

2018年 中華民國 國家溫室氣體排放 清冊報告



中華民國107年12月



行政院環境保護署

Taiwan Environmental Protection Administration
<http://www.epa.gov.tw>

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，目前氣候協商的重點為制定巴黎協定 (Paris Agreement) 之運作規則，巴黎協定是一個將所有 UNFCCC 締約方一起納入因應氣候變遷的重要條約，其中，無論是記載締約方因應氣候變遷進展與成果的巴黎協定第 13 條透明度架構，或是彙整所有締約方因應進度的巴黎協定第 14 條全球盤點 (Global Stocktake)，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；這一點，國家溫室氣體清冊對京都議定書 (Kyoto Protocol) 的執行，也是同樣的重要。

行政院環境保護署基於溫室氣體減量及管理法 (以下簡稱溫管法) 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清冊報告」，主動對外揭露我國自西元 1990 起之國家溫室氣體排放及移除趨勢，今年 (西元 2018 年) 則發布「2018 年中華民國國家溫室氣體排放清冊報告」(以下簡稱本報告)。

面對全球積極因應氣候變遷，我國西元 2017 年 2 月 23 日核定「國家因應氣候變遷行動綱領」，明確擘劃我國推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針；爾後在溫管法的執行面上，陸續有重要進展，行政院分別於西元 2018 年 1 月 23 日核定「第一期溫室氣體階段管制目標」，於西元 2018 年 3 月 22 日核定「溫室氣體減量推動方案」，於西元 2018 年 10 月 3 日核定六大部門「溫室氣體排放管制行動方案」，我國開始邁向逐期檢視排放量達成情形並進行滾動式調整，而國家溫室氣體清冊報告即為檢視溫室氣體減量目標達成情形之重要依據。

行政院環境保護署擔任編撰彙整國家溫室氣體排放清冊之中央主管機關，於 101 年 (西元 2012 年) 10 月

即籌組「國家溫室氣體排放清冊審議會」(以下簡稱審議會)，邀集來自專家學者、產業及相關部會等擔任審議委員；106 年第 3 屆審議會由行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處袁紹英處長及成功大學資源工程系陳家榮教授擔任共同召集人。部會代表包括：經濟部能源局陳炯曉科長、經濟部工業局潘建成科長、交通部運輸研究所朱珮芸副組長、行政院農業委員會畜產試驗所程梅萍組長、行政院農業委員會林務局潘德發科長、內政部國土測繪中心林志清簡任技正、行政院環境保護署環境衛生及毒物管理處吳奕霖組長，專家學者代表包括：中興大學森林學系柳婉郁副教授、雲林科技大學環境與衛生安全工程學系洪肇嘉特聘教授、海洋大學運輸科學系張玉君教授、臺北科技大學環境工程與管理研究所張添晉教授、臺灣大學農業經濟學系兼中央研究院經濟研究所張靜貞教授、淡江大學經濟系廖惠珠教授、中央研究院環境變遷研究中心龍世俊研究員、臺灣科技大學化學工程系顧洋講座教授，民間團體代表包括：中華民國全國工業總會環境及安全衛生委員會許芳銘副召集人、綠色公民行動聯盟趙家緯理事。

參與本報告編輯相關部會包括：行政院環境保護署、經濟部、交通部、行政院農業委員會等，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。

本報告內容參照京都議定書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；其中，因為 IPCC 國家溫室氣體清冊指南新舊版統計及分類有差異的關係，在土地利用、土地利用變化及林業章節，仍有部分土地利用類型尚須規劃溫室氣體調查統計。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。

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

目錄

前言	1
目錄	2
表目錄	5
圖目錄	10
執行摘要	
ES.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊	ES-1
ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要	ES-1
ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽	ES-2
ES.4 其他資訊	ES-13
第一章 簡介	
1.1 國家溫室氣體排放清冊背景資訊	1-1
1.2 清冊準備之組織制度安排	1-1
1.3 清冊準備流程	1-1
1.4 方法與資料來源	1-2
1.5 主要排放源	1-3
1.6 品質保證及品質控制計畫資訊	1-3
1.7 一般不確定性	1-4
1.8 完整性概要評估	1-4
第二章 溫室氣體排放趨勢	
2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋	2-1
2.1.1 溫室氣體排放及移除	2-1
2.1.2 人均二氧化碳排放	2-1
2.1.3 二氧化碳密集度	2-3
2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋	2-3
2.2.1 二氧化碳	2-3
2.2.2 甲烷	2-4
2.2.3 氧化亞氮	2-4
2.2.4 氫氟碳化物	2-4
2.2.5 全氟碳化物	2-10
2.2.6 六氟化硫	2-10
2.2.7 三氟化氮	2-10
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	2-15
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	2-15
2.3.5 廢棄物部門	2-15
第三章 能源部門 (CRF Sector 1)	
3.1 部門概述	3-1
3.2 燃料燃燒 (1.A)	3-1
3.2.1 能源產業 (1.A.1)	3-20
3.2.2 製造業與營造業 (1.A.2)	3-22
3.2.3 運輸 (1.A.3)	3-35
3.2.4 其他部門 (服務業、住宅、農林漁牧) (1.A.4)	3-42
3.2.5 其他	3-46
3.2.6 部門方法與參考方法的比較	3-46

3.2.7 國際運輸燃料	3-46
3.2.8 燃料的原料與非能源使用	3-47
3.3 燃料逸散性排放 (1.B)	3-54
第四章 工業製程及產品使用部門 (CRF Sector 2)	
4.1 部門概述	4-1
4.2 礦業 (非金屬製程) (2.A)	4-1
4.2.1 水泥生產 (2.A.1)	4-3
4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)	4-7
4.2.3 玻璃生產 (2.A.3))	4-9
4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4)	4-10
4.2.5 其他 (2.A.5)	4-14
4.3 化學工業 (2.B)	4-15
4.3.1 氨生產 (2.B.1)	4-15
4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)	4-15
4.3.3 己二酸生產 (2.B.3)	4-17
4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)	4-17
4.3.5 電石生產 (2.B.5)	4-19
4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)	4-20
4.3.7 碳酸鈉 (純鹼 / 蘇打) 生產 (2.B.7)	4-22
4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)	4-23
4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)	4-31
4.3.10 其他 (2.B.10)	4-32
4.4 金屬製程 (2.C)	4-34
4.4.1 鋼鐵生產 (2.C.1)	4-34
4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)	4-38
4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)	4-38
4.4.4 鎂生產 (2.C.4)	4-48
4.4.5 鉛生產 (2.C.5)	4-40
4.4.6 鋅生產 (2.C.6)	4-42
4.5 非能源產物燃料溶劑使用 (2.D)	4-43
4.6 電子工業 (2.E)	4-43
4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1)	4-45
4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2)	4-47
4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F)	4-49
4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)	4-49
4.7.2 發泡劑 (2.F.2)	4-51
4.7.3 滅火藥劑 (2.F.3)	4-51
4.7.4 氣膠產品 (推進劑及溶劑) (2.F.4)	4-52
4.7.5 溶劑 (非氣膠) (2.F.5)	4-52
4.7.6 其他應用 (2.F.6)	4-52
4.8 其他產品之製造與使用 (2.G)	4-53
4.8.1 電子設備 (2.G.1)	4-53
4.8.2 電力設備中的六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)	4-55
4.8.3 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.3)	4-55
4.8.4 使用氧化亞氮產品 (2.G.4)	4-55
4.9 其他 (2.H)	4-55
4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)	4-55

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)	5-1
5.3 畜禽糞尿處理 (3.B)	5-7
5.3.1 畜禽糞尿處理- 甲烷	5-7
5.3.2 畜禽糞尿處理- 氧化亞氮	5-9
5.4 水稻種植 (3.C)	5-12
5.5 農業土壤 (3.D)	5-16
5.5.1 農業土壤的氧化亞氮直接排放	5-16
5.5.2 農業土壤的氧化亞氮間接排放	5-26
5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量	5-30
5.6 草原的焚燒 (3.E)	5-31
5.7 農作物殘渣燃燒 (3.F)	5-32
5.8 石灰處理 (3.G)	5-34
5.9 尿素使用 (3.H)	5-34
5.10 其他含碳肥料 (3.I)	5-36
5.11 其他 (3.J)	5-36

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)	6-1
6.2.2 其他土地轉變為森林 (4.A.2)	6-13

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)	7-3
7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.1)	7-3
7.2.2 無管理之廢棄物掩埋場 (5.A.2)	7-8
7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3)	7-13
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 廢棄物部門溫室氣體排放不確定性分析	7-33

第八章 改善規劃	8-1
-----------------------	-----

名詞、縮寫與單位索引

附件一、IPCC 第四次評估報告溫暖化潛勢值

附件二、2015 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 (電力消費排放)

附件五、廢棄物部門排放清冊活動數據彙整表

附件六、廢棄物部門排放清冊統計彙整表

表目錄

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2016 年各類溫室氣體排放量和移除量	ES-3
表 ES2.2 臺灣 1990 至 2016 年二氧化碳排放量和移除量	ES-4
表 ES2.3 臺灣 1990 至 2016 年甲烷排放量	ES-5
表 ES2.4 臺灣 1990 至 2016 年氧化亞氮排放量	ES-6
表 ES2.5 臺灣 1993 至 2015 年含氟氣體排放量	ES-7
表 ES3.1 臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放量	ES-8
表 ES3.2 臺灣 1990 至 2016 年能源部門溫室氣體排放量	ES-9
表 ES3.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量	ES-10
表 ES3.4 臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量	ES-11
表 ES3.5 臺灣 1990 至 2016 年林業部門年移除量變化	ES-12
表 ES3.6 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量	ES-13
表 1.6.1 臺灣國家溫室氣體排放清冊現行 QA/QC 作法	1-4
表 1.8.1 臺灣國家溫室氣體排放清冊完整性概要	1-4
表 2.1.1 臺灣 1990 至 2016 年各類溫室氣體排放量和移除量	2-2
表 2.2.1 臺灣 1990 至 2016 年二氧化碳排放量	2-5
表 2.2.2 臺灣 1990 至 2016 年甲烷排放量	2-7
表 2.2.3 臺灣 1990 至 2016 年氧化亞氮排放量	2-8
表 2.2.4 臺灣 1990 至 2016 年氫氟碳化物生產排放量	2-8
表 2.2.5 臺灣 1990 至 2016 年全氟碳化物排放量	2-12
表 2.2.6 臺灣 1990 至 2016 年六氟化硫排放量	2-12
表 2.2.7 臺灣 1990 至 2016 年三氟化氮排放量	2-12
表 2.3.1 臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放量	2-14
表 2.3.2 臺灣 1990 至 2016 年能源部門溫室氣體排放量	2-17
表 2.3.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量	2-18
表 2.3.4 臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量	2-19
表 2.3.5 臺灣 1990 至 2016 年林業部門整體之年移除量變化	2-21
表 2.3.6 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量	2-22
表 3.1.1 臺灣 1990 年至 2016 年能源部門溫室氣體排放量	3-2
表 3.2.1 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 能源部門	3-3
表 3.2.2 2006 IPCC 指南版本燃料燃燒二氧化碳、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 各類能源之溫室氣體溫暖化潛勢	3-10
表 3.2.5 能源熱值表	3-10
表 3.2.6 一般廢棄物歷年熱值	3-11
表 3.2.7 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量	3-13
表 3.2.8 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量	3-15
表 3.2.9 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量	3-17
表 3.2.10 2016 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析	3-20
表 3.2.11 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 能源產業	3-21
表 3.2.12 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量	3-24
表 3.2.13 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量	3-26
表 3.2.14 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量	3-27
表 3.2.15 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 製造業與營造業	3-28
表 3.2.16 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢	3-30
表 3.2.17 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量	3-32
表 3.2.18 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量 - 運輸	3-34
表 3.2.19 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 運輸	3-35
表 3.2.20 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量	3-37
表 3.2.21 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒甲烷排放量	3-39
表 3.2.22 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量	3-41
表 3.2.23 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 服務、住宅、農林漁牧	3-42

表目錄

表 3.2.24 臺灣 1990 至 2016 年服務、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量	3-43
表 3.2.25 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量	3-44
表 3.2.26 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量	3-45
表 3.2.27 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較	3-46
表 3.2.28 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 國際運輸燃料	3-47
表 3.2.29 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量	3-48
表 3.2.30 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量	3-49
表 3.2.31 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量	3-50
表 3.2.32 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量	3-51
表 3.2.33 臺灣 1990 年至 2016 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量	3-52
表 3.2.34 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量	3-53
表 3.3.1 臺灣逸散排放源分類統計範疇 - 能源部門	3-55
表 3.3.2 2006 IPCC 指南石油逸散排放係數	3-56
表 3.3.3 2006 IPCC 指南天然氣逸散排放係數	3-56
表 3.3.4 臺灣 1990 至 2016 年燃料逸散溫室氣體排放量	3-57
表 3.3.5 臺灣 1990 至 2016 年固體燃料逸散溫室氣體排放量	3-59
表 3.3.6 臺灣 1990 至 2016 年石油逸散溫室氣體排放量	3-61
表 3.3.7 臺灣 1990 至 2016 年天然氣逸散溫室氣體排放量	3-63
表 3.3.8 2016 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析	3-64
表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類	4-1
表 4.1.2 臺灣 1990 至 2016 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 臺灣 1990 至 2016 年礦業（非金屬製程）排放量	4-5
表 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 年水泥熟料產量	4-6
表 4.2.3 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產排放量	4-6
表 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年生石灰產量	4-8
表 4.2.5 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產排放量	4-8
表 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 年平板玻璃產量	4-10
表 4.2.7 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量	4-10
表 4.2.8 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用量	4-11
表 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用排放量	4-11
表 4.2.10 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用量	4-13
表 4.2.11 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用二氧化碳排放量	4-13
表 4.2.12 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產量	4-14
表 4.2.13 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量	4-14
表 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量	4-16
表 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸產量	4-17
表 4.3.3 臺灣硝酸生產 1990 至 2016 年排放量	4-17
表 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內酰胺生產排放量	4-19
表 4.3.5 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣產量	4-20
表 4.3.6 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣使用排放量	4-20
表 4.3.7 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦產量	4-21
表 4.3.8 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量	4-21
表 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產產量	4-22
表 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產排放量	4-22
表 4.3.11 臺灣 1990 至 2016 年甲醇產量	4-24
表 4.3.12 臺灣 1990 至 2016 年甲醇生產排放量	4-24
表 4.3.13 臺灣 1990 至 2016 年乙烯產量	4-25
表 4.3.14 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量	4-25

表目錄

表 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯產量	4-26
表 4.3.16 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量	4-26
表 4.3.17 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷產量	4-28
表 4.3.18 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷生產排放量	4-28
表 4.3.19 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈產量	4-29
表 4.3.20 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量	4-29
表 4.3.21 臺灣 1990 至 2016 年碳黑產量	4-30
表 4.3.22 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量	4-30
表 4.3.23 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 產量	4-32
表 4.3.24 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量	4-32
表 4.3.25 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯產量	4-33
表 4.3.26 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量	4-33
表 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量	4-34
表 4.4.2 臺灣 1990 至 2000 年高爐鋼胚產量	4-35
表 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年高爐鋼胚生產排放量	4-36
表 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 年高爐鋼胚生產排放量不確定性	4-36
表 4.4.5 臺灣 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚產量	4-37
表 4.4.6 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量	4-37
表 4.4.7 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金產量	4-39
表 4.4.8 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量	4-39
表 4.4.9 臺灣 1990 至 2016 年鎂生產排放量	4-40
表 4.4.10 臺灣 2003 至 2016 年鉛錠產量	4-41
表 4.4.11 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量	4-42
表 4.4.12 臺灣 1990 至 2016 年鋅錠產量	4-43
表 4.4.13 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量	4-43
表 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量	4-44
表 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量	4-44
表 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量	4-46
表 4.6.3 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量	4-48
表 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量	4-50
表 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量	4-51
表 4.7.3 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量	4-51
表 4.7.4 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量	4-52
表 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 年其他產品之製造與使用排放量	4-53
表 4.8.2 臺灣 2002 至 2016 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之二氧化碳排放當量	4-53
表 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年其他製程排放量	4-55
表 4.9.2 臺灣 1990 至 2016 年啤酒產量	4-56
表 4.9.3 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量	4-56
表 5.1.1 臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量	5-2
表 5.2.1 臺灣畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數表	5-4
表 5.2.2 國產牧草飼糧對荷蘭乳牛乾物採食量與瘤胃發酵甲烷排放量之影響	5-4
表 5.2.3 臺灣荷蘭乳牛腸胃發酵甲烷排放量推估	5-4
表 5.2.4 臺灣畜禽腸胃發酵排放甲烷係數引用說明表	5-4
表 5.2.5 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽活動數據	5-5
表 5.2.6 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量	5-5
表 5.3.1 臺灣畜禽糞尿處理排放甲烷之係數表	5-8
表 5.3.2 臺灣畜禽糞尿處理排放甲烷係數引用說明表	5-8
表 5.3.3 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽糞尿處理之甲烷排放量	5-8

表目錄

表 5.3.4 臺灣畜禽糞尿處理排放氧化亞氮之係數表	5-10
表 5.3.5 臺灣畜禽糞尿處理排放氧化亞氮係數引用說明表	5-10
表 5.3.6 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量	5-11
表 5.4.1 臺灣水稻種植各期作甲烷排放係數	5-12
表 5.4.2 歷年各區水稻耕作面積	5-13
表 5.4.3 臺灣各區 1990 年至 2016 年水稻田甲烷排放量	5-13
表 5.4.4 臺灣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	5-15
表 5.4.5 甲烷通量與排放量比較	5-15
表 5.5.1 農業土壤氧化亞氮直接排放相關係數	5-18
表 5.5.2 臺灣 1990 至 2016 年化學肥料施用量與施氮含量	5-19
表 5.5.3 臺灣 1990 至 2016 年水稻田單位面積化學氮肥施用量	5-19
表 5.5.4 臺灣 1990 至 2016 年水稻田耕作面積與施肥量估算	5-20
表 5.5.5 臺灣 1990 至 2016 年禽畜糞肥料施用量與施氮含量	5-20
表 5.5.6 估算作物殘體投入土壤的氮含量的設定係數	5-21
表 5.5.7 臺灣 1990 至 2016 年各類作物產量	5-22
表 5.5.8 臺灣 1990 至 2016 年各類作物殘體量	5-23
表 5.5.9 臺灣 1990 至 2016 年各類作物殘體氮含量	5-24
表 5.5.10 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤直接氧化亞氮排放量	5-25
表 5.5.11 農地直接氧化亞氮排放係數、活動數據及不確定性	5-25
表 5.5.12 農業土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數	5-26
表 5.5.13 土壤 N ₂ O 間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數	5-27
表 5.5.14 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮 - 揮散之排放量	5-28
表 5.5.15 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮 - 淋洗 / 逕流之排放量	5-28
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	5-29
表 5.5.17 農地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	5-30
表 5.5.18 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤氧化亞氮排放總量	5-31
表 5.5.19 農業土壤氧化亞氮排放量不確性	5-32
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)	5-32
表 5.7.2 農業殘體排放係數 (公斤 / 公噸乾物質焚燒量)	5-32
表 5.7.3 臺灣 1990 至 2016 年作物殘體焚燒量	5-33
表 5.7.4 臺灣 1990 至 2016 年作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量	5-34
表 5.9.1 臺灣 1990 至 2016 年尿素施用量與施用產生之二氧化碳排放量	5-35
表 6.1.1 1990 至 2016 年林業部門碳移除量變化	6-2
表 6.2.1 碳庫定義	6-4
表 6.2.2 相關各轉換係數及年生長量	6-6
表 6.2.3 2010 至 2016 年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積	6-6
表 6.2.4 1990 至 2016 年林地維持林地面積	6-7
表 6.2.5 臺灣地區森林主產物伐採量	6-8
表 6.2.6 受干擾影響的森林面積與損失材積	6-9
表 6.2.7 臺灣 1990 至 2016 年林地維持林地之移除量變化	6-10
表 6.2.8 碳轉換係數不確定性分析結果	6-11
表 6.2.9 1990 至 2016 年林地維持林地不確定性	6-11
表 6.2.10 IPCC 查證方法比較	6-12
表 6.2.11 1990 至 2016 年土地轉變為林地面積	6-14
表 6.2.12 1990 至 2016 年土地轉變為森林之年移除量變化	6-15
表 6.2.13 1990 至 2016 年土地轉變為林地年移除量變化不確定性	6-15
表 6.2.14 1990 至 2016 年森林資源整體年除移量變化不確定性	6-15
表 7.1.1 IPCC 指南廢棄物部門排放源分類	7-1

表目錄

表 7.1.2 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量	7-2
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含量 (DOC)	7-5
表 7.2.3 IPCC 指南掩埋場之氧化係數	7-5
表 7.2.4 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率 (k) 值	7-6
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 臺灣 1990 至 2016 年妥善管理掩埋場活動數據統計	7-8
表 7.2.7 臺灣 1990 至 2016 年妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-9
表 7.2.8 妥善管理掩埋場一般清單品質控制程序檢核表	7-10
表 7.2.9 臺灣 1990 至 2016 年未妥善管理掩埋場活動數據統計	7-11
表 7.2.10 臺灣 1990 至 2016 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-12
表 7.2.11 未妥善管理掩埋場一般清單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 臺灣 1990 至 2016 年生物處理各類溫室氣體排放量	7-15
表 7.3.4 堆肥一般清單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	7-18
表 7.4.2 IPCC 焚化處理二氧化碳排放計算一覽表	7-18
表 7.4.3 IPCC 焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表	7-18
表 7.4.4 IPCC 指南焚化處理之溫室氣體活動數據及與排放量	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	7-23
表 7.5.3 IPCC 生活污水處理甲烷排放計算一覽表 (化糞池)	7-23
表 7.5.4 IPCC 生活污水處理甲烷排放計算一覽表 (污水處理廠)	7-24
表 7.5.5 IPCC 生活污水放流氧化亞氮排放計算一覽表	7-24
表 7.5.6 臺灣 1990 至 2016 年生活污水甲烷排放之活動數據與排放量	7-25
表 7.5.7 臺灣 1990 至 2016 年全國生活污水廠甲烷排放之活動數據與排放量	7-26
表 7.5.8 臺灣 1990 至 2016 年生活污水放流氧化亞氮之活動數據與排放量	7-27
表 7.5.9 生活污水一般清單品質控制程序檢核表	7-28
表 7.5.10 事業廢水甲烷排放 MCF 預設值	7-30
表 7.5.11 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表	7-30
表 7.5.12 事業廢水處理氧化亞氮排放參數採用一覽表	7-30
表 7.5.13 臺灣 1990 至 2016 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量	7-31
表 7.5.14 臺灣 1990 至 2016 年事業廢水處理氧化亞氮活動數據及排放量	7-31
表 7.5.15 事業廢水一般清單品質控制程序檢核表	7-32
表 7.6.1 IPCC 指南掩埋場甲烷排放估算之不確定性	7-35
表 7.6.2 臺灣 2016 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性	7-35
表 7.6.3 臺灣 2016 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性	7-36
表 7.6.4 臺灣 2016 年廢棄物部門廢棄物焚化二氧化碳排放不確定性	7-36
表 7.6.5 臺灣 2016 年廢棄物部門廢棄物焚化氧化亞氮排放不確定性	7-36
表 7.6.6 生活污水相關參數預設值之不確定範圍	7-36
表 7.6.7 臺灣 2016 年生活污水甲烷排放之不確定性 (化糞池)	7-37
表 7.6.8 臺灣 2016 年生活污水甲烷排放之不確定性 (污水處理廠)	7-37
表 7.6.9 臺灣 2016 年生活污水氧化亞氮排放之不確定性	7-37
表 7.6.10 IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定範圍	7-37
表 7.6.11 臺灣 2016 年廢棄物部門事業廢水甲烷排放之不確定性	7-38
表 7.6.12 臺灣 2016 年事業廢水氧化亞氮排放之不確定性	7-38
表 7.6.13 臺灣 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性	7-38
表 8.1.1 各部門排放源之改善計畫	8-1

圖目錄

圖 ES2.1 臺灣 1990 至 2016 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢	ES-2
圖 ES2.2 臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放量趨勢	ES-7
圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體排放清冊準備程序	1-2
圖 2.1.1 臺灣 1990 至 2016 年總溫室氣體排放量和移除量趨勢	2-1
圖 2.1.2 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢	2-3
圖 2.1.3 臺灣 1990 至 2016 年二氧化碳排放密集度趨勢	2-3
圖 2.2.1 臺灣 1990 至 2016 年二氧化碳排放量趨勢	2-6
圖 2.2.2 臺灣 1990 至 2016 年甲烷排放量趨勢	2-6
圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2016 年氧化亞氮排放量趨勢	2-9
圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2016 年氫氟碳化物排放量趨勢	2-9
圖 2.2.5 臺灣 1999 至 2016 年全氟碳化物排放量趨勢	2-11
圖 2.2.6 臺灣 1999 至 2016 年六氟化硫排放量趨勢	2-11
圖 2.2.7 臺灣 1999 至 2016 年三氟化氮排放量趨勢	2-13
圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放量和移除量趨勢	2-13
圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2016 年能源部門溫室氣體排放量趨勢	2-16
圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢	2-16
圖 2.3.4 臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量趨勢	2-20
圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2016 年土地利用、土地利用變化及林業部門二氧化碳移除量趨勢	2-20
圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢	2-21
圖 3.2.1 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-12
圖 3.2.2 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放部門占比	3-12
圖 3.2.3 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-16
圖 3.2.4 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒甲烷排放部門占比	3-16
圖 3.2.5 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-18
圖 3.2.6 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比	3-18
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	3-19
圖 3.2.8 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-21
圖 3.2.9 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-21
圖 3.2.10 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-23
圖 3.2.11 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比	3-23
圖 3.2.12 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-25
圖 3.2.13 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比	3-25
圖 3.2.14 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢	3-29
圖 3.2.15 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-29
圖 3.2.16 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-31
圖 3.2.17 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比	3-31
圖 3.2.18 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-33
圖 3.2.19 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比	3-33
圖 3.2.20 臺灣 1990 至 2016 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-36
圖 3.2.21 臺灣 2016 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-36
圖 3.2.22 臺灣 1990 至 2016 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-38
圖 3.2.23 臺灣 2016 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放占比	3-38
圖 3.2.24 臺灣 1990 至 2016 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-40
圖 3.2.25 臺灣 2016 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比	3-40
圖 3.2.26 臺灣 1990 至 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-43
圖 3.2.27 臺灣 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-43
圖 3.2.28 臺灣 1990 至 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-44
圖 3.2.29 臺灣 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放占比	3-44

圖目錄

圖 3.2.30 臺灣 1990 至 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-45
圖 3.2.31 臺灣 2016 年服務、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比	3-45
圖 3.2.32 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢	3-48
圖 3.2.33 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比	3-48
圖 3.2.34 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢	3-49
圖 3.2.35 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比	3-49
圖 3.2.36 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢	3-50
圖 3.2.37 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比	3-50
圖 3.2.38 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢	3-51
圖 3.2.39 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢	3-52
圖 3.2.40 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢	3-53
圖 3.3.1 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢	3-58
圖 3.3.2 臺灣 2016 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放占比	3-58
圖 3.3.3 臺灣 1990 至 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放量趨勢	3-59
圖 3.3.4 臺灣 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比	3-59
圖 3.3.5 臺灣 1990 至 2016 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢	3-60
圖 3.3.6 臺灣 2016 年石油逸散溫室氣體排放占比	3-60
圖 3.3.7 臺灣 1990 至 2016 年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢	3-62
圖 3.3.8 臺灣 2016 年天然氣逸散溫室氣體排放占比	3-62
圖 4.1.1 臺灣 2016 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 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比	4-3
圖 4.1.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢	4-4
圖 4.2.1 臺灣 1990 至 2016 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢	4-5
圖 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產排放量趨勢	4-6
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）	4-7
圖 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產排放量趨勢	4-8
圖 4.2.5 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 - 官方數據）	4-9
圖 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量趨勢	4-10
圖 4.2.7 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用排放量趨勢	4-11
圖 4.2.8 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢	4-13
圖 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產排放量趨勢	4-15
圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量趨勢	4-16
圖 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸生產排放量趨勢	4-17
圖 4.3.3 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 - 官方數據、民間來源）	4-18
圖 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內酰胺生產排放量趨勢	4-19
圖 4.3.5 臺灣 1990 至 2000 年碳化鈣使用排放量趨勢	4-20
圖 4.3.6 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量趨勢	4-21
圖 4.3.7 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放量	4-22
圖 4.3.8 臺灣 1990 至 1998 年甲醇生產排放量趨勢	4-24
圖 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量趨勢	4-25
圖 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量趨勢	4-26
圖 4.3.11 臺灣 1996 至 2015 年環氧乙烷生產排放量趨勢	4-28
圖 4.3.12 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量趨勢	4-29
圖 4.3.13 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量趨勢	4-30
圖 4.3.14 臺灣 1993 至 2004 年 HCFC-22 副產品（HFC-23）排放量趨勢	4-32
圖 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量趨勢	4-33
圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量趨勢	4-35
圖 4.4.2 臺灣 1990 至 2016 年高爐鋼胚生產排放量趨勢	4-36

圖目錄

圖 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量趨勢	4-37
圖 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量趨勢	4-39
圖 4.4.5 臺灣 2002 至 2016 年鎂生產排放量趨勢	4-40
圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程	4-41
圖 4.4.7 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量趨勢	4-42
圖 4.4.8 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量趨勢	4-43
圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢	4-44
圖 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量趨勢	4-45
圖 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量趨勢	4-46
圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程	4-47
圖 4.6.4 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量趨勢	4-49
圖 4.6.5 TFT 平面顯示器排放統計 QA/QC 流程	4-49
圖 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢	4-50
圖 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量趨勢	4-51
圖 4.7.3 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量趨勢	4-52
圖 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢	4-54
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	4-54
圖 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量趨勢	4-56
圖 5.1.1 臺灣 1990 至 2016 年農業部門排放量趨勢	5-3
圖 5.1.2 臺灣 2015 年農業部門溫室氣體各排放源占比	5-3
圖 5.4.1 臺灣 1990 年至 2016 年水稻田甲烷排放趨勢	5-14
圖 5.5.1 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤直接氧化亞氮排放趨勢	5-24
圖 5.5.2 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮 - 揮散排放趨勢	5-29
圖 5.5.3 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮 - 淋洗 / 逕流排放趨勢	5-29
圖 5.5.4 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤氧化亞氮排放趨勢	5-31
圖 5.7.1 臺灣 1990 至 2016 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放趨勢	5-33
圖 5.9.1 臺灣 1990 至 2016 年尿素施用產生二氧化碳排放趨勢	5-35
圖 6.1.1 1990 至 2016 年林業部門碳移除量變化趨勢	6-3
圖 6.1.2 2016 年林業部門碳移除量各項目占比	6-3
圖 7.1.1 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢	7-2
圖 7.1.2 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門各類別溫室氣體排放量趨勢	7-3
圖 7.6.1 機率密度函數 (PDF) 與信賴區間	7-33

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 UNFCCC¹ 要求附件一國家，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。中華民國（以下簡稱臺灣）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。

臺灣自 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溫室氣體清冊及其報告 (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 至 2016 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，說明臺灣溫室氣體排放趨勢，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臺灣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。

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

ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要

臺灣總溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 排放量自 1990 年 138,097 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，上升至 2016 年 293,125 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，排放量增加 112.26%，年平均成長率為 2.94%，而 2016 年較 2015 年增加 1.22%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 114,711 千公噸二氧化碳當量，上升至 2016 年 271,707 千公噸二氧化碳當量，排放量增加 136.86%，年平均成長率為 3.37%，而 2016 年較 2015 年增加 1.32%，資料如圖 ES2.1 所示。進一步比較各類溫室氣體排放量資料可知，2016 年二氧化碳為臺灣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；在 1990 至 2016 年間，二氧化碳排放量成長 125.09%，年平均成長率為 3.17%；二氧化碳移除量減少 8.42%，年平均成長率 -0.34%；甲烷排放量減少 49.48%，年平均成長率為 -2.59%，呈現負成長；氧化亞氮排放量增加 62.39%，年平均成長率為 1.88%；含氟溫室氣體排放量自 1993 至 2016 年間增加 372.88%，年平均成長率為 6.99%，資料如 ES2.1 所示。

臺灣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。1990 年二氧化碳排放量為 124,045 千公噸二氧化碳當量，2016 年為 279,216 千公噸二氧化碳當量，增加 125.09%，平均成長率為 3.17%；2016 年二氧化碳排放量占總溫室氣體排放量 95.26。其中，能源部門占 94.07%、工業製程及產品使用部門占 5.87%、農業部門占 0.01% 與廢棄物部門占 0.05%。2016 年二氧化碳排放量較 2015 年排放量增加 1.30%，能源部門增加 1.59%、工業製程及產品使用部門減少 3.31%、農業部門減少 10.29% 與廢棄物部門增加 28.13%。

甲烷排放來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。1990 年甲烷排放量 11,158 千公噸二氧化碳當量，2016 年為 5,637 千公噸二氧化碳當量，減少 49.48%，平均成長率為 -2.59%，呈現負成長。2016 年甲烷排放量占總溫室氣體排放量 1.92%。其中，以廢棄物部門占 63.30% 最多、農業部門占 22.77%、能

源部門占 13.22%、與工業製程及產品使用部門占 0.71%。2016 年甲烷排放量較 2015 年減少 0.69%，其中廢棄物部門減少 2.06%，能源部門增加 2.76%、工業製程及產品使用部門增加 2.58% 及農業部門增加 1.19%。

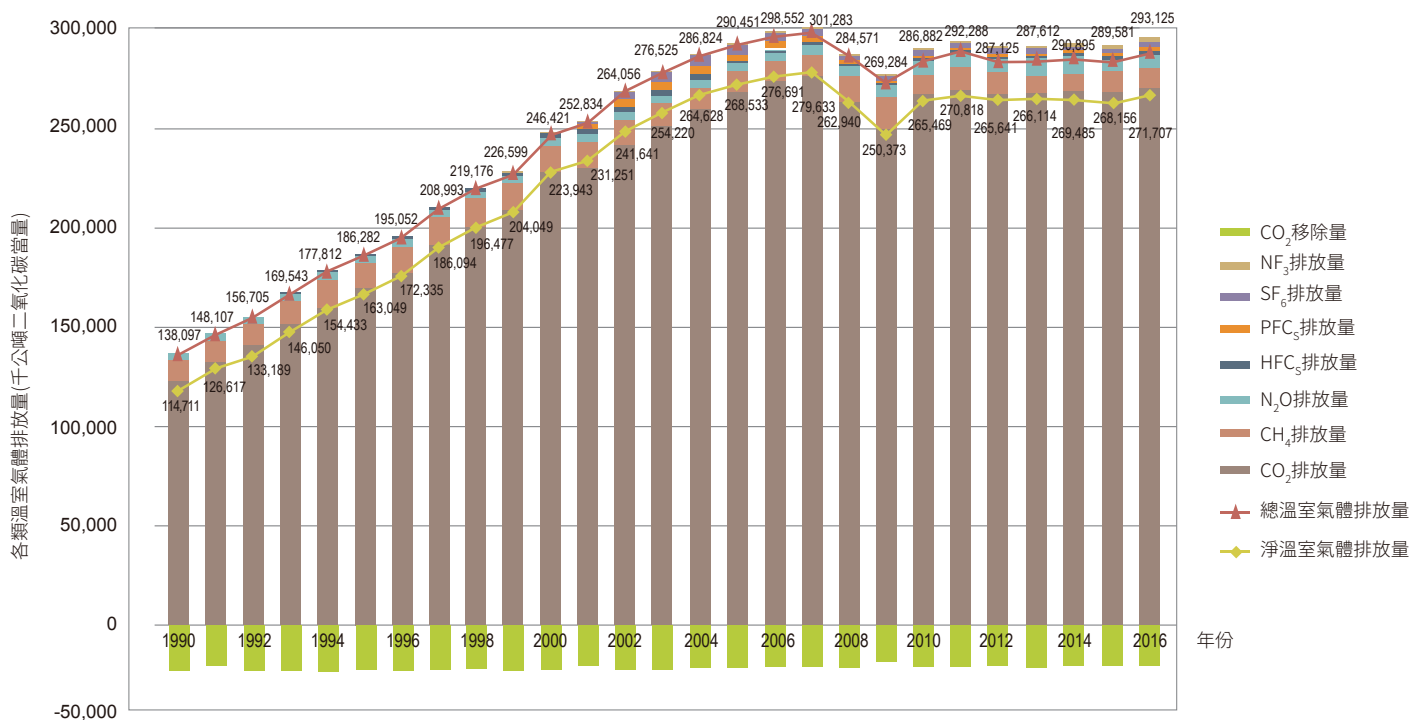
氧化亞氮排放來源為工業製程及產品使用部門、農業部門、與能源部門，廢棄物部門也有少量排放，如表 ES2.4 所示。1990 年氧化亞氮排放量為 2,895 千公噸二氧化碳當量，2016 年臺灣氧化亞氮排放量約為 4,701 千公噸二氧化碳當量，增加 62.39%，平均成長率 1.88%；2016 年氧化亞氮排放量占總溫室氣體排放量 1.60%。其中，工業製程及產品使用部門占 36.29%、農業部門占 29.67%、能源部門占 27.02%，廢棄物部門占 7.02%。2016 年氧化亞氮排放量較 2015 年增加 4.09%，工業製程及產品使用部門增加 13.18% 及能源部門增加 1.65%。反之，廢棄物部門減少 9.02% 及農業部門減少 0.13%。

臺灣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。臺灣含氟氣體排放量如表 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 2016 年 991 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，2016 年增加至 1,045 千公噸二氧化碳當量；六氟化硫 (SF₆) 則自 1999 年 116 千公噸二氧化碳當量，於 2016 年增至 1,094 千公噸二氧化碳當量；而三氟化氮 (NF₃) 則自 1999 年 11 千公噸二氧化碳當量，於 2016 年增至 440 千公噸二氧化碳當量。就整體含氟溫室氣體排放量而言，自 1999 年 1,738 千公噸二氧化碳當量（約占當年總溫室氣體排放量的 0.77%），增加至 2016 年的 3,570 千公噸二氧化碳當量（約占當年總溫室氣體排放量的 1.22%），排放量增加 105.39%，其中，2016 年較 2015 年排放量減少 4.88%。

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，能源部門歷年皆為臺灣溫室氣體總排放量最大之部門，2016 年能源部門溫室氣體排放量約占總排放量（不計土地利用土地利用變化及林業移除量）的 90.29%，工業製程及產品使用部門占 7.41%，農業部門占 0.93%，廢棄物部門占 1.7%。臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 ES3.1 與表 ES3.1 所示。在 1990 至 2016 年間，能源部門溫室氣體排放量增加



圖ES2.1 臺灣1990至2016年總溫室氣體排放量和移除量趨勢

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2016 年總溫室氣體排放量和二氧化碳移除量

(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
二氧化碳	1	124,045	133,565	142,151	153,771	161,139	168,854	176,761	190,526	200,140
甲烷	25	11,158	11,394	11,411	11,804	12,562	13,297	13,730	13,703	13,724
氧化亞氮	298	2,895	3,148	3,143	3,213	3,257	3,329	3,255	3,287	3,229
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
六氟化硫	22,800	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮	17,200	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
二氧化碳除移量	1	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		114,711	126,617	133,189	146,050	154,433	163,049	172,335	186,094	196,477
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		138,097	148,107	156,705	169,543	177,812	186,282	195,052	208,993	219,176
溫室氣體	全球暖化潛勢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳	1	207,804	227,011	230,089	237,658	249,730	259,449	266,619	275,886	279,586
甲烷	25	13,865	13,146	12,346	11,770	11,298	10,610	10,102	9,463	8,967
氧化亞氮	298	3,192	3,802	3,860	3,957	3,977	4,122	4,181	4,713	4,792
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	3	13	2,939	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,972
六氟化硫	22,800	116	120	746	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114
三氟化氮	17,200	11	10	235	398	540	659	726	650	759
二氧化碳除移量	1	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		204,049	223,945	231,251	241,641	254,220	264,628	268,533	276,691	279,633
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		226,599	246,421	252,834	264,056	276,525	286,824	290,451	298,552	301,283
溫室氣體	全球暖化潛勢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳	1	266,377	252,237	270,134	276,166	272,332	272,618	276,235	275,634	279,216
甲烷	25	8,279	7,662	7,134	6,756	6,437	6,060	5,878	5,676	5,637
氧化亞氮	298	4,377	4,547	4,953	4,850	4,767	4,569	4,558	4,516	4,701
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	1,046	980	934	1,016	869	981	1,010	982	991
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929	1,139	931	1,045
六氟化硫	22,800	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722	1,447	1,217	1,094
三氟化氮	17,200	166	538	219	381	349	734	627	623	440
二氧化碳除移量	1	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		262,940	250,373	265,469	270,818	265,641	266,114	269,485	268,156	271,707
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		284,571	269,284	286,882	292,288	287,125	287,612	290,895	289,581	293,125

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 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	109,459	118,436	126,052	135,199	143,097	150,804	158,573	170,828	181,511
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,415
1.A.2 製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785	39,075	39,311
1.A.3 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844
1.A.4 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940
1.A.4.a 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,483	2,947
1.A.4.b 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952
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. 工業製程及產品使用部門	14,424	14,975	15,895	18,378	17,797	17,501	17,651	19,460	18,386
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003
2.C 金屬工業	3,275	3,735	3,474	3,888	3,774	3,884	4,013	5,045	5,817
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	142	146	139	131	135	151	151	134	127
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
5. 廢棄物部門	20	8	65	63	110	398	387	105	117
淨二氧化碳排放量	100,659	112,075	118,635	130,278	137,760	145,621	154,044	167,627	100,659
總二氧化碳排放量	124,045	133,565	142,151	153,771	161,139	168,854	176,761	190,526	200,140
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	190,464	209,257	213,288	220,894	232,177	241,513	248,331	255,268	259,208
1.A.1 能源產業	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461	145,554	152,060	58,450	163,040
1.A.2 製造業與營造業	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393	47,864	47,324	49,089	50,374
1.A.3 運輸	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509	35,859	36,846	36,771	35,419
1.A.4 其他部門	10,605	10,936	11,198	11,058	11,814	12,235	12,102	10,958	10,375
1.A.4.a 服務業	3,155	3,220	3,562	3,493	3,961	4,125	4,240	4,279	4,237
1.A.4.b 住宅	5,410	5,354	5,181	5,107	5,042	5,133	5,235	5,033	5,047
1.A.4.c 農林漁牧業	2,040	2,362	2,455	2,459	2,811	2,977	2,627	1,647	1,091
2. 工業製程及產品使用部門	17,156	17,365	16,168	16,059	17,053	17,340	17,877	20,089	19,758
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
2.B 化學工業	1,075	1,143	1,232	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654
2.C 金屬工業	5,333	5,734	4,960	4,096	5,397	5,162	5,066	7,544	7,733
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	119	131	94	93	83	84	62	60	58
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
5. 廢棄物部門	65	259	540	612	417	512	348	470	562
淨二氧化碳排放量	177,441	185,254	204,535	208,506	215,243	227,425	237,253	244,701	254,025
總二氧化碳排放量	207,804	227,011	230,089	237,658	249,730	259,449	266,619	275,886	279,586
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	247,481	235,727	251,863	257,129	252,990	253,086	258,702	258,542	262,660
1.A.1 能源產業	157,980	148,721	158,795	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327
1.A.2 製造業與營造業	45,485	43,000	48,239	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186
1.A.3 運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809
1.A.4 其他部門	10,624	10,295	10,005	9,625	9,352	9,312	9,427	9,525	9,338
1.A.4.a 服務業	4,242	4,267	4,207	3,901	3,640	3,817	3,934	3,952	3,727
1.A.4.b 住宅	5,017	5,030	4,857	4,786	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537
1.A.4.c 農林漁牧業	1,365	998	941	937	1,041	1,011	1,082	1,105	1,074
2. 工業製程及產品使用部門	18,396	16,300	18,008	18,835	19,139	19,334	17,346	16,952	16,392
2.A 礦業 (非金屬製品)	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108
2.B 化學工業	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572	1,603	1,605	1,612
2.C 金屬工業	7,648	6,317	7,792	7,620	8,301	7,894	7,013	7,000	7,670
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	57	56	54	53	55	45	40	38	34
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
5. 廢棄物部門	443	154	208	149	149	153	146	103	131
淨二氧化碳排放量	244,746	233,326	248,721	254,696	250,848	251,120	254,825	254,209	257,798
總二氧化碳排放量	266,377	252,237	270,134	276,166	272,332	272,618	276,235	275,634	279,216

表 ES2.3 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	530	506	497	511	526	533	550	514	535
2. 工業製程及產品使用部門	5	7	6	7	8	10	11	12	10
3. 農業部門	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,622
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674
3.B 畜禽糞尿處理	206	236	234	240	247	259	266	219	192
3.C 水稻種植	960	908	845	825	775	767	745	765	751
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6
5. 廢棄物部門	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556
5.A 固體廢棄物處理	5,832	5,917	5,928	6,323	7,061	7,719	8,080	8,212	8,372
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0
5.D 廢水處理與放流	2,907	3,062	3,115	3,100	3,135	3,179	3,249	3,241	3,184
總計	11,158	11,394	11,411	11,804	12,562	13,297	13,730	13,703	13,724
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	561	574	567	586	640	674	643	637	639
2. 工業製程及產品使用部門	12	14	18	19	22	28	29	33	39
3. 農業部門	1,644	1,618	1,565	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341
3.A 畜禽腸胃發酵	694	692	660	636	626	614	623	614	609
3.B 畜禽糞尿處理	205	210	201	194	192	193	195	195	185
3.C 水稻種植	738	702	689	637	567	505	561	551	543
3.F 農作物殘體燃燒	7	14	15	13	9	8	8	8	5
5. 廢棄物部門	11,648	10,941	10,196	9,686	9,242	8,588	8,043	7,425	6,948
5.A 固體廢棄物處理	8,604	8,024	7,305	6,821	6,310	5,763	5,219	4,656	4,135
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	7	10	11	14
5.D 廢水處理與放流	3,042	2,916	2,891	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798
總計	13,865	13,146	12,346	11,770	11,298	10,610	10,102	9,463	8,967
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	620	612	648	670	679	691	702	725	745
2. 工業製程及產品使用部門	37	33	35	27	35	38	37	39	40
3. 農業部門	1,299	1,281	1,274	1,301	1,300	1,304	1,286	1,268	1,283
3.A 畜禽腸胃發酵	584	571	578	590	583	579	566	573	561
3.B 畜禽糞尿處理	180	175	176	180	172	166	164	163	164
3.C 水稻種植	529	530	514	526	540	555	552	529	555
3.F 農作物殘體燃燒	6	5	5	5	5	3	4	4	3
5. 廢棄物部門	6,322	5,735	5,177	4,758	4,423	4,027	3,854	3,643	3,568
5.A 固體廢棄物處理	3,601	3,066	2,597	2,222	1,887	1,595	1,349	1,140	950
5.B 固體廢棄物之生物處理	16	18	21	26	24	23	20	20	20
5.D 廢水處理與放流	2,705	2,651	2,559	2,510	2,512	2,410	2,484	2,484	2,599
總計	8,279	7,662	7,134	6,756	6,437	6,060	5,878	5,676	5,637

139.47%，年平均成長率為 3.42%；工業製程及產品使用部門增加 48.74%，年平均成長率為 -2.44%；農業部門減少約 30.66%，年平均成長率為 -1.40%；廢棄物部門減少 55.56%，年平均成長率為 -3.07%；而土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體移除量減少 8.42%，年平均成長率為 -0.34%。臺灣 2016 年總溫室氣體總排放量較 2015 年增加 1.22%，其中以能源部門增加 1.60%、工業製程及產品使用部門減少 2.44%、農業部門增加 0.35%、廢棄物部門減少 1.94%；另土地利用、土地利用變化及林業部門的碳移除量減少 0.03%，年平均成長率為 2.94%。

1990 年能源部門溫室氣體排放為 110,525 千公噸二氧化碳當量，至 2016 年增加為 264,675 千公噸二氧化碳當量，成長 139.47%，年平均成長率為 3.42%，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 年及 2012 年及 2015 年又再度下降，2016 年較 2015 年增加 1.60%。2016 年能源部門之溫室氣體總排放量占臺灣溫室氣體總排放量的 90.29%，其中，1.A.1「能源產業」為 172,984 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 65.36%，1.A.2「製造業與營造業」為 44,438 千公噸二氧化碳當量

表 ES2.4 臺灣 1990 至 2016 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

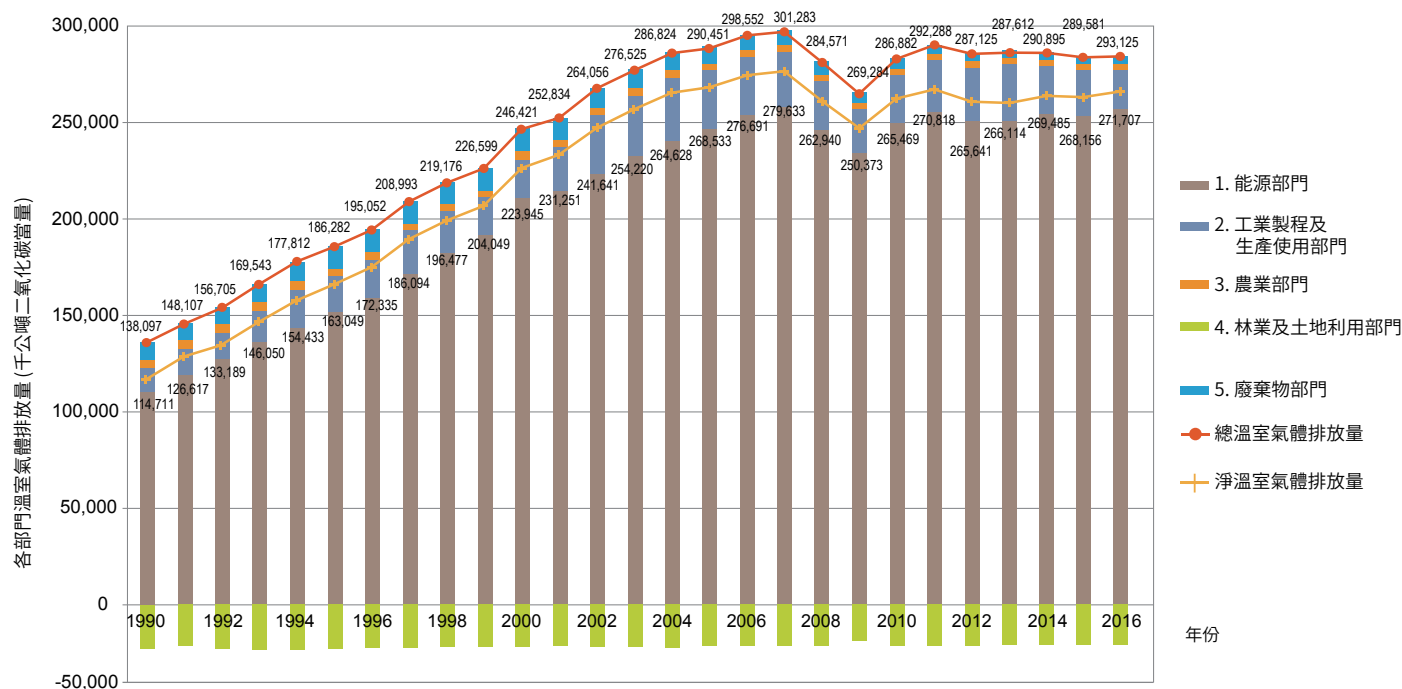
溫室氣體排放源和吸收匯	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
1. 能源部門	537	578	653	703	742	778	825	866	917
1.A.1 能源產業	138	158	183	207	224	242	273	301	332
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107	113	115
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14
2. 工業製程及產品使用部門	166	352	325	301	318	345	186	374	383
3. 農業部門	1,897	1,933	1,866	1,897	1,883	1,872	1,907	1,710	1,609
3.B 畜禽糞尿處理	48	50	52	54	59	61	67	70	71
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,800	1,837	1,818	1,808	1,838	1,638	1,536
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	7	2	2	2	2
5. 廢棄物部門	296	285	298	311	313	334	337	337	321
總計	2,895	3,148	3,143	3,213	3,257	3,329	3,255	3,287	3,229
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	968	1,052	1,086	1,136	1,194	1,234	1,273	1,302	1,306
1.A.1 能源產業	362	428	459	482	525	538	565	590	606
1.A.2 製造業與營造業	122	133	137	143	157	165	164	171	178
1.A.3 運輸	469	475	475	496	495	513	527	527	508
1.A.4 其他部門	14	15	16	16	17	18	17	15	13
2. 工業製程及產品使用部門	312	625	714	744	833	834	960	1,432	1,531
3. 農業部門	1,583	1,794	1,720	1,729	1,597	1,710	1,598	1,629	1,595
3.B 畜禽糞尿處理	72	73	71	70	71	69	71	72	71
3.D 農業土壤	1,509	1,717	1,644	1,655	1,524	1,639	1,524	1,554	1,522
3.F 農作物殘體燃燒	2	4	5	4	3	2	2	3	1
5. 廢棄物部門	329	331	340	348	353	343	350	351	360
總計	3,192	3,802	3,860	3,957	3,977	4,122	4,181	4,713	4,792
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	1,245	1,216	1,254	1,274	1,253	1,246	1,253	1,250	1,270
1.A.1 能源產業	588	565	573	578	573	564	571	557	567
1.A.2 製造業與營造業	162	155	169	176	170	172	166	164	162
1.A.3 運輸	481	483	500	507	498	498	505	517	530
1.A.4 其他部門	14	13	12	12	12	12	12	12	11
2. 工業製程及產品使用部門	1,290	1,457	1,834	1,762	1,674	1,539	1,514	1,507	1,706
3. 農業部門	1,514	1,547	1,528	1,469	1,496	1,432	1,427	1,397	1,395
3.B 畜禽糞尿處理	72	71	70	71	71	71	73	74	76
3.D 農業土壤	1,440	1,474	1,456	1,396	1,424	1,359	1,353	1,321	1,318
3.F 農作物殘體燃燒	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5. 廢棄物部門	328	327	337	346	344	352	364	363	330
總計	4,377	4,547	4,953	4,850	4,767	4,569	4,558	4,516	4,701

表 ES2.5 臺灣 1993 至 2016 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	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
HFCs 總排放量	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,619	2,216
PFCs 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939	4,143
SF ₆ 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746	3,914
NF ₃ 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235	398
總計	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,738	2,462	6,538	10,671
溫室氣體排放源和吸收匯	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
HFCs 總排放量	2,397	2,451	1,070	987	1,093	1,046	980	934	1,016	869
PFCs 總排放量	4,198	4,341	3,070	3,264	2,972	1,682	1,143	1,354	1,365	725
SF ₆ 總排放量	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647
NF ₃ 總排放量	540	659	726	650	759	166	538	219	381	349
總計	11,520	12,643	9,549	8,490	7,939	5,538	4,838	4,661	4,516	3,589
溫室氣體排放源和吸收匯	2013	2014	2015	2016						
HFCs 總排放量	981	1,010	982	991						
PFCs 總排放量	929	1,139	931	1,045						
SF ₆ 總排放量	1,722	1,447	1,217	1,094						
NF ₃ 總排放量	734	627	623	440						
總計	4,365	4,224	3,754	3,570						

說明：NE（未估計），指對現有排放量和移除量沒有估計。



圖ES2.2 臺灣1990至2016年各部門溫室氣體排放量趨勢

(占 16.79%)，1.A.3「運輸」為 37,640 千公噸二氧化碳當量 (占 14.22%)，1.A.4「其他部門 (包括服務業、住宅及農林漁牧業)」為 9,373 千公噸二氧化碳當量 (占 3.54%)，1.B.2「石油及天然氣」為 239 千公噸二氧化碳當量 (占 0.09%)。

1990 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放為 14,595 千公噸二氧化碳當量，至 2016 年增加為 21,708 千公噸二氧化碳當量，增加 48.74%，年平均成長率為 1.54%，如表 ES3.3 所示。2016 年溫室氣體排放量占臺灣溫室氣體總排放量的 7.41%，其中 2.C「金屬工業」7,670 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 35.33% (比例最大)，其次為 2.A「礦

業 (非金屬製品)」7,108 千公噸二氧化碳當量 (占 32.74%)、2.E「電子工業」3,401 千公噸二氧化碳當量 (占 15.67%)、2.B「化學工業」2,613 千公噸二氧化碳當量 (占 12.04%)、2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」835 千公噸二氧化碳當量 (占 3.85%)、2.G「其他產品之製造與使用」79 千公噸二氧化碳當量 (占 0.36%) 及 2.H「其他」2 千公噸二氧化碳當量 (占 0.01%)。

2016 農業部門溫室氣體排放量為 2,712 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 0.93%，與 1990 年 3,911 千公噸二氧化碳當量相比較減少約 30.66%，年平均成長率為 -1.40%，如表 ES3.4 所示。2016 農業部門溫室氣體排放量較 2015 約增加 0.35%。

表 ES3.1 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	110,525	119,521	127,202	136,414	144,365	152,115	159,948	172,207	182,963
2. 工業製程及產品使用部門	14,595	15,333	16,227	19,441	18,977	18,658	19,154	21,323	20,862
3. 農業部門	3,911	3,980	3,869	3,890	3,850	3,878	3,897	3,567	3,359
4. 土地利用及林業部門	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
5. 廢棄物部門	9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	114,711	126,617	133,189	146,050	154,433	163,049	172,335	186,094	196,477
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	138,097	148,107	156,705	169,543	177,812	186,282	195,052	208,993	219,176
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	191,993	210,882	214,941	222,616	234,011	243,421	250,247	257,207	261,153
2. 工業製程及產品使用部門	19,218	20,465	23,438	27,492	29,428	30,846	28,416	30,044	29,266
3. 農業部門	3,345	3,543	3,379	3,301	3,074	3,114	3,047	3,056	2,993
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
5. 廢棄物部門	12,042	11,530	11,076	10,646	10,012	9,444	8,741	8,245	7,871
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	204,049	223,945	231,251	241,641	254,220	264,628	268,533	276,691	279,633
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	226,599	246,421	252,834	264,056	276,525	286,824	290,451	298,552	301,283
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	249,346	237,555	253,765	259,073	254,922	255,023	260,657	260,517	264,675
2. 工業製程及產品使用部門	25,261	22,628	24,539	25,141	24,437	25,275	23,121	22,252	21,708
3. 農業部門	2,870	2,884	2,856	2,823	2,851	2,781	2,753	2,703	2,712
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
5. 廢棄物部門	7,094	6,216	5,722	5,252	4,916	4,532	4,364	4,109	4,030
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	262,940	250,372	265,469	270,818	265,641	266,114	269,485	268,156	271,707
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	284,571	269,283	286,882	292,288	287,125	287,612	290,895	289,581	293,125

表 ES3.2 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	109,459	118,436	126,052	135,199	143,097	150,804	158,573	170,828	181,511
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,415
1.A.2 製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785	39,075	39,311
1.A.3 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844
1.A.4 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940
甲烷總排放量	530	506	497	511	526	533	550	514	535
1.A.1 能源產業	26	29	28	32	35	41	42	46	51
1.A.2 製造業與營造業	46	48	51	51	52	53	55	58	59
1.A.3 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257
1.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27
1.B.1 固體燃料	162	138	115	113	98	81	81	34	27
1.B.2 石油及天然氣	115	98	88	87	97	103	103	104	115
氧化亞氮總排放量	537	578	653	703	742	778	825	866	917
1.A.1 能源產業	138	158	183	207	224	242	273	301	332
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107	113	115
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456
1.A.4 其他	17	17	15	14	15	14	16	14	14
能源部門總排放量	110,525	119,521	127,202	136,414	144,365	152,115	159,948	172,207	182,963
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	190,464	209,257	213,288	220,894	232,177	241,513	248,331	255,268	259,208
1.A.1 能源產業	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461	145,554	152,060	158,450	163,040
1.A.2 製造業與營造業	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393	47,864	47,324	49,089	50,374
1.A.3 運輸	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509	35,859	36,846	36,771	35,419
1.A.4 其他部門	10,605	10,936	11,198	11,058	11,814	12,235	12,102	10,958	10,375
甲烷總排放量	561	574	567	586	640	674	643	637	639
1.A.1 能源產業	59	66	70	70	79	81	82	86	88
1.A.2 製造業與營造業	63	69	72	76	84	89	88	92	97
1.A.3 運輸	266	270	272	278	287	295	303	298	289
1.A.4 其他部門	28	29	30	30	32	33	33	29	27
1.B.1 固體燃料	31	28	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	113	111	122	132	159	176	137	132	138
氧化亞氮總排放量	968	1,052	1,086	1,136	1,194	1,234	1,273	1,302	1,306
1.A.1 能源產業	362	428	459	482	525	538	565	590	606
1.A.2 製造業與營造業	122	133	137	143	157	165	164	171	178
1.A.3 運輸	469	475	475	496	495	513	527	527	508
1.A.4 其他	14	15	16	16	17	18	17	15	13
能源部門總排放量	191,993	210,883	214,941	222,616	234,011	243,421	250,247	257,207	261,153
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	247,481	235,727	251,863	257,129	252,990	253,086	258,702	258,542	262,660
1.A.1 能源產業	157,980	148,721	158,795	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327
1.A.2 製造業與營造業	45,485	43,000	48,239	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186
1.A.3 運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809
1.A.4 其他部門	10,624	10,295	10,005	9,625	9,352	9,312	9,427	9,525	9,338
甲烷總排放量	620	612	648	670	679	691	702	725	745
1.A.1 能源產業	86	79	84	85	84	83	86	90	90
1.A.2 製造業與營造業	88	85	92	97	94	96	93	92	91
1.A.3 運輸	276	281	285	288	284	284	286	293	301
1.A.4 其他部門	28	27	26	25	24	24	25	25	24
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	142	140	161	176	193	204	212	226	239
氧化亞氮總排放量	1,245	1,216	1,254	1,274	1,253	1,246	1,253	1,250	1,270
1.A.1 能源產業	588	565	573	578	573	564	571	557	567
1.A.2 製造業與營造業	162	155	169	176	170	172	166	164	162
1.A.3 運輸	481	483	500	507	498	498	505	517	530
1.A.4 其他	14	13	12	12	12	12	12	12	11
能源部門總排放量	249,346	237,555	253,765	259,073	254,922	255,023	260,657	260,517	264,675

說明：NO（未發生），臺灣煤炭自 2001 年起停產。

表 ES3.3 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	14,424	14,975	15,895	18,378	17,797	17,501	17,651	19,460	18,386
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003
2.C 金屬工業	3,275	3,735	3,474	3,888	3,774	3,884	4,013	5,045	5,817
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	5	7	6	7	8	10	11	12	10
氧化亞氮總排放量	66	352	325	301	318	345	186	374	383
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	186	374	383
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
氫氟碳化物總排放量	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.E 電子工業	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
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	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
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
工業製程部門及產品使用總排放量	14,595	15,333	16,227	19,441	18,977	18,658	19,154	21,323	20,862
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	17,156	17,365	16,168	16,059	17,053	17,340	17,877	20,089	19,758
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
2.B 化學工業	1,075	1,143	1,232	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654
2.C 金屬工業	5,333	5,734	4,960	4,096	5,397	5,162	5,066	7,544	7,733
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	12	14	18	19	22	28	29	33	39
氧化亞氮總排放量	312	625	714	744	833	834	960	1,432	1,531
2.B 化學工業	312	625	714	743	831	834	960	969	996
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	0	2	0	0	94	95
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	369	439
氫氟碳化物總排放量	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093
2.B 化學工業	1,609	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	51	59	59	59	73	91	171
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	NE	NE	401	682	996	896	922
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	3	13	2,939	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,972
六氟化硫總排放量	116	120	746	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440
2.E 電子工業	116	120	746	944	1,415	1,783	2,117	2,050	1,721
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	11	10	235	398	540	659	726	650	759
工業製程部門及產品使用總排放量	19,218	20,465	23,438	27,492	29,428	30,846	28,416	30,044	29,266
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	18,396	16,300	18,008	18,835	19,139	19,334	17,346	16,952	16,392
2.A 礦業 (非金屬製品)	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108
2.B 化學工業	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572	1,603	1,605	1,612
2.C 金屬工業	7,648	6,317	7,792	7,620	8,301	7,894	7,013	7,000	7,670
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	37	33	35	27	35	38	37	39	40
氧化亞氮總排放量	1,290	1,457	1,834	1,762	1,674	1,539	1,514	1,507	1,706
2.B 化學工業	784	1,006	1,170	1,195	1,016	780	728	691	961
2.C 金屬工業	90	76	119	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	416	375	546	568	658	759	786	817	745

溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
氟氯化物總排放量	1,046	980	934	1,016	869	981	1,010	982	991
2.B 化學工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	118	168	164	134	86	169	182	132	156
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	928	812	770	881	783	812	828	851	835
全氟氯化物總排放量 (2.E 電子工業)	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929	1,139	931	1,045
六氟化硫總排放量	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722	1,447	1,217	1,094
2.C 金屬工業	144	235	212	134	109	55	56	45	NE
2.E 電子工業	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524	1,276	1,075	1,015
2.G 其他產品之製造與使用	895	703	295	282	186	142	115	97	79
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	166	538	219	381	349	734	627	623	440
工業製程部門及產品使用總排放量	25,262	22,628	24,539	25,141	24,437	25,275	23,121	22,252	21,708

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

表 ES3.4 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	142	146	139	131	135	151	151	134	127
甲烷總排放量	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,622
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674
3.B 畜禽糞尿處理	206	236	234	240	247	259	266	219	192
3.C 水稻種植	960	908	845	825	775	767	745	765	751
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6
氧化亞氮總排放量	1,897	1,933	1,866	1,897	1,883	1,872	1,907	1,710	1,609
3.B 畜禽糞尿處理	48	50	52	54	59	61	67	70	71
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,800	1,837	1,818	1,808	1,838	1,638	1,536
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	7	2	2	2	2
農業部門總排放量	3,911	3,980	3,869	3,890	3,850	3,878	3,897	3,567	3,359
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	119	131	94	93	83	84	62	60	58
甲烷總排放量	1,644	1,618	1,565	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341
3.A 畜禽腸胃發酵	694	692	660	636	626	614	623	614	609
3.B 畜禽糞尿處理	205	210	201	194	192	193	195	195	185
3.C 水稻種植	738	702	689	637	567	505	561	551	543
3.F 農作物殘體燃燒	7	14	15	13	9	8	8	8	5
氧化亞氮總排放量	1,583	1,794	1,720	1,729	1,597	1,710	1,598	1,629	1,595
3.B 畜禽糞尿處理	72	73	71	70	71	69	71	72	71
3.D 農業土壤	1,509	1,717	1,644	1,655	1,524	1,639	1,524	1,554	1,522
3.F 農作物殘體燃燒	2	4	5	4	3	2	2	3	1
農業部門總排放量	3,345	3,543	3,379	3,301	3,074	3,114	3,047	3,056	2,993
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	57	56	54	53	55	45	40	38	34
甲烷總排放量	1,299	1,281	1,274	1,301	1,300	1,304	1,286	1,268	1,283
3.A 畜禽腸胃發酵	584	571	578	590	583	579	566	573	561
3.B 畜禽糞尿處理	180	175	176	180	172	166	164	163	164
3.C 水稻種植	529	530	514	526	540	555	552	529	555
3.F 農作物殘體燃燒	6	5	5	5	5	3	4	4	3
氧化亞氮總排放量	1,514	1,547	1,528	1,469	1,496	1,432	1,427	1,397	1,395
3.B 畜禽糞尿處理	72	71	70	71	71	71	73	74	76
3.D 農業土壤	1,440	1,474	1,456	1,396	1,424	1,359	1,353	1,321	1,318
3.F 農作物殘體燃燒	2	2	2	2	2	1	1	1	1
農業部門總排放量	2,870	2,884	2,856	2,823	2,851	2,781	2,753	2,703	2,712

其中，2016 年排放以 3.D「農業土壤」排放氧化亞氮占 48.59%，3.A「畜禽腸胃發酵」甲烷占 20.69%，3.C「水稻種植」甲烷占 20.47%，3.B「畜禽糞尿處理」甲烷占 6.04%，3.B「畜禽糞尿處理」氧化亞氮占 2.81%，3.H「尿素使用」排放二氧化碳 1.24%，3.F「農作物殘體燃燒」甲烷占 0.12% 及 3.F「農作物殘體燃燒」氧化亞氮占 0.04%。

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。臺灣 1990 至 2016 年土地利用與林業部門溫室氣體排放量（主要為森林資源之二氧化碳移除量）

如表 ES3.5 所示，2016 年移除量為 21,418 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 0.03%，1990 至 2016 年碳移除量減少約 8.42%，年平均成長率為 -0.34%。

2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量為 4,030 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.37%（如表 ES3.6 所示），與 1990 年相比較減少約 55.56%，年平均成長率為 -3.07%。2016 年廢棄物部門排放中，以 5.D「廢水處理與放流」甲烷占 64.50% 的比例最大，其次為 5.A「固體廢棄物處理」甲烷占 23.57%，5.D「廢水處理與放流」氧化亞氮占 7.59%，其餘為 5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」二氧化碳占 3.26%、5.B「廢棄物生物處理」甲烷占 0.49%、5.B「廢棄物生物處理」氧化亞氮占 0.44% 及 5.C「廢棄物焚化」氧化亞氮占 0.15%。

表 ES3.5 臺灣 1990 至 2016 年林業部門碳移除量變化

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
林地維持林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-23,902	-23,902	-23,713	-23,524	-23,335	-23,146	-22,957	-22,768	-22,579
	生物量碳排放量 △ CO _{2L}	607	25,03 ¹	333	216	190	202	559	266	326
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-91	-91	-136	-185	-233	-288	-319	-397	-446
總碳移除量△ CO ₂		-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
不確定性 (%)		7.58	7.18	7.65	7.69	7.7	7.7	7.6	7.71	7.71
年份		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
林地維持林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-22,390	-22,201	-22,012	-21,823	-21,633	-21,444	-21,255	-21,066	-20,877
	生物量碳排放量 △ CO _{2L}	401	389	11,12 ²	167	227	243	369	251	308
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-561	-665	-683	-759	-899	-995	-1,031	-1,046	-1,080
總碳移除量△ CO ₂		-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
不確定性 (%)		7.7	7.73	7.57	7.91	7.92	7.96	7.99	8.13	8.2
年份		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
林地維持林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-20,688	-20,499	-20,392	-20,409	-20,435	-20,473	-20,508	-20,546	-20,542
	生物量碳排放量 △ CO _{2L}	199	27,53 ³	218	140	145	135	197	189	153
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 △ CO _{2G}	-1,142	-1,166	-1,240	-1,202	-1,194	-1,161	-1,099	-1,068	-1,029
總碳移除量△ CO ₂		-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
不確定性 (%)		8.33	7.7	8.41	8.4	8.42	8.42	8.4	8.4	8.43

備註：
1：1991 年於南投縣信義鄉及嘉義縣阿里山鄉塔塔加地區發生森林大火，範圍延燒約 300 多公頃，致林木損失材積量大。
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 年莫拉克風災對臺灣中、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. 以「誤差傳遞法」推算臺灣「林地維持林地」碳移除量之不確定性，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。

表 ES3.6 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	20	8	65	63	110	398	387	105	117
甲烷總排放量	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556
5.A 固體廢棄物處理	5,832	5,917	5,928	6,323	7,061	7,719	8,080	8,212	8,372
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0
5.D 廢水處理與放流	2,907	3,062	3,115	3,100	3,135	3,179	3,249	3,241	3,184
氧化亞氮總排放量	296	285	298	311	313	334	337	337	321
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0	1	0	0	1	0	1	0
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1	0	4	3	6	18	19	4	6
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315
廢棄物部門總排放量	9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	65	259	540	612	417	512	348	470	562
甲烷總排放量	11,648	10,941	10,196	9,686	9,242	8,588	8,043	7,425	6,948
5.A 固體廢棄物處理	8,604	8,024	7,305	6,821	6,310	5,763	5,219	4,656	4,135
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	7	10	11	14
5.D 廢水處理與放流	3,042	2,916	2,891	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798
氧化亞氮總排放量	329	331	340	348	353	343	350	351	360
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	6	9	10	13
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	3	8	30	26	24	23	27	30	30
5.D 廢水處理與放流	324	322	310	321	327	314	314	310	318
廢棄物部門總排放量	12,042	11,530	11,076	10,646	10,012	9,444	8,741	8,245	7,871
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	443	154	208	149	149	153	146	103	131
甲烷總排放量	6,322	5,735	5,177	4,758	4,423	4,027	3,854	3,643	3,568
5.A 固體廢棄物處理	3,601	3,066	2,597	2,222	1,887	1,595	1,349	1,140	950
5.B 固體廢棄物之生物處理	16	18	21	26	24	23	20	20	20
5.D 廢水處理與放流	2,705	2,651	2,559	2,510	2,512	2,410	2,484	2,484	2,599
氧化亞氮總排放量	328	327	337	346	344	352	364	363	330
5.B 固體廢棄物之生物處理	15	16	19	23	22	20	18	18	18
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	21	9	11	9	9	9	9	6	6
5.D 廢水處理與放流	293	302	307	313	314	323	337	339	306
廢棄物部門總排放量	7,094	6,216	5,722	5,252	4,916	4,532	4,364	4,109	4,029

ES.4 其他資訊

後京都德班協議後，規範附件一國家需提交「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」，這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體清冊之內容。目前臺灣已積極建置符合國情、部門分工、資料庫分層管理、確實可行之國家體系，除已經擬定國家溫室氣體清冊審議規範外，並成立審議委員會，審議溫室氣體清冊與健全管理體系，以符合可量測、可報告與可查證機制 (Measurement, Reporting, and Verification, MRV) 程序。此外，為配合 UNFCCC 自 2015 年起使用 2006 IPCC 指南的規劃，我國亦自動遵約 UNFCCC 規範，以 2006 IPCC 指南為統計基礎及架構，並於 2013 年建置國家溫室氣體清冊電子化之登錄平台，同時由相關部會線上提交國家溫室氣體統計資料，已於 2015 年與 UNFCCC 同步全面試用 2006 IPCC 指南。

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 品質保證及品質控制計畫資訊
- 1.7 一般不確定性
- 1.8 完整性概要評估

第一章 簡介

1.1 國家溫室氣體清冊背景資訊

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，中華民國（臺灣，以下簡稱臺灣）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。臺灣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, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)，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)」（以下簡稱 2000 GPG），與 2003 年「土地利用、土地利用變遷與林業良好作法指南」（以下簡稱 2003 LULUCF-GPG）編製國家溫室氣體清冊。清冊編製係基於臺灣的實際情況，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，說明臺灣溫室氣體排放趨勢，除了有利於未來溫室氣體統計工作的持續進行外，並能藉此向國際或臺灣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

臺灣溫室氣體清冊準備工作之負責部會為行政院環境保護署，由其溫室氣體減量管理室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。

此外，行政院環境保護署於 2012 年底邀集產官學及民間團體代表組成「國家溫室氣體清冊審議會」，作為臺灣推動國家溫室氣體清冊統計任務，及進行審議的單位，並每年彙編發布國家溫室氣體排放清冊報告。

1.3 清冊準備流程

臺灣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、農業委員會，與經濟部能源局及工業局等相關部會，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，邀集各部會專家學者所建置的溫室氣體清冊審議小組，審視數據的正確性，並提供改善建議，經由部會修改後，再提送至國家溫室氣體排放清冊審議會進行審議，後續依溫室氣體減量及管理法每年提交。

目前臺灣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。

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

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

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

1.4 方法與資料來源

臺灣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，即成為臺灣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. 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。臺灣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

臺灣工業製程及產品使用部門中各行業 / 生產之活動數據來源，係以政府統計公告資料為主，其活動數據具公信力、誤差率小並為延續性資料；若無政府公告資料，則以產業公會統計資料替代，或採用向業者進行實際調查統計結果。2000 至 2016 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

臺灣農業部門之統計數據於 1990 至 1999 年間乃是引用自臺灣省政府農林廳的「臺灣農業年報」；自 2000 年至今，因主管機關受精省異動而更名，改引用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。

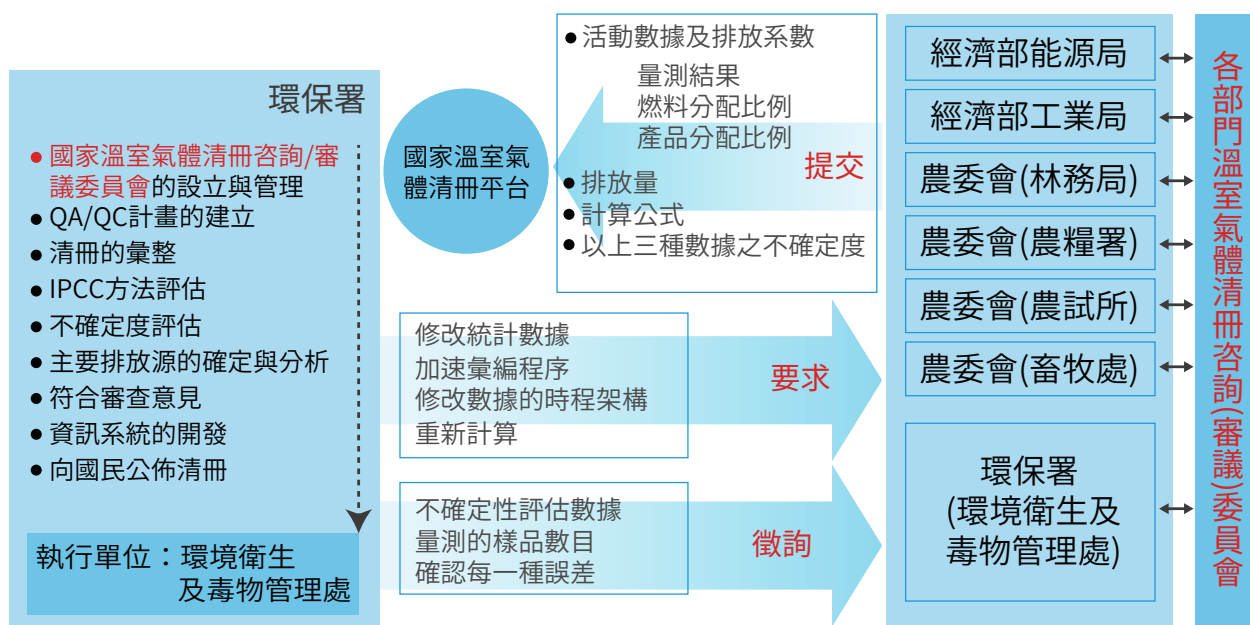


圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體清冊準備程序

4. 土地利用、土地利用變化及林業部門

在估算林業部門溫室氣體時，由於臺灣森林資源及土地利用調查與林業統計資料不盡完整，因此僅依據 2006 IPCC 指南原則，以目前臺灣可取得及歸納之資料進行分類計算。相關係數則以臺灣的研究數值為主，如果臺灣無此數值，就使用 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。土壤部分則因為臺灣尚在進行土壤分類及估算過程，目前資料不足而無法完成統計工作。

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。

1.5 主要排放源

臺灣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，以下說明臺灣溫室氣體排放主要排放源。

1. 能源部門

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

2. 工業製程及產品使用部門

工業製程及產品使用部門中產生之溫室氣體總排放量，需按國際工業標準分類詳細報告各製程排放的溫室氣體，但不包括能源使用的排放量。臺灣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、土壤內的有機碳等。

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 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (Quality Control, QC) 計畫資訊

品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (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。臺灣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

臺灣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，唯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，請參見後續章節的介紹與說明。

1.8 完整性概要評估

臺灣 2018 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 至 2016 年，其中僅 1.C「二氧化碳運輸與封存」、及 4.B 農地至 4.G 伐木產品等項目，因資訊不足而未統計，部份估計排放量或移除量極低，不會對整體國家溫室氣體排放量統計有超過重大性原則之影響；臺灣國家溫室氣體清冊完整性已經相當高，相關概要評估請參見表 1.8.1 所示。

表 1.6.1 臺灣國家溫室氣體清冊現行 QA/QC 作法

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

表 1.8.1 臺灣國家溫室氣體清冊完整性概要

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 至 2016 年	<ul style="list-style-type: none"> 1.A.1.c.ii 油氣開採。 1.A.3.b.i 汽車 ~1.A.3.b.vi 尿素機觸媒。 1.A.3.e 其他運輸。 1.A.5 其他。 1.C 二氧化碳運輸及儲存。 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 至 2016 年 (其中含氟氣體統計 1993 至 2016 年) / 含氟氣體基準年自 1995 年起，因此臺灣此部分數據仍屬完整。	<ul style="list-style-type: none"> 2.C.4 鎂生產，2016 年因無法取得活動數據，以 NA 註記。 2.C.5 鉛生產及 2.C.6 鋅生產之二氧化碳排放，因早期生產未進行調查，而未統計。 2.E.1 積體電路或半導體之氧化亞氮 (1990 至 2005) 及含氟氣體排放 (1990 至 2000) 未進行調查，而未統計。 2.E.2 TFT 平面顯示器之氧化亞氮 (1990 至 2005) 及含氟氣體排放 (1990 至 1998)，在臺灣很少廠房，故不予計算。 2.F.1 冷凍及空調之氫氟碳化物排放，因早期 (1990 至 2002) HFC 冷媒使用量少，故不予計算；混合冷媒相關數據仍未含蓋在計算範圍內，尚待進一步調查及釐清。
3. 農業部門	1990 至 2016 年	<ul style="list-style-type: none"> 3G 石灰處理之二氧化碳排放，缺乏直接統計資料，及每年用量小，故不予計算。 3.E. 草原的焚燒因臺灣鮮有此系統，亦無統計資料，故不予計算。
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	1990 至 2016 年	<ul style="list-style-type: none"> 4.B 農地、4.C 牧草地、4.D 濕地、4.E 居住地、4.F 其他土地及 4.G 伐木產品，資訊仍有不足而尚未統計。
5. 廢棄物部門	1990 至 2016 年	無未統計之次部門。

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.

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

臺灣總溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 排放量自 1990 年 138,097 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，上升至 2016 年 293,125 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳除移量)，排放量增加 112.26%，年平均成長率為 2.94%，而 2016 年較 2015 年增加 1.22%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 114,711 千公噸二氧化碳當量，上升至 2016 年 271,707 千公噸二氧化碳當量，排放量增加 136.86%，年平均成長率為 3.37%，而 2016 年較 2015 年增加 1.32%，詳如圖 2.1.1 及表 2.1.1 所示。

2016 年二氧化碳為臺灣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。2016 年二氧化碳排放量為 279,216 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 95.26%，在 1990 至 2016 年間，二氧化碳排放量成長 125.09%，年平均成長率為 3.17%；2016 年二氧化碳除移量為 21,418 千公噸二氧化碳當量，1990 至 2016 年間除移量減少

8.42%，年平均成長率 -0.34%。2016 年甲烷排放量為 5,637 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.92%，1990 至 2016 年間排放量減少 49.48%，年平均成長率為 -2.59%，呈現負成長。2016 年氧化亞氮排放量為 4,701 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.60%，1990 至 2016 年間排放量增加 62.39%，年平均成長率為 1.88%。2016 年含氟溫室氣體排放量為 3,570 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.22%，自 1993 至 2016 年間增加 372.88%，年平均成長率為 6.99%。

2.1.2 人均二氧化碳排放

臺灣 2016 年燃料燃燒二氧化碳排放量為 262,660 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 95.26%。1990 年人均排放量約 5.41 公噸二氧化碳 / 人，至 2000 年為 7.11 公噸二氧化碳 / 人，2007 年達 11.35 公噸二氧化碳 / 人，為歷年最高點，2008 年降為 10.80 公噸二氧化碳 / 人，2009 年又再下降為 10.26 公噸二氧化碳 / 人，至 2011 年回升至 11.14 公噸二氧化碳 / 人，2016 年再上升至 11.24 公噸二氧化碳 / 人，詳如圖 2.1.2 所示。1990 至 2016 年期間人均排放量年均成長率約為 3.42%。其中，2014 年微幅增加 1.99%，2015 年微幅減少 0.29%，2016 年再度增加 1.38%。

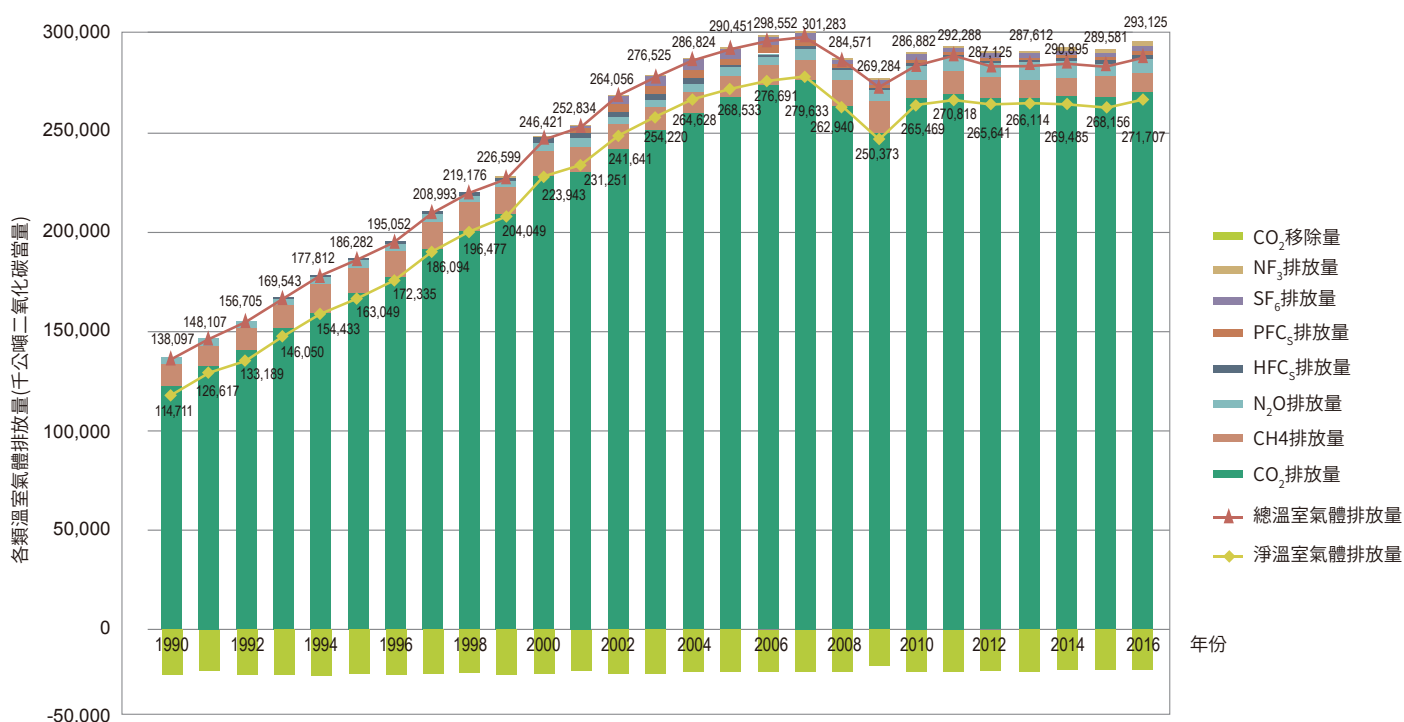


圖2.1.1 臺灣 1990 至 2016 年總溫室氣體排放量和除移量趨勢

表 2.1.1 臺灣 1990 至 2016 年總溫室氣體排放量和二氧化碳移除量

(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
二氧化碳	1	124,045	133,565	142,151	153,771	161,139	168,854	176,761	190,526	200,140
甲烷	25	11,158	11,394	11,411	11,804	12,562	13,297	13,730	13,703	13,724
氧化亞氮	298	2,895	3,148	3,143	3,213	3,257	3,329	3,255	3,287	3,229
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
六氟化硫	22,800	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮	17,200	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
二氧化碳除移量	1	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		114,711	126,617	133,189	146,050	154,433	163,049	172,335	186,094	196,477
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		138,097	148,107	156,705	169,543	177,812	186,282	195,052	208,993	219,176
溫室氣體	全球暖化潛勢	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳	1	207,804	227,011	230,089	237,658	249,730	259,449	266,619	275,886	279,586
甲烷	25	13,865	13,146	12,346	11,770	11,298	10,610	10,102	9,463	8,967
氧化亞氮	298	3,192	3,802	3,860	3,957	3,977	4,122	4,181	4,713	4,792
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	3	13	2,939	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,972
六氟化硫	22,800	116	120	746	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114
三氟化氮	17,200	11	10	235	398	540	659	726	650	759
二氧化碳除移量	1	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		204,049	223,945	231,251	241,641	254,220	264,628	268,533	276,691	279,633
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		226,599	246,421	252,834	264,056	276,525	286,824	290,451	298,552	301,283
溫室氣體	全球暖化潛勢	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳	1	266,377	252,237	270,134	276,166	272,332	272,618	276,235	275,634	279,216
甲烷	25	8,279	7,662	7,134	6,756	6,437	6,060	5,878	5,676	5,637
氧化亞氮	298	4,377	4,547	4,953	4,850	4,767	4,569	4,558	4,516	4,701
氫氟碳化物	HFC-134a: 1,430 等	1,046	980	934	1,016	869	981	1,010	982	991
全氟碳化物	PFC-14:7,390 等	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929	1,139	931	1,045
六氟化硫	22,800	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722	1,447	1,217	1,094
三氟化氮	17,200	166	538	219	381	349	734	627	623	440
二氧化碳除移量	1	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		262,940	250,373	265,469	270,818	265,641	266,114	269,485	268,156	271,707
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)		284,571	269,284	286,882	292,288	287,125	287,612	290,895	289,581	293,125

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

2.1.3 二氧化碳密集度

臺灣 1990 年二氧化碳排放密集度（即每單位 GDP 之二氧化碳排放）為 0.0228 二氧化碳 / 元，2016 年為 0.0165 公斤二氧化碳 / 元，減少 27.58%，反映我國能源效率逐年改善之趨勢。詳如圖 2.2.4 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臺灣二氧化碳的主要排放源，表 2.2.1 列有臺灣各部門 1990 至 2016 年二氧化碳排放量與移除量

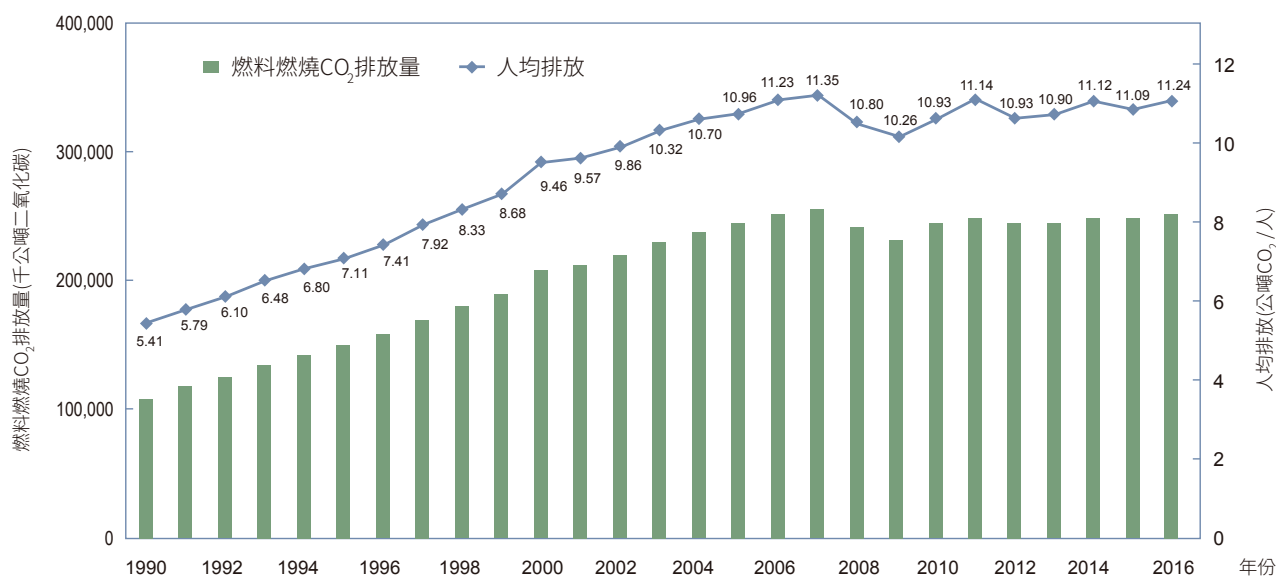


圖2.1.2 臺灣1990至2016年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢

資料來源：人口資料來自行政院主計總處¹

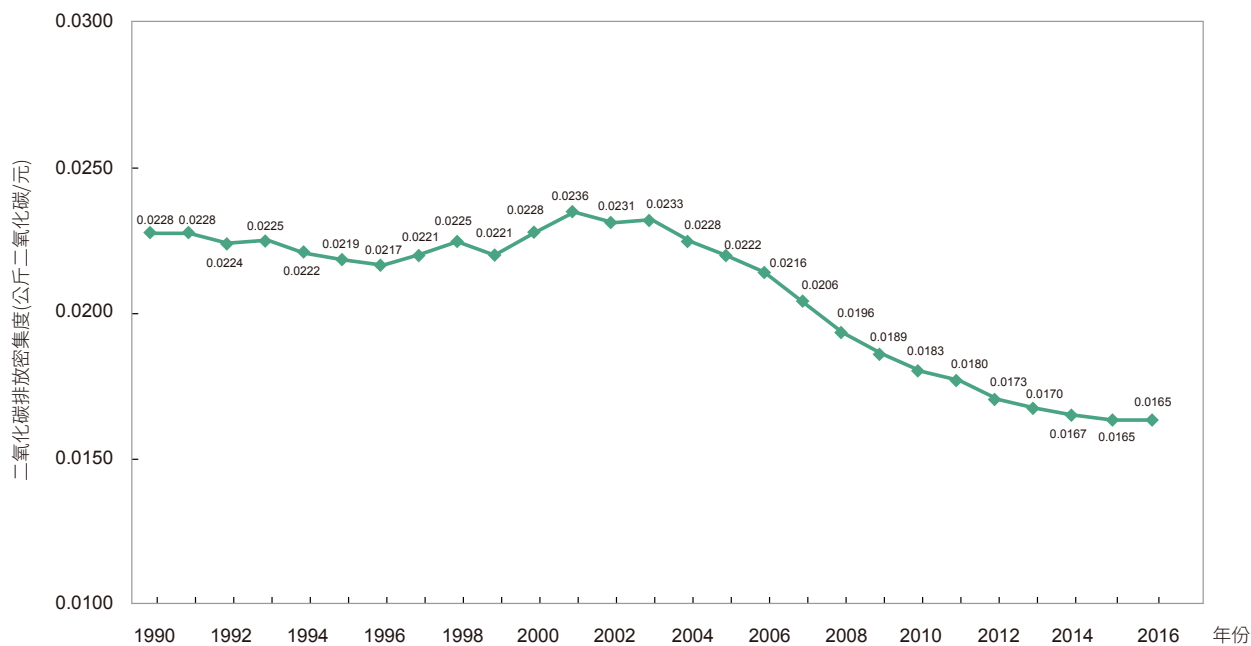


圖2.1.3 臺灣1990至2016年二氧化碳排放密集度趨勢

資料來源：GDP資料來自行政院主計總處

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

清單，排放趨勢則如圖 2.2.1 所示。臺灣 1990 年二氧化碳排放量為 124,045 千公噸二氧化碳當量，2016 年為 279,216 千公噸二氧化碳當量，增加 125.09%，平均成長率為 3.17%；其中 2016 年能源部門占 94.07%，包括能源產業為 61.72%、製造業與營造業為 15.82%、運輸為 13.18% 及其他部門為 3.34%，另工業製程及產品使用部門占 5.87%、農業部門占 0.01% 及廢棄物部門占 0.05%。2016 年較 2015 年排放量增加 1.30%，主要為能源部門之製造業與營造業、其他部門（包括服務業及農林漁牧業）與工業製程及生產使用部門之礦業（非金屬製品）排放減少；土地利用、土地利用變化及林業活動係二氧化碳的移除量，1990 年臺灣二氧化碳移除量為 23,386 千公噸二氧化碳當量，2016 年為 21,418 千公噸二氧化碳當量，減少 8.42%。

2.2.2 甲烷

臺灣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 列有臺灣各部門 1990 至 2016 年甲烷排放量清單，排放趨勢則如圖 2.2.2 所示。臺灣 1990 年甲烷排放量為 11,158 千公噸二氧化碳當量，2016 年為 5,637 千公噸二氧化碳當量，減少 49.48%，平均成長率為 -2.59%。2016 年較 2015 年排放量減少 0.69%，其中 2016 年甲烷排放量以廢棄物部門占 63.30% 最多、農業部門占 22.77%、能源部門占 13.22%、工業製程及產品使用部門占 0.71%。1990 至 2016 年間廢棄物部門減少 59.22%，為比例最大者，農業部門則減少 31.46%；其中廢棄物部門於 1999 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，由於直到 2008 年垃圾掩埋量仍每年持續下降，使得 1990 至 2016 年垃圾掩埋場甲烷排放量平均成長率為 -6.74%，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 1990 年至 2016 年減少 43.36%。農業部門溫室氣體從 1990 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。臺灣 1990 年氧化亞氮排放量為 2,895 千公噸二氧化碳當量，2016 年臺灣氧化亞氮排放量約為 4,701 千公噸二氧化碳當量，其中工業製程及產品使用部門排放約 1,703 千公噸二氧化碳當量（占 36.29%）、農業部門排放約 1,395 千公噸二氧化碳當量（占 29.67%）、能源部門排放約 1,270 千公噸二氧化碳當量（占 27.02%）、廢棄物部門排放約 330 千公噸二氧化碳當量（占 7.02%），詳如表 2.2.3 所示。臺灣 1990 至 2016 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，1990 至 2016 年排放量增加 62.39%，平均成長率 1.88%，相同期間下，以農業土壤排放量減少最多達 28.28%，平均成長率為 -1.27%，係與行政院農業委員會推廣合理化施肥有關。

2.2.4 氫氟碳化物

臺灣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 2016 年為 991 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.34%，2016 年較 1993 增加 31.28%，平均成長率為 1.19%，2016 年較 2015 年增加 0.89%，如圖 2.2.4 及表 2.2.4 所示。臺灣唯一生產氟氯烴 (Hydrochlorofluorocarbons, HFCs) 廠商臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠在 2004 年關閉後，使得氫氟碳化物排放量自 2004 年 2,451 千公噸二氧化碳當量開始下降，2005 年為 1,070 千公噸二氧化碳當量，至 2011 年起因應蒙特婁破壞臭氧層物質管制議定書 (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) 之管制時程，臺灣冷凍空調改以其他替代品，故 HFC-32、HFC-410A、HFC-404A 使用量較大，導致其排放量微幅上升。唯目前尚未將混合冷媒物等列入統計範疇。

表 2.2.1 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	109,459	118,436	126,052	135,199	143,097	150,804	158,573	170,828	181,511
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,415
1.A.2 製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785	39,075	39,311
1.A.3 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844
1.A.4 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940
1.A.4.a 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,483	2,947
1.A.4.b 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952
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. 工業製程及產品使用部門	14,424	14,975	15,895	18,378	17,797	17,501	17,651	19,460	18,386
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003
2.C 金屬工業	3,275	3,735	3,474	3,888	3,774	3,884	4,013	5,045	5,817
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	142	146	139	131	135	151	151	134	127
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
5. 廢棄物部門	20	8	65	63	110	398	387	105	117
淨二氧化碳排放量	100,659	112,075	118,635	130,278	137,760	145,621	154,044	167,627	100,659
總二氧化碳排放量	124,045	133,565	142,151	153,771	161,139	168,854	176,761	190,526	200,140
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	190,464	209,257	213,288	220,894	232,177	241,513	248,331	255,268	259,208
1.A.1 能源產業	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461	145,554	152,060	58,450	163,040
1.A.2 製造業與營造業	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393	47,864	47,324	49,089	50,374
1.A.3 運輸	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509	35,859	36,846	36,771	35,419
1.A.4 其他部門	10,605	10,936	11,198	11,058	11,814	12,235	12,102	10,958	10,375
1.A.4.a 服務業	3,155	3,220	3,562	3,493	3,961	4,125	4,240	4,279	4,237
1.A.4.b 住宅	5,410	5,354	5,181	5,107	5,042	5,133	5,235	5,033	5,047
1.A.4.c 農林漁牧業	2,040	2,362	2,455	2,459	2,811	2,977	2,627	1,647	1,091
2. 工業製程及產品使用部門	17,156	17,365	16,168	16,059	17,053	17,340	17,877	20,089	19,758
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
2.B 化學工業	1,075	1,143	1,232	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654
2.C 金屬工業	5,333	5,734	4,960	4,096	5,397	5,162	5,066	7,544	7,733
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	119	131	94	93	83	84	62	60	58
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
5. 廢棄物部門	65	259	540	612	417	512	348	470	562
淨二氧化碳排放量	177,441	185,254	204,535	208,506	215,243	227,425	237,253	244,701	254,025
總二氧化碳排放量	207,804	227,011	230,089	237,658	249,730	259,449	266,619	275,886	279,586
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	247,481	235,727	251,863	257,129	252,990	253,086	258,702	258,542	262,660
1.A.1 能源產業	157,980	148,721	158,795	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327
1.A.2 製造業與營造業	45,485	43,000	48,239	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186
1.A.3 運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809
1.A.4 其他部門	10,624	10,295	10,005	9,625	9,352	9,312	9,427	9,525	9,338
1.A.4.a 服務業	4,242	4,267	4,207	3,901	3,640	3,817	3,934	3,952	3,727
1.A.4.b 住宅	5,017	5,030	4,857	4,786	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537
1.A.4.c 農林漁牧業	1,365	998	941	937	1,041	1,011	1,082	1,105	1,074
2. 工業製程及產品使用部門	18,396	16,300	18,008	18,835	19,139	19,334	17,346	16,952	16,392
2.A 礦業 (非金屬製品)	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108
2.B 化學工業	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572	1,603	1,605	1,612
2.C 金屬工業	7,648	6,317	7,792	7,620	8,301	7,894	7,013	7,000	7,670
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3. 農業部門	57	56	54	53	55	45	40	38	34
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
5. 廢棄物部門	443	154	208	149	149	153	146	103	131
淨二氧化碳排放量	244,746	233,326	248,721	254,696	250,848	251,120	254,825	254,209	257,798
總二氧化碳排放量	266,377	252,237	270,134	276,166	272,332	272,618	276,235	275,634	279,216

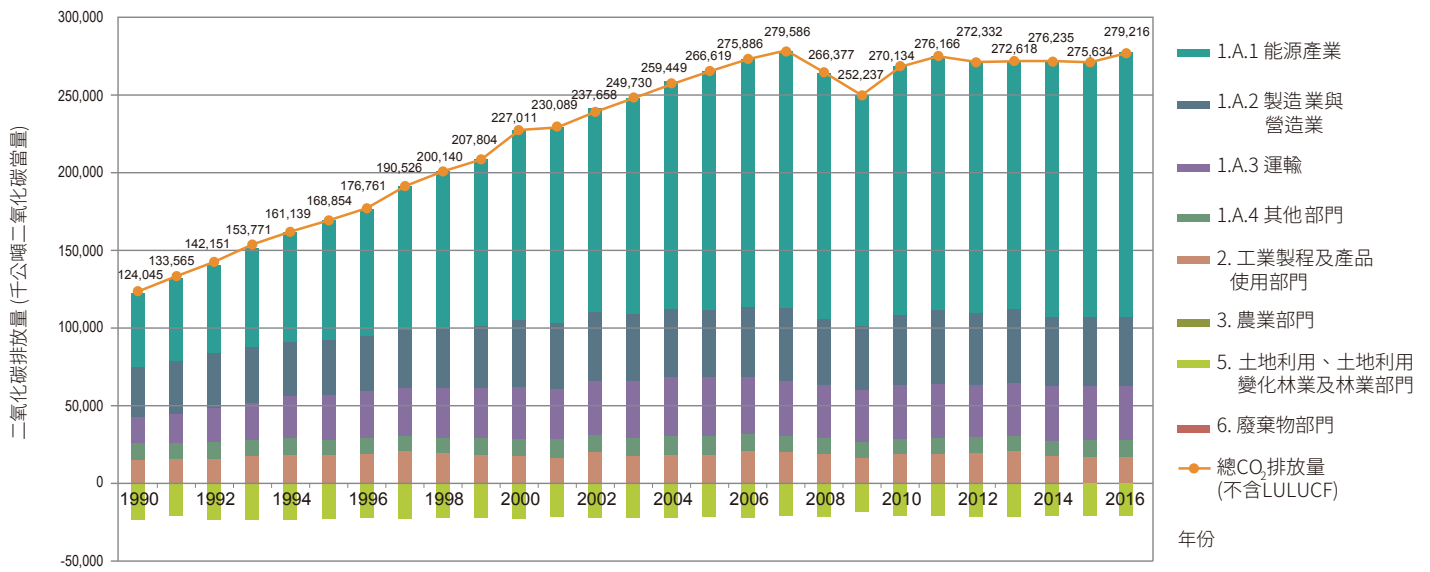


圖 2.2.1 臺灣 1990 至 2016 年二氧化碳排放量趨勢

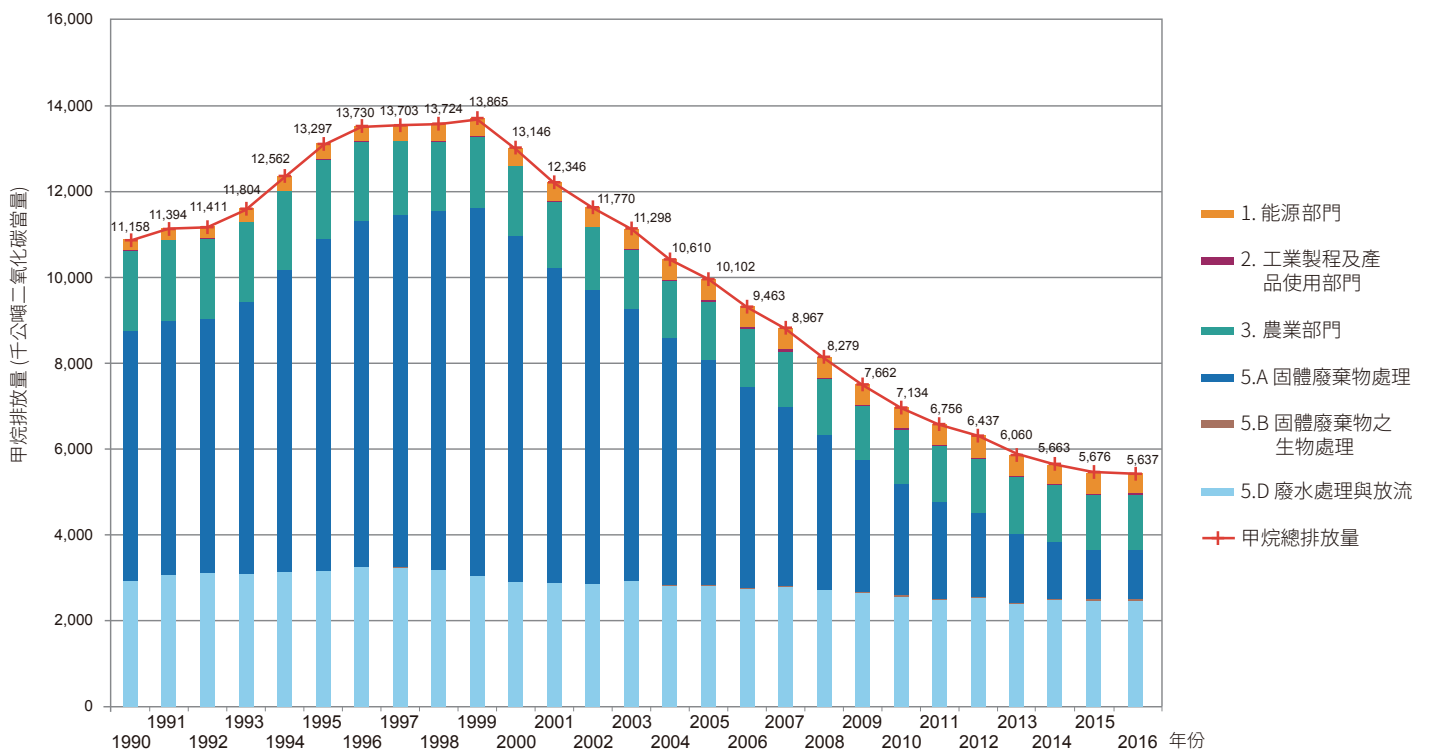


圖 2.2.2 臺灣 1990 至 2016 年甲烷排放量趨勢

表 2.2.2 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	530	506	497	511	526	533	550	514	535
2. 工業製程及產品使用部門	5	7	6	7	8	10	11	12	10
3. 農業部門	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,622
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674
3.B 畜禽糞尿處理	206	236	234	240	247	259	266	219	192
3.C 水稻種植	960	908	845	825	775	767	745	765	751
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6
5. 廢棄物部門	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556
5.A 固體廢棄物處理	5,832	5,917	5,928	6,323	7,061	7,719	8,080	8,212	8,372
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0
5.D 廢水處理與放流	2,907	3,062	3,115	3,100	3,135	3,179	3,249	3,241	3,184
總計	11,158	11,394	11,411	11,804	12,562	13,297	13,730	13,703	13,724
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	561	574	567	586	640	674	643	637	639
2. 工業製程及產品使用部門	12	14	18	19	22	28	29	33	39
3. 農業部門	1,644	1,618	1,565	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341
3.A 畜禽腸胃發酵	694	692	660	636	626	614	623	614	609
3.B 畜禽糞尿處理	205	210	201	194	192	193	195	195	185
3.C 水稻種植	738	702	689	637	567	505	561	551	543
3.F 農作物殘體燃燒	7	14	15	13	9	8	8	8	5
5. 廢棄物部門	11,648	10,941	10,196	9,686	9,242	8,588	8,043	7,425	6,948
5.A 固體廢棄物處理	8,604	8,024	7,305	6,821	6,310	5,763	5,219	4,656	4,135
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	7	10	11	14
5.D 廢水處理與放流	3,042	2,916	2,891	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798
總計	13,865	13,146	12,346	11,770	11,298	10,610	10,102	9,463	8,967
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	620	612	648	670	679	691	702	725	745
2. 工業製程及產品使用部門	37	33	35	27	35	38	37	39	40
3. 農業部門	1,299	1,281	1,274	1,301	1,300	1,304	1,286	1,268	1,283
3.A 畜禽腸胃發酵	584	571	578	590	583	579	566	573	561
3.B 畜禽糞尿處理	180	175	176	180	172	166	164	163	164
3.C 水稻種植	529	530	514	526	540	555	552	529	555
3.F 農作物殘體燃燒	6	5	5	5	5	3	4	4	3
5. 廢棄物部門	6,322	5,735	5,177	4,758	4,423	4,027	3,854	3,643	3,568
5.A 固體廢棄物處理	3,601	3,066	2,597	2,222	1,887	1,595	1,349	1,140	950
5.B 固體廢棄物之生物處理	16	18	21	26	24	23	20	20	20
5.D 廢水處理與放流	2,705	2,651	2,559	2,510	2,512	2,410	2,484	2,484	2,599
總計	8,279	7,662	7,134	6,756	6,437	6,060	5,878	5,676	5,637

表 2.2.3 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	537	578	653	703	742	778	825	866	917
1.A.1 能源產業	138	158	183	207	224	242	273	301	332
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107	113	115
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14
2. 工業製程及產品使用部門	166	352	325	301	318	345	186	374	383
3. 農業部門	1,897	1,933	1,866	1,897	1,883	1,872	1,907	1,710	1,609
3.B 畜禽糞尿處理	48	50	52	54	59	61	67	70	71
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,800	1,837	1,818	1,808	1,838	1,638	1,536
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	7	2	2	2	2
5. 廢棄物部門	296	285	298	311	313	334	337	337	321
總計	2,895	3,148	3,143	3,213	3,257	3,329	3,255	3,287	3,229
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	968	1,052	1,086	1,136	1,194	1,234	1,273	1,302	1,306
1.A.1 能源產業	362	428	459	482	525	538	565	590	606
1.A.2 製造業與營造業	122	133	137	143	157	165	164	171	178
1.A.3 運輸	469	475	475	496	495	513	527	527	508
1.A.4 其他部門	14	15	16	16	17	18	17	15	13
2. 工業製程及產品使用部門	312	625	714	744	833	834	960	1,432	1,531
3. 農業部門	1,583	1,794	1,720	1,729	1,597	1,710	1,598	1,629	1,595
3.B 畜禽糞尿處理	72	73	71	70	71	69	71	72	71
3.D 農業土壤	1,509	1,717	1,644	1,655	1,524	1,639	1,524	1,554	1,522
3.F 農作物殘體燃燒	2	4	5	4	3	2	2	3	1
5. 廢棄物部門	329	331	340	348	353	343	350	351	360
總計	3,192	3,802	3,860	3,957	3,977	4,122	4,181	4,713	4,792
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	1,245	1,216	1,254	1,274	1,253	1,246	1,253	1,250	1,270
1.A.1 能源產業	588	565	573	578	573	564	571	557	567
1.A.2 製造業與營造業	162	155	169	176	170	172	166	164	162
1.A.3 運輸	481	483	500	507	498	498	505	517	530
1.A.4 其他部門	14	13	12	12	12	12	12	12	11
2. 工業製程及產品使用部門	1,290	1,457	1,834	1,762	1,674	1,539	1,514	1,507	1,706
3. 農業部門	1,514	1,547	1,528	1,469	1,496	1,432	1,427	1,397	1,395
3.B 畜禽糞尿處理	72	71	70	71	71	71	73	74	76
3.D 農業土壤	1,440	1,474	1,456	1,396	1,424	1,359	1,353	1,321	1,318
3.F 農作物殘體燃燒	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5. 廢棄物部門	328	327	337	346	344	352	364	363	330
總計	4,377	4,547	4,953	4,850	4,767	4,569	4,558	4,516	4,701

表 2.2.4 臺灣 1990 至 2016 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2.B 化學工業	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,567	2,157	1,937
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51	59	59
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	NE	NE	401
總計	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397
溫室氣體排放源	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.B 化學工業	1,937	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E 電子工業	59	73	91	171	118	168	164	134	86	169	182	132	156	
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	682	996	896	922	928	812	770	881	783	812	828	851	835	
總計	2,451	1,070	987	1,093	1,046	980	934	1,016	869	981	1,010	982	991	

說明：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 至 2004 年生產。

NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

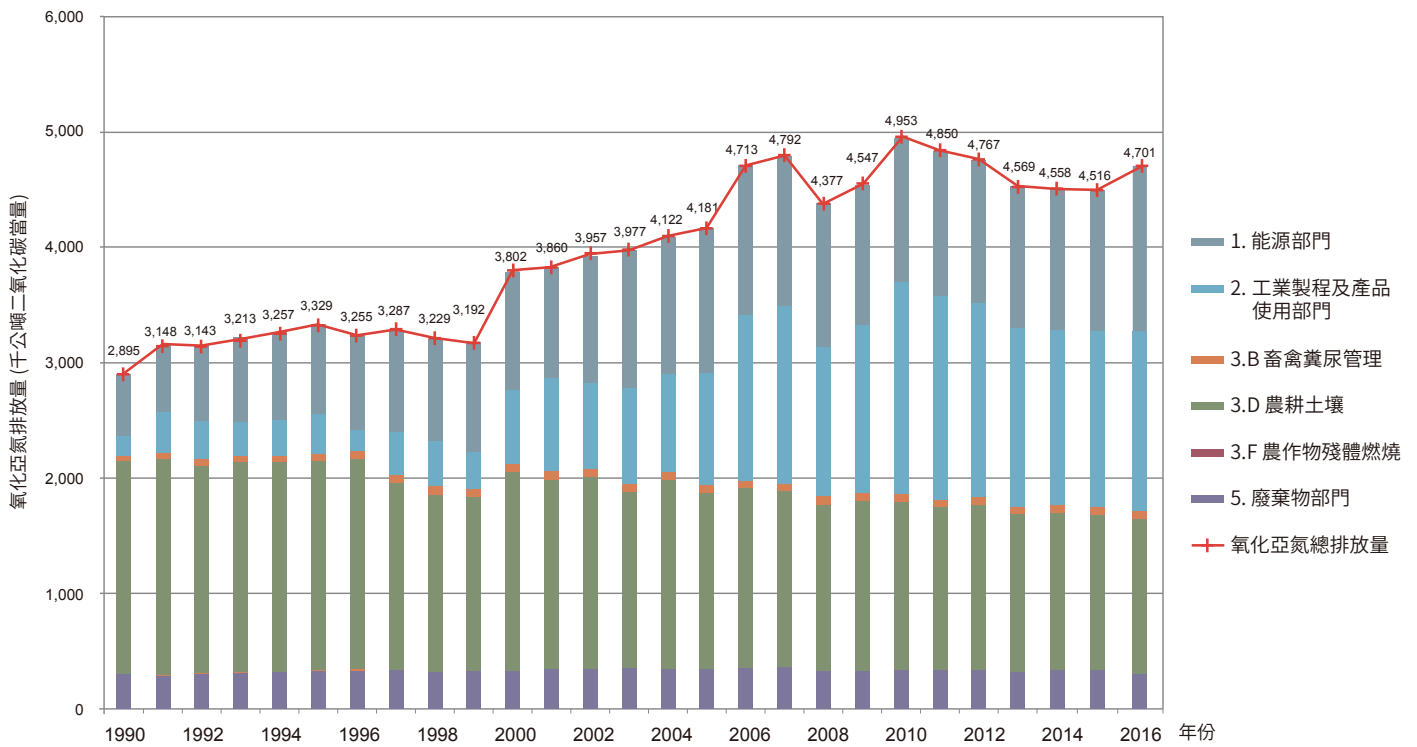


圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2016 年氧化亞氮排放量趨勢

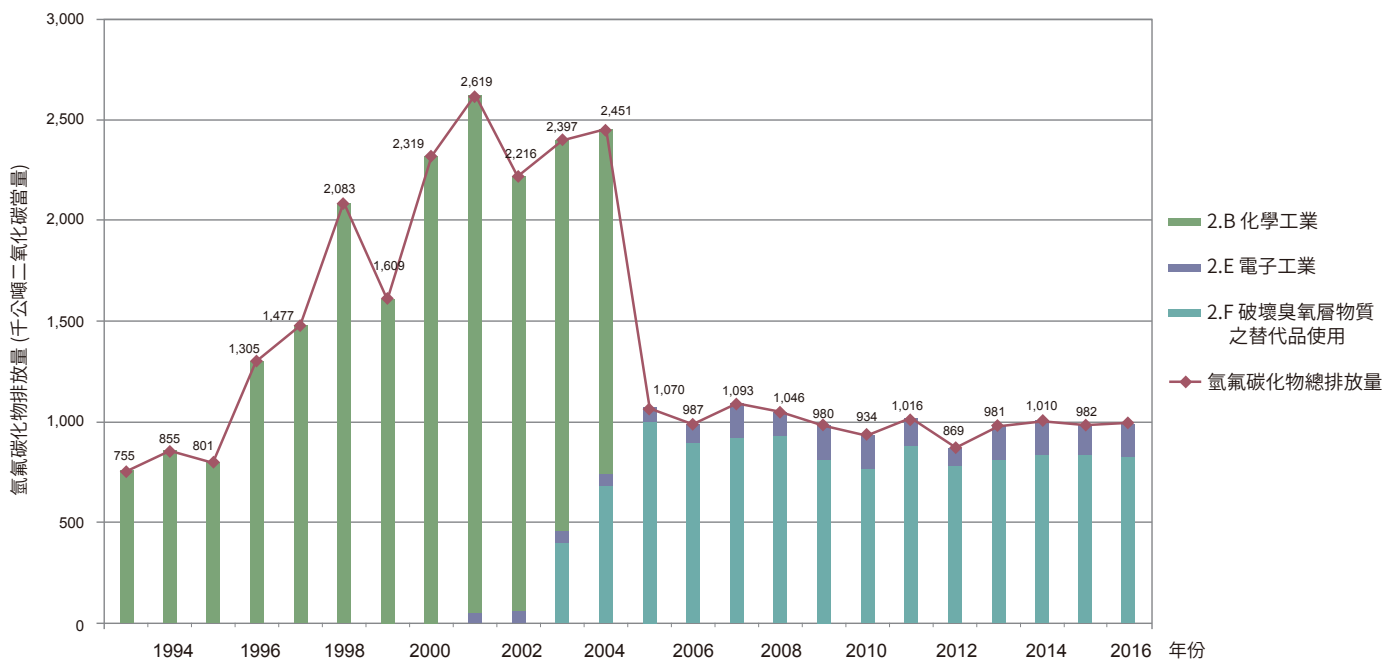


圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2016 年氫氟碳化物排放量趨勢

2.2.5 全氟碳化物

2016 年臺灣全氟碳化物排放量為 1,045 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.36%，2016 年較 2015 年增加 12.27%，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 年後由於臺灣半導體產業協會（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

2016 年臺灣六氟化硫排放量為 1,094 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.37%，2016 年較 2015 年減少 10.11%，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，導致其排放量減自 2016 年 1,094 千公噸二氧化碳當量，約減少 78.93%。

2.2.7 三氟化氮

2016 年臺灣三氟化氮排放量為 440 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.15%，2016 年較 2015 年減少 29.40%，如圖 2.2.7 及表 2.2.6 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。至 2007 年因半導體使用量大幅驟減，導致其排放量自 2007 年 759 千公噸二氧化碳當量，減自 2008 年 166 千公噸二氧化碳當量，2012 年後，因半導體及 TFT 平面顯示器使用量增加，使得三氟化氮排放量自 2012 年 349 千公噸二氧化碳當量上升至 2015 年 623 千公噸二氧化碳當量。

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，2016 年能源部門溫室氣體排放量為 264,675 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業移除量），占臺灣溫室氣體總排放量的 90.29%，工業製程及產品使用部門為 21,708 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業移除量），占 7.41%，農業部門為

2,712 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業移除量），占 0.93%，廢棄物部門為 4,029 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業移除量），占 1.37%。2016 年土地利用、土地利用變化及林業部門之移除量則為 21,418 千公噸二氧化碳當量，占總排放量 7.31%。臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 2.3.1 及表 2.3.1 所示。

2.3.1 能源部門

能源部門排放之溫室氣體種類包括二氧化碳、甲烷及氧化亞氮，該部門溫室氣體排放總量歷年來呈現上升趨勢，至 2008 年首度呈現下降趨勢，2009 年及 2012 年及 2015 年又再度下降，2016 年較 2015 年增加 1.60%，詳如表 2.3.2 和圖 2.3.2 所示。2016 年能源部門之溫室氣體總排放為 264,675 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 90.29%，以 1.A「燃料燃燒活動」為 264,436 千公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體之大宗，約 99.91%，1.B「燃料逸散性排放」為 239 千公噸二氧化碳當量，占 0.09%。其中，1.A.1「能源產業」為 172,984 千公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 65.36%，1.A.2「製造業與營造業」為 44,438 千公噸二氧化碳當量（占 16.79%），1.A.3「運輸」為 37,640 千公噸二氧化碳當量（占 14.22%），1.A.4「其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧業）」為 9,373 千公噸二氧化碳當量（占 3.54%），1.B.2「石油及天然氣」為 239 千公噸二氧化碳當量（占 0.09%）。1990 至 2016 年間，能源部門之成長率為 139.47%，年平均成長率為 3.42%，其中 1.A.1「能源產業」溫室氣體排放量增加 250.97%，年平均成長率為 4.95%；1.A.2「製造業與營造業」增加 46.89%，年平均成長率為 1.49%；1.A.3「運輸」增加 87.37%，年平均成長率為 2.44%；1.A.4「其他部門」減少 11.73%，年平均成長率為 -0.48%；1.B.2「石油及天然氣」增加 108.45%，年平均成長率為 2.87%。

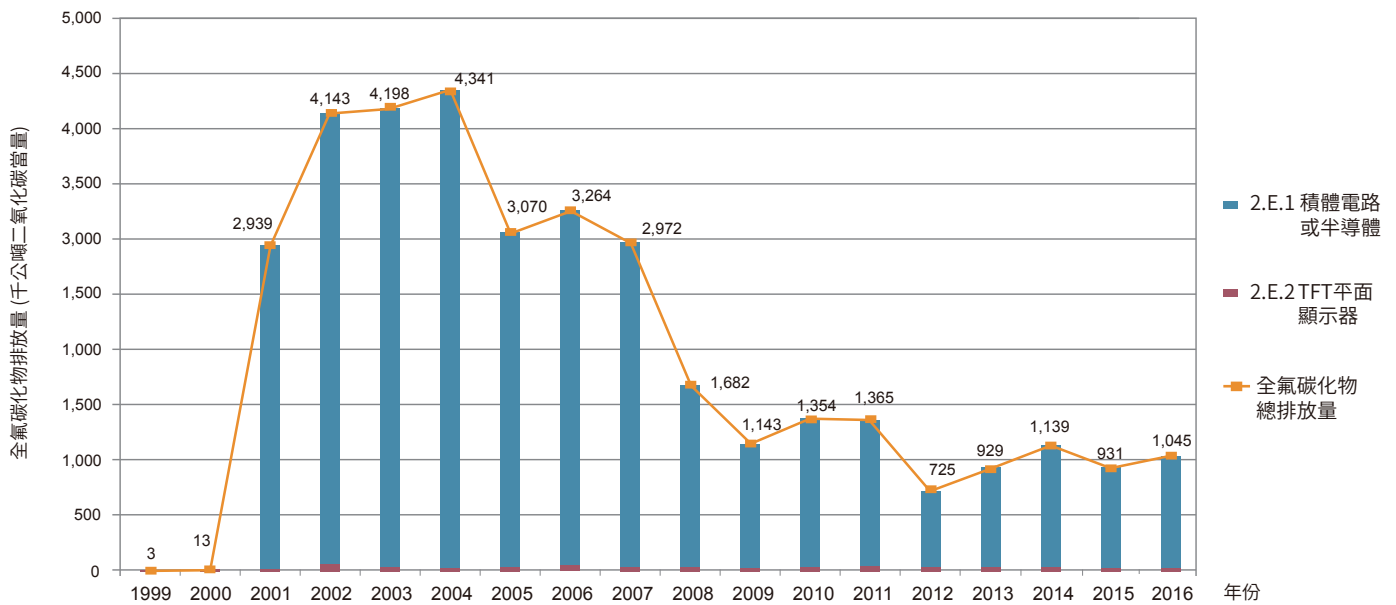


圖 2.2.5 臺灣 1999 至 2016 年全氟碳化物排放量趨勢

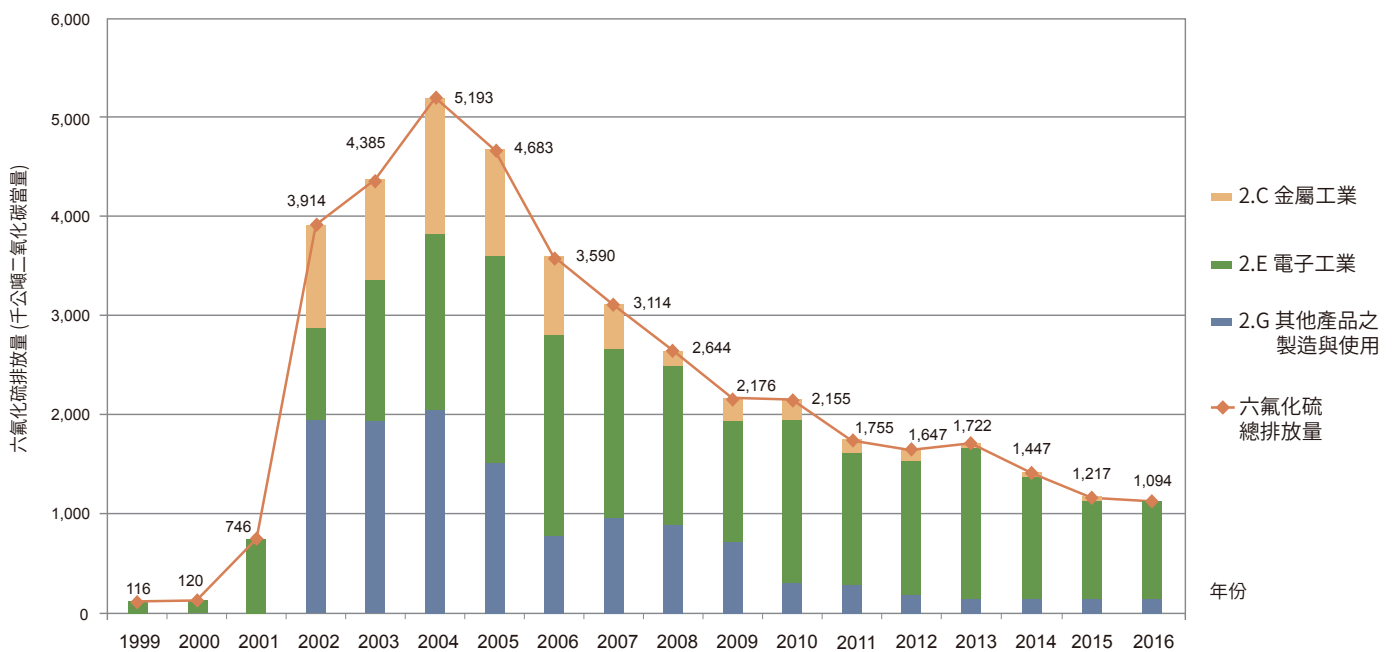


圖 2.2.6 臺灣 1999 至 2016 年六氟化硫排放量趨勢

表 2.2.5 臺灣 1990 至 2016 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2.E.1 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,933	4,077	4,173
2.E.2 TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	6	65	25
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939	4,143	4,198
溫室氣體排放源	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.E.1 積體電路或半導體	4,327	3,043	3,211	2,933	1,657	1,126	1,322	1,335	691	899	1,114	917	1,030	
2.E.2 TFT 平面顯示器	14	27	53	39	25	17	32	30	33	30	26	14	16	
總計	4,341	3,070	3,264	2,972	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929	1,139	931	1,045	

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

表 2.2.6 臺灣 1990 至 2016 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1,027	2003
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746	944	1,027
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1,943	1,415
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746	3,914	1,943
溫室氣體排放源	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.C 金屬工業	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55	56	45	NE	
2.E 電子工業	1,783	2,117	2,050	1,721	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524	1,276	1,075	1,015	
2.G 其他產品之製造與使用	2,053	1,503	770	953	895	703	295	282	186	142	115	97	79	
總計	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722	1,355	1,139	

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

表 2.2.7 臺灣 1990 至 2016 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2.E.1 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	202	359	455
2.E.2 TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	33	39	86
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235	398	540
溫室氣體排放源	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.E.1 積體電路或半導體	587	623	512	590	136	473	156	306	295	687	531	562	387	
2.E.2 TFT 平面顯示器	72	103	138	170	30	65	62	75	54	46	96	61	52	
總計	659	726	650	759	166	538	219	381	349	734	627	623	440	

說明：NE (未估計)，指對現有排放量和移除量沒有估計。

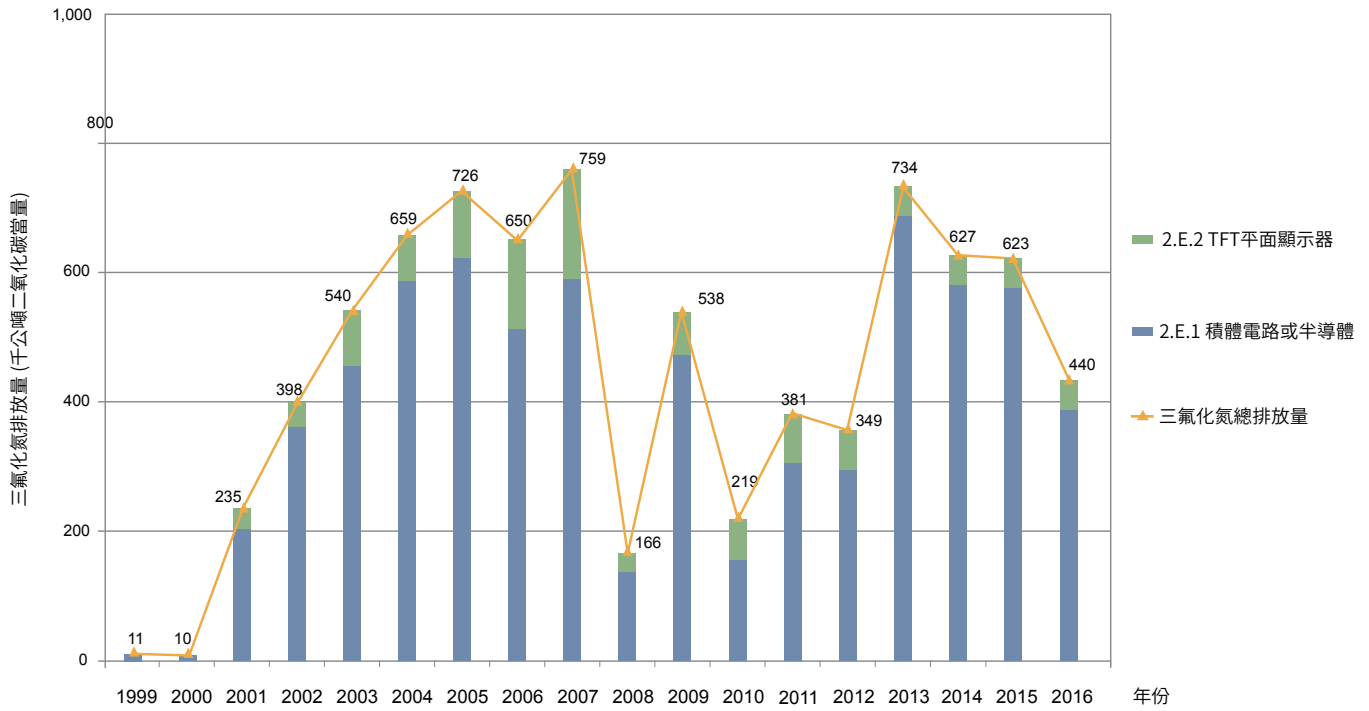


圖 2.2.7 臺灣 1999 至 2016 年三氟化氮排放量趨勢

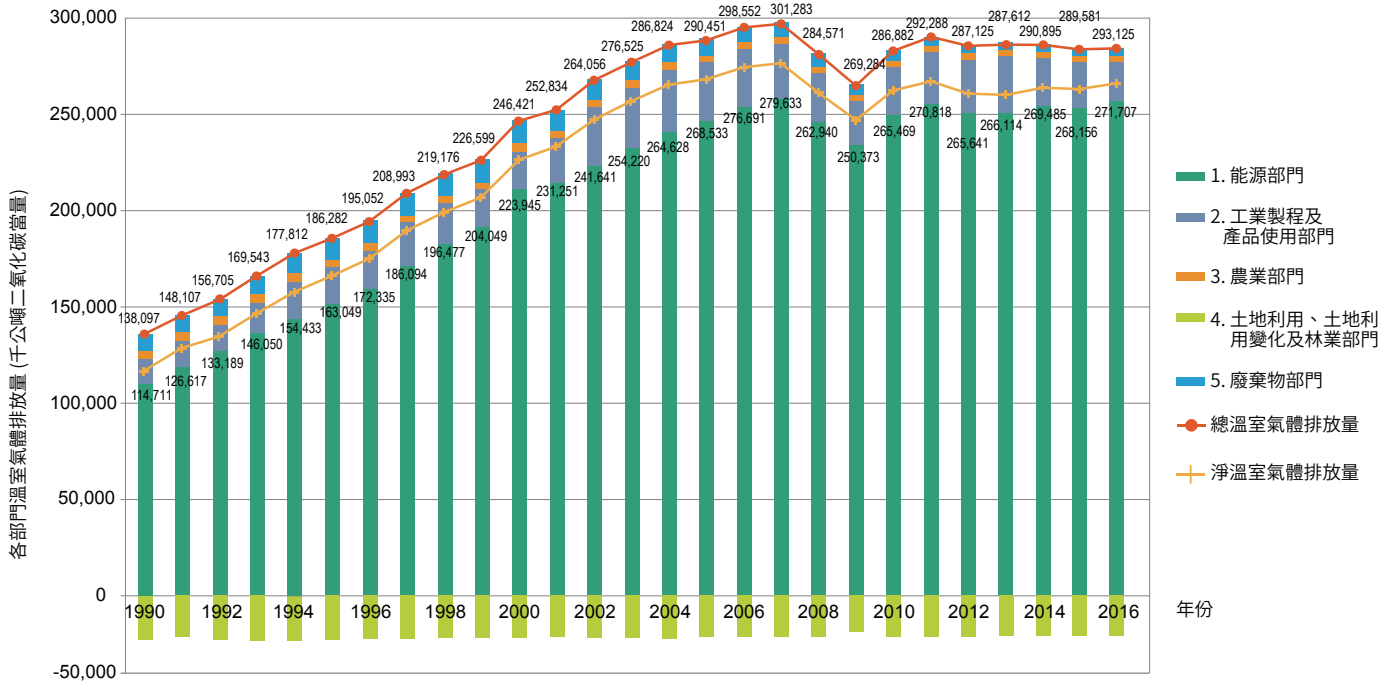


圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2016 年各部門溫室氣體排放量和移除量趨勢

表 2.3.1 臺灣 1990 至 2016 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
1. 能源部門	110,525	119,521	127,202	136,414	144,365	152,115	159,948	172,207	182,963
2. 工業製程及產品使用部門	14,595	15,333	16,227	19,441	18,977	18,658	19,154	21,323	20,862
3. 農業部門	3,911	3,980	3,869	3,890	3,850	3,878	3,897	3,567	3,359
4. 土地利用及林業部門	-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
5. 廢棄物部門	9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	114,711	126,617	133,189	146,050	154,433	163,049	172,335	186,094	196,477
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	138,097	148,107	156,705	169,543	177,812	186,282	195,052	208,993	219,176
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
1. 能源部門	191,993	210,882	214,941	222,616	234,011	243,421	250,247	257,207	261,153
2. 工業製程及產品使用部門	19,218	20,465	23,438	27,492	29,428	30,846	28,416	30,044	29,266
3. 農業部門	3,345	3,543	3,379	3,301	3,074	3,114	3,047	3,056	2,993
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
5. 廢棄物部門	12,042	11,530	11,076	10,646	10,012	9,444	8,741	8,245	7,871
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	204,049	223,945	231,251	241,641	254,220	264,628	268,533	276,691	279,633
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	226,599	246,421	252,834	264,056	276,525	286,824	290,451	298,552	301,283
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1. 能源部門	249,346	237,555	253,765	259,073	254,922	255,023	260,657	260,517	264,675
2. 工業製程及產品使用部門	25,261	22,628	24,539	25,141	24,437	25,275	23,121	22,252	21,708
3. 農業部門	2,870	2,884	2,856	2,823	2,851	2,781	2,753	2,703	2,712
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
5. 廢棄物部門	7,094	6,216	5,722	5,252	4,916	4,532	4,364	4,109	4,029
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	262,940	250,372	265,469	270,818	265,641	266,114	269,485	268,156	271,707
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業移除量)	284,571	269,283	286,882	292,288	287,125	287,612	290,895	289,581	293,125

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。2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體總排放量 21,708 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 7.41%，其中 2.A「礦業(非金屬製品)」二氧化碳排放占工業製程部門溫室氣體排放的 32.74%，所占比例最大，其次為 2.C「金屬工業」二氧化碳排放占 35.33%、2.B「化學工業」二氧化碳排放占 7.43%。1990 至 2016 年間，工業製程及產品使用排放量增加 48.74%，年平均成長率為 1.54%，2016 年較 2015 年排放量減少 2.44%，其中以 2004 年 30,846 千公噸二氧化碳當量，成為歷年排放量最多的一年，約占臺灣溫室氣體總排放量的 10.75%，2005 年後溫室氣體排放量即逐年下降，至 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，因水泥生產、TFT 平面顯示器使用六氟化硫及半導體使用三氟化氮減少，使得工業製程及產品使用排放量減少。

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，2016 年的 2,712 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 0.93%，與 1990 年相比較減少約 30.66%，年平均成長率為 -1.40%，詳如圖 2.3.4 和表 2.3.5 所示。臺灣 2016 年農業部門溫室氣體排放較 2015 年增加 0.35%，其中 2016 年排放以 3.D「農業土壤」排放氧化亞氮占 48.59%，3.A「畜禽腸胃發酵」甲烷占 20.69%，3.C「水稻種植」甲烷占 20.47%，3.B「畜禽糞尿處理」甲烷占 6.04%，3.B「畜禽糞尿處理」氧化亞氮占 2.81%，3.H「尿素使用」排放二氧化碳 1.24%，3.F「農作物殘體燃燒」甲烷占 0.12% 及 3.F「農作物殘體燃燒」氧化亞氮占 0.04%。

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 至 2016 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 21,583 千公噸二氧化碳當量，其餘各年均維持穩定之狀態。直至 2009 年莫拉克風災對臺灣造成嚴重災害，致林木損失材積量大，其年移除量為 18,911 千公噸二氧化碳當量為最低，如圖 2.3.5 與表 2.3.5 所示。2016 年土地利用與林業部門溫室氣體的移除量為 21,418 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 0.03%，1990 至 2016 年碳移除量減少約 8.42%，年平均成長率為 -0.34%。

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，2016 年排放量為 4,030 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.37%，2016 年排放量較 2015 年減少 1.94%，與 1990 年相比較減少約 55.56%，年平均成長率為 -3.07%。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。2016 年廢棄物部門排放中，以 5.D「廢水處理與放流」甲烷占 64.50%，比例最大，其次為 5.A.「固體廢棄物處理」甲烷占 23.57%，2016 年較 2015 年減量以 5.A.「固體廢棄物處理」甲烷減量最多，占 16.67%，係受國人垃圾掩埋量仍持續減少影響。

參考文獻

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

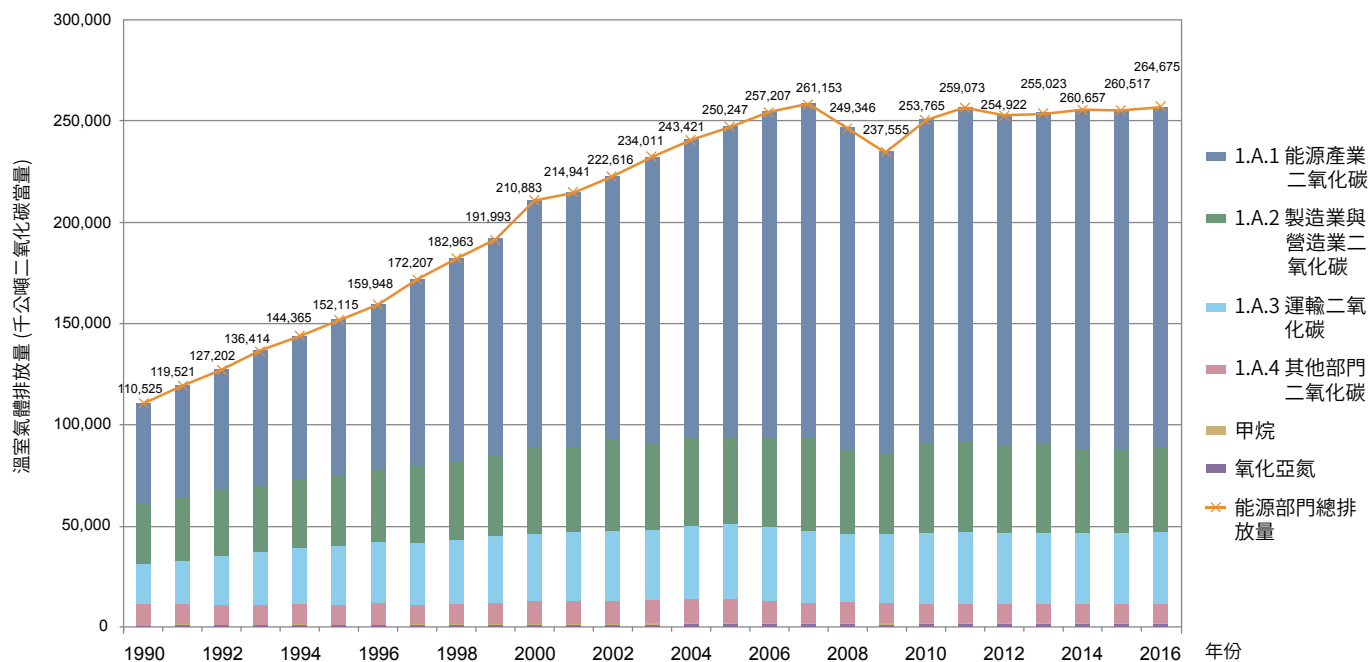


圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2016 年能源部門溫室氣體排放量趨勢

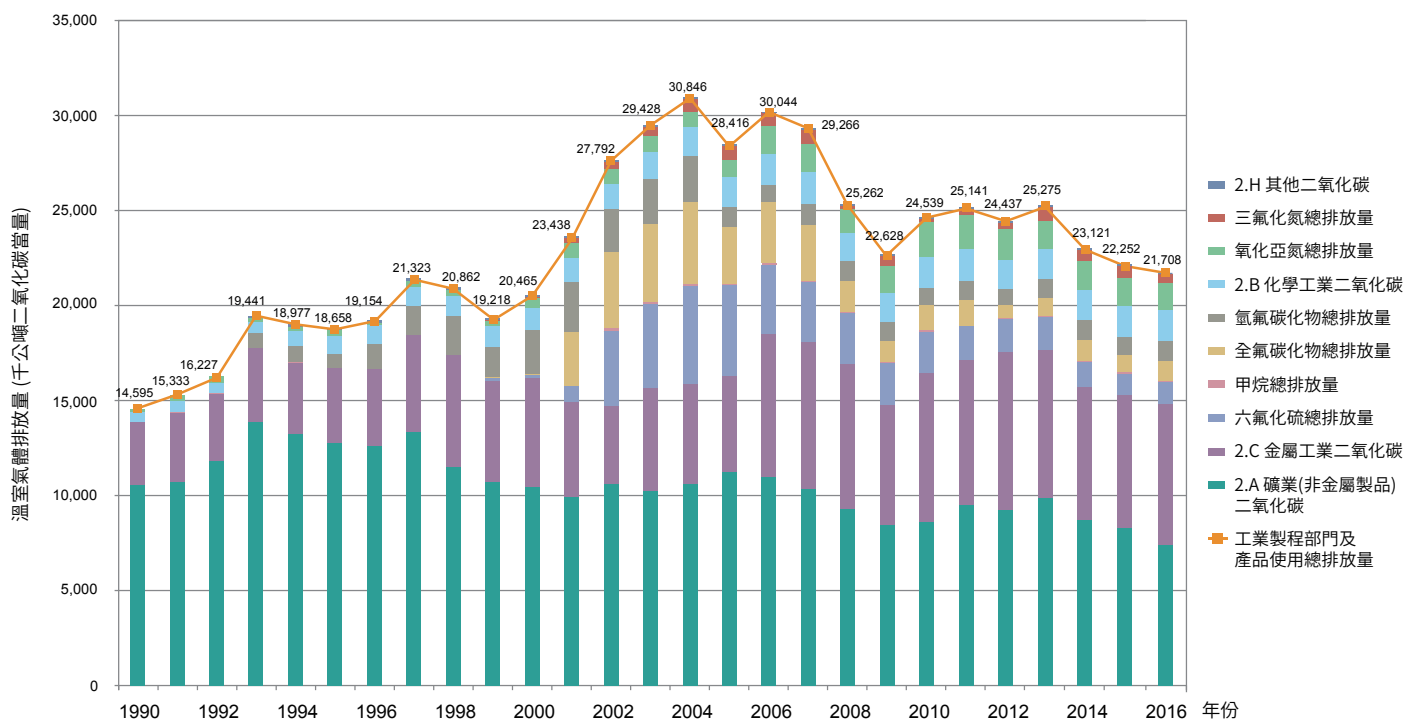


圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.2 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	109,459	118,436	126,052	135,199	143,097	150,804	158,573	170,828	181,511
1.A.1 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254	91,407	100,415
1.A.2 製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785	39,075	39,311
1.A.3 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844
1.A.4 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940
甲烷總排放量	530	506	497	511	526	533	550	514	535
1.A.1 能源產業	26	29	28	32	35	41	42	46	51
1.A.2 製造業與營造業	46	48	51	51	52	53	55	58	59
1.A.3 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257
1.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27
1.B.1 固體燃料	162	138	115	113	98	81	81	34	27
1.B.2 石油及天然氣	115	98	88	87	97	103	103	104	115
氧化亞氮總排放量	537	578	653	703	742	778	825	866	917
1.A.1 能源產業	138	158	183	207	224	242	273	301	332
1.A.2 製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107	113	115
1.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456
1.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14
能源部門總排放量	110,525	119,521	127,202	136,414	144,365	152,115	159,948	172,207	182,963
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	190,464	209,257	213,288	220,894	232,177	241,513	248,331	255,268	259,208
1.A.1 能源產業	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461	145,554	152,060	158,450	163,040
1.A.2 製造業與營造業	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393	47,864	47,324	49,089	50,374
1.A.3 運輸	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509	35,859	36,846	36,771	35,419
1.A.4 其他部門	10,605	10,936	11,198	11,058	11,814	12,235	12,102	10,958	10,375
甲烷總排放量	561	574	567	586	640	674	643	637	639
1.A.1 能源產業	59	66	70	70	79	81	82	86	88
1.A.2 製造業與營造業	63	69	72	76	84	89	88	92	97
1.A.3 運輸	266	270	272	278	287	295	303	298	289
1.A.4 其他部門	28	29	30	30	32	33	33	29	27
1.B.1 固體燃料	31	28	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	113	111	122	132	159	176	137	132	138
氧化亞氮總排放量	968	1,052	1,086	1,136	1,194	1,234	1,273	1,302	1,306
1.A.1 能源產業	362	428	459	482	525	538	565	590	606
1.A.2 製造業與營造業	122	133	137	143	157	165	164	171	178
1.A.3 運輸	469	475	475	496	495	513	527	527	508
1.A.4 其他部門	14	15	16	16	17	18	17	15	13
能源部門總排放量	191,993	210,883	214,941	222,616	234,011	243,421	250,247	257,207	261,153
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	247,481	235,727	251,863	257,129	252,990	253,086	258,702	258,542	262,660
1.A.1 能源產業	157,980	148,721	158,795	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327
1.A.2 製造業與營造業	45,485	43,000	48,239	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186
1.A.3 運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809
1.A.4 其他部門	10,624	10,295	10,005	9,625	9,352	9,312	9,427	9,525	9,338
甲烷總排放量	620	612	648	670	679	691	702	725	745
1.A.1 能源產業	86	79	84	85	84	83	86	90	90
1.A.2 製造業與營造業	88	85	92	97	94	96	93	92	91
1.A.3 運輸	276	281	285	288	284	284	286	293	301
1.A.4 其他部門	28	27	26	25	24	24	25	25	24
1.B.1 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.B.2 石油及天然氣	142	140	161	176	193	204	212	226	239
氧化亞氮總排放量	1,245	1,216	1,254	1,274	1,253	1,246	1,253	1,250	1,270
1.A.1 能源產業	588	565	573	578	573	564	571	557	567
1.A.2 製造業與營造業	162	155	169	176	170	172	166	164	162
1.A.3 運輸	481	483	500	507	498	498	505	517	530
1.A.4 其他部門	14	13	12	12	12	12	12	12	11
能源部門總排放量	249,346	237,555	253,765	259,073	254,922	255,023	260,657	260,517	264,675

說明：NO（未發生），臺灣煤炭自 2001 年起停產。

表 2.3.3 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	14,424	14,975	15,895	18,378	17,797	17,501	17,651	19,460	18,386
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003
2.C 金屬工業	3,275	3,735	3,474	3,888	3,774	3,884	4,013	5,045	5,817
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	5	7	6	7	8	10	11	12	10
氧化亞氮總排放量	66	352	325	301	318	345	186	374	383
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	186	374	383
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
氫氟碳化物總排放量	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.E 電子工業	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
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	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
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
工業製程部門及產品使用總排放量	14,595	15,333	16,227	19,441	18,977	18,658	19,154	21,323	20,862
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	17,156	17,365	16,168	16,059	17,053	17,340	17,877	20,089	19,758
2.A 礦業 (非金屬製品)	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
2.B 化學工業	1,075	1,143	1,232	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654
2.C 金屬工業	5,333	5,734	4,960	4,096	5,397	5,162	5,066	7,544	7,733
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	12	14	18	19	22	28	29	33	39
氧化亞氮總排放量	312	625	714	744	833	834	960	1,432	1,531
2.B 化學工業	312	625	714	743	831	834	960	969	996
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	0	2	0	0	94	95
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	369	439
氫氟碳化物總排放量	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093
2.B 化學工業	1,609	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	51	59	59	59	73	91	171
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	NE	NE	401	682	996	896	922
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	3	13	2,939	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,972
六氟化硫總排放量	116	120	746	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440
2.E 電子工業	116	120	746	944	1,415	1,783	2,117	2,050	1,721
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	11	10	235	398	540	659	726	650	759
工業製程部門及產品使用總排放量	19,218	20,465	23,438	27,492	29,428	30,846	28,416	30,044	29,266
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	18,396	16,300	18,008	18,835	19,139	19,334	17,346	16,952	16,392
2.A 礦業 (非金屬製品)	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108
2.B 化學工業	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572	1,603	1,605	1,612
2.C 金屬工業	7,648	6,317	7,792	7,620	8,301	7,894	7,013	7,000	7,670
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	37	33	35	27	35	38	37	39	40
氧化亞氮總排放量	1,290	1,457	1,834	1,762	1,674	1,539	1,514	1,507	1,706
2.B 化學工業	784	1,006	1,170	1,195	1,016	780	728	691	961
2.C 金屬工業	90	76	119	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	416	375	546	568	658	759	786	817	745

溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
氫氟碳化物總排放量	1,046	980	934	1,016	869	981	1,010	982	991
2.B 化學工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	118	168	164	134	86	169	182	132	156
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	928	812	770	881	783	812	828	851	835
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929	1,139	931	1,045
六氟化硫總排放量	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722	1,447	1,217	1,094
2.C 金屬工業	144	235	212	134	109	55	56	45	NE
2.E 電子工業	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524	1,276	1,075	1,015
2.G 其他產品之製造與使用	895	703	295	282	186	142	115	97	79
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	166	538	219	381	349	734	627	623	440
工業製程部門及產品使用總排放量	25,262	22,628	24,539	25,141	24,437	25,275	23,121	22,252	21,708

說明：NO（未發生），臺灣煤炭自 2001 年起停產。

表 2.3.4 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	142	146	139	131	135	151	151	134	127
甲烷總排放量	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,622
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674
3.B 畜禽糞尿處理	206	236	234	240	247	259	266	219	192
3.C 水稻種植	960	908	845	825	775	767	745	765	751
3.F 農作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6
氧化亞氮總排放量	1,897	1,933	1,866	1,897	1,883	1,872	1,907	1,710	1,609
3.B 畜禽糞尿處理	48	50	52	54	59	61	67	70	71
3.D 農業土壤	1,837	1,876	1,800	1,837	1,818	1,808	1,838	1,638	1,536
3.F 農作物殘體燃燒	12	8	15	7	7	2	2	2	2
農業部門總排放量	3,911	3,980	3,869	3,890	3,850	3,878	3,897	3,567	3,359
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	119	131	94	93	83	84	62	60	58
甲烷總排放量	1,644	1,618	1,565	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341
3.A 畜禽腸胃發酵	694	692	660	636	626	614	623	614	609
3.B 畜禽糞尿處理	205	210	201	194	192	193	195	195	185
3.C 水稻種植	738	702	689	637	567	505	561	551	543
3.F 農作物殘體燃燒	7	14	15	13	9	8	8	8	5
氧化亞氮總排放量	1,583	1,794	1,720	1,729	1,597	1,710	1,598	1,629	1,595
3.B 畜禽糞尿處理	72	73	71	70	71	69	71	72	71
3.D 農業土壤	1,509	1,717	1,644	1,655	1,524	1,639	1,524	1,554	1,522
3.F 農作物殘體燃燒	2	4	5	4	3	2	2	3	1
農業部門總排放量	3,345	3,543	3,379	3,301	3,074	3,114	3,047	3,056	2,993
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	57	56	54	53	55	45	40	38	34
甲烷總排放量	1,299	1,281	1,274	1,301	1,300	1,304	1,286	1,268	1,283
3.A 畜禽腸胃發酵	584	571	578	590	583	579	566	573	561
3.B 畜禽糞尿處理	180	175	176	180	172	166	164	163	164
3.C 水稻種植	529	530	514	526	540	555	552	529	555
3.F 農作物殘體燃燒	6	5	5	5	5	3	4	4	3
氧化亞氮總排放量	1,514	1,547	1,528	1,469	1,496	1,432	1,427	1,397	1,395
3.B 畜禽糞尿處理	72	71	70	71	71	71	73	74	76
3.D 農業土壤	1,440	1,474	1,456	1,396	1,424	1,359	1,353	1,321	1,318
3.F 農作物殘體燃燒	2	2	2	2	2	1	1	1	1
農業部門總排放量	2,870	2,884	2,856	2,823	2,851	2,781	2,753	2,703	2,712

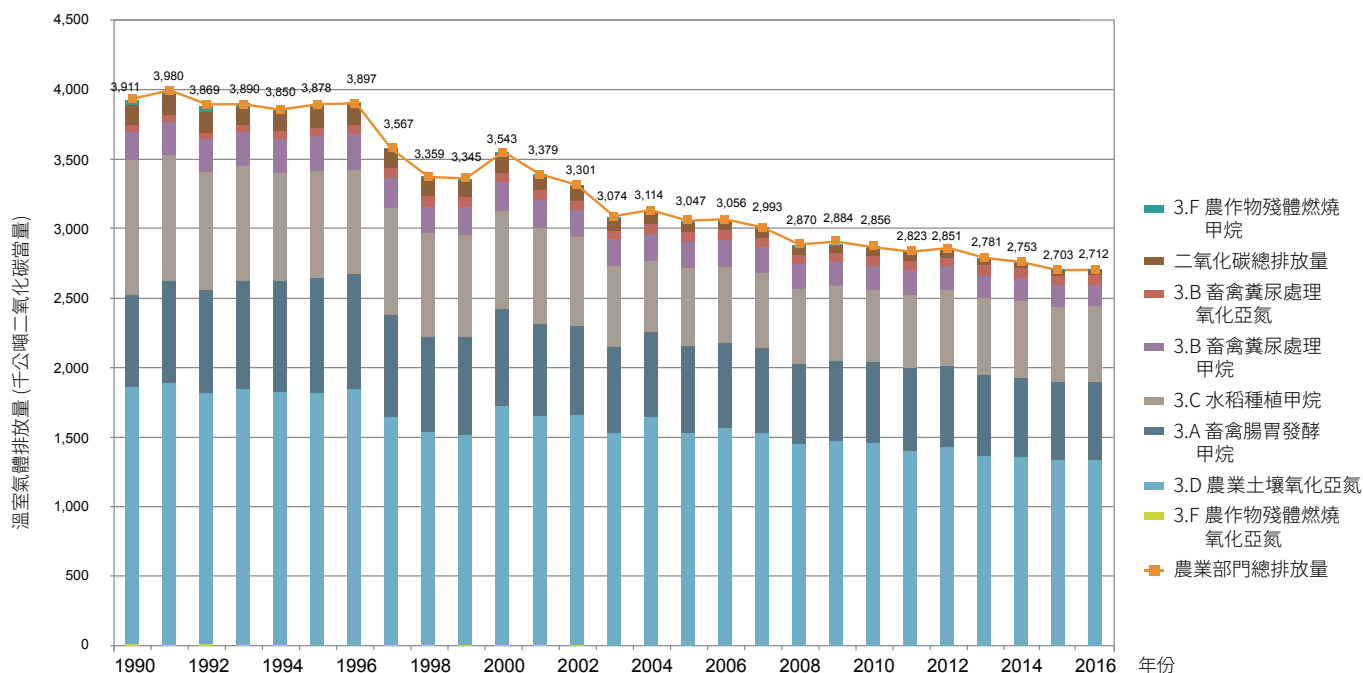


圖 2.3.4 臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

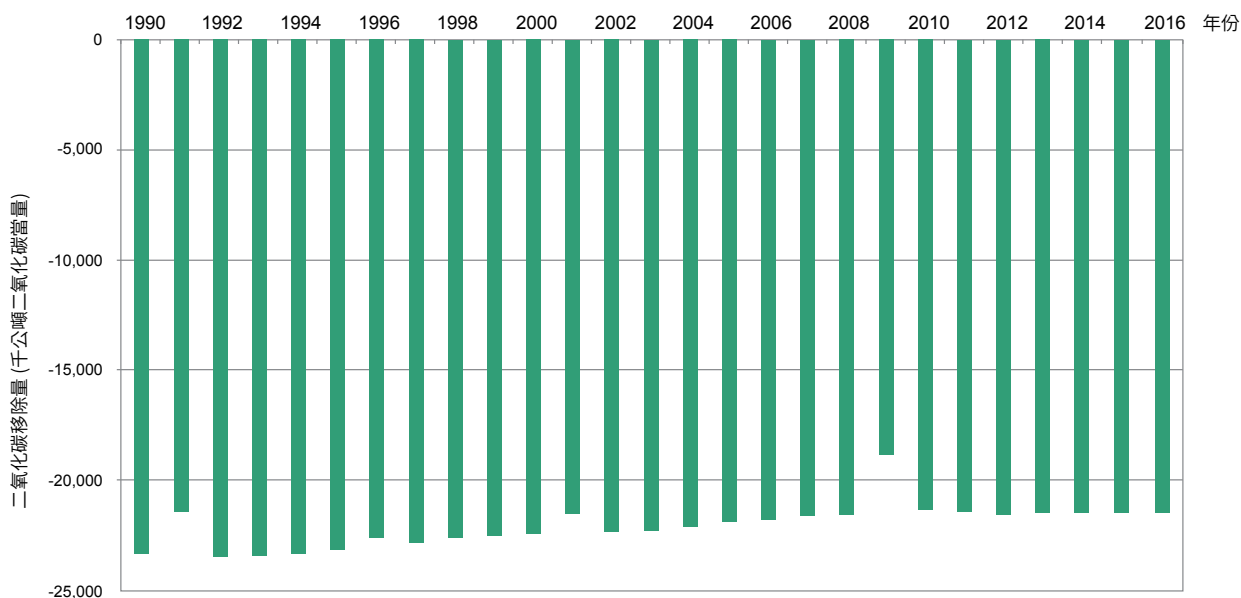


圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2016 年土地利用、土地利用變化及林業部門二氧化碳移除量趨勢

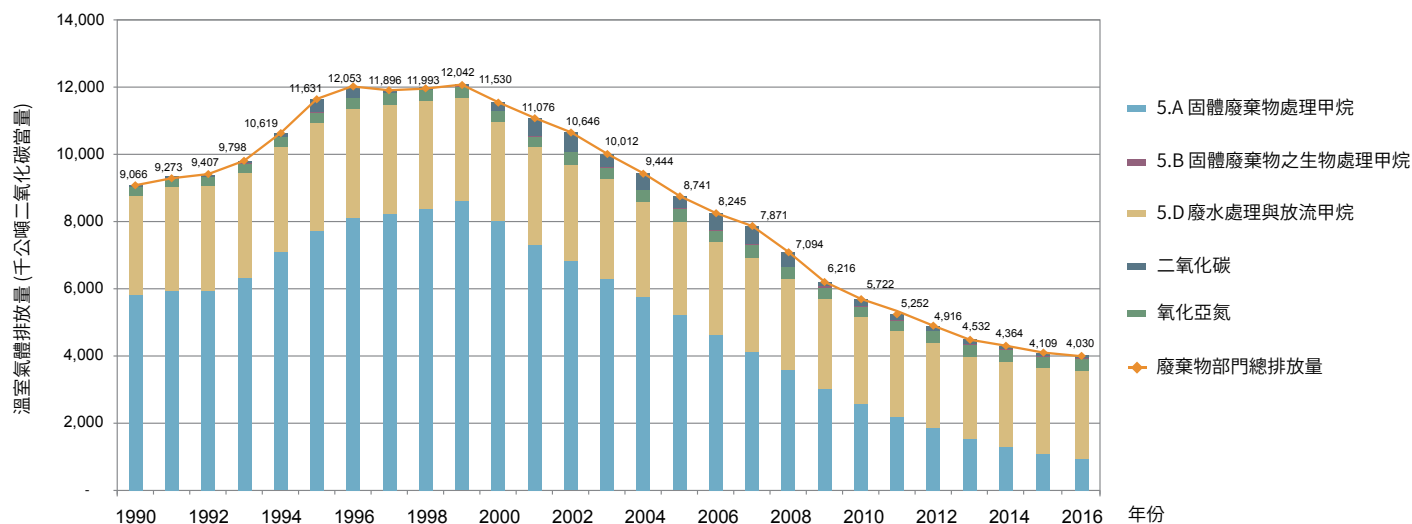


圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.5 臺灣 1990 至 2016 年林業部門碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
林地維持林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-23,902	-23,902	-23,713	-23,524	-23,335	-23,146	-22,957	-22,768	-22,579
	生物量碳排放量 Δ CO ₂ L	607	25,03 ¹	333	216	190	202	559	266	326
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-91	-91	-136	-185	-233	-288	-319	-397	-446
總碳移除量 Δ CO ₂		-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
不確定性 (%)		7.58	7.18	7.65	7.69	7.7	7.7	7.6	7.71	7.71
年份		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
林地維持林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-22,390	-22,201	-22,012	-21,823	-21,633	-21,444	-21,255	-21,066	-20,877
	生物量碳排放量 Δ CO ₂ L	401	389	11,12 ²	167	227	243	369	251	308
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-561	-665	-683	-759	-899	-995	-1,031	-1,046	-1,080
總碳移除量 Δ CO ₂		-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
不確定性 (%)		7.7	7.73	7.57	7.91	7.92	7.96	7.99	8.13	8.2
年份		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
林地維持林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-20,688	-20,499	-20,392	-20,409	-20,435	-20,473	-20,508	-20,546	-20,542
	生物量碳排放量 Δ CO ₂ L	199	27,53 ³	218	140	145	135	197	189	153
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 Δ CO ₂ G	-1,142	-1,166	-1,240	-1,202	-1,194	-1,161	-1,099	-1,068	-1,029
總碳移除量 Δ CO ₂		-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
不確定性 (%)		8.33	7.7	8.41	8.4	8.42	8.42	8.4	8.4	8.43

備註：
 1：1991 年於南投縣信義鄉及嘉義縣阿里山鄉塔塔加地區發生森林大火，範圍延燒約 300 多公頃，致林木損失材積量大。
 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 年莫拉克風災對臺灣中、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. 以「誤差傳遞法」推算臺灣「林地維持林地」碳移除量之不確定性，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。

表 2.3.6 臺灣 1990 至 2016 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
二氧化碳總排放量	20	8	65	63	110	398	387	105	117
甲烷總排放量	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556
5.A 固體廢棄物處理	5,832	5,917	5,928	6,323	7,061	7,719	8,080	8,212	8,372
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0
5.D 廢水處理與放流	2,907	3,062	3,115	3,100	3,135	3,179	3,249	3,241	3,184
氧化亞氮總排放量	296	285	298	311	313	334	337	337	321
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0	1	0	0	1	0	1	0
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1	0	4	3	6	18	19	4	6
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315
廢棄物部門總排放量	9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993
溫室氣體排放源和吸收匯	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
二氧化碳總排放量	65	259	540	612	417	512	348	470	562
甲烷總排放量	11,648	10,941	10,196	9,686	9,242	8,588	8,043	7,425	6,948
5.A 固體廢棄物處理	8,604	8,024	7,305	6,821	6,310	5,763	5,219	4,656	4,135
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	7	10	11	14
5.D 廢水處理與放流	3,042	2,916	2,891	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798
氧化亞氮總排放量	329	331	340	348	353	343	350	351	360
5.B 固體廢棄物之生物處理	2	0	0	0	2	6	9	10	13
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	3	8	30	26	24	23	27	30	30
5.D 廢水處理與放流	324	322	310	321	327	314	314	310	318
廢棄物部門總排放量	12,042	11,530	11,076	10,646	10,012	9,444	8,741	8,245	7,871
溫室氣體排放源和吸收匯	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
二氧化碳總排放量	443	154	208	149	149	153	146	103	131
甲烷總排放量	6,322	5,735	5,177	4,758	4,423	4,027	3,854	3,643	3,568
5.A 固體廢棄物處理	3,601	3,066	2,597	2,222	1,887	1,595	1,349	1,140	950
5.B 固體廢棄物之生物處理	16	18	21	26	24	23	20	20	20
5.D 廢水處理與放流	2,705	2,651	2,559	2,510	2,512	2,410	2,484	2,484	2,599
氧化亞氮總排放量	328	327	337	346	344	352	364	363	330
5.B 固體廢棄物之生物處理	15	16	19	23	22	20	18	18	18
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	21	9	11	9	9	9	9	6	6
5.D 廢水處理與放流	293	302	307	313	314	323	337	339	306
廢棄物部門總排放量	7,094	6,216	5,722	5,252	4,916	4,532	4,364	4,109	4,030

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)

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，自產天然氣產量不豐（僅約占初級能源供給 0.3%），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，2016 年能源部門溫室氣體排放總量為 264,675 千公噸二氧化碳當量，排放量相較 1990 年成長 139.47%，年均成長 3.42%；其中，燃料燃燒、燃料逸散排放量分別為 264,436 千公噸二氧化碳當量、239 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，其計算方法係依據聯合國氣候變化政府間專家委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南) Tier 1 方法，使用臺灣能源平衡表與 IPCC 建議排放係數，進行溫室氣體排放統計。本部門統計資料包括：

- (1) 部門方法統計：1990 年至 2016 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 2016 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，然仍進行數據揭露。至於廢棄物燃燒作為能源使用之排放，則須計算在本分類中；另依據 2006 IPCC 指南分類，用於國際航空與國際海運燃料的排放不應計算在國內排放總量內，應該分開予以計算。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒溫室氣體排放計算方法與程序

各方法簡述如下：參考方法 (Reference Approach) 為利用國家燃料燃燒能源供給數據計算之溫室氣體排放量；部門方法 (Sectoral Approach) 之方法一 (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；方法二 (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；方法三 (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。

現階段臺灣燃料燃燒二氧化碳排放統計係依據 2006 IPCC 指南一 (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)

b. 甲烷排放量：

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

c. 氧化亞氮排放量：

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

(B) 各類一般廢棄物每單位重量二氧化碳排放量計算公式說明如下：

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

(C) 各類一般廢棄物單位重量甲烷及氧化亞氮排放量計算公式說明如下：

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

B. 部門方法

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

所有經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 國家及部門數據完整之開發中國家目前皆採用部門方法作為

表 3.1.1 臺灣 1990 年至 2016 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
1. 能源部門	110,525	119,521	127,202	136,414	144,365
A. 燃料燃燒 (部門方法)	110,248	119,284	126,999	136,214	144,170
B. 燃料逸散	277	237	203	200	195
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1995	1996	1997	1998	1999
1. 能源部門	152,115	159,918	172,207	182,963	191,993
A. 燃料燃燒 (部門方法)	151,931	159,764	172,069	182,821	191,848
B. 燃料逸散	184	154	138	142	145
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004
1. 能源部門	210,882	214,941	222,617	234,012	243,421
A. 燃料燃燒 (部門方法)	210,743	214,819	222,485	233,853	243,245
B. 燃料逸散	139	122	132	159	176
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009
1. 能源部門	250,248	257,208	261,153	249,346	237,556
A. 燃料燃燒 (部門方法)	250,111	257,075	261,015	249,204	237,415
B. 燃料逸散	137	132	138	142	140
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014
1. 能源部門	253,766	259,073	254,922	255,023	260,657
A. 燃料燃燒 (部門方法)	253,605	258,897	254,729	254,819	260,445
B. 燃料逸散	161	176	193	204	212
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2015	2016			
1. 能源部門	260,517	264,675			
A. 燃料燃燒 (部門方法)	260,291	264,436			
B. 燃料逸散	226	239			

表 3.2.1 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 能源部門

排放源		範疇定義
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。
1.A	燃料燃燒活動	<p>1. 包括所有燃料燃燒活動所有溫室氣體之總排放。</p> <p>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。</p> <p>3. 廢棄物燃燒當成能源使用的排放，則計算在本分類中。</p> <p>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。</p>
	能源產業	包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。
	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。
	i. 發電廠	公用與自用發電廠燃料燃燒排放。
	ii. 汽電共生廠	公用與自用汽電共生廠燃料燃燒排放。
	iii. 熱能工廠	公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。
	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。
	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。
	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。
	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。
	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。
	a. 鋼鐵基本工業	(ISIC Group 271 and Class 2731)
	b. 非鐵金屬基本工業	(ISIC Group 272 and Class 2732)
	c. 化學材料與化學製品製造業	(ISIC Division 24)
	d. 紙漿、紙及印刷業	(ISIC Division 21 and 22)
	e. 食品製造、飲料及菸草業	(ISIC Division 15 and 16)
	f. 非金屬礦物製品製造業	(ISIC Division 23)
	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，必須留心的是避免與 1A3eii 及 / 或 1A5 的建築排放重複計算。
	運輸	所有運輸活動燃料燃燒之排放。
	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。
	i. 國際航空	國際航空燃料使用的排放。
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。	
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。	
c. 鐵路	包括貨運、客運路線的鐵路運輸排放。	
d. 水運	包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。	
i. 國際海運	包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。	
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。	
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。	
i. 管線運輸		
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。	
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)	
b. 住宅	所有住宅燃料燃燒之排放。	
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。	

OECD 國家二氧化碳排放指標跨國比較基礎，臺灣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 = 能源部門自用能源淨排放量 + 工業部門能源淨排放量 + 運輸部門燃料燃燒排放量 + 農業部門燃料燃燒排放量 + 服務業部門燃料燃燒排放量 + 住宅部門燃料燃燒排放量

(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，臺灣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排放量 - 氣體扣除量

(E) 廢棄物燃燒淨排放 = 初級能源總供給之廢棄物排放量

(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。

由於臺灣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

(A) 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），詳如附件二。107 年度統計方法異動說明如下：

a. 汽電共生

(a) 考量「能源管理法」第 10 條規範能源用戶裝設汽電共生設備之立法精神，參照國際能源總署 (IEA) 建議，由「先電後熱法」調整為「先熱後電法」，先估算生產熱能（製程蒸汽）所需燃料，其餘燃料投入則歸為生產電能投入。

(b) 配合業者實際燃料投入，增補燃料投入項目，包含：污泥及濾餅、沼氣、廢棄丁二烯、廢燃料氣及廢氣、石油焦、塔底油等。

表 3.2.2 2006 IPCC 指南版本燃料燃燒二氧化碳、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 ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kgCH ₄ /TJ)	(kgN ₂ O/TJ)
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)				
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	94,600	1	1	1.5
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Steam Coal)	94,600	1	1	1.5
無煙煤 (Anthracite)	98,300	1	1	1.5
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	96,100	1	1	1.5
褐煤 (Lignite)	101,000	1	1	1.5
泥煤 (Peat)	106,000	1	1	1.5
焦炭 (Coke Oven Coke)	107,000	1	1	1.5
煤球 (Patent Fuel)	97,500	1	1	1.5
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	44,400	1	1	0.1
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	260,000	1	1	0.1
轉爐氣 (Oxygen Steel Furnace Gas)	182,000	1	1	0.1
液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total)				
原油 (Crude Oil)	73,300	1	3	0.6
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	73,300	1	3	0.6
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	73,300	1	3	0.6
煉油氣 (Refinery Gas)	57,600	1	1	0.1
液化石油氣 (LPG)	63,100	1	1	0.1
天然汽油 (Natural Gasoline)	63,100	1	1	0.1
石油腦 (Naphthas)	73,300	1	3	0.6
車用汽油 (Motor Gasoline)	69,300	1	3	0.6
航空汽油 (Aviation Gasoline)	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	71,500	1	3	0.6
煤油 (Kerosene)	71,900	1	3	0.6
柴油 (Diesel Oil)	74,100	1	3	0.6
燃料油 (Fuel Oil)	77,400	1	3	0.6
白精油 (White Spirits)	73,300	1	3	0.6
潤滑油 (Lubricants)	73,300	1	3	0.6
柏油 (Asphalts)	80,700	1	3	0.6
溶劑油 (Solvents)	73,300	1	3	0.6
石蠟 (Paraffin Waxes)	73,300	1	3	0.6
石油焦 (Petroleum Coke)	97,500	1	3	0.6
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	73,300	1	3	0.6
氣體 (天然氣 Natural Gas)				
(自產) 天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	56,100	1	1	0.1
(進口) 液化天然氣 (Imported- LNG)	56,100	1	1	0.1
廢棄物				
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	81,480	1	30.33	3.98
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)	91,700	1	30	4

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

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

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

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

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

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

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

2. 廢輪胎：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 指南版本燃料燃燒二氧化碳、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 ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kgCH ₄ /TJ)	(kgN ₂ O/TJ)
航空運輸				
航空汽油 (Aviation Gasoline)	70,000	1	0.5	2
航空煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	71,500	1	0.5	2
公路運輸				
液化石油氣 (LPG)	63,100	1	62	0.2
車用汽油 (Motor Gasoline)	69,300	1	33	3.2
煤油 (Kerosene)	71,900	1		
柴油 (Diesel Oil)	74,100	1	3.9	3.9
潤滑油 (Lubricants)	73,300	1		
天然氣 (Natural Gas)	56,100	1	92	3
鐵路運輸				
柴油 (Diesel Oil)	74,100	1	4.15	28.6
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	96,100	1	2	1.5
非道路運輸				
柴油 (Diesel Oil)	74,100	1	4.15	28.6
水路運輸				
煉油氣 (Refinery Feed stocks)	57,600	1		
液化石油氣 (LPG)	63,100	1		
汽油 (Motor Gasoline)	69,300	1		
煤油 (Kerosene)	71,900	1		
柴油 (Diesel Oil)	74,100	1	7	2
燃料油 (Fuel Oil)	77,400	1	7	2
白精油 (White Spirits)	73,300	1		
石蠟 (Paraffin Waxes)	73,300	1		
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	73,300	1		
天然氣 (Natural Gas)	56,100	1		

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

表 3.2.3 一般廢棄物各分類之二氧化碳排放係數

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

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

備註：本表排放係數係以濕基重量基準下之排放係數。

表 3.2.4 各類能源之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。

表 3.2.5 能源熱值表

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

資料來源：1. 經濟部，能源局能源統計手冊，2017 年 6 月。

2. 廢輪胎：US EPA, Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2013。

b. 天然氣行業歸類修正：依照主計總處「中華民國行業標準分類（第 10 次修訂）」，校正公用天然氣事業行業別銷售資料，並調整平衡表結轉程式規格，確保公用天然氣事業申報行業別銷售數值皆完整計入。

c. 污染整治業部門歸類調整：依照主計總處「中華民國行業標準分類（第 10 次修訂）」，將「環境衛生及污染防治服務業」由「服務業部門（社會服務及個人服務業）」移至「工業部門（用水供應及污染整治業）」，調整原平衡表「用水供應業」為「用水供應及污染整治業」。

(B) 一般廢棄物作為能源用途之使用量與按行政院環境保護署統計分類之垃圾成分分析由各焚化廠提報，事業用廢棄物之廢輪胎作為能源用途之使用量由各工廠提供。

(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

臺灣 1990 年至 2016 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 109,459 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 209,257 千公噸二氧化碳當量，2007 年成長至 259,208 千公噸二氧化碳當量，2010 年減少至 251,864 千公噸二氧化碳當量，2013 年增加至 253,086 千公噸二氧化碳當量，2014 年增加至 258,702 千公噸二氧化碳當量，2015 年減少至 258,542 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 262,660 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.59%，詳見表 3.2.7。

溫室氣體排放占比方面，臺灣 2016 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 65.61%，其次為製造業與營造業，占比為 16.82%，再次為運輸排放，達 14.01%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 1.42%、1.73% 與 0.41%，詳見圖 3.2.1 及圖 3.2.2。

表 3.2.6 一般廢棄物歷年熱值

年份	熱值 (千卡)
1991~1998	1,738
1999	1,651
2000	1,889
2001	1,541
2002	1,712
2003	1,618
2004	1,785
2005	1,689
2006	1,788
2007	2,022
2008	2,098
2009	1,914
2010	1,896
2011	1,854
2012	1,941
2013	2,012
2014	1,862
2015	1,972
2016	2,071

資料來源：1.1991-1997 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)。

3.1999-2016 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 (2017)。

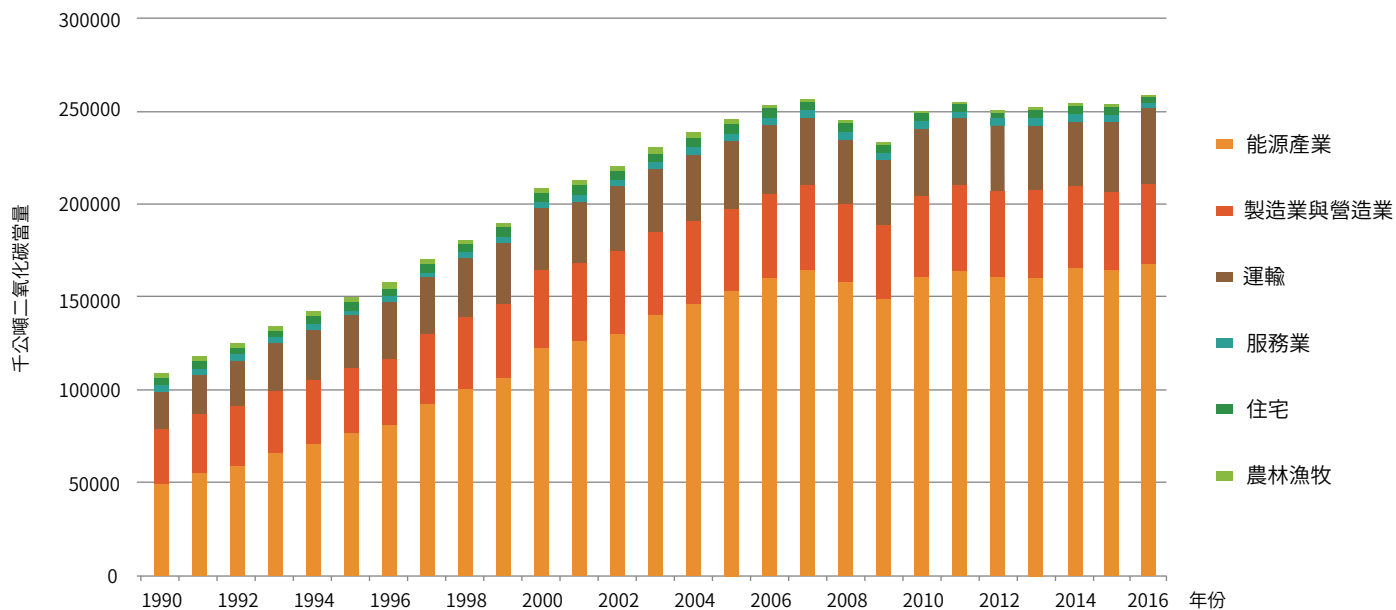


圖 3.2.1 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

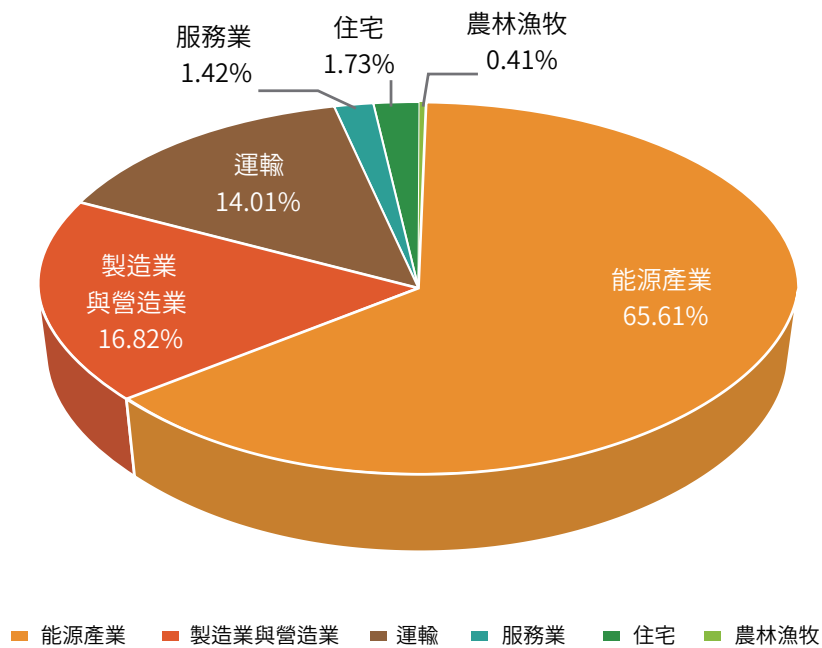


圖 3.2.2 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.7 臺灣 1990 至 2016 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
全國總淨排放量	109,459	118,436	126,052	135,199	143,097	150,804	158,573
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	109,460	118,922	126,182	137,905	144,574	151,999	160,251
(部門方法)							
1. 能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254
2. 製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785
3. 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801
4. 其他部門							
a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175
b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754
c. 農林漁牧	2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777	2,805
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
全國總淨排放量	170,828	181,511	190,464	209,257	213,288	220,894	232,177
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	173,777	186,894	194,175	213,401	216,328	226,419	233,011
(部門方法)							
1. 能源產業	91,407	100,415	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461
2. 製造業與營造業	39,075	39,311	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393
3. 運輸	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509
4. 其他部門							
a. 服務業	2,483	2,947	3,155	3,220	3,562	3,493	3,961
b. 住宅	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181	5,107	5,042
c. 農林漁牧	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455	2,459	2,811
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全國總淨排放量	241,513	248,332	255,268	259,208	247,481	235,727	251,864
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	243,990	248,646	257,384	262,227	249,083	237,666	255,323
(部門方法)							
1. 能源產業	145,554	152,060	158,450	163,041	157,980	148,721	158,795
2. 製造業與營造業	47,864	47,324	49,089	50,374	45,485	43,000	48,239
3. 運輸	35,859	36,846	36,771	35,419	33,394	33,711	34,824
4. 其他部門							
a. 服務業	4,125	4,240	4,279	4,237	4,242	4,267	4,207
b. 住宅	5,133	5,235	5,033	5,047	5,017	5,030	4,857
c. 農林漁牧	2,977	2,627	1,647	1,091	1,365	998	941
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
全國總淨排放量	257,129	252,990	253,086	258,702	258,542	262,660	
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	262,534	256,185	257,609	262,006	259,128	263,488	
(部門方法)							
1. 能源產業	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327	
2. 製造業與營造業	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186	
3. 運輸	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809	
4. 其他部門							
a. 服務業	3,901	3,640	3,817	3,934	3,952	3,727	
b. 住宅	4,786	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	
c. 農林漁牧	937	1,041	1,011	1,082	1,105	1,074	

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算臺灣能源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 109,460 千公噸二氧化碳當量，2000 年為 213,401 千公噸二氧化碳當量，2010 年為 255,323 千公噸二氧化碳當量，至 2014 年增加為 262,006 千公噸二氧化碳當量，2015 年微幅減少為 259,128 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加為 263,488 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.68%。

B. 甲烷

(A) 部門方法統計結果

臺灣 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 年為 435 千公噸二氧化碳當量，2005 年成長至 506 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年微幅減少至 487 千公噸二氧化碳當量，2014 年增加至 490 千公噸二氧化碳當量，2015 年又增加至 499 千公噸二氧化碳當量，2016 年微幅增加至 507 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.48%，詳見表 3.2.8。

溫室氣體占比方面，2016 年臺灣甲烷以運輸為最高，達總排放量之 59.49%，其次為製造業與營造業，占比為 17.98%，再次為能源產業排放，達 17.79%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 2.19%、1.85% 與 0.71%，詳見圖 3.2.3 及圖 3.2.4。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算臺灣能源燃燒之甲烷排放，由表 3.2.8 可知，1990 年之甲烷排放量為 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，2006 年達 173 千公噸二氧化碳當量，至 2013 年減少為 160 千公噸二氧化碳當量，2015 年排放量則增加為 162 千公噸二氧化碳當量，2016 年排放量微幅增加至 165 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.88%。

C. 氧化亞氮

(A) 部門方法統計結果

臺灣 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 2007 年為 1,306 千公噸二氧化碳當量，至 2013 年減少至 1,246 千公噸二氧化碳當量，2014 年則增加至 1,253 千公噸二氧化碳當

量，至 2015 年減少至 1,250 千公噸二氧化碳當量，2016 年增加至 1,270 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.65%，詳見表 3.2.9。

溫室氣體占比方面，2016 年臺灣氧化亞氮以能源產業為最高，達總排放量 44.66%，其次為運輸，占比為 41.71%，再次為製造業與營造業排放，達 12.73%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 0.52%、0.18% 與 0.20%，詳見圖 3.2.5 及圖 3.2.6。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算臺灣能源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 2007 年達 995 千公噸二氧化碳當量，至 2010 年減少為 958 千公噸二氧化碳當量，2014 年增加為 977 千公噸二氧化碳當量，2015 年減少為 957 千公噸二氧化碳當量，2016 年微幅增加為 965 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 0.89%。

(5) 完整性

臺灣自 1993 年起，即每年更新臺灣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，並考量臺灣能源平衡表資料特性進行修正，且逐年隨臺灣能源統計資料更新而作調整。

配合 107 年度能源平衡表改版作業，汽電共生電能與熱能燃料投入分攤方法調整為先熱後電法，並配合業者實際燃料投入，增補歷史燃料投入資料，包含污泥及濾餅、沼氣、廢棄丁二烯、廢燃料氣及廢氣、石油焦、塔底油等。

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，臺灣自 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。

表 3.2.8 臺灣 1990 至 2016 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
全國總淨排放量	253	270	294	311	331	349	366
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	76	81	84	91	96	104	108
(部門方法)							
1. 能源產業	26	29	28	32	35	41	42
2. 製造業與營造業	46	48	51	51	52	53	55
3. 運輸	152	163	187	202	216	228	239
4. 其他部門							
a. 服務業	12	12	10	8	10	8	10
b. 住宅	8	9	9	9	9	9	10
c. 農林漁牧	10	9	9	9	9	9	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
全國總淨排放量	375	393	416	435	445	454	481
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	115	124	134	144	150	152	160
(部門方法)							
1. 能源產業	46	51	59	66	70	70	79
2. 製造業與營造業	58	59	63	69	72	76	84
3. 運輸	245	257	266	270	272	278	287
4. 其他部門							
a. 服務業	8	10	10	10	11	11	12
b. 住宅	10	10	11	11	11	10	10
c. 農林漁牧	8	7	7	8	8	8	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全國總淨排放量	498	506	505	501	478	472	487
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	167	170	173	172	164	157	163
(部門方法)							
1. 能源產業	81	82	86	88	86	79	84
2. 製造業與營造業	89	88	92	97	88	85	92
3. 運輸	295	303	298	289	276	281	285
4. 其他部門							
a. 服務業	13	13	13	13	13	13	13
b. 住宅	11	11	10	10	10	10	10
c. 農林漁牧	10	9	6	4	5	3	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
全國總淨排放量	494	486	487	490	499	507	
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	166	162	160	162	162	165	
(部門方法)							
1. 能源產業	85	84	83	86	90	90	
2. 製造業與營造業	97	94	96	93	92	91	
3. 運輸	288	284	284	286	293	301	
4. 其他部門							
a. 服務業	12	11	12	12	12	11	
b. 住宅	10	10	9	9	9	9	
c. 農林漁牧	3	3	3	4	4	4	

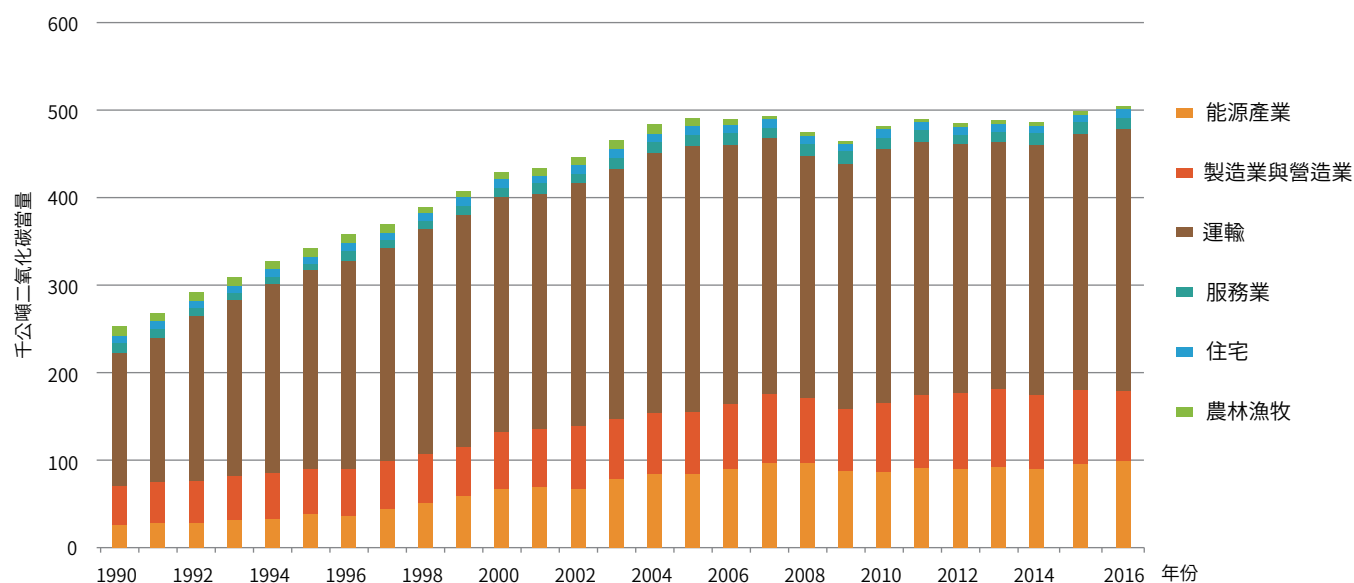


圖 3.2.3 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢

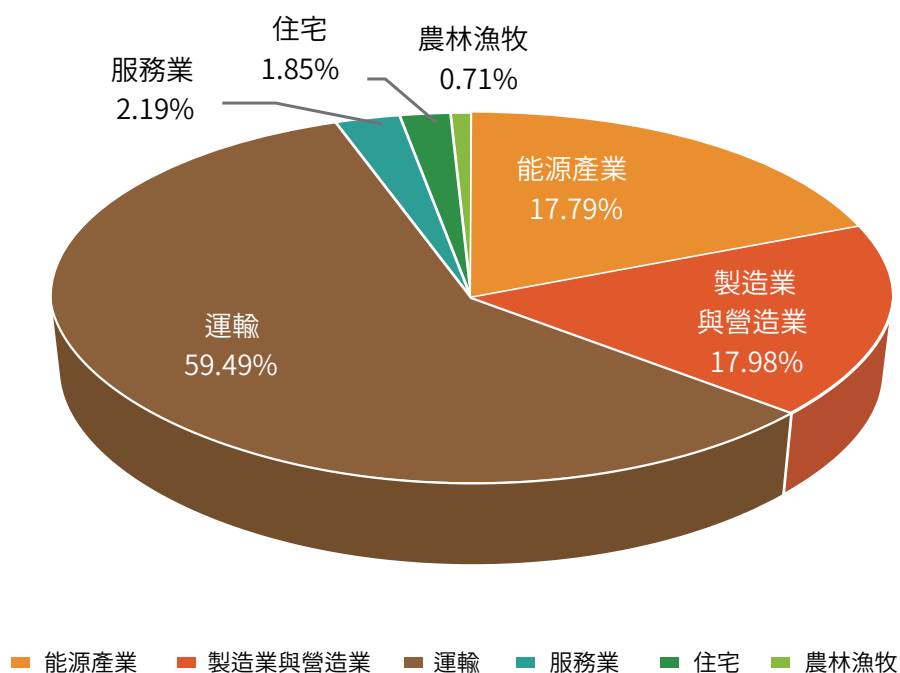


圖 3.2.4 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.9 臺灣 1990 至 2016 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
全國總淨排放量	537	578	653	703	742	778	825
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	351	379	414	456	476	501	544
(部門方法)							
1. 能源產業	138	158	183	207	224	242	273
2. 製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107
3. 運輸	291	309	353	382	402	418	428
4. 其他部門							
a. 服務業	8	8	7	5	7	5	7
b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
全國總淨排放量	866	917	968	1,052	1,086	1,136	1,194
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	601	647	679	767	797	840	885
(部門方法)							
1. 能源產業	301	332	362	428	459	482	525
2. 製造業與營造業	113	115	122	133	137	143	157
3. 運輸	438	456	469	475	475	496	495
4. 其他部門							
a. 服務業	5	6	7	7	7	7	7
b. 住宅	2	2	3	3	3	3	2
c. 農林漁牧	6	5	5	5	6	6	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
全國總淨排放量	1,234	1,273	1,302	1,306	1,245	1,216	1,254
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	921	936	970	995	949	905	958
(部門方法)							
1. 能源產業	538	565	590	606	588	565	573
2. 製造業與營造業	165	164	171	178	162	155	169
3. 運輸	513	527	527	508	481	483	500
4. 其他部門							
a. 服務業	8	8	8	8	8	8	8
b. 住宅	2	3	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	4	3	3	2	2
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
全國總淨排放量	1,274	1,253	1,246	1,253	1,250	1,270	
1. 能源							
A. 燃料燃燒 (參考方法)	984	959	969	977	957	965	
(部門方法)							
1. 能源產業	578	573	564	571	557	567	
2. 製造業與營造業	176	170	172	166	164	162	
3. 運輸	507	498	498	505	517	530	
4. 其他部門							
a. 服務業	7	7	7	7	7	7	
b. 住宅	2	2	2	2	2	2	
c. 農林漁牧	2	3	2	3	3	3	

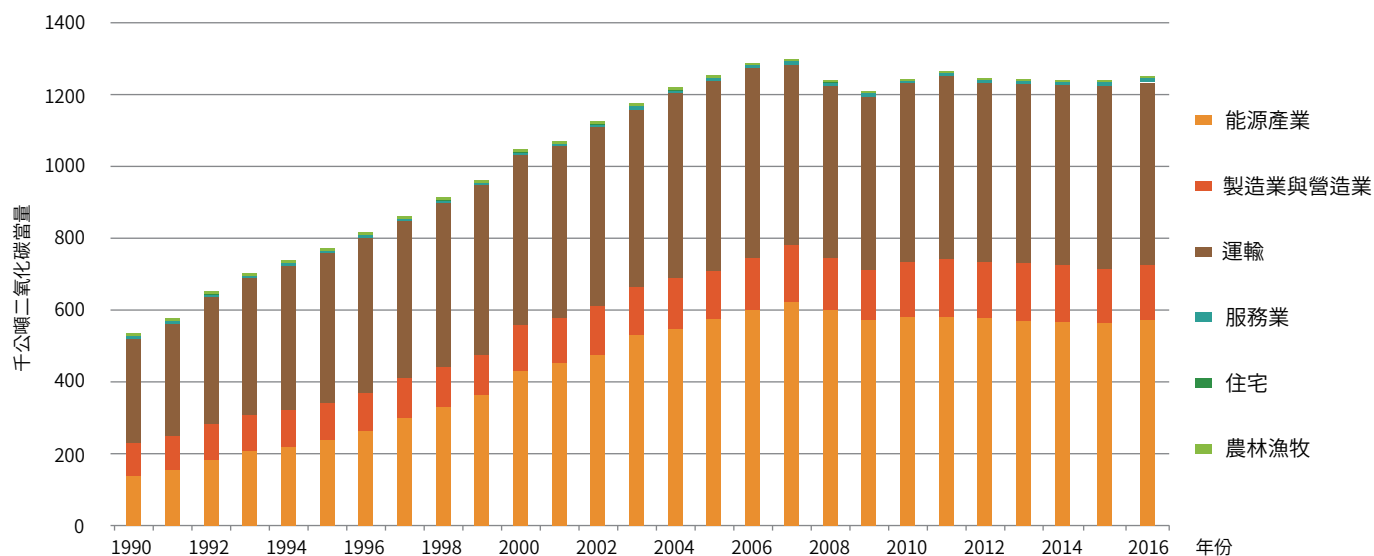


圖 3.2.5 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

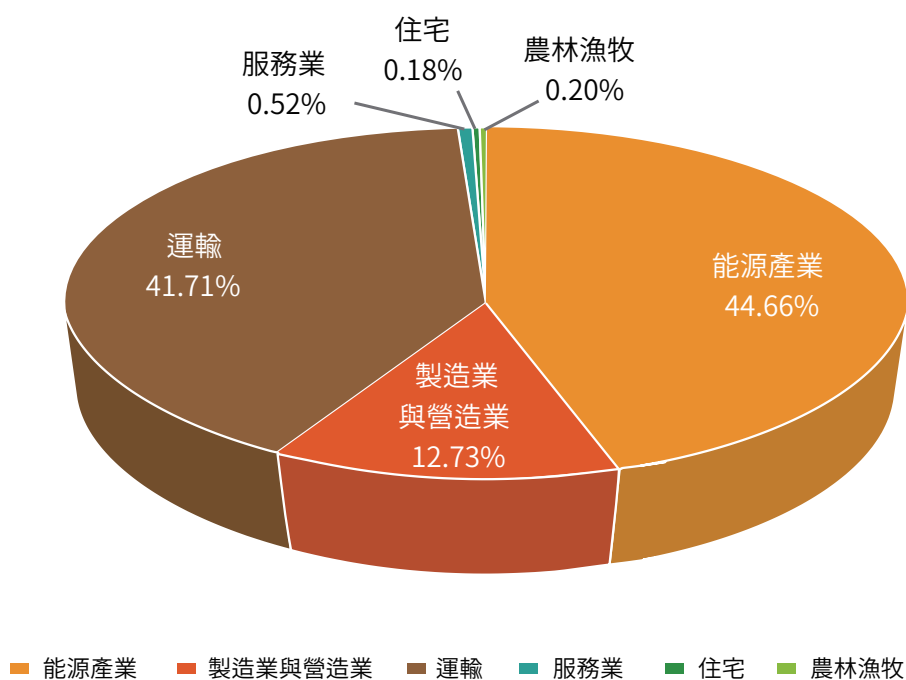


圖 3.2.6 臺灣 2016 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

A. 分析方法

為完善臺灣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，臺灣能源部門參考 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，並依臺灣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，以臺灣能源平衡表「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」、「製造業及營造業類別」、「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：以 2014 年取得各能源業者申報或檢測加權平均數為基礎，與經濟部能源局「能源產品單位熱值表」公告數值之差異計算其不確定性。

(D) 燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性，

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

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_c ：燃料燃燒排放量不確定性 (%)； U_x ：行業別排放量不確定性 (%)； $U_{x,y}$ ：行業燃料別不確定性 (%)； $U_{x,y,i}$ ：排放源不確定性 (%)

E_x ：行業排放量 (公斤二氧化碳當量)； $E_{x,y}$ ：行業燃料別排放量 (公斤二氧化碳當量)；

x ：行業包括能源產業、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之活動數據、能源熱值與排放係數。

B. 分析結果

2016 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，整體不確定性為 3.04%。

(2) 時間序列的一致性

臺灣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 1981 年，故資料涵蓋範疇與資料品質具相當一致性。



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

臺灣業於 2006 年成立「經濟部能源局溫室氣體統計與技術參數諮詢小組」，負責能源部門溫室氣體排放統計結果之審議，並於 2012 年建立燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序，檢核活動數據之「完整性」與「合理性」，以確保臺灣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

污水處理廠產生沼氣之燃燒熱利用應歸屬於能源部門，惟目前相關資料尚未納入能源統計，規劃取得相關資料納入能源統計後，即進行重新計算。

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。

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件二能源平衡表統計數據，其中「電能及熱能製造業」為轉變投入—公用發電廠、自用發電廠、公用汽電共生廠與自用汽電共生廠之加總；「發電廠」參考轉變投入—公用發電廠；「汽電共生廠」參考轉變投入—公用與自用汽電共生廠；另臺灣目前無「公用熱能工廠」。

表 3.2.10 2016 年燃料燃燒溫室氣體排放量不確定性分析

部門別	2016 年溫室氣體排放量 (千公噸 CO ₂ e)	部門別排放量不確定性 (%)
能源產業	172984.26	4.39
製造業及營造業	44438.36	4.99
運輸	37640.43	3.65
農林漁牧	1080.07	2.9
服務業	3744.61	2.01
住宅	4548.51	8.73
排放量總計	264436.25	-
燃料燃燒溫室氣體排放統計不確定性 (%)		3.04

表 3.2.11 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 能源產業

排放源	範疇定義
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。
i. 發電廠	公用與自用發電廠燃料燃燒排放。
ii. 汽電共生廠	公用與自用汽電共生廠燃料燃燒排放。
iii. 熱能工廠	公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。
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。
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。
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。
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。

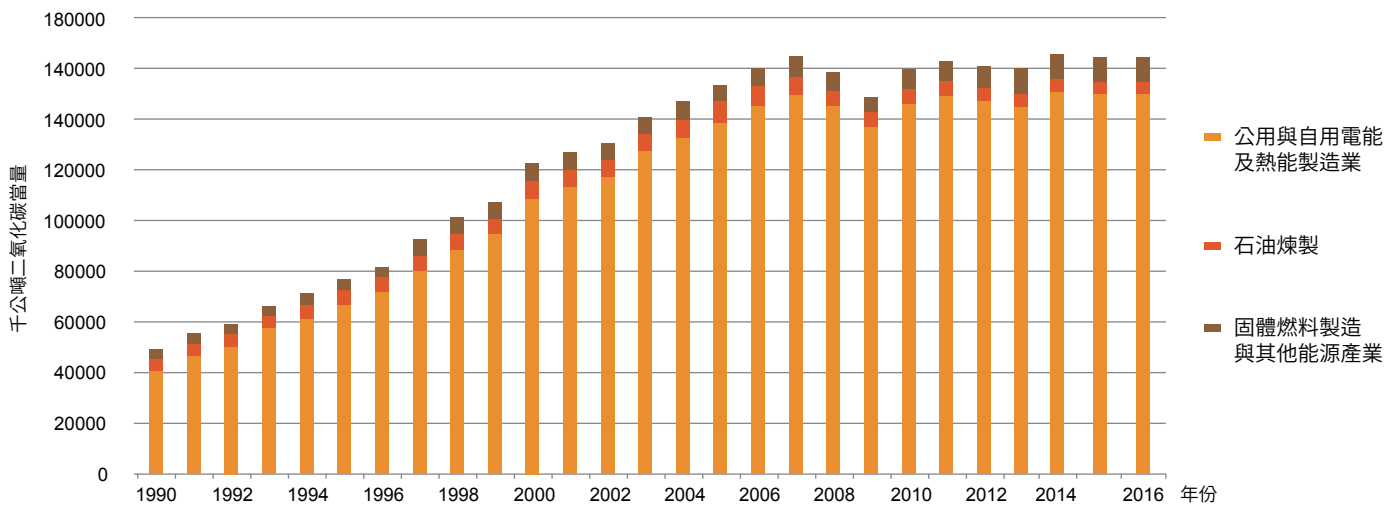


圖 3.2.8 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

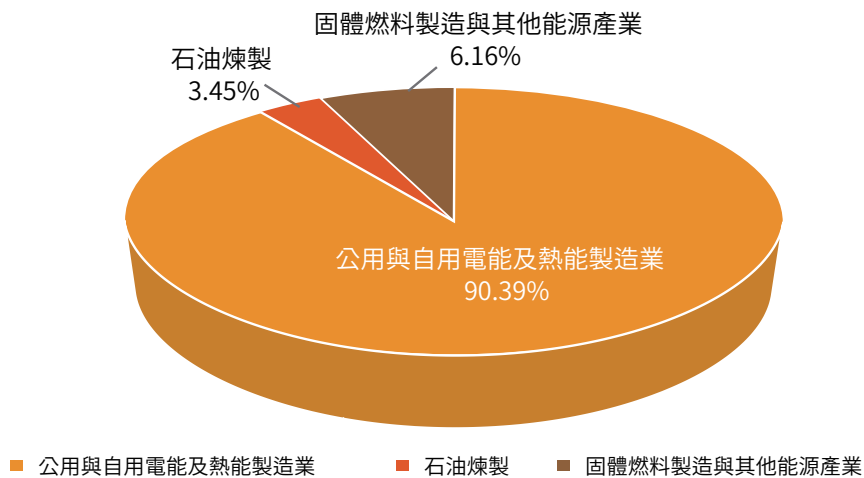


圖 3.2.9 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比

「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

臺灣能源產業 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 2007 年 163,041 千公噸二氧化碳當量，至 2014 年增加為 169,049 千公噸二氧化碳當量，2015 年減少至 168,912 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 172,327 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 2.02%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 90.39% 為最高，詳見圖 3.2.8、3.2.9 與表 3.2.12。

B. 甲烷

臺灣能源產業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 26 千公噸二氧化碳當量，其後增減互現，至 2007 年為 88 千公噸二氧化碳當量，2010 年後呈現增加趨勢，至 2014 年增加為 86 千公噸二氧化碳當量，2015 年增為 90 千公噸二氧化碳當量，2016 年微幅增至 90 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 0.57%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 95.42% 為最高，詳見圖 3.2.10、圖 3.2.11 與表 3.2.13。

C. 氧化亞氮

臺灣能源產業 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，其後增減互現，至 2007 年為 606 千公噸二氧化碳當量達最高，至 2011 年排放量達 578 千公噸二氧化碳當量，2012 年至 2015 年大致呈現下降趨勢，2014 年排放量為 571 千公噸二氧化碳當量，2015 年排放量為 557 千公噸二氧化碳當量，惟 2016 年微幅增加至 567 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.89%，排放占比則以公用與自用電能及熱能製造業

99.04% 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

無。

3.2.2 製造業與營造業 (1.A.2)

1. 統計範疇

製造業與營造業燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類，分為：鋼鐵基本工業、非鐵金屬基本工業、化學材料與化學製品製造業、紙漿、紙與印刷業、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。

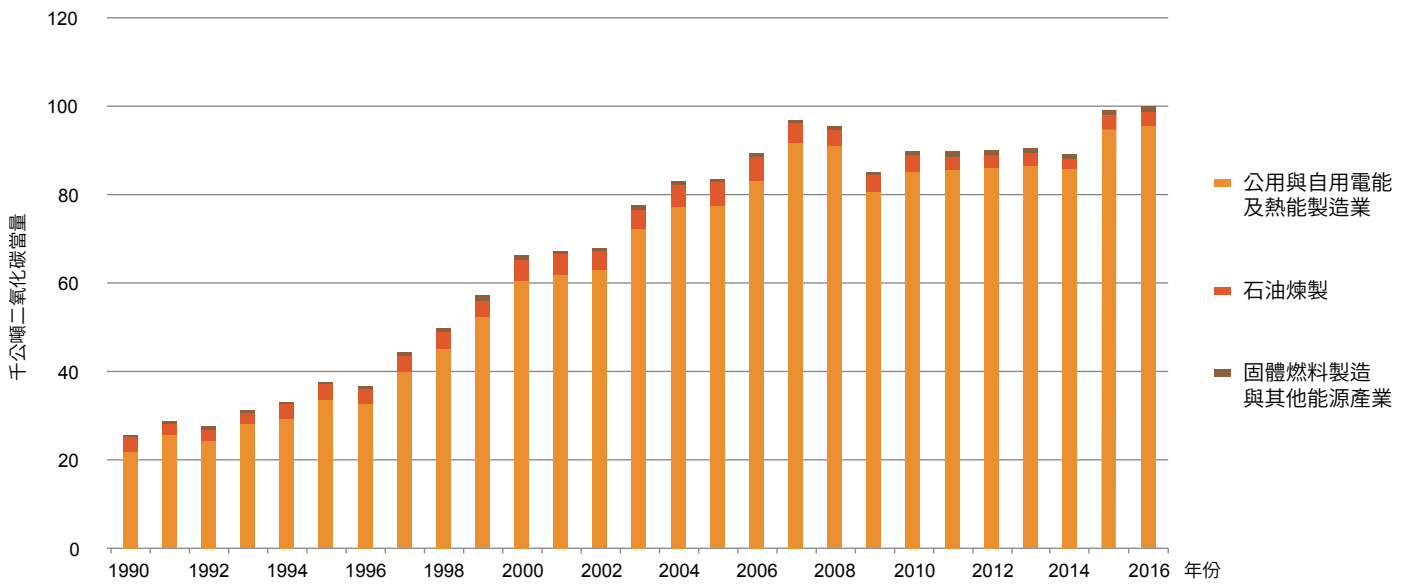


圖 3.2.10 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

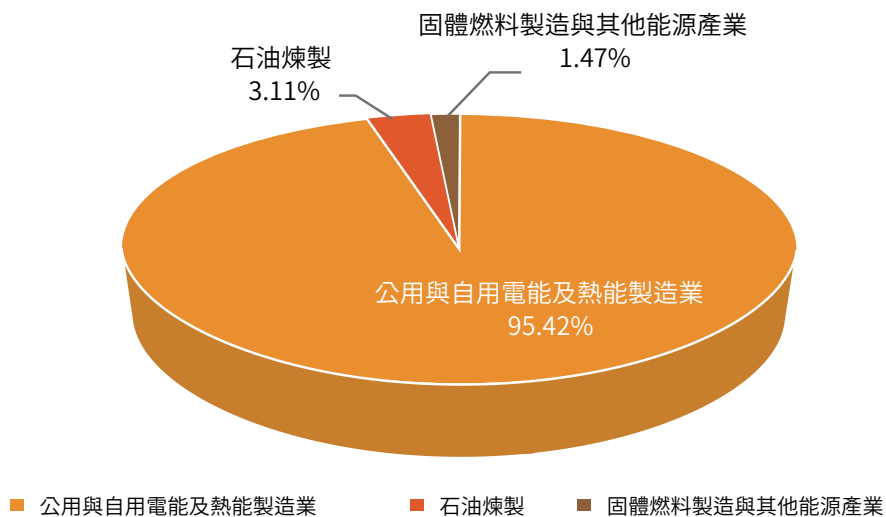


圖 3.2.11 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.12 臺灣 1990 至 2016 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
能源產業	49,123	55,126	58,529	65,962	70,771	76,400	81,254
a. 公用與自用電能及熱能製造業	39,442	45,797	49,566	56,476	60,513	65,803	70,615
i. 發電廠	34,282	39,807	41,805	46,988	50,598	54,937	57,947
ii. 汽電共生廠	5,161	5,990	7,760	9,488	9,915	10,866	12,668
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5,275	4,805	4,684	5,003	5,775	6,012	6,106
c. 固體燃料製造與其他能源產業	4,406	4,524	4,279	4,483	4,483	4,585	4,534
i. 固體燃料製造業	4,387	4,506	4,269	4,482	4,482	4,584	4,533
ii. 其他能源產業	19	18	10	1	1	1	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
能源產業	91,407	100,415	105,782	121,158	126,128	130,492	139,461
a. 公用與自用電能及熱能製造業	78,683	87,337	93,000	107,126	112,385	117,222	125,552
i. 發電廠	64,483	71,780	75,230	81,363	83,527	87,115	91,864
ii. 汽電共生廠	14,201	15,557	17,769	25,762	28,858	30,107	33,689
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6,132	6,094	6,453	7,026	7,030	6,442	6,678
c. 固體燃料製造與其他能源產業	6,592	6,984	6,329	7,007	6,713	6,828	7,230
i. 固體燃料製造業	6,591	6,984	6,316	6,829	6,705	6,815	6,983
ii. 其他能源產業	0	1	14	177	8	12	247
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
能源產業	145,554	152,060	158,450	163,041	157,980	148,721	158,795
a. 公用與自用電能及熱能製造業	130,620	137,014	143,474	148,443	144,858	136,529	144,640
i. 發電廠	93,526	99,432	105,892	107,374	107,131	99,334	106,823
ii. 汽電共生廠	37,095	37,581	37,583	41,069	37,727	37,195	37,817
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	7,482	8,030	7,575	7,027	5,865	5,942	6,110
c. 固體燃料製造與其他能源產業	7,451	7,017	7,400	7,570	7,257	6,250	8,046
i. 固體燃料製造業	7,170	6,966	7,362	7,530	7,216	6,210	8,005
ii. 其他能源產業	281	51	39	40	41	41	41
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
能源產業	163,451	161,481	160,886	169,049	168,912	172,327	
a. 公用與自用電能及熱能製造業	148,702	146,945	144,920	151,939	152,289	155,759	
i. 發電廠	109,878	109,702	106,174	109,360	111,493	116,742	
ii. 汽電共生廠	38,825	37,243	38,747	42,579	40,795	39,017	
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	5,897	6,047	5,705	6,492	6,190	5,945	
c. 固體燃料製造與其他能源產業	8,852	8,489	10,261	10,618	10,434	10,623	
i. 固體燃料製造業	8,811	8,448	10,224	10,583	10,399	10,589	
ii. 其他能源產業	41	41	37	35	35	34	

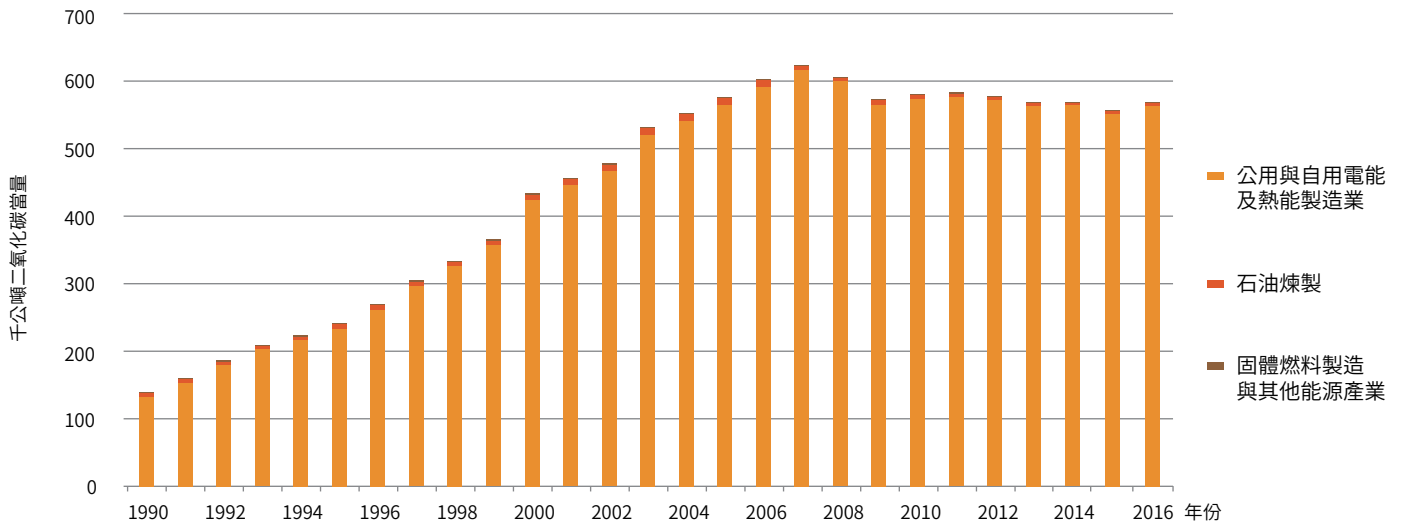


圖 3.2.12 臺灣 1990 至 2016 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

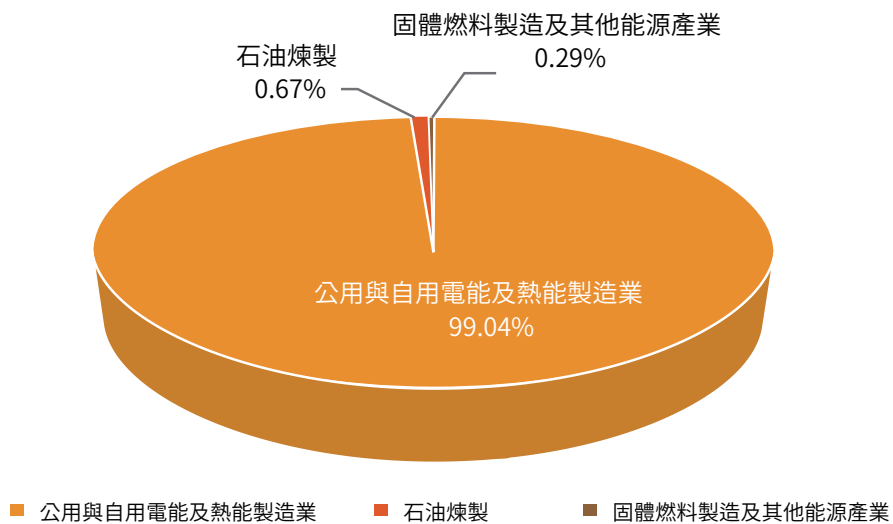


圖 3.2.13 臺灣 2016 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.13 臺灣 1990 至 2016 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
能源產業	26	29	28	32	35	41	42
a. 公用與自用電能及熱能製造業	22	26	25	29	31	37	38
i. 發電廠	20	24	22	25	26	30	28
ii. 汽電共生廠	1	2	3	4	5	7	10
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	3	3	3	3	3	4	4
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
能源產業	46	51	59	66	70	70	79
a. 公用與自用電能及熱能製造業	42	46	54	61	65	65	73
i. 發電廠	31	33	35	36	34	33	34
ii. 汽電共生廠	11	13	19	25	31	32	40
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	4	4	4	5	4	4	4
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
能源產業	81	82	86	88	86	79	84
a. 公用與自用電能及熱能製造業	75	77	81	82	81	75	79
i. 發電廠	33	35	38	38	38	33	37
ii. 汽電共生廠	41	42	42	44	44	42	42
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5	5	5	4	3	4	3
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
能源產業	85	84	83	86	90	90	
a. 公用與自用電能及熱能製造業	80	80	78	82	85	86	
i. 發電廠	38	37	36	38	41	43	
ii. 汽電共生廠	43	43	43	44	44	43	
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	3	3	3	3	3	3	
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	

表 3.2.14 臺灣 1990 至 2016 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
能源產業	138	158	183	207	224	242	273
a. 公用與自用電能及熱能製造業	131	152	178	201	217	235	266
i. 發電廠	122	138	156	175	186	197	219
ii. 汽電共生廠	10	14	22	27	31	37	48
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6	5	5	5	6	6	6
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
能源產業	301	332	362	428	459	482	525
a. 公用與自用電能及熱能製造業	294	324	354	419	449	473	515
i. 發電廠	243	267	281	308	320	337	360
ii. 汽電共生廠	51	57	73	111	129	136	155
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6	6	7	8	8	8	8
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
能源產業	538	565	590	606	588	565	573
a. 公用與自用電能及熱能製造業	528	555	580	597	581	558	565
i. 發電廠	360	384	406	409	401	378	386
ii. 汽電共生廠	168	171	174	188	179	180	179
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	9	9	8	8	6	6	6
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
能源產業	578	573	564	571	557	567	
a. 公用與自用電能及熱能製造業	572	566	558	564	551	562	
i. 發電廠	393	392	372	378	370	388	
ii. 汽電共生廠	178	175	186	187	181	174	
iii. 熱能工廠	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	5	5	5	5	4	4	
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	2	2	2	2	
i. 固體燃料製造業	1	1	2	2	2	2	
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

臺灣製造業與營造業 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 30,117 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2007 年，達 50,374 千公噸二氧化碳當量，至 2009 年減少至 43,000 千公噸二氧化碳當量，其後增減互現，至 2014 年增加至 45,276 千公噸二氧化碳當量，2015 年減少為 44,345 千公噸二氧化碳當量，2016 年微幅減少為 44,186 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 0.36%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 42.38% 為最高，鋼鐵基本工業占 20.05%，非金屬礦物製品製造業占 14.45%，紙漿、紙與印刷業、食品製造、飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 4.59%、2.22% 與 0.59%，詳見圖 3.2.14、圖 3.2.15 與表 3.2.16。

B. 甲烷

臺灣製造業與營造業 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 2007 年達 97 千公噸二氧化碳當量，至 2015 年減少為 92 千公噸二氧化碳當量，2016 年則減少至 91 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 1.24%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 47.34% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 16.19%，鋼鐵基本工業占 9.70%，紙漿、紙與印刷業、食品製造、飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 5.58%、1.26% 與 0.16%，詳見圖 3.2.16、圖 3.2.17 與表 3.2.17。

C. 氧化亞氮

臺灣製造業與營造業 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 2007 年達 178 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，2014 年為 166 千公噸二氧化碳當量，2015 年減少至 164 千公噸二氧化碳當量，2016 年則減少為 162 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 1.45%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 48.04% 為最高，非金屬礦物製品製造業占 16.64%，鋼鐵基本工業占 9.40%，紙漿、紙與印刷業、食品製造、飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 5.62%、1.44% 與 0.15%，詳見圖 3.2.18、圖 3.2.19 與表 3.2.18。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

表 3.2.15 臺灣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。
	a. 鋼鐵基本工業	(ISIC Group 271 and Class 2731)
	b. 非鐵金屬基本工業	(ISIC Group 272 and Class 2732)
	c. 化學材料與化學製品製造業	(ISIC Division 24)
	d. 紙漿、紙與印刷業	(ISIC Division 21 and 22)
	e. 食品飲料及菸草業	(ISIC Division 15 and 16)
	f. 非金屬礦物製品製造業	(ISIC Division 23)
	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，必須留心的是避免與 1A3eii 及 / 或 1A5 的建築排放重複計算。

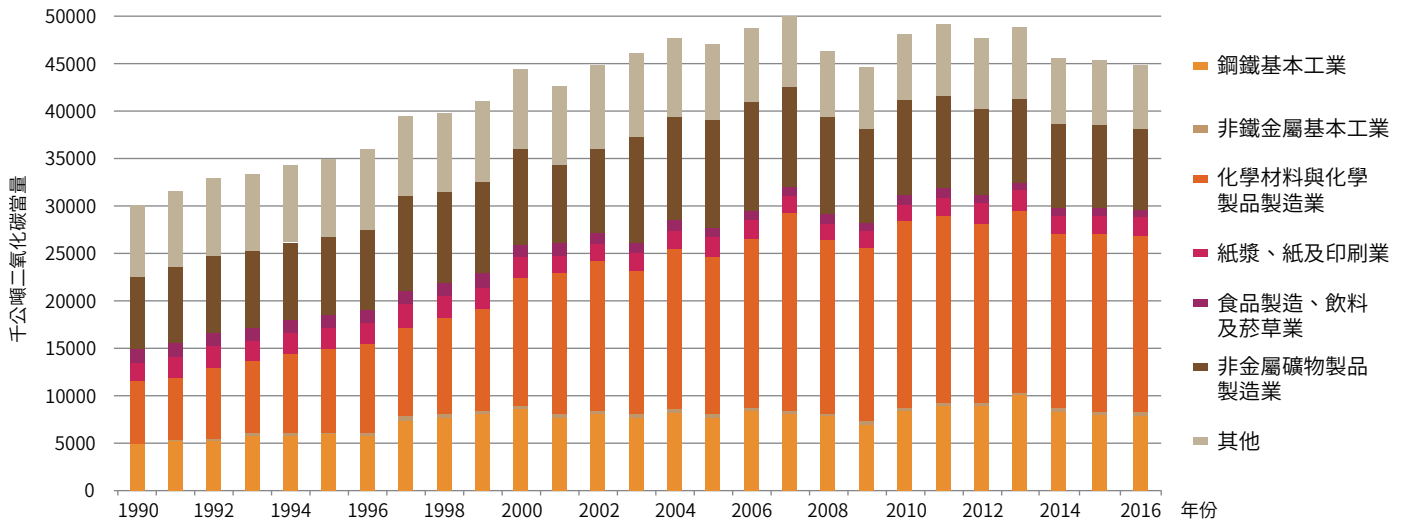


圖 3.2.14 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

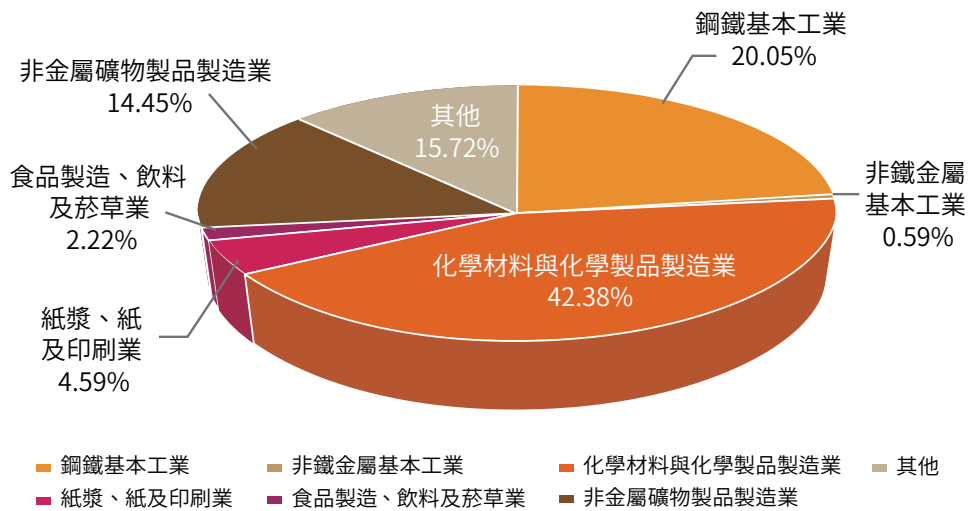


圖 3.2.15 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.16 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

(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
製造業與營造業	30,117	31,956	33,383	33,611	34,586	35,763	36,785
a. 鋼鐵基本工業	4,877	5,282	5,289	5,836	5,856	5,925	5,820
b. 非鐵金屬基本工業	193	209	209	233	254	286	347
c. 化學材料製造業	6,326	6,647	7,801	7,878	8,477	9,019	9,548
d. 紙漿、紙與印刷業	2,169	2,329	2,437	2,320	2,437	2,543	2,604
e. 食品飲料及菸草業	1,522	1,450	1,480	1,423	1,395	1,368	1,381
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
g. 其他	5,768	6,360	6,682	6,392	6,545	6,940	7,499
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
製造業與營造業	39,075	39,311	41,305	43,955	42,716	44,802	46,393
a. 鋼鐵基本工業	7,455	7,783	7,997	8,608	7,681	7,996	7,740
b. 非鐵金屬基本工業	403	365	349	348	344	343	320
c. 化學材料製造業	10,090	10,623	11,778	13,715	14,446	15,446	17,355
d. 紙漿、紙與印刷業	2,770	2,625	2,829	2,640	2,359	2,198	2,155
e. 食品飲料及菸草業	1,372	1,333	1,543	1,459	1,290	1,180	1,089
f. 非金屬礦物製品製造業	9,109	8,593	7,876	7,741	7,355	8,368	8,568
g. 其他	7,876	7,989	8,933	9,444	9,242	9,272	9,166
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
製造業與營造業	47,864	47,324	49,089	50,374	45,485	43,000	48,239
a. 鋼鐵基本工業	8,298	7,758	8,474	8,168	7,929	7,126	9,521
b. 非鐵金屬基本工業	411	377	363	367	331	252	295
c. 化學材料製造業	19,130	19,350	21,075	23,026	19,640	19,368	20,826
d. 紙漿、紙與印刷業	2,430	2,522	2,343	2,344	2,073	1,963	2,160
e. 食品飲料及菸草業	1,157	1,136	1,092	1,079	992	1,006	1,059
f. 非金屬礦物製品製造業	8,946	8,766	8,819	8,268	7,858	6,990	7,176
g. 其他	7,492	7,417	6,921	7,123	6,661	6,295	7,202
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
製造業與營造業	48,760	47,655	48,415	45,276	44,345	44,186	
a. 鋼鐵基本工業	9,426	9,448	10,420	8,783	8,634	8,858	
b. 非鐵金屬基本工業	299	278	287	294	276	259	
c. 化學材料製造業	19,742	18,570	18,439	18,239	18,134	18,728	
d. 紙漿、紙與印刷業	2,526	2,607	2,512	2,380	2,082	2,030	
e. 食品飲料及菸草業	1,054	1,066	1,001	1,011	990	981	
f. 非金屬礦物製品製造業	8,413	8,061	8,183	6,971	6,924	6,386	
g. 其他	7,301	7,624	7,574	7,599	7,306	6,944	

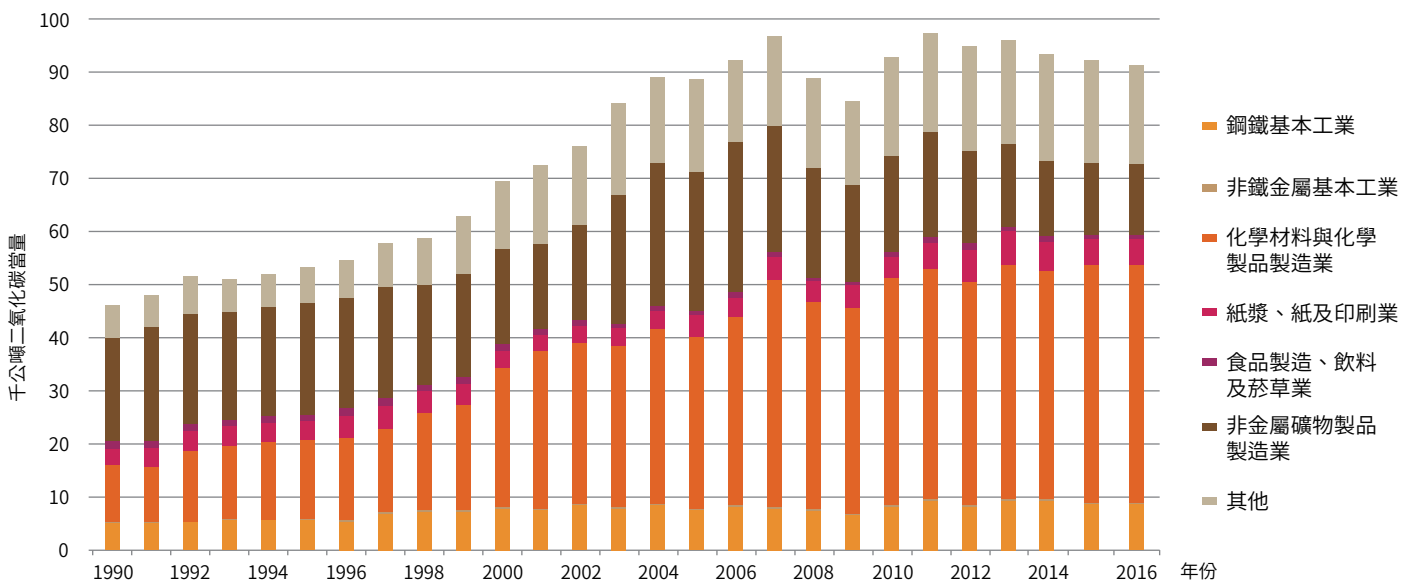


圖 3.2.16 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

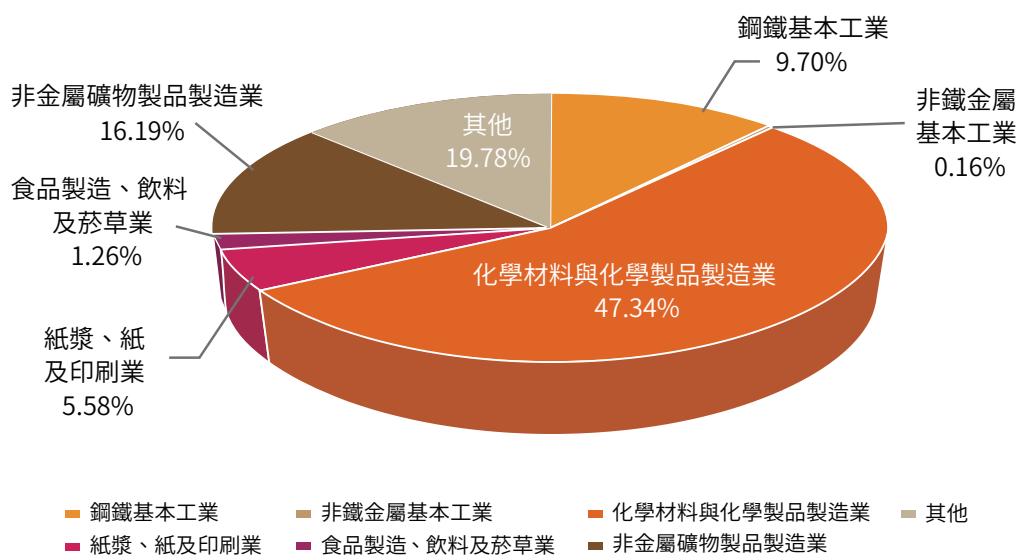


圖 3.2.17 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.17 臺灣 1990 至 2016 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
製造業與營造業	46	48	51	51	52	53	55
a. 鋼鐵基本工業	5	5	5	6	5	6	5
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	10	11	14	14	15	15	16
d. 紙漿、紙與印刷業	3	4	4	4	4	4	4
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1
f. 非金屬礦物製品製造業	20	21	20	20	20	20	20
g. 其他	6	6	7	6	6	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
製造業與營造業	58	59	63	69	72	76	84
a. 鋼鐵基本工業	7	7	7	8	8	8	8
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	17	18	21	27	28	29	34
d. 紙漿、紙與印刷業	5	5	5	5	4	4	4
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1
f. 非金屬礦物製品製造業	19	18	16	16	16	19	19
g. 其他	8	9	11	12	15	14	17
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
製造業與營造業	89	88	92	97	88	85	92
a. 鋼鐵基本工業	9	8	8	8	8	7	8
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	37	38	42	47	41	40	43
d. 紙漿、紙與印刷業	5	6	5	5	4	4	5
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1
f. 非金屬礦物製品製造業	20	20	20	19	18	16	16
g. 其他	16	16	16	16	17	16	18
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
製造業與營造業	97	94	96	93	92	91	
a. 鋼鐵基本工業	9	8	9	9	9	9	
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	
c. 化學材料製造業	42	40	40	40	41	43	
d. 紙漿、紙與印刷業	6	7	6	6	5	5	
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	
f. 非金屬礦物製品製造業	20	19	19	16	16	15	
g. 其他	19	20	20	19	19	18	

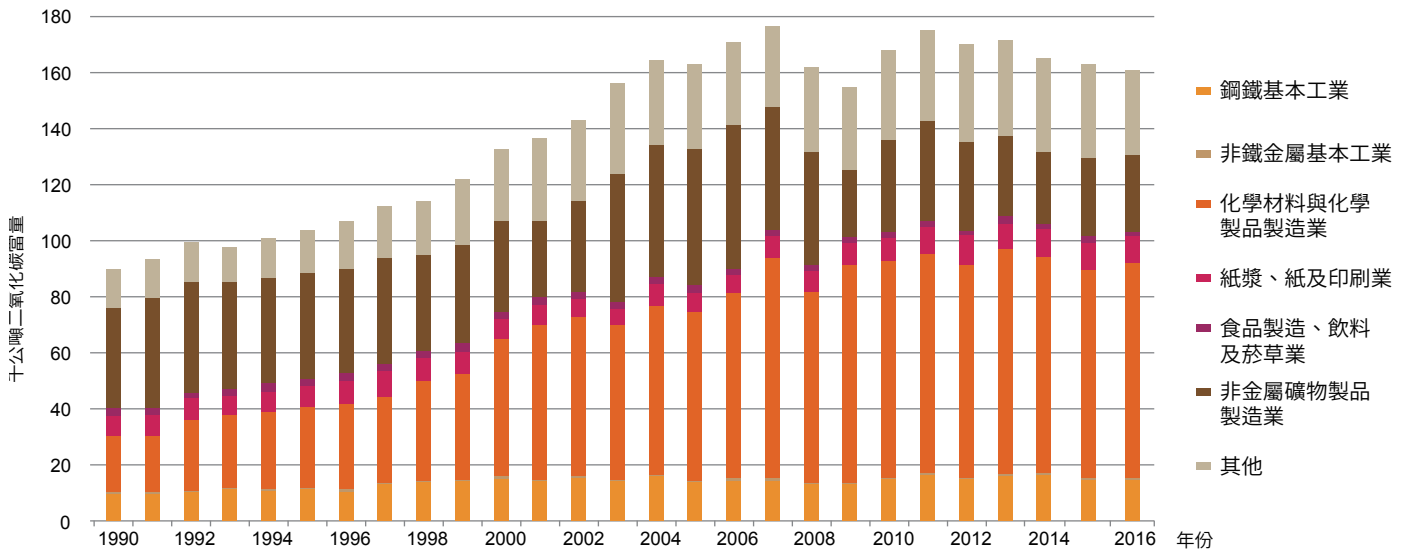


圖 3.2.18 臺灣 1990 至 2016 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

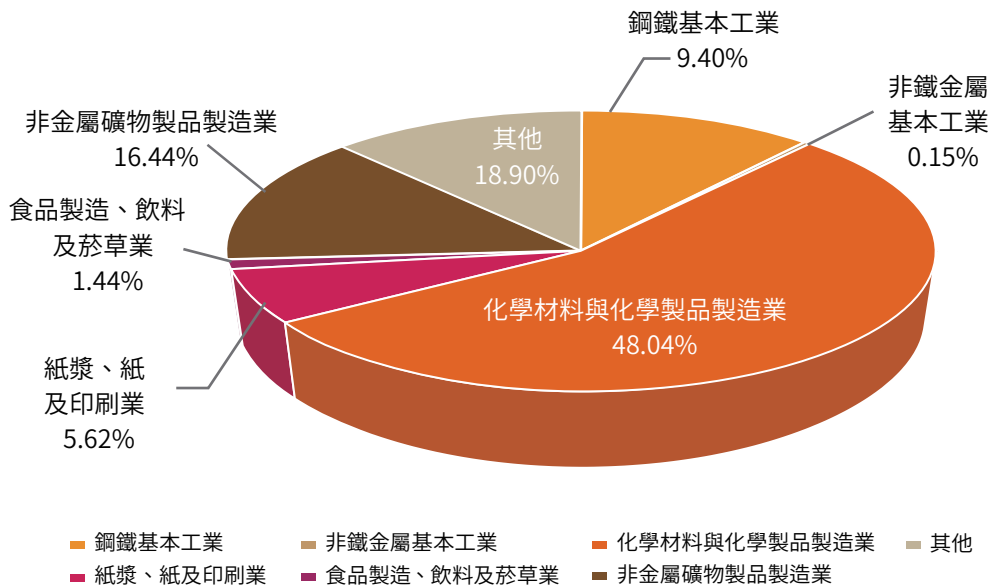


圖 3.2.19 臺灣 2016 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.18 臺灣 1990 至 2016 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
製造業與營造業	90	95	101	100	102	104	107
a. 鋼鐵基本工業	10	10	10	11	11	11	10
b. 非鐵金屬基本工業	0	1	0	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	21	21	27	27	29	30	32
d. 紙漿、紙與印刷業	7	7	8	8	8	8	9
e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	3	3	3	3
f. 非金屬礦物製品製造業	37	39	37	36	36	37	37
g. 其他	13	14	15	14	14	15	16
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
製造業與營造業	113	115	122	133	137	143	157
a. 鋼鐵基本工業	13	14	14	15	14	15	14
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	33	36	41	51	53	54	63
d. 紙漿、紙與印刷業	9	9	10	9	8	8	8
e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	3	3	3	2
f. 非金屬礦物製品製造業	35	33	30	30	29	34	35
g. 其他	18	20	23	25	29	28	33
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
製造業與營造業	165	164	171	178	162	155	169
a. 鋼鐵基本工業	16	14	15	15	14	12	15
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	0	1
c. 化學材料製造業	70	71	78	87	75	74	80
d. 紙漿、紙與印刷業	10	10	9	9	8	8	9
e. 食品飲料及菸草業	3	3	2	2	2	2	2
f. 非金屬礦物製品製造業	37	36	36	34	33	29	30
g. 其他	30	30	29	30	30	28	32
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
製造業與營造業	176	170	172	166	164	162	
a. 鋼鐵基本工業	16	15	16	16	15	15	
b. 非鐵金屬基本工業	1	0	0	0	0	0	
c. 化學材料製造業	77	73	73	73	74	78	
d. 紙漿、紙與印刷業	11	12	11	11	10	9	
e. 食品飲料及菸草業	2	3	3	3	2	2	
f. 非金屬礦物製品製造業	35	34	34	29	29	27	
g. 其他	33	34	34	34	33	31	

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。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

臺灣運輸部門 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，其後呈現逐年持續成長至 2005 年達 36,846 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2014 年排放量達 34,951 千公噸二氧化碳當量，2015 年增加至 35,759 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 36,809 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 2.94%；

排放占比以公路運輸 97.66% 為最高，國內水運其次，占 1.40%，國內航空占 0.78%、鐵路占 0.15%，詳見圖 3.2.20、圖 3.2.21 與表 3.2.20。

B. 甲烷

臺灣運輸部門 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 2005 年達 303 千公噸二氧化碳當量，其後排放量互有增減，至 2014 年減少至 286 千公噸二氧化碳當量，2015 年增加至 293 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 301 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 3.00%；排放占比以公路運輸 99.56% 為最高，國內水運其次，占 0.39%，鐵路占 0.03%、國內航空為 0.02%，詳見圖 3.2.22、圖 3.2.23 與表 3.2.21。

C. 氧化亞氮

臺灣運輸部門 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，持續成長至 2005 年達 527 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2014 年減少至 505 千公噸二氧化碳當量，2015 年增加至 517 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 530 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 2.54%；排放占比以公路運輸 97.56% 為最高，鐵路其次，占 1.23%，國內水運為 0.76%、國內航空占 0.45%，詳見圖 3.2.24、圖 3.2.25 與表 3.2.22。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性部分論述。

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。

表 3.2.19 臺灣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。
	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 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。
	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。
	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。
	c. 鐵路	包括貨運、客運路線的鐵路運輸排放。
	d. 水運	包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。
	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。
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。	

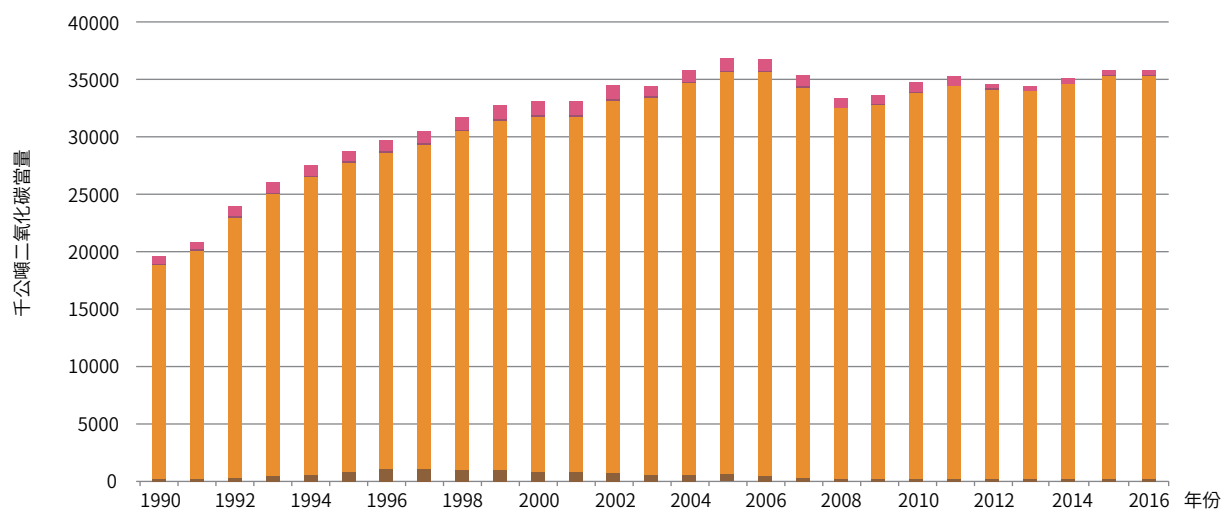


圖 3.2.20 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

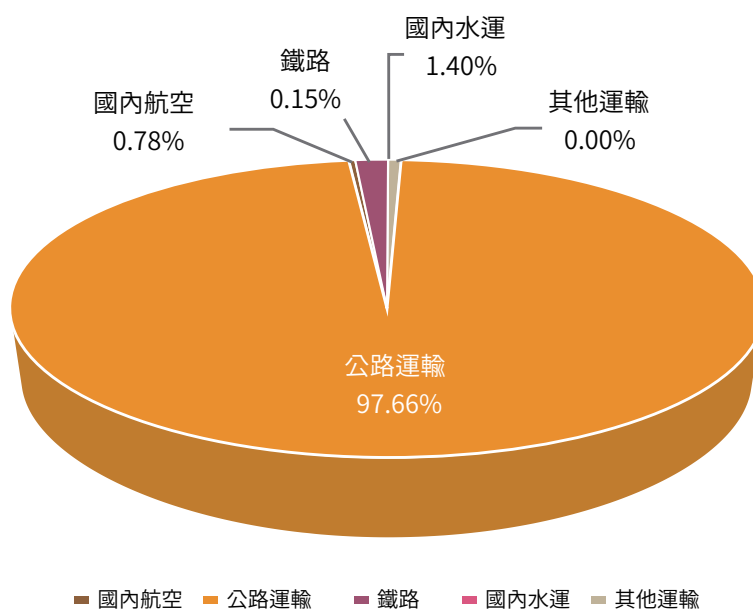


圖 3.2.21 臺灣 2016 年運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.20 臺灣 1990 至 2016 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
運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801
a. 空運	280	300	368	527	641	853	1,072
ii. 國內航空	280	300	368	527	641	853	1,072
b. 公路運輸	18,547	19,762	22,693	24,515	25,866	26,936	27,615
c. 鐵路	130	139	138	144	140	140	132
d. 水運	690	687	833	917	893	893	982
ii. 國內水運	690	687	833	917	893	893	982
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
運輸	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246	34,542	34,509
a. 空運	1,075	1,025	1,052	903	828	755	630
ii. 國內航空	1,075	1,025	1,052	903	828	755	630
b. 公路運輸	28,290	29,570	30,370	30,956	30,942	32,459	32,790
c. 鐵路	129	126	133	123	118	117	106
d. 水運	1,042	1,124	1,217	1,226	1,360	1,211	982
ii. 國內水運	1,042	1,124	1,217	1,226	1,360	1,211	982
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
運輸	35,859	36,846	36,771	35,419	33,394	33,711	34,824
a. 空運	646	592	516	390	259	228	231
ii. 國內航空	646	592	516	390	259	228	231
b. 公路運輸	34,035	35,022	35,091	33,976	32,267	32,619	33,647
c. 鐵路	95	96	94	91	90	74	82
d. 水運	1,083	1,135	1,069	961	778	790	863
ii. 國內水運	1,083	1,135	1,069	961	778	790	863
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
運輸	35,293	34,503	34,472	34,951	35,759	36,809	
a. 空運	257	259	237	266	258	287	
ii. 國內航空	257	259	237	266	258	287	
b. 公路運輸	34,149	33,679	33,685	34,149	35,025	35,950	
c. 鐵路	83	83	83	77	69	57	
d. 水運	804	483	467	459	406	516	
ii. 國內水運	804	483	467	459	406	516	
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	

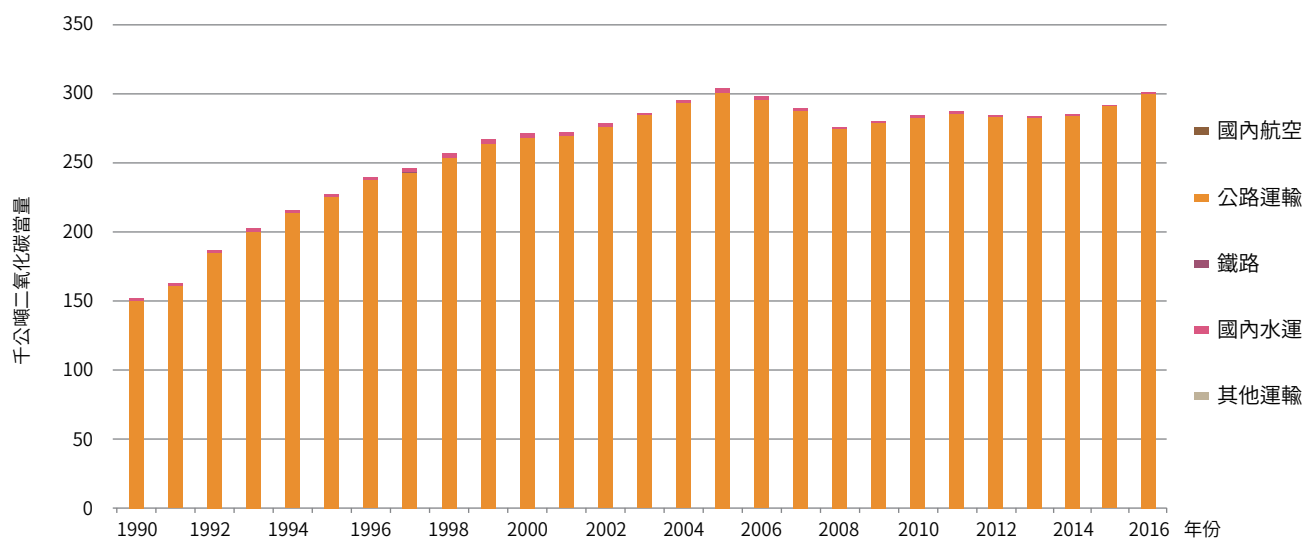


圖 3.2.22 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

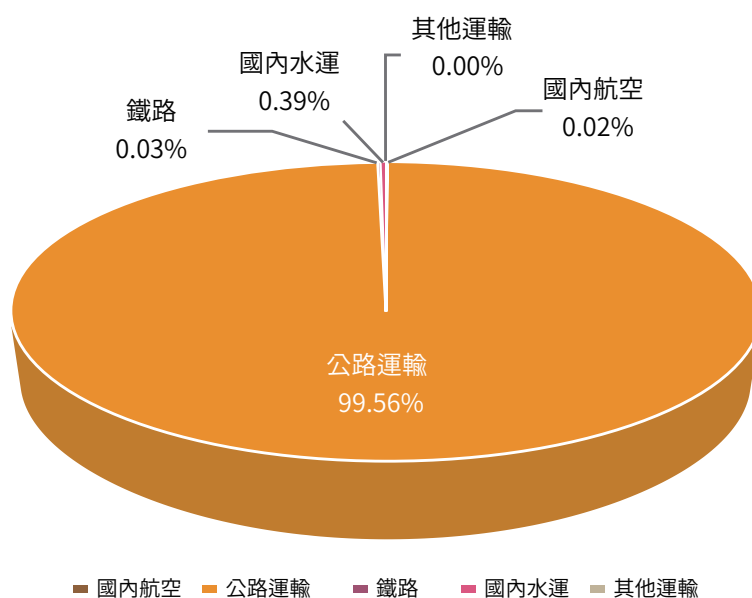


圖 3.2.23 臺灣 2016 年運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.21 臺灣 1990 至 2016 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
運輸	152	163	187	202	216	228	239
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0
ii. 國內航空	0	0	0	0	0	0	0
b. 公路運輸	150	162	184	200	213	226	237
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	2	2	2	2	2
ii. 國內水運	2	2	2	2	2	2	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
運輸	245	257	266	270	272	278	287
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0
ii. 國內航空	0	0	0	0	0	0	0
b. 公路運輸	243	254	263	267	269	275	284
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	3	3	3	3	3	2
ii. 國內水運	2	3	3	3	3	3	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
運輸	295	303	298	289	276	281	285
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0
ii. 國內航空	0	0	0	0	0	0	0
b. 公路運輸	292	300	295	287	274	279	283
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	3	2	2	2	2	2
ii. 國內水運	2	3	2	2	2	2	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
運輸	288	284	284	286	293	301	
a. 空運	0	0	0	0	0	0	
ii. 國內航空	0	0	0	0	0	0	
b. 公路運輸	286	283	283	285	291	300	
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	
d. 水運	2	1	1	1	1	1	
ii. 國內水運	2	1	1	1	1	1	
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	

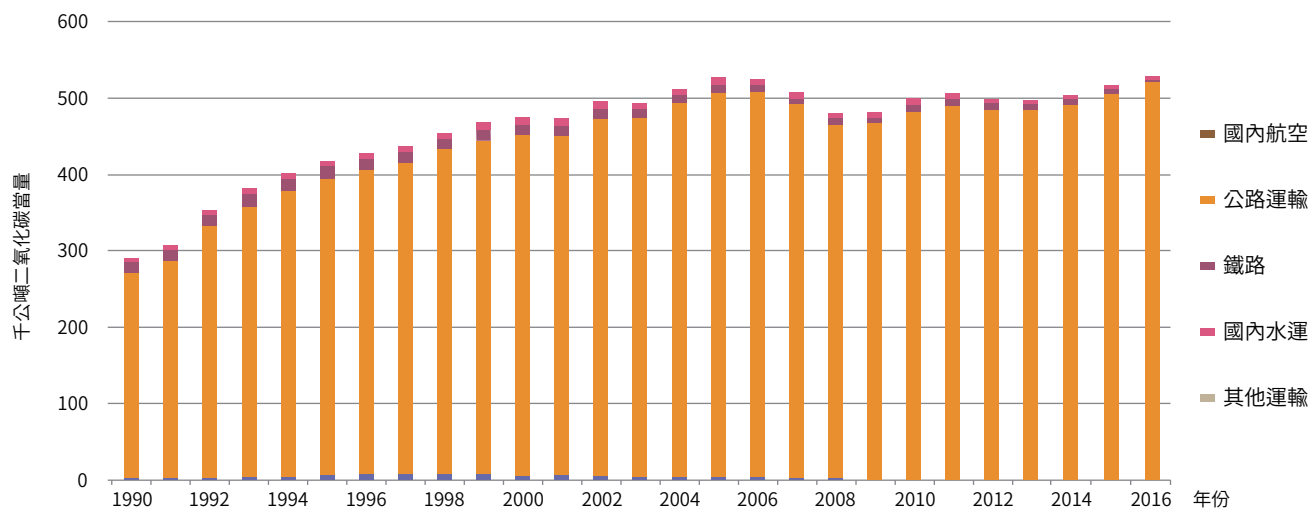


圖 3.2.24 臺灣 1990 至 2016 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

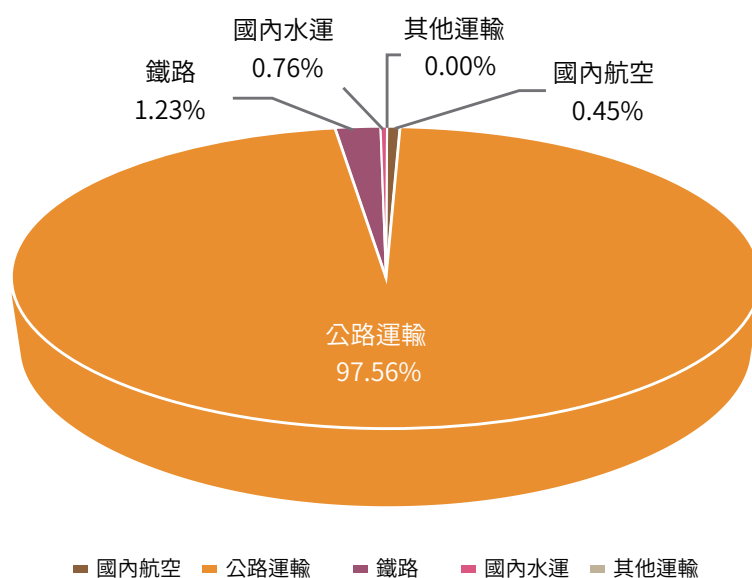


圖 3.2.25 臺灣 2016 年運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.22 臺灣 1990 至 2016 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
運輸	291	309	353	382	402	418	428
a. 空運	2	3	3	4	5	7	9
ii. 國內航空	2	3	3	4	5	7	9
b. 公路運輸	268	285	328	354	373	388	396
c. 鐵路	15	16	16	17	16	16	15
d. 水運	5	5	6	7	7	7	8
ii. 國內水運	5	5	6	7	7	7	8
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
運輸	438	456	469	475	475	496	495
a. 空運	9	9	9	8	7	6	5
ii. 國內航空	9	9	9	8	7	6	5
b. 公路運輸	406	424	436	444	443	466	470
c. 鐵路	15	14	15	14	14	13	12
d. 水運	8	9	10	10	11	10	8
ii. 國內水運	8	9	10	10	11	10	8
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
運輸	513	527	527	508	481	483	500
a. 空運	5	5	4	3	2	2	2
ii. 國內航空	5	5	4	3	2	2	2
b. 公路運輸	488	502	504	487	462	466	482
c. 鐵路	11	11	11	10	10	9	9
d. 水運	8	9	8	8	6	6	7
ii. 國內水運	8	9	8	8	6	6	7
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
運輸	507	498	498	505	517	530	
a. 空運	2	2	2	2	2	2	
ii. 國內航空	2	2	2	2	2	2	
b. 公路運輸	489	483	483	490	503	517	
c. 鐵路	10	9	9	9	8	7	
d. 水運	6	4	4	4	3	4	
ii. 國內水運	6	4	4	4	3	4	
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	

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。

3.2.4 其他部門（服務、住宅、農林漁牧） (1.A.4)

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，臺灣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

臺灣服務、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 2005 年

達 12,102 千公噸二氧化碳當量，至 2014 年減少為 9,427 千公噸二氧化碳當量，2015 年增加至 9,525 千公噸二氧化碳當量，2016 年則減少至 9,338 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 1.97%；排放占比部分，2016 年占比較高者為住宅 48.59%、其次為服務業 39.91%，農林漁牧為 11.50%，詳見圖 3.2.26、圖 3.2.27 與表 3.2.24。

B. 甲烷

臺灣服務、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，至 2005 年增加為 33 千公噸二氧化碳當量，至 2015 年減少為 25 千公噸二氧化碳當量，2016 年則減少為 24 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 3.16%；排放占比部分，2016 年占比較高者為服務業 46.06%、其次為住宅 38.97%，再次為農林漁牧的 14.97%，詳見圖 3.2.28、圖 3.2.29 與表 3.2.25。

C. 氧化亞氮

臺灣服務、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，2005 年為 17 千公噸二氧化碳當量，至 2015 年減少至 12 千公噸二氧化碳當量，2016 年則減少至 11 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 5.62%；排放占比部分，2016 年占比較高者為服務業 58.13%、其次為農林漁牧 22.38%，住宅為 19.49%，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。

表 3.2.23 臺灣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。
	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)
	b. 住宅	所有住宅燃料燃燒之排放。
	c. 農林漁牧	農、林、內陸、沿海、深海魚釣、牧業之燃料燃燒之排放，包括接駁工具、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室、及其他農林漁牧之燃料使用。

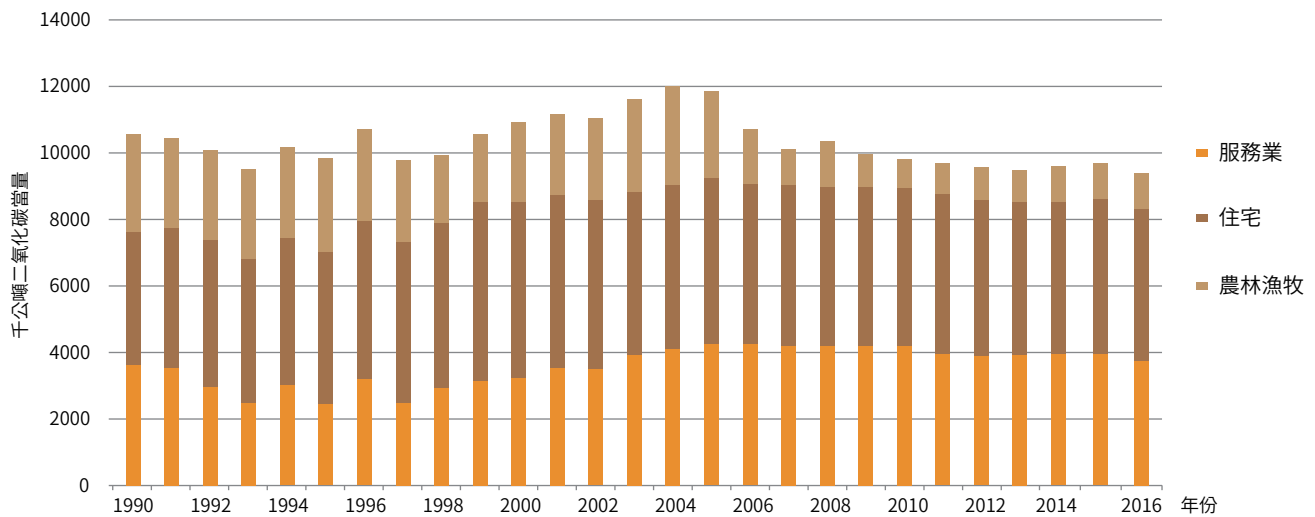


圖 3.2.26 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

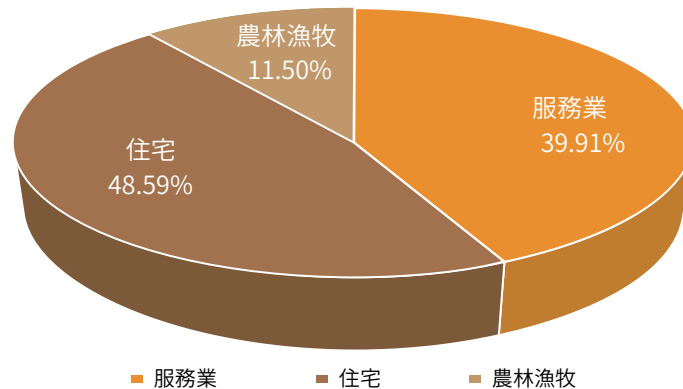


圖 3.2.27 臺灣 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒二氧化碳排放量占比

表 3.2.24 臺灣 1990 至 2016 年服務、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
4. 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733
a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175
b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754
c. 農林漁牧	2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777	2,805
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
4. 其他部門	9,809	9,940	10,605	10,936	11,198	11,058	11,814
a. 服務業	2,483	2,947	3,155	3,220	3,562	3,493	3,961
b. 住宅	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181	5,107	5,042
c. 農林漁牧	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455	2,459	2,811
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
4. 其他部門	12,235	12,102	10,958	10,375	10,624	10,295	10,005
a. 服務業	4,125	4,240	4,279	4,237	4,242	4,267	4,207
b. 住宅	5,133	5,235	5,033	5,047	5,017	5,030	4,857
c. 農林漁牧	2,977	2,627	1,647	1,091	1,365	998	941
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
4. 其他部門	9,625	9,352	9,312	9,427	9,525	9,338	
a. 服務業	3,901	3,640	3,817	3,934	3,952	3,727	
b. 住宅	4,786	4,672	4,484	4,411	4,469	4,537	
c. 農林漁牧	937	1,041	1,011	1,082	1,105	1,074	

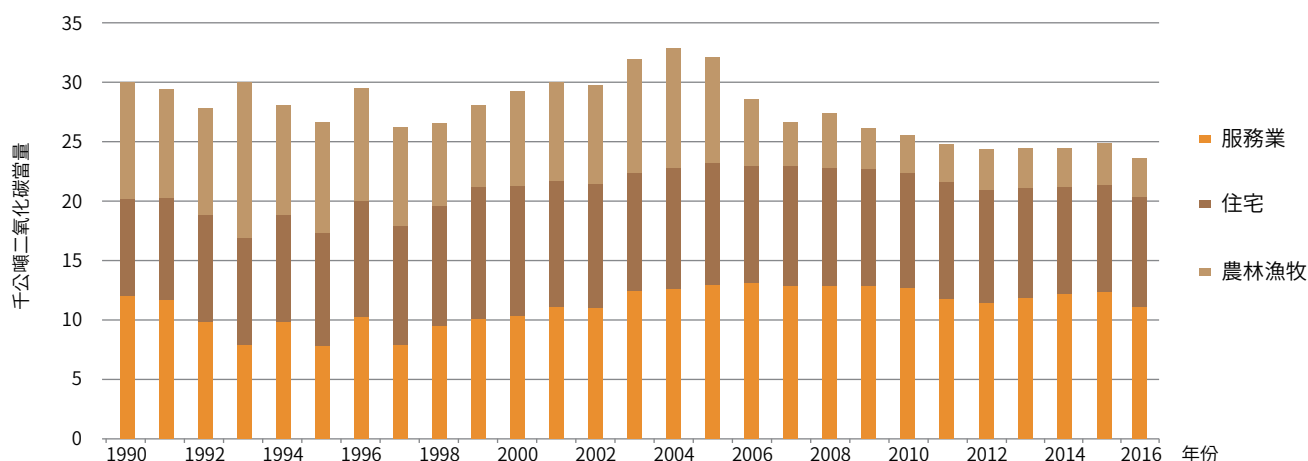


圖 3.2.28 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量趨勢

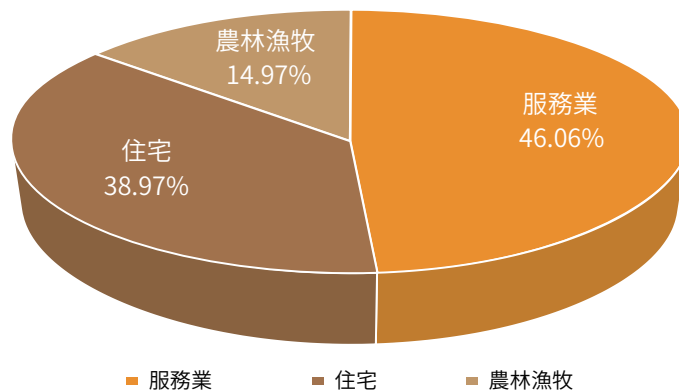


圖 3.2.29 臺灣 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.25 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
4. 其他部門	30	29	28	26	28	27	29
a. 服務業	12	12	10	8	10	8	10
b. 住宅	8	9	9	9	9	9	10
c. 農林漁牧	10	9	9	9	9	9	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
4. 其他部門	26	27	28	29	30	30	32
a. 服務業	8	10	10	10	11	11	12
b. 住宅	10	10	11	11	11	10	10
c. 農林漁牧	8	7	7	8	8	8	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
4. 其他部門	33	33	29	27	28	27	26
a. 服務業	13	13	13	13	13	13	13
b. 住宅	11	11	10	10	10	10	10
c. 農林漁牧	10	9	6	4	5	3	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
4. 其他部門	25	24	24	25	25	24	
a. 服務業	12	11	12	12	12	11	
b. 住宅	10	10	9	9	9	9	
c. 農林漁牧	3	3	3	4	4	4	

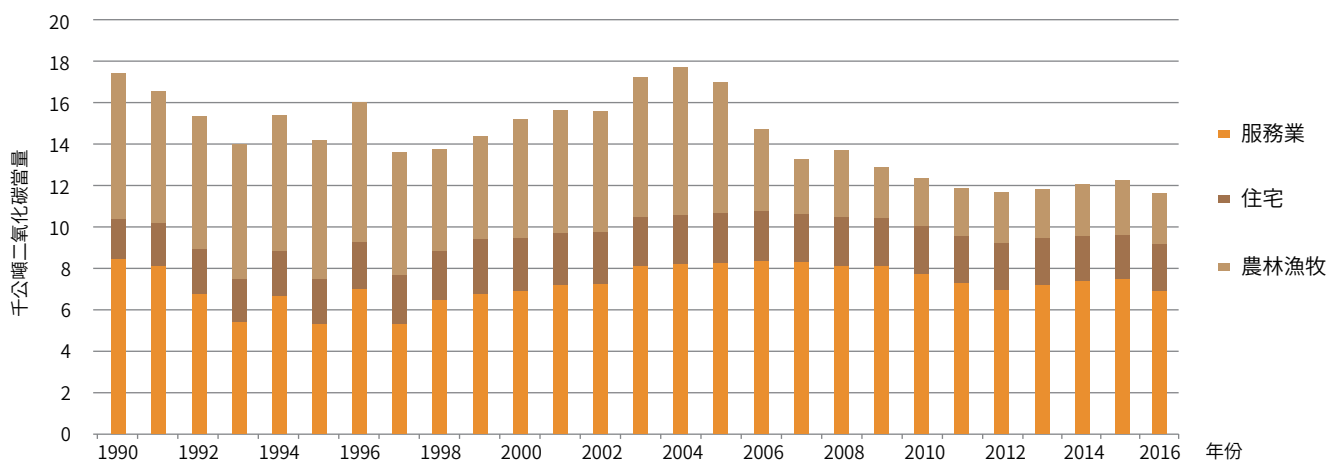


圖 3.2.30 臺灣 1990 至 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

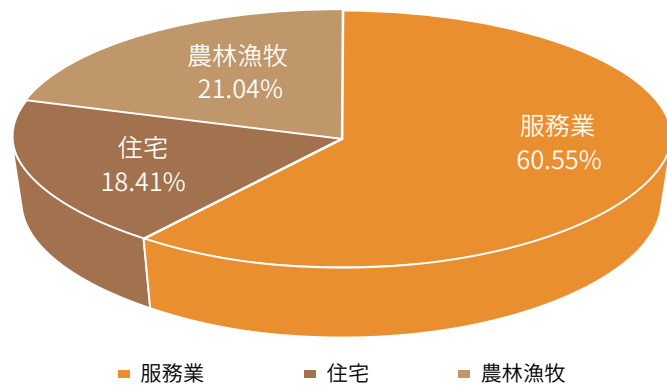


圖 3.2.31 臺灣 2016 年服務業、住宅、農林漁牧燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.26 臺灣 1990 至 2016 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
4. 其他部門	17	17	15	14	15	14	16
a. 服務業	8	8	7	5	7	5	7
b. 住宅	2	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
4. 其他部門	14	14	14	15	16	16	17
a. 服務業	5	6	7	7	7	7	8
b. 住宅	2	2	3	3	3	2	2
c. 農林漁牧	6	5	5	6	6	6	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
4. 其他部門	18	17	15	13	14	13	12
a. 服務業	8	8	8	8	8	8	8
b. 住宅	3	3	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	4	3	3	2	2
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
4. 其他部門	12	12	12	12	12	11	
a. 服務業	7	7	7	7	7	7	
b. 住宅	2	2	2	2	2	2	
c. 農林漁牧	2	3	2	3	3	3	

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，臺灣其他部門統計範疇為來自能源平衡表其他項目，依據臺灣能源平衡表特性，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。2016 年臺灣燃料燃燒計算部門方法與參考方法之差距為 0.32%，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，臺灣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。

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)

年份	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	109,460	109,459	0.00%
1991	118,922	118,436	0.41%
1992	126,182	126,052	0.10%
1993	137,905	135,199	2.00%
1994	144,574	143,097	1.03%
1995	151,999	150,804	0.79%
1996	160,251	158,573	1.06%
1997	173,777	170,828	1.73%
1998	186,894	181,511	2.97%
1999	194,175	190,464	1.95%
2000	213,401	209,257	1.98%
2001	216,328	213,288	1.43%
2002	226,419	220,895	2.50%
2003	233,011	232,177	0.36%
2004	243,990	241,514	1.03%
2005	248,646	248,332	0.13%
2006	257,384	255,268	0.83%
2007	262,227	259,208	1.16%
2008	249,083	247,481	0.65%
2009	237,666	235,727	0.82%
2010	255,323	251,864	1.37%
2011	262,534	257,129	2.10%
2012	256,185	252,990	1.26%
2013	257,609	253,086	1.79%
2014	262,006	258,702	1.28%
2015	259,128	258,542	0.23%
2016	263,488	262,660	0.32%

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

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

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

臺灣國際運輸 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 6,551 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2015 年增加為 11,135 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加為 12,337 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 10.80%；排放占比以國際航空 66.66% 為高，國際海運則占 33.34%，詳見圖 3.2.32、圖 3.2.33 與表 3.2.29。

B. 甲烷

臺灣國際運輸 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 11 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2015 年下降為 9 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加為 11 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 16.53%；排放占比以國際海運 86.85% 為最高，國際航空則占 13.15%，詳見圖 3.2.34、圖 3.2.35 與表 3.2.30。

C. 氧化亞氮

臺灣國際運輸 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，其後互有增減，至 2015 年減少為 91 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加為 101 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 10.65%；排放占比

以國際航空 67.95% 為高，國際海運則占 32.05%，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，臺灣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。

表 3.2.28 臺灣燃料燃燒排放源分類統計範疇 - 國際運輸燃料

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 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。
	i. 國際航空	關於國際航空燃料使用的排放。
	d. 水運	包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。
	i. 國際海運	包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。

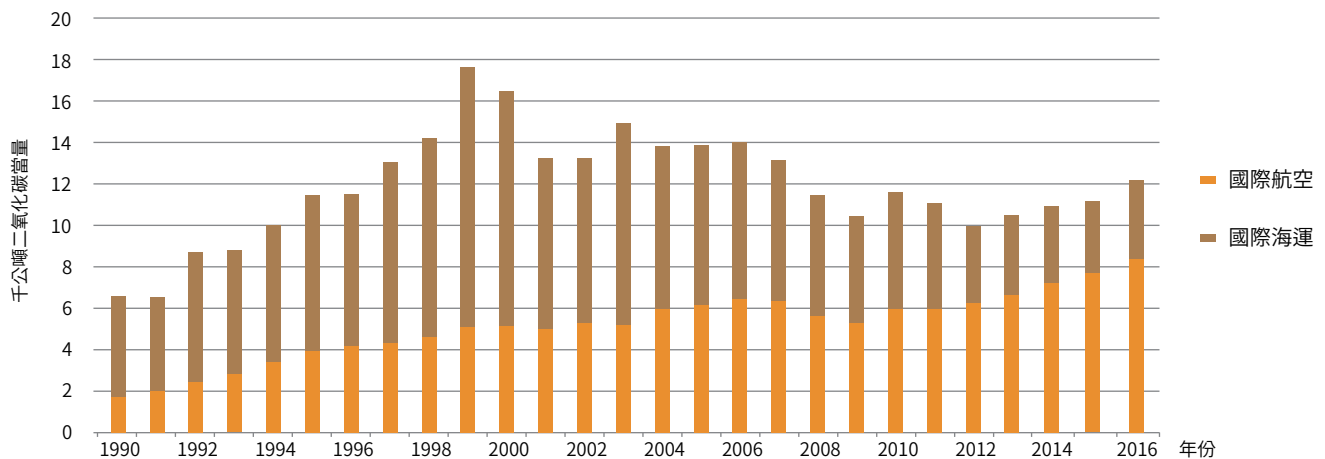


圖 3.2.32 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

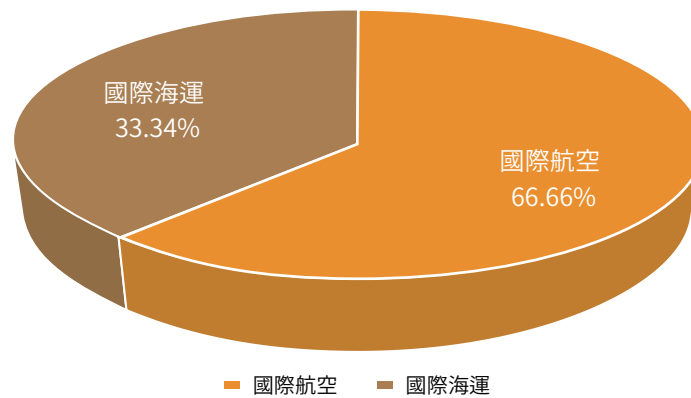


圖 3.2.33 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.29 臺灣 1990 至 2016 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
國際運輸	6,551	6,516	8,682	8,762	9,989	11,434	11,483
a. 國際航空	1,701	1,927	2,376	2,749	3,375	3,879	4,146
b. 國際海運	4,850	4,589	6,306	6,013	6,614	7,555	7,338
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
國際運輸	13,016	14,214	17,589	16,500	13,203	13,211	14,969
a. 國際航空	4,289	4,558	5,035	5,094	4,982	5,249	5,177
b. 國際海運	8,727	9,656	12,554	11,405	8,221	7,962	9,792
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
國際運輸	13,810	13,873	14,021	13,134	11,452	10,466	11,571
a. 國際航空	5,909	6,120	6,372	6,295	5,556	5,251	5,925
b. 國際海運	7,901	7,753	7,649	6,840	5,895	5,215	5,646
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
國際運輸	11,075	9,957	10,467	10,905	11,135	12,337	
a. 國際航空	5,910	6,212	6,586	7,184	7,652	8,225	
b. 國際海運	5,165	3,746	3,880	3,721	3,483	4,113	

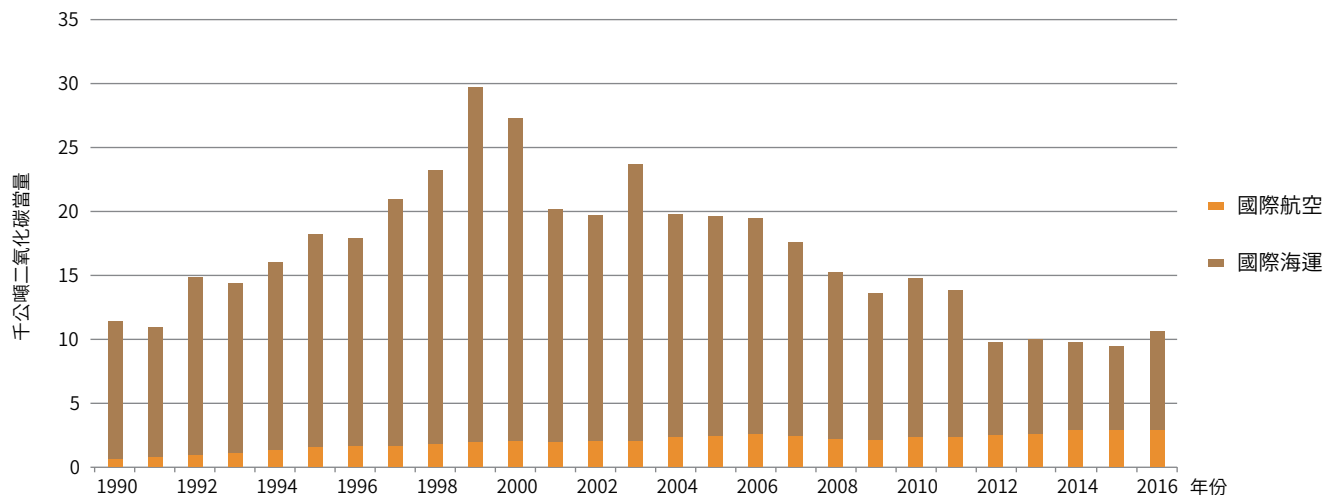


圖 3.2.34 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放量趨勢

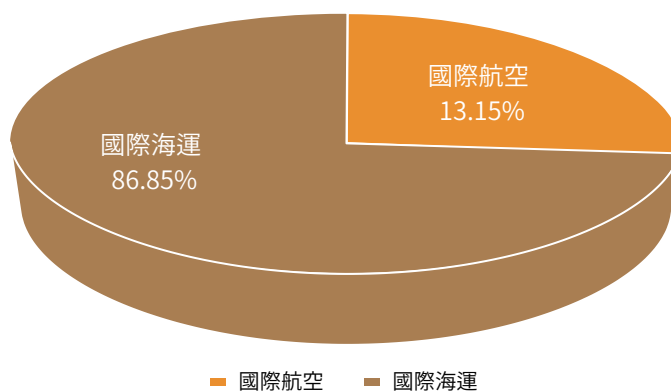


圖 3.2.35 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.30 臺灣 1990 至 2016 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
國際運輸	11	11	15	14	16	18	18
a. 國際航空	0	0	0	0	1	1	1
b. 國際海運	11	11	15	14	15	17	17
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
國際運輸	21	23	30	27	20	19	23
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1	1
b. 國際海運	20	22	29	26	19	18	23
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
國際運輸	19	19	19	17	15	13	14
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1	1
b. 國際海運	18	18	18	16	14	12	13
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
國際運輸	13	10	10	10	9	11	
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1	
b. 國際海運	12	9	9	9	8	9	

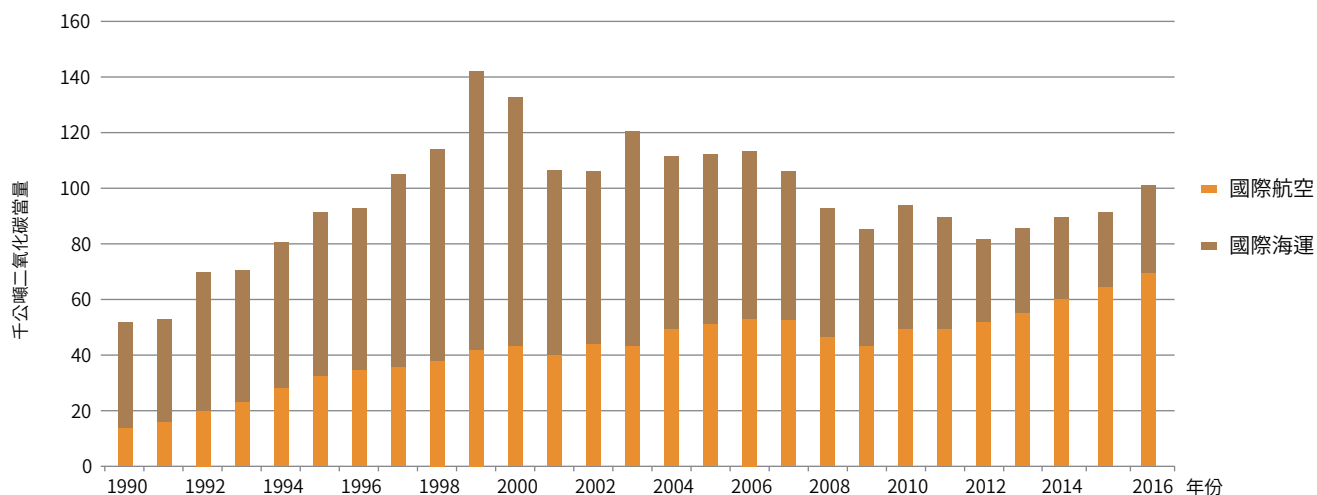


圖 3.2.36 臺灣 1990 至 2016 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

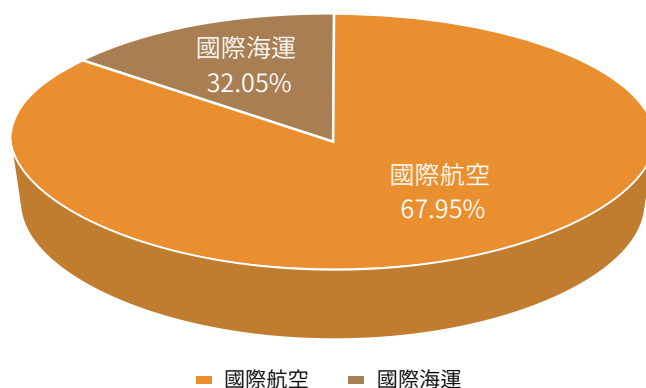


圖 3.2.37 臺灣 2016 年國際運輸燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.31 臺灣 1990 至 2016 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
國際運輸	52	52	69	70	80	92	92
a. 國際航空	14	16	20	23	28	32	35
b. 國際海運	38	36	50	47	52	59	58
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
國際運輸	104	114	141	132	106	106	120
a. 國際航空	36	38	42	42	42	44	43
b. 國際海運	69	76	99	90	65	63	77
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
國際運輸	111	112	113	106	93	85	94
a. 國際航空	49	51	53	52	46	44	49
b. 國際海運	62	61	60	54	46	41	44
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
國際運輸	90	81	85	89	91	101	
a. 國際航空	49	52	55	60	64	69	
b. 國際海運	41	29	31	29	27	32	

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

臺灣非能源使用燃料燃燒二氧化碳排放扣減量，1990年為13,759千公噸二氧化碳當量，其後逐年增加至2005年達48,590千公噸二氧化碳當量，其後逐年互有增減，2015年增加為70,964千公噸二氧化碳當量，2016年減少為69,884千公噸二氧化碳當量，較2015年減少1.52%，詳見圖3.2.38與表3.2.32。

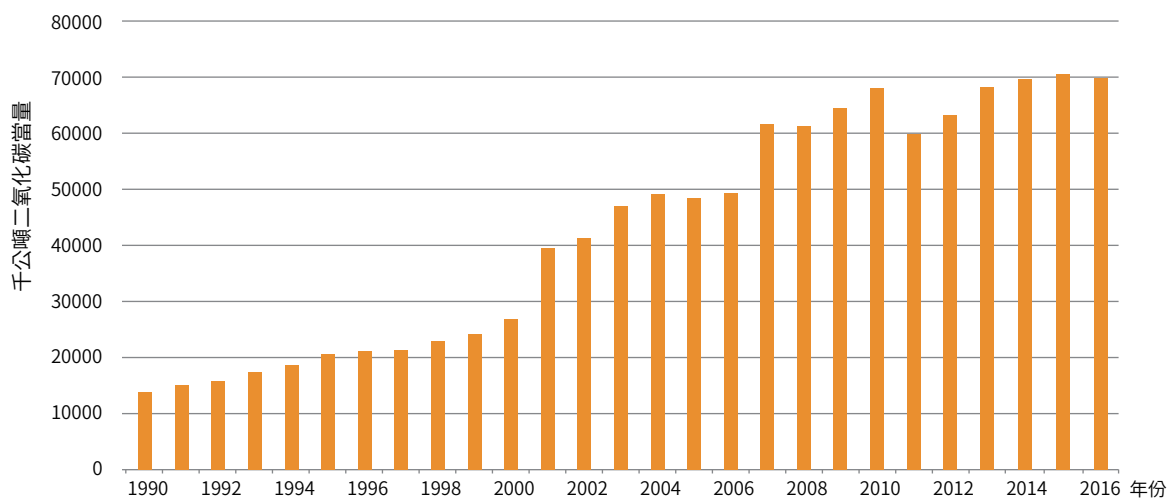


圖 3.2.38 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢

表 3.2.32 臺灣 1990 至 2016 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
非能源消費	13,759	15,045	15,894	17,510	18,726	20,615	21,225
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	13,759	15,045	15,894	17,510	18,726	20,615	21,225
運輸部門	6,346	6,388	6,635	7,541	10,969	12,166	12,400
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
非能源消費	21,430	23,152	24,168	26,850	39,446	41,495	47,140
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	21,430	23,152	24,168	26,850	39,446	41,495	47,140
運輸部門	13,366	12,344	12,961	15,136	31,448	31,319	35,212
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
非能源消費	49,304	48,590	49,379	61,603	61,131	64,300	68,143
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	49,304	48,590	49,379	61,603	61,131	64,300	68,143
運輸部門	38,501	37,332	38,402	49,295	50,555	53,448	56,345
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
非能源消費	60,051	63,086	68,259	69,550	70,964	69,884	
工業、轉變及能源部門 (石化原料用)	60,051	63,086	68,259	69,550	70,964	69,884	
運輸部門	48,730	52,120	56,868	58,078	59,946	58,760	
其他	0	0	0	0	0	0	

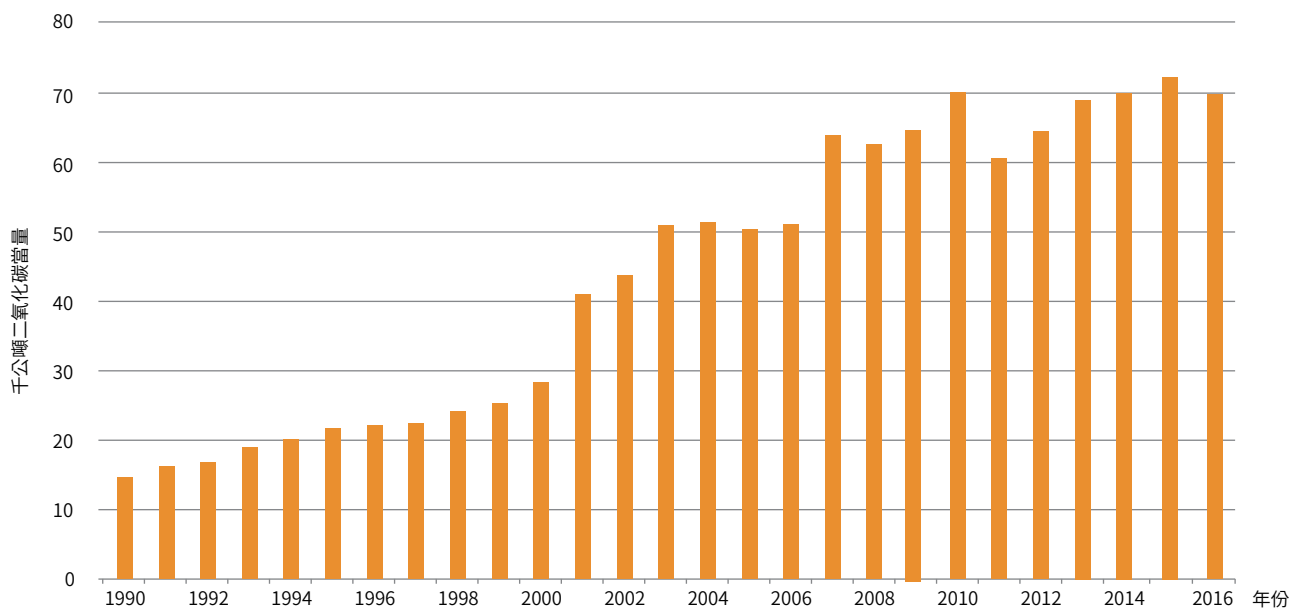


圖 3.2.39 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢

表 3.2.33 臺灣 1990 年至 2016 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
非能源消費	15	16	17	19	20	22	22
工業、轉變及能源部門	15	16	17	19	20	22	22
(石化原料用)	6	7	7	8	11	12	13
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
非能源消費	22	24	25	28	41	44	51
工業、轉變及能源部門	22	24	25	28	41	44	51
(石化原料用)	14	13	13	15	32	32	36
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
非能源消費	52	51	51	64	63	65	70
工業、轉變及能源部門	52	51	51	64	63	65	70
(石化原料用)	39	38	39	49	50	53	56
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
非能源消費	61	65	69	70	72	70	
工業、轉變及能源部門	61	65	69	70	72	70	
(石化原料用)	48	52	56	57	59	57	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	

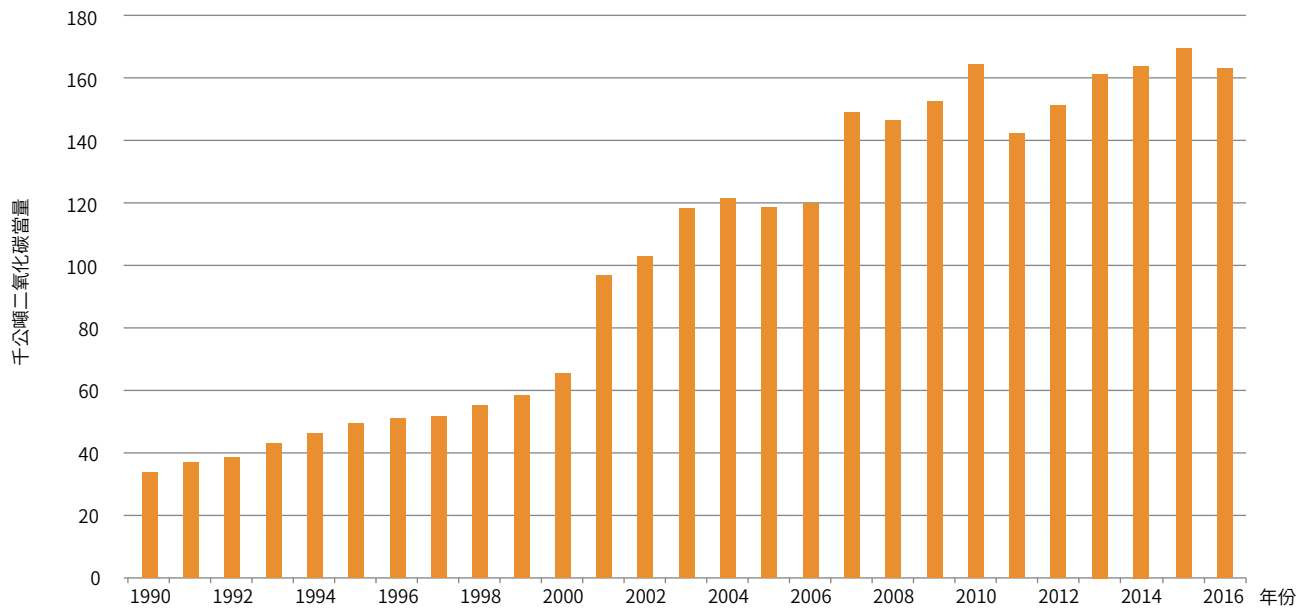


圖 3.2.40 臺灣 1990 至 2016 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢

表 3.2.34 臺灣 1990 至 2016 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
非能源消費	34	37	39	43	46	50	51
工業、轉變及能源部門	34	37	39	43	46	50	51
(石化原料用)	15	16	16	18	27	30	30
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
非能源消費	52	56	59	66	97	103	119
工業、轉變及能源部門	52	56	59	66	97	103	119
(石化原料用)	33	30	32	37	77	76	86
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
非能源消費	122	119	121	150	147	153	164
工業、轉變及能源部門	122	119	121	150	147	153	164
(石化原料用)	94	91	92	117	119	125	134
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
非能源消費	143	152	161	164	169	163	
工業、轉變及能源部門	143	152	161	164	169	163	
(石化原料用)	114	124	131	134	140	134	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	

C. 氧化亞氮

臺灣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 119 千公噸二氧化碳當量，2015 年增加為 169 千公噸二氧化碳當量，2016 年減少為 163 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年減少 3.73%，詳見圖 3.2.40 與表 3.2.34。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.3 燃料逸散性排放 (1.B)

1. 統計範疇

依據國家清冊分類，臺灣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。

2. 方法論議題

(1) 燃料逸散溫室氣體排放計算方法與程序

依循 2006 IPCC 指南進行統計固體燃料、石油與天然氣於開採、處理、儲存、運輸等過程之逸散排放，並視資料可及性，區分方法 1、方法 2 與方法 3¹。惟有關使用端之燃料逸散，因已納入燃料燃燒排放統計，為避免重複計算，爰不予統計。

A. 固體燃料

鑑於臺灣煤炭皆為地下煤礦，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；另臺灣煤炭自 2000 年起即停止生產，爰 2001 年迄今無需進行統計。

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

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

B. 石油

按 IPCC 建議，區分為排氣、噴燄燃燒、探勘、生產和改質、運輸、精煉、以及石油產品配售等範疇，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 × 排放係數 × 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）」

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。

表 3.3.1 臺灣逸散排放源分類統計範疇 - 能源部門

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

(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、噴燄燃燒、探勘、生產、處理、運輸和儲存，以及配售等範疇，並依循 IPCC 建議之方法 1 進行統計，即活動數據×排放係數×溫暖化潛勢。

(2) 排放係數

燃料逸散排放計算引用之排放係數，係以 2006 IPCC 指南所公布係數為主，其中，固體燃料開採前平均甲烷排放因子為 $18\text{m}^3/\text{公噸}$ ；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。

表 3.3.2 2006 IPCC 指南石油逸散排放係數

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	9.5×10^{-5}	7.2×10^{-4}	NA
噴燄燃燒	原油：自產量	方法 1	4.1×10^{-2}	2.5×10^{-5}	6.4×10^{-7}
探勘	-	方法 1	-	-	-
生產和改質	原油：自產量	方法 1	1.8×10^{-3}	$1.3 \times 10^{-4}(1.5 \times 10^{-6} \sim 3.6 \times 10^{-3})$	NA
運輸	原油：自產量	方法 1	4.9×10^{-7}	5.4×10^{-6}	NA
精煉	原油：自產量	方法 1	ND	$2.18 \times 10^{-6}(2.6 \times 10^{-6} \sim 41.0 \times 10^{-6})$	ND
	盤查資料	方法 3	-	-	-
石油產品配售					
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

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		1.2×10^{-3}	7.6×10^{-7}	2.1×10^{-8}
探勘	-	-	-	-	-
生產	(自產)天然氣 + (進口)液化天然氣：自產量	方法 1	$4.8 \times 10^{-5}(1.4 \times 10^{-5} \sim 8.2 \times 10^{-5})$	$1.34 \times 10^{-3}(3.8 \times 10^{-4} \sim 2.3 \times 10^{-3})$	NA
處理	(自產)天然氣 + (進口)液化天然氣：自產量		$2.35 \times 10^{-4}(1.5 \times 10^{-4} \sim 3.2 \times 10^{-4})$	$1.51 \times 10^{-3}(4.8 \times 10^{-4} \sim 10.3 \times 10^{-4})$	NA
運輸與儲存	(自產)天然氣 + (進口)液化天然氣：轉變投入 + 能源部門自用 + 最終消費		8.8×10^{-7}	$2.73 \times 10^{-4}(6.6 \times 10^{-5} \sim 4.8 \times 10^{-4})$	NA
配售	民營公司向中油公司購入 NG1 與 NG2 數量		5.1×10^{-5}	1.1×10^{-3}	ND

資料來源：IPCC (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。

(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

臺灣 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，2007 年微幅減少至 138 千公噸二氧化碳當量，至 2015 年增加為 226 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 239 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 1.60%；燃料逸散溫室氣體排放占比方面，臺灣 2016 年石油、天然氣占比分別為 95.61%、4.39%，詳見表 3.3.4、圖 3.3.1、圖 3.3.2。

A. 固體燃料

臺灣 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 87.80%、開採後 12.20%，詳見圖 3.3.3、3.3.4 與表 3.3.5。

B. 石油

臺灣 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，至 2010 年減少為 2 千公噸二氧化碳當量，2014 年增加至 8 千公噸二氧化碳當量，2015 年微幅增加至 9 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 10 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 18.78%；排放占比以精煉 91.52% 最高，其次依序為生產和改質 3.64%、噴燄燃燒 3.37%、排氣 1.46% 及運輸 0.01%，詳見圖 3.3.5、3.3.6 與表 3.3.6。

C. 天然氣：

臺灣 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，其後逐年增加至 2015 年為 217 千公噸二氧化碳當量，2016 年則增加至 228 千公噸二氧化碳當量，較 2015 年增加 5.04%；排放占比以運輸與儲存 60.64% 最高，其次依序為配售 31.78%、生產 4.72%、處理 2.69% 及噴燄燃燒 0.17%，詳見圖 3.3.7、3.3.8 與表 3.3.7。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

表 3.3.4 臺灣 1990 至 2016 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
2. 燃料逸散	277	237	203	200	195	184	154
A. 固體燃料	162	138	115	113	98	81	51
B. 石油	32	26	22	23	22	25	26
C. 天然氣	82	72	66	64	75	78	77
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
2. 燃料逸散	138	142	145	139	122	132	159
A. 固體燃料	34	27	31	28	NO	NO	NO
B. 石油	25	27	27	27	28	30	33
C. 天然氣	79	88	86	84	94	102	126
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2. 燃料逸散	176	137	132	138	142	140	161
A. 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
B. 石油	36	4	2	2	2	3	2
C. 天然氣	140	133	130	136	140	138	159
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2. 燃料逸散	176	193	204	212	226	239	
A. 固體燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
B. 石油	1	2	11	8	9	10	
C. 天然氣	174	191	193	204	217	228	

備註：臺灣煤炭自 2001 年起停產，爰以「NO」註記。

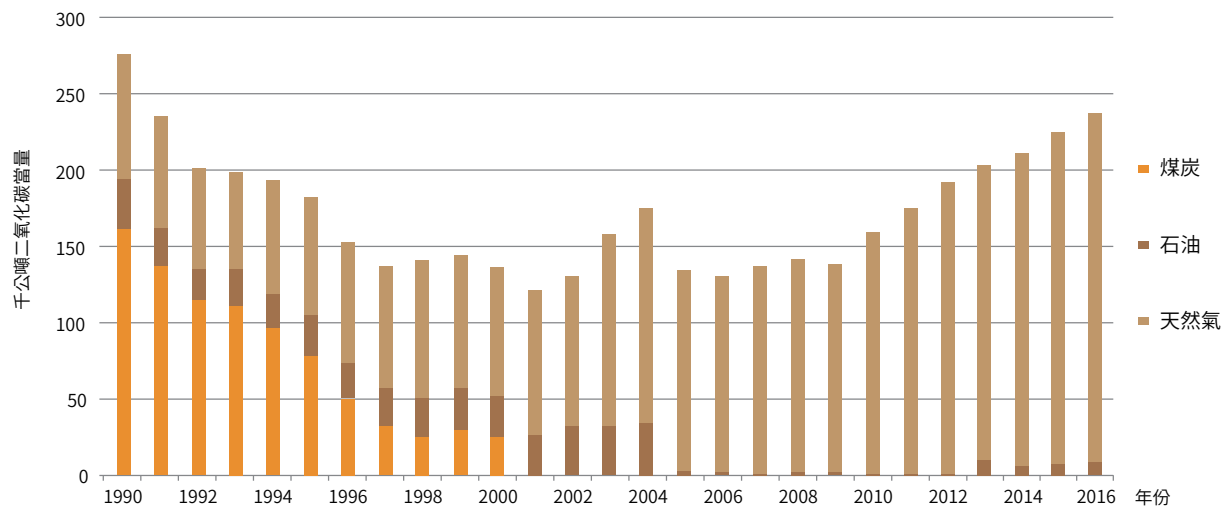


圖 3.3.1 臺灣 1990 至 2016 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

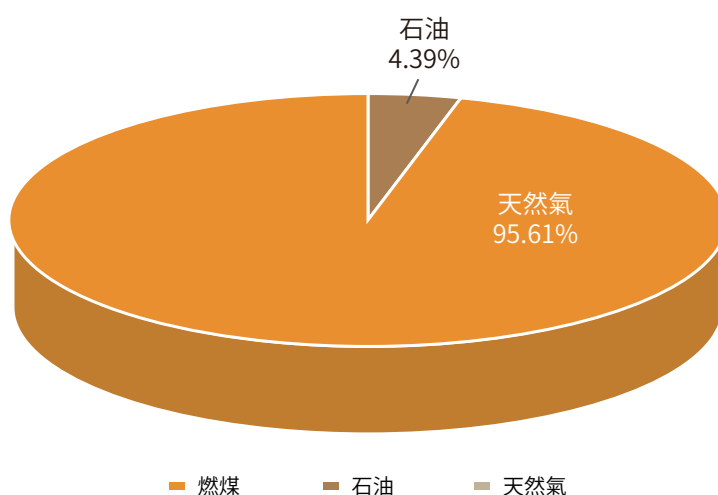


圖 3.3.2 臺灣 2016 年能源部門燃料逸散溫室氣體排放占比

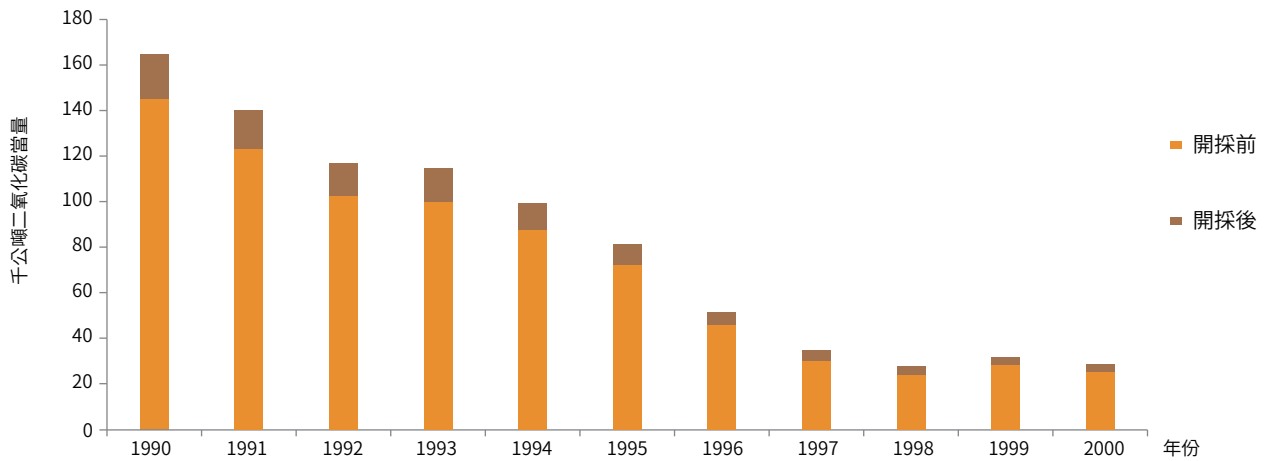


圖3.3.3 臺灣 1990 至 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放量趨勢

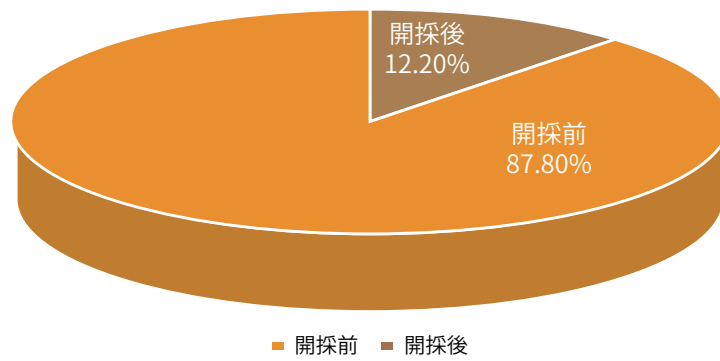


圖 3.3.4 臺灣 2000 年固體燃料逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.5 臺灣 1990 至 2016 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
固體燃料 - 地下煤礦	162	138	115	113	98	81	51
a. 開採前	142	121	101	99	86	71	44
b. 開採後	20	17	14	14	12	10	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
固體燃料 - 地下煤礦	34	27	31	28	NO	NO	NO
a. 開採前	30	24	28	25	NO	NO	NO
b. 開採後	4	3	4	3	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
固體燃料 - 地下煤礦	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
a. 開採前	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
b. 開採後	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
固體燃料 - 地下煤礦	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
a. 開採前	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
b. 開採後	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：臺灣煤炭自 2001 年起停產，爰以「NO」註記。

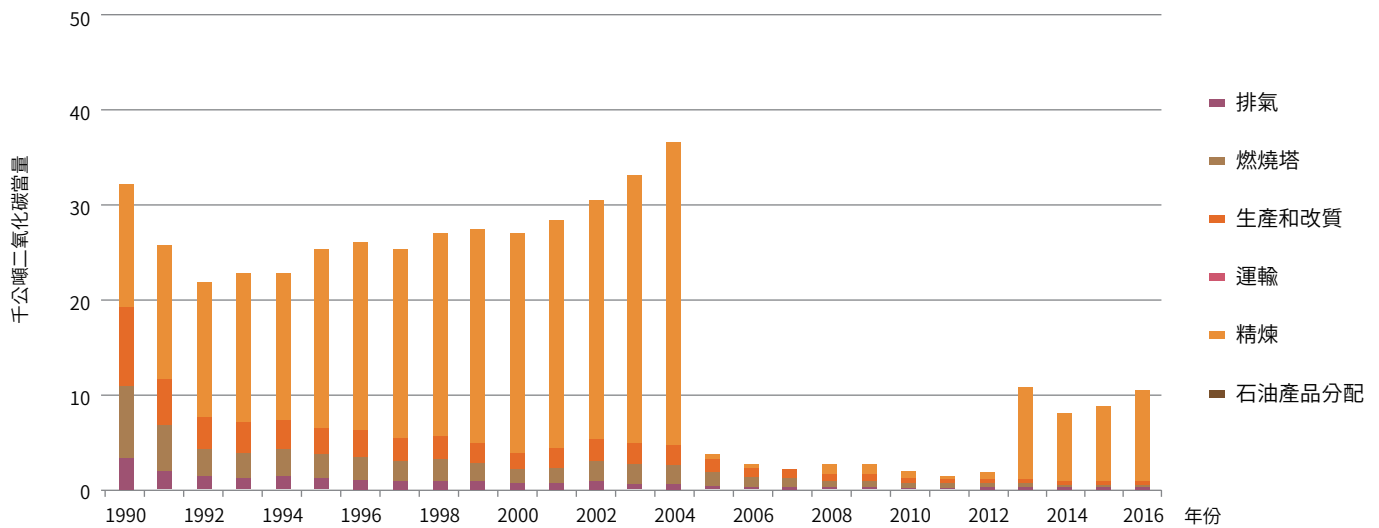


圖3.3.5 臺灣 1990 至 2016 年石油逸散溫室氣體排放量趨勢

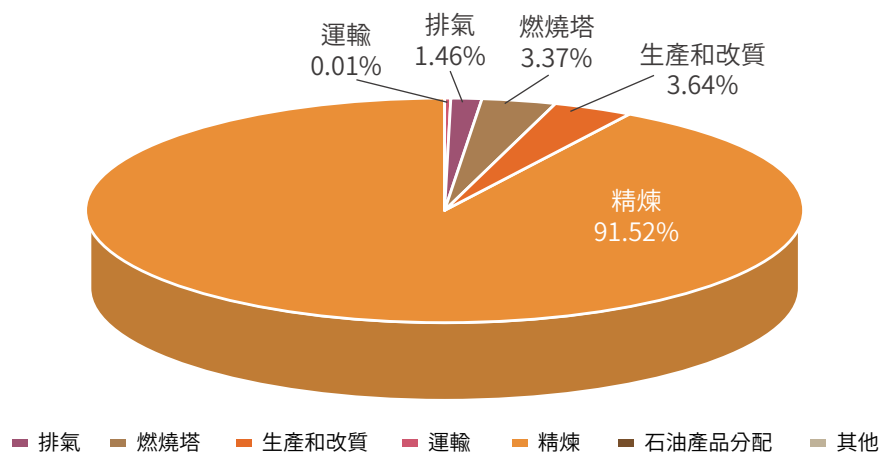


圖 3.3.6 臺灣 2016 年石油逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.6 臺灣 1990 至 2016 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
石油	32	26	22	23	22	25	26
a. 排氣	3	2	1	1	1	1	1
b. 噴燃燃燒	8	5	3	3	3	3	2
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產和改質	8	5	3	3	3	3	3
e. 運輸	0	0	0	0	0	0	0
f. 精煉	13	14	14	16	15	18	20
g. 石油產品配售	0	0	0	0	0	0	0
h. 其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石油	25	27	27	27	28	30	33
a. 排氣	1	1	1	1	1	1	1
b. 噴燃燃燒	2	2	2	2	2	2	2
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產和改質	2	2	2	2	2	2	2
e. 運輸	0	0	0	0	0	0	0
f. 精煉	20	21	22	23	24	25	28
g. 石油產品配售	0	0	0	0	0	0	0
h. 其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
石油	36	4	2	2	2	3	2
a. 排氣	1	1	0	0	0	0	0
b. 噴燃燃燒	2	1	1	1	1	1	1
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產和改質	2	1	1	1	1	1	1
e. 運輸	0	0	0	0	0	0	0
f. 精煉	32	0	0	0	1	1	0
g. 石油產品配售	0	0	0	0	0	0	0
h. 其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
石油	1	2	11	8	9	10	
a. 排氣	0	0	0	0	0	0	
b. 噴燃燃燒	0	0	0	0	0	0	
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	
d. 生產和改質	1	1	0	0	0	0	
e. 運輸	0	0	0	0	0	0	
f. 精煉	0	1	10	7	8	10	
g. 石油產品配售	0	0	0	0	0	0	
h. 其他	0	0	0	0	0	0	

備註：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；另配合臺灣盤查推動時程，自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即方法 3。

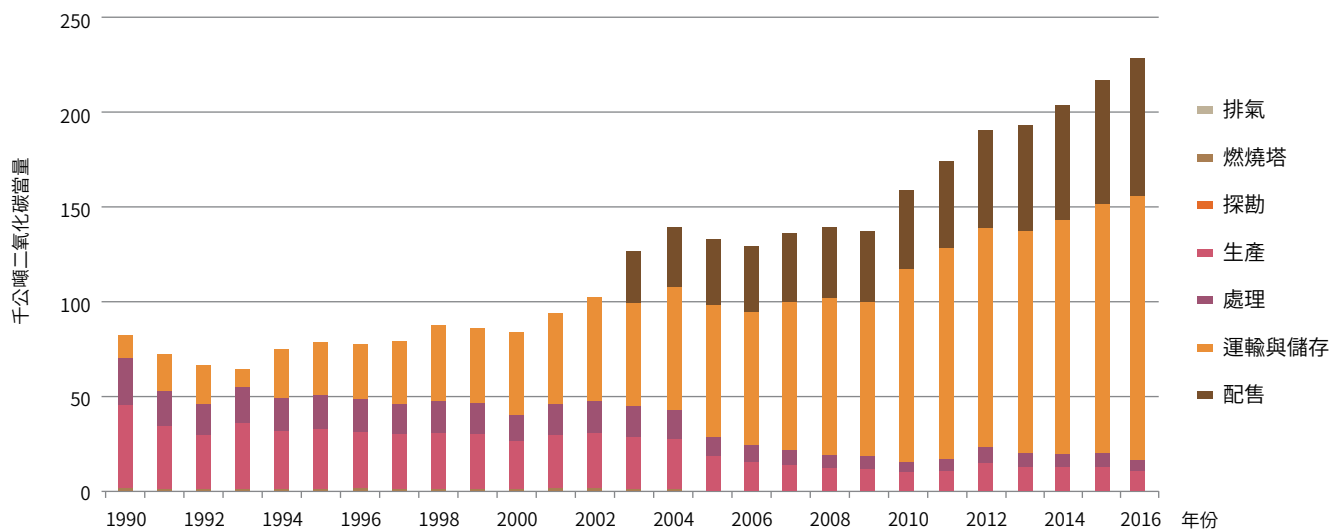


圖 3.3.7 臺灣1990至2016年天然氣逸散溫室氣體排放量趨勢

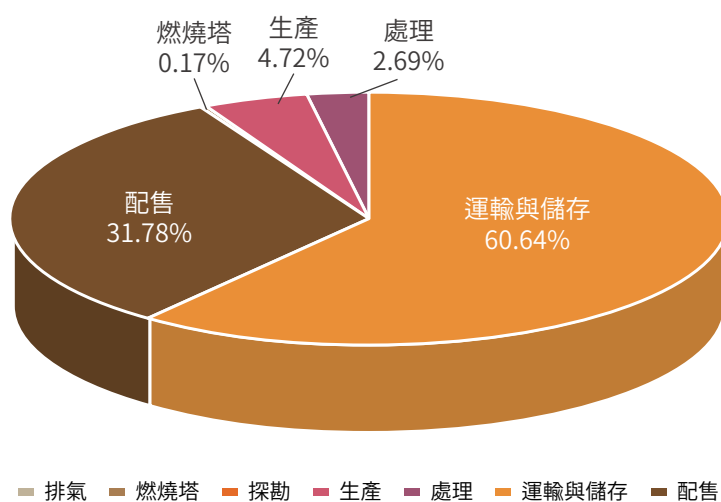


圖 3.3.8 臺灣 2016 年天然氣逸散溫室氣體排放占比

表 3.3.7 臺灣 1990 至 2016 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
天然氣	82	72	66	64	75	78	77
a. 排氣	0	0	0	0	0	0	0
b. 噴燄燃燒	2	1	1	1	1	1	1
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產	44	33	29	28	30	32	30
e. 處理	25	19	16	16	17	18	17
f. 運輸與儲存	12	19	20	20	26	28	29
g. 配售	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
天然氣	79	88	86	84	94	102	126
a. 排氣	0	0	0	0	0	0	0
b. 噴燄燃燒	1	1	1	1	1	1	1
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產	29	29	29	25	28	30	28
e. 處理	16	17	16	14	16	17	16
f. 運輸與儲存	33	40	40	43	48	54	55
g. 配售	0	0	0	0	0	0	26
h. 其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
天然氣	140	133	130	136	140	138	159
a. 排氣	0	0	0	0	0	0	0
b. 噴燄燃燒	1	1	1	1	0	0	0
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	0
d. 生產	27	18	16	14	12	12	10
e. 處理	15	10	9	8	7	7	6
f. 運輸與儲存	66	69	71	77	84	81	101
g. 配售	31	34	34	36	36	38	42
h. 其他	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
天然氣	174	191	193	204	217	228	
a. 排氣	0	0	0	0	0	0	
b. 噴燄燃燒	0	1	0	0	0	0	
c. 探勘	0	0	0	0	0	0	
d. 生產	11	15	13	13	13	11	
e. 處理	6	8	7	7	7	6	
f. 運輸與儲存	110	115	117	123	132	139	
g. 配售	46	52	55	61	65	73	
h. 其他	0	0	0	0	0	0	

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

A. 分析方法

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

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

(B) 燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性，

$$U_m = \sqrt{\sum \left(\frac{F_{m,n} \times U_{m,n}}{\sum F_{m,n}} \right)^2}$$

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， $U_m = \sqrt{\sum (U_{m,n})^2}$ 。

U_j ：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 (%)

$U_{m,n}$ ：燃料別各範疇不確定性 (%)； F_m ：燃料別逸散排放量 (公斤二氧化碳當量)

$F_{m,n}$ ：燃料別各範疇逸散排放量 (公斤二氧化碳當量)

m ：燃料別包含固體燃料、石油與天然氣

n ：分別為各燃料別各範疇不確定性。

B. 分析結果

2016 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 138.85%。

(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；另配合臺灣盤查推動時程（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 年溫室氣體減量及管理法等），爰自 2005 年起直接引用盤查報告資料，即方法 3。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

參考文獻

1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, 2006.
2. 行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2017。
3. 行政院環境保護署國家溫室氣體登錄平臺。
4. 經濟部能源局，能源平衡表，2017。

表 3.3.8 2016 年燃料逸散溫室氣體排放量不確定性分析

(單位：千公噸二氧化碳當量)

燃料別	2016 年溫室氣體排放量 (千公噸 CO _{2e})	燃料別排放量不確定性 (%)
固體燃料	-	-
石油	10.48	93.38
天然氣	228.44	145.16
逸散排放量總計	238.93	-
燃料逸散溫室氣體排放統計不確定性 (%)		138.85

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 金屬製程（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）

第四章 工業製程及產品使用部門 (CRF Sector 2)

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情形，各排放源產生之溫室氣體如表 1 所示，計 2.A「礦業(非金屬製程)」、2.B「化學工業」、2.C「金屬製程」、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(Carbon dioxide, CO₂)、甲烷(Mathen, CH₄)、氧化亞氮(Nitrous oxide, N₂O)、氫氟碳化物(Hydrofluorocarbons, HFCs)、全氟碳化物(Perfluorocarbons, PFCs)、六氟化硫(Sulfur Hexafluoride, SF₆)、三氟化氮(Nitrogen Trifluoride, NF₃)等七項溫室氣體種類。

臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門排放量約 21,708 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 75.5%，其次為氧化亞氮占 7.9%、六氟化硫占 5.0%、全氟碳化物占 4.8%、氫氟碳化物占

4.6%，如圖 4.1.1 所示；若以排放源類別區分，主要排放源為金屬工業占 34.6%、礦業(非金屬製程)占 32.1%，如圖 4.1.2 所示。

臺灣 1990 至 2016 年工業製程部門排放量如表 4.1.2 及圖 4.1.3 所示，其中 2016 年溫室氣體排放量 21,708 千公噸二氧化碳當量，相較 2015 年的 22,252 千公噸二氧化碳當量，減少 544 千公噸二氧化碳當量，約下降 2.4%。

4.2 礦業(非金屬製程) (2.A)

2.A「礦業(非金屬製程)」為工業製程及產品使用部門中歷年來排放量最高分類，惟 2016 年首度少於金屬工業分類，近十年占比介於 30%-40% 之間，其中又以 2.A.1「水泥生產」為排放量最高排放項目，與 2.A.2「石灰(氧化鈣)生產」、2.A.3「玻璃生產」、2.A.4「其他使用碳酸鹽製程」及 2.A.5「其他」等共計五項製程，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2016 年礦業(非金屬製程)排放量約 7,108 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 32.1%，1990 至 2016 年排放量如表 4.2.1 及圖 4.2.1 所示。

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類

排放源分類		二氧化碳	甲烷	氧化亞氮	氫氟碳化物	全氟碳化物	六氟化硫	三氟化氮
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	○					
		非冶鐵之氧化鎂生產	石灰石	○				
	白雲石		○					
	2.A.5 其他	○						
	2.A.5 其他	○						
2B 化學工業	2.B.1 氨生產	NO						
	2.B.2 硝酸生產			○				
	2.B.3 己二酸生產			NO				
	2.B.4 己內醯胺、乙二酸、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		○						

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類

排放源分類		二氧化碳	甲烷	氧化亞氮	氫氟碳化物	全氟碳化物	六氟化硫	三氟化氮	
2.C 金屬製程	2.C.1 鋼鐵生產	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						NE, ○		
	2.C.5. 鉛生產	NE, ○							
2.D 非能源產物燃料 溶劑使用	2.D.1 合成潤滑油使用	○							
	2.D.2 石腦使用	○							
	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, ○	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.C.1 鋼鐵生產	高爐鋼胚			NE, ○				
		電弧爐鋼胚			NE, ○				
	2.F.2 發泡劑				NE				
	2.F.3 滅火劑				○				
	2.F.4 空氣微粒				NE				
	2.F.5 溶劑				NE				
2.F.6 其他應用									
2.G 其他產品之製造 與使用	2.G.1 電子設備					IE	IE		
	2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs					IE, ○	IE, ○		
	2.G.3 使用 N ₂ O 之產品	NE				NE	NE		
	2.G.4 其他					NE	NE		
2.H 其他	紙漿及造紙工業								
	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：
- 本表僅針對聯合國氣候變化政府間專家委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 IPCC 2006 國家溫室氣體清冊指南 (IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南) 建議統計分類中, 其溫室氣體排放種類屬規範之七類氣體進行呈現, 並於各小節中詳細說明該分類製程、計算方法、及採用係數等; 其他雖屬指南建議統計分類, 如硫酸、溶劑使用等 12 項, 其排放溫室氣體種類因屬非甲烷揮發性有機物 (Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOCs)、二氧化硫 (Sulphur Dioxide, SO₂) 等無法轉換或未受規範之溫室氣體, 無法納入溫室氣體排放統計結果, 故暫不進行呈現及說明。
 - 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。
 - 部分項目標註兩項, 表示 1990 至 2013 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”。

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，再將生料送入旋窯煨燒及燒結生成熟料，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煨燒過程。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

A.1990 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 至 1993 年國內生產水泥類型多為波特蘭 I 型，水泥中熟料含量約佔 95%，計算公式如下：

$$= \left[\sum_I (\text{生產 I 型水泥重量} \times \text{I 型水泥的熟料比例}) - \text{熟料進口量} + \text{熟料出口量} \right] \times \text{I 型水泥中熟料的排放係數}$$

B.1994 至 2016 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：

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

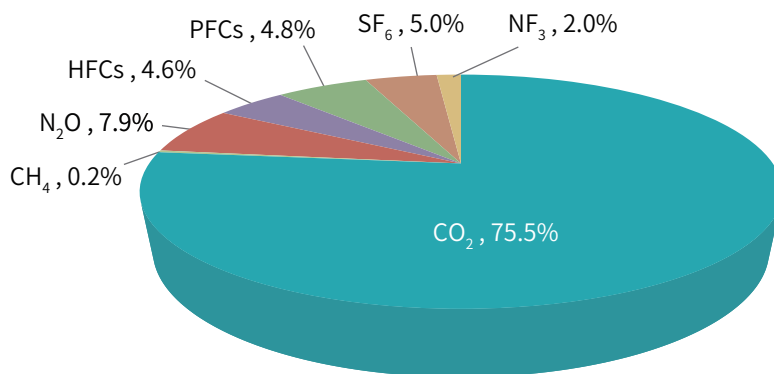


圖 4.1.1 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

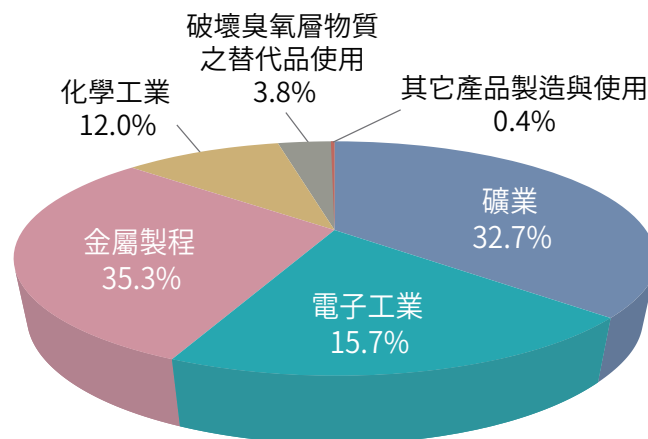


圖 4.1.2 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.2 臺灣 1990 至 2016 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)

部門 年份	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	10,584	734	3,275	0.00006	NE	NE	IE	2
1991	10,698	896	3,737	0.00006	NE	NE	IE	2
1992	11,854	895	3,475	0.00006	NE	NE	IE	2
1993	13,879	1,672	3,889	0.00007	NE	NE	IE	2
1994	13,259	1,942	3,775	0.00009	NE	NE	IE	2
1995	12,766	2,005	3,885	0.00008	NE	NE	IE	2
1996	12,645	2,650	4,014	0.00008	NE	NE	IE	2
1997	13,394	2,882	5,046	0.00008	NE	NE	IE	2
1998	11,564	3,478	5,818	0.00009	NE	NE	IE	2
1999	10,746	3,008	5,333	0.00009	129	NE	IE	2
2000	10,486	4,100	5,734	0.00008	143	NE	IE	2
2001	9,974	4,531	4,960	0.00007	3,971	NE	IE	2
2002	10,648	4,232	5,123	0.00008	5,544	NE	1,943	2
2003	10,270	4,174	6,426	0.00009	6,212	401	1,943	2
2004	10,691	4,057	6,519	0.00011	6,841	682	2,053	2
2005	11,257	2,541	6,129	0.00010	5,986	996	1,503	2
2006	11,014	2,527	8,412	0.00007	6,423	896	770	2
2007	10,369	2,685	8,272	0.00007	6,024	922	953	2
2008	9,289	2,273	7,888	0.00007	3,987	928	895	2
2009	8,467	2,550	6,632	0.00006	3,463	812	703	2
2010	8,616	2,798	8,187	0.00005	3,929	770	295	2
2011	9,577	2,858	7,754	0.00004	3,787	881	282	2
2012	9,333	2,553	8,410	0.00004	3,169	783	186	2
2013	9,866	2,389	7,949	0.00005	4,115	812	142	2
2014	8,728	2,369	7,069	0.00006	4,011	828	115	2
2015	8,345	2,335	7,045	0.00010	3,578	851	97	2
2016	7,108	2,613	7,670	0.00008	3,401	835	79	2

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；NO，代表我國無生產或使用，如停產；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。

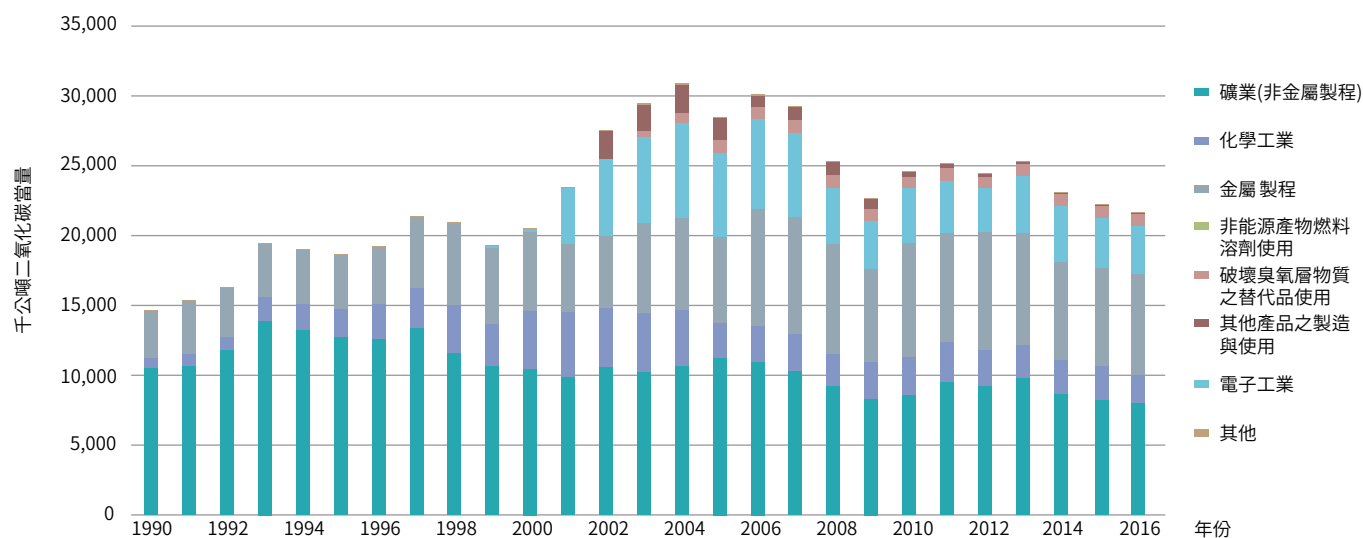


圖 4.1.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢

(2) 排放係數

經由水泥專家諮詢會決議¹，2006 IPCC 指南建議之排放係數 (0.52029 噸二氧化碳 / 噸熟料生產) 符合臺灣水泥生產情況，因此以其作為我國水泥熟料之排放係數。

(3) 活動數據

1990 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。

表 4.2.1 臺灣 1990 至 2016 年礦業（非金屬製程）排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
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
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	286	317	362	350	346	337	413	422	430
2.A.3 玻璃生產	9	9	11	11	13	13	12	12	12
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,192	833	1,141	1,832	1,759	1,471	1,592	2,292	1,122
2.A.5 其他	4	4	7	9	12	15	17	23	26
總計	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.A.1 水泥生產	9,262	8,824	9,086	9,774	9,313	9,546	9,977	9,812	9,484
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	359	364	323	356	367	348	314	300	267
2.A.3 玻璃生產	11	12	10	11	11	12	13	13	17
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,086	1,252	513	465	533	737	906	839	550
2.A.5 其他	27	34	42	43	46	48	47	49	51
總計	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.A.1 水泥生產	8,504	7,865	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	166	184	227	225	202	286	184	149	153
2.A.3 玻璃生產	15	10	13	13	11	11	10	10	10
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	557	372	228	777	1,074	1,493	1,399	1,823	1,500
2.A.5 其他	47	37	43	50	50	47	47	49	50
總計	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108

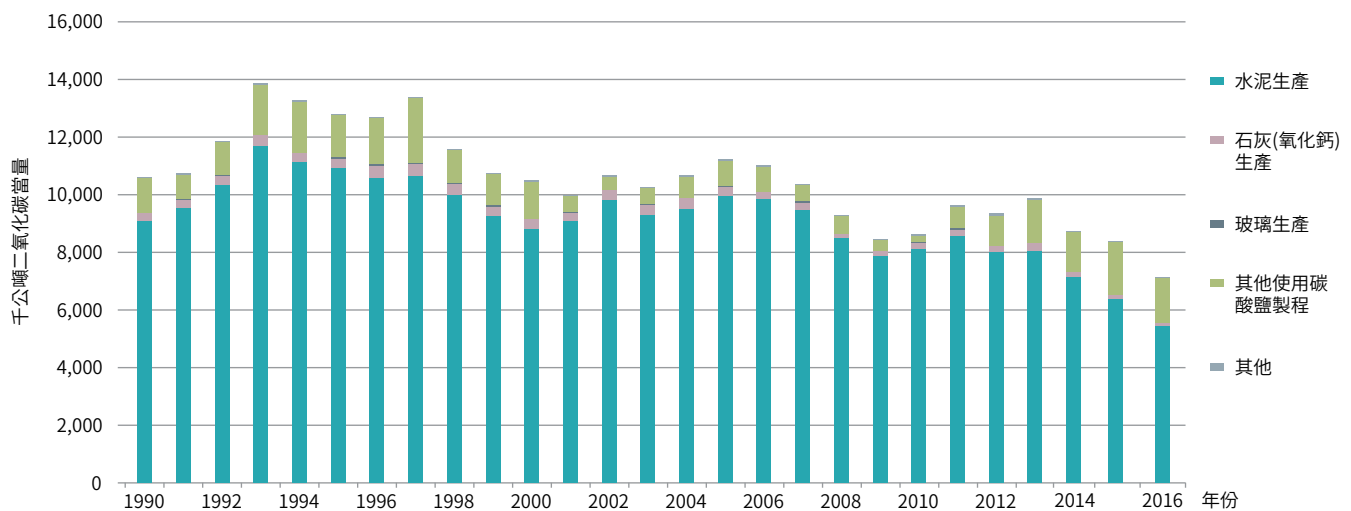


圖 4.2.1 臺灣 1990 至 2016 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢

¹ 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 CO₂ 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 (2014.11.13) 會議記錄。註：1990-1993 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；1994-2016 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。

(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 年受金融風暴影響，隔年(2009 年)後二氧化碳排放量較為減少，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

水泥熟料產量為水泥公會提供，數據包含國內全部生產熟料之水泥廠商，計算結果可完整代表我國水泥生產製程之排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

A.1990 至 1993 年：因活動數據僅能得到「水泥」項目，無法確知不同水泥類型的精確比例；經專家諮詢會議² 確認並參考 2006 IPCC 指南不確定性為 35%；熟料的貿易數據不確定性為 10%，排放係數與 1994 至 2016 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 43%。

B.1994 至 2016 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 2006 IPCC 指南並依保守性原則不確定性為 2%；另外，各廠已進行熟料的氧化鈣(CaO)化學分析且合理假設 CaO 全部來自石灰石(CaCO₃)，排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.2%。

表 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 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	2001	2002	2003
產量	17,478	18,325	19,861	22,442	21,391	21,007	20,393	20,457	19,172	17,802	16,961	17,464	18,787	17,900
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	18,347	19,175	18,858	18,229	16,344	15,116	15,578	16,360	15,369	15,433	13,623	12,134	10,370	

表 4.2.3 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	9,093	9,535	10,333	11,676	11,129	10,930	10,611	10,644	9,975	9,262	8,824	9,086	9,774	9,313
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	9,546	9,977	9,812	9,484	8,504	7,865	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	

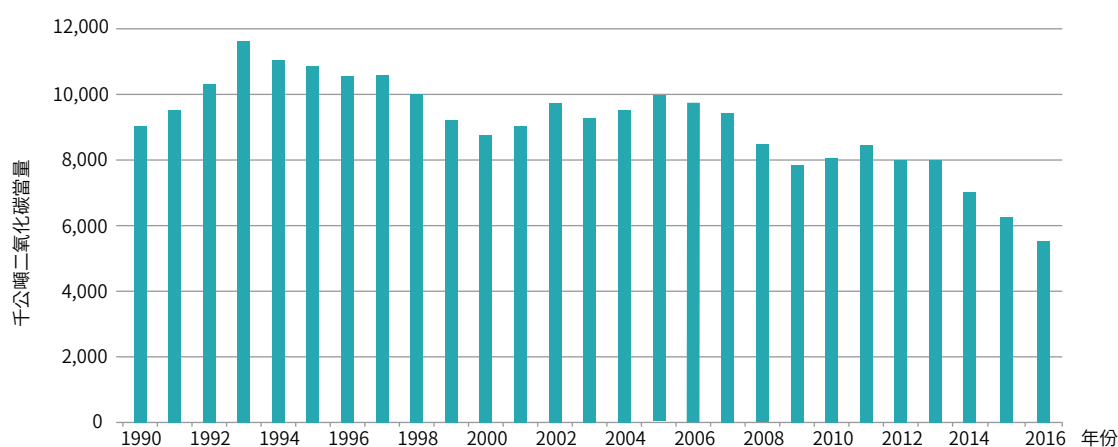


圖 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產製程排放量趨勢

² 1990-1993 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(2014 年 11 月 13 日)

(2) 時間序列的一致性

1990 至 1993 年期間，因部分工廠已歇業無法調查取得熟料數據，依據方法一採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 至 2016 年改使用方法二，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，方法一和方法二兩者趨勢一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於民間提供，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「工業製程部門溫室氣體排放量統計專家諮詢會」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。

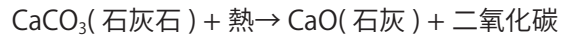
4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)

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³，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 (CaCO₃) 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：

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)⁴ 建置之排放係數 (0.706 噸二氧化碳 / 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。

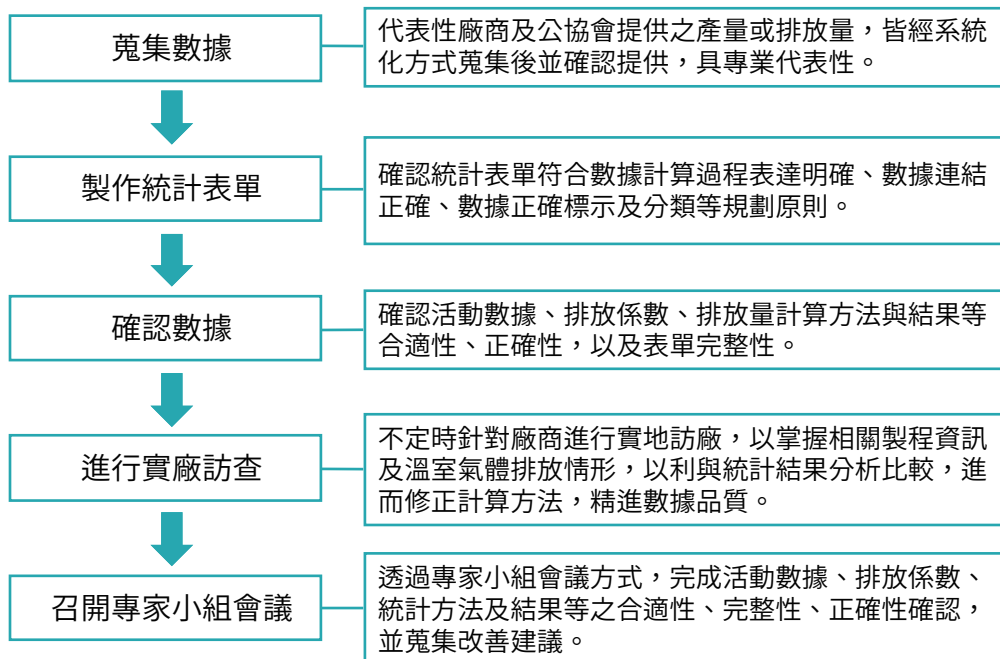


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-民間來源)

³ 於 2017 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

⁴ 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。

(4) 排放量

生石灰生產製程的二氧化碳排放量與產量有關，自 1998 年達 430 千公噸二氧化碳當量高點後，整體有下降趨勢，2016 年排放量為 153 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臺灣石灰生產製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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 4.2.5 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年生石灰產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	405	449	512	496	490	477	585	598	609	509	516	458	504	520
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	493	445	425	378	356	260	322	318	287	405	261	211	216	

表 4.2.5 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	286	317	362	350	346	337	413	422	430	359	364	323	356	367
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	348	314	300	267	166	184	227	225	202	286	184	149	153	

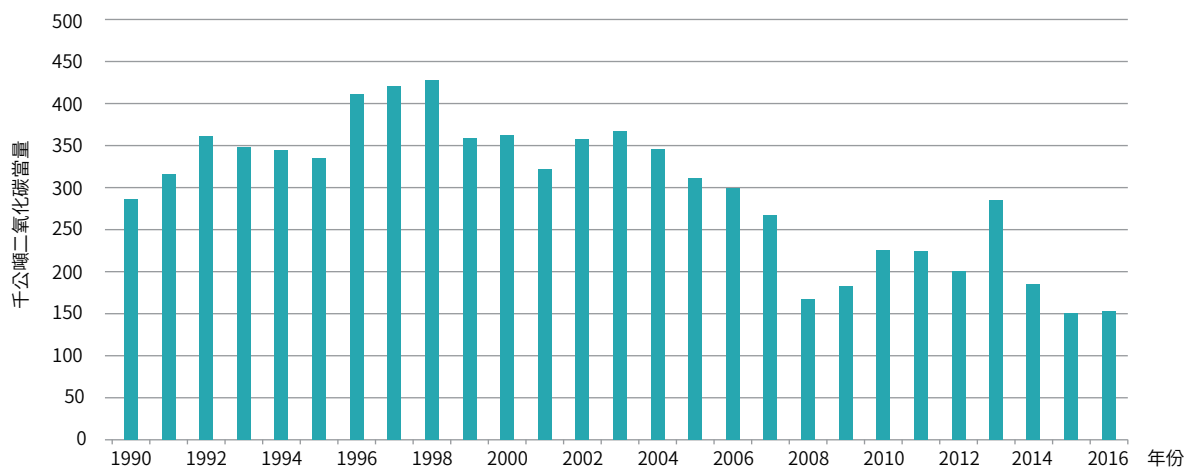


圖 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產二氧化碳排放量趨勢

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_3)、白雲石 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)、與純鹼 (Na_2CO_3) 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：

二氧化碳排放量 = 玻璃產量 (噸) × 玻璃排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)

(2) 排放係數

採 2006 IPCC 指南建議之排放係數 (0.2 噸二氧化碳 / 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 $0.2 \times (1 - 0.8677) = 0.02646$ 。

(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)，並於 2009 年金融風暴後排放量再度降至最低，近三年排放量維持約 10 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.7 及圖 4.2.6 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，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 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

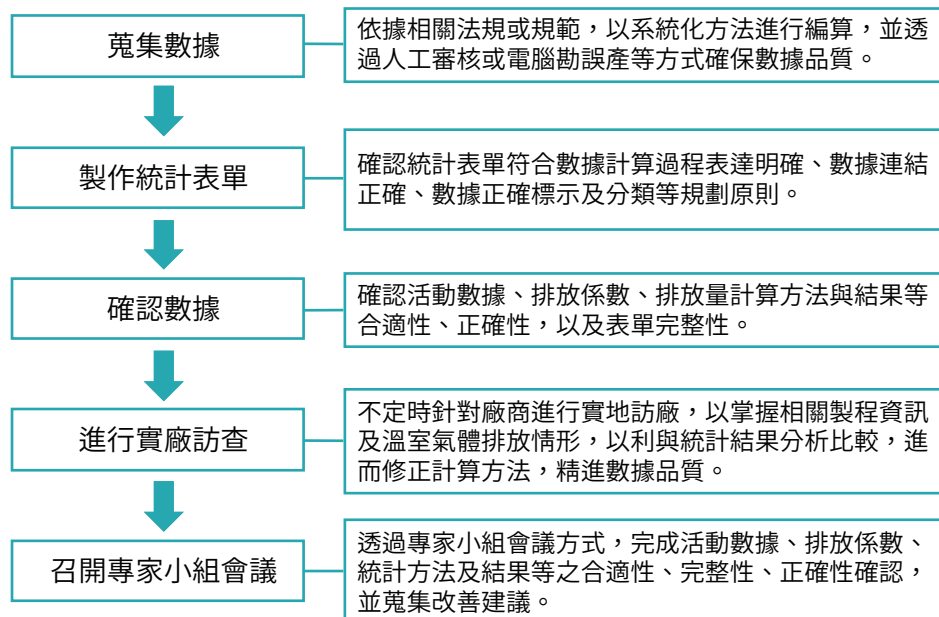


圖 4.2.5 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-官方數據)

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程部門溫室氣體排放量統計專家諮詢組會議」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。計算公式如下，其中，使用量計算方法詳見活動數據敘述。

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

表 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 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	2001	2002	2003
玻璃產量	355	355	426	421	491	509	442	441	437	432	457	376	403	412
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
玻璃產量	458	484	509	632	580	379	479	479	399	405	391	391	379	

表 4.2.7 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	9	9	11	11	13	13	12	12	12	11	12	10	11	11
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	12	13	13	17	15	10	13	13	11	11	10	10	10	

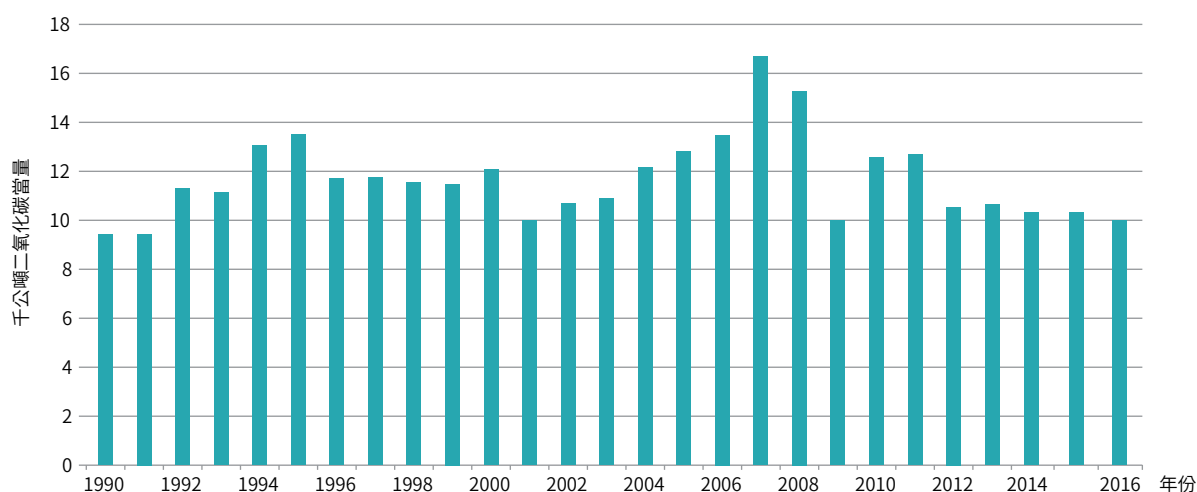


圖 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量趨勢

(2) 排放係數

引用行政院環境保護署計畫(2000⁵以質量平衡推估之排放係數(0.415 噸二氧化碳 / 噸純鹼使用)。

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

純鹼使用的排放量從1990至1993年約維持100千公噸二氧化碳當量，1994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4.2.7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至2016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 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	238	236	246	250	297	291	286	294	286	293	301	286	251	172
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	270	274	278	271	113	219	268	275	259	248	236	261	231	

表 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	99	98	102	104	123	121	119	122	119	122	125	119	104	71
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	112	114	115	113	113	91	111	114	108	103	98	110	96	

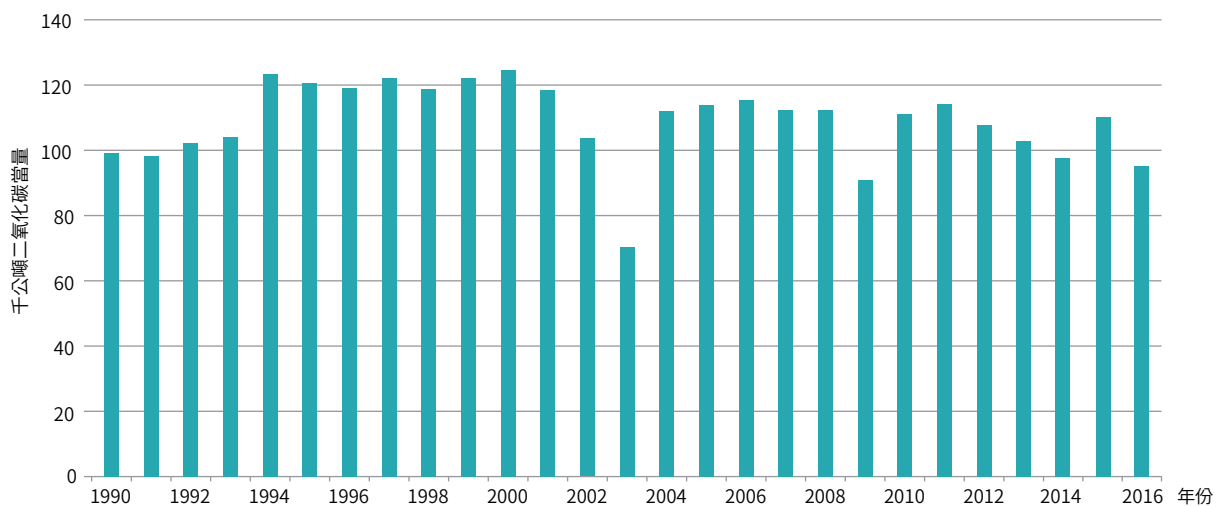


圖 4.2.7 臺灣純鹼使用 1990 至 2016 年排放量趨勢

⁵ 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。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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_3) 與白雲石 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) 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。計算公式分別如下，其中，使用量計算說明詳見活動數據。

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

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000) 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 (噸二氧化碳 / 噸石灰石使用)、0.429 (噸二氧化碳 / 噸白雲石使用)。

(3) 活動數據

石灰石與白雲石從 1990 至 2016 年的使用量如表

4.2.10 所示；其中，2003 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 至 2000 年

石灰石在 1990 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，故石灰石使用量恐為高估值。

白雲石在 1990 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 至 2016 年

2001 至 2016 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 至 2016 年二氧化碳排放量如表 4.2.11 及圖 4.2.8 所示。

A.1990 至 2000 年

由於活動數據來源差異，造成石灰石使用 1990 至 2000 年排放量整體高於 2001 至 2016 年，而 1990 至 2000 年排放趨勢無一致性，僅 1993 至 1996 年間約介於 1,500 千公噸二氧化碳當量。

1990 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 至 2016 年，1990 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 至 2016 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 至 2005 年為上升趨勢，2006 年後下降，2008 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

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。

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 至 2000 年二氧化碳排放量整體高於 2001 至 2016 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 至 2016 年方法取得 1990 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

同 4.2.2-4。

表 4.2.10 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.11 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石灰石	1,079	622	929	1,614	1,533	1,280	1,439	2,086	931	866	1,079	343	327	533
白雲石	112	114	109	115	103	70	35	85	73	98	47	52	34	NO
總計	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964	1,127	394	361	533
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
石灰石	619	759	710	407	387	278	46	483	656	990	1,116	1,586	1,355	
白雲石	NO	34	14	31	58	3	71	181	310	400	185	127	49	
總計	619	793	724	438	445	281	117	663	966	1,390	1,301	1,712	1,404	

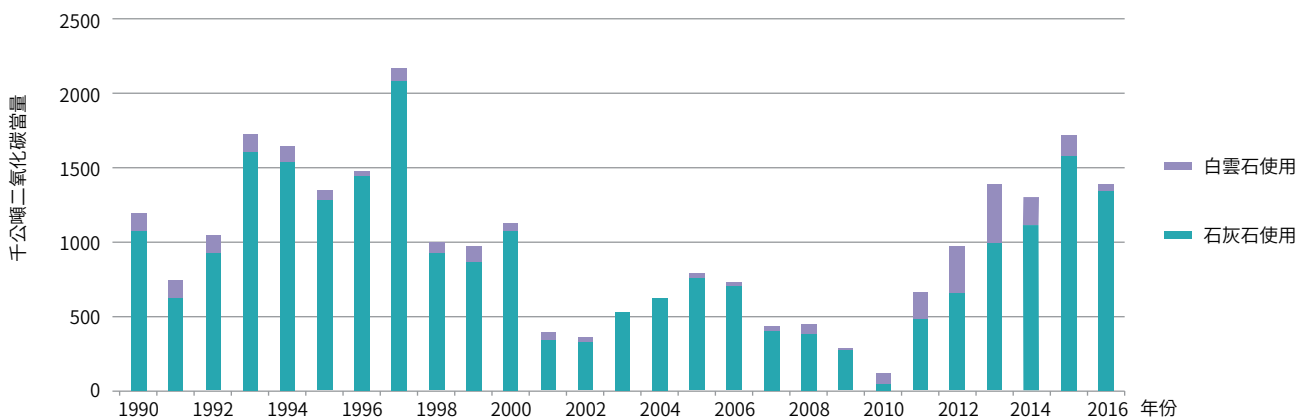


圖 4.2.8 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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 (CaCO₃)、白雲石 (CaMg(CO₃)₂)、與純鹼 (Na₂CO₃) 之採掘過程及高溫化學反應。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{玻璃纖維製品生產量 (噸)} \times \text{玻璃纖維製品生產排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)}$$

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)⁷ 建置之二氧化碳排放係數，為 0.19(噸二氧化碳 / 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 至 2016 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 50 千公噸二氧化碳當量，玻璃纖維製品生產之 1990 至 2016 年排放量如表 4.2.13 及圖 4.2.9 所示。

表 4.2.12 臺灣 1990 至 2016 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	2001	2002	2003
玻璃纖維製品生產量	18	18	39	45	61	78	90	123	136	143	179	220	225	242
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
玻璃纖維製品生產量	252	250	259	270	248	195	226	264	262	248	250	260	266	

表 4.2.13 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
玻璃纖維製品排放量	4	4	7	9	12	15	17	23	26	27	34	42	43	46
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
玻璃纖維製品排放量	48	47	49	51	47	37	43	50	50	47	47	49	50	

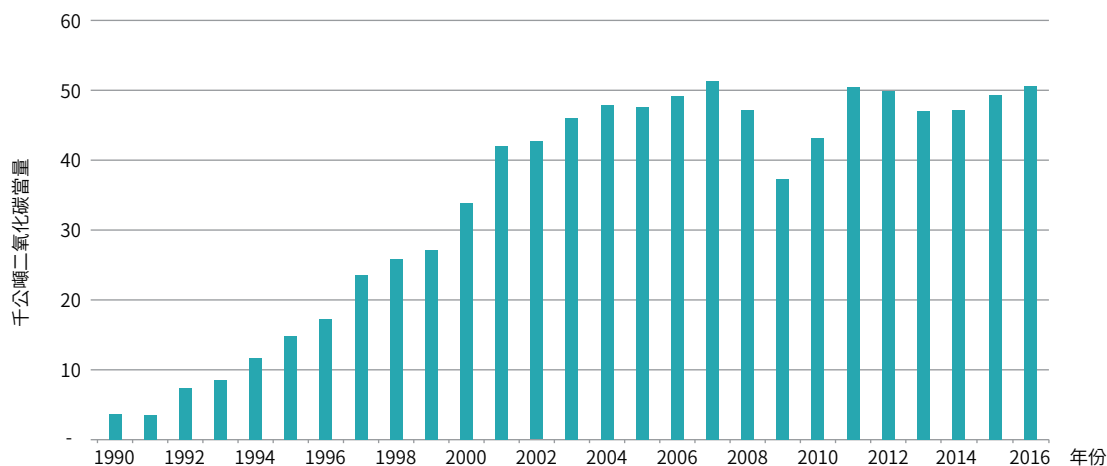


圖 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量趨勢

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。

(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

同 4.2.3.1-3(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3 化學工業 (2.B)

「化學工業」近年排放量約占工業製程及產品使用部門(非燃料燃燒)約 10%，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%。2016 年「化學工業」排放量約 2,613 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 10.5%，1990 至 2016 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。

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：

氧化亞氮排放量 = 硝酸產量(噸) × 硝酸排放係數(噸氧化亞氮 / 噸產量)

(2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫(2000)⁸，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 5.31 公斤氧化亞氮 / 噸硝酸生產。

(3) 活動數據

台灣區酸鹼工業同業公會僅可提供 2001 至 2016 年的硝酸產量，故 1990 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 至 2016 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 230 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。

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。

表 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.B.1 氨生產	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
2.B.3 己二酸生產	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
2.B.5 電石生產	43	42	43	43	43	42	42	42	40
2.B.6 二氧化鈦生產	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	12	12	10	8	8	7.95	8	6	4
2.B.8 石化及碳黑生產	523	500	525	571	688	735	855	860	857
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.B.10 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
總計	734	734	734	1,672	1,942	2,005	2,650	2,882	3,478
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	148	104	165	187	187	191	210	188	216
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	164	521	548	556	644	643	750	781	780
2.B.5 電石生產	34	23	0	18	12	0	0	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	128	139	139	146	165	170	177	191	206
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	4	4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	921	989	1,106	1,162	1,222	1,338	1,397	1,361	1,473
2.B.9 含氟化物生產	1,609	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO
2.B.10 其他	4	5	6	6	6	6	6	6	9
總計	3,008	4,100	4,531	4,232	4,174	4,057	2,541	2,527	2,685
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	196	190	206	203	194	154	207	210	224
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	587	816	964	992	822	626	521	481	737
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	200	211	233	216	134	181	206	206	189
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	1,281	1,323	1,386	1,440	1,394	1,418	1,425	1,427	1,452
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10 其他	8	9	10	8	9	10	10	10	10
總計	2,273	2,550	2,798	2,858	2,553	2,389	2,369	2,335	2,613

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。

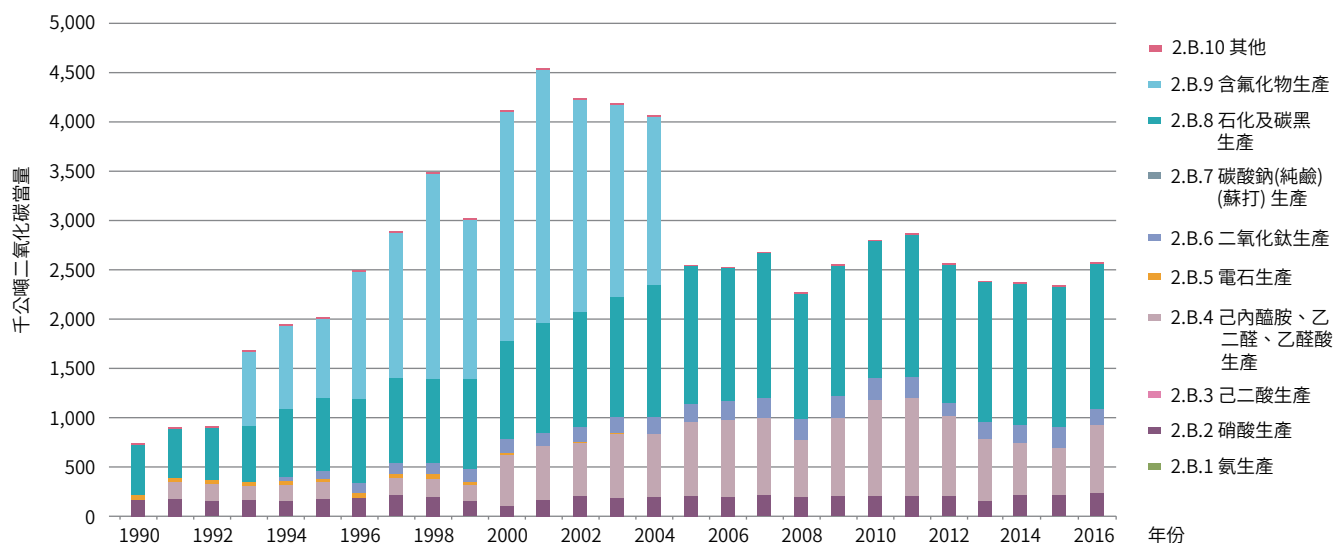


圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量趨勢

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，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 至 2000 及 2001 至 2016 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 至 2000 年採用官方數據，2001 至 2016 年則由民間提供，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 4.3.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.3 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

表 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	111	119	107	111	102	118	125	139	134	99	70	111	126	126
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	128	141	126	145	132	128	138	136	130	103	139	141	150	

表 4.3.3 臺灣硝酸生產 1990 至 2016 年排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	166	177	159	165	152	175	186	207	199	148	104	165	187	187
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	191	210	188	216	196	190	206	203	194	154	207	210	224	

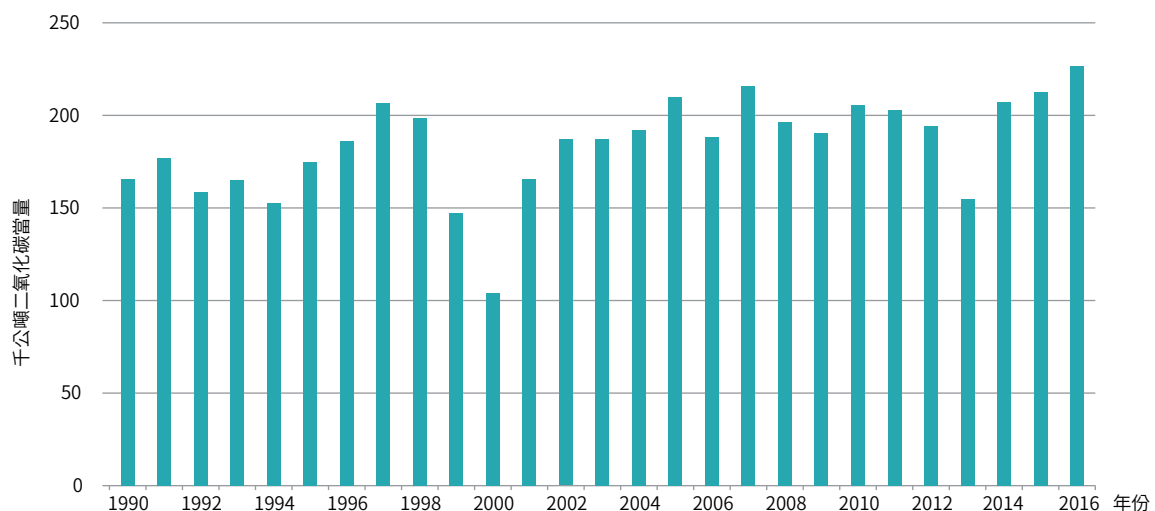


圖 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸生產排放量趨勢

⁹「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

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 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 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 至 2016 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 至 2007 年排放量採本土排放係數 (0.0102 噸氧化亞氮 / 噸產量) 計算。2008 至 2016 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 至 2007 年活動數據為國內廠商提供己內醯胺生產量。2008 至 2016 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 2016 年 737 千公噸二氧化碳當量，己內醯胺生產之 1990 至 2016 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.4 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。

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 至 2007 年與 2008 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

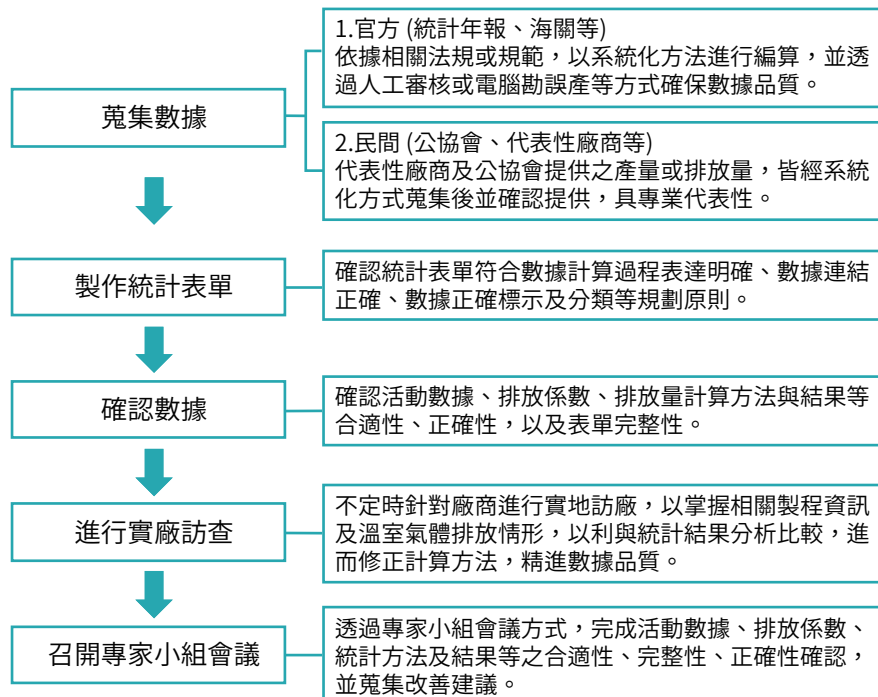


圖 4.3.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-官方數據、民間來源)

¹⁰ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.5 電石生產 (2.B.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

電石包含碳化矽 (SiC) 及碳化鈣 (CaC₂)，原料為矽砂、石英及石油焦，其生產過程中會產生二氧化碳、甲烷、一氧化碳、二氧化硫等氣體排放，本項僅統計二氧化碳及甲烷。碳化矽為重要人造研磨劑，碳化鈣則用於乙炔生產、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，原生產碳化鈣之臺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：

氧化亞氮排放量 = 碳化鈣產量 (噸) × 碳化鈣排放係數 (噸二氧化碳 / 噸生產量)

(2) 排放係數

依據行政院環境保護署計畫 (2000)¹¹，碳化鈣排放係數為 1.09 噸二氧化碳 / 噸碳化鈣生產。

(3) 活動數據

國內碳化矽已停產，原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

碳化鈣使用 1990 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 4.3.5 所示。

(5) 完整性

數據來自國內生產碳化鈣廠商，經計算之結果可代表我國碳化鈣使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

表 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內醯胺生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NO	175	167	136	165	170	157	167	184	164	521	548	556	644
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	643	750	781	780	587	816	964	992	822	626	521	480	737	

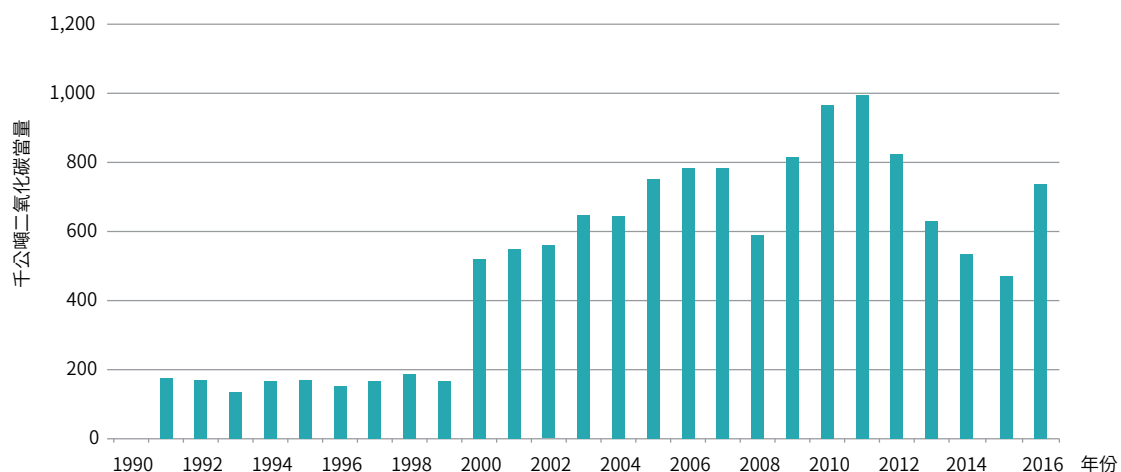


圖 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內醯胺生產排放量趨勢

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。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹² 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

二氧化鈦 (TiO₂) 是常見白色色素之一。主要用途是

油漆製造，其次是造紙、塑膠、墨水等，二氧化鈦產品通常指二氧化鈦類，範圍適用鈦礦渣、合成金紅石 (>90% 二氧化鈦)、金紅石型二氧化鈦。本項統計國內以氯化金紅石方法生產二氧化鈦所造成之二氧化碳排放。

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。

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

(2) 排放係數

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

表 4.3.5 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
碳化鈣產量	39	39	40	39	40	39	39	39	37	31	21	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
碳化鈣產量	NO	NO	NO	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 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
碳化鈣排放量	43	42	43	43	43	42	42	42	40	34	23	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
碳化鈣排放量	NO	NO	NO	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。

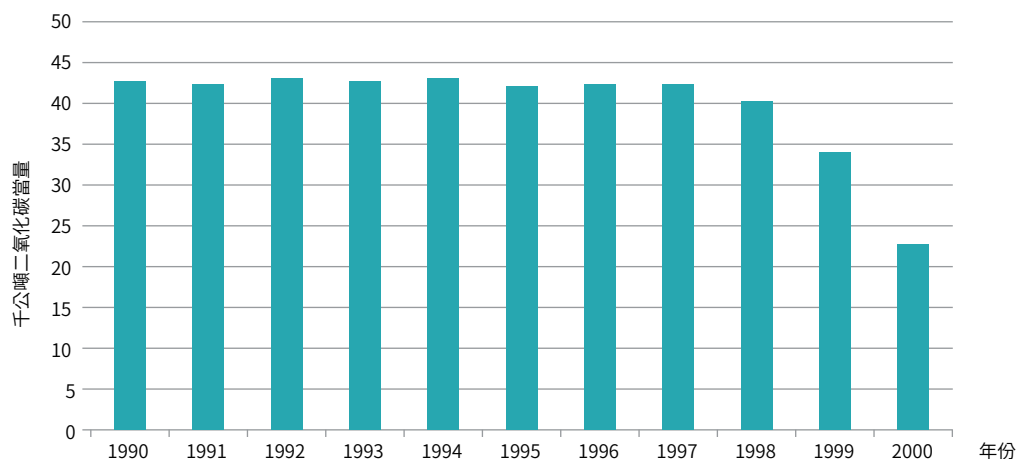


圖 4.3.5 臺灣 1990 至 2000 年碳化鈣使用排放量趨勢

¹² 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

(3) 活動數據

1990 至 2016 年二氧化鈦產量由國內唯一一家廠商提供，二氧化鈦 1990 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，2016 年產量為 141 千公噸，如表 4.3.7。

(4) 排放量

二氧化鈦生產由 1993 年持續上升至 2010 年 233 千公噸二氧化碳當量，2016 年排放量為 208 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量的 0.9%，如表 4.3.8 及圖 4.3.6 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**

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹³檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.7 臺灣 1990 至 2016 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	2001	2002	2003
二氧化鈦產量	NO	NO	NO	NO	27	59	77	94	84	95	104	103	109	123
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
二氧化鈦產量	127	132	143	154	149	157	174	161	100	135	154	155	141	

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

表 4.3.8 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
二氧化鈦排放量	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113	128	139	139	146	165
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
二氧化鈦排放量	170	177	191	206	200	211	233	216	134	181	206	208	189	

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

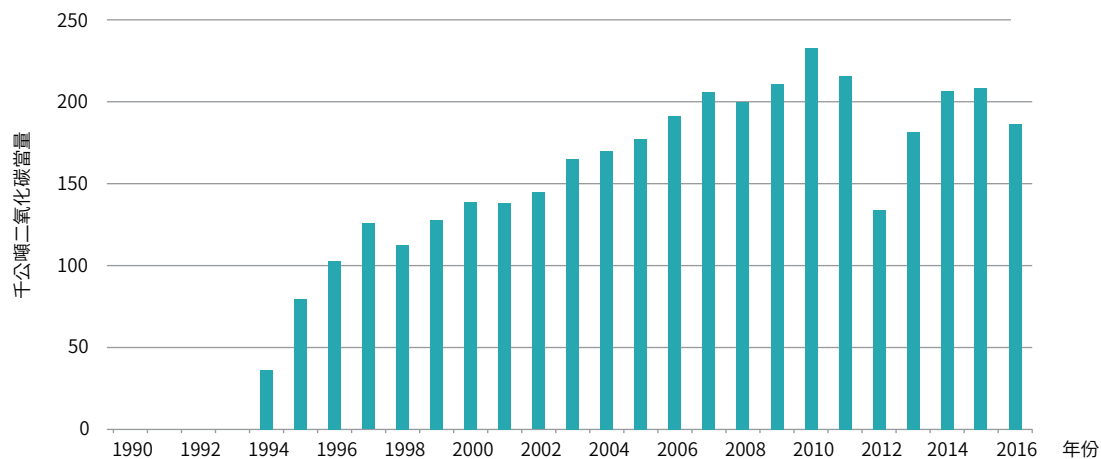


圖 4.3.6 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量趨勢

¹³「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

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：

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

(2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫 (2000)¹⁴，由於二氧化碳為純鹼製程原料之一，且國內廠商另外生產碳酸氫鈉 (NaHCO₃) 來吸收過量二氧化碳，排放係數理論為 0 噸二氧化碳 / 噸純鹼生產，但為避免低估純鹼生產排放量，仍引用 2006 IPCC 指南建議排放係數 0.097 噸二氧化碳 / 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

表 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	128	119	100	83	84	82	82	60	44	39	44	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO：純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	12.39	11.51	9.72	8.01	8.17	7.95	7.94	5.83	4.23	3.80	4.22	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	NO	NO	NO	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。

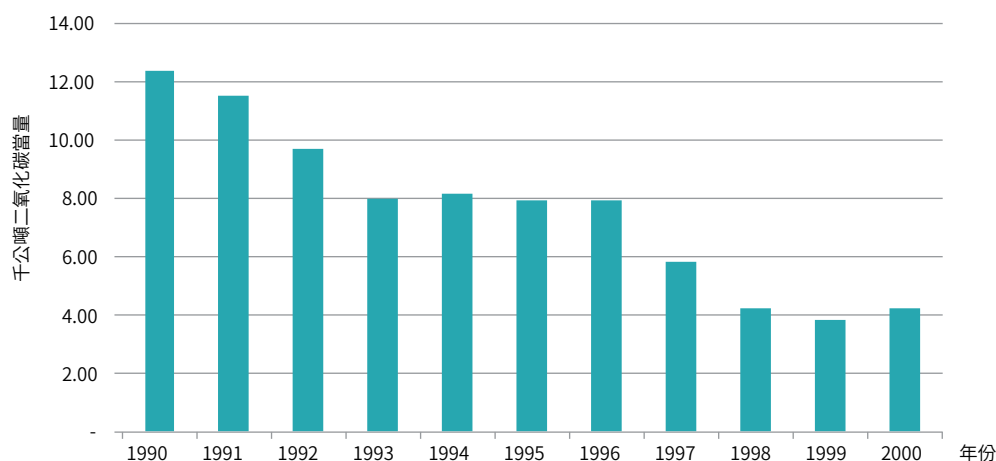


圖 4.3.7 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放量

¹⁴ 「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。」

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 4.3.7 所示。

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 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 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹⁵ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8 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 2006 IPCC 指南建議方法 1，以甲醇產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

參照行政院環境保護署計畫 (2000)¹⁶ 建議之排放係數 2.0 公斤甲烷 / 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 4.3.8 所示。

(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

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.1-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹⁷ 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。

¹⁵ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

¹⁶ 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。

¹⁷ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

4.3.8.2 乙炔 (2.B.8.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以乙炔產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

甲烷排放量 = 乙炔產量 (噸) × 乙炔排放係數 (公斤甲烷 / 噸產量)

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)¹⁸ 建置係數 (0.01078 公斤甲烷 / 噸乙炔生產)；此係數係以全廠排放量及乙炔產量求得全廠排放係數後，並以美國聯邦環保署發布之物種形成系統 (SPECIATE)¹⁹ 資料庫查詢甲烷所占比例，區分甲烷排放量後求得。

(3) 活動數據

由石化公會提供乙炔產量，如表 4.3.13 所示：

(4) 排放量

我國乙炔產量雖大，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 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

表 4.3.11 臺灣 1990 至 2016 年甲醇產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	38	5	NO	13	25	49	46	47	22	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	NO	NO	NO	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 臺灣 1990 至 2016 年甲醇生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	1.58	0.22	NO	0.55	1.03	2.07	1.92	1.97	0.93	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年後停產，故無排放源發生。

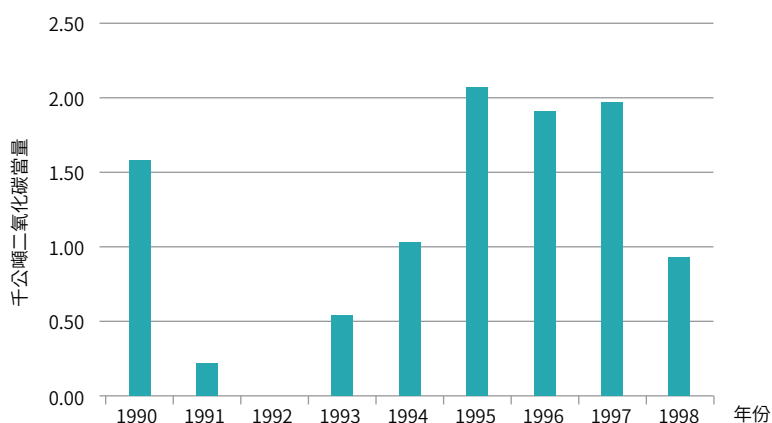


圖 4.3.8 臺灣 1990 至 1998 年甲醇生產排放量趨勢

¹⁸ 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。

¹⁹ Speciate 資料庫為美國環保署針對各類污染源之揮發性有機氣體 (Volatile Organic Gas) 及粒狀物 (Particulate Matter, PM) 之物種圖譜 (Profile) 資料庫，可依據不同圖譜編號 (Profile Number, PN)、個別物種代碼 (Species ID)，查詢相關之污染物成分比率。

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，約占總部門排放量 0.82%，如表 4.3.14 及圖 4.3.9 所示。

(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

參照 IPCC 2000 良好作法指南及不確定性管理²⁰，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 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²¹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.13 臺灣 1990 至 2016 年乙烯產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	779	709	734	742	889	874	910	959	935	1,296	1,592	2,584	2,393	2,900
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	2,864	2,900	2,888	3,666	3,623	3,852	3,929	3,522	3,748	3,925	4,182	4,229	4,187	

表 4.3.14 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	33	30	32	32	38	38	39	41	40	56	68	111	103	125
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	123	125	124	158	156	181	134	175	161	169	180	182	180	

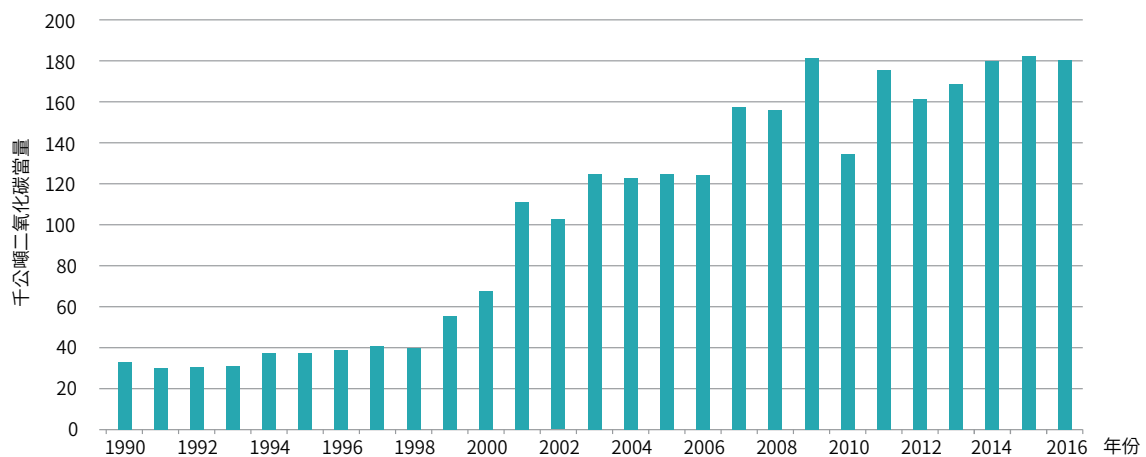


圖 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量趨勢

²⁰ IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

²¹ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

4.3.8.3 氯乙烯 (2.B.8.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以氯乙烯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 = 氯乙烯產量 (噸) × 氯乙烯排放係數 (噸二氧化碳 / 產量噸數)

甲烷排放量 = 氯乙烯產量 (噸) × 氯乙烯排放係數 (噸甲烷 / 產量噸數)

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.196 噸二氧化碳 / 氯乙烯生產噸數及 0.0000226 噸甲烷 / 氯乙烯生產噸數。

(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，約占總部門排放量 1.56%，如表 4.3.16 及圖 4.3.10 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。

表 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
氯乙烯產量	599	534	577	688	766	722	912	835	916	1,160	1,274	1,307	1,401	1,547
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
氯乙烯產量	1,587	1,605	1,449	1,630	1,470	1,596	1,583	1,517	1,636	1,711	1,640	1,754	1,932	

表 4.3.16 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
氯乙烯產量	118	105	113	135	151	142	179	164	180	228	250	257	275	304
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
氯乙烯產量	312	315	285	320	289	314	311	298	322	336	322	345	342	

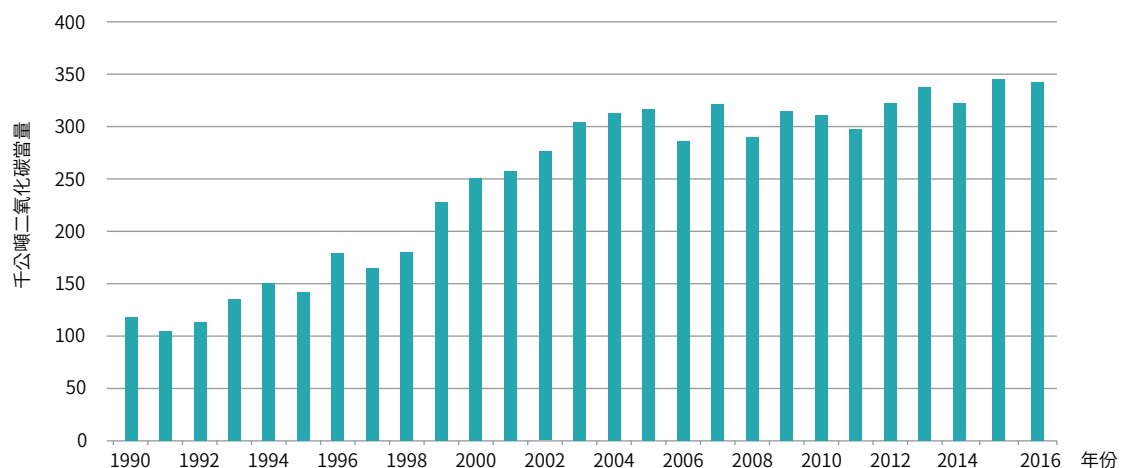


圖 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量趨勢

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，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 20%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故氯乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 28%，甲烷排放總不確定性為 22%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

無改善計畫。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²² 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.4 環氧乙烷 (2. B.8.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查環氧乙烷 (C₂H₄O) 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，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

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)

(2) 排放係數

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

(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

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，至 2011 年為 157 千公噸二氧化碳當量後約維持 150 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.75%，歷年排放量如表 4.3.18 及圖 4.3.11 所示。

(5) 完整性

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。

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 10%；考量環氧乙烷生產中氧氯化及直接氧化之特性，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 10%、甲烷排放係數不確定性為 60%，故環氧乙烷二氧化碳排放總不確定性為 14%，甲烷排放總不確定性為 61%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

如 4.2.2(1)-3。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²³ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

規劃下階段就「環氧乙烷 /EO」項目，檢視其國內排放量統計之方法學、活動數據蒐集及排放係數之妥適性，另考量一貫作業廠特性，將其後續產物「乙二醇 /EG」一併納入討論。

²² 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

²³ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

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，以丙烯腈產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 丙烯腈產量 (噸) × 丙烯腈排放係數
(公噸二氧化碳 / 噸產量)

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

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.79 噸二氧化碳 / 噸丙烯腈生產及 0.00018 噸甲烷 / 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 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 263 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 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 2016 年達 336 千公噸，約占總部門排放量 1.57%，如表 4.3.20 及圖 4.3.12 所示。

表 4.3.17 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
環氧乙烷產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28	33	31	36	33	45	60	79
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
環氧乙烷產量	206	221	219	226	211	229	243	246	231	246	234	261	304	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.18 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
環氧乙烷排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	18	21	20	23	21	29	39	51
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
環氧乙烷排放量	132	141	140	145	135	147	155	157	148	158	150	167	175	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年後停產，故無排放源發生。

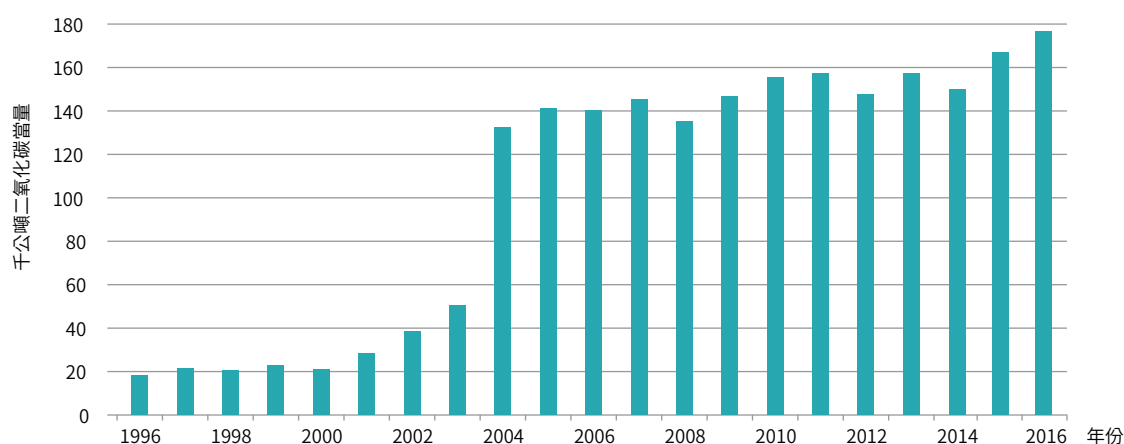


圖 4.3.11 臺灣 1996 至 2016 年環氧乙烷生產排放量趨勢

(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，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 60%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故丙烯腈二氧化碳排放總不確定性為 85%，甲烷排放總不確定性為 61%，因其占總排放量比例低，影響總不確定性低。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

無改善計畫。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.19 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
丙烯腈產量	118	116	131	129	138	141	163	162	150	157	168	263	305	317
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
丙烯腈產量	341	348	376	407	324	371	413	375	399	413	418	423	470	

表 4.3.20 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
丙烯腈排放量	94	92	104	103	109	112	129	129	119	125	133	209	243	252
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
丙烯腈排放量	271	276	299	323	257	294	328	298	317	328	332	336	336	

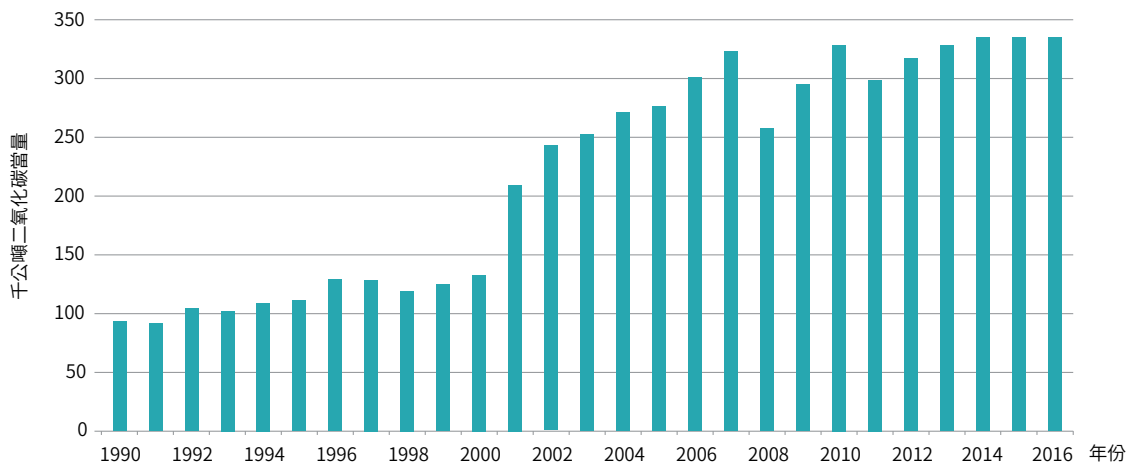


圖 4.3.12 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量趨勢

²⁴「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

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 = 碳黑產量 (噸) × 碳黑排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

由台灣區石油化學公會提供碳黑產量，碳黑 1990 至 2016 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 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，如表 4.3.22 及圖 4.3.13 所示。

表 4.3.21 臺灣 1990 至 2016 年碳黑產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
碳煙生產產量	59	58	58	63	81	90	100	103	104	104	100	106	106	104
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
碳煙生產產量	106	114	109	112	94	82	97	108	94	90	93	84	89	

表 4.3.22 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
碳煙生產排放量	278	273	276	296	381	427	474	489	491	490	516	500	503	491
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
碳煙生產排放量	499	540	514	528	444	387	458	511	446	427	440	397	419	

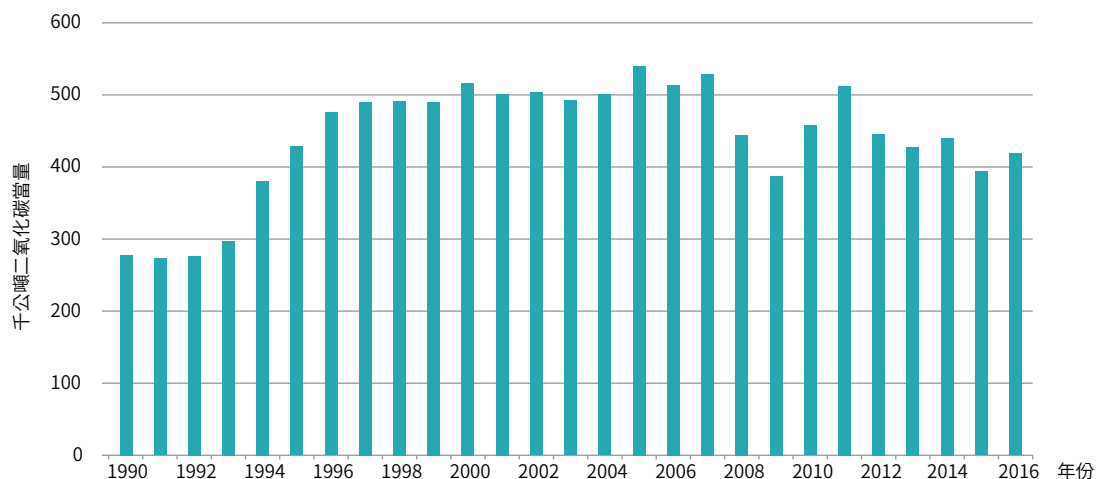


圖 4.3.13 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量趨勢

(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。

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 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)

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

4.3.9.1 副產品排放 (2.B.9.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查生產一氯二氟甲烷 (HCFC-22 或 CHClF₂) 時 HFC-23 或 CHF 等副產品排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，排放副產品則為 HFC(HFC-23)，但已於 2004 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 HFC 排放量。

計算公式如下：

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

(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)²⁶，依實廠排放情形推估之產生率 1.4%，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 至 2013 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 2004 年停產。

(4) 排放量

HCFC-22 副產品排放量如表 4.3.24 及圖 4.3.14 所示。HCFC-22 於 1993 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 597 千公噸二氧化碳當量逐步成長至 2001 年 2,030 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 2004 年停產，之後便不再排放。

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

²⁵ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

²⁶ 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。

²⁷ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

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 HFC、PFC、SF₆ 等逸散排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，調查其副產品 (HFC-23) 排放量時已將逸散排放納入統計，故本項 HFC 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：

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫(2000)²⁸ 建置係數 0.1975 公斤甲烷 / 噸苯乙烯生產；此係數係以全廠排放量及苯乙烯產量求得全廠排放係數，並以美國聯邦環保署發布之 SPECIATE²⁹ 資料庫查詢甲烷所占比例，區分甲烷排放量

表 4.3.23 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 產量

(單位：噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NO	NO	NO	3,401	3,850	3,610	5,880	6,655	9,382	7,248	10,444	11,565	9,716	8,724
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	7,702	NO	NO	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 至 2004 年生產。

表 4.3.24 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030	1,705	1,531
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	1,352	NO	NO	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 至 2004 年生產。

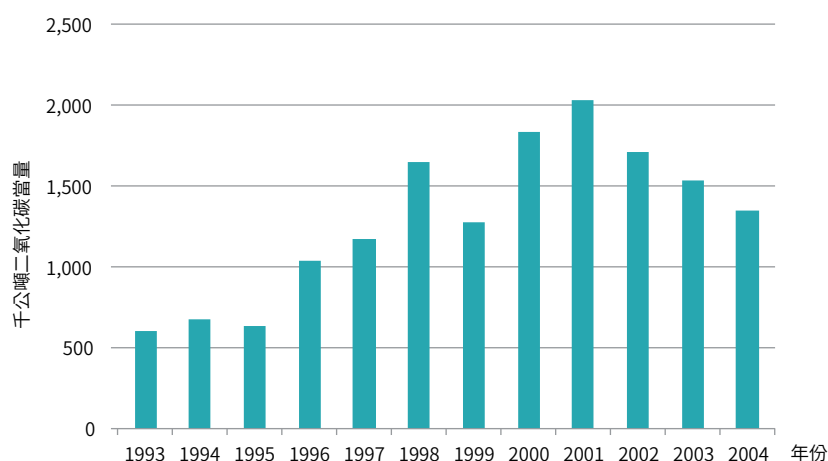


圖 4.3.14 臺灣 1993 至 2004 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

後求得。

(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 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 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 至 2012 年排放量則維持約 9.0 千公噸二氧化碳當量左右，2016 年排放量上升至 10.5 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.04%，如表 4.3.26 及圖 4.3.15 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

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.1-4。

表 4.3.25 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	1.1	1.1	1.3	1.3
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	1.3	1.3	1.2	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	

表 4.3.26 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	1.8	1.8	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	1.9	4.0	5.2	5.7	6.2	6.2
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	6.2	6.2	6.0	9.0	8.3	9.4	9.5	8.4	8.9	10.1	9.8	10.0	10.5	

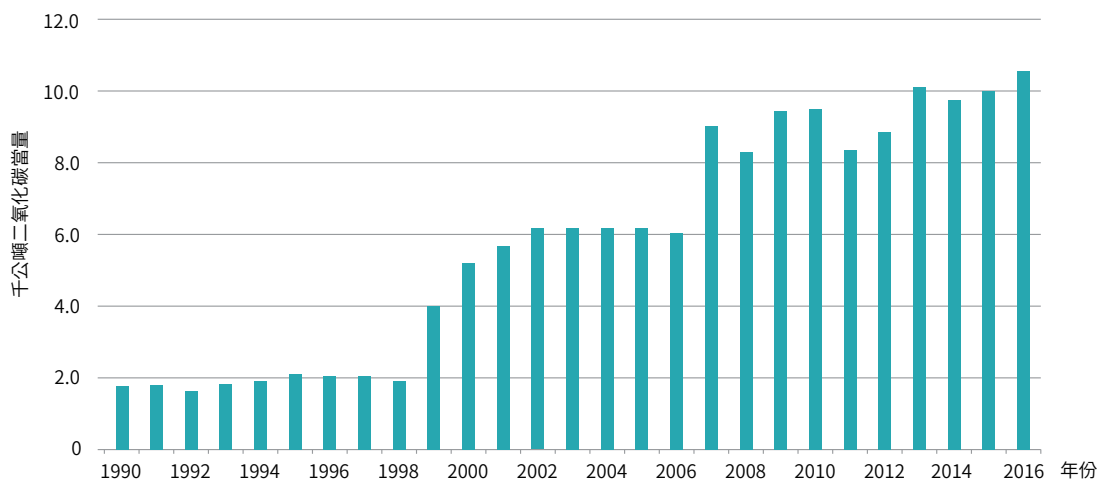


圖 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會³⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4 金屬製程 (2.C)

2.C「金屬製程」為工業製程及產品部門中僅次於「礦業(非金屬製程)」之高排放分類(約三成)，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二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、全氟碳化物及六氟化硫。2016 年總部門排放量 7,670 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 34.6%，1990 至 2016 年排放量如表 4.4.1 及圖 4.4.1 所示。

4.4.1 鐵及鋼生產 (2.C.1)

4.4.1.1 一貫煉鋼

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³¹排放主要來自各項投入原料(包含焦炭、各類副產品、石灰石等)的碳成分釋出，另外，考量計算排放量完整性，氧化亞氮亦納入統計。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法³²

A.1990 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 = 高轉爐鋼胚產量(噸) × 高轉爐鋼胚排放係數(公噸二氧化碳當量 / 噸產量)

B.2001 至 2016 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。

表 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
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
2.C.2. 鐵合金生產	33	287	215	171	144	195	177	181	175
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.6. 鋅生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	3,275	3,737	3,475	3,889	3,775	3,885	4,014	5,046	5,818
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.C.1. 鐵及鋼生產	5,270	5,701	4,939	4,072	5,353	5,105	5,000	7,585	7,761
2.C.2. 鐵合金生產	63	33	21	25	30	NO	NO	NO	NO
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	3	8	8	9	9
2.C.6. 鋅生產	NE	NE	NE	NE	14	50	58	49	62
總計	5,333	5,734	4,960	5,123	6,426	6,519	6,129	8,412	8,272
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.C.1. 鐵及鋼生產	7,514	6,342	7,874	7,563	8,239	7,851	6,966	6,950	7,614
2.C.2. 鐵合金生產	173	0	26	3	10	20	24	29	32
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	144	235	212	134	109	55	56	45	NA
2.C.5. 鉛生產	8	6	7	7	6	5	6	5	6
2.C.6. 鋅生產	48	49	42	47	47	18	18	17	19
總計	7,888	6,632	8,187	7,754	8,410	7,949	7,069	7,045	7,670

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。

³⁰ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」 2017.05.05。

³¹ 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。

³² 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」(2015.6.24)結果辦理。

(2) 排放係數

1990 至 2000 年採用 2001 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 噸二氧化碳當量 / 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 至 2016 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 至 2000 年由國內台灣鋼鐵工業同業公會 (以下簡稱鋼鐵公會) 提供高轉爐鋼胚產量，2001 至 2016 年則改從國內鋼鐵公司排放清冊直接取得排放量，故不需活動數據。1990 至 2000 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 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，2016 年排放量為 6,888 千公噸二氧化碳當量。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

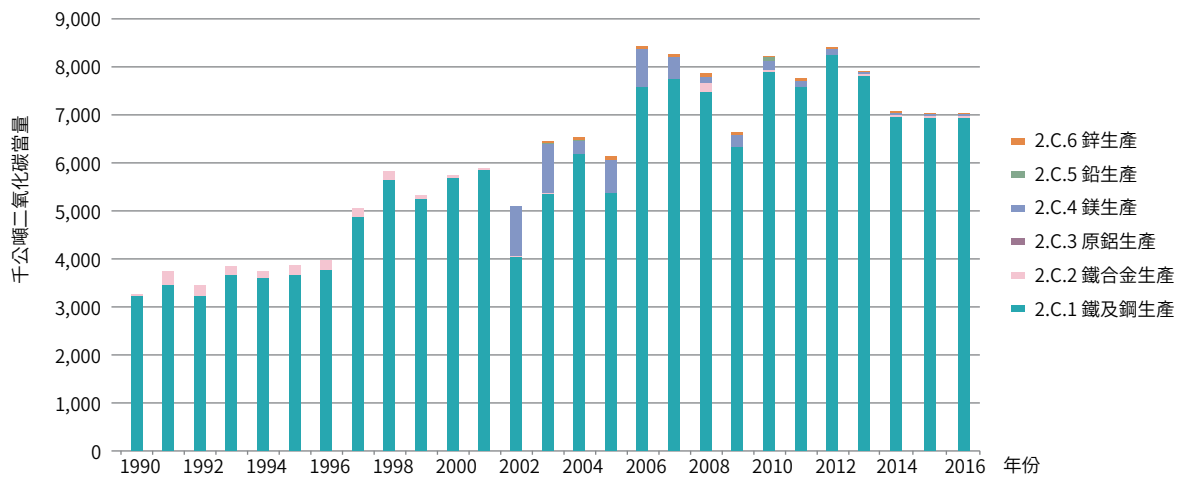


圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量趨勢

表 4.4.2 臺灣 1990 至 2000 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
產量	5,627	5,829	5,421	6,244	6,123	6,242	6,444	8,944	9,811	9,267	9,971

(5) 完整性

1990 至 2000 年活動數據由鋼鐵公會提供，排放係數則由 2001 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 至 2016 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

1990 年至 2000 年間，採方法一計算，依 2006 IPCC 指南建議，高轉爐鋼胚產量為鋼鐵公會提供數據，不確定性為 10%，排放係數不確定性為 25%，故合併不確定性為 27%。

2001 至 2005 年採方法三，以國內鋼鐵公司溫室氣體盤查清冊統計，因該公司清冊未提供不確定性計算結果，故依據其清冊數據計算方式，於 2006 IPCC 指南建議下，公司活動數據不確定性為 5%，特定公司排放係數 5%，故合併不確定性為 7.07%。

2006 至 2016 年排放量之不確定性彙整自國內鋼鐵公司各年排放清冊，約為 5%，符合 2006 IPCC 指南建議之方法三不確定性範圍，1990 至 2016 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 至 2000 年採方法一，即以產量及排放係數計算排放量；2001 至 2016 年採方法三，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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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

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，加入增碳劑冶鍊成各式碳鋼或合金鋼，冶鍊過程並分為熔解、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：

二氧化碳排放量 = 電弧爐鋼胚產量 (噸) × 電弧爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

(2) 排放係數

1990-2012 年國內電弧爐廠商排放清冊尚不完整，故使用方法一計算，碳鋼採用 0.104 公噸二氧化碳 / 產量

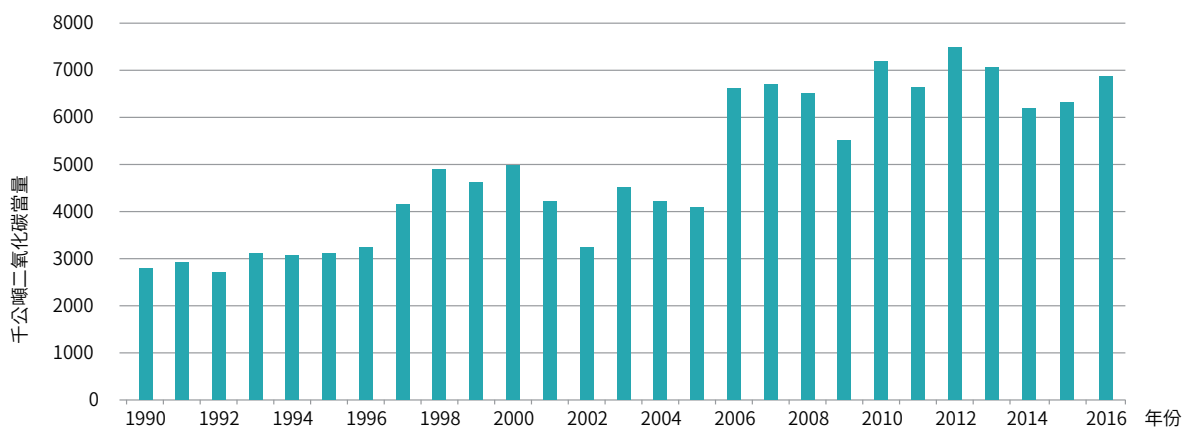


圖 4.4.2 臺灣 1990 至 2016 年高轉爐鋼胚生產排放量趨勢

表 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年高轉爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	2,815	2,916	2,712	3,123	3,063	3,122	3,223	4,174	4,907	4,635	4,987	4,223	3,270	4,512
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	4,205	4,095	6,606	6,721	6,500	5,542	7,187	6,639	7,482	7,045	6,147	6,231	6,888	

表 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 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	2001	2002	2003
排放量不確定性	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	7.07%	7.07%	7.07%
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量不確定性	7.07%	7.07%	5.23%	3.90%	3.98%	4.24%	4.12%	4.03%	6.18%	5.17%	5.66%	5.29%	5.24%	

噸數，不銹鋼為 0.110 公噸二氧化碳 / 產量噸數，合金鋼則為 0.037 公噸二氧化碳 / 產量噸數。

2013 年起直接採用廠商排放清冊，故不需排放係數。

(3) 活動數據

1990 至 2012 年產量如表 4.6 所示，其中 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚產量由台灣鋼鐵工業同業公會（以下簡稱鋼鐵公會）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³³ 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 至 2012 年我國電弧爐製程活動數據。

2013 至 2016 年使用方法三，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 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 800 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 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 及 2016 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。

表 4.4.5 臺灣 1990 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	2002
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	7,706
年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012			
產量	8,075	8,658	8,713	9,410	10,024	9,795	7,661	6,590	8,927	7,323			

備註：2013 至 2016 年使用方法三，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 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	428	534	549	595	568	568	613	691	735	635	714	717	801	840
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	900	905	979	1,040	1,013	800	687	924	757	806	819	719	726	

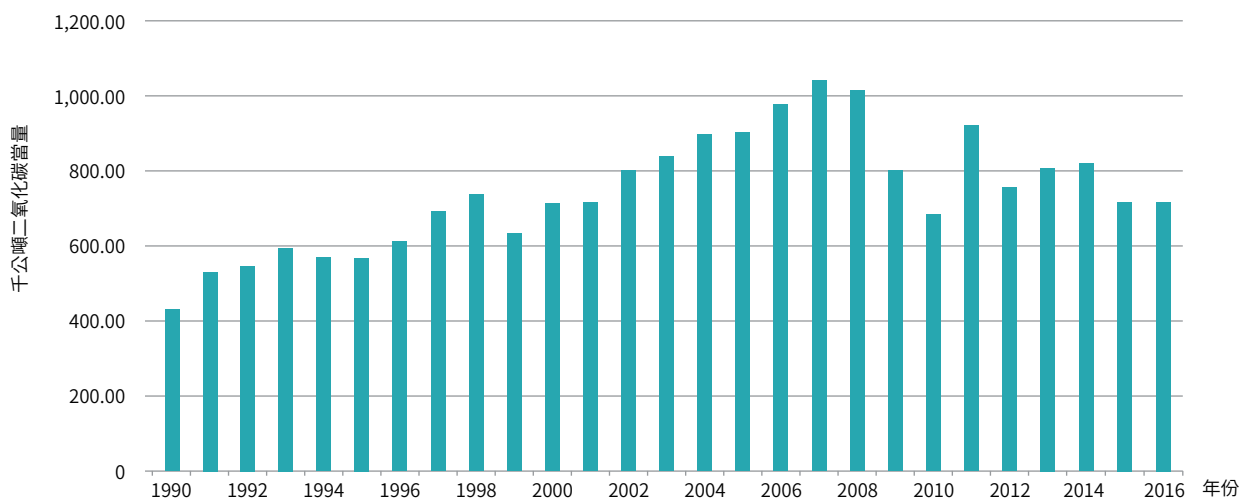


圖 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量趨勢

³³ 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」(2015.6.24)。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.3.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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 (噸) × 鐵合金排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)

(2) 排放係數

採用 2006 IPCC 指南建議係數 3.9 噸二氧化碳 / 噸鐵合金生產。

(3) 活動數據

1990 至 2016 年產量如表 4.4.7 所示，2001 至 2016 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 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 至 2007 年間停產，2008 年起再度生產，排放量達 173.5 千公噸，2008 至 2016 年排放量起伏劇烈，2016 年排放量為 31.6 千公噸，1990 至 2016 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

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 年及 2001 至 2016 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

同 4.3.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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

依據行政院環境保護署歷年委辦計畫(2016)³⁴ 調查所得排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以鎂生產六氟化硫使用量為排放量，即台灣輕金屬協會³⁵ 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) 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，且部分以廠商以乾燥沙取代 SF₆ 之使用，本項活動數據已逐年降低。

(4) 排放量

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 2015 年 45 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移嚴重，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，考量排放量調查之成本效益已大幅降低，故停止調查。以六氟化硫之全球暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 22,800 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 至 2016 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

表 4.4.7 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	8	73	55	44	37	50	45	46	45	16	8	5	6	8
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	NO	NO	NO	NO	44	0.003	7	1	3	5	6	7	8	

備註：NO，代表無生產或使用，臺灣鐵合金生產廠商曾於 2004 至 2007 年停產。

表 4.4.8 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	32.8	287.3	214.7	171.0	144.2	195.1	177.0	181.3	175.3	62.9	32.8	20.7	24.9	30.1
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	NO	NO	NO	NO	173.5	0.012	26.3	2.6	9.9	19.9	23.9	28.5	31.6	

備註：NO，代表無生產或使用，國內廠商曾於 2004 至 2007 年停產，故無排放量。

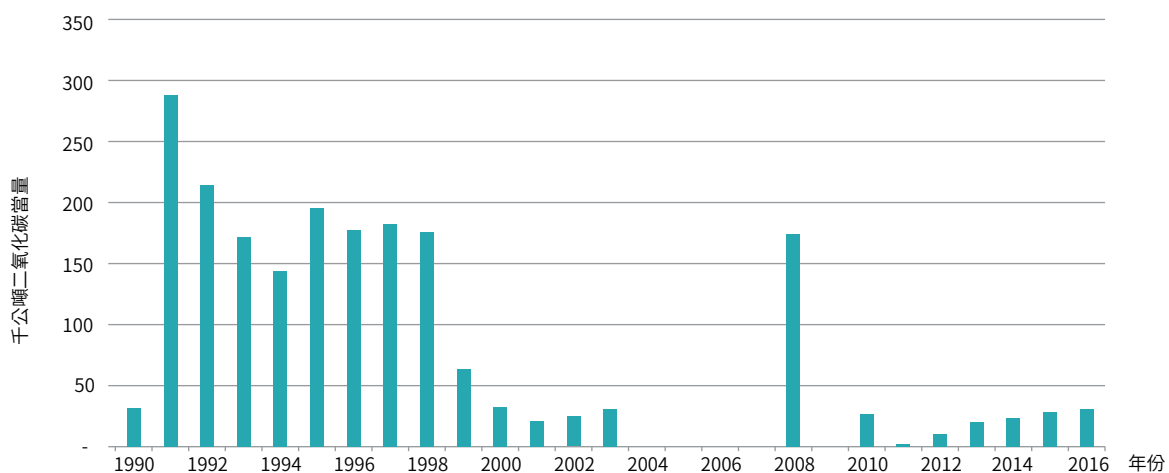


圖 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量趨勢

³⁴ 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。

³⁵ 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。

(5) 完整性

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。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量若由廠商提供，屬於經系統性調查結果，建議排放量不確定性為 5%，但由於方法 2 尚存有假設（即使用之 SF₆ 全部排放），建議假設導致之不確定性為 30%，故排放量總不確定性經遞誤法匯算為 30%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2002 年無法取得排放量及 2016 年停止調查，影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

鎂生產排放量由行政院環境保護署計畫 (2016)³⁶ 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。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

因鎂生產產業外移，調查效益逐年減低，已停止調查。

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粹、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：

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

表 4.4.9 臺灣 1990 至 2016 年鎂生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1,027	1,027
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55	56	45	NE	

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。

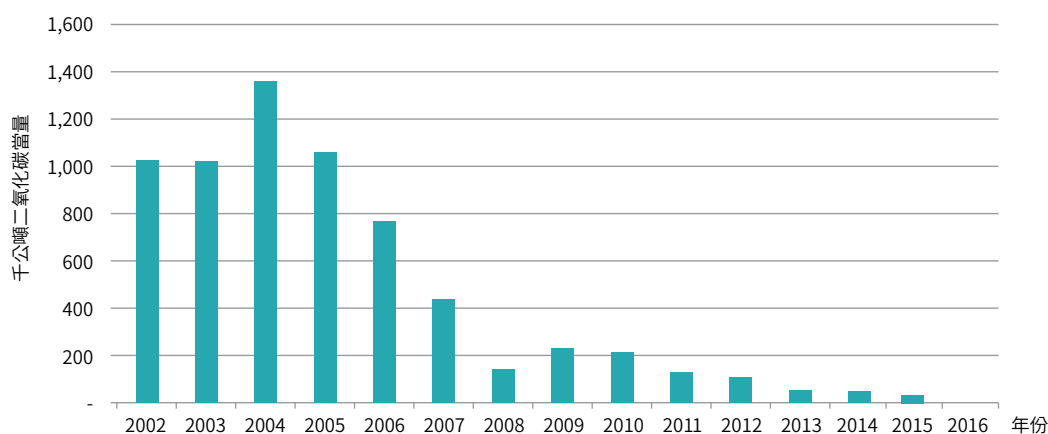


圖 4.4.5 臺灣 2002 至 2016 年鎂生產排放量趨勢

³⁶ 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。

(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 噸二氧化碳 / 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，2003 至 2016 年排放量如表 4.4.10 所示。

(4) 排放量

國內鉛生產 2003 至 2016 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 3 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 9 千公噸二氧化碳當量後下降，2016 年排放量為 6 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.03%。

(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 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

同 4.2.1-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

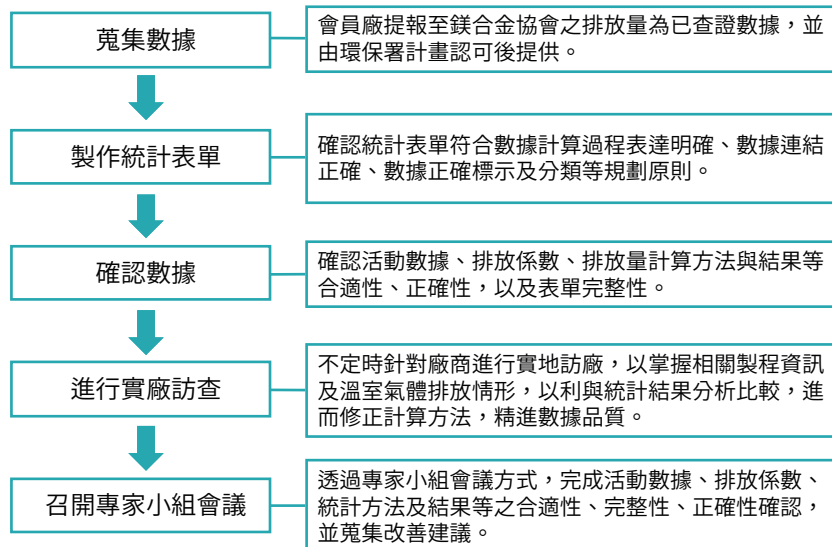


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

表 4.4.10 臺灣 2003 至 2016 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	14
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	40	40	44	45	41	32	33	35	28	25	28	27	28	

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：

二氧化碳排放量 = 鋅錠產量 (噸) × 鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 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 噸二氧化碳 / 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 至 2016 年排放量如表 4.4.12 所示。

(4) 排放量

國內鋅生產 2003 至 2016 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 2016 年排放量為 19 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.09%。

(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。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量若由廠商提供，屬於經系統性調查結果，建議排放量不確定性為 5%，但為避免低估不確定性，假設其製程較不穩定，排放量總不確定性為 30%。

(2) 時間序列的一致性

由於 1990 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

表 4.4.11 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	8	8	9	9	8	6	7	7	6	5	6	5	6	

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。

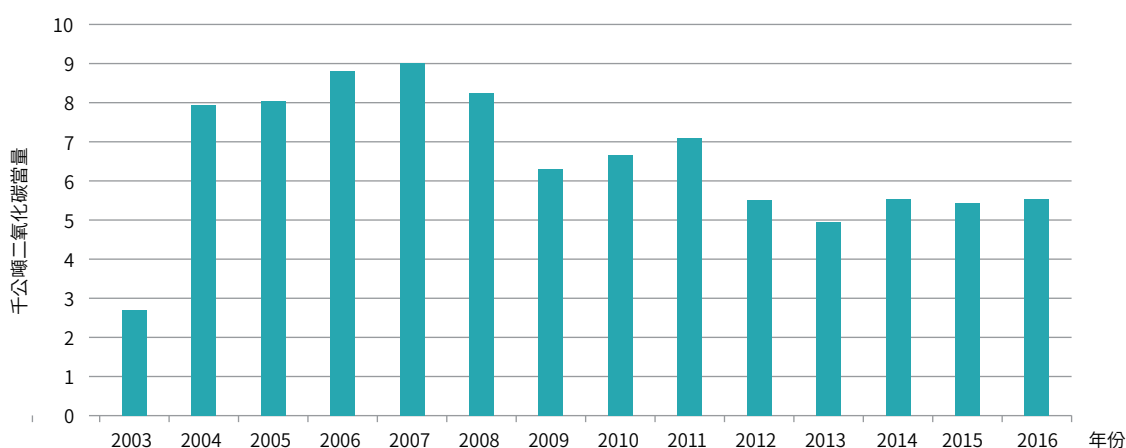


圖 4.4.7 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量趨勢

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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「石臘使用」、2.D.3「溶劑使用」及 2.D.4「其他」等共計四項，排放溫室氣體種類為二氧化碳及 MNVOC 共計 2 項，但因 2006 IPCC 指南未提供 MNVOC 之 GWP 值，故僅統計

二氧化碳排放量。2016 年總部門排放量約 0.0845 噸二氧化碳當量，1990 至 2016 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。因排放量少，故僅列整體排放量。

4.6 電子工業 (2.E)

「電子工業」為工業製程及產品部門中第三大之排放分類，分類項目包括 2.E.1「積體電路或半導體」、2.E.2「TFT 平面顯示器」、2.E.3「光電(太陽能板)」及 2.E.4「熱傳流體」等共計四項，統計溫室氣體種類包含 N₂O、HFC、PFC、NF₃ 及 SF₆ 等共計五項。2016 年總部門排放量約 3,928 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 16.1%，1998 年前因電子產業未大量生產，未統計其溫室氣體使用量，僅呈現 1999 至 2016 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

表 4.4.12 臺灣 1990 至 2016 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	8
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	29	34	28	36	28	28	24	27	27	11	10	10	11	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅錠生產未進行調查。

表 4.4.13 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	14
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	50	58	49	62	48	49	42	47	47	18	18	17	19	

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。

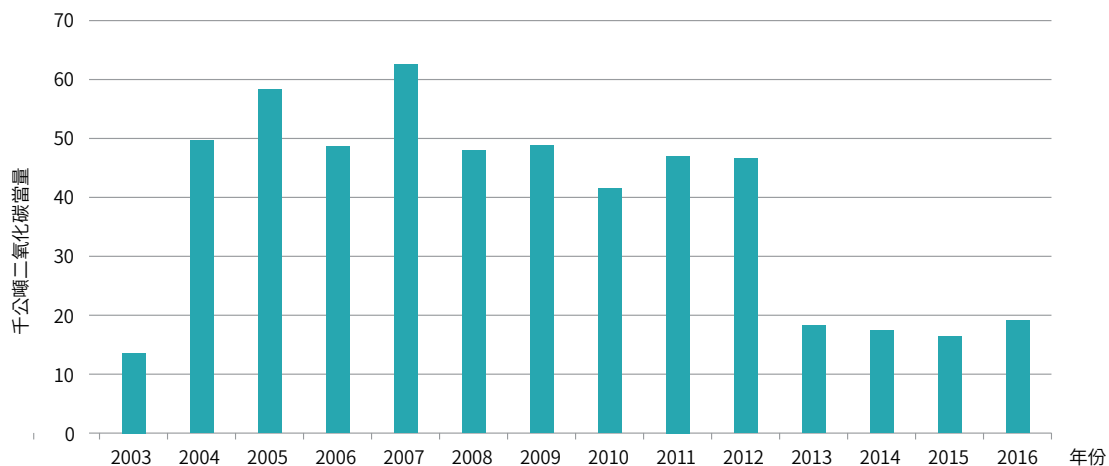


圖 4.4.8 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量趨勢

表 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.048	0.047	0.051	0.060	0.073	0.067	0.071	0.075	0.077
2.D.2 石臘使用	0.011	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.010	0.015
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.059	0.057	0.062	0.072	0.086	0.080	0.083	0.084	0.09
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.075	0.061	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095	0.069	0.069
2.D.2 石臘使用	0.017	0.015	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009	0.002	0.001
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.09	0.08	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10	0.07	0.07
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.069	0.054	0.042	0.039	0.036	0.041	0.053	0.081	0.072
2.D.2 石臘使用	0.001	0.004	0.004	0.001	0.002	0.006	0.002	0.020	0.012
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.10	0.08

備註：NA，代表不產生具體氣體的排放或吸收，故為不適用。

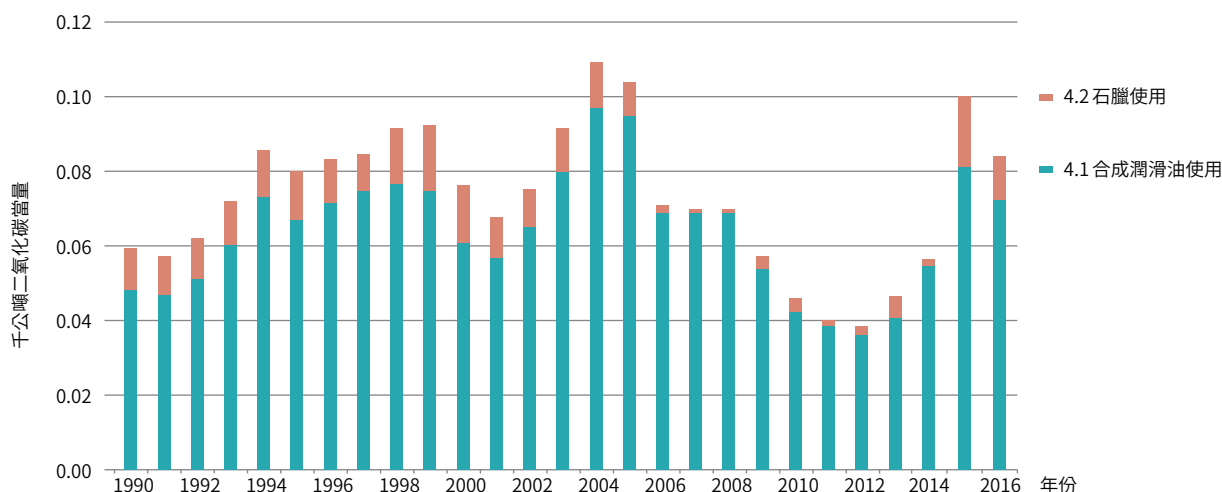


圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

表 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.E.1. 積體電路或半導體	NE	NE	3,711	4,994	5,199	5,559	4,327	4,850	4,375
2.E.2.TFT 平面顯示器	129	143	260	550	1,012	1,283	1,660	1,573	1,649
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
總計	129	143	3,971	5,544	6,212	6,841	5,986	6,423	6,024
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.E.1. 積體電路或半導體	2,500	2,298	2,363	2,502	1,812	2,595	2,823	2,548	2,472
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,486	1,164	1,567	1,285	1,357	1,519	1,187	1,029	930
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
總計	3,987	3,463	3,929	3,787	3,169	4,115	4,011	3,332	3,401

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 IPCC 2006 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

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、全氟碳化物、六氟化硫、三氟化氮、氧化亞氮所造成的排放量，調查氫氟碳化物種類為 CHF_3 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CHF_3 ，全氟碳化物種類則為 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 等。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南建議方法 2b，統計氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用排放量。氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、及三氟化氮等氣體，以使用排放量採原物料化學品使用量扣除回收與處理量；氧化亞氮因未經處理，故使用量全數轉為排放量。

(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，其採用台灣半導體產業協會 (The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 TSIA) 會員廠

資料統計，其依據採購量配合 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 年起則改自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之業者經第三者查證之盤查清冊統計，為求一致性，以 TSIA 會員廠統計。

(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 至 2016 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 PFC 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 PFC 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 2016 年約排放 2,472 千公噸二氧化碳當量，佔總部門排放量約 11.4%，2001 至 2016 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

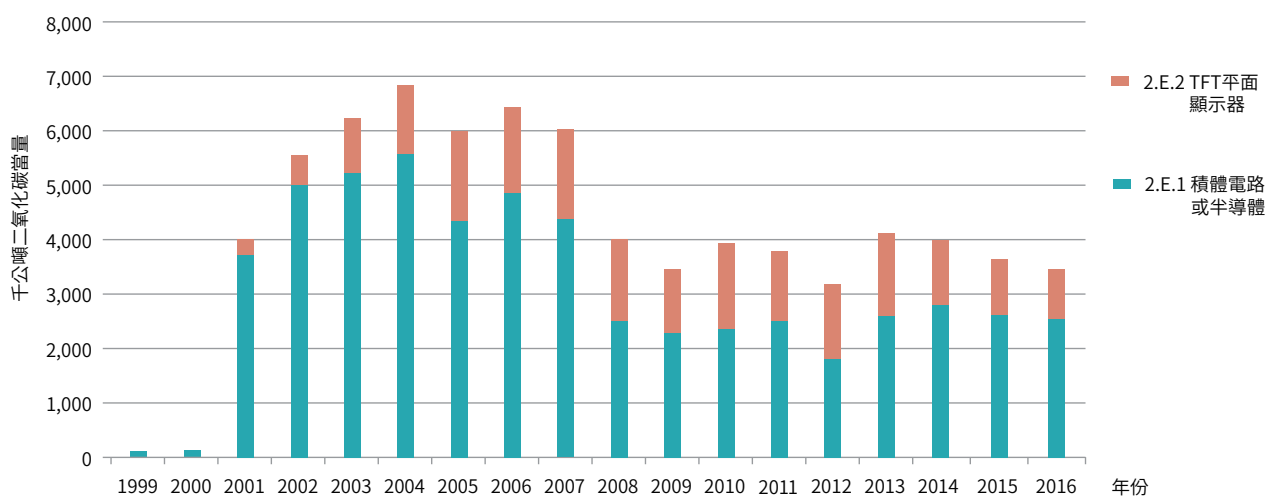


圖 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量趨勢

(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以 TSIA 會員廠資料統計，TSIA 會員廠產能約占國內 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%。

(2) 時間序列的一致性

1990 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 年後變更資料來源，雖影響時間序列一致性，但統計業者範圍一致，對數據影響低。

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。

表 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
HFC	51	59	59	59	73	91	171	118
PFC	2,993	4,078	4,174	4,327	3,043	3,211	2,933	1,657
SF ₆	524	499	513	587	587	695	292	229
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	342	389	360
NF ₃	202	359	455	587	623	512	590	136
總計	3,711	4,994	5,199	5,559	4,237	4,850	4,375	2,500
年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
HFC	168	164	134	86	169	182	132	156
PFC	1,126	1,322	1,202	692	899	1,272	917	1,030
SF ₆	198	239	261	181	213	312	224	217
N ₂ O	333	482	466	558	626	685	714	682
NF ₃	198	156	306	295	687	531	562	387
總計	2,298	2,363	2,502	1,812	2,595	2,823	2,548	2,472

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 至 2000 年排放量。另，N₂O 尚無經 IPCC 公告之製程耗用率及管末處理削減率，故迄今 TSIA 採用保守原則使用量 100% 全部排放申報，世界半導體協會已經開始討論其合宜性，將待其有結論之後配合之。

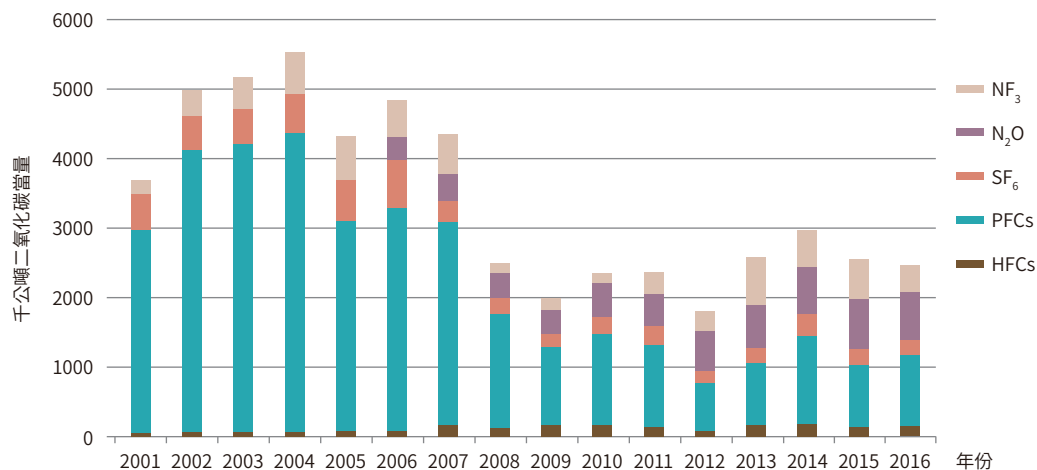


圖 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為依國內製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調查 TFT 平面顯示器使用全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮所造成的排放量；其中，全氟碳化物主要調查種類為四氟化碳 (CF₄)。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南建議方法 2b，統計全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用排放量。全氟碳化物、六氟化硫、及三氟化氮等氣體，以使用排放量採原物料化學品使用量扣除回收與處理量；氧化亞氮因未經處理，故使用量全數轉為排放量。

(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。

(3) 活動數據

2001 年至 2015 年由行政院環境保護署計畫 (2015) 提供，其採用中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會 (Taiwan TFT LCD Association，簡稱 TTLA) 會員廠資料統計，其依據採購量配合 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 年起則改自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之業者經第三者查證之盤查清冊統計，為求一致性，以 TTLA 會員廠統計。

(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 1,660 千公噸二氧化碳當量下降至 2016 年 1,150 千公噸二氧化碳當量，佔總部門排放量約 5.2%，1999 至 2016 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.4 所示。

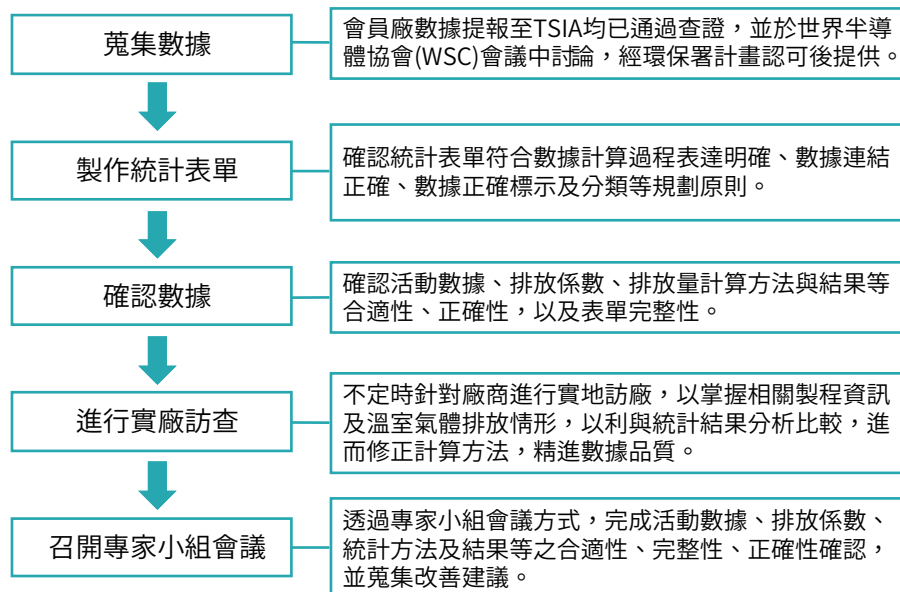


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

(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。

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%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 1998 年無法取得排放量，影響時間序列一

致性。2016 年後變更資料來源，雖影響時間序列一致性，但統計業者範圍一致，對數據影響低。

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。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.6.3 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PFC	3	13	6	65	25	14	27	53	0
SF ₆	116	120	221	446	901	1,197	1,530	1,355	1,429
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28	50
NF ₃	11	9	33	39	86	72	103	138	170
總計	129	143	260	550	1,012	1,283	1,660	1,573	1,688
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PFC	25	17	32	30	33	30	26	14	16
SF ₆	1,376	1,040	1,409	1,078	1,171	1,311	964	852	798
N ₂ O	56	42	63	101	99	133	101	103	64
NF ₃	30	65	62	75	54	46	96	61	52
總計	1,486	1,164	1,567	1,285	1,357	1,519	1,187	1,029	930

備註：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 年前氧化亞碳排放量。

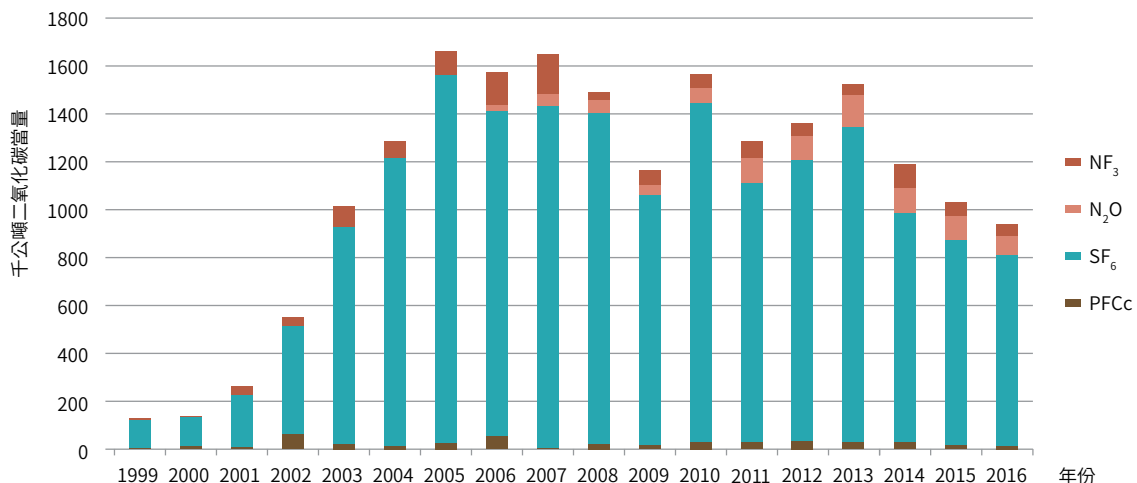


圖 4.6.4 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量趨勢

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「冷凍及空調使用」、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，2016年共排放835千公噸二氧化碳當量，相較2015年減少16千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門3.8%，因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現2003至2016年排放量，如表4.7.1及圖4.7.1所示。

4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

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種類為HFC-134a，及2011年新增之R410a則拆分為HFC-32與HFC-125使用量³⁷。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由行政院環境保護署計畫(2016)³⁸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³⁹。

(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R410a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。

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

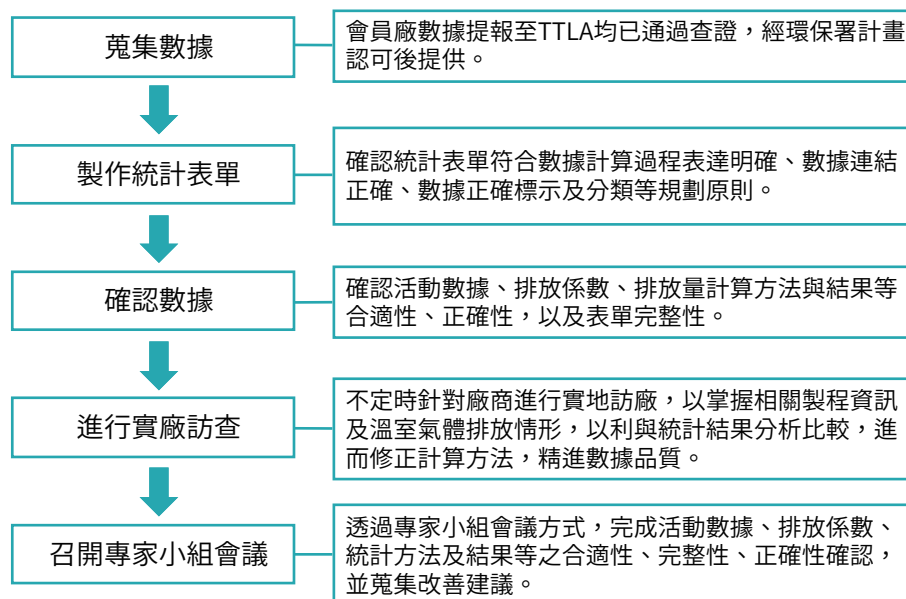


圖 4.6.5 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

³⁷ R410a 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。

³⁸ 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。

³⁹ 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。

氟碳化物。因此，2003 年以前國內使用量未進行調查統計⁴⁰。2003 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，臺灣自 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 2016 年達 842 千公噸二氧化碳當量，相較 2003 年排放量成長約 150%。2003 至 2016 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%。

表 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 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)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.F.1 冷凍及空調	329	569	660	670	670	670	670
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	73	113	336	226	252	258	142
2.F.4 空氣微粒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	401	682	996	896	922	928	812
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.F.1 冷凍及空調	680	827	725	799	824	842	827
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	90	54	58	13	4	9	9
2.F.4 空氣微粒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	770	881	783	812	828	851	835

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。

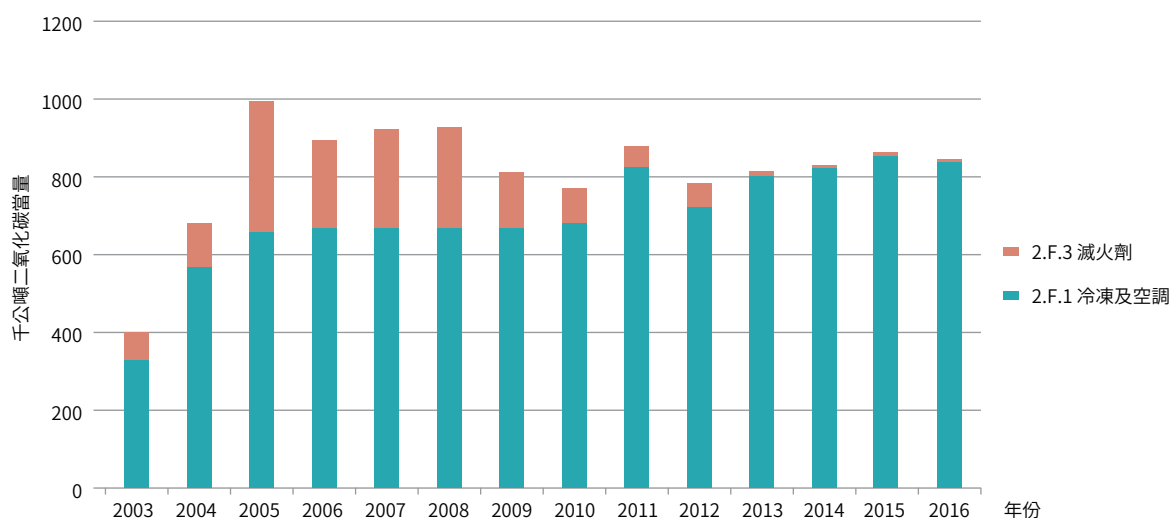


圖 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

⁴⁰ 於 2017 年 8 月藉由專家外審機制補充。

(2) 時間序列的一致性

2003 至 2016 年間皆使用相同方法學。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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所造成的排放量。經行政院環境保護署計畫 (2012)⁴¹ 表示，因國內氫氟碳化物較少應用於發泡劑，故未進一步調查相關氫氟碳化物排放，即無發泡劑使用之氫氟碳化物排放。

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。

表 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

(單位：千公噸)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
使用量	2.3	4.0	6.1	6.1	6.4	6.0	6.2	6.2	15.2	10.0	11.0	13.4	11.8	12.1

備註：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 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
排放量	329	569	660	670	670	670	672	680	879	725	799	824	842	827

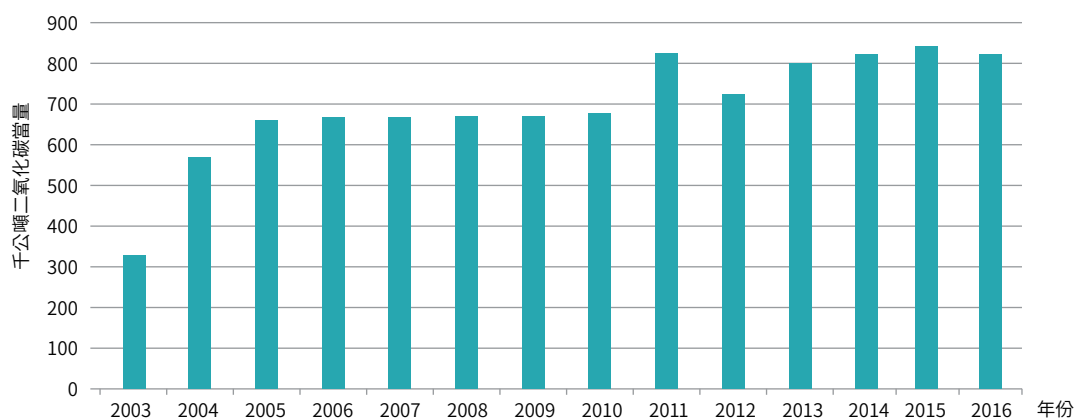


圖 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量趨勢

⁴¹ 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。

(4) 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,220 將填充量轉換為排放量，1990 至 2016 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 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 2016 年 9 千公噸二氧化碳當量，約佔總排放量 0.04%。

(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 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

同 4.3.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，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 (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) 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)⁴² 表示，因國內氫氟碳化物較少應用於噴霧劑，故未進一步調查。

4.7.5 溶劑 (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、全氟碳化物所造成的排放量。該計畫表示，因國內氫氟碳化物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。

表 4.7.4 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
排放量	73	113	336	226	252	258	142	90	54	58	12	4	9	9

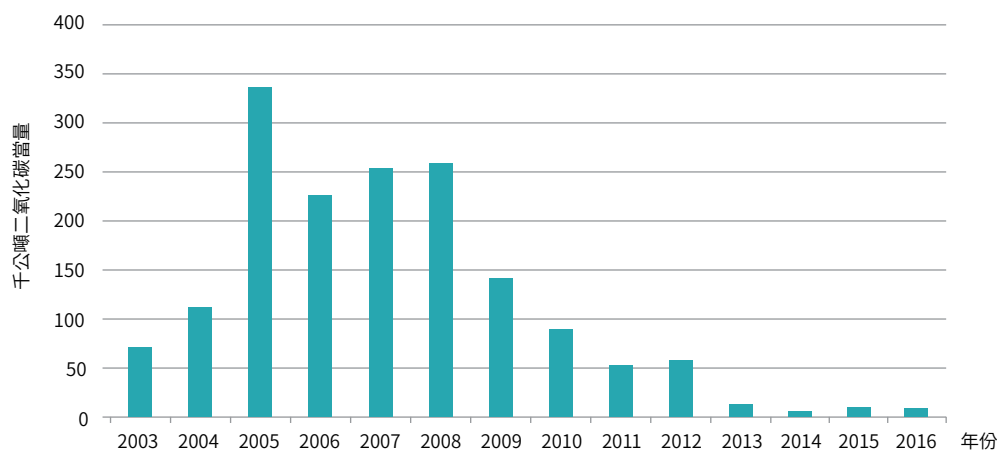


圖 4.7.3 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量趨勢

⁴² 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 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「電力設備」、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，2016 年共排放 79 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.1%。其中，「電力設備」因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現 2002 至 2016 年排放量，如表 4.8.1 所示。

4.8.1 電力設備 (2.G.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

目前我國電力業多以六氟化硫 (SF₆) 作為電力設備之絕緣氣體，並常使用於開關場、變電所及配電線路之各類型變電開關等，當電力設備於維修測試或突發爆裂時，往往造成六氟化硫 (SF₆) 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 (SF₆) 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 (SF₆) 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 (SF₆) 回收再利用機制，並針對六氟化硫 (SF₆) 進行匯的管控。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)⁴³ 提供六氟化硫 (SF₆) 補充量，並參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以六氟化硫實際使用情形求得排放當量，其來源包括為台電公司建立之「六氟化硫申報管理系統」登錄平台，民營電廠之六氟化硫採購量以及 2006 IPCC 指南建議洩漏率進行估算。2016 年數據則由環保署蒐集提供。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)⁴⁴ 提供六氟化硫 (SF₆) 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

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)⁴⁴ 提供六氟化硫 (SF₆) 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，2002 至 2016 年排放當量如表 4.8.2 所示。

早期高壓斷路器使用多氯聯苯作為絕緣氣體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用情形。

表 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 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)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.G.1. 電力設備	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703
2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 和 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.G.1. 電力設備	295	282	186	142	115	97	79	
2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 和 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
總計	295	282	186	142	115	97	79	

備註：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」、「使用氧化亞氮之產品」及「其他」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

表 4.8.2 臺灣 2002 至 2016 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之二氧化碳排放當量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SF ₆	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	702	295	282	186	142	115	97	79

⁴³ 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。

⁴⁴ 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。

2002 至 2016 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫排放量呈現明顯下降趨勢，自 2002 年排放 1,943 千公噸二氧化碳當量下降至 2016 年 79 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，2016 年排放量僅約 2012 年之 42%。

(5) 完整性

行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)¹ 提供之六氟化硫 (SF₆) 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%；鑒於行政院環境保護署專案工作計畫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放當量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2001 年無法取得排放當量，未影響時間序列一致性。

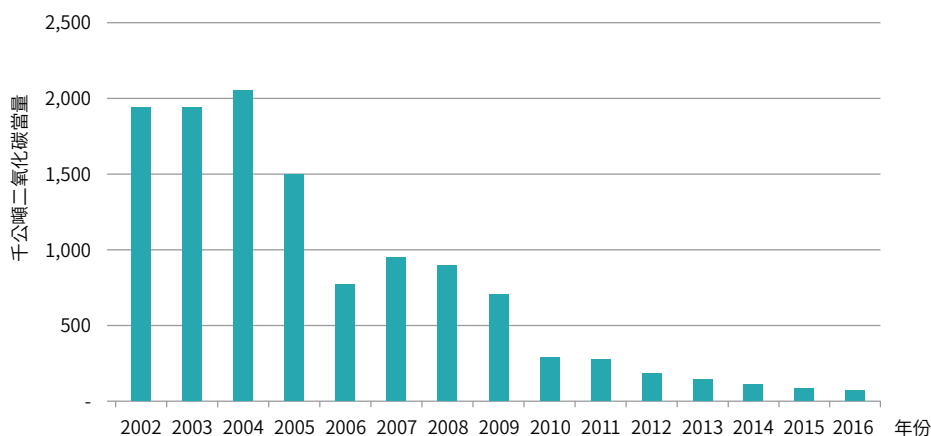


圖 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

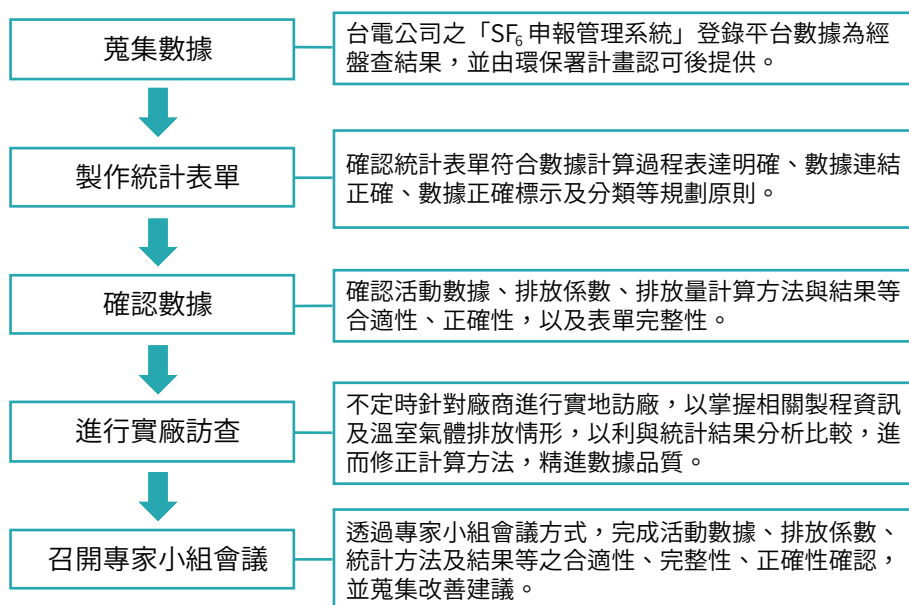


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

⁴⁵ 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. 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 (SF₆) 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。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議, 故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.8.2 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)

本項主要調查軍事應用、加速裝置、隔音窗戶、醫藥應用等使用全氟碳化物及六氟化硫所造成的排放量。行政院環境保護署計畫 (2015)⁴⁴ 表示, 因國內此項目使用較少, 故未進一步調查相關排放, 即無其他產品使用全氟碳化物及六氟化硫之排放。

4.8.3 使用氧化亞氮之產品 (2.G.3)

本項主要調查軍醫藥應用、壓力噴劑、氧化劑、氣囊膨脹使用之疊氮化鈉 (NaN₃) 生產等使用氧化亞氮的排放量。行政院環境保護署計畫 (2015)⁴⁵ 表示, 因國內此項目使用較少, 故未進一步調查相關排放, 即使用氧化亞氮產品之排放。

4.8.4 其他 (2.G.4)

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。

4.9 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「食品和飲料」一項, 主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2016 年總部門排放量約 1.7 千公噸二氧化碳當量, 約占工業製程及產品使用部門 0.01%, 1990 至 2016 年排放量如表 4.9.1 所示。

4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)

本分類調查項目產品包含酒類及食物生產等; 其中「肉、魚及家禽」、「砂糖」、「植物油及動物油」及「動物飼料」項目的氣體統計種類為 NMVOC, 故這些項目僅統計活動數據, 未納入排放量統計, 僅「啤酒生產」項目排放二氧化碳, 故以下僅針對啤酒生產進行說明。

4.9.1.1 啤酒 (2.H.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述:

啤酒生產係以麥芽、白米及啤酒花等原料, 經糖化、發酵、貯酒、過濾及包裝等製程; 其中, 過濾階段需添加二氧化碳以符合產品標準, 二氧化碳即來自此過程中排放。

2. 方法論議題:

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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:

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

表 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年其他製程排放量

(單位: 千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.H.1 食品和飲料	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91
總計	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.H.1 食品和飲料	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77
總計	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.H.1 食品和飲料	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68
總計	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68

(2) 排放係數

引用李占雙 (2003)⁴⁶ 根據工廠實況推估之排放係數 0.45 公斤二氧化碳 / 公石啤酒生產。

(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 至 2016 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 4.9.1 所示，因歷年產量穩定，排放量亦維持穩定趨勢，每年約排放 1.5 至 2 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

經濟部統計處工業統計年報調查對象為全國廠商，屬於國家級統計數據，計算結果可代表我國啤酒生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

同 4.2.2-4。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.9.2 臺灣 1990 至 2016 年啤酒產量

(單位：千公石)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	4,557	4,507	4,416	4,633	4,553	4,163	3,882	3,680	4,234	4,073	3,964	3,881	3,235	3,404
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	3,784	3,865	4,100	3,944	3,838	4,064	3,877	3,759	4,035	3,780	3,701	3,800	3,744	

表 4.9.3 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68	

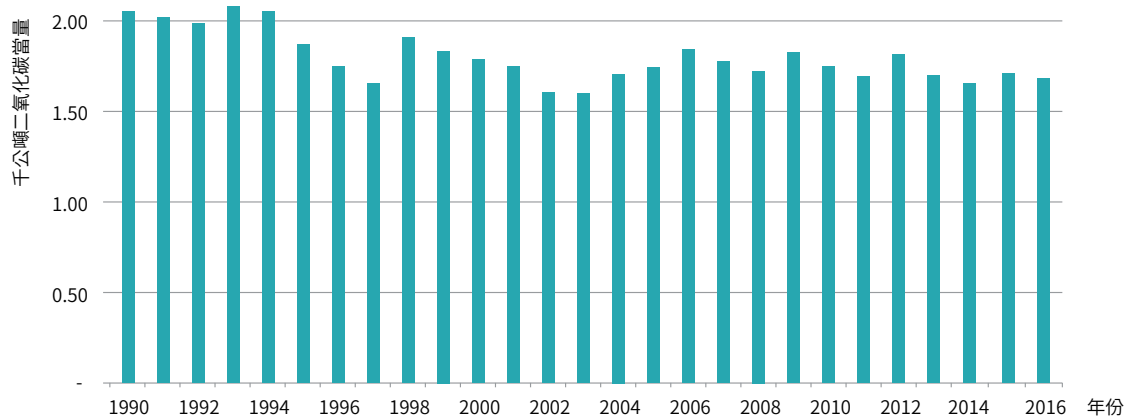


圖 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量趨勢

⁴⁶ 李占雙，啤酒生產過程中 CO₂ 管理探討，拓璞科技開發責任有限公司，中國大陸，2003。

參考文獻

1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006。
2. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查資料庫，2018。
3. 財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
4. 台灣區水泥工業同業公會資訊提供，2017。
5. 台灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2017。
6. 國內一貫煉鋼之排放清冊，2016。
7. 行政院環境保護署，台灣地區工業製程、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. 台塑企業提供資料，2016。
10. 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。
11. 行政院環境保護署，事業廢棄物申報及管理資訊系統，2018。
12. 台灣半導體產業協會提供數據，2015。
13. 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。
14. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, 2014。
15. 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。
16. 石化公會，台灣區石化公會年報，2017。
17. 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。
20. 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。
21. 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。
22. 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。
23. 行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量，2008。
24. 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。
25. 李占雙，啤酒生產過程中二氧化碳管理探討，拓璞科技開發責任有限公司，中國大陸，2003。

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 草原的焚燒 (3.E)
- 5.7 農作物殘渣燃燒 (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)

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¹(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南) 第四卷所述，農業部門溫室氣體排放共分為：3.A「畜禽腸胃發酵」、3.B「畜禽糞尿處理」、3.C「水稻種植」、3.D「農業土壤」、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暖化潛勢²(Global Warming Potential，以下簡稱 GWP) 分別為 25 與 298。

其中畜牧產業之排放源有「畜禽腸胃發酵」(甲烷)及「畜禽糞尿處理」(甲烷及氧化亞氮)，其計算範疇係指人類所飼養的家畜及家禽，至於野生動物因生態過於複雜不予列計。農糧產業之排放源主要有來自農地的「水稻種植」(甲烷及氧化亞氮)、「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」因臺灣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。

臺灣 1990 至 2016 年農業部門溫室氣體排放量及其趨勢如表 5.1.1 及圖 5.1.1 所示，自 1990 年起即呈現逐年下降趨勢，主要因臺灣加入世界貿易組織 (World Trade Organization，以下簡稱 WTO) 及經貿自由化、衝擊國內農業生產造成耕地面積及畜禽飼養減少等因素，另提升畜牧糞尿水處理及再利用、合理化施肥推廣落實亦有助溫室氣體之減量。其中禽畜部門排放量在 1996 年後連續 2 年較大幅度下降，係口蹄疫大量豬隻死亡，飼養頭數銳減之故。臺灣 2016 年農業部門溫室氣體排放源占比如圖 5.1.2，農業土壤 48.6% 為最大占比，其他如畜禽

腸胃發酵占 20.7%、畜禽糞尿處理占 8.8%、水稻種植占 20.5%、尿素施用占 1.2%、作物殘體燃燒占 0.2%。

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，而草食動物中反芻類所產生的甲烷量又較非反芻類大。

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，惟臺灣地處亞熱帶，加以並無宗教之束縛，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，另因境內河川溪流密布，鴨鵝等水禽飼養極具本土特色。

在腸胃發酵生成甲烷之研究方面，家禽之研究為臺灣特色，因此 2006 IPCC 指南雖未估算家禽類，臺灣仍將自 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；至於乳牛之研究排放係數雖大於 IPCC，但與畜牧大國使用之本土係數反較相近。因此臺灣畜禽類腸胃發酵甲烷排放量之估算方法，亦大致依據 2006 IPCC 指南之原則如表 5.2.1，係統計國內飼養量大或有研究者，如牛、山羊、豬、雞、鵝及鴨，至於鹿及馬之排放量分別未達總排放量之 5%，而綿羊、駱駝、駱馬及騾臺灣並無商業飼養，故均不計入。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南，臺灣畜禽腸胃發酵甲烷排放量的計算方法，已投入本土研究多年者，採用方法 3(Tier 3)，如乳牛及家禽，係本土個別畜種的腸胃發酵甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據的加總，至於尚無或尚

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.

未確認本土腸胃發酵甲烷排放係數者，則採用方法 1(Tier 1)，如水牛及豬，係以 2006 IPCC 指南設定該畜種之腸胃發酵甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據的加總。

公式 5.2.1 畜禽腸胃發酵甲烷之排放量

畜禽腸胃發酵甲烷之排放量 = EF × 各類畜禽年度活動數據 × (Gg/10⁶kg)

其中，甲烷排放量：腸胃發酵甲烷排放量 (Gg / 年)

EF：某畜種腸胃發酵的排放係數

使用的畜禽種類分別為：

產乳牛 ([泌乳牛] + [乾乳牛])、其他牛 ([黃牛及雜種牛 + 荷蘭牛])、水牛、山羊 ([肉羊] + [乳羊])、豬 (所有豬)、白色肉雞、有色肉雞、蛋雞 ([蛋雞] + [蛋種雞]) + [肉種雞]、鵝及肉鴨。

(2) 排放係數

臺灣自 1998 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研究，並於 2001 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、雞、鴨及鵝腸胃發酵的甲烷排放係數本土值，至於豬隻因係高度經濟動物，與其他國家豬隻品種與性能表現均大致相同，因此直接採用 2006 IPCC 指南的預設值；另山羊部分因無國內研究，亦採用 IPCC 的設定值；而鹿及馬之排放量未及總排放量之 5%，不予計入。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) 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。有關臺灣畜禽腸胃發酵排放甲烷之係數詳表 5.2.1。

表 5.1.1 臺灣 1990 年至 2016 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	二氧化碳 (CO ₂)		甲烷 (CH ₄)					氧化亞氮 (N ₂ O)				農業部門溫室氣體排放量總計
	3G 石灰處理	3H 尿素施用	3 農業部門 排放總量	3A 畜禽腸胃 發酵	3B 畜禽糞尿 處理	3C 水稻種植	3F 作物殘體 燃燒	3 農業部門 排放總量	3B 畜禽糞尿 處理	3D 農耕土壤	3F 作物殘體 燃燒	
1990	NE	142	1,873	670	206	960	38	1,897	48	1,837	12	3,911
1991	NE	146	1,901	731	236	908	25	1,933	50	1,876	8	3,980
1992	NE	139	1,864	738	234	845	48	1,866	52	1,800	15	3,869
1993	NE	131	1,863	775	240	825	22	1,897	54	1,837	7	3,890
1994	NE	135	1,832	789	247	775	21	1,883	59	1,818	7	3,850
1995	NE	151	1,855	822	259	767	7	1,872	61	1,808	2	3,878
1996	NE	151	1,839	822	266	745	7	1,907	67	1,838	2	3,897
1997	NE	134	1,723	732	219	765	7	1,710	70	1,638	2	3,567
1998	NE	127	1,622	674	192	751	6	1,609	71	1,536	2	3,359
1999	NE	119	1,644	694	205	738	7	1,583	72	1,509	2	3,345
2000	NE	131	1,618	692	210	702	14	1,794	73	1,717	4	3,543
2001	NE	94	1,565	660	201	689	15	1,720	71	1,644	5	3,379
2002	NE	93	1,479	636	194	637	13	1,729	70	1,655	4	3,301
2003	NE	83	1,394	626	192	567	9	1,597	71	1,524	3	3,074
2004	NE	84	1,320	614	193	505	8	1,710	69	1,639	2	3,114
2005	NE	62	1,387	623	195	561	8	1,598	71	1,524	2	3,047
2006	NE	60	1,368	614	195	551	8	1,629	72	1,554	3	3,056
2007	NE	58	1,341	609	185	543	5	1,595	71	1,522	1	2,993
2008	NE	57	1,299	584	180	529	6	1,514	72	1,440	2	2,870
2009	NE	56	1,281	571	175	530	5	1,547	71	1,474	2	2,884
2010	NE	54	1,274	578	176	514	5	1,528	70	1,456	2	2,856
2011	NE	53	1,301	590	180	526	5	1,469	71	1,396	2	2,823
2012	NE	55	1,300	583	172	540	5	1,496	71	1,424	2	2,851
2013	NE	45	1,304	579	166	555	3	1,432	71	1,359	1	2,781
2014	NE	40	1,286	566	164	552	4	1,427	73	1,353	1	2,753
2015	NE	38	1,268	573	163	529	4	1,397	74	1,321	1	2,703
2016	NE	33	1,284	561	164	556	3	1,395	76	1,318	1	2,712

備註：1.2005 年以前之統計資料未包含金門縣及連江縣 (因其自行統計未併入臺灣地區)。

2.NE (未估計)，指對現有排放量沒有估計。

依據近年臺灣酪農飼養環境及使用芻料之改變，分別測定其腸胃發酵之甲烷排放量 (如表 5.2.2)，檢討修正國內荷蘭乳牛的甲烷排放量，產乳牛排放係數為 125.1 kg/頭，其他牛則維持 64.3 kg/頭 (如表 5.2.3)，至於家禽的排放係數引用說明如表 5.2.4。

(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，臺灣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，至白色肉雞、有色肉雞、鵝及鴨，由於臺灣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。

(4) 排放量

臺灣 1990 年至 2016 年畜牧產業之畜禽腸胃發酵甲烷排放量，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，到 1996 年達到高峰，畜禽腸胃發酵甲烷排放量亦是；1997 年國內養豬業發生口蹄疫，自此國內畜禽飼養量陡降，2001 年起臺灣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，均使國內畜禽飼養量下滑迄今，其間雖有短暫市場現象略有波動，惟整體而言，仍呈現逐年遞減趨勢，因此畜禽腸胃發酵之甲烷排放量亦是 2001 年以後逐年遞減趨勢。

臺灣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，再予以加總所得。

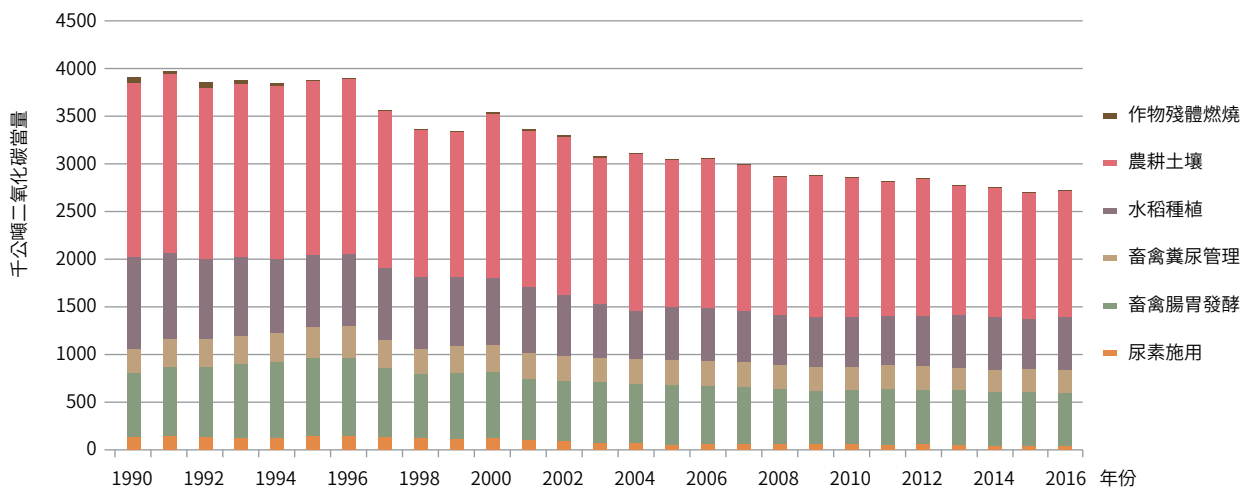


圖 5.1.1 臺灣 1990 至 2016 年農業部門排放量趨勢

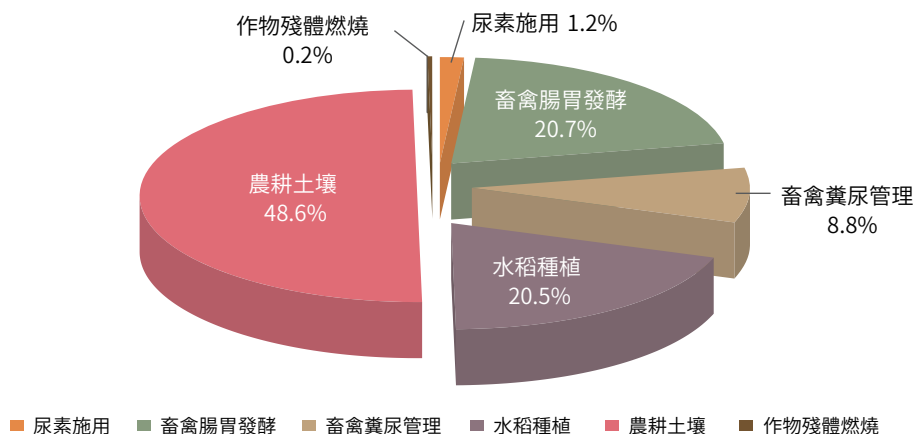


圖 5.1.2 臺灣 2016 年農業部門溫室氣體各排放源占比

表 5.2.1 臺灣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 (Dairy Cows)	125.1	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 61	30	
		其他牛 (Other Cattles)	64.3			IPCC 為 47	30	
	水牛 (Buffalo)	甲烷	55	kg/head/yr	IPCC		30	
	山羊 (Goats)	甲烷	5	kg/head/yr	IPCC		30	
	豬 (Swine)	甲烷	1.5	kg/head/yr	IPCC		30	
	家禽 (Poultry)	白色肉雞	甲烷	1.587×10^{-5}	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 資料不足 無法計算	12.1
		有色肉雞		8.482×10^{-5}	kg/bird/life cycle	本土值		12.0
		蛋雞		1.061×10^{-2}	kg/head/yr	本土值		37.3
		鵝		1.500×10^{-3}	kg/bird/life cycle	本土值		27.7
		肉鴨		2.071×10^{-3}	kg/bird/life cycle	本土值		21.7

表 5.2.2 國產牧草飼糧對荷蘭乳牛乾物採食量與瘤胃發酵甲烷排放量之影響

牛群種類	項目	盤固草	狼尾草	青貯玉米料	平均
泌乳牛	乳量, kg/head/day	22.7	18.2	21.3	20.7
	採食量, kg/head/day	18.1	19.1	19.0	18.7
	甲烷排放量, g/head/day	440	414	375(-12%)	411
乾乳牛	採食量, kg/head/day	6.2	6.3	9.4	7.3
	甲烷排放量, g/head/day	243	189(-23%)	250	227
生長女牛	採食量, kg/head/day	4.4	3.1	4.1	3.9
	甲烷排放量, g/head/day	193	164	167 (-13%)	176

表 5.2.3 臺灣荷蘭乳牛腸胃發酵甲烷排放量推估

項目	產乳牛 (泌乳牛、乾乳牛)	生長女牛
頭數比例	55%(43%, 12%)	45%
每年排放係數, kg/head/yr	125.1	64.3

資料來源：李春芳，2014，個人通訊，行政院農業委員會畜產試驗所營養組，2014 年 12 月 19 日「畜牧業溫室氣體清冊更新專家諮詢會」會議紀錄

表 5.2.4 臺灣畜禽腸胃發酵排放甲烷係數引用說明表

	細分類	溫室氣體類別	單位	引用說明
腸胃發酵	白色肉雞 ³	甲烷	kg/bird/life cycle	依文獻於不同情境下之係數： 1. 冷季 (< 15°C) : 2.04×10^{-5} ; 2. 溫季 (15-25°C) : 1.626×10^{-5} ; 3. 熱季 (> 25°C) : 1.079×10^{-5} ; 計算出平均排放係數： 1.587×10^{-5}
	有色肉雞 ⁴	甲烷	kg/bird/life cycle	依文獻於不同情境下之係數： 1. 冷季 (< 15°C) : 1.2615×10^{-4} ; 2. 熱季 (> 25°C) : 4.349×10^{-5} ; 計算出平均排放係數： 8.482×10^{-5}
	蛋雞 ⁵	甲烷	kg/head/yr	將產蛋雞在 12 個月呼吸室試驗期間之腸內發酵釋放量換算成每隻每日釋放量，對應時間作圖，並計算線下總面積，以不換羽期之數據推估得到甲烷腸內發酵氣體排放量為 1.061×10^{-2} 。
	鵝 ⁶	甲烷	kg/bird/life cycle	直接引用排放係數： 1.500×10^{-3} 。
	肉鴨 ⁷	甲烷	kg/bird/life cycle	直接引用排放係數： 2.071×10^{-3} 。

³ Wang, S.Y. and D.J. Huang. 2005. Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. Asian-Australian Journal of Animal Science 18(6):873-878. 65-75。

⁴ 同 3

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係數之評估，中國畜牧學會會誌，32(4)：151，2003。

表 5.2.5 臺灣 1990 至 2016 年畜禽活動數據

(單位：頭(家畜)/千隻(家禽))

年份	細分類	產乳牛	其他牛 ^a	水牛 ^a	山羊 ^a	豬 ^a	白色肉雞 ^b	有色肉雞 ^b	蛋雞 ^a	鵝 ^b	鴨 ^b
1990		46,342	86,020	21,876	206,366	8,565,250	74,415	135,664	25,875	4,777	38,269
1991		49,433	84,805	18,618	214,946	10,089,137	91,504	126,692	26,484	4,628	34,739
1992		53,295	87,955	16,623	247,093	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		65,281	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	6,510	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	6,256,546	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

註：1.^a 為年底在養頭/隻數，^b 為當年總生產量(年屠宰隻數)。

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

資料來源：中華民國農業統計年報⁸及畜禽統計調查結果⁹，行政院農業委員會。

表 5.2.6 臺灣 1990 至 2016 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量

(單位：頭(家畜)/千隻(家禽))

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

⁸ 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2016。⁹ 行政院農業委員會，畜禽統計調查結果，2016。

(5) 完整性

已將臺灣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）逐年辦理普查之資料（農業統計年報），依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5%；至於排放係數方面，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，又本土係數無法計算 CV% 者，直接引用 IPCC 不確定性之參考值；若直接使用 IPCC 之排放係數則直接引用 IPCC 不確定性數值。由於畜牧部門之溫室氣體排放量主要採用 Tier1 方式計算，依 IPCC 建議，相乘不確定性及加總不確定性則以誤差傳遞法（高斯 Gaussian 法；IPCC，2006）進行不確定性計算。各分項之相乘不確定性則以排放係數平方加上活動係數平方後開根號為其所得（公式 5.2.2）。加總不確定性則以各分項之相乘不確定性平方和後除上總排放量再開根號為其所得（公式 5.2.3）。經計算後 2016 年腸胃發酵甲烷排放量之不確定性為 30.55%。

公式 5.2.2

$$\text{相乘不確定性} = \sqrt{(\text{排放係數不確定性}^2 + \text{活動係數不確定性}^2)}$$

公式 5.2.3

$$\text{加總不確定性} = \sqrt{\frac{\sum(\text{各細分類CO}_2\text{當量排放量} \times \text{相乘不確定性}^2)}{\text{各細分類總合CO}_2\text{當量排放量}}}$$

(2) 時間序列的一致性

除產乳牛之甲烷排放係數外，1990 年至 2016 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

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 及查證流程為在準備農業部門畜牧部分（含 3.A 畜禽腸胃發酵及 3.B 畜禽糞尿處理）溫室氣體排放清冊過程中，先安排專家諮詢及同行審議機制；畜牧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。

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實測數據（如表 5.2.2），以及近年農業統計年報資料顯示國內泌乳牛、乾乳牛及生長女牛族群數為 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，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，修正產乳牛之腸胃發酵甲烷排放係數本土值為 125.1 公斤 / 頭 / 年，其他牛則維持 64.3 公斤 / 頭 / 年¹⁰。

另查臺灣水牛飼養量極少，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 年報告 1990 至 2013 年之清冊報告起，修正水牛腸胃發酵甲烷排放係數為 2006 IPCC 指南設定值之 55 公斤 / 頭 / 年。

6. 特定排放源的改善計畫

有關豬腸胃發酵甲烷排放之研究，以往雖因故研究中斷致一直引用 2006 IPCC 指南預設係數，惟養豬為臺灣主要畜牧經濟活動之一，而農委會畜試所進行之國內豬隻活體溫室氣體排放量調查，已將摘要發表於 2015 年 12 月份中國畜牧學會會誌，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，將俟該研究報告完備後再予採用。

¹⁰ 李春芳 2014，個人通訊，行政院農業委員會畜產試驗所營養組。

5.3 畜禽糞尿處理 (3.B)

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，尤以在人類將畜禽飼養視為國家重要經濟生產時，飼養之畜禽均已經育種改進為快速生長或生產之品種，日常代謝量大，致使糞尿量亦大，因此其產生之甲烷及氧化亞氮量亦不容忽視。

5.3.1 畜禽糞尿處理 - 甲烷

1. 排放源及匯分類的描述

臺灣地狹人稠，又位處亞熱帶，畜牧場尤以養豬、牛場，習以大量清水清潔畜舍並為畜舍及家畜降溫、散熱，自畜舍排出之糞尿通常已混入大量沖洗水。因此，環境保護法規對畜牧場之管理係以處理廢水為導向，要求畜牧場處理至符合放流水後再放流出場外。反觀美加紐澳或歐盟等畜牧大國將動物糞尿視為再生資源，又因多處溫帶或採放牧，鮮少用水，故糞尿得以儲存或堆置方式暫處理，待種植作物時，再施用於農地充當液肥。所以臺灣與其他國家在畜牧糞尿處理上，雖然過程中亦會產出溫室氣體甲烷及氧化亞氮，惟其產生量及排放方式截然不同。

臺灣自 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→厭氣發酵→好氣處理)為主。因此在畜禽糞尿處理上，豬、牛糞尿之本土係數是以三段式廢水處理之各處理階段實測值彙總所得。另外，山羊及水牛部分，臺灣飼養量較少，相關研究亦少，則使用 2006 IPCC 指南設定之排放係數。

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；另臺灣自 1998 年投入研究以來，研究人員在禽糞堆肥處理方面，亦發表多篇白色肉雞、有色肉雞及蛋雞之報告，並亦經農委會召開專家諮詢會議決議通過，因此臺灣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，臺灣畜禽糞尿處理過程中甲烷排放量的計算方法，係個別畜種的糞尿處理甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據的加總。

公式 5.3.1 畜禽糞尿處理之甲烷排放量

畜禽糞尿處理之甲烷排放量 = EF × 各類畜禽年度活動數據 × (Gg/10⁶kg)

其中，甲烷排放量：某種牲畜糞尿管理系統中的甲烷排放量 (Gg/year)

EF：某畜種糞尿管理的排放係數

使用的畜禽種類分別為：

產乳牛 ([泌乳牛] + [乾乳牛])、其他牛 ([黃牛及雜種牛 + 荷蘭牛])、水牛、山羊 ([肉羊] + [乳羊])、豬 (所有豬)、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞 ([蛋雞] + [蛋種雞] + [肉種雞])。

(2) 排放係數

臺灣自 1998 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研究，並於 2001 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、豬、肉雞及蛋雞糞尿處理過程中的甲烷排放係數本土值；另水牛及山羊部分因尚無國內研究，則採用 2006 IPCC 指南的預設值。而排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於 1 年或全年飼養量均一者，其排放係數的單位為每年每頭 (隻) 糞尿處理過程中的甲烷排放量；至如白色肉雞及有色肉雞等生命週期僅數月或全年飼養量較不一致者，其排放係數單位則為每個生命週期每隻糞尿處理中的甲烷排放量。有關臺灣畜禽糞尿處理排放甲烷之係數及引用說明詳表 5.3.1 及表 5.3.2。

(3) 活動數據

同表 5.2.5。

(4) 排放量

臺灣畜禽糞尿處理中甲烷排放量，除前開隨畜禽飼養量起伏，2001 年以後逐年遞減趨勢外，尚因臺灣自 1980 年代末期起環境保護法規開始管制養豬業，農政部門自 1991 年起全面輔導畜牧業處理廢水、糞便堆肥化，

更是使畜禽糞尿處理中甲烷排放量呈現逐年遞減趨勢，如表 5.3.3 所示。

臺灣畜禽糞尿處理中甲烷排放量，包含產乳牛、其他牛、水牛、山羊、豬、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞等 8 種主要畜種，先分別計算其糞尿處理過程中甲烷排放係數乘以該畜種年度活動數據得到該畜種當年度的糞尿處理甲烷排放量，再予以加總所得。

(5) 完整性

臺灣豬、牛糞尿處理多以三段式廢水處理方式管理，惟目前清冊僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將固液分離後所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關畜禽糞尿處理甲烷排放清冊之估算，其中活動數據係依據農委會逐年辦理普查（農業統計年報），依 2006

IPCC 指南設定不確定性為 5%；至於排放係數方面，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，又本土係數無法計算 CV% 者，直接引用 IPCC 不確定性之參考值；若直接使用 IPCC 之排放係數則直接引用 IPCC 不確定性數值。由於畜牧部門之溫室氣體排放量主要採用 Tier1 方式計算，依 IPCC 建議，相乘不確定性及加總不確定性則以誤差傳遞法 (IPCC, 2006) 進行不確定性計算。各分項之相乘不確定性則以排放係數不確定性之平方加上活動係數不確定性平方後開根號為其所得 (公式 5.3.2)。加總不確定性則以各分項之相乘不確定性平方和後除上總排放量再開根號為其所得 (公式 5.3.3)。計算後 2016 年糞尿處理甲烷排放量之不確定性為 15.04%。

公式 5.3.2

$$\text{相乘不確定性} = \sqrt{(\text{排放係數不確定性}^2 + \text{活動係數不確定性}^2)}$$

公式 5.3.3

$$\text{加總不確定性} = \sqrt{\frac{\sum(\text{各細分類CO}_2\text{當量排放量} \times \text{相乘不確定性}^2)}{\text{各細分類總CO}_2\text{當量排放量}}}$$

表 5.3.1 臺灣畜禽糞尿處理排放甲烷之係數表

	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 (%)
糞尿處理	牛 (Cattle)	產乳牛 (Dairy Cows)	甲烷	4.898	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 23	4.7
		其他牛 (Other Cattles)		1				30
	水牛 (Buffalo)		甲烷	2	kg/head/yr	IPCC		30
	山羊 (Goats)		甲烷	0.2	kg/head/yr	IPCC		30
	豬 (Swine)		甲烷	0.768	kg/head/yr	IPCC	IPCC 為 5	11.8
	家禽 (Poultry)	a. 白色肉雞	甲烷	0.00476	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 為 0.02	13.9
		b. 有色肉雞		0.00476	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 為 0.02	13.9
c. 蛋雞		0.00999		kg/head/yr	本土值	IPCC 為 0.03	30.4	

IPCC 資料以年均溫 23 度之資料為主。

表 5.3.2 臺灣畜禽糞尿處理排放甲烷係數引用說明表

	細分類	溫室氣體類別	單位	引用說明
糞尿處理	產乳牛 ¹¹	甲烷	kg/head/yr	依文獻於不同情境下之係數： 1. 月均溫 < 20°C：5.398；2. 月均溫介於 20~25°C：4.802； 3. 月均溫介於 26~30°C：4.495；計算出平均排放係數：4.898
	豬 ¹²	甲烷	kg/head/yr	依文獻於不同情境下之係數： 1. 月均溫 < 20°C：1.393；2. 月均溫介於 20~25°C：0.462； 3. 月均溫介於 26~30°C：0.449；計算出平均排放係數：0.768
	肉雞 ¹³ (白色肉雞、有色肉雞)	甲烷	kg/bird/life cycle	依文獻於不同情境下之係數： 冷季 (< 15°C)：4.480 × 10 ⁻⁵ ；溫季 (15-25°C)：3.245 × 10 ⁻³ ； 熱季 (> 25°C)：1.25 × 10 ⁻² ；計算出平均排放係數：4.76 × 10 ⁻³
	蛋雞 ¹⁴	甲烷	kg/bird/yr	直接引用排放係數：0.00999

¹¹ 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.

¹² 同註 11。

¹³ 王淑音、黃大駿、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。

¹⁴ 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。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2016 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 5.2 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

目前農業部門僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將第 1 段所產出畜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。

5.3.2 畜禽糞尿處理 - 氧化亞氮

1. 排放源及匯分類的描述

大致與章節 5.3.1 「畜禽糞尿處理 - 甲烷」之排放源相同。雖然臺灣在畜牧糞尿處理上與其他國家不同，因此

溫室氣體之排放計算儘量以本土投入研究之產乳牛、豬及雞為主。至於對山羊及水牛因臺灣飼養量少、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設定糞尿處理方式、設定糞尿中氮含量，才帶出氧化亞氮之排放係數，臺灣山羊及水牛因飼養量少，缺乏相關前置研究，致無法帶出氧化亞氮排放係數，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，臺灣畜禽糞尿處理過程中氧化亞氮排放量的計算方法，係個別畜種的糞尿處理氧化亞氮排放係數乘以該畜種年度活動數據的加總^{15、16、17}。

公式 5.3.4 畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量

畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量 = EF × 各類畜禽年度活動數據 × (Gg/10⁶kg)

表 5.3.3 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽糞尿處理之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	細分類	產乳牛	其他牛	水牛	山羊	豬	白色肉雞	有色肉雞	蛋雞	合計
1990		5.67	2.15	1.09	1.03	164.45	8.86	16.14	6.46	205.87
1991		6.05	2.12	0.93	1.07	193.71	10.89	15.08	6.61	236.47
1992		6.53	2.20	0.83	1.24	187.29	12.41	16.28	6.95	233.71
1993		7.06	2.29	0.82	1.83	189.02	14.66	17.60	7.17	240.45
1994		7.20	2.26	0.75	2.00	193.26	15.89	17.84	7.98	247.19
1995		8.13	2.14	0.64	2.15	201.76	17.78	17.94	8.24	258.79
1996		7.70	2.23	0.56	2.14	205.41	19.04	19.53	9.11	265.70
1997		7.99	2.29	0.48	2.21	152.96	22.05	21.43	9.81	219.22
1998		8.14	2.26	0.43	2.01	125.54	22.55	20.85	10.09	191.88
1999		8.10	2.25	0.46	1.82	139.07	22.02	20.86	10.21	204.79
2000		8.10	2.19	0.39	1.58	143.90	22.75	20.66	10.26	209.84
2001		7.79	2.02	0.33	1.42	137.56	22.53	19.28	9.98	201.08
2002		7.90	1.99	0.27	1.25	130.44	22.45	19.56	9.98	193.85
2003		7.28	2.11	0.25	1.21	130.15	22.63	18.62	10.05	192.29
2004		6.69	2.13	0.25	1.25	130.92	24.69	17.35	9.83	193.10
2005		6.51	2.09	0.21	1.34	138.14	19.88	17.08	10.08	195.32
2006		6.41	2.05	0.18	1.36	136.16	21.64	16.54	10.25	194.59
2007		6.51	2.23	0.17	1.27	127.49	21.11	16.13	10.07	184.99
2008		6.44	2.04	0.18	1.18	123.71	21.26	14.63	10.23	179.67
2009		6.52	2.01	0.19	1.06	118.00	22.67	14.42	10.14	175.02
2010		6.77	2.02	0.19	1.02	118.77	22.85	14.74	10.06	176.42
2011		7.00	2.09	0.18	0.95	120.30	23.88	15.57	10.08	180.06
2012		7.24	2.10	0.16	0.84	115.29	22.25	14.13	10.10	172.11
2013		7.41	2.11	0.13	0.80	111.48	21.85	12.25	10.22	166.25
2014		7.36	2.08	0.12	0.79	106.46	23.34	12.97	10.51	163.64
2015		7.57	2.13	0.12	0.78	105.53	23.39	12.58	10.63	162.72
2016		7.30	2.11	0.10	0.73	104.49	24.89	13.34	10.98	163.94

¹⁵ 同註 13。

¹⁶ 同註 14。

¹⁷ 同註 11。

其中，氧化亞氮排放：某種牲畜糞尿管理系統中的氧化亞氮排放量 (Gg/year)

EF：某畜種糞尿管理的排放係數

使用的畜禽種類分別為：

產乳牛 ([泌乳牛]+[乾乳牛])、豬(所有豬)、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞 ([蛋雞]+[蛋種雞]+[肉種雞])。

(2) 排放係數

臺灣自 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、豬及雞糞尿處理過程中的氧化亞氮排放係數本土值；至於山羊、鵝及鴨部分因無國內研究，尚未計入。而排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於 1 年或全年飼養量均一者，其排放係數的單位為每年每頭（隻）糞尿處理過程中的氧化亞氮排放量；至如白色肉雞及有色肉雞生命週期僅數月且全年飼養量較不一致，其排放係數單位則為每個生命週期每隻糞尿處理中的氧化亞氮排放量，如表 5.3.4 所示。

(3) 活動數據

同表 5.2.5。

(4) 排放量

臺灣畜禽糞尿處理中氧化亞氮排放量，除前開隨畜禽飼養量起伏，2001 年以後逐年遞減趨勢外，尚因臺灣自 1980 年末期起環保法規開始管制養豬業，農政部門自 1991 年起全面輔導畜牧業處理廢水、糞便堆肥化，更使畜禽糞尿處理中氧化亞氮排放量呈現逐年遞減趨勢（表 5.3.6）。

臺灣畜禽糞尿處理過程中氧化亞氮排放量，為包含產乳牛、豬、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞等 5 種主要畜種，先分別計算其糞尿處理過程中氧化亞氮排放係數乘以該畜種年度活動數據得到該畜種當年度的糞尿處理氧化亞氮排放量，再予以加總所得。

(5) 完整性

臺灣豬、牛糞尿處理多以提升畜牧糞尿水處理及再利用三段式廢水處理方式管理，惟目前清冊僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將第 1 段所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入。另對臺灣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。

表 5.3.4 臺灣畜禽糞尿處理排放氧化亞氮之係數表

	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 (%)	
糞尿處理	牛 (Cattle)	產乳牛 (Dairy Cows)	氧化亞氮	0.011	kg/head/yr	本土值		58.3	
	豬 (Swine)		氧化亞氮	0.002	kg/head/yr	本土值		50.0	
	家禽 (Poultry)	a. 白色肉雞	氧化亞氮		6.43×10^{-6}	kg/bird/life cycle	本土值		13.1
		b. 有色肉雞			6.43×10^{-6}	kg/bird/life cycle	本土值		13.1
	c. 蛋雞			0.0055	kg/bird/yr	本土值		21.8	

表 5.3.5 臺灣畜禽糞尿處理排放氧化亞氮係數引用說明表

	細分類	溫室氣體類別	單位	引用說明
糞尿處理	產乳牛 ¹⁸	氧化亞氮	kg/head/yr	依文獻於不同情境下之係數： 1. 月均溫 < 20°C : 0.008 ; 2. 月均溫介於 20~25°C : 0.010 ; 3. 月均溫介於 26~30°C : 0.016 ; 計算出平均排放係數 : 0.011
	豬 ¹⁹	氧化亞氮	kg/head/yr	依文獻於不同情境下之係數： 1. 月均溫 < 20°C : 0.002 ; 2. 月均溫介於 20~25°C : 0.001 ; 3. 月均溫介於 26~30°C : 0.001 ; 計算出平均排放係數 : 0.002
	肉雞 ²⁰ (白色肉雞、有色肉雞)	氧化亞氮	kg/bird/life cycle	依文獻於不同情境下之係數： 冷季 (< 15°C) : 1.753×10^{-5} ; 溫季 (15-25°C) : 2.104×10^{-6} ; 熱季 (> 25°C) : 4×10^{-6} ; 計算出平均排放係數 : 6.43×10^{-6}
	蛋雞 ²¹	氧化亞氮	kg/bird/yr	直接引用排放係數 : 0.0055

¹⁸ 同註 11。

¹⁹ 同註 11。

²⁰ 同註 13。

²¹ 同註 14。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關畜禽糞尿處理氧化亞氮排放清冊之估算，其中活動數據係依據農委會逐年辦理普查（農業統計年報），依 2006 IPCC 指南設定不確定性為 5%；至於排放係數方面，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，又本土係數無法計算 CV% 者，直接引用 IPCC 不確定性之參考值；若直接使用 IPCC 之排放係數則直接引用 IPCC 不確定性數值。由於畜牧部門之溫室氣體排放量主要採用 Tier1 方式計算，依 IPCC 建議，相乘不確定性及加總不確定性則以誤差傳遞法（高斯 Gaussian 法；IPCC, 2006）進行不確定性計算。各分項之相乘不確定性則以排放係數平方加上活動係數平方後開根號為其所得（公式 5.3.5）。加總不確定性則以各分項之相乘不確定性平方和後除上總排放量再開根號為其所得（公式 5.3.6）。計算後 2016 年糞尿處理氧化亞氮排放量之不確定性 24.35%。

公式 5.3.5

$$\text{相乘不確定性} = \sqrt{(\text{排放係數不確定性}^2 + \text{活動係數不確定性}^2)}$$

公式 5.3.6

$$\text{加總不確定性} = \sqrt{\frac{\sum(\text{各細分類CO}_2\text{當量排放量} \times \text{相乘不確定性}^2)}{\text{各細分類總合CO}_2\text{當量排放量}}}$$

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2016 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 5.2 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

目前農業部門僅計算畜禽物種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。另農委會持續於年度施政計畫中，研究探討畜牧場溫室氣體排放、減量及區域性沼氣發電模式等。

表 5.3.6 臺灣 1990 年至 2016 年畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	細分類	產乳牛	豬	白色肉雞	有色肉雞	蛋雞	合計
1990		0.15	5.10	0.14	0.26	42.41	48.07
1991		0.16	6.01	0.18	0.24	43.41	50.00
1992		0.17	5.81	0.20	0.26	45.60	52.05
1993		0.19	5.87	0.24	0.28	47.07	53.64
1994		0.19	6.00	0.26	0.29	52.40	59.13
1995		0.22	6.26	0.29	0.29	54.07	61.12
1996		0.21	6.38	0.31	0.31	59.77	66.98
1997		0.21	4.75	0.36	0.35	64.37	70.03
1998		0.22	3.90	0.36	0.34	66.19	71.01
1999		0.22	4.32	0.35	0.34	66.99	72.22
2000		0.22	4.47	0.37	0.33	67.34	72.72
2001		0.21	4.27	0.36	0.31	65.46	70.62
2002		0.21	4.04	0.36	0.32	65.52	70.46
2003		0.19	4.04	0.36	0.30	65.93	70.83
2004		0.18	4.06	0.40	0.28	64.48	69.40
2005		0.17	4.29	0.32	0.27	66.16	71.22
2006		0.17	4.23	0.35	0.27	67.28	72.29
2007		0.17	3.96	0.34	0.26	66.08	70.81
2008		0.17	3.84	0.34	0.24	67.13	71.72
2009		0.17	3.66	0.37	0.23	66.56	70.99
2010		0.18	3.69	0.37	0.24	66.00	70.47
2011		0.19	3.73	0.38	0.25	66.17	70.73
2012		0.19	3.58	0.36	0.23	66.30	70.66
2013		0.20	3.46	0.35	0.20	67.10	71.30
2014		0.20	3.30	0.38	0.21	68.97	73.05
2015		0.20	3.28	0.38	0.20	69.73	73.79
2016		0.20	3.24	0.40	0.21	72.06	76.11

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

因臺灣地處亞熱帶至熱帶間，水稻一年可兩收，因此估算水稻甲烷排放時，在排放係數與活動數據皆分為兩期作進行估算。我國水稻種植方式目前主要耕作前 30 日內，開始淹水，栽種方式主要為插秧移植，灌溉採間歇灌溉管理，土壤乾燥排水一次以上，水稻稻桿多於聯合收穫機收割後，切碎置於田間，再以耕耘機將殘體耕入田間。因臺灣各地氣候、土壤、肥料和農業操作皆有其區域特性(農委會，1995；Yang et al., 1994)^{22,23}，在甲烷排放隨上述因子變異下，甲烷排放隨臺灣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，將臺灣依地理特性，分為八個區域進行估算。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

臺灣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，以方法 2(Tier 2)，引用本土排放係數進行計算，水稻田之甲烷排放量計算方式如公式 5.4.1，由活動數據 - 水稻田耕作面積乘以排放係數，排放係數如表 5.4.1。

公式 5.4.1 水稻種植中的甲烷排放

$$CH_{4\text{水稻}} = \sum_{i,j,k} (EF_i \times A_i \times 10^{-6})$$

EF_i = 各區各期水稻田排放係數，kg-CH₄/ha/season。

A_i = 各區各期水稻種植面積，ha/年。

(2) 排放係數

排放係數引用本土水稻之排放係數，如表 5.4.1 所示，因其彙整國內多筆代表性研究調查資料，作為估算農地溫室氣體排放量研究，文中將排放係數以一期作 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 mg CH₄/m²/h 換為期作排放係數 kg CH₄/ha/season。惟宜蘭、苗栗、雲林、嘉義、臺南地區之二期作排放係數偏高，依部會內專家委員意見，以其他地區平均值 3.89 mg CH₄/m²/h 計算，換算期作排放係數為 115.7 kg CH₄/ha/season。

表 5.4.1 臺灣水稻種植各期作甲烷排放係數

地區	各期作甲烷排放係數		
	期作	排放係數 ²⁴ (mg CH ₄ /m ² /h)	期作排放係數(kg CH ₄ /ha/season)
臺北、基隆	一期稻	2.12	69.2
	二期稻	4.85	144.3
宜蘭	一期稻	0.69	22.5
	二期稻	8.93	115.7
桃園、新竹	一期稻	0.89	29.0
	二期稻	4.15	123.5
苗栗	一期稻	2.92	95.3
	二期稻	13.70	115.7
臺中、彰化、南投	一期稻	2.87	93.7
	二期稻	3.29	97.9
雲林、嘉義、臺南	一期稻	1.79	58.4
	二期稻	7.66	115.7
高雄、屏東	一期稻	0.82	26.8
	二期稻	2.94	87.5
花蓮、臺東	一期稻	1.07	68.9
	二期稻	2.11	125.3

備註：排放係數為引用文獻數值，期作排放係數為實際量測數值。

²² Yang, S.S., Lin, C.C., Chang, E.H., Chung, R.S. and Huang, S.N.. Effect of fertilizer, soil type, growth season on methane production and emission in the paddy soils of Taiwan. J. Biomass Energy Soc. China 13: 68–87, 1994.

²³ 行政院農業委員會，臺灣農家要覽，1995。

²⁴ Yang, S. S., Lai, C. M., Chang, H. L., Chang, E.H., Wei, C. B., Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan. Renewable Energy, 34:1916–1922, 2009.

(3) 活動數據

歷年種植面積係依據農委會編印「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，來源如表 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。因作物轉作政策、農業活動衰減等因素下，水稻田耕作面積逐年減少，水稻田甲烷排放量漸減，與 1990 年相比，甲烷排放量減少約 42%。近年則因休耕補助由原本的一年兩期改為一年一期，以活化休耕田，致水稻耕作面積略增，甲烷排放量略增。

(5) 完整性

在活動數據完整性方面，臺灣農業統計資料中雖註明包含陸稻，但全國耕作面積不超過 10 公頃，差異小於 0.01%，故將之全視為水稻。

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、前作物種類與殘體量等多種因素影響，而我國水稻栽培在上述因素變異多，不易逐一評估其係數，故將其納為排放係數不確定度範圍內。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

依據文獻中各分區排放係數之標準差或範圍，及其引用之相關文獻，評估水稻田甲烷排放係數之不確定性，各區排放係數之不確定性彙整如表 5.4.4 所示。

在計算過程中因排放係數 (mg-CH₄/m²/h) 乘以不同期作之耕期換算為期作排放係數 (kg-CH₄/ha/season)，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，係農委會統計資料，依 2006 IPCC 指南設定不確定性定義為 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。

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	-	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	-	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	-	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

備註：資料來源為農委會之農業統計年報²⁵。

²⁵ 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2016。

因多筆排放係數不確性大於 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性計算，各基本參數數值模擬次數為 1,000 次。相關參與結果數如表 5.4.4 所示。由蒙地卡羅模擬方法估算水稻田甲烷排放量之不確定性為約 -48% ~ 50%。

(2) 時間序列的一致性：

1990 年至 2016 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

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。農業部門排放

表 5.4.3 臺灣各區 1990 年至 2016 年水稻田甲烷排放量

(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	水稻田甲烷排放量
1990	12.70	23.00	120.79	71.59	308.32	304.29	55.18	63.74	959.61
1991	10.15	21.08	118.29	64.98	296.43	288.92	48.65	60.00	908.51
1992	7.48	16.20	112.88	62.07	285.68	260.77	40.76	58.94	844.78
1993	6.00	15.19	109.83	58.35	272.10	271.99	35.40	56.48	825.34
1994	4.62	12.23	98.11	56.90	258.97	253.16	34.23	57.06	775.28
1995	4.59	10.08	100.96	55.03	249.99	256.32	30.75	58.80	766.52
1996	3.71	9.60	94.66	52.33	243.51	246.75	31.18	62.82	744.56
1997	3.79	9.36	100.76	53.31	245.02	256.88	28.04	67.57	764.71
1998	3.40	8.52	95.17	51.37	240.08	257.22	27.73	67.87	751.36
1999	3.02	7.68	89.57	49.43	235.15	257.56	27.43	68.18	738.01
2000	2.85	7.19	79.60	45.80	226.27	247.97	25.44	67.06	702.18
2001	2.67	6.59	75.13	41.99	226.68	246.27	24.19	65.72	689.25
2002	2.38	6.01	56.55	38.03	219.21	230.55	20.28	63.59	636.59
2003	2.06	5.88	35.30	35.08	205.74	205.87	17.87	59.64	567.43
2004	2.08	5.43	27.05	28.24	199.30	167.80	14.92	60.08	504.89
2005	1.94	5.40	36.30	32.85	203.62	205.70	14.17	60.84	560.83
2006	1.67	5.40	31.12	30.79	198.74	209.33	11.61	62.45	551.11
2007	1.83	5.28	32.42	30.68	197.57	201.39	10.76	62.79	542.72
2008	1.75	5.17	30.70	29.24	190.95	196.97	10.41	63.81	529.00
2009	1.74	5.14	32.63	28.98	189.32	198.19	9.91	64.49	530.40
2010	1.71	5.30	33.23	25.24	190.92	179.11	10.33	68.32	514.15
2011	1.64	5.34	32.41	26.89	186.83	193.58	9.84	69.51	526.06
2012	1.60	5.63	32.07	27.51	188.44	203.98	9.89	70.48	539.60
2013	1.60	6.12	35.18	29.78	191.55	208.54	10.36	72.15	555.28
2014	1.56	6.16	35.78	30.04	188.35	207.92	10.25	72.34	552.40
2015	1.48	6.29	27.02	22.95	186.58	200.54	10.80	73.04	528.71
2016	1.56	6.33	35.66	31.05	188.81	207.76	10.90	73.54	555.62

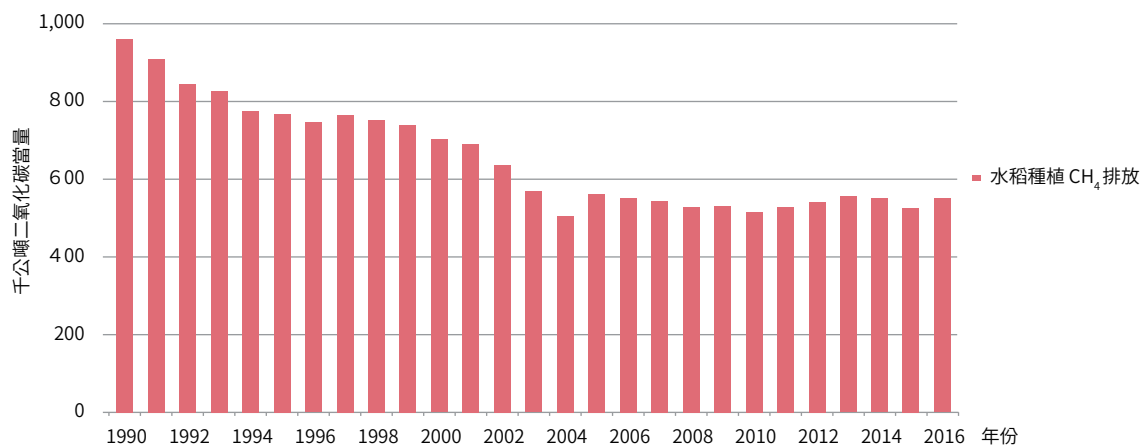


圖 5.4.1 臺灣 1990 年至 2016 年水稻田甲烷排放趨勢

源，包括 3.C「水稻種植」、3.D「農耕土壤」、3.E「草原的焚燒」、3.F「農作物殘渣燃燒」、3.G「石灰處理」及 3.H「尿素使用」之排放量統計過程中，先安排專家諮詢及同行審議機制，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農業及林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之 QA/QC 及查證。最後，送行政院環境保護署辦理國家溫室氣體清冊之 QA/QC 及查證程序。

由於甲烷使用本土排放係數，為了解本土調查係數之準確性，故列出與國外水稻田甲烷排放係數比較，如表 5.4.5 所示，排放係數雖略低於其他國家，但仍於差異範圍內，應與各國農業耕作方式差異有關。

5. 特定排放源的重新計算

無。

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九年前以密閉罩法進行調查資料 (Yang et al., 2009)³⁰。雖然，該方法在量測過程可能破壞自然狀態，造成量測誤差。由於，調查廣泛且資料多，故仍具有一定之代表性，而為農業部門排放量計算引用。目前，農委會農業試驗所（簡稱農試所）已進行利用開放式甲烷分析儀調查水稻種植中產生之甲烷，預期於 2019 年前提出以渦流協變法 (Eddy Covariance Method, EC) 及密閉罩法 (Chamber Method) 之比較，並進行甲烷排放係數之調整與更新。

表 5.4.4 臺灣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	排放係數不確定性來源與值				排放量與不確定性		
			排放係數			耕作期 差異	期作排放係數 不確定性	排放量 (2016 年)	不確定性
			計算值	標準差	範圍				
		%	mg CH ₄ /m ² /h			天		千噸二氧化碳當量	
臺北、基隆	一期稻	5	2.12	1.38	0.76~2.74	110~140	-124% ~ 114%	0.67	-124% ~ 113%
	二期稻	5	4.85	1.70	-	90~130	-69% ~ 61%	0.89	-69% ~ 62%
宜蘭	一期稻	5	0.69	0.11	-	110~140	-34% ~ 25%	6.33	-36% ~ 25%
	二期稻	5	3.89	0.94	-	90~130	-55% ~ 41%	0.00	-
桃園、新竹	一期稻	5	0.89	0.05	-	110~140	-19% ~ 7%	12.49	-20% ~ 9%
	二期稻	5	4.15	1.32	-	90~130	-67% ~ 51%	22.99	-66% ~ 49%
苗栗	一期稻	5	2.92	0.83	-	110~140	-56% ~ 49%	15.89	-56% ~ 52%
	二期稻	5	3.89	0.94	-	90~130	-50% ~ 43%	15.16	-50% ~ 42%
臺中、彰化、 南投	一期稻	5	2.87	2.95	0.05~7.06	110~140	-196% ~ 185%	101.45	-193% ~ 187%
	二期稻	5	3.29	3.15	0.40~11.13	90~130	-174% ~ 178	87.36	-176% ~ 175%
雲林、嘉義、 臺南	一期稻	5	1.79	0.75	1.07~2.82	110~140	-83% ~ 76%	92.92	-83% ~ 79%
	二期稻	5	3.89	0.94	-	90~130	-53% ~ 39%	114.84	-53% ~ 40%
高雄、屏東	一期稻	5	0.82	-	0.02~13.16	101~135	-53% ~ 846%	10.90	-55% ~ 827%
	二期稻	5	2.94	-	-	-	-	-	-
花蓮、臺東	一期稻	5	2.11	1.46	-	110~140	-130% ~ 118%	26.89	-129% ~ 120%
	二期稻	5	4.21	2.64	-	90~130	-123% ~ 105%	46.65	-123% ~ 104%
總計								555.62	-48% ~ 50%

備註：「宜蘭」、「苗栗」、「雲林、嘉義、臺南」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。其餘計算值、標準差、範圍等。
資料來源：Yang et al., 2009²⁶。

表 5.4.5 甲烷通量與排放量比較

國家	期作	排放係數 (kg CH ₄ /ha)	灌溉管理	係數分類
日本 ²⁷	單期	60 ~ 268	單次排水	土壤類型
義大利 ²⁸	單期	247~335	單次或多次排水	灌溉類型、播種方式
臺灣 ²⁹	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)

²⁶ 同註 23。

²⁷ Ministry of the Environment, Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan, 2014.

²⁸ Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), Italian, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2012 National Inventory Report, 2014.

²⁹ 同註 23。

³⁰ 同註 23。

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揮散氨 (NH₃) 和氮氧化物 (NO_x)；另一途徑為土壤中的氮素經淋洗和逕流移出。上述氮源，最終以銨離子 (NH₄⁺) 和硝酸離子 (NO₃⁻) 型態再進入土壤和水中後，產生氧化亞氮排放。

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_{SN})；(2) 有機氮肥 (F_{ON})，如動物糞肥、堆肥、廢水污泥等；(3) 放牧動物之含氮排泄物 (F_{PRP})；(4) 作物殘體 (F_{CR})，含地上和地下部之固氮作物與牧草等；(5) 礦質土壤因改變土地利用與管理，土壤有機質礦化之氮損失 (F_{SOM})；(7) 有機土壤 (F_{OS}) 之排水和管理。

臺灣農地土壤有機質含量 3% 以上僅佔 8% (譚等, 2005)³¹，一般耕地土壤有機質未達有機土壤基準 (>20%)，且無放牧動物牧草區之活動數據，因此農耕有機土壤及牧草區動物排泄物此兩項項目不計入。臺灣目前農、畜牧等相關產業的廢水或污泥很少直接施至農地，大多以廢棄物方式處理，所以不在農地產生氧化亞氮排放 (直接氧化亞氮排放)，而其處理或流到環境中的氮源產生之氧化亞氮排放 (間接氧化亞氮排放)，皆歸屬廢棄物處理部門。

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，臺灣過去已進行許多研究，包含不同作物氧化亞氮排放係數值，然因其以單位面積排放值為主，無法完整表示長期農業活動下氮素使用量的變化，故仍參照 2006 IPCC 指南之建議

方法 1(Tier 1) 進行估算，並依臺灣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

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

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

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

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

N₂O_{直接-N} = 農業土壤中 N₂O 之年直接排放量，公噸 N₂O/年
 N₂O-N_{N_{施用量}} = 農業土壤中施用氮肥之年直接排放量，公噸 N₂O/年
 N₂O-N_{OS} = 農業有機土壤中氮素之年直接排放量，公噸 N₂O/年
 N₂O-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 N₂O/年
 F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮含量，公噸 N/年
 F_{ON} = 每年施用有機肥氮含量，公噸 N/年
 F_{CR} = 每年作物殘體氮含量，公噸 N/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 N/年
 F_{OS} = 管理 / 排水有機土壤的年度面積，ha/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含量，公噸 N/年
 EF₁ = 氮投入到旱田引起的 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N / kg N 投入
 EF_{1FR} = 氮投入到水稻田引起的 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N / kg N 投入
 EF₂ = 排水 / 管理有機土壤中氧化亞氮排放的排放係數，kg N₂O-N / ha / 年
 EF_{3PRP} = 放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上所引起的 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N / kg N

由於，臺灣土壤有機質含量大於 20% 之比例低，與放牧畜養方式鮮少且無相關活動數據，故 N₂O-N_{OS}、N₂O-N_{PRP} 此兩項不列入計算。

N₂O-N 排放換算為氧化亞氮排放的計算公式如公式 5.5.2。

公式 5.5.2 N₂O-N 排放換算為氧化亞氮排放公式

$$\text{氧化亞氮排放量} = N_2O-N \times 44/28$$

臺灣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。

³¹ 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。

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」中，有臺灣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。其中，水田施氮含量資料係由農糧署直接提供，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肥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等。有關農業有機廢棄物，臺灣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，再利用於農地量少且未有統計資料，故未計算。

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肥氮總量 (不含放牧牲畜)，公噸 N/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

0.78³² = 乾物比。

2.4%^{33,34} = 有機氮肥之氮含量。

在 1990 至 2000 年， F_{ON} 為農委會農業統計年報中「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， F_{ON} 則引用行政院主計總處綠色國民所得帳之農業廢棄物排放帳的「堆肥」(F_{COMP}) 與「禽畜舍墊料」(F_{OOA}) 之總和，分別包含菇包、禽畜糞、蔬果殘渣等項目與稻穀等項目。各年度加總後，乘乾物比 0.78³¹ 再乘以氮含量 2.4%^{32,33} (0.4 至 4%)，代表施用的有機氮肥 (F_{ON})。

C. 每年作物殘體氮含量 (FCR)

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。IPCC 2006 指南建議至少將作物分為：(1) 非固氮穀物作物 (例如玉米，水稻，小麥，大麥等)；(2) 固氮穀物和豆類 (例如大豆，乾豆，鷹嘴豆，扁豆等)；(3) 根莖作物 (例如，馬鈴薯，甜薯，木薯等)；(4) 固氮牧草作物 (苜蓿，三葉草等) 及 (5) 其它牧草。依 2006 IPCC 指南建議，作物的產量統計資料需按實地乾重或鮮重進行報告，根據實際農業操作情形可採用修正係數估算乾物質產量。各作物換算的合適性與修正方式取決於各國報告中採用的標準與耕作型式不同而異。

臺灣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，在行政院主計總處綠色國民所得帳皆有統計資料，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。其餘作物殘體掩埋估算中，臺灣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三年。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

$$F_{CR-rice} = (Rice_{res} \times N_{rice})$$

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

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

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

$F_{CR-rice}$ = 水稻殘體掩埋氮含量，公噸 N/年

$Rice_{res}$ = 水稻殘體掩埋量，公噸/年

N_{rice} = 水稻殘體氮含量，公噸 N/公噸

F_{CR-i} = 作物類別 i 殘體氮含量，公噸 N/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 N/公噸

F_{CR-GFi} = 綠肥 i 殘體氮含量，公噸 N/年

GF_i = 綠肥 i 總產量，公噸/年

N_{GFi} = 綠肥殘體氮含量，公噸 N/公噸

$F_{CR-grass}$ = 牧草殘體氮含量，公噸 N/年

³² 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。

³³ 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。

³⁴ 行政院農業委員會農糧署，作物施肥手冊，2003。

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} 系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，而礦化的氮被成為氧化亞氮的氮源之一。

臺灣農地在農業操作下，土壤有機質含量呈現增加或維持平衡狀況 (郭等, 1995³⁵; 譚等, 2005³⁶; 譚與陳, 2011³⁷)，因此假設長期維持農業土壤中的氮礦化量變化為零，不估算。

(2) 排放係數

排放係數主要引用 2006 IPCC 氧化亞氮排放相關預設值，部分活動數據轉換係數則使用本土係數，如表 5.5.1。

(3) 活動數據

A. 施用的化學肥料氮含量 (Synthetic Fertilizers, F_{SN})

依據農委會之農業統計年報，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⁴²) 四項。如表 5.5.2。

a. 水、旱田施氮含量

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」中臺灣各縣市水稻生產

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含量估算，水稻田總施氮肥施用量為 1、2 期作耕作面積乘以各期水稻單位面積施氮含量而得；旱作氮肥施用量則由全國總化肥氮含量扣除水稻氮肥施用量取得。如表 5.5.3。

B. 施用的有機肥氮含量

臺灣施用有機氮肥之活動數據係採用農委會之農業統計年報與行政院主計總處之綠色國民所得帳活動數據，如表 5.5.5。

C. 農作物殘體氮含量 (Crop Residue, FCR)

依臺灣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、其他根菜類等、蔥、蒜等)；(5) 非固氮綠肥 (油菜、其他單播、混播)；(6) 固氮綠肥 (包含田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等)；(7) 非固氮牧草 (牧草)；七大類別。

因作物統計資料產量調查差異，部分作物進一步區分乾物與鮮物，乾物為作物成熟收穫，收穫物水分含量 20% 以下，鮮物為作物未完熟時收穫或水分含量 70% 以上。以本土相關研究與預設係數，修正或選擇適當乾物比、作物殘體比和氮含量，來估算估算作物殘體氮含量，如表 5.5.6 所示。

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 ³⁸	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氮礦化的排放係數 ($EF_1, \text{kg N}_2\text{O-N} / \text{kg N}$)	0.01		0.003 - 0.03
水稻田的排放係數 ($EF_{1FR}, \text{kg N}_2\text{O-N} / \text{kg N}$)	0.003		0.000 - 0.006
放牧牲畜排泄堆積在草場、牧場和圍場上所引起的 N_2O 排放的排放係數 ($EF_{3PRP}, \text{kg N}_2\text{O-N} / \text{kg N}$)	0.01		0.003 - 0.03
水稻田施氮肥量 ($\text{kg-N} / \text{ha}$)		參照表 5.5.4	
有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 乾物比 ³⁹		0.78	±10%
有機肥 (堆肥、禽畜糞肥) 中氮含量 (%) ^{40,41}		2.4%	0.5 - 4%
植物殘體比率與氮含量		參照表 5.5.6	

³⁵ 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。

³⁶ 同註 30。

³⁷ 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。

³⁸ IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 11: N_2O Emissions from Managed Soils, and CO_2 Emissions from Lime and Urea Application, 2006.

³⁹ 同註 31。

⁴⁰ 同註 32。

⁴¹ 同註 33。

⁴² 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/>，2016。

表 5.5.2 臺灣 1990 至 2016 年化學肥料施用量與施氮含量⁴³

(單位：公噸)

年份	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

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⁴¹

表 5.5.3 臺灣 1990 至 2016 年水稻田單位面積化學氮肥施用量

(單位：kg-N/ha)

年份	期作	一期作		二期作	
		施用量	範圍	施用量	範圍
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	113~226	205	118~272
2016		190	110~264	192	128~254

⁴³ 同註 24。

表 5.5.4 臺灣 1990 至 2016 年水稻田耕作面積與施肥量估算

年份	水稻 1 期作		水稻 2 期作		水稻田施氮含量 (公噸)	旱田施氮含量 (公噸)
	面積 (ha)	施氮含量 (kg-N/ha)	面積 (ha)	施氮含量 (kg-N/ha)		
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

表 5.5.5 臺灣 1990 至 2016 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		總氮含量
	堆肥	禽畜糞	禽畜舍墊料	堆肥	
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

備註：1990-2000 年引用農業統計年報⁴⁵中的堆肥與禽畜糞。2001 年後引用綠色國民所得帳報告⁴⁶中的堆肥與禽畜舍墊料。

⁴⁵ 同註 24。

⁴⁶ 行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告，2015。

臺灣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源自綠色國民所得帳值，1990 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。

E. 農耕有機土壤直接排放

臺灣農地土壤有機質含量 3% 以上僅佔全國農地面積約 8% (郭等, 1995⁶⁰; 譚等, 2005⁶¹)，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

臺灣 1990 至 2016 年農業土壤直接氧化亞氮排放總量，如表 5.5.10 所示。農業土壤的氧化亞氮直接排放主

要反應農地氮肥施用量及作物殘體氮含量等影響，2016 年與 1990 年相比，農業土壤的氧化亞氮直接排放約減少 28%。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 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亦呈現逐年遞減趨勢。

(5) 完整性

對於化學肥料施用之活動數據，依據農糧署統計⁶²資料部分年份有施用氰氮化鈣，比例低於總施氮含量之 0.1%，且非各年份有施用資料，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。

表 5.5.6 估算作物殘體投入土壤的氮含量的設定係數

分類	細項	乾物比	收穫指數	殘體比	氮含量	係數來源
非固氮作物	水稻 (乾物)	0.89	38	1.65	0.007	IPCC, 2006 ⁴⁷
	玉米 (乾物)		53	0.89		Wang 等, 1986 ⁴⁸
	玉米 (乾物)	0.88	41	1.38	0.006	IPCC, 2006 ⁴⁶
	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 ⁴⁹
	大豆 (乾物)		39	1.56		林順福等, 1991 ⁵⁰
	花生 (乾物)		47±5	1.12		黃勝忠和宋勳, 1995 ⁵¹
	花生 (乾物)	0.94	37	1.68	0.016	IPCC, 2006 ⁴⁶
	大豆 (乾物)	0.91	33	1.99	0.008	
	豆類 (乾物)	0.91	35	1.83	0.008	
	設定值 (乾物)	0.91		1.83	0.008	
	設定值 (鮮物)	0.22		1.83	0.016	
根莖類	水芋 (鮮物)		70±20	0.43		呂秀英等, 1999 ⁵²
	甘藷 (鮮物)		80±30	0.25		賴永昌等, 1996 ⁵³
	塊莖類 (鮮物)	0.22	71	0.41	0.019	IPCC, 2006 ⁴⁶
	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 ⁵⁴
	非固氮綠肥 (鮮物)				0.0021	
牧草	非固氮牧草 (鮮物)	0.22	65	0.46	0.015	IPCC, 2006 ⁴⁶

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臺灣實際作物型態，乾物比以 0.22 取代。對於乾物之乾物比、鮮物之乾物比、殘體比和殘體氮濃度之不確定性，分別設為 10%、20%、50% 和 50%。

⁴⁷ 同註 37。

⁴⁸ Wang C. S., Tsao S. H., and Liu D. J., Effects of N Fertilization on the Growth and Yield of Two Maize Hybrids. Jour. Agric. Res. China. 35(4). 437~448, 1986.

⁴⁹ 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。

⁵⁰ 林順福、詹國連、魏趨開，每穴種植株數對同質與異質大豆族群生育之影響，中華農業研究。40(3): 305-314, 1991。

⁵¹ 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。

⁵² 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。

⁵³ 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。

⁵⁴ 同註 32。

⁶⁰ 同註 34。

⁶¹ 同註 30。

⁶² 同註 41。

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）⁶³，國內有機水稻耕作面積，由 1996 年至 2016 年分別為 62 公頃至 1,853 公頃，以每年每公頃 20 噸有機肥施用量（農糧署，2003）⁶⁴ 估算，估計水稻田有機氮肥施用量約 33 至 1,001 公噸氮，僅佔總有機氮肥施用量比例 0.5 % 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 IPCC 指南建議⁶⁵ 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 SimuAr 軟體以蒙地卡羅方法進行評估，活動數據使用 2016 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.11

表 5.5.7 臺灣 1990 至 2016 年各類作物產量

(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

備註：資料由農委會之農業統計年報⁵⁵ 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。

⁵⁵ 同註 24。

⁶³ 有機農業全球資訊網。http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml，2016。

⁶⁴ 同註 33。

⁶⁵ IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting, Chapter 3. Uncertainties, 2006.

所示。 $N_2O - N$ 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 -25% ~ 127%。

(2) 時間序列的一致性：

農業土壤氧化亞氮間接排放之活動數據，例如禽畜糞肥料用量及就地翻耕掩埋量中為不連續資料。1990 至 2000 年之禽畜糞肥料用量係引用農委會之農業統計年報中堆肥加禽畜糞之合計用量，2001 年後則使用行政院主

計總處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 至 2003 年間禽畜總頭數量未有較大變化，以行政院主計總處綠色國民所得帳「禽畜舍墊料」與「堆肥」總合之期間變化較符合實際畜牧變化狀況而使用。作物殘體之水稻就地翻耕掩埋量中，2001 年後引自行政院主計總處綠色國民所得帳值，其餘年利用 2001 至 2010 年水稻產量線性迴歸 ($R^2=0.78$)，推估水稻「就地翻耕掩埋」值。其餘引自農委會農業統計年報之活動數據，在時間序列上具一致性。

表 5.5.8 臺灣 1990 至 2016 年各類作物殘體量

(單位：公噸)

作物 產量類別	水稻殘體	非固氮穀物作物 (不含水稻)	非固氮穀物 作物	固氮作物		根莖作物	固氮綠肥	非固氮綠肥	非固氮牧草
	乾物	乾物	鮮物	乾物	鮮物	鮮物	鮮物	鮮物	鮮物
1990	1,818,426	527,431	37,326	146,363	47,556	67,611	103,742	50,224	25,892
1991	1,841,201	517,518	36,017	171,229	48,395	72,509	234,976	64,614	24,814
1992	1,644,337	542,399	34,377	155,576	50,129	75,360	536,647	127,131	24,216
1993	1,777,111	546,523	40,259	163,026	48,567	69,121	571,524	152,033	23,660
1994	1,637,434	546,900	34,895	170,052	42,902	67,063	824,816	239,460	24,850
1995	1,646,038	496,713	37,439	184,555	46,704	74,158	641,590	264,105	24,003
1996	1,531,163	461,371	41,365	168,047	43,182	83,241	770,255	294,043	23,468
1997	1,621,507	377,155	39,800	165,398	50,964	78,502	643,611	433,462	21,118
1998	1,472,746	224,301	41,557	131,649	44,402	69,155	1,045,798	494,606	20,262
1999	1,519,281	168,130	37,767	126,146	41,804	83,769	1,402,521	632,189	21,608
2000	1,510,936	137,435	35,559	143,829	45,933	78,904	1,886,716	520,736	34,277
2001	1,300,000	112,821	35,940	101,000	45,468	71,428	2,101,026	524,603	31,925
2002	1,460,000	108,800	43,315	141,705	42,965	77,404	2,314,157	518,055	32,520
2003	1,369,000	99,202	38,633	135,209	43,080	71,753	2,941,530	519,672	30,729
2004	1,175,561	82,058	33,211	124,964	43,646	71,498	3,639,272	440,694	31,538
2005	1,203,054	70,834	30,850	98,272	33,665	72,598	2,971,343	278,669	28,443
2006	1,277,599	60,157	30,656	132,523	33,816	72,060	3,104,918	307,805	30,830
2007	1,094,856	55,258	28,606	96,735	26,596	68,590	2,868,136	298,286	25,946
2008	1,078,224	57,043	27,200	103,631	25,460	72,683	2,930,537	300,816	25,585
2009	1,161,635	66,814	29,479	109,427	28,630	72,148	2,941,525	310,196	28,135
2010	1,077,472	63,122	27,345	123,121	28,561	72,565	2,820,769	323,560	26,728
2011	1,229,070	60,438	29,666	132,946	35,535	74,028	2,646,966	336,126	26,325
2012	1,336,537	57,183	25,366	112,745	35,341	67,118	2,516,421	241,156	25,966
2013	1,240,134	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

備註：資料由農委會之農業統計年報⁵⁶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⁵⁷，1990-2000 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⁵⁸。
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。

⁵⁶ 同註 24。

⁵⁷ 同註 45。

⁵⁸ 同註 24。

表 5.5.9 臺灣 1990 至 2016 年各類作物殘體氮含量

(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) 乾物	非固氮穀物 作物 鮮物	固氮作物		根莖作物 鮮物	固氮綠肥 鮮物	非固氮綠肥 鮮物	非固氮牧草 鮮物	作物總殘體
				乾物	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

備註：資料由農委會之農業統計年報⁵⁹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。

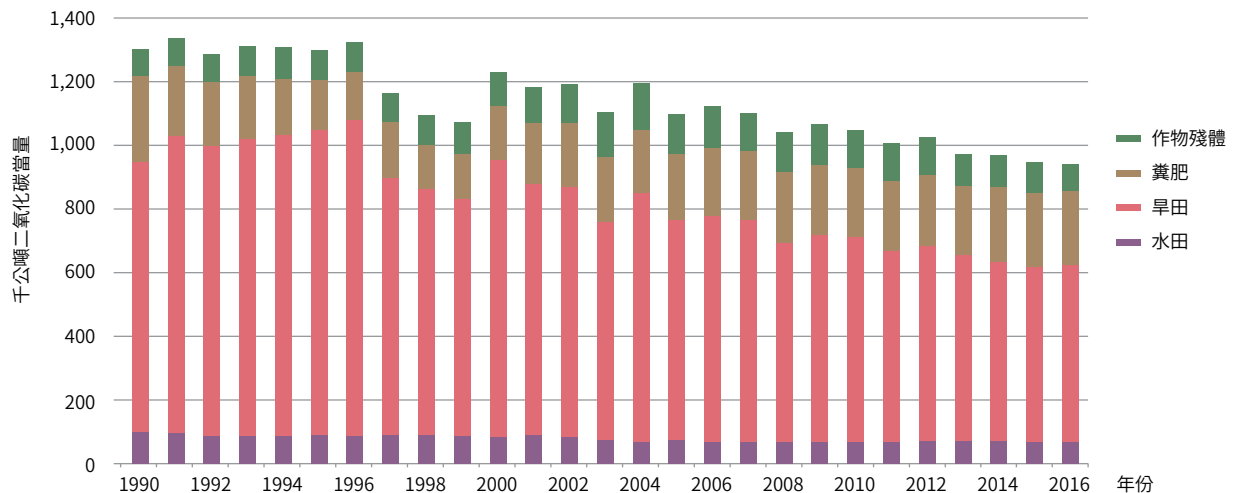


圖 5.5.1 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤直接氧化亞氮排放趨勢

⁵⁹ 同註 24。

表 5.5.10 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤直接氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳)

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	269.47	97.05	1,315.77
1991	95.30	936.60	218.61	101.80	1,352.31
1992	90.96	907.28	197.61	103.21	1,299.07
1993	88.51	933.04	198.47	108.61	1,328.63
1994	86.46	947.68	173.36	110.16	1,317.66
1995	90.18	961.42	151.76	106.32	1,309.67
1996	86.35	996.75	146.78	104.49	1,334.37
1997	91.72	803.70	179.34	103.12	1,177.87
1998	91.55	773.41	138.79	100.42	1,104.16
1999	90.02	744.85	139.83	110.12	1,084.82
2000	82.91	873.36	168.25	120.05	1,244.56
2001	89.04	794.77	185.98	114.83	1,184.61
2002	82.93	790.25	196.11	126.77	1,196.06
2003	74.19	690.63	201.06	136.63	1,102.50
2004	65.45	785.82	199.60	144.13	1,195.00
2005	74.15	693.30	208.29	126.08	1,101.82
2006	71.89	706.45	214.24	132.88	1,125.46
2007	70.63	696.12	215.76	118.75	1,101.27
2008	69.66	627.22	222.52	120.10	1,039.50
2009	70.99	647.51	222.03	124.17	1,064.70
2010	69.06	641.86	221.64	119.07	1,051.62
2011	71.91	601.15	211.51	121.22	1,005.80
2012	73.06	610.68	222.21	119.30	1,025.24
2013	74.30	583.91	214.21	102.55	974.97
2014	75.37	563.88	227.31	101.91	968.47
2015	70.68	556.76	224.18	95.58	947.20
2016	73.39	560.34	221.53	87.12	942.37

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		2016 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (公噸 N)	排放係數 (kg N ₂ O-N / kg N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)
化學氮肥	水稻田	52,239 公噸氮 (-74% ~ 72%)				52,239 (-74% ~ 72%)	0.003 (0- 0.006)	73.39 (-88% ~ 135%)
	旱田	119,657 公噸氮 (±32%)				119,657 (±32%)		560.34 (-53% ~ 186%)
有機氮肥	堆肥	2,447,638 公噸 (±5%)	乾物比 0.78			47,306 (-61% ~ 49%)	0.01 (0.003 - 0.03)	221.53 (-64% ~ 210%)
	禽畜舍墊料	79,389 公噸 (±5%)	(-9% ~ 10%) 氮含量 2.7% (0.5%~4%)					
作物殘體	作物殘體分類	殘體量 (公噸)	乾物比	殘體比 (±50%)	氮含量 (±50%)	殘體氮含量 (公噸 N)	0.01 (0.003 - 0.03)	87.12 (-52% ~ 176%)
	水稻	1,266,132 (±5%)	1 (±10%)	1	0.007	8,863(-66% ~ 76%)		
	非固氮穀 (乾物)	73,910 (±4%)	0.88 (±10%)	1.53	0.007	697(-63% ~ 82%)		
	物作物 (鮮物)	99,750 (±5%)	0.22 (±20%)	1.53	0.008	269(-60% ~ 81%)		
	固氮作物 (乾物)	76,885 (±4%)	0.91 (±10%)	1.83	0.008	1,024(-57% ~ 77%)		
	(鮮物)	76,091 (±4%)	0.22 (±20%)	1.83	0.016	490(-64% ~ 83%)		
	根莖類 (鮮物)	774,342 (±2%)	0.22 (±20%)	0.41	0.016	1,118(-61% ~ 82%)		
	固氮綠肥 (鮮物)	1,120,240 (±3%)	-	-	0.022	5,377(-63% ~ 80%)		
	非固氮綠肥 (鮮物)	149,561 (±4%)	-	-	0.048	314(-61% ~ 77%)		
	非固氮牧草 (鮮物)	894,605 (±5%)	0.22 (±20%)	0.46	0.015	453(-63% ~ 82%)		
小計					18,604(-38% ~ 42%)	942.37 (-25% ~ 127%)		

備註：資料由農委會之農業統計年報⁶⁶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。

⁶⁶ 同註 23。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同章節 5.4 3.C 水稻種植之說明。

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 (kg N₂O/ha) 與 IPCC 估算方法之氮肥使用排放係數 (kg N₂O/kg N) 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 (Chamber Method) 方式量測水田的氧化亞氮排放，預計於 2020 年底提出本土水田排放係數，未來再依田間量測數據提出旱作氧化亞氮排放係數，以提高農地氧化亞氮排放估算之準確性與精確性。

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 NH₃ 及 NO_x 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 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 進行估算，並依臺灣農業耕作國情不同進行調整。

A. 揮散 (N₂O_(ATD))

用公式 5.5.5 估算農業土壤中揮散氮經大氣沉降後再轉化的氧化亞氮排放：

公式 5.5.5 農業土壤中氮揮散產生的氧化亞氮排放

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

N₂O_(ATD)-N = 每年農業土壤中揮散氮經大氣沉降後再轉化的 N₂O-N 的量，公噸 N₂O - N/ 年

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮含量，公噸 N/ 年

Frac_{GASF} = 以 NH₃ 和 NO_x 形式揮散的化肥氮含量比例，kg 揮散氮 /kg 施用氮含量

F_{ON} = 每年施用於土壤的有機肥氮含量，公噸 N/ 年

F_{PRP} = 每年放牧牲畜排泄在草場、牧場和圍場上的糞尿氮含量，公噸 N/ 年

Frac_{GASM} = 以 NH₃ 和 NO_x 形式揮散的氮與施用的有機肥氮含量 (F_{ON}) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮含量比例 (F_{PRP})，kg 揮散 N / (kg 施用和排泄的 N)

EF₄ = 氮揮散和再沉降後氮的 N₂O 排放係數，kg N₂O-N / kg 揮散的 NH₃-N + NO_x-N

表 5.5.12 農業土壤直接氧化亞氮之本土與預設排放係數

(單位：公噸)

排放源	排放係數或平均排放係數 (不確定性或範圍)			來源
	mg N ₂ O/m ² /h	g N ₂ O/m ²	kg N ₂ O-N/kg N	
水稻田			0.003 (0.000 - 0.006)	IPCC,2006 ⁶⁷
旱田			0.01 (0.003 - 0.03)	
水稻田一期作	0.121(0.020~0.174)		0.020 ^a (0.0003~0.028)	Yang 等人，2003。 ⁶⁸
水稻田二期作	0.048(0.001~0.105)		0.007 ^a (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 ^b (0.007~0.051)	
水果		1.14(0.56~2.23)	0.012 ^b (0.006~0.024)	
花卉		0.49(0.21~0.77)	0.008 ^b (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. ^a 對於單位面積排放係數換算為投入量排放係數，水稻田施氮含量是以 200 kg-N/ha，耕作期一期作 136 天、二期作 124 天估算。

3. ^b 對於單位面積排放係數換算為投入量排放係數，旱田、蔬菜、水果和花卉之施氮含量分別以：260、350、600 及 400 kg-N/ha 估算。

⁶⁷ 同註 36。

⁶⁸ Yang, S. S., Liu, C.M., Lai, C.M. and Liu, Y. L., Estimation of methane and nitrous oxide emission from paddy fields and uplands during 1990–2000 in Taiwan. Chemosphere 52: 1295–1305, 2003.

B. 淋洗 / 逕流 (N₂O_(L))

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

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

N₂O(L)-N = 地區每年因土壤中氮淋洗和逕流產生的 N₂O-N 的排放量，公噸 N₂O-N / 年

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮含量，公噸 N / 年

F_{ON} = 每年施用於土壤的有機肥氮含量，公噸 N / 年

F_{PRP} = 每年放牧牲畜排泄在草場、牧場和圍場上的糞尿氮含量，公噸 N / 年

F_{CR} = 每年作物殘體氮含量，公噸 N / 年。

F_{SOM} = 每年礦質土壤中因土地利用或管理引起的土壤有機質中土壤碳損失相關聯的氮礦化量，公噸 N / 年。

Frac_{LEACH-(H)} = 農業土壤中通過淋洗和逕流所流失的氮含量佔總施用氮含量的比例，kgN / kg 投入的 N

EF₅ = 氮淋洗和逕流引起的 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N / kg 揮散的 NH₃-N + NO_x-N

最後用公式 5.5.2 將 N₂O_(ATD)-N、N₂O_(L)-N 排放量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_{SN})、施用的有機氮肥氮含量 (F_{ON})、作物殘體氮含量 (F_{CR}) 與氧化亞氮直接排放計算相同。

(4) 排放量

臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接之氧化亞氮排放總量，如表 5.5.14、表 5.5.15、圖 5.5.2 與圖 5.5.3 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。2016 年揮散與淋洗 / 逕流產生之間接氧化亞氮排放量，相較於 1990 年皆約減少 28%。

(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 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 2016 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 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 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 1000 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 -24% ~ 543%。

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，以蒙地卡羅方法進行不確定性評估。因此農地間接氧化亞氮排放 - 淋洗 / 逕流之不確定性利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅方法進行，模擬設定對於活動數據、乾物比、殘體比、氮含量皆設為常態分佈 (輸入均值、標準差)，活動數據使用 2016 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 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 1000 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 -41% 至 314%。

表 5.5.13 農業土壤 N₂O 間接排放的預設排放、揮散和淋洗係數

因子	IPCC 預設值 (範圍)
EF ₄ [氮揮散和再沉降](kg N ₂ O-N / kg 揮散的 NH ₃ -N + NO _x -N)	0.010(0.002 - 0.05)
EF ₅ [淋洗和逕流](kg N ₂ O-N / kg 淋洗和逕流的 N)	0.0075(0.0005 - 0.025)
Frac _{GASF} [化肥揮散](kg NH ₃ -N + NO _x -N / kg 投入的 N)	0.10(0.03 - 0.3)
Frac _{GASM} [所有施用有機氮肥中的揮散，含放牧牲畜排泄的尿液和糞便](kg 揮散 N / kg 施用和排泄的 N)	0.20(0.05 - 0.5)
Frac _{LEACH-(H)} [灌溉的地區，通過淋洗 / 逕流的氮損失](kg N / kg 投入的 N)	0.30(0.1 - 0.8)

表 5.5.14 臺灣 1990 至 2016 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	53.89	172.37
1991	125.43	43.72	169.15
1992	121.05	39.52	160.57
1993	122.81	39.69	162.50
1994	123.59	34.67	158.26
1995	126.20	30.35	156.55
1996	128.46	29.36	157.81
1997	110.94	35.87	146.81
1998	107.86	27.76	135.61
1999	104.49	27.97	132.46
2000	114.97	33.65	148.62
2001	109.16	37.20	146.35
2002	106.67	39.22	145.89
2003	93.79	40.21	134.00
2004	100.40	39.92	140.32
2005	94.05	41.66	135.70
2006	94.61	42.85	137.46
2007	93.16	43.15	136.31
2008	85.94	44.50	130.45
2009	88.42	44.41	132.82
2010	87.20	44.33	131.53
2011	84.09	42.30	126.39
2012	85.42	44.44	129.86
2013	83.16	42.84	126.00
2014	81.51	45.46	126.97
2015	79.24	44.84	124.07
2016	80.50	44.31	124.80

表 5.5.15. 臺灣 1990 至 2016 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	60.63	21.84	349.04
1991	282.21	49.19	22.91	354.30
1992	272.36	44.46	23.22	340.05
1993	276.32	44.66	24.44	345.41
1994	278.07	39.01	24.79	341.87
1995	283.95	34.15	23.92	342.02
1996	289.03	33.03	23.51	345.56
1997	249.62	40.35	23.20	313.17
1998	242.68	31.23	22.59	296.50
1999	235.10	31.46	24.78	291.34
2000	258.69	37.86	27.01	323.56
2001	245.60	41.84	25.84	313.28
2002	240.00	44.12	28.52	312.65
2003	211.03	45.24	30.74	287.01
2004	225.90	44.91	32.43	303.24
2005	211.60	46.87	28.37	286.84
2006	212.87	48.20	29.90	290.97
2007	209.60	48.55	26.72	284.87
2008	193.37	50.07	27.02	270.46
2009	198.94	49.96	27.94	276.83
2010	196.21	49.87	26.79	272.87
2011	189.19	47.59	27.28	264.06
2012	192.20	50.00	26.84	269.04
2013	187.10	48.20	23.07	258.38
2014	183.40	51.15	22.93	257.47
2015	178.28	50.44	21.51	250.23
2016	181.12	49.84	19.60	250.56

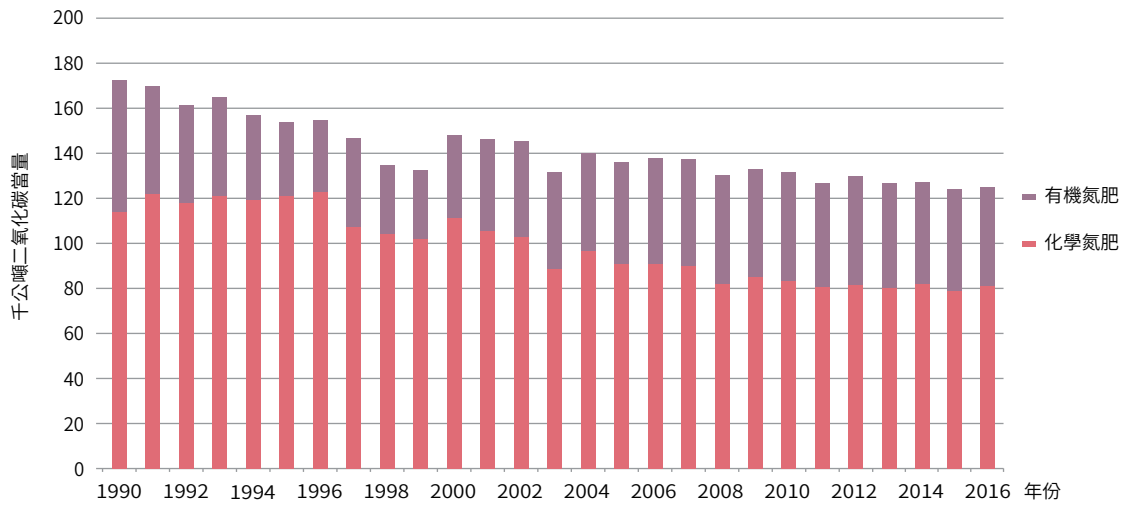


圖 5.5.2 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮-揮散排放趨勢

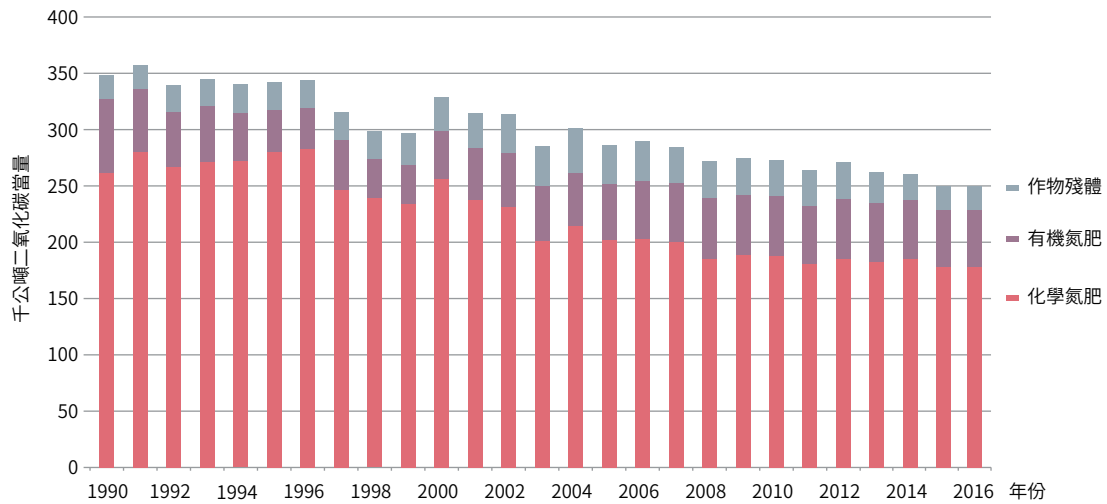


圖 5.5.3 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤間接氧化亞氮-淋洗/逕流排放趨勢

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	2016 年活動數據	轉換係數	氮投入量 (公噸 N)	揮散係數 (kg NH ₃ -N + NO _x -N) / (kg 投入的 N)	排放係數 (kg N ₂ O-N) / (kg 揮散的 NH ₃ -N + NO _x -N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)
化學肥料	171,896 公噸氮 (±4%)	-	171,896 (±4%)	0.1 (0.03-0.3)	0.001 (0.0005- 0.05)	80.50 (-50%~736%)
有機氮肥	堆肥 2,447,638 公噸 (±5%)	乾物比 0.78 (-9% ~ 10%)	47,306 (-61% ~ 49%)	0.2 (0.05~0.5)		44.31 (-70%~666%)
	禽畜舍墊料 79,389 公噸 (±5%)	氮含量 2.7% (0.5% ~ 4%)				
小計						124.80 (-24%~543%)

(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 3.C「水稻種植」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。但因各區域因土壤特性、氣候條件與地質條件不同，變異甚大，需再累積更多的數據，故此改善計畫提擬列為長期目標。

5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量

1. 總排放量

臺灣 1990 至 2016 年農業土壤氧化亞氮排放總量，如表 5.5.18 及圖 5.5.4 所示。氧化亞氮排放總量，因農業活動衰減、作物轉作政策及合理化施肥推廣等因素下，排放量逐年降低，2016 年產生之氧化亞氮排放量，相較於 1990 年減少 28%。

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		2016 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (公噸 N)	淋洗 / 逕流係數 (kg N / kg 投入的 N)	排放係數 (kg N ₂ O-N) / (kg 淋洗和逕流的 N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)		
化學氮肥	171,896 公噸氮 (±4%)	-	171,896(±4%)			52,239 (-74% ~ 72%)	0.3 (0.1-0.8)	0.0075 (0.0005- 0.025)	181.12(-64% ~396%)		
有機氮肥	堆肥	2,447,638 公噸 (±5%)	乾物比 0.78 (±10%)			47,306 (-61% ~ 49%)			49.84(-69% ~463%)		
	禽畜舍墊料	79,389 公噸 (±5%)	氮含量 2.7% (0.5~4%)								
作物殘體	作物殘體分類	作物殘體量 (公噸)	乾物比	殘體比 (±50%)	氮含量 (±50%)	殘體氮含量 (公噸 N)					
	水稻	1,266,132 (±5%)	1 (±10%)	1	0.007	8,863 (-66% ~ 76%)					
	非固氮穀物作物	(乾物)	73,910 (±4%)	0.88 (±10%)	1.53	0.007			697 (-63% ~ 82%)		
		(鮮物)	99,750 (±5%)	0.22 (±20%)	1.53	0.008			269 (-60% ~ 81%)		
	固氮作物	(乾物)	76,885 (±4%)	0.91 (±10%)	1.83	0.008			1,024 (-57% ~ 77%)		
		(鮮物)	76,091 (±4%)	0.88 (±20%)	1.83	0.016			490 (-64% ~ 83%)		19.60(-71% ~406%)
	根莖類作物 (鮮物)	774,342 (±2%)	0.22 (±20%)	0.41	0.016	1,118 (-61% ~ 82%)					
	固氮綠肥 (鮮物)	1,120,240 (±3%)	-	-	0.022	5,377 (-63% ~ 80%)					
	非固氮綠肥 (鮮物)	149,561 (±4%)	-	-	0.048	314 (-61% ~ 77%)					
	非固氮牧草 (鮮物)	894,605 (±5%)	0.22 (±20%)	0.46	0.015	453 (-63% ~ 82%)					
小計					18,604 (-38% ~ 42%)		19.60(-71% ~406%)				

備註：資料由農委會之農業統計年報⁶⁹彙整而來，各項分類作物所含作物種類如下：

1. 非固氮穀物作物 (乾物)：飼料玉米、高粱、其他 - 雜糧、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。

⁶⁹ 同註 24。

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 -3% 至 141%。

5.6 草原的焚燒 (3.E)

本項估算草原的焚燒相關的非二氧化碳排放，臺灣鮮有此系統，亦無統計資料，故此處不計算。

表 5.5.18 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤氧化亞氮排放總量

(單位：千公噸二氧化碳)

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	合計排放量
1990	1,315.77	172.37	349.04	1,837.18
1991	1,352.31	169.15	354.30	1,875.76
1992	1,299.07	160.57	340.05	1,799.70
1993	1,328.63	162.50	345.41	1,836.54
1994	1,317.66	158.26	341.87	1,817.79
1995	1,309.67	156.55	342.02	1,808.24
1996	1,334.37	157.81	345.56	1,837.74
1997	1,177.87	146.81	313.17	1,637.85
1998	1,104.16	135.61	296.50	1,536.28
1999	1,084.82	132.46	291.34	1,508.61
2000	1,244.56	148.62	323.56	1,716.74
2001	1,184.61	146.35	313.28	1,644.24
2002	1,196.06	145.89	312.65	1,654.60
2003	1,102.50	134.00	287.01	1,523.52
2004	1,195.00	140.32	303.24	1,638.55
2005	1,101.82	135.70	286.84	1,524.36
2006	1,125.46	137.46	290.97	1,553.89
2007	1,101.27	136.31	284.87	1,522.45
2008	1,039.50	130.45	270.46	1,440.41
2009	1,064.70	132.82	276.83	1,474.35
2010	1,051.62	131.53	272.87	1,456.02
2011	1,005.80	126.39	264.06	1,396.25
2012	1,025.24	129.86	269.04	1,424.14
2013	974.97	126.00	258.38	1,359.35
2014	968.47	126.97	257.47	1,352.92
2015	947.20	124.07	250.23	1,321.50
2016	942.37	124.80	250.56	1,317.73

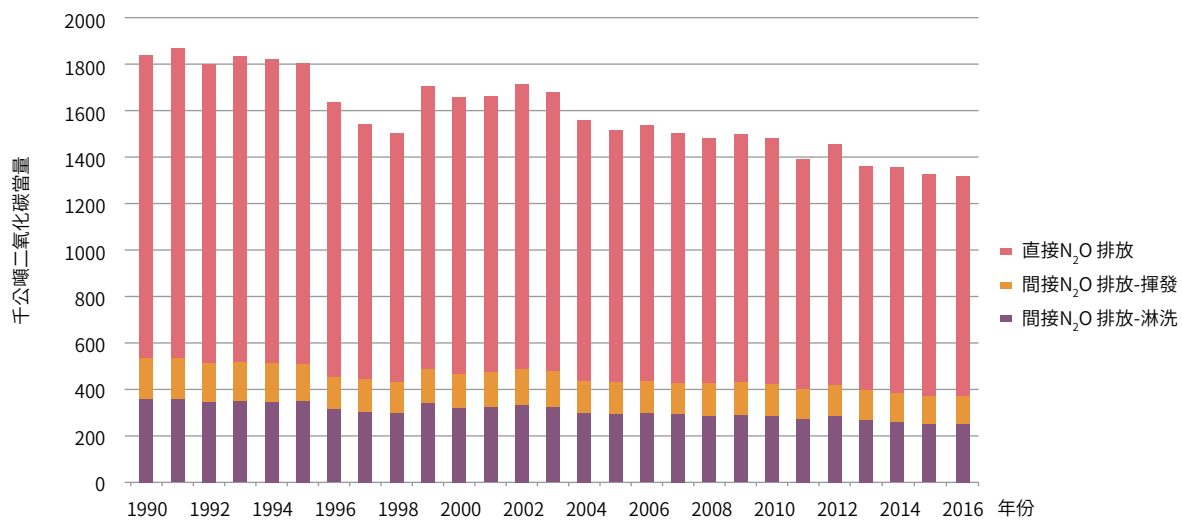


圖 5.5.4 臺灣 1990 至 2016 年農業土壤氧化亞氮排放趨勢

5.7 農作物殘體燃燒 (3.F)

本項估算農業殘體的焚燒相關的非二氧化碳排放。依據 2006 IPCC 指南建議，因假設焚燒過程中釋放的碳會在下一個生長季節被作物或植被再吸收，不需估算生質量焚燒產生的二氧化碳排放。

1. 排放源及匯分類的描述

此部分是計算現地焚燒農作物殘體時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含甲烷、一氧化碳、氧化亞氮及氮氧化物。因假設焚燒農作物殘體時所產生的二氧化碳會被再生長出來植物所吸收，故不予計算，因此在本項只計算焚燒產生的甲烷及氧化亞氮。我國的農業殘體焚燒主要是以水稻稻藁為主，其他 2006 IPCC 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 提供之預設方法 1(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

MB = 焚燒物的單位面積質量，稻藁的質量，公噸

Cf = 焚燒係數，無單位 (表 5.7.1)

Gef = 排放係數，公斤 / 公噸乾物質焚燒 (表 5.7.2)

(2) 排放係數

表 5.7.1、表 5.7.2 為 2006 IPCC 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，1999 至 2000 年引自農委會之農業統計年報：自給肥料 - 草木灰（稻草經焚燒後之灰燼），以焚燒殘餘量 20% 推算被焚燒稻藁之量，2001 年後引自行政院主計總處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

臺灣 1990 至 2016 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 5.7.1、圖 5.7.1 所示。臺灣於 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，減量約 91%。

(5) 完整性

臺灣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。

表 5.5.19 農業土壤氧化亞氮排放量不確性

農業土壤氧化亞氮排放源	2016 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	942.37	-25% ~ 127%
間接氧化亞氮排放 - 揮散	124.80	-24% ~ 543%
間接氧化亞氮排放 - 淋洗 / 逕流	250.56	-41% ~ 314%
農業土壤氧化亞氮排放量	1,317.73	-3% ~ 141%

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	焚燒係數均值 (Cf)
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	2.7	0.07

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

活動數據係引用官方之農業統計數據，依 2006 IPCC 指南設定不確性為 5%；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 年後係引用行政院主計總處之綠色國民所得帳的稻藁焚燒量，1990 至 2000 年焚燒量作物殘體焚燒之活動數據引自農委會之農業統計年報：自給肥料 - 草木灰（稻草經焚燒後之灰燼），以焚燒殘餘量 20% 推算被焚燒稻藁之量。

表 5.7.3 臺灣 1990 至 2016 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

備註：1990 至 2000 年引自農委會之農業統計年報 70：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 71：稻藁焚燒量。

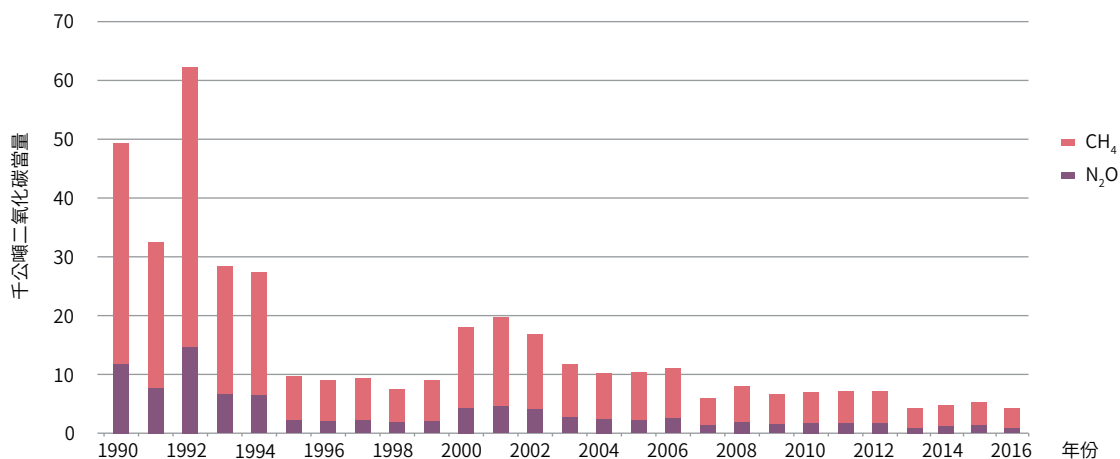


圖 5.7.1 臺灣 1990 至 2016 年作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮排放趨勢

70 同註 24。

71 同註 45。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來官方之綠色國民所得帳，同依照國內統計法、統計法施行細則及其他有關法令執行，其餘同章節 5.4 3.C「水稻種植」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)

1. 排放源及匯分類的描述

於土壤中使用石灰的目的係以改善土壤酸鹼度，使土壤性質適於植物生長，而施用碳酸鹽類石灰，包括含鈣性石灰 (CaCO₃) 或白雲岩 (CaMg(CO₃)₂) 等，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO₃⁻)，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)⁷²，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(NH₂)₂) 在水分和尿素酶作用下轉化為銨離子 (NH₄⁺)、氫氧離子 (OH⁻) 和碳酸氫離子 (HCO₃⁻)，而碳酸氫根最後轉變為二氧化碳和水。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1(Tier 1)，以活動數據和排放係數相乘，即公式 5.9.1 估算尿素水解過程中之二氧化碳排放；最後乘以 44/12 將 CO₂ - C 排放量換算成二氧化碳排放量。

表 5.7.4 臺灣 1990 至 2016 年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	氧化亞氮
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	4.52	1.36
2016	3.31	1.02

⁷² 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。

公式 5.9.1 施用尿素產生的年二氧化碳排放

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

$\text{CO}_2\text{-CEmission}$ = 尿素施用產生的年碳排放，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，IPCC 預設值 = 0.2

(2) 排放係數

尿素採用的總排放係數 (EF) 為 0.20，為尿素 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) 原子量中的碳含量的 20%。

(3) 活動數據

如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表 5.9.1 及圖 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逐年下降，2016 年排放量較 1990 年減少 76%。

表 5.9.1 臺灣 1990 至 2016 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 ⁷³	二氧化碳排放量
	公噸	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

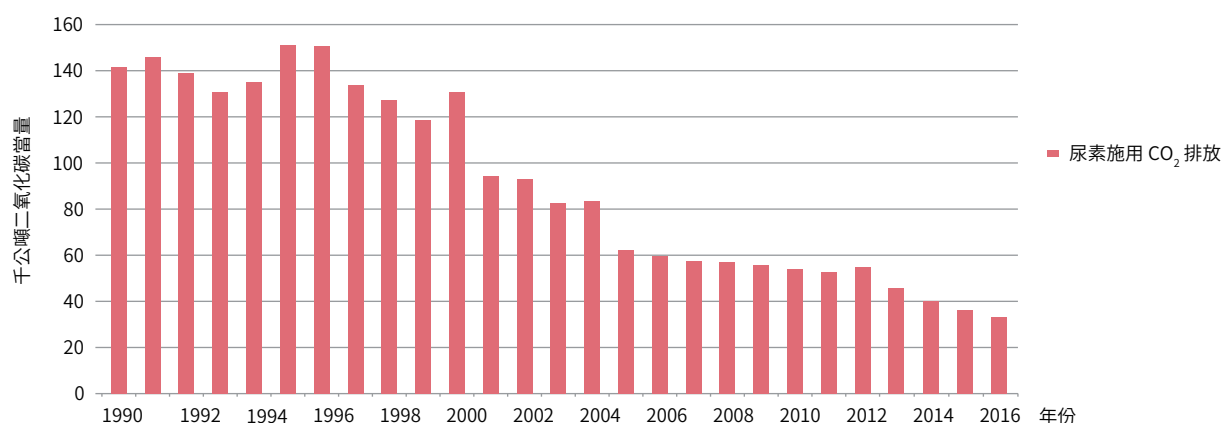


圖 5.9.1 臺灣 1990 至 2016 年尿素施用產生二氧化碳排放趨勢

⁷³ 同註 24。

(5) 完整性

活動數據完整取自農委會之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%，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，故無正值不確定性。活動數據引自農業統計年報之活動數據，依 2006 IPCC 指南設定其不確定性 5%。利用誤差傳播法組合不確定性，計算結果如下：

$$\text{上限： } U_{\text{urea apply CO}_2} = \sqrt{0^2 + 5^2} = 5\%$$

$$\text{下限： } U_{\text{urea apply CO}_2} = -\sqrt{50^2 + 5^2} = -50\%$$

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2015 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 3.C 「水稻種植」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)

依據農委會之農業統計年報，其他含碳肥料為氫化鈣(Ca(CN)₂)，但因其使用量少且無確切統計數據，故本項暫未估算。

5.11 其他 (3.J)

無其他項目。

參考文獻

1. IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gases Inventories, 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.
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, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
7. IPCC 2006, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting, Chapter 3. Uncertainties.
8. 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.
9. IPCC 2007, Fourth Assessment Report: Climate Change.
10. Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA) 2014, Italian, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2012 National Inventory Report.
11. Ministry of the Environment 2014, Japan, National Greenhouse Gas Inventory Report of Japan.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 行政院農業委員會 2016，《中華民國農業統計年報》，臺北，臺灣：行政院農業委員會。
20. 行政院農業委員會 2016，《畜禽統計調查結果》，臺北，臺灣：行政院農業委員會。
21. 李春芳 2014，《個人通訊》，臺南，臺灣：行政院農業委員會畜產試驗所。
22. 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。
23. 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。
24. 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。

25. 行政院主計總處 2016, 《綠色國民所得帳編製報告》, 臺北, 臺灣: 行政院主計總處。
26. 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。
27. 行政院農業委員會 2016, 《中華民國農業統計年報》, 臺北, 臺灣: 行政院農業委員會。
28. 行政院農業委員會農糧署 2003, 《作物施肥手冊》, 南投, 臺灣: 行政院農業委員會農糧署。
29. 行政院農業委員會農糧署 2016, 《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。
30. 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/>, 2016。
31. 有機農業全球資訊網。 <http://info.organic.org.tw/supergood/front/bin/home.phtml>, 2016。
32. 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。
33. 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。
34. 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。
35. 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。
36. 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。
37. 郭鴻裕、朱戩良、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。
38. 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。
39. 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。
40. 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。
41. 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。
42. 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。

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

6.2 森林土地 (4.A)

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

聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1997 年將土地使用、土地使用改變及林業 (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) 納入國家溫室氣體清冊指南 (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC 1996 Guidelines, 以下簡稱 1996 IPCC 指南)¹, 對於土地利用改變造成的碳排放量, 以及林業部門碳移除量 (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 (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 IPCC 1996 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 3.B.1 「農業、林業和其他土地使用 (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU)」部分之土地 (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, HWP)」等部分。

由於臺灣區域計畫法、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, 1992 年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, 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, 據以估算臺灣林業部門年碳移除量。

估算結果, 1990 至 2016 年林業部門年碳移除量變化為 1,900 ~ 2,350 萬公噸二氧化碳當量, 2016 年林業部門碳移除量約為 2,141 萬公噸二氧化碳當量, 其不確定性為 8.43%, 詳如表 6.1.1, 其歷年趨勢如圖 6.1.1, 2016 年碳移除量中「林地維持林地」碳移除量占 95.2%, 「其

他土地轉變為林地」碳移除量占 4.8%, 如圖 6.1.2。

6.2 森林土地 (4.A)

6.2.1 林地維持林地 (4.A.1)

1. 排放源及匯分類的敘述

森林所貯存之碳庫 (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 6.2.1 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 (式 1)。

$$\Delta C_{FL} = \Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_{Soils} \quad (1)$$

式中:

ΔC_{FL} = 林地中之碳貯存量變化 (公噸碳 / 年);

ΔC_B = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年);

ΔC_{DOM} = 死有機物質 (包括枯死木和枯落物) 的年碳貯存量變化 (公噸碳 / 年);

ΔC_{Soils} = 土壤碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)

(1) 式中 ΔC_B 、 ΔC_{DOM} 、 ΔC_{Soils} 之估算分述如下:

A. ΔC_B 生物量 (Biomass) 碳貯存量的變化

在每年生物量所增加的碳貯存量, 主要為生物量每年因生長所增加的碳貯存量扣除因生物量損失所減少的碳貯存量, 即為碳移除量 (式 2)。

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (2)$$

式中:

ΔC_B = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年);

ΔC_G = 生物量生長之年碳貯存增加量 (公噸碳 / 年);

ΔC_L = 生物量損失之年碳貯存減少量 (公噸碳 / 年)。

而生物量生長之年碳貯存增加量, 依林分的地理區位、平均年生長情形及面積而異 (式 3)。

$$\Delta C_G = \sum_{ij} (A_{ij} \times G_{Total,ij} \times CF_{ij}) \quad (3)$$

式中:

ΔC_G = 生物量生長之年碳貯存增加量 (公噸碳 / 年); A = 面積 (公頃);

G_{Total} = 平均年生物量累積量 (公噸乾物質 / 公頃 / 年); i = 生態區 (i = 1 至 n);

j = 氣候型 (j = 1 至 m); CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質)

¹ IPCC, 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996.

平均年生物量累積量，在層級 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（式 4）。在層級 2 及 3，林分地上部的平均年生物量增加量可由特定林分（植被）的年平均材積生長量乘上其轉換生物量和擴展係數可得出（式 5）。

$$\text{層級 1 } G_{\text{Total}} = \sum \{ G_W \times (1+R) \} \quad (4)$$

$$\text{層級 2、3 } G_{\text{Total}} = \sum \{ IV \times BCEF_i \times (1+R) \} \quad (5)$$

式中：

G_{Total} = 平均年生物量累積量（公噸乾物質 / 公頃 / 年）；

G_W = 在特定林分（植被）類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；

IV = 特定林分（植被）類型的年平均材積生長量（立方公尺 / 公頃 / 年）；

$BCEF_i$ = 特定林分（植被）類型之轉換生物量和擴展係數，將材積（包括樹皮）轉換為地上部生物量。

如直接的 BCEFI 不可得知，則可使用生物量擴展係數 (BEFI) 與基本比重 (D) 值相乘得出（式 6）。

$$BCEF_i = BEF_i \times D \quad (6)$$

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（式 7）。

$$\Delta C_L = L_{\text{Wood-Removals}} + L_{\text{Fuelwood}} + L_{\text{Disturbance}} \quad (7)$$

式中：

ΔC_L = 生物量損失之年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；

$L_{\text{Wood-Removals}}$ = 木材伐採所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；

L_{Fuelwood} = 薪材收穫所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；

$L_{\text{Disturbance}}$ = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（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（式 8）。

表 6.1.1 1990 至 2016 年林業部門碳移除量變化

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
林地維持林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-23,902	-23,902	-23,713	-23,524	-23,335	-23,146	-22,957	-22,768	-22,579
	生物量碳排放量 ΔCO_2L	607	25,03 ¹	333	216	190	202	559	266	326
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-91	-91	-136	-185	-233	-288	-319	-397	-446
總碳移除量 ΔCO_2		-23,386	-21,490	-23,516	-23,493	-23,379	-23,233	-22,717	-22,899	-22,699
不確定性 (%)		7.58	7.18	7.65	7.69	7.7	7.7	7.6	7.71	7.71
年份		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
林地維持林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-22,390	-22,201	-22,012	-21,823	-21,633	-21,444	-21,255	-21,066	-20,877
	生物量碳排放量 ΔCO_2L	401	389	11,12 ²	167	227	243	369	251	308
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-561	-665	-683	-759	-899	-995	-1,031	-1,046	-1,080
總碳移除量 ΔCO_2		-22,550	-22,476	-21,583	-22,415	-22,305	-22,196	-21,918	-21,861	-21,650
不確定性 (%)		7.7	7.73	7.57	7.91	7.92	7.96	7.99	8.13	8.2
年份		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
林地維持林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-20,688	-20,499	-20,392	-20,409	-20,435	-20,473	-20,508	-20,546	-20,542
	生物量碳排放量 ΔCO_2L	199	27,53 ³	218	140	145	135	197	189	153
其他土地轉變為林地	生物量碳移除量 ΔCO_2G	-1,142	-1,166	-1,240	-1,202	-1,194	-1,161	-1,099	-1,068	-1,029
總碳移除量 ΔCO_2		-21,631	-18,911	-21,413	-21,470	-21,484	-21,498	-21,410	-21,425	-21,418
不確定性 (%)		8.33	7.7	8.41	8.4	8.42	8.42	8.4	8.4	8.43

備註：

1：1991 年於南投縣信義鄉及嘉義縣阿里山鄉塔塔加地區發生森林大火，範圍延燒約 300 多公頃，致林木損失材積量大。

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 年莫拉克風災對臺灣中、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. 以「誤差傳遞法」推算臺灣「林地維持林地」碳移除量之不確定性，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。

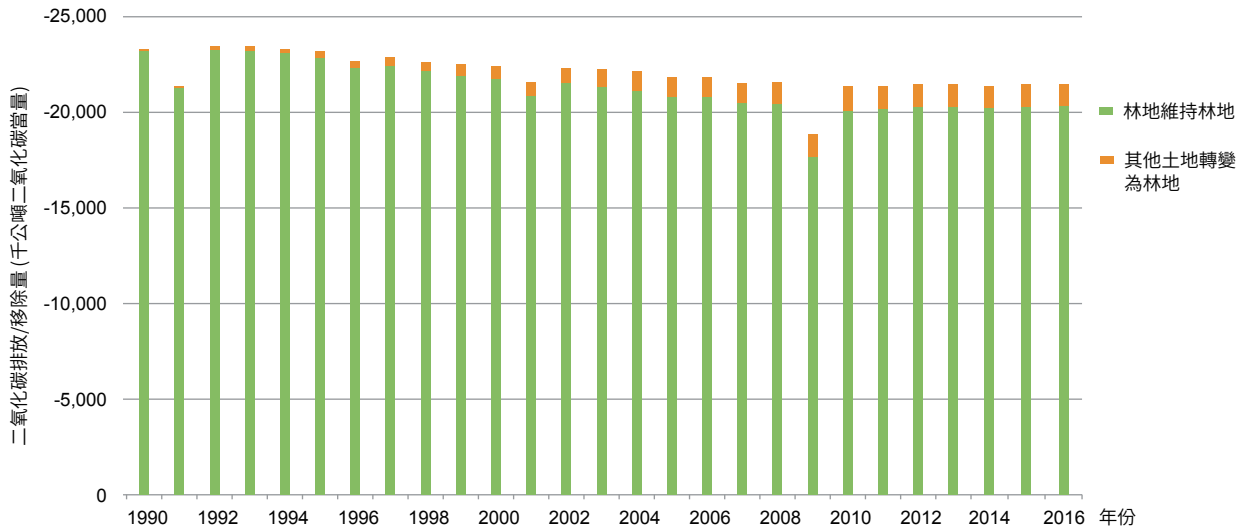


圖6.1.1 1990至2016年林業部門碳移除量變化趨勢

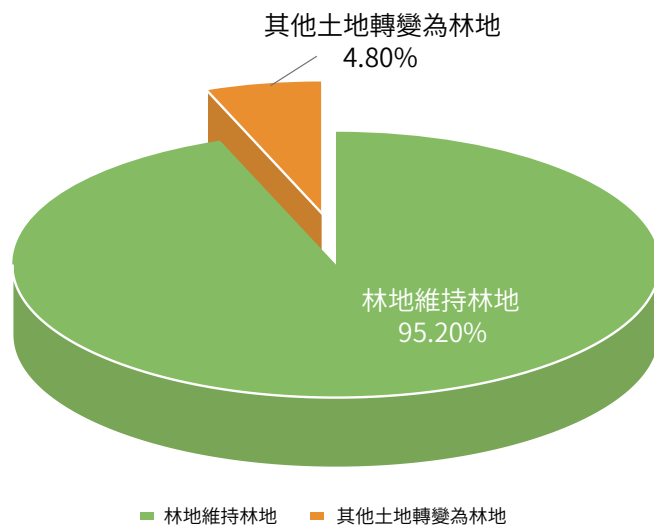


圖6.1.2 2016年林業部門碳移除量各項目占比

$$L_{\text{Wood-Removals}} = \{ H \times BCEF_R \times (1+R) \times CF \} \quad (8)$$

式中：L_{Wood-Removals} = 木材伐採所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；
H = 每年採伐量（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。

如直接的 BCEFR 不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數 (BEFR) 與基本比重 (D) 值相乘得出 (式 9)。

$$BCEF_R = BEF_R \times D \quad (9)$$

薪材收穫所引起的年碳貯存減少量，主要受每年收穫薪材的全株與林木材積而異 (式 10)。

$$L_{\text{Wood-Removals}} = \{ FG_{\text{Trees}} \times BCEF_R \times (1+R) \} \times CF \quad (10)$$

式中：
L_{Fuelwood} = 薪材收穫所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；
FG_{Trees} = 每年收穫薪材材積（立方公尺 / 年）；
R = 根莖比；
CF = 乾物質碳含量比例（公噸碳 / 公噸乾物質）；
BCEF_R = 將木材伐採材積換算為地上部總生物量（含樹皮）的生物量擴展係數。

如直接的 BCEFR 不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數 (BEFR) 與基本比重 (D) 值相乘得出 (式 11)。

$$BCEF_R = BEF_R \times D \quad (11)$$

干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量，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 (式 12)。

$$L_{\text{Disturbance}} = \{ A_{\text{Disturbance}} \times BW \times (1+R) \times CF \times fd \} \quad (12)$$

如因干擾所損失的生物量可以計算，則可將上式加以修正為：

$$L_{\text{Disturbance}} = \{ DV \times BCEF_1 \times (1+R) \times CF \times fd \} \quad (13)$$

式中：
L_{Disturbance} = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；
A_{Disturbance} = 受干擾影響的森林面積（公頃 / 年）；
BW = 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）；
DV = 受干擾所損失的材積量（立方公尺）；
BCEF₁ = 特定林木（植被）類型之轉換生物量和擴展係數，將材積（包括樹皮）轉換為地上部生物量。如直接的 BCEF₁ 不可得知，則可使用生物量擴展係數 (BEF₁) 與基本比重 (D) 值相乘得出 (式 6)。

B. ΔCDOM 死有機物質 (Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用層級一方法，對於碳庫中的碳儲存量變化並不明顯，其預設值可假設為零，即投入與損失相抵，因此死有機質碳儲存量變化淨值為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、林地擾動或經營體制的重大轉變，這是個安全的假設。

C. ΔCSoils 土壤 (Soils) 碳貯存量變化

上述假設可同樣應用於土壤碳庫，其淨碳儲存變化量為零。

表 6.2.1 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。
	地下部生物量 (Belowground Biomass)	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。
死有機質 (Dead Organic Matter)	枯死木 (Dead Wood)	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。
	枯落物 (Litter)	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。
土壤 (Soil)	土壤有機質 (Soil Organic Matter)	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）。 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。

(2) 轉換係數

基本比重 (D)：針葉樹林型採用王兆桓 (2008)² 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)³ 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_I、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)² 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)⁴、王兆桓 (2008)²、李宣德與馮豐隆 (2010)⁵、林國銓等 (1994)⁶ 與林國銓與何淑玲 (2005)⁷ 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_I、BCEF_R)：於針葉樹部分同樣採用王兆桓 (2008)²，取其平均值 0.51。闊葉樹則取王兆桓 (2008)²、林國銓等 (2007)⁸、林國銓等 (2008)⁹、林國銓等 (2009)¹⁰、林國銓與何淑玲 (2005)⁷、許原瑞等 (2006)¹¹ 與許原瑞 (2008)¹² 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)¹³、林國銓等 (2006)¹⁴、林國銓等 (2007)⁸、林國銓等

(2008)⁹、林國銓等 (2009)¹⁰、林國銓等 (2010)¹⁵、林國銓與何淑玲 (2005)⁷、柯淑惠 (2005)¹⁶、陳財輝等 (1998)¹⁷ 及陳財輝與呂錦明 (1988)¹⁸ 共十篇文獻，7 種樹種，取其中位數 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)³ 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)¹⁹、王義仲 (2006)²⁰ 及林裕仁等 (2011)²¹ 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)²² 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)²¹ 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。竹林生長量估算則依王義仲 (2006) 的研究結果，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，求得平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

各林型年生長量之推算係以全國森林資源調查成果，利用第四次森林資源調查之單位面積材積減去第三次森林資源調查之單位面積材積再除以兩次調查之間隔年數，求得各林型之平均年生長量，結果如表 6.2.2。

2 王兆桓，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3)，林務局委託研究報告，2008。

3 林裕仁、劉瓊霏、林俊成，臺灣地區主要用材比重與碳含量測定，臺灣林業科學 17 (3)：291-299，2002。

4 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：200-215，2016。

5 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。

6 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京，福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布，林業試驗所研究報告季刊 9 (4)：299-315，1994。

7 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：97-108，2005。

8 林國銓、杜清澤、黃菊美，苗栗地區相思樹和木油桐人工林碳和氮累積量及生產量之估算，中華林學季刊 40 (2)：201-218，2007。

9 林國銓、黃菊美、杜清澤，櫟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。

10 林國銓、杜清澤、黃菊美，臺東地區相思樹與楓香兩人工林碳累積量，林業研究季刊 31 (3)：55-68，2009。

11 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、邱祈榮，海岸林分生物量調查規劃，2006 年森林碳吸存研討會論文集：217-235，2006。

12 許原瑞，按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：17-29，2008。

13 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)：S11-22，2008。

14 林國銓、杜清澤、黃菊美、王巧萍，亞熱帶闊葉林林木粗根生物量和養分含量之估算，臺灣林業科學 21 (2)：155-166，2006。

15 林國銓、杜清澤、黃菊美，光蠟樹人工林碳貯存量和吸存量之估算，中華林學季刊 43 (2)：261-276，2010。

16 柯淑惠，臺灣櫟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，2006。

17 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。

18 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸沙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。

19 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。

20 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：167-188，2006。

21 林裕仁、王秋嫻、Sara Wu，四種臺灣竹材碳轉換係數之分析，臺灣林業科學 26 (4)：341-355，2011。

22 呂錦明、陳財輝，桂竹之林分構造及生物量一桶頭一桂竹林分例，林業試驗所研究報告季刊 7 (1)：1-13，1992。

(3) 活動數據

以目前國內可取得及歸納之資料進行分類計算。

A. 森林資源面積、蓄積與生長量

林地面積以全國森林資源調查之成果為主，行政院農業委員會林務局（以下簡稱林務局）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，而第四次全國森林資源調查之航照影像主要取自2008至2010年，故採用2009年為基準年，1991年至2009年間的數據則採內插法推得，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8萬多公頃，主要增加區位在國有林事業區外之山坡地與平地。

在實務操作上為求算出林地維持林地的運作機制，2009年後之林型面積，以第四次全國森林資源調查成果

（含事業區內及事業區外）的土地利用圖為森林基線，包含天然針葉林、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，並考量到崩場地因素，林地崩塌主要為林地覆蓋的改變，並非使用狀態的改變，因此仍屬於林地維持林地的狀態，但由於林地崩塌，其覆蓋的林木亦皆隨之崩落形成漂流木，無法持續生長，依據林務局委託成功大學執行「運用衛星影像於全島崩場地判釋與災害分析」研究成果，將此種林地崩塌的面積予以扣除。將各年度崩場地層以空間聯集的方式累加，取得年度總累計崩塌面積，再採取排除方式來運算，以第四次全國森林資源調查成果的森林面積為森林基線面積，透過森林基線面積扣除每年度總累積崩塌面積。另外嚴重風害亦會造成林木風倒，造成林木死亡，也是林地減少森林覆蓋的另一原因。各年度森林減少面積如表 6.2.3 所示：

表 6.2.2 相關各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 (公噸 / 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

註：竹類生長量應有高估情形，惟目前尚缺乏老熟竹林分移除量之研究數據。

表 6.2.3 2010 至 2016 年因崩塌或風災減少森林覆蓋面積

林型	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	累計減少面積	累計減少比例
	公頃									百分比
天然針葉林	1,184	447	545	192	341	127	94	2,930	11.93
天然針闊葉混淆林	835	207	263	148	241	94	62	1,850	7.53
天然闊葉林	7,775	1,755	2,041	1,496	1,578	757	574	15,976	65.06
人工針葉林	253	74	83	60	50	18	19	557	2.27
人工針闊葉混淆林	232	49	48	47	45	13	20	453	1.85
人工闊葉林	913	150	157	75	97	39	34	1,465	5.96
木竹混淆林	561	87	37	41	35	22	15	798	3.25
竹林	357	53	24	45	21	10	17	526	2.14
年崩塌面積	12,109**	2,821	3,197	2,104	2,408	1,080	834/3,609.7(含金門莫蘭蒂風災災損面積)*		

* 金門地區因莫蘭蒂颱風造成嚴重風損，不列為森林覆蓋區域。風災災損面積 3,609.7 公頃取自「金門森林風損評估之研究 - 以莫蘭蒂颱風為例」(邱祈榮及王楷勛, 2017)²³。

**2010 年凡那比颱風 9 月份侵台，對照林業統計森林災害資料亦於 9 月份災損面積較大，故崩塌地面積可能因此較高。

23 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：91-98，2017。

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，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 6.2.4 1990 至 2016 年林地維持林地面積

(單位：公頃)

年份 \ 林型	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
天然針葉林	220,100	220,100	219,301	218,501	217,702	216,903	216,103	215,304	214,504
天然針闊葉混淆林	286,376	286,376	277,021	267,666	258,311	248,956	239,601	230,246	220,891
天然闊葉林	975,800	975,800	995,526	1,015,253	1,034,979	1,054,706	1,074,432	1,094,159	1,113,885
人工針葉林	218,400	218,400	210,858	203,317	195,775	188,234	180,692	173,151	165,609
人工針闊葉混淆林	37,287	37,287	38,152	39,017	39,882	40,747	41,612	42,477	43,342
人工闊葉林	144,600	144,600	141,338	138,075	134,813	131,551	128,288	125,026	121,764
木竹混淆林	67,537	67,537	70,171	72,805	75,438	78,072	80,706	83,339	85,973
竹林	152,300	152,300	150,033	147,766	145,499	143,232	140,966	138,699	136,432
總計	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400
年份 \ 林型	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
天然針葉林	213,705	212,906	212,106	211,307	210,508	209,708	208,909	208,109	207,310
天然針闊葉混淆林	211,536	202,181	192,826	183,471	174,116	164,761	155,406	146,051	136,696
天然闊葉林	1,133,612	1,153,338	1,173,065	1,192,791	1,212,518	1,232,244	1,251,971	1,271,697	1,291,424
人工針葉林	158,067	150,526	142,984	135,443	127,901	120,360	112,818	105,276	97,735
人工針闊葉混淆林	44,207	45,072	45,937	46,802	47,667	48,532	49,397	50,262	51,127
人工闊葉林	118,501	115,239	111,977	108,714	105,452	102,190	98,927	95,665	92,403
木竹混淆林	88,607	91,240	93,874	96,508	99,141	101,775	104,409	107,042	109,676
竹林	134,165	131,898	129,631	127,364	125,097	122,831	120,564	118,297	116,030
總計	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400	2,102,400
年份 \ 林型	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
天然針葉林	206,511	205,711	204,528	204,081	203,535	203,380	203,076	202,985	202,929
天然針闊葉混淆林	127,341	117,986	117,151	116,944	116,681	116,570	116,366	116,309	116,284
天然闊葉林	1,311,150	1,330,877	1,323,102	1,321,347	1,319,306	1,317,847	1,316,306	1,315,586	1,315,049
人工針葉林	90,193	82,652	82,398	83,283	84,551	86,271	87,702	88,689	89,225
人工針闊葉混淆林	51,992	52,857	52,625	52,643	52,647	52,647	52,603	52,589	51,360
人工闊葉林	89,141	85,878	84,965	87,511	90,357	93,256	96,158	99,607	100,927
木竹混淆林	112,310	114,943	114,382	114,296	114,259	114,218	114,183	114,161	114,146
竹林	113,763	111,496	111,140	111,248	111,476	111,710	111,992	112,111	112,206
總計	2,102,400	2,102,400	2,090,291*	2,091,353	2,092,812	2,095,899	2,098,386	2,102,037	2,102,126

*2010 年因崩塌地面積較高故林地面積減少。

B. 每年伐採量 (H)、每年收穫薪材材積 (FGTrees)

根據歷年林務局之林業統計加以整理 (如表 6.2.5)。

C. 受干擾影響的森林面積 (Disturbance) 與損失材積量 (DV)

根據歷年之林務局之林業統計加以整理 (表 6.2.6)，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 至 2016 年「林地維持林地」碳移除量變化估算結果，每年大致呈現穩定狀態，主要係由於臺灣區域計畫法、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，促使當年度生物量碳排放量 (ΔC_t) 較高，致該三年之碳移除量較低，其餘各年均維持穩定狀態。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

因蒙地卡羅法進行估算時在數據的應用上較為複雜且須統計軟體的協助，而誤差傳遞法即可符合目前國內資料處理的需求，因此採用「誤差傳遞法」推算臺灣「林地維持林地」碳移除量之不確定性。

表 6.2.5 臺灣地區森林主產物伐採量

年度		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
面積 (ha)	林地	1,917	1,046	1,036	575	439	625	500	448	458
	竹林	1,479	1,683	781	675	532	587	293	184	260
	總計	3,396	2,729	1,817	1,250	971	1,212	793	632	718
林木材積 (m ³)	天然針葉林	6,292	4,191	5,428	4,457	3,182	5,536	4,515	4,597	5,679
	天然闊葉林	54,207	26,244	13,662	2,724	3,735	349	328	309	197
	人工針葉林	85,517	64,436	69,813	50,683	36,679	35,440	38,665	32,831	27,349
	人工闊葉林	17,481	7,885	7,361	5,245	6,396	4,876	3,154	3,071	3,262
	薪材	39,715	23,303	22,059	8,625	6,136	16,976	9,700	11,365	13,042
	總計	203,212	126,059	118,323	71,734	56,128	63,177	56,362	52,173	49,529
竹類 (支)	5,795,941	4,318,917	3,312,710	2,176,352	1,907,854	2,161,413	2,323,761	1,232,119	1,508,053	
年度		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
面積 (ha)	林地	393	632	405	624	739	705	500	587	326
	竹林	493	383	124	390	455	333	342	622	339
	總計	886	1,015	529	1,014	1,194	1,038	842	1,209	665
林木材積 (m ³)	天然針葉林	3,177	0	0	0	128	0	2	72	1
	天然闊葉林	964	3,507	7,414	3,642	771	128	533	252	145
	人工針葉林	22,267	22,500	21,171	26,019	56,764	37,968	35,393	35,214	40,253
	人工闊葉林	6,540	4,039	11,741	24,010	9,597	20,616	16,649	17,127	15,182
	薪材	9,997	5,134	7,533	7,388	18,282	12,089	7,481	10,931	11,638
	總計	42,945	35,180	47,859	61,059	85,542	70,801	60,058	63,596	67,219
竹類 (支)	1,841,708	1,716,292	558,927	1,268,416	2,174,351	1,572,353	1,694,291	3,046,946	2,864,482	
年度		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
面積 (ha)	林地	180	158	159	142	151	170	155	189	124
	竹林	465	438	562	370	378	285	394	488	287
	總計	645	596	721	512	529	455	549	677	411
林木材積 (m ³)	天然針葉林	2	0	6	117	70	25	11	3	64
	天然闊葉林	30	760	1,432	131	194	400	337	314	495
	人工針葉林	36,596	32,058	19,115	27,674	37,189	26,461	51,350	37,399	26,124
	人工闊葉林	7,140	7,774	11,933	8,216	5,971	7,516	6,325	5,822	7,488
	薪材	7,340	3,690	313	774	2,807	7,817	4,247	8,071	7,873
	總計	51,108	44,282	32,799	36,912	46,231	42,219	62,270	51,609	42,044
竹類 (支)	2,509,139	3,266,805	3,326,833	1,875,466	1,772,876	1,532,111	2,427,516	2,431,258	1,803,786	

資料來源：林務局之林業統計

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，是唯一的資料來源，因此，該部分的不確定性暫時予以忽略。在此背景之下，臺灣林地碳移除量的不確定性分析以轉換係數為主要對象（包含碳轉換係數與年生長量）。

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），以下列式（14）與式（15）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，採用誤差傳遞法的加法規則（式 16）計算出各係數之不確定性；因估算林地碳量時，各個轉換係數為相乘的關係，依據誤差傳遞法乘法規則（式 17）來合併係數之不確定性。最後，林業部門溫室氣體清冊是將各林型碳排放 / 碳

表 6.2.6 受干擾影響的森林面積與損失材積

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
次數 *	352	362	292	359	441	336	511	305	252
面積 (公頃)	4,031	1,125	401	1,251	3,860	546	7,519	2,969	1,642
林木材積 (立方公尺)	3,395	1,357,423*	2,235	9,944	5,246	1,873	43,984	14,572	20,233
竹類 (支)	0	163,220	20,154	24,196	264,490	105,600	6,255,093	2,330,329	3,131,407
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
次數 *	429	272	263	347	491	251	219	210	231
面積 (公頃)	2,440	4,353	1,621	742	800	1,006	3,133	158	1,049
林木材積 (立方公尺)	75,991	103,385	645,328**	3,670	624	26,764	65,112	2,017	37,751
竹類 (支)	2,692,378	1,966,948	252,545	35,657	27,448	394,651	2,013,673	99,200	257,027
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
次數 *	317	455	419	476	445	413	380	435	381
面積 (公頃)	284	5,834	97	33	10	15	30	64	6,160
林木材積 (立方公尺)	4,182	1,563,005***	5,202	297	109	411	494	842	2,269****
竹類 (支)	26,962	2,486,573	1,608	731	0	750	0	180	34,869

資料來源：林務局之林業統計

*1991 年於南投縣信義鄉及嘉義縣阿里山鄉塔塔加地區發生森林大火，範圍延燒約 300 多公頃，致林木損失材積量大。

**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 年莫拉克風災對臺灣中、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 5996.98 公頃之受損面積，惟依林業統計報表未具材積數據，然「金門森林風損評估之研究 - 以莫蘭蒂颱風為例」報告顯示風倒材積量達 289,600 立方公尺，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。

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性。

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (14)$$

SD 標準差

x_i 第 i 筆 CF 數值

\bar{x} 文獻收集之 CF 平均值

n CF 數據筆數

$$U = \frac{SD \times 1.96}{\bar{x}} \times 100\% \quad (15)$$

$$U_{total} = \sqrt{\frac{(U_1 \times E_1)^2 + (U_2 \times E_2)^2 + \dots + (U_n \times E_n)^2}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}} \quad (16)$$

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

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2} \quad (17)$$

表 6.2.7 1990 至 2016 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		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
生物量生長碳移除量 ΔCO_{2G}		-23,902	-23,902	-23,713	-23,524	-23,335	-23,146	-22,957	-22,768	-22,579
生物量年 碳儲存 損失量 ΔCO_{2L}	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	524.07	352.9	285.43	182.33	156.69	160.64	167.56	107.84	116.6
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	77.93	45.73	43.28	16.92	12.04	33.31	19.03	22.3	25.59
	干擾等其他因素 碳排放量 $L_{Disturbance}$	5.24	2,104.32	4.43	16.54	20.99	8.04	372.73	136.06	183.84
總碳移除量 ΔCO_2		-23,295	-21,399	-23,380	-23,308	-23,145	-22,944	-22,398	-22,502	-22,253
年份		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
生物量生長碳移除量 ΔCO_{2G}		-22,390	-22,201	-22,012	-21,823	-21,633	-21,444	-21,255	-21,066	-20,877
生物量年 碳儲存 損失量 ΔCO_{2L}	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	132.45	123.19	88.11	144.69	188.87	159.08	155.2	221.38	213.93
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	19.62	10.07	14.78	14.5	35.87	23.72	14.68	21.45	22.84
	干擾等其他因素 碳排放量 $L_{Disturbance}$	248.55	255.51	1,008.93	7.41	2.3	60.56	198.68	7.95	70.83
總碳移除量 ΔCO_2		-21,989	-21,812	-20,900	-21,656	-21,406	-21,201	-20,887	-20,815	-20,570
年份		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
生物量生長碳移除量 ΔCO_{2G}		-20,688	-20,499	-20,392	-20,409	-20,435	-20,473	-20,508	-20,546	-20,542
生物量年 碳儲存 損失量 ΔCO_{2L}	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	176.59	211.19	209.37	138.34	139.46	119.32	187.85	171.65	132.36
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	14.4	7.24	0.61	1.52	5.51	15.34	8.33	15.84	15.45
	干擾等其他因素 碳排放量 $L_{Disturbance}$	7.77	2,535.02	8.11	0.49	0.17	0.67	0.76	1.31	5.2
總碳移除量 ΔCO_2		-20,489	-17,746	-20,174	-20,269	-20,290	-20,338	-20,311	-20,357	-20,389

註： $\Delta CO_2 = \Delta CO_{2G} + (L_{Wood-Removals} + L_{Fuelwood} + L_{Disturbance})$

表 6.2.8 碳轉換係數不確定性分析結果

林型 / 係數	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	0.41	9.30	0.51	2.18	0.22	32.30	0.4821	2.89	4.14	12.19	34.71
天然針闊葉混淆林	0.49	9.30	0.72	7.62	0.23	16.88	0.4756	1.80	10.05	15.83	24.41
天然闊葉林	0.56	-	0.92	11.79	0.24	13.06	0.4691	2.13	3.58	15.80	18.17
人工針葉林	0.41	9.30	0.51	2.18	0.22	32.30	0.4821	2.89	8.11	13.13	34.46
人工針闊葉混淆林	0.49	9.30	0.72	7.62	0.23	16.88	0.4756	1.80	10.37	4.01	25.48
人工闊葉林	0.56	-	0.92	11.79	0.24	13.06	0.4691	2.13	4.34	24.93	27.49
木竹混淆林	0.49		0.72	7.62	0.23	16.88	0.4756	1.80	3.31	11.45	23.89
竹林	0.62	15.68	-	-	0.46	-	0.4732	2.15	13.84	-	2.15

表 6.2.9 1990 至 2016 年林地維持林地不確定性

(單位：%)

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
生物量生長碳移除量 ΔC_G		7.80	7.8	7.8	7.82	7.84	7.86	7.89	7.93	7.98
生物量年碳儲存損失量 ΔC_L	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	7.53	7.63	9.63	10.78	9.3	8.74	8.98	11.82	9.31
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	7.53	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72
	干擾等其他因素碳排放量 $L_{Disturbance}$	18.61	18.54	14.49	17.28	7.3	6.83	3.82	3.56	3.63
合計		7.61	7.21	7.7	7.75	7.77	7.79	7.71	7.84	7.86
年份		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
生物量生長碳移除量 ΔC_G		8.03	8.09	8.15	8.23	8.31	8.4	8.5	8.6	8.72
生物量年碳儲存損失量 ΔC_L	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	7.12	7.36	12	11.32	11.78	11.48	10.46	7.47	8.21
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72
	干擾等其他因素碳排放量 $L_{Disturbance}$	8.86	11.66	18.38	14.25	7.9	12.72	9.48	7.41	15.32
合計		7.89	7.95	7.8	8.17	8.22	8.3	8.35	8.5	8.59
年份		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
生物量生長碳移除量 ΔC_G		8.84	8.97	8.96	8.95	8.93	8.91	8.9	8.88	8.88
生物量年碳儲存損失量 ΔC_L	木材伐採碳排放量 $L_{Wood-Removals}$	8.29	6.3	4.92	8.35	10.45	9.17	10.61	8.59	8.21
	薪材收穫碳排放量 $L_{Fuelwood}$	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72	17.72
	干擾等其他因素碳排放量 $L_{Disturbance}$	15.47	17.72	18.43	17.27	18.61	17.59	18.61	18.48	12.55
合計		8.76	8.14	8.87	8.89	8.87	8.86	8.81	8.8	8.82

各林型中以人工針葉林與天然針葉林的不確定性最高，分別為 34.46% 與 34.71%，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，為 18.17%。竹林則因為大多數係數採用的文獻並未註明標準差或標準誤差，無法估算不確定性，暫時忽略不計，因而促使不確定性低。

計算林地維持林地碳量變化時，是將各林型之碳量相加，因此計算不確定性分析時，先以誤差傳遞法之加法規則，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、新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 7.21% 至 8.89% 之間。

(2) 時間序列一致性

活動數據主要採自全國森林資源調查數據，然全國森林資源調查並非每年進行調查，為符合時間序列的一致性，參考 2006 IPCC 指南，兩次調查間的年度以內插法推得各林型之相關數據。又因第三次與第四次全國森林資源調查相隔久遠（約 18 年），考量到調查技術之提升，以外推法可能會有高估變動之情形，故第四次全國森林資源調查（2009 年以後）使用替代數據—崩場地圖層，來估算林地面積，待未來得到下一次的全國森林資源調查數據（或其他全國林地面積數據），再以內插法修正數據。

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。

目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。另配合行政院環境保護署整合各部會就主管產業提報溫室氣體排放或移除量，完成估算林業部門 1990 年至 2016 年森林及其他木質生物蓄積量的淨改變對於溫室氣體減量貢獻，業經 2017 年 7 月 17 日、24 日農業、林業部門專家研商會議審議通過，業依委員所提相關意見修正。

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 2015 年計算方式及引用原則，2016 年度清冊報告尚無修正，僅更新至 2016 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

表 6.2.10 IPCC 查證方法比較

方法	方法一 其他成果比較法	方法二 更高層級比較法	方法三 直接測量法	方法四 遙測法	方法五 模型法
土地面積	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	不適用	合適	不適用
碳 庫					
地上部生物量	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適 (需要地面數據)	合適 (迴歸、生態系及生長模式)
地下部生物量	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適 (迴歸、生態系及生長模式)
枯死木	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	適用 (生態系統及調查基準的模式)
枯落物	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	適用 (生態系統及調查基準的模式)
土壤有機物質	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適 (生態系統及調查基準的模式)
非二氧化碳溫室氣體 Non-CO ₂	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適 (生態系統模式)
轉換係數	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	不適用	合適 (生態系統模式)
基於活動 / 土地的報告					
林地、草地、農地、其他土地利用	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適，特別在辨別土地利用及其之間的轉變	合適，數據密集型，當不允許直接測量或遙測時，可作為替代的方法
造林、再造林、毀林、專案 (Project)	可獲得數據，合適	可獲得數據，合適	合適 成本高	合適，特別在辨別土地利用及其之間的轉變	不實際

礎，後續將繼續研析各國有關森林面積活動數據之調查產製方式，配合林務局全國森林資源調查成果之土地覆蓋型圖資更新維護作法，搭配衛星影像監測或國土利用調查成果更新維護資料，以研議適當之林業溫室氣體清冊年度森林面積活動數據產製方式。

- (2) 未來將透過林務局森林永久樣區及系統樣區複查資料，配合樣區複查及航照樣點量測方法，研議發展年度蓄積與生長量之更新機制。
- (3) 查證過程為品質保證 (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。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。

6.2.2 其他土地轉變為森林

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 6.2.1 所示。

2. 方法學議題

(1) 計算方法

A. ΔC_B 生物量 (Biomass) 碳貯存量的變化

有關生物量碳貯量變化，採用前 6.2.1.2 整理公式 1 至公式 13 計算。

B. ΔC_{DOM} 死有機物質 (Dead Organic Matter) 碳貯存量變化

採用層級一方法，對於這些碳庫中的碳貯存量變化並不明顯，因此其預設值可假設為零，即投入與損失相抵，因此死有機質碳貯存量變化淨值為零。當國家於報告年間沒有經歷森林類型、擾動或經營體制的重大轉變，這是個安全的假設。

C. ΔC_{Soils} 土壤 (Soils) 碳貯存量變化

上述假設可同樣應用於土壤碳庫，淨碳儲存變化量為零。

(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_I 、 BEF_R)、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 6.2.2 所示。

材積生長量則依林俊成等人 (2002)²⁴ 對全民造林運動碳吸存潛力之評估結果，以樟樹、臺灣檫、相思樹、光臘樹等四種樹種之平均生長量做為闊葉林造林材積計算基準，而以肖楠、柳杉、杉木等三種樹種之平均生長量做為針葉林造林材積計算基準，針闊葉混生林平均生長量則為針葉林及闊葉林之平均值。竹林的平均生長量則依林裕仁等 (2011)²¹ 的研究結果，平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

(3) 活動數據

1992 至 2009 年土地轉變為林地的總面積以第三次全國森林資源調查到第四次全國森林資源調查間增加的森林覆蓋面積為主，並搭配林業統計造林資料輔助林型分類，扣除林業統計 1992 至 2009 年之造林面積，剩餘增加之面積則視為天然更新，平均分配至各林型計算；其餘年度以林業統計的造林面積為主，各年度土地轉變為林地之面積如表 6.2.11 所示。

(4) 碳移除量

1990 至 2016 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，至 2016 年二氧化碳碳移除量已達 102.9 萬公噸，較 1990 年增加近 10 倍。

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，採用前 6.2.1.3 整理公式 14 至公式 17 計算。

以誤差傳遞法之加法原則，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 12.24 % 至 16.17 % 之間。

24 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估，臺灣林業科學 17 (3) : 311-321, 2002。

有關 1990 至 2016 年林業部門碳移除量之不確定性如表 6.2.14 所示，為 7.18% 至 8.44% 之間。

(2) 時間序列一致性

活動數據主要採自全國森林資源調查數據，以兩次資源調查間增加的面積為土地轉變為林地面積，然全國森林資源調查並非每年進行調查，為符合時間序列的一致性，參考 2006 IPCC 指南，以內插法將總面積分配至兩次調查間的年度，另外再搭配歷年林業統計的造林面積分類林型。

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。

目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。另配合由行政院環境保護署整合各部會就主管產業提報溫室氣體排放或移除量，完成估算林業部門 1990 年至 2016 年森林及其他木質生物蓄積量的淨改變對於溫室氣體減量貢獻，業經 2018 年 6 月 14 日「農業及林業部門溫室氣體排放清冊」專家審議會通過，業依委員所提相關意見修正。

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 2015 年計算方式及引用原則，2016 年度清冊報告尚無修正，僅更新至 2016 年度資料。

表 6.2.11 1990 至 2016 年土地轉變為林地面積

(單位：公頃)

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
針葉林	林業統計面積	959	1,350	1,780	1,481	1,005	614	1,222	1,709	1,441	1,516	1,032	796	853	492
	總面積	959	1,350	1,817	1,518	1,042	651	1,259	1,746	1,478	1,553	1,069	833	890	529
針闊葉混淆林	林業統計面積	67	52	48	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	31
	總面積	67	52	85	37	37	37	37	37	37	39	37	37	41	68
闊葉林	林業統計面積	2,696	3,002	2,975	2,999	3,487	2,832	3,901	3,438	5,978	6,653	4,125	4,068	6,556	6,717
	總面積	2,696	3,002	3,012	3,036	3,524	2,869	3,938	3,474	6,014	6,690	4,162	4,105	6,593	6,754
竹林	林業統計面積	161	252	279	303	129	112	108	100	70	129	70	70	71	45
合計		3,883	4,656	5,191	4,893	4,732	3,669	5,341	5,357	7,599	8,411	5,338	5,045	7,594	7,396
年份		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011**	2012	2013	2014	2015	2016	
針葉林	林業統計面積	638	62	59	313	87	671	250	144	150	226	155	139	112	
	總面積	675	99	96	350	124	708	250	144	150	226	155	139	112	
針闊葉混淆林	林業統計面積	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	總面積	40	37	37	37	37	37	0	0	0	0	0	0	0	
闊葉林	林業統計面積	4,092	1,477*	345	818	426	2,595	2,580	3,399	3,044	1,179	1,098	993	826	
	總面積	4,129	1,514	382	855	462	2,632	2,580	3,399	3,044	1,179	1,098	993	826	
竹林	林業統計面積	134	57	5	5	5	1	0	1	0	0	0	0	0	
合計		4,978	1,707	520	1,246	629	3,378	2,830	3,544	3,194	1,406	1,253	1,132	938	

資料來源：林務局之林業統計

* 因 2005 年起停止全民造林政策致造林面積減少

** 林業統計面積取自林務局林業統計表之造林面積表、一般造林面積表 (按樹種分)；2011 年後相關造林計畫造林面積依新增之相關造林計畫造林面積表 (按機關分) 扣除營造複層林及其他造林部分。

表 6.2.12 1990 至 2016 年土地轉變為森林碳移除量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
生物量碳 移除量 ΔCO_2G	針葉林	-13.12	-13.12	-21.14	-32.11	-34.58	-34.68	-35.04	-47.98	-64.95	-74.91	-91.14	-98.52	-105.84	-114.4
	針闊葉 混淆林	-1.31	-1.31	-1.32	-2.26	-1.86	-2.25	-2.72	-3.13	-3.76	-4.28	-4.93	-5.4	-5.85	-6.38
	闊葉林	-68.41	-68.41	-93.24	-116.28	-147.9	-196.29	-228.62	-300.61	-340.63	-455.86	-543.01	-555.93	-625.44	-757.98
	竹林	-7.92	-7.92	-20.29	-33.96	-48.82	-55.18	-52.78	-45.69	-36.92	-25.49	-25.45	-23.36	-21.53	-20.1
總碳移除量 ΔCO_2		-91	-91	-136	-185	-233	-288	-319	-397	-446	-561	-665	-683	-759	-899
年份		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
生物量碳 移除量 ΔCO_2G	針葉林	-119.51	-132.28	-133.2	-140.61	-148.44	-149.01	-160.12	-149.07	-139.19	-124.35	-113.14	-104.93	-99.48	
	針闊葉 混淆林	-7.35	-7.38	-7.88	-8.33	-8.79	-9.19	-9.55	-8.6	-8.27	-7.56	-7.3	-7	-6.64	
	闊葉林	-849.63	-872.68	-886.31	-915.71	-972.68	-997.25	-1,066.38	-1,043.19	-1,046.24	-1,028.27	-978.55	-956.48	-922.96	
	竹林	-18.89	-19.15	-18.53	-15.34	-12.1	-10.15	-3.63	-0.83	-0.59	-0.36	-0.1	-0.03	-0.03	
總碳移除量 ΔCO_2		-995	-1,031	-1,046	-1,080	-1,142	-1,166	-1,240	-1,202	-1,194	-1,161	-1,099	-1,068	-1,029	

註：資料總計因小數點取捨，取與各林型加總有些會有差異。

表 6.2.13 1990 至 2016 年土地轉變為林地碳移除量不確定性

(單位：%)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
生物量 碳移除 量 ΔC_G	14.16	14.16	13.17	12.52	12.24	12.69	13.19	13.97	14.33	15.05	15.15	15.16	15.3	15.51
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
生物量 碳移除 量 ΔC_G	15.62	15.56	15.58	15.61	15.68	15.72	15.81	15.91	15.98	16.09	16.13	16.18	16.2	

表 6.2.14 1990 至 2016 年林業部門碳移除量不確定性

(單位：%)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
林地維持林地	7.61	7.21	7.7	7.75	7.77	7.79	7.71	7.84	7.86	7.89	7.95	7.8	8.17	8.22
其他土地轉變 為林地	14.16	14.16	13.17	12.52	12.24	12.69	13.19	13.97	14.33	15.05	15.15	15.16	15.3	15.51
合計	7.58	7.18	7.65	7.69	7.7	7.7	7.6	7.71	7.71	7.7	7.73	7.57	7.91	7.92
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
林地維持林地	8.3	8.35	8.5	8.59	8.76	8.14	8.87	8.89	8.87	8.86	8.81	8.8	8.82	
其他土地轉變 為林地	15.62	15.56	15.58	15.61	15.68	15.72	15.81	15.91	15.98	16.09	16.13	16.18	16.2	
合計	7.96	7.99	8.13	8.2	8.33	7.7	8.41	8.44	8.42	8.42	8.4	8.4	8.43	

6. 林業部門碳移除量的改善計畫

- (1) 活動數據有關土地轉變為林地部分，林務局已規劃森林資源調查成果土地覆蓋型圖資更新維護作法，後續可透過航照圖圈繪變異區域，作為土地轉變為林地面積基礎。
- (2) 查證過程為品質保證 (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。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。

參考文獻

1. IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventory, 2006.
2. 王兆桓與劉知好 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。
3. 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。
4. 王義仲與陳周宏 1995, 「臺灣產竹種工藝利用價值之評估 (I)」, 《林產工業》, 14(1), 82-94。
5. 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。
6. 呂錦明與陳財輝, 「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。
7. 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。
8. 行政院農業委員會林務局 1995, 《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。
9. 林國銓與何淑玲 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。
10. 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及養分含量之估算」, 《臺灣林業科學》, 21(2), 155-166。
11. 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。
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 林國銓、黃菊美與杜清澤 2008, 「櫟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。
16. 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。
17. 林裕仁、劉瓊霖與林俊成 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。
18. 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。
19. 柯淑惠 2006, 「臺灣櫟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。
20. 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴與邱祈榮 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。
21. 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。
22. 陳財輝與呂錦明 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。
23. 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。

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 廢棄物部門溫室氣體排放不確定性分析

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, 以下簡稱 2006 IPCC 指南), 臺灣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) 之單元產生之二氧化碳不納入計算。由於廢棄物在生物界中就會被細菌分解成二氧化碳, 因此不納入計算, 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, 如甲烷為 25 倍二氧化碳, 氧化亞氮則為 298 倍二氧化碳。

臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量如表 7.1.2 及圖 7.1.1 所示。

廢棄物部門歷年排放量以 1996 年為最大, 主要以廢棄物掩埋排放為主。隨著廢棄物處理政策由掩埋為主逐漸調整為以資源回收再利用及焚化為主後, 對部門減排趨勢有顯著相關。由於廢棄物掩埋量減少, 掩埋排放量自 1999 年以後逐漸降低, 部門整體排放亦自該年後持續減少。2016 年, 廢棄物部門排放量為 4,029.8 千公噸二

表 7.1.1 IPCC 指南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	1. 由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的甲烷。 2. 二氧化碳亦會產生, 但此處僅列入由非生物或非有機廢棄物來源所產生之二氧化碳。	二氧化碳、甲烷、氧化亞氮
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、氧化亞氮
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、氧化亞氮
5.A.3 未分類廢棄物掩埋場	未分類廢棄物掩埋場	甲烷、氧化亞氮
5.B 固體廢棄物之生物處理	廢棄物堆肥與其他生物處理。其中, 沼氣發電設施的排放, 應列於能源部門 (1.A.4) 下。	二氧化碳、甲烷
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	廢棄物焚化, 但不包括下列兩項: 1. 廢棄物燃燒發電所產生之排放應列於能源部門 (1.A)。 2. 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、甲烷、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。	二氧化碳、甲烷、氧化亞氮
5.D 廢水處理與放流	1. 有機物於污水設備與食物處理及其他工業設備之廢水處理過程中經細菌厭氧分解所產生的甲烷與氮氧化物。 2. 亦可能由污水處理與人類的排泄物所釋出的氧化亞氮。 3. 甲烷排放包含於事業廢水及生活與住商污水類別, 氮氧化物排放包含於生活與住商污水類別。	二氧化碳、甲烷、氧化亞氮
5.D.1 生活及住商污水	1. 透過污水收集與處理、露天廁所、污水池或逕流釋放之住宅與商業來源之液態廢棄物與污泥 (包括人體排泄物)。 2. 由人體排泄物排放至環境水體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. 來自於食物處理、紡織業、紙漿及造紙業等工業製程之液體廢棄物及污泥處理。 2. 此類別包括廢水收集與處理、廢水池或逕流釋放。 3. 排放到民用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; 如醫療廢棄物、有害廢棄物與農業廢棄物等。	二氧化碳、甲烷、氧化亞氮

表 7.1.2 臺灣 1990 至 2016 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	廢棄物掩埋甲烷排放量	生活污水甲烷產生量	生活污水氧化亞氮產生量	事業廢水甲烷產生量	事業廢水氧化亞氮產生量	焚化爐二氧化碳產生量	焚化爐氧化亞氮產生量	堆肥甲烷產生量	堆肥氧化亞氮產生量	廢棄物部門溫室氣體排放量
1990	5,831.8	2,176.3	284.5	730.7	NE	20.5	1.1	11.3	10.1	9,066.2
1991	5,917.4	2,198.1	283.8	863.7	NE	8.3	0.4	0.5	0.5	9,272.6
1992	5,928.2	2,218.1	293.8	896.4	NE	65.0	3.6	0.8	0.7	9,406.6
1993	6,322.9	2,237.7	307.4	862.1	NE	63.1	3.5	0.5	0.4	9,797.5
1994	7,060.8	2,256.1	307.5	878.5	NE	110.1	5.8	0.1	0.1	10,619.0
1995	7,719.3	2,274.2	315.5	905.1	NE	397.9	18.2	0.6	0.6	11,631.4
1996	8,080.1	2,288.1	318.1	960.9	NE	386.6	19.1	0.3	0.2	12,053.4
1997	8,212.3	2,303.0	331.7	937.7	NE	104.9	3.8	1.4	1.3	11,896.1
1998	8,371.8	2,285.5	315.2	898.6	NE	116.6	5.7	0.1	0.0	11,993.5
1999	8,604.0	2,174.7	324.2	867.6	NE	65.0	3.2	1.9	1.7	12,042.4
2000	8,024.5	2,081.1	322.4	834.9	NE	259.0	8.0	0.3	0.2	11,530.4
2001	7,305.1	2,054.8	310.0	836.5	NE	539.9	30.0	0.0	0.0	11,076.4
2002	6,821.2	2,020.3	321.3	844.1	NE	612.1	26.3	0.4	0.3	10,646.0
2003	6,310.2	2,000.6	326.9	929.0	NE	417.3	23.9	2.2	2.0	10,012.0
2004	5,763.3	1,938.8	313.8	879.7	NE	512.4	23.1	6.7	6.0	9,443.7
2005	5,218.8	1,879.5	313.6	935.1	NE	347.8	27.4	9.8	8.7	8,740.6
2006	4,656.4	1,820.9	310.0	936.2	NE	469.6	30.5	11.3	10.1	8,244.8
2007	4,135.5	1,750.7	317.8	1,047.7	NE	562.1	29.7	14.5	12.9	7,870.8
2008	3,601.4	1,693.8	292.9	1,010.8	NE	443.2	20.6	16.5	14.7	7,093.9
2009	3,066.0	1,629.2	302.0	1,022.2	NE	154.3	8.6	17.9	16.0	6,216.3
2010	2,596.7	1,579.6	307.4	979.3	NE	208.2	10.8	20.9	18.7	5,721.7
2011	2,221.9	1,505.5	313.3	1,004.4	NE	148.6	9.2	26.2	23.4	5,252.5
2012	1,886.6	1,433.6	313.8	1,078.3	NE	148.5	8.6	24.4	21.8	4,915.7
2013	1,595.0	1,382.8	305.7	1,026.9	16.9	153.4	8.8	22.6	20.2	4,532.3
2014	1,349.0	1,338.8	316.4	1,145.3	20.4	146.3	8.7	20.4	18.3	4,363.5
2015	1,139.6	1,285.0	320.9	1,199.0	18.3	102.5	6.1	19.7	17.6	4,108.8
2016	949.7	1,232.5	295.3	1,366.2	10.6	131.4	6.7	19.7	17.6	4,029.8

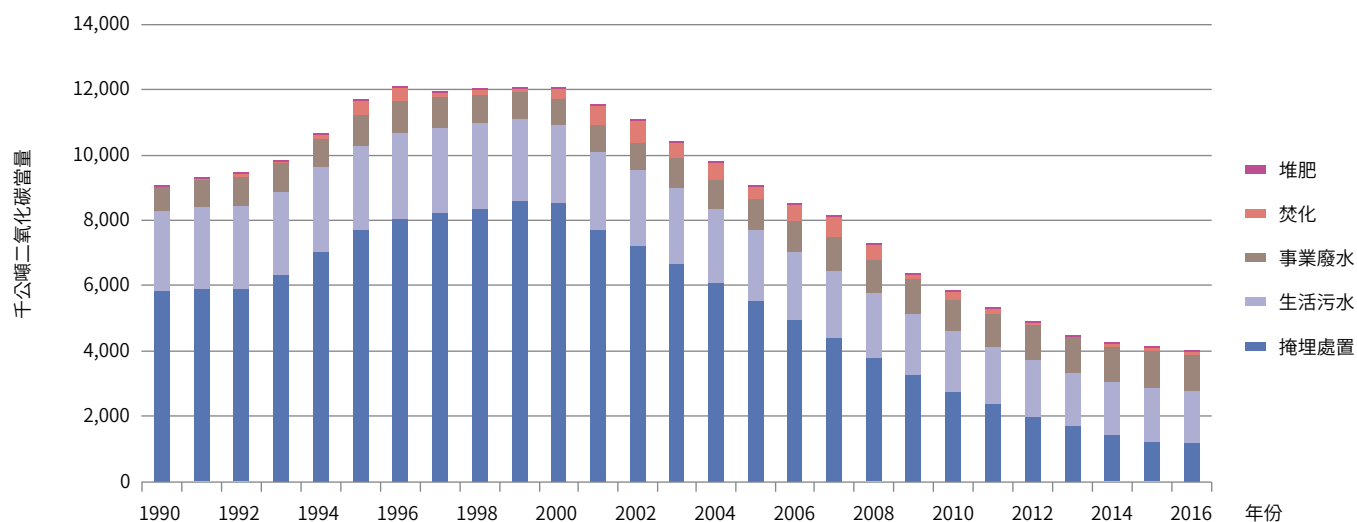


圖 7.1.1 臺灣 1990 至 2016 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

氧化碳當量，較基準年(1990年)減少55.5%，較2015年少了1.4%，較2014年減少約莫7.7%，總體依舊呈現遞減之趨勢。

2016年廢棄物部門整體溫室氣體排放，其中來自掩埋處理排放為949.7千公噸二氧化碳當量、生活污水處理排放為1,527.8千公噸二氧化碳當量、事業廢水處理排放為1,376.3千公噸二氧化碳當量、焚化處理排放為138.1千公噸二氧化碳當量及堆肥處理排放為37.4千公噸二氧化碳當量。在排放氣體方面，甲烷為3,568.2千公噸二氧化碳當量、氧化亞氮為330.2千公噸二氧化碳當量及二氧化碳為131.4千公噸二氧化碳當量。

我國廢棄物處理政策，從早期的掩埋處理逐漸調整為焚化及資源回收再利用後，環境部門溫室氣體排放量趨勢出現顯著變化。早期我國廢棄物係以掩埋處理為主，1990年至2008年間之掩埋處理排放量占比仍高於50%，生活污水及事業廢水兩者排放占比的總和約為35~45%。依2016年計算結果顯示，生活污水處理排放37.91%及事業廢水處理排放34.17%之總和約占環境部門排放的7成(72.1%)，其次依序為廢棄物掩埋排放量23.6%、焚化處理排放3.4%及堆肥處理0.9%；若依氣體內容分析，甲烷則長期占年度排放量的88~97%，以2016年氣體排放比例來看，甲烷占比為88.6%、氧化亞

氮8.2%，二氧化碳僅占3.26%。有關各類溫室氣體排放量逐年趨勢如圖7.1.2所示。

7.2 固體廢棄物處理 (5.A)

我國的衛生掩埋場屬於「有管理、妥善管理」之掩埋場；而一般掩埋場屬於「未妥善管理」之掩埋場，含一般掩埋、堆置及其他之陸上垃圾處理場。臺灣針對一般廢棄物掩埋場分為「有管理」、「無管理」及「其他」三類，然歸為「其他」類之一般廢棄物掩埋場與IPCC所定義之「其他」類並不同；因此臺灣並無IPCC所定義之「其他」類廢棄物掩埋場，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。

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

妥善掩埋場之活動數據係參閱中華民國環境保護統計年報-中華民國89年至105年，引用(四)廢棄物管理表4-1垃圾清理狀況，其中關於垃圾清運之「衛生掩埋」數據；及引用表4-6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。

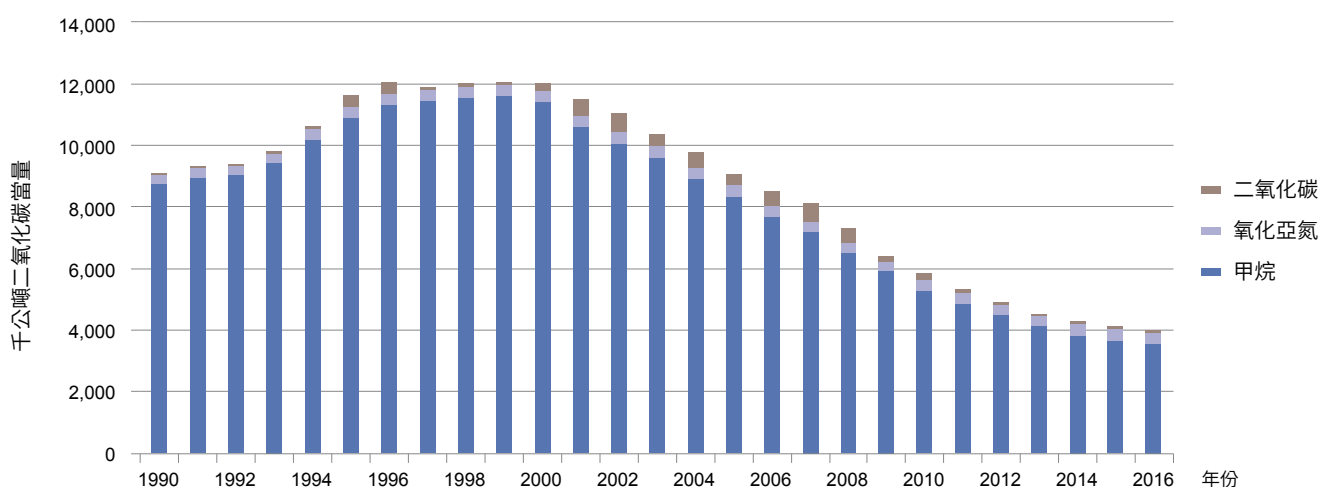


圖 7.1.2 廢棄物部門 1990 至 2016 年各類溫室氣體排放量趨勢

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，由於臺灣並未統計 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。有關計算順序說明如下：

- A. 依據 1990 年之人口量與掩埋量回推至 1950 年之掩埋量並以 1990 年之垃圾組成之成分作為 1950 至 1989 年之垃圾組成。
- B. 依據一階衰減法計算 1950 至 1989 年之累積可分解有機碳含量（比例）(Degradable organic carbon, DOC)。
- C. 以 1989 年計算累積 DOC 結果，作為 1900 年前之累積 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 至 2016 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，主要定義了每年「可分解的 DOC 量 (DDOCm)」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示，在估算採用 DDOCm 時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該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，如果選擇了更短的時限，則應當證明沒有明顯低估排放。

公式 7.2.1.1：

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

DDOCm decomp_T = 第 T 年分解之 DDOCm(Gg/yr)

F：掩埋場產氣中甲烷之比例（預設為 0.5、體積比）

16/12：分子量比例 (CH₄/C)

R：甲烷回收量 (Gg/yr)

OX：氧化係數（預設值為 0）

DDOCm：可分解 DOC 量 (Gg/yr)，W×MCF×DOC×DOC_f

W：廢棄物掩埋量 (mass of waste deposited) (Gg/yr)

MCF：甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for aerobic decomposition)

DOC：可分解有機碳含量（比例）(Degradable organic carbon)

DOC_f：DOC 可被分解之比例 (fraction of DOC that can decompose)

公式 7.2.1.2：

$$\text{DDOCma}_T = \text{DDOCmd}_T + (\text{DDOCma}_{T-1} \times e^{-k})$$

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

T：年份

DDOCma_T：第 T 年末累積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCma_{T-1}：第 (T-1) 年末累積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCmd_T：第 T 當年沉積之 DDOCm(Gg/yr)

DDOCm decomp_T：第 T 年分解之 DDOCm(Gg/yr)

k = 反應常數，k = ln(2)/t_{1/2}

t_{1/2} = 半衰期時間 (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：掩埋場產生的氣體中甲烷之比例 (Fraction of CH₄ in generated landfill gas)

大多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指南建議值為 0.5。根據國內山豬窟、福德坑、文山、西青埔、八里及三峽等六處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成調查分析結果，1999 年以前採用 IPCC 建議值 0.5，2000 年以後採用本土係數調查結果 0.471。

B. R：甲烷回收量 (CH₄ recovered)

本參數應依據各國掩埋場甲烷回收量計算。在參照 2016 年全國 377 處掩埋場（含分期）之沼氣收集處理方式普查結果後發現，掩埋所產生之沼氣燃燒後，其可再扣除之比例較低，應可視為零。另外，過往未統計之甲烷回收量，將依據國內福德坑、山豬窟、文山與西青埔沼氣發電掩埋場之發電量進行回推。

C. MCF：甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for aerobic decomposition)

表 7.2.1 列出 2006 IPCC 指南中掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，並詳細說明各種掩埋場型式之處理情形，以及定義未分類者之 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以及礦物碳占總碳之比例，可分解有機碳含

量可作為生物處理（如掩埋及堆肥）等計算甲烷排放之參數；礦物碳則可作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 IPCC 指南所列各類垃圾的建議 DOC 值，以求得各年度的廢棄物的 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

氧化係數反映了廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，被氧化的甲烷量。2006 IPCC 指南建議的氧化係數預設值為零，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。由於衛生掩埋規定皆須進行覆土，因此會有部分甲烷氧化成二氧化碳，故採用氧化係數 0.1 計算。

表 7.2.1 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 ¹	1
管理 - 半有氧 ²	0.5
未管理 - 深 (深層掩埋 ≥ 5 公尺) 和 (或) 地下水位高 ³	0.8
未管理 - 淺 (淺層掩埋 < 5 公尺) ⁴	0.4
未分類之掩埋場 ⁵	0.6

1. 厭氧管理固體廢棄物處置場所：這些必須已控制廢棄物放置（即，將廢棄物指定到特定處置區域，一定程度的淨化控制和一定程度的火災控制），並至少要包括如下其中一個：(i) 覆蓋材料；(ii) 機械壓實；或 (iii) 廢棄物平整。

2. 半有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 - 深和 / 或地下水位高，所有不符合管理 SWDS 標準的 SWDS，其深度大於或等於 5 米和 / 或高地下水位近似地平面。後種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含量 (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 %		礦物碳比例占總碳的 %	
	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
食物垃圾	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)	(39)	(47)	(47)	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

註：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 ¹ 、未管理和未分類掩埋場	0
覆蓋有甲烷氧化材料 ² 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。

G. 反應常數 (k)

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 DDOC 量。選取臺灣為熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值計算。反應常數 (k) 係使用 2006 IPCC 所公布的廢棄物種類（紙張 / 紡織品係數、木材係數及食品廢棄物）以及廢棄物成分組成計算，其中在 1950 至 1990 年之反應常數皆依據 1990 年之廢棄物組成加權計算，1990 至 2016 年則根據每年之廢棄物組成與剩餘未分解之反應常數進行加權平均計算，求得每年度之反應常數值。

有關廢棄物妥善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，相關參數的採用方法及國內數據來源如表 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 2016 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 年至 2016 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」、「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，結果如表 7.2.7。由於 1997 年 ~1999 年推動資源回收、廢棄物零掩埋、垃圾焚化處理政策，故 2000 年起垃圾掩埋處量大幅下降。2016

年相較 1990 年垃圾掩埋量（衛生掩埋與一般掩埋、堆置、其他總和）減少 98%，2016 年相較 2015 年垃圾掩埋量卻增加 50%，從 93.3 千公噸增加為 140.10 千公噸，關鍵在於一般掩埋量從 2015 年 1.7 千公噸增加至 2016 年的 62.2 千公噸。

(5) 完整性

1990 年至 2016 年妥善掩埋場甲烷排放之統計方法一致，其中，有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2016 年採用中華民國環境保護統計年報，缺少的 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

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(2) 時間序列的一致性

妥善掩埋場甲烷排放估算，係採用 IPCC 2006 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算。1990 年至 2016 年估算方法一致。活動數據蒐集方面：依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 年至 2016 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 年至 2016 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，則引

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)				熱帶 (MAT > 20°C)			
		乾 (MAP/PET < 1)		濕 (MAP/PET > 1)		乾 (MAP < 1000mm)		濕潤和濕 (MAP ≥ 1000mm)	
		預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍
緩慢分解的廢棄物	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	食品廢棄物 / 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

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。

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

符合方法一 (Tier 1)，為利用國家妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，並參考 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月、10 月及 2016 年 7 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」，如表 7.2.8 所示，透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性，相關參數及活動係數之引用已確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。

表 7.2.5 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表

參數	2006IPCC 指南計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	國內數據來源
累積 DOC 量 (W×DOC)	<ul style="list-style-type: none"> 以一階衰減法估算累積量並至少追溯 50 年。 	<ul style="list-style-type: none"> 依據人口數回推掩埋廢棄物量。 1950 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	<ul style="list-style-type: none"> 依據 IPCC 提供之反應常數值計算。 根據氣象局資料，全國 1971 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 食品廢棄物係數 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
甲烷修正參數 (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)、未分類掩埋場等四類參數。	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
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 <ul style="list-style-type: none"> 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% 	<ul style="list-style-type: none"> 依據臺灣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礦物碳成分，因此取垃圾性質分析含碳量計算與國內研究資料兩者較低者作為計算值。 	中華民國環境保護年報 國內研究資料
轉換成沼氣的比例 (DOCF)	預設值 0.5	使用 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	<ul style="list-style-type: none"> 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)	<ul style="list-style-type: none"> 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

因 2000 年以後沼氣中甲烷比例 F 值採用本土調查結果 0.471，經重新計算 2000 至 2014 年的排放量，結果顯示，2000 至 2014 年的排放量較重新計算前減少 5.4% 至 5.7%。

6. 特定排放源的改善計畫

由於妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處理量之統計年報活動數據與組成僅有全國之彙整數據，我國未來可考量區分各處理掩埋單位之活動數據與組成，將能更完整反應實際數據與組成，進而計算各處理掩埋單位之溫室氣體排放。

另外，有關計算參數甲烷回收量的採用數據，目前係以福德坑、山豬窟、台中文山與高雄西青埔等四處掩埋場之發電量回推甲烷回收量。未來可再進一步蒐集三峽及八里等二處掩埋場的歷年甲烷回收量，以反應國內沼氣回收發電掩埋場的實際現況。

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

依據環境保護統計年報，彙整 1990 年～2016 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」等數據，及 1992 年～2016 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」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據。

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氣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。

表 7.2.6 臺灣 1990 至 2016 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 (%)									
		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	化學分析含碳量	
1990	3,979.6	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	19.14	2.45	51.97	15.71	
1991	4,323.5	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	13.14	
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	18.85	
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	18.99	
1997	5,129.7	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	46.03	19.17	
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	18.14	
2001	2,996.8	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	17.86	
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	20.52	
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	24.05	
2009	185.8	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	54.19	22.53	
2010	181.8	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	52.66	22.71	
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	22.10	
2016	77.9	36.76	3.55	0.63	37.98	1.28	16.61	0.61	52.91	22.21	

資料來源：行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2017 年。
備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

有關計算順序說明如下：

- A. 依據 1990 年之人口量與掩埋量回推至 1950 年之掩埋量並以 1990 年之垃圾組成之成分作為 1950 至 1989 年之垃圾組成。
- B. 依據一階衰減法計算 1950 至 1989 年之累積可分解有機碳含量 (累積 DOC)。
- C. 以 1989 年計算累積 DOC 結果，作為 1900 年前之累積 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 至 2016 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，主要定義了每年「可分解的 DOC 量 (DDOCm)」參數，此參數則以一階衰減法估算，詳如公式 7.2.1.2 所示，

在估算採用 DDOCm 時，2006 IPCC 指南表示至少需計算 50 年的處置資料，該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，如果選擇了更短的時限，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 CH₄ in generated landfill gas)

大多數掩埋場沼氣中甲烷的比例接近 50%，2006 IPCC 指南建議值為 0.5。1999 年以前採用 IPCC 建議值 0.5，2000 年以後根據國內山豬窟、福德坑、文山、西青埔、八里及三峽等六處沼氣發電掩埋場，其歷年沼氣組成分析調查結果，採用本土調查係數 0.471。

表 7.2.7 臺灣 1990 至 2016 年妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	衛生掩埋 (千公噸)	加權 (MCF)	廢棄物組成 (%)		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 _F)	甲烷生成比例 (F)	轉換係數 16/12	甲烷回收量 (R) (千公噸二氧化碳當量)	氧化係數 (OX)	甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量)
			組成分析含碳量	可分解有機碳 (DOC)										
1990	3,979.6	1.0	15.88	15.88	632.08	4,546.2	566.30	0.135	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	4,246.4
1991	4,323.5	1.0	13.51	13.51	584.27	4,555.8	574.64	0.135	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	4,308.7
1992	5,087.5	1.0	16.93	16.50	839.43	4,819.4	575.86	0.138	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	4,317.9
1993	5,090.8	1.0	18.38	17.04	867.47	5,066.1	620.80	0.149	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	4,654.8
1994	5,574.4	1.0	18.69	18.69	1,041.75	5,408.7	699.17	0.155	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	5,242.5
1995	4,362.8	1.0	19.55	18.60	811.48	5,444.7	775.46	0.161	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	5,814.5
1996	4,824.0	1.0	18.97	18.97	915.12	5,552.3	807.49	0.161	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	6,054.7
1997	5,129.7	1.0	18.87	18.87	967.91	5,695.9	824.35	0.162	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	6,181.1
1998	5,598.0	1.0	19.18	18.47	1,033.95	5,878.2	851.67	0.167	0.5	0.5	1.333	NO	0.1	6,385.9
1999	5,366.9	1.0	20.96	18.87	1,012.74	5,988.5	902.42	0.167	0.5	0.5	1.333	78.2	0.1	6,696.1
2000	3,822.1	1.0	17.61	17.61	673.12	5,742.8	918.82	0.168	0.5	0.471	1.333	137.1	0.1	6,366.5
2001	2,996.8	1.0	17.62	17.62	527.98	5,384.6	886.21	0.172	0.5	0.471	1.333	504.7	0.1	5,805.3
2002	2,116.4	1.0	18.29	18.29	387.00	4,919.3	852.23	0.176	0.5	0.471	1.333	605.4	0.1	5,474.6
2003	1,700.4	1.0	19.84	18.71	318.15	4,444.4	793.04	0.177	0.5	0.471	1.333	526.6	0.1	5,127.5
2004	1,474.2	1.0	20.38	20.38	300.37	4,023.7	721.12	0.179	0.5	0.471	1.333	386.9	0.1	4,745.3
2005	1,184.6	1.0	22.58	17.98	212.99	3,578.6	658.09	0.180	0.5	0.471	1.333	334.7	0.1	4,347.0
2006	851.0	1.0	24.10	20.58	175.14	3,162.8	590.91	0.183	0.5	0.471	1.333	288.0	0.1	3,914.6
2007	504.9	1.0	23.18	21.44	108.26	2,742.3	528.76	0.184	0.5	0.471	1.333	253.8	0.1	3,506.4
2008	236.1	1.0	23.89	23.89	56.40	2,337.3	461.42	0.185	0.5	0.471	1.333	214.4	0.1	3,066.2
2009	185.8	1.0	22.47	22.47	41.74	1,984.2	394.83	0.185	0.5	0.471	1.333	194.2	0.1	2,614.0
2010	181.8	1.0	22.53	22.53	40.96	1,689.6	335.59	0.186	0.5	0.471	1.333	172.1	0.1	2,215.5
2011	142.2	1.0	22.29	21.70	30.85	1,433.6	286.85	0.187	0.5	0.471	1.333	139.9	0.1	1,900.2
2012	102.1	1.0	22.52	22.36	22.82	1,212.1	244.27	0.188	0.5	0.471	1.333	122.2	0.1	1,615.3
2013	91.4	1.0	23.08	22.26	20.34	1,025.0	207.43	0.188	0.5	0.471	1.333	109.8	0.1	1,366.3
2014	83.1	1.0	22.54	22.03	18.31	867.3	176.00	0.189	0.5	0.471	1.333	96.6	0.1	1,156.2
2015	91.7	1.0	21.75	22.10	19.93	738.0	149.27	0.190	0.5	0.471	1.333	85.8	0.1	977.2
2016	77.9	1.0	21.80	23.05	16.98	627.5	127.45	0.191	0.5	0.471	1.333	97.5	0.1	812.5

說明：NO (未發生)，代表臺灣該分類項目無生產或使用。

B. R：甲烷回收量 (CH₄ recovered)

本參數應依據各國掩埋場甲烷回收量計算。根據 2016 年全國 377 處掩埋場 (含分期) 之沼氣收集處理方式普查結果，掩埋處理因沼氣燃燒可再扣除之比例，可視為零。

C. MCF：甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for aerobic decomposition)

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，以及定義未分類者之 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，因此修正一般掩埋之甲烷修正參數值。故設定未妥善管理之廢棄物掩埋場之甲烷修正參數值為 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作為生物處理 (如掩埋、堆肥) 等計算甲烷排放之參數；礦物碳則可作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，以求得各年度廢棄物的 DOC 值。

E. DOCF：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

氧化係數反映了廢棄物在土壤或覆蓋層材料裡，被氧化的甲烷量。2006 IPCC 指南建議的氧化係數預設值為零，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。由於一般掩埋場處理較未完善，覆土不完整，甲烷易直接逸散，因此氧化係數以零計算。

G. 反應常數 (k)

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 DDOC 量。選取臺灣為熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值計算。一般掩埋場反應常數 (k) 比照妥善管理之廢棄物掩埋場計算方式。

表 7.2.8 妥善管理掩埋場一般清單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水準資料 (垃圾衛生掩埋、垃圾組成) 和排放因數 (IPCC 建議值) 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	<ul style="list-style-type: none"> 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水準資料常數與參數之一致性與複檢結果
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 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	<ul style="list-style-type: none"> 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格 檢查所記錄的資格假定和專家判斷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 指南建議值
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> 詳細登錄資料來源引用與版本差異 檢查歸檔並存儲的清單資料支援資料和清單記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法一致性 無時間序列一致性缺漏情事
開展完全檢查	確認提交的評估報告涵蓋了從指定基年到當前清單時段內所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> 對於每個排放源類別應將當前的清單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 本年度因 2000 年以後沼氣中甲烷比例 F 值採用本土調查結果 0.471，故重新計算 2000 年至 2014 年的排放

(3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2015 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，及 1992 至 2015 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」、「水分」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.9 所示。

(4) 排放量

依據 IPCC 估算廢棄物掩埋場甲烷排放之公式（公式 7.2.1.1、公式 7.2.1.2）及中華民國環境保護年報之資訊，未妥善管理之廢棄物掩埋場之類別包括「一般掩埋」、「堆置」、「其他」等三項廢棄物類別，另由於目前垃圾掩埋沼氣回收處理僅有衛生掩埋場，故未妥善管理之

廢棄物掩埋場之甲烷回收量 (R) 為零。排放估算結果如表 7.2.10 所示。

行政院環境保護署統計年報數據顯示，從 2000 年起垃圾妥善處理率已超過九成，2004 年已達 99% 以上，故未妥善管理掩埋場產生甲烷排放量亦隨著臺灣垃圾妥善處理率增加而大幅下降。

(5) 完整性

1990 年至 2016 年妥善掩埋場甲烷排放之統計方法一致，其中，有關活動數據之廢棄物組成成份，1992 年至 2016 年採用中華民國環境保護統計年報，缺少的 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。

表 7.2.9 臺灣 1990 至 2016 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 (%)								
	一般掩埋 堆置	堆置	其他	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	化學分析 含碳量
1990	2,046.6	NE	627.8	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	19.14	2.45	51.97	15.71
1991	2,409.3	NE	471.9	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	13.14
1992	2,148.9	NE	501.6	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	51.97	16.50
1993	2,449.6	NE	427.9	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	51.06	17.04
1994	2,058.6	NE	446.0	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	53.21	18.85
1995	2,537.6	NE	500.0	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	48.14	18.60
1996	2,090.5	NE	454.8	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	50.60	18.99
1997	1,536.4	NE	508.9	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	46.03	19.17
1998	1,088.9	296.5	155.4	32.77	5.27	0.83	18.29	4.81	20.14	4.54	51.06	18.47
1999	857.3	245.2	56.2	35.83	5.20	0.60	21.83	4.89	19.85	1.97	50.76	18.87
2000	697.1	119.1	4.7	26.37	6.06	1.35	27.76	3.36	22.00	0.44	45.02	18.14
2001	433.3	73.0	14.6	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	17.86
2002	224.5	55.1	8.0	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	51.24	18.29
2003	113.1	20.2	0.7	32.97	3.78	0.22	27.19	3.88	21.36	3.58	55.69	18.71
2004	63.6	16.1	1.2	31.56	4.90	0.87	29.76	4.91	20.60	0.98	51.19	20.52
2005	35.2	4.9	0.1	38.64	2.38	0.43	38.15	1.93	13.78	0.67	54.03	17.98
2006	13.3	2.7	1.7	44.30	1.84	0.19	34.57	1.74	14.63	0.36	52.41	20.58
2007	IE	IE	32.5	41.75	3.310	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	51.55	21.44
2008	IE	IE	0.7	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	50.94	24.05
2009	IE	IE	1.3	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	54.19	22.53
2010	IE	IE	2.2	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	52.66	22.71
2011	IE	IE	0.1	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	55.06	21.70
2012	IE	IE	0.1	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	53.97	22.36
2013	IE	IE	0.1	47.10	2.35	0.36	35.07	1.32	16.57	0.52	54.08	22.26
2014	IE	IE	0.1	39.42	2.34	0.14	37.64	1.31	16.56	0.60	55.17	22.03
2015	IE	IE	1.7	34.69	4.67	0.54	40.39	1.61	15.55	0.50	54.79	22.10
2016	IE	IE	62.2	36.76	3.55	0.63	37.98	1.28	16.61	0.61	52.91	22.21

資料來源：行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2017 年。

說明：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

NE (未估計)，指對現有排放量沒有估計。

IE，列於他處。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(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 IPCC 2006 指南建議之「一階減法」公式進行計算，各年期 (1990 至 2016 年) 估算方法一致。活動數據蒐集方面：依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 至 2016 年垃圾清運之垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，及 1992 至 2016 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

符合方法一 (Tier 1)，為利用國家妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，並參考 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月、10 月及 2016 年 7 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

表 7.2.10 臺灣 1990 至 2016 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量

年份	一般掩埋 (千公噸)	加權 (MCF)	廢棄物組成 (%)		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 (DOCF)	甲烷生成 比例 (F)	甲烷回 收量 (R)	氧化係 數 (OX)	甲烷排 放量
			組成分析 含碳量	可分解有 機碳 (DOC)									
1990	2,674.4	0.5	15.88	15.88	424.78	3,055.2	380.59	0.135	0.5	0.5	NO	0.0	1,585.4
1991	2,881.3	0.5	13.51	13.51	389.37	3,058.4	386.18	0.135	0.5	0.5	NO	0.0	1,608.7
1992	2,650.5	0.5	16.93	16.50	437.34	3,109.2	386.58	0.138	0.5	0.5	NO	0.0	1,610.4
1993	2,877.5	0.5	18.38	17.04	490.33	3,199.0	400.45	0.147	0.5	0.5	NO	0.0	1,668.1
1994	2,504.5	0.5	18.69	18.69	468.05	3,230.6	436.51	0.153	0.5	0.5	NO	0.0	1,818.3
1995	3,037.6	0.5	19.55	18.60	564.99	3,338.3	457.27	0.157	0.5	0.5	NO	0.0	1,904.8
1996	2,545.3	0.5	18.97	18.97	482.84	3,334.9	486.23	0.158	0.5	0.5	NO	0.0	2,025.4
1997	2,045.3	0.5	18.87	18.87	385.92	3,233.2	487.62	0.160	0.5	0.5	NO	0.0	2,031.3
1998	1,540.9	0.5	19.18	18.47	284.60	3,041.1	476.73	0.163	0.5	0.5	NO	0.0	1,985.9
1999	1,158.6	0.5	20.96	18.87	218.63	2,801.7	458.02	0.163	0.5	0.5	NO	0.0	1,907.9
2000	820.9	0.5	17.61	17.61	144.56	2,523.7	422.52	0.164	0.5	0.471	NO	0.0	1,658.0
2001	520.9	0.5	17.62	17.62	91.78	2,233.3	382.21	0.167	0.5	0.471	NO	0.0	1,499.8
2002	287.5	0.5	18.29	18.29	52.57	1,942.7	343.15	0.169	0.5	0.471	NO	0.0	1,346.5
2003	134.0	0.5	19.84	18.71	25.08	1,666.4	301.40	0.169	0.5	0.471	NO	0.0	1,182.7
2004	81.0	0.5	20.38	20.38	16.50	1,423.5	259.43	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	1,018.0
2005	40.3	0.5	22.58	17.98	7.24	1,208.6	222.16	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	871.8
2006	17.7	0.5	24.10	20.58	3.64	1,023.2	189.04	0.170	0.5	0.471	NO	0.0	741.8
2007	32.5	0.5	23.18	21.44	6.97	869.8	160.32	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	629.1
2008	0.7	0.5	23.89	23.89	0.18	733.6	136.39	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	535.2
2009	1.3	0.5	22.47	22.47	0.30	618.7	115.20	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	452.1
2010	2.2	0.5	22.53	22.53	0.49	522.0	97.16	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	381.3
2011	0.1	0.5	22.29	21.70	0.02	440.1	81.99	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	321.7
2012	0.1	0.5	22.52	22.36	0.02	370.9	69.13	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	271.3
2013	0.1	0.5	23.08	22.26	0.02	313.0	58.28	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	228.7
2014	0.1	0.5	22.54	22.03	0.02	263.6	49.12	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	192.8
2015	1.7	0.5	21.75	22.10	0.37	222.5	41.41	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	162.5
2016	62.2	0.5	21.80	23.05	13.56	201.1	34.96	0.171	0.5	0.471	NO	0.0	137.2

說明：1. NO (未發生)，代表臺灣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

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.2.11），透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性，相關參數及活動係數之引用已確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。

因 2000 年以後沼氣中甲烷比例 F 值採用本土調查結果 0.471，本年度清冊重新計算 2000 年至 2014 年的排放量。重新計算後的結果顯示，2000 年以後的排放量較重新計算前減少 5.8% 至 5.9%。

6. 特定排放源的改善計畫

由於未妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處理量之統計年報活動數據與組成僅有全國之彙整數據，未來可進一步考量區分各處理掩埋單位之活動數據與組成，將能更完整反應實際數據與組成，進而計算各處理掩埋單位之溫室氣體排放。

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，均已包含在其規範內，也已依 IPCC 指南進行估算。因此，無其他陸地廢棄物掩埋處理排放範疇。

表 7.2.11 未妥善管理掩埋場一般清單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	<ul style="list-style-type: none"> 交叉檢查排放源類別資訊活動水準資料（垃圾一般掩埋、堆置、其他、垃圾組成）和排放因數（IPCC 建議值）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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 確認引用適用多種排放源類別的活動水準資料常數與參數之一致性與複檢結果
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格 檢查所記錄的資格假定和專家判斷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 指南建議值
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> 詳細登錄資料來源引用與版本差異 檢查歸檔並存儲的清單資料支援資料和清單記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性 無時間序列一致性缺漏情事
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基年到當前清單時段內所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> 對於每個排放源類別應將當前的清單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 本年度因 2000 年以後沼氣中甲烷比例 F 值採用本土調查結果 0.471，故重新計算 2000 至 2014 年的排放量

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 清冊指南中將生物處理產生的溫室氣體排放作為一個排放源類別。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以及產生沼氣回收發電等，對已開發國家與開發中國家而言，可常見將有機廢棄物（如食品廢棄物、花園庭園之落葉等）回收用作堆肥和土地改良。堆肥處理過程中會發生厭氧反應而產生甲烷。

此外，堆肥處理尚會產生氧化亞氮；若有機廢棄物進行厭氧分解，則會有甲烷大量產生，此時通常會回收甲烷進行燃燒，用以產生熱能或發電，則此類能源利用之溫室氣體排放通常會歸屬在能源部門。

依據中華民國環境保護統計年報廚餘回收包括「堆肥」、「養豬」與「其他廚餘再利用」三類，堆肥處理溫室氣體排放則是依據統計年報廚餘回收之「堆肥」數據進行計算。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

根據 2006 IPCC 清冊指南提出之堆肥產生之甲烷與氧化亞氮排放推估計算方法如公式 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 CH₄/kg 廢棄物)

i : 堆肥處理或厭氧處理

R : 甲烷回收量 (Gg CH₄)

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產生氧化亞氮之排放係數 (g N₂O/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 所示，其所採用之排放係數值如表 7.3.1 所示，皆引用 IPCC 排放係數之預設值，其中甲烷排放係數為 4 g-CH₄/kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3 g-N₂O/kg 廢棄物。

參閱 IPCC 建議指南公式 7.3.1 與公式 7.3.2 計算生物處理產生（堆肥處理）之溫室氣體排放量，主要包括甲烷和氧化亞氮，相關參數詳列於表 7.3.2。

(3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2016 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.3.3 堆肥數據欄位所示。

表 7.3.1 廢棄物生物處理甲烷和氧化亞氮排放係數預設值

生物處理的類型	甲烷排放係數 (g CH ₄ /kg 處理的廢棄物)		氧化亞氮排放係數 (g N ₂ O/kg 處理的廢棄物)		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)	關於處理的廢棄物的假設：25-50% 乾物質中的 DOC，2% 乾物質中的 N，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。
沼氣設施的厭氧分解	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	臺灣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 (Mi)	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 ₄ /kg 廢棄物，氧化亞氮為 0.3g-N ₂ O/kg 廢棄物。	IPCC 預設值
甲烷回收量 (R)	預設值零	採 IPCC 預設值計算	IPCC 預設值

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4-6, table 4.1。

(4) 排放量

生物處理產生（堆肥處理）之溫室氣體排放量主要包括甲烷和氧化亞氮係數，結果如表 7.3.3 所示。

依據公式 7.3.1、公式 7.3.2，影響生物處理（堆肥處理）溫室氣體排放量的主要參數為堆肥處理量及排放係數。2016 年之堆肥量與 2015 年差異不大，略增加 0.21 千公噸，因此甲烷、氧化亞氮等溫室氣體較 2015 年略上升 0.11%。

依據行政院環境保護署統計年報堆肥處理量，1990 年數量似乎相較其近年數據增加許多，其原因可能為 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，試行有機栽培致使該年度堆肥數量較前後年較為增加。

臺灣亦於 1990 年立法禁止焚燒稻草，鼓勵直接掩埋可改善土壤物理、化學及生物性之效果，可於水稻收割時直接用收稻機將稻稈切割成小段當作基肥。

有關自 2003 年起堆肥處理溫室氣體排放量增加原因，為堆肥處理量自 2003 年逐年增加。堆肥處理量之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」，期間先後頒布「資源回收再利用法」，推動源頭減量、資源回收再利用計畫、廢棄物「零廢棄」政策等；而 2005 年起，政府則推動「垃圾強制分類回收」。另，堆肥處理量於 2011 年達到近年最高值之後開始逐年下降，研判與自 2012 年起行政院環境保護署不再補助經費協助地方政府處理，回歸地方自治事項有關。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，因而造成堆肥量自 2011 年以後逐年下降。

(5) 完整性

中華民國環境保護統計年報完整記載 1990 年至 2016 年廚餘回收之「堆肥」數據。

表 7.3.3 臺灣 1990 至 2016 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 ₄ /kg 廢棄物)	氧化亞氮排放係數 (g-N ₂ O/kg 廢棄物)	甲烷排放量 (千公噸二氧化碳 當量)	氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳 當量)
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	22.29	100	4	0.3	2.23	1.99
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

說明：堆肥活動數據來自中華民國環境保護統計年報

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(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之估算依據，是依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 至 2016 年廚餘回收之「堆肥」數據，且各年期估算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

符合方法一 (Tier 1)，為利用國家妥善管理廢棄物掩埋場活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，並參考 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.3.4），透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性已查證，相關參數及活動係數之引用已確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。下一年度如前述各年期排放估算採用之計算方法、活動數據或引用相關排放係數值有變更，才會涉及排放量之重新計算。

6. 特定排放源的改善計畫

因堆肥處理的溫室氣體產生會受到處理方式及操作環境的影響，後續如有進一步國家相關堆肥處理之方式及本土排放係數研究，可納入參考，以精進排放之估算。現行仍以採用 IPCC 預設排放係數為主。

表 7.3.4 堆肥一般清單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	<ul style="list-style-type: none"> 交叉檢查排放源類別資訊活動水準資料（廚餘回收之「堆肥」數據）和排放因數（IPCC 建議值）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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格 檢查所記錄的資格假定和專家判斷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 指南建議值
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> 詳細登錄資料來源引用與版本差異 檢查歸檔並存儲的清單資料支援資料和清單記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法一致性 無時間序列一致性缺漏情事
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基年到當前清單時段內所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> 對於每個排放源類別應將當前的清單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 本年度並無重新計算情事

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

IPCC 指南針對無能源回收的廢棄物焚燒產生的排放報告應列於廢棄物部門，具能源回收廢棄物焚化之排放報告則列於能源部門。

另外除了焚化爐燃燒外，並增加露天燃燒計算，兩者計算公式相同，其中對於廢棄物焚化爐，假設燃燒效率接近於 100%，而露天燃燒的燃燒效率低得多，如果使用的廢棄物焚化氧化係數低於 100%，就要對其詳細記錄及提供資料來源。

7.4.1 廢棄物焚化 (5.C.1)

1. 排放源及匯分類的描述

廢棄物焚燒可能產生的溫室氣體包括二氧化碳、氧化亞氮及甲烷，由於焚燒爐內燃燒高溫與長停留時間，甲烷排放量甚少。所以，估算廢棄物焚燒之溫室氣體，主要以二氧化碳及氧化亞氮為主。

依據 2006 IPCC 指南，針對無能源回收之廢棄物焚燒所產生的排放量屬廢棄物部門，而有能源回收之廢棄物焚化所產生的排放量則應歸屬能源部門；另外，僅需計算礦物碳產生之溫室氣體排放量。

廢棄物焚化之活動數據係依據中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 2003 至 2016 年，引用 (四) 廢棄物管理表 4-1 垃圾清理狀況，其中關於垃圾清運之「焚化」數據，與引用表 4-2 事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」，兩者加總，及扣除表 4-9 大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化 (處理) 量」。另外，臺灣從 1997 年大型焚化爐加入發電機制，其焚化排放量必須扣除，以避免與能源部門重複計算。

採用前述間接計算不具能源回收之焚化處理量的方法，近年 (2011 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，故自 2011 年以後的活動數據經專家會議討論決議，改為採用處理量較為穩定的無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，以調整近年因活動數據驟增或驟降，導致排放量變動過大的情形。

1997 至 2000 年焚化爐加入發電機制之焚化量大增加，而 2001 至 2014 年仍呈現逐年增加趨勢；其

中 2001 至 2007 年焚化發電比例低於 80%，2009 年及 2011 年起均大於 90%。

另外，2006 年 IPCC 指南在焚化燃燒方面，僅需計算礦物碳之溫室氣體排放量。因此，需確認垃圾之成分組成，故依據中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 1990 至 2016 年，引用表 4-6 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；其中「塑膠」、「其他」、「水分」及「化學分析含碳量」僅有中華民國 2002 至 2016 年。

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，石化燃料及其產品 (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、食品廢物和木料) 的碳則不包括在內，另外廢棄物焚化回收能源利用之排放，則歸屬能源部門。計算公式主要根據公式 7.4.1.1 計算。

公式 7.4.1.1 :

$$\text{二氧化碳 (Gg/yr)} = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i \times 44 / 12)$$

SW_i : 廢棄物總燃燒量 (濕重)(Gg/yr)

dm_i : 廢棄物乾物質比例 (濕重)(%)

CF_i : 廢棄物乾物質之總碳比例 (總碳含量)(%)

FCF_i : 廢棄物乾物質之總碳比例之礦物碳比例 (%)

OF_i : 氧化比例 (燃燒效率)(%)

44/12 : 從碳到二氧化碳的轉換係數

i = 焚化 / 露天燃燒廢棄物類型，如一般廢棄物、事業及醫療廢棄物

B. 廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放量計算

在氧化亞氮排放方面，IPCC 指南計算方法如公式 7.4.1.2 所示。

公式 7.4.1.2 :

$$\text{氧化亞氮 (Gg / yr)} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^6$$

IW_i : 廢棄物總燃燒量 (Gg/yr)

EF_i : 氧化亞氮排放係數 (kg N₂O/Gg 廢棄物)

(2) 排放係數

於 IPCC 指南提供各國焚化爐焚化的氧化亞氮排放係數如表 7.4.1 所示。

參閱 IPCC 建議指南公式 7.4.1.1 與公式 7.4.1.2 計算焚化處理產生之溫室氣體排放量，主要包括二氧化碳和氧化亞氮，相關參數詳列於表 7.4.2 與表 7.4.3。

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 N₂O/T 計算。

(3) 活動數據

廢棄物焚化之活動數據是參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 2003 至 2016 年，引用 (四) 廢棄物管理表 4-1 垃圾清理狀況，其中關於垃圾清運之「焚化」數據，與引用表 4-2 事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」，及表 4-9 大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化 (處理) 量」。

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 ₂ O/T 焚化的 MSW)	計算基準
日本	連續焚化	階床式爐體	47	濕重
		流體化床	67	濕重
	半連續焚化	階床式爐體	41	濕重
		流體化床	68	濕重
	分批類焚化	階床式爐體	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	臺灣計算方法及採用數據	國內數據來源
廢棄物總燃燒量 (SWi)	國內資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> 2010 年以前依據國內生活垃圾燃燒量與一般事業垃圾處理量，作為全國燃燒廢棄物量。 由於大型焚化爐會產生能源發電須扣除其垃圾量，其餘垃圾量燃燒計入廢棄物部門。 2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，作為全國燃燒廢棄物量。 	中華民國環境保護年報 固定污染源空污費暨排放量 申報整合管理系統
廢棄物乾物質比例 (dmi)	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 (CFi)	提供各種物質之總碳比例預設值	依據臺灣垃圾組成與 IPCC 公布含碳量計算。	中華民國環境保護年報
廢棄物乾物質之總碳比例之礦物碳比例 (FCFi)	提供各種物質之礦物碳比例預設值	依據國內研究資料與 IPCC 公布各種物質之礦物碳比例計算。	國內研究資料
氧化比例 (OFi)	未公布	依據 IPCC 預設值 100% 計算	

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, table 5.4。

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	臺灣計算方法及採用數據	國內數據來源
廢棄物總燃燒量 (IW)	國內資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> 2010 年以前依據國內生活垃圾燃燒量與一般事業垃圾處理量，作為全國燃燒廢棄物量。 由於大型焚化爐會產生能源發電須扣除其垃圾量，其餘垃圾量燃燒計入廢棄物部門。 2011 年以後採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，作為全國燃燒廢棄物量。 	中華民國環境保護年報 固定污染源空污費暨排放量 申報整合管理系統
氧化亞氮排放係數 (EF)	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 47g N ₂ O/T 計算。	IPCC 公布值

採用前述間接計算不具能源回收之焚化處理量的方法，近年（2011 至 2013 年）活動數據會呈現劇降情形，導致溫室氣體排放量變動過大，故自 2011 年以後的活動數據經專家會議討論決議，直接採用無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量計算排放量。

計算時並參閱引用表 4-6 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，估算廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量，結果如表 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後，近年排放量呈現較為穩定而無驟增或驟降情形，2016 年二氧化碳排放量約為 1990 年排放量的 6.4 倍，相較 2015 年增排 28%；氧化亞氮排放量相較 2015 年增排 10%。

(5) 完整性

估算焚化溫室氣體排放活動數據，主要依據中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 2003 至 2016 年，引用垃圾清理狀況關於垃圾清運之「焚化」數據，與事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」活動量，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 至 2016 年活動量。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。

另參閱引用表 4-6 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 至 2016 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

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(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，引用中華民國環境保護統計年報登載 1990 至 2016 年垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化（處理）量」，以及「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。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

符合方法一 (Tier 1)，為利用國家垃圾清運之「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」、「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 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.4.5），透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性已查證，相關參數及活動係數之引用已確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。

2011 年以後活動數據，直接引用「固定污染源空污費暨排放量申報整合管理系統」的無能源回收中小型焚

化爐廢棄物焚化量，取代環保年報間接統計無能源回收焚化量。重新計算 2011 至 2014 年的廢棄物焚化排放量，重新計算後的結果顯示，2011 年、2012 年、2013 年及 2014 年焚化處理溫室氣體（二氧化碳與氧化亞氮）排放量較重新計算前增加 0.29 倍、1.4 倍、33.3 倍及 0.61 倍。

6. 特定排放源的改善計畫

自 2011 年以後的活動數據，改為採用處理量較為穩定的無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，其焚化物來源主要為有害、醫療及事業廢棄物，然而計算排放量時，

仍採用環境保護統計年報中的全國垃圾組成。我國未來可調查中小型焚化爐焚化物的組成及碳含量；另外亦可調查爐體類型是否多屬於連續式鍋爐，以確認氧化亞氮的排放係數採用值。

7.4.2 廢棄物露天燃燒 (5.C.2)

依據國內廢棄物露天燃燒垃圾現況，僅有農業廢棄物有此情形，歸屬農業部門，廢棄物部門並無其他廢棄物以露天燃燒處理情形。

表 7.4.4 IPCC 指南焚化處理之溫室氣體活動數據及與排放量

年份	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)	中小型爐焚化量 (千公噸)	含水分 (%)	含碳量比例 (CCW)(%)	礦物碳比例 (FCF)(%)	焚化爐燃燒效率 (EF)(%)	氧化亞氮排放係數 (g-N ₂ O/T)	二氧化碳排放量	氧化亞氮排放量
1990	77.7	NE	NE	NE	51.97	31.75	47.08	100	47	20.5	1.1
1991	28.8	NE	NE	NE	51.97	31.75	51.35	100	47	8.3	0.4
1992	255.4	NE	NE	NE	51.97	31.75	45.51	100	47	65.0	3.6
1993	249.0	NE	NE	NE	51.06	33.37	42.30	100	47	63.1	3.5
1994	412.5	NE	NE	NE	53.21	35.86	43.39	100	47	110.1	5.8
1995	1,301.0	NE	NE	NE	48.14	38.64	41.62	100	47	397.9	18.2
1996	1,364.6	NE	NE	NE	50.60	37.53	41.68	100	47	386.6	19.1
1997	1,691.6	NE	1,419.3	NE	46.03	44.41	43.84	100	47	104.9	3.8
1998	1,741.1	NE	1,335.4	NE	51.06	36.17	44.29	100	47	116.6	5.7
1999	2,020.6	NE	1,789.1	NE	50.76	37.17	41.80	100	47	65.0	3.2
2000	3,229.7	NE	2,659.7	NE	45.02	46.91	48.05	100	47	259.0	8.0
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	NE	55.80	32.69	47.52	100	47	539.9	30.0
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	NE	51.24	39.91	45.66	100	47	612.1	26.3
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	NE	55.69	33.60	44.88	100	47	417.3	23.9
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	NE	51.19	40.24	43.17	100	47	512.4	23.1
2005	4,300.4	3,270.7	5,614.9	NE	54.03	33.28	31.70	100	47	347.8	27.4
2006	4,164.0	3,693.6	5,683.0	NE	52.41	39.27	31.52	100	47	469.6	30.5
2007	4,335.8	3,734.7	5,948.8	NE	51.55	41.59	35.85	100	47	562.1	29.7
2008	4,137.3	3,444.2	6,110.8	NE	50.94	47.39	35.35	100	47	443.2	20.6
2009	4,036.4	2,671.0	6,092.9	NE	54.19	41.58	35.96	100	47	154.3	8.6
2010	3,888.6	3,119.7	6,235.4	NE	52.66	43.49	35.68	100	47	208.2	10.8
2011	3,468.6	3,397.5	6,355.4	660.2	55.06	39.41	34.67	100	47	148.6	9.2
2012	3,277.3	3,381.0	6,405.0	616.9	53.97	41.43	34.43	100	47	148.5	8.6
2013	3,208.7	3,281.4	6,471.8	629.4	54.08	41.16	35.16	100	47	153.4	8.8
2014	3,189.5	3,618.5	6,420.4	624.1	55.17	39.93	35.71	100	47	146.3	8.7
2015	3,142.7	3,272.7	6,622.1	434.1	54.79	40.34	35.33	100	47	102.5	6.1
2016	2,993.4	3,223.1	6,442.0	477.7	52.91	43.56	36.56	100	47	131.4	6.7

資料來源：1. 中華民國環境保護統計年報，廢棄物組成皆為一般垃圾組成。
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。
說明：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。

7.5 廢水處理與放流 (5.D)

廢水若經厭氧處理會產生甲烷及氧化亞氮排放；廢水處理產生的二氧化碳排放放在 IPCC 指南認為是生物成因，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產生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，主要增加了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。

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系統中甲烷排放須分開估算，因為不同來源廢水活動資料和排放係數並不相同，故分別計算其甲烷產生量。

主要影響甲烷生成量的因子為污水中可分解有機碳的含量，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。

甲烷生成量主要取決於廢水中的可降解有機物含量、溫度以及處理系統的類型。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。低於 15°C，甲烷生成量可能不大，因為甲烷微生物活性不大，而化糞池主要用作沉積池，如果溫度上升到 15°C 以上，則可能繼續產生甲烷。

氧化亞氮與廢水中的氮成分降解有關，如尿素、硝酸鹽和蛋白質。生活污水集中廢水處理系統清除氮化合物可能包括各種過程，從化糞池處理技術到高級（三級）處理技術。現有氮的硝化作用和脫硝作用均可能產生氧化亞氮直接排放。

硝化作用是一個將氨和其他氮化合物轉化成硝酸鹽 (NO₃⁻) 的耗氧過程，而脫硝作用發生在缺氧條件下，即硝酸鹽轉化成氮氣 (N₂) 的生物學轉化。氧化亞氮可能成為這兩個過程的中間產物，通常與脫硝作用的關聯較大。

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

生活與商業污水主要產生的溫室氣體為甲烷與氧化亞氮，其中一般生活與住商之污水經化糞池厭氧反應處理後，產生甲烷排放；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。

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"> 不流動且溶氧不足的河流和湖泊，水中有機污染物可能厭氧分解，產生甲烷。 河流、湖泊和港灣，可能成為氧化亞氮排放源。 	
		下水道 (封閉、地下的)	<ul style="list-style-type: none"> 不是甲烷 / 氧化亞氮排放來源 	
		下水道 (露天)	<ul style="list-style-type: none"> 滯流、超負荷的露天收集下水道或溝渠 / 水道，可能成為甲烷排放的重要來源。 	
	已處理	好氧處理	集中式好氧廢水處理廠	<ul style="list-style-type: none"> 可能由好氧槽之厭氧區域，產生些微甲烷。 設計或操作管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。 具去除營養鹽之高級污水處理廠 (硝化、脫硝反應)，雖規模小，但也是氧化亞氮排放來源之一。
			集中式好氧廢水處理廠的污泥厭氧處理	<ul style="list-style-type: none"> 污泥厭氧處理排放之甲烷，若未採取回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。
			好氧淺池塘	<ul style="list-style-type: none"> 一般而言，不太可能成為甲烷 / 氧化亞氮主要排放來源。 設計或管理不良之好氧處理系統，會產生甲烷。
		厭氧處理	厭氧化糞池	<ul style="list-style-type: none"> 可能是甲烷的排放來源。 不是氧化亞氮的排放源。
			厭氧反應槽	<ul style="list-style-type: none"> 如果排放的甲烷未被回收或燃燒處理，可能成為甲烷重要排放來源。
			化糞池	<ul style="list-style-type: none"> 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。
未收集	露天坑 / 廁所	<ul style="list-style-type: none"> 當溫度和停留時間適當，則可能產生甲烷。 		

資料來源：2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 5, waste, P.6-8, table 6.1。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

A. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（化糞池）

生活住商污水之處理方式可分為經化糞池處理和污水下水道送至污水處理廠處理等兩大類。估算生活污水之甲烷排放量引用內政部營建署公布之「全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表」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普及率(%)及整體合計之污水處理率(%)，可分別計算未收集污水經化糞池處理與收集污水經污水廠處理之比例，在與內政部統計處之內政統計年報中國內人口數及每人每日產生 BOD 值計算甲烷排放量。

IPCC 指南針對生活與住商污水甲烷排放計算如公式 7.5.1.1 所示。主要以不同收入級距人口比例，採用污水處理系統類型，加總各類處理系統甲烷排放量。

公式 7.5.1.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = \Sigma(U_i \times T_{ij} \times Bo \times MCF_j) \times (P \times BOD \times I - S) - R$$

(化糞池)

U_i ：不同年收入級距之比例

T_{ij} ：不同年收入級距之污水處理程度比例

Bo ：最大甲烷產生量 (maximum CH₄ producing capacity), kg CH₄/kg BOD

MCF_j ：甲烷修正係數 (methane correction factor)

P ：全國人口數

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

BOD ：每人每年產生之可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)

S ：污泥移除量 (kg BOD/yr)

R ：甲烷回收量 (kg CH₄ / yr)

B. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（污水處理廠）

有鑑於污水處理廠水質處理單元，及污泥採厭氧消化處理，都可能有甲烷逸散排放。2009 年以後統計範疇增列生活污水處理廠甲烷排放，納入污水廠水質及污泥處理程序的甲烷排放，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，乘上污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數。

公式 7.5.1.2：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = A_i \times EF$$

(污水處理廠)

A_i ：每年全國公共污水處理廠污水處理量 (m³/yr)

EF ：污水處理廠處理每噸污水甲烷排放係數 (kg CH₄/m³)

C. 生活污水排放產生氧化亞氮排放量計算

估算氧化亞氮之排放量，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：

$$\text{氧化亞氮 (kg / yr)} = (P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}} - N_{\text{SLUDGE}}) \times EF_{\text{EFFLUENT}} \times 44/28$$

$$N_{\text{EFFLUENT}} = (P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}} - N_{\text{SLUDGE}})$$

N_{EFFLUENT} ：廢水含氮之總量

P ：國內人口數

Protein ：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)

Frac_{NPR} ：蛋白質中氮的比例（預設值為 0.16 kg N/kg protein）

$F_{\text{NON-CON}}$ ：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

$F_{\text{IND-COM}}$ ：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_{SLUDGE} ：污泥移除 N 量（預設值 = 0）(kg N/yr)

EF_{EFFLUENT} ：排放係數（預設值 0.005）(kg N₂O-N/kg-N)

44/28：kg N₂O-N 換算成 kg N₂O 轉換係數

(2) 排放係數

A. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（化糞池）

依公式 7.5.1.1 各項參數，依生活污水處理人口比例及採用不同類型污水處理系統，有不同之最大甲烷產生量排放比例（MCF 值），IPCC 公布各種污水處理系統之 MCF 值如表 7.5.2 所示。

另外生活污水如果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 Bo ，依 IPCC 建議以 0.60 CH₄/kg BOD 計算。有關甲烷修正係數 (MCF) 的採用，因國內污水處理廠水質處理流程皆採好氧處理系統，使用

IPCC 公布之好氧處理管理良好之污水處理廠，MCF 以零計算，即無厭氧處理產生甲烷排放。化糞池處理系統，採用 IPCC 公布之化糞池系統 MCF 以 0.5 計算。

依據 IPCC 建議指南公式 7.5.1.1 計算以化糞池為計算基礎的生活污水產生甲烷排放量，相關參數選用詳列於表 7.5.3。

B. 生活污水處理產生甲烷排放量計算 (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。污水處理廠處理每噸污水的甲烷排放係數，為水質處理流程及污

泥處理流程兩者排放係數的總和。其中水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 $6.531 \times 10^{-4} \text{ CH}_4 \text{ kg/m}^3$ ，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 $3.480 \times 10^{-4} \text{ CH}_4 \text{ kg/m}^3$ 。

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 N₂O-N/kg-N) 計算。由於，臺灣為開發中國家，關於廢水之非消耗蛋白質係數 (F_{NON-CON}) 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。

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
未經處理的系統			
海洋、河、湖排放	河水若具有高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
經處理的系統			
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 (許多人)。	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	堆肥定期移除	0.1	0.1

表 7.5.3 IPCC 生活污水處理甲烷排放計算一覽表 (化糞池)

參數	IPCC 計算方法或預設值	臺灣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
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)	採用 IPCC 預設值 14.6(kg BOD/persons/yr)。	IPCC 預設值
最大甲烷生成量 (Bo)	0.60kg CH ₄ /kg BOD	採用 IPCC 預設值 0.60 kg CH ₄ /kg BOD。	IPCC 預設值
甲烷修正係數 (MCF)	提供各種處理系統預設值	1. 污水處理廠：使用 IPCC 公布之好氧處理管理良好，以定義值零計算。其處理產生之污泥，因厭氧處理之廢氣皆進行燃燒處理，因此皆以零計算。 2. 化糞池：使用 IPCC 公布之化糞池系統 0.5 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。	因污水處理廠現行依 IPCC 方式，以零計算；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 預設值零計算。	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，採 IPCC 預設值零計算。	IPCC 預設值

(3) 活動數據

A. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（化糞池）

根據 IPCC 指南針對生活污水甲烷排放計算，依鄉村人口、城市高收入人口和城市低收入人口等不同類型人口分類，再依類別採用處理設施類型而有不同之 MCF 值。

國內生活污水之處理方式可分為未收集經化糞池處理，和納管收集經污水下水道送至污水處理廠（含公共污水下水道、專用污水下水道、建物污水處理設施）處理等兩大類。依內政部營建署下水道系統污水處理率作為生活污水經污水處理廠處理之比例，其餘未納管收集之生活污水則以化糞池處理計算。

內政部營建署下水道系統污水處理率的計算方式，原依據 2002 年 11 月 12 日營建署邀行政院主計處、經建會、環保署、縣市政府、學者專家召開「污水下水道普及率相關參數及計算公式座談會」研商共識，各縣市接管戶數除以總戶數（各縣市戶政資料總人口除以假設每戶 4 人）；2014 年開始改接管人數計算普及率，即各縣市接管戶數乘以各縣市戶量（人/戶）除以各縣市總人口數而得。

為求下水道系統普及率數據一致性，2013 年前之下水道系統普及率計算方式比照 2014 年，收集歷年全國戶數與人口數，依據內政部營建署規定之計算方式回推，計算結果如表 7.5.6 所示之「實際處理率」。

每年生活污水 BOD 產生量，則依據內政部統計處內政統計年報 - 國內人口數與 IPCC 預設每人每年產生 BOD 值 14.6 (kg BOD/persons/yr) 計算。

B. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（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 至 2016 年，缺少 1990 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

估算氧化亞氮之排放量，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，如表 7.5.8 所示。

表 7.5.4 IPCC 生活污水處理甲烷排放計算一覽表（污水處理廠）

參數	IPCC 計算方法或預設值	臺灣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。 2. 水質處理流程排放係數採用國內研究結果為 $6.531 \times 10^{-4} \text{ kg CH}_4/\text{m}^3$ 。 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 $3.480 \times 10^{-4} \text{ kg CH}_4/\text{m}^3$ 。	國內研究報告及他國清冊採用值

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	臺灣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 _{NPR})	0.16 kg N/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 ₂ O-N/ kg N (須再計算 N ₂ O/N 比例)	採用 IPCC 預設值 0.005 kg N ₂ O-N/ kg N	IPCC 預設值
添加於廢水之非消耗蛋白質係數 (F _{NON-CON})	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 _{IND-CIN})	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 _{SLUDGE})	預設值 0	採用 IPCC 預設值零計算	IPCC 預設值

(4) 排放量**A. 生活污水處理產生甲烷排放量計算 (化糞池)**

生活與住商污水處理產生之甲烷排放量依據公式 7.5.1.1 計算，結果如表 7.5.6 所示。分析歷年排放趨勢，由於 1999 年起污水處理率增加，厭氧處理排放逐年降低，至 2016 年排放量相較 1990 年排放量減少 45%，相較 2015 年排放量僅小幅減少 4%。

B. 生活污水處理產生甲烷排放量計算 (污水處理廠)

全國污水處理廠污水處理產生之甲烷排放量係依據公式 7.5.1.2 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推動與完成，各縣市用戶接管普及率及整體污水處理率亦逐年提升後，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，至 2016 年排放量相較 2009 年排放量增加 3.1 倍。

綜合以全國人口及污水處理廠統計的生活污水處理甲烷排放，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現逐年下降的趨勢，加總緩步增加的污水廠甲烷排放量之後，2016 年來源排放量相較 1990 年排放量減少 45%，相較 2015 年排放量減少 4%。

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的估算結果如表 7.5.8。隨著人口遞增及國人蛋白質攝取量的變化，影響了歷年氧化亞氮排放趨勢。2015 年生活污水處理氧化亞氮排放量，因應行政院農委會年度報表資料修正每人每日蛋白質攝取量從 90.82 公克調整至 84.82 公克，重新計算後 2015 年氧化亞氮較重新計算前減少 7%；2016 年生活污水處理氧化亞氮排放量則相較 1990 年增加 4%，較 2015 年排放量約莫減少 1.5%。

表 7.5.6 臺灣 1990 至 2016 年生活污水甲烷排放之活動數據與排放量

年份	接管戶數	全國戶數	污水處理率 (%)	實際處理率 (%)	BOD 負荷 (kg BOD/ persons/yr)	最大甲烷生成量 (Bo)	甲烷修正係數 (MCF)	下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I)	污泥移除量 (S)	甲烷回收量 (R)	全國人口污水甲烷排放量 (千公噸二氧化碳當量)
1990	153,010	5,926,126	3.00	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,176.3
1991	154,544	5,985,536	3.00	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,198.1
1992	158,620	6,042,699	3.05	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,218.1
1993	162,714	6,098,701	3.10	2.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,237.7
1994	166,776	6,151,701	3.15	2.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,256.1
1995	170,859	6,203,858	3.20	2.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,274.2
1996	182,966	6,252,659	3.40	2.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,288.1
1997	206,557	6,315,804	3.80	3.3	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,303.0
1998	307,000	6,369,768	5.60	4.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,285.5
1999	660,010	6,532,466	11.95	10.1	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,174.7
2000	981,287	6,681,685	17.62	14.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,081.1
2001	1,105,155	6,802,281	19.73	16.2	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,054.8
2002	1,251,592	6,925,019	22.23	18.1	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,020.3
2003	1,351,187	7,047,168	23.91	19.2	14.6	0.6	0.5	1	0	0	2,000.6
2004	1,576,894	7,179,943	27.80	22.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,938.8
2005	1,795,445	7,292,879	31.54	24.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,879.5
2006	2,019,425	7,394,758	35.31	27.3	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,820.9
2007	2,280,913	7,512,449	39.74	30.4	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,750.7
2008	2,515,068	7,655,772	43.67	32.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,693.8
2009	2,812,520	7,805,834	48.66	36.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,619.4
2010	3,070,139	7,937,024	53.02	38.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,555.2
2011	3,367,032	8,057,761	57.99	41.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,480.5
2012	3,671,659	8,186,432	62.99	44.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,408.0
2013	3,892,859	8,286,260	66.62	47.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,356.5
2014	4,093,494	8,382,699	69.87	48.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,310.9
2015	4,337,811	8,468,978	73.86	51.1	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,256.6
2016	4,567,313	8,561,383	77.61	53.4	14.6	0.6	0.5	1	0	0	1,202.5

(5) 完整性

A. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（化糞池）

目前，內政部統計年報僅登載 2000 至 2016 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 至 1999 年之數據則參閱內政部相關會議之資料。內政部統計年報之人口數已詳實登載 1990 至 2016 年國內人口數。

B. 生活污水處理產生甲烷排放量計算（污水處理廠）

本來源的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 至 2016 年，缺少 1990 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

估算氧化亞氮之排放量，已完整參照行政院農業委

員會糧食平衡表 1990 至 2016 年每人每日蛋白質供給量，及內政部統計年報之人口數已詳實登載 1990 至 2016 年國內人口數。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(2) 時間序列的一致性

生活污水甲烷（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 至 2016 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

表 7.5.7 臺灣 1990 至 2016 年全國生活污水廠甲烷排放之活動數據與排放量

年份	全國污水廠日處理量 (103 m ³)	全國污水廠年處理量 (106 m ³)	排放係數 (CH ₄ kg/m ³)	全國污水廠甲烷排放量	全國人口及污水廠甲烷排放量
1990	NE	NE	0.0010011	NE	2,176.3
1991	NE	NE	0.0010011	NE	2,198.1
1992	NE	NE	0.0010011	NE	2,218.1
1993	NE	NE	0.0010011	NE	2,237.7
1994	NE	NE	0.0010011	NE	2,256.1
1995	NE	NE	0.0010011	NE	2,274.2
1996	NE	NE	0.0010011	NE	2,288.1
1997	NE	NE	0.0010011	NE	2,303.0
1998	NE	NE	0.0010011	NE	2,285.5
1999	NE	NE	0.0010011	NE	2,174.7
2000	NE	NE	0.0010011	NE	2,081.1
2001	NE	NE	0.0010011	NE	2,054.8
2002	NE	NE	0.0010011	NE	2,020.3
2003	NE	NE	0.0010011	NE	2,000.6
2004	NE	NE	0.0010011	NE	1,938.8
2005	NE	NE	0.0010011	NE	1,879.5
2006	NE	NE	0.0010011	NE	1,820.9
2007	NE	NE	0.0010011	NE	1,750.7
2008	NE	NE	0.0010011	NE	1,693.8
2009	1,067.7	389.7	0.0010011	9.8	1,629.2
2010	2,672.4	975.4	0.0010011	24.4	1,579.6
2011	2,743.0	1,001.2	0.0010011	25.1	1,505.5
2012	2,802.5	1,022.9	0.0010011	25.6	1,433.6
2013	2,882.8	1,052.2	0.0010011	26.3	1,382.8
2014	3,046.8	1,112.1	0.0010011	27.8	1,338.8
2015	3,104.0	1,133.0	0.0010011	28.4	1,285.0
2016	3,293.4	1,202.1	0.0010011	30.1	1,232.5

說明：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。

1990 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 至 2016 年國內人口數，及 1990 至 2016 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。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

生活污水甲烷排放符合方法一 (Tier 1)，為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，以 IPCC 建議排放係數，參考 2000 年 IPCC 優良作法指南，計算溫室氣體排放量。

生活污水氧化亞氮排放符合方法一 (Tier 1)，為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，以 IPCC 建議排放係數，參考 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」(如表 7.5.9)，透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性已查證，相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。

表 7.5.8 臺灣 1990 至 2016 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 _{NPR})	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 _{NON-CON})	事業廢水共排之排放係數 (F _{IND-CIN})	因污泥而產生之氮移除量 (N _{SLUDGE})	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	307.5
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	326.9
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	92.02	33.59	0.16	22,958	0.005	1.1	1	0	317.8
2008	84.51	30.85	0.16	23,037	0.005	1.1	1	0	292.9
2009	86.84	31.70	0.16	23,120	0.005	1.1	1	0	302.0
2010	88.25	32.21	0.16	23,162	0.005	1.1	1	0	307.4
2011	89.67	32.73	0.16	23,225	0.005	1.1	1	0	313.3
2012	89.48	32.66	0.16	23,316	0.005	1.1	1	0	313.8
2013	86.97	31.74	0.16	23,374	0.005	1.1	1	0	305.7
2014	89.76	32.61	0.16	23,434	0.005	1.1	1	0	316.4
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

廢棄物部門自 2009 年以後統計範疇增列生活污水處理廠甲烷排放，納入污水廠水質及污泥處理程序的甲烷排放，以提升清冊完整性。重新計算後的結果顯示，2009 至 2014 年生活污水處理甲烷排放量較重新計算前增加 0.6% 至 2.1%。

行政院農業委員會 2017 年公布歷年每人每日蛋白質攝取量，並修正 2015 年蛋白質攝取量數據由每人每日蛋白質攝取量從 90.82 公克調整至 84.82 公克，重新計算後 2015 年氧化亞氮較重新計算前減少 7%。

6. 特定排放源的改善計畫

隨著全國用戶接管普及率及整體污水處理率的逐年提升，公共污水處理廠處理量隨之漸增，故源自污水廠的甲烷排放量呈現逐年漸增趨勢。污水廠進行甲烷回收處理及再利用，可有助於甲烷排放減量。我國未來可進行全國污水廠既有沼氣回收利用設施的設置歷程、使用現況及歷年收集處理量等的調查研究，結果可作為廢水排放量計算時可再扣除回收量之參考。

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

事業廢水包括工業區廢水與列管事業廢水二部分，依 IPCC 計算規定，事業廢水甲烷排放僅需考量計算廠內厭氧處理設施單元之排放，並針對下列富含有機廢水之業別估算：

- (1) 紙漿和紙張製造
- (2) 肉類和家禽加工
- (3) 醇，啤酒，澱粉生產
- (4) 有機化工原料的生產
- (5) 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）

依據行政院環境保護署「水污染源管制資料管理系統」，篩選擁有廢水厭氧處理設施之 18 類業別，包括 (1) 化工業、(2) 毛滌業、(3) 石油化學業、(4) 光電材料及元件

表 7.5.9 生活污水一般清單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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 交叉檢查排放源類別資訊活動水準資料（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）和排放因數（IPCC 建議值）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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格 ■ 檢查所記錄的資格假定和專家判斷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 指南建議值
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> ■ 詳細登錄資料來源引用與版本差異 ■ 檢查歸檔並存儲的清單資料支援資料和清單記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> ■ 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 ■ 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性 ■ 無時間序列一致性缺漏情事
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> ■ 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基年到當前清單時段內所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> ■ 對於每個排放源類別應將當前的清單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 ■ 本年度廢棄物部門 2009 年後統計範疇增列生活污水處理廠甲烷排放 ■ 行政院農業委員會修正 2014 年每人每日蛋白質攝取數據，據此修正生活污水處理廠氧化亞氮排放

製造業、(5) 印刷電路板製造業、(6) 印染整理業 (印花、梭織布染整者)、(7) 肉品市場、(8) 玻璃業、(9) 食品製造業、(10) 屠宰業、(11) 造紙業、(12) 晶圓製造及半導體製造業、(13) 電鍍業、(14) 製革業 (濕藍皮製成成品皮者)、(15) 製粉業、(16) 製糖業、(17) 藥品製造業、(18) 醱酵業等。

另外，臺灣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處理廠中的廢水含氮濃度高，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。由於 IPCC 指南對此來源並無明確估算方法，日本已採用類似甲烷排放估算方法，以事業廢水中總氮含量，乘上日本本土氧化亞氮排放係數估算。

本清冊亦參考日本之計算方法，依據我國歷年事業廢水總氮含量，乘上廢水處理廠處理每公斤氮的氧化亞氮排放係數，以排放係數法進行估算。其中處理每公斤氮的氧化亞氮排放係數為水質處理流程及污泥處理流程氧化亞氮排放係數的總和。

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

IPCC 指南未指出此來源的計算方法，參採日本廢棄物部門清冊的估算方法以排放係數法計算，如公式 7.5.2.2 所示，為全國事業廢水處理總氮排放量，乘上廢水處理廠處理每公斤氮之氧化亞氮排放係數。

公式 7.5.2.1

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = (\text{TOW}_i - S) \times (\text{Bo} \times \text{MCF}_j) - R_i$$

TOW_i：每年事業廢水之 COD 總量 (kg COD/yr)；P_i × W_i × COD_i

i：各類事業

P_i：各類事業之總產品量 (t/yr)

W_i：各類事業之單位產品廢水產生量 (m³/tproduct)

COD_i：化學需氧量 (kg COD/m³)

S：污泥移除量 (kg COD/yr)

EF_i：排放係數 (kg CH₄/kg COD) = Bo × MCF_j

Bo：最大甲烷產生量 (kg CH₄/kg COD)，預設值為 0.25

MCF_j：甲烷修正係數

R：甲烷回收量 (kg CH₄/yr)，預設值為 0

公式 7.5.2.2：

$$\text{氧化亞氮排放量 (t N}_2\text{O/yr)} = A_i \times \text{TN} \times \text{EF} \times 10^{-6}$$

A_i：各類事業廢水廠處理水量 (m³/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-N₂O/kg-N)

(2) 排放係數

A. 事業廢水處理產生甲烷排放

IPCC 指南列出各種處理設施之甲烷修正係數 (MCF_j) 如表 7.5.10 所示。最大甲烷產生量 Bo 依 IPCC 公布預設值以 0.25 CH₄/kg COD 計算。甲烷修正係數 (MCF) 依 IPCC 公布預設值，選用厭氧處理系統甲烷排放比例 0.8 計算。

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 7.5.11。

B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

事業廢水處理廠處理每公斤氮之氧化亞氮排放係數，為水質處理流程及污泥處理流程兩者排放係數的總和，係引用日本事業廢水處理氧化亞氮排放係數 0.0043 kg-N₂O/kg-N。

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 7.5.12 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，由各業別之產品量以及每單位產品之廢水量，換算總廢水量後，再依據水質 COD 濃度計算各業別 COD 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保處「水污染源管制資料管理系統」資料庫中定檢資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算。以實際事業廢水檢測申報數據計算，較 IPCC 指南以行業單位產品排放水量計算，準確性更高。計算方式如下：

(a) 篩選廢水處理流程中之厭氧設施

(b) 篩選擁有厭氧設施之業別

(c) 篩選該些業別之事業申報水量、進（放）流 COD 值

由於「水污染源管制資料管理系統」資料庫之定檢資料，主要是規範放流水濃度須符合放流水標準，因此部分事業並未申報進流水 COD 值，乃以行業別去除效率估算進流水 COD 值。

(d) 依據水量、進（放）流 COD 值計算處理 COD 量

由於該資料庫係由 2000 年開始建置，針對 2000 年前之 COD 去除量則以每年全國列管家數比例推估。依此取得各年期事業廢水中遭去除之有機物。

其中關於列管家數，為參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 2003 至 2016 年，引用（三）水質監測及污染防治表 3-5 事業廢水污染管制情形，其中關於「列管家數」之數據。歷年活動數據如表 7.5.13。

B. 事業廢水處理產生氧化亞氮排放

針對歷年「水污染源管制資料管理系統」中有申報總氮資料之業別，由各類事業廢水廠處理水量、處理水中總氮濃度，加總計算全國事業廢水的總氮排放量。目前，僅取得該管理系統 2013 至 2016 年申報資料的總氮濃度，缺少 1990 至 2012 年之數據，此期間事業廢水廠的總氮排放量仍待研究。歷年活動數據如表 7.5.14。

表 7.5.10 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
未處理			
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
已處理			
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
淺的厭氧塘	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。

表 7.5.11 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表

處理和排放途徑或系統類型	備註	MCF	範圍
污水量 ($P_i \times W_i$)	國內資料自行確定		
COD(事業部門可分解有機物)	國內資料自行確定		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。
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。
最大甲烷生成量 (B_0)	0.25kg CH_4 /kg COD		採用 IPCC 預設值 0.25kg CH_4 /kg COD。
甲烷修正係數 (MCF)	提供各種處理系統預設值		由於使用厭氧消化，採用 IPCC 厭氧系統 MCF 值 0.8 計算。
甲烷移除量 (R)	預設值 0		採用 IPCC 預設值 0

表 7.5.12 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	臺灣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_i)	國內資料自行確定	列管事業廢水資料庫申報資料	水污染源管制資料管理系統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	水污染源管制資料管理系統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_2O /kg-N	他國清冊採用值

(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 7.5.13 所示。由於排放量活動數據來自廢水申報處理量，故估算結果必隨 COD 處理量而變化。2016 年甲烷排放量相較 1990 年排放量減少 87%，相較 2015 年則增加 13.9%。

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 7.5.14 所示。由於排放量活動數據來自申報的處理水量、氨氮及硝酸鹽氮濃度，故估算結果必隨總氮排放量而變化。2016 年

排放量相較 2015 年排放量減少 42.1%，相較 2014 年則減排 47.8%。

(5) 完整性

事業列管家數係參閱民國 2003 至 2016 年中華民國環境保護統計年報，因僅登載 1998 至 2016 年事業廢水列管家數，缺少 1990 至 1997 年之事業廢水列管家數；而行政院環境保護署水保處「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料，目前僅列管 2000 年之後資料，缺少 1990 至 1999 年資料，處理方式詳時間序列的一致性。

表 7.5.13 臺灣 1990 至 2016 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量

年份	列管家數	TOW_i : 事業廢水中遭去除之有機物 (T-COD)(公噸) ($P_i \times W_i \times COD_i$)	S_i : 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 ₄ /kg COD)	MCF_j : 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)
1990	10,394	146,137	0	0.25	0.8	0	730.7
1991	14,188	172,731	0	0.25	0.8	0	863.7
1992	15,339	179,288	0	0.25	0.8	0	896.4
1993	14,154	172,410	0	0.25	0.8	0	862.1
1994	14,699	175,703	0	0.25	0.8	0	878.5
1995	15,650	181,016	0	0.25	0.8	0	905.1
1996	17,853	192,184	0	0.25	0.8	0	960.9
1997	16,901	187,536	0	0.25	0.8	0	937.7
1998	15,421	179,724	0	0.25	0.8	0	898.6
1999	14,330	173,525	0	0.25	0.8	0	867.6
2000	14,908	166,989	0	0.25	0.8	0	834.9
2001	13,217	167,292	0	0.25	0.8	0	836.5
2002	14,279	168,818	0	0.25	0.8	0	844.1
2003	14,860	185,792	0	0.25	0.8	0	929.0
2004	15,754	175,933	0	0.25	0.8	0	879.7
2005	16,130	187,012	0	0.25	0.8	0	935.1
2006	16,624	187,236	0	0.25	0.8	0	936.2
2007	17,739	209,534	0	0.25	0.8	0	1,047.7
2008	18,694	202,160	0	0.25	0.8	0	1,010.8
2009	18,837	204,440	0	0.25	0.8	0	1,022.2
2010	19,315	195,863	0	0.25	0.8	0	979.3
2011	20,259	200,871	0	0.25	0.8	0	1,004.4
2012	20,570	215,663	0	0.25	0.8	0	1,078.3
2013	20,693	205,379	0	0.25	0.8	0	1,026.9
2014	20,521	229,061	0	0.25	0.8	0	1,145.3
2015	20,968	239,799	0	0.25	0.8	0	1,199.0
2016	21,338	273,243	0	0.25	0.8	0	1,366.2

表 7.5.14 臺灣 2013 至 2016 年事業廢水處理氧化亞氮活動數據及排放量

年份	統計家數	廢水量 (CMD)	總氮排放量 (公噸/年)	排放係數 (kg-N ₂ O/kg-N)	氧化亞氮排放量 (千公噸二氧化碳當量)
2013	273	716,773	13,204.3	0.0043	16.9
2014	346	1,203,885	15,882.2	0.0043	20.4
2015	387	2,919,568	14,309.2	0.0043	18.3
2016	388	2,119,997	8,280.34	0.0043	10.6

另外，目前僅取得上述資料庫中 2013 至 2016 年申報資料的總氮濃度，缺少 1990 至 2012 年之數據，此期間事業廢水廠的總氮排放量仍待研究。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

有關廢棄物部門整體排放量不確定性，及各來源排放量不確定性之評估方法及估算結果，請另詳 7.6 節廢棄物部門溫室氣體排放量不確定度分析。

(2) 時間序列的一致性

依據中華民國環境保護統計年報登載事業廢水污染管制資料，其中關於「列管家數」數據僅 1998 至 2016 年有活動數據，故依據工廠登記家數回推至 1990 至 1997 年期間各年度的列管家數。

而行政院環境保護署水保處「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料，於 2007 年之後較為齊全，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遭去除之有機物，以符合各年期時間序列之完整性及一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

符合方法一 (Tier 1)，為利用國家水污染源管制資料管理系統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 2000 年 IPCC 優良作法指南，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，已於 2015 年 5 月及 10 月召開專家會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性進行確認。

另參考 2000 年 IPCC 優良作法指南中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」(如表 7.5.15)，透過交叉檢查重新計算及目測過濾，來檢核數據與引用數據來源內容是否一致；同時在對大量輸入資料進行查核過程中，為了避免檢核過程之錯誤，人工和自動檢查相結合是最有效的方法，故利用程式設計輔助人工檢核及簡化判讀等程序。

表 7.5.15 事業廢水一般清單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	<ul style="list-style-type: none"> 交叉檢查排放源類別資訊活動水準資料(事業廢水污染管制資料)和排放因數(IPCC 建議值)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	<ul style="list-style-type: none"> 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保處「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料結果
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格 檢查所記錄的資格假定和專家判斷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 指南建議值
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> 詳細登錄資料來源引用與版本差異 檢查歸檔並存儲的清單資料支援資料和清單記錄以有利於展開詳盡的審評
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性 確認用於整個時間序列計算的運算法則/方法的一致性 無時間序列一致性缺漏情事
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> 確認提交的評估報告涵蓋了從指定基年到當前清單時段內所有年份排放源類別
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> 對於每個排放源類別應將當前的清單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 本年度事業廢水處理已取得 2013 至 2014 年 COD 量，故重新計算此兩年甲烷排放量

5. 特定排放源的重新計算

有關該項排放源採用之計算方法、活動數據時間序列一致性已查證，相關參數及活動係數之引用已確認，符合 2000 年 IPCC 優良作法指南。

本年度清冊已取得 2013 至 2014 年 COD 量，故重新計算此兩年事業廢水處理甲烷排放量。重新計算後的結果顯示，2013 年及 2014 年事業廢水處理甲烷排放量，較重新計算前分別減少 5.3% 及增加 6.5%

事業廢水處理自 2013 年起統計範疇增列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。

6. 特定排放源的改善計畫

行政院環境保護署自 2016 年開始針對國內事業廢水中 COD 及含氮污染物顯著事業之事業廢水處理廠，直接量測溫室氣體甲烷及氧化亞氮排放量，逐年逐步建立本土排放係數資料庫，精進估算國內事業廢水溫室氣體排放量。

另外，2006 至 2016 年事業廢水處理甲烷排放量呈現增排趨勢，廢水處理廠進行甲烷回收處理及再利用，可有助於甲烷排放減量。我國未來可研擬增修「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，於「事業或污水下水道系統廢（污）水檢測申報表」，增加甲烷回收申報量，

作為排放清冊扣除統計依據。

7.6 廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性分析

一、不確定性定義、評估方法

根據 2000 年 IPCC 優良作法指南，定量與定性之不確定分析是溫室氣體清冊數據品質管理的重要工作之一，其目的為持續地改進清冊的正確度，同時提供闡釋清冊結果及比較清冊間差異時的補充資訊，以免判斷錯誤。

不確定性係指一組數據與實際值的差異程度，而差異程度則取決於樣本的代表性、量測的可靠性等統計因素。用於描述不確定的理想資訊應包含此組數據的平均值、標準差、概率分布以及協方差，而不確定性的判斷應建立於 95% 信賴區間之上。

不確定性分析，係針對所引用之參數來源、相關參數或數據之量測值等，先建立其數據機率密度函數分布，再依據方法計算其不確定度，相關參數（活動數據、排放係數）、排放量之不確定度，則以百分比表示。廢棄物部門之不確定性分析方法，係依據 2006 IPCC 指南之建議，以誤差傳播法（Propagation of error，又稱高斯法）計算之，其計算參數之機率密度函數分布皆採常態分布，如圖 7.6.1 所示。

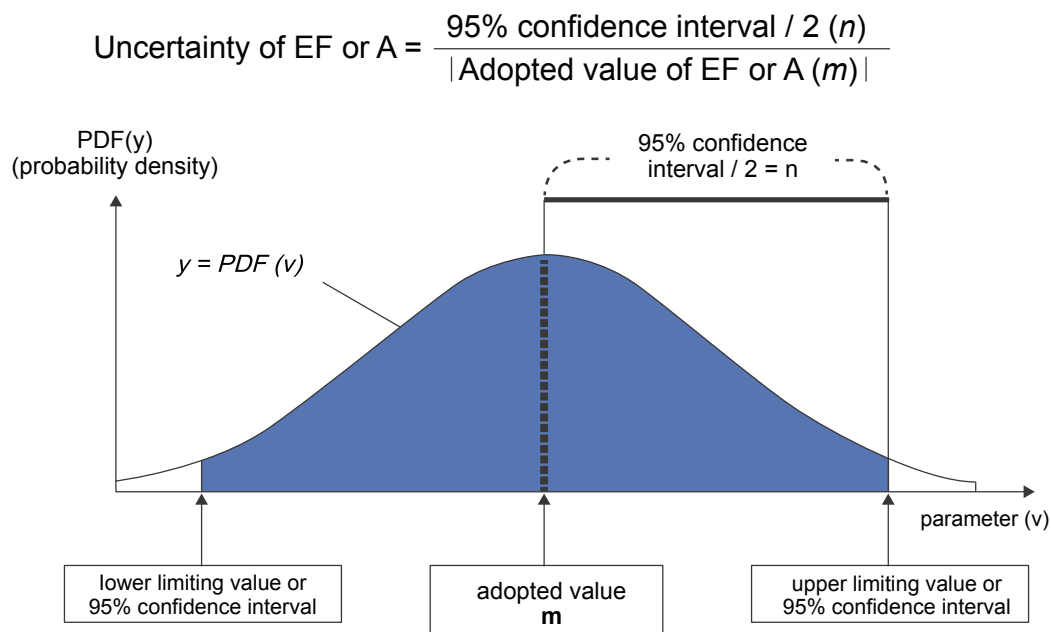


圖 7.6.1 機率密度函數 (PDF) 與信賴區間

二、不同排放源不確定性整合方法

廢棄物部門進行排放清冊統計與現實狀況之差異，依據 IPCC 優良做法指南，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。誤差傳播法不似蒙地卡羅法，雖已假設相關參數都為常態分布型態，但因無法得知常態機率密度函數分布值，因此必須先確認（或合理假設）各參數不確定值，再依以下公式計算各來源排放量不確定度及合併計算整體部門排放量不確定度。

（一）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。

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U：Uncertainty of the emissions of the source [%]

U_{EF} ：Uncertainty of the emissions factor [%]

U_A ：Uncertainty of the activity data [%]

（二）依不確定量相加規則計算公式

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。

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

U_{Total} ：部門總排放量不確定性 (Uncertainties of National Total Emissions, %)

U_i ：各來源溫室氣體排放量不確定性 (Uncertainties of the Emissions from Source "i", %)

E_i ：各來源溫室氣體排放量 (the Emissions from Source "i", Gg)

由上述不確定性整合計算公式，估算各來源排放量不確定性數值，及部門總排放量合併不確定性數值。並依前述計算參數（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，依 95% 信賴區間上下限計算不確定數值。

三、不確定性估算結果

誤差傳播法（高斯法），依據計算參數（活動數據、排放係數）數據引用來源，取得計算參數不確定性數值，依上述排放源不確定性整合方法，計算各來源排放量、及合併部門總排放量之不確定性。

各參數不確定數值，可參考 IPCC 指南（引用 IPCC

預設參數值）各參數不確定值範圍（%），或依參數值引用來源之數據品質，藉由專家判斷，給予合理不確定值（%）。

廢棄物部門清冊係參考 2013 至 2014 年各排放源計算參數資料、依據實地訪查各類處理廠場（掩埋場、堆肥場、焚化廠、污廢水處理廠）處理量等活動數據量測記錄操作、管理執行過程與紀錄，及 2015 年 11 月 30 日廢棄物部門溫室氣體排放不確定性專家會議各委員意見與會議結論，率定各來源排放量參數不定值範圍，計算結果如下：

（一）掩埋場甲烷排放量推估之不確定性

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 7.6.1 而表 7.6.2 為依據表 7.6.1 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率定結果，依前述不確定量相乘、相加規則計算公式，可得妥善及未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。妥善處理分別為 26.46%、22.91% 及 31.32%；非妥善處理分別為 26.46%、28.72% 及 39.05%。

（二）生物處理排放量推估之不確定性

由於 IPCC 並未針對生物處理有預設之不確定值，係統一參考掩埋場之不確定值計算。有關生物處理排放量排放之各項參數詳細資料列於表 7.6.3，各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，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%。

（三）焚化處理排放量推估之不確定性

由於 IPCC 並未針對焚化處理有預設之不確定值，係統一參考掩埋場之不確定值計算。

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 7.6.4，各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，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 7.6.5，各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，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%。

表 7.6.1 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)	特定國家的： 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 _F)	±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)	使用 IPCC 預設值
=1	-10%,+0%
=0.8	±20%
=0.5	±20%
=0.4	±30%
=0.6	-50%,+60%
產生的垃圾填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 _{1/2})	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：IPCC 2006，2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,2006。

表 7.6.2 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)		率定說明
	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，不確定值 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)，及不確定值率定建議 (衛生 0%，一般 20%)。
經過分解的可降解有機碳的比例 (DOC _F)	20	20	DOCF 使用 IPCC 預設值 0.5，不確定性引用 IPCC 預設值 20%。
產生的垃圾填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 建議現地量測率定值 10%，設定 20%。一般掩埋為零。
氧化係數 (OX)	10	N/A	設定衛生掩埋場以 10% 計算；一般掩埋場以 0% 計算。
半衰期 (t _{1/2})	10	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	26.46	26.46	
排放係數不確定性計算結果	22.91	28.72	
排放量不確定性計算結果	31.32	39.05	

表 7.6.3 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
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	參考掩埋場率定原則，以「可降解有機碳 (DOC)」採 IPCC 預設係數，率定不確定值 20%。
R：回收的甲烷總量 (Gg CH ₄)	N/A	未納入計算，不確定值 0% 計。
活動強度不確定性計算結果	10.00	
排放係數不確定性計算結果	20.00	
排放量不確定性計算結果	22.36	

表 7.6.4 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
SW：焚化固體廢棄物類型的總量 (Gg/yr)	10	依據未具能源回收之中小型焚化爐焚化量，其中申報量具高品質計量來源，故不確定值以 10% 計算。
含水分 (%)	50	係使用一般垃圾之含水率，以「掩埋場廢棄物組成 - 是具有基於研究之不確定」之不確定值 30% 計算，由於皆非實際中小型焚化爐實際數據，以 50% 計算。
總碳比例 (CF)	50	採 IPCC 預設值，建議之不確定值 30%。因非屬無能源回收焚化爐實際數據，以 50% 計算。
礦物碳比例 (FCF)	53.85	1. 各種垃圾成分之總碳係使用一般垃圾之垃圾組成，以「掩埋場廢棄物組成 - 是具有基於研究之不確定」之不確定值 30% 計算，由於皆非實際中小型焚化爐實際數據，50% 計算。 2. 礦物碳比例則引用 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「垃圾填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	10.00	
排放係數不確定性計算結果	89.02	
排放量不確定性計算結果	89.58	

表 7.6.5 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
SW：焚化固體廢棄物類型的總量 (Gg/yr)	10	依據未具能源回收之中小型焚化爐焚化量，其中申報量具高品質計量來源，故不確定值以 10% 計算。
氧化亞氮排放係數	20	排放係數引用 IPCC 建議日本焚化爐預設值，參考掩埋場引用 IPCC DOC 預設值，不確定值以 20% 計算。
活動強度不確定性計算結果	10.00	
排放係數不確定性計算結果	20.00	
排放量不確定性計算結果	22.36	

表 7.6.6 臺灣 2016 年生活污水相關參數預設值之不確定範圍

活動資料和各排放係數	不確定性範圍
排放係數	
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
活動資料	
人口數 (P)	±5%
BOD/persons	±30%
人口收入族群比例 (U)	±15%：城市高收入和城市低收入之間的區別可能必須基於專家判斷 ±3%：記錄優良且僅有一個或兩個系統
各個收入群體 (T _{ij}) 的處理 / 排放途徑或系統的利用程度	±50%：個別方法驗證 100%：驗證總 T _{ij}
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：國家溫室氣體清單優良作法指南和不確定性管理，2000 年 IPCC 優良作法指南。

(四) 廢水處理排放量推估之不確定性

廢水處理溫室氣體排放之不確定性評估範疇包括生活住商污水及事業廢水，以下說明依 IPCC 指南排放公式計算及採用相關參數預設值可能之不確定性範圍。

1. 生活污水

IPCC 清冊指南列出引用生活污水排放係數和活動資

料不確定性預設值如表 7.6.6 所示，以化糞池為計算基礎的生活污水產生甲烷排放之各項參數詳細資料列於如表 7.6.7，依各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，分別計算活動強度、排放係數、排放量之不確定性，依次為 7.07%、42.72% 和 43.30%。

由於 IPCC 並未針對全國公共污水處理廠污水處理甲烷排放有預設之不確定值，此範疇的不確定性率定原則

表 7.6.7 臺灣 2016 年生活污水甲烷排放之不確定性 (化糞池)

活動資料和排放係數	不確定性率定 (%)	率定說明
P：人口數	5	採國家人口統計資料，依 IPCC 建議不確定值 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 40g/p.d，預設不確定值 30%。經專家會議，確認 IPCC BOD 建議值，接近國內及日本實際數據，不確定值，可以 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 _j ：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，不確定性率定值以 5% 計。
R：污泥去除量	0	未考慮以 0% 計算。
活動強度不確定性計算結果	7.07	
排放係數不確定性計算結果	42.72	
排放量不確定性計算結果	43.30	

表 7.6.8 臺灣 2016 年生活污水甲烷排放之不確定性 (污水處理廠)

活動資料和排放係數	不確定性率定 (%)	率定說明
A _i ：全國公共污水處理廠污水處理量 (m ³)	10	採內政部營建署統計資料，設定 10%。
EF：排放係數 (CH ₄ kg/m ³)	20	引用國內研究報告成果及他國清冊採用值，設定 20%。
活動強度不確定性計算結果	10.00	
排放係數不確定性計算結果	20.00	
排放量不確定性計算結果	22.36	

表 7.6.9 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
P：國內人口數	5	採國家人口統計資料，依 IPCC 建議不確定值 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，不確定率定值，以 10% 計。
Frac _{NPR} ：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值
F _{NON-CON} ：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，不確定值 5% 計。
EF6：排放係數 (kg N ₂ 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，不確定值以 20% 計算。
活動強度不確定性計算結果	11.18	
排放係數不確定性計算結果	28.72	
排放量不確定性計算結果	30.82	

表 7.6.10 IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定範

參數	不確定性範圍
排放係數	
最大甲烷生成量 (Bo)	±30%
甲烷修正係數 (MCF)	不確定性範圍應當由專家判斷來確定
活動資料	
工業產量 (P)	± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。
廢水產生量 (W)	<ul style="list-style-type: none"> 這些資料有較高不確定。因為不同國家、不同工廠的同一個部門可能採用不同的廢水處理步驟。 產品參數 (W×COD) 不確定性較小。
化學需氧量 (COD)	<ul style="list-style-type: none"> -50%、100% 等數值被假設，由於不確定性值可以直接歸於公斤 COD/公噸產品。

資料來源：IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, chap5, table 5.5, 2000。

係統一參考掩埋場之不確定值計算。

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列於表 7.6.8，依各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，分別計算活動強度、排放係數、排放量之不確定性，依次為 10.00%、20.00% 和 22.36%。

再以不確定相加規則公式合併上述以化糞池 (43.30%) 及污水處理廠 (22.36%) 為計算基礎的排放量不確定性後，生活污水甲烷排放之不確定性為 42.25%。

有關生活污水氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.6.9，依各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，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. 事業廢水

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 7.6.10。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 7.6.11 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率定結果，分別計算活動強度、排放係數及排放量不確定性，分別為 14.14%、36.06% 和 38.73%。

由於 IPCC 並未針對事業廢水處理氧化亞氮排放有預

表 7.6.11 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
W_i ：廢水處理量 (m^3)	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，不確定值 10%。
COD_i ：化學需氧量 ($kg\ COD/m^3$)	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，不確定值以 10% 計算。
S：廢水處理後產生有機污泥之 COD 總量 ($kg\ COD/yr$)	N/A	未納入計算。
Bo ：最大甲烷產生量 ($kg\ CH_4/kg\ COD$)	30	Bo 採 IPCC 預設係數值 (0.25)，不確定性引用 IPCC 預設值 30% 計算。
MCF_j ：甲烷修正係數	20	參考 IPCC 建議集中管理完善的處理廠不確定值 10%，管理不完善者 30%。保守以不確定值 20% 計算。
R：甲烷移除量 ($kg\ CH_4/yr$)	N/A	未納入計算。
活動強度不確定性計算結果	14.14	
排放係數不確定性計算結果	36.06	
排放量不確定性計算結果	38.73	

表 7.6.12 臺灣 2016 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	不確定性率定 (%)	率定說明
A_i ：各類事業廢水廠處理水量 (m^3)	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，不確定值以 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，不確定值以 10% 計算。
EF：排放係數 ($kg-N_2O/kg-N$)	20	引用他國清冊採用值，設定 20%。
活動強度不確定性計算結果	14.14	
排放係數不確定性計算結果	20.00	
排放量不確定性計算結果	24.49	

表 7.6.13 臺灣 2016 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 (%)	不確定性 佔排放量 (%)	總不確定性 (%)
A. 固廢處理	A.1 妥善掩埋	甲烷	812.5	31.32	6.54	19.87
	A.2 未妥善掩埋	甲烷	137.2	39.05	1.38	
B. 生物處理	B.1 堆肥	甲烷	19.7	22.36	0.11	
		氧化亞氮	17.6	22.36	0.10	
C. 焚化	C.1 焚化處理	二氧化碳	131.4	89.58	3.02	
		氧化亞氮	6.7	22.36	0.04	
D. 廢水處理	D.1 生活污水	甲烷	1,232.5	42.25	13.38	
		氧化亞氮	295.3	30.82	2.34	
	D.2 事業廢水	甲烷	1,366.2	38.73	12.14	
		氧化亞氮	10.6	24.49	0.12	
廢棄物部門排放量			4,029.76			

設之不確定值，此範疇的不確定性率定原則係統一參考掩埋場之不確定值計算。

事業廢水處理氧化亞氮排放之各項參數詳細資料列於表 7.6.12，依各項活動資料與排放係數不確定性率定結果，分別計算活動強度、排放係數及排放量之不確定性，依次為 14.14%、20.00% 和 24.49%。

(五) 廢棄物部門不確定度評估

綜合評估掩埋處理、生物處理、焚化處理及污廢水處理之各來源溫室氣體排放不確定性，可得到廢棄部門整體之溫室氣體排放量不確定性，如表 7.6.13 所示，2016 年整個部門之排放量不確定值為 19.87%。因 2016 年度，事業廢水處理之甲烷總量較 2015 年之甲烷量高出 10%，故不確定性從 19.37% 略微上升至 19.87%。

參考文獻

1. IPCC 2000, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
2. IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
3. 行政院內政部 2017, 「內政部統計查詢網 - 污水下水道系統執行概況—按區域別分」, 線上文件: <<http://statis.moi.gov.tw/micst/stmain.jsp?sys=100>> 瀏覽日期 (2017 年 03 月)。
4. 行政院內政部 2017, 「內政部統計查詢網 - 土地面積、戶數與人口數—按區域別分」, 線上文件: <<http://statis.moi.gov.tw/micst/stmain.jsp?sys=100>> 瀏覽日期 (2017 年 03 月)。
5. 行政院農業委員會 2017, 「糧食平衡表 - 每人每日蛋白質供給量」, 線上文件: <<http://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/common/CommonStatistics.aspx>> 瀏覽日期 (2017 年 03 月)。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
19. 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。
20. 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。
21. 行政院環境保護署 2016, 「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」, 2016 年 06 月。
22. 行政院環境保護署, 「中小型焚化爐空污費申報系統資料」, 2017 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，規範附件一國家需提交「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」，這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體清冊之內容。臺灣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，作為臺灣減量措施討論、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 至 2016 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。

臺灣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」。臺灣除擬定國家溫室氣體清冊審議規範外，已成立審議委員會，並審議溫室氣體排放清冊，健全管理體系以符合可量測、可報告與可查證機制 (Measurement, Reporting, and Verification, MRV) 程序。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。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

部門	次部門	改善計畫
能源部門	1.A 燃料燃燒活動	<ul style="list-style-type: none"> 行業別歸類：配合行政院主計總處第十版「中華民國行業標準分類」，協請油品公司針對油品銷售行業歸類進行校正。 能源熱值檢討：配合 108 年能源產品熱值調查作業，蒐集彙整各類能源熱值數據，評估檢討修正必要性。 運輸油品統計：依據農糧署提供農機用油資訊，規劃合適統計方法。
工業製程及產品使用部門	2.B.8.d 環氧乙烷	檢視其國內排放量統計之方法學、活動數據蒐集及排放係數之妥適性，另考量一貫作業廠特性，將其後續產物「乙二醇/EG」一併納入討論。
	2.C.4 鎂生產	因應鎂生產產業外移，調查效益逐年減低，待明年釐清其產業狀況後，預計停止調查。
	2.E.1 冷凍及空調	<ul style="list-style-type: none"> 目前我國計算冷凍及空調氫氟碳化物是以 Tier2 計算，後續，為其排放數據之完整性，明年將釐清計算的範疇、活動數據來源及各設備排放係數之合理性。 目前我國溫室氣體排放清冊中，有關氫氟碳化物的排放是計算冷氣機、冰箱、車用空調與滅火器，排放係數是氫氟碳化物使用時之洩漏率（參考 2006 IPCC 指南建議值）；後續將先針對家用空調機、家用冰箱及車用空調等設備建置本土排放係數。
農業部門	3.A 畜禽腸胃發酵	有關豬腸胃發酵甲烷排放之研究，以往雖因故研究中斷致一直引用 2006 IPCC 指南預設係數，惟養豬為臺灣主要畜牧經濟活動之一，而農委會畜試所歷時 4 年之國內豬隻活體溫室氣體排放量調查，已將摘要發表於 2015 年 12 月份中國畜牧學會會誌，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，將俟該研究報告完備後再予採用。
農業部門	3.B 畜禽糞尿處理	<ul style="list-style-type: none"> 由於目前畜禽糞尿處理僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將第 1 段所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入，未來將建立此畜禽糞尿處理甲烷及氧化亞氮排放本土係數及資料。 目前農業部門僅計算畜禽物種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。並且持續於年度施政計畫中，研究探討畜牧場溫室氣體排放、減量及區域性沼氣發電模式等。

部門	次部門	改善計畫
農業部門	3.C. 水稻種植	<ul style="list-style-type: none"> 行政院農業委員會農業試驗所（簡稱農試所）已進行利用開放式甲烷分析儀調查水稻種植中產生之甲烷，預期於 2019 年前提出以渦流協變法 (Eddy Covariance Method, EC) 及密閉罩法 (Chamber Method) 之比較，並進行甲烷排放係數之調整與更新。
	3.D.1 農業土壤的直接排放	<ul style="list-style-type: none"> 農試所正進行以密閉罩法 (Chamber Method) 方式量測水田的氧化亞氮排放，預計於 2020 年底提出本土水田排放係數，未來再依田間量測數據提出旱作氧化亞氮排放係數，以提高農地氧化亞氮排放估算之準確性與精確性。
	3.D.2 農業土壤的間接排放	<p>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。但因各區域因土壤特性、氣候條件與地質條件不同，變異甚大，需再累積更多的數據，故此改善計畫提擬列為長期目標。</p>
土地利用、土地利用變化及林業部門	4.A.1 林地維持林地	<ul style="list-style-type: none"> 有關各林型或土地利用型圖，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，後續將繼續研析各國有關森林面積活動數據之調查產製方式，配合行政院農業委員會林務局森林資源調查成果土地覆蓋型圖資更新維護作法，搭配衛星影像監測或國土利用調查成果更新維護資料，研議適當之林業溫室氣體清冊年度森林面積活動數據產製方式。 規劃將透過分析行政院農業委員會林務局森林永久樣區及系統樣區複查資料，配合樣區複查及航照樣點量測作法，研議發展年度蓄積與生長量之更新機制。 查證過程為品質保證 (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。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。
	4.A.2 其他土地轉變為森林	<ul style="list-style-type: none"> 活動數據有關土地轉變為林地部分，行政院農業委員會林務局已規劃森林資源調查成果土地覆蓋型圖資更新維護作法，後續可透過航照圖圈繪變異區域，作為土地轉變為林地面積基礎。 查證過程為品質保證 (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。目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。
廢棄物部門	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	<ul style="list-style-type: none"> 由於妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處理量之統計年報活動數據與組成僅有全國之彙整數據，我國未來可考量區分各處理掩埋單位之活動數據與組成，將能更完整反應實際數據與組成，進而計算各處理掩埋單位之溫室氣體排放。 另外，有關計算參數甲烷回收量的採用數據，目前係以福德坑、山豬窟、台中文山與高雄西青埔等四處掩埋場之發電量回推甲烷回收量。未來可再進一步蒐集三峽及八里等二處掩埋場的歷年甲烷回收量，以反應國內沼氣回收發電掩埋場的實際現況。
	5.B 固體廢棄物之生物處理	<p>因堆肥處理的溫室氣體產生會受到處理方式及操作環境的影響，後續如有進一步國家相關堆肥處理之方式及本土排放係數研究，可納入參考，以精進排放之估算。現行仍以採用 IPCC 預設排放係數為主。</p>
	5.C 廢棄物焚化	<p>自 2011 年以後的活動數據，改為採用處理量較為穩定的無能源回收中小型焚化爐廢棄物焚化量，其焚化物來源主要為有害、醫療及事業廢棄物，然而計算排放量時，仍採用環境保護統計年報中的全國垃圾組成。我國未來可調查中小型焚化爐焚化物的組成及碳含量；另外亦可調查爐體類型是否多屬於連續式鍋爐，以確認氧化亞氮的排放係數採用值。</p>
	5.D.1 生活廢水	<p>隨著全國用戶接管普及率及整體污水處理率的逐年提升，公共污水處理廠處理量隨之漸增，故源自污水廠的甲烷排放量呈現逐年漸增趨勢。污水廠進行甲烷回收處理及再利用，可有助於甲烷排放減量。我國未來可進行全國污水廠既有沼氣回收利用設施的設置歷程、使用現況及歷年收集處理量等的調查研究，結果可作為廢水排放量計算時可再扣除回收量之參考。</p>
	5.D.2 事業廢水	<ul style="list-style-type: none"> 行政院環境保護署自 2016 年開始針對國內事業廢水中 COD 及含氮污染物顯著事業之事業廢水處理廠，直接量測溫室氣體甲烷及氧化亞氮排放量，逐年逐步建立本土排放係數資料庫，精進估算國內事業廢水溫室氣體排放量。 另外，2006 至 2015 年事業廢水處理甲烷排放量呈現增排趨勢，廢水處理廠進行甲烷回收處理及再利用，可有助於甲烷排放減量。我國未來可研擬增修「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，於「事業或污水下水道系統廢（污）水檢測申報表」，增加甲烷回收申報量，作為排放清冊扣除統計依據。

名詞、縮寫與單位索引

英文縮寫	英文名詞	中文名詞
AD	Active data	活動數據
BAU	Business as usual	一往如常 (基線排放量)
CO ₂	Carbon dioxide	二氧化碳
CO _{2eq}	Carbon dioxide equivalent	二氧化碳當量
CH ₄	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 ⁹ g = 1 kilotonne (kt))	十億克; 千公噸
GHG	Greenhouse gas	溫室氣體
GWP	Global Warming Potential	全球暖化潛勢
HFC	Hydrofluorocarbon	氫氟碳化物
IE	included elsewhere	列於其他處
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專家委員會
KP	Kyoto Protocol	京都議定書
LUCF	Land use change and forest	土地利用變化及林業
LULUCF	Land use, land use change and forest	土地利用、土地利用變化及林業
Mt	Megatonne; 10 ⁶ tonne	百萬公噸
NA	Not applicable	不適用
NCV	Net calorific value	淨熱值
NE	Not estimated	未估計
NIR	National Inventory Report	國家清冊報告
NO	Not occurring	未發生
N ₂ O	Nitrous oxide	氧化亞氮
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 ₆	Sulfur hexafluoride	六氟化硫
t	Tonne	公噸
TJ	Terajoule; 10 ¹² joule	兆焦耳; 萬億焦耳
TOE	Tonne of oil equivalent	公噸油當量
	Uncertainty	不確定性
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Chang	聯合國氣候變化綱要公約

附件一、

IPCC 第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 ₂	>500 (Bern model, 與大氣中 CO ₂ 濃度相關)	1	1	1
	CH ₄	12	72	25	7.6
	N ₂ O	114	289	298	153
	SF ₆	3200	16300	22800	32600
	HFCs				
HFC-23	CHF ₃	270	12000	14800	12200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4.9	2330	675	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	6350	3500	1100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	3830	1430	435
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	5890	4470	1590
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	1.4	437	124	38
HFC-227ea	CF ₃ CHF ₂ CF ₃	34.2	5310	3220	1040
HFC-236fa	CF ₃ CHF ₂ CF ₃	240	8100	9810	1040
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	7.6	3380	1030	314
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	8.6	2520	794	241
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCH ₂ CF ₂ CF ₃	15.9	4140	1640	500
	PFCs				
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	12300	17200	20700
PFC-14	CF ₄	50000	5210	7390	11200
PFC-116	C ₂ F ₆	10000	8630	12200	18200
PFC-218	C ₃ F ₈	2600	6310	8830	12500
PFC-318	c-C ₄ F ₈	3200	7310	10300	14700
PFC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	2600	6330	8860	12500
PFC-4-1-12	C ₅ F ₁₂	4100	6510	9160	13300
PFC-5-1-14	C ₆ F ₁₄	3200	6600	9300	13300
PFC-5-1-18	C ₁₀ F ₁₈	>1000	>5500	>7500	>9500
trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF ₅ CF ₃	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
 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、

2015 年能源平衡表 -
OECD 能源統計格式 (熱值單位)

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	煤及煤產品	煙煤-煉焦煤	煙煤-燃料煤	無煙煤	亞煙煤	褐煤	泥煤	焦炭	煤球
	Coal and Coal Products Total	Bituminous Coal-Coking Coal	Bituminous Coal- Steam Coal	Anthracite	Sub-bituminous Coal	Lignite	Peat	Coke Oven Coke	Patent Fuel
	C2-C12								
1 自產	38,733,472	4,613,606	27,621,130	201,830	6,156,543			140,362	
2 + 進口	1,048			857				191	
3 - 出口									
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	48,750	47,478	-698,978	-1,034	706,236			-4,952	
7 = 初級能源總供給	38,683,674	4,566,128	28,320,108	202,007	5,450,307			145,123	
8 - 產品間轉換(轉出)									
9 - 統計差異	-275,051	-51,688	112,256	-26,013	-379,223			69,616	
10 - 轉變投入	37,135,197	4,617,816	21,988,929		5,829,530			3,684,661	
11 煉焦工場/煤製品業	6,178,108	4,617,816	1,560,292						
12 高爐工場	5,095,726		1,411,065					3,684,661	
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠	18,779,021		13,081,218		5,697,804				
16 自用發電廠									
17 公用汽電共生廠	721,010		721,010						
18 自用汽電共生廠	6,361,333		5,215,345		131,727				
19 + 轉變產出合計	7,637,474							4,358,445	
20 轉變產出	7,637,474							4,358,445	
21 產品間轉換(轉入)									
22 - 能源部門自用	1,199,961								
23 煤礦業									
24 煉焦工場/煤製品業	570,742								
25 高爐工場	629,220								
26 油氣礦業									
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	76,785							54,678	
33 = 最終消費	8,184,254		6,218,923	228,020				694,613	
34 能源消費	7,912,104		6,218,923	196,840				453,643	

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	1 煤及煤產品	2 煙煤-煉焦煤	3 煙煤-燃料煤	4 無煙煤	5 亞煙煤	6 褐煤	7 泥煤	8 焦炭	9 煤球
	Coal and Coal Products Total	Bituminous Coal-Coking Coal	Bituminous Coal- Steam Coal	Anthracite	Sub-bituminous Coal	Lignite	Peat	Coke Oven Coke	Patent Fuel
	C2-C12								
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	272,150			31,180				240,969	
96 工業、轉變及能源部門	272,150			31,180				240,969	
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)	119,283,045		87,467,252		27,360,360				
2 發電廠	88,181,659		61,398,271		26,783,387				
3 汽電共生廠	31,101,386		26,068,981		576,973				
4 熱能 (公噸)	2,548,800		2,136,037		46,750				
5 汽電共生廠	2,548,800		2,136,037		46,750				

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	10 焦爐氣 Coke Oven Gas	11 高爐氣 Blast Furnace Gas	12 轉爐氣 Oxygen Steel Furnace Gas	13 原油及石油 產品合計 Crude Oil and Petroleum Products Total C14-C36	14 原油 Crude Oil	15 煉油廠進料 Refinery Feedstocks	16 添加劑/ 含氧化合物 Additives/ Oxygenates	17 煉油氣 Refinery Gas	18 液化石油氣 LPG
1 自產				77,641	7,601	70,040			
2 + 進口				64,473,136	44,845,180		317,393		2,074,271
3 - 出口				17,367,441					4,762
4 - 國際海運				1,295,884					
5 - 國際航空				2,747,399					
6 - 存貨變動				-352,188	-141,162	-445			-35,722
7 = 初級能源總供給				43,492,241	44,993,944	70,485	317,393		2,105,231
8 - 產品間轉換(轉出)				3,817,677					142,323
9 - 統計差異	1	0		-402,452	-73,805	-196			-402
10 - 轉變投入	295,893	582,350	136,019	48,771,071	45,067,749	70,681	317,393	106,510	
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠				45,455,823	45,067,749	70,681	317,393		
14 石化工廠									
15 公用發電廠				2,441,088					
16 自用發電廠									
17 公用汽電共生廠				2,701					
18 自用汽電共生廠	295,893	582,350	136,019	871,458				106,510	
19 + 轉變產出合計	1,281,114	1,727,208	270,707	50,171,685				2,114,859	1,393,956
20 轉變產出	1,281,114	1,727,208	270,707	46,871,348				2,114,859	1,335,275
21 產品間轉換(轉入)				3,300,337					58,681
22 - 能源部門自用	254,818	876,226	68,918	2,235,543				2,006,209	85,089
23 煤礦業				1,480					
24 煉焦工場/煤製品業	210,375	291,449	68,918	15,958					
25 高爐工場	44,443	584,777							
26 油氣礦業									
27 煉油廠				2,215,465				2,006,209	84,227
28 發電廠				1,521					
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業				1,119					862
32 - 損耗	236	18,097	3,773						
33 = 最終消費	730,167	250,534	61,997	39,242,087				2,141	3,272,177
34 能源消費	730,167	250,534	61,997	16,665,899				2,141	1,505,467

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	10 焦炭氣 Coke Oven Gas	11 高爐氣 Blast Furnace Gas	12 轉爐氣 Oxygen Steel Furnace Gas	13 原油及石油 產品合計 Crude Oil and Petroleum Products Total	14 原油 Crude Oil	15 煉油廠進料 Refinery Feedstocks	16 添加劑/ 含氧化合物 Additives/ Oxygenates	17 煉油氣 Refinery Gas	18 液化石油氣 LPG
73 運輸部門				12,397,678					39,461
74 國內航空				95,857					
75 公路				12,121,434					39,461
76 鐵路				18,253					
77 管線運輸									
78 國內水運				162,134					
79 其他									
80 農業部門				342,360					365
81 農牧及林業				3,840					365
82 漁業				338,520					
83 服務部門				882,143					76,326
84 批發及零售業				398,231					
85 住宿及餐飲業				2,180					76,200
86 運輸服務業				10,012					
87 倉儲業				8,751					
88 通信業				4,255					
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				325,664					
93 其他				133,051					127
94 住宅部門				1,136,418					1,136,418
95 非能源消費				22,576,188					1,766,709
96 工業、轉變及能源部門				22,576,188					1,766,709
97 (石化原料用)				(19,392,585)					(1,766,709)
98 運輸部門									
99 其他									
電能與熱能產出									
1 發電量 (千度)	1,300,352	2,557,623	597,456	11,949,474				187,240	
2 發電廠				10,447,924					
3 汽電共生廠	1,300,352	2,557,623	597,456	1,501,550				187,240	
4 熱能 (公噸)	106,618	210,305	49,090	313,717				38,430	
5 汽電共生廠	106,618	210,305	49,090	313,717				38,430	

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

項 目	19 (丙烷混合氣)	20 天然汽油	21 石油腦	22 車用汽油	23 (無鉛汽油)	24 航空汽油	25 航空燃油- 汽油型	26 航空燃油- 煤油型	27 煤油
	(Propane Air)	Natural Gasoline	Naphthas	Motor Gasoline	(Unleaded Gasoline)	Aviation Gasoline	Jet Fuel- Gasoline Type	Jet Fuel- Kerosene Type	Kerosene
1 自產									
2 + 進口			12,907,272	130,016 (	130,016 (			210,879	
3 - 出口				4,701,243 (	4,701,243 (			912,882	
4 - 國際海運									
5 - 國際航空			21,490	153,120 (	153,120 (			35,662	2,773
6 - 存貨變動			12,885,783	-4,724,346 (	-4,724,346 (			-3,485,064	-2,773
7 = 初級能源總供給			3,008,189	12,519 (	12,519 (			12,106	
8 - 產品間轉換(轉出)			50,172	-98,851 (	-98,851 (			3,840	-715
9 - 統計差異									
10 - 轉變投入									
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠									
16 自用發電廠									
17 公用汽電共生廠									
18 自用汽電共生廠									
19 + 轉變產出合計			7,798,455	12,822,532 (	12,822,532 (			3,732,737	7,716
20 轉變產出			7,798,455	9,667,460 (	9,667,460 (			3,732,737	7,716
21 產品間轉換(轉入)				3,155,072 (	3,155,072 (
22 - 能源部門自用				3,191 (	3,191 (				8
23 煤礦業									
24 煉焦工場/煤製品業									
25 高爐工場									
26 油氣礦業									
27 煉油廠				1,661 (	1,661 (				8
28 發電廠				1,521 (	1,521 (
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業									
32 - 損耗									
33 = 最終消費			17,625,876	8,181,327 (	8,181,327 (			231,726	5,651
34 能源消費				8,181,327 (	8,181,327 (			231,726	5,651

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	柴油 Diesel Oil	燃料油 Fuel Oil	白精油 White Spirits	潤滑油 Lubricants	柏油 Asphalts	溶劑油 Solvents	石蠟 Paraffin Waxes	石油焦 Petroleum Coke	其他石油產品 Other Petroleum Products
1 自產									
2 + 進口		1,701,832		359,095	77,892	1,340,774	124,936	37,195	346,399
3 - 出口	8,933,340	1,277,891	119	613,160	336,834	43,315	9,566	417,205	117,124
4 - 國際海運	92,273	1,203,594		16					
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	-77,720	-103,421	-1,972	-5,424	-37,091	-6,655	2	22,416	-178,036
7 = 初級能源總供給	-8,947,893	-676,232	1,853	-248,657	-221,851	1,304,115	115,368	-402,426	407,311
8 - 產品間轉換(轉出)	27,791	267,535	1,082	3,989		1,793		41,002	299,348
9 - 統計差異	-133,513	-148,981							
10 - 轉變投入	111,124	2,398,865						678,309	20,441
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠	109,633	2,331,455							
16 自用發電廠		2,701							
17 公用汽電共生廠		64,708							
18 自用汽電共生廠	1,491								
19 + 轉變產出合計	13,739,903	5,170,728	970	816,162	618,923	78,111		1,196,314	680,318
20 轉變產出	13,701,903	5,170,728	970	816,162	618,923	78,111		1,196,314	631,734
21 產品間轉換(轉入)	38,000								48,584
22 - 能源部門自用	26,255	61,721							53,071
23 煤礦業		1,480							
24 煉焦工場/煤製品業		15,958							
25 高爐工場									
26 油氣礦業									
27 煉油廠									
28 發電廠	26,255	44,035							53,071
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業		248							
32 - 損耗									
33 = 最終消費	4,760,353	1,915,357	1,742	563,516	397,072	1,380,433	115,368	74,578	714,770
34 能源消費	4,760,353	1,915,357						51,692	12,183

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項	目	28	29	30	31	32	33	34	35	36
		柴油	燃料油	白精油	潤滑油	柏油	溶劑油	石蠟	石油焦	其他石油產品
		Diesel Oil	Fuel Oil	White Spirits	Lubricants	Asphalts	Solvents	Paraffin Waxes	Petroleum Coke	Other Petroleum Products
35	工業部門	95,587	1,487,052						51,692	12,183
36	礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)	4,061	22,958							
37	食品飲料及菸草業	2,565	177,268							
38	紡織成衣及服飾業	1,086	157,272							
39	皮革及毛皮業	48	14,199							
40	木竹及家具業		4,642							
41	紙漿、紙及紙製品業	819	71,478							
42	印刷業	94	636							
43	化學材料製造業	56,528	346,781							
44	基本化學材料製造業	56,503	221,933						51,692	
45	(基本化學工業)	(1,415)	(177,503)						51,692	
46	(石油化工原料製造業)	(55,088)	(44,430)						(51,692)	
47	(肥料製造業)									
48	人造纖維製造業		90,947							
49	樹脂塑膠及橡膠製造		33,900							
50	其他化學材料製造業	25								
51	化學製品製造業	1,330	70,619							
52	橡膠製品製造業	14	30,811							
53	塑膠製品製造業	43	37,746							
54	非金屬礦物製品製造業	10,526	176,439							
55	水泥及水泥製品業	9,695	20,415							
56	其他	831	156,024							
57	(陶瓷製品製造業)	(67)								
58	(玻璃及玻璃製品製造業)	(260)								
59	金屬基本工業	5,702	165,927							12,183
60	鋼鐵基本工業	5,592	146,698							12,183
61	非鐵金屬基本工業	110	19,230							
62	(鋁業)									
63	金屬製品製造業	176	39,810							
64	機械設備製造業	138	4,783							
65	電腦通信及視聽電子產品製造業	6,166	45,886							
66	(電子零組件製造業)									
67	運輸工具製造業	3,063	15,677							
68	精密光學醫療器材及鐘錶製造業									
69	其他工業製品製造業	125	8,053							
70	用水供應及污染整治業	420	2							
71	營造業	2,684	48,449							
72	其他		47,614							

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	柴油	燃料油	白精油	潤滑油	柏油	溶劑油	石蠟	石油焦	其他石油產品
	Diesel Oil	Fuel Oil	White Spirits	Lubricants	Asphalts	Solvents	Paraffin Waxes	Petroleum Coke	Other Petroleum Products
73 運輸部門	4,022,413	93,505							
74 國內航空									
75 公路	3,935,531								
76 鐵路	18,253								
77 管線運輸									
78 國內水運	68,629	93,505							
79 其他									
80 農業部門	312,904	28,889							
81 農牧及林業	738	2,535							
82 漁業	312,166	26,354							
83 服務業部門	329,449	305,912							
84 批發及零售業									
85 住宿及餐飲業	87,505	232,159							
86 運輸服務業	299	1,881							
87 倉儲業	9,941	71							
88 通信業	1,770								
89 金融保險及不動產業	167	1,445							
90 工商服務業									
91 社會服務及個人服務業									
92 公共行政業	169,025	3,432							
93 其他	60,742	66,924							
94 住宅部門									
95 非能源消費			1,742	563,516	397,072	1,380,433	115,368	22,885	702,586
96 工業、轉變及能源部門			1,742	563,516	397,072	1,380,433	115,368	22,885	702,586
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)	472,598	10,099,711						1,152,464	37,459
2 發電廠	469,971	9,977,952							
3 汽電共生廠	2,627	121,759						1,152,464	37,459
4 熱能(公噸)	533	24,251						243,046	7,458
5 汽電共生廠	533	24,251						243,046	7,458

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	天然氣合計	(自產) 天然氣	(進口) 液化天然氣	生質能及 廢棄物合計	生質能合計	固態生質能	液態生質能	氣態生質能	廢棄物
	Natural Gas	(Indigenous) Natural Gas	(Imported) LNG	Biomass and Waste Total	Biomass Total	Solid Biomass	Liquid Biomass	Biogas	Waste and Other Non-Specified
	C38-C39			C41+C45	C42-C44				
1 自產	257,177	257,177		1,565,032	171,705	164,555	103	7,047	1,393,327
2 + 進口	17,769,823		17,769,823	85	85		85		
3 - 出口									
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	-54,165	-38,648	-15,516	19	19		19		
7 = 初級能源總供給	18,081,165	295,825	17,785,339	1,565,098	171,771	164,555	168	7,047	1,393,327
8 - 產品間轉換(轉出)	18,838,674		18,838,674	139	139		139		
9 - 統計差異	960,750	628	960,122	30	30		30	0	-0
10 - 轉變投入	14,586,050	1,772	14,584,277	1,096,458	30,984	25,408		5,576	1,065,474
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠	14,522,696		14,522,696						
16 自用發電廠				2,195	2,195			2,195	
17 公用汽電共生廠				30,214					30,214
18 自用汽電共生廠	63,354	1,772	61,581	1,064,049	28,788	25,408		3,381	1,035,261
19 + 轉變產出合計	19,816,086	1,040,685	18,775,400						
20 轉變產出									
21 產品間轉換(轉入)	19,816,086	1,040,685	18,775,400						
22 - 能源部門自用	218,716	1,145	217,571						
23 煤礦業									
24 煉焦工場/煤製品業									
25 高爐工場									
26 油氣礦業									
27 煉油廠	209,539	1,034	208,505						
28 發電廠	9,177	111	9,066						
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業									
32 - 損耗									
33 = 最終消費	3,293,060	1,332,965	1,960,095	468,471	140,618	139,147		1,471	327,853
34 能源消費	3,293,060	1,332,965	1,960,095	468,471	140,618	139,147		1,471	327,853

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	37 天然氣合計	38 (自產) 天然氣 (Indigenous) Natural Gas	39 (進口) 液化天然氣 (Imported) LNG	40 生質能及 廢棄物合計 Biomass and Waste Total	41 生質能合計 Biomass Total	42 固態生質能 Solid Biomass	43 液態生質能 Liquid Biomass	44 氣態生質能 Biogas	45 廢棄物 Waste and Other Non-Specified
	C38-C39			C41+C45	C42-C44				
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	3,407		3,407						
81 農牧及林業	3,407		3,407						
82 漁業									
83 服務部門	427,546	308,833	118,713						
84 批發及零售業									
85 住宿及餐飲業	372,731	263,917	108,813						
86 運輸服務業	736	736							
87 倉儲業									
88 通信業									
89 金融保險及不動產業	315	301	14						
90 工商服務業	32,302	25,998	6,304						
91 社會服務及個人服務業	15,862	12,975	2,887						
92 公共行政業	5,601	4,906	695						
93 其他									
94 住宅部門	653,376	604,018	49,359						
95 非能源消費									
96 工業、轉變及能源部門									
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)	85,177,233	19,281	85,157,952	3,614,731	202,705	177,255	25,448	3,412,028	
2 發電廠	82,916,230		82,916,230						
3 汽電共生廠	2,261,003	19,281	2,241,722	3,614,731	202,705	177,255	25,448	3,412,028	
4 熱能(公噸)	23,018	646	22,372	393,143	10,564	9,342	1,222	382,579	
5 汽電共生廠	23,018	646	22,372	393,143	10,564	9,342	1,222	382,579	

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	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
1 自產				97,372	125,311	
2 + 進口	8,250,951					
3 - 出口						
4 - 國際海運						
5 - 國際航空						
6 - 存貨變動						
7 = 初級能源總供給	8,250,951	564,336		97,372	125,311	
8 - 產品間轉換(轉出)						
9 - 統計差異				0	0	2,259
10 - 轉變投入				97,372	125,311	
11 煉焦工場/煤製品業		847,591				
12 高爐工場						
13 煉油廠						
14 石化工廠						
15 公用發電廠	8,250,951			5,091	124,670	
16 自用發電廠		847,591		92,281	640	
17 公用汽電共生廠						
18 自用汽電共生廠						
19 + 轉變產出合計		283,255				22,715,256
20 轉變產出		283,255				22,715,256
21 產品間轉換(轉入)						
22 - 能源部門自用						1,630,000
23 煤礦業						100
24 煉焦工場/煤製品業						
25 高爐工場						
26 油氣礦業						1,607
27 煉油廠						271,294
28 發電廠						790,065
29 抽水用電						326,081
30 汽電共生廠						199,654
31 氣體燃料供應業						41,200
32 - 損耗						746,873
33 = 最終消費						20,336,124
34 能源消費						20,336,124

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量；10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	46 核能	47 水力	48 地熱	49 太陽光電	50 風力	51 電力
	Nuclear	Hydro	Geothermal	Solar PV	Wind	Electricity
工業部門						11,772,546
35 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)						37,562
36 食品飲料及菸草業						355,625
37 紡織成衣及服飾業						441,739
38 皮革及毛皮業						17,520
39 木竹及家具業						32,874
40 紙漿、紙及紙製品業						280,653
41 印刷業						49,526
42 化學材料製造業						2,259,881
43 基本化學材料製造業						1,693,476
44 (基本化學工業)						(26,504)
45 (石油化工原料製造業)						(1,517,193)
46 (肥料製造業)						
47 人造纖維製造業						345,391
48 樹脂塑膠及橡膠製造						138,246
49 其他化學材料製造業						82,768
50 化學製品製造業						290,791
51 橡膠製品製造業						101,419
52 塑膠製品製造業						502,133
53 非金屬礦物製品製造業						458,874
54 水泥及水泥製品業						150,869
55 其他						308,004
56 (陶瓷製品製造業)						(27,830)
57 (玻璃及玻璃製品製造業)						(220,148)
58 金屬基本工業						1,406,756
59 鋼鐵基本工業						1,299,118
60 非鐵金屬基本工業						107,638
61 (鋁業)						(55,973)
62 金屬製品製造業						617,518
63 機械設備製造業						187,559
64 電腦通信及視聽電子產品製造業						4,030,793
65 (電子零組件製造業)						(2,801,819)
66 運輸工具製造業						215,128
67 精密光學醫療器材及鐘錶製造業						138,685
68 其他工業製品製造業						86,606
69 用水供應及污染整治業						210,231
70 營造業						50,675
71 其他						
72						

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項	目	46	47	48	49	50	51
		核能	水力	地熱	太陽光電	風力	電力
		Nuclear	Hydro	Geothermal	Solar PV	Wind	Electricity
73	運輸部門						117,082
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	服務部門						
84	批發及零售業						251,354
85	住宿及餐飲業						168,455
86	運輸服務業						82,899
87	倉儲業						4,124,558
88	通信業						453,474
89	金融保險及不動產業						272,274
90	工商服務業						131,065
91	社會服務及個人服務業						72,366
92	公共行政業						119,461
93	其他						85,103
94	住宅部門						132,078
95	非能源消費						735,959
96	工業、轉變及能源部門						455,302
97	(石化原料用)						1,667,475
98	運輸部門						4,070,584
99	其他						
電能與熱能產出							
1	發電量(千度)	31,661,363	9,855,706		1,132,230	1,457,102	
2	發電廠	31,661,363	9,855,706		1,132,230	1,457,102	
3	汽電共生廠						
4	熱能(公噸)						
5	汽電共生廠						

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	52 太陽熱能 Solar Thermal	53 熱能 Heat	54 總計 Grand Total	Item
1 自產	100,906		2,787,775	1 Indigenous Production
2 + 進口			129,227,467	2 + Import
3 - 出口			17,368,489	3 - Exports
4 - 國際海運			1,295,884	4 - International Marine Bunkers
5 - 國際航空			2,747,399	5 - International Civil Aviation
6 - 存貨變動			-357,583	6 - Stock Changes
7 = 初級能源總供給	100,906		110,961,052	7 = Total Primary Energy Supply
8 - 產品間轉換(轉出)			22,656,489	8 - Transfers(Input)
9 - 統計差異		-0	285,536	9 - Statistical Differences
10 - 轉變投入			110,910,001	10 - Transformation Input
11 煉焦工場/煤製品業			6,178,108	11 Coke Ovens
12 高爐工場			5,095,726	12 Blast Furnaces
13 煉油廠			45,455,823	13 Petroleum Refineries
14 石化工廠				14 Petrochemical Industry
15 公用發電廠			44,971,109	15 Public Electricity Plants
16 自用發電廠			95,117	16 Autoproducer Electricity Plants
17 公用汽電共生廠			753,925	17 Public Cogeneration Plants
18 自用汽電共生廠			8,360,194	18 Autoproducer Cogeneration Plants
19 + 轉變產出合計	247,212	247,212	100,870,968	19 + Transformation Output Total
20 轉變產出		247,212	77,754,546	20 Transformation Output
21 產品間轉換(轉入)			23,116,422	21 Transfers(Output)
22 - 能源部門自用		0	5,284,221	22 - Energy Sector Own Use
23 煤礦業			1,580	23 Coal Mines
24 煉焦工場/煤製品業			586,700	24 Coke Ovens
25 高爐工場			629,220	25 Blast Furnaces
26 油氣礦業			1,607	26 Oil and Gas Extraction
27 煉油廠			2,696,298	27 Petroleum Refineries
28 發電廠			800,762	28 Electricity Plants
29 抽水用電			326,081	29 Electricity to Pump Up
30 汽電共生廠		0	199,654	30 Cogeneration Plants
31 氣體燃料供應業			42,319	31 Gas Companies
32 - 損耗			823,658	32 - Losses
33 = 最終消費	100,906	247,212	71,872,115	33 = Total Final Consumption
34 能源消費	100,906	247,212	49,023,778	34 Energy Consumption

能源平衡表—OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	52 太陽熱能 Solar Thermal	53 熱能 Heat	54 總計 Grand Total	Item
工業部門	247,212	247,212	24,516,365	Industrial Sector
35 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)			67,566	35 Mining and Quarrying(excluding coal,oil and gas)
36 食品飲料及菸草業	15,721	15,721	706,330	36 Food, Beverage and Tobacco
37 紡織成衣及服飾業	40,600	40,600	1,118,593	37 Textile, Wearing Apparel and Accessories
38 皮革及毛皮業			35,640	38 Leather and Fur
39 木竹及家具業			41,472	39 Wood, Bamboo and Furniture
40 紙漿、紙及紙製品業		15,998	953,579	40 Pulp, Paper and Paper Products
41 印刷業			57,264	41 Printing
42 化學材料製造業		114,288	7,306,214	42 Chemical Materials
43 基本化學材料製造業		114,288	5,492,119	43 Basic Chemical Materials
44 (基本化學工業)	(	(	348,292)	44 (Basic Industrial Chemicals)
45 (石油化工原料製造業)	(	(	4,875,224)	45 (Petrochemical Materials)
46 (肥料製造業)				46 (Chemical Fertilizers)
47 人造纖維製造業			1,282,974	47 Artificial Fibers
48 樹脂塑膠及橡膠製造			384,729	48 Resin, Plastics and Rubber
49 其他化學材料製造業			146,391	49 Other Chemical Materials
50 化學製品製造業			430,805	50 Chemical Products
51 橡膠製品製造業			194,156	51 Rubber Products
52 塑膠製品製造業			707,744	52 Plastic Products
53 非金屬礦物製品製造業			2,193,016	53 Non-metallic Mineral Products
54 水泥及水泥製品業			1,204,087	54 Cement and Cement Products
55 其他			988,929	55 Others
56 (陶瓷製品製造業)	(	(	101,879)	56 (Pottery, China and Earthenware)
57 (玻璃及玻璃製品製造業)	(	(	272,041)	57 (Glass and Glass Products)
58 金屬基本工業	6,015		3,766,143	58 Basic Metal Industries
59 鋼鐵基本工業	3,609		3,554,601	59 Iron and Steel
60 非鐵金屬基本工業	2,406		211,542	60 Others
61 (鋁業)	(	(	117,395)	61 (Aluminum)
62 金屬製品製造業			804,749	62 Fabricated Metal Products
63 機械設備製造業			203,151	63 Machinery and Equipments
64 電腦通信及視聽電子產品製造業	54,591		4,518,193	64 Electrical and Electronic Machinery
65 (電子零組件製造業)	(	(	2,937,795)	65 (Electronic Parts)
66 運輸工具製造業			275,259	66 Transport Equipments
67 精密光學醫療器材及鐘錶製造業			138,685	67 Precision Instruments
68 其他工業製品製造業			279,257	68 Miscellaneous Industries
69 用水供應及污染整治業			525,529	69 Water Supply and Remediation Activities
70 營造業			102,720	70 Construction
71 其他			90,302	71 Non-Specified

能源平衡表－OECD能源統計格式（公噸油當量單位）

民國105年(西元2016年)

(單位：公噸油當量;10⁷千卡)(Unit:tonne of oil equivalent;10⁷kilocalorie)

項 目	52 太陽熱能 Solar Thermal	53 熱能 Heat	54 總計 Grand Total	Item
73 運輸部門			12,514,760	73 Transport Sector
74 國內航空			95,857	74 Domestic Air
75 公路			12,121,434	75 Road
76 鐵路			135,335	76 Rail
77 管線運輸				77 Pipeline Transport
78 國內水運			162,134	78 Internal Navigation
79 其他				79 Non-Specified
80 農業部門			597,121	80 Agriculture Sector
81 農牧及林業			175,702	81 Agriculture, Animal Husbandry and Forestry
82 漁業			421,419	82 Fishing and Aquaculture
83 服務部門	3,027		5,437,275	83 Service Sector
84 批發及零售業			453,474	84 Wholesale and Retail
85 住宿及餐飲業			1,043,236	85 Hotels and Restaurants
86 運輸服務業			133,980	86 Transport Services
87 倉儲業			82,378	87 Storage and Warehousing
88 通信業			128,212	88 Communication
89 金融保險及不動產業			89,673	89 Finance, Insurance and Real Estate
90 工商服務業			132,078	90 Business Services
91 社會服務及個人服務業			768,261	91 Social and Personal Services
92 公共行政業	3,027		799,856	92 Public Administration
93 其他			1,806,127	93 Activities Not Adequately Defined
94 住宅部門			97,879	94 Residential Sector
95 非能源消費			22,848,338	95 Non-Energy Use
96 工業、轉變及能源部門			22,848,338	96 in Industry/Transf./Energy
97 (石化原料用)		(	19,392,585)	97 (Feedstocks)
98 運輸部門				98 in Transport
99 其他				99 in Other Sectors
電能與熱能產出				Electricity and Heat Output
1 發電量(千度)			264,130,884	1 Electricity Generated (MWh)
2 發電廠			225,652,214	2 Electricity Plants
3 汽電共生廠			38,478,670	3 Cogeneration Plants
4 熱能(公噸)			3,278,678	4 Heat Generated (MT)
5 汽電共生廠			3,278,678	5 Cogeneration Plants

附件三、

能源部門燃料燃燒二氧化碳排放指標

項目	二氧化碳排放量		碳排放密集度		人均排放	
	年	(萬公噸)	成長率 (%)	(公斤 CO ₂ /元)	成長率 (%)	(公噸 CO ₂ /人)	成長率 (%)
1990	10,946	-	0.02284	-	5.41	-
1991	11,844	8.20	0.02280	-0.15	5.79	7.01
1992	12,605	6.43	0.02241	-1.72	6.10	5.42
1993	13,520	7.26	0.02251	0.43	6.48	6.26
1994	14,310	5.84	0.02216	-1.54	6.80	4.90
1995	15,080	5.39	0.02193	-1.05	7.11	4.49
1996	15,857	5.15	0.02172	-0.96	7.41	4.30
1997	17,083	7.73	0.02205	1.52	7.92	6.78
1998	18,151	6.25	0.02248	1.96	8.33	5.28
1999	19,046	4.93	0.02210	-1.67	8.68	4.09
2000	20,926	9.87	0.02282	3.24	9.46	9.01
2001	21,329	1.93	0.02356	3.23	9.57	1.23
2002	22,089	3.57	0.02311	-1.90	9.86	3.02
2003	23,218	5.11	0.02333	0.95	10.32	4.65
2004	24,151	4.02	0.02278	-2.33	10.70	3.65
2005	24,833	2.82	0.02222	-2.46	10.96	2.47
2006	25,527	2.79	0.02163	-2.68	11.23	2.40
2007	25,921	1.54	0.02062	-4.67	11.35	1.15
2008	24,748	-4.52	0.01955	-5.19	10.80	-4.84
2009	23,573	-4.74	0.01891	-3.23	10.26	-5.05
2010	25,186	6.85	0.01827	-3.42	10.93	6.59
2011	25,713	2.09	0.01797	-1.65	11.14	1.88
2012	25,299	-1.61	0.01732	-3.60	10.93	-1.90
2013	25,309	0.04	0.01695	-2.12	10.90	-0.24
2014	25,870	2.22	0.01666	-1.73	11.12	1.99
2015	25,854	-0.06	0.01652	-0.86	11.09	-0.29
2016	26,266	1.59	0.01654	0.18	11.24	1.38
年均成長率						
1990-2016	3.42		0.12		2.85	
2005-2016	0.51		-2.65		-5.15	

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，2018年7月。

附件四、

能源部門燃料燃燒排放量（電力消費排放）

二氧化碳 (CO₂) 排放量

(單位：公噸)

年別	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	15,552,233	50,495,044	19,728,906	3,600,849	9,414,273	10,667,228	109,458,533
1991	15,974,867	55,126,076	20,974,633	3,464,618	10,732,586	12,163,298	118,436,078
1992	15,629,709	59,007,680	24,137,999	3,404,900	10,965,618	12,906,111	126,052,017
1993	17,106,591	61,928,986	26,211,570	3,533,183	12,061,756	14,357,381	135,199,467
1994	18,982,612	64,347,422	27,644,677	3,585,729	13,509,102	15,027,595	143,097,138
1995	20,025,226	67,575,288	28,928,869	3,729,932	14,127,249	16,417,297	150,803,861
1996	21,003,331	70,415,789	29,919,544	3,843,432	15,749,878	17,641,294	158,573,269
1997	24,003,513	77,160,012	30,702,724	3,589,196	16,824,601	18,547,634	170,827,681
1998	25,669,383	80,596,550	32,034,876	3,078,462	18,623,103	21,508,253	181,510,628
1999	25,674,506	86,984,531	32,982,324	3,137,505	19,630,221	22,055,158	190,464,245
2000	27,841,863	98,518,754	33,451,771	3,576,564	21,962,303	23,905,260	209,256,515
2001	28,201,808	100,366,670	33,489,192	3,662,420	23,072,720	24,495,225	213,288,035
2002	28,147,998	104,863,082	34,798,925	3,718,018	24,125,572	25,240,987	220,894,583
2003	29,836,113	110,240,206	34,768,150	4,168,885	26,277,810	26,885,888	232,177,053
2004	30,976,655	116,134,166	36,143,967	4,354,465	27,052,124	26,852,260	241,513,638
2005	32,968,340	116,963,828	37,134,966	4,004,325	28,616,632	28,643,981	248,332,073
2006	33,856,052	122,649,762	37,079,507	3,102,946	29,778,021	28,802,156	255,268,444
2007	33,948,928	128,221,396	35,880,065	2,545,899	29,611,540	29,000,596	259,208,424
2008	30,878,644	121,607,712	34,002,279	2,803,571	29,563,010	28,626,253	247,481,469
2009	29,575,187	113,047,054	34,309,332	2,392,666	28,113,060	28,290,073	235,727,373
2010	31,483,964	126,078,005	35,435,296	2,331,086	28,598,366	27,936,854	251,863,572
2011	32,276,890	129,870,745	35,933,075	2,387,089	28,247,865	28,413,454	257,129,119
2012	31,318,082	128,782,044	35,150,220	2,468,544	27,785,664	27,485,321	252,989,875
2013	30,952,129	130,065,405	35,133,068	2,432,598	27,507,943	26,994,548	253,085,690
2014	33,504,114	131,393,870	35,632,717	2,544,104	27,905,730	27,721,779	258,702,314
2015	33,187,762	129,744,663	36,463,478	2,628,423	28,589,795	27,927,870	258,541,991
2016	33,457,899	130,518,409	37,527,624	2,613,801	29,031,463	29,510,365	262,659,560

資料來源：經濟部能源局，2018年7月。

註：本表僅為燃料燃燒 CO₂ 排放統計結果，不包含燃料燃燒 CH₄、N₂O 排放與生質能燃燒溫室氣體排放。

甲烷 (CH₄) 排放量

(單位：公噸)

年別	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	291	2,245	6,067	410	620	487	10,121
1991	283	2,415	6,539	380	639	538	10,794
1992	268	2,549	7,466	374	563	544	11,763
1993	299	2,589	8,087	377	527	573	12,451
1994	338	2,689	8,625	384	615	590	13,241
1995	378	2,822	9,131	395	586	652	13,964
1996	381	2,920	9,578	399	684	670	14,634
1997	411	3,123	9,814	356	624	690	15,019
1998	438	3,255	10,288	296	709	752	15,738
1999	470	3,645	10,659	298	761	803	16,636
2000	518	4,055	10,820	344	816	838	17,392
2001	528	4,351	10,894	355	844	820	17,794
2002	530	4,390	11,130	358	886	854	18,148
2003	575	4,884	11,466	410	1,003	912	19,249
2004	590	5,181	11,806	431	1,005	895	19,908
2005	635	5,168	12,124	383	1,025	918	20,252
2006	626	5,412	11,914	253	1,070	923	20,198
2007	590	5,615	11,590	180	1,094	958	20,027
2008	509	5,261	11,037	217	1,132	952	19,106
2009	503	5,017	11,255	164	1,027	911	18,877
2010	502	5,486	11,406	157	1,029	898	19,477
2011	498	5,710	11,530	157	984	894	19,773
2012	477	5,605	11,369	171	958	875	19,455
2013	434	5,657	11,385	167	981	864	19,487
2014	486	5,613	11,460	176	986	863	19,584
2015	487	5,634	11,718	183	1,040	906	19,967
2016	483	5,565	12,069	179	1,021	945	20,262
2017	500	5,422	11,844	172	1,036	942	19,917

資料來源：經濟部能源局，2018年7月。

氧化亞氮 (N₂O) 排放量

(單位：公噸)

年別	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	93	518	977	31	97	85	1,801
1991	94	567	1,039	31	111	99	1,940
1992	101	636	1,187	31	122	113	2,190
1993	114	661	1,284	32	138	132	2,360
1994	131	690	1,349	33	152	138	2,491
1995	140	721	1,404	34	160	152	2,611
1996	158	776	1,439	36	186	174	2,768
1997	171	841	1,472	34	202	184	2,905
1998	188	886	1,533	30	221	219	3,076
1999	196	987	1,577	31	235	223	3,248
2000	216	1,156	1,598	35	271	254	3,531
2001	227	1,236	1,596	36	284	266	3,645
2002	234	1,285	1,667	37	306	284	3,813
2003	254	1,392	1,665	42	340	314	4,007
2004	256	1,467	1,725	43	343	308	4,141
2005	276	1,493	1,772	40	361	329	4,271
2006	288	1,566	1,773	33	376	333	4,369
2007	292	1,636	1,712	29	376	337	4,382
2008	263	1,554	1,621	31	381	328	4,177
2009	264	1,483	1,629	27	353	326	4,081
2010	256	1,590	1,686	26	343	308	4,208
2011	257	1,633	1,711	26	336	311	4,274
2012	246	1,620	1,680	27	332	300	4,204
2013	223	1,634	1,679	26	326	294	4,182
2014	240	1,617	1,702	27	323	297	4,206
2015	233	1,577	1,742	27	322	291	4,193
2016	235	1,573	1,787	27	329	310	4,262
2017	251	1,597	1,767	28	340	320	4,302

資料來源：經濟部能源局，2018年7月。

2018 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

Taiwan Environmental Protection Administration
<http://www.epa.gov.tw>

