

# 2023<sup>年</sup>中華民國 國家溫室氣體排放

清冊報告





# 前言

聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 自生效運作以來，已經逾 20 餘年，巴黎協定 (Paris Agreement, PA) 強化透明度架構 (Enhanced Transparency Framework, ETF) 將取代坎昆協議可量測、可報告及可查驗 (Measurable, Reportable, Verifiable, MRV)，而國家溫室氣體清冊 (National Greenhouse Gas Inventory) 皆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國家自定貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 計畫實際執行。

環保署氣候變遷署籌備處基於《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京都議定書相關規範，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 2023 年) 則發布「中華民國溫室氣體排放清冊報告 (2023 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 日發布我國淨零轉型之 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，每年定期提送環保署氣候變遷署籌備處彙整，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：環保署氣候變遷署籌備處、經濟部能源局、經濟部工業局、農委會氣候變遷調適及淨零排放專案辦公室、畜牧處、農糧署、林務局及農試所等，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、財團法人臺灣綠色生產力基金會、環興科技股份有限公司。

本報告內容參照 UNFCCC 年度國家清冊報告規範及其架構，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 國家溫室氣體清冊指南中之部門分類，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
<b>執行摘要</b>	
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
<b>第一章 簡介</b>	
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
<b>第二章 溫室氣體排放趨勢</b>	
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
<b>第三章 能源部門 (CRF Sector 1)</b>	
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
<b>第四章 工業製程及產品使用部門 (CRF Sector 2)</b>	
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 (CRF Sector 3)

5.1 部門概述 .....	5-1
5.2 畜禽腸胃發酵 (3.A) .....	5-3
5.3 畜禽糞尿管理 (3.B) .....	5-7
5.3.1 畜禽糞尿管理 – 甲烷 .....	5-7
5.3.2 畜禽糞尿管理 – 氧化亞氮 .....	5-10
5.4 水稻種植 (3.C) .....	5-13
5.5 農業土壤 (3.D) .....	5-17
5.5.1 農業土壤的氧化亞氮直接排放 .....	5-17
5.5.2 農業土壤的氧化亞氮間接排放 .....	5-28
5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量 .....	5-33
5.6 草原焚燒 (3.E) .....	5-34
5.7 作物殘渣燃燒 (3.F) .....	5-34
5.8 石灰處理 (3.G) .....	5-36
5.9 尿素使用 (3.H) .....	5-36
5.10 其他含碳肥料 (3.I) .....	5-37
5.11 其他 (3.J) .....	5-38
5.12 參考文獻).....	5-38

## 第六章 土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRF 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 (CRF 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 .....

### 名詞、縮寫與單位索引

附件一、IPCC 第四次評估報告溫暖化潛勢值

附件二、2021 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 2021 年各類溫室氣體排放量和移除量	ES-3
表 ES2.2	1990 年至 2021 年二氧化碳排放量和移除量	ES-4
表 ES2.3	1990 年至 2021 年甲烷排放量	ES-5
表 ES2.4	1990 年至 2021 年氧化亞氮排放量	ES-6
表 ES2.5	1990 年至 2021 年含氟氣體排放量	ES-7
表 ES3.1	1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量	ES-8
表 ES3.2	1990 年至 2021 年能源部門溫室氣體排放量	ES-9
表 ES3.3	1990 年至 2021 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 2021 年農業部門溫室氣體排放量	ES-13
表 ES3.5	1990 年至 2021 年林業部門碳移除量變化	ES-14
表 ES3.6	1990 年至 2021 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	1-8
表 2.1.1	1990 年至 2021 年各類溫室氣體排放量和移除量	2-2
表 2.2.1	1990 年至 2021 年二氧化碳排放量	2-3
表 2.2.2	1990 年至 2021 年甲烷排放量	2-5
表 2.2.3	1990 年至 2021 年氧化亞氮排放量	2-6
表 2.2.4	1990 年至 2021 年氫氟碳化物排放量	2-7
表 2.2.5	1990 年至 2021 年全氟碳化物排放量	2-8
表 2.2.6	1990 年至 2021 年六氟化硫排放	2-9
表 2.2.7	1990 年至 2021 年三氟化氮排放量	2-10
表 2.3.1	1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量	2-11
表 2.3.2	1990 年至 2021 年能源部門溫室氣體排放量	2-11
表 2.3.3	1990 年至 2021 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 2021 年農業部門溫室氣體排放量	2-15
表 2.3.5	1990 年至 2021 年林業部門碳移除量變化	2-17
表 2.3.6	1990 年至 2021 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 2021 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 2021 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 2021 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量	3-13
表 3.2.9	1990 年至 2021 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 2021 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 2021 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量	3-19
表 3.2.14	1990 年至 2021 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 2021 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 2021 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 2021 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 2021 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 2021 年運輸燃料燃燒甲烷排放量	3-28
表 3.2.22	1990 年至 2021 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 2021 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 2021 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 2021 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)	3-33
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 2021 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 2021 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量	3-35
表 3.2.31	1990 年至 2021 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 2021 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 2021 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量	3-38
表 3.2.34	1990 年至 2021 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	3-41
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 2021 年燃料逸散溫室氣體排放量	3-41
表 3.3.5	1990 年至 2021 年固體燃料逸散溫室氣體排放量	3-43
表 3.3.6	1990 年至 2021 年石油逸散溫室氣體排放量	3-44
表 3.3.7	1990 年至 2021 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	工業部門所使用方法學	4-3
表 4.1.3	1990 年至 2021 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 2021 年礦業 (非金屬工業) 排放量	4-6
表 4.2.2	1990 年至 2021 年水泥熟料產量	4-7
表 4.2.3	1990 年至 2021 年水泥生產製程排放量	4-7
表 4.2.4	1990 年至 2021 年生石灰產量	4-9
表 4.2.5	1990 年至 2021 年石灰生產製程排放量	4-9
表 4.2.6	1990 年至 2021 年平板玻璃產量	4-10
表 4.2.7	1990 年至 2021 年玻璃生產製程排放量	4-11
表 4.2.8	1990 年至 2021 年純鹼使用量	4-12
表 4.2.9	1990 年至 2021 年純鹼使用排放量	4-12
表 4.2.10	1990 年至 2021 年石灰石與白雲石使用量	4-13
表 4.2.11	1990 年至 2021 年石灰石與白雲石使用排放量	4-14
表 4.2.12	1990 年至 2021 年玻璃纖維製品生產量	4-15
表 4.2.13	1990 年至 2021 年玻璃纖維製品生產製程排放量	4-15
表 4.3.1	1990 年至 2021 年化學工業排放量	4-16
表 4.3.2	1990 年至 2021 年硝酸產量	4-18
表 4.3.3	1990 年至 2021 年硝酸生產製程排放量	4-18
表 4.3.4	1990 年至 2021 年己內醯胺生產製程排放量	4-19
表 4.3.5	1990 年至 2021 年碳化鈣產量	4-21
表 4.3.6	1990 年至 2021 年碳化鈣生產製程排放量	4-21
表 4.3.7	1990 年至 2021 年二氧化鈦產量	4-22
表 4.3.8	1990 年至 2021 年二氧化鈦生產製程排放量	4-22
表 4.3.9	1990 年至 2021 年純鹼產量	4-23
表 4.3.10	1990 年至 2021 年純鹼生產製程排放量	4-23
表 4.3.11	1990 年至 2021 年甲醇產量	4-25
表 4.3.12	1990 年至 2021 年甲醇生產製程排放量	4-25
表 4.3.13	1990 年至 2021 年乙烯產量	4-26



## 表目錄

表 4.3.14	1990 年至 2021 年乙烯生產製程排放量	4-26
表 4.3.15	1990 年至 2021 年氯乙烯產量	4-27
表 4.3.16	1990 年至 2021 年氯乙烯生產製程排放量	4-28
表 4.3.17	1990 年至 2021 年環氧乙烷產量	4-29
表 4.3.18	1990 年至 2021 年環氧乙烷 / 乙二醇生產製程排放量	4-29
表 4.3.19	1990 年至 2021 年丙烯腈產量	4-30
表 4.3.20	1990 年至 2021 年丙烯腈生產製程排放量	4-31
表 4.3.21	1990 年至 2021 年碳黑產量	4-32
表 4.3.22	1990 年至 2021 年碳黑生產製程排放量	4-32
表 4.3.23	1990 年至 2021 年 HCFC-22 產量	4-33
表 4.3.24	1990 年至 2021 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量	4-33
表 4.3.25	1990 年至 2021 年苯乙烯產量	4-35
表 4.3.26	1990 年至 2021 年苯乙烯生產製程排放量	4-35
表 4.4.1	1990 年至 2021 年金屬工業排放量	4-36
表 4.4.2	1990 年至 2001 年高轉爐鋼胚產量	4-37
表 4.4.3	1990 年至 2021 年高轉爐鋼胚生產製程排放量	4-37
表 4.4.4	1990 年至 2021 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	4-39
表 4.4.6	1990 年至 2021 年電弧爐鋼胚生產製程排放量	4-39
表 4.4.7	1990 年至 2021 年鐵合金產量	4-40
表 4.4.8	1990 年至 2021 年鐵合金生產製程排放量	4-40
表 4.4.9	1990 年至 2021 年鎂生產製程排放量	4-41
表 4.4.10	1990 年至 2021 年鉛錠產量	4-43
表 4.4.11	1990 年至 2021 年鉛生產製程排放量	4-43
表 4.4.12	1990 年至 2021 年鋅錠產量	4-44
表 4.4.13	1990 年至 2021 年鋅生產製程排放量	4-45
表 4.5.1	1990 年至 2021 年非能源產物燃料溶劑使用排放量	4-46
表 4.6.1	1990 年至 2021 年電子工業製程排放量	4-47
表 4.6.2	1990 年至 2021 年積體電路或半導體製程排放量	4-48
表 4.6.3	1990 年至 2021 年 TFT 平面顯示器製程排放量	4-50
表 4.7.1	1990 年至 2021 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 2021 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量	4-53
表 4.7.3	1990 年至 2021 年冷凍空調使用排放量	4-53
表 4.7.4	1990 年至 2021 年滅火劑使用排放量	4-54
表 4.8.1	1990 年至 2021 年其他產品之製造與使用排放量	4-55
表 4.8.2	1990 年至 2021 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之排放量	4-56
表 4.9.1	1990 年至 2021 年其他製程排放量	4-58
表 4.9.2	1990 年至 2021 年啤酒產量	4-59
表 4.9.3	1990 年至 2021 年啤酒生產製程排放量	4-59
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 2021 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 2021 年畜禽活動數據	5-5
表 5.2.3	1990 年至 2021 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 2021 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量	5-9
表 5.3.3	畜禽糞尿管理排放氧化亞氮之係數表	5-11
表 5.3.4	1990 年至 2021 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	5-13
表 5.4.2	歷年各區水稻耕作面積	5-14



# 表目錄

表 5.4.3	歷年各區水稻田甲烷排放量	5-15
表 5.4.4	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	5-16
表 5.4.5	甲烷通量與排放量比較	5-17
表 5.5.1	農業土壤氧化亞氮直接排放相關係數	5-19
表 5.5.2	歷年化學肥料施用量與施氮含量	5-20
表 5.5.3	歷年水稻田單位面積施氮量	5-21
表 5.5.4	歷年水稻田耕作面積與施肥量估算	5-21
表 5.5.5	歷年禽畜糞肥料施用量與施氮含量	5-22
表 5.5.6	估算作物殘體投入土壤氮量之設定係數	5-22
表 5.5.7	各類作物產量	5-23
表 5.5.8	各類作物殘體量	5-24
表 5.5.9	各類作物殘體氮量	5-25
表 5.5.10	歷年農業土壤的氧化亞氮直接排放	5-26
表 5.5.11	農業土壤直接氧化亞氮排放係數、活動數據及不確定性	5-27
表 5.5.12	農業土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數	5-28
表 5.5.13	農業土壤氧化亞氮間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數	5-29
表 5.5.14	歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 揮散之排放量	5-30
表 5.5.15	歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 淋洗 / 逕流之排放量	5-30
表 5.5.16	農業土壤間接氧化亞氮排放 – 揮散之揮散係數、排放係數、活動數據及不確定性	5-32
表 5.5.17	農業土壤間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之排放係數、活動數據及不確定性	5-32
表 5.5.18	歷年農業土壤氧化亞氮排放總量	5-34
表 5.5.19	農業土壤氧化亞氮排放量不確性	5-34
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 )	5-34
表 5.7.2	農業殘體排放係數 ( 公斤 / 公噸乾物質焚燒量 )	5-34
表 5.7.3	歷年作物殘體焚燒量	5-35
表 5.7.4	作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量	5-36
表 5.9.1	歷年尿素施用量與施用產生之二氧化碳排放量	5-37
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 2021 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 2021 年林地碳移除量變化趨勢	6-2
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 2021 年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積	6-7
表 6.2.5	1990 年至 2021 年林地維持林地面積	6-8
表 6.2.6	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 2021 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 2021 年林地維持林地不確定性	6-11
表 6.2.11	1990 年至 2021 年土地轉變為林地面積	6-13
表 6.2.12	1990 年至 2021 年土地轉變為森林碳移除量變化	6-14
表 6.2.13	1990 年至 2021 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	1990 年至 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量	7-2
表 7.1.4	2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性	7-4
表 7.2.1	IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF)	7-5
表 7.2.2	IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳 (DOC)	7-5
表 7.2.3	IPCC 指南掩埋場之氧化係數	7-6
表 7.2.4	IPCC 指南掩埋場甲烷生成率 (k) 值	7-6



## 表目錄

表 7.2.5	IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表	7-7
表 7.2.6	1990 年至 2021 年妥善管理掩埋場活動數據統計	7-7
表 7.2.7	1990 年至 2021 年妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-8
表 7.2.8	IPCC 指南掩埋場甲烷排放估算之不確定性	7-9
表 7.2.9	2021 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性	7-9
表 7.2.10	妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表	7-10
表 7.2.11	1990 年至 2021 年未妥善管理掩埋場活動數據統計	7-12
表 7.2.12	1990 年至 2021 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-12
表 7.2.13	未妥善管理掩埋場一般清冊品質控制程序檢核表	7-13
表 7.3.1	廢棄物生物處理甲烷和氧化亞氮排放係數預設值	7-14
表 7.3.2	IPCC 估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表	7-14
表 7.3.3	1990 年至 2021 年生物處理各類溫室氣體排放量	7-15
表 7.3.4	2021 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性	7-16
表 7.3.5	堆肥品質控制程序檢核表	7-16
表 7.4.1	IPCC 焚化處理氧化亞氮排放係數	7-17
表 7.4.2	IPCC 焚化處理二氧化碳排放計算一覽表	7-17
表 7.4.3	IPCC 焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表	7-17
表 7.4.4	1990 年至 2021 年焚化處理之溫室氣體活動數據及排放量	7-18
表 7.4.5	2021 年廢棄物部門廢棄物焚化二氧化碳排放不確定性	7-19
表 7.4.6	2021 年廢棄物部門廢棄物焚化氧化亞氮排放不確定性	7-19
表 7.4.7	廢棄物焚化一般清冊品質控制程序檢核表	7-20
表 7.5.1	廢水處理系統甲烷及氧化亞氮排放潛勢	7-21
表 7.5.2	生活污水處理系統預設之 MCF 值	7-22
表 7.5.3	IPCC 生活污水未納管處理甲烷排放計算一覽表	7-22
表 7.5.4	IPCC 生活污水納管處理 – 污水處理廠甲烷排放計算一覽表	7-22
表 7.5.5	IPCC 生活污水放流氧化亞氮排放計算一覽表	7-23
表 7.5.6	1990 年至 2021 年生活污水未納管甲烷排放活動數據與排放量	7-23
表 7.5.7	1990 年至 2021 年全國生活污水處理廠甲烷排放之活動數據與排放量	7-24
表 7.5.8	1990 年至 2021 年生活污水放流氧化亞氮之活動數據與排放量	7-25
表 7.5.9	生活污水相關參數預設值之不確定性範圍	7-26
表 7.5.10	2021 年生活污水未納管處理甲烷排放不確定性	7-26
表 7.5.11	2021 年生活污水納管處理甲烷排放不確定性 ( 污水處理廠 )	7-26
表 7.5.12	2021 年生活污水甲烷排放之總不確定性	7-26
表 7.5.13	2021 年生活污水氧化亞氮排放之不確定性	7-27
表 7.5.14	生活污水一般清冊品質控制程序檢核表	7-27
表 7.5.15	事業廢水甲烷排放 MCF 預設值	7-28
表 7.5.16	事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表	7-29
表 7.5.17	事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表	7-29
表 7.5.18	1990 年至 2021 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量	7-29
表 7.5.19	2013 年至 2021 年事業廢水氧化亞氮活動數據及排放量	7-30
表 7.5.20	IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定性範圍	7-31
表 7.5.21	2021 年廢棄物部門事業廢水甲烷排放之不確定性	7-31
表 7.5.22	2021 年事業廢水氧化亞氮排放之不確定性	7-31
表 7.5.23	事業廢水一般清冊品質控制程序檢核表	7-32
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 2021 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-1
圖 ES2.2	2005 年和 2021 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 2021 年各類溫室氣體排放量和移除量趨勢	ES-2
圖 ES3.1	2005 年和 2021 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 2021 年各部門溫室氣體排放量趨勢	ES-8
圖 ES3.3	2005 年至 2021 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 2021 年能源部門溫室氣體排放量占比	ES-11
圖 ES3.5	2005 年和 2021 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 2021 年農業部門溫室氣體排放量占比	ES-14
圖 ES3.7	2005 年和 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量占比	ES-15
圖 1.3.1	國家溫室氣體排放清冊準備程序	1-2
圖 2.1.1	1990 年至 2021 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢	2-1
圖 2.1.2	1990 年至 2021 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 2021 年二氧化碳排放集中度趨勢	2-3
圖 2.2.1	1990 年至 2021 年二氧化碳排放量趨勢	2-4
圖 2.2.2	1990 年至 2021 年甲烷排放量趨勢	2-5
圖 2.2.3	1990 年至 2021 年氧化亞氮排放量趨勢	2-7
圖 2.2.4	1993 年至 2021 年氫氟碳化物排放量趨勢	2-7
圖 2.2.5	1990 年至 2021 年全氟碳化物排放量	2-8
圖 2.2.6	1999 年至 2021 年六氟化硫排放量趨勢	2-9
圖 2.2.7	1999 年至 2021 年三氟化氮排放量趨勢	2-9
圖 2.3.1	1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量趨勢	2-10
圖 2.3.2	1990 年至 2021 年能源部門溫室氣體排放量趨勢	2-12
圖 2.3.3	1990 年至 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢	2-13
圖 2.3.4	1990 年至 2021 年農業部門溫室氣體排放量趨勢	2-15
圖 2.3.5	1990 年至 2021 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量趨勢	2-16
圖 2.3.6	1990 年至 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢	2-17
圖 3.2.1	1991 年至 2021 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-12
圖 3.2.2	2021 年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 2021 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-13
圖 3.2.4	2021 年能源部門燃料燃燒甲烷排放占比	3-14
圖 3.2.5	1990 至 2021 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-15
圖 3.2.6	2021 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 2021 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-18
圖 3.2.9	2021 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 2021 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-19
圖 3.2.11	2021 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比	3-19
圖 3.2.12	1990 年至 2021 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-20
圖 3.2.13	2021 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 2021 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢	3-22
圖 3.2.15	2021 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 2021 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	2021 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 2021 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	2021 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 2021 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-26
圖 3.2.21	2021 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-26
圖 3.2.22	1990 年至 2021 年運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-27
圖 3.2.23	2021 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 2021 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-28
圖 3.2.25	2021 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比	3-28
圖 3.2.26	1990 年至 2021 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	2021 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 2021 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	2021 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 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-32
圖 3.2.31	2021 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 2021 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-34
圖 3.2.33	2021 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 2021 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-34
圖 3.2.35	2021 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比	3-35
圖 3.2.36	1990 年至 2021 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-36
圖 3.2.37	2021 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 2021 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 2021 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢	3-39
圖 3.2.40	1990 年至 2021 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 2021 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢	3-42
圖 3.3.2	2021 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	3-43
圖 3.3.4	2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比	3-43
圖 3.3.5	1990 年至 2021 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢	3-44
圖 3.3.6	2021 年石油逸散溫室氣體排放占比	3-44
圖 3.3.7	1990 年至 2021 年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢	3-45
圖 3.3.8	2021 年天然氣逸散溫室氣體排放占比	3-45
圖 4.1.1	2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比	4-3
圖 4.1.2	2021 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 2021 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 2021 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 2021 年礦業 (非金屬工業) 排放量趨勢	4-6
圖 4.2.2	1990 年至 2021 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)	4-8
圖 4.2.4	1990 年至 2021 年石灰生產排放量趨勢	4-10
圖 4.2.5	1990 年至 2021 年玻璃生產排放量趨勢	4-11
圖 4.2.6	1990 年至 2021 年純鹼使用排放量趨勢	4-12
圖 4.2.7	1990 年至 2021 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢	4-14
圖 4.2.8	1990 年至 2021 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 2021 年化學工業排放量趨勢	4-17
圖 4.3.2	1990 年至 2021 年硝酸生產製程排放量趨勢	4-19
圖 4.3.3	1990 年至 2021 年己內醯胺生產製程排放量趨勢	4-20
圖 4.3.4	1990 年至 2021 年碳化鈣生產製程排放量趨勢	4-21
圖 4.3.5	1990 年至 2021 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢	4-22
圖 4.3.6	1990 年至 2021 年純鹼生產製程排放量趨勢	4-24
圖 4.3.7	1990 年至 2021 年甲醇生產製程排放量趨勢	4-25
圖 4.3.8	1990 年至 2021 年乙烯生產製程排放量趨勢	4-26
圖 4.3.9	1990 年至 2021 年氯乙烯生產製程排放量趨勢	4-28
圖 4.3.10	1996 年至 2021 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢	4-29
圖 4.3.11	1990 年至 2021 年丙烯腈生產製程排放量趨勢	4-31
圖 4.3.12	1990 年至 2021 年碳黑生產製程排放量趨勢	4-32
圖 4.3.13	1990 年至 2021 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢	4-33
圖 4.3.14	1990 年至 2021 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 2021 年金屬工業排放量趨勢	4-36
圖 4.4.2	1990 年至 2021 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢	4-38
圖 4.4.3	1990 年至 2021 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢	4-39
圖 4.4.4	1990 年至 2021 年鐵合金生產製程排放量趨勢	4-41
圖 4.4.5	1990 年至 2021 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 2021 年鉛生產製程排放量趨勢	4-44
圖 4.4.8	1990 年至 2021 年鋅生產製程排放量趨勢	4-45
圖 4.5.1	1990 年至 2021 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 2021 年電子工業製程排放量趨勢	4-47
圖 4.6.2	2001 年至 2021 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 2021 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	2003 年至 2021 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢	4-51
圖 4.7.2	2003 年至 2021 年冷凍空調使用排放量趨勢	4-53
圖 4.7.3	2003 年至 2021 年滅火藥劑使用排放量趨勢	4-54
圖 4.8.1	2002 年至 2021 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢	4-56
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	4-57
圖 4.9.1	1990 年至 2021 年啤酒製程排放量及歷年排放係數	4-58
圖 4.9.2	1990 年至 2021 年啤酒生產製程排放量趨勢	4-59
圖 5.1.1	1990 至 2021 年農業部門排放量趨勢	5-2
圖 5.1.2	2021 年農業部門溫室氣體各排放源占比	5-3
圖 5.2.1	1990 年至 2021 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量趨勢	5-5
圖 5.3.1	1990 年至 2021 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量趨勢	5-8
圖 5.3.2	1990 年至 2021 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量趨勢	5-11
圖 5.4.1	1990 年至 2021 年水稻種植甲烷排放量趨勢	5-15
圖 5.5.1	1990 年至 2021 年農業土壤直接氧化亞氮排放量趨勢	5-26
圖 5.5.2	1990 年至 2021 年農業土壤間接氧化亞氮 - 揮散之排放量趨勢	5-30
圖 5.5.3	1990 年至 2021 年農業土壤間接氧化亞氮 - 淋洗 / 逕流之排放量趨勢	5-30
圖 5.5.4	1990 年至 2021 年農業土壤氧化亞氮排放量趨勢	5-33
圖 5.7.1	1990 年至 2021 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放量趨勢	5-36
圖 5.9.1	1990v 至 2021 年尿素施用產生二氧化碳排放量趨勢	5-38
圖 6.1.1	1990 年至 2021 年林地碳移除量變化趨勢	6-3
圖 6.1.2	2021 年林地碳移除量各項目占比	6-3
圖 7.1.1	1990 年至 2021 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量趨勢	7-3
圖 7.1.2	1990 年至 2021 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量趨勢	7-3

# 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 條及第 12 條與京都議定書第 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，供 UNFCCC 締約方會議檢視，其中國家清冊報告 (National Inventory Report, NIR) 即為 UNFCCC 要求附件一締約方，每年以共同報告格式 (Common Reporting Format, CRF) 呈報其國家溫室氣體清冊之際，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。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。

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 次締約方大會及京都議定書第 7 次締約方會議 (COP17/CMP7)，通過第 24/CP.17 號決議文，要求已開發國家遵循 2006 年版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 年起按照新統計方法遞交年度國家清冊報告 (Annual National Inventory Report)；本報告同步依循 2006 IPCC 指南的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 2021 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 290,551 千公噸二氧化碳當量，降至 2020 年 285,071 千公噸二氧化碳當量，排放量減少 1.89%；2021 年受到疫情經濟復甦影響，上升為 297,007 千公噸二氧化碳當量，較 2005 年成長 2.22%，年平均成長率為 0.14%。另分析 2021 年總溫室氣體排放組成，二氧化碳排放占比為 95.32%，較 2020 年增加 4.22%，非二氧化碳為 4.68%，較 2020 年則增加 3.51%，資料如圖 ES.2.1 所示。

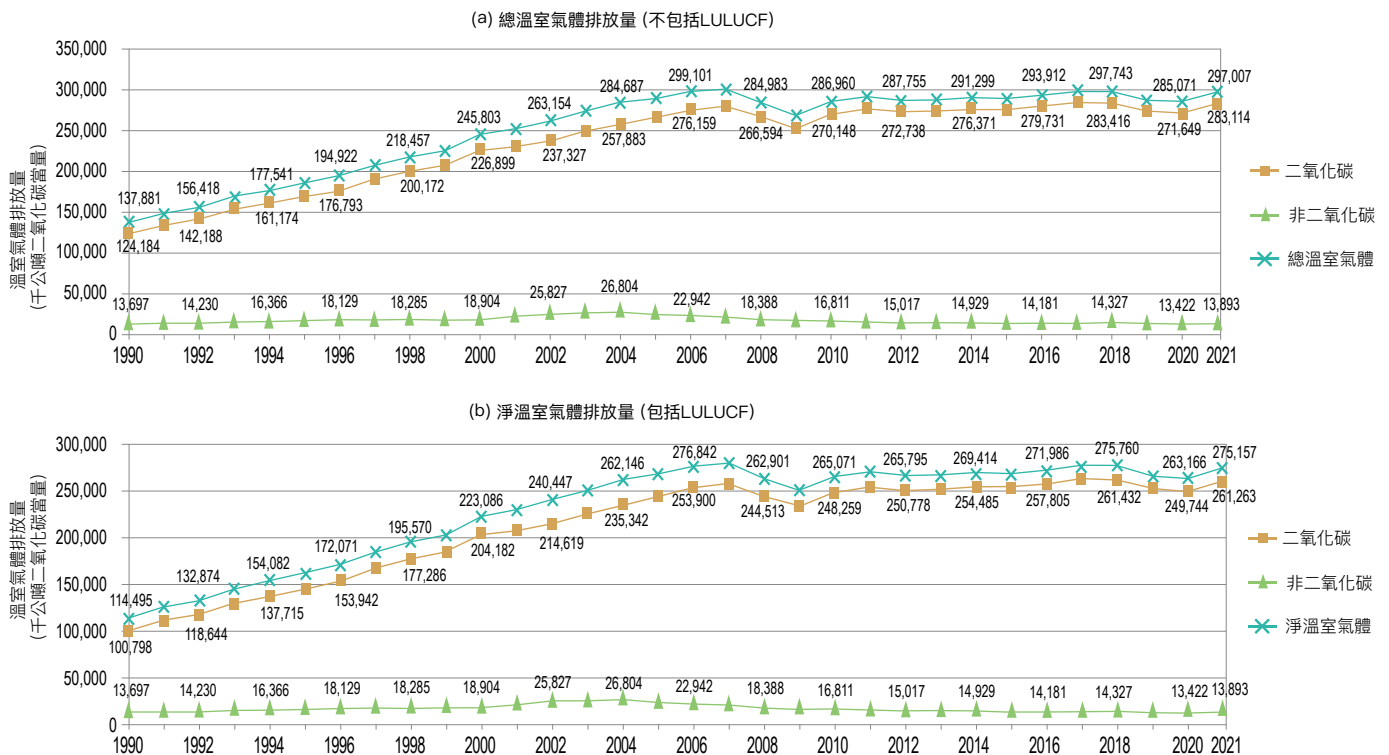


圖 ES.2.1 1990 年至 2021 年溫室氣體排放量趨勢：  
(a) 總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)；(b) 淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)

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

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 91.71%，其次為甲烷 3.27%，及氧化亞氮 1.48% 與含氟氣體 3.54%；

2021 年二氧化碳仍為占比最大 95.32%，其次為甲烷 1.50%，再其次為氧化亞氮 1.82% 及含氟溫室氣體 1.36%，如圖 ES2.2。

在 2005 至 2021 年間，二氧化碳排放量成長 6.25%，年平均成長率為 0.38%；二氧化碳移除量減少 1.97%，年平均負成長率為 0.12%；甲烷排放量減少 53.16%，年平均負

成長率為 4.63%；氧化亞氮排放量增加 25.89%，年平均成長率為 1.45%；含氟溫室氣體排放量減少 60.83%，年平均負成長率為 5.69%，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 266,460 千公噸二氧化碳當量，2021 年為 283,114 千公噸二氧化碳當量，增加 6.25%，平均成長率為 0.38%；2021 年二氧化碳排放量占總溫室氣體排放量 95.32%，其中，以能源部門占 94.31%、工業製程及

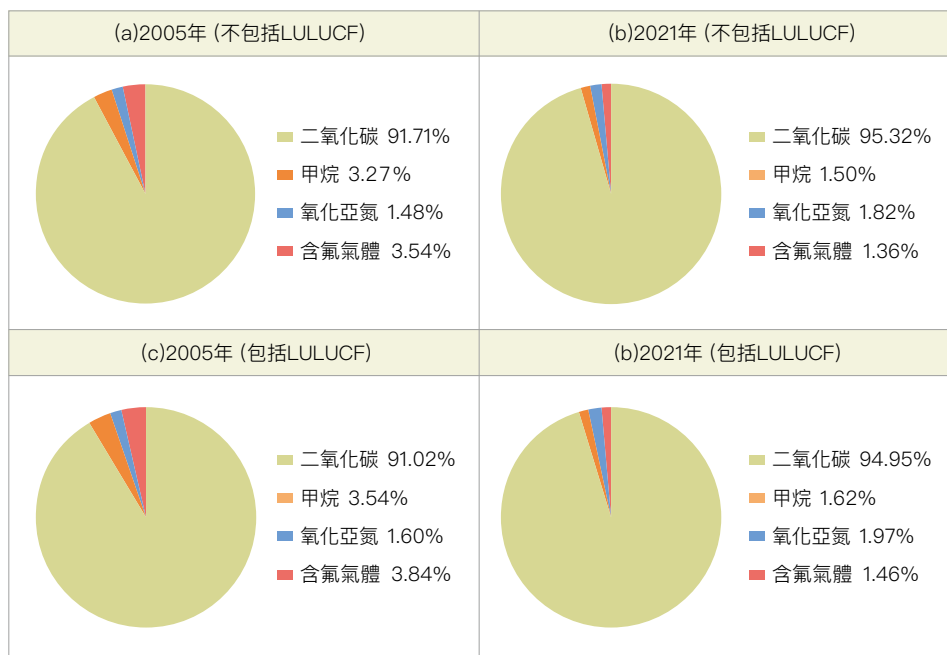


圖 ES2.2 2005 年和 2021 年各類溫室氣體排放量占比：  
 (a)2005 年 ( 不包括 LULUCF)；(b)2021 年 ( 不包括 LULUCF)；  
 (c)2005 年 ( 包括 LULUCF)；(d)2021 年 ( 包括 LULUCF)

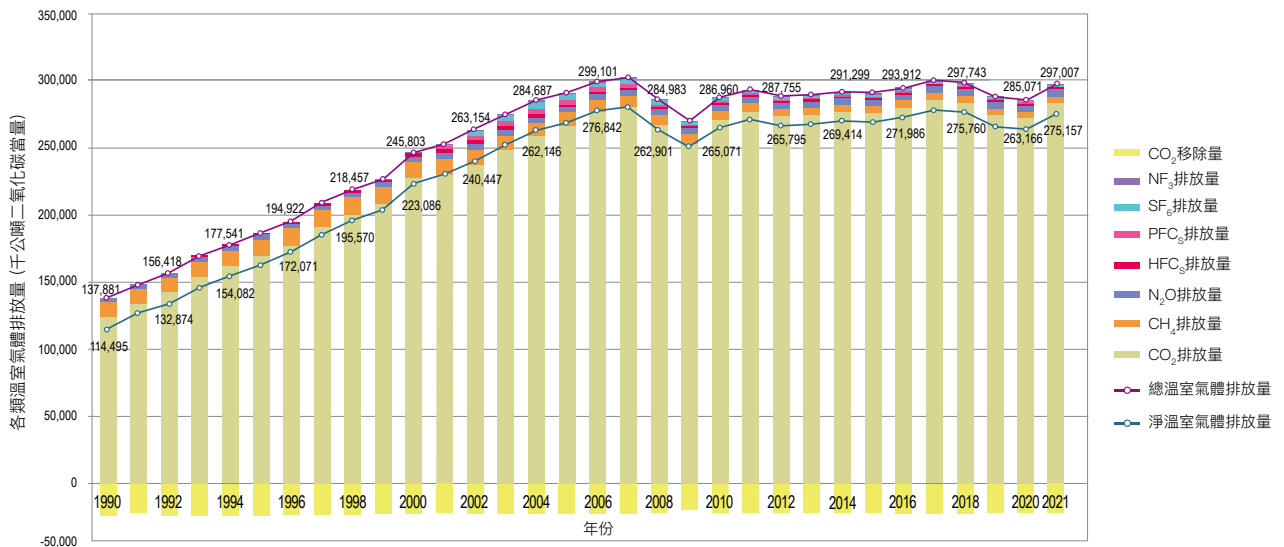


圖 ES2.3 1990 年至 2021 年各類溫室氣體排放量和移除量趨勢



產品使用部門占 5.51%、農業部門占 0.01% 與廢棄物部門占 0.18%。2021 年排放較 2020 年增加 4.22%，其中以能源部門增加 3.73%、工業製程及產品使用部門增加 11.87%、農業部門減少 9.72%、土地利用、土地利用變化及林業部門減少 0.25% 以及廢棄物部門增加 67.95%。

## 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 9,508 千公噸二氧化碳當量，2021 年為 4,453 千公噸二氧化碳當量，減少 53.16%，平均負成長率為 4.63%。2021 年甲烷排放量占總溫室氣體排放量 1.50%，其中，以農業部門占 42.29% 最多，其餘依次為廢棄物部門占 40.61%、能源部門占 16.51%、

及工業製程及產品使用部門占 0.59%。2021 年排放較 2020 年減少 3.57%，並以廢棄物部門減少 6.04% 以及農業部門減少 2.82%，而工業製程及產品使用部門增加 4.74% 以及能源部門增加 0.66%。

## 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 4,299 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加為 5,412 千公噸二氧化碳當量，增加 25.89%，平均成長率 1.45%；2021 年氧化亞氮排放量占總溫室氣體排放量 1.82%，其中，以工業製程及產品使用部門占最高

表 ES2.1 1990 年至 2021 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	124,184	133,604	142,188	153,808	161,174	168,887	176,793	190,557	200,172	207,809	226,899
甲烷	25	10,705	11,030	10,977	11,383	12,141	12,899	13,291	13,001	12,899	13,188	12,556
氧化亞氮	298	2,992	3,262	3,253	3,324	3,371	3,447	3,533	3,376	3,303	3,273	3,886
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
全氟碳化物	PFC-14: 7,390 等	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
六氟化硫	22,800	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
三氟化氮	17,200	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10
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)		114,495	126,406	132,874	145,723	154,082	162,696	172,071	185,351	195,570	203,245	223,086
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		137,881	147,896	156,418	169,269	177,541	186,035	194,922	208,411	218,457	226,009	245,803
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	229,777	237,327	248,248	257,883	266,460	276,159	279,800	266,594	252,506	270,148	276,282
甲烷	25	11,734	11,128	10,606	9,969	9,508	8,886	8,318	7,659	7,044	6,570	6,226
氧化亞氮	298	3,937	4,029	4,045	4,191	4,299	4,831	4,871	4,456	4,620	5,024	4,925
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	2,619	2,216	2,397	2,451	1,098	1,015	1,122	1,074	1,018	971	1,053
全氟碳化物	PFC-14: 7,390 等	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
六氟化硫	22,800	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
三氟化氮	17,200	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420
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)		230,137	240,447	251,795	262,146	268,261	276,842	279,590	262,901	250,389	265,071	270,658
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		251,986	263,154	274,419	284,687	290,551	299,101	301,663	284,983	269,777	286,960	292,605
溫室氣體	全球暖化潛勢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
二氧化碳	1	272,738	273,873	276,371	275,867	279,731	285,247	283,416	273,955	271,649	283,114	
甲烷	25	5,890	5,547	5,305	5,105	5,032	4,922	4,891	4,775	4,618	4,453	
氧化亞氮	298	4,839	4,642	4,623	4,591	4,793	5,001	5,076	4,903	4,899	5,412	
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	907	1,019	1,048	1,020	1,026	1,023	1,013	1,027	1,053	1,106	
全氟碳化物	PFC-14: 7,390 等	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
六氟化硫	22,800	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	
三氟化氮	17,200	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594	
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	
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)		265,795	267,222	269,414	268,215	271,986	277,497	275,760	265,571	263,166	275,157	
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		287,755	289,196	291,299	290,115	293,912	299,458	297,743	287,488	285,071	297,007	

說明：1. 溫暖化潛勢 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 引用 IPCC 第四次評估報告。

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 2021 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
<b>1. 能源部門</b>	109,465	118,443	126,058	135,206	143,103	150,810	158,579	170,835	181,518	190,446	209,122
1.A.1. 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.2. 製造業與營造業	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
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	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,819	10,733	9,808	9,939	10,579	10,922
1.A.4.a 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,482	2,946	3,128	3,205
1.A.4.b 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354
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
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	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
<b>3. 農業部門</b>	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131
<b>4. 土地利用、土地利用變化及林業部門</b>	-23,386	-21,490	-23,544	-23,546	-23,459	-23,340	-22,851	-23,060	-22,887	-22,764	-22,717
<b>5. 廢棄物部門</b>	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259
淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF)	100,798	112,114	118,644	130,261	137,715	145,548	153,942	167,497	177,286	185,045	204,182
總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF)	124,184	133,604	142,188	153,808	161,174	168,887	176,793	190,557	200,172	207,809	226,899
溫室氣體排放源和吸收匯	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>1. 能源部門</b>	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A.1. 能源產業	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.2. 製造業與營造業	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.3. 運輸	33,246	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	11,174	11,052	11,806	12,230	12,089	10,952	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
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	4,204	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
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	16,186	16,075	17,141	17,358	18,094	20,299	19,967	18,558	16,428	18,178	18,985
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	1,623	1,750	1,768
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
<b>3. 農業部門</b>	94	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53
<b>4. 土地利用、土地利用變化及林業部門</b>	-21,850	-22,707	-22,624	-22,542	-22,290	-22,259	-22,074	-22,082	-19,388	-21,889	-21,947
<b>5. 廢棄物部門</b>	540	612	418	512	348	470	562	443	154	208	149
淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF)	207,927	214,619	225,624	235,342	244,170	253,900	257,726	244,513	233,118	248,259	254,335
總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF)	229,777	237,327	248,248	257,883	266,460	276,159	279,800	266,594	252,506	270,148	276,282
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>1. 能源部門</b>	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991	
1.A.1. 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455	
1.A.2. 製造業與營造業	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334	
1.A.3. 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917	
1.A.4. 其他	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285	
1.A.4.a 服務業	3,635	3,812	3,928	3,941	3,720	3,779	3,317	3,337	3,499	3,469	
1.A.4.b 住宅	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	4,402	4,480	4,467	4,605	4,501	
1.A.4.c 農林漁牧	1,259	1,274	1,343	1,287	1,276	1,203	1,512	1,514	1,326	1,315	
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	19,369	19,605	17,704	17,251	16,583	15,625	16,019	14,890	13,942	15,597	
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	6,504	6,762	
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	
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	
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	
2.H 其他	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	
<b>3. 農業部門</b>	55	45	40	38	34	31	30	29	29	27	
<b>4. 土地利用、土地利用變化及林業部門</b>	-21,960	-21,974	-21,886	-21,900	-21,926	-21,961	-21,984	-21,917	-21,905	-21,850	
<b>5. 廢棄物部門</b>	149	153	146	103	132	129	159	214	297	499	
淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF)	250,778	251,899	254,485	253,967	257,805	263,286	261,432	252,038	249,744	261,263	
總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF)	272,738	273,873	276,371	275,867	279,731	285,247	283,416	273,955	271,649	283,114	

表 ES2.3 1990 年至 2021 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
<b>1. 能源部門</b>	530	506	497	511	526	533	520	514	535	561	574
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14
<b>3. 農業部門</b>	2,914	3,100	3,018	3,025	3,012	3,079	3,085	2,672	2,421	2,517	2,511
3.A 畜禽腸道發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692
3.B 畜禽糞尿管理	1,112	1,304	1,266	1,282	1,312	1,371	1,398	1,062	884	971	1,003
3.C 水稻種植	1,094	1,040	968	946	891	879	858	871	858	845	802
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14
<b>5. 廢棄物部門</b>	7,257	7,416	7,455	7,839	8,595	9,277	9,675	9,803	9,933	10,098	9,457
5.A 固體廢棄物處理	5,833	5,919	5,930	6,325	7,063	7,721	8,082	8,215	8,376	8,608	8,030
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0.5	0.1	1	0.3	1	0.05	2	0.3
5.D 廢水處理與放流	1,412	1,497	1,525	1,514	1,532	1,555	1,593	1,587	1,557	1,488	1,427
5.D.1 家庭污水處理與放流	1,001	1,011	1,020	1,029	1,038	1,046	1,053	1,059	1,051	1,000	957
5.D.2 事業廢水處理與放流	411	486	504	485	494	509	541	527	505	488	470
<b>甲烷總排放量</b>	<b>10,705</b>	<b>11,030</b>	<b>10,977</b>	<b>11,383</b>	<b>12,141</b>	<b>12,899</b>	<b>13,291</b>	<b>13,001</b>	<b>12,899</b>	<b>13,188</b>	<b>12,556</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>1. 能源部門</b>	565	584	629	661	631	625	622	604	597	631	654
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	18	19	22	28	18	22	28	27	21	23	15
<b>3. 農業部門</b>	2,425	2,290	2,188	2,110	2,228	2,197	2,116	2,056	2,006	2,003	2,034
3.A 畜禽腸道發酵	660	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590
3.B 畜禽糞尿管理	959	913	909	915	957	945	888	861	825	831	843
3.C 水稻種植	792	729	644	574	640	630	616	604	605	589	596
3.F 農作物殘體燃燒	15	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5
<b>5. 廢棄物部門</b>	8,726	8,235	7,767	7,171	6,631	6,042	5,553	4,972	4,420	3,913	3,523
5.A 固體廢棄物處理	7,311	6,830	6,322	5,777	5,231	4,666	4,144	3,608	3,072	2,601	2,226
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.4	2	7	10	11	14	16	18	21	26
5.D 廢水處理與放流	1,416	1,404	1,443	1,387	1,391	1,365	1,395	1,348	1,330	1,290	1,271
5.D.1 家庭污水處理與放流	945	929	920	892	865	838	805	779	755	740	706
5.D.2 事業廢水處理與放流	471	475	523	495	526	527	589	569	575	551	565
<b>甲烷總排放量</b>	<b>11,734</b>	<b>11,128</b>	<b>10,606</b>	<b>9,969</b>	<b>9,508</b>	<b>8,886</b>	<b>8,318</b>	<b>7,659</b>	<b>7,044</b>	<b>6,570</b>	<b>6,226</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>1. 能源部門</b>	663	676	686	710	730	738	721	717	731	735	
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	23	25	26	26	27	24	27	26	25	26	
<b>3. 農業部門</b>	2,010	1,997	1,947	1,927	1,933	1,932	1,932	1,942	1,938	1,883	
3.A 畜禽腸道發酵	583	579	566	573	561	564	572	575	580	593	
3.B 畜禽糞尿管理	807	781	750	744	740	738	743	754	755	752	
3.C 水稻種植	614	634	626	605	629	626	615	611	602	537	
3.F 農作物殘體燃燒	5	3	4	5	3	3	2	2	1	1	
<b>5. 廢棄物部門</b>	3,194	2,849	2,647	2,442	2,342	2,228	2,211	2,091	1,925	1,808	
5.A 固體廢棄物處理	1,890	1,598	1,351	1,141	970	835	723	645	596	544	
5.B 固體廢棄物之生物處理	24	23	20	20	20	20	23	25	26	26	
5.D 廢水處理與放流	1,279	1,228	1,275	1,281	1,352	1,373	1,465	1,421	1,303	1,238	
5.D.1 家庭污水處理與放流	673	651	631	606	583	551	526	481	452	420	
5.D.2 事業廢水處理與放流	607	578	644	674	768	821	940	941	851	818	
<b>甲烷總排放量</b>	<b>5,890</b>	<b>5,547</b>	<b>5,305</b>	<b>5,105</b>	<b>5,032</b>	<b>4,922</b>	<b>4,891</b>	<b>4,775</b>	<b>4,618</b>	<b>4,453</b>	

表 ES2.4 1990 年至 2021 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
<b>1. 能源部門</b>	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A.1 能源產業	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
<b>3. 農業部門</b>	1,994	2,048	1,977	2,008	1,997	1,990	2,028	1,800	1,683	1,664	1,878
3.B 畜禽糞尿處理	145	164	163	165	173	180	188	160	145	154	158
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,799	1,836	1,818	1,808	1,838	1,637	1,536	1,508	1,717
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4
<b>5. 廢棄物部門</b>	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>2,992</b>	<b>3,262</b>	<b>3,253</b>	<b>3,324</b>	<b>3,371</b>	<b>3,447</b>	<b>3,533</b>	<b>3,376</b>	<b>3,303</b>	<b>3,273</b>	<b>3,886</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>1. 能源部門</b>	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A.1 能源產業	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.2 製造業與營造業	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.3 運輸	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.4 其他部門	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	714	744	833	834	1,002	1,474	1,573	1,332	1,500	1,877	1,805
<b>3. 農業部門</b>	1,800	1,805	1,672	1,787	1,678	1,708	1,668	1,585	1,615	1,596	1,538
3.B 畜禽糞尿處理	152	147	148	147	153	153	146	145	141	141	142
3.D 農業土壤	1,644	1,654	1,522	1,638	1,523	1,552	1,521	1,439	1,473	1,454	1,394
3.F 農作物殘體燃燒	5	4	3	2	2	3	1	2	2	2	2
<b>5. 廢棄物部門</b>	340	348	353	343	350	350	328	300	295	302	314
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>3,937</b>	<b>4,029</b>	<b>4,045</b>	<b>4,191</b>	<b>4,299</b>	<b>4,831</b>	<b>4,871</b>	<b>4,456</b>	<b>4,620</b>	<b>5,024</b>	<b>4,925</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>1. 能源部門</b>	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A.1 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.2 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.3 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.4 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
<b>2. 工業製程及產品使用部門</b>	1,717	1,582	1,557	1,550	1,744	1,944	2,067	1,961	1,922	2,505	
<b>3. 農業部門</b>	1,563	1,495	1,488	1,457	1,455	1,404	1,384	1,328	1,375	1,322	
3.B 畜禽糞尿處理	139	137	136	136	138	139	141	145	146	146	
3.D 農業土壤	1,422	1,357	1,351	1,320	1,316	1,264	1,242	1,182	1,229	1,175	
3.F 農作物殘體燃燒	1.7	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	0.8	0.8	0.4	0.3	
<b>5. 廢棄物部門</b>	313	323	332	342	330	377	368	388	382	372	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>4,839</b>	<b>4,642</b>	<b>4,623</b>	<b>4,591</b>	<b>4,793</b>	<b>5,001</b>	<b>5,076</b>	<b>4,903</b>	<b>4,899</b>	<b>5,412</b>	

(46.28%)，其餘依次為農業部門占 24.42%、能源部門占 22.43%，廢棄物部門占 6.87%。2021 年排放較 2020 年增加 10.48%，並以工業製程及產品使用部門增加 30.31%，而農業部門減少 3.90%、廢棄物部門減少 2.54% 及能源部門減少 0.48%。

#### 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 755 千公噸二氧化碳當量，增加至 2021 年 1,106 千公噸二氧化碳當量；全氟碳化物 (Perfluorocarbons, PFCs) 自 1999 年的 3 千公噸二氧化碳當量，增加至 2021 年 1,472 千公噸二氧化碳當量；六氟化硫 (Sulphur Hexafluoride, SF6) 則自 1999 年 116 千公噸二氧化碳當量，於 2021 年增加至 857 千公噸二氧化碳當量；而三氟化氮 (Nitrogen trifluoride, NF3) 則自 1999 年 11 千公噸二氧化碳當量，於 2021 年增加至 594 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 10,284 千公噸二氧化碳當量 (約占當年總溫室氣體

表 ES2.5 1990 年至 2021 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
<b>HFCs 總排放量</b>	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>PFCs 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
<b>SF<sub>6</sub> 總排放量</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
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	116	120
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>NF<sub>3</sub> 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10
<b>含氟氣體總排放量</b>	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,738	2,462
溫室氣體排放源和吸收匯	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>HFCs 總排放量</b>	2,619	2,216	2,397	2,451	1,098	1,015	1,122	1,074	1,018	971	1,053
2.B 化學工業	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E 電子工業	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201	172
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881
<b>PFCs 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
<b>SF<sub>6</sub> 總排放量</b>	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
2.C 金屬工業	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
2.E 電子工業	746	944	1,415	1,783	2,384	2,318	1,988	1,872	1,514	1,923	1,615
2.G 其他產品之製造與使用	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
<b>NF<sub>3</sub> 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420
<b>含氟氣體總排放量</b>	<b>6,538</b>	<b>10,671</b>	<b>11,520</b>	<b>12,643</b>	<b>10,284</b>	<b>9,225</b>	<b>8,673</b>	<b>6,273</b>	<b>5,607</b>	<b>5,217</b>	<b>5,172</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>HFCs 總排放量</b>	907	1,019	1,048	1,020	1,026	1,023	1,013	1,027	1,053	1,106	
2.B 化學工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	124	207	220	170	191	202	201	181	192	186	
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	783	812	828	851	835	821	811	846	861	920	
<b>PFCs 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
<b>SF<sub>6</sub> 總排放量</b>	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	
2.C 金屬工業	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	
2.E 電子工業	1,628	1,800	1,552	1,351	1,295	1,278	1,072	781	672	695	
2.G 其他產品之製造與使用	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	
<b>NF<sub>3</sub> 總排放量 (2.E 電子工業)</b>	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594	
<b>含氟氣體總排放量</b>	<b>4,288</b>	<b>5,134</b>	<b>5,001</b>	<b>4,552</b>	<b>4,356</b>	<b>4,288</b>	<b>4,360</b>	<b>3,855</b>	<b>3,906</b>	<b>4,028</b>	

說明：1. NO (未發生)，代表臺灣該分類項目無生產或使用，即國內唯一氟氯烴廠僅於 1993 年至 2004 年生產。

2. NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

排放量的 3.54%)，減少至 2021 年的 4,028 千公噸二氧化碳當量 (約占當年總溫室氣體排放量的 1.36%)，排放量減少 60.83%，年平均負成長率 5.69%，2021 年排放較 2020 年增加 3.14%。

### 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 2021 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 85.99% 和 90.55%，工業製程及產品使用部門占 10.12% 和 7.46%，農業部門占 1.37% 和 1.09%，廢棄物部門占 2.52% 和 0.90%，如圖 ES3.1 所示。

1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 ES3.2 與表 ES3.1 所示。2021 年排放較 2005 年增加 2.22%，其中能源部門增加 7.64%、工業製程及產品使用部門減少 24.64%、農業部門減少 18.56%、廢棄物部門減少 63.44%；另土地利用、土地利用變化及林業部門的碳移除量減少 1.97%。

2021 年排放較 2020 年增加 4.19%，並以能源部門增加 3.71%、工業製程及產品使用部門增加 11.93%、農業部門減少 3.32%、廢棄物部門增加 2.92%；另土地利用、土地利用變化及林業部門的碳移除量減少 0.25%，如圖 ES3.3 所示。

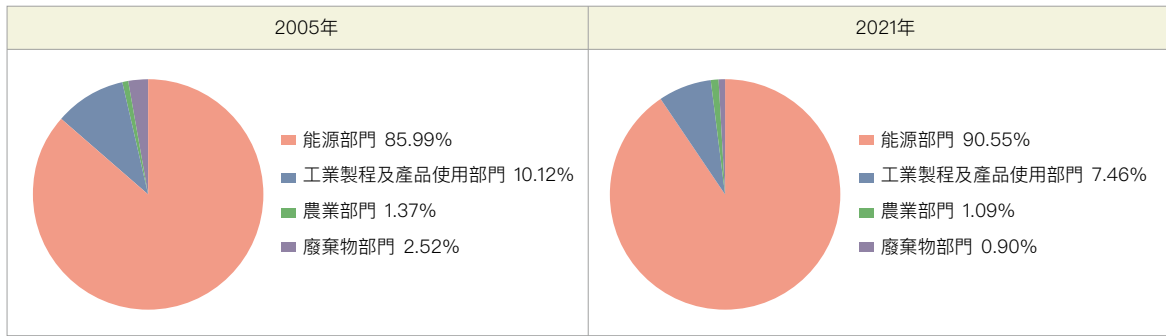


圖 ES3.1 2005 年和 2021 年各部門溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF) 占比

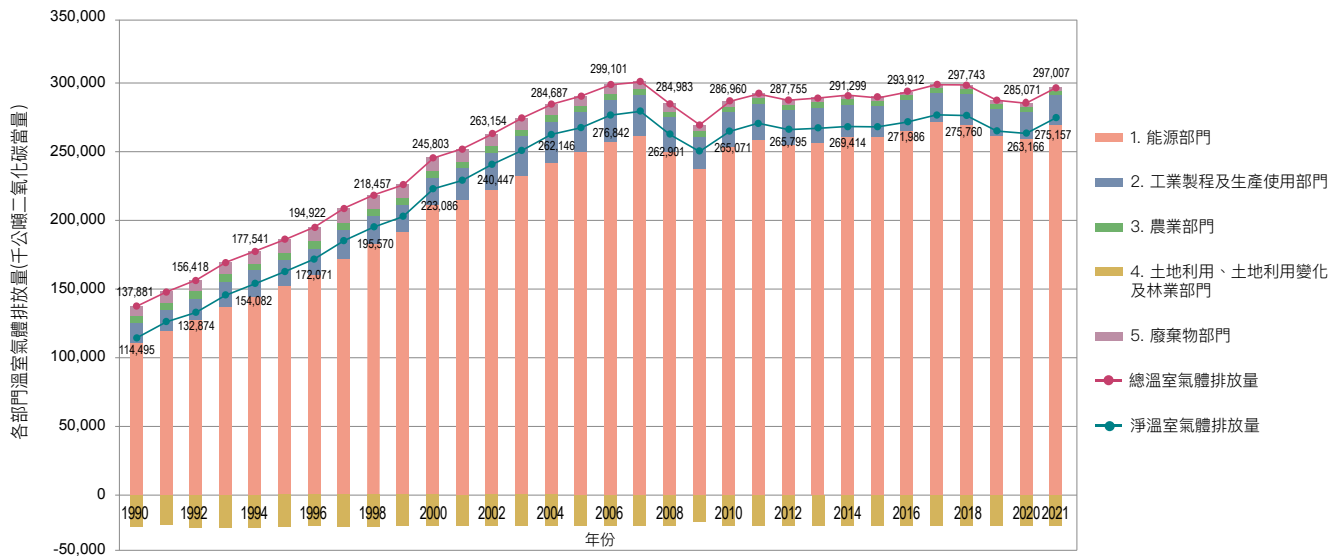


圖 ES3.2 1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量趨勢

表 ES3.1 1990 年至 2021 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	110,532	119,527	127,208	136,421	144,371	152,121	159,923	172,215	182,970	191,975	210,747
2. 工業製程及產品使用部門	14,728	15,366	16,257	19,471	19,007	18,685	19,336	21,346	20,886	19,241	20,488
3. 農業部門	5,049	5,294	5,134	5,164	5,144	5,220	5,263	4,605	4,231	4,300	4,520
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	7,573	7,709	7,818	8,214	9,018	10,009	10,399	10,245	10,370	10,493	10,047
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	114,495	126,406	132,874	145,723	154,082	162,696	172,071	185,351	195,570	203,245	223,086
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	137,881	147,896	156,418	169,269	177,541	186,035	194,922	208,411	218,457	226,009	245,803
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	214,604	222,262	232,423	241,818	249,855	257,255	261,138	249,380	237,676	253,588	259,018
2. 工業製程及產品使用部門	23,456	27,509	29,516	30,864	29,398	31,019	30,241	26,190	23,557	25,296	25,977
3. 農業部門	4,320	4,188	3,943	3,980	3,968	3,964	3,842	3,698	3,677	3,653	3,625
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	9,606	9,195	8,538	8,026	7,329	6,862	6,443	5,715	4,868	4,423	3,986
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	230,137	240,447	251,795	262,146	268,261	276,842	279,590	262,901	250,389	265,071	270,658
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	251,986	263,154	274,419	284,687	290,551	299,101	301,663	284,983	269,777	286,960	292,605

續下表

溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1. 能源部門	255,075	255,987	260,413	260,428	264,977	271,475	269,186	260,764	259,331	268,940
2. 工業製程及產品使用部門	25,397	26,346	24,287	23,379	22,710	21,882	22,473	20,732	19,794	22,156
3. 農業部門	3,628	3,538	3,475	3,422	3,422	3,367	3,346	3,299	3,343	3,231
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
5. 廢棄物部門	3,655	3,325	3,125	2,886	2,804	2,734	2,738	2,693	2,603	2,679
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	265,795	267,222	269,414	268,215	271,986	277,497	275,760	265,571	263,166	275,157
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	287,755	289,196	291,299	290,115	293,912	299,458	297,743	287,488	285,071	297,007

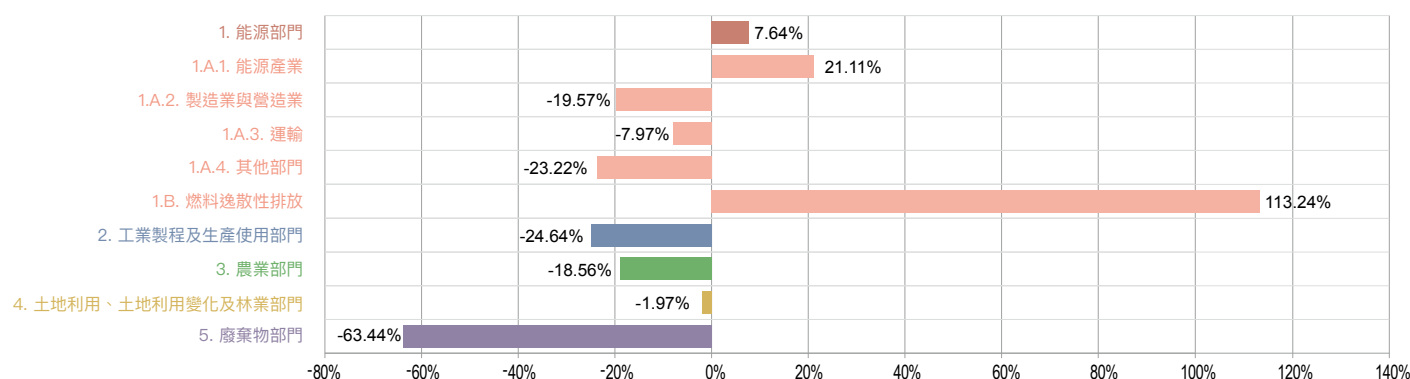


圖 ES3.3 2005 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量和移除量變化

## 1. 能源部門

2005 年能源部門溫室氣體排放為 249,855 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年增加為 268,940 千公噸二氧化碳當量，成長 7.64%，年平均成長率為 0.46%，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。2021 年排放較 2020 年增加 3.71%。2021 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 90.55%，其中，以 1.A.1「能源產業」為 190,160 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 70.71%，1.A.2「製造業與營造業」

表 ES3.2 1990 年至 2021 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	209,122
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.2 製造業與營造業	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
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	10,922
甲烷總排放量	530	506	497	511	526	533	520	514	535	561	574
1.A.1 能源產業	26	29	28	32	35	40	41	46	50	58	66
1.A.2 製造業與營造業	46	48	52	51	52	54	56	58	59	63	69
1.A.3 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270
1.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29
1.B.1 固體燃料	162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.2 石油及天然氣	115	98	88	87	97	103	103	104	115	113	111
氧化亞氮總排放量	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A.1 能源產業	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
能源部門總排放量	110,532	119,527	127,208	136,421	144,371	152,121	159,923	172,215	182,970	191,975	210,747

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
<b>二氧化碳總排放量</b>	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A.1 能源產業	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.2 製造業與營造業	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.3 運輸	33,246	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	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
<b>甲烷總排放量</b>	565	584	629	661	631	625	622	604	597	631	654
1.A.1 能源產業	70	69	78	81	84	88	90	88	81	86	86
1.A.2 製造業與營造業	71	74	73	75	75	78	77	71	67	74	79
1.A.3 運輸	272	278	287	295	303	298	289	275	281	284	287
1.A.4 其他部門	30	30	32	33	33	29	27	28	27	26	25
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	122	132	159	176	137	133	138	142	141	161	176
<b>氧化亞氮總排放量</b>	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A.1 能源產業	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.2 製造業與營造業	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.3 運輸	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.4 其他部門	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
<b>能源部門總排放量</b>	<b>214,604</b>	<b>222,262</b>	<b>232,423</b>	<b>241,818</b>	<b>249,855</b>	<b>257,255</b>	<b>261,138</b>	<b>249,380</b>	<b>237,676</b>	<b>253,588</b>	<b>259,018</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>二氧化碳總排放量</b>	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991	
1.A.1 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455	
1.A.2 製造業與營造業	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334	
1.A.3 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917	
1.A.4 其他部門	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285	
<b>甲烷總排放量</b>	663	676	686	710	730	738	721	717	731	735	
1.A.1 能源產業	86	85	88	91	92	94	94	90	89	92	
1.A.2 製造業與營造業	76	78	74	74	74	69	59	58	57	59	
1.A.3 運輸	283	284	285	292	301	295	286	287	290	269	
1.A.4 其他部門	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2 石油及天然氣	193	205	214	228	239	255	258	258	270	291	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A.1 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.2 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.3 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.4 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
<b>能源部門總排放量</b>	<b>255,075</b>	<b>255,987</b>	<b>260,413</b>	<b>260,428</b>	<b>264,977</b>	<b>271,475</b>	<b>269,186</b>	<b>260,764</b>	<b>259,331</b>	<b>268,940</b>	

說明：NO（未發生），我國煤炭 2001 年起停產。

為 34,495 千公噸二氧化碳當量（占 12.83%），1.A.3「運輸」為 34,673 千公噸二氧化碳當量（占 12.89%），1.A.4「其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧業）」為 9,320 千公噸二氧化碳當量（占 3.47%），1.B.2「石油及天然氣」為 291 千公噸二氧化碳當量（占 0.11%），如圖 ES3.4 所示。

## 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 29,398 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 22,156 千公噸二氧化碳當量，減少 24.64%，年平均負成長率為 1.75%，如表 ES3.3 所示。2021 年排放較 2020 年增加 11.93%。2021 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 7.46%，其中，以 2.C「金屬工

業」7,153 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 32.28%（比例最大），其次為 2.A「礦業（非金屬製品）」6,762 千公噸二氧化碳當量（占 30.52%）、2.E「電子工業」4,266 千公噸二氧化碳當量（占 19.26%）、2.B「化學工業」2,940 千公噸二氧化碳當量（占 13.27%）、2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」920 千公噸二氧化碳當量（占 4.15%）、2.G「其他產品之製造與使用」100 千公噸二氧化碳當量（占 0.45%）、2.H「其他」15 千公噸二氧化碳當量（占 0.07%）以及 2.D「燃料及溶劑使用的非能源產品」0.00007 千公噸二氧化碳當量（占 0.000003%），如圖 ES3.5 所示。



### 3. 農業部門

2005 年農業部門溫室氣體排放為 3,968 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 3,231 千公噸二氧化碳當量，減少 18.56%，年平均負成長率為 1.28%，如表 ES3.4 所示。2021 年較 2020 年微幅減少 3.32%。2021 年農業部門溫室氣體排放約占我國溫室氣體總排放量的 1.09%，其中以 3.D「農業土壤」排放占 36.37%，3.B「畜禽糞尿處理」占 27.78%，3.A「畜禽腸胃發酵」占 18.36%，3.C「水稻種植」占 16.62%，3.H「尿素使用」排放占 0.83% 及 3.F「農作物殘體燃燒」排放占 0.04%，如圖 ES3.6 所示。

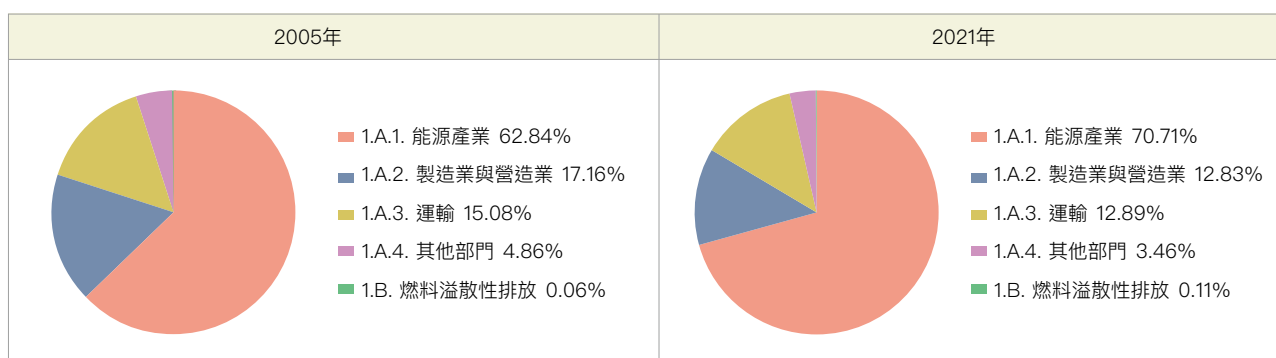


圖 ES3.4 2005 年和 2021 年能源部門溫室氣體排放量占比

表 ES3.3 1990 年至 2021 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
<b>二氧化碳總排放量</b>	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
<b>甲烷總排放量</b>	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14
2.B 化學工業	5	5	5	6	7	9	10	11	9	11	13
2.C 金屬工業	0.2	1.8	1.4	1.1	0.9	1.2	1.1	1.2	1.1	0.4	0.2
<b>氧化亞氮總排放量</b>	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
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
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
<b>六氟化硫總排放量</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
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	116	120
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	<b>14,728</b>	<b>15,366</b>	<b>16,257</b>	<b>19,471</b>	<b>19,007</b>	<b>18,685</b>	<b>19,336</b>	<b>21,346</b>	<b>20,886</b>	<b>19,241</b>	<b>20,488</b>

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
<b>二氧化碳總排放量</b>	16,186	16,075	17,141	17,358	18,094	20,299	19,967	18,558	16,428	18,178	18,985
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	1,623	1,750	1,768
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
<b>甲烷總排放量</b>	18	19	22	28	18	22	28	27	21	23	15
2.B 化學工業	18	19	22	28	18	18	23	22	18	18	15
2.C 金屬工業	0.1	0.2	0.2	NO	NO	4.3	4.3	5.0	3.4	5.5	0.01
<b>氧化亞氮總排放量</b>	714	744	833	834	1,002	1,474	1,573	1,332	1,500	1,877	1,805
2.B 化學工業	714	743	831	834	960	969	996	784	1,006	1,170	1,195
2.C 金屬工業	NO	0.4	1.7	NO	NO	94	95	90	76	119	NO
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	42	411	481	458	417	588	611
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	2,619	2,216	2,397	2,451	1,098	1,015	1,122	1,074	1,018	971	1,053
2.B 化學工業	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E 電子工業	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201	172
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
<b>六氟化硫總排放量</b>	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
2.C 金屬工業	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
2.E 電子工業	746	944	1,415	1,783	2,384	2,318	1,988	1,872	1,514	1,923	1,615
2.G 其他產品之製造與使用	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	<b>23,456</b>	<b>27,509</b>	<b>29,516</b>	<b>30,864</b>	<b>29,398</b>	<b>31,019</b>	<b>30,241</b>	<b>26,190</b>	<b>23,557</b>	<b>25,296</b>	<b>25,977</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>二氧化碳總排放量</b>	19,369	19,605	17,704	17,251	16,583	15,625	16,019	14,890	13,942	15,597	
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	6,504	6,762	
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	
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	
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	
2.H 其他	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	
<b>甲烷總排放量</b>	23	25	26	26	27	24	27	26	25	26	
2.B 化學工業	23	25	26	26	26	24	27	26	25	26	
2.C 金屬工業	0.06	0.1	0.2	0.2	0.2	NO	0.01	0.01	0.0001	NO	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	1,717	1,582	1,557	1,550	1,744	1,944	2,067	1,961	1,922	2,505	
2.B 化學工業	1,016	780	728	691	961	1,114	1,110	931	608	1,184	
2.C 金屬工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	701	802	829	860	783	830	957	1,030	1,314	1,320	
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	907	1,019	1,048	1,020	1,026	1,023	1,013	1,027	1,053	1,106	
2.B 化學工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	124	207	220	170	191	202	201	181	192	186	
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	783	812	828	851	835	821	811	846	861	920	
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
<b>六氟化硫總排放量</b>	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	
2.C 金屬工業	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	
2.E 電子工業	1,628	1,800	1,552	1,351	1,295	1,278	1,072	781	672	695	
2.G 其他產品之製造與使用	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594	
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	<b>25,397</b>	<b>26,346</b>	<b>24,287</b>	<b>23,379</b>	<b>22,710</b>	<b>21,882</b>	<b>22,473</b>	<b>20,732</b>	<b>19,794</b>	<b>22,156</b>	

說明：1. NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

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。

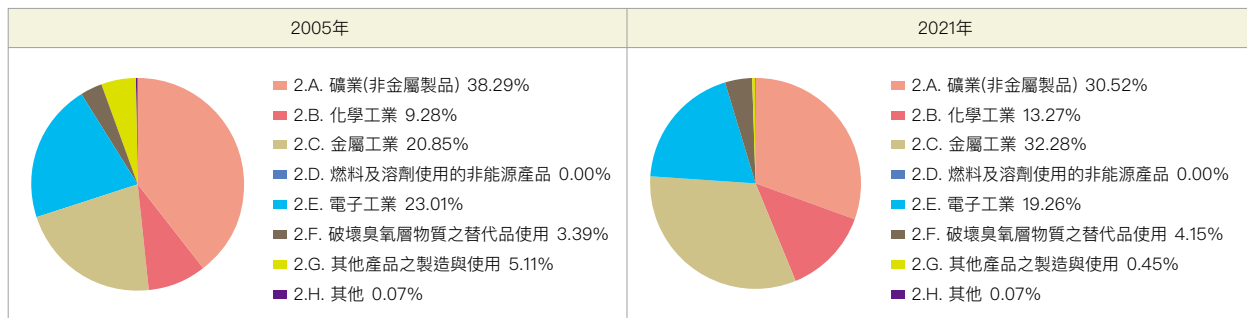


圖 ES3.5 2005 年和 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量占比

表 ES3.4 1990 年至 2021 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 尿素使用)	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131
甲烷總排放量	2,914	3,100	3,018	3,025	3,012	3,079	3,085	2,672	2,421	2,517	2,511
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692
3.B 畜禽糞尿處理	1,112	1,304	1,266	1,282	1,312	1,371	1,398	1,062	884	971	1,003
3.C 水稻種植	1,094	1,040	968	946	891	879	858	871	858	845	802
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14
氧化亞氮總排放量	1,994	2,048	1,977	2,008	1,997	1,990	2,028	1,800	1,683	1,664	1,878
3.B 畜禽糞尿處理	145	164	163	165	173	180	188	160	145	154	158
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,799	1,836	1,818	1,808	1,838	1,637	1,536	1,508	1,717
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4
<b>農業部門總排放量</b>	<b>5,049</b>	<b>5,294</b>	<b>5,134</b>	<b>5,164</b>	<b>5,144</b>	<b>5,220</b>	<b>5,263</b>	<b>4,605</b>	<b>4,231</b>	<b>4,300</b>	<b>4,520</b>
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 尿素使用)	94	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53
甲烷總排放量	2,425	2,290	2,188	2,110	2,228	2,197	2,116	2,056	2,006	2,003	2,034
3.A 畜禽腸胃發酵	660	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590
3.B 畜禽糞尿處理	959	913	909	915	957	945	888	861	825	831	843
3.C 水稻種植	792	729	644	574	640	630	616	604	605	589	596
3.F 農作物殘體燃燒	15	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5
氧化亞氮總排放量	1,800	1,805	1,672	1,787	1,678	1,708	1,668	1,585	1,615	1,596	1,538
3.B 畜禽糞尿處理	152	147	148	147	153	153	146	145	141	141	142
3.D 農業土壤	1,644	1,654	1,522	1,638	1,523	1,552	1,521	1,439	1,473	1,454	1,394
3.F 農作物殘體燃燒	5	4	3	2	2	2.6	1.4	1.9	1.6	1.6	1.7
<b>農業部門總排放量</b>	<b>4,320</b>	<b>4,188</b>	<b>3,943</b>	<b>3,980</b>	<b>3,968</b>	<b>3,964</b>	<b>3,842</b>	<b>3,698</b>	<b>3,677</b>	<b>3,653</b>	<b>3,625</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
二氧化碳總排放量 (3.H 尿素使用)	55	45	40	38	34	31	30	29	29	27	
甲烷總排放量	2,010	1,997	1,947	1,927	1,933	1,932	1,932	1,942	1,938	1,883	
3.A 畜禽腸胃發酵	583	579	566	573	561	564	572	575	580	593	
3.B 畜禽糞尿處理	807	781	750	744	740	738	743	754	755	752	
3.C 水稻種植	614	634	626	605	629	626	615	611	602	537	
3.F 農作物殘體燃燒	5	3	4	5	3	3	2	2	1	1	
氧化亞氮總排放量	1,563	1,495	1,488	1,457	1,455	1,404	1,384	1,328	1,375	1,322	
3.B 畜禽糞尿處理	139	137	136	136	138	139	141	145	146	146	
3.D 農業土壤	1,422	1,357	1,351	1,320	1,316	1,264	1,242	1,182	1,229	1,175	
3.F 農作物殘體燃燒	1.7	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	0.8	0.8	0.4	0.3	
<b>農業部門總排放量</b>	<b>3,628</b>	<b>3,538</b>	<b>3,475</b>	<b>3,422</b>	<b>3,422</b>	<b>3,367</b>	<b>3,346</b>	<b>3,299</b>	<b>3,343</b>	<b>3,231</b>	

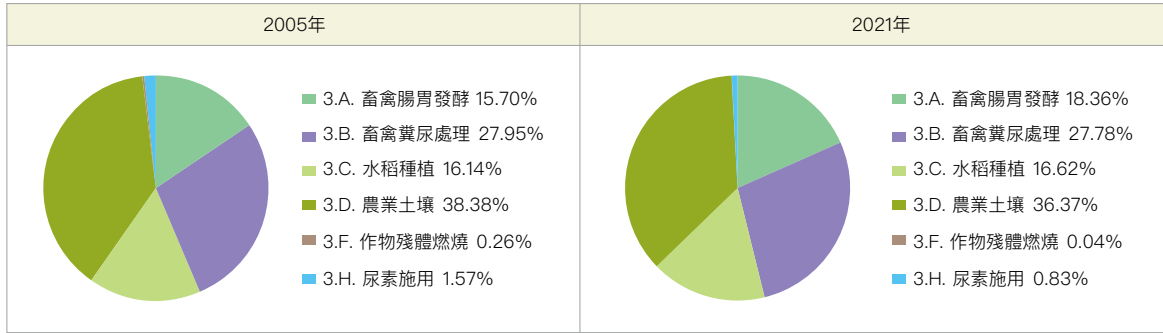


圖 ES3.6 2005 年和 2021 年農業部門溫室氣體排放量占比

表 ES3.5 1990 年至 2021 年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 <sub>2g</sub> )	-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 <sub>2e</sub> )	607.25	2,503 <sup>1</sup>	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 <sub>2g</sub> )	-91	-91	-136	-182	-230	-285	-315	-392	-440	-553	-656
	林業部門總碳移除量 (Δ CO <sub>2</sub> )	-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 <sub>2g</sub> )	-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 <sub>2e</sub> )	1,112 <sup>2</sup>	167	227	243	369	251	308	199	2,753 <sup>3</sup>	218	140
4.A.2 其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 (Δ CO <sub>2g</sub> )	-673	-747	-886	-981	-1,016	-1,029	-1,062	-1,123	-1,145	-1,218	-1,181
	林業部門總碳移除量 (Δ CO <sub>2</sub> )	-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	
4.A.1 林地維持林地	生物量碳移除量 (Δ CO <sub>2g</sub> )	-20,932	-20,970	-21,004	-21,040	-21,068	-21,105	-21,148	-21,202	-21,271	-21,318	
	生物量碳排放量 (Δ CO <sub>2e</sub> )	145	135	197	189	153	107	83	116	90	121	
4.A.2 其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 (Δ CO <sub>2g</sub> )	-1,173	-1,139	-1,079	-1,049	-1,011	-963	-918	-831	-724	-654	
	林業部門總碳移除量 (Δ CO <sub>2</sub> )	-21,960	-21,974	-21,886	-21,900	-21,926	-21,961	-21,984	-21,917	-21,905	-21,850	

備註：1. 我國土地利用、土地利用變化及林業部門目前僅有林業部門統計資料，僅先列出林業部門碳移除量變化。  
 2. 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 1,348,998.61m<sup>3</sup>，損失材積 1,348,992.06 m<sup>3</sup>。  
 3. 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。  
 4. 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 7,329 千公噸二氧化碳當量，至 2021 年減少為 2,679 千公噸二氧化碳當量，減少 63.44%，年平均負成長率為 6.10%，如表 ES3.6 所示。2021 年排放較 2020 年增加 2.92%。2021 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 0.90% (如表 ES3.6 所示)，其中，以 5.D 「廢水處理與放流」占 58.84% 最大，其次為 5.A 「固體廢棄物處理」占 20.30%，其餘為 5.C

「廢棄物之焚化與露天燃燒」占 18.99% 及 5.B 「廢棄物生物處理」占 1.87%，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，每年定期提送環保署彙整，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 2021 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
<b>二氧化碳總排放量</b> (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259
<b>甲烷總排放量</b>	7,257	7,416	7,455	7,839	8,595	9,277	9,675	9,803	9,933	10,098	9,457
5.A 固體廢棄物處理	5,833	5,919	5,930	6,325	7,063	7,721	8,082	8,215	8,376	8,608	8,030
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	0.5	0.8	0.5	0.1	0.6	0.3	1.4	0.05	1.9	0.3
5.D 廢水處理與放流	1,412	1,497	1,525	1,514	1,532	1,555	1,593	1,587	1,557	1,488	1,427
<b>氧化亞氮總排放量</b>	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0.5	0.7	0.4	0.1	0.6	0.2	1.3	0.05	1.7	0.2
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1.1	0.4	4	3	6	18	19	4	6	3	8
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315	324	322
<b>廢棄物部門總排放量</b>	<b>7,573</b>	<b>7,709</b>	<b>7,818</b>	<b>8,214</b>	<b>9,018</b>	<b>10,009</b>	<b>10,399</b>	<b>10,245</b>	<b>10,370</b>	<b>10,493</b>	<b>10,047</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
<b>二氧化碳總排放量</b> (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	540	612	418	512	348	470	562	443	154	208	149
<b>甲烷總排放量</b>	8,726	8,235	7,767	7,171	6,631	6,042	5,553	4,972	4,420	3,913	3,523
5.A 固體廢棄物處理	7,311	6,830	6,322	5,777	5,231	4,666	4,144	3,608	3,072	2,601	2,226
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.4	2	7	10	11	14	16	18	21	26
5.D 廢水處理與放流	1,416	1,404	1,443	1,387	1,391	1,365	1,395	1,348	1,330	1,290	1,271
<b>氧化亞氮總排放量</b>	340	348	353	343	350	350	328	300	295	302	314
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.3	2	6	9	10	13	15	16	19	23
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	30	26	24	23	27	30	30	21	9	11	9
5.D 廢水處理與放流	310	321	327	314	314	310	285	265	270	273	282
<b>廢棄物部門總排放量</b>	<b>9,606</b>	<b>9,195</b>	<b>8,538</b>	<b>8,026</b>	<b>7,329</b>	<b>6,862</b>	<b>6,443</b>	<b>5,715</b>	<b>4,868</b>	<b>4,423</b>	<b>3,986</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>二氧化碳總排放量</b> (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	149	153	146	103	132	129	159	214	297	499	
<b>甲烷總排放量</b>	3,194	2,849	2,647	2,442	2,342	2,228	2,211	2,091	1,925	1,808	
5.A 固體廢棄物處理	1,890	1,598	1,351	1,141	970	835	723	645	596	544	
5.B 固體廢棄物之生物處理	24	23	20	20	20	20	23	25	26	26	
5.D 廢水處理與放流	1,279	1,228	1,275	1,281	1,352	1,373	1,465	1,421	1,303	1,238	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	313	323	332	342	330	377	368	388	382	372	
5.B 固體廢棄物之生物處理	22	20	18	18	18	18	21	22	23	24	
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	9	9	9	6	7	7	7	8	9	10	
5.D 廢水處理與放流	282	294	305	318	306	352	340	358	349	339	
<b>廢棄物部門總排放量</b>	<b>3,655</b>	<b>3,325</b>	<b>3,125</b>	<b>2,886</b>	<b>2,804</b>	<b>2,734</b>	<b>2,738</b>	<b>2,693</b>	<b>2,603</b>	<b>2,679</b>	

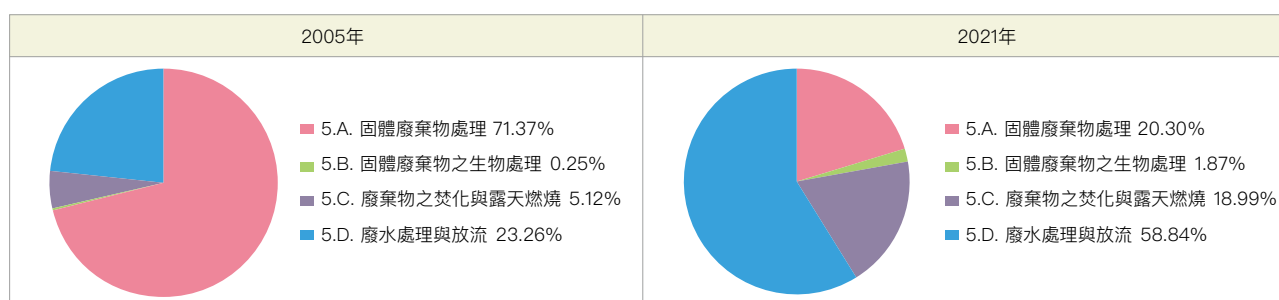


圖 ES3.7 2005 年和 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量占比

# 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清冊，估算溫室氣體排放量與除移量，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。我國依據聯合國氣候變化政府間專門委員會 (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, 2006 IPCC 指南)<sup>1</sup>，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)<sup>2</sup>(2000 GPG)，與 2003 年「土地利用、土地利用變遷與林業良好作法指南」<sup>3</sup>(2003 LULUCF-GPG) 編製國家溫室氣體清冊。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清冊的品質。

## 1.2 清冊準備之組織制度安排

我國溫室氣體清冊準備工作之負責部會為行政院環境保護署，由其氣候變遷署籌備處執行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. 經濟部能源局：能源部門溫室氣體排放統計。
2. 經濟部工業局：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氫氟碳化物排放統計則由行政院環境保護署逕行提供。
3. 行政院農業委員會：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. 行政院環境保護署：廢棄物部門溫室氣體排放統計，並彙整整體國家溫室氣體清冊。

環保署作為我國推動國家溫室氣體清冊統計任務，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清冊研商會議，邀集專家學者及各部門確立溫室氣體清冊數據、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，資料來源包括行政院環境保護署、行政院農業委員會、經濟部能源局及經濟部工業局等相關部會，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清冊後，邀集部會專家學者校閱部門溫室氣體清冊，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保署並上傳電子化數據至國家溫室氣體清冊平台。接著，由環保署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清冊。

## 1.4 方法與資料來源

我國溫室氣體清冊主要是依照 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 共同報告格式 (UNFCCC Common Reporting Format, UNFCCC CRF) 中，即成為我國溫室氣體清冊資料庫。以下簡述溫室氣體清冊之資料來源。

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.

### 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，方法 1(Tier 1) 的算法涉及能源的供需，方法 2、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，因此並未列於第一級方法中。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局公布之能源平衡表(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。2001 年至 2021 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 年至 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，改引用行政院農業委員會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、死有機質、土壤等三大類。活動數據主要引用林務局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。

### 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，係來自政府官方統計的環境統計年報、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。

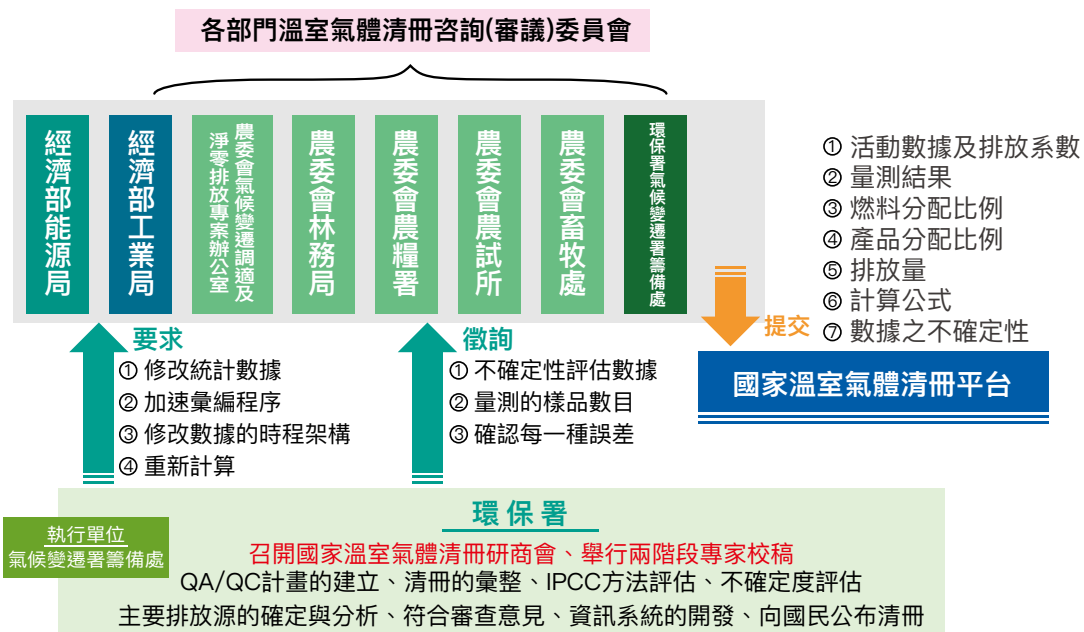


圖 1.3.1 國家溫室氣體排放清冊準備程序





## 1.5 主要排放源

我國溫室氣體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。

## 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。

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 運輸業		○	○	○	
1.A.4.a 服務業		○	○	○	
1.A.4.b 住宅業		○	○	○	
1.A.4.c 農林漁牧業		○	○	○	
1.B 燃料逸散性排放		○	○	○	
1.B.1 固體燃料		NO	○	NO	
1.B.2 石油和天然氣		NO	○	NO	
1.B.3 來自能源產品之其他排放		NE	NE	NE	
1.C. 二氧化碳運輸與儲存		NE	NE	NE	
2 工業部門		○	○	○	HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
2.A 礦業		○			
2.A.1 水泥生產		○			
2.A.2 生石灰生產		○, 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、己二醛、己醛酸生產				○, 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 金屬製程		○	○	○	SF <sub>6</sub>
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 <sub>6</sub>
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		○, 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 <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
2.E.1 積體電路或半導體				○	HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
2.E.2 TFT 平面顯示器				○	PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
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 冷凍及空調					HFCs
2.F.2 發泡劑					NE
2.F.3 滅火藥劑					HFCs
2.F.4 氣膠產品					NE
2.F.5 非氣膠溶劑					NE
2.F.6 其他					
2.G 其他產品之製造與使用		○	○	○	HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
2.G.1 電子設備					IE
2.G.2 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs					PFCs, SF <sub>6</sub>
2.G.3 使用 N <sub>2</sub> O 產品	NE				NE
2.G.4 其他					NE
2.H 其他工業製程		○			
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 農業土壤 - 氧化亞氮			NO	○	
3.E 草原的焚燒			NO	NO	
3.F 農作物殘體燃燒			○	○	
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 森林土地		○	NE	NE	
4.B 農田		NE	NE	NE	
4.C 草原		NE	NE	NE	
4.D 濕地		NE	NE	NE	
4.E 定居點		NE	NE	NE	
4.F 其他土地		NE	NE	NE	
4.G 伐木產品		NE			
4.H 其他		NE	NE	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		○	○	○	

標示說明：

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。



## 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、金屬製程、燃料及溶劑使用的非能源產品、電子工業、破壞臭氧層物質之替代品使用、鹵烴（包括全氟碳化物與氫氟碳化物）及其他，共計五大類、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理屬性，請參見表 1.6.1。

## 1.7 一般不確定性

我國國家溫室氣體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值，惟部份部門不確定性尚須調整，整體國家溫室氣體清冊之不確定性值暫時無法提供。各部會清冊不確定性評估情況，請參見表 1.7.1 所示。

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"> <li>按照 2006 年 IPCC 指南方法與表格統計。</li> <li>活動數據引用自政府官方統計數據，遵循官方流程。</li> <li>部會專家諮詢，確認相關方法與數據。</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>部會審議機制：執行同行專家審議。</li> <li>部門清冊需經過政府程序後，方由各部會提報給行政院環境保護署。</li> </ul>	QA
國家清冊彙整階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>各部會數據及清冊報告由行政院環境保護署（氣候變遷署籌備處）進行核校與檢查，必要時，再由各部會逕行修改。</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>國家溫室氣體研商會議：各部門溫室氣體清冊數據、改善計畫檢討及清冊報告內容。</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>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）。</li> </ul>	QA
定稿與公布階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政院環境保護署將國家溫室氣體研商會定稿之國家溫室氣體清冊及其報告於網路上公布。</li> </ul>	QA

表 1.7.1 國家溫室氣體清冊一般不確定性

部門別	2021 年溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量)	不確定性
<b>1 能源部門</b>	<b>268,940</b>	<b>3.04</b>
1.A 燃料燃燒	268,649	3.04
1.A.1 能源產業	190,160	4.14
1.A.2 製造業與營造業	34,496	3.73
1.A.3 運輸業	34,673	4.75
1.A.4 其他	9,320	—
1.A.4.a 服務業	3,485	1.85
1.A.4.b 住宅業	4,513	6.73
1.A.4.c 農林漁牧業	1,323	3.16
1.B 燃料逸散性排放	291	140.85
1.B.1 固體燃料	NO	—
1.B.2 石油和天然氣	291	140.85
1.B.3 其他來自能源生產之逸散排放	NE	—
<b>2 工業部門</b>	<b>19,794</b>	<b>4.88</b>
2.A 礦業	6,762	—
2.A.1 水泥生產	5,820	4.2
2.A.2 生石灰生產	230	21.0
2.A.3 玻璃生產	9	60.0
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	650	17.0
2.A.5 其他	52	60.0
2.B 化學工業	2,940	—
2.B.1 氨生產	NO	—
2.B.2 硝酸生產	252	5.0
2.B.3 己二酸生產	NO	—
2.B.4 己內醯胺、己二醛、己醛酸生產	933	7.0
2.B.5 電石生產	NO	—
2.B.6 二氧化鈦生產	199	60.0
2.B.7 碳酸鈉生產	NO	—
2.B.8 石化及碳黑生產	1,547	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 金屬製程	7,153	—
2.C.1 鋼鐵生產	7,082	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	62	30.0
2.C.5 鉛生產	4	30.0
2.C.6 鋅生產	5	30.0
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	0.000067	—
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.000063	—
2.D.2 石臘使用	0.000004	—
2.D.3 溶劑使用	NA	—
2.D.4 其他	NA	—
2.E 電子工業	4,266	—
2.E.1 積體電路或半導體	3,749	12.0
2.E.2 TFT 平面顯示器	517	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	—
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	920	—
2.F.1 冷凍及空調	908	5.0
2.F.2 發泡劑	NE	—
2.F.3 滅火藥劑	12	5.0
2.F.4 氣膠產品	NE	—
2.F.5 非氣膠溶劑	NE	—
2.F.6 其他	NE	—
2.G 其他產品之製造與使用	100	—
2.G.1 電子設備	IE	—
2.G.2 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	100	5.0

續下表



續上表

部門別	2021 年溫室氣體排放量 (千公噸二氧化碳當量)	不確定性
2.G.3 使用 N <sub>2</sub> O 產品	NE	—
2.G.4 其他	NE	—
2.H 其他工業製程	15	—
2.H.1 食品及飲料工業	15	5.0
<b>3 農業部門</b>	<b>3,231</b>	<b>—</b>
3.A 畜禽腸胃發酵	593	16.75
3.B 畜禽糞尿處理	898	27.68/25.58
3.C 水稻種植	537	-20.64-18.62
3.D 農業土壤 - 氧化亞氮	1,175	-26.20-117.84
3.E 草原的焚燒	NE	—
3.F 農作物殘體燃燒	1	—
3.G 石灰處理	NE	—
3.H 尿素施用	27	-50.00-5.00
3.I 其他含碳肥料	NE	—
<b>4 土地利用、土地利用變化及林業部門</b>	<b>-21,850</b>	<b>8.78</b>
4.A 森林土地	-21,850	8.78
4.A.1 林地維持林地	-21,197	9.03
4.A.2 其他土地轉變為林地	-654	17.28
<b>5 廢棄物部門</b>	<b>2,679</b>	<b>22.37</b>
5.A 固體廢棄物處理	544	—
5.A.1 妥善管理之廢棄物掩埋場	413	32.80
5.A.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場	131	39.05
5.B 固體廢棄物之生物處理	50	22.36
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	509	—
5.C.1 廢棄物焚化	509	22.36/89.58
5.C.2 廢棄物露天燃燒	NE	—
5.D 廢水處理與放流	1,577	—
5.D.1 生活污水處理與放流	735	30.82/40.18
5.D.2 事業廢水處理與放流	841	24.49/38.73

備註：NA( 該類別不生產該氣體的排放 )，NE( 未估計該分類 )。

## 1.8 完整性評估

我國 2023 年國家溫室氣體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 2021 年，其中僅 1.C「二氧化碳運輸與封存」、3.G「石灰處理」、及 3.E「草原的焚燒」等三項應統計而未統計之次部門分類，部分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；我國國家溫室氣體清冊完整性已經相當高，相關完整性說明請參見表 1.8.1。

## 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.

表 1.8.1 國家溫室氣體清冊完整性說明

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 2021 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.A.1.c.ii 其他能源產業。</li> <li>• 1.A.3.b.i 汽車 ~1.A.3.b.vi 尿素機觸媒。</li> <li>• 1.A.3.e 其他運輸。</li> <li>• 1.A.5 其他。</li> <li>• 1.C 二氧化碳運輸及儲存。</li> </ul> 以上排放源，無調查數據，而未統計。
2. 工業製程及產品使用部門	1990 年至 2021 年 (其中含氟氣體統計 1993 年至 2021 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"> <li>• 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。</li> <li>• 2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產之二氧化碳，因依據經濟部工業局(民生化工組)提供資料，國內已無生產氧化鎂，故無法估算。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 2.B.5 電石生產之二氧化碳，因於 2001 年起停產，故 2002 年至 2021 年無溫室氣體排放。</li> <li>• 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。</li> <li>• 2.B.7 碳酸鈉生產之二氧化碳，因於 2001 年起停產，故 2002 年至 2021 年無溫室氣體排放。</li> <li>• 2.B.8.a 甲醇生產之二氧化碳，因於 1999 年起停產，故 1999 年至 2021 年無溫室氣體排放。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 2.D.3 石臘使用與 2.D.4 其他，因國內無使用而無溫室氣體排放。</li> <li>• 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。</li> <li>• 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。</li> <li>• 2.F.1 冷凍及空調之氟氯碳化物排放，因早期(1990 年至 2002 年)使用量少，故不予計算。</li> <li>• 2.F.3 滅火器之氟氯碳化物排放，因早期(1990 年至 2002 年)使用量少，故不予計算。</li> <li>• 2.F.2 發泡劑、2.F.4 氣膠產品、2.F.5 非氣膠及 2.F.6 其他應用之氟氯碳化物排放，因未進行調查，而未統計。</li> <li>• 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。</li> <li>• 2.G.2 其他產品使用 SF<sub>6</sub> 及 PFCs 因早期未進行調查，故 1990 年至 2001 年未統計。</li> <li>• 2.G.3 使用 N<sub>2</sub>O 之產品及 2.G.4 其他，因未進行調查，而未統計。</li> </ul>
3. 農業部門	1990 年至 2021 年	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3.E. 草原的焚燒因我國鮮有此系統，亦無統計資料，故不予計算。</li> <li>• 3.F 農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。</li> <li>• 3G 石灰處理之二氧化碳排放，缺乏直接統計資料，故未統計。</li> <li>• 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。</li> </ul>

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
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	1990 年至 2021 年	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4.B 農地</li><li>• 4.C 牧草地</li><li>• 4.D 濕地</li><li>• 4.E 居住地</li><li>• 4.F 其他土地</li><li>• 4.G 伐木產品</li></ul> 以上排放源無調查數據，而未統計。
5. 廢棄物部門	1990 年至 2021 年	<ul style="list-style-type: none"><li>• 5.A.3 未分類的垃圾處理場</li><li>• 5.C.2 廢棄物露天燃燒</li><li>• 5.E 其他</li></ul> 以上排放源無調查數據，而未統計。

# 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290,551千公噸二氧化碳當量,降至2020年285,071千公噸二氧化碳當量,排放量減少1.89%;2021年受到疫情經濟復甦影響,上升為297,007千公噸二氧化碳當量,較2005年成長2.22%,年平均成長率為0.14%,較2020年增加4.19%。同樣地,淨溫室氣體排放量(包括LULUCF)自2005年268,261千公噸二氧化碳當量,降至2020年263,166千公噸二氧化碳當量,排放量減少1.90%;而2021年回升至275,157千公噸二氧化碳當量,較2005年成長2.57%,年平均成長率為0.16%,較2020年增加4.56%,詳如圖2.1.1及表2.1.1所示。

2021年二氧化碳為我國所排放溫室氣體中最大宗,其次為甲烷,再其次為氧化亞氮及含氟溫室氣體。2021年二氧化碳排放量為283,114千公噸二氧化碳當量(不包括LULUCF),占總溫室氣體排放量95.32%,在2005至2021年間,二氧化碳排放量成長6.25%,年平均成長率為0.38%;2021年二氧化碳移除量為21,850千公噸二氧化碳當量,約為總溫室氣體排放量7.36%,2005至2021年間移除量減少1.97%,年平均負成長率為0.12%。2021年甲烷排放量為4,453千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量1.50%,2005至2021年間排放量減少53.16%,年平均負成長率為4.63%。2021年氧化亞氮排放量为5,412千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量1.82%,2005至2021年間排

放量增加25.89%,年平均成長率為1.45%。2021年含氟溫室氣體排放量為4,028千公噸二氧化碳當量,占總溫室氣體排放量1.36%,自2005至2021年間減少60.83%,年平均負成長率為5.69%。

#### 2.1.2 人均二氧化碳排放

我國2021年燃料燃燒二氧化碳排放量為266,991千公噸二氧化碳當量(不包括二氧化碳移除量),占總溫室氣體排放量89.89%。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9.45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,2021年下降至11.38公噸二氧化碳當量/人,詳如圖2.1.2所示。1990年至2021年期間人均排放量年均成長率約為2.43%。

#### 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,2021年為0.01262公斤二氧化碳/元,減少40.50%,反映我國能源效率逐年改善之趨勢。詳如圖2.1.3所示。

### 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2021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266,460千公噸二氧化碳當量,2021年為283,114千公噸二氧化碳當量,增加6.25%,平均成長率為0.38%;其中2021年能源部門占94.31%,包括能源產業為66.92%、製造業與營造

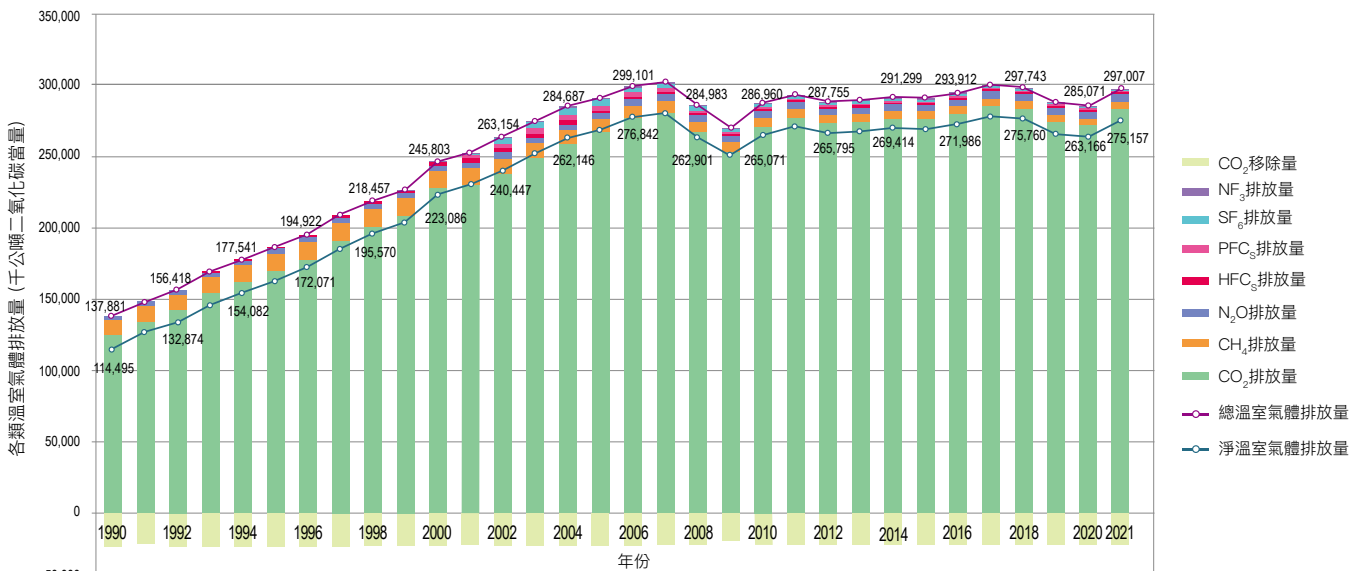


圖 2.1.1 1990 年至 2021 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢

表 2.1.1 1990 年至 2021 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	124,184	133,604	142,188	153,808	161,174	168,887	176,793	190,557	200,172	207,809	226,899
甲烷	25	10,705	11,030	10,977	11,383	12,141	12,899	13,291	13,001	12,899	13,188	12,556
氧化亞氮	298	2,992	3,262	3,253	3,324	3,371	3,447	3,533	3,376	3,303	3,273	3,886
氫氟碳化物	HFC-134a:1,430 等	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
六氟化硫	22,800	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
三氟化氮	17,200	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10
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)		114,495	126,406	132,874	145,723	154,082	162,696	172,071	185,351	195,570	203,245	223,086
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		137,881	147,896	156,418	169,269	177,541	186,035	194,922	208,411	218,457	226,009	245,803
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	229,777	237,327	248,248	257,883	266,460	276,159	279,800	266,594	252,506	270,148	276,282
甲烷	25	11,734	11,128	10,606	9,969	9,508	8,886	8,318	7,659	7,044	6,570	6,226
氧化亞氮	298	3,937	4,029	4,045	4,191	4,299	4,831	4,871	4,456	4,620	5,024	4,925
氫氟碳化物	HFC-134a:1,430 等	2,619	2,216	2,397	2,451	1,098	1,015	1,122	1,074	1,018	971	1,053
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
六氟化硫	22,800	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
三氟化氮	17,200	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420
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)		230,137	240,447	251,795	262,146	268,261	276,842	279,590	262,901	250,389	265,071	270,658
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		251,986	263,154	274,419	284,687	290,551	299,101	301,663	284,983	269,777	286,960	292,605
溫室氣體	全球暖化潛勢	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
二氧化碳	1	272,738	273,873	276,371	275,867	279,731	285,247	283,416	273,955	271,649	283,114	
甲烷	25	5,890	5,547	5,305	5,105	5,032	4,922	4,891	4,775	4,618	4,453	
氧化亞氮	298	4,839	4,642	4,623	4,591	4,793	5,001	5,076	4,903	4,899	5,412	
氫氟碳化物	HFC-134a:1,430 等	907	1,019	1,048	1,020	1,026	1,023	1,013	1,027	1,053	1,106	
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
六氟化硫	22,800	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	
三氟化氮	17,200	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594	
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	
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)		265,795	267,222	269,414	268,215	271,986	277,497	275,760	265,571	263,166	275,157	
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)		287,755	289,196	291,299	290,115	293,912	299,458	297,743	287,488	285,071	297,007	

說明：1. 溫暖化潛勢 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 引用 IPCC 第四次評估報告。  
2. NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

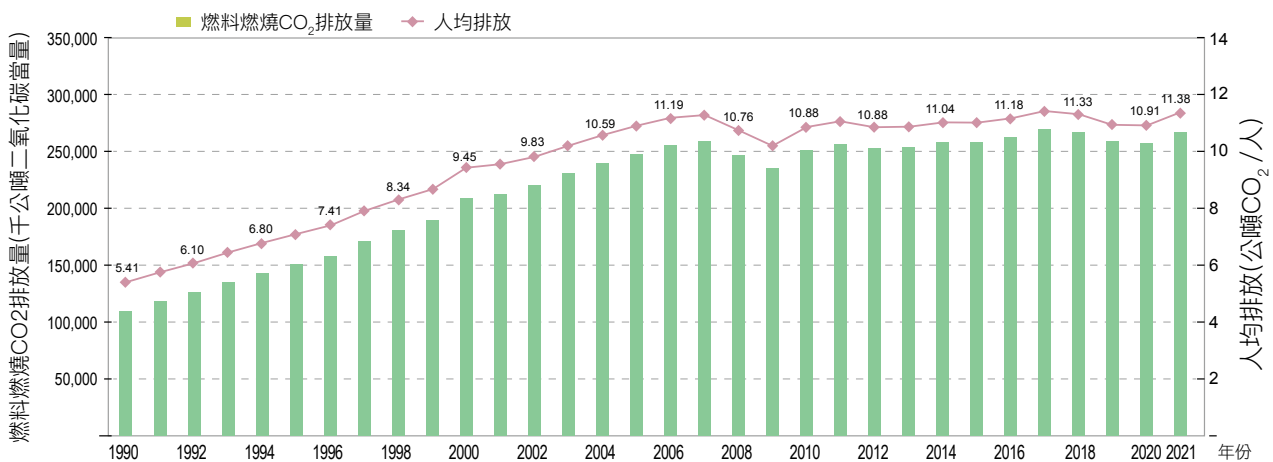


圖 2.1.2 1990 年至 2021 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢

資料來源：人口資料來自行政院主計總處<sup>1</sup>

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

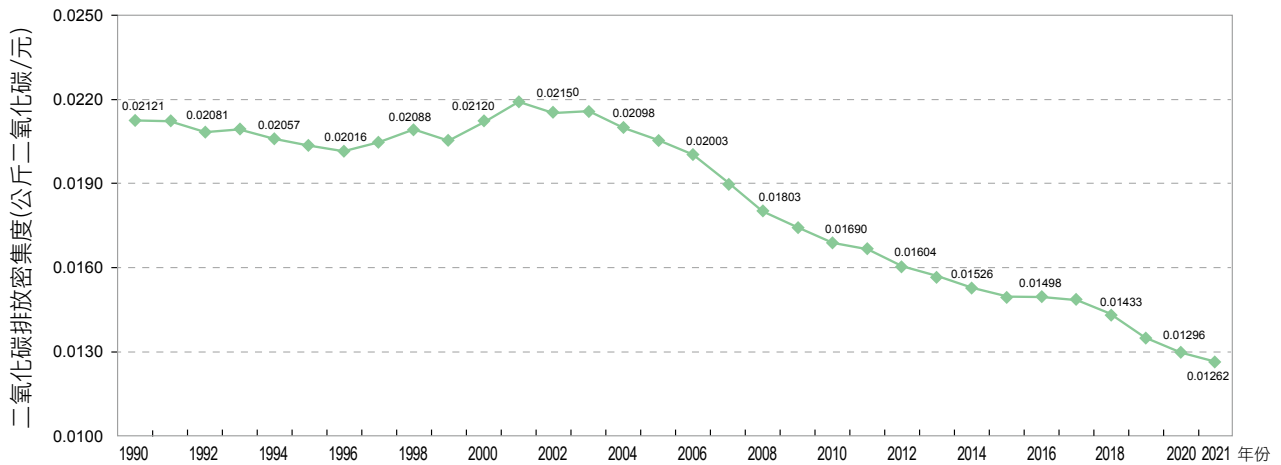


圖 2.1.3 1990 年至 2021 年二氧化碳排放密集度趨勢

資料來源：GDP 資料來自行政院主計總處

表 2.2.1 1990 年至 2021 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	209,122
1.A.1. 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.2. 製造業與營造業	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
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	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,819	10,733	9,808	9,939	10,579	10,922
1.A.4.a 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,482	2,946	3,128	3,205
1.A.4.b 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354
1.A.4.c 農林漁牧業	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	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259
淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF)	100,798	112,114	118,644	130,261	137,715	145,548	153,942	167,497	177,286	185,045	204,182
總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF)	124,184	133,604	142,188	153,808	161,174	168,887	176,793	190,557	200,172	207,809	226,899
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	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A.1. 能源產業	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.2. 製造業與營造業	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.3. 運輸	33,246	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	11,174	11,052	11,806	12,230	12,089	10,952	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
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	4,204	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 農林漁牧業	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	16,428	18,178	18,985
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	1,623	1,750	1,768
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	540	612	418	512	348	470	562	443	154	208	149
淨二氧化碳排放量 (包括 LULUCF)	207,927	214,619	225,624	235,342	244,170	253,900	257,726	244,513	233,118	248,259	254,335
總二氧化碳排放量 (不包括 LULUCF)	229,777	237,327	248,248	257,883	266,460	276,159	279,800	266,594	252,506	270,148	276,282

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
1. 能源部門	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991
1.A.1. 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455
1.A.2. 製造業與營造業	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334
1.A.3. 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917
1.A.4. 其他	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285
1.A.4.a 服務業	3,635	3,812	3,928	3,941	3,720	3,779	3,317	3,337	3,499	3,469
1.A.4.b 住宅	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	4,402	4,480	4,467	4,605	4,501
1.A.4.c 農林漁牧業	1,259	1,274	1,343	1,287	1,276	1,203	1,512	1,514	1,326	1,315
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	13,942	15,597
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	6,504	6,762
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
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
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
2.H 其他	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15
3. 農業部門	55	45	40	38	34	31	30	29	29	27
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
5. 廢棄物部門	149	153	146	103	132	129	159	214	297	499
淨二氧化碳排放量（包括 LULUCF）	250,778	251,899	254,485	253,967	257,805	263,286	261,432	252,038	249,744	261,263
總二氧化碳排放量（不包括 LULUCF）	272,738	273,873	276,371	275,867	279,731	285,247	283,416	273,955	271,649	283,114

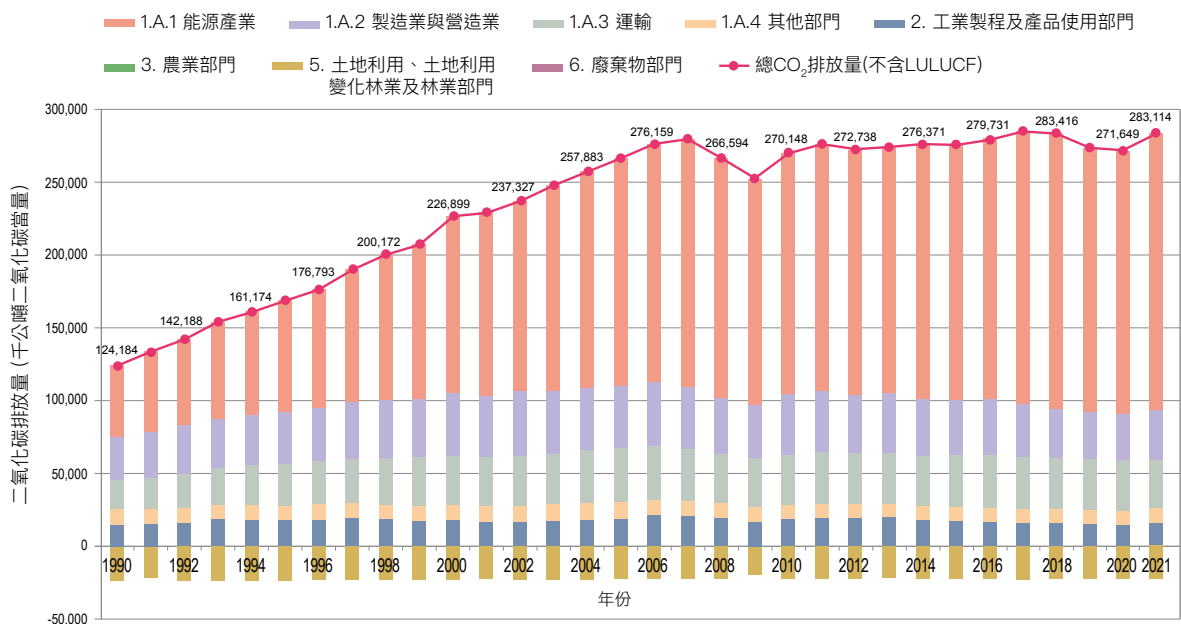


圖 2.2.1 1990 年至 2021 年二氧化碳排放量趨勢

業為 12.13%、運輸為 11.98% 及其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧業）為 3.28%，另工業製程及產品使用部門占 5.51%、農業部門占 0.01% 及廢棄物部門占 0.18%。2021 年較 2020 年排放量增加 4.22%，主要為能源部門增加 3.73%；土地利用、土地利用變化及林業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，2021 年為 21,850 千公噸二氧化碳當量，移除量減少 1.97%。

### 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 2021 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 9,508 千公噸二氧化碳當量，2021 年為 4,453 千公噸二氧化碳當量，減少 53.16%，年平均負成長率為 4.63%。2021 年較 2020 年排放量減少 3.57%，其中 2021 年甲烷排放量以農業部門占 42.29% 最多、廢棄物部門占 40.61%、能源部門占 16.51%，以及工業製程及產品使用部門占 0.59%。其中，2005 至 2021 年間廢棄物部門減少 72.73%，為比例最大者，農業部門則減少 15.45%；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 2021 年垃圾掩埋場甲烷排放量年平均負成長率為 13.19%，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，家



表 2.2.2 1990 年至 2021 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	530	506	497	511	526	533	520	514	535	561	574
2. 工業製程及產品使用部門	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14
3. 農業部門	2,914	3,100	3,018	3,025	3,012	3,079	3,085	2,672	2,421	2,517	2,511
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692
3.B 畜禽糞尿管理	1,112	1,304	1,266	1,282	1,312	1,371	1,398	1,062	884	971	1,003
3.C 水稻種植	1,094	1,040	968	946	891	879	858	871	858	845	802
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14
5. 廢棄物部門	7,257	7,416	7,455	7,839	8,595	9,277	9,675	9,803	9,933	10,098	9,457
5.A 固體廢棄物處理	5,833	5,919	5,930	6,325	7,063	7,721	8,082	8,215	8,376	8,608	8,030
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0.5	0.1	1	0.3	1	0.05	2	0.3
5.D 廢水處理與放流	1,412	1,497	1,525	1,514	1,532	1,555	1,593	1,587	1,557	1,488	1,427
5.D.1 家庭污水處理與放流	1,001	1,011	1,020	1,029	1,038	1,046	1,053	1,059	1,051	1,000	957
5.D.2 事業廢水處理與放流	411	486	504	485	494	509	541	527	505	488	470
<b>甲烷總排放量</b>	<b>10,705</b>	<b>11,030</b>	<b>10,977</b>	<b>11,383</b>	<b>12,141</b>	<b>12,899</b>	<b>13,291</b>	<b>13,001</b>	<b>12,899</b>	<b>13,188</b>	<b>12,556</b>
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	565	584	629	661	631	625	622	604	597	631	654
2. 工業製程及產品使用部門	18	19	22	28	18	22	28	27	21	23	15
3. 農業部門	2,425	2,290	2,188	2,110	2,228	2,197	2,116	2,056	2,006	2,003	2,034
3.A 畜禽腸胃發酵	660	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590
3.B 畜禽糞尿管理	959	913	909	915	957	945	888	861	825	831	843
3.C 水稻種植	792	729	644	574	640	630	616	604	605	589	596
3.F 農作物殘體燃燒	15	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5
5. 廢棄物部門	8,726	8,235	7,767	7,171	6,631	6,042	5,553	4,972	4,420	3,913	3,523
5.A 固體廢棄物處理	7,311	6,830	6,322	5,777	5,231	4,666	4,144	3,608	3,072	2,601	2,226
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.4	2	7	10	11	14	16	18	21	26
5.D 廢水處理與放流	1,416	1,404	1,443	1,387	1,391	1,365	1,395	1,348	1,330	1,290	1,271
5.D.1 家庭污水處理與放流	945	929	920	892	865	838	805	779	755	740	706
5.D.2 事業廢水處理與放流	471	475	523	495	526	527	589	569	575	551	565
<b>甲烷總排放量</b>	<b>11,734</b>	<b>11,128</b>	<b>10,606</b>	<b>9,969</b>	<b>9,508</b>	<b>8,886</b>	<b>8,318</b>	<b>7,659</b>	<b>7,044</b>	<b>6,570</b>	<b>6,226</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1. 能源部門	663	676	686	710	730	738	721	717	731	735	
2. 工業製程及產品使用部門	23	25	26	26	27	24	27	26	25	26	
3. 農業部門	2,010	1,997	1,947	1,927	1,933	1,932	1,932	1,942	1,938	1,883	
3.A 畜禽腸胃發酵	583	579	566	573	561	564	572	575	580	593	
3.B 畜禽糞尿管理	807	781	750	744	740	738	743	754	755	752	
3.C 水稻種植	614	634	626	605	629	626	615	611	602	537	
3.F 農作物殘體燃燒	5	3	4	5	3	3	2	2	1	1	
5. 廢棄物部門	3,194	2,849	2,647	2,442	2,342	2,228	2,211	2,091	1,925	1,808	
5.A 固體廢棄物處理	1,890	1,598	1,351	1,141	970	835	723	645	596	544	
5.B 固體廢棄物之生物處理	24	23	20	20	20	20	23	25	26	26	
5.D 廢水處理與放流	1,279	1,228	1,275	1,281	1,352	1,373	1,465	1,421	1,303	1,238	
5.D.1 家庭污水處理與放流	673	651	631	606	583	551	526	481	452	420	
5.D.2 事業廢水處理與放流	607	578	644	674	768	821	940	941	851	818	
<b>甲烷總排放量</b>	<b>5,890</b>	<b>5,547</b>	<b>5,305</b>	<b>5,105</b>	<b>5,032</b>	<b>4,922</b>	<b>4,891</b>	<b>4,775</b>	<b>4,618</b>	<b>4,453</b>	

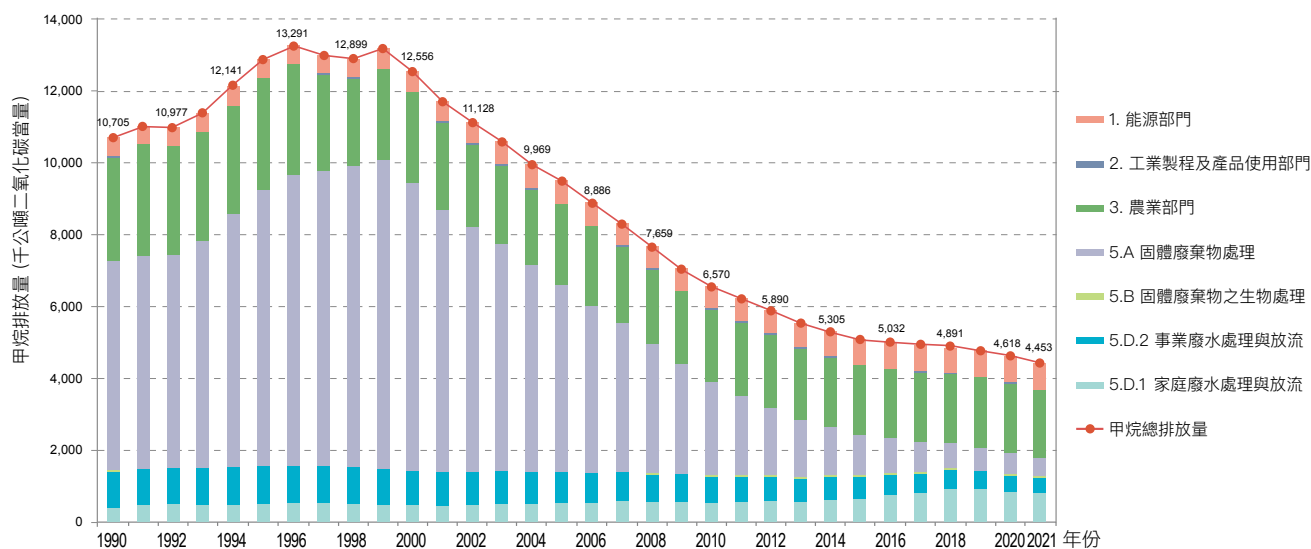


圖 2.2.2 1990 年至 2021 年甲烷排放量趨勢

庭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 2021 年減少 51.44%。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。

### 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 4,299 千公噸二氧化

碳當量，2021 年為 5,412 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 2,505 千公噸二氧化碳當量 (占 46.28%)、農業部門排放約 1,322 千公噸二氧化碳當量 (占 24.42%)、能源部門排放約 1,214 千公噸二氧化碳當量 (占 22.43%)、廢棄物部門排放約 372 千公噸二氧化碳當量 (占 6.87%)，詳如表 2.2.3 所示。1990 年至 2021 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 2021 年排放量增加 25.89%，平均成長率 1.45%，相同期間下，以農業土壤排放量減少最多達 22.82%，年平均負成長率為 1.61%，係與行政院農業委員會推廣合理化施肥有關。

表 2.2.3 1990 年至 2021 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	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A.1 能源產業	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
2. 工業製程及產品使用部門	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
3. 農業部門	1,994	2,048	1,977	2,008	1,997	1,990	2,028	1,800	1,683	1,664	1,878
3.B 畜禽糞尿管理	145	164	163	165	173	180	188	160	145	154	158
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,799	1,836	1,818	1,808	1,838	1,637	1,536	1,508	1,717
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4
5. 廢棄物部門	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>2,992</b>	<b>3,262</b>	<b>3,253</b>	<b>3,324</b>	<b>3,371</b>	<b>3,447</b>	<b>3,533</b>	<b>3,376</b>	<b>3,303</b>	<b>3,273</b>	<b>3,886</b>
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	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A.1 能源產業	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.2 製造業與營造業	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.3 運輸	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.4 其他部門	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
2. 工業製程及產品使用部門	714	744	833	834	1,002	1,474	1,573	1,332	1,500	1,877	1,805
3. 農業部門	1,800	1,805	1,672	1,787	1,678	1,708	1,668	1,585	1,615	1,596	1,538
3.B 畜禽糞尿管理	152	147	148	147	153	153	146	145	141	141	142
3.D 農業土壤	1,644	1,654	1,522	1,638	1,523	1,552	1,521	1,439	1,473	1,454	1,394
3.F 農作物殘體燃燒	5	4	3	2	2	3	1	2	2	2	2
5. 廢棄物部門	340	348	353	343	350	350	328	300	295	302	314
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>3,937</b>	<b>4,029</b>	<b>4,045</b>	<b>4,191</b>	<b>4,299</b>	<b>4,831</b>	<b>4,871</b>	<b>4,456</b>	<b>4,620</b>	<b>5,024</b>	<b>4,925</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1. 能源部門	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A.1 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.2 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.3 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.4 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
2. 工業製程及產品使用部門	1,717	1,582	1,557	1,550	1,744	1,944	2,067	1,961	1,922	2,505	
3. 農業部門	1,563	1,495	1,488	1,457	1,455	1,404	1,384	1,328	1,375	1,322	
3.B 畜禽糞尿管理	139	137	136	136	138	139	141	145	146	146	
3.D 農業土壤	1,422	1,357	1,351	1,320	1,316	1,264	1,242	1,182	1,229	1,175	
3.F 農作物殘體燃燒	1.7	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	0.8	0.8	0.4	0.3	
5. 廢棄物部門	313	323	332	342	330	377	368	388	382	372	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	<b>4,839</b>	<b>4,642</b>	<b>4,623</b>	<b>4,591</b>	<b>4,793</b>	<b>5,001</b>	<b>5,076</b>	<b>4,903</b>	<b>4,899</b>	<b>5,412</b>	

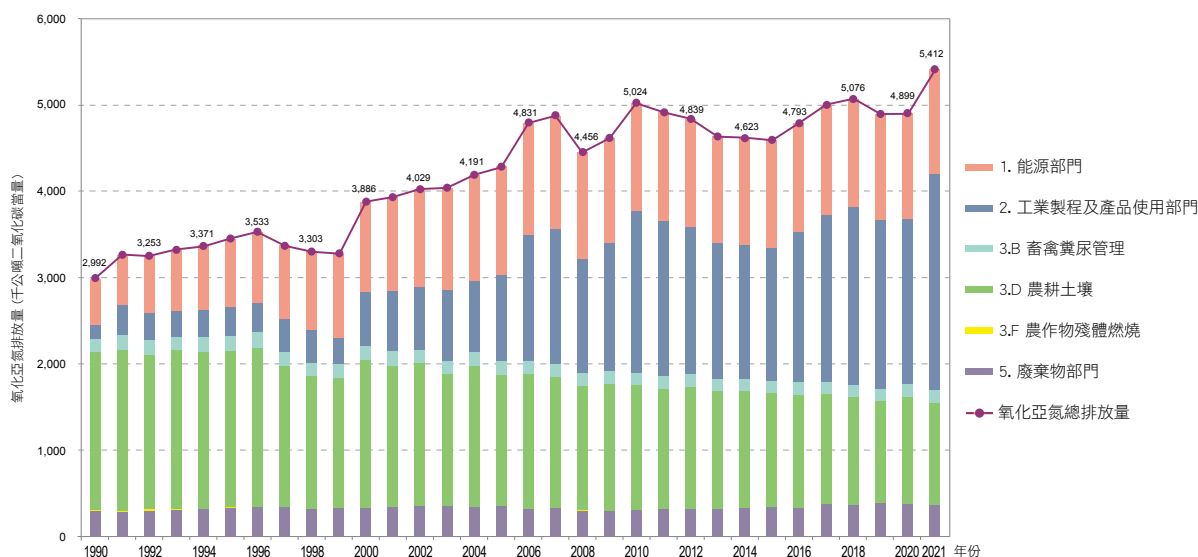


圖 2.2.3 1990 年至 2021 年氧化亞氮排放量趨勢

### 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

2021 年為 1,106 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.37%，2021 年較 2005 增加 0.68%，年平均成長率為 0.04%，2021 年較 2020 年增加 4.99%，如圖 2.2.4 及表 2.2.4 所示。我國唯一生產氟氯烴 (Hydrochlorofluorocarbons,

表 2.2.4 1990 年至 2021 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	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>755</b>	<b>855</b>	<b>801</b>	<b>1,305</b>	<b>1,477</b>	<b>2,083</b>	<b>1,609</b>	<b>2,319</b>
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	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E 電子工業	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201	172
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	<b>2,619</b>	<b>2,216</b>	<b>2,397</b>	<b>2,451</b>	<b>1,098</b>	<b>1,015</b>	<b>1,122</b>	<b>1,074</b>	<b>1,018</b>	<b>971</b>	<b>1,053</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B 化學工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	124	207	220	170	191	202	201	181	192	186	
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	783	812	828	851	835	821	811	846	861	920	
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	<b>907</b>	<b>1,019</b>	<b>1,048</b>	<b>1,020</b>	<b>1,026</b>	<b>1,023</b>	<b>1,013</b>	<b>1,027</b>	<b>1,053</b>	<b>1,106</b>	

說明：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。

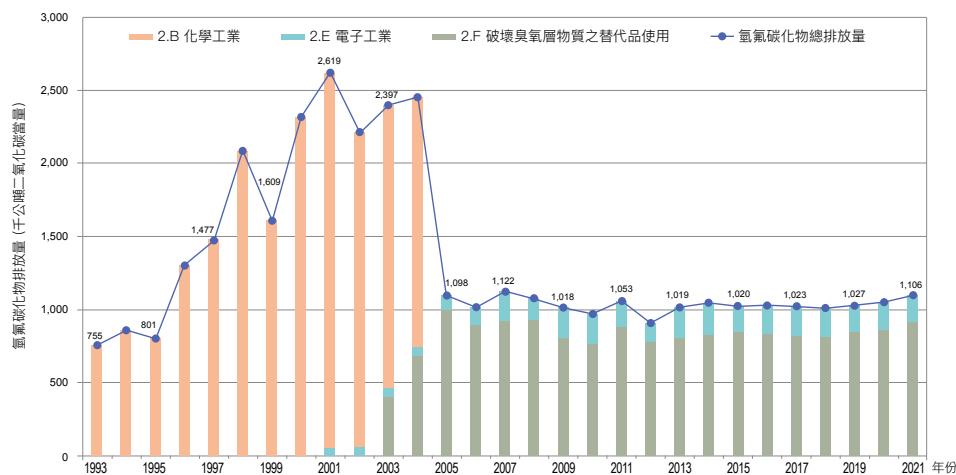


圖 2.2.4 1993 年至 2021 年氫氟碳化物排放量趨勢

備註：

- 1.2.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。
- 2.2.E 電子工業：1990 年至 2000 年未調查估計氫氟碳化物排放量。
- 3.2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用：1990 年至 2002 年未調查估計氫氟碳化物排放量。

HFCFs) 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 1,710 千公噸二氧化碳當量(占氫氟碳化物排放量約 69.77%)，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；惟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。

### 2.2.5 全氟碳化物

2021 年我國全氟碳化物排放量為 1,472 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.50%，2021 年較 2020 年增加 1.67%，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,

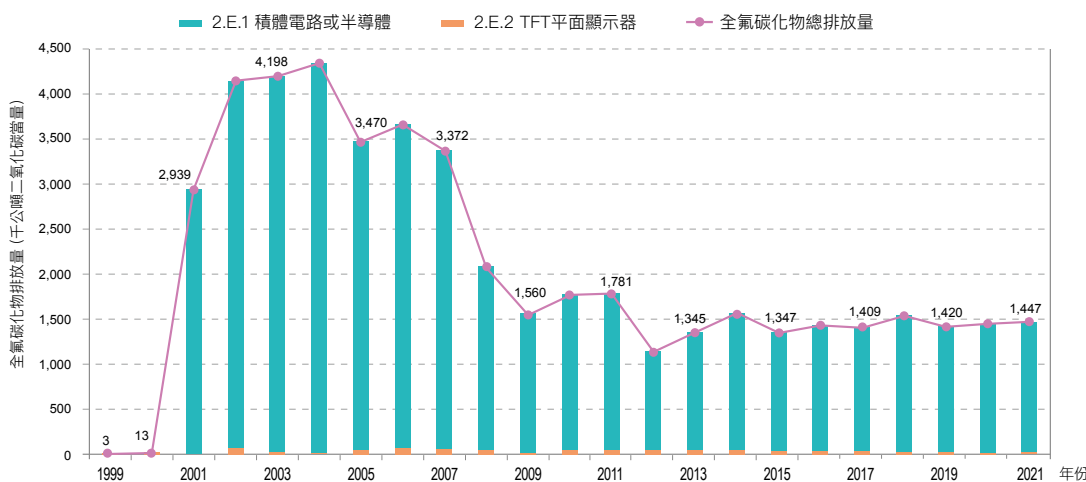
TSIA) 配合政府推動自願減量，包括半導體業、光電等產業導入安裝尾氣處理設施，同時以量測程序進行製程改善，使得全氟碳化物排放量逐年下降。

### 2.2.6 六氟化硫

2021 年我國六氟化硫排放量為 857 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.29%，2021 年較 2020 年增加 1.86%，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 5,193 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 83.49%。

### 2.2.7 三氟化氮

2021 年我國三氟化氮排放量為 594 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.20%，2021 年較 2020 年增加 5.35%，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



備註：

1.2.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。

2.2.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 2021 年全氟碳化物排放量趨勢

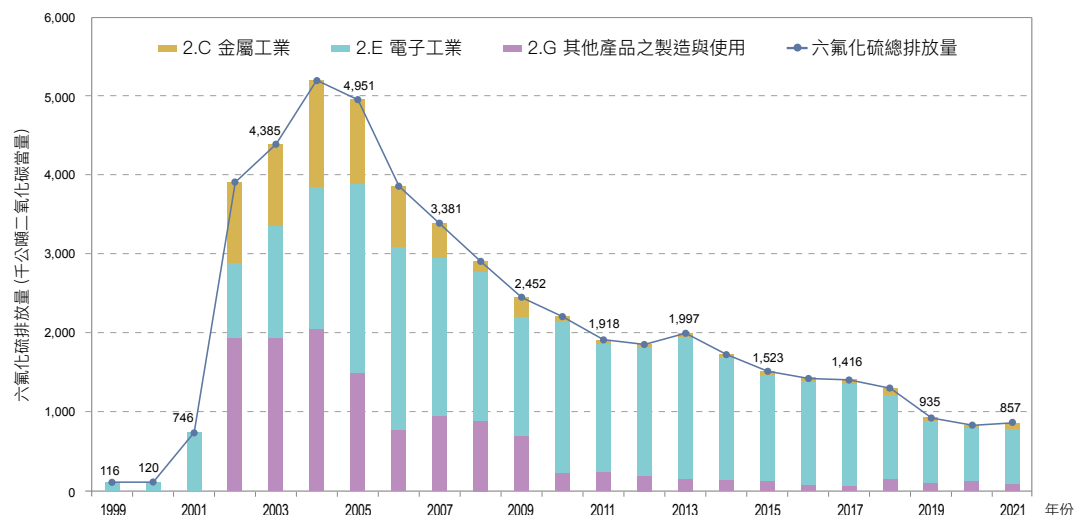
表 2.2.5 1990 年至 2021 年全氟碳化物排放量

(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	3	13
2.E.1 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.2TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
<b>全氟碳化物總排放量</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
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	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
2.E.1 積體電路或半導體	2,933	4,077	4,173	4,327	3,427	3,594	3,316	2,040	1,526	1,722	1,734
2.E.2TFT 平面顯示器	6	65	25	14	43	69	56	42	34	49	47
<b>全氟碳化物總排放量</b>	<b>2,939</b>	<b>4,143</b>	<b>4,198</b>	<b>4,341</b>	<b>3,470</b>	<b>3,664</b>	<b>3,372</b>	<b>2,082</b>	<b>1,560</b>	<b>1,770</b>	<b>1,781</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.E 電子工業	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
2.E.1 積體電路或半導體	1,091	1,299	1,513	1,316	1,405	1,373	1,508	1,390	1,430	1,450	
2.E.2TFT 平面顯示器	50	46	42	31	35	36	27	30	17	22	
<b>全氟碳化物總排放量</b>	<b>1,141</b>	<b>1,345</b>	<b>1,556</b>	<b>1,347</b>	<b>1,441</b>	<b>1,409</b>	<b>1,536</b>	<b>1,420</b>	<b>1,447</b>	<b>1,472</b>	

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。





備註：

- 1.2.C 金屬工業於1990年至2001年未調查估計六氟化硫排放量。
- 2.2.E 電子工業於1990年至1998年未調查估計六氟化硫排放量。
- 3.2.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。

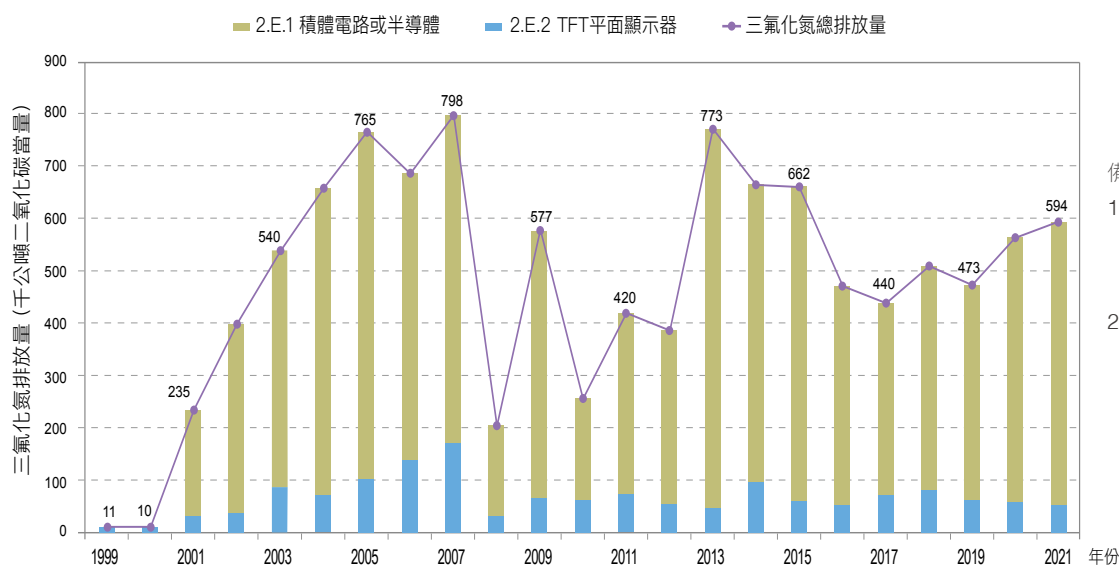
圖 2.2.6 1999 年至 2021 年六氟化硫排放量趨勢

表 2.2.6 1990 年至 2021 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	NE	116 120
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	116	120
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	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
2.E 電子工業	746	944	1,415	1,783	2,384	2,318	1,988	1,872	1,514	1,923	1,615
2.G 其他產品之製造與使用	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
六氟化硫總排放量	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.C 金屬工業	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	
2.E 電子工業	1,628	1,800	1,552	1,351	1,295	1,278	1,072	781	672	695	
2.G 其他產品之製造與使用	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	
六氟化硫總排放量	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。



備註：

- 1.2.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。
- 2.2.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。

圖 2.2.7 1999 年至 2021 年三氟化氮排放量趨勢

表 2.2.7 1990 年至 2021 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	NE	11	10
2.E.1 積體電路或半導體	NE	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	NE	11	10
<b>三氟化氮總排放量</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>11</b>	<b>10</b>
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	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420	
2.E.1 積體電路或半導體	202	359	455	587	661	550	628	174	512	195	344	
2.E.2 TFT 平面顯示器	33	39	86	72	104	139	170	30	66	63	76	
<b>三氟化氮總排放量</b>	<b>235</b>	<b>398</b>	<b>540</b>	<b>659</b>	<b>765</b>	<b>688</b>	<b>798</b>	<b>204</b>	<b>577</b>	<b>258</b>	<b>420</b>	
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
2.E 電子工業	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594		
2.E.1 積體電路或半導體	333	726	570	601	419	367	427	412	505	538		
2.E.2 TFT 平面顯示器	55	47	97	61	53	73	83	62	58	55		
<b>三氟化氮總排放量</b>	<b>388</b>	<b>773</b>	<b>667</b>	<b>662</b>	<b>472</b>	<b>440</b>	<b>509</b>	<b>473</b>	<b>564</b>	<b>594</b>		

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

因全球經濟面臨衰退，導致其排放量自 2007 年 798 千公噸二氧化碳當量，大幅下降自 2008 年 204 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 398 千公噸二氧化碳當量上升至 2013 年 773 千公噸二氧化碳當量，2014 年後逐年微幅下降。

### 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，2021 年溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)，能源部門為 268,940 千公噸二氧化碳當量，占我國溫室氣體總排放量的 90.55%，工業製程及產品使用部門為 22,156 千公噸二氧化碳當量，占 7.46%，農業部門為 3,231 千公噸二氧化碳當量，占 1.09%，廢棄物部門為 2,679 千公噸二氧化碳當量，占 0.90%。2021 年土地利用、土地利用變

化及林業部門之移除量則為 21,850 千公噸二氧化碳當量，占總排放量 7.36%。1990 年至 2021 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、2012 年以及 2018 年至 2020 年間逐年下降，2021 年較 2020 年增加 3.71%，詳如表 2.3.2 和圖 2.3.2 所示。2021 年能源部門之溫室氣體總排放為 268,940 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 90.55%，以 1.A「燃料燃燒」為 268,649 千公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體之大宗，約 99.89%，1.B「燃料逸散性排放」為 291 千公噸二氧化碳當

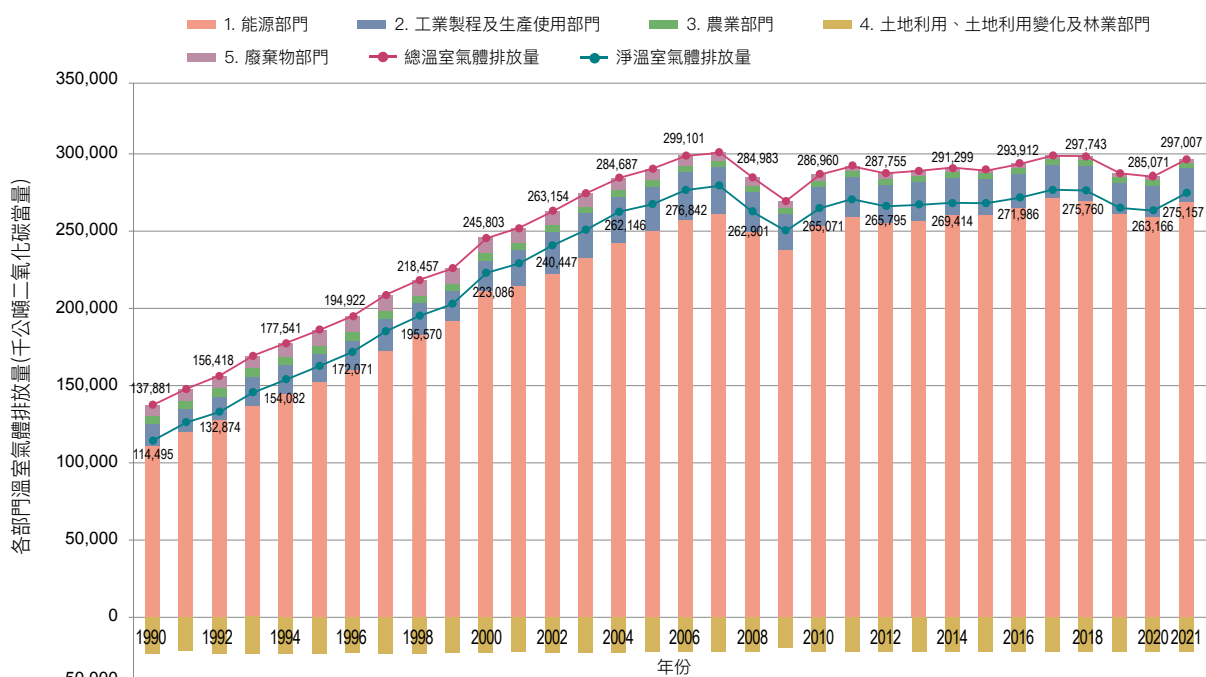


圖 2.3.1 1990 年至 2021 年各部門溫室氣體排放量趨勢



表 2.3.1 1990 年至 2021 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	110,532	119,527	127,208	136,421	144,371	152,121	159,923	172,215	182,970	191,975	210,747
2. 工業製程及產品使用部門	14,728	15,366	16,257	19,471	19,007	18,685	19,336	21,346	20,886	19,241	20,488
3. 農業部門	5,049	5,294	5,134	5,164	5,144	5,220	5,263	4,605	4,231	4,300	4,520
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	7,573	7,709	7,818	8,214	9,018	10,009	10,399	10,245	10,370	10,493	10,047
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	114,495	126,406	132,874	145,723	154,082	162,696	172,071	185,351	195,570	203,245	223,086
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	137,881	147,896	156,418	169,269	177,541	186,035	194,922	208,411	218,457	226,009	245,803
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	214,604	222,262	232,423	241,818	249,855	257,255	261,138	249,380	237,676	253,588	259,018
2. 工業製程及產品使用部門	23,456	27,509	29,516	30,864	29,398	31,019	30,241	26,190	23,557	25,296	25,977
3. 農業部門	4,320	4,188	3,943	3,980	3,968	3,964	3,842	3,698	3,677	3,653	3,625
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	9,606	9,195	8,538	8,026	7,329	6,862	6,443	5,715	4,868	4,423	3,986
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	230,137	240,447	251,795	262,146	268,261	276,842	279,590	262,901	250,389	265,071	270,658
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	251,986	263,154	274,419	284,687	290,551	299,101	301,663	284,983	269,777	286,960	292,605
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1. 能源部門	255,075	255,987	260,413	260,428	264,977	271,475	269,186	260,764	259,331	268,940	
2. 工業製程及產品使用部門	25,397	26,346	24,287	23,379	22,710	21,882	22,473	20,732	19,794	22,156	
3. 農業部門	3,628	3,538	3,475	3,422	3,422	3,367	3,346	3,299	3,343	3,231	
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	
5. 廢棄物部門	3,655	3,325	3,125	2,886	2,804	2,734	2,738	2,693	2,603	2,679	
淨溫室氣體排放量 (包括 LULUCF)	265,795	267,222	269,414	268,215	271,986	277,497	275,760	265,571	263,166	275,157	
總溫室氣體排放量 (不包括 LULUCF)	287,755	289,196	291,299	290,115	293,912	299,458	297,743	287,488	285,071	297,007	

表 2.3.2 1990 年至 2021 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	209,122
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.2 製造業與營造業	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
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	10,922
甲烷總排放量	530	506	497	511	526	533	520	514	535	561	574
1.A.1 能源產業	26	29	28	32	35	40	41	46	50	58	66
1.A.2 製造業與營造業	46	48	52	51	52	54	56	58	59	63	69
1.A.3 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270
1.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29
1.B.1 固體燃料	162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.2 石油及天然氣	115	98	88	87	97	103	103	104	115	113	111
氧化亞氮總排放量	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A.1 能源產業	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
能源部門總排放量	110,532	119,527	127,208	136,421	144,371	152,121	159,923	172,215	182,970	191,975	210,747

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	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A.1 能源產業	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.2 製造業與營造業	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.3 運輸	33,246	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	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
甲烷總排放量	565	584	629	661	631	625	622	604	597	631	654
1.A.1 能源產業	70	69	78	81	84	88	90	88	81	86	86
1.A.2 製造業與營造業	71	74	73	75	75	78	77	71	67	74	79
1.A.3 運輸	272	278	287	295	303	298	289	275	281	284	287
1.A.4 其他部門	30	30	32	33	33	29	27	28	27	26	25
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	122	132	159	176	137	133	138	142	141	161	176
氧化亞氮總排放量	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A.1 能源產業	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.2 製造業與營造業	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.3 運輸	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.4 其他部門	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
能源部門總排放量	214,604	222,262	232,423	241,818	249,855	257,255	261,138	249,380	237,676	253,588	259,018
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
二氧化碳總排放量	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991	
1.A.1 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455	
1.A.2 製造業與營造業	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334	
1.A.3 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917	
1.A.4 其他部門	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285	
甲烷總排放量	663	676	686	710	730	738	721	717	731	735	
1.A.1 能源產業	86	85	88	91	92	94	94	90	89	92	
1.A.2 製造業與營造業	76	78	74	74	74	69	59	58	57	59	
1.A.3 運輸	283	284	285	292	301	295	286	287	290	269	
1.A.4 其他部門	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2 石油及天然氣	193	205	214	228	239	255	258	258	270	291	
氧化亞氮總排放量	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A.1 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.2 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.3 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.4 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
能源部門總排放量	255,075	255,987	260,413	260,428	264,977	271,475	269,186	260,764	259,331	268,940	

說明：NO（未發生）該排放源無生產或使用，我國煤炭自 2001 年起停產。

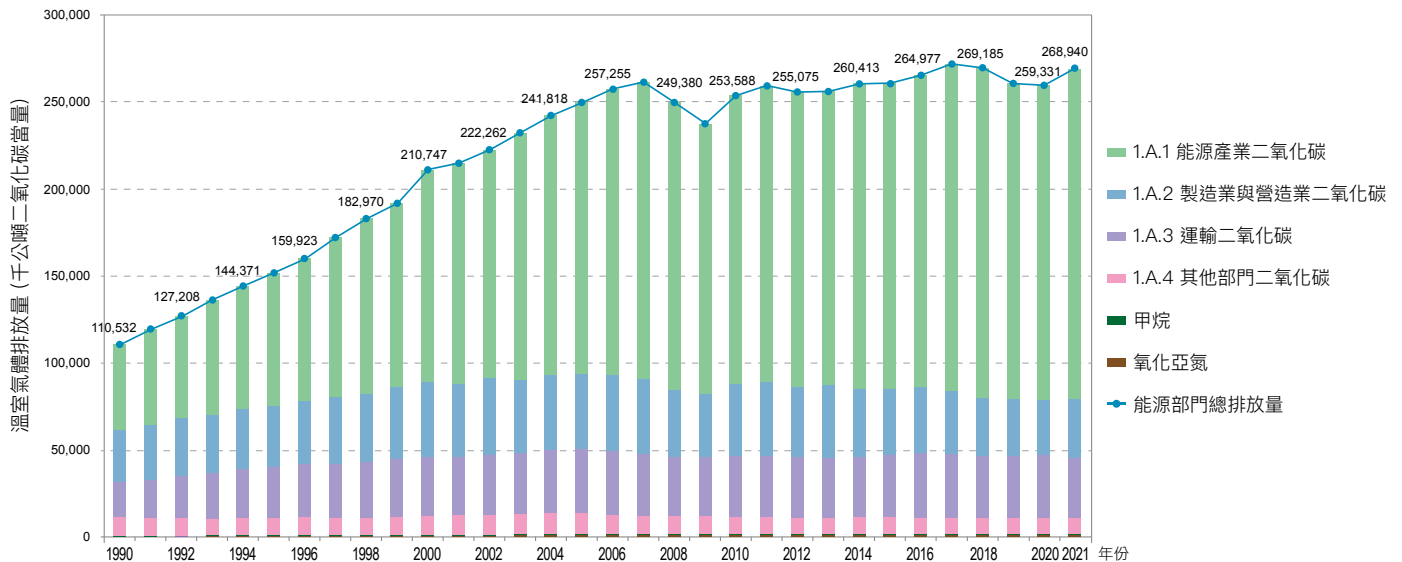


圖 2.3.2 1990 年至 2021 年能源部門溫室氣體排放量趨勢



量，占 0.11%。其中，1.A.1「能源產業」為 190,160 公噸二氧化碳當量，占能源部門溫室氣體排放量 70.71%，1.A.2「製造業與營造業」為 34,495 千公噸二氧化碳當量（占 12.83%），1.A.3「運輸」為 34,673 千公噸二氧化碳當量（占 12.89%），1.A.4「其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧業）」為 9,320 千公噸二氧化碳當量（占 3.47%），1.B.2「石油及天然氣」為 291 千公噸二氧化碳當量（占 0.11%）。2005 至 2021 年間，能源部門之成長率為 7.64%，年平均成長率為 0.46%，其中 1.A.1「能源產業」溫室氣體排放量增加 21.11%，年平均成長率為 1.20%；1.A.2「製造業與營造

業」減少 19.57%，年平均負成長率為 1.35%；1.A.3「運輸」減少 7.97%，年平均負成長率為 0.52%；1.A.4「其他部門」減少 23.22%，年平均負成長率為 1.64%；1.B.2「石油及天然氣」增加 113.24%，年平均成長率為 4.85%。

### 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 2006 年 31,019 千公噸二氧化碳當量，

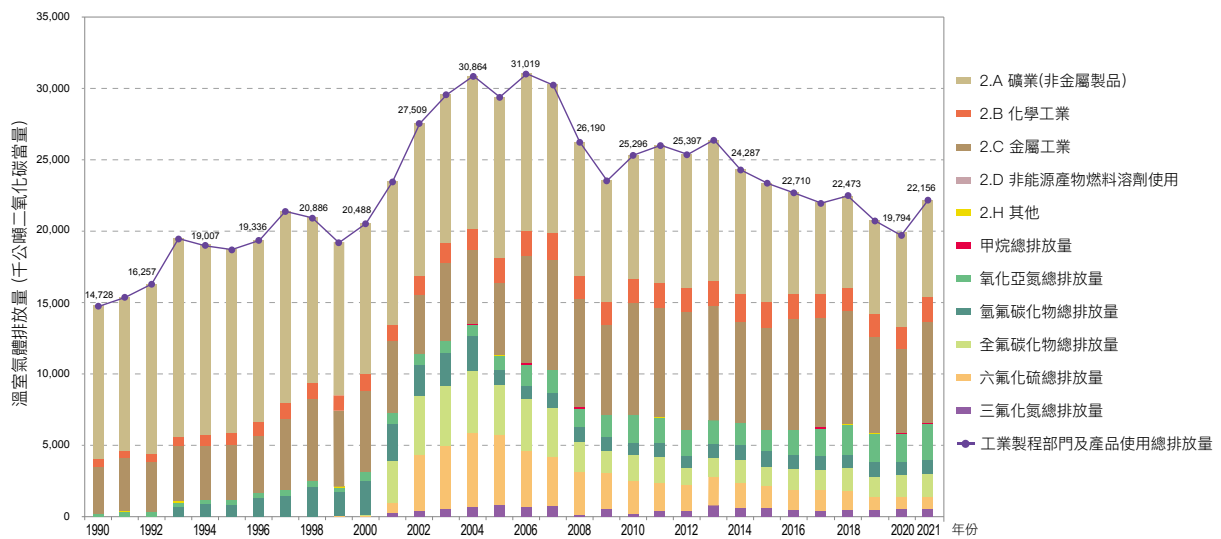


圖 2.3.3 1990 年至 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.3 1990 年至 2021 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
<b>二氧化碳總排放量</b>	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
<b>甲烷總排放量</b>	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14
2.B 化學工業	5	5	5	6	7	9	10	11	9	11	13
2.C 金屬工業	0.2	1.8	1.4	1.1	0.9	1.2	1.1	1.2	1.1	0.4	0.2
<b>氧化亞氮總排放量</b>	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	343	374	383	312	625
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
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13
<b>六氟化硫總排放量</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
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	116	120
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	14,728	15,366	16,257	19,471	19,007	18,685	19,336	21,346	20,886	19,241	20,488

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
<b>二氧化碳總排放量</b>	16,186	16,075	17,141	17,358	18,094	20,299	19,967	18,558	16,428	18,178	18,985
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	1,623	1,750	1,768
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
<b>甲烷總排放量</b>	18	19	22	28	18	22	28	27	21	23	15
2.B 化學工業	18	19	22	28	18	18	23	22	18	18	15
2.C 金屬工業	0.1	0.2	0.2	NO	NO	4.3	4.3	5.0	3.4	5.5	0.01
<b>氧化亞氮總排放量</b>	714	744	833	834	1,002	1,474	1,573	1,332	1,500	1,877	1,805
2.B 化學工業	714	743	831	834	960	969	996	784	1,006	1,170	1,195
2.C 金屬工業	NO	0.4	1.7	NO	NO	94	95	90	76	119	NO
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	42	411	481	458	417	588	611
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	2,619	2,216	2,397	2,451	1,098	1,015	1,122	1,074	1,018	971	1,053
2.B 化學工業	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E 電子工業	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201	172
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	2,939	4,143	4,198	4,341	3,470	3,664	3,372	2,082	1,560	1,770	1,781
<b>六氟化硫總排放量</b>	746	3,914	4,385	5,193	4,951	3,858	3,381	2,912	2,452	2,218	1,918
2.C 金屬工業	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
2.E 電子工業	746	944	1,415	1,783	2,384	2,318	1,988	1,872	1,514	1,923	1,615
2.G 其他產品之製造與使用	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
<b>三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)</b>	235	398	540	659	765	688	798	204	577	258	420
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	<b>23,456</b>	<b>27,509</b>	<b>29,516</b>	<b>30,864</b>	<b>29,398</b>	<b>31,019</b>	<b>30,241</b>	<b>26,190</b>	<b>23,557</b>	<b>25,296</b>	<b>25,977</b>
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
<b>二氧化碳總排放量</b>	19,369	19,605	17,704	17,251	16,583	15,625	16,019	14,890	13,942	15,597	
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	6,504	6,762	
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	
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	
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	
2.H 其他	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	
<b>甲烷總排放量</b>	23	25	26	26	27	24	27	26	25	26	
2.B 化學工業	23	25	26	26	26	24	27	26	25	26	
2.C 金屬工業	0.06	0.1	0.2	0.2	0.2	NO	0.01	0.01	0.0001	NO	
<b>氧化亞氮總排放量</b>	1,717	1,582	1,557	1,550	1,744	1,944	2,067	1,961	1,922	2,505	
2.B 化學工業	1,016	780	728	691	961	1,114	1,110	931	608	1,184	
2.C 金屬工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	701	802	829	860	783	830	957	1,030	1,314	1,320	
<b>氫氟碳化物總排放量</b>	907	1,019	1,048	1,020	1,026	1,023	1,013	1,027	1,053	1,106	
2.B 化學工業	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	124	207	220	170	191	202	201	181	192	186	
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	783	812	828	851	835	821	811	846	861	920	
<b>全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)</b>	1,141	1,345	1,556	1,347	1,441	1,409	1,536	1,420	1,447	1,472	
<b>六氟化硫總排放量</b>	1,852	1,997	1,730	1,523	1,418	1,416	1,302	935	842	857	
2.C 金屬工業	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	
2.E 電子工業	1,628	1,800	1,552	1,351	1,295	1,278	1,072	781	672	695	
2.G 其他產品之製造與使用	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	
<b>三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)</b>	388	773	667	662	472	440	509	473	564	594	
<b>工業製程及產品使用部門總排放量</b>	<b>25,397</b>	<b>26,346</b>	<b>24,287</b>	<b>23,379</b>	<b>22,710</b>	<b>21,882</b>	<b>22,473</b>	<b>20,732</b>	<b>19,794</b>	<b>22,156</b>	

說明：1.NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

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。

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 7.46%，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

2021 年較 2020 年排放量增加 11.93%。2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體總排放量 22,156 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 7.46%，其中 2.C 「金屬工業」占工業製程部門溫室氣體排放的 32.28%，所占比例最大，其次為 2.A 「礦業 (非金屬製品)」占 30.52%、2.E 「電子工業」占 19.26%、2.B 「化學工業」占 13.27%、2.F 「破壞臭氧層物質之替代品使用」占 4.15%、2.G 「其他產



品之製造與使用」占 0.45%、2.H「其他」占 0.07% 以及 2.D「燃料及溶劑使用的非能源產品」占 0.0000003%。2005 至 2021 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，

2021 年的 3,231 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 1.09%，與 2005 年相比較減少約 18.56%，年平均負成長率為 1.28%，較 2020 年微幅減少 3.32%，詳如圖 2.3.4 和表 2.3.4 所示。2021 年排放以 3.D「農業土壤」排放占 36.37%，3.B「畜禽糞尿處理」占 27.78%，3.C「水稻種植」占 16.62%，3.A「畜禽腸胃發酵」占 18.36%，3.H「尿素使用」排放占 0.82% 及 3.F「農作物殘體燃燒」排放占 0.04%。

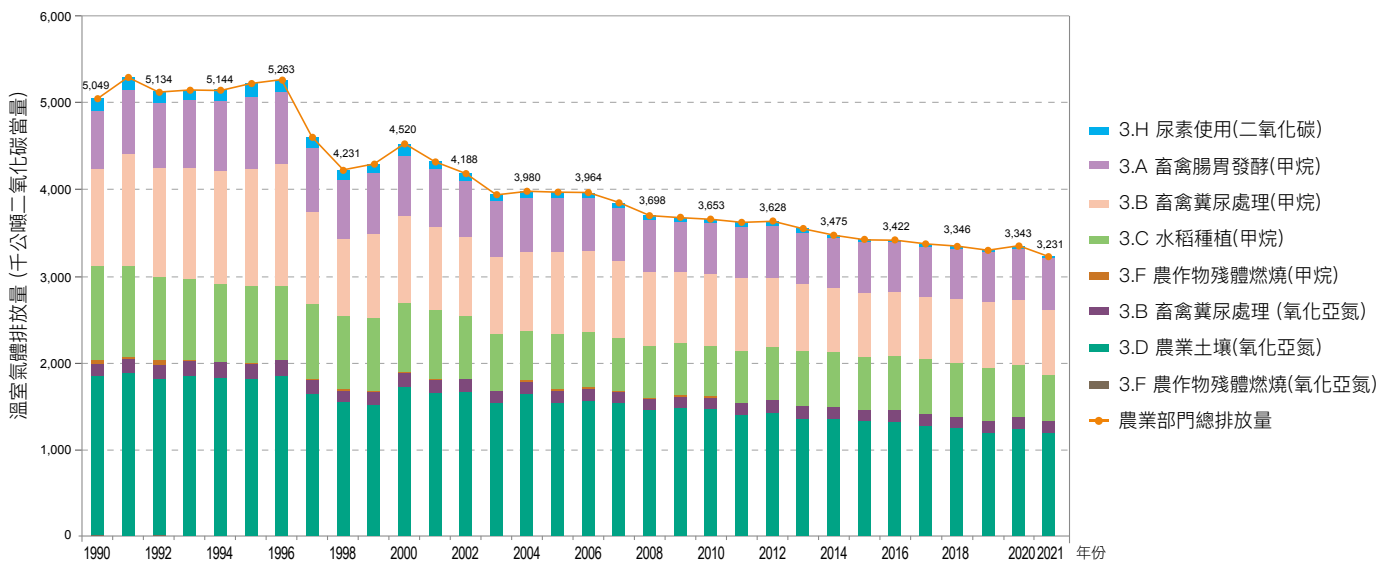


圖 2.3.4 1990 年至 2021 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.4 1990 年至 2021 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 尿素使用)	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131
甲烷總排放量	2,914	3,100	3,018	3,025	3,012	3,079	3,085	2,672	2,421	2,517	2,511
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692
3.B 畜禽糞尿處理	1,112	1,304	1,266	1,282	1,312	1,371	1,398	1,062	884	971	1,003
3.C 水稻種植	1,094	1,040	968	946	891	879	858	871	858	845	802
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14
氧化亞氮總排放量	1,994	2,048	1,977	2,008	1,997	1,990	2,028	1,800	1,683	1,664	1,878
3.B 畜禽糞尿處理	145	164	163	165	173	180	188	160	145	154	158
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,799	1,836	1,818	1,808	1,838	1,637	1,536	1,508	1,717
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4
農業部門總排放量	5,049	5,294	5,134	5,164	5,144	5,220	5,263	4,605	4,231	4,300	4,520
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 尿素使用)	94	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53
甲烷總排放量	2,425	2,290	2,188	2,110	2,228	2,197	2,116	2,056	2,006	2,003	2,034
3.A 畜禽腸胃發酵	660	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590
3.B 畜禽糞尿處理	959	913	909	915	957	945	888	861	825	831	843
3.C 水稻種植	792	729	644	574	640	630	616	604	605	589	596
3.F 農作物殘體燃燒	15	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5
氧化亞氮總排放量	1,800	1,805	1,672	1,787	1,678	1,708	1,668	1,585	1,615	1,596	1,538
3.B 畜禽糞尿處理	152	147	148	147	153	153	146	145	141	141	142
3.D 農業土壤	1,644	1,654	1,522	1,638	1,523	1,552	1,521	1,439	1,473	1,454	1,394
3.F 農作物殘體燃燒	5	4	3	2	2	2.6	1.4	1.9	1.6	1.6	1.7
農業部門總排放量	4,320	4,188	3,943	3,980	3,968	3,964	3,842	3,698	3,677	3,653	3,625

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
二氧化碳總排放量 (3.H 尿素使用)	55	45	40	38	34	31	30	29	29	27
甲烷總排放量	2,010	1,997	1,947	1,927	1,933	1,932	1,932	1,942	1,938	1,883
3.A 畜禽腸胃發酵	583	579	566	573	561	564	572	575	580	593
3.B 畜禽糞尿處理	807	781	750	744	740	738	743	754	755	752
3.C 水稻種植	614	634	626	605	629	626	615	611	602	537
3.F 農作物殘體燃燒	5	3	4	5	3	3	2	2	1	1
氧化亞氮總排放量	1,563	1,495	1,488	1,457	1,455	1,404	1,384	1,328	1,375	1,322
3.B 畜禽糞尿處理	139	137	136	136	138	139	141	145	146	146
3.D 農業土壤	1,422	1,357	1,351	1,320	1,316	1,264	1,242	1,182	1,229	1,175
3.F 農作物殘體燃燒	1.7	1.0	1.1	1.4	1.0	1.1	0.8	0.8	0.4	0.3
農業部門總排放量	3,628	3,538	3,475	3,422	3,422	3,367	3,346	3,299	3,343	3,231

### 2.3.4 土地利用、土地利用變化及林業部門

土地利用與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 2021 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。2021 年土地利用與林業部門溫室氣體之移除量為 21,850 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 0.25%，2005 至 2021 年碳移除量減少約 1.97%，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，2021 年排放量為 2,679 千公噸二氧化碳當量，約占我國溫室氣體總排放量的 0.90%，2021 年排放量較 2020 年增加 2.92%，與 2005 年相比較減少約 63.44%，年平均負成長率為 6.10%。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。2021 年廢棄物部門排放中，以 5.D 「廢水處理與放流」占 58.84% 最大，其次為 5.A 「固體廢棄物處理」占 20.30%，其餘為 5.C 「廢棄物之焚化與露天燃燒」占 18.99% 及 5.B 「廢棄物生物處理」占 1.87%。

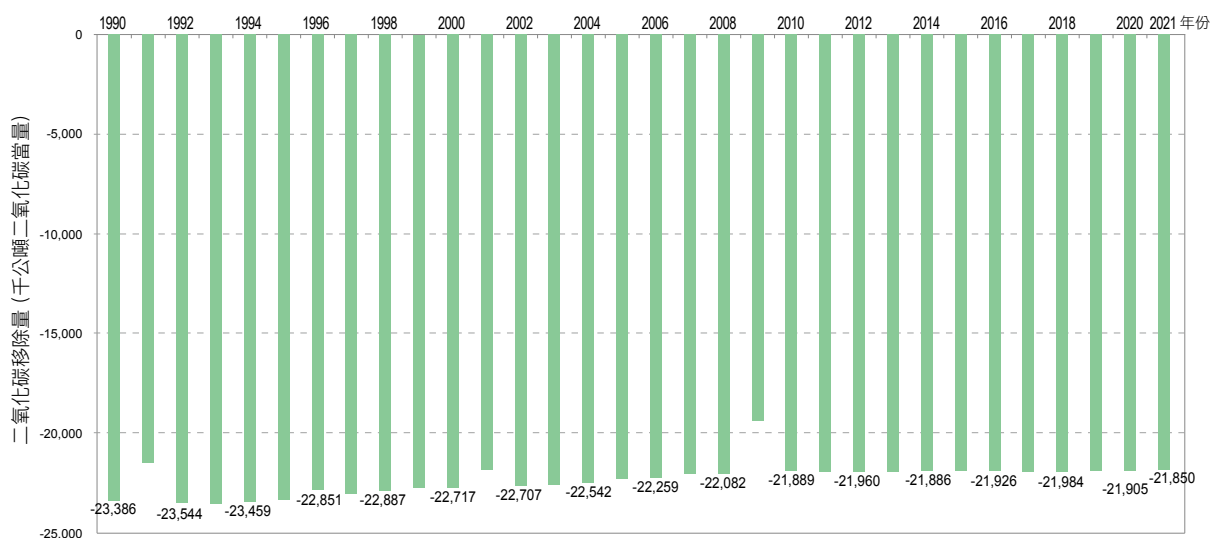


圖 2.3.5 1990 年至 2021 年土地利用、土地利用變化及林業部門碳移除量趨勢





表 2.3.5 1990 年至 2021 年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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{L}}$ )	607.25	2,503 <sup>1</sup>	333	216	190	202	559	266	326	401	389
	生物量總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )	-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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-91	-91	-136	-182	-230	-285	-315	-392	-440	-553	-656
林業部門總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )		-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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{L}}$ )	1,112 <sup>2</sup>	167	227	243	369	251	308	199	2,753 <sup>3</sup>	218	140
	生物量總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )	-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 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-673	-747	-886	-981	-1,016	-1,029	-1,062	-1,123	-1,145	-1,218	-1,181
林業部門總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )		-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	
4.A.1 林地維持林地	生物量碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-20,932	-20,970	-21,004	-21,040	-21,068	-21,105	-21,148	-21,202	-21,271	-21,318	
	生物量碳排放量 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{L}}$ )	145	135	197	189	153	107	83	116	90	121	
	生物量總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )	-20,787	-20,834	-20,807	-20,851	-20,915	-20,998	-21,065	-21,086	-21,181	-21,197	
4.A.2 其他土地轉變為 林地	生物量碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_{2\text{G}}$ )	-1,173	-1,139	-1,079	-1,049	-1,011	-963	-918	-831	-724	-654	
林業部門總碳移除量 ( $\Delta \text{CO}_2$ )		-21,960	-21,974	-21,886	-21,900	-21,926	-21,961	-21,984	-21,917	-21,905	-21,850	

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 1,348,998.61m<sup>3</sup>，損失材積 1,348,992.06 m<sup>3</sup>。

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。

4. 我國土地利用、土地利用變化及林業部門目前僅有林業部門統計資料，僅先列出林業部門碳移除量變化。

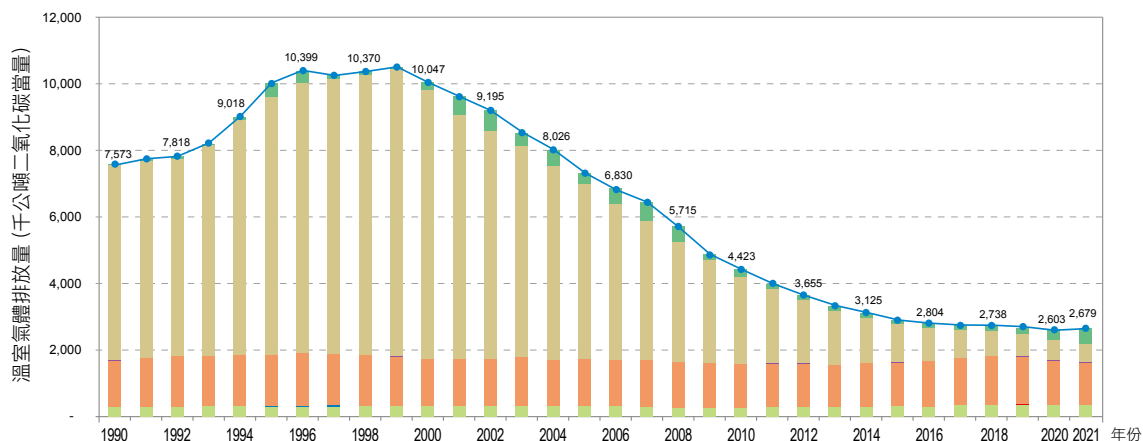
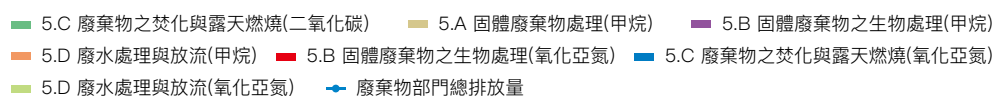


圖 2.3.6 1990 年至 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.6 1990 年至 2021 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 (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259
甲烷總排放量	7,257	7,416	7,455	7,839	8,595	9,277	9,675	9,803	9,933	10,098	9,457
5.A 固體廢棄物處理	5,833	5,919	5,930	6,325	7,063	7,721	8,082	8,215	8,376	8,608	8,030
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	0.5	0.8	0.5	0.1	0.6	0.3	1.4	0.05	1.9	0.3
5.D 廢水處理與放流	1,412	1,497	1,525	1,514	1,532	1,555	1,593	1,587	1,557	1,488	1,427
氧化亞氮總排放量	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0.5	0.7	0.4	0.1	0.6	0.2	1.3	0.05	1.7	0.2
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1.1	0.4	4	3	6	18	19	4	6	3	8
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315	324	322
廢棄物部門總排放量	7,573	7,709	7,818	8,214	9,018	10,009	10,399	10,245	10,370	10,493	10,047
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 (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	540	612	418	512	348	470	562	443	154	208	149
甲烷總排放量	8,726	8,235	7,767	7,171	6,631	6,042	5,553	4,972	4,420	3,913	3,523
5.A 固體廢棄物處理	7,311	6,830	6,322	5,777	5,231	4,666	4,144	3,608	3,072	2,601	2,226
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.4	2	7	10	11	14	16	18	21	26
5.D 廢水處理與放流	1,416	1,404	1,443	1,387	1,391	1,365	1,395	1,348	1,330	1,290	1,271
氧化亞氮總排放量	340	348	353	343	350	350	328	300	295	302	314
5.B 固體廢棄物之生物處理	0.02	0.3	2	6	9	10	13	15	16	19	23
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	30	26	24	23	27	30	30	21	9	11	9
5.D 廢水處理與放流	310	321	327	314	314	310	285	265	270	273	282
廢棄物部門總排放量	9,606	9,195	8,538	8,026	7,329	6,862	6,443	5,715	4,868	4,423	3,986
溫室氣體排放源和吸收匯	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
二氧化碳總排放量 (5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒)	149	153	146	103	132	129	159	214	297	499	
甲烷總排放量	3,194	2,849	2,647	2,442	2,342	2,228	2,211	2,091	1,925	1,808	
5.A 固體廢棄物處理	1,890	1,598	1,351	1,141	970	835	723	645	596	544	
5.B 固體廢棄物之生物處理	24	23	20	20	20	20	23	25	26	26	
5.D 廢水處理與放流	1,279	1,228	1,275	1,281	1,352	1,373	1,465	1,421	1,303	1,238	
氧化亞氮總排放量	313	323	332	342	330	377	368	388	382	372	
5.B 固體廢棄物之生物處理	22	20	18	18	18	18	21	22	23	24	
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	9	9	9	6	7	7	7	8	9	10	
5.D 廢水處理與放流	282	294	305	318	306	352	340	358	349	339	
廢棄物部門總排放量	3,655	3,325	3,125	2,886	2,804	2,734	2,738	2,693	2,603	2,679	

# 第三章

## 能源部門 (CRF 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 (CRF 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性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 2021 年而言，其占初級能源供給的比例為 0.08%，逸散性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 3.1.1，2021 年能源部門溫室氣體排放總量為 268,940 千公噸二氧化碳當量，排放量相較 1990 年成長 143.31%，年均成長 2.87%；其中，燃料燃燒、燃料逸散排放量分別為 268,649 千公噸二氧化碳當量、291 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%。

### 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 2006 IPCC 指南 Tier 1 方法，使用我國能源平衡表與 IPCC 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 2021 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 2021 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) 燃料燃燒二氧化碳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；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；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 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：

#### 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)

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
<b>1.A. 燃料燃燒</b>						
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
<b>1.B. 燃料逸散</b>						
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. T1(IPCC Tier1)；T3(IPCC Tier3)；D(IPCC default)；NE(未調查估計該分類項目)；灰底(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 T1 方法統計，自 2005 年起則改引用溫室氣體盤查報告書資料，即以 T3 方法進行統計。

表 3.1.2 1990 年至 2021 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	110,532	119,527	127,208	136,421	144,371	152,121	159,923	172,215	182,970	191,975	210,747
	不確定性 (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)		110,255	119,291	127,005	136,221	144,176	151,937	159,769	172,076	182,829	191,830	210,608
1.A.1 能源產業		49,287	55,312	58,740	66,201	71,029	76,681	81,566	91,752	100,796	106,202	121,636
1.A.2 製造業與營造業		30,259	32,106	33,541	33,770	34,747	35,929	36,956	39,257	39,496	41,500	44,053
1.A.3 運輸		20,089	21,361	24,573	26,687	28,158	29,468	30,469	31,219	32,557	33,507	33,953
1.A.4 其他部門		10,619	10,512	10,151	9,563	10,243	9,860	10,778	9,848	9,979	10,621	10,966
1.A.4.a. 服務業		3,641	3,549	3,006	2,503	3,034	2,458	3,192	2,495	2,962	3,145	3,222
1.A.4.b. 住宅		4,015	4,248	4,457	4,370	4,472	4,609	4,766	4,863	4,964	5,424	5,368
1.A.4.c. 農林漁牧		2,963	2,715	2,688	2,690	2,737	2,793	2,821	2,490	2,053	2,052	2,375
1.A.5 其他		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.B. 燃料逸散		277	237	203	200	195	184	154	138	142	145	139
1.B.1 固體燃料		162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.2 石油和天然氣		115	98	88	87	97	103	103	104	115	113	111
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	214,604	222,262	232,423	241,818	249,855	257,255	261,138	249,380	237,676	253,588	259,018
	不確定性 (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)		214,482	222,130	232,264	241,642	249,719	257,123	261,000	249,238	237,535	253,426	258,842
1.A.1 能源產業		126,670	131,012	142,345	149,313	157,019	164,315	170,859	165,136	155,841	166,211	170,578
1.A.2 製造業與營造業		42,600	44,704	42,773	43,380	42,886	44,217	43,514	39,305	36,889	41,569	42,520
1.A.3 運輸		33,993	35,316	35,290	36,667	37,676	37,596	36,216	33,969	34,302	35,434	35,899
1.A.4 其他部門		11,219	11,097	11,855	12,281	12,138	10,996	10,411	10,828	10,504	10,213	9,845
1.A.4.a. 服務業		3,556	3,505	3,973	4,141	4,248	4,294	4,254	4,247	4,285	4,224	3,917
1.A.4.b. 住宅		5,194	5,120	5,055	5,146	5,248	5,046	5,060	5,029	5,043	4,870	4,799
1.A.4.c. 農林漁牧		2,469	2,473	2,828	2,994	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		122	132	159	176	137	133	138	142	141	161	176
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		122	132	159	176	137	133	138	142	141	161	176
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	
1. 能源部門	排放量	255,075	255,987	260,413	260,428	264,977	271,475	269,186	260,764	259,331	268,940	
	不確定性 (%)	-	-	-	-	-	-	3.29	3.16	3.04	3.04	
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)		254,882	255,782	260,199	260,200	264,737	271,221	268,927	260,506	259,061	268,649	
1.A.1 能源產業		169,022	168,951	175,867	175,875	179,255	187,850	189,938	182,030	181,188	190,160	
1.A.2 製造業與營造業		41,195	42,236	39,161	38,279	38,501	36,933	33,641	32,885	31,877	34,496	
1.A.3 運輸		35,062	34,986	35,452	36,311	37,411	37,017	36,003	36,238	36,530	34,673	
1.A.4 其他部門		9,604	9,608	9,719	9,736	9,570	9,420	9,345	9,353	9,466	9,320	
1.A.4.a. 服務業		3,653	3,831	3,947	3,961	3,737	3,797	3,333	3,352	3,516	3,485	
1.A.4.b. 住宅		4,684	4,496	4,422	4,480	4,549	4,413	4,491	4,478	4,617	4,513	
1.A.4.c. 農林漁牧		1,267	1,281	1,351	1,295	1,284	1,210	1,521	1,523	1,333	1,323	
1.A.5 其他		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
1.B. 燃料逸散		193	205	214	228	239	255	258	258	270	291	
1.B.1 固體燃料		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2 石油和天然氣		193	205	214	228	239	255	258	258	270	291	
1.B.3 來自能源產品之其他排放		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	

備註：1. 能源部門歷年皆依能源平衡表資料進行排放量計算，並配合環保署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，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；  
 3. NE，代表未調查估計該分類項目。



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。	
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。	二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮
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。	
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。	二氧化碳、 甲烷、氧化 亞氮
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。	
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 4103,42,6,7,19,72,8, 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

**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用 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 + 農林漁牧燃料燃燒排放量 + 服務業燃料燃燒排放量 + 住宅燃料燃燒排放量

**(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行政院環境保護署統計進行類別分攤，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保署公告係數，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 2007 年 IPCC 出版之「第四次評估報告」，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局出版統計刊物之「能源產品單位熱值表」；一般廢棄物熱值係依據行政院環境保



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	(kgCO <sub>2</sub> /TJ)	(1.0 = 100%)	(kgCH <sub>4</sub> /TJ)	(kgN <sub>2</sub> O/TJ)
<b>固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)</b>				
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
<b>液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total)</b>				
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
<b>氣體 (天然氣 Natural Gas)</b>				
(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
<b>廢棄物</b>				
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：美國環保署 (2013), Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C。



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	(kgCO <sub>2</sub> /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg N <sub>2</sub> O/TJ)
<b>固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)</b>				
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
<b>液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total)</b>				
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
<b>氣體 (天然氣 Natural Gas)</b>				
(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
<b>廢棄物</b>				
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：美國環保署 (2013), Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C。



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	(kgCO <sub>2</sub> /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg N <sub>2</sub> O/TJ)
<b>固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)</b>				
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
<b>液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total)</b>				
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
<b>氣體 (天然氣 Natural Gas)</b>				
(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
<b>廢棄物</b>				
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：美國環保署 (2013), Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C。

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	(kgCO <sub>2</sub> /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg N <sub>2</sub> 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：美國環保署 (2013), Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance · US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C–2 to Subpart C。



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	(kgCO <sub>2</sub> /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(kg N <sub>2</sub> 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	25	298

資料來源：IPCC(2007), Climate Change, the Fourth Assessment Report。

護署公布之「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。

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局公布之能源平衡表(熱值單位)。

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	5,700
	鋼鐵業	6,830
	其他	6,080
煙煤 - 煉焦煤	至 1991 年止	6,840
	自 1992 年起	7,010
亞煙煤	發電業	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 <sup>3</sup> )	4,200
高爐氣	立方公尺 (m <sup>3</sup> )	777
轉爐氣	立方公尺 (m <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )	8,000
液化天然氣	立方公尺 (m <sup>3</sup> )	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，能源局能源統計手冊，2020 年 9 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	熱值 (千卡)	年份	熱值 (千卡)	年份	熱值 (千卡)
1991~1998	1,738	2006	1,788	2014	1,862
1999	1,651	2007	2,022	2015	1,972
2000	1,889	2008	2,098	2016	2,071
2001	1,541	2009	1,914	2017	2,030
2002	1,712	2010	1,896	2018	2,036
2003	1,618	2011	1,854	2019	2,137
2004	1,785	2012	1,941	2020	2,023
2005	1,689	2013	2,012	2021	2,363

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之中華民國環境保護統計年報 (2010)。  
3. 1999 年至 2021 年資料取自行政院環境保護署之中華民國環境保護統計年報 (2022)。



#### (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2021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209,122千公噸二氧化碳當量，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，2020年成長至257,381千公噸二氧化碳當量，2021年則成長至266,991千公噸二氧化碳當量，較2020年增加3.73%，詳見表3.2.7。

溫室氣體排放占比方面，2021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70.96%，其次為製造業與營造業，占比為12.86%，再次為運輸排放12.70%，占比較低者為住宅、服務業、與農林漁牧，分別為1.69%、1.30%與0.49%，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213,348千公噸二氧化碳當量，2005年為248,329千公噸二氧化碳當量，2010年增加至254,715千公噸二氧化碳當量，2020年為255,802千公噸二氧化碳當量，2021年則增加至265,704千公噸二氧化碳當量，較2020年增加3.87%。

##### 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253千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至2000年435千公噸二氧化碳當量，2005年成長至494千公噸二氧化碳當量，至2010年微幅減少至470千公噸二氧化碳當量，2020年則減少至460千公噸二氧化碳當量，2021年進一步減少至444千公噸二氧化碳當量，較2020年減少3.48%，詳見表3.2.8。

表 3.2.7 1990 年至 2021 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	209,122
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	209,122
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	213,348
1.A.1. 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.2. 製造業與營造業	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
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	10,922
1.A.4.a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,482	2,946	3,128	3,205
1.A.4.b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354
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	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	212,957	220,546	230,607	239,929	247,956	255,331	259,214	247,536	235,868	251,708	257,096
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	215,720	225,860	233,224	244,762	248,329	257,072	261,715	248,511	237,250	254,715	261,794
1.A.1. 能源產業	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.2. 製造業與營造業	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.3. 運輸	33,246	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	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
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	4,204	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	
1. 能源部門	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991	
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	253,166	254,070	258,481	258,476	262,982	269,462	267,208	258,821	257,381	266,991	
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	255,788	256,854	261,385	258,493	264,384	270,233	267,226	260,185	255,802	265,704	
1.A.1. 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455	
1.A.2. 製造業與營造業	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334	
1.A.3. 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917	
1.A.4. 其他部門	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285	
1.A.4.a. 服務業	3,635	3,812	3,928	3,941	3,720	3,779	3,317	3,337	3,499	3,469	
1.A.4.b. 住宅	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	4,402	4,480	4,467	4,605	4,501	
1.A.4.c. 農林漁牧	1,259	1,274	1,343	1,287	1,276	1,203	1,512	1,514	1,326	1,315	

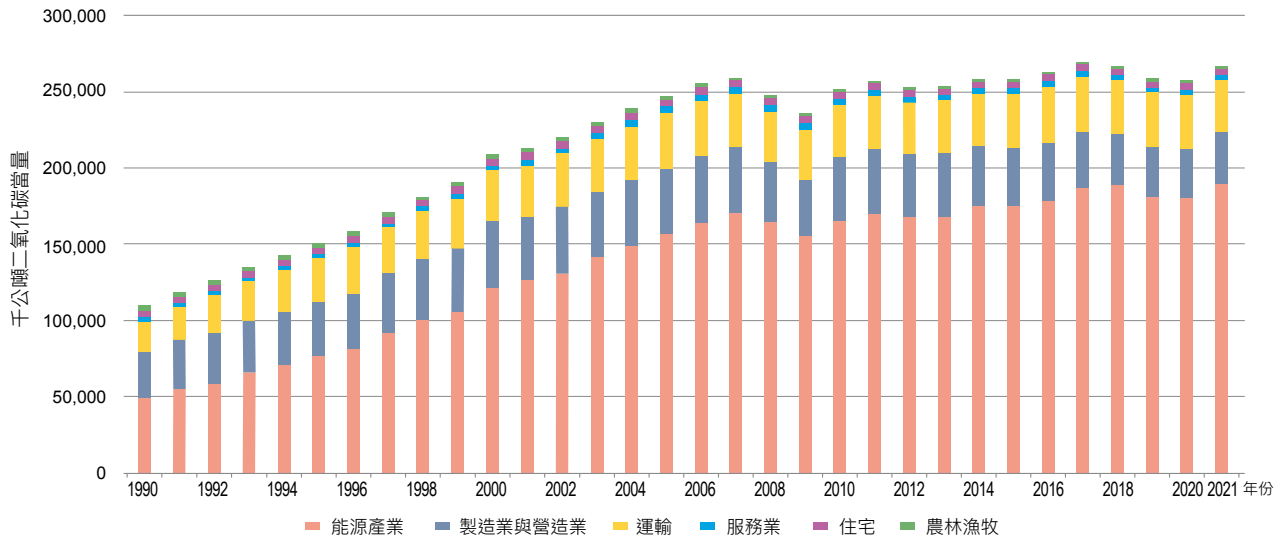


圖 3.2.1 1990 年至 2021 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

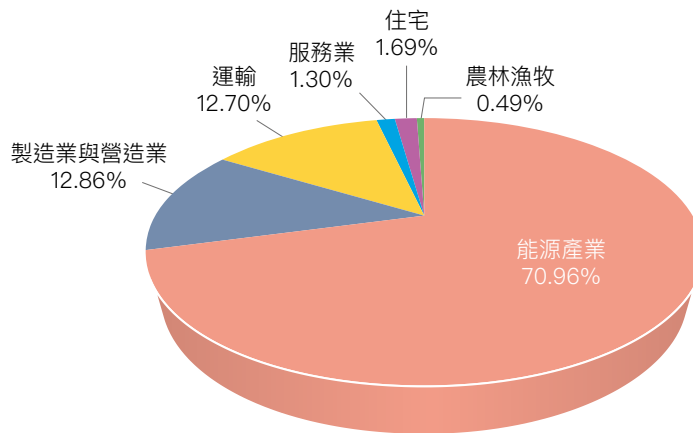


圖 3.2.2 2021 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

溫室氣體占比方面，2021 年甲烷以運輸為最高，達總排放量之 60.50%，其次為能源產業，占比為 20.79%，再次為製造業與營造業排放，達 13.29%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 2.31%、2.11% 與 1.00%，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 年之甲烷排放量为 76 千公噸二氧化碳當量，逐年成長至 2000 年為 144 千公噸二氧化碳當量，2005 年達 167 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少為 161 千公噸二氧化碳當量，2020 年排放量減少為 152.7 千公噸二氧化碳當量，2021 年排放量則微幅減少至 152.5 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 0.13%。

**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 537 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 1,052 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 1,269 千公噸二氧化碳當量，2010

年則減少至 1,248 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少為 1,220 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 1,214 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 0.49%，詳見表 3.2.9。

溫室氣體占比方面，2021 年氧化亞氮以能源產業為最高，達總排放量 50.46%，其次為運輸，占比為 40.16%，再次為製造業與營造業排放，達 8.43%，占比較低者為服務業、農林漁牧與住宅，分別為 0.50%、0.26% 與 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 351 千公噸二氧化碳當量，逐年增加至 2000 年達 768 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 932 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年成長為 954 千公噸二氧化碳當量，2020 年減少為 925 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加為 960 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 3.78%。



表 3.2.8 1990 年至 2021 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	253	270	294	311	331	349	366	376	393	416	435
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	253	270	294	311	331	349	366	376	393	416	435
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	76	81	84	91	96	104	108	115	124	134	144
1.A.1. 能源產業	26	29	28	32	35	40	41	46	50	58	66
1.A.2. 製造業與營造業	46	48	52	51	52	54	56	58	59	63	69
1.A.3. 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270
1.A.4. 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29
1.A.4.a. 服務業	12	12	10	8	10	8	10	8	10	10	10
1.A.4.b. 住宅	8	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11
1.A.4.c. 農林漁牧	10	9	9	9	9	9	9	8	7	7	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
1. 能源部門	443	451	470	485	494	492	483	462	457	470	478
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	443	451	470	485	494	492	483	462	457	470	478
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	148	150	158	166	167	171	169	162	155	161	163
1.A.1. 能源產業	70	69	78	81	84	88	90	88	81	86	86
1.A.2. 製造業與營造業	71	74	73	75	75	78	77	71	67	74	79
1.A.3. 運輸	272	278	287	295	303	298	289	275	281	284	287
1.A.4. 其他部門	30	30	32	33	33	29	27	28	27	26	25
1.A.4.a. 服務業	11	11	12	13	13	13	13	13	13	13	12
1.A.4.b. 住宅	11	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10
1.A.4.c. 農林漁牧	8	8	9	10	9	6	4	5	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	
1. 能源部門	470	471	473	482	491	483	463	459	460	444	
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	470	471	473	482	491	483	463	459	460	444	
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	159	158	159	160	163	163	160	157	153	153	
1.A.1. 能源產業	86	85	88	91	92	94	94	90	89	92	
1.A.2. 製造業與營造業	76	78	74	74	74	69	59	58	57	59	
1.A.3. 運輸	283	284	285	292	301	295	286	287	290	269	
1.A.4. 其他部門	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	
1.A.4.a. 服務業	11	12	12	12	11	11	10	10	10	10	
1.A.4.b. 住宅	10	9	9	9	9	9	9	9	10	9	
1.A.4.c. 農林漁牧	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	

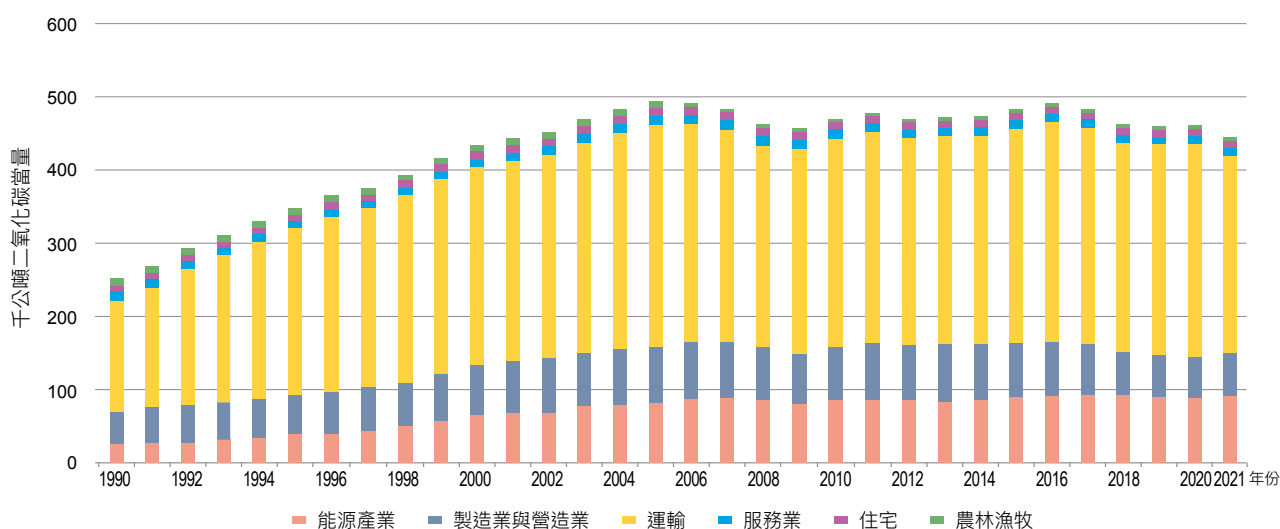
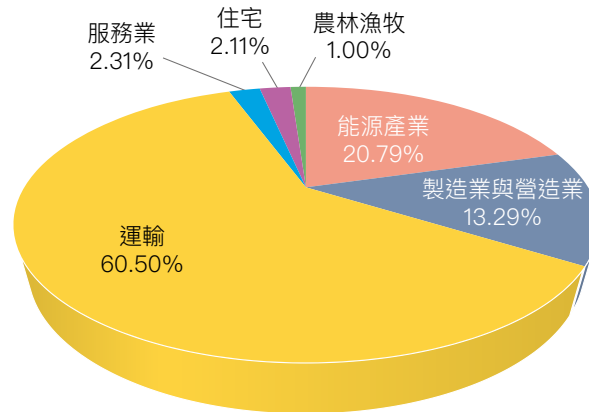


圖 3.2.3 1990 年至 2021 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢





■ 能源產業 ■ 製造業與營造業 ■ 運輸 ■ 服務業 ■ 住宅 ■ 農林漁牧  
圖 3.2.4 2021 年能源部門燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.9 1990 年至 2021 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	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	537	578	653	703	742	778	825	866	917	968	1,052
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	351	379	413	458	477	502	544	601	647	680	768
1.A.1. 能源產業	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.2. 製造業與營造業	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.3. 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.4. 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
1.A.4.a. 服務業	8	8	7	5	7	5	7	5	6	7	7
1.A.4.b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
1.A.4.c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7	7	6	5	5	6
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	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	1,083	1,132	1,187	1,228	1,269	1,299	1,303	1,239	1,211	1,248	1,268
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	793	835	881	919	932	967	991	944	901	954	979
1.A.1. 能源產業	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.2. 製造業與營造業	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.3. 運輸	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.4. 其他部門	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
1.A.4.a. 服務業	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7
1.A.4.b. 住宅	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
1.A.4.c. 農林漁牧	6	6	7	7	6	4	3	4	3	3	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1. 能源部門	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A. 燃料燃燒 (部門方法)	1,247	1,241	1,246	1,242	1,264	1,276	1,257	1,226	1,220	1,214	
1.A. 燃料燃燒 (參考方法)	955	964	973	952	968	977	972	950	925	960	
1.A.1. 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.2. 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.3. 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.4. 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
1.A.4.a. 服務業	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
1.A.4.b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.A.4.c. 農林漁牧	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	

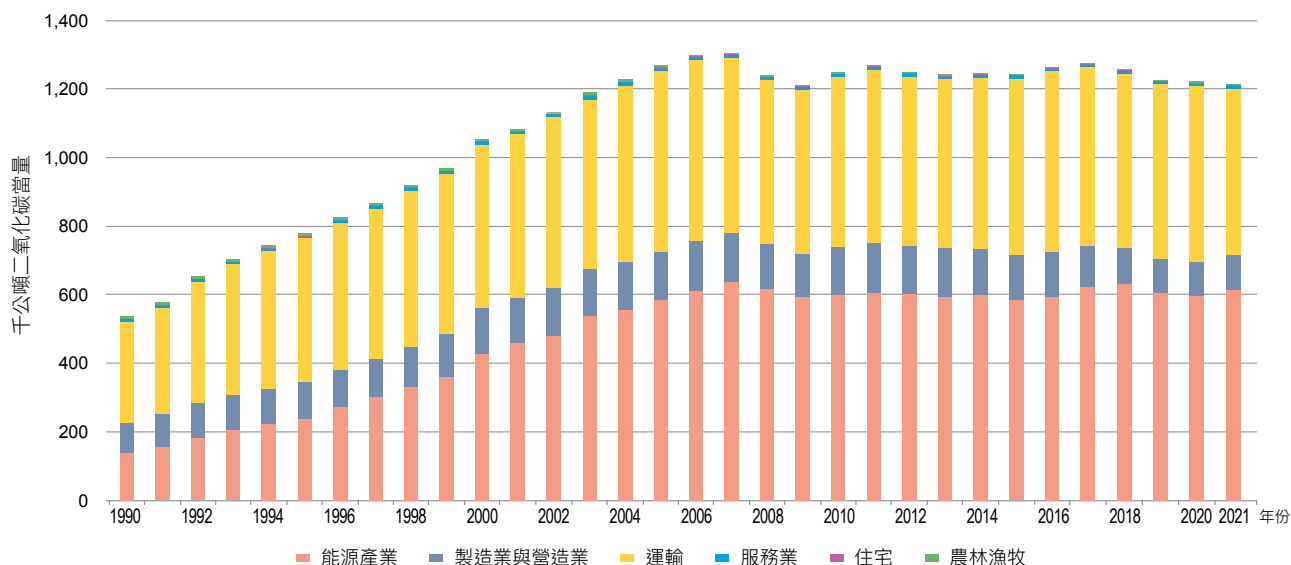


圖 3.2.5 1990 年至 2021 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

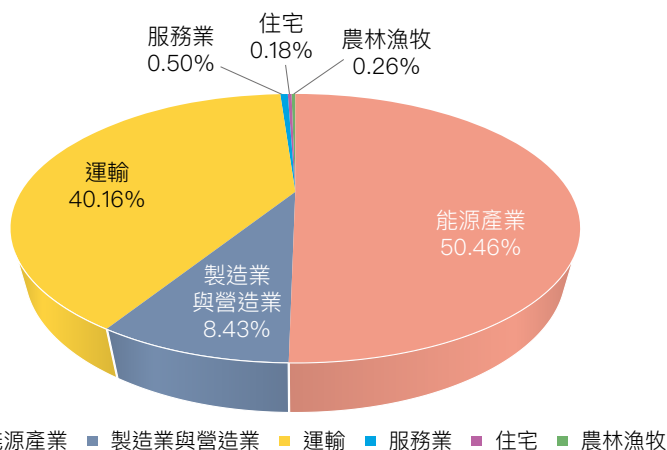


圖 3.2.6 2021 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比

### (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 IPCC 2006 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，且逐年隨我國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，我國能源部門參考 IPCC 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 2021 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) 各料燃燒溫室氣體排放統計不確定性，

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

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

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

- U<sub>c</sub>：燃料燃燒排放量不確定性 (%)
- U<sub>x</sub>：行業別排放量不確定性 (%)
- U<sub>x,y</sub>：行業燃料別不確定性 (%)
- U<sub>x,y,i</sub>：排放源不確定性 (%)
- E<sub>x</sub>：行業別排放量 (公斤二氧化碳當量)
- E<sub>x,y</sub>：行業燃料別排放量 (公斤二氧化碳當量)
- x：行業別包括能源產業、製造業及營造業、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

2021 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，故資料涵蓋範圍與資料品質具相當一致性。

表 3.2.10 2021 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析

部門別	2021 年溫室氣體排放量 (千公噸 CO <sub>2</sub> e)	部門別排放量不確定性 (%)
能源產業	190,160	4.14
製造業與營造業	34,496	3.73
運輸	34,673	4.75
服務業	3,485	1.85
住宅	4,513	6.73
農林漁牧	1,323	3.16
排放量總計	268,649	-
燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性 (%)		3.04

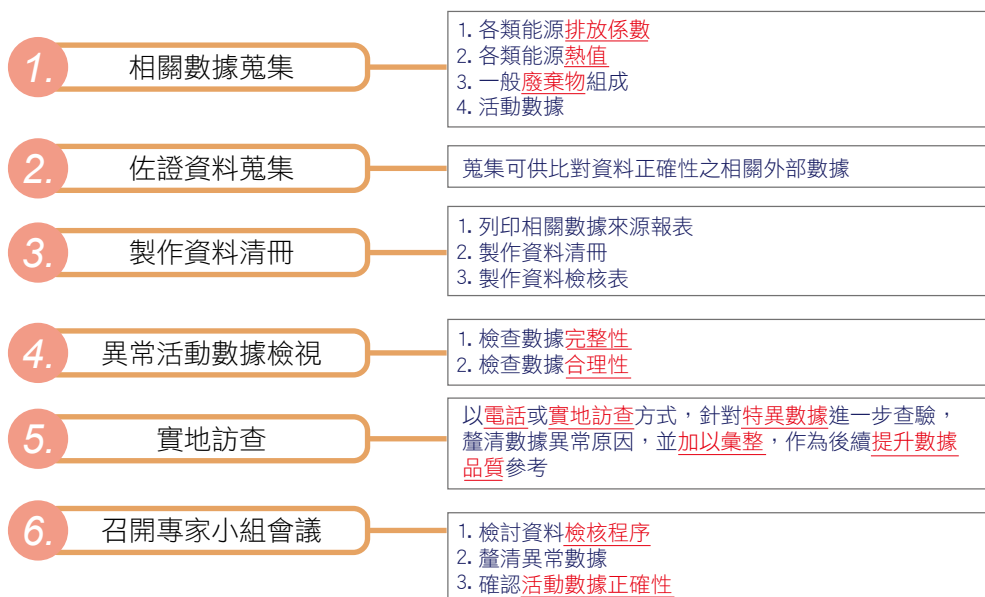


圖 3.2.7 燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序

## 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。

### (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 IPCC 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」為轉變投入一公用發電廠、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」參考轉變投入一公用發電廠；「汽電共生廠」參考轉變投入一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一煉油廠。「固體燃料製造與其他能源產業」則為能源部門自用一煤礦業、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」為能源部門自用一煉焦工場/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一煤礦業、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 121,143 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年增加為 156,351 千公噸二氧化碳當量，2010 年增加至 165,522 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加至 189,455 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 4.96%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 89.91% 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 26 千公噸二氧化碳當量，至 2000 年增加為 66 千公噸二氧化碳當量，至

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。

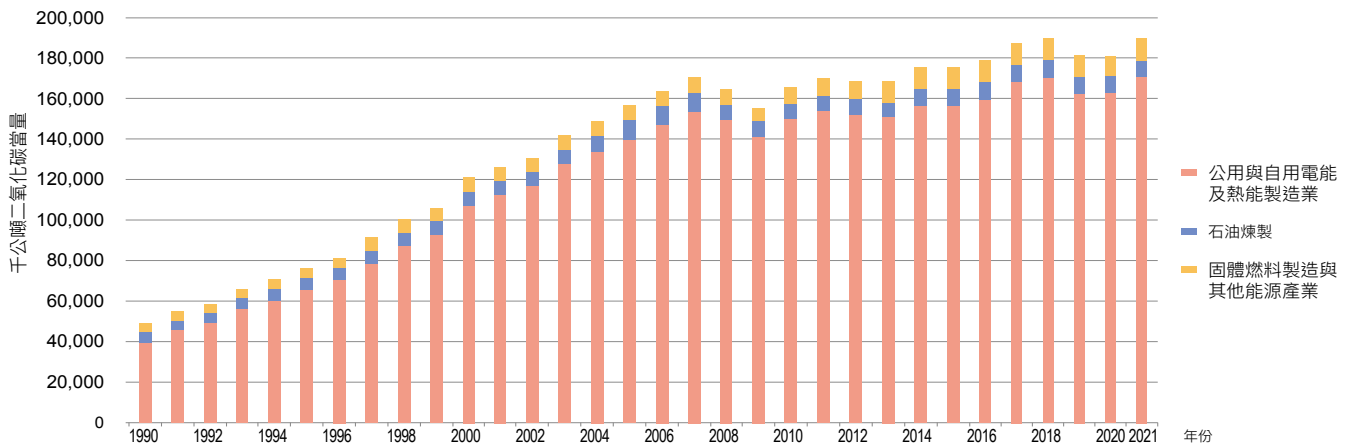


圖 3.2.8 1990 年至 2021 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

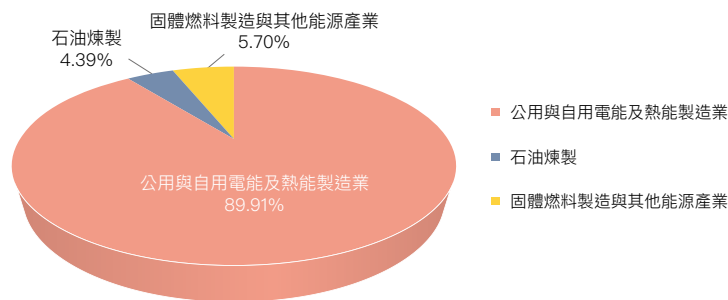


圖 3.2.9 2021 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.12 1990 年至 2021 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	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,414	105,782	121,143
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	39,370	45,682	49,425	56,339	60,351	65,618	70,448	78,683	87,336	93,000	107,110
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	7,620	9,351	9,754	10,681	12,501	14,200	15,556	17,769	25,746
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	6,093	6,453	7,026
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	7,007
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	177
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	126,142	130,463	141,730	148,677	156,351	163,615	170,131	164,432	155,166	165,522	169,884
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	112,384	117,108	127,723	133,493	139,670	146,822	153,344	149,396	141,026	149,649	153,872
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	28,857	29,993	35,860	39,967	40,238	40,930	45,970	42,266	41,692	42,826	43,994
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	7,044	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	6,714	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	6,966	7,362	7,530	7,216	6,210	8,005	8,811
1.A.1.c.ii. 其他能源產業	9	12	247	282	51	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	
1.A.1 能源產業	168,333	168,271	175,180	175,198	178,569	187,135	189,212	181,334	180,502	189,455	
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	152,020	150,468	155,904	156,067	159,430	168,588	170,121	161,887	162,634	170,344	
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	
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	42,318	44,294	46,544	44,576	42,688	41,834	46,603	44,692	43,227	45,569	
1.A.1.a.iii. 熱能工廠	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	8,849	8,931	7,989	8,319	
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	10,242	10,516	9,879	10,792	
1.A.1.c.i. 固體燃料製造業	8,448	10,224	10,583	10,399	10,589	10,197	10,229	10,506	9,874	10,786	
1.A.1.c.ii. 其他能源產業	41	37	35	35	34	47	13	10	6	6	

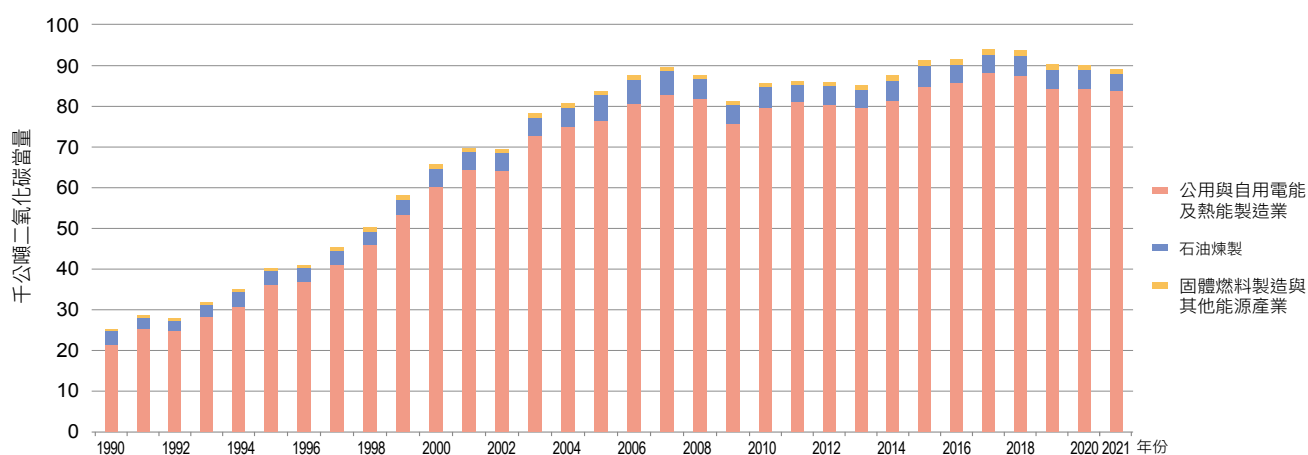


圖 3.2.10 1990 年至 2021 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

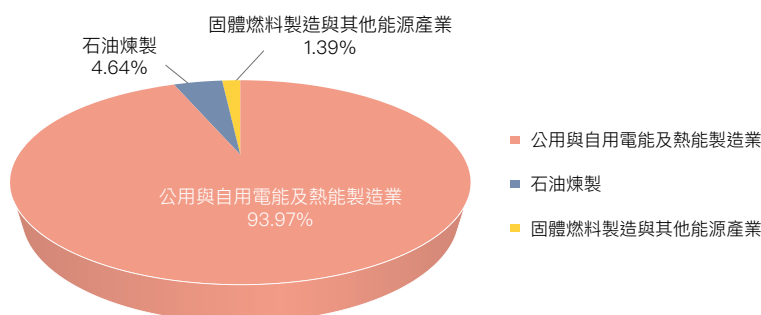


圖 3.2.11 2021 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.13 1990 年至 2021 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	26	29	28	32	35	40	41	46	50	58	66
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	21	25	25	28	31	36	37	41	46	53	60
1.A.1.a.i. 發電廠	20	24	22	25	26	30	28	31	33	35	36
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	1	2	3	3	5	6	8	11	13	19	24
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	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
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	70	69	78	81	84	88	90	88	81	86	86
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	64	64	73	75	77	81	83	82	76	80	81
1.A.1.a.i. 發電廠	34	33	34	33	35	38	38	38	33	37	38
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	30	31	39	42	42	42	45	44	43	43	44
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	4	4	5	6	6	6	5	5	5	4
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	
1.A.1 能源產業	86	85	88	91	92	94	94	90	89	92	
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	80	80	82	85	86	88	88	84	84	87	
1.A.1.a.i. 發電廠	37	36	38	41	43	46	43	40	40	43	
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	43	44	44	44	43	42	45	44	43	44	
1.A.1.a.iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.A.1.b. 石油煉製	5	4	5	5	5	4	5	5	4	4	
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.A.1.c.i. 固體燃料製造業	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	

2005 年增加為 84 千公噸二氧化碳當量，2010 年增為 86 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加至 89 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 92 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 3.37%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 93.97% 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 138 千公噸二氧化碳當量，至 2000 年增加為 428 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年增加為 584 千公噸二氧化碳當量，2010 年增為 603 千公噸二氧化碳當量，2020 年則減少至 597 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 613 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 2.68%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 98.60% 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. 統計範圍

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、紙與印刷業、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

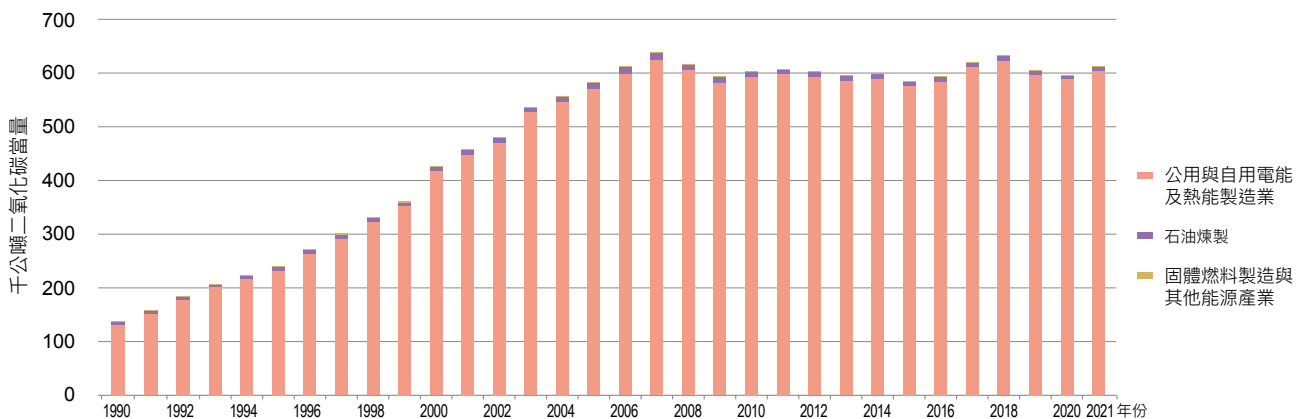


圖 3.2.12 1990 年至 2021 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

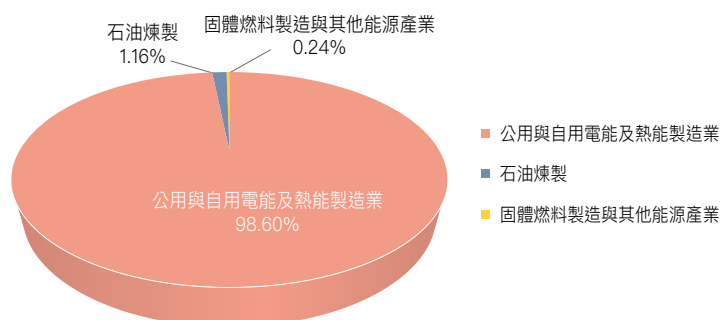


圖 3.2.13 2021 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比



表 3.2.14 1990 年至 2021 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	138	157	183	207	223	240	271	300	331	361	428
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	131	152	177	201	216	233	264	293	324	353	418
1.A.1.a.i. 發電廠	122	138	156	175	186	197	219	243	267	281	308
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	9	14	22	26	30	36	46	50	57	72	110
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	5	5	5	6	7	6	6	6	7	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	458	480	537	556	584	612	638	616	593	603	607
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	448	471	527	545	571	600	625	606	583	593	599
1.A.1.a.i. 發電廠	320	337	360	360	384	406	409	401	378	386	393
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	129	134	167	185	188	193	216	205	205	206	205
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	8	8	9	9	12	11	11	9	10	9	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	
1.A.1 能源產業	603	595	599	585	595	621	633	605	597	613	
1.A.1.a. 公用與自用電能及熱能製造業	593	586	590	576	585	612	623	596	589	604	
1.A.1.a.i. 發電廠	392	372	378	370	388	419	413	392	390	401	
1.A.1.a.ii. 汽電共生廠	202	214	212	205	197	193	210	204	198	203	
1.A.1.a.iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.A.1.b. 石油煉製	8	8	8	8	8	7	8	8	7	7	
1.A.1.c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	
1.A.1.c.i. 固體燃料製造業	1	2	2	2	2	2	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	

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。

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、紙與印刷業」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。

#### (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 43,850 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年減少至 42,671 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少至 41,360 千公噸二氧化碳當量，2020 年減少為 31,722 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 34,334 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 8.23%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 30.72% 為最高，鋼鐵基本工業占 26.74%，非金屬礦物製品製造業占 15.13%，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 6.81%、2.57% 與 1.06%，詳見圖 3.2.14、圖 3.2.15 與表 3.2.16。



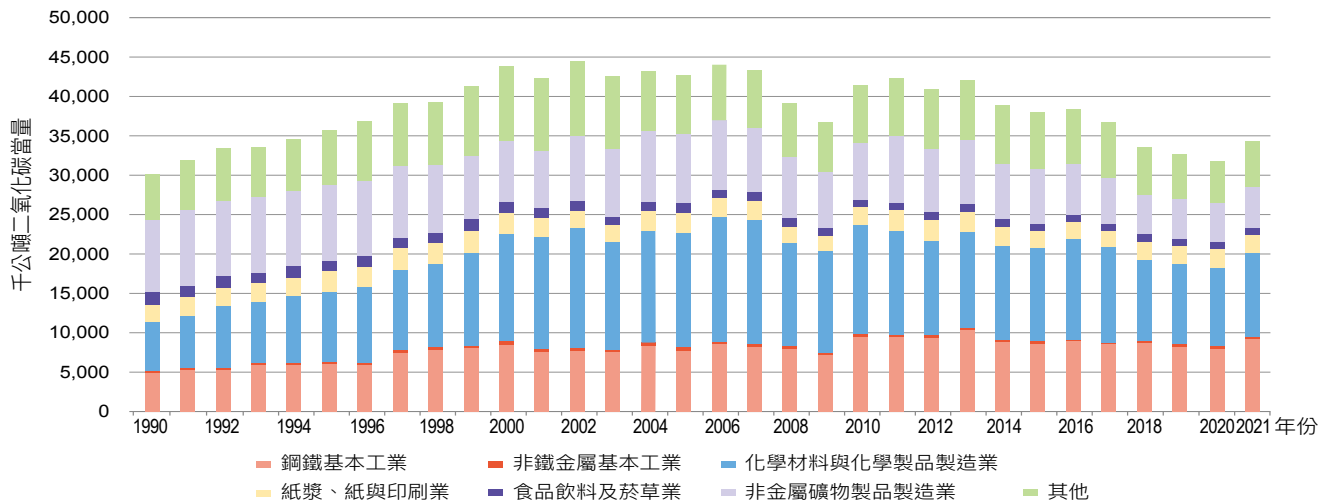


圖 3.2.14 1990 年至 2021 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

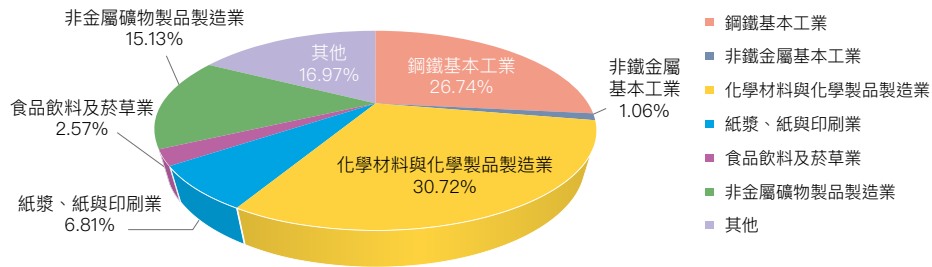


圖 3.2.15 2021 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.16 1990 年至 2021 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
<b>1.A.2 製造業與營造業</b>	30,124	31,963	33,389	33,618	34,592	35,769	36,791	39,084	39,321	41,314	43,850
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	4,883	5,288	5,295	5,843	5,862	5,932	5,826	7,464	7,793	8,006	8,524
1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業	193	209	209	233	254	286	347	403	365	349	348
1.A.2.c. 化學材料與化學製品製造業	6,325	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	1,382	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	5,769	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
<b>1.A.2 製造業與營造業</b>	42,395	44,489	42,563	43,163	42,671	43,994	43,293	39,104	36,698	41,360	42,298
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	7,531	7,671	7,515	8,298	7,759	8,474	8,168	7,929	7,127	9,523	9,427
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	14,594	15,883	15,855	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	
<b>1.A.2 製造業與營造業</b>	40,983	42,019	38,953	38,074	38,296	36,741	33,480	32,726	31,722	34,334	
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	9,432	10,421	8,785	8,636	8,859	8,533	8,677	8,184	7,962	9,182	
1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業	278	287	294	276	259	219	290	312	321	365	
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	10,223	10,251	9,971	10,547	
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	2,608	2,513	2,380	2,082	2,030	1,937	2,269	2,215	2,322	2,337	
1.A.2.e. 食品飲料及菸草業	1,066	1,001	1,011	990	981	943	994	954	890	881	
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	4,963	5,082	4,960	5,195	
1.A.2.g. 其他	7,570	7,529	7,537	7,247	6,890	7,068	6,064	5,728	5,296	5,827	



### B. 甲烷

製造業與營造業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 46 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 69 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 75 千公噸二氧化碳當量，2010 年則減少至 74 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少為 57 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 59 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 3.51%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 32.88% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 19.16%，鋼鐵基本工業占 15.00%，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 10.30%、1.20% 與 0.38%，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 90 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 133 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 140 千公噸二氧化碳當量，2010 年則減少至 135 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少為 99 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加

至 102 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 3.03%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 33.63% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 19.95%，鋼鐵基本工業占 14.63%，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 10.53%、1.19% 與 0.39%，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。

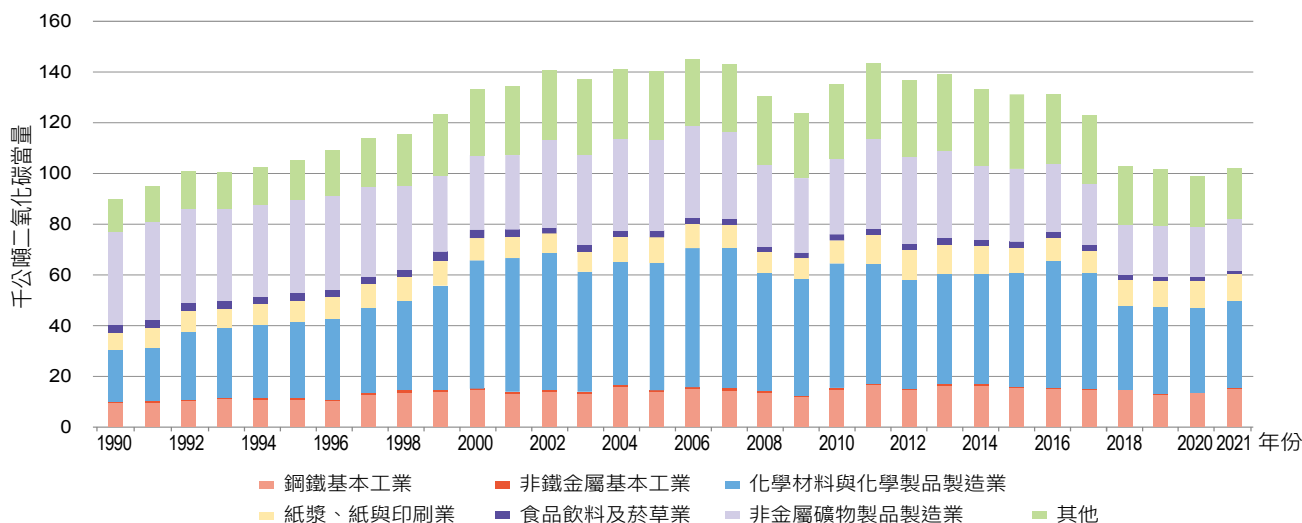


圖 3.2.16 1990 年至 2021 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

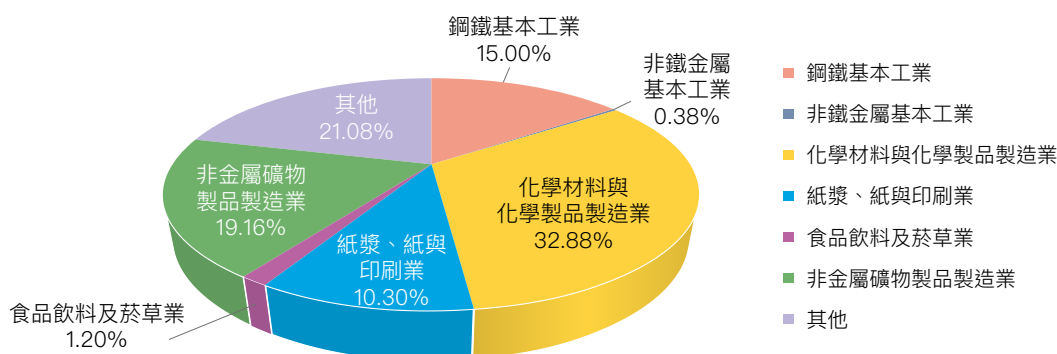


圖 3.2.17 2021 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.17 1990 年至 2021 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	46	48	52	51	52	54	56	58	59	63	69
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	5	5	5	6	5	6	5	7	7	7	8
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	10	11	14	14	15	15	16	17	18	21	27
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
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	20	21	20	20	20	20	20	19	18	16	16
1.A.2.g. 其他	6	6	7	6	7	7	8	9	10	12	13
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	71	74	73	75	75	78	77	71	67	74	79
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	7	8	7	9	8	8	8	8	7	8	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	28	28	25	26	26	29	29	25	25	26	26
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	4	4	4	5	6	5	5	4	4	5	6
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	16	19	19	20	20	20	19	18	16	16	20
1.A.2.g. 其他	14	14	15	15	14	14	15	15	14	16	17
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.A.2 製造業與營造業	76	78	74	74	74	69	59	58	57	59	
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	8	9	9	9	9	9	8	8	8	9	
1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業	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	23	24	24	25	28	25	19	19	19	19	
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	7	6	6	5	5	5	6	6	6	6	
1.A.2.e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業	19	19	16	16	15	13	11	11	11	11	
1.A.2.g. 其他	17	17	17	17	16	16	14	13	12	12	

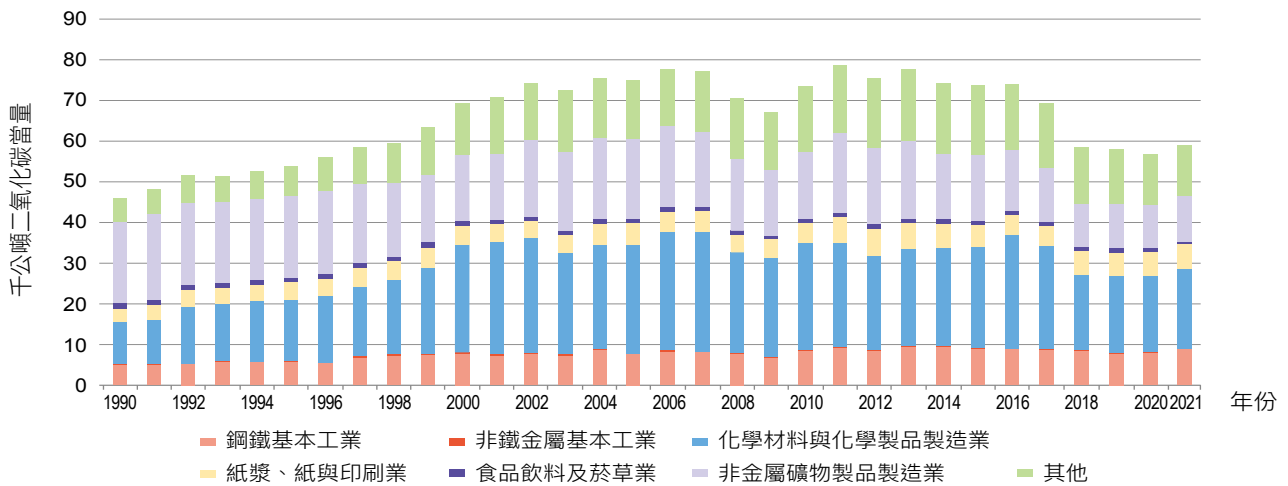


圖 3.2.18 1990 年至 2021 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

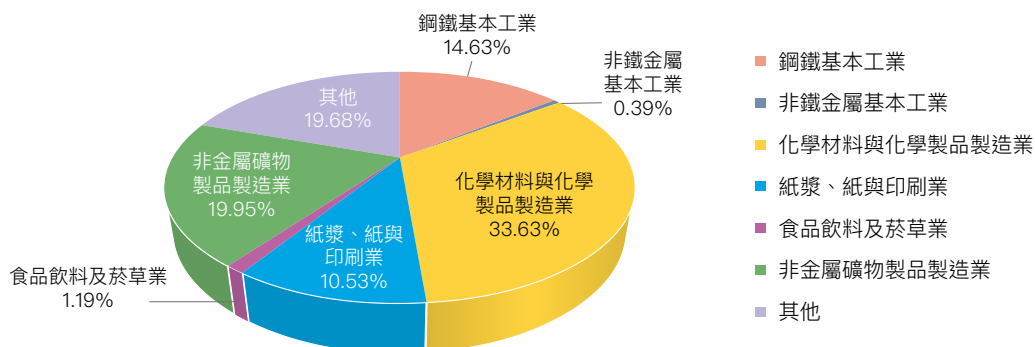


圖 3.2.19 2021 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比



表 3.2.18 1990 年至 2021 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	90	95	101	100	103	105	109	114	115	123	133
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	10	10	10	11	11	11	10	13	14	14	14
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	21	21	27	27	29	30	32	33	36	41	51
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	7	7	8	8	8	8	9	9	9	10	9
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	37	39	37	36	36	37	37	35	33	30	30
1.A.2.g. 其他	13	14	15	14	15	16	18	19	20	24	26
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	134	141	137	141	140	145	143	131	124	135	144
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	13	14	13	16	14	15	15	14	12	15	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	53	54	47	49	50	55	55	47	46	49	48
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	8	8	8	10	10	10	9	8	8	9	11
1.A.2.e. 食品飲料及菸草業	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2
1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業	29	34	35	37	36	36	34	33	29	30	35
1.A.2.g. 其他	27	27	30	27	27	26	27	27	26	29	30
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.A.2 製造業與營造業	137	140	133	131	131	123	103	101	99	102	
1.A.2.a. 鋼鐵基本工業	15	16	16	15	15	15	14	13	13	15	
1.A.2.b. 非鐵金屬基本工業	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	43	44	44	45	50	46	33	34	34	34	
1.A.2.d. 紙漿、紙與印刷業	12	11	11	10	9	9	10	10	11	11	
1.A.2.e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	
1.A.2.f. 非金屬礦物製品製造業	34	34	29	29	27	24	19	20	20	20	
1.A.2.g. 其他	30	31	30	30	27	27	23	22	20	20	

## 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。

## 3.2.3 運輸 (1.A.3)

## 1. 統計範疇

運輸部門燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類分為空運、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。

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。

(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，2020 年增加至 35,727 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 33,917 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 5.07%；排放占比以公路運輸 98.65% 為最高，國內水運占 0.90%，國內航空占 0.45%，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 152 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 270 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 303 千公噸二氧化碳當量，其後排放量互有增減，至 2010 年減少至 284 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加至 290 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 269 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 7.24%；排放占比以公路運輸 99.73% 為最高，國內水運

占 0.26%，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 291 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 475 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 527 千公噸二氧化碳當量，其後漸減再增，2010 年減少至 497 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加至 513 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 488 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 4.87%；排放占比以公路運輸 99.24% 為最高，其次為國內水運占 0.49%，國內航空占 0.26%、鐵路占 0.01%，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。

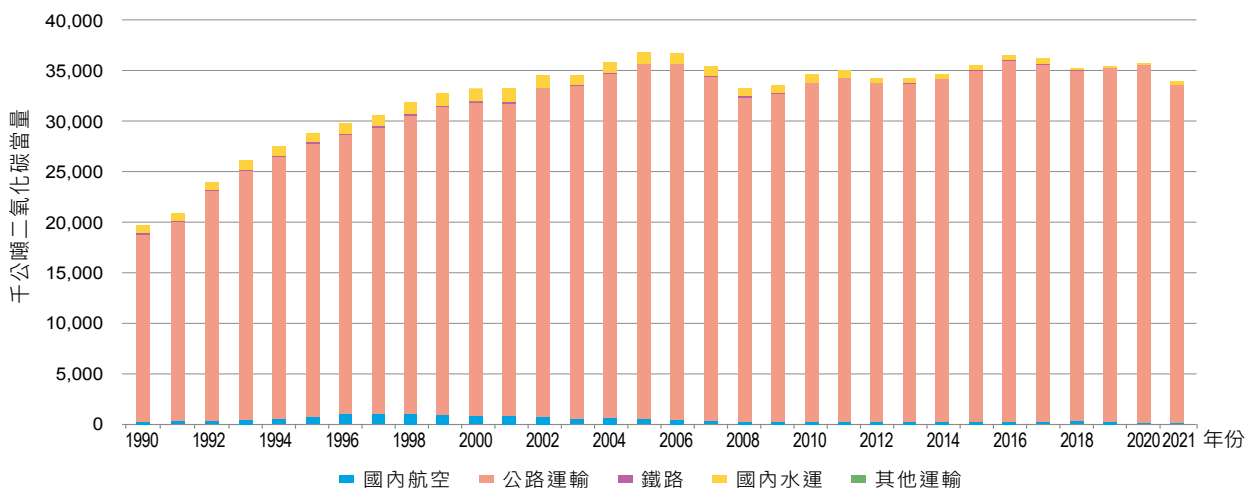


圖 3.2.20 1990 年至 2021 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

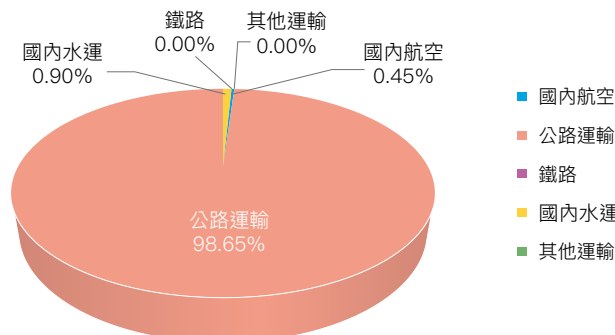


圖 3.2.21 2021 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比



表 3.2.20 1990 年至 2021 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	33,246	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	1,360	1,211	982	1,083	1,135	1,069	961	778	790	863	804
1.A.3.d.ii. 國內水運	1,360	1,211	982	1,083	1,135	1,069	961	778	790	863	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	
1.A.3 運輸	34,284	34,209	34,666	35,506	36,584	36,202	35,207	35,443	35,727	33,917	
1.A.3.a. 空運	259	237	266	258	287	293	292	281	215	153	
1.A.3.a.ii. 國內航空	259	237	266	258	287	293	292	281	215	153	
1.A.3.b. 公路運輸	33,460	33,422	33,865	34,773	35,725	35,307	34,696	34,989	35,327	33,458	
1.A.3.c. 鐵路	83	83	77	69	57	53	55	0	0	0	
1.A.3.d. 水運	483	467	458	405	516	550	163	173	185	306	
1.A.3.d.ii. 國內水運	483	467	458	405	516	550	163	173	185	306	
1.A.3.e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

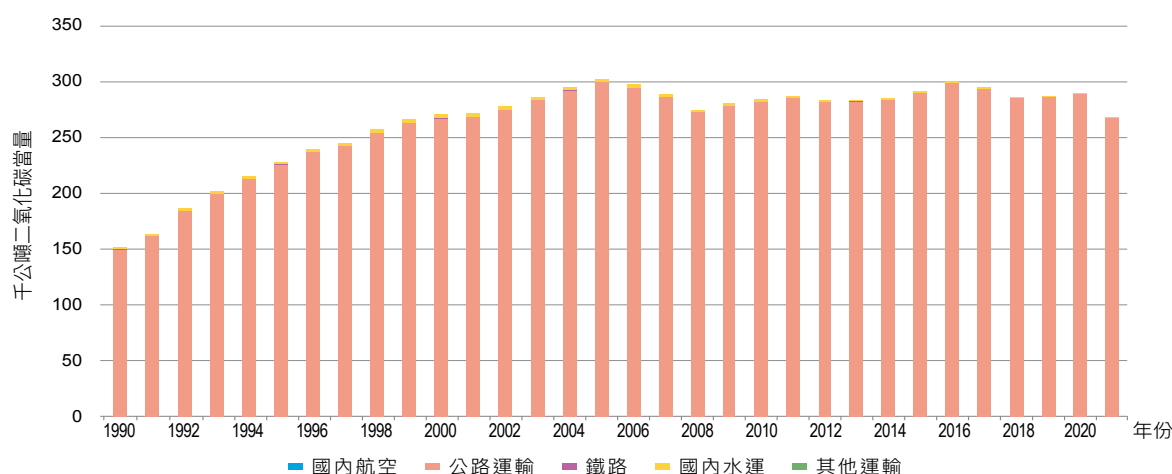


圖 3.2.22 1990 年至 2021 年運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

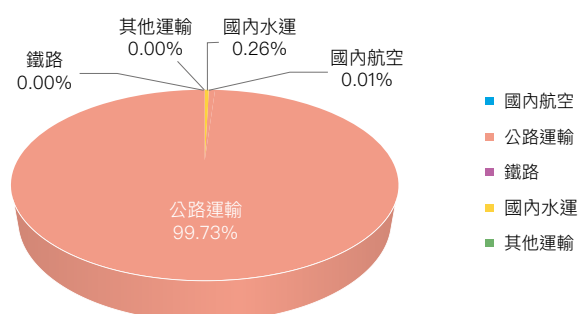


圖 3.2.23 2021 年運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.21 1990 年至 2021 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	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270
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	150	162	184	200	213	226	237	243	254	263	267
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	2	2	3	3	3
1.A.3.d.ii. 國內水運	2	2	2	2	2	2	2	2	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	272	278	287	295	303	298	289	275	281	284	287
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	269	275	284	292	300	295	287	273	279	282	285
1.A.3.c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.A.3.d. 水運	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2
1.A.3.d.ii. 國內水運	3	3	2	2	3	2	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	
1.A.3 運輸	283	284	285	292	301	295	286	287	290	269	
1.A.3.a. 空運	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	
1.A.3.b. 公路運輸	282	282	284	291	299	294	286	286	289	268	
1.A.3.c. 鐵路	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.A.3.d.ii. 國內水運	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	
1.A.3.e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

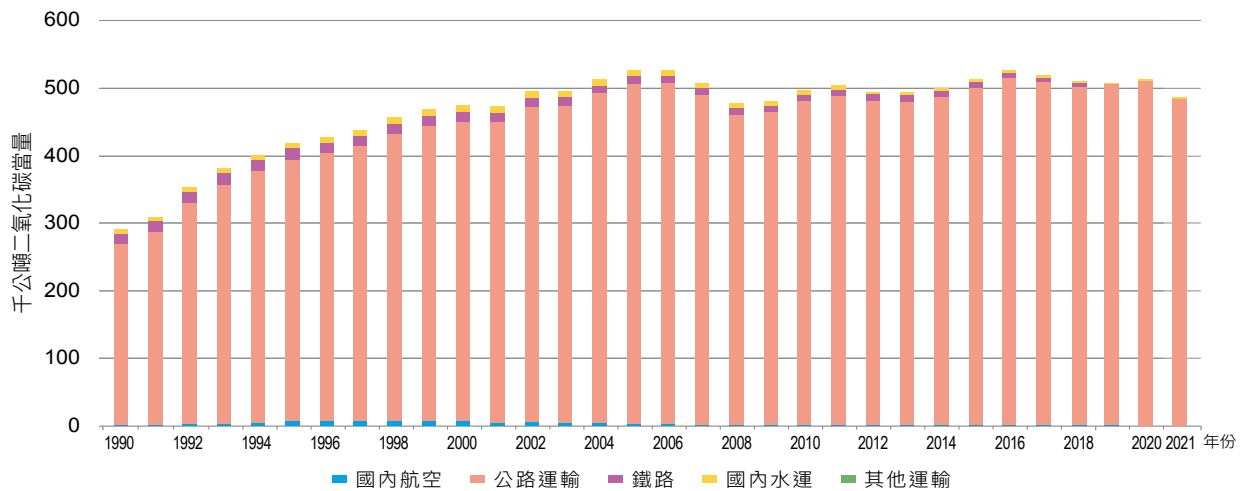


圖 3.2.24 1990 年至 2021 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

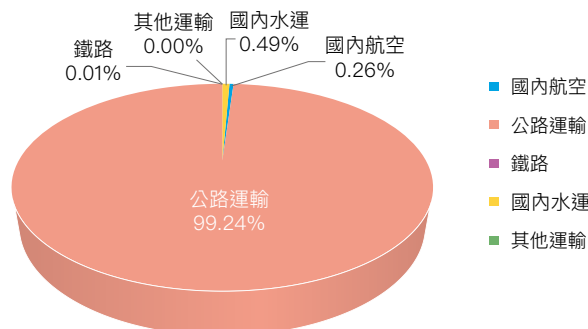


圖 3.2.25 2021 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比



表 3.2.22 1990 年至 2021 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	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475
1.A.3.a. 空運	2	3	3	4	5	7	9	9	9	9	8
1.A.3.a.ii. 國內航空	2	3	3	4	5	7	9	9	9	9	8
1.A.3.b. 公路運輸	268	285	328	354	373	388	396	406	424	436	444
1.A.3.c. 鐵路	15	16	16	17	16	16	15	15	14	15	14
1.A.3.d. 水運	5	5	6	7	7	7	8	8	9	10	10
1.A.3.d.ii. 國內水運	5	5	6	7	7	7	8	8	9	10	10
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	475	496	495	513	527	527	508	478	480	497	505
1.A.3.a. 空運	7	6	5	5	5	4	3	2	2	2	2
1.A.3.a.ii. 國內航空	7	6	5	5	5	4	3	2	2	2	2
1.A.3.b. 公路運輸	443	466	470	488	502	504	487	459	464	479	487
1.A.3.c. 鐵路	14	13	12	11	11	11	10	10	9	9	10
1.A.3.d. 水運	11	10	8	8	9	8	8	6	6	7	6
1.A.3.d.ii. 國內水運	11	10	8	8	9	8	8	6	6	7	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	
1.A.3 運輸	495	494	500	513	526	521	510	508	513	488	
1.A.3.a. 空運	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
1.A.3.a.ii. 國內航空	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
1.A.3.b. 公路運輸	479	479	486	499	513	508	500	504	510	484	
1.A.3.c. 鐵路	9	9	9	8	7	6	6	0	0	0	
1.A.3.d. 水運	4	4	4	3	4	4	1	1	1	2	
1.A.3.d.ii. 國內水運	4	4	4	3	4	4	1	1	1	2	
1.A.3.e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

## 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。

### 3.2.4 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 10,922 千公噸二氧化碳當量，至 2005 年達 12,089 千公

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 4103,42,6,719,72,8,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。



噸二氧化碳當量，至 2010 年減少為 10,174 千公噸二氧化碳當量，2020 年減少至 9,430 千公噸二氧化碳當量，2021 年則減少至 9,285 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 1.54%；排放占比部分，最高者為住宅 48.48%、其次為服務業 37.36%，農林漁牧為 14.16%，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 30 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少為 29 千公噸二

氧化碳當量，至 2005 年增加為 33 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少為 26 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少為 24.3 千公噸二氧化碳當量，2021 年持續微幅下降，較 2020 年減少 1.23%；排放占比部分以服務業 42.72% 最高，其次為住宅 38.89%、農林漁牧 18.39%，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 17 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少為 15 千

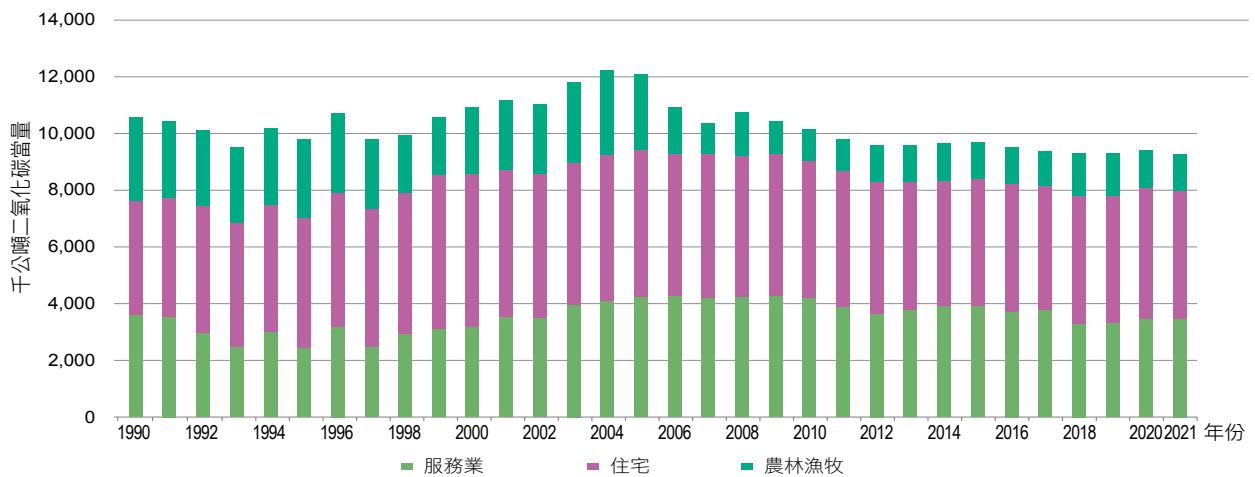


圖 3.2.26 1990 年至 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

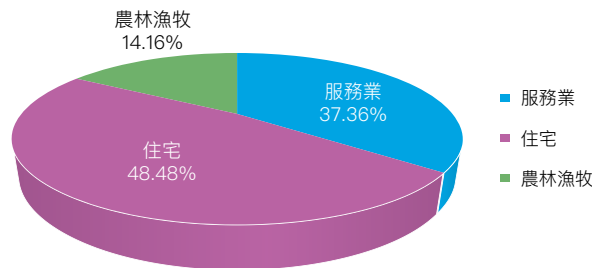


圖 3.2.27 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.24 1990 年至 2021 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	10,922
1.A.4.a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,482	2,946	3,128	3,205
1.A.4.b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354
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	10,370	10,785	10,463	10,174	9,807
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	4,204	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	
1.A.4 其他部門	9,566	9,571	9,681	9,698	9,533	9,384	9,310	9,318	9,430	9,285	
1.A.4.a. 服務業	3,635	3,812	3,928	3,941	3,720	3,779	3,317	3,337	3,499	3,469	
1.A.4.b. 住宅	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	4,402	4,480	4,467	4,605	4,501	
1.A.4.c. 農林漁牧	1,259	1,274	1,343	1,287	1,276	1,203	1,512	1,514	1,326	1,315	

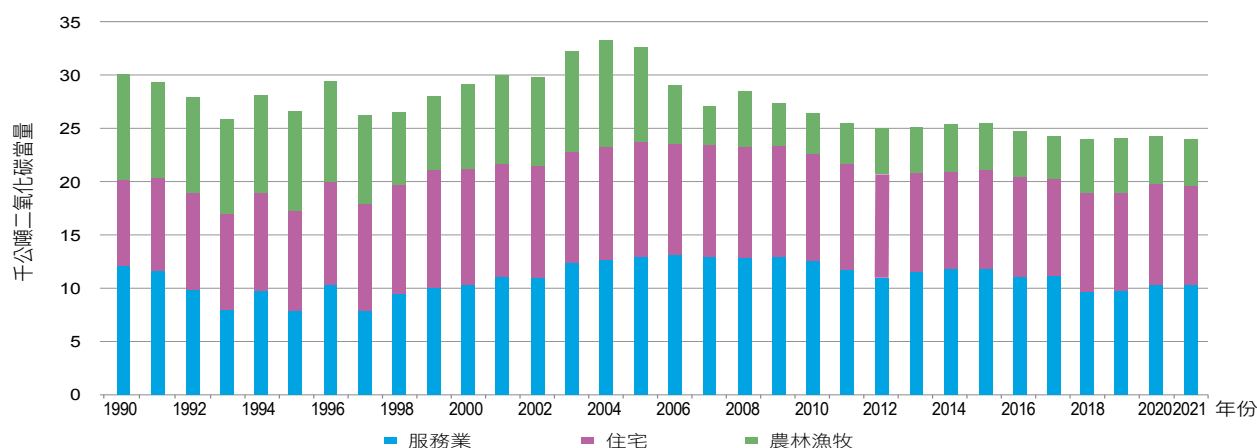


圖 3.2.28 1990 年至 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量趨勢

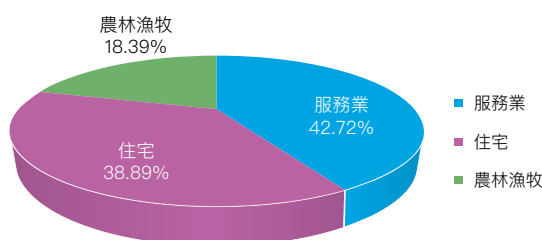


圖 3.2.29 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.25 1990 年至 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29
1.A.4.a. 服務業	12	12	10	8	10	8	10	8	10	10	10
1.A.4.b. 住宅	8	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11
1.A.4.c. 農林漁牧	10	9	9	9	9	9	9	8	7	7	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
1.A.4 其他部門	30	30	32	33	33	29	27	28	27	26	25
1.A.4.a. 服務業	11	11	12	13	13	13	13	13	13	13	12
1.A.4.b. 住宅	11	10	10	11	11	10	10	10	10	10	10
1.A.4.c. 農林漁牧	8	8	9	10	9	6	4	5	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	
1.A.4 其他部門	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24	
1.A.4.a. 服務業	11	12	12	12	11	11	10	10	10	10	
1.A.4.b. 住宅	10	9	9	9	9	9	9	9	10	9	
1.A.4.c. 農林漁牧	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	

(單位: 千公噸二氧化碳當量)

公噸二氧化碳當量，2005 年增加為 17 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少至 13 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少至 12 千公噸二氧化碳當量，2021 年則進一步減少至 11 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年減少 0.29%；排放占比部分，2021 年占比較高者為服務業 53.16%、其次為農林漁牧 27.43%，住宅為 19.40%，詳見圖 3.2.30、圖 3.2.31 與表 3.2.26。

#### (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

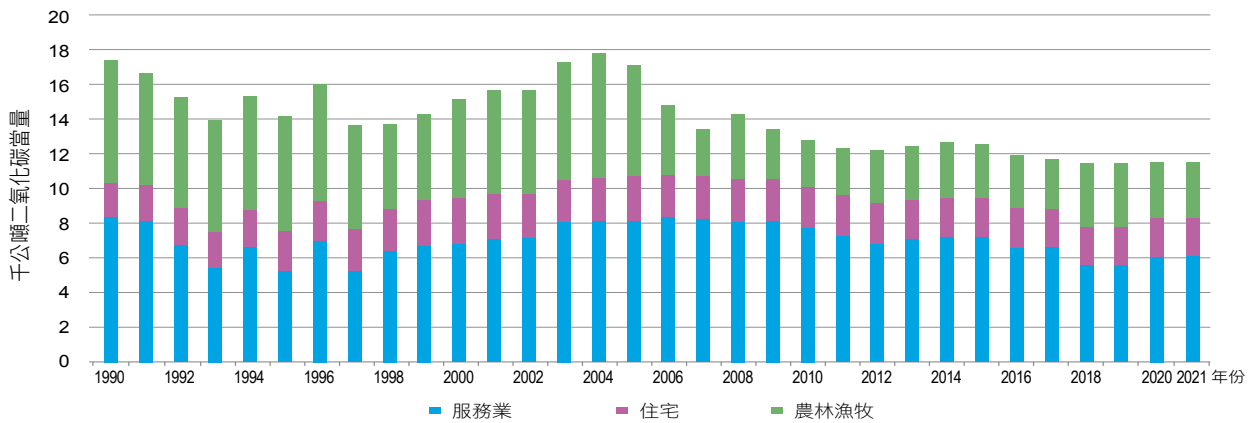


圖 3.2.30 1990 年至 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

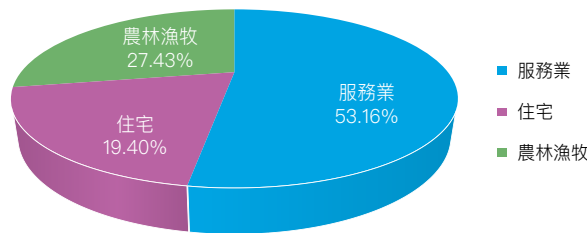


圖 3.2.31 2021 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.26 1990 年至 2021 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	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15
1.A.4.a. 服務業	8	8	7	5	7	5	7	5	6	7	7
1.A.4.b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
1.A.4.c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7	7	6	5	5	6
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	16	16	17	18	17	15	13	14	13	13	12
1.A.4.a. 服務業	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	7
1.A.4.b. 住宅	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2
1.A.4.c. 農林漁牧	6	6	7	7	6	4	3	4	3	3	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.A.4 其他部門	12	12	13	13	12	12	11	11	12	11	
1.A.4.a. 服務業	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	
1.A.4.b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
1.A.4.c. 農林漁牧	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	

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。2021 年我國燃料燃燒計算部門方法與參考方法之差距為 -0.48%，低於 2006 IPCC 指南建議的 5.0% 差異值，詳見表 3.2.27。

### 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。



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	213,348	209,122	2.02%
2001	215,720	212,957	1.30%
2002	225,860	220,546	2.41%
2003	233,224	230,607	1.13%
2004	244,762	239,929	2.01%
2005	248,329	247,956	0.15%
2006	257,072	255,331	0.68%
2007	261,715	259,214	0.97%
2008	248,511	247,536	0.39%
2009	237,250	235,868	0.59%
2010	254,715	251,708	1.19%
2011	261,794	257,096	1.83%
2012	255,788	253,166	1.04%
2013	256,854	254,070	1.10%
2014	261,385	258,481	1.12%
2015	258,493	258,476	0.01%
2016	264,384	262,982	0.53%
2017	270,233	269,462	0.29%
2018	267,226	267,208	0.01%
2019	260,185	258,821	0.53%
2020	255,802	257,381	-0.61%
2021	265,704	266,991	-0.48%

備註：此表不包含甲烷及氧化亞氮之排放量。

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。

### (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 2020 年減少為 9,444 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加為 10,255 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 8.59%；排放占比以國際

航空 53.23% 為高，國際海運則占 46.77%，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 12 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 27 千公噸二氧化碳當量，2005 年則減少至 19 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少至 14 千公噸二氧化碳當量，至 2020 年減少為 10 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 12 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 20.00%；排放占比以國際海運 91.95% 為最高，國際航空則占 8.05%，詳見圖 3.2.34、圖 3.2.35 與表 3.2.30。

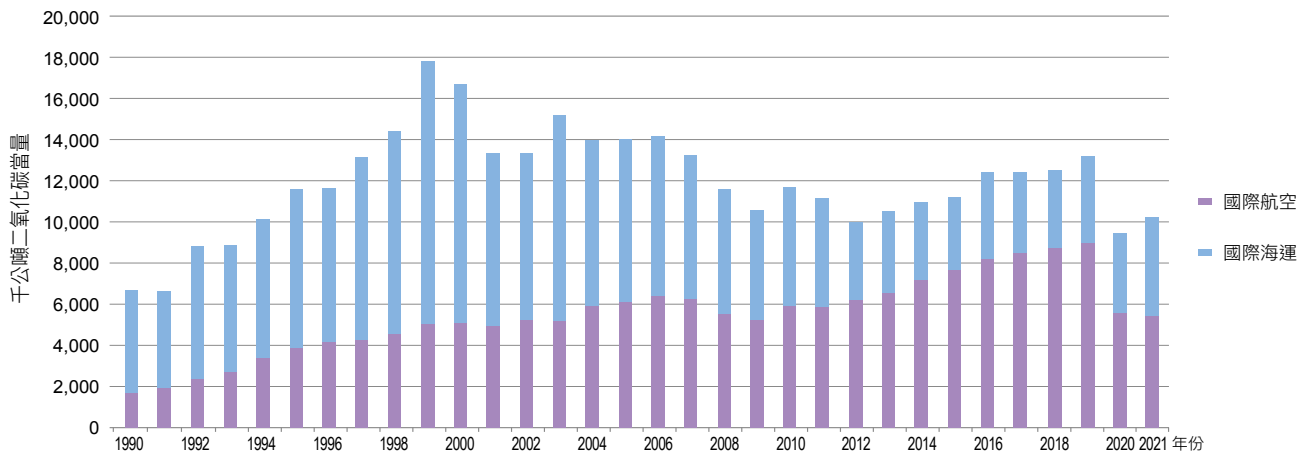


圖 3.2.32 1990 年至 2021 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

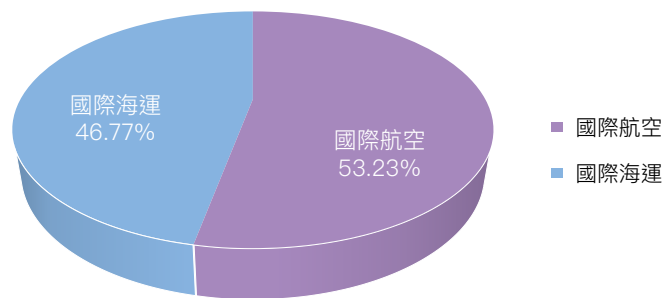


圖 3.2.33 2021 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.29 1990 年至 2021 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	
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	
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	
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	

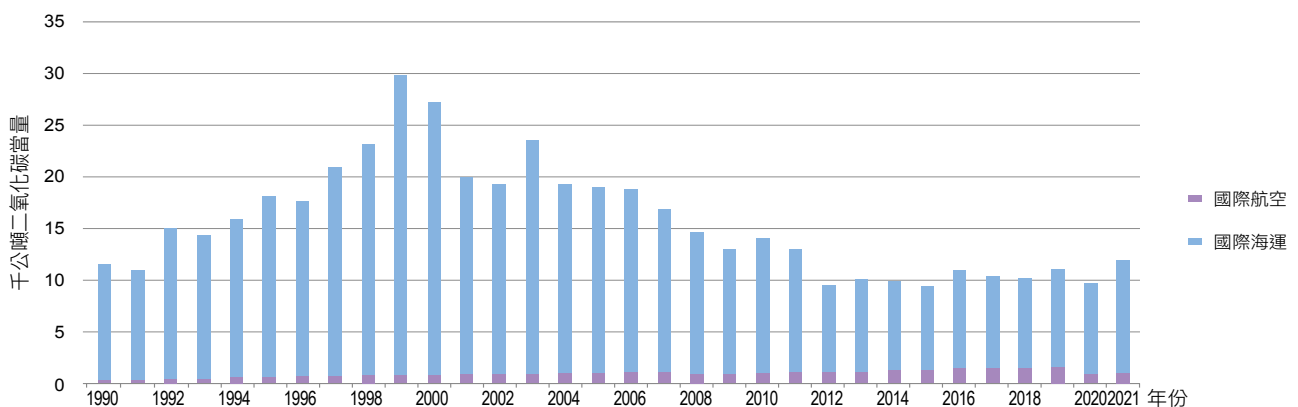


圖 3.2.34 1990 年至 2021 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

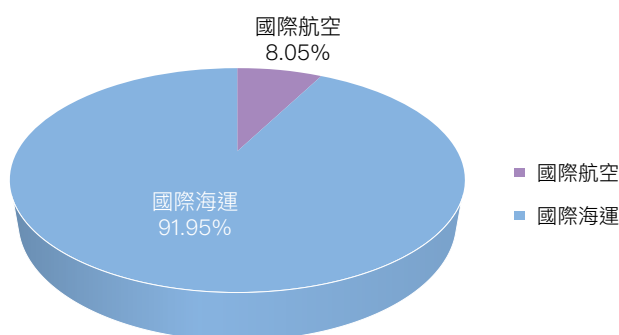


圖 3.2.35 2021 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.30 1990 年至 2021 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)	12	11	15	14	16	18	18	21	23	30	27
1.A.3.a.i. 國際航空	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1.A.3.d.i. 國際海運	11	11	15	14	15	17	17	20	22	29	26
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)	20	19	24	19	19	19	17	15	13	14	13
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	19	18	23	18	18	18	16	14	12	13	12
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.A.3 運輸 (國際運輸)	10	10	10	9	11	10	10	11	10	12	
1.A.3.a.i. 國際航空	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	
1.A.3.d.i. 國際海運	9	9	9	8	9	9	9	10	9	11	

### C. 氧化亞氮

國際運輸 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 52 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 132 千公噸二氧化碳當量，2005 年則減少至 112 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少至 94 千公噸二氧化碳當量，2020 年減少至 76 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 83 公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 9.21%；排放占比以國際航空 55.08% 最高，國際海運則為 44.92%，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 13,873 千公噸二氧化碳當量，其後逐年增加至 2005 年達 48,888 千公噸二氧化碳當量，其後逐年互有增減，2020 年增加為 67,586 千公噸二氧化碳當量，2021 年增加至 74,393 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 10.07%，詳見圖 3.2.38 與表 3.2.32。

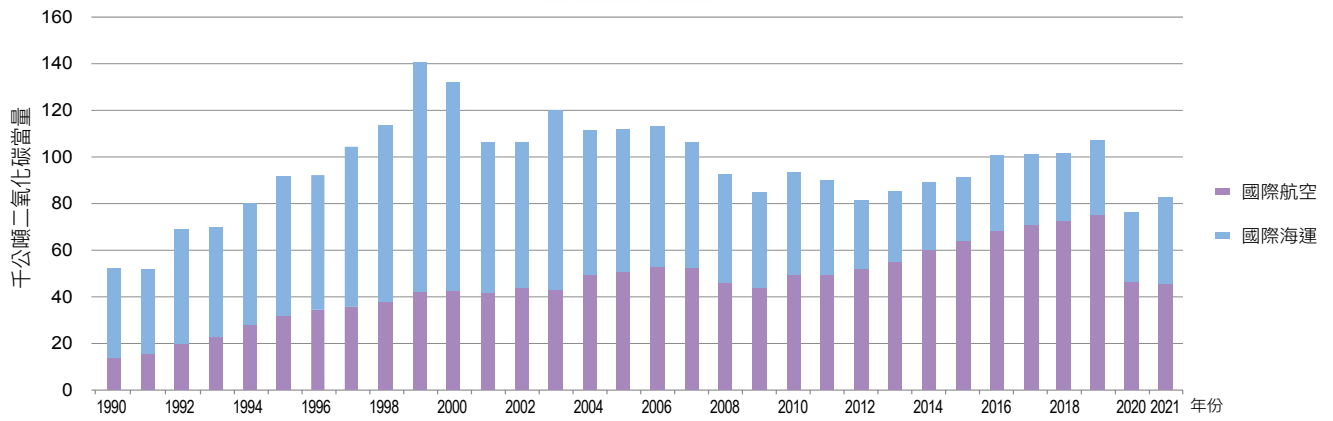


圖 3.2.36 1990 年至 2021 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

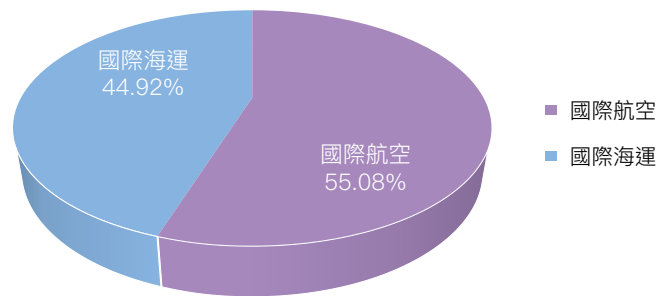


圖 3.2.37 2021 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.31 1990 年至 2021 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)	52	52	69	70	80	92	92	104	114	141	132
1.A.3.a.i. 國際航空	14	16	20	23	28	32	35	36	38	42	42
1.A.3.d.i. 國際海運	38	36	50	47	52	59	58	69	76	99	90
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)	106	106	120	111	112	113	106	93	85	94	90
1.A.3.a.i. 國際航空	42	44	43	49	51	53	52	46	44	49	49
1.A.3.d.i. 國際海運	65	63	77	62	61	60	54	46	41	44	41
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.A.3 運輸 (國際運輸)	81	85	89	91	101	101	102	107	76	83	
1.A.3.a.i. 國際航空	52	55	60	64	69	71	73	75	47	46	
1.A.3.d.i. 國際海運	29	31	29	27	32	30	29	32	30	37	

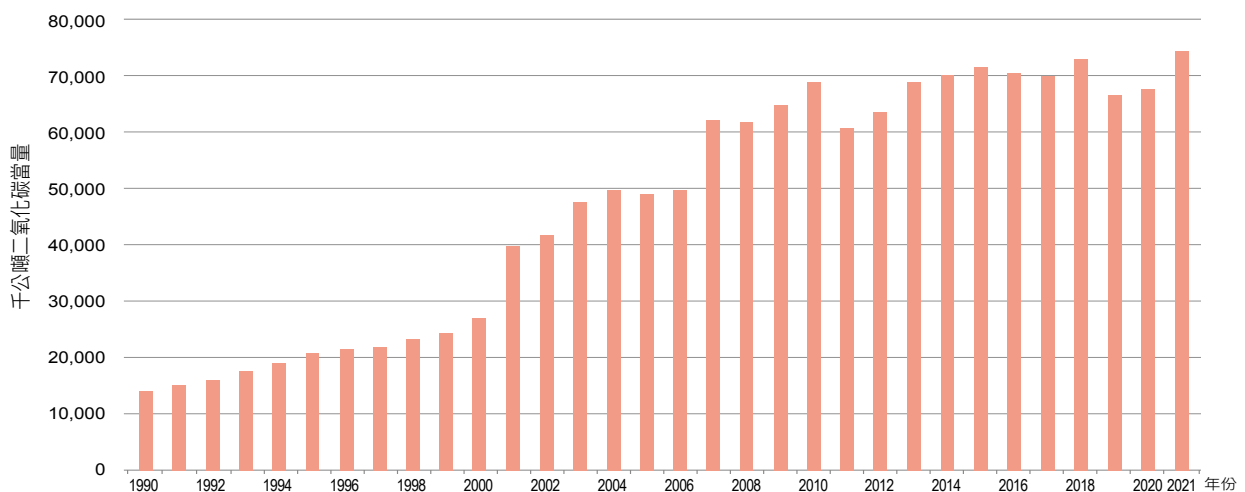


圖 3.2.38 1990 年至 2021 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢



表 3.2.32 1990 年至 2021 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	13,873	15,078	15,925	17,589	18,974	20,822	21,426	21,741	23,248	24,319	26,962
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	13,873	15,078	15,925	17,589	18,974	20,822	21,426	21,741	23,248	24,319	26,962
運輸部門	6,346	6,388	6,635	7,541	10,969	12,166	12,400	13,366	12,344	12,961	15,136
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	39,796	41,798	47,507	49,717	48,888	49,693	62,091	61,667	64,816	68,758	60,742
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	39,796	41,798	47,507	49,717	48,888	49,693	62,091	61,667	64,816	68,758	60,742
運輸部門	31,448	31,319	35,212	38,501	37,332	38,402	49,295	50,555	53,448	56,345	48,730
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	
非能源消費	63,588	68,850	70,174	71,622	70,494	69,895	72,880	66,495	67,586	74,393	
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	63,588	68,850	70,174	71,622	70,494	69,895	72,880	66,495	67,586	74,393	
運輸部門	52,120	56,868	58,078	59,946	58,760	58,268	60,231	54,720	55,251	62,627	
其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

## B. 甲烷

非能源使用燃料燃燒甲烷排放扣減量，1990 年為 15 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加至 2005 年為 51 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加為 69 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加為 77 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 11.59%，詳見圖 3.2.39 與表 3.2.33。

## 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 34 千公噸二氧化碳當量，其後大致呈現增加趨勢，至 2005 年為 120 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加為 161 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 182 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 13.04%，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。

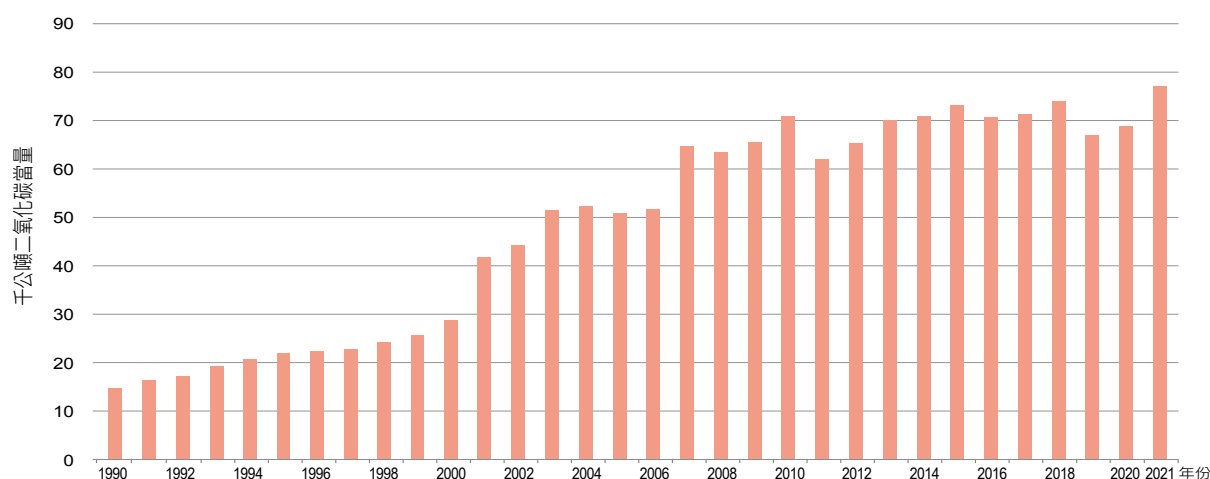


圖 3.2.39 1990 年至 2021 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢



表 3.2.33 1990 年至 2021 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	15	16	17	19	21	22	22	23	24	26	29
工業、轉變及能源部門	15	16	17	19	21	22	22	23	24	26	29
(石化原料用)	6	7	7	8	11	12	13	14	13	13	15
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	42	44	51	52	51	52	65	63	66	71	62
工業、轉變及能源部門	42	44	51	52	51	52	65	63	66	71	62
(石化原料用)	32	32	36	39	38	39	49	50	53	56	48
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	
非能源消費	65	70	71	73	71	71	74	67	69	77	
工業、轉變及能源部門	65	70	71	73	71	71	74	67	69	77	
(石化原料用)	52	56	57	59	57	58	59	53	55	64	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

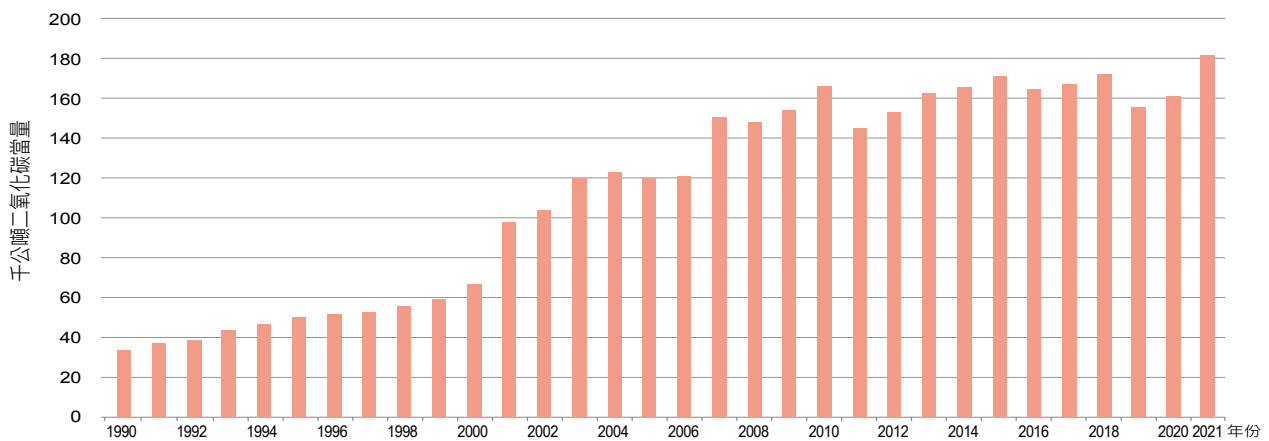


圖 3.2.40 1990 年至 2021 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢

表 3.2.34 1990 年至 2021 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	34	37	39	43	47	50	52	52	56	59	67
工業、轉變及能源部門	34	37	39	43	47	50	52	52	56	59	67
(石化原料用)	15	16	16	18	27	30	30	33	30	32	37
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	98	104	120	123	120	121	151	148	154	166	145
工業、轉變及能源部門	98	104	120	123	120	121	151	148	154	166	145
(石化原料用)	77	76	86	94	91	92	117	119	125	134	114
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	
非能源消費	153	163	165	171	165	167	172	155	161	182	
工業、轉變及能源部門	153	163	165	171	165	167	172	155	161	182	
(石化原料用)	124	131	134	140	134	137	139	125	129	151	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

### 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。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 燃料燃燒二氧化碳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，區分方法 1、方法 2 與方法 3<sup>1</sup>。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。

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
<b>1.B 燃料逸散排放</b>	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
<b>1.B.1 固體燃料</b>	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。	
<b>1.B.1.a. 煤炭開採與處理</b>	所有煤炭活動產生的逸散排放。	
<b>1.B.1.a.i. 地下煤礦</b>	開採、開採後、廢棄礦坑和排水甲烷廢氣燃燒塔產生的逸散。	
<b>1.B.1.a.i.1. 開採</b>	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。	
<b>1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放</b>	煤炭開採後、運送至地表、加工、存儲與運輸產生之甲烷及二氧化碳逸散。	
<b>1.B.1.a.i.3. 廢棄地下煤礦</b>	廢棄地下礦坑產生之甲烷逸散。	
<b>1.B.1.a.i.4. 甲烷燃燒或甲烷轉換成二氧化碳</b>	廢氣燃燒塔燃燒甲烷，或經氧化過程轉換成二氧化碳。	
<b>1.B.1.a.ii. 露天煤礦</b>	露天煤礦開採產生之煤層氣逸散。	
<b>1.B.1.a.ii.1. 開採</b>	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。	
<b>1.B.1.a.ii.2. 開採後煤層氣排放</b>	煤炭開採、加工、儲存和運輸之甲烷和二氧化碳逸散。	
<b>1.B.1.b. 自燃與煤堆燃燒</b>	煤炭開採過程中自燃之二氧化碳排放。	
<b>1.B.2 石油和天然氣</b>	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。	
<b>1.B.2.a. 石油</b>	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。	
<b>1.B.2.a.i. 排氣</b>	石油設備中伴生氣、廢氣及廢熱之逸散排放。	
<b>1.B.2.a.ii. 噴焰燃燒</b>	石油設備中燃燒天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。	
<b>1.B.2.a.iii. 所有其他</b>	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。	
<b>1.B.2.a.iii.1. 探勘</b>	石油鑽井、地層測試器試井和完井產生的逸散排放。	
<b>1.B.2.a.iii.2. 生產和改質</b>	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。	
<b>1.B.2.a.iii.3. 運輸</b>	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。	
<b>1.B.2.a.iii.4. 精煉</b>	原油煉製為石油產品整體過程之逸散排放。	
<b>1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送</b>	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。	
<b>1.B.2.a.iii.6. 其他</b>	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。	
<b>1.B.2.b. 天然氣</b>	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、存儲和配送的所有其他逸散來源產生的排放。	
<b>1.B.2.b.i. 排氣</b>	天然氣設備中天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。	
<b>1.B.2.b.ii. 噴焰燃燒</b>	天然氣設備中燃燒天然氣、廢氣及廢熱之逸散排放。	
<b>1.B.2.b.iii. 所有其他</b>	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。	

續下表

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

續上表

排放源	範疇定義	排放氣體
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。	甲烷
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

### 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 IPCC 建議之方法 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 ( $\text{m}^3 / \text{公噸}$ )  $\times$  地下煤炭產量 (公噸 / 年)  $\times$  轉換因子 ( $0.67 \times 10^{-6} \text{ Ggm}^{-3}$ )  $\times$  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 ( $\text{m}^3 / \text{公噸}$ )  $\times$  地下煤炭產量 (公噸 / 年)  $\times$  轉換因子 ( $0.67 \times 10^{-6} \text{ Ggm}^{-3}$ )  $\times$  溫暖化潛勢。

### B. 石油

按 IPCC 建議, 區分為排氣、噴焰燃燒、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, 即以方法 3 進行補充統計, 而 1990 年至 2004 年則依循 IPCC 建議之方法 1 進行統計; 其餘統計範疇皆依循 IPCC 建議之方法 1 進行統計。

(A) 方法 1: 活動數據  $\times$  排放係數  $\times$  溫暖化潛勢。

(B) 方法 3: 引用「國家溫室氣體登錄平台」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, 基本篩選原則為。

(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 IPCC 建議, 區分為排氣、噴焰燃燒、探勘、生產、處理、運輸和儲存, 以及配送等範疇, 並依循 IPCC 建議之方法 1 進行統計, 即活動數據  $\times$  排放係數  $\times$  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  $18 \text{ m}^3 / \text{公噸}$ ; 開採後平均甲烷排放因子為  $2.5 \text{ m}^3 / \text{公噸}$ 。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。

#### (3) 活動數據

活動數據引用來源包括經濟部能源局公布之能源平衡表 (原始單位)、天然氣業者申報之公用天然氣事業統計月報表、以及環保署「國家溫室氣體登錄平台」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 277 千公噸二氧化碳當量, 2000 年減少至 139 千公噸二氧化碳當量, 2005 年微幅減少至 137 千公噸二氧化碳當量, 至 2010 年增加為 161 千公噸二氧化碳當量, 2020 年增加為 270 千公噸二氧化碳當量, 2021 年則增加至 291 千公噸二氧化碳當量, 較 2020 年增加 7.77%; 占比方面, 2021 年石油、天然氣逸散排放占比分別為 2.61%、97.39%, 詳見表 3.3.4、圖 3.3.1、圖 3.3.2。



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	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	$9.5 \times 10^{-5}$	$7.2 \times 10^{-4}$	NA
噴燄燃燒	原油：自產量	方法 1	$4.1 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-5}$	$6.4 \times 10^{-7}$
探勘	-	方法 1	-	-	-
生產和改質	原油：自產量	方法 1	$1.8 \times 10^{-3}$	$1.801 \times 10^{-3}$ ( $1.5 \times 10^{-6} \sim 3.6 \times 10^{-3}$ )	NA
運輸	原油：自產量	方法 1	$4.9 \times 10^{-7}$	$5.4 \times 10^{-6}$	NA
精煉	原油：自產量	方法 1	ND	$2.18 \times 10^{-5}$ ( $2.6 \times 10^{-6} \sim 41.0 \times 10^{-6}$ )	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 (2006) , Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories CH 4: Fugitive Emissions , Table 4.2.4.

- 註：1. 括號內為 IPCC 建議排放係數計算區間，本統計參採其計算區間之均值。  
 2. 精煉的方法 3 直接引用廠家計算的年排放量。  
 3. 「-」：無資料；「NA」：Not Applicable；「ND」：Not Determined。

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	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		$1.2 \times 10^{-3}$	$7.6 \times 10^{-7}$	$2.1 \times 10^{-8}$
探勘	-	-	-	-	-
生產	(自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量	方法 1	$4.8 \times 10^{-5}$ ( $1.4 \times 10^{-5} \sim 8.2 \times 10^{-5}$ )	$1.34 \times 10^{-3}$ ( $3.8 \times 10^{-4} \sim 2.3 \times 10^{-3}$ )	NA
處理	(自產)天然氣+(進口)液化天然氣：自產量		$2.35 \times 10^{-4}$ ( $1.5 \times 10^{-4} \sim 3.2 \times 10^{-4}$ )	$7.55 \times 10^{-4}$ ( $4.8 \times 10^{-4} \sim 10.3 \times 10^{-4}$ )	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		$8.8 \times 10^{-7}$	$2.73 \times 10^{-4}$ ( $6.6 \times 10^{-5} \sim 4.8 \times 10^{-4}$ )	NA
配送	民營公司向中油公司購入 NG1 與 NG2 數量		$5.1 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-3}$	ND

資料來源：IPCC (2006) , Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories CH 4: Fugitive Emissions , Table 4.2.4.

- 註：1. 括號內為 IPCC 建議排放係數計算區間，本統計參採其計算區間之均值。  
 2. 「-」：無資料；「NA」：Not Applicable；「ND」：Not Determined。

表 3.3.4 1990 年至 2021 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	277	237	203	200	195	184	154	138	142	145	139
1.B.1 固體燃料	162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.2 石油和天然氣	115	98	88	87	97	103	103	104	115	113	111
1.B.2.a. 石油	32	26	22	23	22	25	26	25	27	27	27
1.B.2.b. 天然氣	82	72	66	64	75	78	77	79	88	86	84
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	122	132	159	176	137	132	138	142	140	161	176
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	122	132	159	176	137	133	138	142	141	161	176
1.B.2.a. 石油	28	30	33	36	4	2	2	2	3	2	1
1.B.2.b. 天然氣	94	102	126	140	133	130	136	140	138	159	174
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1.B. 燃料逸散	193	204	213	227	239	254	258	258	270	291	
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2 石油和天然氣	193	205	214	228	239	255	258	258	270	291	
1.B.2.a. 石油	2	11	9	10	10	10	10	9	8	8	
1.B.2.b. 天然氣	191	193	204	218	229	244	248	249	263	284	

備註：我國煤炭自 2001 年起停產，爰以「NO」註記。

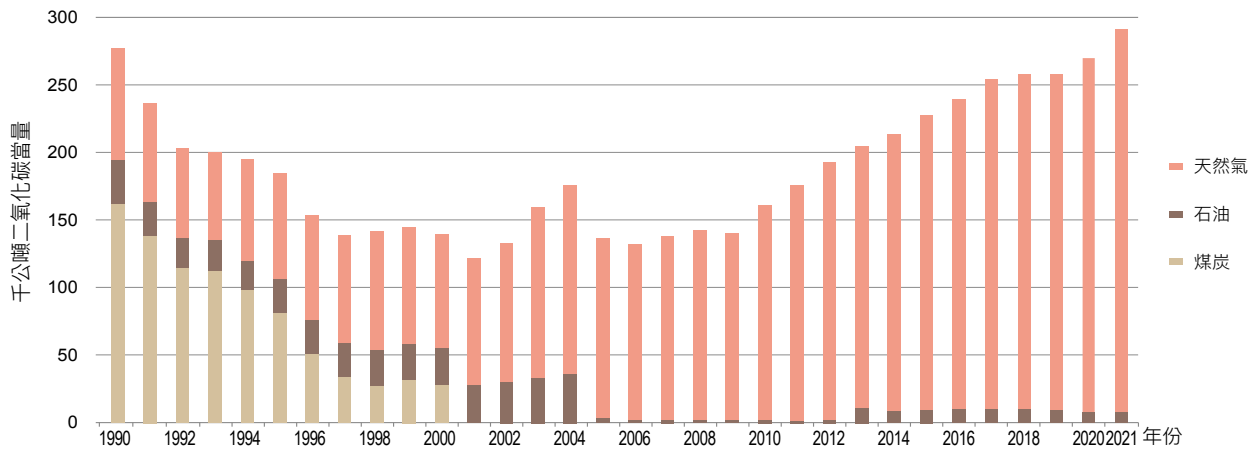


圖 3.3.1 1990 年至 2021 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

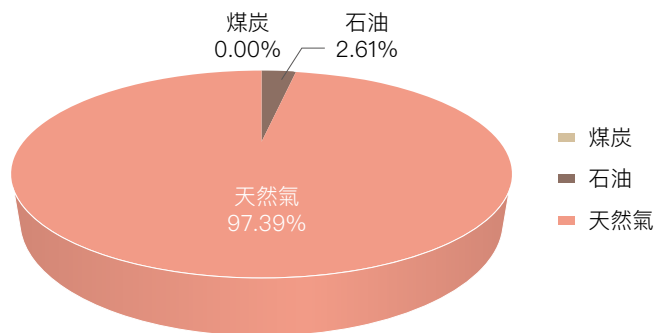


圖 3.3.2 2021 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放占比

### A. 固體燃料

1990 年固體燃料逸散溫室氣體總排放量為 162 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續減少至 2000 年 28 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 89.29%、開採後 10.71%，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 32 千公噸二氧化碳當量，2000 年減少至 27 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 年微幅減少至 2 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加為 7.55 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 7.62 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 0.89%；排放占比以精煉 96.60% 最高，其次依序為生產和改質 1.46%、噴燄燃燒 1.35%、排氣 0.58% 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 82 千公噸二氧化碳當量，2000 年成長至 84 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 133 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年增加為 159 千公噸二氧化碳當量，2020 年增加為 262 千公噸二氧化碳當量，2021 年則增加至 284 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加

8.40%；排放占比以運輸與儲存 63.16% 最高，其次依序為配送 34.75%、生產 1.30%、處理 0.74% 及噴燄燃燒 0.05%，詳見圖 3.3.7、圖 3.3.8 與表 3.3.7。

### (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。

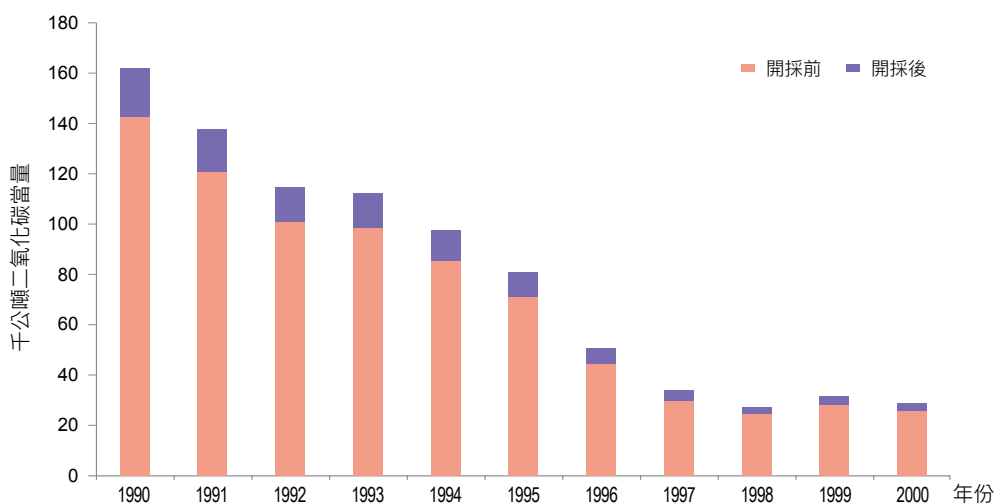


圖 3.3.3 1990 年至 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

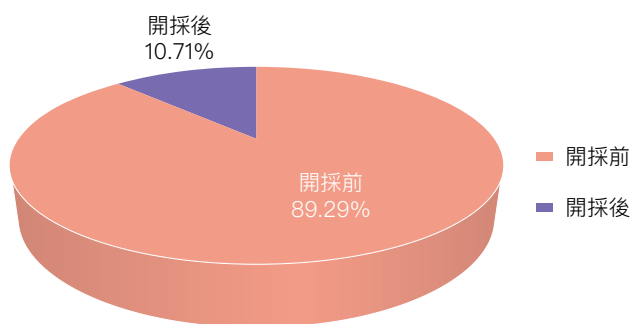


圖 3.3.4 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.5 1990 年至 2021 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	162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.1.a.i. 地下煤礦	162	138	115	113	98	81	51	34	27	31	28
1.B.1.a.i.1. 開採	142	121	101	99	86	71	44	30	24	28	25
1.B.1.a.i.2. 開採後煤層氣排放	20	17	14	14	12	10	6	4	3	4	3
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	
1.B.1. 固體燃料	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	
1.B.1.a.i.1. 開採	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	

備註：我國煤炭自 2001 年起停產，爰以「NO」註記。

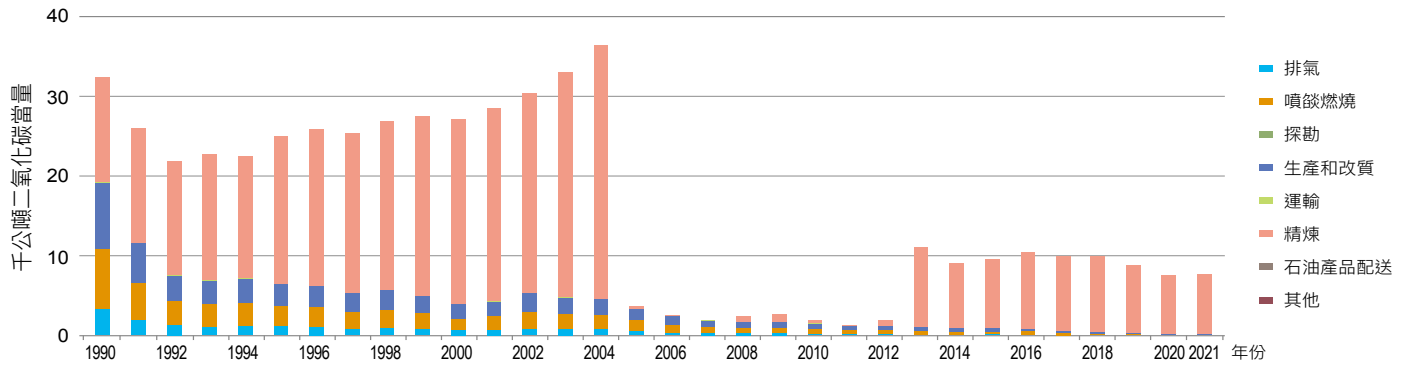


圖 3.3.5 1990 年至 2021 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢

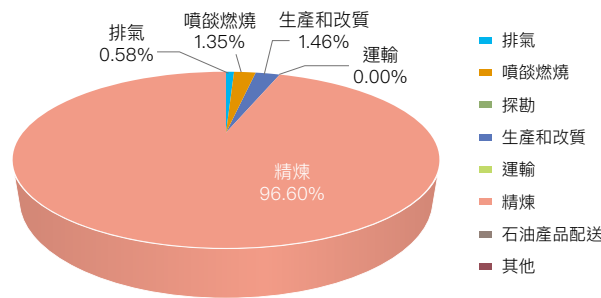


圖 3.3.6 2021 年石油逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.6 1990 年至 2021 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	32	26	22	23	22	25	26	25	27	27	27
1.B.2.a.i. 排氣	3	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	2	2	2	2	2
1.B.2.a.iii. 所有其他	21	19	17	19	18	21	22	22	24	25	25
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	8	5	3	3	3	3	3	2	2	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	13	14	14	16	15	18	20	20	21	22	23
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	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1.B.2.a. 石油	28	30	33	36	4	2	2	2	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	26	27	30	34	2	1	1	1	2	1	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	2	2	2	1	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	24	25	28	32	0	0	0	1	1	0	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	
1.B.2.a. 石油	2	11	9	10	10	10	10	9	8	8	
1.B.2.a.i. 排氣	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	
1.B.2.a.iii. 所有其他	1	10	8	9	10	10	10	9	7	7	
1.B.2.a.iii.1. 探勘	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2.a.iii.2. 生產和改質	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	
1.B.2.a.iii.4. 精煉	1	10	8	9	10	9	9	8	7	7	
1.B.2.a.iii.5. 石油產品配送	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	

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

2. NO：我國該分類項目無使用。

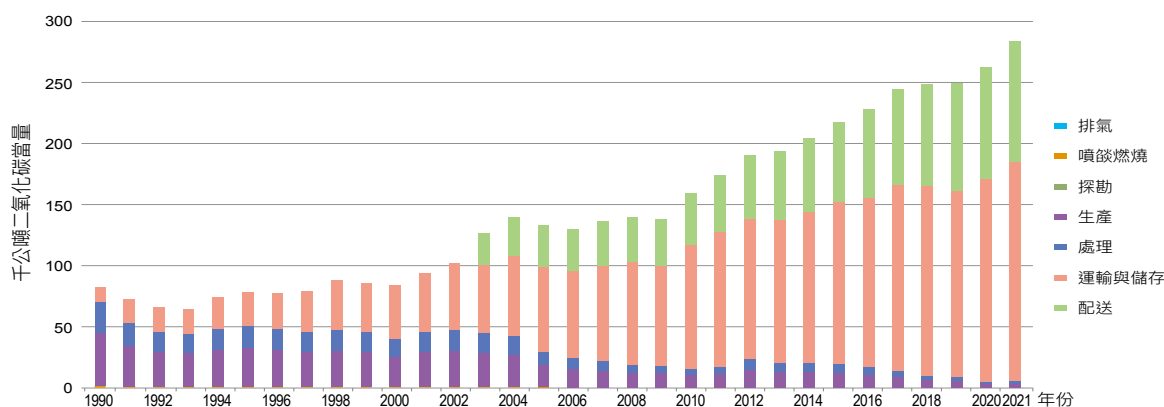


圖 3.3.7 1990 年至 2021 年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢

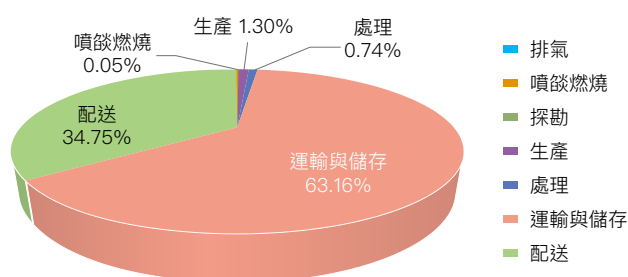


圖 3.3.8 2021 年天然氣逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.7 1990 年至 2021 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	82	72	66	64	75	78	77	79	88	86	84
1.B.2.b.i. 排氣	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.b.ii. 噴發燃燒	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.B.2.b.iii. 所有其他	81	71	65	63	74	77	76	78	87	85	83
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	44	33	29	28	30	32	30	29	29	29	25
1.B.2.b.iii.3. 加工	25	19	16	16	17	18	17	16	17	16	14
1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存	12	19	20	20	26	28	29	33	40	40	43
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	94	102	126	140	133	130	136	140	138	159	174
1.B.2.b.i. 排氣	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2.b.ii. 噴發燃燒	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1.B.2.b.iii. 所有其他	93	101	125	139	132	130	136	139	137	159	174
1.B.2.b.iii.1. 探勘	NO	NO	NO	NO	0	0	0	0	0	0	0
1.B.2.b.iii.2. 生產	28	30	28	27	18	16	14	12	12	10	11
1.B.2.b.iii.3. 加工	16	17	16	15	10	9	8	7	7	6	6
1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存	48	54	55	66	69	71	77	84	81	101	110
1.B.2.b.iii.5. 配送	NO	NO	26	31	34	34	36	36	38	42	46
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	
1.B.2.b. 天然氣	191	193	204	217	228	244	248	249	262	284	
1.B.2.b.i. 排氣	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
1.B.2.b.ii. 噴發燃燒	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.B.2.b.iii. 所有其他	190	193	204	218	228	244	248	249	262	284	
1.B.2.b.iii.1. 探勘	0	0	0	0	0	0	0	0	NO	NO	
1.B.2.b.iii.2. 生產	15	13	13	13	11	9	7	6	4	4	
1.B.2.b.iii.3. 加工	8	7	7	7	6	5	4	3	2	2	
1.B.2.b.iii.4. 運輸與儲存	115	117	123	132	139	152	154	152	165	179	
1.B.2.b.iii.5. 配送	52	55	61	65	73	78	83	88	92	99	
1.B.2.b.iii.6. 其他	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 IPCC 方法 1 進行計算；另配合我國溫室氣體盤查推動時程，自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即方法 3。

2. NO：我國該分類項目無使用。



(B). 燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性，

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

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

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

$U_f$ ：燃料逸散排放量不確定性 (%)

$U_m$ ：燃料別逸散排放量不確定性 (%)

$U_{m,n}$ ：燃料別逸散源不確定性 (%)

$U_{m,n,l}$ ：逸散源各範疇不確定性 (%)

$F_m$ ：燃料別逸散排放量 (kg CO<sub>2</sub>e)

$F_{m,n}$ ：燃料別逸散源排放量 (kg CO<sub>2</sub>e)

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的活動數據與排放係數

## B. 分析結果

2021 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 2004 年，因無法取得細部資料，參採 IPCC 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，即方法 3。

表 3.3.8 2021 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析

燃料別	2021 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	7.62	3.69
天然氣	283.76	140.80
逸散排放量總計	291.38	-
燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性 (%)		140.85

## 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

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

# 第四章

## 工業製程及產品使用部門 (CRF 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 (CRF Sector 2)

經專家諮詢會議研商，仍需進一步釐清 2006 IPCC 指南乙烯製程統計方法，故決議本年度乙烯統計方法學維持方法 1。

我國 2021 年工業製程及產品使用部門排放量約 22,156 千公噸二氧化碳當量，若以溫室氣體種類區分，主要排放為二氧化碳占 70.4%，其次為氧化亞氮占 11.3%、全氟碳化物占 6.6%、氫氟碳化物占 5.0%、六氟化硫占 3.9%，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 32.3%、礦業（非金屬工業）占 30.5%，如圖 4.1.2 所示。

1990 年至 2021 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，2021 年溫室氣體排放量相較 2020 年的 19,794 千公噸二氧化碳當量，增加約 2,362 千公噸二氧化碳當量，約增加 11.93%，其中金屬工業較去年約增加 21.11%，化學工業約增加 34.68%。

### 4.1 部門概述

有關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(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)、氫氟碳化物(Hydrofluorocarbons, HFCs)、全氟碳化物(Perfluorocarbons, PFCs)、六氟化硫(Sulfur Hexafluoride, SF<sub>6</sub>)、三氟化氮(Nitrogen Trifluoride, NF<sub>3</sub>)等七項溫室氣體種類，方法學採用如表 4.1.2 所示。

本(2023)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「石化及碳黑生產」中的乙烯製程，乙烯製程排放原統計方法學為方法 1，由乙烯產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量。

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 <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	NF <sub>3</sub>		
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	○						
	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 <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	NF <sub>3</sub>
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 <sub>6</sub> 及 PFCs					IE, ○	IE, ○	
	2.G.3 使用 N <sub>2</sub> 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						

- 說明：
- 本表僅針對聯合國政府間氣候變遷專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 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) 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, SO<sub>2</sub>) 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。
  - 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。
  - 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 工業部門所使用方法學

溫室氣體排放源分類		CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		HFCs		PFCs		SF <sub>6</sub>		NF <sub>3</sub>	
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 <sub>6</sub> 和 PFCs 排放											T3	NE		
2.H 其他	啤酒生產	T1	CS												

備註：T1 (IPCC Tier1), T2 (IPCC Tier2), T3 (IPCC Tier3), D (IPCC default), CS (country specific method/EF), NE (未調查估計該分類項目), NO (我國該分類項目無生產或使用), 灰底(指南未建議納入統計該氣體)。

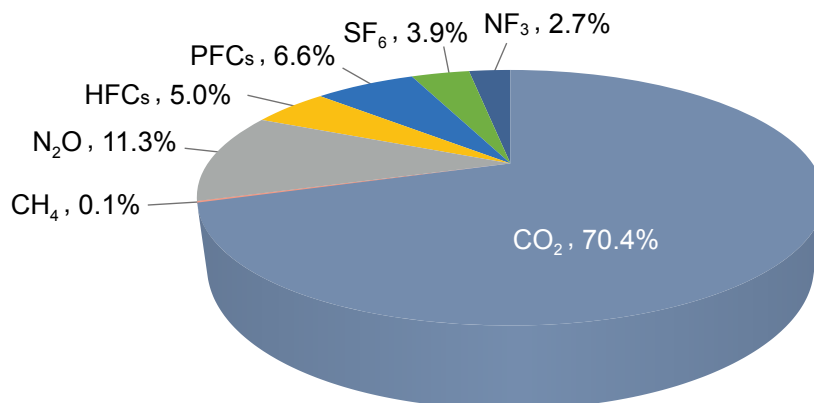


圖 4.1.1 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

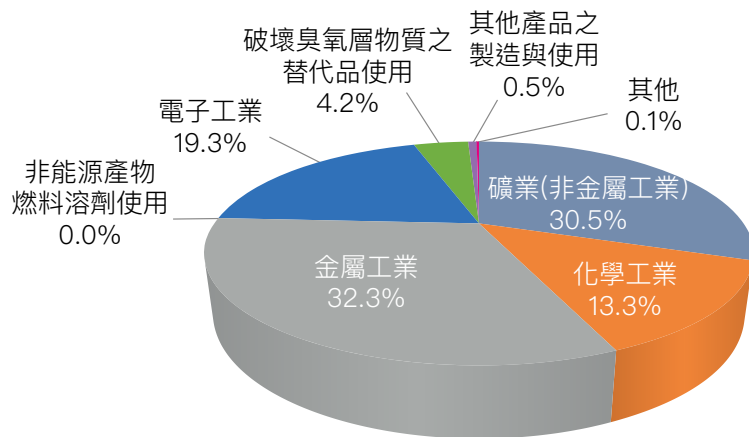


圖 4.1.2 2021 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.3 1990 年至 2021 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)

	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	746	3,275	0.00006	NE	NE	IE	23	14,728	8.36
1991	10,698	908	3,737	0.00006	NE	NE	IE	23	15,366	8.26
1992	11,854	905	3,475	0.00006	NE	NE	IE	23	16,257	8.04
1993	13,879	1,680	3,889	0.00007	NE	NE	IE	24	19,471	7.74
1994	13,259	1,950	3,775	0.00009	NE	NE	IE	23	19,007	7.66
1995	12,766	2,013	3,885	0.00008	NE	NE	IE	21	18,685	7.71
1996	12,645	2,658	4,014	0.00008	NE	NE	IE	20	19,336	7.53
1997	13,394	2,888	5,046	0.00008	NE	NE	IE	19	21,346	7.76
1998	11,564	3,482	5,818	0.00009	NE	NE	IE	22	20,886	8.37
1999	10,746	3,011	5,333	0.00009	129	NE	IE	21	19,241	8.44
2000	10,486	4,105	5,734	0.00008	143	NE	IE	20	20,488	8.42
2001	9,974	4,531	4,960	0.00007	3,971	NE	IE	20	23,456	5.18
2002	10,648	4,232	5,123	0.00008	5,544	NE	1,943	18	27,509	4.79
2003	10,341	4,174	6,426	0.00009	6,212	401	1,943	18	29,516	4.45
2004	10,691	4,057	6,519	0.00011	6,841	682	2,053	19	30,864	4.39
2005	11,257	2,729	6,129	0.00010	6,763	996	1,503	20	29,398	4.43
2006	11,014	2,707	8,412	0.00007	7,200	896	770	21	31,019	4.17
2007	10,369	2,864	8,272	0.00007	6,840	922	953	20	30,241	4.06
2008	9,289	2,406	7,888	0.00007	4,763	928	895	20	26,190	3.95
2009	8,467	2,648	6,632	0.00006	4,275	812	703	21	23,557	4.03
2010	8,616	2,938	7,974	0.00005	4,741	770	238	20	25,296	3.95
2011	9,577	2,978	7,670	0.00004	4,599	881	252	20	25,977	3.97
2012	9,333	2,753	8,331	0.00004	3,981	783	195	21	25,397	4.10
2013	9,866	2,555	8,008	0.00005	4,926	812	160	19	26,346	2.94
2014	8,728	2,638	7,105	0.00006	4,823	828	146	19	24,287	3.02
2015	8,345	2,559	7,087	0.00010	4,390	851	128	20	23,379	5.69
2016	7,108	2,747	7,737	0.00008	4,181	835	82	19	22,710	5.77
2017	6,262	2,848	7,693	0.00007	4,159	821	79	20	21,882	5.53
2018	6,403	2,821	7,994	0.00006	4,275	811	149	19	22,473	5.25
2019	6,501	2,623	6,750	0.00006	3,885	846	110	17	20,732	5.39
2020	6,504	2,183	5,906	0.00006	4,189	861	133	18	19,794	5.44
2021	6,762	2,940	7,153	0.00007	4,266	920	100	15	22,156	4.88

備註：NE，代表未調查估計該分類項目；如考量該項目使用量小，故未進行調查；IE，代表該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目。

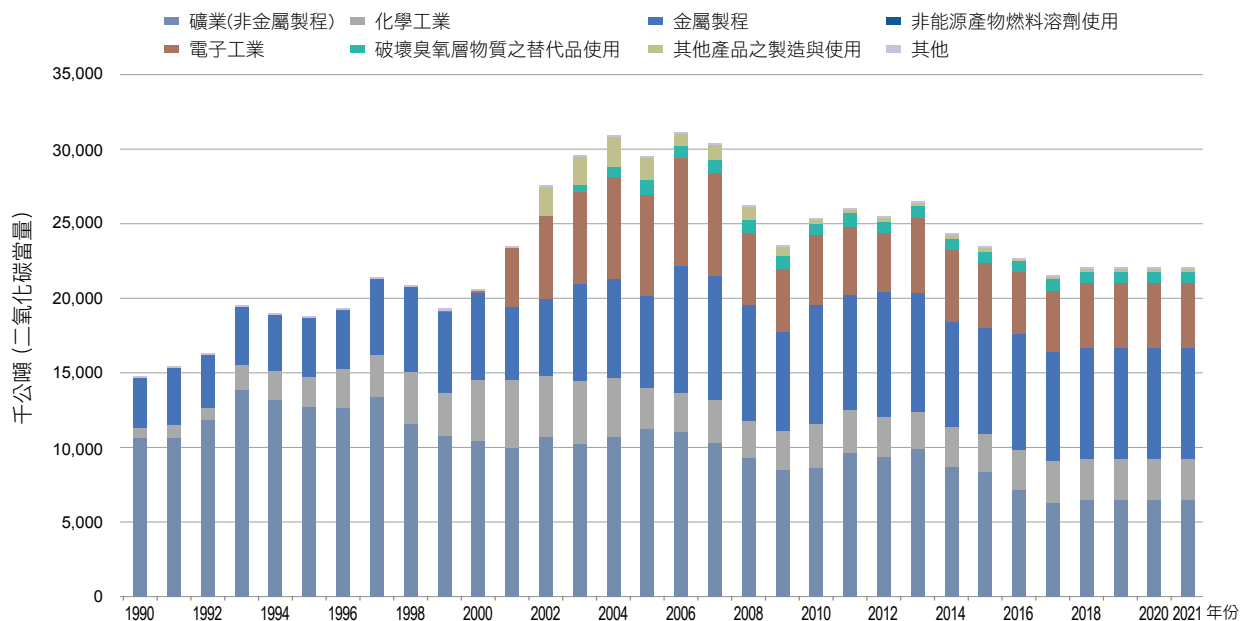


圖 4.1.3 1990 年至 2021 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依類別)

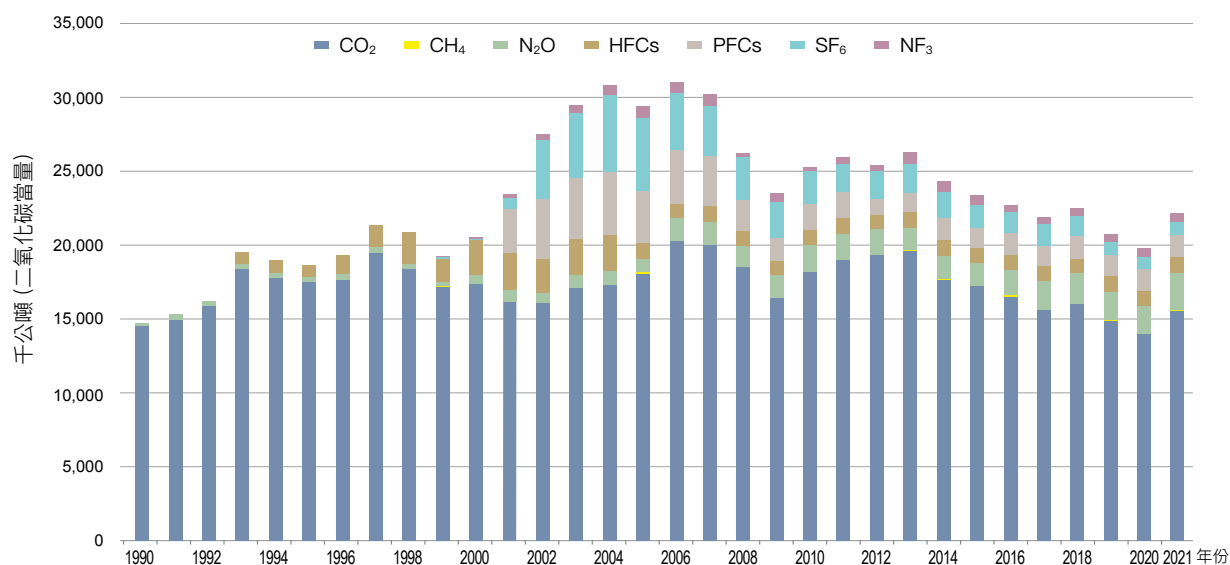


圖 4.1.4 1990 年至 2021 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依氣體)

## 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 28%–38% 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。2021 年礦業(非金屬工業)排放量約 6,762 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 30.5%，較 2020 年增加約 258 千公噸二氧化碳當量，係因製程排放之二氧化碳排放量增加所致。1990 年至 2021 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。

表 4.2.1 1990 年至 2021 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	
2.A.1 水泥生產	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	5,357	5,378	5,508	5,673	5,820	
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	202	286	184	149	153	175	186	208	198	230	
2.A.3 玻璃生產	11	11	10	10	10	9	8	8	6	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	
2.A.4.a 製陶	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	
2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產	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	
2.A.5 其他	50	47	47	49	50	51	56	47	43	52	
2.A 總計	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108	6,262	6,403	6,501	6,504	6,762	

備註：1. NO，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；  
2. NA，代表不適用，該分類被認定為從未發生相關排放。

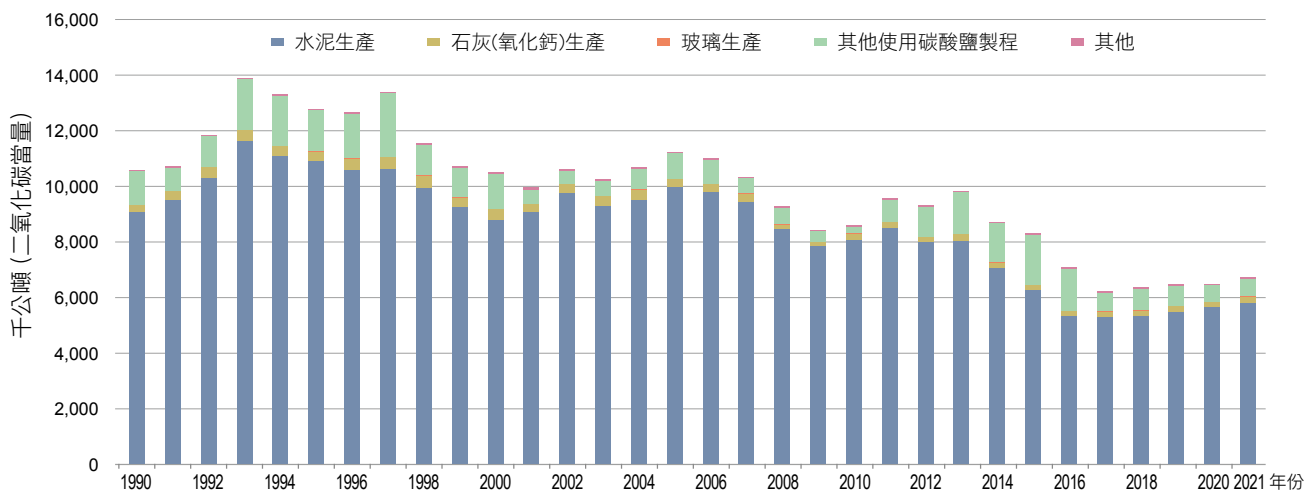


圖 4.2.1 1990 年至 2021 年礦業（非金屬工業）排放量趨勢





## 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 指南建議方法 1，以水泥產量及熟料進出口量推算熟料產量，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波特蘭 I 型，水泥中熟料含量約占 95%。

計算公式如下：

## 二氧化碳排放量

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

## B.1994 年至 2020 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，活動數據採較水泥產量精準之熟料產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{水泥熟料產量 (公噸)} \times \text{水泥熟料排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

## (2) 排放係數

經由水泥專家諮詢會決議<sup>1</sup>，以 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.52029 公噸二氧化碳 / 公噸熟料生產作為我國水泥熟料之排放係數。

## (3) 活動數據

1990 年至 2013 年由水泥公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿局進出口統計，2014 年起則由環保署國家溫室氣體登錄平台取得排放清冊，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 年受全球金融風暴影響，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，如表 4.2.3 及圖 4.2.2 所示。

## (5) 完整性

1990 年至 2013 年由水泥公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿局進出口統計，2014 年起則由環保署國家溫室氣體登錄平台取得排放清冊，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。

表 4.2.2 1990 年至 2021 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	
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	

備註：1990 年至 1993 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以水泥產量及熟料進出口量推算熟料產量；1994 年至 2020 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，採用熟料產量，資料來源為水泥公會。

表 4.2.3 1990 年至 2021 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	
2.A.1 水泥生產	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	5,357	5,378	5,508	5,673	5,820	

<sup>1</sup> IPCC 建議係數 0.52029 尚符合國內現況且為各廠所使用，建議水泥生產之 CO<sub>2</sub> 排放計算改採此係數；內容摘自經濟部工業局召開之工業製程部門溫室氣體排放量專家諮詢會議 - 水泥生產 (103 年 11 月 13 日) 會議記錄。

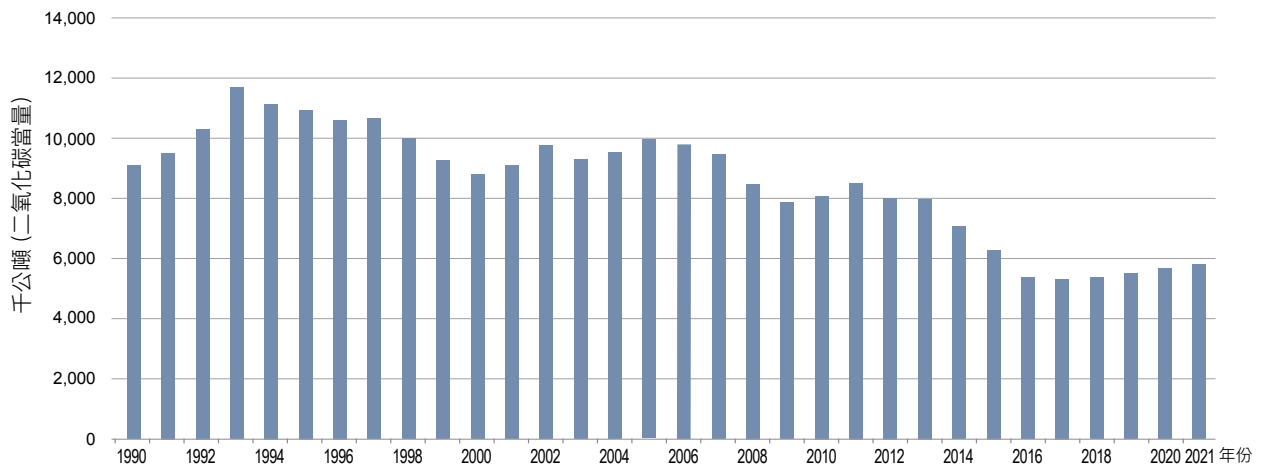


圖 4.2.2 1990 年至 2021 年水泥生產製程排放量趨勢

### 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<sup>2</sup> 確認並參考 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 2021 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 43%。

B. 1994 年至 2021 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 (CaCO<sub>3</sub>)，排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.2%。

#### (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，依據方法 1 採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 年至 2021 年改使用方法 2，時間序列未一致，但資料來源及排放係數皆一致，並經時間序列檢核，方法 1 和方法 2 兩者趨勢一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於業界提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

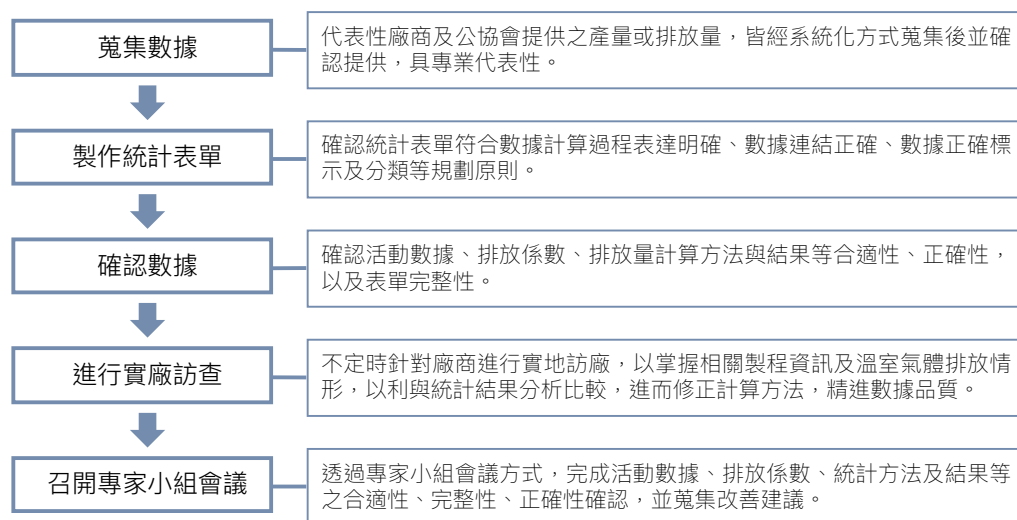


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 民間來源)

<sup>2</sup> 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波特蘭水泥，對照 IPCC 指南之不確定性為 35%。(IPCC2006 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 (103 年 11 月 13 日)。



## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年 5 月 25 日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<sup>3</sup> (以下簡稱 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會) 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

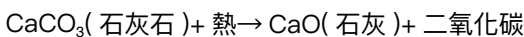
經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會會議結論，規劃 2024 年開始採用業者經第三方認證的水泥熟料之排放係數。

### 4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項目統計生產生石灰 (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<sup>4</sup>，故本項僅統計生石灰生產之二氧化碳排放量。

二氧化碳主要來自原料石灰石 (CaCO<sub>3</sub>) 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 指南建議方法 1，以生石灰產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{生石灰產量 (公噸)} \times \text{生石灰排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

##### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>5</sup> 建置之排放係數 0.706 公噸二氧化碳 / 公噸生石灰生產，該排放係數係根據國內生石灰產量、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

國內生石灰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

生石灰生產製程排放量與產量有關，自 1998 年達 430 千公噸二氧化碳當量高點後，整體有下降趨勢，2021 年排放量為 230 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%。

表 4.2.4 1990 年至 2021 年生石灰產量

(單位：千公噸)											
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	
生石灰產量	287	405	261	211	216	247	263	294	280	326	

表 4.2.5 1990 年至 2021 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	
2.A.2 石灰 (氧化鈣) 生產	202	286	184	149	153	175	186	208	198	230	

<sup>3</sup> 「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」 2023.05.25。

<sup>4</sup> 於 106 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

<sup>5</sup> 行政院環境保護署，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。

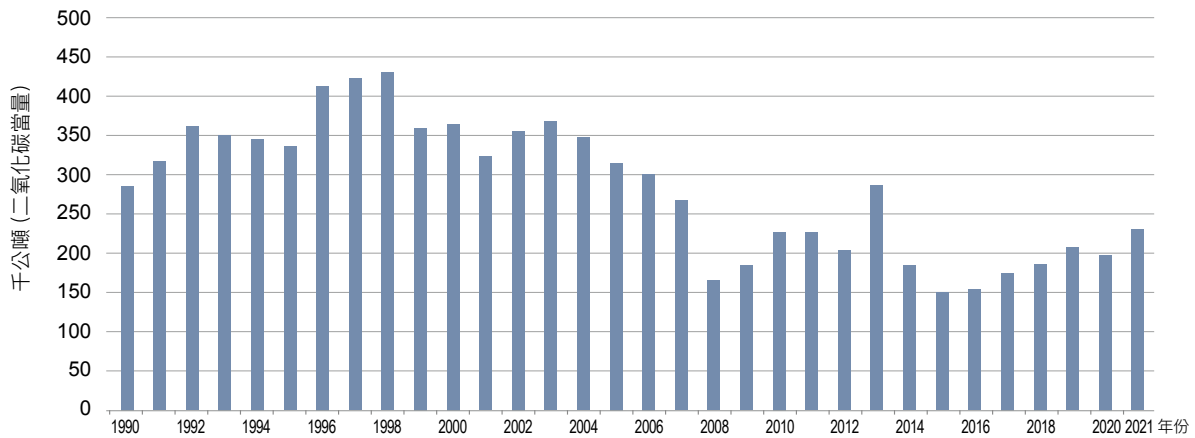


圖 4.2.4 1990 年至 2021 年石灰生產排放量趨勢

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

4.2.3 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 (CaCO<sub>3</sub>)、白雲石 (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)、與純鹼 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 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 指南建議方法 1，活動數據採經濟部統

計處工業生產統計年報平板玻璃產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{玻璃產量 (公噸)} \times \text{玻璃排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

(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行政院環保署資源回收網 2013 年玻璃回收量及政府資料公開平台 - 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)，2021 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

玻璃產量為經濟部統計處工業生產統計年報公布數值，

表 4.2.6 1990 年至 2021 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	
平板玻璃產量	399	405	391	391	379	342	312	306	241	352	

表 4.2.7 1990 年至 2021 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	
2.A.3 玻璃生產	11	11	10	10	10	9	8	8	6	9	

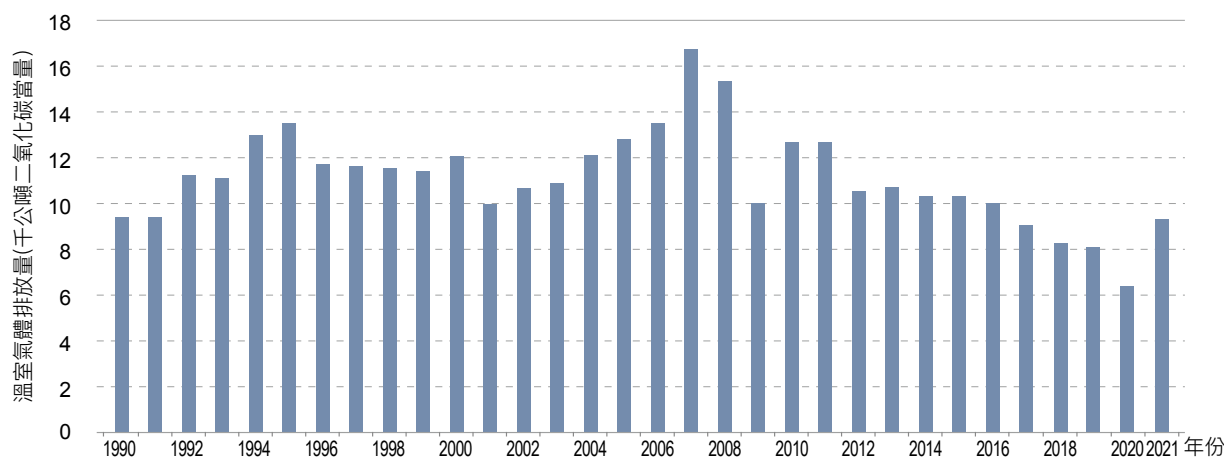


圖 4.2.5 1990 年至 2021 年玻璃生產排放量趨勢

為我國主要廠商製程產量，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，估算排放量採方法 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 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 指南建議方法 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。

計算公式如下：

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

#### (2) 排放係數

引用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>6</sup> 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。

6 行政院環境保護署，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) 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局進出口統計，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、國貿局進出口統計調

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 IPCC 2006 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 2021 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

表 4.2.8 1990 年至 2021 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	
純鹼使用量	259	248	236	261	231	242	268	258	226	220	

表 4.2.9 1990 年至 2021 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	
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	108	103	98	110	96	100	111	107	94	91	

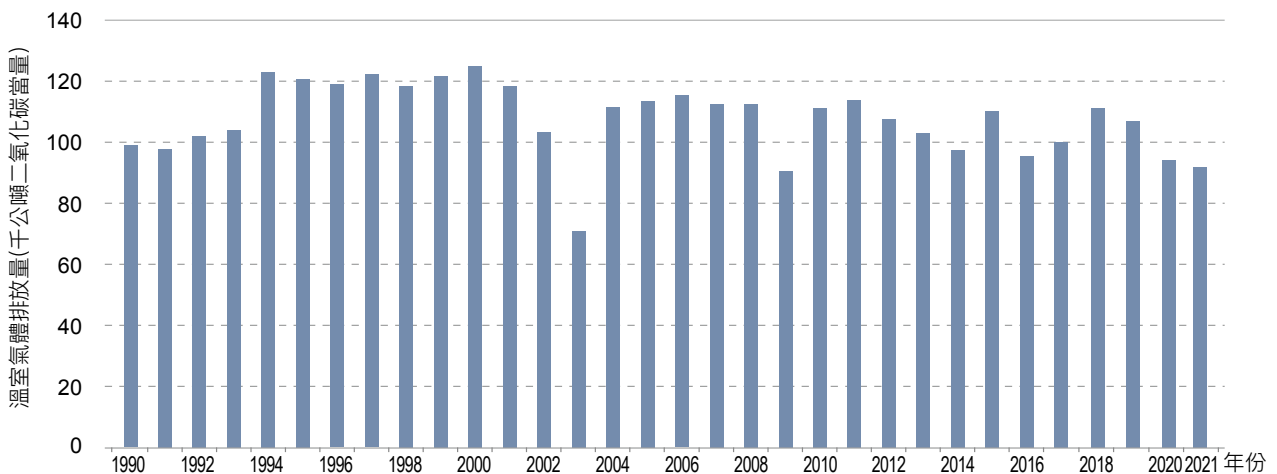


圖 4.2.6 1990 年至 2021 年純鹼使用排放量趨勢



#### 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 指南原則執行以掌握數據品質。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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)

依據經濟部工業局 (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 (CaCO<sub>3</sub>) 與白雲石 CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 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 指南建議方法 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。

計算公式分別如下：

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

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

###### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>7</sup> 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 2021 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，故改引用行政院環境保護署「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 2021 年

2001 年至 2021 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，進出口量來自國貿局進出口統計，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 2021 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 2021 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 1,500 千公噸二氧化碳當量。

表 4.2.10 1990 年至 2021 年石灰石與白雲石使用量

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	
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	
白雲石使用量	722	931	430	295	114	204	323	457	348	351	

(單位：千公噸)

7 行政院環境保護署，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 4.2.11 1990 年至 2021 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	
石灰石使用	656	990	1,116	1,586	1,355	482	525	427	341	408	
白雲石使用	310	400	185	127	49	88	139	196	149	151	
2.A.4.d 其他	966	1,390	1,301	1,712	1,404	570	664	623	490	559	

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

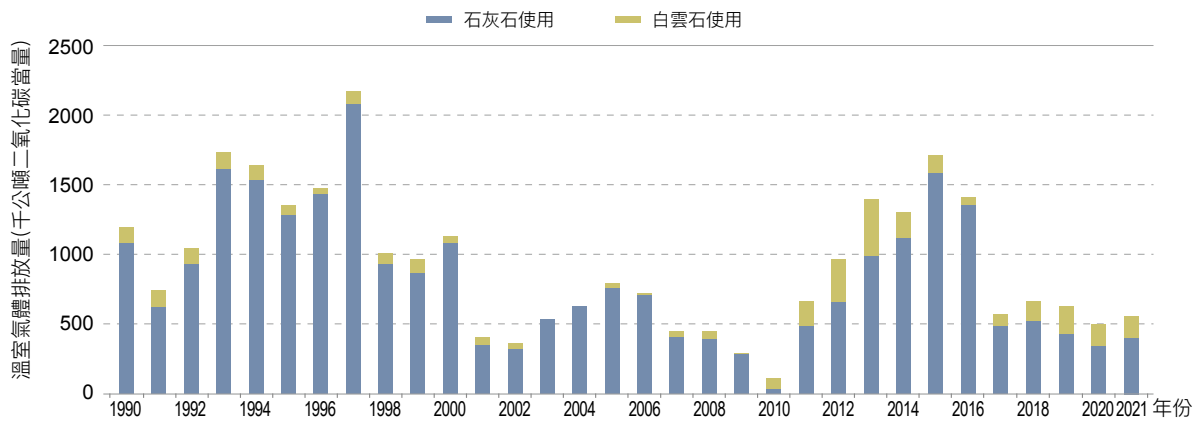


圖 4.2.7 1990 年至 2021 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

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 2021 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 2021 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。

#### (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 2021 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 2021 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

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

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。





## 4.2.5 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 (CaCO<sub>3</sub>)、白雲石 (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)、與純鹼 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 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 指南建議方法 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。

計算公式如下：

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

## (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>8</sup> 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 2021 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 2021 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，估算排放量採方法 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 2021 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 指南原則 (圖 4.2.3) 執行以掌握數據品質。

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 4.2.12 1990 年至 2021 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	
玻璃纖維製品生產量	262	248	250	260	266	268	295	248	225	275	

表 4.2.13 1990 年至 2021 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	
2.A.5 其他 (玻璃纖維製品)	50	47	47	49	50	51	56	47	43	52	

8 行政院環境保護署，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。

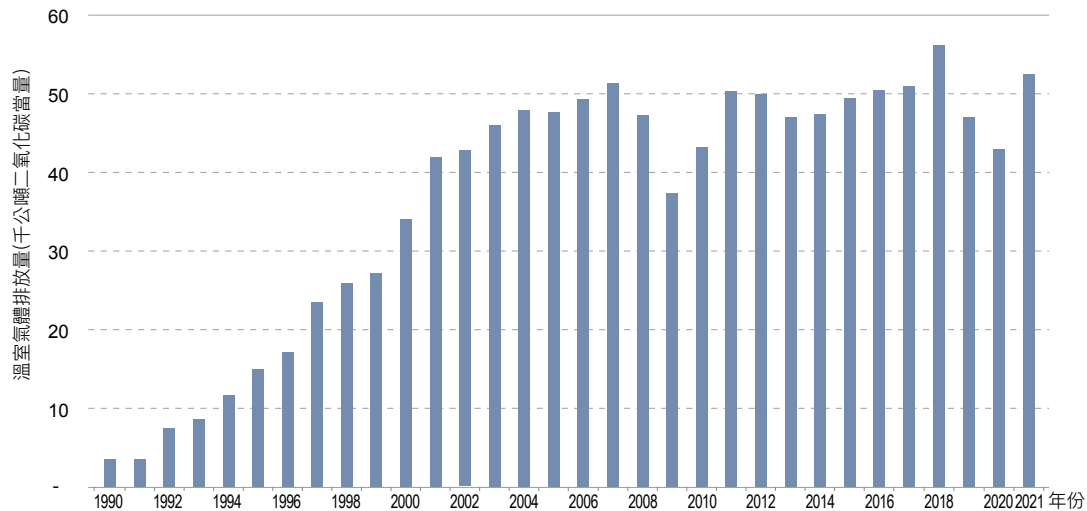


圖 4.2.8 1990 年至 2021 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢

### 4.3 化學工業 (2.B)

「化學工業」近年排放量約占工業製程及產品使用部門（非燃料燃燒）約 13.3%，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、氧化亞氮及全氟碳化物等共計四項，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%。2021 年「化學工業」排放量約

2,940 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 13.3%，較 2020 年增加約 757 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2021 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

#### 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「液氨產量」，經詢問台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。

表 4.3.1 1990 年至 2021 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 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	166	177	159	165	152	175	186	207	199	148	104
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	175	167	136	165	170	157	167	184	164	521
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	523	500	525	571	688	735	855	860	857	921	989
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	4	8	17	15	16	7	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	33	30	32	32	38	38	39	41	40	56	68
2.B.8.c 氯乙烯	118	105	113	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	109	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	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
2.B.9.a 副產品排放	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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	5
2.B 總計	746	908	905	1,680	1,950	2,013	2,658	2,888	3,482	3,011	4,105

續下頁



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	165	187	187	191	210	188	216	196	190	206	203
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	548	556	644	643	750	781	780	587	816	964	992
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	1,106	1,162	1,222	1,338	1,585	1,541	1,652	1,415	1,421	1,526	1,559
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	111	103	125	123	125	124	158	156	181	134	175
2.B.8.c 氯乙烯	257	275	304	312	315	285	320	289	314	311	298
2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇	29	39	51	132	329	319	324	268	245	295	276
2.B.8.e 丙烯腈	209	243	252	271	276	299	323	257	294	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	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.a 副產品排放	2,567	2,157	1,937	1,710	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	6	6	6	6	6	9	8	9	10	8
<b>2.B 總計</b>	<b>4,531</b>	<b>4,232</b>	<b>4,174</b>	<b>4,057</b>	<b>2,729</b>	<b>2,707</b>	<b>2,864</b>	<b>2,406</b>	<b>2,648</b>	<b>2,938</b>	<b>2,978</b>
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B.1 氮生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.B.2 硝酸生產	194	154	207	210	224	224	217	221	238	252	
2.B.3 己二酸生產	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	822	626	521	481	737	891	894	710	370	933	
2.B.5 電石生產	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	
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.B.8 石化及碳黑生產	1,594	1,583	1,694	1,651	1,586	1,513	1,525	1,558	1,433	1,547	
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.B.8.b 乙烯	161	169	180	182	180	173	181	177	170	182	
2.B.8.c 氯乙烯	322	336	322	345	342	344	362	362	349	366	
2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇	348	323	419	391	309	245	213	223	125	150	
2.B.8.e 丙烯腈	317	328	332	337	336	345	356	346	337	355	
2.B.8.f 碳煙	446	427	440	396	419	406	413	450	451	494	
2.B.9 含氟化物生產	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	
2.B.9.b 逸散排放	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	
<b>2.B 總計</b>	<b>2,753</b>	<b>2,555</b>	<b>2,638</b>	<b>2,559</b>	<b>2,747</b>	<b>2,848</b>	<b>2,821</b>	<b>2,623</b>	<b>2,183</b>	<b>2,940</b>	

備註：1. NO，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；  
 2. NE，代表未調查估計該分類項目。  
 3. IE，代表該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類目。

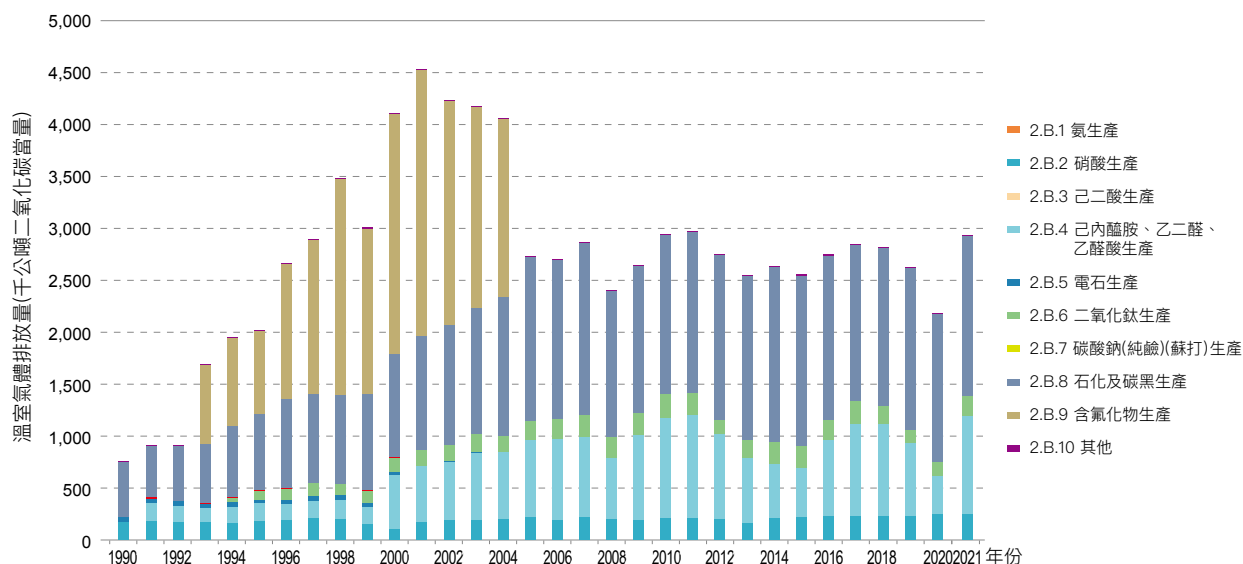


圖 4.3.1 1990 年至 2021 年化學工業排放量趨勢

#### 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 指南建議方法 1，以硝酸產量及排放係數計算氧化亞氮排放量。

計算公式如下：

$$\text{氧化亞氮排放量} = \text{硝酸產量 (公噸)} \times \text{硝酸排放係數 (公噸氧化亞氮 / 公噸產量)}$$

###### (2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>9</sup>，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 2021 年的硝酸產量，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產量數據一致，硝酸從 1990 年至 2021 年產量如表 4.3.2 所示。

###### (4) 排放量

硝酸生產排放量自 1990 年排放 166 千公噸二氧化碳當量逐步上升至 1997 年的 207 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 180 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%。

###### (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2021 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 2021 年則由業界提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

##### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 4.3.2 1990 年至 2021 年硝酸產量

(單位：千公噸)

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	
硝酸產量	130	103	139	141	150	150	145	148	160	169	

表 4.3.3 1990 年至 2021 年硝酸生產製程排放量

(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.2 硝酸生產	166	177	159	165	152	175	186	207	199	148	104
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	165	187	187	191	210	188	216	196	190	206	203
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B.2 硝酸生產	194	154	207	210	224	224	217	221	238	252	

9 行政院環境保護署，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。

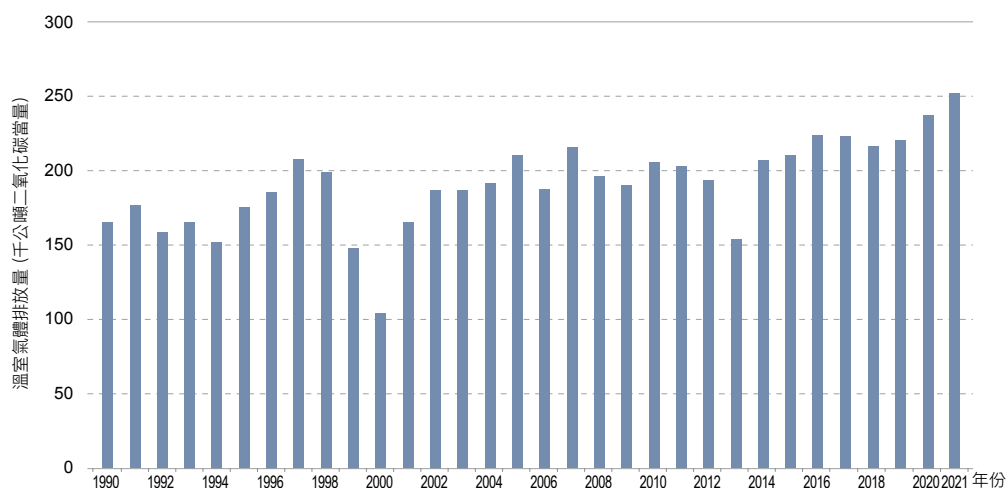


圖 4.3.2 1990 年至 2021 年硝酸生產製程排放量趨勢

### 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)

經詢問台灣區石油化學同業公會（以下簡稱石化公會），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。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

1990 年至 2007 年排放量採 2006 IPCC 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

2008 年至 2021 年因國內廠商提供清冊，則參照方法 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 / 公噸產量計算。2008 年至 2021 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 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 2021 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 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 2021 年 933 千公噸二氧化碳當量，己內醯胺生產之 1990 年至 2021 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.3 所示。

##### (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。

表 4.3.4 1990 年至 2021 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	175	167	136	165	170	157	167	184	164	521
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	548	556	644	643	750	781	780	587	816	964	992
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B.4 己內醯胺生產	822	626	521	481	737	891	894	710	370	933	

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

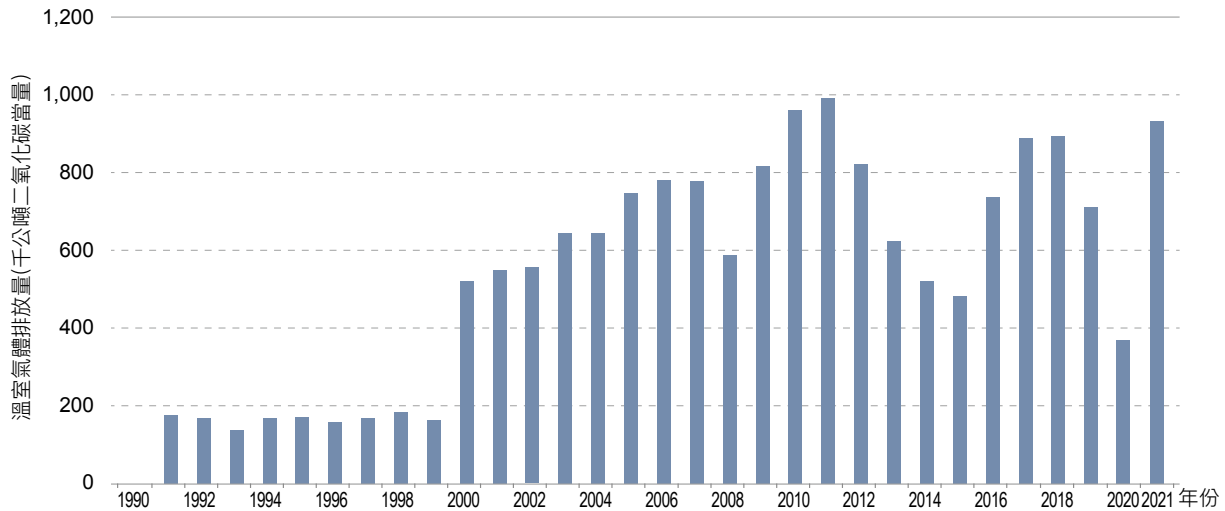


圖 4.3.3 1990 年至 2021 年己內醯胺生產製程排放量趨勢

### 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 2021 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

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

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 (CaC<sub>2</sub>)，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、氨脲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 2001 年停產，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 指南建議方法 1，以碳化鈣產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式分別如下：

二氧化碳排放量 = 碳化鈣產量 (公噸) × 碳化鈣排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

###### (2) 排放係數

依據行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>10</sup>，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

國內碳化矽已停產，另生產碳化鈣之台塑也於 2001 年停產，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，2001 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。

10 行政院環境保護署，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 4.3.5 1990 年至 2021 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	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
碳化鈣產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.6 1990 年至 2021 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	
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

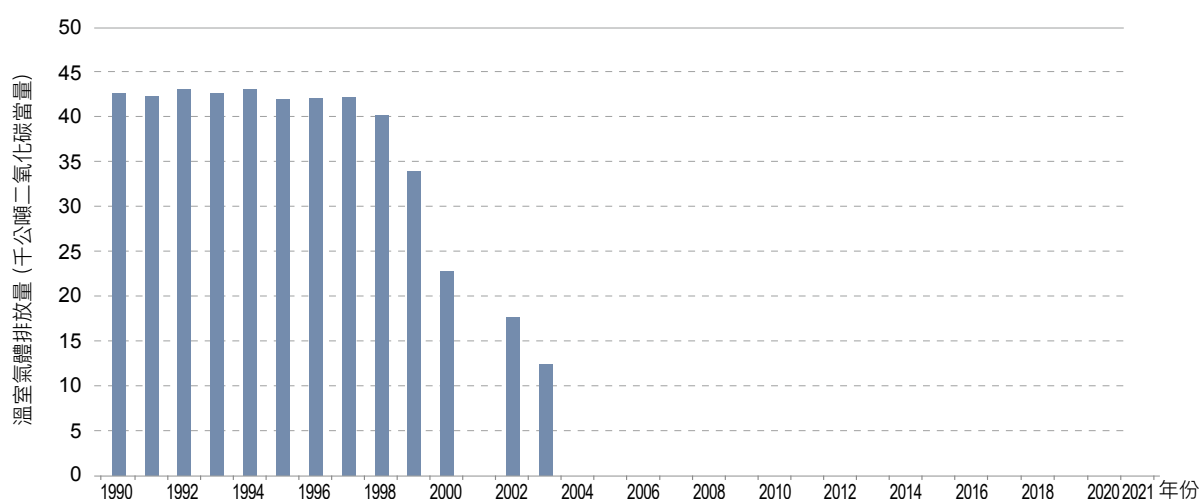


圖 4.3.4 1990 年至 2021 年碳化鈣生產製程排放量趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

因現階段國內唯一生產業者尚未建立經第三者查證盤查清冊，故無法取得準確的不確定度，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性為 15%，合併不確定性則為 16%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 (TiO<sub>2</sub>) 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。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

計算公式如下所示：

二氧化碳排放量 = 二氧化鈦產量 (公噸) × 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 2021 年二氧化鈦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，2021 年產量為 148 千公噸，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，2021 年排放量為 199 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，估算排放量採方法 1，以二氧化鈦產量計算活動數據，並無使用其他單位估算 (例如：片)，故

表 4.3.7 1990 年至 2021 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	
二氧化鈦產量	100	135	154	155	141	158	131	93	99	148	

備註：NO，代表二氧化鈦於 1990 年至 1993 年未生產，故無排放源發生。

表 4.3.8 1990 年至 2021 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	
2.B.6 二氧化鈦生產	134	181	206	208	189	212	175	124	132	199	

備註：NO，代表二氧化鈦於 1990 年至 1993 年未生產，故無排放源發生。

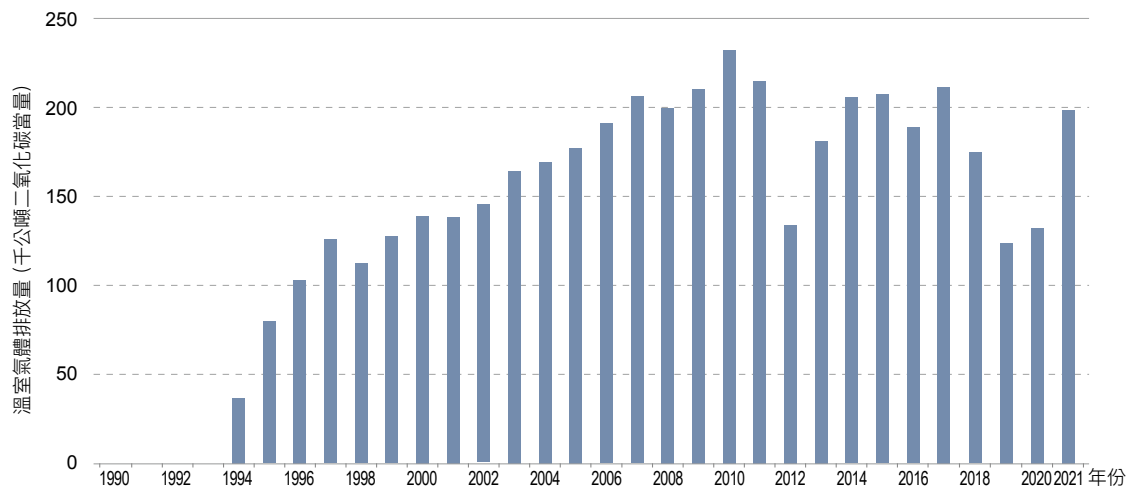


圖 4.3.5 1990 年至 2021 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢





活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性預設為 60%，合併不確定性則為 60%。

## (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 指南建議方法 1，以純鹼產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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

### (2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>11</sup>，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 (NaHCO<sub>3</sub>) 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 IPCC 2006 版建議排放係數 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。

表 4.3.9 1990 年至 2021 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	
純鹼產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 1990 年至 2021 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	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	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	
2.B.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

11 行政院環境保護署，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。

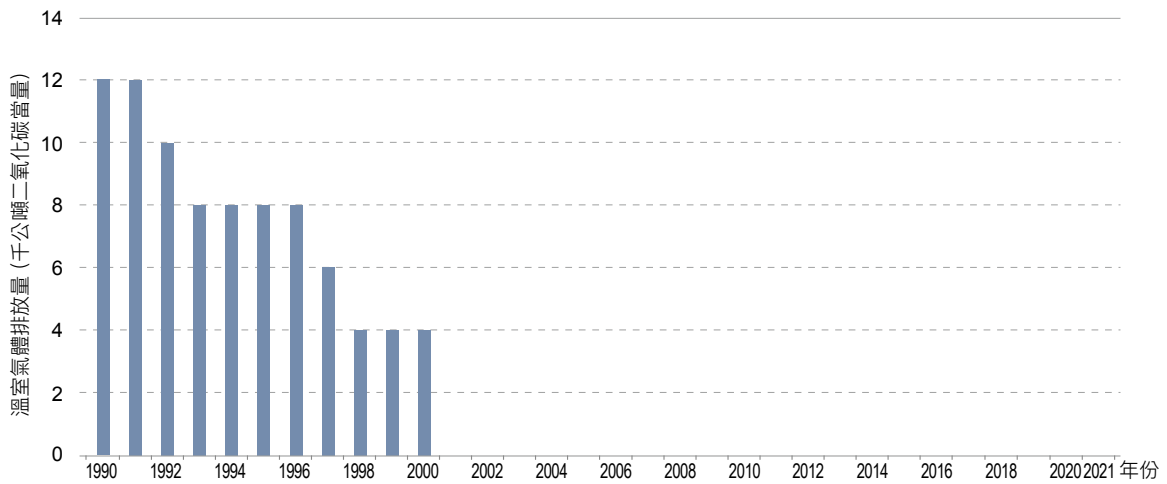


圖 4.3.6 1990 年至 2021 年純鹼生產製程排放量趨勢

### (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，故總部門排放量不確定性為 5%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 IPCC 指南建議方法 1，以甲醇產量、排放係數及地理調整因子計算二氧化碳與甲烷排放量，其中地理調整因子係比照日本與韓國建議值。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 甲醇產量 (公噸) × 甲醇排放係數 (公斤二氧化碳 / 公噸產量) × 地理調整因子 90%

甲烷排放量 = 甲醇產量 (公噸) × 甲醇排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)

###### (2) 排放係數

參照行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>12</sup> 建議之排放係數分別為 310 公斤二氧化碳 / 公噸甲醇生產與 2.3 公斤甲烷 / 公噸甲醇生產，即高雄市環保局根據甲醇廠生產實況推估建置。

###### (3) 活動數據

甲醇產量由石化公會提供，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。

12 行政院環境保護署，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 4.3.11 1990 年至 2021 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	
甲醇產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.12 1990 年至 2021 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	15	16	7	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
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	
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

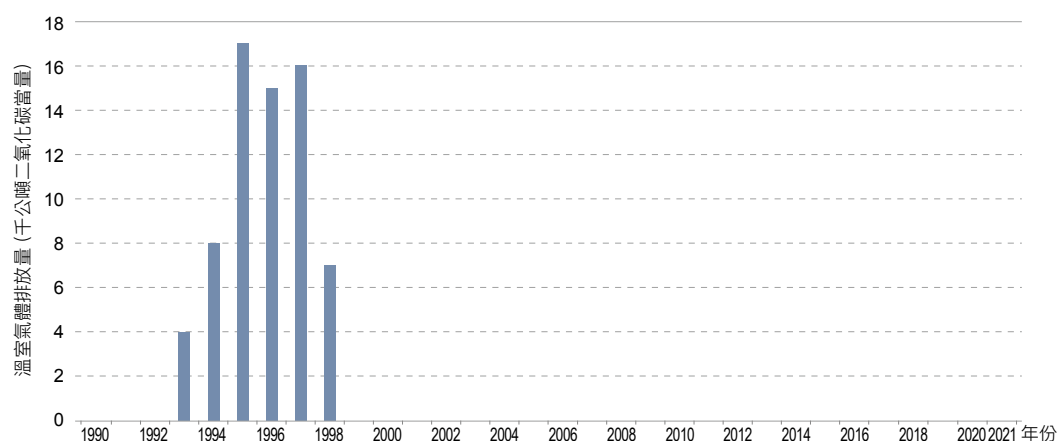


圖 4.3.7 1990 年至 2021 年甲醇生產製程排放量趨勢

### (5) 完整性

甲醇產量由石化公會提供，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「產量」，建議不確定度為 20%，排放係數考量天然氣的使用，IPCC 建議 CO<sub>2</sub> 及 CH<sub>4</sub> 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 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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，製程主要為乙烷經裂解、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 IPCC 指南建議方法 1，以乙烯產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{乙烯產量 (公噸)} \times \text{乙烯排放係數 (公斤二氧化碳 / 公噸產量)}$$

$$\text{甲烷排放量} = \text{乙烯產量 (公噸)} \times \text{乙烯排放係數 (公斤甲烷 / 公噸產量)}$$

(2) 排放係數

採用經濟部工業局計畫 (2013)<sup>13</sup> 國內生產業者 2009 年至 2011 年平均排放資料調查結果，建置本土排放係數分別為 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

由石化公會提供乙烯產量，如表 4.3.13 所示。

(4) 排放量

我國乙烯產量雖大，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 33 至 40 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 111 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 158 千公噸二氧化碳當量，2010 受到金融海嘯影響下降至 134 千公噸二氧化碳當量，2011 年後於 160 至 180 千公噸間變化，如表 4.3.14 及圖 4.3.8 所示。

表 4.3.13 1990 年至 2021 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	
乙烯產量	3,748	3,925	4,182	4,229	4,187	4,013	4,218	4,113	3,965	4,244	

表 4.3.14 1990 年至 2021 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	33	30	32	32	38	38	39	41	40	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	111	103	125	123	125	124	158	156	166	168	151
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B.8.b 乙烯	161	169	180	182	180	173	181	177	170	182	

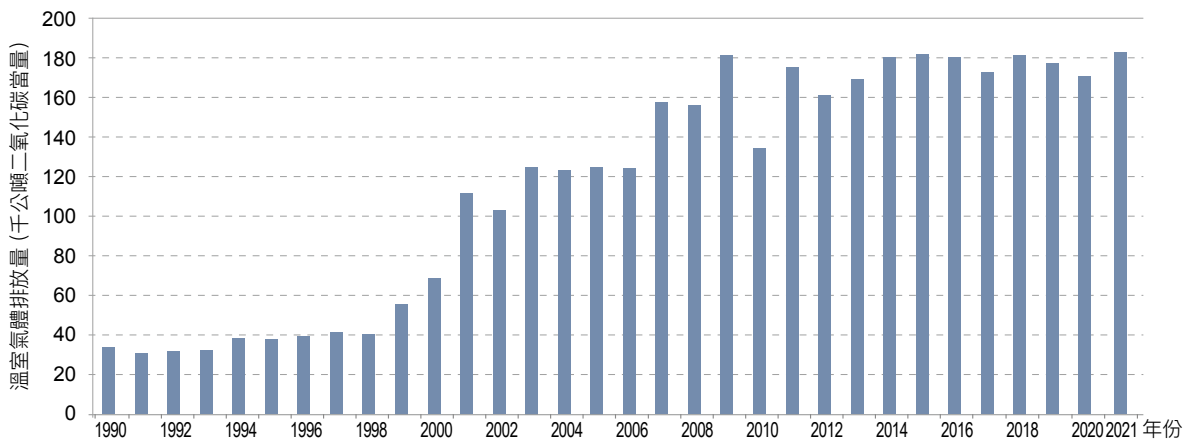


圖 4.3.8 1990 年至 2021 年乙烯生產製程排放量趨勢

13 經濟部工業局，產業溫室氣體管理與調適計畫，2013。



### (5) 完整性

乙烯產量由石化公會提供，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。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

照 2000 IPCC 良好作法指南及不確定性管理<sup>14</sup>，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 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會討論，計算方法維持方法 1，並視需求與能源統計部門研議後再提出精進作法。

### 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氯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 指南建議方法 1，以氯乙烯產量、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。

計算公式如下：

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

甲烷排放量 = 氯乙烯產量 (公噸) × 氯乙烯排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)

##### (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

由石化公會提供氯乙烯產量，如表 4.3.15 所示。

##### (4) 排放量

氯乙烯生產排放量與產量有關，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 315 千公噸二氧化碳當量，之後介於 280 至 350 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

氯乙烯產量由石化公會提供，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「產量」，建議不確定性為 20%；考量氯乙烯生產中氧氯化及直接氧化之特性，IPCC 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%。

表 4.3.15 1990 年至 2021 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	
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	

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

表 4.3.16 1990 年至 2021 年氯乙烷生產製程排放量

(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 氯乙烷	118	105	113	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 氯乙烷	257	275	304	312	315	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	
2.B.8.c 氯乙烷	322	336	322	345	342	344	362	362	349	366	

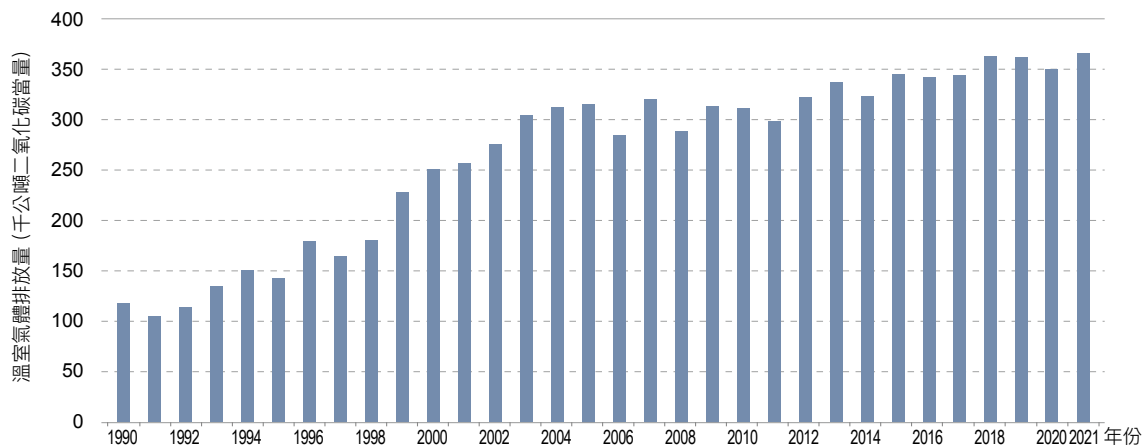


圖 4.3.9 1990 年至 2021 年氯乙烷生產製程排放量趨勢

## (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) 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。

## 2. 方法論議題：

### (1) 計算方法

1996 年至 2004 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以環氧乙烷產量及排放係數計算二氧化碳及甲烷排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 環氧乙烷產量 (噸) × 環氧乙烷排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)

甲烷排放量 = 環氧乙烷產量 (噸) × 環氧乙烷排放係數 (噸甲烷 / 噸產量)

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產量及 2014 年各廠之單位產品排放係數。

計算公式如下：

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

2014 年起參照 2006 IPCC 指南建議方法 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 0.00179 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 2021 年由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供環氧乙烷產量，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 年後因應產量及業者蒐集製程

CO<sub>2</sub> 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 年環氧乙烷產量由環保署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。

表 4.3.17 1990 年至 2021 年環氧乙烷產量

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	
環氧乙烷產量	231	246	258	288	274	302	340	363	346	305	

(單位：千公噸)

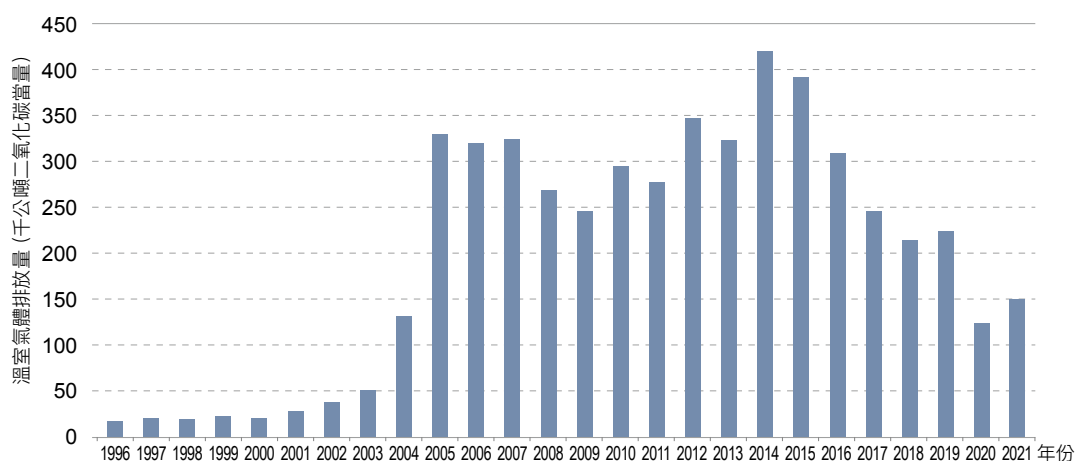
備註：NE，代表未調查估計該分類項目。

表 4.3.18 1990 年至 2021 年環氧乙烷 / 乙二醇生產製程排放量

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.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	
2.B.8.d 環氧乙烷 / 乙二醇	348	323	419	391	309	245	213	223	125	150	

(單位：千公噸二氧化碳當量)

備註：NE：為未調查估計該分類項目。



備註：自 1996 年起調查該分類項目。

圖 4.3.10 1996 年至 2021 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢

### 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「產量」，建議不確定性為 10%；考量環氧乙烷生產中氯化及直接氧化之特性，IPCC 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「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 IPCC 2006 指南建議之方法 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

### 2. 方法論議題：

#### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以丙烯腈產量、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。

計算公式如下：

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

甲烷排放量 = 丙烯腈產量 (公噸) × 丙烯腈排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)

#### (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

由石化公會提供丙烯腈產量，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 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

丙烯腈產量由石化公會提供，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「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，IPCC 2006 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。

表 4.3.19 1990 年至 2021 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	
丙烯腈產量	443	458	465	470	470	482	498	484	425	496	



表 4.3.20 1990 年至 2021 年丙烯酸腈生產製程排放量

(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 丙烯酸腈	94	92	104	103	109	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 丙烯酸腈	209	243	252	271	276	299	323	257	294	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	
2.B.8.e 丙烯酸腈	317	328	332	337	336	345	356	346	337	355	

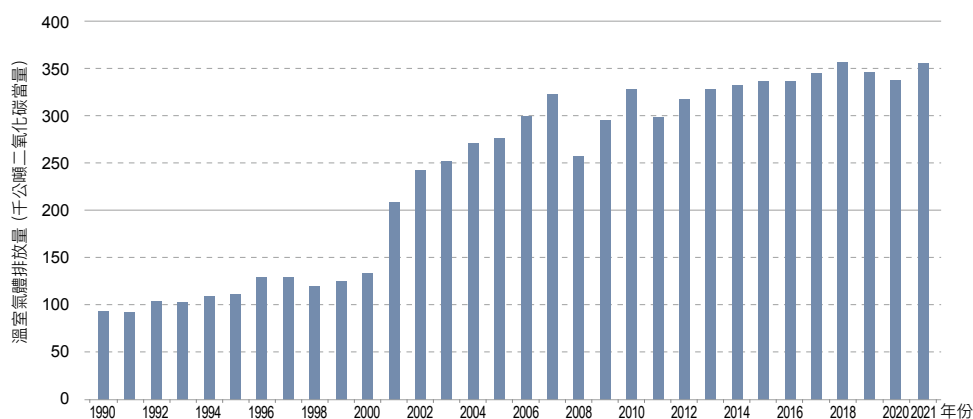


圖 4.3.11 1990 年至 2021 年丙烯酸腈生產製程排放量趨勢

## (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

### 4.3.8.6 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 指南建議方法 1，以碳黑產量、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。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 碳黑產量 (公噸) × 碳黑排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量) × 地理調整因子 90%

甲烷排放量 = 碳黑產量 (公噸) × 碳黑排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)

##### (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

由石化公會提供碳黑產量，碳黑 1990 年至 2021 年產量如表 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，如表 4.3.22 及圖 4.3.12 所示。

##### (5) 完整性

碳黑產量由石化公會提供，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。

表 4.3.21 1990 年至 2021 年碳黑產量

(單位：千公噸)

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	
碳黑產量	94	90	93	84	89	86	87	95	95	105	

表 4.3.22 1990 年至 2021 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	
2.B.8.f 碳黑	446	427	440	396	419	406	413	450	451	494	

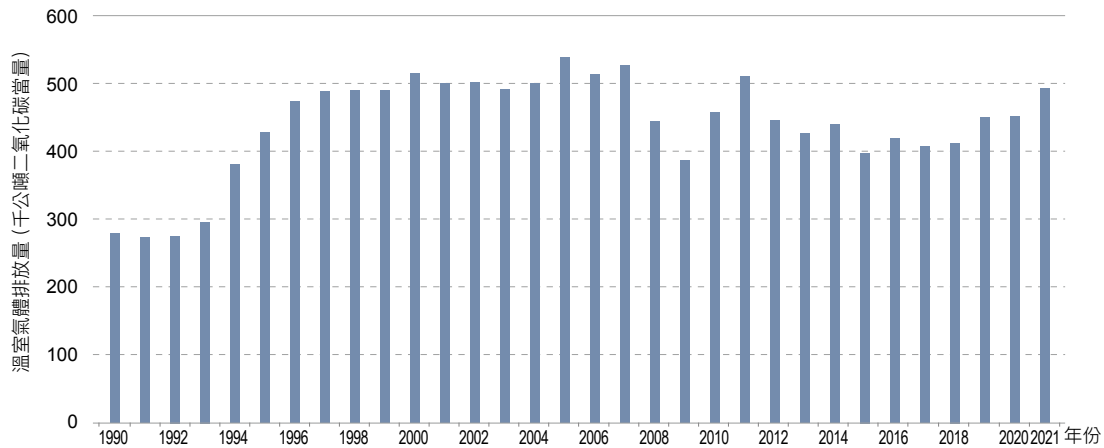


圖 4.3.12 1990 年至 2021 年碳黑生產製程排放量趨勢

### 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 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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  $\text{CHClF}_2$ ) 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 指南建議方法 1，以 HCFC-22 產量及副產品 HFC-23 產生率（排放係數）計算 HFCs 排放量。

計算公式如下：

$\text{HFC 排放量} = \text{HCFC-22 產量 (公噸)} \times \text{HFC-23 產生率 (\%)}$

## (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計畫 (2004)<sup>15</sup>，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 2021 年 HCFC-22 產量如表 4.3.23 所示，由國內生產廠商提供產量，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 755 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。

表 4.3.23 1990 年至 2021 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	
HCFC-22 產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用；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 2021 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	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319
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)	2,567	2,157	1,937	1,710	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	
2.B.9.a 副產品排放 (HFCs)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

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

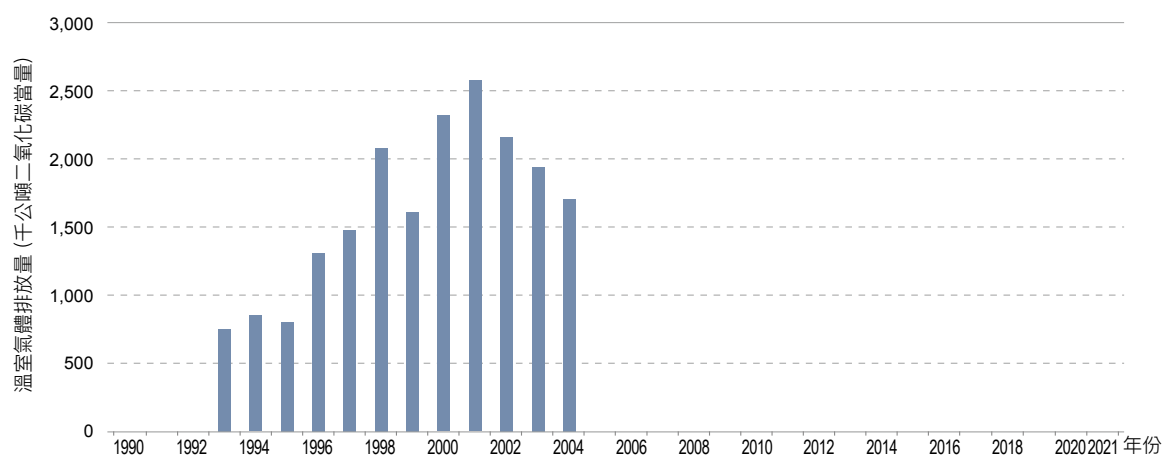


圖 4.3.13 1990 年至 2021 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

15 行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫，2004。

**(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。

**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，估算排放量採方法 1，故合併不確定性為 50%。

**(2) 時間序列的一致性**

1990 年至 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

**5. 特定排放源的重新計算**

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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、SF<sub>6</sub> 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，苯乙烯甲烷來源與乙烯類似，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。

**2. 方法論議題：****(1) 計算方法**

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以苯乙烯產量及排放係數計算甲烷排放量。

計算公式如下：

$$\text{甲烷排放量} = \text{苯乙烯產量 (公噸)} \times \text{苯乙烯排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)}$$
**(2) 排放係數**

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>16</sup> 建置係數 0.198 公斤甲烷 / 公噸苯乙烯生產。

**(3) 活動數據**

由石化公會提供苯乙烯產量，如表 4.3.25 所示。

**(4) 排放量**

苯乙烯為乙烯下游產品之一，故兩者排放趨勢類似，皆呈現階段成長；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 9.0 千公噸二氧化碳當量左右，2021 年排放量上升至 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**

苯乙烯產量由石化公會提供，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 2000 GPG 建議，活動數據若為「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 2021 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 指南原則執行以掌握數據品質。

**5. 特定排放源的重新計算**

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

<sup>16</sup> 行政院環境保護署，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 4.3.25 1990 年至 2021 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	
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	

表 4.3.26 1990 年至 2021 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)	1.8	1.8	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	1.9	4.0	5.2
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)	5.7	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	9.0	8.3	9.4	9.5	8.4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.B.10 其他 (苯乙烯)	8.9	10.1	9.8	10.0	10.5	9.0	10.4	9.9	9.7	9.9	

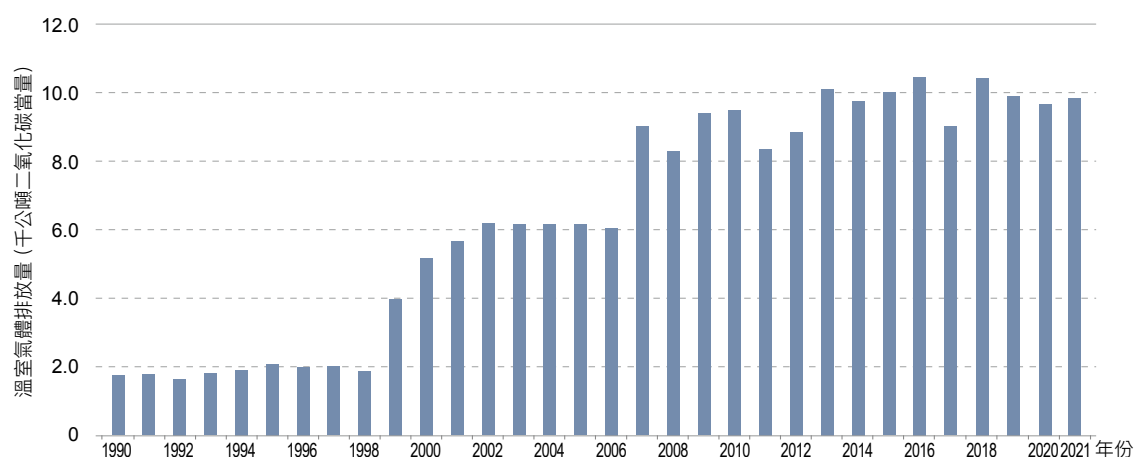


圖 4.3.14 1990 年至 2021 年苯乙烯生產製程排放量趨勢

## 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，統計溫室氣體種類包含 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、PFCs 及 SF<sub>6</sub>。2021 年總部門排放量 7,153 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 32.3%。2021 年金屬工業排放量較 2020 年增加約 1,247 千公噸二氧化碳當量，主要受 2.C.1「鐵及鋼生產」CO<sub>2</sub> 排放量增加影響，1990 年至 2021 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<sup>17</sup> 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。

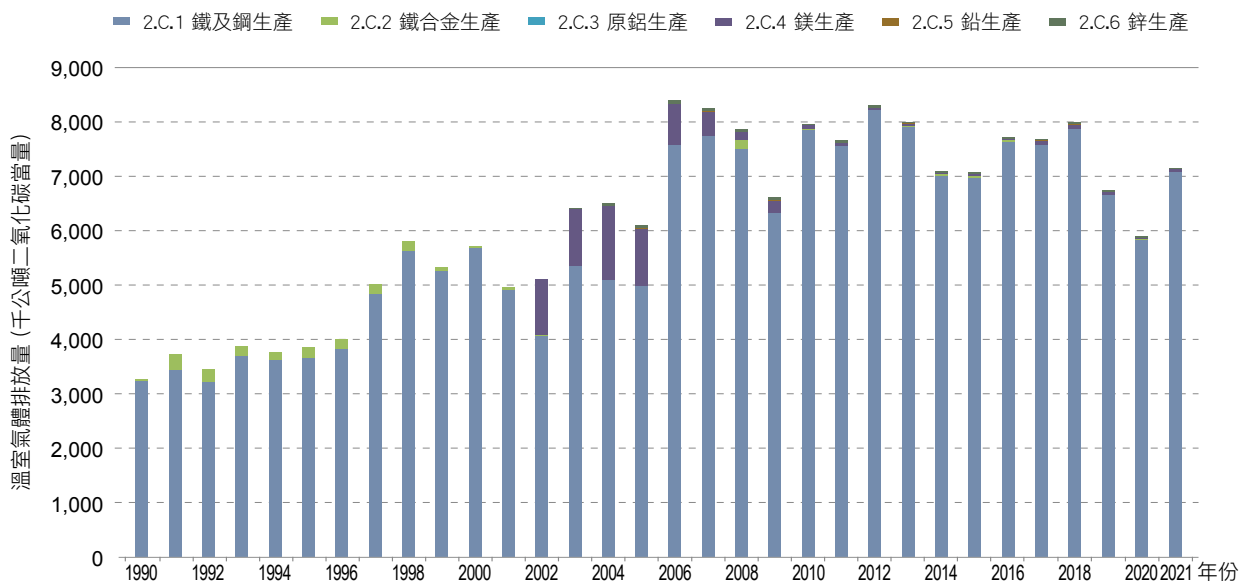
17 本章僅納入屬於製程排放者之二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放。

表 4.4.1 1990 年至 2021 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	287	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
<b>2.C 總計</b>	<b>3,275</b>	<b>3,737</b>	<b>3,475</b>	<b>3,889</b>	<b>3,775</b>	<b>3,885</b>	<b>4,014</b>	<b>5,046</b>	<b>5,818</b>	<b>5,333</b>	<b>5,734</b>
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	7,585	7,761	7,514	6,342	7,874	7,563
2.C.1.a 一貫煉鋼	4,223	3,270	4,512	4,205	4,095	6,606	6,721	6,500	5,542	7,187	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	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
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
<b>2.C 總計</b>	<b>4,960</b>	<b>5,123</b>	<b>6,426</b>	<b>6,519</b>	<b>6,129</b>	<b>8,412</b>	<b>8,272</b>	<b>7,888</b>	<b>6,632</b>	<b>7,974</b>	<b>7,670</b>
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.C.1. 鐵及鋼生產	8,239	7,927	7,025	6,994	7,640	7,605	7,886	6,685	5,859	7,082	
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	
2.C.1.b 電弧爐	757	882	878	762	752	787	813	713	734	798	
2.C.2. 鐵合金生產	10	20	24	29	32	0.02	2	2	0.02	NO	
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.C.4. 鎂生產	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	
2.C.5. 鉛生產	6	5	6	5	6	5	5	5	5	4	
2.C.6. 鋅生產	47	18	18	17	19	23	20	14	5	5	
<b>2.C 總計</b>	<b>8,331</b>	<b>8,008</b>	<b>7,105</b>	<b>7,087</b>	<b>7,737</b>	<b>7,693</b>	<b>7,994</b>	<b>6,750</b>	<b>5,906</b>	<b>7,153</b>	

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用；NE，代表未調查估計該分類項目。如考量該項目使用量小，故未進行調查。





## 2. 方法論議題：

(1) 計算方法<sup>18</sup>

## 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 指南建議方法 1，以一貫煉鋼之高轉爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 高爐鋼胚產量 (公噸) × 高爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳當量 / 公噸產量)

## B. 2001 年至 2021 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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轉爐鋼胚製程排放量及產量推估所得排放係數 0.5002 公噸二氧化碳當量 / 公噸高轉爐鋼胚生產，此係數已包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放。2001 年至 2021 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。

## (3) 活動數據

1990 年至 2000 年由國內鋼鐵公司提供高轉爐鋼胚產量，2001 年至 2021 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 2021 年產量如表 4.4.2 所示。

## (4) 排放量

一貫煉鋼製程在 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，2021 年受疫情後經濟復甦反彈影響，排放量為 6,283 千公噸二氧化碳當量，較 2020 增加 1,158 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 年活動數據由台灣鋼鐵工業同業公會 (以下簡稱鋼鐵公會) 提供，排放係數則由 2001 年至 2009 年國內唯一使用高轉爐製程鋼鐵公司之產量與排放量推算，排放量計算結果可代表我國高轉爐鋼胚製程排放量。

2001 年至 2021 年排放量彙整自國內所有採用高轉爐製程之鋼鐵公司排放清冊，其排放量可代表我國高轉爐鋼胚製程排放量。

## 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 2021 年排放量之不確定性彙整自國內鋼鐵公司各年排放

表 4.4.2 1990 年至 2021 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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	
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	

表 4.4.3 1990 年至 2021 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	3,270	4,512	4,205	4,095	6,606	6,721	6,500	5,542	7,187	6,639
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
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	

18 計算方法依經濟部工業局召開「工業製程溫室氣體關鍵排放源－鐵與鋼生產專家諮詢會」(104.6.24) 結果辦理。



圖 4.4.2 1990 年至 2021 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢

清冊，約為 5%，符合 2006 IPCC 指南建議之方法 3 不確定性範圍，1990 年至 2021 年高轉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 年採方法 1，即以產量及排放係數計算排放量；2001 年至 2021 年採方法 3，即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

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

5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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：

本項調查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鋼鐵製品為原料，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 指南建議方法 1，以電弧爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{電弧爐鋼胚產量 (公噸)} \times \text{電弧爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

(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，故使用方法 1 計算，碳鋼採用 0.104 公噸二氧化碳 / 公噸碳鋼生產，不銹鋼為 0.110 公噸二氧化碳 / 公噸不銹鋼生產，合金鋼則為 0.037 公噸二氧化碳 / 公噸合金鋼生產。

2013 年起直接採用廠商排放清冊，故不需排放係數。

表 4.4.4 1990 年至 2021 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	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
排放量不確定性 (%)	5	5	5	5	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	
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	



**(3) 活動數據**

1990 年至 2012 年產量如表 4.4.5 所示，其中 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量由鋼鐵公會提供，2010 年後因中龍鋼鐵公司投入一貫煉鋼生產，其一貫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<sup>19</sup> 討論，決議參考世界鋼鐵協會分類方法，將中龍之電爐鋼胚歸類在高轉爐製程，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產量，做為 2010 年至 2012 年我國電弧爐製程活動數據。

2013 年至 2021 年使用方法 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 年係由鋼鐵公會提供之電弧爐鋼胚產量，屬全國電弧爐鋼胚總量，僅中龍鋼鐵公司電弧爐鋼胚產量併入一貫煉鋼製程計算，故計算結果可代表國內電弧爐鋼胚製程排放量。

2013 年及 2021 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，估算排放量採方法 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 2021 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

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 2020 年使用方法 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。

表 4.4.6 1990 年至 2021 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	
2.C.1.b 電弧爐	757	882	878	762	752	787	813	713	734	798	

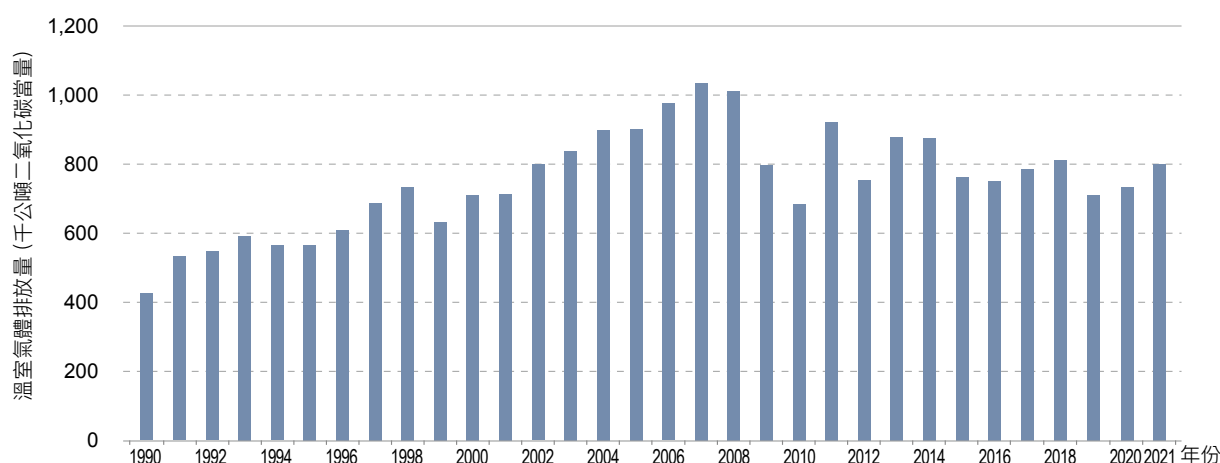


圖 4.4.3 1990 年至 2021 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢

19 係指經濟部工業局召開之「工業製程溫室氣體關鍵排放源－鐵與鋼生產專家諮詢會」(104.6.24)。

#### 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 指南原則執行以掌握數據品質。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 指南建議方法 1，以鐵合金產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 鐵合金產量 (公噸) × 鐵合金排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)

##### (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 2021 年產量如表 4.4.7 所示，2001 年至 2021 年鐵合金產量由鋼鐵公會提供，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 287.3 千公噸二氧化碳當量下降至 2003 年 30.1 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 2021 年排放量起伏劇烈，於 2021 年再度停產，1990 年至 2021 年排放量如表 4.4.8 及圖 4.4.4 所示。

##### (5) 完整性

鋼鐵公會及經濟部統計處工業生產統計年報調查鐵合金產量，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。

#### 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，估算排放量採方法 1，以產量計算活動數據，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%。

表 4.4.7 1990 年至 2021 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	
鐵合金產量	3	5	6	7	8	0.004	0.4	0.4	0.005	NO	

備註：NO，代表無生產或使用，國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2007 年停產。

表 4.4.8 1990 年至 2021 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	287	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	173	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	
2.C.2 鐵合金生產	10	20	24	29	32	0.02	2	2	0.02	NO	

備註：NO，代表無生產或使用，國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2007 年停產，故無排放量。

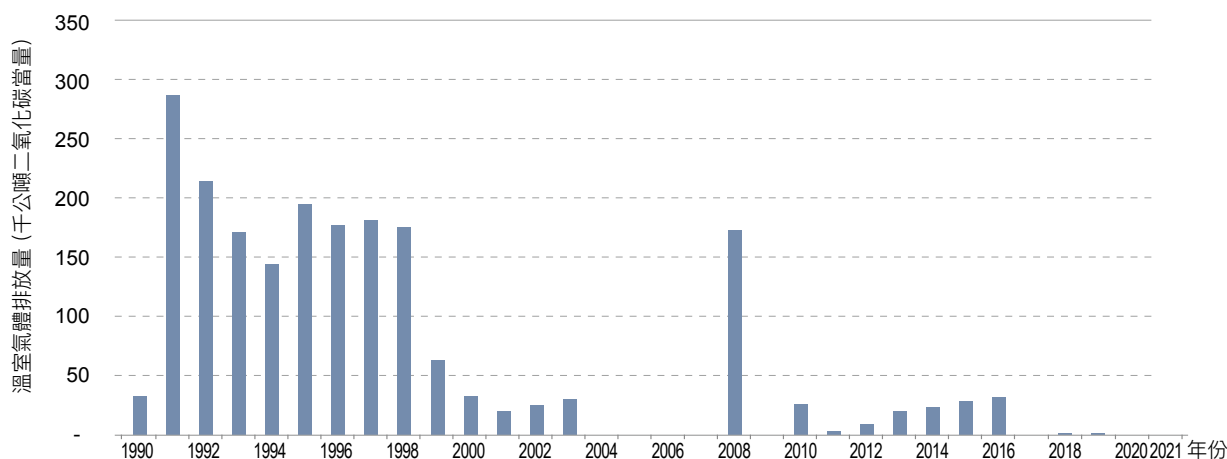


圖 4.4.4 1990 年至 2021 年鐵合金生產製程排放量趨勢

## (2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2021 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

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

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

### 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，熔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歷年委辦計畫 (2016)<sup>20</sup> 調查所得排放量，2010 年起改由工業局向生產廠商調查，均係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以鎂生產六氟化硫採購量為排放量，即台灣輕金屬協會<sup>21</sup> 會員廠調查數據。

### (2) 排放係數

由行政院環境保護署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 SF<sub>6</sub> 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 1,357 千公噸二氧化碳當量，下降至 2021 年 62 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移，加上廠商配合行政院環境保護署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) 23,900 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 年至 2021 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

<sup>20</sup> 行政院環境保護署，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。

<sup>21</sup> 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。

表 4.4.9 1990 年至 2021 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	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	57	50
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.C.4 鎂生產	30	38	33	43	41	59	81	43	36	62	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鎂生產未大量使用六氟化硫，故未進行調查。

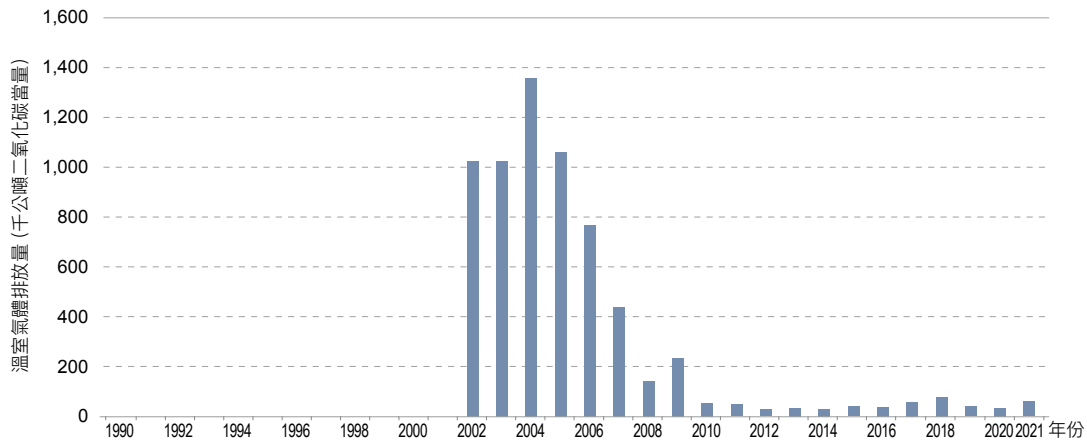


圖 4.4.5 1990 年至 2021 年鎂生產製程排放量趨勢

(5) 完整性

2002 年至 2009 年由行政院環境保護署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。

尚存有假設 (即使用之 SF<sub>6</sub> 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。

3. 不確定性與時間序列的一致性

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

(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%，但由於方法 2

鎂生產排放量由行政院環境保護署計畫 (2016)<sup>22</sup> 提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.6 所示。

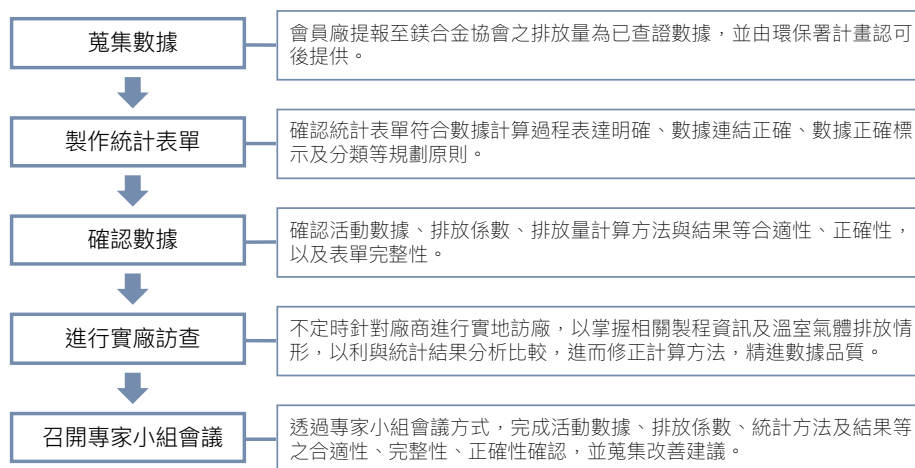


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

22 行政院環境保護署，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。



## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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

原由環保署計畫提供調查數據，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，改由工業局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 指南建議方法 1，以鉛錠產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 鉛錠產量 (公噸) × 鉛錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)

#### (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

由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鉛錠產量，2003 年前未進行調查，1990 年至 2021 年排放量如表 4.4.10 所示。

#### (4) 排放量

國內鉛生產 1990 年至 2021 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 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，2021 年排放量為 3.9 千公噸二氧化碳當量。

#### (5) 完整性

鉛錠產量由環保署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。

表 4.4.10 1990 年至 2021 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	
鉛錠產量	28	25	28	27	28	26	26	26	27	19	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

表 4.4.11 1990 年至 2021 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	
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	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

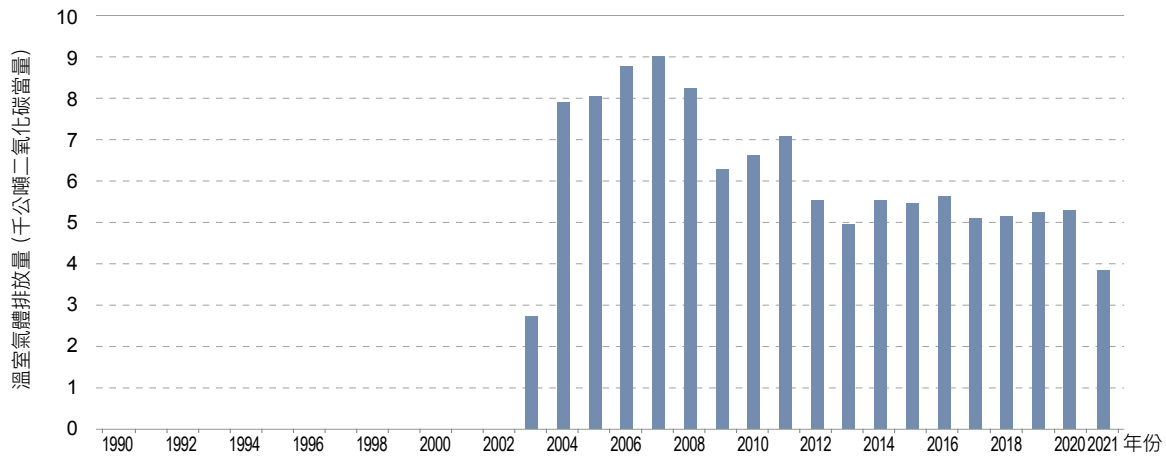


圖 4.4.7 1990 年至 2021 年鉛生產製程排放量趨勢

#### 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 指南原則執行以掌握數據品質。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

#### 4.4.6 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 指南建議方法 1，以鋅錠產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{鋅錠產量 (公噸)} \times \text{鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

##### (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

由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鋅錠產量，2003 年前未進行調查，2003 年至 2021 年產量如表 4.4.12 所示。

##### (4) 排放量

國內鋅生產 1990 年至 2021 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 2021 年排放量為 5 千公噸二氧化碳當量。

##### (5) 完整性

鋅錠產量由環保署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。

表 4.4.12 1990 年至 2021 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	
鋅錠產量	27	11	10	10	11	13	12	8	3	3	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

表 4.4.13 1990 年至 2021 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	
2.C.6 鋅生產	47	18	18	17	19	23	20	14	5	5	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

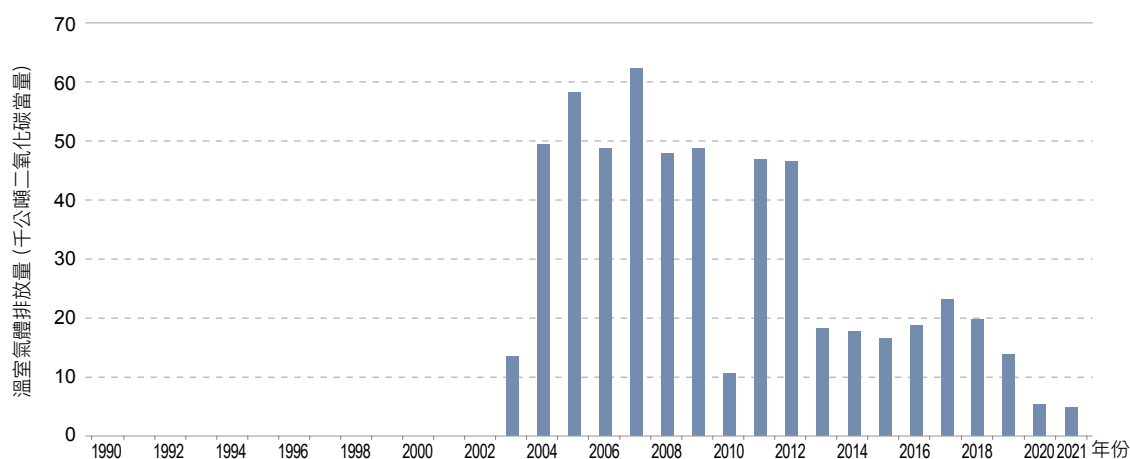


圖 4.4.8 1990 年至 2021 年鋅生產製程排放量趨勢

### 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

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

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

### 4.5 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 NMVOC 共計 2 項，但因 2006 IPCC 指南未提供 NMVOC 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 IPCC 2006 指南建議方法 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局進出口資料進行統計，排放係數則使用 IPCC 2006 指南建議，2.D.1「合成潤滑油使用」為 0.073(公噸 CO<sub>2</sub>/GJ 潤滑油)，2.D.2「石蠟使用」為 0.073(公噸 CO<sub>2</sub>/GJ 石蠟)。

2021 年非能源產物燃料溶劑使用排放量約 0.067 公噸二氧化碳當量，1990 年至 2021 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 N<sub>2</sub>O、HFCs、PFCs、

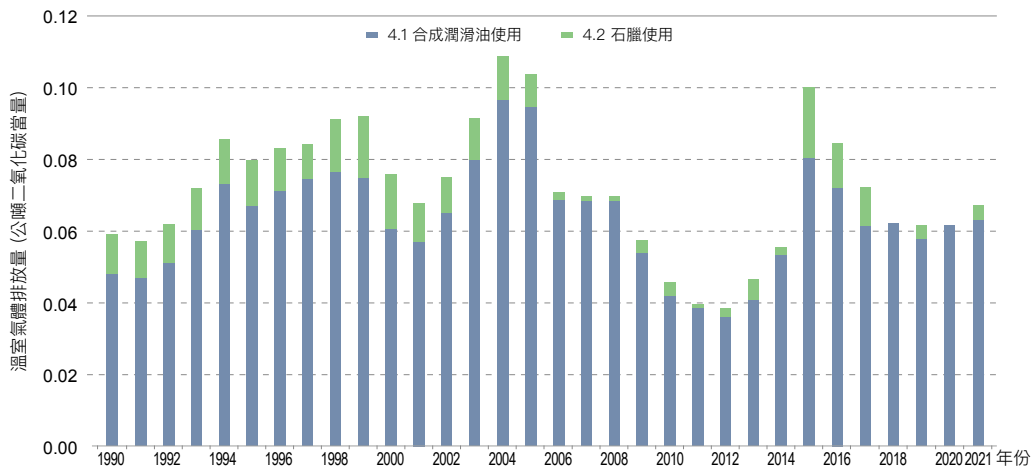


圖 4.5.1 1990 年至 2021 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

表 4.5.1 1990 年至 2021 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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
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	
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	
2.D.3 溶劑使用	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	
2.D 總計	0.039	0.047	0.055	0.100	0.084	0.072	0.062	0.062	0.062	0.067	

備註：NO：石蠟於 2020 年起停產，故無排放源發生；NA，代表不產生具體氣體的排放或吸收，故為不適用。

NF<sub>3</sub> 及 SF<sub>6</sub> 等共計五項。2021 年總排放量約 4,266 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 19.3%，較 2020 年增加約 77 千公噸二氧化碳當量，各溫室氣體影響程度依序為 PFCs(34.5%)、N<sub>2</sub>O(30.9%)、SF<sub>6</sub>(16.3%)。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 1990 年至 2021 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 (SF<sub>6</sub>)、三氟化氮 (NF<sub>3</sub>)、氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 所造成的排放量，調查氫氟碳化物 (HFCs) 種類為 CHF<sub>3</sub>、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CH<sub>3</sub>F、CHF<sub>3</sub>，全氟碳化物 (PFCs) 種類則為 CF<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 等。

##### 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計畫 (2015)<sup>23</sup> 計算。係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b，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，其採用台灣半導體產業協會 (The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 TSI) 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 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計畫 (2015) 提供之 TSI 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TSI 會員廠環保署國家溫室氣體登錄平台之盤查清冊平均排放量。

23 行政院環境保護署，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。

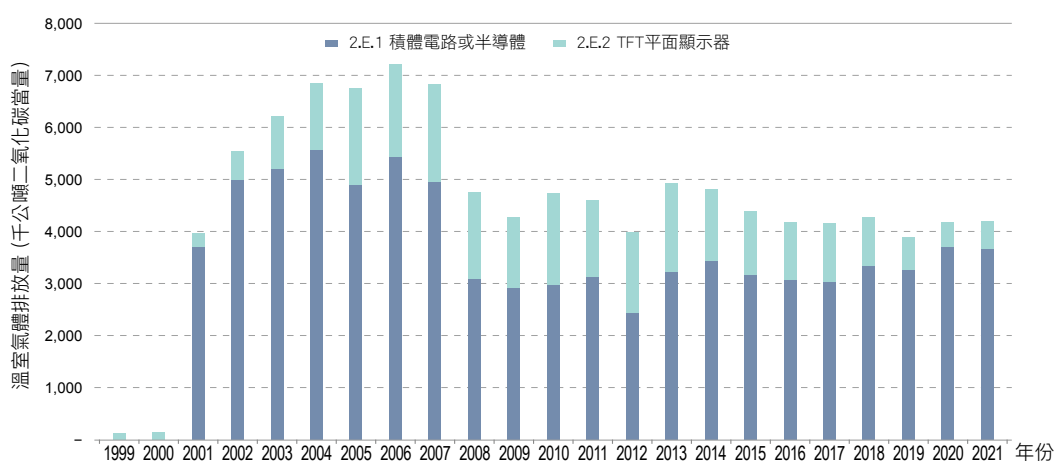


表 4.6.1 1990 年至 2021 年電子工業製程排放量

(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.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	129	143
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	129	143
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.E.1. 積體電路或半導體	3,711	4,994	5,199	5,559	4,915	5,438	4,963	3,088	2,922	2,986	3,126
2.E.2. TFT 平面顯示器	260	550	1,012	1,283	1,848	1,762	1,877	1,675	1,353	1,755	1,473
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	3,971	5,544	6,212	6,841	6,763	7,200	6,840	4,763	4,275	4,741	4,599
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.E.1. 積體電路或半導體	2,435	3,219	3,448	3,172	3,072	3,022	3,337	3,267	3,698	3,749	
2.E.2. TFT 平面顯示器	1,546	1,708	1,375	1,217	1,108	1,137	938	618	491	517	
2.E.3 光電 (太陽能板)	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	
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.E 總計	3,981	4,926	4,823	4,390	4,181	4,159	4,275	3,885	4,189	4,266	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。① 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) 產量極少，未進行調查，因此無法計算排放量；② 熱傳流體未調查統計，因 2006 IPCC 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。



備註：自 1999 年起調查該分類項目。

圖 4.6.1 1999 年至 2021 年電子工業製程排放量趨勢

自 2016 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台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 指南建議方法 2b 進行計算。

## (2) 排放係數

依行政院環境保護署計畫 (2015) 數據，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.3 及 IPCC 第四次評估報告的 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 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平台前亦經第三者查證。

## (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 2021 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 3,711 千公噸二氧化碳當量，並逐年成長至 2004 年達到 5,559 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 2021 年約排放 3,749 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 16.9%，1990 年至 2021 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

**(5) 完整性**

2001 年至 2015 年間行政院環境保護署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 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，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，行政院環境保護署計畫建議排放量之總不確定性為 12%。

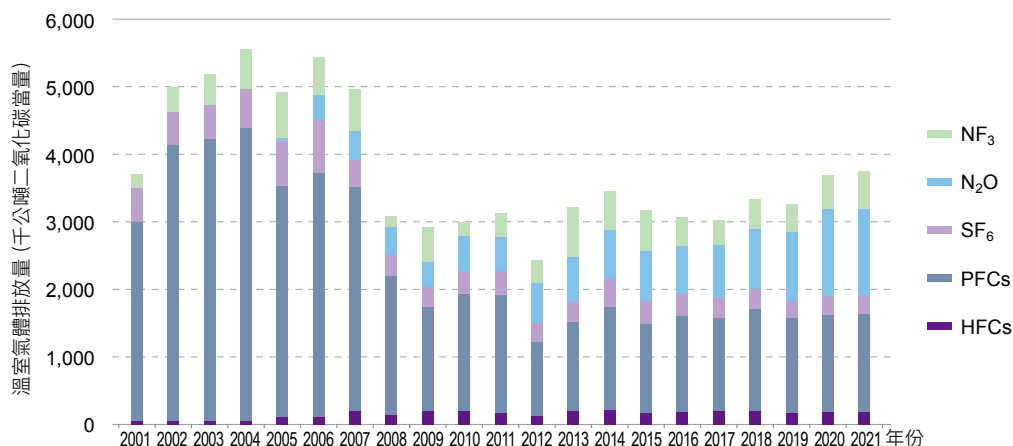
2016 年起彙整自廠商盤查清冊，則依盤查清冊提供之不確定性計算加總不確定性。

表 4.6.2 1990 年至 2021 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
NF <sub>3</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>2.E.1 積體電路或半導體</b>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,126
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	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201	172
PFCs	2,933	4,077	4,173	4,327	3,427	3,594	3,316	2,040	1,526	1,722	1,734
SF <sub>6</sub>	524	499	513	587	683	791	388	325	303	344	366
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	42	384	431	403	376	525	509
NF <sub>3</sub>	202	359	455	587	661	550	628	174	512	195	344
<b>2.E.1 積體電路或半導體</b>	<b>3,711</b>	<b>4,994</b>	<b>5,199</b>	<b>5,559</b>	<b>4,915</b>	<b>5,438</b>	<b>4,963</b>	<b>3,088</b>	<b>2,922</b>	<b>2,986</b>	<b>3,126</b>
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
HFCs	124	207	220	170	191	202	201	181	192	186	
PFCs	1,091	1,299	1,513	1,316	1,405	1,373	1,508	1,390	1,430	1,450	
SF <sub>6</sub>	286	318	417	329	338	304	283	262	270	269	
N <sub>2</sub> O	601	669	728	757	719	776	918	1,023	1,300	1,306	
NF <sub>3</sub>	333	726	570	601	419	367	427	412	505	538	
<b>2.E.1 積體電路或半導體</b>	<b>2,435</b>	<b>3,219</b>	<b>3,448</b>	<b>3,172</b>	<b>3,072</b>	<b>3,022</b>	<b>3,337</b>	<b>3,267</b>	<b>3,698</b>	<b>3,749</b>	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。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，N<sub>2</sub>O 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。



備註：自 2001 年起調查該分類項目。

圖 4.6.2 2001 年至 2021 年積體電路或半導體製程排放量趨勢

## (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 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，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 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.3 所示。

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 (CF<sub>4</sub>)。

## 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計畫 (2015)<sup>24</sup> 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 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，其係採台灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會 (Taiwan TFT LCD Association，簡稱 TTLA) 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 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南建議方法 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計畫 (2015) 提供之 TTLA 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TTLA 會員廠環保署國家溫室氣體登錄平台之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b 進行計算。

### (2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫 (2015) 提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南之方法 2b 之表 6.4 及 IPCC 第四次評估報告的 GWP 計算。

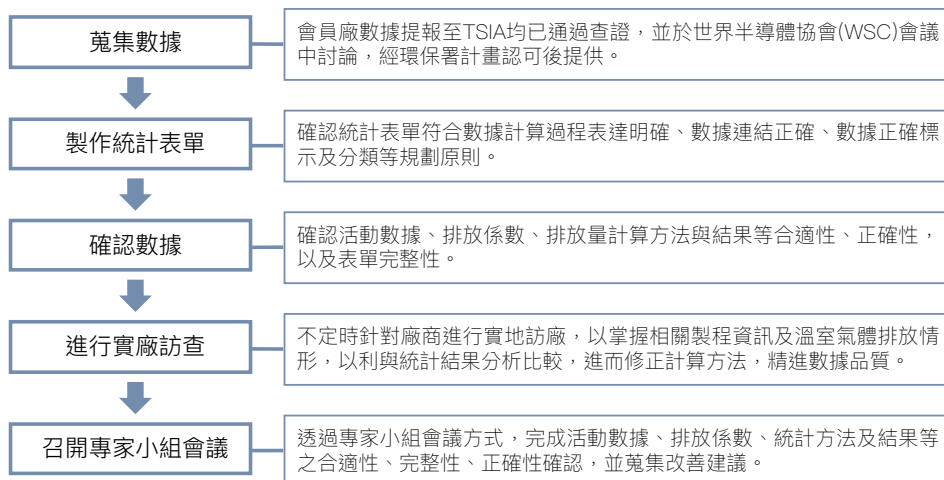


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

24 行政院環境保護署，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) 活動數據

由行政院環境保護署計畫 (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 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平台前亦經第三者查證。

(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，TTLA 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 1,848 千公噸二氧化碳當量下降至 2021 年 517 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 2.3%，1990 年至 2021 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.3 所示。

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係由 TTLA 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。

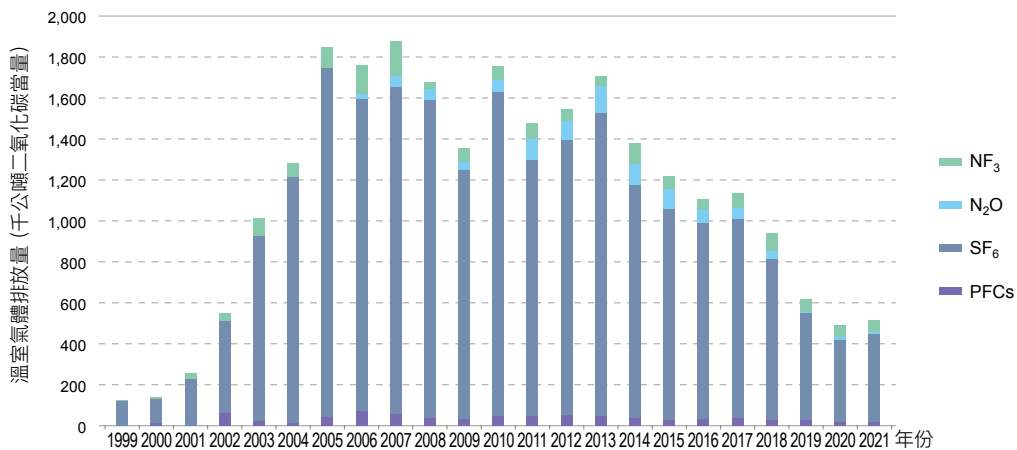
2016 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，包含具 TFT 平面顯示器製程並使用含氟氣體之各廠資料，可代表全國 TFT 平面顯示器排放量。

表 4.6.3 1990 年至 2021 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
NF <sub>3</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11
2.E.2.TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	129	143
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	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFCs	6	65	25	14	43	69	56	42	34	49	47
SF <sub>6</sub>	221	446	901	1,197	1,701	1,526	1,600	1,547	1,211	1,580	1,249
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	NE	27	50	56	42	63	102
NF <sub>3</sub>	33	39	86	72	104	139	170	30	66	63	76
2.E.2.TFT 平面顯示器	260	550	1,012	1,283	1,848	1,762	1,877	1,675	1,353	1,755	1,473
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
HFCs	NE	NE	NE	NE	0.0009	0.0129	0.0613	NO	0.0380	0.0899	
PFCs	50	46	42	31	35	36	27	30	17	22	
SF <sub>6</sub>	1,341	1,482	1,135	1,023	956	974	789	519	402	426	
N <sub>2</sub> O	99	133	101	103	64	54	39	7	14	14	
NF <sub>3</sub>	55	47	97	61	53	73	83	62	58	55	
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,546	1,708	1,375	1,217	1,108	1,137	938	618	491	517	

備註：NO，代表無生產或使用，故無排放量；NE，代表未調查估計該分類項目，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。



備註：自 1999 年起調查該分類項目。

圖 4.6.4 1999 年至 2021 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢

### 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 TTLA 會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南之方法 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 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，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 TTLA 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 TTLA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.5 所示。

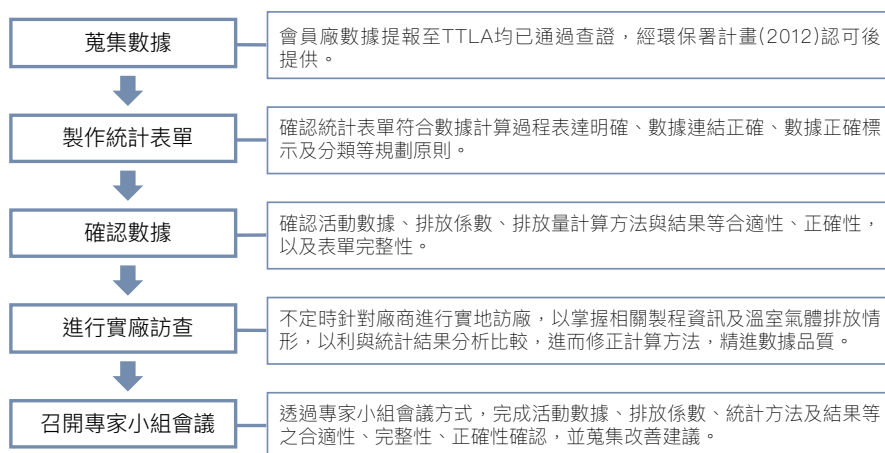


圖 4.6.5 TFT 平面顯示器製程排放統計 QA/QC 流程

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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「冷凍及空調」、2.F.2「發泡劑」、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「發泡劑」、「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)，2021 年共排放 920 千公噸二氧化碳當量，相較 2020 年增加約 59 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 4.2%，因早期使用量較小，無統計調查記錄，1990 年至 2021 年排放量，如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

表 4.7.1 1990 年至 2021 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)

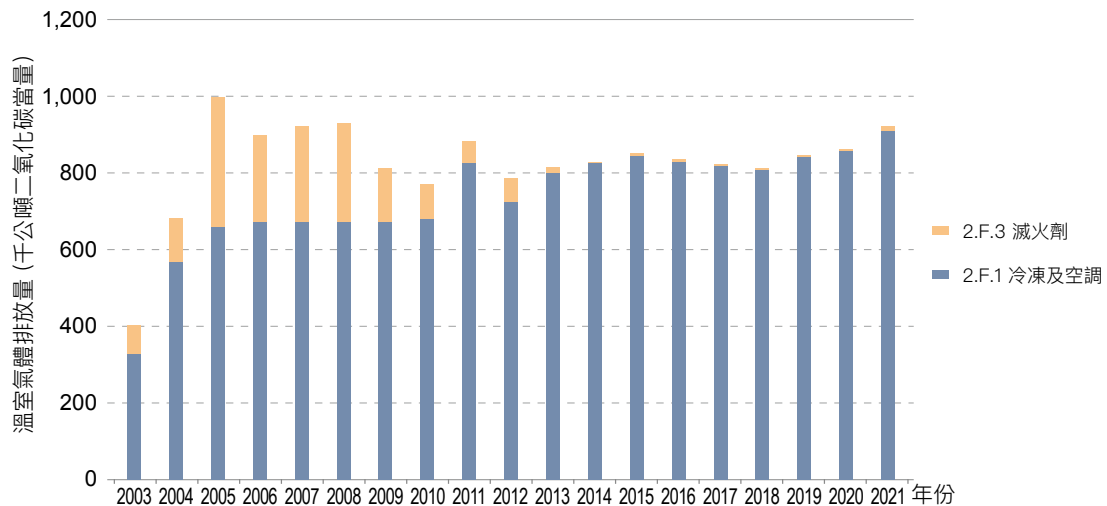
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.F.1 冷凍及空調	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.4 氣膠產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>2.F 總計</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>
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.F.1 冷凍及空調	NE	NE	329	569	660	670	670	670	670	680	827
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NE	NE	73	113	336	226	252	258	142	90	54
2.F.4 氣膠產品	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
<b>2.F 總計</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>401</b>	<b>682</b>	<b>996</b>	<b>896</b>	<b>922</b>	<b>928</b>	<b>812</b>	<b>770</b>	<b>881</b>

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
2.F.1 冷凍及空調	725	799	824	842	827	817	805	841	854	908
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	58	13	4	9	9	4	6	6	7	12
2.F.4 氣膠產品	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
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F 總計	783	812	828	851	835	821	811	846	861	920

備註：NE，代表未調查估計該分類項目，國內「發泡劑」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計。



備註：自 2003 年起調查該分類項目。

圖 4.7.1 2003 年至 2021 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

#### 4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查冷凍空調使用氫氟碳化物冷媒所造成的排放量，國內主要應用於汽車冷媒與冷凍空調設備，主要調查氫氟碳化物 (HFCs) 種類為 HFC-134a，2011 年新增之 R-410A 則拆分為 HFC-32 與 HFC-125 使用量<sup>25</sup>。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

由行政院環境保護署計畫 (2016)<sup>26</sup> 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以氫氟碳化物實際使用情形估算排放量；由於氫氟碳化物冷媒用途多，係依據機動車統計、冰箱生產及進口數量等設備資料，推估氫氟碳化物實際使用情形，並參考 2006 IPCC 指南所列汽車空調及電冰箱運轉時之洩漏率進行估算排放量<sup>27</sup>。

##### (2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫 (2016) 提供，係參照 2006 IPCC 指南，排放係數為氫氟碳化物使用時洩漏率；機動車、冰箱使用 HFC-134a 冷媒洩漏率分別為 10.0% 及 0.1%，而冷氣機使用之 R-410A 拆分之 HFC-32、HFC-125，則皆為 1.0%。

##### (3) 活動數據

由行政院環境保護署計畫 (2016) 提供，係依據機動車、冰箱數量及平均填充量推估氫氟碳化物冷媒使用量。如表 4.7.2 所示。

##### (4) 排放量

以 GWP 值將氫氟碳化物 (HFCs) 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 為 1,430、HFC-32 為 675，HFC-125 則為 3,500。

25 R-410A 組成為 50% 之 HFC-32 及 50% 之 HFC-125。行政院環境保護署，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。

26 行政院環境保護署，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。

27 電冰箱和冷凍空調設備同類型但不同型式或大小容量設備的逸散量仍有不同 (例如小型家用空調就有分離式或窗型，目前分離式已相當普遍，各家戶也可能用不同管線供各房間，管線長短不同，逸散量也不同)，因此未來有關逸散量的推估，仍須進一步進行詳細研究，以強化數據資料庫。行政院環境保護署，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。

早期冷凍空調設備使用氟氯碳或氟氯烴作為冷媒，自 1996 年氟氯碳禁止生產與進口，以及氟氯烴 (HCFCs) 分階段禁止生產與進口後，國內冷凍空調設備才逐步轉為使用氫氟碳化物 (HFCs)。因此，2003 年以前國內使用量未進行調查統計<sup>28</sup>。2003 年至 2010 年僅統計 HFC-134a 排放量，2011 年 HFC-32、HFC-125 因使用量增加，故新增為統計項目。另外，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年逐步凍結 HCFCs 的消費量 (非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，業者逐步改以 HFCs(2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類) 取代，故排放量自 2003 年 329 千公噸二氧化碳當量逐步上升，2005 年至 2010 年約維持 670 千公噸二氧化碳當量，2011 年後繼續增加至 2021 年達 908 千公噸二氧化碳當量，相較 2003 年排放量成長約 176%，1990 年至 2021 年排放量如表 4.7.3 及圖 4.7.2 所示。

### (5) 完整性

行政院環境保護署計畫 (2016) 調查排放量過程中所引用資料，如氫氟碳化物海關進口、機動車統計資料、冰箱生產及進口數量等，皆係以全國為調查對象。

### 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%；經判定行政院環境保護署計畫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

2003 年至 2021 年間皆使用相同方法學。

表 4.7.2 1990 年至 2021 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

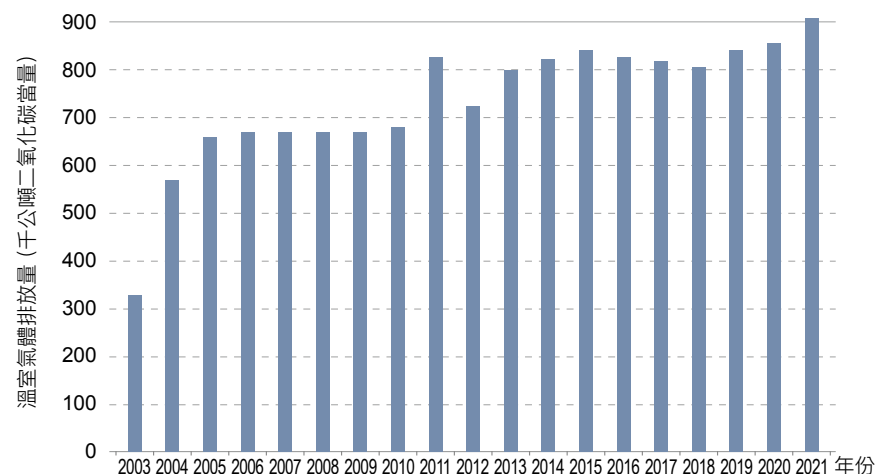
(單位：千公噸)											
年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
氫氟碳化物使用量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
氫氟碳化物使用量	NE	NE	2.3	4.0	6.1	6.1	6.4	6.0	6.2	6.2	15.2
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
氫氟碳化物使用量	10.0	11.0	13.4	11.8	12.1	12.2	9.1	12.6	13.3	15.3	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。因 2002 年以前氫氟碳化物冷媒使用量少，故未進行調查。

表 4.7.3 1990 年至 2021 年冷凍空調使用排放量

(單位：千公噸)											
年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.F.1 冷凍及空調	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1 冷凍及空調	NE	NE	329	569	660	670	670	670	670	680	827
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.F.1 冷凍及空調	725	799	824	842	827	817	805	841	854	908	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。因 2002 年以前氫氟碳化物冷媒使用量少，故未進行調查。



備註：自 2003 年起調查該分類項目。

圖 4.7.2 2003 年至 2021 年冷凍空調使用排放量趨勢

28 於 106 年 8 月藉由專家外審機制補充。

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 指南原則執行以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

4.7.2 發泡劑 (2.F.2)

本項主要調查發泡劑使用氫氟碳化物 (HFCs) 所造成的排放量。經行政院環境保護署計畫 (2012)<sup>29</sup> 表示，因國內氫氟碳化物 (HFCs) 較少應用於發泡劑，故未進一步調查相關氫氟碳化物 (HFCs) 排放，即無發泡劑使用之氫氟碳化物 (HFCs) 排放。

4.7.3 滅火藥劑 (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氫氟碳化物所造成的排放量，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

由行政院環境保護署計畫 (2016) 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以氫氟碳化物 (HFCs) 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 進口量進行估算排放量。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫 (2016) 提供排放量，依實際使用量進行統計，為一實際值，無排放係數需求。

(3) 活動數據

由行政院環境保護署計畫 (2016) 提供，由於 HFC-227ea 僅用於滅火藥劑填充，且國內無生產滅火器氫氟碳化物藥劑，皆係由國外進口，故填充量係依據關稅總局進口量統計。

(4) 排放量

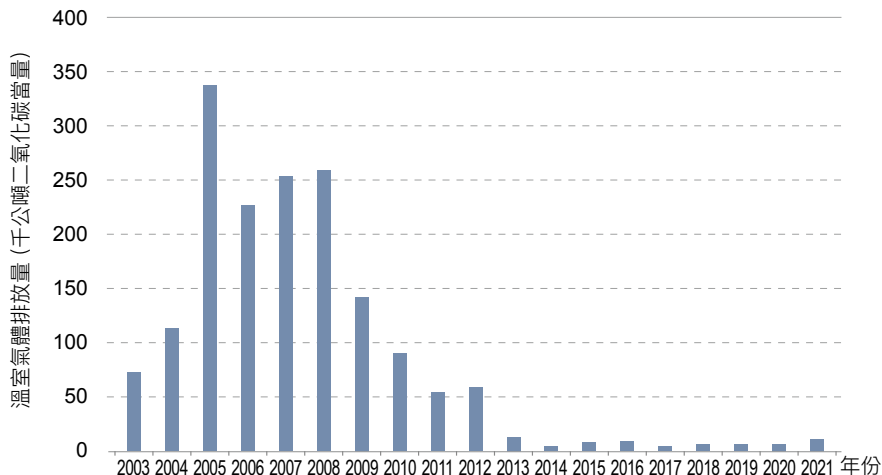
以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,220 將填充量轉換為排放量，1990 年至 2021 年排放量如表 4.7.4 及圖 4.7.3 所示。早期氫氟碳化物滅火藥劑為推廣用途，使用量較少，故未進行調查。滅火藥劑使用氫氟碳化物排放量與進口量有關，2003 年至 2007 呈逐年上升趨勢，至 2008 年達 258 千公噸二氧化碳當量後則為下降趨勢，由 258 千公噸二氧化碳當量降至 2021 年 12 千公噸二氧化碳當量，約占總排放量 0.05%。

表 4.7.4 1990 年至 2021 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.F.3 滅火劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.3 滅火劑	NE	NE	73	113	336	226	252	258	142	90	54
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.F.3 滅火劑	58	13	4	9	9	4	6	6	7	12	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。



備註：自 2003 年起調查該分類項目。

圖 4.7.3 2003 年至 2021 年滅火藥劑使用排放量趨勢

29 行政院環境保護署，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

行政院環境保護署計畫(2016)調查排放量過程中所引用氫氟碳化物海關進出口資料，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%；經判定行政院環境保護署計畫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 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

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

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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 氣膠產品(推進劑及溶劑)(2.F.4)

本項主要調查發泡劑使用行政院環境保護署計畫(2015)<sup>30</sup>調查排放量過程中所引用氫氟碳化物所造成的排放量。行政院環境保護署計畫(2015)表示，因國內氫氟碳化物(HFCs)較少應用於噴霧劑，故未進一步調查。

## 4.7.5 溶劑(非氣膠)(2.F.5)

本項主要調查清洗溶劑使用行政院環境保護署計畫(2015)調查排放量過程中所引用氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)所造成的排放量。該計畫表示，因國內氫氟碳化物(HFCs)較少應用於清洗溶劑，故未進一步調查。

## 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，2021 年共排放 100 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.5%，本部門溫室氣體排放較去年減少約 33 千公噸二氧化碳當量，皆係因 SF<sub>6</sub> 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，1990 年至 2021 年排放量，如表 4.8.1 所示。

表 4.8.1 1990 年至 2021 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.G.1. 電子設備	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.2. 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.3. 使用 N <sub>2</sub> 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	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.G.1. 電子設備	NE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.G.2. 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
2.G.3. 使用 N <sub>2</sub> 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	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
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 <sub>6</sub> 及 PFCs	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	
2.G.3. 使用 N <sub>2</sub> 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	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	

備註：1. IE，代表該分類項目排放量已估計，但列在清冊中其他分類項目，「電子設備」併入「積體電路或半導體」、「TFT 平面顯示器」計算。

2. NE，代表未調查估計該分類項目，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。

30 行政院環境保護署，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。

#### 4.8.1 電子設備 (2.G.1)

無法依 2006 IPCC 指南之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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 回收再利用機制，並針對六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 進行匯的管控。另 IPCC 2006 建議調查之軍事應用、加速裝置等 SF<sub>6</sub> 及 PFCs 之排放，行政院環境保護署計畫 (2015)<sup>31</sup> 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 SF<sub>6</sub> 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 (SF<sub>6</sub>) 補充量，並參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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 SF<sub>6</sub> 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保署蒐集國家溫室氣體登錄平台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保署蒐集國家溫室氣體登錄平台民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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保署蒐集國家溫室氣體登錄平台民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 補充量，並依實際補充量進行統計活動數據。

##### (4) 排放量

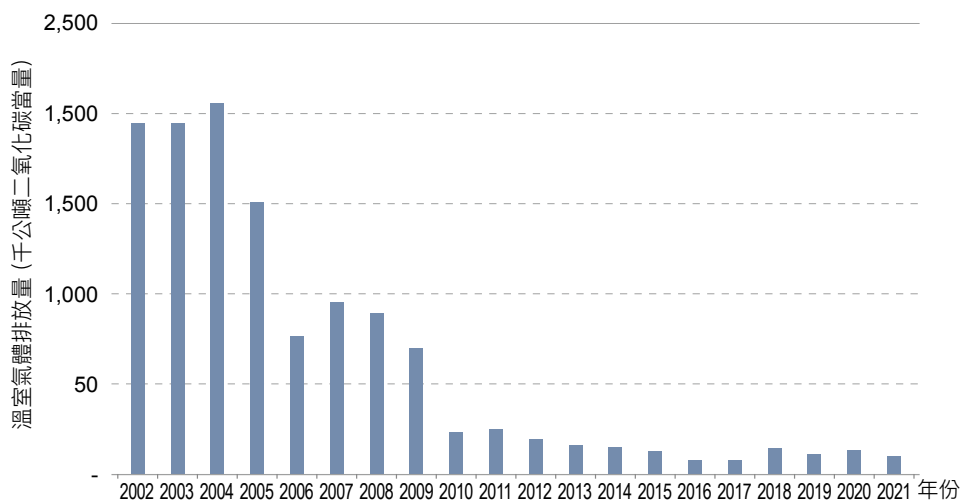
六氟化硫排放係依據 IPCC 第四次評估報告 (2007) 之 GWP 值 22,800，將六氟化硫補充量轉換為二氧化碳當量，1990 年至 2021 年排放當量如表 4.8.2 與圖 4.8.1 所示。

表 4.8.2 1990 年至 2021 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之排放量

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.G.2 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	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.G.2 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238	252
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
2.G.2 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 及 PFCs	195	160	146	128	82	79	149	110	133	100	

(單位：千公噸二氧化碳當量)

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。



備註：自 2002 年起調查該分類項目。

圖 4.8.1 2002 年至 2021 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

31 行政院環境保護署，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。

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，排放量於 2007 年為最高 953 千公噸二氧化碳當量，下降至 2021 年 100 千公噸二氧化碳當量，隨著電力業大力推動六氟化硫回收再利用，2021 年排放量僅約 2011 年之 35%。

### (5) 完整性

六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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。

## 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

依排放量行政院環境保護署專案工作計畫提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 補充，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.8.2 所示。

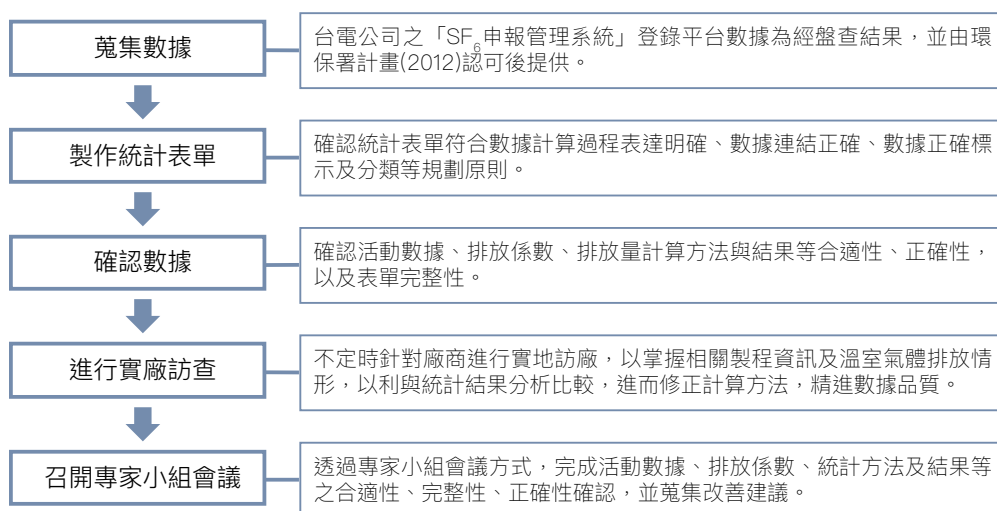


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

## 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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

原由環保署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保署溫室氣體盤查登錄平台民營電廠盤查清冊，並分別由工業局及環保署統計後匯算。

### 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<sub>3</sub>) 生產等使用氧化亞氮的排放量，行政院環境保護署計畫 (2015)<sup>32</sup> 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。2021 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 0.1%，1990 年至 2021 年排放量如表 4.9.1 所示。

32 行政院環境保護署，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。

表 4.9.1 1990 年至 2021 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	
2.H.1 食品和飲料工業	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	
2.H 總計	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	

#### 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 指南建議方法 1，以啤酒產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{啤酒產量 (公石)} \times \text{啤酒排放係數 (公斤二氧化碳 / 公石產量)}$$

###### (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 2021 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

啤酒產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，1990 年至 2021 年產量如表 4.9.2 所示。

###### (4) 排放量

啤酒產量如表 4.9.3 及圖 4.9.2 所示，因歷年產量穩定，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。

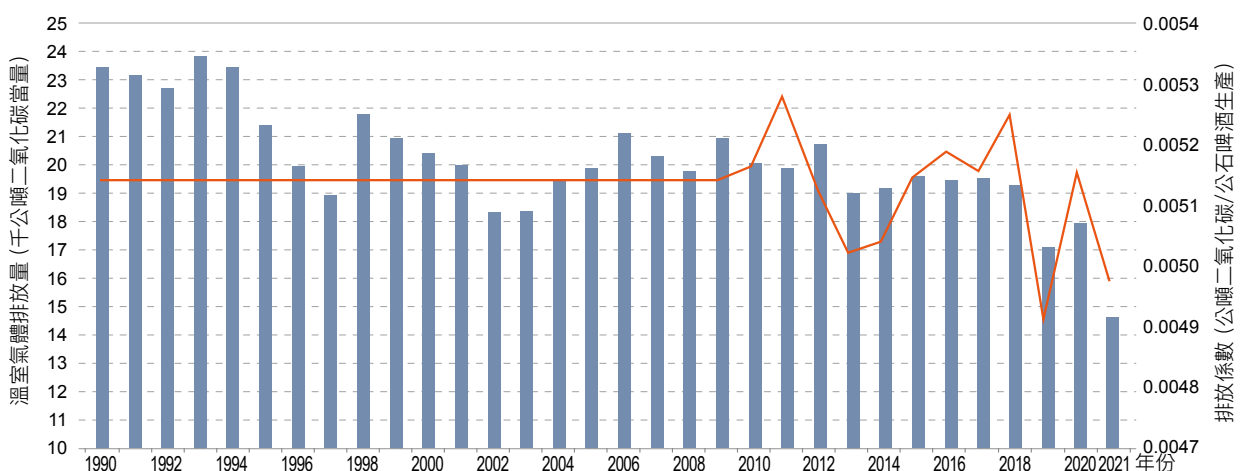


圖 4.9.1 1990 年至 2021 年啤酒製程排放量及歷年排放係數

表 4.9.2 1990 年至 2021 年啤酒產量

(單位：千公石)

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	
啤酒產量	4,035	3,780	3,701	3,800	3,744	3,788	3,665	3,481	3,476	2,938	

表 4.9.3 1990 年至 2021 年啤酒生產製程排放量

(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
2.9.1.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	
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	

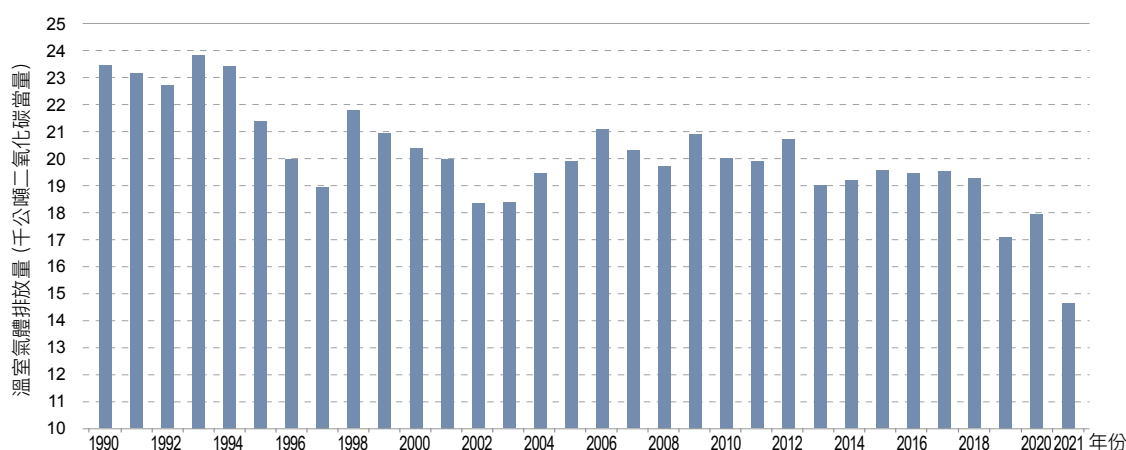


圖 4.9.2 1990 年至 2021 年啤酒生產製程排放量趨勢

### 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 2021 年活動數據來源及計算方法一致，排放係數 2010 年至 2021 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

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

### 5. 特定排放源的重新計算

經 2023 年工業部門溫室氣體排放統計專諮會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。

#### 4.10 參考文獻

1. IPCC, Guide lines for National Green house 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，2021。
5. 臺灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2022。
6. 國內一貫煉鋼業者排放清冊，2021。
7. 行政院環境保護署，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，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，事業廢棄物申報及管理資訊系統，2021。
11. 行政院環境保護署，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，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，臺灣區石化公會年報，2022。
15. 行政院環境保護署，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，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，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，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，推動含氟溫室氣體產業排放減量，2008。
20. 行政院環境保護署，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，第一批應盤查登錄溫室氣體排放量之排放源排放清冊，2021。
22. 國內輕金屬生產業者，2021。
23. 國內啤酒生產業者，2021。
24. 國內環氧乙烷生產業者，2021。
25. 國內一貫煉鋼生產業者，2021。
26. 國內二氧化鈦生產業者，2021。

# 第五章

## 農業部門 (CRF 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 尿素使用 (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 (CRF 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, IPCC) 於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南<sup>1</sup> (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「畜禽糞尿管理」、3.C「水稻種植」、3.D「農業土壤」、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溫暖化潛勢<sup>2</sup> (Global Warming Potential, GWP) 分別為 25 與 298。

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「畜禽糞尿管理」(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複雜

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 畜禽糞尿管理	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 農業土壤	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 <sub>3</sub> ) 或白雲岩 (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ) 等，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )，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	範疇定義				排放氣體	
	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 畜禽糞尿管理			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 農業土壤					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：T1(IPCC Tier1), T2(IPCC Tier2), T3(IPCC Tier3), D(IPCC default), CS(country specific method/EF), NE(未調查估計該分類項目), NO(我國該分類項目無生產或使用，如停產)，灰底(指南未建議納入統計該氣體)。

1 IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories 2006, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management.

2 IPCC, Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change.



不予列計。農糧產業之排放源主要有來自農地的「水稻種植」（甲烷及氧化亞氮）、「作物殘體燃燒」（甲烷及氧化亞氮）及來自土壤施肥的「農業土壤」（氧化亞氮）、「石灰處理」（二氧化碳）與「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。

1990 年至 2021 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) 及經貿自由化等因素，衝擊國內農業生產，造成耕地面積及畜禽飼養減少，而落實合理化施肥推廣則有助溫室氣體排放減量，其中禽畜部門排放量在 1996 年後

表 5.1.3 1990 年至 2021 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年度	3.A 畜禽腸胃發酵	3.B 畜禽糞尿管理	3.C 水稻種植	3.D 農業土壤	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	3.I 其他含碳肥料	3.J 其他	農業部門 總計
1990	669.62	1,257.13	1,094.33	1,837.13	NE	49.25	NE	141.62	NE	NE	5,049.13
1991	731.04	1,468.15	1,040.48	1,875.71	NE	32.41	NE	145.93	NE	NE	5,293.77
1992	737.56	1,428.25	967.55	1,799.48	NE	62.25	NE	139.08	NE	NE	5,134.39
1993	775.36	1,447.17	946.21	1,836.32	NE	28.46	NE	130.61	NE	NE	5,164.35
1994	788.72	1,485.24	890.55	1,817.65	NE	27.33	NE	134.87	NE	NE	5,144.50
1995	822.22	1,550.71	878.74	1,807.50	NE	9.71	NE	151.01	NE	NE	5,220.63
1996	822.24	1,585.72	857.80	1,837.61	NE	9.09	NE	150.76	NE	NE	5,263.35
1997	731.73	1,222.37	870.94	1,637.31	NE	9.31	NE	133.74	NE	NE	4,605.94
1998	673.70	1,028.71	857.96	1,535.91	NE	7.39	NE	126.99	NE	NE	4,231.03
1999	694.38	1,125.36	844.98	1,507.98	NE	9.02	NE	118.47	NE	NE	4,300.82
2000	692.35	1,160.40	802.35	1,716.54	NE	18.03	NE	130.80	NE	NE	4,520.67
2001	659.62	1,110.85	791.70	1,643.70	NE	19.73	NE	94.24	NE	NE	4,320.38
2002	635.83	1,060.04	728.84	1,653.59	NE	16.82	NE	93.25	NE	NE	4,189.38
2003	625.71	1,057.08	643.86	1,522.16	NE	11.60	NE	82.45	NE	NE	3,944.22
2004	614.15	1,061.17	573.70	1,637.57	NE	10.13	NE	83.54	NE	NE	3,981.24
2005	622.84	1,109.22	640.24	1,522.93	NE	10.37	NE	62.31	NE	NE	3,969.34
2006	613.84	1,097.50	629.99	1,552.32	NE	11.01	NE	59.47	NE	NE	3,965.70
2007	608.65	1,033.51	615.72	1,520.66	NE	5.97	NE	57.46	NE	NE	3,843.76
2008	584.44	1,006.05	603.87	1,438.69	NE	8.00	NE	56.82	NE	NE	3,699.59
2009	571.04	965.85	604.95	1,472.62	NE	6.60	NE	55.47	NE	NE	3,678.26
2010	578.46	971.42	588.51	1,454.04	NE	6.94	NE	53.84	NE	NE	3,655.19
2011	589.59	983.40	596.27	1,394.32	NE	7.02	NE	52.78	NE	NE	3,625.31
2012	582.87	946.07	614.48	1,422.43	NE	7.07	NE	54.95	NE	NE	3,629.58
2013	579.18	917.60	633.99	1,357.38	NE	4.32	NE	45.36	NE	NE	3,539.80
2014	566.31	886.15	626.34	1,351.48	NE	4.70	NE	39.89	NE	NE	3,476.31
2015	572.60	880.25	605.20	1,320.04	NE	5.88	NE	37.55	NE	NE	3,422.98
2016	561.04	877.49	629.27	1,316.00	NE	4.33	NE	33.73	NE	NE	3,423.59
2017	564.03	877.27	626.31	1,263.97	NE	4.45	NE	31.43	NE	NE	3,369.23
2018	571.80	883.93	615.33	1,242.28	NE	3.26	NE	29.72	NE	NE	3,346.87
2019	574.54	898.67	610.77	1,182.41	NE	3.25	NE	29.27	NE	NE	3,300.70
2020	580.25	900.50	601.74	1,228.88	NE	1.69	NE	29.48	NE	NE	3,344.96
2021	593.34	897.75	536.99	1,175.37	NE	1.38	NE	26.61	NE	NE	3,231.44

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 )，指對現有排放量沒有估計。

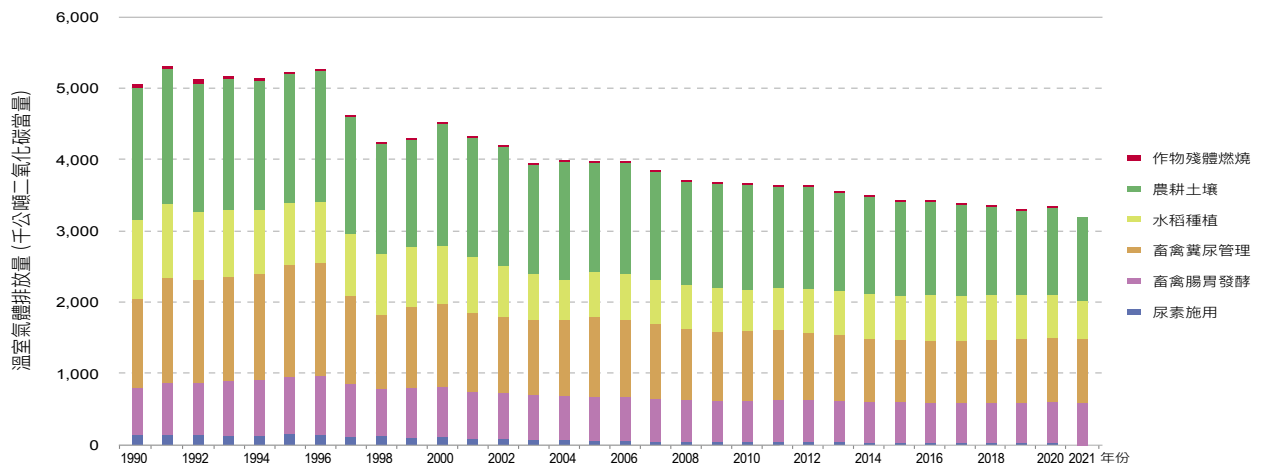


圖 5.1.1 1990 年至 2021 年農業部門排放量趨勢

連續 2 年較大幅度下降，因口蹄疫導致豬隻飼養頭數銳減之故。2021 年農業部門溫室氣體排放源占比如圖 5.1.2，農業土壤 36.37% 為最大占比，其他如畜禽糞尿管理占 27.78%、畜禽腸胃發酵占 18.36%、水稻種植占 16.63%、尿素施用占 0.82%、作物殘體燃燒占 0.04%。

2021 年農業部門非燃料燃燒各排放源不確定性分別為，糞尿處理甲烷排放量為 ±27.68%；糞尿管理氧化亞氮排放量為 ±25.58%；水稻田甲烷排放量為 - 22.03% ~ 22.61% 及農業土壤總氧化亞氮排放為 - 6.88% ~ 138.41%。

## 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，加以無宗教之束縛，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，其種類極具本土特色。

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 IPCC 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，至於鴛鴦、鸚鵡、

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專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC Tier 3；家禽之排放係數計算方法經專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC Tier 3；其他畜種排放係數則採用 2006 IPCC Tier 1。

#### 公式 5.2.1 畜禽腸胃發酵甲烷之排放量

$$\text{Total CH}_4 \text{ Enteric Emissions} = \sum_i (EF_i \times Ni \times 25 \times 10^{-6})$$

$$\text{Total CH}_4 \text{ Enteric Emissions} = \text{畜禽腸胃發酵甲烷之總排放量 (千公噸二氧化碳當量 / 年)}$$

$EF_i$  = 某類畜禽腸胃發酵甲烷的排放係數 (公斤甲烷 / 頭 (隻) / 年)

$N_i$  = 某類畜禽年度活動數據 (頭 (隻))

25 = 甲烷排放量換算為二氧化碳當量所使用之甲烷溫暖化潛勢 (GWP)

使用的畜禽種類分別為：產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬、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，確立產乳牛、雞、鴨及鵝腸胃發酵的甲烷排放係數本土值，至於豬隻係因高度經濟動物，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 IPCC 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。有關畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數詳表 5.2.1。

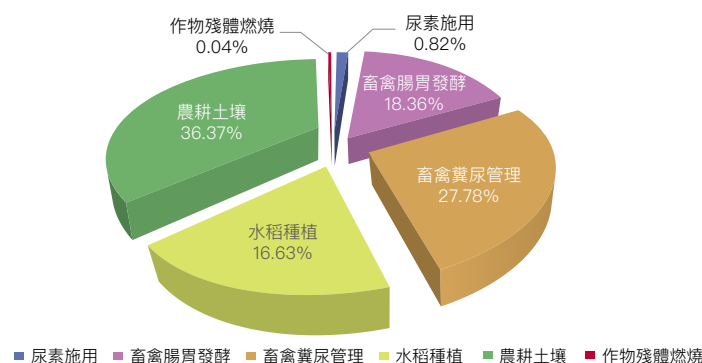


圖 5.1.2 2021 年農業部門溫室氣體各排放源占比

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

2021 年我國畜禽腸胃發酵的甲烷排放量為 593.34 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 2021 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之關係。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，因此整體排放量隨之下降；又 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行政院農業委員會（以下簡稱農委會）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 IPCC 不確定性之參考值；至於直接使用 IPCC 之排放係數，則逕行引用 IPCC 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 IPCC 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

表 5.2.1 畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數表

	細分類		溫室氣體類別	排放係數 (EF)							
				係數	單位	來源	說明	不確定性 (%)			
腸胃發酵	牛 (Cattle)	產乳牛 <sup>a,d</sup> (Dairy Cows)	甲烷	125.1	公斤 / 頭 / 年	本土值 <sup>3</sup>	IPCC 為 68	±30.0			
		其他牛 <sup>b,d</sup> (Other cattle)		64.3					IPCC 為 47	±30.0	
	水牛 (Buffalo) <sup>c</sup>		甲烷	55.0	公斤 / 頭 / 年	IPCC <sup>e</sup>		±30.0			
	山羊 (Goats) <sup>c</sup>		甲烷	5.0	公斤 / 頭 / 年	IPCC <sup>e</sup>		±30.0			
	豬 (Swine) <sup>c</sup>		甲烷	1.5	公斤 / 頭 / 年	IPCC <sup>e</sup>		±30.0			
	家禽 (Poultry)	白色肉雞 <sup>d</sup>	甲烷	1.587×10 <sup>-5</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期	本土值 <sup>4</sup>	IPCC 無資料		±12.1		
		有色肉雞 <sup>d</sup>		8.482×10 <sup>-5</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期					本土值 <sup>4</sup>	±12.0
		蛋雞 <sup>d</sup>		1.061×10 <sup>-2</sup>	公斤 / 隻 / 年					本土值 <sup>5</sup>	±37.3
		鵝 <sup>d</sup>		1.500×10 <sup>-3</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期					本土值 <sup>6</sup>	±27.7
		肉鴨 <sup>d</sup>		2.071×10 <sup>-3</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期					本土值 <sup>7</sup>	±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 Tier 1 所建議排放量之計算。  
 d. 2006 IPCC Tier 3 所建議排放量之計算。  
 e. IPCC 預設排放係數之選用，以年均溫攝氏 23 度之資料為主。

3 行政院農業委員會 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會議紀錄，2014。

4 Wang, S.Y. and D.J. Huang. Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. Asian-Australian Journal of Animal Science 18(6):873-878, 2005.

5 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。

6 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。

7 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 2021 年畜禽活動數據

(單位：頭(家畜)/千隻(家禽))

年份	細分類	產乳牛 <sup>a</sup>	其他牛 <sup>a</sup>	水牛 <sup>a</sup>	山羊 <sup>a</sup>	豬 <sup>a</sup>	白色肉雞 <sup>b</sup>	有色肉雞 <sup>b</sup>	蛋雞 <sup>a</sup>	鵝 <sup>b</sup>	鴨 <sup>b</sup>
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

備註：1.<sup>a</sup> 為年底在養頭/隻數，<sup>b</sup> 為當年總生產量。

2. 2005 年以前之統計資料未含金門縣及連江縣(因其自行統計未併入臺閩地區)

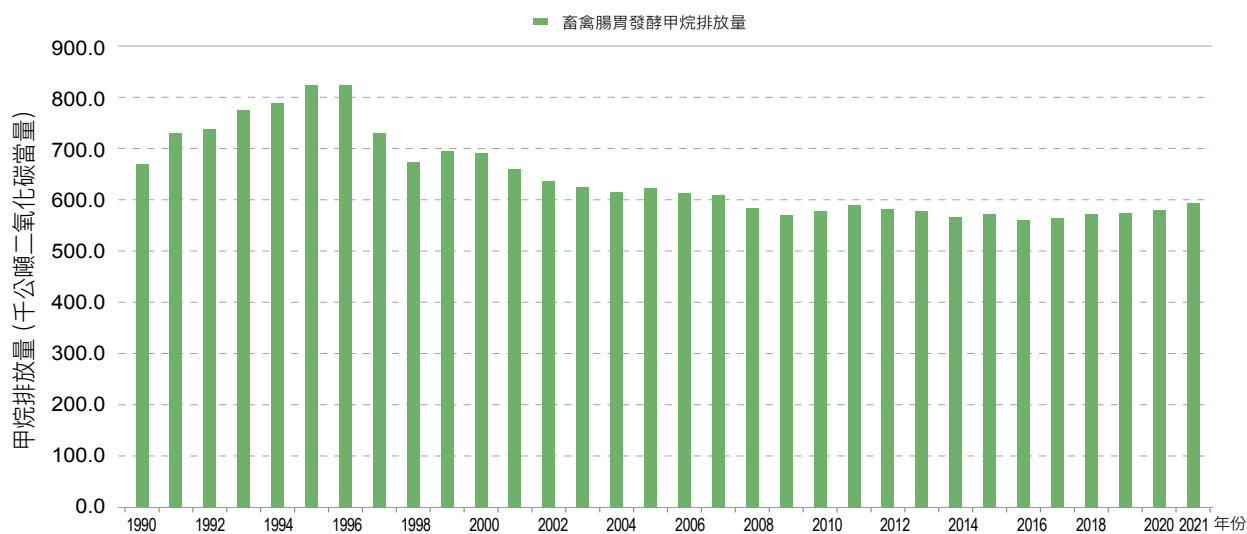
3. 活動數據資料來源：中華民國農業統計年報<sup>8</sup>及畜禽統計調查結果<sup>9</sup>，行政院農業委員會。其他牛頭數計算為：[黃牛及雜種牛頭數<sup>a</sup>+乳牛(含肉用)頭數<sup>a</sup>-產乳牛頭數<sup>a</sup>]；山羊頭數計算為：[肉羊頭數<sup>a</sup>]+[乳羊頭數<sup>a</sup>]；蛋雞隻數計算為：[蛋雞隻數<sup>b</sup>]+[蛋種雞隻數<sup>b</sup>]+[肉種雞隻數<sup>b</sup>]

圖 5.2.1 1990 年至 2021 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量趨勢

8 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

9 行政院農業委員會，畜禽統計調查結果，2022。

表 5.2.3 1990 年至 2021 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		144.93	138.28	30.08	25.08	321.20	0.03	0.29	6.86	0.18	1.98	669.62
1991		154.60	136.32	25.60	26.87	378.34	0.04	0.27	7.02	0.17	1.80	731.04
1992		166.68	141.39	22.86	30.91	365.79	0.04	0.29	7.38	0.21	2.01	737.56
1993		180.31	147.02	22.67	45.70	369.18	0.05	0.31	7.62	0.24	2.25	775.36
1994		183.93	145.56	20.50	50.08	377.46	0.05	0.32	8.48	0.32	2.01	788.72
1995		207.59	137.55	17.71	53.78	394.07	0.06	0.32	8.75	0.29	2.10	822.22
1996		196.55	143.16	15.42	53.52	401.19	0.06	0.35	9.67	0.27	2.05	822.24
1997		204.18	147.10	13.20	55.32	298.76	0.07	0.38	10.42	0.28	2.02	731.73
1998		208.02	145.20	11.76	20.32	245.20	0.08	0.37	10.71	0.30	1.74	673.70
1999		206.96	144.49	12.63	45.39	271.62	0.07	0.37	10.84	0.28	1.72	694.38
2000		206.85	141.13	10.68	39.38	281.06	0.08	0.37	10.90	0.24	1.66	692.35
2001		203.68	129.97	8.98	35.51	268.67	0.08	0.34	10.59	0.24	1.56	659.62
2002		201.78	127.91	7.38	31.22	254.77	0.07	0.35	10.60	0.23	1.50	635.83
2003		185.98	135.82	6.75	30.13	254.20	0.08	0.33	10.67	0.24	1.51	625.71
2004		170.81	136.98	6.82	31.17	255.71	0.08	0.31	10.44	0.25	1.58	614.15
2005		166.38	134.59	5.64	33.47	269.80	0.07	0.30	10.71	0.24	1.65	622.84
2006		163.61	132.05	4.86	34.00	265.94	0.07	0.29	10.89	0.25	1.87	613.84
2007		166.29	143.68	4.75	31.84	249.00	0.07	0.29	10.69	0.22	1.81	608.65
2008		164.59	130.95	4.95	29.38	241.62	0.07	0.26	10.86	0.19	1.55	584.44
2009		166.48	129.48	5.31	26.60	230.47	0.08	0.26	10.77	0.17	1.43	571.04
2010		172.94	129.99	5.29	25.61	231.97	0.08	0.26	10.68	0.18	1.48	578.46
2011		178.88	134.21	4.99	23.81	234.96	0.08	0.28	10.71	0.19	1.49	589.59
2012		184.98	134.81	4.37	20.89	225.18	0.07	0.25	10.73	0.18	1.41	582.87
2013		189.21	135.65	3.45	20.11	217.73	0.07	0.22	10.86	0.19	1.68	579.18
2014		187.97	133.74	3.35	19.72	207.94	0.08	0.23	11.16	0.21	1.90	566.31
2015		193.46	136.97	3.18	19.51	206.11	0.08	0.22	11.29	0.05	1.74	572.60
2016		186.40	135.66	2.80	18.25	204.09	0.08	0.24	11.66	0.06	1.80	561.04
2017		189.29	135.95	2.83	18.09	203.73	0.08	0.23	11.86	0.09	1.88	564.03
2018		193.80	138.69	2.89	17.69	204.27	0.09	0.23	12.18	0.10	1.84	571.80
2019		193.32	139.86	2.71	16.85	206.78	0.10	0.24	12.65	0.11	1.92	574.54
2020		196.77	142.42	2.91	16.32	206.71	0.10	0.23	12.84	0.14	1.80	580.25
2021		203.21	151.34	2.75	15.76	205.18	0.11	0.23	12.90	0.14	1.73	593.34

後、再開根號之所得 (公式 5.2.2)。至於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 2021 年腸胃發酵甲烷排放量之不確定性為 ±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

## (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 2021 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自 1990 年至 2021 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委會之農業統計調查資料，而農委會依據統計法、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 畜禽糞尿管管理) 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，經修正後再提送農委會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。最後送行政院環境保護署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，均係農委會畜產試驗所於 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委會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。

農委會參考近年來之活動數據（如表 5.2.2），以及近年農業統計年報資料顯示國內泌乳牛、乾乳牛及未產女牛族群數為 43%、12% 及 45% 之比例，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 / 年不變<sup>10</sup>。

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，農委會業依 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 指南預設值之 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 指南預設之排放係數，惟養豬為我國主要畜牧經濟活動之一，而農委會畜產試驗所（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<sup>11</sup>。

### 5.3 畜禽糞尿管理 (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 畜禽糞尿管理 – 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排放標準後再放流出場外。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管理上，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。因此在畜禽糞尿管理上，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 年起之歷年數據；而產乳牛糞尿管理部分，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。

至於家禽之糞尿處理部分，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，並經農委會召開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，計算我國畜禽糞尿管理甲烷排放量，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專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC Tier 3；其他畜種則採用 2006 IPCC Tier 1 計算。

#### 公式 5.3.1 畜禽糞尿管理之甲烷排放量

$$\text{Total CH}_4 \text{ Manure Emissions} = \sum_i (EF_i \times Ni \times 25 \times 10^{-6})$$

$$\text{Total CH}_4 \text{ Manure Emissions} = \text{畜禽糞尿管理之甲烷總排放量 (千公噸二氧化碳當量 / 年)}$$

EF<sub>i</sub> = 某類畜禽糞尿管理甲烷的排放係數 (公斤甲烷 / 頭 (隻) / 年)

N<sub>i</sub> = 某類畜禽年度活動數據 (頭 (隻))

10 李行政院農業委員會 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會議紀錄，2014。

11 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。

25 = 甲烷排放量換算為二氧化碳當量所使用之甲烷溫暖化潛勢 (GWP)

使用的畜禽種類分別為：產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬、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、肉雞及蛋雞糞尿管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）糞尿管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管理中的甲烷排放量。有關我國畜禽糞尿管理排放甲烷之係數及引用說明詳表 5.3.1。

排放係數異動部分，2019 年主要修正豬隻部分。有關豬隻糞尿管理甲烷之排放係數，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管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<sup>12</sup>。

(3) 活動數據

同表 5.2.2。

(4) 排放量

2021 年份我國畜禽糞尿管理的甲烷排放量為 751.91 千公噸二氧化碳當量，其他各年如圖 5.3.1 及表 5.3.2。我國畜禽糞尿管理中甲烷排放量，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，先分別計算其糞尿管理過程中甲烷排放係數乘以該畜種年度活動

表 5.3.1 畜禽糞尿管理排放甲烷之係數表

糞尿管理	細分類		溫室氣體類別	排放係數 (EF)						
	係數	單位		來源	說明	不確定性 (%)				
牛 (Cattle)	產乳牛 <sup>a,c</sup> (Dairy Cows)	其他牛 <sup>b,c</sup> (Other cattle)	甲烷	4.898	公斤 / 頭 / 年	本土值	IPCC 為 23	±4.7		
		其他牛 <sup>b,c</sup> (Other cattle)		1.0		IPCC			±30.0	
	水牛 (Buffalo) <sup>c</sup>		甲烷	2.0	公斤 / 頭 / 年	IPCC		±30.0		
	山羊 (Goats) <sup>c</sup>		甲烷	0.2	公斤 / 頭 / 年	IPCC		±30.0		
	豬 (Swine) <sup>c</sup>		甲烷	5.0	公斤 / 頭 / 年	IPCC		±30.0		
家禽 (Poultry)	a. 白色肉雞 <sup>d</sup>	家禽 (Poultry)	甲烷	$4.76 \times 10^{-3}$	公斤 / 隻 / 生命週期	本土值 <sup>13</sup>	IPCC 為 0.02	±13.9		
	b. 有色肉雞 <sup>d</sup>			$4.76 \times 10^{-3}$		本土值 <sup>13</sup>			IPCC 為 0.02	±13.9
	c. 蛋雞 <sup>d</sup>			$9.99 \times 10^{-3}$		本土值 <sup>14</sup>			IPCC 為 0.03	±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 Tier 1 之計算。  
 d. 2006 IPCC Tier 3 之計算。  
 e. IPCC 預設排放係數之選用，以平均溫攝氏 23 度之資料為主。

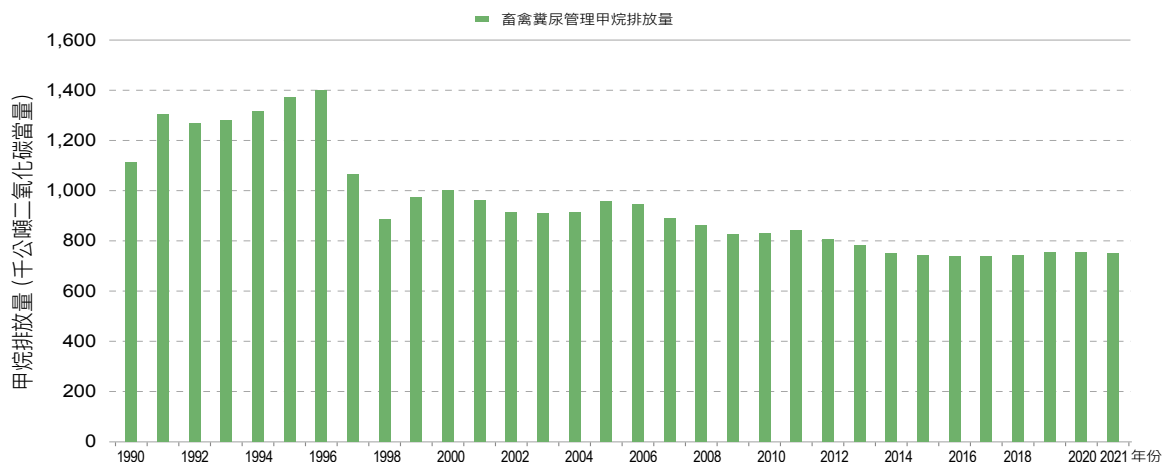


圖 5.3.1 1990 年至 2021 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量趨勢

12 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.

13 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。

14 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。

表 5.3.2 1990 年至 2021 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量

(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		5.67	2.15	1.09	1.03	1,070.66	8.86	16.14	6.46	1,112.07
1991		6.05	2.12	0.93	1.07	1,261.14	10.89	15.08	6.61	1,303.90
1992		6.53	2.20	0.83	1.24	1,219.31	12.41	16.28	6.95	1,265.74
1993		7.06	2.29	0.82	1.83	1,230.62	14.66	17.60	7.17	1,282.04
1994		7.20	2.26	0.75	2.00	1,258.19	15.89	17.84	7.98	1,312.12
1995		8.13	2.14	0.64	2.15	1,313.56	17.78	17.94	8.24	1,370.59
1996		7.70	2.23	0.56	2.14	1,337.30	19.04	19.53	9.11	1,397.59
1997		7.99	2.29	0.48	2.21	995.86	22.05	21.43	9.81	1,062.12
1998		8.14	2.26	0.43	2.01	817.32	22.55	20.85	10.09	883.66
1999		8.10	2.25	0.46	1.82	905.40	22.02	20.86	10.21	971.12
2000		8.10	2.19	0.39	1.58	936.87	22.75	20.66	10.26	1,002.80
2001		7.97	2.02	0.33	1.42	895.58	22.53	19.28	9.98	959.10
2002		7.90	1.99	0.27	1.25	849.24	22.45	19.56	9.98	912.65
2003		7.28	2.11	0.25	1.21	847.35	22.63	18.62	10.05	909.49
2004		6.69	2.13	0.25	1.25	852.37	24.69	17.35	9.83	914.55
2005		6.51	2.09	0.21	1.34	899.35	19.88	17.08	10.08	956.53
2006		6.41	2.05	0.18	1.36	886.48	21.64	16.54	10.25	944.90
2007		6.51	2.23	0.17	1.27	830.01	21.11	16.13	10.07	887.51
2008		6.44	2.04	0.18	1.18	805.41	21.26	14.63	10.23	861.37
2009		6.52	2.01	0.19	1.06	768.24	22.67	14.42	10.14	825.26
2010		6.77	2.02	0.19	1.02	773.24	22.85	14.74	10.06	830.90
2011		7.00	2.09	0.18	0.95	782.07	23.88	15.57	10.08	841.83
2012		7.24	2.10	0.16	0.84	750.59	22.25	14.13	10.10	807.41
2013		7.41	2.11	0.13	0.80	725.78	21.85	12.25	10.22	780.55
2014		7.36	2.08	0.12	0.79	693.13	23.34	12.97	10.51	750.30
2015		7.57	2.13	0.12	0.78	687.03	23.39	12.58	10.63	744.22
2016		7.30	2.11	0.10	0.73	680.30	24.89	13.34	10.98	739.75
2017		7.41	2.11	0.10	0.72	679.08	25.12	12.67	11.17	738.40
2018		7.59	2.16	0.11	0.71	680.91	26.96	12.96	11.47	742.86
2019		7.57	2.18	0.10	0.67	689.28	28.58	13.61	11.91	753.89
2020		7.70	2.21	0.11	0.65	689.03	29.82	12.98	12.09	754.59
2021		7.96	2.35	0.10	0.63	683.95	31.70	13.08	12.14	751.91

數據，得到該畜種當年度的糞尿管理甲烷排放量，並換算為二氧化碳當量後再予以加總所得。

1990 年起畜禽飼養量逐年攀升，畜禽糞尿管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管理甲烷主要排放源，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、牛糞尿管理多以提升畜牧糞尿水管理及再利用三段式廢水管理方式管理，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管理甲烷排放之本土特性。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

有關畜禽糞尿管理甲烷排放清冊之估算，其中活動數據係依據農委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 IPCC 不確定性之參考值；至於直接使用 2006 IPCC 指南之排放係數，則逕行引用 IPCC 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 IPCC 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)。至於畜禽糞尿管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，2021 年糞尿管理甲烷排放量之不確定性為  $\pm 27.68\%$ 。



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

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

$U_{total}$  = 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

## (2) 時間序列的一致性

豬隻糞尿管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 2021 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自 1990 年至 2021 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

目前在豬隻糞尿管理部分，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隻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，農委會針對歷年來持續推動畜禽糞堆肥施用於農地及家畜糞尿水施灌農作工作，均將研究其溫室氣體排放情形、並評估納為本土係數之參數。

有關糞尿管理部分之減量方案有豬隻糞尿管理之沼氣利用及豬糞渣堆肥減碳量等方向。養豬場廢水處理所產生沼氣之甲烷進行仔豬保溫或發電等再利用措施，亦有助於畜牧部分溫室氣體之減量。依 2006 IPCC 指南計算方式顯示，如每頭豬隻糞尿厭氧所產沼氣投入再利用時可減少 0.0253 千公噸二氧化碳當量，若以頭數 2,500,000 頭計算時，其沼氣再利用減碳量可達 67.48 千公噸二氧化碳當量<sup>15</sup>。至於豬糞渣堆肥減碳量，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 7.546 × 10<sup>-5</sup> 千公噸二氧化碳當量。若以目前全國 20% 豬隻 (547 萬頭之 20%) 之糞尿以堆肥方式進行，應用其推估其減碳量為 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，目前依據行政院環保署水質保護處全國畜牧糞尿資源化網站顯示，2021 年畜牧糞尿施灌農作共減碳 99.03 千公噸二氧化碳當量。然而，畜牧糞尿施灌農作計算方法學尚需與 IPCC 計算糞尿管理排放量之方法學差異進行釐清。因此，家畜糞尿管理減量部份將俟與相關部門確認後再進行後續農業部門之抵扣計算。

## 5.3.2 畜禽糞尿管理 – 氧化亞氮

### 1. 排放源及匯分類的描述

大致與章節 5.3.1 「畜禽糞尿管理 – 甲烷」之排放源相同。我國在畜牧糞尿管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管理方式、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，缺乏相關前期研究，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，我國畜禽糞尿管理過程中氧化亞氮排放量的計算方法，係個別畜種的糞尿管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 畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量

$$\text{Total } N_2O_{\text{Manure Emissions}} = \sum_i (EF_i \times N_i \times 298 \times 10^{-6})$$

$\text{Total } N_2O_{\text{Manure Emissions}}$  = 畜禽糞尿管理之氧化亞氮總排放量 (千公噸二氧化碳 / 年)

$EF_i$  = 某類畜禽糞尿管理氧化亞氮的排放係數 (公斤氧化亞氮 / 頭 (隻) / 年)

$N_i$  = 某類畜禽年度活動數據 (頭 (隻))

298 = 氧化亞氮排放量換算為二氧化碳當量所使用之氧化亞氮溫暖化潛勢 (GWP)。

使用的畜禽種類分別為：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

15 行政院農業委員會 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。

牛及家禽之排放係數計算經專家諮詢會通過後，採用 2006 IPCC Tier 3；豬排放係數計算則採用 2006 IPCC 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）糞尿管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管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。有關豬隻糞尿管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管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

2021 年份我國畜禽糞尿管理的氧化亞氮排放量為

145.84 千公噸二氧化碳當量，其他各年如圖 5.3.2 及表 5.3.4。我國畜禽糞尿管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，先分別計算其糞尿管理過程中氧化亞氮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管理氧化亞氮排放量，並換算為二氧化碳當量後，再予以加總所得。

我國畜禽糞尿管理中氧化亞氮主要來源為家禽飼養。分析我國 1990 年至 2021 年畜牧產業之畜禽糞尿管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，畜禽糞尿管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，雖國內豬隻畜養量陡降，然家禽飼養量持續增加，畜禽糞尿管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、牛糞尿管理多以提升畜牧糞尿水管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 IPCC 預設排放係數計算排放

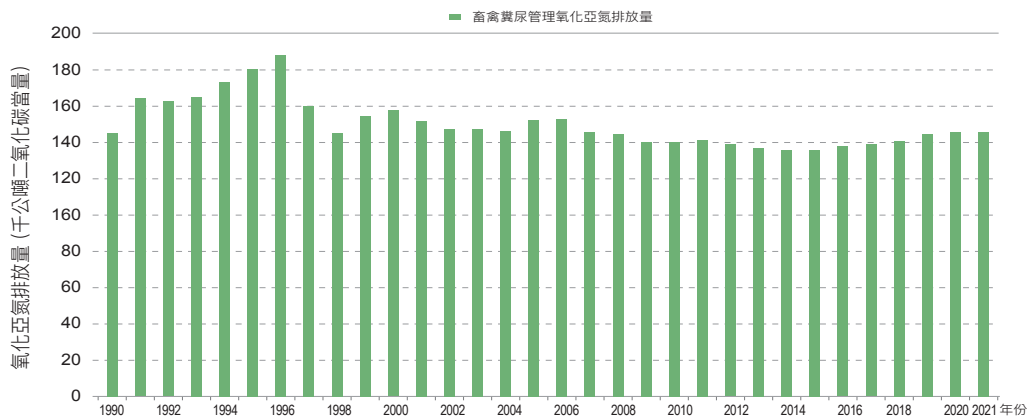


圖 5.3.2 1990 年至 2021 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量趨勢

表 5.3.3 畜禽糞尿管理排放氧化亞氮之係數表

糞尿管理	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 <sup>a,c</sup> (Dairy Cows)	氧化亞氮	1.10×10 <sup>-2</sup>	公斤 / 頭 / 年	本土值	±58.3						
								豬 (Swine) <sup>b</sup>	氧化亞氮	0.04	公斤 / 頭 / 年	IPCC <sup>d</sup>	±50.0
	家禽 (Poultry)	a. 白色肉雞 <sup>c</sup>	氧化亞氮	6.43×10 <sup>-6</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期	本土值 <sup>16</sup>	±13.1						
		b. 有色肉雞 <sup>c</sup>		6.43×10 <sup>-6</sup>	公斤 / 隻 / 生命週期	本土值 <sup>16</sup>	±13.1						
		c. 蛋雞 <sup>c</sup>		5.50×10 <sup>-3</sup>	公斤 / 隻 / 年	本土值 <sup>17</sup>	±21.8						

備註：a. 產乳牛：包括泌乳牛、乾乳牛。  
 b. 2006 IPCC Tier 1 之計算。  
 c. 2006 IPCC Tier 3 之計算。  
 d. IPCC 預設排放係數之選用，以平均溫攝氏 23 度之資料為主。

16 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。  
 17 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。

表 5.3.4 1990 年至 2021 年畜禽糞尿管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		0.15	102.10	0.14	0.26	42.41	145.06
1991		0.16	120.26	0.18	0.24	43.41	164.25
1992		0.17	116.27	0.20	0.26	45.60	162.51
1993		0.19	117.35	0.24	0.28	47.07	165.13
1994		0.19	119.98	0.26	0.29	52.40	173.12
1995		0.22	125.26	0.29	0.29	54.07	180.12
1996		0.21	127.52	0.31	0.31	59.77	188.13
1997		0.21	94.97	0.36	0.35	64.37	160.25
1998		0.22	77.94	0.36	0.34	66.19	145.05
1999		0.22	86.34	0.35	0.34	66.99	154.24
2000		0.22	89.34	0.37	0.33	67.34	157.60
2001		0.21	85.40	0.36	0.31	65.46	151.75
2002		0.21	80.98	0.36	0.32	65.52	147.39
2003		0.19	80.80	0.36	0.30	65.93	147.59
2004		0.18	81.28	0.40	0.28	64.48	146.62
2005		0.17	85.76	0.32	0.27	66.16	152.69
2006		0.17	84.53	0.35	0.27	67.28	152.60
2007		0.17	79.15	0.34	0.26	66.08	146.00
2008		0.17	76.80	0.34	0.24	67.13	144.68
2009		0.17	73.26	0.37	0.23	66.56	140.59
2010		0.18	73.74	0.37	0.24	66.00	140.52
2011		0.19	74.58	0.38	0.25	66.17	141.57
2012		0.19	71.58	0.36	0.23	66.30	138.66
2013		0.20	69.21	0.35	0.20	67.10	137.05
2014		0.20	66.10	0.38	0.21	68.97	135.85
2015		0.20	65.51	0.38	0.20	69.73	136.03
2016		0.20	64.87	0.40	0.21	72.06	137.74
2017		0.20	64.76	0.40	0.20	73.31	138.87
2018		0.20	64.93	0.43	0.21	75.29	141.07
2019		0.20	65.73	0.46	0.22	78.16	144.78
2020		0.21	65.71	0.48	0.21	79.31	145.91
2021		0.21	65.22	0.51	0.21	79.68	145.84

量，致無法呈現我國豬隻糞尿管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

有關畜禽糞尿管理氧化亞氮排放清冊之估算，其中活動數據係依據農委會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 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 IPCC 不確定性之參考值；至直接使用 2006 IPCC 指南預設之排放係數，則逕行引用 IPCC 不確定性數值。

依據 2006 IPCC 指南，畜牧部門之溫室氣體排放量不確定主要依 IPCC 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。至畜禽糞尿管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 2021 年糞尿管理氧化亞氮排放量之不確定性為 ±25.58%。

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

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

$U_{total}$  = 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

#### (2) 時間序列的一致性

豬隻糞尿管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 2021 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自 1990 年至 2021 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，豬糞計算糞尿於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。

## 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，水稻稻稈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（農委會，1995<sup>18</sup>；

Yang et al., 1994<sup>19</sup>），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., 2009<sup>20</sup>、陳等，2019<sup>21</sup>），將我國依地理特性，分為八個區域進行估算。

## 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 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

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	原數值 (毫克 / 平方公尺 / 時)	期作排放係數 (公斤 / 公頃 / 期)
臺北、基隆	一期稻	2.12 <sup>20</sup>	69.20
	二期稻	4.85 <sup>20</sup>	144.30
宜蘭	一期稻	0.69 <sup>20</sup>	22.50
	二期稻	8.93 <sup>20</sup>	115.70
桃園、新竹	一期稻	0.89 <sup>20</sup>	29.00
	二期稻	4.15 <sup>20</sup>	123.50
苗栗	一期稻	2.92 <sup>20</sup>	95.30
	二期稻	13.70 <sup>20</sup>	115.70
臺中、彰化、南投	一期稻	1.13	36.90 <sup>21</sup>
	二期稻	6.07	180.60 <sup>21</sup>
雲林、嘉義、臺南	一期稻	1.84	60.10 <sup>21</sup>
	二期稻	5.88	175.00 <sup>21</sup>
高雄、屏東	一期稻	0.82 <sup>20</sup>	26.80
	二期稻	2.94 <sup>20</sup>	87.50
花蓮、臺東	一期稻	1.07 <sup>20</sup>	68.90
	二期稻	2.11 <sup>20</sup>	125.30

備註：排放係數為引用來源數值，期作排放係數為實際計算數值。

18 行政院農業委員會，台灣農家要覽，1995。

19 Yang, S. S., C. C. Lin, E. H. Chang, R. S. Chung and S. N. Huang, 1994, 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.

20 Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922.

21 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。2019，亞熱帶生態學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，花蓮光復，臺灣。

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)<sup>22</sup> 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., 2009)<sup>23</sup> 量測的排放係數。

### (3) 活動數據

歷年種植面積係依據農委會出版之「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 25，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，近年則因休耕補助由原本的一年兩期改為一年一期，以活化休耕地，致水稻耕作面積略增，甲烷排放量略增，但排放趨勢趨於平緩，與 1990 年相比，2021 年甲烷排放量減少約 50.93%。另於 2004 年、2010 年與 2015 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，進而降低甲烷排放量。另因 2020 年度更新台中、彰化、南投與雲林、嘉義、台

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	3,852	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	2,984	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	2,422	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	2,060	674	12,329	2,852	29,806	28,561	11,370	10,807	57,791	55,872	73,301	57,015	13,401	12,084	11,641	11,632
1994	1,444	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	1,539	534	12,043	1,139	27,035	26,339	10,348	10,501	53,314	51,121	69,293	53,622	12,354	10,281	11,644	12,371
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	1,114	409	12,374	536	26,434	24,605	9,783	9,702	51,995	48,335	72,383	52,371	11,385	9,196	14,099	13,919
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	42,980	37,132	61,913	40,831	10,842	1,421	15,356	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	17,441	7,446	6,669	5,241	43,320	35,690	63,616	39,702	10,579	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	829	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	13,820	8,586	5,435	5,129	42,347	33,896	59,626	37,202	10,240	1,281	15,592	15,595
2021	330	234	11,277	0	6,392	6,344	3,456	4,917	34,952	32,431	43,852	35,157	10,631	1,454	15,698	14,990

備註：資料來源：行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022<sup>24</sup>。

22 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。2019，亞熱帶生態學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，花蓮光復，臺灣。

23 Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922.

24 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

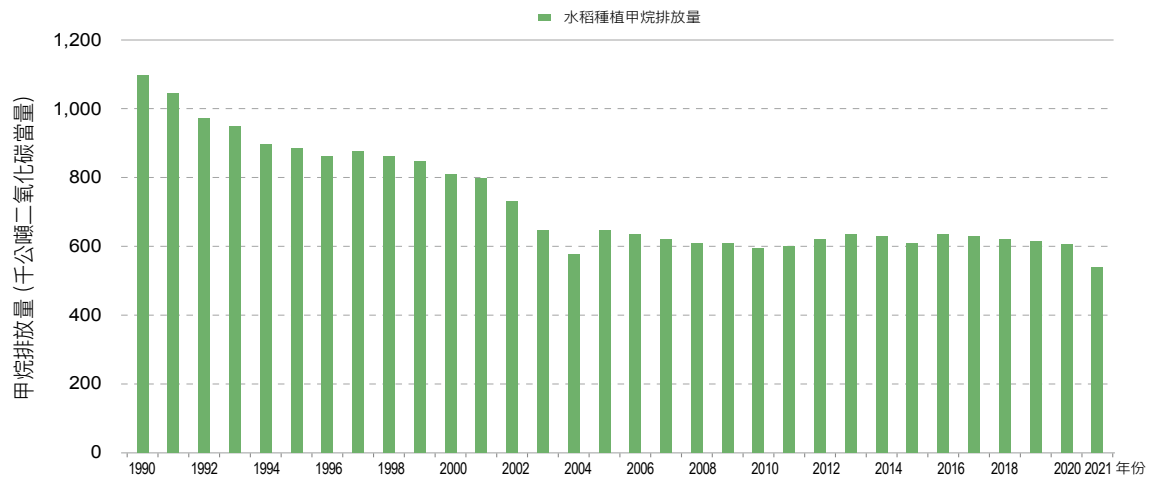


圖 5.4.1 1990 年至 2021 年水稻種植甲烷排放量趨勢

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	12.70	23.00	120.79	71.59	342.06	405.27	55.18	63.74	1094.33
1991	10.15	21.08	118.29	64.98	333.42	383.90	48.65	60.00	1040.48
1992	7.48	16.20	112.88	62.07	319.18	350.03	40.76	58.94	967.55
1993	6.00	15.19	109.83	58.35	305.57	359.39	35.40	56.48	946.21
1994	4.62	12.23	98.11	56.90	290.91	336.49	34.23	57.06	890.55
1995	4.59	10.08	100.96	55.03	279.99	338.54	30.75	58.80	878.74
1996	3.71	9.60	94.66	52.33	273.44	330.05	31.18	62.82	857.80
1997	3.79	9.36	100.76	53.31	270.84	337.27	28.04	67.57	870.94
1998	3.40	8.52	95.17	51.37	266.20	337.70	27.73	67.87	857.96
1999	3.02	7.68	89.57	49.43	261.55	338.13	27.43	68.18	844.98
2000	2.85	7.19	79.60	45.80	251.16	323.24	25.44	67.06	802.35
2001	2.67	6.59	75.13	41.99	252.62	322.79	24.19	65.72	791.70
2002	2.38	6.01	56.55	38.03	241.37	300.64	20.28	63.59	728.84
2003	2.06	5.88	35.30	35.08	220.98	267.05	17.87	59.64	643.86
2004	2.08	5.43	27.05	28.24	215.42	220.48	14.92	60.08	573.70
2005	1.94	5.40	36.30	32.85	220.99	267.74	14.17	60.84	640.24
2006	1.67	5.40	31.12	30.79	214.11	272.85	11.61	62.45	629.99
2007	1.83	5.28	32.42	30.68	210.34	261.63	10.76	62.79	615.72
2008	1.75	5.17	30.70	29.24	205.30	257.49	10.41	63.81	603.87
2009	1.74	5.14	32.63	28.98	204.10	257.96	9.91	64.49	604.95
2010	1.71	5.30	33.23	25.24	207.09	237.30	10.33	68.32	588.51
2011	1.64	5.34	32.41	26.89	200.10	250.53	9.84	69.51	596.27
2012	1.60	5.63	32.07	27.51	202.33	264.96	9.89	70.48	614.48
2013	1.60	6.12	35.18	29.78	207.30	271.50	10.36	72.15	633.99
2014	1.56	6.16	35.78	30.04	201.26	268.95	10.25	72.34	626.34
2015	1.48	6.29	27.02	22.95	200.78	262.83	10.80	73.04	605.20
2016	1.56	6.33	35.66	31.05	201.10	269.12	10.90	73.54	629.27
2017	1.54	6.32	38.22	28.20	198.75	270.85	8.77	73.66	626.31
2018	1.57	6.30	35.21	27.69	195.80	263.81	10.48	74.46	615.33
2019	1.54	6.30	35.26	29.38	193.76	260.69	9.92	73.92	610.77
2020	1.49	6.26	36.55	27.79	192.11	252.20	9.65	75.69	601.74
2021	1.42	6.35	24.23	22.46	178.67	219.59	10.29	73.98	536.99

南兩地區之甲烷排放係數，因此甲烷排放量相較於未更新前約增加農業部門 3%、農糧部門 4% 的甲烷排放量。

##### (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)<sup>25</sup>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

25 丁文彥，2012，陸稻－東陸 1、2、3 號品種介紹，臺東區農業專訊，79:8-11。

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性範圍內。

### 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 5.4.4 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，為農委會統計資料，但未記錄不確定性，係依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5%。暖化潛勢 (GWP) 實際具有很大的不確定性，然在 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子。

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 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。相關參數與結果如表 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 -22.03%~22.61%。

#### (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 2021 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委會之農業統計調查資料，而農委會依據統計法、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，經修正後再提送農委會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。最後送行政院環境保護署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

表 5.4.4 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	期作排放係數不確定性	排放量 (2021 年)	不確定性
			平均值	標準差	範圍				
		%	毫克 / 平方公尺 / 時		天		千公噸二氧化碳當量	%	
臺北、基隆	一期稻	5.00	2.12	1.38	0.76~2.74	110~140	-123.79% ~ 114.20%	0.57	-123%~117.64%
	二期稻	5.00	4.85	1.70	-	90~130	-68.84% ~ 61.45%	0.84	-69.00%~61.45%
宜蘭	一期稻	5.00	0.69	0.11	-	110~140	-34.09% ~ 25.06%	6.35	-34.80%~24.97%
	二期稻	5.00	3.89	0.94	-	90~130	-54.56% ~ 41.36%	0.00	-
桃園、新竹	一期稻	5.00	0.89	0.05	-	110~140	-19.37% ~ 6.87%	4.64	-20.05%~8.01%
	二期稻	5.00	4.15	1.32	-	90~130	-66.64% ~ 50.85%	19.59	-66.55%~50.56%
苗栗	一期稻	5.00	2.92	0.83	-	110~140	-55.96% ~ 49.11%	8.23	-56.00%~51.55%
	二期稻	5.00	3.89	0.94	-	90~130	-50.01% ~ 42.74%	14.23	-50.03%~42.19%
臺中、彰化、南投	一期稻	5.00	1.13	6.08	0.92~1.26	110~140	-22.35% ~ 5.93%	32.23	-21.87%~7.22%
	二期稻	5.00	6.07	24.04	5.86~6.15	90~130	-23.20% ~ 2.81%	146.46	-23.51%~4.49%
雲林、嘉義、臺南	一期稻	5.00	1.84	5.97	1.32~2.36	110~140	-28.17% ~ 18.16%	65.84	-27.55%~18.58%
	二期稻	5.00	5.88	1.00	-	90~130	-44.76% ~ 22.77%	153.80	-39.56%~28.76%
高雄、屏東	一期稻	5.00	0.82	-	0.02~13.16	101~135	-52.01% ~ 866.30%	10.16	-50.87%~872.21%
	二期稻	5.00	2.94	-	-	-	-	-	-
花蓮、臺東	一期稻	5.00	2.11	1.46	-	110~140	-248.07% ~ 233.47%	13.71	-249.85%~234.24%
	二期稻	5.00	4.21	2.64	-	90~130	-242.11% ~ 229.65%	23.53	-241.69%~226.69%
綜合								601.74	-22.03%~22.61%

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、臺南」計算值、標準差、範圍等資料來源：陳等，2019<sup>26</sup>。其餘計算值、標準差、範圍等資料來源：Yang et al., 2009<sup>27</sup>

26 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟斌、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。2019，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，花蓮光復，臺灣。

27 Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922.

表 5.4.5 甲烷通量與排放量比較

國家	期作	排放係數 kg CH <sub>4</sub> /ha	灌溉管理	係數分類
日本 <sup>28</sup>	單期	49 ~ 247	單次排水	土壤類型
義大利 <sup>29</sup>	單期	250-330	單次或多次排水	灌溉類型、播種方式
臺灣 <sup>30</sup>	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）

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 年依據陳等 (2019)<sup>31</sup> 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., 2009)<sup>32</sup> 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 12 年前以密閉罩法進行調查資料 (Yang et al., 2009)，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 農業土壤 (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：其一為農業土壤施用之肥料以氨 (NH<sub>3</sub>) 和氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 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 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 和硝酸離子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 型態再進入土壤和水中後，產生氧化亞氮排放。

### 5.5.1 農業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。

農業土壤中氧化亞氮之直接排放估算，包括以下氮源：(1) 化肥 (F<sub>SN</sub>)；(2) 有機氮肥 (F<sub>ON</sub>)，如動物糞肥、堆肥、廢水污泥等；(3) 放牧動物之含氮排泄物 (F<sub>PRP</sub>)；(4) 作物殘體 (F<sub>CR</sub>)，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<sub>SOM</sub>)；(6) 有機土壤 (F<sub>OS</sub>) 之排水和管理。

我國農地土壤有機質含量 3% 以上僅占 8% (譚等, 2005)<sup>33</sup>，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 2021 年，申請施灌農地為 3,301 公頃，僅佔全國農耕土地面積 0.45%，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。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 計算方法

農業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，

28 Ministry of the Environment 2018, Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan.

29 Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) 2018, Italian, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990–2016 National Inventory Report.

30 Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922.

31 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。2019，亞熱帶生態學會、臺灣長期生態研究網、臺灣通量研究網聯合年會，花蓮光復，臺灣。

32 Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, Renewable Energy, 34, 1916–1922.

33 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，行政院農業委員會農業試驗所，121:43–62，2005。



故仍參照 2006 IPCC 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 農業土壤中氧化亞氮直接排放**

$$N_2O_{直接-N} = N_2O - N_{N_{施用量}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

$$N_2O - N_{N_{施用量}} = \left\{ \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1 \right] + \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \times EF_{1FR} \right] \right\}$$

$$N_2O - N_{OS} = \left[ (F_{OS, CG, Temp} \times EF_{2CG, Temp}) + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2CG, Trop}) \right] + \left[ (F_{OS, Temp, NR} \times EF_{2F, Temp, NR}) + (F_{OS, F, Trop} \times EF_{2F, Trop}) \right]$$

$$N_2O - N_{PRP} = [(F_{PRP, CPP} \times EF_{3PRP, CPP}) + (F_{PRP, SO} \times EF_{3PRP, SO})]$$

$N_2O_{直接-N}$  = 農業土壤中  $N_2O-N$  之年直接排放量，公噸 / 年  
 $N_2O-N_{N_{施用量}}$  = 農業土壤中施用氮肥之年直接排放量，公噸 / 年  
 $N_{OS}$  = 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  
 $F_{SN}$  = 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  
 $F_{OS}$  = 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)  
 $F_{PRP}$  = 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  
 $EF_2$  = 管理 / 排水有機土壤中  $N_2O-N$  排放的排放係數，公斤 / 公頃 / 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**

$$N_2O_{排放量} = N_2O - N_{排放量} \times 44/28$$

我國農業土壤中施用氮素，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 清冊指南中，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。在農委會農糧署「稻穀生產成本調查報告」<sup>34</sup> 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 年農委會依據「廢棄物清理法」推動畜牧廢水農地再利用；環保署 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 0.45%，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  
 0.78<sup>35</sup> = 乾物比  
 2.4%<sup>36,37</sup> = 有機氮肥之氮含量

在 1990 年至 2000 年， $F_{ON}$  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、蔬果殘渣與稻殼等項目，但由於綠色國民所得帳未包含粕類肥，因此需要額外計算。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 ( $F_{ON}$ )。

34 行政院農業委員會農糧署，稻穀生產成本調查報告，2022。  
 35 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。  
 36 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。  
 37 行政院農業委員會農糧署，作物施肥手冊，2005。

C. 每年作物殘體氮含量

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（例如苜蓿，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。另參考農委會對於農地牧草，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下：

公式 5.5.4 本土作物殘體氮含量

$$F_{CR-ri\text{ce}} = (Rice_{res} \times N_{ri\text{ce}})$$

$$F_{CR-i} = (Crop_i \times Dry_i \times R_{AGi} \times N_{AGi})$$

$$F_{CR-GFi} = (GF_i \times N_{GFi})$$

$$F_{CR-grass} = (Crop_i \times Dry_i \times R_{AGi} \times N_{AGi}) \times 1/3$$

$F_{CR-ri\text{ce}}$  = 水稻殘體掩埋氮量，公噸 / 年

$Rice_{res}$  = 水稻殘體掩埋量，公噸 / 年

$N_{ri\text{ce}}$  = 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（郭等，1995<sup>38</sup>；譚等，2005<sup>39</sup>；譚與陳，2011<sup>40</sup>），在無特定土地利用變化或管理作法改變下，假設農業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 指南預設之氧化亞氮排放係數，部分活動數據轉換係數則使用本土係數，如表 5.5.1。

表 5.5.1 農業土壤氧化亞氮直接排放相關係數

排放係數	預設值 <sup>41</sup>	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 <sub>2</sub> O-N 排放的排放係數 (EF <sub>1</sub> , 公斤 / 公斤)	0.01		0.003 ~ 0.03
水稻田 N <sub>2</sub> O-N 排放的排放係數 (EF <sub>1FR</sub> , 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 <sub>2</sub> O-N 排放的排放係數 (EF <sub>3PPP</sub> , 公斤 / 公斤)	0.01		0.003 ~ 0.03
水稻田施肥肥量 (公斤 / 公頃)		參照表 5.5.4	
有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 乾物比 <sup>42</sup>		0.78	0.702 - 0.858
有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 中氮含量 (%) <sup>43, 44</sup>		2.4%	0.5 - 4.0
植物殘體比率與氮含量		參照表 5.5.6	

38 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，行政院農業委員會農業試驗所，1995。

39 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，行政院農業委員會農業試驗所，121:43-62，2005。

40 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。

41 IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application.

42 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。

43 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。

44 行政院農業委員會農糧署，作物施肥手冊，2003。

(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<sup>45</sup>) 四項。如表 5.5.2。

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「稻穀生產成本調查報告」<sup>46</sup> 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 5.5.3)，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肥氮量扣除水稻氮肥施用量取得。

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，及稻穀生產成本調查報告粕類肥數據，如表 5.5.5。

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，鮮物為作物未成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 5.5.6 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 5.5.7 至表 5.5.9。

表 5.5.2 歷年化學肥料施用量與施氮含量<sup>47</sup>

(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	16,425	534,509	236,912
1998	257,658	173,169	15,037	540,741	230,322
1999	246,312	161,544	15,577	543,246	223,133
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
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

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。

45 行政院農業委員會農糧署。農糧統計 \ 公務統計 \ 臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>

46 行政院農業委員會農糧署，稻穀生產成本調查報告，2022。

47 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。



表 5.5.3 歷年水稻田單位面積施氮量

年	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		155	128~173	162	140~189
1991		155	128~173	162	140~189
1992		164	131~184	162	135~187
1993		160	142~451	162	126~185
1994		164	128~191	173	128~203
1995		174	137~752	180	143~199
1996		174	128~191	180	132~203
1997		176	147~196	184	142~201
1998		179	136~215	186	151~210
1999		177	132~194	188	138~219
2000		189	138~220	154	61~203
2001		186	138~228	197	136~225
2002		189	145~218	197	156~231
2003		190	143~221	200	147~245
2004		189	135~238	206	141~239
2005		191	132~235	203	159~251
2006		192	136~240	198	149~247
2007		190	130~240	198	156~239
2008		194	133~237	200	145~245
2009		191	132~240	210	157~260
2010		202	132~255	201	127~243
2011		200	123~255	203	131~247
2012		200	124~257	199	123~240
2013		193	124~247	200	131~255
2014		195	117~260	203	119~257
2015		196	113~266	205	118~272
2016		190	110~264	192	128~254
2017		175	87~249	180	101~273
2018		209	80~297	223	152~249
2019		195	91~272	208	121~243
2020		214	102~295	247	21~287
2021		217	78~406	239	7~360

表 5.5.4 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		水稻田施氮量	旱田施氮量
	面積 公頃	施氮量 公斤 / 公頃	面積 公頃	施氮量 公斤 / 公頃		
公噸						
1990	242,298	155	211,968	162	71,852	181,150
1991	227,417	155	201,385	162	67,834	200,006
1992	209,474	164	187,676	162	64,750	193,745
1993	211,790	160	179,137	162	63,006	199,245
1994	196,317	164	169,520	173	61,545	202,372
1995	197,571	174	165,908	180	64,188	205,307
1996	182,807	174	164,955	180	61,463	212,851
1997	202,010	176	162,202	184	65,285	171,626
1998	201,424	179	156,263	186	65,165	165,157
1999	197,123	177	155,942	188	64,074	159,058
2000	195,055	189	144,546	154	59,020	186,501
2001	188,553	186	143,066	197	63,379	169,719
2002	177,884	189	128,956	197	59,029	168,754
2003	161,184	190	110,940	200	52,809	147,480
2004	135,314	189	101,701	206	46,590	167,808
2005	158,452	191	110,571	203	52,778	148,051
2006	155,248	192	107,940	198	51,169	150,860
2007	155,459	190	104,657	198	50,279	148,653
2008	148,333	194	103,959	200	49,589	133,940
2009	151,338	191	103,252	210	50,535	138,273
2010	139,941	202	103,922	201	49,155	137,066
2011	153,405	200	100,849	203	51,190	128,372
2012	156,662	200	104,101	199	52,005	130,408
2013	162,869	193	107,296	200	52,887	124,691
2014	166,602	195	104,449	203	53,647	120,413
2015	146,597	196	105,264	205	50,312	118,894
2016	168,872	190	104,965	192	52,239	119,657
2017	169,819	175	104,859	180	48,593	113,395
2018	169,789	209	101,716	223	58,169	101,309
2019	169,742	195	100,326	208	53,967	95,927
2020	158,561	214	101,921	247	59,107	99,232
2021	127,375	217	96,647	239	50,797	92,021

表 5.5.5 歷年禽畜糞肥料施用量與施氮含量

(單位：公噸)

年份	農業統計年報		綠色國民所得帳		稻穀生產成本調查報告	總氮量
	堆肥	禽畜糞	禽畜舍墊料	堆肥	粕類肥	
1990	1,313,766	1,760,166	-	-	-	57,544
1991	1,072,602	1,421,175	-	-	-	46,684
1992	921,678	1,332,571	-	-	-	42,200
1993	892,081	1,371,916	-	-	-	42,382
1994	661,707	1,315,837	-	-	-	37,020
1995	716,149	1,014,988	-	-	-	32,407
1996	643,926	1,030,476	-	-	-	31,345
1997	582,307	1,463,448	-	-	-	38,297
1998	484,676	1,098,550	-	-	-	29,638
1999	460,038	1,135,045	-	-	-	29,860
2000	737,897	1,181,344	-	-	-	35,928
2001	532,671	1,025,764	90,000	2,031,489	-	39,714
2002	526,209	584,855	85,000	2,152,062	-	41,878
2003	479,046	547,218	81,000	2,212,500	-	42,934
2004	-	-	71,680	2,205,188	-	42,623
2005	-	-	73,357	2,302,694	-	44,480
2006	-	-	77,902	2,366,029	-	45,750
2007	-	-	68,173	2,393,084	-	46,075
2008	-	-	72,858	2,465,486	-	47,518
2009	-	-	78,909	2,453,827	-	47,413
2010	-	-	72,551	2,455,770	-	47,330
2011	-	-	83,313	2,329,480	-	45,167
2012	-	-	85,011	2,449,779	-	47,451
2013	-	-	74,498	2,369,100	-	45,744
2014	-	-	86,611	2,506,422	-	48,542
2015	-	-	79,087	2,478,153	-	47,872
2016	-	-	79,389	2,447,638	-	47,306
2017	-	-	83,878	2,424,197	-	46,965
2018	-	-	97,490	2,499,829	-	48,622
2019	-	-	89,561	2,453,274	-	47,602
2020	-	-	87,536	2,539,079	-	49,170
2021	-	-	78,980	2,547,753	9,295	49,730

備註：1.1990 至 2000 年引用農業統計年報<sup>48</sup>中的堆肥與禽畜糞。2001 年後引用綠色國民所得帳報告<sup>49</sup>中的堆肥與禽畜舍墊料。2021 年新增粕類肥則引農糧署提供「稻作每公頃施用肥料(購進)情形表」。

2. 粕類肥含氮量為 6%，2021 年稻作施用肥料 - 粕類肥 9,295 公噸，產生總氮量 557.70 公噸氮。

表 5.5.6 估算作物殘體投入土壤氮量之設定係數

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 <sup>50</sup> 農試所自行研究
	玉米(乾物)		53	0.89		Wang 等, 1986 <sup>51</sup>
	玉米(乾物)	0.88	41	1.38	0.006	IPCC, 2006 <sup>50</sup>
	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 <sup>52</sup>
	大豆(乾物)		39	1.56		林順福等, 1991 <sup>53</sup>
	花生(乾物)		47±5	1.12		黃勝忠和宋勳, 1995 <sup>54</sup>
	花生(乾物)	0.94	37	1.68	0.016	IPCC, 2006 <sup>50</sup>
	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	

續下表

48 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

49 行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告，2021。

50 IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application.

51 Wang, C. S., S. H. Tsao and D. J. Liu 1986, Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids, Jour. Agric. Res. China, 35(4), 437-448.

52 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，行政院農業委員會高雄區農業改良場研究彙報，10(2)：22-31，1999。

53 林順福、詹國連、魏超開，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。

54 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。



續上表

分類	細項	乾物比	收穫指數	殘體比	氮量	係數來源
根莖類	水芋(鮮物)		70±20	0.43		呂秀英等, 1999 <sup>55</sup>
	甘藷(鮮物)		80±30	0.25		賴永昌等, 1996 <sup>56</sup>
	塊莖類(鮮物)	0.22	71	0.41	0.019	IPCC, 2006 <sup>48</sup>
	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	
綠肥	固氮綠肥(鮮物)				0.0048	農委會, 2001 <sup>57</sup>
	非固氮綠肥(鮮物)				0.0021	
牧草	固氮牧草(鮮物)	0.22	65	0.46	0.015	IPCC, 2006 <sup>48</sup>

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 IPCC 預設部分作物乾物比不符合我國實際作物型態，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%。

表 5.5.7 各類作物產量

(單位：公噸)

作物 產量類別	水稻	非固氮穀物作物 (不含水稻)	其他非固氮穀 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
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

備註：資料由農委會之農業統計年報<sup>58</sup>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、胡麻等。
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：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、蔥、蒜等。
6. 固氮綠肥：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：油菜、其他單播(大菜約佔半數)、混播等。
8. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

55 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。

56 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。

57 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。

58 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

表 5.5.8 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)		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	1,240,134	67,615	31,460	99,162	33,931	70,066	1,923,807	163,751	30,520
2014	1,351,423	101,204	34,875	135,647	31,376	75,931	1,579,000	218,181	31,736
2015	1,228,058	111,464	32,520	129,182	30,737	71,385	1,513,280	185,848	30,135
2016	1,266,132	99,512	33,576	128,037	30,634	69,846	1,120,240	149,561	30,178
2017	1,315,080	118,948	37,143	132,561	37,586	72,466	969,415	143,246	31,755
2018	1,601,636	109,895	35,710	128,261	39,913	75,534	1,026,504	158,630	29,101
2019	1,506,232	114,071	35,418	116,755	33,561	67,194	999,577	139,913	29,140
2020	1,497,085	119,505	43,619	118,230	36,115	66,754	1,009,322	125,139	31,284
2021	1,710,066	112,718	45,497	110,607	34,610	66,920	1,130,113	129,868	30,560

備註：資料由農委會之農業統計年報<sup>59</sup>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<sup>60</sup>，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<sup>57</sup>。
3. 非固氮穀物作物(不含水稻-乾物)：飼料玉米、高粱、其他-雜糧、胡麻等。
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、蔥、蒜等。
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(大菜約佔半數)、混播等。
10. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

59 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

60 行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告，2021。



表 5.5.9 各類作物殘體氮量

(單位：公噸氮)

作物 產量類別	水稻掩埋 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	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	18,416
1991	12,888	3,623	288	1,370	774	1,160	1,128	136	372	18,917
1992	11,510	3,797	275	1,245	802	1,206	2,576	267	363	20,126
1993	12,440	3,826	322	1,304	777	1,106	2,743	319	355	20,289
1994	11,462	3,828	279	1,360	686	1,073	3,959	503	373	21,422
1995	11,522	3,477	300	1,476	747	1,187	3,080	555	360	20,600
1996	10,718	3,230	331	1,344	691	1,332	3,697	617	352	20,963
1997	11,351	2,640	318	1,323	815	1,256	3,089	910	317	19,606
1998	10,309	1,570	332	1,053	710	1,106	5,020	1,039	304	19,715
1999	10,635	1,177	302	1,009	669	1,340	6,732	1,328	324	21,244
2000	10,577	962	284	1,151	735	1,262	9,056	1,094	514	23,181
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	21,899
2014	9,460	708	279	1,085	502	1,215	7,579	458	476	21,763
2015	8,596	780	260	1,033	492	1,142	7,264	390	452	20,410
2016	8,863	697	269	1,024	490	1,118	5,377	314	453	18,604
2017	9,206	833	297	1,060	601	1,159	4,653	301	476	18,587
2018	11,211	769	286	1,026	639	1,209	4,927	333	437	20,836
2019	10,544	798	283	934	537	1,075	4,798	294	437	19,700
2020	10,480	837	349	946	578	1,068	4,845	263	469	19,834
2021	11,970	789	364	885	554	1,071	5,425	273	458	21,788

備註：資料由農委會之農業統計年報<sup>61</sup>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、胡麻等。
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、蔥、蒜等。
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(大菜約佔半數)、混播等。
8. 非固氮牧草(鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。



D. 農耕有機土壤直接排放

我國農地土壤有機質含量 3% 以上僅占全國農地面積約 8% (郭等, 1995<sup>62</sup>; 譚等, 2005<sup>63</sup>), 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。

(4) 排放量

歷年之農業土壤直接氧化亞氮排放總量, 估算結果如圖 5.5.1 與表 5.5.10。農業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, 2021 年與 1990 年相比, 農業土壤的氧化亞氮直接排放約減少 36.42%。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、合理化施肥推廣等, 施氮總量逐年減少情況下, 農業土壤直接氧化亞氮排放總量近年已達平緩趨勢。

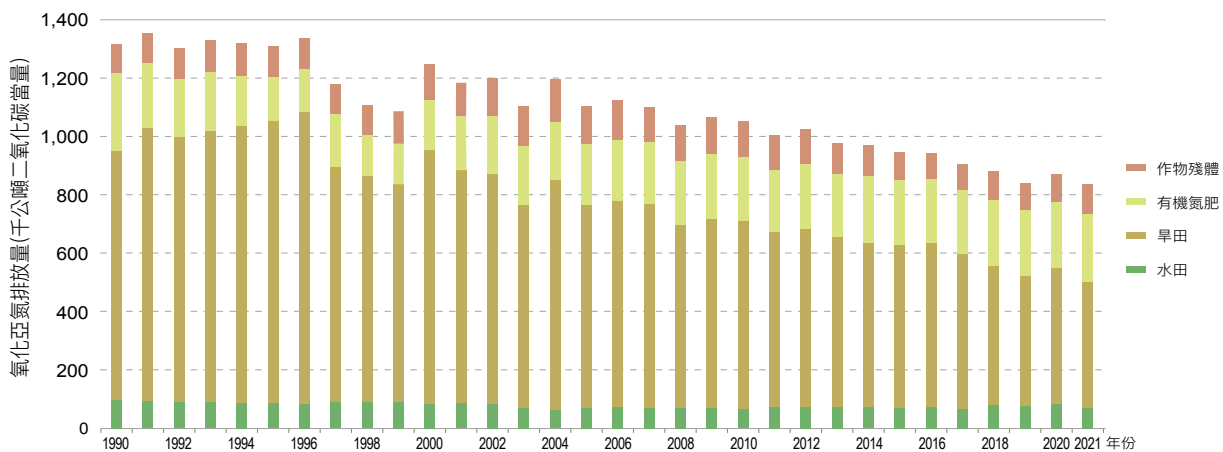


圖 5.5.1 1990 年至 2021 年農業土壤直接氧化亞氮排放量趨勢

表 5.5.10 歷年農業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			
1990	100.94	848.30	269.44	97.05	1,315.73
1991	95.30	936.60	218.58	101.80	1,352.28
1992	90.96	907.28	197.48	103.21	1,298.94
1993	88.51	933.04	198.33	108.61	1,328.49
1994	86.46	947.68	173.27	110.16	1,317.58
1995	90.18	961.42	151.30	106.32	1,309.21
1996	86.35	996.75	146.70	104.49	1,334.28
1997	91.72	803.70	179.00	103.12	1,177.53
1998	91.55	773.41	138.56	100.42	1,103.94
1999	90.02	744.85	139.43	110.12	1,084.42
2000	82.91	873.36	168.12	120.05	1,244.44
2001	89.04	794.77	185.63	114.83	1,184.27
2002	82.93	790.25	195.48	126.77	1,195.43
2003	74.19	690.63	200.21	136.63	1,101.65
2004	65.45	785.82	198.98	144.13	1,194.39
2005	74.15	693.30	207.40	126.08	1,100.93
2006	71.89	706.45	213.27	132.88	1,124.49
2007	70.63	696.12	214.65	118.75	1,100.16
2008	69.66	627.22	221.45	120.10	1,038.43
2009	70.99	647.51	220.95	124.17	1,063.63
2010	69.06	641.86	220.41	119.07	1,050.39
2011	71.91	601.15	210.31	121.22	1,004.60
2012	73.06	610.68	221.14	119.30	1,024.18
2013	74.30	583.91	212.99	102.55	973.75
2014	75.37	563.88	226.42	101.91	967.58
2015	70.68	556.76	223.27	95.58	946.29
2016	73.39	560.34	220.45	87.12	941.29
2017	68.27	531.01	218.76	87.04	905.08
2018	81.72	474.42	227.34	97.57	881.05
2019	75.82	449.21	222.04	92.25	839.32
2020	83.04	464.69	229.19	92.88	869.79
2021	71.36	430.92	232.18	102.03	836.50

62 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, 有機質肥料合理施用技術研討會專刊, p.72-83, 行政院農業委員會農業試驗所, 1995。

63 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, 行政院農業委員會農業試驗所, 121:43-62, 2005。

## (5) 完整性

對於化學肥料施用之活動數據，依據農糧署統計<sup>64</sup>資料部分年度有施用氰氮化鈣，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）<sup>65</sup>，國內有機水稻耕作面積，由 1996 年至 2021 年分別為 62 公頃至 3,394 公頃，以每年每公頃 20 噸有機肥施用量（農糧署，2003）<sup>66</sup> 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。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

農業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<sup>67</sup>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 2021 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.11 所示。N<sub>2</sub>O - N 換算為氧化亞氮之 44/28 值為固定值。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 5.5.11 所示，農業土壤的氧化亞氮直接排放之不確定性為 -26.20%~117.84%。

### (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

表 5.5.11 農業土壤直接氧化亞氮排放係數、活動數據及不確定性

項目		2021 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (公噸氮)	N <sub>2</sub> O-N 排放係數 (公斤 / 公斤)	N <sub>2</sub> O-N 排放量 (千公噸二氧化碳當量)
化學氮肥	水稻田	50,797 公噸氮 (-19.34%~23.79%)	-			50,797 (-19.34%~23.79%)	0.003 (0 ~ 0.006)	71.36 (-78.38%~87.93%)
	旱田	92,021 公噸氮 (-13.23%~12.46%)	-			92,021 (-13.23%~12.46%)		430.92 (-49.79%~162.59%)
有機氮肥	堆肥	2,547,753 公噸 (-4.78%~4.67%)	乾物比 0.78 (-9.79%~9.72%) 氮量 2.4%(0.50% ~ 4.00%) 豆粕類氮含量 6.00%			49,730 (-96.96%~81.24%)	0.01 (0.003 ~ 0.03)	232.18 (-96.19%~239.16%)
	禽畜舍墊料	78,980 公噸 (-5.19%~4.90%)						
	粕類肥	9,295 公噸 (-4.37%~5.13%)						
作物殘體	作物殘體分類		殘體量 (公噸)	乾物比	殘渣比 (±50.00%)	氮含量 (±50.00%)	0.01 (0.003 ~ 0.03)	102.03 (-54.30%~185.46%)
	水稻		1,710,066 (-4.77%~4.74%)	1 (±10.00%)	1	0.007		
		(乾物)	83,718 (-4.21%~4.41%)	0.88 (-8.61%~8.47%)	1.53	0.007		
	非固氮穀物作物	(乾物)	135,166 (-4.74%~4.91%)	0.22 (-16.64%~19.45%)	1.53	0.008		
		(鮮物)	66,418 (-3.71%~3.17%)	0.91 (-11.19%~10.85%)	1.83	0.008		
	固氮作物	(乾物)	85,966 (-4.14%~4.02%)	0.22 (-17.97%~16.74%)	1.83	0.016		
(鮮物)								

續下表

64 行政院農業委員會農糧署。農糧統計 \ 公務統計 \ 臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>

65 有機農業全球資訊網。<http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>

66 政院農業委員會農糧署。農糧統計 \ 公務統計 \ 臺灣地區肥料產銷量值，<http://www.afa.gov.tw/>

67 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting, Chapter 3. Uncertainties, 2006.

續上表

項目		2021 年 活動數據	轉換係數			氮投入量 (公噸氮)	N <sub>2</sub> O-N 排放係數 (公斤 / 公斤)	N <sub>2</sub> O-N 排放量 (千公噸二氧化碳當量)
作物 殘體	根莖類作物 (鮮物)	741,908 (-1.89%~1.91%)	0.22 (-18.98%~18.87%)	0.41	0.016	1,068 (-62.16%~81.27%)	0.01 (0.003 ~ 0.03)	102.03 (-54.30%~185.46%)
	固氮綠肥 (鮮物)	1,130,113 (-2.45%~-2.59%)	1 (±10.00%)	1	0.0048 (-56.09%~68.57%)			
	非固氮綠肥 (鮮物)	129,868 (-3.57%~-3.77%)	1 (±10.00%)	1	0.0021 (-92.77%~127.13%)			
	非固氮牧草 (鮮物)	905,943 (-4.49%~-5.09%)	0.22 (-19.03%~17.68%)	0.46	0.015 (-61.62%~94.58%)			
	小計					21,788 (-41.92%~48.15%)		

備註：資料由農委會之農業統計年報<sup>68</sup>彙整而來，作物殘體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、胡麻等。
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、蔥、蒜等。
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 (大菜約佔半數)、混播等。
8. 非固氮牧草 (鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

中，2001 年後引自綠色國民所得帳值，其餘年利用 2001 至 2010 年水稻產量線性迴歸 (R<sup>2</sup>= 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為不同作物單位面積排放量 (公斤 / 公頃) 與 IPCC 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 5.5.12，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。目前農委會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

表 5.5.12 農業土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數

排放源	N <sub>2</sub> 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 <sup>69</sup>
旱田			0.01 (0.003 ~ 0.03)	
水稻田 一期作	0.121 (0.020~0.174)		0.020 <sup>a</sup> (0.0003 ~ 0.028)	Yang 等人, 2003. <sup>70</sup>
水稻田 二期作	0.048 (0.001~0.105)		0.007 <sup>a</sup> (0.0001 ~ 0.016)	
旱田		0.7 (0.11~17.61)	0.017 (0.003 ~ 0.431)	
蔬菜		1.04 (0.36~2.81)	0.019 <sup>b</sup> (0.007 ~ 0.051)	
水果		1.14 (0.56~2.23)	0.012 <sup>b</sup> (0.006 ~ 0.024)	
花卉		0.49 (0.21~0.77)	0.008 <sup>b</sup> (0.003 ~ 0.012)	

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. <sup>a</sup> 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. <sup>b</sup> 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。

68 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

69 IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application.

70 Yang, S. S., C. M. Liu, C. M., Lai and Y. L. Liu 2003, Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan, Chemosphere, 52, 1295–1305.



與精確性。此外 IPCC 已公佈 IPCC 2019 指南修訂版<sup>71</sup>，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 農業土壤的氧化亞氮間接排放

### 1. 排放源及匯分類的描述

農業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。這些途徑的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 NH<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 型態之氮在土壤、地下水中或表面水體中轉成氧化亞氮而排放。

### 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 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 (N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>)

用公式 5.5.5 估算管理土壤中揮發氮大氣沉積中的氧化亞氮排放：

#### 公式 5.5.5 農業土壤中氮揮散產生的氧化亞氮排放：

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}] + [(F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM}] \times EF_4$$

N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>-N = 每年農業土壤中揮發氮經大氣沉降後再轉化的 N<sub>2</sub>O-N 的量，公噸 / 年

F<sub>SN</sub> = 每年施用於土壤的化肥氮量，公噸 / 年

Frac<sub>GASF</sub> = 以 NH<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 形式揮發的化肥氮比例，公斤 / 公斤

F<sub>ON</sub> = 每年施用於土壤的有機氮量，公噸 / 年

F<sub>PRP</sub> = 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<sub>GASM</sub> = 以 NH<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 形式揮發的氮與施用的有機肥氮量 (F<sub>ON</sub>) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮量比例 (F<sub>PRP</sub>)，公斤 / 公斤

EF<sub>4</sub> = 氮揮散和再沉降後氮的 N<sub>2</sub>O-N 排放係數，公斤 / 公斤

#### B. 淋洗 / 逕流 (N<sub>2</sub>O<sub>(L)</sub>)

以公式 5.5.6 估算淋洗和逕流中產生的間接氧化亞氮排放：

#### 公式 5.5.6 農業土壤氮經淋洗 / 逕流產生的氧化亞氮排放

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{LEACH-(H)} \times EF_5$$

N<sub>2</sub>O<sub>(L)</sub>-N = 地區每年因土壤中氮淋洗和逕流產生的 N<sub>2</sub>O-N 的排放量，公噸 / 年

F<sub>SN</sub> = 每年施用於土壤的化肥氮量，公噸 / 年

F<sub>ON</sub> = 每年施用於土壤的有機肥氮量，公噸 / 年

F<sub>PRP</sub> = 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<sub>CR</sub> = 每年作物殘體氮量，公噸 / 年

F<sub>SOM</sub> = 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<sub>LEACH-(H)</sub> = 農業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

EF<sub>5</sub> = 氮淋洗和逕流引起的 N<sub>2</sub>O-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 計算農業土壤間接排放（揮散、淋洗 / 逕流）產生之 N<sub>2</sub>O<sub>(ATD)</sub>-N、N<sub>2</sub>O<sub>(L)</sub>-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 5.5.13 所示。

#### (3) 活動數據

數據來源與施用的化肥氮含量 (F<sub>SN</sub>)、施用的有機肥氮含量 (F<sub>ON</sub>)、作物殘體氮含量 (F<sub>CR</sub>) 與氧化亞氮直接排放計算相同。

#### (4) 排放量

歷年之農業土壤間接氧化亞氮排放總量，估算結果如圖 5.5.2、圖 5.5.3、表 5.5.14 與表 5.5.15 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。2021 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 34.29%、35.36%。

表 5.5.13 農業土壤氧化亞氮間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數

因子	IPCC 預設值 (範圍)
氮揮散和再沉降後氮的 N <sub>2</sub> O-N 排放係數 (EF <sub>4</sub> ，公斤 / 公斤)	0.010 (0.002 ~ 0.05)
氮淋洗和逕流引起的 N <sub>2</sub> O-N 排放的排放係數 (EF <sub>5</sub> ，公斤 / 公斤)	0.0075 (0.0005 ~ 0.025)
以 NH <sub>3</sub> 和 NO <sub>x</sub> 形式揮發的化肥氮量比例 (Frac <sub>GASF</sub> ，公斤 / 公斤)	0.10 (0.03 ~ 0.3)
以 NH <sub>3</sub> 和 NO <sub>x</sub> 形式揮發的氮與施用的有機肥氮量 (F <sub>ON</sub> ) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮量比例 (F <sub>PRP</sub> )(Frac <sub>GASM</sub> ，公斤 / 公斤)	0.20 (0.05 ~ 0.5)
農業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 <sub>LEACH-(H)</sub> ，公斤 / 公斤)	0.30 (0.1 ~ 0.8)

71 IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

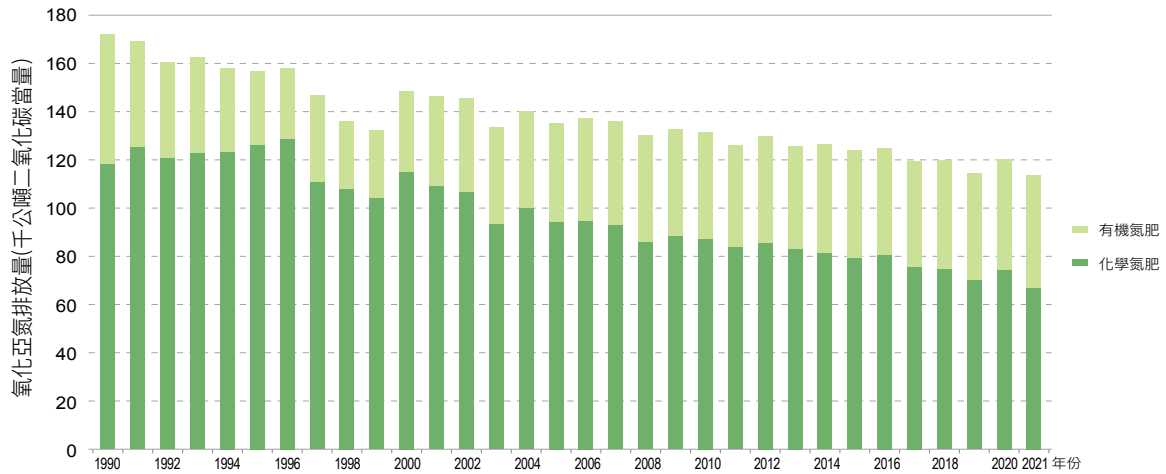


圖 5.5.2 1990 年至 2021 年農業土壤間接氧化亞氮 – 揮散之排放量趨勢

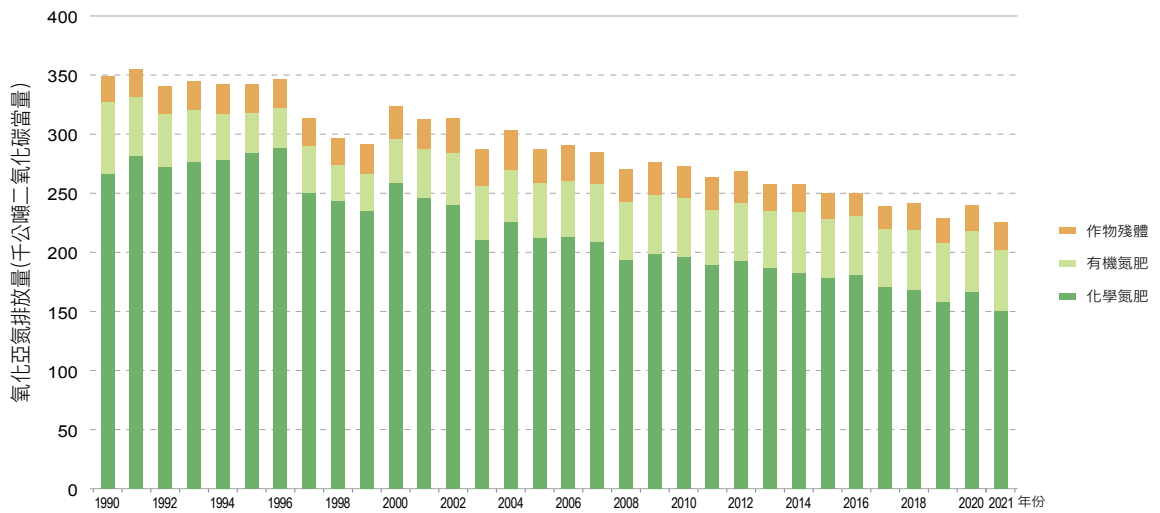


圖 5.5.3 1990 年至 2021 年農業土壤間接氧化亞氮 – 淋洗 / 逕流之排放量趨勢

表 5.5.14 歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 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	118.48	53.88	172.36
1991	125.43	43.71	169.14
1992	121.05	39.48	160.53
1993	122.81	39.65	162.46
1994	123.59	34.65	158.24
1995	126.20	30.22	156.42
1996	128.46	29.33	157.79
1997	110.94	35.77	146.71
1998	107.86	27.69	135.55
1999	104.49	27.85	132.34
2000	114.97	33.61	148.59
2001	109.16	37.10	146.25
2002	106.67	39.04	145.71
2003	93.79	39.97	133.76
2004	100.40	39.74	140.14
2005	94.05	41.40	135.45
2006	94.61	42.57	137.18
2007	93.16	42.83	135.99
2008	85.94	44.20	130.14
2009	88.42	44.10	132.51
2010	87.20	43.98	131.18

續下表



續上表

年份	化學氮肥	有機氮肥	合計排放量
2010	84.09	41.96	126.05
2012	85.42	44.14	129.56
2013	83.16	42.49	125.65
2014	81.51	45.21	126.72
2015	79.24	44.58	123.81
2016	80.50	44.00	124.49
2017	75.86	43.66	119.51
2018	74.68	45.44	120.12
2019	70.19	44.33	114.53
2020	74.15	45.75	119.89
2021	66.88	46.38	113.26

表 5.5.15 歷年農業土壤間接氧化亞氮 – 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	266.57	60.62	21.84	349.03
1991	282.21	49.18	22.91	354.29
1992	272.36	44.42	23.22	340.00
1993	276.32	44.61	24.44	345.37
1994	278.07	38.98	24.79	341.84
1995	283.95	34.00	23.92	341.87
1996	289.03	33.00	23.51	345.54
1997	249.62	40.24	23.20	313.06
1998	242.68	31.15	22.59	296.43
1999	235.10	31.33	24.78	291.21
2000	258.69	37.81	27.01	323.52
2001	245.60	41.73	25.84	313.17
2002	240.00	43.92	28.52	312.45
2003	211.03	44.96	30.74	286.74
2004	225.90	44.71	32.43	303.04
2005	211.60	46.58	28.37	286.55
2006	212.87	47.89	29.90	290.66
2007	209.60	48.19	26.72	284.51
2008	193.37	49.72	27.02	270.12
2009	198.94	49.61	27.94	276.48
2010	196.21	49.47	26.79	272.47
2011	189.19	47.20	27.28	263.67
2012	192.20	49.66	26.84	268.69
2013	187.10	47.80	23.07	257.98
2014	183.40	50.86	22.93	257.19
2015	178.28	50.15	21.51	249.94
2016	181.12	49.50	19.60	250.22
2017	170.68	49.12	19.58	239.38
2018	168.03	51.12	21.95	241.11
2019	157.94	49.87	20.76	228.57
2020	166.83	51.46	20.90	239.19
2021	150.48	52.17	22.96	225.61

### (5) 完整性

農地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

農業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 2021 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.16 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 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）。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 5.5.16 所示，農地間接氧化亞氮排放 – 揮散之不確定性為 113.26%(-28.54~529.89%)。

##### B. 淋洗 / 逕流

農業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

表 5.5.16 農業土壤間接氧化亞氮排放 – 揮散之揮散係數、排放係數、活動數據及不確定性

項目	2021 年活動數據	轉換係數	氮投入量 (公噸氮)	揮散係數 (公斤 / 公斤)	N <sub>2</sub> 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	142,818 公噸氮 (-3.24%~3.37%)	-	142,818 (-3.24%~3.37%)	0.1 (0.03~0.30)		66.88 (-50.35%~742.26%)
有機氮肥	堆肥	乾物比 0.78 (-9.79%~9.72%) 氮量 2.4% (0.50%~4.00%) 豆粕類氮含量 6.00%	49,730 (-96.96%~81.24%)	0.2 (0.05~0.50)	0.01 (0.0005~ 0.05)	46.38 (-94.78%~749.86%)
	禽畜舍墊料					
	粕類肥					
小計						113.26 (-28.54%~529.89%)

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 軟體以蒙特卡羅方法進行，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 2021 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.17 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 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)。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 5.5.17 所示，農業土壤間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之不確定性為 227.25%(-38.52%~299.98%)。

(2) 時間序列的一致性

農地間接氧化亞氮排放時間序列的一致性，同章節 5.5.1 農地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

目前農委會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，故此改善計畫擬列為長期目標。此外 IPCC 已公佈 IPCC 2019 指南修訂版<sup>72</sup>，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 5.5.17 農業土壤間接氧化亞氮排放 – 淋洗 / 逕流之排放係數、活動數據及不確定性

項目	2021 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (公噸氮)	淋洗 / 逕流係數 (公斤 / 公斤)	N <sub>2</sub> 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	142,818 公噸氮 (-3.24%~3.37%)	-			142,818 (-3.24%~3.37%)			150.48 (-62.18%~398.78%)	
有機氮肥	堆肥	乾物比 0.78 (-9.79%~9.72%) 氮量 2.4% (0.50% ~ 4.00%) 豆粕類氮含量 6.00%			49,730 (-96.96%~81.24%)	0.3 (0.1~0.8)	0.0075 (0.0005~0.025)	52.17 (-95.55% ~498.4%)	
	禽畜舍墊料								
	粕類肥								
作物殘體	作物殘體分類	作物殘體量 (公噸)	乾物比	殘渣比 (±50.00%)	氮含量 (±50.00%)	0.3 (0.1~0.8)	0.0075 (0.0005~0.025)	22.96 (-72.15%~412.70%)	
	水稻	1,710,066 (-4.77%~4.74%)	1 (±10.00%)	1	0.007				
	非固氮穀物作物	乾物	83,718 (-4.21%~4.41%)	0.88 (-8.61%~8.47%)	1.53				0.007
		鮮物	135,166 (-4.74%~4.91%)	0.22 (-16.64%~19.45%)	1.53				0.008

續下表

72 IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.

續上表

項目		2021 年活動數據	轉換係數		氮投入量 (公噸氮)	淋洗 / 逕流係數 (公斤 / 公斤)	N <sub>2</sub> 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	固氮作物	乾物	66,418 (-3.71%~3.17%)	0.91 (-11.19%~10.85%)	1.83	0.008	885 (-63.01%~71.86%)	
		鮮物	85,966 (-4.14%~4.02%)	0.22 (-17.97%~16.74%)	1.83	0.016	554 (-60.94%~79.21%)	
	根莖類作物 (鮮物)	741,908 (-1.89%~1.91%)	0.22 (-18.98%~18.87%)	0.41	0.016	1,071 (-62.42%~80.42%)		
	固氮綠肥 (鮮物)	1,130,113 (-2.45%~2.59%)	1 (±10.00%)	1	0.0048	5,425 (-55.76%~66.26%)		
	非固氮綠肥 (鮮物)	129,868 (-3.57%~3.77%)	1 (±10.00%)	1	0.0021	273 (-92.77%~127.13%)		
	非固氮牧草 (鮮物)	905,943 (-4.49%~5.09%)	0.22 (-19.03%~17.68%)	0.46	0.015	458 (-61.62%~94.58%)		
<b>小計</b>								227.25 (-38.52%~299.98%)

備註：資料由農委會之農業統計年報<sup>73</sup>彙整而來，作物殘體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、胡麻等。
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、蔥、蒜等。
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 (大菜約佔半數)、混播等。
8. 非固氮牧草 (鮮物)：盤固拉草、狼尾草、其他牧草等。

### 5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量

#### 1. 排放源及匯分類的描述

歷年之農業土壤氧化亞氮排放總量，估算結果如圖 5.5.4、表 5.5.18 所示。氧化亞氮排放總量，因農業活動衰減、作物轉作政策、合理化施肥推廣等因素下，排放量逐年降低，近年已達平緩趨勢，2021 年產生之氧化亞氮排放量，相較於 1990 年減少 36.02%。

#### 2. 不確定性

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，農業土壤總氧化亞氮排放之不確定性為 -6.88%~138.41%，如表 5.5.19 所示。

### 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。

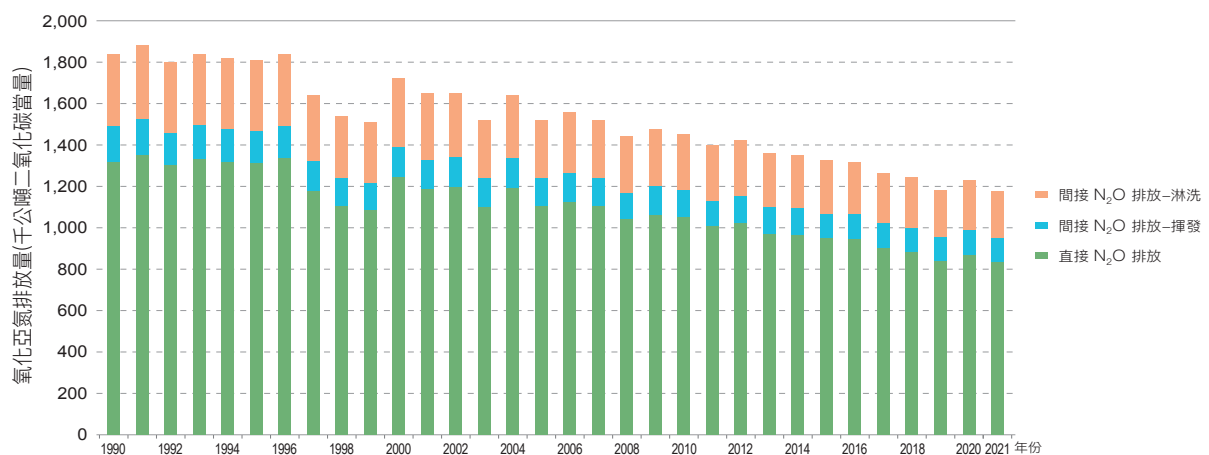


圖 5.5.4 1990 年至 2021 年農業土壤氧化亞氮排放量趨勢

73 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。



表 5.5.18 歷年農業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 / 逕流	合計
1990	1,315.73	172.36	349.03	1,837.13
1991	1,352.28	169.14	354.29	1,875.71
1992	1,298.94	160.53	340.00	1,799.48
1993	1,328.49	162.46	345.37	1,836.32
1994	1,317.58	158.24	341.84	1,817.65
1995	1,309.21	156.42	341.87	1,807.50
1996	1,334.28	157.79	345.54	1,837.61
1997	1,177.53	146.71	313.06	1,637.31
1998	1,103.94	135.55	296.43	1,535.91
1999	1,084.42	132.34	291.21	1,507.98
2000	1,244.44	148.59	323.52	1,716.54
2001	1,184.27	146.25	313.17	1,643.70
2002	1,195.43	145.71	312.45	1,653.59
2003	1,101.65	133.76	286.74	1,522.16
2004	1,194.39	140.14	303.04	1,637.57
2005	1,100.93	135.45	286.55	1,522.93
2006	1,124.49	137.18	290.66	1,552.32
2007	1,100.16	135.99	284.51	1,520.66
2008	1,038.43	130.14	270.12	1,438.69
2009	1,063.63	132.51	276.48	1,472.62
2010	1,050.39	131.18	272.47	1,454.04
2011	1,004.60	126.05	263.67	1,394.32
2012	1,024.18	129.56	268.69	1,422.43
2013	973.75	125.65	257.98	1,357.38
2014	967.58	126.72	257.19	1,351.48
2015	946.29	123.81	249.94	1,320.04
2016	941.29	124.49	250.22	1,316.00
2017	905.08	119.51	239.38	1,263.97
2018	881.05	120.12	241.11	1,242.28
2019	839.32	114.53	228.57	1,182.41
2020	869.79	119.89	239.19	1,228.88
2021	836.50	113.26	225.61	1,175.37

表 5.5.19 農業土壤氧化亞氮排放量不確定性

農業土壤氧化亞氮排放源	2021 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	836.50	-26.20%~117.84%
間接氧化亞氮排放 - 揮散	113.26	-28.54%~529.89%
間接氧化亞氮排放 - 淋洗 / 逕流	225.61	-38.52%~299.98%
農業土壤氧化亞氮排放量	1,175.37	-6.88%~138.41%

### 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，其他由 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 Tier 1 與係數計算，公式 5.7.1 所示。

#### 公式 5.7.1

$$L = A \times M_B \times C_f \times G_{ef} \times 10^{-3}$$

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<sub>B</sub> = 焚燒物的單位面積重量，稻藁的重量，公噸

C<sub>f</sub> = 焚燒係數，無單位 (表 5.7.1)

G<sub>ef</sub> = 排放係數，公斤 / 公噸乾物質焚燒 (表 5.7.2)

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 <sub>f</sub> )
農業殘體	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 農業殘體排放係數 (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



## (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、行政院農委會自 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，2021 年甲烷排放量相較於 1990 年減少約 97.21%；而氧化亞氮排放總量則減少約 97.16%。

## (5) 完整性

我國的農業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

活動數據係農委會統計數據，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：

殘體焚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。

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
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			62,947
2018			46,197
2019			45,926
2020			23,840
2021			19,507

備註：1990 至 2000 年引自農委會之農業統計年報<sup>74</sup>：自給肥料－草木灰，以焚燒殘餘量 20% 推算焚燒稻藁量。2001 年後引自行政院主計總處之綠色國民所得帳<sup>75</sup>：稻藁焚燒量。

74 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2022。

75 行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告，2021。

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	37.62	11.63
1991	24.76	7.65
1992	47.55	14.70
1993	21.74	6.72
1994	20.88	6.45
1995	7.42	2.29
1996	6.94	2.15
1997	7.11	2.20
1998	5.65	1.74
1999	6.89	2.13
2000	13.77	4.26
2001	15.07	4.66
2002	12.85	3.97
2003	8.86	2.74
2004	7.74	2.39
2005	7.92	2.45
2006	8.41	2.60
2007	4.56	1.41
2008	6.11	1.89
2009	5.04	1.56
2010	5.30	1.64
2011	5.36	1.66
2012	5.40	1.67
2013	3.30	1.02
2014	3.59	1.11
2015	4.53	1.36
2016	3.31	1.02
2017	3.40	1.05
2018	2.49	0.77
2019	2.48	0.77
2020	1.29	0.40
2021	1.05	0.33

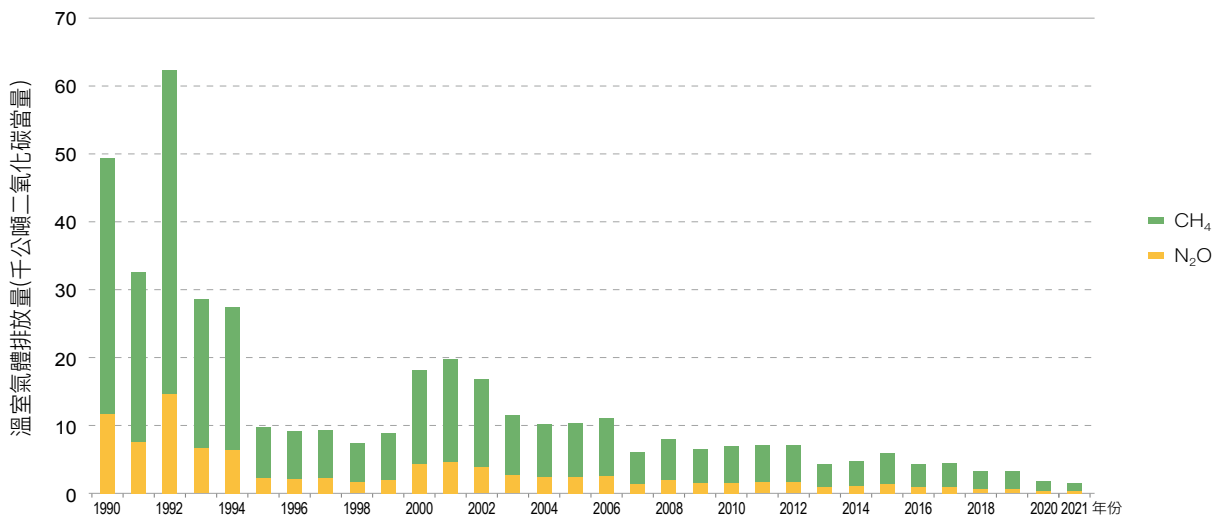


圖 5.7.1 1990 年至 2021 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放量趨勢

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來自官方之綠色國民所得帳，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。

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，包括碳酸鈣 (CaCO<sub>3</sub>) 或白雲岩 (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) 等，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)，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(連等, 1992)<sup>76</sup>, 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 尿素使用 (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 (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) 在水分和尿素酶作用下轉化為銨離子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、氫氧離子 (OH<sup>-</sup>) 和碳酸氫離子 (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 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 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 CO<sub>2</sub>-C 排放量換算成二氧化碳排放量。

#### 公式 5.9.1 施用尿素產生的年 CO<sub>2</sub> 排放

$$\text{CO}_2\text{-C}_{\text{Emission}} = M \times \text{EF}$$

CO<sub>2</sub>-C<sub>Emission</sub> = 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, 預設 = 0.2

#### (2) 排放係數

尿素採用的總排放係數 (EF) 為 0.20, 為尿素 (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) 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, 2021 年排放量較 1990 年減少 81.21%。

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 <sup>77</sup> 公噸	二氧化碳排放量 千公噸二氧化碳當量
1990	193,121	141.62
1991	198,997	145.93
1992	189,649	139.08
1993	178,109	130.61
1994	183,914	134.87
1995	205,923	151.01
1996	205,577	150.76
1997	182,367	133.74
1998	173,169	126.99
1999	161,544	118.47
2000	178,367	130.80
2001	128,509	94.24
2002	127,158	93.25
2003	112,438	82.45
2004	113,914	83.54
2005	84,968	62.31
2006	81,093	59.47
2007	78,358	57.46
2008	77,478	56.82
2009	75,636	55.47
2010	73,420	53.84
2011	71,966	52.78
2012	74,931	54.95
2013	61,856	45.36
2014	54,399	39.89
2015	51,211	37.55
2016	45,995	33.73
2017	42,861	31.43
2018	40,524	29.72
2019	39,917	29.27
2020	40,196	29.48
2021	36,293	26.61

76 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, pp. 8-1~8-12. 中華土壤肥料學會. 台中市, 台灣, 1992。

77 行政院農業委員會, 中華民國農業統計年報, 2022。

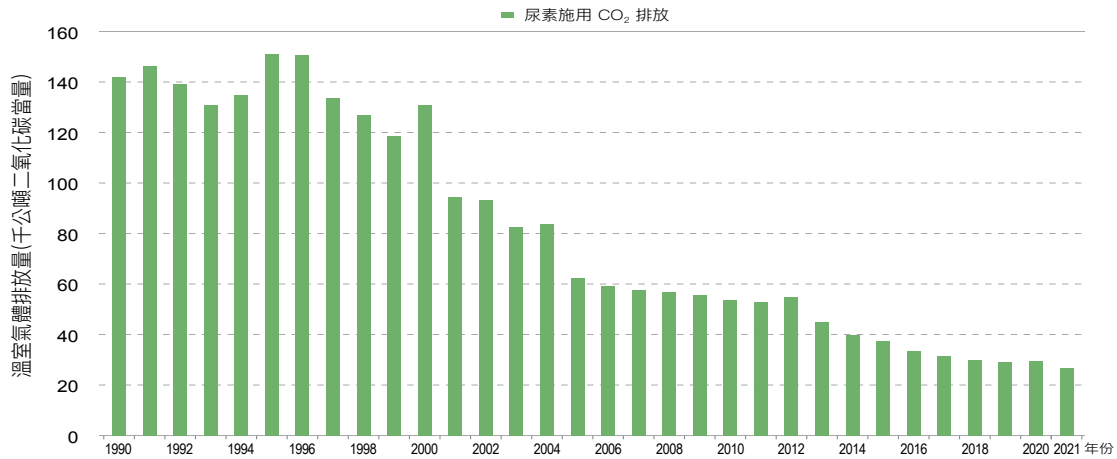


圖 5.9.1 1990 年至 2021 年尿素施用產生二氧化碳排放量趨勢

(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 IPCC 預設值為 -50.00% ~ 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% ~ 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 2021 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。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

5.10 其他含碳肥料 (3.I)

依據農業統計年報，其他含碳肥料以氰化鈣(Ca(CN)<sub>2</sub>)，但因其使用量少且無確切統計數據，故本項暫未估算。

5.11 其他 (3.J)

無其他項目。

5.12 參考文獻

1. IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
2. IPCC, Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change.
3. Wang, S.Y., D.J. Huang 2005, Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation, Asian-Australian Journal of Animal Science, 18(6), 873-878.
4. Su, J.J., B.Y. Liu and Y. C. Chang 2003, Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, 253-263.
5. Yang, S.S., C.C. Lin, E.H Chang., R.S. Chung and S.N. Huang 1994, 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.
6. IPCC 2006, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting, Chapter 3. Uncertainties.
7. IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application.
8. IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
9. Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) 2018, Italian, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2016 National Inventory Report.
10. Ministry of the Environment 2018, Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan.



11. Wang, C. S., S. H. Tsao and D. J. Liu 1986, Effects of N fertilization on the growth and yield of two maize hybrids, *Jour. Agric. Res. China*, 35(4), 437–448.
12. Yang, S. S., C. M. Liu, C. M., Lai and Y. L. Liu 2003, Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan, *Chemosphere*, 52, 1295–1305.
13. Yang, S. S., C. M. Lai, H. L. Chang, E. H. Chang and C. B. Wei 2009, Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan, *Renewable Energy*, 34, 1916–1922.
14. 黃大駿、王淑音 2000, 「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。
15. 王淑音、馬維君與黃大駿 2002, 「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。
16. 王淑音、謝憲蔚、王思涵與陳盈豪 2003, 「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。
17. 蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林政緯與王淑音 2003, 「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。
18. 行政院農業委員會 2021, 《畜禽統計調查結果》, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會。
19. 黃大駿 2000, 「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》臺北, 臺灣：中國文化大學。
20. 王淑音、黃大駿與許皓豐 2001, 「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。
21. 王淑音 2010, 臺灣家禽溫室氣體糞尿處理策略。
22. 王淑音、馬維君 2002, 蛋雞糞尿處理之溫室氣體排放, 華岡農科學報, 10 : 1–14。
23. 行政院農業委員會畜牧處 2014, 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, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會畜牧處。
24. 行政院農業委員會畜牧處 2020a, 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, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會畜牧處。
25. 行政院農業委員會畜牧處 2020b, 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, 臺灣：行政院農業委員會畜牧處。
26. 丁文彥, 2012, 陸稻-東陸 1、2、3 號品種介紹, 臺東區農業專訊, 79:8–11。
27. 行政院農業委員會 1995, 《臺灣農家要覽》, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會。
28. 行政院主計總處 2021, 《綠色國民所得帳編製報告》, 臺北, 臺灣：行政院主計總處。
29. 行政院農業委員會 2001, 《肥料要覽》, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會。
30. 行政院農業委員會 2022, 《中華民國 111 年農業統計年報》, 臺北, 臺灣：行政院農業委員會。
31. 行政院農業委員會農糧署 2005, 《作物施肥手冊》, 南投, 臺灣：行政院農業委員會農糧署。
32. 行政院農業委員會農糧署 2020, 《稻穀生產成本調查報告》, 南投, 臺灣：行政院農業委員會農糧署。
33. 行政院農業委員會農糧署, 農糧統計\公務統計\臺灣地區肥料產銷量值, <http://www.afa.gov.tw/>, 2022。
34. 有機農業全球資訊網。 <http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>。
35. 呂秀英、呂椿棠與陳烈夫 1999, 「水芋收穫指數的動態模式」, 《中華農業研究》, 48(2), 86–99。
36. 李銘全、許秋玫、林順臺與洪阿田 1999, 「不同氮施用量對紅豆接種根瘤菌生長與產量之影響」, 《行政院農業委員會高雄區農業改良場研究彙報》, 10(2), 22–31。
37. 林順福、詹國連與魏趨開 1991, 「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。
38. 連深、王鐘和與黃維廷 1992, 「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》, 8–1–8–12, 臺中, 臺灣：中華土壤肥料學會。
39. 郭鴻裕 1992, 「臺灣地區酸性土壤之分佈及其利用現況」, 《酸性土壤之特性及其改良研討會論文集》, 3–1–3–7, 臺中, 臺灣：中華土壤肥料學會。
40. 郭鴻裕、朱戡良、江志峰與吳懷國 1995, 「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》, 72–83, 臺中, 臺灣：行政院農業委員會農業試驗所。
41. 陳仁炫 2003, 「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》, 58–67, 臺中, 臺灣：國立中興大學土壤調查試驗中心。
42. 陳琦玲、廖崇億、胡正宏、陳孟斌、林曼頡、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。 2019, 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, 花蓮光復, 臺灣。
43. 黃勝忠與宋勳 1995, 「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。
44. 賴永昌、廖嘉信與陳一心 1996, 「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。
45. 譚增偉、劉禎祺與陳桂暖 2005, 「土壤肥力與合理化施肥」, 《合理化施肥專刊》, 43–62, 臺中, 臺灣：行政院農業委員會農業試驗所。
46. 譚增偉與陳桂暖 2011, 「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。
47. 李春芳、王嘉惠、吳啟瑞、范耕榛、洪鈴柱、程梅萍、蕭宗法。 2015, 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。

# 第六章

## 土地利用、土地利用變化 及林業部門 (CRF 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 (CRF 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, 以下簡稱 LULUCF) 納入國家溫室氣體清冊指南 (Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 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, 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 Product, 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方法學使用層級, 可分為 Tier 1、Tier 2 及 Tier 3 三類, 相關採用結果如表 6.1.2 所示。

有關 1990 年至 2021 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 8.78% 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, 因此藉由行政院農業委員會林務局 (以下簡稱林務局) 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, 配合林務局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。

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, 2021 年林業部門碳移除量約為 21,850 千公噸二氧化碳當量, 其不確定性為 8.78%, 其中「林地維持林地」碳移除量占 97.01%, 「其他土地轉變為林地」碳移除量占 2.99%, 如圖 6.2.2。

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, 包含所在土地的植被結構雖然呈現減少的趨勢, 然而在原地可能達到國家所定義的林地類別閾值的土地。	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; 其所貯存的碳移除量, 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: T2 (IPCC Tier2), CS (Country Specific Method/EF), NE (未調查估計該分類項目), 灰底 (2006 IPCC 指南未建議該氣體納入統計)。



表 6.1.3 1990 年至 2021 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	-23,295.18	-90.75	-23,385.93	7.95	14.68	7.92
1991	-21,399.48	-90.75	-21,490.23	7.54	14.68	7.50
1992	-23,407.84	-135.99	-23,543.83	8.04	13.64	8.00
1993	-23,363.75	-182.45	-23,546.20	8.10	13.00	8.03
1994	-23,228.40	-230.49	-23,458.89	8.12	12.74	8.04
1995	-23,054.69	-285.11	-23,339.80	8.14	13.22	8.04
1996	-22,535.92	-315.06	-22,850.98	8.05	13.75	7.94
1997	-22,667.60	-392.42	-23,060.02	8.18	14.55	8.04
1998	-22,446.34	-440.18	-22,886.52	8.20	14.92	8.05
1999	-22,210.31	-553.38	-22,763.69	8.22	15.68	8.03
2000	-22,060.72	-656.02	-22,716.74	8.28	15.78	8.05
2001	-21,176.23	-673.30	-21,849.53	8.12	15.80	7.88
2002	-21,960.03	-747.38	-22,707.41	8.49	15.95	8.22
2003	-21,738.13	-886.17	-22,624.30	8.54	16.17	8.23
2004	-21,560.37	-981.32	-22,541.69	8.61	16.30	8.27
2005	-21,273.74	-1,016.10	-22,289.84	8.65	16.23	8.29
2006	-21,230.08	-1,029.21	-22,259.29	8.79	16.26	8.42
2007	-21,011.84	-1,061.97	-22,073.81	8.87	16.30	8.48
2008	-20,959.23	-1,122.50	-22,081.73	9.03	16.37	8.61
2009	-18,243.10	-1,144.81	-19,387.91	8.40	16.42	7.96
2010	-20,671.34	-1,217.68	-21,889.02	9.13	16.52	8.67
2011	-20,766.20	-1,180.62	-21,946.82	9.15	16.62	8.71
2012	-20,787.08	-1,172.56	-21,959.64	9.14	16.71	8.69
2013	-20,834.48	-1,139.44	-21,973.92	9.12	16.82	8.69
2014	-20,806.86	-1,078.79	-21,885.65	9.08	16.88	8.67
2015	-20,851.34	-1,049.03	-21,900.37	9.07	16.94	8.68
2016	-20,915.10	-1,010.79	-21,925.89	9.08	16.96	8.70
2017	-20,998.02	-963.25	-21,961.27	9.09	17.00	8.72
2018	-21,065.34	-918.18	-21,983.52	9.09	17.13	8.74
2019	-21,086.17	-830.67	-21,916.84	9.06	17.19	8.74
2020	-21,181.07	-723.94	-21,905.01	9.06	17.24	8.78
2021	-21,318.06	-653.59	-21,850.46	9.03	17.28	8.78

表 6.2.1 1990 年至 2021 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 $\Delta CO_2$	不確定性 (%)
	生物量碳移除量 $\Delta CO_{2G}$	生物量碳排放量 $\Delta CO_{2L}$	生物量碳移除量 $\Delta CO_{2G}$		
1990	-23,902.42	607.25	-90.76	-23,385.93	7.92
1991	-23,902.42	2,502.94 <sup>1</sup>	-90.76	-21,490.24	7.50
1992	-23,740.99	333.15	-135.99	-23,543.83	8.00
1993	-23,579.55	215.80	-182.45	-23,546.20	8.03
1994	-23,418.11	189.72	-230.49	-23,458.88	8.04
1995	-23,256.68	201.99	-285.11	-23,339.80	8.04
1996	-23,095.24	559.32	-315.07	-22,850.99	7.94
1997	-22,933.80	266.20	-392.43	-23,060.03	8.04
1998	-22,772.36	326.03	-440.18	-22,886.51	8.05
1999	-22,610.93	400.62	-553.38	-22,763.69	8.03
2000	-22,449.49	388.77	-656.02	-22,716.74	8.05
2001	-22,288.05	1,111.82 <sup>2</sup>	-673.30	-21,849.53	7.88
2002	-22,126.62	166.59	-747.38	-22,707.41	8.22
2003	-21,965.18	227.05	-886.16	-22,624.29	8.23
2004	-21,803.74	243.37	-981.32	-22,541.69	8.27
2005	-21,642.31	368.56	-1,016.11	-22,289.86	8.29

續下表

續上表

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 $\Delta \text{CO}_2$	不確定性 (%)
	生物量 碳移除量 $\Delta \text{CO}_{2G}$	生物量 碳排放量 $\Delta \text{CO}_{2L}$	生物量 碳移除量 $\Delta \text{CO}_{2G}$		
2006	-21,480.87	250.78	-1,029.21	-22,259.30	8.42
2007	-21,319.43	307.59	-1,061.96	-22,073.80	8.48
2008	-21,157.99	198.76	-1,122.50	-22,081.73	8.61
2009	-20,996.56	2,753.45 <sup>3</sup>	-1,144.82	-19,387.93	7.96
2010	-20,889.44	218.09	-1,217.68	-21,889.03	8.67
2011	-20,906.55	140.35	-1,180.62	-21,946.82	8.71
2012	-20,932.22	145.14	-1,172.56	-21,959.64	8.69
2013	-20,969.81	135.33	-1,139.44	-21,973.92	8.69 <sup>4</sup>
2014	-21,003.81	196.95	-1,078.79	-21,885.65	8.67
2015	-21,040.14	188.79	-1,049.03	-21,900.38	8.68
2016	-21,068.11	153.01	-1,010.79	-21,925.89	8.70
2017	-21,105.16	107.14	-963.25	-21,961.27	8.72
2018	-21,148.04	82.69	-918.17	-21,983.52	8.74
2019	-21,201.90	115.73	-830.67	-21,916.84	8.74
2020	-21,271.30	90.23	-723.94	-21,905.01	8.78
2021	-21,318.06	121.19	-653.59	-21,850.46	8.78

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 1,348,998.61m<sup>3</sup>，損失材積 1,348,992.06 m<sup>3</sup>。  
 2. 2001 年除丹大、梨山、雲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。

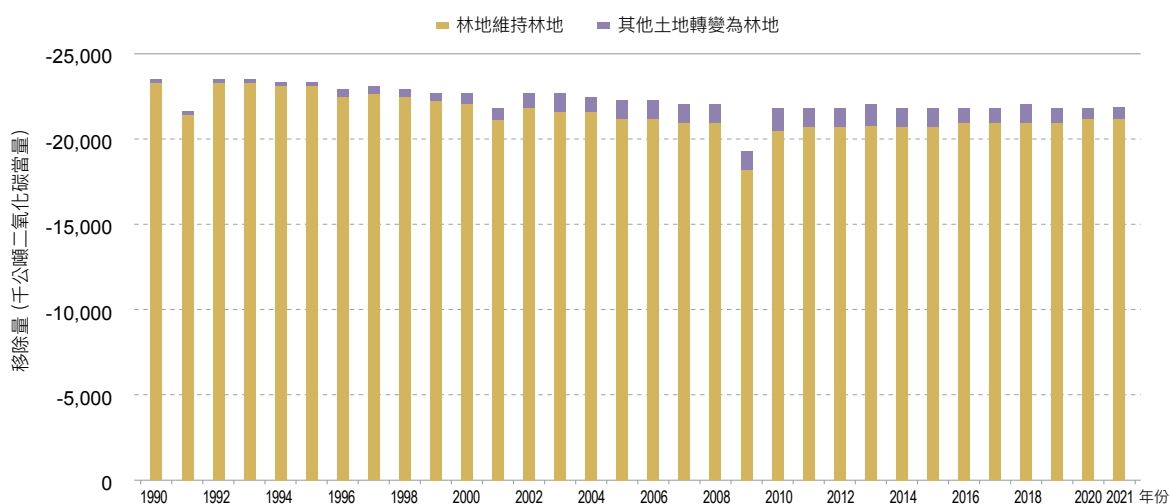


圖 6.2.1 1990 年至 2020 年林地碳移除量變化趨勢

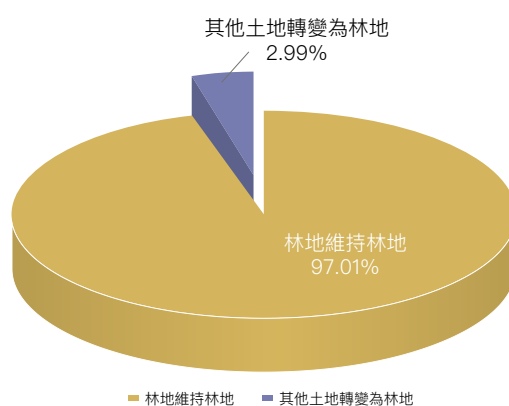


圖 6.2.2 2020 年林地碳移除量各項目占比

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 (公式 6.2.1)。

公式 6.2.1

$$\Delta C_{FL} = \Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_{Soils}$$

$\Delta C_{FL}$  = 林地中之碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年) ;  
 $\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年) ;  
 $\Delta C_{DOM}$  = 死有機物 (包括枯死木和枯落物) 的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年) ;  
 $\Delta C_{Soils}$  = 土壤碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)

公式 6.2.1 中  $\Delta C_B$ 、 $\Delta C_{DOM}$ 、 $\Delta C_{Soils}$  之估算分述如下：

A.  $\Delta C_B$  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 (公式 6.2.2)。

公式 6.2.2

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

$\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年) ;  
 $\Delta C_G$  = 生物量生長之碳貯存年增加量 (公噸碳 / 年) ;  
 $\Delta C_L$  = 生物量損失之碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年)。

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 (公式 6.2.3)。

公式 6.2.3

$$\Delta C_G = \sum_i (A_i \times G_{Total_i} \times CF_i)$$

$\Delta C_G$  = 生物量生長之碳貯存年增加量 (公噸碳 / 年) ;  
 $A_i$  = i 林型面積 (公頃) ;  
 $G_{Total}$  = 平均年生物量生長量 (公噸乾物質 / 公頃 / 年) ;  
 $i$  = 林型 (i = 1 至 n) ;  
 $CF_i$  = 林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 (公式 6.2.4)。在方法 2 及 3 (Tier 2 及 3)，林分地上部的平均年生物量增加量可由特定林型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 (公式 6.2.5)。

公式 6.2.4

$$G_{Total} = \Sigma [G_W \times (1+R)] \quad (\text{方法 1})$$

$G_{Total}$  = 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

$$G_{Total} = \Sigma [I_v \times BCEF_i \times (1+R)] \quad (\text{方法 2、3})$$

$I_v$  = 特定林型的年平均材積生長量 (立方公尺 / 公頃 / 年)  
 $BCEF_i$  = 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。

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 (公式 6.2.6)。

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 (公式 6.2.7)。

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。 註：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<sup>1</sup>.

1 IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T., and Tanabe, K.(eds). Published: IGES, Japan.



## 公式 6.2.7

$$\Delta C_L = L_{\text{Wood-Removals}} + L_{\text{Fuelwood}} + L_{\text{Disturbance}}$$

$\Delta C_L$  = 生物量損失之碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年);  
 $L_{\text{Wood-Removals}}$  = 木材伐採所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年);  
 $L_{\text{Fuelwood}}$  = 薪材收穫所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年);  
 $L_{\text{Disturbance}}$  = 干擾等其他因素所引起的碳貯存年減少量 (公噸碳 / 年)

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 (公式 6.2.8)。

## 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 (公式 6.2.9)。

## 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 (公式 6.2.10)。

## 公式 6.2.10

$$L_{\text{Fuelwood}} = [FG \times BCEF_R \times (1+R)] \times CF$$

$L_{\text{Fuelwood}}$  = 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);  
 $BCEF_R$  = 將木材採伐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 (公式 6.2.11)。

## 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  $0 < fd < 1$ )。

如干擾所損失的生物量可以計算，我國更進一步精進為公式 6.2.12，顯示如下：

## 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.  $\Delta C_{\text{DOM}}$  死有機物質 (Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用方法 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.  $\Delta C_{\text{Soils}}$  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務局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)<sup>2</sup> 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)<sup>3</sup> 對 15 種闊葉樹種研究之結果進行平均，為 0.56。針闊葉混淆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)<sup>4</sup>、王兆桓 (2008)、李宣德與馮豐隆 (2010)<sup>5</sup>、林

2 王兆桓 2008，《森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3)》，臺北，臺灣：行政院農業委員會林務局。

3 林裕仁、劉瓊霏與林俊成 2002，「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。

4 王兆桓、劉知好 2006，「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。

5 李宣德、馮豐隆 2010，「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。

國銓等 (1994)<sup>6</sup> 與林國銓與何淑玲 (2005)<sup>7</sup> 等五篇文獻。針闊葉混淆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<sub>f</sub>、BCEF<sub>r</sub>)：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)<sup>8</sup>、林國銓等 (2008)<sup>9</sup>、林國銓等 (2009)<sup>10</sup>、林國銓與何淑玲 (2005)、許原瑞等 (2006)<sup>11</sup> 與許原瑞 (2008)<sup>12</sup> 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)<sup>13</sup>、林國銓等 (2006)<sup>14</sup>、林國銓等 (2007)、林國銓等 (2008)、林國銓等 (2009)、林國銓等 (2010)<sup>15</sup>、林國銓與何淑玲 (2005)、柯淑惠 (2006)<sup>16</sup>、陳財輝等 (1998)<sup>17</sup> 及陳財輝與呂錦明 (1988)<sup>18</sup> 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)<sup>19</sup>、王義仲 (2006)<sup>20</sup> 及林裕仁等 (2011)<sup>21</sup> 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)<sup>22</sup> 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。

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*

\* 備註：竹林年生長量單位為公噸 / 公頃。

- 6 林國銓、洪富文、游漢明與馬復京 1994，「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。
- 7 林國銓、何淑玲 2005，「由生物量推估臺灣不同林分之碳儲存量」，《森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集》，97-108，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所。
- 8 林國銓、杜清澤與黃菊美 2007，「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。
- 9 林國銓、黃菊美與杜清澤 2008，「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。
- 10 林國銓、杜清澤與黃菊美 2009，「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。
- 11 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈺與邱祈榮 2006，「海岸林分生物量調查規劃」，《2006 年森林碳吸存研討會論文集》，217-235，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所。
- 12 許原瑞 2008，「桉樹類的生物量與碳蓄積量」，《97 年度森林碳管理研討會論文集》，17-29，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所。
- 13 李宣德、馮豐隆 2008，「森林碳吸存資源調查推估模式系統一以臺灣樟樹為例」，《臺灣林業科學》，23(Supplement)，11-22。
- 14 林國銓、杜清澤、黃菊美與王巧萍 2006，「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。
- 15 林國銓、杜清澤與黃菊美 2010，「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。
- 16 柯淑惠 2006，「臺灣檳木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》，臺中，臺灣：國立中興大學。
- 17 陳財輝、許博行與張峻德 1998，「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。
- 18 陳財輝、呂錦明 1988，「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。
- 19 王義仲、陳周宏 1995，「臺灣產竹種工藝利用價值之評估 (I)」，《林產工業》，14(1)，82-94。
- 20 王義仲 2006，「竹林生物量調查回顧與展望」，《2006 森林碳吸存研討會論文集》，167-188，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所。
- 21 林裕仁、王秋嫻與 Sara Wu 2011，「四種臺灣竹材碳轉換係數之分析」，《臺灣林業科學》，26(4)，341-355。
- 22 呂錦明、陳財輝 1992，「桂竹之林分構造及生物量一桶頭一桂竹林分之例」，《林業試驗所研究報告季刊》，7(1)，1-13。

## 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，林務局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。本年度因應林務局執行「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。所使用數據包含林務局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)，以及林務局執行「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 2021 年)。後者係林務局於 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。

## 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<sub>Disturbance</sub>) 與損失材積量 (DV)

根據歷年林務局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 2021 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 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 ( $\Delta \text{CO}_2$ ) 較高，進而導致碳移除量較低，其餘各年均維持穩定狀態。

表 6.2.4 2010 年至 2021 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
累計減少面積	3,355	2,209	19,060	1,019	670	1,701	824	551	29,389
累計減少比例	11%	8%	65%	3%	2%	6%	3%	2%	100%

備註：1. 2010 年至 2016 年資料參考林務局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 2021 年資料取自林務局「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」計畫成果崩塌地崩塌區域。

表 6.2.5 1990 年至 2021 年林地維持林地面積

(單位：公頃)

年份	林型	天然針葉林	天然針闊葉混濁林	天然闊葉林	人工針葉林	人工針闊葉混濁林	人工闊葉林	木竹混濁林	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
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

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。

表 6.2.6 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
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

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 <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>3</sup>	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 <sup>4</sup>	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 <sup>5</sup>	21,554

資料來源：林務局之林業統計

備註：

- 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1,348,998.61m<sup>3</sup>，損失材積1,348,992.06 m<sup>3</sup>。
- 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。
- 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。
- 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，依據邱祈榮、王楷勛(2017)<sup>23</sup>「金門森林風損評估之研究－以莫蘭蒂颱風為例」報告顯示風倒材積量達289,600 m<sup>3</sup>，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。
- 2021年5月玉山國家公園森林火災，林木材積損失達16,724m<sup>3</sup>，致使年度林木材積損失達16,998m<sup>3</sup>。

23 邱祈榮與王楷勛 2017，「金門森林風損評估之研究－以莫蘭蒂颱風為例」，《第十二屆環境保護林經營管理研討會論文集》，91-98，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所。



表 6.2.8 1990 年至 2021 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 △ CO <sub>2G</sub>	生物量年碳排放量 △ CO <sub>2L</sub>			總碳移除量 △ CO <sub>2</sub>
		木材伐採碳排放量 (L <sub>Wood-Removals</sub> )	薪材收穫碳排放量 (L <sub>Fuelwood</sub> )	干擾等其他因素碳排放量 (L <sub>Disturbance</sub> )	
1990	-23,902.42	524.07	77.93	5.24	-23,295.18
1991	-23,902.42	352.90	45.73	2,104.32	-21,399.47
1992	-23,740.99	285.43	43.28	4.43	-23,407.85
1993	-23,579.55	182.33	16.92	16.54	-23,363.76
1994	-23,418.11	156.69	12.04	20.99	-23,228.39
1995	-23,256.68	160.64	33.31	8.04	-23,054.69
1996	-23,095.24	167.56	19.03	372.73	-22,535.92
1997	-22,933.80	107.84	22.30	136.06	-22,667.60
1998	-22,772.36	116.60	25.59	183.84	-22,446.33
1999	-22,610.93	132.45	19.62	248.55	-22,210.31
2000	-22,449.49	123.19	10.07	255.51	-22,060.72
2001	-22,288.05	88.11	14.78	1,008.93	-21,176.23
2002	-22,126.62	144.69	14.50	7.41	-21,960.02
2003	-21,965.18	188.87	35.87	2.30	-21,738.14
2004	-21,803.74	159.08	23.72	60.56	-21,560.38
2005	-21,642.31	155.20	14.68	198.68	-21,273.75
2006	-21,480.87	221.38	21.45	7.95	-21,230.09
2007	-21,319.43	213.93	22.84	70.83	-21,011.83
2008	-21,157.99	176.59	14.40	7.77	-20,959.23
2009	-20,996.56	211.19	7.24	2,535.02	-18,243.11
2010	-20,889.44	209.37	0.61	8.11	-20,671.35
2011	-20,906.55	138.34	1.52	0.49	-20,766.20
2012	-20,932.22	139.46	5.51	0.17	-20,787.08
2013	-20,969.81	119.32	15.34	0.67	-20,834.48
2014	-21,003.81	187.85	8.33	0.76	-20,806.87
2015	-21,040.14	171.65	15.84	1.31	-20,851.34
2016	-21,068.11	132.36	15.45	5.20	-20,915.10
2017	-21,105.16	97.81	8.59	0.74	-20,998.02
2018	-21,148.04	71.08	10.91	0.70	-21,065.35
2019	-21,201.90	104.12	10.33	1.28	-21,086.17
2020	-21,271.30	76.38	12.87	0.98	-21,181.07
2021	-21,318.06	81.90	11.99	27.30	-21,196.87

備註：△ CO<sub>2</sub> = △ CO<sub>2G</sub> + (L<sub>Wood-Removals</sub> + L<sub>Fuelwood</sub> + L<sub>Disturbance</sub>)。

### 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，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；因估算林地碳移除量時，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

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

SD = 標準差  
 x<sub>i</sub> = 第 i 筆 CF 數值  
 $\bar{x}$  = 文獻收集之 CF 平均值  
 n = CF 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
天然針闊葉混濘林	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
人工針闊葉混濘林	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
木竹混濘林	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*	-	5.44

\*備註：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 CF 平均值

公式 6.2.15

$$U_{total} = \sqrt{\frac{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}}$$

$U_{total}$  = 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

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

$U_{total}$  = 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 IPCC 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移除量變化時，是將各林型之碳移除量相加，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 年至 2021 年林地維持林地不確定性

(單位：%)

年份	生物量碳移除量 ( $\Delta C_G$ )	生物量年碳排放量 $\Delta C_L$			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 ( $L_{Disturbance}$ )	
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 ( $\Delta C_G$ )	生物量年碳排放量 $\Delta C_L$			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

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 IPCC 2006 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 2021 年坡地崩塌區域，以兩者聯集做為 2021 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 (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。

目前已規劃建立地面樣區調查結果 QA/QC 程序，未來將導入實務作業、落實推動，以確保調查品質。

## 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 2021 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.  $\Delta C_B$  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.  $\Delta C_{DOM}$  死有機物質 (Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用方法 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.  $\Delta C_{Soils}$  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人 (2002)<sup>24</sup> 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，針闊葉混淆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，平均每公頃竹程年生長量為 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。

表 6.2.11 1990 年至 2021 年土地轉變為林地面積

(單位：公頃)

年份	針葉林	針闊葉混淆林	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 <sup>1</sup>	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
2011 <sup>2</sup>	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

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。

24 林俊成、鄭美如、劉淑芬與李國忠 2002，「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。

(4) 碳移除量

1990 年至 2021 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，2021 年碳移除量為 654 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 12.71 % 至 17.28% 之間。

(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，2021 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。

目前已規劃建立地面樣區調查結果 QA/QC 程序，未來將導入實務作業、落實推動，以確保調查品質。

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。

表 6.2.12 1990 年至 2021 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 $\Delta CO_2G$				總碳移除量 $\Delta CO_2$
	針葉林	針闊葉混淆林	闊葉林	竹林	
1990	-13.12	-1.31	-68.41	-7.92	-90.76
1991	-13.12	-1.31	-68.41	-7.92	-90.76
1992	-21.14	-1.32	-93.24	-20.29	-135.99
1993	-31.60	-1.54	-115.35	-33.96	-182.45
1994	-33.97	-0.97	-146.73	-48.82	-230.49
1995	-33.94	-1.15	-194.84	-55.18	-285.11
1996	-34.15	-1.37	-226.77	-52.78	-315.07
1997	-46.93	-1.49	-298.32	-45.69	-392.43
1998	-63.73	-1.77	-337.76	-36.92	-440.18
1999	-73.51	-1.94	-452.44	-25.49	-553.38
2000	-89.38	-2.14	-539.05	-25.45	-656.02
2001	-96.41	-2.13	-551.40	-23.36	-673.30
2002	-103.39	-2.12	-620.34	-21.53	-747.38
2003	-111.59	-2.17	-752.30	-20.10	-886.16
2004	-116.36	-2.68	-843.39	-18.89	-981.32
2005	-128.80	-2.26	-865.90	-19.15	-1,016.11
2006	-129.39	-2.31	-878.98	-18.53	-1,029.21
2007	-136.47	-2.32	-907.83	-15.34	-1,061.96
2008	-143.99	-2.30	-964.11	-12.10	-1,122.50
2009	-144.26	-2.27	-988.14	-10.15	-1,144.82
2010	-155.07	-2.22	-1,056.76	-3.63	-1,217.68
2011	-144.22	-1.58	-1,033.99	-0.83	-1,180.62
2012	-134.16	-1.02	-1,036.79	-0.59	-1,172.56
2013	-119.46	-0.51	-1,019.11	-0.36	-1,139.44
2014	-108.39	-0.52	-969.78	-0.10	-1,078.79
2015	-100.34	-0.51	-948.15	-0.03	-1,049.03
2016	-95.06	-0.49	-915.21	-0.03	-1,010.79
2017	-87.44	-0.49	-875.32	0.00	-963.25
2018	-73.95	-0.49	-843.73	0.00	-918.17
2019	-62.94	-0.51	-767.22	0.00	-830.67
2020	-51.76	-0.45	-671.73	0.00	-723.94
2021	-45.22	-0.43	-607.94	0.00	-653.59



表 6.2.13 1990 年至 2021 年土地轉變為林地碳移除量不確定性

(單位：%)

年份	生物量碳移除量 $\Delta C_G$	年份	生物量碳移除量 $\Delta C_G$
1990	14.68	2006	16.26
1991	14.68	2007	16.30
1992	13.64	2008	16.37
1993	13.00	2009	16.42
1994	12.74	2010	16.52
1995	13.22	2011	16.62
1996	13.75	2012	16.71
1997	14.55	2013	16.82
1998	14.92	2014	16.88
1999	15.68	2015	16.94
2000	15.78	2016	16.96
2001	15.80	2017	17.00
2002	15.95	2018	17.13
2003	16.17	2019	17.19
2004	16.30	2020	17.24
2005	16.23	2021	17.28

### 6.3 參考文獻

- JT Houghton, LG Meira Filho, B Lim, K Treanton, I Mamaty, Y Bonduki, DJ Griggs and BA Callender, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC, 1996.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa K., Ngara, T., and Tanabe, K.(eds). Published: IGES, Japan.
- 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。
- 林國銓、洪富文、游漢明與馬復京，「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。
- 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。
- 行政院農業委員會林務局，《第三次臺灣森林資源及土地利用調查》，臺北，臺灣：行政院農業委員會林務局，1995。
- 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。
- 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。
- 林俊成、鄭美如、劉淑芬與李國忠，「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。
- 林裕仁、劉瓊霏與林俊成，「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。
- 林國銓、何淑玲，「由生物量推估臺灣不同林分之碳儲存量」，《森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集》，97108，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所，2005。
- 林國銓、杜清澤、黃菊美與王巧萍，「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。
- 王義仲，「竹林生物量調查回顧與展望」，《2006 森林碳吸存研討會論文集》，167-188，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所，2006。
- 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，2006。
- 柯淑惠，「臺灣檫木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》，臺中，臺灣：國立中興大學，2006。
- 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴與邱祈榮，「海岸林分生物量調查規劃」，《2006 年森林碳吸存研討會論文集》，217-235，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所，2006。
- 林國銓、杜清澤與黃菊美，「苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮素積量及生產量之估算」，《中華林學季刊》，40(2)，201-218，2007。
- 林國銓、黃菊美與杜清澤，「檫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。
- 王兆桓，《森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3)」，臺北，臺灣：行政院農業委員會林務局，2008。
- 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。
- 許原瑞，「桉樹類的生物量與碳蓄積量」，《97 年度森林碳管理研討會論文集》，17-29，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所，2008。
- 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。
- 林國銓、杜清澤與黃菊美，「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。
- 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。
- 林裕仁、王秋嫻與 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。
- 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」，《第十二屆環境保護林經營管理研討會論文集》，91-98，臺北，臺灣：行政院農業委員會林業試驗所，2017。

# 第七章

## 廢棄物部門 (CRF 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 (CRF 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, 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」，由其他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：

- 一、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。
- 二、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。
- 三、溫室氣體當量換算，將依據 IPCC 第 4 次評估報告溫暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 計算，如甲烷 (CH<sub>4</sub>) 為 25 倍二氧化碳，氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 則為 298 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 Tier 1、Tier 2 及 Tier 3 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，進行定量與定性之不確定性分析，以提升清冊的正確度。

1990 年至 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量與不確定性分析結果，如圖 7.1.1 及表 7.1.3 所示。

廢棄物部門歷年排放量以 1999 年最高，主要來自廢棄物掩埋處理排放，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，部門整體排放亦同步降低，並於 2014 年起轉以污(廢)水處理排放為大宗。2021 年廢棄物部門排放量為 2,679.2 千公噸二氧化碳當量，較 1990 年與 2005 年分別減少 64.6% 與 63.4%，惟較 2020 年增加 2.9%，主要係焚化處理量及塑膠比例增加所致，使焚化排放量較 2020 年增加 35.6%，相關說明詳見 7.4.1 節。

2021 年廢棄物部門各排放源之溫室氣體排放，以事業廢水處理排放之 841.5 千公噸二氧化碳當量最高，占部門排放量 31.4%，生活污水處理排放則為 735.1 千公噸二氧化碳當量，占 27.4%，兩者合計占近六成 (58.8%)。其次依序為掩埋處理排放量 543.9 千公噸二氧化碳當量，占 20.3%；焚化處理排放量 508.8 千公噸二氧化碳當量，占 19.0%；及堆肥處理排放量 50.0 千公噸二氧化碳當量，占 1.9%。廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量變化趨勢如圖 7.1.1 所示。

廢棄物部門排放之溫室氣體，主要以甲烷 (CH<sub>4</sub>) 為大宗，2021 年之排放量為 1,808.3 千公噸二氧化碳當量

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、或廢棄物整平等措施。	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 其他	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、甲烷、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 生活及住商污水	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	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。	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



(67.5%)，其次為氧化亞氮(N<sub>2</sub>O) 371.8 千公噸二氧化碳當量(13.9%)及二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 499.1 千公噸二氧化碳當量(18.6%)，有關各種溫室氣體排放量趨勢如圖 7.1.2 所示。

不確定性分析係利用誤差傳播法(高斯法)，依據計算參數(活動數據、排放係數)引用來源，計算參數不確定性數值，並依排放源不確定性整合方法，計算各排放源排放

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 生活及住商污水	NE	NE	T3/T2	T3/T2/T1	T1	T1
5.D.2 事業廢水	NE	NE	T1	T1	T3	T3

備註：T1(IPCC Tier1), T2(IPCC Tier2), T3(IPCC Tier3), NE(未調查估計該分類項目)，灰底(指南未建議納入統計該氣體)。

表 7.1.3 1990 年至 2021 年廢棄物部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	5.A		5.B 固體廢棄物之 生物處理	5.C 廢棄物焚化	5.D		溫室氣體 排放量 合計	不確定性 (%)
	5.A.1 妥善管理之廢棄 物掩埋場	5.A.2 未妥善管理之廢 棄物掩埋場			5.D.1 生活及住商污水	5.D.2 事業廢水		
1990	4,247.5	1,585.8	21.4	21.6	1,285.6	411.0	7,572.9	23.0
1991	4,309.8	1,609.1	1.0	8.7	1,294.9	485.8	7,709.3	23.2
1992	4,318.9	1,610.8	1.5	68.6	1,314.1	504.2	7,818.1	23.0
1993	4,656.0	1,668.5	0.9	66.6	1,336.7	484.9	8,213.6	23.2
1994	5,243.8	1,818.8	0.3	115.9	1,345.2	494.2	9,018.1	23.3
1995	5,815.9	1,905.3	1.2	416.1	1,361.7	509.1	10,009.3	23.3
1996	6,056.2	2,025.9	0.5	405.7	1,370.6	540.5	10,399.5	23.3
1997	6,182.6	2,032.0	2.7	108.7	1,391.0	527.4	10,244.6	23.8
1998	6,387.5	1,988.3	0.1	122.3	1,366.5	505.5	10,370.2	24.0
1999	6,697.8	1,910.4	3.7	68.2	1,324.5	488.0	10,492.6	24.2
2000	6,368.1	1,662.1	0.5	267.0	1,279.7	469.7	10,047.1	23.3
2001	5,806.9	1,503.7	0.0	569.9	1,255.2	470.5	9,606.3	21.7
2002	5,479.7	1,350.3	0.7	638.5	1,250.6	474.8	9,194.6	21.4
2003	5,135.4	1,187.0	4.4	441.5	1,247.1	522.5	8,537.9	21.2
2004	4,754.8	1,022.5	12.7	535.5	1,205.7	494.8	8,025.9	21.6
2005	4,355.2	875.7	18.5	375.2	1,178.4	526.0	7,328.9	21.3
2006	3,921.4	745.0	21.3	500.1	1,147.9	526.6	6,862.3	21.3
2007	3,512.0	631.8	27.4	591.8	1,090.7	589.3	6,443.0	21.3
2008	3,070.8	537.4	31.2	463.8	1,043.6	568.6	5,715.4	20.9
2009	2,617.8	453.9	34.0	162.9	1,024.9	575.0	4,868.5	20.0
2010	2,218.7	382.8	39.6	219.0	1,012.4	550.9	4,423.3	19.4
2011	1,902.8	323.0	49.5	157.9	988.0	564.9	3,986.2	18.8
2012	1,617.5	272.3	46.2	157.2	955.2	606.6	3,654.9	18.3
2013	1,368.1	229.5	42.8	162.2	927.6	594.5	3,324.8	17.9
2014	1,157.7	193.5	38.7	155.0	915.3	664.6	3,124.8	17.6
2015	978.4	163.1	37.3	108.6	906.1	692.8	2,886.3	17.4
2016	832.4	137.7	37.4	138.8	878.5	779.1	2,803.9	17.6
2017	710.1	124.5	38.8	135.7	854.7	870.1	2,733.9	17.5
2018	603.2	119.4	43.9	166.0	837.3	968.2	2,738.0	18.2
2019	524.1	120.8	46.7	221.8	788.8	990.6	2,692.8	18.5
2020	468.4	127.3	49.5	306.3	770.2	881.5	2,603.2	19.2
2021	412.8	131.1	50.0	508.8	735.1	841.5	2,679.2	22.4

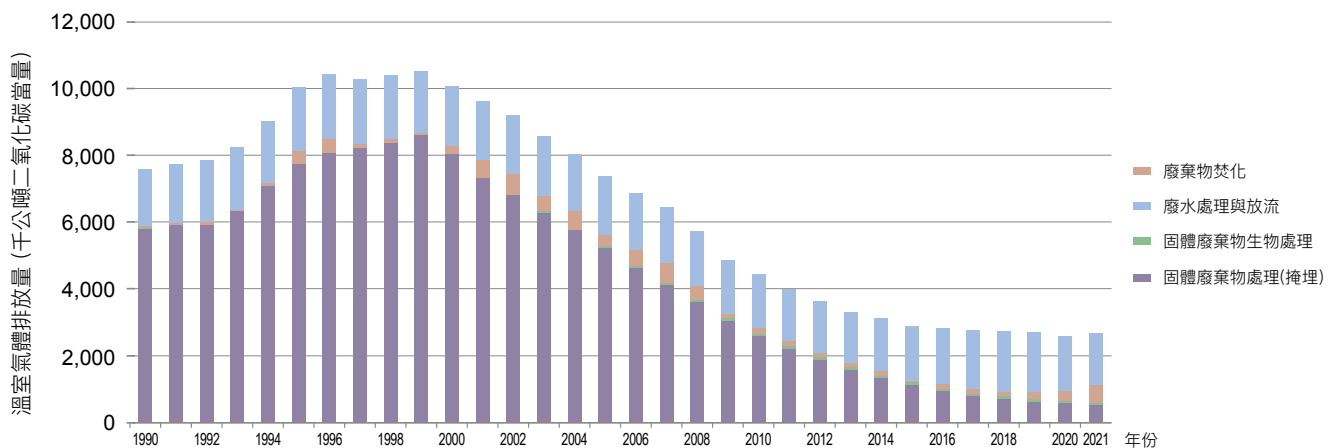


圖 7.1.1 1990 年至 2021 年廢棄物部門各類排放源溫室氣體排放量趨勢

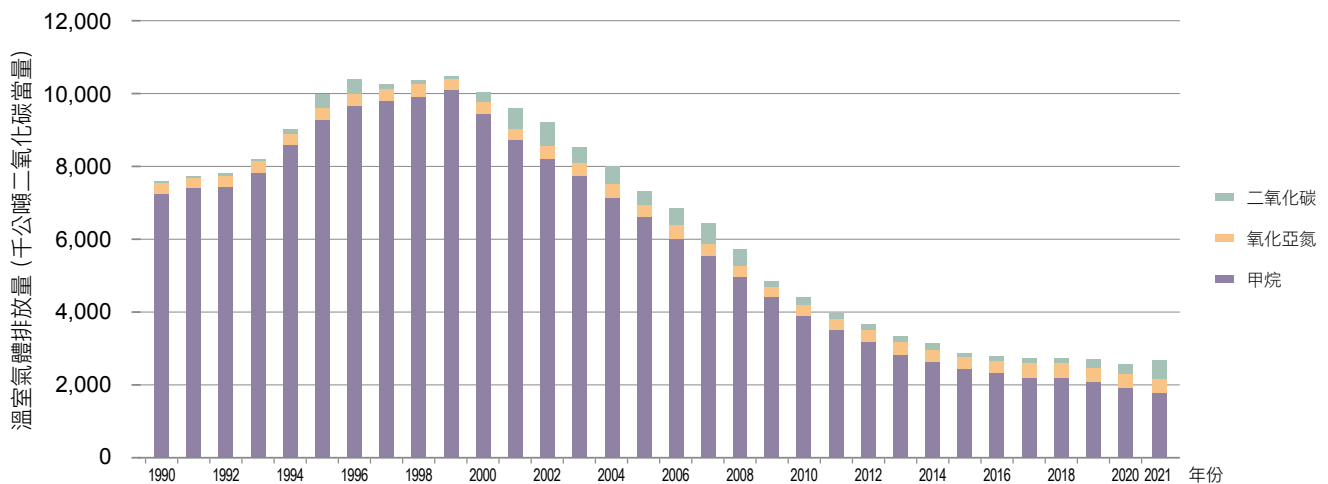


圖 7.1.2 1990 年至 2021 年廢棄物部門各類溫室氣體排放量趨勢

量及部門總排放量之不確定性。各參數不確定性，可參考 IPCC 指南所提供之預設值，或依參數值引用來源之數據品質，藉由專家判斷，給予合理之不確定性範圍。

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 2015 年 11 月 30 日廢棄物部門溫室氣體排放不確定性專家諮詢會之會議結論，計算各排放源之排放量與不確定性，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 7.1.4 所示。

綜合評估掩埋處理、生物處理、焚化處理及污水處理之各來源溫室氣體排放不確定性，2021 年廢棄物部門排放量不確定性為 22.4%，其中，焚化處理量較 2020 年增加 42.1 千公噸且塑膠比例上升 6.1%，使排放量增加，又因焚

化處理 CO<sub>2</sub> 排放不確定性高達 89.6%，以致整體不確定性從 2020 年 19.2% 上升至 2021 年之 22.4%。

## 7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

依據 IPCC 定義，廢棄物掩埋場可分為「有管理」、「無管理」及「其他」三類。我國的衛生掩埋場屬於「有管理、妥善管理」之掩埋場；而一般掩埋場則屬於「未妥善管理」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，IPCC 定義「其他」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。

表 7.1.4 2021 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. 固廢處理	5.A.1 妥善掩埋	甲烷	412.76	32.80
	5.A.2 未妥善掩埋	甲烷	131.11	39.05
5.B. 生物處理	5.B.1 堆肥	甲烷	26.38	22.36
		氧化亞氮	23.59	22.36
5.C. 焚化	5.C.1 焚化處理	二氧化碳	499.05	89.58
		氧化亞氮	9.75	22.36
5.D. 廢水處理	5.D.1 生活污水	甲烷	419.92	40.18
		氧化亞氮	315.18	30.82
	5.D.2 事業廢水	甲烷	818.15	38.73
		氧化亞氮	23.32	24.49
廢棄物部門			<b>2,679.23</b>	<b>22.37</b>

### 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控制的廢棄物放置地點，且包括以下其中一種：覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等措施。

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 (CO<sub>2</sub>)、氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 及甲烷 (CH<sub>4</sub>)。2006 IPCC 指南說明二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放為生物自然產生，且氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 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 (CH<sub>4</sub>) 排放。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 計算方法

根據 2006 IPCC 指南統計方法，掩埋場甲烷排氣量應採用一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限。指南之計算表單建議回溯至 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，因此根據 IPCC 統計方法說明，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 2021 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 (DDOCm decomp<sub>T</sub>)」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 DDOCm 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了一個可接受的精確結果，如果選擇更短的時限，則應當證明沒有明顯低估排放。

##### 公式 7.2.1.1：

$$\text{甲烷排放量 (Gg/yr)} = (\text{DDOCm decomp}_T \times F \times 16/12 - R) \times (1 - \text{OX})$$

DDOCm decomp<sub>T</sub> = 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 (CH<sub>4</sub>/C)  
 R：甲烷回收量 (Gg/yr)  
 OX：氧化係數 (預設值為 0)

$$\text{垃圾可分解 DOC 量 (DDOCm)} = W \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F$$

W = 廢棄物掩埋量 (mass of waste deposited) (Gg/yr)  
 MCF：甲烷修正係數 (CH<sub>4</sub> correction factor for aerobic decomposition)  
 DOC：可分解有機碳含量 (比例) (degradable organic carbon)  
 DOC<sub>F</sub>：DOC 可被分解之比例 (fraction of DOC that can decompose)

##### 公式 7.2.1.2：

$$\text{DDOCm a}_T = \text{DDOCm d}_T + (\text{DDOCm a}_{T-1} \times e^{-k})$$

$$\text{DDOCm decomp}_T = \text{DDOCm a}_{T-1} \times (1 - e^{-k})$$

T：年份  
 DDOCm a<sub>T</sub>：第 T 年末累積之 DDOCm (Gg/yr)  
 DDOCm a<sub>T-1</sub>：第 (T-1) 年末累積之 DDOCm (Gg/yr)  
 DDOCm d<sub>T</sub>：第 T 當年沉積之 DDOCm (Gg/yr)  
 DDOCm decomp<sub>T</sub>：第 T 年分解之 DDOCm (Gg/yr)  
 k = 反應常數

$$k = \frac{\left\{ \frac{\sum (\text{各成分加權百分比} \times \text{該年度垃圾成分占比})}{(\text{各類成分組成})} \times \text{處置 DOC 量} \right\}}{(\text{處置 DOC 量} + (t-1) \text{年累積 DOC 量})}$$

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 7.2.1 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 指南說明，設定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 7.2.2 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 7.2.2)，以計算各年度廢棄物的 DOC 值。

**E. DOC<sub>F</sub>：DOC 可被分解之比例 (Fraction of DOC that can decomposes)**

2006 IPCC 指南預設值為 0.5。

**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 (CH<sub>4</sub>) 被氧化的比例。2006 IPCC 指南預設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 7.2.3)。由於衛生掩埋規定皆須進行覆土，因此會有部分甲烷 (CH<sub>4</sub>) 氧化成二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)，故採用氧化係數 0.1 計算。

**G. k：甲烷生成率 (Methan generation rate)**

表 7.2.4 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

表 7.2.1 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 <sup>1</sup>	1
管理 - 半有氧 <sup>2</sup>	0.5
未管理 - 深 (深層掩埋 ≥ 5 公尺) 和 (或) 地下水水位高 <sup>3</sup>	0.8
未管理 - 淺 (淺層掩埋 < 5 公尺) <sup>4</sup>	0.4
未分類之掩埋場 <sup>5</sup>	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. 未管理固體廢棄物處置場所：深層掩埋或地下水水位高，所有不符合管理 SWDS 標準的 SWDS，其深度大於或等於 5 米或高地下水水位近似地平面。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. 未管理淺固體廢棄物處置場所：所有不符合 SWDS 管理標準的 SWDS，其深度不足 5 米。

5. 未歸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管理 SWDS 時，才可使用此類別的 MCF。

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-14, Table 3.1。

表 7.2.2 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳 (DOC)

MSW 成分	乾物質含量 占濕重的 %	DOC 含量 占濕廢棄物的 %		DOC 含量 占乾廢棄物的 %		總碳含量 占乾重的 %		化石碳比例 占總碳的 %	
	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) <sup>1</sup>	(39) <sup>1</sup>	(47) <sup>1</sup>	(47) <sup>1</sup>	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：( )<sup>1</sup> 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：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2-14, Table 2.4。

表 7.2.3 IPCC 指南掩埋場之氧化係數

掩埋場型式	氧化係數 (OX) 預設值
管理 <sup>1</sup> 、未管理和未分類掩埋場	0
覆蓋有甲烷氧化材料 <sup>2</sup> 的管理掩埋場	0.1

1 有管理但未覆蓋通風材料。  
2 例如土壤、堆肥。

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-15, Table 3.2。

表 7.2.4 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)							
		乾 (MAP/PET < 1)				濕 (MAP/PET > 1)			
		乾 (MAP < 1000mm)		濕潤和濕 (MAP ≥ 1000mm)		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	0.1	0.06-0.1	0.065	0.05-0.08	0.17	0.15-0.2
快速降解的廢棄物	廚餘 / 污水污泥	0.06	0.05-0.08	0.185	0.1-0.2	0.085	0.07-0.1	0.4	0.17-0.7
大型廢棄物		0.05	0.04-0.06	0.09	0.08-0.1	0.065	0.05-0.08	0.17	0.15-0.2

備註：MAT — 年均溫度；MAP — 年均降水量；PET — 可能蒸發量。

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-17, Table 3.3。

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 7.2.5 所示。

### (3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2021 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 7.2.6 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 7.2.7 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，然 1998 年後垃圾掩埋處理量即大幅下降，並於近幾年趨於平緩。2021 年較 1990 年衛生掩埋量減少 93.8%，排放量也從 1990 年的 4,247.5 千公噸二氧化碳當量降至 2021 年的 412.8 千公噸二氧化碳當量 (減少 90.3%)，2021 年衛生掩埋排放量亦較 2020 年減少 55.6 千公噸二氧化碳當量 (減少 11.9%)。

### (5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2021 年採用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 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 IPCC 2000 所提出之國家溫室氣體清冊良好作法指南及不確定性管理 (簡稱 2000 GPG)，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，如公式 7.2.1.3 所示。

公式 7.2.1.3：

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U：排放源的不確定性 [%]

U<sub>EF</sub>：排放係數的不確定性 [%]

U<sub>A</sub>：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。



表 7.2.5 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表

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
累積 DOC 量 (W×DOC)	• 以一階衰減法估算累積量並至少追溯 50 年	• 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。	• 人口數取內政部統計資料 • 中華民國環境保護年報
反應常數 (k)	• 公布各種氣候與不同廢棄物類型之反應常數值	• 依據 IPCC 提供之反應常數值計算。 • 根據氣象局資料，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。 ★ 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。	• 中華民國環境保護年報 • IPCC 預設值
甲烷修正係數 (MCF)	• 分為妥善管理、妥善管理 (半有氧掩埋)、未妥善管理 (掩埋深度 ≥ 5 公尺)、未妥善管理 (掩埋深度 < 5 公尺)、未分類掩埋場等五類參數	• 依據 IPCC 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。	• IPCC 預設值
可分解有機碳含量 (DOC)	• 依據不同之廢棄物可分解有機碳含量的預設值計算 ▶ 紙類預設值 40% ▶ 紡織品類預設值 24% ▶ 花 (公) 園廢棄物預設值 20% ▶ 廚餘類預設值 15% ▶ 木竹稻草類預設值 43%	• 依據我國一般垃圾垃圾性質分析含碳量計算與我國研究分解有機碳含量值計算。 • 由於我國垃圾性質分析含碳量含有有機碳與化石碳成分，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。	• 中華民國環境保護年報 • 國內研究資料
有機物可被分解比例 (DOC <sub>F</sub> )	• 預設值 0.5	• 使用以 IPCC 預設值 0.5 計算。	• IPCC 預設值
掩埋場產氣中甲烷比例 (F)	• 預設值 0.5	• 1999 年以前採用 IPCC 預設值 0.5。 • 2000 年以後採用本土調查結果 0.471。	• IPCC 預設值，本土調查值
甲烷回收量 (R)	• 各國自行調查結果	• 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。	• 國內掩埋場實際發電量
氧化係數 (OX)	• 針對蓋有甲烷氧化材料者，氧化係數值為 0.1，其餘為 0 • 預設值 0	• 國內衛生掩埋場皆有進行土壤覆蓋作業，採用 IPCC 公布值 0.1 計算，一般掩埋場則以 0 計算。	• IPCC 公布值

表 7.2.6 1990 年至 2021 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 (DOC)
		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
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

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，中華民國環境保護統計年報，2021 年

表 7.2.7 1990 年至 2021 年妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	衛生掩埋 (千公噸)	甲烷修正係數 (MCF)	可分解有機碳 (DOC)	處置 DOC 量 (千公噸)	累積 DOC 量 (千公噸)	分解 DOC 量 (千公噸)	反應常數 (k)	有機物分解比例 (DOC <sub>f</sub> )	甲烷生成比例 (F)	轉換係數 16/12	甲烷回收量 (R)	氧化係數 (OX)	甲烷排放量
1990	3,979.6	1.0	15.88	632.1	4,546.2	566.3	0.135	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	4,247.5
1991	4,323.5	1.0	13.51	584.3	4,555.8	574.6	0.135	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	4,309.8
1992	5,087.5	1.0	16.50	839.4	4,819.4	575.9	0.138	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	4,318.9
1993	5,090.8	1.0	17.04	867.5	5,066.1	620.8	0.149	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	4,656.0
1994	5,574.4	1.0	18.69	1,041.7	5,408.7	699.2	0.155	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	5,243.8
1995	4,362.8	1.0	18.60	811.5	5,444.7	775.5	0.161	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	5,815.9
1996	4,824.0	1.0	18.97	915.1	5,552.3	807.5	0.161	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	6,056.2
1997	5,129.7	1.0	18.87	967.9	5,695.9	824.4	0.162	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	6,182.6
1998	5,598.0	1.0	18.47	1,033.9	5,878.2	851.7	0.167	0.5	0.500	1.333	NO	0.1	6,387.5
1999	5,366.9	1.0	18.87	1,012.7	5,988.5	902.4	0.167	0.5	0.500	1.333	78.2	0.1	6,697.8
2000	3,822.1	1.0	17.61	673.1	5,742.8	918.8	0.168	0.5	0.471	1.333	137.1	0.1	6,368.1
2001	3,015.1	1.0	17.62	531.2	5,387.8	886.2	0.172	0.5	0.471	1.333	504.7	0.1	5,806.9
2002	2,130.2	1.0	18.29	389.5	4,924.6	852.7	0.176	0.5	0.471	1.333	605.4	0.1	5,479.7
2003	1,712.9	1.0	18.71	320.5	4,451.1	794.0	0.177	0.5	0.471	1.333	526.6	0.1	5,135.4
2004	1,474.2	1.0	20.38	300.4	4,029.2	722.3	0.179	0.5	0.471	1.333	386.9	0.1	4,754.8
2005	1,184.6	1.0	17.98	213.0	3,583.1	659.1	0.180	0.5	0.471	1.333	334.7	0.1	4,355.2
2006	851.0	1.0	20.58	175.1	3,166.5	591.7	0.183	0.5	0.471	1.333	288.0	0.1	3,921.4
2007	504.9	1.0	21.44	108.3	2,745.3	529.4	0.184	0.5	0.471	1.333	253.8	0.1	3,512.0
2008	236.1	1.0	23.89	56.4	2,339.7	462.0	0.185	0.5	0.471	1.333	214.4	0.1	3,070.8
2009	185.8	1.0	22.47	41.7	1,986.2	395.3	0.185	0.5	0.471	1.333	194.2	0.1	2,617.8
2010	181.8	1.0	22.53	41.0	1,691.2	336.0	0.186	0.5	0.471	1.333	172.1	0.1	2,218.7
2011	142.2	1.0	21.70	30.8	1,434.9	287.2	0.187	0.5	0.471	1.333	139.9	0.1	1,902.8
2012	102.1	1.0	22.36	22.8	1,213.2	244.5	0.188	0.5	0.471	1.333	122.2	0.1	1,617.5
2013	91.4	1.0	22.26	20.3	1,025.9	207.6	0.188	0.5	0.471	1.333	109.8	0.1	1,368.1
2014	83.1	1.0	22.03	18.3	868.1	176.2	0.189	0.5	0.471	1.333	96.6	0.1	1,157.7
2015	91.7	1.0	21.75	19.9	738.6	149.4	0.190	0.5	0.471	1.333	85.8	0.1	978.4
2016	77.9	1.0	21.80	17.0	628.0	127.6	0.191	0.5	0.471	1.333	76.5	0.1	832.4
2017	70.4	1.0	21.95	15.4	534.4	109.1	0.192	0.5	0.471	1.333	67.0	0.1	710.1
2018	87.3	1.0	22.02	19.2	460.4	93.2	0.193	0.5	0.471	1.333	61.6	0.1	603.2
2019	86.4	1.0	22.46	19.4	399.1	80.7	0.194	0.5	0.471	1.333	51.0	0.1	524.1
2020	106.7	1.0	21.41	22.8	351.8	70.2	0.194	0.5	0.471	1.333	30.8	0.1	468.4
2021	247.1	1.0	20.75	51.3	341.0	62.0	0.192	0.5	0.471	1.333	28.0	0.1	412.8

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。

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：

$$U_{Total} = \frac{\sqrt{(U_1 + E_1)^2 + (U_2 + E_2)^2 + \dots + (U_n + E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

$U_{Total}$ ：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。

IPCC 指南提供掩埋場甲烷估算各參數引用之不確定性範圍，如表 7.2.8 所示，而表 7.2.9 為依據表 7.2.8 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，可得妥善掩埋甲烷排放活動強度、排放係數及排放量之不確定性，分別為 26.46%、22.91% 及 32.80%。

## (2) 時間序列的一致性

妥善掩埋場甲烷排放估算，係採用 2006 IPCC 預設以「一階衰減法」公式進行計算。活動數據蒐集係依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 年至 2021 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 年至 2021 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 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 IPCC 預設排放係數，並參考 IPCC 2000 GPG，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、10 月及 2016 年 7 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。另參考 IPCC 2000 GPG 中「方法 1 一般清冊品質控制程序」，如表 7.2.10 所示，檢核數據與引用數據來源內容是否一致。

表 7.2.8 IPCC 指南掩埋場甲烷排放估算之不確定性

活動資料和各排放係數	不確定性範圍
固體廢棄物總量 (MSWT)	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
總廢棄物送至掩埋場比例 (MSWF)	±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） ±30%：收集有關掩埋場處置資料 200%：低品質資料
廢棄物組成的不確定性	±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 IPCC 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 <sub>F</sub> )	±20%：使用 IPCC 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 =0.8 =0.5 =0.4 =0.6	使用 IPCC 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 IPCC 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%：如果未現地進量測
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 <sub>1/2</sub> )	IPCC 提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定說明

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P3-27, Table 3.5。

表 7.2.9 2021 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
	妥善掩埋	未妥善掩埋	
城市固體廢棄物總量 (MSWT)	10	10	具有高品質資料，引用 IPCC 設定值 10%。
廢棄物組成	10	10	根據 IPCC 具有基於研究不確定設定值 30%。國內數據掌握十分清楚，不確定性 10% 計。
可降解有機碳 (DOC)	20	20	以 IPCC 預設值計算可降解有機碳，不確定性 IPCC 預設值 20%。
甲烷修正係數 (MCF)	0	20	採 IPCC 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 <sub>F</sub> )	20	20	DOC <sub>F</sub> 使用 IPCC 預設值 0.5，不確定性引用 IPCC 預設值 20%。
產生的垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)	5	5	甲烷比例使用 IPCC 預設值 0.5 及本土係數，不確定性引用 IPCC 預設值 5%。
甲烷回收量 (R)	20	N/A	以實際發電量換算甲烷回收量，IPCC 預設現地量測值 10%，設定 20%。一般掩埋場無此數據，因此不適用。
氧化係數 (OX)	10	0	設定衛生掩埋場以 10% 計算；一般掩埋場以 0% 計算。
半衰期 (t <sub>1/2</sub> )	10	10	依 IPCC 係數及本土組成加權計算，設定 10%。
活動強度不確定性計算結果	<b>26.46</b>	<b>26.46</b>	
排放係數不確定性計算結果	<b>22.91</b>	<b>28.72</b>	
排放量不確定性計算結果	<b>32.87</b>	<b>39.05</b>	

表 7.2.10 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（垃圾衛生掩埋、垃圾組成）和排放因數 (IPCC 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「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

續下表



品質控制活動	確認程序
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 • 目前版本相關參數引用 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：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap 8, Table 8.1。

### 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

依據 2019 年版之 IPCC 清冊精進指南內容，更新掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOCF) 係數。

另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。

### 7.2.2 無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。其掩埋可能產生的溫室氣體包括二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)、氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 及甲烷 (CH<sub>4</sub>)，由於大部分的二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放為生物自然產生，且氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 在此排放源排放量微乎其微，因此此二種溫室氣體不納入計算，僅計算掩埋所產生之甲烷 (CH<sub>4</sub>) 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排放量應該以一階衰減法計算，並須延長 50 年統計年限，根據指南所提供之計算表單，其建議回溯至 1950 年來進行統計分析，由於缺少 1990 年前之掩埋資料，依 IPCC 統計方法說明，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 2021 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<sub>m decomT</sub>)」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<sub>m</sub> 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，則應當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)

大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 7.2.1 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 指南說明，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，故設定未妥善管理之廢棄物掩埋場之甲烷修正參數值 (MCF) 為 0.5。



#### D. DOC：可分解有機碳含量(比例)(Degradable Organic Carbon)

表 7.2.2 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 7.2.2 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 decompose)

2006 IPCC 指南預設值為 0.5。

#### 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 指南中氧化係數預設值為 0，但是對於覆蓋且管理完善的掩埋場，則使用氧化係數值 0.1，如表 7.2.3 所示。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，因此氧化係數以 0 計算。

#### G. k：甲烷生成率(Methan generation rate)

表 7.2.4 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)計算方式，得一般掩埋場之 k 值。

#### (3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2021 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 7.2.11 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，2004 年後達 99% 以上，一般掩埋量自 1995 年後即逐年下降。然 2016 年起部分焚化廠處理量能，因廠齡高而下降，使無法焚燒之廢棄物暫時堆置在掩埋場，無法即時清理，導致垃圾妥善處理率降至 2021 年的 93.51%，故未妥善管理掩埋場產生甲烷排放量，亦隨著我

國近年垃圾妥善處理率下降而增加，2021 年排放量為 131.1 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 3.8 千公噸二氧化碳當量(增加 3.0%)。

#### (5) 完整性

有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2021 年採用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 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。

IPCC 指南提供掩埋場甲烷估算各參數引用之不確定性範圍，如表 7.2.8 所示，而表 7.2.9 為依據表 7.2.8 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強度、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 指南預設以「一階衰減法」公式進行計算，依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2021 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 2021 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 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。

### 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 IPCC 預設排放係數，並參考 IPCC 2000 GPG，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、10 月及 2016 年 7 月召開專家會議，確認計算方式、引用參數與活動數據其合理性。另參考 IPCC 2000 GPG 中「方法 1 一般清冊水準品質控制程序」(表 7.2.13)，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 2022 年中華民國環境保護統計年報公布之一般廢棄物暫存量數據，修正 2019 及 2020 年活動數據，從原

表 7.2.11 1990 年至 2021 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 (DOC)
		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

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，中華民國環境保護統計年報，2021 年。

表 7.2.12 1990 年至 2021 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	一般掩埋 (千公噸)	甲烷修正係數 (MCF)	可分解 有機碳 (DOC)	處置 DOC 量 (千公噸)	累積 DOC 量 (千公噸)	分解 DOC 量 (千公噸)	反應常 數 (k)	有機物分 解比例 (DOC <sub>F</sub> )	甲烷生 成比例 (F)	甲烷回收 量 (R)	氧化係 數 (OX)	甲烷排 放量
1990	2,674.4	0.5	15.88	424.78	3,055.2	380.59	0.135	0.5	0.500	NO	0.0	1,585.8
1991	2,881.3	0.5	13.51	389.37	3,058.4	386.18	0.135	0.5	0.500	NO	0.0	1,609.1
1992	2,650.5	0.5	16.50	437.34	3,109.2	386.58	0.138	0.5	0.500	NO	0.0	1,610.8
1993	2,877.5	0.5	17.04	490.33	3,199.0	400.45	0.147	0.5	0.500	NO	0.0	1,668.5
1994	2,504.5	0.5	19.08	468.05	3,230.6	436.51	0.153	0.5	0.500	NO	0.0	1,818.8
1995	3,037.6	0.5	18.60	564.99	3,338.3	457.27	0.157	0.5	0.500	NO	0.0	1,905.3
1996	2,547.8	0.5	18.99	483.32	3,335.4	486.23	0.158	0.5	0.500	NO	0.0	2,025.9
1997	2,059.5	0.5	20.44	388.60	3,236.3	487.69	0.160	0.5	0.500	NO	0.0	2,032.0
1998	1,541.4	0.5	18.47	284.70	3,043.8	477.18	0.163	0.5	0.500	NO	0.0	1,988.3
1999	1,178.1	0.5	18.87	222.31	2,807.6	458.49	0.163	0.5	0.500	NO	0.0	1,910.4
2000	823.6	0.5	21.12	145.05	2,529.2	423.46	0.164	0.5	0.471	NO	0.0	1,662.1
2001	525.1	0.5	18.24	92.51	2,238.6	383.10	0.167	0.5	0.471	NO	0.0	1,503.7
2002	296.6	0.5	20.45	54.24	1,948.9	344.03	0.169	0.5	0.471	NO	0.0	1,350.3
2003	141.3	0.5	18.71	26.44	1,672.9	302.41	0.169	0.5	0.471	NO	0.0	1,187.0
2004	81.0	0.5	20.60	16.50	1,428.9	260.51	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	1,022.5

續下表



續上表

年份	一般掩埋 (千公噸)	甲烷修正係數 (MCF)	可分解 有機碳 (DOC)	處置 DOC 量 (千公噸)	累積 DOC 量 (千公噸)	分解 DOC 量 (千公噸)	反應常 數 (k)	有機物分 解比例 (DOC <sub>f</sub> )	甲烷生 成比例 (F)	甲烷回收 量 (R)	氧化係 數 (OX)	甲烷排 放量
2005	40.3	0.5	17.98	7.24	1,213.0	223.10	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	875.7
2006	17.7	0.5	20.58	3.64	1,026.8	189.81	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	745.0
2007	32.5	0.5	21.44	6.97	872.9	160.96	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	631.8
2008	0.7	0.5	24.14	0.18	736.1	136.92	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	537.4
2009	1.3	0.5	22.53	0.30	620.8	115.64	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	453.9
2010	2.2	0.5	22.90	0.49	523.7	97.52	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	382.8
2011	0.1	0.5	21.70	0.02	441.5	82.29	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	323.0
2012	0.1	0.5	22.36	0.02	372.1	69.38	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	272.3
2013	0.1	0.5	22.26	0.02	313.6	58.48	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	229.5
2014	0.1	0.5	22.03	0.02	264.4	49.29	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	193.5
2015	1.7	0.5	21.75	0.37	223.2	41.55	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	163.1
2016	62.2	0.5	21.80	13.56	201.7	35.08	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	137.7
2017	90.7	0.5	21.95	19.91	189.9	31.71	0.175	0.5	0.471	NO	0.0	124.5
2018	126.7	0.5	22.02	27.89	187.3	30.42	0.179	0.5	0.471	NO	0.0	119.4
2019	162.3	0.5	22.46	36.47	193.0	30.78	0.184	0.5	0.471	NO	0.0	120.8
2020	166.0	0.5	21.41	35.53	196.1	32.43	0.187	0.5	0.471	NO	0.0	127.3
2021	151.0	0.5	20.75	31.33	194.06	33.40	0.184	0.5	0.471	NO	0.0	131.1

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  $16/12 = 1.333$ 。

表 7.2.13 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(垃圾一般掩埋、堆置、其他、垃圾組成)和排放係數(IPCC 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「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 • 目前版本相關參數引用 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：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap 8, Table 8.1。

先之 162.344 及 165.974 千公噸，分別修正為 162.345 及 165.973 千公噸，對未妥善掩埋排放量變動影響小於 0.1%。

## 6. 特定排放源的改善計畫

依據 2019 年版之 IPCC 清冊精進指南內容，更新掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOC<sub>p</sub>) 係數。

另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。

### 7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3)

依據行政院環境保護署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，大致以焚化、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 IPCC 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 IPCC 指南進行估算。因此，無其他陸地廢棄物掩埋處理排放範圍。

## 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

2006 IPCC 清冊指南中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 清冊指南，堆肥產生之溫室氣體 (甲烷與氧化亞氮) 排放量計算如公式 7.3.1 與公式 7.3.2 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產生甲烷之係數 (g CH<sub>4</sub>/kg 廢棄物)

$i$  : 堆肥處理或厭氧處理

$R$  : 甲烷回收量 (Gg CH<sub>4</sub>)

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<sub>2</sub>O/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 IPCC 指南預設排放係數如表 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 g CH<sub>4</sub>/kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3 g N<sub>2</sub>O/kg 廢棄物。

### (3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2021 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.3.3 堆肥數據欄位所示。

由於 1990 年起台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

表 7.3.1 廢棄物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 <sub>4</sub> /kg 處理廢棄物)		氧化亞氮排放係數 (g N <sub>2</sub> O/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：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4-6, Table 4.1。

表 7.3.2 IPCC 估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表

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
生物處理之有機廢棄物量 (M <sub>i</sub> )	國內資料自行確定	依據國內堆肥量進行計算。	中華民國環境保護年報
排放係數 (EF)	公布堆肥處理與厭氧處理之預設值	採用 IPCC 排放係數之預設值計算，其中甲烷排放係數為 4g CH <sub>4</sub> /kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3g N <sub>2</sub> O/kg 廢棄物。	IPCC 預設值
甲烷回收量 (R)	預設值 0	採 IPCC 預設值計算	IPCC 預設值

備註：參閱 2006 IPCC 指南。



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，推測與行政院環境保護署自 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，其主要影響參數為堆肥處理量、甲烷和氧化亞氮排放係數，如表 7.3.3 所示。2021 年堆肥量為 263.8 千公噸，較 2020 年增加 2.3 千公噸；溫室氣體排放總量 50.0

千公噸二氧化碳當量，較 2020 年微幅增加 0.9%，亦較 1990 年增加 133.1%。

#### (5) 完整性

中華民國環境保護統計年報記載 1990 年至 2021 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 IPCC 並未針對生物處理有預設之不確定性，係參考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。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，係依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 年至 2021 年廚餘回收之「堆肥」數據，且各年期估算方法一致。

表 7.3.3 1990 年至 2021 年生物處理各類溫室氣體排放量

年份	堆肥 (千公噸)	有機廢棄物占 比 (%)	甲烷排放係數 (g CH <sub>4</sub> /kg 廢棄物)	氧化亞氮排放係數 (g N <sub>2</sub> 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)
1990	113.15	100	4	0.3	11.32	10.12
1991	5.48	100	4	0.3	0.55	0.49
1992	7.86	100	4	0.3	0.79	0.70
1993	4.61	100	4	0.3	0.46	0.41
1994	1.37	100	4	0.3	0.14	0.12
1995	6.28	100	4	0.3	0.63	0.56
1996	2.52	100	4	0.3	0.25	0.23
1997	14.17	100	4	0.3	1.42	1.27
1998	0.53	100	4	0.3	0.05	0.05
1999	19.49	100	4	0.3	1.95	1.74
2000	2.78	100	4	0.3	0.28	0.25
2001	0.22	100	4	0.3	0.02	0.02
2002	3.71	100	4	0.3	0.37	0.33
2003	23.09	100	4	0.3	2.31	2.06
2004	66.84	100	4	0.3	6.68	5.98
2005	97.54	100	4	0.3	9.75	8.72
2006	112.67	100	4	0.3	11.27	10.07
2007	144.63	100	4	0.3	14.46	12.93
2008	164.59	100	4	0.3	16.46	14.71
2009	179.31	100	4	0.3	17.93	16.03
2010	208.88	100	4	0.3	20.89	18.67
2011	261.53	100	4	0.3	26.15	23.38
2012	243.84	100	4	0.3	24.38	21.80
2013	226.07	100	4	0.3	22.61	20.21
2014	204.47	100	4	0.3	20.45	18.28
2015	197.10	100	4	0.3	19.71	17.62
2016	197.31	100	4	0.3	19.73	17.64
2017	204.60	100	4	0.3	20.46	18.29
2018	231.68	100	4	0.3	23.17	20.71
2019	246.37	100	4	0.3	24.64	22.03
2020	261.48	100	4	0.3	26.15	23.38
2021	263.83	100	4	0.3	26.38	23.59

備註：堆肥活動數據來自中華民國環境保護統計年報，2022 年。

表 7.3.4 2021 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 (MSWT)	10	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	參考掩埋場不確定性判斷原則，以「可降解有機碳 (DOC)」採 IPCC 預設係數，不確定性 20%。
活動強度不確定性計算結果	<b>10.00</b>	
排放係數不確定性計算結果	<b>20.00</b>	
排放量不確定性計算結果	<b>22.36</b>	

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

參考 IPCC 2000 GPG 中「方法 1 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

無。

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

廢棄物焚燒可分為「焚化爐焚化」及「露天燃燒」二類，然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。

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。

另依據 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. 廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放量計算

依據 IPCC 計算方式 (公式 7.4.1.1)，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。

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 (廚餘回收之「堆肥」數據) 和排放係數 (IPCC 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「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 • 目前版本相關參數引用 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，2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories，Chap 8，Table 8.1。



公式 7.4.1.1 :

$$\text{二氧化碳 (Gg/yr)} = \sum_i (SW_i \times (1 - \text{水分}) \times FCF_i \times OF_i \times 44/12)$$

SW<sub>i</sub> : 廢棄物總燃燒量 (濕重) (Gg/yr)  
 FCF<sub>i</sub> : 廢棄物乾物質的礦物碳比例 (%)  
 OF<sub>i</sub> : 廢棄物乾物質的礦物碳比例 (%)  
 44/12 : 從 C 到 CO<sub>2</sub> 的轉換係數  
 i : 焚化 / 露天燃燒廢棄物類型, 如一般廢棄物、事業及醫療廢棄物

$$FCF_i = \sum_i (CF_i \times \text{化石碳比例占總碳的} \%)$$

CF<sub>i</sub> : 廢棄物乾物質之總碳比例 (總碳含量) (%)

$$CF_i = \sum_i (\text{各垃圾組成} \% \times \text{乾物質含量占濕重的} \% \times \text{總碳含量占乾重} \%)$$

**B. 廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放量計算**

據 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<sub>i</sub> : 廢棄物總燃燒量 (Gg/yr)  
 EF<sub>i</sub> : N<sub>2</sub>O 排放係數 (kg N<sub>2</sub>O/Gg 廢棄物)

**(2) 排放係數**

IPCC 指南提供之各國焚化爐氧化亞氮排放係數如表 7.4.1 所示。

有關公式 7.4.1.1 及公式 7.4.1.2 所使用計算方法及採用數據、國內數據來源如表 7.4.2 及表 7.4.3 所示。

二氧化碳排放係依據垃圾成分組成換算含碳量與礦物碳比例計算, 氧化亞氮排放係數由於焚化爐多屬於連續式鍋爐, 因此採用日本連續式爐體排放係數 47g N<sub>2</sub>O/公噸計算。

**(3) 活動數據**

廢棄物焚化僅考慮未具能源回收設施之焚化爐, 故於 2010 年以前活動數據引用中華民國環境保護統計年報 (四) 廢棄物管理之表 4-1 垃圾清理狀況, 將一般廢棄物焚化處理方式數據, 與表 4-2 事業廢棄物申報統計之「一般廢棄物焚化量」及「一般事業廢棄物處理量」加總, 並扣除表 4-9 大型垃圾焚化廠操作營運情形之「大型焚化爐焚化量」, 間接計算中小型焚化爐活動數據方法。

表 7.4.1 IPCC 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 <sub>2</sub> O/T 廢棄物焚化)	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 : 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.5-21, Table 5.4.

表 7.4.2 IPCC 焚化處理二氧化碳排放計算一覽表

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
廢棄物總燃燒量 (SW <sub>i</sub> )	國內資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中華民國環境保護年報</li> <li>固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統</li> </ul>
廢棄物乾物質比例 (dm <sub>i</sub> )	國內資料自行確定	依據國內垃圾分析含水量計算乾物質含量。	中華民國環境保護年報
廢棄物乾物質之總碳比例 (CF <sub>i</sub> )	提供各種物質之總碳比例預設值	依據我國垃圾組成與 IPCC 公布含碳量計算。	中華民國環境保護年報
廢棄物乾物質總碳中化石碳比例 (FCF <sub>i</sub> )	提供各種物質之化石碳比例預設值	依據國內研究資料與 IPCC 公布各種物質之化石碳比例計算。	國內研究資料
氧化比例 (OF <sub>i</sub> )	未公布	依據 IPCC 預設值 100% 計算。	

表 7.4.3 IPCC 焚化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
廢棄物總燃燒量 (IW <sub>i</sub> )	國內資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中華民國環境保護年報</li> <li>固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統</li> </ul>
氧化亞氮排放係數 (EF <sub>i</sub> )	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 IPCC 提供設施中, 日本連續式爐體排放係數 47 g N <sub>2</sub> O/T 計算。	IPCC 公布值



後期因 2011 年至 2013 年活動數據呈現劇降情形，導致溫室氣體排放量變動過大，故 2011 年後之數據經專家會議討論決議，直接採用「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代表活動數據。計算時並引用環境保護統計年報之垃圾性質，其中關於可燃分之「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」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據，估算「廢棄物乾物質比例」、「含碳量比例」及「礦物碳比例」，如表 7.4.4 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產生溫室氣體排放量，如表 7.4.4 所示。2011 年以後的活動數據，改為採用中小型焚化爐廢棄物焚化量，數據較為穩定，惟近幾年由於大型焚化

爐整改，焚化量能降低，再加上有多座新設之中小型焚化爐，導致 2021 年中小型焚化爐焚化處理量較 2020 年增加 42.1 千公噸。另，2021 年廢棄物組成中，塑膠比例增加，使礦物碳比例較 2020 年增加 6.7%，因此 2021 年焚化處理排放量上升至 508.8 千公噸二氧化碳當量，較 2020 年增加 205.5 千公噸二氧化碳當量。

#### (5) 完整性

估算焚化溫室氣體排放活動數據，主要引用 1990 年至 2010 年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」活動數據，及大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」，均已完整登載 1990 年至 2010 年活動數據量。而 2011 年以後的活動數據，則改為引用「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。

表 7.4.4 1990 年至 2021 年焚化處理之溫室氣體活動數據及排放量

年份	一般廢棄物焚化量 (千公噸)	一般事業廢棄物處理量 (千公噸)	大型焚化爐焚化量 (千公噸)	中小型焚化爐焚化量 (千公噸)	含水分 (%)	含碳量比例 (CCW) (%)	化石碳比例 (FCF) (%)	焚化爐燃燒效率 (EF) (%)	氧化亞氮排放係數 (g N <sub>2</sub> O/T)	二氧化碳排放量	氧化亞氮排放量
1990	77.7	NE	NE	77.7	51.97	31.75	47.08	100	47	20.5	1.1
1991	28.8	NE	NE	28.8	51.97	31.75	51.35	100	47	8.3	0.4
1992	255.4	NE	NE	255.4	51.97	31.75	45.51	100	47	65.0	3.6
1993	249.0	NE	NE	249.0	51.06	33.37	42.30	100	47	63.1	3.5
1994	412.5	NE	NE	412.5	53.21	35.86	43.39	100	47	110.1	5.8
1995	1,301.0	NE	NE	1,301.0	48.14	38.64	41.62	100	47	397.9	18.2
1996	1,364.6	NE	NE	1,364.6	50.60	37.53	41.68	100	47	386.6	19.1
1997	1,691.6	NE	1,419.3	272.3	46.03	44.41	43.84	100	47	104.9	3.8
1998	1,741.1	NE	1,335.4	405.7	51.06	36.17	44.29	100	47	116.6	5.7
1999	2,020.6	NE	1,789.1	231.5	50.76	37.17	41.80	100	47	65.0	3.2
2000	3,229.7	NE	2,659.7	570.1	45.02	46.91	48.05	100	47	259.0	8.0
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	2,144.6	55.80	32.69	47.52	100	47	539.9	30.0
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	1,878.9	51.24	39.91	45.66	100	47	612.2	26.3
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	1,703.6	55.69	33.60	44.88	100	47	417.7	23.9
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	1,648.3	51.19	40.24	43.17	100	47	512.4	23.1
2005	4,300.4	3,270.7	5,614.9	1,956.1	54.03	33.28	31.70	100	47	347.8	27.4
2006	4,164.0	3,693.6	5,683.0	2,174.6	52.41	39.27	31.52	100	47	469.6	30.5
2007	4,335.8	3,734.7	5,948.8	2,121.7	51.55	41.59	35.85	100	47	562.1	29.7
2008	4,137.3	3,444.2	6,110.8	1,470.6	50.94	47.39	35.35	100	47	443.2	20.6
2009	4,036.4	2,671.0	6,092.9	614.5	54.19	41.58	35.96	100	47	154.3	8.6
2010	3,888.6	3,119.7	6,235.4	773.0	52.66	43.49	35.68	100	47	208.2	10.8
2011				660.2	55.06	39.41	34.67	100	47	148.6	9.2
2012				616.9	53.97	41.43	34.43	100	47	148.5	8.6
2013				629.4	54.08	41.16	35.16	100	47	153.4	8.8
2014				624.1	55.17	39.93	35.71	100	47	146.3	8.7
2015				434.1	54.79	40.34	35.33	100	47	102.5	6.1
2016				480.3	52.91	43.56	36.56	100	47	132.1	6.7
2017				471.9	52.60	44.01	35.77	100	47	129.1	6.6
2018				488.9	50.77	47.45	37.99	100	47	159.1	6.8
2019				570.4	48.49	51.31	38.69	100	47	213.8	8.0
2020				654.1	45.34	53.88	42.07	100	47	297.1	9.2
2021				696.2	40.33	67.20	48.76	100	47	499.0	9.8

備註：1. NE(未估計)，指對現有排放量沒有估計。

2. 二氧化碳排放量、氧化亞氮排放量單位為千公噸二氧化碳當量。

3. 表中 2011 年至 2021 年之一般廢棄物焚化量、一般事業廢棄物處理量及大型焚化爐焚化量無數據，係因 2011 年後則直接採用「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」之中小型焚化爐申報處理量作為活動數據，而 1990 年至 2010 年活動數據則是採用統計年報計算(一般廢棄物 + 一般事業廢棄物 - 大型焚化爐焚化量)。

資料來源：1. 中華民國環境保護統計年報，2022 年。

2. 中小型爐焚化量來自固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統。



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 2021 年，缺少 1990 年及 1991 年活動數據，處理方式詳時間序列的一致性。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

由於 IPCC 並未針對焚化處理有預設之不確定性，係參考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 7.4.5，各項活動資料與排放係數不確定性結果，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%、89.02% 和 89.58%。

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 7.4.6，各項活動資料與排放係數不確定性結果，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%、20.00% 和 22.36%。

#### (2) 時間序列的一致性

估算廢棄物焚化處理產生二氧化碳與氧化亞氮排放量計算參數與活動數據來源，係引用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」，

2011 年後則引用「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，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

利用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」、「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，以 IPCC 建議排放係數，參考 IPCC 2000 GPG，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。另參考 IPCC 2000 GPG 中「方法 1 一般清冊品質控制程序」(表 7.4.7)，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。

表 7.4.5 2021 年廢棄物部門廢棄物焚化二氧化碳排放不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
焚化固體廢棄物類型的總量 (SW) (Gg/yr)	10	依據未具能源回收之中小型焚化爐焚化量，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。
含水分 (%)	50	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；惟中小型焚化爐計算時使用一般垃圾之含水率，並非實際數據，故以 50% 計算。
總碳比例 (CF)	50	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；惟中小型焚化爐計算時使用一般垃圾之總碳比例，並非實際數據，故以 50% 計算。
化石碳比例 (FCF)	53.85	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；惟中小型焚化爐計算時非使用實際數據，故以 50% 計算。 2. 化石碳比例則引用 IPCC 預設值，故係參考掩埋場不確性數據，以「可降解有機碳 (DOC) 使用 IPCC 預設值」之不確定 20% 計算。 3. 兩者不確定加總為 53.85%。
焚化爐燃燒效率 (EF)	5	燃燒效率 100% 與接近國內實際情形，參考掩埋場不確性數據，以「垃圾掩埋氣體中的甲烷比例 (F)」之不確定性 5% 計算。
活動強度不確定性計算結果	<b>10.00</b>	
排放係數不確定性計算結果	<b>89.02</b>	
排放量不確定性計算結果	<b>89.58</b>	

表 7.4.6 2021 年廢棄物部門廢棄物焚化氧化亞氮排放不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
焚化固體廢棄物類型的總量 (SW) (Gg/yr)	10	依據未具能源回收之中小型焚化爐焚化量，其申報量具高品質計量來源，故不確定性以 10% 計算。
氧化亞氮排放係數	20	排放係數引用 2006 IPCC 指南中日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 IPCC DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。
活動強度不確定性計算結果	<b>10.00</b>	
排放係數不確定性計算結果	<b>20.00</b>	
排放量不確定性計算結果	<b>22.36</b>	

表 7.4.7 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 ) 和排放係數 ( IPCC 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「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「化石碳比例」，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 • 目前版本相關參數引用 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：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap 8, Table 8.1。

## 6. 特定排放源的改善計畫

中小型焚化廠廢棄物來源包含有害、生物醫療、一般及一般事業廢棄物，惟目前仍採用一般垃圾組成比例計算排放量，後續將引用「事業廢棄物申報及管理資訊系統」數據，分有害、生物醫療、一般與一般事業廢棄物等廢棄物種類占比，並各別計算排放量後加總，以精進焚化排放量計算。

### 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 「生活及住商污水」與 5.D.2 「事業廢水」。生活污水及事業廢水處理 ( 下稱污 ( 廢 ) 水處理 ) 系統因不同來源廢水活動資料和排放係數並不相同，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 )。

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，僅需要包括最重要的事業來源。針對各項排放來源計算說明如下。

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。文獻顯示溫度較低時，甲烷生成量可能會受影響，因為甲烷微生物活性不大。另外，在生活與住商污水中，以生化需氧量 ( Biochemical Oxygen Demand, BOD ) 為指標，在事業廢水中則以化學需氧量 ( Chemical Oxygen Demand, COD )，包含生物可分解及不可分解的碳含量為指標。

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，意即將氨和其他氮化合物轉化成硝酸鹽 (  $\text{NO}_3^-$  ) 和硝酸鹽轉化成氮氣 (  $\text{N}_2$  ) 的生物學轉化。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。

### 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

生活及住商污水 ( 下稱生活污水 ) 主要產生的溫室氣體為甲烷 (  $\text{CH}_4$  ) 與氧化亞氮 (  $\text{N}_2\text{O}$  )，其中一般生活污水之糞尿

**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		
收集	未處理	河流排放		<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>河流、湖泊和港灣，可能成為氧化亞氮排放源。</li> </ul>
		下水道（封閉、地下的）		<ul style="list-style-type: none"> <li>不是甲烷 / 氧化亞氮排放來源。</li> </ul>
		下水道（露天）		<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
	已處理	好氧處理	集中式好氧廢水處理廠	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能由好氧槽之厭氧區域，產生些微甲烷。</li> <li>設計或操作管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。</li> <li>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。</li> </ul>
			集中式好氧廢水處理廠的污泥厭氧處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
		厭氧處理	好氧淺污水塘	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般而言，不太可能成為甲烷 / 氧化亞氮主要排放來源。</li> <li>設計或管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。</li> </ul>
			厭氧化糞池	<ul style="list-style-type: none"> <li>可能是甲烷的排放來源。</li> <li>不是氧化亞氮的排放源。</li> </ul>
		厭氧反應槽	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	
未收集	化糞池		<ul style="list-style-type: none"> <li>經常清除沉澱污泥，可降低甲烷產生量。</li> </ul>	
	露天坑 / 廁所		<ul style="list-style-type: none"> <li>當溫度和停留時間適當，則可能產生甲烷。</li> </ul>	

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-8, Table 6.1。

經化糞池厭氧反應處理後，產生甲烷(CH<sub>4</sub>)排放；而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(N<sub>2</sub>O)。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，又分為排放至(A)化糞池與(B)開放水體兩類別。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

#### A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算

IPCC 指南針對生活污水甲烷(CH<sub>4</sub>)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(CH<sub>4</sub>)排放量。依據我國污水處理情況，將未納管處理之生活污水分為排放至(A)化糞池與(B)開放水體兩類別，其排放量計算如公式 7.5.1.1 所示。

#### 公式 7.5.1.1 (未納管處理)：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = [(P \times \text{BOD} \times I - S) \times \text{Bo} \times \text{MCF}_j \times (1-T)] \times 10^{-6} - R$$

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，若有合併收集預設值為 1.25，未含事業廢水之預設值則為 1.0

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)

Bo：最大甲烷產生量 (maximum CH<sub>4</sub> producing capacity), kg CH<sub>4</sub>/kg BOD

MCF<sub>j</sub>：甲烷修正係數 (methane correction factor)

T：污水處理率 [%]

R：甲烷回收量 [kg CH<sub>4</sub> / yr]

#### B. 生活污水納管處理之甲烷排放量計算 (污水處理廠)

有鑑於污水處理廠處理單元可能有甲烷(CH<sub>4</sub>)逸散排放，2009年後統計範疇增列生活污水處理廠甲烷(CH<sub>4</sub>)排放，納入污水處理廠水質及污泥處理程序中之甲烷(CH<sub>4</sub>)排放，以提升廢棄物部門排放量之完整性。

生活污水處理廠甲烷排放量計算方法，如公式 7.5.1.2 所示，為全國公共污水處理廠污水處理量(A<sub>i</sub>)，乘上污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數(EF)。

#### 公式 7.5.1.2 (納管處理 – 污水處理廠)：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = A_i \times \text{EF}$$

A<sub>i</sub>：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (m<sup>3</sup>/yr)

EF：污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數 (kg CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>)

#### C. 生活污水排放產生氧化亞氮排放量計算

估算氧化亞氮(N<sub>2</sub>O)之排放量，係依據 IPCC 清冊指南計算方法，如公式 7.5.1.3 所示。參照行政院農業委員會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。另需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。

#### 公式 7.5.1.3：

$$\text{氧化亞氮 (kg / yr)} = (P \times \text{Protein} \times \text{Fra}_{\text{CNPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}} - N_{\text{SLUDGE}}) \times \text{EF}_{\text{EFFLUENT}} \times 44/28$$

P：國內人口數 [人]

P<sub>protein</sub>：每人每年蛋白質攝取量 [kg/person/yr]

Fra<sub>CNPR</sub>：蛋白質中氮的比例 (預設值為 0.16 kg N/kg protein)

F<sub>NON-CON</sub>：添加於廢水之非消耗蛋白質係數，已開發國家預設值為 1.4，發展中國家為 1.1

F<sub>IND-COM</sub>：下水道系統含有事業廢水共排之修正係數，有共排者預設值為 1.25

N<sub>SLUDGE</sub>：污泥移除 N 量 (預設值 = 0) (kg N/yr)

EF<sub>EFFLUENT</sub>：排放係數 (預設值 0.005) (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N)

44/28：kg N<sub>2</sub>O-N 換算成 kg N<sub>2</sub>O 轉換係數

### (2) 排放係數

#### A. 生活污水未納管處理之產生甲烷排放量

每人每年之 BOD 產生量，各國多數採 IPCC 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 IPCC 預設值，亞洲地區每人每天產生 BOD 量為 40 (g BOD/persons/day)。

為貼近我國國人生活型態，每人每年之 BOD 產生量數據採用環保署「污水源頭減量手冊」，並分為化糞池 (A) 與開放水體 (B) 兩類別，說明如下。

**(A) 排放至化糞池**

依據環保署之「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 IPCC 公布各種污水處理系統之 MCF 值，採化糞池系統之 MCF 值 0.5，如表 7.5.2 所示。

**(B) 排放至開放水體**

依據環保署之「污水源頭減量手冊」，未納管排放至開放水體則為 27g BOD/persons/day。根據 IPCC 公布各種污

水處理系統之 MCF 值，採納未處理系統之排放至海洋、河、湖之 MCF 值 0.1，如表 7.5.2 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 IPCC 預設以 0.60 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD 計算，其它依據 2006 IPCC 指南公式 7.5.1.1 計算的未納管處理之生活污水甲烷排放量，相關參數選用如表 7.5.3 所示。

**B. 生活污水納管處理之甲烷排放量計算 (污水處理廠)**

全國公共污水處理廠污水處理之甲烷 (CH<sub>4</sub>) 排放係採用公式 7.5.1.2 計算，相關參數選用詳列於表 7.5.4。污水處理廠

表 7.5.2 生活污水處理系統預設之 MCF 值

處理系統	註釋	甲烷修正係數 (MCF)	範圍
<b>未經處理的系統</b>			
海洋、河、湖排放	河水若具有有機物濃度可能會發生輕微厭氧反應。	0.1	0-0.2
不流動的下水道	空曠且溫暖。	0.5	0.4-0.8
流動順暢的下水道	乾淨且快速流動 (甲烷總量微小且來自泵站)。	0.0	0
<b>經處理的系統</b>			
好氧處理 (集中的處理區)	必須被管理好，一些甲烷會從沉澱池或其他單元中排出。	0.0	0-0.1
好氧處理 (集中的處理區)	不是妥善的管理 (超載)。	0.3	0.2-0.4
污泥厭氧消化處理	不考慮回收甲烷。	0.8	0.8-1.0
厭氧反應	不考慮回收甲烷。	0.8	0.8-1.0
淺厭氧塘	深度小於兩公尺，使用專家的判斷。	0.2	0-0.3
深厭氧塘	深度大於兩公尺。	0.8	0.8-1.0
化糞池系統	1/2 的 BOD 為厭氧反應。	0.5	0.5
公共廁所	乾燥的氣候，地表水面低於公廁，小家庭 (3 至 5 人)。	0.1	0.05-0.15
公共廁所	乾燥的氣候，地表水面低於公廁，鄉鎮。	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
公共廁所	定期移除沉澱物作為肥料使用。	0.1	0.1

表 7.5.3 IPCC 生活污水未納管處理甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 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)	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-13, Table 6.3。	內政部統計資料	人口數取內政部統計資料
污水處理程度	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	內政部營建署統計資料 內政部統計處之戶籍數
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 13 g BOD/persons/day。 排放至開放水體 27 g BOD/persons/day。	環保署 - 源頭減量手冊
最大甲烷生成量 (Bo)	0.60 kg CH <sub>4</sub> /kg BOD	採用 IPCC 預設值 0.60 kg CH <sub>4</sub> /kg BOD。	IPCC 預設值
甲烷修正係數 (MCF)	提供各種處理系統預設值	化糞池系統以 0.5 計算。 開放水體以 0.1 計算。	IPCC 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 IPCC 公布值 1 計算。	IPCC 預設值
污泥移除量 (S)	預設值 0	採 IPCC 預設值 0 計算。	IPCC 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體，採 IPCC 預設值 0 計算。	IPCC 預設值

表 7.5.4 IPCC 生活污水納管處理 - 污水處理廠甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 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	內政部營建署統計資料	全國公共污水處理廠資料管理系統
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 $1.001 \times 10^{-3}$ kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> 。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 $6.531 \times 10^{-4}$ kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> 。 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 $3.480 \times 10^{-4}$ kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> 。	國內研究報告及他國清冊採用值



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  $1.001 \times 10^{-3} \text{ kg CH}_4/\text{m}^3$ ，其中水質處理流程排放係數，採用國內研究結果為  $6.531 \times 10^{-4} \text{ kg CH}_4/\text{m}^3$ ，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  $3.480 \times 10^{-4} \text{ kg CH}_4/\text{m}^3$ 。

C. 生活污水放流氧化亞氮排放

生活與住商污水氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 排放依據公式 7.5.1.3 計算，相關參數選用詳列於表 7.5.5。排放係數以 IPCC 參數 0.005 (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N) 計算。由於，我國為開發中國家，

關於廢水之非消耗蛋白質係數 (F<sub>NON-CON</sub>) 使用 IPCC 預設值 1.1 計算；我國生活污水處理系統未與事業廢水有共排之情形，因此採用未共排之排放係數 1。

(3) 活動數據

A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算

依內政部營建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，再與內政部統計處之內政統計年報中的國內人口數，分別乘上排放至化糞池 13 g BOD/persons/day 與開放水體 27 g BOD/persons/day，加總後計算甲烷排放量，如表 7.5.6。

表 7.5.5 IPCC 生活污水放流氧化亞氮排放計算一覽表

參數	IPCC 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。	人口數取內政部統計資料
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。	行政院農業委員會之糧食平衡表
蛋白質含氮比例 (Frac <sub>NPR</sub> )	0.16 kg N/ kg protein	採用 IPCC 預設值 0.16 kg N/ kg protein	IPCC 預設值
排放係數	0.005 kg N <sub>2</sub> O-N/ kg N (須再計算 N <sub>2</sub> O/N 比例)	採用 IPCC 預設值 0.005 kg N <sub>2</sub> O-N/ kg N	IPCC 預設值
添加於廢水之非消耗蛋白質係數 (F <sub>NON-CON</sub> )	已開發國家預設值 1.4 開發中國家預設值 1.1	採用 IPCC 開發中國家預設值 1.1 計算。	IPCC 預設值
事業廢水共排之排放係數 (F <sub>IND-CON</sub> )	共排者預設值 1.25，其餘為 1	採用 IPCC 未共排之係數 1 計算。	IPCC 預設值
因污泥而產生之氮移除量 (N <sub>SLUDGE</sub> )	預設值 0	採用 IPCC 預設值 0 計算。	IPCC 預設值

表 7.5.6 1990 年至 2021 年生活污水未納管甲烷排放活動數據與排放量

年份	人口數 (千人)	污水處理率 (%)	BOD 負荷 (g/persons/day)		最大 CH <sub>4</sub> 生成量 (Bo)	CH <sub>4</sub> 修正係數 (MCF)		下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I)	污泥移除量 (S)	CH <sub>4</sub> 回收量 (R)	全國人口污水 CH <sub>4</sub> 排放量 (千公噸二氧化碳當量)
			化糞池	開放水體		化糞池	開放水體				
1990	20,401	2.6	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,001.1
1991	20,606	2.6	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,011.1
1992	20,803	2.6	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,020.3
1993	20,995	2.7	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,029.3
1994	21,178	2.7	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,037.8
1995	21,357	2.8	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,046.1
1996	21,525	2.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,052.5
1997	21,743	3.3	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,059.4
1998	21,929	4.8	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,051.3
1999	22,092	10.1	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	1,000.4
2000	22,277	14.7	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	957.3
2001	22,406	16.2	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	945.2
2002	22,521	18.1	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	929.4
2003	22,605	19.2	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	920.3
2004	22,689	22.0	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	891.9
2005	22,770	24.6	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	864.8
2006	22,877	27.3	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	837.9
2007	22,958	30.4	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	805.3
2008	23,037	32.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	779.1
2009	23,120	36.0	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	745.2
2010	23,162	38.7	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	715.2
2011	23,225	41.8	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	681.4
2012	23,316	44.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	647.3
2013	23,374	47.0	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	624.3
2014	23,434	48.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	603.0
2015	23,492	51.1	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	578.0
2016	23,540	53.4	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	553.1
2017	23,571	55.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	524.1
2018	23,589	58.1	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	497.8
2019	23,603	62.1	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	450.6
2020	23,561	64.5	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	421.4
2021	23,375	66.9	13	27	0.6	0.5	0.1	1	0	0	389.4

**B. 生活污水納管處理之甲烷排放量計算（污水處理廠）**

依據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處理量，如表 7.5.7 所示。該管理系統的資料統計期間為 2009 年至 2021 年，因此從 2009 年起計算生活污水妥善處理之甲烷排放量。

**C. 生活污水放流氧化亞氮排放**

依據歷年行政院農業委員會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進行計算，數據如表 7.5.8 所示。

**(4) 排放量**

**A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算**

依據公式 7.5.1.1 所得之排放量計算結果如表 7.5.6 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 10.1% 上升至 2021 年之 66.9%，使排放至化糞與及開放水體產生之甲烷逐年降低。儘管我國人口數成長，但 2021 年末納管處理之甲烷排放量仍較 1990 年及 2020 年分別減少 61.1% 及 7.6%。

**B. 生活污水納管處理之甲烷排放量計算（污水處理廠）**

依據公式 7.5.1.2 所得之排放量計算結果如表 7.5.7 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，加上緩步增加的污水處理廠甲烷排放量後，2021 年排放量較 1990 年排放量減少 58.1%，較 2020 年排放量減少 7.0%。

**C. 生活污水放流氧化亞氮排放**

生活污水處理產生之氧化亞氮排放量結果如表 7.5.8 所示，歷年氧化亞氮排放趨勢會隨人口遞增及國人蛋白質攝取量的變化而影響。2021 年氧化亞氮每人每日蛋白質供給量為 89.6g，考量人口成長後，排放量較 1990 年增加 10.8%，惟較 2020 年排放量減少 1.1%。

表 7.5.7 1990 年至 2021 年全國生活污水處理廠甲烷排放之活動數據與排放量

年份	全國污水廠年處理量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	排放係數 (CH <sub>4</sub> kg/m <sup>3</sup> )	全國污水廠 CH <sub>4</sub> 排放量	全國人口及污水廠 CH <sub>4</sub> 排放量
1990	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,001.1
1991	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,011.1
1992	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,020.3
1993	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,029.3
1994	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,037.8
1995	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,046.1
1996	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,052.5
1997	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,059.4
1998	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,051.3
1999	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	1,000.4
2000	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	957.3
2001	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	945.2
2002	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	929.4
2003	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	920.3
2004	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	891.9
2005	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	864.8
2006	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	837.9
2007	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	805.3
2008	NE	1.0011×10 <sup>-3</sup>	NE	779.1
2009	389.7	1.0011×10 <sup>-3</sup>	9.8	754.9
2010	975.4	1.0011×10 <sup>-3</sup>	24.4	739.6
2011	1,001.2	1.0011×10 <sup>-3</sup>	25.1	706.5
2012	1,022.9	1.0011×10 <sup>-3</sup>	25.6	672.9
2013	1,052.2	1.0011×10 <sup>-3</sup>	26.3	650.7
2014	1,112.1	1.0011×10 <sup>-3</sup>	27.8	630.9
2015	1,133.0	1.0011×10 <sup>-3</sup>	28.4	606.4
2016	1,202.1	1.0011×10 <sup>-3</sup>	30.1	583.2
2017	1,089.7	1.0011×10 <sup>-3</sup>	27.3	551.3
2018	1,105.6	1.0011×10 <sup>-3</sup>	27.7	525.5
2019	1,196.5	1.0011×10 <sup>-3</sup>	29.9	480.5
2020	1,206.3	1.0011×10 <sup>-3</sup>	30.2	451.6
2021	1,220.8	1.0011×10 <sup>-3</sup>	30.6	419.9

備註：1. NE(未估計)，指對現有排放量沒有估計。

2. 全國污水廠甲烷排放量、全國人口及污水廠甲烷排放量單位為千公噸二氧化碳當量。



表 7.5.8 1990 年至 2021 年生活污水放流氧化亞氮之活動數據與排放量

年份	每人每日蛋白質供給量 (公克)	每人每年蛋白質供給量 (Pretein)( 公斤 )	蛋白質含氮比 (Frac <sub>NPR</sub> )	國內人口數 (P) ( 千人 )	排放係數 (EF)	對非蛋白質飽和廢水之添加係數 (F <sub>NON-CON</sub> )	事業廢水共排之排放係數 (F <sub>IND-CIN</sub> )	因污泥而產生之氮移除量 (N <sub>SLUDGE</sub> )	全國人口氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳當量)
1990	92.72	33.84	0.16	20,401	0.005	1.1	1	0	284.5
1991	91.56	33.42	0.16	20,606	0.005	1.1	1	0	283.8
1992	93.90	34.27	0.16	20,803	0.005	1.1	1	0	293.8
1993	97.34	35.53	0.16	20,995	0.005	1.1	1	0	307.4
1994	96.51	35.23	0.16	21,178	0.005	1.1	1	0	307.4
1995	98.22	35.85	0.16	21,357	0.005	1.1	1	0	315.5
1996	98.25	35.86	0.16	21,525	0.005	1.1	1	0	318.1
1997	101.41	37.02	0.16	21,743	0.005	1.1	1	0	331.7
1998	95.55	34.88	0.16	21,929	0.005	1.1	1	0	315.2
1999	97.55	35.61	0.16	22,092	0.005	1.1	1	0	324.2
2000	96.23	35.12	0.16	22,277	0.005	1.1	1	0	322.4
2001	92.00	33.58	0.16	22,406	0.005	1.1	1	0	310.0
2002	94.85	34.62	0.16	22,521	0.005	1.1	1	0	321.3
2003	96.13	35.09	0.16	22,605	0.005	1.1	1	0	326.8
2004	91.94	33.56	0.16	22,689	0.005	1.1	1	0	313.8
2005	91.57	33.42	0.16	22,770	0.005	1.1	1	0	313.6
2006	90.08	32.88	0.16	22,877	0.005	1.1	1	0	310.0
2007	82.64	30.16	0.16	22,958	0.005	1.1	1	0	285.4
2008	76.34	27.86	0.16	23,037	0.005	1.1	1	0	264.5
2009	77.63	28.33	0.16	23,120	0.005	1.1	1	0	270.0
2010	78.32	28.59	0.16	23,162	0.005	1.1	1	0	272.8
2011	80.59	29.42	0.16	23,225	0.005	1.1	1	0	281.5
2012	80.48	29.37	0.16	23,316	0.005	1.1	1	0	282.2
2013	78.78	28.75	0.16	23,374	0.005	1.1	1	0	277.0
2014	80.70	29.46	0.16	23,434	0.005	1.1	1	0	284.4
2015	84.82	30.96	0.16	23,492	0.005	1.1	1	0	299.7
2016	83.40	30.44	0.16	23,540	0.005	1.1	1	0	295.3
2017	85.55	31.23	0.16	23,571	0.005	1.1	1	0	303.3
2018	87.88	32.07	0.16	23,589	0.005	1.1	1	0	311.8
2019	86.83	31.69	0.16	23,603	0.005	1.1	1	0	308.3
2020	89.89	32.81	0.16	23,561	0.005	1.1	1	0	318.6
2021	89.64	32.72	0.16	23,375	0.005	1.1	1	0	315.2

### (5) 完整性

#### A. 生活污水未納管處理之甲烷排放量計算

內政部統計年報僅登載 2000 年至 2021 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 2021 年國內人口數，已登載於內政部統計年報。

#### 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 2021 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行政院農業委員會糧食平衡表 1990 年至 2021 年每人每日蛋白質供給量，及內政部統計年報登載 1990 年至 2021 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 清冊指南提供生活污水排放係數和活動資料不確定性預設值，如表 7.5.9 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 7.5.10 所示，所計算出之活動強度、排放係數、排放量不確定性分別為 7.07%、42.72% 和 43.30%。

由於 IPCC 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 7.5.11 所示，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，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%。

再以不確定相加規則公式，以上述未納管處理 (43.30%)、納管處理之污水處理廠 (22.36%) 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 40.18%，如表 7.5.12。



表 7.5.9 生活污水相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
<b>排放係數</b>	
最大甲烷生成量 (Bo)	±30%
甲烷修正係數 (MCF)	±50%：未處理系統和廁所 ±30%：化糞池、管理不完善的處理廠 ±10%：集中管理完善的處理廠
<b>活動資料</b>	
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 (Ti,j) 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 Ti,j
下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I)	0%：未收集 ±20%：共同收集

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6-29, Table 6.7。

表 7.5.10 2021 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
P：人口數	5	採國家人口統計資料，依 IPCC 預設不確定性 5%。
BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)	5	BOD 採 IPCC 預設值 40 g/p/d，預設不確定性 30%。經專家會議，確認 IPCC BOD 建議值，接近國內及日本實際數據不確定性，以 5% 計。
Bo：最大甲烷產生量	30	Bo 採用 IPCC 預設值 0.6 計算，不確定性以 IPCC 預設值 30% 計算。
MCF <sub>1</sub> ：甲烷修正係數	30	MCF 值以 IPCC 化糞池 0.5 計算，不確定性以 IPCC 預設值 30% 計算。
污水處理率 [%]	5	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。
R：污泥去除量	0	未考慮以 0% 計算。
<b>活動強度不確定性計算結果</b>	<b>7.07</b>	
<b>排放係數不確定性計算結果</b>	<b>42.72</b>	
<b>排放量不確定性計算結果</b>	<b>43.30</b>	

表 7.5.11 2021 年生活污水納管處理甲烷排放不確定性 ( 污水處理廠 )

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
Ai：全國公共污水處理廠污水處理量 [m <sup>3</sup> ]	10	採內政部營建署統計資料，設定 10%。
EF：排放係數 [CH <sub>4</sub> kg/m <sup>3</sup> ]	20	引用國內研究報告成果及他國清冊採用值，設定 20%。
<b>活動強度不確定性計算結果</b>	<b>10.00</b>	
<b>排放係數不確定性計算結果</b>	<b>20.00</b>	
<b>排放量不確定性計算結果</b>	<b>22.36</b>	

表 7.5.12 2021 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 - 污水處理廠
活動強度不確定性計算結果 [%]	7.07	10.00
排放係數不確定性計算結果 [%]	42.72	20.00
排放量不確定性計算結果 [%]	43.30	22.36
甲烷排放量 [ 千公噸 ]	15.57	1.22
生活污水總不確定性 [%]	40.18	

有關生活污水氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.13，依各項活動資料與排放係數不確定性結果，分別計算活動強度、排放係數、排放量之不確定性，依次為 11.18%、28.72% 和 30.82%。

## (2) 時間序列的一致性

生活污水未納管甲烷 ( 全國人口 ) 排放資料來源為依據內政部登載資料，均已包含 1990 年至 2021 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登載 1990 年至 2021 年國內人口數，及 1990 年至 2021 年行政院農業委員會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。

表 7.5.13 2021 年生活污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
P：國內人口數	5	採國家人口統計資料，依 IPCC 預設不確定性 5%。
Protein：每人每年蛋白質攝取量 [kg/person/yr]	10	依據農委會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。
Frac <sub>NPR</sub> ：蛋白質中氮的比例 [kg N/kg protein]	20	參考掩埋場可降解有機碳之不確定性。
F <sub>NON-CON</sub> ：污水中之非消耗蛋白質係數	5	採 IPCC 預設係數 (發展中國家 1.1)。參考掩埋場引用沼氣中甲烷比例 (F) 預設值，不確定性 5% 計。
EF <sub>0</sub> ：排放係數 [kg N <sub>2</sub> O-N/kg sewage N produced]	20	採 IPCC 預設係數 (0.005)，參考掩埋場引用 IPCC DOC 預設值，不確定性以 20% 計算。
<b>活動強度不確定性計算結果</b>	<b>11.18</b>	
<b>排放係數不確定性計算結果</b>	<b>28.72</b>	
<b>排放量不確定性計算結果</b>	<b>30.82</b>	

#### 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 計算指南與建議排放係數，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，業已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家諮詢會議，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專家諮詢會議進行確認，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 13g BOD/persons/day 與排放至開放水體 27g BOD/persons/day 精進排放量之計算。另參考 IPCC 2000 GPG

中「方法 1 一般清冊品質控制程序」(表 7.5.14)，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

依行政院農業委員會 2021 年公布之歷年每人每日蛋白質攝取量，修正 2006 年及 2020 年每人每日蛋白質攝取量，2006 年由原 80.66 克修正為 90.08 克，重新計算後氧化亞氮排放量由 277.5 修正為 310.0 千公噸二氧化碳當量，差異 11.7%。2020 年每人每日蛋白質攝取量由原 91.03 克修正為 89.89 克，重新計算後氧化亞氮排放量由 322.6 修正為 318.6 千公噸二氧化碳當量，差異 1.2%。

另，考量清冊數據之一致性，更新歷年每人每日蛋白質攝取量小數點至第十位，排放量變動前後小於 0.01%。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

針對生活污水處理甲烷排放，將依據 2006 IPCC 指南之 2019 年精進版 (2019 年精進版) 新增污水處理廠放流水

表 7.5.14 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、農業委員會糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量) 和排放係數 (IPCC 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「內政部登載資料」及「農業委員會糧食平衡表」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 · 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 · 目前版本相關參數引用 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 · 依據糧食平衡表修正 2006 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，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：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap 8, Table 8.1。

排放量及更新污泥移除量(S)數據。另，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。

生活污水氧化亞氮排放依據 2021 年 9 月 23 日專家諮詢會結論，將區分成妥善及未妥善處理來計算，並依據 2019 年版 IPCC 清冊精進指南新增污水處理廠放流水排放量及更新相關參數。

## 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 2006 IPCC 清冊計算指南，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下：

- A. 紙漿和紙張製造
- B. 肉類和家禽加工
- C. 醇，啤酒，澱粉生產
- D. 有機化工原料的生產
- E. 其他食品和飲料加工（乳製品，植物油，水果和蔬菜，罐頭，果汁製作等）

有鑑於事業廢水經厭氧處理即會產生甲烷排放，除納入 2006 IPCC 指南建議之業別，並依據行政院環境保護署水質保護處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 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。

#### (2) 事業廢水氧化亞氮排放

我國已管制事業放流水含氮污染物之相關事業，有鑑於部分事業廢水含氮濃度較高，廢水硝化、脫硝處理過程亦會產生氧化亞氮排放，2013 年以後統計範疇增列，並納入各

行業（發電業除外）之事業廢水處理廠氧化亞氮排放，以提升廢棄物部門排放量之完整性。

## 2. 方法論議題

### (1) 計算方法

#### A. 事業廢水處理產生甲烷排放

IPCC 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。

#### B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

2006 IPCC 指南未指出此來源的計算方法。目前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中總氮含量，再乘上日本氧化亞氮排放係數得排放量，如公式 7.5.2.2 所示。

公式 7.5.2.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = (TOW_i - S) \times (Bo \times MCF) - R$$

TOW<sub>i</sub>：每年事業廢水之 COD 總量 [kg COD/yr]

i：各類事業

S：污泥移除量 [kg COD/yr]

Bo：最大甲烷產生量 (maximum CH<sub>4</sub> producing capacity) [kg CH<sub>4</sub>/kg BOD]

MCF：甲烷修正係數 (methane correction factor)，Bo × MCF = EF (排放係數)

R：甲烷回收量 [kg CH<sub>4</sub>/yr]，預設值為 0

公式 7.5.2.2：

$$\text{氧化亞氮排放量 (t N}_2\text{O/yr)} = A_i \times TN \times EF \times 10^{-6}$$

A<sub>i</sub>：各類事業廢水廠處理水量 (m<sup>3</sup>/yr)

TN：各類事業處理水中總氮濃度 (mg/L)

EF：廢水處理廠處理每公斤氮之氧化亞氮排放係數 (kg N<sub>2</sub>O/kg N)

### (2) 排放係數

#### A. 事業廢水處理產生甲烷排放

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 18 行業別廢水資料再區分為好氧與厭氧，並依據 IPCC 預設值，分別選用好氧處理系統之 MCF=0.3 與厭氧處理系統之 MCF=0.8 計算，如表 7.5.15，另最大甲烷產生量 (Bo) 以 IPCC 公布預設值 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD 計算。

表 7.5.15 事業廢水甲烷排放 MCF 預設值

處理和排放途徑或系統類型	備註	MCF	範圍
<b>未處理</b>			
海洋、河流和湖泊排放	有機物含量高的河流可能變成厭氧的，但不在此處考慮。	0.1	0 – 0.2
<b>已處理</b>			
好氧處理廠	必須管理完善。一些甲烷會從沉澱池和細菌囊胞排放出來。	0	0 – 0.1
好氧處理廠	管理不完善或超載者。	0.3	0.2 – 0.4
污泥的厭氧淨化槽	此處不考慮甲烷回收。	0.8	0.8 – 1.0
厭氧反應器（如 UASB，固定膜反應器）	此處不考慮甲烷回收。	0.8	0.8 – 1.0
淺厭氧塘	深度不足 2 米，採用專家判斷。	0.2	0 – 0.3
深厭氧塘	深度超過 2 米。	0.8	0.8 – 1.0

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.6–21, Table 6.8。



依 IPCC 指南公式 7.5.2.1 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 7.5.16。

**B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放**

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<sub>2</sub>O/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 7.5.2.2 計算，事業廢水氧化亞氮排放的相關參數，如表 7.5.17 所示。

**(3) 活動數據**

**A. 事業廢水處理產生甲烷排放**

依據 IPCC 計算式，由各業別之廢水產生量，再依據水質 COD 濃度計算各業別 COD 處理量。有關事業廢水甲烷排放活動數據，係直接引用行政院環境保護署水質保護處「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 IPCC 規定富含有機廢水之業別，我國共 18 個行業別

(b) 依據水量、進(放)流 COD 值計算處理 COD 量

由於該資料庫係由 2000 年起建置，針對 2000 年前之 COD 移除量以每年全國列管家數比例推估，其中列管家數，係參閱中華民國環境保護統計年報 2003 年至 2021 年資料，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，相關活動數據如表 7.5.18 所示。

(c) 依據是否具有厭氧(或兼氧)處理設施，區分為厭氧處理及好氧處理類別，並採保守性原則，將 COD 移除量分為 70% 好氧與 30% 厭氧分別計算 COD 移除量。

表 7.5.16 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表

參數	IPCC 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
污水量 (P <sub>i</sub> ×W <sub>i</sub> )	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「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。
COD(事業部門可分解有機物)	國內資料自行確定		
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。	IPCC 預設值
最大甲烷生成量 (Bo)	0.25 kg CH <sub>4</sub> /kg COD	採用 IPCC 預設值 0.25 kg CH <sub>4</sub> /kg COD。	IPCC 預設值
甲烷修正係數 (MCF)	提供各種處理系統預設值	好氧：採用 IPCC 好氧系統 MCF 值 0.3 計算。 厭氧：採用 IPCC 厭氧系統 MCF 值 0.8 計算。	IPCC 預設值
甲烷移除量 (R)	預設值 0	採用 IPCC 預設值 0。	IPCC 預設值

表 7.5.17 事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表

參數	IPCC 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
各類事業廢水廠處理水量 (A <sub>i</sub> )	國內資料自行確定	列管事業廢水資料庫申報資料	行政院環境保護署水質保護處所提供之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別
各類事業處理水中總氮濃度 (TN)	國內資料自行確定	列管事業廢水資料庫申報資料	行政院環境保護署水質保護處所提供之事業廢水申報資料中有申報總氮資料之業別
排放係數	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 <sub>2</sub> O/kg N	他國清冊採用值

表 7.5.18 1990 年至 2021 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量

年份	列管家數	TOW <sub>i</sub> ：事業廢水中遭去除之有機物 (公噸 COD) (P <sub>i</sub> ×W <sub>i</sub> ×COD <sub>i</sub> )	S <sub>i</sub> ：移除轉變為污泥之可分解有機物 (公噸)	Bo：最大甲烷產生量 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	MCF <sub>j</sub> ：甲烷轉換係數		R：甲烷移除量 (公噸/年)	甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量)
					好氧	厭氧		
1990	10,394	146,137	0	0.25	0.3	0.8	0	411.0
1991	14,188	172,731	0	0.25	0.3	0.8	0	485.8
1992	15,339	179,288	0	0.25	0.3	0.8	0	504.2
1993	14,154	172,410	0	0.25	0.3	0.8	0	484.9
1994	14,699	175,703	0	0.25	0.3	0.8	0	494.2
1995	15,650	181,016	0	0.25	0.3	0.8	0	509.1
1996	17,853	192,184	0	0.25	0.3	0.8	0	540.5
1997	16,901	187,536	0	0.25	0.3	0.8	0	527.4
1998	15,421	179,724	0	0.25	0.3	0.8	0	505.5
1999	14,330	173,525	0	0.25	0.3	0.8	0	488.0
2000	14,908	166,989	0	0.25	0.3	0.8	0	469.7
2001	13,217	167,292	0	0.25	0.3	0.8	0	470.5
2002	14,279	168,818	0	0.25	0.3	0.8	0	474.8
2003	14,860	185,792	0	0.25	0.3	0.8	0	522.5
2004	15,754	175,933	0	0.25	0.3	0.8	0	494.8

續下表

續上表

年份	列管家數	TOW <sub>i</sub> : 事業廢水中遭去除之有機物 (公噸 COD) (P <sub>i</sub> ×W <sub>i</sub> ×COD <sub>i</sub> )	S <sub>i</sub> : 移除轉變為污泥之可分解有機物 (公噸)	Bo: 最大甲烷產生量 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	MCF <sub>j</sub> : 甲烷轉換係數		R: 甲烷移除量 (公噸/年)	甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量)
					好氧	厭氧		
2005	16,130	187,012	0	0.25	0.3	0.8	0	526.0
2006	16,624	187,236	0	0.25	0.3	0.8	0	526.6
2007	17,739	209,534	0	0.25	0.3	0.8	0	589.3
2008	18,694	202,160	0	0.25	0.3	0.8	0	568.6
2009	18,837	204,440	0	0.25	0.3	0.8	0	575.0
2010	19,315	195,863	0	0.25	0.3	0.8	0	550.9
2011	20,259	200,871	0	0.25	0.3	0.8	0	564.9
2012	20,570	215,663	0	0.25	0.3	0.8	0	606.6
2013	20,693	205,379	0	0.25	0.3	0.8	0	577.6
2014	20,521	229,061	0	0.25	0.3	0.8	0	644.2
2015	20,968	239,799	0	0.25	0.3	0.8	0	674.4
2016	21,338	273,243	0	0.25	0.3	0.8	0	768.5
2017	21,899	292,011	0	0.25	0.3	0.8	0	821.3
2018	24,941	334,172	0	0.25	0.3	0.8	0	939.9
2019	27,100	334,525	0	0.25	0.3	0.8	0	940.9
2020	29,281	302,602	0	0.25	0.3	0.8	0	851.1
2021	31,950	290,899	0	0.25	0.3	0.8	0	818.2

**B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放**

依據歷年行政院環境保護署水質保護處「水污染源管制資料管理系統」申報資料，篩選有申報總氮資料之業別，再依各類事業廢水廠處理水量與總氮濃度，加總計算全國事業廢水的總氮排放量。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 7.5.19 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計算結果，如表 7.5.18 所示。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。2021 年甲烷排放量為 818.2 千公噸二氧化碳當量，為 1990 年排放量的 1.99 倍，與 2020 年相比，排放量則下降 3.9%(2020 年排放量為 851.1 千公噸二氧化碳當量)。

**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計算結果如表 7.5.19 所示。排放量隨各行業申報的處理水量、氨氮及硝酸鹽氮濃度而變化。2021 年排放量相較 2013 年增加 6.4 千公噸二氧化碳當量，推測可能與 2017 年底增訂氨氮和總氮管制規定，事業廢水含氨氮與硝酸鹽氮之申報家數增加有關，2021 年之申報家數為 1938 家。

2021 年排放量為 23.3 千公噸二氧化碳當量，相較 2020 年減少 7.1 千公噸二氧化碳當量，相當於減少 23.4%，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。

**(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 2021 年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。

表 7.5.19 2013 年至 2021 年事業廢水氧化亞氮活動數據及排放量

年份	家數 *	總氮處理排放量 (公噸/年)	排放係數 (kg N <sub>2</sub> O/kg N)	氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳當量)
2013	273	13,204.3	0.0043	16.9
2014	346	15,882.2	0.0043	20.4
2015	387	14,309.2	0.0043	18.3
2016	388	8,280.3	0.0043	10.6
2017	478	38,113.9	0.0043	48.8
2018	575	22,149.9	0.0043	28.4
2019	1,833	38,836.6	0.0043	49.8
2020	1,902	23,748.4	0.0043	30.4
2021	1,938	18,200.2	0.0043	23.3

\* 申報水質含氨氮與硝酸鹽氮之家數。



行政院環境保護署水質保護處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

行政院環境保護署水質保護處所提供之事業廢水申報資料，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。IPCC 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 7.5.20

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 7.5.21 為事業廢水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%。

由於 2006 IPCC 並未針對事業廢水處理氧化亞氮排放有預設之不確定性，此範疇的不確定性判定原則係統一參考掩埋場之不確定性計算。

事業廢水處理氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.5.22，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 7.5.20 IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定性範圍

參數	不確定性範圍
<b>排放係數</b>	
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
<b>活動資料</b>	
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。
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。
化學需氧量 (COD)	• 產品參數 (W×COD) 不確定性較小。 • -50 %、100% 等數值被假設，由於不確定性可以直接歸於公斤 COD/ 公噸產品。

資料來源：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap5, Table 5.5。

表 7.5.21 2021 年廢棄物部門事業廢水甲烷排放之不確定性

活動資料和排放係數	不確定性 (%)	說明
Wi：廢水處理量 [m <sup>3</sup> ]	10	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%。
CODi：化學需氧量 [kg COD/m <sup>3</sup> ]	10	為進出流廢水定期檢測數據，計算 COD 去除量，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 <sub>4</sub> /kg COD)	30	Bo 採 IPCC 預設係數值 (0.25)，不確定性引用 IPCC 預設值 30% 計算。
MCFj：甲烷修正係數	20	參考 IPCC 預設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 <sub>4</sub> /yr]	N/A	未納入計算。
<b>活動強度不確定性計算結果</b>	<b>14.14</b>	
<b>排放係數不確定性計算結果</b>	<b>36.06</b>	
<b>排放量不確定性計算結果</b>	<b>38.73</b>	

表 7.5.22 2021 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
Ai：各類事業廢水廠處理水量 [m <sup>3</sup> ]	10	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。
TN：各類事業處理水中總氮濃度 [mg/L]	10	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：排放係數 [kg N <sub>2</sub> O/kg N]	20	引用他國清冊採用值，設定 20%。
<b>活動強度不確定性計算結果</b>	<b>14.14</b>	
<b>排放係數不確定性計算結果</b>	<b>20.00</b>	
<b>排放量不確定性計算結果</b>	<b>24.49</b>	

(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

利用國家行政院環境保護署水質保護處所提供之事業廢水定檢申報活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，參考 IPCC 2000 GPG，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 2006 IPCC 指南之 2019 年精進版 (2019 年精進版) 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 IPCC 2000 GPG 中「方法 1 一般清冊品質控制程序」(表 7.5.23)，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

本年度無特定排放源之重新計算。

6. 特定排放源的改善計畫

因應 IPCC 2019 年精進版及 2021 年 9 月 23 日專家諮詢會結論，後續將調整事業廢水甲烷及氧化亞氮排放計算之行業別範疇，並新增廠外放流水排放量計算及更新相關排放係數。

另，依據 2023 年 5 月 16 日針對事業廢水甲烷排放計算精進所召開之專家諮詢會結論，後續將納入工業區廢水處理排放，並依據歷年處理設施情形更新厭氧比例。

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，後續將調查我國廢水處理廠沼氣回收情形，以掌握減量潛力。

表 7.5.23 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) 和排放係數 (IPCC 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「中華民國環境保護統計年報」及行政院環境保護署水質保護處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 • 目前版本相關參數引用 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 • 本年度無特定排放源之重新計算

資料來源：2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Chap 8, Table 8.1。



### 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. 行政院內政部，「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. 行政院內政部，「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. 行政院農業委員會，「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 2002，「中華民國環境保護統計年報中華民國 91 年」，2002 年 08 月。
9. 行政院環境保護署 2003，「中華民國環境保護統計年報中華民國 92 年」，2003 年 08 月。
10. 行政院環境保護署 2004，「中華民國環境保護統計年報中華民國 93 年」，2004 年 08 月。
11. 行政院環境保護署 2005，「中華民國環境保護統計年報中華民國 94 年」，2005 年 08 月。
12. 行政院環境保護署 2006，「中華民國環境保護統計年報中華民國 95 年」，2006 年 08 月。
13. 行政院環境保護署 2007，「中華民國環境保護統計年報中華民國 96 年」，2007 年 08 月。
14. 行政院環境保護署 2008，「中華民國環境保護統計年報中華民國 97 年」，2008 年 08 月。
15. 行政院環境保護署 2009，「中華民國環境保護統計年報中華民國 98 年」，2009 年 08 月。
16. 行政院環境保護署 2009，「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 2010，「中華民國環境保護統計年報中華民國 99 年」，2010 年 08 月。
18. 行政院環境保護署 2011，「中華民國環境保護統計年報中華民國 100 年」，2011 年 08 月。
19. 行政院環境保護署 2012，「中華民國環境保護統計年報中華民國 101 年」，2012 年 08 月。
20. 行政院環境保護署 2013，「中華民國環境保護統計年報中華民國 102 年」，2013 年 08 月。
21. 行政院環境保護署 2014，「中華民國環境保護統計年報中華民國 103 年」，2014 年 08 月。
22. 行政院環境保護署 2015，「中華民國環境保護統計年報中華民國 104 年」，2015 年 08 月。
23. 行政院環境保護署 2016，「中華民國環境保護統計年報中華民國 105 年」，2016 年 08 月。
24. 行政院環境保護署 2017，「中華民國環境保護統計年報中華民國 106 年」，2017 年 08 月。
25. 行政院環境保護署 2018，「中華民國環境保護統計年報中華民國 107 年」，2018 年 08 月。
26. 行政院環境保護署 2019，「中華民國環境保護統計年報中華民國 108 年」，2019 年 11 月。
27. 行政院環境保護署 2020，「中華民國環境保護統計年報中華民國 109 年」，2020 年 09 月。
28. 行政院環境保護署 2021，「中華民國環境保護統計年報中華民國 110 年」，2021 年 08 月。
29. 行政院環境保護署 2022，「中華民國環境保護統計年報中華民國 111 年」，2022 年 11 月。
30. 行政院環境保護署，「2021 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，「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

後京都德班協議後，規範附件一締約方需提交「國家清冊報告」(National Inventory Report)、「二年期報告」(Biennial Report)、「國家通訊」(National Communication)，非附件一國家需提交「二年期更新報告」(Biennial Update Report)及「國家通訊」，以符合可量測、可報告及可查驗(Measurable, Reportable, Verifiable, MRV)程序，這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體清冊之內容。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，並隨著聯合國氣候變化政府間專家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 2021 年能源、工業製程及產品使用部門、農業部門、土地利用及林業、廢棄物等各部門排放清冊統計。

我國依循聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)對國家溫室氣體清冊的要求，依據政府間專家委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, 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 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，提送環保署後召開國家溫室氣體清冊研商會議，並邀集各部門確立溫室氣體清冊數據、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 年國家溫室氣體清冊報告。2015 年，亦配合聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, 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，將陸續配合 UNFCCC 規範及相關指南，滾動式修正及擴充該平台之功能。明(2024)年，將依據 2022 年 UNFCCC COP 27 決議，於 2024 年 12 月 31 日前更新採用 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。表 8.1.1 為各部門之改善計畫。

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 (2023 年-2024 年)	中長期改善計畫
1. 能源部門 (第三章)	1.A 燃料燃燒活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>能源熱值檢討：執行能源產品熱值調查作業，蒐集彙整各類能源熱值數據，評估檢討現行能源產品熱值調整必要性。</li> <li>能配合 COP27 決議事項，於 2024 年國家溫室氣體排放清冊使用 AR5 GWP 進行排放量更新。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>考量目前國際針對非煉油廠產生製程廢氣尚無確立之統計方法，現行暫將其歸屬煉油氣範疇，為利資料正確歸類，除持續掌握國際做法，並透過諮詢 IEA，以規劃合宜統計方式。</li> <li>有關熱能統計，現已紀錄於能源平衡表「公用與自用汽電共生廠」，惟未來擬依據 IPCC 清冊指南統計範疇，並配合能源統計改版作業規劃，將熱能統計獨立列示於熱能工廠，以明確區分電力與熱能使用統計。</li> </ul>
	1.B 燃料逸散活動	<ul style="list-style-type: none"> <li>配合 COP27 決議事項，於 2024 年國家溫室氣體排放清冊使用 AR5 GWP 進行排放量更新。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無改善計畫。</li> </ul>
	1.C 碳捕存與利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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行性。</li> </ul>
2. 工業部門 (第四章)	2.A 礦業 (非金屬工業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>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保署係數，改採用業者經第三方認證的水泥熟料之排放係數。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>無改善計畫。</li> </ul>
	2.B 化學工業	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.B.8.b 乙烯：已於 2023 年針對石化及碳黑生產中的乙烯生產之製程排放進行方法學精進討論並召開專家諮詢會議，決議仍暫時維持方法 1 計算。後續將依專家建議以維持方法一並朝係數精進進行規劃及討論。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>持續評估精進化學工業中統計方法目前仍為方法學 1 的生產項目精進數據品質之可行性。</li> </ul>

續下表

部門	次部門	短期改善計畫 (2023年-2024年)	中長期改善計畫
2. 工業部門 (第四章)	2.C 金屬工業	·無改善計畫。	·2.C.4 鎂生產：原由環保署計畫提供調查數據，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，改由工業局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。
	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	·無改善計畫。	·2.G.2 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物：原由環保署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保署溫室氣體盤查登錄平台民營電廠盤查清冊，並分別由工業局及環保署統計後匯算。
	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 (T2)。 ·更新畜禽腸胃道發酵排放係數 (T3)。	·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，惟多屬 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 (T2)，精準掌握排放數據。	·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，提出 T3 之排放量推估模式，精準掌握溫室氣體排放數據。
	3.D 農業土壤	·本會針對 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，提高農地氧化亞氮排放估算之準確性。	·持續累積多處試驗資料，配合研究成果，滾動檢討活動數據呈現模式，精準掌握溫室氣體排放數據。
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	·依據 2019 年版之 IPCC 清冊精進指南內容，更新掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOC <sub>f</sub> ) 係數。	·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 無管理之廢棄物掩埋場	·依據 2019 年版之 IPCC 清冊精進指南內容，更新掩埋垃圾組成之有機物可被分解比例 (DOC <sub>f</sub> ) 係數。	·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。	·無改善計畫。
	5.C 廢棄物焚化	·中小型焚化廠廢棄物來源包含有害、生物醫療、一般及一般事業廢棄物，惟目前仍採用一般垃圾組成比例計算排放量，後續將依有害、生物醫療、一般與一般事業廢棄物等廢棄物種類占比，分別計算排放量後加總。 ·一般事業廢棄物組成將引用「事業廢棄物申報及管理資訊系統」數據，將之組成比例細分，以精進焚化排放量計算。	·無改善計畫。
	5.D.1 生活污水處理與放流	·針對生活污水處理甲烷排放，將依據 2019 年版 IPCC 清冊精進指南新增污水處理廠放流水排放量及更新污泥移除量 (S) 數據。 ·生活污水處理氧化亞氮排放則將區分成妥善及未妥善處理來計算，並依據 2019 年版 IPCC 清冊精進指南新增污水處理廠放流水排放量及更新相關參數。	·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	·因應 2019 年版 IPCC 清冊精進指南及 2021 年 9 月 23 日專家諮詢會結論，後續將調整事業廢水甲烷及氧化亞氮排放計算之行業別範疇，並新增廠外放流水排放量計算及更新相關排放係數。 ·依據 2023 年 5 月 16 日針對事業廢水甲烷排放計算精進所召開之專家諮詢會會議結論，後續將納入工業區廢水處理排放及依據歷年處理設施情形更新厭氧比例。	·調查廢水處理廠沼氣回收情形，以掌握減量潛力。



## 名詞、縮寫與單位索引

英文縮寫	英文名詞	中文名詞
AD	Activity data	活動數據
BAU	Business as usual	一往如常(基線排放量)
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide	二氧化碳
CO <sub>2e</sub>	Carbon dioxide equivalent	二氧化碳當量
CH <sub>4</sub>	Methane	甲烷
CRF	Common reporting format	共同報告格式
EF	Emission factor	排放係數
Gg	Gigagram;(1 gigagram = 10 <sup>9</sup> 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
HFC	Hydrofluorocarbon	氫氟碳化物
IE	included elsewhere	列於其他處
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專門委員會
IPPU	Industrial Processes and Product Use	工業製程及產品使用
KP	Kyoto Protocol	京都議定書
LUCF	Land use change and forestry	土地利用變化及林業
LULUCF	Land use, land-use change and forestry	土地利用、土地利用變化及林業
Mt	Megatonne; 10 <sup>6</sup> tonne	百萬公噸
NA	Not applicable	不適用
NCV	Net calorific value	淨熱值
NE	Not estimated	未估計
NIR	National Inventory Report	國家清冊報告
NO	Not occurring	未發生
N <sub>2</sub> O	Nitrous oxide	氧化亞氮
PFC	Perfluorocarbon	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 <sub>6</sub>	Sulfur hexafluoride	六氟化硫
t	Tonne	公噸
TJ	Terajoule; 10 <sup>12</sup> 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 Change	聯合國氣候變化綱要公約

附件一、

IPCC 第四次評估報告溫暖化潛勢值

	GHGs 種類	生命週期 ( 年 )	GWP(20 年平均)	GWP( 百年平均 )	GWP( 五百年平均 )
	CO <sub>2</sub>	>500(Bern model, 與大氣中 CO <sub>2</sub> 濃度相關)	1	1	1
	CH <sub>4</sub>	12	72	25	7.6
	N <sub>2</sub> O	114	289	298	153
	SF <sub>6</sub>	3200	16300	22800	32600
	HFCs				
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	270	12000	14800	12200
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	4.9	2330	675	205
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	29	6350	3500	1100
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	14	3830	1430	435
HFC-143a	CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	52	5890	4470	1590
HFC-152a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	1.4	437	124	38
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	34.2	5310	3220	1040
HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	240	8100	9810	1040
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	7.6	3380	1030	314
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	8.6	2520	794	241
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CHFCHFCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	15.9	4140	1640	500
	PFCs				
Nitrogen trifluoride	NF <sub>3</sub>	740	12300	17200	20700
PFC-14	CF <sub>4</sub>	50000	5210	7390	11200
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10000	8630	12200	18200
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	2600	6310	8830	12500
PFC-318	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	3200	7310	10300	14700
PFC-3-1-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	2600	6330	8860	12500
PFC-4-1-12	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	4100	6510	9160	13300
PFC-5-1-14	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	3200	6600	9300	13300
PFC-5-1-18	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	>1000	>5500	>7500	>9500
trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	800	13200	17700	21200

- 說明：
1. 現行 UNFCCC 規範，使用 IPCC AR4 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 AR4，如下網址：[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html)
  3. UNFCCC 規範，請參閱第 Decision 24/CP.19 決議文：「Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention」。
- 網址：<http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf#page=2>，第 24 頁。

附件二、

2020 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)

110年(2021)

單位：公噸油當量(10<sup>7</sup>千卡(tonne of oil equivalent:10<sup>7</sup>kilocalorie)

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	9 焦炭 Oven Coke	10 煤球 Patent Fuel	11 焦爐氣 Coke Oven Gas	12 高爐氣 Blast Furnace Gas	轉爐氣 Oxygen Steel Furnace Gas
1 自產													
2 + 進口	39,930,955	5,003,059	29,202,511	178,429	5,407,206			139,750					
3 - 出口	32,637			756				31,881					
4 - 國際海運													
5 - 國際航空													
6 - 存貨變動	693,311	86,519	740,421	-10,554	-51,842			-71,233					
7 = 初級能源總供給	39,205,007	4,916,540	28,462,091	188,227	5,459,048			179,102					
8 - 產品間轉換(轉出)													
9 - 統計差異	662,433	332,247	-257,692	4,141	542,890			40,847			-0	0	
10 - 轉變投入	39,503,971	4,584,293	25,307,355		4,893,614			3,752,672			300,428	545,840	119,769
11 煉焦工場/煤製品業	5,813,867	4,584,293	1,229,574										
12 高爐工場	5,088,875		1,336,203					3,752,672					
13 煉油廠													
14 石化工廠													
15 公用發電廠	19,468,269		14,619,076		4,849,193								
16 自用發電廠	359,454		359,454										
17 公用汽電共生廠	420,729		420,729										
18 自用汽電共生廠	8,352,777		7,342,320		44,421						300,428	545,840	119,769
19 + 轉變產出合計	7,772,923							4,401,599			1,295,095	1,797,911	278,319
20 轉變產出	7,772,923							4,401,599			1,295,095	1,797,911	278,319
21 產品間轉換(轉入)													
22 - 能源部門自用	1,179,653										200,215	903,468	75,971
23 煤礦業													
24 煉焦工場/煤製品業	581,416												
25 高爐工場	598,237										170,352	335,093	75,971
26 油氣礦業											29,863	568,375	
27 煉油廠													
28 發電廠													
29 抽水用電													
30 汽電共生廠													
31 氣體燃料供應業													
32 - 損耗	103,055							87,611			6	12,678	2,760
33 = 最終消費	5,528,819		3,412,428	184,086	22,544			699,570			794,447	335,925	79,819
34 能源消費	5,308,863		3,412,428	138,059	22,544			525,642			794,447	335,925	79,819
35 工業部門	5,308,863		3,412,428	138,059	22,544			525,642			794,447	335,925	79,819
36 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)													
37 食品飲料及菸草業	24,905		24,905										
38 紡織成衣及服飾業	218,255		218,255										
39 皮革及毛皮業													
40 木竹及家具業													
41 紙漿、紙及紙製品業	505,412		505,412										
42 印刷業													
43 化學材料製造業	1,625,978		1,625,700										
44 基本化學材料製造業	1,321,641		1,321,641								278		
45 (基本化學工業)	30,837		30,837										
46 (石油化工原料製造業)	1,290,804		1,290,804										
47 (肥料製造業)													
48 人造纖維製造業	234,584		234,584										
49 樹脂塑膠及橡膠製造業	69,475		69,475										
50 其他化學材料製造業	278										278		
51 化學製品製造業	12,615		12,615										
52 橡膠製品製造業	361		361										
53 塑膠製品製造業	10,983		10,983										
54 非金屬礦物製品製造業	1,001,138		1,001,138										
55 水泥及水泥製品業	975,359		975,359										
56 其他	25,780		25,780										
57 (陶瓷製品製造業)													
58 (玻璃及玻璃製品製造業)													
59 金屬基本工業	1,896,157			138,059	22,544			525,642			794,169	335,925	79,819
60 鋼鐵基本工業	1,896,157			138,059	22,544			525,642			794,169	335,925	79,819
61 非鐵金屬基本工業													
62 (鋁業)													
63 金屬製品製造業													
64 機械設備製造業													
65 電腦通信及視聽電子產品製造業	13,059		13,059										
66 (電子零件製造業)													
67 運輸工具製造業													
68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業													
69 其他工業製品製造工業													
70 用水供應及污染整治業													
71 營造業													
72 其他													
73 運輸部門													
74 國內航空													
75 公路													
76 鐵路													
77 管線運輸													
78 國內水運													
79 其他													
80 農業部門													
81 農牧及林業													
82 漁業													
83 服務業部門													
84 批發及零售業													
85 住宿及餐飲業													
86 運輸服務業													
87 倉儲業													
88 通信業													
89 金融保險及不動產業													
90 工商服務業													
91 社會服務及個人服務業													
92 公共行政業													
93 其他													
94 住宅部門													
95 非能源消費	219,956			46,027				173,929					
96 工業、轉變及能源部門	219,956			46,027				173,929					
97 (石化原料用)													
98 運輸部門													
99 其他													
電能與熱能產出													
1 發電量(千度)	128,846,302		100,720,537		23,630,085						1,392,825	2,539,788	563,066
2 公用發電廠	93,736,926		70,331,972		23,404,954								
3 自用發電廠	2,136,553		2,136,553										
4 公用汽電共生廠	1,450,270		1,450,270										
5 自用汽電共生廠	31,522,552		26,801,742		225,131						1,392,825	2,539,788	563,066
6 熱能(公噸)	28,036,250		26,503,704		139,211						409,947	792,757	190,631
7 汽電共生廠	28,036,250		26,503,704		139,211						409,947	792,757	190,631





28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Diesel Oil	Fuel Oil	White Spirits	Lubricants	Asphalts	Solvents	Paraffin Waxes	Petroleum Coke	Other Petroleum Products	Natural Gas	(自產)天然氣 (Indigenous) Natural Gas	(進口)液化天然氣 (Imported) LNG	生質能及廢棄物 Biomass and Waste C41 + C45	Biomass	固態生質能 Solid Biomass	液態生質能 Liquid Biomass
									C38 ~ C39				C42 ~ C44		
35,023	819,863	1,163	313,620	84,684	94,877	31,712	49,667	60,052	88,157	88,157	23,377,412	1,515,338	168,641	153,549	4
6,705,668	1,873,294	148	498,564	181,126	46,569	2,175	510,189	107,424	23,377,412			38	38		38
160,724	1,326,177														
143,929	36,744	-217	-1,849	12,716	-1,070	-0	44,771	151,269	232,903	136,838	96,065	-5	-5		-5
-6,975,297	-2,416,352	1,233	-183,096	-109,158	49,378	29,537	-505,293	-198,641	23,232,666	-48,681	23,281,347	1,515,381	168,684	153,549	47
134,180	364,066	811	804		2,283			231	24,932,762		24,932,762	38	38		38
-109,111	-560,279							46,572	46,572	553	46,020	0	0	-0	0
70,991	1,036,570							10,726	18,351,453	581	18,350,872	1,117,187	44,248	29,714	
									64,006		64,006				
69,298	924,709								18,187,868		18,187,868				
272	2,184											14,533	14,533		
50	14,631											37,032	171	171	
1,372	95,046							10,726	99,578	581	98,997	1,065,621	29,544	29,543	
11,983,823	4,306,516	506	702,480	493,229	44,074		907,604	1,408,450	25,176,588	1,651,486	23,525,103				
11,929,162	4,306,516	506	702,480	493,229	44,074		907,604	1,353,507	25,176,588	1,651,486	23,525,103				
54,661								54,943	54,943						
31,626	84,215						361,352	24,471	516,039	16,756	499,283				
31,365	83,870						361,352	24,471	514,621	16,576	498,045				
									49	49					
252	346								1,237		1,237				
8									132	132	0				
4,880,840	965,592	928	518,580	384,072	91,168	29,537	40,959	1,174,382	4,562,428	1,584,914	2,977,514	398,156	124,397	123,836	9
4,880,840	965,592							11,522	4,562,428	1,584,914	2,977,514	398,156	124,397	123,836	9
111,251	724,096							11,522	3,436,398	633,282	2,803,116	398,147	124,389	123,836	
1,995	2,747								229,501	57,540	171,961	19,345	19,345	19,345	
13,065	48,737								178,082	63,715	114,367				
534	77,496								11,101	1,391	9,711				
6	2,181								5,186	1,940	3,247				
559	34,768								49,330	12,908	36,423	123,831	104,476	104,476	
57	173								5,906	2,228	3,678				
56,448	207,901							15	891,754	81,520	810,234	587	567	14	
54,185	119,927							15	571,260	13,973	557,287	553	553		
54,185 )	11,850 )							15 )	125,347 )	8,028 )	117,319 )	553 )	553 )		
129	63,177								441,012 )	4,096 )	436,916 )				
2,082	24,797								4,901 )	1,850 )	3,052 )				
50									61,455	33,211	28,244	14	14	14	
1,550	14,501								242,764	29,958	212,806	20			
22	4,180								16,275	4,378	11,896				
513	16,575								86,154	29,693	56,461				
11,528	177,467								73,238	7,716	65,522				
10,378	18,184								206,422	21,188	185,234				
1,150	159,283								266,419	144,772	121,647				
323 )	11,545 )								11,444	4,517	6,926				
753 )	124,752 )								254,976	140,255	114,721				
5,289	101,825							11,507	128,260 )	105,536 )	22,724 )				
5,289	65,847							11,507	96,142 )	28,831 )	67,311 )				
1	35,978								622,561	37,621	584,939				
1 )	30,838 )								525,462	24,532	500,930				
378	8,043								97,099	13,089	84,010				
185	2,489								68,698 )	4,227 )	64,471 )				
5,557	4,376								218,919	23,220	195,699				
5,062 )	2,836 )								7,572	4,035	3,538				
1,662	5,796								330,932	118,895	212,037				
13	1,083								243,626 )	111,857 )	131,769 )				
753	8,262								40,735	18,495	22,241				
11,136	3,317								55	27	28				
4,027,071	48,739								199,226	5,308	193,918				
3,966,049									9,554		9,554	254,384			
13,423									104	55	49				
47,599	48,739								3,645	1,016	2,629				
													9	9	9
382,753	29,181								3,976		3,976				
57,074	1,660								3,976		3,976				
325,679	27,521														
359,764	163,576								379,203	273,219	105,984				
92,004	104,236								27,536	25,276	2,259				
639	1,786								224,699	158,189	66,511				
24,354	4,063								1,072	979	93				
139									71	71					
1,791									100	100					
38	2								1,522	1,510	12				
2,916	169								7,956	7,085	870				
4,506	4,659								50,674	36,092	14,581				
175,888	901								12,751	8,927	3,824				
57,488	47,761								52,823	34,990	17,833				
		928	518,580	384,072	91,168	29,537	40,959	1,162,860	742,851	678,413	64,438				
		928	518,580	384,072	91,168	29,537	40,959	1,162,860							
314,229	4,054,113							38,077	108,358,800	19,318	108,339,483	3,800,308	195,794	153,172	
280,987	3,776,454								107,883,397		107,883,397				
28,848	8,940											67,154	41,540		
196	44,494											98,680	484	484	
4,197	224,224							38,077	475,404	19,318	456,086	3,634,474	153,770	152,688	
2,449	979,933							21,836	120,900		120,900	1,008,254	231,524	2,795	
2,449	979,933							21,836	120,900		120,900	1,008,254	231,524	2,795	

44 氣態生質能 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
15,088	1,346,697	7,241,539	298,821	7,804	685,436	194,143		72,066		2,950,017	1 Indigenous Production
										125,412,572	2 + Import
										14,309,110	3 - Exports
										1,486,901	4 - International Marine Bunkers
										1,823,456	5 - International Civil Aviation
										555,424	6 - Stock Changes
15,088	1,346,697	7,241,539	298,821	7,804	685,436	194,143		72,066		110,187,698	7 = Total Primary Energy Supply
										27,385,862	8 - Transfers(Input)
										250,925	9 - Statistical Differences
14,535	1,072,939	7,241,539	572,647	7,804	685,436	194,143				109,573,292	10 - Transformation Input
										5,813,867	11 Coke Ovens
										5,088,875	12 Blast Furnaces
										40,572,180	13 Petroleum Refineries
										46,828,571	14 Petrochemical Industry
		7,241,539	572,546	7,797	162,964	193,580				899,586	15 Public Electricity Plants
14,533			102	6	522,472	563				472,442	16 Autoproducer Electricity Plants
	36,862									9,897,772	17 Public Cogeneration Plants
1	1,036,077										18 Autoproducer Cogeneration Plants
			273,826				25,027,713		2,413,704	107,308,124	19 + Transformation Output Total
			273,826				25,027,713		2,413,704	79,989,746	20 Transformation Output
										27,318,378	21 Transfers(Output)
							1,619,099		561,229	6,525,198	22 - Energy Sector Own Use
											23 Coal Mines
										581,416	24 Coke Ovens
										598,237	25 Blast Furnaces
							3,318			3,318	26 Oil and Gas Extraction
							199,701	470,669		3,832,193	27 Petroleum Refineries
							867,698	17,246		886,350	28 Electricity Plants
							341,739			341,739	29 Electricity to Pump Up
							167,591	73,314		242,740	30 Cogeneration Plants
							39,051			39,203	31 Gas Companies
							758,158			861,213	32 - Losses
553	273,758						22,735,032	72,066	1,852,474	72,899,332	33 = Total Final Consumption
553	273,758						22,735,032	72,066	1,852,474	49,938,028	34 Energy Consumption
553	273,758						13,882,714		1,852,282	26,194,904	35 Industrial Sector
							22,930			29,616	36 Mining and Quarrying(excluding coal,oil and gas)
							390,472	21,317		767,560	37 Food, Beverage and Tobacco
							450,674	49,540		983,889	38 Textile,Wearing Apparel and Accessories
							13,622	26		28,778	39 Leather and Fur
							34,874			42,552	40 Wood, Bamboo and Furniture
	19,355						319,969	5,497		1,041,608	41 Pulp, Paper and Paper Products
							46,766			55,108	42 Printing
553	20						2,885,286	1,663,056		7,665,888	43 Chemical Materials
553							2,124,311	1,553,250		5,970,788	44 Basic Chemical Materials
							545,019 )	368,417 )		1,134,373 )	45 (Basic Industrial Chemicals)
							1,564,823 )	1,184,833 )		4,816,205 )	46 (Petrochemical Materials)
							14,469 )			20,210 )	47 (Chemical Fertilizers)
							330,816	83,406		773,737	48 Artificial Fibers
							305,008	1,207		646,708	49 Resin, Plastics and Rubber
	20						125,151	25,193		274,655	50 Other Chemical Materials
							114,097	13,296		251,141	51 Chemical Products
							90,995			170,876	52 Rubber Products
							496,744	57,510		799,182	53 Plastic Products
							500,365			1,964,782	54 Non-metallic Mineral Products
							165,894			1,181,390	55 Cement and Cement Products
							334,471			783,391	56 Others
							34,705 )			180,551 )	57 (Pottery, China and Earthenware)
							249,378 )			473,039 )	58 (Glass and Glass Products)
							1,701,839	8,939		4,368,257	59 Basic Metal Industries
							1,487,980	4,645		4,008,922	60 Iron and Steel
							213,859	4,294		359,335	61 Others
							80,495 )	4,294 )		192,319 )	62 (Aluminum)
							656,740	1,046		907,238	63 Fabricated Metal Products
							255,079			271,647	64 Machinery and Equipments
							5,165,370	31,879		5,554,984	65 Electrical and Electronic Machinery
							4,763,003 )	31,879 )		5,048,176 )	66 (Electronic Parts)
							210,797			273,013	67 Transport Equipments
							96,568			96,655	68 Precision Instruments
							106,936	175		307,462	69 Miscellaneous Industries
							223,030			496,350	70 Water Supply and Remediation Activities
							99,560			114,673	71 Construction
										3,645	72 Non-Specified
							133,697			11,533,974	73 Transport Sector
							11,574			47,966	74 Domestic Air
							119,593			11,254,124	75 Road
							2,530			133,016	76 Rail
										2,530	77 Pipeline Transport
										96,338	78 Internal Navigation
											79 Non-Specified
							284,413			709,379	80 Agriculture Sector
							196,209			267,790	81 Agriculture, Animal Husbandry and Forestry
							88,205			441,589	82 Fishing and Aquaculture
							3,905,682	2,162	192	5,240,432	83 Service Sector
							956,159			1,179,948	84 Wholesale and Retail
							599,558		14	1,051,653	85 Hotels and Restaurants
							167,573			201,221	86 Transport Services
							107,307			107,518	87 Storage and Warehousing
							222,485			230,270	88 Communication
							193,236			195,293	89 Finance, Insurance and Real Estate
							149,053			166,806	90 Business Services
							773,255	2,162	20	836,138	91 Social and Personal Services
							384,624			757,855	92 Public Administration
							352,432		159	513,730	93 Activities Not Adequately Defined
							4,528,525	69,904		6,259,339	94 Residential Sector
										22,961,304	95 Non-Energy Use
										22,961,304	96 in Industry/Transf./Energy
										20,450,519 )	97 (Feedstocks)
											98 in Transport
											99 in Other Sectors
42,622	3,604,514	27,787,948	6,658,688	9,074	7,970,191	2,257,478				291,019,921	1 Electricity and Heat Output
		27,787,948	6,657,507	9,066	1,894,936	2,250,935				244,278,157	2 Public Electricity Plants
41,540	25,614		1,181	7	6,075,255	6,543				8,324,482	3 Autoproducer Electricity Plants
	98,196									1,593,641	4 Public Cogeneration Plants
1,082	3,480,703									36,823,641	5 Autoproducer Cogeneration Plants
228,729	776,731									32,011,985	6 Heat Generated (MT)
228,729	776,731									32,011,985	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 <sub>2</sub> 排放量		碳排放密集度		人均排放	
	萬公噸	成長率 (%)	公斤 CO <sub>2</sub> / 元	成長率 (%)	公噸 CO <sub>2</sub> / 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	20,912	9.81	0.02120	3.28	9.45	8.95
2001	21,296	1.83	0.02190	3.28	9.56	1.13
2002	22,055	3.56	0.02150	-1.82	9.83	2.86
2003	23,061	4.56	0.02157	0.32	10.22	3.95
2004	23,993	4.04	0.02098	-2.72	10.59	3.66
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	1.10
2008	24,754	-4.50	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	25,317	-1.53	0.01604	-3.67	10.88	-1.85
2013	25,407	0.36	0.01571	-2.08	10.88	0.04
2014	25,848	1.74	0.01526	-2.85	11.04	1.48
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	25,738	-0.56	0.01296	-3.79	10.91	-0.50
2021	26,699	3.73	0.01262	-6.35	11.38	3.72
年均成長率						
2021 相較 2005	0.46		-3.01		0.26	
2021 相較 2016	0.30		-3.38		0.34	

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，2022年9月。

附件四、

能源部門燃料燃燒排放量（間接排放）

# 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源產業	製造業與營造業	運輸部門	農業	服務業	住宅部	總計
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	14,126,864	16,417,297	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	18,622,091	21,508,253	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	97,724,352	33,451,613	3,575,776	21,935,467	23,893,218	209,121,629
2001	29,658,812	98,637,966	33,488,980	3,661,366	23,031,494	24,478,360	212,956,977
2002	29,295,702	103,388,616	34,798,829	3,717,551	24,111,638	25,233,517	220,545,854
2003	30,968,645	107,534,424	34,768,216	4,169,228	26,275,016	26,891,391	230,606,919
2004	32,734,880	112,781,702	36,144,060	4,354,915	27,054,499	26,859,345	239,929,402
2005	35,232,540	114,368,690	37,157,315	4,002,800	28,576,563	28,618,061	247,955,969
2006	36,814,930	119,781,306	37,102,505	3,101,675	29,749,527	28,781,406	255,331,349
2007	37,616,569	124,553,733	35,903,560	2,545,580	29,599,706	28,994,449	259,213,597
2008	34,127,596	118,533,628	33,846,743	2,980,376	29,428,905	28,619,249	247,536,497
2009	32,871,245	109,860,499	34,161,246	2,563,358	28,115,942	28,295,326	235,867,615
2010	34,733,584	122,639,328	35,286,665	2,503,057	28,602,556	27,942,879	251,708,068
2011	35,080,917	127,001,184	35,768,384	2,573,513	28,251,684	28,420,321	257,096,003
2012	34,626,839	125,670,979	34,952,945	2,687,434	27,756,668	27,471,073	253,165,937
2013	34,372,492	127,590,819	34,887,946	2,695,965	27,516,718	27,005,613	254,069,554
2014	37,286,423	127,370,841	35,368,834	2,805,327	27,914,945	27,734,518	258,480,887
2015	37,149,474	125,756,322	36,233,638	2,811,907	28,588,145	27,936,440	258,475,927
2016	37,281,536	127,008,616	37,324,434	2,816,702	29,032,006	29,518,982	262,982,276
2017	37,865,540	130,626,256	37,008,821	2,876,366	30,425,178	30,659,480	269,461,642
2018	38,040,632	<b>132,432,898</b>	<b>36,011,976</b>	<b>3,081,915</b>	<b>28,294,906</b>	<b>29,345,623</b>	<b>267,207,950</b>
2019	37,596,868	126,555,702	36,243,539	3,057,322	26,991,872	28,375,687	258,820,990
2020	36,162,181	125,436,908	36,519,228	2,962,816	26,590,119	29,709,579	257,380,832
<b>2021</b>	<b>37,094,766</b>	<b>134,441,760</b>	<b>34,704,401</b>	<b>2,990,758</b>	<b>26,536,054</b>	<b>31,223,300</b>	<b>266,991,038</b>

註：本表僅為燃料燃燒 CO<sub>2</sub> 排放統計結果，不包含燃料燃燒 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排放與生質能燃燒溫室氣體排放。  
資料來源：經濟部能源局，2022 年 9 月。

# 甲烷 (CH<sub>4</sub>) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源產業	製造業與營造業	運輸部門	農業	服務業	住宅部	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	2,546	7,466	374	563	544	11,764
1993	302	2,586	8,087	377	527	573	12,452
1994	342	2,685	8,625	384	615	590	13,241
1995	383	2,817	9,131	395	586	652	13,964
1996	385	2,917	9,578	399	684	670	14,635
1997	410	3,125	9,814	356	624	690	15,020
1998	440	3,255	10,288	296	709	752	15,739
1999	482	3,634	10,659	298	758	803	16,633
2000	533	4,041	10,820	344	809	833	17,381
2001	558	4,247	10,894	355	835	814	17,704
2002	552	4,282	11,129	358	882	851	18,056
2003	613	4,390	11,466	410	1,002	912	18,793
2004	638	4,606	11,806	431	1,004	895	19,380
2005	684	4,640	12,125	383	1,022	917	19,771
2006	690	4,839	11,914	253	1,068	922	19,687
2007	667	4,844	11,590	180	1,093	958	19,332
2008	587	4,590	11,019	241	1,089	952	18,479
2009	578	4,319	11,239	187	1,026	911	18,260
2010	574	4,732	11,389	180	1,029	898	18,802
2011	557	4,993	11,512	182	984	894	19,122
2012	550	4,863	11,347	200	957	875	18,792
2013	508	4,945	11,358	203	980	864	18,859
2014	566	4,854	11,432	212	986	863	18,913
2015	571	4,874	11,696	208	1,038	906	19,293
2016	562	4,864	12,048	207	1,020	945	19,645
2017	574	4,749	11,824	198	1,034	942	19,321
2018	548	4,388	11,473	238	937	919	18,503
2019	548	4,254	11,489	239	926	912	18,369
2020	527	4,211	11,616	214	916	930	18,413
2021	534	4,396	10,762	213	907	949	17,760

資料來源：經濟部能源局，2022年9月。



# 氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源產業	製造業與營造業	運輸部門	農業	服務業	住宅部	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	1,121	1,598	35	270	253	3,529
2001	269	1,185	1,596	36	283	265	3,633
2002	276	1,230	1,667	37	306	283	3,800
2003	305	1,317	1,665	42	340	314	3,983
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	337	311	4,255
2012	279	1,576	1,669	28	332	300	4,184
2013	256	1,596	1,666	28	326	294	4,165
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	1,720	31	319	306	4,217
2019	270	1,496	1,715	31	306	298	4,115
2020	265	1,471	1,730	30	293	304	4,093
2021	261	1,534	1,645	30	287	316	4,073

資料來源：經濟部能源局，2022年9月。





# MEMO

A series of horizontal dashed lines for writing, spanning the width of the page.

2023年中華民國  
國家溫室氣體排放  
清冊報告



行政院環境保護署  
Environmental Protection Administration  
Executive Yuan, R.O.C. (TAIWAN)