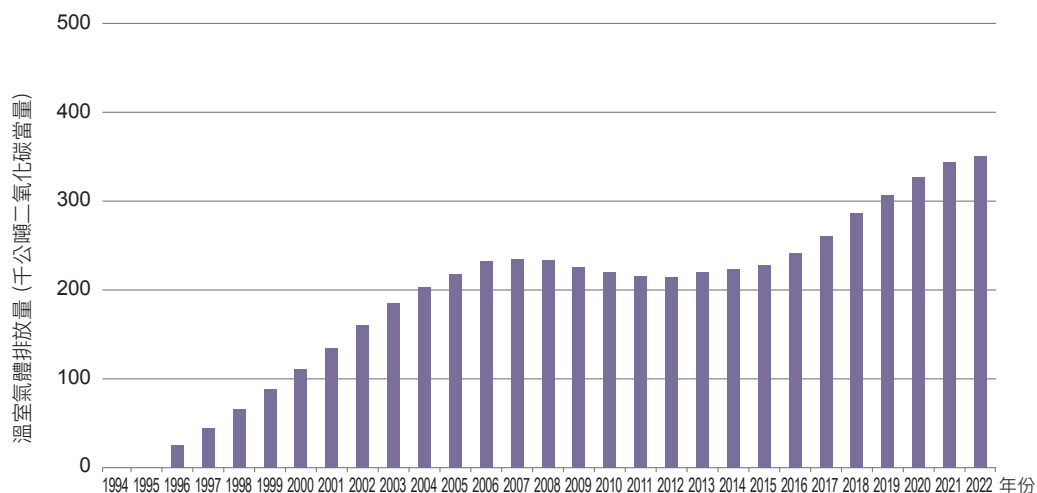


圖 4.7.3 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量趨勢

公式 4.7.3 :

$$\text{HFCs 總排放量} = \text{製造階段 HFCs 排放量} + \text{運轉階段 HFCs 排放量} + \text{棄置階段 HFCs 排放量}$$

公式 4.7.4 :

$$\text{製造階段之 HFCs 排放量} = \text{設備製造台數} \times \text{冷媒充填量} / \text{台} \times \text{製造階段洩漏率} \times \text{GWP 值}$$

公式 4.7.5 :

$$\text{運轉階段之 HFCs 排放量} = \text{市面上運轉台數 (壽齡 15 年)} \times \text{冷媒充填量} / \text{台} \times \text{使用階段洩漏率} \times \text{GWP 值}$$

公式 4.7.6 :

$$\text{棄置階段之 HFCs 排放量} = \text{當年度廢棄台數} \times \text{冷媒回收量} / \text{台} \times (1 - \text{處理回收率}) \times \text{GWP 值}$$

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，排放係數區分為設備製造時充填冷媒的洩漏率及設備使用運轉時的洩漏率；經專家諮詢會議^{50,51}檢視，分離式空調與窗型空調製造階段充填 HFCs 之洩漏率為 0.2%、運轉階段之洩漏率為 2%、棄置階段⁵²之處理回收率⁵³為 0%；箱型空調製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.2%、5%，棄置階段⁵²之處理回收率為 0%；冰水機製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.2%、2%，棄置階段⁵⁶之處理回收率⁵⁷為 90%。

(3) 活動數據

固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）製造階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之各類設備生產台數；運轉階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之各類設備內銷台數及財政部關務署統計資

料庫之各類設備進出口台數；乘上各種設備平均冷媒充填量後即可推估固定式空調設備 HFCs 使用量，如表 4.7.6 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將各類設備之 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 為 1,300、HFC-32 為 677，HFC-125 則為 3,170。

我國早期固定式空調設備（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）使用 CFCs 或 HCFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs（非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），亦自 1996 年起凍結 HCFCs 消費量（非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），並分階段禁止生產與進口後，國內固定式空調設備新設備自 2011 年起逐步轉為使用 HFCs（2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），故 2011 年起新增空調設備使用 R-410A（含 HFC-32、HFC-125）與 HFC-32 為統計項目；我國 HFCs 排放量逐年上升，2011 年為 4 千公噸二氧化碳當量，2022 年已達 1,405 千公噸二氧化碳當量，近 10 年平均每年上升約 25%，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.7 及圖 4.7.4 所示。

(5) 完整性

活動數據來自經濟部統計處工業產銷存動態調查及財政部關務署統計資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可代表我國家用冰箱之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則

表 4.7.6 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

| 年份 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| HFCs 使用量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 年份 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| HFCs 使用量 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | 3 | 5 | 6 | 8 | 1.8 |
| 年份 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| HFCs 使用量 | 10 | 12 | 15 | 17 | 19 | 22 | 25 | | | | |

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

50 「111 年國家溫室氣體排放清冊與統計系統計畫 – 我國分離式 / 窗型 / 箱型空調 HFCs 排放清冊統計與精進專諮會」2023 年 09 月 13 日。

51 「111 年國家溫室氣體排放清冊與統計系統計畫 – 我國中央空調 HFCs 排放清冊統計專諮會」2023 年 09 月 13 日。

52 因應我國 HCFCs 管制，分離式空調與窗型空調自 2011 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 15 年，即 2026 年起才需統計棄置階段的排放量。

53 考量分離式與窗型空調設備棄置進入回收場後，未有後續完善處理管道（即回收之 HFCs 純化再利用後直接供應市場設備使用或銷毀），故棄置階段之處理回收率為 0%。

54 因應我國 HCFCs 管制，箱型空調自 2016 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 15 年，即 2031 年起才需統計棄置階段的排放量。

55 考量箱型空調設備棄置進入回收場後，未有後續完善處理管道（即回收之 HFCs 純化再利用後直接供應市場設備使用或銷毀），故棄置階段之處理回收率為 0%。

56 因應我國 HCFCs 管制，冰水機自 2016 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 20 年，即 2036 年起才需統計棄置階段的排放量。

57 冰水機屬於大型機組，設備達壽齡時，業者會儘量抽取冷媒回收再利用，回收率約有 90%（剩餘 10% 氣態冷媒無法抽出）。

建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

2024 年排放清冊重新計算 2.F.1.f 固定式空調之統計，包含 (1) 考量我國家用空調除 R410A 機種，自 2016 年起國內廠商陸續進口或製造 R32 機種，經專家諮詢會議^{50,51} 檢視，自 2019 年起新增 R32 機種 (即納入冷媒替代轉化率)，另統計方法論則依 2006 IPCC 指南計算設備製造、運轉及棄置階段的排放量；(2) 經專家諮詢會議^{50,51} 檢視新增冰水機計算範疇。依重新計算後的結果顯示，2022 年 2.F.1.f 固定式空調排放量為 1,035 千公噸二氧化碳當量，較重新計算前增加 512%。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

4.7.2 發泡 (2.F.2)

本項主要調查以 HFCs 作為發泡所造成的排放量。經行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2012)⁵⁸ 表示，因國內

少量應用 HFCs 於發泡，故未進一步調查相關 HFCs 排放，即無發泡用途產生之 HFCs 排放。

4.7.3 滅火劑 (2.F.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查滅火劑填充使用 HFCs 所造成的排放量，即用於替代海龍 1301 滅火劑之 HFC-227ea 使用量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以 HFCs 作為滅火劑用途之實際使用情形估算排放量；國內 HFC-227ea 僅使用於滅火藥劑，故依據 HFC-227ea 進出口量進行估算排放量。

(2) 排放係數

排放係數係參照 2006 IPCC 指南建議為 4%。

(3) 活動數據

國內無生產 HFCs，皆係由國外進出口，故 HFC-227ea 活動數據係財政部關務署進出口數量統計。

(4) 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,350 將填充量轉換為排放量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.8 及圖 4.7.6 所示。滅火藥劑產生之 HFCs 排放量與進出口量有關，2013 年至 2022 年間 (2013 年和 2017 年除外) 呈逐年上升趨勢，2022 年為 17 千公噸二氧化碳當量，約占總排放量 1.24%。

表 4.7.7 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| 2.F.1.f 固定式空調 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 2.F.1.f 固定式空調 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | 4 | 70 | 136 | 202 | 270 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| 2.F.1.f 固定式空調 | 345 | 459 | 581 | 698 | 809 | 916 | 1,035 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

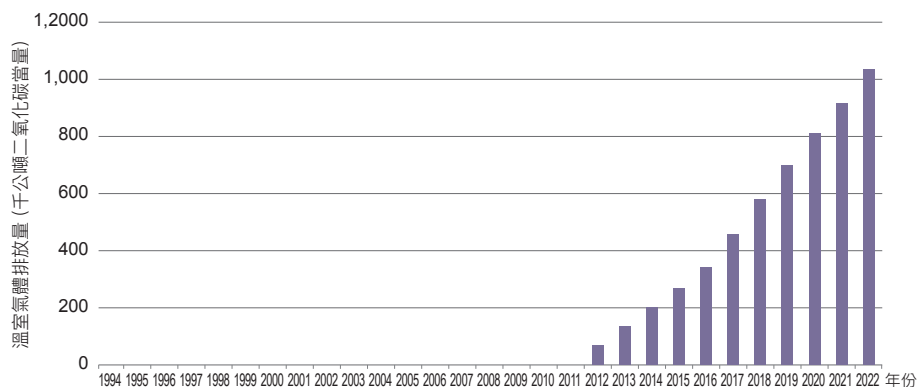


圖 4.7.4 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量趨勢

58 行政院環境保護署 (現為環境部)，碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫，2012。

(5) 完整性

活動數據來自財政部關務署統計資料庫，係以全國為調查對象，調查結果可代表我國滅火劑使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

2009 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁵⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.7.4 氣膠 (噴霧罐推進劑) (2.F.4)

本項主要調查以 HFCs 作為噴霧罐推進劑用途所造成的排放量，因國內少量使用 HFCs 於噴霧罐推進劑，故未進一步調查。

4.7.5 溶劑 (2.F.5)

本項主要調查以 HFCs 作為清洗溶劑用途所造成的排放量，因國內未有 HFCs 作為清洗溶劑之數據，故暫不列入計算。

4.7.6 其他應用 (2.F.6)

無。

4.8 其他產品之製造與使用 (2.G)

本節概述製造和使用電器設備和其他產品所產生六氟化硫和全氟碳化物排放估算統計，包含 2.G.1 「電子設備」、2.G.2 「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」、2.G.3 「使用氧化亞氮之產品」及 2.G.4 「其他」等共計四項，統計溫室氣體種類為全氟碳化物、六氟化硫及氧化亞氮等共計 3 項，2022 年共排放 127 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.63%，本部門溫室氣體排放較去年增加約 24 千公噸二氧化碳當量，皆係因 SF₆ 影響。「電力設備中六氟化硫及全氟碳化物」因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現 2002 年至 2022 年排放量，如表 4.8.1 所示。

表 4.7.8 1994 至 2022 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.F.3 滅火劑 | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| 2.F.3 滅火劑 | NO | NO | NO | NO | 7 | 4 | 8 | 9 | 3 | 5 | 9 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | |
| 2.F.3 滅火劑 | 9 | 4 | 6 | 6 | 7 | 12 | 17 | | | | |

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

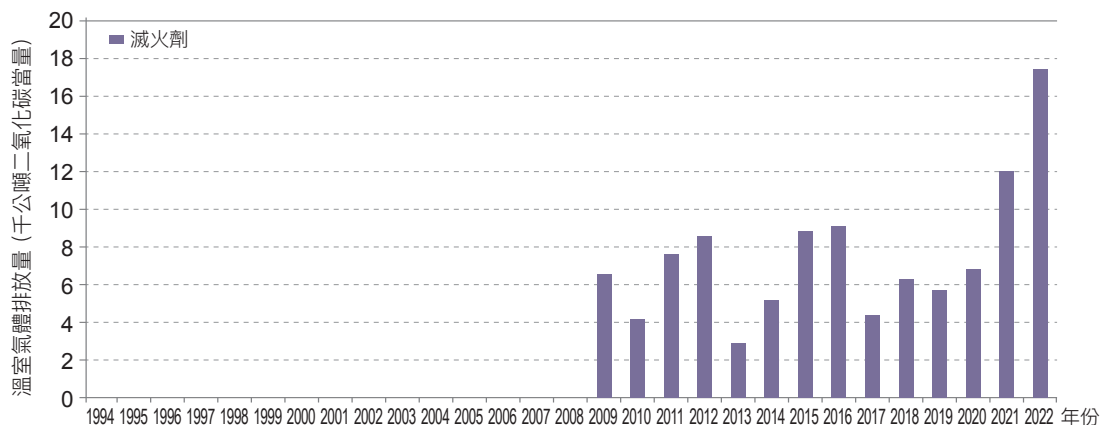


圖 4.7.5 1994 至 2022 年滅火劑使用排放量趨勢

59 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

4.8.1 電子設備 (2.G.1)

無法依 2006 IPCC 指南方法別取得所需數據，故合併於「4.6.1 積體電路或半導體」及「4.6.2 TFT 平面顯示器」計算。

4.8.2 其它產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

目前我國電力業多以六氟化硫 (SF₆) 作為電力設備之絕緣氣體，並常使用於開關場、變電所及配電線路之各類型變電開關等，當電力設備於維修測試或突發爆裂時，往往造成六氟化硫直接逸散於大氣中，為其主要排放源因素；本計畫調查對象主要為電力業，包括台電公司及民營發電廠所屬變電設備，其六氟化硫排放主要來自於電力設備自然洩漏或維修測試之逸散，為降低六氟化硫逸散量，其中台電公司藉由變電設備的操作及維護管理上，積極推動六氟化硫回收再利用機制，並針對六氟化硫進行匯的管控。另 2006 IPCC 指南建議調查之軍事應用、加速裝置等 SF₆ 及 PFCs 之排放，行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁶⁰ 表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即無其他產品使用 SF₆ 及 PFCs 之排放。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參考台電及民營電廠六氟化硫補充量，並參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，以六氟化硫實際使用情形求得排放當量，其來源包括為台電公司永續報告書六氟化硫排放量以及民營電廠之六氟化硫補充量進行估算。其中民營電廠數據則由環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供。

(2) 排放係數

由台電公司提供及環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫補充量；補充量為一實際值，無需透過排放係數間接計算補充量。

(3) 活動數據

由台電公司提供及環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫補充量，並依實際補充量進行統計活動數據據。

(4) 排放量

六氟化硫排放係依據 IPCC 第五次評估報告 (2013) 之 GWP 值 23,500，將六氟化硫補充量轉換為二氧化碳當量，2002 年至 2022 年排放當量如表 4.8.2 與圖 4.8.1 所示。

早期高壓斷路器使用多氯聯苯作為絕緣氣體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用情形，台電資料可追溯至 2007 年，而民營電廠資料可分別追溯至 2002 年及 2005 年。2002 年至 2006 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫排放量僅民營電廠資料可追溯，故排放量較低，自 2007 年具完整資料開始，隨著電力業大力推動六氟化硫回收再利用，排放量於 2007 年為最高 982 千公噸二氧化碳當量，下降至 2022 年 123 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

六氟化硫補充量係以台電公司及全國民營電廠為調查對象，調查結果可代表全國電力設備之高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放情形。

表 4.8.1 2002 年至 2022 年其他產品之製造與使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.G.1. 電子設備 | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE |
| 2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 | 201 |
| 2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.G.4. 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 2.G 總計 | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 | 201 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| 2.G.1. 電子設備 | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | IE | |
| 2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 | |
| 2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| 2.G.4. 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | |
| 2.G 總計 | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 | |

備註：1. IE (已估計) 指該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目，因「電子設備」併入「積體電路或半導體」、「TFT 平面顯示器」計算。

2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，因「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」及「使用氧化亞氮之產品」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

60 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放當量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；鑒於透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放當量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2001 年無法取得排放當量，且 2002 年至 2006 年缺乏台電資料，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

依環境部排放量專案工作計畫提供六氟化硫補充，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.8.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視建議至資料可及年分進行重新計算，因此於會後重新計算至台電永續報告書可追溯年份之 2010 年。

6. 特定排放源的改善計畫

原由環境部計畫調查台電六氟化硫管理系統，但經「含氟氣體統計協商會」確認變更資料來源為台電永續報告書及環境部溫室氣體盤查登錄平臺民營電廠盤查清冊，並分別由產業發展署及環境部統計後匯算。

4.8.3 使用氧化亞氮產品 (2.G.3)

本項主要調查醫藥應用、壓力噴劑、氧化劑、氣囊膨脹使用之疊氮化鈉 (NaN_3) 生產等使用氧化亞氮的排放量，行

政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁶¹ 表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即無其他產品使用氧化亞氮產品之排放。

4.9 其他 (2.H)

2.H「其他製程」為工業製程及產品部門中排放趨勢最穩定之分類，分類項目僅 2.H.1「食品及飲料工業」一項，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2022 年總部門排放量約 15 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.07%，1990 年至 2022 年排放量如表 4.9.1 所示。

4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)

本分類調查項目產品包含酒類及食物生產等；其中「肉、魚及家禽」、「砂糖」、「植物油及動物油」及「動物飼料」項目的氣體統計種類為 NMVOC，故這些項目僅統計活動數據，未納入排放量統計，僅「啤酒生產」項目排放二氧化碳，故以下僅針對啤酒生產進行說明。

4.9.1.1 啤酒 (2. H.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

啤酒生產係以麥芽、白米及啤酒花等原料，經糖化、發酵、貯酒、過濾及包裝等製程；其中，過濾階段需添加二氧化碳以符合產品標準，二氧化碳即來自此過程中排放。

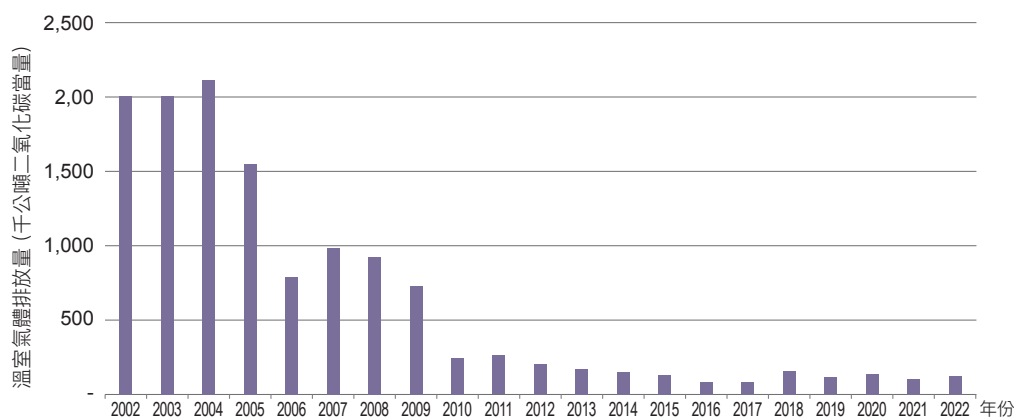
2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以啤酒生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.9.1 所示。

表 4.8.2 2002 年至 2022 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之排放量

| (單位：千公噸二氧化碳當量) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| 2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | 2,003 | 2,003 | 2,116 | 1,549 | 794 | 982 | 923 | 724 | 245 | 260 | 201 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| 2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs | 165 | 150 | 132 | 85 | 81 | 154 | 113 | 137 | 103 | 127 | |



61 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

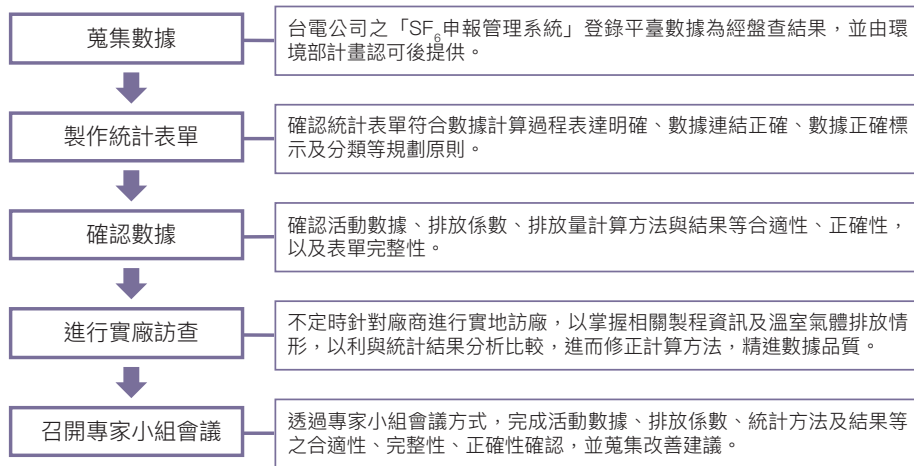


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

公式 4.9.1 :

二氧化碳排放量 = 啤酒生產量 (公石) × 啤酒排放係數 (公斤二氧化碳 / 公石生產量)

(2) 排放係數

引用國內主要生產廠商盤查清冊之製程排放量與財務年報之生產量計算排放係數，2010 年至 2022 年使用該年度之排放係數，1990 年至 2009 年因生產廠商盤查清冊與財務年報未能追溯，則以 2010 年至 2017 年平均排放係數 0.00514 公噸二氧化碳 / 公石啤酒生產計算。歷年排放係數如圖 4.9.1 所示。

(3) 活動數據

啤酒生產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，1990 年至 2022 年生產量如表 4.9.2 所示。

(4) 排放量

啤酒生產量如表 4.9.3 及圖 4.9.2 所示，因歷年生產量穩定，排放量亦維持穩定趨勢，每年約排放 15 至 24 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

經濟部統計處工業統計年報調查對象為全國廠商，屬於國家級統計數據，計算結果可代表我國啤酒生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

活動數據來源為國家及系統性統計資料取得，根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定經濟部統計處工業產銷存資料係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年活動數據來源及計算方法一致，排放係數 2010 年至 2022 年各年度依該年度數據推估，1990 年至 2009 則取 2010 年至 2017 年平均，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁶²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.9.1 1990 年至 2022 年其他製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.H.1 食品和飲料工業 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 2.H 總計 | 23 | 23 | 23 | 24 | 23 | 21 | 20 | 19 | 22 | 21 | 20 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.H.1 食品和飲料工業 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 2.H 總計 | 20 | 18 | 18 | 19 | 20 | 21 | 20 | 20 | 21 | 20 | 20 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.H.1 食品和飲料工業 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |
| 2.H 總計 | 21 | 19 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 17 | 18 | 15 | 15 |

62 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

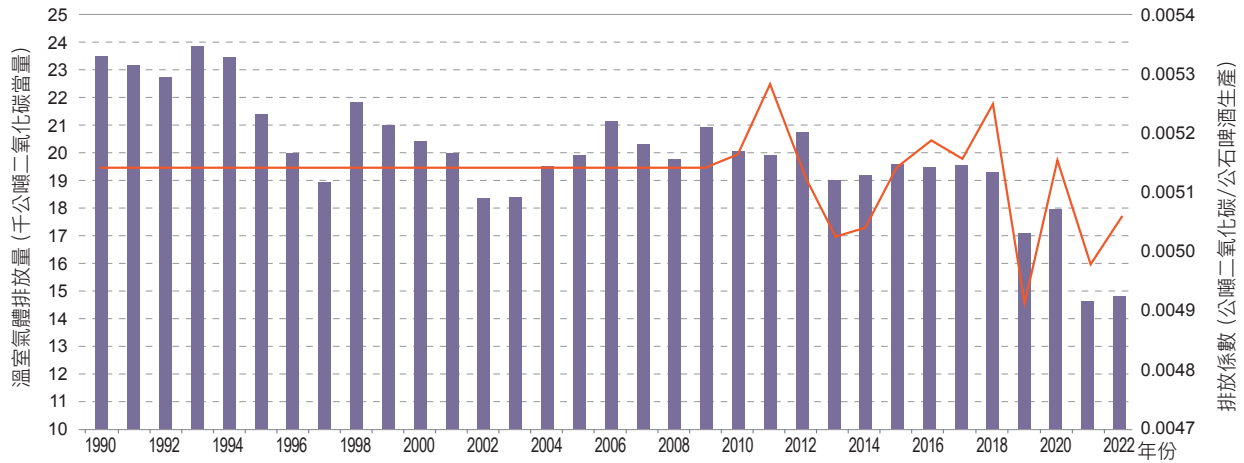


圖 4.9.1 1990 年至 2022 年啤酒製程排放量及歷年排放係數

表 4.9.2 1990 年至 2022 年啤酒生產量

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 啤酒產量 | 4,557 | 4,507 | 4,416 | 4,633 | 4,553 | 4,163 | 3,882 | 3,680 | 4,234 | 4,073 | 3,964 |
| 年份 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 啤酒產量 | 3,881 | 3,235 | 3,404 | 3,784 | 3,865 | 4,100 | 3,944 | 3,838 | 4,064 | 3,877 | 3,759 |
| 年份 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 啤酒產量 | 4,035 | 3,780 | 3,701 | 3,800 | 3,744 | 3,788 | 3,665 | 3,481 | 3,476 | 2,938 | 2,922 |

(單位：千公石)

表 4.9.3 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量

| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.9.1.a 啤酒 | 23.4 | 23.1 | 22.7 | 23.8 | 23.4 | 21.4 | 20.0 | 18.9 | 21.8 | 20.9 | 20.4 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 2.9.1.a 啤酒 | 20.0 | 18.3 | 18.3 | 19.5 | 19.9 | 21.1 | 20.3 | 19.7 | 20.9 | 20.0 | 19.9 |
| 溫室氣體排放源和吸收匯類別 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 2.9.1.a 啤酒 | 20.7 | 19.0 | 19.2 | 19.6 | 19.4 | 19.5 | 19.2 | 17.1 | 17.9 | 14.6 | 14.8 |

(單位：千公噸二氧化碳當量)

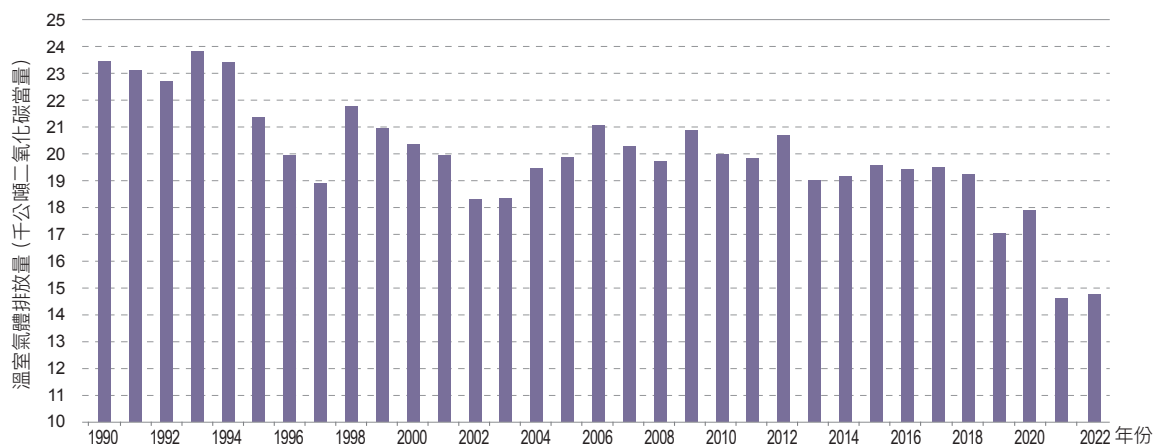


圖 4.9.2 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量趨勢

4.10 參考文獻

1. IPCC, Guide lines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006。
2. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查資料庫，2022。
3. 財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
4. 國內水泥熟料生產業者排放清冊，2022。
5. 臺灣鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2023。
6. 國內一貫作業煉鋼業者排放清冊，2022。
7. 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

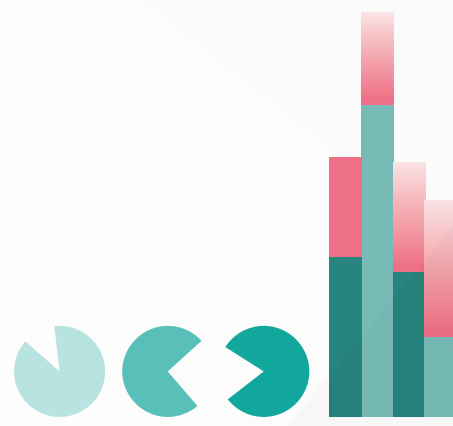
8. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
9. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫, 2004。
10. 行政院環境保護署 (現為環境部), 事業廢棄物申報及管理資訊系統, 2022。
11. 行政院環境保護署 (現為環境部), 我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫, 2016。
12. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory report of Japan, 2014。
13. 行政院環境保護署 (現為環境部), 溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫, 2015
14. 臺灣區石油化學同業公會, 臺灣區石油化學工業同業公會年報, 2023。
15. 行政院環境保護署 (現為環境部), 溫室氣體創新減量技術先期評估與政策建置工作計畫, 2014。
16. 行政院環境保護署 (現為環境部), 碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫, 2012。
17. 行政院環境保護署 (現為環境部), 建立非二氧化碳溫室氣體管理制度與減量技術專案計畫, 2011。
18. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動產業非二氧化碳溫室氣體排放減量, 2009。
19. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動含氟溫室氣體產業排放減量, 2008。
20. 行政院環境保護署 (現為環境部), 破壞臭氧層物質與含氟溫室氣體管理策略規劃專案, 2006
21. 行政院環境保護署 (現為環境部), 事業應盤查登錄及查驗溫室氣體排放量之排放源排放清冊, 2022。
22. 國內輕金屬生產業者, 2022。
23. 國內啤酒生產業者, 2022。
24. 國內環氧乙烷生產業者, 2022。
25. 國內一貫作業煉鋼生產業者, 2022。



第五章

農業部門 (CRT Sector 3)

- 5.1 部門概述
- 5.2 畜禽腸胃發酵 (3.A)
- 5.3 畜禽糞尿處理 (3.B)
- 5.4 水稻種植 (3.C)
- 5.5 農耕土壤 (3.D)
- 5.6 草原焚燒 (3.E)
- 5.7 作物殘渣燃燒 (3.F)
- 5.8 石灰處理 (3.G)
- 5.9 尿素施用 (3.H)
- 5.10 其他含碳肥料 (3.I)
- 5.11 其他 (3.J)
- 5.12 參考文獻



第五章 農業部門 (CRT Sector 3)

5.1 部門概述

有關農業部門溫室氣體排放清冊之統計工作，係依據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 以下簡稱 IPCC) 於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南¹ (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories, 以下簡稱 2006

IPCC 指南) 第四卷所述，農業部門溫室氣體排放共分為：3.A「畜禽腸胃發酵」、3.B「畜禽糞尿處理」、3.C「水稻種植」、3.D「農耕土壤」、3.E「草原焚燒」、3.F「作物殘體燃燒」、3.G「石灰處理」、3.H「尿素施用」。本文計算二氧化碳當量所使用之甲烷與氧化亞氮之全球暖化潛勢² (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 分別為 28 與 265。

我國農業部門排放源分類與其所使用方法學如表 5.1.1 及表 5.1.2 所示。其中畜牧產業之排放源有「畜禽腸胃發酵」(甲烷) 及「畜禽糞尿處理」(甲烷及氧化亞氮)，其計算範疇係指人類所飼養的家畜及家禽，至於野生動物因生態過於

表 5.1.1 農業部門排放源分類

| 溫室氣體排放源分類 | 範疇定義 | 排放氣體 |
|------------|--|-------------|
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 畜禽腸胃發酵是指人類飼養的家畜及家禽，消化過程中腸胃發酵所產生的甲烷量。 | 甲烷 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 人類飼養的家畜及家禽，除於消化過程中因腸胃發酵產生甲烷外，其經排泄作用所產生的糞尿也會產生甲烷及氧化亞氮類之溫室氣體。 | 甲烷、 氧化亞氮 |
| 3.C 水稻種植 | 有機物在浸水的稻田中會因厭氧環境，被微生物分解而產生甲烷，產生之甲烷主要經由水稻植株擴散至大氣中。 | 甲烷 |
| 3.D 農耕土壤 | 農業活動，包括農地施用化學氮肥、有機氮肥、作物殘體的埋入或改變土地利用管理等，這些農業活動使氮素進入土壤，造成土壤有效性氮的增加、脫氮量增加，而造成氧化亞氮的直接與間接排放。 | 氧化亞氮 |
| 3.E 草原焚燒 | 熱帶與亞熱帶地區之草原燃燒時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含一氧化碳、甲烷、氧化亞氮與氮氧化物，因我國農業鮮有此種經營管理模式且無相關統計資料，暫未估算。 | 無 |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 現地焚燒農作物殘體時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含一氧化碳、甲烷、氧化亞氮與氮氧化物。 | 甲烷、氧化亞氮 |
| 3.G 石灰處理 | 於土壤中使用石灰的目的係以改善土壤酸鹼度，使土壤性質適於植物生長，而施用碳酸鹽類石灰，包括碳酸鈣 (CaCO ₃) 或白雲岩 (CaMg(CO ₃) ₂) 等，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO ₃ ⁻)，而轉變為二氧化碳和水，導致二氧化碳排放，因我國國內使用量少且缺乏確切統計資料，暫未估算。 | 無 |
| 3.H 尿素施用 | 尿素施用於土壤後，其水解過程，使工業生產過程所固定的二氧化碳又再排放。 | 二氧化碳 |
| 3.I 其他含碳肥料 | IPCC 並未對此項目進行定義或指導，我國國內使用量少且缺乏確切統計資料，暫未估算。 | 無 |
| 3.J 其他 | 無 | 無 |

表 5.1.2 農業部門所使用方法學

| 溫室氣體 排放源分類 | 二氧化碳 | | 甲烷 | | 氧化亞氮 | |
|---------------|------|------|--------|-------|--------|-------|
| | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | | | T1, T3 | CS, D | | |
| 產乳牛、其他牛 | | | T3 | CS | | |
| 豬、水牛、山羊 | | | T1 | D | | |
| 家禽 | | | T3 | CS | | |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | | | T1, T3 | CS, D | T1, T3 | CS, D |
| 產乳牛 | | | T3 | CS | T3 | CS |
| 豬、水牛、山羊、其他牛 | | | T1 | D | T1 | D |
| 家禽 | | | T3 | CS | T3 | CS |
| 3.C 水稻種植 | | | T2 | CS | | |
| 3.D 農耕土壤 | | | | | T1 | D |
| 3.E 草原焚燒 | | | NE | NE | NE | NE |
| 3.F 作物殘體燃燒 | | | T1 | D | T1 | D |
| 3.G 石灰處理 | NE | NE | | | | |
| 3.H 尿素施用 | T1 | D | | | | |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.J 其他 | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

備註：2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1); 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2, T2); 2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3, T3); IPCC 指南預設方法 (IPCC default, D), 國家特定方法 (country specific, CS); NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計; NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產; 灰底為指南未建議納入統計該氣體。

1 IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

2 IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013..

複雜不予列計。農糧產業之排放源主要有來自農地的「水稻種植」（甲烷）、「作物殘體燃燒」（甲烷及氧化亞氮）及來自土壤施肥的「農耕土壤」（氧化亞氮）以及「尿素施用」（二氧化碳），至於「草原焚燒」因我國地理環境極少草原故不列入計算。上述農糧與畜牧產業於生產活動中使用燃料部分則在能源部門計算。

我國 1990 至 2022 年農業部門溫室氣體排放量及其趨勢如表 5.1.3 及圖 5.1.1 所示，自 1990 年起整體呈現下降趨勢，主要因我國加入世界貿易組織 (World Trade

Organization，以下簡稱 WTO) 及經貿自由化、衝擊國內農業生產造成耕地面積及畜禽飼養減少等因素，另合理化施肥推廣落實亦有助溫室氣體之減量。其中禽畜部門排放量在 1996 年後連續 2 年較大幅度下降，係口蹄疫致豬隻飼養頭數銳減之故。我國 2022 年農業部門溫室氣體排放源占比如圖 5.1.2，農耕土壤 30.61% 為最大占比，其他如畜禽糞尿處理占 29.92%、畜禽腸胃發酵占 20.60%、水稻種植占 18.13%、尿素施用占 0.70%、作物殘體燃燒占 0.03%。

表 5.1.3 1990 年至 2022 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源類別 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 750 | 819 | 826 | 868 | 883 | 921 | 921 | 820 | 755 | 778 | 775 | 739 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,375 | 1,606 | 1,562 | 1,583 | 1,624 | 1,695 | 1,733 | 1,332 | 1,119 | 1,225 | 1,263 | 1,209 |
| 3.C 水稻種植 | 1,226 | 1,166 | 1,084 | 1,059 | 998 | 984 | 961 | 976 | 953 | 947 | 899 | 887 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,597 | 1,630 | 1,567 | 1,597 | 1,583 | 1,574 | 1,603 | 1,422 | 1,331 | 1,372 | 1,496 | 1,435 |
| 3.E 草原焚燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 52 | 35 | 66 | 30 | 29 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 19 | 21 |
| 3.G 石灰處理 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.H 尿素施用 | 142 | 146 | 139 | 131 | 135 | 151 | 151 | 134 | 127 | 118 | 131 | 94 |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.J 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 農業部門總計 | 5,141 | 5,402 | 5,244 | 5,268 | 5,251 | 5,336 | 5,378 | 4,692 | 4,292 | 4,449 | 4,583 | 4,385 |
| 溫室氣體排放源類別 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 712 | 701 | 688 | 698 | 688 | 682 | 655 | 640 | 648 | 660 | 653 | 649 |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 1,153 | 1,150 | 1,155 | 1,207 | 1,194 | 1,124 | 1,093 | 1,049 | 1,056 | 1,070 | 1,028 | 996 |
| 3.C 水稻種植 | 816 | 721 | 643 | 717 | 706 | 690 | 676 | 678 | 659 | 668 | 688 | 710 |
| 3.D 農耕土壤 | 1,441 | 1,326 | 1,433 | 1,330 | 1,355 | 1,331 | 1,258 | 1,286 | 1,272 | 1,215 | 1,238 | 1,184 |
| 3.E 草原焚燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 18 | 12 | 11 | 11 | 12 | 6 | 9 | 7 | 7 | 7 | 8 | 5 |
| 3.G 石灰處理 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.H 尿素施用 | 93 | 82 | 84 | 62 | 59 | 57 | 57 | 55 | 54 | 53 | 55 | 45 |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 3.J 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 農業部門總計 | 4,234 | 3,993 | 4,012 | 4,026 | 4,013 | 3,890 | 3,748 | 3,716 | 3,696 | 3,674 | 3,670 | 3,588 |
| 溫室氣體排放源類別 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | |
| 3.A 畜禽腸胃發酵 | 634 | 641 | 628 | 632 | 640 | 643 | 650 | 665 | 655 | | | |
| 3.B 畜禽糞尿處理 | 961 | 954 | 951 | 951 | 957 | 973 | 975 | 972 | 951 | | | |
| 3.C 水稻種植 | 702 | 678 | 705 | 704 | 689 | 684 | 677 | 608 | 576 | | | |
| 3.D 農耕土壤 | 1,176 | 1,150 | 1,146 | 1,101 | 1,077 | 1,025 | 1,071 | 1,011 | 973 | | | |
| 3.E 草原焚燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | |
| 3.F 作物殘體燃燒 | 5 | 6 | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | |
| 3.G 石灰處理 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | |
| 3.H 尿素施用 | 40 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 29 | 27 | 22 | | | |
| 3.I 其他含碳肥料 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | |
| 3.J 其他 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | | |
| 農業部門總計 | 3,518 | 3,468 | 3,469 | 3,423 | 3,397 | 3,358 | 3,402 | 3,283 | 3,178 | | | |

備註：1. 2005 年前之統計資料未包含金門縣及連江縣（因其自行統計未併入臺閩地區）。

2. NE（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計。

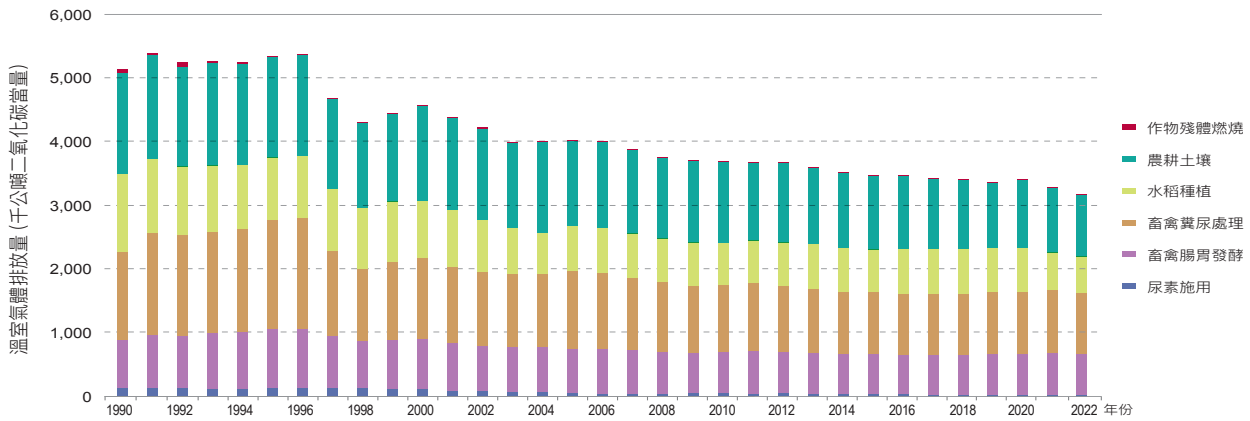


圖 5.1.1 1990 年至 2022 年農業部門排放量趨勢

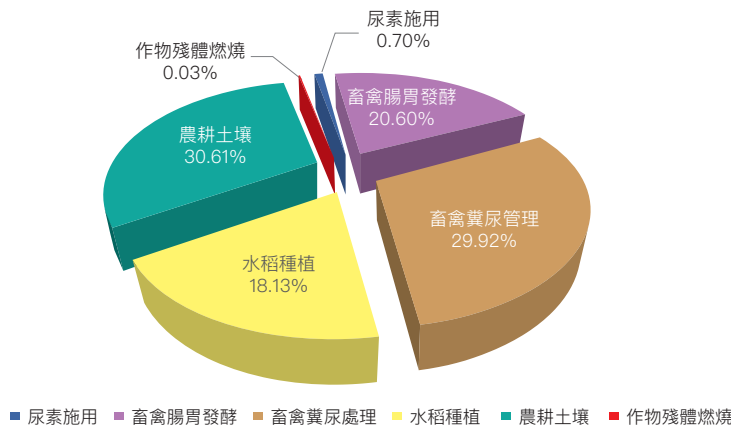


圖 5.1.2 2022 年農業部門溫室氣體各排放源占比

5.2 畜禽腸胃發酵 (3.A)

畜禽腸胃發酵是指人類飼養的家畜及家禽，消化過程中腸胃發酵所產生的甲烷量，草食動物腸胃發酵所產生的甲烷量大於雜食動物所產生者，而草食動物中又以反芻類所產生的甲烷量較非反芻類高。

1. 排放源及匯分類的描述

甲烷係動物腸胃發酵產生，在消化的過程中透過微生物將碳水化合物分解成較小的分子，然後被血液所吸收，以提供動物體所需的養分；惟微生物分解作用中同時會產生甲烷等氣體，又以反芻動物產生之甲烷最多。雖然反芻動物腸胃發酵所產生的甲烷量遠大於非反芻動物者，惟我國地處亞熱帶，加上無宗教之束縛，畜禽飼養以豬及雞為主，牛、羊等反芻動物飼養量相對少，鹿及馬飼養頭數更少。另外，因國人飲食習性，白肉雞、有色肉雞、蛋雞、鴨與鵝等禽飼養亦占禽畜養殖重要比例，其數量比極具本土特色。

在腸胃發酵生成甲烷之研究方面，家禽之研究為我國特色，因此 2006 IPCC 指南雖未估算家禽類，我國仍將自 1998 年起之研究成果計入，其研究並細分為家禽 – 白色肉雞、家禽 – 有色肉雞、家禽 – 蛋雞、家禽 – 鵝及家禽 – 肉鴨；

另乳牛亦採取本土研究之係數，該係數雖較 2006 IPCC 指南預設值為高，但反而與北美洲等畜牧大國使用之係數較為相近。因此我國畜禽類腸胃發酵甲烷排放量之估算方法，亦大致依據 2006 IPCC 指南之原則如表 5.2.1，係統計國內飼養量大或有研究者，如牛、山羊、豬、雞、鵝及鴨，至於鹿及馬之排放量分別未達總排放量之 5%，而綿羊、駱駝、駱馬及騾我國並無商業飼養，故均不計入。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南，計算我國畜禽腸胃發酵甲烷排放量，計算方式係為各畜種排放係數乘上年度活動數據之加總（公式 5.2.1）。產乳牛及其他牛之排放係數計算方法經農業部門清冊專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)；家禽之排放係數計算方法經農業部門清冊專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)；其他畜種排放係數則採用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)。

公式 5.2.1 畜禽腸胃發酵甲烷之排放量

$$\text{Total CH}_4 \text{ Enteric Emissions} = \sum_i (EF_i \times N_i \times 28 \times 10^{-6})$$

Total CH₄ Enteric Emissions = 畜禽腸胃發酵甲烷之總排放量 (千公噸二氧化碳當量 / 年)

EF_i = 動物類別 i 腸胃發酵甲烷的排放係數 (公斤甲烷 / 頭 (隻) / 年)

N_i = 動物類別 i 年度活動數據 (頭 (隻))

28 = 甲烷排放量換算為二氧化碳當量所使用之甲烷全球暖化潛勢 (GWP)。

使用的畜禽種類分別為：產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬 (所有豬)、白色肉雞、有色肉雞、蛋雞、肉鴨及鵝。

(2) 排放係數

我國自 1998 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研究，並於 2001 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、雞、鴨及鵝腸胃發酵的甲烷排放係數本土值，至於豬隻因係高度經濟動物，與其他國家豬隻品種與性能表現均大致相同，因此直接採用 2006 IPCC 指南的預設值；另山羊部分因無國內研究，亦採用 2006 IPCC 指南的預設值；而鹿及馬之排放量未及總排放量之 5%，不予計入。排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於 1 年或全年飼養量均一者，其排放係數的單位為每年每頭 (隻) 腸胃發酵的甲烷排放量；至如白色肉雞、有色肉雞、鵝及鴨等生命週期僅數月或全年飼養量較不一致者，其排放係數單位則為每個生命週期每隻腸胃發酵的甲烷排放量。有關我國畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數詳如表 5.2.1。

排放係數曾經異動部分，主要於 2013 年修正產乳牛部分。主要原因鑒於近年我國酪農飼養環境及芻料使用型態改變，並於 2013 年起檢討修正國內荷蘭乳牛的甲烷排放係數，產乳牛排放係數為 125.1 公斤 / 頭，其他牛則維持 64.3 公斤 / 頭。

(3) 活動數據

依據 2006 IPCC 指南，畜禽活動數據一般為當年底的在養頭隻數，惟對於生命週期僅數月的畜種，如白色肉雞、有色肉雞、鵝及鴨，則以當年度總生產隻數為其活動數據，我國估算畜禽腸胃發酵溫室氣體排放量中所採用的活動數據亦遵循此法，如產乳牛、其他牛、豬、水牛、山羊、蛋雞的活動數據即為該畜種當年底的在養量，至於白色肉雞、有色肉雞、鵝及鴨，由於我國畜禽統計調查結果並未發布家禽之年生產隻數，爰以年屠宰隻數為該家禽的活動數據 (如表 5.2.2)。

(4) 排放量

2022 年排放量我國畜禽腸胃發酵的甲烷排放量為 655 千公噸二氧化碳當量，其他各年如圖 5.2.1 及表 5.2.3。我國畜禽腸胃發酵的甲烷排放量，為包含產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬、白色肉雞、有色肉雞、蛋雞、鵝及鴨等 10 種主要畜種，先分別計算其腸胃發酵甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據，得到該畜種當年度的腸胃發酵甲烷排放量、並換算為二氧化碳當量後，再予以加總所得。

分析我國 1990 年至 2022 年畜牧產業之畜禽腸胃發酵甲烷排放量趨勢與畜禽養殖數有密不可分的關係。1990 年適逢國內畜牧業蓬勃發展，因此畜禽飼養量逐年攀升，畜禽腸胃發酵甲烷排放量隨之增加，至 1996 年達到高峰；1997 年國內養豬產業受口蹄疫疫情影響，豬隻飼養量陡然驟降，雖家禽飼養量有所提升，惟禽類並非腸胃發酵甲烷主要排放源，因此整體排放量因此隨之下降；又 2001 年起我國為加

表 5.2.1 畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數表

| 畜禽腸胃發酵 | 細分類 | | 溫室氣體類別 | 排放係數 (EF) | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|------------------|----------|
| | | | | 係數 | 單位 | 來源 | 不確定性 (%) |
| | 牛 (Cattle) | 產乳牛 (Dairy Cows) ^{a,d} | 甲烷 | 125.1 | 公斤 / 頭 / 年 | 本土值 ¹ | ±30.0 |
| 其他牛 (Other Cattle) ^{b,d} | | 64.3 | | ±30.0 | | | |
| | 水牛 (Buffalo) ^c | 甲烷 | 55.0 | 公斤 / 頭 / 年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| | 山羊 (Goats) ^c | 甲烷 | 5.0 | 公斤 / 頭 / 年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| | 豬 (Swine) ^c | 甲烷 | 1.5 | 公斤 / 頭 / 年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| | 家禽 (Poultry) | 甲烷 | 1.587×10 ⁻⁵ | 公斤 / 隻 / 生命週期 | 本土值 ² | ±12.1 | |
| 8.482×10 ⁻⁵ | | | 公斤 / 隻 / 生命週期 | 本土值 ² | ±12.0 | | |
| 1.061×10 ⁻² | | | 公斤 / 隻 / 年 | 本土值 ³ | ±37.3 | | |
| 1.500×10 ⁻³ | | | 公斤 / 隻 / 生命週期 | 本土值 ⁴ | ±27.7 | | |
| 2.071×10 ⁻³ | | | 公斤 / 隻 / 生命週期 | 本土值 ⁵ | ±21.7 | | |

備註：a. 產乳牛：包括泌乳牛、乾乳牛

b. 其他牛：包括黃牛、雜種牛、肉用乳牛及未產女牛。

c. 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 所建議排放量之計算。

d. 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3) 所建議排放量之計算。

e. 2006 IPCC 指南預設排放係數之選用，以年均溫攝氏 23 度之資料為主。

資料來源：1. 行政院農業委員會 (現為農委會)，103 年「畜牧業溫室氣體排放清冊彙整及國外畜牧業清潔發展機制 (CDM) 之探討計畫」(103 農科-2.1.4-牧-U2(3)) 之第一次專家諮詢會議紀錄，2014。

2. Wang S.Y. and Huang D.J., Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation, Asian-Australian Journal of Animal Science, 18(6):873-878, 2005.

3. 王淑音、馬維君、黃大駿，臺灣地區蛋雞產業之腸內發酵溫室氣體排放估測，中國畜牧學會會誌，31(3)：221-230，2002。

4. 王淑音、謝憲蔚、王思涵、陳盈豪，應用呼吸室測定鵝之腸內發酵溫室氣體排放係數，中國畜牧學會會誌，32(1)：43-50，2003。

5. 蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林政緯、王淑音，肉鴨腸內發酵溫室氣體排放之評估，中國畜牧學會會誌，32(4)：151，2003。

表 5.2.2 1990 年至 2022 年畜禽活動數據

(單位：頭(家畜)/千隻(家禽))

| 年份 | 細分類 | 產乳牛 ^a | 其他牛 ^a | 水牛 ^a | 山羊 ^a | 豬 ^a | 白色肉雞 ^b | 有色肉雞 ^b | 蛋雞 ^a | 鵝 ^b | 鴨 ^b |
|------|-----|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1990 | | 46,342 | 86,020 | 21,876 | 206,366 | 8,565,250 | 74,415 | 135,664 | 25,875 | 4,777 | 38,269 |
| 1991 | | 49,433 | 84,805 | 18,618 | 214,946 | 10,089,137 | 91,504 | 126,692 | 26,484 | 4,628 | 34,739 |
| 1992 | | 53,295 | 87,955 | 16,623 | 247,293 | 9,754,460 | 104,247 | 136,831 | 27,821 | 5,683 | 38,794 |
| 1993 | | 57,652 | 91,460 | 16,489 | 365,632 | 9,844,920 | 123,161 | 147,906 | 28,716 | 6,397 | 43,540 |
| 1994 | | 58,812 | 90,549 | 14,909 | 400,674 | 10,065,552 | 133,495 | 149,933 | 31,970 | 8,521 | 38,904 |
| 1995 | | 66,377 | 85,565 | 12,883 | 430,238 | 10,508,502 | 149,451 | 150,756 | 32,987 | 7,744 | 40,510 |
| 1996 | | 62,846 | 89,055 | 11,213 | 428,175 | 10,698,366 | 159,983 | 164,084 | 36,470 | 7,078 | 39,628 |
| 1997 | | 65,284 | 91,508 | 9,601 | 442,552 | 7,966,887 | 185,280 | 180,072 | 39,275 | 7,503 | 39,010 |
| 1998 | | 66,514 | 90,329 | 8,556 | 402,544 | 6,538,596 | 189,535 | 175,215 | 40,386 | 7,955 | 33,603 |
| 1999 | | 66,175 | 89,884 | 9,189 | 363,135 | 7,243,194 | 185,077 | 175,328 | 40,874 | 7,464 | 33,159 |
| 2000 | | 66,140 | 87,793 | 7,767 | 315,045 | 7,494,954 | 191,202 | 173,627 | 41,086 | 6,503 | 32,075 |
| 2001 | | 65,125 | 80,851 | 6,531 | 284,105 | 7,164,605 | 189,288 | 161,987 | 39,941 | 6,330 | 30,158 |
| 2002 | | 64,517 | 79,572 | 5,370 | 249,729 | 6,793,941 | 188,667 | 164,406 | 39,976 | 6,178 | 29,065 |
| 2003 | | 59,467 | 84,491 | 4,912 | 241,027 | 6,778,799 | 190,127 | 156,508 | 40,224 | 6,402 | 29,084 |
| 2004 | | 54,615 | 85,216 | 4,962 | 249,362 | 6,818,970 | 207,440 | 145,809 | 39,343 | 6,540 | 30,546 |
| 2005 | | 53,198 | 83,725 | 4,101 | 267,753 | 7,194,768 | 167,032 | 143,492 | 40,366 | 6,450 | 31,821 |
| 2006 | | 52,313 | 82,145 | 3,538 | 272,038 | 7,091,822 | 181,848 | 138,954 | 41,048 | 6,723 | 36,039 |
| 2007 | | 53,171 | 89,382 | 3,452 | 254,715 | 6,640,047 | 177,413 | 135,530 | 40,315 | 5,873 | 35,024 |
| 2008 | | 52,628 | 81,461 | 3,599 | 235,062 | 6,443,311 | 178,676 | 122,974 | 40,955 | 5,149 | 29,982 |
| 2009 | | 53,230 | 80,546 | 3,862 | 212,766 | 6,145,950 | 190,498 | 121,136 | 40,610 | 4,593 | 27,634 |
| 2010 | | 55,296 | 80,862 | 3,844 | 204,854 | 6,185,952 | 191,993 | 123,849 | 40,269 | 4,700 | 28,546 |
| 2011 | | 57,196 | 83,489 | 3,627 | 190,440 | 6,265,546 | 200,707 | 130,838 | 40,371 | 5,130 | 28,808 |
| 2012 | | 59,145 | 83,864 | 3,177 | 167,103 | 6,004,717 | 186,994 | 118,759 | 40,452 | 4,929 | 27,253 |
| 2013 | | 60,500 | 84,387 | 2,511 | 160,850 | 5,806,237 | 183,586 | 102,974 | 40,937 | 5,160 | 32,460 |
| 2014 | | 60,103 | 83,199 | 2,437 | 157,778 | 5,545,010 | 196,131 | 109,010 | 42,079 | 5,549 | 36,786 |
| 2015 | | 61,859 | 85,209 | 2,311 | 156,045 | 5,496,216 | 196,539 | 105,696 | 42,547 | 1,383 | 33,519 |
| 2016 | | 59,601 | 84,392 | 2,037 | 146,000 | 5,442,381 | 209,170 | 112,066 | 43,966 | 1,557 | 34,748 |
| 2017 | | 60,523 | 84,572 | 2,057 | 144,733 | 5,432,676 | 211,111 | 106,505 | 44,726 | 2,384 | 36,339 |
| 2018 | | 61,967 | 86,275 | 2,104 | 141,533 | 5,447,283 | 226,540 | 108,939 | 45,935 | 2,755 | 35,596 |
| 2019 | | 61,813 | 87,006 | 1,972 | 134,789 | 5,514,211 | 240,167 | 114,356 | 47,690 | 2,985 | 37,002 |
| 2020 | | 62,916 | 88,598 | 2,116 | 130,595 | 5,512,274 | 250,557 | 109,053 | 48,391 | 3,829 | 34,827 |
| 2021 | | 64,974 | 94,148 | 2,002 | 126,067 | 5,471,588 | 266,376 | 109,909 | 48,617 | 3,644 | 33,348 |
| 2022 | | 64,516 | 93,719 | 1,915 | 116,496 | 5,316,431 | 263,074 | 111,750 | 50,250 | 4,410 | 35,453 |

- 備註：1.^a 為年底在養頭 / 隻數，^b 為當年總生產量。
 2. 2005 年以前之統計資料未包含金門縣及連江縣（因其自行統計未併入臺閩地區）
 3. 其他牛頭數計算為：[黃牛及雜種牛頭數^a + 乳牛（含肉用）頭數^a - 產乳牛頭數^a]；
 4. 山羊頭數計算為：[肉羊頭數^a] + [乳羊頭數^a]；
 5. 蛋雞隻數計算為：[蛋雞隻數^a] + [蛋種雞隻數^a] + [肉種雞隻數^a]；
 6. 鴨及鵝為肉鴨隻數及肉鵝隻數。

資料來源：1. 行政院農業委員會（現為農業部），農業統計年報，2023。
 2. 行政院農業委員會（現為農業部），畜禽統計調查結果，2023。

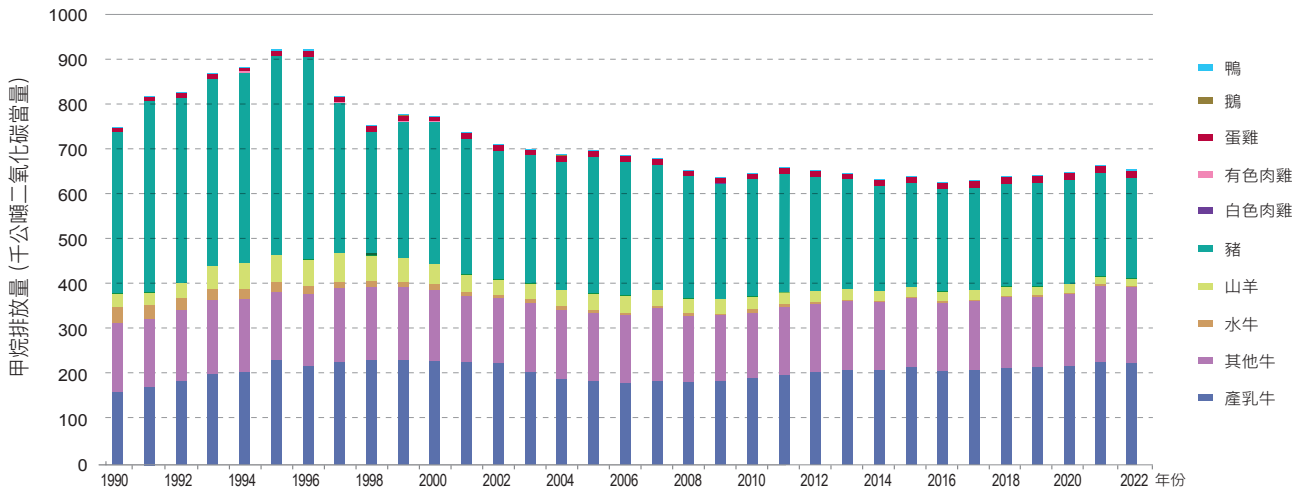


圖 5.2.1 1990 年至 2022 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量

表 5.2.3 1990 年至 2022 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 細分類 | 產乳牛 | 其他牛 | 水牛 | 山羊 | 豬 | 白色肉雞 | 有色肉雞 | 蛋雞 | 鵝 | 鴨 | 合計 |
|------|-----|--------|--------|-------|-------|--------|------|------|-------|------|------|--------|
| 1990 | | 162.33 | 154.87 | 33.69 | 28.89 | 359.74 | 0.03 | 0.32 | 7.69 | 0.20 | 2.22 | 749.98 |
| 1991 | | 173.15 | 152.68 | 28.67 | 30.09 | 423.74 | 0.04 | 0.30 | 7.87 | 0.19 | 2.01 | 818.76 |
| 1992 | | 186.68 | 158.35 | 25.60 | 34.62 | 409.69 | 0.05 | 0.32 | 8.27 | 0.24 | 2.25 | 826.07 |
| 1993 | | 201.94 | 164.66 | 25.39 | 51.19 | 413.49 | 0.05 | 0.35 | 8.53 | 0.27 | 2.52 | 868.41 |
| 1994 | | 206.01 | 163.02 | 22.96 | 56.09 | 422.75 | 0.06 | 0.36 | 9.50 | 0.36 | 2.26 | 883.37 |
| 1995 | | 232.51 | 154.05 | 19.84 | 60.23 | 441.36 | 0.07 | 0.36 | 9.80 | 0.33 | 2.35 | 920.89 |
| 1996 | | 220.14 | 160.33 | 17.27 | 59.94 | 449.33 | 0.07 | 0.39 | 10.83 | 0.30 | 2.30 | 920.91 |
| 1997 | | 228.68 | 164.75 | 14.79 | 61.96 | 334.61 | 0.08 | 0.43 | 11.67 | 0.32 | 2.26 | 819.53 |
| 1998 | | 232.99 | 162.63 | 13.18 | 56.36 | 274.62 | 0.08 | 0.42 | 12.00 | 0.33 | 1.95 | 754.55 |
| 1999 | | 231.80 | 161.83 | 14.15 | 50.84 | 304.21 | 0.08 | 0.42 | 12.14 | 0.31 | 1.92 | 777.71 |
| 2000 | | 231.68 | 158.06 | 11.96 | 44.11 | 314.79 | 0.08 | 0.41 | 12.21 | 0.27 | 1.86 | 775.43 |
| 2001 | | 228.12 | 145.56 | 10.06 | 39.77 | 300.91 | 0.08 | 0.38 | 11.87 | 0.27 | 1.75 | 738.78 |
| 2002 | | 225.99 | 143.26 | 8.27 | 34.96 | 285.35 | 0.08 | 0.39 | 11.88 | 0.26 | 1.69 | 712.12 |
| 2003 | | 208.30 | 152.12 | 7.56 | 33.74 | 284.71 | 0.08 | 0.37 | 11.95 | 0.27 | 1.69 | 700.80 |
| 2004 | | 191.31 | 153.42 | 7.64 | 34.91 | 286.40 | 0.09 | 0.35 | 11.69 | 0.27 | 1.77 | 687.85 |
| 2005 | | 186.34 | 150.74 | 6.32 | 37.49 | 302.18 | 0.07 | 0.34 | 11.99 | 0.27 | 1.85 | 697.58 |
| 2006 | | 183.24 | 147.89 | 5.45 | 38.09 | 297.86 | 0.08 | 0.33 | 12.19 | 0.28 | 2.09 | 687.50 |
| 2007 | | 186.25 | 160.92 | 5.32 | 35.66 | 278.88 | 0.08 | 0.32 | 11.98 | 0.25 | 2.03 | 681.68 |
| 2008 | | 184.35 | 146.66 | 5.54 | 32.91 | 270.62 | 0.08 | 0.29 | 12.17 | 0.22 | 1.74 | 654.57 |
| 2009 | | 186.45 | 145.02 | 5.95 | 29.79 | 258.13 | 0.08 | 0.29 | 12.06 | 0.19 | 1.60 | 639.57 |
| 2010 | | 193.69 | 145.58 | 5.92 | 28.68 | 259.81 | 0.09 | 0.29 | 11.96 | 0.20 | 1.66 | 647.88 |
| 2011 | | 200.35 | 150.31 | 5.59 | 26.66 | 263.15 | 0.09 | 0.31 | 11.99 | 0.22 | 1.67 | 660.34 |
| 2012 | | 207.17 | 150.99 | 4.89 | 23.39 | 252.20 | 0.08 | 0.28 | 12.02 | 0.21 | 1.58 | 652.82 |
| 2013 | | 211.92 | 151.93 | 3.87 | 22.52 | 243.86 | 0.08 | 0.24 | 12.16 | 0.22 | 1.88 | 648.68 |
| 2014 | | 210.53 | 149.79 | 3.75 | 22.09 | 232.89 | 0.09 | 0.26 | 12.50 | 0.23 | 2.13 | 634.27 |
| 2015 | | 216.68 | 153.41 | 3.56 | 21.85 | 230.84 | 0.09 | 0.25 | 12.64 | 0.06 | 1.94 | 641.32 |
| 2016 | | 208.77 | 151.94 | 3.14 | 20.44 | 228.58 | 0.09 | 0.27 | 13.06 | 0.07 | 2.01 | 628.37 |
| 2017 | | 212.00 | 152.26 | 3.17 | 20.26 | 228.17 | 0.09 | 0.25 | 13.29 | 0.10 | 2.11 | 631.71 |
| 2018 | | 217.06 | 155.33 | 3.24 | 19.81 | 228.79 | 0.10 | 0.26 | 13.65 | 0.12 | 2.06 | 640.41 |
| 2019 | | 216.52 | 156.65 | 3.04 | 18.87 | 231.60 | 0.11 | 0.27 | 14.17 | 0.13 | 2.15 | 643.49 |
| 2020 | | 220.38 | 159.51 | 3.26 | 18.28 | 231.52 | 0.11 | 0.26 | 14.38 | 0.16 | 2.02 | 649.88 |
| 2021 | | 227.59 | 169.50 | 3.08 | 17.65 | 229.81 | 0.12 | 0.26 | 14.44 | 0.15 | 1.93 | 664.54 |
| 2022 | | 225.99 | 168.73 | 2.95 | 16.31 | 223.29 | 0.12 | 0.27 | 14.93 | 0.19 | 2.06 | 654.82 |

入世界貿易組織 (WTO) 提前開放國外畜禽產品進口，畜產市場國際化後，使國內畜禽飼養量降低，期間各類畜禽間飼養量雖略有消長，惟排放量整體而言仍為遞減趨勢，直至 2008 年後趨於穩定，隨短暫市場現象稍有波動。

(5) 完整性

已將我國目前主要且穩定飼養之畜禽種類均包括在內。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關畜禽腸胃發酵甲烷排放量之估算，其中活動數據部分係引用農業部 (原行政院農業委員會) 出版之農業統計年報，依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 $\pm 5\%$ ；排放係數方面，若使用本土係數，則以試驗結果之變異係數 (CV%) 為其不確定性之偏差值，惟如本土係數無法計算 CV% 者，就引用 2006 IPCC 指南不確定性之參考值；至直接使用 2006 IPCC 指南之排放係數，則逕行引用 2006 IPCC 指南不確定性數值。

依據 2006 IPCC 指南，畜牧業之溫室氣體排放量不確定性之計算，主要採用 2006 IPCC 指南建議之誤差傳播法演算。各類畜禽種類分項之不確定性，則以誤差傳播法中之乘法規則計算，即以排放係數不確定性平方加上活動係數不確定性

平方後、再開根號之所得 (公式 5.2.2)。至畜禽腸胃發酵甲烷排放總量之不確定性則以誤差傳播法中之加法規則計算 (公式 5.2.3)，即各畜禽排放量與相乘不確定性相乘數平方之總和再開根號，再除以總排放量之所得。經計算後 2022 年腸胃發酵甲烷排放量之不確定性為 $\pm 16.75\%$ 。

公式：5.2.2

$$U_{Total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

U_{Total} = 不確定性之總和 (乘法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

公式：5.2.3

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

U_{Total} = 不確定性之總和 (加法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

E_1, E_2, E_n = 不同變量的排放量

(2) 時間序列的一致性

產乳牛之排放係數曾於 2013 年進行修正、水牛之排放係數曾於 2015 年進行修正，皆有回溯更新過往排放量，故

1990 年至 2022 年排放係數皆維持一致；此外，所有項目之活動數據來源及計算方法由 1990 年至 2022 年亦皆維持一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來自農業部之農業統計調查資料，而農業部依據統計法、統計法施行細則及其他有關法令之規定特別制定「農情調查工作評鑑要點」，已建立完善之農情調查制度。QA/QC 及查證流程為在準備農業部門畜牧部分（含 3.A 畜禽腸胃發酵及 3.B 畜禽糞尿處理）溫室氣體排放清冊過程中，先安排專家諮詢及同行審議機制；畜牧業部分清冊初稿完成後，再邀請專家學者所組成之諮詢小組，審議數據之正確性，並提供改善建議，經修正後再提送農業部所成立之農業部門溫室氣體專家審議會，經審查修正定稿後，完成農業部門溫室氣體排放清冊階段之 QA/QC 及查證。最後送環境部併同其他部門之清冊，辦理國家溫室氣體清冊之 QA/QC 及查證程序。

5. 特定排放源的重新計算

以往產乳牛及其他牛腸胃發酵甲烷排放係數本土值分別為 134.7 公斤 / 頭 / 年及 64.3 公斤 / 頭 / 年，均係農業部畜產試驗所於 1998 年至 2001 年間參與前行政院國家科學委員會計畫團隊及農業部科技計畫團隊之研究結果，並依 1996 年 IPCC 指南修正版重新估算所得，惟鑑於近年來國內餵飼乳牛芻料之品項不同於 20 年前，在小地主大佃農政策推動下，青割玉米餵飼乳牛量大幅提高，致使腸胃發酵之甲烷排放量不同於 90 年代所提排放係數之計算基準。

農業部參考近年來之國內泌乳牛及乾乳牛族群數比例，並於 2014 年下半年密集召開畜禽溫室氣體專家諮詢會研商，依 2014 年 12 月 19 日「畜牧業溫室氣體清冊更新專家諮詢會」決議，自 2013 年起，產乳牛之腸胃發酵甲烷排放係數本土值調整為 125.1 公斤 / 頭 / 年，並回溯更新歷年排放量，其他牛則皆維持 64.3 公斤 / 頭 / 年³不變。

另查我國水牛飼養量極少，檢視國內研究資料並無水牛溫室氣體排放之相關研究，農業部依 2014 年 12 月 19 日「畜牧業溫室氣體清冊更新專家諮詢會」決議，自 2015 年起水牛腸胃發酵甲烷排放係數修正為 2006 IPCC 指南設定值之 55 公斤 / 頭 / 年，並回溯更新歷年排放量。

6. 特定排放源的改善計畫

有關豬腸胃發酵甲烷排放之研究，以往雖因故研究中斷致一直引用 2006 IPCC 指南預設係數，惟養豬為我國主要

畜牧經濟活動之一，而農業部畜產試驗所（簡稱畜試所）李春芳研究員等人進行之國內豬隻活體溫室氣體排放量調查，其成果摘要已發表於 2015 年 12 月份中國畜牧學會會誌增刊，顯示國內豬隻腸胃發酵甲烷排放係數為 3.04 公克 / 頭 / 日或 1.11 公斤 / 頭 / 年，惟該研究報告資料未臻完備，俟有完整資料發表後再予採用⁴。2022 年中國畜牧學會會誌增刊中顯示，國內乳山羊腸胃甲烷排放量為 12.03 公斤 / 頭 / 年，該部分資料尚待專家委員會討論是否進行山羊排放係數修正⁵。此外，農業部歷年來持續推動精準營養及飼養管理等相關工作，畜禽的腸胃發酵排放之甲烷，也會隨之變化。後續將針對該部分溫室氣體排放之研究成果，建立、修正或更新本土排放係數。

5.3 畜禽糞尿處理 (3.B)

人類飼養的家畜及家禽，除了消化過程中因腸胃發酵產生甲烷外，其經排泄作用所產生的糞尿也會產生甲烷及氧化亞氮類之溫室氣體，尤以在人類將畜禽飼養視為國家重要經濟生產時，飼養之畜禽均已經育種改進為快速生長或生產之品種，日常代謝量大，致使糞尿量亦大，因此其產生之甲烷及氧化亞氮量亦不容忽視。

5.3.1 畜禽糞尿處理 – 甲烷

1. 排放源及匯分類的描述

我國地狹人稠，又位處亞熱帶，畜牧場尤以養豬、牛場，習以大量清水清潔畜舍、並為畜舍及家畜降溫、散熱，自畜舍排出之糞尿通常已混入大量沖洗水。因此，環境保護法規對畜牧場之管理係以處理廢水為導向，要求畜牧場處理至符合放流水後再放流出場外。反觀美加紐澳或歐盟等畜牧大國將動物糞尿視為再生資源，又因多處溫帶或採放牧，鮮少用水，故糞尿得以儲存或堆置方式暫處理，待種植作物時，再施用於農地充當液肥。所以我國與其他國家在畜牧糞尿處理上，雖然過程中亦會產出溫室氣體甲烷及氧化亞氮，惟其產生量及排放方式截然不同。

我國自 2000 年起，飼養豬 200 頭以上、牛 50 頭以上之畜牧場均設置廢水處理設施，處理方式雖多，仍以三段式廢水處理系統（固液分離→厭氧發酵→好氣處理）為主。因此在畜禽糞尿處理上，豬及產乳牛糞尿之排放係數原係依 2003 年發表三段式廢水處理各處理階段實測值彙總所得之本土值計算；惟豬隻部分因與 2019 年發表之重測值差距過大，經農業部門清冊專家諮詢會議決議，清冊報告自 2021 年起，採用 2006 IPCC 指南預設之排放係數、並追溯更新自 1990 年起之

3 行政院農業委員會（現為農業部），103 年「畜牧業溫室氣體排放清冊彙整及國外畜牧業清潔發展機制(CDM)之探討計畫」(103 農科 -2.1.4-牧 -U2(3)) 之第一次專家諮詢會會議紀錄，2014。

4 李春芳、王嘉惠、吳啟瑞、范耕榛、洪鈴柱、程梅萍、蕭宗法，國內豬活體溫室氣體排放量調查，中國畜牧學會會誌，44(suppl.):259，2015。

5 李春芳、王嘉惠、蕭宗法、范耕榛，臺灣乳山羊活體溫室氣體排放係數建立，中國畜牧學會會誌，51(suppl.):189，2022。

歷年數據；而產乳牛糞尿處理部分，則維持仍採用本土排放係數。另外，山羊及水牛部分，我國飼養量較少，相關研究亦少，則使用 2006 IPCC 指南預設之排放係數。

至於家禽之糞便處理部分，多經不同程度之堆肥後施用於田間，研究顯示此等管理方式較其他畜牧大國逕自堆放田野、僅乾燥或粗放之堆肥管理，在溫室氣體排放上減量許多；另我國自 1998 年投入研究以來，研究人員在禽糞堆肥處理方面，發表多篇白色肉雞、有色肉雞及蛋雞之報告，並經農業部召開農業部門清冊專家諮詢會議決議通過，因此我國仍以國內研究人員研究禽糞堆肥處理實測所得之本土係數估算。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南，計算我國畜禽糞尿處理甲烷排放量，為各畜種排放係數乘上年度活動數據之加總(公式 5.3.1)。產乳牛及家禽之排放係數計算方法經農業部門清冊專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3)；其他畜種則採用 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 計算。

公式 5.3.1 畜禽糞尿處理之甲烷排放量

$$\text{Total CH}_4 \text{ Manure Emissions} = \sum_i (EF_i \times N_i \times 28 \times 10^{-6})$$

Total CH₄ Manure Emissions= 畜禽糞尿處理之甲烷總排放量(千公噸二氧化碳當量/年)

EF_i= 動物類別 i 糞尿處理甲烷的排放係數(公斤甲烷/頭(隻)/年)

N_i= 動物類別 i 年度活動數據(頭(隻))

28 = 甲烷排放量換算為二氧化碳當量所使用之甲烷全球暖化潛勢(GWP)

使用的畜禽種類分別為：產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬(所有豬)、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞。

(2) 排放係數

我國自 1998 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研

究，並於 2001 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、豬、肉雞及蛋雞糞尿處理過程中的甲烷排放係數本土值；另水牛及山羊部分因尚無國內研究，則採用 2006 IPCC 指南的預設值。而排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於 1 年或全年飼養量均一者，其排放係數的單位為每年每頭(隻)糞尿處理過程中的甲烷排放量；至於白色肉雞及有色肉雞等生命週期僅數月或全年飼養量較不一致者，其排放係數單位則為每個生命週期每隻糞尿處理中的甲烷排放量。有關我國畜禽糞尿處理排放甲烷之係數及引用說明詳如表 5.3.1。

排放係數異動部分，2019 年主要修正豬隻部分。有關豬隻糞尿處理甲烷之排放係數，因 2003 年發表之本土值與 2019 年發表之重測值差距過大，經 2020 年 2 月 7 日及 10 月 26 日召開 2 次農業部門清冊專家諮詢會議討論決議，清冊報告自 2021 年起，採用 2006 IPCC 指南預設之排放係數、並追溯更新自 1990 年起之歷年數據，未來仍將加強豬隻糞尿處理之甲烷本土排放係數之研究，並俟取得相關專家共識後再據以修正為本土值。

(3) 活動數據

同表 5.2.2。

(4) 排放量

2022 年我國畜禽糞尿處理的甲烷排放量為 821 千公噸二氧化碳當量，其他各年如圖 5.3.1 及表 5.3.2。我國畜禽糞尿處理中甲烷排放量，包含產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞等 8 種主要畜種，先分別計算其糞尿處理過程中甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據，得到該畜種當年度的糞尿處理甲烷排放量，並換算為二氧化碳當量後再予以加總所得。

表 5.3.1 畜禽糞尿處理排放甲烷之係數表

| 畜禽糞尿處理 | 細分類 | | 溫室氣體類別 | 排放係數(EF) | | | |
|----------------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------|---------|
| | | | | 係數 | 單位 | 來源 | 不確定性(%) |
| | 牛(Cattle) | 產乳牛(Dairy Cows) ^{a,d} | 甲烷 | 4.898 | 公斤/頭/年 | 本土值 ¹ | ±4.7 |
| 其他牛(Other Cattle) ^{b,c} | | 1.0 | | IPCC ^e | | ±30.0 | |
| 水牛(Buffalo) ^c | 山羊(Goats) ^c | 甲烷 | 2.0 | 公斤/頭/年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| | | 甲烷 | 0.2 | 公斤/頭/年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| 豬(Swine) ^c | 家禽(Poultry) | 甲烷 | 5.0 | 公斤/頭/年 | IPCC ^e | ±30.0 | |
| | | a. 白色肉雞 ^d | 4.76×10 ⁻³ | 公斤/隻/生命週期 | 本土值 ² | ±13.9 | |
| | | b. 有色肉雞 ^d | 4.76×10 ⁻³ | 公斤/隻/生命週期 | 本土值 ² | ±13.9 | |
| | | c. 蛋雞 ^d | 9.99×10 ⁻³ | 公斤/頭/年 | 本土值 ³ | ±30.4 | |

備註：a. 產乳牛：包括泌乳牛、乾乳牛。

b. 其他牛：包括黃牛、雜種牛、肉用乳牛及未產女牛。

c. 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 之計算。

d. 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3) 之計算。

e. 2006 IPCC 指南預設排放係數之選用，以年均溫攝氏 23 度之資料為主。

資料來源：1. Su, J.J., Liu, B.Y. and Chang, Y. C., Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, 253–263, 2003.

2. 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)：415–422，2001。

3. 王淑音、馬維君，蛋雞糞尿處理之溫室氣體排放，華岡農科學報，10：1–14，2002。

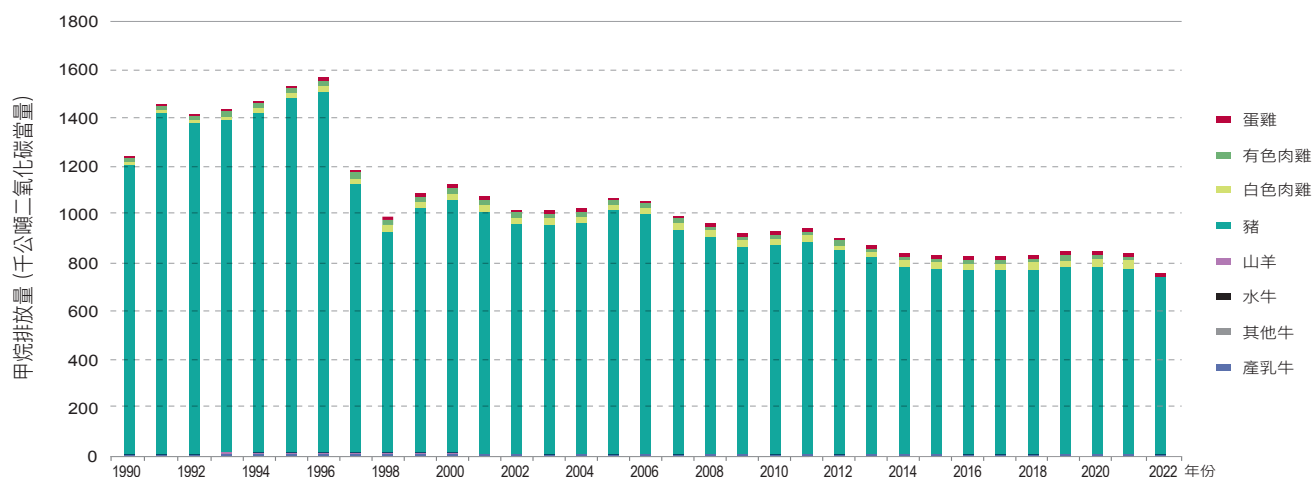


圖 5.3.1 1990 年至 2022 年畜禽糞尿處理之甲烷排放量

表 5.3.2 1990 年至 2022 年畜禽糞尿處理之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 細分類 | 產乳牛 | 其他牛 | 水牛 | 山羊 | 豬 | 白色肉雞 | 有色肉雞 | 蛋雞 | 合計 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|------|----|-------|
| 1990 | | 6 | 2 | 1.2 | 1.2 | 1,199 | 10 | 18 | 7 | 1,246 |
| 1991 | | 7 | 2 | 1.0 | 1.2 | 1,412 | 12 | 17 | 7 | 1,460 |
| 1992 | | 7 | 2 | 0.9 | 1.4 | 1,366 | 14 | 18 | 8 | 1,418 |
| 1993 | | 8 | 3 | 0.9 | 2.1 | 1,378 | 16 | 20 | 8 | 1,436 |
| 1994 | | 8 | 3 | 0.8 | 2.2 | 1,409 | 18 | 20 | 9 | 1,470 |
| 1995 | | 9 | 2 | 0.7 | 2.4 | 1,471 | 20 | 20 | 9 | 1,535 |
| 1996 | | 9 | 2 | 0.6 | 2.4 | 1,498 | 21 | 22 | 10 | 1,565 |
| 1997 | | 9 | 3 | 0.5 | 2.5 | 1,115 | 25 | 24 | 11 | 1,190 |
| 1998 | | 9 | 3 | 0.5 | 2.3 | 915 | 25 | 23 | 11 | 990 |
| 1999 | | 9 | 3 | 0.5 | 2.0 | 1,014 | 25 | 23 | 11 | 1,088 |
| 2000 | | 9 | 2 | 0.4 | 1.8 | 1,049 | 25 | 23 | 11 | 1,123 |
| 2001 | | 9 | 2 | 0.4 | 1.6 | 1,003 | 25 | 22 | 11 | 1,074 |
| 2002 | | 9 | 2 | 0.3 | 1.4 | 951 | 25 | 22 | 11 | 1,022 |
| 2003 | | 8 | 2 | 0.3 | 1.4 | 949 | 25 | 21 | 11 | 1,019 |
| 2004 | | 7 | 2 | 0.3 | 1.4 | 955 | 28 | 19 | 11 | 1,024 |
| 2005 | | 7 | 2 | 0.2 | 1.5 | 1,007 | 22 | 19 | 11 | 1,071 |
| 2006 | | 7 | 2 | 0.2 | 1.5 | 993 | 24 | 19 | 11 | 1,058 |
| 2007 | | 7 | 3 | 0.2 | 1.4 | 930 | 24 | 18 | 11 | 994 |
| 2008 | | 7 | 2 | 0.2 | 1.3 | 902 | 24 | 16 | 11 | 965 |
| 2009 | | 7 | 2 | 0.2 | 1.2 | 860 | 25 | 16 | 11 | 924 |
| 2010 | | 8 | 2 | 0.2 | 1.2 | 866 | 26 | 17 | 11 | 931 |
| 2011 | | 8 | 2 | 0.2 | 1.1 | 877 | 27 | 17 | 11 | 944 |
| 2012 | | 8 | 2 | 0.2 | 0.9 | 841 | 25 | 16 | 11 | 904 |
| 2013 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.9 | 813 | 24 | 14 | 11 | 874 |
| 2014 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.9 | 776 | 26 | 15 | 12 | 840 |
| 2015 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.9 | 769 | 26 | 14 | 12 | 834 |
| 2016 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.8 | 762 | 28 | 15 | 12 | 829 |
| 2017 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.8 | 761 | 28 | 14 | 13 | 827 |
| 2018 | | 9 | 2 | 0.1 | 0.8 | 763 | 30 | 15 | 13 | 832 |
| 2019 | | 8 | 2 | 0.1 | 0.8 | 772 | 32 | 15 | 13 | 844 |
| 2020 | | 9 | 2 | 0.1 | 0.7 | 772 | 33 | 15 | 14 | 845 |
| 2021 | | 9 | 3 | 0.1 | 0.7 | 766 | 36 | 15 | 14 | 842 |
| 2022 | | 9 | 3 | 0.1 | 0.7 | 744 | 35 | 15 | 14 | 821 |

1990年起畜禽飼養量逐年攀升，畜禽糞尿處理甲烷排放量隨之增加，到1996年達到高峰；1997年國內養豬產業受口蹄疫疫情影響，豬隻飼養量陡降，雖禽類飼養量替代性提升，惟禽類並非國內畜禽糞尿處理甲烷主要排放源，因此排放量仍隨豬隻飼養量陡降；2001年起，我國為加入世界貿易組織(WTO)提前開放國外畜禽產品進口，畜產市場國際化後，使國內畜禽飼養量降低，期間各類畜禽間飼養量雖略有消長，惟排放量整體而言仍呈現下降趨勢，直至2013年後趨於穩定，隨短暫市場現象稍有波動。

(5) 完整性

我國豬、牛糞尿處理多以提升畜牧糞尿水處理及再利用三段式廢水處理方式管理，惟目前清冊僅產乳牛完整呈現各處理階段所排放之溫室氣體量，及固液分離後所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量；至於主要畜種一豬，其糞尿之溫室氣體反因近期與早期研究所得之排放係數差距過大、有待後續研究查驗，因此以2006 IPCC 指南預設排放係數計算排放量，致無法呈現我國豬隻糞尿處理甲烷排放之本土特性。另對於我國飼養量相對較少之山羊及水牛，除非未來飼養畜種類或數量有重大轉變，否則預期仍不會有相關研究。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關畜禽糞尿處理甲烷排放清冊之估算，其中活動數據係依據農業部出版之農業統計年報，依2006 IPCC 指南設定不確定性為±5%；排放係數方面，若使用本土係數，則以試驗結果之變異係數(CV%)為其不確定性之偏差值，惟如本土係數無法計算CV%者，就引用2006 IPCC 指南不確定性之參考值；至直接使用2006 IPCC 指南之排放係數，則逕行引用2006 IPCC 指南不確定性數值。

依據2006 IPCC 指南，畜牧業溫室氣體排放量不確定性之計算，主要採用2006 IPCC 指南建議之誤差傳播法演算。各類畜禽種類分項之不確定性，則以誤差傳播法中之乘法規則計算，即以排放係數不確定性平方加上活動係數不確定性平方後、再開根號之所得(公式5.3.2)。至於畜禽糞尿處理甲烷排放總量之不確定性，則以誤差傳播法中之加法規則計算(公式5.3.3)，即各畜禽排放量與相乘不確定性相乘數平方之總和開根號、再除以總排放量之所得。經計算後，2022年糞尿處理甲烷排放量之不確定性為±27.60%。

公式：5.3.2

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

U_{total} = 不確定性之總和(乘法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

公式：5.3.3

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

U_{total} = 不確定性之總和(加法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

E_1, E_2, E_n = 不同變量

(2) 時間序列的一致性

豬隻糞尿處理甲烷之排放係數於2019年資料計算進行修正，修正係數回溯更新歷年排放量，故1990年至2022年排放係數皆維持一致；此外，所有項目之活動數據來源及計算方法由1990年至2022年亦皆維持一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節5.2「畜禽腸胃發酵」(3.A)之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

目前在豬糞尿處理部分，依2006 IPCC 指南計算方式，僅計算糞尿於廢水處理過程排放之溫室氣體量，並未將我國大部分養豬場在廢水處理前先將豬糞尿水固液分離後產出之糞渣、另行堆肥化之溫室氣體排放量計入，未來將朝建立此部分本土係數及資料之方向努力。此外，農業部針對歷年來持續推動畜禽糞堆肥改善及畜牧糞尿水施灌農作等相關工作，各畜禽糞尿處理產生之甲烷，也會隨之變化。後續將針對該部分其溫室氣體排放之研究成果，建立、修正或更新本土排放係數。

有關糞尿處理部分之減量方案有豬隻糞尿處理之沼氣利用及豬糞渣堆肥減碳等方向。養豬場廢水處理所產生之沼氣(甲烷)進行仔豬保溫或發電等再利用措施，有助於畜牧產業部分溫室氣體之減量。依2006 IPCC 指南計算方式顯示，如每頭豬隻糞尿處理所產沼氣投入再利用時可減排0.0253公噸二氧化碳當量，若以1場600,000頭豬隻計算時，其沼氣再利用減碳量可達16.19千公噸二氧化碳當量⁶。豬糞渣堆肥減碳部分，參考漢寶農畜公司牧場附設堆肥場註冊專案抵減方案：每年5.6萬頭豬隻之糞便製成堆肥，減碳4.226千公噸二氧化碳當量，換算每頭豬糞便堆肥化年減碳量為 7.546×10^{-5} 千公噸二氧化碳當量。若以全國20%豬隻(547萬頭之20%)之糞便以堆肥方式進行應用，推估其減碳量為84.7千公噸二氧化碳當量。此外，畜牧糞尿水施灌農作之再利用亦為後續減碳的重點項目之一，依據環境部全國畜牧糞尿資源化網站顯示，2022年畜牧糞尿施灌農作共減碳99千

6 設定沼氣甲烷濃度為63%，沼氣再利用百分比21%，甲烷密度 0.656 kg/m^3 (gas, 25 °C, 1 atm)，甲烷熱值 $8,000 \text{ kcal/m}^3$ ，沼氣密度 1.092 kg/m^3 (gas, 25 °C, 1 atm) 進行計算。

公噸二氧化碳當量。然而，畜牧糞尿施灌農作計算方法學尚需與 2006 IPCC 指南計算糞尿處理排放量之方法學差異進行釐清。因此，畜牧糞尿處理減量部份將俟與相關部門確認後再進行農業部門之抵扣計算。

5.3.2 畜禽糞尿處理 – 氧化亞氮

1. 排放源及匯分類的描述

大致與章節 5.3.1 「畜禽糞尿處理 – 甲烷」之排放源相同。我國在畜牧糞尿處理上與其他國家不同，因此溫室氣體之排放計算儘量以本土投入研究之產乳牛、豬及雞為主。至於對山羊及水牛因我國飼養量少、且無相關研究，惟因甲烷部分 2006 IPCC 指南有相對應之係數可採用，尚能納入上一節中合併採計；但有關本節氧化亞氮部分，2006 IPCC 指南之運算係透過一連串之預設糞尿處理方式、糞尿中氮含量，才能演算出氧化亞氮之排放係數。惟我國山羊及水牛因飼養量少，缺乏相關先期研究，致無法演算氧化亞氮排放係數，故現階段暫不採計。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南，我國畜禽糞尿處理過程中氧化亞氮排放量的計算方法，係個別畜種的糞尿處理氧化亞氮排放係數乘以該畜種年度活動數據的加總（公式 5.3.4）。

公式 5.3.4 畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量

$$\text{Total N}_2\text{O}_{\text{Manure}} \text{ Emissions} = \sum_i (EF_i \times N_i \times 265 \times 10^{-6})$$

Total N₂O_{Manure} Emissions = 畜禽糞尿處理之氧化亞氮總排放量（千公噸二氧化碳 / 年）

EF = 動物類別 i 糞尿處理氧化亞氮的排放係數（公斤氧化亞氮 / 頭（隻） / 年）

N_i = 動物類別 i 年度活動數據（頭（隻））

265 = 氧化亞氮排放量換算為二氧化碳當量所使用之氧化亞氮全球暖化潛勢 (GWP)。

使用的畜禽計算的畜禽種類分別為：產乳牛、豬、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞。

(2) 排放係數

我國自 1998 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研究，並於 2001 年經由相關專家召開研究結果的審查，產乳牛及家禽之排放係數計算經農業部門清冊專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)；豬排放係數計算則採用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)。至於山羊、鵝及鴨部分因無國內研究，尚未計入。排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於 1 年或全年飼養量均一者，其排放係數的單位為每年每頭（隻）糞尿處理過程中的氧化亞氮排放量；至如白色肉雞及有色肉雞生命週期僅數月且全年飼養量較不一致，其排放係數單位則為每個生命週期每隻糞尿處理中的氧化亞氮排放量，如表 5.3.3 所示。

排放係數異動部分，2019 年主要修正豬隻部分。有關豬隻糞尿處理排放氧化亞氮之排放係數，因 2003 年發表之本土值與 2019 年發表之重測值差距過大，經 2020 年 2 月 7 日及 10 月 26 日召開 2 次農業部門清冊專家諮詢會議討論決議，清冊報告自 2021 年起，採用 2006 IPCC 指南預設之排放係數、並追溯更新自 1990 年起之歷年數據，未來仍將加強豬隻糞尿處理之氧化亞氮本土排放係數之研究，並俟取得相關專家共識後再據以修正為本土值。

(3) 活動數據

同表 5.2.2。

(4) 排放量

2022 年我國畜禽糞尿處理的氧化亞氮排放量為 130 千公噸二氧化碳當量，其他各年如圖 5.3.2 及表 5.3.4。我國畜禽糞尿處理過程中氧化亞氮排放量之計算，包含產乳牛、豬、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞等 5 種主要畜種，先分別計算其糞尿處理過程中氧化亞氮排放係數乘以該畜種年度活動數

表 5.3.3 畜禽糞尿處理排放氧化亞氮之係數表

| 畜禽糞尿處理 | 細分類 | | 溫室氣體類別 | 排放係數 (EF) | | | |
|--------|--------------|--|--------|---|--|--|-------------------------|
| | | | | 係數 | 單位 | 來源 | 不確定性 (%) |
| | 牛 (Cattle) | 產乳牛 (Dairy Cows) ^{a,c} | 氧化亞氮 | 1.10×10 ⁻² | 公斤 / 頭 / 年 | 本土值 ¹ | ±58.3 |
| | | 豬 (Swine) ^b | 氧化亞氮 | 0.04 | 公斤 / 頭 / 年 | IPCC ^d | ±50.0 |
| | 家禽 (Poultry) | a. 白色肉雞 ^c b. 有色肉雞 ^c c. 蛋雞 ^c | 氧化亞氮 | 6.43×10 ⁻⁶ 6.43×10 ⁻⁶ 5.50×10 ⁻³ | 公斤 / 隻 / 生命週期 公斤 / 隻 / 生命週期 公斤 / 隻 / 年 | 本土值 ² 本土值 ² 本土值 ³ | ±13.1 ±13.1 ±21.8 |

備註：a. 產乳牛：包括泌乳牛、乾乳牛。

b. 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 之計算。

c. 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3) 之計算。

d. 2006 IPCC 指南預設排放係數之選用，以年均溫攝氏 23 度之資料為主。

資料來源：1. Su, J.J., Liu, B.Y. and Chang, Y. C., Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, 253–263, 2003.

2. 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)：415–422，2001。

3. 王淑音、馬維君，蛋雞糞尿處理之溫室氣體排放，華岡農科學報，10：1–14，2002。

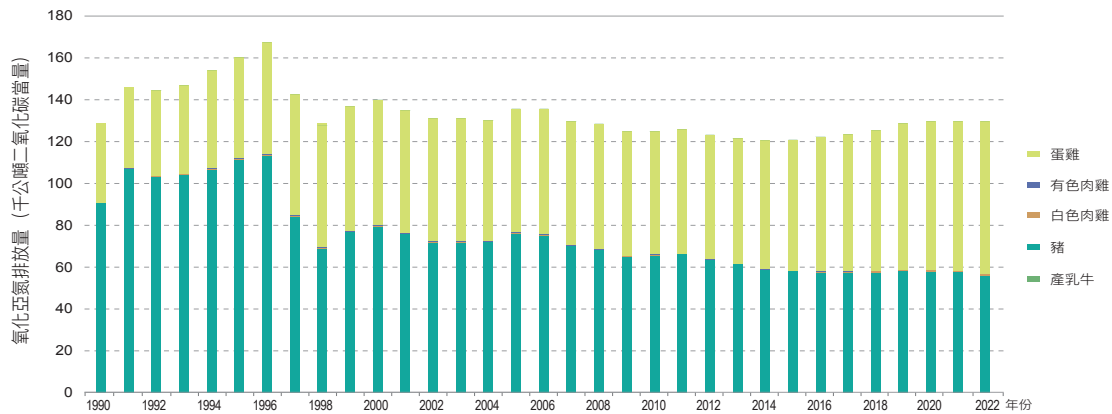


圖 5.3.2 1990 年至 2022 年畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量

表 5.3.4 1990 年至 2022 年畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 細分類 | 產乳牛 | 豬 | 白色肉雞 | 有色肉雞 | 蛋雞 | 合計 |
|------|-----|-----|-----|------|------|----|-----|
| 1990 | | 0.1 | 91 | 0.1 | 0.2 | 38 | 129 |
| 1991 | | 0.1 | 107 | 0.2 | 0.2 | 39 | 146 |
| 1992 | | 0.2 | 103 | 0.2 | 0.2 | 41 | 145 |
| 1993 | | 0.2 | 104 | 0.2 | 0.3 | 42 | 147 |
| 1994 | | 0.2 | 107 | 0.2 | 0.3 | 47 | 154 |
| 1995 | | 0.2 | 111 | 0.3 | 0.3 | 48 | 160 |
| 1996 | | 0.2 | 113 | 0.3 | 0.3 | 53 | 167 |
| 1997 | | 0.2 | 84 | 0.3 | 0.3 | 57 | 143 |
| 1998 | | 0.2 | 69 | 0.3 | 0.3 | 59 | 129 |
| 1999 | | 0.2 | 77 | 0.3 | 0.3 | 60 | 137 |
| 2000 | | 0.2 | 79 | 0.3 | 0.3 | 60 | 140 |
| 2001 | | 0.2 | 76 | 0.3 | 0.3 | 58 | 135 |
| 2002 | | 0.2 | 72 | 0.3 | 0.3 | 58 | 131 |
| 2003 | | 0.2 | 72 | 0.3 | 0.3 | 59 | 131 |
| 2004 | | 0.2 | 72 | 0.4 | 0.3 | 57 | 130 |
| 2005 | | 0.2 | 76 | 0.3 | 0.2 | 59 | 136 |
| 2006 | | 0.2 | 75 | 0.3 | 0.2 | 60 | 136 |
| 2007 | | 0.2 | 70 | 0.3 | 0.2 | 59 | 130 |
| 2008 | | 0.2 | 68 | 0.3 | 0.2 | 60 | 129 |
| 2009 | | 0.2 | 65 | 0.3 | 0.2 | 59 | 125 |
| 2010 | | 0.2 | 66 | 0.3 | 0.2 | 59 | 125 |
| 2011 | | 0.2 | 66 | 0.3 | 0.2 | 59 | 126 |
| 2012 | | 0.2 | 64 | 0.3 | 0.2 | 59 | 123 |
| 2013 | | 0.2 | 62 | 0.3 | 0.2 | 60 | 122 |
| 2014 | | 0.2 | 59 | 0.3 | 0.2 | 61 | 121 |
| 2015 | | 0.2 | 58 | 0.3 | 0.2 | 62 | 121 |
| 2016 | | 0.2 | 58 | 0.4 | 0.2 | 64 | 122 |
| 2017 | | 0.2 | 58 | 0.4 | 0.2 | 65 | 123 |
| 2018 | | 0.2 | 58 | 0.4 | 0.2 | 67 | 125 |
| 2019 | | 0.2 | 58 | 0.4 | 0.2 | 70 | 129 |
| 2020 | | 0.2 | 58 | 0.4 | 0.2 | 71 | 130 |
| 2021 | | 0.2 | 58 | 0.5 | 0.2 | 71 | 130 |
| 2022 | | 0.2 | 56 | 0.5 | 0.2 | 73 | 130 |

據，得到該畜種當年度的糞尿處理氧化亞氮排放量、並換算為二氧化碳當量後，再予以加總所得。

我國畜禽糞尿處理中氧化亞氮主要來源為家禽飼養。分析我國 1990 年至 2022 年畜牧產業之畜禽糞尿處理中氧化亞氮排放趨勢，1990 年適逢國內畜牧業蓬勃發展，因此畜禽飼養量逐年攀升，畜禽糞尿處理中氧化亞氮排放量隨之增加。1997 年國內養豬產業受口蹄疫疫情影響，雖國內豬隻養量陡降，然家禽飼養量持續增加，畜禽糞尿處理之氧化亞氮排

放量仍呈增加趨勢，至 1999 年趨於穩定；2015 年後又隨家禽飼養量增加而提升。

(5) 完整性

我國豬、牛糞尿處理多以提升畜牧糞尿水處理及再利用三段式廢水處理方式處理，惟目前清冊僅產乳牛完整呈現各處理階段所排放之溫室氣體量，以及固液分離後所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量；至主要畜種一豬，其糞尿之溫室氣體反因近期與早期研究所得之排放係數差距過大、

有待後續研究查驗，因此仍以 2006 IPCC 指南預設排放係數計算排放量，致無法呈現我國豬隻糞尿處理氧化亞氮排放之本土特性。另對我國飼養量相對較少之山羊及水牛，除非未來飼養畜種類或數量有重大轉變，否則預期仍不會有相關研究。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關畜禽糞尿處理氧化亞氮排放清冊之估算，其中活動數據係依據農業部出版之農業統計年報，依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 $\pm 5\%$ ；排放係數方面，若使用本土係數，則以試驗結果之 CV% 為其不確定性之偏差值，惟如本土係數無法計算 CV% 者，就引用 2006 IPCC 指南不確定性之參考值；至直接使用 2006 IPCC 指南之排放係數，則逕行引用 2006 IPCC 指南不確定性數值。

依據 2006 IPCC 指南，畜牧產業之溫室氣體排放量不確定性建議以誤差傳播法演算。各畜禽種類分項之不確定性，則以乘法規則計算（公式 5.3.5），即以排放係數不確定性平方加上活動係數不確定性平方後、再開根號之所得。至畜禽糞尿處理氧化亞氮排放總量之不確定性，則以加法規則計算（公式 5.3.6），即各類畜禽排放量與相乘不確定性相乘數平方之總和開根號、再除以總排放量之所得。經計算後 2022 年畜禽糞尿處理氧化亞氮排放量之不確定性為 $\pm 25.08\%$ 。

公式：5.3.5

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

U_{total} = 不確定性之總和（乘法規則）

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

公式：5.3.6

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

U_{total} = 不確定性之總和（加法規則）

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

E_1, E_2, E_n = 不同變量

(2) 時間序列的一致性

豬隻糞尿處理氧化亞氮之排放係數於 2019 年資料計算進行修正，修正係數回溯更新歷年排放量，故 1990 年至 2022 年排放係數皆維持一致；此外，所有項目之活動數據來源及計算方法由 1990 年至 2022 年亦皆維持一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節 5.2 3.A 「畜禽腸胃發酵」之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

目前依 2006 IPCC 指南計算方式，豬僅計算糞尿處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將後段堆肥化之溫室氣體排放量計入，未來將朝建立此部分本土係數及資料之方向努力。此外，農業部歷年來持續推動畜禽糞堆肥改善及畜牧糞尿水施灌農作等相關工作。畜禽糞尿處理產生的氧化亞氮，也會隨之變化。後續將針對該部分溫室氣體排放之研究成果，建立、修正或更新本土排放係數。

5.4 水稻種植 (3.C)

有機物在浸水的稻田中會因厭氧環境，被微生物分解而產生甲烷，產生之甲烷主要經由水稻植株擴散至大氣中。水稻田中的甲烷排放，主要影響因素包含氣候、土壤特性、水稻品種、灌溉管理、農耕操作、有機物質添加量、肥料型態與施用量等。陸稻因無浸水，土壤通氣較佳，無明顯的甲烷釋出，2006 IPCC 指南對於陸稻排放係數亦設為零。

1. 排放源及匯分類的描述

因我國地處亞熱帶至熱帶間，水稻一年可兩收，因此估算水稻甲烷排放時，在排放係數與活動數據皆分為兩期作進行估算。我國水稻種植方式目前主要耕作前 30 日內，開始淹水，栽種方式主要為插秧移植，灌溉採間歇灌溉管理，土壤乾燥排水一次以上，水稻稻桿多於聯合收穫機收割後，切碎置於田間，再以耕耘機將殘體耕入田間。因我國各地氣候、土壤、肥料和農業操作皆有其區域特性（農業部，1995⁷；Yang, et al., 1994⁸），在甲烷排放隨上述因子變異下，甲烷排放隨我國各地特性而有空間變異。因此本項估算，採用本土排放係數並參考相關文獻下（Yang, et al., 2003⁹、陳等，2019¹⁰），將我國依地理特性，分為八個區域進行估算。

7 行政院農業委員會（現為農業部），台灣農家要覽，1995。

8 Yang, S. S., Lin, C. C., Chang, E. H., Chung, R. S., and Huang, S. N., Effect of fertilizer, soil type, growth season on methane production and emission in the paddy soils of Taiwan, Journal of the Biomass Energy Sources of China, n.13 p.68-87, 1994.

9 Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990-2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295-1305, 2003.

10 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻頡、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

我國已有多篇關於水稻田甲烷排放之研究，在考慮符合當地狀況的因素下，以 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，引用本土排放係數進行計算，水稻田之甲烷排放量計算方式如公式 5.4.1，由活動數據 – 水稻田耕作面積乘以排放係數，排放係數如表 5.4.1。

公式 5.4.1 水稻種植中的甲烷排放

$$CH_{4\text{水稻}} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

$CH_{4\text{水稻}}$ = 水稻種植每年產生的甲烷排放量，千公噸 / 年

$EF_{i,j,k}$ = 在 i,j,k 條件下各區各期水稻田排放係數，公斤 / 公頃 / 期

$A_{i,j,k}$ = 在 i,j,k 條件下各區各期水稻種植面積，公頃 / 年

$t_{i,j,k}$ = 在 i,j,k 條件下各區各期水稻種植時間，公頃 / 年

i,j,k = 表示不同的生態系統、水分管理與有機添加物的種類與數量及其他排放因子

(2) 排放係數

排放係數引用本土水稻之排放係數，如表 5.4.1 所示，因其彙整國內多筆代表性研究調查資料，作為估算農地溫室氣體排放量研究，文中將排放係數以各代表性地區各期作生長日數之中位數值作為代表，一期作 136 天 (約 110 至 140 天)，二期作 124 天 (約 90 至 130 天) 將文獻中排放係數單

位毫克 / 平方公尺 / 時換為期作排放係數公斤 / 公頃 / 期。惟宜蘭、苗栗地區之二期作排放係數偏高，依農業部門專家委員意見，以其他地區平均值 3.89 毫克 / 平方公尺 / 時計算，換算期作排放係數為 115.7 公斤 / 公頃 / 期。另依據陳等 (2019)¹¹ 以渦流協變方法連續量測台中霧峰與嘉義溪口甲烷排放量更新台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台南地區原來引用密閉罩法 (Yang, et al., 2003)¹² 量測的排放係數。

(3) 活動數據

歷年種植面積係依據農業部出版之「農業統計年報」之水稻生產記錄，依前述八分區，並分為兩期作，彙整如表 5.4.2。

(4) 排放量

將各區之排放係數分別乘上各區各期作之水稻種植面積，計算得到各區水稻田之甲烷排放量值，相加後為全年甲烷排放總量，二氧化碳當量係以甲烷轉換為二氧化碳當量之全球暖化潛勢轉換係數 28，進行計算。歷年水稻種植甲烷排放量如圖 5.4.1 與表 5.4.3 所示。因作物轉作政策、農業活動衰減等因素下，水稻田耕作面積逐年減少，水稻田甲烷排放量漸減。與 1990 年相比，2022 年甲烷排放量減少約 53.00%。另於 2004、2010、2015 及 2021 年恰逢國內缺水情形，部分地區一期作水稻停耕導致水稻耕種面積減少，2022 年因推動基期年農地「稻作四選三」措施及鼓勵轉作飼料用玉米等政策影

表 5.4.1 水稻種植各期作甲烷排放係數

| 地區 | 各期作甲烷排放係數 | | | |
|----------|-----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | 期作 | 排放係數 ¹ (毫克 / 平方公尺 / 時) | 日排放係數 (公斤 / 公頃 / 天) | 期作排放係數 ² (公斤 / 公頃 / 期) |
| 臺北、基隆 | 一期稻 | 2.12 | 0.5088 | 69.1968 |
| | 二期稻 | 4.85 | 1.1640 | 144.3360 |
| 宜蘭 | 一期稻 | 0.69 | 0.1656 | 22.5216 |
| | 二期稻 | 8.93 | 0.9331 | 115.7069 |
| 桃園、新竹 | 一期稻 | 0.89 | 0.2136 | 29.0496 |
| | 二期稻 | 4.15 | 0.9960 | 123.5040 |
| 苗栗 | 一期稻 | 2.92 | 0.7008 | 95.3088 |
| | 二期稻 | 13.70 | 0.9331 | 115.7069 |
| 臺中、彰化、南投 | 一期稻 | 1.13 | 0.2713 | 36.9000 |
| | 二期稻 | 6.07 | 1.4565 | 180.6000 |
| 雲林、嘉義、臺南 | 一期稻 | 1.84 | 0.4419 | 60.1000 |
| | 二期稻 | 5.88 | 1.4113 | 175.0000 |
| 高雄、屏東 | 一期稻 | 0.82 | 0.1968 | 26.7648 |
| | 二期稻 | 2.94 | 0.7056 | 87.4944 |
| 花蓮、臺東 | 一期稻 | 2.11 | 0.5064 | 68.8704 |
| | 二期稻 | 4.2125 | 1.0104 | 125.2896 |

備註：排放係數為引用文獻數值，期作排放係數為實際量測數值。

參考文獻：1. 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻頡、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。

2. Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of Methane and Nitrous Oxide Emission from Animal Production Sector in Taiwan during 1990–2000, Chemosphere, 2003.

11 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻頡、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。

12 Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of Methane and Nitrous Oxide Emission from Animal Production Sector in Taiwan during 1990–2000, Chemosphere, 2003.

表 5.4.2 歷年各區水稻耕作面積

(單位：公頃)

| 年份 | 臺北、基隆 | | 宜蘭 | | 桃園、新竹 | | 苗栗 | | 臺中、彰化、南投 | | 雲林、嘉義、臺南 | | 高雄、屏東 | | 花蓮、臺東 | |
|------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 | 一期稻 | 二期稻 |
| 1990 | 3,857 | 1,672 | 14,224 | 5,183 | 34,184 | 31,080 | 13,983 | 13,230 | 66,717 | 62,129 | 77,490 | 66,066 | 18,601 | 19,537 | 13,242 | 13,071 |
| 1991 | 2,989 | 1,383 | 12,746 | 4,806 | 32,273 | 30,721 | 12,837 | 11,890 | 62,800 | 61,017 | 74,855 | 62,084 | 16,338 | 17,243 | 12,579 | 12,241 |
| 1992 | 2,423 | 912 | 12,858 | 3,097 | 31,436 | 29,165 | 11,966 | 11,602 | 61,156 | 58,199 | 62,564 | 58,556 | 14,657 | 14,151 | 12,414 | 11,994 |
| 1993 | 2,061 | 674 | 12,329 | 2,852 | 29,806 | 28,201 | 11,370 | 10,807 | 57,791 | 55,872 | 73,391 | 57,015 | 13,401 | 12,084 | 11,641 | 11,632 |
| 1994 | 1,445 | 587 | 12,402 | 1,815 | 24,986 | 25,898 | 11,114 | 10,516 | 54,978 | 53,199 | 65,420 | 54,483 | 14,074 | 11,346 | 11,898 | 11,676 |
| 1995 | 1,540 | 534 | 12,043 | 1,139 | 27,035 | 26,339 | 10,348 | 10,500 | 53,314 | 51,121 | 69,293 | 53,622 | 12,354 | 10,280 | 11,644 | 12,372 |
| 1996 | 1,102 | 500 | 11,921 | 1,000 | 22,662 | 25,328 | 10,018 | 9,838 | 51,725 | 49,994 | 60,829 | 54,585 | 11,868 | 10,624 | 12,682 | 13,086 |
| 1997 | 1,254 | 448 | 12,594 | 783 | 27,055 | 26,271 | 10,111 | 10,102 | 53,307 | 49,096 | 72,252 | 52,319 | 11,389 | 9,334 | 14,048 | 13,849 |
| 1998 | 1,045 | 422 | 12,265 | 110 | 27,383 | 25,268 | 10,067 | 9,571 | 51,780 | 47,421 | 73,189 | 51,760 | 11,457 | 8,265 | 14,239 | 13,446 |
| 1999 | 973 | 370 | 12,153 | 289 | 25,813 | 22,939 | 9,454 | 9,301 | 50,684 | 47,574 | 72,515 | 52,424 | 11,381 | 9,057 | 14,150 | 13,989 |
| 2000 | 910 | 354 | 11,942 | 161 | 24,544 | 20,009 | 9,520 | 7,992 | 48,920 | 45,633 | 73,045 | 48,840 | 11,913 | 7,986 | 14,262 | 13,570 |
| 2001 | 824 | 346 | 11,538 | 32 | 23,066 | 18,906 | 8,984 | 7,116 | 48,718 | 45,997 | 70,061 | 49,759 | 11,525 | 7,534 | 13,837 | 13,377 |
| 2002 | 738 | 304 | 10,531 | 27 | 18,609 | 13,940 | 7,615 | 6,873 | 47,974 | 43,657 | 67,764 | 45,485 | 10,867 | 5,947 | 13,786 | 12,723 |
| 2003 | 608 | 279 | 10,430 | 1 | 9,310 | 9,244 | 7,832 | 5,677 | 46,658 | 39,411 | 62,482 | 39,618 | 10,744 | 4,882 | 13,121 | 11,828 |
| 2004 | 574 | 302 | 9,623 | 3 | 4,625 | 7,674 | 5,754 | 5,022 | 44,800 | 38,558 | 46,958 | 34,296 | 10,158 | 3,713 | 12,822 | 12,133 |
| 2005 | 555 | 272 | 9,592 | 1 | 11,846 | 8,970 | 6,894 | 5,678 | 45,504 | 39,649 | 61,158 | 40,230 | 10,082 | 3,395 | 12,821 | 12,376 |
| 2006 | 479 | 234 | 9,587 | 2 | 9,735 | 7,790 | 6,537 | 5,258 | 44,882 | 38,251 | 61,690 | 41,214 | 9,130 | 2,513 | 13,208 | 12,679 |
| 2007 | 471 | 280 | 9,375 | 0 | 10,903 | 7,935 | 6,618 | 5,155 | 45,359 | 37,318 | 60,586 | 39,028 | 8,816 | 2,223 | 13,332 | 12,717 |
| 2008 | 451 | 269 | 9,186 | 0 | 10,328 | 7,514 | 6,099 | 5,085 | 43,244 | 36,634 | 56,998 | 39,313 | 8,710 | 2,093 | 13,316 | 13,051 |
| 2009 | 463 | 260 | 9,124 | 0 | 11,258 | 7,920 | 6,204 | 4,909 | 42,714 | 36,477 | 58,931 | 38,757 | 9,245 | 1,704 | 13,400 | 13,224 |
| 2010 | 438 | 264 | 9,376 | 6 | 11,370 | 8,087 | 4,985 | 4,621 | 42,702 | 37,142 | 47,371 | 37,998 | 9,430 | 1,837 | 14,269 | 13,967 |
| 2011 | 418 | 254 | 9,446 | 8 | 11,425 | 7,811 | 5,691 | 4,610 | 42,540 | 35,627 | 59,582 | 36,836 | 9,728 | 1,522 | 14,576 | 14,181 |
| 2012 | 396 | 254 | 9,993 | 1 | 11,144 | 7,767 | 5,694 | 4,822 | 42,754 | 36,078 | 61,408 | 39,509 | 10,420 | 1,335 | 14,853 | 14,336 |
| 2013 | 406 | 249 | 10,862 | 1 | 14,174 | 8,060 | 6,349 | 5,066 | 42,975 | 37,076 | 61,914 | 40,831 | 10,842 | 1,421 | 15,347 | 14,592 |
| 2014 | 394 | 243 | 10,943 | 0 | 15,632 | 7,912 | 6,570 | 4,974 | 43,025 | 35,784 | 64,184 | 39,468 | 10,251 | 1,549 | 15,604 | 14,519 |
| 2015 | 350 | 243 | 11,112 | 10 | 6,023 | 7,333 | 3,723 | 4,869 | 42,205 | 35,846 | 57,077 | 40,507 | 10,448 | 1,743 | 15,659 | 14,712 |
| 2016 | 389 | 247 | 11,242 | 0 | 17,440 | 7,446 | 6,669 | 5,241 | 43,318 | 35,689 | 63,616 | 39,703 | 10,580 | 1,748 | 15,618 | 14,893 |
| 2017 | 383 | 243 | 11,218 | 0 | 18,062 | 8,131 | 5,633 | 5,109 | 43,666 | 35,098 | 64,871 | 39,667 | 10,403 | 1,658 | 15,582 | 14,952 |
| 2018 | 387 | 249 | 11,188 | 0 | 18,878 | 6,963 | 5,515 | 5,030 | 43,410 | 34,497 | 64,042 | 38,343 | 10,517 | 1,576 | 15,852 | 15,059 |
| 2019 | 387 | 242 | 11,192 | 0 | 18,168 | 7,147 | 6,192 | 5,055 | 43,480 | 34,030 | 63,987 | 37,649 | 10,441 | 1,339 | 15,895 | 14,864 |
| 2020 | 380 | 232 | 11,121 | 0 | 14,463 | 7,909 | 5,435 | 5,129 | 42,346 | 33,889 | 60,315 | 37,858 | 10,240 | 1,281 | 15,592 | 15,595 |
| 2021 | 330 | 234 | 11,277 | 0 | 6,525 | 6,824 | 3,456 | 4,917 | 34,952 | 32,429 | 44,506 | 35,799 | 10,631 | 1,454 | 15,698 | 14,990 |
| 2022 | 367 | 225 | 11,170 | 0 | 16,407 | 4,310 | 4,725 | 4,011 | 42,397 | 26,254 | 55,619 | 30,671 | 10,956 | 1,230 | 15,485 | 14,873 |

資料來源：行政院農業委員會(現為農業部)，農業統計年報，2023。

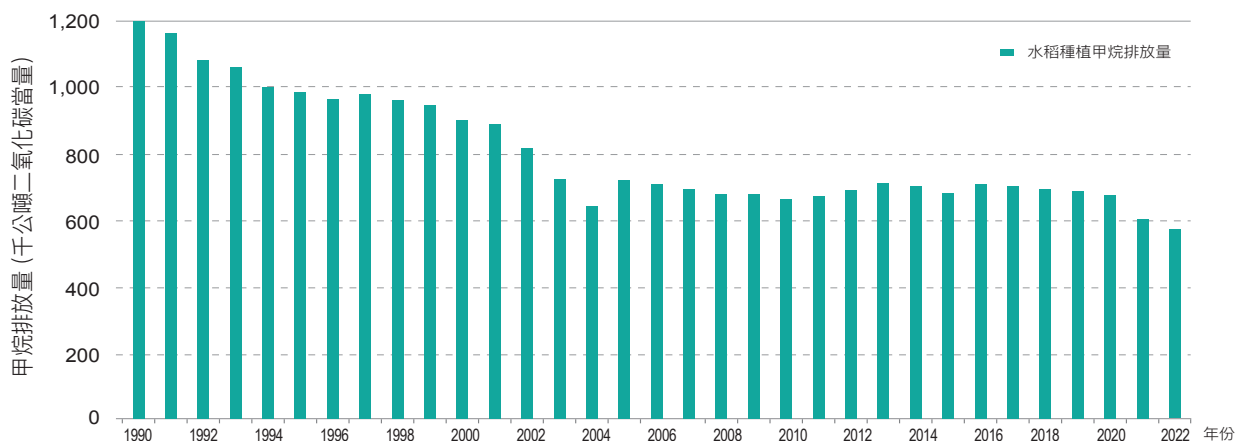


圖 5.4.1 1990 年至 2022 年水稻種植甲烷排放量

表 5.4.3 歷年各區水稻田甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 臺北、基隆 | 宜蘭 | 桃園、新竹 | 苗栗 | 臺中、彰化、南投 | 雲林、嘉義、臺南 | 高雄、屏東 | 花蓮、臺東 | 總排放量 |
|------|-------|----|-------|----|----------|----------|-------|-------|-------|
| 1990 | 14 | 26 | 135 | 80 | 383 | 454 | 62 | 71 | 1,226 |
| 1991 | 11 | 24 | 132 | 73 | 373 | 430 | 54 | 67 | 1,166 |
| 1992 | 8 | 18 | 126 | 70 | 357 | 392 | 46 | 66 | 1,084 |
| 1993 | 7 | 17 | 122 | 65 | 342 | 403 | 40 | 63 | 1,059 |
| 1994 | 5 | 14 | 110 | 64 | 326 | 377 | 38 | 64 | 998 |
| 1995 | 5 | 11 | 113 | 62 | 314 | 379 | 34 | 66 | 984 |
| 1996 | 4 | 11 | 106 | 59 | 306 | 370 | 35 | 70 | 961 |
| 1997 | 4 | 10 | 113 | 60 | 303 | 378 | 31 | 76 | 976 |
| 1998 | 4 | 8 | 110 | 58 | 293 | 377 | 29 | 75 | 953 |
| 1999 | 3 | 9 | 100 | 55 | 293 | 379 | 31 | 76 | 947 |
| 2000 | 3 | 8 | 89 | 51 | 281 | 362 | 28 | 75 | 899 |
| 2001 | 3 | 7 | 84 | 47 | 283 | 362 | 27 | 74 | 887 |
| 2002 | 3 | 7 | 63 | 43 | 270 | 337 | 23 | 71 | 816 |
| 2003 | 2 | 7 | 40 | 39 | 248 | 299 | 20 | 67 | 721 |
| 2004 | 2 | 6 | 30 | 32 | 241 | 247 | 17 | 67 | 643 |
| 2005 | 2 | 6 | 41 | 37 | 248 | 300 | 16 | 68 | 717 |
| 2006 | 2 | 6 | 35 | 34 | 240 | 306 | 13 | 70 | 706 |
| 2007 | 2 | 6 | 36 | 34 | 236 | 293 | 12 | 70 | 690 |
| 2008 | 2 | 6 | 34 | 33 | 230 | 289 | 12 | 71 | 676 |
| 2009 | 2 | 6 | 37 | 32 | 229 | 289 | 11 | 72 | 678 |
| 2010 | 2 | 6 | 37 | 28 | 232 | 266 | 12 | 77 | 659 |
| 2011 | 2 | 6 | 36 | 30 | 224 | 281 | 11 | 78 | 668 |
| 2012 | 2 | 6 | 36 | 31 | 227 | 297 | 11 | 79 | 688 |
| 2013 | 2 | 7 | 39 | 33 | 232 | 304 | 12 | 81 | 710 |
| 2014 | 2 | 7 | 40 | 34 | 225 | 301 | 11 | 81 | 702 |
| 2015 | 2 | 7 | 30 | 26 | 225 | 295 | 12 | 82 | 678 |
| 2016 | 2 | 7 | 40 | 35 | 225 | 302 | 12 | 82 | 705 |
| 2017 | 2 | 7 | 43 | 32 | 223 | 304 | 12 | 83 | 704 |
| 2018 | 2 | 7 | 39 | 31 | 219 | 296 | 12 | 83 | 689 |
| 2019 | 2 | 7 | 39 | 33 | 217 | 292 | 11 | 83 | 684 |
| 2020 | 2 | 7 | 39 | 31 | 215 | 287 | 11 | 85 | 677 |
| 2021 | 2 | 7 | 29 | 25 | 200 | 250 | 12 | 83 | 608 |
| 2022 | 2 | 7 | 28 | 26 | 177 | 244 | 11 | 82 | 576 |

響，使稻作種植面積亦較往年減少，進而降低甲烷排放量。另因 2020 年更新台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台南地區之甲烷排放係數，因此農業部門甲烷排放量相較於未更新前增加 3%，而水稻種植甲烷排放增加 4%。

(5) 完整性

在活動數據完整性方面，我國農業統計資料中雖註明包含陸稻，但並未區分出水稻與陸稻面積，由丁文彥(2012)¹³調查資料可知，陸稻全國耕作面積約 10 公頃，種植比例小於水稻總耕作面積之 0.01%，對排放量影響微乎其微，因此在無法區分陸稻與水稻面積情況下，將陸稻面積視為水稻面積進行估算。

在排放係數方面，水稻田甲烷排放雖受水稻品種、土壤理化性質、管理方式、前作作物種類與殘體量等多種因素影響，而我國水稻栽培在上述因素變異多，不易逐一評估其係數，故將其納為排放係數不確定度範圍內。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

依據文獻中各分區排放係數之標準差或範圍，及其引用之相關文獻，評估水稻田甲烷排放係數之不確定性，各區排放係數之不確定性彙整如表 5.4.5 所示。

在計算過程中因排放係數(毫克/平方公尺/時)乘以不同期作之耕期換算為期作排放係數(公斤/公頃/期)，一期作 136 天，二期作 124 天，而實際田間耕作期因氣候、人為因素、區域與品種等而有變異，一期約為 110 至 140 天；二期約 90 至 130 天。活動數據為水稻耕作面積，為農業部統計資料，但未記錄不確定性，係依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5%。全球暖化潛勢(GWP) 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子。

13 丁文彥，陸稻－東陸 1、2、3 號品種介紹，臺東區農業專訊，79:8-11，2012。

因多筆排放係數不確定性大於 60%，部分參數非常態分佈，依據 2006 IPCC 指南建議，以蒙地卡羅方法進行評估，故利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅法，估算甲烷排放量不確定性，各基本參數數值模擬次數為 1,000 次。相關參與結果數如表 5.4.4 所示。由蒙地卡羅模擬方法估算水稻田甲烷排放量之不確定性為約 -21.32%~18.07%。

(2) 時間序列的一致性：

台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台南兩地區之排放係數曾於 2020 年進行修正，皆有回溯更新過往排放量，故 1990 年至 2022 年排放係數皆維持一致；此外，所有地區活動數據來源及計算方法亦維持一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來自農業部之農業統計調查資料，而農業部依據統計法、統計法施行細則及其他有關法令之規定特別訂頒「農情調查工作評鑑要點」，已建立完善之農情調查制度 QA/QC 及查證流程準備。農業部門農糧產業部分(含 3.C、3.D、3.E、3.F、3.G、3.H) 溫室氣體排放清冊過程中，先安排專家諮詢及同行審議機制；農糧部分清冊初稿完成後，再邀請專家學者所組成之審議小組，審議數據之正確性，並提供改善建議，經修正後再提送農業部所成立之農業部門溫室氣體專家審議會，經審查修正定稿後，完成農業部門溫室氣體排放清冊階段之 QA/QC 及查證。最後送環境部併同其他部門之清冊，辦理國家溫室氣體清冊之 QA/QC 及查證程序。

由於甲烷使用本土排放係數，為了解本土調查係數之準確性，故列出與國外水稻田甲烷排放係數比較，如表 5.4.5 所示，排放係數雖略低於其他國家，但仍於差異範圍內，應與各國農業耕作方式差異有關。

5. 特定排放源的重新計算

2020 年依據 (陳琦玲等, 2019)¹⁴ 以渦流協變方法連續量測台中霧峰與嘉義溪口甲烷排放量更新台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台南地區原來引用密閉罩法 (Yang, et al., 2003)¹⁵ 量測的排放係數，並重新計算台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台南兩地區水稻甲烷排放量，並依國家溫室氣體排放清冊審議會 2016 年第 2 次委員會議專家會議將排放量回朔更新至 1990 年。

6. 特定排放源的改善計畫

目前計算引用之水稻田甲烷排放係數為 21 年前以密閉罩法進行調查資料 (Yang, et al., 2003)，雖此方法在量測過程可能破壞自然狀態，造成量測誤差，但由於調查廣泛且資料多，仍具有一定之代表性，而為本清冊計算引用。2020 年農委會 (現為農業部) 農業試驗所 (簡稱農試所) 已利用開放式甲烷分析儀量測台中霧峰與嘉義溪口 2 處試驗田水稻種植期中產生之甲烷 (陳琦玲等, 2019)，已針對「台中、彰化、南投」與「雲林、嘉義、台南」兩地區之甲烷排放係數作修正，後續將持續調查其它地區水稻甲烷排放係數。

5.5 農耕土壤 (3.D)

氧化亞氮的排放分為直接排放及間接排放，直接性氧化亞氮排放為農業活動，包括農地施用化學氮肥、有機氮肥、作物殘體的埋入或改變土地利用管理等，這些農業活動使氮素進入土壤，造成土壤有效性氮的增加、脫氮量增加，而造成氧化亞氮的排放。間接性氧化亞氮排放共兩個途徑：其一為農耕土壤施用之肥料以氨 (NH₃) 和氮氧化物 (NO_x) 揮散；另一途徑為土壤中的氮素經淋洗和逕流移出。上述氮源，最終以銨離子 (NH₄⁺) 和硝酸離子 (NO₃⁻) 型態再進入土壤和水中後，產生氧化亞氮排放。

表 5.4.4 甲烷通量與排放量比較

| 國家 | 期作 | 排放係數 (kg CH ₄ /ha) | 灌溉管理 | 係數分類 |
|-------------------|------|-------------------------------|---------|-----------|
| 日本 ¹⁶ | 單期 | 49 ~ 247 | 單次排水 | 土壤類型 |
| 義大利 ¹⁷ | 單期 | 250~330 | 單次或多次排水 | 灌溉類型、播種方式 |
| 臺灣 ¹⁸ | 1 期作 | 64 (23~95) | 多次排水 | 地區 |
| | 2 期作 | 116 (88~144) | | 地區 |

備註：排放係數為範圍或中位數 (範圍)

14 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻韻、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。

15 Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295–1305, 2003.

16 Ministry of the Environment of Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, Japan, 2018.

17 Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Italian Greenhouse Gas Inventory 1990–2016 National Inventory Report, Italian, 2018.

18 Yang, S. S., Lai, C. M., Chang, H. L., Chang, E. H., and Wei, C. B., Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922, 2009.

表 5.4.5 各區水稻田甲烷排放係數參數與蒙地卡羅法之不確定性結果

| 地區 | 期作 | 活動數據不確定性 % | 甲烷排放係數不確定性來源與值 | | | | | 排放量與不確定性 | |
|----------|-----|---------------|----------------|-------|------------|------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| | | | 甲烷排放係數 | | | 耕作期差異 天 | 期作排放係數不確定性 % | 排放量 (2022年) 千公噸二氧化碳當量 | 不確定性 % |
| | | | 平均值 | 標準差 | 範圍 | | | | |
| | | | 毫克 / 平方公尺 / 時 | | | | | | |
| 臺北、基隆 | 一期稻 | 5.00 | 2.12 | 1.38 | 0.76~2.74 | 110~140 | -55.79%~15.61% | 0.71 | -55.95%~16.57% |
| | 二期稻 | 5.00 | 4.85 | 1.70 | - | 90~130 | -69.39%~56.74% | 0.91 | -69.93%~56.98% |
| 宜蘭 | 一期稻 | 5.00 | 0.69 | 0.11 | - | 110~140 | -37.92%~25.66% | 7.04 | -37.38%~25.25% |
| | 二期稻 | 5.00 | 3.89 | 0.94 | - | 90~130 | -55.00%~37.57% | 0.00 | - |
| 桃園、新竹 | 一期稻 | 5.00 | 0.89 | 0.05 | - | 110~140 | -19.70%~8.05% | 13.35 | -20.05%~8.66% |
| | 二期稻 | 5.00 | 4.15 | 1.32 | - | 90~130 | -69.44%~53.31% | 14.90 | -69.36%~54.53% |
| 苗栗 | 一期稻 | 5.00 | 2.92 | 0.83 | - | 110~140 | -57.92%~53.14% | 12.61 | -58.27%~54.48% |
| | 二期稻 | 5.00 | 3.89 | 0.94 | - | 90~130 | -54.96%~45.71% | 12.99 | -54.87%~44.84% |
| 臺中、彰化、南投 | 一期稻 | 5.00 | 1.13 | 6.08 | 0.92~1.26 | 110~140 | -22.68%~5.88% | 43.80 | -23.72%~7.07% |
| | 二期稻 | 5.00 | 6.07 | 24.04 | 5.86~6.15 | 90~130 | -23.50%~2.48% | 132.76 | -24.10%~4.17% |
| 雲林、嘉義、臺南 | 一期稻 | 5.00 | 1.84 | 5.97 | 1.32~2.36 | 110~140 | -27.87%~18.34% | 93.6 | -29.07%~19.47% |
| | 二期稻 | 5.00 | 5.88 | 1.00 | - | 90~130 | -40.51%~27.46% | 150.29 | -40.61%~26.73% |
| 高雄、屏東 | 一期稻 | 5.00 | 0.82 | - | 0.02~13.16 | 101~135 | -56.32%~459.57% | 11.22 | -55.94%~463.88% |
| | 二期稻 | 5.00 | 2.94 | - | - | - | - | - | - |
| 花蓮、臺東 | 一期稻 | 5.00 | 2.11 | 1.46 | - | 110~140 | -135.23%~129.21% | 29.86 | -135.35%~126.04% |
| | 二期稻 | 5.00 | 4.21 | 2.64 | - | 90~130 | -117.43%~108.46% | 52.18 | -118.02%~105.87% |
| 總計 | | | | | | | | 576.23 | -21.32%~18.07% |

備註：「宜蘭」、「苗栗」排放係數之計算值，依部會內審議建議，調整為其它地區之二期作平均值。「台中、彰化、南投」、「雲林、嘉義、台南」計算值、標準差、範圍等資料來源如陳琦玲 (2019)。其餘計算值、標準差、範圍等資料來源如 Yang (2003)。

資料來源：1. 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻韻、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。

2. Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295–1305, 2003.

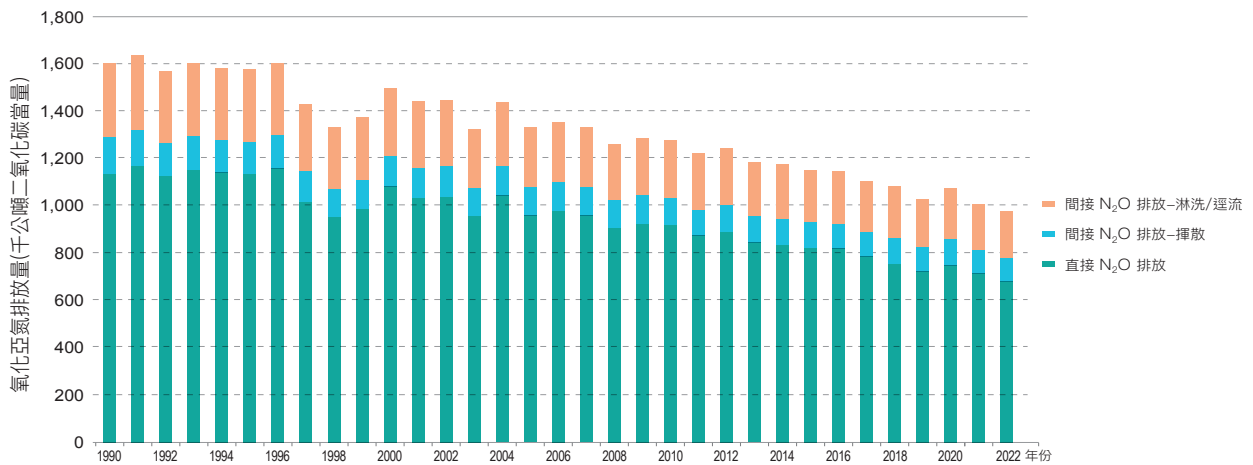


圖 5.5.1 1990 年至 2022 年農耕土壤氧化亞氮排放量趨勢

表 5.5.1 歷年農耕土壤氧化亞氮排放總量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 直接排放 | | | | 間接排放 - 揮散 | | | 間接排放 - 淋洗 / 逕流 | | | | 農耕土壤 排放總量 |
|------|----------|----------|----------|------|-----------|----------|-----|----------------|----------|----------|-----|--------------|
| | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 作物 殘體 | 合計 | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 合計 | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 作物 殘體 | 合計 | |
| 1990 | 844 | 240 | 49 | 1133 | 105 | 48 | 153 | 237 | 54 | 19 | 310 | 1,597 |
| 1991 | 918 | 194 | 53 | 1165 | 112 | 39 | 150 | 251 | 44 | 20 | 315 | 1,630 |
| 1992 | 888 | 176 | 58 | 1122 | 108 | 35 | 143 | 242 | 40 | 21 | 302 | 1,567 |
| 1993 | 908 | 176 | 60 | 1145 | 109 | 35 | 145 | 246 | 40 | 22 | 307 | 1,597 |
| 1994 | 920 | 154 | 65 | 1138 | 110 | 31 | 141 | 247 | 35 | 22 | 304 | 1,583 |
| 1995 | 935 | 135 | 61 | 1131 | 112 | 27 | 139 | 253 | 30 | 21 | 304 | 1,574 |
| 1996 | 963 | 130 | 62 | 1155 | 114 | 26 | 140 | 257 | 29 | 21 | 307 | 1,603 |
| 1997 | 795 | 159 | 59 | 1013 | 99 | 32 | 130 | 222 | 36 | 21 | 278 | 1,422 |
| 1998 | 765 | 123 | 59 | 948 | 96 | 25 | 120 | 215 | 28 | 20 | 263 | 1,331 |

續下表

續上表

| 年份 | 直接排放 | | | | 間接排放 - 揮散 | | | 間接排放 - 淋洗 / 逕流 | | | | 農耕土壤 排放總量 |
|------|----------|----------|----------|------|-----------|----------|-----|----------------|----------|----------|-----|--------------|
| | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 作物 殘體 | 合計 | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 合計 | 化學 氮肥 | 有機 氮肥 | 作物 殘體 | 合計 | |
| 1999 | 789 | 124 | 67 | 980 | 98 | 25 | 122 | 220 | 28 | 22 | 270 | 1,372 |
| 2000 | 850 | 150 | 76 | 1076 | 102 | 30 | 132 | 230 | 34 | 24 | 288 | 1,496 |
| 2001 | 786 | 165 | 76 | 1027 | 97 | 33 | 130 | 218 | 37 | 23 | 279 | 1,435 |
| 2002 | 776 | 174 | 83 | 1033 | 95 | 35 | 130 | 213 | 39 | 25 | 278 | 1,441 |
| 2003 | 680 | 178 | 94 | 952 | 83 | 36 | 119 | 188 | 40 | 27 | 255 | 1,326 |
| 2004 | 757 | 177 | 104 | 1038 | 89 | 35 | 125 | 201 | 40 | 29 | 270 | 1,433 |
| 2005 | 682 | 184 | 88 | 954 | 84 | 37 | 121 | 188 | 42 | 25 | 255 | 1,330 |
| 2006 | 692 | 190 | 92 | 974 | 84 | 38 | 122 | 189 | 43 | 27 | 259 | 1,355 |
| 2007 | 682 | 191 | 83 | 956 | 83 | 38 | 121 | 186 | 43 | 24 | 253 | 1,331 |
| 2008 | 620 | 197 | 85 | 901 | 76 | 40 | 116 | 172 | 45 | 24 | 241 | 1,258 |
| 2009 | 639 | 196 | 87 | 922 | 79 | 39 | 118 | 177 | 44 | 25 | 246 | 1,286 |
| 2010 | 632 | 196 | 84 | 912 | 78 | 39 | 117 | 174 | 44 | 24 | 243 | 1,272 |
| 2011 | 599 | 187 | 83 | 868 | 75 | 38 | 112 | 168 | 42 | 24 | 235 | 1,215 |
| 2012 | 608 | 197 | 79 | 883 | 76 | 40 | 115 | 171 | 44 | 24 | 239 | 1,238 |
| 2013 | 585 | 189 | 67 | 841 | 74 | 38 | 112 | 166 | 43 | 21 | 230 | 1,184 |
| 2014 | 568 | 201 | 64 | 834 | 72 | 40 | 113 | 163 | 45 | 21 | 229 | 1,176 |
| 2015 | 558 | 199 | 61 | 817 | 70 | 40 | 110 | 159 | 45 | 20 | 223 | 1,150 |
| 2016 | 563 | 196 | 52 | 812 | 72 | 39 | 111 | 161 | 44 | 18 | 223 | 1,146 |
| 2017 | 533 | 195 | 52 | 780 | 67 | 39 | 107 | 152 | 44 | 18 | 214 | 1,101 |
| 2018 | 494 | 205 | 55 | 754 | 66 | 41 | 107 | 149 | 46 | 20 | 215 | 1,077 |
| 2019 | 467 | 199 | 52 | 718 | 62 | 40 | 102 | 140 | 45 | 19 | 204 | 1,025 |
| 2020 | 487 | 204 | 56 | 747 | 66 | 41 | 107 | 148 | 46 | 22 | 216 | 1,071 |
| 2021 | 447 | 206 | 56 | 709 | 59 | 41 | 101 | 134 | 47 | 21 | 201 | 1,011 |
| 2022 | 419 | 204 | 55 | 678 | 58 | 41 | 98 | 130 | 46 | 21 | 196 | 973 |

表 5.5.2 農耕土壤氧化亞氮排放量不確定性

| 農耕土壤氧化亞氮排放源 | 2022 年排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 不確定性 (%) |
|--------------------|-----------------------|-----------------|
| 直接氧化亞氮排放 | 678 | -30.45%~118.9% |
| 間接氧化亞氮排放 - 揮散 | 98 | -29.47%~519.41% |
| 間接氧化亞氮排放 - 淋洗 / 逕流 | 196 | -36.59%~299.28% |
| 農耕土壤氧化亞氮排放量 | 973 | -8.55%~144.32% |

歷年之農耕土壤氧化亞氮排放總量，估算結果如圖 5.5.1、表 5.5.1 所示。氧化亞氮排放總量，因農業活動衰減、作物轉作政策、合理化施肥推廣、加強推動有機及友善農業等各項肥料資材補助措施等因素下，排放量逐年降低，近年已達平緩趨勢，2022 年產生之氧化亞氮排放量，相較於 1990 年減少 39.06%。

不確定性由前述直接氧化亞氮排放、間接氧化亞氮排放 - 揮散、間接氧化亞氮排放 - 淋洗再以蒙地卡羅法估算時一同估算。估算結果，農耕土壤總氧化亞氮排放之不確定性為 -8.55%~144.32%，如表 5.5.2 所示。

5.5.1 農耕土壤的氧化亞氮直接排放

1. 排放源及匯分類的描述

直接性氧化亞氮排放係為人為肥料施用、土地利用與管理，使氮素進入土壤，增加土壤有效性氮，提升硝化和脫氮量，進而增加氧化亞氮之排放量。

農耕土壤中氧化亞氮之直接排放估算，包括以下氮源：
(1) 化肥 (F_{SN})；(2) 有機氮肥 (F_{ON})，如動物糞肥、堆肥、廢水污泥等；(3) 放牧動物之含氮排泄物 (F_{PRP})；(4) 作物殘體 (F_{CR})，含地上和地下部之固氮作物與牧草等；(5) 礦質土壤因改變土地利用與管理，土壤有機質礦化之氮損失 (F_{SOM})；(6) 有機土壤 (F_{OS}) 之排水和管理。

我國農地土壤有機質含量 3% 以上僅占 8% (譚增偉等，2005)¹⁹，一般耕地土壤有機質未達有機土壤基準 (>20%)，且無放牧動物之活動數據，因此農耕有機土壤及放牧動物排泄物此兩項項目不計入。我國近年推廣畜牧糞尿農地再利用及沼液沼渣農地肥分使用等計畫，但截至 2022 年，申請施灌農地為 5,045 公頃，僅佔全國農耕土地面積 0.64%，故尚未計入，未來將陸續列入農業統計年報中，並計算其溫室氣體排放量。

19 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖，土壤肥力與合理化施肥，合理化施肥專刊，行政院農業委員會 (現為農業部) 農業試驗所，121:43-62，2005。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

農耕土壤的氧化亞氮直接排放調查，我國過去已進行許多研究，包含不同作物氧化亞氮排放係數值，然因其以單位面積排放值為主，無法完整表示長期農業活動下氮素使用量的變化，故仍參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 進行估算，並依我國農業耕作國情之活動數據不同進行調整，估算方式如公式 5.5.1 所示。

公式 5.5.1 農耕土壤中氧化亞氮直接排放

$$N_2O_{直接-N} = N_2O - N_{N_{施用}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

$N_2O_{直接-N}$ = 農耕土壤中 N_2O-N 之年直接排放量，公噸 / 年
 $N_2O - N_{N_{施用}}$ = 農耕土壤中施用氮肥之年直接排放量，公噸 / 年
 $N_2O - N_{OS}$ = 農業有機土壤中氮素之年直接排放量，公噸 / 年
 $N_2O - N_{PRP}$ = 放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上之年直接排放量，公噸 / 年

$$N_2O - N_{N_{施用}} = \left\{ \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR} \right] \right\}$$

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮含量，公噸 / 年

F_{ON} = 每年施用於土壤的有機肥氮量，公噸 / 年

F_{CR} = 每年作物殘體氮量，公噸 / 年

F_{SOM} = 土地利用變化或管理作法引起的礦質土壤有機碳損失所導致的氮礦化量，公噸 / 年

EF_1 = 氮投入到旱田引起的 N_2O-N 排放的排放係數，公斤 / 公斤氮投入

EF_{1FR} = 氮投入到水稻田引起的 N_2O-N 排放的排放係數，公斤 / 公斤氮投入

$$N_2O - N_{OS} = \left[\begin{array}{l} (F_{OS, CG, Temp} \times EF_{2CG, Temp}) \\ + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2CG, Trop}) \\ + (F_{OS, Temp, NR} \times EF_{2F, Temp, NR}) \\ + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2F, Trop}) \end{array} \right]$$

F_{OS} = 管理 / 排水有機土壤的年度面積，公頃 / 年 (下標 CG, F, Temp, Trop, NR 和 NP 分別指農田及草地、林地、溫帶、熱帶、富營養和貧營養)

EF_2 = 排水 / 管理有機土壤中 N_2O-N 排放的排放係數，公斤 / 公頃 / 年

$$N_2O - N_{PRP} = \left[\begin{array}{l} (F_{PRP, CPP} \times EF_{3PRP, CPP}) \\ + (F_{PRP, SO} \times EF_{3PRP, SO}) \end{array} \right]$$

F_{PRP} = 每年放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上的糞尿氮量，公斤 / 年

EF_{3PRP} = 放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上所引起的 N_2O-N 排放的排放係數，公斤 / 公斤氮

因我國土壤有機質含量大於 20% 之比例低，與放牧畜牧方式鮮少且無相關活動數據，故 $N_2O - N_{OS}$ 、 $N_2O - N_{PRP}$ 此兩項不列入計算。

N_2O-N 排放換算為氧化亞氮 (N_2O) 排放的計算公式如公式 5.5.2。

公式 5.5.2 N_2O-N 排放換算為氧化亞氮 (N_2O) 排放公式

$$N_2O \text{ 排放量} = N_2O - N \text{ 排放量} \times 44/28$$

我國農耕土壤中施用氮素，包括化學肥料的施用氮含量、來自動物糞肥或堆肥之有機氮含量、作物殘體量所施用的氮含量等。以下進一步說明各項來源排放氮含量之計算。

A. 每年施用於土壤的化肥氮含量 (F_{SN})

即計算農地化學氮肥的施用量，化學氮肥總用量引用農業統計年報。因 2006 IPCC 指南中，在氮肥施用產生之氧化亞氮排放區分水旱田，故需區分水旱田氮肥施用量。在農業部農糧署提供「稻作每公頃施用肥料 (購進) 情形表」中，有我國各縣市水稻生產之化學與有機肥料施用調查資料。故引用報告中各期作平均氮肥施用量作為水田施氮含量估算 (本報告所引用水田施氮含量資料由農糧署直接提供)，因此水田總施氮肥施用量為 1、2 期作單位面積施氮含量乘以水稻種植面積而得。旱作氮肥施用量則由全國總化氮施氮含量扣除水稻氮肥施用量而得。

B. 每年施用於土壤的有機肥氮含量 (F_{ON})

施用的有機氮肥 (F_{ON}) 係指土壤有機氮投入的量，使用公式 5.5.3 進行計算，包括施用到土壤中的禽畜糞、廢水污泥、堆肥與農產加工產生之廢棄物與粕類肥等。有關農業有機廢棄物，我國一般製成堆肥或直接施用於田間；而污泥、廢水部分，目前農、畜牧等相關產業的污泥或廢水多經處理後，直接排放於地面水體或以廢棄物處理。但自 2011 年農業部依據「廢棄物清理法」推動畜牧廢水農地再利用；環境部 (原行政院環境保護署) 2016 年修改「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，大力推廣沼液沼渣農地肥分使用等，可減少化學肥料使用、降低廢水處理成本、減緩地面水體優養化等效益，但其活動數量僅佔全國農耕土地面積 0.64%，故尚未計入，未來將陸續列入農業統計年報中，並計算其溫室氣體排放量。

公式 5.5.3 施用到土壤的有機肥氮含量

$$F_{ON} = (F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}) \times 0.78 \times 2.4\%$$

F_{ON} = 每年施用到土壤中的有機氮肥總量 (不含放牧牲畜)，公噸 / 年

F_{AM} = 每年施用到土壤中的牲畜糞肥量，公噸 / 年

F_{SEW} = 每年施用到土壤中的污泥、廢水總量，公噸 / 年

F_{COMP} = 每年施用到土壤中的堆肥總量，公噸 / 年

F_{OOA} = 每年施用到土壤中的其它有機添加物的量，公噸 / 年
 0.78²⁰ = 乾物比

2.4%^{21,22} = 有機氮肥之氮含量

20 陳仁炫，有機質肥料的檢測與成分分析結果之解析，有機質肥料之特性與管理研習會專刊，p. 58-67，國立中興大學土壤調查試驗中心編印，2003。

21 行政院農業委員會 (現為農業部)，肥料要覽，2001。

22 行政院農業委員會 (現為農業部) 農糧署，作物施肥手冊，2005。

在 1990 年至 2000 年，FON 計算為農業統計年報中「堆肥」(F_{COMP})與「禽畜糞」(F_{AM})之總和，分別指菇類堆肥、廐肥與禽畜糞等；2001 年後農業統計年報則不再記錄禽畜糞與堆肥等有機肥施用量，轉記錄於綠色國民所得帳中。F_{ON} 引用綠色國民所得帳之農業廢棄物排放帳的「堆肥」(F_{COMP})與「禽畜舍墊料」(F_{OOA})之總和，分別包含菇包、禽畜糞、蔬果殘渣等項目與稻殼等項目。各年度加總後，乘乾物比 0.78 再乘以氮量 2.4% (0.4% 至 4%)，代表施用的有機氮肥 (F_{ON})。

C. 每年作物殘體氮含量 (F_{CR})

本項計算回歸土壤的作物殘體中的氮含量，係從地上或地下部殘體的作物產量統計資料和預設係數進行估算。因不同作物類型的殘體占產量比例、更新時間和氮含量均不同，應分別計算主要作物類型的殘體氮含量，然後總和所有作物類型的氮含量。2006 IPCC 指南建議至少將作物分為：(1) 非固氮穀物作物 (例如玉米，水稻，小麥，大麥等)；(2) 固氮穀物和豆類 (例如大豆，乾豆，鷹嘴豆，扁豆等)；(3) 根莖作物 (例如，馬鈴薯，甜薯，木薯等)；(4) 固氮牧草作物 (苜蓿，三葉草等) 及 (5) 其它牧草。依 2006 IPCC 指南建議，作物的產量統計資料需按實地乾重或鮮重進行報告，根據實際農業操作情形可採用修正係數估算乾物質產量。各作物換算的合適性與修正方式取決於各國報告中採用的標準與耕作型式不同而異。

我國的農業殘體焚燒主要是以稻藁為主，其他如豆類、玉米、甘蔗等殘體之焚燒量極少，故設定為零；稻藁使用流向，在綠色國民所得帳皆有估算之統計資料，包含作為堆肥或墊料等，故對於本項作物殘體之估算，以活動數據—稻藁就地掩埋量計算。其餘作物殘體 (包含非固氮穀物作物、固氮作物、根莖類作物、非固氮綠肥與固氮綠肥) 掩埋估算中，我國農業操作習慣是直接耕入田中，因此不做焚燒等其他項扣除。另參考農業部對於農地牧草，三年以上更新一次可申領補助下，設定我國作為生產牧草之農地更新頻率為 3 年。我國田間綠肥皆有直接之活動數據，不再做殘體比例換算。各作物殘體量計算式如公式 5.5.4。

公式 5.5.4 本土作物殘體氮含量

$$F_{CR-rice} = (Rice_{res} \times N_{rice})$$

$$F_{CR-i} = (Crop_i \times Dry_i \times R_{AGi} \times N_{AGi})$$

$$F_{CR-GFi} = (GF_i \times N_{GFi})$$

$$F_{CR-grass} = (Crop_i \times Dry_i \times R_{AGi} \times N_{AGi}) \times 1/3$$

F_{CR-rice} = 水稻殘體掩埋氮量，公噸 / 年

Rice_{res} = 水稻殘體掩埋量，公噸 / 年

N_{rice} = 水稻殘體氮含量，公噸 / 公噸

i = 表示不同的作物類別

F_{CR-i} = 作物類別 i 殘體氮量，公噸 / 年

Crop_i = 作物類別 i 總產量，公噸 / 年

Dry_i = 作物類別 i 乾物比

R_{AGi} = 作物類別 i 殘體比

N_{AGi} = 作物類別 i 氮含量，公噸 / 公噸

F_{CR-GFi} = 綠肥 i 殘體氮量，公噸 N / 年

GF_i = 綠肥總產量，公噸 / 年

N_{GFi} = 綠肥殘體氮量，公噸 / 公噸

F_{CR-grass} = 牧草殘體氮量，公噸 / 年

D. 土地利用變化或管理作法 (F_{SOM}) 引起的礦質土壤有機碳損失所導致的氮礦化量

F_{SOM} 係指土地利用變化或管理作法引起的礦質土壤中土壤有機碳的損失所導致氮的礦化量，土地利用變化和管理皆會對土壤有機碳儲量造成重要影響。當土壤碳因氧化而損失時，同時會有氮的礦化，而礦化的氮為氧化亞氮的氮源之一。

我國農地在現行農業操作下，土壤有機質含量呈現增加或維持平衡狀況 (郭鴻裕等，1995²³；譚增偉等，2005²⁴；譚增偉與陳桂暖，2011²⁵)，在無特定土地利用變化或管理作法改變下，假設農耕土壤中的氮礦化量變化為零，未估計其排放量。

(2) 排放係數

排放係數主要引用 2006 IPCC 指南氧化亞氮排放相關預設值，部分活動數據轉換係數則使用本土係數，如表 5.5.3。

(3) 活動數據

A. 施用的化學肥料氮含量 (Synthetic Fertilizers, F_{SN})

依據農業統計年報，化學肥料的項目包括硫酸銨、尿素、硝酸銨鈣、複合肥料 (平均氮含量 17.3 %，農糧署公務統計²⁶) 四項。如表 5.5.4。

a. 水、旱田施氮量

本項計算農地化學氮肥的施用量，化學氮肥總用量引用農業統計年報。有關水、旱田氮肥施用量，引自農糧署提供「稻作每公頃施用肥料 (購進) 情形表」中我國各縣市水稻生產之化學與有機肥料施用調查，以每期報告中各期作平均氮肥施用量作為水稻田單位面積施氮量估算 (如表 5.5.5)，水稻田總施氮量為 1、2 期作耕作面積乘以各期水稻單位面積施氮量而得；旱作氮肥施用量則由全國總化氮量扣除水稻氮肥施用量取得 (如表 5.5.6)。

23 郭鴻裕、朱戩良、江志峰、吳懷國，臺灣地區土壤有機質含量及有機資材之施用狀況，有機質肥料合理施用技術研討會專刊，p.72-83，行政院農業委員會 (現為農業部) 農業試驗所，1995。

24 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖，土壤肥力與合理化施肥，合理化施肥專刊，行政院農業委員會 (現為農業部) 農業試驗所，121:43-62，2005。

25 譚增偉、陳桂暖，長期不同耕作制度及作物殘體管理對土壤有機質含量的影響，臺灣農業研究 60 (2)：115-124，2011。

26 農業部農糧署，農糧統計 \ 公務統計 \ 臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>。

B. 施用的有機肥氮含量

我國施用有機氮肥之活動數據引自農業統計年報與綠色國民所得帳活動數據，如表 5.5.7。

C. 農作物殘體氮量 (Crop Residue, F_{CR})

依我國主要作物型態與統計資料將作物殘體分類為：(1) 水稻；(2) 非固氮穀物作物 (包含玉米、高粱、其他－雜糧等)；(3) 固氮作物 (包含落花生、紅豆、大豆、菜豆、豌豆等)；(4) 根莖類作物 (包含馬鈴薯、甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、蔥、蒜等)；(5) 非固氮綠肥 (油菜、其他單播、混播)；(6) 固氮綠肥 (包含田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等)；(7) 非固氮牧草 (牧草)；七大類別。

因作物統計資料產量調查差異，部分作物進一步區分乾物與鮮物，乾物為作物成熟收穫，收穫物水分含量 20% 以

下，鮮物為作物未完熟時收穫或水分含量 70% 以上。以本土相關研究與預設係數，修正或選擇適當乾物比、作物殘體比和氮含量，來估算作物殘體氮量，如表 5.5.8 所示。

我國田間綠肥皆有其產量統計，且多為直接翻耕入田中，不再做殘體比例換算。2001 年後水稻掩埋殘體之活動數據引自綠色國民所得帳值，1990 年至 2000 年利用水稻總產量推估水稻「就地翻耕掩埋」之值。農作物殘體掩埋量如表 5.5.9 至表 5.5.11。

D. 農耕有機土壤直接排放

臺灣農地土壤有機質含量 3% 以上僅占全國農地面積約 8% (郭鴻裕等，1995²⁷；譚增偉等，2005²⁸)，一般耕地土壤有機質未達表土有機質含量大於 20% 之有機質土標準，故不列入計算。

表 5.5.3 農耕土壤氧化亞氮直接排放相關係數

| 排放係數 | 預設值 ¹ | 本土值 | 不確定性範圍 |
|--|------------------|------|---------------|
| 施用化學氮肥、有機肥和作物殘體以及土壤碳損失引起的礦質土壤中 N_2O-N 排放的排放係數 (EF_1 ，公斤 / 公斤) | 0.01 | | 0.003 – 0.03 |
| 水稻田 N_2O-N 排放的排放係數 (EF_{1FR} ，公斤 / 公斤) | 0.003 | | 0.000 – 0.006 |
| 放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上所引起的 N_2O-N 排放的排放係數 (EF_{3PRP} ，公斤 / 公斤) | 0.01 | | 0.003 – 0.03 |
| 水稻田施氮量 (公斤 / 公頃) | | | 參照表 5.5.5 |
| 有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 乾物比 ² | | 0.78 | 0.702 – 0.858 |
| 有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 中氮量 (%) ^{3,4} | | 2.4% | 0.5 – 4.0 |
| 植物殘體比率與氮量 | | | 參照表 5.5.8 |

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 11, 2006.

2. 陳仁炫，有機質肥料的檢測與成分分析結果之解析，有機質肥料之特性與管理研習會專刊，p. 58–67，國立中興大學土壤調查試驗中心編印，2003。

3. 行政院農業委員會 (現為農業部)，肥料要覽，2001。

4. 行政院農業委員會 (現為農業部) 農糧署，作物施肥手冊，2005。

表 5.5.4 歷年化學肥料施用量與施氮含量

(單位：公噸)

| 年 | 硫酸銨 | 尿素 | 硝酸銨鈣 | 複合肥料 | 施用氮含量 |
|------|---------|---------|--------|---------|---------|
| 1990 | 367,112 | 193,121 | 16,845 | 483,839 | 253,002 |
| 1991 | 376,766 | 198,997 | 15,400 | 543,933 | 267,840 |
| 1992 | 336,214 | 189,649 | 16,351 | 562,900 | 258,495 |
| 1993 | 361,734 | 178,109 | 16,525 | 584,112 | 262,251 |
| 1994 | 343,602 | 183,914 | 15,585 | 601,407 | 263,917 |
| 1995 | 342,137 | 205,923 | 16,469 | 575,883 | 269,495 |
| 1996 | 324,612 | 205,577 | 16,425 | 625,980 | 274,313 |
| 1997 | 272,703 | 182,367 | 15,037 | 534,509 | 236,634 |
| 1998 | 257,658 | 173,169 | 10,514 | 540,741 | 229,417 |
| 1999 | 299,556 | 161,544 | 15,577 | 543,246 | 234,314 |
| 2000 | 334,657 | 178,367 | 17,197 | 518,813 | 245,521 |
| 2001 | 341,877 | 128,509 | 17,300 | 570,688 | 233,097 |
| 2002 | 323,116 | 127,158 | 17,684 | 565,892 | 227,783 |
| 2003 | 186,731 | 112,438 | 6,630 | 624,439 | 200,289 |
| 2004 | 232,652 | 113,914 | 6,836 | 646,088 | 214,398 |

續下表

27 郭鴻裕、朱戩良、江志峰、吳懷國，臺灣地區土壤有機質含量及有機資材之施用狀況，有機質肥料合理施用技術研討會專刊，p.72–83，行政院農業委員會 (現為農業部) 農業試驗所，1995。

28 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖，土壤肥力與合理化施肥，合理化施肥專刊，行政院農業委員會 (現為農業部) 農業試驗所，121:43–62，2005。

續上表

| 年 | 硫酸銨 | 尿素 | 硝酸銨鈣 | 複合肥料 | 施用氮含量 |
|------|---------|--------|-------|---------|---------|
| 2005 | 240,192 | 84,968 | 6,360 | 636,019 | 200,829 |
| 2006 | 218,215 | 81,093 | 8,606 | 677,338 | 202,029 |
| 2007 | 226,243 | 78,358 | 6,691 | 659,178 | 198,932 |
| 2008 | 185,123 | 77,478 | 2,591 | 627,140 | 183,529 |
| 2009 | 195,301 | 75,636 | 1,019 | 652,013 | 188,808 |
| 2010 | 180,802 | 73,420 | 523 | 661,124 | 186,221 |
| 2011 | 158,733 | 71,966 | 438 | 653,388 | 179,562 |
| 2012 | 144,802 | 74,931 | 264 | 679,091 | 182,412 |
| 2013 | 122,277 | 61,856 | 166 | 713,367 | 177,578 |
| 2014 | 126,619 | 54,399 | 176 | 707,584 | 174,061 |
| 2015 | 108,013 | 51,211 | 252 | 710,494 | 169,206 |
| 2016 | 102,071 | 45,995 | 365 | 746,995 | 171,896 |
| 2017 | 108,317 | 42,861 | 728 | 690,054 | 161,988 |
| 2018 | 102,598 | 40,524 | 1,053 | 688,326 | 159,478 |
| 2019 | 94,645 | 39,917 | 1,076 | 644,175 | 149,895 |
| 2020 | 102,497 | 40,196 | 541 | 683,330 | 158,339 |
| 2021 | 99,520 | 36,293 | 878 | 607,216 | 142,818 |
| 2022 | 84,235 | 30,513 | 750 | 616,190 | 138,476 |

備註：各肥料氮含量：硫酸銨：21%；尿素：46%；硝酸銨鈣：20%；複合肥料：17.3%，引自農糧署統計資料。

資料來源：行政院農業委員會（現為農業部），農業統計年報，2023。

表 5.5.5 歷年水稻田單位面積施氮量

| 年份 | 期作 | 化學氮肥施用量 | | | |
|---------|----|----------|-------------------|----------|-------------------|
| | | 一期作 | | 二期作 | |
| | | 施用量 | 範圍 | 施用量 | 範圍 |
| 公斤 / 公頃 | | | | | |
| 1990 | | 154.7120 | 127.7185~173.1683 | 162.1260 | 140.1546~188.8969 |
| 1991 | | 154.7120 | 127.7185~173.1683 | 162.1260 | 140.1546~188.8969 |
| 1992 | | 163.8100 | 130.5093~183.8411 | 162.1730 | 134.6436~187.1373 |
| 1993 | | 160.3250 | 141.7805~450.8215 | 162.1680 | 126.3291~184.5738 |
| 1994 | | 163.9510 | 128.1203~190.8144 | 173.1860 | 127.5871~202.6540 |
| 1995 | | 173.7180 | 136.6713~751.6829 | 180.0190 | 142.5336~198.9871 |
| 1996 | | 173.8120 | 128.3086~190.6238 | 179.9800 | 131.9070~203.2143 |
| 1997 | | 175.7490 | 146.8406~195.9300 | 183.6130 | 142.2239~200.7238 |
| 1998 | | 179.2370 | 135.7301~214.7143 | 185.9830 | 150.8658~209.6486 |
| 1999 | | 176.5330 | 131.7158~193.8181 | 187.7340 | 138.4965~218.7095 |
| 2000 | | 188.5850 | 138.2471~219.7639 | 153.8290 | 61.0049~202.9370 |
| 2001 | | 186.3750 | 137.7858~227.6331 | 197.3710 | 136.4236~224.8230 |
| 2002 | | 188.8900 | 144.9595~217.9996 | 197.1890 | 156.4846~230.9410 |
| 2003 | | 189.6560 | 143.3463~220.9838 | 200.4620 | 146.6123~244.6291 |
| 2004 | | 189.4100 | 135.1028~238.4860 | 206.0990 | 141.1911~238.7121 |
| 2005 | | 191.1650 | 132.4301~235.1506 | 203.3770 | 159.0796~250.6028 |
| 2006 | | 191.6310 | 136.1098~240.3955 | 198.4320 | 148.8080~246.5778 |
| 2007 | | 190.0330 | 130.3953~240.3173 | 198.1380 | 155.8796~239.4368 |
| 2008 | | 193.8450 | 132.8833~236.6705 | 200.4160 | 145.0101~244.5351 |
| 2009 | | 190.6620 | 132.4055~240.0503 | 209.9790 | 156.6081~259.7765 |
| 2010 | | 202.3310 | 131.6364~255.4403 | 200.5420 | 127.0858~243.1340 |
| 2011 | | 200.3770 | 123.1390~254.7903 | 202.7840 | 130.6504~247.4204 |
| 2012 | | 199.5160 | 123.6140~257.3323 | 199.3080 | 122.5869~239.7385 |
| 2013 | | 192.9270 | 123.5170~246.9516 | 200.0560 | 130.6111~255.0206 |
| 2014 | | 194.8810 | 117.0830~259.7543 | 202.7762 | 119.0279~256.9921 |
| 2015 | | 196.4610 | 113.0030~265.6510 | 204.9110 | 118.3021~272.1428 |
| 2016 | | 190.2233 | 109.5689~264.2278 | 191.8464 | 127.6216~253.8768 |
| 2017 | | 174.7207 | 86.7167~249.2811 | 180.1439 | 101.2121~272.8997 |
| 2018 | | 209.3400 | 80.1404~293.8996 | 222.8036 | 151.7923~248.6220 |
| 2019 | | 195.0731 | 91.0772~272.1609 | 207.8868 | 121.4118~243.1783 |
| 2020 | | 213.6078 | 101.7960~294.9453 | 246.5616 | 20.6580~286.5006 |
| 2021 | | 217.1177 | 78.1928~405.6583 | 239.4413 | 6.8383~360.3788 |
| 2022 | | 214.5968 | 64.3009~371.1299 | 251.2802 | 6.2828~316.6436 |

表 5.5.6 歷年水稻田耕作面積與施肥量估算

| 年份 | 水稻一期作 | | 水稻二期作 | | 水稻田施肥量 | 旱田施肥量 |
|------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|------------|
| | 面積 | 施肥量 | 面積 | 施肥量 | | |
| | 公頃 | 公斤 / 公頃 | 公頃 | 公斤 / 公頃 | 公噸 | |
| 1990 | 242,298 | 37,486.41 | 211,968 | 34,365.52 | 71,851.93 | 181,150.39 |
| 1991 | 227,417 | 35,184.14 | 201,385 | 32,649.74 | 67,833.88 | 200,006.01 |
| 1992 | 209,474 | 34,313.94 | 187,676 | 30,435.98 | 64,749.92 | 193,745.46 |
| 1993 | 211,790 | 33,955.23 | 179,137 | 29,050.29 | 63,005.52 | 199,245.14 |
| 1994 | 196,317 | 32,186.37 | 169,520 | 29,358.49 | 61,544.86 | 202,372.41 |
| 1995 | 197,571 | 34,321.64 | 165,908 | 29,866.59 | 64,188.23 | 205,306.68 |
| 1996 | 182,807 | 31,774.05 | 164,955 | 29,688.60 | 61,462.65 | 212,850.83 |
| 1997 | 202,010 | 35,503.06 | 162,202 | 29,782.40 | 65,285.45 | 171,348.46 |
| 1998 | 201,424 | 36,102.59 | 156,263 | 29,062.23 | 65,164.82 | 164,252.09 |
| 1999 | 197,123 | 34,798.65 | 155,942 | 29,275.68 | 64,074.33 | 170,239.63 |
| 2000 | 195,055 | 36,784.45 | 144,546 | 22,235.37 | 59,019.81 | 186,501.03 |
| 2001 | 188,553 | 35,141.65 | 143,066 | 28,237.05 | 63,378.70 | 169,718.64 |
| 2002 | 177,884 | 33,600.51 | 128,956 | 25,428.64 | 59,029.15 | 168,754.01 |
| 2003 | 161,184 | 30,569.61 | 110,940 | 22,239.35 | 52,808.95 | 147,479.98 |
| 2004 | 135,314 | 25,629.77 | 101,701 | 20,960.51 | 46,590.28 | 167,807.50 |
| 2005 | 158,452 | 30,290.48 | 110,571 | 22,487.60 | 52,778.07 | 148,050.81 |
| 2006 | 155,248 | 29,750.33 | 107,940 | 21,418.75 | 51,169.08 | 150,859.52 |
| 2007 | 155,459 | 29,542.34 | 104,657 | 20,736.53 | 50,278.87 | 148,652.84 |
| 2008 | 148,333 | 28,753.61 | 103,959 | 20,835.05 | 49,588.66 | 133,940.47 |
| 2009 | 151,338 | 28,854.37 | 103,252 | 21,680.73 | 50,535.10 | 138,272.71 |
| 2010 | 139,941 | 28,314.36 | 103,922 | 20,840.63 | 49,154.98 | 137,065.69 |
| 2011 | 153,405 | 30,738.92 | 100,849 | 20,450.65 | 51,189.57 | 128,372.44 |
| 2012 | 156,662 | 31,256.48 | 104,101 | 20,748.10 | 52,004.57 | 130,407.65 |
| 2013 | 162,869 | 31,421.84 | 107,296 | 21,465.19 | 52,887.03 | 124,690.60 |
| 2014 | 166,602 | 32,467.52 | 104,449 | 21,179.81 | 53,647.33 | 120,413.43 |
| 2015 | 146,597 | 28,800.65 | 105,264 | 21,569.68 | 50,370.33 | 118,835.32 |
| 2016 | 168,872 | 32,123.31 | 104,965 | 20,137.17 | 52,260.48 | 119,635.27 |
| 2017 | 169,819 | 29,670.86 | 104,859 | 18,889.63 | 48,560.48 | 113,427.09 |
| 2018 | 169,789 | 35,543.68 | 101,716 | 22,662.80 | 58,206.48 | 101,271.14 |
| 2019 | 169,740 | 33,111.73 | 100,326 | 20,856.49 | 53,968.22 | 95,926.52 |
| 2020 | 159,891 | 34,153.95 | 101,893 | 25,123.01 | 59,276.96 | 99,061.86 |
| 2021 | 127,375 | 27,655.27 | 96,647 | 23,141.31 | 50,796.58 | 92,021.37 |
| 2022 | 157,126 | 33,718.81 | 81,575 | 20,498.14 | 54,216.95 | 84,259.25 |

表 5.5.7 歷年禽畜糞肥料施用量與施肥量

(單位：公噸)

| 年份 | 農業統計年報 | | 綠色國民所得帳 | | 乾物比 | 有機氮肥 氮含量 | 有機氮肥 總施氮量 | 水田施氮量 | | 有機氮肥 總施氮量 (水田) | 有機氮肥 總施氮量 (旱田) |
|------|-----------|-----------|---------|-----------|------|-------------|--------------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | 堆肥 | 禽畜糞 | 禽畜舍墊料 | 堆肥 | | | | 一期作 | 二期作 | | |
| 1990 | 1,313,766 | 1,760,166 | - | - | 0.78 | 2.4% | 57,544.01 | 10.21 | - | 10.21 | 57,533.80 |
| 1991 | 1,072,602 | 1,421,175 | - | - | 0.78 | 2.4% | 46,683.51 | 9.58 | - | 9.58 | 46,673.93 |
| 1992 | 921,678 | 1,332,571 | - | - | 0.78 | 2.4% | 42,199.54 | 22.06 | 19.76 | 41.82 | 42,157.72 |
| 1993 | 892,081 | 1,371,916 | - | - | 0.78 | 2.4% | 42,382.02 | 26.76 | 15.09 | 41.85 | 42,340.17 |
| 1994 | 661,707 | 1,315,837 | - | - | 0.78 | 2.4% | 37,019.62 | 4.13 | 21.42 | 25.55 | 36,994.07 |
| 1995 | 716,149 | 1,014,988 | - | - | 0.78 | 2.4% | 32,406.88 | 108.18 | 31.45 | 139.63 | 32,267.26 |
| 1996 | 643,926 | 1,030,476 | - | - | 0.78 | 2.4% | 31,344.81 | 19.25 | 6.95 | 26.20 | 31,318.61 |
| 1997 | 582,307 | 1,463,448 | - | - | 0.78 | 2.4% | 38,296.53 | 4.25 | 99.06 | 103.32 | 38,193.22 |
| 1998 | 484,676 | 1,098,550 | - | - | 0.78 | 2.4% | 29,637.99 | 59.39 | 9.87 | 69.26 | 29,568.73 |
| 1999 | 460,038 | 1,135,045 | - | - | 0.78 | 2.4% | 29,859.95 | 91.33 | 29.56 | 120.89 | 29,739.07 |
| 2000 | 737,897 | 1,181,344 | - | - | 0.78 | 2.4% | 35,928.19 | 32.86 | 6.09 | 38.95 | 35,889.24 |
| 2001 | 532,671 | 1,025,764 | 90,000 | 2,031,489 | 0.78 | 2.4% | 39,714.26 | 19.85 | 84.36 | 104.22 | 39,610.05 |
| 2002 | 526,209 | 584,855 | 85,000 | 2,152,062 | 0.78 | 2.4% | 41,877.81 | 112.39 | 78.76 | 191.15 | 41,686.66 |
| 2003 | 479,046 | 547,218 | 81,000 | 2,212,500 | 0.78 | 2.4% | 42,934.32 | 118.81 | 140.18 | 258.99 | 42,675.33 |
| 2004 | - | - | 71,680 | 2,205,188 | 0.78 | 2.4% | 42,622.97 | 131.09 | 55.69 | 186.77 | 42,436.19 |
| 2005 | - | - | 73,357 | 2,302,694 | 0.78 | 2.4% | 44,479.67 | 190.21 | 81.50 | 271.71 | 44,207.96 |
| 2006 | - | - | 77,902 | 2,366,029 | 0.78 | 2.4% | 45,750.39 | 183.09 | 113.66 | 296.75 | 45,453.63 |

續下表

續上表

| 年份 | 農業統計年報 | | 綠色國民所得帳 | | 乾物比 | 有機氮肥 氮含量 | 有機氮肥 總施氮量 | 水田施氮量 | | 有機氮肥 總施氮量 (水田) | 有機氮肥 總施氮量 (旱田) |
|------|--------|-----|---------|-----------|------|-------------|--------------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | 堆肥 | 禽畜糞 | 禽畜舍墊料 | 堆肥 | | | | 一期作 | 二期作 | | |
| 2007 | - | - | 68,173 | 2,393,084 | 0.78 | 2.4% | 46,074.73 | 189.89 | 149.88 | 339.77 | 45,734.96 |
| 2008 | - | - | 72,858 | 2,465,486 | 0.78 | 2.4% | 47,517.80 | 199.93 | 126.98 | 326.91 | 47,190.89 |
| 2009 | - | - | 78,909 | 2,453,827 | 0.78 | 2.4% | 47,412.82 | 184.86 | 143.52 | 328.37 | 47,084.45 |
| 2010 | - | - | 72,551 | 2,455,770 | 0.78 | 2.4% | 47,330.17 | 271.14 | 105.05 | 376.19 | 46,953.98 |
| 2011 | - | - | 83,313 | 2,329,480 | 0.78 | 2.4% | 45,167.48 | 271.38 | 95.57 | 366.96 | 44,800.53 |
| 2012 | - | - | 85,011 | 2,449,779 | 0.78 | 2.4% | 47,451.27 | 214.45 | 109.62 | 324.07 | 47,127.20 |
| 2013 | - | - | 74,498 | 2,369,100 | 0.78 | 2.4% | 45,744.15 | 233.24 | 140.10 | 373.34 | 45,370.81 |
| 2014 | - | - | 86,611 | 2,506,422 | 0.78 | 2.4% | 48,541.58 | 164.91 | 108.17 | 273.07 | 48,268.50 |
| 2015 | - | - | 79,087 | 2,478,153 | 0.78 | 2.4% | 47,871.52 | 163.63 | 113.06 | 276.69 | 47,594.83 |
| 2016 | - | - | 79,389 | 2,447,638 | 0.78 | 2.4% | 47,305.95 | 200.71 | 125.09 | 325.80 | 46,980.15 |
| 2017 | - | - | 87,702 | 2,427,809 | 0.78 | 2.4% | 47,090.37 | 224.32 | 114.17 | 338.49 | 46,751.87 |
| 2018 | - | - | 97,490 | 2,533,719 | 0.78 | 2.4% | 49,256.23 | 85.82 | 19.28 | 105.10 | 49,151.13 |
| 2019 | - | - | 89,561 | 2,473,089 | 0.78 | 2.4% | 47,972.81 | 256.19 | 23.96 | 280.15 | 47,692.66 |
| 2020 | - | - | 87,536 | 2,542,679 | 0.78 | 2.4% | 49,237.62 | 265.14 | 36.22 | 301.36 | 48,936.27 |
| 2021 | - | - | 124,642 | 2,529,270 | 0.78 | 2.4% | 49,681.23 | 168.65 | 43.50 | 212.14 | 49,469.09 |
| 2022 | - | - | 129,214 | 2,488,441 | 0.78 | 2.4% | 49,002.50 | 168.64 | 36.49 | 205.13 | 48,797.37 |

備註：1. 1990 年至 2000 年引用農業統計年報中的堆肥與禽畜糞。2001 年後引用綠色國民所得帳報告中的堆肥與禽畜舍墊料。

2. 水田施氮量由農糧署直接提供。

3. 有機氮肥總施氮量（水田）為一期稻米與二期稻米之水稻田施氮量加總。

4. 有機氮肥總施氮量（旱田）為有機氮肥總施氮量扣除有機氮肥總施氮量（水田）所求得。

資料來源：1. 行政院農業委員會（現為農業部），農業統計年報，2023。

2. 行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告，2023。

表 5.5.8 估算作物殘體投入土壤的氮量的設定係數

| 分類 | 細項 | 乾物比 | 收穫指數 | 殘體比 | 氮量 | 係數來源 | |
|-----------------------|---------|---------|-------|-----------|-------|------------------------------------|-------|
| 非 固 氮 作 物 | 水稻（乾物） | 0.89 | 50 | 1.65 | 0.007 | IPCC, 2006 ¹ 農試所自行研究 | |
| | 玉米（乾物） | | 53 | 0.89 | | Wang 等, 1986 ² | |
| | 玉米（乾物） | 0.88 | 41 | 1.38 | 0.006 | IPCC, 2006 ¹ | |
| | 玉米（鮮物） | 0.22 | 36 | 1.74 | | | |
| | 高粱（乾物） | 0.89 | 43 | 1.35 | 0.007 | | |
| | 穀物（乾物） | 0.88 | 39 | 1.53 | 0.006 | | |
| | | 設定值（乾物） | 0.88 | | 1.53 | 0.007 | |
| | | 設定值（鮮物） | 0.22 | | 1.53 | 0.008 | |
| 固 氮 作 物 | 紅豆（乾物） | | 60~65 | 0.66~0.54 | | 李銘全等, 1999 ³ | |
| | 大豆（乾物） | | 39 | 1.56 | | 林順福等, 1991 ⁴ | |
| | 花生（乾物） | | 47±5 | 1.12 | | 黃勝忠和宋勳, 1995 ⁵ | |
| | 花生（乾物） | 0.94 | 37 | 1.68 | 0.016 | IPCC, 2006 ¹ | |
| | 大豆（乾物） | 0.91 | 33 | 1.99 | 0.008 | | |
| | 豆類（乾物） | 0.91 | 35 | 1.83 | 0.008 | | |
| | | 設定值（乾物） | 0.91 | | 1.83 | | 0.008 |
| | | 設定值（鮮物） | 0.22 | | 1.83 | 0.016 | |
| 根 莖 類 | 水芋（鮮物） | | 70±20 | 0.43 | | 呂秀英等, 1999 ⁶ | |
| | 甘藷（鮮物） | | 80±30 | 0.25 | | 賴永昌等, 1996 ⁷ | |
| | 塊莖類（鮮物） | 0.22 | 71 | 0.41 | 0.019 | IPCC, 2006 ¹ | |
| | 塊根（鮮物） | 0.22 | 38 | 1.67 | 0.016 | | |
| | 馬鈴薯（鮮物） | 0.22 | 73 | 0.36 | 0.014 | | |
| | | 設定值（鮮物） | 0.22 | | 0.41 | | 0.016 |

續下表

續上表

| 分類 | 細項 | 乾物比 | 收穫指數 | 殘體比 | 氮量 | 係數來源 |
|----|-----------|------|------|------|--------|-------------------------|
| 綠肥 | 固氮綠肥(鮮物) | | | | 0.0048 | 農委會, 2001 ⁸ |
| | 非固氮綠肥(鮮物) | | | | 0.0021 | |
| 牧草 | 非固氮牧草(鮮物) | 0.22 | 65 | 0.46 | 0.015 | IPCC, 2006 ¹ |

備註：1. 鮮物：未達完熟期即收穫作物或收穫物水分含量 70% 以上，如根莖類作物。

2. 乾物：完熟期才收穫之作物或收穫物水分含量 20% 以下。

3. 因 2006 IPCC 指南預設部分作物乾物比不符合臺灣實際作物型態，乾物比以 0.22 取代。對於乾物之乾物比、鮮物之乾物比、殘體比和殘體氮濃度之不確定性，分別設為 10%、20%、50% 和 50%。

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 11, 2006.

2. Wang, C. S., Tsao, S. H. and Liu, D. J., Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids, Jour. Agric. Res. China, 35(4), 437-448, 1986.

3. 李銘全、許秋玫、林順臺、洪阿田，不同氮施用量對紅豆接種根瘤菌 生長與產量之影響，農業部高雄區農業改良場研究彙報，10(2)：22-31，1999。

4. 林順福、詹國連、魏趨開，每穴種植株數對同質與異質大豆族群生育之影響，中華農業研究，40(3)：305-314，1991。

5. 黃勝忠、宋勳，台中地區落花生地方品種之純化與生產力評估。臺中區農業改良場研究彙報，46:27-35，1995。

6. 呂秀英、呂椿棠、陳烈夫，水芋收穫指數的動態模式，中華農業研究，48(2)：86-99，1999。

7. 賴永昌、廖嘉信、陳一心，金山地區春夏作甘藷不同種期對塊根產量之影響，中華農業研究，45(1)：26-34，1996。

8. 行政院農業委員會(現為農業部)，肥料要覽，2001。

表 5.5.9 各類作物產量

(單位：公噸)

| 作物 產量類別 | 水稻殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | 非固氮穀物作物 | 固氮作物 | | 根莖作物 | 固氮綠肥 | 非固氮綠肥 | 非固氮牧草 |
|------------|-----------|-------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|
| | 乾物 | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 |
| 1990 | 2,283,670 | 391,734 | 110,891 | 87,890 | 118,121 | 749,570 | 103,742 | 50,224 | 767,559 |
| 1991 | 2,311,638 | 384,372 | 107,002 | 102,822 | 120,206 | 803,868 | 234,976 | 64,614 | 735,584 |
| 1992 | 2,069,880 | 402,851 | 102,131 | 93,422 | 124,514 | 835,480 | 536,647 | 127,131 | 717,858 |
| 1993 | 2,232,933 | 405,914 | 119,605 | 97,896 | 120,634 | 766,306 | 571,524 | 152,033 | 701,374 |
| 1994 | 2,061,403 | 406,194 | 103,669 | 102,115 | 106,562 | 743,487 | 824,816 | 239,460 | 736,672 |
| 1995 | 2,071,968 | 368,919 | 111,228 | 110,824 | 116,005 | 822,151 | 641,590 | 264,105 | 711,539 |
| 1996 | 1,930,897 | 342,670 | 122,890 | 100,911 | 107,258 | 922,848 | 770,255 | 294,043 | 695,690 |
| 1997 | 2,041,843 | 280,121 | 118,242 | 99,320 | 126,588 | 870,313 | 643,611 | 433,462 | 626,016 |
| 1998 | 1,859,157 | 166,593 | 123,460 | 79,054 | 110,289 | 766,680 | 1,045,798 | 494,606 | 600,649 |
| 1999 | 1,916,305 | 124,874 | 112,201 | 75,750 | 103,834 | 928,702 | 1,402,521 | 632,189 | 640,543 |
| 2000 | 1,906,057 | 102,076 | 105,643 | 86,368 | 114,090 | 874,767 | 1,886,716 | 520,736 | 1,016,120 |
| 2001 | 1,723,895 | 83,795 | 106,772 | 60,650 | 112,936 | 791,882 | 2,101,026 | 524,603 | 946,400 |
| 2002 | 1,803,187 | 80,808 | 128,685 | 85,093 | 106,719 | 858,133 | 2,314,157 | 518,055 | 964,017 |
| 2003 | 1,648,275 | 73,679 | 114,775 | 81,192 | 107,003 | 795,486 | 2,941,530 | 519,672 | 910,941 |
| 2004 | 1,433,611 | 60,946 | 98,666 | 75,040 | 108,411 | 792,657 | 3,639,272 | 440,694 | 934,921 |
| 2005 | 1,467,138 | 52,610 | 91,653 | 59,012 | 83,619 | 804,854 | 2,971,343 | 278,669 | 843,162 |
| 2006 | 1,558,048 | 44,680 | 91,075 | 79,579 | 83,995 | 798,889 | 3,104,918 | 307,805 | 913,929 |
| 2007 | 1,363,458 | 41,041 | 84,985 | 58,089 | 66,062 | 760,419 | 2,868,136 | 298,286 | 769,152 |
| 2008 | 1,457,175 | 42,367 | 80,807 | 62,229 | 63,238 | 805,803 | 2,930,537 | 300,816 | 758,441 |
| 2009 | 1,578,169 | 49,624 | 87,579 | 65,710 | 71,113 | 799,867 | 2,941,525 | 310,196 | 834,041 |
| 2010 | 1,451,011 | 46,882 | 81,237 | 73,933 | 70,941 | 804,492 | 2,820,769 | 323,560 | 792,321 |
| 2011 | 1,666,273 | 44,889 | 88,135 | 79,833 | 88,263 | 820,707 | 2,646,966 | 336,126 | 780,373 |
| 2012 | 1,700,229 | 42,471 | 75,359 | 67,702 | 87,783 | 744,100 | 2,516,421 | 241,156 | 769,735 |
| 2013 | 1,589,564 | 50,219 | 93,465 | 59,546 | 84,280 | 776,787 | 1,923,807 | 163,751 | 904,750 |
| 2014 | 1,732,210 | 75,166 | 103,608 | 81,455 | 77,934 | 841,809 | 1,579,000 | 218,181 | 940,785 |
| 2015 | 1,581,732 | 82,787 | 96,613 | 77,573 | 76,347 | 791,409 | 1,513,280 | 185,848 | 893,341 |
| 2016 | 1,587,776 | 73,910 | 99,750 | 76,885 | 76,091 | 774,342 | 1,120,240 | 149,561 | 894,605 |
| 2017 | 1,754,049 | 88,345 | 110,347 | 79,602 | 93,358 | 803,393 | 969,415 | 143,246 | 941,343 |
| 2018 | 1,949,796 | 81,621 | 106,091 | 77,020 | 99,139 | 837,406 | 1,026,504 | 158,630 | 862,664 |

續下表



續上表

| 作物 產量類別 | 水稻殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | 非固氮穀物作物 | 固氮作物 | | 根莖作物 | 固氮綠肥 | 非固氮綠肥 | 非固氮牧草 |
|------------|-----------|-------------------|---------|--------|--------|---------|-----------|---------|---------|
| | 乾物 | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 |
| 2019 | 1,791,211 | 84,723 | 105,222 | 70,111 | 83,359 | 744,947 | 999,577 | 139,913 | 863,833 |
| 2020 | 1,750,729 | 88,759 | 129,588 | 70,996 | 89,703 | 740,062 | 1,009,322 | 125,139 | 927,385 |
| 2021 | 1,560,870 | 83,718 | 135,166 | 66,418 | 85,966 | 741,908 | 1,130,113 | 129,868 | 905,943 |
| 2022 | 1,575,777 | 109,508 | 130,561 | 64,891 | 89,974 | 720,932 | 998,986 | 124,947 | 980,032 |

備註：資料由農業統計年報彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 非固氮穀物作物(不含水稻-乾物)：飼料玉米、高粱、其他-雜糧、芝麻等。
2. 其他非固氮穀物作物(鮮物)：食用玉米。
3. 固氮作物(乾物)：落花生、紅豆、大豆等。
4. 固氮作物(鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。
5. 根莖作物(鮮物)：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、薑、芋、蔥、馬鈴薯、洋蔥、青蒜、蒜頭等。
6. 固氮綠肥(鮮物)：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。
7. 非固氮綠肥(鮮物)：油菜、其他單播(大菜約占半數)、混播等。
8. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

資料來源：行政院農業委員會(現為農業部)，農業統計年報，2023。

表 5.5.10 各類作物殘體量

(單位：公噸)

| 作物 產量類別 | 水稻殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | 非固氮穀物作物 | 固氮作物 | | 根莖作物 | 固氮綠肥 | 非固氮綠肥 | 非固氮牧草 |
|------------|-----------|-------------------|---------|---------|--------|--------|-----------|---------|--------|
| | 乾物 | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 |
| 1990 | 1,818,426 | 527,431 | 37,326 | 146,363 | 47,556 | 67,611 | 103,742 | 50,224 | 25,892 |
| 1991 | 1,841,201 | 517,518 | 36,017 | 171,229 | 48,395 | 72,509 | 234,976 | 64,614 | 24,814 |
| 1992 | 1,644,337 | 542,399 | 34,377 | 155,576 | 50,129 | 75,360 | 536,647 | 127,131 | 24,216 |
| 1993 | 1,777,111 | 546,523 | 40,259 | 163,026 | 48,567 | 69,121 | 571,524 | 152,033 | 23,660 |
| 1994 | 1,637,434 | 546,900 | 34,895 | 170,052 | 42,902 | 67,063 | 824,816 | 239,460 | 24,850 |
| 1995 | 1,646,038 | 496,713 | 37,439 | 184,555 | 46,704 | 74,158 | 641,590 | 264,105 | 24,003 |
| 1996 | 1,531,163 | 461,371 | 41,365 | 168,047 | 43,182 | 83,241 | 770,255 | 294,043 | 23,468 |
| 1997 | 1,621,507 | 377,155 | 39,800 | 165,398 | 50,964 | 78,502 | 643,611 | 433,462 | 21,118 |
| 1998 | 1,472,746 | 224,301 | 41,557 | 131,649 | 44,402 | 69,155 | 1,045,798 | 494,606 | 20,262 |
| 1999 | 1,519,281 | 168,130 | 37,767 | 126,146 | 41,804 | 83,769 | 1,402,521 | 632,189 | 21,608 |
| 2000 | 1,510,936 | 137,435 | 35,559 | 143,829 | 45,933 | 78,904 | 1,886,716 | 520,736 | 34,277 |
| 2001 | 1,300,000 | 112,821 | 35,940 | 101,000 | 45,468 | 71,428 | 2,101,026 | 524,603 | 31,925 |
| 2002 | 1,460,000 | 108,800 | 43,315 | 141,705 | 42,965 | 77,404 | 2,314,157 | 518,055 | 32,520 |
| 2003 | 1,369,000 | 99,202 | 38,633 | 135,209 | 43,080 | 71,753 | 2,941,530 | 519,672 | 30,729 |
| 2004 | 1,175,561 | 82,058 | 33,211 | 124,964 | 43,646 | 71,498 | 3,639,272 | 440,694 | 31,538 |
| 2005 | 1,203,054 | 70,834 | 30,850 | 98,272 | 33,665 | 72,598 | 2,971,343 | 278,669 | 28,443 |
| 2006 | 1,277,599 | 60,157 | 30,656 | 132,523 | 33,816 | 72,060 | 3,104,918 | 307,805 | 30,830 |
| 2007 | 1,094,856 | 55,258 | 28,606 | 96,735 | 26,596 | 68,590 | 2,868,136 | 298,286 | 25,946 |
| 2008 | 1,078,224 | 57,043 | 27,200 | 103,631 | 25,460 | 72,683 | 2,930,537 | 300,816 | 25,585 |
| 2009 | 1,161,635 | 66,814 | 29,479 | 109,427 | 28,630 | 72,148 | 2,941,525 | 310,196 | 28,135 |
| 2010 | 1,077,472 | 63,122 | 27,345 | 123,121 | 28,561 | 72,565 | 2,820,769 | 323,560 | 26,728 |
| 2011 | 1,229,070 | 60,438 | 29,666 | 132,946 | 35,535 | 74,028 | 2,646,966 | 336,126 | 26,325 |
| 2012 | 1,336,537 | 57,183 | 25,366 | 112,745 | 35,341 | 67,118 | 2,516,421 | 241,156 | 25,966 |
| 2013 | 1,314,707 | 67,615 | 31,460 | 99,162 | 33,931 | 70,066 | 1,923,807 | 163,751 | 30,520 |
| 2014 | 1,428,285 | 101,204 | 34,875 | 135,647 | 31,376 | 75,931 | 1,579,000 | 218,181 | 31,736 |
| 2015 | 1,305,427 | 111,464 | 32,520 | 129,182 | 30,737 | 71,385 | 1,513,280 | 185,848 | 30,135 |
| 2016 | 1,343,140 | 99,512 | 33,576 | 128,037 | 30,634 | 69,846 | 1,120,240 | 149,561 | 30,178 |
| 2017 | 1,444,750 | 118,948 | 37,143 | 132,561 | 37,586 | 72,466 | 969,415 | 143,246 | 31,755 |
| 2018 | 1,662,501 | 109,895 | 35,710 | 128,261 | 39,913 | 75,534 | 1,026,504 | 158,630 | 29,101 |

續下表

續上表

| 作物 | 水稻殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | | 固氮作物 | | 根莖作物 | 固氮綠肥 | 非固氮綠肥 | 非固氮牧草 |
|------|-----------|-------------------|--------|---------|--------|--------|-----------|---------|--------|
| | 乾物 | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 |
| 2019 | 1,592,170 | 114,071 | 35,418 | 116,755 | 33,561 | 67,194 | 999,577 | 139,913 | 29,140 |
| 2020 | 2,004,575 | 119,505 | 43,619 | 118,230 | 36,115 | 66,754 | 1,009,322 | 125,139 | 31,284 |
| 2021 | 1,779,837 | 112,718 | 45,497 | 110,607 | 34,610 | 66,920 | 1,130,113 | 129,868 | 30,560 |
| 2022 | 1,817,792 | 147,442 | 43,947 | 108,063 | 36,224 | 65,028 | 998,986 | 124,947 | 33,060 |

備註：資料由農業統計年報彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 水稻殘體量，2001 年後引自綠色國民所得帳，1990 年至 2000 年利用水稻總產量推估水稻「就地翻耕掩埋」之值。
2. 除水稻殘體外，資料引自農業統計年報。
3. 非固氮穀物作物(不含水稻-乾物)：飼料玉米、高粱、其他-雜糧、芝麻等。
4. 其他非固氮穀物作物(鮮物)：食用玉米。
5. 固氮作物(乾物)：落花生、紅豆、大豆等。
6. 固氮作物(鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。
7. 根莖作物(鮮物)：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、薑、芋、蔥、馬鈴薯、洋蔥、青蒜、蒜頭等。
8. 固氮綠肥(鮮物)：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。
9. 非固氮綠肥(鮮物)：油菜、其他單播(大菜約占半數)、混播等。
10. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

資料來源：1. 行政院農業委員會(現為農業部)，農業統計年報，2023。

2. 行政院主計總處，綠色國民所得帳編製報告，2023。

表 5.5.11 各類作物殘體氮量

(單位：公噸氮)

| 作物 | 水稻掩埋 殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | | 固氮作物 | | 根莖作物 | 固氮綠肥 | 非固氮綠肥 | 非固氮牧草 | 作物總殘體 氮量 |
|------|------------|-------------------|-----|-------|-----|-------|--------|-------|-------|-------------|
| | | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | 鮮物 | |
| 1990 | 12,729 | 3,692 | 299 | 1,171 | 761 | 1,082 | 498 | 105 | 388 | 20,725 |
| 1991 | 12,888 | 3,623 | 288 | 1,370 | 774 | 1,160 | 1,128 | 136 | 372 | 21,739 |
| 1992 | 11,510 | 3,797 | 275 | 1,245 | 802 | 1,206 | 2,576 | 267 | 363 | 22,041 |
| 1993 | 12,440 | 3,826 | 322 | 1,304 | 777 | 1,106 | 2,743 | 319 | 355 | 23,192 |
| 1994 | 11,462 | 3,828 | 279 | 1,360 | 686 | 1,073 | 3,959 | 503 | 373 | 23,524 |
| 1995 | 11,522 | 3,477 | 300 | 1,476 | 747 | 1,187 | 3,080 | 555 | 360 | 22,703 |
| 1996 | 10,718 | 3,230 | 331 | 1,344 | 691 | 1,332 | 3,697 | 617 | 352 | 22,313 |
| 1997 | 11,351 | 2,640 | 318 | 1,323 | 815 | 1,256 | 3,089 | 910 | 317 | 22,020 |
| 1998 | 10,309 | 1,570 | 332 | 1,053 | 710 | 1,106 | 5,020 | 1,039 | 304 | 21,444 |
| 1999 | 10,635 | 1,177 | 302 | 1,009 | 669 | 1,340 | 6,732 | 1,328 | 324 | 23,516 |
| 2000 | 10,577 | 962 | 284 | 1,151 | 735 | 1,262 | 9,056 | 1,094 | 514 | 25,635 |
| 2001 | 9,100 | 790 | 288 | 808 | 727 | 1,143 | 10,085 | 1,102 | 479 | 24,521 |
| 2002 | 10,220 | 762 | 347 | 1,134 | 687 | 1,238 | 11,108 | 1,088 | 488 | 27,071 |
| 2003 | 9,583 | 694 | 309 | 1,082 | 689 | 1,148 | 14,119 | 1,091 | 461 | 29,177 |
| 2004 | 8,229 | 574 | 266 | 1,000 | 698 | 1,144 | 17,469 | 925 | 473 | 30,778 |
| 2005 | 8,421 | 496 | 247 | 786 | 539 | 1,162 | 14,262 | 585 | 427 | 26,925 |
| 2006 | 8,943 | 421 | 245 | 1,060 | 541 | 1,153 | 14,904 | 646 | 462 | 28,376 |
| 2007 | 7,664 | 387 | 229 | 774 | 426 | 1,097 | 13,767 | 626 | 389 | 25,359 |
| 2008 | 7,548 | 399 | 218 | 829 | 407 | 1,163 | 14,067 | 632 | 384 | 25,646 |
| 2009 | 8,131 | 468 | 236 | 875 | 458 | 1,154 | 14,119 | 651 | 422 | 26,516 |
| 2010 | 7,542 | 442 | 219 | 985 | 457 | 1,161 | 13,540 | 679 | 401 | 25,426 |
| 2011 | 8,603 | 423 | 237 | 1,064 | 569 | 1,184 | 12,705 | 706 | 395 | 25,887 |
| 2012 | 9,356 | 400 | 203 | 902 | 565 | 1,074 | 12,079 | 506 | 389 | 25,475 |
| 2013 | 8,681 | 473 | 252 | 793 | 543 | 1,121 | 9,234 | 344 | 458 | 22,421 |
| 2014 | 9,460 | 708 | 279 | 1,085 | 502 | 1,215 | 7,579 | 458 | 476 | 22,301 |
| 2015 | 8,596 | 780 | 260 | 1,033 | 492 | 1,142 | 7,264 | 390 | 452 | 20,952 |
| 2016 | 8,863 | 697 | 269 | 1,024 | 490 | 1,118 | 5,377 | 314 | 453 | 19,143 |

續下表

續上表

| 作物 產量類別 | 水稻掩埋 殘體 | 非固氮穀物作物 (不含水稻) | | 固氮作物 | | 根莖作物 鮮物 | 固氮綠肥 鮮物 | 非固氮綠肥 鮮物 | 非固氮牧草 鮮物 | 作物總殘體 氮量 |
|------------|------------|-------------------|-----|-------|-----|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 乾物 | 鮮物 | 乾物 | 鮮物 | | | | | |
| 2017 | 9,206 | 833 | 297 | 1,060 | 601 | 1,159 | 4,653 | 301 | 476 | 19,495 |
| 2018 | 11,211 | 769 | 286 | 1,026 | 639 | 1,209 | 4,927 | 333 | 437 | 21,263 |
| 2019 | 10,544 | 798 | 283 | 934 | 537 | 1,075 | 4,798 | 294 | 437 | 20,302 |
| 2020 | 10,480 | 837 | 349 | 946 | 578 | 1,068 | 4,845 | 263 | 469 | 23,386 |
| 2021 | 11,970 | 789 | 364 | 885 | 554 | 1,071 | 5,425 | 273 | 458 | 22,277 |
| 2022 | 12,725 | 1,032 | 352 | 865 | 580 | 1,040 | 4,795 | 262 | 496 | 22,146 |

備註：資料由農業統計年報彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 水非固氮穀物作物(不含水稻-乾物)：飼料玉米、高粱、其他-雜糧、芝麻等。
2. 其他非固氮穀物作物(鮮物)：食用玉米。
3. 固氮作物(乾物)：落花生、紅豆、大豆等。
4. 固氮作物(鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。
5. 根莖作物(鮮物)：甘藷、蘿葡、胡蘿葡、其他根菜類、薑、芋、蔥、馬鈴薯、洋蔥、青蒜、蒜頭等。
6. 固氮綠肥(鮮物)：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。
7. 非固氮綠肥(鮮物)：油菜、其他單播(大菜約占半數)、混播等。
8. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

資料來源：行政院農業委員會(現為農業部)，農業統計年報，2023。

(4) 排放量

歷年之農耕土壤直接氧化亞氮排放總量，估算結果如圖 5.5.2 與表 5.5.12。農耕土壤的氧化亞氮直接排放主要反應農地氮肥施用量、作物殘體氮含量等影響，2022 年與 1990 年相比，農耕土壤的氧化亞氮直接排放約減少 40.14%。雖因作物轉作政策下，水稻田面積減少旱作面積增加，而在旱田之氧化亞氮排放係數高於水稻田下，旱田氧化亞氮排放比例有增加之情形，如 1990 年至 1996 年間；但因農業活動衰減、合理化施肥推廣、加強推動有機及友善農業等各項肥料資材補助措施等，施氮總量逐年減少情況下，農耕土壤直接氧化亞氮排放總量近年已達平緩趨勢。

(5) 完整性

對於化學肥料施用之活動數據，依據農糧署統計²⁹資料部分年度有施用氮氫化鈣，比例低於總施氮含量之 0.1%，且非各年度有施用資料，故略過未計算，「其他化學肥料」

項目因無法確認氮素比例，亦略過未計算。此外，目前未計算進口的動植物有機質肥料及本土動植物渣粕肥料(不包括國內堆肥場產製禽畜堆肥及其它有機質肥料)，統計來源為農糧署，但目前可取得公佈資料僅追溯自 2005 年，又無法以其它統計資料推估，且估計約占總農地施氮含量 0.1% 以下，故未計入。

根據國內資料(有機農業全球資訊網)³⁰，國內有機水稻耕作面積，由 1996 年至 2022 年分別為 62 公頃至 3,433 公頃，以每年每公頃 20 公噸有機肥施用量(農糧署，2003)估算，估計水稻田有機氮肥施用量約 23 至 1,259 公噸氮，僅占總有機氮肥施用量比例 5% 以下，故將所有有機氮肥設定投入於旱田計算。

部分作物因收穫指數高，殘體比例低，而忽略計算，如甘蔗、葉菜類、花卉類等；茶類與果品等多年生作物則假設收穫量等於作物生質量而無殘體。

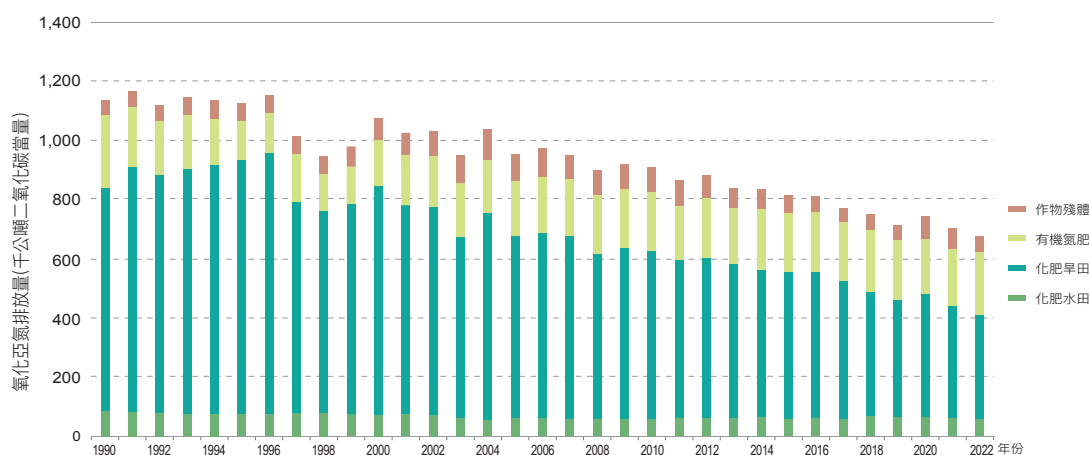


圖 5.5.2 1990 年至 2022 年農耕土壤直接氧化亞氮排放總量趨勢

29 農業部農糧署，農糧統計\公務統計\臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>。

30 有機農業全球資訊網，<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>。

表 5.5.12 歷年農耕土壤的氧化亞氮直接排放

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 化肥 | | 有機氮肥 | | 作物殘體 | | 合計排放量 |
|------|-----|-----|------|-----|------|----|-------|
| | 水稻田 | 旱田 | 水稻田 | 旱田 | 水稻田 | 旱田 | |
| 1990 | 90 | 754 | 0.01 | 240 | 16 | 33 | 1,133 |
| 1991 | 85 | 833 | 0.01 | 194 | 16 | 37 | 1,165 |
| 1992 | 81 | 807 | 0.05 | 176 | 14 | 44 | 1,122 |
| 1993 | 79 | 830 | 0.05 | 176 | 16 | 45 | 1,145 |
| 1994 | 77 | 843 | 0.03 | 154 | 14 | 50 | 1,138 |
| 1995 | 80 | 855 | 0.17 | 134 | 14 | 47 | 1,131 |
| 1996 | 77 | 886 | 0.03 | 130 | 13 | 48 | 1,155 |
| 1997 | 82 | 714 | 0.13 | 159 | 14 | 44 | 1,013 |
| 1998 | 81 | 684 | 0.09 | 123 | 13 | 46 | 948 |
| 1999 | 80 | 709 | 0.15 | 124 | 13 | 54 | 980 |
| 2000 | 74 | 777 | 0.05 | 149 | 13 | 63 | 1,076 |
| 2001 | 79 | 707 | 0.13 | 165 | 11 | 64 | 1,027 |
| 2002 | 74 | 703 | 0.24 | 174 | 13 | 70 | 1,033 |
| 2003 | 66 | 614 | 0.32 | 178 | 12 | 82 | 952 |
| 2004 | 58 | 699 | 0.23 | 177 | 10 | 94 | 1,038 |
| 2005 | 66 | 617 | 0.34 | 184 | 11 | 77 | 954 |
| 2006 | 64 | 628 | 0.37 | 189 | 11 | 81 | 974 |
| 2007 | 63 | 619 | 0.42 | 190 | 10 | 74 | 956 |
| 2008 | 62 | 558 | 0.41 | 197 | 9 | 75 | 901 |
| 2009 | 63 | 576 | 0.41 | 196 | 10 | 77 | 922 |
| 2010 | 61 | 571 | 0.47 | 196 | 9 | 74 | 912 |
| 2011 | 64 | 535 | 0.46 | 187 | 11 | 72 | 868 |
| 2012 | 65 | 543 | 0.40 | 196 | 12 | 67 | 883 |
| 2013 | 66 | 519 | 0.47 | 189 | 12 | 55 | 841 |
| 2014 | 67 | 501 | 0.34 | 201 | 12 | 51 | 834 |
| 2015 | 63 | 495 | 0.35 | 198 | 11 | 49 | 817 |
| 2016 | 65 | 498 | 0.41 | 196 | 12 | 41 | 812 |
| 2017 | 61 | 472 | 0.42 | 195 | 13 | 39 | 780 |
| 2018 | 73 | 422 | 0.13 | 205 | 15 | 40 | 754 |
| 2019 | 67 | 399 | 0.35 | 199 | 14 | 38 | 718 |
| 2020 | 74 | 413 | 0.38 | 204 | 18 | 39 | 747 |
| 2021 | 63 | 383 | 0.27 | 206 | 16 | 41 | 709 |
| 2022 | 68 | 351 | 0.26 | 204 | 16 | 39 | 678 |

備註：作物殘體之旱田所含作物種類如下：非固氮穀物作物(乾物)、非固氮穀物作物(鮮物)、固氮作物(乾物)、固氮作物(鮮物)、根莖作物(鮮物)、固氮綠肥(鮮物)、非固氮綠肥(鮮物)、非固氮牧草(鮮物)。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

農耕土壤直接氧化亞氮排放之計算由於涵蓋多筆活動數據，且排放係數為非常態分佈，依據 2006 IPCC 指南建議³¹以蒙地卡羅方法進行不確定性評估。因此農地直接氧化亞氮排放不確定性，利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅方法進行評估，活動數據使用 2022 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.13 所示。N₂O-N 換算為氧化亞氮之 44/28 值為固定值。全球暖化潛勢(GWP) 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子，各基本參數數值模擬次數為 1,000 次，評估結果如表 5.5.13 所示，農耕土壤的氧化亞氮直接排放之不確定性為 -30.45%~118.9%。

(2) 時間序列的一致性：

在禽畜糞肥料用量、就地翻耕掩埋量之活動數據中為不連續資料。禽畜糞肥料用量 1990 年至 2000 年為農業統計年報中堆肥加禽畜糞之合計用量，2001 年後為綠色國民所

得帳堆肥加禽畜舍墊料之合計用量，兩者在 2001 年到 2003 年間有重複，但差異大，禽畜糞等為主要有機氮肥來源，2001 年到 2003 年間禽畜總頭數量未有較大變化，以綠色國民所得帳「禽畜舍墊料」與「堆肥」總合之期間變化較符合實際畜牧變化狀況而使用。作物殘體之水稻就地翻耕掩埋量中，2001 年後引自綠色國民所得帳值，其餘年利用 2001 年至 2010 年水稻產量線性迴歸(R² = 0.78)，推估水稻「就地翻耕掩埋」值。其餘引自農業統計年報之活動數據，在時間序列上具一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節 5.4 水稻種植(3.C)之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

過去國內有相關研究文獻調查，但建立之排放係數主要

31 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Chapter 3, 2006..

為不同作物單位面積排放量（公斤 / 公頃）與 2006 IPCC 指南估算方法之氮肥使用排放係數（公斤 / 公斤）有較大差異；單位面積排放量雖可反應不同作物之氧化亞氮排放量，但無法反應田間管理變化產生之氧化亞氮排放量，如施肥量等，故未直接引用；初步整理比較如表 5.5.14，本土係數均高於預設係數，但因調查基礎與估算方式不同，僅彙整做為參考。目前農業部農試所正進行以密閉罩法 (Closed Chamber Method) 方式量測水田的氧化亞氮排放，未來再依田間量測數據提出旱作氧化亞氮排放係數，以提高農地氧化亞氮排放估算之準確性與精確性。此外 IPCC 已公佈 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2019 IPCC 精進指南)³²，目前

已蒐集更新或新增之排放係數並進行估算，以預為因應未來國家整體調整適用之 IPCC 版本。

5.5.2 農耕土壤的氧化亞氮間接排放

1. 排放源及匯分類的描述

農耕土壤中除了通過一種直接途徑的氧化亞氮直接排放（即土壤中的氮直接轉成氧化亞氮而排放），還包括兩種間接途徑進行的氧化亞氮排放。這些間接途徑中，第一種為化學氮肥和有機氮肥以氨和氮氧化物形式的氮揮散，經沉降後進入土壤和水體表面，再轉成氧化亞氮而排放。第二種途徑為土壤的氮經淋洗和逕流，其來源包含化學氮肥和有機氮肥、作物殘體、礦質和有機質土壤中土地利用變化或管理作法引起的土壤碳損失相關的氮礦化。而上述 NH₃ 和 NO_x 型態之氮在土壤、地下水或表面水體中轉成氧化亞氮而排放。

表 5.5.13 農耕土壤直接氧化亞氮排放係數、活動數據及不確定性

| 項目 | | 2022 年活動數據 | 轉換係數 | | | 氮投入量 (公噸氮) | N ₂ O-N 排放係數 (公斤 / 公斤) | N ₂ O-N 排放量 (千公噸二氧化碳當量) | | |
|------|------------|-----------------------------|--|-----------------------|------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|--|
| 化學氮肥 | 水稻田 | 54,217 公噸氮 (-23.88%~24.25%) | - | | | 54,217 (-23.88%~24.25%) | 0.003 (0~0.006) | 68 (-78.88%~82.83%) | | |
| | 旱田 | 84,259 公噸氮 (-17.5%~17.91%) | - | | | 84,259 (-17.5%~17.91%) | | 351 (-49.08%~162.1%) | | |
| 有機氮肥 | 堆肥 | 2,488,441 公噸 (-5.02%~5%) | 乾物比 0.78(-9.79%~9.72%) 氮量 2.4%(0.50%~4.00%) | | | 49,003 (-96.89%~82.96%) | 0.01 (0.003~0.03) | 204 (-96.25%~244.29%) | | |
| | 禽畜舍墊料 | 129,214 公噸 (-4.7%~4.88%) | | | | | | | | |
| 作物殘體 | 作物殘體分類 | 殘體量 (公噸) | 乾物比 | 殘體比 (±50%) | 氮含量 (±50%) | 殘體氮含量 (公噸氮) | N ₂ O-N 排放係數 (公斤 / 公斤) | N ₂ O-N 排放量 (千公噸二氧化碳當量) | | |
| | 水稻 | 1,817,792 (-5.03%~4.66%) | 1.00 (±10.00%) | 1.00 | 0.007 | 12,725 (-67.66%~78.51%) | 0.003 (0~0.006) | 16 (-85.35%~134.29%) | | |
| | 非固氮穀物作物 | (乾物) | 109,508 (-4.18%~4.72%) | 0.88 (-8.61%~8.47%) | 1.53 | 0.007 | 1,032 (-64.38%~77.50%) | 0.01 (0.003~0.03) | 39 (-49.85%~180.25%) | |
| | | (鮮物) | 1130,561 (-4.73%~5.00%) | 0.22 (-16.64%~19.45%) | 1.53 | 0.008 | 352 (-59.62%~82.38%) | | | |
| | 固氮作物 | (乾物) | 64,891 (-4.05%~3.92%) | 0.91 (-11.19%~10.85%) | 1.83 | 0.008 | 865 (-62.58%~73.24%) | | | |
| | | (鮮物) | 89,974 (-4.25%~4.39%) | 0.22 (-17.97%~16.74%) | 1.83 | 0.016 | 580 (-60.78%~81.40%) | | | |
| | 根莖類作物 (鮮物) | 720,932 (-1.92%~1.95%) | 0.22 (-18.98%~18.87%) | 0.41 | 0.016 | 1,040 (-62.05%~80.23%) | | | | |
| | 固氮綠肥 (鮮物) | 998,986 (-2.48%~2.69%) | 1.00 (±10.00%) | 1.00 | 0.0048 | 4,795 (-55.56%~67.54%) | | | | |
| | 非固氮綠肥 (鮮物) | 124,947 (-3.75%~3.77%) | 1.00 (±10.00%) | 1.00 | 0.0021 | 262 (-92.74%~131.42%) | | | | |
| | 非固氮牧草 (鮮物) | 980,032 (-5.25%~4.86%) | 0.22 (-19.03%~17.68%) | 0.46 | 0.015 | 496 (-61.99%~91.07%) | | | | |
| | 小計 | | | | | | 22,146 (-43.11%~48.03%) | | | |

備註：資料由農業統計年報彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 非固氮穀物作物 (乾物)：飼料玉米、高粱、其他 - 雜糧、芝麻等。
2. 非固氮穀物作物 (鮮物)：食用玉米。
3. 固氮作物 (乾物)：落花生、紅豆、大豆等。
4. 固氮作物 (鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。
5. 根莖作物 (鮮物)：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、薑、芋、蔥、馬鈴薯、洋蔥、青蒜、蒜頭等。
6. 固氮綠肥 (鮮物)：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。
7. 非固氮綠肥 (鮮物)：油菜、其他單播 (大菜約占半數)、混播等。
8. 非固氮牧草 (鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

資料來源：行政院農業委員會 (現為農業部)，農業統計年報，2023。

32 IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Switzerland, 2019.

表 5.5.14 農耕土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數

| 排放源 | N ₂ O-N 排放係數或平均排放係數 (不確定性或範圍) | | | 來源 |
|--------|--|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| | 毫克 / 平方公尺 / 時 | 克 / 平方公尺 | 公斤 / 公斤氮 | |
| 水稻田 | | | 0.003 (0.000 ~ 0.006) | IPCC 2006 ¹ |
| 旱田 | | | 0.01 (0.003 ~ 0.03) | |
| 水稻田一期作 | 0.121 (0.020~0.174) | | 0.020 (0.0003 ~ 0.028) ^a | Yang et al., 2003. ² |
| 水稻田二期作 | 0.048 (0.001~0.105) | | 0.007 (0.0001 ~ 0.016) ^a | |
| 旱田 | | 0.7 (0.11~17.61) | 0.017 (0.003 ~ 0.431) | |
| 蔬菜 | | 1.04 (0.36~2.81) | 0.019 (0.007 ~ 0.051) ^b | |
| 水果 | | 1.14 (0.56~2.23) | 0.012 (0.006 ~ 0.024) ^b | |
| 花卉 | | 0.49 (0.21~0.77) | 0.008 (0.003 ~ 0.012) ^b | |

備註：1. 因排放係數差異，透過估計施肥量轉換為氮投入之排放量。

2. ^a對於單位面積排放係數換算為投入量排放係數，水稻田施氮含量是以 200 kg-N/ha，耕作期一期作 136 天、二期作 124 天估算。

3. ^b對於單位面積排放係數換算為投入量排放係數，旱田、蔬菜、水果和花卉之施氮含量分別以：260、350、600 及 400 公斤 / 公頃估算。

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Chapter 11, 2006.

2. Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295–1305, 2003.

2. 方法論議題

(1) 計算方法

土壤氧化亞氮間接排放，因缺乏本土係數，故參考 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1) 進行估算，並依我國農業耕作國情不同進行調整。

A. 揮散 (N₂O_(ATD))

農耕土壤中揮散氮經大氣沉降後再轉化的氧化亞氮排放，計算方法如公式 5.5.5 所示。

公式 5.5.5 農耕土壤中氮揮散產生的氧化亞氮排放：

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4$$

N₂O_(ATD)-N = 每年農耕土壤中揮散氮經大氣沉降後再轉化的 N₂O-N 的數量，公噸 / 年

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮量，公噸 / 年

Frac_{GASF} = 以 NH₃ 和 NO_x 形式揮散的化肥氮比例，公斤 / 公斤

F_{ON} = 每年施用於土壤的有機氮量，公噸 / 年

F_{PRP} = 每年放牧牲畜排泄在草場、牧場和圍場上的糞尿氮量，公噸 / 年

Frac_{GASM} = 以 NH₃ 和 NO_x 形式揮散的氮與施用的有機肥氮量 (F_{ON}) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮量比例 (F_{PRP})，公斤 / 公斤

EF₄ = 氮揮散和再沉降後氮的 N₂O-N 排放係數，公斤 / 公斤

B. 淋洗 / 逕流 (N₂O_(L))

淋洗和逕流中產生的間接氧化亞氮排放，計算方法如公式 5.5.6 所示。

公式 5.5.6 農耕土壤氮經淋洗 / 逕流產生的氧化亞氮排放

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH-(H)} \times EF_5$$

N₂O_(L)-N = 地區每年因土壤中氮淋洗和逕流產生的 N₂O-N 的排放量，公噸 / 年

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮量，公噸 / 年

F_{ON} = 每年施用於土壤的有機肥氮量，公噸 / 年

F_{PRP} = 每年放牧牲畜排泄在草場、牧場和圍場上的糞尿氮量，公噸 / 年

F_{CR} = 每年作物殘體氮量，公噸 / 年

F_{SOM} = 每年礦質土壤中因土地利用或管理引起的土壤有機質中土壤碳損失相關聯的氮礦化量，公噸 / 年

Frac_{LEACH-(H)} = 農耕土壤中通過淋洗和逕流所流失的氮量占總施用氮量的比例，公斤 / 公斤

EF₅ = 氮淋洗和逕流引起的 N₂O-N 排放的排放係數，公斤 / 公斤

分別依據公式 5.5.5 及公式 5.5.6 計算農耕土壤間接排放 (揮散、淋洗 / 逕流) 產生之 N₂O_(ATD)-N、N₂O_(L)-N 排放量，最後再用公式 5.5.2 換算成氧化亞氮排放量。

(2) 排放係數

土壤氧化亞氮間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數參照 2006 IPCC 指南預設值，如表 5.5.15 所示。

(3) 活動數據

數據來源與施用的化肥氮含量 (F_{SN})、施用的有機肥氮含量 (F_{ON})、作物殘體氮含量 (F_{CR}) 與氧化亞氮直接排放計算相同，其數據於章節 5.5.1 農耕土壤的氧化亞氮直接排放，第二點的方法論議題的第一項計算方法中有詳敘引用數據的來源。

(4) 排放量

歷年之農耕土壤間接氧化亞氮排放總量，估算結果如圖 5.5.3、圖 5.5.4、表 5.5.16 與表 5.5.17 所示。間接氧化亞氮排放總量，因農業活動衰減、合理化施肥推廣等因素下，氮投入量逐年降低。2022 年揮散與淋洗 / 逕流產生之間接氧化亞氮排放量，相較於 1990 年分別約減少 35.73%、36.72%。

(5) 完整性

農耕土壤間接氧化亞氮排放完整性，同農地直接氧化亞氮排放之說明。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

A. 揮散

農耕土壤間接氧化亞氮排放 – 揮散之計算由於涵蓋多筆活動數據，且排放係數為非常態分佈，依據 2006 IPCC 指南建議以蒙地卡羅方法進行不確定性評估。因此農地間接氧化亞氮排放 – 揮散不確定性利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅方法

表 5.5.15 農耕土壤 N₂O 間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數

| 因子 | 2006 IPCC 指南預設值 (範圍) |
|---|-------------------------|
| 氮揮散和再沉降後氮的 N ₂ O-N 排放係數 (EF ₄ , 公斤 / 公斤) | 0.010 (0.002 ~ 0.05) |
| 氮淋洗和逕流引起的 N ₂ O-N 排放的排放係數 (EF ₅ , 公斤 / 公斤) | 0.0075 (0.0005 ~ 0.025) |
| 以 NH ₃ 和 NO _x 形式揮散的化肥氮量比例 (Frac _{GASF} , 公斤 / 公斤) | 0.10 (0.03 ~ 0.3) |
| 以 NH ₃ 和 NO _x 形式揮散的氮與施用的有機肥氮量 (F _{ON}) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮量比例 (F _{PRP}) (Frac _{GASM} , 公斤 / 公斤) | 0.20 (0.05 ~ 0.5) |
| 農耕土壤中通過淋洗和逕流所流失的氮量佔總施用氮量的比例 (Frac _{LEACH-(H)} , 公斤 / 公斤) | 0.30 (0.1 ~ 0.8) |

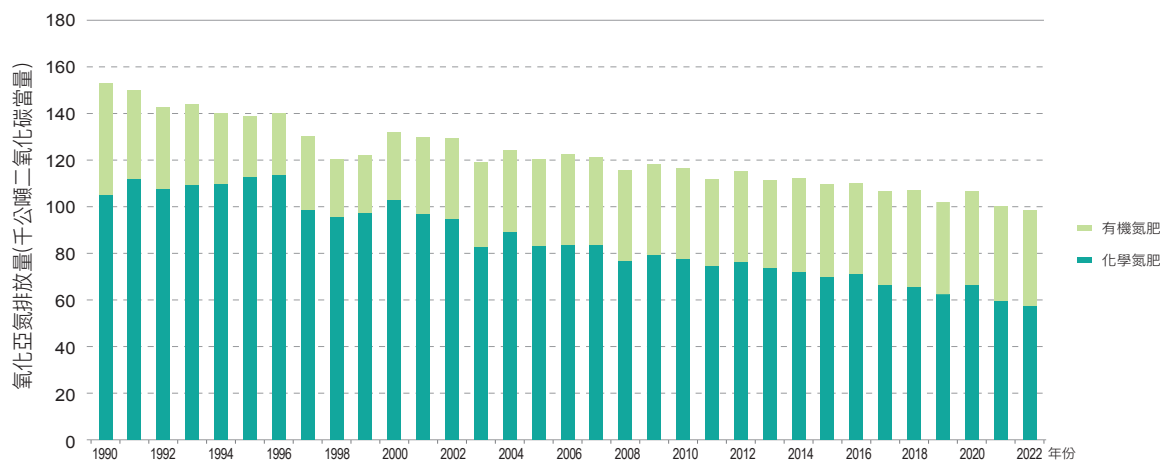


圖 5.5.3 1990 年至 2022 年農耕土壤間接氧化亞氮 – 揮散之排放量

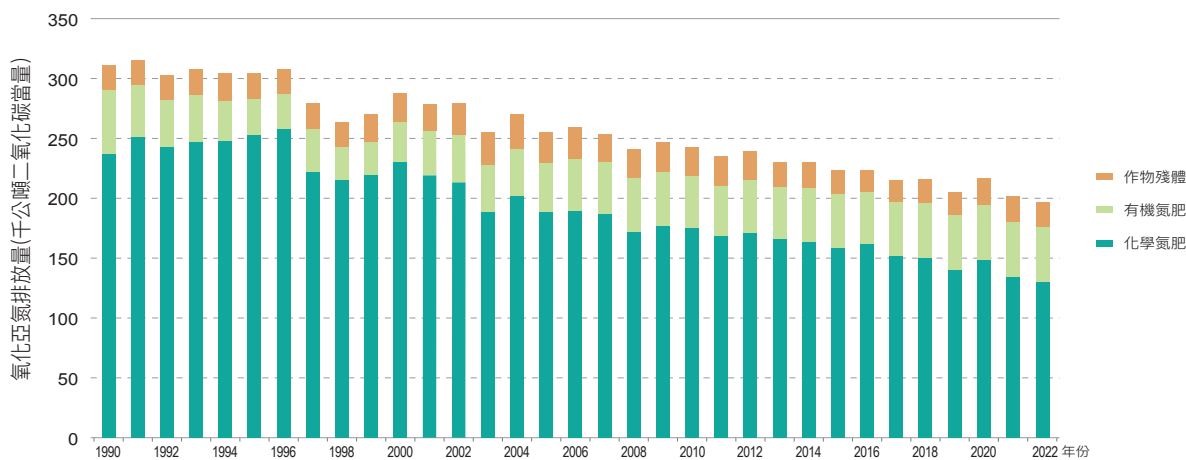


圖 5.5.4 1990 年至 2022 年農耕土壤間接氧化亞氮 – 淋洗 / 逕流之排放量

表 5.5.16 歷年農耕土壤間接氧化亞氮 – 揮散之排放量

(單位: 千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 化學氮肥 | 有機氮肥 | 合計排放量 |
|------|--------|-------|--------|
| 1990 | 105.36 | 47.93 | 153.28 |
| 1991 | 111.54 | 38.88 | 150.42 |
| 1992 | 107.64 | 35.15 | 142.79 |
| 1993 | 109.21 | 35.30 | 144.51 |
| 1994 | 109.90 | 30.83 | 140.73 |
| 1995 | 112.23 | 26.99 | 139.22 |
| 1996 | 114.23 | 26.11 | 140.34 |
| 1997 | 98.54 | 31.90 | 130.44 |
| 1998 | 95.54 | 24.68 | 120.22 |
| 1999 | 97.58 | 24.87 | 122.44 |
| 2000 | 102.24 | 29.92 | 132.16 |

續下表

續上表

| 年份 | 化學氮肥 | 有機氮肥 | 合計排放量 |
|------|-------|-------|--------|
| 2001 | 97.07 | 33.08 | 130.14 |
| 2002 | 94.86 | 34.88 | 129.73 |
| 2003 | 83.41 | 35.76 | 119.16 |
| 2004 | 89.28 | 35.50 | 124.78 |
| 2005 | 83.63 | 37.05 | 120.68 |
| 2006 | 84.13 | 38.10 | 122.23 |
| 2007 | 82.84 | 38.37 | 121.21 |
| 2008 | 76.43 | 39.58 | 116.00 |
| 2009 | 78.62 | 39.49 | 118.11 |
| 2010 | 77.55 | 39.42 | 116.97 |
| 2011 | 74.77 | 37.62 | 112.39 |
| 2012 | 75.96 | 39.52 | 115.48 |
| 2013 | 73.95 | 38.10 | 112.05 |
| 2014 | 72.48 | 40.43 | 112.91 |
| 2015 | 70.46 | 39.87 | 110.33 |
| 2016 | 71.58 | 39.40 | 110.98 |
| 2017 | 67.46 | 39.22 | 106.68 |
| 2018 | 66.41 | 41.02 | 107.43 |
| 2019 | 62.42 | 39.95 | 102.37 |
| 2020 | 65.94 | 41.01 | 106.94 |
| 2021 | 59.47 | 41.38 | 100.85 |
| 2022 | 57.67 | 40.81 | 98.48 |

表 5.5.17 歷年農耕土壤間接氧化亞氮 – 淋洗 / 逕流之排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 化學氮肥 | 有機氮肥 | 作物殘體 | 合計排放量 |
|------|--------|-------|-------|--------|
| 1990 | 237.05 | 53.92 | 19.42 | 310.39 |
| 1991 | 250.96 | 43.74 | 20.37 | 315.07 |
| 1992 | 242.20 | 39.54 | 20.65 | 302.39 |
| 1993 | 245.72 | 39.71 | 21.73 | 307.16 |
| 1994 | 247.28 | 34.69 | 22.04 | 304.01 |
| 1995 | 252.51 | 30.36 | 21.27 | 304.14 |
| 1996 | 257.02 | 29.37 | 20.91 | 307.30 |
| 1997 | 221.72 | 35.88 | 20.63 | 278.23 |
| 1998 | 214.96 | 27.77 | 20.09 | 262.82 |
| 1999 | 219.54 | 27.98 | 22.03 | 269.56 |
| 2000 | 230.04 | 33.66 | 24.02 | 287.73 |
| 2001 | 218.40 | 37.21 | 22.98 | 278.59 |
| 2002 | 213.42 | 39.24 | 25.36 | 278.03 |
| 2003 | 187.66 | 40.23 | 27.34 | 255.23 |
| 2004 | 200.88 | 39.94 | 28.84 | 269.66 |
| 2005 | 188.17 | 41.68 | 25.23 | 255.07 |
| 2006 | 189.29 | 42.87 | 26.59 | 258.75 |
| 2007 | 186.39 | 43.17 | 23.76 | 253.32 |
| 2008 | 171.96 | 44.52 | 24.03 | 240.51 |
| 2009 | 176.91 | 44.42 | 24.84 | 246.17 |
| 2010 | 174.48 | 44.35 | 23.82 | 242.65 |
| 2011 | 168.24 | 42.32 | 24.25 | 234.82 |
| 2012 | 170.91 | 44.46 | 23.87 | 239.24 |
| 2013 | 166.38 | 42.86 | 21.01 | 230.25 |
| 2014 | 163.09 | 45.48 | 20.90 | 229.47 |
| 2015 | 158.54 | 44.85 | 19.63 | 223.02 |
| 2016 | 161.06 | 44.32 | 17.94 | 223.32 |
| 2017 | 151.78 | 44.12 | 18.27 | 214.16 |
| 2018 | 149.42 | 46.15 | 19.92 | 215.50 |
| 2019 | 140.45 | 44.95 | 19.02 | 204.42 |
| 2020 | 148.36 | 46.13 | 21.91 | 216.40 |
| 2021 | 133.82 | 46.55 | 20.87 | 201.24 |
| 2022 | 129.75 | 45.91 | 20.75 | 196.41 |

進行，模擬設定對於活動數據、乾物比、殘體比、氮含量皆設為常態分佈（輸入均值、標準差），活動數據使用 2022 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.18 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 指南提供之預設值及範圍以三角分佈模擬（輸入最大、最小值與眾數或中位數）。全球暖化潛勢 (GWP) 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子。各基本參數數值模擬次數為 1,000 次，評估結果如表 5.5.18 所示，農地間接氧化亞氮排放 – 揮散之不確定性為 -29.47%~519.41%。

B. 淋洗 / 逕流

農耕土壤間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之計算由於涵蓋多筆活動數據，且排放係數為非常態分佈，以蒙地卡羅方法進行不確定性評估。因此農地間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之不確定性利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅方法進行，模擬設定對於活動數據、乾物比、殘體比、氮含量皆設為常態分佈（輸入均值、標準差），活動數據使用 2022 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.19 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 指南提供之預設值及範圍以三角分佈模擬（輸入最大、最小值與眾數或中位數）。全球暖化潛勢 (GWP) 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子。各基本參數數值模擬次數為 1,000 次。估算結果

如表 5.5.19 所示，農耕土壤間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之不確定性為 -36.59%~299.28%。

(2) 時間序列的一致性

農耕土壤間接氧化亞氮排放時間序列的一致性，同章節 5.5.1 農耕土壤直接氧化亞氮排放之說明。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節 5.4 水稻種植 (3.C) 之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

目前農業部農試所已進行地下水硝酸態氮之調查、農業長期生態系、不同土壤之氮淋洗等研究，未來可用於評估農田施用氮素後經淋洗等產生之間接氧化亞氮排放係數之本土資料。但因各區域土壤特性、氣候條件與地質條件不同，變異甚大，需再累積更多的數據，故此改善計畫提擬列為長期目標。此外 2019 IPCC 精進指南，目前已蒐集更新或新增之排放係數並進行估算，以預為因應未來國家整體調整適用之 IPCC 版本。

表 5.5.18 農耕土壤氧化亞氮間接排放 – 揮散之揮散係數、排放係數、活動數據及不確定性

| 項目 | 活動數據 | 轉換係數 | 氮投入量 (公噸氮) | 揮散係數 (公斤 / 公斤) | N ₂ O-N 排放係數 (公斤 / 公斤) | 排放量 (千公噸二氧化碳當量) |
|----------|--|--|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 化學肥料 | 138,476 公噸氮 (-4.36%~3.79%) | - | 138,476 (-4.36%~3.79%) | 0.1 (0.03~0.30) | 0.01 (0.002~0.05) | 58 (-49.65%~733.03%) |
| 有機 氮肥 | 堆肥 2,488,441 公噸 (-5.02%~5%) | 乾物比 0.78 (-9.79%~9.72%) 氮量 2.4% (0.50%~4.00%) | 49,003 (-96.89%~82.96%) | 0.2 (0.05~0.50) | | 41 (-94.73%~779.36%) |
| | 禽畜舍 墊料 129,214 公噸 (-4.7%~4.88%) | | | | | |
| 總計 | | | | | | 98 (-29.47%~519.41%) |

表 5.5.19 農耕土壤氧化亞氮間接排放 – 淋洗 / 逕流之排放係數、活動數據及不確定性

| 項目 | 活動數據 | 轉換係數 | | | 氮投入量 (公噸氮) | 淋洗 / 逕流 係數 (公斤 / 公斤) | N ₂ O-N 排放係數 (公斤 / 公斤) | 排放量 (千公噸二氧化碳當量) |
|----------|--|--|------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|---|--------------------------|
| 化學氮肥 | 138,476 公噸氮 (-4.36%~3.79%) | - | | | 138,476 (-4.36%~3.79%) | 0.3 (0.1~0.8) | 0.0075 (0.0005~ 0.025) | 130 (-62.98%~402.52%) |
| 有機 氮肥 | 堆肥 2,488,441 公噸 (-5.02%~5%) | 乾物比 0.78 (-9.79%~9.72%) 氮量 2.4% (0.50% ~ 4.00%) | | | 49,003 (-96.89%~82.96%) | | | 46 (-95.48%~499.50%) |
| | 禽畜舍 墊料 129,214 公噸 (-4.7%~4.88%) | | | | | | | |
| 作物 殘體 | 作物殘體 分類 作物殘體量 (公噸) | 乾物比 | 殘體比 (±50.00%) | 氮含量 (±50.00%) | 殘體氮量 (公噸氮) | 1.00 (±10.00%) | 1 0.007 | 21 (-71.73%~417.19%) |
| | 水稻 | 1,817,792 (-5.03%~4.66%) | | | 9,725 (-67.66%~78.51%) | | | |

續下表

續上表

| 項目 | | 活動數據 | 轉換係數 | | | 氮投入量 (公噸氮) | 淋洗 / 逕流 係數 (公斤 / 公斤) | N ₂ O-N 排放係數 (公斤 / 公斤) | 排放量 (千公噸二氧化碳當量) | |
|----------|---------------|------|---------------------------|--------------------------|------|---------------|----------------------------|---|------------------------------|-------------------------|
| 作物 殘體 | 非固氮 穀物作物 | 乾物 | 109,508 (-4.18%~4.72%) | 0.88 (-8.61%~8.47%) | 1.53 | 0.007 | 1,032 (-64.38%~77.50%) | 0.3 (0.1~0.8) | 0.0075 (0.0005~ 0.025) | 21 (-71.73%~417.19%) |
| | | 鮮物 | 130,561 (-4.73%~5.00%) | 0.22 (-16.64%~19.45%) | 1.53 | 0.008 | 352 (-59.62%~82.38%) | | | |
| | 固氮 作物 | 乾物 | 64,891 (-4.05%~3.92%) | 0.91 (-11.19%~10.85%) | 1.83 | 0.008 | 865 (-62.58%~73.24%) | | | |
| | | 鮮物 | 89,974 (-4.25%~4.39%) | 0.22 (-17.97%~16.74%) | 1.83 | 0.016 | 580 (-60.78%~81.40%) | | | |
| | 根莖類作物 (鮮物) | | 720,932 (-1.92%~1.95%) | 0.22 (-18.98%~18.87%) | 0.41 | 0.016 | 1,040 (-62.05%~80.23%) | | | |
| | 固氮綠肥 (鮮物) | | 998,986 (-2.48%~2.69%) | 1.00 (±10.00%) | - | 0.0048 | 4,795 (-55.56%~67.54%) | | | |
| | 非固氮綠肥 (鮮物) | | 124,947 (-3.75%~3.77%) | 1.00 (±10.00%) | - | 0.0021 | 262 (-92.74%~131.42%) | | | |
| | 非固氮牧草 (鮮物) | | 980,032 (-5.25%~4.86%) | 0.22 (-19.03%~17.68%) | 0.46 | 0.015 | 496 (-61.99%~91.07%) | | | |
| 總計 | | | | | | | | | 196 (-36.59%~299.28%) | |

備註：資料由農業統計年報彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 非固氮穀物作物(乾物)：飼料玉米、高粱、其他－雜糧、芝麻等。
2. 非固氮穀物作物(鮮物)：食用玉米。
3. 固氮作物(乾物)：落花生、紅豆、大豆等。
4. 固氮作物(鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。
5. 根莖作物(鮮物)：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、薑、芋、蔥、馬鈴薯、洋蔥、青蒜、蒜頭等。
6. 固氮綠肥(鮮物)：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。
7. 非固氮綠肥(鮮物)：油菜、其他單播(大菜約占半數)、混播等。
8. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

資料來源：行政院農業委員會(現為農業部)，農業統計年報，2023。

5.6 草原焚燒(3.E)

本項估算草原的焚燒相關的非二氧化碳排放，我國鮮有此系統，亦無統計資料，故此處不計算。

5.7 作物殘體燃燒(3.F)

本項估算農業殘體的焚燒相關的非二氧化碳排放。依據2006 IPCC 指南建議，因假設焚燒過程中釋放的碳會在下一個生長季節被作物或植被再吸收，不需估算生質量焚燒產生的二氧化碳排放。

1. 排放源及匯分類的描述

此部分是計算現地焚燒農作物殘體時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含甲烷、一氧化碳、氧化亞氮、氮氧化物。因假設焚燒農作物殘體時所產生的二氧化碳會被再生長出來植物所吸收，故不予計算，因此在本項只計算焚燒產生的甲烷及氧化亞氮。我國的農業殘體焚燒主要是以水稻稻藁為主，其他2006 IPCC 指南所列各作物殘體焚燒資料，如豆類、塊根植物、甘蔗等則少有，因此本項以稻藁之焚燒量來計算。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

本項計有關作物殘體焚燒之估算方法與係數，係參考2006 IPCC 指南方法1(Tier1)與係數計算，公式5.7.1所示。

公式 5.7.1

$$L = M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

L = 焚燒產生的溫室氣體排放量，公噸甲烷及公噸氧化亞氮

M_B = 焚燒物的單位面積重量，稻藁的重量，公噸

C_f = 焚燒係數，無單位(表5.7.1)

G_{ef} = 排放係數，公斤 / 公噸乾物質焚燒(表5.7.2)

(2) 排放係數

表5.7.1、表5.7.2為2006 IPCC 指南提供之乾物百分比、排放係數比例的建議值，由於已有直接統計資料，故主要引用係數為稻米殘體之焚燒係數值與排放係數。

(3) 活動數據

作物殘體焚燒之活動數據，1990年至2000年引自農業統計年報：自給肥料－草木灰(稻草經焚燒後之灰燼)，以焚燒殘餘量為20%推算被焚燒稻藁之量，2001年後引自綠色國民所得帳之稻藁焚燒量，彙整如表5.7.3所示。

(4) 排放量

歷年作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.7.4、圖 5.7.1 所示。我國於 1990 年 3 月立法禁止焚燒稻草、農業部自 1996 年起推行現地切斷掩埋法等政策，使 1995 年後稻藁焚燒量驟降，相對溫室氣體排放量亦降低，2022 年甲烷排放量相較於 1990 年減少約 98.2%，氧化亞氮排放量亦減少約 98.2%。

(5) 完整性

我國的作物殘體焚燒主要是以水稻稻藁為主，其他如豆類、玉米、甘蔗等僅能判斷鮮少有，無法確定比例，且在無統計資料下，未列入計算。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

活動數據係農業部統計數據，依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5.00%；預設排放係數因未提供不確定性；暫無法估算。

(2) 時間序列的一致性：

作物殘體燃燒排放溫室氣體之活動數據為不連續，2001 年後為綠色國民所得帳之稻藁焚燒量，1990 年至 2000 年焚燒量作物殘體焚燒之活動數據引自農業統計年報：自給肥料－草木灰（稻草經焚燒後之灰燼），以焚燒殘餘量為 20% 推算被焚燒稻藁之量。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來官方之綠色國民所得帳，同依照國內統計法、統計法施行細則及其他有關法令執行，其餘同章節 5.4 水稻種植 (3.C) 之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

表 5.7.1 植被類型焚燒相關的焚燒係數值（焚燒量與原生質量比例）

| 植被類型 | 亞類 | 排放係數均值 (C _f) |
|------|------|--------------------------|
| 作物殘體 | 小麥殘體 | 0.90 |
| | 玉米殘體 | 0.80 |
| | 稻米殘體 | 0.80 |
| | 甘蔗 | 0.80 |

表 5.7.2 作物殘體排放係數（公斤 / 公噸乾物質焚燒量）

| 項目 | 甲烷 | 氧化亞氮 |
|------|------|------|
| 排放係數 | 2.70 | 0.07 |

表 5.7.3 歷年作物殘體焚燒量

（單位：公噸）

| 年份 | 自給肥料 - 草木灰 | 估算稻藁焚燒量 | 稻藁焚燒量 |
|------|------------|---------|---------|
| 1990 | 139,331 | 696,655 | |
| 1991 | 91,705 | 458,525 | |
| 1992 | 176,126 | 880,630 | |
| 1993 | 80,517 | 402,585 | |
| 1994 | 77,325 | 386,625 | |
| 1995 | 27,496 | 137,480 | |
| 1996 | 25,717 | 128,585 | |
| 1997 | 26,331 | 131,655 | |
| 1998 | 20,911 | 104,555 | |
| 1999 | 25,535 | 127,675 | |
| 2000 | 50,999 | 254,993 | |
| 2001 | 53,065 | 265,327 | 279,000 |
| 2002 | 49,407 | 247,037 | 238,000 |
| 2003 | 39,878 | 199,392 | 164,000 |
| 2004 | | | 143,362 |
| 2005 | | | 146,714 |
| 2006 | | | 155,805 |
| 2007 | | | 84,474 |

續下表

續上表

| 年份 | 自給肥料 - 草木灰 | 估算稻藁焚燒量 | 稻藁焚燒量 |
|------|------------|---------|---------|
| 2008 | | | 113,123 |
| 2009 | | | 93,418 |
| 2010 | | | 98,214 |
| 2011 | | | 99,188 |
| 2012 | | | 100,061 |
| 2013 | | | 61,080 |
| 2014 | | | 66,561 |
| 2015 | | | 81,766 |
| 2016 | | | 61,255 |
| 2017 | | | 65,817 |
| 2018 | | | 46,197 |
| 2019 | | | 39,789 |
| 2020 | | | 13,741 |
| 2021 | | | 12,056 |
| 2022 | | | 12,552 |

備註：1990 年至 2000 年引自農業統計年報：自給肥料 - 草木灰，以焚燒殘餘量 20% 推算焚燒稻藁量。2001 年後引自綠色國民所得帳：稻藁焚燒量。
資料來源：1. 行政院農業委員會（現為農業部），農業統計年報，2023。
2. 行政院主計總處，綠色國民所得帳編製報告，2023。

表 5.7.4 作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 甲烷排放量 | 氧化亞氮排放量 |
|------|-------|---------|
| 1990 | 42.1 | 10.3 |
| 1991 | 27.7 | 6.8 |
| 1992 | 53.3 | 13.1 |
| 1993 | 24.4 | 6.0 |
| 1994 | 23.4 | 5.7 |
| 1995 | 8.3 | 2.0 |
| 1996 | 7.8 | 1.9 |
| 1997 | 8.0 | 2.0 |
| 1998 | 6.3 | 1.6 |
| 1999 | 7.7 | 1.9 |
| 2000 | 15.4 | 3.8 |
| 2001 | 16.9 | 4.1 |
| 2002 | 14.4 | 3.5 |
| 2003 | 9.9 | 2.4 |
| 2004 | 8.7 | 2.1 |
| 2005 | 8.9 | 2.2 |
| 2006 | 9.4 | 2.3 |
| 2007 | 5.1 | 1.3 |
| 2008 | 6.8 | 1.7 |
| 2009 | 5.7 | 1.4 |
| 2010 | 5.9 | 1.5 |
| 2011 | 6.0 | 1.5 |
| 2012 | 6.1 | 1.5 |
| 2013 | 3.7 | 0.9 |
| 2014 | 4.0 | 1.0 |
| 2015 | 4.5 | 1.2 |
| 2016 | 3.7 | 0.9 |
| 2017 | 4.0 | 1.0 |
| 2018 | 2.8 | 0.7 |
| 2019 | 2.4 | 0.6 |
| 2020 | 0.8 | 0.2 |
| 2021 | 0.7 | 0.2 |
| 2022 | 0.8 | 0.2 |

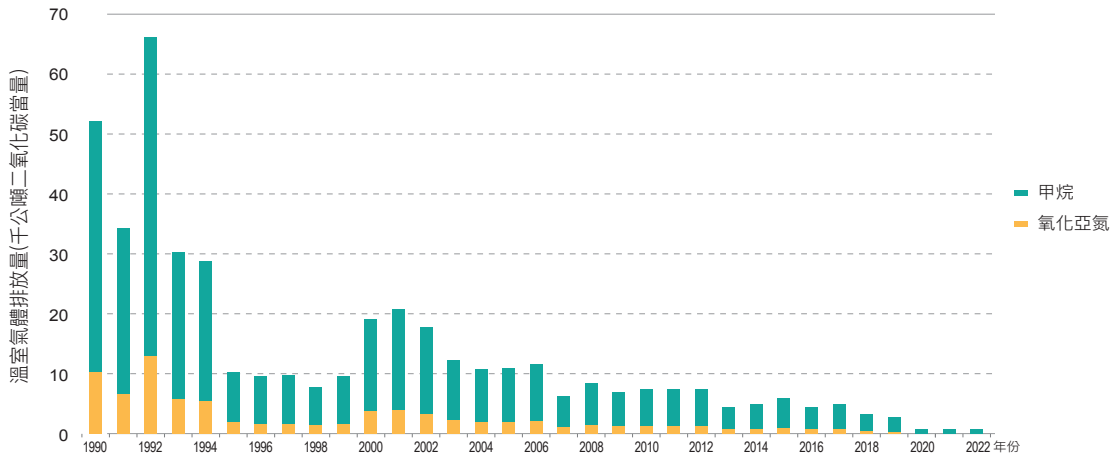


圖 5.7.1 1990 年至 2022 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放量

5.8 石灰處理 (3.G)

於土壤中使用石灰的目的係以改善土壤酸鹼度，使土壤性質適於植物生長，而施用碳酸鹽類石灰，包括含鈣性石灰 (CaCO_3) 或白雲岩 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 等，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO_3^-)，而轉變為二氧化碳和水，導致二氧化碳排放。依據國內研究估算 (連深等, 1992)³³，評估石灰資材用量每年僅約 1 萬公噸，以此估計在農業溫室氣體排放量比例 0.5% 以下，且缺乏直接統計資料，暫不估算。

5.9 尿素施用 (3.H)

1. 排放源及匯分類的描述

尿素施用於土壤後，其水解過程，使工業生產過程所固定的二氧化碳又再排放。尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 在水分和尿素酶作用下轉化為銨離子 (NH_4^+)、氫氧離子 (OH^-) 和碳酸氫離子 (HCO_3^-)，而碳酸氫根最後轉變為二氧化碳和水。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以活動數據和排放係數相乘，即公式 5.9.1 估算尿素水解過程中之二氧化碳排放；最後乘以 44/12 將 $\text{CO}_2\text{-C}$ 排放量換算成二氧化碳排放量。

公式 5.9.1 尿素施用產生的年 CO_2 排放

$$\text{CO}_2\text{-C}_{\text{Emission}} = M \times \text{EF}$$

$\text{CO}_2\text{-C}_{\text{Emission}}$ = 尿素施用產生的年度碳排放，公噸碳 / 年

M = 每年施用的尿素量，公噸尿素 / 年

EF = 排放係數(公噸碳 / 公噸尿素)，2006 IPCC 指南預設值為 0.2

(2) 排放係數

尿素採用的總排放係數 (EF) 為 0.20，為尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 原子量中的碳含量的 20%。

(3) 活動數據

農地直接氧化亞氮排放之化肥施用量中的尿素施用量，如表 5.9.1 所示。

(4) 排放量

尿素施用產生之二氧化碳排放量如圖 5.9.1、表 5.9.1 所示。因尿素成本價格上漲與政府肥料補貼調整下，使尿素施用量在近 10 年間逐年下滑，排放量因尿素施用量減少而整體呈現下降趨勢，2022 年排放量較 1990 年減少 84.20%。

(5) 完整性

活動數據完整取自農業統計年報之尿素施用量，無缺漏。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

排放係數不確定性採用 2006 IPCC 指南預設值為 $-50.00\% \sim 0.00\%$ ，排放量已表示尿素相關之施用的最大絕對排放量，不可能超過預設排放係數。活動數據引自農業統計年報，依 2006 IPCC 指南設定其不確定性 5.00%。利用誤差傳播法組合不確定性，其不確定性為 $-50.00\% \sim 5.00\%$ ，計算方式如下：

$$\text{上限：} U_{\text{urea apply CO}_2} = \sqrt{0^2 + 5^2} = 5.00\%$$

$$\text{下限：} U_{\text{urea apply CO}_2} = -\sqrt{50^2 + 5^2} = -50.00\%$$

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法皆維持一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節 5.4 水稻種植 (3.C) 之說明。

5. 特定排放源的重新計算

無。

33 連深、王鐘和，黃維廷，石灰資材之品質及評估，酸性土壤之特性及其改良研討會論文集，中華土壤肥料學會，pp. 8-1~8-12.，1992。

6. 特定排放源的改善計畫
無。

(Ca(CN)₂)，但因其使用量少且無確切統計數據，故本項暫未估算。

5.10 其他含碳肥料 (3.I)

依據農業統計年報，其他含碳肥料以氰氨化鈣

5.11 其他 (3.J)

本項未統計估算。

表 5.9.1 歷年尿素施用量與施用產生之二氧化碳排放量

| 年份 | 尿素施用量 | 二氧化碳排放量 |
|------|---------|-----------|
| | 公噸 | 千公噸二氧化碳當量 |
| 1990 | 193,121 | 142 |
| 1991 | 198,997 | 146 |
| 1992 | 189,649 | 139 |
| 1993 | 178,109 | 131 |
| 1994 | 183,914 | 135 |
| 1995 | 205,923 | 151 |
| 1996 | 205,577 | 151 |
| 1997 | 182,367 | 134 |
| 1998 | 173,169 | 127 |
| 1999 | 161,544 | 118 |
| 2000 | 178,367 | 131 |
| 2001 | 128,509 | 94 |
| 2002 | 127,158 | 93 |
| 2003 | 112,438 | 82 |
| 2004 | 113,914 | 84 |
| 2005 | 84,968 | 62 |
| 2006 | 81,093 | 59 |
| 2007 | 78,358 | 57 |
| 2008 | 77,478 | 57 |
| 2009 | 75,636 | 55 |
| 2010 | 73,420 | 54 |
| 2011 | 71,966 | 53 |
| 2012 | 74,931 | 55 |
| 2013 | 61,856 | 45 |
| 2014 | 54,399 | 40 |
| 2015 | 51,211 | 38 |
| 2016 | 45,995 | 34 |
| 2017 | 42,861 | 31 |
| 2018 | 40,524 | 30 |
| 2019 | 39,917 | 29 |
| 2020 | 40,196 | 29 |
| 2021 | 36,293 | 27 |
| 2022 | 30,513 | 22 |

資料來源：行政院農業委員會（現為農業部），農業統計年報，2023。

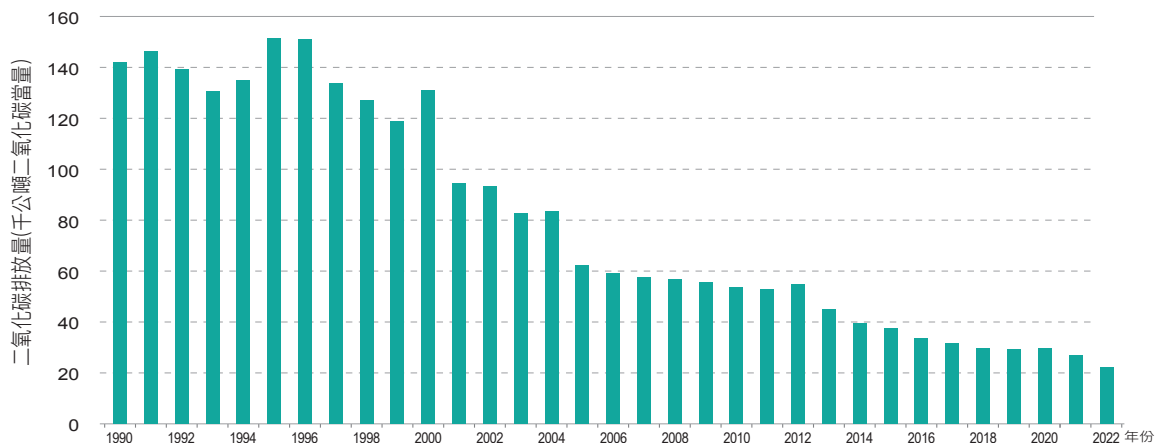


圖 5.9.1 1990 年至 2022 年尿素施用產生二氧化碳排放

5.12 參考文獻

1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
2. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013.
3. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1, Chapter 3, 2006.
4. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Switzerland, 2019.
5. Wang, S.Y. and Huang, D.J., Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation, Asian-Australian Journal of Animal Science, 18(6), 873-878, 2005
6. Su, J.J., Liu, B.Y. and Chang, Y. C., Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, 253-263, 2003.
7. Yang, S.S., Lin, C.C., Chang, E.H., Chung, R.S., and Huang, S.N., Effect of fertilizer, soil type, growth season on methane production and emission in the paddy soils of Taiwan. J. Biomass Energy Soc. China 13, 68-87, 1994.
8. Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2016 National Inventory Report, Italian, 2018.
9. Ministry of the Environment of Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, Japan, 2018.
10. Wang, C. S., Tsao, S. H. and Liu, D. J., Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids, Jour. Agric. Res. China, 35(4), 437-448, 1986.
11. Yang, S. S., Liu, C. M., Lai, C. M., and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990-2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295-1305, 2003.
12. Yang, S. S., Lai, C. M., Chang, H. L., Chang, E. H. and Wei, C. B., Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916-1922, 2009.
13. 黃大駿、王淑音，臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣排放，中國畜牧學會會誌，29(1)，65-75，2000。
14. 王淑音、馬維君、黃大駿，臺灣地區蛋雞產業之腸內發酵溫室氣體排放估測，中國畜牧學會會誌，31(3)，221-230，2002。
15. 王淑音、謝憲蔚、王思涵、陳盈豪，應用呼吸室測定鵝之腸內發酵溫室氣體排放係數，中國畜牧學會會誌，32(1)，43-50，2003。
16. 蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林政緯、王淑音，肉鴨腸內發酵溫室氣體排放之評估，中國畜牧學會會誌，32(4)，151，2003。
17. 行政院農業委員會（現為農業部），畜禽統計調查結果，2021。
18. 黃大駿，臺灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討，中國文化大學碩士論文，2000。
19. 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)，415-422，2001。
20. 王淑音，臺灣家禽溫室氣體糞尿處理策略，2010。
21. 王淑音、馬維君，蛋雞糞尿處理之溫室氣體排放，華岡農科學報，10：1-14，2002。
22. 行政院農業委員會（現為農業部）畜牧司，103年「畜牧業溫室氣體排放清冊彙整及國外畜牧業清潔發展機制(CDM)之探討計畫」(103農科-2.1.4-牧-U2(3))之第一次專家諮詢會會議紀錄，2014。
23. 行政院農業委員會（現為農業部）畜牧司，109年「畜牧業溫室氣體排放清冊及趨勢探討」(109農科-2.4.2-牧-U1(1))-第1次專家諮詢會議紀錄，2020。
24. 行政院農業委員會（現為農業部）畜牧司，109年「畜牧業溫室氣體排放清冊及趨勢探討」(109農科-2.4.2-牧-U1(1))-第2次專家諮詢會議紀錄，臺北，2020。
25. 丁文彥，陸稻-東陸1、2、3號品種介紹，臺東區農業專訊，79:8-11，2012。
26. 行政院農業委員會（現為農業部），臺灣農家要覽，1995。
27. 行政院主計總處，綠色國民所得帳編製報告，2023。
28. 行政院農業委員會（現為農業部），肥料要覽，2001。
29. 行政院農業委員會（現為農業部），中華民國112年農業統計年報，2023。
30. 行政院農業委員會（現為農業部）農糧署，作物施肥手冊，2005。
31. 行政院農業委員會（現為農業部）農糧署，農糧統計\公務統計\臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>，2020。
32. 行政院農業委員會（現為農業部），農業情報112年1月農業產銷概況，農政與農情第369期，2023。
33. 有機農業全球資訊網，<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>。
34. 呂秀英、呂椿棠、陳烈夫，水芋收穫指數的動態模式，中華農業研究，48(2)，86-99，1999。
35. 李銘全、許秋玫、林順臺、洪阿田，不同氮施用量對紅豆接種根瘤菌生長與產量之影響，行政院農業委員會（現為農業部）高雄區農業改良場研究彙報，10(2)，22-31，1999。
36. 林順福、詹國連、魏趨開，每穴種植株數對同質與異質大豆族群生育之影響，中華農業研究，40(3)，305-314，1991。
37. 連深、王鐘和、黃維廷，石灰資材之品質及評估，中華土壤肥料學會，酸性土壤之特性及其改良研討會論文集，8-1-8-12，1992。
38. 郭鴻裕，臺灣地區酸性土壤之分佈及其利用現況，中華土壤肥料學會，酸性土壤之特性及其改良研討會論文集，3-1-3-7，1992。

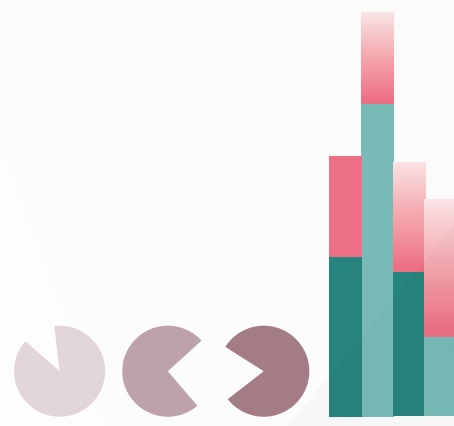
39. 郭鴻裕、朱戡良、江志峰、吳懷國，臺灣地區土壤有機質含量及有機資材之施用狀況，行政院農業委員會（現為農業部）農業試驗所，有機質肥料合理施用技術研討會專刊，72-83，1995。
40. 陳仁炫，有機質肥料的檢測與成分分析結果之解析，國立中興大學土壤調查試驗中心，有機質肥料之特性與管理研習會專刊，58-67，2003。
41. 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟妘、林旻韻、蔡徵霖、莊秉潔、廖大經、王瑞章、張錦興，臺灣中部水稻田甲烷排放量測與估算，亞熱帶生態學學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，2019。
42. 黃勝忠、宋勳，台中地區落花生地方品種之純化與生產力評估，臺中區農業改良場研究彙報，46，27-35，1995。
43. 賴永昌、廖嘉信、陳一心，金山地區春夏作甘藷不同種期對塊根產量之影響，中華農業研究，45(1)，26-34，1996。
44. 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖，土壤肥力與合理化施肥，行政院農業委員會（現為農業部）農業試驗所，合理化施肥專刊，43-62，2005。
45. 譚增偉、陳桂暖，長期不同耕作制度及作物殘體管理對土壤有機質含量的影響，臺灣農業研究，60(2)，115-124，2011。
46. 李春芳、王嘉惠、吳啟瑞、范耕榛、洪鈴柱、程梅萍、蕭宗法，國內豬活體溫室氣體排放量調查，中國畜牧學會會誌，44(suppl.):259，2015。
47. 李春芳、王嘉惠、蕭宗法、范耕榛，臺灣乳山羊活體溫室氣體排放係數建立，中國畜牧學會會誌，51(suppl.):189，2022。



第六章

土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRT Sector 4)

- 6.1 部門概述
- 6.2 林地 (4.A)
- 6.3 參考文獻



第六章 土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRT Sector 4)

6.1 部門概述

聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 以下簡稱 IPCC) 於 1997 年將土地利用、土地利用變化及林業 (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) (以下簡稱林業部門) 納入國家溫室氣體清冊指南 (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC 1996 Guidelines, 以下簡稱 1996 IPCC 指南修正版), 對於土地利用變化造成的碳排放量 (Carbon emission), 以及林業部門碳移除量 (Carbon removal) 等估算方法提出具體建議, 之後 IPCC 於 2003 年再公布 LULUCF 的良好作法指南 (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 以下簡稱 LULUCF GPG)。

目前最新的版本為 IPCC 於 2006 年所公布國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南), 其內容係結合 1996 IPCC 指南及 2003 年 LULUCF GPG 的主要精神與內容。在 2006 IPCC 指南架構下共區分為五大部門, 其中與森林有關的部門為「農業、林業和其他土地使用 (Agriculture,

Forestry and Other Land Use, AFOLU)」部分之 3.B.1 林地 (含林地維持為林地及林地與其他土地使用類型的轉換) 及 3.D.1 「收穫林產品 (Harvested Wood Products, 以下簡稱 HWP)」等部分。

我國林業部門溫室氣體排放源範疇, 如表 6.1.1 所示, 統計 4.A 「林地」, 另依據 IPCC 針對各方法學所提出之使用層級, 可分為 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)、方法 2 (Tier 2) 及方法 3 (Tier 3) 三類, 採用方法如表 6.1.2 所示。

有關 1990 年至 2022 年林業部門碳移除量及其不確定性如表 6.1.3 所列, 碳移除之變化量於 19,388 至 23,546 千公噸二氧化碳當量之間, 不確定性為 7.50% 至 8.80% 之間。

6.2 林地 (4.A)

由於我國區域計畫法、森林法對於林業用地變更以及森林伐採均已訂有相關規範, 且根據臺灣森林經營管理方案第八條, 1990 年代起即實施禁伐天然林政策, 同時林地變更為其他使用之情形極少, 因此藉由農業部林業及自然保育署 (原為行政院農業委員會林務局, 以下簡稱林業保育署) 第三次與第四次全國森林資源調查成果之林型面積為基礎, 配合林業保育署每年估算維持覆蓋之林型面積以及林業統計每年新植造林、伐採、薪材收穫及干擾等相關活動數據, 據以估算我國林業部門年碳移除量。

表 6.1.1 土地利用、土地利用變化及林業部門排放源分類

| 土地類型 | 範疇定義 | 移除 / 排放氣體 |
|-----------|--|-----------|
| 4.A 林地 | 符合國家溫室氣體清冊林地閾值 (如面積大於 0.5 公頃) 的木本植被覆蓋土地, 其植被結構當前在減少, 但在原地可能達到國家定義林地類別的閾值之土地。 | 二氧化碳 |
| 4.B 農地 | 農業用地, 含稻田和植被結構低於林地類閾值的農林系統。 | 無 |
| 4.C 牧草地 | 不被視為農田的牧場和牧草地。閾值低於林地類閾值的木本植被和其他無草植被系統, 諸如草本和灌木。所有由荒地改造成用於消遣的草地以及符合國家定義的農業和森林牧場系統。 | 無 |
| 4.D 濕地 | 泥炭採掘地區和全年或部分時間被水覆蓋或充滿水的土地 (如泥炭地), 但不屬於林地、農田、草地或聚居地類別。作為管理子類的水庫和作為未管理子類的天然河流和湖泊。 | 無 |
| 4.E 聚居地 | 所有已開發的土地, 如交通基礎設施和任何規模的人類聚居地, 除非它們已經列入其他類別。這應當與國家定義一致。 | 無 |
| 4.F 其他土地 | 裸土、岩石、冰川和不屬於其他五個類別任意一種的所有土地面積。這一類別在可以獲得資料時, 允許經過確定的土地總面積與國家面積相一致。如果能夠獲得資料, 應按上文所述的土地利用類別對未管理土地進行分類 (如分為未管理林地、未管理草地和未管理濕地); 這將提高透明性和加強追蹤土地利用從特定未管理土地類別轉化為上述類別的能力。 | 無 |
| 4.G 收穫林產品 | 收穫林產品包含所有搬離自林地之木質材料, 其中亦包含樹皮; 其所貯存的碳量, 會隨林產品的使用在人類社會中流動、延遲其釋放至大氣中的時間。 | 無 |

表 6.1.2 土地利用、土地利用變化及林業部門所使用方法學

| 溫室氣體排放源與移除源分類 | 二氧化碳 | | 甲烷 | | 氧化亞氮 | |
|---------------|------|------|-----|------|------|------|
| | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 |
| 4.A 林地 | T2 | CS | NE | NE | NE | NE |
| 4.B 農地 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 4.C 牧草地 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 4.D 濕地 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 4.E 聚居地 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 4.F 其他土地 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 4.G 收穫林產品 | NE | NE | | | | |

備註: 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2, T2); 國家特定方法 (Country Specific, CS); NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計; 灰底為指南未建議納入統計該氣體。



表 6.1.3 1990 至 2022 年林業部門溫室氣體移除量與不確定性

| 年份 | 溫室氣體排放量 / 移除量 | | | 不確定性 | | |
|------|---------------------|------------------------|---------|---------------------|------------------------|--------|
| | 4.A 林地 | | 林業部門合計 | 4.A 林地 | | 林業部門合計 |
| | 4.A.1 林地 維持林地 | 4.A.2 其他土地 轉變為林地 | | 4.A.1 林地 維持林地 | 4.A.2 其他土地 轉變為林地 | |
| | (單位：千公噸二氧化碳當量) | | | (單位：%) | | |
| 1990 | -23,295 | -91 | -23,386 | 7.95 | 14.68 | 7.92 |
| 1991 | -21,399 | -91 | -21,490 | 7.54 | 14.68 | 7.50 |
| 1992 | -23,408 | -136 | -23,544 | 8.04 | 13.64 | 8.00 |
| 1993 | -23,364 | -182 | -23,546 | 8.10 | 13.00 | 8.03 |
| 1994 | -23,228 | -230 | -23,459 | 8.12 | 12.74 | 8.04 |
| 1995 | -23,055 | -285 | -23,340 | 8.14 | 13.22 | 8.04 |
| 1996 | -22,536 | -315 | -22,851 | 8.05 | 13.75 | 7.94 |
| 1997 | -22,668 | -392 | -23,060 | 8.18 | 14.55 | 8.04 |
| 1998 | -22,446 | -440 | -22,887 | 8.20 | 14.92 | 8.05 |
| 1999 | -22,210 | -553 | -22,764 | 8.22 | 15.68 | 8.03 |
| 2000 | -22,061 | -656 | -22,717 | 8.28 | 15.78 | 8.05 |
| 2001 | -21,176 | -673 | -21,850 | 8.12 | 15.80 | 7.88 |
| 2002 | -21,960 | -747 | -22,707 | 8.49 | 15.95 | 8.22 |
| 2003 | -21,738 | -886 | -22,624 | 8.54 | 16.17 | 8.23 |
| 2004 | -21,560 | -981 | -22,542 | 8.61 | 16.30 | 8.27 |
| 2005 | -21,274 | -1,016 | -22,290 | 8.65 | 16.23 | 8.29 |
| 2006 | -21,230 | -1,029 | -22,259 | 8.79 | 16.26 | 8.42 |
| 2007 | -21,012 | -1,062 | -22,074 | 8.87 | 16.30 | 8.48 |
| 2008 | -20,959 | -1,123 | -22,082 | 9.03 | 16.37 | 8.61 |
| 2009 | -18,243 | -1,145 | -19,388 | 8.40 | 16.42 | 7.96 |
| 2010 | -20,671 | -1,218 | -21,889 | 9.13 | 16.52 | 8.67 |
| 2011 | -20,766 | -1,181 | -21,947 | 9.15 | 16.62 | 8.71 |
| 2012 | -20,787 | -1,173 | -21,960 | 9.14 | 16.71 | 8.69 |
| 2013 | -20,834 | -1,139 | -21,974 | 9.12 | 16.82 | 8.69 |
| 2014 | -20,807 | -1,079 | -21,886 | 9.08 | 16.88 | 8.67 |
| 2015 | -20,851 | -1,049 | -21,900 | 9.07 | 16.94 | 8.68 |
| 2016 | -20,915 | -1,011 | -21,926 | 9.08 | 16.96 | 8.70 |
| 2017 | -20,998 | -963 | -21,961 | 9.09 | 17.00 | 8.72 |
| 2018 | -21,065 | -918 | -21,984 | 9.09 | 17.13 | 8.74 |
| 2019 | -21,086 | -831 | -21,917 | 9.06 | 17.19 | 8.74 |
| 2020 | -21,181 | -724 | -21,905 | 9.06 | 17.24 | 8.78 |
| 2021 | -21,197 | -654 | -21,850 | 9.03 | 17.28 | 8.78 |
| 2022 | -21,245 | -589 | -21,834 | 9.03 | 17.30 | 8.80 |

各年度碳移除量估算結果詳如表 6.2.1，其歷年趨勢如圖 6.2.1，2022 年林業部門碳移除量約為 21,834 千公噸二氧化碳當量，其不確定性為 8.80%，其中「林地維持林地」碳移除量占 97.30%，「其他土地轉變為林地」碳移除量占 2.70%，如圖 6.2.2。

6.2.1 林地維持林地 (4.A.1)

1 排放源及匯分類的敘述

森林所儲存之碳庫 (Carbon Pool) 可區分為生物量 (Biomass) (包含地上部及地下部生物量)、死有機質 (Dead Organic Matter) (包含枯死木與枯落物)、土壤 (Soils) (包含土壤有機質) 等三大類。各類碳庫說明如表 6.2.2 所示。

2 方法學議題：

(1) 計算方法

在林地中之碳貯存量變化，主要為各碳庫變化的總和，計算方法如公式 6.2.1 所示。

公式 6.2.1

$$\Delta C_{FL} = \Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_{Soils}$$

ΔC_{FL} = 林地中之碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

ΔC_B = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

ΔC_{DOM} = 死有機物質 (包括枯死木和枯落物) 的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

ΔC_{Soils} = 土壤碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)

公式 6.2.1 中 ΔC_B 、 ΔC_{DOM} 、 ΔC_{Soils} 之估算分述如下：

A. ΔC_B 生物量 (Biomass) 碳貯存量的變化

在每年生物量所增加的碳貯存量，主要為生物量每年因生長所增加的碳貯存量扣除因生物量損失所減少的碳貯存量，即為碳移除量，計算方法如公式 6.2.2 所示。

公式 6.2.2

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

ΔC_B = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

ΔC_G = 生物量生長之碳貯存年增加量 (公噸碳 / 年)；

ΔC_L = 生物量損失之碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年)。

表 6.2.1 1990 年至 2022 年林地碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 4.A.1 林地維持林地 | | 4.A.2 其他土地轉變為林地 | 4.A 林地 總二氧化碳 碳移除量 ΔCO_2 | 不確定性 (%) |
|------|--|--|--|---|-------------|
| | 生物量 碳移除量 ΔCO_{2G} | 生物量 碳排放量 ΔCO_{2L} | 生物量 碳移除量 ΔCO_{2G} | | |
| 1990 | -23,902 | 607 | -91 | -23,386 | 7.92 |
| 1991 | -23,902 | 2,503 ¹ | -91 | -21,490 | 7.50 |
| 1992 | -23,741 | 333 | -136 | -23,544 | 8.00 |
| 1993 | -23,580 | 216 | -182 | -23,546 | 8.03 |
| 1994 | -23,418 | 190 | -230 | -23,459 | 8.04 |
| 1995 | -23,257 | 202 | -285 | -23,340 | 8.04 |
| 1996 | -23,095 | 559 | -315 | -22,851 | 7.94 |
| 1997 | -22,934 | 266 | -392 | -23,060 | 8.04 |
| 1998 | -22,772 | 326 | -440 | -22,887 | 8.05 |
| 1999 | -22,611 | 401 | -553 | -22,764 | 8.03 |
| 2000 | -22,449 | 389 | -656 | -22,717 | 8.05 |
| 2001 | -22,288 | 1,112 ² | -673 | -21,850 | 7.88 |
| 2002 | -22,127 | 167 | -747 | -22,707 | 8.22 |
| 2003 | -21,965 | 227 | -886 | -22,624 | 8.23 |
| 2004 | -21,804 | 243 | -981 | -22,542 | 8.27 |
| 2005 | -21,642 | 369 | -1,016 | -22,290 | 8.29 |
| 2006 | -21,481 | 251 | -1,029 | -22,259 | 8.42 |
| 2007 | -21,319 | 308 | -1,062 | -22,074 | 8.48 |
| 2008 | -21,158 | 199 | -1,123 | -22,082 | 8.61 |
| 2009 | -20,997 | 2,753 ³ | -1,145 | -19,388 | 7.96 |
| 2010 | -20,889 | 218 | -1,218 | -21,889 | 8.67 |
| 2011 | -20,907 | 140 | -1,181 | -21,947 | 8.71 |
| 2012 | -20,932 | 145 | -1,173 | -21,960 | 8.69 |
| 2013 | -20,970 | 135 | -1,139 | -21,974 | 8.69 |
| 2014 | -21,004 | 197 | -1,079 | -21,886 | 8.67 |
| 2015 | -21,040 | 189 | -1,049 | -21,900 | 8.68 |
| 2016 | -21,068 | 153 | -1,011 | -21,926 | 8.70 |
| 2017 | -21,105 | 107 | -963 | -21,961 | 8.72 |
| 2018 | -21,148 | 83 | -918 | -21,984 | 8.74 |
| 2019 | -21,202 | 116 | -831 | -21,917 | 8.74 |
| 2020 | -21,271 | 90 | -724 | -21,905 | 8.78 |
| 2021 | -21,318 | 121 | -654 | -21,850 | 8.78 |
| 2022 | -21,359 | 114 | -589 | -21,834 | 8.80 |

備註：1. 1991 年其他災害包括颱風災害次數共 7 次，面積共 295.74 公頃，被害材積 1,348,998.61m³，損失材積 1,348,992.06 m³。
 2. 2001 年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林大火外，尚發生 59 次小火警，火災受損面積廣達 395 公頃，森林資源損失慘重。
 3. 2009 年莫拉克風災對我國中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區 3 天內降下超過 2,500 毫米的雨量，產生約 125 萬公噸漂流木，致林木損失材積量大。
 4. 林地碳移除量係顯示全國森林年度碳移除貢獻，估算過程中將扣除因天災、人為干擾因素之碳損失量。前揭災害導致當年度林地碳移除量顯著下降，係因材積損失造成碳排放量大增 (4.A.1 生物量碳排放量)，但災害損失林地面積相較全台林地面積 (約 210 萬公頃) 占比極低，雖風災發生後續年度林地碳移除量下降 (4.A.1 生物量碳移除量)，惟整體林地碳移除量下降趨勢不明顯。

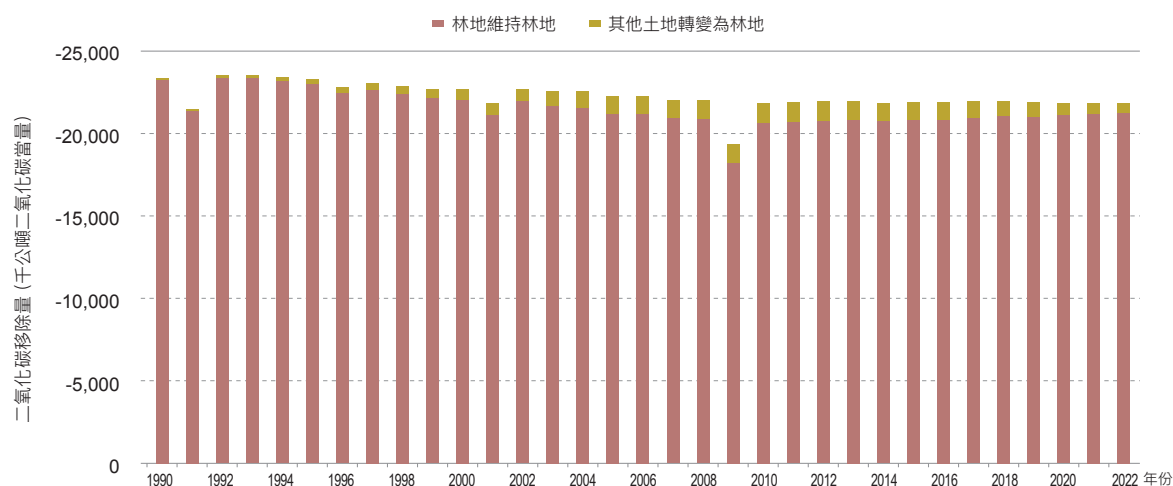


圖 6.2.1 1990 至 2022 年林地碳移除量變化趨勢

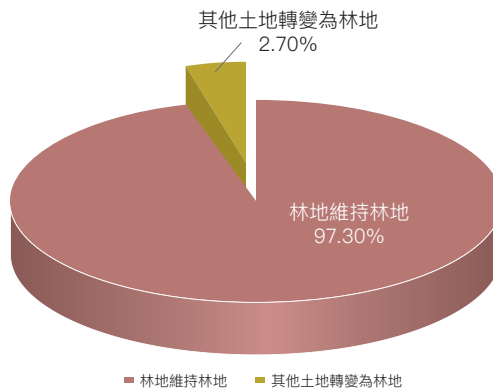


圖 6.2.2 2022 年林地碳移除量各項目占比

表 6.2.2 碳庫定義

| 碳庫 | | 說明 |
|----------------------------|------------------------------|--|
| 生物量 (Biomass) | 地上部生物量 (Aboveground Biomass) | 土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹 (Stump)、枝、樹皮、種子和葉。如果森林下層植被占地上部生物量碳庫的比例較小時，可不列入計算，但在整個調查期間中應有一致性的處理。 |
| | 地下部生物量 (Belowground Biomass) | 活根的全部生物量。由於僅憑經驗要將直徑低於 2 公釐的細根與土壤有機質或枯落物加以區分是相當困難的，因此建議直徑低於 2 公釐的細根不列入計算。 |
| 死有機質 (Dead Organic Matter) | 枯死木 (Dead Wood) | 除枯落物外的所有非活的木質生物量，枯死木包括：直立的、橫躺在地面上的或者在土壤中直徑大於或等於 10 公分的枯倒木、死根和殘幹。 |
| | 枯落物 (Litter) | 所有直徑大於 2 公釐（因要與土壤有機物區分）的非活的生物量及直徑小於枯死木所定義的最小直徑（10 公分）、在礦質或有機質土壤上已經死亡的及各種程度的腐朽狀況的所有非活的生物量，包括：土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機質土壤中的活細根（最小直徑應低於地下部生物量所規定）。 |
| 土壤 (Soils) | 土壤有機質 (Soil Organic Matter) | 係指達到所選擇深度之礦質土壤的有機碳，包括：土壤中之活和死的細根與有機質、不能憑經驗區分而直徑小於 2 公釐（建議值）的根及死有機質。土壤深度預設值為 30 公分。 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

而生物量生長之年碳貯存增加量，依林分的林型、平均年生長量及面積而異，計算方法如公式 6.2.3 所示。

公式 6.2.3

$$\Delta C_G = \sum_i (A_{i,j} \times G_{Total,i,j} \times CF_{i,j})$$

ΔC_G = 生物量生長之年碳貯存年增加量 (公噸碳 / 年) ;
 $A_{i,j}$ = i 林型面積 (公頃) ;
 $G_{Total,i,j}$ = 平均年生物量生長量 (公噸乾物質 / 公頃 / 年) ;
 i = 生態區 (i = 1 至 n) ;
 j = 氣候型 (j = 1 至 m) ;
 $CF_{i,j}$ = i 生態區, j 氣候型之乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質)

平均年生物量生長量，在 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 的情況時，可依林分地上部的平均年生物量增加量乘上根莖比可得出，計算方法如公式 6.2.4 所示。在 2006 IPCC 指南方法 2 及方法 3(Tier 2 及 Tier 3)，林分地上部的平均年生物量增加量可由特定林分 (植被) 的年平均材積生長量乘上其轉換生物量和擴展係數可得出，計算方法如公式 6.2.5 所示。

公式 6.2.4

$$G_{Total} = \sum [G_w \times (1+R)]$$

(2006 IPCC 指南方法 1)

G_{Total} = 平均年生物量累積量 (公噸乾物質 / 公頃 / 年) ;
 G_w = 在特定林型地上部生物量的平均年生長量 (公噸乾物質 / 公頃 / 年) ;
 R = 根莖比

公式 6.2.5

$$G_{Total} = \sum [I_v \times BCEF_i \times (1+R)]$$

(2006 IPCC 指南方法 2、3)

I_v = 特定林分 (植被) 類型的年平均材積生長量 (立方公尺 / 公頃 / 年)
 $BCEF_i$ = 特定林分 (植被) 類型之轉換生物量和擴展係數，將材積 (包括樹皮) 轉換為地上部生物量。

如 $BCEF_i$ 無法直接得知，則可使用生物量擴展係數 (BEF_i) 與基本比重 (D) 值相乘得出，計算方法如公式 6.2.6 所示。

公式 6.2.6

$$BCEF_i = BEF_i \times D$$

生物量損失之年碳貯存減少量為木材伐採、薪材收穫與干擾等因素所引起的年碳貯存減少量，計算方法如公式 6.2.7 所示。

公式 6.2.7

$$\Delta C_L = L_{Wood-Removals} + L_{Fuelwood} + L_{Disturbance}$$

ΔC_L = 生物量損失之年碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 $L_{Wood-Removals}$ = 木材伐採所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 $L_{Fuelwood}$ = 薪材收穫所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 $L_{Disturbance}$ = 干擾等其他因素所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年)

木材伐採所引起的年碳貯存減少量，主要受每年伐採量所影響，計算方法如公式 6.2.8 所示。

公式 6.2.8

$$L_{\text{Wood-Removals}} = [H \times BCEF_R \times (1+R) \times CF]$$

$L_{\text{Wood-Removals}}$ = 木材伐採所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 H = 每年伐採量 (立方公尺 / 年) ;
 R = 根莖比 ;
 CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質) ;
 $BCEF_R$ = 將木材伐採材積換算為地上部總生物量 (含樹皮) 的生物量擴展係數。

如 $BCEF_R$ 無法直接得知, 則可使用伐採生物量擴展係數 (BEF_R) 與基本比重 (D) 值相乘得出, 計算方法如公式 6.2.9 所示。

公式 6.2.9

$$BCEF_R = BEF_R \times D$$

薪材收穫所引起的碳貯存年減少量, 主要受每年收穫薪材的全株與林木材積而異, 計算方法如公式 6.2.10 所示。

公式 6.2.10

$$L_{\text{Fuelwood}} = [FG \times BCEF_R \times (1+R)] \times CF$$

L_{Fuelwood} = 薪材收穫所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 FG = 每年收穫薪材材積 (立方公尺 / 年) ;
 R = 根莖比 ;
 CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質) ;
 $BCEF_R$ = 將木材伐採材積換算為地上部總生物量 (含樹皮) 的生物量擴展係數。

干擾等其他因素所引起的碳貯存年減少量, 依干擾面積及該地區原先的生物量及所造成的生物量損失程度而異, 計算方法如公式 6.2.11 所示。

公式 6.2.11

$$L_{\text{Disturbance}} = [A_{\text{Disturbance}} \times B_W \times (1+R) \times CF \times fd]$$

$L_{\text{Disturbance}}$ = 干擾等其他因素所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 $A_{\text{Disturbance}}$ = 受干擾影響的森林面積 (公頃 / 年) ;
 B_W = 受干擾影響地區的平均地上部生物量 (公噸 / 公頃) ;
 R = 根莖比 ;
 CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質) ;
 fd = 干擾造成該地生物量損失程度 (如由於干擾造成林分生物量全部損失, 則 $fd=1$, 如因病蟲害干擾而僅造成部分生物量的損失, 則 $0 < fd < 1$)。

如因干擾所損失的生物量可以計算, 則可將上式加以修正, 計算方法如公式 6.2.12 所示。

公式 6.2.12

$$L_{\text{Disturbance}} = [DV \times BCEF_1 \times (1+R) \times CF \times fd]$$

$L_{\text{Disturbance}}$ = 干擾等其他因素所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年) ;
 DV = 受干擾所損失的材積量 (立方公尺) ;
 $BCEF_1$ = 特定林型之轉換生物量和擴展係數, 將材積 (包括樹皮) 轉換為地上部生物量。
 R = 根莖比 ;
 CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質) ;
 fd = 干擾造成該地生物量損失程度 (如由於干擾造成林分生物量全部損失, 則 $fd=1$, 如因病蟲害干擾而僅造成部分生物量的損失, 則 $0 < fd < 1$)。

 B. ΔC_{DOM} 死有機物質 (Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1), 對於碳庫中的碳貯存量變化並不明顯, 其預設值可假設為零, 即增加與損失相抵, 因此死有機質年碳貯存量變化量為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、林地擾動或經營制度的重大轉變, 這是個安全的假設。

 C. ΔC_{Soils} 土壤 (Soils) 碳貯存量變化

國內較為全面的森林土壤調查資料為林業保育署與林業試驗所合作執行之「臺灣高山林地土壤調查」計畫, 其計畫成果雖對森林土壤碳庫進行推估, 但尚無探討土壤碳貯存年變化量之研究。另因報告年間沒有經歷森林類型、林地擾動或經營制度的重大轉變, 假設土壤碳庫年碳貯存變化量為零。

(2) 轉換係數

基本比重 (D): 針葉樹林型採用王兆桓 (2008)¹ 對 6 種針葉樹種研究數據, 依各樹種第四次森林資源調查之面積加權計算平均, 其值為 0.41。闊葉樹則將林裕仁等 (2002)² 對 15 種闊葉樹種研究之結果進行平均, 為 0.56。針闊葉混生林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.49。

生物量擴展係數 (BEF_1 、 BEF_R): 相關係數係依據專家諮詢會議, 決議相關係數以文獻係數平均值為原則, 但若相關文獻數量不多且文獻係數差異過大時, 建議採取中位數為宜。針葉樹數值取自王兆桓 (2008) 各針葉樹種之平均值 1.27。闊葉樹採用各文獻之中位數 1.40, 共有王兆桓與劉知好 (2006)³、王兆桓 (2008)、李宣德與馮豐隆 (2010)⁴、林國銓等 (1994)⁵ 以及林國銓與何淑玲 (2005)⁶ 等五篇文獻。針闊葉混生林為針葉樹與闊葉樹之平均值 1.34。

生物量轉換與擴展係數 ($BCEF_1$ 、 $BCEF_R$): 於針葉樹部分同樣採用王兆桓 (2008), 取其平均值 0.51。闊葉樹則取王兆桓 (2008)、林國銓等 (2007)⁷、林國銓等 (2008)⁸、林國

1 王兆桓, 森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3), 行政院農業委員會林務局 (現為農業部林業及自然保育署), 2016。
 2 林裕仁、劉瓊霖、林俊成, 臺灣地區主要用材比重與碳含量測定, 臺灣林業科學, 17(3), 291-299, 2002。
 3 王兆桓、劉知好, 森林蓄積量與生物量轉換模式之建立, 行政院農業委員會林業試驗所 (現為農業部林業試驗所), 2006 森林碳吸存研討會論文集, 200-215, 2006。
 4 李宣德、馮豐隆, 臺灣地區樟樹生物量擴展係數之建立, 林業研究季刊, 32(3), 45-54, 2010。
 5 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京, 福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布, 林業試驗所研究報告季刊, 9(4), 299-315, 1994。
 6 林國銓、何淑玲, 由生物量推估臺灣不同林分之碳儲存量, 行政院農業委員會林業試驗所 (現為農業部林業試驗所), 森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集, 97-108, 2005。
 7 林國銓、杜清澤、黃菊美, 苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算, 中華林學季刊, 40(2), 201-218, 2007。
 8 林國銓、黃菊美、杜清澤, 檳木人工造林木碳貯存量和吸存量之估算, 國家公園學報, 18(2), 45-58, 2008。

銓等(2009)⁹、林國銓與何淑玲(2005)、許原瑞等(2006)¹⁰與許原瑞(2008)¹¹等七篇文獻之中位數 0.92 為代表。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.72。

根莖比(R)：因國內針葉樹研究報告缺乏，故採用 2006 IPCC 指南對亞熱帶濕潤林的預設值之平均 0.22 作為針葉樹的 R 值。闊葉樹則採用李宣德與馮豐隆(2008)¹²、林國銓等(2006)¹³、林國銓等(2007)、林國銓等(2008)、林國銓等(2009)、林國銓等(2010)¹⁴、林國銓與何淑玲(2005)、柯淑惠(2006)¹⁵、陳財輝等(1998)¹⁶及陳財輝與呂錦明(1988)¹⁷共十篇文獻，7 種樹種，取其之中位數 0.24 為代表。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.23。

乾物質碳含量比例(CF)：根據林裕仁等(2002)對臺灣 24 種主要用材的研究，分別使用針葉樹種與闊葉樹種進行實驗，結果顯示針葉樹與闊葉樹碳含量平均比例值分別為 0.4821 與 0.4691；針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值為 0.4756。

竹林之基本比重採用王義仲與陳周宏(1995)¹⁸、王義仲(2006)¹⁹及林裕仁等(2011)²⁰等三篇研究，共六種竹種，取其中位數為 0.62。生物量擴展係數與根莖比皆以呂錦明與陳財輝(1992)²¹對桂竹林分生物量的研究結果，其數值分別為 1.40 與 0.46。乾物質碳含量比例則以林裕仁等(2011)對孟宗竹、桂竹、麻竹及刺竹之碳轉換係數的研究，以四種竹材的平均值為 0.4732。

年生長量：採用第三次及第四次全國森林資源調查成果之各林型單位面積材積差值，除上二次調查之間隔年數，推算各林型年生長量。

惟因森林資源調查針對竹林僅估算單位面積支數，爰竹林生長量則依王義仲(2006)研究結果，每公頃 5 年生孟宗竹的竹稈生物量為 105.1 公噸，每公頃 5 年生桂竹的竹稈生物量為 33.3 公噸，將兩種竹類所得結果加以平均再除以 5 年，求得竹稈年平均生長量為 13.84 公噸 / 公頃。

各項轉換係數及年生長量羅列如表 6.2.3。

(3) 活動數據

以目前國內可取得及歸納之資料進行分類計算。

A. 林地維持林地面積

林地面積以全國森林資源調查之成果為主，林業保育署已完成四次全國性森林資源調查。第三次全國森林資源調查之成果顯示全臺林地面積為 2,102,400 公頃，其調查時間為 1990 年 3 月至 1993 年 9 月，故假設以中間值 1991 年為基準年；第四次全國森林資源調查面積為 2,185,425 公頃，扣除待成林地後的面積為 2,155,140 公頃，航照影像主要取自 2008 年至 2010 年，故採用 2009 年為基準年。本年度因應林業保育署執行「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業」完成二輪調查資料之統計分析，針對「林地維持林地面積」進行調整，將 1991 年

表 6.2.3 相關轉換係數及年生長量

| 林型 \ 係數 | 基本比重 (D) | 生物量擴展係數 (BEF) | 生物量轉換與擴展係數 (BCEF) | 根莖比 (R) | 碳含量比例 (CF) | 年生長量 (立方公尺 / 公頃) |
|----------|----------|---------------|-------------------|---------|------------|--------------------|
| 天然針葉林 | 0.41 | 1.27 | 0.51 | 0.22 | 0.4821 | 4.14 |
| 天然針闊葉混淆林 | 0.49 | 1.34 | 0.72 | 0.23 | 0.4756 | 10.05 |
| 天然闊葉林 | 0.56 | 1.40 | 0.92 | 0.24 | 0.4691 | 3.58 |
| 人工針葉林 | 0.41 | 1.27 | 0.51 | 0.22 | 0.4821 | 8.11 |
| 人工針闊葉混淆林 | 0.49 | 1.34 | 0.72 | 0.23 | 0.4756 | 10.37 |
| 人工闊葉林 | 0.56 | 1.40 | 0.92 | 0.24 | 0.4691 | 4.34 |
| 木竹混淆林 | 0.49 | 1.34 | 0.72 | 0.23 | 0.4756 | 3.31 |
| 竹林 | 0.62 | 1.40 | - | 0.46 | 0.4732 | 13.84 ^a |

備註：^a 竹林年生長量 13.84 公噸 / 公頃。

9 林國銓、杜清澤與黃菊美，臺東地區相思樹與楓香兩人工林碳累積量，林業研究季刊，31(3)，55-68，2009。

10 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、邱祈榮，海岸林分生物量調查規劃，行政院農業委員會林業試驗所(現為農業部林業試驗所)，2006 年森林碳吸存研討會論文集，217-235，2006。

11 許原瑞，桉樹類的生物量與碳蓄積量，行政院農業委員會林業試驗所(現為農業部林業試驗所)，97 年度森林碳管理研討會論文集，17-29，2008。

12 李宣德、馮豐隆，森林碳吸存資源調查推估模式系統—以臺灣樟樹為例，臺灣林業科學，23(Supplement)，11-22，2008。

13 林國銓、杜清澤、黃菊美、王巧萍，亞熱帶闊葉林林木粗根生物量和養分含量之估算，臺灣林業科學，21(2)，155-166，2006。

14 林國銓、杜清澤、黃菊美，光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之估算，中華林學季刊，43(2)，261-276，2010。

15 柯淑惠，臺灣檉人工林生物量及碳儲存量之研究，國立中興大學森林學系碩士論文，2006。

16 陳財輝、許博行、張峻德，四湖木麻黃林分生物量及養分量聚集，臺灣林業科學，13(4)，325-349，1998。

17 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量，林業試驗所研究報告季刊，3(1)，333-343，1988。

18 王義仲、陳周宏，臺灣產竹種工藝利用價值之評估(I)，林產工業，14(1)，82-94，1995。

19 王義仲，竹林生物量調查回顧與展望，行政院農業委員會林業試驗所(現為農業部林業試驗所)，2006 年森林碳吸存研討會論文集，167-188，2006。

20 林裕仁、王秋嫻、Sara Wu，四種臺灣竹材碳轉換係數之分析，臺灣林業科學，26(4)，341-355，2011。

21 呂錦明、陳財輝，桂竹之林分構造及生物量—桶頭—桂竹林分例，林業試驗所研究報告季刊，7(1)，1-13，1992。

及 2009 年數值分別以第三次及第四次全國森林資源調查成果 (2,102,400 公頃及 2,155,140 公頃) 為基準值, 1991 年至 2009 年間的各林型面積利用二次調查成果、採內插法推得。第四次全國森林資源調查與第三次全國森林資源調查比較, 森林面積增加約 5 萬多公頃, 主要增加區位在國有林事業區外之山坡地與平地。

考量崩塌及風災為改變林地覆蓋之主因, 2009 年後以歷年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積推算「林地維持林地」之面積。所使用數據包含林業保育署委託國立成功大學執行「運用衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」研究成果 (2010 年至 2016 年), 以及林業保育署執行「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業」之成果 (2013 年至 2022 年)。後者係林業保育署於 2013 年完成第四次全國森林資源調查後, 為掌握森林面積之動態, 建立長期森林資源監測體系, 以持續性、逐年辦理更新的方式, 取代以往專案性的調查, 比照國際上聯合國糧農組織 (FAO) 或

美、日等國家作法, 每 5 年發布一次全國暨各林區森林資源狀況報告。

估算方法係將前開二計畫成果之各年度崩塌地圖層以空間聯集的方式累加, 用以運算天然針葉林、天然針闊葉混淆林、天然闊葉林、人工針葉林、人工針闊葉混淆林、人工闊葉林、木竹混淆林和竹林等八種林型之崩塌或風災面積 (如表 6.2.4)。2009 年以後各年度「林地維持林地」面積須扣除表中崩塌或風災面積。

此外, 「其他土地轉變為林地」經過 20 年之過渡期後, 計算時改納入林地維持林地的面積估算, 如 1990 年之造林面積, 至 2011 年時加總至林地維持林地之面積中。

經上述資料與步驟整理, 各年度林地維持林地之面積如下表 6.2.5。

表 6.2.4 2010 至 2022 年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積

| 林型 (公頃) | 天然 針葉林 | 天然針闊葉 混淆林 | 天然 闊葉林 | 人工 針葉林 | 人工針闊葉 混淆林 | 人工 闊葉林 | 木竹 混淆林 | 竹林 | 總計 |
|------------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----|--------|
| 2010 | 1,184 | 835 | 7,775 | 253 | 232 | 913 | 561 | 357 | 12,110 |
| 2011 | 447 | 207 | 1,755 | 74 | 49 | 150 | 87 | 53 | 2,822 |
| 2012 | 545 | 263 | 2,041 | 83 | 48 | 157 | 37 | 24 | 3,198 |
| 2013 | 192 | 148 | 1,496 | 60 | 47 | 75 | 41 | 45 | 2,104 |
| 2014 | 341 | 241 | 1,578 | 50 | 45 | 97 | 35 | 21 | 2,408 |
| 2015 | 127 | 94 | 757 | 18 | 13 | 39 | 22 | 10 | 1,080 |
| 2016 | 94 | 62 | 574 | 19 | 20 | 34 | 15 | 17 | 835 |
| 2017 | 162 | 144 | 1,002 | 79 | 27 | 60 | 13 | 11 | 1,500 |
| 2018 | 66 | 93 | 604 | 5 | 12 | 21 | 1 | 2 | 804 |
| 2019 | 128 | 57 | 682 | 374 | 172 | 109 | 0 | 0 | 1,521 |
| 2020 | 62 | 55 | 708 | 2 | 2 | 40 | 9 | 11 | 890 |
| 2021 | 7 | 10 | 89 | 1 | 3 | 6 | 3 | 0 | 120 |
| 2022 | 34 | 37 | 358 | 6 | 63 | 15 | 8 | 5 | 524 |
| 累計減少面積 | 3,389 | 2,246 | 19,418 | 1,024 | 733 | 1,716 | 832 | 555 | 29,913 |
| 累計減少比例 | 11% | 8% | 65% | 3% | 2% | 6% | 3% | 2% | 100% |

備註：1. 2010 年至 2016 年資料參考林業保育署委託國立成功大學辦理「運用衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」計畫之崩塌地資料。
2. 2017 年至 2022 年資料取自林業保育署「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業」計畫成果崩塌區域。

表 6.2.5 1990 至 2022 年林地維持林地面積

(單位：公頃)

| 林型 年份 | 天然針葉林 | 天然針闊葉 混淆林 | 天然 闊葉林 | 人工 針葉林 | 人工針闊葉 混淆林 | 人工 闊葉林 | 木竹 混淆林 | 竹林 | 總計 |
|----------|---------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|---------|-----------|
| 1990 | 220,100 | 286,376 | 975,800 | 218,400 | 37,287 | 144,600 | 67,537 | 152,300 | 2,102,400 |
| 1991 | 220,100 | 286,376 | 975,800 | 218,400 | 37,287 | 144,600 | 67,537 | 152,300 | 2,102,400 |
| 1992 | 219,324 | 277,044 | 995,550 | 211,415 | 38,155 | 143,578 | 70,171 | 150,093 | 2,105,330 |
| 1993 | 218,548 | 267,713 | 1,015,300 | 204,430 | 39,023 | 142,556 | 72,805 | 147,886 | 2,108,261 |
| 1994 | 217,772 | 258,381 | 1,035,050 | 197,445 | 39,891 | 141,534 | 75,438 | 145,679 | 2,111,190 |
| 1995 | 216,996 | 249,050 | 1,054,800 | 190,460 | 40,759 | 140,512 | 78,072 | 143,472 | 2,114,121 |
| 1996 | 216,220 | 239,718 | 1,074,550 | 183,475 | 41,627 | 139,490 | 80,706 | 141,264 | 2,117,050 |
| 1997 | 215,445 | 230,386 | 1,094,300 | 176,490 | 42,495 | 138,467 | 83,339 | 139,057 | 2,119,979 |
| 1998 | 214,669 | 221,055 | 1,114,050 | 169,505 | 43,364 | 137,445 | 85,973 | 136,850 | 2,122,911 |
| 1999 | 213,893 | 211,723 | 1,133,800 | 162,520 | 44,232 | 136,423 | 88,607 | 134,643 | 2,125,841 |
| 2000 | 213,117 | 202,392 | 1,153,550 | 155,535 | 45,100 | 135,401 | 91,240 | 132,436 | 2,128,771 |

續下表

續上表

| 年份 | 林型 | 天然針葉林 | 天然針闊葉混生林 | 天然闊葉林 | 人工針葉林 | 人工針闊葉混生林 | 人工闊葉林 | 木竹混生林 | 竹林 | 總計 |
|------|----|---------|----------|-----------|---------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 2001 | | 212,341 | 193,060 | 1,173,299 | 148,550 | 45,968 | 134,379 | 93,874 | 130,229 | 2,131,700 |
| 2002 | | 211,565 | 183,729 | 1,193,049 | 141,565 | 46,836 | 133,357 | 96,508 | 128,022 | 2,134,631 |
| 2003 | | 210,789 | 174,397 | 1,212,799 | 134,580 | 47,704 | 132,335 | 99,141 | 125,815 | 2,137,560 |
| 2004 | | 210,013 | 165,066 | 1,232,549 | 127,595 | 48,572 | 131,313 | 101,775 | 123,608 | 2,140,491 |
| 2005 | | 209,237 | 155,734 | 1,252,299 | 120,610 | 49,440 | 130,291 | 104,409 | 121,400 | 2,143,420 |
| 2006 | | 208,461 | 146,403 | 1,272,049 | 113,625 | 50,308 | 129,269 | 107,042 | 119,193 | 2,146,350 |
| 2007 | | 207,685 | 137,071 | 1,291,799 | 106,640 | 51,176 | 128,246 | 109,676 | 116,986 | 2,149,279 |
| 2008 | | 206,909 | 127,740 | 1,311,549 | 99,655 | 52,044 | 127,224 | 112,310 | 114,779 | 2,152,210 |
| 2009 | | 206,134 | 118,408 | 1,331,299 | 92,670 | 52,913 | 126,202 | 114,943 | 112,572 | 2,155,141 |
| 2010 | | 204,950 | 117,573 | 1,323,524 | 92,417 | 52,681 | 125,289 | 114,382 | 112,215 | 2,143,031 |
| 2011 | | 204,503 | 117,366 | 1,321,770 | 93,302 | 52,699 | 127,835 | 114,296 | 112,323 | 2,144,094 |
| 2012 | | 203,957 | 117,103 | 1,319,728 | 94,569 | 52,703 | 130,681 | 114,259 | 112,551 | 2,145,551 |
| 2013 | | 203,765 | 116,955 | 1,318,232 | 96,289 | 52,703 | 133,580 | 114,218 | 112,785 | 2,148,527 |
| 2014 | | 203,424 | 116,714 | 1,316,654 | 97,720 | 52,659 | 136,482 | 114,183 | 113,067 | 2,150,903 |
| 2015 | | 203,297 | 116,620 | 1,315,897 | 98,707 | 52,645 | 139,931 | 114,161 | 113,187 | 2,154,445 |
| 2016 | | 203,203 | 116,559 | 1,315,323 | 99,301 | 52,626 | 142,729 | 114,146 | 113,282 | 2,157,169 |
| 2017 | | 203,041 | 116,415 | 1,314,321 | 100,443 | 52,598 | 146,569 | 114,133 | 113,378 | 2,160,898 |
| 2018 | | 202,975 | 116,322 | 1,313,717 | 102,148 | 52,586 | 149,986 | 114,132 | 113,476 | 2,165,342 |
| 2019 | | 202,848 | 116,265 | 1,313,035 | 103,215 | 52,414 | 155,855 | 114,132 | 113,546 | 2,171,310 |
| 2020 | | 202,785 | 116,210 | 1,312,327 | 104,729 | 52,414 | 162,467 | 114,122 | 113,664 | 2,178,718 |
| 2021 | | 202,778 | 116,199 | 1,312,239 | 105,759 | 52,411 | 166,586 | 114,119 | 113,734 | 2,183,825 |
| 2022 | | 202,745 | 116,162 | 1,311,881 | 106,549 | 52,348 | 170,639 | 114,112 | 113,800 | 2,188,236 |

備註：2010年起扣除崩塌或風災面積；2011年起納入「其他土地轉變為林地」滿20年之面積。

B. 每年伐採量 (H)、每年收穫薪材材積 (FG)

據歷年林務局之林業統計加以整理 (如表 6.2.6)。

C. 受干擾影響的森林面積 (A_{Disturbance}) 與損失材積量 (DV)

根據歷年林業保育署之林業統計加以整理 (表 6.2.7)，其中受干擾影響之來源包括盜伐、火災、火警、濫墾及其他；幼齡木、幼苗、竹叢、副產物之損失未列入。

(4) 碳移除量

1990年至2022年「林地維持林地」碳移除量變化估算結果如表 6.2.8，每年大致呈現穩定狀態，主要係由於我國區域計畫法、森林法對於林業用地變更以及森林伐採均訂有相關規範，且自1992年起即實施禁伐天然林政策，至林地變更為其他使用之情形極少，因此變動幅度小。惟其中

表 6.2.6 臺灣地區森林主產物伐採量

| 年份 | 面積 (公頃) | | | 林木材積 (立方公尺) | | | | | | 竹類 (支) |
|------|---------|-------|-------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------|
| | 林地 | 竹林 | 總計 | 天然針葉林 | 天然闊葉林 | 人工針葉林 | 人工闊葉林 | 薪材 | 總計 | |
| 1990 | 1,917 | 1,479 | 3,396 | 6,292 | 54,207 | 85,517 | 17,481 | 39,715 | 203,212 | 5,795,941 |
| 1991 | 1,046 | 1,683 | 2,729 | 4,191 | 26,244 | 64,436 | 7,885 | 23,303 | 126,059 | 4,318,917 |
| 1992 | 1,036 | 781 | 1,817 | 5,428 | 13,662 | 69,813 | 7,361 | 22,059 | 118,323 | 3,312,710 |
| 1993 | 575 | 675 | 1,250 | 4,457 | 2,724 | 50,683 | 5,245 | 8,625 | 71,734 | 2,176,352 |
| 1994 | 439 | 532 | 971 | 3,182 | 3,735 | 36,679 | 6,396 | 6,136 | 56,128 | 1,907,854 |
| 1995 | 625 | 587 | 1,212 | 5,536 | 349 | 35,440 | 4,876 | 16,976 | 63,177 | 2,161,413 |
| 1996 | 500 | 293 | 793 | 4,515 | 328 | 38,665 | 3,154 | 9,700 | 56,362 | 2,323,761 |
| 1997 | 448 | 184 | 632 | 4,597 | 309 | 32,831 | 3,071 | 11,365 | 52,173 | 1,232,119 |
| 1998 | 458 | 260 | 718 | 5,679 | 197 | 27,349 | 3,262 | 13,042 | 49,529 | 1,508,053 |
| 1999 | 393 | 493 | 886 | 3,177 | 964 | 22,267 | 6,540 | 9,997 | 42,945 | 1,841,708 |
| 2000 | 632 | 383 | 1,015 | 0 | 3,507 | 22,500 | 4,039 | 5,134 | 35,180 | 1,716,292 |
| 2001 | 405 | 124 | 529 | 0 | 7,414 | 21,171 | 11,741 | 7,533 | 47,859 | 558,927 |
| 2002 | 624 | 390 | 1,014 | 0 | 3,642 | 26,019 | 24,010 | 7,388 | 61,059 | 1,268,416 |
| 2003 | 739 | 455 | 1,194 | 128 | 771 | 56,764 | 9,597 | 18,282 | 85,542 | 2,174,351 |
| 2004 | 705 | 333 | 1,038 | 0 | 128 | 37,968 | 20,616 | 12,089 | 70,801 | 1,572,353 |
| 2005 | 500 | 342 | 842 | 2 | 533 | 35,393 | 16,649 | 7,481 | 60,058 | 1,694,291 |
| 2006 | 587 | 622 | 1,209 | 72 | 252 | 35,214 | 17,127 | 10,931 | 63,596 | 3,046,946 |
| 2007 | 326 | 339 | 665 | 1 | 145 | 40,253 | 15,182 | 11,638 | 67,219 | 2,864,482 |
| 2008 | 180 | 465 | 645 | 2 | 30 | 36,596 | 7,140 | 7,340 | 51,108 | 2,509,139 |
| 2009 | 158 | 438 | 596 | 0 | 760 | 32,058 | 7,774 | 3,690 | 44,282 | 3,266,805 |
| 2010 | 159 | 562 | 721 | 6 | 1,432 | 19,115 | 11,933 | 313 | 32,799 | 3,326,833 |
| 2011 | 142 | 370 | 512 | 117 | 131 | 27,674 | 8,217 | 774 | 36,913 | 1,875,466 |
| 2012 | 151 | 378 | 529 | 70 | 194 | 37,189 | 5,971 | 2,808 | 46,232 | 1,772,876 |

續下表

續上表

| 年份 | 面積 (公頃) | | | 林木材積 (立方公尺) | | | | | | | 竹類 (支) |
|------|---------|-----|-----|-------------|-------|--------|-------|-------|--------|-----------|--------|
| | 林地 | 竹林 | 總計 | 天然針葉林 | 天然闊葉林 | 人工針葉林 | 人工闊葉林 | 薪材 | 總計 | | |
| 2013 | 170 | 285 | 455 | 25 | 400 | 26,461 | 7,516 | 7,817 | 42,219 | 1,532,111 | |
| 2014 | 155 | 394 | 549 | 11 | 337 | 51,350 | 6,325 | 4,247 | 62,270 | 2,427,516 | |
| 2015 | 189 | 488 | 677 | 3 | 314 | 37,399 | 5,822 | 8,071 | 51,609 | 2,431,258 | |
| 2016 | 124 | 287 | 411 | 64 | 495 | 26,124 | 7,488 | 7,873 | 42,044 | 1,803,786 | |
| 2017 | 87 | 181 | 268 | 34 | 213 | 23,308 | 6,030 | 4,379 | 33,964 | 1,229,043 | |
| 2018 | 101 | 131 | 232 | 1 | 129 | 26,549 | 6,064 | 5,562 | 38,305 | 609,969 | |
| 2019 | 93 | 192 | 285 | 4 | 191 | 34,347 | 7,109 | 5,264 | 46,915 | 1,067,344 | |
| 2020 | 104 | 250 | 354 | 52 | 155 | 29,008 | 4,167 | 6,561 | 39,943 | 737,486 | |
| 2021 | 102 | 136 | 238 | 10 | 63 | 35,361 | 3,717 | 6,110 | 45,261 | 730,163 | |
| 2022 | 107 | 146 | 253 | 114 | 327 | 33,501 | 6,295 | 4,615 | 44,852 | 526,817 | |

資料來源：林務局之林業統計。

備註：1. 表列林木伐採面積，均係皆伐面積；竹之伐採面積，係含皆、擇伐面積。

2. 天然林之林木材積係統計天然林地倒木之材積。

表 6.2.7 受干擾影響的森林面積與損失材積

| 年份 | 次數 | 面積 (公頃) | 林木材積 (立方公尺) | 竹類 (支) | |
|------|----|---------|-------------|------------------------|-----------|
| 1990 | | 352 | 4,031 | 3,395 | 0 |
| 1991 | | 362 | 1,125 | 1,357,423 ¹ | 163,220 |
| 1992 | | 292 | 401 | 2,235 | 20,154 |
| 1993 | | 359 | 1,251 | 9,944 | 24,196 |
| 1994 | | 441 | 3,860 | 5,246 | 264,490 |
| 1995 | | 336 | 546 | 1,873 | 105,600 |
| 1996 | | 511 | 7,519 | 43,984 | 6,255,093 |
| 1997 | | 305 | 2,969 | 14,572 | 2,330,329 |
| 1998 | | 252 | 1,642 | 20,233 | 3,131,407 |
| 1999 | | 429 | 2,440 | 75,991 | 2,692,378 |
| 2000 | | 272 | 4,353 | 103,385 | 1,966,948 |
| 2001 | | 263 | 1,621 | 645,328 ² | 252,545 |
| 2002 | | 347 | 742 | 3,670 | 35,657 |
| 2003 | | 491 | 800 | 624 | 27,448 |
| 2004 | | 251 | 1,006 | 26,764 | 394,651 |
| 2005 | | 219 | 3,133 | 65,112 | 2,013,673 |
| 2006 | | 210 | 158 | 2,017 | 99,200 |
| 2007 | | 231 | 1,049 | 37,751 | 257,027 |
| 2008 | | 317 | 284 | 4,182 | 26,962 |
| 2009 | | 455 | 5,834 | 1,563,005 ³ | 2,486,573 |
| 2010 | | 419 | 97 | 5,202 | 1,608 |
| 2011 | | 476 | 33 | 297 | 731 |
| 2012 | | 445 | 10 | 109 | 0 |
| 2013 | | 413 | 15 | 411 | 750 |
| 2014 | | 380 | 30 | 494 | 0 |
| 2015 | | 435 | 64 | 842 | 180 |
| 2016 | | 381 | 6,160 | 2,269 ⁴ | 34,869 |
| 2017 | | 391 | 25 | 458 | 625 |
| 2018 | | 338 | 42 | 401 | 1,699 |
| 2019 | | 390 | 29 | 592 | 7,540 |
| 2020 | | 342 | 47 | 404 | 7,200 |
| 2021 | | 341 | 100 | 16,998 ⁵ | 21,554 |
| 2022 | | 269 | 45 | 18,618 | 1,134 |

資料來源：林務局之林業統計

 備註：1. 1991 年其他災害包括颱風災害次數共 7 次，面積共 295.74 公頃，被害材積 1,348,998.61m³，損失材積 1,348,992.06 m³。

2. 2001 年除丹大、梨山、雪山東峰及陽明山國家公園所發生之五次森林火災外，尚發生 59 次小火警，火災受損面積廣達 395 公頃，森林資源損失慘重。

3. 2009 年莫拉克風災對我國中、南部造成嚴重災害，尤其在高雄、屏東部分地區 3 天內降下超過 2,500 毫米的雨量，產生約 125 萬噸漂流木，致林木損失材積量大。

 4. 2016 年莫蘭蒂風災對金門造成 5,996.98 公頃之受損面積，惟依林業統計報表未具材積數據，然「金門森林風損評估之研究－以莫蘭蒂颱風為例」²² 報告顯示風倒材積量達 289,600 m³，依京都議定書決議文，LULUCF 部門各國應提交之每年天然干擾訊息可排除森林干擾釋放量超過背景值者，故該次風災損失材積不計入估算。

 5. 2021 年 5 月玉山國家公園森林火災，林木材積損失達 16,724m³，致使年度林木材積損失達 16,998m³。

22 邱祈榮、王楷勛，金門森林風損評估之研究－以莫蘭蒂颱風為例，行政院農業委員會林業試驗所（現為農業部林業試驗所），第十二屆環境保護林經營管理研討會論文集，91-98，2017。

表 6.2.8 1990 至 2022 年林地維持林地碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 年份 | 生物量生長 碳移除量 ΔCO_{2G} | 生物量年碳排放量 ΔCO_{2L} | | | 總碳移除量 ΔCO_2 |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | | 木材伐採碳排放量 ($L_{Wood-Removals}$) | 薪材收穫碳排放量 ($L_{Fuelwood}$) | 干擾等其他因素碳排放量 ($L_{Disturbance}$) | |
| 1990 | -23,902 | 524 | 77.9 | 5.2 | -23,295 |
| 1991 | -23,902 | 353 | 45.7 | 2,104.3 | -21,399 |
| 1992 | -23,741 | 285 | 43.3 | 4.4 | -23,408 |
| 1993 | -23,580 | 182 | 16.9 | 16.5 | -23,364 |
| 1994 | -23,418 | 157 | 12.0 | 21.0 | -23,228 |
| 1995 | -23,257 | 161 | 33.3 | 8.0 | -23,055 |
| 1996 | -23,095 | 168 | 19.0 | 372.7 | -22,536 |
| 1997 | -22,934 | 108 | 22.3 | 136.1 | -22,668 |
| 1998 | -22,772 | 117 | 25.6 | 183.8 | -22,446 |
| 1999 | -22,611 | 132 | 19.6 | 248.6 | -22,210 |
| 2000 | -22,449 | 123 | 10.1 | 255.5 | -22,061 |
| 2001 | -22,288 | 88 | 14.8 | 1,008.9 | -21,176 |
| 2002 | -22,127 | 145 | 14.5 | 7.4 | -21,960 |
| 2003 | -21,965 | 189 | 35.9 | 2.3 | -21,738 |
| 2004 | -21,804 | 159 | 23.7 | 60.6 | -21,560 |
| 2005 | -21,642 | 155 | 14.7 | 198.7 | -21,274 |
| 2006 | -21,481 | 221 | 21.5 | 8.0 | -21,230 |
| 2007 | -21,319 | 214 | 22.8 | 70.8 | -21,012 |
| 2008 | -21,158 | 177 | 14.4 | 7.8 | -20,959 |
| 2009 | -20,997 | 211 | 7.2 | 2,535.0 | -18,243 |
| 2010 | -20,889 | 209 | 0.6 | 8.1 | -20,671 |
| 2011 | -20,907 | 138 | 1.5 | 0.5 | -20,766 |
| 2012 | -20,932 | 139 | 5.5 | 0.2 | -20,787 |
| 2013 | -20,970 | 119 | 15.3 | 0.7 | -20,834 |
| 2014 | -21,004 | 188 | 8.3 | 0.8 | -20,807 |
| 2015 | -21,040 | 172 | 15.8 | 1.3 | -20,851 |
| 2016 | -21,068 | 132 | 15.5 | 5.2 | -20,915 |
| 2017 | -21,105 | 98 | 8.6 | 0.7 | -20,998 |
| 2018 | -21,148 | 71 | 10.9 | 0.7 | -21,065 |
| 2019 | -21,202 | 104 | 10.3 | 1.3 | -21,086 |
| 2020 | -21,271 | 76 | 12.9 | 1.0 | -21,181 |
| 2021 | -21,318 | 82 | 12.0 | 27.3 | -21,197 |
| 2022 | -21,359 | 76 | 9.1 | 28.8 | -21,245 |

備註： $\Delta CO_2 = \Delta CO_{2G} + (L_{Wood-Removals} + L_{Fuelwood} + L_{Disturbance})$ 。

1991 年、2001 年及 2009 年，因森林大火與颱風等重大災害，致使當年度生物量碳排放量 (ΔC_L) 較高，進而導致碳移除量較低，其餘各年均維持穩定狀態。

3 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

因蒙地卡羅法進行估算時在數據的應用上較為複雜且須統計軟體的協助，而誤差傳播法即可符合目前國內資料處理的需求，因此採用「誤差傳播法」推算我國「林地維持林地」碳移除量之不確定性。

林地碳移除量的不確定性討論對象包含林業活動數據 (如土地使用面積) 與轉換係數 (如各種碳轉換係數) 二大項目。其中因林業活動數據取自全國森林資源調查，第四次全國森林資源調查係以航照圖判釋，繪製土地利用型圖，無法以統計之方式估算不確定性，且其為國家統計資料，因此依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5%。

進行不確定性分析有四個主要步驟。首先，整理碳轉換係數文獻中的研究成果與標準差或標準誤差，不確定性是由

平均值和標準差所推估 (95% 信賴區間)，以下列公式 6.2.13 與公式 6.2.14 計算每篇文獻各樹種之不確定性；第二步則視取平均與中位數的過程為不同變量相加，採用誤差傳播法的加法規則 (公式 6.2.15) 計算出各係數之不確定性；因估算林地碳量時，活動數據與各個轉換係數為相乘的關係，依據誤差傳播法乘法規則 (公式 6.2.16) 來合併其不確定性。最後，林業部門溫室氣體清冊是將各林型碳排放 / 碳移除的數量相加，因此再以加法規則合併各林型不確定性，再合併林地維持林地與土地轉變為林地兩部分之不確定，詳如表 6.2.9。

公式 6.2.13

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(\chi_i - \bar{\chi})^2}{n - 1}}$$

SD = 標準差
 χ_i = 第 i 筆數值
 $\bar{\chi}$ = 文獻收集之數據平均值
 n = 數據筆數

表 6.2.9 林業活動數據與轉換係數不確定性分析結果

| 林型 | 係數 | 活動數據不確定性 (%) | 基本比重 (D) | 不確定性 (%) | 生物量轉換與擴展係數 (BCEF) | 不確定性 (%) | 根莖比 (R) | 不確定性 (%) | 碳含量比例 (CF) | 不確定性 (%) | 年生長量 (立方公尺 / 公頃) | 不確定性 (%) | 合併之不確定性 (%) |
|----------|----|--------------|----------|----------|-------------------|----------|---------|----------|------------|----------|--------------------|----------|-------------|
| 天然針葉林 | | 5.00 | 0.41 | 9.30 | 0.51 | 2.18 | 0.22 | 32.30 | 0.4821 | 2.89 | 4.14 | 12.19 | 35.07 |
| 天然針闊葉混淆林 | | 5.00 | 0.49 | 9.30 | 0.72 | 7.62 | 0.23 | 16.88 | 0.4756 | 1.80 | 10.05 | 15.83 | 24.92 |
| 天然闊葉林 | | 5.00 | 0.56 | - | 0.92 | 11.79 | 0.24 | 13.06 | 0.4691 | 2.13 | 3.58 | 15.80 | 18.84 |
| 人工針葉林 | | 5.00 | 0.41 | 9.30 | 0.51 | 2.18 | 0.22 | 32.30 | 0.4821 | 2.89 | 8.11 | 13.13 | 34.82 |
| 人工針闊葉混淆林 | | 5.00 | 0.49 | 9.30 | 0.72 | 7.62 | 0.23 | 16.88 | 0.4756 | 1.80 | 10.37 | 4.01 | 25.97 |
| 人工闊葉林 | | 5.00 | 0.56 | - | 0.92 | 11.79 | 0.24 | 13.06 | 0.4691 | 2.13 | 4.34 | 24.93 | 27.93 |
| 木竹混淆林 | | 5.00 | 0.49 | | 0.72 | 7.62 | 0.23 | 16.88 | 0.4756 | 1.80 | 3.31 | 11.45 | 22.83 |
| 竹林 | | 5.00 | 0.62 | 15.68 | - | - | 0.46 | - | 0.4732 | 2.15 | 13.84 ^a | - | 5.44 |

備註：^a竹林年生長量之單位為公噸/公頃。

公式 6.2.14

$$U = \frac{SD \times 1.96}{\bar{x}} \times 100\%$$

U = 不確定性

SD = 標準差

\bar{x} = 文獻收集之數據平均值

公式 6.2.15

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

U_{total} = 不確定性之總和 (加法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

E_1, E_2, E_n = 不同變量

公式 6.2.16

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

U_{total} = 不確定性之總和 (乘法規則)

U_1, U_2, U_n = 不同變量的不確定性

各林型中以天然針葉林與人工針葉林之合併不確定性最高，主要是因為針葉樹之 R 值採用 2006 IPCC 指南預設值，有較高之不確定性；又以天然闊葉林之不確定性最低。竹林則因為大多數係數採用的文獻並未註明標準差或標準誤差，無法估算不確定性，暫時忽略不計，因而促使不確定性低。

計算林地維持林地碳量變化時，是將各林型之碳量相加，因此計算不確定性分析時，先以誤差傳播法之加法規則，合併各林型係數之不確定性，再合併生物量碳移除量、伐採碳排放量、薪材收穫碳排放量與干擾損失碳排放量之不確定性。計算結果如下表所示，各年度林地維持林地碳移除量之不確定性介於 7.54 % 至 9.15 % 之間，如表 6.2.10 所示。

表 6.2.10 1990 至 2022 年林地維持林地不確定性

(單位：%)

| 年份 | 生物量碳移除量 (ΔC_G) | 生物量年碳排放量 ΔC_L | | | 合計 |
|------|--------------------------|---|------------------------------------|--|------|
| | | 木材伐採碳排放量 ($L_{\text{Wood-Removals}}$) | 薪材收穫碳排放量 (L_{Fuelwood}) | 干擾等其他因素碳排放量 ($L_{\text{Disturbance}}$) | |
| 1990 | 8.15 | 7.68 | 18.41 | 19.27 | 7.95 |
| 1991 | 8.15 | 7.89 | 18.41 | 19.20 | 7.54 |
| 1992 | 8.16 | 9.60 | 18.41 | 15.05 | 8.04 |
| 1993 | 8.17 | 10.64 | 18.41 | 17.90 | 8.10 |
| 1994 | 8.19 | 9.25 | 18.41 | 8.15 | 8.12 |
| 1995 | 8.21 | 8.90 | 18.41 | 7.76 | 8.14 |
| 1996 | 8.24 | 9.20 | 18.41 | 5.67 | 8.05 |
| 1997 | 8.27 | 11.57 | 18.41 | 5.55 | 8.18 |
| 1998 | 8.32 | 9.37 | 18.41 | 5.58 | 8.20 |
| 1999 | 8.36 | 7.39 | 18.41 | 9.54 | 8.22 |
| 2000 | 8.42 | 7.73 | 18.41 | 12.21 | 8.28 |
| 2001 | 8.48 | 10.53 | 18.41 | 19.03 | 8.12 |
| 2002 | 8.55 | 9.19 | 18.41 | 14.80 | 8.49 |
| 2003 | 8.63 | 11.44 | 18.41 | 8.67 | 8.54 |
| 2004 | 8.71 | 10.16 | 18.41 | 13.26 | 8.61 |

續下表

續上表

| 年份 | 生物量 碳移除量 (ΔC_G) | 生物量年碳排放量 ΔC_L | | | 合計 |
|------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------|
| | | 木材伐採碳排放量 ($L_{Wood-Removals}$) | 薪材收穫碳排放量 ($L_{Fuelwood}$) | 干擾等其他因素碳排放量 ($L_{Disturbance}$) | |
| 2005 | 8.80 | 9.56 | 18.41 | 10.12 | 8.65 |
| 2006 | 8.90 | 7.36 | 18.41 | 8.25 | 8.79 |
| 2007 | 9.00 | 8.09 | 18.41 | 15.89 | 8.87 |
| 2008 | 9.11 | 8.52 | 18.41 | 16.04 | 9.03 |
| 2009 | 9.23 | 6.98 | 18.41 | 18.35 | 8.40 |
| 2010 | 9.23 | 5.74 | 18.41 | 19.08 | 9.13 |
| 2011 | 9.21 | 8.36 | 18.41 | 17.88 | 9.15 |
| 2012 | 9.20 | 10.33 | 18.41 | 19.27 | 9.14 |
| 2013 | 9.18 | 9.01 | 18.41 | 18.22 | 9.12 |
| 2014 | 9.17 | 10.53 | 18.41 | 19.27 | 9.08 |
| 2015 | 9.15 | 8.82 | 18.41 | 19.14 | 9.07 |
| 2016 | 9.15 | 8.26 | 18.41 | 13.10 | 9.08 |
| 2017 | 9.13 | 9.51 | 18.41 | 18.47 | 9.09 |
| 2018 | 9.12 | 14.03 | 18.41 | 17.01 | 9.09 |
| 2019 | 9.11 | 12.48 | 18.41 | 13.83 | 9.06 |
| 2020 | 9.09 | 14.11 | 18.41 | 12.49 | 9.06 |
| 2021 | 9.09 | 15.88 | 18.41 | 18.53 | 9.03 |
| 2022 | 9.08 | 16.40 | 18.41 | 19.23 | 9.03 |

備註：各年度「薪材收穫」之統計值均源自人工闊葉林，故其不確定性以人工闊葉樹林型之 18.41 為值。

(2) 時間序列一致性

森林面積活動數據主要採自全國森林資源調查數據，然全國森林資源調查並非每年進行調查，為符合時間序列的一致性，參考 2006 IPCC 指南，兩次調查間的年度以內插法推得各林型之相關數據。又因第三次與第四次全國森林資源調查相隔久遠（約 18 年），考量到調查技術之提升，以外推法可能會有高估變動之情形，故第四次全國森林資源調查（2009 年）以後，使用替代數據－崩塌地圖層，來排除崩塌地區，以估算林地維持林地面積。崩塌地圖資料來源分別為「運用衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」計畫 2010 年至 2016 年成果、「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業」計畫所產出 2013 年至 2022 年坡地崩塌區域，以兩者聯集做為 2022 年排除生長量區域面積。

4 林業部門碳移除量的 QA/QC 及查證

查證的定義：「查證指在清冊規劃、發展及完成後，收集可能有助於建立可信度的活動資料和程序步驟，以供清冊的查證程序使用」。換言之，「查證 (Verification)」是對清冊報告中的排放 / 移除量作定期審查，以建立清冊可信度。查證過程應做為品質保證 (Quality Assurance, QA) 和品質控制 (Quality Control, QC) 程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

有關林業部門 QA/QC 機制之執行，係於統計資料分析階段，針對調查數據進行檢核，釐清或排除不合理的數據，本年度亦導入現場稽核作業，由林業保育署赴現場抽查量測結果、落實推動，以提升森林資源調查品質。

5. 林業部門碳移除量的重新計算

估算方式與相關轉換係數沿用以往計算方式及引用原則，本年度清冊報告尚無修正，僅更新至 2022 年度資料。

6. 林業部門碳移除量的改善計畫

- (1) 有關各林型或土地利用型圖之活動數據，為土地使用變遷的依據，亦為林業部門碳移除量的估算基礎，2017 年起引用「森林資源調查暨國有林事業區檢訂土地覆蓋型及航照樣點圖資更新作業」計畫成果，依調查資料及林地覆蓋型更新情形，並搭配衛星影像監測或國土利用調查成果，產製森林面積活動數據。
- (2) 目前僅以崩塌地為主扣除森林覆蓋面積方式，將逐步視年度圖資供應情形，考慮納入其他森林覆蓋移除的情形；同時研議建立適當機制妥善處理崩塌地復育後碳移除量的估算方式。
- (3) 針對碳轉換係數及各林型年生長量，研議辦理精進及更新，以提升清冊數據品質。
- (4) 為完善品質保證 (QA) 和品質控制 (QC) 程序，建立並持續推動從樣區調查、林型判釋、年度森林面積產製過程建立活動數據收集的 QA/QC 程序，促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

6.2.2 其他土地轉變為林地 (4.A.2)

1. 排放源及匯分類的敘述

土地轉變為森林之碳庫 (Carbon Pool) 與林地維持林地相同，區分為生物量 (Biomass) (包含地上部及地下部生物量)、死有機質 (Dead Organic Matter) (包含枯死木與枯落

物)、土壤(Soils)(包含土壤有機質)等三大類。各類碳庫說明如表 6.2.2 所示。

2. 方法學議題：

(1) 計算方法：

A. ΔC_B 生物量(Biomass) 碳貯存量的變化

有關生物量碳貯量變化，採用 6.2.1 章節整理公式 6.2.1 至公式 6.2.12 計算。

B. ΔC_{DOM} 死有機物質(Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，對於這些碳庫中的碳貯存量變化並不明顯，因此其預設值可假設為零，即投入與損失相抵，因此死有機質碳貯存量變化淨值為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、擾動或經營體制的重大轉變，這是個安全的假設。

C. ΔC_{Soils} 土壤(Soils) 碳貯存量變化

上述假設可同樣應用於土壤碳庫，淨碳貯存變化量為零。

(2) 轉換係數

碳轉換係數方面，基本比重(D)、生物量擴展係數(BEF_f 、 BEF_r)、生物量轉換與擴展係數(BCEF)、根莖比(R)及乾物質碳含量比例(CF)採用與林地維持林地相同之數值，如表 6.2.3 所示。

材積生長量則依林俊成等(2002)²³對全民造林運動碳吸存潛力之評估結果，以樟樹、臺灣檫、相思樹、光臘樹等四

種樹種之平均生長量做為闊葉林造林材積計算基準，而以肖楠、柳杉、杉木等三種樹種之平均生長量做為針葉林造林材積計算基準，針闊葉混生林平均生長量則為針葉林及闊葉林之平均值。竹林的平均生長量則依林裕仁等(2011)的研究結果，平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

(3) 活動數據

各年度土地轉變為林地之面積採用林業統計的造林面積，如表 6.2.11 所示。

(4) 碳移除量

1990 年至 2022 年「其他土地轉變為林地」碳移除量變化結果如表 6.2.12，主要隨著新植造林面積的累積，碳移除量逐年增加，然自 2017 年起造林面積由 938 公頃減少為 565 公頃(表 6.2.11)，進而影響生物量碳移除量，2022 年碳移除量為 589 千公噸二氧化碳當量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關土地轉變為林地之不確定性分析，採用 6.2.1 章節之公式 6.2.13 至公式 6.2.16 計算。

以誤差傳播法之加法原則，將各林型轉換係數之不確定性依排放量進行合併，估算各年度土地轉變為林地之不確定性如表 6.2.13，介於 12.74% 至 17.30% 之間。

表 6.2.11 1990 至 2022 年土地轉變為林地面積

(單位：公頃)

| 年份 | 針葉林 | 針闊葉混生林 | 闊葉林 | 竹林 | 合計 |
|------|-------|--------|--------------------|-----|-------|
| 1990 | 959 | 67 | 2,696 | 161 | 3,883 |
| 1991 | 1,350 | 52 | 3,002 | 252 | 4,656 |
| 1992 | 1,780 | 48 | 2,975 | 279 | 5,082 |
| 1993 | 1,481 | 0 | 2,999 | 303 | 4,783 |
| 1994 | 1,005 | 0 | 3,487 | 129 | 4,621 |
| 1995 | 614 | 0 | 2,832 | 112 | 3,558 |
| 1996 | 1,222 | 0 | 3,901 | 108 | 5,231 |
| 1997 | 1,709 | 0 | 3,438 | 100 | 5,247 |
| 1998 | 1,441 | 0 | 5,978 | 70 | 7,489 |
| 1999 | 1,516 | 2 | 6,653 | 129 | 8,300 |
| 2000 | 1,032 | 0 | 4,125 | 70 | 5,227 |
| 2001 | 796 | 0 | 4,068 | 70 | 4,934 |
| 2002 | 853 | 4 | 6,556 | 71 | 7,484 |
| 2003 | 492 | 31 | 6,717 | 45 | 7,285 |
| 2004 | 638 | 4 | 4,092 | 134 | 4,868 |
| 2005 | 62 | 0 | 1,477 ¹ | 57 | 1,596 |
| 2006 | 59 | 0 | 345 | 5 | 409 |
| 2007 | 313 | 0 | 818 | 5 | 1,136 |
| 2008 | 87 | 0 | 426 | 5 | 518 |
| 2009 | 671 | 0 | 2,595 | 1 | 3,267 |
| 2010 | 250 | 0 | 2,580 | 0 | 2,830 |

續下表

23 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估，臺灣林業科學，17(3)，311-321，2002。

續上表

| 年份 | 針葉林 | 針闊葉混淆林 | 闊葉林 | 竹林 | 合計 |
|-------------------|-----|--------|-------|----|-------|
| 2011 ² | 144 | 0 | 3,399 | 1 | 3,544 |
| 2012 | 150 | 0 | 3,044 | 0 | 3,194 |
| 2013 | 226 | 0 | 1,179 | 0 | 1,405 |
| 2014 | 155 | 0 | 1,098 | 0 | 1,253 |
| 2015 | 139 | 0 | 993 | 0 | 1,132 |
| 2016 | 112 | 0 | 826 | 0 | 938 |
| 2017 | 68 | 0 | 497 | 0 | 565 |
| 2018 | 73 | 0 | 492 | 0 | 565 |
| 2019 | 102 | 0 | 406 | 0 | 508 |
| 2020 | 140 | 0 | 354 | 0 | 494 |
| 2021 | 128 | 0 | 363 | 0 | 491 |
| 2022 | 87 | 0 | 214 | 0 | 301 |

資料來源：林務局之林業統計

備註：1. 因 2005 年起停止全民造林政策致造林面積減少。

2. 林業統計面積取自林務局林業統計表之造林面積表、一般造林面積表（按樹種分）；2011 年後相關造林計畫造林面積依新增之相關造林計畫造林面積表（按機關分）扣除營造複層林及其他造林部分。

表 6.2.12 1990 至 2022 年土地轉變為林地碳移除量變化

（單位：千公噸二氧化碳當量）

| 年份 | 生物量碳移除量 ΔCO_2G | | | | 總碳移除量 ΔCO_2 |
|------|------------------------|--------|--------|--------|------------------------|
| | 針葉林 | 針闊葉混淆林 | 闊葉林 | 竹林 | |
| 1990 | -13 | -1.3 | -68 | -7.92 | -91 |
| 1991 | -13 | -1.3 | -68 | -7.92 | -91 |
| 1992 | -21 | -1.3 | -93 | -20.29 | -136 |
| 1993 | -32 | -1.5 | -115 | -33.96 | -182 |
| 1994 | -34 | -1.0 | -147 | -48.82 | -230 |
| 1995 | -34 | -1.2 | -195 | -55.18 | -285 |
| 1996 | -34 | -1.4 | -227 | -52.78 | -315 |
| 1997 | -47 | -1.5 | -298 | -45.69 | -392 |
| 1998 | -64 | -1.8 | -338 | -36.92 | -440 |
| 1999 | -74 | -1.9 | -452 | -25.49 | -553 |
| 2000 | -89 | -2.1 | -539 | -25.45 | -656 |
| 2001 | -96 | -2.1 | -551 | -23.36 | -673 |
| 2002 | -103 | -2.1 | -620 | -21.53 | -747 |
| 2003 | -112 | -2.2 | -752 | -20.10 | -886 |
| 2004 | -116 | -2.7 | -843 | -18.89 | -981 |
| 2005 | -129 | -2.3 | -866 | -19.15 | -1,016 |
| 2006 | -129 | -2.3 | -879 | -18.53 | -1,029 |
| 2007 | -136 | -2.3 | -908 | -15.34 | -1,062 |
| 2008 | -144 | -2.3 | -964 | -12.10 | -1,123 |
| 2009 | -144 | -2.3 | -988 | -10.15 | -1,145 |
| 2010 | -155 | -2.2 | -1,057 | -3.63 | -1,218 |
| 2011 | -144 | -1.6 | -1,034 | -0.83 | -1,181 |
| 2012 | -134 | -1.0 | -1,037 | -0.59 | -1,173 |
| 2013 | -119 | -0.5 | -1,019 | -0.36 | -1,139 |
| 2014 | -108 | -0.5 | -970 | -0.10 | -1,079 |
| 2015 | -100 | -0.5 | -948 | -0.03 | -1,049 |
| 2016 | -95 | -0.5 | -915 | -0.03 | -1,011 |
| 2017 | -87 | -0.5 | -875 | 0 | -963 |
| 2018 | -74 | -0.5 | -844 | 0 | -918 |
| 2019 | -63 | -0.5 | -767 | 0 | -831 |
| 2020 | -52 | -0.5 | -672 | 0 | -724 |
| 2021 | -45 | -0.4 | -608 | 0 | -654 |
| 2022 | -40 | -0.4 | -549 | 0 | -589 |

表 6.2.13 1990 至 2022 年土地轉變為林地碳移除量不確定性

(單位：%)

| 年份 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 生物量碳移除量 ΔC_G | 14.68 | 14.68 | 13.64 | 13.00 | 12.74 | 13.22 | 13.75 | 14.55 | 14.92 | 15.68 | 15.78 | 15.80 |
| 年份 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| 生物量碳移除量 ΔC_G | 15.95 | 16.17 | 16.30 | 16.23 | 16.26 | 16.30 | 16.37 | 16.42 | 16.52 | 16.62 | 16.71 | 16.82 |
| 年份 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | |
| 生物量碳移除量 ΔC_G | 16.88 | 16.94 | 16.96 | 17.00 | 17.13 | 17.19 | 17.24 | 17.28 | 17.30 | | | |

(2) 時間序列一致性

土地轉變為森林碳移除量變化活動數據主要來自於林業統計的造林面積，2022 年度並未改變。

4. 林業部門碳移除量的 QA/QC 及查證

查證的定義：「查證指在清冊規劃、發展及完成後，收集可能有助於建立可信度的活動資料和程序步驟，以供清冊的查證程序使用」。換言之，「查證 (Verification)」是對清冊報告中的排放 / 移除量作定期審查，以建立清冊可信度。查證過程應做為品質保證 (QA) 和品質控制 (QC) 程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

有關林業部門 QA/QC 機制之執行，係於統計資料分析階段，針對調查數據進行檢核，釐清或排除不合理的數據，本年度亦導入現場稽核作業，由林業保育署赴現場抽查量測結果、落實推動，以提升森林資源調查品質。

5. 林業部門碳移除量的改善計畫

其他土地轉變為林地資料目前缺乏 GIS 圖資，對於造林地後續管理及現況更新較為不易，後續研議建立造林地相關 GIS 圖資提供機制以利後續管理。

6.3 參考文獻

1. IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996.
2. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
3. 呂錦明、陳財輝，桂竹之林分構造及生物量－桶頭－桂竹林分之例，林業試驗所研究報告季刊，7 (1)，1-13，1992。
4. 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京，福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布，林業試驗所研究報告季刊，9 (4)，299-315，1994。
5. 王義仲、陳周宏，臺灣產竹種工藝利用價值之評估 (I)，林產工業，14 (1)，82-94，1995。
6. 行政院農業委員會林務局 (現為農業部林業及自然保育署)，第三次臺灣森林資源及土地利用調查，1995。
7. 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量，林業試驗所研究報告季刊，3 (1)，333-343，1988。
8. 陳財輝、許博行、張峻德，四湖木麻黃林分生物量及養分聚集，臺灣林業科學，13 (4)，325-349，1998。
9. 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估，臺灣林業科學，17 (3)，311-321，2002。
10. 林裕仁、劉瓊霏、林俊成，臺灣地區主要用材比重與碳含量測定，臺灣林業科學，17 (3)，291-299，2002。
11. 林國銓、何淑玲，由生物量推估臺灣不同林分之碳儲存量，行政院農業委員會林業試驗所 (現為農業部林業試驗所)，森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集，97108，2005。
12. 林國銓、杜清澤、黃菊美、王巧萍，亞熱帶闊葉林林木粗根生物量和養分含量之估算，臺灣林業科學，21 (2)，155-166，2006。
13. 王義仲，竹林生物量調查回顧與展望，行政院農業委員會林業試驗所 (現為農業部林業試驗所)，2006 森林碳吸存研討會論文集，167-188，2006。
14. 王兆桓、劉知好，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立，2006 森林碳吸存研討會論文集，200-215，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所 (現為農業部林業試驗所)，2006。
15. 柯淑惠，臺灣檉人工林生物量及碳儲存量之研究，國立中興大學森林學系碩士論文，2006。

16. 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、邱祈榮，海岸林分生物量調查規劃，行政院農業委員會林業試驗所（現為農業部林業試驗所），2006年森林碳吸存研討會論文集，217-235，2006。
17. 林國銓、杜清澤、黃菊美，苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算，中華林學季刊，40(2)，201-218，2007。
18. 林國銓、黃菊美、杜清澤，檳木人工林造林木碳貯存量和吸存量之估算，國家公園學報，18(2)，45-58，2008。
19. 王兆桓，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立(3/3)，行政院農業委員會林務局（現為農業部林業及自然保育署），2008。
20. 李宣德、馮豐隆，森林碳吸存資源調查推估模式系統以臺灣樟樹為例，臺灣林業科學，23(Supplement)，11-22，2008。
21. 許原瑞，桉樹類的生物量與碳蓄積量，行政院農業委員會林業試驗所（現為農業部林業試驗所），97年度森林碳管理研討會論文集，17-29，2008。
22. 林國銓、杜清澤、黃菊美，臺東地區相思樹與楓香兩人工林碳累積量，林業研究季刊，31(3)，55-68，2009。
23. 林國銓、杜清澤、黃菊美，光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之估算，中華林學季刊，43(2)，261-276，2010。
24. 李宣德、馮豐隆，臺灣地區樟樹生物量擴展係數之建立，林業研究季刊，32(3)，45-54，2010。
25. 林裕仁、王秋嫻、Sara Wu，四種臺灣竹材碳轉換係數之分析，臺灣林業科學，26(4)，341-355，2011。
26. 邱祈榮、王楷勛，金門森林風損評估之研究－以莫蘭蒂颱風為例，行政院農業委員會林業試驗所（現為農業部林業試驗所），第十二屆環境保護林經營管理研討會論文集，91-98，2017。



第七章

廢棄物部門 (CRT Sector 5)

7.1 部門概述

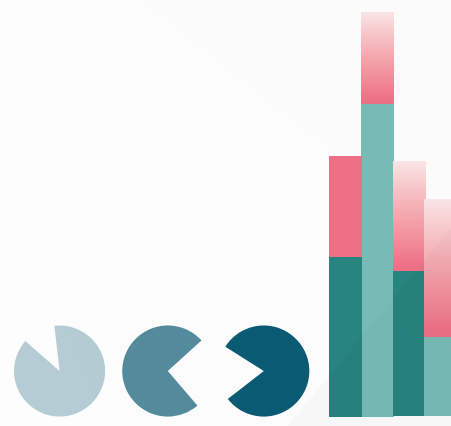
7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B)

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

7.5 廢水處理與放流 (5.D)

7.6 參考文獻



第七章 廢棄物部門 (CRT Sector 5)

7.1 部門概述

依據 2006 IPCC 國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南), 我國廢棄物部門溫室氣體排放源範疇, 包括 5.A「固體廢棄物處理」、5.B「固體廢棄物之生物處理」、5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」、5.D「廢水處理與放流」及 5.E「其他」, 為廢棄物管理衍生之溫室氣體排放, 如表 7.1.1 所示。主要計算規定如下:

1. 屬生物成因 (Biogenic Origin) 之二氧化碳不納入計算, 因廢棄物在生物界中本身會被細菌分解成二氧化碳, 如: 掩埋場廢棄物分解及廢水處理廠好氧處理所產生之二氧化碳。
2. 依據 2006 IPCC 指南規範, 凡涉及能源部門之內容, 如掩埋場回收沼氣進行發電及大型焚化爐焚化發電, 此部分屬燃料燃燒能源利用, 其溫室氣體排放應列於能源部門, 避免重複計算。
3. 依據 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版 (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2019 IPCC 精進指南), 污水處理必須考量移除污泥量、更新開放水體排放係數及新增排入開放水體排放之計算方式。

4. 溫室氣體當量換算, 依據 UNFCCC 締約方第 27 次會議之決議, 於 2024 年起修正改為參採 IPCC 第 5 次評估報告 (AR5) 之溫暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 計算, 即甲烷為 28 倍二氧化碳, 氧化亞氮為 265 倍二氧化碳。

另依據 IPCC 針對各方法學所提出之方法學使用層級, 可分為 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1)、方法 2(Tier 2) 及方法 3(Tier 3) 等三類, 相關採用原則如表 7.1.2 所示。另根據每年排放量統計結果, 按 2006 IPCC 指南建議, 進行定量與定性之不確定性分析, 以提升清冊的正確度。

今年廢棄物部門依照 2019 IPCC 精進指南精進排放源的估算, 其中精進排放源, 包括 5.A「固體廢棄物處理」、5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」、5.D「廢水處理與放流」, 關於各類排放源精進的說明, 如表 7.1.3 所示。

精進後, 1990 年至 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量與不確定性分析結果, 如表 7.1.4 與表 7.1.5 所示。根據歷年排放量趨勢顯示, 以 2001 年 13,789 千公噸二氧化碳當量為最高, 主要來自廢棄物掩埋處理排放增加。隨著廢棄物處理政策轉變, 由掩埋處理逐漸轉以資源回收再利用及焚化為主之策略, 掩埋排放量自 1999 年起逐年遞減, 帶動部門整體排放降低, 廢棄物部門排放源自 2015 年後轉以廢水處理與放流為大宗。

2022 年廢棄物部門排放量為 2,700 千公噸二氧化碳當量, 較 1990 年與 2005 年分別減少 68.94% 與 70.36%, 並達到歷史最低。2022 年廢棄物部門各排放源之溫室氣體排

表 7.1.1 廢棄物部門排放源分類

| 排放源 | | 範疇定義 | 排放氣體 |
|-----|--------------------|---|--------------|
| 5.A | 固體廢棄物處理 | 固體廢棄物掩埋場中之有機物質於厭氧狀態下經微生物分解而產生甲烷。 | 甲烷 |
| | 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 妥善管理之廢棄物掩埋場必須具備受控制的廢棄物放置地點, 且包含以下其中一種: 覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物平整等措施。 | 甲烷 |
| | 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 不屬於以上妥善管理之廢棄物掩埋場之其他形式廢棄物掩埋場。 | 甲烷 |
| | 5.A.3 未分類之廢棄物處理廠址 | 其他廢棄物掩埋場。 | 無 |
| 5.B | 固體廢棄物之生物處理 | 廢棄物堆肥與其他生物處理; 沼氣發電設施的排放, 應列於能源部門 (1.A.4) 下。 | 甲烷、氧化亞氮 |
| 5.C | 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 1. 廢棄物焚化, 但不包括廢棄物發電設備。 2. 廢棄物燃燒發電所產生之排放應列於能源部門 (1.A)。 3. 而農作物、森林與草地等燃燒, 所產生的排放應列於農業部門 (3.C)。 | 二氧化碳、氧化亞氮 |
| | 5.C.1 廢棄物焚化 | 於可控制之焚化設施中燃燒的固體廢棄物。 | 二氧化碳、氧化亞氮 |
| | 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | 露天或露天垃圾場中的廢棄物燃燒。 | 無 |
| 5.D | 廢水處理與放流 | 1. 污 (廢) 水處理過程中, 有機物及總氮等經細菌厭氧分解而產生甲烷與氧化亞氮。 2. 氧化亞氮亦可能由污水處理與人類的排泄物所釋出。 | 甲烷、氧化亞氮 |
| | 5.D.1 生活污水處理與放流 | 1. 住宅與商業來源之污水與污泥處理 (包括人體排泄物) 透過污水收集與處理、露天廁所、污水池或逕流釋放。 2. 由人體排泄物排放至環境水體過程中產生之氧化亞氮亦包含於此類別。 | 甲烷、氧化亞氮 |
| | 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 1. 來自於工業製程之廢水及污泥處理, 因經厭氧處理及好氧硝化作用產生甲烷及氧化亞氮。 2. 此類別可能包括廢水收集與處理、廢水池或未處理直接排放出去的廢水。 3. 排放到市鎮污水系統的事業廢水, 應納入 5.D.1 下。 | 二氧化碳、甲烷、氧化亞氮 |
| 5.E | 其他 | 其他廢棄物處理活動所釋放出之溫室氣體; 如生物醫療廢棄物、有害事業廢棄物與農業廢棄物等。 | 無 |

表 7.1.2 廢棄物部門所使用方法學

| 溫室氣體排放源分類 | 二氧化碳 | | 甲烷 | | 氧化亞氮 | |
|--------------------|------|------|----------|----------|-------|-------|
| | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 | 方法學 | 排放係數 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | NE | NE | T2 | T2 | NE | NE |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | NE | NE | T2 | T2 | NE | NE |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | NE | NE | T2 | T2 | NE | NE |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | NE | NE | T1 | T1 | T1 | T1 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | T1 | T2 | NE | NE | T1 | T1 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | T1 | T2 | NE | NE | T1 | T1 |
| 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 5.D 廢水處理與放流 | NE | NE | T3/T2/T1 | T3/T2/T1 | T3/T1 | T3/T1 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | NE | NE | T3/T2 | T3/T2/T1 | T1 | T1 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | T3 | T3 | T1 | T1 | T3 | T3 |

備註：2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1)；2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2, T2)；2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3, T3)；NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計；灰底為指南未建議納入統計該氣體。

表 7.1.3 廢棄物部門精進項目

| 排放源 | 精進內容 | 更新依據 | 數據完整性說明 |
|------------------------|--|--|--|
| 5.A 固體廢棄物處理 | ·依廢棄物組成修正可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon, DOC) 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decompose, DOC_F) | 2019 IPCC 精進指南 | ·僅更新參數預設值，因此 1990~2022 年數據皆可更新。 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | ·調整為依廢棄物種類計算排放量 | 環境部 2022 年 1 月專家諮詢會議之結論 | ·2011 年後精進數據皆完整 ·2011 年前數據追溯方式，環境部已於 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議中決議。 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 (甲烷) | ·修正污水處理及排放至開放水體之排放係數 ·新增廠外排入開放水體排放量 ·扣除水肥移除生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ·更新污水處理廠排放係數並將單位修正為 $kgCH_4/kgBOD$ | 2019 IPCC 精進指南 環境部 2021 年 9 月與 2023 年 11 月專家諮詢會議之結論 | ·水肥數據僅能追溯至 2016 年。 ·污水處理廠精進排放可同目前清冊追溯至 2009 年。 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 (氧化亞氮) | ·依妥善及未妥善處理分別計算排放量 ·新增廠外排入開放水體排放量 ·更新污水處理廠排放係數並將單位修正為 $kgN_2O/kgTN$ | 2019 IPCC 精進指南 環境部 2021 年 9 月與 2023 年 11 月專家諮詢會議之結論 | ·污水處理廠氧化亞氮排放僅能追溯至 2015 年 (2009 年~2014 年無申報)。 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 (甲烷) | ·修正好氧處理甲烷排放係數為 0 ·調整行業別範疇 ·新增廠外排入開放水體排放量 ·新增工業區廢水處理排放量 ·每年更新非工業區廢水處理之厭氧比例 ·工業區及特定行業排放以盤查管制對象登錄之數據優先，其餘以 IPCC 指南公式計算 | 2019 IPCC 精進指南 環境部 2023 年 5 月與 2023 年 11 月專家諮詢會議之結論 | ·事業盤查申報數據自 2015 年起，2015 年前仍需以 IPCC 指南公式計算。 ·2007 年後數據完整，2007 年前之化學需氧量 (Chemical Oxygen Demand, COD) 處理量則以列管家數回推 (同目前清冊回推方式) ·1990~2006 年之厭氧比例同 2007 年。 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 (氧化亞氮) | ·調整行業別範疇 ·新增廠外排入開放水體排放 | 2019 IPCC 精進指南 | ·目前清冊僅計算 2013 年後之排放，精進後由於 2013~2015 年僅有放流總氨申報數據，因此僅計算放流氧化亞氮排放。 ·2015 年後精進數據皆完整。 |

表 7.1.4 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5 廢棄物部門 | 8,694 | 8,858 | 9,415 | 10,444 | 11,430 | 13,424 | 13,703 | 12,616 | 13,170 | 12,865 | 12,599 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 5,171 | 5,247 | 5,413 | 6,281 | 6,882 | 7,642 | 7,670 | 7,906 | 8,385 | 8,538 | 8,197 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 1,931 | 1,959 | 2,018 | 2,211 | 2,370 | 2,470 | 2,561 | 2,590 | 2,577 | 2,420 | 2,113 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 21.67 | 1.05 | 1.50 | 0.88 | 0.26 | 1.20 | 0.48 | 2.71 | 0.10 | 3.73 | 0.53 |
| 5.B.1 堆肥處理 | 21.67 | 1.05 | 1.50 | 0.88 | 0.26 | 1.20 | 0.48 | 2.71 | 0.10 | 3.73 | 0.53 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 95 | 35 | 312 | 305 | 505 | 1,591 | 1,669 | 333 | 496 | 283 | 698 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 95 | 35 | 312 | 305 | 505 | 1,591 | 1,669 | 333 | 496 | 283 | 698 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,476 | 1,616 | 1,671 | 1,647 | 1,673 | 1,719 | 1,803 | 1,784 | 1,712 | 1,621 | 1,590 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 1,116 | 1,124 | 1,139 | 1,156 | 1,164 | 1,177 | 1,184 | 1,198 | 1,177 | 1,124 | 1,073 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 360 | 492 | 532 | 490 | 509 | 542 | 619 | 586 | 534 | 497 | 517 |

續下表

續上表

| 溫室氣體排放源 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5 廢棄物部門 | 13,789 | 12,810 | 11,829 | 11,050 | 9,109 | 8,450 | 7,719 | 6,836 | 5,948 | 5,421 | 4,943 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 7,722 | 7,250 | 6,686 | 6,187 | 5,678 | 5,124 | 4,552 | 3,966 | 3,370 | 2,866 | 2,455 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 1,934 | 1,726 | 1,506 | 1,295 | 1,108 | 942 | 797 | 678 | 572 | 482 | 407 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 0.04 | 0.71 | 4.42 | 12.80 | 18.68 | 21.58 | 27.70 | 31.52 | 34.34 | 40.00 | 50.10 |
| 5.B.1 堆肥處理 | 0.04 | 0.71 | 4.42 | 12.80 | 18.68 | 21.58 | 27.70 | 31.52 | 34.34 | 40.00 | 50.10 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 2,624 | 2,299 | 2,086 | 2,017 | 784 | 857 | 846 | 740 | 710 | 754 | 678 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 2,624 | 2,299 | 2,086 | 2,017 | 784 | 857 | 846 | 740 | 710 | 754 | 678 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,510 | 1,534 | 1,546 | 1,538 | 1,521 | 1,505 | 1,496 | 1,421 | 1,262 | 1,279 | 1,352 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 1,052 | 1,039 | 1,032 | 993 | 962 | 930 | 882 | 843 | 813 | 798 | 768 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 458 | 495 | 515 | 546 | 559 | 576 | 615 | 578 | 449 | 482 | 584 |
| 溫室氣體排放源 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 5 廢棄物部門 | 4,446 | 4,126 | 3,663 | 3,309 | 3,420 | 3,208 | 2,868 | 2,785 | 2,753 | 2,835 | 2,700 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 2,089 | 1,766 | 1,493 | 1,264 | 1,079 | 920 | 783 | 680 | 605 | 529 | 503 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 343 | 289 | 243 | 205 | 173 | 160 | 155 | 157 | 165 | 165 | 160 |
| 5.B 固體廢棄物之生物處理 | 46.70 | 43.30 | 39.20 | 37.70 | 37.80 | 39.20 | 44.40 | 47.20 | 50.10 | 50.50 | 47.20 |
| 5.B.1 堆肥處理 | 46.70 | 43.30 | 39.20 | 37.70 | 37.80 | 39.20 | 44.40 | 47.20 | 50.10 | 50.50 | 47.20 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 665 | 825 | 743 | 503 | 595 | 619 | 645 | 710 | 806 | 918 | 941 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 665 | 825 | 743 | 503 | 595 | 619 | 645 | 710 | 806 | 918 | 941 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,302 | 1,203 | 1,145 | 1,299 | 1,535 | 1,470 | 1,242 | 1,191 | 1,127 | 1,172 | 1,048 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 732 | 704 | 687 | 674 | 635 | 611 | 588 | 535 | 512 | 482 | 455 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 570 | 499 | 458 | 626 | 900 | 860 | 654 | 656 | 615 | 691 | 594 |

表 7.1.5 2022 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性

| IPCC 分類 | | 溫室氣體 | 排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 不確定性 (%) |
|------------------|--------------------|------|--------------------|--------------|
| 5.A. 固體廢棄物處理 | 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 甲烷 | 503 | 33.22 |
| | 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 甲烷 | 160 | 39.05 |
| 5.B. 固體廢棄物之生物處理 | 5.B.1 堆肥處理 | 甲烷 | 28 | 22.36 |
| | | 氧化亞氮 | 20 | 22.36 |
| 5.C. 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 5.C.1 廢棄物焚化 | 二氧化碳 | 932 | 21.29 |
| | | 氧化亞氮 | 9 | 18.06 |
| | | 甲烷 | 373 | 42.63 |
| 5.D. 廢水處理與放流 | 5.D.1 生活污水處理與放流 | 氧化亞氮 | 82 | 35.35 |
| | | 二氧化碳 | 0.4 | 5.00 |
| | 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 甲烷 | 590 | 38.07 |
| | | 氧化亞氮 | 3 | 20.78 |
| | | | | |
| 廢棄物部門 | | | 2,700 | 14.24 |

放 (如圖 7.1.1)，以廢水處理與放流排放量 1,048 千公噸二氧化碳當量最高，可分為事業廢水與生活污水，合計占近四成 (占 38.83%)，其中事業廢水處理與放流排放量 594 千公噸二氧化碳當量 (占 21.98%)，生活污水處理與放流排放量 455 千公噸二氧化碳當量 (占 16.84%)；其次依序為廢棄物焚化排放量 941 千公噸二氧化碳當量 (占 34.86%)，固體廢棄物處理排放量 663 千公噸二氧化碳當量 (占 24.56%)，以及堆肥處理排放量 47 千公噸二氧化碳當量 (占 1.75%)，各類排放源溫室氣體排放量變化趨勢如圖 7.1.3 所示。

廢棄物部門排放之溫室氣體，主要以甲烷為最大宗 (如圖 7.1.2)，2022 年之排放量為 1,654 千公噸二氧化碳當量 (61.25%)，其次為二氧化碳 933 千公噸二氧化碳當量

(34.54%) 及氧化亞氮 114 千公噸二氧化碳當量 (4.21%)，有關各種溫室氣體排放量趨勢如圖 7.1.4 所示。

依據 2006 IPCC 指南之不確定性採用原則，以及運用誤差傳播法 (高斯法)，來獲得各排放源活動數據與排放係數的不確定性，以計算各排放源的不確定性數值，並依排放源不確定性整合方法，評估整體廢棄物部門的不確定性。

廢棄物部門清冊係參考 2013 年至 2014 年各排放源計算參數資料，並依據實地訪查各類處理廠 / 場 (掩埋場、堆肥場、焚化廠及污廢水處理廠) 處理量等活動數據量測記錄操作、管理執行過程與紀錄，及環境部 (原為行政院環境保護署) 於 2015 年 11 月 30 日舉辦之廢棄物部門溫室氣體排放不確定性專家諮詢會議之結論，計算各排放源之排放量與

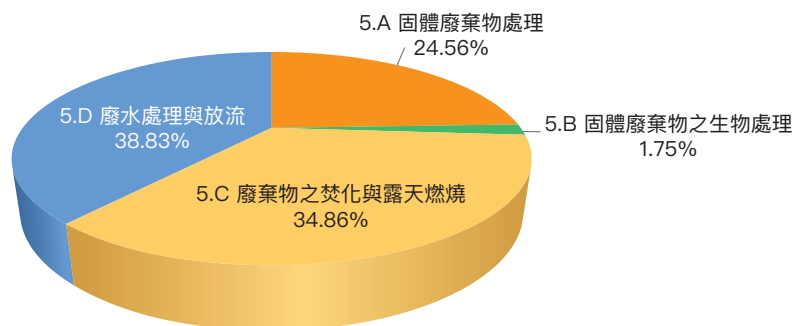


圖 7.1.1 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放占比

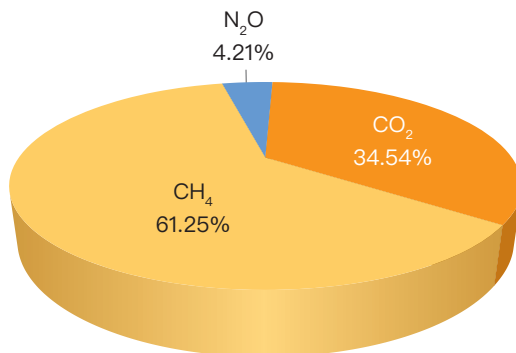


圖 7.1.2 2022 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量占比

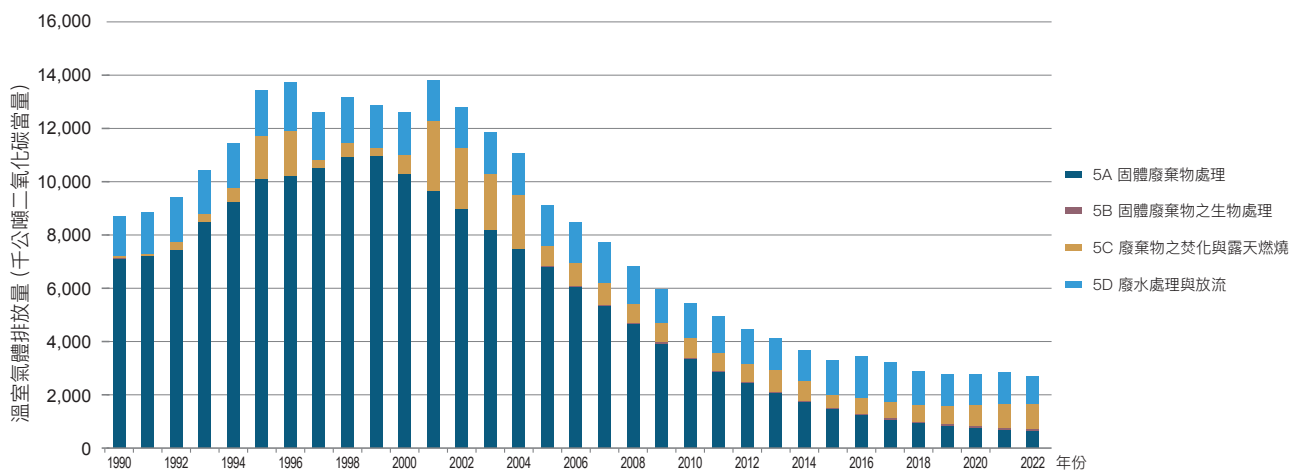


圖 7.1.3 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量趨勢

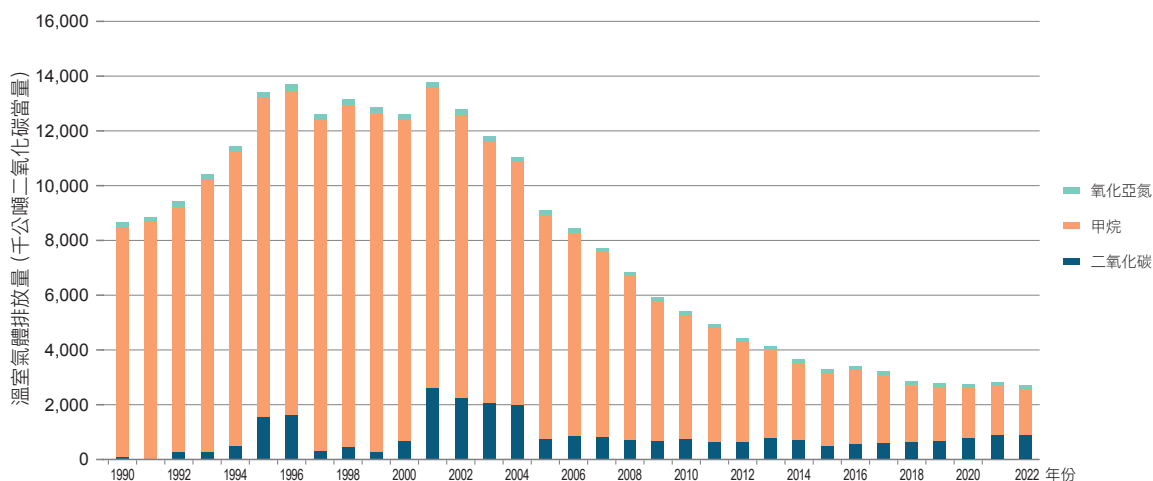


圖 7.1.4 1990 年至 2022 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量趨勢



不確定性，再依公式 7.2.1.4 得廢棄物部門整體之溫室氣體排放量不確定性，結果如表 7.1.5 所示。

綜合評估掩埋處理、生物處理、焚化處理及污水處理等各排放源的溫室氣體排放不確定性，估算結果顯示 2022 年廢棄物部門排放量不確定性為 14.24%，其中最大宗排放量之廢水處理與放流較 2021 年減少 124 千公噸二氧化碳當量，又因廢水處理與放流為主要大宗不確定性較高的排放源，以致整體不確定性從 2021 年 14.64% 下降至 2022 年之 14.24%。

7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

依據 2006 IPCC 指南定義，廢棄物掩埋場可分為「妥善管理」、「未妥善管理」及「未分類」等三類。我國的衛生掩埋場屬於「妥善管理(即有管理)」之掩埋場；而一般掩埋場則屬於「未妥善管理(即未管理)」之掩埋場，可包含一般掩埋、堆置及其他之陸上垃圾處理場。此外，2006 IPCC 指南定義「未分類」為其他廢棄物掩埋場，我國並無符合此定義之廢棄物掩埋場，故無此部分排放。以下分別就 5.A.1「妥善管理之廢棄物掩埋場」及 5.A.2「未妥善管理之廢棄物掩埋場」的溫室氣體排放分述其內容。1990 年至 2022 年固體廢棄物處理溫室氣體排放量如表 7.2.1。2022 年妥善管理排放占比為 75.83%，未妥善管理排放占比為 24.17%，2022 年固體廢棄物處理溫室氣體排放量相較 2021 年減少 4.46%，相較 2005 年減少 90.23%。

7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.1)

1. 排放源及匯分類的描述

妥善管理之廢棄物掩埋場必須具備受處理控制的廢棄物放置地點，其中處理方法包括覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等。

妥善管理之廢棄物掩埋場可能產生的溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。2006 IPCC 指南說明二氧化碳排放為生物自然產生，且氧化亞氮在此排放源排放量微乎其微，故不計算此二種溫室氣體，僅計算掩埋所產生之甲烷排放。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南統計方法，掩埋場甲烷產生量應採用一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限，亦即計算回溯至 1950 年來進行統計分析。由於我國並未統計 1990 年前之掩埋量資料，故根據 2006 IPCC 指南統計方法，可依人口量與垃圾量之比例換算。有關計算程序說明如下：

- A. 1950 年至 1989 年之人口量以 1% 成長率推估，據此人口數量推估掩埋量，並以 1990 年之垃圾組成成分做為 1950 年至 1989 年之垃圾組成。
- B. 依據一階衰減法計算 1950 年至 1990 年之累積可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon, DOC)。
- C. 以 1990 年計算累積 DOC 量結果，做為 1990 年後之累積 DOC 量計算基準，再依據環境部之中華民國環境保護統計年報實際掩埋垃圾量與組成，以一階衰減法計算 1990 年至 2022 年甲烷排放量。

廢棄物掩埋產生甲烷的計算公式，如公式 7.2.1.1 所示，主要定義「每年分解的 DOC 量 (DDOC_m decomp_r)」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示。在使用一階衰減法計算分解之 DDOC_m 時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該計算時限為大部分通用處置作法和條件，提供一個可接受的精確結果，如果選擇更短的時限，則應證明沒有明顯低估排放。計算公式如下：

表 7.2.1 1990 年至 2022 年固體廢棄物處理總溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 5.A 固體廢棄物處理 | 7,102 | 7,206 | 7,431 | 8,492 | 9,252 | 10,112 | 10,231 | 10,496 | 10,962 | 10,958 | 10,310 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 5,171 | 5,247 | 5,413 | 6,281 | 6,882 | 7,642 | 7,670 | 7,906 | 8,385 | 8,538 | 8,197 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 1,931 | 1,959 | 2,018 | 2,211 | 2,370 | 2,470 | 2,561 | 2,590 | 2,577 | 2,420 | 2,113 |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 9,655 | 8,976 | 8,192 | 7,482 | 6,786 | 6,066 | 5,349 | 4,644 | 3,942 | 3,347 | 2,862 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 7,722 | 7,250 | 6,686 | 6,187 | 5,678 | 5,124 | 4,552 | 3,965 | 3,370 | 2,866 | 2,455 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 1,934 | 1,726 | 1,506 | 1,295 | 1,108 | 942 | 797 | 678 | 572 | 482 | 407 |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 5.A 固體廢棄物處理 | 2,432 | 2,054 | 1,736 | 1,469 | 1,252 | 1,080 | 937 | 837 | 769 | 694 | 663 |
| 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | 2,089 | 1,766 | 1,493 | 1,264 | 1,079 | 920 | 783 | 680 | 605 | 529 | 503 |
| 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | 343 | 289 | 243 | 205 | 173 | 160 | 155 | 157 | 165 | 165 | 160 |

備註：妥善管理之固體廢棄物處理採用環境部之環境統計年報之衛生掩埋量，未妥善管理之固體廢棄物處理採用環境部之環境統計年報之一般掩埋量與期末一般廢棄物暫存量進行統計。

公式 7.2.1.1 :

甲烷排放量 (Gg/yr)

$$= (\text{DDOCm decomp}_T \times F \times 16/12 - R) \times (1 - \text{OX})$$

DDOCm decomp_T = 第 T 年分解之 DDOCm(Gg/yr)

F : 掩埋場產氣中甲烷之比例 (預設為 0.5、體積比)

16/12 : 分子量比例 (CH₄/C)

R : 甲烷回收量 (Gg/yr)

OX : 氧化係數 (預設值為 0.1)

垃圾可分解 DOC 量 (DDOCm) = W × MCF × DOC × DOC_F

W = 廢棄物掩埋量 (mass of waste deposited) (Gg/yr)

MCF : 甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for aerobic decomposition)

DOC : 可分解有機碳含量 (比例) (Degradable Organic Carbon)

DOC_F : DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decompose)

公式 7.2.1.2 :

$$\text{DDOCma}_T = \text{DDOCmd}_T + (\text{DDOCma}_{T-1} \times e^{-k})$$

$$\text{DDOCm decomp}_T = \text{DDOCma}_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

T : 年份

DDOCma_T : 第 T 年末累積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCma_{T-1} : 第 (T-1) 年末累積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCmd_T = 第 T 當年沉積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCm decomp_T = 第 T 年分解之 DDOCm(Gg/yr)

k = 反應常數

$$k = \left\{ \frac{(\sum \text{各成分預設k值} \times \text{該年度垃圾成分占比})}{(\text{各類成分組成})} \times \text{處置DOC量} \right\} \\ + \frac{(t-1)\text{年k值} \times (t-1)\text{年累積DOC量}}{(\text{處置DOC量} + (t-1)\text{年累積DOC量})}$$

t = 計算該年 (yr)

(2) 排放係數

公式 7.2.1.1 與公式 7.2.1.2 的各項計算參數說明如下：

A. F : 掩埋場產氣中甲烷之比例 (Fraction of methane in generated landfill gas)

多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指南預設值為 0.5。1999 年以前採用 IPCC 預設值 0.5，2000 年以後根據國內山豬窟、福德坑、文山、西青埔四處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成分析結果，採用本土係數調查結果 0.471。

B. R : 甲烷回收量 (Methane recovery)

本參數係依據「國內一般廢棄物掩埋場降低溫室氣體排放獎勵金暨環境效益統計」之實際甲烷回收量。

C. MCF : 甲烷修正係數 (Methane Correction Factor)

如表 7.2.2 所示，2006 IPCC 指南列出掩埋場型式與其對應之 MCF，並說明各種掩埋場型式之處理情形，及定義未分類者之 MCF 引用條件。依據 2006 IPCC 指南，預設妥善管理廢棄物掩埋場之甲烷修正參數值 (MCF) 為 1.0。

D. DOC : 可分解有機碳含量 (比例) (Degradable Organic Carbon)

表 7.2.3 為 2006 IPCC 指南提供之各種廢棄物可分解有機碳含量及礦物碳占總碳之比例，可分解有機碳含量可做為生物處理 (如掩埋及堆肥) 等計算甲烷排放之參數，礦物碳則可做為焚化處理計算二氧化碳排放之參數。由本國之垃圾組成並引用 IPCC 指南所列各類垃圾的建議 DOC 值 (表 7.2.3)，以計算各年度廢棄物的 DOC 值。

E. DOC_F : DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decomposes)

依據 2019 IPCC 精進指南所提供之各類垃圾建議的 DOC_F 值，如表 7.2.4，並利用環境部之中華民國環境保護統計年報之垃圾組成，以計算各年度整體廢棄物的 DOC_F 值。

F. OX : 氧化係數 (Oxidation factor)

氧化係數反映廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，甲烷 (CH₄) 被氧化的比例。2006 IPCC 指南建議有覆蓋甲烷氧化材料且管理完善的掩埋場，使用氧化係數值 0.1 (表 7.2.5)。由於衛生掩埋規定皆須進行覆土，因此會有部分甲烷氧化成二氧化碳，故採用氧化係數 0.1 計算。

表 7.2.2 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF)

| 掩埋場型式 | 甲烷修正係數預設值 |
|--|-----------|
| 管理 - 厭氧 ¹ | 1.0 |
| 管理 - 準好氧 ² | 0.5 |
| 未管理 - 深 (深層掩埋 ≥ 5 公尺) 和 (或) 地下水位高 ³ | 0.8 |
| 未管理 - 淺 (淺層掩埋 < 5 公尺) ⁴ | 0.4 |
| 未分類之掩埋場 ⁵ | 0.6 |

1. 厭氧管理固體廢棄物處置場所：這些必須已控制廢棄物放置 (即，將廢棄物指定到特定處置區域，一定程度的淨化控制和一定程度的火災控制)，並至少要包括如下其中一個：(i) 覆蓋材料；(ii) 機械壓實；或 (iii) 廢棄物平整。

2. 準好氧管理固體廢棄物處置場所：這些必須已控制廢棄物放置，並包括如下所有將空氣引入廢棄物層的以下結構：(i) 可滲透覆蓋材料；(ii) 濾液排放系統；(iii) 控制貯水量；和 (iv) 氣體通風系統。

3. 未妥善管理固體廢棄物處置場所：深層掩埋或地下水位高，所有不符合固體廢棄物處理場 (Solid Waste Disposal Sites, SWDS) 管理標準的 SWDS，其深度大於或等於 5 米或高地下水位近似地平面。後者情形相當於廢棄物充填內陸水域，如池塘、河流或濕地。

4. 未妥善管理淺固體廢棄物處置場所：所有不符合管理 SWDS 標準的 SWDS，其深度不足 5 米。

5. 未分類固體廢棄物處置場所：只有當各國不能將其 SWDS 歸類為上述四種類別的管理和未妥善管理 SWDS 時，才可使用此類別的 MCF。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-14, Table 3.1, 2006.

表 7.2.3 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳比例 (DOC)

| 城市固體廢棄物 (MSW) 成分 | 乾基占濕基之百分比 | DOC 占濕基之百分比 | | DOC 量占乾基之百分比 | | 總碳含量占乾基之百分比 | | 礦物碳比例占總碳之百分比 | |
|------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|-------|--------------|--------|
| | 預設值 | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 |
| 紙張 / 紙板 | 90 | 40 | 36-45 | 44 | 40-50 | 46 | 42-50 | 1 | 0-5 |
| 紡織品 | 80 | 24 | 20-40 | 30 | 25-50 | 50 | 25-50 | 20 | 0-50 |
| 廚餘 | 40 | 15 | 8-20 | 38 | 20-50 | 38 | 20-50 | - | - |
| 木材 | 85 | 43 | 39-46 | 50 | 46-54 | 50 | 46-54 | - | - |
| 庭園和公園廢棄物 | 40 | 20 | 18-22 | 49 | 45-55 | 49 | 45-55 | 0 | 0 |
| 尿布 | 40 | 24 | 18-32 | 60 | 44-80 | 70 | 54-90 | 10 | 10 |
| 橡膠和皮革 | 84 | (39) ¹ | (39) ¹ | (47) ¹ | (47) ¹ | 67 | 67 | 20 | 20 |
| 塑膠 | 100 | - | - | - | - | 75 | 67-85 | 100 | 95-100 |
| 金屬 | 100 | - | - | - | - | NA | NA | NA | NA |
| 玻璃 | 100 | - | - | - | - | NA | NA | NA | NA |
| 其他, 惰性廢棄物 | 90 | - | - | - | - | 3 | 0-5 | 100 | 50-100 |

備註：()¹ 表示橡膠和皮革在掩埋場厭氧條件下可能不會降解。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2-14, Table 2.4, 2006.

 表 7.2.4 2019 IPCC 精進指南廢棄物之 DOC 可被分解之比例 (DOC_f)

| 廢棄物類型 | DOC _f 預設值 |
|------------------------|----------------------|
| 輕度分解廢棄物, 如木材、木製品、樹枝等。 | 0.1 |
| 中度分解廢棄物, 如紙類、紡織品、尿布等 | 0.5 |
| 高度分解廢棄物, 如廚餘、花草、公園垃圾等。 | 0.7 |
| 散裝廢棄物 | 0.5 |

備註：當固體廢棄物中輕度分解、中度分解和高度分解廢棄物的比例未知時, 採用散裝廢棄物之假設。

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3.12, Table 3.0, 2019.

表 7.2.5 2006 IPCC 指南掩埋場之氧化係數

| 掩埋場型式 | 氧化係數 (OX) 預設值 |
|---------------------------------|---------------|
| 妥善管理 ¹ 、未妥善管理和未分類掩埋場 | 0.0 |
| 覆蓋有甲烷氧化材料 ² 的妥善管理掩埋場 | 0.1 |

¹ 妥善管理但未覆蓋通風材料。
² 例如土壤、堆肥。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-15, Table 3.2, 2006.

G. k：甲烷生成率 (Methan generation rate)

表 7.2.6 為 2006 IPCC 指南中不同廢棄物種類之反應常數 (k) 值, 包括紙張 / 紡織品係數、木材係數及廚餘。依據我國地理位置與氣候環境, 選擇熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值, 加上每年之廢棄物組成與剩餘未分解的 DOC 量 (即累積 DOC 量) 之反應常數進行加權平均計算, 求得每年度之反應常數值, 再據以計算每年分解之 DDOC 量。由於我國並未統計 1990 年前之掩埋量資料, 1950 年至 1990 年之反應常數 (k) 皆依據 1990 年之廢棄物組成加權計算。

有關廢棄物妥善管理掩埋場甲烷排放量係依據公式 7.2.1.1 及公式 7.2.1.2 計算, 相關參數的計算方法及採用數據與國內數據來源, 如表 7.2.7 所示。

(3) 活動數據

依據環境部之中華民國環境保護統計年報, 彙整 1990 年至 2022 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據, 並按廢棄物一般垃

圾組成分析計算, 包含「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據, 如表 7.2.8 所示。

(4) 排放量

妥善管理廢棄物掩埋場產生之甲烷排放量係依據公式 7.2.1.1 及公式 7.2.1.2 計算, 如表 7.2.9 所示。我國積極推動資源回收與垃圾焚化處理等政策, 1993 年後大型焚化爐陸續完工, 焚化處理量自 1994 年至 1995 年間由 412.5 千公噸明顯上升至 1,301.0 千公噸, 使衛生掩埋量自 5,574.4 千公噸降至 4,362.8 千公噸; 1995 年至 1998 年衛生掩埋量些微上升, 則推測與一般掩埋量逐年下降有關; 1998 年後垃圾掩埋處理量即大幅下降, 並於近幾年趨於平緩。2022 年較 1990 年衛生掩埋量減少 94.97%, 排放量也從 1990 年的 5,171 千公噸二氧化碳當量降至 2022 年的 503 千公噸二氧化碳當量 (減少 91.14%), 2022 年衛生掩埋排放量亦較 2021 年減少 26 千公噸二氧化碳當量 (減少 4.96%)。

表 7.2.6 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率 (k) 值

| 廢棄物類型 | | 氣候帶 | | | | | | | |
|----------|--------------------------|-------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------|-----------|---------------------|------------|
| | | 北溫帶 (MAT ≤ 20° C) | | | | 熱帶 (MAT > 20° C) | | | |
| | | 乾 (MAP/PET < 1) | | 濕 (MAP/PET > 1) | | 乾 (MAP < 1000mm) | | 濕潤和濕 (MAP ≥ 1000mm) | |
| | | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 | 預設值 | 範圍 |
| 緩慢降解的廢棄物 | 紙張 / 紡織品廢棄物 | 0.04 | 0.03–0.05 | 0.06 | 0.05–0.07 | 0.045 | 0.04–0.06 | 0.07 | 0.06–0.085 |
| | 木材 / 秸稈廢棄物 | 0.02 | 0.01–0.03 | 0.03 | 0.02–0.04 | 0.025 | 0.02–0.04 | 0.035 | 0.03–0.05 |
| 輕度降解的廢棄物 | 其他 (非食品) 有機易腐 / 庭園和公園廢棄物 | 0.05 | 0.04–0.06 | 0.10 | 0.06–0.10 | 0.065 | 0.05–0.08 | 0.17 | 0.15–0.20 |
| 快速降解的廢棄物 | 廚餘 / 污水污泥 | 0.06 | 0.05–0.08 | 0.185 | 0.10–0.20 | 0.085 | 0.07–0.10 | 0.40 | 0.17–0.70 |
| 大型廢棄物 | | 0.05 | 0.04–0.06 | 0.09 | 0.08–0.10 | 0.065 | 0.05–0.08 | 0.17 | 0.15–0.20 |

備註：MAT 表示年均溫度；MAP 表示年均降水量；PET 表示可能蒸發量。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3–17, Table 3.3, 2006.

表 7.2.7 2006 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表

| 參數 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|-------------------------------|--|--|
| 累積 DOC 量 (W×DOC) | <ul style="list-style-type: none"> 依據人口數回推掩埋廢棄物量。 1950 年至 1990 年各年之 DOC 含量，依據 1990 年之分析結果計算。 參考 2006 IPCC 指南，以一階衰減法估算累積量並至少追溯 50 年。 | <ul style="list-style-type: none"> 人口數取內政部內政統計年報資料 環境部中華民國環境保護統計年報 |
| 反應常數 (k) | <ul style="list-style-type: none"> 依據 2006 IPCC 指南提供之反應常數值計算。 根據交通部中央氣象署資料，全國 1971 年至 2009 年平均溫度為 21°C，年平均降水量大於 1,000mm，引用之反應常數如下： <ul style="list-style-type: none"> * 紙張 / 紡織品係數 0.07 * 木材係數 0.035 * 廚餘係數 0.4 根據每年之成分組成加權計算反應常數值。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部中華民國環境保護統計年報 2006 IPCC 指南預設值 |
| 甲烷修正係數 (MCF) | <ul style="list-style-type: none"> 依據 2006 IPCC 指南針對不同型態之固態廢棄物掩埋場所提供之甲烷修正係數。 衛生掩埋採妥善管理 1.0 及一般掩埋採未分類 0.5 計算。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 |
| 可分解有機碳含量 (DOC) | <ul style="list-style-type: none"> 依據 2006 IPCC 指南之各種廢棄物可分解有機碳含量的預設值，以及我國一般垃圾廢棄物組成占比，計算每年可分解有機碳比例。 由於我國垃圾性質分析含碳量含有有機碳與礦物碳成分，因此取垃圾性質分析含碳量計算與國內研究資料兩者較低者做為計算值。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 環境部中華民國環境保護統計年報 國內研究資料 |
| 有機物可被分解比例 (DOC _F) | <ul style="list-style-type: none"> 依據 2019 IPCC 精進指南之各種廢棄物之有機物可被分解比例的預設值，以及搭配我國一般垃圾廢棄物組成占比，以計算每年有機物可被分解比例。 <ul style="list-style-type: none"> * 廚餘類、木竹稻草落葉類：0.7 * 紙類、纖維布類：0.5 * 其他類：0.5 根據每年之成分組成加權計算有機物可被分解比例。 | <ul style="list-style-type: none"> 2019 IPCC 精進指南預設值 環境部中華民國環境保護統計年報 |
| 掩埋場產氣中甲烷比例 (F) | <ul style="list-style-type: none"> 1999 年以前採用 2006 IPCC 指南預設值 0.5。 2000 年以後採用本土調查結果 0.471。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 本土調查值 |
| 甲烷回收量 (R) | <ul style="list-style-type: none"> 依據國內福德坑、山豬窟、台中文山與高雄西青埔掩埋場之發電量回推回收量。 | <ul style="list-style-type: none"> 國內掩埋場實際發電量 |
| 氧化係數 (OX) | <ul style="list-style-type: none"> 參考 2006 IPCC 指南針對蓋有甲烷氧化材料者，氧化係數值為 0.1，其餘為 0。 國內衛生掩埋場皆有進行土壤覆蓋作業，因此採用 0.1 計算；而一般掩埋場則採用 0 計算。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 |

表 7.2.8 1990 年至 2022 年妥善管理掩埋場活動數據統計

| 年份 | 衛生掩埋 (千公噸) | 廢棄物組成 (%) | | | | | | | 水分 (%) | 可分解有機碳比例 (%) |
|------|------------|-----------|------|-------|-------|---------|-------|------|--------|--------------|
| | | 紙類 | 纖維布類 | 皮革橡膠類 | 廚餘類 | 木竹稻草落葉類 | 塑膠 | 其他 | | |
| 1990 | 3,979.6 | 29.44 | 2.72 | 1.31 | 9.67 | 4.66 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 15.88 |
| 1991 | 4,323.5 | 22.80 | 1.82 | 0.37 | 11.79 | 5.09 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 13.51 |
| 1992 | 5,087.5 | 24.86 | 3.97 | 1.73 | 25.73 | 5.06 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 16.50 |
| 1993 | 5,090.8 | 27.84 | 5.13 | 1.55 | 23.47 | 5.79 | 18.01 | 1.15 | 51.06 | 17.04 |
| 1994 | 5,574.4 | 29.98 | 4.81 | 0.80 | 23.50 | 4.69 | 18.90 | 4.31 | 53.21 | 18.69 |
| 1995 | 4,362.8 | 32.17 | 6.21 | 0.88 | 17.94 | 5.82 | 18.27 | 3.34 | 48.14 | 18.60 |
| 1996 | 4,824.0 | 30.95 | 5.05 | 1.08 | 18.97 | 5.89 | 17.83 | 4.72 | 50.60 | 18.97 |
| 1997 | 5,129.7 | 29.13 | 5.80 | 1.13 | 24.90 | 4.86 | 19.57 | 2.11 | 46.03 | 18.87 |
| 1998 | 5,598.0 | 32.77 | 5.27 | 0.83 | 18.29 | 4.81 | 20.14 | 4.54 | 51.06 | 18.47 |
| 1999 | 5,366.9 | 35.83 | 5.20 | 0.60 | 21.83 | 4.89 | 19.85 | 1.97 | 50.76 | 18.87 |
| 2000 | 3,822.1 | 26.37 | 6.06 | 1.35 | 27.76 | 3.36 | 22.00 | 0.44 | 45.02 | 17.61 |
| 2001 | 2,996.8 | 26.55 | 4.81 | 0.48 | 27.32 | 4.06 | 21.10 | 5.06 | 55.80 | 17.62 |

續下表

續上表

| 年份 | 衛生掩埋 (千公噸) | 廢棄物組成 (%) | | | | | | | | 水分 (%) | 可分解 有機碳比例 (%) |
|------|---------------|-----------|------|-------|-------|---------|-------|------|-------|--------|------------------|
| | | 紙類 | 纖維布類 | 皮革橡膠類 | 廚餘類 | 木竹稻草落葉類 | 塑膠 | 其他 | | | |
| 2002 | 2,116.4 | 30.01 | 3.65 | 0.60 | 23.34 | 4.43 | 20.23 | 8.17 | 51.24 | 18.29 | |
| 2003 | 1,700.4 | 32.97 | 3.78 | 0.22 | 27.19 | 3.88 | 21.36 | 3.58 | 55.69 | 18.71 | |
| 2004 | 1,474.2 | 31.56 | 4.90 | 0.87 | 29.76 | 4.91 | 20.60 | 0.98 | 51.19 | 20.38 | |
| 2005 | 1,184.6 | 38.64 | 2.38 | 0.43 | 38.15 | 1.93 | 13.78 | 0.67 | 54.03 | 17.98 | |
| 2006 | 851.0 | 44.30 | 1.84 | 0.19 | 34.57 | 1.74 | 14.63 | 0.36 | 52.41 | 20.58 | |
| 2007 | 504.9 | 41.75 | 3.20 | 0.51 | 32.86 | 1.83 | 17.13 | 0.33 | 51.55 | 21.44 | |
| 2008 | 236.1 | 44.54 | 2.63 | 0.36 | 30.56 | 1.99 | 17.28 | 0.48 | 50.94 | 23.89 | |
| 2009 | 185.8 | 38.87 | 2.29 | 0.41 | 37.42 | 1.76 | 16.74 | 0.44 | 54.19 | 22.47 | |
| 2010 | 181.8 | 39.57 | 2.52 | 0.51 | 35.68 | 1.74 | 16.57 | 0.52 | 52.66 | 22.53 | |
| 2011 | 142.2 | 38.31 | 2.04 | 0.23 | 39.21 | 1.39 | 15.66 | 0.61 | 55.06 | 21.70 | |
| 2012 | 102.1 | 38.85 | 2.52 | 0.20 | 38.33 | 1.46 | 15.61 | 0.49 | 53.97 | 22.36 | |
| 2013 | 91.4 | 41.71 | 2.35 | 0.36 | 35.07 | 1.32 | 16.57 | 0.52 | 54.08 | 22.26 | |
| 2014 | 83.1 | 39.42 | 2.34 | 0.14 | 37.64 | 1.31 | 16.56 | 0.60 | 55.17 | 22.03 | |
| 2015 | 91.7 | 34.69 | 4.67 | 0.54 | 40.39 | 1.61 | 15.55 | 0.50 | 54.79 | 21.75 | |
| 2016 | 77.9 | 36.76 | 3.55 | 0.63 | 37.98 | 1.28 | 16.61 | 0.61 | 52.91 | 21.80 | |
| 2017 | 70.4 | 36.12 | 4.63 | 0.43 | 38.14 | 1.55 | 16.00 | 0.64 | 52.60 | 21.95 | |
| 2018 | 87.3 | 35.64 | 4.93 | 0.84 | 34.48 | 3.27 | 17.79 | 0.57 | 50.77 | 22.02 | |
| 2019 | 86.4 | 38.83 | 5.10 | 0.55 | 31.12 | 2.42 | 18.67 | 0.43 | 48.49 | 22.46 | |
| 2020 | 106.7 | 34.61 | 8.55 | 1.05 | 21.78 | 5.22 | 20.20 | 5.84 | 45.34 | 21.41 | |
| 2021 | 247.1 | 37.26 | 7.63 | 0.86 | 17.63 | 3.19 | 26.28 | 3.78 | 40.33 | 20.75 | |
| 2022 | 200.1 | 36.60 | 9.74 | 0.80 | 15.80 | 3.45 | 28.40 | 2.82 | 41.45 | 20.83 | |

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

資料來源：行政院環境保護署（現為環境部），中華民國環境保護統計年報，2023 年。

表 7.2.9 1990 年至 2022 年妥善管理掩埋場甲烷排放量

| 年份 | 衛生掩埋量 | 甲烷修正係數 (MCF) | 可分解有機碳 (DOC) | 有機物分解比例 (DOC _f) | 處置 DOC 量 | 累積 DOC 量 | 分解 DOC 量 | 反應常數 (K) | 甲烷生成比例 (F) | 甲烷回收量 (R) | 氧化係數 (OX) | 甲烷排放量 |
|------|---------|--------------|--------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|------------|---------------------|-----------|---------------------|
| | 千公噸 | 比率 | 比率 | 比率 | 千公噸 | 千公噸 | 千公噸 | 比率 | 比率 | ktCO ₂ e | 比率 | ktCO ₂ e |
| 1990 | 3,979.6 | 1.0 | 15.88 | 0.562 | 355.0 | 2,470.9 | 307.8 | 0.135 | 0.500 | NO | 0.1 | 5,171 |
| 1991 | 4,323.5 | 1.0 | 13.51 | 0.581 | 339.7 | 2,498.2 | 312.3 | 0.138 | 0.500 | NO | 0.1 | 5,247 |
| 1992 | 5,087.5 | 1.0 | 16.50 | 0.603 | 506.4 | 2,682.4 | 322.2 | 0.150 | 0.500 | NO | 0.1 | 5,413 |
| 1993 | 5,090.8 | 1.0 | 17.04 | 0.594 | 515.3 | 2,823.9 | 373.9 | 0.157 | 0.500 | NO | 0.1 | 6,281 |
| 1994 | 5,574.4 | 1.0 | 18.69 | 0.590 | 614.1 | 3,028.4 | 409.6 | 0.163 | 0.500 | NO | 0.1 | 6,882 |
| 1995 | 4,362.8 | 1.0 | 18.60 | 0.576 | 467.8 | 3,041.3 | 454.9 | 0.163 | 0.500 | NO | 0.1 | 7,642 |
| 1996 | 4,824.0 | 1.0 | 18.97 | 0.582 | 532.3 | 3,117.0 | 456.6 | 0.164 | 0.500 | NO | 0.1 | 7,670 |
| 1997 | 5,129.7 | 1.0 | 18.87 | 0.592 | 573.0 | 3,219.4 | 470.6 | 0.168 | 0.500 | NO | 0.1 | 7,906 |
| 1998 | 5,598.0 | 1.0 | 18.47 | 0.576 | 595.1 | 3,315.5 | 499.1 | 0.168 | 0.500 | NO | 0.1 | 8,385 |
| 1999 | 5,366.9 | 1.0 | 18.87 | 0.579 | 586.3 | 3,388.8 | 512.9 | 0.169 | 0.500 | 87.6 | 0.1 | 8,538 |
| 2000 | 3,822.1 | 1.0 | 17.61 | 0.598 | 402.5 | 3,264.6 | 526.7 | 0.174 | 0.471 | 153.5 | 0.1 | 8,197 |
| 2001 | 3,015.1 | 1.0 | 17.62 | 0.600 | 318.7 | 3,063.3 | 520.1 | 0.177 | 0.471 | 565.2 | 0.1 | 7,722 |
| 2002 | 2,130.2 | 1.0 | 18.29 | 0.590 | 230.0 | 2,796.6 | 496.7 | 0.178 | 0.471 | 678.1 | 0.1 | 7,250 |
| 2003 | 1,712.9 | 1.0 | 18.71 | 0.592 | 189.6 | 2,530.2 | 456.0 | 0.179 | 0.471 | 589.8 | 0.1 | 6,686 |
| 2004 | 1,474.2 | 1.0 | 20.38 | 0.597 | 179.5 | 2,294.0 | 415.6 | 0.181 | 0.471 | 433.3 | 0.1 | 6,187 |
| 2005 | 1,184.6 | 1.0 | 17.98 | 0.599 | 127.5 | 2,041.5 | 380.1 | 0.183 | 0.471 | 374.9 | 0.1 | 5,678 |
| 2006 | 851.0 | 1.0 | 20.58 | 0.588 | 103.0 | 1,802.3 | 342.1 | 0.185 | 0.471 | 322.5 | 0.1 | 5,124 |
| 2007 | 504.9 | 1.0 | 21.44 | 0.587 | 63.6 | 1,562.1 | 303.8 | 0.185 | 0.471 | 284.2 | 0.1 | 4,552 |
| 2008 | 236.1 | 1.0 | 23.89 | 0.582 | 32.8 | 1,330.6 | 264.2 | 0.186 | 0.471 | 240.1 | 0.1 | 3,965 |
| 2009 | 185.8 | 1.0 | 22.47 | 0.598 | 24.9 | 1,130.3 | 225.3 | 0.186 | 0.471 | 217.5 | 0.1 | 3,370 |
| 2010 | 181.8 | 1.0 | 22.53 | 0.594 | 24.3 | 962.6 | 192.0 | 0.187 | 0.471 | 192.8 | 0.1 | 2,866 |
| 2011 | 142.2 | 1.0 | 21.70 | 0.600 | 18.5 | 817.0 | 164.1 | 0.188 | 0.471 | 156.7 | 0.1 | 2,455 |
| 2012 | 102.1 | 1.0 | 22.36 | 0.598 | 13.6 | 690.9 | 139.8 | 0.188 | 0.471 | 136.9 | 0.1 | 2,089 |
| 2013 | 91.4 | 1.0 | 22.26 | 0.590 | 12.0 | 584.3 | 118.6 | 0.189 | 0.471 | 123.0 | 0.1 | 1,766 |
| 2014 | 83.1 | 1.0 | 22.03 | 0.597 | 10.9 | 494.7 | 100.5 | 0.189 | 0.471 | 108.2 | 0.1 | 1,493 |
| 2015 | 91.7 | 1.0 | 21.75 | 0.603 | 12.0 | 421.4 | 85.3 | 0.190 | 0.471 | 96.1 | 0.1 | 1,264 |
| 2016 | 77.9 | 1.0 | 21.80 | 0.599 | 10.2 | 358.5 | 73.1 | 0.191 | 0.471 | 85.6 | 0.1 | 1,079 |
| 2017 | 70.4 | 1.0 | 21.95 | 0.599 | 9.2 | 305.4 | 62.4 | 0.192 | 0.471 | 75.1 | 0.1 | 920 |
| 2018 | 87.3 | 1.0 | 22.02 | 0.596 | 11.5 | 263.5 | 53.4 | 0.193 | 0.471 | 69.0 | 0.1 | 783 |
| 2019 | 86.4 | 1.0 | 22.46 | 0.587 | 11.4 | 228.6 | 46.2 | 0.193 | 0.471 | 57.1 | 0.1 | 680 |
| 2020 | 106.7 | 1.0 | 21.41 | 0.577 | 13.2 | 201.6 | 40.2 | 0.192 | 0.471 | 34.5 | 0.1 | 605 |
| 2021 | 247.1 | 1.0 | 20.75 | 0.563 | 28.9 | 195.3 | 35.2 | 0.188 | 0.471 | 31.4 | 0.1 | 529 |
| 2022 | 200.1 | 1.0 | 20.83 | 0.559 | 23.3 | 185.2 | 33.4 | 0.183 | 0.471 | 28.6 | 0.1 | 503 |

備註：1. NO(未發生)，代表我國該分類項目無生產或使用。

2. 甲烷回收量、甲烷排放量單位為千公噸二氧化碳當量。

3. 轉換係數 16/12 = 1.333。

(5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2022 年採用環境部之中華民國環境保護統計年報，缺少之 1990 年及 1991 年數據則採用行政院環境保護署（現為環境部）2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

依據 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，評估整體排放量之不確定性可採用誤差傳播法及蒙地卡羅分析兩種方法。誤差傳播法與蒙地卡羅法略有不同，其假設相關參數都為常態分布型態，惟因無法得知常態機率密度函數分布值，因此須先確認（或合理假設）各參數不確定性，再依以下公式計算各來源排放量不確定性及合併計算整體部門排放量不確定性。

A. 依不確定量相乘規則計算公式

溫室氣體來源排放量不確定性，為該來源排放係數之不確定性平方與活動數據不確定性平方之總和開根號，其公式如下。

公式 7.2.1.3：

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U：排放源的不確定性 [%]

U_{EF} ：排放係數的不確定性 [%]

U_A ：活動係數的不確定性 [%]

B. 依不確定量相加規則計算公式

計算各排放源之不確定性加總方式，如公式 7.2.1.4 所示。其方法為各來源溫室氣體排放量之不確定性與排放量相乘後平方之總和再開根號，除以各來源溫室氣體排放量之總和。

公式 7.2.1.4：

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

U_{Total} ：部門總排放量不確定性 [%]

U_i ：各來源溫室氣體排放量不確定性 [%]

E_i ：各來源溫室氣體排放量 [Gg]

在評估廢棄物部門不確定性上，依前述計算參數（活動數據、排放係數）、排放量之機率密度函數分布，取其 95% 信賴區間之上下限，與採用數值之偏差計算不確定度（%），再透過上述不確定性之計算公式，以估算各排放源排放量的不確定性數值，最後依公式 7.2.1.4 計算部門總排放量之不確定性數值。

2006 IPCC 指南提供妥善管理掩埋場甲烷估算各參數引用之不確定性範圍，如表 7.2.10 所示。表 7.2.11 為不確定參數計算掩埋場甲烷排放量計算公式中之各項活動資料與排放係數不確定性結果，依前述不確定量相乘與相加規則計算公式，可得妥善掩埋甲烷排放活動數據、排放係數及排放量之不確定性，分別為 26.46%、22.91% 及 33.22%。

表 7.2.10 妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性

| 活動資料 / 排放係數之不確定性 | 不確定性範圍 |
|--|--|
| 固體廢棄物總量 (Total Municipal Solid Waste, MSW_T) | 特定國家值： 30%：定期收集廢棄物資料 ±10%：具有高品質資料（如在所有掩埋場和其他處理設施處進行稱重） 200%：低品質資料 |
| 廢棄物組成 | ±10%：具有高品質資料（如對代表性掩埋場進行定期取樣） ±30%：是具有基於研究（包括週期性取樣） 200%：低品質資料 |
| 可降解有機碳 (DOC) | ±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於代表性的取樣和分析 |
| 經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC_f) | ±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於長期以來試驗性資料 |
| 甲烷修正係數 (MCF) =1.0 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6 | 使用 2006 IPCC 指南預設值： -10%, 0% ±20% ±20% ±30% -50%, 60% |
| 產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)=0.5 | ±5%：使用 2006 IPCC 指南預設值 |
| 甲烷回收量 (R) | 不確定性範圍取決於計量回收、燃燒或利用的甲烷量 ±10%：如果現地量測 ±50%：如果未現地量測 |
| 氧化係數 (OX) | 當 OX 使用非零值時，則 OX 須納入不確定性分析，應當說明非零值之各不確定性。 |
| 半衰期 ($t_{1/2}$) | 2006 IPCC 指南提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定性說明。 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.

表 7.2.11 2022 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | | 說明 |
|------------------------------------|--------------|--------------|---|
| | 妥善管理掩埋 | 未妥善管理掩埋 | |
| 城市固體廢棄物總量 (MSW _T) | 10.00 | 10.00 | 具有高品質資料，引用 2006 IPCC 指南預設值 10%。 |
| 廢棄物組成 | 10.00 | 10.00 | 依據 2006 IPCC 指南預設，具有研究基礎不確定性為 30%。國內數據掌握十分清楚，不確定性 10% 計算。 |
| 可降解有機碳 (DOC) | 20.00 | 20.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值計算可降解有機碳，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 20%。 |
| 甲烷修正係數 (MCF) | 0.00 | 20.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 (衛生 1.0，一般 0.5)，及不確定性建議 (衛生 0%，一般 20%)。 |
| 經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC _F) | 20.00 | 20.00 | DOC _F 使用 2006 IPCC 指南預設值 0.5，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 20%。 |
| 產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F) | 5.00 | 5.00 | 甲烷比例使用 2006 IPCC 指南預設值 0.5 及本土係數，不確定性引用 2006 IPCC 指南預設值 5%。 |
| 甲烷回收量 (R) | 20.00 | N/A | 以實際發電量換算甲烷回收量，2006 IPCC 指南建議現地量測值 10%，預設 20%。一般掩埋場無此數據，因此不適用。 |
| 氧化係數 (OX) | 10.00 | 0.00 | 設定衛生掩埋場以 10% 計算；一般掩埋場以 0% 計算。 |
| 半衰期 (t _{1/2}) | 10.00 | 10.00 | 依 2006 IPCC 指南係數及本土組成加權計算，預設 10%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | 26.46 | 26.46 | |
| 排放係數不確定性計算結果 | 22.91 | 28.72 | |
| 排放量不確定性計算結果 | 33.22 | 39.05 | |

(2) 時間序列的一致性

妥善管理掩埋場甲烷排放估算，係採用 IPCC 2006 指南建議之「一階減法」公式進行計算。活動數據蒐集係依據環境部中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 年至 2022 年一般廢棄物清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 年至 2022 年可燃分之「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」及「化學分析含碳量」百分比數據，其中缺少 1990 年與 1991 年之數據，則採用行政院環境保護署 (現為環境部) 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用國家妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，以 2006 IPCC 指南 建議排放係數，並參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月、10 月、2016 年 7 月、2023 年 11 月與 2024 年 3 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」，如表 7.2.12 所示，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

依據 2019 IPCC 精進指南建議，精進 1990 年至 2022 年掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOC_F) 係數。

依據所更新 DOC_F 參數值，重新估算妥善管理掩埋場甲烷排放量。相較過去的作法，妥善管理掩埋場甲烷排放年平均增加 15.24%，在單一年度的比較上，1990 年增加 8.70%、2005 年增加 16.41% 以及 2022 年增加 12.60%。

表 7.2.12 妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|--|
| 檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準 | · 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料 (垃圾衛生掩埋、垃圾組成) 和排放係數 (2006 IPCC 指南預設值) 的種類，並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | · 確認正確引用環境部「中華民國環境保護統計年報」結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | · 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | · 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 無時間和空間校正因數應用 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | · 簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | · 確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料相關常數與參數之一致性與複檢結果 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | · 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 · 無計算轉錄計算情事 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | · 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值 |

續下表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|------------------|--|
| 展開內部檔的審評 | <ul style="list-style-type: none"> · 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | <ul style="list-style-type: none"> · 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | <ul style="list-style-type: none"> · 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | <ul style="list-style-type: none"> · 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 · 本年度此排放源無重新計算 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3–27, Table 3.5, 2006.

6. 特定排放源的改善計畫

我國掩埋廢棄物之組成，目前採用環境部中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查各掩埋場的垃圾組成。

7.2.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.2)

1. 排放源及匯分類的描述

未妥善管理之廢棄物掩埋場即為不符合妥善管理之廢棄物掩埋場條件之廢棄物掩埋場，其掩埋溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。由於大部分的二氧化碳排放為生物自然產生，且氧化亞氮在此排放源排放量微乎其微，故此二種溫室氣體不納入計算，僅計算掩埋所產生之甲烷排放。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南統計方法，廢棄物掩埋產生甲烷產生量應該以一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限，亦即計算需回溯至 1950 年來進行統計分析。由於缺少 1990 年前之掩埋資料，依 2006 IPCC 指南統計方法，利用人口量與垃圾量之比例換算。有關計算順序說明如下：

- A. 1950 年至 1989 年之人口量以 1% 成長率推估，據此人口數量推估掩埋量，並以 1990 年之垃圾組成成分做為 1950 年至 1989 年之垃圾組成。
- B. 依據一階衰減法計算 1950 年至 1989 年之累積可分解有機碳含量 (累積 DOC)。
- C. 以 1990 年計算之累積 DOC 結果，做為 1990 年後累積 DOC 計算基準，再依據環境部中華民國環境保護統計年報實際垃圾量與組成，根據一階衰減法計算 1990 年至 2022 年甲烷排放量。

廢棄物掩埋產生甲烷的計算公式，如公式 7.2.1.1 所示，主要定義「每年分解的 DOC 量 ($DDOC_m \text{ decomp}_T$)」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示。在使用一階衰減法計算分解之 $DDOC_m$ 時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該計算時限為大部分通用處置作法和條件提供一個可接受的精確結果，如果選擇更短的時限，則應證明沒有明顯低估排放。

(2) 排放係數

有關公式 7.2.1.1 與公式 7.2.1.2 的各項參數，說明如下：

A. F：掩埋場產氣中甲烷之比例 (Fraction of methane in generated landfill gas)

多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指南預設值為 0.5。1999 年以前採用 IPCC 指南預設值 0.5，2000 年以後根據國內山豬窟、福德坑、文山及西青埔四處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成分析結果，採用本土係數調查結果 0.471。

B. R：甲烷回收量 (Methane recovery)

我國未妥善管理掩埋場無進行沼氣回收，故設為 0。

C. MCF：甲烷修正係數 (Methane correction factor)

表 7.2.2 列出 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，主要詳細說明各種掩埋場型式之處理情形，及定義未分類者之 MCF 引用條件。依據 2006 IPCC 指南，除了非屬於其表格所列之處理方式才可以引用未分類掩埋場 MCF 預設值，故預設未妥善管理之廢棄物掩埋場之甲烷修正係數值 (MCF) 為 0.5。

D. DOC：可分解有機碳含量 (比例) (Degradable Organic Carbon)

表 7.2.3 為 2006 IPCC 指南提供之各種廢棄物可分解有機碳含量以及礦物碳占總碳之比例。可分解有機碳含量可做為生物處理 (如掩埋、堆肥) 等計算甲烷排放之參數；礦物碳則可做為焚化處理之計算二氧化碳排放之參數。由本國之垃圾組成並引用表 7.2.3 所列各類垃圾的建議 DOC 值，以計算各年度廢棄物的 DOC 值。

E. DOC_F ：DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decomposes)

依據 2019 IPCC 精進指南所提供之各類垃圾建議的 DOC_F 值，如表 7.2.4，並利用環境部中華民國環境保護統計年報之垃圾組成，以計算各年度整體廢棄物的 DOC_F 。

F. OX：氧化係數 (Oxidation factor)

氧化係數反映廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，被氧化的甲烷量。2006 IPCC 指南建議的氧化係數，如表 7.2.5 所示。

表 7.2.13 1990 年至 2022 年未妥善管理掩埋場活動數據統計

| 年份 | 一般掩埋 (千公噸) | 廢棄物組成 (%) | | | | | | | 水分 (%) | 可分解 有機碳 (%) |
|------|---------------|-----------|------|-------|-------|---------|-------|------|--------|----------------|
| | | 紙類 | 纖維布類 | 皮革橡膠類 | 廚餘類 | 木竹稻草落葉類 | 塑膠 | 其他 | | |
| 1990 | 2,674.4 | 29.44 | 2.72 | 1.31 | 9.67 | 4.66 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 15.88 |
| 1991 | 2,881.3 | 22.80 | 1.82 | 0.37 | 11.79 | 5.09 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 13.51 |
| 1992 | 2,650.5 | 24.86 | 3.97 | 1.73 | 25.73 | 5.06 | 19.14 | 2.45 | 51.97 | 16.50 |
| 1993 | 2,877.5 | 27.84 | 5.13 | 1.55 | 23.47 | 5.79 | 18.01 | 1.15 | 51.06 | 17.04 |
| 1994 | 2,504.5 | 29.98 | 4.81 | 0.80 | 23.50 | 4.69 | 18.90 | 4.31 | 53.21 | 18.69 |
| 1995 | 3,037.6 | 32.17 | 6.21 | 0.88 | 17.94 | 5.82 | 18.27 | 3.34 | 48.14 | 18.60 |
| 1996 | 2,547.8 | 30.95 | 5.05 | 1.08 | 18.97 | 5.89 | 17.83 | 4.72 | 50.60 | 18.97 |
| 1997 | 2,059.5 | 29.13 | 5.80 | 1.13 | 24.90 | 4.86 | 19.57 | 2.11 | 46.03 | 18.87 |
| 1998 | 1,541.4 | 32.77 | 5.27 | 0.83 | 18.29 | 4.81 | 20.14 | 4.54 | 51.06 | 18.47 |
| 1999 | 1,178.1 | 35.83 | 5.20 | 0.60 | 21.83 | 4.89 | 19.85 | 1.97 | 50.76 | 18.87 |
| 2000 | 823.6 | 26.37 | 6.06 | 1.35 | 27.76 | 3.36 | 22.00 | 0.44 | 45.02 | 17.61 |
| 2001 | 525.1 | 26.55 | 4.81 | 0.48 | 27.32 | 4.06 | 21.10 | 5.06 | 55.80 | 17.62 |
| 2002 | 296.6 | 30.01 | 3.65 | 0.60 | 23.34 | 4.43 | 20.23 | 8.17 | 51.24 | 18.29 |
| 2003 | 141.3 | 32.97 | 3.78 | 0.22 | 27.19 | 3.88 | 21.36 | 3.58 | 55.69 | 18.71 |
| 2004 | 81.0 | 31.56 | 4.90 | 0.87 | 29.76 | 4.91 | 20.60 | 0.98 | 51.19 | 20.38 |
| 2005 | 40.3 | 38.64 | 2.38 | 0.43 | 38.15 | 1.93 | 13.78 | 0.67 | 54.03 | 17.98 |
| 2006 | 17.7 | 44.30 | 1.84 | 0.19 | 34.57 | 1.74 | 14.63 | 0.36 | 52.41 | 20.58 |
| 2007 | 32.5 | 41.75 | 3.20 | 0.51 | 32.86 | 1.83 | 17.13 | 0.33 | 51.55 | 21.44 |
| 2008 | 0.7 | 44.54 | 2.63 | 0.36 | 30.56 | 1.99 | 17.28 | 0.48 | 50.94 | 23.89 |
| 2009 | 1.3 | 38.87 | 2.29 | 0.41 | 37.42 | 1.76 | 16.74 | 0.44 | 54.19 | 22.47 |
| 2010 | 2.2 | 39.57 | 2.52 | 0.51 | 35.68 | 1.74 | 16.57 | 0.52 | 52.66 | 22.53 |
| 2011 | 0.1 | 38.31 | 2.04 | 0.23 | 39.21 | 1.39 | 15.66 | 0.61 | 55.06 | 21.70 |
| 2012 | 0.1 | 38.85 | 2.52 | 0.20 | 38.33 | 1.46 | 15.61 | 0.49 | 53.97 | 22.36 |
| 2013 | 0.1 | 41.71 | 2.35 | 0.36 | 35.07 | 1.32 | 16.57 | 0.52 | 54.08 | 22.26 |
| 2014 | 0.1 | 39.42 | 2.34 | 0.14 | 37.64 | 1.31 | 16.56 | 0.60 | 55.17 | 22.03 |
| 2015 | 1.7 | 34.69 | 4.67 | 0.54 | 40.39 | 1.61 | 15.55 | 0.50 | 54.79 | 21.75 |
| 2016 | 62.2 | 36.76 | 3.55 | 0.63 | 37.98 | 1.28 | 16.61 | 0.61 | 52.91 | 21.80 |
| 2017 | 90.7 | 36.12 | 4.63 | 0.43 | 38.14 | 1.55 | 16.00 | 0.64 | 52.60 | 21.95 |
| 2018 | 126.7 | 35.64 | 4.93 | 0.84 | 34.48 | 3.27 | 17.79 | 0.57 | 50.77 | 22.02 |
| 2019 | 162.3 | 38.83 | 5.10 | 0.55 | 31.12 | 2.42 | 18.67 | 0.43 | 48.49 | 22.46 |
| 2020 | 166.0 | 34.61 | 8.55 | 1.05 | 21.78 | 5.22 | 20.20 | 5.84 | 45.34 | 21.41 |
| 2021 | 151.0 | 37.26 | 7.63 | 0.86 | 17.63 | 3.19 | 26.28 | 3.78 | 40.33 | 20.75 |
| 2022 | 64.3 | 36.60 | 9.74 | 0.80 | 15.80 | 3.45 | 28.40 | 2.82 | 41.45 | 20.83 |

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

資料來源：行政院環境保護署（現為環境部），中華民國環境保護統計年報，2023 年。

由於一般掩埋場管理較不完善，覆土亦不完整，甲烷易直接逸散，故氧化係數以 0 計算。

G. k：甲烷生成率 (Methan generation rate)

表 7.2.6 為 2006 IPCC 指南廢棄物之反應常數 (k) 值，據以計算每年累積之 DOC 量。依據我國地理位置與氣候環境，選擇熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值，再比照妥善管理之廢棄物掩埋場甲烷生成率常數 (k) 的計算公式，得一般掩埋場之 k 值。

(3) 活動數據

依據環境部中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2022 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」及「期末一般廢棄物暫存量」數據。2017 年以前未妥善管理之廢棄物掩埋場之廢棄物量包括「一般掩埋」、「堆置」、「其他」等三項類別，2018 年後一般掩埋廢棄物量改列於「期末一般廢棄物暫存量」，累計未處理之垃圾量，為避免重複計

算，需扣除前一年之垃圾暫存量，以計算當年度一般垃圾掩埋量。

另廢棄物組成則採用大型焚化爐之一般垃圾組成分析，包括「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.13 所示。

(4) 排放量

由於廢棄物處理政策由掩埋處理逐漸轉以資源回收再利用及焚化為主，1993 年起大型焚化爐陸續完工，再加上垃圾妥善率逐年提升，一般掩埋量自 1995 年後即逐年下降，自 2004 年後垃圾妥善率已高達 99% 以上。2022 年排放量為 160 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年減少 5 千公噸二氧化碳當量（如表 7.2.14 所示），減少 2.85%。

表 7.2.14 1990 年至 2022 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量

| 年份 | 一般掩埋量 | 甲烷修正係數 (MCF) | 可分解有機碳 (DOC) | 有機物分解比例 (DOC _f) | 處置 DOC 量 | 累積 DOC 量 | 分解 DOC 量 | 反應常數 (K) | 甲烷生成比例 (F) | 甲烷回收量 (R) | 氧化係數 (OX) | 甲烷排放量 |
|------|---------|--------------|--------------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|------------|---------------------|-----------|---------------------|
| | 千公噸 | 比率 | 比率 | 比率 | 千公噸 | 千公噸 | 千公噸 | 比率 | 比率 | ktCO ₂ e | 比率 | ktCO ₂ e |
| 1990 | 2,674.4 | 0.5 | 15.88 | 0.562 | 119.3 | 830.2 | 103.4 | 0.135 | 0.500 | NO | 0.0 | 1,931 |
| 1991 | 2,881.3 | 0.5 | 13.51 | 0.581 | 113.2 | 838.5 | 104.9 | 0.138 | 0.500 | NO | 0.0 | 1,959 |
| 1992 | 2,650.5 | 0.5 | 16.50 | 0.603 | 131.9 | 862.3 | 108.1 | 0.148 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,018 |
| 1993 | 2,877.5 | 0.5 | 17.04 | 0.594 | 145.6 | 889.5 | 118.4 | 0.154 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,211 |
| 1994 | 2,504.5 | 0.5 | 19.08 | 0.590 | 138.0 | 900.5 | 127.0 | 0.159 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,370 |
| 1995 | 3,037.6 | 0.5 | 18.60 | 0.576 | 162.9 | 931.0 | 132.3 | 0.159 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,470 |
| 1996 | 2,547.8 | 0.5 | 18.99 | 0.582 | 140.6 | 934.4 | 137.2 | 0.161 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,561 |
| 1997 | 2,059.5 | 0.5 | 20.44 | 0.592 | 115.0 | 910.7 | 138.7 | 0.164 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,590 |
| 1998 | 1,541.4 | 0.5 | 18.47 | 0.576 | 81.9 | 854.5 | 138.1 | 0.165 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,577 |
| 1999 | 1,178.1 | 0.5 | 18.87 | 0.579 | 64.3 | 789.2 | 129.6 | 0.165 | 0.500 | NO | 0.0 | 2,420 |
| 2000 | 823.6 | 0.5 | 21.12 | 0.598 | 43.4 | 712.4 | 120.2 | 0.168 | 0.471 | NO | 0.0 | 2,113 |
| 2001 | 525.1 | 0.5 | 18.24 | 0.600 | 27.8 | 630.2 | 110.0 | 0.169 | 0.471 | NO | 0.0 | 1,934 |
| 2002 | 296.6 | 0.5 | 20.45 | 0.590 | 16.0 | 548.1 | 98.1 | 0.170 | 0.471 | NO | 0.0 | 1,726 |
| 2003 | 141.3 | 0.5 | 18.71 | 0.592 | 7.8 | 470.3 | 85.6 | 0.170 | 0.471 | NO | 0.0 | 1,506 |
| 2004 | 81.0 | 0.5 | 20.60 | 0.597 | 4.9 | 401.6 | 73.6 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 1,295 |
| 2005 | 40.3 | 0.5 | 17.98 | 0.599 | 2.2 | 340.7 | 63.0 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 1,108 |
| 2006 | 17.7 | 0.5 | 20.58 | 0.588 | 1.1 | 288.3 | 53.5 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 942 |
| 2007 | 32.5 | 0.5 | 21.44 | 0.587 | 2.0 | 245.0 | 45.3 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 797 |
| 2008 | 0.7 | 0.5 | 24.14 | 0.582 | 0.1 | 206.5 | 38.6 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 678 |
| 2009 | 1.3 | 0.5 | 22.53 | 0.598 | 0.1 | 174.0 | 32.5 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 572 |
| 2010 | 2.2 | 0.5 | 22.90 | 0.594 | 0.1 | 146.8 | 27.4 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 482 |
| 2011 | 0.1 | 0.5 | 21.70 | 0.600 | 0.0 | 123.7 | 23.1 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 407 |
| 2012 | 0.1 | 0.5 | 22.36 | 0.598 | 0.0 | 104.2 | 19.5 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 343 |
| 2013 | 0.1 | 0.5 | 22.26 | 0.590 | 0.0 | 87.8 | 16.4 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 289 |
| 2014 | 0.1 | 0.5 | 22.03 | 0.597 | 0.0 | 74.0 | 13.8 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 243 |
| 2015 | 1.7 | 0.5 | 21.75 | 0.603 | 0.1 | 62.4 | 11.7 | 0.171 | 0.471 | NO | 0.0 | 205 |
| 2016 | 62.2 | 0.5 | 21.80 | 0.599 | 4.1 | 56.7 | 9.8 | 0.175 | 0.471 | NO | 0.0 | 173 |
| 2017 | 90.7 | 0.5 | 21.95 | 0.599 | 6.0 | 53.5 | 9.1 | 0.180 | 0.471 | NO | 0.0 | 160 |
| 2018 | 126.7 | 0.5 | 22.02 | 0.596 | 8.3 | 53.0 | 8.8 | 0.184 | 0.471 | NO | 0.0 | 155 |
| 2019 | 162.3 | 0.5 | 22.46 | 0.587 | 10.7 | 54.8 | 8.9 | 0.187 | 0.471 | NO | 0.0 | 157 |
| 2020 | 166.0 | 0.5 | 21.41 | 0.577 | 10.3 | 55.7 | 9.4 | 0.184 | 0.471 | NO | 0.0 | 165 |
| 2021 | 151.0 | 0.5 | 20.75 | 0.563 | 8.8 | 55.1 | 9.4 | 0.181 | 0.471 | NO | 0.0 | 165 |
| 2022 | 64.3 | 0.5 | 20.83 | 0.559 | 3.7 | 49.8 | 9.1 | 0.179 | 0.471 | NO | 0.0 | 160 |

備註：1. NO (未發生)，代表我國該分類項目無生產或使用。
2. 甲烷回收量、甲烷排放量單位為千公噸二氧化碳當量。
3. 轉換係數 $16/12 = 1.333$ 。

(5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2022 年採用環境部之中華民國環境保護統計年報，1990 年及 1991 年則採用行政院環境保護署 (現為環境部) 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法，參閱 7.2.1 節不確定性分析。

2006 IPCC 指南提供未妥善管理掩埋場甲烷排放各參數引用之不確定性說明，如表 7.2.15。表 7.2.11 所提供之不確定參數計算掩埋場甲烷排放量，計算公式中之各項活動資料與排放係數不確定性結果，依前述不確定量相乘與相加規

則計算公式，可得未妥善管理掩埋場甲烷排放活動數據、排放係數及排放量之不確定性，分別為 26.46%、28.72% 及 39.05%。

(2) 時間序列的一致性

未妥善管理掩埋場甲烷排放估算，採用 2006 IPCC 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算，依據環境部中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2022 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」及「期末一般廢棄物暫存量」數據，及 1992 年至 2022 年可燃分之「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻草落葉類」、「塑膠」、「其他」及「化學分析含碳量」百分比數據。其中，缺少之 1990 年與 1991 年數據，則引用行政院環境保護署 (現為環境部) 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告中該兩年期數據，以建立各年期排放估算之完整性。

表 7.2.15 未妥善管理掩埋場甲烷排放之不確定性

| 活動資料 / 排放係數之不確定性 | 不確定性範圍 |
|--|--|
| 固體廢棄物總量 (MSW _T) | 特定國家值： 30%：定期收集廢棄物資料 ±10%：具有高品質資料（如在所有掩埋場和其他處理設施處進行稱重） 200%：低品質資料 |
| 廢棄物組成 | ±10%：具有高品質資料（如對代表性掩埋場進行定期取樣） ±30%：是具有基於研究（包括週期性取樣） 200%：低品質資料 |
| 可降解有機碳 (DOC) | ±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於代表性的取樣和分析 |
| 經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC _F) | ±20%：使用 2006 IPCC 指南預設值 特定國家值： ±10%：基於長期以來試驗性資料 |
| 甲烷修正係數 (MCF) =1.0 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6 | 使用 2006 IPCC 指南預設值： -10%, 0% ±20% ±20% ±30% -50%, 60% |
| 產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)=0.5 | ±5%：使用 2006 IPCC 指南預設值 |
| 甲烷回收量 (R) | 不確定性範圍取決於計量回收、燃燒或利用的甲烷量 ±10%：如果現地量測 ±50%：如果未現地量測 |
| 氧化係數 (OX) | 當 OX 使用非零值時，則 OX 須納入不確定性分析，應當說明非零值之各不確定性。 |
| 半衰期 (t _{1/2}) | 2006 IPCC 指南提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定性說明。 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.

表 7.2.16 未妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|---|
| 檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準 | · 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料（垃圾一般掩埋、堆置、其他、垃圾組成）和排放因數（2006 IPCC 指南預設值）的種類並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | · 確認正確引用環境部「中華民國環境保護統計年報」結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | · 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | · 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 無時間和空間校正因數應用 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | · 簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | · 確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料相關常數與參數之一致性與複檢結果 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | · 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 · 無計算轉錄計算情事 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | · 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值 |
| 展開內部檔的審評 | · 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | · 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | · 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | · 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處。 · 更新 2019 年及 2020 年未妥善管理掩埋場之活動數據，並據以修正排放量。 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, 2006.

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用國家未妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，採 2006 IPCC 指南建議排放係數，與 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月、10 月及 2016 年 7 月、2023 年 11 月與 2024 年 3 月召開環廢棄物門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據其合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊水

準品質控制程序」(表 7.2.16)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

依據 2019 IPCC 精進指南建議，修正 1990 年至 2022 年掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOC_F) 係數的計算方式。依據所更新 DOC_F 參數值，重新估算未妥善管理掩埋場甲烷排放量。相較過去的作法未妥善管理掩埋場甲烷排放量平均增加 13.31%，在單一年度的比較上，1990 年增加 8.70%、2005 年增加 12.97% 以及 2022 年增加 11.72%。

6. 特定排放源的改善計畫

另我國掩埋廢棄物之組成，目前採用環境部中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查各掩埋場的垃圾組成。

7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3)

依據環境部環境統計年報，針對垃圾處理方式之分類說明，摒除回收資源、事業廢棄物及遷移舊垃圾外，大致可分焚化、衛生掩埋、一般處理、堆置、其他、巨大垃圾回收再利用、廚餘回收與資源回收等八類，依據 2006 IPCC 指南廢棄物部門分類指南，除了資源回收與再利用外，均已包括在其規範內，並已依 2006 IPCC 指南進行估算。因此，無其他陸地廢棄物掩埋處理排放範疇。

7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B)

1. 排放源及匯分類的描述

依據 2006 IPCC 指南，將堆肥與有機廢棄物之厭氧消化，歸屬固體廢棄物之生物處理。生物處理之優點為減少廢棄物體積、消除廢棄物中的病原體，及產生沼氣回收發電等，對已開發國家與開發中國家而言，常將有機廢棄物(如廚餘、花園庭園之落葉等)回收再利用為堆肥和土地改良劑。

堆肥處理過程中會發生有機物厭氧分解，因而產生甲烷與氧化亞氮，目前未將過程中產生之甲烷進一步回收再利用，未來若將廚餘進行厭氧消化，並將甲烷進行回收，可產生熱能或用於發電，而此類能源再利用之溫室氣體排放，將歸屬於能源部門。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南，堆肥產生之溫室氣體(甲烷與氧化亞氮)排放量計算，分別參考公式 7.3.1 與公式 7.3.2 如下所示。

公式 7.3.1：

$$\text{甲烷 (Gg / yr)} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

M_i ：生物處理之有機廢棄物量 (Gg/yr)

EF_i ：有機廢棄物厭氧反應下甲烷排放係數 (g CH_4 /kg 廢棄物)

i ：堆肥處理或厭氧處理

R ：甲烷回收量 (Gg CH_4 /y)

公式 7.3.2：

$$\text{氧化亞氮 (Gg / yr)} = \sum_i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

M_i ：生物處理之有機廢棄物量 (Gg/yr)

EF_i ：有機廢棄物厭氧反應下氧化亞氮排放係數 (g N_2O /kg 廢棄物)

i ：堆肥處理或厭氧處理

(2) 排放係數

依據公式 7.3.1 與公式 7.3.2，其 2006 IPCC 指南建議排放係數如表 7.3.1 所示，而我國採用排放係數值詳列於表 7.3.2，其中甲烷排放係數為 4.0g CH_4 /kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3 g N_2O /kg 廢棄物。

(3) 活動數據

依據環境部之中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2022 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.3.3 堆肥數據欄位所示。

表 7.3.1 2006 IPCC 指南生物處理甲烷和氧化亞氮排放係數預設值

| 生物處理類型 | 甲烷排放係數 (g CH_4 /kg 廢棄物) | | 氧化亞氮排放係數 (g N_2O /kg 處理廢棄物) | | 備註 |
|--------|------------------------------|-----------------|----------------------------------|---------------------|--|
| | 乾重 | 濕重 | 乾重 | 濕重 | |
| 堆肥處理 | 10 (0.08 - 20) | 4 (0.03 - 8) | 0.6 (0.2 - 1.6) | 0.3 (0.06 - 0.6) | 關於廢棄物處理的假設：乾物質中的 DOC 為 25%–50%，乾物質中的氮 2%，含水量 60%。 假設濕廢棄物的含水量為 60%，可根據濕廢棄物的排放係數來估算乾廢棄物的排放係數。 |
| 厭氧分解 | 2 (0 - 20) | 1 (0 - 8) | 假設可忽略不計 | 假設可忽略不計 | |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4–6, Table 4.1, 2006.

表 7.3.2 2006 IPCC 指南估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表

| 參數 | 2006 IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|-----------------------|----------------------|--|-----------------|
| 生物處理之有機廢棄物量 (M_i) | 國內資料自行確定 | 依據國內堆肥量進行計算。 | 環境部中華民國環境保護統計年報 |
| 排放係數 (EF) | 公布堆肥處理與厭氧處理之預設值 | 採用 2006 IPCC 指南排放係數之預設值計算，其中甲烷排放係數為 4.0g CH_4 /kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3g N_2O /kg 廢棄物。 | 2006 IPCC 指南預設值 |
| 甲烷回收量 (R) | 預設值 0 | 採 2006 IPCC 指南預設值計算 | 2006 IPCC 指南預設值 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4–6, Table 4., 2006.

表 7.3.3 1990 年至 2022 年生物處理各類溫室氣體排放量

| 年份 | 堆肥 (千公噸) | 甲烷 排放係數 (g CH ₄ /kg 廢棄物) | 氧化亞氮 排放係數 (g N ₂ O/kg 廢棄物) | 甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳當量) | 總溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量) |
|------|-------------|---|---|----------------------|------------------------|-------------------------|
| 1990 | 113.2 | 4.0 | 0.3 | 13 | 9 | 22 |
| 1991 | 5.5 | 4.0 | 0.3 | 0.6 | 0.4 | 1 |
| 1992 | 7.9 | 4.0 | 0.3 | 0.9 | 0.6 | 2 |
| 1993 | 4.6 | 4.0 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.9 |
| 1994 | 1.4 | 4.0 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.3 |
| 1995 | 6.3 | 4.0 | 0.3 | 0.7 | 0.5 | 1 |
| 1996 | 2.5 | 4.0 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.5 |
| 1997 | 14.2 | 4.0 | 0.3 | 2 | 1 | 3 |
| 1998 | 0.5 | 4.0 | 0.3 | 0.06 | 0.04 | 0.1 |
| 1999 | 19.5 | 4.0 | 0.3 | 2 | 2 | 4 |
| 2000 | 2.8 | 4.0 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.5 |
| 2001 | 0.2 | 4.0 | 0.3 | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| 2002 | 3.7 | 4.0 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.7 |
| 2003 | 23.1 | 4.0 | 0.3 | 3 | 2 | 4 |
| 2004 | 66.8 | 4.0 | 0.3 | 7 | 5 | 13 |
| 2005 | 97.5 | 4.0 | 0.3 | 11 | 8 | 19 |
| 2006 | 112.7 | 4.0 | 0.3 | 13 | 9 | 22 |
| 2007 | 144.6 | 4.0 | 0.3 | 16 | 11 | 28 |
| 2008 | 164.6 | 4.0 | 0.3 | 18 | 13 | 32 |
| 2009 | 179.3 | 4.0 | 0.3 | 20 | 14 | 34 |
| 2010 | 208.9 | 4.0 | 0.3 | 23 | 17 | 40 |
| 2011 | 261.5 | 4.0 | 0.3 | 29 | 21 | 50 |
| 2012 | 243.8 | 4.0 | 0.3 | 27 | 19 | 47 |
| 2013 | 226.1 | 4.0 | 0.3 | 25 | 18 | 43 |
| 2014 | 204.5 | 4.0 | 0.3 | 23 | 16 | 39 |
| 2015 | 197.1 | 4.0 | 0.3 | 22 | 16 | 38 |
| 2016 | 197.3 | 4.0 | 0.3 | 22 | 16 | 38 |
| 2017 | 204.6 | 4.0 | 0.3 | 23 | 16 | 39 |
| 2018 | 231.7 | 4.0 | 0.3 | 26 | 18 | 44 |
| 2019 | 246.4 | 4.0 | 0.3 | 28 | 20 | 47 |
| 2020 | 261.5 | 4.0 | 0.3 | 29 | 21 | 50 |
| 2021 | 263.8 | 4.0 | 0.3 | 30 | 21 | 51 |
| 2022 | 246.7 | 4.0 | 0.3 | 28 | 20 | 47 |

資料來源：行政院環境保護署（現為環境部），中華民國環境保護統計年報，2023 年。

由於 1990 年起臺灣省政府農林廳推動「有機農業先驅計畫」，設置簡易堆肥舍並試行有機栽培，且我國亦於 1990 年立法禁止露天焚燒稻草，鼓勵直接掩埋可改善土壤物理、化學及生物性之效果，可於水稻收割時直接用收稻機將稻稈切割成小段當作基肥，使 1991 年起堆肥數量大幅下降。

而自 2003 年起堆肥量增加，主要與廢棄物處理政策之施行有關，其中 2001 年起推動「廚餘回收與建置」影響堆肥處理量較大。然而，堆肥處理量於 2011 年達到近年最高值之後，開始逐年下降，推測與環境部自 2012 年起不再補助經費協助地方政府處理，回歸地方自治事項有關，並且民間堆肥處理場因運輸及處理過程的臭味，經常有地方民眾抗爭問題，而造成運輸困難、遭關場或不再收受處理，造成堆肥量自 2011 年以後逐年下降。2015 年起堆肥量再度上升，係因非洲豬瘟疫情嚴峻，為阻絕其藉由廚餘傳播，禁止未經處理的生廚餘養豬，導致養豬廚餘量下降而堆肥量上升。

(4) 排放量

堆肥處理產生之溫室氣體排放量，依公式 7.3.1 及公式 7.3.2 計算，其主要計算參數為堆肥處理量、甲烷和氧化亞氮排放係數，如表 7.3.3 所示。2022 年堆肥量為 247 千公噸，較 2021 年減少 17 千公噸；溫室氣體排放總量 47 千公噸二氧化碳當量，較 2021 年增加 152.91%，較 1990 年增加 118.01%。

(5) 完整性

有關活動數據，係採用環境部中華民國環境保護統計年報記載 1990 年至 2022 年廚餘回收之「堆肥」數據。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

由於 2006 IPCC 指南並未針對生物處理有預設不確定性數據，係參考我國掩埋場之不確定性計算，則有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定

性分析。生物處理排放之各項參數詳細資料列於表 7.3.4，所計算之活動強度、排放係數及排放量不確定性，分別為 10.00%、20.00% 和 22.36%。

(2) 時間序列的一致性

生物處理產生甲烷與氧化亞氮排放量，係依據環境部中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2022 年廚餘回收之「堆肥」數據，且各年期估算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(表 7.3.5)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

本年度此排放源無重新計算。

6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源的改善計畫。

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

廢棄物焚燒可分為「廢棄物焚化」及「露天燃燒」二類，但我國僅農業廢棄物有露天燃燒，排放量歸屬農業部門，廢棄物部門則無露天燃燒處理，因而無計算。

1990 年至 2022 年廢棄物焚化溫室氣體排放量如表 7.4.1。2022 年廢棄物焚化溫室氣體排放量相較 2021 年增加 2.53%，相較 2005 年大幅提升 20.09%，主要係因有害廢棄物處理量增加所致。

7.4.1 廢棄物焚化 (5.C.1)

1. 排放源及匯分類的描述

廢棄物燃燒可能產生的溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷。由於焚化爐內燃燒高溫與長停留時間，甲烷排放量甚少，因此僅估算廢棄物燃燒過程中產生之二氧化碳及氧化亞氮排放量，並僅需計算礦物碳產生之溫室氣體排放量。

表 7.3.4 2022 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | 說明 |
|-------------------------------|----------|---|
| 城市固體廢棄物總量 (MSW _T) | 10.00 | 年報來源具有高品質資料，參考掩埋場不確性數據，以「廢棄物總量 - 以具有高品質資料」之不確定性 10% 計算。 |
| 排放係數 | 20.00 | 參考掩埋場不確定性判斷原則，以「可降解有機碳 (DOC)」採 2006 IPCC 指南預設係數，不確定性 20%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | 10.00 | |
| 排放係數不確定性計算結果 | 20.00 | |
| 排放量不確定性計算結果 | 22.36 | |

表 7.3.5 堆肥品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|--|
| 檢查被記載的所選活動數據資料和排放因數的假設和標準 | · 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料 (廚餘回收之「堆肥」數據) 和排放因數 (2006 IPCC 指南預設值) 的種類並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | · 確認正確引用環境部「中華民國環境保護統計年報」結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | · 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | · 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 無時間和空間校正因數應用 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | · 簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | · 無引用適用多種排放源類別的資料 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | · 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 · 無計算轉錄計算情事 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | · 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值 |
| 展開內部檔的審評 | · 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | · 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | · 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | · 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處。 · 本年度該排放源無重新計算 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5, 2006.

另外，依據 2006 IPCC 指南，有能源回收之廢棄物焚化所產生的排放量，應歸屬於能源部門，而無能源回收之廢棄物焚化產生的排放量，屬廢棄物部門。我國設計處理量小於 10 噸 / 時之中小型焚化爐無燃燒發電，因此排放量計入廢棄物部門。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

A. 二氧化碳排放量

依據 2006 IPCC 指南計算方式，化石燃料及其產品（例如塑膠、某些織物、橡膠、液體溶劑、廢油）列入廢棄物焚化排放計算，而來自生物質（紙張、廚餘和木料）的排放則不計入，另外廢棄物焚化具能源回收利用之排放，則歸屬能源部門，計算方式如公式 7.4.1.1 所示。

公式 7.4.1.1：

二氧化碳 (Gg/yr)

$$= \sum_i (SW_i \times (1 - \text{水分比例}) \times FCF_i \times OF_i \times 44/12)$$

SW_i：廢棄物總燃燒量（濕重）(Gg/yr)

FCF_i：廢棄物乾物質的礦物碳比例 (%)

OF_i：氧化比例(燃燒效率) (%)

44/12：從 C 到二氧化碳的轉換係數

i：焚化 / 露天燃燒廢棄物類型，如一般廢棄物、事業、醫療及有害廢棄物

$$FCF_i = \sum_i (CF_i \times \text{礦物碳比例占總碳的 } \%)$$

CF_i：廢棄物乾物質之總碳比例（總碳含量）(%), 相關參數如表 7.4.2 與表 7.4.3。

$$CF_i = \sum_i (\text{各垃圾組成 } \% \times \text{乾物質含量占濕重的 } \% \times \text{總碳含量占乾重 } \%)$$

B. 氧化亞氮排放量

依據 2006 IPCC 指南，氧化亞氮排放量計算，如公式 7.4.1.2 所示。

公式 7.4.1.2：

$$\text{氧化亞氮 (Gg / yr)} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

IW_i：廢棄物總燃燒量 (Gg/yr)

EF_i：N₂O 排放係數 (kg N₂O/Gg 廢棄物)

(2) 排放係數

二氧化碳排放係數依據垃圾成分組成換算含碳量與礦物碳比例；氧化亞氮排放係數由於焚化爐多屬於連續式鍋爐，故採用日本連續式爐體排放係數 47g N₂O/公噸計算。2006 IPCC 指南提供之各國焚化爐氧化亞氮排放係數如表 7.4.4 所示。

有關各類廢棄物溫室氣體排放計算參採公式 7.4.1.1 及公式 7.4.1.2 及採用國內數據與來源如表 7.4.5 與表 7.4.6 所示。

表 7.4.1 1990 年至 2022 年廢棄物之焚化與露天燃燒總溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 95 | 35 | 312 | 305 | 505 | 1,591 | 1,669 | 333 | 496 | 283 | 698 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 95 | 35 | 312 | 305 | 505 | 1,591 | 1,669 | 333 | 496 | 283 | 698 |
| 一般廢棄物 | 0.20 | 0.08 | 0.64 | 0.60 | 1.14 | 3.37 | 3.61 | 0.81 | 1.11 | 0.61 | 1.92 |
| 一般事業廢棄物 | 87 | 32 | 284 | 277 | 459 | 1,449 | 1,520 | 303 | 452 | 258 | 635 |
| 醫療廢棄物 | 3 | 1 | 11 | 10 | 17 | 54 | 57 | 11 | 17 | 10 | 24 |
| 有害事業廢棄物 | 5 | 2 | 17 | 16 | 27 | 85 | 89 | 18 | 26 | 15 | 37 |
| 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 2,624 | 2,299 | 2,086 | 2,017 | 784 | 857 | 845 | 740 | 710 | 754 | 678 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 2,624 | 2,299 | 2,086 | 2,017 | 784 | 857 | 845 | 740 | 710 | 754 | 678 |
| 一般廢棄物 | 6.21 | 5.85 | 4.79 | 4.89 | 1.25 | 1.54 | 1.78 | 1.73 | 1.58 | 1.69 | 1.12 |
| 一般事業廢棄物 | 2,388 | 2,093 | 1,899 | 1,836 | 714 | 780 | 770 | 674 | 647 | 687 | 621 |
| 醫療廢棄物 | 90 | 79 | 71 | 69 | 27 | 29 | 29 | 25 | 24 | 26 | 25 |
| 有害事業廢棄物 | 139 | 122 | 111 | 107 | 42 | 46 | 45 | 39 | 38 | 40 | 31 |
| 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒 | 665 | 825 | 743 | 503 | 595 | 619 | 645 | 710 | 806 | 918 | 941 |
| 5.C.1 廢棄物焚化 | 665 | 825 | 743 | 503 | 595 | 619 | 645 | 710 | 806 | 918 | 941 |
| 一般廢棄物 | 1.34 | 1.68 | 1.89 | 1.55 | 1.55 | 1.66 | 0.88 | 2.13 | 2.17 | 2.45 | 2.67 |
| 一般事業廢棄物 | 608 | 765 | 710 | 447 | 557 | 564 | 588 | 640 | 709 | 810 | 795 |
| 醫療廢棄物 | 23 | 24 | 0 | 23 | 9 | 25 | 24 | 28 | 32 | 41 | 43 |
| 有害事業廢棄物 | 33 | 34 | 31 | 31 | 28 | 28 | 32 | 39 | 63 | 64 | 101 |
| 5.C.2 廢棄物露天燃燒 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。

表 7.4.2 事業廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基)

| 事業廢棄物種類 | DOC (%) | 礦物碳比例 (%) | 總碳比例 (%) | 含水率 (%) |
|--------------|---------|-----------|----------|---------|
| 食品 | 15 | - | 15 | 60 |
| 纖維布 | 24 | 16 | 40 | 20 |
| 木頭 | 43 | - | 43 | 15 |
| 紙 | 40 | 1 | 41 | 10 |
| 石油化學產品、溶劑、塑膠 | - | 80 | 80 | 0 |
| 橡膠 | 39 | 17 | 56 | 16 |
| 營造(建)及拆除業 | 4 | 20 | 24 | 0 |
| 其他 | 1 | 3 | 4 | 10 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2-16, Table2.5, 2006.

表 7.4.3 有害及醫療廢棄物組成份相關參數之 2006 IPCC 指南預設值 (濕基)

| 廢棄物種類 | DOC (%) | 礦物碳比例 (%) | 總碳比例 (%) | 含水率 (%) |
|---------|---------|-----------|----------|---------|
| 有害事業廢棄物 | NA | 5-50 | NA | 10-90 |
| 醫療廢棄物 | 15 | 25 | 40 | 35 |

備註：NA 表示無此分析數據。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2-16, Table2.6, 2006.

表 7.4.4 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放係數

| 國家 | 焚化 / 技術類型 | MSW 排放係數 (g N ₂ O/ 公噸廢棄物焚化量) | 計算基準 | |
|-----|-----------|--|------|----|
| 日本 | 連續焚化 | 階梯式爐床 | 47 | 濕重 |
| | | 流體化床 | 67 | 濕重 |
| | 半連續焚化 | 階梯式爐床 | 41 | 濕重 |
| | | 流體化床 | 68 | 濕重 |
| | 分批類焚化 | 階梯式爐床 | 56 | 濕重 |
| | | 流體化床 | 221 | 濕重 |
| 德國 | - | 8 | 濕重 | |
| 荷蘭 | - | 20 | 濕重 | |
| 奧地利 | - | 12 | 濕重 | |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.5-21, Table 5.4, 2006.

表 7.4.5 2006 IPCC 指南焚化處理二氧化碳排放計算一覽表

| 參數 | 2006 IPCC 指南 計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--|--------------------------|---|--|
| 廢棄物總燃燒量 (SW _i) | 國內資料自行確定 | <ul style="list-style-type: none"> 2010 年以前依據國內生活垃圾燃燒量與一般事業垃圾處理量，做為全國燃燒廢棄物量。 由於大型焚化爐會產生能源發電須扣除其垃圾量，其餘垃圾量燃燒計入廢棄物部門。 2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，做為全國燃燒廢棄物量。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部中華民國環境保護統計年報 環境部固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統 |
| 乾物質比例 (dm _i) | 國內資料自行確定 | <ul style="list-style-type: none"> 依據國內垃圾分析含水量計算乾物質含量。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部中華民國環境保護統計年報 |
| 乾物質之總碳比例 (CF _i) | 提供各種物質之總碳比例預設值 | <ul style="list-style-type: none"> 依據我國垃圾組成與 2006 IPCC 指南公布含碳量計算。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部中華民國環境保護統計年報 |
| 乾物質總碳中 礦物碳比例 (FCF _i) | 提供各種物質之礦物碳比例預設值 | <ul style="list-style-type: none"> 一般廢棄物：依據國內研究資料與 2006 IPCC 指南公布各種物質之礦物碳比例計算。 一般事業廢棄物：參考 2006 IPCC 指南之各事業廢棄物種類並彙整環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」資料，以估算一般事業廢棄物之礦物碳比例。 醫療與有害廢棄物：依據 2006 IPCC 指南礦物碳比例預設值，分別採用 25% 及 27.5%。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」 |
| 氧化比例 (OF _i) | 未公布 | <ul style="list-style-type: none"> 依據 2006 IPCC 指南預設值 100% 計算。 | <ul style="list-style-type: none"> 2006 IPCC 指南預設值 |

表 7.4.6 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表

| 參數 | 2006 IPCC 指南 計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|------------------------------------|--------------------------|---|--|
| 廢棄物總燃燒量 (IW _i) | 國內資料自行確定 | <ul style="list-style-type: none"> 2010 年以前依據國內一般廢棄物焚化量及一般事業垃圾處理量，扣除大型焚化爐處理量，做為廢棄物部門燃燒廢棄物量。 2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，做為全國燃燒廢棄物量。 | <ul style="list-style-type: none"> 環境部中華民國環境保護統計年報 環境部固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統 |
| 氧化亞氮 排放係數 (EF _i) | 公布相關焚化設施之氧化亞氮排放係數範圍值 | 依據國內現況多數屬於連續式鍋爐，因此引用 2006 IPCC 指南提供設施中，日本連續式爐體排放係數 47g N ₂ O/公噸焚化廢棄物計算。 | 2006 IPCC 指南預設值 |

(3) 活動數據

1990 年至 2004 年活動數據引用環境部中華民國環境保護統計年報中「一般廢棄物焚化處理量」、「一般廢棄物焚化量」及「一般事業廢棄物處理量」加總並扣除「大型焚化爐焚化量」，據以計算中小型焚化爐活動數據。

2005 年至 2010 年間，廢棄物焚化處理量改參採環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並乘上 1.1 進行修正；後期因 2011 年至 2013 年焚化處理量呈現劇降情形，導致溫室氣體排放量變動過大。為降低廢棄物焚化處理量不確定與提升品質，2011 年起改採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」之中小型焚化爐廢棄物焚化量。

另外，依據 2022 年 1 月環境部門清冊專家諮詢會議之決議，依廢棄物種類分別計算排放量，種類可分為「一般廢棄物」、「一般事業廢棄物」、「醫療廢棄物」以及「有害事業廢棄物」等。其中，1990 年至 2010 年各式廢棄物種類採用 2011 年至 2022 年平均占比計算，2011 年後採用原始資料中廢棄物代碼進行分類。各式廢棄物種類之活動數據如表 7.4.7 所示。

(4) 排放量

依據公式 7.4.1.1、公式 7.4.1.2 及焚化相關活動數據與參數等，估算廢棄物焚化處理所產生溫室氣體排放量，如表 7.4.8 至表 7.4.10 所示。

近幾年由於大型焚化爐整改，大型焚化量能部份轉移到中小型焚化爐，再加上有多座新設之中小型焚化爐，導致

表 7.4.7 1990 年至 2022 年焚化處理之溫室氣體活動數據

(單位：千公噸)

| 年份 | 環境保護統計年報 ¹ | | | | 事業廢棄物申報管理系統 ² | | 空污申報管理系統 ³ | 焚化處理量 | 分類 | | | |
|------|-----------------------|------------|----------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------|---------|-------|---------|-------|-------|
| | 一般廢棄物焚化量 | 一般事業廢棄物處理量 | 大型焚化爐焚化量 | 中小型焚化爐焚化量 | 原始中小型焚化爐處理量 | 修正後中小型焚化爐處理量 | 中小型焚化爐廢棄物焚化量 | | 一般廢棄物 | 一般事業廢棄物 | 醫療廢棄物 | 有害廢棄物 |
| 1990 | 77.7 | NE | NE | 77.7 | NE | NE | NE | 77.7 | 0.7 | 68.6 | 3.5 | 5.0 |
| 1991 | 28.8 | NE | NE | 28.8 | NE | NE | NE | 28.8 | 0.3 | 25.4 | 1.3 | 1.8 |
| 1992 | 255.4 | NE | NE | 255.4 | NE | NE | NE | 255.4 | 2.3 | 225.4 | 11.5 | 16.3 |
| 1993 | 249.0 | NE | NE | 249.0 | NE | NE | NE | 249.0 | 2.2 | 219.8 | 11.2 | 15.9 |
| 1994 | 412.5 | NE | NE | 412.5 | NE | NE | NE | 412.5 | 3.6 | 364.0 | 18.6 | 26.3 |
| 1995 | 1,301.0 | NE | NE | 1,301.0 | NE | NE | NE | 1,301.0 | 11.5 | 1148.1 | 58.6 | 82.9 |
| 1996 | 1,364.6 | NE | NE | 1,364.6 | NE | NE | NE | 1,364.6 | 12.1 | 1204.2 | 61.4 | 86.9 |
| 1997 | 1,691.6 | NE | 1,419.3 | 272.3 | NE | NE | NE | 272.3 | 2.4 | 240.3 | 12.3 | 17.3 |
| 1998 | 1,741.1 | NE | 1,335.4 | 405.7 | NE | NE | NE | 405.7 | 3.6 | 358.0 | 18.3 | 25.8 |
| 1999 | 2,020.6 | NE | 1,789.1 | 231.5 | NE | NE | NE | 231.5 | 2.0 | 204.3 | 10.4 | 14.7 |
| 2000 | 3,229.7 | NE | 2,659.7 | 570.1 | NE | NE | NE | 570.1 | 5.0 | 503.1 | 25.7 | 36.3 |
| 2001 | 3,736.9 | 2,330.1 | 3,922.4 | 2,144.6 | NE | NE | NE | 2,144.6 | 18.9 | 1892.5 | 96.5 | 136.6 |
| 2002 | 4,316.0 | 2,873.9 | 5,311.0 | 1,878.9 | NE | NE | NE | 1,879.0 | 16.6 | 1658.1 | 84.6 | 119.7 |
| 2003 | 4,304.6 | 2,869.8 | 5,470.7 | 1,703.6 | NE | NE | NE | 1,705.1 | 15.1 | 1504.6 | 76.8 | 108.6 |
| 2004 | 4,307.7 | 2,952.1 | 5,611.5 | 1,648.3 | NE | NE | NE | 1,648.3 | 14.6 | 1454.5 | 74.2 | 105.0 |
| 2005 | | | | | 582.9 | 641.1 | NE | 641.1 | 5.7 | 565.8 | 28.9 | 40.8 |
| 2006 | | | | | 637.0 | 700.6 | NE | 700.6 | 6.2 | 618.3 | 31.5 | 44.6 |
| 2007 | | | | | 628.4 | 691.3 | NE | 691.3 | 6.1 | 610.0 | 31.1 | 44.0 |
| 2008 | | | | | 550.0 | 605.0 | NE | 605.0 | 5.3 | 533.9 | 27.2 | 38.5 |
| 2009 | | | | | 527.9 | 580.7 | NE | 580.7 | 5.1 | 512.5 | 26.1 | 37.0 |
| 2010 | | | | | 560.5 | 616.6 | NE | 616.6 | 5.4 | 544.1 | 27.8 | 39.3 |
| 2011 | | | | | 536.1 | 589.7 | 660.2 | 660.2 | 3.9 | 599.1 | 26.7 | 30.6 |
| 2012 | | | | | 494.2 | 543.6 | 616.9 | 616.9 | 4.6 | 555.3 | 25.0 | 32.0 |
| 2013 | | | | | 528.0 | 580.8 | 629.4 | 629.4 | 5.6 | 564.1 | 25.9 | 33.8 |
| 2014 | | | | | 521.4 | 573.6 | 624.1 | 624.1 | 6.3 | 577.7 | 0.4 | 30.8 |

續下表

續上表

| 年份 | 環境保護統計年報 ¹ | | | | 事業廢棄物申報管理系統 ² | | 空污申報管理系統 ³ | | 分類 | | | |
|------|-----------------------|------------|----------|-----------|--------------------------|--------------|-----------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 一般廢棄物焚化量 | 一般事業廢棄物處理量 | 大型焚化爐焚化量 | 中小型焚化爐焚化量 | 原始中小型焚化爐處理量 | 修正後中小型焚化爐處理量 | 中小型焚化爐廢棄物焚化量 | 焚化處理量 | 一般廢棄物 | 一般事業廢棄物 | 醫療廢棄物 | 有害廢棄物 |
| 2015 | | | | | 483.3 | 531.6 | 434.1 | 434.1 | 5.3 | 373.1 | 25.0 | 30.8 |
| 2016 | | | | | 481.7 | 529.9 | 480.3 | 480.3 | 4.9 | 438.6 | 10.0 | 26.9 |
| 2017 | | | | | 489.3 | 538.2 | 471.9 | 471.9 | 5.3 | 412.5 | 26.9 | 27.2 |
| 2018 | | | | | 516.7 | 568.4 | 488.9 | 488.9 | 2.5 | 429.5 | 26.0 | 30.9 |
| 2019 | | | | | 528.0 | 580.8 | 570.4 | 570.4 | 5.9 | 495.4 | 30.4 | 38.7 |
| 2020 | | | | | 533.2 | 586.5 | 654.1 | 654.1 | 5.7 | 552.8 | 34.3 | 61.3 |
| 2021 | | | | | 540.0 | 594.0 | 696.2 | 696.2 | 5.0 | 583.9 | 44.6 | 62.8 |
| 2022 | | | | | | | 814.1 | 725.5 | 5.1 | 575.6 | 46.2 | 98.6 |

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料僅無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物 + 一般事業廢棄物 - 大型焚化爐焚化量），行政院環境保護署（現為環境部）中華民國環境保護統計年報，2023 年。

2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2022 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。

3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.8 1990 年至 2022 年一般廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

| 年份 | 一般廢棄物焚化量 | 含水率 (1-dm) | 含碳比例 (CF) | 礦物碳比例 (FCF) | 焚化爐燃燒效率 (OF) | 二氧化碳排放量 | 氧化亞氮排放係數 | 氧化亞氮排放量 |
|------|----------|------------|-----------|-------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 千公噸 | % | % | % | % | kt CO ₂ e | g N ₂ O/T | kt CO ₂ e |
| 1990 | 0.7 | 51.97% | 34.35% | 46.76% | 100% | 0.19 | 47 | 0.01 |
| 1991 | 0.3 | 51.97% | 34.35% | 51.14% | 100% | 0.08 | 47 | 0.00 |
| 1992 | 2.3 | 51.97% | 34.35% | 45.11% | 100% | 0.62 | 47 | 0.03 |
| 1993 | 2.2 | 51.06% | 34.82% | 41.86% | 100% | 0.58 | 47 | 0.03 |
| 1994 | 3.6 | 53.21% | 40.78% | 42.98% | 100% | 1.10 | 47 | 0.05 |
| 1995 | 11.5 | 48.14% | 35.87% | 41.15% | 100% | 3.23 | 47 | 0.14 |
| 1996 | 12.1 | 50.60% | 38.44% | 41.23% | 100% | 3.46 | 47 | 0.15 |
| 1997 | 2.4 | 46.03% | 37.87% | 43.39% | 100% | 0.78 | 47 | 0.03 |
| 1998 | 3.6 | 51.06% | 37.74% | 43.87% | 100% | 1.06 | 47 | 0.04 |
| 1999 | 2.0 | 50.76% | 38.32% | 41.43% | 100% | 0.59 | 47 | 0.03 |
| 2000 | 5.0 | 45.02% | 38.41% | 47.59% | 100% | 1.86 | 47 | 0.06 |
| 2001 | 18.9 | 55.80% | 41.27% | 47.14% | 100% | 5.97 | 47 | 0.24 |
| 2002 | 16.6 | 51.24% | 41.94% | 45.30% | 100% | 5.64 | 47 | 0.21 |
| 2003 | 15.1 | 55.69% | 42.23% | 44.59% | 100% | 4.61 | 47 | 0.19 |
| 2004 | 14.6 | 51.19% | 42.20% | 42.81% | 100% | 4.71 | 47 | 0.18 |
| 2005 | 5.7 | 54.03% | 39.11% | 31.47% | 100% | 1.18 | 47 | 0.07 |
| 2006 | 6.2 | 52.41% | 43.24% | 31.35% | 100% | 1.46 | 47 | 0.08 |
| 2007 | 6.1 | 51.55% | 44.25% | 35.60% | 100% | 1.71 | 47 | 0.08 |
| 2008 | 5.3 | 50.94% | 49.21% | 35.14% | 100% | 1.66 | 47 | 0.07 |
| 2009 | 5.1 | 54.19% | 49.18% | 35.75% | 100% | 1.52 | 47 | 0.06 |
| 2010 | 5.4 | 52.66% | 48.37% | 35.46% | 100% | 1.62 | 47 | 0.07 |
| 2011 | 3.9 | 55.06% | 48.29% | 34.48% | 100% | 1.08 | 47 | 0.05 |
| 2012 | 4.6 | 53.97% | 48.58% | 34.22% | 100% | 1.29 | 47 | 0.06 |
| 2013 | 5.6 | 54.08% | 48.48% | 34.95% | 100% | 1.61 | 47 | 0.07 |
| 2014 | 6.3 | 55.17% | 49.14% | 35.51% | 100% | 1.81 | 47 | 0.08 |
| 2015 | 5.3 | 54.79% | 48.88% | 34.98% | 100% | 1.49 | 47 | 0.07 |
| 2016 | 4.9 | 52.91% | 48.95% | 36.28% | 100% | 1.49 | 47 | 0.06 |
| 2017 | 5.3 | 52.60% | 48.84% | 35.43% | 100% | 1.59 | 47 | 0.07 |
| 2018 | 2.5 | 50.77% | 48.93% | 37.63% | 100% | 0.84 | 47 | 0.03 |
| 2019 | 5.9 | 48.49% | 48.30% | 38.34% | 100% | 2.06 | 47 | 0.07 |
| 2020 | 5.7 | 45.34% | 44.69% | 41.49% | 100% | 2.10 | 47 | 0.07 |
| 2021 | 5.0 | 40.33% | 45.42% | 48.29% | 100% | 2.39 | 47 | 0.06 |
| 2022 | 5.1 | 41.45% | 48.03% | 50.06% | 100% | 2.61 | 47 | 0.06 |

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物 + 一般事業廢棄物 - 大型焚化爐焚化量），行政院環境保護署（現為環境部）中華民國環境保護統計年報，2023 年。

2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2022 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。

3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.9 1990 年至 2022 年一般事業廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

| 年份 | 一般事業廢棄物焚化量 | 分類 | | | | | | | | 礦物碳比例 (FCF) | 焚化爐燃燒效率 (OF) | 二氧化碳排放量 | 氧化亞氮排放係數 | 氧化亞氮排放量 |
|------|------------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 食品 | 纖維布 | 木頭 | 紙 | 石油化學 | 橡膠 | 營造拆除 | 其他 | | | | | |
| | 千公噸 | % | | | | | | | | % | % | kt CO ₂ e | g N ₂ O/T | kt CO ₂ e |
| 1990 | 77.7 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 85.73 | 47 | 0.85 |
| 1991 | 28.8 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 31.80 | 47 | 0.32 |
| 1992 | 255.4 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 281.62 | 47 | 2.81 |
| 1993 | 249.0 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 274.62 | 47 | 2.74 |
| 1994 | 412.5 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 454.90 | 47 | 4.53 |
| 1995 | 1,301.0 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 1,434.64 | 47 | 14.30 |
| 1996 | 1,364.6 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 1,504.77 | 47 | 15.00 |
| 1997 | 272.3 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 300.29 | 47 | 2.99 |
| 1998 | 405.7 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 447.40 | 47 | 4.46 |
| 1999 | 231.5 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 255.29 | 47 | 2.54 |
| 2000 | 570.1 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 628.64 | 47 | 6.27 |
| 2001 | 2,144.6 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 2,364.84 | 47 | 23.57 |
| 2002 | 1,878.9 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 2,071.98 | 47 | 20.65 |
| 2003 | 1,703.6 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 1,880.16 | 47 | 18.74 |
| 2004 | 1,648.3 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 1,817.54 | 47 | 18.12 |
| 2005 | 1,956.1 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 706.99 | 47 | 7.05 |
| 2006 | 2,174.6 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 772.60 | 47 | 7.70 |
| 2007 | 2,121.7 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 762.24 | 47 | 7.60 |
| 2008 | 1,470.6 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 667.13 | 47 | 6.65 |
| 2009 | 614.5 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 640.37 | 47 | 6.38 |
| 2010 | 773.0 | 0.00% | 0.55% | 0.74% | 15.68% | 40.66% | 0.16% | 0.07% | 42.13% | 34.08% | 100% | 679.92 | 47 | 6.78 |
| 2011 | 660.2 | 0.00% | 0.54% | 0.48% | 16.96% | 32.58% | 0.92% | 0.04% | 48.48% | 27.94% | 100% | 613.71 | 47 | 7.46 |
| 2012 | 616.9 | 0.00% | 0.54% | 0.69% | 17.77% | 34.78% | 0.22% | 0.05% | 45.94% | 29.52% | 100% | 601.00 | 47 | 6.92 |
| 2013 | 629.4 | 0.00% | 0.39% | 0.91% | 17.26% | 44.11% | 0.03% | 0.01% | 37.29% | 36.65% | 100% | 758.02 | 47 | 7.03 |
| 2014 | 624.1 | 0.00% | 0.47% | 0.91% | 18.32% | 39.58% | 0.10% | 0.02% | 40.61% | 33.16% | 100% | 702.33 | 47 | 7.19 |
| 2015 | 434.1 | 0.00% | 0.52% | 0.84% | 19.52% | 38.53% | 0.08% | 0.01% | 40.50% | 32.33% | 100% | 442.29 | 47 | 4.65 |
| 2016 | 480.3 | 0.00% | 0.49% | 0.79% | 15.34% | 40.95% | 0.06% | 0.05% | 42.32% | 34.28% | 100% | 551.31 | 47 | 5.46 |
| 2017 | 471.9 | 0.00% | 0.56% | 0.68% | 13.50% | 44.36% | 0.07% | 0.00% | 40.81% | 36.95% | 100% | 558.94 | 47 | 5.14 |
| 2018 | 488.9 | 0.00% | 0.63% | 0.80% | 14.85% | 44.45% | 0.07% | 0.01% | 39.19% | 37.00% | 100% | 582.72 | 47 | 5.35 |
| 2019 | 570.4 | 0.00% | 0.56% | 0.64% | 14.08% | 41.65% | 0.05% | 0.29% | 42.74% | 34.90% | 100% | 633.88 | 47 | 6.17 |
| 2020 | 654.1 | 0.00% | 0.68% | 0.68% | 14.63% | 41.35% | 0.11% | 0.14% | 42.42% | 34.65% | 100% | 702.46 | 47 | 6.89 |
| 2021 | 696.2 | 0.00% | 0.69% | 0.70% | 10.27% | 44.93% | 0.09% | 0.18% | 43.14% | 37.50% | 100% | 802.81 | 47 | 7.27 |
| 2022 | 575.6 | 0.00% | 0.69% | 0.70% | 10.48% | 44.71% | 0.09% | 0.18% | 43.15% | 37.33% | 100% | 787.79 | 47 | 7.17 |

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），環境部中華民國環境保護統計年報，2023 年。

2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2022 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。

3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

表 7.4.10 1990 年至 2022 年醫療廢棄物與有害廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放量

| 年份 | 活動數據 | | 礦物碳比例 (FCF) | | 焚化爐 燃燒 效率 (OF) | 二氧化碳排放量 | | 氧化亞氮 排放係數 | 氧化亞氮排放量 | |
|------|--------------|--------------|-------------|-----------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| | 醫療廢棄物 焚化量 | 有害廢棄物 焚化量 | 醫療 廢棄物 | 有害 廢棄物 | | 醫療 廢棄物 | 有害 廢棄物 | | 醫療 廢棄物 | 有害 廢棄物 |
| | 千公噸 | 千公噸 | % | % | | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e | | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | 3.5 | 5.0 | 25% | 25% | 100% | 3.21 | 4.99 | 47 | 0.04 | 0.06 |
| 1991 | 1.3 | 1.8 | 25% | 25% | 100% | 1.19 | 1.85 | 47 | 0.02 | 0.02 |
| 1992 | 11.5 | 16.3 | 25% | 25% | 100% | 10.54 | 16.41 | 47 | 0.14 | 0.20 |
| 1993 | 11.2 | 15.9 | 25% | 25% | 100% | 10.28 | 16.00 | 47 | 0.14 | 0.20 |
| 1994 | 18.6 | 26.3 | 25% | 25% | 100% | 17.02 | 26.50 | 47 | 0.23 | 0.33 |
| 1995 | 58.6 | 82.9 | 25% | 25% | 100% | 53.69 | 83.58 | 47 | 0.73 | 1.03 |
| 1996 | 61.4 | 86.9 | 25% | 25% | 100% | 56.31 | 87.67 | 47 | 0.77 | 1.08 |
| 1997 | 12.3 | 17.3 | 25% | 25% | 100% | 11.24 | 17.49 | 47 | 0.15 | 0.22 |
| 1998 | 18.3 | 25.8 | 25% | 25% | 100% | 16.74 | 26.06 | 47 | 0.23 | 0.32 |
| 1999 | 10.4 | 14.7 | 25% | 25% | 100% | 9.55 | 14.87 | 47 | 0.13 | 0.18 |
| 2000 | 25.7 | 36.3 | 25% | 25% | 100% | 23.52 | 36.62 | 47 | 0.32 | 0.45 |
| 2001 | 96.5 | 136.6 | 25% | 25% | 100% | 88.50 | 137.77 | 47 | 1.20 | 1.70 |
| 2002 | 84.6 | 119.7 | 25% | 25% | 100% | 77.54 | 120.71 | 47 | 1.05 | 1.49 |
| 2003 | 76.8 | 108.6 | 25% | 25% | 100% | 70.36 | 109.53 | 47 | 0.96 | 1.35 |
| 2004 | 74.2 | 105.0 | 25% | 25% | 100% | 68.02 | 105.89 | 47 | 0.92 | 1.31 |
| 2005 | 28.9 | 40.8 | 25% | 25% | 100% | 26.46 | 41.19 | 47 | 0.36 | 0.51 |
| 2006 | 31.5 | 44.6 | 25% | 25% | 100% | 28.91 | 45.01 | 47 | 0.39 | 0.56 |
| 2007 | 31.1 | 44.0 | 25% | 25% | 100% | 28.52 | 44.41 | 47 | 0.39 | 0.55 |
| 2008 | 27.2 | 38.5 | 25% | 25% | 100% | 24.97 | 38.87 | 47 | 0.34 | 0.48 |
| 2009 | 26.1 | 37.0 | 25% | 25% | 100% | 23.96 | 37.31 | 47 | 0.33 | 0.46 |
| 2010 | 27.8 | 39.3 | 25% | 25% | 100% | 25.44 | 39.61 | 47 | 0.35 | 0.49 |
| 2011 | 26.7 | 30.6 | 25% | 25% | 100% | 24.46 | 30.82 | 47 | 0.33 | 0.38 |
| 2012 | 25.0 | 32.0 | 25% | 25% | 100% | 22.96 | 32.24 | 47 | 0.31 | 0.40 |
| 2013 | 25.9 | 33.8 | 25% | 25% | 100% | 23.70 | 34.06 | 47 | 0.32 | 0.42 |
| 2014 | 0.4 | 30.8 | 25% | 25% | 100% | 0.37 | 31.07 | 47 | 0.01 | 0.38 |
| 2015 | 25.0 | 30.8 | 25% | 25% | 100% | 22.87 | 31.08 | 47 | 0.31 | 0.38 |
| 2016 | 10.0 | 26.9 | 25% | 25% | 100% | 9.12 | 27.16 | 47 | 0.12 | 0.34 |
| 2017 | 26.9 | 27.2 | 25% | 25% | 100% | 24.65 | 27.48 | 47 | 0.33 | 0.34 |
| 2018 | 26.0 | 30.9 | 25% | 25% | 100% | 23.84 | 31.12 | 47 | 0.32 | 0.38 |
| 2019 | 30.4 | 38.7 | 25% | 25% | 100% | 27.89 | 39.00 | 47 | 0.38 | 0.48 |
| 2020 | 34.3 | 61.3 | 25% | 25% | 100% | 31.46 | 61.81 | 47 | 0.43 | 0.76 |
| 2021 | 44.6 | 62.8 | 25% | 25% | 100% | 40.84 | 63.31 | 47 | 0.55 | 0.78 |
| 2022 | 46.2 | 98.6 | 25% | 25% | 100% | 42.38 | 99.41 | 47 | 0.58 | 1.23 |

資料來源：1. 1990 年至 2004 年活動數據採用統計年報計算而得（一般廢棄物＋一般事業廢棄物－大型焚化爐焚化量），行政院環境保護署（現為環境部）中華民國環境保護統計年報，2023 年。

2. 2005 年至 2010 年活動數據採用環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中，焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並參考 2011 年至 2022 年環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量平均調整 1.1 倍。

3. 2011 年後則直接採用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量作為活動數據。

2019 年起焚化處理量逐年小幅提升，至 2022 年中小型焚化爐焚化處理量達 725.5 千公噸，較 2021 年增加 29.3 千公噸。

在焚化廢棄物種類中，2022 年占比最高為「一般事業廢棄物」，占比高達 84.46%，其餘依次為「有害事業廢棄物」占 10.69%、「醫療廢棄物」占 4.56% 以及「一般廢棄物」占 0.28%。2022 年焚化處理排放量为 941 千公噸二氧化碳當量，相較 1990 年增加 889.79%，主要係因一般事業廢棄物大量增加，而較 2021 年增加 2.53%，主要係因有害廢棄物處理量增加 35.8 千公噸。

(5) 完整性

1990 年至 2004 年活動數據參採環境部中華民國環境保護統計年報關於一般廢棄物焚化處理量與事業廢棄物處理量以及大型焚化爐焚化量等資訊來估算；2005 年至 2010 年活動數據改為環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中

焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量並乘上 1.1 進行修正估算；2011 年以後的活動數據，則改為引用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中小型焚化爐廢棄物焚化量。因此，1990 年至 2022 年焚化處理量均具有完整的時序統計。

另引用之垃圾性質百分比數據，估算「含碳量比例」及「礦物碳比例」，僅有 1992 年至 2022 年，缺少 1990 年及 1991 年活動數據，處理方式詳見時間序列的一致性。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

由於 2006 IPCC 指南並未針對焚化處理有預設之不確定性，係參考我國掩埋場之不確定性計算。有關廢棄物部門各來源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。

有關廢棄物焚化處理所產生之二氧化碳排放之各項參數詳細資料列於表 7.4.11 至表 7.4.13，各項活動資料與排放係數不確定性結果，一般廢棄物依活動數據、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、55.90% 和 56.79%。一般事業廢棄物依活動數據、排放係數、排放量

分別計算不確定性，分別為 10.00%、22.91% 和 25.00%。醫療廢棄物與有害廢棄物依活動強度、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、20.62% 和 22.91%。

有關廢棄物焚化處理所產生之氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.4.11 至表 7.4.13，各項活動資料與排放係

表 7.4.11 2022 年一般廢棄物焚化處理之二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性

| 項目 | 不確定性 | 說明 |
|---------------------------|--------|---|
| 焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr) | 10.00% | 依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。 |
| 含水分 (%) | 30.00% | 參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。 |
| 總碳比例 (CF) | 30.00% | 參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。 |
| 礦物碳比例 (FCF) | 36.06% | 1. 參考「掩埋場廢棄物組成之不確定性是具有基於研究」的原則，其不確定性以 30% 計算。 2. 比例則引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定 20% 計算。 3. 兩者不確定加總為 36.06%。 |
| 焚化爐燃燒效率 (OF) | 5.00% | 燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。 |
| 氧化亞氮排放係數 | 20.00% | 排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。 |
| 活動強度 | 10.00% | |
| 二氧化碳排放係數 | 55.90% | |
| 二氧化碳排放量 | 56.79% | |
| 氧化亞氮排放係數 | 20.00% | |
| 氧化亞氮排放量 | 22.36% | |

表 7.4.12 2022 年焚化一般事業廢棄物二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性

| 項目 | 不確定性 | 說明 |
|---------------------------|--------|--|
| 焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr) | 10.00% | 依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。 |
| 礦物碳比例 (FCF) | 20.36% | 1. 依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，採用原始資料中廢棄物代碼進行分類，分為「食品」、「纖維布」、「木頭」、「紙」、「石油化學」、「橡膠」、「營造拆除」以及「其他」，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。 2. 比例引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定 20% 計算。 3. 兩者不確定加總為 22.36%。 |
| 焚化爐燃燒效率 (OF) | 5.00% | 燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。 |
| 氧化亞氮排放係數 | 20.00% | 排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。 |
| 活動強度不確定性 | 10.00% | |
| 二氧化碳排放係數不確定性 | 22.91% | |
| 二氧化碳排放量不確定性計 | 25.00% | |
| 氧化亞氮排放係數不確定性 | 20.00% | |
| 氧化亞氮排放量不確定性計 | 22.36% | |

表 7.4.13 2022 年焚化醫療廢棄物與有害廢棄物之二氧化碳與氧化亞氮排放不確定性

| 項目 | 不確定性 | 說明 |
|---------------------------|--------|--|
| 焚化固體廢棄物類型的總量 (MSW)(Gg/yr) | 10.00% | 依據環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」中，無能源回收之中小型焚化爐廢棄物焚化量，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。 |
| 礦物碳比例 (FCF) | 20.00% | 例引用 2006 IPCC 指南預設值，故係參考掩埋場不確定性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 2006 IPCC 指南預設值」之不確定 20% 計算。 |
| 焚化爐燃燒效率 (OF) | 5.00% | 燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確定性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。 |
| 氧化亞氮排放係數 | 20.00% | 排放係數引用 2006 IPCC 指南建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 2006 IPCC 指南 DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。 |
| 活動強度不確定性 | 10.00% | |
| 二氧化碳排放係數不確定性 | 20.62% | |
| 二氧化碳排放量不確定性計 | 22.91% | |
| 氧化亞氮排放係數不確定性 | 20.00% | |
| 氧化亞氮排放量不確定性計 | 22.36% | |

數不確定性結果，依活動數據、排放係數、排放量分別計算不確定性，分別為 10.00%、20.00% 和 22.36%。

(2) 時間序列的一致性

在估算廢棄物焚化處理二氧化碳與氧化亞氮排放量之相關計算參數與引用活動數據來源，係引用環境部中華民國環境保護統計年報登載 1990 年至 2010 年垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」以及環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量，2011 年後則引用環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」之中小型焚化爐廢棄物焚化量。然而，環境部中華民國環境保護統計年報登載數據缺少 1990 年與 1991 年垃圾性質百分比數據，故假設這兩年數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同，以進一步估算該兩年「含碳量比例」及「礦物碳比例」，完整建立各年期排放估算所需之相關活動數據及排放參數之一致性與完整性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

引用環境部中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物清理概況中焚化處理量、環境部事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營

運情形之「焚化(處理)量」、環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量、環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」的中小型焚化爐廢棄物焚化量與垃圾性質百分比等活動數據為基礎，參採 2006 IPCC 指南建議排放係數與 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，環境部已於 2015 年 5 月及 10 月召開環境部門清冊專家諮詢會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(表 7.4.14)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

過去引用環境部中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物清理概況中焚化處理數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」，以及環境部「事業廢棄物申報及管理資訊系統」中焚化處理聯單申報之一般事業廢棄物送至中小型焚化爐處理量與環境部「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」的中小型焚化爐廢棄物焚化量與垃圾

表 7.4.14 廢棄物焚化一般清冊品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|--|
| 檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準 | · 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料(垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」、垃圾組成)和排放因數(2006 IPCC 指南預設值)的種類並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | · 確認正確引用環境部「中華民國環境保護統計年報」結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | · 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | · 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 檢核 1990 年與 1991 年垃圾性質百分比數據，確認假設數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | · 簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | · 確認引用適用多種排放源類別的活動數據資料相關常數與參數之一致性與複檢結果 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | · 複查檢核「含碳量比例」及「礦物碳比例」，確認轉錄結果無誤 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | · 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南預設值 |
| 展開內部檔的審評 | · 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | · 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則/方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | · 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內，所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | · 對於每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 · 本年度此排放源無重新計算 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5, Waste, 2006.

性質百分比等活動數據為基礎，參採 2006 IPCC 指南建議排放係數與 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南，以計算溫室氣體排放量。

依據 2022 年 1 月環境部門清冊專家諮詢會議之決議，將廢棄物焚化量區分一般廢棄物、一般事業廢棄物、有害廢棄物及醫療廢棄物等四類，並分別計算排放量後加總。

經重新計算後，主要因事業廢棄物礦物碳比率高，2022 年焚化溫室氣體排放量由 544 千公噸二氧化碳當量提高至 941 千公噸二氧化碳當量。

6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源的改善計畫。

7.4.2 廢棄物露天燃燒 (5.C.2)

我國現僅農業廢棄物有露天燃燒情形，歸屬於農業部門，廢棄物部門並無其他廢棄物以露天燃燒處理情形。

7.5 廢水處理與放流 (5.D)

污(廢)水處理產生溫室氣體排放量可分為 5.D.1「生活污水處理與放流」與 5.D.2「事業廢水處理與放流」。生活污水及事業廢水處理系統的活動數據和排放係數來源並不相同，故分別計算溫室氣體排放量。

污(廢)水處理過程中會產生甲烷及氧化亞氮排放，而污(廢)水處理產生的二氧化碳在 2006 IPCC 指南認定為生物成因，不須計算納入國家排放總量(如植物光合作用減少二氧化碳亦未納入)。

2006 IPCC 指南針對廢水處理可能造成之甲烷和氧化亞氮排放潛勢，如表 7.5.1 所示。相較於 1996 IPCC 指南，主要增加估算未收集廢水的甲烷排放、高級廢水處理廠(三級處理)的氧化亞氮排放，並簡化事業廢水排放量計算，針對事業廢水甲烷與氧化亞氮排放提供建議盤點的產業類別。

甲烷生成量主要取決於污(廢)水中的可降解有機物、溫度及處理系統的類型。當溫度增加時，甲烷產生的速率增大，這在無控制系統和溫暖氣候中尤其重要。然而，溫度較低時，甲烷生成量可能會受影響，緣自甲烷微生物活性不大。另外，在生活污水處理與放流中，以生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD)為指標，在事業廢水處理與放流中則以化學需氧量(Chemical Oxygen Demand, COD)為指標，包含生物可分解及不可分解的碳含量。

氧化亞氮與廢水中的氮成分(如尿素、硝酸鹽和蛋白質)之硝化與脫硝作用有關，意即將氮和其他氮化合物轉化成硝酸鹽(NO_3^-)和硝酸鹽轉化成氮氣(N_2)的生物化學轉化。氧化亞氮可能成為這兩個過程的中間產物，通常與脫硝作用關聯較大。生活污水與事業廢水處理系統為去除氮化合物可能包括各種處理流程，從化糞池處理技術到高級處理技術均可能產生氧化亞氮直接排放。

1990 年至 2022 年廢水處理與放流溫室氣體排放量如表 7.5.2。2022 年生活污水排放占比為 43.38%，事業廢水排放占比為 56.62%，2022 年廢水處理與放流溫室氣體排放量相較 2021 年減少 10.57%，相較 2005 年減少 31.06%，相較 1990 年減少 28.96%。

表 7.5.1 廢水處理系統甲烷及氧化亞氮排放潛勢

| 處理及排放類型 | | 甲烷及氧化亞氮排放潛勢 | | |
|---------|--------|---|---|---|
| 納管 | 未處理 | 河流排放 | <ul style="list-style-type: none"> 不流動且溶氧不足的河流和湖泊，水中有機污染物可能厭氧分解，產生甲烷。 河流、湖泊和港灣，可能成為氧化亞氮排放源。 | |
| | | 下水道(封閉、地下的) | <ul style="list-style-type: none"> 不是甲烷/氧化亞氮排放來源。 | |
| | | 下水道(露天) | <ul style="list-style-type: none"> 滯流、超負荷的露天收集下水道或溝渠/水道，可能成為甲烷排放的重要來源。 | |
| | 已處理 | 好氧處理 | 集中式好氧廢水處理廠 | <ul style="list-style-type: none"> 可能由好氧槽之厭氧區域，產生些微甲烷。 設計或操作管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。 具去除營養鹽之三級污水處理廠(硝化、脫硝反應)，雖規模小，但也是氧化亞氮排放來源之一。 |
| | | | 集中式好氧廢水處理廠的污泥厭氧處理 | <ul style="list-style-type: none"> 污泥厭氧處理排放之甲烷，若未採取回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。 |
| | | | 好氧淺污水塘 | <ul style="list-style-type: none"> 一般而言，不太可能成為甲烷/氧化亞氮主要排放來源。 設計或管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。 |
| | | 厭氧處理 | 厭氧化糞池 | <ul style="list-style-type: none"> 可能是甲烷的排放來源。 不是氧化亞氮的排放源。 |
| | | | 厭氧反應槽 | <ul style="list-style-type: none"> 如果排放的甲烷未被回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。 |
| | | | 化糞池 | <ul style="list-style-type: none"> 經常清除沉澱污泥，可降低甲烷產生量。 |
| 未納管 | 露天坑/廁所 | <ul style="list-style-type: none"> 當溫度和停留時間適當，則可能產生甲烷。 | | |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-8, Table 6.1, 2006.

1990 年至 2022 年廢水處理與放流溫室氣體排放量如表 7.5.2。2022 年生活污水處理與放流排放占比為 43.38%，事業廢水處理與放流排放占比為 56.62%，2022 年廢水處理與放流溫室氣體排放量相較 2021 年減少 10.57%，相較 2005 年減少 31.06%。

7.5.1 生活污水處理與放流 (5.D.1)

1. 排放源及匯分類的描述

生活污水處理與放流（以下簡稱生活污水）主要產生的溫室氣體為甲烷與氧化亞氮。其中，一般生活污水之糞尿經化糞池厭氧反應處理後，產生甲烷排放；生活污水中之蛋白質等有機物質，在水體環境中發生硝化脫硝反應而產生氧化亞氮。生活污水之處理方式可分為未納管處理與納管後送至污水處理廠處理兩大類，而在未納管處理中，又分為直接排入開放水體、化糞池以及化糞池處理後排入開放水體等類別。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據我國污水處理情況，將未納管處理之生活污水分為直接排入開放水體、化糞池以及化糞池處理後排入開放水體等類別，而納管處理之生活污水分為污水處理廠與污水處理廠之處理後排入開放水體。

根據 2019 IPCC 精進指南，針對生活污水處理單位排放量計算，除計算本身污水處理排放量，需進一步計算處理後排入開放水體的排放量。

依照 2019 IPCC 精進指南，生活污水甲烷排放的計算，應分為未納管污水處理（直接排入開放水體、化糞池及化糞池處理後排入開放水體）以及納管污水處理（污水處理廠與污水處理廠之處理後排入開放水體）；氧化亞氮排放計算也應分為未納管污水處理（化糞池與化糞池處理後排入開放水

表 7.5.2 1990 年至 2022 年廢水處理與放流總溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,476 | 1,616 | 1,671 | 1,647 | 1,673 | 1,719 | 1,803 | 1,784 | 1,712 | 1,621 | 1,590 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 1,116 | 1,124 | 1,139 | 1,156 | 1,164 | 1,177 | 1,184 | 1,198 | 1,177 | 1,124 | 1,073 |
| 直接排入開放水體 | 373 | 377 | 380 | 383 | 387 | 390 | 392 | 395 | 392 | 373 | 357 |
| 化糞池 | 495 | 500 | 505 | 509 | 513 | 517 | 521 | 524 | 520 | 495 | 473 |
| 化糞池處理後排入開放水體 | 248 | 248 | 255 | 264 | 264 | 270 | 272 | 280 | 266 | 257 | 243 |
| 污水處理廠 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 污水處理廠處理後排入開放水體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 360 | 492 | 531 | 490 | 509 | 542 | 619 | 586 | 534 | 497 | 517 |
| 厭氧處理 | 358 | 489 | 529 | 488 | 507 | 539 | 615 | 582 | 531 | 494 | 514 |
| 厭氧處理後排入開放水體 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 盤查申報 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,510 | 1,534 | 1,546 | 1,538 | 1,521 | 1,505 | 1,496 | 1,421 | 1,262 | 1,279 | 1,352 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 1,052 | 1,039 | 1,032 | 993 | 962 | 930 | 882 | 843 | 813 | 798 | 768 |
| 直接排入開放水體 | 352 | 346 | 343 | 332 | 322 | 312 | 300 | 290 | 278 | 266 | 254 |
| 化糞池 | 467 | 460 | 455 | 441 | 428 | 414 | 398 | 385 | 369 | 354 | 337 |
| 化糞池處理後排入開放水體 | 232 | 234 | 234 | 219 | 212 | 203 | 183 | 168 | 162 | 157 | 152 |
| 污水處理廠 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 0.7 | 7.1 | 9.6 |
| 污水處理廠處理後排入開放水體 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | 3 | 14 | 15 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 458 | 495 | 515 | 546 | 559 | 576 | 615 | 578 | 449 | 482 | 584 |
| 厭氧處理 | 456 | 492 | 512 | 543 | 556 | 573 | 611 | 570 | 441 | 474 | 577 |
| 厭氧處理後排入開放水體 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 盤查申報 | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 溫室氣體排放源與吸收匯 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
| 5.D 廢水處理與放流 | 1,302 | 1,203 | 1,145 | 1,299 | 1,535 | 1,470 | 1,242 | 1,191 | 1,127 | 1,172 | 1,048 |
| 5.D.1 生活污水處理與放流 | 732 | 704 | 687 | 674 | 635 | 611 | 588 | 535 | 512 | 482 | 455 |
| 直接排入開放水體 | 241 | 233 | 225 | 215 | 206 | 195 | 185 | 168 | 157 | 145 | 137 |
| 化糞池 | 320 | 309 | 298 | 286 | 261 | 247 | 233 | 209 | 196 | 181 | 170 |
| 化糞池處理後排入開放水體 | 145 | 137 | 135 | 134 | 127 | 122 | 118 | 106 | 102 | 94 | 89 |
| 污水處理廠 | 8.7 | 6.8 | 7.7 | 7.8 | 8.5 | 8.6 | 11.1 | 11.0 | 11.8 | 14.2 | 16.7 |
| 污水處理廠處理後排入開放水體 | 17 | 19 | 21 | 30 | 32 | 37 | 40 | 40 | 45 | 47 | 42 |
| 5.D.2 事業廢水處理與放流 | 570 | 499 | 458 | 626 | 900 | 860 | 654 | 656 | 615 | 691 | 594 |
| 厭氧處理 | 562 | 492 | 451 | 555 | 825 | 811 | 603 | 611 | 582 | 673 | 583 |
| 厭氧處理後排入開放水體 | 8 | 6 | 7 | 6 | 6 | 7 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 盤查申報 | NE | NE | NE | 64 | 69 | 41 | 46 | 39 | 29 | 13 | 7 |

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

體)以及納管污水處理(污水處理廠與污水處理廠處理後排入開放水體)。生活污水之各排放源的排放量相關計算公式說明如下：

A. 未納管污水處理(直接排入開放水體)

2006 IPCC 指南針對生活污水甲烷排放計算，主要以不同收入級距之人口比例及其採用之污水處理系統類型，加總各類處理系統甲烷排放量。直接排入開放水體之甲烷排放量計算如公式 7.5.1.1 所示。

公式 7.5.1.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} \\ = [(P \times \text{BOD} \times (1-T) \times 10^{-6}) \times \text{EF} \times I] - R$$

P：全國人口數
BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)
I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0
EF：甲烷排放係數 (kg CH₄/kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設值修正為 0.068 kg CH₄/kg BOD，參如表 7.5.3
T：污水處理率 (%)
R：甲烷回收量 (kg CH₄/yr)

B. 未納管污水處理(化糞池)

化糞池處理之甲烷排放量，參考 2006 IPCC 指南計算主要以不同收入級距之人口比例及其採用之污水處理系統類型，加總各類處理系統甲烷排放量，計算方法如公式 7.5.1.2 所示。

公式 7.5.1.2：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} \\ = \{[(P \times \text{BOD} \times (1-T) \times 10^{-6} \times \text{TOW}_{\text{RWM}}) - S] \times \text{EF} \times I\} - R$$

P：全國人口數
BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)
T：污水處理率 (%)
I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0
TOW_{RWM}：處理設施之 BOD 移除率，2019 IPCC 精進指南預設化糞池 BOD 移除率為 0.625，參如表 7.5.4
S：污泥移除量，指污(廢)水處理過程中移除污泥所含之有機物量 (kg BOD/yr)
EF：甲烷排放係數 (kg CH₄/kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設值修正為 0.068 kg CH₄/kg BOD，參如表 7.5.3
R：甲烷回收量 (kg CH₄/yr)

化糞池處理之氧化亞氮排放量，係依據 2006 IPCC 指南，參照農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，並配合歷年國內人口數進行計算。考量廢水中非消耗之蛋白質，以及是否與事業廢水共排等參數，計算氧化亞氮排放量方法如公式 7.5.1.3 所示。

公式 7.5.1.3：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} \\ = [P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{\text{NPR}} \times \text{FRC} \times \text{F}_{\text{NPR}} \times \text{N}_{\text{HH}} \times \text{F}_{\text{NON-CON}} \times \\ \text{F}_{\text{IND-COM}} \times \text{N}_{\text{REM}}] \times \text{EF}_{\text{effluent}} \times 44/28$$

P：全國人口數
Protein：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)
Frac_{NPR}：蛋白質中氮的比例(預設值為 0.16 kg N/kg protein)

FRC：蛋白質消耗比率，預設為 0.86。

N_{HH}：家用產品排入於污水中額外產生的氮，預設值為 1.1。

F_{NON-CON}：廚餘排入下水道之氮修正係數，因我國廚餘不排入污水下水道，以固體廢棄物處理，預設值為 1.0

F_{IND-COM}：下水道系統含有事業廢水共排之修正係數，我國無與事業廢水共排，預設值為 1.0

N_{REM}：污水處理過程中廢水除去之總氮比例，化糞池預設值為 0.15，參如表 7.5.6

EF_{effluent}：排放係數 (kg N₂O-N/kg N) 依 2019 IPCC 精進指南，由於排放量不顯著，預設為 0.00 kg N₂O-N/kg N，參如表 7.5.5

44/28：kg N₂O-N 換算成 kg N₂O 轉換係數

C. 未納管污水處理(化糞池處理後排入開放水體)

2019 IPCC 精進指南針對生活污水處理單位排放量計算，除計算本身污水處理排放量，需進一步計算處理後排入開放水體之溫室氣體排放量。

在化糞池處理後排入開放水體的甲烷排放量評估上，活動數據統計方式與化糞池相同，利用處理設施之 BOD 移除率 (TOW_{RWM}) 計算化糞池處理未移除之 BOD 以及處理後排入開放水體之排放係數來估算排放量，計算方法如公式 7.5.1.4 所示。

公式 7.5.1.4：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} \\ = [P \times \text{BOD} \times (1-T) \times 10^{-6} \times (1 - \text{TOW}_{\text{RWM}}) \times \text{EF} \times I]$$

P：全國人口數
BOD：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)
T：污水處理率 (%)
TOW_{RWM}：處理設施之 BOD 移除率，2019 IPCC 精進指南預設化糞池 BOD 移除率為 0.625，參如表 7.5.4
EF：甲烷排放係數 (kg CH₄/kg BOD)，2019 IPCC 精進指南預設處理後排入開放水體為 0.068 kg CH₄/kg BOD，參如表 7.5.3
I：與事業廢水共排之修正係數，我國因未含事業廢水之預設值為 1.0

在化糞池處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量評估上，活動數據統計方式與化糞池相同，利用污水處理過程中廢水除去之總氮比例 (N_{REM}) 計算化糞池未去除之總氮量，以及利用處理後排入開放水體的排放係數來估算，排放量計算方法如公式 7.5.1.5 所示。

公式 7.5.1.5：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} \\ = [P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{\text{NPR}} \times \text{FRC} \times \text{F}_{\text{NPR}} \times \text{N}_{\text{HH}} \times \text{F}_{\text{NON-CON}} \times \\ \text{F}_{\text{IND-COM}} \times (1 - \text{N}_{\text{REM}})] \times \text{EF}_{\text{effluent}} \times 44/28$$

P：國內人口數(人)
Protein：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)
Frac_{NPR}：蛋白質中氮的比例(預設值為 0.16 kg N/kg protein)
FRC：蛋白質消耗比率，預設為 0.86
N_{HH}：家用產品排入於污水中額外產生的氮，預設值為 1.1
F_{NON-CON}：廚餘排入下水道之氮修正係數，因我國廚餘不排入污水下水道，以固體廢棄物處理，預設值為 1
F_{IND-COM}：下水道系統含有事業廢水共排之修正係數，我國無與事業廢水共排，預設值為 1.0
N_{REM}：污水處理過程中廢水除去之總氮比例，化糞池預設值為 0.15，參如表 7.5.6
EF_{effluent}：排放係數 (kg N₂O-N/kg N) 依 2019 IPCC 精進指南，處理後排入開放水體的預設為 0.005 kg N₂O-N/kg N，參如表 7.5.5
44/28：kg N₂O-N 換算成 kg N₂O 轉換係數

D. 納管污水處理 (污水處理廠)

有鑑於污水處理廠處理單元可能有甲烷逸散排放，2009 年後統計範疇增列公共污水處理廠甲烷排放，納入污水處理廠水質及污泥處理程序中之甲烷排放，以提升廢棄物部門排放量之完整性。

根據 2019 IPCC 精進指南，活動數據依國內公共污水處理廠之進放流量及 BOD 濃度計算，除新增排入開放水體之溫室氣體排放外，亦將公共污水處理廠內之排放係數更新為我國 4 座公共污水處理廠溫室氣體採樣之排放係數 (參採環境部 2021 年廢棄物部門清冊專家諮詢會會議結論)，並將引用之日本污泥處理流程排放係數，估算甲烷排放量，計算方法如公式 7.5.1.6 所示。

公式 7.5.1.6：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = A_1 \times \text{EF}$$

A_1 ：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (kg BOD/yr)

EF：污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數 (kg CH₄/kg BOD)，利用本土污水處理係數 (5.161×10⁻³ kg CH₄/kg BOD) 與日本污泥處理係數 (1.933×10⁻³ kg CH₄/kg BOD)，設定為 7.094×10⁻³ kg CH₄/kg BOD

根據 2019 IPCC 精進指南，公共污水妥善處理氧化亞氮排放量估算上，採用我國公共污水處理廠出流 BOD 量，並且以國內 4 座公共污水處理廠之採樣結果作為水質處理係數，以及引用日本清冊的污泥處理排放係數估算氧化亞氮排放量，計算方法如公式 7.5.1.7 所示。

公式 7.5.1.7：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = A_1 \times \text{EF}$$

A_1 ：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (kg N/yr)

EF：污水處理廠處理每噸污水氧化亞氮排放係數 (kg N₂O/kg N)，利用本土污水處理係數 (3.262×10⁻⁵ kg N₂O/kg N)² 與日本污泥處理係數 (1.613×10⁻⁵ kg N₂O/kg N)，設定為 4.875×10⁻⁵ kg N₂O/kg N

E. 納管污水處理 (污水處理後排入開放水體)

在污水處理廠處理後排入開放水體之甲烷排放量評估上，利用污水處理廠未移除之 BOD，以及排入開放水體之排放係數來估算排放量，計算方法如公式 7.5.1.8 所示。

公式 7.5.1.8：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = A_1 \times \text{EF}$$

A_1 ：每年全國公共污水處理廠污水排入開放水體的 BOD 量 (kg BOD/yr)

EF：處理後排入開放水體每噸污水甲烷排放係數 (kg CH₄/kg BOD)，採用排入水庫、湖泊、河口以外之 2019 IPCC 精進指南預設值 0.021 kg CH₄/kg BOD，參如表 7.5.3

在污水處理廠處理後排入開放水體之氧化亞氮排放量評估上，利用污水處理廠污水處理過程中未去除之總氮量，以放流總氮量作為活動數據，並利用處理後排入開放水體的排放係數來估算排放量，計算方法如公式 7.5.1.9 所示。

公式 7.5.1.9：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = A_1 \times \text{EF}$$

A_1 ：每年全國公共污水處理廠污水出流總氮量 (kg N/yr)

EF：氧化亞氮排放係數 (kg N₂O/kg N)，依 2019 IPCC 精進指南，處理後排入開放水體的預設為 0.005 kg N₂O/kg N，參如表 7.5.5

(2) 排放係數

A. 未納管污水處理之甲烷排放

每人每年之 BOD 產生量，各國多數參採 2006 IPCC 指南之預設值，依各國生活水準高低而有差異，愈先進國家其每人每天產生之 BOD 量愈高，依據 2006 IPCC 指南建議，亞洲地區國家每人每天產生 BOD 量 40(g BOD/persons/day)。

為貼近我國國人生活型態，每人每年之 BOD 產生量數據採用環境部「污水源頭減量手冊」，並分為直接排入開放水體與化糞池以及糞池處理後排入開放水體等排放源，各排放源說明如下：

(a) 直接排入開放水體

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放 (即開放水體) 為 27g BOD/persons/day。根據 2019 IPCC 精進指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，採納未處理系統直接排放至海洋、河、湖之 MCF 值 0.11，如表 7.5.3 所示。

此外，生活污水如和事業廢水共同處理，則須將下水道含額外事業廢水 BOD 排放之修正係數 (I) 納入考量，以及考量處理設施如有甲烷回收者 (R)，可以扣除排放量等。其中，最大甲烷產生量 B_0 ，依 2019 IPCC 精進指南建議以 0.60 kg CH₄/kg BOD 計算，其它依據 2006 IPCC 指南建議公式 7.5.1.1，計算未納管處理之生活污水甲烷排放量。

(b) 化糞池

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放至化糞池之 BOD 產生量為約 13g BOD/persons/day，並根據 2006 IPCC 指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，參採化糞池系統之 MCF 值 0.5，如表 7.5.3 所示。

(c) 化糞池處理後排入開放水體

依據環境部之「污水源頭減量手冊」，未納管排放至化糞池之 BOD 產生量為約 13g BOD/persons/day，並根據 2019 IPCC 精進指南公布各種污水處理系統之 MCF 值，參採化糞池系統之 MCF 值 0.5，如表 7.5.3 所示。

1、2 污水處理廠溫室氣體排放係數建置之研究，行政院環境保護署 (現為環境部)，2020。

B. 納管污水處理之甲烷排放

(a) 污水處理廠

全國公共污水處理廠污水處理之甲烷排放係依公式 7.5.1.6 計算，污水處理廠處理每噸污水的甲烷排放係數 (EF)，為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和，即 $7.094 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，其中水質處理流程排放係數，採用國內研究結果為 $5.161 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，污泥處理流程排放係數，則引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 $1.933 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ 。

(b) 污水處理後排入開放水體

依照 2019 IPCC 精進指南，採用排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2) 之預設值 $0.021 \text{ kg CH}_4/\text{kg BOD}$ ，如表 7.5.3 所示。

C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放

(a) 化糞池

化糞池之氧化亞氮排放依公式 7.5.1.3 計算，排放係數以 2019 IPCC 精進指南的預設參數 $0.0 \text{ (kg N}_2\text{O-N/kg N)}$ 計算 (參考如表 7.5.5)，亦即不排放氧化亞氮。

(b) 化糞池處理後排入開放水體

化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放依公式 7.5.1.5 計算，氧化亞氮排放係數以 2019 IPCC 精進指南的預設參數 $0.005 \text{ (kg N}_2\text{O-N/kg N)}$ 計算，參考如表 7.5.5。

關於蛋白質含氮比例 (Frac_{NPR}) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 $0.16 \text{ kg N/kg protein}$ 計算；蛋白質消耗比例 (FRC) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.86 計算；家用產品排入於污水額外產生的氮 (N_{HH}) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.1 計算；廚餘排入下水道之氮修正係數 ($\text{F}_{\text{NON-CON}}$) 使用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.0 計算；我國生活污水處理系統未與事業廢水共排，事業廢水共排之修正係數 ($\text{F}_{\text{IND-CIN}}$) 採用未共排之排放係數值 1 ；廢水去除總氮比例 (N_{REM}) 採用化糞池係數 0.15 計算，相關參數選用詳列於表 7.5.9。

D. 納管污水處理之氧化亞氮排放

(a) 污水處理廠

全國公共污水處理廠污水處理之氧化亞氮排放係依公式 7.5.1.7 計算。污水處理廠處理每噸污水的氧化亞氮排放係數 (EF)，為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和，即 $4.875 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg BOD}$ ，其中水質處理流程排放係數，採用國內研究結果³ 為 $3.262 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg}$

BOD，污泥處理流程排放係數，則引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 $1.613 \times 10^{-5} \text{ kg N}_2\text{O/kg BOD}$ 。

(b) 污水處理後排入開放水體

全國公共污水處理廠污水處理之氧化亞氮排放係依公式 7.5.1.9 計算。依照 2019 IPCC 精進指南，採用排放到海洋、河、湖排放之預設值 $0.005 \text{ kg N}_2\text{O-N/kg N}$ ，參考如表 7.5.5。

(3) 活動數據

A. 未納管污水處理之甲烷排放

依內政部國土管理署下水道系統污水處理率做為生活污水經污水處理廠處理之比例，其餘皆屬於未納管處理之生活污水。

(a) 直接排入開放水體

運用內政部統計處內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ($1-T$) 以及排放至開放水體之 BOD 量 ($27 \text{ g BOD/persons/day}$) 等參數，計算直接排放至開放水體 BOD 量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

(b) 化糞池

運用內政部內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ($1-T$)、排放至化糞池 BOD 量 ($13 \text{ g BOD/persons/day}$) 以及化糞池 BOD 移除率 (TOW_{RWM}) 等參數，最後扣除水肥移除量，來估算化糞池 BOD 處理量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

(c) 化糞池處理後排入開放水體

運用內政部內政統計年報中的國內人口數，乘上污水未處理率 ($1-T$)、排放至化糞池 ($13 \text{ g BOD/persons/day}$) 以及化糞池 BOD 未移除率 ($1-\text{TOW}_{\text{RWM}}$) 等參數 (參考如表 7.5.4)，來計算化糞池處理後排入開放水體的 BOD 量，相關參數選用詳列於表 7.5.7，計算如表 7.5.11 所示。

B. 納管污水處理之甲烷排放

(a) 污水處理廠

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水 BOD 處理量。該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2022 年，因此從 2009 年起計算生活污水妥善處理之污水處理廠甲烷排放量。相關參數選用詳列於表 7.5.8，計算說明如表 7.5.13 所示。

3 污水處理廠溫室氣體排放係數建置之研究，行政院環境保護署 (現為環境部)，2020。

(b) 污水處理後排入開放水體

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水 BOD 放流量。該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2022 年，因此從 2009 年起計算生活污水妥善處理後排入開放水體的甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.8，計算說明如表 7.5.13 所示。

C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放

(a) 化糞池

依據歷年農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，並配合國內歷年人口數、污水處理率、蛋白質含氮比例 (Frac_{NPR})、蛋白質消耗比例 (FRC)、家用產品排入於污水額外產生的氮 (N_{HH})、廚餘排入下水道之氮修正係數 (F_{NON-CON}) 以及事業廢水共排之修正係數 (F_{IND-COM}) 進行計算化糞池處理總氮量，相關參數選用詳列於表 7.5.9，計算說明如表 7.5.14 所示。

(b) 化糞池處理後排入開放水體

利用化糞池處理總氮量乘上化糞池處理過程中廢水未去除的總氮比例 (1-N_{REM})，廢水去除總氮比例 (N_{REM}) 採用化糞池係數 (參考如表 7.5.6)，以計算化糞池處理後排入開放水體總氮量，相關參數選用詳列於表 7.5.9，計算說明如表 7.5.14 所示。

D. 納管污水處理之氧化亞氮排放

(a) 污水處理廠

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水進流總氮量與放流總氮量，相扣除求得污水處理總氮量。該管理系統的資料統計期間為 2015 年至 2022 年，因此從 2015 年起計算生活污水妥善處理之污水處理廠氧化亞氮排放量，計算說明如表

7.5.10 與表 7.5.16 所示。

(b) 污水處理後排入開放水體

依據內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，統計歷年污水處理廠污水放流總氮量。該管理系統的資料統計期間為 2015 年至 2022 年，因此從 2015 年起計算生活污水妥善處理之污水處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量，計算說明如表 7.5.10 與表 7.5.16 所示。

(4) 排放量

A. 未納管污水處理之甲烷排放量

未納管污水處理之甲烷排放量計算結果如表 7.5.12 所示，分析我國生活污水未納管處理之甲烷排放趨勢，由於污水處理率自 1999 年起明顯增加，由 10.10% 上升至 2022 年之 68.65%，使甲烷排放逐年降低。儘管我國人口數成長，但 2022 年未納管處理之甲烷排放量仍較 1990 年及 2021 年分別減少 64.59% 及 5.95%。

B. 納管污水處理之甲烷排放量

納管污水處理之甲烷排放量計算結果如表 7.5.13 所示，隨著污水下水道各期建設計畫的逐步完成，各縣市用戶接管普及率及整體污水處理率逐年提升，使全國污水廠污水處理量漸增，甲烷排放量呈現逐年緩步增加之趨勢。

綜整生活污水處理甲烷排放量結果，隨著污水處理率的逐年增加，占比較大的未納管污水處理甲烷排放量呈逐年下降的趨勢，加上緩慢增加的污水處理廠甲烷排放量，2022 年納管處理之甲烷排放量，較 2009 年 (統計起始年) 增加 883.35%，較 2021 年減少 2.23%。

C. 未納管污水處理之氧化亞氮排放量

未納管污水處理之氧化亞氮排放量計算結果如表 7.5.15 所示，歷年氧化亞氮排放趨勢會隨人口及國人蛋白質攝取量的變化而影響，以及隨著污水下水道各期建設計畫的逐步完

表 7.5.3 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 MCF 值與甲烷排放係數

| 處理系統 | 註釋 | 甲烷修正係數 (MCF) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg BOD) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg COD) |
|---------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 未經處理的系統 | | | | |
| 排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1) | 大多數水生環境 (包括河流) 的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。 | 0.11 (0.004-0.27) | 0.068 | 0.028 |
| 排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2) | 大多數水生環境 (包括河流) 的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。 | 0.035 (0.004-0.06) | 0.021 | 0.009 |
| 排放到水庫、湖泊和河口 (2006 IPCC 指南方法 2) | 碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。 | 0.19 (0.08-0.27) | 0.114 | 0.048 |
| 流動順暢的下水道 | 空曠且溫暖。 | 0.5 (0.4-0.8) | 0.3 | 0.125 |
| 不流動的下水道 | 乾淨且快速流動 (甲烷總量微小且來自泵站)。 | 0 | 0 | 0 |

續下表

續上表

| 處理系統 | 註釋 | 甲烷修正係數 (MCF) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg BOD) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg COD) |
|------------------------|--|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 經處理的系統 | | | | |
| 集中式好氧處理廠 | 甲烷可從沉澱池和其他厭氧池中排放。也可能排放自湍流和 / 或需氧處理過程中上游下水道中所產生的甲烷。對於接收超出設計容量的污水處理廠，清冊編撰者應相應判斷污泥中去除的有機物質的量。 | 0.03 (0.003–0.09) | 0.018 | 0.0075 |
| 厭氧反應器 (如上流式厭氧污泥床 UASB) | 不考慮甲烷回收。 | 0.8 (0.8–1.0) | 0.48 | 0.2 |
| 淺厭氧塘 | 深度小於兩公尺，使用專家的判斷。 | 0.2 (0–0.3) | 0.12 | 0.05 |
| 深厭氧塘 | 深度大於兩公尺。 | 0.8 (0.8–1.0) | 0.48 | 0.2 |
| 化糞池 | 化糞池排放甲烷。 | 0.5 (0.4–0.72) | 0.3 | 0.125 |
| 化糞池 + 土壤灌溉廠 | 化糞池排放甲烷；而土壤灌溉廠的排放可忽略不計 | 0.5 (0.4–0.72) | 0.3 | 0.125 |
| 公共廁所 | 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (3 至 5 人小家庭)。 | 0.1 (0.05–0.15) | 0.06 | 0.025 |
| 公共廁所 | 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (多人使用)。 | 0.5 (0.4–0.6) | 0.3 | 0.125 |
| 公共廁所 | 潮濕的氣候，地表水面高於公廁。 | 0.7 (0.7–1.0) | 0.42 | 0.175 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–20, Table 6.3, 2019.

 表 7.5.4 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 TOW_{REM} 值

| 處理系統 | TOW _{REM} 值 | 範圍 |
|-------------------------------------|----------------------|-----------|
| 未經處理的系統 | 0 | 0–0.1 |
| 初級 (機械處理廠) | 0.40 | 0.25–0.50 |
| 初級 + 二級 (生物處理廠) | 0.85 | 0.80–0.90 |
| 初級 + 次級 + 三級 (先進生物處理廠) | 0.90 | 0.50–0.60 |
| 化糞池 / 化糞池系統 | 0.625 | 0.05–0.60 |
| 公共廁所 – 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (3 至 5 人小家庭)。 | 0.1 | 0.05–0.15 |
| 公共廁所 – 乾燥的氣候，地表水面低於公廁 (多人使用)。 | 0.5 | 0.4–0.6 |
| 公共廁所 – 潮濕的氣候，地表水面高於公廁。 | 0.7 | 0.7–1.0 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–28, Table 6.6B, 2019.

表 7.5.5 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之氧化亞氮排放係數

| 處理系統 | 註釋 | 排放係數 (kg N ₂ O-N/kg N) | 範圍 |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|----------------|
| 未經處理的系統 EF _{effluent} | | | |
| 海洋、河、湖排放 | 基於有限的現場數據以及關於河流和河口硝化和反硝化發生的具體假設 | 0.005 | 0.0005–0.075 |
| 受優養化影響和 / 或缺氧的淡水、河口和海洋環境 | 較高的排放量與受優養化影響 / 缺氧的水有關，例如優養化湖泊、河口和河流，或出現缺氧條件的地方。 | 0.5 | 0.0041 – 0.091 |
| 經處理的系統 EF _{effluent} | | | |
| 集中式好氧處理廠 | 氧化亞氮排放是多變的並具有顯著性。 | 0.016 | 0.00016–0.045 |
| 厭氧反應器 | 氧化亞氮排放不顯著。 | 0 | 0–0.001 |
| 厭氧塘 | 氧化亞氮排放不顯著。 | 0 | 0–0.001 |
| 化糞池 | 氧化亞氮排放不顯著。 | 0 | 0–0.001 |
| 化糞池 + 土壤灌溉廠 | 氧化亞氮由土壤灌溉廠排放。 | 0.0045 | 0–0.005 |
| 公共廁所 | 氧化亞氮排放不顯著。 | 0 | 0–0.001 |
| 污泥處理系統 | | | |
| 污泥厭氧消化 | 氧化亞氮排放不顯著。 | 0 | 0 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–39, Table 6.8A, 2019.

表 7.5.6 生活污水處理系統 2019 IPCC 精進指南預設之 N_{REM} 值

| 處理系統 | N_{REM} 值 | 範圍 |
|--------------|-------------|-----------|
| 未經處理的系統 | 0 | 0 |
| 初級 (機械處理廠) | 0.10 | 0.05–0.20 |
| 二級 (生物處理廠) | 0.40 | 0.35–0.55 |
| 三級 (先進生物處理廠) | 0.80 | 0.45–0.85 |
| 化糞池 / 化糞池系統 | 0.15 | 0.10–0.25 |
| 化糞池 + 土壤灌溉廠 | 0.68 | 0.62–0.73 |
| 公共廁所 | 0.12 | 0.07–0.21 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–43, Table 6.10C, 2019.

表 7.5.7 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理甲烷排放計算一覽表

| 參數 | IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|------------------------------|--|--|----------------------------|
| 人口數 (P) | 國內資料自行確定 | 內政部統計資料。 | 人口數取內政部內政統計年報資料 |
| 污水處理程度 (T) | 依據鄉村、城市高低收入分類計算 | 內政部營建署用戶接管普及率及污水處理率，並利用戶籍數換算處理效率。 | 內政部國土管理署統計資料與內政部內政統計年報之戶籍數 |
| 每人每年產生之可分解有機物量 (BOD) | 14.6(kg BOD/persons/yr) | 排放至化糞池系統 13g BOD/persons/day。 排放至開放水體 27g BOD/persons/day。 | 環保署 – 源頭減量手冊 |
| 處理設施 BOD 移除率 (TOW_{RWM}) | 化糞池預設值 0.625 | 採用 2019 IPCC 精進指南化糞池預設值 0.625。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 污泥移除量 (S) | 以污泥移除量 S_{mass} 與污泥係數 K_{rem} 計算 | 環境部公告之水肥清運總量，以比重 1.2 與水肥 BOD 為 4,000 mg/L 假設計算。 | 清運量取環境部統計資料 |
| 甲烷排放係數 (EF) | 化糞池預設值 0.3 kg CH_4 /kg BOD； 排入開放水體預設值 0.068 kg CH_4 /kg BOD | 採用 2019 IPCC 精進指南化糞池預設值 0.3 kg CH_4 /kg BOD 採用 2019 IPCC 精進指南排入開放水體預設值 0.068 kg CH_4 /kg BOD。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I) | 有合併事業廢水者預設值為 1.25，其餘為 1。 | 生活污水主要計算為化糞池產生之甲烷量，不會有事業廢水共同排放，採取 2019 IPCC 精進指南公布值 1 計算。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 甲烷回收量 (R) | 預設值 0 | 因國內化糞池並無回收甲烷氣，採 2019 IPCC 精進指南預設值 0 計算。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

表 7.5.8 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理甲烷排放計算一覽表

| 參數 | IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|-------------------------|-----------------------------------|---|----------------------|
| 污水處理廠 | | | |
| 全國公共污水處理廠污水 BOD 處理量 (A) | 國內資料自行確定 | 內政部營建署統計資料 | 全國公共污水處理廠資料管理系統 |
| 甲烷排放係數 (EF) | 國內資料自行確定 | 1. 為水質處理流程及污泥處理流程排放係數的總和 7.094×10^{-3} kg CH_4 /kg BOD。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 5.161×10^{-3} kg CH_4 /kg BOD。 3. 污泥處理流程排放係數係引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 1.933×10^{-3} kg CH_4 /kg BOD。 | 環境部 (2020) 及他日本清冊採用值 |
| 污水處理廠處理後排入開放水體 | | | |
| 全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量 (A) | 國內資料自行確定 | 內政部營建署統計資料 | 全國公共污水處理廠資料管理系統 |
| 甲烷排放係數 (EF) | 排入開放水體預設值 0.068 kg CH_4 /kg BOD | 採用 2019 IPCC 精進指南排入開放水體預設值 0.068 kg CH_4 /kg BOD。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

表 7.5.9 2019 IPCC 精進指南生活污水未納管處理氧化亞氮排放計算一覽表

| 參數 | IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--------------------------|----------------------|---|-------------------|
| 人口數 (P) | 國內資料自行確定 | 內政部統計資料 | 人口數取內政部內政統計年報資料 |
| 每人每年蛋白質攝取量 (Protein) | 國內資料自行確定 | 取自糧食平衡表內所提供之每人蛋白質供應量 | 農業部糧食平衡表 |
| 蛋白質含氮比例 ($Frac_{NPR}$) | 0.16 kg N/kg protein | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.16 kg N/kg protein | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

續下表

續上表

| 參數 | IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|---------------------------------------|--|---|-------------------|
| 蛋白質消耗比例 (FRC) | 0.86 | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.86 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 家用產品排入於污水額外產生的氮 (N _{HH}) | 1.1 | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 1.1 | |
| 廚餘排入下水道之氮修正係數 (F _{NON-COM}) | 廚餘排入預設值 1.1 廚餘不排入預設值 1.0 | 採用 2019 IPCC 精進指南廚餘不排入預設值 1.0 | |
| 事業廢水共排之修正係數 (F _{IND-COM}) | 共排預設值 1.25 未共排預設值 1.0 | 採用 2019 IPCC 精進指南未共排之係數 1.0 | |
| 廢水去除總氮比例 (N _{REM}) | 化糞池預設值 0.15 開放水體預設值 0.0 | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.15 計算 | |
| 氧化亞氮排放係數 (EF) | 化糞池預設值 0.0 開放水體預設值 0.005 kg N ₂ O-N/kg N (須再計算 N ₂ O/N 比例) | 化糞池採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.0 kg N ₂ O-N/kg N 開放水體採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg N ₂ O-N/kg N | |

表 7.5.10 2019 IPCC 精進指南生活污水納管處理氧化亞氮排放計算一覽表

| 參數 | IPCC 指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--------------------|--|--|-------------------------|
| 全國公共污水處理廠污水處理量 (A) | 國內資料自行確定 | 內政部國土管理署統計資料 | 內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統 |
| 污水處理廠排放係數 (EF) | 國內資料自行確定 | 1. 為水質處理流程及污泥處理流程排放係數的總和 4.875×10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg N。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 3.262×10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg N。 3. 污泥處理流程排放係數係引用日本公共污水處理廠污泥處理排放係數 1.613×10 ⁻⁵ kg N ₂ O/kg N。 | 環境部 (2020) 及日本清冊採用值 |
| 開放水體排放係數 (EF) | 開放水體預設值 0.005 kg N ₂ O-N/kg N (須再計算 N ₂ O/N 比例) | 開放水體採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg N ₂ O-N/kg N。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

表 7.5.11 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放活動數據

| 年份 | 人口數 仟人 | 污水處理率 % | 每人每日產生 BOD (g/POP/day) | | 化糞池 BOD 產生量 kt BOD | 水肥移除量 kt BOD | 化糞池 BOD 處理量 kt BOD | 化糞池 BOD 移除率 比率 | 化糞池處理後排入開放水體 BOD 量 kt BOD | 開放水體 BOD 量 kt BOD |
|------|-----------|------------|------------------------|------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|----------------------|
| | | | 化糞池 | 開放水體 | | | | | | |
| 1990 | 20,401 | 2.6 | 13 | 27 | 94.3 | NE | 58.9 | 0.625 | 35.4 | 195.9 |
| 1991 | 20,606 | 2.6 | 13 | 27 | 95.3 | NE | 59.5 | 0.625 | 35.7 | 197.8 |
| 1992 | 20,803 | 2.6 | 13 | 27 | 96.1 | NE | 60.1 | 0.625 | 36.0 | 199.6 |
| 1993 | 20,995 | 2.7 | 13 | 27 | 97.0 | NE | 60.6 | 0.625 | 36.4 | 201.4 |
| 1994 | 21,178 | 2.7 | 13 | 27 | 97.8 | NE | 61.1 | 0.625 | 36.7 | 203.0 |
| 1995 | 21,357 | 2.8 | 13 | 27 | 98.5 | NE | 61.6 | 0.625 | 37.0 | 204.7 |
| 1996 | 21,525 | 2.9 | 13 | 27 | 99.1 | NE | 62.0 | 0.625 | 37.2 | 205.9 |
| 1997 | 21,743 | 3.3 | 13 | 27 | 99.8 | NE | 62.4 | 0.625 | 37.4 | 207.3 |
| 1998 | 21,929 | 4.8 | 13 | 27 | 99.0 | NE | 61.9 | 0.625 | 37.1 | 205.7 |
| 1999 | 22,092 | 10.1 | 13 | 27 | 94.2 | NE | 58.9 | 0.625 | 35.3 | 195.7 |
| 2000 | 22,277 | 14.7 | 13 | 27 | 90.2 | NE | 56.4 | 0.625 | 33.8 | 187.3 |
| 2001 | 22,406 | 16.2 | 13 | 27 | 89.0 | NE | 55.7 | 0.625 | 33.4 | 184.9 |
| 2002 | 22,521 | 18.1 | 13 | 27 | 87.5 | NE | 54.7 | 0.625 | 32.8 | 181.8 |
| 2003 | 22,605 | 19.2 | 13 | 27 | 86.7 | NE | 54.2 | 0.625 | 32.5 | 180.1 |
| 2004 | 22,689 | 22.0 | 13 | 27 | 84.0 | NE | 52.5 | 0.625 | 31.5 | 174.5 |
| 2005 | 22,770 | 24.6 | 13 | 27 | 81.5 | NE | 50.9 | 0.625 | 30.5 | 169.2 |
| 2006 | 22,877 | 27.3 | 13 | 27 | 78.9 | NE | 49.3 | 0.625 | 29.6 | 163.9 |
| 2007 | 22,958 | 30.4 | 13 | 27 | 75.9 | NE | 47.4 | 0.625 | 28.4 | 157.6 |
| 2008 | 23,037 | 32.9 | 13 | 27 | 73.4 | NE | 45.9 | 0.625 | 27.5 | 152.4 |
| 2009 | 23,120 | 36.0 | 13 | 27 | 70.2 | NE | 43.9 | 0.625 | 26.3 | 145.8 |
| 2010 | 23,162 | 38.7 | 13 | 27 | 67.4 | NE | 42.1 | 0.625 | 25.3 | 139.9 |

續下表

續上表

| 年份 | 人口數 仟人 | 污水處理率 % | 每人每日產生 BOD (g/POP/day) | | 化糞池 BOD 產生量 kt BOD | 水肥 移除量 kt BOD | 化糞池 BOD 處理量 kt BOD | 化糞池 BOD 移除率 比率 | 化糞池處理後 排入開放水體 BOD 量 kt BOD | 開放水體 BOD 量 kt BOD |
|------|-----------|------------|------------------------|------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | | | 化糞池 | 開放水體 | | | | | | |
| 2011 | 23,225 | 41.8 | 13 | 27 | 64.2 | NE | 40.1 | 0.625 | 24.1 | 133.3 |
| 2012 | 23,316 | 44.9 | 13 | 27 | 61.0 | NE | 38.1 | 0.625 | 22.9 | 126.7 |
| 2013 | 23,374 | 47.0 | 13 | 27 | 58.8 | NE | 36.8 | 0.625 | 22.1 | 122.2 |
| 2014 | 23,434 | 48.9 | 13 | 27 | 56.8 | NE | 35.5 | 0.625 | 21.3 | 118.0 |
| 2015 | 23,492 | 51.2 | 13 | 27 | 54.5 | NE | 34.0 | 0.625 | 20.4 | 113.1 |
| 2016 | 23,540 | 53.4 | 13 | 27 | 52.1 | 1.5 | 31.1 | 0.625 | 19.5 | 108.2 |
| 2017 | 23,571 | 55.9 | 13 | 27 | 49.4 | 1.5 | 29.4 | 0.625 | 18.5 | 102.5 |
| 2018 | 23,589 | 58.1 | 13 | 27 | 46.9 | 1.5 | 27.8 | 0.625 | 17.6 | 97.4 |
| 2019 | 23,603 | 62.1 | 13 | 27 | 42.4 | 1.6 | 24.9 | 0.625 | 15.9 | 88.2 |
| 2020 | 23,561 | 64.5 | 13 | 27 | 39.7 | 1.4 | 23.4 | 0.625 | 14.9 | 82.5 |
| 2021 | 23,375 | 66.9 | 13 | 27 | 36.7 | 1.4 | 21.5 | 0.625 | 13.8 | 76.2 |
| 2022 | 23,265 | 68.6 | 13 | 27 | 34.6 | 1.4 | 20.2 | 0.625 | 13.0 | 71.9 |

備註：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：1. 內政部下水道系統污水處理率。

2. 內政部內政統計年報中的國內人口數。

3. 環境部水肥清運總量 https://data.moe.gov.tw/dataset/detail/STAT_P_43。

表 7.5.12 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放量

| 年份 | 化糞池 BOD 處理量 kt BOD | 事業共 排修正 係數 I 比率 | 甲烷排放 係數 kg CH ₄ /kg BOD | 化糞池 甲烷排放量 kt CO ₂ e | 化糞池處理 後排入開放 水體 BOD 量 kt BOD | 開放水體 BOD 量 kt BOD | 甲烷排放 係數 kg CH ₄ /kg BOD | 化糞池處理後 排入開放水體 甲烷排放量 kt CO ₂ e | 開放水體 甲烷排放量 kt CO ₂ e | 未納管處理 甲烷排放量 kt CO ₂ e |
|------|-----------------------|--------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|---|---|---------------------------------------|--|
| | | | | | | | | | | |
| 1991 | 59.5 | 1.0 | 0.3 | 500.1 | 35.7 | 197.8 | 0.068 | 68.0 | 376.7 | 944.7 |
| 1992 | 60.1 | 1.0 | 0.3 | 504.6 | 36.0 | 199.6 | 0.068 | 68.6 | 380.1 | 953.3 |
| 1993 | 60.6 | 1.0 | 0.3 | 509.1 | 36.4 | 201.4 | 0.068 | 69.2 | 383.4 | 961.7 |
| 1994 | 61.1 | 1.0 | 0.3 | 513.3 | 36.7 | 203.0 | 0.068 | 69.8 | 386.6 | 969.7 |
| 1995 | 61.6 | 1.0 | 0.3 | 517.4 | 37.0 | 204.7 | 0.068 | 70.4 | 389.7 | 977.5 |
| 1996 | 62.0 | 1.0 | 0.3 | 520.5 | 37.2 | 205.9 | 0.068 | 70.8 | 392.1 | 983.4 |
| 1997 | 62.4 | 1.0 | 0.3 | 523.9 | 37.4 | 207.3 | 0.068 | 71.3 | 394.6 | 989.8 |
| 1998 | 61.9 | 1.0 | 0.3 | 519.9 | 37.1 | 205.7 | 0.068 | 70.7 | 391.6 | 982.3 |
| 1999 | 58.9 | 1.0 | 0.3 | 494.7 | 35.3 | 195.7 | 0.068 | 67.3 | 372.7 | 934.7 |
| 2000 | 56.4 | 1.0 | 0.3 | 473.4 | 33.8 | 187.3 | 0.068 | 64.4 | 356.6 | 894.4 |
| 2001 | 55.7 | 1.0 | 0.3 | 467.5 | 33.4 | 184.9 | 0.068 | 63.6 | 352.1 | 883.2 |
| 2002 | 54.7 | 1.0 | 0.3 | 459.6 | 32.8 | 181.8 | 0.068 | 62.5 | 346.2 | 868.3 |
| 2003 | 54.2 | 1.0 | 0.3 | 455.1 | 32.5 | 180.1 | 0.068 | 61.9 | 342.8 | 859.9 |
| 2004 | 52.5 | 1.0 | 0.3 | 441.1 | 31.5 | 174.5 | 0.068 | 60.0 | 332.2 | 833.3 |
| 2005 | 50.9 | 1.0 | 0.3 | 427.7 | 30.5 | 169.2 | 0.068 | 58.2 | 322.2 | 808.0 |
| 2006 | 49.3 | 1.0 | 0.3 | 414.4 | 29.6 | 163.9 | 0.068 | 56.4 | 312.2 | 782.9 |
| 2007 | 47.4 | 1.0 | 0.3 | 398.3 | 28.4 | 157.6 | 0.068 | 54.2 | 300.0 | 752.4 |
| 2008 | 45.9 | 1.0 | 0.3 | 385.3 | 27.5 | 152.4 | 0.068 | 52.4 | 290.2 | 727.9 |
| 2009 | 43.9 | 1.0 | 0.3 | 368.5 | 26.3 | 145.8 | 0.068 | 50.1 | 277.6 | 696.3 |
| 2010 | 42.1 | 1.0 | 0.3 | 353.7 | 25.3 | 139.9 | 0.068 | 48.1 | 266.4 | 668.2 |
| 2011 | 40.1 | 1.0 | 0.3 | 337.0 | 24.1 | 133.3 | 0.068 | 45.8 | 253.8 | 636.7 |
| 2012 | 38.1 | 1.0 | 0.3 | 320.2 | 22.9 | 126.7 | 0.068 | 43.5 | 241.1 | 604.8 |
| 2013 | 36.8 | 1.0 | 0.3 | 308.8 | 22.1 | 122.2 | 0.068 | 42.0 | 232.6 | 583.3 |
| 2014 | 35.5 | 1.0 | 0.3 | 298.2 | 21.3 | 118.0 | 0.068 | 40.6 | 224.6 | 563.4 |
| 2015 | 34.0 | 1.0 | 0.3 | 285.9 | 20.4 | 113.1 | 0.068 | 38.9 | 215.3 | 540.1 |
| 2016 | 31.1 | 1.0 | 0.3 | 261.3 | 19.5 | 108.2 | 0.068 | 37.2 | 206.1 | 504.5 |
| 2017 | 29.4 | 1.0 | 0.3 | 247.0 | 18.5 | 102.5 | 0.068 | 35.2 | 195.2 | 477.5 |
| 2018 | 27.8 | 1.0 | 0.3 | 233.3 | 17.6 | 97.4 | 0.068 | 33.5 | 185.5 | 452.2 |
| 2019 | 24.9 | 1.0 | 0.3 | 209.4 | 15.9 | 88.2 | 0.068 | 30.3 | 167.9 | 407.5 |
| 2020 | 23.4 | 1.0 | 0.3 | 196.4 | 14.9 | 82.5 | 0.068 | 28.3 | 157.0 | 381.7 |
| 2021 | 21.5 | 1.0 | 0.3 | 180.9 | 13.8 | 76.2 | 0.068 | 26.2 | 145.0 | 352.2 |
| 2022 | 20.2 | 1.0 | 0.3 | 169.7 | 13.0 | 71.9 | 0.068 | 24.7 | 136.9 | 331.2 |

表 7.5.13 1990 年至 2022 年生活污水納管處理甲烷排放之活動數據與排放量

| 年份 | 全國污水廠 BOD 處理量 | 污水處理廠 甲烷排放係數 | 污水處理廠 CH ₄ 排放量 | 全國污水廠 BOD 放流量 | 開放水體 甲烷排放數 | 污水廠處理後排 入開放水體的甲 烷排放量 | 納管處理 甲烷排放量 |
|------|------------------|----------------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| | kt BOD) | kg CH ₄ /kt BOD | kt CO ₂ e | kt BOD | kg CH ₄ /kt BOD | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1991 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1992 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1993 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1994 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1995 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1996 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1997 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1998 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 1999 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2000 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2001 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2002 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2003 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2004 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2005 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2006 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2007 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2008 | NE | 7.0939×10 ⁻³ | NE | NE | 0.021 | NE | NE |
| 2009 | 3.7 | 7.0939×10 ⁻³ | 0.7 | 6.0 | 0.021 | 3.5 | 4.2 |
| 2010 | 35.5 | 7.0939×10 ⁻³ | 7.1 | 23.0 | 0.021 | 13.5 | 20.6 |
| 2011 | 48.3 | 7.0939×10 ⁻³ | 9.6 | 25.3 | 0.021 | 14.9 | 24.5 |
| 2012 | 43.6 | 7.0939×10 ⁻³ | 8.7 | 29.3 | 0.021 | 17.2 | 25.9 |
| 2013 | 34.4 | 7.0939×10 ⁻³ | 6.8 | 31.7 | 0.021 | 18.7 | 25.5 |
| 2014 | 38.7 | 7.0939×10 ⁻³ | 7.7 | 36.4 | 0.021 | 21.4 | 29.1 |
| 2015 | 39.1 | 7.0939×10 ⁻³ | 7.8 | 40.3 | 0.021 | 23.7 | 31.5 |
| 2016 | 42.4 | 7.0939×10 ⁻³ | 8.4 | 41.4 | 0.021 | 24.3 | 32.8 |
| 2017 | 43.0 | 7.0939×10 ⁻³ | 8.5 | 43.7 | 0.021 | 25.7 | 34.2 |
| 2018 | 55.2 | 7.0939×10 ⁻³ | 11.0 | 47.6 | 0.021 | 28.0 | 38.9 |
| 2019 | 54.9 | 7.0939×10 ⁻³ | 10.9 | 45.8 | 0.021 | 27.0 | 37.9 |
| 2020 | 59.2 | 7.0939×10 ⁻³ | 11.8 | 50.5 | 0.021 | 29.7 | 41.4 |
| 2021 | 70.9 | 7.0939×10 ⁻³ | 14.1 | 48.4 | 0.021 | 28.5 | 42.6 |
| 2022 | 83.3 | 7.0939×10 ⁻³ | 16.5 | 42.6 | 0.021 | 25.1 | 41.6 |

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：內政部全國公共污水處理廠資料管理系統。

表 7.5.14 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之活動數據

| 年份 | 人口數 | 污水 處理率 | 每人每日 蛋白質供 給量 | 蛋白質 消耗比例 | 蛋白質 含氮比 | 家用產品 共排修正 係數 | 廚餘排入下水道 之氮修正係數 | 事業廢水 共排修正係數 | 化糞池處理 去除總氮 比例 | 化糞池 處理總氮量 | 化糞池處理 後排入開放 水體總氮量 |
|------|--------|-----------|--------------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|--------------|-------------------------|
| | 千人 | % | 公克 | FRC | Frac _{NPR} | N _{HH} | F _{NON-CON} | F _{IND-COM} | N _{REM} | kt N | kt N |
| 1990 | 20,401 | 2.6 | 92.72 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 101.80 | 86.53 |
| 1991 | 20,606 | 2.6 | 91.56 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 101.54 | 86.31 |
| 1992 | 20,803 | 2.6 | 93.90 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 105.08 | 89.32 |
| 1993 | 20,995 | 2.7 | 97.34 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 109.89 | 93.41 |
| 1994 | 21,178 | 2.7 | 96.51 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 109.86 | 93.38 |
| 1995 | 21,357 | 2.8 | 98.22 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 112.70 | 95.79 |
| 1996 | 21,525 | 2.9 | 98.25 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 113.42 | 96.41 |
| 1997 | 21,743 | 3.3 | 101.41 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 117.84 | 100.16 |
| 1998 | 21,929 | 4.8 | 95.55 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 110.18 | 93.65 |
| 1999 | 22,092 | 10.1 | 97.55 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 107.04 | 90.98 |
| 2000 | 22,277 | 14.7 | 96.23 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 101.04 | 85.88 |
| 2001 | 22,406 | 16.2 | 92.00 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 95.37 | 81.07 |
| 2002 | 22,521 | 18.1 | 94.85 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 96.68 | 82.18 |
| 2003 | 22,605 | 19.2 | 96.13 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 97.03 | 82.47 |
| 2004 | 22,689 | 22.0 | 91.94 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 89.94 | 76.45 |
| 2005 | 22,770 | 24.6 | 91.57 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 86.86 | 73.83 |
| 2006 | 22,877 | 27.3 | 90.08 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 82.79 | 70.37 |

續下表

續上表

| 年份 | 人口數 | 污水處理率 | 每人每日蛋白質供給量 | 蛋白質消耗比例 | 蛋白質含氮比 | 家用產品共排修正係數 | 廚餘排入下水道之氮修正係數 | 事業廢水共排修正係數 | 化糞池處理去除總氮比例 | 化糞池處理總氮量 | 化糞池處理後排入開放水體總氮量 |
|------|--------|-------|------------|---------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|------------------|----------|-----------------|
| | 千人 | % | 公克 | FRC | Frac _{NPR} | N _{HH} | F _{NON-CON} | F _{IND-COM} | N _{REM} | kt N | kt N |
| 2007 | 22,958 | 30.4 | 82.64 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 72.99 | 62.04 |
| 2008 | 23,037 | 32.9 | 76.34 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 65.23 | 55.45 |
| 2009 | 23,120 | 36.0 | 77.63 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 63.45 | 53.93 |
| 2010 | 23,162 | 38.7 | 78.32 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 61.43 | 52.22 |
| 2011 | 23,225 | 41.8 | 80.59 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 60.24 | 51.20 |
| 2012 | 23,316 | 44.9 | 80.48 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 57.14 | 48.57 |
| 2013 | 23,374 | 47.0 | 78.78 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 53.95 | 45.85 |
| 2014 | 23,434 | 48.9 | 80.70 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 53.38 | 45.37 |
| 2015 | 23,492 | 51.2 | 84.82 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 53.78 | 45.71 |
| 2016 | 23,540 | 53.4 | 83.40 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 50.60 | 43.01 |
| 2017 | 23,571 | 55.9 | 85.55 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 49.17 | 41.80 |
| 2018 | 23,589 | 58.1 | 87.88 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 47.98 | 40.79 |
| 2019 | 23,603 | 62.1 | 86.83 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 42.91 | 36.47 |
| 2020 | 23,561 | 64.5 | 89.89 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 41.55 | 35.32 |
| 2021 | 23,375 | 66.9 | 89.64 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 38.28 | 32.54 |
| 2022 | 23,265 | 68.6 | 90.82 | 0.86 | 0.16 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.15 | 36.60 | 31.11 |

資料來源：1. 內政部國土管理署下水道系統污水處理率。
2. 內政部統計處內政統計年報中的國內人口數。
3. 農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量。

表 7.5.15 1990 年至 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放量

| 年份 | 化糞池處理總氮量 | 化糞池氧化亞氮排放係數 | 化糞池氧化亞氮排放量 | 化糞池處理後排入開放水體總氮量 | 化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放係數 | 氧化亞氮轉換係數 | 化糞池處理後排入開放水體氧化亞氮排放量 | 生活污水未納管處理氧化亞氮排放量 |
|------|----------|----------------------------|----------------------|-----------------|----------------------------|----------|----------------------|----------------------|
| | kt N | kg N ₂ O-N/kg N | kt CO ₂ e | kt N | kg N ₂ O-N/kg N | | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | 101.8 | 0.00 | 0 | 86.5 | 0.005 | 44/28 | 180 | 180 |
| 1991 | 101.5 | 0.00 | 0 | 86.3 | 0.005 | 44/28 | 180 | 180 |
| 1992 | 105.1 | 0.00 | 0 | 89.3 | 0.005 | 44/28 | 186 | 186 |
| 1993 | 109.9 | 0.00 | 0 | 93.4 | 0.005 | 44/28 | 194 | 194 |
| 1994 | 109.9 | 0.00 | 0 | 93.4 | 0.005 | 44/28 | 194 | 194 |
| 1995 | 112.7 | 0.00 | 0 | 95.8 | 0.005 | 44/28 | 199 | 199 |
| 1996 | 113.4 | 0.00 | 0 | 96.4 | 0.005 | 44/28 | 201 | 201 |
| 1997 | 117.8 | 0.00 | 0 | 100.2 | 0.005 | 44/28 | 209 | 209 |
| 1998 | 110.2 | 0.00 | 0 | 93.7 | 0.005 | 44/28 | 195 | 195 |
| 1999 | 107.0 | 0.00 | 0 | 91.0 | 0.005 | 44/28 | 189 | 189 |
| 2000 | 101.0 | 0.00 | 0 | 85.9 | 0.005 | 44/28 | 179 | 179 |
| 2001 | 95.4 | 0.00 | 0 | 81.1 | 0.005 | 44/28 | 169 | 169 |
| 2002 | 96.7 | 0.00 | 0 | 82.2 | 0.005 | 44/28 | 171 | 171 |
| 2003 | 97.0 | 0.00 | 0 | 82.5 | 0.005 | 44/28 | 172 | 172 |
| 2004 | 89.9 | 0.00 | 0 | 76.4 | 0.005 | 44/28 | 159 | 159 |
| 2005 | 86.9 | 0.00 | 0 | 73.8 | 0.005 | 44/28 | 154 | 154 |
| 2006 | 82.8 | 0.00 | 0 | 70.4 | 0.005 | 44/28 | 147 | 147 |
| 2007 | 73.0 | 0.00 | 0 | 62.0 | 0.005 | 44/28 | 129 | 129 |
| 2008 | 65.2 | 0.00 | 0 | 55.4 | 0.005 | 44/28 | 115 | 115 |
| 2009 | 63.4 | 0.00 | 0 | 53.9 | 0.005 | 44/28 | 112 | 112 |
| 2010 | 61.4 | 0.00 | 0 | 52.2 | 0.005 | 44/28 | 109 | 109 |
| 2011 | 60.2 | 0.00 | 0 | 51.2 | 0.005 | 44/28 | 107 | 107 |
| 2012 | 57.1 | 0.00 | 0 | 48.6 | 0.005 | 44/28 | 101 | 101 |
| 2013 | 53.9 | 0.00 | 0 | 45.9 | 0.005 | 44/28 | 95 | 95 |
| 2014 | 53.4 | 0.00 | 0 | 45.4 | 0.005 | 44/28 | 94 | 94 |
| 2015 | 53.8 | 0.00 | 0 | 45.7 | 0.005 | 44/28 | 95 | 95 |
| 2016 | 50.6 | 0.00 | 0 | 43.0 | 0.005 | 44/28 | 90 | 90 |
| 2017 | 49.2 | 0.00 | 0 | 41.8 | 0.005 | 44/28 | 87 | 87 |
| 2018 | 48.0 | 0.00 | 0 | 40.8 | 0.005 | 44/28 | 85 | 85 |
| 2019 | 42.9 | 0.00 | 0 | 36.5 | 0.005 | 44/28 | 76 | 76 |
| 2020 | 41.5 | 0.00 | 0 | 35.3 | 0.005 | 44/28 | 74 | 74 |
| 2021 | 38.3 | 0.00 | 0 | 32.5 | 0.005 | 44/28 | 68 | 68 |
| 2022 | 36.6 | 0.00 | 0 | 31.1 | 0.005 | 44/28 | 65 | 65 |

表 7.5.16 1990 年至 2022 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之活動數據與排放量

| 年份 | 污水處理廠 | | 污水處理廠 氧化亞氮排放係數 | 污水處理廠 氧化亞氮排放量 | 污水處理後 排入開放水體氧化亞氮 排放係數 | 污水處理後 排入開放水體氧化亞氮 排放量 | 生活污水 納管處理 氧化亞氮排放量 |
|------|-------|-------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | 進流總氮量 | 放流總氮量 | | | | | |
| | kt N | kt N | kg N ₂ O-N/kg N | kt CO ₂ e | kg N ₂ O-N/kg N | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1991 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1992 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1993 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1994 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1995 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1996 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1997 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1998 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1999 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2000 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2001 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2002 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2003 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2004 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2005 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2006 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2007 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2008 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2009 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2010 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2011 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2012 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2013 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2014 | NE | NE | 4.8746×10 ⁻⁵ | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2015 | 7.5 | 3.3 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.05 | 0.005 | 7 | 7 |
| 2016 | 6.2 | 3.9 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.03 | 0.005 | 8 | 8 |
| 2017 | 11.7 | 5.6 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.08 | 0.005 | 12 | 12 |
| 2018 | 12.4 | 5.6 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.09 | 0.005 | 12 | 12 |
| 2019 | 13.3 | 6.3 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.09 | 0.005 | 13 | 13 |
| 2020 | 13.5 | 7.4 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.08 | 0.005 | 15 | 15 |
| 2021 | 18.5 | 9.1 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.12 | 0.005 | 19 | 19 |
| 2022 | 19.6 | 8.2 | 4.8746×10 ⁻⁵ | 0.15 | 0.005 | 17 | 17 |

備註：NE（未估計），指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：內政部全國公共污水處理廠資料管理系統。

成，污水處理率提高，直接排入開放水體的總氮量逐漸減少。2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放量較 1990 年減少 64.05%，較 2021 年減少 4.40%。

D. 納管污水處理之氧化亞氮排放量

納管污水處理之氧化亞氮排放量計算結果如表 7.5.16 所示。隨著污水處理率的逐年增加，使全國污水廠污水處理總氮量漸增，2022 年生活污水納管處理之氧化亞氮排放較 2015 年（統計起始年）增加 151.69%，較 2021 年減少 9.64%。

(5) 完整性

A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算

內政部內政統計年報僅登載 2000 年至 2022 年之公共污水下水道系統普及率(%)、專用污水下水道系統普及率

(%)、建築物污水處理設施統普及率(%)及三者合計之污水處理率(%)。1990 年至 1999 年之數據則參閱內政部相關會議之資料。另 1990 年至 2022 年國內人口數，已登載於內政部內政統計年報。

B. 生活污水納管處理產生甲烷排放量計算（污水處理廠）

此活動數據引用自內政部國土管理署全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2022 年，缺少 1990 年至 2008 年之數據，此期間的污水處理廠污水處理量仍待研究。

C. 生活污水放流氧化亞氮排放

氧化亞氮之排放量估算係參照農業部糧食平衡表 1990 年至 2022 年每人每日蛋白質供給量，及內政部內政統計年報登載 1990 年至 2022 年之國內人口數。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門各排放源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。2006 IPCC 指南提供生活污水甲烷排放係數和活動資料不確定性預設值，如表 7.5.17 所示。未納管處理生活污水甲烷排放之各項參數不確定性計算結果如表 7.5.18 所示，所計算開放水體以及化糞池與化糞池處理後排入開放水體的活動強度、排放係數、排放量不確定性分別為 8.66%、67.08% 和 67.64% 以及 43.30%、51.96% 和 67.64%。

由於 2006 IPCC 指南並未針對污水處理廠甲烷排放有預設不確定性數值，此範疇的不確定性判斷原則係統一參考掩埋場之不確定性計算。

全國公共污水處理廠污水處理甲烷排放之各項參數詳細資料，如表 7.5.19 所示，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算污水處理廠與污水處理排入開放水體的活動強度、排放係數及排放量不確定性分別為 20.00%、20.00% 和 28.28%，以及 14.14%、42.43% 和 44.72%。

再以不確定相加規則公式，以上述未納管處理、納管處理之污水處理廠不確定性及其排放量作為計算基礎，得生活污水甲烷排放量之不確定性為 42.63%，如表 7.5.20。

有關生活污水氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.21，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，分別計算生活污水未納管處理（化糞池、化糞池處理後排入開放水體）以及生活污水納管處理（污水處理廠與污水處理後排入開放水體）排放量的不確定性，分別為 43.87%、28.28% 和 33.17%，如表 7.5.22 與表 7.5.23。2022 年生活污水氧化亞氮排放之總不確定性為 35.35%，參如表 7.5.24。

(2) 時間序列的一致性

生活污水未納管甲烷排放資料來源為依據內政部內政統計年報登載資料，均已包含 1990 年至 2022 年公共污水下水道系統普及率(%)、專用污水下水道系統普及率(%)、建築物污水處理設施普及率(%)、污水處理率(%) 及國內人口數。

生活污水納管甲烷（污水處理廠）排放資料來源為內政部之全國公共污水處理廠資料管理系統的申報數據，目前仍缺少 1990 年至 2008 年之數據，此期間的污水處理廠污水處理量仍待研究。

生活污水氧化亞氮排放量之活動數據引用內政部內政統計年報登載 1990 年至 2022 年國內人口數，及 1990 年至 2022 年農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，活動數據已符合時間序列之一致性及完整性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

生活污水甲烷排放利用國家公共污水下水道系統普及率(%)、專用污水下水道系統普及率(%)、建築物污水處理設施普及率(%)、污水處理率(%)、國內人口數與全國公共污水處理廠污水處理量等活動數據為基礎，氧化亞氮排放則利用全國人口數及糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量活動數據為基礎，參考 2006 IPCC 指南所建議排放係數，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，行政院環境保護署（現為環境部）已於 2015 年 5 月及 10 月召開廢棄物部門清冊專家諮詢會議，另針對未納管處理之生活污水已於 2016 年至 2019 年期間針對數據來源、引用參數研析其合理性召開廢棄物部門清冊專家諮詢會進行確認，並於 2019 年 4 月同意以未納管處理之生活污水排放至化糞池 13 g BOD/persons/day 與排放至開放水體 27 g BOD/persons/day 精進排放量之計算。另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」（如表 7.5.25），檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

生活污水之處理方式可分為未妥善處理和妥善處理兩大類。在過去未妥善處理中，分為直接排入開放水體與化糞池等兩個類別。根據 2019 IPCC 精進指南建議，生活污水排放的評估必須考量化糞池移除污泥量，以及採用本土化開放水體排放係數與新增化糞池處理後排入開放水體的排放量。因此，依據 2019 IPCC 精進指南建議，展開相關專家諮詢會進行討論，最後依我國廢棄物部門清冊專家諮詢會 2021 年 9 月與 2023 年 11 月之會議結論^{4,5}，更新公共污水處理廠之排放係數及新增化糞池處理後排入開放水體的排放量，以提昇清冊數據評估的精確性與完整性。生活污水甲烷排放量經重新計算後，2022 年排放量由原先 447 千公噸二氧化碳當量下降至 373 千公噸二氧化碳當量。

過去在生活污水 N₂O 排放的估算上，未拆分未妥善與妥善排放，依生活污水總氮負荷量及放流排放係數計算排放量。同樣地，依據 2019 IPCC 精進指南建議與廢棄物部門清冊專家諮詢會 2021 年 9 月與 2023 年 11 月之會議結論，將生活污水 N₂O 排放計算拆分為未妥善與妥善處理，另於

4 行政院環境保護署（現為環境部）之 2021 年 9 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議結論：更新污水處理廠排放係數、化糞池之排放扣除水肥移除 BOD 量。

5 環境部之 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議結論：污水處理廠排放係數單位修正為 kg CH₄/kg BOD、污水處理廠排放係數單位修正為 kg N₂O/kg TN。

生活污水總氮負荷量計算上，新增蛋白質消耗比例 (FRC) 與家用產品額外產生的氮 (N_{HH}) 參數，並更新廚餘排入下水道之氮修正係數 ($F_{NON-CON}$) 預設值。生活污水氧化亞氮排放量經重新計算後，2022 年排放量由原先 283 千公噸二氧化碳當量下降至 82 千公噸二氧化碳當量。

6. 特定排放源的改善計畫

本年度無排放源之改善計畫。

7.5.2 事業廢水處理與放流 (5.D.2)

1. 排放源及匯分類的描述

(1) 事業廢水甲烷排放

依據 2019 IPCC 精進指南，甲烷排放僅需考量廠內厭氧處理設施單元之排放，且具高甲烷排放潛勢之業別，如紙漿和造紙業、肉類和家禽處理業、醇、啤酒、澱粉製造業、有機化工原料的生產、其他食品和飲料加工等。

表 7.5.17 生活污水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍

| 參數 | 不確定性範圍 |
|--|--|
| 排放係數 | |
| 最大甲烷生成量 (B_0) | ±30% |
| 甲烷修正係數 (MCF) | ±50%：未處理系統 ±30%：化糞池、管理不完善的處理廠 ±10%：集中管理完善的處理廠 |
| 活動資料 | |
| 人口數 (P) | ±5% |
| BOD/persons | ±30% |
| 人口收入族群比例 (U) | ±15%：城市高收入和城市低收入之間的區別可能必須基於專家判斷 |
| 各個收入群體 (T_{ij}) 的處理 / 排放途徑或系統的利用程度 | ±3%：記錄優良且僅有一個或兩個系統 ±50%：個別方法驗證 100%：驗證總 T_{ij} |
| 與事業廢水共排之 BOD 修正係數 (I) | 0%：未收集 ±20%：共同收集 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–29, Table 6.7, 2006.

表 7.5.18 2022 年生活污水未納管處理甲烷排放不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | 說明 |
|---------------------------|----------|--|
| 開放水體 | | |
| P：人口數 | 5.00 | 採國家人口統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。 |
| BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量 | 5.00 | BOD 採 2006 IPCC 指南預設值 40g/p/d，預設不確定性 30%。經專家會議，確認 2006 IPCC 指南 BOD 預設值，接近國內及日本實際數據不確定性，以 5% 計。 |
| T：污水處理率 | 5.00 | 依主管機關統計污水接管戶數及處理人數，屬高品質數據，不確定性以 5% 計。 |
| B_0 ：最大甲烷產生量 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| MCF：甲烷修正係數 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| I：與事業廢水共排之修正係數 | 20.00 | 以 2019 IPCC 精進指南預設值 20% 計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 8.66 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 67.08 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 67.64 |
| 化糞池、化糞池處理後排入開放水體 | | |
| P：人口數 | 5.00 | 採國家人口統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。 |
| BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量 | 5.00 | BOD 採 2006 IPCC 指南預設值 40g/p/d，預設不確定性 30%。經專家會議，確認 2006 IPCC 指南 BOD 預設值，接近國內及日本實際數據不確定性，以 5% 計。 |
| T：污水處理率 | 5.00 | 依主管機關統計污水接管戶數及處理人數，屬高品質數據，不確定性以 5% 計。 |
| TOW_{RWM} ：處理設施 BOD 移除率 | 30.00 | 以 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。 |
| S：污泥移除量 | 30.00 | 以 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。 |
| B_0 ：最大甲烷產生量 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| MCF：甲烷修正係數 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| I：與事業廢水共排之修正係數 | 20.00 | 以 2019 IPCC 精進指南預設值 20% 計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 43.30 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 51.96 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 67.64 |

表 7.5.19 2022 年生活污水納管處理甲烷排放不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | 說明 |
|------------------------|----------|---|
| 污水處理廠 | | |
| Ai：全國公共污水處理廠污水進流 BOD 量 | 10.00 | 引用國家層級資訊系統的統計資料設定資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。 |
| Ai：全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量 | | |
| 進流水 BOD 濃度 | | |
| 放流水 BOD 濃度 | | |
| EF：甲烷排放係數 | 20.00 | 引用環境部 (2020) 及日本清冊採用值設定 20%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 20.00 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 20.00 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 28.28 |
| 污水處理後排入開放水體 | | |
| Ai：全國公共污水處理廠污水放流 BOD 量 | 10.00 | 引用國家層級資訊系統的統計資料設定資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 10%。 |
| 排入開放水體 BOD 濃度 | | |
| Bo：最大甲烷產生量 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| MCF：甲烷修正係數 | 30.00 | 以 2006 IPCC 指南預設值 30% 計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 42.43 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 44.72 |

表 7.5.20 2022 年生活污水甲烷排放之總不確定性

| 活動資料和排放係數 | 未納管處理 | | | 納管處理 | | |
|---------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| | 開放水體 | 化糞池 | 化糞池處理後排入開放水體 | 污水處理廠 | 污水處理後排入開放水體 | |
| 不確定性 | 活動數據 | 8.66% | 43.30% | 43.30% | 20.00% | 14.14% |
| | 排放係數 | 67.08% | 51.96% | 51.96% | 20.00% | 42.43% |
| | 排放量 | 67.64% | 67.64% | 67.64% | 28.28% | 44.72% |
| 甲烷排放量 | 170 kt CO ₂ e | 25 kt CO ₂ e | 137 kt CO ₂ e | 17 kt CO ₂ e | 25 kt CO ₂ e | |
| 生活污水總不確定性 (%) | 42.63% | | | | | |

表 7.5.21 生活污水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍

| 參數 | 不確定性範圍 |
|--------------------|---|
| 排放係數 | |
| 氧化亞氮排放係數 | ±30% |
| 活動資料 | |
| 人口或產品產量 (P) | ±25%。利用專家對資料來源品質的判斷來分配更準確的不確定性範圍。 |
| 污水水量 / 單位產量 (W) | 這些數據可能非常不確定，因為同一部門可能在不同工廠和不同國家使用不同的廢棄物處理程序。參數的乘積 (W×TN) 具有較小的不確定性。不確定性直接歸因於 TN 濃度。建議 -50 % 或 +100%。 |
| 污水氮量 / 單位污水水量 (TN) | |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-49, Table 6.13, 2019.

表 7.5.22 2022 年生活污水未納管處理氧化亞氮排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | 說明 |
|----------------------------------|----------|--|
| 化糞池、化糞池處理後排入開放水體 | | |
| P：國內人口數 | 5.00 | 引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。 |
| Protein：每人每年蛋白質攝取量 | 10.00 | 依據農業者糧食平衡表每人每日蛋白質供給量，具有高品質數據，不確定性以 10% 計算。 |
| Frac _{NPR} ：蛋白質中氮的比例 | 20.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 0.16，不確定性以 20% 計算。 |
| FRC：蛋白質消耗比率 | 5.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 0.86。不確定性 5% 計算。 |
| N _{HH} ：家用產品共排修正係數 | 20.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 1.1。不確定性 5% 計算。 |
| F _{NON-CON} ：廚餘共排氮修正係數 | 5.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 1.0。不確定性 5% 計算。 |
| F _{IND-COM} ：事業廢水共排修正係數 | 5.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 1.0。不確定性 5% 計算。 |
| N _{REM} ：化糞池去除總氮比例 | 5.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 0.15。不確定性 5% 計算。 |
| EF：氧化亞氮排放係數 | 30.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 0.005，不確定性以 30% 計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 12.25 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 42.13 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 43.87 |

表 7.5.23 2022 年生活污水納管處理氧化亞氮排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | 不確定性 (%) | 說明 |
|---------------------|----------|--|
| 污水處理廠 | | |
| Ai：全國公共污水處理廠污水進流總氮量 | 10.00 | 引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。 |
| Ai：全國公共污水處理廠污水放流總氮量 | | |
| 進流水總氮濃度 | | |
| 放流水總氮濃度 | | |
| EF：氧化亞氮排放係數 | 20.00 | 引用環境部 (2020) 及日本清冊採用值設定 20%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 20.00 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 20.00 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 28.28 |
| 污水處理後排入開放水體 | | |
| Ai：全國公共污水處理廠污水放流總氮量 | 10.00 | 引用國家層級資訊系統的統計資料，依 2006 IPCC 指南建議不確定性 5%。 |
| 排入開放水體總氮濃度 | | |
| EF：氧化亞氮排放係數 | 30.00 | 採 2006 IPCC 指南預設係數 0.005，不確定性以 30% 計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | 30.00 |
| 排放量不確定性計算結果 | | 33.17 |

表 7.5.24 2022 年生活污水氧化亞氮排放之總不確定性

| 活動資料和排放係數 | 未納管處理 | | 納管處理 | | |
|---------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------|
| | 化糞池 | 化糞池處理排入開放水體 | 污水處理廠 | 污水處理廠處理後排入開放水體 | |
| 不確定性 | 活動數據 | 12.25% | 12.25% | 20.00% | 14.14% |
| | 排放係數 | 42.13% | 42.13% | 20.00% | 30.00% |
| | 排放量 | 43.87% | 43.87% | 28.28% | 33.17% |
| 氧化亞氮排放量 | 0 kt CO ₂ e | 65 kt CO ₂ e | 0.1 kt CO ₂ e | 17 kt CO ₂ e | |
| 生活污水總不確定性 (%) | 35.35% | | | | |

表 7.5.25 生活污水一般清冊品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|--|
| 檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準 | · 交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料 (內政部內政統計年報登載公共污水下水道系統普及率、專用污水下水道系統普及率、建築物污水處理設施普及率及污水好氧處理率及國內人口數、農業部糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量) 和排放因數 (2006 IPCC 指南預設值) 的種類並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | · 確認正確引用「內政部內政統計年報登載資料」及「農業部糧食平衡表」結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | · 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | · 確認各欄位單位標記的準確性 · 確認整個計算過程中單位使用的準確性 · 確認轉換因數的準確性 · 確認時間校正因數應用 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | · 簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | · 無引用適用多種排放源類別的資料 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | · 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 · 無計算轉錄計算情事 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | · 檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 · 檢查所記錄的資格假定和專家判斷值，以檢查不確定性計算的完整性與準確性 · 相關參數引用 2006 IPCC 指南與 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 展開內部檔的審評 | · 詳細登錄資料來源引用與版本差異 · 檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | · 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 · 確認於整個時間序列所計算之運算法則 / 方法一致性 · 無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | · 確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | · 對每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較，如果與設想情況有重大的變化或差距，應重新檢查估算並分析不同之處 · 依據糧食平衡表修正 2006 年及 2020 年每人每日蛋白質攝取數據，據此更新生活污水氧化亞氮排放量，亦將 2007 年至 2019 年每人每日蛋白質攝取數據小數點更新至第十位 |

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

依據環境部提供之事業廢水申報資料，篩選我國具廢水厭氧處理設施之業別，共計 16 類如下：

- A. 紙漿和造紙業，包括紙漿製造業與造紙業。
- B. 肉類和家禽處理業，包括肉品市場、魚市場及屠宰業。
- C. 酒精、啤酒及澱粉製造業，僅涵蓋醱酵業。
- D. 有機化學品製造，包括印染整理業、製革業、石油化學業、毛滌業、化工業、藥品製造及紡織業。
- E. 其他食品和飲料製造（乳製品，植物油，水果和蔬菜，罐頭，果汁製作等），包括食品製造業、製糖業及製粉業。

除納入 2019 IPCC 精進指南建議之業別，有鑑於事業廢水經厭氧處理即會產生甲烷排放，依 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會⁶ 結論納入特定行業包括，鋼鐵製造業（金屬基本工業）、電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業等 6 大行業之厭氧處理的大型工廠。

依據 2023 年 5 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論，納入工業區廢水處理排放，其中包括工業區未納管、工業區納管以及工業區廢水處理廠，並且依據 2019 IPCC 精進指南，針對廢水處理單位排放量計算，除計算本身廢水處理排放量，需進一步計算廠外排入開放水體的排放量。

此外，環境部於 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會議決議，每年更新非工業區廢水處理之厭氧比例，以及工業區及特定行業排放以盤查管制對象登錄之數據優先，其餘參照 2006 IPCC 指南的公式計算。

(2) 事業廢水氧化亞氮排放

依據 2019 IPCC 精進指南，氧化亞氮排放需考量廠內具有生物處理之產業別，如酒精煉製業、啤酒製造業、魚類處理業、鋼鐵製造業、肉類和家禽處理業、氮肥產業、塑膠與樹脂生產業、澱粉製造業等。

依據環境部所提供之事業廢水申報資料，篩選我國具有生物處理之產業別，共計 9 類如下：

- A. 酒精煉製業，僅涵蓋醱酵業。
- B. 啤酒製造業，僅涵蓋食品製造業。
- C. 魚類處理業，僅涵蓋魚市場。
- D. 鋼鐵製造業，僅涵蓋鋼鐵製造業（金屬基本工業）。
- E. 肉類和家禽處理業，僅涵蓋肉品市場。
- F. 氮肥產業，包括農藥衛生用藥製造業與肥料製造。塑膠與樹脂生產業，包括合成樹脂與塑膠及橡膠製造業。

G. 澱粉製造業，僅涵蓋製粉業。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

A. 事業廢水處理（甲烷）

依據 2019 IPCC 精進指南，針對事業廢水處理產生甲烷排放計算方法，如公式 7.5.2.1 所示。

公式 7.5.2.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = (\text{TOW}_i - \text{S}_i) \times (\text{Bo} \times \text{MCF}) - \text{R}$$

TOW_i：每年事業廢水之 COD 處理量 (kg COD/yr)

S_i：每年事業廢水之污泥移除量 (kg COD/yr)

Bo：最大甲烷產生量 (maximum CH₄ producing capacity)(kg CH₄/kg COD)

MCF：甲烷修正係數 (methane correction factor)，Bo × MCF = EF (甲烷排放係數)，參考如表 7.5.26

R：甲烷回收量 (kg CH₄/yr)，預設值為 0

B. 事業廢水處理後排入開放水體（甲烷）

廢水處理後排入開放水體的甲烷排放量，是利用廢水處理廠未移除之 COD，亦即事業廢水排入開放水體 COD 總量，以及排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境甲烷排放係數，計算方法如公式 7.5.2.2 所示。

公式 7.5.2.2：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = \text{TOW} \times \text{EF}$$

TOW_i：每年事業廢水流出之 COD 處理量 (kg COD/yr)

EF：排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境甲烷排放係數，2019 IPCC 精進指南預設值 0.009 kg CH₄/kg COD，參考如表 7.5.26

C. 事業廢水處理（氧化亞氮）

參考日本計算氧化亞氮之方法，採用排放係數法（排放係數為水質處理流程及污泥處理流程之氧化亞氮排放係數合計值）計算排放量，活動數據為事業廢水處理總氮量，再乘上日本氧化亞氮排放係數得排放量，計算方法如公式 7.5.2.3 所示。

公式 7.5.2.3：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = \text{TN}_{\text{IND}} \times \text{EF} \times 44/28$$

TN_{IND}：事業廢水處理總氮量 (kg N/yr)

EF：廢水處理廠處理氧化亞氮排放係數 (kg N₂O-N/kg N)，引用日本事業廢水處理氧化亞氮排放係數 0.0043 kg N₂O/kg N

D. 事業廢水處理後排入開放水體（氧化亞氮）

事業廢水處理後排入開放水體的氧化亞氮排放量，利用廢水處理廠廢水處理過程中未去除之總氮量，以放流總氮量作為活動數據，並利用排入開放水體之排放係數統計，計算方法如公式 7.5.2.4。

公式 7.5.2.4：

$$\text{氧化亞氮排放量 (kg N}_2\text{O/yr)} = \text{N}_{\text{Effluent}} \times \text{EF}_{\text{Effluent}} \times 44/28$$

6 2023 年 5 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論，事業廢水納入工業區事業廢水廠處理排放，以及特定行業廢水處理甲烷排放僅納入厭氧大廠。

N_{Effluent} ：事業廢水排放到水生環境中的氮，事業廢水處理出流水總氮量 (kg N/yr)

EF_{Effluent} ：事業廢水排放到水生環境中氧化亞氮排放係數，2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg N_2O -N/kg N，參考如表 7.5.27

(2) 排放係數

A. 事業廢水處理 (甲烷)

在事業單位申報的資料中，實際操作情形仍按該廠處理單元之好、厭氧處理單元篩選，將各行業別廢水資料再區分為好氧與厭氧。

依據 2019 IPCC 精進指南的預設值，分別選用好氧處理系統之 $MCF=0.0$ 與厭氧處理系統之 $MCF=0.8$ 計算，另最大甲烷產生量 (B_0) 參採 2019 IPCC 精進指南公布預設值 0.25 kg CH_4 /kg COD 來計算，如表 7.5.26。

依 2006 IPCC 指南之公式 7.5.2.1 來計算事業廢水厭氧處理產生之甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.28。

B. 事業廢水處理後排入開放水體 (甲烷)

處理後排放開放水體之甲烷排放係數，參考排入水庫、湖泊和河口以外的水生環境預設值 0.009 kg CH_4 /kg COD，如表 7.5.26。

依 2006 IPCC 指南公式 7.5.2.2 計算事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.29。

C. 事業廢水處理 (氧化亞氮)

事業廢水處理廠氧化亞氮排放係數係引用日本事業廢水處理使用之排放係數 0.0043 kg N_2O /kg N (為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和)。

依公式 7.5.2.3 計算，事業廢水氧化亞氮排放的相關參數，如表 7.5.30 所示。

D. 事業廢水處理後排入開放水體 (氧化亞氮)

處理後排入開放水體之氧化亞氮排放係數，參考排入海洋、河、湖排放預設值 0.005 kg N_2O -N/kg TN，如表 7.5.27。

依公式 7.5.2.4 計算，統計事業廢水處理後排入開放水體之氧化亞氮排放的相關參數，如表 7.5.31 所示。

(3) 活動數據

A. 事業廢水處理產生甲烷排放

有關事業廢水甲烷排放活動數據，係直接引用環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算，計算方式如下：

(a) 篩選 2019 IPCC 精進指南建議行業別中我國具有廢水厭氧處理設施行業別共 16 類。

(b) 依據資料分為非工業區與工業區，工業區中，進一步納管、非納管以及工業區內廢水處理廠。

(c) 依據進流水量、進流 COD 濃度、放流量以及放流 COD 濃度計算 COD 處理量、放流水 COD 量。

(d) COD 總處理量依據厭氧 (或兼氧) 處理設施，區分為厭氧處理及好氧處理類別，以厭氧處理類別占比計算厭氧處理之 COD 處理量。

由於環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料僅可追溯到 2007 年，針對 1990 年至 2006 年 COD 總處理量、厭氧處理 COD 處理量以及放流 COD 量，以每年全國列管家數比例推估，其中列管家數，係參閱環境部中華民國環境保護統計年報資料，引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 中關於「列管家數」之數據。此外，環境部依據廢棄物部門清冊專家諮詢會議決議，納入工業區廠家之溫室氣體盤查資料，於 COD 處理量總量處扣除採用溫室氣體盤查資料之廠家其廢水處理申報 COD 處理量。

而特定行業別範疇係考量電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業、鋼鐵製造業等六大行業，均不屬於 2019 IPCC 精進指南建議納入行業別，加上廢水處理過程中除具生物處理，亦具不會產生甲烷排放之化學處理，如將該行業全納入計算恐有高估排放量之結果，因此經廢棄物部門清冊專諮會結論，改以僅納入具厭氧處理之廠家。彙總 2019 IPCC 精進指南建議行業別與特定行業別的相關活動數據如表 7.5.32，進一步排放量計算結果，如表 7.5.33 所示。

B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

依據歷年環境部「水污染源管制資料管理系統」申報資料，篩選 2019 IPCC 精進指南建議行業別，即我國具有廢水生物處理設施行業別，共計 9 類，依據進流水量、進流總氮濃度、放流量以及放流總氮濃度，統計事業廢水的總氮處理量。該管理系統現僅有 2013 年後之總氮濃度申報資料，1990 年至 2012 年期間事業廢水廠總氮數據仍待研究。歷年活動數據如表 7.5.34 所示。

(4) 排放量

A. 事業廢水處理產生甲烷排放

事業廢水處理甲烷排放量活動數據來自廢水申報處理量，其估算結果隨 COD 處理量而變化。2022 年甲烷排放量為 588 千公噸二氧化碳當量，為 1990 年排放量的 1.63 倍，

與 2021 年相比，排放量則下降 14.01%(2021 年排放量為 687 千公噸二氧化碳當量)，係因工業區中未納管廠家 COD 處理量減少，甲烷排放計算結果如表 7.5.33 所示。

B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

事業廢水氧化亞氮排放量隨行業申報的處理水量、氮氮及硝酸鹽氮濃度而變化。2022 年排放量相較 2013 年增加 3

千公噸二氧化碳當量，推測可能與 2017 年底增訂氮氮和總氮管制規定，事業廢水含氮氮與硝酸鹽氮之申報家數增加有關。2022 年排放量為 3 千公噸二氧化碳當量，相較 2021 年減少 1 千公噸二氧化碳當量，相當於減少 24.92%，主要係受石油化學業及半導體製造業近年廢水總氮處理量趨於平緩所致，氧化亞氮排放計算結果如表 7.5.34 所示。

表 7.5.26 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設 MCF 值與甲烷排放係數

| 處理系統 | 註釋 | 甲烷修正係數 (MCF) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg BOD) | 排放係數 (kg CH ₄ /kg COD) |
|---------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 未經處理的系統 | | | | |
| 排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1) | 大多數水生環境 (包括河流) 的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。 | 0.11 (0.004–0.27) | 0.068 | 0.028 |
| 排放到水庫、湖泊和河口以外的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 2) | 大多數水生環境 (包括河流) 的甲烷都處於過飽和狀態。養分供給過剩會增加甲烷排放量。 | 0.035 (0.004–0.06) | 0.021 | 0.009 |
| 排放到水庫、湖泊和河口 (2006 IPCC 指南方法 2) | 碳在沉積物中累積的環境更有可能產生甲烷。 | 0.19 (0.08–0.27) | 0.114 | 0.048 |
| 經處理的系統 | | | | |
| 集中式好氧處理廠 | 甲烷可從沉澱池和其他厭氧池中排放。也可能排放自湍流和 / 或需氧處理過程中上下游水道中所產生的甲烷。對於接收超出設計容量的廢水處理廠，清冊編撰者應相應判斷污泥中去除的有機物質的量。 | 0 (0–0.1) | 0 | 0 |
| 厭氧反應器 (如上流式厭氧污泥床 UASB) | 此處不考慮甲烷回收。 | 0.8 (0.8–1.0) | 0.48 | 0.2 |
| 淺厭氧塘 | 深度不足 2 米，採用專家判斷。 | 0.2 (0–0.3) | 0.12 | 0.05 |
| 深厭氧塘 | 深度超過 2 米。 | 0.8 (0.8–1.0) | 0.48 | 0.2 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–34, Table 6.8, 2019.

表 7.5.27 事業廢水 2019 IPCC 精進指南預設氧化亞氮排放係數

| 處理系統 | 註釋 | 排放係數 (kg N ₂ O-N/kg N) | 範圍 |
|--|---|-----------------------------------|--------------|
| 經處理或未經處理的系統，EF _{Effluent} | | | |
| 排放到水生環境 (2006 IPCC 指南方法 1) | 基於有限的現地數據以及關於河流和河口硝化和反硝化發生的具體假設。 | 0.005 | 0.0005–0.75 |
| 排放到受營養鹽影響和 / 或缺氧的水生環境 (2006 IPCC 指南方法 3) | 較高的排放量與受營養鹽影響或缺氧的水生環境有關，例如優養化湖泊、河口和河流，或不流動且污濁的環境地區。 | 0.019 | 0.0041~0.091 |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–39, Table 6.8A, 2019.

表 7.5.28 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表

| 參數 | 2019 IPCC 精進指南計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--------------------|---------------------------------|--|---|
| 事業廢水 COD 處理量 (TOW) | 國內資料自行確定 | 由於列管事業廢水資料庫中已具有各列管單位廢水處理之進排放量與進排放口之 COD 值，因此可直接計算各列管事業廢水廠商廢水處理所移除之可分解有機物 COD (公斤)。 | 列管事業廢水資料，其取自於環境部水質保護司「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。 |
| 污泥移除量 (S) | 預設值 0 | 考量目前沒有轉變為污泥之 COD 資料，故暫設為 0。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 最大甲烷生成量 (Bo) | 0.25 kg CH ₄ /kg COD | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.25 kg CH ₄ /kg COD。 | |
| 甲烷修正係數 (MCF) | 提供各種處理系統預設值 | 好氧：採用 2019 IPCC 精進指南好氧系統 MCF 值 0.0 計算。 厭氧：採用 2019 IPCC 精進指南厭氧系統 MCF 值 0.8 計算。 | |
| 甲烷移除量 (R) | 預設值 0 | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0。 | |

表 7.5.29 事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放參數採用一覽表

| 參數 | 2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--------------------|----------------------------------|--|--|
| 事業廢水 COD 處理量 (TOW) | 國內資料自行確定 | 計算各列管事業廢水廠商廢水處理排入開放水體以及放流水 COD 濃度，以取得放流水 COD 量 (公斤)，作為廢水處理完成後排入開放水體之 COD 總量。 | 列管事業廢水資料，其取自於環境部「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。 |
| 甲烷排放係數 (EF) | 0.009 kg CH ₄ /kg COD | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.009 kg CH ₄ /kg COD。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

表 7.5.30 事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表

| 參數 | 2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|--------------------------------|----------------------------|--|--------------------------|
| 事業廢水處理總氮量 (TN _{IND}) | 國內資料自行確定 | 列管事業廢水資料庫申報資料中，採用進流水量與進流口氮氣濃度 (mg/L)、進流口硝酸鹽氮 (mg/L)、放流量與放流口氮氣濃度 (mg/L)、放流口硝酸鹽氮 (mg/L)，以取得進流總氮量與放流總氮量，並進一步計算廢水處理總氮量 (kg N)。 | 環境部之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別。 |
| 甲烷排放係數 (EF) | 國內資料自行確定 | 引用日本事業廢水處理氧化亞氮排放係數 0.0043 kg N ₂ O/kg N。 | 日本清冊採用值 |

表 7.5.31 事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放參數採用一覽表

| 參數 | 2019 IPCC 精進指南 計算方法或預設值 | 我國計算方法及採用數據 | 國內數據來源 |
|---|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 事業廢水處理出流水總氮量 事業廢水排放到水生環境中的氮 (N _{Effluent}) | 國內資料自行確定 | 列管事業廢水資料庫申報資料中，採用放流量 (mg/L) 與放流口氮氣濃度 (mg/L)、放流口硝酸鹽氮 (mg/L)，以計算放流總氮量。 | 環境部水質保護司提供之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別。 |
| 事業廢水排放到水生環境中 氧化亞氮排放係數 (EF _{Effluent}) | 0.005 kg N ₂ O/kg N | 採用 2019 IPCC 精進指南預設值 0.005 kg N ₂ O/kg N。 | 2019 IPCC 精進指南預設值 |

表 7.5.32 1990 年至 2022 年事業廢水處理甲烷活動數據

(單位：公噸 COD)

| 年份 | 列管 家數 | 非工業區 (2019 IPCC 精進 指南建議行業) | | 工業區 (2019 IPCC 精進指南建議行業) | | | | | | 特定行業別 | | | | 厭氧 處理 COD 總處理 量 總計 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量 總計 |
|------|----------|----------------------------------|--|-----------------------------|--|------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|------|-------|----|-----------------------------------|--|
| | | 厭氧 處理 COD 總處理 量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量 | 非納管 | | 盤查申報 | 廢水處理廠 | | 非納管 | | 盤查申報 | | | | |
| | | | | 厭氧 處理 COD 總處理 量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量 | | 厭氧 處理 COD 總處理 量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量 | 厭氧 處理 COD 總處理 量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處理 量 | | | | | |
| 1990 | 10,394 | 32,213 | 3,832 | 29,205 | 1,735 | 132 | NE | NO | 1,967 | 2,382 | 88 | 35 | NE | 63,966 | 7,622 |
| 1991 | 14,188 | 43,971 | 5,231 | 39,865 | 2,368 | 180 | NE | NO | 2,685 | 3,251 | 120 | 48 | NE | 87,315 | 10,404 |
| 1992 | 15,339 | 47,538 | 5,655 | 43,099 | 2,560 | 194 | NE | NO | 2,903 | 3,515 | 130 | 52 | NE | 94,399 | 11,248 |
| 1993 | 14,154 | 43,866 | 5,218 | 39,769 | 2,362 | 179 | NE | NO | 2,679 | 3,243 | 120 | 48 | NE | 87,106 | 10,379 |
| 1994 | 14,699 | 45,555 | 5,419 | 41,301 | 2,453 | 186 | NE | NO | 2,782 | 3,368 | 124 | 50 | NE | 90,460 | 10,778 |
| 1995 | 15,650 | 48,502 | 5,770 | 43,973 | 2,612 | 198 | NE | NO | 2,962 | 3,586 | 132 | 53 | NE | 96,313 | 11,476 |
| 1996 | 17,853 | 55,330 | 6,582 | 50,163 | 2,980 | 226 | NE | NO | 3,379 | 4,091 | 151 | 61 | NE | 109,870 | 13,091 |
| 1997 | 16,901 | 52,379 | 6,231 | 47,488 | 2,821 | 214 | NE | NO | 3,198 | 3,873 | 143 | 58 | NE | 104,011 | 12,393 |
| 1998 | 15,421 | 47,793 | 5,685 | 43,329 | 2,574 | 195 | NE | NO | 2,918 | 3,534 | 130 | 53 | NE | 94,903 | 11,308 |
| 1999 | 14,330 | 44,411 | 5,283 | 40,264 | 2,392 | 181 | NE | NO | 2,712 | 3,284 | 121 | 49 | NE | 88,189 | 10,508 |
| 2000 | 14,908 | 46,203 | 5,496 | 41,888 | 2,488 | 189 | NE | NO | 2,821 | 3,416 | 126 | 51 | NE | 91,746 | 10,932 |
| 2001 | 13,217 | 40,962 | 4,873 | 37,137 | 2,206 | 167 | NE | NO | 2,501 | 3,029 | 112 | 45 | NE | 81,340 | 9,692 |
| 2002 | 14,279 | 44,253 | 5,264 | 40,121 | 2,383 | 181 | NE | NO | 2,702 | 3,272 | 121 | 49 | NE | 87,875 | 10,470 |
| 2003 | 14,860 | 46,054 | 5,478 | 41,753 | 2,480 | 188 | NE | NO | 2,812 | 3,405 | 126 | 51 | NE | 91,451 | 10,896 |
| 2004 | 15,754 | 48,825 | 5,808 | 44,265 | 2,629 | 199 | NE | NO | 2,981 | 3,610 | 133 | 54 | NE | 96,953 | 11,552 |
| 2005 | 16,130 | 49,990 | 5,947 | 45,321 | 2,692 | 204 | NE | NO | 3,053 | 3,696 | 136 | 55 | NE | 99,267 | 11,828 |
| 2006 | 16,624 | 51,521 | 6,129 | 46,709 | 2,775 | 210 | NE | NO | 3,146 | 3,809 | 141 | 57 | NE | 102,307 | 12,190 |
| 2007 | 17,739 | 54,976 | 6,540 | 49,842 | 2,961 | 225 | NE | NO | 3,357 | 4,065 | 150 | 60 | NE | 109,169 | 13,008 |
| 2008 | 18,694 | 52,789 | 11,780 | 45,045 | 5,969 | NE | NE | NO | 12,634 | 3,885 | 230 | 43 | NE | 101,763 | 30,612 |
| 2009 | 18,837 | 42,204 | 11,130 | 31,619 | 5,359 | 54 | NE | NO | 14,812 | 4,795 | 299 | 38 | NE | 78,710 | 31,600 |
| 2010 | 19,315 | 38,126 | 11,570 | 35,772 | 5,693 | 30 | NE | NO | 15,401 | 9,180 | 475 | 1,457 | NE | 84,565 | 33,139 |
| 2011 | 20,259 | 62,807 | 11,196 | 34,078 | 4,707 | 148 | NE | NO | 14,843 | 2,042 | 552 | 3,875 | NE | 102,950 | 31,298 |

續下表

續上表

| 年份 | 列管 家數 | 非工業區 (2019 IPCC 精進 指南建議行業) | | 工業區 (2019 IPCC 精進指南建議行業) | | | | | | 特定行業別 | | | | 厭氧 處理 COD 總處 理量 總計 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處 理量 總計 | | | | |
|------|----------|----------------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| | | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處 理量 | 非納管 | | 納管 | | 盤查申報 | | 污水處理廠 | | 非納管 | | | | 納管 | | 盤查申報 | |
| | | | | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 處理後 排入 開放 水體 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | | | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | 厭氧 處理 COD 總處 理量 | |
| 2012 | 20,570 | 57,583 | 10,526 | 27,441 | 4,795 | 22 | NE | NO | 16,954 | 10,156 | 390 | 5,178 | NE | 100,379 | 32,665 | | | | |
| 2013 | 20,693 | 40,478 | 15,218 | 23,850 | 5,463 | 250 | NE | 26.9 | 3,515 | 13,716 | 624 | 9,618 | NE | 87,939 | 24,820 | | | | |
| 2014 | 20,521 | 37,215 | 11,079 | 25,171 | 5,761 | 288 | NE | NO | 2,598 | 9,507 | 742 | 8,367 | NE | 80,548 | 20,180 | | | | |
| 2015 | 20,968 | 62,317 | 14,404 | 84,310 | 5,805 | 168 | 55,727 | NO | 1,821 | 7,555 | 350 | 37,221 | 36,706 | 99,137 | 22,381 | | | | |
| 2016 | 21,338 | 81,807 | 7,498 | 62,567 | 5,569 | 12,991 | 20,503 | 262.8 | 8,226 | 8,894 | 188 | 35,063 | 33,773 | 147,309 | 21,481 | | | | |
| 2017 | 21,899 | 70,947 | 10,210 | 60,291 | 5,813 | 17,483 | 29,653 | 0.8 | 12,955 | 21,825 | 284 | 45,272 | 41,309 | 144,856 | 29,262 | | | | |
| 2018 | 24,941 | 54,577 | 9,735 | 48,736 | 5,621 | 24,915 | 31,277 | 371.7 | 1,929 | 2,638 | 53 | 48,242 | 40,841 | 107,362 | 17,337 | | | | |
| 2019 | 27,100 | 49,248 | 9,135 | 68,901 | 5,252 | 23,536 | 44,539 | 150.8 | 3,185 | 1,296 | 39 | 69,177 | 59,037 | 108,733 | 17,612 | | | | |
| 2020 | 29,281 | 45,048 | 7,878 | 68,752 | 5,021 | 19,712 | 42,481 | 5.6 | 1,482 | 422 | 26 | 37,526 | 25,366 | 103,618 | 14,407 | | | | |
| 2021 | 31,950 | 41,905 | 8,577 | 83,229 | 5,248 | 34,322 | 64,208 | 84.1 | 2,512 | 2,892 | 69 | 56,948 | 35,670 | 119,503 | 16,406 | | | | |
| 2022 | 31,770 | 40,005 | 8,192 | 86,729 | 4,074 | 25,129 | 79,601 | 65.1 | 317 | 2,794 | 41 | 48,318 | 19,807 | 103,632 | 12,624 | | | | |

- 備註：
- 2019 IPCC 精進指南建議行業之 COD 總處理量 (公噸 COD) = 非工業區厭氧處理 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量)。
 - 特定行業別之 COD 總處理量 = 非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量。
 - 厭氧處理後放流之 COD 總處理量 = 非工業區厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理後放流 COD 總處理量) + 特定行業別非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量。
 - NO (未發生)：代表我國該分類項目無生產或使用。
 - NE (未估計)：指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追朔至 1990 年，故未進行調查。

資料來源：

- 環境部中華民國環境保護統計年報資料引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 「列管家數」。
- 環境部水質保護司水污染源管制資料管理系統。

表 7.5.33 1990 年至 2022 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量

| 年份 | 厭氧處理 COD 總處 理量 | Bo 最大甲烷產 生量 | MCF 甲烷 轉換係數 | | 事業廢水 厭氧處理 甲烷排放量 | 事業廢水 盤查申報 甲烷排放量 | 事業廢水 厭氧處理 (含盤查申報) 甲烷排放量 | 處理後排入 開放水體 COD 總處理量 | 處理後排入 開放水體甲 烷排放係數 | 事業廢水 處理後放流 甲烷排放量 | 事業廢水 甲烷總排 放量 |
|------|----------------------|-------------------------------|----------------|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------|
| | ton COD | kg CH ₄ /kg COD | 好氧 | 厭氧 | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e | ton COD | kg CH ₄ /kg COD | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | 63,966 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 358 | NE | 358 | 7,622 | 0.009 | 2 | 360 |
| 1991 | 87,315 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 489 | NE | 489 | 10,404 | 0.009 | 3 | 492 |
| 1992 | 94,399 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 529 | NE | 529 | 11,248 | 0.009 | 3 | 531 |
| 1993 | 87,106 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 488 | NE | 488 | 10,379 | 0.009 | 3 | 490 |
| 1994 | 90,460 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 507 | NE | 507 | 10,778 | 0.009 | 3 | 509 |
| 1995 | 96,313 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 539 | NE | 539 | 11,476 | 0.009 | 3 | 542 |
| 1996 | 109,870 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 615 | NE | 615 | 13,091 | 0.009 | 3 | 619 |
| 1997 | 104,011 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 582 | NE | 582 | 12,393 | 0.009 | 3 | 586 |
| 1998 | 94,903 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 531 | NE | 531 | 11,308 | 0.009 | 3 | 534 |
| 1999 | 88,189 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 494 | NE | 494 | 10,508 | 0.009 | 3 | 497 |
| 2000 | 91,746 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 514 | NE | 514 | 10,932 | 0.009 | 3 | 517 |
| 2001 | 81,340 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 456 | NE | 456 | 9,692 | 0.009 | 2 | 458 |
| 2002 | 87,875 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 492 | NE | 492 | 10,470 | 0.009 | 3 | 495 |
| 2003 | 91,451 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 512 | NE | 512 | 10,896 | 0.009 | 3 | 515 |
| 2004 | 96,953 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 543 | NE | 543 | 11,552 | 0.009 | 3 | 546 |
| 2005 | 99,267 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 556 | NE | 556 | 11,828 | 0.009 | 3 | 559 |
| 2006 | 102,307 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 573 | NE | 573 | 12,190 | 0.009 | 3 | 576 |
| 2007 | 109,169 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 611 | NE | 611 | 13,008 | 0.009 | 3 | 615 |
| 2008 | 101,763 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 570 | NE | 570 | 30,612 | 0.009 | 8 | 578 |
| 2009 | 78,710 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 441 | NE | 441 | 31,600 | 0.009 | 8 | 449 |
| 2010 | 84,565 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 474 | NE | 474 | 33,139 | 0.009 | 8 | 482 |
| 2011 | 102,950 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 577 | NE | 577 | 31,298 | 0.009 | 8 | 584 |
| 2012 | 100,379 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 562 | NE | 562 | 32,665 | 0.009 | 8 | 570 |
| 2013 | 87,939 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 492 | NE | 492 | 24,820 | 0.009 | 6 | 499 |

續下表

續上表

| 年份 | 厭氧處理 COD 總處理量 | Bo 最大甲烷產生量 | MCF 甲烷 轉換係數 | | 事業廢水 厭氧處理 甲烷排放量 | 事業廢水 盤查申報 甲烷排放量 | 事業廢水 厭氧處理 (含盤查申報) 甲烷排放量 | 處理後排入 開放水體 COD 總處理量 | 處理後排入 開放水體 甲烷排放係數 | 事業廢水 處理後放流 甲烷排放量 | 事業廢水 甲烷總排 放量 |
|------|------------------|-------------------------------|----------------|-----|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|
| | ton COD | kg CH ₄ /kg COD | 好氧 | 厭氧 | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e | tonCOD | kg CH ₄ /kg COD | kt CO ₂ e | ktCO ₂ e |
| 2014 | 80,548 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 451 | NE | 451 | 20,180 | 0.009 | 5 | 456 |
| 2015 | 91,068 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 555.2 | 54.4 | 609.6 | 22,381 | 0.009 | 5.64 | 615.2 |
| 2016 | 137,125 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 824.9 | 69.9 | 894.9 | 21,481 | 0.009 | 5.41 | 900.3 |
| 2017 | 119,069 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 811.2 | 41.0 | 852.2 | 29,262 | 0.009 | 7.37 | 859.5 |
| 2018 | 97,322 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 601.2 | 46.2 | 647.4 | 17,337 | 0.009 | 4.37 | 651.8 |
| 2019 | 97,297 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 608.9 | 40.8 | 649.7 | 17,612 | 0.009 | 4.44 | 654.2 |
| 2020 | 91,036 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 580.3 | 29.4 | 609.7 | 14,407 | 0.009 | 3.63 | 613.3 |
| 2021 | 95,333 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 669.2 | 13.7 | 682.9 | 16,406 | 0.009 | 4.13 | 687.0 |
| 2022 | 72,328 | 0.25 | 0.0 | 0.8 | 577.6 | 7.3 | 585.0 | 12,624 | 0.009 | 3.18 | 588.1 |

- 備註：
- 2019 IPCC 精進指南建議行業之 COD 總處理量 (公噸 COD) = 非工業區厭氧處理 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量)。
 - 特定行業別之 COD 總處理量 = 非納管厭氧處理 COD 總處理量 + 納管厭氧處理 COD 總處理量 - 盤查申報厭氧處理 COD 總處理量。
 - 厭氧處理後放流之 COD 總處理量 = 非工業區厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 工業區 (非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量 + 廢水處理廠厭氧處理後放流 COD 總處理量) + 特定行業別非納管厭氧處理後放流 COD 總處理量。
 - NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯到 1990 年，故未進行調查。

資料來源：

- 環境部中華民國環境保護統計年報資料引用 (三) 水質監測及污染防治表 3-5 「列管家數」。
- 環境部水質保護司水污染源管制資料管理系統。

表 7.5.34 1990 年至 2022 年事業廢水氧化亞氮活動數據及排放量

| 年份 | 廢水處理 總氮處理量 | 廢水處理 氧化亞氮排放係數 | 廢水處理 氧化亞氮排放量 | 廢水處理 總氮排放量 | 廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放係數 | 廢水處理後排入開放水體 氧化亞氮排放量 | 事業廢水 氧化亞氮排放量 |
|------|---------------|--------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| | 公噸 / 年 | kg N ₂ O/kg N | kt CO ₂ e | 公噸 / 年 | kg N ₂ O/kg N | kt CO ₂ e | kt CO ₂ e |
| 1990 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1991 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1992 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1993 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1994 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1995 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1996 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1997 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1998 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 1999 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2000 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2001 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2002 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2003 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2004 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2005 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2006 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2007 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2008 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2009 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2010 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2011 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2012 | NE | 0.0043 | NE | NE | 0.005 | NE | NE |
| 2013 | NE | 0.0043 | NE | 52.2 | 0.005 | 0.1 | 0.1 |
| 2014 | NE | 0.0043 | NE | 727.3 | 0.005 | 1.5 | 1.5 |
| 2015 | NE | 0.0043 | NE | 325.5 | 0.005 | 0.7 | 0.7 |
| 2016 | 421.7 | 0.0043 | 0.5 | 89.4 | 0.005 | 0.2 | 0.7 |
| 2017 | 88.9 | 0.0043 | 0.1 | 52.4 | 0.005 | 0.1 | 0.2 |
| 2018 | 1,656.3 | 0.0043 | 1.9 | 234.5 | 0.005 | 0.5 | 2.4 |
| 2019 | 2,044.1 | 0.0043 | 2.3 | 433.9 | 0.005 | 0.9 | 3.2 |
| 2020 | 1,940.7 | 0.0043 | 2.2 | 206.5 | 0.005 | 0.4 | 2.6 |
| 2021 | 3,276.0 | 0.0043 | 3.7 | 228.2 | 0.005 | 0.5 | 4.2 |
| 2022 | 2,239.0 | 0.0043 | 2.6 | 292.1 | 0.005 | 0.6 | 3.2 |

備註：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量未調查估計。因申報資料無法追溯到 1990 年，故未進行調查。

資料來源：環境部水質保護司水污染源管制資料管理系統。

(5) 完整性

A. 事業廢水處理產生甲烷排放

事業列管家數係參閱 2003 年至 2022 年環境部中華民國環境保護統計年報，因僅登載 1998 年後的活動數據，故依據工廠登記家數回推至 1990 年至 1998 年期間各年度的列管家數。

環境部水質保護司所提供之事業廢水申報資料，於 2007 年後較為齊全，故針對不齊備年期之列管單位申報資料，以其 2007 年之後完整申報資料之年平均值進行概估，進而以列管家數外推方式，計算各年期事業廢水中去除之有機物，以符合各年期時間序列之完整性及一致性。

B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

環境部事業廢水申報資料，目前僅取得上述資料庫中 2013 年後申報資料的總氮濃度，1990 年至 2012 年期間事業廢水廠的總氮數據仍待研究。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門各排放源排放量不確定性之評估方法參閱 7.2.1 節不確定性分析。2019 IPCC 精進指南列出事業廢水甲烷排放之排放係數和活動資料的預設值不確定性範圍，如表 7.5.35 所示。不同類型事業廢水的甲烷排放潛勢差異很大，因此應盡可能收集資料，以確定最大甲烷產生量 (Bo) 和厭氧處理的廢水比例。

表 7.5.36 為事業廢水之廢水處理甲烷排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動強度、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、36.06% 和 38.73%。

表 7.5.37 為事業廢水之廢水處理後排入開放水體甲烷排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動強度、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、42.43% 和 44.72%。

2019 IPCC 精進指南列出事業廢水氧化亞氮排放之排放係數和活動資料的預設值不確定性範圍，如表 7.5.38 所示。不同類型事業廢水的氧化亞氮排放潛勢差異很大，不確定性值大多歸因於總氮濃度數據。

事業廢水之廢水處理氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.39，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，所計算出之活動強度、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、20.00% 和 24.49%。

表 7.5.40 為事業廢水之廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放量計算公式中，各項活動資料與排放係數不確定性

結果，所計算出之活動強度、排放係數及排放量不確定性分別為 14.14%、30.00% 和 33.17%。

總整事業廢水之不確定性如表 7.5.41，甲烷不確定性為 38.07%，氧化亞氮不確定性為 20.78%。

(2) 時間序列的一致性

同事業廢水處理產生甲烷排放之完整性說明。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

利用環境部之事業廢水定檢申報活動數據為基礎，以 2019 IPCC 精進指南建議排放係數，並參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，確認計算方式、引用參數與活動數據合理性。另針對事業廢水好厭氧占比，已於 2016 年至 2019 年期間針對數據來源、引用參數研析其合理性召開廢棄物部門清冊專家諮詢會進行確認，並同意事業廢水有機物移除量以好、厭氧區分為計算方式。

依據 2021 年 9 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論，由於發電業廢水之總氮量非以生物方式進行處理且未列入 2019 IPCC 精進指南建議行業別，因此將發電業從事業廢水氧化亞氮行業別範疇排除。

另參考 2000 IPCC 國家溫室氣體清冊優良作法指南和不確定性管理中「一般清冊品質控制程序」(表 7.5.42)，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

5. 特定排放源的重新計算

過去在事業廢水排放估算的範疇上，篩選我國具廢水厭氧處理設施之業別，共計 18 類，包括化工業、毛滌業、石油化學業、光電材料及元件製造業、印刷電路板製造業、印染整理業(印花、梭織布染整者)、肉品市場、玻璃業、食品製造業、屠宰業、造紙業、晶圓製造及半導體製造業、電鍍業、製革業(濕藍皮製成成品皮者)、製粉業、製糖業、藥品製造業與醱酵業等。

因應 2019 IPCC 精進指南建議，調整事業廢水甲烷及氧化亞氮排放計算之行業別範疇，並更新相關排放係數，其中行業別包括，紙漿製造業、造紙業、肉品市場、魚市場、屠宰業、醱酵業、印染整理業、製革業、石油化學業、毛滌業、化工業、藥品製造、紡織業、食品製造業、製糖業、製粉業、鋼鐵製造業(金屬基本工業)、電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、電材料及元件製造業等共計 23 個類別。

另外，依據 2019 IPCC 精進指南，事業廢水甲烷精進內容為修正好氧處理排放係數為 0、調整行業別範疇及新增廠外排入開放水體的排放量。另依 2023 年 5 月與 11 月的廢棄物部門清冊專家諮詢會結論^{7,8}，把工業區廢水廠處理排放納入，且針對特定行業包括電鍍業、玻璃業、印刷電路板製造業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業、鋼鐵製造業等六大行業，改以僅納入厭氧處理之廠家。另為使甲烷排放數據較精確，將每年滾動更新厭氧比例。

此外，針對特定行業排放大廠及工業區中之廢水處理廠，將優先納入應盤查登錄對象之廢水處理排放數據，如不屬於應盤查登錄對象則以 2019 IPCC 精進指南計算方式為準。2015 年前由於尚未實行「事業應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源」，將以 2019 IPCC 精進指南計算方式計算。有關數據追溯之部分，由於 2007 年起申報數據較完善，故 1990 年至 2006 年之廢水 COD 移除量依照列管家數回推。事業廢水甲烷排放經重新計算後，並依據 2019 IPCC 精進

指南將好氧處理排放係數修正為 0，排放量大幅下降，2022 年排放量由現況之 1,165 千公噸二氧化碳當量更新為 590 千公噸二氧化碳當量。

依據 2019 IPCC 精進指南內容，事業廢水氧化亞氮排放量計算將調整行業別範疇及新增廠外排入開放水體的排放量。重新計算後，因行業範疇調整使排放量明顯下降，2022 年氧化亞氮排放由 18 千公噸二氧化碳當量下降至 3 千公噸二氧化碳當量，而近幾年由於氮氣申報家數上升，故精進後排放量漸增。

6. 特定排放源的改善計畫

因應 2019 IPCC 精進指南，後續將持續調整事業廢水甲烷及氧化亞氮排放計算之行業別範疇，並更新相關排放係數。

廢水處理廠設置厭氧處理及沼氣回收屬有效能資源再利用方式，將持續調查我國廢水處理廠沼氣回收情形，以掌握減量潛力。

表 7.5.35 事業廢水甲烷排放相關參數預設值之不確定性範圍

| 參數 | 我國計算方法及採用數據 |
|------------------|--|
| 排放係數 | |
| 最大甲烷生成量 (Bo) | ±30% |
| 甲烷修正係數 (MCF) | 不確定性範圍應當由專家判斷來確定 |
| 活動資料 | |
| 工業產量 (P) | ± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。 |
| 單位產品之廢水產生量 (W) | 這些資料有較高不確定。因為不同國家、不同工廠的同一個部門可能採用不同的廢水處理步驟。產品參數 (W×COD) |
| 單位產品之化學需氧量 (COD) | 不確定性較小。不確定性值可以直接歸因於公斤 COD/ 公噸產品。建議假設 -50 %、100% 等數值。 |

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-23, Table 6.10, 2006.

表 7.5.36 2022 年事業廢水處理甲烷排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | | 不確定性 (%) | 說明 |
|---|------------------|----------|--|
| 事業廢水 COD 處理量 (TOW) | W：廢水處理水量 [ton] | 10.00 | 引用處理廠連續計量設施之申報處理量，具高品質數據來源，不確定性 10%。 |
| | COD：COD 值 [mg/L] | 10.00 | 為進出流廢水定期檢測數據，計算 COD 移除量，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| S：廢水處理後產生有機污泥之 COD 總量 [kg COD/yr] | | N/A | 未納入計算。 |
| Bo：最大甲烷產生量 [kg CH ₄ /kg COD] | | 30.00 | Bo 採 2019 IPCC 精進指南預設值 (0.25)，不確定性引用 2019 IPCC 精進指南預設值 30% 計算。 |
| MCF _j ：甲烷修正係數 | | 20.00 | 參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。保守以不確定性 20% 計算。 |
| R：甲烷移除量 [kg CH ₄ /yr] | | N/A | 未納入計算。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | | 36.06 |
| 排放量不確定性計算結果 | | | 38.07 |

7 2023 年 5 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論：納入工業區事業廢水廠處理排放、特定行業廢水處理甲烷排放僅納入厭氧大廠。

8 2023 年 11 月廢棄物部門清冊專家諮詢會結論：每年更新非工業區廢水處理之厭氧比例、工業區及特定行業排放以盤查管制對象登錄之數據優先，其餘以 2006 IPCC 指南公式計算。

表 7.5.37 2022 年事業廢水處理後排入開放水體甲烷排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | | 不確定性 (%) | 說明 |
|--|-------------------|----------|---|
| 事業廢水 COD 處理量 (TOW) | 廢水處理排入開放水體量 [ton] | 10.00 | 引用處理廠連續計量設施之申報處理量，具高品質數據來源，不確定性 10%。 |
| | 放流口 COD 值 [mg/L] | 10.00 | 為進出流廢水定期檢測數據，計算 COD 移除量，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| EF：甲烷排放係數 [kg CH ₄ /kg COD] | | 30.00 | 參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | | 42.43 |
| 排放量不確定性計算結果 | | | 44.72 |

表 7.5.38 事業廢水氧化亞氮排放相關參數預設值之不確定性範圍

| 參數 | 不確定性範圍 |
|----------------|---|
| 排放係數 | |
| 氧化亞氮排放係數 (EF) | ±30% |
| 活動資料 | |
| 工業產量 (P) | ± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。 |
| 單位產品之廢水產生量 (W) | 這些資料有較高不確定。因為不同國家、不同工廠的同一個部門可能採用不同的廢水處理步驟。產品參數 (W×TN) 不確定性較小。不確定性值可直接歸因於總氮濃度。建議假設 -50 %、100% 等數值。 |
| 單位廢水之總氮濃度 (TN) | |

資料來源：IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-49, Table 6.13(New), 2019.

表 7.5.39 2022 年事業廢水氧化亞氮排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | | 不確定性 (%) | 說明 |
|--|-------------------|----------|---|
| 事業廢水處理總氮量 (TN _{IND}) | 事業廢水廠處理水量 [mg/L] | 10.00 | 引用處理廠連續計量設施之申報水量資料，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| | 事業處理水中總氮濃度 [mg/L] | 10.00 | 為放流廢水定期檢測數據，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| EF：氧化亞氮排放係數 [kg N ₂ O/kg N] | | 20.00 | 引用日本清冊採用值，設定 20%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | | 20.00 |
| 排放量不確定性計算結果 | | | 24.49 |

表 7.5.40 2022 年事業廢水處理後排入開放水體氧化亞氮排放之不確定性

| 活動資料和排放係數 | | 不確定性 (%) | 說明 |
|---|-------------------|----------|---|
| 事業廢水處理出流水總氮量事業廢水排放到水生環境中的氮 (N _{Effluent}) | 事業廢水廠處理水量 [mg/L] | 10.00 | 引用處理廠連續計量設施之申報水量資料，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| | 事業處理水中總氮濃度 [mg/L] | 10.00 | 為放流廢水定期檢測數據，具高品質數據來源，不確定性以 10% 計算。 |
| EF _{Effluent} ：事業廢水排放到水生環境中氧化亞氮排放係數 [kg N ₂ O/kg N] | | 30.00 | 參考 2019 IPCC 精進指南建議集中管理完善的處理廠不確定性 10%，管理不完善者 30%。 |
| 活動強度不確定性計算結果 | | | 14.14 |
| 排放係數不確定性計算結果 | | | 30.00 |
| 排放量不確定性計算結果 | | | 33.17 |

表 7.5.41 2022 年事業廢水總不確定性

| 活動資料和排放係數 | 甲烷 | | | 氧化亞氮 | | |
|---------------|------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|
| | 廢水處理 | 排入開放水體 | 盤查申報 | 廢水處理 | 排入開放水體 | |
| 不確定性 | 活動數據 | 14.14% | 14.14% | 5.00% | 14.14% | |
| | 排放係數 | 36.06% | 42.43% | 5.00% | 20.00% | |
| | 排放量 | 38.73% | 44.72% | 5.00% | 24.49% | |
| 溫室氣體排放量 | | 580 kt CO ₂ e | 3 kt CO ₂ e | 7 kt CO ₂ e | 3 kt CO ₂ e | |
| 事業廢水總不確定性 (%) | | 38.07% | | | 20.78% | |

表 7.5.42 事業廢水一般清冊品質控制程序檢核表

| 品質控制活動 | 確認程序 |
|-----------------------------|---|
| 檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準 | ·交叉檢查排放源類別資訊活動數據資料(事業廢水污染管制資料)和排放因數(2019 IPCC 精進指南預設值)的種類並確保其正確記錄並歸檔 |
| 檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差 | ·確認正確引用環境部「中華民國環境保護統計年報」及環境部水質保護司所提供之事業廢水申報資料中,篩選出資料庫中定檢資料結果 |
| 檢查排放計算的準確性 | ·條列各項參數與活動數據,簡化運算規則,複查計算結果準確性 |
| 檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數 | ·確認各欄位單位標記的準確性 ·確認整個計算過程中單位使用的準確性 ·確認轉換因數的準確性 ·確認時間校正因數應用 |
| 檢查資料庫檔的完整性 | ·簡明條列明確欄位與計算欄位 |
| 檢查排放源類別間資料的一致性 | ·無引用適用多種排放源類別的資料 |
| 檢查處理過程中清冊資料轉移的正確性 | ·避免有轉錄情事,並加強複查檢核 ·無計算轉錄計算情事 |
| 檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算 | ·檢查提供不確定性估算之專家判斷值與其獨立資格 ·檢查所記錄的資格假定和專家判斷值,以檢查不確定性計算的完整性與準確性 ·相關參數引用 2006 IPCC 指南與 2019 IPCC 精進指南預設值 |
| 展開內部檔的審評 | ·詳細登錄資料來源引用與版本差異 ·檢查歸檔並存儲的清冊資料、佐證資料和清冊記錄以有利於展開詳盡的審評 |
| 檢查導致重新計算的方法和資料變化 | ·確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 ·確認於整個時間序列所計算之運算法則/方法一致性 ·無時間序列一致性缺漏情事 |
| 展開完全檢查 | ·確認提交的評估報告涵蓋從指定基準年到當前清冊時段內所有年份排放源別 |
| 比較現有估算和原始估算 | ·對每個排放源類別應將當前的清冊估算和以前的估算進行比較,如果與設想情況有重大的變化或差距,應重新檢查估算並分析不同之處 ·本年度無特定排放源之重新計算 |

資料來源：1. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

7.6 參考文獻

1. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
2. IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2019.
3. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
4. National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, 2016.
5. 內政部, 內政部統計查詢網 – 污水下水道系統執行概況, 瀏覽日期 2023 年 03 月。
6. 內政部, 內政部統計查詢網 – 土地面積、戶數與人口數, 瀏覽日期 2023 年 03 月。
7. 農業部, 糧食平衡表 – 每人每日蛋白質供給量, 瀏覽日期 2023 年 03 月。
8. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 91 年, 2002 年 08 月。
9. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 92 年, 2003 年 08 月。
10. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 93 年, 2004 年 08 月。
11. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 94 年, 2005 年 08 月。

12. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 95 年, 2006 年 08 月。
13. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 96 年, 2007 年 08 月。
14. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 97 年, 2008 年 08 月。
15. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 98 年, 2009 年 08 月。
16. 行政院環境保護署(現為環境部), 國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用, EPA-98-FA11-03-A060, 2010 年 02 月。
17. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 99 年, 2010 年 08 月。
18. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 100 年, 2011 年 08 月。
19. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 101 年, 2012 年 08 月。
20. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 102 年, 2013 年 08 月。
21. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 103 年, 2014 年 08 月。
22. 行政院環境保護署(現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 104 年, 2015 年 08 月。

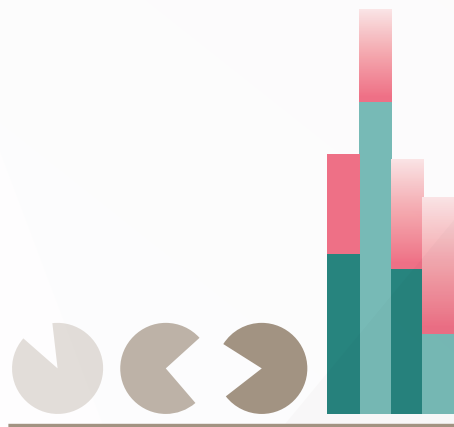


23. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 105 年, 2016 年 08 月。
24. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 106 年, 2017 年 08 月。
25. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 107 年, 2018 年 08 月。
26. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 108 年, 2019 年 11 月。
27. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 109 年, 2020 年 09 月。
28. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 110 年, 2021 年 08 月。
29. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中華民國環境保護統計年報 111 年, 2022 年 11 月。
30. 行政院環境保護署 (現為環境部), 2021 年水污染源管制資料管理系統 – 事業廢水檢測申報許可管理資料, 2023 年 03 月。
31. 行政院環境保護署 (現為環境部), 中小型焚化爐空污費申報系統資料, 2023 年 3 月。



第八章

改善規劃



第八章 改善規劃

巴黎協定規範締約方需提交「二年期透明度報告」(Biennial Transparency Reports, BTR)及「國家清冊報告」(National Inventory Report)、朝向增強透明度架構(Enhanced Transparency Framework, ETF)。而原先後京都德班協議之附件一締約方仍需提交「國家清冊報告」(National Inventory Report)、「國家通訊」(National Communication)。這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體排放清冊之內容。我國已積極建置符合國情、部門分工、資料庫分層管理、確實可行之溫室氣體排放統計，並隨著聯合國政府間氣候變化專門委員會出版的國家溫室氣體排放清冊指南及各部門統計資料的更新，每年皆重新統計國家歷年溫室氣體排放資料，其目的為建立溫室氣體統計資料，提送政府相關部門參考，以進一步瞭解溫室氣體排放與吸收的現況，作為我國減量措施討論、評估減量措施的效果，及排放趨勢預估的基本資料。目前已按照溫室氣體排放清冊部門分項工作計畫，由各部會完成 1990 年至 2022 年能源、工業製程及產品使用、農業、土地利用、土地利用變化及林業、廢棄物等各部門排放清冊統計。

我國依循 UNFCCC 對國家溫室氣體排放清冊的要求，依據 IPCC 指南及各部門官方統計資料，建立我國溫室氣體排放統計，以建立符合公約要求的「國家溫室氣體統計」。我國自 2014 年起，為提升國家溫室氣體統計系統，擬定國家溫室氣體排放清冊審議規範及成立審議委員會，審議溫室氣體排放清冊，健全管理體系以符合可測量、可報告及可查證(Measurement Reporting and Verification, MRV)機制。近年，相關部會已建置部門溫室氣體排放統計及專家審議作業程序，即由部門審議作業後，提送環境部氣候變遷署後召

開國家溫室氣體排放清冊研商會議，並邀集各部門確立溫室氣體排放清冊數據、清冊報告審議及改善計畫檢討等，以完成彙編國家溫室氣體排放清冊報告。

2014 年更首度由各部會依據修訂版國家溫室氣體排放清冊指南(Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 1996 IPCC 指南)共同編撰 2014 年國家溫室氣體排放清冊報告。2015 年，亦配合 UNFCCC 2015 年起使用 2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南)統計國家溫室氣體排放清冊。於 2013 年即以 2006 IPCC 指南為基礎，建置國家溫室氣體排放清冊電子化之登錄平台，同時由相關部會登錄該平台，線上提交國家溫室氣體排放統計資料。

後續將持續配合 UNFCCC 履行增強透明度架構(ETF)之模式、程序及指南(Modalities, Procedures and Guidelines, MPGs)相關規範，以共同報告表格(Common Reporting Tables, CRT)呈報其國家溫室氣體排放清冊，以及適當地參考 2019 年 IPCC 公布之 2019 年對 2006 年 IPCC 國家溫室氣體清冊指南之精進版(2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2019 IPCC 精進指南)精進我國溫室氣體排放統計。

2024 年已依據 2022 年 UNFCCC COP 27 決議，更新採用 IPCC 第五次評估報告(AR5)第一工作小組報告附錄 8.A 表 8.A.1 所列之百年 GWP。各部門之短期改善計畫(2024 年至 2025 年)以及中長期改善計畫如表 8.1.1。

表 8.1.1 各部門排放源之改善計畫規劃

| 部門 | 次部門 | 短期改善計畫 (2024 年 -2025 年) | 中長期改善計畫 |
|-------------------------|-------------------|--|--|
| 1. 能源部門 (第三章) | 1.A 燃料燃燒 | · 行業別歸類更新：依據 2024 年發布新版能源平衡表，進行排放量統計。 | · 能源熱值檢討：2024 年刻正執行能源產品熱值調整作業，彙整各項能源別更新後單位熱值，並確認對能源部門排放量異動情形合理性，預計 2025 年適用新版能源熱值。 |
| | 1.B 燃料逸散 | · 無改善計畫。 | · 無改善計畫。 |
| | 1.C 二氧化碳運輸與儲存 | · 資訊蒐集：持續掌握國內業者 CCS 與 CCU 發展與應用情形，預為未來統計制度建構先期資訊蒐集。 | · 鑑於我國尚無示範案例實績，除持續掌握國際統計做法，擬規劃與具發展潛力之示範廠家進行訪談，瞭解其實務與相關資料統計可及性。 |
| 2. 工業製程及產品使用部門 (第四章) | 2.A 礦業 (非金屬製品) | · 2.A.1 水泥生產：水泥生產製程排放計算中，熟料排放係數規劃由環境部係數，改採用業者經第三方認證的水泥熟料之排放係數。 · 2.A.3 玻璃生產方法論之排放係數內文中的玻璃回收量，規劃由原固定值改為依據該年度回收率進行調整。 | · 無改善計畫。 |
| | 2.B 化學工業 | · 無改善計畫。 | · 持續評估精進化學工業中統計方法目前仍為 2006 IPCC 指南方法 1 的生產項目精進數據品質之可行性。 |

續下表

續上表

| 部門 | 次部門 | 短期改善計畫 (2024 年 -2025 年) | 中長期改善計畫 |
|----------------------|--------------------|--|--|
| 2. 工業製程及產品使用部門 (第四章) | 2.C 金屬工業 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| | 2.D 非能源產物燃料溶劑使用 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| | 2.E 電子工業 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| | 2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| | 2.G 其他產品之製造與使用 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| | 2.H 其他 | ·無改善計畫。 | ·無改善計畫。 |
| 3. 農業部門 (第五章) | 3.A 畜禽腸胃發酵 | ·建立豬隻不同期別腸胃道發酵排放係數 (2006 IPCC 指南方法 2)。 ·更新畜禽腸胃道發酵排放係數 (2006 IPCC 指南方法 3)。 | ·完善畜禽腸胃道發酵甲烷及氧化亞氮排放係數，精準掌握溫室氣體排放數據。 |
| | 3.B 畜禽糞尿處理 | ·建立糞尿廢水固液分離前糞渣及堆肥化處理所產生的甲烷及氧化亞氮本土排放係數。 ·建立畜禽糞堆肥及家畜糞尿水施用於農地所產生的甲烷及氧化亞氮之本土係數。 | ·完善畜禽糞尿處理甲烷及氧化亞氮排放係數，精準掌握溫室氣體排放數據。 |
| | 3.C 水稻種植 | ·我國水稻本土排放係數共分 8 區，多屬 14 年前調查數據，為配合耕作模式調整及氣候變化，將更新水稻田甲烷排放係數 (2006 IPCC 指南方法 2)，以精準掌握排放數據。目前農業部正執行「因應氣候變遷淨零排放與調適之農業部門科學技術及策略推展研究 (112-115 年)」綱要計畫，其中「(一) 精進農業溫室氣體排放量測及計算方法學」分項計畫，各改良場所正以密閉罩法 (Closed Chamber Method) 方式重新量測並更新本土水田甲烷排係數，以提高水稻種植甲烷排放估算之準確性。 | ·持續累積多處試驗資料，包括環境重要影響因子與水稻甲烷排放量等，以建置國內適用的甲烷排放模式，提出 2006 IPCC 指南方法 3 之排放量估算，精準掌握溫室氣體排放數據。 |
| | 3.D 農耕土壤 | ·目前農業部正進行「因應氣候變遷淨零排放與調適之農業部門科學技術及策略推展研究 (112-115 年)」綱要計畫，其中「(一) 精進農業溫室氣體排放量測及計算方法學」分項計畫，各改良場所正針對 8 項大宗作物，以密閉罩法 (Closed Chamber Method) 方式，量測農田氧化亞氮排放，以提出本土氧化亞氮排放係數，提高農地氧化亞氮排放估算之準確性。 | ·氧化亞氮直接排放：擬持續累積多處試驗資料，包括環境重要影響因子與氧化亞氮排放量等，以建置國內適用的氧化亞氮排放模式，提出 2006 IPCC 指南方法 3 之排放量估算。 ·氧化亞氮間接排放：持續收集農田氮素揮散與逕流等相關資料，可用於評估農田施用氮肥後產生之間接氧化亞氮排放係數之本土排放係數。 |
| 4. 林業部門 (第六章) | 4.A 林地 | ·進行森林土壤碳庫推估模式及調查技術。 | ·評估導入光達 (Lidar) 技術於森林資源調查，降低林型樹高量測及蓄積之不確定性。 ·研議將森林土壤納入碳庫估算類別，建立資料調查及數據產製方式。 |
| | 4G 收穫林產品 | ·研析國際上收穫林產品 (HWP) 之碳匯估算方法學。 ·調查國內 HWP 活動數據及相關係數。 | ·研議林業部門統計項目增加收穫林產品 (HWP) 次部門，建立資料調查及數據產製方式。 |
| 5. 廢棄物部門 (第七章) | 5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 | ·依照 2019 IPCC 精進指南修正 1950 年至 1990 年處置 DOC 量、累計 DOC 量及分解 DOC 量。 | ·我國掩埋廢棄物之組成目前採用中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查掩埋場垃圾組成。 |
| | 5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 | ·依照 2019 IPCC 精進指南修正 1950 年至 1990 年處置 DOC 量、累計 DOC 量及分解 DOC 量。 | ·我國掩埋廢棄物之組成目前採用中華民國環境保護統計年報之一般廢棄物組成，為使數據較接近實際情形，建議後續調查掩埋場垃圾組成。 |
| | 5.B 固體廢棄物之生物處理 | ·無改善計畫。 | ·建立統計方法，如台中外埔及桃園生質能源廠。 |
| | 5.C.1 廢棄物焚化 | ·依照 2006 IPCC 指南修正一般事業廢棄物化石碳比例。 | ·無改善計畫。 |
| | 5.D.1 生活污水處理與放流 | ·無改善計畫。 | ·我國現已有 10 幾座污水處理廠設置污泥厭氧消化，並將過程中產生之沼氣回收再利用。後續將調查沼氣回收情形，納入污水處理廠甲烷排放計算，增加清冊數據完整性。 |
| | 5.D.2 事業廢水處理與放流 | ·無改善計畫。 | ·調查廢水處理廠沼氣回收情形，以掌握減量潛力。 ·特定行業別採用本土溫室氣體排放係數。如廢水處理廠造紙業、食品製造業以及印刷電路板業等。 |

名詞、縮寫與單位索引

| 英文縮寫 | 英文名詞 | 中文名詞 |
|-------------------|---|-----------------|
| AD | Active data | 活動數據 |
| BAU | Business as usual | 一往如常 (基線排放量) |
| CO ₂ | Carbon dioxide | 二氧化碳 |
| CO ₂ e | Carbon dioxide equivalent | 二氧化碳當量 |
| CH ₄ | Methane | 甲烷 |
| CRT | Common Reporting Tables | 共同報告表格 |
| EF | Emission factor | 排放係數 |
| ETF | Enhanced transparency framework | 增強透明度架構 |
| Gg | Giga gram; (1 gigagram=10 ⁹ g=1 kilotonne (kt)) | 十億克；千公噸 |
| GHG | Greenhouse gas | 溫室氣體 |
| GWP | Global Warming Potential | 全球暖化潛勢 |
| HFCs | Hydrofluorocarbons | 氫氟碳化物 |
| IE | included elsewhere | 列於其他處 |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change | 聯合國政府間氣候變遷專門委員會 |
| KP | Kyoto Protocol | 京都議定書 |
| LUCF | Land use change and forest | 土地利用變化及林業 |
| LULUCF | Land use, land use change and forest | 土地利用、土地利用變化及林業 |
| MPGs | Modalities, Procedures and Guidelines | 模式、程序及指南 |
| Mt | Megatonne;10 ⁶ tonne | 百萬公噸 |
| NA | Not applicable | 不適用 |
| NCV | Net calorific value | 淨熱值 |
| NE | Not estimated | 未估計 |
| NF ₃ | Nitrogen trifluoride | 三氟化氮 |
| NIR | National Inventory Report | 國家清冊報告 |
| NO | Not occurring | 未發生 |
| N ₂ O | Nitrous oxide | 氧化亞氮 |
| PFCs | Perfluorocarbons | 全氟碳化物 |
| QA | Quality assurance | 品質保證 |
| QC | Quality control | 品質控制 |
| RA | Reference approach | 參考方法 |
| SA | Sectoral approach | 部門方法 |
| SF ₆ | Sulfur hexafluoride | 六氟化硫 |
| t | Tonne | 公噸 |
| TJ | Terajoule;10 ¹² joule | 兆焦耳；萬億焦耳 |
| TOE | Tonne of oil equivalent | 公噸油當量 |
| | Uncertainty | 不確定性 |
| UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Chang | 聯合國氣候變化綱要公約 |

附件一、

IPCC 第五次評估報告溫暖化潛勢值

| 化學名稱 (縮寫或通稱) | 化學式 | 生命週期 (年) | GWP(20年平均) | GWP(100年平均) |
|---------------------------|--|---|------------|-------------|
| Carbon dioxide | CO ₂ | >500 (Ber model, 與大氣中 CO ₂ 濃度相關) | 1 | 1 |
| Methane | CH ₄ | 12 | 84 | 28 |
| Nitrous Oxide | N ₂ O | 114 | 264 | 265 |
| Hydrofluorocarbons | | | | |
| HFC-23 | CHF ₃ | 222.0 | 10,800 | 12,400 |
| HFC-32 | CH ₂ F ₂ | 5.2 | 2,430 | 677 |
| HFC-125 | CHF ₂ CF ₃ | 28.2 | 6,090 | 3,170 |
| HFC-134a | CH ₂ FCF ₃ | 13.4 | 3,710 | 1,300 |
| HFC-143a | CH ₃ CF ₃ | 47.1 | 6,940 | 4,800 |
| HFC-152a | CH ₃ CHF ₂ | 1.5 | 506 | 138 |
| HFC-227ea | CF ₃ CHFCF ₃ | 38.9 | 5,360 | 3,350 |
| HFC-236fa | CF ₃ CHF ₂ CF ₃ | 242.0 | 6,940 | 8,060 |
| HFC-245fa | CHF ₂ CH ₂ CF ₃ | 7.7 | 2,920 | 858 |
| HFC-365mfc | CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃ | 8.7 | 2,660 | 804 |
| HFC-43-10mee | CF ₃ CHFCH ₂ CF ₂ CF ₃ | 16.1 | 4,310 | 1,650 |
| Fully Fluorinated Species | | | | |
| Nitrogen trifluoride | NF ₃ | 500.0 | 12,800 | 16,100 |
| Sulphur hexafluoride | SF ₆ | 3,200.0 | 17,500 | 23,500 |
| Sulphur pentafluoride | SF ₅ CF ₃ | 800.0 | 13,500 | 17,400 |
| PFC-14 | CF ₄ | 50,000.0 | 4,880 | 6,630 |
| PFC-116 | C ₂ F ₆ | 10,000.0 | 8,210 | 11,100 |
| PFC-218 | C ₃ F ₈ | 2,600.0 | 6,640 | 8,900 |
| PFC-318 | c-C ₄ F ₈ | 3,200.0 | 7,110 | 9,540 |
| PFC-31-10 | C ₄ F ₁₀ | 2600.0 | 6,870 | 9,200 |
| PFC-41-12 | n-C ₅ F ₁₂ | 4,100.0 | 6,350 | 8,550 |
| PFC-51-14 | n-C ₆ F ₁₄ | 3,100 | 5,890 | 7,910 |
| PFC-91-18 | C ₁₀ F ₁₈ | 2,000.0 | 5,390 | 7,190 |

說明：

1. 現行 UNFCCC 規範，使用 IPCC AR5 中 GWP 百年平均值，作為計算溫室氣體當量之基礎。

2. 詳細資料請參考 IPCC AR5，如下網址：

https://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

3. UNFCCC 規範，請參閱第決議文 decision 18/CMA.1 附件。，如下網址：

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf#page=25

附件二、

2022 年能源平衡表 —
OECD 能源統計格式（熱值單位）

3. 年能源平衡表 (公噸油當量單位) _Yearly Energy Balance (Calorific Unit)

111年(2022)

單位：公噸油當量·10⁷千卡(tonne of oil equivalent·10⁷kilocalorie)

| 項 目 | 1 煤及煤產品 Coal and Coal Products C2 - C12 | 2 煙煤-煉焦煤 Bituminous Coal- Coking Coal | 3 煙煤-燃料煤 Bituminous Coal- Steam Coal | 4 無煙煤 Anthracite | 5 亞煙煤 Sub-bituminous Coal | 6 褐煤 Lignite | 7 泥煤 Peat | 8 焦炭 Coke Oven Coke | 9 煤球 Patent Fuel | 10 焦爐氣 Coke Oven Gas | 11 高爐氣 Blast Furnace Gas | 12 轉爐氣 Oxygen Steel Furnace Gas | 13 原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products C14 - C36 |
|----------------------|---|--|---|------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1 自產 | | | | | | | | | | | | | 95,338 |
| 2 + 進口 | 37,459,431 | 4,805,082 | 26,627,215 | 59,191 | 5,821,616 | | | 146,327 | | | | | 55,059,636 |
| 3 - 出口 | 36,520 | | | 818 | | | | 35,702 | | | | | 16,675,825 |
| 4 - 國際海運 | | | | | | | | | | | | | 1,400,852 |
| 5 - 國際航空 | | | | | | | | | | | | | 1,808,782 |
| 6 - 存貨變動 | 445,093 | -9,705 | 228,914 | -7,799 | 254,257 | | | -20,575 | | | | | -222,331 |
| 7 = 初級能源總供給 | 36,977,818 | 4,814,787 | 26,398,300 | 66,171 | 5,567,359 | | | 131,200 | | | | | 35,491,845 |
| 8 - 產品間轉換(轉出) | | | | | | | | | | | | | 2,647,716 |
| 9 - 統計差異 | 1,102,428 | 564,596 | 187,344 | -1,156 | 326,065 | | | 25,578 | | | | | -362,729 |
| 10 - 轉變投入 | 36,956,190 | 4,250,192 | 23,399,875 | | 5,241,293 | | | 3,240,382 | | 306,992 | 420,595 | 96,861 | 44,129,306 |
| 11 煉焦工場/煤製品業 | 5,415,083 | 4,250,192 | 1,164,891 | | | | | | | | | | |
| 12 高爐工場 | 4,485,802 | | 1,245,420 | | | | | 3,240,382 | | | | | |
| 13 煉油廠 | | | | | | | | | | | | | 42,966,995 |
| 14 石化工廠 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 公用發電廠 | 19,462,169 | | 14,220,875 | | 5,241,293 | | | | | | | | 890,011 |
| 16 自用發電廠 | 186,459 | | 186,459 | | | | | | | | | | 3,046 |
| 17 公用汽電共生廠 | 424,454 | | 424,454 | | | | | | | | | | 1,793 |
| 18 自用汽電共生廠 | 6,982,224 | | 6,157,776 | | | | | | 306,992 | 420,595 | 96,861 | | 267,460 |
| 19 + 轉變產出合計 | 7,063,150 | | | | | | | 4,011,652 | 1,237,097 | 1,569,336 | 245,064 | | 47,987,345 |
| 20 轉變產出 | 7,063,150 | | | | | | | 4,011,652 | 1,237,097 | 1,569,336 | 245,064 | | 45,629,843 |
| 21 產品間轉換(轉入) | | | | | | | | | | | | | 2,357,501 |
| 22 - 能源部門自用 | 1,071,983 | | | | | | | | | 189,185 | 815,766 | 67,033 | 2,812,343 |
| 23 煤礦業 | | | | | | | | | | | | | |
| 24 煉焦工場/煤製品業 | 513,689 | | | | | | | | | 165,290 | 281,366 | 67,033 | |
| 25 高爐工場 | 558,294 | | | | | | | | | 23,895 | 534,400 | | |
| 26 油氣礦業 | | | | | | | | | | | | | |
| 27 煉油廠 | | | | | | | | | | | | | 2,807,601 |
| 28 發電廠 | | | | | | | | | | | | | 1,285 |
| 29 抽水用電 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 汽電共生廠 | | | | | | | | | | | | | 3,435 |
| 31 氣體燃料供應業 | | | | | | | | | | | | | 23 |
| 32 - 損耗 | 93,241 | | | | | | | 80,815 | | 8 | 10,161 | 2,256 | |
| 33 = 最終消費 | 4,817,126 | | 2,811,081 | 67,327 | 1 | | 796,077 | | 740,912 | 322,815 | 78,914 | | 34,252,554 |
| 34 能源消費 | 4,570,426 | | 2,811,081 | 27,956 | 1 | | 588,748 | | 740,912 | 322,815 | 78,914 | | 15,032,199 |
| 35 工業部門 | 4,570,426 | | 2,811,081 | 27,956 | 1 | | 588,748 | | 740,912 | 322,815 | 78,914 | | 1,049,686 |
| 36 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣) | | | | | | | | | | | | | 6,483 |
| 37 食品飲料及菸草業 | 6,780 | | 6,780 | | | | | | | | | | 51,715 |
| 38 紡織成衣及服飾業 | 209,600 | | 209,600 | | | | | | | | | | 56,098 |
| 39 皮革及毛皮業 | | | | | | | | | | | | | 3,698 |
| 40 木竹及家具業 | | | | | | | | | | | | | 1,349 |
| 41 紙漿、紙及紙製品業 | 454,256 | | 454,256 | | | | | | | | | | 36,684 |
| 42 印刷業 | | | | | | | | | | | | | 2,513 |
| 43 化學材料製造業 | 1,223,563 | | 1,223,563 | | | | | | | | | | 477,829 |
| 44 基本化學材料製造業 | 1,066,828 | | 1,066,828 | | | | | | | | | | 302,795 |
| 45 (基本化學工業) | (39,977) | | (39,977) | | | | | | | | | | (28,230) |
| 46 (石油化工原料製造業) | (1,026,851) | | (1,026,851) | | | | | | | | | | (274,474) |
| 47 (肥料製造業) | | | | | | | | | | | | | (91) |
| 48 人造纖維製造業 | 128,973 | | 128,973 | | | | | | | | | | 32,673 |
| 49 樹脂塑膠及橡膠製造業 | 27,763 | | 27,763 | | | | | | | | | | 29,482 |
| 50 其他化學材料製造業 | | | | | | | | | | | | | 112,878 |
| 51 化學製品製造業 | 12,955 | | 12,955 | | | | | | | | | | 18,600 |
| 52 橡膠製品製造業 | | | | | | | | | | | | | 4,109 |
| 53 塑膠製品製造業 | 1,818 | | 1,818 | | | | | | | | | | 21,183 |
| 54 非金屬礦物製品製造業 | 892,012 | | 892,012 | | | | | | | | | | 162,094 |
| 55 水泥及水泥製品業 | 865,135 | | 865,135 | | | | | | | | | | 29,889 |
| 56 其他 | 26,877 | | 26,877 | | | | | | | | | | 132,204 |
| 57 (陶瓷製品製造業) | | | | | | | | | | | | | (17,864) |
| 58 (玻璃及玻璃製品製造業) | | | | | | | | | | | | | (89,742) |
| 59 金屬基本工業 | 1,759,345 | | | 27,956 | 1 | | 588,748 | | 740,912 | 322,815 | 78,914 | | 113,842 |
| 60 鋼鐵基本工業 | 1,759,345 | | | 27,956 | 1 | | 588,748 | | 740,912 | 322,815 | 78,914 | | 77,638 |
| 61 非鐵金屬基本工業 | | | | | | | | | | | | | 36,205 |
| 62 (鋁業) | | | | | | | | | | | | | (31,080) |
| 63 金屬製品製造業 | | | | | | | | | | | | | 27,409 |
| 64 機械設備製造業 | | | | | | | | | | | | | 8,448 |
| 65 電腦硬件及視聽電子產品製造業 | 10,098 | | 10,098 | | | | | | | | | | 11,823 |
| 66 (電子零組件製造業) | | | | | | | | | | | | | (8,934) |
| 67 運輸工具製造業 | | | | | | | | | | | | | 18,487 |
| 68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業 | | | | | | | | | | | | | 33 |
| 69 其他工業製品製造業 | | | | | | | | | | | | | 912 |
| 70 用水供應及污染整治業 | | | | | | | | | | | | | 11,940 |
| 71 營造業 | | | | | | | | | | | | | 14,437 |
| 72 其他 | | | | | | | | | | | | | |
| 73 運輸部門 | | | | | | | | | | | | | 11,669,888 |
| 74 國內航空 | | | | | | | | | | | | | 68,735 |
| 75 公路 | | | | | | | | | | | | | 11,483,270 |
| 76 鐵路 | | | | | | | | | | | | | 11,818 |
| 77 管線運輸 | | | | | | | | | | | | | |
| 78 國內水運 | | | | | | | | | | | | | 106,065 |
| 79 其他 | | | | | | | | | | | | | |
| 80 農業部門 | | | | | | | | | | | | | 437,735 |
| 81 農牧及林業 | | | | | | | | | | | | | 67,652 |
| 82 漁業 | | | | | | | | | | | | | 370,083 |
| 83 服務業部門 | | | | | | | | | | | | | 945,270 |
| 84 批發及零售業 | | | | | | | | | | | | | 169,497 |
| 85 住宿及餐飲業 | | | | | | | | | | | | | 235,629 |
| 86 運輸服務業 | | | | | | | | | | | | | 32,408 |
| 87 倉儲業 | | | | | | | | | | | | | 153 |
| 88 通信業 | | | | | | | | | | | | | 7,527 |
| 89 金融保險及不動產業 | | | | | | | | | | | | | 686 |
| 90 工商服務業 | | | | | | | | | | | | | 18,731 |
| 91 社會服務及個人服務業 | | | | | | | | | | | | | 7,267 |
| 92 公共行政業 | | | | | | | | | | | | | 376,055 |
| 93 其他 | | | | | | | | | | | | | 97,317 |
| 94 住宅部門 | | | | | | | | | | | | | 929,619 |
| 95 非能源消費 | 246,700 | | | 39,371 | | | | 207,329 | | | | | 19,220,355 |
| 96 工業、轉變及能源部門 | 246,700 | | | 39,371 | | | | 207,329 | | | | | 19,220,355 |
| 97 (石化原料用) | | | | | | | | | | | | | (17,119,722) |
| 98 運輸部門 | | | | | | | | | | | | | |
| 99 其他 | | | | | | | | | | | | | |
| 電能與熱能產出 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 發電量(千度) | 121,036,557 | | 92,247,837 | | 24,987,415 | | | | 1,408,910 | 1,942,769 | 449,626 | | 4,449,497 |
| 2 公用發電廠 | 92,767,238 | | 67,779,822 | | 24,987,415 | | | | | | | | 3,586,105 |
| 3 自用發電廠 | 1,360,521 | | 1,360,521 | | | | | | | | | | 27,147 |
| 4 公用汽電共生廠 | 1,518,039 | | 1,518,039 | | | | | | | | | | 5,982 |
| 5 自用汽電共生廠 | 25,390,759 | | 21,589,455 | | | | | | 1,408,910 | 1,942,769 | 449,626 | | 830,264 |
| 6 熱能(公噸) | 24,982,263 | | 23,727,086 | | | | | | 441,773 | 651,605 | 161,798 | | 2,130,512 |
| 7 汽電共生廠 | 24,982,263 | | 23,727,086 | | | | | | 441,773 | 651,605 | 161,798 | | 2,130,512 |

| 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 |
|------------|---------------|------------|----------|----------|----------------|----------------|--------------------------|-------------|--------------------------|----------------|-------------------|-----------|---------------|----------------|
| 燃料油 | 白麟油 | 潤滑油 | 柏油 | 溶剂油 | 石蠟 | 石油焦 | 其他石油產品 | 天然氣 | (自產)天然氣 | (進口)液化天然氣 | 生質能及廢棄物 | 生質能 | 固態生質能 | 液態生質能 |
| Fuel Oil | White Spirits | Lubricants | Asphalts | Solvents | Paraffin Waxes | Petroleum Coke | Other Petroleum Products | Natural Gas | (Indigenous) Natural Gas | (Imported) LNG | Biomass and Waste | Biomass | Solid Biomass | Liquid Biomass |
| | | | | | | | | C38 ~ C39 | | | C41 + C45 | C42 ~ C44 | | |
| | | | | | | | | 76,641 | 76,641 | | 1,532,073 | 169,678 | 154,132 | 6 |
| 833,888 | | 284,289 | 101,654 | 88,926 | 30,167 | 27,208 | 60,397 | 24,056,078 | | 24,056,078 | 38 | 38 | | 38 |
| 1,562,795 | 38 | 585,239 | 221,421 | 42,888 | 1,810 | 505,683 | 92,351 | | | | | | | |
| 1,264,450 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32,363 | -383 | -5,753 | 2,501 | 1,494 | -0 | 1,019 | 109,824 | 54,058 | 144,132 | -90,074 | -0 | -0 | | -0 |
| -2,025,719 | 345 | -295,198 | -122,268 | 44,544 | 28,357 | -479,495 | -141,778 | 24,078,660 | -67,492 | 24,146,152 | 1,532,111 | 169,716 | 154,132 | 44 |
| 306,700 | 57 | 811 | | 544 | | | 551 | 25,892,918 | | 25,892,918 | 42 | 42 | | 42 |
| -488,919 | | | | | | | | 54,427 | 575 | 53,851 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 900,015 | | | | | | | 874 | 19,016,787 | 1,269 | 19,015,518 | 1,108,389 | 41,782 | 26,678 | |
| | | | | | | | | 54,684 | | 54,684 | | | | |
| 829,750 | | | | | | | | 18,768,145 | | 18,768,145 | | | | |
| 2,831 | | | | | | | | 31,046 | | 31,046 | 15,104 | 15,104 | | |
| 1,520 | | | | | | | | 162,913 | 1,269 | 161,644 | 50,921 | 396 | 396 | |
| 65,913 | | | | | | | 874 | 26,155,479 | 1,747,774 | 24,407,705 | 1,042,363 | 26,281 | 26,281 | |
| 3,547,815 | 340 | 789,400 | 535,977 | 48,528 | | 888,461 | 1,169,107 | 26,155,479 | 1,747,774 | 24,407,705 | | | | |
| 3,547,815 | 340 | 789,400 | 535,977 | 48,528 | | 888,461 | 1,119,042 | | | | | | | |
| | | | | | | | 50,066 | 26,155,479 | 1,747,774 | 24,407,705 | | | | |
| 98,832 | | | | | | 393,384 | 2,570 | 521,674 | 17,557 | 504,116 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 95,549 | | | | | | 393,384 | 2,570 | 520,547 | 17,427 | 503,120 | | | | |
| | | | | | | | | 48 | 48 | | | | | |
| 3,283 | | | | | | | | 996 | | 996 | | | | |
| | | | | | | | | 83 | 83 | 0 | | | | |
| 705,468 | 628 | 493,391 | 413,709 | 92,528 | 28,357 | 15,582 | 1,023,334 | 4,748,334 | 1,660,881 | 3,087,453 | 423,680 | 127,892 | 127,454 | 2 |
| 705,468 | | | | | | | 9,923 | 4,748,334 | 1,660,881 | 3,087,453 | 423,680 | 127,892 | 127,454 | 2 |
| 524,307 | | | | | | | 9,923 | 3,577,024 | 667,542 | 2,909,482 | 423,678 | 127,890 | 127,454 | |
| 2,239 | | | | | | | | 287,291 | 59,334 | 227,957 | 19,054 | 19,054 | 19,054 | |
| 20,010 | | | | | | | | 193,252 | 72,708 | 120,544 | | | | |
| 46,108 | | | | | | | | 9,064 | 1,262 | 7,802 | | | | |
| 1,673 | | | | | | | | 4,558 | 1,839 | 2,719 | | | | |
| 1,027 | | | | | | | | 53,438 | 14,176 | 39,262 | 157,344 | 108,390 | 108,390 | |
| 34,137 | | | | | | | | 5,850 | 2,245 | 3,605 | | | | |
| 125 | | | | | | | | 953,517 | 97,207 | 856,310 | 495 | 446 | 10 | |
| 145,822 | | | | | | | | 611,511 | 16,087 | 595,425 | 436 | 436 | | |
| 86,584 | | | | | | | | (195,492) | (8,314) | (187,178) | | | | |
| (7,036) | | | | | | | | (411,224) | (4,826) | (406,399) | (436) | (436) | | |
| (79,456) | | | | | | | | (4,794) | (2,947) | (1,848) | | | | |
| (91) | | | | | | | | 61,366 | 31,379 | 29,987 | 10 | 10 | 10 | |
| 32,478 | | | | | | | | 264,393 | 45,179 | 219,214 | 50 | | | |
| 26,759 | | | | | | | | 16,247 | 4,564 | 11,683 | | | | |
| 8,399 | | | | | | | | 86,457 | 31,433 | 55,025 | | | | |
| 1,800 | | | | | | | | 68,856 | 10,175 | 58,681 | | | | |
| 11,185 | | | | | | | | 189,703 | 29,888 | 159,815 | | | | |
| 142,851 | | | | | | | | 298,453 | 144,513 | 153,940 | | | | |
| 19,550 | | | | | | | | 12,867 | 5,034 | 7,833 | | | | |
| 123,301 | | | | | | | | 285,586 | 139,479 | 146,106 | | | | |
| (11,597) | | | | | | | | (133,662) | (104,915) | (28,747) | | | | |
| (87,171) | | | | | | | | (115,106) | (28,537) | (86,569) | | | | |
| 81,053 | | | | | | | 9,923 | 582,860 | 31,800 | 551,061 | | | | |
| 52,699 | | | | | | | 9,923 | 498,095 | 20,081 | 478,014 | | | | |
| 28,353 | | | | | | | | 84,766 | 11,719 | 73,047 | | | | |
| (23,236) | | | | | | | | (59,453) | (4,763) | (54,690) | | | | |
| 6,526 | | | | | | | | 260,558 | 21,993 | 238,565 | | | | |
| 1,839 | | | | | | | | 11,485 | 7,192 | 4,293 | | | | |
| 3,281 | | | | | | | | 338,071 | 116,510 | 221,561 | | | | |
| (2,274) | | | | | | | | (258,302) | (114,095) | (144,207) | | | | |
| 3,256 | | | | | | | | 39,114 | 17,975 | 21,139 | | | | |
| | | | | | | | | 63 | 32 | 31 | | | | |
| 865 | | | | | | | | 180,598 | 5,751 | 174,847 | | | | |
| 9,681 | | | | | | | | 10,342 | | 10,342 | 246,785 | | | |
| 2,429 | | | | | | | | 129 | 55 | 74 | | | | |
| | | | | | | | | 3,365 | 1,054 | 2,311 | | | | |
| 48,921 | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | 2 |
| -0 | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | 2 |
| 48,921 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19,238 | | | | | | | | 3,932 | | 3,932 | | | | |
| 1,505 | | | | | | | | 3,932 | | 3,932 | | | | |
| 17,733 | | | | | | | | | | | | | | |
| 113,002 | | | | | | | | 396,809 | 289,432 | 107,377 | | | | |
| 61,129 | | | | | | | | 27,207 | 24,965 | 2,242 | | | | |
| 1,652 | | | | | | | | 235,436 | 168,129 | 67,307 | | | | |
| 3,979 | | | | | | | | 1,323 | 1,228 | 95 | | | | |
| | | | | | | | | 72 | 72 | | | | | |
| | | | | | | | | 104 | 104 | | | | | |
| 3 | | | | | | | | 1,530 | 1,515 | 15 | | | | |
| 229 | | | | | | | | 8,229 | 7,576 | 652 | | | | |
| 1,522 | | | | | | | | 54,710 | 38,891 | 15,819 | | | | |
| 514 | | | | | | | | 14,139 | 9,184 | 4,956 | | | | |
| 43,974 | | | | | | | | 54,058 | 37,768 | 16,291 | | | | |
| | | | | | | | | 770,569 | 703,906 | 66,663 | | | | |
| | 628 | 493,391 | 413,709 | 92,528 | 28,357 | 15,582 | 1,013,411 | | | | | | | |
| | 628 | 493,391 | 413,709 | 92,528 | 28,357 | 15,582 | 1,013,411 | | | | | | | |
| 3,504,573 | | | | | | | 3,364 | 112,005,936 | 19,254 | 111,986,681 | 3,763,340 | 158,212 | 118,278 | |
| 3,344,134 | | | | | | | | 111,060,029 | | 111,060,029 | | | | |
| 10,474 | | | | | | | | 100,472 | | 100,472 | 66,759 | 39,169 | | |
| 5,142 | | | | | | | | 845,435 | 19,254 | 826,180 | 148,115 | 1,199 | 1,199 | |
| 144,823 | | | | | | | 3,364 | 427,351 | | 427,351 | 3,548,467 | 117,844 | 117,080 | |
| 586,298 | | | | | | | 2,193 | 427,351 | | 427,351 | 788,215 | 25,582 | 25,582 | |
| 586,298 | | | | | | | 2,193 | 427,351 | | 427,351 | 788,215 | 25,582 | 25,582 | |

| 44 氫能生質能 Biogas | 45 廢棄物 Waste | 46 核能 Nuclear | 47 水力 Hydro | 48 地熱 Geothermal | 49 太陽光電 Solar PV | 50 風力 Wind | 51 電力 Electricity | 52 太陽熱能 Solar Thermal | 53 熱能 Heat | 54 總計 Total C1+C13+C37+C40 +C46-C53 | Item |
|-----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------|---|---|
| 15,540 | 1,362,395 | 6,190,507 | 501,939 | 21,507 | 918,221 | 304,703 | | | | 3,450,422 | 1 Indigenous Production |
| | | | | | | | | | | 122,765,690 | 2 + Import |
| | | | | | | | | | | 16,712,345 | 3 - Exports |
| | | | | | | | | | | 1,400,852 | 4 - International Marine Bunkers |
| | | | | | | | | | | 1,808,782 | 5 - International Civil Aviation |
| | | | | | | | | | | 276,820 | 6 - Stock Changes |
| 15,540 | 1,362,395 | 6,190,507 | 501,939 | 21,507 | 918,221 | 304,703 | | | | 106,017,313 | 7 = Total Primary Energy Supply |
| | -0 | | | | | | -78,552 | | | 28,540,676 | 8 - Transfers(In/put) |
| | | | | | | | | | | 715,574 | 9 - Statistical Differences |
| 15,104 | 1,066,607 | 6,190,507 | 765,288 | 21,507 | 918,221 | 304,703 | | | | 109,410,898 | 10 - Transformation Input |
| | | | | | | | | | | 5,415,083 | 11 Coke Ovens |
| | | | | | | | | | | 4,485,802 | 12 Blast Furnaces |
| | | | | | | | | | | 43,021,679 | 13 Petroleum Refineries |
| | | | | | | | | | | 46,596,351 | 14 Petrochemical Industry |
| | | 6,190,507 | 764,773 | 19,625 | 196,976 | 304,146 | | | | 928,808 | 15 Public Electricity Plants |
| | | | 515 | 1,882 | 721,245 | 557 | | | | 508,214 | 16 Autoproducer Electricity Plants |
| | 50,525 | | | | | | | | | 8,454,960 | 17 Public Cogeneration Plants |
| 0 | 1,016,082 | | | | | | | | | 8,454,960 | 18 Autoproducer Cogeneration Plants |
| | | | 263,349 | | | | 24,781,236 | | 2,136,275 | 108,386,834 | 19 + Transformation Output Total |
| | | | 263,349 | | | | 24,781,236 | | 2,136,275 | 79,873,853 | 20 Transformation Output |
| | | | | | | | | | | 28,512,980 | 21 Transfers(Output) |
| | | | | | | | 1,632,983 | | 496,370 | 6,535,353 | 22 - Energy Sector Own Use |
| | | | | | | | | | | 513,689 | 23 Coal Mines |
| | | | | | | | | | | 558,294 | 24 Coke Ovens |
| | | | | | | | | | | 4,000 | 25 Blast Furnaces |
| | | | | | | | 4,000 | | | 4,000 | 26 Oil and Gas Extraction |
| | | | | | | | 4,000 | | 437,457 | 4,029,878 | 27 Petroleum Refineries |
| | | | | | | | 862,633 | | | 863,966 | 28 Electricity Plants |
| | | | | | | | 315,821 | | | 315,821 | 29 Electricity to Pump Up |
| | | | | | | | 143,281 | | 58,913 | 206,625 | 30 Cogeneration Plants |
| | | | | | | | 42,975 | | | 43,080 | 31 Gas Companies |
| | | | | | | | 826,882 | | | 920,122 | 32 - Losses |
| 436 | 295,789 | | | | | | 22,399,923 | | 1,639,905 | 68,281,523 | 33 = Total Final Consumption |
| 436 | 295,789 | | | | | | 22,399,923 | | 1,639,905 | 48,814,468 | 34 Energy Consumption |
| 436 | 295,789 | | | | | | 13,492,409 | | 1,639,809 | 24,753,032 | 35 Industrial Sector |
| | | | | | | | 23,672 | | | 30,155 | 36 Mining and Quarrying(excluding coal,oil and gas) |
| | | | | | | | 478,663 | | | 10,402 | 37 Food, Beverage and Tobacco |
| | | | | | | | 405,567 | | 48,840 | 913,358 | 38 Textile,Wearing Apparel and Accessories |
| | | | | | | | 12,611 | | | 25,373 | 39 Leather and Fur |
| | | | | | | | 32,866 | | | 38,773 | 40 Wood, Bamboo and Furniture |
| | 48,954 | | | | | | 303,170 | 7,193 | | 1,012,085 | 41 Pulp, Paper and Paper Products |
| | | | | | | | 45,012 | | | 53,375 | 42 Printing |
| | | | | | | | 2,596,839 | 1,461,811 | | 6,714,054 | 43 Chemical Materials |
| 436 | 50 | | | | | | 1,922,950 | 1,361,074 | | 5,265,594 | 44 Basic Chemical Materials |
| 436 | | | | | | | (586,241) | (281,993) | (1,131,933) | (1,131,933) | 45 (Basic Industrial Chemicals) |
| (436) | | | | | | | (1,322,114) | (1,079,081) | (4,114,180) | (4,114,180) | 46 (Petrochemical Materials) |
| | | | | | | | (14,595) | (19,481) | (19,481) | (19,481) | 47 (Chemical Fertilizers) |
| | | | | | | | 260,736 | 73,239 | | 556,997 | 48 Artificial Fibers |
| | | | | | | | 291,494 | 485 | | 613,667 | 49 Resin,Plastics and Rubber |
| | | | | | | | 121,659 | 27,012 | | 277,796 | 50 Other Chemical Materials |
| | | | | | | | 114,486 | 13,306 | | 245,805 | 51 Chemical Products |
| | | | | | | | 85,816 | | | 158,782 | 52 Rubber Products |
| | | | | | | | 462,385 | 56,957 | | 732,046 | 53 Plastic Products |
| | | | | | | | 478,663 | | | 1,831,221 | 54 Non-metallic Mineral Products |
| | | | | | | | 163,324 | | | 1,071,215 | 55 Cement and Cement Products |
| | | | | | | | 315,339 | | | 760,006 | 56 Others |
| | | | | | | | (35,829) | | | (187,155) | 57 (Pottery, China and Earthenware) |
| | | | | | | | 230,910 | | | 435,759 | 58 (Glass and Glass Products) |
| | | | | | | | 1,561,133 | 8,479 | | 4,025,659 | 59 Basic Metal Industries |
| | | | | | | | 1,371,441 | 4,517 | | 3,711,035 | 60 Iron and Steel |
| | | | | | | | 189,692 | 3,962 | | 314,624 | 61 Others |
| | | | | | | | (71,369) | (3,962) | (165,863) | (165,863) | 62 (Aluminum) |
| | | | | | | | 606,409 | 1,185 | | 895,561 | 63 Fabricated Metal Products |
| | | | | | | | 244,798 | | | 264,732 | 64 Machinery and Equipments |
| | | | | | | | 5,340,847 | 31,454 | | 5,732,291 | 65 Electrical and Electronic Machinery |
| | | | | | | | (4,954,112) | (31,454) | (5,252,802) | (5,252,802) | 66 (Electronic Parts) |
| | | | | | | | 242,354 | | | 299,955 | 67 Transport Equipments |
| | | | | | | | 99,732 | | | 99,828 | 68 Precision Instruments |
| | | | | | | | 104,261 | 183 | | 285,955 | 69 Miscellaneous Industries |
| | | | | | | | 224,982 | | | 494,049 | 70 Water Supply and Remediation Activities |
| | 246,785 | | | | | | 99,175 | | | 113,742 | 71 Construction |
| | | | | | | | | | | 3,365 | 72 Non-Specified |
| | | | | | | | 144,343 | | | 11,814,234 | 73 Transport Sector |
| | | | | | | | | | | 68,735 | 74 Domestic Air |
| | | | | | | | 16,140 | | | 11,499,412 | 75 Road |
| | | | | | | | 125,979 | | | 137,797 | 76 Rail |
| | | | | | | | 2,225 | | | 2,225 | 77 Pipeline Transport |
| | | | | | | | | | | 106,065 | 78 Internal Navigation |
| | | | | | | | | | | | 79 Non-Specified |
| | | | | | | | 280,571 | | | 722,238 | 80 Agriculture Sector |
| | | | | | | | 193,274 | | | 264,858 | 81 Agriculture, Animal Husbandry and Forestry |
| | | | | | | | 87,297 | | | 457,379 | 82 Fishing and Aquaculture |
| | | | | | | | 4,098,186 | 96 | | 5,440,361 | 83 Service Sector |
| | | | | | | | 986,838 | | | 1,183,543 | 84 Wholesale and Retail |
| | | | | | | | 645,267 | 96 | | 1,116,428 | 85 Hotels and Restaurants |
| | | | | | | | 170,750 | | | 204,481 | 86 Transport Services |
| | | | | | | | 110,502 | | | 110,727 | 87 Storage and Warehousing |
| | | | | | | | 226,266 | | | 233,898 | 88 Communication |
| | | | | | | | 188,750 | | | 190,965 | 89 Finance, Insurance and Real Estate |
| | | | | | | | 152,668 | | | 179,628 | 90 Business Services |
| | | | | | | | 818,116 | | | 880,093 | 91 Social and Personal Services |
| | | | | | | | 391,151 | | | 781,345 | 92 Public Administration |
| | | | | | | | 407,877 | | | 559,252 | 93 Activities Not Adequately Defined |
| | | | | | | | 4,384,414 | | | 6,084,603 | 94 Residential Sector |
| | | | | | | | | | | 19,467,055 | 95 Non-Energy Use |
| | | | | | | | | | | 19,467,055 | 96 in Industry/Transf./Energy |
| | | | | | | | | | | (17,119,722) | 97 (Feedstocks) |
| | | | | | | | | | | | 98 in Transport |
| | | | | | | | | | | | 99 in Other Sectors |
| | | | | | | | | | | | Electricity and Heat Output |
| 39,933 | 3,605,128 | 23,754,824 | 8,898,696 | 25,008 | 10,676,988 | 3,543,061 | | | | 288,153,906 | 1 Electricity Generated (MWh) |
| | | 23,754,824 | 8,892,710 | 22,819 | 2,290,413 | 3,536,583 | | | | 245,910,721 | 2 Public Electricity Plants |
| 39,169 | 27,589 | | 5,986 | 2,188 | 8,386,575 | 6,478 | | | | 9,855,653 | 3 Autoproducer Electricity Plants |
| | 146,916 | | | | | | | | | 1,772,607 | 4 Public Cogeneration Plants |
| 764 | 3,430,623 | | | | | | | | | 30,614,925 | 5 Autoproducer Cogeneration Plants |
| | 762,633 | | | | | | | | | 28,328,341 | 6 Heat Generated (MT) |
| | 762,633 | | | | | | | | | 28,328,341 | 7 Cogeneration Plants |

附件三、

能源部門燃料燃燒二氧化碳排放指標

我國能源部門燃料燃燒二氧化碳排放指標

| 項目 年度 | CO ₂ 排放量 | | 碳排放密集度 | | 人均排放 | |
|---------------------|---------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| | 萬公噸 | 成長率 (%) | 公斤 CO ₂ / 元 | 成長率 (%) | 公噸 CO ₂ / 人 | 成長率 (%) |
| 1990 | 10,947 | - | 0.02121 | - | 5.41 | - |
| 1991 | 11,844 | 8.20 | 0.02118 | -0.16 | 5.79 | 7.01 |
| 1992 | 12,606 | 6.43 | 0.02081 | -1.74 | 6.10 | 5.41 |
| 1993 | 13,521 | 7.26 | 0.02090 | 0.41 | 6.49 | 6.26 |
| 1994 | 14,310 | 5.84 | 0.02057 | -1.55 | 6.80 | 4.90 |
| 1995 | 15,081 | 5.39 | 0.02036 | -1.04 | 7.11 | 4.49 |
| 1996 | 15,858 | 5.15 | 0.02016 | -0.97 | 7.41 | 4.30 |
| 1997 | 17,084 | 7.73 | 0.02048 | 1.58 | 7.92 | 6.78 |
| 1998 | 18,152 | 6.25 | 0.02088 | 1.97 | 8.34 | 5.28 |
| 1999 | 19,045 | 4.92 | 0.02053 | -1.70 | 8.68 | 4.08 |
| 2000 | 20,872 | 9.60 | 0.02116 | 3.09 | 9.43 | 8.74 |
| 2001 | 21,255 | 1.84 | 0.02186 | 3.28 | 9.54 | 1.14 |
| 2002 | 22,012 | 3.56 | 0.02146 | -1.82 | 9.81 | 2.86 |
| 2003 | 22,984 | 4.41 | 0.02150 | 0.18 | 10.19 | 3.80 |
| 2004 | 23,993 | 4.39 | 0.02098 | -2.40 | 10.59 | 4.00 |
| 2005 | 24,796 | 3.35 | 0.02058 | -1.93 | 10.91 | 2.97 |
| 2006 | 25,533 | 2.97 | 0.02003 | -2.64 | 11.19 | 2.55 |
| 2007 | 25,921 | 1.52 | 0.01903 | -4.99 | 11.31 | 1.11 |
| 2008 | 24,754 | -4.51 | 0.01803 | -5.26 | 10.76 | -4.84 |
| 2009 | 23,587 | -4.71 | 0.01746 | -3.15 | 10.22 | -5.05 |
| 2010 | 25,171 | 6.72 | 0.01690 | -3.20 | 10.88 | 6.43 |
| 2011 | 25,710 | 2.14 | 0.01665 | -1.48 | 11.08 | 1.91 |
| 2012 | 25,320 | -1.52 | 0.01605 | -3.66 | 10.88 | -1.84 |
| 2013 | 25,411 | 0.36 | 0.01571 | -2.07 | 10.89 | 0.04 |
| 2014 | 25,848 | 1.74 | 0.01526 | -2.86 | 11.04 | 1.46 |
| 2015 | 25,848 | 0.00 | 0.01504 | -1.45 | 11.02 | -0.25 |
| 2016 | 26,298 | 1.74 | 0.01498 | -0.41 | 11.18 | 1.51 |
| 2017 | 26,946 | 2.46 | 0.01486 | -1.23 | 11.44 | 3.84 |
| 2018 | 26,721 | -0.84 | 0.01433 | -3.52 | 11.33 | -0.94 |
| 2019 | 25,882 | -3.14 | 0.01347 | -9.33 | 10.97 | -4.11 |
| 2020 | 25,743 | -0.54 | 0.01296 | -3.79 | 10.92 | -0.48 |
| 2021 | 26,704 | 3.73 | 0.01262 | -6.32 | 11.38 | 3.74 |
| 2022 | 25,796 | -3.40 | 0.01191 | -5.62 | 11.06 | -2.79 |
| 年均成長率 (%) | | | | | | |
| 2022 相較 2005 | 0.23 | | -3.17 | | 0.08 | |
| 2022 相較 2017 | -0.87 | | -4.33 | | -0.67 | |

註：本表排放指標係依據燃料燃燒二氧化碳排放量計算，未包括其他溫室氣體。

資料來源：經濟部能源局（現為經濟部能源署），2022 年燃料燃燒之二氧化碳排放統計與分析，2023 年 8 月。

附件四、

能源部門燃料燃燒排放量（間接排放）

歷年各部門燃料燃燒二氧化碳排放量（含間接排放）

（單位：公噸二氧化碳當量）

| 年度 | 能源部門 | 工業部門 | 運輸部門 | 農業部門 | 服務業部門 | 住宅部門 | 總排放量 |
|-------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 1990 | 15,568,912 | 50,484,947 | 19,728,906 | 3,600,849 | 9,414,273 | 10,667,228 | 109,465,115 |
| 1991 | 16,025,489 | 55,082,049 | 20,974,633 | 3,464,618 | 10,732,586 | 12,163,298 | 118,442,674 |
| 1992 | 15,741,700 | 58,901,642 | 24,137,999 | 3,404,900 | 10,965,618 | 12,906,111 | 126,057,970 |
| 1993 | 17,212,722 | 61,829,423 | 26,211,548 | 3,533,183 | 12,061,810 | 14,357,381 | 135,206,066 |
| 1994 | 19,121,603 | 64,214,475 | 27,644,677 | 3,585,729 | 13,508,836 | 15,027,595 | 143,102,916 |
| 1995 | 20,193,599 | 67,413,395 | 28,928,869 | 3,729,932 | 14,128,276 | 16,415,885 | 150,809,956 |
| 1996 | 21,152,192 | 70,272,782 | 29,919,544 | 3,843,432 | 15,749,420 | 17,641,294 | 158,578,665 |
| 1997 | 23,958,880 | 77,212,868 | 30,702,724 | 3,589,196 | 16,823,922 | 18,547,634 | 170,835,225 |
| 1998 | 25,614,632 | 80,660,151 | 32,034,876 | 3,078,462 | 18,623,706 | 21,506,639 | 181,518,466 |
| 1999 | 26,055,459 | 86,612,172 | 32,982,324 | 3,137,505 | 19,603,691 | 22,055,158 | 190,446,309 |
| 2000 | 28,541,204 | 97,283,377 | 33,451,613 | 3,575,776 | 21,935,467 | 23,936,405 | 208,723,841 |
| 2001 | 29,658,812 | 98,214,983 | 33,509,135 | 3,661,366 | 23,031,494 | 24,478,360 | 212,554,149 |
| 2002 | 29,295,702 | 102,966,023 | 34,798,829 | 3,717,551 | 24,111,638 | 25,233,517 | 220,123,261 |
| 2003 | 30,968,645 | 106,768,760 | 34,768,216 | 4,169,228 | 26,275,016 | 26,891,391 | 229,841,255 |
| 2004 | 32,734,880 | 112,781,702 | 36,144,060 | 4,354,915 | 27,054,527 | 26,859,345 | 239,929,430 |
| 2005 | 35,232,540 | 114,368,690 | 37,157,315 | 4,002,800 | 28,576,666 | 28,618,061 | 247,956,072 |
| 2006 | 36,814,930 | 119,780,047 | 37,102,505 | 3,101,675 | 29,749,527 | 28,781,406 | 255,330,090 |
| 2007 | 37,616,569 | 124,554,628 | 35,903,560 | 2,545,580 | 29,599,825 | 28,994,449 | 259,214,610 |
| 2008 | 34,127,596 | 118,533,632 | 33,846,743 | 2,980,376 | 29,428,905 | 28,619,249 | 247,536,501 |
| 2009 | 32,871,245 | 109,860,498 | 34,161,920 | 2,563,358 | 28,115,389 | 28,295,206 | 235,867,615 |
| 2010 | 34,733,584 | 122,639,327 | 35,287,980 | 2,503,057 | 28,601,388 | 27,942,732 | 251,708,068 |
| 2011 | 35,080,917 | 127,001,172 | 35,769,854 | 2,573,513 | 28,250,997 | 28,420,064 | 257,096,516 |
| 2012 | 34,626,839 | 125,706,411 | 34,955,815 | 2,687,434 | 27,754,295 | 27,470,587 | 253,201,380 |
| 2013 | 34,372,492 | 127,630,391 | 34,892,619 | 2,695,965 | 27,512,800 | 27,004,880 | 254,109,147 |
| 2014 | 37,286,423 | 127,370,017 | 35,374,966 | 2,805,327 | 27,909,628 | 27,733,728 | 258,480,088 |
| 2015 | 37,149,474 | 125,755,539 | 36,241,318 | 2,811,907 | 28,581,449 | 27,935,506 | 258,475,194 |
| 2016 | 37,281,536 | 127,007,949 | 37,336,004 | 2,816,702 | 29,021,752 | 29,517,700 | 262,981,644 |
| 2017 | 37,865,540 | 130,625,553 | 37,025,845 | 2,876,366 | 30,410,217 | 30,657,476 | 269,460,999 |
| 2018 | 38,039,066 | 132,500,499 | 36,007,934 | 3,084,902 | 28,567,538 | 29,009,329 | 267,209,269 |
| 2019 | 37,599,835 | 126,600,652 | 36,238,825 | 3,060,810 | 27,277,146 | 28,045,705 | 258,822,974 |
| 2020 | 36,166,307 | 125,541,690 | 36,507,115 | 2,965,700 | 26,881,011 | 29,371,613 | 257,433,436 |
| 2021 | 37,098,716 | 134,643,103 | 34,692,727 | 2,993,261 | 26,753,347 | 30,855,948 | 267,037,102 |
| 2022 | 36,688,695 | 126,134,239 | 35,523,625 | 2,976,997 | 27,220,695 | 29,413,687 | 257,957,938 |

註：本表僅為燃料燃燒 CO₂ 排放統計結果，不包含燃料燃燒 CH₄、N₂O 排放與生質能燃燒溫室氣體排放。

資料來源：經濟部能源局（現為經濟部能源署），2022 年燃料燃燒之二氧化碳排放統計與分析，2023 年 8 月。

歷年各部門燃料燃燒甲烷排放量（含間接排放）

（單位：公噸甲烷）

| 年度 | 能源部門 | 工業部門 | 運輸部門 | 農業部門 | 服務業部門 | 住宅部門 | 總排放量 |
|-------------|------------|--------------|---------------|------------|------------|------------|---------------|
| 1990 | 293 | 2,244 | 6,067 | 410 | 620 | 487 | 10,121 |
| 1991 | 286 | 2,413 | 6,539 | 380 | 639 | 538 | 10,794 |
| 1992 | 271 | 2,553 | 7,466 | 374 | 563 | 544 | 11,771 |
| 1993 | 302 | 2,603 | 8,087 | 377 | 527 | 573 | 12,468 |
| 1994 | 342 | 2,706 | 8,625 | 384 | 615 | 590 | 13,262 |
| 1995 | 383 | 2,835 | 9,131 | 395 | 587 | 652 | 13,982 |
| 1996 | 385 | 2,935 | 9,578 | 399 | 684 | 670 | 14,652 |
| 1997 | 410 | 3,133 | 9,814 | 356 | 624 | 690 | 15,028 |
| 1998 | 440 | 3,259 | 10,288 | 296 | 709 | 752 | 15,743 |
| 1999 | 482 | 3,642 | 10,659 | 298 | 758 | 803 | 16,641 |
| 2000 | 533 | 4,077 | 10,820 | 344 | 809 | 837 | 17,421 |
| 2001 | 558 | 4,299 | 10,896 | 355 | 835 | 814 | 17,758 |
| 2002 | 552 | 4,329 | 11,129 | 358 | 882 | 851 | 18,103 |
| 2003 | 613 | 4,436 | 11,466 | 410 | 1,002 | 912 | 18,839 |
| 2004 | 638 | 4,644 | 11,806 | 431 | 1,004 | 895 | 19,418 |
| 2005 | 684 | 4,677 | 12,125 | 383 | 1,022 | 917 | 19,808 |
| 2006 | 690 | 4,864 | 11,914 | 253 | 1,068 | 922 | 19,712 |
| 2007 | 667 | 4,868 | 11,590 | 180 | 1,093 | 958 | 19,356 |
| 2008 | 587 | 4,626 | 11,019 | 241 | 1,089 | 952 | 18,514 |
| 2009 | 578 | 4,346 | 11,239 | 187 | 1,026 | 911 | 18,287 |
| 2010 | 574 | 4,757 | 11,389 | 180 | 1,029 | 898 | 18,826 |
| 2011 | 557 | 5,021 | 11,512 | 182 | 984 | 894 | 19,149 |
| 2012 | 550 | 4,907 | 11,347 | 200 | 957 | 875 | 18,836 |
| 2013 | 508 | 4,991 | 11,359 | 203 | 980 | 864 | 18,905 |
| 2014 | 566 | 4,890 | 11,432 | 212 | 986 | 863 | 18,949 |
| 2015 | 571 | 4,912 | 11,696 | 208 | 1,038 | 906 | 19,331 |
| 2016 | 562 | 4,890 | 12,048 | 207 | 1,020 | 945 | 19,671 |
| 2017 | 574 | 4,785 | 11,824 | 198 | 1,034 | 942 | 19,357 |
| 2018 | 548 | 4,414 | 11,472 | 238 | 956 | 892 | 18,521 |
| 2019 | 548 | 4,272 | 11,490 | 239 | 947 | 886 | 18,381 |
| 2020 | 527 | 4,236 | 11,615 | 214 | 938 | 903 | 18,434 |
| 2021 | 534 | 4,414 | 10,761 | 213 | 926 | 922 | 17,770 |
| 2022 | 485 | 4,540 | 11,061 | 206 | 753 | 702 | 17,748 |

資料來源：經濟部能源局（現為經濟部能源署），2022年燃料燃燒之二氧化碳排放統計與分析，2023年8月。

歷年各部門燃料燃燒氧化亞氮排放量（含間接排放）

（單位：公噸氧化亞氮）

| 年度 | 能源部門 | 工業部門 | 運輸部門 | 農業部門 | 服務業部門 | 住宅部門 | 總排放量 |
|-------------|------------|--------------|--------------|-----------|------------|------------|--------------|
| 1990 | 93 | 518 | 977 | 31 | 97 | 85 | 1,801 |
| 1991 | 95 | 567 | 1,039 | 31 | 111 | 99 | 1,940 |
| 1992 | 102 | 635 | 1,187 | 31 | 122 | 113 | 2,190 |
| 1993 | 114 | 660 | 1,284 | 32 | 138 | 132 | 2,360 |
| 1994 | 131 | 689 | 1,349 | 33 | 152 | 138 | 2,491 |
| 1995 | 141 | 720 | 1,404 | 34 | 160 | 152 | 2,611 |
| 1996 | 158 | 775 | 1,439 | 36 | 186 | 174 | 2,768 |
| 1997 | 171 | 841 | 1,472 | 34 | 202 | 184 | 2,905 |
| 1998 | 187 | 886 | 1,533 | 30 | 221 | 219 | 3,076 |
| 1999 | 208 | 976 | 1,577 | 31 | 234 | 223 | 3,248 |
| 2000 | 251 | 1,114 | 1,598 | 35 | 270 | 253 | 3,522 |
| 2001 | 269 | 1,178 | 1,596 | 36 | 283 | 265 | 3,627 |
| 2002 | 276 | 1,224 | 1,667 | 37 | 306 | 283 | 3,793 |
| 2003 | 305 | 1,305 | 1,665 | 42 | 340 | 314 | 3,971 |
| 2004 | 315 | 1,387 | 1,725 | 43 | 343 | 308 | 4,120 |
| 2005 | 297 | 1,459 | 1,772 | 40 | 361 | 328 | 4,257 |
| 2006 | 318 | 1,527 | 1,773 | 33 | 376 | 333 | 4,360 |
| 2007 | 329 | 1,588 | 1,713 | 29 | 376 | 337 | 4,371 |
| 2008 | 295 | 1,523 | 1,612 | 32 | 369 | 328 | 4,158 |
| 2009 | 295 | 1,441 | 1,620 | 28 | 353 | 326 | 4,063 |
| 2010 | 289 | 1,545 | 1,678 | 27 | 343 | 308 | 4,189 |
| 2011 | 286 | 1,592 | 1,702 | 28 | 336 | 311 | 4,255 |
| 2012 | 279 | 1,577 | 1,669 | 28 | 332 | 300 | 4,184 |
| 2013 | 256 | 1,596 | 1,666 | 28 | 326 | 294 | 4,166 |
| 2014 | 274 | 1,570 | 1,688 | 29 | 323 | 297 | 4,180 |
| 2015 | 270 | 1,527 | 1,729 | 29 | 322 | 291 | 4,168 |
| 2016 | 268 | 1,530 | 1,775 | 29 | 329 | 311 | 4,241 |
| 2017 | 281 | 1,556 | 1,757 | 30 | 339 | 320 | 4,282 |
| 2018 | 280 | 1,560 | 1,721 | 31 | 319 | 306 | 4,218 |
| 2019 | 270 | 1,496 | 1,733 | 31 | 306 | 297 | 4,133 |
| 2020 | 265 | 1,472 | 1,748 | 30 | 293 | 303 | 4,112 |
| 2021 | 261 | 1,537 | 1,658 | 30 | 286 | 315 | 4,088 |
| 2022 | 249 | 1,480 | 1,692 | 28 | 267 | 272 | 3,987 |

資料來源：經濟部能源局（現為經濟部能源署），2022年燃料燃燒之二氧化碳排放統計與分析，2023年8月。



A series of 20 horizontal dashed lines for writing.

2024



中華民國
國家溫室氣體排放
清冊報告



環境部
Ministry of Environment