

2015年 中華民國 國家溫室氣體清冊報告



前言

行政院環境保護署繼完成彙編「2014年中華民國國家溫室氣體清冊報告」後，秉持依循聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）及京都議定書（Kyoto Protocol）相關規範為原則，呼應國內外各界對於瞭解我國因應氣候變遷概況殷切之期望，揭露我國溫室氣體排放及吸收趨勢，於2015年更新彙編「2015年中華民國（臺灣）國家溫室氣體清冊報告」（以下簡稱本報告）。

本報告與「2014年中華民國（臺灣）國家溫室氣體清冊報告」最大不同點在於統計方法的更新。根據2011年在南非德班召開UNFCCC第17次締約國大會及京都議定書第7次締約國會議（COP17/CMP7），通過第24/CP.17號決議文，要求已開發國家依循2006年版聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）國家溫室氣體清冊指南的統計方法（2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱2006 IPCC 指南），於2015年起，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）；本報告同步遵循2006年版IPCC國家溫室氣體清冊指南的統計方法進行統計與彙編，積極展現我國積極遵約的努力與決心。

隨著氣候變遷及溫室氣體排放議題備受國內各界重視，對於國家溫室氣體清冊的期望日切；2015年初召開「第四次全國能源會議」環

境低碳永續核心議題的結論之一，即要求「依循國際規範及跨部會審議運作機制，辦理我國溫室氣體排放清冊統計作業」。2015年7月1日公布施行「溫室氣體減量及管理法」（以下簡稱溫管法），其中第13條依規範中央主管機關需每年彙整國家溫室氣體清冊。

行政院環境保護署擔任編撰彙整國家溫室氣體清冊之中央主管機關，已籌備多年，於2012年10月籌組「國家溫室氣體清冊審議會」（以下簡稱審議會），邀集來自專家學者、產業及相關部會等18位代表擔任審議委員，並於2014年底改聘第2屆審議委員，由審議委員推舉行政院環境保護署簡慧貞參事兼執行秘書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、經濟部工業局王義基科長、交通部運輸研究所朱珮芸副組長、行政院農業委員會林務局黃群修簡任技正、行政院農業委員會畜產試驗所程梅萍組長、行政院環境保護署溫減管理室吳奕霖組長，專家學者代表包括：淡江大學經濟系廖惠珠教授、臺灣科技大學化工系顧洋教授、臺北大學自然資源與環境管理所張四立教授、臺北科技大學環境工程與管理研究所張添晉教授、臺灣大學森林環境資源學系邱祈榮副教授、中央研究院環境變遷研究中心龍世俊研究員、台達電子文教基金會張楊乾副執行長，產業代表包括：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、中華民國企業永續發展協會莫冬立副秘書長、臺灣半導體產業協會呂慶慧顧問。

參與本報告編輯的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，相關協助的智庫團隊包括：財團法人工業技術研究院、財團法人臺灣綜合研究院、財團法人臺灣綠色生產力基金會、中興工程顧問股份有限公司。

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清冊統計的範圍、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修訂版 UNFCCC 附件一國家年度清冊報告指南（第 24/CP.19 決議文）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。第八章改善規劃主要陳述臺灣溫室氣體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清冊品質做持續性的改善。

本報告是在溫管法公布後，首次編撰的國家溫室氣體清冊報告，意義重大。未來臺灣將逐年發布國家清冊報告，期望在具備法源依據的基礎上，不斷充實並提升數據品質與完整性。

目錄

前言.....	1
目錄.....	3
表目錄.....	6
圖目錄.....	12
執行摘要	
ES.1 國家溫室氣體清冊背景資訊.....	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-8
ES.4 其他資訊.....	ES-16
第一章 簡介	
1.1 國家溫室氣體清冊背景資訊.....	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.....	1-2
1.4 方法與資料來源.....	1-2
1.5 主要排放源.....	1-4
1.6 品質保證及品質控制計畫資訊.....	1-4
1.7 一般不確定性.....	1-5
1.8 完整性概要評估.....	1-5
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 溫室氣體排放及吸收.....	2-1
2.1.2 人均二氧化碳排放.....	2-3
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.....	2-6
2.2.3 氧化亞氮.....	2-7
2.2.4 氫氟碳化物.....	2-8
2.2.5 全氟碳化物.....	2-10
2.2.6 六氟化硫.....	2-11
2.2.7 三氟化氮.....	2-11
2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋.....	2-13
2.3.1 能源部門.....	2-13
2.3.2 工業製程及產品使用部門.....	2-15
2.3.3 農業部門.....	2-16
2.3.4 土地利用、土地利用變化及林業部門.....	2-16
2.3.5 廢棄物部門.....	2-19
第三章 能源部門 (CRF SECTOR I)	
3.1 部門概述.....	3-1
3.2 燃料燃燒.....	3-1
3.2.1 能源產業 (I.A.1).....	3-20
3.2.2 製造業與營造業 (I.A.2).....	3-27
3.2.3 運輸 (I.A.3).....	3-34

3.2.4 其他部門（服務業、住宅、農林漁牧）（1.A.4）.....	3-41
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.....	3-47
3.2.8 燃料的原料與非能源使用.....	3-52
3.3 燃料逸散性排放.....	3-56

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）.....	4-3
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）.....	4-8
4.2.3 玻璃生產（2.A.3）.....	4-10
4.2.4 其他使用碳酸鹽製程（2.A.4）.....	4-12
4.2.5 其他（2.A.5）.....	4-17
4.3 化學工業（2.B）.....	4-19
4.3.1 氨生產（2.B.1）.....	4-20
4.3.2 硝酸生產（2.B.2）.....	4-20
4.3.3 己二酸生產（2.B.3）.....	4-22
4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產（2.B.4）.....	4-23
4.3.5 電石生產（2.B.5）.....	4-24
4.3.6 二氧化鈦生產（2.B.6）.....	4-26
4.3.7 碳酸鈉（純鹼）（蘇打）生產（2.B.7）.....	4-28
4.3.8 石化及碳黑生產（2.B.8）.....	4-30
4.3.9 含氟化物生產（2.B.9）.....	4-40
4.3.10 其他（2.B.10）.....	4-42
4.4 金屬製程（2.C）.....	4-44
4.4.1 鋼鐵生產（2.C.1）.....	4-45
4.4.2 鐵合金生產（2.C.2）.....	4-49
4.4.3 原鋁生產（2.C.3）.....	4-51
4.4.4 鎂生產（2.C.4）.....	4-51
4.4.5 鉛生產（2.C.5）.....	4-53
4.4.6 鋅生產（2.C.6）.....	4-55
4.5 燃料及溶劑使用的非能源產品（2.D）.....	4-57
4.6 電子工業（2.E）.....	4-57
4.6.1 積體電路或半導體（2.E.1）.....	4-58
4.6.2 TFT 平面顯示器（2.E.2）.....	4-61
4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用（2.F）.....	4-64
4.7.1 冷凍及空調（2.F.1）.....	4-64
4.7.2 發泡劑（2.F.2）.....	4-67
4.7.3 滅火藥劑（2.F.3）.....	4-67
4.7.4 氣膠（2.F.4）.....	4-69
4.7.5 溶劑（2.F.5）.....	4-69
4.7.6 其他應用（2.F.6）.....	4-69
4.8 其他產品之製造與使用（2.G）.....	4-69
4.8.1 電子設備（2.G.1）.....	4-69
4.8.2 電力設備中的六氟化硫及全氟碳化物（2.G.2）.....	4-69

4.8.3 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.3).....	4-71
4.8.4 使用氧化亞氮產品 (2.G.4).....	4-71
4.9 其他 (2.H).....	4-72
4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1).....	4-72
第五章 農業部門 (CRF SECTOR 3)	
5.1 部門概述.....	5-1
5.2 牲畜腸胃發酵 (3.A).....	5-1
5.3 畜禽糞尿處理 (3.B).....	5-9
5.3.1 畜禽糞尿處理甲烷.....	5-9
5.3.2 畜禽糞尿處理氧化亞氮.....	5-13
5.4 水稻種植 (3.C).....	5-16
5.5 農業土壤 (3.D).....	5-22
5.5.1 農業土壤的氧化亞氮直接排放.....	5-22
5.5.2 農業土壤的氧化亞氮間接排放.....	5-37
5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量.....	5-42
5.6 草原的焚燒 (3.E).....	5-43
5.7 農作物殘渣燃燒 (3.F).....	5-43
5.8 石灰處理 (3.G).....	5-46
5.9 尿素使用 (3.H).....	5-48
5.10 其他含碳肥料 (3.I).....	5-50
5.11 其他 (3.I).....	5-50
第六章 土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRF SECTOR 4)	
6.1 部門概述.....	6-1
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.....	6-13
第七章 廢棄物部門 (CRF SECTOR 5)	
7.1 部門概述.....	7-1
7.2 陸地廢棄物處理 (5.A).....	7-4
7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (5.A.1).....	7-4
7.2.2 無管理之廢棄物掩埋場 (5.A.2).....	7-12
7.2.3 未分類之廢棄物處理廠址 (5.A.3).....	7-18
7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B).....	7-18
7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C).....	7-22
7.4.1 廢棄物焚化 (5.C.1).....	7-22
7.4.2 廢棄物露天燃燒 (5.C.2).....	7-28
7.5 廢水處理與放流 (5.D).....	7-28
7.5.1 生活污水處理與放流 (5.D.1).....	7-30
7.5.2 事業廢水處理與放流 (5.D.2).....	7-38
7.6 廢棄物部門溫室氣體排放不確定性分析.....	7-43
第八章 改善規劃	8-1
名詞、縮寫與單位索引	
附件一、2013 年能源平衡表 -OECD 能源統計格式 (熱值單位)	

表目錄

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量.....	ES-3
表 ES2.2 臺灣 1990 至 2013 年二氧化碳排放量.....	ES-4
表 ES2.3 臺灣 1990 至 2013 年甲烷排放量.....	ES-5
表 ES2.4 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量.....	ES-6
表 ES2.5 臺灣 1993 至 2013 年含氟氣體排放量.....	ES-7
表 ES3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量.....	ES-9
表 ES3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量.....	ES-11
表 ES3.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量.....	ES-12
表 ES3.4 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量.....	ES-13
表 ES3.5 臺灣 1990 至 2013 年林業部門年碳量變化.....	ES-14
表 ES3.6 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量.....	ES-15
表 1.6.1 臺灣國家溫室氣體清冊現行 QA/QC 作法.....	1-5
表 1.8.1 臺灣國家溫室氣體清冊完整性概要.....	1-6
表 2.1.1 臺灣 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量.....	2-2
表 2.2.1 臺灣 1990 至 2013 年二氧化碳排放量.....	2-5
表 2.2.2 臺灣 1990 至 2013 年甲烷排放量.....	2-7
表 2.2.3 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量.....	2-9
表 2.2.4 臺灣 1990 至 2013 年氫氟碳化物生產排放量.....	2-10
表 2.2.5 臺灣 1990 至 2013 年全氟碳化物排放量.....	2-11
表 2.2.6 臺灣 1990 至 2013 年六氟化硫排放量.....	2-12
表 2.2.7 臺灣 1990 至 2013 年三氟化氮排放量.....	2-12
表 2.3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量.....	2-14
表 2.3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量.....	2-15
表 2.3.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量.....	2-17
表 2.3.4 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量.....	2-18
表 2.3.5 臺灣 1990 至 2013 年林業部門整體年碳量變化.....	2-20
表 2.3.6 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量.....	2-21
表 3.2.1 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 能源部門.....	3-2
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 能源熱值表.....	3-10
表 3.2.5 一般廢棄物歷年熱值.....	3-11
表 3.2.6 各類能源之溫室氣體全球暖化潛勢.....	3-11
表 3.2.7 臺灣 1990 至 2013 年能源部門二氧化碳排放量.....	3-13
表 3.2.8 臺灣 1990 至 2013 年能源部門甲烷排放量.....	3-15
表 3.2.9 臺灣 1990 至 2013 年能源部門氧化亞氮排放量.....	3-17
表 3.2.10 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 能源產業.....	3-20
表 3.2.11 臺灣 1990 至 2013 年能源產業二氧化碳排放量.....	3-22
表 3.2.12 臺灣 1990 至 2013 年能源產業甲烷排放量.....	3-24
表 3.2.13 臺灣 1990 至 2013 年能源產業氧化亞氮排放量.....	3-26

表目錄

表 3.2.14 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 製造業與營造業	3-27
表 3.2.15 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業二氧化碳排放趨勢	3-29
表 3.2.16 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業甲烷排放量	3-31
表 3.2.17 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業氧化亞氮排放量	3-33
表 3.2.18 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 運輸	3-34
表 3.2.19 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門二氧化碳排放量	3-36
表 3.2.20 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門甲烷排放量	3-38
表 3.2.21 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門氧化亞氮排放量	3-40
表 3.2.22 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 服務業、住宅、農林漁牧	3-41
表 3.2.23 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門二氧化碳排放量	3-43
表 3.2.24 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門甲烷排放量	3-44
表 3.2.25 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門氧化亞氮排放量	3-46
表 3.2.26 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較	3-47
表 3.2.27 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 國際運輸	3-48
表 3.2.28 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料二氧化碳排放量	3-49
表 3.2.29 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料甲烷排放量	3-50
表 3.2.30 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料氧化亞氮排放量	3-51
表 3.2.31 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用二氧化碳扣減量	3-53
表 3.2.32 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用甲烷扣減量	3-54
表 3.2.33 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用氧化亞氮扣減量	3-55
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 2013 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 2013 年礦業（非金屬製程）排放量	4-5
表 4.2.2 臺灣 1990 至 2013 年水泥熟料產量	4-6
表 4.2.3 臺灣 1990 至 2013 年水泥生產排放量	4-6
表 4.2.4 臺灣 1990 至 2013 年生石灰產量	4-9
表 4.2.5 臺灣 1990 至 2013 年石灰生產排放量	4-9
表 4.2.6 臺灣 1990 至 2013 年平板玻璃產量	4-11
表 4.2.7 臺灣 1990 至 2013 年玻璃生產排放量	4-11
表 4.2.8 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用量	4-13
表 4.2.9 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用排放量	4-13
表 4.2.10 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用量	4-15
表 4.2.11 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用排放量	4-15
表 4.2.12 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產量	4-17
表 4.2.13 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產排放量	4-18
表 4.3.1 臺灣 1990 至 2013 年化學工業排放量	4-19
表 4.3.2 臺灣 1990 至 2013 年硝酸產量	4-21
表 4.3.3 臺灣 1990 至 2013 年硝酸生產排放量	4-21
表 4.3.4 臺灣 1990 至 2013 年己內酰胺生產排放量	4-23
表 4.3.5 臺灣 1990 至 2013 年碳化鈣產量	4-25

表目錄

表 4.3.6 臺灣 1990 至 2013 年碳化鈣使用排放量	4-25
表 4.3.7 臺灣 1990 至 2013 年二氧化鈦產量	4-27
表 4.3.8 臺灣 1990 至 2013 年二氧化鈦生產排放量	4-27
表 4.3.9 臺灣 1990 至 2013 年純鹼產量	4-28
表 4.3.10 臺灣 1990 至 2013 年純鹼生產排放量	4-29
表 4.3.11 臺灣 1990 至 2013 年甲醇產量	4-30
表 4.3.12 臺灣 1990 至 2013 年甲醇生產排放量	4-30
表 4.3.13 臺灣 1990 至 2013 年乙烯產量	4-32
表 4.3.14 臺灣 1990 至 2013 年乙烯生產排放量	4-33
表 4.3.15 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯產量	4-34
表 4.3.16 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯生產排放量	4-34
表 4.3.17 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷產量	4-35
表 4.3.18 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷生產排放量	4-36
表 4.3.19 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈產量	4-37
表 4.3.20 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈生產排放量	4-37
表 4.3.21 臺灣 1990 至 2013 年碳煙產量	4-39
表 4.3.22 臺灣 1990 至 2013 年碳煙生產排放量	4-39
表 4.3.23 臺灣 1990 至 2013 年 HCFC-22 產量	4-41
表 4.3.24 臺灣 1990 至 2013 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量	4-41
表 4.3.25 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯產量	4-43
表 4.3.26 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯生產排放量	4-43
表 4.4.1 臺灣 1990 至 2013 年金屬製程排放量	4-44
表 4.4.2 臺灣 1990 至 2000 年高爐鋼胚產量	4-46
表 4.4.3 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量	4-46
表 4.4.4 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量不確定性	4-47
表 4.4.5 臺灣 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚產量	4-48
表 4.4.6 臺灣 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚生產排放量	4-48
表 4.4.7 臺灣 1990 至 2013 年鐵合金產量	4-50
表 4.4.8 臺灣 1990 至 2013 年鐵合金生產排放量	4-50
表 4.4.9 臺灣 1990 至 2013 年鎂生產排放量	4-52
表 4.4.10 臺灣 2003 至 2013 年鉛錠產量	4-54
表 4.4.11 臺灣 2003 至 2013 年鉛生產排放量	4-54
表 4.4.12 臺灣 2003 至 2013 年鋅錠產量	4-55
表 4.4.13 臺灣 2003 至 2013 年鋅生產排放量	4-56
表 4.5.1 臺灣 1990 至 2013 年燃料及溶劑使用的非能源產品排放量	4-57
表 4.6.1 臺灣 1998 至 2013 年電子工業排放量	4-58
表 4.6.2 臺灣 2001 至 2013 年積體電路或半導體排放量	4-60
表 4.6.3 臺灣 1999 至 2013 年 TFT 平面顯示器排放量	4-63
表 4.7.1 臺灣 2003 至 2013 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量	4-65
表 4.7.2 臺灣 2003 至 2013 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量	4-66

表目錄

表 4.7.3 臺灣 2003 至 2013 年冷凍空調使用排放量.....	4-66
表 4.7.4 臺灣 2003 至 2013 年滅火劑使用排放量.....	4-68
表 4.8.1 臺灣 2002 至 2013 年其他產品之製造與使用排放量.....	4-70
表 4.8.2 臺灣 1990 至 2013 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放量.....	4-71
表 4.9.1 臺灣 1990 至 2013 年其他製程排放量.....	4-72
表 4.9.2 臺灣 1990 至 2013 年啤酒產量.....	4-73
表 4.9.3 臺灣 1990 至 2013 年啤酒生產排放量.....	4-74
表 5.1.1 臺灣 1990 至 2013 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.....	5-5
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.....	5-6
表 5.2.3 臺灣荷蘭乳牛瘤胃發酵甲烷排放量推估.....	5-6
表 5.2.4 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽活動數據.....	5-7
表 5.2.5 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量.....	5-8
表 5.3.1 臺灣畜牧部門糞尿管理排放甲烷之係數表.....	5-11
表 5.3.2 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量.....	5-12
表 5.3.3 臺灣畜牧部門糞尿管理排放氧化亞氮之係數表.....	5-14
表 5.3.4 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量.....	5-15
表 5.4.1 臺灣水稻種植各期作甲烷排放係數.....	5-17
表 5.4.2 臺灣 1990 至 2013 年各區水稻耕作面積.....	5-19
表 5.4.3 臺灣 1990 至 2013 年各區水稻田甲烷排放量.....	5-20
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.....	5-21
表 5.4.5 各國甲烷通量與排放量比較.....	5-22
表 5.5.1 農業土壤氧化亞氮直接排放相關係數.....	5-26
表 5.5.2 估算作物殘渣投入土壤的氮量的預設係數.....	5-27
表 5.5.3 估算作物殘渣投入土壤的氮量的設定係數.....	5-28
表 5.5.4 臺灣 1990 至 2013 年化學肥料施用量與施氮量.....	5-29
表 5.5.5 臺灣水稻田耕作面積與施肥量估算.....	5-30
表 5.5.6 臺灣 1990 至 2013 年禽畜糞肥料施用量與施氮量.....	5-31
表 5.5.7 各作物產量.....	5-32
表 5.5.8 作物殘餘量.....	5-33
表 5.5.9 作物殘餘氮量.....	5-34
表 5.5.10 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤的氧化亞氮直接排放.....	5-35
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.....	5-36
表 5.5.12 農地直接氧化亞氮排放本土與預設係數.....	5-36
表 5.5.13 土壤氧化亞氮間接排放的預設排放、揮發和淋洗係數.....	5-38
表 5.5.14 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氮揮發的氧化亞氮間接排放量.....	5-39
表 5.5.15 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氮淋洗 / 逕流的氧化亞氮間接排放.....	5-40
表 5.5.16 農地土壤間接氧化亞氮排放 - 揮發之揮發係數、排放係數、活動數據及不確定性.....	5-41
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.....	5-42
表 5.5.18 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氧化亞氮排放量.....	5-43

表目錄

表 5.5.19 臺灣農業土壤氧化亞氮排放量不確性	5-44
表 5.7.1 植被類型焚燒相關的焚燒係數值	5-45
表 5.7.2 農業殘渣排放係數	5-45
表 5.7.3 作物殘渣焚燒量	5-46
表 5.7.4 作物殘渣焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量	5-47
表 5.9.1 臺灣 1990 至 2013 年尿素施用產生之二氧化碳排放量	5-49
表 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年森林資源整體之年碳量變化	6-2
表 6.2.1 碳庫定義	6-3
表 6.2.2 各排放係數值	6-7
表 6.2.3 臺灣 2010 至 2013 年森林崩塌面積	6-8
表 6.2.4 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地面積	6-9
表 6.2.5 臺灣地區森林主產物採伐量	6-10
表 6.2.6 受干擾影響的森林面積與損失材積	6-11
表 6.2.7 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地之年碳量變化	6-12
表 6.2.8 不確定性分析方法之比較	6-12
表 6.2.9 IPCC 查證方法比較	6-13
表 6.2.10 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為林地面積	6-14
表 6.2.11 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為森林之年碳量變化	6-15
表 7.1.1 2006IPCC 指南廢棄物部門排放源分類	7-1
表 7.1.2 廢棄物部門 1990 至 2013 年溫室氣體排放量	7-2
表 7.1.3 IPCC 評估報告全球暖化值潛勢	7-3
表 7.2.1 2006IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數	7-6
表 7.2.2 2006IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量	7-7
表 7.2.3 2006IPCC 指南掩埋場之氧化係數	7-7
表 7.2.4 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率值	7-8
表 7.2.5 2006 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表	7-8
表 7.2.6 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理掩埋場活動數據統計	7-9
表 7.2.7 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-10
表 7.2.8 妥善管理掩埋場一般清單品質控制程序檢核表	7-12
表 7.2.9 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理掩埋場活動數據統計	7-15
表 7.2.10 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量	7-16
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	7-17
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	7-19
表 7.3.2 IPCC 估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表	7-19
表 7.3.3 臺灣 1990 至 2013 年生物處理各類溫室氣體排放量	7-20
表 7.3.4 堆肥一般清單品質控制程序檢核表	7-22
表 7.4.1 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放係數	7-24
表 7.4.2 IPCC 焚化處理二氧化碳排放計算一覽表	7-25
表 7.4.3 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表	7-25
表 7.4.4 2006 IPCC 指南焚化處理之各類溫室氣體活動數據及與排放量	7-26

表目錄

表 7.4.5	廢棄物焚化一般清單品質控制程序檢核表	7-29
表 7.5.1	廢水處理系統甲烷及氧化亞氮排放潛勢	7-30
表 7.5.2	生活污水處理系統預設之 MCF 值	7-32
表 7.5.3	IPCC 生活污水處理甲烷排放計算一覽表	7-32
表 7.5.4	IPCC 生活污水放流氧化亞氮排放計算一覽表	7-33
表 7.5.5	臺灣 1990 至 2013 年生活污水甲烷排放之活動數據與排放量	7-34
表 7.5.6	臺灣 1990 至 2013 年生活污水放流氧化亞氮之活動數據與排放量	7-36
表 7.5.7	生活污水一般清單品質控制程序檢核表	7-37
表 7.5.8	事業廢水甲烷排放 MCF 預設值	7-39
表 7.5.9	事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表	7-39
表 7.5.10	臺灣 1990 至 2013 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量	7-41
表 7.5.11	事業廢水一般清單品質控制程序檢核表	7-42
表 7.6.1	2006 IPCC 指南掩埋場甲烷排放估算之不確定性	7-45
表 7.6.2	臺灣 2013 年廢棄物部門掩埋甲烷排放之不確定性率定及率定說明	7-46
表 7.6.3	2006 IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定範圍	7-46
表 7.6.4	臺灣 2013 年廢棄物部門事業廢水甲烷排放之不確定性	7-47
表 7.6.5	生活污水相關參數預設值之不確定範圍	7-47
表 7.6.6	臺灣 2013 年廢棄物部門生活污水甲烷排放之不確定性	7-48
表 7.6.7	臺灣 2013 年廢棄物部門生活污水氧化亞氮排放之不確定性	7-48
表 7.6.8	臺灣 2013 年廢棄物部門廢棄物焚化處理之二氧化碳排放不確定性	7-49
表 7.6.9	臺灣 2013 年廢棄物部門廢棄物焚化處理之氧化亞氮排放不確定性	7-49
表 7.6.10	臺灣 2013 年廢棄物部門廢棄物生物處理之排放不確定性	7-49
表 7.6.11	臺灣 2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量不確定性	7-49
表 8.1.1	各部門排放源之改善計畫	8-4

圖目錄

圖 ES2.1 臺灣 1990 至 2013 年總溫室氣體排放量趨勢.....	ES-2
圖 ES3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量趨勢.....	ES-8
圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體清冊準備程序.....	1-2
圖 2.1.1 臺灣 1990 至 2013 年溫室氣體排放量趨勢.....	2-1
圖 2.1.2 臺灣 1990 至 2013 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 2013 年二氧化碳排放密集度趨勢.....	2-4
圖 2.2.1 臺灣 2001 至 2013 年二氧化碳排放量趨勢.....	2-4
圖 2.2.2 臺灣 2001 至 2013 年甲烷排放量趨勢.....	2-6
圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量趨勢.....	2-8
圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2013 年氫氟碳化物排放量趨勢.....	2-9
圖 2.2.5 臺灣 1999 至 2013 年全氟碳化物排放量趨勢.....	2-10
圖 2.2.6 臺灣 1999 至 2013 年六氟化硫排放量趨勢.....	2-11
圖 2.2.7 臺灣 1999 至 2013 年三氟化氮排放量趨勢.....	2-12
圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量趨勢.....	2-13
圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量趨勢.....	2-14
圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2013 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 2013 年農業部門溫室氣體排放量趨勢.....	2-18
圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2013 年土地利用、土地利用變化及林業部門二氧化碳吸收量趨勢.....	2-19
圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢.....	2-20
圖 3.2.1 臺灣 1990 至 2013 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 2013 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 2013 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-16
圖 3.2.4 臺灣 2013 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 2013 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 2013 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 2013 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 2013 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 2013 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-23
圖 3.2.11 臺灣 2013 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 2013 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 2013 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比.....	3-25
圖 3.2.14 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢.....	3-28
圖 3.2.15 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比.....	3-28
圖 3.2.16 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-30
圖 3.2.17 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比.....	3-30
圖 3.2.18 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢.....	3-32
圖 3.2.19 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比.....	3-32
圖 3.2.20 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢.....	3-35
圖 3.2.21 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放占比.....	3-35

圖目錄

圖 3.2.22 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-37
圖 3.2.23 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放占比.....	3-37
圖 3.2.24 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢.....	3-39
圖 3.2.25 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比.....	3-39
圖 3.2.26 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢.....	3-42
圖 3.2.27 臺灣 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放占比.....	3-42
圖 3.2.28 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-43
圖 3.2.29 臺灣 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放占比.....	3-44
圖 3.2.30 臺灣 1990 至 2013 年服務業、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 2013 年服務業、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 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢.....	3-48
圖 3.2.33 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒二氧化碳排放占比.....	3-49
圖 3.2.34 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒甲烷排放量趨勢.....	3-50
圖 3.2.35 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒甲烷排放占比.....	3-50
圖 3.2.36 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢.....	3-51
圖 3.2.37 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒氧化亞氮排放占比.....	3-51
圖 3.2.38 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢.....	3-52
圖 3.2.39 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢.....	3-54
圖 3.2.40 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢.....	3-55
圖 4.1.1 臺灣 2013 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 2013 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 2013 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 2013 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢.....	4-5
圖 4.2.2 臺灣 1990 至 2013 年水泥生產排放量趨勢.....	4-7
圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程（活動數據 - 民間來源）.....	4-8
圖 4.2.4 臺灣 1990 至 2013 年石灰生產排放量趨勢.....	4-9
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）.....	4-10
圖 4.2.6 臺灣 1990 至 2013 年玻璃生產排放量趨勢.....	4-11
圖 4.2.7 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用排放量趨勢.....	4-13
圖 4.2.8 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢.....	4-16
圖 4.2.9 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產排放量趨勢.....	4-18
圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2013 年化學工業排放量趨勢.....	4-20
圖 4.3.2 臺灣 1990 至 2013 年硝酸生產排放量趨勢.....	4-21
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）.....	4-22
圖 4.3.4 臺灣 1990 至 2013 年己內醯胺生產排放量趨勢.....	4-24
圖 4.3.5 臺灣 1990 至 2000 年碳化鈣使用排放量趨勢.....	4-25
圖 4.3.6 臺灣 1990 至 2013 年二氧化鈦生產排放量趨勢.....	4-27
圖 4.3.7 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放量.....	4-29
圖 4.3.8 臺灣 1990 至 1998 年甲醇生產排放量趨勢.....	4-31
圖 4.3.9 臺灣 1990 至 2013 年乙烯生產排放量趨勢.....	4-33

圖目錄

圖 4.3.10 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯生產排放量趨勢.....	4-34
圖 4.3.11 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷生產排放量趨勢.....	4-36
圖 4.3.12 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈生產排放量趨勢.....	4-38
圖 4.3.13 臺灣 1990 至 2013 年碳煙生產排放量趨勢.....	4-40
圖 4.3.14 臺灣 1993 至 2004 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢.....	4-41
圖 4.3.15 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯生產排放量趨勢.....	4-43
圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2013 年金屬製程排放量趨勢.....	4-45
圖 4.4.2 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量趨勢.....	4-46
圖 4.4.3 臺灣 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚生產排放量趨勢.....	4-49
圖 4.4.4 臺灣 1990 至 2013 年鐵合金生產排放量趨勢.....	4-50
圖 4.4.5 臺灣 2002 至 2013 年鎂生產排放量趨勢.....	4-52
圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程.....	4-53
圖 4.4.7 臺灣 2003 至 2013 年鉛生產排放量趨勢.....	4-54
圖 4.4.8 臺灣 2003 至 2013 年鋅生產排放量趨勢.....	4-56
圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2013 年燃料及溶劑使用的非能源產品排放量趨勢.....	4-58
圖 4.6.1 臺灣 1999 至 2013 年電子工業排放量趨勢.....	4-59
圖 4.6.2 臺灣 2001 至 2013 年積體電路或半導體排放量趨勢.....	4-60
圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程.....	4-61
圖 4.6.4 臺灣 1999 至 2013 年 TFT 平面顯示器排放量趨勢.....	4-63
圖 4.6.5 TFT 平面顯示器排放統計 QA/QC 流程.....	4-64
圖 4.7.1 臺灣 2003 至 2013 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢.....	4-65
圖 4.7.2 臺灣 2003 至 2013 年冷凍空調使用排放量趨勢.....	4-66
圖 4.7.3 臺灣 2003 至 2013 年滅火劑使用排放量趨勢.....	4-68
圖 4.8.1 臺灣 1990 至 2013 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放量趨勢.....	4-71
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.....	4-72
圖 4.9.1 臺灣 1990 至 2013 年啤酒生產排放量趨勢.....	4-74
圖 5.1.1 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量趨勢.....	5-3
圖 5.1.2 臺灣 2013 年農業部門溫室氣體各排放源占比.....	5-3
圖 5.4.1 臺灣 1990 至 2013 年各區水稻田甲烷排放量趨勢.....	5-20
圖 5.5.1 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤直接氧化亞氮排放量趨勢.....	5-35
圖 5.5.2 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤間接氧化亞氮排放量 - 揮發排放量趨勢.....	5-40
圖 5.5.3 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤間接氧化亞氮排放量 - 淋洗排放量趨勢.....	5-41
圖 5.5.4 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氧化亞氮排放量趨勢.....	5-44
圖 5.7.1 臺灣 1990 至 2013 年作物殘渣焚燒溫室氣體排放量趨勢.....	5-47
圖 5.9.1 臺灣 1990 至 2013 年尿素施用產生之二氧化碳碳排放量趨勢.....	5-50
圖 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年林業部門森林資源整體碳匯量變化趨勢.....	6-2
圖 6.1.2 臺灣 2013 年森林碳匯各項目占比.....	6-3
圖 7.1.1 臺灣廢棄物部門 1990 至 2013 年溫室氣體排放量趨勢.....	7-3
圖 7.1.2 臺灣廢棄物部門 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量趨勢.....	7-4
圖 7.2.1 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理廢棄物掩埋場甲烷排放量趨勢.....	7-10

圖目錄

圖 7.2.2 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理廢棄物掩埋場甲烷排放量趨勢.....	7-16
圖 7.3.1 臺灣 1990 至 2013 年生物處理甲烷排放量趨勢.....	7-20
圖 7.3.2 臺灣 1990 至 2013 年生物處理氧化亞氮排放量趨勢.....	7-21
圖 7.4.1 臺灣 1990 至 2013 年發電焚化量近年變化趨勢.....	7-23
圖 7.4.2 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物焚化二氧化碳排放量趨勢.....	7-27
圖 7.4.3 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物焚化氧化亞氮排放趨勢.....	7-27
圖 7.5.1 臺灣 1990 至 2013 年生活污水處理甲烷排放趨勢.....	7-35
圖 7.5.2 臺灣 1990 至 2013 年生活污水放流氧化亞氮排放趨勢.....	7-36
圖 7.5.3 臺灣 1990 至 2013 年事業廢水處理甲烷排放量趨勢.....	7-41
圖 8.1.1 1996 IPCC 與 2006 IPCC 統計結果之差異性比較.....	8-2



執行摘要

ES.1 國家溫室氣體清冊背景資訊

ES.2 國家排放量與吸收量趨勢摘要

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，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 締約國，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吸收量是國家因應 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 次締約國大會及京都議定書第 7 次締約國會議 (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)；本報告同步遵循 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 2013 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，不斷提升國家溫室氣體清冊的品質。

ES.2 國家排放量與吸收量趨勢摘要

臺灣總溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 排放量自 1990 年 136,178 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳吸收量)，上升至 2013 年 284,514 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳吸收量)，排放量增加 108.93%，年平均成長率為 2.94%，而 2013 年較 2012 年增加 0.89%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 116,913 千公噸二氧化碳當量，上升至 2013 年 263,445 千公噸二氧化碳當量，排放量增加 125.33%，年平均成長率為 3.16%，而 2013 年較 2012 年增加 0.96%，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，2013 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 2013 年

¹ UNFCCC, FCCC/CP/2002/8, 2002.

間，二氧化碳排放量成長 120.25%，年平均成長率為 3.16%；甲烷排放量減少 45.53%，年平均成長率為 -2.71%，呈現負成長；氧化亞氮排放量增加 59.64%，年平均成長率為 1.69%，資料如表 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 122,419 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 269,627 千公噸二氧化碳當量，增加 120.25%，平均成長率為 3.16%；其中 2013 年能源部門占 92.39%、工業製程及產品使用部門占 7.59%、農

業部門占 0.02% 與廢棄物部門占 0.002%。2013 年較 2012 年排放量增加 0.88%，主要為能源部門增加 0.19%、工業製程及產品使用部門增加 10.56%、農業部門減少 17.45% 與廢棄物部門減少 92.67%。

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 10,882 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 5,927 千公噸二氧化碳當量，減少 45.53%，平均成長率為 -2.71%；其中 2013 年甲烷排放量以廢棄物部門占 69.23% 最多、農業部門占 22.00%、能源部門占 8.13%、與工業製程及產品使用部門

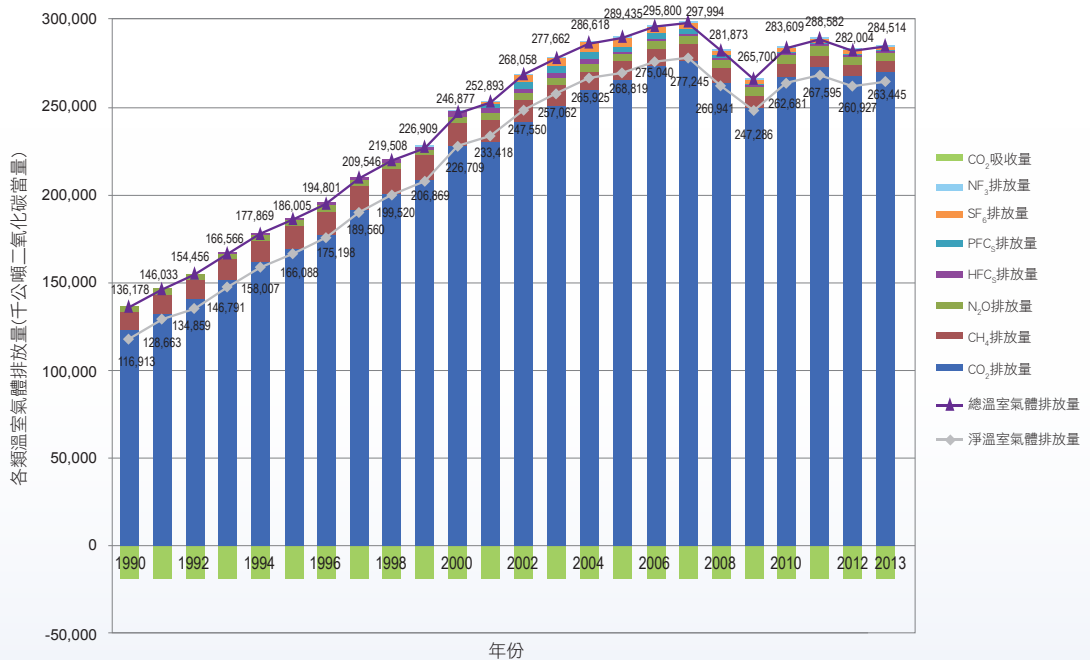


圖 ES2.1 臺灣 1990 至 2013 年總溫室氣體排放量趨勢

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	CO ₂	CO ₂ 吸收量	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃	淨 GHG	總 GHG
1990	122,419	-19,265	10,882	2,878	NE	NE	NE	NE	116,913	136,178
1991	131,754	-17,370	11,157	3,122	NE	NE	NE	NE	128,663	146,033
1992	140,117	-19,597	11,207	3,133	NE	NE	NE	NE	134,859	154,456
1993	151,012	-19,775	11,603	3,196	755	NE	NE	NE	146,791	166,566
1994	161,399	-19,862	12,364	3,251	855	NE	NE	NE	158,007	177,869
1995	168,770	-19,917	13,108	3,326	801	NE	NE	NE	166,088	186,005
1996	176,702	-19,603	13,539	3,254	1,305	NE	NE	NE	175,198	194,801
1997	191,215	-19,986	13,559	3,294	1,477	NE	NE	NE	189,560	209,546
1998	200,607	-19,988	13,579	3,240	2,083	NE	NE	NE	199,520	219,508
1999	208,265	-20,040	13,705	3,201	1,609	3	116	11	206,869	226,909
2000	227,109	-20,168	13,490	3,816	2,319	13	120	10	226,709	246,877
2001	229,720	-19,475	12,646	3,988	2,619	2,939	746	235	233,418	252,893
2002	241,262	-20,508	12,029	4,097	2,216	4,143	3,914	398	247,550	268,058
2003	250,527	-20,600	11,493	4,122	2,397	4,198	4,385	540	257,062	277,662
2004	258,935	-20,693	10,760	4,279	2,451	4,341	5,193	659	265,925	286,618
2005	265,308	-20,616	10,258	4,320	1,070	3,070	4,683	726	268,819	289,435
2006	272,959	-20,760	9,584	4,766	987	3,264	3,590	650	275,040	295,800
2007	276,169	-20,749	9,063	4,863	1,093	2,933	3,114	759	277,245	297,994
2008	263,532	-20,932	8,345	4,457	1,046	1,682	2,644	166	260,941	281,873
2009	248,562	-18,414	7,682	4,618	980	1,143	2,176	538	247,286	265,700
2010	266,839	-20,928	7,092	5,017	934	1,354	2,155	219	262,681	283,609
2011	272,485	-20,987	6,676	4,905	1,016	1,365	1,755	381	267,595	288,582
2012	267,277	-21,077	6,321	4,816	869	725	1,647	349	260,927	282,004
2013	269,627	-21,069	5,927	4,594	981	929	1,722	734	263,445	284,514

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

表 ES2.2 臺灣 1990 至 2013 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		109,491	118,414	126,056	135,212	142,982	150,437	158,104	170,599	181,294	190,260	209,364	213,039
1.A.1. 能源工業		49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
1.A.2. 製造業與營造業		30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
1.A.3. 運輸		19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
1.A.4. 其他		10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940	10,605	10,937	11,198
1.A.4.a 服務業		3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,483	2,948	3,155	3,220	3,562
1.A.4.b 住宅		4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181
1.A.4.c 農林漁牧		2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777	2,805	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455
2. 工業製程及產品使用部門		12,766	13,186	13,857	15,606	18,172	17,784	18,061	20,378	19,069	17,822	17,355	16,047
2.A 礦業 (非金屬製程)		8,546	8,547	9,500	10,729	13,257	12,659	12,663	13,412	11,581	10,762	9,582	7,856
2.B 化學工業		563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003	1,075	1,143	1,232
2.C 金屬工業		3,655	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,628	6,957
2.H 其他		2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91	1.83	1.78	1.75
3. 農業部門		142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131	94
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-19,265	-17,370	-19,597	-19,775	-19,862	-19,917	-19,603	-19,986	-19,988	-20,040	-20,168	-19,475
5. 廢棄物部門		20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
淨二氧化碳排放量		103,154	114,384	120,520	131,237	141,537	148,853	157,099	171,229	180,619	188,225	206,941	210,245
總二氧化碳排放量		122,419	131,754	140,117	151,012	161,399	168,770	176,702	191,215	200,607	208,265	227,109	229,720
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		221,092	230,675	238,513	245,202	252,068	255,869	244,632	232,181	248,276	253,446	248,637	249,108
1.A.1. 能源工業		130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
1.A.2. 製造業與營造業		44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
1.A.3. 運輸		34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
1.A.4. 其他		11,058	11,641	12,041	11,883	10,752	10,162	10,387	9,999	9,881	9,712	9,769	9,835
1.A.4.a 服務業		3,493	3,961	4,118	4,233	4,248	4,192	4,201	4,226	4,203	3,961	3,958	4,177
1.A.4.b 住宅		5,107	4,869	4,947	5,023	4,857	4,879	4,820	4,775	4,737	4,814	4,770	4,649
1.A.4.c 農林漁牧		2,459	2,811	2,977	2,626	1,646	1,091	1,365	998	941	937	1,041	1,009
2. 工業製程及產品使用部門		19,465	19,352	19,826	19,695	20,362	19,681	18,401	16,171	18,301	18,871	18,525	20,469
2.A 礦業 (非金屬製程)		10,762	10,505	11,023	11,637	11,332	10,276	9,271	8,363	8,396	9,591	9,170	9,880
2.B 化學工業		1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572
2.C 金屬工業		7,388	7,461	7,316	6,505	7,498	7,748	7,671	6,292	8,305	7,641	7,850	9,016
2.H 其他		1.60	1.61	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70
3. 農業部門		93	82	84	62	59	57	57	55	54	53	55	45
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-20,508	-20,600	-20,693	-20,616	-20,760	-20,749	-20,932	-18,414	-20,928	-20,987	-21,077	-21,069
5. 廢棄物部門		612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
淨二氧化碳排放量		220,754	229,927	238,242	244,692	252,199	255,420	242,600	230,148	245,911	251,498	246,200	248,558
總二氧化碳排放量		241,262	250,527	258,935	265,308	272,959	276,169	263,532	248,562	266,839	272,485	267,277	269,627

表 ES2.3 臺灣 1990 至 2013 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		254	270	293	310	328	344	359	370	390	409	430	435
2. 工業製程及產品使用部門		5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14	23
3. 農業部門		1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,623	1,644	1,618	1,565
3.A 畜禽腸道發酵		670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692	660
3.B 畜禽糞尿管理		206	236	234	240	247	259	266	219	192	205	210	201
3.C 水稻種植		960	909	845	825	775	767	745	765	751	738	702	689
3.F 作物殘體燃燒		38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14	15
5. 廢棄物部門		8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556	11,640	11,429	10,624
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	8,596	8,512	7,732
5.B 固體廢棄物之生物處理		11	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	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	3,042	2,916	2,891
總計		10,882	11,157	11,207	11,603	12,364	13,108	13,539	13,559	13,579	13,705	13,490	12,646
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		447	465	482	488	488	491	473	462	478	485	478	482
2. 工業製程及產品使用部門		24	26	33	33	29	39	38	33	36	27	35	38
3. 農業部門		1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341	1,299	1,282	1,274	1,301	1,300	1,304
3.A 畜禽腸道發酵		636	626	614	623	614	609	584	571	578	590	583	579
3.B 畜禽糞尿管理		194	192	193	195	195	185	180	175	176	180	172	166
3.C 水稻種植		637	567	505	561	551	543	529	530	514	526	540	555
3.F 作物殘體燃燒		13	9	8	8	8	5	6	5	5	5	5	3
5. 廢棄物部門		10,079	9,607	8,926	8,350	7,699	7,192	6,535	5,906	5,304	4,863	4,508	4,103
5.A 固體廢棄物處理		7,214	6,675	6,101	5,525	4,930	4,379	3,814	3,246	2,749	2,352	1,997	1,688
5.B 固體廢棄物之生物處理		0	2	7	10	11	14	16	18	21	26	24	23
5.D 廢水處理與放流		2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798	2,705	2,642	2,535	2,485	2,486	2,392
總計		12,029	11,493	10,760	10,258	9,584	9,063	8,345	7,682	7,092	6,676	6,321	5,927

表 ES2.4 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		537	578	652	703	739	772	816	861	912	961	1,047	1,070
1.A.1 能源工業		138	158	183	207	221	239	267	302	332	364	432	453
1.A.2 製造業與營造業		91	94	100	99	101	101	105	107	111	113	125	127
1.A.3 運輸		291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475	475
1.A.4 其他部門		17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15	16
2. 工業製程及產品使用部門		166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	800
3. 農業部門		1,880	1,908	1,857	1,881	1,881	1,874	1,915	1,723	1,624	1,599	1,813	1,778
3.B 畜禽糞尿管理		48	50	52	54	59	61	67	70	71	72	73	71
3.D 農耕土壤		1,820	1,850	1,791	1,821	1,815	1,810	1,846	1,651	1,551	1,524	1,736	1,702
3.F 作物殘體燃燒		12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4	5
5. 廢棄物部門		296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331	340
總計		2,878	3,122	3,133	3,196	3,251	3,326	3,254	3,294	3,240	3,201	3,816	3,988
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		1,124	1,175	1,215	1,251	1,283	1,294	1,238	1,200	1,237	1,253	1,232	1,227
1.A.1 能源工業		475	529	549	576	604	624	604	573	581	583	578	569
1.A.2 製造業與營造業		137	133	135	132	137	149	139	131	144	151	144	148
1.A.3 運輸		496	495	513	527	527	508	481	483	500	507	498	498
1.A.4 其他部門		16	17	18	17	15	13	14	13	12	12	12	12
2. 工業製程及產品使用部門		833	923	926	1,047	1,428	1,542	1,301	1,466	1,834	1,762	1,674	1,539
3. 農業部門		1,793	1,672	1,796	1,672	1,704	1,666	1,590	1,625	1,609	1,546	1,571	1,489
3.B 畜禽糞尿管理		70	71	69	71	72	71	72	71	70	71	71	71
3.D 農耕土壤		1,718	1,598	1,724	1,599	1,630	1,594	1,517	1,553	1,536	1,474	1,499	1,417
3.F 作物殘體燃燒		4	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	1
5. 廢棄物部門		348	353	343	350	351	360	328	327	337	344	339	339
總計		4,097	4,122	4,279	4,320	4,766	4,863	4,457	4,618	5,017	4,905	4,816	4,594

占 0.63%。2013 年較 2012 年排放量減少 6.23%，主要為能源部門增加 0.83%、工業製程及產品使用部門增加 7.81%、農業部門增加 0.31% 與廢棄物部門減少 8.98%。

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 2,878 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 4,594 千公噸二氧化碳當量，增加 59.61%，平均成長率為 1.69%；其中 2013 年臺灣氧化亞氮排放量以工業製程及產品使用部門占 33.50%、農業部門占 32.41%、能源部門占 26.71%，廢棄物部門占 7.38%。2013 年較 2012 年排放量減少

4.61%，工業製程及產品使用部門減少 8.05%（降幅最大）、農業部門減少 5.22%、能源部門減少 0.36%、廢棄物部門減少 0.16%。

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 2013 年 981 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，2013 年增加至 929 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

表 ES2.5 臺灣 1993 至 2013 年含氟氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
HFCs 總排放量	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,619	2,216	2,397	2,451
PFCs 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939	4,143	4,198	4,341
SF ₆ 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746	3,914	4,385	5,193
NF ₃ 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235	398	540	659
總計	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,738	2,462	6,538	10,671	11,520	12,643
年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			
HFCs 總排放量	1,070	987	1,093	1,046	980	934	1,016	869	981			
PFCs 總排放量	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929			
SF ₆ 總排放量	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722			
NF ₃ 總排放量	726	650	759	166	538	219	381	349	734			
總計	9,549	8,490	7,900	5,538	4,838	4,661	4,516	3,589	4,365			

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

當量，於 2013 年增至 1,722 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 2013 年增至 734 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 2013 年的 4,365 千公噸二氧化碳當量（約占當年總溫室氣體排放量的 1.53%），排放量增加 151.12%，其中，2013 年較 2012 年排放量增加 21.61%。

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，2013 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部門吸收量）的 88.16%，工業製程及產品使用部門占 9.28%，農業部門占 1.00%，廢棄物部門占 1.56%。臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 ES.3.1 與表 ES.3.1 所示。在 1990 至 2013 年間，能源部門溫室氣體排放量增加 127.43%，年平均成長率為 3.29%；工業製程及產品使用部門增加

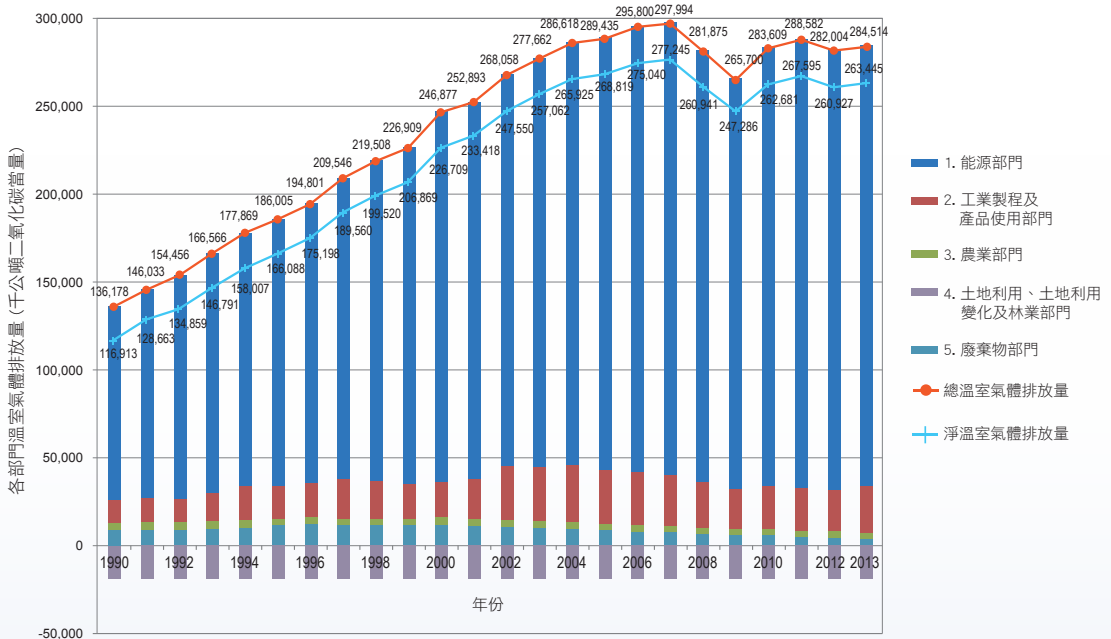


圖 ES.3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量趨勢

104.15%，年平均成長率 2.95%；農業部門減少 27.10%，年平均成長率為 -1.43%；廢棄物部門減少 50.95%，年平均成長率為 -3.14%；而土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體吸收量減少 9.36%，年平均成長率為 0.84%。臺灣 2013 年總溫室氣體總排放量較 2012 年增加 0.89%，其中以能源部門增加 0.19%、工業製程及產品使用部門增加 10.87%、農業部門減少 3.00%、廢棄物部門減少 9.41%；另土地利用、土地利用變化及林業部門的碳吸收量減少 0.04%。

1990 年能源部門溫室氣體排放為 110,281 千公噸二氧化碳當量，至 2013 年增加為 250,817 千公噸二氧化碳當量，成長 127.43%，年均成長為 3.29%，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 年又再度下降，直到 2012 年又再度下降。2013 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 88.16%，其中 I.A.1 「能源工業」為 160,898 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 64.15%，I.A.2 「製造業

表 ES3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別 \ 年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	110,281	119,261	127,001	136,225	144,050	151,553	159,279	171,829	182,597	191,630	210,842	214,544
2. 工業製程及產品使用部門	12,937	13,544	14,188	16,669	19,352	18,940	19,563	22,242	21,545	19,884	20,455	23,408
3. 農業部門	3,894	3,955	3,860	3,875	3,848	3,880	3,905	3,579	3,374	3,361	3,562	3,437
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-19,265	-17,370	-19,597	-19,775	-19,862	-19,917	-19,603	-19,986	-19,988	-20,040	-20,168	-19,475
5. 廢棄物部門	9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993	12,035	12,018	11,504
淨溫室氣體排放量	116,913	128,663	134,859	146,791	158,007	166,088	175,198	189,560	199,520	206,869	226,709	233,418
總溫室氣體排放量	136,178	146,033	154,456	166,566	177,869	186,005	194,801	209,546	219,508	226,909	246,877	252,893
部門別 \ 年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門	222,662	232,315	240,210	246,942	253,839	257,654	246,342	233,843	249,991	255,184	250,347	250,817
2. 工業製程及生產使用部門	30,992	31,821	33,428	30,325	30,310	29,162	25,278	22,508	24,832	25,176	23,823	26,411
3. 農業部門	3,365	3,148	3,199	3,122	3,132	3,065	2,946	2,962	2,937	2,900	2,926	2,839
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	-20,508	-20,600	-20,693	-20,616	-20,760	-20,749	-20,932	-18,414	-20,928	-20,987	-21,077	-21,069
5. 廢棄物部門	11,039	10,377	9,781	9,047	8,519	8,114	7,306	6,387	5,849	5,322	4,908	4,447
淨溫室氣體排放量	247,550	257,062	265,925	268,819	275,040	277,245	260,941	247,286	262,681	267,595	260,927	263,445
總溫室氣體排放量	268,058	277,662	286,618	289,435	295,800	297,994	281,873	265,700	283,609	288,582	282,004	284,514

與營造業」為 44,792 千公噸二氧化碳當量（占 17.86%），1.A.3「運輸」為 35,254 千公噸二氧化碳當量（占 14.06%），1.A.4「其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧）」為 9,872 千公噸二氧化碳當量（占 3.94%）。

1990 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放為 12,937 千公噸二氧化碳當量，至 2013 年增加為 26,411 千公噸二氧化碳當量，成長 104.15%，年均成長為 2.95%，如表 ES3.3 所示。2013 年溫室氣體排放量占臺灣溫室氣體總排放量的 9.28%，其中 2.A「礦業（非金屬製程）」9,880 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 37.41%（比例最大），其次為 2.C「金屬工業」9,071 千公噸二氧化碳當量（占 34.35%）、2.E「電子工業」4,115 千公噸二氧化碳當量（15.58%）、2.B「化學工業」2,389 千公噸二氧化碳當量（占 9.05%）、2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」812 千公噸二氧化碳當量（占 3.07%）、2.G「其他產品之製造與使用」142 千公噸二氧化碳當量（占 0.54%）及 2.H「其他」2 千公噸二氧化碳當量（占 0.01%）。

2013 年農業部門溫室氣體排放量為 2,839 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.00%，與 1990 年 3,894 千公噸二氧化碳當量相比較減少約 27.10%，年平均成長率為 -1.43%，如表 ES3.4 所示。2013 年農業部門溫室氣體排放量較 2012 年減少約 2.99%，其中以 3.D「農耕土壤」氧化亞氮占 50.03%（比率最大）、3.A「畜禽腸胃發酵」甲烷占 20.36%、3.C「水稻田排放」

甲烷占 19.51%、3.B「畜禽糞尿管理」甲烷占 5.84%、3.B「畜禽糞尿管理」氧化亞氮占 2.51%、3.H「尿素施用」二氧化碳占 1.60%、3.F「作物殘體燃燒」甲烷占 0.12% 及 3.F「作物殘體燃燒」氧化亞氮占 0.04%。

土地利用、土地利用變化及林業部門吸收之溫室氣體以二氧化碳為主，歷年之吸收量呈現略有起伏增減的趨勢，每年的碳量變化並不大，主要係由森林資源年生長所增加的碳量為主，造林所增加的碳量及因森林干擾所減少的碳量較少。臺灣 1990 至 2013 年土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體排放量（主要為森林資源之二氧化碳吸收量）如表 ES3.5 所示，2013 年吸收量為 21,069 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 8 千公噸二氧化碳當量，減少 0.04%。1990 至 2013 年二氧化碳吸收量增加約 9.36%，年平均成長率為 0.84%。

2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量為 4,447 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.56%（如表 ES3.6 所示），與 1990 年相比較減少約 50.95%，年平均成長率減少 3.14%。2013 年廢棄物部門排放中，以 5.A「固體廢棄物處理」甲烷占 37.97% 的比率最大，其次為 5.D「廢水處理與放流」甲烷及氧化亞氮占 60.92%，其餘為 5.B「固體廢棄物之生物處理」甲烷及氧化亞氮占 0.96% 及 5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」二氧化碳及氧化亞氮占 0.11%。

表 ES3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量

(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
二氧化碳總排放量	109,491	118,414	126,056	135,212	142,982	150,437	158,104	170,599	181,294	190,260	209,364	213,039
I.A.1. 能源工業	49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
I.A.2. 製造業與營造業	30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
I.A.3. 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
I.A.4. 其他	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940	10,605	10,937	11,198
甲烷總排放量	254	270	293	310	328	344	359	370	390	409	430	435
I.A.1. 能源工業	26	29	28	31	33	38	37	44	50	57	66	67
I.A.2. 製造業與營造業	46	48	51	51	52	52	53	54	57	57	64	66
I.A.3. 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270	272
I.A.4. 其他	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29	30
氧化亞氮總排放量	537	578	652	703	739	772	816	861	912	961	1,047	1,070
I.A.1. 能源工業	138	158	183	207	221	239	267	302	332	364	432	453
I.A.2. 製造業與營造業	91	94	100	99	101	101	105	107	111	113	125	127
I.A.3. 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475	475
I.A.4. 其他	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15	16
能源部門總排放量	110,281	119,261	127,001	136,225	144,050	151,553	159,279	171,829	182,597	191,630	210,842	214,544
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	221,092	230,675	238,513	245,202	252,068	255,869	244,632	232,181	248,276	253,446	248,637	249,108
I.A.1. 能源工業	130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
I.A.2. 製造業與營造業	44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
I.A.3. 運輸	34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
I.A.4. 其他	11,058	11,641	12,041	11,883	10,752	10,162	10,387	9,999	9,881	9,712	9,769	9,835
甲烷總排放量	447	465	482	488	488	491	473	462	478	485	478	482
I.A.1. 能源工業	68	78	83	84	89	95	95	85	89	89	90	91
I.A.2. 製造業與營造業	71	70	71	69	73	79	75	70	78	82	79	82
I.A.3. 運輸	278	287	295	303	298	289	276	281	285	288	284	284
I.A.4. 其他	30	32	33	32	29	27	27	26	26	25	25	25
氧化亞氮總排放量	1,124	1,175	1,215	1,251	1,283	1,294	1,238	1,200	1,237	1,253	1,232	1,227
I.A.1. 能源工業	475	529	549	576	604	624	604	573	581	583	578	569
I.A.2. 製造業與營造業	137	133	135	132	137	149	139	131	144	151	144	148
I.A.3. 運輸	496	495	513	527	527	508	481	483	500	507	498	498
I.A.4. 其他	16	17	18	17	15	13	14	13	12	12	12	12
能源部門總排放量	222,662	232,315	240,210	246,942	253,839	257,654	246,342	233,843	249,991	255,184	250,347	250,817

表 ES3.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	12,766	13,186	13,857	15,606	18,172	17,784	18,061	20,378	19,069	17,822	17,355	16,047
2.A 礦業 (非金屬製程)	8,546	8,547	9,500	10,729	13,257	12,659	12,663	13,412	11,581	10,762	9,582	7,856
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003	1,075	1,143	1,232
2.C 金屬工業	3,655	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,628	6,957
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14	23
氧化亞氮總排放量	166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	800
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	714
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	86
2.E 電子工業	NE	NE	NE	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	1,609	2,319	2,619
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,567
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51
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
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939
六氟化硫總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235
工業製程及產品使用部門總排放量	12,937	13,544	14,188	16,669	19,352	18,940	19,563	22,242	21,545	19,884	20,455	23,408
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	19,465	19,352	19,826	19,695	20,362	19,681	18,401	16,171	18,301	18,871	18,525	20,469
2.A 礦業 (非金屬製程)	10,762	10,505	11,023	11,637	11,332	10,276	9,271	8,363	8,396	9,591	9,170	9,880
2.B 化學工業	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572
2.C 金屬工業	7,388	7,461	7,316	6,505	7,498	7,748	7,671	6,292	8,305	7,641	7,850	9,016
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	24	26	33	33	29	39	38	33	36	27	35	38
氧化亞氮總排放量	833	923	926	1,047	1,428	1,542	1,301	1,466	1,834	1,762	1,674	1,539
2.B 化學工業	743	831	834	960	969	996	784	1,006	1,170	1,195	1,016	780
2.C 金屬工業	90	92	92	86	91	107	101	85	119	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	369	439	416	375	546	568	658	759
氫氟碳化物總排放量	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093	1,046	980	934	1,016	869	981
2.B 化學工業	2,157	1,937	1,710	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	59	59	59	73	91	171	118	168	164	134	86	169
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881	783	812
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929
六氟化硫總排放量	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722
2.C 金屬工業	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55
2.E 電子工業	944	1,415	1,783	2,117	2,050	1,721	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524
2.G 其他產品之製造與使用	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	295	282	186	142
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	398	540	659	726	650	759	166	538	219	381	349	734
工業製程及產品使用部門總排放量	30,992	31,821	33,428	30,325	30,310	29,162	25,278	22,508	24,832	25,176	23,823	26,411

說明：NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

表 ES3.4 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量

(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
二氧化碳總排放量	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131	94
甲烷總排放量	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,623	1,644	1,618	1,565
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692	660
3.B 禽糞尿管理	206	236	234	240	247	259	266	219	192	205	210	201
3.C 水稻種植	960	909	845	825	775	767	745	765	751	738	702	689
3.F 作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14	15
氧化亞氮總排放量	1,880	1,908	1,857	1,881	1,881	1,874	1,915	1,723	1,624	1,599	1,813	1,778
3.B 禽糞尿管理	48	50	52	54	59	61	67	70	71	72	73	71
3.D 農耕土壤	1,820	1,850	1,791	1,821	1,815	1,810	1,846	1,651	1,551	1,524	1,736	1,702
3.F 作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4	5
農業部門總排放量	3,894	3,955	3,860	3,875	3,848	3,880	3,905	3,579	3,374	3,361	3,562	3,437
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53	55	45
甲烷總排放量	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341	1,299	1,282	1,274	1,301	1,300	1,304
3.A 畜禽腸胃發酵	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590	583	579
3.B 禽糞尿管理	194	192	193	195	195	185	180	175	176	180	172	166
3.C 水稻種植	637	567	505	561	551	543	529	530	514	526	540	555
3.F 作物殘體燃燒	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5	5	3
氧化亞氮總排放量	1,793	1,672	1,796	1,672	1,704	1,666	1,590	1,625	1,609	1,546	1,571	1,489
3.B 禽糞尿管理	70	71	69	71	72	71	72	71	70	71	71	71
3.D 農耕土壤	1,718	1,598	1,724	1,599	1,630	1,594	1,517	1,553	1,536	1,474	1,499	1,417
3.F 作物殘體燃燒	4	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	1
農業部門總排放量	3,365	3,148	3,199	3,122	3,132	3,065	2,946	2,962	2,937	2,900	2,926	2,839

表 ES3.5 臺灣 1990 至 2013 年林業部門年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	林地維持林地		其他土地轉變為林地	整體年碳量變化
	年增加量	年損失量	年增加量	
1990	-19,782	607	-91	-19,265
1991	-19,782	2,503	-91	-17,370
1992	-19,794	333	-136	-19,597
1993	-19,807	216	-184	-19,775
1994	-19,819	190	-233	-19,862
1995	-19,831	202	-288	-19,917
1996	-19,844	559	-318	-19,603
1997	-19,856	266	-396	-19,986
1998	-19,869	326	-445	-19,988
1999	-19,881	401	-559	-20,040
2000	-19,893	389	-663	-20,168
2001	-19,906	1,112	-681	-19,475
2002	-19,918	167	-757	-20,508
2003	-19,931	227	-897	-20,600
2004	-19,943	243	-993	-20,693
2005	-19,956	369	-1,029	-20,616
2006	-19,968	251	-1,043	-20,760
2007	-19,980	308	-1,077	-20,749
2008	-19,993	199	-1,138	-20,932
2009	-20,005	2,753	-1,162	-18,414
2010	-19,911	218	-1,236	-20,928
2011	-19,929	140	-1,198	-20,987
2012	-19,944	145	-1,279	-21,077
2013	-19,981	135	-1,223	-21,069

表 ES3.6 臺灣 1990 至 2013 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
甲烷總排放量	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556	11,640	11,429	10,624
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	8,596	8,512	7,732
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	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	3,042	2,916	2,891
氧化亞氮總排放量	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331	340
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1	0	4	3	6	18	19	4	6	3	8	30
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315	324	322	310
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	12,035	12,018	11,504
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
甲烷總排放量	10,079	9,607	8,926	8,350	7,699	7,192	6,535	5,906	5,304	4,863	4,508	4,103
5.A 固體廢棄物處理	7,214	6,675	6,101	5,525	4,930	4,379	3,814	3,246	2,749	2,352	1,997	1,688
5.B 固體廢棄物之生物處理	0	2	7	10	11	14	16	18	21	26	24	23
5.D 廢水處理與放流	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798	2,705	2,642	2,535	2,485	2,486	2,392
氧化亞氮總排放量	348	353	343	350	351	360	328	327	337	344	339	339
5.B 固體廢棄物之生物處理	0	2	6	9	10	13	15	16	19	23	22	20
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	26	24	23	27	30	30	21	9	11	7	4	0
5.D 廢水處理與放流	321	327	314	314	310	318	293	302	307	313	314	318
廢棄物部門總排放量	11,039	10,377	9,781	9,047	8,519	8,114	7,306	6,387	5,849	5,322	4,908	4,447

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, NIR)、「二年期報告」(Biennial Report, BR)、「國家通訊」(National Communication, NC)，非附件一國家需提交「二年期更新報告」(Biennial Update Report, BUR)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, Verification, MRV)程序。此外，為配合 UNFCCC 自 2015 年起使用 2006 IPCC 指南的規劃，我國亦主動遵約 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，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吸收量，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）¹，並參考 IPCC 於 2000 年提出更新補充之「良好作法指南（Good Practice Guidance）」及不確定性管理（Uncertainty Management）²（以下簡稱 2000 GPG），與 2003 年「土地利用、土地利用變化與林業良好作法指南」³（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，不斷提升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，含氟氣體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，彙整整體國家溫室氣體清冊。

此外，行政院環境保護署於 2012 年底成立「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。

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

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

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

1.3 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、行政院農業委員會，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。

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 IPCC 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。

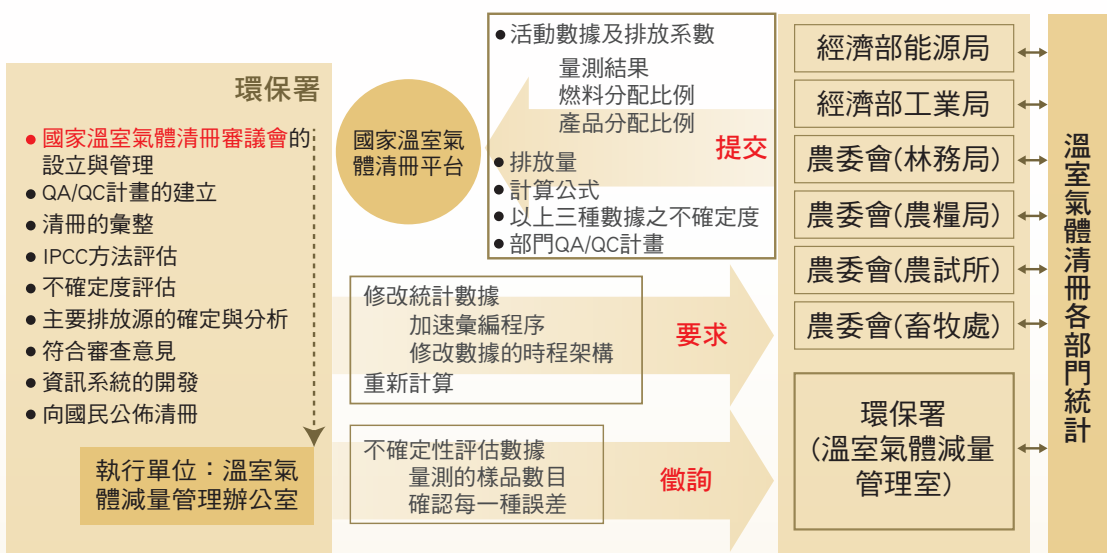


圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體清冊準備程序

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 2013 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。

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保護統計年報、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、土地利用變化及林業部門、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、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，但不包括國際航空及海運使用。

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部門涉及範圍相當廣泛，包括礦業（非金屬製程）、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管理部分，以及因種植農作物所牽涉之排放，例如水稻田與其它農耕

土壤，與作物殘體燃燒等產生之溫室氣體。而有關用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、棄置的經管用地、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，各部門仍無法整合評估部門排放量及吸收匯的不確定性值，整體國家溫室氣體清冊之不確定性值亦無法提供。

部分部會已經將不確定性管理列為其後續清冊改善計畫的重點，例如能源部門；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 2015 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 2013 年，其中僅 1.B「燃料逸散性排放」、1.C「二氧化碳運輸與封存」、3.G「石灰處理」、及 3.E「草原的焚燒」等四項應統計而未統計之次部門分類，部分估計排放量或吸收量極低，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第一季審議：前一年國家清冊報告。 	QA
	<ul style="list-style-type: none"> 國家溫室氣體審議會第二季審議：改善計畫檢討。 	QC
	<ul style="list-style-type: none"> 國家溫室氣體審議會第三季審議：國家清冊數據審議。 	QC
定稿與公布階段	<ul style="list-style-type: none"> 國家溫室氣體審議會第四季審議：國家清冊數據確定。 	QA
	<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，提報行政院永續會核定，並向國民公布。 	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 2013 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.B 燃料逸散性。 • 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 2013 年 (其中含氟氣體統計 1993 至 2013 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.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 N₂O (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。
3. 農業部門	1990 至 2013 年	<ul style="list-style-type: none"> • 3.G 石灰處理之二氧化碳排放，缺乏直接統計資料，故未統計。 • 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 2013 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 2013 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 溫室氣體排放及吸收

臺灣總溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）排放量自 1990 年 136,178 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳吸收量），上升至 2013 年 284,514 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳吸收量），排放量增加 108.93%，年平均成長率為 2.94%，而 2013 年較 2012 年增加 0.89%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 116,913 千公噸二氧化碳當量，上升至 2013 年 263,445 千公噸二氧化碳當量，排放量增加 125.33%，年平均成長率為 3.16%，而 2013 年較 2012 年增加 0.96%，詳如圖 2.1.1 及表 2.1.1 所示。

2013 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。2013 年二氧化碳排放量為 269,627 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳吸收量），占總溫室氣體排放量 94.77%，在 1990 至 2013 年間，二氧化碳排放量成長 120.25%，年平均成長率為 3.16%；2013 年二氧化碳吸收量為 21,069 千公噸二氧化碳當量，1990 至 2013 年間吸收量增加 9.36%，年平均成長率為 0.84%。2013 年甲烷排放量为 5,927 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 2.08%，1990 至 2013 年間排放量減少 45.53%，年平均成長率為 -2.71%，呈現負成長。2013 年氧化亞氮排放量为 4,594 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.61%，1990 至 2013 年間排放量增加 59.64%，年平均成長率為 1.69%。2013 年含氟溫室氣體排放量为 4,365 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放

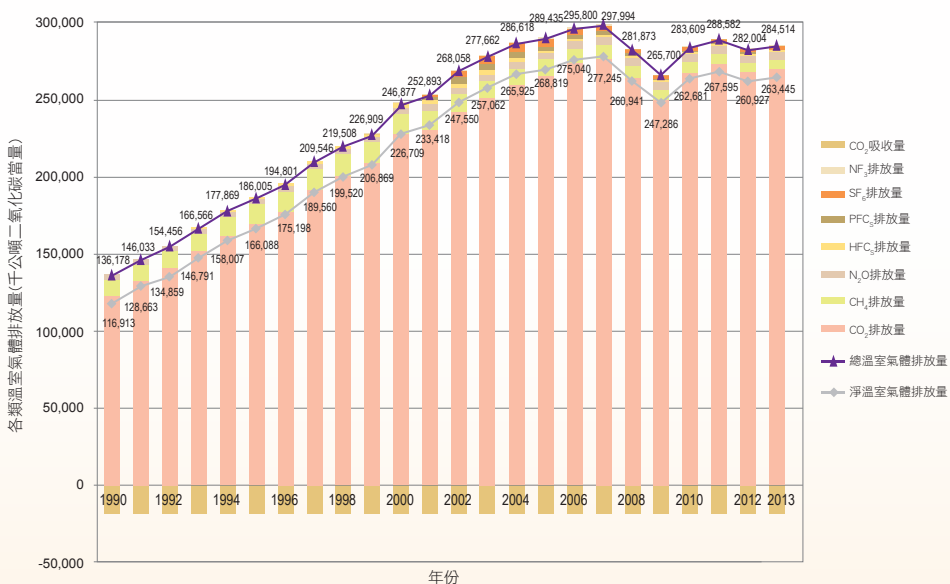


圖 2.1.1 臺灣 1990 至 2013 年總溫室氣體排放量趨勢

表 2.1.1 臺灣 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	CO ₂	CO ₂ 吸收量	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃	淨 GHG	總 GHG
1990	122,419	-19,265	10,882	2,878	NE	NE	NE	NE	116,913	136,178
1991	131,754	-17,370	11,157	3,122	NE	NE	NE	NE	128,663	146,033
1992	140,117	-19,597	11,207	3,133	NE	NE	NE	NE	134,859	154,456
1993	151,012	-19,775	11,603	3,196	755	NE	NE	NE	146,791	166,566
1994	161,399	-19,862	12,364	3,251	855	NE	NE	NE	158,007	177,869
1995	168,770	-19,917	13,108	3,326	801	NE	NE	NE	166,088	186,005
1996	176,702	-19,603	13,539	3,254	1,305	NE	NE	NE	175,198	194,801
1997	191,215	-19,986	13,559	3,294	1,477	NE	NE	NE	189,560	209,546
1998	200,607	-19,988	13,579	3,240	2,083	NE	NE	NE	199,520	219,508
1999	208,265	-20,040	13,705	3,201	1,609	3	116	11	206,869	226,909
2000	227,109	-20,168	13,490	3,816	2,319	13	120	10	226,709	246,877
2001	229,720	-19,475	12,646	3,988	2,619	2,939	746	235	233,418	252,893
2002	241,262	-20,508	12,029	4,097	2,216	4,143	3,914	398	247,550	268,058
2003	250,527	-20,600	11,493	4,122	2,397	4,198	4,385	540	257,062	277,662
2004	258,935	-20,693	10,760	4,279	2,451	4,341	5,193	659	265,925	286,618
2005	265,308	-20,616	10,258	4,320	1,070	3,070	4,683	726	268,819	289,435
2006	272,959	-20,760	9,584	4,766	987	3,264	3,590	650	275,040	295,800
2007	276,169	-20,749	9,063	4,863	1,093	2,933	3,114	759	277,245	297,994
2008	263,532	-20,932	8,345	4,457	1,046	1,682	2,644	166	260,941	281,873
2009	248,562	-18,414	7,682	4,618	980	1,143	2,176	538	247,286	265,700
2010	266,839	-20,928	7,092	5,017	934	1,354	2,155	219	262,681	283,609
2011	272,485	-20,987	6,676	4,905	1,016	1,365	1,755	381	267,595	288,582
2012	267,277	-21,077	6,321	4,816	869	725	1,647	349	260,927	282,004
2013	269,627	-21,069	5,927	4,594	981	929	1,722	734	263,445	284,514

說明：NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

量 1.53%，自 1993 至 2013 年間增加 478.15%，年平均成長率為 8.49%。

2.1.2 人均二氧化碳排放

臺灣 2013 年燃料燃燒二氧化碳排放量為 249,108 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳吸收量），占總溫室氣體排放量 87.56%。1990 年人均排放量約 5.4 公噸二氧化碳 / 人，至 2000 年為 9.5 公噸二氧化碳 / 人，2007 年達 11.2 公噸二氧化碳 / 人，為歷年最高點，2008 年降為 10.7 公噸二氧化碳 / 人，2009 年又再下降為 10.1 公噸二氧化碳 / 人，至 2011 年增加至 11.0 公噸二氧化碳 / 人，2013 年微幅下降至 10.7 公噸二氧化碳 / 人。詳如圖 2.1.2 所示。1991 至 2013 年期間人均排放量年均成長率約為 2.92%，其中，2009 年較 2008 年減少 5.40%，2010 年與 2011 年分別增加 6.67% 與 1.87%，而 2012 年與 2013 年分別減少 2.19% 與 0.09%。

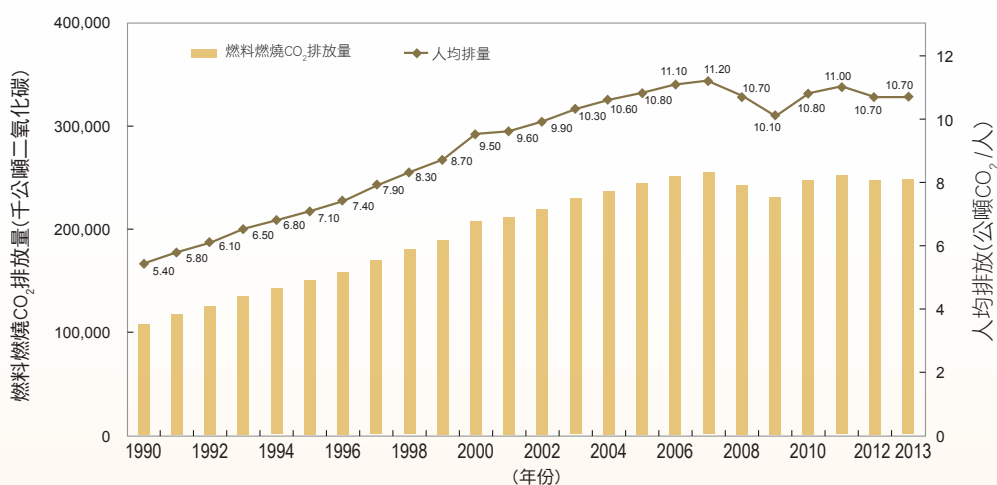


圖 2.1.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢

資料來源：人口資料來自行政院主計總處¹

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，2013 年為 0.0167 公斤二氧化碳 / 元，減少 26.75%，反映我國能源效率逐年改善之趨勢。詳如圖 2.1.3 所示。

2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

2.2.1 二氧化碳

能源部門、工業製程及產品使用部門、農業部門和廢棄物部門係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 2013 年二氧化碳排放量與匯的吸收量清單，排放趨勢則如圖 2.2.1 所示。臺灣 1990 年二氧化碳排放量為 122,419 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 269,627 千公噸二氧化碳當量，增加 120.25%，平均成長率為 3.16%；其中 2013 年能源部門占

1 行政院主計總處網站。http://www.dgbas.gov.tw

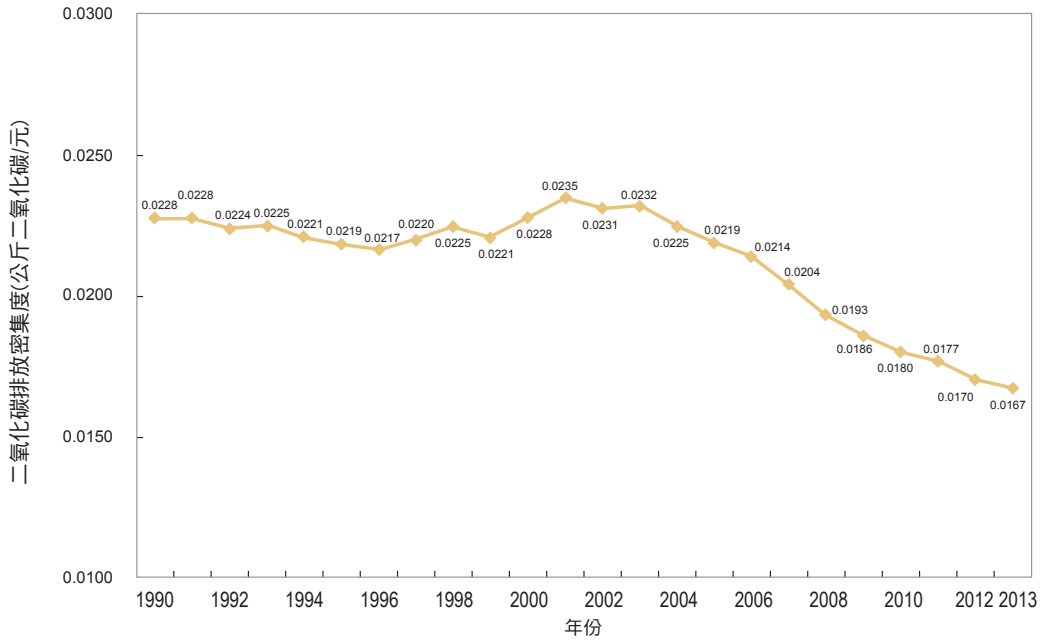


圖 2.1.3 臺灣 1990 至 2013 年二氧化碳排放密集度趨勢
資料來源：GDP 資料來自行政院主計總處

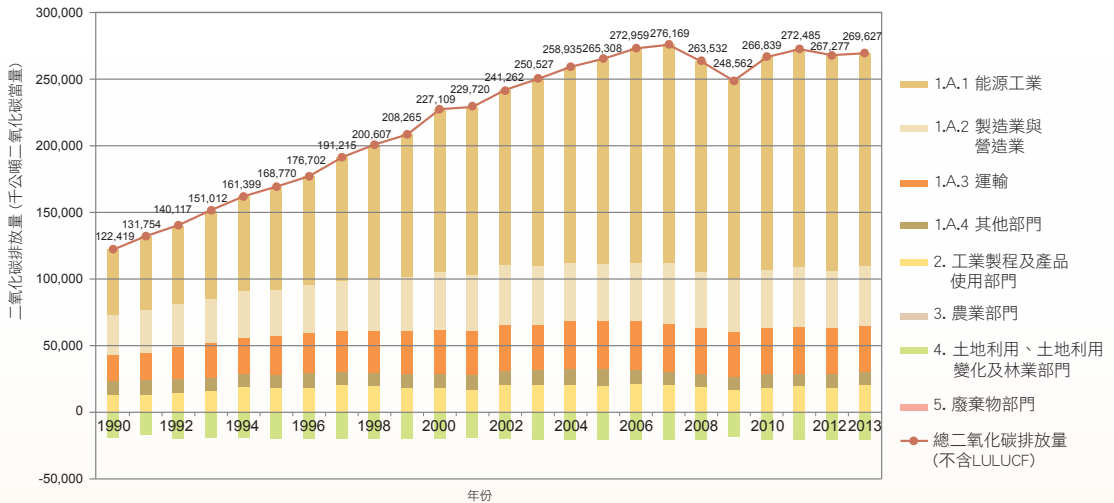


圖 2.2.1 臺灣 2001 至 2013 年二氧化碳排放量趨勢

表 2.2.1 臺灣 1990 至 2013 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		109,491	118,414	126,056	135,212	142,982	150,437	158,104	170,599	181,294	190,260	209,364	213,039
1.A.1. 能源工業		49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
1.A.2. 製造業與營造業		30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
1.A.3. 運輸		19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
1.A.4. 其他		10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940	10,605	10,937	11,198
1.A.4.a 服務業		3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445	3,175	2,483	2,948	3,155	3,220	3,562
1.A.4.b 住宅		4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181
1.A.4.c 農林漁牧		2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777	2,805	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455
2. 工業製程及產品使用部門		12,766	13,186	13,857	15,606	18,172	17,784	18,061	20,378	19,069	17,822	17,355	16,047
2.A 礦業 (非金屬製程)		8,546	8,547	9,500	10,729	13,257	12,659	12,663	13,412	11,581	10,762	9,582	7,856
2.B 化學工業		563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003	1,075	1,143	1,232
2.C 金屬工業		3,655	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,628	6,957
2.H 其他		2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91	1.83	1.78	1.75
3. 農業部門		142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131	94
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-19,265	-17,370	-19,597	-19,775	-19,862	-19,917	-19,603	-19,986	-19,988	-20,040	-20,168	-19,475
5. 廢棄物部門		20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
淨二氧化碳排放量		103,154	114,384	120,520	131,237	141,537	148,853	157,099	171,229	180,619	188,225	206,941	210,245
總二氧化碳排放量		122,419	131,754	140,117	151,012	161,399	168,770	176,702	191,215	200,607	208,265	227,109	229,720
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		221,092	230,675	238,513	245,202	252,068	255,869	244,632	232,181	248,276	253,446	248,637	249,108
1.A.1. 能源工業		130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
1.A.2. 製造業與營造業		44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
1.A.3. 運輸		34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
1.A.4. 其他		11,058	11,641	12,041	11,883	10,752	10,162	10,387	9,999	9,881	9,712	9,769	9,835
1.A.4.a 服務業		3,493	3,961	4,118	4,233	4,248	4,192	4,201	4,226	4,203	3,961	3,958	4,177
1.A.4.b 住宅		5,107	4,869	4,947	5,023	4,857	4,879	4,820	4,775	4,737	4,814	4,770	4,649
1.A.4.c 農林漁牧		2,459	2,811	2,977	2,626	1,646	1,091	1,365	998	941	937	1,041	1,009
2. 工業製程及產品使用部門		19,465	19,352	19,826	19,695	20,362	19,681	18,401	16,171	18,301	18,871	18,525	20,469
2.A 礦業 (非金屬製程)		10,762	10,505	11,023	11,637	11,332	10,276	9,271	8,363	8,396	9,591	9,170	9,880
2.B 化學工業		1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572
2.C 金屬工業		7,388	7,461	7,316	6,505	7,498	7,748	7,671	6,292	8,305	7,641	7,850	9,016
2.H 其他		1.60	1.61	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70
3. 農業部門		93	82	84	62	59	57	57	55	54	53	55	45
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-20,508	-20,600	-20,693	-20,616	-20,760	-20,749	-20,932	-18,414	-20,928	-20,987	-21,077	-21,069
5. 廢棄物部門		612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
淨二氧化碳排放量		220,754	229,927	238,242	244,692	252,199	255,420	242,600	230,148	245,911	251,498	246,200	248,558
總二氧化碳排放量		241,262	250,527	258,935	265,308	272,959	276,169	263,532	248,562	266,839	272,485	267,277	269,627

92.39%，包括能源工業為 64.33%、製造業與營造業為 17.89%、運輸為 13.84% 及其他部門為 3.95%，另工業製程及產品使用部門占 7.59%、農業部門占 0.02% 及廢棄物部門占 0.002%。2013 年較 2012 年排放量增加 0.88%，主要為製造業與營造業之鋼鐵業、化學、非金屬礦及運輸設備，及其他部門之服務業增加排放；土地利用、土地利用變化及林業活動係二氧化碳的吸收量，1990 年臺灣二氧化碳吸收量為 19,265 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 21,069 千公噸二氧化碳當量，增加 9.36%。

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 2013 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 10,882 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 5,927 千公噸二氧化碳當量，減少 45.53%，平均成長率為 -2.71%。2013 年較 2012 年排放量減少 6.23%，其中 2013 年甲烷排放量以廢棄物部門占 69.23% 最多、農業部門占 22.00%、能源部門占 8.13%、工業製程及產品使用部門占 0.63%。1990 至 2013 年間廢棄物部門減少 53.11%，為占比最大者，農業部門則減少 30.37%；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 2013 年垃圾掩埋場甲烷排放量平均成長率為 -3.35%，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

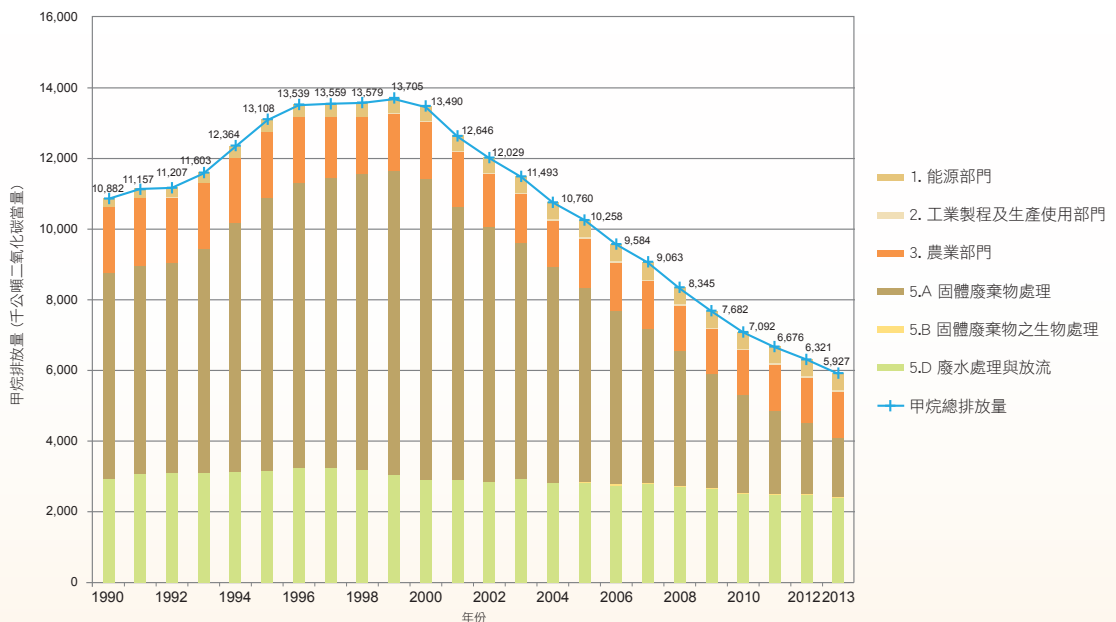


圖 2.2.2 臺灣 2001 至 2013 年甲烷排放量趨勢

表 2.2.2 臺灣 1990 至 2013 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		254	270	293	310	328	344	359	370	390	409	430	435
2. 工業製程及產品使用部門		5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14	23
3. 農業部門		1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,623	1,644	1,618	1,565
3.A 畜禽腸道發酵		670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692	660
3.B 畜禽糞尿管理		206	236	234	240	247	259	266	219	192	205	210	201
3.C 水稻種植		960	909	845	825	775	767	745	765	751	738	702	689
3.F 作物殘體燃燒		38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14	15
5. 廢棄物部門		8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556	11,640	11,429	10,624
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	8,596	8,512	7,732
5.B 固體廢棄物之生物處理		11	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	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	3,042	2,916	2,891
總計		10,882	11,157	11,207	11,603	12,364	13,108	13,539	13,559	13,579	13,705	13,490	12,646
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		447	465	482	488	488	491	473	462	478	485	478	482
2. 工業製程及產品使用部門		24	26	33	33	29	39	38	33	36	27	35	38
3. 農業部門		1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341	1,299	1,282	1,274	1,301	1,300	1,304
3.A 畜禽腸道發酵		636	626	614	623	614	609	584	571	578	590	583	579
3.B 畜禽糞尿管理		194	192	193	195	195	185	180	175	176	180	172	166
3.C 水稻種植		637	567	505	561	551	543	529	530	514	526	540	555
3.F 作物殘體燃燒		13	9	8	8	8	5	6	5	5	5	5	3
5. 廢棄物部門		10,079	9,607	8,926	8,350	7,699	7,192	6,535	5,906	5,304	4,863	4,508	4,103
5.A 固體廢棄物處理		7,214	6,675	6,101	5,525	4,930	4,379	3,814	3,246	2,749	2,352	1,997	1,688
5.B 固體廢棄物之生物處理		0	2	7	10	11	14	16	18	21	26	24	23
5.D 廢水處理與放流		2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798	2,705	2,642	2,535	2,485	2,486	2,392
總計		12,029	11,493	10,760	10,258	9,584	9,063	8,345	7,682	7,092	6,676	6,321	5,927

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 2013 年減少 39.92%。農業部門溫室氣體從 1990 年起呈逐年下降，主要係與三段式禽畜糞尿管理及耕地面積減少有關。

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，與廢棄物部門也有少量排放。農業部門氧化亞氮排放係以農耕土壤排放為主，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 2,878 千公噸二氧化碳當量，2013 年臺灣氧化亞氮排放量約為 4,594 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 1,539 千公噸二氧化碳當量（占 33.5%）、農業部門排放約 1,489 千公噸二氧化碳當量（占 32.41%）、能源部門排放約 1,227 千公噸二氧化碳當量（占 26.71%）、廢棄物部門排放約 339 千公噸二氧化碳當量（占 7.38%），詳如表 2.2.3 所示。臺灣 1990 至 2013 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 2013 年排放量增加 59.64%，平均成長率 1.69%，相同期間下，以農耕土壤排放量減少最多達 22.14%，平均成長率為 -1.15%，係與行政院農業委員會實施休耕及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，包括化學工業之含氟化合物生產為最大比例、其次為半導體、冷凍空調及滅火器。氫氟碳化物排放量 2013 年為 981 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.34%，2013 年較 1993 增加 29.96%，2013 年較 2012 年增加 12.92%，其平均成長率為 0.69%，如圖 2.2.4 及表 2.2.4 所示。臺灣唯一生產氟氯烴廠商台灣塑膠工業股份有限公司仁武廠在 2004 年關閉後，使得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，2005 年起排放量逐年下降，至 2011 年起因應蒙特婁議定書之管制時程，臺灣冷凍空調改以其他替代品，故 HFC-32、HFC-125 使用量大，導致其排放量上升。

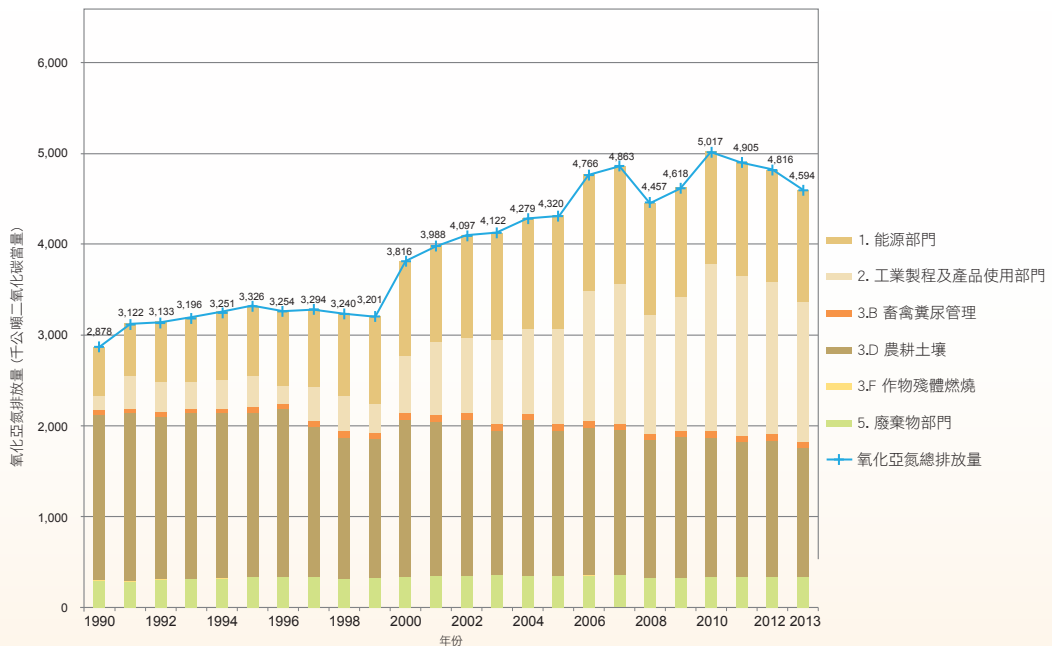


圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量趨勢

表 2.2.3 臺灣 1990 至 2013 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		537	578	652	703	739	772	816	861	912	961	1,047	1,070
1.A.1 能源工業		138	158	183	207	221	239	267	302	332	364	432	453
1.A.2 製造業與營造業		91	94	100	99	101	101	105	107	111	113	125	127
1.A.3 運輸		291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475	475
1.A.4 其他部門		17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15	16
2. 工業製程及產品使用部門		166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	800
3. 農業部門		1,880	1,908	1,857	1,881	1,881	1,874	1,915	1,723	1,624	1,599	1,813	1,778
3.B 畜禽糞尿管理		48	50	52	54	59	61	67	70	71	72	73	71
3.D 農耕土壤		1,820	1,850	1,791	1,821	1,815	1,810	1,846	1,651	1,551	1,524	1,736	1,702
3.F 作物殘體燃燒		12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4	5
5. 廢棄物部門		296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331	340
總計		2,878	3,122	3,133	3,196	3,251	3,326	3,254	3,294	3,240	3,201	3,816	3,988
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		1,124	1,175	1,215	1,251	1,283	1,294	1,238	1,200	1,237	1,253	1,232	1,227
1.A.1 能源工業		475	529	549	576	604	624	604	573	581	583	578	569
1.A.2 製造業與營造業		137	133	135	132	137	149	139	131	144	151	144	148
1.A.3 運輸		496	495	513	527	527	508	481	483	500	507	498	498
1.A.4 其他部門		16	17	18	17	15	13	14	13	12	12	12	12
2. 工業製程及產品使用部門		833	923	926	1,047	1,428	1,542	1,301	1,466	1,834	1,762	1,674	1,539
3. 農業部門		1,793	1,672	1,796	1,672	1,704	1,666	1,590	1,625	1,609	1,546	1,571	1,489
3.B 畜禽糞尿管理		70	71	69	71	72	71	72	71	70	71	71	71
3.D 農耕土壤		1,718	1,598	1,724	1,599	1,630	1,594	1,517	1,553	1,536	1,474	1,499	1,417
3.F 作物殘體燃燒		4	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	1
5. 廢棄物部門		348	353	343	350	351	360	328	327	337	344	339	339
總計		4,097	4,122	4,279	4,320	4,766	4,863	4,457	4,618	5,017	4,905	4,816	4,594

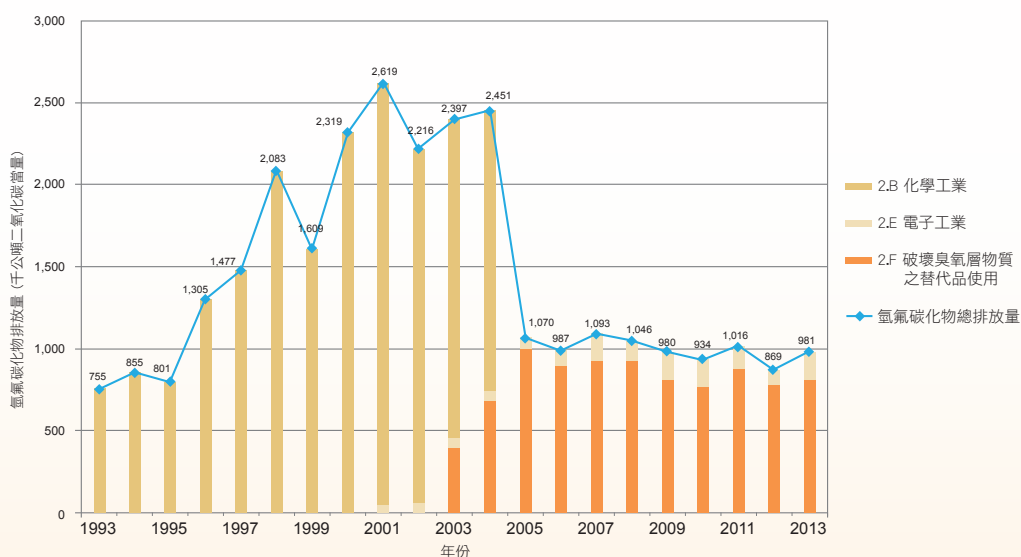


圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2013 年氫氟碳化物排放量趨勢

表 2.2.4 臺灣 1990 至 2013 年氫氟碳化物生產排放量

(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
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.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51
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
總計	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,619
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.B 化學工業	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.E 電子工業	59	59	59	73	91	171	118	168	164	134	86	169
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881	783	812
總計	2,216	2,397	2,451	1,070	987	1,093	1,046	980	934	1,016	869	981

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），指對現有源排放量和匯吸收量沒有估計。

2.2.5 全氟碳化物

2013 年臺灣全氟碳化物排放量為 929 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.33%，2013 年較 2012 年增加 41.58%，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。

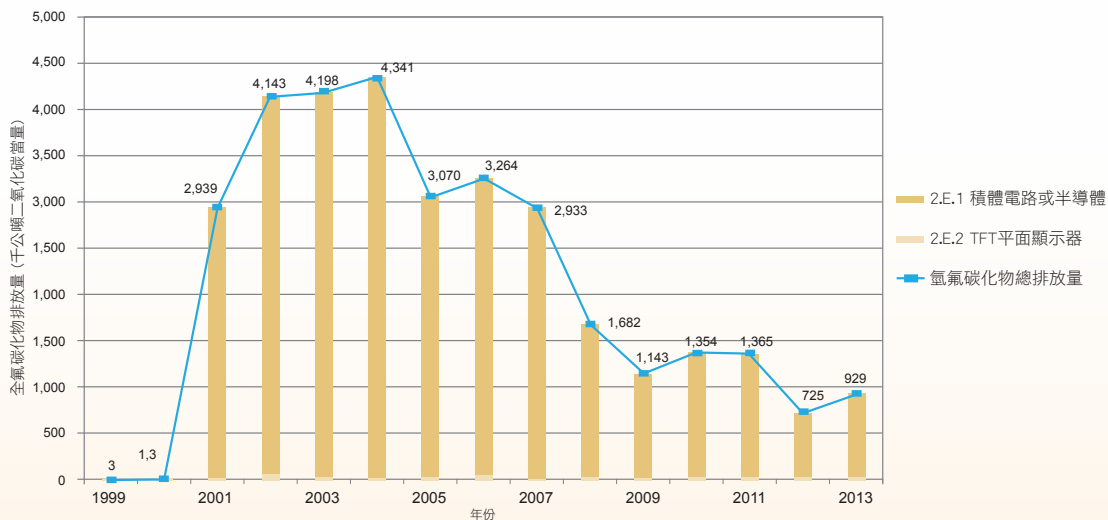


圖 2.2.5 臺灣 1999 至 2013 年全氟碳化物排放量趨勢

表 2.2.5 臺灣 1990 至 2013 年全氟碳化物排放量

(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
2.E.1 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,933
2.E.2 TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	6
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.E.1 積體電路或半導體	4,077	4,173	4,327	3,043	3,211	2,933	1,657	1,126	1,322	1,335	691	899
2.E.2 TFT 平面顯示器	65	25	14	27	53	0	25	17	32	30	33	30
總計	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯吸收量沒有估計。

2.2.6 六氟化硫

2013 年臺灣六氟化硫排放量為 1,722 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.61%，2013 年較 2012 年增加 4.54%，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 平面顯示器及電力設備中使用量增加，其中，因鎂生產使用量減少，導致其排放量自 2002 年 1,027 千公噸二氧化碳當量，減自 2013 年 55 千公噸二氧化碳當量，約減少 94.64%。

2.2.7 三氟化氮

2013 年臺灣三氟化氮排放量為 734 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.26%，2013 年較 2012 年增加 110.284%，如圖 2.2.7 及表 2.2.7 所示。三氟化氮排放量自 2001 年起逐年上升，其原因為半導體使用量增加。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，減至 2013 年 734 千公噸二氧化碳當量。

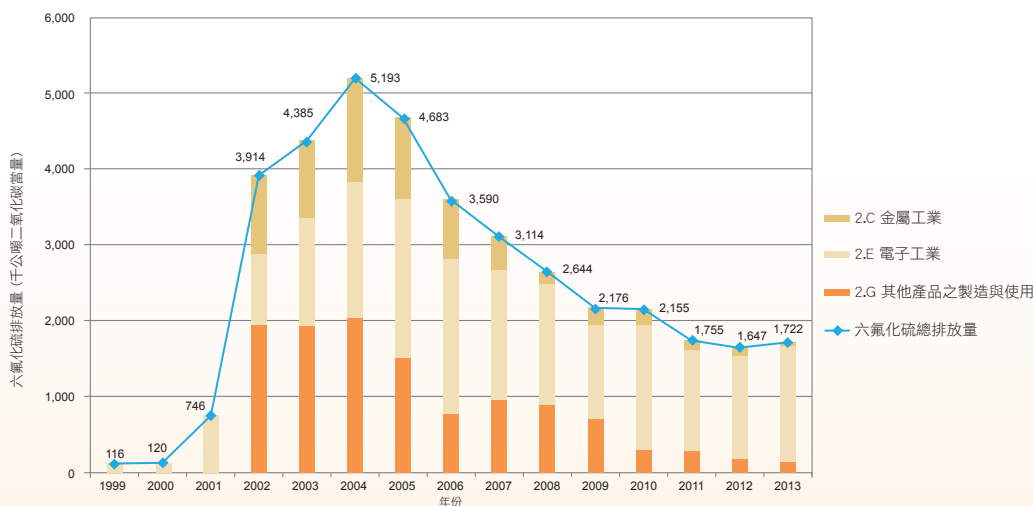


圖 2.2.6 臺灣 1999 至 2013 年六氟化硫排放量趨勢

表 2.2.6 臺灣 1990 至 2013 年六氟化硫排放量

(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
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.C 金屬工業	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55
2.E 電子工業	944	1,415	1,783	2,117	2,050	1,721	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524
2.G 其他產品之製造與使用	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	295	282	186	142
總計	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯吸收量沒有估計。

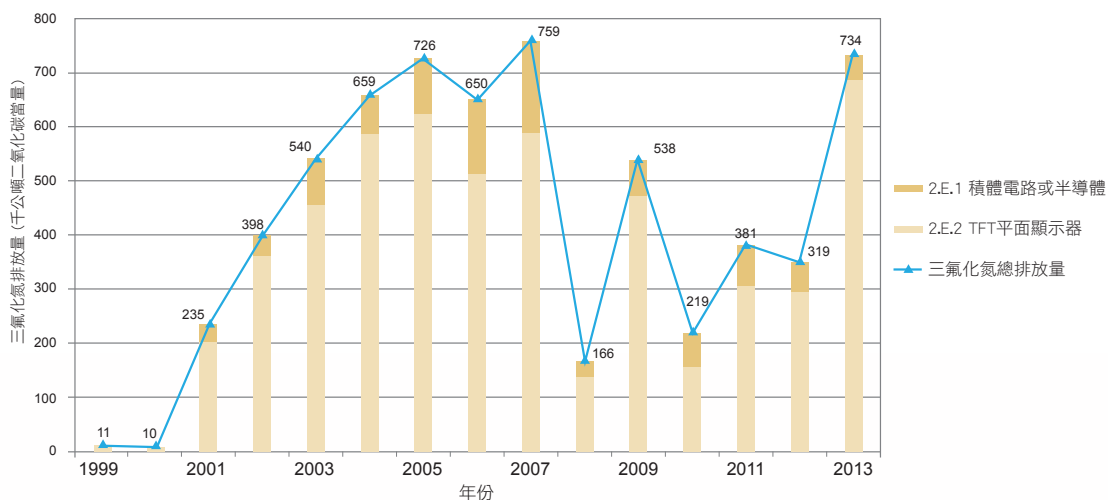


圖 2.2.7 臺灣 1999 至 2013 年三氟化氮排放量趨勢

表 2.2.7 臺灣 1990 至 2013 年三氟化氮排放量

(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
2.E.1 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	202
2.E.2 TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	33
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.E.1 積體電路或半導體	359	455	587	623	512	590	136	473	156	306	295	687
2.E.2 TFT 平面顯示器	39	86	72	103	138	170	30	65	62	75	54	46
總計	398	540	659	726	650	759	166	538	219	381	349	734

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯吸收量沒有估計。

2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

就部門別而言，2013 年能源部門溫室氣體排放量為 250,817 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用、土地利用變化及林業吸收量），占臺灣溫室氣體總排放量的 88.16%，工業製程及產品使用部門為 26,411 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用、土地利用變化及林業吸收量），占 9.28%，農業部門為 2,839 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用、土地利用變化及林業吸收量），占 1.00%，廢棄物部門為 4,447 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用、土地利用變化及林業吸收量），占 1.56%。2013 年土地利用變化及林業部門之吸收量則為 21,069 千公噸二氧化碳當量。臺灣 1990 至 2013 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，2012 年又再度下降，2013 年較 2012 年成長 0.19%，詳如表 2.3.2 和圖 2.3.2 所示。2013 年能源部門之溫室氣體總排放為 250,817 千公噸二氧化碳當量約占臺灣溫室氣體總排放量的 88.16%，其中 I.A.1「能源工業」為 160,898 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 64.15%，I.A.2「製造業與營造業」為 44,792 千公噸二氧化碳當量（占 17.86%），I.A.3「運輸」為 35,254 千公噸二氧化碳當量（14.06%），I.A.4「其他部門（包括服務業、住宅及農林漁牧）」為 9,872 千公噸二氧化碳當量（占 3.94%）。1990 至 2013 年間，能源部門之成長率為 127.43%，年平均成長率為 3.29%，其中 I.A.1「能源工業」溫室氣體排放量增加 226.48%，年平均成長率為

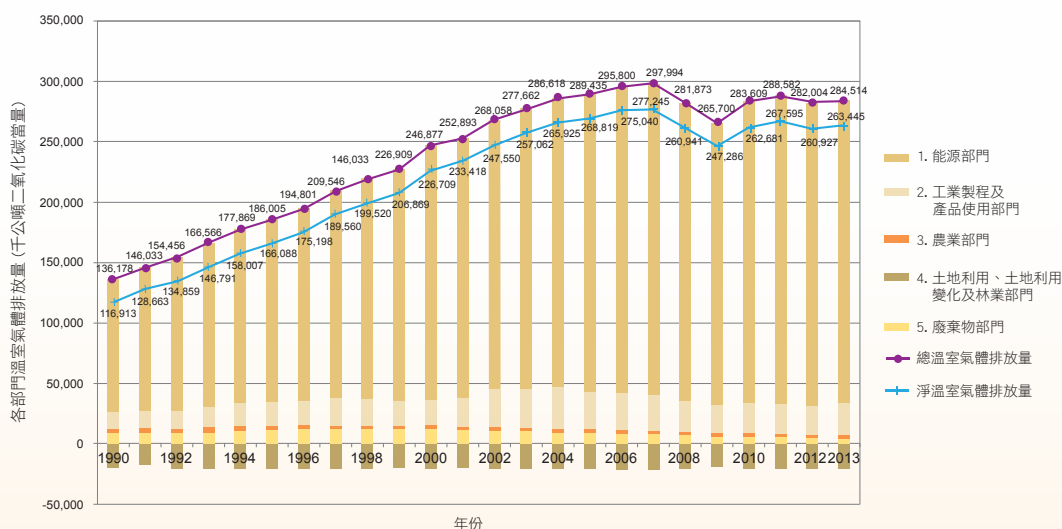


圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.1 臺灣 1990 至 2013 年各部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門別	年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門		110,281	119,261	127,001	136,225	144,050	151,553	159,279	171,829	182,597	191,630	210,842	214,544
2. 工業製程及生產使用部門		12,937	13,544	14,188	16,669	19,352	18,940	19,563	22,242	21,545	19,884	20,455	23,408
3. 農業部門		3,894	3,955	3,860	3,875	3,848	3,880	3,905	3,579	3,374	3,361	3,562	3,437
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-19,265	-17,370	-19,597	-19,775	-19,862	-19,917	-19,603	-19,986	-19,988	-20,040	-20,168	-19,475
5. 廢棄物部門		9,066	9,273	9,407	9,798	10,619	11,631	12,053	11,896	11,993	12,035	12,018	11,504
淨溫室氣體排放量 (計土地利用變化及林業吸收量)		116,913	128,663	134,859	146,791	158,007	166,088	175,198	189,560	199,520	206,869	226,709	233,418
總溫室氣體排放量 (不計土地利用變化及林業吸收量)		136,178	146,033	154,456	166,566	177,869	186,005	194,801	209,546	219,508	226,909	246,877	252,893
部門別	年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1. 能源部門		222,662	232,315	240,210	246,942	253,839	257,654	246,342	233,843	249,991	255,184	250,347	250,817
2. 工業製程及生產使用部門		30,992	31,821	33,428	30,325	30,310	29,162	25,278	22,508	24,832	25,176	23,823	26,411
3. 農業部門		3,365	3,148	3,199	3,122	3,132	3,065	2,946	2,962	2,937	2,900	2,926	2,839
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門		-20,508	-20,600	-20,693	-20,616	-20,760	-20,749	-20,932	-18,414	-20,928	-20,987	-21,077	-21,069
5. 廢棄物部門		11,039	10,377	9,781	9,047	8,519	8,114	7,306	6,387	5,849	5,322	4,908	4,447
淨溫室氣體排放量 (計土地利用、土地利用變化及林業吸收量)		247,550	257,062	265,925	268,819	275,040	277,245	260,941	247,286	262,681	267,595	260,927	263,445
總溫室氣體排放量 (不計土地利用、土地利用變化及林業吸收量)		268,058	277,662	286,618	289,435	295,800	297,994	281,873	265,700	283,609	288,582	282,004	284,514

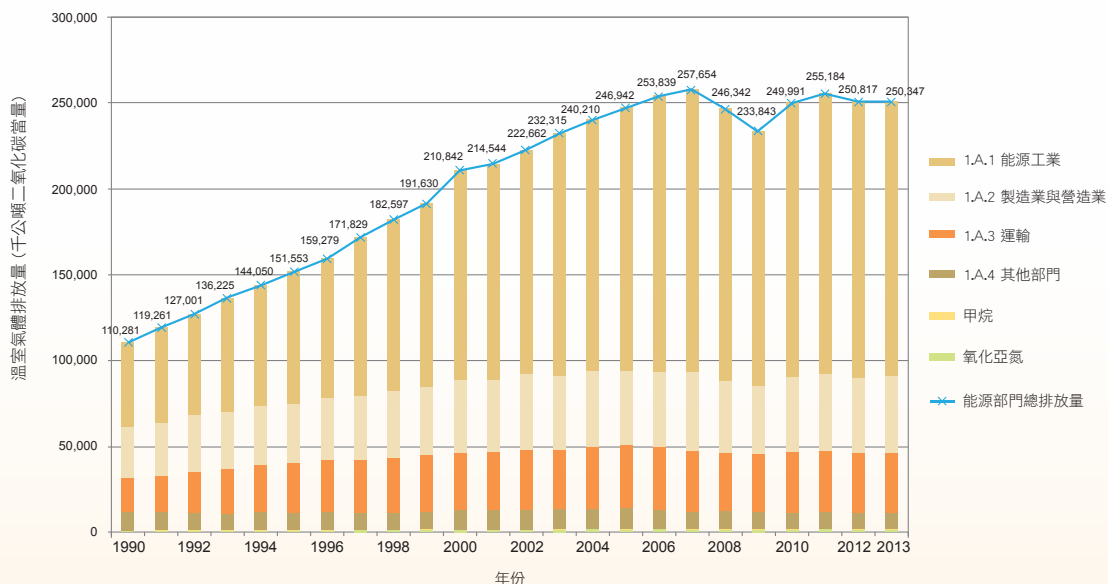


圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.2 臺灣 1990 至 2013 年能源部門溫室氣體排放量

(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
二氧化碳總排放量	109,491	118,414	126,056	135,212	142,982	150,437	158,104	170,599	181,294	190,260	209,364	213,039
I.A.1 能源工業	49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
I.A.2 製造業與營造業	30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
I.A.3 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
I.A.4 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820	10,733	9,809	9,940	10,605	10,937	11,198
甲烷總排放量	254	270	293	310	328	344	359	370	390	409	430	435
I.A.1 能源工業	26	29	28	31	33	38	37	44	50	57	66	67
I.A.2 製造業與營造業	46	48	51	51	52	52	53	54	57	57	64	66
I.A.3 運輸	152	163	187	202	216	228	239	245	257	266	270	272
I.A.4 其他部門	30	29	28	26	28	27	29	26	27	28	29	30
氧化亞氮總排放量	537	578	652	703	739	772	816	861	912	961	1,047	1,070
I.A.1 能源工業	138	158	183	207	221	239	267	302	332	364	432	453
I.A.2 製造業與營造業	91	94	100	99	101	101	105	107	111	113	125	127
I.A.3 運輸	291	309	353	382	402	418	428	438	456	469	475	475
I.A.4 其他部門	17	17	15	14	15	14	16	14	14	14	15	16
能源部門總排放量	110,281	119,261	127,001	136,225	144,050	151,553	159,279	171,829	182,597	191,630	210,842	214,544
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	221,092	230,675	238,513	245,202	252,068	255,869	244,632	232,181	248,276	253,446	248,637	249,108
I.A.1 能源工業	130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
I.A.2 製造業與營造業	44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
I.A.3 運輸	34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
I.A.4 其他部門	11,058	11,641	12,041	11,883	10,752	10,162	10,387	9,999	9,881	9,712	9,769	9,835
甲烷總排放量	447	465	482	488	488	491	473	462	478	485	478	482
I.A.1 能源工業	68	78	83	84	89	95	95	85	89	89	90	91
I.A.2 製造業與營造業	71	70	71	69	73	79	75	70	78	82	79	82
I.A.3 運輸	278	287	295	303	298	289	276	281	285	288	284	284
I.A.4 其他部門	30	32	33	32	29	27	27	26	26	25	25	25
氧化亞氮總排放量	1,124	1,175	1,215	1,251	1,283	1,294	1,238	1,200	1,237	1,253	1,232	1,227
I.A.1 能源工業	475	529	549	576	604	624	604	573	581	583	578	569
I.A.2 製造業與營造業	137	133	135	132	137	149	139	131	144	151	144	148
I.A.3 運輸	496	495	513	527	527	508	481	483	500	507	498	498
I.A.4 其他部門	16	17	18	17	15	13	14	13	12	12	12	12
能源部門總排放量	222,662	232,315	240,210	246,942	253,839	257,654	246,342	233,843	249,991	255,184	250,347	250,817

說明：總排放量為三種溫室氣體排放量相加總，例如 2013 年 I.A.A 能源工業排放量，分別是二氧化碳排放量 160,239 千公噸二氧化碳當量、甲烷 91 千公噸二氧化碳當量、氧化亞氮 5,694 千公噸二氧化碳當量，總計 160,898 千公噸二氧化碳當量，其餘類推。

4.73%；I.A.2「製造業與營造業」增加 47.87%，年平均成長率為 1.50%；I.A.3「運輸」增加 75.49%，年平均成長率為 2.20%；I.A.4「其他部門」減少 7.04%，年平均成長率為 -0.27%。

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。2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體總排放量 26,411 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室

氣體總排放量的 9.28%，其中 2.A.「礦業（非金屬製程）」二氧化碳排放占工業製程部門溫室氣體排放的 37.41%，所占比率最大，其次為 2.C.「金屬工業」二氧化碳排放占 34.14%、2.E.「電子工業」六氟化硫排放占 5.77%。1990 至 2013 年間，工業製程及產品使用排放量增加 104.15%，年平均成長率為 2.95%，其中以 2004 年 33,428 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 11.66%，2005 年後溫室氣體排放量即逐年下降，至 2010 年因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。

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，2013 年的 2,839 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.00%，與 1990 年相比較減少約 27.10%，年平均成長率為 -1.43%，詳如圖 2.3.4 和表 2.3.4 所示。臺灣 2013 年農業部門溫室氣體排放較 2012 年減少約 2.99%，其中以 3.D「農耕土壤」排放氧化亞氮占 49.92%，3.A「畜禽腸胃發酵」甲烷占 20.40%，3.C「水稻種植」甲烷占 19.56%，3.B「畜禽糞尿管理」甲烷占 5.86%，3.B「畜牧糞尿處理」氧化亞氮占 2.51%，3.H「尿素施用」排放二氧化碳 1.60%，3.F「作物殘體燃燒」甲烷占 0.12% 及 3.F「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、土地利用變化及林業部門吸收之

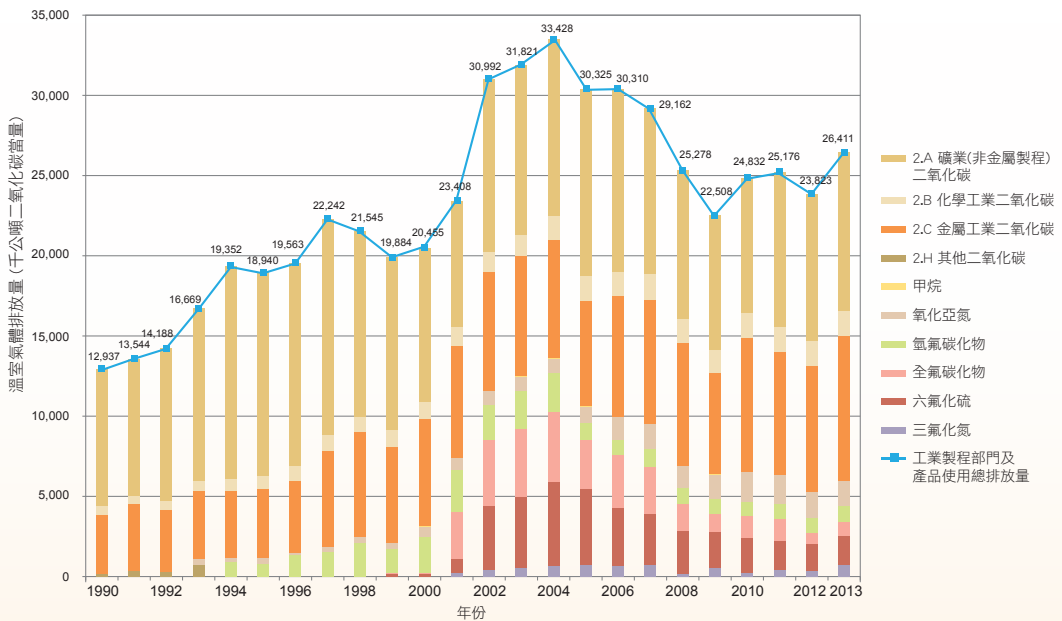


圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	12,766	13,186	13,857	15,606	18,172	17,784	18,061	20,378	19,069	17,822	17,355	16,047
2.A 礦業 (非金屬製程)	8,546	8,547	9,500	10,729	13,257	12,659	12,663	13,412	11,581	10,762	9,582	7,856
2.B 化學工業	563	539	565	609	762	850	992	1,020	1,003	1,075	1,143	1,232
2.C 金屬工業	3,655	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,628	6,957
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	5	7	6	7	8	10	11	12	10	12	14	23
氧化亞氮總排放量	166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	800
2.B 化學工業	166	352	325	301	318	345	186	374	383	312	625	714
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	86
2.E 電子工業	NE	NE	NE	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	1,609	2,319	2,619
2.B 化學工業	NE	NE	NE	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609	2,319	2,567
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51
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
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3	13	2,939
六氟化硫總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
2.C 金屬工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	116	120	746
2.G 其他產品之製造與使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	11	10	235
工業製程及產品使用部門總排放量	12,937	13,544	14,188	16,669	19,352	18,940	19,563	22,242	21,545	19,884	20,455	23,408
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	19,465	19,352	19,826	19,695	20,362	19,681	18,401	16,171	18,301	18,871	18,525	20,469
2.A 礦業 (非金屬製程)	10,762	10,505	11,023	11,637	11,332	10,276	9,271	8,363	8,396	9,591	9,170	9,880
2.B 化學工業	1,313	1,384	1,485	1,552	1,530	1,654	1,457	1,514	1,599	1,637	1,503	1,572
2.C 金屬工業	7,388	7,461	7,316	6,505	7,498	7,748	7,671	6,292	8,305	7,641	7,850	9,016
2.H 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	24	26	33	33	29	39	38	33	36	27	35	38
氧化亞氮總排放量	833	923	926	1,047	1,428	1,542	1,301	1,466	1,834	1,762	1,674	1,539
2.B 化學工業	743	831	834	960	969	996	784	1,006	1,170	1,195	1,016	780
2.C 金屬工業	90	92	92	86	91	107	101	85	119	NE	NE	NE
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	369	439	416	375	546	568	658	759
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	401	682	996	896	922	928	812	770	881	783	812
全氟碳化物總排放量 (2.E 電子工業)	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,365	725	929
六氟化硫總排放量	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,176	2,155	1,755	1,647	1,722
2.C 金屬工業	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55
2.E 電子工業	944	1,415	1,783	2,117	2,050	1,721	1,605	1,239	1,648	1,339	1,352	1,524
2.G 其他產品之製造與使用	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	295	282	186	142
三氟化氮總排放量 (2.E 電子工業)	398	540	659	726	650	759	166	538	219	381	349	734
工業製程及產品使用部門總排放量	30,992	31,821	33,428	30,325	30,310	29,162	25,278	22,508	24,832	25,176	23,823	26,411

說明：1. NE (未估計)，指對現有源排放量和匯吸收量沒有估計。

2. 總排放量為七種溫室氣體排放量相加總，惟部分細排放源類別未排放所有種類之溫室氣體，例如 2.B 化學工業總排放量包括二氧化碳、氧化亞氮及氫氟化碳等之排放量，其餘類推。

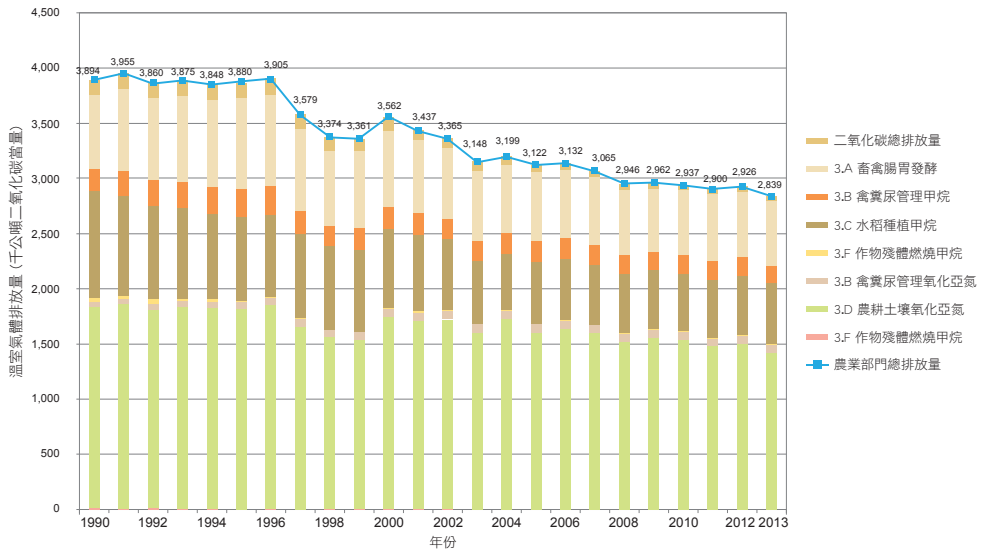


圖 2.3.4 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.4 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量

(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
二氧化碳總排放量	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131	94
3.H 尿素施用	142	146	139	131	135	151	151	134	127	118	131	94
甲烷總排放量	1,873	1,901	1,864	1,863	1,832	1,855	1,839	1,723	1,623	1,644	1,618	1,565
3.A 畜禽腸胃發酵	670	731	738	775	789	822	822	732	674	694	692	660
3.B 禽糞尿管理	206	236	234	240	247	259	266	219	192	205	210	201
3.C 水稻種植	960	909	845	825	775	767	745	765	751	738	702	689
3.F 作物殘體燃燒	38	25	48	22	21	7	7	7	6	7	14	15
氧化亞氮總排放量	1,880	1,908	1,857	1,881	1,881	1,874	1,915	1,723	1,624	1,599	1,813	1,778
3.A 畜禽腸胃發酵	48	50	52	54	59	61	67	70	71	72	73	71
3.D 農耕土壤	1,820	1,850	1,791	1,821	1,815	1,810	1,846	1,651	1,551	1,524	1,736	1,702
3.F 作物殘體燃燒	12	8	15	7	6	2	2	2	2	2	4	5
農業部門總排放量	3,894	3,955	3,860	3,875	3,848	3,880	3,905	3,579	3,374	3,361	3,562	3,437
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53	55	45
3.H 尿素施用	93	82	84	62	59	57	57	55	54	53	55	45
甲烷總排放量	1,479	1,394	1,320	1,387	1,368	1,341	1,299	1,282	1,274	1,301	1,300	1,304
3.A 畜禽腸胃發酵	636	626	614	623	614	609	584	571	578	590	583	579
3.B 禽糞尿管理	194	192	193	195	195	185	180	175	176	180	172	166
3.C 水稻種植	637	567	505	561	551	543	529	530	514	526	540	555
3.F 作物殘體燃燒	13	9	8	8	8	5	6	5	5	5	5	3
氧化亞氮總排放量	1,793	1,672	1,796	1,672	1,704	1,666	1,590	1,625	1,609	1,546	1,571	1,489
3.A 畜禽腸胃發酵	70	71	69	71	72	71	72	71	70	71	71	71
3.D 農耕土壤	1,718	1,598	1,724	1,599	1,630	1,594	1,517	1,553	1,536	1,474	1,499	1,417
3.F 作物殘體燃燒	4	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2	1
農業部門總排放量	3,365	3,148	3,199	3,122	3,132	3,065	2,946	2,962	2,937	2,900	2,926	2,839

說明：總排放量為三種溫室氣體排放量相加總，細排放源類別之總溫室氣體排放量如表 2.3.3 之說明。

溫室氣體以二氧化碳為主，歷年之吸收量呈現略有起伏增減的趨勢，每年的碳量變化並不大，主要係由森林資源年生長所增加的碳量為主，造林所增加的碳量及因森林干擾所減少的碳量較少。1990 至 2013 年間森林資源整體之年碳量變化，以 1991 年為 -17,370 千公噸碳為最低（主要係森林火災所造成的碳損失），逐年增加至 2008 年之 20,932 千公噸碳，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，如圖 2.3.5 與表 2.3.5 所示。2013 年土地利用、土地利用變化及林業部門溫室氣體的吸收量為 19,129 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 0.04%，1990 至 2013 年二氧化碳吸收量增加約 9.36%，年平均成長率為 0.84%。

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，2013 年排放量為 4,447 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.56%，與 1990 年相比較減少約 50.95%，年平均成長率為 -3.14%。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。2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量為 4,447 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.56%（如表 E3.6 所示），與 1990 年相比較減少約 50.95%，年平均成長率減少 3.14%。2013 年廢棄物部門排放中，以 5.A「固體廢棄物處理」甲烷占 37.97% 的比率最高，其次為 5.D「廢水處理與放流」甲烷及氧化亞氮占 60.92%，其餘為 5.B「固體廢棄物之生物處理」甲烷及氧化亞氮占 0.96% 及 5.C「廢棄物之焚化與露天燃燒」二氧化碳及氧化亞氮占 0.11%。

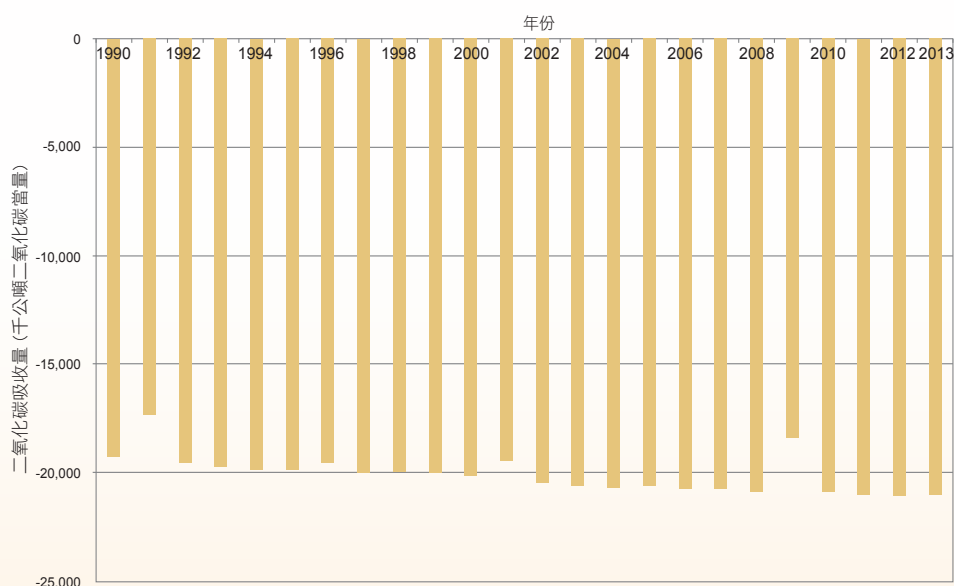


圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2013 年土地利用、土地利用變化及林業部門二氧化碳吸收量趨勢

表 2.3.5 臺灣 1990 至 2013 年林業部門整體年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	林地維持林地		其他土地轉變為林地	整體年碳量變化
	年增加量	年損失量	年增加量	
1990	-19,782	607	-91	-19,265
1991	-19,782	2,503	-91	-17,370
1992	-19,794	333	-136	-19,597
1993	-19,807	216	-184	-19,775
1994	-19,819	190	-233	-19,862
1995	-19,831	202	-288	-19,917
1996	-19,844	559	-318	-19,603
1997	-19,856	266	-396	-19,986
1998	-19,869	326	-445	-19,988
1999	-19,881	401	-559	-20,040
2000	-19,893	389	-663	-20,168
2001	-19,906	1,112	-681	-19,475
2002	-19,918	167	-757	-20,508
2003	-19,931	227	-897	-20,600
2004	-19,943	243	-993	-20,693
2005	-19,956	369	-1,029	-20,616
2006	-19,968	251	-1,043	-20,760
2007	-19,980	308	-1,077	-20,749
2008	-19,993	199	-1,138	-20,932
2009	-20,005	2,753	-1,162	-18,414
2010	-19,911	218	-1,236	-20,928
2011	-19,929	140	-1,198	-20,987
2012	-19,944	145	-1,279	-21,077
2013	-19,981	135	-1,223	-21,069

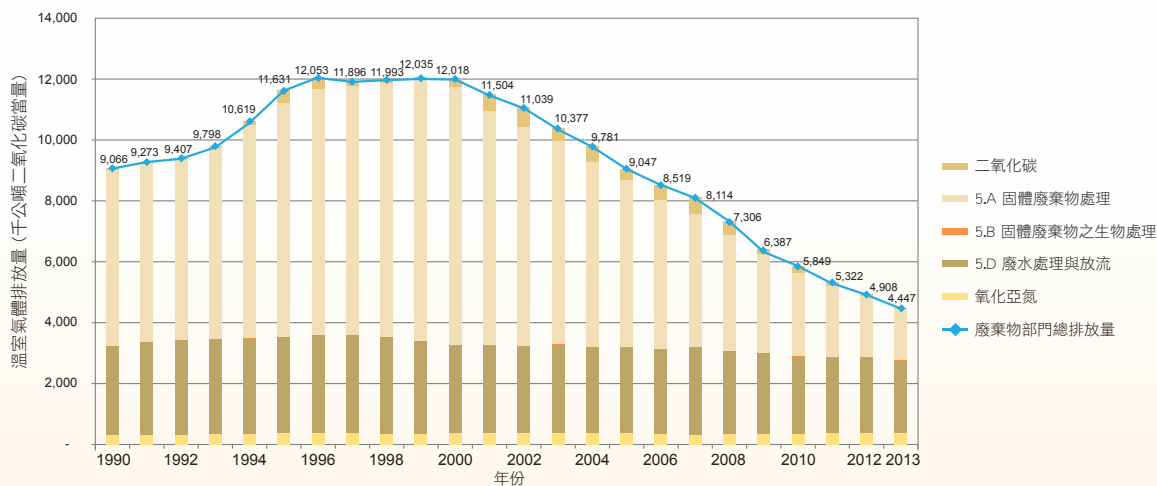


圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.6 臺灣 1990 至 2013 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	20	8	65	63	110	398	387	105	117	65	259	540
甲烷總排放量	8,750	8,980	9,044	9,423	10,196	10,899	11,329	11,454	11,556	11,640	11,429	10,624
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	8,596	8,512	7,732
5.B 固體廢棄物之生物處理	11	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	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	3,042	2,916	2,891
氧化亞氮總排放量	296	285	298	311	313	334	337	337	321	329	331	340
5.B 固體廢棄物之生物處理	10	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	1	0	4	3	6	18	19	4	6	3	8	30
5.D 廢水處理與放流	285	284	294	307	307	316	318	332	315	324	322	310
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	12,035	12,018	11,504
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化碳總排放量	612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	612	417	512	348	470	562	443	154	208	115	61	4
甲烷總排放量	10,079	9,607	8,926	8,350	7,699	7,192	6,535	5,906	5,304	4,863	4,508	4,103
5.A 固體廢棄物處理	7,214	6,675	6,101	5,525	4,930	4,379	3,814	3,246	2,749	2,352	1,997	1,688
5.B 固體廢棄物之生物處理	0	2	7	10	11	14	16	18	21	26	24	23
5.D 廢水處理與放流	2,864	2,930	2,818	2,815	2,757	2,798	2,705	2,642	2,535	2,485	2,486	2,392
氧化亞氮總排放量	348	353	343	350	351	360	328	327	337	344	339	339
5.B 固體廢棄物之生物處理	0	2	6	9	10	13	15	16	19	23	22	20
5.C 廢棄物之焚化與露天燃燒	26	24	23	27	30	30	21	9	11	7	4	0
5.D 廢水處理與放流	321	327	314	314	310	318	293	302	307	313	314	318
廢棄物部門總排放量	11,039	10,377	9,781	9,047	8,519	8,114	7,306	6,387	5,849	5,322	4,908	4,447

說明：總排放量為三種溫室氣體排放量相加總，細排放源類別之總溫室氣體排放量如表 2.3.3 之說明。

參考文獻

1. 行政院主計總處網站。http://www.dgbas.gov.tw



第三章 能源部門 (CRF SECTOR I)

- 3.1 部門概述
- 3.2 燃料燃燒
- 3.3 燃料逸散性排放

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。臺灣目前尚無燃料逸散統計，另自產煤炭已於 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%），逸散性排放量較少，因此能源部門溫室氣體統計範疇僅包含燃料燃燒溫室氣體排放統計結果。

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，2013 年能源部門溫室氣體排放為 250,817 千公噸二氧化碳當量，相較於 1990 年成長 127.52%，年均成長 3.58%。

3.2 燃料燃燒

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門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南（2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2006 IPCC 指南）Tier I 方法，使用我國能源平衡表與 IPCC 建議排放係數，進行溫室氣體排放統計。本部門統計資料包括：

- (1) 部門方法統計：1990 至 2013 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和溫室氣體排放當量。
- (2) 參考方法統計：1990 至 2013 年初級能源總供給之二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放量及溫室氣體排放當量。

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，用於國際航空與海運燃料的排放不應計算在國內排放總量內，應該分開予以計算。

2. 方法論議題

- (1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

各方法簡述如下：參考法（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；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。

表 3.2.1 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 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。
燃料燃燒活動		1. 包括所有燃料燃燒活動所有溫室氣體之總排放。 2. 生質燃料燃燒排放之二氧化碳不包括在本部門, 假如生物質量是永續地產生, 生質燃料燃燒排放之二氧化碳則可能不是淨排放; 假如生物質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、土地利用變化及林業部門生物質量積蓄的損失; 生質燃料燃燒所排放的其他溫室氣體, 則計算於本部門。 3. 廢棄物燃燒當成能源使用的排放, 則計算在本分類中。 4. 用於國際航空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。
I.A	能源產業	包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。
	I.A.1	
	a. 公用與自用電能及熱能製造	包括公用與自用發電廠、公用與自用熱能工廠及發電廠、公用與自用熱能工廠的燃料燃燒排放。
	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. 供熱廠	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 IA3bv 或 IB2a 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。
	I.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 IA1c 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. 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 IA3eii 及 / 或 IA5 的建築排放重複計算。
	I.A.3	
	運輸	所有運輸活動油料燃燒之排放。
a. 空運	包括起飛與著陸國際航空與國內航空 (服務業、私人、農業等) 的排放, 不包括 IA3e 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 IA4c、IA2 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 IA5。	
i. 管線運輸		
I.A.4		
其他部門	所有敘述於下的燃燒活動之排放。	
a. 服務業 / 機構	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. 農林漁牧業	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。	
I.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。	

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 I)，統計參考方法及部門法 (Sectoral Approach) 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 (%) (如附件 1-4) × 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) × 10⁹ × 各類廢棄物化石能源成分占比 (%)

B. 參考方法

可由經濟體系中最終能源使用所消耗的化石能源數量計算一國中燃料燃燒排放的溫室氣體數量，此即由能源消費面計算溫室氣體排放量。由於不是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，所以 2006 IPCC 指南為了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記錄複核，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，目前所有經濟合作暨發展組織 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 國家或開發中國家皆有以此法計算，我國亦運用此法進行估算。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

C. 部門方法

聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 鼓勵有詳細的能源使用資料的國家，依據「部門方法」的分類方式計算，並按 2006 IPCC 指南中的報告格式提報該項計算結果。「部門方法」就是由「最終消費部門」計算其能源消費所產生之二氧化碳排放量。為了確保各國排放統計的一致性、透明性及可比較性，避免各部門之間的重複計算，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 指南的「部門方法」。

部門方法目前使用於所有 OECD 的國家及部門數據完整之開發中國家，此法計算結果作為 OECD 國家二氧化碳排放指標跨國比較之基礎，臺灣亦採用此法作為各項指標基準。部門方法計算步驟簡介如下：

部門法排放總量 = 能源部門自用能源淨排放量 + 各部門淨排放量 = 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

其中

各部門淨排放量 = 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 + 各部門電力消費之排放量

又

各部門電力消費之排放量 = 發電總排放量 × (各部門電力消費熱值 / 發電總熱值)

且

發電總排放量 = 公用發電廠排放量 + 自用發電廠排放量 + 公用汽電共生廠排放量 + 自用汽電共生廠排放量

發電總熱值 = 各部門電力合計熱值 + 最終消費電力合計熱值

(2) 排放係數

溫室氣體排放計算引用排放係數，引用 2006 IPCC 指南所公布係數為主，其內涵為以淨熱值為基準下，測量所得之排放量，溫室氣體排放計算所引用各燃料燃燒排放係數如表 3.2.2 所示。

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，一般廢棄物之二氧化碳排放係數依據 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，詳細數據如表 3.2.3。

針對 2006 IPCC 指南中，未明列能源之排放係數，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

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	N ₂ O
	排放係數	排放係數	燃燒率	排放係數	排放係數
單位	(tC/TJ)	(kgCO ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg/TJ)	(kg/TJ)
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)					
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.8	94,600	1	1	1.5
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Steam Coal)	25.8	94,600	1	1	1.5
無煙煤 (Anthracite)	26.8	98,300	1	1	1.5
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	26.2	96,100	1	1	1.5
褐煤 (Lignite)	27.6	101,000	1	1	1.5
泥煤 (Peat)	28.9	106,000	1	1	1.5
焦炭 (Coke Oven Coke)	29.2	107,000	1	1	1.5
煤球 (Patent Fuel)	26.6	97,500	1	1	1.5
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	12.1	44,400	1	1	0.1
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	70.8	260,000	1	1	0.1
轉爐氣 *(Oxygen Steel Furnace Gas)	49.6	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)	20.0	73,300	1	3	0.6
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	20.0	73,300	1	3	0.6
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	20.0	73,300	1	3	0.6
煉油氣 (Refinery Gas)	15.7	57,600	1	1	0.1
液化石油氣 (LPG)	17.2	63,100	1	1	0.1
天然汽油 (Natural Gasoline)	17.2	63,100	1	1	0.1
石油腦 (Naphthas)	20.0	73,300	1	3	0.6
車用汽油 (Motor Gasoline)	18.9	69,300	1	3	0.6
航空汽油 (Aviation Gasoline)	19.1	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	19.1	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	19.5	71,500	1	3	0.6
煤油 (Kerosene)	19.6	71,900	1	3	0.6
柴油 (Diesel Oil)	20.2	74,100	1	3	0.6
燃料油 (Fuel Oil)	21.1	77,400	1	3	0.6
白精油 (White Spirits)	20.0	73,300	1	3	0.6
潤滑油 (Lubricants)	20.0	73,300	1	3	0.6
柏油 (Asphalts)	22.0	80,700	1	3	0.6
溶劑油 (Solvents)	20.0	73,300	1	3	0.6
石蠟 (Paraffin Waxes)	20.0	73,300	1	3	0.6
石油焦 (Petroleum Coke)	26.6	97,500	1	3	0.6
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	20.0	73,300	1	3	0.6
氣體 (天然氣 Natural Gas)					
(自產) 天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	15.3	56,100	1	1	0.1
(進口) 液化天然氣 (Imported- LNG)	15.3	56,100	1	1	0.1
廢棄物					
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	23.45	81,480	1	30.33	3.98
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)	25.0	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，Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1；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, 2009。

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

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	N ₂ O
	排放係數	排放係數	燃燒率	排放係數	排放係數
單位	(tC/TJ)	(kgCO ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg/TJ)	(kg/TJ)
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)					
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.8	94,600	1	10	1.5
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Steam Coal)	25.8	94,600	1	10	1.5
無煙煤 (Anthracite)	26.8	98,300	1	10	1.5
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	26.2	96,100	1	10	1.5
褐煤 (Lignite)	27.6	101,00	1	10	1.5
泥煤 (Peat)	28.9	106,000	1	2	1.5
焦炭 (Coke Oven Coke)	29.2	107,000	1	10	1.5
煤球 (Patent Fuel)	26.6	97,500	1	10	1.5
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	12.1	44,400	1	1	0.1
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	70.8	260,000	1	1	0.1
轉爐氣 *(Oxygen Steel Furnace Gas)	49.6	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)	20.0	73,300	1	3	0.6
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	20.0	73,300	1	3	0.6
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	20.0	73,300	1	3	0.6
煉油氣 (Refinery Gas)	15.7	57,600	1	1	0.1
液化石油氣 (LPG)	17.2	63,100	1	1	0.1
天然汽油 (Natural Gasoline)	17.2	63,100	1	1	0.1
石油腦 (Naphthas)	20.0	73,300	1	3	0.6
車用汽油 (Motor Gasoline)	18.9	69,300	1	3	0.6
航空汽油 (Aviation Gasoline)	19.1	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	19.1	70,000	1	3	0.6
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	19.5	71,500	1	3	0.6
煤油 (Kerosene)	19.6	71,900	1	3	0.6
柴油 (Diesel Oil)	20.2	74,100	1	3	0.6
燃料油 (Fuel Oil)	21.1	77,400	1	3	0.6
白精油 (White Spirits)	20.0	73,300	1	3	0.6
潤滑油 (Lubricants)	20.0	73,300	1	3	0.6
柏油 (Asphalts)	22.0	80,700	1	3	0.6
溶劑油 (Solvents)	20.0	73,300	1	3	0.6
石蠟 (Paraffin Waxes)	20.0	73,300	1	3	0.6
石油焦 (Petroleum Coke)	26.6	97,500	1	3	0.6
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	20.0	73,300	1	3	0.6
氣體 (天然氣 Natural Gas)					
(自產) 天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	15.3	56,100	1	1	0.1
(進口) 液化天然氣 (Imported- LNG)	15.3	56,100	1	1	0.1
廢棄物					
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	23.45	81,480	1	30.33	3.98
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)	25.0	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, Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2009；美國環保署, Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance · US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C-2 to Subpart C, 2013.

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

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	N ₂ O
	排放係數	排放係數	燃燒率	排放係數	排放係數
單位	(tC/TJ)	(kgCO ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg/TJ)	(kg/TJ)
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)					
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.8	94,600	1	10	1.5
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Steam Coal)	25.8	94,600	1	10	1.5
無煙煤 (Anthracite)	26.8	98,300	1	10	1.5
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	26.2	96,100	1	10	1.5
褐煤 (Lignite)	27.6	101,000	1	10	1.5
泥煤 (Peat)	28.9	106,000	1	10	1.4
焦炭 (Coke Oven Coke)	29.2	107,000	1	10	1.5
煤球 (Patent Fuel)	26.6	97,500	1	10	1.5
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	12.1	44,400	1	5	0.1
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	70.8	260,000	1	5	0.1
轉爐氣 *(Oxygen Steel Furnace Gas)	49.6	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)	20.0	73,300	1	10	0.6
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	20.0	73,300	1	10	0.6
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	20.0	73,300	1	10	0.6
煉油氣 (Refinery Gas)	15.7	57,600	1	5	0.1
液化石油氣 (LPG)	17.2	63,100	1	5	0.1
天然汽油 (Natural Gasoline)	17.2	63,100	1	5	0.1
石油腦 (Naphthas)	20.0	73,300	1	10	0.6
車用汽油 (Motor Gasoline)	18.9	69,300	1	10	0.6
航空汽油 (Aviation Gasoline)	19.1	70,000	1	10	0.6
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	19.1	70,000	1	10	0.6
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	19.5	71,500	1	10	0.6
煤油 (Kerosene)	19.6	71,900	1	10	0.6
柴油 (Diesel Oil)	20.2	74,100	1	10	0.6
燃料油 (Fuel Oil)	21.1	77,400	1	10	0.6
白精油 (White Spirits)	20.0	73,300	1	10	0.6
潤滑油 (Lubricants)	20.0	73,300	1	10	0.6
柏油 (Asphalts)	22.0	80,700	1	10	0.6
溶劑油 (Solvents)	20.0	73,300	1	10	0.6
石蠟 (Paraffin Waxes)	20.0	73,300	1	10	0.6
石油焦 (Petroleum Coke)	26.6	97,500	1	10	0.6
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	20.0	73,300	1	10	0.6
氣體 (天然氣 Natural Gas)					
(自產) 天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	15.3	56,100	1	5	0.1
(進口) 液化天然氣 (Imported- LNG)	15.3	56,100	1	5	0.1
廢棄物					
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	23.45	81,480	1	30.33	3.98
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)	25.0	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, Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2009；美國環保署, Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance；US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C-2 to Subpart C, 2013.

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

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	N ₂ O
	排放係數	排放係數	燃燒率	排放係數	排放係數
單位	(tC/TJ)	(kgCO ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg/TJ)	(kg/TJ)
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)					
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.8	94,600	1	300	1.5
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Steam Coal)	25.8	94,600	1	300	1.5
無煙煤 (Anthracite)	26.8	98,300	1	300	1.5
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	26.2	96,100	1	300	1.5
褐煤 (Lignite)	27.6	101,000	1	300	1.5
泥煤 (Peat)	28.9	106,000	1	300	1.4
焦炭 (Coke Oven Coke)	29.2	107,000	1	300	1.5
煤球 (Patent Fuel)	26.6	97,500	1	300	1.5
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	12.1	44,400	1	5	0.1
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	70.8	260,000	1	5	0.1
轉爐氣 *(Oxygen Steel Furnace Gas)	49.6	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)	20.0	73,300	1	10	0.6
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	20.0	73,300	1	10	0.6
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	20.0	73,300	1	10	0.6
煉油氣 (Refinery Gas)	15.7	57,600	1	5	0.1
液化石油氣 (LPG)	17.2	63,100	1	5	0.1
天然汽油 (Natural Gasoline)	17.2	63,100	1	5	0.1
石油腦 (Naphthas)	20.0	73,300	1	10	0.6
車用汽油 (Motor Gasoline)	18.9	69,300	1	10	0.6
航空汽油 (Aviation Gasoline)	19.1	70,000	1	10	0.6
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	19.1	70,000	1	10	0.6
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	19.5	71,500	1	10	0.6
煤油 (Kerosene)	19.6	71,900	1	10	0.6
柴油 (Diesel Oil)	20.2	74,100	1	10	0.6
燃料油 (Fuel Oil)	21.1	77,400	1	10	0.6
白精油 (White Spirits)	20.0	73,300	1	10	0.6
潤滑油 (Lubricants)	20.0	73,300	1	10	0.6
柏油 (Asphalts)	22.0	80,700	1	10	0.6
溶劑油 (Solvents)	20.0	73,300	1	10	0.6
石蠟 (Paraffin Waxes)	20.0	73,300	1	10	0.6
石油焦 (Petroleum Coke)	26.6	97,500	1	10	0.6
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	20.0	73,300	1	10	0.6
氣體 (天然氣 Natural Gas)					
(自產) 天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	15.3	56,100	1	5	0.1
(進口) 液化天然氣 (Imported- LNG)	15.3	56,100	1	5	0.1
廢棄物					
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	23.45	81,480	1	30.33	3.98
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)	25.0	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，Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2009；美國環保署，Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance，US EPA Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C-2 to Subpart C, 2013.

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

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	N ₂ O
	排放係數	燃燒率	排放係數	排放係數
單位	(kgCO ₂ /TJ)	(1.0 = 100%)	(kg/TJ)	(kg/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) (註 1)	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。

涵為以毛熱值為基準，並適用於該國之汽電共生廠，詳細數據如表 3.2.2 與 3.2.3 所示。

(3) 活動數據

A. 各類能源熱值標準：

溫室氣體排放所引用各類能源熱值整理如附件所示，其中化石燃料熱值係依據經濟部能源局出版之能源統計刊物之能源熱值單位，一般廢棄物熱值係依據行政院環境保護署公佈之「中華民國

表 3.2.4 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		6,800
	其他		6,100
煙煤 - 煉焦煤	鋼鐵業	公斤 (kg)	7,380
	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 3.2.5
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，2015 年 5 月。

2. 廢輪胎：US EPA, Climate Leaders GHG Inventory Protocol, Table B-1, 2009。

表 3.2.5 一般廢棄物歷年熱值

(單位：千卡)

年	熱值 (千卡)
1997	1,738
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	1,865

資料來源：1.1997年無熱值統計數據，故使用1998年之數據。

2.1998年資料取自行政院環境保護署之中華民國環境保護統計年報(2010)。

3.1999年2014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(2015)。

表 3.2.6 各類能源之溫室氣體全球暖化潛勢

項目	二氧化碳	甲烷	氧化亞氮
第四次評估報告潛勢	1	25	298

資料來源：IPCC, Climate Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007。

國環境保護統計年報」之垃圾發熱量定期進行更新。針對上述各類能源之引用來源，若因資料來源單位更新公布，應配合其調整，重新檢討各能源熱值。

B. 溫室氣體全球暖化潛勢

各類溫室氣體全球暖化潛勢係依據2007年IPCC出版之「第四次評估報告」，溫室氣體之全球暖化潛勢如表3.2.6，針對溫室氣體全球暖化潛勢數據，若因資料來源公布更新，得重新檢討數據之引用。

C. 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)，詳如附件一。
- (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 至 2013 年臺灣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 109,491 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至

2000 年為 209,364 千公噸二氧化碳當量，2007 年成長至 255,869 千公噸二氧化碳當量，2008 年減少至 244,632 千公噸二氧化碳當量，2009 年繼而減少為 232,181 千公噸二氧化碳當量，2010 年回升至 248,276 千公噸二氧化碳當量，2011 年則增加至 253,446 千公噸二氧化碳當量，2012 年又微

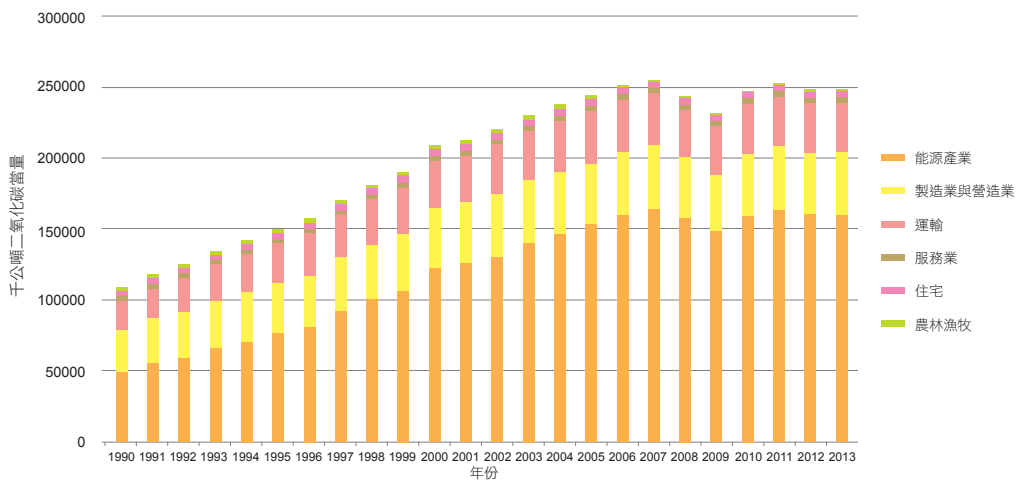


圖 3.2.1 臺灣 1990 至 2013 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

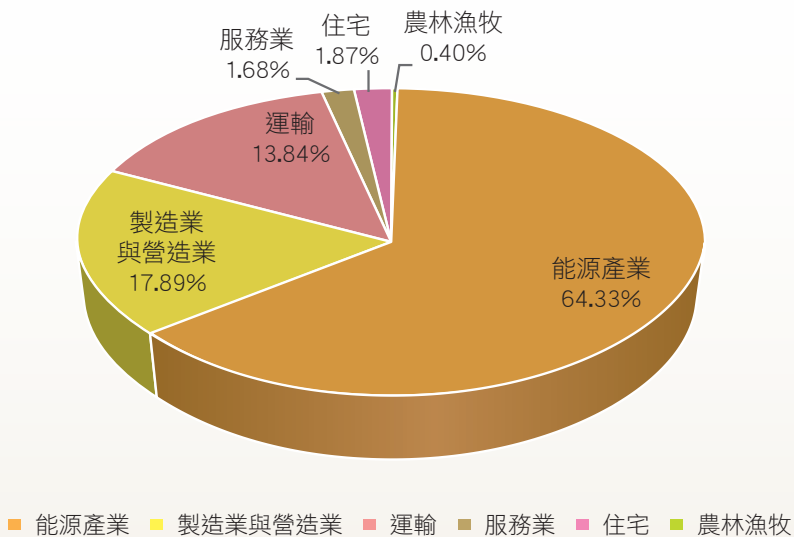


圖 3.2.2 臺灣 2013 年能源部門燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

表 3.2.7 臺灣 1990 至 2013 年能源部門二氧化碳排放量

(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
全國總淨排放量	109,491	118,414	126,056	135,212	142,982	150,437
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	109,533	118,934	126,210	137,922	144,475	151,648
(部門方法)						
1. 能源產業	49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800
2. 製造業與營造業	30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996
3. 運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822
4. 其他部門						
a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445
b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597
c. 農林漁牧	2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
全國總淨排放量	158,104	170,599	181,294	190,260	209,364	213,039
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	159,797	173,562	186,691	194,005	213,525	216,507
(部門方法)						
1. 能源產業	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
2. 製造業與營造業	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
3. 運輸	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
4. 其他部門						
a. 服務業	3,175	2,483	2,948	3,155	3,220	3,562
b. 住宅	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181
c. 農林漁牧	2,805	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
全國總淨排放量	221,092	230,675	238,513	245,202	252,068	255,869
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	226,636	232,891	245,897	249,979	256,905	263,982
(部門方法)						
1. 能源產業	130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426
2. 製造業與營造業	44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866
3. 運輸	34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415
4. 其他部門						
a. 服務業	3,493	3,961	4,118	4,233	4,248	4,192
b. 住宅	5,107	4,869	4,947	5,023	4,857	4,879
c. 農林漁牧	2,459	2,811	2,977	2,626	1,646	1,091
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
全國總淨排放量	244,632	232,181	248,276	253,446	248,637	249,108
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	248,797	236,991	255,291	261,762	254,814	255,852
(部門方法)						
1. 能源產業	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
2. 製造業與營造業	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
3. 運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
4. 其他部門						
a. 服務業	4,201	4,226	4,203	3,961	3,958	4,177
b. 住宅	4,820	4,775	4,737	4,814	4,770	4,649
c. 農林漁牧	1,365	998	941	937	1,041	1,009

幅減少至 248,637 千公噸二氧化碳當量，2013 年又微幅增加至 249,108 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 0.19%，詳見表 3.2.7。

溫室氣體占比方面，2013 年臺灣二氧化碳以能源產業部門為最高，達總排放量之 64.33%，其次為製造業與營造業，占比為 17.89%，再次為運輸部門排放，達 13.84%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 1.68%、1.87% 與 0.40%，詳見圖 3.2.2。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算我國能源燃燒之二氧化碳當量排放，由表 3.2.7 可知，1990 年之二氧化碳排放量為 109,533 千公噸二氧化碳當量，2000 年為 213,525 千公噸二氧化碳當量，2010 年為 255,291 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 254,814 千公噸二氧化碳當量，2013 年為 255,852 千公噸二氧化碳當量。1990 年至 2013 年年平均成長率為 3.74%，2012 年至 2013 年成長率為 0.41%。

B. 甲烷

(A) 部門方法統計結果

臺灣 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒甲烷總排放量為 254 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 430 千公噸二氧化碳當量，2006 年成長至 488 千公噸二氧化碳當量，2008 年微幅減少，至 2009 年達 462 千公噸二氧化碳當量，2010 年又微幅增加至 478 千公噸二氧化碳當量，2011 年則增加至 485 千公噸二氧化碳當量，2012 年又微幅減少至 478 千公噸二氧化碳

當量，2013 年又增加至 482 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 0.84%，詳見表 3.2.8。

溫室氣體占比方面，2013 年臺灣甲烷以運輸部門為最高，達總排放量之 58.97%，其次為能源產業，占比為 18.79%，再次為製造業與營造業排放，達 16.98%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 2.56%、2.00% 與 0.70%，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 年之二氧化碳排放量為 76 千公噸二氧化碳當量，逐年成長至 2000 年為 141 千公噸二氧化碳當量，2006 年達 166 千公噸二氧化碳當量，2008 年微幅減少至 165 千公噸二氧化碳當量，至 2013 年排放量為 161 千公噸二氧化碳當量。1990 年至 2013 年年平均成長率為 3.37%，2012 年至 2013 年成長率為 0.54%。

C. 氧化亞氮

(A) 部門方法統計結果

臺灣 1990 年按部門方法計算之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 1,294 千公噸二氧化碳當量，至 2009 年減少為 1,200 千公噸二氧化碳當量，2010 年回升至 1,237 千公噸二氧化碳當量，2011 年則增加至 1,253 千公噸二氧化碳當量，2012 年微幅減少至 1,232 千公噸二氧化碳當量，2013 年又減少至 1,227 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 0.41%，1990 年至 2013 年年平均成長率為 3.51%，詳見表 3.2.9。

表 3.2.8 臺灣 1990 至 2013 年能源部門甲烷排放量

(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
全國總淨排放量	254	270	293	310	328	344
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	76	81	83	90	94	100
(部門方法)						
1. 能源產業	26	29	28	31	33	38
2. 製造業與營造業	46	48	51	51	52	51
3. 運輸	152	163	187	202	216	228
4. 其他部門						
a. 服務業	12	12	10	8	10	8
b. 住宅	8	9	9	9	9	9
c. 農林漁牧	10	9	9	9	9	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
全國總淨排放量	359	370	390	409	430	435
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	102	112	121	130	141	141
(部門方法)						
1. 能源產業	37	44	50	57	66	67
2. 製造業與營造業	53	54	57	57	64	66
3. 運輸	239	245	257	266	270	272
4. 其他部門						
a. 服務業	10	8	10	10	10	11
b. 住宅	10	10	10	11	11	11
c. 農林漁牧	9	8	7	7	8	8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
全國總淨排放量	447	465	482	488	488	491
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	144	150	163	162	166	172
(部門方法)						
1. 能源產業	68	78	83	84	89	95
2. 製造業與營造業	71	70	71	69	73	79
3. 運輸	278	287	295	303	298	289
4. 其他部門						
a. 服務業	11	12	13	13	13	13
b. 住宅	10	10	10	10	10	10
c. 農林漁牧	8	9	10	9	6	4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
全國總淨排放量	473	462	478	485	478	482
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	165	154	161	163	160	161
(部門方法)						
1. 能源產業	95	85	89	89	90	91
2. 製造業與營造業	75	70	78	82	79	82
3. 運輸	276	281	285	288	284	284
4. 其他部門						
a. 服務業	13	13	13	12	12	12
b. 住宅	10	10	10	10	10	10
c. 農林漁牧	5	3	3	3	3	3

溫室氣體占比方面，2013 年我國氧化亞氮以能源產業部門為最高，達總排放量之 46.35%，其次為運輸部門，占比為 40.57%，再次為製造業與營造業排放，達 12.10%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧，分別為 0.60%、0.19% 與 0.20%，詳見圖 3.2.5 及圖 3.2.6。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算我國能源燃燒之氧化亞氮排放，由表 3.2.9 可知，1990 年之排放量為 385 千公噸二氧化碳當量，至 2007 年達 1,080 千公噸二氧化碳當量，至 2009 年減少至 987 千公噸二氧化碳當量，2010 年又逐步回升，至 2011 年為 1,050

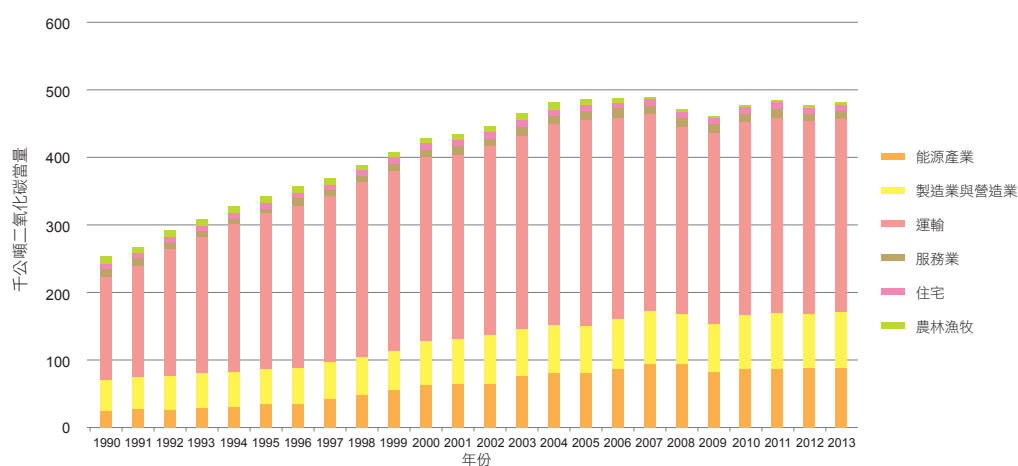


圖 3.2.3 臺灣 1990 至 2013 年能源部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢

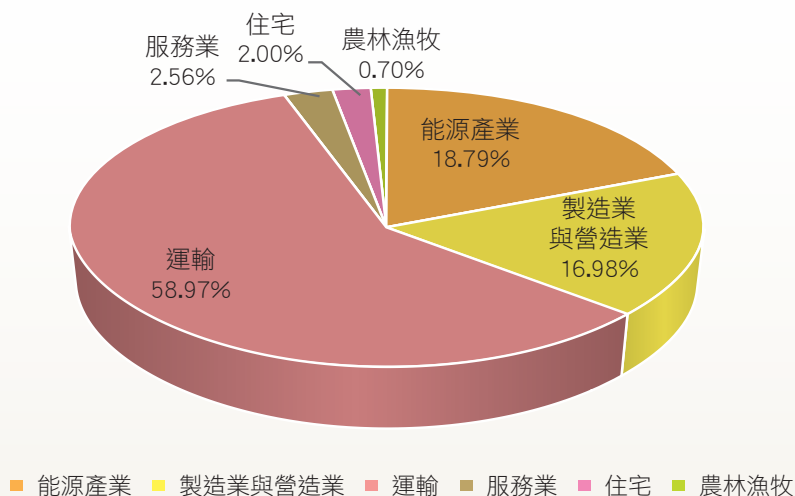


圖 3.2.4 臺灣 2013 年能源部門燃料燃燒甲烷排放部門占比

表 3.2.9 臺灣 1990 至 2013 年能源部門氧化亞氮排放量

(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
全國總淨排放量	537	578	652	703	739	772
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	385	416	451	498	519	545
(部門方法)						
1. 能源產業	138	158	183	207	221	239
2. 製造業與營造業	91	94	100	99	101	101
3. 運輸	291	309	353	382	402	418
4. 其他部門						
a. 服務業	8	8	7	5	7	5
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
全國總淨排放量	816	861	912	961	1,047	1,070
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	586	640	687	712	802	848
(部門方法)						
1. 能源產業	267	302	332	364	432	453
2. 製造業與營造業	105	107	111	113	125	127
3. 運輸	428	438	456	469	475	475
4. 其他部門						
a. 服務業	7	5	6	7	7	7
b. 住宅	2	2	2	3	3	3
c. 農林漁牧	7	6	5	5	6	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
全國總淨排放量	1,124	1,175	1,215	1,251	1,283	1,294
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	895	941	985	993	1,025	1,080
(部門方法)						
1. 能源產業	475	529	549	576	604	624
2. 製造業與營造業	137	133	135	132	137	149
3. 運輸	496	495	513	527	527	508
4. 其他部門						
a. 服務業	7	8	8	8	8	8
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	6	7	7	6	4	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
全國總淨排放量	1,238	1,200	1,237	1,253	1,232	1,227
I. 能源						
A. 燃料燃燒 (參考方法)	1,022	987	1,049	1,050	1,032	1,049
(部門方法)						
1. 能源產業	604	573	581	583	578	569
2. 製造業與營造業	139	131	144	151	144	148
3. 運輸	481	483	500	507	498	498
4. 其他部門						
a. 服務業	8	8	8	7	7	7
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	3	2	2	2	3	2

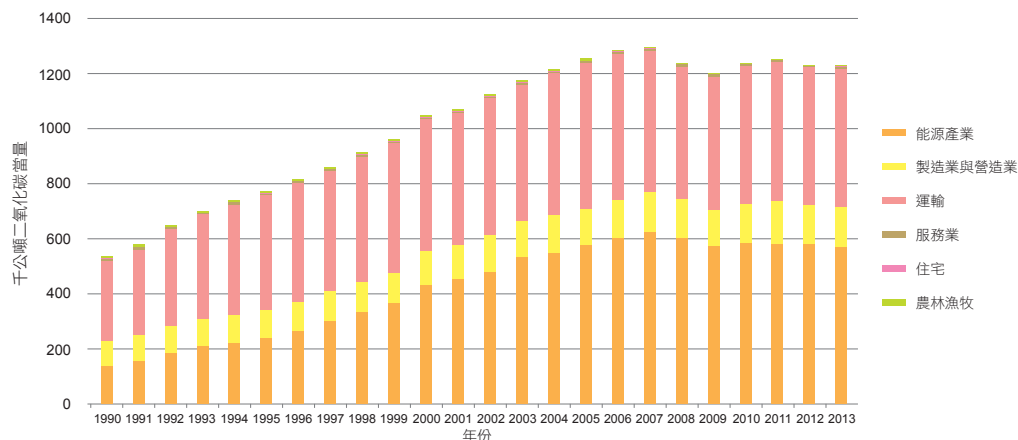


圖 3.2.5 臺灣 1990 至 2013 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

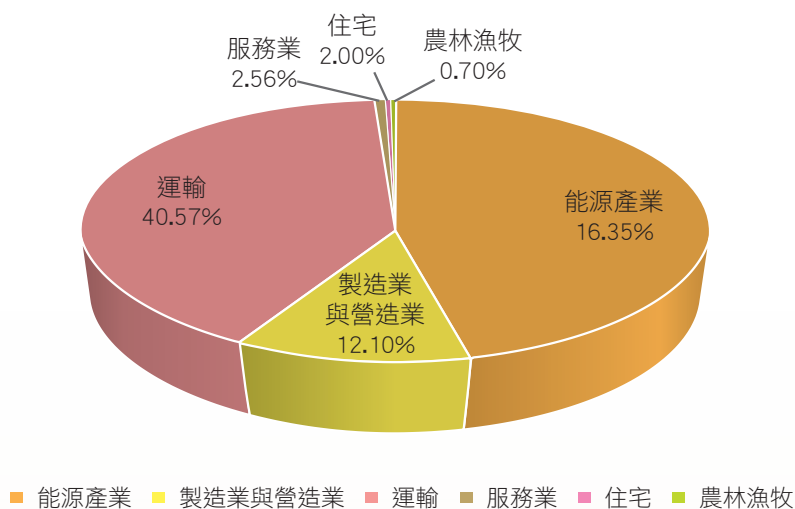


圖 3.2.6 臺灣 2013 年能源部門燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

千公噸二氧化碳當量，至 2013 年減少為 1,049 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2013 年年平均成長率為 4.34%，2012 年至 2013 年成長率為 1.59%。

(5) 完整性

臺灣自 1993 年起即每年更新我國能源有關二氧化碳排放量，遵照聯合國政府間氣候變

化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年發布之「國家溫室氣體清冊指南 (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)」計算方法及排放係數等相關規範，並考量我國能源平衡表資料特性進行修正，且逐年隨我國能源統計資料更新而作調整。

能源部門國家清冊除廢棄物部分自 1997 年起始有一般廢棄物總量資料蒐集，燃燒事業廢棄物之廢輪胎自 2002 年起始有相關資料蒐集，與生質能部分受限於歷史統計資料，生質能統計僅能追溯至 1997 年外，我國溫室氣體燃料燃燒統計自 1990 年至 2013 年均十分完整。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

為完善我國溫室氣體排放清冊編製作業及確保能源統計資料之數據品質，我國能源部門於 2015 年度，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）不確定性分析法及相關規範，並依我國現有燃料燃燒溫室氣體排放統計資料掌握情形，於 2014 年完成不確定性分析之可行性評估，規劃分階段推動作法。

(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。

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 2013 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「一致性」與「合理性」，以確保我國燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質。

(1) 「一致性」檢視方法

由於能源統計已為第一手資料，缺乏完整可對照之原始統計數據，燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據檢核工作之「一致性」檢視方法，以

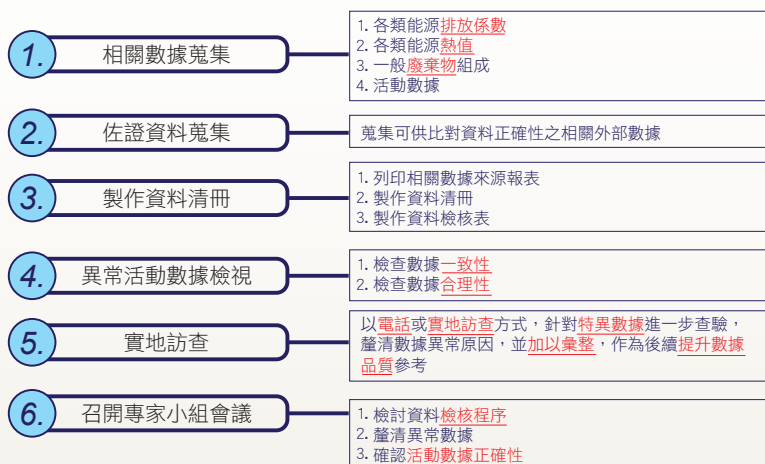


圖 3.2.7 燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據品質管理程序

「完整性」檢視方法取代較為合宜，未來將由能源統計端定期進行活動數據檢視，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. 燃料燃燒溫室氣體排放統計活動數據檢核之「合理性」檢視方法，當由能源統計端進行逐月檢視。
- B. 「合理性」檢視訂定明確之一致性檢視標準，變動範圍 5% 以上為合理之檢視標準。

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

能源部門燃料燃燒溫室氣體排放統計目前並無針對特定排放源改善計畫。

3.2.1 能源產業 (I.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、熱能工廠、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以下又可再細分為公用與自用發電廠、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下亦可再區分為固體燃料製造業與其他能源產業兩項。

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

表 3.2.10 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 能源產業

排放源		範疇定義
I.A.1	能源產業	包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。
	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	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 IA3bv 或 IB2a 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。

請參考附件一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」。

「石油煉製」活動數據請參考能源平衡表之能源部門自用—油氣礦業與煉油廠之加總；「固體燃料製造與其他能源產業」則為能源部門自用

—煤礦業、煉焦工場／煤製品業與高爐工場之加總；「固體燃料製造業」為能源部門自用—煉焦工場／煤製品業與高爐工場之加總；「其他能源產業」則僅包含能源部門自用—煤礦業。

(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 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為 49,118 千公噸二氧化碳

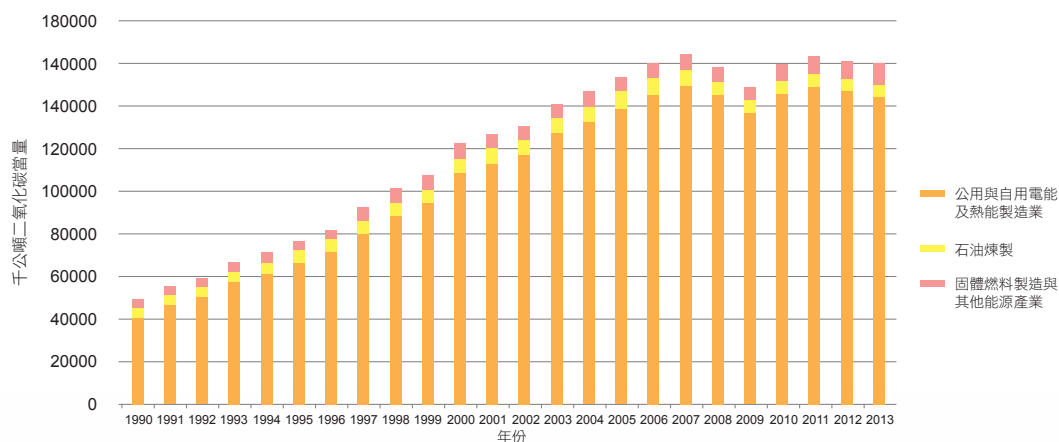


圖 3.2.8 臺灣 1990 至 2013 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

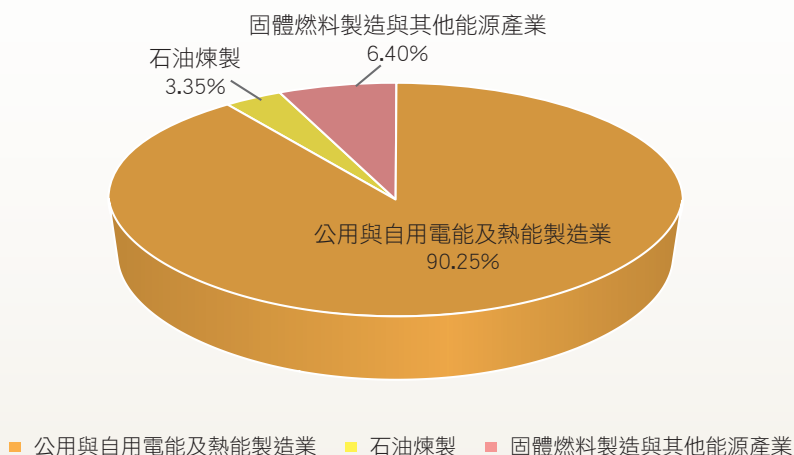


圖 3.2.9 臺灣 2013 年能源產業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.11 臺灣 1990 至 2013 年能源產業二氧化碳排放量

(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
能源產業	49,118	55,403	58,795	66,180	70,862	76,800
a. 公用與自用電能及熱能製造業	39,543	46,143	49,891	56,736	60,648	66,239
i. 公用與自用發電廠	34,282	39,807	41,806	46,988	50,598	54,937
ii. 公用與自用汽電共生廠	5,262	6,337	8,085	9,748	10,050	11,302
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5,169	4,736	4,625	4,961	5,731	5,975
c. 固體燃料製造與其他能源產業	4,406	4,524	4,272	4,483	4,483	4,585
i. 固體燃料製造業	4,387	4,506	4,269	4,482	4,482	4,584
ii. 其他能源產業	19	18	4	1	1	1
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
能源產業	81,519	92,436	100,959	107,029	122,157	126,437
a. 公用與自用電能及熱能製造業	70,916	79,756	87,898	94,225	108,068	112,667
i. 公用與自用發電廠	57,947	64,483	71,780	75,230	81,363	83,527
ii. 公用與自用汽電共生廠	12,969	15,273	16,118	18,995	26,705	29,140
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6,068	6,088	6,077	6,453	7,051	7,025
c. 固體燃料製造與其他能源產業	4,534	6,592	6,984	6,347	7,025	6,743
i. 固體燃料製造業	4,533	6,591	6,984	6,316	6,829	6,705
ii. 其他能源產業	0	0	1	32	195	38
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
能源產業	130,556	140,966	146,638	153,821	160,602	164,426
a. 公用與自用電能及熱能製造業	117,200	127,232	131,921	138,487	145,237	149,603
i. 公用與自用發電廠	87,115	91,864	93,526	99,432	105,892	107,374
ii. 公用與自用汽電共生廠	30,085	35,369	38,395	39,055	39,345	42,229
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6,497	6,709	7,507	8,325	7,969	7,256
c. 固體燃料製造與其他能源產業	6,858	7,023	7,209	7,006	7,396	7,567
i. 固體燃料製造業	6,815	6,983	7,170	6,966	7,362	7,530
ii. 其他能源產業	43	40	39	39	34	37
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
能源產業	158,464	148,914	159,910	163,547	161,112	160,239
a. 公用與自用電能及熱能製造業	145,161	136,701	145,902	149,012	146,799	144,612
i. 公用與自用發電廠	107,131	99,334	106,823	109,878	109,702	106,174
ii. 公用與自用汽電共生廠	38,030	37,367	39,078	39,134	37,098	38,438
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6,049	5,965	5,966	5,684	5,829	5,364
c. 固體燃料製造與其他能源產業	7,254	6,247	8,043	8,851	8,484	10,263
i. 固體燃料製造業	7,216	6,210	8,005	8,811	8,448	10,224
ii. 其他能源產業	38	38	38	40	36	38

化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2007 年為 164,426 千公噸二氧化碳當量，2008 年與 2009 年微幅減少至 148,914 千公噸二氧化碳當量，2010 年又微幅上升，至 2011 年達 163,547 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 161,112 千公噸二氧化碳當量，2013 年又減少至 160,239 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 0.54%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 90.25% 為最高，詳見圖 3.2.8、3.2.9 與表 3.2.11。

B. 甲烷

臺灣能源產業 1990 年按部門方法計算之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 95 千公噸二氧化碳當量達最高，2009 年減少至 85 千公噸二氧化碳當量，2010 年後呈現增加趨勢，至 2013 年達 91 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 1.11%，排放占比以公用與自用電能及熱能製造業 95.63% 為最高，詳見圖 3.2.10、圖 3.2.11 與表 3.2.12。

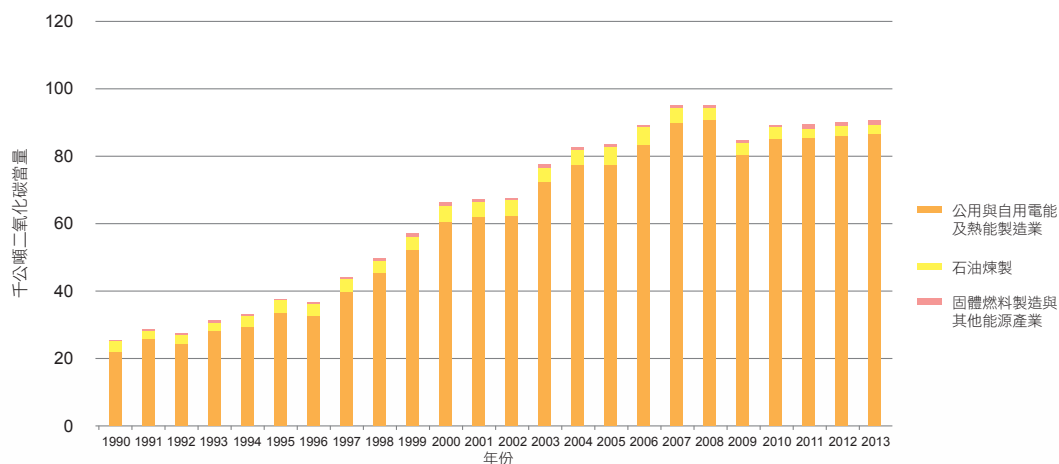


圖 3.2.10 臺灣 1990 至 2013 年能源產業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

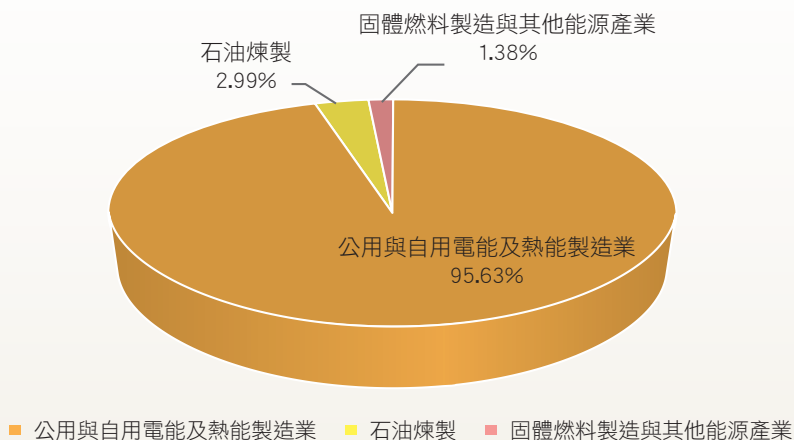


圖 3.2.11 臺灣 2013 年能源產業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.12 臺灣 1990 至 2013 年能源產業甲烷排放量

(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
能源產業	26	29	28	31	33	38
a. 公用與自用電能及熱能製造業	22	26	24	28	29	34
i. 公用與自用發電廠	20	24	22	25	26	30
ii. 公用與自用汽電共生廠	2	2	3	3	3	4
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	3	3	3	3	3	4
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
能源產業	37	44	50	57	66	67
a. 公用與自用電能及熱能製造業	33	40	45	52	61	62
i. 公用與自用發電廠	28	31	33	35	36	34
ii. 公用與自用汽電共生廠	4	9	12	17	25	28
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	4	4	4	4	5	5
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
能源產業	68	78	83	84	89	95
a. 公用與自用電能及熱能製造業	62	72	77	77	83	90
i. 公用與自用發電廠	33	34	33	35	38	38
ii. 公用與自用汽電共生廠	29	38	44	43	45	52
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	4	5	5	5	5	5
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
能源產業	95	85	89	89	90	91
a. 公用與自用電能及熱能製造業	91	80	85	85	86	87
i. 公用與自用發電廠	38	33	37	38	37	36
ii. 公用與自用汽電共生廠	53	47	48	48	49	51
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	4	4	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

C. 氧化亞氮

臺灣能源產業 1990 年按部門方法計算之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 624 千公噸二氧化碳當量達最高，2008 年減少至 604 千公噸二氧化碳當量，2009 年持續減少為 573 千公噸二氧化碳當量，2010 年又微幅上升至 581 千公噸二氧化碳當量，至 2011 年排放量達 583 千公噸二氧化碳當量，2012 年及 2013 年則呈現下

降趨勢，2013 年排放量為 569 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 1.56%，排放占比則以公用與自用電能及熱能製造業 99.01% 為最高，詳見圖 3.2.12、圖 3.2.13 與表 3.2.13。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

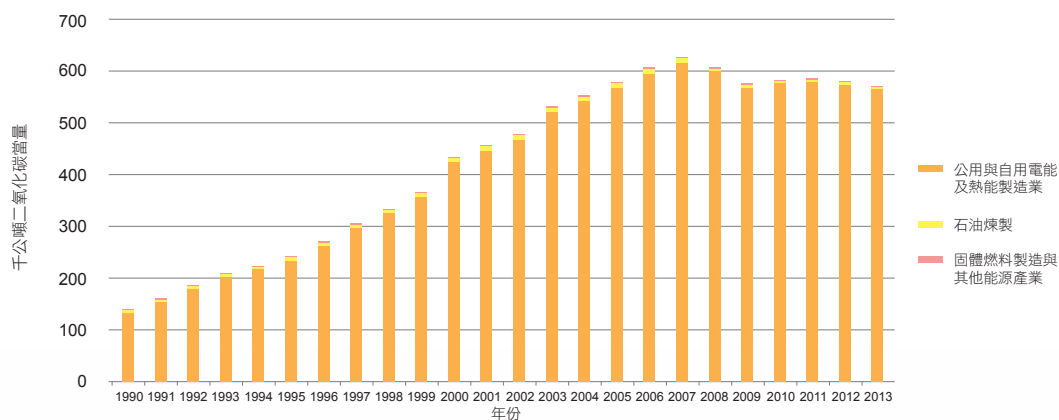


圖 3.2.12 臺灣 1990 至 2013 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

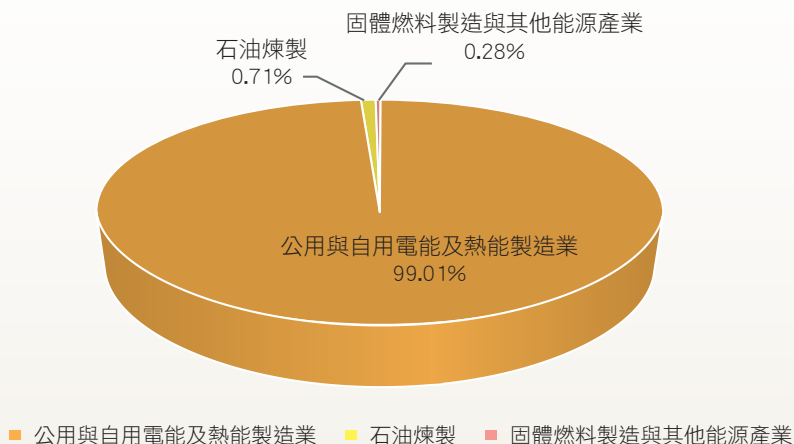


圖 3.2.13 臺灣 2013 年能源產業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.13 臺灣 1990 至 2013 年能源產業氧化亞氮排放量

(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
能源產業	138	158	183	207	221	239
a. 公用與自用電能及熱能製造業	131	153	178	202	215	232
i. 公用與自用發電廠	122	138	156	175	186	197
ii. 公用與自用汽電共生廠	9	14	22	27	29	34
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6	4	5	5	6	6
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
能源產業	267	302	332	364	432	453
a. 公用與自用電能及熱能製造業	260	295	324	355	422	443
i. 公用與自用發電廠	219	243	267	281	308	320
ii. 公用與自用汽電共生廠	41	52	57	75	114	124
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6	6	6	7	9	9
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
能源產業	475	529	549	576	604	624
a. 公用與自用電能及熱能製造業	466	519	539	565	593	614
i. 公用與自用發電廠	337	360	360	384	406	409
ii. 公用與自用汽電共生廠	129	159	179	181	187	205
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	8	9	9	10	9	8
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
能源產業	604	573	581	583	578	569
a. 公用與自用電能及熱能製造業	596	566	574	577	572	563
i. 公用與自用發電廠	401	378	386	393	392	372
ii. 公用與自用汽電共生廠	195	188	187	183	180	191
iii. 公用與自用熱能工廠	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	7	6	5	5	5	4
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	2
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	2
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 節不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.2.2 製造業與營造業 (I.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，可向下細分為：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

請參考附件一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、紙製品與印刷業」為工業部門—紙漿、紙及紙製品業；「食品飲料及菸草業」為工業部門—食品飲料及菸草業；「其他」則為工業部門扣除上述行業別之統計結果。

表 3.2.14 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 製造業與營造業

排放源		範疇定義
I.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 IA1c 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. 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 IA3eii 及 / 或 IA5 的建築排放重複計算。	

(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 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為 30,154 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2007 年最高，達 45,866 千公噸二氧化碳當量，至 2009 年微幅下降至 39,556 千公噸二氧化碳當量，其後漲跌互現，至 2011 年排放量達 44,894 千公

噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 43,253 千公噸二氧化碳當量，2013 年又增加至 44,562 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 3.03%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 44.10% 為最高，鋼鐵基本工業占 22.50%，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 4.41%、1.67% 與 0.56%，詳見圖 3.2.14、圖 3.2.15 與表 3.2.15。



圖 3.2.14 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

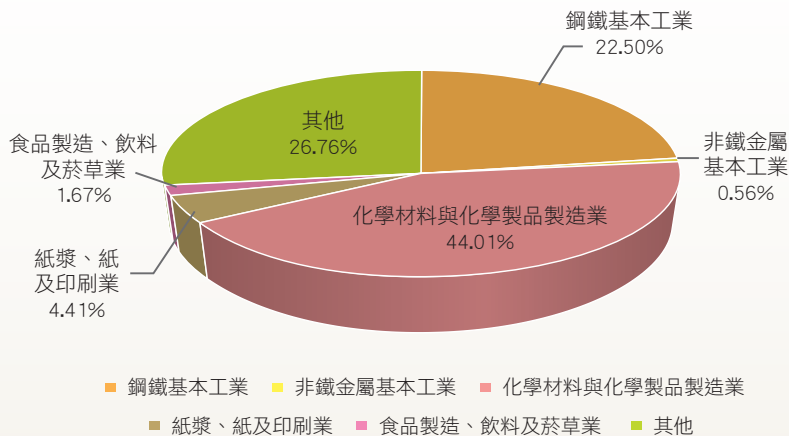


圖 3.2.15 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.15 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業二氧化碳排放趨勢

(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
製造業與營造業	30,154	31,656	33,121	33,405	34,380	34,996
a. 鋼鐵基本工業	4,877	5,282	5,289	5,836	5,856	5,925
b. 非鐵金屬基本工業	193	209	209	233	254	286
c. 化學材料製造業	6,444	6,481	7,516	7,699	8,300	8,712
d. 紙漿、紙製品與印刷業	2,049	2,148	2,241	2,130	2,246	2,310
e. 食品飲料及菸草業	1,504	1,434	1,464	1,413	1,384	1,358
f. 其他	15,087	16,102	16,402	16,094	16,339	16,405
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
製造業與營造業	36,051	37,818	38,551	39,854	43,064	42,158
a. 鋼鐵基本工業	5,820	7,455	7,783	7,997	8,608	7,681
b. 非鐵金屬基本工業	347	403	365	349	348	344
c. 化學材料製造業	9,216	9,354	10,106	10,850	13,599	14,933
d. 紙漿、紙製品與印刷業	2,397	2,495	2,350	2,270	2,011	1,869
e. 食品飲料及菸草業	1,391	1,392	1,392	1,520	1,479	1,303
f. 其他	16,880	16,718	16,554	16,867	17,020	16,027
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
製造業與營造業	44,935	43,559	43,974	42,654	43,945	45,866
a. 鋼鐵基本工業	7,996	7,694	8,230	7,687	8,367	8,057
b. 非鐵金屬基本工業	343	316	404	368	348	352
c. 化學材料製造業	15,973	15,282	16,849	16,604	18,224	21,287
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1,781	1,794	1,937	2,026	1,828	1,859
e. 食品飲料及菸草業	1,206	1,155	1,259	1,165	1,140	1,055
f. 其他	17,636	17,318	15,295	14,805	14,038	13,257
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
製造業與營造業	42,388	39,556	43,660	44,894	43,253	44,562
a. 鋼鐵基本工業	7,820	7,057	8,417	9,041	9,000	10,028
b. 非鐵金屬基本工業	316	241	276	272	257	248
c. 化學材料製造業	19,375	18,638	20,578	20,236	19,158	19,654
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1,716	1,643	1,729	1,963	2,007	1,966
e. 食品飲料及菸草業	973	987	1,028	998	837	743
f. 其他	12,188	10,989	11,633	12,384	11,995	11,923

B. 甲烷

臺灣製造業與營造業 1990 年按部門方法計算之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 2002 年達 71 千公噸二氧化碳當量，2003 年微幅下降至 70 千公噸二氧化碳當量，2004 年上升至 71 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2011 年排放量達 82 千公噸二氧化碳當量，2012 年減少至 79

千公噸二氧化碳當量，2013 年增加至 82 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 3.80%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 55.63% 為最高，鋼鐵基本工業占 11.37%，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 6.34%、0.86% 與 0.23%，詳見圖 3.2.16、圖 3.2.17 與表 3.2.16。

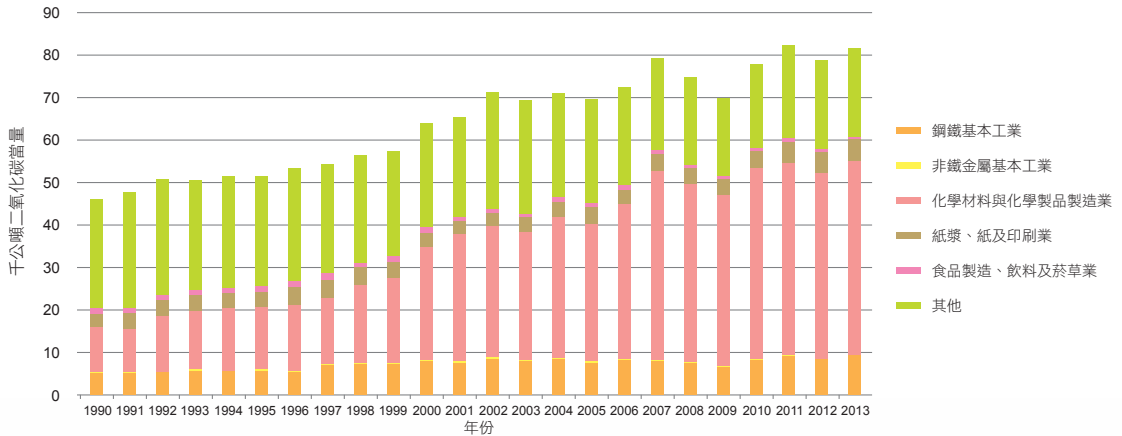


圖 3.2.16 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放量趨勢

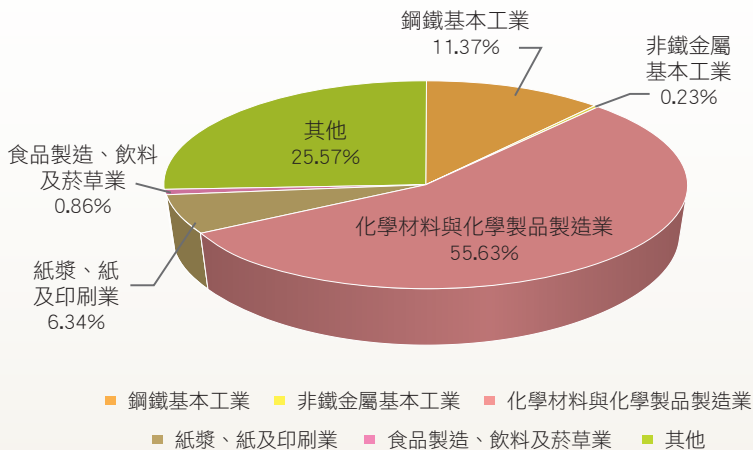


圖 3.2.17 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.16 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業甲烷排放量

(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
製造業與營造業	46	48	51	51	52	51
a. 鋼鐵基本工業	5	5	5	6	5	6
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	11	10	13	14	15	15
d. 紙漿、紙製品與印刷業	3	4	4	4	4	4
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1
f. 其他	26	27	27	26	26	26
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
製造業與營造業	53	54	57	57	64	66
a. 鋼鐵基本工業	5	7	7	7	8	8
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	16	16	18	20	27	30
d. 紙漿、紙製品與印刷業	4	4	4	4	3	3
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1
f. 其他	27	26	25	25	24	23
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
製造業與營造業	71	70	71	69	73	79
a. 鋼鐵基本工業	8	8	8	8	8	8
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	31	30	33	33	37	45
d. 紙漿、紙製品與印刷業	3	3	4	4	3	4
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1
f. 其他	27	27	24	24	23	22
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
製造業與營造業	75	70	78	82	79	82
a. 鋼鐵基本工業	7	7	8	9	8	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	45	45	44	46
d. 紙漿、紙製品與印刷業	4	4	4	5	5	5
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1
f. 其他	20	19	20	22	21	21

C. 氧化亞氮

臺灣製造業與營造業 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 91 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2002 年達 137 千公噸二氧化碳當量，2003 年微幅下降至 133 千公噸二氧化碳當量，後又持續上升至 2004 年 135 千公噸二氧化碳當量，其後互有增減，至 2011 年排放量達 151 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 144 千公噸二氧化碳當量，2013 年

又增加至 148 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 2.78%；排放占比以化學材料與化學製品製造業 55.43% 為最高，鋼鐵基本工業占 10.90%，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 6.23%、1.12% 與 0.27%，詳見圖 3.2.18、圖 3.2.19 與表 3.2.17。

(5) 完整性

請參照 3.2 節完整性論述。

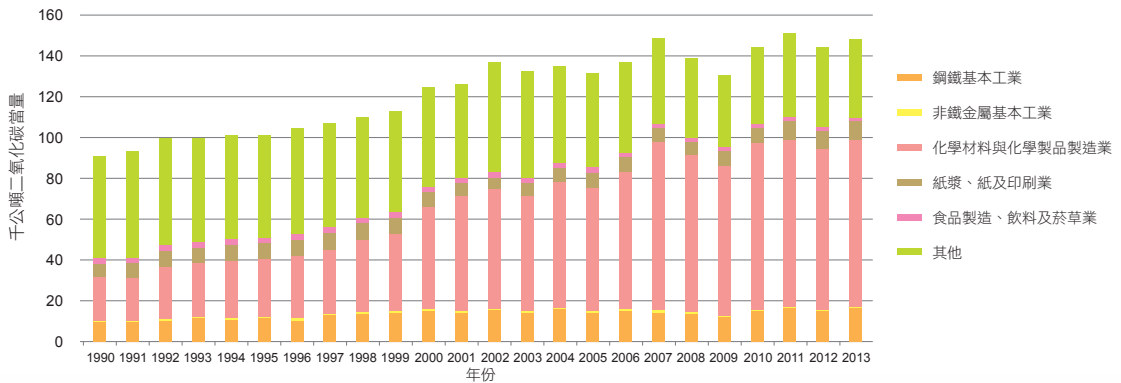


圖 3.2.18 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

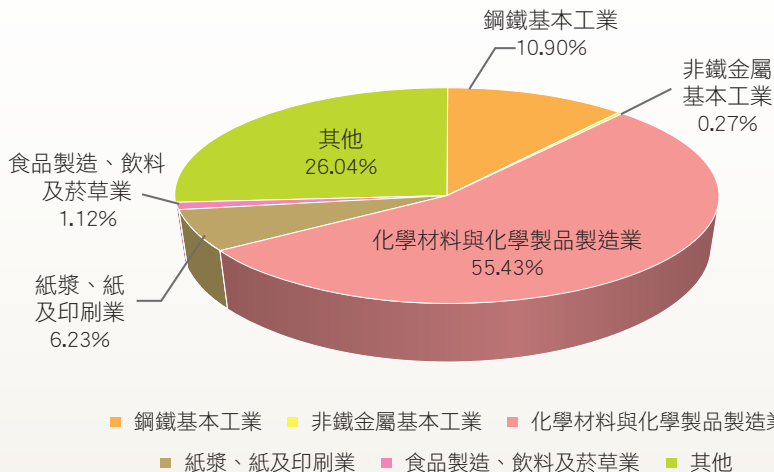


圖 3.2.19 臺灣 2013 年製造業與營造業燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.17 臺灣 1990 至 2013 年製造業與營造業氧化亞氮排放量

(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
製造業與營造業	91	94	100	99	101	101
a. 鋼鐵基本工業	10	10	10	11	11	11
b. 非鐵金屬基本工業	0	1	0	1	1	1
c. 化學材料製造業	21	21	26	27	28	29
d. 紙漿、紙製品與印刷業	6	7	8	7	7	8
e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	3	3	3
f. 其他	50	53	53	51	51	50
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
製造業與營造業	105	107	111	113	125	127
a. 鋼鐵基本工業	10	13	14	14	15	14
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	31	31	35	38	51	56
d. 紙漿、紙製品與印刷業	8	9	8	8	7	6
e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	3	3	3
f. 其他	52	50	50	49	49	47
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
製造業與營造業	137	133	135	132	137	149
a. 鋼鐵基本工業	15	14	16	14	15	14
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	58	56	62	61	68	82
d. 紙漿、紙製品與印刷業	6	6	7	7	7	7
e. 食品飲料及菸草業	3	3	3	3	3	2
f. 其他	54	53	47	47	44	42
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
製造業與營造業	139	131	144	151	144	148
a. 鋼鐵基本工業	13	12	15	16	15	16
b. 非鐵金屬基本工業	1	0	1	0	0	0
c. 化學材料製造業	77	74	82	82	79	82
d. 紙漿、紙製品與印刷業	7	7	7	9	9	9
e. 食品飲料及菸草業	2	2	2	2	2	2
f. 其他	39	35	37	41	39	39

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。

3.2.3 運輸 (I.A.3)

I. 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，可分為空運、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另於 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

請參考附件一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 年按部門方法計算之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

表 3.2.18 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 運輸

排放源		範疇定義
I.A.3	運輸	所有運輸活動油料燃燒之排放。
	a. 空運	包括起飛與著陸國內航空（服務業、私人、農業等）的排放，不包括 IA3e 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 IA4c、IA2 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 IA5。	

36,844 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量達 35,293 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 34,502 千公噸二氧化碳當量，2013 年又下降至 34,472 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 0.09%；排放占比以公路運輸 97.72% 為最高，航運其次，占 1.36%，空運占 0.69%、鐵路占 0.24%，詳見圖 3.2.20、圖 3.2.21 與表 3.2.19。

B. 甲烷

臺灣運輸部門 1990 年按部門方法計算之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，其後排放量互有增長，至 2011 年排放量達 288 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 284 千公噸二氧化碳當量，2013 年微幅增加至 284 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年

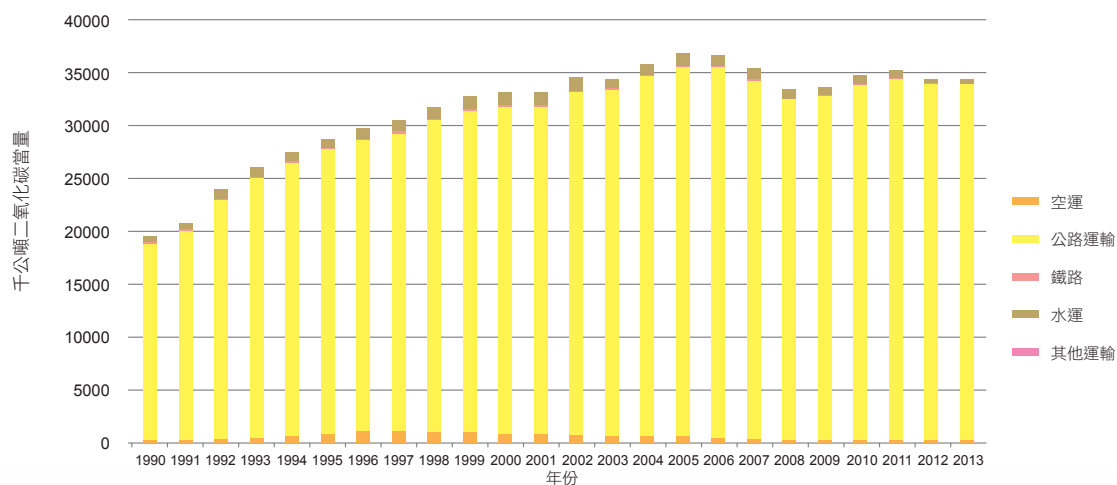


圖 3.2.20 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

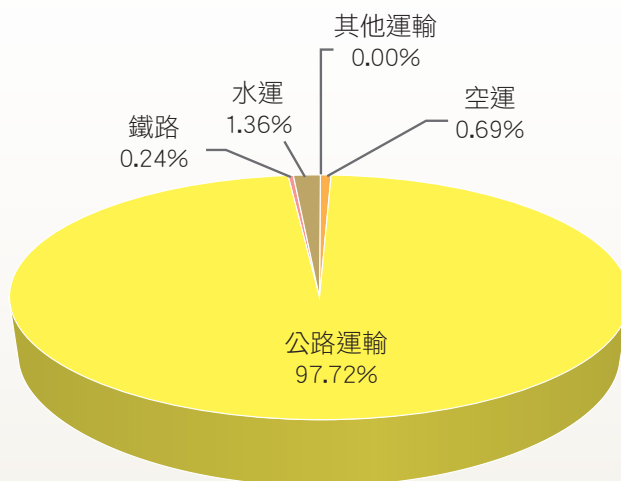


圖 3.2.21 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.19 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門二氧化碳排放量

(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
運輸	19,646	20,888	24,033	26,103	27,540	28,822
a. 空運	280	300	368	527	641	853
ii. 國內空運	280	300	368	527	641	853
b. 公路運輸	18,547	19,762	22,693	24,515	25,866	26,936
c. 鐵路	130	139	138	144	140	140
d. 水運	690	687	833	917	893	893
ii. 國內水運	690	687	833	917	893	893
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
運輸	29,801	30,536	31,844	32,772	33,207	33,246
a. 空運	1,072	1,075	1,025	1,052	903	828
ii. 國內空運	1,072	1,075	1,025	1,052	903	828
b. 公路運輸	27,615	28,290	29,570	30,370	30,956	30,942
c. 鐵路	132	129	126	133	123	118
d. 水運	982	1,042	1,124	1,217	1,226	1,360
ii. 國內水運	982	1,042	1,124	1,217	1,226	1,360
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
運輸	34,542	34,509	35,859	36,844	36,769	35,415
a. 空運	755	630	646	592	516	390
ii. 國內空運	755	630	646	592	516	390
b. 公路運輸	32,459	32,790	34,035	35,021	35,090	33,972
c. 鐵路	117	106	95	96	94	91
d. 水運	1,211	982	1,083	1,135	1,069	961
ii. 國內水運	1,211	982	1,083	1,135	1,069	961
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
運輸	33,394	33,711	34,824	35,293	34,502	34,472
a. 空運	259	228	231	257	259	237
ii. 國內空運	259	228	231	257	259	237
b. 公路運輸	32,267	32,619	33,648	34,149	33,678	33,685
c. 鐵路	90	74	82	83	83	83
d. 水運	778	790	863	804	483	467
ii. 國內水運	778	790	863	804	483	467
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0

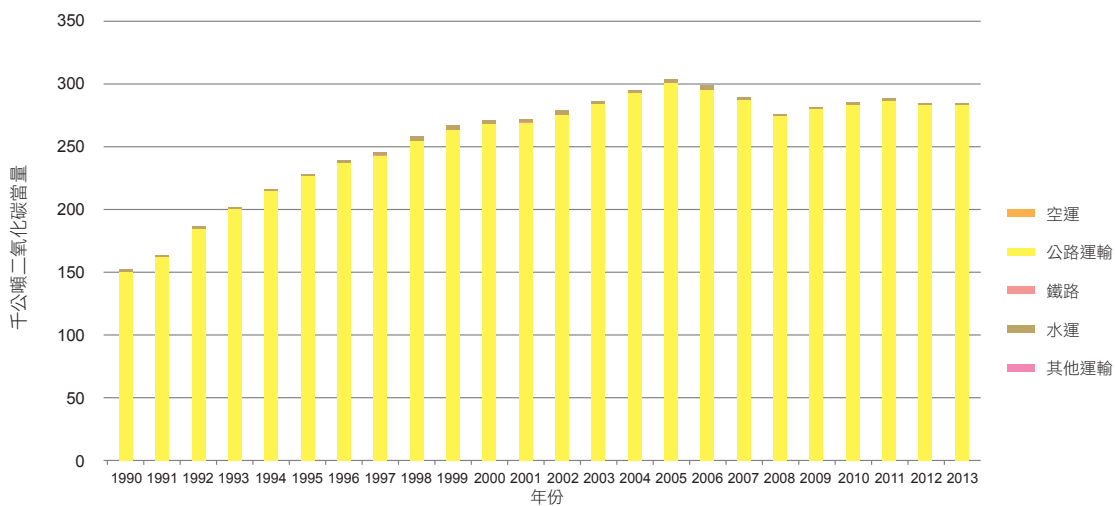


圖 3.2.22 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢

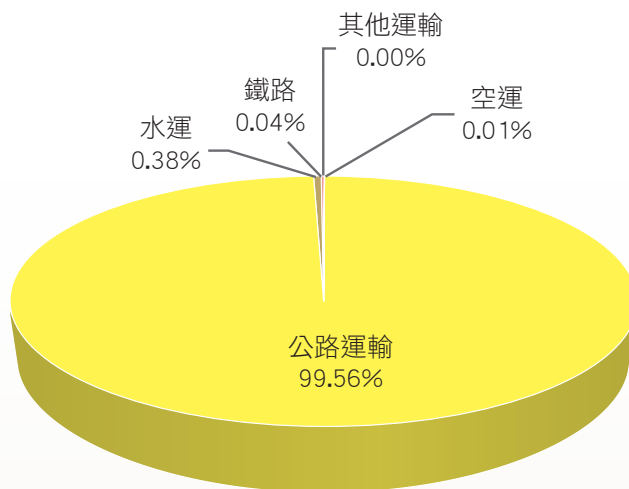


圖 3.2.23 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.20 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門甲烷排放量

(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
運輸	152	163	187	202	216	228
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	150	162	184	200	213	226
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	2	2	2	2
ii. 國內水運	2	2	2	2	2	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
運輸	239	245	257	266	270	272
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	237	243	254	263	267	269
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	3	3	3	3
ii. 國內水運	2	2	3	3	3	3
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
運輸	278	287	295	303	298	289
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	275	284	292	300	295	287
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0
d. 水運	3	2	2	3	2	2
ii. 國內水運	3	2	2	3	2	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
運輸	276	281	285	288	284	284
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	274	279	283	286	283	283
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	2	2	1	1
ii. 國內水運	2	2	2	2	1	1
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0

增加 0.14%；排放占比以公路運輸 99.56% 為最高，水運其次，占 0.38%，鐵路占 0.04%、空運為 0.01%，詳見圖 3.2.22、圖 3.2.23 與表 3.2.20。

C. 氧化亞氮

臺灣運輸部門 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 291 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2005 年達 527

千公噸二氧化碳當量，其後排放量或有增長，至 2011 年排放量達 507 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 498 千公噸二氧化碳當量，2013 年又微幅下降至 498 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年減少 0.04%；排放占比以公路運輸 96.96% 為最高，鐵路其次，占 1.91%，空運占 0.40%、水運為 0.74%，詳見圖 3.2.24、圖 3.2.25 與表 3.2.21。

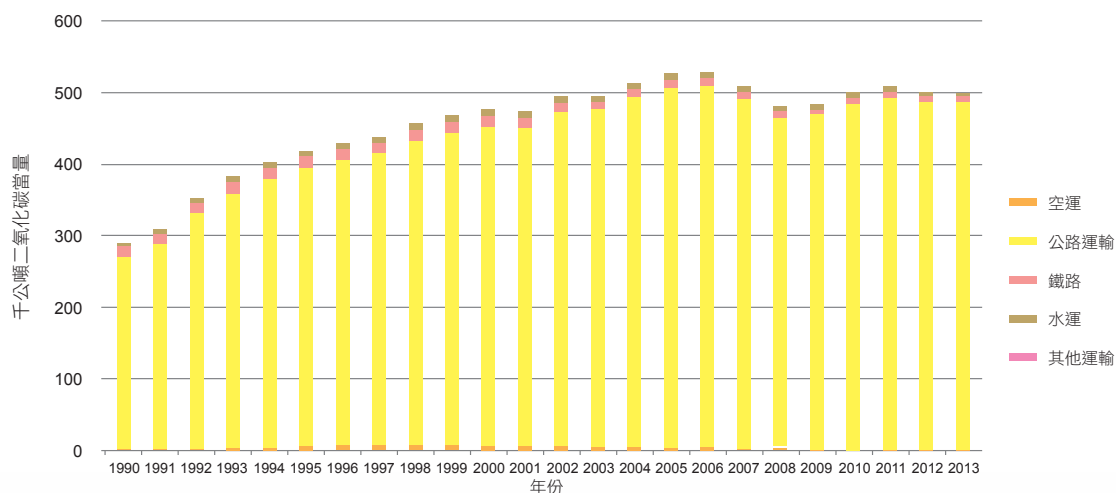


圖 3.2.24 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

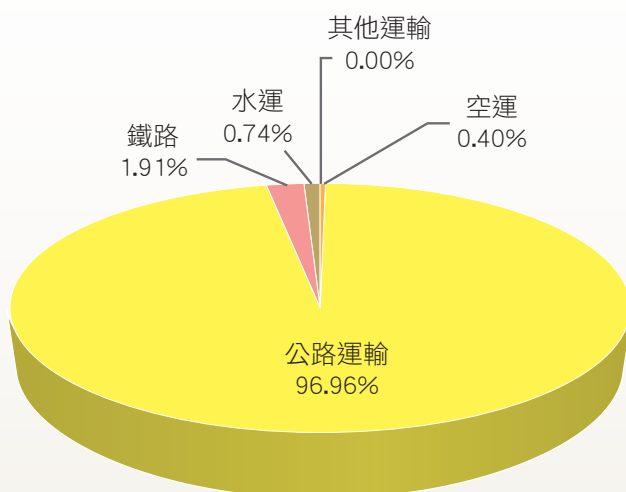


圖 3.2.25 臺灣 2013 年運輸部門燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.21 臺灣 1990 至 2013 年運輸部門氧化亞氮排放量

(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
運輸	291	309	353	382	402	418
a. 空運	2	3	3	4	5	7
ii. 國內航空	2	3	3	4	5	7
b. 公路運輸	268	285	328	354	373	388
c. 鐵路	15	16	16	17	16	16
d. 水運	5	5	6	7	7	7
ii. 國內水運	5	5	6	7	7	7
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
運輸	428	438	456	469	475	475
a. 空運	9	9	9	9	8	7
ii. 國內航空	9	9	9	9	8	7
b. 公路運輸	396	406	424	436	444	443
c. 鐵路	15	15	14	15	14	14
d. 水運	8	8	9	10	10	11
ii. 國內水運	8	8	9	10	10	11
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
運輸	496	495	513	527	527	508
a. 空運	6	5	5	5	4	3
ii. 國內航空	6	5	5	5	4	3
b. 公路運輸	466	470	488	502	504	487
c. 鐵路	13	12	11	11	11	10
d. 水運	10	8	8	9	8	8
ii. 國內水運	10	8	8	9	8	8
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
運輸	481	483	500	507	498	498
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	462	466	482	489	483	483
c. 鐵路	10	9	9	10	9	9
d. 水運	6	6	7	6	4	4
ii. 國內水運	6	6	7	6	4	4
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0

(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。

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(服務業、住宅、農林漁牧) (I.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/機構、住宅，以及農林漁業之燃料燃燒排放，其中，農林漁業包括農、林、內陸、沿海、

深海魚釣業之接駁工具、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

請參考附件一能源平衡表統計數據，其中「服務業/機構」為服務業部門；「住宅」為住宅部門；「農林漁」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

臺灣服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為 10,572 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年減少至 1995 年達 9,820 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，2000

表 3.2.22 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 服務業、住宅、農林漁牧

排放源		範疇定義
I.A.4	其他部門	所有敘述於下的燃燒活動之排放。
	a. 服務業/機構	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。

年排放量為 10,937 千公噸二氧化碳當量，2005 年為 11,883 千公噸二氧化碳當量，2010 年排放量為 9,881 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量為 9,769 千公噸二氧化碳當量，2013 年排放量為 9,835 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 0.68%；排放占比部分，2013 年占比較高者為住宅部門 47.27%、其次為服務業部門 42.47%，再次為農林漁牧的 10.26%，詳見圖 3.2.26、圖 3.2.27 與表 3.2.23。

B. 甲烷

臺灣服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒甲烷總排放量為 30 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，至 2004 年排放量為 33 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量為 25 千公噸二氧化碳當量，2013 年排放量增加至 25 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 1.00%；排放占比部分，2013 年占比較高者為服務業部門 48.68%、



圖 3.2.26 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

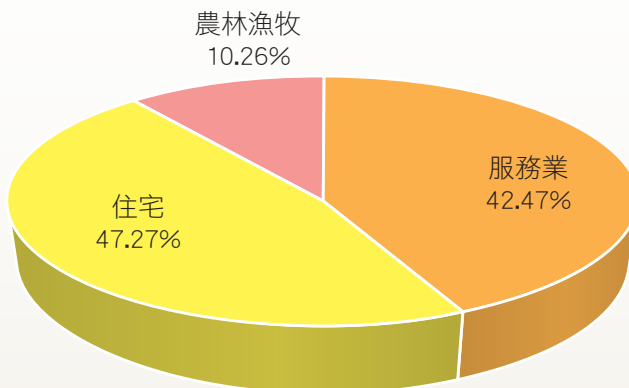


圖 3.2.27 臺灣 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒二氧化碳排放量占比

表 3.2.23 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門二氧化碳排放量

(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
4. 其他部門	10,572	10,466	10,107	9,523	10,200	9,820
a. 服務業	3,621	3,529	2,989	2,490	3,018	2,445
b. 住宅	4,005	4,238	4,446	4,359	4,461	4,597
c. 農林漁牧	2,946	2,700	2,672	2,675	2,721	2,777
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4. 其他部門	10,733	9,809	9,940	10,605	10,937	11,198
a. 服務業	3,175	2,483	2,948	3,155	3,220	3,562
b. 住宅	4,754	4,851	4,952	5,410	5,354	5,181
c. 農林漁牧	2,805	2,475	2,041	2,040	2,362	2,455
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
4. 其他部門	11,058	11,641	12,041	11,883	10,752	10,162
a. 服務業	3,493	3,961	4,118	4,233	4,248	4,192
b. 住宅	5,107	4,869	4,947	5,023	4,857	4,879
c. 農林漁牧	2,459	2,811	2,977	2,626	1,646	1,091
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
4. 其他部門	10,387	9,999	9,881	9,712	9,769	9,835
a. 服務業	4,201	4,226	4,203	3,961	3,958	4,177
b. 住宅	4,820	4,775	4,737	4,814	4,770	4,649
c. 農林漁牧	1,365	998	941	937	1,041	1,009



圖 3.2.28 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放量趨勢

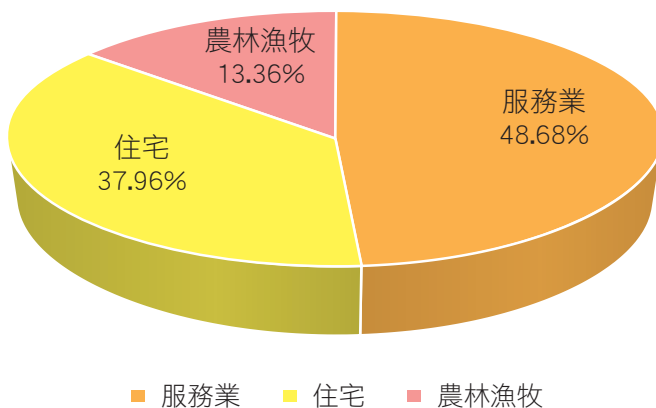


圖 3.2.29 臺灣 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒甲烷排放量占比

表 3.2.24 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門甲烷排放量

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

其次為住宅部門 37.96%，再次為農林漁牧的 13.36%，詳見圖 3.2.28、圖 3.2.29 與表 3.2.24。

C. 氧化亞氮

臺灣服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 17 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，至 2005 年排放量為 17 千公噸二氧化碳當量，2010 年排放量為 12 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量為 12 千公噸二氧化碳當量，2013 年排放量微幅增加至 12

千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 1.45%；排放占比部分，2013 年占比較高者為服務業部門 60.94%、其次為農林漁牧 20.06%，再次為住宅部門的 19.00%，詳見圖 3.2.30、圖 3.2.31 與表 3.2.25。

(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。

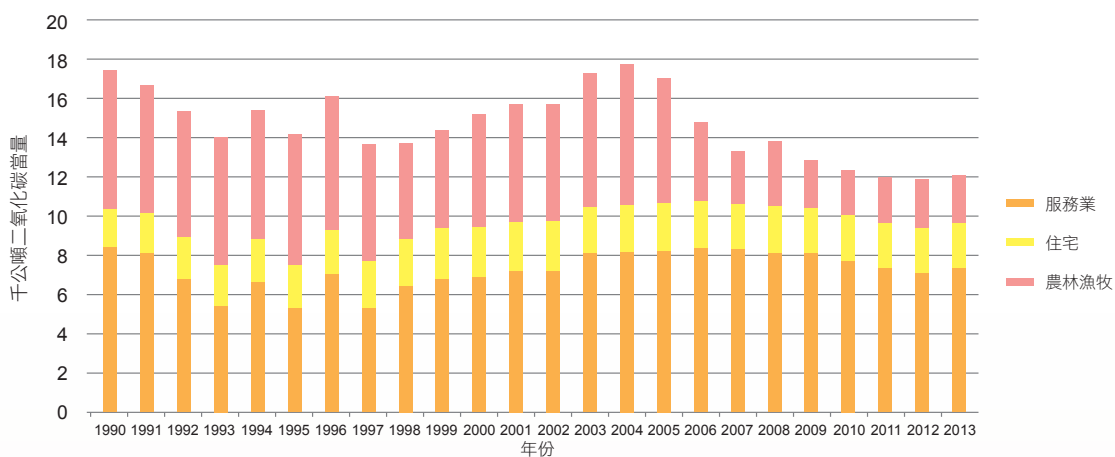


圖 3.2.30 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

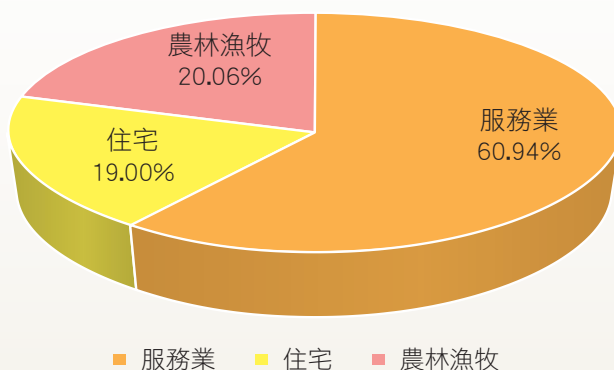


圖 3.2.31 臺灣 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門燃料燃燒氧化亞氮排放量占比

表 3.2.25 臺灣 1990 至 2013 年服務業、住宅、農林漁牧部門氧化亞氮排放量

(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
4. 其他部門	17	17	15	14	15	14
a. 服務業	8	8	7	5	7	5
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	7	6	6	6	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4. 其他部門	16	14	14	14	15	16
a. 服務業	7	5	6	7	7	7
b. 住宅	2	2	2	3	3	3
c. 農林漁牧	7	6	5	5	6	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
4. 其他部門	16	17	18	17	15	13
a. 服務業	7	8	8	8	8	8
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	6	7	7	6	4	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
4. 其他部門	14	13	12	12	12	12
a. 服務業	8	8	8	7	7	7
b. 住宅	2	2	2	2	2	2
c. 農林漁牧	3	2	2	2	3	2

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 節 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 節特定排放源的重新計算規劃。

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 節特定排放源改善計畫。

3.2.5 其他

1. 統計範疇

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

3.2.6 部門方法與參考方法的比較

國際間於統計燃料燃燒之二氧化碳排放時，參考方法可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。

表 3.2.26 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較

年	參考方法統計結果 (公噸)(A)	部門方法統計結果 (公噸)(B)	計算方法差異 (%) $C=(A/B) * 100 - 100$
1990	109,533,296	109,490,635	0.04%
1991	118,933,872	118,413,784	0.44%
1992	126,210,277	126,056,151	0.12%
1993	137,922,171	135,211,928	2.00%
1994	144,475,179	142,982,197	1.04%
1995	151,648,317	150,437,101	0.81%
1996	159,796,879	158,104,074	1.07%
1997	173,561,845	170,598,552	1.74%
1998	186,690,542	181,294,220	2.98%
1999	194,005,085	190,259,896	1.97%
2000	213,524,612	209,364,396	1.99%
2001	216,506,654	213,038,644	1.63%
2002	226,636,456	221,091,649	2.51%
2003	232,891,359	230,675,180	0.96%
2004	245,896,537	238,513,269	3.10%
2005	249,977,888	245,201,502	1.95%
2006	256,905,321	252,068,009	1.92%
2007	263,982,414	255,868,559	3.17%
2008	248,796,972	244,631,556	1.70%
2009	236,991,142	232,180,698	2.07%
2010	255,290,864	248,275,761	2.83%
2011	261,761,654	253,445,854	3.28%
2012	254,814,303	248,636,604	2.48%
2013	255,851,869	249,107,779	2.71%

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。臺灣燃料燃燒計算部門方法與參考方法之差距為 2.71%，低於 2006 IPCC 指南建議的 5.0% 差異值。

3.2.7 國際運輸燃料

1. 統計範疇

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

2. 方法論議題

(1) 燃料燃燒二氧化碳排放計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件一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

臺灣國際運輸燃料 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為 6,551 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1999 年達 17,589 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量達 11,075 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 9,957 千公噸二氧化碳當量，2013 年則增加至 10,467 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 5.12%；排放占比以國際航空 62.93% 為高，國際海運則占 37.07%，詳見圖 3.2.32、圖 3.2.33 與表 3.2.28。

B. 甲烷

臺灣國際運輸燃料 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒甲烷總排放量為 5 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1999 年達 13 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量降至 6 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 5 千公噸（4730）二氧化碳當量，2013 年微幅增加至 5 千公噸（4930）二氧化碳當量，較 2012 年增加 3.96%；排放占比以國際海運 76.63% 為最高，國際航空則占 23.37%，詳見圖 3.2.34、圖 3.2.35 與表 3.2.29。

表 3.2.27 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇 - 國際運輸

運輸		所有運輸活動油料燃燒之排放
I.A.3	a. 空運	包括起飛與著陸國際航空（服務業、私人、農業等）的排放，不包括 IA3e 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。

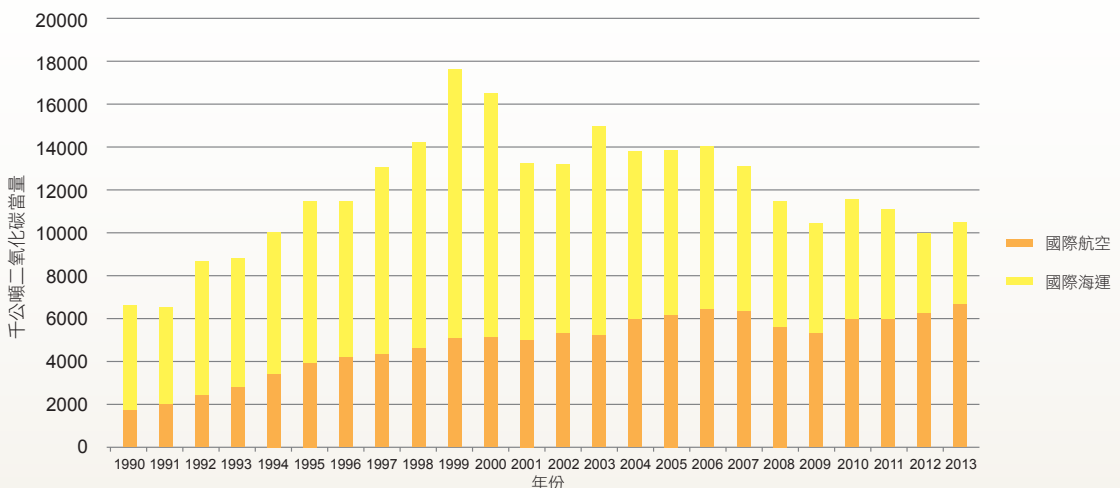


圖 3.2.32 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料燃燒二氧化碳排放量趨勢

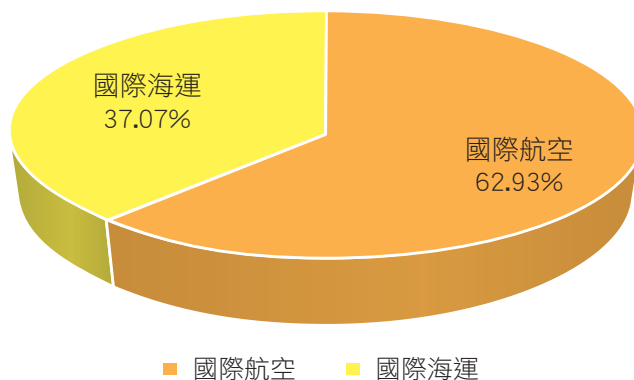


圖 3.2.33 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒二氧化碳排放占比

表 3.2.28 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料二氧化碳排放量

(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
國際運輸燃料	6,551	6,516	8,682	8,762	9,989	11,434
a. 國際航空	1,701	1,927	2,376	2,749	3,375	3,879
b. 國際海運	4,850	4,589	6,306	6,013	6,614	7,555
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
國際運輸燃料	11,483	13,016	14,214	17,589	16,500	13,203
a. 國際航空	4,146	4,289	4,558	5,035	5,094	4,982
b. 國際海運	7,338	8,727	9,656	12,554	11,405	8,221
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
國際運輸燃料	13,211	14,969	13,810	13,873	14,021	13,134
a. 國際航空	5,249	5,177	5,909	6,120	6,372	6,295
b. 國際海運	7,962	9,792	7,901	7,753	7,649	6,840
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
國際運輸燃料	11,452	10,466	11,571	11,075	9,957	10,467
a. 國際航空	5,556	5,251	5,925	5,910	6,212	6,586
b. 國際海運	5,895	5,215	5,646	5,165	3,746	3,880

C. 氧化亞氮

臺灣國際運輸燃料 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 25 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1999 年達 71 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量下降至 61 千公噸二氧化碳當量，2012 年下降至 60 千公噸二氧化碳當量，2013 年則增加至 64 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 6.67%；排放占比以國際航空 85.92% 為高，

國際海運則占 14.08%，詳見圖 3.2.36、圖 3.2.37 與表 3.2.30。

(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。

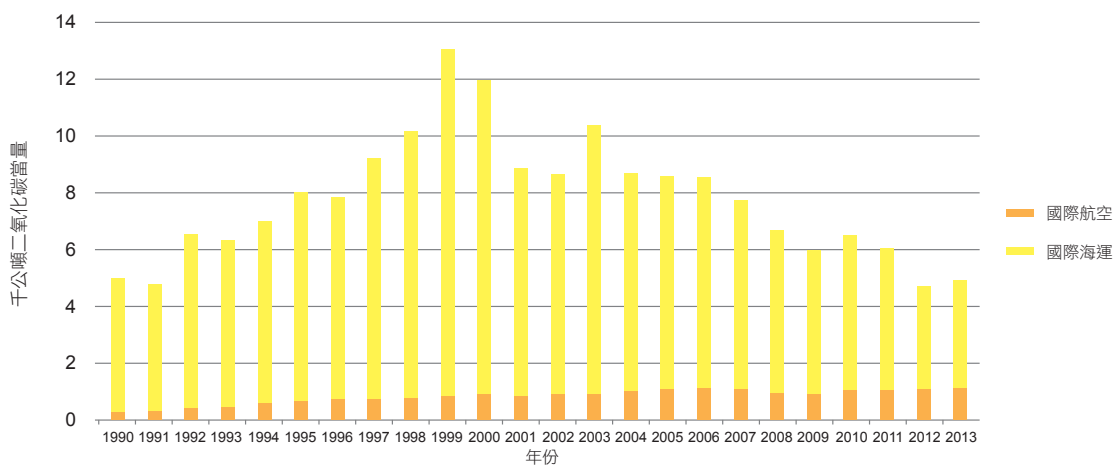


圖 3.2.34 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒甲烷排放量趨勢

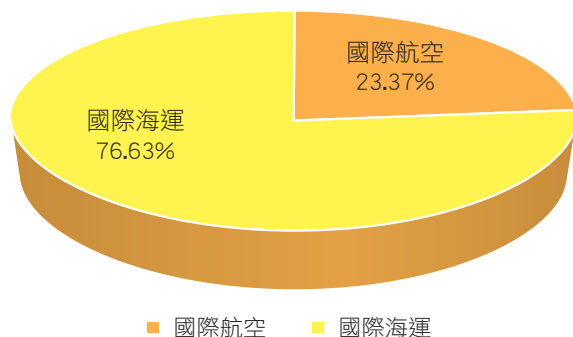


圖 3.2.35 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒甲烷排放占比

表 3.2.29 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料甲烷排放量

(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
國際運輸燃料	5	5	7	6	7	8
a. 國際航空	0	0	0	0	1	1
b. 國際海運	5	4	6	6	6	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
國際運輸燃料	8	9	10	13	12	9
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1
b. 國際海運	7	8	9	12	11	8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
國際運輸燃料	9	10	9	9	9	8
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1
b. 國際海運	8	10	8	8	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
國際運輸燃料	7	6	7	6	5	5
a. 國際航空	1	1	1	1	1	1
b. 國際海運	6	5	5	5	4	4

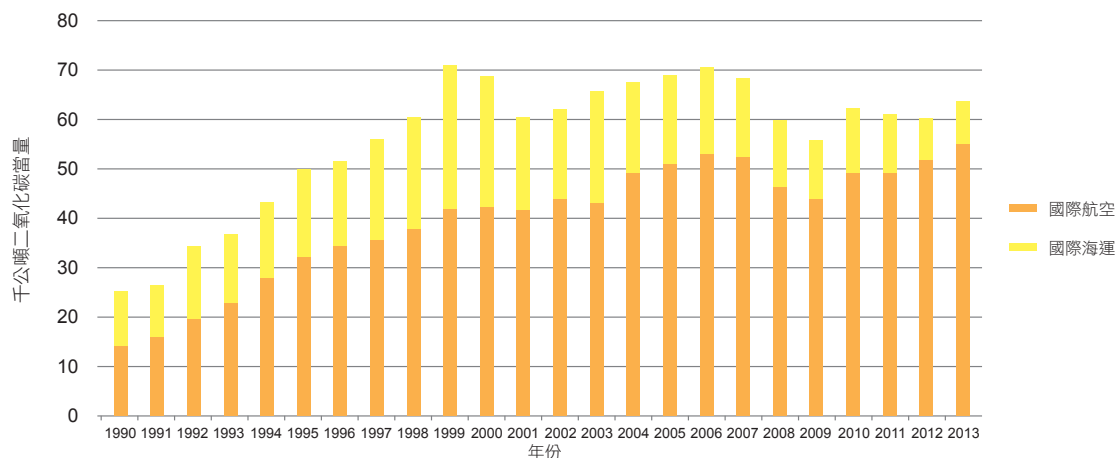


圖 3.2.36 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒氧化亞氮排放量趨勢

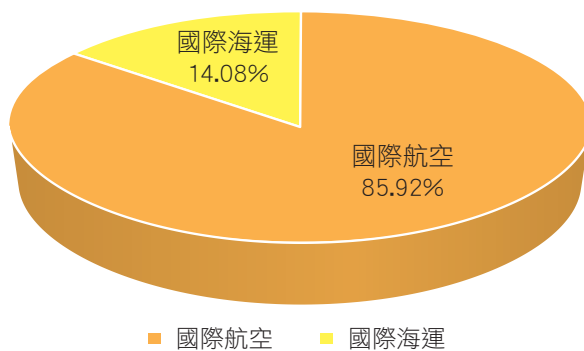


圖 3.2.37 臺灣 2013 年國際運輸燃料燃料燃燒氧化亞氮排放占比

表 3.2.30 臺灣 1990 至 2013 年國際運輸燃料氧化亞氮排放量

(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
國際運輸燃料	25	27	34	37	43	50
a. 國際航空	14	16	20	23	28	32
b. 國際海運	11	11	15	14	15	17
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
國際運輸燃料	52	56	60	71	69	61
a. 國際航空	35	36	38	42	42	42
b. 國際海運	17	20	22	29	26	19
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
國際運輸燃料	62	66	68	69	71	68
a. 國際航空	44	43	49	51	53	52
b. 國際海運	18	23	18	18	18	16
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
國際運輸燃料	60	56	62	61	60	64
a. 國際航空	46	44	49	49	52	55
b. 國際海運	14	12	13	12	9	9

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，我國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

請參考附件一能源平衡表之非能源消費統計數據。

(4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

A. 二氧化碳

臺灣非能源使用燃料燃燒溫室氣體排放扣減量，1990 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化

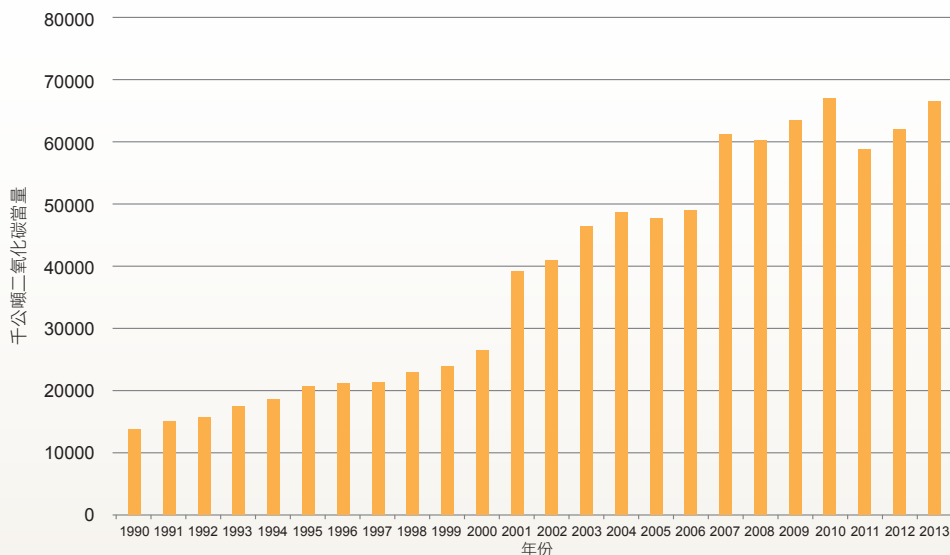


圖 3.2.38 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒二氧化碳扣減量趨勢

表 3.2.31 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用二氧化碳扣減量

(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
非能源消費	13,835	15,048	15,759	17,373	18,587	20,608
工業、轉變及能源部門	13,835	15,048	15,759	17,373	18,587	20,608
(石化原料用)	6,346	6,388	6,635	7,541	10,969	12,166
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
非能源消費	21,225	21,430	23,092	24,054	26,638	39,257
工業、轉變及能源部門	21,225	21,430	23,092	24,054	26,638	39,257
(石化原料用)	12,400	13,366	12,344	12,961	15,136	31,448
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
非能源消費	41,004	46,412	48,801	47,813	49,075	61,095
工業、轉變及能源部門	41,004	46,412	48,801	47,813	49,075	61,095
(石化原料用)	31,319	35,212	38,501	37,332	38,402	49,295
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
非能源消費	60,239	63,525	67,009	58,826	62,002	66,470
工業、轉變及能源部門	60,239	63,525	67,009	58,826	62,002	66,470
(石化原料用)	50,555	53,448	56,345	48,730	52,120	56,868
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0

碳總排放量為 13,835 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加趨勢至 2004 年達 48,801 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，2010 年扣減量為 67,009 千公噸二氧化碳當量，2012 年扣減量為 62,002 千公噸二氧化碳當量，2013 年扣減量為 66,470 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 7.21%。

B. 甲烷

臺灣非能源使用燃料燃燒溫室氣體排放扣減量，1990 年按部門方法計算之燃料燃燒甲烷總排放扣減量為 15 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加趨勢，至 2004 年為 51 千公噸二氧化碳當量，2010 年達 68 千公噸二氧化碳當量，

2011 年扣減量為 59 千公噸二氧化碳當量，2012 年扣減量為 63 千公噸二氧化碳當量，2013 年扣減量為 66 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 5.25%。

C. 氧化亞氮

臺灣非能源使用燃料燃燒溫室氣體排放扣減量，1990 年按部門方法計算之燃料燃燒氧化亞氮總排放扣減量為 34 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加趨勢，至 2010 年為 161 千公噸二氧化碳當量，2011 年扣減量為 139 千公噸二氧化碳當量，2012 年扣減量為 149 千公噸二氧化碳當量，2013 年扣減量為 156 千公噸二氧化碳當量，較 2012 年增加 4.82%。

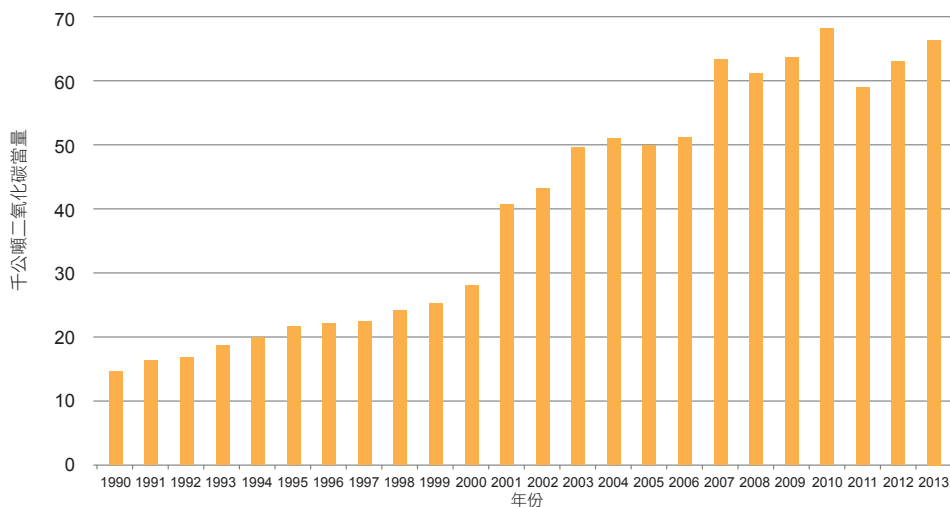


圖 3.2.39 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒甲烷扣減量趨勢

表 3.2.32 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用甲烷扣減量

(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
非能源消費	15	16	17	19	20	22
工業、轉變及能源部門	15	16	17	19	20	22
(石化原料用)	6	7	7	8	11	12
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
非能源消費	22	22	24	25	28	41
工業、轉變及能源部門	22	22	24	25	28	41
(石化原料用)	13	14	13	13	15	32
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
非能源消費	43	50	51	50	51	63
工業、轉變及能源部門	43	50	51	50	51	63
(石化原料用)	32	36	39	38	39	49
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
非能源消費	61	64	68	59	63	66
工業、轉變及能源部門	61	64	68	59	63	66
(石化原料用)	50	53	56	48	52	56
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0

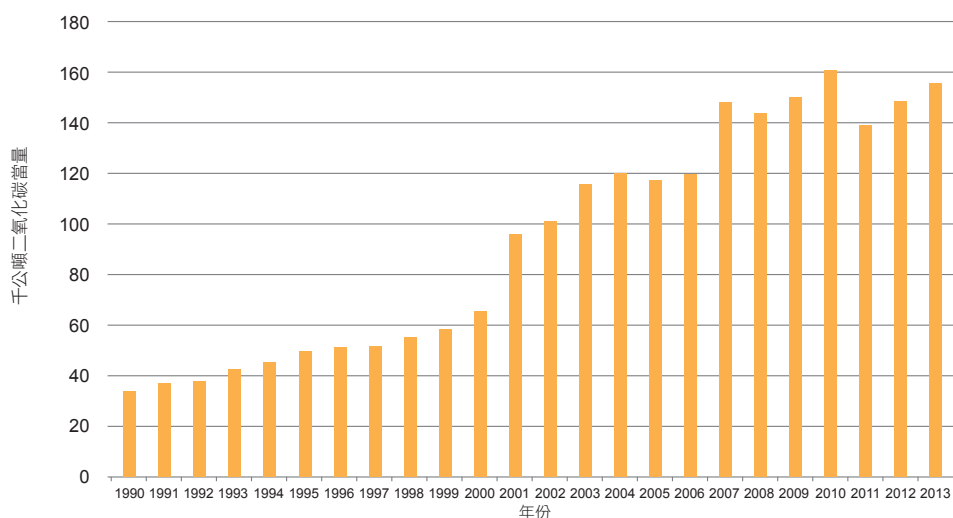


圖 3.2.40 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用燃料燃燒氧化亞氮扣減量趨勢

表 3.2.33 臺灣 1990 至 2013 年非能源使用氧化亞氮扣減量

(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
非能源消費	34	37	38	43	46	50
工業、轉變及能源部門	34	37	38	43	46	50
(石化原料用)	15	16	16	18	27	30
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1996	1997	1998	1999	2000	2001
非能源消費	51	52	56	58	66	96
工業、轉變及能源部門	51	52	56	58	66	96
(石化原料用)	30	33	30	32	37	77
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007
非能源消費	101	116	120	118	120	148
工業、轉變及能源部門	101	116	120	118	120	148
(石化原料用)	76	86	94	91	92	117
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013
非能源消費	144	150	161	139	149	156
工業、轉變及能源部門	144	150	161	139	149	156
(石化原料用)	119	125	134	114	124	131
運輸部門	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0

(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

依據國家清冊分類，我國逸散性排放指的是故意的或不經意的人為氣體排放，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，臺灣目前尚未統計此類活動。

參考文獻

1. IPCC, Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Work Book, 1996.
2. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, 2006.
3. 行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2015。
4. 經濟部能源局，能源統計手冊，2015。
5. 經濟部能源局，能源統計年報，2014。



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）
- 4.3 化學工業
- 4.4 金屬製程
- 4.5 燃料及溶劑使用的非能源產品
- 4.6 電子工業
- 4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用
- 4.8 其他產品之製造與使用
- 4.9 其他

第四章

工業製程及產品使用部門 (CRF SECTOR 2)

4.1 部門概述

有關臺灣工業製程及產品使用部門之溫室氣體排放情形，其排放源類別如表 4.1.1 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「燃料及溶劑使用的非能源產品」、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、甲烷、氧化亞氮、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 2013 年工業製程及產品使用部門排放量約 26,411 千公噸二氧化碳當量，以溫室氣體種類區分，主要排放為二氧化碳占 79.7%，其次為六氟化硫占 6.5%、氧化亞氮占 5.8%、氫氟碳化物占 3.7%、全氟碳化物占 3.5% 等含氟氣體，如圖 4.1.1 所示；以排放源類別區分，主要排放源為礦業（非金屬製程）占 37.4%、金屬工業占 34.3%，如圖 4.1.2 所示。

臺灣 1990 至 2013 年工業製程部門排放量如表 4.1.2 及圖 4.1.3 所示，其中 2013 年溫室氣體排放量 26,411 千公噸二氧化碳當量，相較 2012 年 23,823 千公噸二氧化碳當量，增加 2,588 千公噸二氧化碳當量，約上升 10.9%。

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類

排放源分類		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃	
2.A 礦業 (非金屬製程)	2.A.1 水泥生產	○							
	2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	生石灰生產	○						
		白雲石灰生產	NO						
	2.A.3 玻璃生產	○							
	2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	製陶	NA						
		其他蘇打粉（純鹼）使用	○						
		非冶鐵之氧化鎂生產	NO						
	2.A.5 其他	其他	○						
		玻璃纖維製品生產	○						
	2.B 化學工業	2.B.1 氮生產	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		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃	
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 燃料及溶劑使用的非能源產品	2.D.1 合成潤滑油使用		○						
	2.D.2 石蠟使用		○						
	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							
	2.D.4 其他	製鞋業							
		纖維織物印染業使用							
		印刷電路板製造程序							
	2.E 電子工業	2.E.1 積體電路或半導體				NE, ○	NE, ○	NE, ○	NE, ○
		2.E.2 TFT 平面顯示器				NE, ○	○	○	○
2.E.3 光電 (太陽能板)					IE	IE	IE		
2.E.4 熱傳流體		NA							
2.E.5 其他		NA							
2.F 破壞與氟層物質之替代品使用	2.F.1 冷凍及空調	冷凍及固定式空調				NE, ○			
		移動式空調				NE, ○			
	2.F.2 發泡劑					NE			
	2.F.3 滅火藥劑					○			
	2.F.4 空氣微粒					NE			
	2.F.5 溶劑					NE			
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：

- 本表僅針對聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南) 建議統計分類中, 其溫室氣體排放種類屬規範之七類氣體進行呈現, 並於各小節中詳細說明該分類製程、計算方法、及採用係數等; 其他雖屬指南建議統計分類, 如硫酸、溶劑使用等 12 項, 其排放溫室氣體種類因屬非甲烷揮發性有機物 (Non-Methane Volatile Organic Compounds, NMVOCs)、二氧化硫 (Sulphur Dioxide, SO₂) 等無法轉換或未受規範之溫室氣體, 無法納入溫室氣體排放統計結果, 故暫不進行呈現及說明。
- 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 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排放量最高分類，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，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2013年礦業（非金屬製程）排放量約9,880千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門45.0%，1990至2013年排放量如表4.2.1及圖4.2.1所示。

4.2.1 水泥生產（2.A.1）

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查水泥生產過程中所產生之二氧化碳，製程係以石灰石加入黏土、矽砂、鐵渣等副原料混合製成生料，並將生料送入旋窯煅燒及燒結再生成熟料，加入石膏研磨後製成水泥，其中二氧化碳主要來自煅燒過程排放。

2. 方法論議題：

（1）計算方法

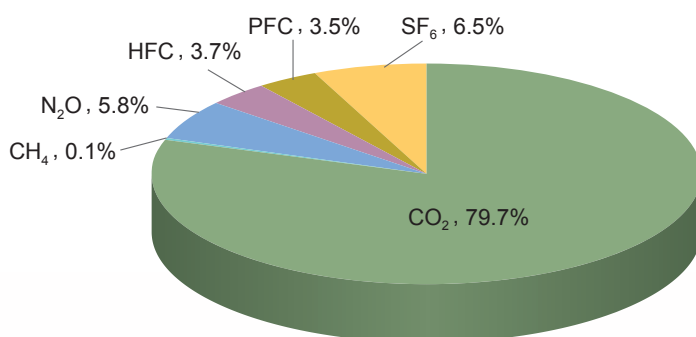


圖 4.1.1 臺灣 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

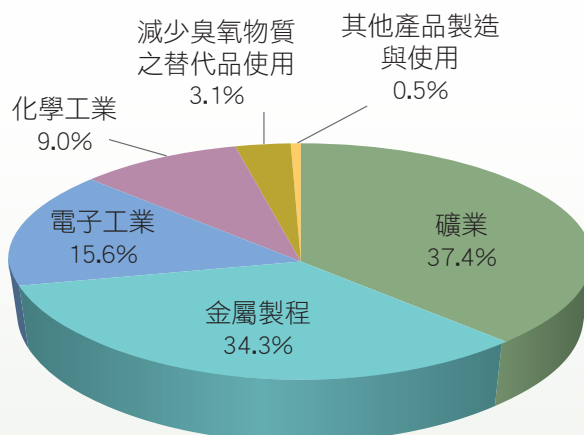


圖 4.1.2 臺灣 2013 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.2 臺灣 1990 至 2013 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	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	其他產品之 製造與使用	其他	
1990	8,546	563	3,655	0.00006	NE	NE	IE	2	
1991	8,547	539	4,099	0.00006	NE	NE	IE	2	
1992	9,500	565	3,791	0.00006	NE	NE	IE	2	
1993	10,729	609	4,266	0.00007	NE	NE	IE	2	
1994	13,257	762	4,152	0.00009	NE	NE	IE	2	
1995	12,659	850	4,274	0.00008	NE	NE	IE	2	
1996	12,663	992	4,405	0.00008	NE	NE	IE	2	
1997	13,412	1,020	5,946	0.00008	NE	NE	IE	2	
1998	11,581	1,003	6,484	0.00009	NE	NE	IE	2	
1999	10,762	1,075	5,983	0.00009	129	NE	IE	2	
2000	9,582	1,143	6,628	0.00008	143	NE	IE	2	
2001	7,856	1,232	7,048	0.00007	3,971	NE	IE	2	
2002	10,762	1,313	8,508	0.00008	5,544	NE	1,943	2	
2003	10,505	1,384	8,585	0.00009	6,212		401	1,943	2
2004	11,023	1,485	8,769	0.00011	6,841		682	2,053	2
2005	11,637	1,552	7,659	0.00010	5,986		996	1,503	2
2006	11,332	1,530	8,360	0.00007	6,423		896	770	2
2007	10,276	1,654	8,300	0.00007	6,024		922	953	2
2008	9,271	1,457	7,922	0.00007	3,987		928	895	2
2009	8,363	1,514	6,616	0.00006	3,463		812	703	2
2010	8,396	1,599	8,642	0.00005	3,929		770	295	2
2011	9,591	1,637	7,775	0.00004	3,787		881	282	2
2012	9,170	1,503	7,960	0.00004	3,169		783	186	2
2013	9,880	1,572	9,071	0.00005	4,115		812	142	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。

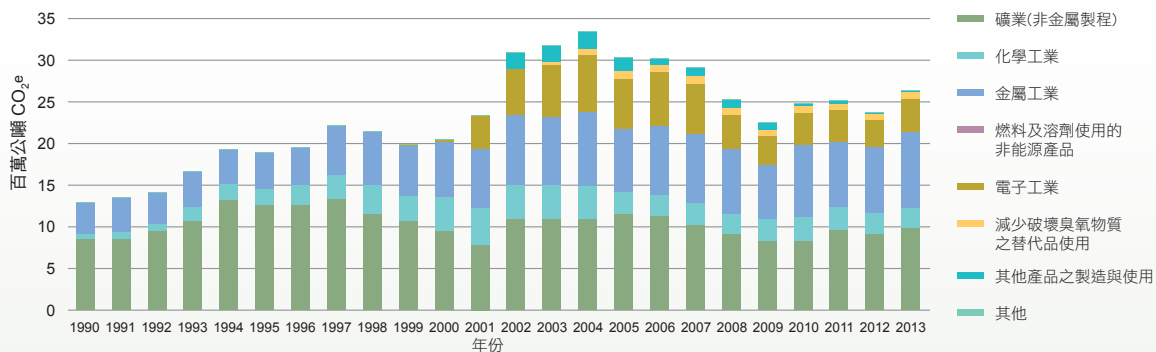


圖 4.1.3 臺灣 1990 至 2013 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢

表 4.2.1 臺灣 1990 至 2013 年礦業（非金屬製程）排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
2.A.1 水泥生產	7,055	7,383	7,979	8,527	11,127	10,823	10,629	10,662
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	286	317	362	350	346	337	413	422
2.A.3 玻璃生產	9	9	11	11	13	13	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
2.A.5 其他	4	4	7	9	12	15	17	23
總計	8,546	8,547	9,500	10,729	13,257	12,659	12,663	13,412
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.A.1 水泥生產	9,992	9,278	7,920	6,968	9,889	9,548	9,877	10,356
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	430	359	364	323	356	367	348	314
2.A.3 玻璃生產	12	11	12	10	11	11	12	13
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,122	1,086	1,252	513	465	533	737	906
2.A.5 其他	26	27	34	42	43	46	48	47
總計	11,581	10,762	9,582	7,856	10,762	10,505	11,023	11,637
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.A.1 水泥生產	10,131	9,392	8,485	7,761	7,885	8,526	7,834	8,043
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	300	267	166	184	227	225	202	286
2.A.3 玻璃生產	13	17	15	10	13	13	11	11
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	839	550	557	372	228	777	1,074	1,493
2.A.5 其他	49	51	47	37	43	50	50	47
總計	11,332	10,276	9,271	8,363	8,396	9,591	9,170	9,880



圖 4.2.1 臺灣 1990 至 2013 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢

A.1990 至 1993 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，因部分工廠已歇業無法調查取得熟料數據，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卜特蘭 I 型，水泥中熟料含量約 95%，計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = [\sum_i (\text{生產 I 類水泥重量} \times \text{I 類水泥的熟料比率}) - \text{熟料進口量} + \text{熟料出口量}] \times \text{I 類水泥中熟料的排放係數}$$

B.1994 至 2013 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：

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

(2) 排放係數

透過水泥專家諮詢會決議，2006 IPCC 指南

建議之排放係數（0.521176 噸二氧化碳 / 噸熟料生產）符合臺灣水泥生產情況，以其作為我國水泥熟料之排放係數。

(3) 活動數據

由水泥公會提供會員廠活動數據，為國內全部廠商之水泥熟料產量，進出口量則來自國貿局進出口統計，如表 4.2.2 所示。

(4) 排放量

水泥製程二氧化碳排放量與熟料產量（經濟發展及產業政策）有關，排放量 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 年後因各廠減產而再度下降，並於 2009 年金融風暴後排放量降至最低，2010 年後排放量維持約 8,000 千公噸二氧化碳當量，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，包含國內全部生產熟料之水泥廠商，計算結果為完整國內

表 4.2.2 臺灣 1990 至 2013 年水泥熟料產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	13,542	14,172	15,315	16,366	21,350	20,767	20,393	20,457	19,172	17,802	15,197	13,371
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
產量	18,974	18,320	18,952	19,871	19,438	18,020	16,281	14,891	15,130	16,360	15,031	15,433

表 4.2.3 臺灣 1990 至 2013 年水泥生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	7,055	7,383	7,979	8,527	11,127	10,823	10,629	10,662	9,992	9,278	7,920	6,968
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	9,889	9,548	9,877	10,356	10,131	9,392	8,485	7,761	7,885	8,526	7,834	8,043

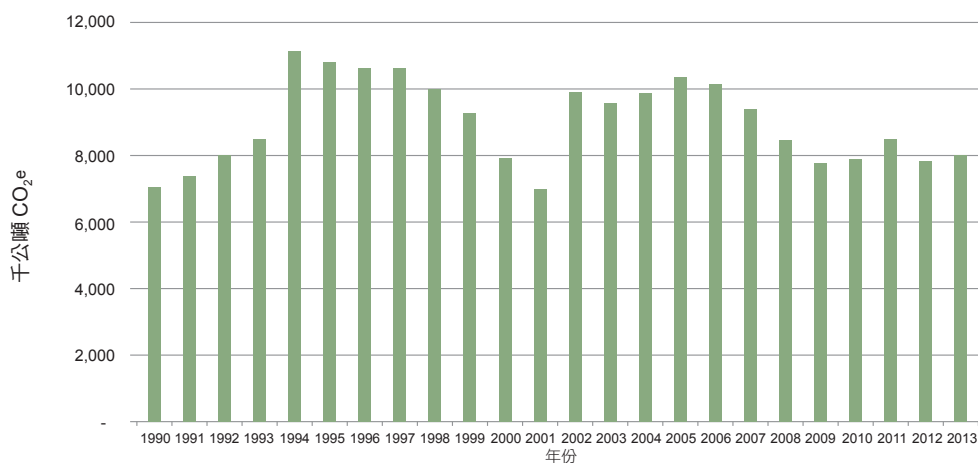


圖 4.2.2 臺灣 1990 至 2013 年水泥生產排放量趨勢

廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國水泥生產製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

A.1990 至 1993 年：因活動數據來源為僅能得到「水泥」項目，無法得知精確水泥「類型」比例；故假定國內所有的水泥產品都是卜特蘭水泥，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 2013 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 43%。

B.1994 至 2013 年：因水泥生產活動數據各廠均有利用生熟比及質量平衡，精密的調整過最適之熟料量，且有經第三方認證，故可取不確定性為 2%；另外，各廠有進行石灰（CaO）的熟

料化學分析且合理假設 CaO 全部來源石灰石（CaCO₃），排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.2%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 1993 年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 2013 年使用方法二，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調查專家諮詢會 - 水泥生產檢視」，無重新計算之建議，故無修正。

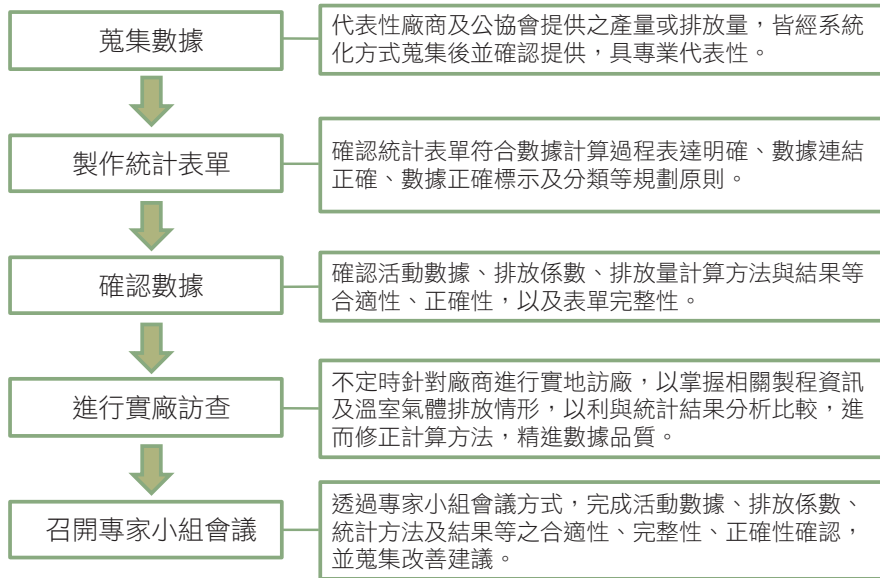


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 民間來源)

6. 特定排放源的改善計畫

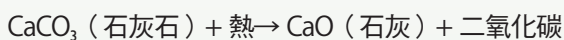
無改善計畫。

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氣體；其中，因我國無白雲石灰製程，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 I，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)¹ 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。

¹ 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。

(3) 活動數據

國內生石灰產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.4 所示。

(4) 排放量

石灰生產製程二氧化碳排放量與產量有關，1990 至 2007 年排放量約介於 300 至 400 千公噸二氧化碳當量，2008 至 2009 年受金融海嘯影響，排放量降至 200 千公噸二氧化碳當量以下，2010

年後逐年約維持排放約 200 千公噸二氧化碳當量，2013 年排放量為 286 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量 1.1%。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

表 4.2.4 臺灣 1990 至 2013 年生石灰產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.5 臺灣 1990 至 2013 年石灰生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

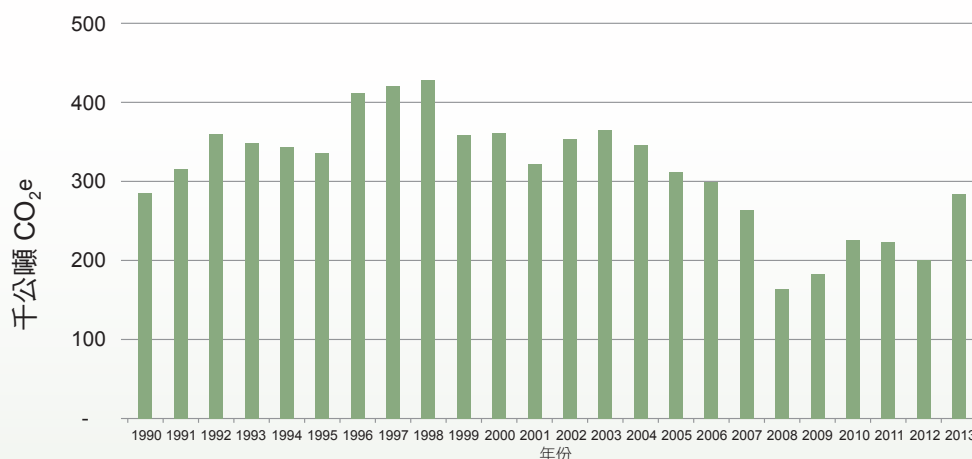


圖 4.2.4 臺灣 1990 至 2013 年石灰生產排放量趨勢

(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 2013 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於官方數據，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。

4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 I，活動數據

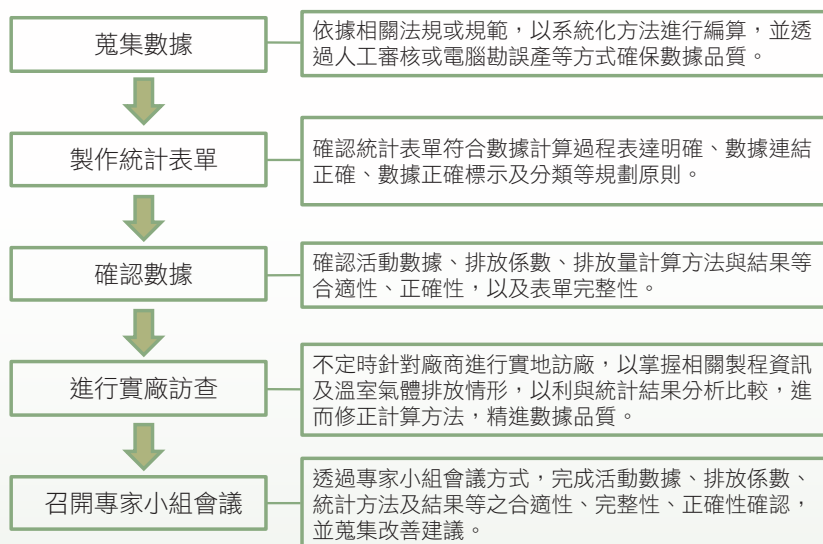


圖 4.2.5 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 官方數據)

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，即 0.2 噸二氧化碳 / 噸玻璃生產。

（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。

玻璃製程二氧化碳排放量與玻璃產量有關，排放量 1995 年後因亞洲金融風暴而逐漸下降，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，近兩年排放量維持約 11 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.04%，如表 4.2.7 及圖 4.2.6 所示。

表 4.2.6 臺灣 1990 至 2013 年平板玻璃產量

（單位：千公噸）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
玻璃產量	47	47	56	56	65	67	59	58	58	57	60	50
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
玻璃產量	53	55	61	64	67	84	77	50	63	63	53	54

表 4.2.7 臺灣 1990 至 2013 年玻璃生產排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

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



圖 4.2.6 臺灣 1990 至 2013 年玻璃生產排放量趨勢

(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，故計算結果為國內主要廠商製程排放量，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，以玻璃產量質量計算活動數據，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 2013 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

經工業製程部門溫室氣體排放量調查專家小組會議檢視，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中碳酸鹽的煅燒，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：

本項統計純鹼使用產生的二氧化碳氣體，純鹼用途廣泛，工業常使用於玻璃、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。

二氧化碳排放量 = 純鹼使用量（噸）× 純鹼使用排放係數（噸二氧化碳 / 噸使用量）

(2) 排放係數

引用行政院環境保護署計畫（2005）² 以質量平衡推估之排放係數 0.415 噸二氧化碳 / 噸純鹼使用。

2 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。

(3) 活動數據

純鹼使用量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），進出口量則來自經濟部國貿局進出口統計，如表 4.2.8。

(4) 排放量

純鹼使用 1990 至 1993 年排放量約維持 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

經濟部統計處工業統計年報、國貿局進出口統計調查對象皆為全國為對象，屬於國家級統計數據，經計算之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

表 4.2.8 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.9 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

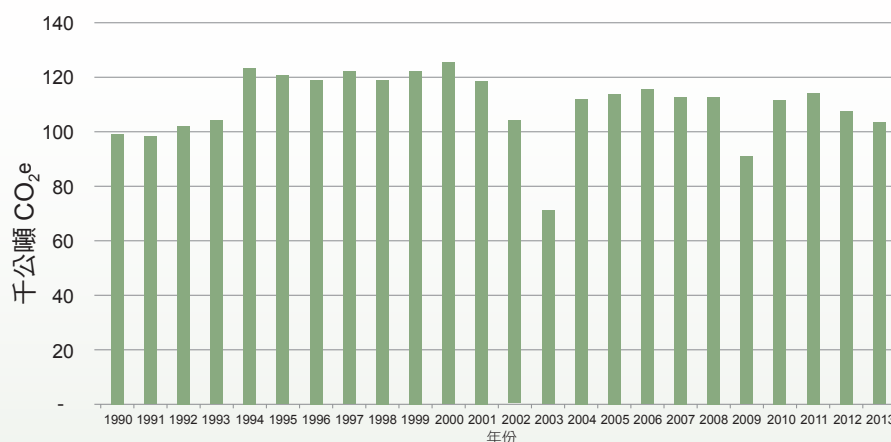


圖 4.2.7 臺灣 1990 至 2013 年純鹼使用排放量趨勢

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，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 2013 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。

4.2.4.3 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 (MgCO_3) 所產生的二氧化碳氣體，石灰石與白雲石主要應用於工業製程，如煉鋼製程中燒結程序及造紙製程中皆會加入石灰石或白雲石作為熔劑，以去除雜質。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 I，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)³ 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 1990 至 2013 年使用量如表 4.2.10 所示；其中，2003 及 2004 年白雲石因鋼

3 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。

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

(A) 石灰石

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。

(B) 白雲石

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 2013 年

2001 至 2013 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，進出口量來自經濟部國貿局進出口統計，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 2013 年排放量如表 4.2.11 及圖 4.2.8 所示。

A.2001 至 2013 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

表 4.2.10 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
白雲石	262	265	255	267	239	164	82	197	170	229	110	120
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
石灰石	825	1,345	1,579	1,917	1,792	1,028	976	701	116	1,219	1,657	2,500
白雲石	80	0	0	79	32	72	136	8	165	421	722	931

表 4.2.11 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

期間降至最低，而近年排放量又再度上升。而白雲石使用歷年排放趨勢較無一致性，排放量整體低於 50 千公噸二氧化碳當量，但於金融風暴後大幅上升。

B.1990 至 2000 年

(A) 石灰石

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 2013 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。

(B) 白雲石

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 2013 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。

(5) 完整性

本項目活動數據皆係以全國為調查對象，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 2013 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 2013 年方法取得 1990 至

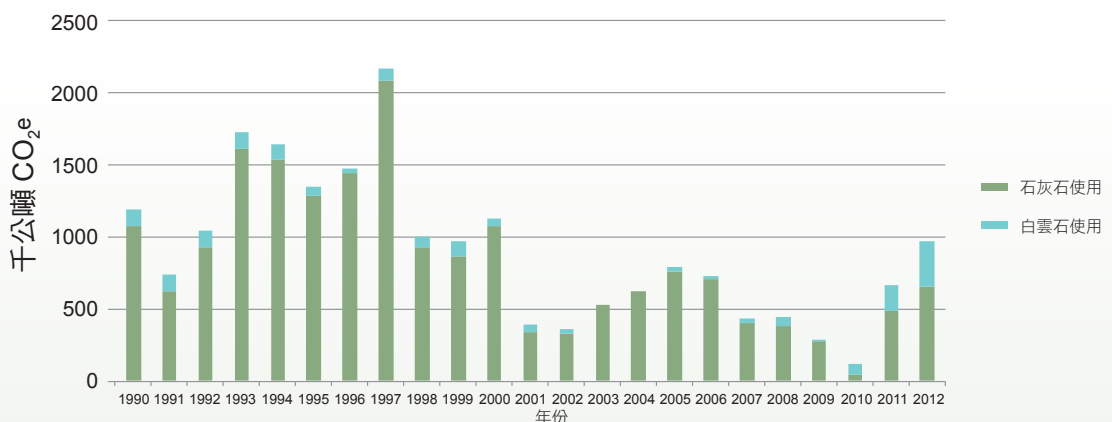


圖 4.2.8 臺灣 1990 至 2013 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

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。

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氣體，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 I，以玻璃纖維製品生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 玻璃纖維製品生產量（噸）× 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）⁴ 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 2013 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

表 4.2.12 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產量

（單位：千公噸）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
玻璃纖維製品生產量	18	18	39	45	61	78	90	123	136	143	179	220
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
玻璃纖維製品生產量	225	242	252	250	259	270	248	195	226	264	262	248

4 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。

暴而逐漸下降，近 3 年約維持在 50 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.2%，玻璃纖維製品生產之 1990 至 2013 年排放量如表 4.2.13 及圖 4.2.9 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玻璃纖維製品生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3.1-3 (1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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。

表 4.2.13 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

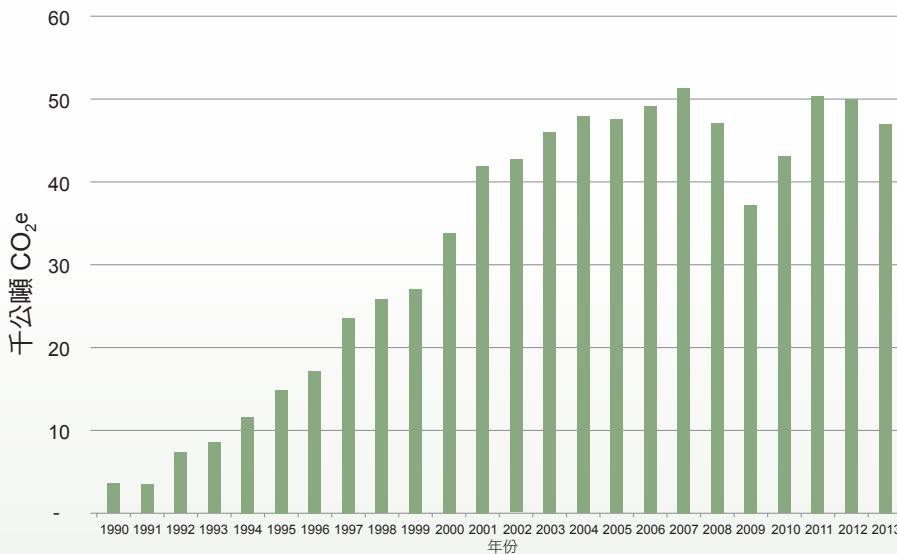


圖 4.2.9 臺灣 1990 至 2013 年玻璃纖維製品生產排放量趨勢

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」排放量較其他分類低，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。2013年總部門排放量約2,389千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門9.0%，1990至2013年排放量如表4.3.1及圖4.3.1所示。

表 4.3.1 臺灣 1990 至 2013 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	166	177	159	165	152	175	186	207
2.B.3 己二酸生產	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	0	167
2.B.5 電石生產	43	42	43	43	43	42	42	42
2.B.6 二氧化鈦生產	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	12	12	10	8	8	8	8	6
2.B.8 石化及碳黑生產	523	500	525	571	688	735	855	860
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477
2.B.10 其他	2	2	2	2	2	2	2	2
總計	734	734	734	1,672	1,942	2,005	2,493	2,882
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	199	148	104	165	187	187	191	210
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	184	164	521	548	556	644	643	750
2.B.5 電石生產	40	34	23	0	18	12	0	0
2.B.6 二氧化鈦生產	113	128	139	139	146	165	170	177
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	4	4	4	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	857	921	989	1106	1162	1222	1338	1397
2.B.9 含氟化物生產	2083	1609	2319	2567	2157	1937	1710	NO
2.B.10 其他	2	4	5	6	6	6	6	6
總計	3,478	3,008	4,100	4,531	4,232	4,174	4,057	2,541
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	188	216	196	190	206	203	194	154
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	781	780	587	816	964	992	822	626
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	191	206	200	211	233	216	134	181
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	1361	1473	1281	1323	1386	1440	1394	1418
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10 其他	6	9	8	9	10	8	9	10
總計	2,527	2,685	2,273	2,550	2,798	2,858	2,553	2,389

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。

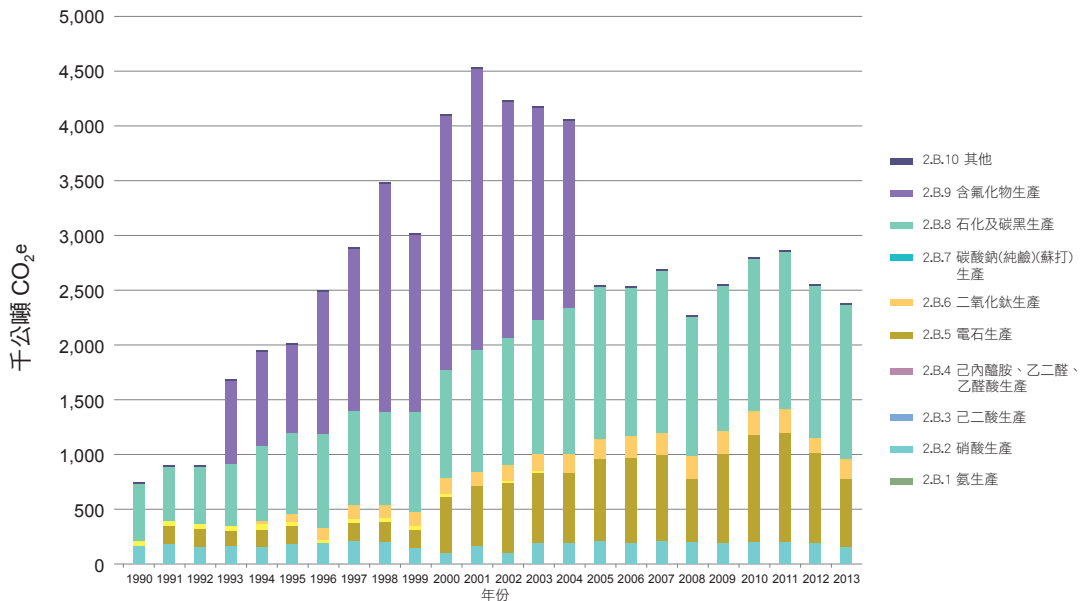


圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2013 年化學工業排放量趨勢

4.3.1 氮生產 (2.B.1)

本項目為統計氮化學生產製程二氧化碳排放量，調查活動數據為「液氮產量」，經詢問酸鹼工業同業公會（以下簡稱「酸鹼公會」），國內無廠商製造生產液氮，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 I，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)⁵，國內硝酸廠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

酸鹼公會僅可提供 2001 至 2013 年硝酸產

5 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。

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，經比對後確認兩方來源產量數據一致，硝酸 1990 至 2013 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 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 年起排放量回升後維持穩定趨勢，

約介於 180 至 210 千公噸二氧化碳當量，近三年有下降趨勢，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，但已確認兩方數據來源數據一致，經計算之結果完整性無缺失問題。

表 4.3.2 臺灣 1990 至 2013 年硝酸產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.3 臺灣 1990 至 2013 年硝酸生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

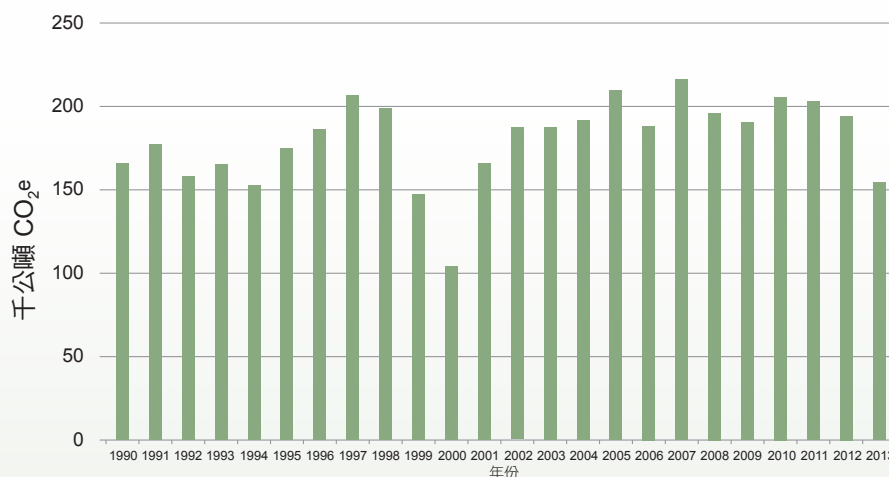


圖 4.3.2 臺灣 1990 至 2013 年硝酸生產排放量趨勢

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，硝酸生產活動數據不確定性為 5%，排放係數為 10%，合併不確定性則為 11%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 及 2001 至 2013 年數據來源不同，但已確認兩方數據一致，無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 年屬於官方數據，2001 至 2013 年則屬民間提供，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「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。

4.3.3 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。

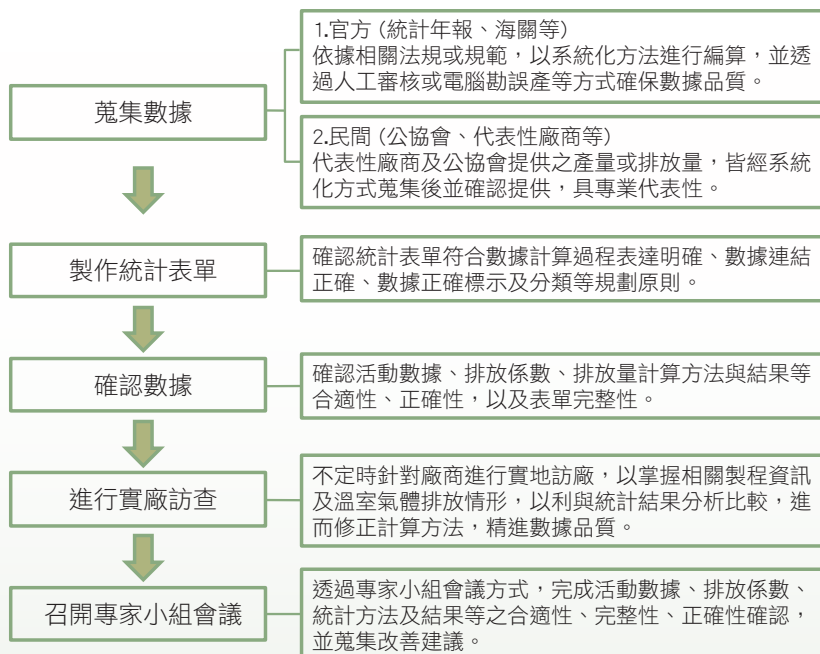


圖 4.3.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 官方數據、民間來源)

4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

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

1. 排放源及匯分類的描述：

己內醯胺的所有製程均以甲苯或苯為基礎，主要用於生產尼龍-6 纖維和塑膠單體。例如 DSM/HPO 製程係以苯為原料，再以硫酸為催化劑進行貝克曼重組，是目前應用最廣泛的製程。製程二氧化碳、二氧化硫和 NMVOC 在管理良好工廠中排放量不大，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 2013 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 2013 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 2013 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由 1990 減少至 2013 年 626 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.1%，己內醯胺生產之 1990 至 2013 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.4 所示。

(5) 完整性

本項目活動數據皆係以國內唯一兩家己內醯胺生產廠商提供，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

表 4.3.4 臺灣 1990 至 2013 年己內醯胺生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	NO	175	167	136	165	170	0	167	184	164	521	548
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	556	644	643	750	781	780	587	816	964	992	822	626

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

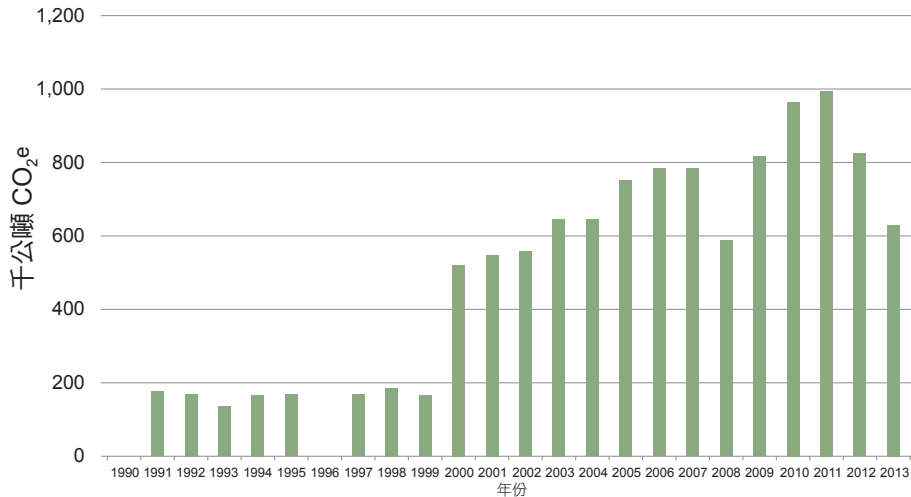


圖 4.3.4 臺灣 1990 至 2013 年己內醯胺生產排放量趨勢

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 10.77%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2007 年與 2008 至 2013 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「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。

4.3.5 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)，原料為用於矽砂、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，碳化鈣用於乙炔生產、氨脲製造及電弧爐煉鋼中之還原劑。國內碳化矽已停產，原生產碳化鈣之台塑公司也於 2004 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 I，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)⁶，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，原生產碳化鈣之臺灣塑膠工業股份有限公司(以下簡稱台塑)也於

2001 年停產，碳化鈣生產量由台塑提供，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。

表 4.3.5 臺灣 1990 至 2013 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

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

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

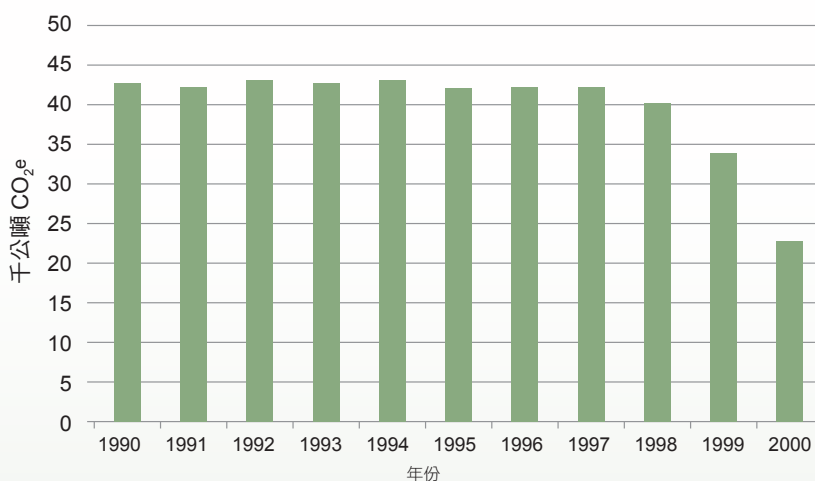


圖 4.3.5 臺灣 1990 至 2000 年碳化鈣使用排放量趨勢

6 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。

(5) 完整性

數據來自國內唯一生產碳化鈣廠商，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%；排放係數之不確定性因考量製程中石油焦揮發，IPCC 建議不確定性為 10%，合併總不確定性為 11%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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。

4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

二氧化鈦 (TiO_2) 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。

(3) 活動數據

1990 至 2013 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，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，2013 年排放量為 181 公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.7%，如表 4.3.8 及圖 4.3.6 所示。

表 4.3.7 臺灣 1990 至 2013 年二氧化鈦產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化鈦產量	NO	NO	NO	NO	27	59	77	94	84	95	104	103
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
二氧化鈦產量	109	123	127	132	143	154	149	157	174	161	100	135

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 2013 年二氧化鈦生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

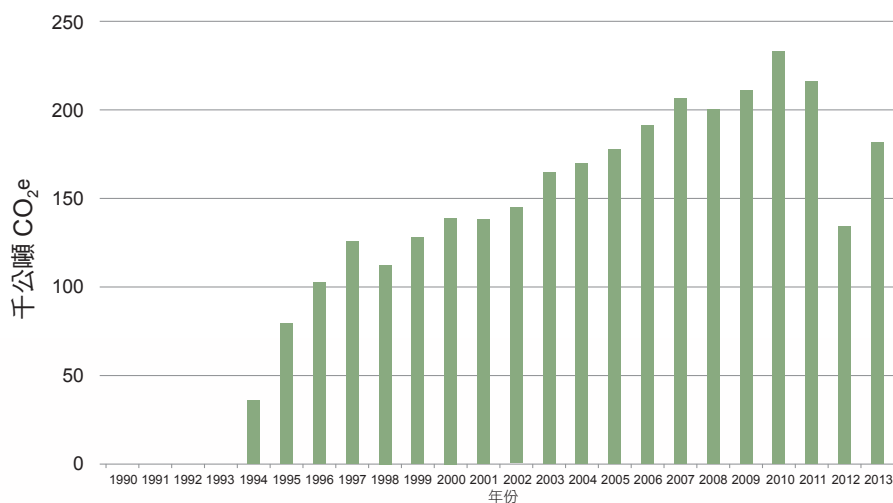


圖 4.3.6 臺灣 1990 至 2013 年二氧化鈦生產排放量趨勢

(5) 完整性

二氧化鈦產量數據由國內唯一一家廠商提供，經計算之結果可代表我國二氧化鈦生產排放量。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

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)。

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。

4.3.7 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氣體，製程依原料不同區分為天然礦物製造及人工合成兩種；東南鹼業為過去國內唯一純鹼生產廠商，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 2006IPCC 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）⁷，由於二氧化碳為純鹼製程原料之一，且東南鹼業工廠另外生產碳酸氫鈉（ NaHCO_3 ）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 IPCC 2006 版建議排放係數 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，國內唯一生產廠商東南鹼業已於 2000 年停止生產。

（4）排放量

由於純鹼製程中二氧化碳為原料之一，可回流再利用於製程中，故二氧化碳排放量較其他項目低，其排放量自 1990 年起統計即為逐漸下降趨勢，至 2000 年後完全停產後無排放量，如表 4.3.10 及圖 4.3.7 所示。

表 4.3.9 臺灣 1990 至 2013 年純鹼產量

（單位：千公噸）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	128	119	100	83	84	82	82	60	44	39	44	NO
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	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。

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。

表 4.3.10 臺灣 1990 至 2013 年純鹼生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	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。

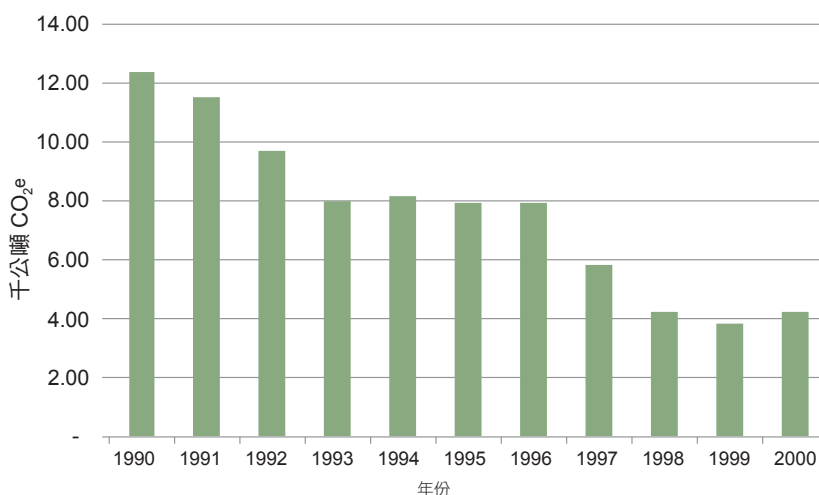


圖 4.3.7 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放量

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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。

4.3.8 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、氯乙烯和丙烯腈生產估算排放說明。另外，碳黑為非石化產品，但因碳黑生產過程中使用化石原料，故納入此節說明。

4.3.8.1 甲醇 (2.B.8.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 IPCC 指南建議方法 I，以甲醇產量及

排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

$$\text{甲烷排放量} = \text{甲醇產量 (噸)} \times \text{甲醇排放係數 (公噸甲烷 / 噸產量)}$$

(2) 排放係數

參照行政院環境保護署計畫 (2000)⁸ 建議之排放係數 2.0 公斤甲烷 / 噸甲醇生產，即我國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，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。

表 4.3.11 臺灣 1990 至 2013 年甲醇產量

(單位：千公噸)

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

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

8 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。

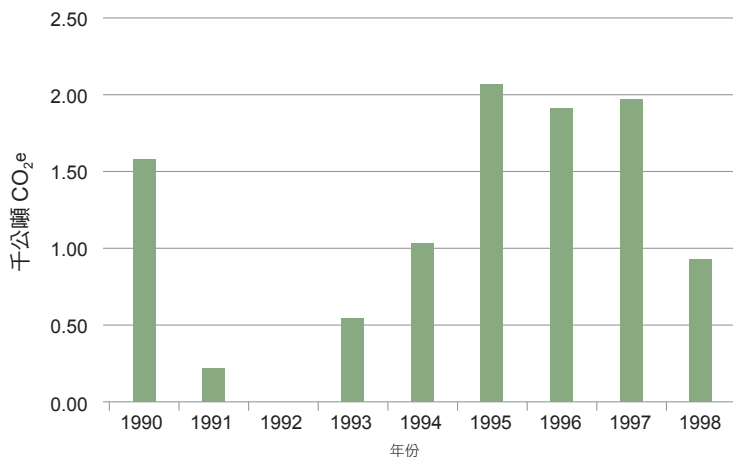


圖 4.3.8 臺灣 1990 至 1998 年甲醇生產排放量趨勢

(5) 完整性

甲醇產量由石化公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國甲醇生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3. (1)。

(2) 時間序列的一致性

1990~2013 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「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。

4.3.8.2 乙烯 (2. B.8.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查乙烯製程所產生之甲烷，製程主要為乙烷經裂解、蒸餾、壓縮、去乙烷及精餾後得到乙烯，甲烷主要來自於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，其甲烷主要排放源仍為製程逸散。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 IPCC 指南建議方法 I，以乙烯產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫(2000)⁹建置係數 0.01078 公斤甲烷 / 噸乙烯生產；此係數係以全廠排放量及乙烯產量求得全廠排放係數後，依據甲烷所占比率進行 speciate 系統區分甲烷排放量後求得。

(3) 活動數據

由石化公會提供乙烯產量，如表 4.3.13 所示。

(4) 排放量

我國乙烯產量雖大，但其排放量相較其他項目仍屬較低，其排放趨勢為階段成長；1990 至 1998 年介於 33 至 40 千公噸二氧化碳當量，1999 年台塑六輕投入生產，2001 年上升至 111 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工，2007 年排放量再上升至 158 千公噸二氧化碳當量，2010 受到金融海嘯影響下降至 134 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.05%，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 「良好作法指南 (Good Practice Guidance)」及不確定性管理 (Uncertainty Management)¹⁰ (以下簡稱 2000 GPG)，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 0.1%，故對整體不確定性影響極低。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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「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。

表 4.3.13 臺灣 1990 至 2013 年乙烯產量

(單位：千公噸)

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

⁹ 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。

¹⁰ IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

表 4.3.14 臺灣 1990 至 2013 年乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

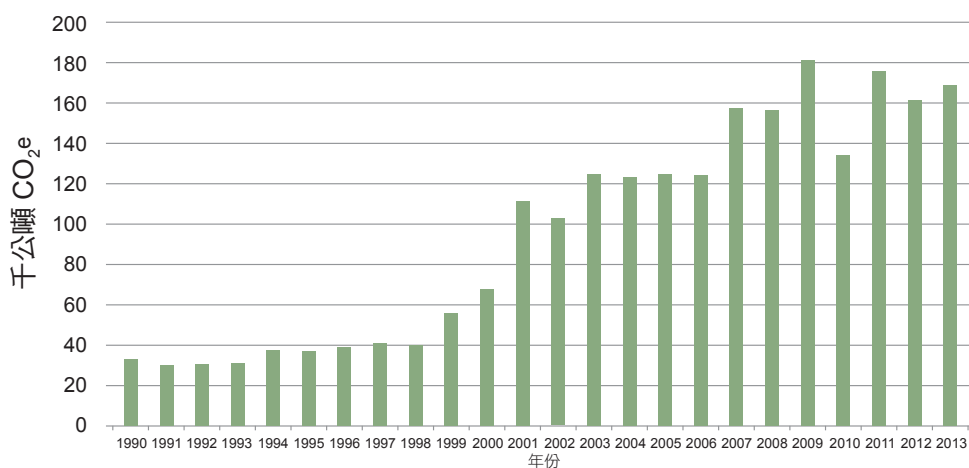


圖 4.3.9 臺灣 1990 至 2013 年乙烯生產排放量趨勢

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

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 / 噸產量)

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，製程主要為乙烯與氯產生二氯乙烷，二氯乙烷裂解產生氯乙烯單體，二氧化碳主要來自於氯化過程中產生的副產物。

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

(2) 排放係數

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以氯乙烯產量及排放係數計算二氧化碳及甲烷排放量。計

(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 149 千公噸二氧化碳當量逐年上升至 2005 年 397 千公噸二氧化碳當量後約維持 300 千公噸二氧化碳當量排放量，約占總部門排放量 1.3%，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。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

表 4.3.15 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.16 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
氯乙烯產量	149	133	144	171	191	180	227	208	228	289	317	325
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
氯乙烯產量	349	385	395	399	360	406	366	397	394	377	407	426

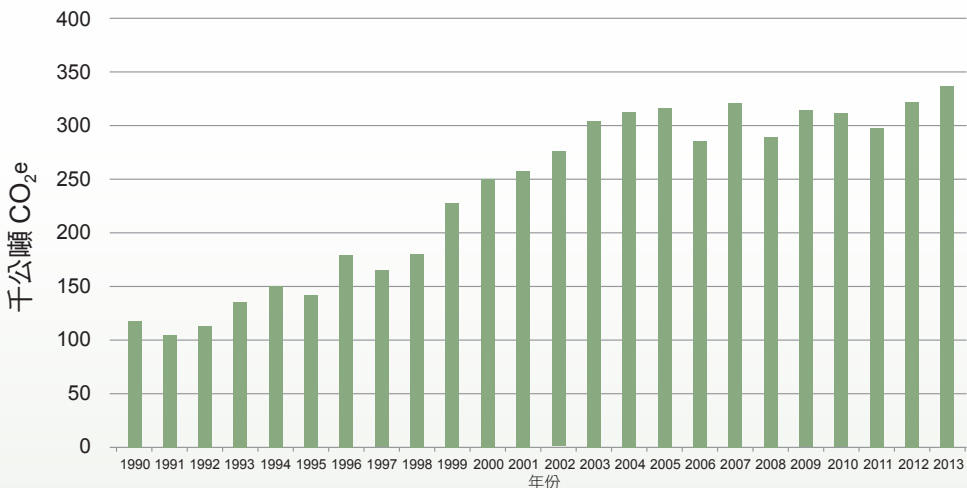


圖 4.3.10 臺灣 1990 至 2013 年氯乙烯生產排放量趨勢

性為 10%，故氯乙烯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 2013 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「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。

4.3.8.4 環氧乙烷 (2. B.8.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查環氧乙烷 (C_2H_4O) 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 I，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

由經濟部工業局廢棄物管制中心提供環氧乙烷產量，環氧乙烷生產量 1995 年之前因資料年代久遠無法追溯，1996 至 2013 年國內環氧乙烷產量如表 4.3.17 所示。

表 4.3.17 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷產量

(單位：千公噸)

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

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。

(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 18 千公噸二氧化碳當量逐年上升至 2011 年 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 0.6%，如表 4.3.18 及圖 4.3.11 所示。

(5) 完整性

環氧乙烷產量由經濟部工業局廢棄物管制中心提供，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，IPCC 建議二氧化碳排放係數不確定性為 10%、甲烷排放係數不確定性為 60%，故環氧乙烷二氧化碳排放總不確定性為 14%，甲烷排放總不確定性為 61%。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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 4.2.2-4。

表 4.3.18 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。

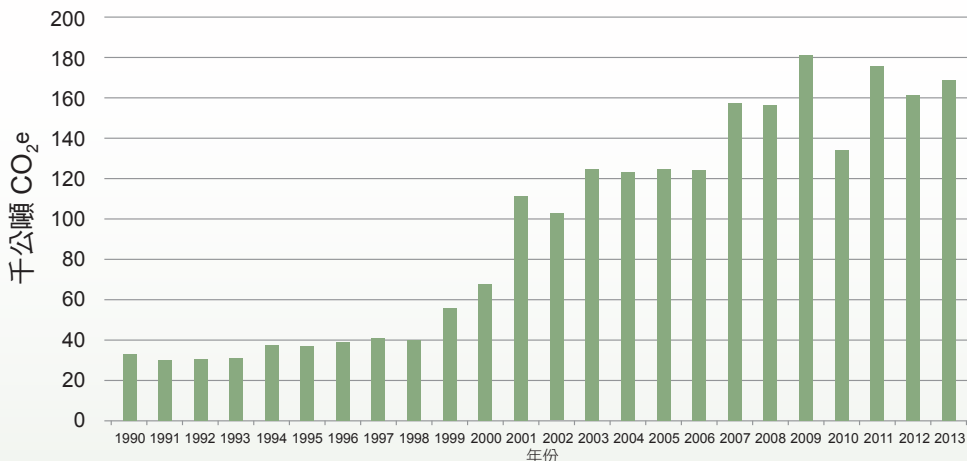


圖 4.3.11 臺灣 1990 至 2013 年環氧乙烷生產排放量趨勢

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。

4.3.8.5 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：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{丙烯腈產量（噸）} \times \text{丙烯腈排放係數（公噸二氧化碳 / 噸產量）}$$

$$\text{甲烷排放量} = \text{丙烯腈產量（噸）} \times \text{丙烯腈排放係數（公噸甲烷 / 噸產量）}$$

（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 約 100 千公噸二氧化碳當量，1999 年台塑六輕投入生產，2001 年後逐漸上升至 209 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工，2007 年排放量再上升至 299 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，約占總部門排放量 0.97%，如表 4.3.20 及圖 4.3.12 所示。

表 4.3.19 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈產量

（單位：千公噸）

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

表 4.3.20 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈生產排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

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

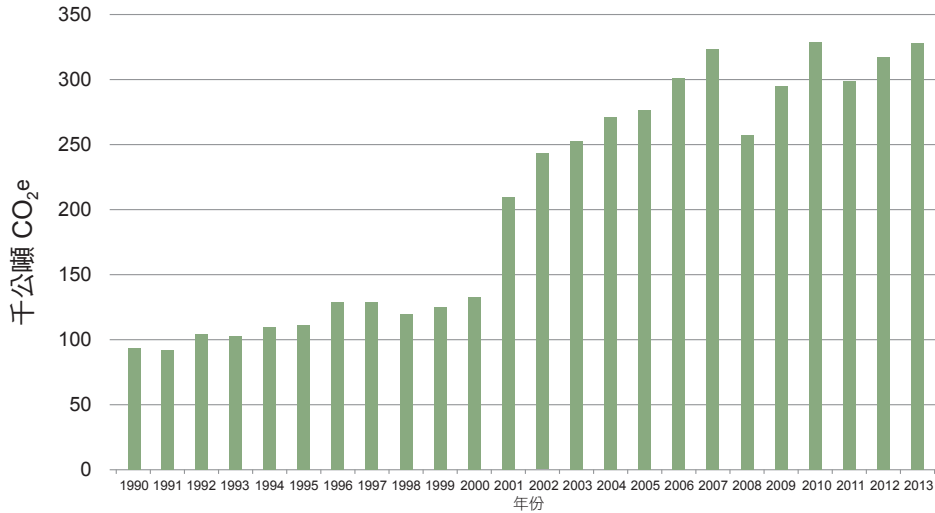


圖 4.3.12 臺灣 1990 至 2013 年丙烯腈生產排放量趨勢

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

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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「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。

4.3.8.6 碳煙 (2. B.8.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查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煙，其中，甲烷主要來自於製程尾氣排放。碳煙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，以碳煙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 = 碳煙產量 (噸) × 碳煙排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

甲烷排放量 = 碳煙產量 (噸) × 碳煙排放係數 (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 / 噸碳煙生產及 0.00006 噸甲烷 / 噸碳煙生產。

(3) 活動數據

由石化公會提供碳煙產量，碳煙 1990 至 2013 年產量如表 4.3.21 所示：

(4) 排放量

碳煙生產排放量自 1994 年起逐漸上升，至 1996 年後排放量維持約 500 千公噸二氧化碳當量以上，唯 2008 至 2009 年受金融海嘯影響略下降，2010 年後又再度提升至 458 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.22 及圖 4.3.13 所示。

(5) 完整性

碳煙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煙生產排放量。

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，碳煙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 2013 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

表 4.3.21 臺灣 1990 至 2013 年碳煙產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.22 臺灣 1990 至 2013 年碳煙生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

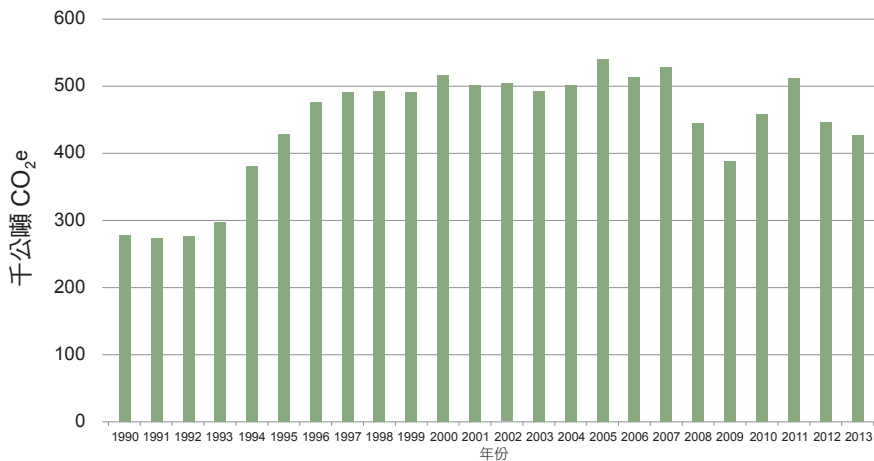


圖 4.3.13 臺灣 1990 至 2013 年碳煙生產排放量趨勢

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。

4.3.9 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 CHClF_2) 時 HFC-23 或 CHF 等副產品排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，排放副產品則為 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 I，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)¹¹，

¹¹ 行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫期末報告，2004。

根據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，由台塑公司提供產量，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。

表 4.3.23 臺灣 1990 至 2013 年 HCFC-22 產量

(單位：噸)

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

表 4.3.24 臺灣 1990 至 2013 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

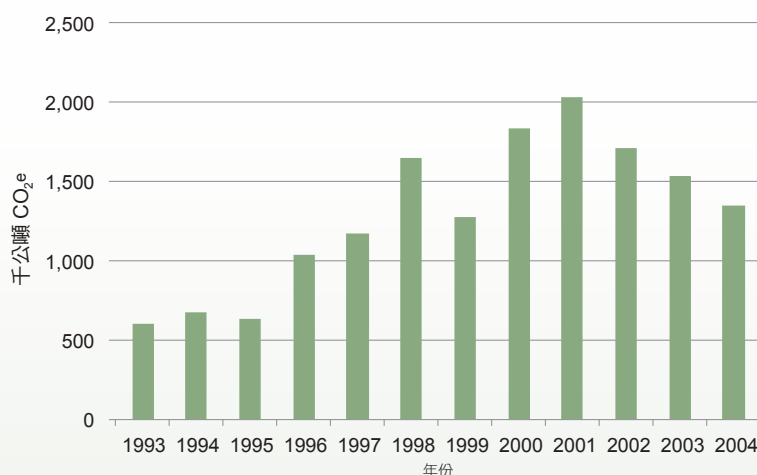


圖 4.3.14 臺灣 1993 至 2004 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

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 2013 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「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。

4.3.9.2 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 I，以苯乙烯產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)¹² 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，並以甲烷所占比例進行 speciate 系統區分甲烷排放量後求得。

¹² 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。

(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，2007 年六輕四期完工後，2007 至 2012 年

排放量則維持約 8.9 千公噸二氧化碳當量，2013 年排放量上升 10.1 千公噸，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。

表 4.3.25 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
產量	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.8	2.0

表 4.3.26 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	9.0	8.3	9.4	9.5	8.4	8.9	10.1

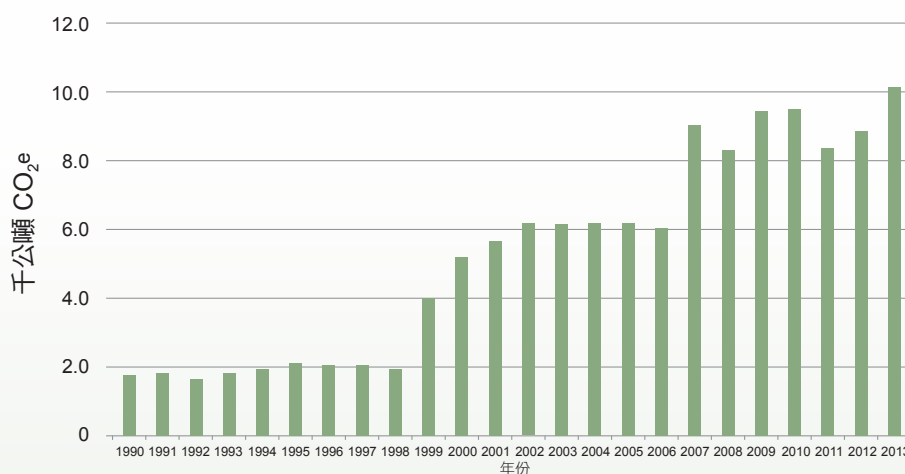


圖 4.3.15 臺灣 1990 至 2013 年苯乙烯生產排放量趨勢

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3. (1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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「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 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，分類項目包括 2.C.1「鋼鐵生產」、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、PFC、及 SF6 等共計五項。2013 年總部門排放量 9,071 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 34.3%，1990 至 2013 年排放量如表 4.4.1 及圖 4.4.1 所示。

表 4.4.1 臺灣 1990 至 2013 年金屬製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
2.C.1. 鐵及鋼生產	3,623	3,812	3,576	4,095	4,008	4,079	4,229	5,765
2.C.2. 鐵合金生產	33	287	215	171	144	195	177	181
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.6. 鋅生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	3,655	4,099	3,791	4,266	4,152	4,274	4,405	5,946
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.C.1. 鐵及鋼生產	6,309	5,920	6,595	7,028	7,457	7,512	7,355	6,529
2.C.2. 鐵合金生產	175	63	33	21	25	30	0	0
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	3	8	8
2.C.6. 鋅生產	NE	NE	NE	NE	NE	14	50	58
總計	6,484	5,983	6,628	7,048	8,508	8,585	8,769	7,659
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.C.1. 鐵及鋼生產	7,532	7,788	7,548	6,326	8,328	7,584	7,788	8,973
2.C.2. 鐵合金生產	NO	NO	173	0	26	3	10	20
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	770	440	144	235	212	134	109	55
2.C.5. 鉛生產	9	9	8	6	7	7	6	5
2.C.6. 鋅生產	49	62	48	49	42	47	47	18
總計	8,360	8,300	7,922	6,616	8,642	7,775	7,960	9,071

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。

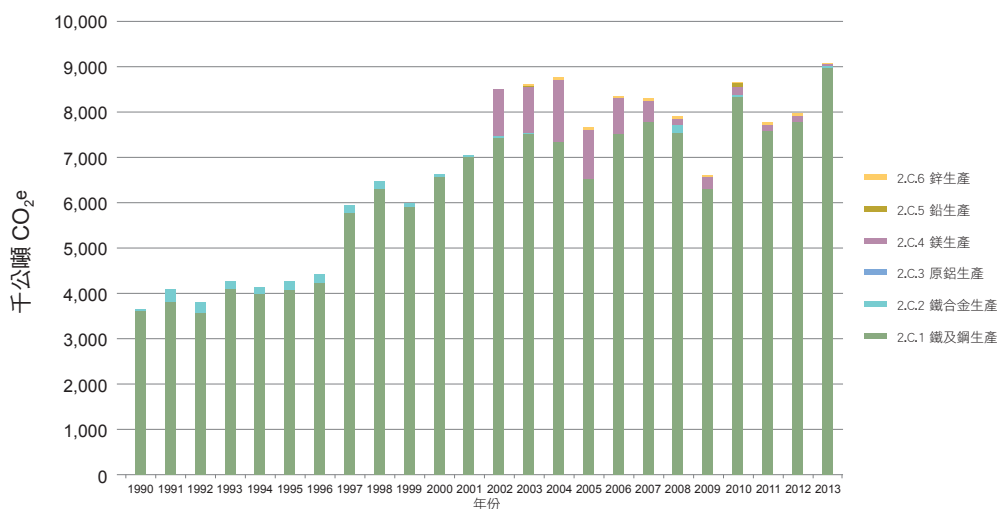


圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2013 年金屬製程排放量趨勢

4.4.1 鐵鋼生產 (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，包含燒結工場、煉鐵高爐工場及煉鋼轉爐工場等三項製程中所產生之二氧化碳及甲烷，二氧化碳排放主要來自各項投入原料（包含焦炭、各類副產品、石灰石等等）中碳成分釋出，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

A.1990 至 2000 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以一貫煉鋼之高爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳當量排放量。計算公式如下：

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

B.2001 至 2013 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未包含爐氣部分。

(2) 排放係數

1990 至 2000 年採用 2001 至 2009 年國內鋼鐵公司之高爐鋼胚製程排放量及產量推估所得排放係數 0.596 噸二氧化碳當量 / 噸高爐鋼胚生產，此係數已包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放的部分。2001 至 2013 年彙整國內鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故無排放係數。

(3) 活動數據

1990 至 2000 年由國內鋼鐵公司提供高爐鋼胚產量，2001 至 2013 年為彙整國內鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故無活動數據。1990 至 2000 年產量如表 4.4.2 所示：

表 4.4.2 臺灣 1990 至 2000 年高爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年	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

表 4.4.3 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	3,342	3,462	3,220	3,709	3,637	3,708	3,828	5,313	5,828	5,505	6,128	6,559
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	6,933	6,963	6,766	5,937	6,892	7,107	6,927	5,805	7,886	6,977	7,290	8,393

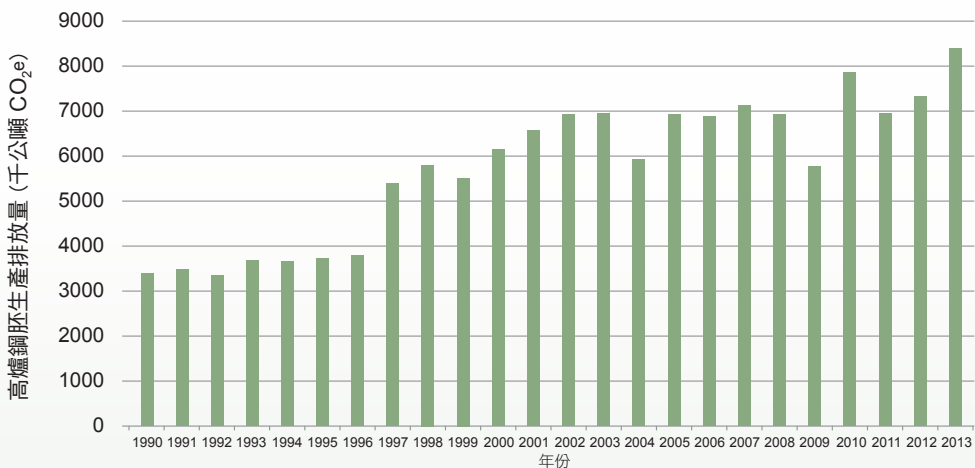


圖 4.4.2 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量趨勢

(4) 排放量

一貫煉鋼製程因早期為起步階段，故排放量自 1990~2003 年為上升趨勢，2004~2009 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，2013 年排放量為 8,973 千公噸 CO₂e。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

(5) 完整性

活動數據、排放量等相關數據皆由鋼鐵公會提供，排放量計算結果可代表我國高爐鋼胚製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

2001 至 2005 年因該公司清冊未進行不確定性計算，故改採用 2006 IPCC 指南建議，活動數據為國家生產數據，其不確定性為 10%，排放係數為參考國內特定工廠值，其不確定性為 5%，合併不確定性則為 11%。2006 至 2013 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 2013 年高爐鋼胚總排放不確定性如表 4.4.4 所示。

(2) 時間序列的一致性

計算方法則隨年代區間不同變更，1990 至 2000 年採方法一，即以產量及排放係數計算排放量；2001 至 2013 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 4.2.1-4。

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。

4.4.1.2 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，製程主要以生鐵及廢棄鋼鐵製品為原料，加入增碳劑冶煉成各式碳鋼或合金鋼，冶煉過程並分為熔解、氧化及還原等；其中，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。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

表 4.4.4 臺灣 1990 至 2013 年高爐鋼胚生產排放量不確定性

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量不確定性	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	5%
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量不確定性	5%	5%	5%	5%	5.23%	3.90%	3.98%	4.24%	4.12%	4.03%	6.18%	5.17%

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以電弧爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)¹³ 推估係數 0.068 噸二氧化碳 / 噸電弧爐鋼胚生產，係根據國內電弧爐廠生鐵及廢鐵使用比例、增碳劑使用量及原物料含碳率等推估求得。

(3) 活動數據

1990 至 2013 年產量如表 4.4.5 所示，其中 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚產量由臺灣鋼鐵公業同業公會 (以下簡稱鋼鐵公會) 提供，2010 年後因原生產電弧爐廠商投入國內第 2 家一貫煉鋼生產，其一貫煉鋼及電弧爐製程無法切割，經鐵與鋼專諮會討論後決議參考國際鋼鐵協會分類方

法，於電弧爐鋼胚統計中扣除其生產之電弧爐鋼胚量。

(4) 排放量

電弧爐鋼胚排放量自 1990 年起呈成長趨勢，自 280 千公噸二氧化碳當量成長至 2007 年 682 千公噸二氧化碳當量，於 2008 至 2009 年金融海嘯下降，2010 年後扣除第 2 家一貫煉鋼廠商所生產之電弧爐排放量，故 2011 年後電弧爐鋼胚排放量約維持在 500 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

鋼鐵公會提供之電弧爐鋼胚產量，屬全國電弧爐鋼胚產量，故計算結果可代表國內電弧爐鋼胚製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3. (1)。

表 4.4.5 臺灣 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	4,120	5,143	5,236	5,684	5,454	5,461	5,894	6,648	7,072	6,110	6,869	6,897
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
產量	7,706	8,076	8,656	8,713	9,410	10,024	9,795	7,661	6,505	8,927	7,322	8,532

表 4.4.6 臺灣 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	280	350	356	387	371	371	401	452	481	415	467	469
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	524	549	589	592	640	682	621	521	442	607	498	580

13 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。

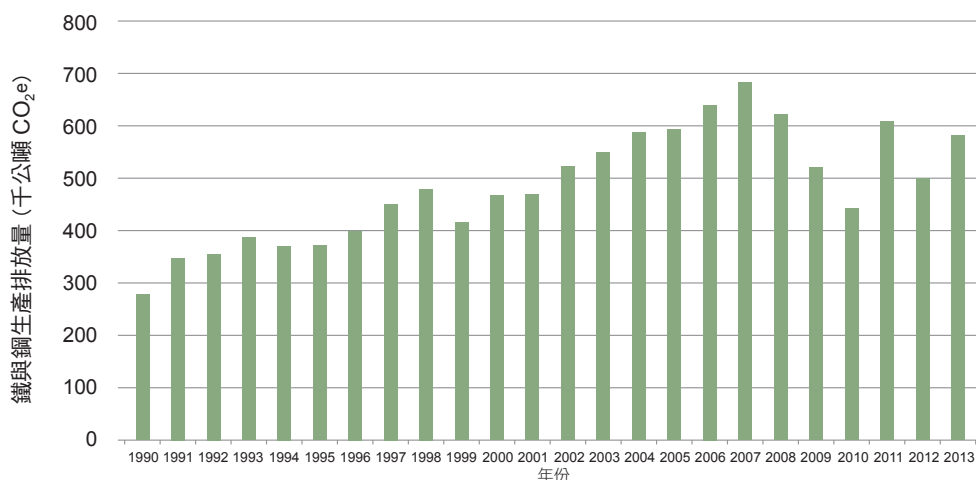


圖 4.4.3 臺灣 1990 至 2013 年電弧爐鋼胚生產排放量趨勢

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2013 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「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 I，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：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{鐵合金產量 (噸)} \times \text{鐵合金排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)}$$

(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 2013 年產量如表 4.4.7 所示，2001 至 2013 年鐵合金產量由鋼鐵公會提供，但其無法提供 2000 年前數據，故改引用經濟部統計處工業生產統計年報，其中，鐵合金曾於 2003 至 2007 年停產。

(4) 排放量

鐵合金排放量自 1990 年 310.9 千公噸二氧化碳當量下降至 2003 年 30.0 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，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

表 4.4.7 臺灣 1990 至 2013 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	80	73	55	44	37	50	45	46	45	16	8	5
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
產量	6	8	NO	NO	NO	NO	44	0.003	7	1	3	5

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 2013 年鐵合金生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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，故無排放量。

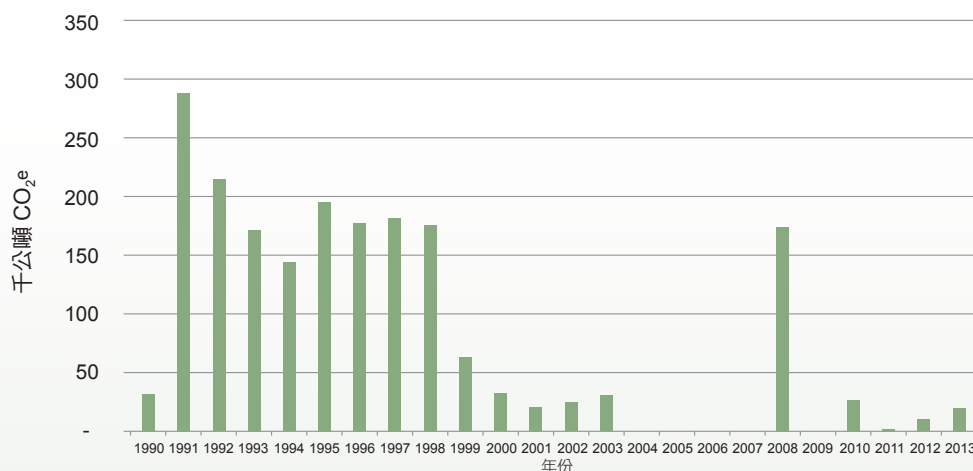


圖 4.4.4 臺灣 1990 至 2013 年鐵合金生產排放量趨勢

(1) 不確定性

同 4.2.3-3. (1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 及 2001 至 2013 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，故本項目無二氧化碳及全氟碳化物排放。

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，熔解時需以保護氣體防止燃燒，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計畫 (2012)¹⁴⁻¹⁵、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，即臺灣鎂合金協會 (Taiwan Magnesium Association, TMA) 會員廠調查數據。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫 (2012) 提供排放量，係彙整自臺灣鎂合金協會取得使用量，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 (2012) 提供，係依會員廠經查證之實際使用量統計活動數據。

(4) 排放量

行政院環境保護署計畫 (2012) 表示，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 2013 年 55 千公噸二氧

¹⁴ 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。

¹⁵ 計畫名稱隨年度不同，此為 2012 年計畫名稱

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。以六氟化硫之全球暖化潛勢值（Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP）23,900 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 至 2013 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係由鎂合金協會調查，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

表 4.4.9 臺灣 1990 至 2013 年鎂生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55

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。

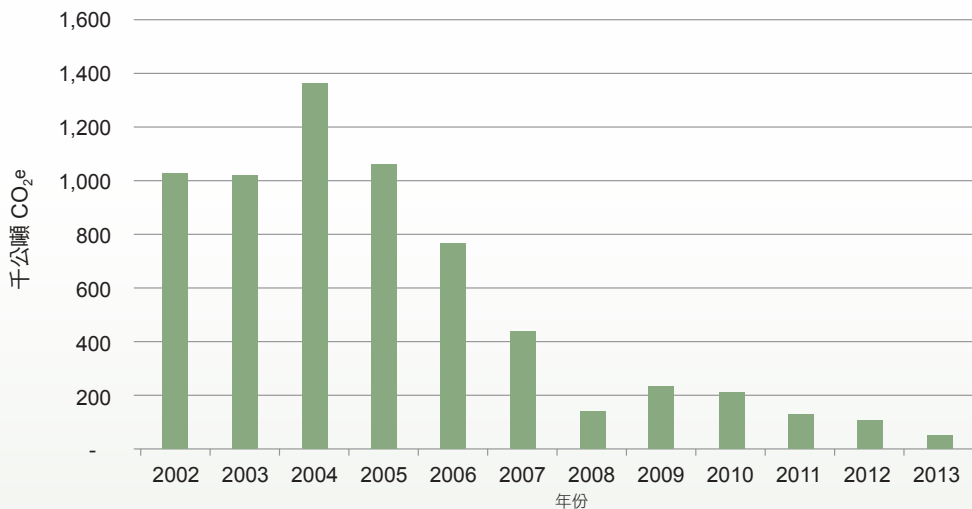


圖 4.4.5 臺灣 2002 至 2013 年鎂生產排放量趨勢

鎂生產排放量由行政院環境保護署計畫（2012）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

無改善計畫。

4.4.5 鉛生產（2.C.5）

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鉛生產二氧化碳排放量，國內鉛生產屬次級生產，其中，提煉鉛的次級產量為回收鉛的處理量，大部分來自廢鉛蓄電池，二氧化碳來自於廢鉛蓄電池及其他回收廢鉛經過粉碎、脫硫等熔煉過程中產生。

2. 方法論議題：

（1）計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以鉛錠產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

（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。

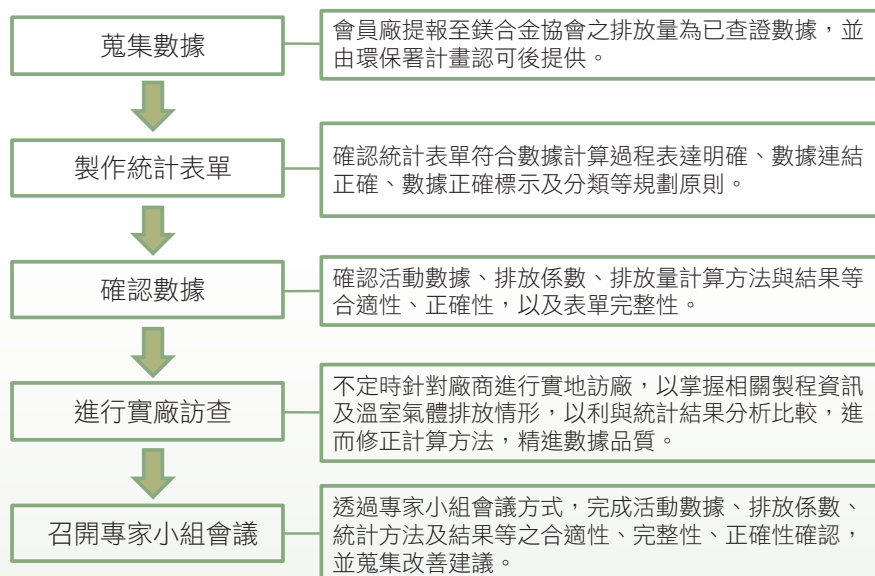


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

(3) 活動數據

由經濟部工業局廢棄物管制中心提供國內鉛錠產量，2003 年前未進行調查，2003 至 2013 年排放量如表 4.4.10 所示。

(4) 排放量

國內鉛生產 2003 至 2013 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，2013 年排放量為 5 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.02%。

(5) 完整性

鉛錠產量由經濟部工業局廢棄物管制中心提供，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。

表 4.4.10 臺灣 2003 至 2013 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

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

表 4.4.11 臺灣 2003 至 2013 年鉛生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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。

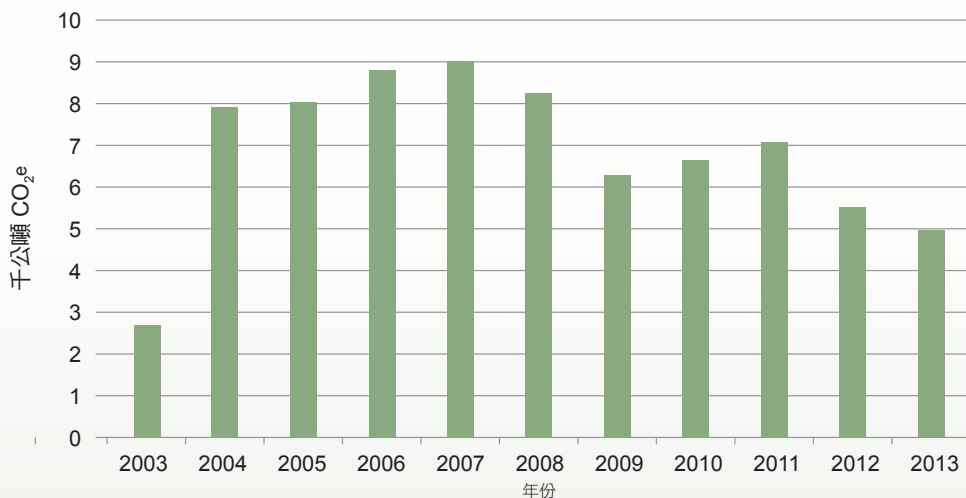


圖 4.4.7 臺灣 2003 至 2013 年鉛生產排放量趨勢

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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 4.2.2-4。

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。

4.4.6 鋅生產 (2.C.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鋅生產二氧化碳排放量，國內鋅生產屬次級生產，由各種材料中經過分離、燒結、熔煉及提煉過程中回收金屬鋅，二氧化碳來自於過程中需使用含碳還原劑及產生高溫揮發性煙霧。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以鋅錠產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

(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

由經濟部工業局廢棄物管制中心提供國內鋅錠產量，2003 年前未進行調查，2003 至 2013 年排放量如表 4.4.12 所示。

表 4.4.12 臺灣 1990 至 2013 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

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

(4) 排放量

國內鋅生產 2003 至 2013 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，2013 年排放量為 18 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.07%。

(5) 完整性

鋅錠產量由經濟部工業局廢棄物管制中心提供，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

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 4.2.2-4。

表 4.4.13 臺灣 2003 至 2013 年鋅生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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。

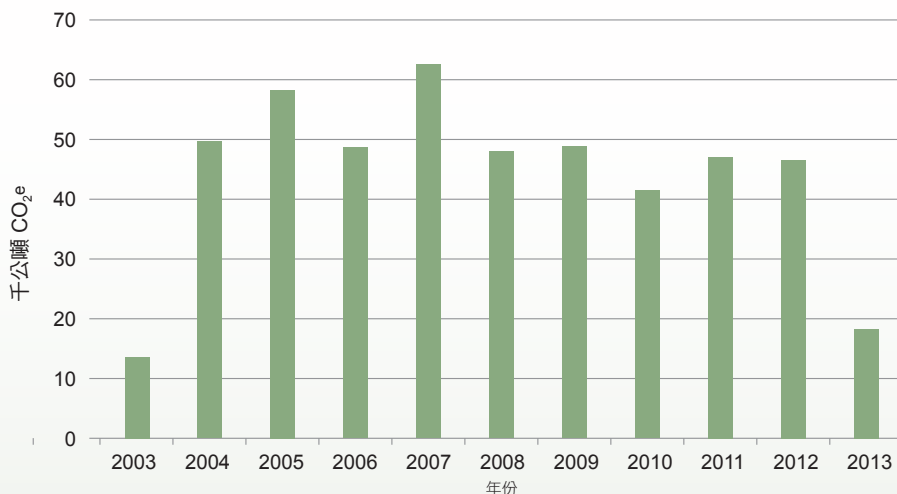


圖 4.4.8 臺灣 2003 至 2013 年鋅生產排放量趨勢

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。

4.5 燃料及溶劑使用的非能源產品 (2D)

2.D「燃料及溶劑使用的非能源產品」排放量趨近於零，分類項目包括 2.D.1「合成潤滑油使用」、2.D.2「石蠟使用」、2.D.3「溶劑使用」及 2.D.4「其他」等共計四項，排放溫室氣體種類為二氧化碳及 MNVOC 等共計 2 項，但

因 2006 IPCC 指南未提供 MNVOC 之 GWP 值，僅統計二氧化碳排放量。2013 年總部門排放量約 0.0465 噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.0%，1990 至 2013 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。因排放量趨近於零，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 等共計四項。2013 年總部門排放量約 4,115 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品

表 4.5.1 臺灣 1990 至 2013 年燃料及溶劑使用的非能源產品排放量

(單位：公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
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
2.D.2 石蠟使用	0.011	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.010
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	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
年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.077	0.075	0.061	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095
2.D.2 石蠟使用	0.015	0.017	0.015	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.09	0.09	0.08	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.069	0.069	0.069	0.054	0.042	0.039	0.036	0.041
2.D.2 石蠟使用	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001	0.002	0.006
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05

備註：NA，代表不產生具體氣體的排放或吸收，故為不適用

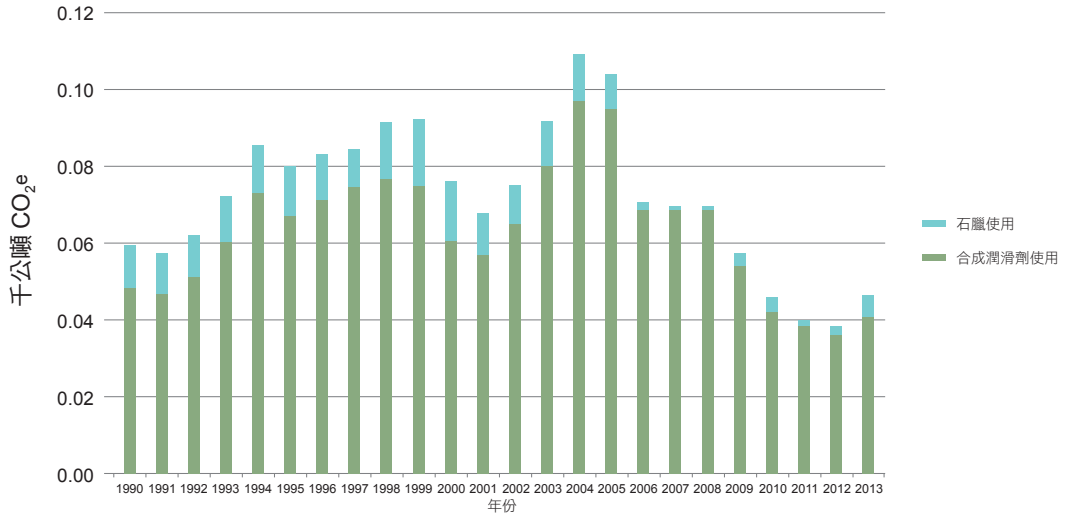


圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2013 年燃料及溶劑使用的非能源產品排放量趨勢

使用部門 15.9%，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 2013 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為參照 2006 IPCC 指南及我國製造業特性新增之項目，主要調查積體電路及半導體使用氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、三氟化氮、氧化亞氮所造成的排放量，調查氫氟硫化物種類為 HFC-23，全氟碳化物種類則為 CF₄、C₂F₆、C₃F₈、C₄F₈ 等。

表 4.6.1 臺灣 1998 至 2013 年電子工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
2.E.1. 積體電路或半導體	NE	NE	NE	3.7	5.0	5.2	5.6	4.3
2.E.2.TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	0.3	0.5	1.0	1.3	1.7
2.E.3 光電 (太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	-	0.1	0.1	4.0	5.5	6.2	6.8	6.0
年	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.E.1. 積體電路或半導體	4.8	4.4	2.5	2.3	2.4	2.5	1.8	2.6
2.E.2.TFT 平面顯示器	1.6	1.6	1.5	1.2	1.6	1.3	1.4	1.5
2.E.3 光電 (太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	6.4	6.0	4.0	3.5	3.9	3.8	3.2	4.1

備註：NE，代表未調查估計該分類項目，其中，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，因此不計算排放量；熱傳流體未調查統計。因 2006 IPCC 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數，世界半導體協會 (World Semiconductor Council, WSC) 亦未整合蒐集使用量與排放量。未來將 IPCC 與世界半導體協會之要求蒐集並提供數據。

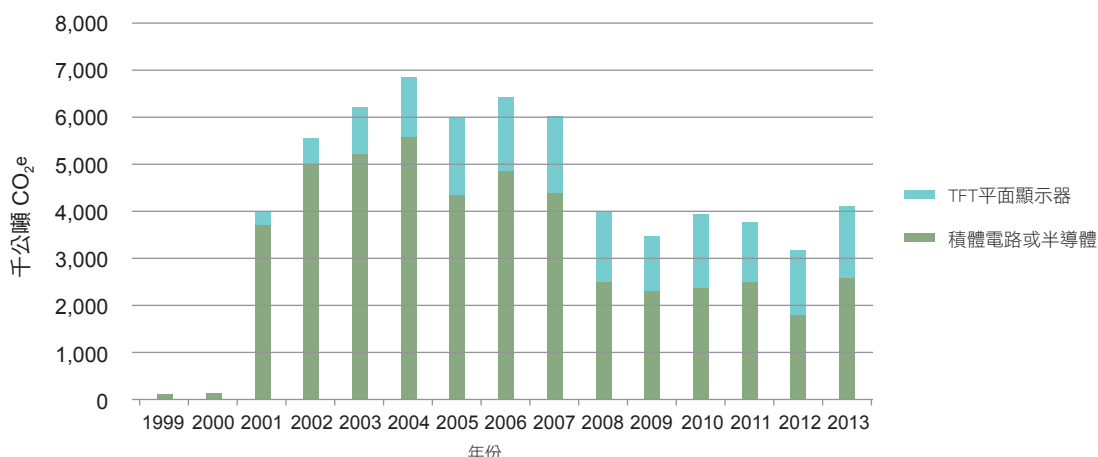


圖 4.6.1 臺灣 1999 至 2013 年電子工業排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由行政院環境保護署計畫(2014)¹⁶提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b，依據氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其採用臺灣半導體產業協會(Taiwan Semiconductor Industrial Association, TSIA)會員廠之氣體使用量；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC 指南規範進行推算求得。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫(2014)提供，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

由行政院環境保護署計畫(2014)提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證，並於世界半導體協會(World Semiconductor Council, WSC)會議中討論並予揭露。

(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 2013 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，由於 TSIA 配合政府推動自願減量，導入安裝尾氣處理設施，亦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，2013 年約排放 899 千公噸二氧化碳當量，佔總部門排放量約 9.8%，2001 至 2013 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

¹⁶ 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。

表 4.6.2 臺灣 2001 至 2013 年積體電路或半導體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
HFC-23	51	59	59	59	73	91	171
PFC-CF ₄	913	704	752	917	733	875	1,084
PFC-C ₂ F ₆	1,976	3,289	3,348	3,263	1,980	1,974	1,308
PFC-C ₃ F ₈	22	37	37	110	293	321	464
PFC-C ₄ F ₈	22	48	37	37	37	41	77
SF ₆	524	499	513	587	587	695	292
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	342	389
NF ₃	202	359	455	587	623	512	590
總計	3,711	4,994	5,199	5,559	4,237	4,850	4,375
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
HFC-23	118	168	164	134	86	169	
PFC-CF ₄	723	398	597	408	266	361	
PFC-C ₂ F ₆	417	189	198	177	84	102	
PFC-C ₃ F ₈	460	476	441	483	141	301	
PFC-C ₄ F ₈	57	63	86	134	201	135	
SF ₆	229	198	239	261	181	213	
N ₂ O	360	333	482	466	558	626	
NF ₃	136	198	156	306	295	687	
總計	2,500	2,298	2,363	2,502	1,812	2,595	

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 IPCC 公告之製程耗用率以及管末處理削減率，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。

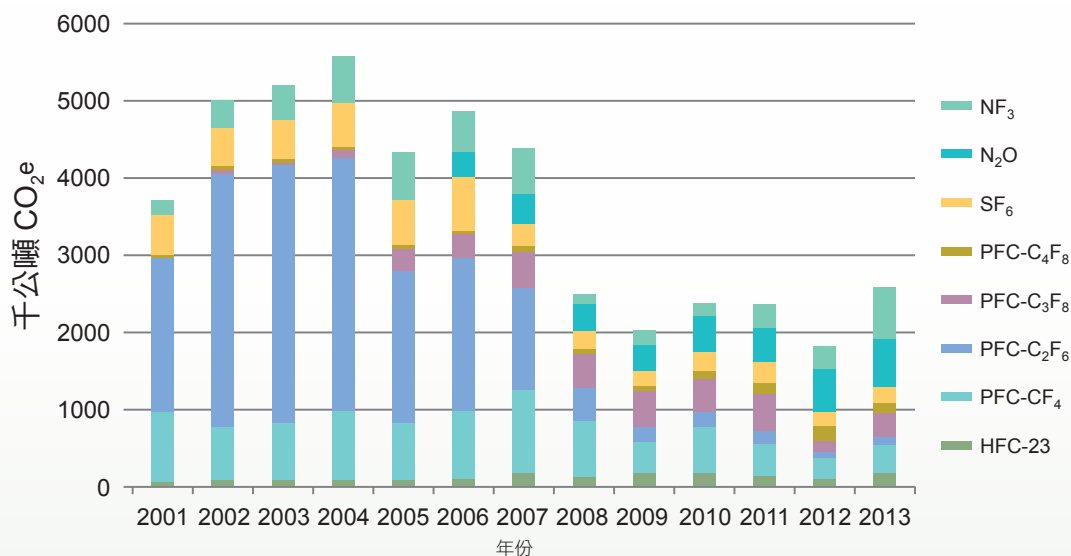


圖 4.6.2 臺灣 2001 至 2013 年積體電路或半導體排放量趨勢

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係由 TSIA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 95% 以上。調查結果可代表全國積體電路或半導體排放量。

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 年尚未調查，故無法取得排放量。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

排放量係彙整自 TSIA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.3 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經「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：

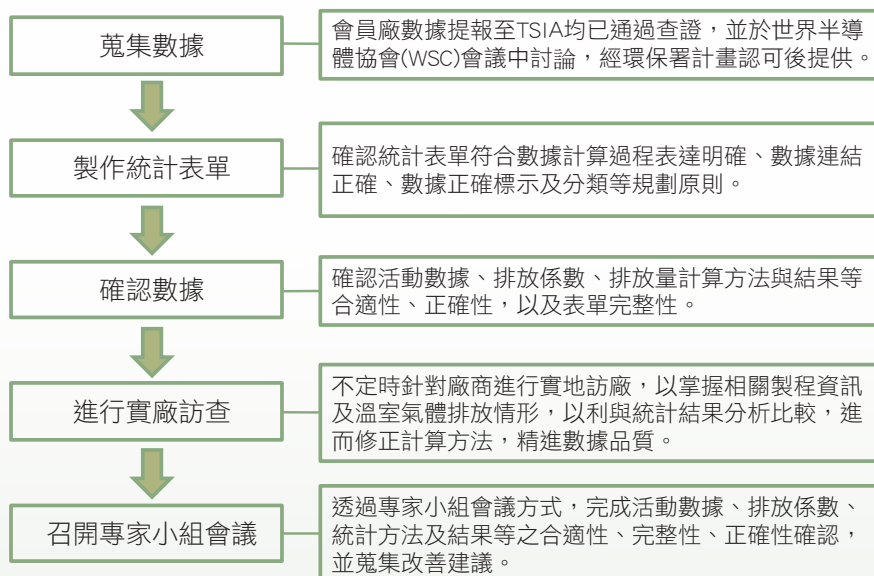


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

本項為依臺灣製造業特性，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

由行政院環境保護署計畫（2014）¹⁷ 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b，依據全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其係採中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器（Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD）產業協會（TTLA）會員廠全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用量計算所得；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC 指南規範進行推算求得。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫（2014）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

由行政院環境保護署計畫（2014）提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證。

(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，TSIA 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 2013 年 1,519 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 5.8%，1999 至 2013 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.4 所示。

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係由 TTLA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 98% 以上，調查結果可代表全國 TFT 平面顯示器排放量。

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，已影響時間序列一致性。

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。

表 4.6.3 臺灣 1999 至 2013 年 TFT 平面顯示器排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2.E.1. 積體電路或半導體	3	13	6	65	25	14	27	53
2.E.2.TFT 平面顯示器	116	120	221	446	901	1,197	1,530	1,355
2.E.3 光電 (太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28
2.E.4 熱傳流體	11	9	33	39	86	72	103	138
總計	129	143	260	550	1,012	1,283	1,660	1,573
年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
2.E.1. 積體電路或半導體	0	25	17	32	30	33	30	
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,429	1,376	1,040	1,409	1,078	1,171	1,311	
2.E.3 光電 (太陽能板)	50	56	42	63	101	99	133	
2.E.4 熱傳流體	170	30	65	62	75	54	46	
總計	1,688	1,486	1,164	1,567	1,285	1,357	1,519	

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。

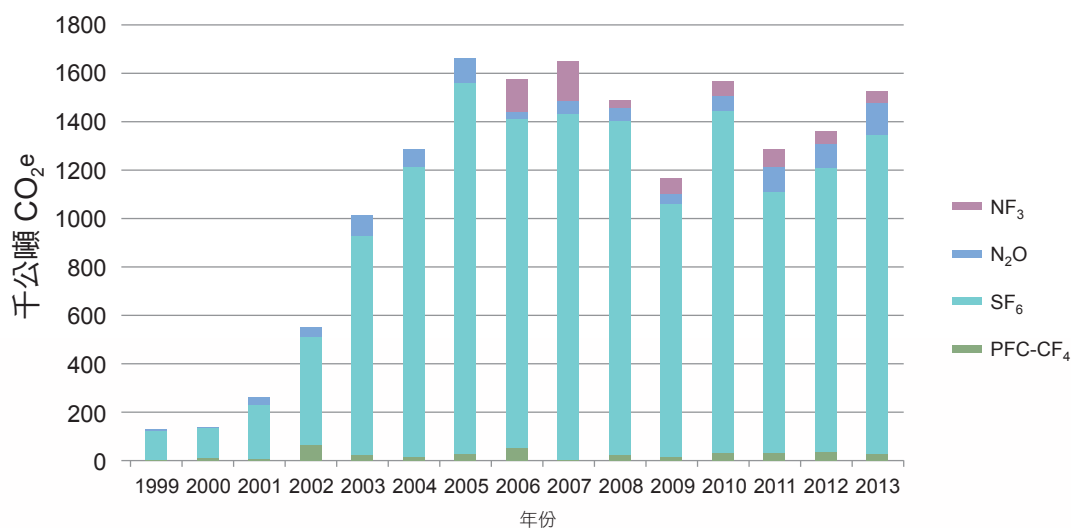


圖 4.6.4 臺灣 1999 至 2013 年 TFT 平面顯示器排放量趨勢

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

排放量係彙整自 TILA 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。

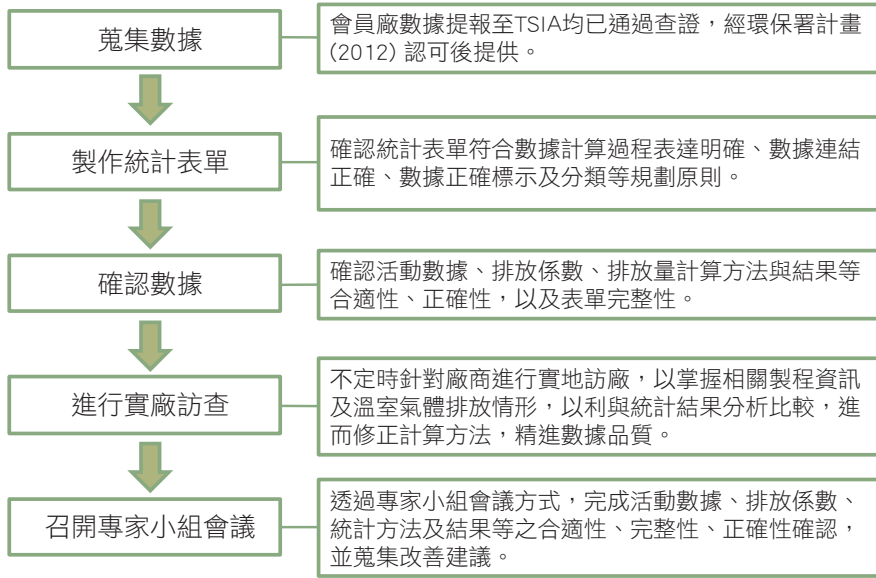


圖 4.6.5 TFT 平面顯示器排放統計 QA/QC 流程

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「空氣微粒」、2.F.5「溶劑」、2.F.6「其他應用」等共計六項，統計溫室氣體種類為氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫等共計三項，2013 年共排放 812 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 3.1%，因早期使用量較小，無統計調查紀錄，故僅呈現 2003 至 2013 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、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 HFC-32、HFC-125 等項目使用量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由破壞臭氧層物質之替代品使用¹⁸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。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫(2014)提供，

¹⁸ 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。

表 4.7.1 臺灣 2003 至 2013 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	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2.F.1 冷凍及空調	329	569	660	670	670	670
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	73	113	336	226	252	258
2.F.4 空氣微粒	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	401	682	996	896	922	928
年	2009	2010	2011	2012	2013	
2.F.1 冷凍及空調	670	680	827	725	799	
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.3 滅火劑	142	90	54	58	13	
2.F.4 空氣微粒	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	
總計	812	770	881	783	812	

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

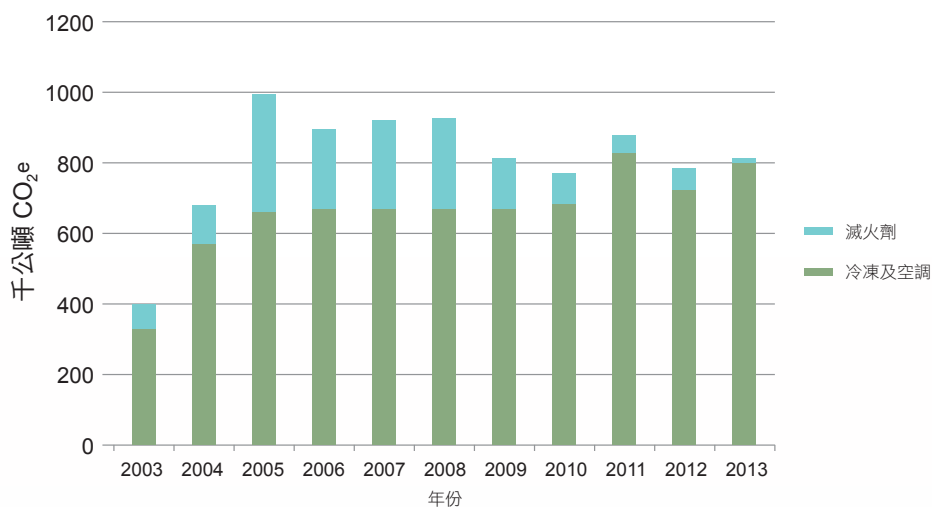


圖 4.7.1 臺灣 2003 至 2013 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

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%，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 (2014) 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。

行政院環境保護署計畫（2014）表示，早期氫氟碳化物冷媒為推廣用途，使用量較少，故未進行調查。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 HCFC 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（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至 2013 年 799 千公噸二氧化碳當量，成長 143%。2003 至 2013

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（2014）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，經計算調查之結果可代表我國冷凍空調使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

（1）不確定性

表 4.7.2 臺灣 2003 至 2013 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

（單位：千公噸）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
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

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期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 2013 年冷凍空調使用排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	329	569	660	670	670	670	672	680	827	725	799

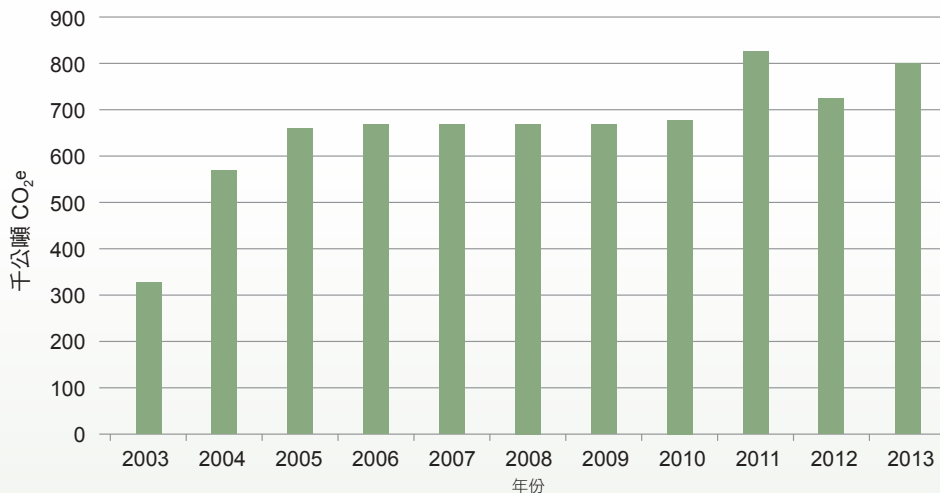


圖 4.7.2 臺灣 2003 至 2013 年冷凍空調使用排放量趨勢

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 4.2.2-4。

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。

4.7.2 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) 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 130I 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 (2014)¹⁹ 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 (2014) 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 (2014) 提供，由於 HFC-227ea 僅用於滅火藥劑填充，且國內無生產滅火器氫氟碳化物藥劑，皆係由國外進口，故填充量係依據關稅總局進口量統計。

(4) 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,220 將填充量轉換為排放量，1990 至 2013 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

¹⁹ 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。

表 4.7.4 臺灣 2003 至 2013 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	73	113	336	226	252	258	142	90	54	58	13

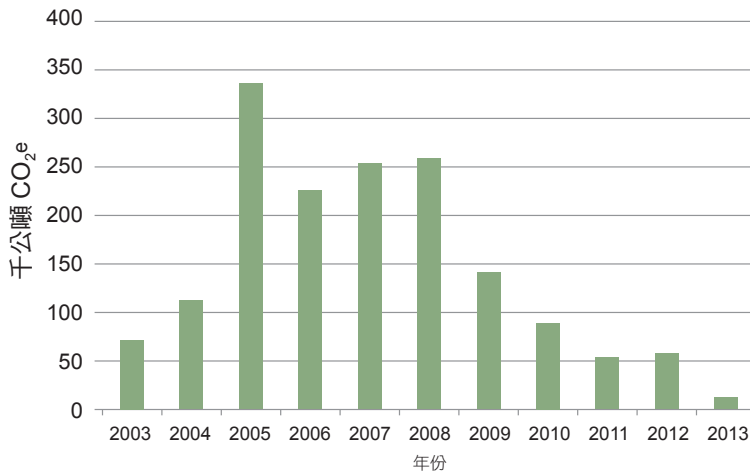


圖 4.7.3 臺灣 2003 至 2013 年滅火劑使用排放量趨勢

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，2008 至 2010 年為下降趨勢，自 258 千公噸二氧化碳當量降至 2013 年 13 千公噸二氧化碳當量，約占總排放量 0.05%。

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫（2014）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 4.2.2-4。

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。

4.7.4 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 (2014) 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 (2014)²⁰ 表示，因國內行政院環境保護署計畫 (2014) 調查排放量過程中所引用氫氟碳化物較少應用於噴霧劑，故未進一步調查相關行政院環境保護署計畫 (2014) 調查排放量過程中所引用氫氟碳化物排放，即無噴霧劑使用之行政院環境保護署計畫 (2014) 調查排放量過程中所引用氫氟碳化物排放。

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 (2014) 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，故未進一步調查相關氫氟碳化物排放，即無清洗溶劑使用之氫氟碳化物排放。

4.7.6 其他應用 (2.F.6)

無。

4.8 其他產品之製造與使用 (2.G)

本章概述製造和使用電器設備和其他產品所產生六氟化硫和全氟碳化物排放估算統計，包含 2.G.1「電子設備」、2.G.2「電力設備中六氟化硫及全氟碳化物」、2.G.3「其他產品使用六

氟化硫及全氟碳化物」及 2.G.4「使用氧化亞氮之產品」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，2013 年共排放 142 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.5%。其中，「電力設備中六氟化硫及全氟碳化物」因早期使用量較小，無統計調查紀錄，故僅呈現 2002 至 2013 年排放量，如表 4.8.1 所示。

4.8.1 電子設備 (2.G.1)

無法依 2006 IPCC 指南之方法別取得所需數據，故合併於「積體電路或半導體」、「TFT 平面顯示器」計算。

4.8.2 電力設備中的六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

依據臺灣製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調高壓斷路器及其他開關絕緣氣體使用六氟化硫所造成的排放量，主要調查對象為電力事業，分別為台電公司電力設備自然洩漏或維修測試，以及民營電廠於製造電力設備時為確保絕緣效果於測試時使用所排放的六氟化硫。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由行政院環境保護署計畫 (2014)²¹ 提供排

20 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。

21 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。

表 4.8.1 臺灣 2002 至 2013 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	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.G.1. 電子設備	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.G.2. 電力設備中的 SF ₆ 和 PFC 排放	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953
2.G.3. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953
年	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2.G.1. 電子設備	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.G.2. 電力設備中的 SF ₆ 和 PFC 排放	895	703	295	282	186	142
2.G.3. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	895	703	295	282	186	142

備註：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，「電子設備」併入「積體電路或半導體」、「TFT 平面顯示器」計算。
NE，代表未調查估計該分類項目，因「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」及「使用氧化亞氮之產品」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以六氟化硫實際使用情形求得排放量，來源為台電公司建立之「六氟化硫申報管理系統」登錄平台，民營電廠排放量則係依據六氟化硫採購量以及 2006 IPCC 指南建議洩漏率進行估算。

(2) 排放係數

由行政院環境保護署計畫 (2014) 提供排放量，依實際補充量進行統計，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 (2014) 提供排放量，係依實際使用量進行統計活動數據。

(4) 排放量

以六氟化硫之 GWP 值 22,800 將六氟化硫使用量轉換為排放量，1990 至 2013 年排放量如表 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，故未調查使用量。2002 至 2013 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 2013 年 142 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係以台電公司及全國民營電廠調查為調查對象，調查結果可代表全國高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放量。

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%。

表 4.8.2 臺灣 1990 至 2013 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SF ₆	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	702	295	282	186	142

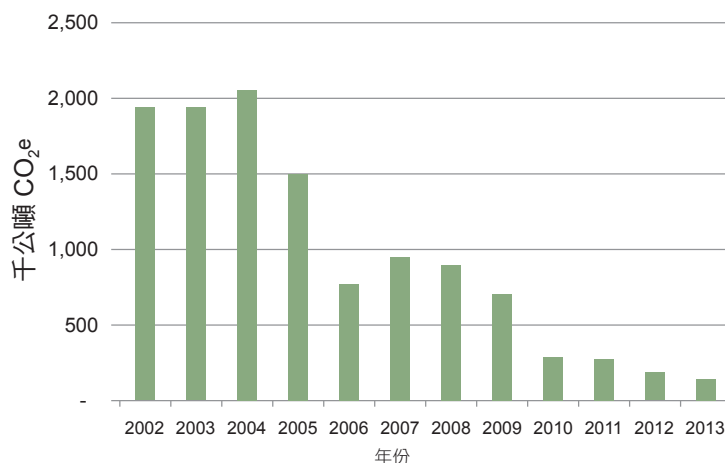


圖 4.8.1 臺灣 1990 至 2013 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放量趨勢

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2001 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

排放量行政院環境保護署計畫提供，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 4.8.2 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。

4.8.3 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.3)

本項主要調查軍事應用、加速裝置、隔音窗戶、醫藥應用等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 (2014)²² 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。

4.8.4 使用氧化亞氮產品 (2.G.4)

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生產等使用氧化亞氮所造成的排放量。行政院環境保護署計畫 (2014)²³ 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。

22 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。

23 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。

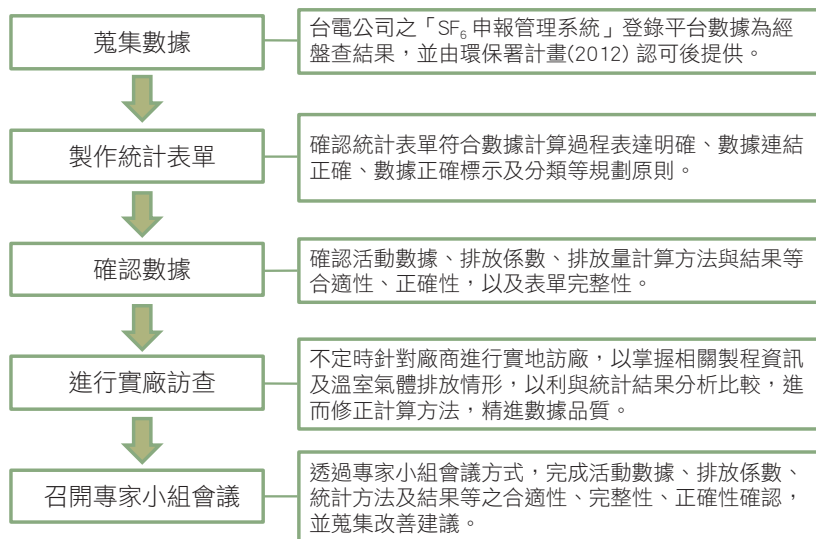


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

4.9 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 1 項 2.H.1「食品和飲料」，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2013 年總部門排放量約 2 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 2013 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，「肉、魚及家禽」、「砂糖」、「植物

油及動物油」、「動物飼料」統計氣體種類為 NMVOC，故這些項目僅統計活動數據，未納入統計，僅「啤酒生產」項目排放二氧化碳，故以下僅針對此項目進行說明。

4.9.1.1 啤酒 (2.H.1.a)

I. 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，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。

表 4.9.1 臺灣 1990 至 2013 年其他製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 I，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：

二氧化碳排放量 = 啤酒產量 (噸) × 啤酒排放係數 (公斤二氧化碳 / 公石產量)

(2) 排放係數

引用李占雙 (2003)²⁴ 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 2013 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 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 2013 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 2013 年啤酒產量

(單位：千公石)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
產量	3,235	3,404	3,784	3,865	4,100	3,944	3,838	4,064	3,877	3,759	4,035	3,780

24 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

表 4.9.3 臺灣 1990 至 2013 年啤酒生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
排放量	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70

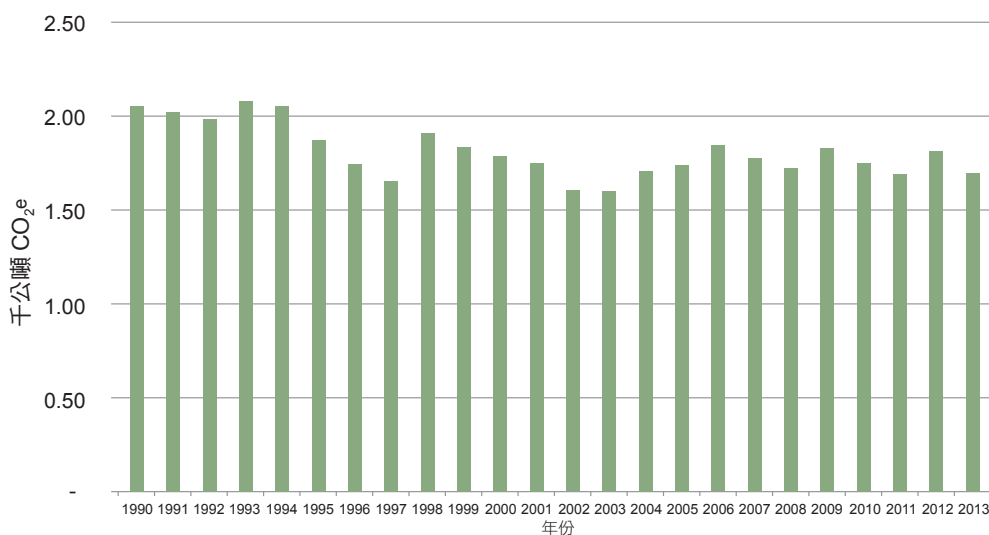


圖 4.9.1 臺灣 1990 至 2013 年啤酒生產排放量趨勢

參考文獻

1. IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006。
2. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory report of Japan, 2014。
3. 經濟部統計處，2014 年工業生產統計年報，2015 年 3 月。
4. 財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
5. 台灣區石油化學同業公會，台灣區石化公會年報，2015。
6. 台灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2015。
7. 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。
8. 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。
9. 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。
10. 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。
11. 行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量，2008。
12. 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。
13. 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。
14. 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
- 5.3 畜禽糞尿處理
- 5.4 水稻種植
- 5.5 農耕土壤
- 5.6 草原的焚燒
- 5.7 農作物殘渣燃燒
- 5.8 石灰處理
- 5.9 尿素使用
- 5.10 其他含碳肥料
- 5.11 其他

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統計，係依據聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南（2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gases Inventories¹，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」（甲烷）、3.B「畜禽糞尿管理」（甲烷及氧化亞氮）、3.C「水稻種植」（甲烷）、3.D「農耕土壤」（氧化亞氮）、3.E「草原焚燒（臺灣不列入計算）」、3.F「作物殘體燃燒」（甲烷和氧化亞氮）、3.G「其他（臺灣不列入計算）」。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（Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP）分別為 25 與 298（AR4, 2007）。

其中「畜禽腸胃發酵」及「畜禽糞尿處理」之計算，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。另當作燃料使用及廢水的排放則在能源部門與廢棄物部門計算。

另於農糧部分，依據 2006 IPCC 指南「第四卷農業、林業與其他土地利用」之「第 5 章農地」、「第 11 章管理土壤中的氧化亞氮排放與

石灰 / 尿素使用過程中二氧化碳排放」等兩章節進行計算。因此農糧部分之溫室氣體排放源共分為：1. 農地，包含農地土壤生質碳，生質焚燒，水田甲烷等；2. 管理土壤中的氧化亞氮排放與石灰 / 尿素使用過程中二氧化碳排放，包含氮施用產生的氧化亞氮排放，施用石灰、尿素的二氧化碳排放等。

臺灣 1990 至 2013 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 年起呈現逐年下降趨勢，主要因我國加入世界貿易組織（World Trade Organization, WTO）及經貿自由化、衝擊國內農業生產造成耕地面積及畜禽養殖減少等因素，另三段式家畜糞尿處理、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 年後連續二年較大幅度下降，係口蹄疫大量豬隻死亡，飼養頭數銳減之故。我國 2013 年農業部門溫室氣體排放源占比如圖 5.1.2，農耕土壤 50% 為最大占比，其他如畜禽腸胃發酵占 20.4%、畜禽糞尿處理占 8.4%、水稻種植占 19.5%、尿素施用占 1.6%、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 IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management, 2006.

表 5.1.1 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	CO ₂		CH ₄					N ₂ O				總計
	3.G 石灰處理	3.H 尿素施用	CH ₄ 總計	3.A 畜禽 腸胃發 酵	3.B 畜禽 糞尿管 理	3.C 水稻種 植	3.F 作物 殘體燃 燒	N ₂ O 總計	3.B 畜禽 糞尿管 理	3.D 農耕土 壤	3.F 作物 殘體燃 燒	
1990	NE	141.6	1,873.09	669.62	205.87	960	37.6	1,879.67	48.07	1,820	11.6	3,894.36
1991	NE	145.9	1,900.31	731.04	236.47	908	24.8	1,907.70	50.00	1,850	7.7	3,953.91
1992	NE	139.1	1,863.87	737.56	233.71	845	47.6	1,857.75	52.05	1,791	14.7	3,860.72
1993	NE	130.6	1,862.51	775.36	240.45	825	21.7	1,881.34	53.64	1,821	6.7	3,874.45
1994	NE	134.9	1,831.81	788.72	247.19	775	20.9	1,880.63	59.13	1,815	6.5	3,847.34
1995	NE	151	1,854.41	822.22	258.79	766	7.4	1,873.42	61.12	1,810	2.3	3,878.83
1996	NE	150.8	1,839.84	822.24	265.70	745	6.9	1,915.08	66.98	1,846	2.1	3,905.72
1997	NE	133.7	1,723.05	731.73	219.22	765	7.1	1,723.23	70.03	1,651	2.2	3,579.99
1998	NE	127	1,622.18	673.70	191.88	751	5.6	1,623.71	71.01	1,551	1.7	3,372.89
1999	NE	118.5	1,644.07	694.38	204.79	738	6.9	1,598.32	72.22	1,524	2.1	3,360.89
2000	NE	130.8	1,617.99	692.35	209.84	702	13.8	1,813.02	72.72	1,736	4.3	3,561.81
2001	NE	94.2	1,564.80	659.62	201.08	689	15.1	1,777.32	70.62	1,702	4.7	3,436.32
2002	NE	93.2	1,479.58	635.83	193.85	637	12.9	1,792.46	70.46	1,718	4	3,365.23
2003	NE	82.5	1,393.90	625.71	192.29	567	8.9	1,671.53	70.83	1,598	2.7	3,147.93
2004	NE	83.5	1,319.95	614.15	193.10	505	7.7	1,795.80	69.40	1,724	2.4	3,199.25
2005	NE	62.3	1,387.07	622.84	195.32	561	7.9	1,672.62	71.22	1,599	2.4	3,121.99
2006	NE	59.5	1,367.83	613.84	194.59	551	8.4	1,704.89	72.29	1,630	2.6	3,132.22
2007	NE	57.5	1,341.24	608.65	184.99	543	4.6	1,666.21	70.81	1,594	1.4	3,064.94
2008	NE	56.8	1,299.21	584.44	179.67	529	6.1	1,590.62	71.72	1,517	1.9	2,946.63
2009	NE	55.5	1,281.06	571.04	175.02	530	5	1,625.59	70.99	1,553	1.6	2,962.15
2010	NE	53.8	1,274.19	578.46	176.42	514	5.3	1,608.07	70.47	1,536	1.6	2,936.06
2011	NE	52.8	1,301.05	589.59	180.06	526	5.4	1,546.43	70.73	1,474	1.7	2,900.27
2012	NE	54.9	1,300.38	582.87	172.11	540	5.4	1,571.36	70.66	1,499	1.7	2,926.64
2013	NE	45.4	1,303.73	579.18	166.25	555	3.3	1,495.30	71.30	1,423	1	2,844.43

備註：1. 依據 2006 IPCC 指南計算。

2.GWP 為二氧化碳：甲烷：氧化亞氮=1：25：298。

3.2005 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）。

4.NE：未估算。

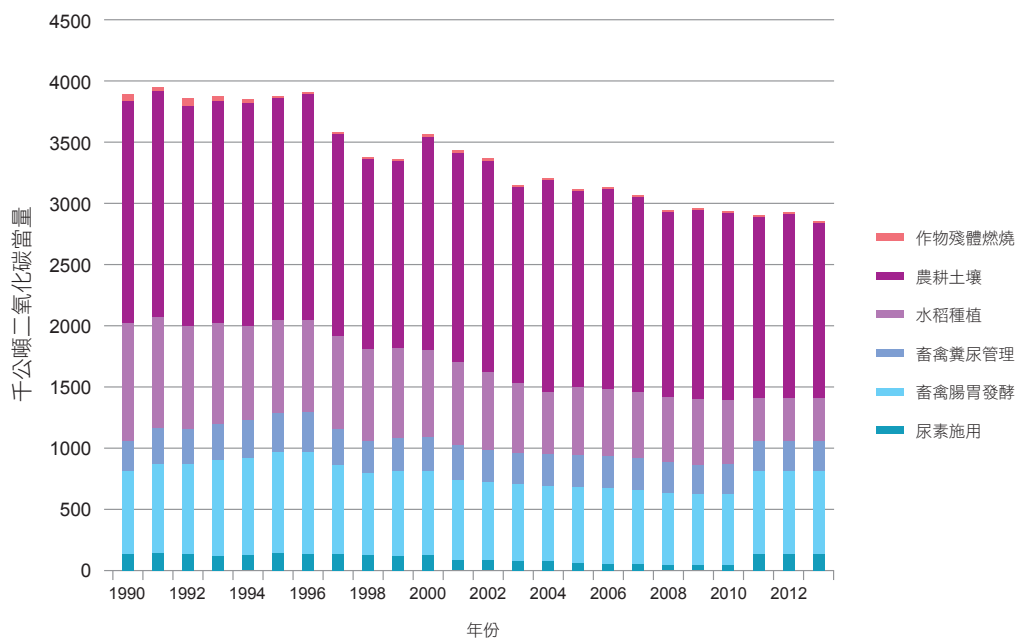


圖 5.1.1 臺灣 1990 至 2013 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

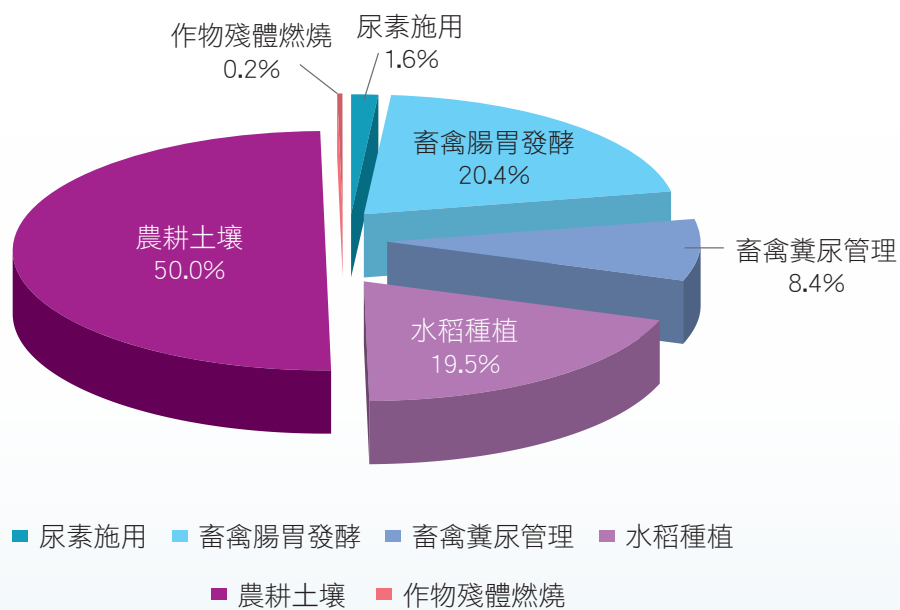


圖 5.1.2 臺灣 2013 年農業部門溫室氣體各排放源占比

1. 排放源及匯分類的描述：

甲烷是動物腸胃發酵的副產物，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 1989 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，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，至於尚無或尚未確認本土腸胃發酵甲烷排放係數者，則採用方法 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。

畜禽腸胃發酵甲烷之排放量 = EF × 各類畜禽總量 × (Gg/10⁶kg)

其中，排放量：腸胃發酵甲烷排放量 (Gg/年)

EF：某畜種畜禽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])、非產乳牛 ([未產女牛] + [乳用牛 - 乳公牛] + [肉用牛 - 乳公牛] + [肉用牛 - 黃牛及雜種牛] + [役用牛 - 黃牛及雜種牛])、豬 (所有豬)、水牛、山羊 ([肉羊] + [乳羊])、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資料，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²及鴨³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。

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		
腸胃發酵	牛 產乳牛 ^a (Dairy cattle)	甲烷	125.1	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 68		
			64.3			IPCC 為 47		
	非產乳牛 ^a (Non-Dairy cattle)							
	豬 (Swine)		甲烷	1.5	kg/head/yr	IPCC		
	其他畜禽	水牛 (Buffalo)		甲烷	55	kg/head/yr	IPCC	
		山羊 (Goats)		甲烷	5	kg/head/yr	IPCC	
家禽 (Poultry)		a. 白色肉雞 ^b b. 有色肉雞 ^c c. 蛋雞 ^d d. 鵝 ^e e. 肉鴨 ^f	甲烷	1.587×10^{-5}	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 資料不足無法計算	
			甲烷	8.482×10^{-5}	kg/bird/life cycle	本土值		
			甲烷	1.061×10^{-2}	kg/head/yr	本土值		
	甲烷		1.50×10^{-3}	kg/bird/life cycle	本土值			
甲烷	2.071×10^{-3}	kg/bird/life cycle	本土值					

註 a：牛（產乳牛、非產乳牛）

註 b：白色肉雞

腸內發酵	冷季 < 15°C	熱季 > 25°C	平均排放係數
甲烷 (kg/bird/life cycle)	1.2615×10^{-4}	4.349×10^{-5}	8.482×10^{-5}

(資料來源，黃大駿、王淑音，臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣排放，中國畜牧學會會誌，29(1)：65-75，2000。)

註 c：有色肉雞

腸內發酵	冷季 < 15°C	溫季 15-25°C	熱季 > 25°C	平均排放係數
甲烷 (kg/bird/life cycle)	2.04×10^{-5}	1.626×10^{-5}	1.079×10^{-5}	1.587×10^{-5}

(資料來源，黃大駿，台灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討，中國文化大學生物科技研究所碩士論文，2000。)

註 d：蛋雞

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每年每頭排放量为 1.061×10^{-2} kg。

(資料來源，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，32(4)：151，2003。)

註 e：鵝

排放係數： 1.50×10^{-3} kg/bird/life cycle

(資料來源，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。)

註 f：肉鴨

排放係數： 2.071×10^{-3} kg/bird/life cycle

(資料來源，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，中國畜牧學會會誌，29(1)：65-75，2003。)

2 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。

3 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，中國畜牧學會會誌，32(4)：151，2003。

由 2014 年李春芳依據近年我國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，產乳牛每頭排放係數為 125.1 kg / 頭，非產乳牛則維持 64.3 kg / 頭（如表 5.2.3）。

（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、非產乳牛、豬、水牛、山羊、蛋雞的活動數據即為該畜種當年底的在養量，至於白色肉雞、有色肉雞、鵝及鴨，由於臺

灣畜禽統計調查結果並未發布家禽之年生產隻數，故以與年生產隻數相當的年屠宰隻數為該家禽的活動數據。

（4）排放量

臺灣 1990 年至 2013 年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 年起我國為加入 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自 2001 年以後逐年遞減趨勢。

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

表 5.2.3 臺灣荷蘭乳牛瘤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
頭數比率	55%(43%, 12%)	45%
每頭年釋放係數, kg	125.1	64.2

（資料來源，李春芳，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 1990 年至 2013 年畜禽活動數據

(單位：頭(家畜)/千隻(家禽))

年	產乳牛	非產乳牛 ¹	豬 ¹	水牛 ¹	山羊 ¹	白色肉雞 ²	有色肉雞 ²	蛋雞 ¹	鵝 ²	鴨 ²
1990	46,342	86,020	8,565,250	21,876	206,366	74,415	135,664	25,875	4,777	38,269
1991	49,433	84,805	10,089,137	18,618	214,946	91,504	126,692	26,484	4,628	34,739
1992	53,295	87,955	9,754,460	16,623	247,093	104,247	136,831	27,821	5,683	38,794
1993	57,652	91,460	9,844,920	16,489	365,632	123,161	147,906	28,716	6,397	43,540
1994	58,812	90,549	10,065,552	14,909	400,674	133,495	149,933	31,970	8,521	38,904
1995	66,377	85,565	10,508,502	12,883	430,238	149,451	150,756	32,987	7,744	40,510
1996	62,846	89,055	10,698,366	11,213	428,175	159,983	164,084	36,470	7,078	39,628
1997	65,281	91,508	7,966,887	9,601	442,552	185,280	180,072	39,275	7,503	39,010
1998	66,514	90,329	6,538,596	8,556	402,544	189,535	175,215	40,386	7,955	33,603
1999	66,175	89,884	7,243,194	9,189	363,135	185,077	175,328	40,874	7,464	33,159
2000	66,140	87,793	7,494,954	7,767	315,045	191,202	173,627	41,086	6,503	32,075
2001	65,125	80,851	7,164,605	6,531	284,105	189,288	161,987	39,941	6,330	30,158
2002	64,517	79,572	6,793,941	5,370	249,729	188,667	164,406	39,976	6,178	29,065
2003	59,467	84,491	6,778,799	4,912	241,027	190,127	156,508	40,224	6,402	29,084
2004	54,615	85,216	6,818,970	4,962	249,362	207,440	145,809	39,343	6,510	30,546
2005	53,198	83,725	7,194,768	4,101	267,753	167,032	143,492	40,366	6,450	31,821
2006	52,313	82,145	7,091,822	3,538	272,038	181,848	138,954	41,048	6,723	36,039
2007	53,171	89,382	6,640,047	3,452	254,715	177,413	135,530	40,315	5,873	35,024
2008	52,628	81,461	6,443,311	3,599	235,062	178,676	122,974	40,955	5,149	29,982
2009	53,230	80,546	6,145,950	3,862	212,766	190,498	121,136	40,610	4,593	27,634
2010	55,296	80,862	6,185,952	3,844	204,854	191,993	123,849	40,269	4,700	28,546
2011	57,196	83,489	6,256,546	3,627	190,440	200,707	130,838	40,371	5,130	28,808
2012	59,145	83,864	6,004,717	3,177	167,103	186,994	118,759	40,452	4,929	27,253
2013	60,500	84,387	5,806,237	2,511	160,850	183,586	102,974	40,937	5,160	32,460

備註：1.¹ 為年底在養頭/隻數，² 為當年總生產量。

2. 資料來源：農業統計年報及畜禽統計調查結果，行政院農業委員會。

3. 2005 年以前之統計資料未包含金門縣及連江縣（因其自行統計未併入臺閩地區）

臺灣畜禽腸胃發酵的甲烷排放量，為包含產乳牛、非產乳牛、豬、水牛、山羊、白色肉雞⁴、有色肉雞⁵、蛋雞、鵝及鴨等十種主要畜種，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。

(5) 完整性

已將我國目前主要且穩定飼養之畜禽種類均涵括在內。

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清冊之估算，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），不確定性為 5%；預設排放係數因未提供不確定性；暫無法估算。至本土研究之排放係數及排放量之不確定性，尚待研究估算中。

4 黃大駿、王淑音，臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣排放，中國畜牧學會會誌，29(1)：65-75，2000。

5 黃大駿，台灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討，中國文化大學生物科技研究所碩士論文，2000。

表 5.2.5 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	產乳牛	非產乳牛	豬	水牛	山羊	白色肉雞	有色肉雞	蛋雞	鵝	鴨	合計
1990	144.93	138.28	321.20	30.08	25.08	0.03	0.29	6.86	0.18	1.98	669.62
1991	154.60	136.32	378.34	25.60	26.87	0.04	0.27	7.02	0.17	1.80	731.04
1992	166.68	141.39	365.79	22.86	30.91	0.04	0.29	7.38	0.21	2.01	737.56
1993	180.31	147.02	369.18	22.67	45.70	0.05	0.31	7.62	0.24	2.25	775.36
1994	183.93	145.56	377.46	20.50	50.08	0.05	0.32	8.48	0.32	2.01	788.72
1995	207.59	137.55	394.07	17.71	53.78	0.06	0.32	8.75	0.29	2.10	822.22
1996	196.55	143.16	401.19	15.42	53.52	0.06	0.35	9.67	0.27	2.05	822.24
1997	204.18	147.10	298.76	13.20	55.32	0.07	0.38	10.42	0.28	2.02	731.73
1998	208.02	145.20	245.20	11.76	20.32	0.08	0.37	10.71	0.30	1.74	673.70
1999	206.961	144.49	271.62	12.63	45.39	0.07	0.37	10.84	0.28	1.72	694.38
2000	206.85	141.13	281.06	10.68	39.38	0.08	0.37	10.90	0.24	1.66	692.35
2001	203.68	129.97	268.67	8.98	35.51	0.08	0.34	10.59	0.24	1.56	659.62
2002	201.78	127.91	254.77	7.38	31.22	0.07	0.35	10.60	0.23	1.50	635.83
2003	185.98	135.82	254.20	6.75	30.13	0.08	0.33	10.67	0.24	1.51	625.71
2004	170.81	136.98	255.71	6.82	31.17	0.08	0.31	10.44	0.25	1.58	614.15
2005	166.38	134.59	269.80	5.64	33.47	0.07	0.30	10.71	0.24	1.65	622.84
2006	163.61	132.05	265.94	4.86	34.00	0.07	0.29	10.89	0.25	1.87	613.84
2007	166.29	143.68	249.00	4.75	31.84	0.07	0.29	10.69	0.22	1.81	608.65
2008	164.59	130.95	241.62	4.95	29.38	0.07	0.26	10.86	0.19	1.55	584.44
2009	166.48	129.48	230.47	5.31	26.60	0.08	0.26	10.77	0.17	1.43	571.04
2010	172.94	129.99	231.97	5.29	25.61	0.08	0.26	10.68	0.18	1.48	578.46
2011	178.88	134.21	234.96	4.99	23.81	0.08	0.28	10.71	0.19	1.49	589.59
2012	184.98	134.81	225.18	4.37	20.89	0.07	0.25	10.73	0.18	1.41	582.87
2013	189.21	135.65	217.73	3.45	20.11	0.07	0.22	10.86	0.19	1.68	579.18

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2013 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，係屬國家級統計數據。QA/QC 及查證流程為該會在準備農業部門畜牧部分（含 3.A 及 3.B）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，經修正後再提送該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。再送行政院環境保護署併同其他部門之清冊，辦理後續階段之 QA/QC 及查證程序。

5. 特定排放源的重新計算

以往產乳牛及非產乳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李春芳博士於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。

農委會參考李博士近年來之實測數據（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，非產乳牛則維持64.3公斤/頭/年⁶。

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，仍將

加強各試驗研究單位之研究與成果之整合，以建立本土豬隻腸胃發酵甲烷排放係數。

5.3 畜禽糞尿處理（3.B）

人類飼養的家畜及家禽，除於消化過程中因腸胃發酵產生甲烷外，其經排泄及排遺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 畜禽糞尿處理甲烷排放

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，因此環保法規對畜牧場之管理係以處理廢水為導向，要求畜牧場處理至符合放流水後再放流出場外。反觀美加紐澳或歐盟等畜牧大國將動物糞尿視為再生資源，又因多處溫帶或採放牧，鮮少用水，故糞尿得以儲存或堆置方式暫處理，待種植作物時，再施用於農地充當液肥。所以我國與其他國家在畜牧糞尿處理上，雖然過程中亦會產出溫室氣體甲烷及氧化亞氮，惟其產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

6 李春芳，行政院農業委員會個人通訊，2014。

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⁷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。另山羊及水牛部分，我國飼養量較少，相關研究亦少，則使用 2006 IPCC 指南設定之排放係數。

至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 1999 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⁸及蛋雞之報告，並亦經農委員會召開專家諮詢會議決議通過，因此我國仍以國內研究人員研究禽糞堆肥處理實測所得之本土係數估算。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南，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。

畜禽糞尿處理之甲烷 排放量 = EF × 各類畜禽總量 × (Gg/10⁶kg)

其中，甲烷 排放：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〕）、非產乳牛（〔未產女牛〕+〔乳用牛-乳公牛〕+〔肉用牛-乳公牛〕+〔肉用牛-黃牛及雜種牛〕+〔役用牛-黃牛及雜種牛〕）、豬（所有豬）、水牛、山羊（〔肉羊〕+〔乳羊〕）、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⁹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。

(3) 活動數據

同表 5.2.4。

(4) 排放量

臺灣畜禽糞尿處理中甲烷排放量，除前開隨

7 Jung-Jeng Su, Bee-Yang Liu and Yuan-Chie Chang, Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, pp.253-263, 2003.

8 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)：415-422，2001。

9 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)：415-422，2001。

表 5.3.1 臺灣畜牧部門糞尿管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	
糞尿處理	牛	產乳牛 ^a (Dairy cattle)	甲烷	4.898	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 23	
		非產乳牛 ^a (Non-Dairy cattle)		1			IPCC	
	豬 ^a (Swine)		甲烷	0.768	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 5	
	其他畜禽	水牛 (Buffalo)		甲烷	2	kg/head/yr	IPCC	
		山羊 (Goats)		甲烷	0.2	kg/head/yr	IPCC	
家禽 (Poultry)		a. 白色肉雞 ^b b. 有色肉雞 ^b c. 蛋雞 ^c	甲烷	0.00476	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 為 0.02	
			甲烷	0.00476	kg/bird/life cycle	本土值	IPCC 為 0.02	
	甲烷		0.00999	kg/head/yr	本土值	IPCC 為 0.03		

註 a 產乳牛、豬

糞尿處理	月均溫 < 20°C	月均溫 20-25°C	月均溫 26-30°C	平均排放係數
產乳牛 - 甲烷 (kg/head/yr)	5.398	4.802	4.495	4.898
豬 - 甲烷 (kg/head/yr)	1.393	0.462	0.449	0.768

(資料來源：Jung-Jeng Su, Bee-Yang Liu and Yuan-Chie Chang, Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, pp.253-263, 2003.)

註 b 肉雞 (白色肉雞、有色肉雞)

糞尿處理	冷季 < 15°C	溫季 15-25°C	熱季 > 25°C	平均排放係數
甲烷 (kg/bird/life cycle)	4.480×10^{-5}	3.245×10^{-3}	1.25×10^{-2}	4.76×10^{-3}

(資料來源：王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39 (6)：415-422，2001。)

註 c 蛋雞 0.00999 kg/bird/yr 王淑音，2010，台灣家禽溫室氣體糞尿處理策略

種類	甲烷	氧化亞氮
肉雞 (kg/bird/life cycle)	4.76×10^{-3}	6.43×10^{-6}
蛋雞 (kg/t excreta)	7.857	0.072
蛋雞 (kg/bird/year) 加粗糠	0.4015	0.00368
蛋雞 (kg/bird/year) 純雞糞	0.00999	0.0055
蛋雞 (N ₂ O kg/kg N) 純雞糞		0.0054

(資料來源：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)

畜禽飼養量起伏，2001 年以後逐年遞減趨勢外，尚因我國自民國 80 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，更是使畜禽糞尿處理中甲烷排放量呈現逐年遞減趨勢。

臺灣畜禽糞尿處理中甲烷排放量，為包含產乳牛、非產乳牛、豬、水牛、山羊、白色肉雞、有色肉雞及蛋雞等八種主要畜種，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。

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），不確定性為5%；預設排放係數因未提供不確定性；暫無法估算。至排放係數及排放量之不確定性尚待研究估算中。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

(2) 時間序列的一致性

1990年至2013年排放係數、活動數據來源及計算方法皆維持一致。

表 5.3.2 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽糞尿管理之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 5.2.4 特定排放源的 QA/QC 及查證。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

由於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，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 3.1.1 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。至對山羊及水牛因我國飼養量少、且無相關研究，惟因甲烷部分 2006 IPCC 指南有相對應之係數可採用，尚能納入上一節中合併採計；但有關本節氧化亞氮部分，2006 IPCC 指南之運算係透過一連串之設定糞尿處理方式、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之相關前置研究，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。

畜禽糞尿處理之氧化亞氮排放量 = EF × 各類畜禽總量 × (Gg/10⁶kg)

(資料來源：家禽類之估算方式係由文化大學動物科學系王淑音教授提供；豬和牛係由台灣動物科技研究所蘇忠楨博士提供。)

其中，氧化亞氮 排放：某種牲畜糞尿管理系 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；至山羊、鵝及鴨部分因無國內研究資料，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。

(3) 活動數據

同表 5.2.4。

(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，尚因我國自 80 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，更是使畜禽糞尿處理中甲烷排放量呈現逐年遞減趨勢。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、有色肉雞及蛋雞等五種主要畜種，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 I 段所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入。另對我國飼養量相對較少之山羊及水牛，除非未來飼養畜種有重大轉變，否則預期仍不會有相關研究。

表 5.3.3 臺灣畜牧部門糞尿管理排放氧化亞氮之係數表

糞尿處理	細分類		溫室氣體類別	排放係數 (EF)			
				係數	單位	來源	說明
牛	產乳牛 ^a (Dairy cattle)		N ₂ O	0.011	kg/head/yr	本土值	
	豬 ^a (Swine)		N ₂ O	0.002	kg/head/yr	本土值	
	其他畜禽	家禽 (Poultry)		N ₂ O	6.43 × 10 ⁻⁶	kg/bird/life cycle	本土值
a. 白色肉雞 ^b		N ₂ O	6.43 × 10 ⁻⁶	kg/bird/life cycle	本土值		
b. 有色肉雞 ^b c. 蛋雞 ^c		N ₂ O	0.0055	kg/bird/yr	本土值		

註 a 產乳牛、豬

糞尿處理	月均溫 < 20°C	月均溫 20-25°C	月均溫 26-30°C	平均排放係數
產乳牛 - 甲烷 (kg/head/yr)	0.008	0.010	0.016	0.011
豬 - 甲烷 (kg/head/yr)	0.002	0.001	0.001	0.002

(資料來源：王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39(6)：415-422，2001。)

註 b 肉雞 (白色肉雞、有色肉雞)

糞尿處理	冷季 < 15°C	溫季 15-25°C	熱季 > 25°C	平均排放係數
氧化亞氮 (kg/bird/life cycle)	1.753 × 10 ⁻⁵	2.104 × 10 ⁻⁶	4 × 10 ⁻⁶	6.43 × 10 ⁻⁶

(資料來源：Jung-Jeng Su, Bee-Yang Liu and Yuan-Chie Chang, Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, pp.253-263, 2003.)

註 c 蛋雞 0.0055 Kg/bird/yr 王淑音，台灣家禽溫室氣體排放管理策略，2010。

(資料來源：王淑音，台灣家禽溫室氣體排放管理策略，2010。)

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），不確定性為5%；預設排放係數因未提供不確定性；暫無法估算。至排放係數及排放量之不確定性尚待研究估算中。

(2) 時間序列的一致性

1990年至2013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 5.2.4 特定排放源的 QA/QC 及查證。

表 5.3.4 臺灣 1990 年至 2013 年畜禽糞尿管理之氧化亞氮排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	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

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

由於目前清冊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¹⁰及區域性沼氣發電模式等。

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，主要重要影響因素包含氣候、土壤特性、灌溉管理、農耕操作、有機物質添加量、水稻品種、肥料形態與施用量等。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定為 0。

1. 排放源及匯分類的描述：

因臺灣地處亞熱帶至熱帶間，水稻可一年兩收，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，下一期作耕作前 30 日內，以耕耘機耕犁並將殘渣耕入田間。

臺灣土壤包含 12 土綱分類中的 11 種，水稻栽培主要種植於沖積扇平原、臺地地區，土綱以弱育土、淋溶土等為主（農委會，1995）。

依據楊敏宗和蘇宗振（2008）調查，臺灣 2007 年主要 5 種水稻品種分別台南 11 號、台 14 號、台 8 號、台 16 號、台中秈 10 號；各約占總生產面積 39%、11%、8%、7%、5%。依據歷年農業統計年報，1990 至 2013 年間約 85% 生產稻米以上屬於蓬萊米（梗稻，Japonica rice）、其餘為在來米（秈稻，Indica rice）等。然根據相關研究臺灣水稻品種非甲烷排放之主因（Yang 等人 1994），因此不評估水稻品種造成之排放差異。

因臺灣各地氣候、土壤、肥料和農業操作皆有其區域特性，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，在採用本土排放係數並參考相關文獻下，將臺灣分因地理特性區分為 8 個區域進行估算。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2006 IPCC 指南之計算公式如公式 5.4.1，計算甲烷排放。然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，使用方法 3（Tier 3），引用本土排放係數進行計算，

¹⁰ 王淑音，台灣家禽溫室氣體糞尿處理策略，2010。

水稻田之甲烷排放量計算方式是將公式 5.4.1 簡化為公式 5.4.2，由活動數據 - 水稻田耕作面積乘以排放係數，排放係數如表 5.4.1。

公式 5.4.1

水稻種植中的甲烷排放

$$CH_4 \text{ 水稻} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k} \times 10^{-6})$$

甲烷水稻 = 稻子種植中的年度甲烷排放，Gg 甲烷 / 年
 $EF_{i,j,k}$ = 在 $i, j,$ 和 k 條件下的日排放係數，kg 甲烷 / 公頃 / 日
 $t_{i,j,k}$ = $i, j,$ 和 k 條件下的稻子種植期，日
 $A_{i,j,k}$ = 在 $i, j,$ 和 k 條件下水稻的年收穫面積，公頃 / 年
 $i, j,$ 和 k = 分別代表不同的生態系統、水分狀況和有機添加量，以及其它可以引起水稻甲烷排放變化的條件。

公式 5.4.2

水稻種植中的甲烷排放

$$CH_4 \text{ 水稻} = EF_i \times A_i$$

EF_i = 各區各期水稻排放係數

A_i = 各區各期水稻種植面積

(2) 排放係數

排放係數引用 Yang 等人 (2003, 2009) 水稻之排放係數，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) 將原係數單位 $mg/m^2/h$ 換為全期作排放量 kg/ha 。惟二期作之宜蘭、苗栗、雲林、嘉義、台南之排放係數偏高，故以其他地區平均值 (115.7 $kg/ha/season$) 計算。

(3) 活動數據

1990 至 2013 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 8 分區，並分為兩期作，彙整如表 5.4.2。

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	原數值 ¹⁾ (mg- 甲烷 /m ² /h)	換算數值 ²⁾ (kg- 甲烷 /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

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

2) 換算後原數值為宜蘭：266、苗栗：408、雲嘉南：228 $kg-CH_4/ha/season$ 。以 115.7 $kg-CH_4/ha/season$ 取代。

(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，相加後為全年甲烷排放總量。1990 至 2013 年水稻種植甲烷排放量如表 5.4.3、圖 5.4.1 所示。因作物轉作政策、農業活動衰減等因素下，水稻田耕作面積逐年減少，水稻田甲烷排放量漸減，與 1990 年相比，甲烷排放量減少約 42%。近 2 年則因休耕補助由原本的一年兩期改為一年一期，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，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。

排放係數方面，水稻田甲烷排放雖受水稻品種、土壤物化性質、管理方式、前作作物種類與殘渣量等多種因素影響，而我國水稻栽培在上述因素變異多，不易逐一評估其係數計算，故將其納為排放係數不確定性範圍內。

本項未估算水稻田施用有機肥而增加有機物量所產生之甲烷排放量。因無法取得有效活動數據，與對應排放係數，對於此部分所產生之甲烷量目前尚無法估算。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性：

為確認本土水稻田甲烷排放係數之不確定

性，檢視 Yang 等人 (2003, 2009) 的研究中僅說明各分區排放係數平均值與來源，未完整標明標準差、範圍。故首先重新檢視其引用之文獻，估算其平均值與標準差，或範圍。檢視結果如表 5.4.4 所示，部分追溯得之平均排放係數仍與 Yang 等人 (2003, 2009) 計算數值有些許差異，平均排放係數數值仍以 Yang 等人 (2003, 2009) 之研究為主，但標準差與範圍則以本文中追溯得之數值進行計算。

在計算過程中因排放係數 ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{h}$) 乘以不同期作之耕期換算為 $\text{kg}/\text{ha}/\text{season}$ ，一期作 136 天，二期作 124 天，而實際田耕作期因氣候、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 90~130 天。活動數據為水稻耕作面積，不確定性定義為 5%。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。

依據檢視結果，多筆排放係數不確性大於 60%，部分參數非常態分布，故利用 SimulAr 軟體以蒙地卡羅法，估算本土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 $\pm 51\%$ 。

(2) 時間序列的一致性：

在時間序列上，活動數據皆維持一致性，皆引用自農業統計年報之水稻種植面積。

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。計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體排放清冊專家會議審議。

排放係數引自 Yang 等人（2009）發表之論文。由於甲烷使用本土排放係數，為了解本土調查係數之準確確性，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。

表 5.4.2 臺灣 1990 至 2013 年各區水稻耕作面積¹³

（單位：公頃）

年	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

¹³ 行政院農業委員會。中華民國農業統計年報，2015。

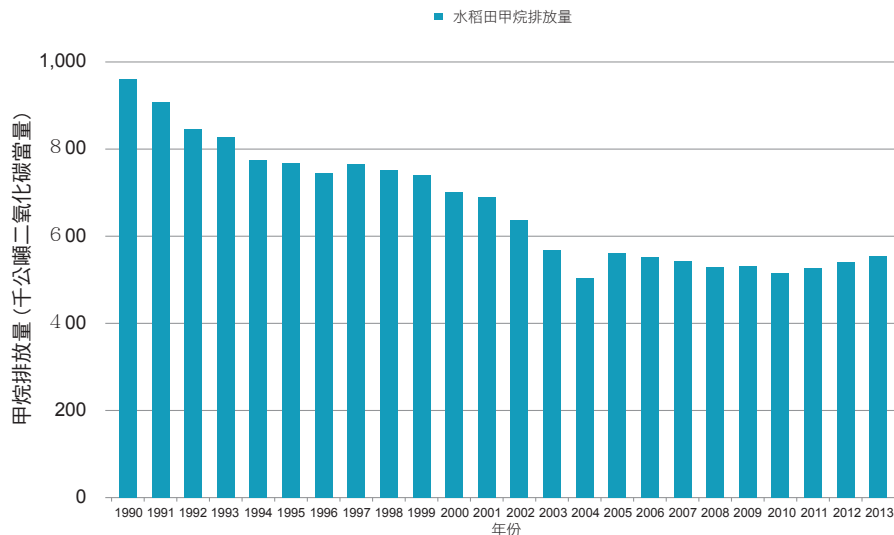


圖 5.4.1 臺灣 1990 至 2013 年水稻田甲烷排放量趨勢

表 5.4.3 臺灣 1990 至 2013 年各區水稻田甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	臺北、基隆	宜蘭	桃園、新竹	苗栗	臺中、彰化、南投	雲林、嘉義、臺南	高雄、屏東	花蓮、臺東	總排放量
1990	12.70	22.99	120.74	71.58	308.35	304.23	55.20	63.75	959.54
1991	10.15	21.07	118.25	64.98	296.45	288.87	48.67	60.01	908.44
1992	7.48	16.19	112.84	62.07	285.70	260.72	40.78	58.95	844.72
1993	6.00	15.18	109.79	58.35	272.12	271.94	35.41	56.49	825.28
1994	4.62	12.23	98.07	56.90	258.99	253.11	34.25	57.07	775.23
1995	4.59	10.07	100.92	55.03	250.01	256.27	30.77	58.81	766.46
1996	3.71	9.60	94.63	52.32	243.53	246.70	31.19	62.84	744.51
1997	3.79	9.35	100.73	53.31	245.03	256.82	28.05	67.58	764.65
1998	3.40	8.51	95.13	51.37	240.10	257.16	27.74	67.89	751.31
1999	3.02	7.67	89.54	49.43	235.16	257.51	27.44	68.19	737.96
2000	2.85	7.18	79.57	45.80	226.28	247.92	25.45	67.07	702.13
2001	2.67	6.58	75.09	41.99	226.70	246.22	24.20	65.74	689.19
2002	2.38	6.00	56.53	38.02	219.23	230.50	20.29	63.60	636.55
2003	2.06	5.87	35.29	35.08	205.75	205.82	17.88	59.65	567.40
2004	2.08	5.42	27.05	28.23	199.32	167.76	14.93	60.09	504.88
2005	1.94	5.40	36.28	32.85	203.64	205.66	14.18	60.85	560.79
2006	1.67	5.40	31.11	30.78	198.75	209.28	11.61	62.47	551.08
2007	1.83	5.27	32.40	30.68	197.59	201.34	10.77	62.80	542.69
2008	1.75	5.17	30.69	29.24	190.96	196.93	10.41	63.82	528.97
2009	1.74	5.13	32.61	28.98	189.34	198.14	9.92	64.50	530.37
2010	1.71	5.29	33.21	25.24	190.93	179.07	10.34	68.33	514.13
2011	1.64	5.34	32.40	26.89	186.85	193.54	9.85	69.53	526.03
2012	1.60	5.62	32.06	27.51	188.45	203.93	9.90	70.49	539.58
2013	1.60	6.11	35.16	29.78	191.56	208.50	10.37	72.16	555.25

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	排放係數	標準差	範圍 ¹⁴	機率分布型態	不確定性來源與值			排放量(2013年)與不確定性	
						排放係數	耕作期	活動數據	排放量(計算值)	不確定性
		mg/m ² /h				%	天	%	千公噸二氧化碳當量	%
臺北、基隆	一期稻	2.12	1.38	0.76~2.74	常態	133	110~140	5	0.7	141
	二期稻	4.85	1.70		常態	68	100~130	5	0.9	70
宜蘭	一期稻	0.69	0.11		常態	31	110~140	5	6.1	36
	二期稻	3.89	0.94		常態	48	100~130	5	0.0	52
桃園、新竹	一期稻	0.89	0.05		常態	11	110~140	5	10.3	16
	二期稻	4.15	1.32		常態	63	100~130	5	24.9	69
苗栗	一期稻	2.92	0.83		常態	56	110~140	5	15.1	60
	二期稻	3.89	0.94		常態	47	100~130	5	14.7	51
臺中、彰化、南投	一期稻	2.87	2.95	0.05~7.06	常態	201	110~140	5	100.7	187
	二期稻	3.29	3.15	0.40~11.13	常態	184	100~130	5	90.9	201
雲林、嘉義、臺南	一期稻	1.79	0.75	1.07~2.82	常態	88	110~140	5	90.4	85
	二期稻	3.89	0.94	3.12~10.81	常態	49	100~130	5	118.2	50
高雄、屏東	一期稻	0.82					110~140	5	7.26	121
	二期稻	2.94					100~130	5	3.11	
	小計	1.07(加權平均)		0.02~13.16	三角	-	107~134	5	10.37	
花蓮、臺東	一期稻	2.11	1.46		常態	134	110~140	5	26.4	141
	二期稻	4.21	2.64		常態	127	100~130	5	45.7	127
總合									555.2	51

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 10 至 15 年前以密閉罩法進行調查資料 (Yang 等人 2009)，雖此方法在量測過程會破壞自然狀態，可能造成量測誤差之缺點，但由於調查廣泛且資料多而為本清冊計算引用。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，期望獲得更具代表

性之排放係數，以進行排放係數更新；並與國外學者合作探討以模式進行模擬作為驗證之可能性。

5.5 農耕土壤 (3.D)

N₂O-N 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則包括農地施用化肥及禽畜糞肥、作物殘體的埋入或是改變土地利用管理等，這些農業活動使氮素進入土壤而造成有效氮的增加、脫氮率增加。間接性氧化亞氮排放共兩個途徑：其一為管理土壤施用之肥料揮散氨 (NH₃) 和氮氧化物 (NO_x) 後；另一途徑為土壤中的氮素經淋洗和逕流移出。上述氮源，最

¹⁴ 排放係數、標準差、範圍來源為 Yang 等人 (2003；2009)。

表 5.4.5 各國甲烷通量與排放量比較

國家	期作	排放係數 kg 甲烷 /ha	灌溉管理	係數分類	來源
中國大陸		130 (100-220)			IPCC, 1997. ¹⁵
印度		100 (50 - 150)			
印尼		180 (50 - 440)			
義大利		360 (170-540)			
日本		150			
韓國		150			
菲律賓		(250- 300)			
泰國		160 (40 - 400)			
日本	單期	60 ~ 268	單次乾落	土壤類型		日本 NIR, 2014.^{16}
義大利	單期	247~335	單次或多次乾落	灌溉類型、播種方式	義大利 NIR, 2014. ¹⁷
臺灣	1 期作	256	多次乾落		IPCC, 2006 ¹⁸
臺灣	2 期作	274			
臺灣	1 期作	64 (23~95)		地區	Yang 等人 2009。 ¹⁹
臺灣	2 期作	116 (88~144)		地區	
臺中	1 期作				
臺中	2 期作				

終以銨離子 (NH_4^+) 和硝酸根離子 (NO_3^-) 形態進入土壤和水中後，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為人為施用、土地利用與管理下之礦化作用變化，藉增加有效性氮提升硝化和脫氮率，進而增加氧化亞氮之排放量。

管理土壤中氧化亞氮之直接排放估算，包括以下氮源：化肥 (F_{SN})；肥料用有機氮 (F_{ON})，如動物糞肥、堆肥；污水污泥等；放牧動物之含氮排泄物 (F_{PRP})；作物殘留物 (F_{CR})，含地上

和地下部之固氮作物與牧草；氮礦化之土壤有機質損失因改變土地與管理之礦質土 (F_{SOM})；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% (譚增偉等，2005)，一般耕地土壤有機質未達基準 (>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。依 2006 IPCC 指南說明，污水污泥是指產業有機汗水、污泥，因其含有氮，施用到田中產生的直接或間接氧化亞氮排放。臺灣目前一般產業的汗水、污泥少直接施用至農地，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

15 IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook (Volume 2). Agriculture, 1997.

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

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

18 以 2006 IPCC 指南預設方法估算。

19 數據為中位數與範圍，資料來源：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.

環境中的 N 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。故汗水污泥直接施用部分不列入計算，其衍生之間接排放由廢棄部門計算。

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 I (Tier I) 進行估算，並依我國農業耕作國情不同進行調整。估算方式如公式 2.1 所示：

公式 5.5.1 管理土壤中 N₂O 直接排放

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

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

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

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

$N_2O_{\text{直接}} - N$ = 管理土壤中 N₂O-N 之年直接排放量，kg N₂O-N/年
 $N_2O - N_{N_{\text{施用量}}}$ = 管理土壤中施用 N₂O-N 量之年直接排放量，kg N₂O-N/年

$N_2O - N_{OS}$ = 管理有機土壤中 N₂O-N 之年直接排放量，kg N₂O-N/年

$N_2O - N_{PRP}$ = 施用糞尿等排泄物於放牧土壤之年直接排放量，kg N₂O-N/年

F_{SN} = 施用含氮化肥於土壤之年直接排放量，kg N₂O-N/年

F_{ON} = 施用動物糞肥、堆肥、污水污泥和其它有機氮添加物之年直接排放量，kg N₂O-N/年（註：若包括污水污泥，則以廢棄物 (Waste Section) 進行交叉分析，確認避免重複計算 N₂O 排放量）

F_{CR} = 地上與地下部之作物殘留物（如固氮作物、飼草 / 牧草返回土壤之氮源）之年氮量，kg N₂O-N/年

F_{SOM} = 礦質土壤中礦化之年氮量，與土地利用或管理變化引起的土壤有機質中土壤碳的損失相關聯，kg-N/年

F_{OS} = 管理 / 排水有機土壤的年度面積，公頃（註：下標 CG, F, Temp, Trop, NR 和 NP 分別指農田及草地、林地、溫帶、熱帶、富營養和貧營養）

EF_1 = 氮投入引起的 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N/kg-N 投入。

EF_{1FR} = 是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。

EF_2 = 排水 / 管理有機土壤中 N₂O 排放的排放係數，kg N₂O-N / 公頃 / 年；（表 5.5.1）

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

因我國有機質含量大於 20% 之有機土壤比例低，放牧動物於牧草區，因臺灣此系統鮮少且無相關活動數據，故不列入計算。因此簡化方程式為公式 5.5.2：

公式 5.5.2 管理土壤中 N₂O 直接排放

$$N_2O_{\text{直接}} - N = N_2O - N_{N_{\text{施用量}}} \times EF = \left\{ \left[\frac{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1}{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR}} \right] + \left[\frac{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_{1FR}}{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR}} \right] \right\}$$

N₂O-N 排放轉化為 N₂O 排放的計算公式如公式 2.3。

公式 5.5.3 N₂O-N 排放轉化為 N₂O 排放公式

$$N_2O \text{ 排放量} = N_2O - N \times 44/28$$

臺灣農業土壤中施用氮源，其因子包括化學肥料的施用氮量、來自動物糞肥或堆肥之有機氮量、作物殘體量所施用的氮量。以下進一步說明各項來源排放氮量之計算。

A. 化學肥料施氮量 (F_{SN})

即計算化學氮肥的施用量，因臺灣在化肥施用統計資料未區分肥料施用地點，故以水稻田施

肥量 206 kg-N/ha（農試所調查資料²⁰，平均值 225 kg-N/ha、標準差 99、中位數 206 kg-N/ha，95% 信賴區間範圍為約 95 至 385 kg-N/ha）乘上水稻田耕作面積進行估算。

B. 施用的有機氮肥 (F_{ON})

施用的有機氮肥 (F_{ON}) 系指土壤有機氮投入的量，並使用公式 5.5.4 與公式 5.5.5 進行計算。這包括施用的牲畜糞便、施用到土壤中的污水污泥、施用到土壤中的堆肥以及與其它有機添加物，如煉油廢棄物、魚肥料、啤酒廢棄物等；對於此類農業有機廢棄物，臺灣一般製成堆肥或直接施用於田間。

公式 5.5.4 施用到土壤的有機氮添加中的氮

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

F_{ON} = 每年施用到土壤中的有機氮肥總量（不含來自放牧牲畜的），kg-N/年

F_{AM} = 每年施用到土壤中的牲畜糞肥量，kg-N/年。

F_{SEW} = 每年施用到土壤中的污水氮總量，kg-N/年。

F_{COMP} = 每年施用到土壤中的堆肥氮總量，kg-N/年。

F_{OOA} = 每年用作肥料的其它有機添加物的量（例如，煉油廢棄物、魚肥料、啤酒廢棄物等），kg-N/年。

公式 5.5.5 施用於土壤的牲畜糞肥中的氮

$$F_{AM} = N_{MMS\ Avb} \times [1 - \text{Frac}_{\text{飼料}} + \text{Frac}_{\text{燃料}} + \text{Frac}_{\text{建築}}]$$

F_{AM} = 每年施用到土壤中的牲畜糞肥量，kg-N/年

N_{MMS Avb} = 處理之糞肥量，kg-N。

Frac_{飼料} = 用作飼料的處理糞便比例

Frac_{燃料} = 用作燃料的處理糞便比例

Frac_{建築} = 用作建築的處理糞便比例

在本項則直接引用農業統計年報與綠色國民所得帳之農業廢棄物排放帳的堆肥與禽畜舍墊料

加總，後乘以氮含量 2.7%（0.5 至 4%），作為施用的有機氮肥 (F_{ON})。2000 年前因統計資料差異，為堆肥與禽畜糞加總。

公式 5.5.6 施用於土壤有機氮肥氮

$$F_{AM} = [\text{堆肥} + \text{禽畜舍墊料 (或禽畜糞)}] \times 2.7\%$$

C. 作物殘渣的氮素 (F_{CR})

本項計算返回土壤的作物殘渣中的氮量，包括飼草或牧草更新過程中礦化的固氮和非固氮牧草中的氮。這可從地上或地下部殘渣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渣中產量比例、更新時間和氮含量均不同，應分別計算主要作物類型的殘餘氮量，然後總和所有作物類型的氮值。2006 IPCC 指南建議至少將作物分為：（1）非固氮穀物作物（例如玉米，水稻，小麥，大麥）；（2）固氮穀物和豆類（例如大豆，乾豆，鷹嘴豆，扁豆）；（3）根莖作物（例如，馬鈴薯，甜薯，木薯）；（4）固氮牧草作物（苜蓿，三葉草）及（5）其它牧草。2006 IPCC 指南亦提供了估算作物殘渣和飼草 / 牧草更新中產生的氮量如公式 5.5.7。

公式 5.5.7 作物殘渣和飼草 / 牧草更新中產生的氮量

$$F_{CR} = \left\{ \begin{aligned} & \text{作物}_{(T)} \times \text{面積}_{(T)} \\ & - \text{面積焚燒}_{(T)} \times C_f \times \text{Frac}_{\text{更新}(T)} \\ & \times [R_{AG(T)} \times N_{AG(T)} \times (1 - \text{Frac}_{\text{清除}(T)}) + R_{BG(T)} \times N_{BG(T)}] \end{aligned} \right\}$$

F_{CR} = 每年返回土壤中的作物殘渣（地上部和地下部）中的氮量，包括固氮作物和飼草 / 牧草更新中的氮，kg-N/年
作物_(T) = 作物 T 每年收穫的乾物質產量，kg 乾物質 / 公頃
面積_(T) = 作物 T 每年收穫總面積，公頃 / 年

20 行政院農業委員會農試所，101 年度「農地施用糞肥調查」結束報告書，101/11/30。

面積焚燒_(T) = 作物 T 每年焚燒面積，公頃 / 年

C_f = 焚燒係數（無單位）

$Frac_{更新(T)}$ = 作物 T 每年更新的總面積比例，對於平均每 X 年更新牧場的國家， $Frac_{更新(T)} = 1/X$ 。

$R_{AG(T)}$ = 作物 T 地上部殘餘乾物質（ $AG_{DM(T)}$ ）與收穫產量的比例（作物_(T)），kg 乾物質/kg 乾物質 = $AG_{DM(T)} \times 1000 / 作物_{(T)}$

$N_{AG(T)}$ = 作物 T 地上部殘渣的氮含量，kg-N/kg 乾物質。

$Frac_{清除(T)}$ = 每年為飼料、墊草和用作建築目的清除的作物 T 地上部殘渣的比例，kg-N/kg 作物-N。需要在國內進行專家調查以獲得資料。如果不能獲得關於 $Frac_{清除(T)}$ 的資料，假設有清除殘渣。

$R_{BG(T)}$ = 作物 T 地下部殘渣與收穫產量的比例，kg 乾物質 / kg 乾物質。如果不能獲得替換資料，（可通過將表 5.5.2 中的 RBG-BIO 和地上部生物量與作物產量的比例相乘，計算 $R_{BG(T)} = [(AG_{DM(T)} \times 1000 + 作物_{(T)}) / 作物_{(T)}]$ 。

$N_{BG(T)}$ = 作物 T 地下部殘渣的氮含量，kg-N/kg 乾物質。

T = 作物或牧草類型

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（作物_(T)）（公式 5.5.8）。轉換式可採用表 5.5.2 中給出的乾物質含量等的預設值作為參考，然應用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。

公式 5.5.8 報告作物產量所用的乾重修正

作物_(T) = 鮮重產量_(T) × 乾物比

作物_(T) = 作物 T 收穫的乾物質產量，kg 乾物質 / 公頃

鮮重產量_(T) = 作物 T 收穫產量的鮮重，kg 鮮重 / 公頃

乾物比 = 收穫作物的乾物質比例，kg 乾物質 / kg 鮮重

臺灣的農業殘渣焚燒主要是以水稻稻藁為主，其他如豆類、玉米、甘蔗等焚燒量判斷為零；稻藁使用流向，在綠色國民所得帳皆有估算之統計資料，包含作為堆肥或墊料等，故對於本項作物殘渣之估算，水稻部分以對應活動數據 - 稻藁就地掩埋量計算。其餘作物殘渣掩埋估算中，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，3 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耕作頻率為 3 年。我國田間綠肥皆有其產量活動數據，不再做殘渣比例換算。

參考公式 5.5.7 與公式 5.5.8 進行簡化與修正作物殘渣量計算式如下：

公式 5.5.9 修正之本土作物殘渣產生的氮量

$F_{CR 水稻}$ = (水稻藁掩埋量 × 水稻藁氮含量)

$F_{CR 其他作物}$ = (作物產量 × 乾物比 × 殘渣比 × 殘渣氮含量)

$F_{CR 綠肥}$ = (作物產量 × 乾物比 × 殘渣氮含量)

$F_{CR 牧草}$ = (作物產量 × 乾物比 × 殘渣比 × 殘渣氮含量) × 1/3

D. 土地利用變化或管理作法（ F_{SOM} ）引起的礦質土壤中土壤有機碳庫的損失所導致的礦化氮

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的氮的礦化量，土地利用變化和管理的皆會對土壤有機碳儲量造成重要影響。當土壤氮因氧化而損失時，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（郭鴻裕等，1995；譚增偉等，2005；譚增偉與陳桂暖，2011），因此長期維持農業土壤中的氮礦化量為零或負值，本項不估算。

(2) 排放係數

依據 2006 IPCC 指南氧化亞氮排放量之相關係數，如表 5.5.1；作物殘渣相關係數，如表 5.5.2 所示。為確認表 5.5.2 所使用相關參數，是否能完全對應本土耕作型態與作物種類，因此以 IPCC 預設表（表 5.5.2）為參照基準，對照本土相關文獻研究試驗，估算作物收穫指數（harvest index = 收穫物乾重 / 全株乾重），修正或選擇適當乾物比、作物殘渣比和氮含量。如表 5.5.3 所示。

(3) 活動數據

A. 農地化學肥料使用 (Synthetic Fertilizers, F_{SN})

依據農業統計年報，化學肥料的項目包括硫酸銨、尿素、硝酸銨鈣、複合肥料（平均含氮量 17.3%，農糧署公務統計）四項。如表 5.5.4。

a. 水 / 旱田施氮量

目前暫缺乏實際施用於水稻田之氮肥量活動數據，因此水稻田耕作面積乘以水稻田施氮量

206 kg-N/ha 進行估算水稻田施氮量，總施氮量扣除水稻田施氮量後，為旱田施氮量。

B. 施用的有機氮肥

臺灣施用之有機氮肥活動數據引自農業統計年報與綠色國民所得帳之農業廢棄物排放帳的堆肥與禽畜舍墊料總量，做為活動數據。如表 5.5.6。

C. 農作物殘渣量 (Crop Residue, F_{CR})

依臺灣主要作物型態與統計資料將作物殘渣分類為分為：(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（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（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。

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	本土值	不確定性範圍
礦肥施氮、有機添加物和作物殘渣以及土壤碳損失引起的礦質土壤中氮礦化的 EF_1 (kg N_2O -N/kg-N)	0.01		0.003 - 0.03
水稻田的 EF_{1FR} (kg N_2O -N/kg-N)	0.003		0.000 - 0.006
綿羊和“其它牲畜”的 $EF_{3PRP,SO}$ kg N_2O -N / kg-N	0.01		0.003 - 0.03
水稻田施氮肥量 (kg-N/ha)		206	95 - 385
堆肥、禽畜糞肥乾物比 ²¹		0.78	±10%
堆肥、禽畜糞肥中氮含量 (%) ²²		2.7	0.5 - 4
植物殘渣比率與氮含量		參考表 5.5.3	

21 陳仁炫，有機質肥料的檢測與成分分析結果之解析，2003。

22 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。行政院農業委員會農糧署，作物施肥手冊，2003。

因作物統計資料產量調查差異，部分作物進一步區分乾物與鮮物，乾物為作物成熟收穫，收穫物水分含量 20% 以下，鮮物為作物未成熟時收穫或水分含量 70% 以上。臺灣田間綠肥皆有其產量統計，不再做殘渣比例換算。水稻掩埋殘渣之活動數據引自綠色國民所得帳值（2001 年後），2001 年之前則利用耕地總面積推估「就地翻耕掩埋」之值。農作物殘渣掩埋量如表 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% 上僅佔 8%（郭鴻裕等，1995；譚增偉等，2005），一般耕地土壤有機質亦未達標準，即表土有機質含量大於 20%，故不列入計算。

（4）排放量

1990 至 2013 年之農業土壤直接氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.5.10。農業土壤的氧化亞氮直接排放主要反應農地氮施用量、殘渣氮量等影響，2013 年與 1990 年相比，農業土壤的氧

表 5.5.2 估算作物殘渣投入土壤的氮量的預設係數²³

作物	收穫產品的乾物質比例 (DRY)	地上部殘餘乾物質 $A_{GDM(T)}$ (Mg/ha): $A_{GDM(T)} = \text{作物 (T)} \times \text{斜率 (T)} + \text{截距 (T)}$					地上部殘渣中的氮含量 (N_{AG})	地下部殘渣與地上部生物量的比例 (R_{BG-BIO})	地下部殘渣中的氮含量 (N_{BG})
		斜率	± 2 s.d. 占均值的 %	截距	± 2 s.d. 占均值的 %	R^2 adj.			
主要作物類型									
穀物	0.88	1.09	± 2%	0.88	± 6%	0.65	0.006	0.22 (± 16%)	0.009
豆類	0.91	1.13	± 19%	0.85	± 56%	0.28	0.008	0.19 (± 45%)	0.008
塊莖	0.22	0.10	± 69%	1.06	± 70%	0.18	0.019	0.20 (± 50%)	0.014
塊根作物、其它	0.94	1.07	± 19%	1.54	± 41%	0.63	0.016	0.20 (± 50%)	0.014
固氮牧草	0.90	0.3	± 50% 預設	0	-	-	0.027	0.40 (± 50%)	0.022
非固氮牧草	0.90	0.3	± 50% 預設	0	-	-	0.015	0.54 (± 50%)	0.012
細項作物									
玉米	0.87	1.03	± 3%	0.61	± 19%	0.76	0.006	0.22 (± 26%)	0.007
稻子	0.89	0.95	± 19%	2.46	± 41%	0.47	0.007	0.16 (± 35%)	NA
高粱	0.89	0.88	± 13%	1.33	± 27%	0.36	0.007	NA	0.006
大豆	0.91	0.93	± 31%	1.35	± 49%	0.16	0.008	0.19 (± 45%)	0.008
馬鈴薯	0.22	0.10	± 69%	1.06	± 70%	0.18	0.019	0.20 (± 50%)m	0.014
花生 (帶莢)	0.94	1.07	± 19%	1.54	± 41%	0.63	0.016	NA	NA

23 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, 2006.

表 5.5.3 估算作物殘渣投入土壤的氮量的設定係數

	乾物比 ²⁴	收穫指數 ²⁵	殘渣比 ²⁶	殘渣氮濃度	來源
穀物					
水稻(乾物 ²⁷)	0.89	38	1.65	0.007	IPCC, 2006
玉米(乾物)		53	0.89		Wang 等人, 1986
玉米(乾物)	0.88	41	1.38	0.006	IPCC, 2006
玉米(鮮物 ²⁸)	0.22 ^a	36	1.74		IPCC, 2006
高粱	0.89	43	1.35	0.007	IPCC, 2006
穀物	0.88	39	1.53	0.006	IPCC, 2006
設定值(乾物)	0.88		1.53	0.007	
設定值(鮮物)	0.22		1.53	0.014	
固氮作物					
紅豆(乾物)		60~65	0.66~0.54		李銘全等, 1999。
大豆(乾物)		39	1.56		林順福等, 1991。
花生(乾物)		47±5	1.12		黃勝忠和宋勳, 1995。
花生	0.94	37	1.68	0.016	IPCC, 2006
大豆	0.91	33	1.99	0.008	IPCC, 2006
豆類	0.91	35	1.83	0.008	IPCC, 2006
設定值(乾物)	0.91		1.83	0.008	
設定值(鮮物)	0.80		1.83	0.016	
根莖類					
水芋(鮮物)		70±20	0.43		呂秀英等, 1999。
甘藷(鮮物)		80±30	0.25		賴永昌等, 1996。
塊莖類	0.22	71	0.41	0.019	IPCC, 2006
塊根	0.22 ¹	38	1.67	0.016	IPCC, 2006
馬鈴薯	0.22	73	0.36	0.014	IPCC, 2006
設定值	0.22		0.41	0.016	
綠肥					
固氮綠肥	0.30 ^e	100	1	0.022	IPCC, 2006
非固氮綠肥	0.30 ^e	100	1	0.012	IPCC, 2006
牧草					
固氮牧草	0.30 ^e	65	0.46	0.015	IPCC, 2006

24 因預設乾物比不符合臺灣實際作物型態，乾物比以 0.22、0.8 或 0.3 取代。對於乾物之乾物比、鮮物之乾物比、殘渣比和殘渣氮濃度之不確定性分別設為 10%、20%、50% 和 50%。

25 收穫指數：收穫物乾重 / 全株乾重

26 殘渣比：(1- 收穫指數) / 收穫指數

27 乾物：完熟期才收穫之作物。

28 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。

表 5.5.4 臺灣 1990 至 2013 年化學肥料施用量與施氮量²⁹

(單位：公噸)

年	硫酸銨	尿素	硝酸銨鈣	複合肥料	施氮量 ³⁰
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

化亞氮直接排放約減少 20%。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，但在農業活動衰減、合理化施肥推廣等下，施氮總量呈現減少狀態，農業土壤直接氧化亞氮排放總量減少。

(5) 完整性

農地氧化亞氮排放計算，排放係數目前

主要引用 2006 IPCC 指南預設值。活動數據方面，有對於化學肥料，依據農糧署統計資料部分年度有施用氰化鈣，但比率低於 0.1%，且非各年度有施用資料，故略過未計算，「其他化學肥料」因該項目無法確定無氮素比例種類，亦略過未計算。此外，目前未計算動植物有機質肥料，其包含進口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），統計來源為農委會農糧署，但目前可取得公佈資料僅追溯自 2005 年，且無法以其它統計資料推估，且估計約佔總農地施氮量 0.1% 以下，故未計入。

29 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2015。

30 各肥料含氮量：硫酸銨：21%；尿素：46%；硝酸銨鈣：20%；複合肥料：17.3%

表 5.5.5 臺灣水稻田耕作面積與施肥量估算

(單位：公噸)

年	水稻 1 期作	水稻 2 期作	水稻總面積 ³¹	水稻田施肥量	旱田施肥量
	ha			t	
1990	242,298	211,968	454,266	93,579	159,424
1991	227,417	201,385	428,802	88,333	179,507
1992	209,474	187,676	397,150	81,813	176,682
1993	211,790	179,137	390,927	80,531	181,720
1994	196,317	169,520	365,837	75,362	188,555
1995	197,571	165,908	363,479	74,877	194,618
1996	182,807	164,955	347,762	71,639	202,675
1997	202,010	162,202	364,212	75,028	161,884
1998	201,424	156,263	357,687	73,683	156,638
1999	197,123	155,942	353,065	72,731	150,401
2000	195,055	144,546	339,601	69,958	175,563
2001	188,553	143,066	331,619	68,314	164,784
2002	177,884	128,956	306,840	63,209	164,574
2003	161,184	110,940	272,125	56,058	144,231
2004	135,314	101,701	237,015	48,825	165,573
2005	158,452	110,571	269,023	55,419	145,410
2006	155,248	107,940	263,188	54,217	147,812
2007	155,459	104,657	260,116	53,584	145,348
2008	148,333	103,959	252,292	51,972	131,557
2009	151,338	103,252	254,590	52,445	136,362
2010	139,941	103,922	243,862	50,236	135,985
2011	153,405	100,849	254,255	52,377	127,186
2012	156,662	104,101	260,762	53,717	128,695
2013	162,869	107,296	270,165	55,654	121,924

根據國內資料（有機農業全球資訊網），國內有機水稻耕作面積，由 1996 年至 2013 年分別為 62 公頃至 2,059 公頃，以每年每公頃 20 噸有機肥施用量（農糧署，2003）估算，並設定氮含量 2.7%，估計水稻田有機氮肥施用量約 33 至 1,111 t-N，僅佔總有機氮施用量比率 2% 以下，傳統水稻田耕作鮮少施用有機肥，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，致殘渣比例低，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假設收穫量等於作物累積量而無殘渣。瓜果類與長期蔬菜等因缺乏殘渣量相關係數未計入。但依目前估算結果，前五類作物產量已涵蓋我國 96% 以上之作物產量（乾物）。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性：

31 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2015。

表 5.5.6 臺灣 1990 至 2013 年禽畜糞肥料施用量與施氮量

(單位：公噸)

	堆肥	禽畜糞 ³²	禽畜舍墊料 ³³	總氮量
1990	1,313,766	1,760,166		64,737
1991	1,072,602	1,421,175		52,519
1992	921,678	1,332,571		47,474
1993	892,081	1,371,916		47,680
1994	661,707	1,315,837		41,647
1995	716,149	1,014,988		36,458
1996	643,926	1,030,476		35,263
1997	582,307	1,463,448		43,084
1998	484,676	1,098,550		33,343
1999	460,038	1,135,045		33,592
2000	737,897	1,181,344		40,419
2001	2,031,489		90,000	44,679
2002	2,152,062		85,000	47,113
2003	2,212,500		81,000	48,301
2004	2,205,188		71,680	47,951
2005	2,302,694		73,357	50,040
2006	2,366,029		77,902	51,469
2007	2,393,084		68,173	51,834
2008	2,465,486		72,858	53,458
2009	2,453,827		78,909	53,339
2010	2,455,770		72,551	53,246
2011	2,329,480		83,313	50,813
2012	2,449,779		85,011	53,383
2013	2,369,100		74,498	51,462

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布，不適用誤差傳播法進行估算，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，活動數據使用 2013 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.11 所示。N₂O-N 轉換為氧化亞氮之 44/28 值為固定值。GWP 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子，各基本參數數值模擬次數為

1,000 次。估算結果，農業土壤的氧化亞氮直接排放之不確定性為 -33%，+122%。

(2) 時間序列的一致性：

活動數據在禽畜糞肥料用量、就地翻耕掩埋量中為不連續資料。禽畜糞肥料用量 1990 至 2000 年為農業統計年報中堆肥加禽畜糞之合計用量，2001 至 2013 年為綠色國民所得帳堆肥加禽畜舍墊料之合計用量。就地翻耕掩埋量中，2001

32 1990 至 2000 年數值為「行政院農業委員會，中華民國農業統計年報。」中堆肥 + 禽畜糞。

33 2001 至 2012 年數值為「行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告。」中堆肥 + 禽畜舍墊料。

表 5.5.7 各作物產量³⁴

(單位：毫克)

作物 產量類別	水稻	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	1,488,549	391,734	110,891	87,890	118,121	749,570	103,742	50,224	767,559
1991	1,438,064	384,372	107,002	102,822	120,206	803,868	234,976	64,614	735,584
1992	1,370,752	402,851	102,131	93,422	124,514	835,480	536,647	127,131	717,858
1993	1,362,338	405,914	119,605	97,896	120,634	766,306	571,524	152,033	701,374
1994	1,337,095	406,194	103,669	102,115	106,562	743,487	824,816	239,460	736,672
1995	1,345,509	368,919	111,228	110,824	116,005	822,151	641,590	264,105	711,539
1996	1,338,433	342,670	122,890	100,911	107,258	922,848	770,255	294,043	695,690
1997	1,276,657	280,121	118,242	99,320	126,588	870,313	643,611	433,462	626,016
1998	1,225,659	166,593	123,460	79,054	110,289	766,680	1,045,798	494,606	600,649
1999	1,194,666	124,874	112,201	75,750	103,834	928,702	1,402,521	632,189	640,543
2000	1,160,399	102,076	105,643	86,368	114,090	874,767	1,886,716	520,736	1,016,120
2001	1,300,000	83,795	106,772	60,650	112,936	791,882	2,101,026	524,603	946,400
2002	1,460,000	80,808	128,685	85,093	106,719	858,133	2,314,157	518,055	964,017
2003	1,369,000	73,679	114,775	81,192	107,003	795,486	2,941,530	519,672	910,941
2004	1,175,561	60,946	98,666	75,040	108,411	792,657	3,639,272	440,694	934,921
2005	1,203,054	52,610	91,653	59,012	83,619	804,854	2,971,343	278,669	843,162
2006	1,277,599	44,680	91,075	79,579	83,995	798,889	3,104,918	307,805	913,929
2007	1,094,856	41,041	84,985	58,089	66,062	760,419	2,868,136	298,286	769,152
2008	1,078,224	42,367	80,807	62,229	63,238	805,803	2,930,537	300,816	758,441
2009	1,161,635	49,624	87,579	65,710	71,113	799,867	2,941,525	310,196	834,041
2010	1,077,472	46,882	81,237	73,933	70,941	804,492	2,820,769	323,560	792,321
2011	1,229,070	44,889	88,135	79,833	88,263	820,707	2,646,966	336,126	780,373
2012	1,336,537	42,471	75,359	67,702	87,783	744,100	2,516,421	241,156	769,735
2013	1,240,134	50,219	93,465	59,546	84,280	776,787	1,923,807	163,751	904,750

34 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2015。

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。

非固氮穀物作物(鮮物)：食用玉米。

固氮穀物和豆類(乾物)：落花生、紅豆、大豆等。

固氮穀物和豆類(鮮物)：菜豆、豌豆、毛豆等。

根莖作物：甘藷、蘿蔔、胡蘿蔔、其他根菜類、蔥、蒜等。

固氮綠肥：田菁、大豆、富貴豆、太陽麻、鐵虎豆、埃及三葉草、青皮豆等。

非固氮綠肥：油菜、其他單播(大菜約佔半數)、混播等。

表 5.5.8 作物殘餘量³⁵

(單位：毫克)

作物	水稻殘渣 ³⁶	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	1,488,549	527,431	37,326	146,363	190,222	67,611	31,123	15,067	35,308
1991	1,438,064	517,518	36,017	171,229	193,580	72,509	70,493	19,384	33,837
1992	1,370,752	542,399	34,377	155,576	200,517	75,360	160,994	38,139	33,021
1993	1,362,338	546,523	40,259	163,026	194,269	69,121	171,457	45,610	32,263
1994	1,337,095	546,900	34,895	170,052	171,607	67,063	247,445	71,838	33,887
1995	1,345,509	496,713	37,439	184,555	186,814	74,158	192,477	79,232	32,731
1996	1,338,433	461,371	41,365	168,047	172,728	83,241	231,077	88,213	32,002
1997	1,276,657	377,155	39,800	165,398	203,857	78,502	193,083	130,039	28,797
1998	1,225,659	224,301	41,557	131,649	177,609	69,155	313,739	148,382	27,630
1999	1,194,666	168,130	37,767	126,146	167,214	83,769	420,756	189,657	29,465
2000	1,160,399	137,435	35,559	143,829	183,731	78,904	566,015	156,221	46,742
2001	1,300,000	112,821	35,940	101,000	181,872	71,428	630,308	157,381	43,534
2002	1,460,000	108,800	43,315	141,705	171,860	77,404	694,247	155,416	44,345
2003	1,369,000	99,202	38,633	135,209	172,318	71,753	882,459	155,902	41,903
2004	1,175,561	82,058	33,211	124,964	174,585	71,498	1,091,782	132,208	43,006
2005	1,203,054	70,834	30,850	98,272	134,661	72,598	891,403	83,601	38,785
2006	1,277,599	60,157	30,656	132,523	135,266	72,060	931,475	92,342	42,041
2007	1,094,856	55,258	28,606	96,735	106,386	68,590	860,441	89,486	35,381
2008	1,078,224	57,043	27,200	103,631	101,839	72,683	879,161	90,245	34,888
2009	1,161,635	66,814	29,479	109,427	114,521	72,148	882,458	93,059	38,366
2010	1,077,472	63,122	27,345	123,121	114,244	72,565	846,231	97,068	36,447
2011	1,229,070	60,438	29,666	132,946	142,138	74,028	794,090	100,838	35,897
2012	1,336,537	57,183	25,366	112,745	141,366	67,118	754,926	72,347	35,408
2013	1,240,134	67,615	31,460	99,162	135,725	70,066	577,142	49,125	41,618

35 資料來源：除水稻殘渣外，資料由「行政院農業委員會，中華民國農業統計年報」彙整而來。乾物比、殘渣量比等相關設定係數如表 5.5.3。

36 資料來源：水稻殘渣由「行政院主計處，綠色國民所得帳編製報告」彙整與估算。

表 5.5.9 作物殘餘氮量³⁷

(單位：Mg-N)

作物 產量類別	水稻掩埋 殘渣	非固氮穀物作物 (不含水稻)	非固氮 穀物作物	固氮作物		根莖 作物	固氮 綠肥	非固氮 綠肥	非固氮 牧草	作物總殘渣 氮量
				乾物	鮮物					
1990	8,931	3,692	523	1,171	3,044	1,082	685	181	530	19,688
1991	8,628	3,623	504	1,370	3,097	1,160	1,551	233	508	20,513
1992	8,225	3,797	481	1,245	3,208	1,206	3,542	458	495	22,493
1993	8,174	3,826	564	1,304	3,108	1,106	3,772	547	484	22,725
1994	8,023	3,828	489	1,360	2,746	1,073	5,444	862	508	24,191
1995	8,073	3,477	524	1,476	2,989	1,187	4,234	951	491	23,252
1996	8,031	3,230	579	1,344	2,764	1,332	5,084	1,059	480	23,674
1997	7,660	2,640	557	1,323	3,262	1,256	4,248	1,560	432	22,750
1998	7,354	1,570	582	1,053	2,842	1,106	6,902	1,781	414	23,459
1999	7,168	1,177	529	1,009	2,675	1,340	9,257	2,276	442	25,711
2000	6,962	962	498	1,151	2,940	1,262	12,452	1,875	701	28,600
2001	7,800	790	503	808	2,910	1,143	13,867	1,889	653	30,195
2002	8,760	762	606	1,134	2,750	1,238	15,273	1,865	665	32,873
2003	8,214	694	541	1,082	2,757	1,148	19,414	1,871	629	36,184
2004	7,053	574	465	1,000	2,793	1,144	24,019	1,586	645	39,078
2005	7,218	496	432	786	2,155	1,162	19,611	1,003	582	33,246
2006	7,666	421	429	1,060	2,164	1,153	20,492	1,108	631	34,958
2007	6,569	387	400	774	1,702	1,097	18,930	1,074	531	31,274
2008	6,469	399	381	829	1,629	1,163	19,342	1,083	523	31,605
2009	6,970	468	413	875	1,832	1,154	19,414	1,117	575	32,653
2010	6,465	442	383	985	1,828	1,161	18,617	1,165	547	31,424
2011	7,374	423	415	1,064	2,274	1,184	17,470	1,210	538	31,747
2012	8,019	400	355	902	2,262	1,074	16,608	868	531	30,865
2013	7,441	473	440	793	2,172	1,121	12,697	590	624	26,351

37 作物殘渣氮含量相關設定係數如表 5.5.3。

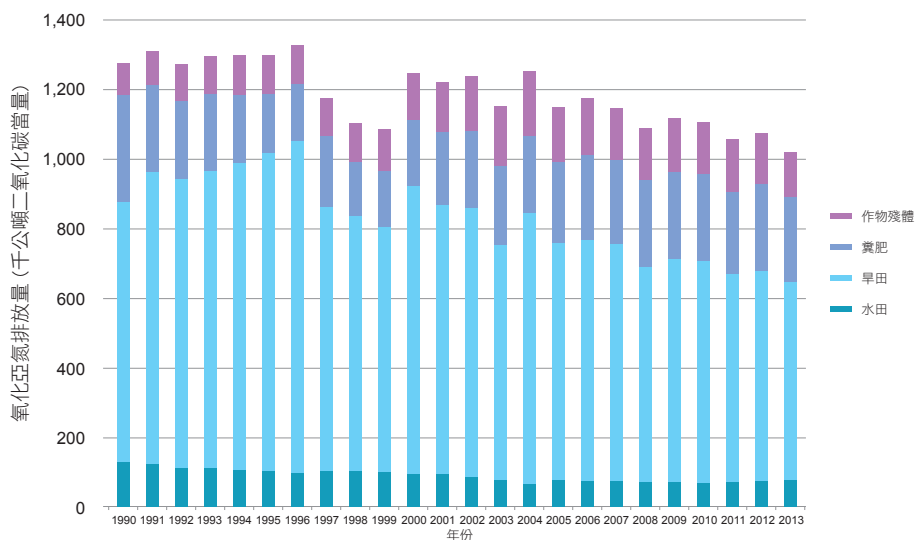


圖 5.5.1 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤直接氧化亞氮排放量趨勢

表 5.5.10 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤的氧化亞氮直接排放

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年分	化肥		糞肥	作物殘渣	合計排放量
	水稻田	旱田			
1990	131	747	303	93	1,274
1991	124	841	246	97	1,307
1992	115	827	222	106	1,271
1993	113	851	223	107	1,295
1994	106	883	195	114	1,298
1995	105	911	171	110	1,297
1996	101	949	165	112	1,327
1997	105	758	202	107	1,173
1998	104	734	156	111	1,104
1999	102	704	157	121	1,085
2000	98	822	189	135	1,245
2001	96	772	209	142	1,219
2002	89	771	221	155	1,235
2003	79	675	226	170	1,151
2004	69	775	225	184	1,252
2005	78	681	234	157	1,150
2006	76	692	241	164	1,174
2007	75	681	243	147	1,146
2008	73	616	250	149	1,088
2009	74	639	250	154	1,116
2010	71	637	249	148	1,105
2011	74	596	238	150	1,057
2012	75	603	250	145	1,073
2013	78	571	250	126	1,025

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

項目		2013 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (t-N)	排放係數 (kg N ₂ O-N/kg-N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)
農地化學肥料使用	水稻田	270,165 ha (±5%)	施氮量 206 kg-N/ha (95~385 kg-N/ha)			55,654(±49%)	0.003 (0- 0.006)	78
	旱田					121,924(±27%)		571
施用的有機氮肥	堆肥	2,369,100 Mg (±5%)	乾物比 0.78 (±10%) 氮含量 2.7%(0.5%~4%)			51,462 (±63%)	0.01 (0.003 - 0.03)	241
	禽畜舍墊料	74,498 Mg (±5%)						
農作物殘渣量	農作物殘分類		乾物比	殘渣比 (±50%)	氮含量 (±50%)			
	水稻	1,240,134 (±5%)	1 (±10%)	1.00	0.006	7,441(±73%)		
	非固氮穀物作物	50,219(±4%)	0.88 (±10%)	1.53	0.007	473(±73%)		
		93,465(±5%)	0.22 (±20%)	1.53	0.014	440(±75%)		
	固氮作物	59,546(±5%)	0.91 (±10%)	1.83	0.008	793(±71%)		
		84,280(±4%)	0.88 (±20%)	1.83	0.016	2,172(±73%)		
	根莖類作物 (鮮物)	776,787(±4%)	0.22 (±20%)	0.41	0.016	1,121(±74%)		
	固氮綠肥 (鮮物)	1,923,807(±3%)	0.3 (±20%)	1.00	0.022	12,697(±69%)		
	非固氮綠肥 (鮮物)	163,751(±4%)	0.3 (±20%)	1.00	0.012	590(±73%)		
	非固氮牧草 (鮮物)	904,750(±5%)	0.3 (±20%)	0.46	0.015	624(±74%)		
小計					26,930(40%)		1,016 (-33%,122%)	

表 5.5.12 農地直接氧化亞氮排放本土與預設係數

排放源	排放係數或平均排放係數			來源
	mg-N ₂ O/m ² /h	g-N ₂ O/m ²	kg N ₂ O/kg-N	
水稻田			0.003 (0.000 - 0.006)	IPCC 2006
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. ³⁸
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)	

38 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.

a 對於單位面積排放係數換算為投入量排放係數，水稻田施氮量是以 200 kg-N/ha，耕作期一期作 136 天、二期作 124 天估算。

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、水果和花卉之施氮量分別以：260、350、600 和 400 kg-N/ha 估算。

年後引自綠色國民所得帳值，其餘年利用 2001 至 2010 年耕地總面積線性迴歸 ($R^2 = 0.68$)，推估“就地翻耕掩埋”值。其餘引自農業統計年報之活動數據，在時間序列上具一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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。排放係數主要引用 2006 IPCC 指南 預設係數為主。計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體排放清冊專家會議審議。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

對於直接氧化亞氮排放計算，區分水旱田施肥量，目前已確認農糧署可提供歷年水稻田平均施肥量資訊，將在下一期報告更新。

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 ($\text{kg-N}_2\text{O}/\text{ha}$) 與 2006 IPCC 指南估算方法之使用量排放係數 (公斤氧化亞氮 / 公斤氮) 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，故未直接引用；初步整理比較如表 5.5.1，在旱作本土係數略高於預設係

數，水稻田則高於預設係數，但因調查與估算不同，僅彙整做為參考。目前農試所已正進行相關研究，並彙整前人相關研究評估本土排放係數，並評估區分水旱作、土壤性質或作物種類之氧化亞氮排放係數之可行性，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：

管理土壤中除了通過一種直接途徑的氧化亞氮直接排放 (即直接來源於施氮土壤)，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肥料和糞肥以 NH_3 和氧化氮 (NO_x) 形式的氮揮發，再沉降後進入土壤和水體表面。第二種途徑為土地的氮淋洗和逕流，來源如下：化肥和有機肥添加物，作物殘渣，與礦質和排水 / 管理有機土壤中土地利用變化或管理作法引起的土壤碳損失相關聯的氮的礦化，以及放牧牲畜排泄的尿液和糞便。而上述 NH_4^+ 和 NO_3^- 在施氮土地下的地下水中或表面水體中還原成氧化亞氮。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

土壤氧化亞氮間接排放，因缺乏本土排放係數，故參考 2006 IPCC 指南方法 I (Tier I) 進行估算，並依臺灣農業耕作國情不同進行調整。

A. 揮發， $\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})}$

用公式 5.5.10 估算管理土壤中揮發氮大氣沉積中的氧化亞氮排放：

公式 5.5.10 管理土壤中氮揮發產生的氧化亞氮排放

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

$N_2O_{(ATD)} - N$ = 每年管理土壤中揮發氮大氣沉積產生的 $N_2O - N$ 的量, kg $N_2O - N$ / 年

F_{SN} = 每年施用於土壤的化肥氮量, kg N/ 年

Frac_{GASF} = 以 NH_3 和 NO_x 形式揮發的化肥氮比例, kg 揮發 N/ kg 施用氮 (表 5.5.13)

F_{ON} = 每年施用於土壤的處理牲畜糞肥、堆肥、污水污泥和其它添加的有機氮量, kg-N/ 年

F_{PRP} = 放牧牲畜每年排泄在草場、牧場和圍場上的尿液和糞便氮量, kg-N/ 年

Frac_{GASM} = 以 NH_3 和 NO_x 形式揮發的, 施用的有機氮肥物質比例 (F_{ON}) 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便氮比例 (F_{PRP}), kg 揮發 N/kg 施用氮或排泄氮 (表 5.5.13)

EF_4 = 土壤和水面氮大氣沉積的 N_2O 排放的排放係數, $N_2O - N$ / (揮發的 kg $NH_3 - N + NO_x - N$) (表 5.5.13)

B. 淋洗 / 逕流, $N_2O_{(L)}$

以公式 5.5.11 估算淋洗和逕流發生地區淋洗和逕流中產生的 N_2O 排放:

公式 5.5.11 管理土壤氮淋洗 / 逕流產生的 N_2O 排放

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

$N_2O_{(L)} - N$ = 地區每年因土壤中氮淋洗和逕流產生的 $N_2O - N$ 的量, kg $N_2O - N$ / 年

F_{SN} = 土壤中化學氮肥量因淋洗 / 逕流而流失量, kg-N/ 年

F_{ON} = 土壤中牲畜糞肥、堆肥、污水污泥和添加的其它有機氮量因淋洗 / 逕流而流失量, kg-N/ 年

F_{PRP} = 放牧牲畜每年排泄的尿液和糞便因淋洗 / 逕流而流失氮量, kg-N/ 年

F_{CR} = 作物殘渣 (地上部和地下部) 中的因淋洗 / 逕流流失氮量, 包括固氮作物和飼草 / 牧草更新中的氮, kg-N/ 年

F_{SOM} = 淋洗 / 逕流發生地區, 每年礦質土壤中與土地利用或

管理引起的土壤有機質中土壤碳損失相關聯的氮礦化量, kg-N/ 年

$\text{Frac}_{LEACH-(H)}$ = 管理土壤中通過淋洗和逕流所流失的佔總施加氮 / 礦化氮的比例, kg-N/kg 施氮

EF_5 = 氮淋洗和逕流引起的 N_2O 排放的排放係數, kg $N_2O - N$ /kg 淋洗和逕流氮

為了便於報告, 用公式 5.5.3 將 $N_2O_{(ATD)} - N$ 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、揮發和淋洗係數參照 2006 IPCC 指南預設值。

(3) 活動數據

數據來源與施用的化肥 (F_{SN})、施用的有機氮肥 (F_{ON})、(F_{CR}) 與氧化亞氮直接排放計算相同。

(4) 排放量

1990 至 2013 年之農業土壤間接氧化亞氮排放總量, 估算結果如表 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。2013 年揮發與淋洗產生之氧化亞氮排放量, 相較於 1990 年分別減少 21% 與 24%。

表 5.5.13 土壤氧化亞氮間接排放的預設排放、揮發和淋洗係數

因子	IPCC 預設值 (範圍)
EF_4 [N 揮發和再沉降], kg N_2O-N / (kg NH_3-N + 揮發 NO_x-N)	0.010 (0.002 - 0.05)
EF_5 [淋洗 / 逕流], kg N_2O-N / (kg 淋洗 / 逕流 N)	0.0075 (0.0005 - 0.025)
Frac_{GASF} [化肥揮發], (kg NH_3-N + NO_x-N) / (kg 施用 N)	0.10 (0.03 - 0.3)
Frac_{GASM} [所有施用的有機氮肥中的揮發, 和放牧牲畜排泄的尿液和糞便], (kg NH_3-N + NO_x-N) / (kg 施用或排泄 N)	0.20 (0.05 - 0.5)
$\text{Frac}_{淋洗-(H)}$ [Σ (雨季的降雨) - Σ (相同時期中的蒸發量) > 土壤持水能力, 或者進行灌溉 (除了滴灌) 的地區, 通過淋洗 / 逕流的氮損失], kg -N/ kg-N input	0.30 (0.1 - 0.8)

(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

A. 揮發

農業土壤間接氧化亞氮排放 - 揮發之計算由於涵蓋多筆活動數據，且排放係數為非常態分佈，不適用誤差傳播法進行估算，因此農地間接

氧化亞氮排放 - 揮發不確定性利用 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、殘渣比、氮含量皆設為常態分佈（輸入均值、標準差），活動數據使用 2013 年數值，其不確定性範圍如表 5.5.16 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 指南提供之預設值及範圍以三角分佈模擬（輸入最大、最小值與眾數 / 中位數）。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

表 5.5.14 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氮揮發的氧化亞氮間接排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年分	化肥	糞肥	合計排放量
1990	118	61	179
1991	125	49	175
1992	121	44	166
1993	123	45	167
1994	124	39	163
1995	126	34	160
1996	128	33	161
1997	111	40	151
1998	108	31	139
1999	104	31	136
2000	115	38	153
2001	109	42	151
2002	107	44	151
2003	94	45	139
2004	100	45	145
2005	94	47	141
2006	95	48	143
2007	93	49	142
2008	86	50	136
2009	88	50	138
2010	87	50	137
2011	84	48	132
2012	85	50	135
2013	83	48	131

表 5.5.15 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氮淋洗 / 逕流的氧化亞氮間接排放

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年分	化肥	糞肥	作物殘渣	合計排放量
1990	267	68	21	356
1991	282	55	22	359
1992	272	50	24	346
1993	276	50	24	351
1994	278	44	26	348
1995	284	38	25	347
1996	289	37	25	351
1997	250	45	24	319
1998	243	35	25	303
1999	235	35	27	298
2000	259	43	30	332
2001	246	47	32	325
2002	240	50	35	324
2003	211	51	38	300
2004	226	51	41	318
2005	212	53	35	300
2006	213	54	37	304
2007	210	55	33	297
2008	193	56	34	283
2009	199	56	35	290
2010	196	56	33	286
2011	189	54	34	276
2012	192	56	33	281
2013	187	54	28	270

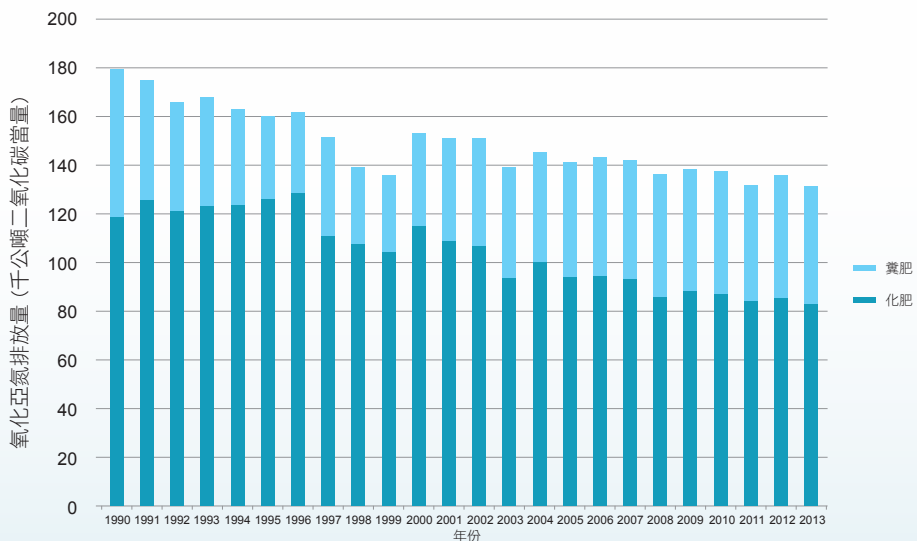


圖 5.5.2 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤間接氧化亞氮排放量 - 揮發排放量趨勢

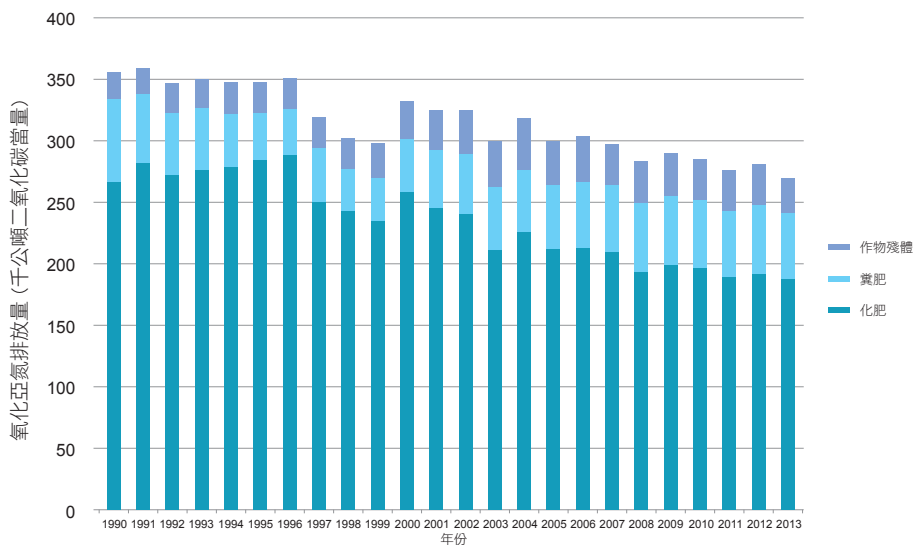


圖 5.5.3 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤間接氧化亞氮排放量 - 淋洗排放量趨勢

參數數值模擬次數為 1,000 次。估算結果，如表 5.5.16 所示，農業土壤氧化亞氮的間接排放 - 淋洗 / 逕流之不確定性為 -11%，+440%。

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，不適用誤差傳播法進行估算，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、殘渣比、氮含量皆設為

常態分布（輸入均值、標準差），活動數據使用 2013 年數值，其不確定性範圍如下表 5.5.17 所示；而對於排放係數依 2006 IPCC 指南提供之預設值及範圍以三角分佈模擬（輸入最大、最小值與眾數 / 中位數）。GWP 實際具有很大的不確定性，然在 2006 IPCC 指南中已將其設定為固定的加權因子。各基本參數數值模擬次數為 1,000 次。估算結果如表 5.5.17 所示，農業土壤間接氧化亞氮排放 - 淋洗 / 逕流之不確定性為 -46%，+288%。

農地間接氧化亞氮排放時間序列的一致性，

表 5.5.16 農地土壤間接氧化亞氮排放 - 揮發之揮發係數、排放係數、活動數據及不確定性

項目	2013 年活動數據	轉換係數	氮投入量 (t-N)	揮發係數 (kg NH ₃ -N + NO _x -N) / (kg 施用或排洩 N)	排放係數 (kg N ₂ O-N/kg-N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)
農地化學肥料使用	177,578 t-N (±4%)	-	177,578 t-N (±4%)	0.1 (0.1-0.8)	0.001 (0.0005-0.05)	83
施用的有機氮肥	堆肥 2,369,100 t (±5%)	乾物比 0.78 (±10%) 氮含量 2.7% (0.5%~4%)	51,462 (±63%)	0.2 (0.05~0.5)		48
	禽畜舍墊料 74,498 t (±5%)					
小計			230,360			131 (-11%, 440%)

同農地直接氧化亞氮排放之說明。

生之間接氧化亞氮排放係數之本土資料。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

農地間接氧化亞氮排放 QA/QC 及查證，同農地直接氧化亞氮排放。

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、不同土壤之氮淋洗與逕流等研究，未來可用於評估農田施用氮素後經淋洗等產

5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量

1. 排放量

1990 至 2013 年之農業土壤氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.5.18、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、合理化施肥推廣等因素下，排放量逐年降低，2013 年產生之氧化亞氮排放量，相較於 1990 年減少 21%。

2. 不確定性

不確定性由前述直接氧化亞氮排放、間接

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

項目		2013 年活動數據	轉換係數			氮投入量 (t-N)	淋洗 / 逕流係數 (kg -N/ kg-N input)	排放係數 (kg N ₂ O-N/ kg-N)	排放量 (千公噸二氧化碳當量)					
農地化學肥料使用	水稻田	177,578 t-N (±4%)	施氮量 206 kg-N/ha (95~385 kg-N/ha)			177,578 t-N (±4%)	0.3 (0.1-0.8)	0.0075 (0.0005- 0.025)	187					
施用的有機氮肥	堆肥	74,498 t (±5%)	乾物比 0.78 (±10%) 氮含量 2.7% (0.5~4%)			51,462 (63%)			0.3 (0.1-0.8)	0.0075 (0.0005- 0.025)	54			
	禽畜舍墊料													
農作物殘渣量	農作物殘分類	1,336,537(±5%)	乾物比	殘渣比 (±50%)	氮含量 (±50%)						0.3 (0.1-0.8)	0.0075 (0.0005- 0.025)	28	
	水稻	50,219(±4%)	1 (±10%)	1.00	0.006	8,019(±73%)								
	非固氮穀物作物	(乾物)	93,465(±5%)	0.88 (±10%)	1.53	0.007								473(±73%)
		(鮮物)	59,546(±5%)	0.22 (±20%)	1.53	0.014								440(±75%)
	固氮作物	(乾物)	84,280(±4%)	0.91 (±10%)	1.83	0.008								793(±71%)
		(鮮物)	776,787(±4%)	0.88 (±20%)	1.83	0.016								2,172(±73%)
	根莖類作物 (鮮物)	1,923,807(±3%)	0.22 (±20%)	0.41	0.016	1,121(±74%)								
	固氮綠肥 (鮮物)	163,751(±4%)	0.3 (±20%)	-	0.022	12,697(±69%)								
	非固氮綠肥 (鮮物)	904,750(±5%)	0.3 (±20%)	-	0.012	590(±73%)								
非固氮牧草 (鮮物)	904,750(±5%)	0.3 (±20%)	0.46	0.015	624(±74%)									
小計					26,930(40%)			270 (-46%,288%)						

氧化亞氮排放 - 揮發、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 -9%，+128%。

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。

5.7 農作物殘渣燃燒 (3.F)

本項估算農業殘渣的焚燒相關的非二氧化碳排放。依據 IPCC 2006 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渣時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含甲烷 / 一氧化碳 / 氧化亞氮 / 氮氧化物。因假設焚燒農作物殘渣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。我國的農業殘渣焚燒主要是以水稻稻 為主，其他 2006 IPCC 指南所列其他各項殘渣焚燒資料，如穀類、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。

表 5.18 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年分	直接氧化亞氮排放	間接氧化亞氮排放 - 揮發	間接氧化亞氮排放 - 淋洗	合計
1990	1,274	179	356	1,809
1991	1,307	175	359	1,841
1992	1,271	166	346	1,782
1993	1,295	167	351	1,813
1994	1,298	163	348	1,808
1995	1,297	160	347	1,804
1996	1,327	161	351	1,840
1997	1,173	151	319	1,643
1998	1,104	139	303	1,545
1999	1,085	136	298	1,519
2000	1,245	153	332	1,729
2001	1,219	151	325	1,695
2002	1,235	151	324	1,710
2003	1,151	139	300	1,590
2004	1,252	145	318	1,716
2005	1,150	141	300	1,590
2006	1,174	143	304	1,621
2007	1,146	142	297	1,585
2008	1,088	136	283	1,508
2009	1,116	138	290	1,544
2010	1,105	137	286	1,527
2011	1,057	132	276	1,465
2012	1,073	135	281	1,490
2013	1,016	131	270	1,417

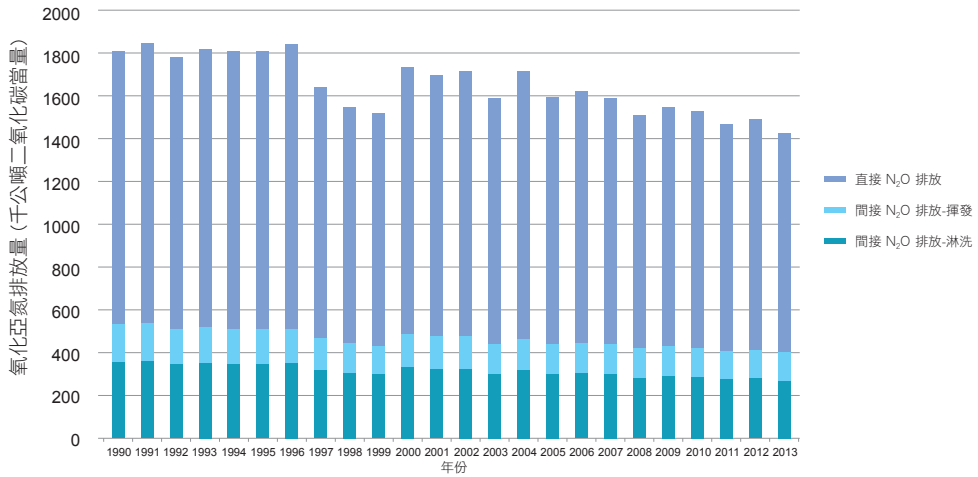


圖 5.5.4 臺灣 1990 至 2013 年農業土壤氧化亞氮排放量趨勢

表 5.5.19 臺灣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	2013 年排放量 (千公噸二氧化碳當量)	下限	上限
直接 N ₂ O 排放	1016	-33%	122%
間接 N ₂ O 排放 - 揮發	131	-11%	440%
間接 N ₂ O 排放 - 淋洗 / 逕流	270	-46%	288%
農業土壤 N ₂ O 排放量	1417	-9%	128%

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

本項計有關作物殘渣焚燒之估算方法與係數，係依據 2006 IPCC 指南提供之預設方法 I (Tier I) 與係數計算，公式 5.7.1 及公式 5.7.2 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，Mg-CH₄ 及 Mg-N₂O。
 A = 焚燒面積，公頃
 M_B = 焚燒物的單位面積質量，噸 / 公頃。
 C_f = 焚燒係數，無單位（表 5.7.1 中的預設值）
 G_{ef} = 排放係數，g/kg 乾物質焚燒（表 5.7.2 的預設值）

在行政院主計總處綠色國民所得帳的農業廢棄物排放帳已有稻藁焚燒量統計資料，因此將算式簡化：

公式 5.7.2

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

M = 焚燒物，稻藁的質量 (t)

(2) 排放係數

以下為 2006 IPCC 指南提供之乾物百分比、排放係數比例的建議值，由於已有直接統計資料，故主要引用係數為稻米殘渣之焚燒係數值與排放係數。

(3) 活動數據

作物殘渣焚燒之活動數據，1999 年前引自農業統計年報：自給肥料 - 草木灰（稻草經焚燒後之灰燼），以焚燒殘餘量 20% 推算被焚燒稻之量。2000 年後引自綠色國民所得帳之稻焚燒量。如表 5.7.3 所示。

(4) 排放量

1990 至 2013 年作物殘渣焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.7.4、圖 5.7.1 所示。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 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

臺灣的農業殘渣焚燒主要是以水稻稻 為主，其他如豆類、玉米、甘蔗等僅能判斷鮮少有，無法確定比例，且在無統計資料下，未列入計算。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

活動數據不確性為 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：

殘渣焚燒排放溫室氣排放量之活動數據為不連續，2000 至 2013 年為綠色國民所得帳，2001 年前焚燒量作物殘渣焚燒之活動數據，1999 年前引自農業統計年報：自給肥料 - 草木灰（稻草經焚燒後之灰燼），以焚燒殘餘量 20% 推算被焚燒稻藁之量。2000 年後引自綠色國民所得帳之稻藁焚燒量。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來綠色國民所得帳，相同依照國內統計法、統計法施行細則及其他有關法令執行。計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體排放清冊專家會議審議。

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)³⁹

植被類型	亞類	排放係數均值 (C _f)
農業殘渣	小麥殘渣	0.90
	玉米殘渣	0.80
	稻米殘渣	0.80
	甘蔗	0.80

表 5.7.2 農業殘渣排放係數

(g/kg 乾物質焚燒量)⁴⁰

項目	甲烷	氧化亞氮
排放係數	2.7	0.07

39 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, 2006.

40 IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, 2006.

表 5.7.3 作物殘渣焚燒量

(單位:公噸)

年	自給肥料 - 草木灰	估算稻藁焚燒量 ⁴¹	稻藁焚燒量 ⁴²
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	
2002	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

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：

使用石灰的目的以改善土壤酸鹼度使土壤

性質適於植物生長，而於土壤中施用碳酸鹽類石灰，例如含鈣性石灰 (CaCO_3) 或白雲岩 ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)，隨著碳酸鹽石灰溶解和釋放碳酸氫鹽 (HCO_3^-)，而轉變為二氧化碳和水，導致二氧化碳排放。

由相關土壤調查文獻，臺灣強酸性土壤，土壤 $\text{pH} < 5.5$ 比率約為 38.1% (譚增偉等 2005)。另外，茶、鳳梨等作物，因為作物生長特性常種植於酸性土壤中，一般不再施用石灰。石灰推薦用量參考作物施肥手冊 (農糧署，2003) 建議

41 1999 年前引自農業統計年報：自給肥料 - 草木灰，以焚燒殘餘量 20% 推算被焚燒稻 藁 之量。

42 2000 年後引自綠色國民所得帳：稻 藁 焚燒量。

表 5.7.4 作物殘渣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	甲烷	氧化亞氮
1990	37.6	11.6
1991	24.8	7.7
1992	47.6	14.7
1993	21.7	6.7
1994	20.9	6.5
1995	7.4	2.3
1996	6.9	2.1
1997	7.1	2.2
1998	5.6	1.7
1999	6.9	2.1
2002	13.8	4.3
2001	15.1	4.7
2002	12.9	4.0
2003	8.9	2.7
2004	7.7	2.4
2005	7.9	2.4
2006	8.4	2.6
2007	4.6	1.4
2008	6.1	1.9
2009	5.0	1.6
2010	5.3	1.6
2011	5.4	1.7
2012	5.4	1.7
2013	3.3	1.0

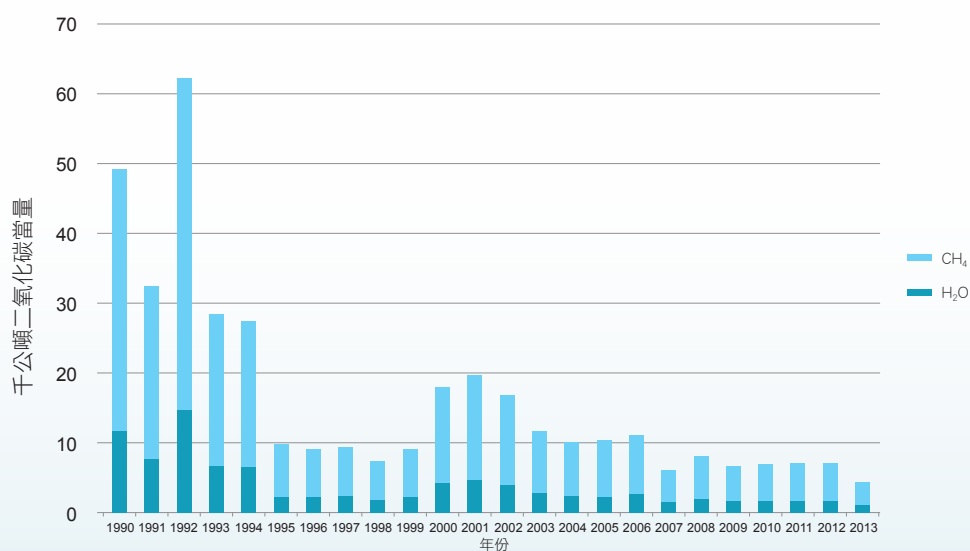


圖 5.7.1 臺灣 1990 至 2013 年作物殘渣焚燒溫室氣體排放量趨勢

土壤 pH 小於 5 每公頃施用石灰 2~3 公噸；pH 小於 6 每公頃施用土石灰（白雲石粉）1 至 2 公噸。以 1 噸 / 年（範圍：0 至 3 噸）進行估算，經估算，臺灣強酸性土面積估算潛在石灰資材用量約 3 至 28 萬噸。另依據連深等（1992）估算，以 1/3 面積土壤需施用石灰資材改良土，約 32 萬公頃，每公頃每 5 年施用一次 2 公噸石灰資材，估計潛在石灰用量每年約 13 萬噸，但評估當時石灰資材用量每年僅約 1 萬噸。以連深等（1992）評估用量為依據，並以 IPCC 預設係數平均值 0.125 計算估計排放量約 5 千公噸二氧化碳-e。然農地酸性改良可使用石灰資材包含生石灰（CaO）、白雲石灰（CaMg（CO₃）₂）、石灰石（CaCO₃）、未鍛燒蚵殼粉（CaCO₃）、鍛燒蚵殼粉（CaO）等，但僅碳酸鹽類列入計算，故此數值應仍屬高估，估計在農業溫室氣體排放量比例在 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：

尿素的施肥過程中將導致工業生產過程所固定的二氧化碳損失。尿素（CO（NH₂）₂）在水分和尿素酶作用下轉化為銨氮（NH₄⁺）、氫氧離子（OH⁻）和碳酸氫根（HCO₃⁻）。與添加石灰於土壤中的反應相似，形成碳酸氫根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 I（Tier I），以活動數據和排放係數相乘，即公式 5.9.1 估算尿素施用過程中之二氧化碳排放；最後乘以 44/12 將二氧化碳 - 碳排放量換算成二氧化碳排放量。

公式 5.9.1 施用尿素產生的年度二氧化碳排放

$$\text{二氧化碳-C 排放} = M \times EF$$

二氧化碳 - C 排放 = 尿素施用產生的年度碳排放，噸碳 / 年

M = 每年施用的尿素量，噸尿素 / 年

EF = 排放係數，噸碳 / 噸尿素，預設 = 0.2

（2）排放係數

尿素採用的總排放係數（EF）為 0.20，為尿素（CO（NH₂）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，表 5.9.1 所示。

（4）排放量

尿素施用產生之二氧化碳排放量如圖 5.9.1、表 5.9.1 所示。因尿素成本價格上漲與政府肥料補貼調整下，使尿素施用量在近 10 年間逐年下滑，排放量因尿素施用量減少而逐年下降，2013 年排放量相較 1990 年間少 68%。

（5）完整性

活動數據完整取自農業統計年報之尿素施用量，無缺漏。

3. 不確定性與時間序列的一致性

採用預設不確定性為 -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，在時間序列上具一致性。活動數據不確定性 5%。利用誤差傳播法組合不確定性，計算結果如下：

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

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

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。計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體排放清冊專家會議審議。

5. 特定排放源的重新計算

無。

表 5.9.1 臺灣 1990 至 2013 年尿素施用產生之二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	尿素施用量 ⁴³	二氧化碳排放量
	公噸	千公噸二氧化碳當量
1990	193,121	141.6
1991	198,997	145.9
1992	189,649	139.1
1993	178,109	130.6
1994	183,914	134.9
1995	205,923	151.0
1996	205,577	150.8
1997	182,367	133.7
1998	173,169	127.0
1999	161,544	118.5
2002	178,367	130.8
2001	128,509	94.2
2002	127,158	93.2
2003	112,438	82.5
2004	113,914	83.5
2005	84,968	62.3
2006	81,093	59.5
2007	78,358	57.5
2008	77,478	56.8
2009	75,636	55.5
2010	73,420	53.8
2011	71,966	52.8
2012	74,931	54.9
2013	61,856	45.4

43 行政院農業委員會，農業統計年報，2015。

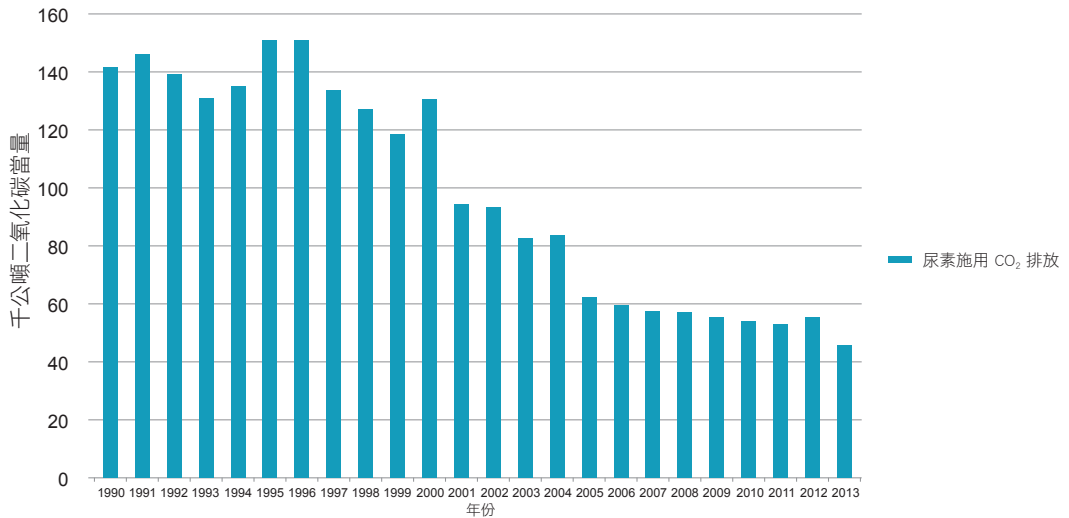


圖 5.9.1 臺灣 1990 至 2013 年尿素施用產生之二氧化碳排放量趨勢

6. 特定排放源的改善計畫

無。

5.10 其他含碳肥料 (3.I)

本項暫未估算

5.11 其他 (3.J)

無其他項目

參考文獻

- IPCC, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management, 2006.
- Jung-Jeng Su, Bee-Yang Liu and Yuan-Chie Chang, Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan, Agriculture Ecosystem & Environment 95, pp.253-263. 2003.
- 王淑音、黃大駿、許皓豐，肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估，臺灣農業化學與食品科學，39 (6) : 415-422，2001。
- 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。
- 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。
- 行政院農業委員會，中華民國農業統計年報，2014。
- 行政院農業委員會，畜禽統計調查結果，2014。
- 行政院主計總處，綠色國民所得帳編製報告。
- 李春芳，行政院農業委員會個人通訊，2014。
- 黃大駿、王淑音，臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣排放，中國畜牧學會會誌，29 (1) : 65-75，2000。
- 黃大駿，台灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討，2000。

12. 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，中國畜牧學會會誌，29（1）：65-75，2003。
13. Chen, I. C., Lai, C. M. and Yang, S. S., Flux and mitigation of methane and carbon dioxide of paddy fields. In: Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (IV) . Ed. by Yang, S. S., Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, and Institute of Biotechnology, National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan. pp. 59-69, 2003.
14. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Agriculture, 2006.
15. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Volume I General Guidance and Reporting, Chapter 3. Uncertainties, 2006.
16. Huang, S. N., Liou, R. M., Lin, C. W., Chen, S. H. and Chen, W. S., Emission and mitigation strategies of methane from paddy soils in southern Taiwan. In: Flux and Mitigation of Greenhouse Gases (IV) . Ed. by Yang, S. S., Global Change Research Center and Department of Agricultural Chemistry of National Taiwan University, and Graduate Institute of Biotechnology of National Pingtung University of Science and Technology, Taipei, Taiwan. pp. 135-150, 2003.
17. Yang, S.S., Lin, C.C., Chang, E.H., Chung, R.S., 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.
18. Tan, C. C., Wu, J. T., Shieh, S. W. and Wang, Y. P., Methane emission and mitigation of composting and application of livestock manure (1) . In: Flux and Mitigation of Greenhouse Gases. Ed. by Yang, S. S., Department of Agricultural Chemistry and Global Change Research Center, National Taiwan University, Taipei, Taiwan. pp. 84-97, 1999.
19. Yang, S. S. and Chang, H. L., Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. Agric. Ecosyst. Environ. 69: 69-80, 1998.
20. Yang, S. S. and Chang, H. L., Diurnal variation of methane emission from paddy fields at different growth stages on rice cultivation in Taiwan. Agric. Ecosyst. Environ. 76: 75-84, 1999.
21. Yang S.-S. , Chang H.L., Methane emission from paddy fields in Taiwan, 2001.
22. Yang, S.S., Chang, H.L., Effect of green manure amendment and flooding on methane emission from paddy fields, 2001.
23. 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.
24. Yang, S. S. and Chang H. L., Lai C.M., Chang H.L., Chang E.H., Wei Chia.Bei., Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan. Renewable Energy 34 p.1916-1922, 2009.
25. 行政院農業委員會。中華民國農業統計年報，2015。
26. 行政院農業委員會。畜禽統計調查結果，2015。
27. 行政院主計總處。綠色國民所得帳編製報告，2015。
28. 行政院農業委員會，台灣農家要覽，1995。
29. 行政院農業委員會，肥料要覽，2001。

30. 行政院農業委員會農糧署，作物施肥手冊，2003。
31. 楊敏宗、蘇宗振，我國推動水稻良質米執行成果，農政與農情第 193 期，97 年 7 月。
32. 錢元皓、賴朝明、楊盛行，台灣水田、旱田與濕地土壤氧化亞氮之釋放通量及其減量對策，土壤與環境，13：1&2 期，2010。
33. 譚增偉、劉禎祺、陳桂暖，土壤肥力與合理化施肥。合理化施肥專刊。P43~62，2005。
34. 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，P.115-124，2011。
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.72-83，1995。
36. 郭鴻裕，台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。中華土壤肥料學會，p.3-1 - 3-7，1992。
37. 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，pp8-1~8-12，中華土壤肥料學會，1992。
38. 陳仁炫，有機質肥料的檢測與成分分析結果之解析，2003。
39. 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. Cchina. 35 (4) . 437~448, 1986.
40. 李銘全、許秋玫、林順臺、洪阿田，不同氮肥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。卷期：10:2，頁次：頁 22-31，1999。
41. 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。Vol.40。No.3 305-314，1991。
42. 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。Vol.48 No.2，1999，P.86-99。
43. 賴永昌、廖嘉信、陳一心，金山地區春夏作甘藷不同種期對塊根產量之影響。中華農業研究 45 (1)：26-34，1996。
44. 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。



第六章 土地利用、土地利用變化 及林業部門 (CRF SECTOR 4)

6.1 部門概述

6.2 森林土地

第六章

土地利用、土地利用變化及林業部門 (CRF SECTOR 4)

6.1 部門概述

聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1997 年將土地利用、土地利用變化及林業 (Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF) 納入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)¹，對於土地利用變化造成的碳排放量，以及林業碳吸收量等估算方法提出具體建議，之後 IPCC 於 2003 年再公布 LULUCF 的良好作法指南 (Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry in the Preparation of National Greenhouse Gas Inventories under the Convention, GPG, 以下簡稱 2003 LULUCF GPG)。

目前最新的版本為 IPCC 於 2006 年所公布國家溫室氣體清冊指南 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2006 IPCC 指南)，其內容係結合 1996 IPCC 指南及 2003 LULUCFGPG 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 「經伐採的木質產品 (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，因此可藉行政院農業委員會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數據，據以估算臺灣林業碳匯現況。

估算結果，1990 至 2013 年臺灣林業部門整體之年碳量變化為 17,370 至 21,077 千公噸二氧化碳當量左右，2013 年我國森林碳匯量約為 21,069 千公噸二氧化碳當量，詳如表 6.1.1，其歷年趨勢如圖 6.1.1，2013 年其中「林地維持林地」碳吸收量占 94.20%，「其他土地轉變為林地」碳吸收量占 5.80%，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。

¹ IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1997.

表 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年森林資源整體之年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年度	林地維持林地		其他土地轉變為林地	整體年碳量變化
	生物量二氧化碳貯存增加量 ($\Delta \text{CO}_2\text{e}$)	生物量年二氧化碳貯存損失量 ($\Delta \text{CO}_2\text{e}$)	生物量年二氧化碳貯存增加量 ($\Delta \text{CO}_2\text{e}$)	
1990	-19,782	607	-91	-19,265
1991	-19,782	2,503	-91	-17,370
1992	-19,794	333	-136	-19,597
1993	-19,807	216	-184	-19,775
1994	-19,819	190	-233	-19,862
1995	-19,831	202	-288	-19,917
1996	-19,844	559	-318	-19,603
1997	-19,856	266	-396	-19,986
1998	-19,869	326	-445	-19,988
1999	-19,881	401	-559	-20,040
2000	-19,893	389	-663	-20,168
2001	-19,906	1,112	-681	-19,475
2002	-19,918	167	-757	-20,508
2003	-19,931	227	-897	-20,600
2004	-19,943	243	-993	-20,693
2005	-19,956	369	-1,029	-20,616
2006	-19,968	251	-1,043	-20,760
2007	-19,980	308	-1,077	-20,749
2008	-19,993	199	-1,138	-20,932
2009	-20,005	2,753	-1,162	-18,414
2010	-19,911	218	-1,236	-20,928
2011	-19,929	140	-1,198	-20,987
2012	-19,944	145	-1,279	-21,077
2013	-19,981	135	-1,223	-21,069

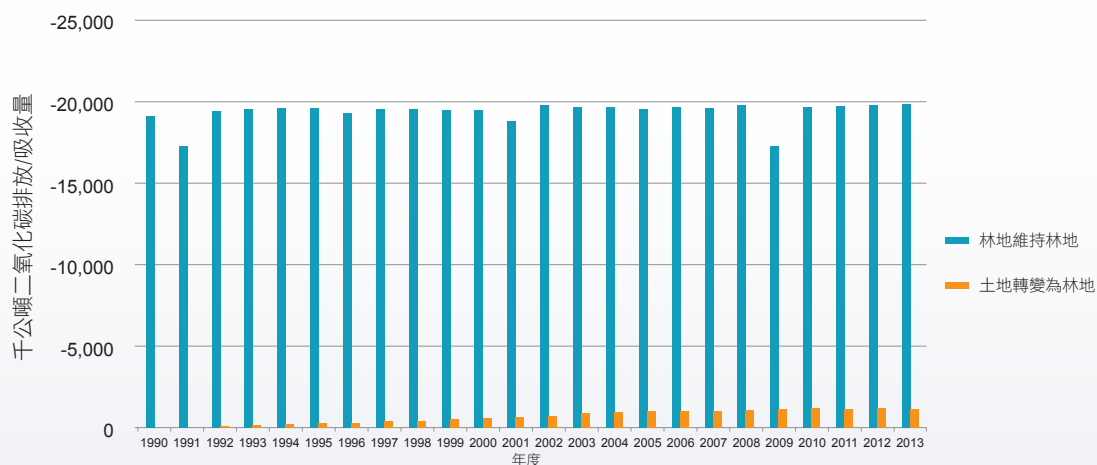


圖 6.1.1 臺灣 1990 至 2013 年林業部門整體碳量變化趨勢

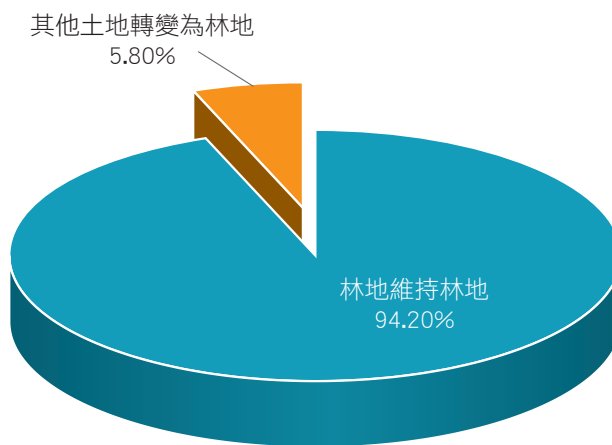


圖 6.1.2 臺灣 2013 年林業部門整體年碳量各項目占比

表 6.2.1 碳庫定義

項目	CH ₄	N ₂ O
生物量 (Biomass)	地上部生物量 (Aboveground Biomass)	土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹 (Stump)、枝、樹皮、種子和葉。 註：如果森林下層植被占地上部生物量碳庫的比例較小，某種程度的不計入是可接受的，但在整個調查時間中應一致。
	地下部生物量 (Belowground Biomass)	活根的全部生物量。建議直徑低於 2 公釐的細根經常是不計入在內，因為只憑經驗將直徑低於 2 公釐的細根與土壤有機質或枯落物相區分是相當困難的。
枯有機質 (Dead Organic matter)	死木 (Dead Wood)	除枯落物外的所有非活的木質生物量，無論是直立的、橫躺在地面上的或者在土壤中的。死木包括直徑大於或等於 10 公分的枯倒木、死根和殘幹。
	枯落物 (Litter)	所有非活的生物量，建議直徑應大於 2 公釐 (因要與土壤有機物區分) 及直徑小於死木所定義的最小直徑 (例如 10 公分)、在礦質或有機質土壤上已經死亡的、各種程度的腐朽狀況的所有非活的生物量。這包括土壤類型所定義的枯落物層及在礦質或有機質土壤上的活細根 (最小直徑應低於地下部生物量所規定)。
土壤 (Soils)	土壤有機質 (Soil Organic Matter)	包括達到所選擇深度的礦質土壤的有機碳，如在土壤中的活和死的細根和死有機質、如果不能憑經驗區分的最小直徑小於 2 公釐 (建議值) 的根及死有機質。土壤深度預設值為 30 公分。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventory, 2006.

2. 方法論議題：

(1) 計算方法：

在林地碳貯存量的變化，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} = 林地的碳貯存量的變化（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）

僅就其中 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

在生物量每年所增加的碳貯存量，主要為每年生物量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（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，依林木的地理區位、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 = 碳含量比例（公噸碳 / 公噸 - 乾物質）

平均年生物量累積量，在方法 1 的情況時，可依林木地上部的平均年生物量增加量乘上根莖比可得出（式 4）。在方法 2 及 3，林木地上部的平均年生物量增加量可由特定林木（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）。

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

$$\text{方法 2、3 } G_{TOTAL} = \sum \{IV \times BCEF_1 \times (1+R)\} \quad (5)$$

式中：

- G_{TOTAL} = 平均年生物量累積量（公噸 - 乾物質 / 公頃 / 年）；
- G_W = 在特定林木（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 = 特定林木（植被）類型的年平均材積生長量（ m^3 / 公頃 / 年）；
- $BCEF_1$ = 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 $BCEF_1$ 不可得知，則可使用生物量擴展係數（ BEF_1 ）與基本比重（D）值相乘得出（式 6）。

$$BCEF_1 = BEF_1 \times D \quad (6)$$

生物量損失之年碳貯存減少量為用材伐採、薪材收穫與干擾等因素所引起的年碳貯存減少量（式 7）。

$$\Delta C_L = L_{wood-removals} + L_{fuelwood} + L_{disturbance} \quad (7)$$

式中：

- ΔC_L = 生物量損失之年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；
- $L_{wood-removals}$ = 用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）；
- $L_{disturbance}$ = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）

用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）。

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

式中：

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

H = 每年伐採量（ m^3 /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 $BCEF_R$ 不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數（ BEF_R ）與基本比重（D）值相乘得出（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）。

$$L_{\text{fuelwood}} = \{FG_{\text{trees}} \times BCEF_R \times (1+R)\} \times CF \quad (10)$$

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（ m^3 /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 $BCEF_R$ 不可得知，則可使用伐採生物量擴展係數（ BEF_R ）與基本比重（D）值相乘得出（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：

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

式中：

$L_{\text{disturbance}}$ = 干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量（公噸碳/年）；

$A_{\text{disturbance}}$ = 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 = 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（ m^3 ）；

$BCEF_I$ = 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 $BCEF_I$ 不可得知，則可使用生物量擴展係數（ BEF_I ）與基本比重（D）值相乘得出（式 6）。

B. ΔC_{DOM} 死有機物質（Dead organic matter） 碳貯存量變化

採用方法 I（Tier I），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、干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 0。

（2）排放係數（或轉換係數）

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

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。

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_L 、 BEF_R ）：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）⁷，5 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（ $BCEF_L$ 、 $BCEF_R$ ）：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、2006）⁹、2008）¹⁰、2009）¹¹、林國銓與何淑玲（2005）⁷、許原瑞等（與許原瑞（2008）¹²，以 7 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、2007）⁷、2008）⁸、2009）⁹、2010）¹⁵、林國銓與何淑玲（2005）⁶、柯淑惠（2005）¹⁶、陳財輝等（1998）¹⁷ 及陳財輝與呂錦明（1988）¹⁸ 共 10 篇文獻，7 種樹種，取其之中位數 0.24 為代表。針闊葉混淆林為針葉樹與闊葉樹之平均值 0.23。

碳含量比例（CF）：根據林裕仁等（2002）² 對臺灣 24 種主要用材進行的研究，分別使用針葉樹種與闊葉樹種實驗結果的平均值，針葉樹與闊葉樹碳含量比例分別為 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。

竹林之碳轉換係數，基本比重（D）採用王義仲與陳周宏（1995）¹⁹、王義仲（2006）²⁰ 及林裕仁等（2011）²¹ 三篇研究，共六種竹種，取

2 IPCC, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1997.

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：200-215，2002。

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，由生物量推估台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 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。

10 林國銓、黃菊美、杜清澤，檳榔人工林造林碳貯存量和吸存量之估算。國家公園學報 18（2）：45-58，2008。

11 林國銓、杜清澤、黃菊美，台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。

12 許原瑞，枝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，台灣檳榔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。台中，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，台灣產竹種工藝利用價值之評估（1），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。

其中位數 0.62。生物量擴展係數 (BEF) 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。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代表，設為 0.4732。生長則依王義仲 (2006)²⁰ 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，可知平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸。

年生長量數據則推算自全國森林資源調查之成果，以第三次森林資源調查與第四次森林資源調查之單位面積材積相比較，即可獲得各林型之平均年生長量，結果如表 6.2.2。

(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，第三次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。

2009 年後之林型面積，考量到崩塌地因素，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 2010 年委託成功大學執行「運用衛星影像於全島崩塌地判釋與災害分析」研究成果，將此種林地崩塌的面積予以扣除。將各年度崩塌地圖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，以第四次台灣森林資源調查成果的國有林土地利用圖為森林基線，透過森林基線扣除每年度總累積崩塌面積，各年度崩塌地面積如表 6.2.3 所示：

表 6.2.2 各排放係數值

林型 \ 係數	D	BEF	BCEF	R	CF	年生長量 (m ³ /ha)
天然針葉林	0.41	1.27	0.51	0.22	0.4821	3.15
天然針闊葉混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	9.04
天然闊葉林	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691	3.30
人工針葉林	0.41	1.27	0.51	0.22	0.4821	7.36
人工針闊葉混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	10.14
人工闊葉林	0.56	1.40	0.92	0.24	0.4691	4.26
木竹混淆林	0.49	1.34	0.72	0.23	0.4756	3.60
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碳匯之研究數據。

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之例。林業試驗所研究報告季刊 7 (1)：1-13，1992。

表 6.2.3 臺灣 2010 至 2013 年森林崩塌面積

林型 \ 係數	2010	2011	2012	2013	累計崩塌面積	累計崩塌比例
	公頃					
天然針	1,183	454	553	181	2,371	12.27
天然針闊混	856	211	267	146	1,480	7.66
天然闊	7,273	1,684	2,006	1,463	12,426	64.32
人工針	247	65	74	58	444	2.30
人工針闊混	227	48	48	47	370	1.92
人工闊	865	139	151	69	1,224	6.34
木竹混	463	67	22	26	578	2.99
竹	324	51	19	31	425	2.20
年崩塌面積	11,438	2,719	3,140	2,021		

此外，「其他土地轉變為林地」經過 20 年之過渡期後，計算時改納入林地維持林地的面積估算，如 1990 年之造林面積，至 2011 年時加總至林地維持林地之面積中。

經上述資料與步驟整理，各年度林地維持林地之面積如下：

B. 每年伐採量 (H)、每年收穫薪材材積 (FG_{trees})

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) 與所損失的材積量 (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) 年碳量變化

1990 至 2013 年「林地維持林地」碳量變化估算結果，每年約固定 19,000 多千公噸之二氧

化碳當量，大致呈現穩定的狀態，主要係由於我國區域計畫法、森林法對於林業用地變更以及森林伐採均已訂有相關規範，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，促使當年度生物量年碳損失量 (ΔC_L) 較高，致該 3 年之碳吸收量較低，其餘各年均維持穩定之狀態。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

評估不確定性，為計算國家溫室氣體清冊的良好作法之一，有助於確定那些項目及參數需優先進行改善，以便提高未來調查結果或國家清冊的準確性；也用在判斷不同機構（研究）或採用不同方法所作的估計間的一致性程度。產生不確定的來源包含：定義上的不確定性（例如定義不完整、不清楚或錯誤）；來自產生排放或吸收過程的自然變異的不確定性；來自對評估過程

表 6.2.4 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地面積

(單位：公頃)

年度	天然針	天然針闊混	天然闊	人工針	人工針闊混	人工闊	木竹混	竹林
1990	220,100	331,600	975,800	218,400	59,600	144,600	76,150	76,150
1991	220,100	331,600	975,800	218,400	59,600	144,600	76,150	76,150
1992	221,621	322,107	984,722	212,881	61,544	143,421	78,004	78,099
1993	223,142	312,615	993,645	207,361	63,488	142,242	79,858	80,049
1994	224,664	303,122	1,002,567	201,842	65,432	141,063	81,711	81,998
1995	226,185	293,629	1,011,490	196,323	67,376	139,884	83,565	83,947
1996	227,706	284,137	1,020,412	190,804	69,320	138,705	85,419	85,897
1997	229,227	274,644	1,029,335	185,284	71,265	137,526	87,273	87,846
1998	230,749	265,152	1,038,257	179,765	73,209	136,347	89,127	89,796
1999	232,270	255,659	1,047,180	174,246	75,153	135,167	90,980	91,745
2000	233,791	246,166	1,056,102	168,727	77,097	133,988	92,834	93,694
2001	235,312	236,674	1,065,025	163,207	79,041	132,809	94,688	95,644
2002	236,833	227,181	1,073,947	157,688	80,985	131,630	96,542	97,593
2003	238,355	217,688	1,082,870	152,169	82,929	130,451	98,396	99,542
2004	239,876	208,196	1,091,792	146,650	84,873	129,272	100,250	101,492
2005	241,397	198,703	1,100,715	141,130	86,817	128,093	102,103	103,441
2006	242,918	189,211	1,109,637	135,611	88,761	126,914	103,957	105,390
2007	244,440	179,718	1,118,560	130,092	90,705	125,735	105,811	107,340
2008	245,961	170,225	1,127,482	124,573	92,649	124,556	107,665	109,289
2009	247,482	160,733	1,136,405	119,053	94,594	123,377	109,519	111,238
2010	246,298	159,877	1,129,132	118,807	94,367	122,511	109,056	110,914
2011	245,845	159,666	1,127,448	119,701	94,386	125,068	108,989	111,025
2012	245,292	159,399	1,125,442	120,976	94,390	127,919	108,967	111,006
2013	245,141	159,283	1,124,009	122,698	94,390	130,826	108,941	111,227

(取樣)、測量、使用的方法的不確定性、引用不完整參考資料或來自專家判斷的不確定性等。

目前已完成蒐集 IPCC 相關不確定性分析方法學，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析等 2 種方法，後續將視實際資料情況選擇適當方法進行評估。

(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 IPCC 2006 指南，兩次調查間的年度以內插法推得各林型。又因第三次

與第四次林資源調查相隔久遠(約 18 年)，考量到調查技術之提升，以外推法可能有高估變動之情形，故第四次森林資源調查(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. 特定排放源的 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

表 6.2.5 臺灣地區森林主產物採伐量

年度	面積 (ha)		林木材積 (m ³)					竹類 (支)
	林地	竹林	天然 針葉林	天然 闊葉林	人工 針葉林	人工 闊葉林	薪材	
1990	1,917	1,479	6,292	54,207	85,517	17,481	39,715	5,795,941
1991	1,046	1,683	4,191	26,244	64,436	7,885	23,303	4,318,917
1992	1,036	781	5,428	13,662	69,813	7,361	22,059	3,312,710
1993	575	675	4,457	2,724	50,683	5,245	8,625	2,176,352
1994	439	532	3,182	3,735	36,679	6,396	6,136	1,907,854
1995	625	587	5,536	349	35,440	4,876	16,976	2,161,413
1996	500	293	4,515	328	38,665	3,154	9,700	2,323,761
1997	448	184	4,597	309	32,831	3,071	11,365	1,232,119
1998	458	260	5,679	197	27,349	3,262	13,042	1,508,053
1999	393	493	3,177	964	22,267	6,540	9,997	1,841,708
2000	632	383	0	3,507	22,500	4,039	5,134	1,716,292
2001	405	124	0	7,414	21,171	11,741	7,533	558,927
2002	624	390	0	3,642	26,019	24,010	7,388	1,268,416
2003	739	455	128	771	56,764	9,597	18,282	2,174,351
2004	705	333	0	128	37,968	20,616	12,089	1,572,353
2005	500	342	2	533	35,393	16,649	7,481	1,694,291
2006	587	622	72	252	35,214	17,127	10,931	3,046,946
2007	326	339	1	145	40,253	15,182	11,638	2,864,482
2008	180	465	2	30	36,596	7,140	7,340	2,509,139
2009	158	438	0	760	32,058	7,774	3,690	3,266,805
2010	159	562	6	1,432	19,115	11,933	313	3,326,833
2011	142	370	117	131	27,674	8,216	774	1,875,466
2012	151	378	70	194	37,189	5,971	2,807	1,772,876
2013	170	285	25	400	26,461	7,516	7,817	1,532,111

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

中的排放 / 吸收量作定期審查，以建立清冊可信用度。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吸收量，完成估算林業部門 1990 年至 2013 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 104 年 5 月 6 日、20 日林業、農業部門專家研商會議審議通過，業依委員所提有關在林木生長碳量的計算上應扣除天然災害導致崩塌、伐採收穫面積等意見修正報告數據。

5. 特定排放源的重新計算

林業部門溫室氣體清冊中，林地維持林地使用之活動數據主要採自全國森林資源調查數據，過去因僅有第三次全國森林資源調查成果，故主

表 6.2.6 受干擾影響的森林面積與損失材積

年	次數 *	面積 (ha)	林木材積 (m ³)	竹類 (支)
1990	352	4,031	3,395	0
1991	362	1,125	1,357,423*	163,220
1992	292	401	2,235	20,154
1993	359	1,251	9,944	24,196
1994	441	3,860	5,246	264,490
1995	336	546	1,873	105,600
1996	511	7,519	43,984	6,255,093
1997	305	2,969	14,572	2,330,329
1998	252	1,642	20,233	3,131,407
1999	429	2,440	75,991	2,692,378
2000	272	4,353	103,385	1,966,948
2001	263	1,621	645,328**	252,545
2002	347	742	3,670	35,657
2003	491	800	624	27,448
2004	251	1,006	26,764	394,651
2005	219	3,133	65,112	2,013,673
2006	210	158	2,017	99,200
2007	231	1,049	37,751	257,027
2008	317	284	4,182	26,962
2009	455	5,834	1,563,005***	2,486,573
2010	419	97	5,202	1,608
2011	476	33	1,344	731
2012	445	10	938	0
2013	413	15	1,540	750

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

* 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 公釐的雨量，產生約 125 萬公噸漂流木，致林木損失材積量大。

要採用該數據，再搭配各年度崩塌地圖層與伐採面積，扣除後得到歷年林地面積。而第四次森林資源調查的成果已於 2015 年整理完成，為提升活動數據（林地面積）準確度，故以兩次森林資源調查之成果修正林地面積。

過去估算清冊時，年生長量是採用文獻數據，取自林務局於 1982 年出版的「臺灣林木資源之生長及枯死」，因現有兩次森林資源調查的

單位面積材積數據，故藉此估算年平均生長量，以更加符合兩次調查間林木生長之狀況。

另外，為提升本土排放係數數值之準確度，蒐集國內相關文獻研究，並於 2015 年 3 月 19 日與 7 月 1 日邀請專家學者召開排放係數之專家諮詢會議與工作委員會，重新商討排放係數之採用方法與數據，以此重新估算碳吸收量。

表 6.2.7 臺灣 1990 至 2013 年林地維持林地之年碳量變化

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	生物量年碳儲存增加量 (ΔC_G)	生物量年碳儲存損失量 ΔC_L			碳量變化 (ΔC)	二氧化碳量變化
		伐採損失碳量 ($L_{\text{wood-removals}}$)	新材收穫損失碳量 (L_{fuelwood})	干擾損失碳量 ($L_{\text{disturbance}}$)		
1990	-5,395	142.93	21.25	1.43	-5,229	-19,174
1991	-5,395	96.25	12.47	573.90	-4,712	-17,279
1992	-5,398	77.84	11.80	1.21	-5,308	-19,461
1993	-5,402	49.73	4.62	4.51	-5,343	-19,591
1994	-5,405	42.73	3.28	5.72	-5,353	-19,629
1995	-5,409	43.81	9.08	2.19	-5,353	-19,629
1996	-5,412	45.70	5.19	101.65	-5,259	-19,284
1997	-5,415	29.41	6.08	37.11	-5,343	-19,590
1998	-5,419	31.80	6.98	50.14	-5,330	-19,543
1999	-5,422	36.12	5.35	67.79	-5,313	-19,480
2000	-5,425	33.60	2.75	69.69	-5,319	-19,505
2001	-5,429	24.03	4.03	275.16	-5,126	-18,794
2002	-5,432	39.46	3.95	2.02	-5,387	-19,752
2003	-5,436	51.51	9.78	0.63	-5,374	-19,704
2004	-5,439	43.39	6.47	16.52	-5,373	-19,700
2005	-5,442	42.33	4.00	54.19	-5,342	-19,587
2006	-5,446	60.38	5.85	2.17	-5,377	-19,717
2007	-5,449	58.34	6.23	19.32	-5,365	-19,673
2008	-5,453	48.16	3.93	2.12	-5,398	-19,794
2009	-5,456	57.60	1.97	691.37	-4,705	-17,252
2010	-5,430	57.10	0.17	2.21	-5,371	-19,693
2011	-5,435	37.73	0.41	0.13	-5,397	-19,789
2012	-5,439	38.04	1.50	0.05	-5,400	-19,799
2013	-5,449	32.54	4.18	0.18	-5,413	-19,846

註： $\Delta C = \Delta C_G - (L_{\text{WOOD-REMOVALS}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbance}})$

表 6.2.8 不確定性分析方法之比較

估算方法	誤差傳遞法	蒙地卡羅分析
適用情況	參數不確定性較小時 各參數不確定性分配需為常態分配 參數間是完全獨立(沒有相關性)	參數不確定性較大時 各參數不確定性分配不需為常態分配 參數間容許有相關性
優點	可用 Excel 等試算軟體計算、計算方便參(變)數	可適用於參(變)數為各種分配適用範圍較廣
缺點	僅適用於常態分配，適用範圍較窄	需有經驗值才能找出變數的分配情形，及其中之參數值，過程通常相當複雜，需使用統計軟體

表 6.2.9 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）
枯枝落葉	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	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）
非二氧化碳溫室氣體 Non-二氧化碳	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）
排放因子	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

6. 改善計畫

(1) 在不確定性分析方面，已蒐集國際估算方法，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析方法，並就前開 2 種方法之適用情況進行分析比較，初步歸納出誤差傳遞法較為符合我國資料狀況，後續將據以估算。

(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。

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) (包含死木與枯落物)、土壤 (Soils) (包含土壤有機質) 等 3 大類。各類碳庫說明如表 6.2.1 所示。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法：

A. ΔC_B 生物量 (Biomass) 碳貯存年變化量

有關生物量碳貯量變化，採用前述整理公式 1 至式 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 0。

(2) 排放係數 (或轉換係數)

排放係數方面，基本比重 (D)、生物量擴

展係數 (BEF_I 、 BEF_R)、根莖比 (R) 及碳含量比例 (CF) 採用與林地維持林地相同之數值，如表 6.2.10 所示。

材積生長量則依林俊成等人 (2002)²³ 對全民造林運動碳吸存潛力之評估結果，以樟樹、臺灣檫、相思樹、光臘樹等 4 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

表 6.2.10 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為林地面積

(單位：公頃)

年	針葉林		針闊葉混淆林		闊葉林		竹林	合計
	林業統計面積	總面積	林業統計面積	總面積	林業統計面積	總面積	林業統計面積	
1990	959	959	67	67	2,696	2,696	161	3,883
1991	1,350	1,350	52	52	3,002	3,002	252	4,656
1992	1,780	1,810	48	78	2,975	3,005	279	5,171
1993	1,481	1,511	0	30	2,999	3,029	303	4,873
1994	1,005	1,035	0	30	3,487	3,518	129	4,712
1995	614	644	0	30	2,832	2,862	112	3,648
1996	1,222	1,252	0	30	3,901	3,931	108	5,321
1997	1,709	1,739	0	30	3,438	3,468	100	5,337
1998	1,441	1,471	0	30	5,978	6,008	70	7,579
1999	1,516	1,547	2	32	6,653	6,683	129	8,391
2000	1,032	1,062	0	30	4,125	4,155	70	5,317
2001	796	826	0	30	4,068	4,098	70	5,024
2002	853	883	4	34	6,556	6,586	71	7,574
2003	492	522	31	61	6,717	6,747	45	7,376
2004	638	668	4	34	4,092	4,122	134	4,958
2005	62	93	0	30	1,477	1,507	57	1,687
2006	59	89	0	30	345	375	5	499
2007	313	343	0	30	818	848	5	1,226
2008	87	117	0	30	426	456	5	609
2009	671	701	0	30	2,595	2,625	1	3,357
2010	250	250	0	0	2,580	2,580	0	2,830
2011	291	291	0	0	6,807	6,807	1	7,099
2012	233	233	0	0	4,732	4,732	0	4,965
2013	424	424	0	0	2,210	2,210	0	2,634

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

23 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠，全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估。台灣林業科學 17 (3)：311-321，2002。

杉、杉木等 3 種樹種之平均生長量做為針葉林造林材積計算基準，針闊葉混淆林平均生長量則為針葉林及闊葉林之平均值。竹林的平均生長量則依王義仲（2006）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森林資源調查到第四次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 1992-2009 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下表所示：

（4）碳吸收量

1990 至 2013 年「其他土地轉變為林地」年碳量變化結果如表 6.2.11，主要隨著新植造林面積的累積，碳吸收量逐年增加，至 2013 年二氧

表 6.2.11 臺灣 1990 至 2013 年土地轉變為森林之年碳量變化

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	生物量年碳儲存增加量 ΔC_g				碳量變化 ΔC	二氧化碳量變化
	針葉林	針闊葉混淆林	闊葉林	竹林		
1990	-3.58	-0.36	-18.66	-2.16	-25	-91
1991	-3.58	-0.36	-18.66	-2.16	-25	-91
1992	-5.77	-0.36	-25.43	-5.53	-37	-136
1993	-8.73	-0.58	-31.67	-9.26	-50	-184
1994	-9.40	-0.46	-40.28	-13.32	-63	-233
1995	-9.42	-0.56	-53.46	-15.05	-78	-288
1996	-9.51	-0.67	-62.26	-14.39	-87	-318
1997	-13.03	-0.77	-81.87	-12.46	-108	-396
1998	-17.65	-0.93	-92.76	-10.07	-121	-445
1999	-20.36	-1.05	-124.15	-6.95	-153	-559
2000	-24.77	-1.21	-147.90	-6.94	-181	-663
2001	-26.76	-1.31	-151.39	-6.37	-186	-681
2002	-28.74	-1.41	-170.32	-5.87	-206	-757
2003	-31.06	-1.53	-206.44	-5.48	-245	-897
2004	-32.44	-1.77	-231.40	-5.15	-271	-993
2005	-35.90	-1.76	-237.66	-5.22	-281	-1,029
2006	-36.14	-1.87	-241.35	-5.05	-284	-1,043
2007	-38.14	-1.97	-249.34	-4.18	-294	-1,077
2008	-40.26	-2.07	-264.85	-3.30	-310	-1,138
2009	-40.40	-2.16	-271.52	-2.77	-317	-1,162
2010	-43.42	-2.24	-290.35	-0.99	-337	-1,236
2011	-40.41	-1.99	-284.04	-0.23	-327	-1,198
2012	-38.26	-1.89	-308.45	-0.16	-349	-1,279
2013	-34.09	-1.71	-297.54	-0.10	-333	-1,223

註：資料總計因小數點取捨，取與各林型加總有些會有差異。

化碳吸收量已達 1,223 千公噸二氧化碳當量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

評估不確定性，為計算國家溫室氣體清冊的良好作法之一，有助於確定那些項目及參數需優先進行改善，以便提高未來調查結果或國家清冊的準確性；也用在判斷不同機構（研究）或採用不同方法所作的估計間的一致性程度。產生不確定的來源包含：定義上的不確定性（例如定義不完整、不清楚或錯誤）；來自產生排放或吸收過程的自然變異的不確定性；來自對評估過程（取樣）、測量、使用的方法的不確定性、引用不完整參考資料或來自專家判斷的不確定性等。

目前已完成蒐集 2006 IPCC 指南相關不確定性分析方法學，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析等 2 種方法（詳細內容見表 6.2.8），後續將視實際資料情況選擇適當方法進行評估。

(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. 特定排放源的 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/吸收量作定期審查，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。

5. 特定排放源的重新計算

過去林業部門溫室氣體清冊中，因僅有一次性全國森林資源調查數據，故土地轉變為林地之活動數據是採用歷年林業統計的造林面積。而第四次森林資源調查的成果已於 2015 年整理完成，兩次資源調查間增加的面積視為土地轉變為林地之活動數據（並搭配歷年林業統計的造林面積分類林型），以此重新計算活動數據。

6. 改善計畫

- (1) 在不確定性分析方面，已蒐集國際估算方法，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析方法，並就前開 2 種方法之適用情況進行分析比較，初步歸納出誤差傳遞法較為符合我國資料狀況，後續將據以估算。
- (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、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：200-215，2006。
3. 王兆桓，森林蓄積量與生物量轉換模式之建立 (3/3)，2008。
4. 王義仲、陳周宏，台灣產竹種工藝利用價值之評估 (1)，林產工業 14 (1)：82-4，1995。
5. 王義仲。2006。竹林生物量調查回顧與展望，森林碳吸存研討會論文集：167-188，2006。
6. 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之例。林業試驗所研究報告季刊 7 (1)：1-13，1992。
7. 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。台灣林業科學 17 (3)：311-321，2002。
8. 行政院農業委員會林務局，第三次台灣森林資源及土地利用調查，1995。
9. 林國銓、何淑玲，由生物量推估台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。
10. 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。
11. 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。
12. 林國銓、杜清澤、黃菊美，台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。
13. 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。
14. 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。
15. 林國銓、黃菊美、杜清澤，檫木人工林造林木碳貯存量和吸存量之估算，國家公園學報 18 (2)：45-58，2008。
16. 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。
17. 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。
18. 柯淑惠，台灣檫木人工林生物量及碳儲存量之研究，國立中興大學森林學系碩士論文，台中，2006。
19. 許原瑞、洪昆源、王巧萍、吳孟鈴、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：217-235，2006。
20. 許原瑞，桉樹類的生物量與碳蓄積量，97 年度森林碳管理研討會論文集：17-29，2008。
21. 陳財輝、呂錦明，苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量，林業試驗所研究報告季刊 3 (1)：333-343，1988。
22. 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。



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
- 7.3 固體廢棄物之生物處理
- 7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒
- 7.5 廢水處理與放流
- 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

廢棄物部門之溫室氣體排放源範疇包括：固體廢棄物處理、廢棄物生物處理、廢棄物焚化與露天燃燒、廢水處理排放及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、凡涉及能源部門之內容，如回收掩埋場沼氣進行發電及大型焚化爐加入發電機制，此部分屬燃料燃燒能源利用，燃料燃燒能源利用之溫室氣體排放應列於能源部門，必須從廢棄物部門予以扣除，以避免部門間重複計算。
- 二、屬於生物成因 (Biogenic Origin) 之單元，單元產生之二氧化碳不納入排放量計算；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，如廢水廠好氧處

表 7.1.1 2006IPCC 指南廢棄物部門排放源分類

		排放分類定義	排放氣體	
5.A	固體廢棄物處	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 甲烷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。 ✓ 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	其他	其他廢棄物掩埋場。	甲烷、氧化亞氮
5.B	廢棄物生物處理	廢棄物堆肥與其他生物處理；沼氣發電設施的排放，應列於能源部門 (1.A.4) 下。	二氧化碳、氧化亞氮	
5.C	廢棄物焚化與露天燃燒	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 廢棄物焚化，但不包括廢棄物發電設備。 ✓ 廢棄物燃燒發電所產生之排放應列於能源部門 (1.A)。 ✓ 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	廢水處理及排放	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 甲烷與氮氧化物由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。 ✓ 氧化亞氮亦可能由污水處理與人類的排泄物所釋出。 ✓ 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	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 住宅與商業來源之液態廢棄物與污泥處理 (包括人體排泄物) 透過：污水收集與處理、露天廁所、污水池或逕流釋放。 ✓ 由人體排泄物排放至環境水之氧化亞氮亦包含於此類別。 	甲烷、氧化亞氮
	5.D.2	事業廢水	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 自於工業製程之液態廢棄物及污泥處理：食物處理、紡織業、紙漿及造紙業。 ✓ 此類別可能包括廢水收集與處理、廢水池或逕流釋放。 ✓ 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	

理產生之二氧化碳、焚化廠僅計算礦物碳燃燒之排放量等。

故依據 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) 廢棄物部門排放源分類原則, 固體廢棄物掩埋處理細項之溫室氣體排放量, 掩埋場回收沼氣發電之甲烷排放及大型焚化爐加入發電機制之溫室氣體排放皆不納入廢棄物部門, 而歸屬能源部門。

據此, 以 2006 IPCC 指南建置廢棄物部門 1990 至 2013 年溫室氣體排放量, 如表 7.1.2 及圖 7.1.1 所示。

其中甲烷與氧化亞氮當量換算係依據 IPCC 第 4 次評估報告百年平均全球暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP), (表 7.1.3), 甲烷為 25 倍二氧化碳, 氧化亞氮為 298 倍二氧化碳。

表 7.1.2 廢棄物部門 1990 至 2013 年溫室氣體排放量

(單位: 千公噸二氧化碳當量)

年	廢棄物掩埋甲烷產生量	生活與住商廢水甲烷產生量	生活與住商廢水氧化亞氮產生量	事業廢水甲烷產生量	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	20.5	1.1	11.3	10.1	9,066.2
1991	5,917.4	2,198.1	283.8	863.7	8.3	0.4	0.5	0.5	9,272.6
1992	5,928.2	2,218.1	293.8	896.4	65.0	3.6	0.8	0.7	9,406.6
1993	6,322.9	2,237.7	307.4	862.1	63.1	3.5	0.5	0.4	9,797.5
1994	7,060.8	2,256.1	307.5	878.5	110.1	5.8	0.1	0.1	10,619.0
1995	7,719.3	2,274.2	315.5	905.1	397.9	18.2	0.6	0.6	11,631.4
1996	8,080.1	2,288.1	318.1	960.9	386.6	19.1	0.3	0.2	12,053.4
1997	8,212.3	2,303.0	331.7	937.7	1,049	3.8	1.4	1.3	11,896.1
1998	8,371.8	2,285.5	315.2	898.6	1,166	5.7	0.1	0.0	11,993.5
1999	8,596.2	2,174.7	324.2	867.6	65.0	3.2	1.9	1.7	12,034.6
2000	8,512.4	2,081.1	322.4	834.9	259.0	8.0	0.3	0.2	12,018.4
2001	7,732.4	2,054.8	310.0	836.5	539.9	30.0	0.0	0.0	11,503.7
2002	7,214.1	2,020.3	321.3	844.1	612.1	26.3	0.4	0.3	11,039.0
2003	6,675.3	2,000.6	326.9	929.0	417.3	23.9	2.2	2.0	10,377.1
2004	6,100.9	1,938.8	313.8	879.7	512.4	23.1	6.7	6.0	9,781.3
2005	5,525.2	1,879.5	313.6	935.1	347.8	27.4	9.8	8.7	9,047.0
2006	4,930.2	1,820.9	310.0	936.2	469.6	30.5	11.3	10.1	8,518.7
2007	4,378.8	1,750.7	317.8	1,047.7	562.1	29.7	14.5	12.9	8,114.1
2008	3,813.5	1,693.8	292.9	1,010.8	443.2	20.6	16.5	14.7	7,306.0
2009	3,246.1	1,619.4	302.0	1,022.2	154.3	8.6	17.9	16.0	6,386.7
2010	2,748.9	1,555.2	307.4	979.3	208.2	10.8	20.9	18.7	5,849.5
2011	2,352.5	1,480.5	313.3	1,004.4	115.0	7.2	26.2	23.4	5,322.2
2012	1,997.3	1,408.0	314.1	1,078.3	61.0	3.5	24.4	21.8	4,908.4
2013	1,688.3	1,356.5	318.4	1,084.8	4.5	0.3	22.6	20.2	4,495.5

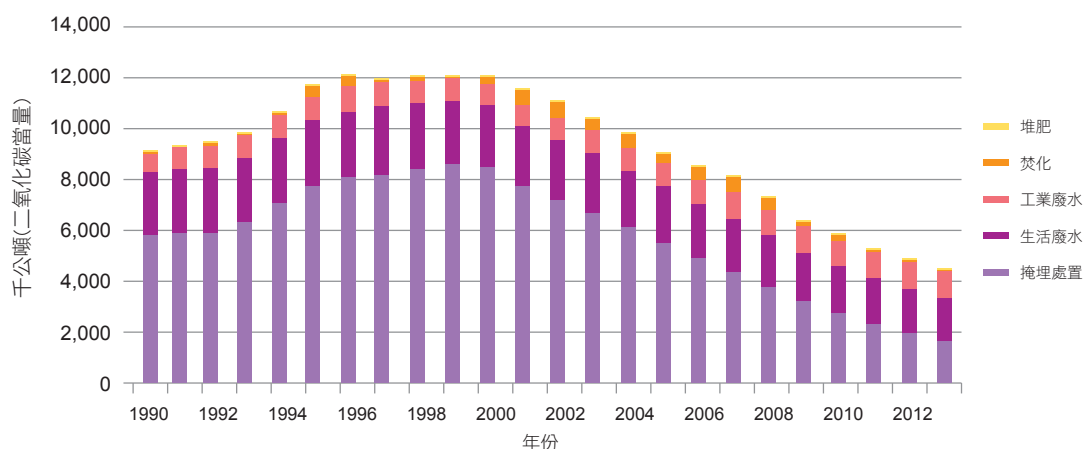


圖 7.1.1 臺灣廢棄物部門 1990 至 2013 年溫室氣體排放量趨勢

表 7.1.1.3 IPCC 評估報告全球暖化值潛勢

次數	二氧化碳	甲烷	N ₂ O
1	1	11	270
2	1	21	310
3	1	23	296
4	1	25	298

臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門排放量以 1999 年為最大，主要以廢棄物掩埋為主，隨著環保政策之演進，改以資源回收與焚化為主，掩埋排放量逐年降低，而生活污水則由於接管率逐年增加，因此排放量亦逐年降低，統計至 2013 年，廢棄物部門排放量為 4,496 千公噸二氧化碳當量，較 1990 年減少 50%。

2013 年廢棄物部門整體溫室氣體排放較 2012 年減少 4%。其中來自掩埋排放為 1,688 千公噸二氧化碳當量、生活污水排放為 1,675 公噸二氧化碳當量、事業廢水排放為 1,085 千公噸二氧化碳當量、焚化排放為 5 千公噸二氧化碳當量、堆肥排放為 43 千公噸二氧化碳當量；其中

排放氣體部分，甲烷為 4,152 千公噸二氧化碳當量、氧化亞氮為 339 千公噸二氧化碳當量、二氧化碳為 5 千公噸二氧化碳當量。

由於廢棄物掩埋排放計算採一階衰減法，且掩埋場回收甲烷發電及大型焚化爐焚化發電之排放列於能源部門，依據歷年溫室氣體排放計算結果，就排放來源比例之逐年趨勢，均以掩埋處理排放為最大宗（約 40% 以上），於 1999 年達到最大比例（約 71%），掩埋排放比例均超過四成，而 2000 年後逐年下降，於 2013 年約佔 37.6%。

生活污水與事業廢水排放量趨勢分別為逐年下降與變化和緩，然隨著垃圾處理以焚化為

主，使掩埋處理量大幅下降，故生活污水與事業廢水年度排放比率約從 2000 年起逐年增加，至 2013 年較 2002 年約增加 10%；統計至 2013 年，排放來源比率分別為：掩埋處理排放比例約 37.6%、生活污水排放約 37.3%、事業廢水排放約 24.1%、焚化排放約 0.1%、堆肥排放約 1.0%。

有關臺灣 1990 至 2013 年廢棄物部門各類溫室氣體排放趨勢如圖 7.1.2，主要係以甲烷占大量（約 89% 至 97%）；至 2013 年各類溫室氣體排放占比甲烷 92.4%、氧化亞氮 7.5% 及二氧化碳 0.1%。

7.2 固體廢棄物處理（5.A）

針對一般廢棄物掩埋場分為「有管理」、「無管理」及「其他」三類，然依據 2006 IPCC 指南定義「其他」為其他廢棄物掩埋場，臺灣並無其他廢棄物掩埋場，故無此部分排放。臺灣「衛生掩埋場」屬「有管理、妥善管理」之掩埋場；「一般掩埋場」屬「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。

以下分別就妥善管理之廢棄物掩埋場（5.A.1）及未妥善管理之廢棄物掩埋場（5.A.2）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

依據 103 年中華民國環境保護統計年報之分類總結說明 102 年廢棄物之處理內容，關於垃圾處理方式可分為焚化、掩埋、堆置、資源回收、巨大垃圾回收再利用及廚餘回收等。102 年執行機關垃圾處理方式以焚化占 43.75% 居首位，資源回收占 43.02% 次之，廚餘回收占 10.84% 居第 3；其中掩埋又區分為「衛生」與「一般」掩埋。而妥善管理之廢棄物掩埋則屬衛生掩埋，排除一般掩埋與資源回收等項目。

妥善掩埋場之活動數據是參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 89 年至 103 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

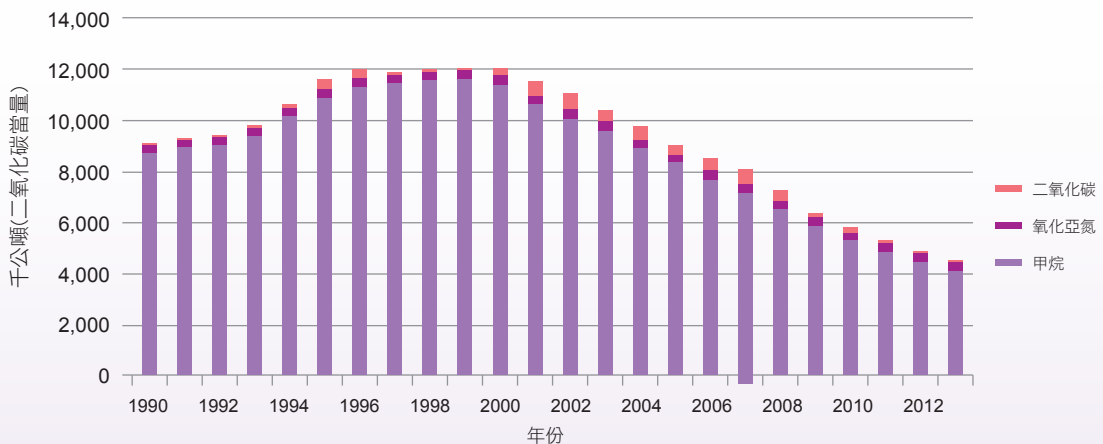


圖 7.1.2 臺灣廢棄物部門 1990 至 2013 年各類溫室氣體排放量趨勢

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。

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，由於並未有 1990 年前之掩埋資料，2006 IPCC 指南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比例（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 2013 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：

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

DDOCm decomp_T = 第 T 年分解之 DDOCm (Gg/yr)
 F：掩埋場產氣中甲烷之比例（預設為 0.5、體積比）
 16/12：分子量比例 (CH₄/C)
 R：甲烷回收量 (Gg/yr)
 OX：氧化係數（預設值為 0）
 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 anaerobic decomposition)
 DOC：可分解有機碳比例 (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

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. MCF：甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for anaerobic decomposition)

表 7.2.1 為 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，設定妥善管理廢棄物掩埋場之甲烷修正參數值為 1.0。

B. DOC：可分解有機碳比例 (Degradable Organic Carbon)

表 7.2.2 為 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量以及提供化石碳占總碳之比例。可分解有機碳含量可作為生物處理（如掩埋、堆肥）等計算甲烷之參數；化石碳則可作為焚化處理之計算二氧化碳之參數。由臺灣之垃圾組成並套用表 7.2.2 所列各類垃圾的建議 DOC 值。

C. DOCf：DOC 可被分解之比例 (fraction of DOC that can decompose)

2006 IPCC 指南預設值 0.5。

D. OX：氧化係數

氧化係數 (OX) 反映了源自在土壤或覆蓋廢棄物的其他材料裡，被氧化固體廢棄物處置場所 (Solid Waste Disposal Sites, 以下簡稱 SWDS) 甲烷排放量。

2006 IPCC 指南氧化係數預設值是 0，但是對於覆蓋且管理完善的掩埋場，則使用氧化係數值 0.1，如表 7.2.3。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，因此加入氧化係數 0.1 計算。

E. 反應常數 (k)

表 7.2.4 為 2006 IPCC 指南廢棄物之反應常數 (k) 值，可供以計算每年累積之 DDOC 量。臺灣選取熱帶、潮濕氣候帶之預設參數值計算。

表 7.2.1 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數

固體廢棄物處置場所 (SWDS)	MCF 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：這些必須已控制廢氣物放置，並包括如下所有將空氣引入廢氣物層的以下結構：(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：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-14, table 3.1, 2006.

表 7.2.2 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量

MSW 成分	乾物質含量占濕重的 %	DOC 含量占濕廢棄物的 %		DOC 含量占乾廢棄物的 %		總碳含量占乾重的 %		化石碳比例占總碳的 %	
	預設值	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍	預設值	範圍
紙張 / 紙板	90	40	36-45	44	40-50	46	42-50	1	0-5
紡織品	80	24	20-40	30	25-50	50	25-50	20	0-50
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

備註：橡膠和皮革在掩埋場厭氧條件下可能不會降解。

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.2-14, table 2.4, 2006.

表 7.2.3 2006 IPCC 指南掩埋場之氧化係數

掩埋場型式	氧化係數 (OX) 預設值
管理 1、未管理和未歸類掩埋場	0
覆蓋有甲烷氧化材料 ² 的管理	0.1

1 管理但未覆蓋通風材料。
2 例如土壤、堆肥。

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

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 2013 年則根據每年之廢棄物組成與剩餘未分解的之反應常數進行加權平均計算, 得到每年度之反應常數值。

廢棄物妥善掩埋場甲烷排放量依據公式 7.2.1.1 及公式 7.2.1.2 計算, 相關參數採用原則列於表 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 至 2013 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據, 及 1992 至 2013 年可燃分之「紙類」、「纖維布類」、「皮革橡膠類」、「廚餘類」、「木竹稻

表 7.2.4 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷生成率值

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、潮濕 (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
批量廢棄物		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：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.3-17, table 3.3, 2006.

表 7.2.5 2006 IPCC 指南掩埋處理甲烷排放計算一覽表

	2006 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
累積 DDOC 量	以一階衰減法估算累積量並至少追朔 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 平均溫度為 21°C，年平均降水量大於 1000mm，引用之反應常數 <ul style="list-style-type: none"> ▶ 紙張 / 紡織品係數 0.07 ▶ 木材係數 0.035 ▶ 食品廢棄物係數 0.4 據每年之成分組成加權計算反應常數值 	中華民國環境保護年報 IPCC 預設值
甲烷修正係數 (MCF)	分為妥善管理、妥善管理 (半有氧掩埋)、未妥善管理 (掩埋深度 >5 公尺)、未妥善管理 (掩埋深度 <5 公尺)、未分類掩埋場等四類參數。	<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。 依據國內分類方式，採用衛生掩埋、一般掩埋、堆置、其他 4 類；衛生掩埋採妥善管理 1.0 及其餘採未分類 0.5 計算。 	IPCC 預設值
可降解有機碳比例 (DOC)	依據不同之廢棄物 DOC 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 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
DOC 可被分解之比例 (DOCF)	預設值 0.5	使用以 IPCC 預設值 0.5 計算。	IPCC 預設值
掩埋場產氣中甲烷之比例 (F)	預設值 0.5	採用 IPCC 預設值 0.5。	IPCC 預設值
甲烷回收量 (R)	各國自行調查結果	甲烷回收量則以國內福德坑、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

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 及圖 7.2.1。

由於 1997 至 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。2013 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 98.6%，2013 年相較 2012 年垃圾掩埋量減少 9%。

表 7.2.6 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理掩埋場活動數據統計

年	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	-
1991	4,323.5	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	-
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	53.421	19.08
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	20.44
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	21.12
2001	2,996.8	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	18.24
2002	2,116.4	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	51.24	20.45
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	20.60
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	24.14
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	22.90
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	47.10	2.35	0.36	35.07	1.32	16.57	0.52	54.08	22.26

資料來源：行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2014 年。

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

表 7.2.7 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理掩埋場甲烷排放量

年	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 (DOCF)	甲烷 生成 比例 (F)	轉換 係數 16/12	甲烷 回收 量 (R) (Gg)	氧化 係數 (OX)	甲烷 排放 量 (Gg)
			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	566.3	0.135	0.5	0.5	1.333	-	0.1	169.86
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	-	0.1	172.35
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	-	0.1	172.71
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	-	0.1	186.19
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	-	0.1	209.70
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	-	0.1	232.58
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	-	0.1	242.19
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	-	0.1	247.24
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	-	0.1	255.44
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	3.13	0.1	267.53
2000	3,822.1	1.0	17.61	17.61	673.12	5,742.8	918.82	0.168	0.5	0.5	1.333	5.48	0.1	270.09
2001	2,996.8	1.0	17.62	17.62	527.98	5,384.6	886.21	0.172	0.5	0.5	1.333	20.19	0.1	245.61
2002	2,116.4	1.0	18.29	18.29	387.00	4,919.3	852.23	0.176	0.5	0.5	1.333	24.22	0.1	231.39
2003	1,700.4	1.0	19.84	18.71	318.15	4,444.4	793.04	0.177	0.5	0.5	1.333	21.06	0.1	216.79
2004	1,474.2	1.0	20.38	20.38	300.37	4,023.7	721.12	0.179	0.5	0.5	1.333	15.47	0.1	200.81
2005	1,184.6	1.0	22.58	17.98	212.99	3,578.6	658.09	0.180	0.5	0.5	1.333	13.39	0.1	183.99
2006	851.0	1.0	24.10	20.58	175.14	3,162.8	590.91	0.183	0.5	0.5	1.333	11.52	0.1	165.71
2007	504.9	1.0	23.18	21.44	108.26	2,742.3	528.76	0.184	0.5	0.5	1.333	10.15	0.1	148.44
2008	236.1	1.0	23.89	23.89	56.40	2,337.3	461.42	0.185	0.5	0.5	1.333	8.58	0.1	129.82
2009	185.8	1.0	22.47	22.47	41.74	1,984.2	394.83	0.185	0.5	0.5	1.333	7.77	0.1	110.65
2010	181.8	1.0	22.53	22.53	40.96	1,689.6	335.59	0.186	0.5	0.5	1.333	6.88	0.1	93.77
2011	142.2	1.0	22.29	21.70	30.85	1,433.6	286.85	0.187	0.5	0.5	1.333	5.60	0.1	80.44
2012	102.1	1.0	22.52	22.36	22.82	1,212.1	244.27	0.188	0.5	0.5	1.333	4.89	0.1	68.37
2013	91.4	1.0	23.08	22.26	20.34	1,025.0	207.43	0.188	0.5	0.5	1.333	4.39	0.1	57.82

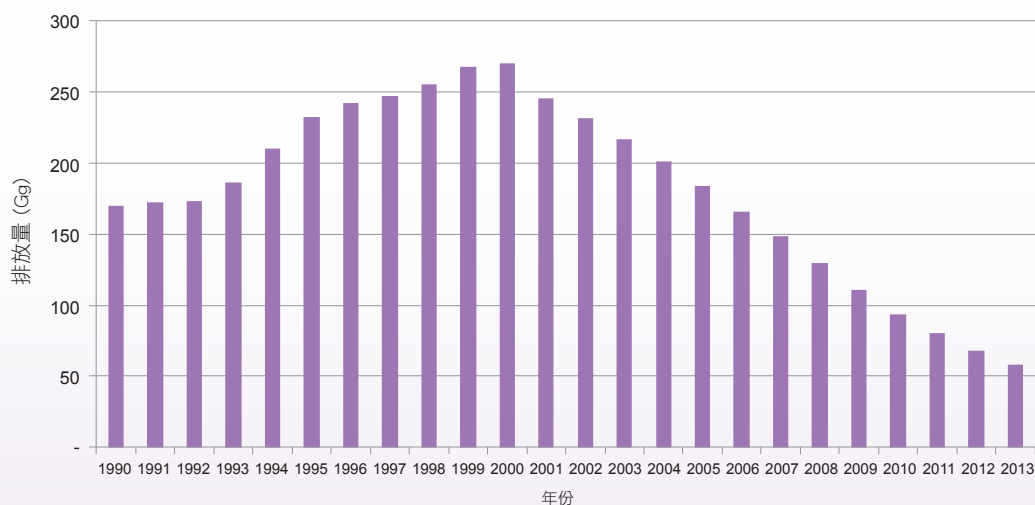


圖 7.2.1 臺灣 1990 至 2013 年妥善管理廢棄物掩埋場甲烷排放量趨勢

另從 1999 年起國內 4 大掩埋場回收沼氣進行發電，即甲烷回收量（R），此部分排放歸屬能源部門；回收沼氣發電其甲烷回收量於 2002 年達到最大值（約 24.22 千公噸），2013 年回收沼氣發電之甲烷回收量比例約 7%。2013 年妥善管理掩埋場甲烷排放量相較 1990 年減少 66%，較 2012 年也減少 6%。

此排放趨勢符合國內廢棄物處理政策，早期（1984 年以前）以掩埋處理為主，後期（1991 年後）轉為以焚化處理為主，並推動資源回收。因焚化減少掩埋量，垃圾分類資源回收又進一步降低掩埋量與焚化量、也減少掩埋廢棄物有機物質之比例，同時衛生掩埋場進行沼氣燃燒減少甲烷排放，1999 年後北中南四大掩埋場更回收沼氣發電，進一步降低甲烷排放量。

（5）完整性

中華民國環境保護統計年報完整記載 1990 至 2013 年衛生掩埋量，廢棄物組成百分比數據僅記載 1992 至 2013 年，缺少 1991 年及 1992 年，處理方式像時間序列的一致性。

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性分析。

（2）時間序列的一致性

妥善掩埋場甲烷排放估算，依國家清冊統計規定，採用 IPCC 2006 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算。各年期（1990 至 2013 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 2013 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 至 2013 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 IPCC 2000 年良好作法指南及不確定性管理¹（Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2000 GPG），計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，該部門已於 2015 年 5 月、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。

¹ IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Niyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan, 2000.

另，參考 2000 GPG 中「方法 I 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.2.8），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

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 2000 GPG。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

由於妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處量之統計年報活動數據與組成僅有全國之彙整數據，建議主管單位未來可考量區分各處理掩埋單位之活動數據與組成，將能更完整反映實際數據與組成，進而計算各處理掩埋單位之溫室氣體排放。

7.2.2 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 103 年中華民國環境保護統計年報之分類總結說明 102 年廢棄物之處理內容，關於垃圾處理方式可分為焚化、掩埋、堆置、資源回收、巨大垃圾回收再利用及廚餘回收等。102 年執行機關垃圾處理方式以焚化占 43.75% 居首位，資

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	• 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	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算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	• 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	• 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	• 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	• 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

源回收占 43.02% 次之，廚餘回收占 10.84% 居第 3；其中掩埋又區分為「衛生」與「一般」掩埋。而無管理之廢棄物掩埋則屬一般掩埋、堆置、與其他處理方式。

一般掩埋場之活動數據是參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 89 至 103 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。

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，由於並未有 1990 年前之掩埋資料，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 (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 2013 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

依據公式 7.2.1.1 與公式 7.2.1.2 的各項參數，引用說明如下：

A. MCF：甲烷修正係數 (CH₄ correction factor for anaerobic decomposition, MCF)

表 7.2.1 為 2006 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，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。

B. DOC：可分解有機碳比例 (Degradable Organic Carbon DOC)

表 7.2.2 為 2006 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量以及提供化石碳占總碳之比例。可分

解有機碳含量可作為生物處理（如掩埋、堆肥）等計算甲烷之參數；化石碳則可作為焚化處理之計算二氧化碳之參數。由臺灣之垃圾組成並套用表 7.2.2 所列各類垃圾的建議 DOC 值。

C. DOCf：DOC 可被分解之比例（fraction of DOC that can decompose）

2006 IPCC 指南預設值 0.5。

D. OX：氧化係數

氧化係數（OX）反映了源自在土壤或覆蓋廢棄物的其他材料裡，被氧化 SWDS 的甲烷排放量。

2006 IPCC 指南氧化係數預設值是 0，但是對於覆蓋且管理完善的掩埋場，則使用氧化係數值 0.1，如表 7.2.3。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 0 計算。

E. 反應常數（k）

表 7.2.4 為 2006 IPCC 指南廢棄物之反應常數（k）值，可供以計算每年累積之 DDOC 量。臺灣選取熱帶、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。

（3）活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2013 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，及 1992 至 2012 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 2006 IPCC 指南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 0。排放估算結果如表 7.2.10 及圖 7.2.2 所示。

中華民國環境保護統計年報數據顯示，從 2000 年起垃圾妥善處理率已超過九成，2004 年已達 99% 以上，故未妥善管理廢棄物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

中華民國環境保護統計年報完整記載 1990 至 2013 年衛生掩埋量，廢棄物組成百分比數據僅記載 1992 至 2013 年，缺少 1991 年及 1992 年，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性分析。

(2) 時間序列的一致性

未妥善管理掩埋場甲烷排放估算，依國家清冊統計規定，採用 2006 IPCC 指南建議之「一階衰減法」公式進行計算，各年期（1990 至 2013 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 2013 年垃圾清運之垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，及 1992 至 2013 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

表 7.2.9 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理掩埋場活動數據統計

年	一般掩埋（千公噸）			廢棄物組成（%）								
	一般掩埋	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		627.8	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	19.14	2.45	51.97	-
1991	2,409.3		471.9	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	19.14	2.45	51.97	-
1992	2,148.9		501.6	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	51.97	16.50
1993	2,449.6		427.9	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	51.06	17.04
1994	2,058.6		446.0	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	53.3.11	19.08
1995	2,537.6		500.0	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	48.14	18.60
1996	2,090.5		454.8	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	50.60	18.99
1997	1,536.4		508.9	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	46.03	20.44
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	21.12
2001	433.3	73.0	14.6	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	55.80	18.24
2002	224.5	55.1	8.0	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	51.24	20.45
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	20.60
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			32.5	41.75	3.3.10	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	51.55	21.44
2008			0.7	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	50.94	24.14
2009			1.3	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	54.19	22.53
2010			2.2	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	52.66	22.90
2011			0.1	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	55.06	21.70
2012			0.1	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	53.97	22.36
2013			1.7	47.10	2.35	0.36	35.07	1.32	16.57	0.52	54.08	22.26

資料來源：行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2014。
備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

表 7.2.10 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理掩埋場甲烷排放量

年	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)	轉換 係數 16/12	甲烷 回收 量 (R) (Gg)	氧化 係數 (OX)	甲烷排 放量 (Gg)
			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	1.333	-	0.0	63.42
1991	2,881.3	0.5	13.51	13.51	389.37	3,058.4	386.18	0.135	0.5	0.5	1.333	-	0.0	64.35
1992	2,650.5	0.5	16.93	16.50	437.34	3,109.2	386.58	0.138	0.5	0.5	1.333	-	0.0	64.41
1993	2,877.5	0.5	18.38	17.04	490.33	3,199.0	400.45	0.147	0.5	0.5	1.333	-	0.0	66.72
1994	2,504.5	0.5	18.69	18.69	468.05	3,230.6	436.51	0.153	0.5	0.5	1.333	-	0.0	72.73
1995	3,037.6	0.5	19.55	18.60	564.99	3,338.3	457.27	0.157	0.5	0.5	1.333	-	0.0	76.19
1996	2,545.3	0.5	18.97	18.97	482.84	3,334.9	486.23	0.158	0.5	0.5	1.333	-	0.0	81.02
1997	2,045.3	0.5	18.87	18.87	385.92	3,233.2	487.62	0.160	0.5	0.5	1.333	-	0.0	81.25
1998	1,540.9	0.5	19.18	18.47	284.60	3,041.1	476.73	0.163	0.5	0.5	1.333	-	0.0	79.43
1999	1,158.6	0.5	20.96	18.87	218.63	2,801.7	458.02	0.163	0.5	0.5	1.333	-	0.0	76.32
2000	820.9	0.5	17.61	17.61	144.56	2,523.7	422.52	0.164	0.5	0.5	1.333	-	0.0	70.40
2001	520.9	0.5	17.62	17.62	91.78	2,233.3	382.21	0.167	0.5	0.5	1.333	-	0.0	63.69
2002	287.5	0.5	18.29	18.29	52.57	1,942.7	343.15	0.169	0.5	0.5	1.333	-	0.0	57.18
2003	134.0	0.5	19.84	18.71	25.08	1,666.4	301.40	0.169	0.5	0.5	1.333	-	0.0	50.22
2004	81.0	0.5	20.38	20.38	16.50	1,423.5	259.43	0.170	0.5	0.5	1.333	-	0.0	43.23
2005	40.3	0.5	22.58	17.98	7.24	1,208.6	222.16	0.170	0.5	0.5	1.333	-	0.0	37.02
2006	17.7	0.5	24.10	20.58	3.64	1,023.2	189.04	0.170	0.5	0.5	1.333	-	0.0	31.50
2007	32.5	0.5	23.18	21.44	6.97	869.8	160.32	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	26.71
2008	0.7	0.5	23.89	23.89	0.18	733.6	136.39	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	22.73
2009	1.3	0.5	22.47	22.47	0.30	618.7	115.20	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	19.20
2010	2.2	0.5	22.53	22.53	0.49	522.0	97.16	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	16.19
2011	0.1	0.5	22.29	21.70	0.02	440.1	81.99	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	13.66
2012	0.1	0.5	22.52	22.36	0.02	370.9	69.13	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	11.52
2013	1.7	0.5	23.08	22.26	0.37	313.0	58.28	0.171	0.5	0.5	1.333	-	0.0	9.71

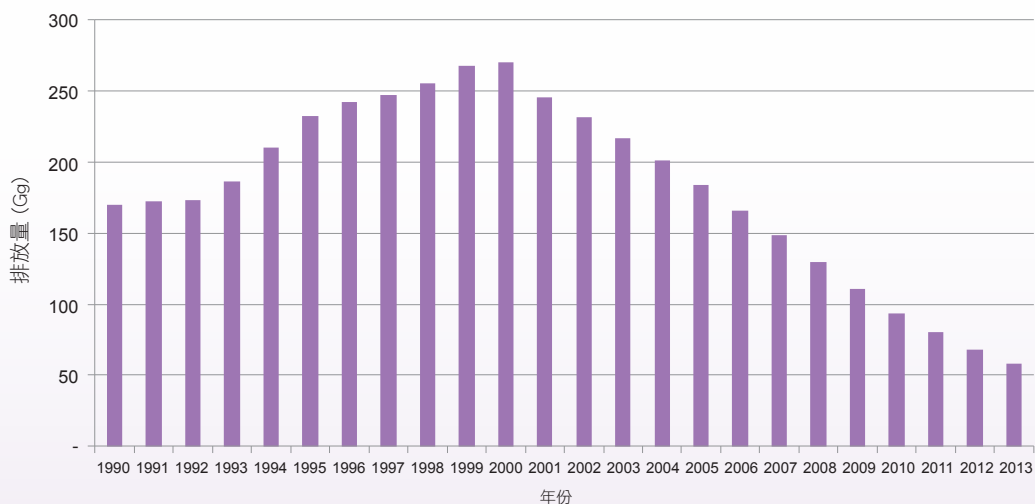


圖 7.2.2 臺灣 1990 至 2013 年未妥善管理廢棄物掩埋場甲烷排放量趨勢

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 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月、10 月召開專家會議，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 GPG 中「方法 I 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

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 2000 GPG。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

由於未妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處量之統計年報活動數據與組成僅有全國之彙整數據，建議主管單位未來可考量區分各處理掩埋單位之

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	• 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	• 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果
檢查排放計算的準確性	• 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	• 確認各欄位單位標記的準確性 • 確認整個計算過程中單位使用的準確性 • 確認轉換因數的準確性 • 無時間和空間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	• 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	• 確認引用適用多種排放源類別的活動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	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算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	• 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	• 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	• 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	• 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

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 2006 IPCC 指南之廢棄物部門分類，除了資源回收與再利用外，均已包含在其規範內，也已依 2006 IPCC 指南進行估算。無其他陸地廢棄物掩埋處理排放範疇。

7.3 固體廢棄物之生物處理 (5.B)

1. 排放源及匯分類的描述

2006 IPCC 指南中將生物處理部分獨立考量，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，可常見將機廢棄物（如食品廢棄物、花圃庭園之落葉等）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 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：

$$\text{甲烷 (kg/yr)} = \sum i (M_i \times EF_i) \times 10^3 - R$$

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：

$$\text{N}_2\text{O (kg/yr)} = \sum i (M_i \times EF_i) \times 10^3$$

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 N₂O 之排放係數 (g N₂O/Gg 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，其所引用之排放係數預設值如表 7.3.1 所示。採用 2006 IPCC 指南排放係數之預設值計算，其中甲烷排放係數為 4 g-CH₄/kg，氧化亞氮為 0.3g-N₂O/kg。

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 2013 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.3.3 堆肥數據欄位所示。

(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、圖 7.3.1、圖 7.3.2 所示。

依據公式 7.3.1、公式 7.3.2，影響生物處理（堆肥處理）甲烷、氧化亞氮排放量，主要為堆肥處理量及排放係數。

參考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 年起臺灣省政府農林廳推動

「有機農業先驅計畫」，設置簡易堆肥舍，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。

我國 2003 年訂定「垃圾零廢棄」政策目標，推動廚餘回收使得堆肥處理甲烷及氧化亞氮排放增加，其中 2013 年相較 1990 年排放量增加 1 倍，相較 2012 年排放量減少 7%。

(5) 完整性

中華民國環境保護統計年報完整記載 1990 至 2013 年廚餘回收之「堆肥」數據。

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)		N ₂ O 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：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste, P.4-6, table 4.1.1, 2006.

表 7.3.2 IPCC 估算生物處理溫室氣體排放計算一覽表

	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，氧化亞氮為 0.3g-N ₂ O/kg。	IPCC 預設值
甲烷回收量 (R)	預設值 0	採 IPCC 預設值計算	IPCC 預設值

備註：參閱 2006 IPCC 指南。

表 7.3.3 臺灣 1990 至 2013 年生物處理各類溫室氣體排放量

年	堆肥 (千公噸)	有機廢棄物占比 (%)	甲烷排放係數 (g- 甲烷 /kg)	氧化亞氮排放係 數 (g-N ₂ O/kg)	甲烷排放量計算 公式 (T)	氧化亞氮排放量 計算公式 (T)
1990	113.15	100	4	0.3	452.6	33.95
1991	5.48	100	4	0.3	21.9	1.64
1992	7.86	100	4	0.3	31.4	2.36
1993	4.61	100	4	0.3	18.5	1.38
1994	1.37	100	4	0.3	5.5	0.41
1995	6.28	100	4	0.3	25.1	1.88
1996	2.52	100	4	0.3	10.1	0.76
1997	14.17	100	4	0.3	56.7	4.25
1998	0.53	100	4	0.3	2.1	0.16
1999	19.49	100	4	0.3	78.0	5.85
2000	2.78	100	4	0.3	11.1	0.83
2001	0.22	100	4	0.3	0.9	0.06
2002	3.71	100	4	0.3	14.8	1.11
2003	22.29	100	4	0.3	89.2	6.69
2004	66.84	100	4	0.3	267.4	20.05
2005	97.54	100	4	0.3	390.1	29.26
2006	112.67	100	4	0.3	450.7	33.80
2007	144.63	100	4	0.3	578.5	43.39
2008	164.59	100	4	0.3	658.3	49.38
2009	179.31	100	4	0.3	717.2	53.79
2010	208.88	100	4	0.3	835.5	62.66
2011	261.53	100	4	0.3	1,046.1	78.46
2012	243.84	100	4	0.3	975.4	73.15
2013	226.07	100	4	0.3	904.3	67.82

說明：堆肥活動數據來自中華民國環境保護統計年報

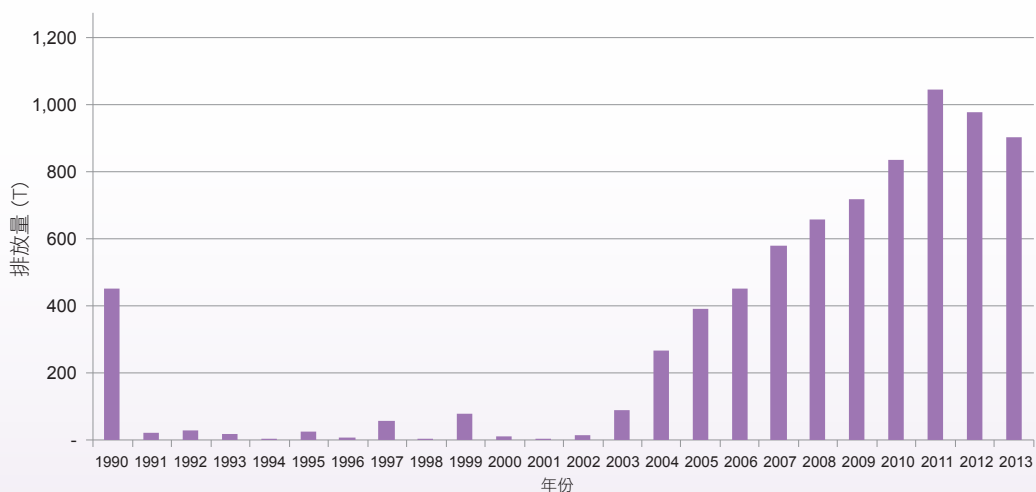


圖 7.3.1 臺灣 1990 至 2013 年生物處理甲烷排放量趨勢

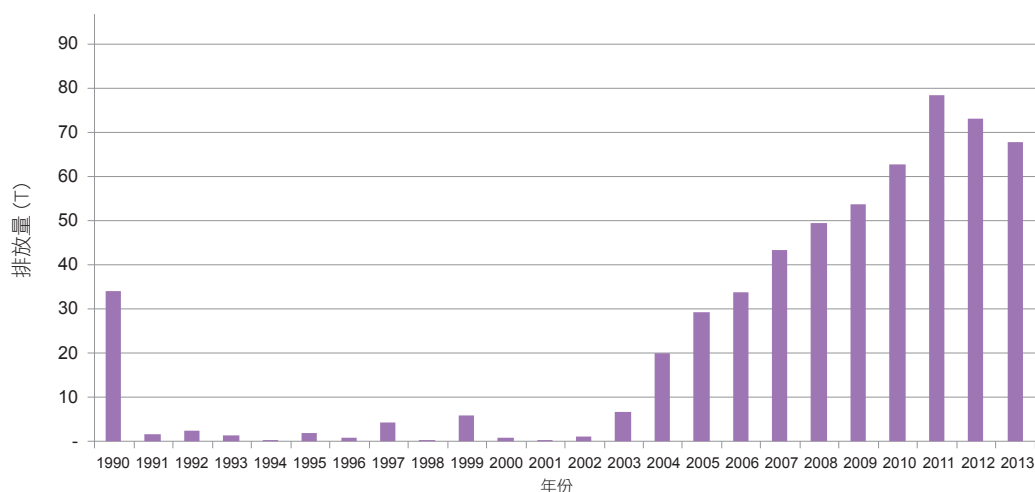


圖 7.3.2 臺灣 1990 至 2013 年生物處理氧化亞氮排放量趨勢

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性分析。

(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 2013 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 I)，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 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月、10 月召開專家會議，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 GPG 中「方法 I 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

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 2000 GPG。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

由於堆肥處理方式及操作環境會影響溫室氣體之產生，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 2006 IPCC 指南預設排放係數為主。

7.4 廢棄物之焚化與露天燃燒 (5.C)

2006 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二氧化碳、甲烷及氧化亞氮，由於焚燒爐內燃燒高溫和長停留時間的關係，甲烷排放量很少。有關廢棄物焚燒之溫室氣

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	• 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	• 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果
檢查排放計算的準確性	• 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	• 確認各欄位單位標記的準確性 • 確認整個計算過程中單位使用的準確性 • 確認轉換因數的準確性 • 無時間和空間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	• 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	• 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算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	• 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	• 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	• 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	• 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

體，主要估算廢棄物焚化產生二氧化碳及氧化亞氮之排放。

依據 2006 IPCC 指南說明針對無能源回收的廢棄物焚燒產生的排放報告屬廢棄物部門，而有能源回收廢棄物焚化之排放報告則應歸屬能源部門；另僅需計算礦物碳產生之溫室氣體排放量。

據此，廢棄物焚化之活動數據除依據中華民國環境保護統計年報之家庭垃圾焚化處理量、一般事業廢棄物處理量則認為其亦以焚化處理，兩種加總計算總焚化量，再由我國從 1997 年大型焚化爐加入發電機制之焚化排放量予以扣除，以避免與能源部門重複計算。

如上述說明，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 92 至 102 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」。

如圖 7.4.1 所示，1997 至 2000 年焚化爐加入發電機制之焚化量大幅增加，而 2001 至 2013 年仍呈現逐年增加趨勢；其中發電焚化比例，2001 至 2007 年焚化發電比率低於 80%，1997 年、1999 年及 2008 年起均大於 80%。

另 2006 IPCC 指南在焚化燃燒方面，僅需計算化石碳之溫室氣體排放量，因此需確認垃圾之成分組成，故參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 89 至 103 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

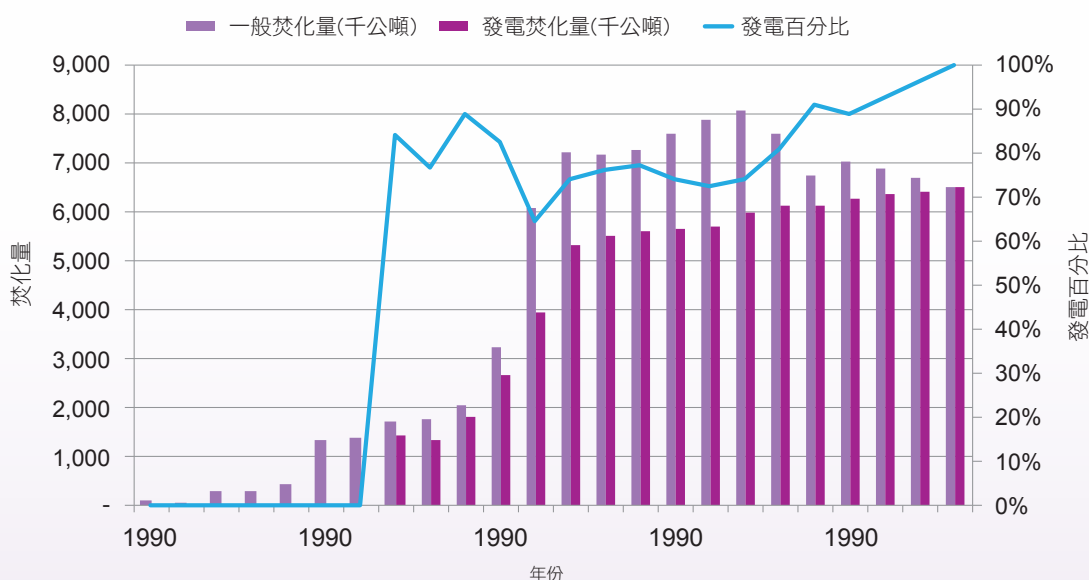


圖 7.4.1 臺灣 1990 至 2013 年發電焚化量近年變化趨勢

分」及「化學分析含碳量」僅有中華民國 91 年至 103 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 2006 IPCC 指南計算方式，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：

$$\text{二氧化碳排放 (Gg/yr)} = \sum_i (SW_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i \times 44 / 12)$$

SW_i：廢棄物總燃燒量（濕重）（Gg/yr）

dm_i：廢棄物乾物質比率（濕重）（%）

CF_i：廢棄物乾物質之總碳比率（總碳含量）（%）

FCF_i：廢棄物乾物質之總碳比率之礦物碳比率（%）

OF_i：氧化比率（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，2006 IPCC 指南計算方法如公式 7.4.1.2 所示。

公式 7.4.1.2：

$$N_2O \text{ (Gg/yr)} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^6$$

IW_i：廢棄物總燃燒量（Gg/yr）

EF_i：N₂O 排放係數（kg N₂O/Gg 廢棄物）

(2) 排放係數

於 2006 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 2006 IPCC 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，主要包括二氧化碳及氧化亞氮，相關參數詳列於表 7.4.2 與表 7.4.3。

二氧化碳係依據垃圾成分組成換算含碳量與礦物碳比例計算，氧化亞氮由於焚化爐多屬於連

表 7.4.1 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放係數

國家	焚化 / 技術類型		MSW 排放係數 (g N ₂ O/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
			221	濕重
德國		8	濕重	
荷蘭		20	濕重	
奧地利		12	濕重	

資料來源：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 5, waste, P.5-21, table 5.4, 2006.

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 92 至 102 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」，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及參數，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 及圖 7.4.2、圖 7.4.3 所示。

表 7.4.2 IPCC 焚化處理二氧化碳排放計算一覽表

	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 (IWi)	國內資料自行確定	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。	中華民國環境保護年報
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 公布各種物質之化石碳比例計算。	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：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, table 5.4, 2006.

表 7.4.3 2006 IPCC 指南焚化處理氧化亞氮排放計算一覽表

	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 (IWi)	國內資料自行確定	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。	中華民國環境保護年報
N ₂ O 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

表 7.4.4 2006 IPCC 指南焚化處理之各類溫室氣體活動數據及與排放量

年	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)	含水量 (%)	含碳量比率 (CCW) (%)	礦物碳比率 (FCF) (%)	焚化爐燃燒效率 (EF) (%)	氧化亞氮排放係數 (g-N ₂ O/T)	二氧化碳排放計算量 (Gg)	氧化亞氮排放計算量 (公噸)
1990	77.7	-	-	51.97	31.75	47.08	100	47	20.47	3.65
1991	28.8	-	-	51.97	31.75	51.35	100	47	8.28	1.36
1992	255.4	-	-	51.97	31.75	45.51	100	47	64.99	12.00
1993	249.0	-	-	51.06	33.37	42.30	100	47	63.09	11.71
1994	412.5	-	-	53.21	35.86	43.39	100	47	110.11	19.39
1995	1,301.0	-	-	48.14	38.64	41.62	100	47	397.88	61.15
1996	1,364.6	-	-	50.60	37.53	41.68	100	47	386.61	64.14
1997	1,691.6	-	1,419.3	46.03	44.41	43.84	100	47	104.90	12.80
1998	1,741.1	-	1,335.4	51.06	36.17	44.29	100	47	116.65	19.07
1999	2,020.6	-	1,789.1	50.76	37.17	41.80	100	47	64.95	10.88
2000	3,229.7	-	2,659.7	45.02	46.91	48.05	100	47	259.04	26.79
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	55.80	32.69	47.52	100	47	539.90	100.80
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	51.24	39.91	45.66	100	47	612.13	88.31
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	55.69	33.60	44.88	100	47	417.30	80.07
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	51.19	40.24	43.17	100	47	512.42	77.47
2005	4,300.4	3,270.7	5,614.9	54.03	33.28	31.70	100	47	347.78	91.94
2006	4,164.0	3,693.6	5,683.0	52.41	39.27	31.52	100	47	469.62	102.21
2007	4,335.8	3,734.7	5,948.8	51.55	41.59	35.85	100	47	562.05	99.72
2008	4,137.3	3,444.2	6,110.8	50.94	47.39	35.35	100	47	443.22	69.12
2009	4,036.4	2,671.0	6,092.9	54.19	41.58	35.96	100	47	154.29	28.88
2010	3,888.6	3,119.7	6,235.4	52.66	43.49	35.68	100	47	208.19	36.33
2011	3,468.6	3,397.5	6,355.4	55.06	39.41	34.67	100	47	114.98	24.00
2012	3,277.3	3,381.0	6,405.0	53.97	41.43	34.43	100	47	60.97	11.90
2013	3,208.7	3,281.4	6,471.8	54.08	41.16	35.16	100	47	4.47	0.86

資料來源：行政院環境保護署，中華民國環境保護統計年報，2014。

備註：廢棄物組成皆為一般垃圾組成。

廢棄物焚化處理二氧化碳排放估算結果顯示，由於大型焚化爐加入發電機制，修正排放量百分比率於 2009 年後均大於 88%，2013 年更達 99.7%，因而 2013 年二氧化碳排放量僅為 1990 年 22%，相較 2012 年則減少 93%；在氧化亞氮排放部分，2013 年扣除焚化發電排放量之後，氧化亞氮排放量僅為 1990 年 24%，相較 2012 年減少 93%。

(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 92 至 103 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 2013 年活動量。另參閱引用表 4-6

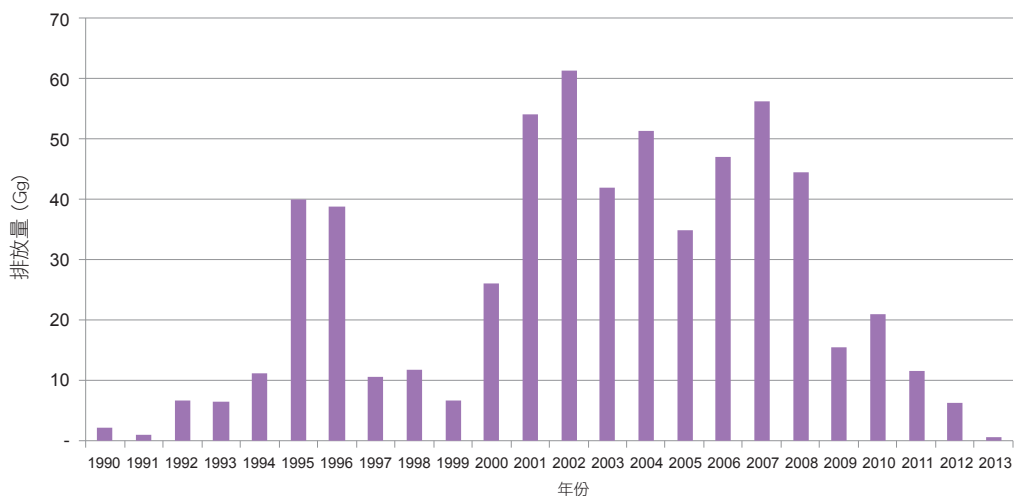


圖 7.4.2 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物焚化二氧化碳排放量趨勢

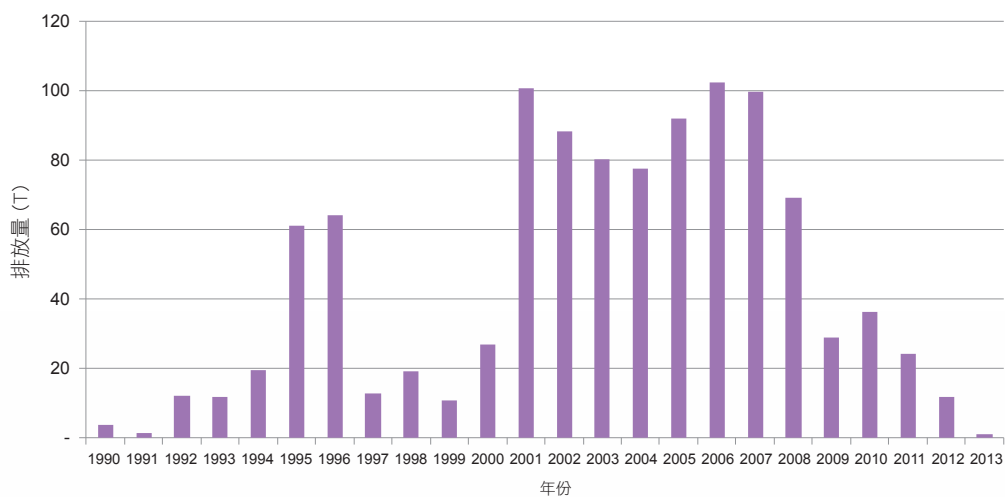


圖 7.4.3 臺灣 1990 至 2013 年廢棄物焚化氧化亞氮排放趨勢

垃圾性質百分比數據估算「含碳量比率」及「礦物碳比率」，僅有 1992 至 2012 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性分析。

(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 2013 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」，然登載數據缺少 1990 年及 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「含碳量比率」及「礦物碳比率」，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」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 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月、10 月召開專家會議，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 GPG 中「方法 I 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

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 2000 GPG。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

由於焚化垃圾組成將影響相關參數之計算，後續可進一步研究分析焚化廠廢棄物焚化類別組成種類與比例，將有助於精進估算廢棄物焚化處理溫室氣體排放量。

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，屬於農業部門計算，並無其他廢棄物以露天燃燒處理排放範疇。

7.5 廢水處理與放流（5.D）

污廢水若經無氧處理會造成甲烷和氧化亞氮排放；廢水處理產生的二氧化碳排在 2006 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）。

2006 IPCC 指南針對廢水處理可能產生之造成甲烷和氧化亞氮排放如表 7.5.1 所示，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工業來源。針對各項排放來源計算說明如下。

表 7.4.5 廢棄物焚化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 (垃圾清運之「焚化」數據、事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」數據、大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化(處理)量」、垃圾組成)和排放因數(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 檢核 1990 年及 1991 年垃圾性質百分比數據，確認假設數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同
檢查資料庫檔的完整性	<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"> 複查檢核「含碳量比例」及「礦物碳比例」，確認轉錄結果無誤
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	<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 本年度並無重新計算情事

廢水處理產生溫室氣體排放量可分為「生活及住商污水(5.D.1)」與「事業廢水(5.D.2)」，生活污水和事業廢水處理系統中甲烷排放的方法是分開的，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，以生物分解的碳含量(Biochemical oxygen demand, BOD)為指標，在事業廢水中則以所有可氧化分解碳含量(Chemical Oxygen Demand, COD)為指標。

甲烷生成量主要取決於廢水中的可降解有機材料量、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的第三級處理技術。現有氮的硝化作用和反硝化作用均可能產生氧化亞氮直接排放。

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	不流動且氧氣不足的河流和湖泊可使厭氧分解，產生甲烷。河流、湖泊和港灣可能是氧化亞氮的來源。	
		下水道（封閉的和地下的）	不是甲烷 / 氧化亞氮來源	
		下水道（露天）	不流動且超過負荷的露天收集下水道或溝渠 / 水道，可能是甲烷的重要來源	
	已處理	好氧處理	集中好氧廢水處理廠	可能產生輕微甲烷從厭氧囊胞中。設計不良或管理不當的好氧處理系統會產生甲烷。清除養分（硝化作用和反硝化作用）的先進工廠是小型的特殊氧化亞氮來源。
			集中好氧廢水處理廠的污泥厭氧處理	如果釋放的甲烷未被回收或噴焰燃燒，則污泥可能是甲烷的重要來源。
		好氧淺池塘	不太可能是甲烷 / 氧化亞氮來源。設計不良或管理不當的好氧處理系統會產生甲烷。	
		厭氧處理	厭氧化糞池	甲烷的可能來源。不是氧化亞氮來源。
				如果釋放的甲烷未被回收或噴焰燃燒，則其可能是甲烷的重要來源。
		未收集	化糞槽		頻繁的回體清除會降低甲烷產量。
露天坑 / 廁所			如果溫度和停留時間有利於細菌增加，則可能產生甲烷。	

硝化作用是一個將氨和其他氮化合物轉化成硝酸鹽的耗氧過程，而反硝化作用發生在缺氧條件（無氧氣釋放）下，即硝酸鹽轉化成氮氣的生物學轉化。氧化亞氮可能成為這兩個過程的中間產品，通常與反硝化作用的關聯較大。

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，將產生甲烷排放；而生活與住商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。

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

由於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參閱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（%）、建築物污水下水道系統普及率（%）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，再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。

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：

$$\text{甲烷排放量 (Kg 甲烷 / yr)} = \sum (U_i \times T_{ij} \times Bo \times MCF_j) \times (P \times BOD \times I - S) - R$$

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 甲烷 producing capacity)，kg 甲烷 / 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 甲烷 / yr

B. 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 2006 IPCC 指南計算方法如公式 7.5.1.2 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，並配合上述國內人口數來源進行計算。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 7.5.1.2：

$$N_2O \text{ (kg/yr)} = (P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{NPR} \times F_{NON-COM} \times F_{IND-COM} - N_{SLUDGE}) \times EF_{EFFLUENT} \times 44/28$$

$$N_{EFFLUENT} = (P \times \text{Protein} \times \text{Frac}_{NPR} \times F_{NON-COM} \times F_{IND-COM} - N_{SLUDGE})$$

$N_{EFFLUENT}$ ：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)

$F_{NON-COM}$ ：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

$F_{IND-COM}$ ：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 N_2O -N/kg-N)

44/14： N_2O /N 分子量比

(2) 排放係數

A. 生活污水處理甲烷排放

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，有不同之最大甲烷產生量排放比例 (MCF 值)，2006 IPCC 指南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，則須納入考量，增加下水道含額外事業廢水 BOD 排放之修正係數 (I)，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 (Maximum methane producing capacity)，依 2006 IPCC 指南建議以 0.60 CH₄/kg BOD 計算。甲烷修正係數 (MCF)：國內污水處理廠皆採好氧處系統，使用 2006 IPCC 指南公布之好氧處理管理良好之污水處理廠，MCF 以 0 計算，即無厭氧處產生甲烷排放。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 2006 IPCC 指南公式 7.5.1.1 計算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. 生活污水放流氧化亞氮排放

生活與住商廢水氧化亞氮排放依據公式

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	河水若高有機可能會發生輕微厭氧反應。	0.1	0-0.2
不流動的下水道	空況且溫暖。	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	0.0
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 (3~5 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

	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
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/ 人 /yr)	採用 IPCC 預設值 14.6(kg/ 人 /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 0 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 0 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 0 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 0 計算。	IPCC 預設值
甲烷回收量 (R)	預設值 0	因國內化糞池並無回收甲烷氣, 採 IPCC 預設值 0 計算。	IPCC 預設值

7.5.1.2 計算，相關參數選用詳列於表 7.5.4。排放係數以 2006 IPCC 指南參數 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 (FNON-CON) 使用 IPCC 預設值 1.1 計算；臺灣生活污水處理系統未與事業廢水有共排之情形，因此採用未共排之排放係數 1。

(3) 活動數據

A. 生活污水處理甲烷排放

根據 2006 IPCC 指南針對生活污水甲烷排放計算須以鄉村人口、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。

檢視國內現況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

污水經污水處理場處理之比例，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、行政院經濟建設委員會、行政院環境保護署、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。由於每戶人數近年來皆小於 4 人，因此 2014 年後下水道系統普及率較 2013 年前低之情形。

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。有關於計算結果如表 7.5.4 所示。

表 7.5.4 IPCC 生活污水放流氧化亞氮排放計算一覽表

處理系統	註釋	甲烷修正係數 (MCF)	範圍
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 (FracNPR)	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	0.005kg 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 (FNON-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 (FIND-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 (NSLUDGE)	預設值 0	採用 IPCC 預設 0 計算。	IPCC 預設值

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 - 國內人口數與與 IPCC 預設每人每年產生 BOD 值 14.6 (kg/人/yr) 計算。

B. 生活污水放流氧化亞氮排放

估算氧化亞氮之排放量，參照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 7.5.5 所示。

(4) 排放量

A. 生活污水處理甲烷排放

生活與住商污水處理產生之甲烷排放量係依據公式 7.5.1.1 計算，結果如表 7.5.5 及圖 7.5.1 所示。分析歷年排放趨勢，由於 1999 年起接管普及率增加，厭氧處理排放逐年降低，至 2013 年排放量相較 1990 年排放量減少 38%，相較 2012 年排放量減少 3%。

表 7.5.5 臺灣 1990 至 2013 年生活污水甲烷排放之活動數據與排放量

年	接管戶數	全國戶數	污水處理率 (%)	實際處理率 (%)	BOD	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)	廢水甲烷排放量 (Gg)
1990	153,010	5,926,126	3.0	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	87.05
1991	154,544	5,985,536	3.0	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	87.92
1992	158,620	6,042,699	3.05	2.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	88.72
1993	162,714	6,098,701	3.1	2.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	89.51
1994	166,776	6,151,701	3.15	2.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	90.24
1995	170,859	6,203,858	3.2	2.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	90.97
1996	182,966	6,252,659	3.4	2.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	91.52
1997	206,557	6,315,804	3.8	3.3	14.6	0.6	0.5	1	0	0	92.12
1998	307,000	6,369,768	5.6	4.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	91.42
1999	660,010	6,532,466	11.95	10.1	14.6	0.6	0.5	1	0	0	86.99
2000	981,287	6,681,685	17.62	14.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	83.24
2001	1,105,155	6,802,281	19.73	16.2	14.6	0.6	0.5	1	0	0	82.19
2002	1,251,592	6,925,019	22.23	18.1	14.6	0.6	0.5	1	0	0	80.81
2003	1,351,187	7,047,168	23.91	19.2	14.6	0.6	0.5	1	0	0	80.02
2004	1,576,894	7,179,943	27.8	22.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	77.55
2005	1,795,445	7,292,879	31.54	24.6	14.6	0.6	0.5	1	0	0	75.18
2006	2,019,425	7,394,758	35.31	27.3	14.6	0.6	0.5	1	0	0	72.84
2007	2,280,913	7,512,449	39.74	30.4	14.6	0.6	0.5	1	0	0	70.03
2008	2,515,068	7,655,772	43.67	32.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	67.75
2009	2,812,520	7,805,834	48.66	36.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	64.78
2010	3,070,139	7,937,024	53.02	38.7	14.6	0.6	0.5	1	0	0	62.21
2011	3,367,032	8,057,761	57.99	41.8	14.6	0.6	0.5	1	0	0	59.22
2012	3,671,659	8,186,432	62.99	44.9	14.6	0.6	0.5	1	0	0	56.32
2013	3,892,859	8,286,260	66.62	47.0	14.6	0.6	0.5	1	0	0	54.26

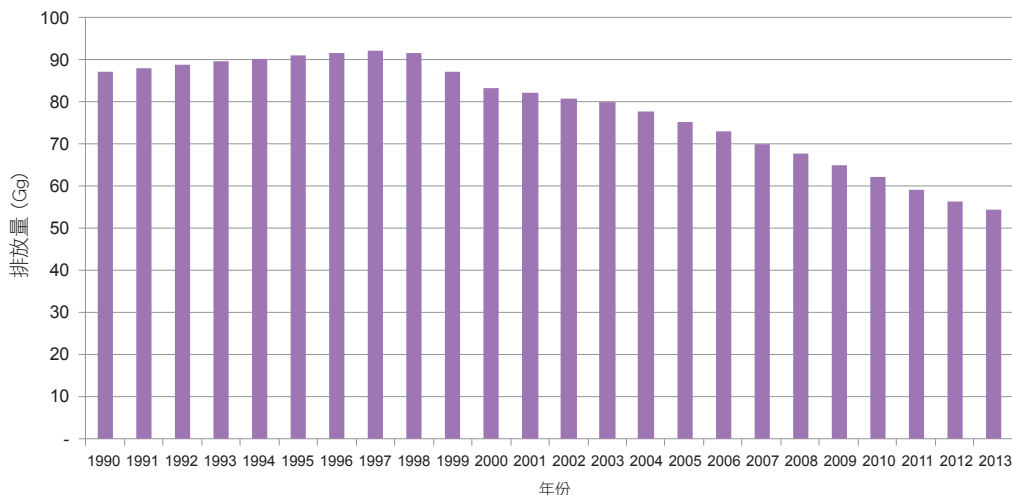


圖 7.5.1 臺灣 1990 至 2013 年生活污水處理甲烷排放趨勢

B. 生活污水放流氧化亞氮排放

生活污水放流氧化亞氮排放量，結果如表 7.5.6 及圖 7.5.2 所示。影響氧化亞氮排放主要為人口遞增、蛋白質攝取量變化；2013 年亞氮排放量相較 1990 年增加 12%，而與 2012 年排放量相比增加 2%。

(5) 完整性

A. 生活污水處理甲烷排放

關於內政部統計年報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(%)，目前僅登載 2000 至 2013 年，1990 至 1999 年之數據則參閱內政部相關會議之資料。內政部統計年報之國內人口數均已詳實登載 1990 至 2013 年臺灣人口數。

B. 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 2013 年每人每

日蛋白質供給量，及內政部統計年報之國內人口數均已詳實登載 1990 至 2013 年臺灣人口數。

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性分析。

(2) 時間序列的一致性

生活污水甲烷排放資料來源是依據內政部登載資料，均已包含 1990 至 2013 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。

生活污水氧化亞氮排放量之活動數據引用內政部登載 1990 至 2013 年國內人口數，及 1990 至 2013 年行政院農業委員會糧食平衡表之每人

表 7.5.6 臺灣 1990 至 2013 年生活污水放流氧化亞氮之活動數據與排放量

年	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 (FNPR)	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 (噸)
1990	92.72	33.84	0.16	20,401	0.005	1.1	1	0	954.7
1991	91.56	33.42	0.16	20,606	0.005	1.1	1	0	952.3
1992	93.90	34.27	0.16	20,803	0.005	1.1	1	0	985.8
1993	97.34	35.53	0.16	20,995	0.005	1.1	1	0	1,031.6
1994	96.51	35.23	0.16	21,178	0.005	1.1	1	0	1,031.7
1995	98.22	35.85	0.16	21,357	0.005	1.1	1	0	1,058.8
1996	98.25	35.86	0.16	21,525	0.005	1.1	1	0	1,067.4
1997	101.41	37.02	0.16	21,743	0.005	1.1	1	0	1,113.1
1998	95.55	34.88	0.16	21,929	0.005	1.1	1	0	1,057.7
1999	97.55	35.61	0.16	22,092	0.005	1.1	1	0	1,087.9
2000	96.23	35.12	0.16	22,277	0.005	1.1	1	0	1,081.9
2001	92.00	33.58	0.16	22,406	0.005	1.1	1	0	1,040.4
2002	94.85	34.62	0.16	22,521	0.005	1.1	1	0	1,078.2
2003	96.13	35.09	0.16	22,605	0.005	1.1	1	0	1,096.9
2004	91.94	33.56	0.16	22,689	0.005	1.1	1	0	1,053.0
2005	91.57	33.42	0.16	22,770	0.005	1.1	1	0	1,052.3
2006	90.08	32.88	0.16	22,877	0.005	1.1	1	0	1,040.2
2007	92.02	33.59	0.16	22,958	0.005	1.1	1	0	1,066.4
2008	84.51	30.85	0.16	23,037	0.005	1.1	1	0	982.8
2009	86.84	31.70	0.16	23,120	0.005	1.1	1	0	1,013.5
2010	88.25	32.21	0.16	23,162	0.005	1.1	1	0	1,031.7
2011	89.67	32.73	0.16	23,225	0.005	1.1	1	0	1,051.2
2012	89.57	32.69	0.16	23,316	0.005	1.1	1	0	1,054.0
2013	90.57	33.06	0.16	23,374	0.005	1.1	1	0	1,068.6

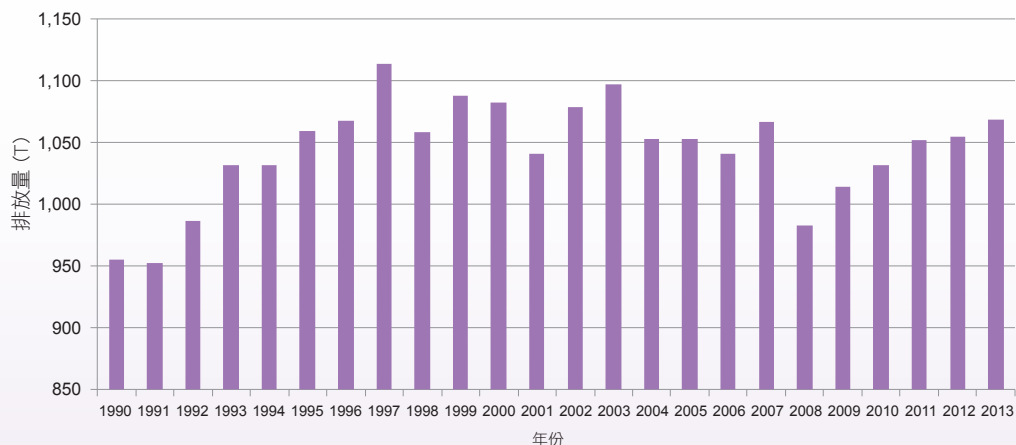


圖 7.5.2 臺灣 1990 至 2013 年生活污水放流氧化亞氮排放趨勢

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 I），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（%）與國內人口數等活動數據為基礎，以 2006 IPCC 指南排放係數，參考 2000 GPG，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 I），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 2006 IPCC 指南

建議排放係數，參考 2000 GPG，計算溫室氣體排放量。

符合方法一（Tier I），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 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月、10 月召開專家會議，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 GPG 中「方法 I 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.5.7），透過交叉檢查重

表 7.5.7 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、建築物污水下水道系統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 本年度並無重新計算情事

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

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 2000 GPG。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

無。

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 2006 IPCC 指南規定，事業廢水僅需考量計算廠內處理且以厭氧處理設施之對象，並針對主要甲烷產生之業別計算：

- (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）

另外 2006 IPCC 指南針對事業廢水主要以甲烷進行計算，氧化亞氮相對於生活污水排放是微不足道的，因此不列入計算。

有關於事業廢水之活動數據，其中關於列管家數，是參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 92 至 102 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；而事業廢水中遭去除之有機物，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。

2. 方法論議題

(1) 計算方法

2006 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。

公式 7.5.2.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg 甲烷 /yr)} = (TOW_i - S) \times (Bo \times MCF_j) - R_i$$

TOW_i ：每年事業廢水之 COD 總量 (kg COD/yr)； $P_i \times W_i \times COD_i$

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 甲烷 /kg COD) = $Bo \times MCF_j$

Bo ：最大甲烷產生量 (kg 甲烷 /kg COD)，預設值為 0.25

MCF_j ：甲烷修正係數

R ：甲烷回收量 (kg 甲烷 /yr)，預設值為 0。

(2) 排放係數

2006 IPCC 指南新增公布各種處理設施之甲烷修正係數 (MCF_j) 如表 7.5.8 所示。最大甲烷產生量 Bo 依 2006 IPC 指南 C 公布預設值以 0.25 甲烷 /kg COD 計算。甲烷修正係數 (MCF) 依 2006 IPCC 指南公布預設值，選用厭氧處理系統甲烷排放比例 0.8 計算。

依 2006 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 7.5.9。

(3) 活動數據

依據 2006 IPCC 指南計算式須知道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，再依據廢水之 COD 計算各業別 COD 量。惟

表 7.5.8 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	0-0.1
好氧處理廠	管理不完善或負載者。	0.3	0.2-0.4
污泥的厭氧浸化槽	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：IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 5, waste, P.6-21, table 6.8, 2006.

表 7.5.9 事業廢水處理甲烷排放參數採用一覽表

	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
污水量 (Pi×Wi)	國內資料自行確定	由於列管事業廢水資料庫中已具有各列管單位廢水處理之進排放量與進排放口之 COD 值，因此可直接計算各列管事業廢水廠商廢水處理所移除之可分解有機物 COD (公斤)。	管事業廢水資料，其取自於「列管事業廢水資料庫」中篩選具有厭氧處理設施之業別。
COD (事業部門可分解有機物)	國內資料自行確定		
污泥移除量 (S)	預設值 0	考量目前沒有轉變為污泥之 BOD 資料，故暫設為 0。	IPCC 預設值
最大甲烷生成量 (Bo)	0.25kg CH ₄ /kg COD	採用 IPCC 預設值 0.25kg CH ₄ /kg COD。	IPCC 預設值
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。	IPCC 預設值
甲烷移除量 (R)	預設值 0	採用 IPCC 預設值 0	IPCC 預設值

國內現況中，並未規範事業單位須申報產品量，僅針對一定規模之事業單位需定期申報放流水之水量與 COD 值；據此，事業單位以實際檢測結果計算，反而比 2006 IPCC 指南規範以行業排放係數計算，準確性更高。

鑑此，事業廢水之活動數據係引用行政院環境保護署水質保護處「水污染源管制資料管理系統」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，計算方式如下：

- A. 篩選廢水處理中之厭氧設施
- 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

由於該資料庫僅由 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，以此取得各年期（1990 至 2013 年）事業廢水中遭去除之有機物。

其中關於列管家數，是參閱中華民國環境保護統計年報 - 中華民國 92 至 103 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 7.5.10。

（4）排放量

事業廢水溫室氣體排放量計算結果如表 7.5.10 及圖 7.5.3 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。2013 年排放量相較 1990 年排放量增加 48%，相較 2012 年則增加 0.9%。

（5）完整性

事業列管家數係參閱民國 92 至 102 年中華民國環境保護統計年報，因僅登載 1998 至 2013 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質保護處「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。

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性分析。

（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 2013 年有活動數據，故依據工廠登記家數回推至 1990 年這段區間之各年度列管家數。

表 7.5.10 臺灣 1990 至 2013 年事業廢水處理甲烷活動數據及排放量

年	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 (Ton)	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 (Ton 甲烷 /yr)	甲烷排放量 計算 (Gg)
1990	10,394	146,137	0	0.25	0.8	0	29.23
1991	14,188	172,731	0	0.25	0.8	0	34.55
1992	15,339	179,288	0	0.25	0.8	0	35.86
1993	14,154	172,410	0	0.25	0.8	0	34.48
1994	14,699	175,703	0	0.25	0.8	0	35.14
1995	15,650	181,016	0	0.25	0.8	0	36.20
1996	17,853	192,184	0	0.25	0.8	0	38.44
1997	16,901	187,536	0	0.25	0.8	0	37.51
1998	15,421	179,724	0	0.25	0.8	0	35.94
1999	14,330	173,525	0	0.25	0.8	0	34.70
2000	14,908	166,989	0	0.25	0.8	0	33.40
2001	13,217	167,292	0	0.25	0.8	0	33.46
2002	14,279	168,818	0	0.25	0.8	0	33.76
2003	14,860	185,792	0	0.25	0.8	0	37.16
2004	15,754	175,933	0	0.25	0.8	0	35.19
2005	16,130	187,012	0	0.25	0.8	0	37.40
2006	16,624	187,236	0	0.25	0.8	0	37.45
2007	17,739	209,534	0	0.25	0.8	0	41.91
2008	18,694	202,160	0	0.25	0.8	0	40.43
2009	18,837	204,440	0	0.25	0.8	0	40.89
2010	19,315	195,863	0	0.25	0.8	0	39.17
2011	20,259	200,871	0	0.25	0.8	0	40.17
2012	20,570	215,663	0	0.25	0.8	0	43.13
2013	20,693	216,952	0	0.25	0.8	0	43.39

備註：尚未取得 2013 年 COD 量，故以列管家數回推。

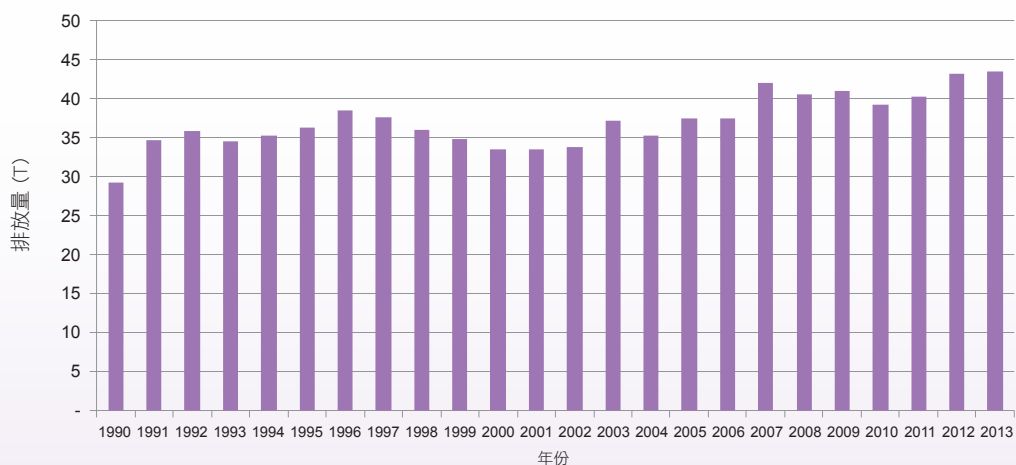


圖 7.5.3 臺灣 1990 至 2013 年事業廢水處理甲烷排放量趨勢

而行政院環境保護署水質保護處「水污染源管制資料管理系統」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 2006 IPCC 指南建議排放係數，參考 2000 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，業已於 2015 年 5 月、10 月召開專家會議，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 GPG 中「方法 1 一般清單水質品質控制程序」（如表 7.5.11），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。

表 7.5.11 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	• 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	• 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	• 條列各項參數與活動數據，簡化運算規則，複查計算結果準確性
檢查被正確記錄的參數和排放單位及被採用的適當的轉換因數	• 確認各欄位單位標記的準確性 • 確認整個計算過程中單位使用的準確性 • 確認轉換因數的準確性 • 確認時間校正因數應用
檢查資料庫檔的完整性	• 簡明條列明確欄位與計算欄位
檢查排放源類別間資料的一致性	• 無引用適用多種排放源類別的資料
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	• 避免有轉錄情事，並加強複查檢核 • 無計算轉錄計算情事
檢查排放不確定性和轉換的正確估算和計算	• 檢查提供不確定性估算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	• 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	• 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
開展完全檢查	• 無時間序列一致性缺漏情事
比較現有估算和原始估算	• 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
半衰期 ($t_{1/2}$)	• 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

5. 特定排放源的重新計算

本年度清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 2000 GPG。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

查核由行政院環境保護署水質保護處「水污染源管制資料管理系統」資料庫中篩選出之定檢資料，於 2007 年之後較為齊全。故建議申報管理系統資料主管單位，考量查核補充 2000 至 2007 年列管單位之申報資料，如此更能精進估算結果，減少外推數據之不確定性差異，符合各年期時間序列之完整性及一致性。

7.6 廢棄物部門溫室氣體排放不確定性分析

1. 不確定性定義、評估方法及結果

根據 2000 GPG，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要項之一，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，以免造成錯誤的判斷。

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。不確定性之可能來源包括：

(1) 模式不確定性：指用來界定各種參數與計算程序之數學公式（模式）本身之不確定性，來自於建立模式時可能選用無法正確描述實際情況的數學公式，或是排放來源定義不清或錯誤。但由於溫室氣體排放清冊地建立皆依循 2006 IPCC 指南的標準方法，因此各國於討論清冊不確定性時皆無考量此類型之不確定性。

(2) 參數不確定性：此類不確定性來自於輸入估算模式的參數，例如活動數據、排放係數與其他參數，而此類參數不確定性可能來自於不完善之測量（不正確的測量標準 / 假設、紀錄和數據傳輸的個人偏差、儀器偏差）、取樣（隨機取樣誤差、樣本缺乏代表性）、參考數據或專家判斷。

另外針對建立溫室氣體排放清冊所必需之排放係數（Emission Factors）與活動強度（Activities Data），2000 GPG 分別進一步列出這兩類參數的不確定性成因：

(1) 排放係數

1. 連續監測的不確定性：不同時間條件進行量測造成的不確定性。
2. 排放係數建置的不確定性：如儀器 / 設備啟動或關閉時之排放量，或是非滿載運轉狀態下之排放量，此類排放量與連續操作 / 滿載操作時之排放量應有不同，故於建置排放係數時，應分別各種情境之排放量，以針對不同操作情形建置精確之排放係數。

(2) 活動強度

1. 能源之製造、使用、進 / 出口平衡計算時所造成之不確定性，例如邊界常見之燃油走私行為。
2. 不同類型之活動數據對於計算結果所造成之不確定性，如車輛總耗油量之統計結果與車輛延車公里乘以單位油耗所得之總耗油量差異。
3. 生質燃油之實際消耗量不易統計，亦會造成排放量計算之不確定性。

2. 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 2000 GPG，評估整體排放量之不確定性可採用誤差傳播法及蒙地卡羅分析兩種方法。

(1) 誤差傳播法

又稱高斯法，計算方式較為簡易，可應用於不確定性較小的數據分析，計算規則說明如下：

1. 當不確定量需相加時：

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

其中 U_i 、 x_i 為對應之不確定性百分比與個別不確定量

2. 當不確定量需相乘時：

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

其中 U_i 為每個不確定量之不確定性百分比

(2) 蒙地卡羅分析

此方法係根據計算模式內各個參數的不確定性（以概率密度函數表示），選擇排放係數與活動強度的隨機值，並計算相應之排放量；應用電子計算機多次重複上述步驟，並以每次計算所得之結果建構排放量之概率密度函數，以求得排放量整體的不確定性。

一般認為蒙地卡羅分析適用於評估各種程度的不確定性，IPCC 優良作法指南亦建議採用此法以取得較佳的不確定性分析結果，但強調唯有分析者對於所選用的參數概率密度函數之正確性有充分把握時，所得結果才有其參考價值。

3. IPCC 指南計算結果不確定性評估

有關各種排放源之不確定性，本公司依據 2013 年資料說明如下：

(1) 掩埋場甲烷排放量推估之不確定性

2006 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。

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，計算結果可得之妥善及未妥善掩埋之甲烷排放依據活動強度、排放係數、排放量，分別計算不確定性。妥善處理分別為 56.57、22.91 及 57.02；非妥善處理分別為 56.57、28.72 及 63.44。

(2) 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包括事業廢水及生活住商廢水。以下說明依 2006 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. 事業廢水處理之不確定性

2006 IPCC 指南列出了對事業廢水排放係數和活動資料的預設值不確定性範圍，如表 7.6.3。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 7.6.4 為事業廢水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，由於部分參數並未有不確定值可以計算，因此統一參考掩埋場之不確定參數計算，依活動強度、排放係數、排放量，分別計算不確定性，結果分別為 42.43、36.06 及 55.68。

2. 生活污水處理之不確定性

2006 IPCC 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 7.6.5 所示，有

表 7.6.1 2006 IPCC 指南掩埋場甲烷排放估算之不確定性

參數	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%：是具有高品質資料（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 (DOCF)	±20%：使用 IPCC 預設值 特定國家值 基於長期以來試驗性資料的：±10%
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 (t1/2)	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 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.

關甲烷之各項參數詳細資料列於表 7.6.6，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，生活污水處理甲烷排放之不確定性結果分別為 30.41、43.01 和 52.68。

有關氧化亞氮之各項參數詳細資料列於表 7.6.7，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，生活污水處理氧化亞氮排放之不確定性結果分別為 11.18、28.72 和 30.82。

表 7.6.2 臺灣 2013 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 未妥善掩埋	說明
	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%。
總廢棄物送至掩埋場比例 (MSWF)	10	10	具有高品質資料，引用 IPCC 設定值 10%。
廢棄物組成	50	50	為總垃圾收集之資料，根據 IPCC 具有基於研究不確定設定值 30%，其組成資料較其不確定，以 50% 計算。
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	妥善掩埋 MCF 值為 1，引用 IPCC 預設值 0%、未妥善掩埋 MCF 值為 0.5，不確定引用 IPCC 預設值 20%。
經過分解的可降解有機碳的比例 (DOCF)	20	20	DOCF 使用 IPCC 預設值 0.5，不確定引用 IPCC 預設值 20%。
產生的垃圾填埋氣體中的甲烷比例	5	5	甲烷比例使用 IPCC 預設值 0.5，不確定引用 IPCC 預設值 5%。
甲烷回收量 (R)	20	N/A	妥善處理之甲烷回收量係為現地量測用電量再換算甲烷量，IPCC 現場量測不確定值為 10%，由於其屬於接近現場量測，故以 20% 計算；非妥善處理未計算甲烷回收量。
氧化係數 (OX)	10	N/A	由於 IPCC 規定有計算氧化係數需計算不確定性，因此妥善處理以 10% 計算；非妥善處理未計算
半衰期 ($t_{1/2}$)	10	10	由於 IPCC 規定有計算氧化係數需計算不確定性，以 10% 計算。
活動強度不確定性計算結果	56.57	56.57	
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	57.02	63.44	

表 7.6.3 2006 IPCC 指南事業廢水相關參數預設值之不確定範圍

參數	不確定性範圍
排放係數	
最大甲烷生成量 (B_0)	±30%
甲烷修正係數 (MCF)	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)	±30%
COD	<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 ($W \times \text{COD}$) 不確定性較小。 •50%、100% 等數值被假設，由於不確定性值可以直接歸於 kg COD/噸產品。

料來源：IPCC, IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, chap5, table 5.5, 2000.

(3) 焚化處理排放量推估之不確定性

由於 2006 IPCC 指南並未針對焚化處理有預設之不確定值，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二氧化碳排放之各項參數詳細資料列於表 7.6.8，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，焚化處理二氧化碳之不確定性結果分別為 50、89.02 和 102.1。

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 7.6.9，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，廢棄物焚化處

表 7.6.4 臺灣 2013 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
Wi：廢水產生量 (m ³ /tproduct)	30	由於廢水產生量皆為實際工廠量測值，惟未考慮業別之處理設施，以不確定 30% 計算。
CODi：化學需氧量 (kg COD/m ³)	30	使用定期檢測數據與處理設施效率計算，不確定以 30% 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 使用 IPCC 值 0.25，不確定引用 IPCC 預設值 30% 計算。
MCF _j ：甲烷修正係數	20	MCF 設定值為 0.8，故係參考掩埋場不確性數據，以「甲烷修正係數 (MCF)」之不確定值 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	42.43	
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	55.68	

表 7.6.5 生活污水相關參數預設值之不確定範圍

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)	±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/人	±30%
人口收入族群比例 (U)	±15%：城市高收入和城市低收入之間的區別可能必須基於專家判斷
各個收入群體 (Ti,j) 的處理 / 排放途徑或系統的利用程度	±3%：記錄優良且僅有一個或兩個系統 ±50%：個別方法驗證 100%：驗證總 Ti,j
下水道含額外事業廢水 BOD 之修正係數 (I)	0%：未收集 ±20%：共同收集

資料來源：IPCC, IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, chap5, table 5.5, 2000.

表 7.6.6 臺灣 2013 年廢棄物部門生活污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
P：人口數	5	不確定以 IPCC 預設值 5% 計算
BOD：住商部門污水處理中可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)	30	採用 IPCC 預設值 14.6 計算，不確定以 IPCC 預設值 30% 計算。
Bo：最大甲烷產生量	30	Bo 採用 IPCC 預設值 0.6 計算，不確定以 IPCC 預設值 30% 計算。
MCFj：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	依接管戶數與全國戶籍數計算，不確性皆以 5% 計算。
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	30.41	
排放係數不確定性計算結果	43.01	
排放量不確定性計算結果	52.68	

理氧化亞氮排放之不確定性結果分別為 50、20 和 53.85。

(4) 生物處理排放量推估之不確定性

由於 2006 IPCC 指南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 7.6.10，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，生物處理排放量排放之不確定性結果分別為 14.14、20 和 24.49。

(5) 廢棄物部門不確定性評估

綜合評估固廢處理、廢水處理、焚化處理及生物處理之各類溫室氣體排放之不確定性，可得廢棄部門整體之溫室氣體排放量不確定性，如表 7.6.11 所示，整個部門之排放量不確定值為 28.03。

表 7.6.7 臺灣 2013 年廢棄物部門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
Protein：每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)	10	係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。
P：國內人口	5	不確定以 IPCC 預設值 5% 計算
EF ₂ ：排放係數 (kg N ₂ O-N/kg sewage-N produced)	20	係參考掩埋場不確性數據，以「可降解有機碳 (DOC)」之不確定性 20% 計算。
FracNPR：蛋白質中氮的比例 (kg N/kg protein)	20	係參考掩埋場不確性數據，以「可降解有機碳 (DOC)」之不確定性 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 7.6.8 臺灣 2013 年廢棄物部門廢棄物焚化處理之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)	50	係依據一般垃圾與事業垃圾量扣除大型焚化爐焚化量，作為中小型焚化之焚化量，此三種計量皆為環保統計年報數據，惟假設一般事業廢棄物皆以燃燒處理，故以 50% 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。
含碳量比例 (CCW)	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。
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	係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	50	
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	102.1	

表 7.6.9 臺灣 2013 年廢棄物部門廢棄物焚化處理之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)	50	係依據一般垃圾與事業垃圾量扣除大型焚化爐焚化量，作為中小型焚化之焚化量，此三種計量皆為環保統計年報數據，惟假設一般事業廢棄物皆以燃燒處理，故以 50% 計算。
氧化亞氮排放係數	20	係參考掩埋場不確性數據，以「可降解有機碳 (DOC)」之不確定性 20% 計算。
活動強度不確定性計算結果	50	
排放係數不確定性計算結果	20	
排放量不確定性計算結果	53.85	

表 7.6.10 臺灣 2013 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	係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。
總廢棄物送至掩埋場比例 (MSWF)	10	係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	係參考掩埋場不確性數據，以「可降解有機碳 (DOC)」之不確定性 20% 計算。
R：回收的甲烷總量 (Gg CH ₄)	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	20	
排放量不確定性計算結果	24.49	

表 7.6.11 臺灣 2013 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 (二氧化碳 -e)	不確定性 (%)	總不確定性 (%)
A. 固廢處理	A.1 妥善掩埋	甲烷	1445.5	57.02	28.0
	A.2 未妥善掩埋	甲烷	242.8	63.44	
B. 生物處理	B.1 堆肥	甲烷	22.6	24.49	
		氧化亞氮	20.2	24.49	
C. 焚化	C.1 焚化處理	二氧化碳	4.5	102.10	
		氧化亞氮	0.3	53.85	
D. 廢水處理	D.1 生活污水	甲烷	1356.5	52.68	
		氧化亞氮	318.4	30.82	
	D.2 事業廢水	甲烷	1084.8	55.68	

參考文獻

1. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
2. IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006.
3. 行政院內政部，「內政部統計查詢網-污水下水道系統執行概況—按區域別分」，線上文件：<http://statis.moi.gov.tw/micst/stmain.jsp?sys=100> 瀏覽日期（2015年05月）。
4. 行政院內政部 2014，「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（2015年05月）。
5. 行政院農業委員會 2014，「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（2015年05月）。
6. 行政院環境保護署，「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，「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，「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，「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，「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，「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，「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，「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，「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」，2010 年 02 月。
15. 行政院環境保護署，「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，「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，「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，「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」，2014 年 01 月。
19. 行政院環境保護署，「中華民國環境保護統計年報中華民國 102 年」，2013 年 08 月。
20. 行政院環境保護署，「中華民國環境保護統計年報中華民國 103 年」，2014 年 08 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, NIR)、「二年期報告」(Biennial Report, BR)、「國家通訊」(National Communication, NC)，非附件一國家需提交「二年期更新報告」(Biennial Update Report, BUR)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，並隨著聯合國政府間氣候變化專門委員會出版的國家溫室氣體排放清冊指南及各部門統計資料的更新，每年皆重新統計國家歷年溫室氣體排放資料，其目的為建立溫室氣體統計資料，提送政府相關部門參考，以進一步瞭解溫室氣體排放與吸收的現況，作為臺灣減量措施討論、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 2013 年能源部門、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、廢棄物部門等排放清冊統計。

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，依據政府間氣候變化專門委員會 (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, 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。2006 IPCC 指南綜合了 IPCC 在國家溫室氣體清冊方面發展的相關方法學、UNFCCC 各締約國使用 IPCC 指南與方法的經驗及建議，在編輯架構上做了大幅度的調整，從數據收集的方法、不確定性評估、方法選擇與關鍵排放源鑑定、時間序列的一致性、品質保證/控制與驗證、前驅物與間接排放及申報指南與表單等，除了有一般性綜合的說明外，各溫室氣體排放源與吸收匯章節中，亦按照相同的邏輯做介紹與分析；整體而言，2006 IPCC 指南完整性更高，指南與方法說明更清楚，2006 IPCC 指南主要的改進及與 1996 IPCC 指南不同之處，包括：部門分類、溫室氣

體種類、計算方法及排放係數等，與 1996 IPCC 指南部門分類更精簡，但是計算範圍卻更加廣泛，在各細項分類內容上比 1996 IPCC 指南多，其中，2006 IPCC 指南將 1996 IPCC 指南的農業部門及土地利用、土地利用變化及林業（Land-Use Change and Forestry, LUCF）合併為農業、林業及其他土地利用部門（Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU），包括牲畜、土地、土地聚集排放源及非二氧化碳排放源、其他（含收穫林產品），但 UNFCCC 國家清冊報告編輯指南仍將該章節分成農業部門及 LUCF 部門，目前國際上各國負責 LULUCF 統計為具有航照遙測

的功能與能力之單位，或是由其他林業及土地負責單位提供原始數據供其計算，目前國內在統計 LUCF 時，仍無法掌握濕地、聚居地及其他土地（包括道路、社區住宅等）等負責該項土地類型之主管單位之活動數據（如土地面積），未來可列入改善規劃。另外，以 1996 IPCC 指南為參考量，2006 IPCC 與 1996 IPCC 兩指南統計結果歷年差異，總溫室氣體排放量 -1.4% 至 4.7%、二氧化碳排放量 1.8% 至 2.7%、甲烷 29.6% 至 241.5%、氧化亞氮 -28.4% 至 18.6% 及含氟氣體 -89.8% 至 26.5%，如圖 8.1.1 所示。表 8.1.1 為各部門之改善計畫。



圖 8.1.1 1996 IPCC 與 2006 IPCC 統計結果之差異性比較

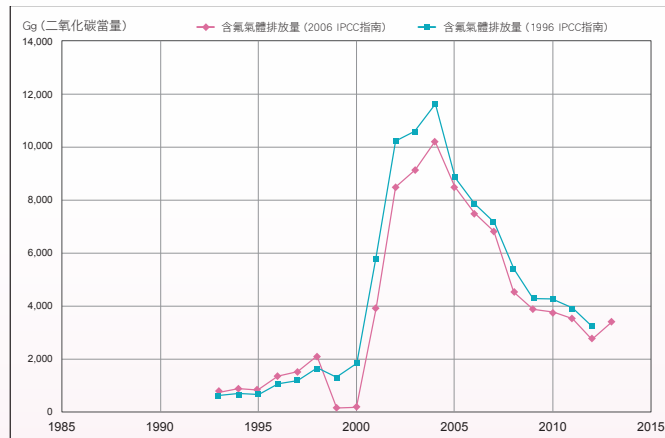
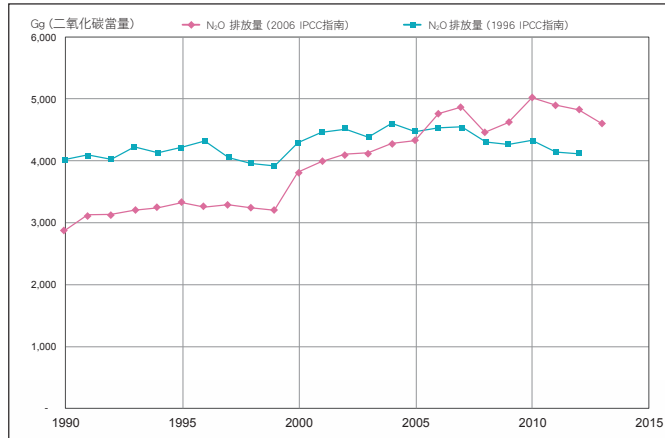
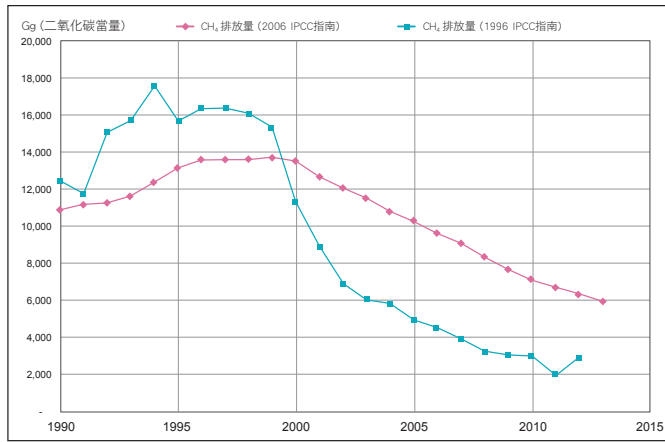


圖 8.1.1 1996 IPCC 與 2006 IPCC 統計結果之差異性比較

表 8.1.1 各部門排放源之改善計畫

部門	次部門	改善計畫
1. 能源部門	1.A 燃料燃燒	已完成不確定性分析之可行性評估，將規劃分階段推動作法。
2. 工業製程及產品使用部門	2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	有關含氟氣體 1990 至 1999 年資料，未來將規劃進行調查並請產業專家確認，以補齊完整性。
3. 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 IPCC 預設係數，惟養豬為我國主要畜牧經濟活動之一，仍將加強各試驗研究單位之研究與成果之整合，以建立本土豬隻腸胃發酵甲烷排放係數。
	3.B 畜禽糞尿處理	<ul style="list-style-type: none"> 目前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。 目前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。
	3.C 水稻種植	<ul style="list-style-type: none"> 目前計算引用之水稻田甲烷排放係數為 10~15 年前以密閉罩法進行調查資料，雖此方法在量測過程會破壞自然狀態，可能造成量測誤差之缺點，但由於調查廣泛且資料多而為本清冊計算引用。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，期望獲得更具代表性之排放係數，以進行排放係數更新；並與國外學者合作探討以模式進行模擬作為驗證之可能性。 目前農試所已正進行相關研究，並彙整前人相關研究評估本土排放係數，並評估區分水旱作、土壤性質或作物種類之 N₂O 排放係數之可行性，以提高農地 N₂O 排放估算之準確性與精確性。 目前農試所已進行地下水硝酸態氮之調查、農業長期生態系、不同土壤之氮淋洗與逕流等研究，未來可用於評估農田施用氮素後經淋洗等產生之間接 N₂O 排放係數之本土資料。
	3.D 農耕土壤	<ul style="list-style-type: none"> 行政院農業委員會農業試驗所正評估區分水旱作、土壤性質或作物種類之氧化亞氮排放係數，以提高農地氧化亞氮排放估算之完整性。 目前正執行地下水硝酸態氮之調查，未來可用於評估農田施用氮素後經淋洗之間接排放係數之本土資料。
4. 土地利用、土地利用變化及林業部門	4.A 森林土地	<ul style="list-style-type: none"> 在不確定性分析方面，已蒐集國際估算方法，包含誤差傳遞法及蒙地卡羅分析方法，並就前開 2 種方法之適用情況進行分析比較，初步歸納出誤差傳遞法較為符合我國資料狀況，後續將據以估算。 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。
5. 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	由於妥善管理及未妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處理量活動數據與組成僅有全國之彙整數據，建議主管單位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。
	5.B 廢棄物生物處理	由於堆肥處理方式及操作環境會影響溫室氣體之產生，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。
	5.C 廢棄物焚化	由於焚化垃圾組成將影響相關參數之計算，建議可進一步研究分析焚化廠廢棄物焚化類別組成種類與比例，將有助於精進估算廢棄物焚化處理溫室氣體排放量。
	5.D.2 事業廢水	查核由行政院環境保護署水保處「水污染源管制資料管理系統」資料庫中篩選出之定檢資料，於 2007 年之後較為齊全。故建議申報管理系統資料主管單位，考量查核補充 2000 年至 2007 年列管單位之申報資料，如此更能精進推估結果，減少外推數據之不確定性差異，符合各年時間序列之完整性及一致性。

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
CO ₂	Carbon Dioxide	二氧化碳
CO ₂ eq	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	政府間氣候變化專門委員會
KP	Kyoto Protocol	京都議定書
LUCF	Land Use Change and Forest	土地利用變化及林業
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forest	土地利用、土地利用變化及林業
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
PJ	Petajoule; 10 ¹⁵ joule	千兆焦耳
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
TJ	Terajoule; 10 ¹² joule	兆焦耳
TOE	Tonne Of Oil Equivalent	公噸油當量
	Uncertainty	不確定性
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	聯合國氣候變化綱要公約

附件一、

2013 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 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit: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 C2-C12	Bituminous Coal- Coking Coal	Bituminous Coal- Steam Coal	Anthracite	Sub-bituminous Coal	Lignite	Peat	Coke Oven Coke	Patent Fuel
1 自產	38,748,099	4,816,077	27,110,043	179,045	6,521,574			121,360	
2 + 進口	49,530							49,530	
3 - 出口									
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	-339,279	152,681	-458,309	-20,132	26,060			-39,579	
7 = 初級能源總供給	39,037,843	4,663,396	27,568,352	199,175	6,495,511			111,409	
8 - 產品間轉換(轉出)									
9 - 統計差異	1,107,472	-148,398	1,813,303	503	-55,876			-502,060	
10 - 轉變投入	36,810,453	4,811,792	20,288,233		6,551,388			4,072,442	
11 煉焦工場/煤製品業	5,593,407	4,811,792	781,615						
12 高爐工場	5,017,055		944,613					4,072,442	
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠	18,695,126		12,332,525		6,362,601				
16 自用發電廠	732,551		732,551						
17 公用汽電共生廠	6,772,315		5,496,929		188,788				
18 自用汽電共生廠	7,637,856							4,393,817	
19 + 轉變產出合計	7,637,856							4,393,817	
20 轉變產出	7,637,856							4,393,817	
21 產品間轉換(轉入)									
22 - 能源部門自用	1,156,996								
23 煤礦業									
24 煉焦工場/煤製品業	565,215								
25 高爐工場	591,781								
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	116,579								
33 = 最終消費	7,484,199		5,466,816	198,674				852,534	
34 A. 能源消費	7,346,942		5,466,816	172,771				741,180	

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	焦爐氣	高爐氣	轉爐氣	原油及石油 產品合計	原油	煉油廠進料	添加劑/ 含氧化合物	煉油氣	液化石油氣
	Coke Oven Gas	Blast Furnace Gas	Oxygen Steel Furnace Gas	Crude Oil and Petroleum Products Total C14-C36	Crude Oil	Refinery Feedstocks	Additives/ Oxygenates	Refinery Gas	LPG
1 自產				8,148	8,148				
2 + 進口				64,386,420	45,074,906		317,232		2,047,698
3 - 出口				16,875,437					52,705
4 - 國際海運				1,173,439					
5 - 國際航空				2,399,933					
6 - 存貨變動				833,429	821,287				86,806
7 = 初級能源總供給				43,112,326	44,261,768		317,232		1,908,187
8 - 產品間轉換(轉出)				5,886,544					296,928
9 - 統計差異				-547,434	-110,301				-9,007
10 - 轉變投入	327,302	615,906	143,390	46,845,679	44,372,071		317,232	6,717	
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	327,302	615,906	143,390	576,282				6,717	
20 轉變產出	1,280,445	1,691,499	272,095	49,073,977				1,372,393	1,446,606
21 產品間轉換(轉入)	1,280,445	1,691,499	272,095	44,352,321				1,372,393	1,175,259
22 - 能源部門自用	202,304	876,826	77,866	4,721,655				1,365,676	271,342
23 煤礦業				1,586,291					65,958
24 煉焦工場/煤製品業				2,295					
25 高爐工場	163,652	323,697	77,866	21,323					
26 油氣礦業	38,652	553,129							
27 煉油廠				50					
28 發電廠				1,559,598				1,365,676	64,622
29 抽水用電				1,536					
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業				1,500					1,339
32 - 損耗	11,310	18,905	4,054						
33 = 最終消費	739,529	179,860	46,786	38,415,228					3,000,908
34 A 能源消費	739,529	179,860	46,786	16,417,368					1,539,806

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	19 (丙烷混合氣) (Propane Air)	20 天然汽油 Natural Gasoline	21 石油腦 Naphthas	22 車用汽油 Motor Gasoline	23 (無鉛汽油) (Unleaded Gasoline)	24 航空汽油 Aviation Gasoline	25 航空燃油- 汽油型 Jet Fuel- Gasoline Type	26 航空燃油- 煤油型 Jet Fuel- Kerosene Type	27 煤油 Kerosene
1 自產									
2 + 進口			13,232,428						
3 - 出口				4,215,408 (	4,215,408)			1,011,875	
4 - 國際海運									
5 - 國際航空			339,473	-149,044 (	-149,044)			2,399,933	
6 - 存貨變動			12,892,954	-4,066,364 (	-4,066,364)			54,512	1,741
7 = 初級能源總供給			3,279,160	93,102 (	93,102)			-3,466,322	-1,741
8 - 產品間轉換(轉出)			-2	-26,406 (	-26,406)			10,257	
9 - 統計差異								21,728	-5,970
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			8,052,821	11,842,411 (	11,842,411)			3,741,871	
20 轉變產出			8,052,821	7,855,812 (	7,855,812)			3,741,871	
21 產品間轉換(轉入)				3,986,600 (	3,986,600)				
22 - 能源部門自用				3,198 (	3,198)				2
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				1,652 (	1,652)				
28 發電廠				1,536 (	1,536)				
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業				12 (	12)				
32 - 損耗									
33 = 最終消費			17,666,617	7,706,154 (	7,706,154)			243,565	4,227
34 A 能源消費				7,706,154 (	7,706,154)			243,565	4,227

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	37 天然氣合計 Natural Gas Total C38-C39	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 C41+C45	41 生質能合計 Biomass Total C42-C44	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
1 自產	303,486	303,486		1,643,934	326,320	248,039	72,941	5,340	1,317,614
2 + 進口	15,920,217		15,920,217	90	90		90		
3 - 出口									
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	1,056,215	58,378	997,837	-452	-452		-452		
7 = 初級能源總供給	15,167,490	245,107	14,922,383	1,644,475	326,861	248,039	73,482	5,340	1,317,614
8 - 產品間轉換(轉出)				35,013	35,013		35,013		
9 - 統計差異				-103	-103		-103		
10 - 轉變投入	28,739,643	3,558	28,736,085	1,444,310	145,688	140,348		5,340	1,298,622
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠	15,978,272		15,978,272						
14 石化工廠									
15 公用發電廠	12,693,532		12,693,532						
16 自用發電廠									
17 公用汽電共生廠				19,059					19,059
18 自用汽電共生廠	67,839	3,558	64,281	1,425,250	145,688	140,348		5,340	1,279,562
19 + 轉變產出合計	16,914,437	1,051,372	15,863,065						
20 轉變產出	16,914,437	1,051,372	15,863,065						
21 產品間轉換(轉入)									
22 - 能源部門自用	334,981	11,332	323,649	3,456	3,456		3,456		
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	325,311	1,662	323,649	3,456	3,456		3,456		
28 發電廠	9,665	9,665							
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	3,007,305	1,281,589	1,725,716	161,796	142,807	107,692	35,115		18,989
34 A. 能源消費	3,007,305	1,281,589	1,725,716	161,796	142,807	107,692	35,115		18,989

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項	目	37	38	39	40	41	42	43	44	45
		天然氣合計	(自產) 天然氣 (Indigenous) Natural Gas	(進口) 液化天然氣 (Imported) LNG	生質能及 廢棄物合計 Biomass and Waste Total	生質能合計 Biomass Total	固態生質能 Solid Biomass	液態生質能 Liquid Biomass	氣態生質能 Biogas	廢棄物 Other Non-Specified
		C38-C39			C41+C45	C42-C44				
35	工業部門	1,657,455	334,816	1,322,639	161,796	142,807	107,692	35,115		18,989
36	礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)	31	31							
37	食品飲料及菸草業	8,053	7,703	350	13,603	13,603	13,603			
38	紡織成衣及服飾業	30,268	1,037	29,231						
39	皮革及毛皮業									
40	木竹及家具業									
41	紙漿、紙及紙製品業	15,790	1,473	14,317	110,003	91,014	91,014			18,989
42	印刷業									
43	化學材料製造業	331,589	23,794	307,795	3,076	3,076	3,076			
44	基本化學材料製造業	232,625	5,937	226,688	3,076	3,076	3,076			
45	(基本化學工業)	30,958	3,739	27,219						
46	(石油化工原料製造業)	201,664	2,195	199,469	3,076	3,076	3,076			
47	(肥料製造業)									
48	人造纖維製造業	18,560	17,186	1,374						
49	樹脂塑膠及橡膠製造	80,404	675	79,729						
50	其他化學材料製造業									
51	化學製品製造業	25,691	1,642	24,049						
52	橡膠製品製造業	6,131		6,131						
53	塑膠製品製造業	15,445	400	15,045						
54	非金屬礦物製品製造業	202,927	153,773	49,154						
55	水泥及水泥製品業									
56	其他	202,927	153,773	49,154						
57	(陶瓷製品製造業)	76,114	69,268	6,846						
58	(玻璃及玻璃製品製造業)	53,766	30,078	23,688						
59	金屬基本工業	329,387	12,537	316,850						
60	鋼鐵基本工業	282,685	7,929	274,756						
61	非鐵金屬基本工業	46,703	4,608	42,095						
62	(鋁業)	32,467	923	31,544						
63	金屬製品製造業	61,795	58,127	3,668						
64	機械設備製造業	2,450	2,380	70						
65	電腦通信及視聽電子產品製造業	84,813	58,118	26,695						
66	(電子零組件製造業)									
67	運輸工具製造業	539,274	10,056	529,218						
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	3,808	3,744	64						
70	供水供應業									
71	營造業									
72	其他				35,115	35,115	35,115			

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	46	47	48	49	50	51	52
	電力合計	電力-發電廠 小計	水力發電	核能發電	火力發電	地熱發電、太陽 光電及風力發電	電力-汽電 共生廠
	Electricity Total	Electricity-Electricity Plants Subtotal	Hydro Power	Nuclear Power	Thermal Power	Geothermal Electricity, Solar Photovoltaic and Wind Energy	Electricity- Cogeneration Plants
	C47+C52	C48-C51					
1 自產	547,827	547,827	371,337			176,490	
2 + 進口	11,046,567	11,046,567		11,046,567			
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	11,594,394	11,594,394	371,337	11,046,567		176,490	
8 - 產品間轉換(轉出)							
9 - 統計差異	7,401,576	7,401,575					
10 - 轉變投入			636,680	10,632,757	13,718,996	171,849	816,817
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			636,680	10,632,757	13,718,996	171,849	816,817
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	18,169,016	15,391,941	268,422	10,632,757	14,306,702		3,593,892
20 轉變產出	18,169,016	15,391,941	268,422		14,306,702		3,593,892
21 產品間轉換(轉入)							
22 - 能源部門自用	1,639,328	1,355,515	3,077	413,811	587,707	600	283,813
23 煤礦業	79	79					
24 煉焦工場/煤製品業							
25 高爐工場							
26 油氣礦業	1,725	1,725					
27 煉油廠	283,163	205,022					
28 發電廠	791,922	791,922	3,077	413,811	587,707	600	78,141
29 抽水用電	315,599	315,599					
30 汽電共生廠	205,675						205,675
31 氣體燃料供應業	41,166	41,166					
32 - 損耗	770,542	770,542					
33 = 最終消費	19,951,964	17,458,703				4,042	2,493,261
34 A 能源消費	19,951,964	17,458,703				4,042	2,493,261

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

		46	47	48	49	50	51	52
項	目	電力合計	電力-發電廠 小計	水力發電	核能發電	火力發電	地熱發電、太陽 光電及風力發電	電力-汽電 共生廠
		Electricity Total	Electricity-Electricity Plants Subtotal	Hydro Power	Nuclear Power	Thermal Power	Geothermal Electricity, Solar Photovoltaic and Wind Energy	Electricity- Cogeneration Plants
		C47+C52	C48-C51					
35	工業部門	11,615,907	9,184,413			602		2,431,494
36	礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)	40,798	40,798					
37	食品飲料及菸草業	333,991	328,070					5,921
38	紡織成衣及服飾業	472,690	466,703					5,987
39	皮革及毛皮業	18,790	18,790					
40	木竹及家具業	35,271	35,271					
41	紙漿、紙及紙製品業	302,359	161,936			227		140,423
42	印刷業	48,217	48,217					
43	化學材料製造業	2,347,945	598,240					
44	基本化學材料製造業	1,676,190	138,850					
45	(基本化學工業)	24,080						
46	(石油化工原料製造業)	1,513,262						
47	(肥料製造業)							
48	人造纖維製造業	479,889	267,523					212,366
49	樹脂塑膠及橡膠製造	116,407	116,407					
50	其他化學材料製造業	75,461	75,461					
51	化學製品製造業	264,785	264,785					
52	橡膠製品製造業	105,063	105,063					
53	塑膠製品製造業	510,280	440,016					70,264
54	非金屬礦物製品製造業	493,870	477,705					16,165
55	水泥及水泥製品業	173,999	157,834					16,165
56	其他	319,873	319,873					
57	(陶瓷製品製造業)	30,840	30,840					
58	(玻璃及玻璃製品製造業)	212,232	212,232					
59	金屬基本工業	1,472,379	1,051,227					421,152
60	鋼鐵基本工業	1,368,156	947,004					421,152
61	非鐵金屬基本工業	104,223	104,223					
62	(鋁業)	55,997	55,997					
63	金屬製品製造業	607,681	607,681					
64	機械設備製造業	191,051	191,051					
65	電腦通信及視聽電子產品製造業	3,779,010	3,757,132			375		21,878
66	(電子零組件製造業)	2,593,553	2,593,553					
67	運輸工具製造業	214,946	214,946					
68	精密光學醫療器材及鐘錶製造業	123,264	123,264					
69	其他工業製品製造業	86,640	86,640					
70	供水供應業	113,065	113,065					
71	營造業	53,815	53,815					
72	其他							

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	46	47	48	49	50	51	52
	電力合計	電力-發電廠 小計	水力發電	核能發電	火力發電	地熱發電、太陽 光電及風力發電	電力-汽電 共生廠
	Electricity Total	Electricity-Electricity Plants Subtotal	Hydro Power	Nuclear Power	Thermal Power	Geothermal Electricity, Solar Photovoltaic and Wind Energy	Electricity- Cogeneration Plants
	C47+C52	C48-C51					
73 運輸部門	113,634	113,634					
74 國內航空							
75 公路							
76 鐵路							
77 管線運輸	113,634	113,634					
78 國內水運							
79 其他							
80 農業部門	243,634	243,634					
81 農牧及林業	163,933	163,933					
82 漁業	79,699	79,699					
83 服務業部門	4,093,833	4,032,067				2,063	61,766
84 批發及零售業	450,590	450,590					
85 住宿及餐飲業	252,845	252,845					
86 運輸服務業	118,834	118,834					
87 倉儲業	68,025	68,025					
88 通信業	122,124	122,124					
89 金融保險及不動產業	88,416	88,416					
90 工商服務業	116,732	116,732					
91 社會服務及個人服務業	747,794	747,794					
92 公共行政業	524,287	462,521				2,063	61,766
93 其他	1,604,181	1,604,181					
94 住宅部門	3,884,955	3,884,955				1,377	
95 B 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							
100 發電量 (千度)							
101 發電廠							
102 汽電共生廠							
103 熱能 (公噸)							
104 汽電共生廠							

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	53 (生質能發電) Biomass Power	54 (廢棄物能發電) Waste to Generation	55 太陽熱能 Solar Thermal	56 熱能 Heat	57 總計 Grand Total	Item
					C1+C13+C37+ C40+C46+C55+C56	
1 自產			100,936		2,604,331	1 Indigenous Production
2 + 進口					130,101,393	2 + Import
3 - 出口					16,924,967	3 - Exports
4 - 國際海運					1,173,439	4 - International Marine Bunkers
5 - 國際航空					2,399,933	5 - International Civil Aviation
6 - 存貨變動					1,549,913	6 - Stock Changes
7 = 初級能源總供給			100,936		110,657,464	7 = Total Primary Energy Supply
8 - 產品間轉換(轉出)					5,921,557	8 - Transfers (Input)
9 - 統計差異					7,961,511	9 - Statistical Differences
10 - 轉變投入	(5,093)	(1,161,534)			113,840,085	10 - Transformation Input
11 煉焦工場/煤製品業					5,593,407	11 Coke Ovens
12 高爐工場					5,017,055	12 Blast Furnaces
13 煉油廠					60,667,575	13 Petroleum Refineries
14 石化工廠						14 Petrochemical Industry
15 公用發電廠	(5,093)	(1,161,534)			32,965,856	15 Public Electricity Plants
16 自用發電廠						16 Autoproducer Electricity Plants
17 公用汽電共生廠					754,507	17 Public Cogeneration Plants
18 自用汽電共生廠					8,841,686	18 Autoproducer Cogeneration Plants
19 + 轉變產出合計	(124,646)	(1,532,187)		257,198	92,052,484	19 + Transformation Output Total
20 轉變產出	(124,646)	(1,532,187)		257,198	87,330,828	20 Transformation Output
21 產品間轉換(轉入)					4,721,655	21 Transfers (Output)
22 - 能源部門自用	(32,110)				4,721,052	22 - Energy Sector Own Use
23 煤礦業					2,374	23 Coal Mines
24 煉焦工場/煤製品業					586,538	24 Coke Ovens
25 高爐工場					591,781	25 Blast Furnaces
26 油氣礦業					1,775	26 Oil and Gas Extraction
27 煉油廠					2,171,528	27 Petroleum Refineries
28 發電廠	(32,110)				803,123	28 Electricity Plants
29 抽水用電					315,599	29 Electricity to Pump Up
30 汽電共生廠					205,675	30 Cogeneration Plants
31 氣體燃料供應業					42,666	31 Gas Companies
32 - 損耗					887,121	32 - Losses
33 = 最終消費	(87,444)	(370,653)	100,936	257,198	69,378,626	33 = Total Final Consumption
34 A 能源消費	(87,444)	(370,653)	100,936	257,198	47,243,509	34 A Energy Consumption

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	53 (生質能發電) Biomass Power	54 (廢棄物能發電) Waste to Generation	55 太陽熱能 Solar Thermal	56 熱能 Heat	57 總計 Grand Total	Item
					C1+C13+C37+C40+C46+C55+C56	
35 工業部門	(87,198)	(34,777)		257,198	23,259,607	Industrial Sector
36 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)					74,591	Mining and Quarrying(excluding coal,oil and gas)
37 食品飲料及菸草業	(3,782)			16,886	586,312	Food, Beverage and Tobacco
38 紡織成衣及服飾業				41,173	872,109	Textile,Wearing Apparel and Accessories
39 皮革及毛皮業					40,780	Leather and Fur
40 木竹及家具業					41,322	Wood, Bamboo and Furniture
41 紙漿、紙及紙製品業	(72,809)	(34,777)		15,531	891,925	Pulp, Paper and Paper Products
42 印刷業					51,592	Printing
43 化學材料製造業	(10,606)			135,483	7,355,949	Chemical Materials
44 基本化學材料製造業	(10,606)			135,483	4,298,978	Basic Chemical Materials
45 (基本化學工業)				12,834	307,259	(Basic Industrial Chemicals)
46 (石油化工原料製造業)	(10,606)			122,647	3,852,496	(Petrochemical Materials)
47 (肥料製造業)					374	(Chemical Fertilizers)
48 人造纖維製造業				1,334,663		Artificial Fibers
49 樹脂塑膠及橡膠製造				1,294,338		Resin, Plastics and Rubber
50 其他化學材料製造業				427,967		Other Chemical Materials
51 化學製品製造業				388,188		Chemical Products
52 橡膠製品製造業				153,514		Rubber Products
53 塑膠製品製造業				589,759		Plastic Products
54 非金屬礦物製品製造業				2,226,216		Non-metallic Mineral Products
55 水泥及水泥製品業				1,289,046		Cement and Cement Products
56 其他				937,173		Others
57 (陶瓷製品製造業)				112,180		(Pottery, China and Earthenware)
58 (玻璃及玻璃製品製造業)				268,868		(Glass and Glass Products)
59 金屬基本工業				7,130	3,744,785	Basic Metal Industries
60 鋼鐵基本工業				4,278	3,548,672	Iron and Steel
61 非鐵金屬基本工業				2,852	196,112	Others
62 (鋁業)				2,852	98,225	(Aluminum)
63 金屬製品製造業					726,101	Fabricated Metal Products
64 機械設備製造業					201,880	Machinery and Equipments
65 電腦通信及視聽電子產品製造業				40,994	3,959,396	Electrical and Electronic Machinery
66 (電子零組件製造業)				40,994	2,634,547	(Electronic Parts)
67 運輸工具製造業					786,572	Transport Equipments
68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業					123,264	Precision Instruments
69 其他工業製品製造工業					177,428	Miscellaneous Industries
70 用水供應業					113,547	Water Supply
71 營造業					119,276	Construction
72 其他					35,115	Non-Specified

能源平衡表 - OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國103年(西元2014年)

(單位：10⁷千卡) (Unit:10⁷kilocalorie)

項 目	53 (生質能發電) Biomass Power	54 (廢棄物能發電) Waste to Generation	55 太陽熱能 Solar Thermal	56 熱能 Heat	57 總計 Grand Total	Item
	(生質能發電) Biomass Power	(廢棄物能發電) Waste to Generation	太陽熱能 Solar Thermal	熱能 Heat	總計 Grand Total C1+C13+C37+ C40+C46+C55+C56	
73 運輸部門					11,910,725	Transport Sector
74 國內航空					89,002	Domestic Air
75 公路					11,537,697	Road
76 鐵路					138,579	Rail
77 管線運輸						Pipeline Transport
78 國內水運					145,447	Internal Navigation
79 其他						Non-Specified
80 農業部門					590,681	Agriculture Sector
81 農牧及林業					167,538	Agriculture, Animal Husbandry and Forestry
82 漁業					423,140	Fishing and Aquaculture
83 服務業部門	(247 ) (	335,875)	3,028		5,670,523	Service Sector
84 批發及零售業					450,590	Wholesale and Retail
85 住宿及餐飲業					1,293,664	Hotels and Restaurants
86 運輸服務業					125,017	Transport Services
87 倉儲業					79,805	Storage and Warehousing
88 通信業					131,637	Communication
89 金融保險及不動產業					93,102	Finance, Insurance and Real Estate
90 工商服務業					116,732	Business Services
91 社會服務及個人服務業					747,794	Social and Personal Services
92 公共行政業	(247 ) (	335,875)	3,028		895,519	Public Administration
93 其他					1,736,664	Activities Not Adequately Defined
94 住宅部門			97,909		5,811,967	Residential Sector
95 B 非能源消費					22,135,117	Non-Energy Use
96 工業、轉變及能源部門					22,135,117	Industry/Transf./Energy
97 (石化原料用)					19,127,722	(Feedstocks)
98 運輸部門						in Transport
99 其他						in Other Sectors
100 發電量 (千度)						Electricity Generated (MWh)
101 發電廠						Electricity Plants
102 汽電共生廠						Cogeneration Plants
103 熱能 (公噸)						Heat Generated (MT)
104 汽電共生廠						Cogeneration Plants



2015 中華民國國家溫室氣體清冊報告



行政院環境保護署

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