



2014年  
中華民國  
國家溫室氣體  
清冊報告

2014 Republic of China (Taiwan)  
National Inventory Report

# 前言

國家溫室氣體清冊是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）用以評估其締約方管理人為溫室氣體排放的重要依據，並規範要求已開發國家（附件一國家），每年除需統計國家溫室氣體清冊外，尚須彙編年度國家清冊報告（Annual National Inventory Report），用以刊載及說明詳細的溫室氣體排放量與吸收量、計算方法、相關數據及趨勢等；UNFCCC 及京都議定書亦鼓勵開發中國家（非附件一國家）進行年度國家溫室氣體清冊統計及年度國家清冊報告彙編工作。

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 2/CP.17 號決議文，決定非附件一國家視其能力所及，於 2014 年 12 月以前提交兩年期更新報告（Biennial Update Report, BUR），涵蓋國家溫室氣體清冊資訊；為此，中華民國（臺灣，以下簡稱臺灣）主動遵循 UNFCCC 及京都議定書規範，參考政府間氣候變化專家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）國家溫室氣體清冊指南的統計方法，分別進行各排放及吸收分類部門清點的統計作業；並納入歷年與各相關部會執行國家溫室氣體清冊統計成果，於 2014 年 11 月完成彙編「2014 年中華民國國家溫室氣體清冊報告」（以下稱本報告），增進各界對臺灣溫室氣體排放數據之瞭解。

行政院環境保護署於 2012 年 10 月籌組「國家溫室氣體清冊審議會」（以下稱審議會），邀集來自專家學者、產業、及部會等 17 位代表擔任審議委員，並由審議委員推派行政院環境保護署簡慧貞參事兼執行秘書及財團法人工業技術研究院楊日昌特聘專家擔任共同召集人。其中，部會代表包括：經濟部能源局吳志偉科長、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沈怡伶簡任技正、行政院農業委員會農業試驗所吳秉諭助理研究員，專家學者代表包括：成功大學資源工程系陳家榮教授、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、臺灣機電工程服務社杜悅元副總經理、恩吉歐社會企業公司高茹萍總經理，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、經濟部能源局、經濟部工業局、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、國立雲林科技大學、國立臺灣大學、中興工程顧問股份有限公司。

在審議會審議本報告之統計方法、係數、計算結果後，為確保本報告內文的正確與一致性，行政院環境保護署特別邀請相關領域的專家學者進行校稿，參與校稿的專家學者包括：臺灣科技大學化工系顧洋教授、清華大學科技法律研究所范建得教授、成功大學資源工程系陳家榮教授、臺北大學自然資源與環境管理所張四立教授、臺灣大學動物科學技術系蘇忠楨助理教授、中華科技大學食品科學系楊盛行講座教授、中興大學土壤環境科學系黃裕銘副教授、文化大學生物科技研究所王淑音教授、臺灣大學森林資源環境系邱祈榮副教授、行政院農業委員會林試所林俊成組長、臺北科技大學環境工程與管理研究所張添晉教授、中原大學生物環境工程系游勝傑教授。

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，總共分成十一部分、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 1996 年修訂版 IPCC 國家溫室氣體清冊指南中之部門分類，分別陳述各部門不同溫室氣體排放源與吸收匯的統計方法、數據、結果、各部門排放趨勢等，第八章改善規劃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。

希望本報告的撰寫除了公布臺灣溫室氣體排放與吸收內容之外，對於需要瞭解臺灣溫室氣體清冊內容的國內外人士、研究單位等，有所助益，也歡迎各界不吝指教。

# 目 錄

前言.....	1
目錄.....	3
表目錄.....	6
圖目錄.....	11
<b>執行摘要</b> .....	15
ES.1 國家溫室氣體清冊背景資訊.....	16
ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要.....	16
ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽.....	22
ES.4 其他資訊.....	27
<b>第一章 簡介</b> .....	31
1.1 國家溫室氣體清冊背景資訊.....	32
1.2 清冊準備之組織制度安排.....	32
1.3 清冊準備流程.....	33
1.4 方法與資料來源.....	34
1.5 主要排放源.....	35
1.6 品質保證 (QUALITY ASSURANCE, QA) 及品質控制 (QUALITY CONTROL, QC) 計畫資訊.....	36
1.7 一般不確定性.....	36
1.8 完整性概要評估.....	37
1.9 溫室氣體關鍵排放源與趨勢分析.....	37
<b>第二章 溫室氣體排放趨勢</b> .....	41
2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋.....	42
2.1.1 溫室氣體排放及移除.....	42
2.1.2 人均二氧化碳排放.....	44
2.1.3 二氧化碳密集度.....	44
2.2 各種溫室氣體排放趨勢的描述與解釋.....	45
2.2.1 二氧化碳.....	45
2.2.2 甲烷.....	46
2.2.3 氧化亞氮.....	46
2.2.4 氫氟碳化物.....	48
2.2.5 全氟碳化物.....	48
2.2.6 六氟化硫.....	53
2.3 各排放源溫室氣體排放趨勢的描述與解釋.....	54
2.3.1 能源部門.....	54
2.3.2 工業製程部門.....	55
2.3.3 農業部門.....	57
2.3.4 土地利用及林業部門.....	57
2.3.5 廢棄物部門.....	61

<b>第三章 能源部門 (CRF SECTOR 1)</b>	63
3.1 部門概述	64
3.2 燃料燃燒	64
3.2.1 能源產業 (1.A.1)	80
3.2.2 製造業與營造業 (1.A.2)	87
3.2.3 運輸 (1.A.3)	92
3.2.4 其他部門 (商、住、農林漁牧) (1.A.4)	97
3.2.5 其他	103
3.2.6 部門方法與參考方法的比較	103
3.2.7 國際運輸燃料	104
3.2.8 燃料的原料與非能源使用	108
3.3 燃料逸散性排放	111
<b>第四章 工業製程部門 (CRF SECTOR 2)</b>	113
4.1 部門概述	114
4.2 礦業 (非金屬製程) (2.A)	114
4.2.1 水泥生產 (2.A.1)	114
4.2.2 石灰生產 (2.A.2)	120
4.2.3 石灰石與白雲石使用 (2.A.3)	122
4.2.4 純鹼生產與使用 (2.A.4)	125
4.3 化學工業 (2.B)	128
4.3.1 氨化學生產 (2.B.1)	129
4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)	130
4.3.3 己二酸生產 (2.B.3)	131
4.3.4 碳化物生產 (2.B.4)	131
4.3.5 其他 (2.B.5)	136
4.4 金屬工業 (2.C)	142
4.4.1 鋼鐵生產 (2.C.1)	143
4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)	147
4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)	149
4.4.4 鋁鎂鑄造 (2.C.4)	149
4.5 其他製程 (2.D)	152
4.5.1 食品和飲料 (2.D.1)	152
4.6 鹵烴及六氟化硫生產 (2.E)	155
4.6.1 副產品排放 (2.E.1)	155
4.6.2 逸散排放 (2.E.2)	157
4.7 鹵烴及六氟化硫使用 (2.F)	157
4.7.1 冷凍空調使用 (2.F.1)	158
4.7.2 發泡劑 (2.F.2)	161
4.7.3 滅火劑 (2.F.3)	161
4.7.4 噴霧劑 (2.F.4)	163

4.7.5 清洗溶劑 (2.F.5).....	163
4.7.6 其他 (2.F.6).....	163
<b>第五章 農業部門 (CRF SECTOR 4).....</b>	<b>173</b>
5.1 部門概述.....	174
5.2 牲畜腸胃發酵 (4.A).....	174
5.3 畜牧糞尿管理 (4.B).....	181
5.3.1 甲烷.....	181
5.3.2 氧化亞氮.....	184
5.4 水稻種植 (4.C).....	187
5.5 農業土壤 (4.D).....	190
5.5.1 農業土壤的氧化亞氮直接排放.....	191
5.5.2 農業土壤的氧化亞氮間接排放.....	198
5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量.....	200
5.6 草原的焚燒 (4.E).....	200
5.7 作物殘體燃燒 (4.F).....	200
<b>第六章 土地利用變化及林業部門 (CRF SECTOR 5).....</b>	<b>207</b>
6.1 部門概述.....	208
6.2 森林及其他木質生物蓄積量的改變 (5.A).....	210
6.3 森林及草原的變更 (5.B).....	222
6.4 廢耕地 (5.C).....	222
6.5 土壤對二氧化碳的釋放與吸收 (5.D).....	222
<b>第七章 廢棄物部門 (CRF SECTOR 6).....</b>	<b>225</b>
7.1 部門概述.....	226
7.2 陸地廢棄物處理 (6.A).....	229
7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (6.A.1).....	229
7.2.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 (6.A.2).....	238
7.2.3 其他 (6.A.3).....	242
7.3 廢水處理 (6.B).....	242
7.3.1 工業廢水 (6.B.1).....	243
7.3.2 生活及商業廢水 (6.B.2).....	251
7.4 廢棄物焚化 (6.C).....	259
7.5 其他 (6.D).....	267
<b>第八章 改善規劃.....</b>	<b>273</b>
名詞、縮寫與單位索引.....	276
附件一、2012 年能源平衡表－OECD 能源統計格式 (熱值單位)	
附件二、部門方法 (包括電力消費排放) 排放統計結果	

# 表目錄

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2012 年各類溫室氣體排放量.....	18
表 ES2.2 臺灣 1990 至 2012 年二氧化碳排放量.....	19
表 ES2.3 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量.....	20
表 ES2.4 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量.....	21
表 ES2.5 臺灣 1993 至 2012 年含氟氣體排放量.....	22
表 ES3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量.....	24
表 ES3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體排放量.....	25
表 ES3-3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量.....	26
表 ES3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放量.....	27
表 ES3.5 臺灣 1990 至 2012 年森林資源之二氧化碳吸收量.....	28
表 ES3.6 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放量.....	29
表 1.6.1 臺灣國家溫室氣體清冊現行 QA/QC 作法.....	36
表 1.8.1 臺灣國家溫室氣體清冊完整性概要.....	37
表 1.8.2 臺灣 2012 年溫室氣體清冊關鍵排放源分析.....	38
表 2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年各類溫室氣體排放量趨勢.....	43
表 2.2.1 臺灣 1990 至 2012 年二氧化碳排放量.....	47
表 2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量.....	49
表 2.2.3 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量.....	50
表 2.2.4 氫氟碳化物生產 1990 至 2012 年排放量.....	51
表 2.2.5 臺灣 1990 至 2012 年全氟碳化物排放量.....	52
表 2.2.6 臺灣 1990 至 2012 年六氟化硫排放量.....	53
表 2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體.....	55
表 2.3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體.....	56
表 2.3.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體.....	58
表 2.3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體.....	59
表 2.3.5 臺灣 1990 至 2012 年森林資源之二氧化碳吸收量.....	60
表 2.3.6 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體.....	62
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.....	65
表 3.2.2 1996 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳排放係數.....	68
表 3.2.3 1996 IPCC 指南之燃料燃燒甲烷排放係數.....	69
表 3.2.4 以 1996 IPCC 指南計算之燃料燃燒氧化亞氮排放係數.....	69
表 3.2.5 一般廢棄物各分類之二氧化碳排放係數.....	70
表 3.2.6 能源熱值表.....	71
表 3.2.7 一般廢棄物歷年熱值.....	72
表 3.2.8 各類能源之溫室氣體全球暖化潛勢.....	72
表 3.2.9 臺灣能源部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放量.....	73
表 3.2.10 臺灣能源部門 1990 至 2012 年甲烷排放量.....	75
表 3.2.11 臺灣能源部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量.....	78
表 3.2.12 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—能源部門.....	80
表 3.2.13 臺灣能源產業 1990 至 2012 年二氧化碳排放量.....	82

# 表目錄

表 3.2.14	臺灣能源產業 1990 至 2012 年甲烷排放量	84
表 3.2.15	臺灣能源產業 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量	86
表 3.2.16	臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—製造業與營造業	88
表 3.2.17	臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單	89
表 3.2.18	臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年甲烷排放量	90
表 3.2.19	臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量	92
表 3.2.20	臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—運輸	94
表 3.2.21	臺灣運輸部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單	94
表 3.2.22	臺灣運輸部門 1990 至 2012 年甲烷排放量	96
表 3.2.23	臺灣運輸部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量	98
表 3.2.24	臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—商、住、農林漁牧部門	99
表 3.2.25	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放量	100
表 3.2.26	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年甲烷排放量	101
表 3.2.27	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量	102
表 3.2.28	燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較	103
表 3.2.29	臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—國際運輸	104
表 3.2.30	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單	105
表 3.2.31	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年甲烷排放量	106
表 3.2.32	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量	107
表 3.2.33	臺灣非能源使用 1990 至 2012 年二氧化碳扣減量	109
表 3.2.34	臺灣非能源使用 1990 至 2012 年甲烷扣減量	110
表 3.2.35	臺灣非能源使用 1990 至 2012 年氧化亞氮扣減量	110
表 4.1.1	工業製程部門次分類	115
表 4.1.2	臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量	116
表 4.2.1	礦業（非金屬製程）1990 至 2012 年排放量	117
表 4.2.1.1	臺灣 1990 至 2012 年水泥熟料產量	118
表 4.2.1.2	臺灣 1990 至 2012 年水泥生產溫室氣體排放量	118
表 4.2.2.1	臺灣 1990 至 2012 年生石灰產量	120
表 4.2.2.2	臺灣 1990 至 2012 年石灰生產溫室氣體排放量	121
表 4.2.3.1	臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石年使用量	123
表 4.2.3.2	臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石使用溫室氣體排放量	124
表 4.2.4.1.1	臺灣 1990 至 2012 年純鹼生產產量	126
表 4.2.4.1.2	臺灣 1990 至 2012 年純鹼生產溫室氣體排放量	126
表 4.2.4.2.1	臺灣 1990 至 2012 年純鹼使用量	127
表 4.2.4.2.2	臺灣 1990 至 2012 年純鹼使用溫室氣體排放量	128
表 4.3.1	臺灣 1990 至 2012 年化學工業溫室氣體排放量	129
表 4.3.2.1	臺灣 1990 至 2012 年硝酸產量	130
表 4.3.2.2	臺灣 1990 至 2012 年硝酸生產溫室氣體排放量	130
表 4.3.4.2.1	臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣產量	133
表 4.3.4.2.2	臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放量	133

表 4.3.4.3.1 碳化鈣 1990 至 2012 年使用量 .....	134
表 4.3.4.3.2 臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放量 .....	135
表 4.3.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年碳煙產量 .....	136
表 4.3.5.1.2 臺灣 1990 至 2012 年碳煙生產溫室氣體排放量 .....	137
表 4.3.5.2.1 臺灣 1990 至 2012 年乙烯產量 .....	138
表 4.3.5.2.2 臺灣 1990 至 2012 年乙烯生產溫室氣體排放量 .....	139
表 4.3.5.3.1 臺灣 1990 至 2012 年苯乙烯產量 .....	140
表 4.3.5.3.2 臺灣 1990 至 2012 年苯乙烯生產溫室氣體排放量 .....	140
表 4.3.5.4.1 臺灣 1990 至 2012 年甲醇產量 .....	141
表 4.3.5.4.2 臺灣 1990 至 2012 年甲醇生產溫室氣體排放量 .....	142
表 4.4.1 臺灣 1990 至 2012 年金屬工業溫室氣體排放量 .....	143
表 4.4.1.1.1 臺灣 1990 至 2000 年高爐鋼胚產量 .....	144
表 4.4.1.1.2 臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產溫室氣體排放量 .....	145
表 4.4.1.1.3 臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產排放量不確定性 .....	145
表 4.4.1.2.1 臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚產量 .....	146
表 4.4.1.2.2 臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚生產溫室氣體排放量 .....	147
表 4.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 年鐵合金產量 .....	148
表 4.4.2.2 臺灣 1990 至 2012 年鐵合金生產溫室氣體排放量 .....	148
表 4.4.4.1 臺灣 1990 至 2012 年鎂鑄造六氟化硫使用量 .....	150
表 4.4.4.2 臺灣 1990 至 2012 年鎂鑄造溫室氣體排放量 .....	150
表 4.5.1 臺灣 1990 至 2012 年其他製程溫室氣體排放量 .....	152
表 4.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年啤酒產量 .....	153
表 4.5.1.2 臺灣 1990 至 2012 年啤酒生產溫室氣體排放量 .....	154
表 4.6.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫生產溫室氣體排放量 .....	155
表 4.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 產量 .....	156
表 4.6.1.2 臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 及副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 溫室氣體排放量 .....	156
表 4.7.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫使用溫室氣體排放量 .....	158
表 4.7.1.1 臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量 .....	159
表 4.7.1.2 臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用溫室氣體排放量 .....	160
表 4.7.3.1 臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用進口量 .....	162
表 4.7.3.2 臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用溫室氣體排放量 .....	162
表 4.7.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年積體電路或半導體溫室氣體排放量 .....	164
表 4.7.6.2.1 臺灣 1990 至 2012 年 TFT 平面顯示器溫室氣體排放量 .....	166
表 4.7.6.3.1 臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫使用量 .....	169
表 4.7.6.3.2 臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體溫室氣體排放量 .....	169
表 5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放清單 .....	175
表 5.2.1 推估農業部門畜牧溫室氣體排放量之方法 .....	177
表 5.2.2 臺灣牲畜腸胃發酵排放甲烷之係數表 .....	178
表 5.2.3 臺灣 1990 至 2012 年畜種活動數據 .....	179
表 5.2.4 臺灣 1990 年至 2012 年畜禽腸胃發酵之甲烷排放量 .....	180

# 表目錄

表 5.3.1	臺灣農業部門畜牧糞尿處理排放甲烷之係數表	182
表 5.3.2	臺灣 1990 年至 2012 年畜牧糞尿管理之甲烷排放量	183
表 5.3.3	臺灣農業部門畜牧糞尿管理排放氧化亞氮之係數表	185
表 5.3.4	臺灣 1990 年至 2012 年畜牧糞尿處理之氧化亞氮排放量	186
表 5.4.1	臺灣水稻種植各期作甲烷排放係數	188
表 5.4.2	臺灣 1990 至 2012 年各區水稻耕作面積	189
表 5.4.3	臺灣 1990 至 2012 年各區水稻田甲烷排放量	190
表 5.5.1	農業氧化亞氮排放量的直接排放係數	193
表 5.5.2	農業土壤氧化亞氮排放量之相關係數	194
表 5.5.3	臺灣 1990 至 2012 年化學肥料施用量與施氮量	194
表 5.5.4	臺灣 1990 至 2012 年禽畜糞肥料施用量與施氮量	195
表 5.5.5	臺灣 1990 至 2000 年固氮作物產量與總氮量	196
表 5.5.6	臺灣 1990 至 2012 年作物殘體總氮量	197
表 5.5.7	1990 至 2012 農業土壤的氧化亞氮直接排放	197
表 5.5.8	農業土壤氧化亞氮間接排放之排放係數	199
表 5.5.9	臺灣 1990 至 2012 年農業土壤的氧化亞氮間接排放	200
表 5.5.10	1990 至 2012 年農業土壤氧化亞氮排放總量	201
表 5.7.1	作物殘體比例之相關係數及碳氮含量比	202
表 5.7.2	作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮轉換係數	202
表 5.7.3	非二氧化碳之溫室氣體之氮排放比與元素轉換值	202
表 5.7.4	作物殘體焚燒量	203
表 5.7.5	臺灣 1990 至 2012 年作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量	204
表 6.1.1	臺灣 1990 至 2012 年森林資源整體之年碳量變化	209
表 6.2.1	森林所貯存之碳庫定義	211
表 6.2.2	臺灣各類林型所採用之相關係數值	214
表 6.2.3	臺灣各林型面積、蓄積與生長量	214
表 6.2.4	臺灣森林主產物採伐量	215
表 6.2.5	受干擾影響的森林面積與損失材積	216
表 6.2.6	臺灣 1990 至 2012 年造林面積	217
表 6.2.7	臺灣森林資源碳量	217
表 6.2.8	臺灣 1990 至 2012 年造林之年碳量變化	218
表 6.2.9	1990 至 2012 年間生物量損失之年碳貯存減少量	219
表 6.2.10	1990 至 2012 年森林資源整體之年碳量變化	220
表 6.2.11	不確定性分析方法之比較	220
表 6.2.12	IPCC 查證方法比較	221
表 7.1.1	1996 年 IPCC 指南廢棄物部門排放源分類	226
表 7.1.2	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放量	227
表 7.2.1.1	1996 IPCC 指南估算固體廢棄物掩埋處理產生甲烷排放計算一覽表	230
表 7.2.1.2	1996 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF)	231
表 7.2.1.3	1996 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量 (DOC)	231

表 7.2.1.4	臺灣 1990 年至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場活動數據統計表	232
表 7.2.1.5	臺灣 1990 至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放量	233
表 7.2.1.6	掩埋場甲烷排放估算之不確定性	236
表 7.2.1.7	妥善管理之廢棄物掩埋場一般清單品質控制程序檢核表	237
表 7.2.2.1	臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場活動數據統計表	239
表 7.2.2.2	臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放量	240
表 7.2.2.3	未妥善管理之廢棄物掩埋場一般清單品質控制程序檢核表	242
表 7.3.1.1	臺灣估算工業廢水處理產生甲烷排放計算一覽表	244
表 7.3.1.2	1996 IPCC 指南提供地區別之各工業類型污水資料	246
表 7.3.1.3	1996 IPCC 指南提供地區別工業污水 MCF 係數表	247
表 7.2.1.4	臺灣工業廢水處理活動數據統計表	247
表 7.3.1.5	臺灣 1990 年至 2012 年工業廢水處理產生甲烷排放量	248
表 7.3.1.6	1996 IPCC 指南工業廢水相關參數預設值之不確定範圍	249
表 7.3.1.7	工業廢水一般清單品質控制程序檢核表	250
表 7.3.2.1	估算生活及商業廢水處理產生甲烷排放計算一覽表	252
表 7.3.2.2	地區別家庭污水 BOD5 預估表	252
表 7.3.2.3	地區別家庭污水 MCF 係數表	253
表 7.3.2.4	臺灣估算生活及商業廢水處理產生氧化亞氮排放計算一覽表	253
表 7.3.2.5	臺灣 1990 至 2012 年估算生活及商業廢水處理甲烷排放之活動數據	254
表 7.3.2.6	臺灣 1990 年至 2012 年估算生活及商業廢水處理氧化亞氮排放之活動數據	255
表 7.3.2.7	臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生甲烷排放量	255
表 7.3.2.8	臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業處理產生氧化亞氮排放量	257
表 7.3.2.9	生活廢水相關參數預設值之不確定範圍	258
表 7.3.2.10	生活及商業廢水一般清單品質控制程序檢核表	260
表 7.4.1	1996 IPCC 估算廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放計算一覽表	262
表 7.4.2	各種廢棄物燃燒產生之氧化亞氮排放係數	262
表 7.4.3	估算廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放計算一覽表	263
表 7.4.4	臺灣 1990 至 2012 年估算廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量活動數據	263
表 7.4.5	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量	264
表 7.4.6	廢棄物焚化一般清單品質控制程序檢核表	267
表 7.5.1	廢棄物生物處理的甲烷和氧化亞氮排放的排放係數預設值	268
表 7.5.2	估算生物處理產生之溫室氣體排放計算一覽表	268
表 7.5.3	臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生溫室氣體排放量	269
表 7.5.4	堆肥一般清單品質控制程序檢核表	271
表 8.1	各部門排放源之改善計畫	275

# 圖目錄

圖 ES.2.1 臺灣 1990 至 2012 年總溫室氣體排放量趨勢.....	17
圖 ES.3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量趨勢.....	23
圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體清冊準備程序.....	33
圖 2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年溫室氣體排放趨勢.....	42
圖 2.1.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢.....	44
圖 2.1.3 臺灣 1990 至 2012 年二氧化碳排放密集度趨勢.....	45
圖 2.2.1 臺灣 2001 至 2012 年二氧化碳排放量趨勢.....	46
圖 2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量趨勢.....	48
圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量趨勢.....	50
圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2012 年氫氟碳化物排放量趨勢.....	51
圖 2.2.5 臺灣 2001 至 2012 年全氟碳化物排放量趨勢.....	52
圖 2.2.6 臺灣 2001 至 2012 年六氟化硫排放量趨勢.....	53
圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量趨勢.....	54
圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體排放量趨勢.....	56
圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量趨勢.....	57
圖 2.3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放量趨勢.....	59
圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2012 年土地利用與林業部門二氧化碳吸收量趨勢.....	60
圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢.....	61
圖 3.2.1 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢.....	74
圖 3.2.2 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比.....	74
圖 3.2.3 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢.....	76
圖 3.2.4 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比.....	76
圖 3.2.5 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢.....	79
圖 3.2.6 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比.....	79
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.....	80
圖 3.2.8 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量.....	81
圖 3.2.9 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比.....	82
圖 3.2.10 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢.....	83
圖 3.2.11 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比.....	83
圖 3.2.12 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢.....	85
圖 3.2.13 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比.....	85
圖 3.2.14 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢.....	88
圖 3.2.15 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比.....	88
圖 3.2.16 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢.....	89
圖 3.2.17 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比.....	90
圖 3.2.18 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢.....	91
圖 3.2.19 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比.....	91
圖 3.2.20 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢.....	93
圖 3.2.21 臺灣運輸部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比.....	93
圖 3.2.22 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢.....	95

圖 3.2.23	臺灣運輸部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比	95
圖 3.2.24	臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢	97
圖 3.2.25	運輸部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比	97
圖 3.2.26	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢	99
圖 3.2.27	臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量占比	99
圖 3.2.28	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢	101
圖 3.2.29	臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放量占比	101
圖 3.2.30	臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢	102
圖 3.2.31	臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放量占比	102
圖 3.2.32	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量	104
圖 3.2.33	臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比	105
圖 3.2.34	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢	106
圖 3.2.35	臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比	106
圖 3.2.36	臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢	107
圖 3.2.37	臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比	107
圖 3.2.38	臺灣非能源使用 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳扣減量	108
圖 4.1.1	臺灣 2012 年工業製程部門各類溫室氣體排放量占比	116
圖 4.1.2	臺灣 2012 年工業製程部門溫室氣體各排放源占比	116
圖 4.1.3	臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放趨勢	117
圖 4.2.1	礦業（非金屬製程）1990 至 2012 年溫室氣體排放趨勢	117
圖 4.2.1.1	臺灣 1990 至 2012 年水泥生產溫室氣體排放趨勢	118
圖 4.2.1.2	工業製程部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程（活動數據 - 民間來源）	119
圖 4.2.2.1	臺灣 1990 至 2012 年石灰生產排放趨勢	121
圖 4.2.2.2	臺灣工業製程部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程（活動數據 - 官方數據）	122
圖 4.2.3.1	臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石使用溫室氣體排放趨勢	124
圖 4.2.4.1.1	臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放趨勢	126
圖 4.2.4.2.1	臺灣 1990 至 2012 年純鹼使用溫室氣體排放趨勢	128
圖 4.3.1	臺灣 1990 至 2012 年化學工業溫室氣體排放趨勢	129
圖 4.3.2.1	臺灣 1990 至 2012 年硝酸生產溫室氣體排放趨勢	131
圖 4.3.2.2	工業製程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）	132
圖 4.3.4.2.1	臺灣 1990 至 2003 年碳化鈣生產溫室氣體排放趨勢	133
圖 4.3.4.3.1	臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放趨勢	135
圖 4.3.5.1.1	臺灣 1990 至 2012 年碳煙生產溫室氣體排放趨勢	137
圖 4.3.5.2.1	臺灣 1990 至 2012 年乙烯生產溫室氣體排放趨勢	139
圖 4.3.5.3.1	臺灣 1990 至 2012 年苯乙烯生產溫室氣體排放趨勢	140
圖 4.3.5.4.1	臺灣 1990 至 2012 年甲醇生產溫室氣體排放趨勢	142
圖 4.4.1	臺灣 1990 至 2012 年金屬工業溫室氣體排放趨勢	143
圖 4.4.1.1.1	臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產溫室氣體排放趨勢	145
圖 4.4.1.2.1	臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚生產溫室氣體排放量	147
圖 4.4.2.1	臺灣 1990 至 2012 年鐵合金生產溫室氣體排放趨勢	149

# 圖目錄

圖 4.4.4.1	臺灣 2002 至 2012 年鎂鑄造溫室氣體排放趨勢.....	151
圖 4.4.2.2	鎂鑄造排放統計 QA/QC 流程.....	152
圖 4.5.1	臺灣 1990 至 2012 年其他製程溫室氣體排放趨勢.....	153
圖 4.5.1.1	臺灣 1990 至 2012 年啤酒生產溫室氣體排放趨勢.....	154
圖 4.6.1	臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫生產溫室氣體排放趨勢.....	155
圖 4.6.1.1	臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 及副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 溫室氣體排放趨勢.....	157
圖 4.7.1	臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫使用溫室氣體排放趨勢.....	158
圖 4.7.1.1	臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用溫室氣體排放趨勢.....	160
圖 4.7.3.1	臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用溫室氣體排放趨勢.....	162
圖 4.7.6.1.1	臺灣 1990 至 2012 年積體電路或半導體溫室氣體排放趨勢.....	164
圖 4.7.6.1.2	積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程.....	165
圖 4.7.6.2.1	臺灣 1990 至 2012 年 TFT 平面顯示器溫室氣體排放趨勢.....	167
圖 4.7.6.2.2	積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程.....	168
圖 4.7.6.3.1	臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體溫室氣體排放趨勢.....	169
圖 4.7.6.3.2	積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程.....	170
圖 5.1.1	臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放趨勢.....	176
圖 5.1.2	臺灣 2012 年農業部門溫室氣體各排放源占比.....	176
圖 6.1.1	臺灣 1990 至 2012 年林業部門吸收與排放之二氧化碳趨勢.....	209
圖 6.1.2	臺灣 2012 年林業部門碳匯與損失之占比.....	210
圖 7.1.1	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放趨勢.....	228
圖 7.1.2	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門各類溫室氣體排放趨勢.....	228
圖 7.2.1.1	臺灣 1990 至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放趨勢.....	233
圖 7.2.1.2	臺灣各縣市垃圾可分解碳成分 (DOC) 之分布.....	235
圖 7.2.1.3	臺灣各縣市垃圾甲烷轉化率 (MCF) 之分布.....	235
圖 7.2.2.1	臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放趨勢.....	240
圖 7.3.1.1	臺灣 1990 年至 2012 年工業廢水產生甲烷排放趨勢.....	248
圖 7.3.2.1	臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生甲烷排放趨勢.....	256
圖 7.3.2.2	臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生氧化亞氮排放趨勢.....	257
圖 7.4.1	發電焚化量近年變化趨勢.....	261
圖 7.4.2	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放趨勢.....	265
圖 7.4.3	臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放趨勢.....	265
圖 7.5.1	臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生甲烷排放趨勢.....	270
圖 7.5.2	臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生氧化亞氮排放趨勢.....	270



# 執行摘要

---

ES.1 國家溫室氣體清冊背景資訊

ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要

ES.3 排放源及吸收匯分類之排放估算與趨勢總覽

ES.4 其他資訊



## 執行摘要

### ES.1 國家溫室氣體清冊背景資訊

依據聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）第 4 條及第 12 條與京都議定書第 7 條規範，締約方有義務提交有關因應氣候變化相關進展之資訊，供 UNFCCC 締約方會議檢視，其中國家清冊報告（National Inventory Report, NIR）即為 UNFCCC<sup>[1]</sup> 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、重新計算情況等的一份國家報告。而針對非附一國家（開發中國家）則採取鼓勵方式，但目前尚未有非附件一國家自願提交完整的 NIR 報告。中華民國（臺灣，以下簡稱臺灣）雖然不是 UNFCCC 締約方，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，於是，首次於 2014 年撰寫 NIR 報告，展現臺灣控制溫室氣體排放及吸收的成效。

臺灣自 1998 年迄今積極準備溫室氣體清冊，依據聯合國氣候變化政府間專家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 1997 年出版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）<sup>[2]</sup>，並參考 IPCC 於 2000 年及 2003 年提出更新補充之「良好作法指南（Good Practice Guidance）及不確定性管理（Uncertainty Management）」<sup>[3,4]</sup> 編製國家溫室氣體清冊，迄今已經完成 1990 至 2012 年溫室氣體清冊資料庫之建置，主要的目的在於彙整溫室氣體清冊統計概況，說明臺灣溫室氣體排放趨勢，除了有利於未來溫室氣體統計工作的持續進行外，並能藉此向國內外各界介紹臺灣溫室氣體統計工作概況，期能獲得各方建議，不斷提昇國家溫室氣體清冊的品質。

### ES.2 國家排放量與移除量趨勢摘要

臺灣總溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）排放量自 1990 年 136,681 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳移除量），上升至 2012 年 270,682 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳移除量），排放量增加 98.04%，年平均成長率為 3.15%，而 2012 年較 2011 年減少 2.03%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 117,849 千公噸二氧化碳當量，上升至 2012 年 251,553

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

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

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

4 IPCC, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry in the Preparation of National Greenhouse Gas Inventories under the Convention, 2003.

千公噸二氧化碳當量，排放量增加 113.45%，年平均成長率為 3.51%，而 2012 年較 2011 年減少 2.19%，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，2012 年二氧化碳為臺灣所排放溫室氣體中最大宗，其次為氧化亞氮，再其次為含氟溫室氣體；在 1990 至 2012 年間，二氧化碳排放量成長 116.65%，年平均成長率為 3.58%；甲烷排放量減少 76.52%，年平均成長率為 -6.37%，呈現負成長；氧化亞氮排放量增加 2.37%，年平均成長率為 0.11%，資料如表 ES2.1 所示。

二氧化碳排放源係來自於能源部門、工業製程部門和廢棄物部門，如表 ES2.2 所示。

1990 年二氧化碳排放量為 120,206 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 260,431 千公噸二氧化碳當量，增加 116.65%，平均成長率為 3.58%；其中 2012 年能源部門占 93.49%、工業製程部門占 6.49% 與廢棄物部門占 0.01%。2012 年較 2011 年排放量減少 1.84%，主要為能源部門減少 1.88%、工業製程部門減少 1.06% 與廢棄物部門減少 49.53%。

甲烷排放來源則來自於農業部門、廢棄物部門、能源部門與工業製程部門，如表 ES2.3 所示。1990 年甲烷排放量為 12,455 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 2,924 千公噸二氧化碳當量，減少 76.52%，平均成長率為 -6.37%，

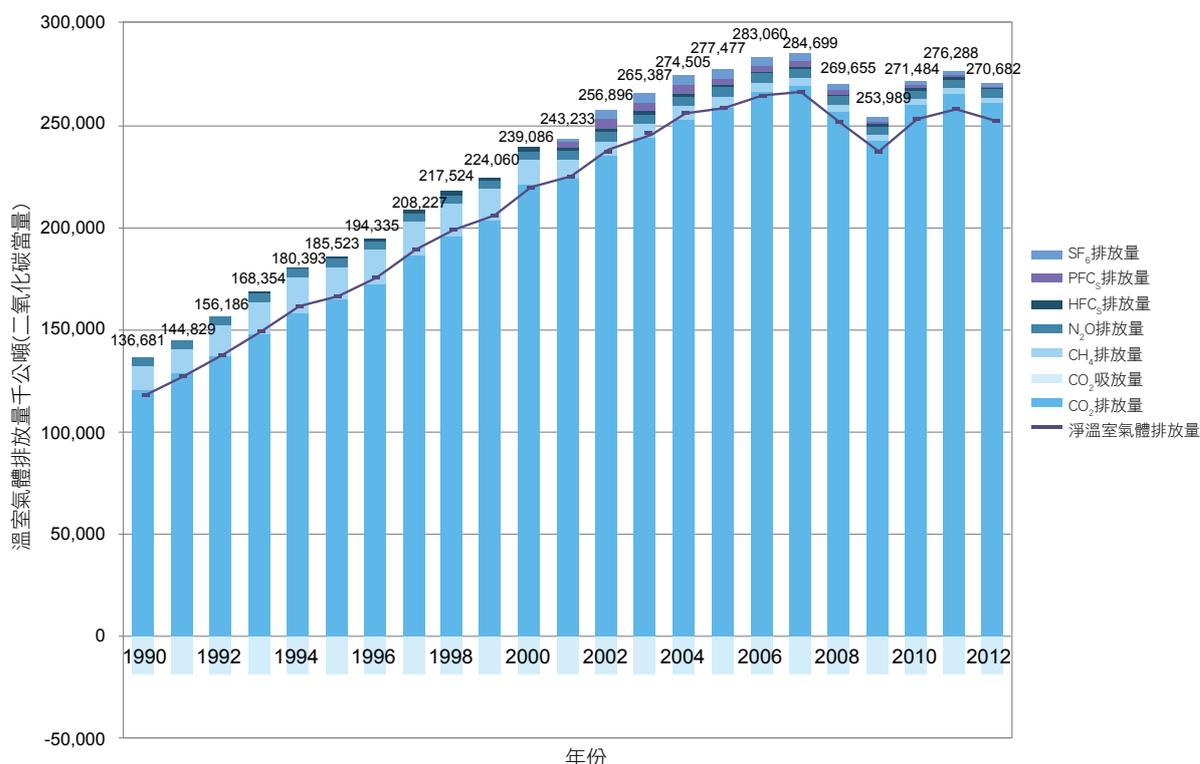


圖 ES2.1 臺灣 1990 至 2012 年總溫室氣體排放量趨勢

表 ES2.1 臺灣 1990 至 2012 年各類溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 吸收量	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	淨 GHG	總 GHG
1990	120,206	-18,832	12,455	4,021	NE	NE	NE	117,849	136,681
1991	128,985	-17,372	11,750	4,095	NE	NE	NE	127,457	144,829
1992	137,107	-19,008	15,050	4,029	NE	NE	NE	137,178	156,186
1993	147,836	-19,107	15,697	4,223	597	NE	NE	149,247	168,354
1994	158,019	-19,162	17,566	4,132	676	NE	NE	161,231	180,393
1995	165,010	-19,187	15,666	4,213	634	NE	NE	166,336	185,523
1996	172,661	-19,041	16,322	4,320	1,032	NE	NE	175,294	194,335
1997	186,658	-19,217	16,344	4,057	1,168	NE	NE	189,010	208,227
1998	195,845	-19,217	16,077	3,955	1,647	NE	NE	198,307	217,524
1999	203,545	-19,220	15,328	3,915	1,272	NE	NE	204,840	224,060
2000	221,649	-19,275	11,315	4,289	1,833	NE	NE	219,811	239,086
2001	224,123	-18,692	8,893	4,451	2,081	2,939	746	224,541	243,233
2002	235,258	-19,455	6,880	4,518	2,174	4,143	3,914	237,431	256,886
2003	244,384	-19,499	6,047	4,382	1,991	4,198	4,385	245,888	265,387
2004	252,430	-18,905	5,819	4,601	2,093	4,341	5,193	255,572	274,477
2005	258,802	-18,843	4,940	4,469	1,070	3,070	4,683	258,191	277,034
2006	266,179	-18,938	4,511	4,529	987	3,264	3,590	264,122	283,060
2007	269,095	-18,920	3,921	4,543	1,093	2,933	3,114	265,779	284,699
2008	256,733	-19,015	3,248	4,301	1,046	1,682	2,644	250,640	269,655
2009	242,385	-17,218	3,065	4,272	982	1,143	2,142	236,771	253,989
2010	259,935	-18,923	3,019	4,320	934	1,354	1,922	252,561	271,484
2011	265,303	-19,103	2,955	4,137	1,129	1,240	1,525	257,185	276,288
2012	260,431	-19,129	2,924	4,116	997	725	1,490	251,553	270,682

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 2012 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	107,550	116,275	123,727	132,754	140,487	147,835	155,330	167,221	177,688	186,749	205,339	208,951
I.A.1. 能源工業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330	99,730	105,983	121,041	125,268
I.A.2. 製造工業與營建	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934	36,576	37,805	40,578	39,665
I.A.3. 運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226	31,521	32,439	32,870	32,909
I.A.4. 其他	10,478	10,375	10,019	9,446	10,114	9,738	10,645	9,731	9,861	10,521	10,849	11,108
I.A.4.a 商業 (服務業)	3,580	3,488	2,953	2,464	2,984	2,418	3,142	2,457	2,916	3,121	3,187	3,526
I.A.4.b 住宅	3,983	4,215	4,422	4,335	4,437	4,573	4,728	4,825	4,925	5,381	5,326	5,153
I.A.4.c 農林漁牧	2,916	2,672	2,645	2,647	2,693	2,748	2,775	2,449	2,020	2,019	2,337	2,429
2. 工業製程部門	12,645	12,706	13,343	15,050	17,464	16,975	17,106	19,391	18,087	16,761	16,205	14,790
5. 土地利用變化及林業部門	-18,832	-17,372	-19,008	-19,107	-19,162	-19,187	-19,041	-19,217	-19,217	-19,220	-19,275	-18,692
6. 廢棄物部門	11	4	36	32	69	200	225	47	70	36	105	382
淨 CO <sub>2</sub> 排放量	101,374	111,613	118,098	128,729	138,857	145,823	153,620	167,441	176,628	184,325	202,374	205,431
總 CO <sub>2</sub> 排放量	120,206	128,985	137,107	147,836	158,019	165,010	172,661	186,658	195,845	203,545	221,649	224,123
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	216,725	226,110	233,928	240,590	247,214	250,903	239,841	227,737	243,246	248,142	243,484	
I.A.1. 能源工業	129,268	139,679	145,510	152,637	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
I.A.2. 製造工業與營建	42,296	40,727	40,978	39,693	40,877	42,670	39,380	36,649	40,456	41,634	40,104	
I.A.3. 運輸	34,191	34,159	35,496	36,471	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
I.A.4. 其他	10,969	11,545	11,943	11,789	10,669	10,086	10,308	9,925	9,809	9,641	9,698	
I.A.4.a 商業 (服務業)	3,457	3,920	4,077	4,193	4,208	4,153	4,163	4,188	4,166	3,926	3,923	
I.A.4.b 住宅	5,079	4,843	4,920	4,996	4,831	4,853	4,794	4,750	4,712	4,788	4,745	
I.A.4.c 農林漁牧	2,433	2,782	2,946	2,599	1,629	1,079	1,351	988	931	927	1,030	
2. 工業製程部門	18,124	17,979	18,223	18,020	18,716	17,892	16,656	14,559	16,575	17,094	16,914	
5. 土地利用變化及林業部門	-19,455	-19,499	-18,905	-18,843	-18,938	-18,920	-19,015	-17,218	-18,923	-19,103	-19,129	
6. 廢棄物部門	409	294	280	192	249	300	236	89	114	67	34	
淨 CO <sub>2</sub> 排放量	215,803	224,885	233,525	239,959	247,241	250,175	237,718	225,167	241,012	246,200	241,302	
總 CO <sub>2</sub> 排放量	235,258	244,384	252,430	258,802	266,179	269,095	256,733	242,385	259,935	265,303	260,431	

表 ES2.3 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	143	153	164	174	186	196	203	211	223	237	248	250
2. 工業製程部門	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	40
4. 農業部門	1,567	1,601	1,550	1,573	1,547	1,578	1,564	1,467	1,383	1,400	1,379	1,331
4.A. 牲畜腸胃道發酵	576	628	633	666	677	706	705	630	581	598	596	568
4.B. 畜牧糞尿處理	173	199	196	202	207	217	223	184	161	172	176	169
4.C. 水稻田種植	806	763	710	693	651	644	625	642	631	620	590	579
4.F. 作物殘體燃燒	12	12	11	12	11	11	10	11	10	10	17	15
6. 廢棄物部門	10,726	9,979	13,319	13,932	15,810	13,865	14,526	14,637	14,443	13,660	9,656	7,273
6.A. 垃圾掩埋場	9,456	8,573	11,875	12,520	14,376	12,399	12,998	13,130	12,984	12,263	8,322	5,946
6.B. 廢水處理	1,261	1,405	1,444	1,412	1,434	1,466	1,527	1,506	1,460	1,396	1,334	1,327
6.D. 其他	10	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
總計	12,455	11,750	15,050	15,697	17,566	15,666	16,322	16,344	16,077	15,328	11,315	8,893
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	254	266	277	281	282	281	271	263	271	273	271	
2. 工業製程部門	40	41	41	43	38	46	41	39	45	41	38	
4. 農業部門	1,258	1,185	1,122	1,177	1,161	1,138	1,103	1,088	1,083	1,106	1,104	
4.A. 牲畜腸胃道發酵	548	539	528	535	527	523	502	491	498	507	501	
4.B. 畜牧糞尿處理	163	161	162	164	163	155	151	147	148	151	144	
4.C. 水稻田種植	535	477	424	471	463	456	444	446	432	442	453	
4.F. 作物殘體燃燒	12	9	7	8	8	4	6	5	5	5	5	
6. 廢棄物部門	5,327	4,555	4,380	3,440	3,031	2,456	1,832	1,674	1,621	1,535	1,511	
6.A. 垃圾掩埋場	4,004	3,149	3,043	2,061	1,669	999	433	290	304	215	143	
6.B. 廢水處理	1,323	1,404	1,332	1,370	1,352	1,445	1,385	1,369	1,300	1,298	1,347	
6.D. 其他	0	2	6	8	9	12	14	15	18	22	20	
總計	6,880	6,047	5,819	4,940	4,511	3,921	3,248	3,065	3,019	2,955	2,924	

2012年較2011年排放量減少1.04%；其中2012年甲烷排放量以廢棄物部門占51.69%最多、農業部門占37.77%、能源部門占9.26%、與工業製程部門占1.29%。

氧化亞氮排放來源為農業部門，而廢棄物部門、工業製程部門與能源部門也有少量排放，如表ES2.4所示。1990年氧化亞氮排放量為4,021千公噸二氧化碳當量，2012年為4,116千公噸二氧化碳當量，增加2.37%，平

均成長率為-0.11%；其中2012年臺灣氧化亞氮排放量以農業部門占64.61%、能源部門占20.23%、廢棄物部門占9.96%與工業製程部門占5.20%。2012年較2011年排放量減少0.50%，工業製程部門減少14.20%（降幅最大）、廢棄物部門減少2.43%、能源部門減少1.68%，而農業部門則增加1.50%。

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

表 ES2.4 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	315	340	378	505	430	451	488	525	561	600	679	702
2. 工業製程部門	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	269
4. 農業部門	3,167	3,216	3,112	3,156	3,148	3,139	3,193	2,892	2,780	2,751	3,085	3,027
4.B. 畜牧糞尿處理	50	52	54	56	62	64	70	73	74	75	76	73
4.D. 農業土壤	3,113	3,160	3,054	3,096	3,083	3,072	3,120	2,816	2,702	2,672	3,003	2,948
4.F. 作物殘體燃燒	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	6	5
6. 廢棄物部門	356	343	364	380	386	429	434	411	395	401	410	453
總計	4,021	4,095	4,029	4,223	4,132	4,213	4,320	4,057	3,955	3,915	4,289	4,451
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	735	786	815	840	869	893	856	816	839	847	833	
2. 工業製程部門	297	299	303	318	299	345	319	295	347	249	214	
4. 農業部門	3,029	2,839	3,037	2,851	2,897	2,830	2,704	2,758	2,716	2,620	2,660	
4.B. 畜牧糞尿處理	73	74	72	74	75	74	75	74	73	74	74	
4.D. 農業土壤	2,951	2,762	2,963	2,774	2,819	2,755	2,627	2,683	2,641	2,545	2,584	
4.F. 作物殘體燃燒	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
6. 廢棄物部門	457	459	445	459	464	475	423	403	418	420	410	
總計	4,518	4,382	4,601	4,469	4,529	4,543	4,301	4,272	4,320	4,137	4,116	

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 597 千公噸二氧化碳當量，增加至 2012 年 3,211 千公噸二氧化碳當量；全氟碳化物（Perfluorocarbons, PFCs）自 2001 年的 2,939 千公噸二氧化碳當量，2012 年減少至 725 千公噸二氧化碳當量；而六氟化硫（SF<sub>6</sub>）則自 2001 年 746 千公噸二氧化碳當量，於 2012 年增至 1,490 千公噸二氧化碳當量。就整體含氟溫室氣體排放量而言，自 2001 年 5,766 千公噸二氧化碳當量（約占當年總溫室氣體排放量的 2.37%），減少至 2012 年的 3,211 千公噸二氧化碳當量（約占當年總溫室氣體排放量的 1.19%），排放量減少 44.31%。

### 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，2012 年能源部門溫室氣體排放量約占總排放量（不計土地利用及林業吸收量）的 90.36%，工業製程部門占 7.53%，農業部門占 1.39%，廢棄物部門占 0.72%。臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 ES3.1 與表 ES3.1 所示。在 1990 至 2012 年間，能源部門溫室氣體排放量增加 126.45%，年平均成長率為 3.79%；工業製程部門增加 58.61%，年平均成長率 2.12%；農業部門減少 20.49%，年平均成長率為 -1.04%；廢棄物部門減少 82.37%，年平均成長率為 -7.59%；

表 ES2.5 臺灣 1993 至 2012 年含氟氣體排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
HFCs 總排放量	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,081	2,174	1,991	2,093
PFCs 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2,939	4,143	4,198	4,341
SF <sub>6</sub> 總排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	746	3,914	4,385	5,193
總計	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	5,766	10,231	10,574	11,626
年	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012				
HFCs 總排放量	1,070	987	1,093	1,046	982	934	1,129	997				
PFCs 總排放量	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,240	725				
SF <sub>6</sub> 總排放量	4,683	3,590	3,114	2,644	2,142	1,922	1,525	1,490				
總計	8,823	7,841	7,140	5,373	4,268	4,210	3,894	3,211				

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

而土地利用及林業部門溫室氣體吸收量增加 1.58%，年平均成長率為 0.07%。臺灣 2012 年總溫室氣體總排放量較 2011 年減少 2.03%，其中以能源部門減少 1.88%、工業製程部門減少 4.24%、農業部門增加 1.01% 與廢棄物部門減少 3.31%；另土地利用變化及林業部門的碳吸收量增加 0.14%。

1990 年能源部門溫室氣體排放為 108,008 千公噸二氧化碳當量，至 2012 年增加為 244,587 千公噸二氧化碳當量，成長 126.45%，年均成長為 3.79%，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 年再度下降，直至 2012 年

又再度下降。2012 年能源部門之溫室氣體總排放占臺灣溫室氣體總排放量的 90.36%，其中 1.A.「能源工業」為 160,185 公噸二氧化碳當量，占能源部門之總溫室氣體排放量 65.49%，2.A.「製造工業與營建」為 40,261 千公噸二氧化碳當量（占 16.46%），3.A.「運輸」為 34,397 千公噸二氧化碳當量（占 14.06%），4.A.「其他」為 9,743 千公噸二氧化碳當量（占 3.98%）。

2012 年工業製程部門溫室氣體排放量為 20,376 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 7.53%，如表 ES3.3 所示。其中 2.A.「礦業（非金屬製程）」9,110 千公噸

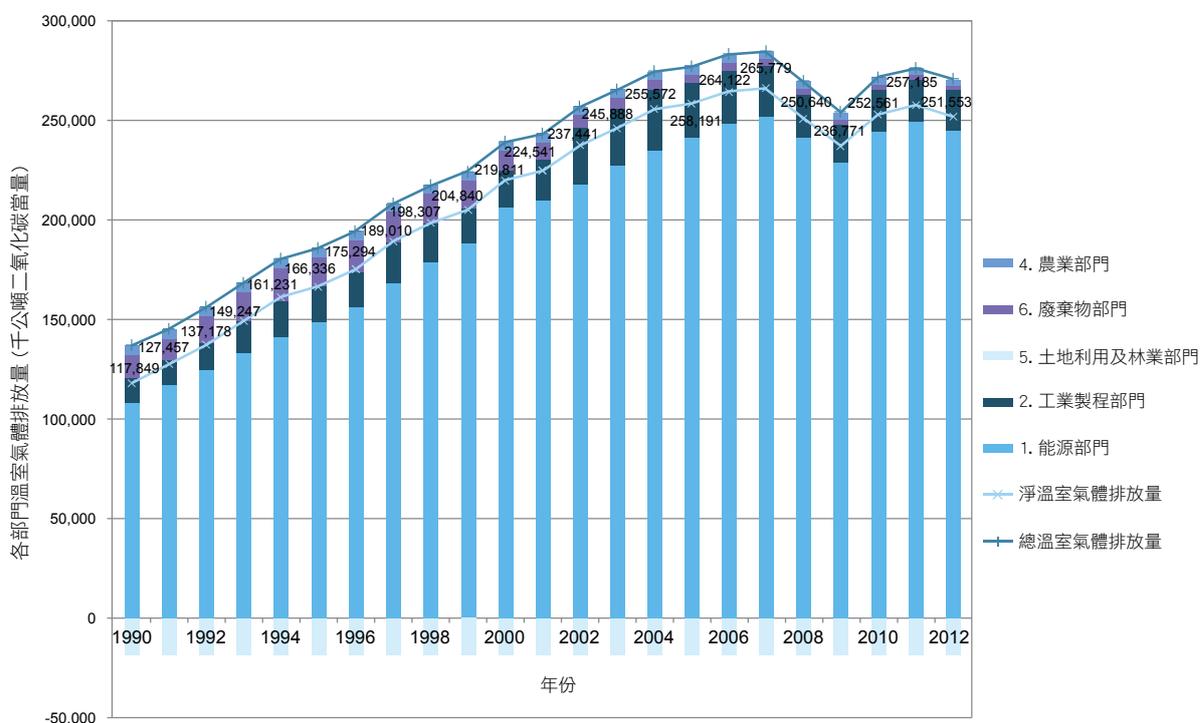


圖 ES3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量趨勢

二氧化碳當量占工業製程部門溫室氣體排放的 44.71%（比例最大），其次為 2.C.「金屬製程」7,890 千公噸二氧化碳當量（占 38.27%）、2.F.「鹵烴及六氟化硫的使用」3,211 千公噸二氧化碳當量（15.76%）及 2.B.「化學工業」256 千公噸二氧化碳當量（1.26%）。

2012 年農業部門溫室氣體排放量為 3,764 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總

排放量的 1.39%，與 1990 年相比較減少約 20.49%，年平均成長率為 -1.04%，如表 ES3.4 所示。2012 年農業部門溫室氣體排放較 2011 年增加約 1.01%，其中 4.D.「農耕土壤」氧化亞氮占 68.66%（比例最大）、4.A.「牲畜腸胃道發酵」甲烷占 13.32%、4.C.「水稻田排放」甲烷占 12.04%、4.B.「畜牧糞尿處理」甲烷占 3.84%、4.B.「畜牧糞尿處理」氧化亞氮占

表 ES3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	108,008	116,768	124,269	133,434	141,103	148,483	156,022	167,956	178,472	187,586	206,266	209,903
2. 工業製程部門	12,847	12,918	13,535	15,847	18,331	17,829	18,373	20,818	19,982	18,226	18,185	20,865
4. 農業部門	4,734	4,817	4,662	4,728	4,695	4,718	4,757	4,359	4,162	4,151	4,464	4,358
5. 土地利用及林業部門	-18,832	-17,372	-19,008	-19,107	-19,162	-19,187	-19,041	-19,217	-19,217	-19,220	-19,275	-18,692
6. 廢棄物部門	11,093	10,326	13,719	14,344	16,264	14,494	15,184	15,094	14,908	14,097	10,171	8,108
淨溫室氣體排放量 （計土地利用變化及 林業吸收量）	117,849	27,457	137,178	49,247	161,231	166,336	175,294	189,010	198,307	204,840	219,811	224,541
總溫室氣體排放量 （不計土地利用變化 及林業吸收量）	136,681	144,829	156,186	168,354	180,393	185,523	194,335	208,227	217,524	224,060	239,086	243,233
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	217,714	227,163	35,019	241,711	248,365	252,077	240,968	228,816	244,356	249,262	244,587	
2. 工業製程部門	28,692	28,892	30,193	27,204	26,893	25,424	22,389	19,161	21,176	21,279	20,376	
4. 農業部門	4,287	4,024	4,159	4,028	4,058	3,968	3,807	3,847	3,799	3,726	3,764	
5. 土地利用及林業部門	-19,455	-19,499	-18,905	-18,843	-18,938	-18,920	-19,015	-17,218	-18,923	-19,103	-19,129	
6. 廢棄物部門	6,193	5,308	5,105	4,091	3,744	3,230	2,490	2,166	2,153	2,022	1,955	
淨溫室氣體排放量 （計土地利用變化及 林業吸收量）	237,431	245,888	255,572	258,191	264,122	265,779	250,640	236,771	252,561	257,185	251,553	
總溫室氣體排放量 （不計土地利用變化 及林業吸收量）	256,886	265,387	274,477	277,034	283,060	284,699	269,655	253,989	271,484	276,288	270,682	

1.95%、4.F.「作物殘體燃燒」甲烷占 0.14% 及 4.F.「作物殘體燃燒」氧化亞氮占 0.05%。

土地利用與林業部門吸收之溫室氣體以二氧化碳為主，並以來自森林資源年生長所增加的碳量為主。臺灣 1990 至 2012 年土地利用與

林業部門溫室氣體排放量（主要為森林資源之二氧化碳吸收量）如表 ES3.5 所示，2012 年吸收量為 19,129 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年增加 26 千公噸二氧化碳當量（0.13%）。1990 至 2012 年二氧化碳吸收量增加約 1.58%，年平均成長率為 0.07%。

表 ES3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	107,550	116,275	123,727	132,754	140,487	147,835	155,330	167,221	177,688	186,749	205,339	208,951
I.A.1. 能源工業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330	99,730	105,983	121,041	125,268
I.A.2. 製造工業與營建	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934	36,576	37,805	40,578	39,665
I.A.3. 運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226	31,521	32,439	32,870	32,909
I.A.4. 其他	10,478	10,375	10,019	9,446	10,114	9,738	10,645	9,731	9,861	10,521	10,849	11,108
甲烷總排放量	143	153	164	174	186	196	203	211	223	237	248	250
I.A.1. 能源工業	26	26	25	23	25	24	26	24	25	27	28	28
I.A.2. 製造工業與營建	10	10	8	7	8	7	9	7	8	9	9	10
I.A.3. 運輸	12	13	13	13	13	13	14	14	14	16	16	15
I.A.4. 其他	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
氧化亞氮總排放量	315	340	378	505	430	451	488	525	561	600	679	702
I.A.1. 能源工業	25	25	24	22	24	23	25	23	23	25	25	26
I.A.2. 製造工業與營建	9	8	7	6	7	5	7	6	7	7	7	8
I.A.3. 運輸	9	10	10	10	10	10	11	11	11	13	12	12
I.A.4. 其他	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	6	6
能源部門總排放量	108,008	116,768	124,269	133,434	141,103	148,483	156,022	167,956	178,472	187,586	206,266	209,903
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	216,725	226,110	233,928	240,590	247,214	250,903	239,841	227,737	243,246	248,142	243,484	
I.A.1. 能源工業	129,268	139,679	145,510	152,637	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
I.A.2. 製造工業與營建	42,296	40,727	40,978	39,693	40,877	42,670	39,380	36,649	40,456	41,634	40,104	
I.A.3. 運輸	34,191	34,159	35,496	36,471	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
I.A.4. 其他	10,969	11,545	11,943	11,789	10,669	10,086	10,308	9,925	9,809	9,641	9,698	
甲烷總排放量	254	266	277	281	282	281	271	263	271	273	271	
I.A.1. 能源工業	28	29	30	30	28	27	27	26	26	25	25	
I.A.2. 製造工業與營建	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	
I.A.3. 運輸	15	14	14	14	14	14	14	14	13	14	13	
I.A.4. 其他	3	4	4	4	2	2	2	1	1	1	1	
氧化亞氮總排放量	735	786	815	840	869	893	856	816	839	847	833	
I.A.1. 能源工業	26	27	28	27	24	23	23	22	21	20	20	
I.A.2. 製造工業與營建	8	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	
I.A.3. 運輸	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	
I.A.4. 其他	6	7	7	7	4	3	3	2	2	2	3	
能源部門總排放量	217,714	227,163	235,019	241,711	248,365	252,077	240,968	228,816	244,356	249,262	244,587	

表 ES3.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	12,645	12,706	13,343	15,050	17,464	16,975	17,106	19,391	18,087	16,761	16,205	14,790
2.A. 礦業 (非金屬製程)	8,644	8,545	9,491	10,717	13,240	12,638	12,642	13,383	11,548	10,727	9,540	7,805
2.B. 化學工業	66	61	61	65	70	62	58	62	54	49	34	26
2.C. 金屬製程	3,933	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,630	6,957
2.D. 其他工業生產	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	40
2.B. 化學工業	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	35
2.C. 金屬製程	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4
氧化亞氮總排放量	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	269
2.B. 化學工業	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	183
2.C. 金屬製程	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	86
含氟化物總排放量	NE	NE	NE	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	5,766
2.E 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的製造	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030
2.F 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,736
工業製程部門總排放量	12,847	12,918	13,535	15,847	18,331	17,829	18,373	20,818	19,982	18,226	18,185	20,865
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	18,124	17,979	18,223	18,020	18,716	17,892	16,656	14,559	16,575	17,094	16,914	
2.A. 礦業 (非金屬製程)	10,709	10,519	10,963	11,577	11,270	10,208	9,209	8,316	8,340	9,528	9,110	
2.B. 化學工業	26	14	NO	3	4	5	4	4	4	4	4	
2.C. 金屬製程	7,387	7,445	7,258	6,438	7,440	7,677	7,442	6,237	8,230	7,561	7,798	
2.D. 其他工業生產	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
甲烷總排放量	40	41	41	43	38	46	41	39	45	41	38	
2.B. 化學工業	35	36	36	38	37	42	37	36	39	40	38	
2.C. 金屬製程	5	5	5	4	1	5	5	4	5	1	IE	
氧化亞氮總排放量	297	299	303	318	299	345	319	295	347	249	214	
2.B. 化學工業	207	207	212	232	208	239	217	210	227	224	214	
2.C. 金屬製程	90	92	92	86	91	107	101	85	119	25	IE	
含氟化物總排放量	10,231	10,574	11,626	8,823	7,841	7,140	5,373	4,268	4,210	3,894	3,211	
2.E 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的製造	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.F 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的使用	8,526	9,043	10,275	8,823	7,841	7,140	5,373	4,268	4,210	3,894	3,211	
工業製程部門總排放量	28,692	28,892	30,193	27,204	26,893	25,424	22,389	19,161	21,176	21,279	20,376	

說明：IE (列於他處)，指溫室氣體源排放和匯清除量已作估計，列在 2.C. 金屬製程二氧化碳排放量

NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

NO (未發生)，表示臺灣無生產或使用，如停產。

2012年廢棄物部門溫室氣體排放量為1,955千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的0.72%（如表ES3.6所示），與1990年相比較減少約82.37%，年平均成長率減少7.59%。2012年廢棄物部門排放中，以6.B.「廢水處理」氧化亞氮占68.91%的比例最大，其次為6.B.「廢水處理」二氧化氮占19.34%。

## ES.4 其他資訊

根據2011年之「聯合國氣候變化綱要公約第17次締約國大會暨京都議定書第7次締約國會議 (UNFCCC COP 17/CMP 7)」所簽訂之德班協議，規範附件一國家需提交「國家清冊報告」(National Inventory Report)、  
「二年期報告」(Biennial Report)、  
「國家通訊」

表 ES3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
甲烷總排放量	1,567	1,601	1,550	1,573	1,547	1,578	1,564	1,467	1,383	1,400	1,379	1,331
4A. 牲畜腸胃道發酵	576	628	633	666	677	706	705	630	581	598	596	568
4B. 畜牧糞尿處理	173	199	196	202	207	217	223	184	161	172	176	169
4C. 水稻種植	806	763	710	693	651	644	625	642	631	620	590	579
4F. 作物殘體燃燒	12	12	11	12	11	11	10	11	10	10	17	15
氧化亞氮總排放量	3,167	3,216	3,112	3,156	3,148	3,139	3,193	2,892	2,780	2,751	3,085	3,027
4.B. 畜牧糞尿處理	50	52	54	56	62	64	70	73	74	75	76	73
4.D. 農業土壤	3,113	3,160	3,054	3,096	3,083	3,072	3,120	2,816	2,702	2,672	3,003	2,948
4.F. 作物殘體燃燒	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	6	5
農業部門總排放量	4,734	4,817	4,662	4,728	4,695	4,718	4,757	4,359	4,162	4,151	4,464	4,358
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
甲烷總排放量	1,258	1,185	1,122	1,177	1,161	1,138	1,103	1,088	1,083	1,106	1,104	
4A. 牲畜腸胃道發酵	548	539	528	535	527	523	502	491	498	507	501	
4B. 畜牧糞尿處理	163	161	162	164	163	155	151	147	148	151	144	
4C. 水稻種植	535	477	424	471	463	456	444	446	432	442	453	
4F. 作物殘體燃燒	12	9	7	8	8	4	6	5	5	5	5	
氧化亞氮總排放量	3,029	2,839	3,037	2,851	2,897	2,830	2,704	2,758	2,716	2,620	2,660	
4.B. 畜牧糞尿處理	73	74	72	74	75	74	75	74	73	74	74	
4.D. 農業土壤	2,951	2,762	2,963	2,774	2,819	2,755	2,627	2,683	2,641	2,545	2,584	
4.F. 作物殘體燃燒	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
農業部門總排放量	4,287	4,024	4,159	4,028	4,058	3,968	3,807	3,847	3,799	3,726	3,764	

表 ES3.5 臺灣 1990 至 2012 年森林資源之二氧化碳吸收量

年	$\Delta C_{G-TOTAL}$ (千公噸碳)	$\Delta C_{G-AFF}$ (千公噸碳)	$L_{WOOD-REMOVALS}$ (千公噸碳)	$L_{fuelwood}$ (千公噸碳)	$L_{disturbance}$ (千公噸碳)	$\Delta C$ (千公噸碳)	年度碳吸收量 變化(千公噸 二氧化碳當量)
1990	5,210	18.89	78.88	12.52	1.07	5,136	18,832
1991	5,210	16.41	51.84	7.35	428.74	4,738	17,372
1992	5,210	25.68	43.45	6.95	0.81	5,184	19,008
1993	5,210	35.47	27.77	2.72	3.26	5,211	19,107
1994	5,209	45.10	23.28	1.93	3.01	5,226	19,162
1995	5,208	54.63	23.20	5.35	1.13	5,233	19,187
1996	5,207	59.18	23.98	3.06	45.95	5,193	19,041
1997	5,206	71.61	16.92	3.58	16.55	5,241	19,217
1998	5,205	79.35	17.31	4.11	22.44	5,241	19,217
1999	5,205	96.82	18.35	3.15	37.77	5,242	19,220
2000	5,204	114.35	17.01	1.62	42.68	5,257	19,275
2001	5,203	117.34	14.65	2.37	204.73	5,098	18,692
2002	5,202	129.48	21.93	2.33	1.34	5,306	19,455
2003	5,200	152.15	28.64	5.76	0.34	5,318	19,499
2004	5,023	167.62	24.07	3.81	10.46	5,152	18,905
2005	5,006	174.04	22.96	2.36	30.85	5,124	18,843
2006	4,995	176.12	29.91	3.45	1.14	5,136	18,938
2007	4,989	181.46	29.56	3.67	13.22	5,124	18,920
2008	4,979	191.30	24.25	2.31	1.46	5,142	19,015
2009	4,978	194.67	27.48	1.16	505.47	4,639	17,218
2010	4,924	206.30	26.13	0.10	1.65	5,102	18,923
2011	4,922	203.47	19.19	0.24	0.43	5,106	19,103
2012	4,913	224.21	20.33	0.89	0.30	5,115	19,129

備註：

 $\Delta C = (\Delta C_{GTOTAL} + \Delta C_{GAFF}) - (L_{WOOD-REMOVALS} + L_{fuelwood} + L_{disturbance})$  $\Delta C_{G-TOTAL}$ ：森林資源碳量年平均碳量變化 $\Delta C_{G-AFF}$ ：因造林之年碳量變化 $L_{WOOD-REMOVALS}$ ：因商用木材採伐所引起的年碳貯存減少量 $L_{fuelwood}$ ：因薪材收穫所引起的年碳貯存減少量 $L_{disturbance}$ ：受干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量

表 ES3.6 臺灣 1990 至 2012 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	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	11	4.0	36	32	69	200	225	47	70	36	105	382
6.C. 廢棄物焚化	11	4.0	36	32	69	200	225	47	70	36	105	382
甲烷總排放量	10,726	9,979	13,319	13,932	15,810	13,865	14,526	14,637	14,443	13,660	9,656	7,273
6.A. 垃圾掩埋場	9,456	8,573	11,875	12,520	14,376	12,399	12,998	13,130	12,984	12,263	8,322	5,946
6.B. 廢水處理	1,261	1,405	1,444	1,412	1,434	1,466	1,527	1,506	1,460	1,396	1,334	1,327
6.D. 其他	10	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
氧化亞氮總排放量	356	343	364	380	386	429	434	411	395	401	410	453
6.B. 廢水處理	342	342	354	370	370	380	383	399	379	390	388	373
6.C. 廢棄物焚化	3	1	10	9	15	48	51	10	15	9	21	80
6.D. 其他	11	1	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
廢棄物部門總排放量	11,093	10,326	13,719	14,344	16,264	14,494	15,184	15,094	14,908	14,097	10,171	8,108
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	409	294	280	192	249	300	236	89	114	67	34	
6.C. 廢棄物焚化	409	294	280	192	249	300	236	89	114	67	34	
甲烷總排放量	5,3279	4,555	4,380	3,440	3,031	2,456	1,832	1,674	1,621	1,535	1,511	
6.A. 垃圾掩埋場	4,0049	3,149	3,043	2,061	1,669	999	433	290	304	215	143	
6.B. 廢水處理	1,323	1,404	1,332	1,370	1,352	1,445	1,385	1,369	1,300	1,298	1,347	
6.D. 其他	0	2	6	8	10	12	14	15	18	22	21	
氧化亞氮總排放量	457	459	445	459	465	475	423	403	418	420	410	
6.B. 廢水處理	387	393	378	377	373	383	353	364	370	377	378	
6.C. 廢棄物焚化	70	63	61	73	81	79	55	23	29	19	9	
6.D. 其他	0	2	6	9	11	14	15	17	19	24	23	
廢棄物部門總排放量	6,193	5,308	5,105	4,091	3,744	3,230	2,490	2,166	2,153	2,022	1,955	

備註：6.D. 其他指廢棄物部門處理其他活動所釋放出的溫室氣體，包括廢棄物生物處理。

(National Communication)，非附件一國家需提交「二年期更新報告」(Biennial Update Report)及「國家通訊」，這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體清冊之內容。目前臺灣已積極建置符合國情、部門分工、資料庫分層管理、確實可行之國家體系，除已經擬定國家溫室氣體清冊審議規範外，並成立審議委員會，審議溫室氣體清冊，與健全管理體系，以符合可量測、可報告與可查證機制(Measurement, Reporting, Verification, MRV)程序。此外，為配合 UNFCCC 自 2015 年起將使用 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)的規劃，我國已開始籌備以 2006 IPCC 指南為統計基礎、架構之國家溫室氣體清冊，並於 2013 年以 2006 IPCC 指南為基礎，規劃建置國家溫室氣體清冊電子化之登錄平台，同時由相關部會試用此登錄平台，線上提交國家溫室氣體統計資料，預計 2015 年度將與 UNFCCC 同步全面適(或採用) 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 (QUALITY ASSURANCE, QA) 及品質控制 (QUALITY CONTROL, QC) 計畫資訊
- 1.7 一般不確定性
- 1.8 完整性概要評估
- 1.9 溫室氣體關鍵排放源與趨勢分析

# 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 7 條規範，締約方有義務提交有關因應氣候變化相關進展之資訊，供 UNFCCC 締約方會議檢視，中華民國（臺灣，以下簡稱臺灣）雖然不是 UNFCCC 締約方，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家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 1997 年出版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）<sup>[1]</sup>，並參考 IPCC 於 2000 年提出更新補充之「良好作法指南（Good Practice Guidance）」及不確定性管理（Uncertainty Management）<sup>[2]</sup>（以下簡稱 2000 GPG），與 2003 年「土地利用、

土地利用變遷與林業良好作法指南」<sup>[3]</sup>（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，臺灣溫室氣體排放趨勢，將有利於溫室氣體統計工作的持續進行，並能藉此向國際或臺灣各界介紹我國溫室氣體統計工作，期能獲得各方建議，不斷提昇我國溫室氣體清冊的品質。

## 1.2 清冊準備之組織制度安排

臺灣溫室氣體清冊準備工作之負責部會為行政院環境保護署，由其溫室氣體減量管理室執行各部門溫室氣體排放與吸收統計彙整、更新、維護、及管理溫室氣體清冊資料庫；而負責相關活動數據的權責部會，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：工業製程部門溫室氣體排放統計。
3. 行政院農業委員會：農業部門及土地利用與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。

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

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

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

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。

### 1.3 清冊準備流程

臺灣國家溫室氣體清冊準備流程，如圖 1.3.1 所示。在活動數據統計部分主要由負責相關活動數據的權責部會，先進行清冊各部門的溫室氣體排放源及吸收匯的統計；執行溫室氣體清冊統計時，由各部門主動蒐集可靠的官方數據，資料來源包括行政院環境保護署、農業委員會，與經濟部能源局等相關部會，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排放數據。

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，最終由行政院環境保護署提報至行政院國家永續發展委員會，進行最後確認通過後，即為臺灣正式之溫室氣體清冊；其中行政院國家永續發展委員會為目前我國因應 UNFCCC 最高指導機關。

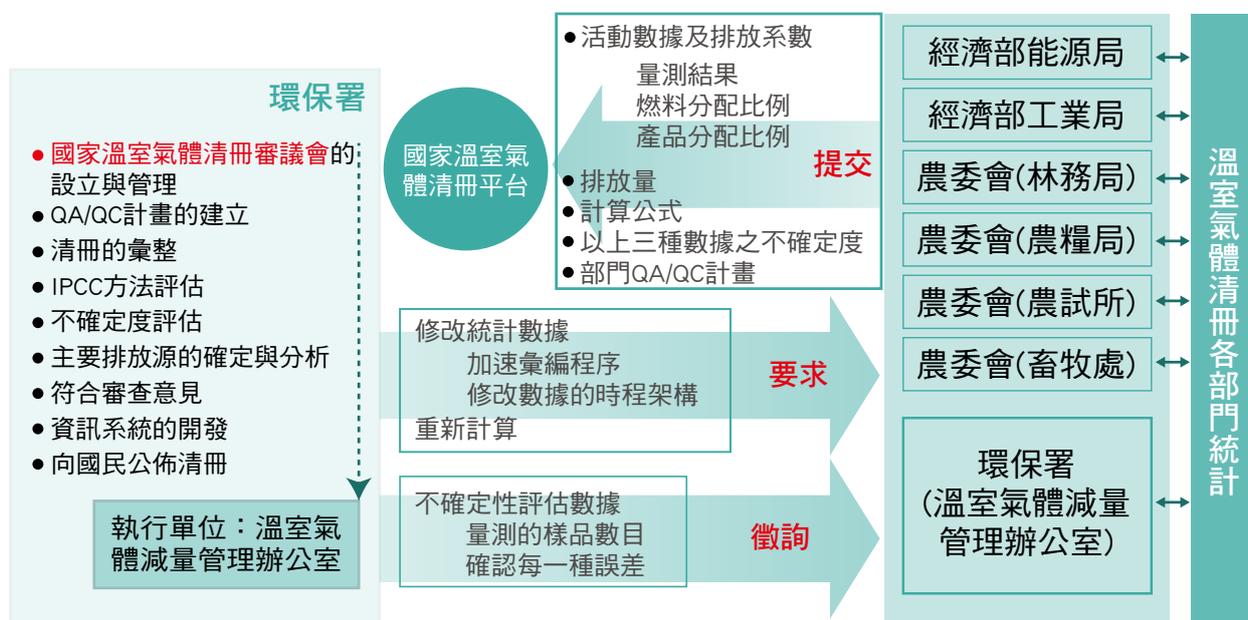


圖 1.3.1 臺灣國家溫室氣體清冊準備程序

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，完備各相關部會執行相關官方數據的統計與更新流程，期能持續改善溫室氣體清的統計數據品質。

## 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 1996 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。

### 1. 能源部門

能源部門分類及燃料分類係與 1996 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，方法一（Tier 1）為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，依 IPCC 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）則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；二氧化碳的計算方式係依據 1996 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。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 1996 IPCC 指南之預設值（Default Value）。

### 2. 工業製程部門

臺灣工業製程部門中各行業 / 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 年至 2012 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 1996 IPCC 指南之建議值。

#### 4. 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 1996 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 1996 IPCC 指南預設值。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掩埋處理、廢水、廢棄物焚化及其他廢棄物管理之活動數據，係來自政府官方統計的環境統計年報、沼氣回收資料焚化爐資料、水污染源管制資料管理系統、事業廢棄物管制資訊網、下水道普及率及糧食平衡表所產生之排放。

### 1.5 主要排放源

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

#### 1. 能源部門

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

#### 2. 工業製程部門

工業製程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。臺灣工業製程部門涉及範圍相當廣泛，包括非金屬製程、化學工業製程、金屬製程、其他製程、鹵烴（包括全氟碳化物與氫氟碳化物）及六氟化硫製造與使用，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，包括人類所飼養的牲畜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業土壤，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. 土地利用變化及林業部門

由於土地利用變化及林業活動所排放與移除的溫室氣體，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、廢耕地、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。

「枯有機質」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，亦不予以計算。

## 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 3~7 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

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"> <li>按照修訂版 1996 年 IPCC 指南方法與表格統計</li> <li>活動數據引用自政府官方統計數據，遵循官方流程</li> <li>部會專家諮詢，確認相關方法與數據</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>部會審議機制：執行同行專家審議</li> <li>部門清冊需經過政府程序後，方由各部會呈送給行政院環境保護署</li> </ul>	QA
國家溫室氣體清冊彙整階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>各部會數據及清冊報告由行政院環境保護署 (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</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>國家溫室氣體清冊審議會第一季審議：前一年國家清冊報告</li> </ul>	QA
	<ul style="list-style-type: none"> <li>國家溫室氣體清冊審議會第二季審議：改善計畫檢討</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>國家溫室氣體清冊審議會第三季審議：國家清冊數據審議</li> </ul>	QC
定稿與公布階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政院環境保護署為確保 NIR 內文的正確與一致性，特別規劃國家清冊校稿程序，用以執行 NIR 文字校稿工作</li> </ul>	QC
	<ul style="list-style-type: none"> <li>行政院環境保護署將國家溫室氣體清冊審議會定稿之國家溫室氣體清冊及其報告，上呈行政院永續會核定，並向國民公布</li> </ul>	QA

部門仍無法整合評估部門排放量及吸收匯的不確定性量化估計值，因此目前亦無法提供整體國家溫室氣體清冊之不確定性量化推估值亦無法提供。

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 2014 年國家溫室氣體清冊統計的範疇涵蓋 1996 IPCC 指南部門分類，包括能源部門、工業製程部門、農業部門、土地利用及林業部門、及廢棄物部門等，時間序列涵蓋 1990 至 2012 年，其中僅 1.B.「燃料逸散性排放」、4.E.「草原燃燒」及 5.D.「土壤對二氧化碳的釋放與吸收」等三項應統計而未統計之次部門分

類，估計此部分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。

## 1.9 溫室氣體關鍵排放源與趨勢分析

本排放清冊乃根據 IPCC 清冊良好作法指南之第一級方法以水準評估（Level Assessment）及趨勢評估（Trend Assessment）確定關鍵排放源（關鍵影響因子）。利用第一級方法分析 1990 年和 2012 年臺灣溫室氣體關鍵排放源，瞭解各種排放源對整體國家溫室氣體排放量的影響，結果如表 1.8.2 所示。2012 年的十七個排放源中，包括 1.A.1「能源工業」、1.A.2「製造工業與營建」、1.A.3「運輸」、2.A「礦業（非金屬製程）」、2.C「金屬製程」、1.A.4.b「住宅」等六項排放

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 2012 年	僅 1.B. 燃料逸散性排放未進行統計
2. 工業製程部門	1990 至 2012 年 (其中含氟氣體統計 1993 至 2012 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。	僅 2.E. 鹵烴及六氟化硫的生產 (1990 至 1992 年、2005 年至 2012 年) 及 2.F. 鹵烴及六氟化硫的使用未進行統計 (1990 至 2000 年)
4. 農業部門	1990 至 2012 年	僅 4.E. 草原燃燒未進行統計
5. 土地利用變化及林業部門	1990 至 2012 年	僅 5.D. 土壤對二氧化碳的釋放與吸收未進行統計
6. 廢棄物部門	1990 至 2012 年	無未統計之次部門

源累計排放量達 2012 年溫室氣體總排放量的 96.26%，其中四個排放源屬於能源部門燃料燃燒，而 2.A「礦業（非金屬製程）」、2.C「金屬製程」則屬於工業製程部門。由以上分析得知，臺灣前三大排放源皆是使用燃料燃燒所致，排放之溫室氣體種類以二氧化碳為主。

依據 1990 年及 2012 年溫室氣體排放量趨勢估計分析，影響此期間排放量變化的排放源依趨勢估計值百分比排序分別為：1.A.1「能源

工業」、1.A.2「製造工業與營建」、2.A「礦業（非金屬製程）」、1.A.4.c「農林漁牧」、1.A.3「運輸」、4.D「農業土壤」、1.A.4.a「商業（服務業）」、1.A.4.b「住宅」、2.F「鹵烴及 SF6 的使用」、6.B「廢水處理」、4.C「水稻種植」、4.A「牲畜腸胃道發酵」、2.B「化學工業」、2.C「金屬製程」。其中 4.D「農業土壤」、1.A.4.c「農林漁牧」、4.A「牲畜腸胃道發酵」、4.C「水稻種植」、2.B「化學工業」屬於排放量減

表 1.8.2 臺灣 2012 年溫室氣體清冊關鍵排放源分析

溫室氣體排放源匯類別	1990 年	2012 年	2012 年排放貢獻			關鍵源	
	GHG 排放量 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)		水平估計 (%)	累計水平估計 (%)	趨勢估計 (%)	水平估計	趨勢估計
1.A.1 能源工業	48,710	160,185	59.18	59.18	47.58	v	v
1.A.2 製造工業與營建	29,186	40,261	14.87	74.05	13.10	v	v
1.A.3 運輸	19,582	34,397	12.71	86.76	3.27	v	v
2.A 礦業 (非金屬製程)	8,644	9,110	3.37	90.13	5.98	v	v
2.C 金屬製程	3,933	7,890	2.91	93.04	0.08	v	v
1.A.4.b 住宅	4,004	4,768	1.76	94.80	2.36	v	v
1.A.4.a 商業 (服務業)	3,599	3,941	1.46	96.26	2.38		v
2.F 鹵烴及 SF6 的使用	NE	3,118	1.15	97.41	2.33		v
4.D 農業土壤	3,113	2,584	0.95	98.36	2.67		v
6.B 廢水處理	1,603	1,725	0.64	99.00	1.08		v
1.A.4.c 農林漁牧	2,927	1,034	0.38	99.38	3.56		v
4.A 牲畜腸胃道發酵	576	501	0.19	99.57	0.48		v
4.C 水稻種植	806	453	0.17	99.74	0.85		v
2.B 化學工業	268	256	0.09	99.83	0.20		v
4.B 畜牧糞尿處理	223	218	0.08	99.91	0.17		
6.A 垃圾掩埋場	9,456	143	0.05	99.96	13.88		
6.C 廢棄物焚化	14	43	0.02	99.98	0.01		
6.D 其他	20	43	0.02	100.00	0.00		
4.F 作物殘體燃燒	16	7	0.00	100.00	0.02		
2.D 其他工業生產	2	2	0.00	100.00	0.00		

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計

少之排放源；而 1.A.1「能源工業」、1.A.2「製造工業與營建」、2.A「礦業（非金屬製程）」、1.A.3「運輸」、1.A.4.a「商業（服務業）」、1.A.4.b「住宅」、2.F「鹵烴及SF<sub>6</sub>的使用」、6.B「廢水處理」、2.C「金屬製程」則為「增量」貢獻。

綜合水準評估分析及趨勢評估分析可知，臺灣最主要的關鍵排放源為 1.A.1「能源工業」、1.A.2「製造工業與營建」二項，均為燃料燃燒所導致的溫室氣體排放。

## 參考文獻

1. IPCC（1997）. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A.（Eds）. IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
2. IPCC（2000）. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. In Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K.（Eds）. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
3. IPCC（2003）. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. In Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F.（Eds）. IPCC/IGES, Hayama, Japan.





## 第二章 溫室氣體排放趨勢

---

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

## 第二章 溫室氣體排放趨勢

### 2.1 總溫室氣體排放趨勢的描述與解釋

#### 2.1.1 溫室氣體排放及移除

臺灣總溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 排放量自 1990 年 136,681 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，上升至 2012 年 270,682 千公噸二氧化碳當量 (不包括

二氧化碳移除量)，排放量增加 98.04%，年平均成長率為 3.15%，而 2012 年較 2011 年減少 2.03%。淨溫室氣體排放量自 1990 年 117,849 千公噸二氧化碳當量，上升至 2012 年 251,553 千公噸二氧化碳當量，排放量增加 113.45%，年平均成長率為 3.51%，而 2012 年較 2011 年減少 2.19%，詳如圖 2.1.1 及表 2.1.1 所示。

其中二氧化碳排放量為臺灣所排放溫室氣體中最大宗，其次為氧化亞氮，再其次為含氟溫室氣體。2012 年二氧化碳排放量為 260,431 千公噸二氧化碳當量 (不包括二氧化碳移除量)，占總溫室氣體排放量 96.21%，在 1990 至 2012 年間排放量成長 116.65%，年平均成長率為 3.58%；2012 年二氧化碳吸收量為 19,129

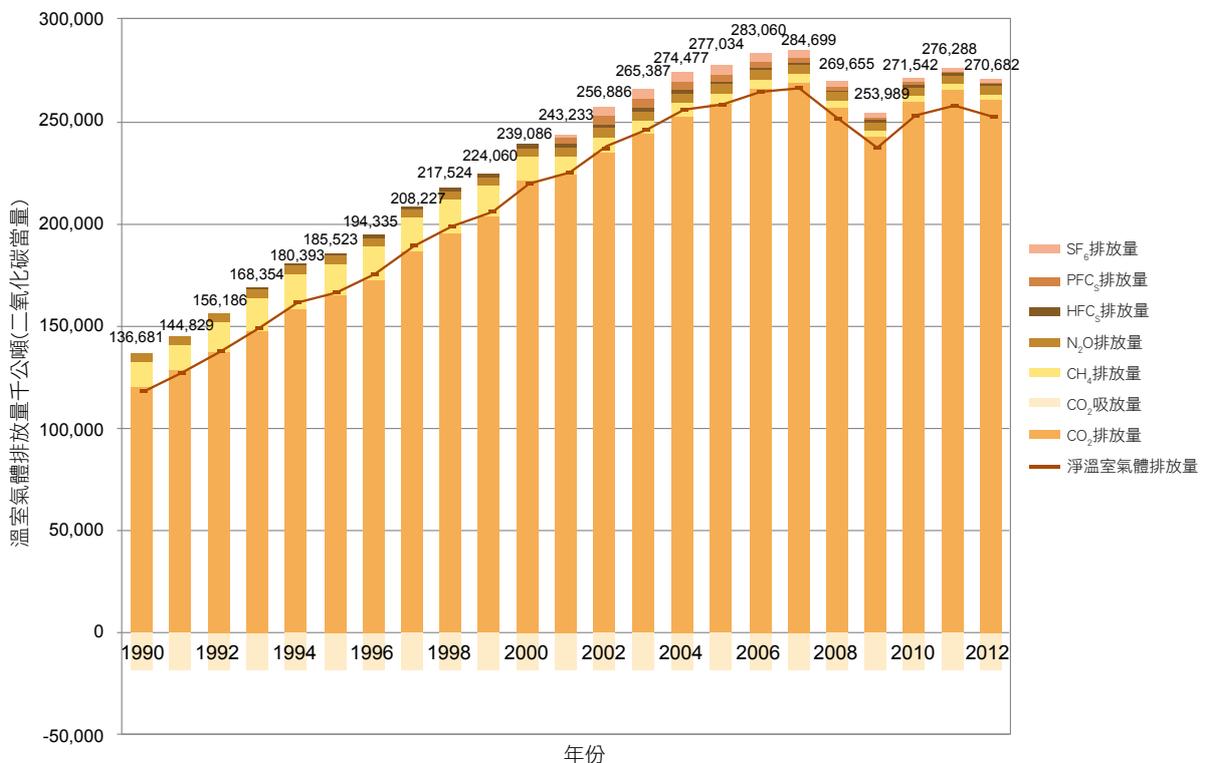


圖 2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年溫室氣體排放趨勢

表 2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年各類溫室氣體排放量趨勢

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 吸收量	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	淨 GHG	總 GHG
1990	120,206	-18,832	12,455	4,021	NE	NE	NE	117,849	136,681
1991	128,985	-17,372	11,750	4,095	NE	NE	NE	127,457	144,829
1992	137,107	-19,008	15,050	4,029	NE	NE	NE	137,178	156,186
1993	147,836	-19,107	15,697	4,223	597	NE	NE	149,247	168,354
1994	158,019	-19,162	17,566	4,132	676	NE	NE	161,231	180,393
1995	165,010	-19,187	15,666	4,213	634	NE	NE	166,336	185,523
1996	172,661	-19,041	16,322	4,320	1,032	NE	NE	175,294	194,335
1997	186,658	-19,217	16,344	4,057	1,168	NE	NE	189,010	208,227
1998	195,845	-19,217	16,077	3,955	1,647	NE	NE	198,307	217,524
1999	203,545	-19,220	15,328	3,915	1,272	NE	NE	204,840	224,060
2000	221,649	-19,275	11,315	4,289	1,833	NE	NE	219,811	239,086
2001	224,123	-18,692	8,893	4,451	2,081	2,939	746	224,541	243,233
2002	235,258	-19,455	6,880	4,518	2,174	4,143	3,914	237,431	256,886
2003	244,384	-19,499	6,047	4,382	1,991	4,198	4,385	245,888	265,387
2004	252,430	-18,905	5,819	4,601	2,093	4,341	5,193	255,572	274,477
2005	258,802	-18,843	4,940	4,469	1,070	3,070	4,683	258,191	277,034
2006	266,179	-18,938	4,511	4,529	987	3,264	3,590	264,122	283,060
2007	269,095	-18,920	3,921	4,543	1,093	2,933	3,114	265,779	284,699
2008	256,733	-19,015	3,248	4,301	1,046	1,682	2,644	250,640	269,655
2009	242,385	-17,218	3,065	4,272	982	1,143	2,142	236,771	253,989
2010	259,935	-18,923	3,019	4,320	934	1,354	1,922	252,561	271,484
2011	265,303	-19,103	2,955	4,137	1,129	1,240	1,525	257,185	276,288
2012	260,431	-19,129	2,924	4,116	997	725	1,490	251,553	270,682

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

千公噸二氧化碳當量，1990 至 2012 年間吸收量增加 1.58%，年平均成長率為 0.07%。2012 年氧化亞氮排放量為 4,116 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.52%，1990 至 2012 年間排放量增加 2.37%，年平均成長率為 0.11%。2012 年含氟溫室氣體排放量為 3,211 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.19%，自 1993 至 2012 年間增加 437.94%，年平均成長率為 9.26%。2012 年甲烷排放量為 2,924 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放量 1.08%，1990 至 2012 年間排放量減少 76.52%，年平均成長率為 -6.37%，呈現負成長。

### 2.1.2 人均二氧化碳排放

臺灣 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量為

243,484 千公噸二氧化碳當量（不包括二氧化碳移除量），占總溫室氣體排放量 93.49%。1990 年人均排放量約 5.27 公噸二氧化碳 / 人，2007 年 10.93 公噸二氧化碳 / 人，為歷年最高紀錄，2012 年降為 10.44 公噸二氧化碳 / 人，詳如圖 2.1.2 所示。1990 至 2012 年間人均排放量年平均成長率約為 3.16%，其中 2012 年較 2011 年減少 2.26%。

### 2.1.3 二氧化碳密集度

臺灣 1990 年二氧化碳排放密集度（即每單位實質生產毛額之二氧化碳排放）為 0.0202 公斤二氧化碳 / 元，2012 年為 0.0162 公斤二氧化碳 / 元，減少 19.92%。詳如圖 2.2.4 所示。

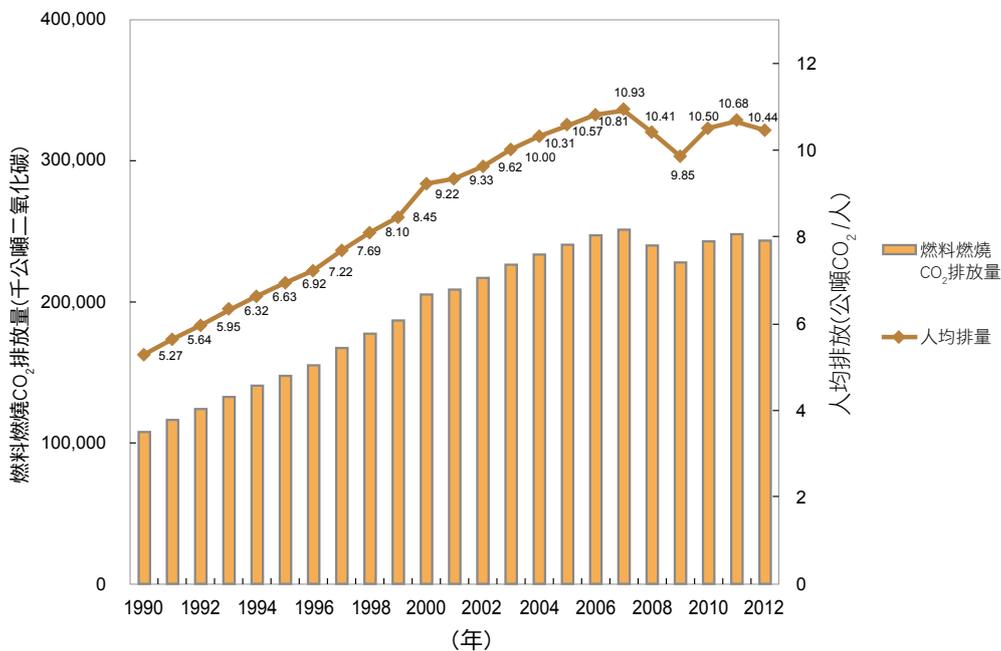


圖 2.1.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門燃料燃燒二氧化碳和人均排放趨勢

資料來源：人口資料來自行政院主計總處<sup>[1]</sup>

[1] 行政院主計總處網站。http://www.dgbas.gov.tw

## 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 2012 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 120,206 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 260,431 千公噸二氧化碳當量，增加 116.65%，平均成長率為 3.58%；其中 2012 年能源部門占 93.49%，包括能源工業為 61.26%、製造工業與營造為 15.40%、運輸為 13.11% 及其他為 3.72%，另工業製程部門

占 6.49% 及廢棄物部門占 0.01%。其中，以臺灣 2009 年二氧化碳排放量成長率 -5.59 為最大負成長，主要係為全球性金融風暴造成經濟衰退、我國油電價格合理調整後實質反應能源需求減緩現象、政府積極推動節能減碳相關政策措施。2012 年較 2011 年排放量減少 1.84%，主要為能源工業之氣體燃料供應業、發電廠、煤礦業與煉油廠、肥料製造業及水路運輸減少排放；土地利用變化與林業活動係二氧化碳的淨吸收匯，1990 年臺灣二氧化碳吸收量為 18,832 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 19,129 千公噸二氧化碳當量，增加 1.58%。

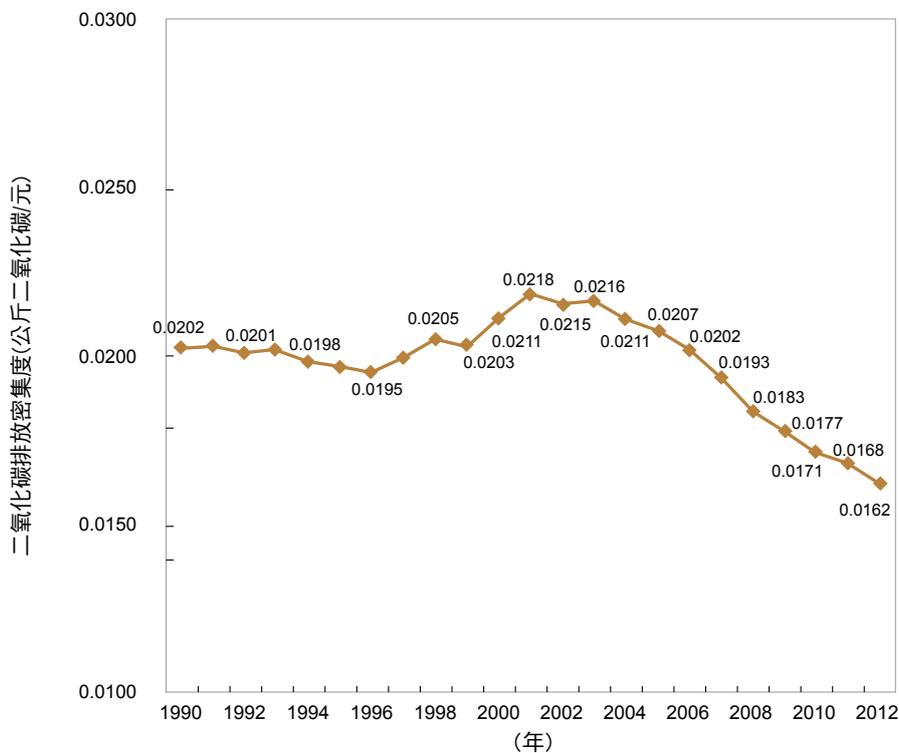


圖 2.1.3 臺灣 1990 至 2012 年二氧化碳排放密集度趨勢

資料來源：實質生產毛額資料來自行政院主計總處

### 2.2.2 甲烷

臺灣主要甲烷排放來源係來自於農業部門、廢棄物部門與能源部門。表 2.2.2 列有臺灣各部門 1990 至 2012 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 12,455 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 2,924 千公噸二氧化碳當量，減少 76.52%，平均成長率為 -6.37%。2012 年較 2011 年排放量減少 1.04%，其中 2012 年甲烷排放量以廢棄物部門占 51.68% 最多、農業部門占 37.77%、能源部門占 9.26%、工業製程部門占 1.29%。1990 至 2012 年間廢棄物部門減少 85.91%，為比例最大者，農業部門則減少 29.52%；其中廢棄物部門於 1999 至 2000 年間甲烷排放量減少 29.31%，主要是垃圾掩埋量大幅下降所致，直

到 2008 年垃圾掩埋量仍每年持續下降，使得 1990 至 2012 年垃圾掩埋場甲烷排放量平均成長率為 -17.34%，其主因與推動垃圾減量，以及推動廢棄物零掩埋、沼氣處理與鼓勵沼氣回收發電等政策有關。另外，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下降有關。

### 2.2.3 氧化亞氮

臺灣主要氧化亞氮排放來源為農業部門，而廢棄物部門、工業製程部門與能源部門也有少量排放。農業部門氧化亞氮排放係以農業土壤排放為主（約占 68.66%），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。2012 年臺灣氧化亞氮排放量約為 4,116 千公噸二氧化碳當量，其中農業部門排放

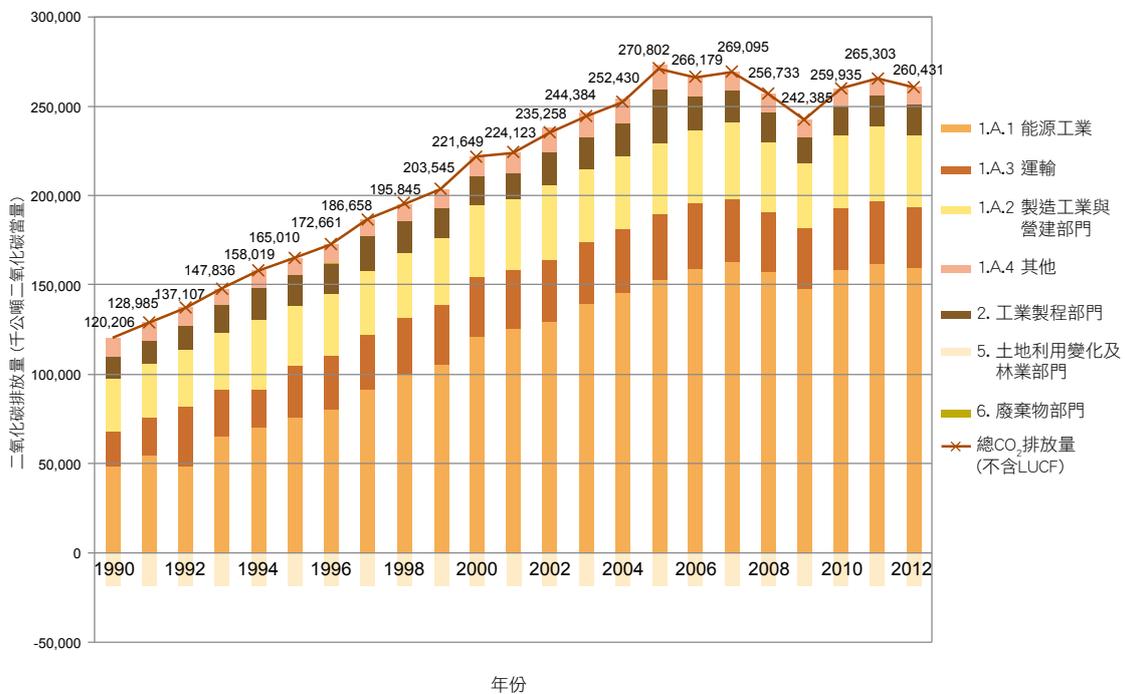


圖 2.2.1 臺灣 2001 至 2012 年二氧化碳排放量趨勢

表 2.2.1 臺灣 1990 至 2012 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	107,550	116,275	123,727	132,754	140,487	147,835	155,330	167,221	177,688	186,749	205,339	208,951
I.A.1. 能源工業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330	99,730	105,983	121,041	125,268
I.A.2. 製造工業與營建	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934	36,576	37,805	40,578	39,665
I.A.3. 運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226	31,521	32,439	32,870	32,909
I.A.4. 其他	10,478	10,375	10,019	9,446	10,114	9,738	10,645	9,731	9,861	10,521	10,849	11,108
I.A.4.a 商業 (服務業)	3,580	3,488	2,953	2,464	2,984	2,418	3,142	2,457	2,916	3,121	3,187	3,526
I.A.4.b 住宅	3,983	4,215	4,422	4,335	4,437	4,573	4,728	4,825	4,925	5,381	5,326	5,153
I.A.4.c 農林漁牧	2,916	2,672	2,645	2,647	2,693	2,748	2,775	2,449	2,020	2,019	2,337	2,429
2. 工業製程部門	12,645	12,706	13,343	15,050	17,464	16,975	17,106	19,391	18,087	16,761	16,205	14,790
5. 土地利用變化及林業部門	-18,832	-17,372	-19,008	-19,107	-19,162	-19,187	-19,041	-19,217	-19,217	-19,220	-19,275	-18,692
6. 廢棄物部門	11	4	36	32	69	200	225	47	70	36	105	382
淨 CO <sub>2</sub> 排放量	101,374	111,613	118,098	128,729	138,857	145,823	153,620	167,441	176,628	184,325	202,374	205,431
總 CO <sub>2</sub> 排放量	120,206	128,985	137,107	147,836	158,019	165,010	172,661	186,658	195,845	203,545	221,649	224,123
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	216,725	226,110	233,928	240,590	247,214	250,903	239,841	227,737	243,246	248,142	243,484	
I.A.1. 能源工業	129,268	139,679	145,510	152,637	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
I.A.2. 製造工業與營建	42,296	40,727	40,978	39,693	40,877	42,670	39,380	36,649	40,456	41,634	40,104	
I.A.3. 運輸	34,191	34,159	35,496	36,471	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
I.A.4. 其他	10,969	11,545	11,943	11,789	10,669	10,086	10,308	9,925	9,809	9,641	9,698	
I.A.4.a 商業 (服務業)	3,457	3,920	4,077	4,193	4,208	4,153	4,163	4,188	4,166	3,926	3,923	
I.A.4.b 住宅	5,079	4,843	4,920	4,996	4,831	4,853	4,794	4,750	4,712	4,788	4,745	
I.A.4.c 農林漁牧	2,433	2,782	2,946	2,599	1,629	1,079	1,351	988	931	927	1,030	
2. 工業製程部門	18,124	17,979	18,223	18,020	18,716	17,892	16,656	14,559	16,575	17,094	16,914	
5. 土地利用變化及林業部門	-19,455	-19,499	-18,905	-18,843	-18,938	-18,920	-19,015	-17,218	-18,923	-19,103	-19,129	
6. 廢棄物部門	409	294	280	192	249	300	236	89	114	67	34	
淨 CO <sub>2</sub> 排放量	215,803	224,885	233,525	239,959	247,241	250,175	237,718	225,167	241,012	246,200	241,302	
總 CO <sub>2</sub> 排放量	235,258	244,384	252,430	258,802	266,179	269,095	256,733	242,385	259,935	265,303	260,431	

約 2,660 千公噸二氧化碳當量（占 64.61%）、廢棄物部門排放約 410 千公噸二氧化碳當量（占 9.96%）、能源部門排放約 833 千公噸二氧化碳當量（占 20.23%）、工業製程部門排放約 214 千公噸二氧化碳當量（占 5.20%），詳如表 2.2.3 所示。臺灣 1990 至 2012 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 2012 年排放量增加 2.37%，平均成長率 0.11%，相同期間下，以農耕土壤排放量減少最多達 16.99%，平均成長率為 -0.84%，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量 2012 年為 997 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.37%，2012 年較 1993 增加 66.93%，2012

年較 2011 年減少 11.70%，其平均成長率為 2.73%，如圖 2.2.4 及表 2.2.4 所示。臺灣唯一生產氟氯烴廠商臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠在 2004 年關閉後，使得氫氟碳化物排放量自 2004 年 2,093 千公噸二氧化碳當量驟降至 2005 年 1,070 千公噸二氧化碳當量，2005 年起排放量平緩成長，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 2011 年氫氟碳化物排放量較 2010 年成長 20.51%。

### 2.2.5 全氟碳化物

2012 年臺灣全氟碳化物排放量為 725 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.27%，2012 年較 2001 減少 75.33%，其平均成長率為 -11.95%，如圖 2.2.5 及表 2.2.5 所示。

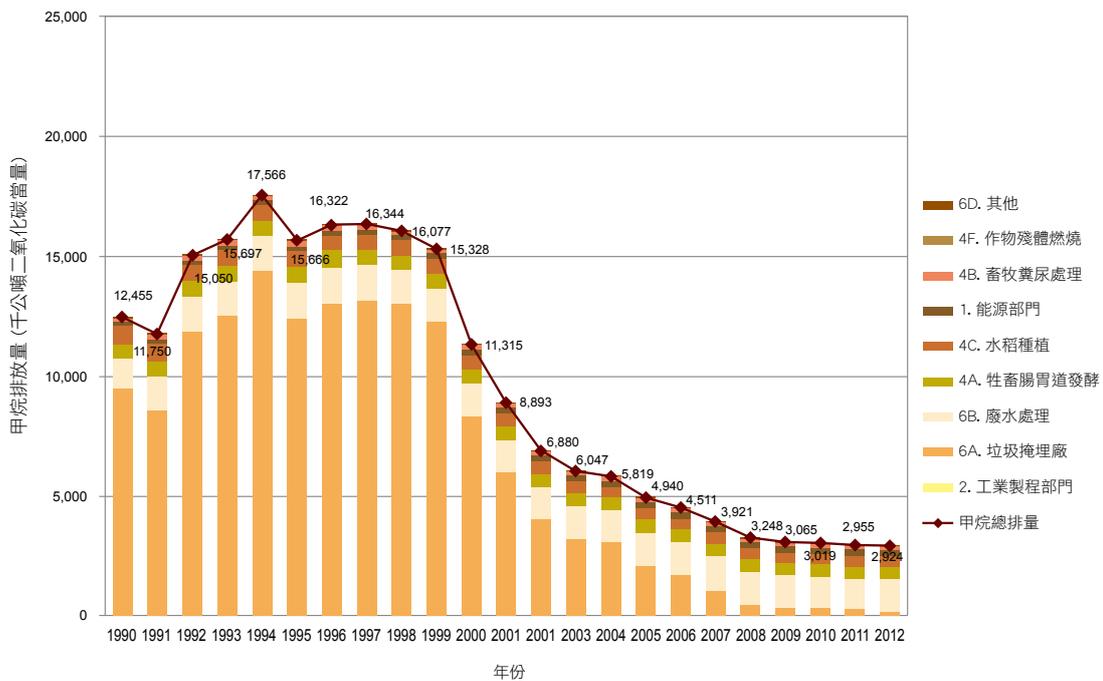


圖 2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量趨勢

表 2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	143	153	164	174	186	196	203	211	223	237	248	250
2. 工業製程部門	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	40
4. 農業部門	1,567	1,601	1,550	1,573	1,547	1,578	1,564	1,467	1,383	1,400	1,379	1,331
4.A. 牲畜腸胃道發酵	576	628	633	666	677	706	705	630	581	598	596	568
4.B. 畜牧糞尿處理	173	199	196	202	207	217	223	184	161	172	176	169
4.C. 水稻種植	806	763	710	693	651	644	625	642	631	620	590	579
4.F. 作物殘體燃燒	12	12	11	12	11	11	10	11	10	10	17	15
6. 廢棄物部門	10,726	9,979	13,319	13,932	15,810	13,865	14,526	14,637	14,443	13,660	9,656	7,273
6.A. 垃圾掩埋場	9,456	8,573	11,875	12,520	14,376	12,399	12,998	13,130	12,984	12,263	8,322	5,946
6.B. 廢水處理	1,261	1,405	1,444	1,412	1,434	1,466	1,527	1,506	1,460	1,396	1,334	1,327
6.D. 其他	10	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0
<b>總計</b>	<b>12,455</b>	<b>11,750</b>	<b>15,050</b>	<b>15,697</b>	<b>17,566</b>	<b>15,666</b>	<b>16,322</b>	<b>16,344</b>	<b>16,077</b>	<b>15,328</b>	<b>11,315</b>	<b>8,893</b>
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	254	266	277	281	282	281	271	263	271	273	271	
2. 工業製程部門	40	41	41	43	38	46	41	39	45	41	38	
4. 農業部門	1,258	1,185	1,122	1,177	1,161	1,138	1,103	1,088	1,083	1,106	1,104	
4.A. 牲畜腸胃道發酵	548	539	528	535	527	523	502	491	498	507	501	
4.B. 畜牧糞尿處理	163	161	162	164	163	155	151	147	148	151	144	
4.C. 水稻種植	535	477	424	471	463	456	444	446	432	442	453	
4.F. 作物殘體燃燒	12	9	7	8	8	4	6	5	5	5	5	
6. 廢棄物部門	5,327	4,555	4,380	3,440	3,031	2,456	1,832	1,674	1,621	1,535	1,511	
6.A. 垃圾掩埋場	4,004	3,149	3,043	2,061	1,669	999	433	290	304	215	143	
6.B. 廢水處理	1,323	1,404	1,332	1,370	1,352	1,445	1,385	1,369	1,300	1,298	1,347	
6.D. 其他	0	2	6	8	9	12	14	15	18	22	20	
<b>總計</b>	<b>6,880</b>	<b>6,047</b>	<b>5,819</b>	<b>4,940</b>	<b>4,511</b>	<b>3,921</b>	<b>3,248</b>	<b>3,065</b>	<b>3,019</b>	<b>2,955</b>	<b>2,924</b>	

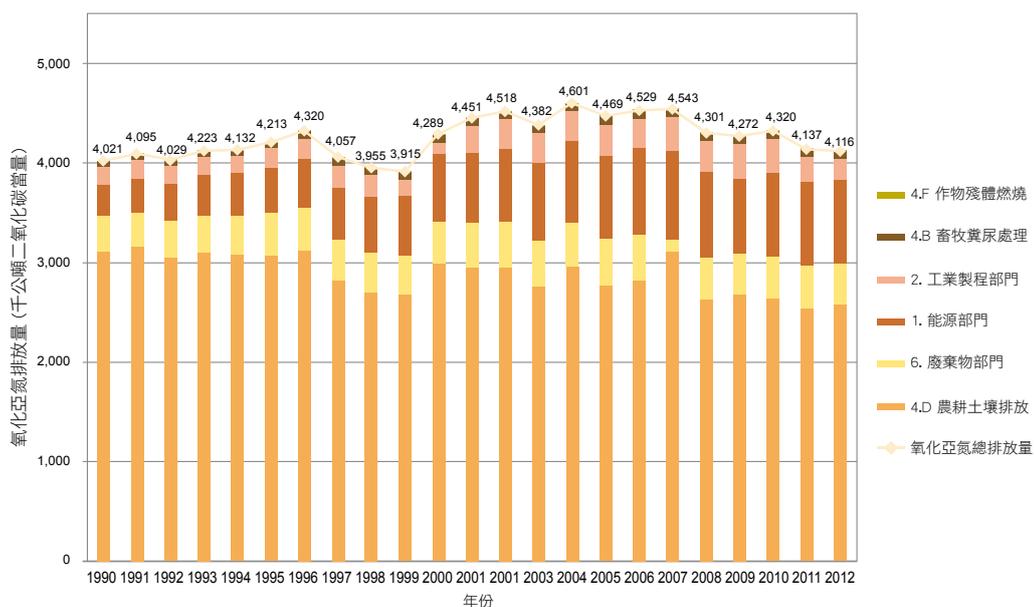


圖 2.2.3 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量趨勢

表 2.2.3 臺灣 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	315	340	378	505	430	451	488	525	561	600	679	702
2. 工業製程部門	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	269
4. 農業部門	3,167	3,216	3,112	3,156	3,148	3,139	3,193	2,892	2,780	2,751	3,085	3,027
4.B. 畜牧糞尿處理	50	52	54	56	62	64	70	73	74	75	76	73
4.D. 農業土壤	3,113	3,160	3,054	3,096	3,083	3,072	3,120	2,816	2,702	2,672	3,003	2,948
4.F. 作物殘體燃燒	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	6	5
6. 廢棄物部門	356	343	364	380	386	429	434	411	395	401	410	453
<b>總計</b>	<b>4,021</b>	<b>4,095</b>	<b>4,029</b>	<b>4,223</b>	<b>4,132</b>	<b>4,213</b>	<b>4,320</b>	<b>4,057</b>	<b>3,955</b>	<b>3,915</b>	<b>4,289</b>	<b>4,451</b>
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	735	786	815	840	869	893	856	816	839	847	833	
2. 工業製程部門	297	299	303	318	299	345	319	295	347	249	214	
4. 農業部門	3,029	2,839	3,037	2,851	2,897	2,830	2,704	2,758	2,716	2,620	2,660	
4.B. 畜牧糞尿處理	73	74	72	74	75	74	75	74	73	74	74	
4.D. 農業土壤	2,951	2,762	2,963	2,774	2,819	2,755	2,627	2,683	2,641	2,545	2,584	
4.F. 作物殘體燃燒	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
6. 廢棄物部門	457	459	445	459	464	475	423	403	418	420	410	
<b>總計</b>	<b>4,518</b>	<b>4,382</b>	<b>4,601</b>	<b>4,469</b>	<b>4,529</b>	<b>4,543</b>	<b>4,301</b>	<b>4,272</b>	<b>4,320</b>	<b>4,137</b>	<b>4,116</b>	

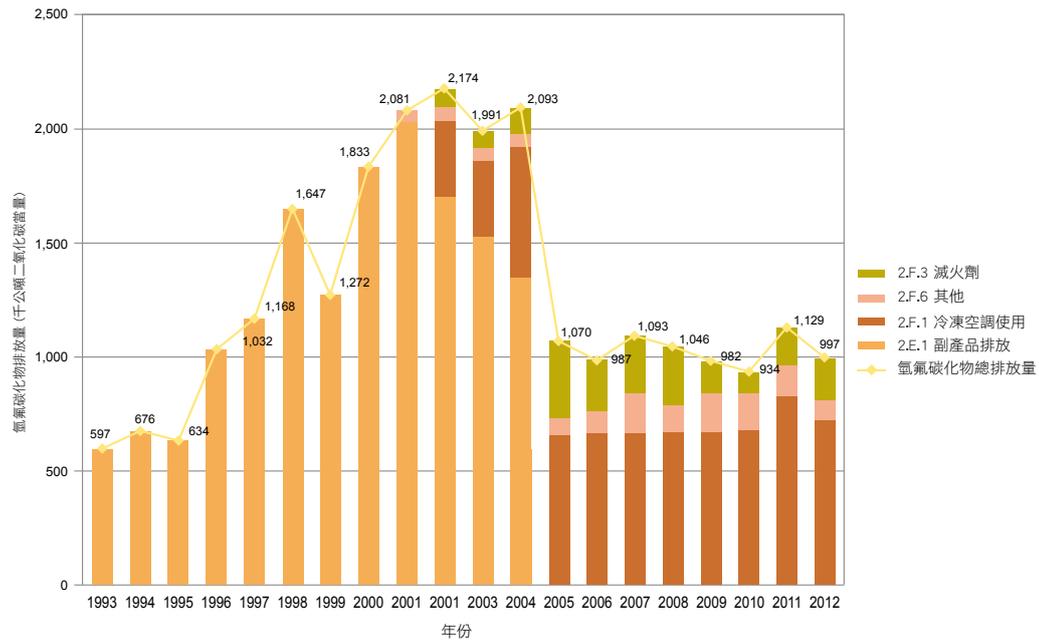


圖 2.2.4 臺灣 1993 至 2012 年氫氟碳化物排放量趨勢

表 2.2.4 氫氟碳化物生產 1990 至 2012 年排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.E.1 副產品排放	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030
2.F.1 冷凍空調使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51
總計	NE	NE	NE	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,081
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.E.1 副產品排放	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.F.1 冷凍空調使用	332	329	569	660	670	670	670	673	681	829	725	
2.F.3 滅火劑	78	73	113	336	226	252	258	142	90	165	186	
2.F.6 其他	59	59	59	73	91	171	118	168	164	134	86	
總計	2,174	1,991	2,093	1,070	987	1,093	1,046	982	934	1,129	997	

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清除量沒有估計。

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。

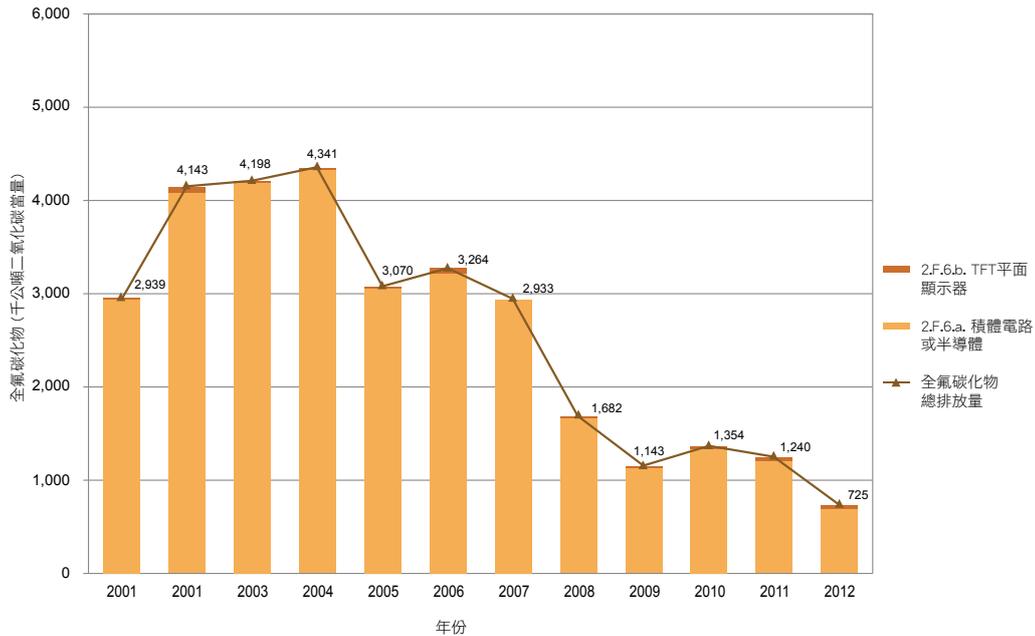


圖 2.2.5 臺灣 2001 至 2012 年全氟碳化物排放量趨勢

表 2.2.5 臺灣 1990 至 2012 年全氟碳化物排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.F.6. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2,933
2.F.6.a. 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	2,933
2.F.6.b. 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	NE	NE	2,939
年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.F.6. 其他	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,240	725	
2.F.6.a. 積體電路或半導體	4,077	4,713	4,327	3,043	3,211	2,933	1,657	1,126	1,322	1,201	691	
2.F.6.b. TFT 平面顯示器	65	25	14	27	53	NO	25	17	32	39	33	
總計	4,143	4,198	4,341	3,070	3,264	2,933	1,682	1,143	1,354	1,240	725	

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

## 2.2.6 六氟化硫

2012 年臺灣六氟化硫排放量為 1,490 千公噸二氧化碳當量，占總溫室氣體排放的 0.55%，2012 年較 2001 增加 99.76%，2012 年較 2011

年減少 2.30%，其平均成長率為 6.49%，如圖 2.2.6 及表 2.2.6 所示。其中，六氟化硫排放量自 2001 年後開始上升，係主要為鎂鑄造於新製程普及後大量使用六氟化硫、TFT 平面顯示器及

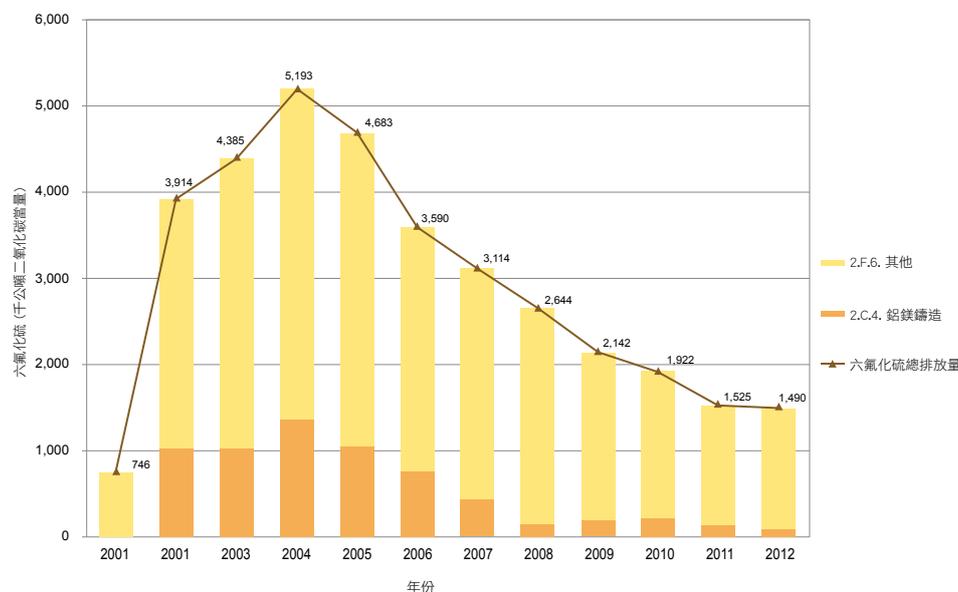


圖 2.2.6 臺灣 2001 至 2012 年六氟化硫排放量趨勢

表 2.2.6 臺灣 1990 至 2012 年六氟化硫排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.C.4. 鋁鎂鑄造	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	746
2.F.6.a. 積體電路或半導體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	524
2.F.6.b. TFT 平面顯示器	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	221
2.F.6.c. 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	746
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.C.4. 鋁鎂鑄造	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	200	212	134	92	
2.F.6. 其他	2,888	3,357	3,837	3,620	2,820	2,674	2,500	1,941	1,710	1,391	1,397	
2.F.6.a. 積體電路或半導體	499	513	587	587	695	292	229	198	239	261	181	
2.F.6.b. TFT 平面顯示器	446	901	1,197	1,530	1,355	1,429	1,376	1,040	1,409	1,078	1,171	
2.F.6.c. 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	62	52	45	
總計	3,914	4,385	5,193	4,683	3,590	3,114	2,644	2,142	1,922	1,525	1,490	

說明：NE（未估計），指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。

高壓斷路器及其他開關絕緣氣體使用使用六氟化硫。自 2005 年後六氟化硫排放量逐年下降，其原因為電力事業和鎂鑄造業使用量減少。

### 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，2012 年能源部門溫室氣體排放量為 244,587 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業吸收量），占臺灣溫室氣體總排放量的 90.36%，工業製程部門為 20,376 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業吸收量），占 7.53%，農業部門為 3,764 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業吸收量），占 1.39%，廢棄物部門為 1,955 千公噸二氧化碳當量（不計土地利用變化及林業吸收量），占 0.72%。2012 年土地利用變化及

林業部門之吸收量則為 19,129 千公噸二氧化碳當量。臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放趨勢如圖 2.3.1 及表 2.3.1 所示。

#### 2.3.1 能源部門

能源部門排放之溫室氣體種類包括二氧化碳、甲烷及氧化亞氮，該部門溫室氣體排放總量歷年來呈現上升趨勢，至 2008 年首度呈現下降趨勢，2009 年再度下降，直至 2012 年又再度下降，詳如表 2.3.2 和圖 2.3.2 所示。2012 年，I.A.1「能源工業」約占能源部門的 65.49%，I.A.2「製造工業與營建」占 16.46%，I.A.3「運輸」占 14.06%，I.A.4「其他」（包括商業、住宅及農林漁牧）占 3.98%。1990 至 2012 年間，能源部門之成長率為 126.45%，年平均成長率為 3.79%，其中 I.A.1「能源工業」溫室氣體排放量增加 228.86%，年平均成

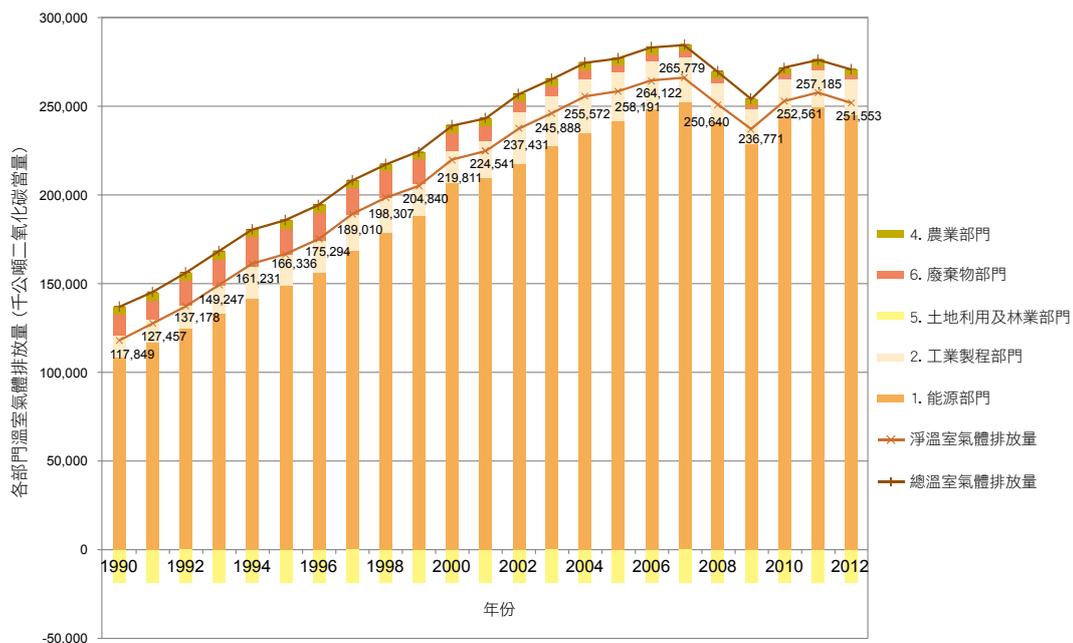


圖 2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體排放量趨勢

長率為 5.56%；1.A.2「製造工業與營建」增加 37.95%，年平均成長率為 1.47%；1.A.3「運輸」增加 75.66%，年平均成長率為 2.59%；1.A.4「其他」減少 7.47%，年平均成長率為 -0.35%。

### 2.3.2 工業製程部門

工業製程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、氫氟碳化物及六氟化硫等六種，該部門歷年溫室氣體排放量詳如表 2.3.3 和圖 2.3.3。2012 年工業製程部門溫室氣體總排放量 20,376 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 7.53%，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 44.71%，所占比例最大，其次為 2.C.「金屬製程」二氧化碳排放占 38.72%、2.F.「鹵烴及六氟化硫的使用」排放占 15.76%。1990 至 2012 年間，工業製程部門排放量增加 58.61%，年平均成長率為 2.12%，其中以 2004 年 30,193 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 11.00%，主要係為鋁鎂鑄造、TFT 平面顯示器及高壓斷路器及其他開關緣氣體使用六氟化硫造成排放量增加。但，2005 年後溫室氣體排放量即逐年下降。

表 2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年各部門溫室氣體

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1. 能源部門	108,008	116,768	124,269	133,434	141,103	148,483	156,022	167,956	178,472	187,586	206,266	209,903
2. 工業製程部門	12,847	12,918	13,535	15,847	18,331	17,829	18,373	20,818	19,982	18,226	18,185	20,865
4. 農業部門	4,734	4,817	4,662	4,728	4,695	4,718	4,757	4,359	4,162	4,151	4,464	4,358
5. 土地利用及林業部門	-18,832	-17,372	-19,008	-19,107	-19,162	-19,187	-19,041	-19,217	-19,217	-19,220	-19,275	-18,692
6. 廢棄物部門	11,093	10,326	13,719	14,344	16,264	14,494	15,184	15,094	14,908	14,097	10,171	8,108
淨溫室氣體排放量 (計土地利用變化及林業吸收量)	117,849	127,457	137,178	149,247	161,231	166,336	175,294	189,010	198,307	204,840	219,811	224,541
總溫室氣體排放量 (不計土地利用變化及林業吸收量)	136,681	144,829	156,186	168,354	180,393	185,523	194,335	208,227	217,524	224,060	239,086	243,233
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
1. 能源部門	217,714	227,163	35,019	241,711	248,365	252,077	240,968	228,816	244,356	249,262	244,587	
2. 工業製程部門	28,692	28,892	30,193	27,204	26,893	25,424	22,389	19,161	21,176	21,279	20,376	
4. 農業部門	4,287	4,024	4,159	4,028	4,058	3,968	3,807	3,847	3,799	3,726	3,764	
5. 土地利用及林業部門	-19,455	-19,499	-18,905	-18,843	-18,938	-18,920	-19,015	-17,218	-18,923	-19,103	-19,129	
6. 廢棄物部門	6,193	5,308	5,105	4,091	3,744	3,230	2,490	2,166	2,153	2,022	1,955	
淨溫室氣體排放量 (計土地利用變化及林業吸收量)	237,431	245,888	255,572	258,191	264,122	265,779	250,640	236,771	252,561	257,185	251,553	
總溫室氣體排放量 (不計土地利用變化及林業吸收量)	256,886	265,387	274,477	277,034	283,060	284,699	269,655	253,989	271,484	276,288	270,682	

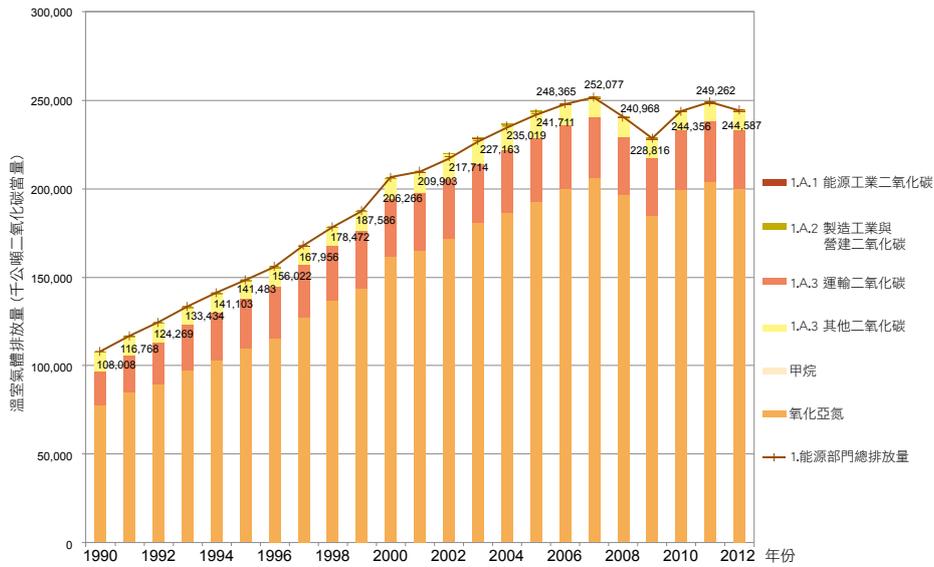


圖 2.3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.2 臺灣 1990 至 2012 年能源部門溫室氣體

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	107,550	116,275	123,727	132,754	140,487	147,835	155,330	167,221	177,688	186,749	205,339	208,951
1.A.1. 能源工業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330	99,730	105,983	121,041	125,268
1.A.2. 製造工業與營建	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934	36,576	37,805	40,578	39,665
1.A.3. 運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226	31,521	32,439	32,870	32,909
1.A.4. 其他	10,478	10,375	10,019	9,446	10,114	9,738	10,645	9,731	9,861	10,521	10,849	11,108
甲烷總排放量	143	153	164	174	186	196	203	211	223	237	248	250
1.A.1. 能源工業	26	26	25	23	25	24	26	24	25	27	28	28
1.A.2. 製造工業與營建	10	10	8	7	8	7	9	7	8	9	9	10
1.A.3. 運輸	12	13	13	13	13	13	14	14	14	16	16	15
1.A.4. 其他	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
氧化亞氮總排放量	315	340	378	505	430	451	488	525	561	600	679	702
1.A.1. 能源工業	25	25	24	22	24	23	25	23	23	25	25	26
1.A.2. 製造工業與營建	9	8	7	6	7	5	7	6	7	7	7	8
1.A.3. 運輸	9	10	10	10	10	10	11	11	11	13	12	12
1.A.4. 其他	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	6	6
能源部門總排放量	108,008	116,768	124,269	133,434	141,103	148,483	156,022	167,956	178,472	187,586	206,266	209,903
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	216,725	226,110	233,928	240,590	247,214	250,903	239,841	227,737	243,246	248,142	243,484	
1.A.1. 能源工業	129,268	139,679	145,510	152,637	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
1.A.2. 製造工業與營建	42,296	40,727	40,978	39,693	40,877	42,670	39,380	36,649	40,456	41,634	40,104	
1.A.3. 運輸	34,191	34,159	35,496	36,471	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
1.A.4. 其他	10,969	11,545	11,943	11,789	10,669	10,086	10,308	9,925	9,809	9,641	9,698	
甲烷總排放量	254	266	277	281	282	281	271	263	271	273	271	
1.A.1. 能源工業	28	29	30	30	28	27	27	26	26	25	25	
1.A.2. 製造工業與營建	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	
1.A.3. 運輸	15	14	14	14	14	14	14	14	13	14	13	
1.A.4. 其他	3	4	4	4	2	2	2	1	1	1	1	
氧化亞氮總排放量	735	786	815	840	869	893	856	816	839	847	833	
1.A.1. 能源工業	26	27	28	27	24	23	23	22	21	20	20	
1.A.2. 製造工業與營建	8	9	9	9	9	9	9	9	9	8	8	
1.A.3. 運輸	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	
1.A.4. 其他	6	7	7	7	4	3	3	2	2	2	3	
能源部門總排放量	217,714	227,163	235,019	241,711	248,365	252,077	240,968	228,816	244,356	249,262	244,587	

### 2.3.3 農業部門

農業部門排放之溫室氣體種類包含甲烷及氧化亞氮兩種。該部門溫室氣體排放量歷年來呈現起伏增減的趨勢，2012 年的 3,764 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 1.39%，與 1990 年相比較減少約 20.49%，年平均成長率為 -1.04%，詳如圖 2.3.4 和表 2.3.5 所示。臺灣 2012 年農業部門溫室氣體排放較 2011 年增加約 1.01%，其中以 4.D「農業土壤」排放氧化亞氮占 68.66%，4.A「牲畜腸胃道發酵」甲烷占 13.32%，4.C「水稻種植」甲烷占 12.04%，4.B「畜牧糞尿處理」甲烷占 3.84%，4.B「畜牧糞尿處理」氧化亞氮占 1.95%、4.F「作物殘體燃燒」甲烷占 0.14% 及 4.F「作物殘體燃燒」氧化亞氮占 0.05%。

### 2.3.4 土地利用及林業部門

土地利用與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。1990 至 2012 年間森林資源整體之年碳量變化，以 1991 年為 4,738 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 2003 年之 5,318 千公噸碳為最高，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。2012 年土地利用與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 2011 年增加 26 千公噸二氧化碳當量（0.14%）。1990 至 2012 年二氧化碳吸收量增加約 1.58%，年平均成長率為 0.07%。

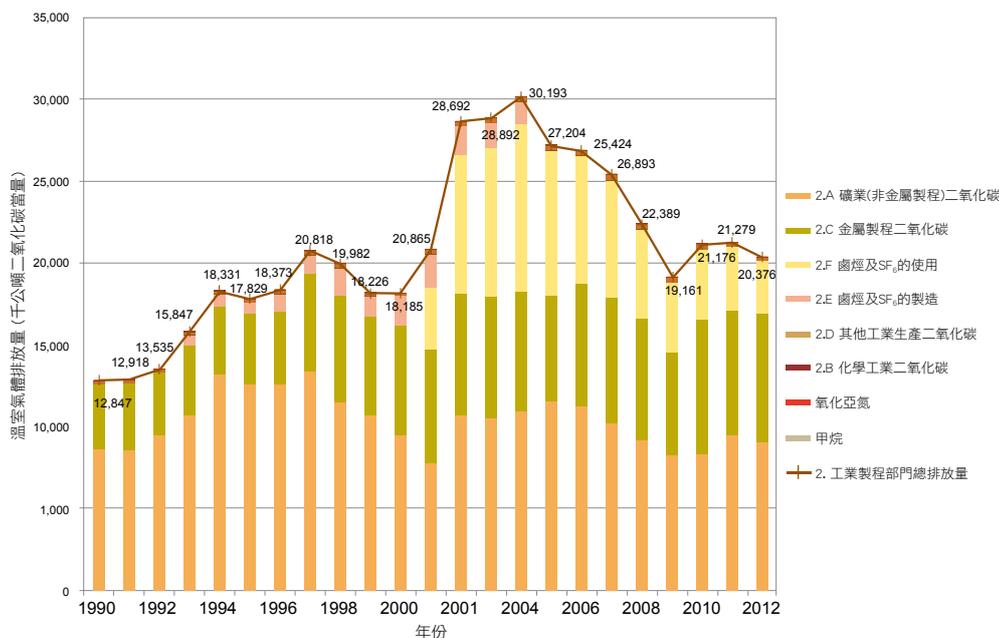


圖 2.3.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	12,645	12,706	13,343	15,050	17,464	16,975	17,106	19,391	18,087	16,761	16,205	14,790
2.A. 礦業 (非金屬製程)	8,644	8,545	9,491	10,717	13,240	12,638	12,642	13,383	11,548	10,727	9,540	7,805
2.B. 化學工業	66	61	61	65	70	62	58	62	54	49	34	26
2.C. 金屬製程	3,933	4,098	3,789	4,265	4,151	4,273	4,404	5,945	6,483	5,983	6,630	6,957
2.D. 其他工業生產	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
甲烷總排放量	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	40
2.B. 化學工業	18	17	17	18	23	27	29	30	29	30	31	35
2.C. 金屬製程	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4
氧化亞氮總排放量	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	269
2.B. 化學工業	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	183
2.C. 金屬製程	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	86
含氟化物總排放量	NE	NE	NE	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	5,766
2.E 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的製造	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030
2.F 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的使用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,736
工業製程部門總排放量	12,847	12,918	13,535	15,847	18,331	17,829	18,373	20,818	19,982	18,226	18,185	20,865
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	18,124	17,979	18,223	18,020	18,716	17,892	16,656	14,559	16,575	17,094	16,914	
2.A. 礦業 (非金屬製程)	10,709	10,519	10,963	11,577	11,270	10,208	9,209	8,316	8,340	9,528	9,110	
2.B. 化學工業	26	14	NO	3	4	5	4	4	4	4	4	
2.C. 金屬製程	7,387	7,445	7,258	6,438	7,440	7,677	7,442	6,237	8,230	7,561	7,798	
2.D. 其他工業生產	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
甲烷總排放量	40	41	41	43	38	46	41	39	45	41	38	
2.B. 化學工業	35	36	36	38	37	42	37	36	39	40	38	
2.C. 金屬製程	5	5	5	4	1	5	5	4	5	1	IE	
氧化亞氮總排放量	297	299	303	318	299	345	319	295	347	249	214	
2.B. 化學工業	207	207	212	232	208	239	217	210	227	224	214	
2.C. 金屬製程	90	92	92	86	91	107	101	85	119	25	IE	
含氟化物總排放量	10,231	10,574	11,626	8,823	7,841	7,140	5,373	4,268	4,210	3,894	3,211	
2.E 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的製造	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.F 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 的使用	8,526	9,043	10,275	8,823	7,841	7,140	5,373	4,268	4,210	3,894	3,211	
工業製程部門總排放量	28,692	28,892	30,193	27,204	26,893	25,424	22,389	19,161	21,176	21,279	20,376	

說明：IE (列於他處)，指溫室氣體源排放和匯清除量已作估計，列在 2.C. 金屬製程二氧化碳排放量  
 NE (未估計)，指對現有源排放量和匯清除量沒有估計。  
 NO (未發生)，表示臺灣無生產或使用，如停產。

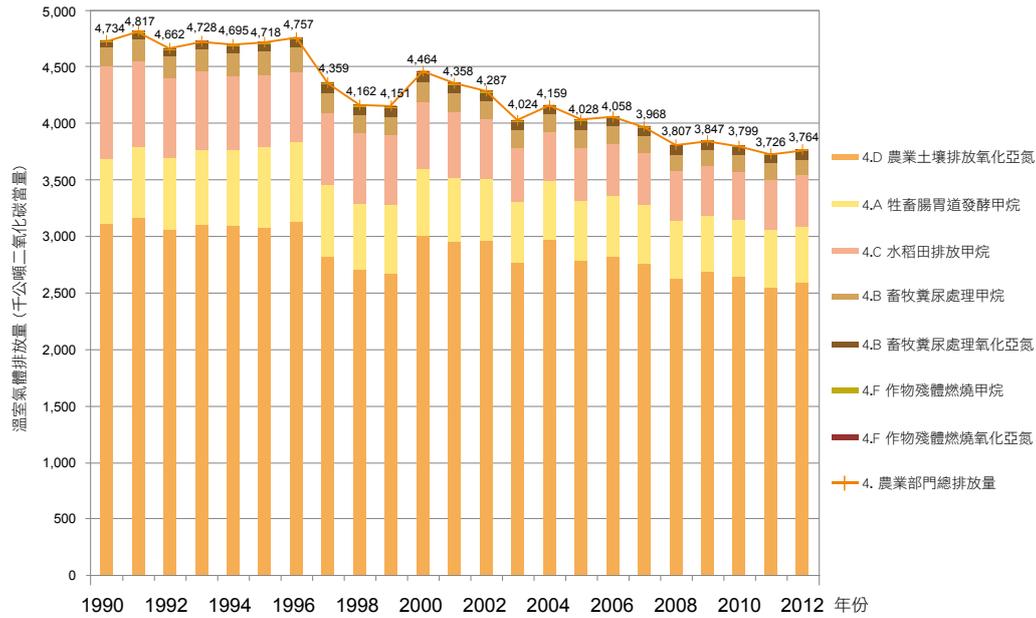


圖 2.3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.4 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
甲烷總排放量	1,567	1,601	1,550	1,573	1,547	1,578	1,564	1,467	1,383	1,400	1,379	1,331
4A. 牲畜腸胃道發酵	576	628	633	666	677	706	705	630	581	598	596	568
4B. 畜牧糞尿處理	173	199	196	202	207	217	223	184	161	172	176	169
4C. 水稻種植	806	763	710	693	651	644	625	642	631	620	590	579
4F. 作物殘體燃燒	12	12	11	12	11	11	10	11	10	10	17	15
氧化亞氮總排放量	3,167	3,216	3,112	3,156	3,148	3,139	3,193	2,892	2,780	2,751	3,085	3,027
4B. 畜牧糞尿處理	50	52	54	56	62	64	70	73	74	75	76	73
4D. 農業土壤	3,113	3,160	3,054	3,096	3,083	3,072	3,120	2,816	2,702	2,672	3,003	2,948
4F. 作物殘體燃燒	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	6	5
農業部門總排放量	4,734	4,817	4,662	4,728	4,695	4,718	4,757	4,359	4,162	4,151	4,464	4,358
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
甲烷總排放量	1,258	1,185	1,122	1,177	1,161	1,138	1,103	1,088	1,083	1,106	1,104	
4A. 牲畜腸胃道發酵	548	539	528	535	527	523	502	491	498	507	501	
4B. 畜牧糞尿處理	163	161	162	164	163	155	151	147	148	151	144	
4C. 水稻種植	535	477	424	471	463	456	444	446	432	442	453	
4F. 作物殘體燃燒	12	9	7	8	8	4	6	5	5	5	5	
氧化亞氮總排放量	3,029	2,839	3,037	2,851	2,897	2,830	2,704	2,758	2,716	2,620	2,660	
4B. 畜牧糞尿處理	73	74	72	74	75	74	75	74	73	74	74	
4D. 農業土壤	2,951	2,762	2,963	2,774	2,819	2,755	2,627	2,683	2,641	2,545	2,584	
4F. 作物殘體燃燒	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	
農業部門總排放量	4,287	4,024	4,159	4,028	4,058	3,968	3,807	3,847	3,799	3,726	3,764	

表 2.3.5 臺灣 1990 至 2012 年森林資源之二氧化碳吸收量

年	$\Delta C_{G-TOTAL}$ (千公噸碳)	$\Delta C_{G-AFF}$ (千公噸碳)	$L_{WOOD-REMOVALS}$ (千公噸碳)	$L_{fuelwood}$ (千公噸碳)	$L_{disturbance}$ (千公噸碳)	$\Delta C$ (千公噸碳)	年度碳吸收量變化 (千公噸二氧化碳當量)
1990	5,210	18.89	78.88	12.52	1.07	5,136	18,832
1991	5,210	16.41	51.84	7.35	428.74	4,738	17,372
1992	5,210	25.68	43.45	6.95	0.81	5,184	19,008
1993	5,210	35.47	27.77	2.72	3.26	5,211	19,107
1994	5,209	45.10	23.28	1.93	3.01	5,226	19,162
1995	5,208	54.63	23.20	5.35	1.13	5,233	19,187
1996	5,207	59.18	23.98	3.06	45.95	5,193	19,041
1997	5,206	71.61	16.92	3.58	16.55	5,241	19,217
1998	5,205	79.35	17.31	4.11	22.44	5,241	19,217
1999	5,205	96.82	18.35	3.15	37.77	5,242	19,220
2000	5,204	114.35	17.01	1.62	42.68	5,257	19,275
2001	5,203	117.34	14.65	2.37	204.73	5,098	18,692
2002	5,202	129.48	21.93	2.33	1.34	5,306	19,455
2003	5,200	152.15	28.64	5.76	0.34	5,318	19,499
2004	5,023	167.62	24.07	3.81	10.46	5,152	18,905
2005	5,006	174.04	22.96	2.36	30.85	5,124	18,843
2006	4,995	176.12	29.91	3.45	1.14	5,136	18,938
2007	4,989	181.46	29.56	3.67	13.22	5,124	18,920
2008	4,979	191.30	24.25	2.31	1.46	5,142	19,015
2009	4,978	194.67	27.48	1.16	505.47	4,639	17,218
2010	4,924	206.30	26.13	0.10	1.65	5,102	18,923
2011	4,922	203.47	19.19	0.24	0.43	5,106	19,103
2012	4,913	224.21	20.33	0.89	0.30	5,115	19,129

備註：

$$\Delta C = ((\Delta C_{G-TOTAL} + \Delta C_{G-AFF}) - (L_{WOOD-REMOVALS} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}))$$

$\Delta C_{G-TOTAL}$ ：森林資源碳量年平均碳量變化

$\Delta C_{G-AFF}$ ：因造林之年碳量變化

$L_{WOOD-REMOVALS}$ ：因商用木材採伐所引起的年碳貯存減少量

$L_{fuelwood}$ ：因薪材收穫所引起的年碳貯存減少量

$L_{disturbance}$ ：受干擾等其他因素所引起的年碳貯存減少量

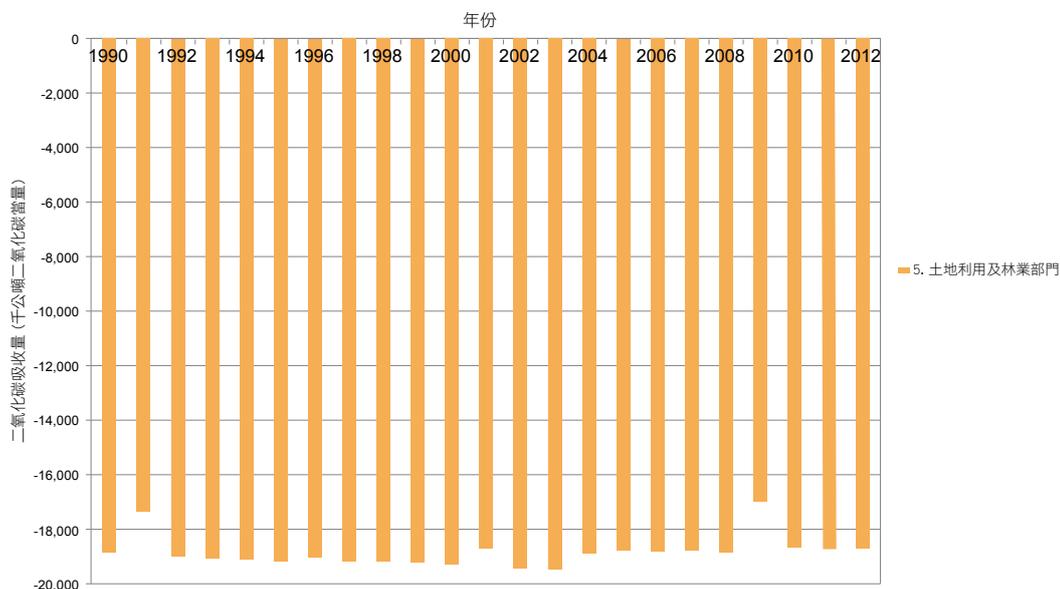


圖 2.3.5 臺灣 1990 至 2012 年土地利用與林業部門二氧化碳吸收量趨勢

### 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歷年來呈現起伏增減的趨勢，詳如圖 2.3.6 與表 2.3.6 所示，2012 年排放量為 1,955 千公噸二氧化碳當量，約占臺灣溫室氣體總排放量的 0.72%，與 1990 年相比較減少約 82.37%，年平均成長率為 -7.59%。1999 至 2000 年甲烷

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。2012 年廢棄物部門排放中，以 6.B.「廢水處理」氧化亞氮占 68.91%，比例最大，其次為 6.B.「廢水處理」氧化亞氮占 19.34%，並以 6.A.「垃圾掩埋場」甲烷減量最多，較 2011 年減少 33.33%，係受國人垃圾掩埋量仍持續減少影響。

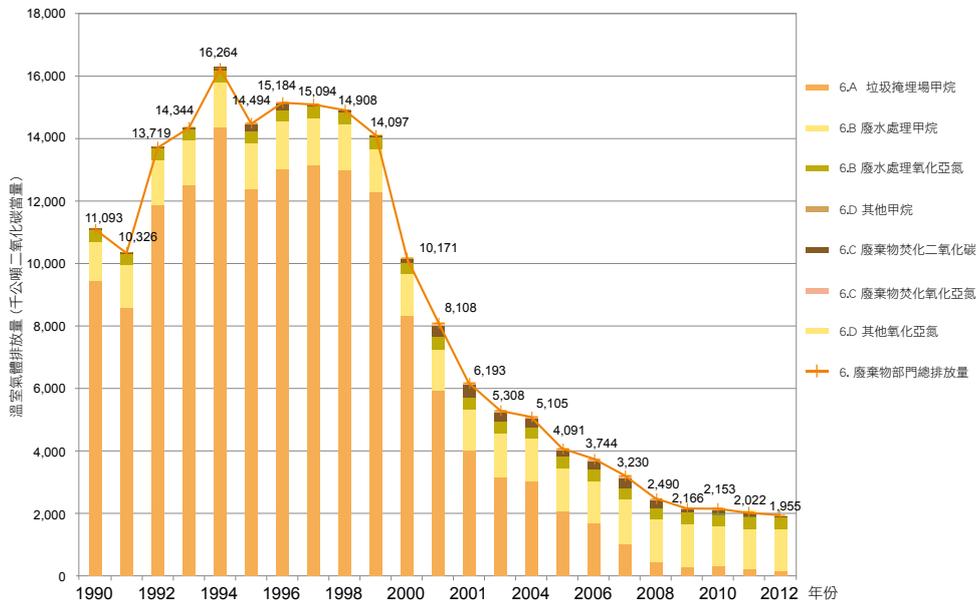


圖 2.3.6 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放量趨勢

表 2.3.6 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
二氧化碳總排放量	10.8	4.0	36.0	32.2	69.3	199.6	224.5	46.6	70.1	35.9	105.0	382.1
6.C. 廢棄物焚化	10.8	4.0	36.0	32.2	69.3	199.6	224.5	46.6	70.1	35.9	105.0	382.1
甲烷總排放量	10,726.2	9,978.6	13,319.4	13,932.3	15,809.6	13,865.2	14,525.8	14,637.0	14,443.1	13,660.2	9,656.2	7,272.6
6.A. 垃圾掩埋場	9,456.2	8,573.1	11,874.8	12,519.6	14,375.8	12,399.0	12,998.3	13,129.9	12,983.5	12,262.7	8,321.8	5,946.0
6.B. 廢水處理	1,260.5	1,405.1	1,444.0	1,412.3	1,433.7	1,465.7	1,527.3	1,505.9	1,459.5	1,395.9	1,334.1	1,326.6
6.D. 其他	9.5	0.5	0.7	0.4	0.1	0.5	0.2	1.2	0.0	1.6	0.2	0.0
氧化亞氮總排放量	355.8	343.2	363.8	379.7	385.5	428.8	433.9	410.7	394.5	400.6	409.5	453.0
6.B. 廢水處理	342.4	341.6	353.6	370.0	370.1	379.8	382.9	399.2	379.4	390.2	388.0	373.2
6.C. 廢棄物焚化	2.9	1.1	9.5	9.3	15.3	48.4	50.8	10.1	15.1	8.6	21.2	79.8
6.D. 其他	10.5	0.5	0.7	0.4	0.1	0.6	0.2	1.3	0.0	1.8	0.3	0.0
廢棄物部門總排放量	11,092.9	10,325.8	13,719.3	14,344.2	16,264.4	14,493.5	15,184.2	15,094.3	14,907.7	14,096.8	10,170.7	8,107.7
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
二氧化碳總排放量	408.6	294.1	279.5	191.9	249.1	299.7	235.9	89.3	114.2	67.1	33.8	
6.C. 廢棄物焚化	408.6	294.1	279.5	191.9	249.1	299.7	235.9	89.3	114.2	67.1	33.8	
甲烷總排放量	5,327.4	4,554.7	4,380.4	3,439.7	3,030.5	2,455.7	1,831.7	1,674.1	1,620.6	1,534.8	1,511.2	
6.A. 垃圾掩埋場	4,004.2	3,148.7	3,042.8	2,061.1	1,669.2	998.7	433.1	289.8	303.5	215.1	143.4	
6.B. 廢水處理	1,322.9	1,404.1	1,332.0	1,370.4	1,351.9	1,444.9	1,384.8	1,369.2	1,299.5	1,297.8	1,347.3	
6.D. 其他	0.3	1.9	5.6	8.2	9.5	12.1	13.8	15.1	17.5	22.0	20.5	
氧化亞氮總排放量	457.0	458.9	445.2	459.3	464.5	474.9	422.5	403.1	418.2	420.4	410.1	
6.B. 廢水處理	386.7	393.4	377.7	377.4	373.1	382.5	352.5	363.5	370.0	377.0	378.0	
6.C. 廢棄物焚化	69.9	63.4	61.3	72.8	80.9	78.9	54.7	22.9	28.8	19.0	9.4	
6.D. 其他	0.3	2.1	6.2	9.1	10.5	13.5	15.3	16.7	19.4	24.3	22.7	
廢棄物部門總排放量	6,192.9	5,307.6	5,105.1	4,090.9	3,744.1	3,230.3	2,490.1	2,166.4	2,153.1	2,022.2	1,955.2	

備註：6.D. 其他指廢棄物部門處理其他活動所釋放出的溫室氣體，包括廢棄物生物處理。

## 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。由於臺灣目前尚無燃料逸散統計，以及自產煤炭已於 2000 年停產，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，2012 年能源部門溫室氣體（不含電）排放為 243,484 千公噸二氧化碳當量，相較於 1990 年成長 126.39%，年均成長率 3.78%，能源部門溫室氣體（含電）排放詳參附件二。

### 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家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 1996 年出版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）<sup>[1]</sup> 的方法 I（Tier I），使用臺灣能源平衡表與 1996 IPCC 指南建議排放係數，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 2012 年能源消費部門別，包括能源產業、製造業、營造業、運輸業、服務業以及住宅、農林漁牧業等部門之二氧化碳、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 2012 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，因考量生物固碳效果，雖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，則需計算在本分類中；另依據 IPCC 分類，用於國際航運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 I（Tier I）為利

[1] IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

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

	範疇定義
I. 能源部門 (Energy)	本部門排放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。
I.A 燃料燃燒活動	1. 包括所有燃料燃燒活動所有溫室氣體之總排放。 2. 生質燃料燃燒排放之 CO <sub>2</sub> 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 CO <sub>2</sub> 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 CO <sub>2</sub> 排放將顯現於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. 用於國際航運燃料之排放量不計算在國內排放總量內, 兩者應該分開計算。
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. 公用電能及熱能製造	包括公用發電廠、公用熱能工廠及發電廠、公用熱能工廠的燃料燃燒排放。
i. 公用發電廠	發電廠燃料燃燒排放。
ii. 公用汽電共生廠	公用汽電共生廠燃料燃燒排放。
iii. 公用熱能工廠	銷售管線的熱能生產。
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. 化學材料製造業	(ISIC Division 24)
d. 紙漿、紙製品與印刷業	(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。
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運與國內空運 (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. 國際空運	國際空運燃料使用的排放。
ii. 國內空運	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, 在高速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. 國際航運	包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。
ii. 國內水運	除了魚釣及國際航運外, 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. 農林漁業	農、林、內陸、沿海、深海魚釣之燃料燃燒之排放, 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。

用國家燃料燃燒活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，計算該國之二氧化碳排放量；方法 2 (Tier 2) 為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，以各國本土排放係數，計算該國之二氧化碳排放量；方法 3 (Tier 3) 為依排放型態別或個別排放源之細部數據，估計國家之二氧化碳排放量，以運輸部門為例，其排放量係依不同運輸方式之運具別、運量、油耗率及排放係數等數據進行估計。

現階段臺灣燃料燃燒二氧化碳排放統計係依據 1996 IPCC 指南方法 I (Tier I)，統計參考法及部門法 (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) 各類能源每單位熱值排放量計算公式說明如下：

a. 二氧化碳排放量：

$$\begin{aligned} & \text{每單位 (107 千卡) 熱值排放量 (公斤)} \\ & = \text{各活動所使用之能源數據} \times 4.1868 (1 \text{ 卡} = \\ & 4.1868 \text{ 焦耳}) \times \text{各燃料燃燒排放係數 (公斤二} \\ & \text{氧化碳 / 兆焦耳)} \times \text{碳燃燒氧化率 (\%)} \times 10^5 \end{aligned}$$

b. 甲烷排放量：

$$\begin{aligned} & \text{每單位 (107 千卡) 熱值排放量 (公斤)} \\ & = \text{各活動所使用之能源數據} \times 4.1868 (1 \text{ 卡} = \\ & 4.1868 \text{ 焦耳}) \times \text{各燃料燃燒排放係數 (公斤甲} \\ & \text{烷 / 兆焦耳)} \times 10^5 \end{aligned}$$

c. 氧化亞氮排放量：

$$\begin{aligned} & \text{每單位 (107 千卡) 熱值排放量 (公斤)} \\ & = \text{各活動所使用之能源數據} \times 4.1868 (1 \text{ 卡} = \\ & 4.1868 \text{ 焦耳}) \times \text{各燃料燃燒排放係數 (公斤氧} \\ & \text{化亞氮 / 兆焦耳)} \times 10^5 \end{aligned}$$

(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：

$$\begin{aligned} & \text{各類廢棄物單位重量二氧化碳排放量 (二} \\ & \text{氧化碳 / 公斤)} = \text{各類一般廢棄物重量 (公斤)} \\ & \times \text{各類廢棄物乾基重量占濕基重量比 (\%)} (\text{如} \\ & \text{附件 1-4}) \times \text{碳成分占乾基總重量比 (\%)} \times \\ & \text{化石燃料能源成分占比 (\%)} \times 44/12 (\text{二氧化} \\ & \text{碳與碳之重量比}) \end{aligned}$$

(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：

$$\begin{aligned} & \text{各類廢棄物原始單位甲烷及氧化亞氮排放} \\ & \text{量 (公斤)} = \text{各類一般廢棄物重量 (公斤)} \times \\ & \text{熱值 (千卡)} \times 4.1868 (1 \text{ 卡} = 4.1868 \text{ 焦耳}) \\ & \times \text{一般廢棄物排放係數 (公斤甲烷或氧化亞氮} \\ & \text{/ 兆焦耳)} \times 10^9 \times \text{各類廢棄物化石燃料能源} \\ & \text{成分占比 (\%)}。 \end{aligned}$$

B. 參考方法

可由經濟體系中最終能源使用所消耗的化石燃料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。由於並非所有國家均擁有詳細且精確的各部門最終能源使用資料，而能源供應資料相對易於掌握，因此 IPCC 為使各國均能應用其方法，遂採行由能源供應面計算二氧化碳排放量，且可經由國際能源交易紀錄複核，顯示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，目前經濟合作暨發展組織（Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD）國家或開發中國家均以此法計算，臺灣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）鼓勵具詳細能源使用資料的國家，依據「部門方法」的分類方式計算，即由「最終消費部門」計算其能源消費所產生之二氧化碳排放量，並按 1996 IPCC 指南中的報告格式提報該項計算結果。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 1996 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：

(A) 部門法排放總量 = 能源部門自用能源淨排放量 + 工業部門能源淨排放量 + 運輸部門燃料燃燒排放量 + 農業部門燃料燃燒排放量 + 服務業部門燃料燃燒排放量 + 住宅部門燃料燃燒排放量

a. 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

(a) 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)

I. 發電廠排放量 = 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

II. 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，爰引用 1996 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 3.2.1、3.2.2 與 3.2.3 所示。

表 3.2.2 1996 IPCC 指南燃料燃燒二氧化碳排放係數

(單位：公斤 / 兆焦耳)

燃料別	含碳量 (公噸碳 / 兆焦耳)	排放係數 (公斤二氧化碳 / 兆焦耳)	碳燃燒 氧化率
	A	B=A* 分子量比率 (44/12)*1000	
固體 (煤及煤產品 Coal and Coal Products)			
煙煤 - 煉焦煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.80	94,600	0.980
煙煤 - 燃料煤 (Bituminous Coal-Coking Coal)	25.80	94,600	0.980
無煙煤 (Anthracite)	26.80	98,267	0.980
亞煙煤 (Sub-bituminous Coal)	26.20	96,067	0.980
褐煤 (Lignite)	27.60	101,200	0.980
泥煤 (Peat)	28.90	105,967	0.980
焦炭 (Coke Oven Coke)	29.50	108,167	0.980
煤球 (Patent Fuel)	25.80	94,600	0.980
焦爐氣 (Coke Oven Gas)	13.00	44,400	0.995
高爐氣 (Blast Furnace Gas)	66.00	242,000	0.995
轉爐氣 *(Oxygen Steel Furnace Gas)		182,000	0.995
液體 (原油及石油產品 Crude Oil and Petroleum Products Total)			
原油 (Crude Oil)	20.00	73,333	0.990
煉油廠進料 (Refinery Feed stocks)	20.00	73,333	0.990
添加劑 / 含氧化合物 (Additives/Oxygenates)	20.00	73,333	0.990
煉油氣 (Refinery Gas)	18.20	66,733	0.995
液化石油氣 (LPG)	17.20	63,067	0.995
天然汽油 (Natural Gasoline)	17.20	63,067	0.990
石油腦 (Naphthas)	20.00	73,333	0.990
車用汽油 (Motor Gasoline)	18.90	69,300	0.990
航空汽油 (Aviation Gasoline)	18.90	69,300	0.990
航空燃油 - 汽油 (Jet Fuel-Gasoline Type)	18.90	69,300	0.990
航空燃油 - 煤油 (Jet Fuel-Kerosene Type)	19.50	71,500	0.990
煤油 (Kerosene)	19.60	71,867	0.990
柴油 (Diesel Oil)	20.20	74,067	0.990
燃料油 (Fuel Oil)	21.10	77,367	0.990
白精油 (White Spirits)	20.00	73,333	0.990
潤滑油 (Lubricants)	20.00	73,333	0.990
柏油 (Asphalts)	22.00	80,667	0.990
溶劑油 (Solvents)	20.00	73,333	0.990
石蠟 (Paraffin Waxes)	20.00	73,333	0.990
石油焦 (Petroleum Coke)	27.50	100,833	0.980
其他石油產品 (Other Petroleum Products)	20.00	73,333	0.990
氣體 (天然氣 Natural Gas)			
(自產)天然氣 (Indigenous- Natural Gas)	15.30	56,100	0.995
(進口)液化天然氣 (Imported- LNG)	15.30	56,100	0.995
廢棄物			
事業廢棄物之廢輪胎 (Industry waste-scrape tyre)	23.45	81,480	1.000
一般廢棄物 (Municipal Wastes non-biomass fraction)		125,000	0.990

資料來源：

1. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Workbook Module 1 Energy Table I-2 and Table I-4.
2. \* IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2: Energy, Table I.3.
3. 一般廢棄物：IPCC CORINAIR 94
4. 廢輪胎：USEPA(2009). Climate Leaders GHG Inventory Protocol. Table B-I.  
USEPA(2013). Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance, Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation, Table C-2 to Subpart C.

表 3.2.3 1996 IPCC 指南之燃料燃燒甲烷排放係數

(單位：公斤 / 兆焦耳)

項目	煤炭	天然氣	油	其他生質能及廢棄物
能源產業	1	1	3.0	30.00
工業及營造業	10	5	2.0	30.00
廢輪胎	-	-	-	30.33
交通部門				
航空用	-	-	0.5	-
公路汽油	-	50	20.0	-
公路柴油	-	-	5.0	-
鐵路	10	-	5.0	-
海運	10	-	5.0	-
其他部門				
服務業用	10	5	10.0	300.00
住宅用	300	5	10.0	300.00
農業 / 林業 / 漁業				
固定源	300	5	10.0	300.00
移動源	-	5	5.0	-

資料來源：

1. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual Table I-7.
2. 廢輪胎：USEPA(2009). Climate Leaders GHG Inventory Protocol. Table B-1.  
USEPA(2010). Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance.  
USEPA(2010). Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation. Table C-2 to Subpart C.

註：其他生質能及廢棄物包含糞便、農業、一般及工業廢棄物。

表 3.2.4 以 1996 IPCC 指南計算之燃料燃燒氧化亞氮排放係數

(單位：公斤 / 兆焦耳)

項目	煤炭	天然氣	油	其他生質能及廢棄物 (註 1)
能源產業	1.4	0.1	0.6	4.00
工業及營造業	1.4	0.1	0.6	4.00
廢輪胎	-	-	-	3.98
交通部門				
航空用	-	-	2	-
公路汽油	-	0.1	0.6	-
公路柴油	-	-	0.6	-
鐵路	1.4	-	0.6	-
海運	1.4	-	0.6	-
其他部門				
服務業用	1.4	0.1	0.6	4.00
住宅用	1.4	0.1	0.6	4.00
農業 / 林業 / 漁業				
固定源	1.4	0.1	0.6	4.00
移動源	-	0.1	0.6	-

資料來源：

1. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Reference Manual Table I-7.
2. 廢輪胎：USEPA(2009). Climate Leaders GHG Inventory Protocol. Table B-1.  
USEPA(2010). Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance.  
USEPA(2010). Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation. Table C-2 to Subpart C.

註：其他生質能及廢棄物包含糞便、農業、一般及工業廢棄物。

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乃依據 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），各類廢棄物中來自化石燃料能源碳含量占比進行計算，詳細數據如表 3.2.4。

針對 1996 IPCC 指南中，未明列能源之排放係數，則引用 2006 IPCC 指南之排放係數，如兩者皆無明列，則引用其他國家公告之排放係數，如廢輪胎之排放係數係引用美國環境保護署公告係數，其內涵為以毛熱值為基準，並適用於該國之汽電共生廠，詳細數據如表 3.2.1、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表 3.2.6 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布

之「中華民國環境保護統計年報」中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 IPCC (2001) 出版之「第二次評估報告」，溫室氣體之全球暖化潛勢如表 3.2.8，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乃按行政院環境保護署統計分類之垃圾成分分析，資料由各焚化廠提報；事業用廢棄物之廢輪胎作為能源用途之使用量則由各工廠提供。

表 3.2.5 一般廢棄物各分類之二氧化碳排放係數

(單位：公斤 / 兆焦耳)

項目	乾基占濕基重量比 (%)	碳成分占乾基重量比 (%)	化石燃料能源成分占比 (%)
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 (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, Table2.4.

註：本表排放係數係以濕基重量基準下之排放係數。

## (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

圖 3.2.1 為使用 1996 IPCC 指南之部門方法

計算所得之 1990 至 2002 年臺灣燃料燃燒排放之二氧化碳總量趨勢圖，1990 年按部門方法計算之燃料燃燒二氧化碳總排放量為 107,550 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 205,339 千公噸二氧化碳當量，2007 年成

表 3.2.6 能源熱值表

燃料別		原始單位	淨熱值 (千卡 Kcal)
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 <sup>3</sup> )	4,200
高爐氣		立方公尺 (M <sup>3</sup> )	777
轉爐氣		立方公尺 (M <sup>3</sup> )	1,869
原油		公升 (liter)	9,000
添加劑		公升 (liter)	9,000
液化油		公升 (liter)	8,900
煉油氣		立方公尺	9,000
液化石油氣		公升 (liter)	6,635
石油腦		公升 (liter)	7,800
車用汽油		公升 (liter)	7,800
航空汽油		公升 (liter)	7,500
航空燃油		公升 (liter)	8,000
煤油		公升 (liter)	8,500
柴油		公升 (liter)	8,400
燃料油		公升 (liter)	9,600
白精油		公升 (liter)	9,000
潤滑油		公升 (liter)	9,600
柏油		公升 (liter)	10,000
溶劑油		公升 (liter)	8,300
石蠟		公升 (liter)	9,000
石油焦		公升 (liter)	8,200
其他石油產品		公升 (liter)	9,000
天然氣		立方公尺 (M <sup>3</sup> )	8,000
液化天然氣		立方公尺 (M <sup>3</sup> )	9,000
一般廢棄物		公斤 (kg)	-
廢輪胎		公斤 (kg)	7,685

資料來源：

1. 經濟部能源局 (2012)。能源統計手冊。

2. 廢輪胎：USEPA(2013). Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation. Table C-2 to Subpart C.

長至 250,903 千公噸二氧化碳當量，2008 年開始減少，至 2009 年為 227,737 千公噸二氧化碳當量，2010 年回升，到 2011 年則增加至 248,142 千公噸二氧化碳當量，2012 年又微幅減少至 243,484 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.88%，詳見表 3.2.9。

溫室氣體占比方面，2012 年臺灣二氧化碳以能源部門為最高，達總排放量之 65.52%，其次為製造業與營造業，占比為 16.47%，再次為運輸部門排放占 14.03%，占比較低者為服務業、住宅、與農林漁牧部門，分別為 1.61%、1.95%、與 0.42%，詳請見圖 3.2.2。

(B) 參考方法統計結果

以參考方法計算臺灣能源燃燒之二氧化碳排放，1990 年之二氧化碳排放量為 108,072 千公噸二氧化碳當量，2000 年為 210,436 千公噸二氧化碳當量，2010 年為 251,574 千公噸二氧化碳當量，2012 年為 251,083 千公噸二氧化碳當量，如表 3.2.9 所示。1990 至 2012 年間之年平均成長率為 3.91%，2011 年至 2012 年成長率為 -2.64%。

表 3.2.7 一般廢棄物歷年熱值

(單位：千卡)

年份	熱值
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

資料來源：行政院環境保護署（2012）。中華民國環境保護統計年報。

表 3.2.8 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
第二次評估報告潛勢	1	21	310

資料來源：IPCC(1995). Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR).

表 3.2.9 臺灣能源部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
全國總淨排放量	107,550	116,275	123,727	132,754	140,487	147,835	155,330	167,221
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	108,072	117,358	124,484	136,198	142,496	149,584	157,572	171,107
(部門方法)								
1. 能源產業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330
2. 製造業與營造業	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934
3. 運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226
4. 其他部門								
a. 服務業	3,580	3,488	2,953	2,464	2,984	2,418	3,142	2,457
b. 住宅	3,983	4,215	4,422	4,335	4,437	4,573	4,728	4,825
c. 農林漁牧	2,916	2,672	2,645	2,647	2,693	2,748	2,775	2,449
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
全國總淨排放量	177,688	186,749	205,339	208,951	216,725	226,110	233,928	240,590
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	184,050	191,267	210,436	213,388	223,402	229,448	242,267	246,314
(部門方法)								
1. 能源產業	99,730	105,983	121,041	125,268	129,268	139,679	145,510	152,637
2. 製造業與營造業	36,576	37,805	40,578	39,665	42,296	40,727	40,978	39,693
3. 運輸	31,521	32,439	32,870	32,909	34,191	34,159	35,496	36,471
4. 其他部門								
a. 服務業	2,916	3,121	3,187	3,526	3,457	3,920	4,077	4,193
b. 住宅	4,925	5,381	5,326	5,153	5,079	4,843	4,920	4,996
c. 農林漁牧	2,020	2,019	2,337	2,429	2,433	2,782	2,946	2,599
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
全國總淨排放量	247,214	250,903	239,841	227,737	243,246	248,142	243,484	
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	253,086	260,115	245,193	233,498	251,574	257,879	251,083	
(部門方法)								
1. 能源產業	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
2. 製造業與營造業	40,877	42,671	39,381	36,651	40,459	41,638	40,104	
3. 運輸	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
4. 其他部門								
a. 服務業	4,208	4,153	4,163	4,188	4,166	3,926	3,923	
b. 住宅	4,831	4,853	4,794	4,750	4,712	4,788	4,745	
c. 農林漁牧	1,629	1,079	1,351	988	931	927	1,030	

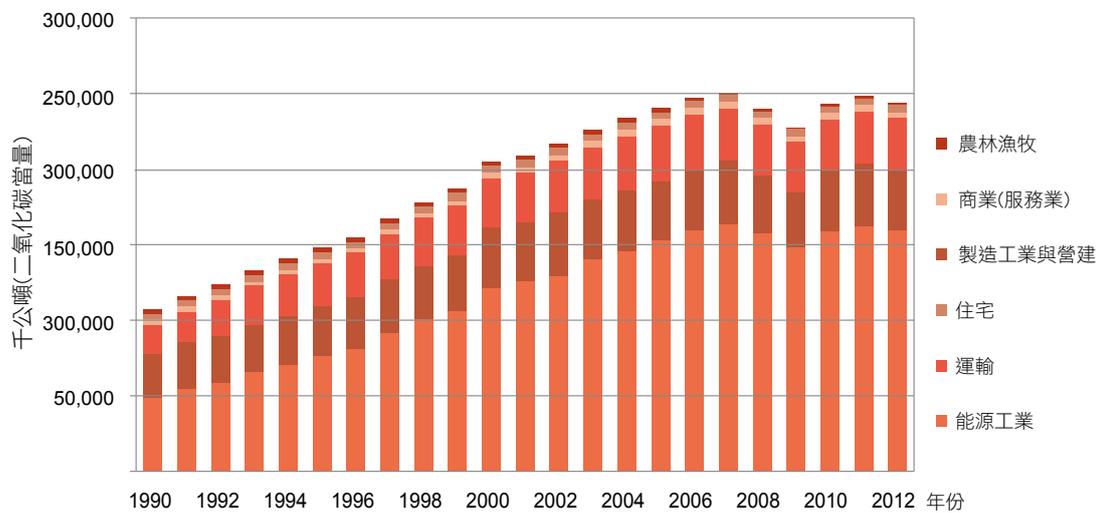


圖 3.2.1 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

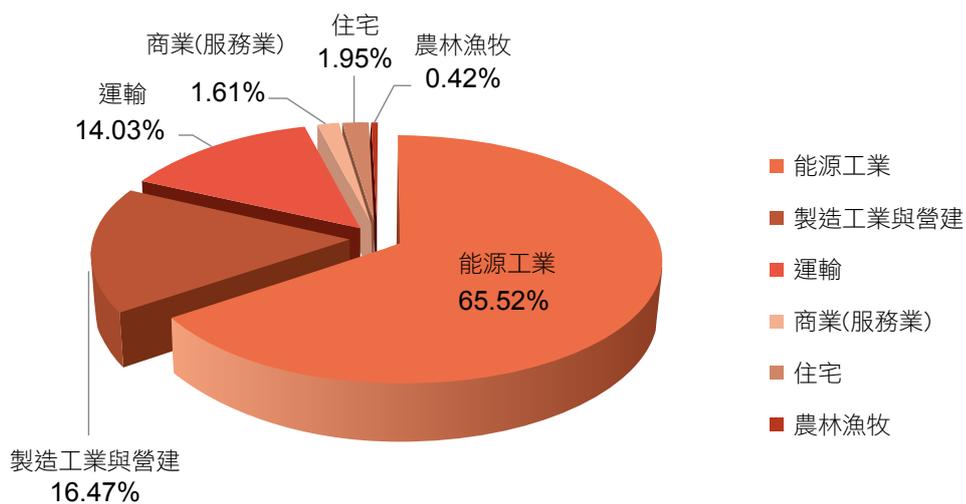


圖 3.2.2 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

## B. 甲烷

## (A) 部門方法統計結果

按部門方法計算之臺灣 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 143 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2000 年為 248 千公噸二氧化碳當量，2006 年成長至 282 千公噸二氧化碳當量，2008 年微幅減少，至 2009 年為 263 千公噸二氧化碳當量，2010 年微幅增加，2011 年則增加至 273 千公噸二氧化碳當量，2012 年又微幅減少至 271 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 0.73%，詳見表 3.2.10。

## (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 年之排放量為 92 千公噸二氧化碳當量，逐年成長至 2000 年為 161 千公噸二氧化碳當量，2006 年達 105 千公噸二氧化碳當量，2007 年微幅減少至 93 千公噸二氧化碳當量，2008 年又上升至 95 千公噸二氧化碳當量，至 2012 年排放量為 103 千公噸二氧化碳當量。1990 年至 2012 年間之年平均成長率為 0.52%，2011 年至 2012 年成長率為 -14.53%。

表 3.2.10 臺灣能源部門 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
全國總淨排放量	143	153	164	174	186	196	203	211	223	237	248	250
I. 能源												
A. 燃料燃燒 (參考方法)	92	104	112	112	121	116	115	125	139	149	161	149
(部門方法)												
1. 能源產業	22	25	24	27	29	33	32	38	43	49	57	57
2. 製造業與營造業	12	13	14	14	15	16	16	17	17	18	19	18
3. 運輸	82	89	101	110	117	123	129	132	138	143	145	146
4. 其他部門												
a. 服務業	10	10	8	7	8	7	9	7	8	9	9	10
b. 住宅	12	13	13	13	13	13	14	14	14	16	16	15
c. 農林漁牧	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
全國總淨排放量	254	266	277	281	282	281	271	263	271	273	271	
I. 能源												
A. 燃料燃燒 (參考方法)	129	123	106	103	105	93	95	80	97	120	103	
(部門方法)												
1. 能源產業	58	70	70	71	76	80	80	71	75	75	76	
2. 製造業與營造業	19	19	19	18	18	19	17	16	18	18	18	
3. 運輸	150	153	158	162	160	155	147	150	152	154	152	
4. 其他部門												
a. 服務業	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	
b. 住宅	15	14	14	14	14	14	14	14	13	14	13	
c. 農林漁牧	3	4	4	4	2	2	2	1	1	1	1	

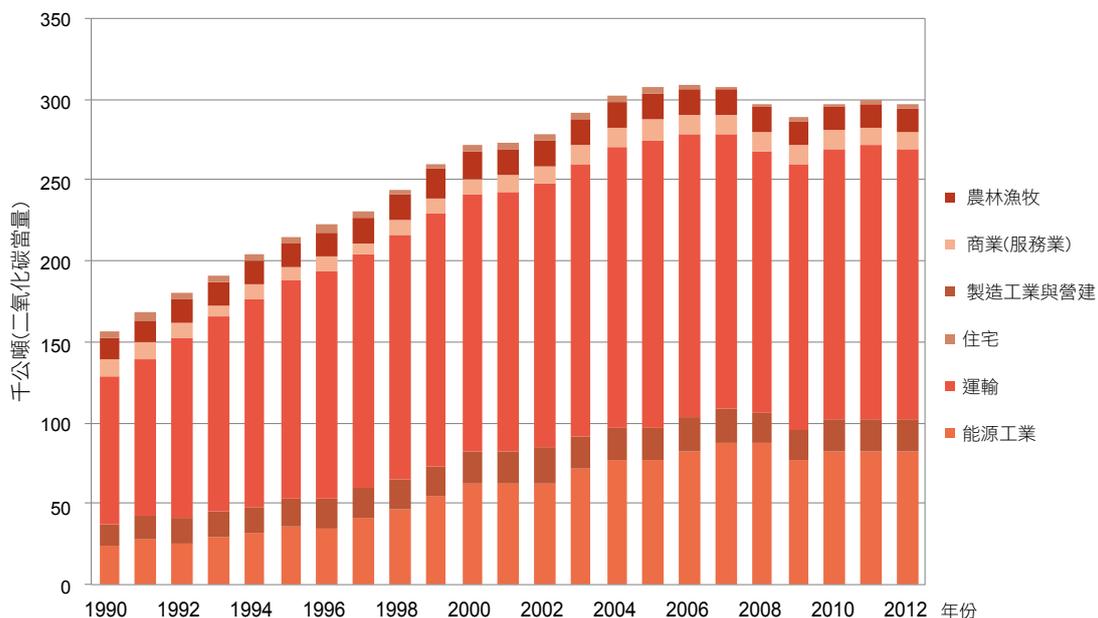


圖 3.2.3 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

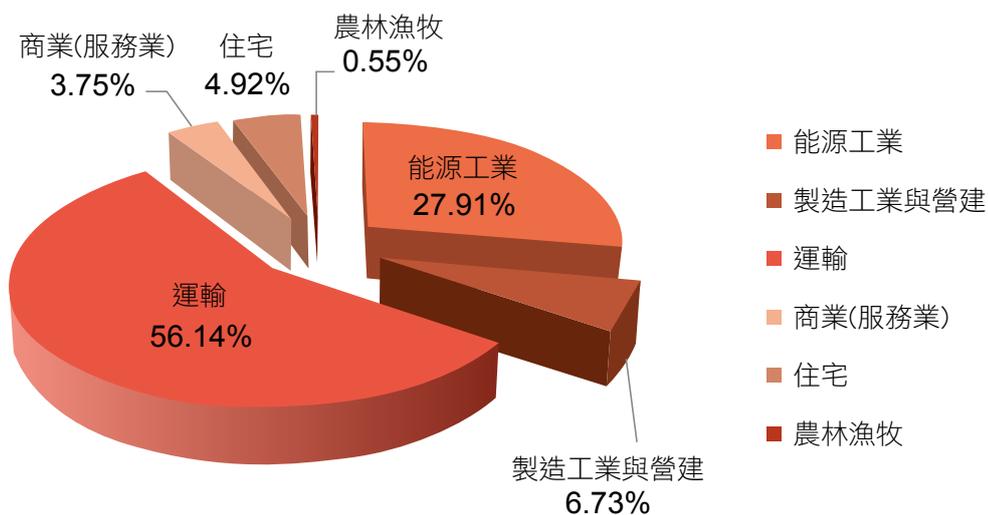


圖 3.2.4 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比

## C. 氧化亞氮

### (A) 部門方法統計結果

按部門方法計算之臺灣 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 315 千公噸二氧化碳當量，逐年持續成長至 2007 年為 893 千公噸二氧化碳當量，2008 年開始減少，至 2009 年為 816 千公噸二氧化碳當量，2010 年回升至 2011 年則增加到 847 千公噸二氧化碳當量，2012 年又微幅減少至 833 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.65%，1990 年至 2012 年間之年平均成長率為 4.52%，詳見表 3.2.11。

### (B) 參考方法統計結果

以參考方法計算臺灣能源燃燒之氧化亞氮排放，由表 3.2.8 可知，1990 年之排放量為 352 千公噸二氧化碳當量，至 2007 年達 913 千公噸二氧化碳當量，2008 年則略微下降，至 2009 年減少到 816 千公噸二氧化碳當量，2010 年逐步回升，至 2011 年為 890 千公噸二氧化碳當量，2012 年又減少為 866 千公噸二氧化碳當量。1990 年至 2012 年間之年平均成長率為 4.17%，2011 年至 2012 年成長率為 -2.77%。

### (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 1996 IPCC 指南計算方法及排放係數等相關規範，並考量臺灣能源平衡表資料特性進行修正，且逐年隨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僅能追溯至 1997 年外，臺灣溫室氣體燃料燃燒統計自 1990 年至 2012 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

為完善臺灣溫室氣體排放清冊編製作業及確保能源統計資料之數據品質，能源部門於 2014 年參考 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、英國等）不確定性分析做法，並依臺灣現有燃料燃燒溫室氣體排放統計資料掌握情形，於 2014 年 6 月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深具一致性。

## 4. QA/QC 及查證

臺灣於 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，並在 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

表 3.2.11 臺灣能源部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
全國總淨排放量	315	340	378	407	430	451	488	525
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	352	379	412	455	472	495	532	585
(部門方法)								
1. 能源產業	144	163	187	212	227	244	272	307
2. 製造業與營造業	92	95	102	101	103	103	107	108
3. 運輸	53	56	65	71	76	81	85	87
4. 其他部門								
a. 服務業	9	8	7	6	7	5	7	6
b. 住宅	9	10	10	10	10	10	11	11
c. 農林漁牧	7	7	7	7	7	7	7	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
全國總淨排放量	561	600	679	702	735	786	815	840
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	627	649	729	743	784	815	854	862
(部門方法)								
1. 能源產業	337	370	438	459	479	534	557	583
2. 製造業與營造業	112	113	123	125	136	131	133	130
3. 運輸	90	92	93	92	95	94	98	100
4. 其他部門								
a. 服務業	7	7	7	8	8	9	9	9
b. 住宅	11	13	12	12	11	11	11	11
c. 農林漁牧	5	5	6	6	6	7	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
全國總淨排放量	869	893	856	816	839	847	833	
I. 能源								
A. 燃料燃燒 (參考方法)	890	913	859	816	870	890	866	
(部門方法)								
1. 能源產業	611	630	609	577	585	586	581	
2. 製造業與營造業	135	145	135	126	140	146	139	
3. 運輸	99	95	89	90	93	94	92	
4. 其他部門								
a. 服務業	9	9	9	9	9	8	8	
b. 住宅	11	11	10	10	10	10	10	
c. 農林漁牧	4	3	3	2	2	2	3	

統計活動數據檢核工作之「一致性」檢視方法，以「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，規劃於 2014 年將相關資料納入能源統計後，即進行重新計算。

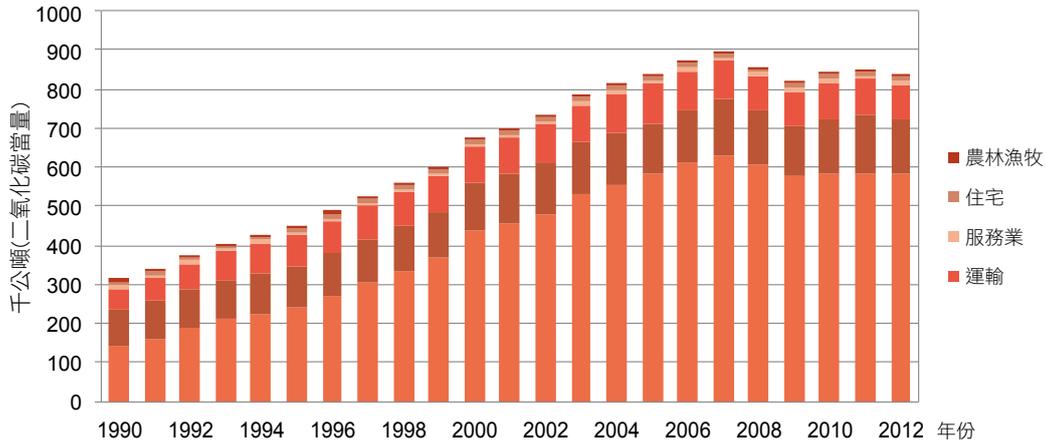


圖 3.2.5 臺灣能源部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

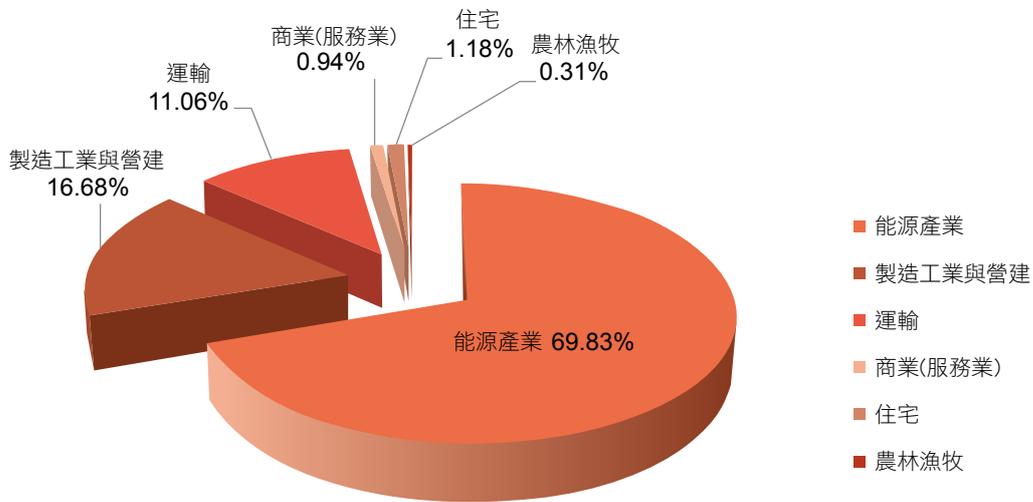


圖 3.2.6 臺灣能源部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

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。

家清冊分類，可分為公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。

而公用電能及熱能製造業以下又可再細分為公用發電廠、公用汽電共生廠與公用熱能工廠，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二項。

3.2.1 能源產業 (I.A.1)

I. 統計範疇

能源產業燃料燃燒溫室氣體排放，依據國



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

表 3.2.12 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
IA1	能源產業	包括因燃料萃取或能源生產的燃料燃燒排放。
	a. 公用電能及熱能製造業	包括公用發電廠、公用熱能工廠及發電廠、公用熱能工廠的燃料燃燒排放。
	i. 公用發電廠	發電廠燃料燃燒排放。
	ii. 公用汽電共生廠	公用汽電共生廠燃料燃燒排放。
	iii. 公用熱能工廠	銷售管線的熱能生產。
	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。

## 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「公用電能及熱能製造業」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；「公用發電廠」參考轉變投入—公用發電廠；「公用汽電共生廠」參考轉變投入—公用汽電共生廠；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

按部門方法計算之臺灣能源產業 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 48,544 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2007 年為 163,091 千公噸二氧化碳當量，2008 年與 2009 年微幅減少至 147,793 千公噸二氧化碳當量，2010 年又微幅上升，至 2011 年達 161,931 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 159,528 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.48%，排放占比以公用電能及熱能製造業 91.12% 為最高，詳見圖 3.2.8、3.2.9 與表 3.2.13。

#### B. 甲烷

按部門方法計算之臺灣能源產業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 22 千公噸二氧化碳

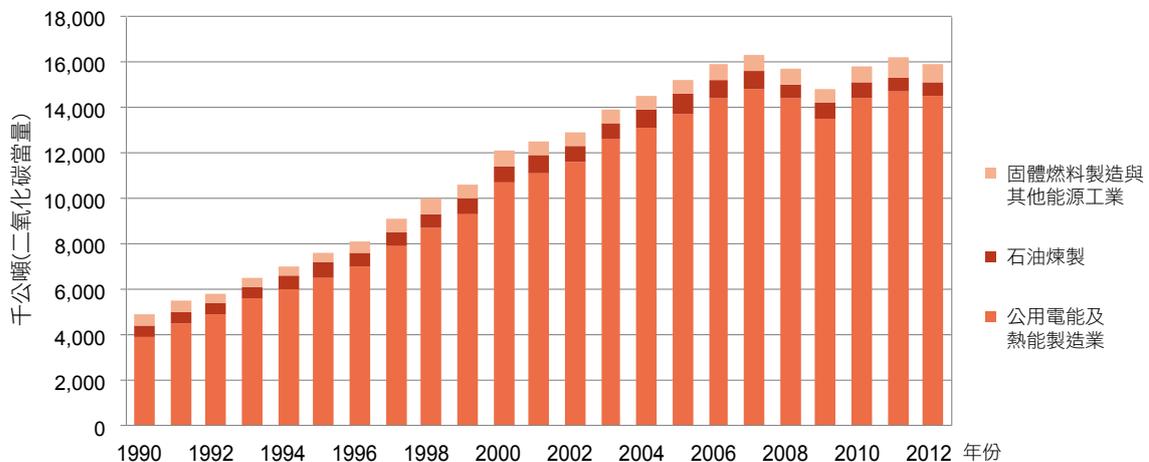


圖 3.2.8 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量

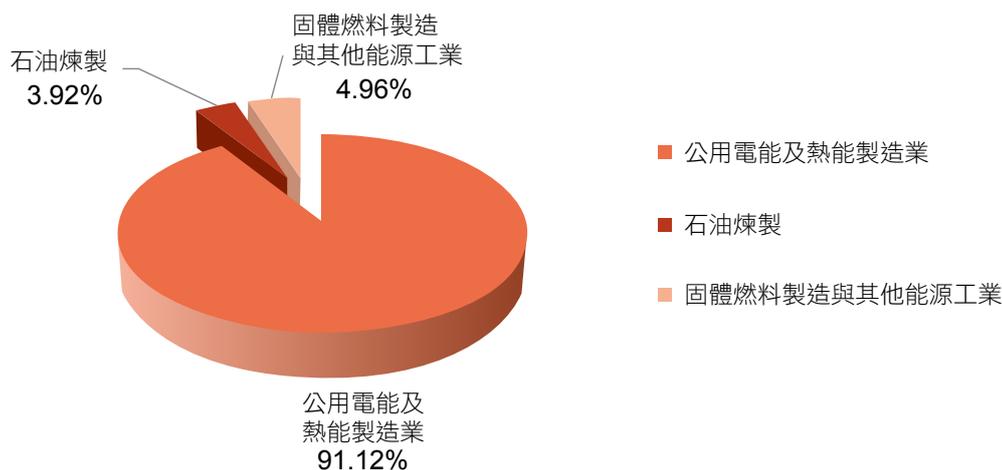


圖 3.2.9 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

表 3.2.13 臺灣能源產業 1990 至 2012 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
能源產業	48,544	54,748	58,080	65,384	70,078	75,982	80,669	91,330
a. 公用電能及熱能製造業	38,904	45,469	49,159	55,890	59,765	65,334	69,933	78,632
i. 公用發電廠	33,755	39,206	41,133	46,233	49,791	54,081	57,002	63,431
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	0	0	222	343
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5,505	5,034	4,911	5,285	6,100	6,338	6,475	6,499
c. 固體燃料製造與其他能源產業	4,119	4,229	4,007	4,209	4,212	4,309	4,261	6,198
i. 固體燃料製造業	4,116	4,227	4,007	4,208	4,212	4,309	4,261	6,198
ii. 其他能源產業	2	2	1	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
能源產業	99,730	105,983	121,041	125,268	129,268	139,679	145,510	152,637
a. 公用電能及熱能製造業	86,678	93,121	106,970	111,480	115,964	125,981	130,768	137,272
i. 公用發電廠	70,617	74,005	80,023	82,133	85,646	90,294	91,949	97,753
ii. 公用汽電共生廠	358	517	734	1,113	994	1,092	1,768	2,322
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	6,485	6,881	7,458	7,450	6,862	7,108	7,977	8,798
c. 固體燃料製造與其他能源產業	6,567	5,952	6,420	6,302	6,401	6,553	6,727	6,533
i. 固體燃料製造業	6,567	5,949	6,418	6,300	6,399	6,551	6,726	6,529
ii. 其他能源產業	0	3	2	2	2	2	2	4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
能源產業	159,272	163,091	157,098	147,793	158,509	161,931	159,528	
a. 公用電能及熱能製造業	143,930	148,291	143,844	135,546	144,544	147,529	145,333	
i. 公用發電廠	104,115	105,578	105,363	97,671	105,108	108,120	107,946	
ii. 公用汽電共生廠	2,217	2,617	2,413	2,647	2,726	2,718	2,635	
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	8,410	7,718	6,463	6,394	6,425	6,116	6,258	
c. 固體燃料製造與其他能源產業	6,900	7,050	6,758	5,820	7,507	8,252	7,908	
i. 固體燃料製造業	6,898	7,046	6,753	5,815	7,503	8,246	7,901	
ii. 其他能源產業	2	5	4	6	5	6	7	

當量，其後增減互現，至 2007 年為 80 千公噸二氧化碳當量達最高，2008 年與 2009 年持續減少至 71 千公噸，2010 年又微幅上升，至 2012 年達 76 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年 75 千公噸二氧化碳當量增加 1.33%，排放占比以公用電能及熱能製造業 92.53% 為最高，詳見圖 3.2.10、3.2.11 與表 3.2.14。

### C. 氧化亞氮

按部門方法計算之臺灣能源產業 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 144 千公噸二氧化碳當量，其後增減互現，至 2007 年為 630 千公噸二氧化碳當量達最高，2008 年減少至 609 千公噸二氧化碳當量，2009 年持續減少為 577 千公噸二氧化碳當量，2010 年又微幅上升至 585 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量達

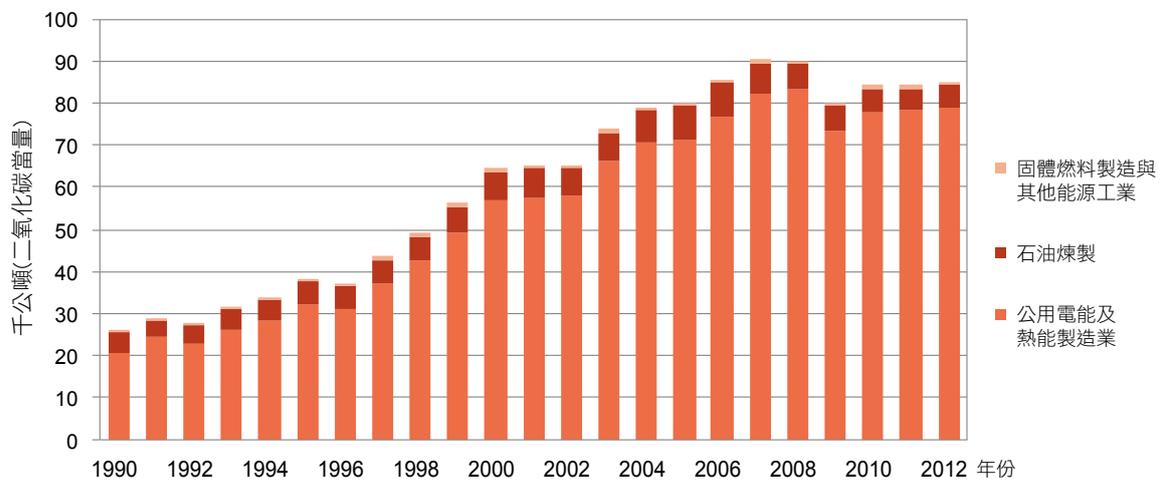


圖 3.2.10 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

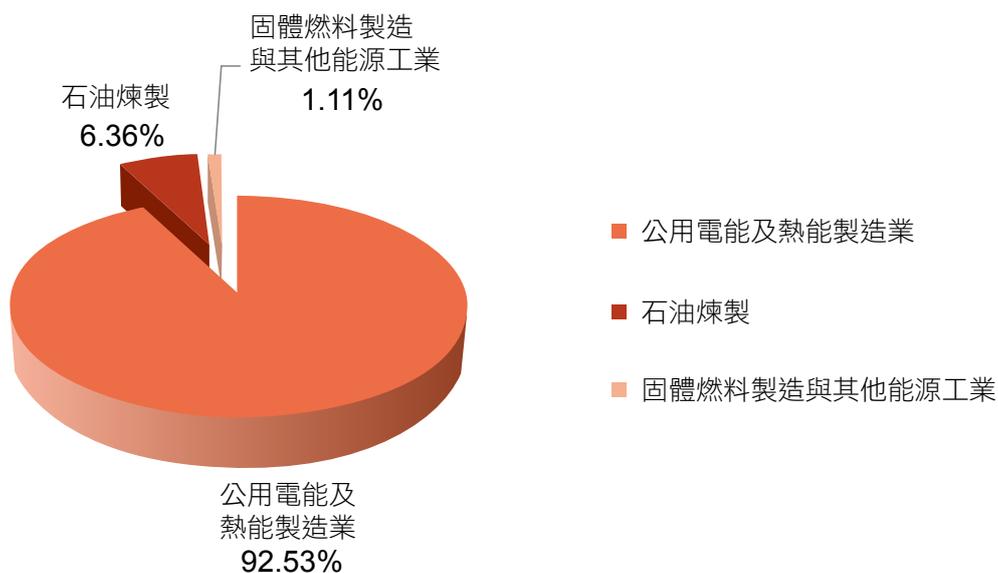


圖 3.2.11 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比

表 3.2.14 臺灣能源產業 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
能源產業	22	25	24	27	29	33	32	38
a. 公用電能及熱能製造業	19	22	21	24	26	30	28	34
i. 公用發電廠	17	21	19	22	23	26	25	26
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	0	0	0	0
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5	4	4	4	5	5	5	5
c. 固體燃料製造與其他能源產業	0	1	0	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	0	0	0	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
能源產業	43	49	57	57	58	65	70	71
a. 公用電能及熱能製造業	39	45	52	53	53	61	65	65
i. 公用發電廠	28	30	31	29	28	28	28	30
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	1	1	1	1
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	5	6	6	6	6	6	7	8
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
能源產業	76	80	80	71	75	75	76	
a. 公用電能及熱能製造業	70	75	76	67	71	72	72	
i. 公用發電廠	33	32	32	28	31	32	31	
ii. 公用汽電共生廠	1	1	1	1	1	1	1	
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	7	7	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	1	
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1	
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	

581 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年 586 千公噸二氧化碳當量減少 0.85%，排放占比則以公用電能及熱能製造業 97.43% 為最高，詳見圖 3.2.12、3.2.13 與表 3.2.15。

(5) 完整性

請參照完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參考 3.2 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 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 特定排放源改善計畫。

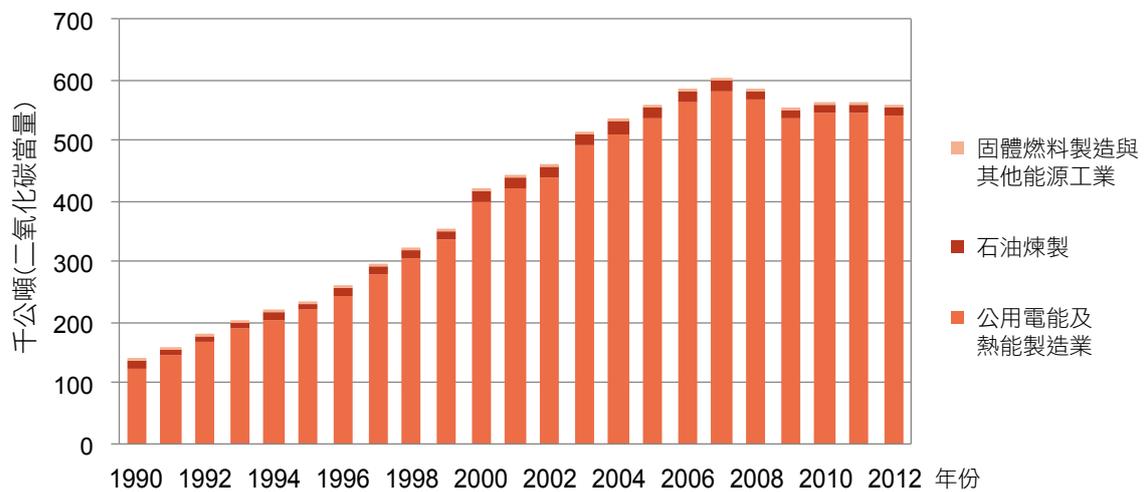


圖 3.2.12 臺灣能源產業 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

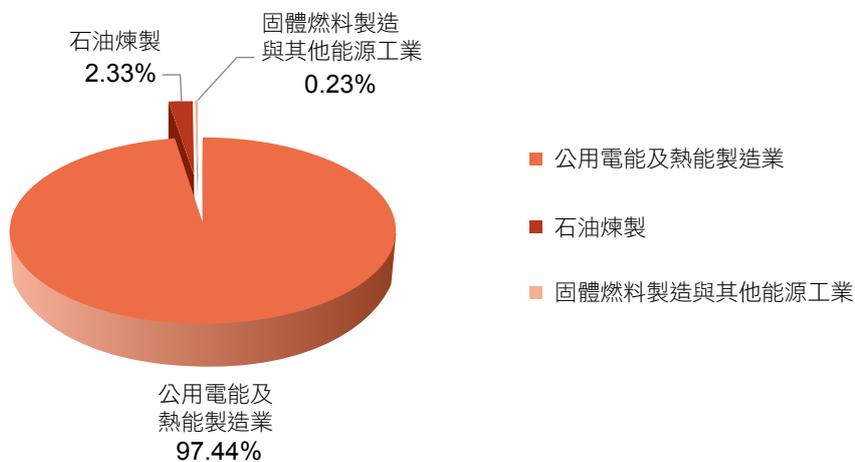


圖 3.2.13 臺灣能源產業 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

表 3.2.15 臺灣能源產業 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
能源產業	144	163	187	212	227	244	272	307
a. 公用電能及熱能製造業	130	152	176	200	213	230	257	292
i. 公用發電廠	121	137	154	173	184	195	215	239
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	0	0	0	0
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	13	10	10	11	13	13	14	14
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
能源產業	337	370	438	459	479	534	557	583
a. 公用電能及熱能製造業	321	353	419	440	462	515	535	560
i. 公用發電廠	263	276	302	313	329	352	352	374
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	0	0	0	0
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 石油煉製	14	16	17	17	16	17	20	22
c. 固體燃料製造與其他能源產業	2	2	1	1	1	1	1	1
i. 固體燃料製造業	2	2	1	1	1	1	1	1
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
能源產業	611	630	609	577	585	586	581	
a. 公用電能及熱能製造業	588	610	592	561	569	572	566	
i. 公用發電廠	397	399	392	368	377	384	382	
ii. 公用汽電共生廠	0	0	0	0	0	0	0	
iii. 公用熱能工廠	0	0	0	0	0	0	0	
b. 石油煉製	21	19	15	15	15	13	14	
c. 固體燃料製造與其他能源產業	1	1	1	1	1	1	1	
i. 固體燃料製造業	1	1	1	1	1	1	1	
ii. 其他能源產業	0	0	0	0	0	0	0	

### 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、化學材料製造業、紙漿、紙製品與印刷業、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。

##### (4) 燃料燃燒溫室氣體排放統計結果

#### A. 二氧化碳

按部門方法計算之臺灣製造業與營造業 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 29,081 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 42,671 千公噸二氧化碳當量，至 2009 年微幅下降至 36,651 千公噸二氧化碳當量，其後漲跌互現，至 2011 年排放量達 41,638 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 40,104 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 3.68%；排放占比以化學材料製造業 44.50% 為最高，鋼鐵基本工業占 21.96%，紙漿、紙製品與印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 4.78%、2.06% 與 0.64%，詳見圖 3.2.14、3.2.15 與表 3.2.17。

#### B. 甲烷

按部門方法計算之臺灣製造業與營造業 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 12 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2000 年達 19 千公噸二氧化碳當量，2001 年微幅下降至 18 千公噸二氧化碳當量，2002 年上升至 19 千公噸二氧化碳當量，其後或有增減，至 2012 年又下降至 18 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.39%；排放占比以化學材料製造業 34.41% 為最高，鋼鐵基本工業占 17.34%，紙漿、紙製品與印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 5.78%、2.64% 與 1.26%，詳見圖 3.2.16、3.2.17 與表 3.2.18。

#### C. 氧化亞氮

按部門方法計算之臺灣製造業與營造業 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 92 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1993 年達 102 千公噸二氧化碳當量，1994 年微幅下降至 103 千公噸二氧化碳當量，後又持續上升至 2002 年 136 千公噸，其後或有增減，至 2011 年排放量達 146 千公噸二氧化碳當量，

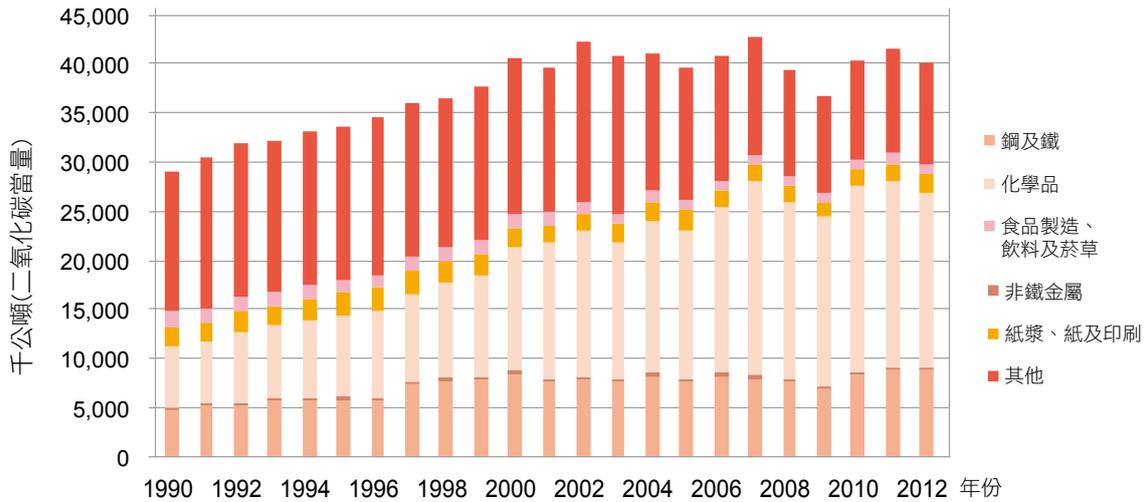


圖 3.2.14 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

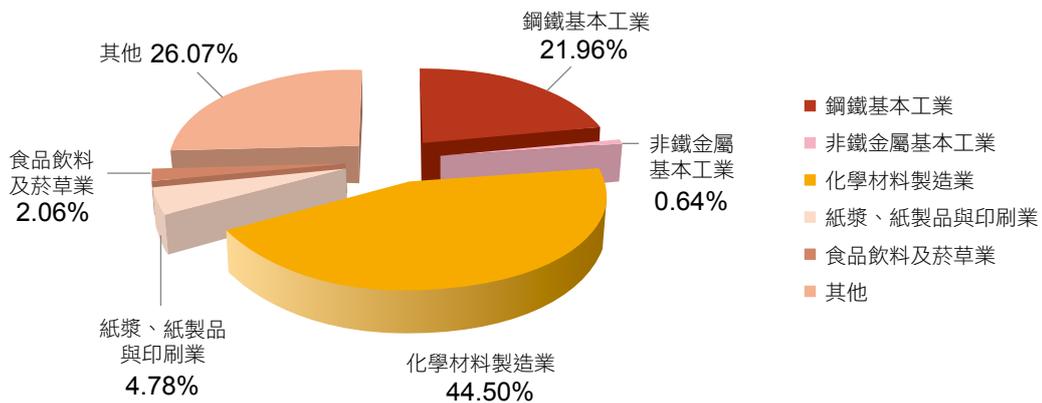


圖 3.2.15 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

表 3.2.16 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
IA2	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. 化學材料製造業	( ISIC Division 24 )
	d. 紙漿、紙製品與印刷業	( 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。

表 3.2.17 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
製造業與營造業	29,081	30,477	31,839	32,087	33,034	33,586	34,518	35,934
a. 鋼鐵基本工業	4,784	5,168	5,212	5,732	5,752	5,824	5,719	7,317
b. 非鐵金屬基本工業	191	207	207	231	252	283	344	399
c. 化學材料製造業	6,283	6,278	7,243	7,408	7,991	8,354	8,809	8,913
d. 紙漿、紙製品與印刷業	2,011	2,099	2,182	2,068	2,181	2,247	2,320	2,412
e. 食品飲料及菸草業	1,488	1,419	1,449	1,398	1,370	1,344	1,376	1,378
f. 其他	14,323	15,305	15,546	15,249	15,488	15,534	15,951	15,515
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
製造業與營造業	36,576	37,805	40,578	39,665	42,296	40,727	40,978	39,693
a. 鋼鐵基本工業	7,642	7,845	8,435	7,539	7,851	7,569	8,100	7,573
b. 非鐵金屬基本工業	362	346	344	341	340	313	401	364
c. 化學材料製造業	9,629	10,209	12,639	13,908	14,890	14,065	15,465	15,213
d. 紙漿、紙製品與印刷業	2,273	2,170	1,911	1,775	1,688	1,706	1,848	1,937
e. 食品飲料及菸草業	1,377	1,498	1,457	1,283	1,187	1,138	1,241	1,147
f. 其他	15,294	15,737	15,791	14,820	16,340	15,937	13,923	13,459
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
製造業與營造業	40,877	42,671	39,381	36,651	40,459	41,638	40,104	
a. 鋼鐵基本工業	8,222	7,925	7,680	6,929	8,272	8,875	8,808	
b. 非鐵金屬基本工業	345	348	313	238	274	270	255	
c. 化學材料製造業	16,762	19,710	17,944	17,202	19,143	18,846	17,848	
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1,742	1,778	1,643	1,575	1,655	1,873	1,915	
e. 食品飲料及菸草業	1,124	1,042	962	976	1,016	986	828	
f. 其他	12,682	11,867	10,839	9,731	10,099	10,788	10,451	

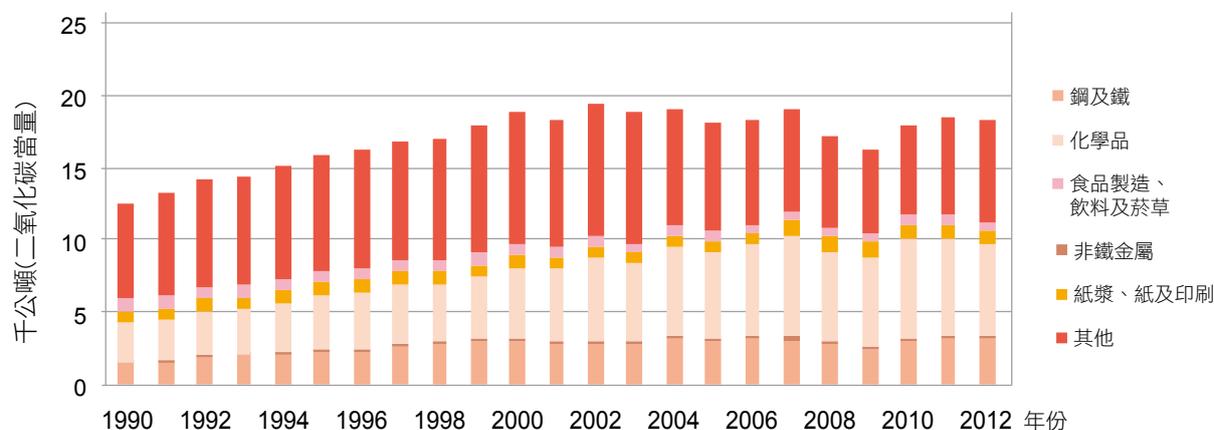


圖 3.2.16 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

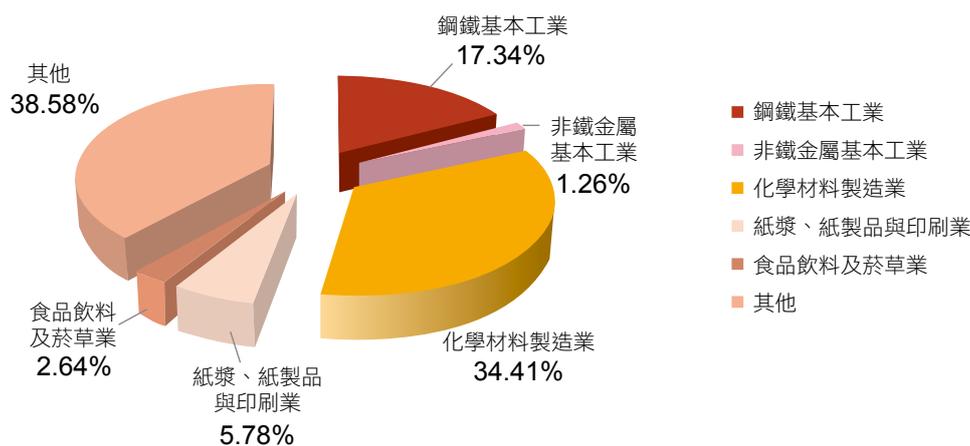


圖 3.2.17 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比

表 3.2.18 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
製造業與營造業	12	13	14	14	15	16	16	17
a. 鋼鐵基本工業	1	2	2	2	2	2	2	3
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	3	3	3	3	3	4	4	4
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1	1	1	1	1	1	1	1
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1	1
f. 其他	7	7	7	8	8	8	8	8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
製造業與營造業	17	18	19	18	19	19	19	18
a. 鋼鐵基本工業	3	3	3	3	3	3	3	3
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0	0
c. 化學材料製造業	4	4	5	5	6	5	6	6
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1	1	1	1	1	1	1	1
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	1	1
f. 其他	8	9	9	9	9	9	8	8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
製造業與營造業	18	19	17	16	18	18	18	
a. 鋼鐵基本工業	3	3	3	2	3	3	3	
b. 非鐵金屬基本工業	0	0	0	0	0	0	0	
c. 化學材料製造業	6	7	6	6	7	7	6	
d. 紙漿、紙製品與印刷業	1	1	1	1	1	1	1	
e. 食品飲料及菸草業	1	1	1	1	1	1	0	
f. 其他	7	7	6	6	6	7	7	

2012 年又下降至 139 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 4.86%；排放占比以化學材料製造業 53.02% 為最高，鋼鐵基本工業占 10.44%，紙漿、紙製品與印刷業、食品飲料及菸草業與非鐵金屬基本工業則分別占 6.46%、1.43% 與 0.36%，詳見圖 3.2.18、3.2.19 與表 3.2.19。

(5) 完整性

請參照 3.2 完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 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 特定排放源改善計畫。

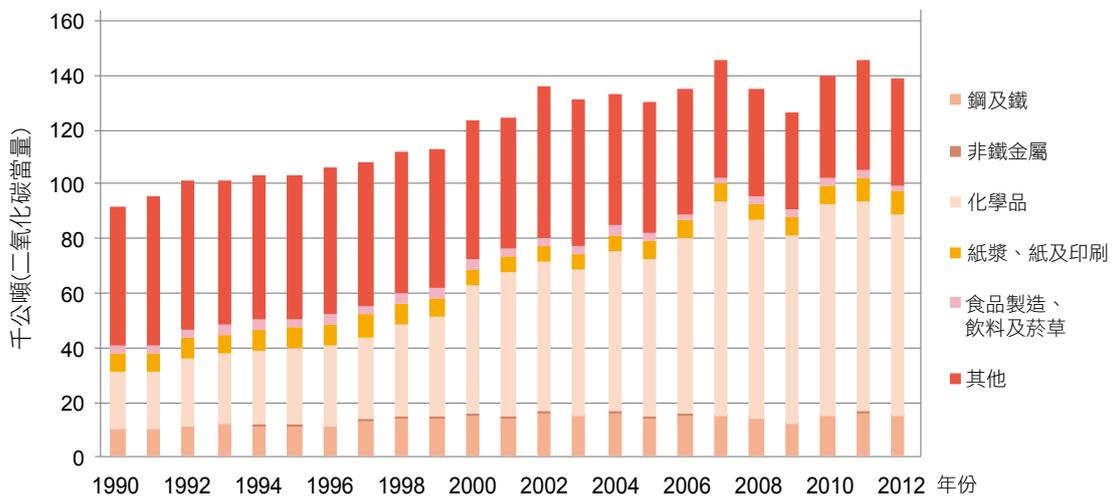


圖 3.2.18 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

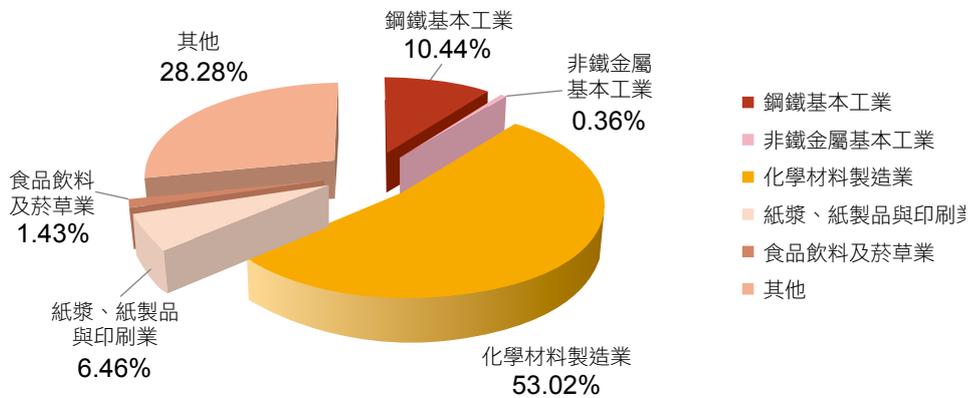


圖 3.2.19 臺灣製造業與營造業 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

### 3.2.3 運輸 (I.A.3)

#### 1. 統計範疇

運輸部門燃料燃燒溫室氣體排放，依據國家清冊分類，可分為空運、公路運輸、鐵路、航運與其他等大項；本節空運部分僅包含國內空運，水運部分則僅包含國內水運，至於國際空運及國際航運數據則另於 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「國內空運」為運輸部門—國內航空；「公路

表 3.2.19 臺灣製造業與營造業 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
製造業與營造業	92	95	102	101	103	103	107	108
a. 鋼鐵基本工業	10	10	11	12	11	11	11	13
b. 非鐵金屬基本工業	0	1	1	1	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	21	20	25	26	27	28	30	30
d. 紙漿、紙製品與印刷業	6	7	7	7	7	7	8	8
e. 食品飲料及菸草業	4	3	3	3	3	3	3	3
f. 其他	51	54	55	53	53	53	54	53
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
製造業與營造業	112	113	123	125	136	131	133	130
a. 鋼鐵基本工業	14	14	15	14	15	14	16	14
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	1	1	1
c. 化學材料製造業	34	36	47	52	56	53	58	57
d. 紙漿、紙製品與印刷業	8	7	6	6	6	6	7	7
e. 食品飲料及菸草業	3	4	4	3	3	3	3	3
f. 其他	52	51	51	48	55	54	48	48
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
製造業與營造業	135	145	135	126	140	146	139	
a. 鋼鐵基本工業	15	14	13	12	15	16	14	
b. 非鐵金屬基本工業	1	1	1	1	1	1	1	
c. 化學材料製造業	64	78	72	69	77	77	74	
d. 紙漿、紙製品與印刷業	6	7	7	7	7	9	9	
e. 食品飲料及菸草業	3	3	2	2	2	2	2	
f. 其他	46	43	40	36	38	41	39	

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 19,447 千公噸二

氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2005 年達 36,471 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量達 34,936 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 34,153 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 2.24%；排放占比以公路運輸 97.61% 為最高，水運其次，占 1.40%，空運占 0.75%、鐵路占 0.24%，詳見圖 3.2.20、3.2.21 與表 3.2.21。

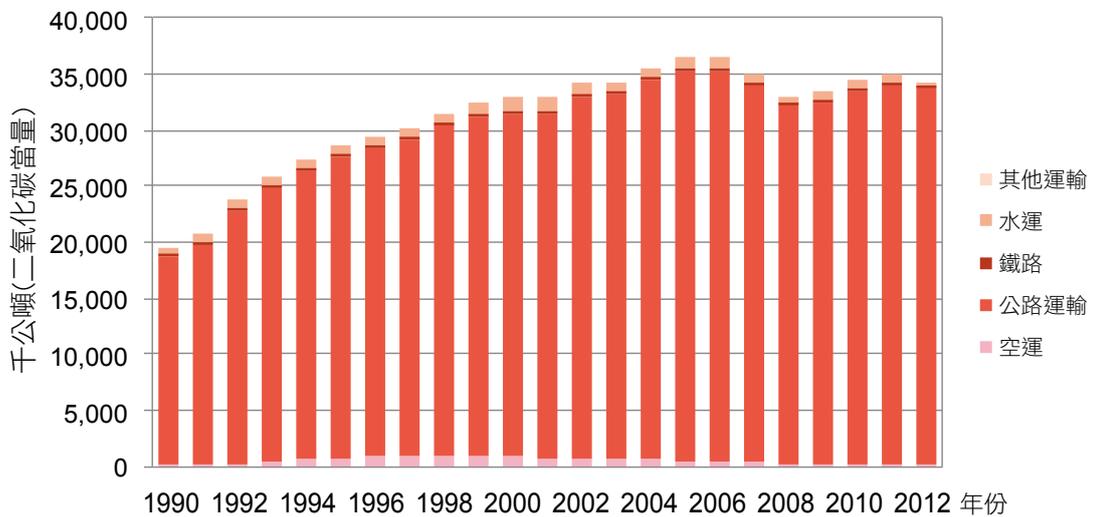


圖 3.2.20 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

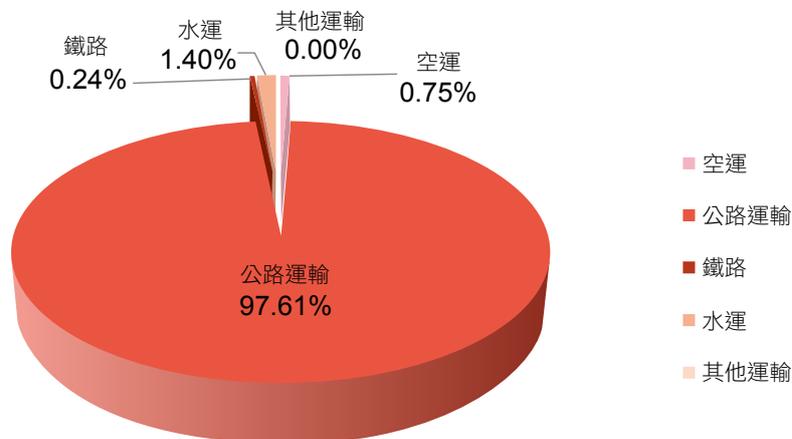


圖 3.2.21 臺灣運輸部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

表 3.2.20 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇一運輸

排放源		範疇定義
IA3	運輸	所有運輸活動燃料燃燒之排放。
	a. 空運	包括起飛與著陸國際航運與國內空運（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. 國內空運	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，在高速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	除了魚釣及國際航運外，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。

表 3.2.21 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
運輸	19,447	20,676	23,788	25,837	27,261	28,529	29,498	30,226
a. 空運	277	297	365	522	634	845	1,061	1,064
ii. 國內空運	277	297	365	522	634	845	1,061	1,064
b. 公路運輸	18,358	19,561	22,463	24,266	25,604	26,663	27,335	28,003
c. 鐵路	128	138	137	143	138	138	131	128
d. 水運	683	680	824	907	884	883	971	1,031
ii. 國內水運	683	680	824	907	884	883	971	1,031
e. 其他運輸	0.0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
運輸	31,521	32,439	32,870	32,909	34,191	34,159	35,496	36,471
a. 空運	1,014	1,041	894	819	748	624	639	586
ii. 國內空運	1,014	1,041	894	819	748	624	639	586
b. 公路運輸	29,270	30,063	30,642	30,628	32,130	32,458	33,690	34,666
c. 鐵路	125	132	122	116	116	105	94	95
d. 水運	1,112	1,204	1,213	1,345	1,198	972	1,072	1,123
ii. 國內水運	1,112	1,204	1,213	1,345	1,198	972	1,072	1,123
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
運輸	36,396	35,056	33,055	33,370	34,472	34,936	34,153	
a. 空運	511	387	256	226	229	255	256	
ii. 國內空運	511	387	256	226	229	255	256	
b. 公路運輸	34,734	33,628	31,940	32,289	33,307	33,803	33,338	
c. 鐵路	93	90	89	73	82	82	82	
d. 水運	1,058	951	769	782	854	795	477	
ii. 國內水運	1,058	951	769	782	854	795	477	
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	

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 82 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2005 年達 162 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 154 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 152 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.47%；排放占比以公路運輸

99.46% 為最高，水運其次，占 0.44%，鐵路占 0.08%、空運為 0.03%，詳見圖 3.2.22、3.2.23 與表 3.2.22。

C. 氧化亞氮

按部門方法計算之臺灣運輸部門 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 53 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2005 年

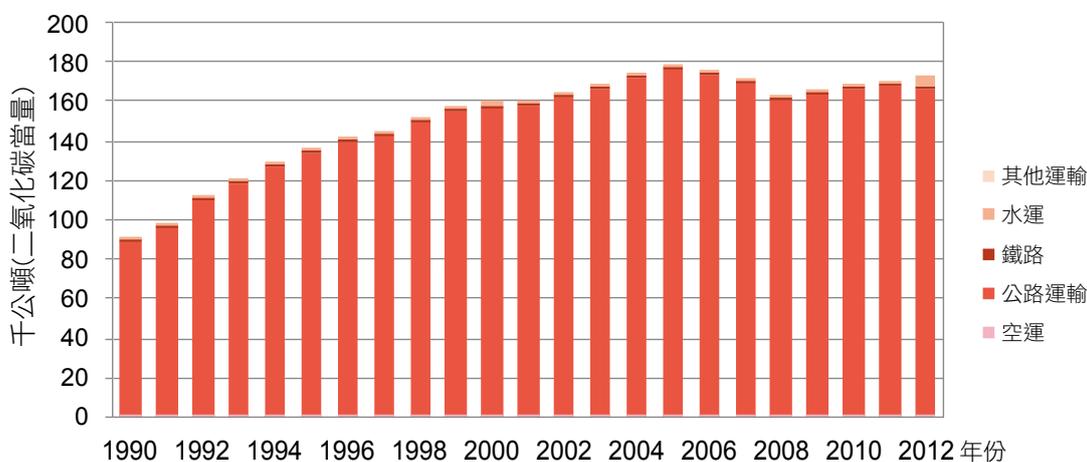


圖 3.2.22 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

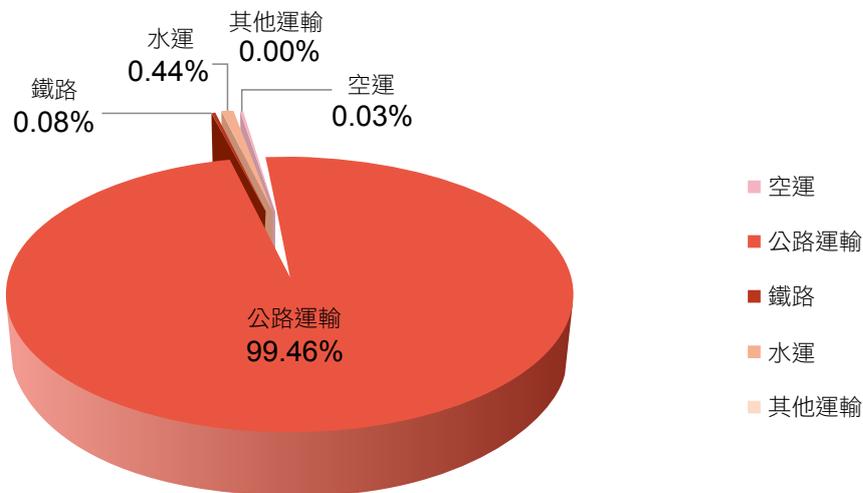


圖 3.2.23 臺灣運輸部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比

達 100 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 94 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 92 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 2.11%；排放占比以公路運輸 96.05% 為最高，空運其次，占 2.44%，水運占 1.29%、鐵路為 0.02%，詳見圖 3.2.24、3.2.25 與表 3.2.23。

(5) 完整性

請參照 3.2 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 不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 特定排放源的重新計算規劃。

表 3.2.22 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
運輸	82	89	101	110	117	123	129	132
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0	0
ii. 國內空運	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 公路運輸	81	87	100	108	115	122	127	130
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	1	1	1	1	1	1	1	1
ii. 國內水運	1	1	1	1	1	1	1	1
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
運輸	138	143	145	146	150	153	158	162
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0	0
ii. 國內空運	0	0	0	0	0	0	0	0
b. 公路運輸	136	141	143	144	148	152	156	161
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	2	2	2	1	1	2
ii. 國內水運	2	2	2	2	2	1	1	2
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
運輸	160	155	147	150	152	154	152	
a. 空運	0	0	0	0	0	0	0	
ii. 國內空運	0	0	0	0	0	0	0	
b. 公路運輸	158	154	146	149	151	153	151	
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	
d. 水運	1	1	1	1	1	1	1	
ii. 國內水運	1	1	1	1	1	1	1	
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	

6. 特定排放源的改善計畫

請參照 3.2 特定排放源改善計畫。

3.2.4 其他部門（商、住、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，詳見表 3.2.24。

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。

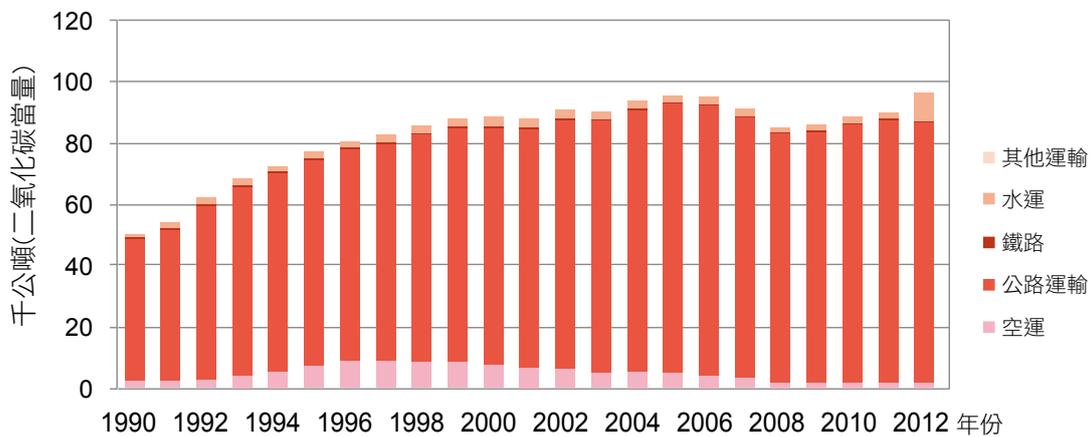


圖 3.2.24 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

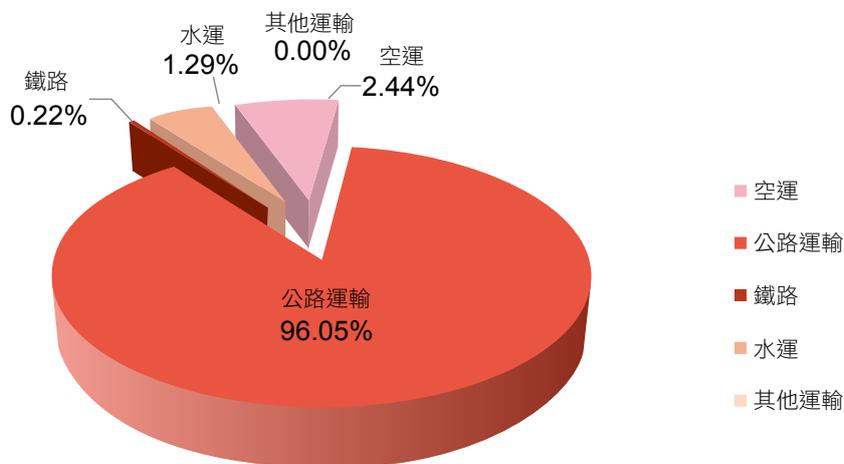


圖 3.2.25 運輸部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

(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

按部門方法計算之臺灣 1990 年商、住、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計，二氧化碳總排放量為 10,478 千公噸二氧化碳當

量，其後呈現逐年減少至 1993 年達 9,446 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，2000 年排放量為 10,849 千公噸二氧化碳當量，2005 年為 11,789 千公噸二氧化碳當量，2010 年排放量為 9,809 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量為 9,698 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年增加 0.59%；排放占比部分，2012 年占比較高者為住宅部門 48.92%、其次為服務業部門 40.46%，再次為農林漁牧的 10.62%，詳見圖 3.2.26、3.2.27 與表 3.2.25。

表 3.2.23 臺灣運輸部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
運輸	53	56	65	71	76	81	85	87
a. 空運	2	3	3	5	6	7	9	9
ii. 國內空運	2	3	3	5	6	7	9	9
b. 公路運輸	49	52	60	64	68	71	73	74
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	2	2	2	2	2	2	2	3
ii. 國內水運	2	2	2	2	2	2	2	3
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
運輸	90	92	93	92	95	94	98	100
a. 空運	9	9	8	7	7	5	6	5
ii. 國內空運	9	9	8	7	7	5	6	5
b. 公路運輸	78	80	81	81	85	86	89	92
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	0
d. 水運	3	3	3	3	3	2	3	3
ii. 國內水運	3	3	3	3	3	2	3	3
e. 其他運輸	0	0	0	0	0	0	0	0.0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
運輸	99	95	89	90	93	94	92	
a. 空運	4	3	2	2	2	2	2	
ii. 國內空運	4	3	2	2	2	2	2	
b. 公路運輸	92	89	85	86	88	90	88	
c. 鐵路	0	0	0	0	0	0	0	
d. 水運	3	2	2	2	2	2	1	
ii. 國內水運	3	2	2	2	2	2	1	
e. 其他運輸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

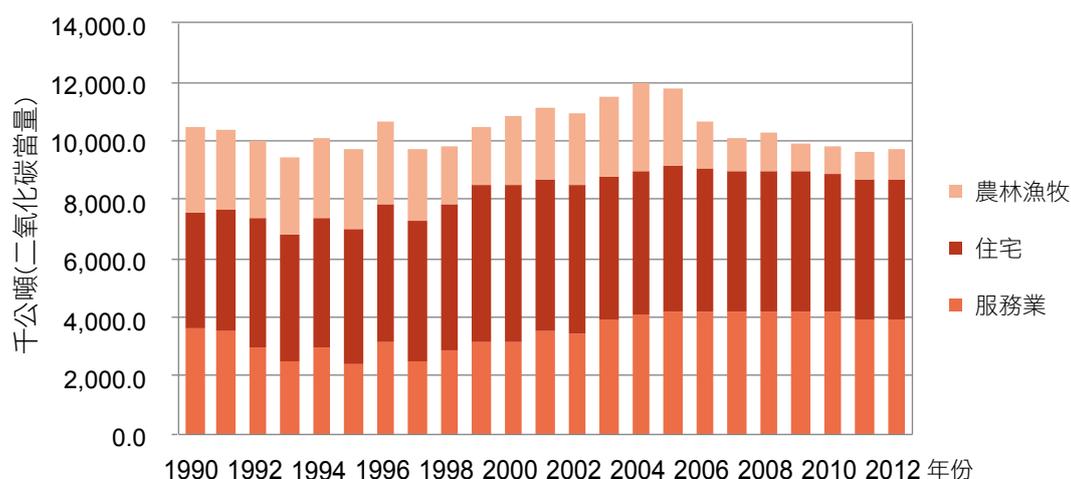


圖 3.2.26 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放趨勢

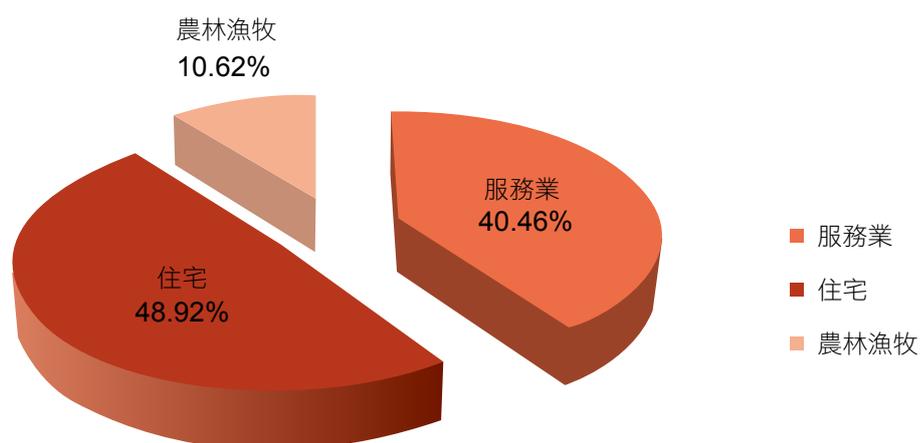


圖 3.2.27 臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量占比

表 3.2.24 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—商、住、農林漁牧部門

排放源		範疇定義
IA4	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	農、林、內陸、沿海、深海魚釣之燃料燃燒之排放，包括接駁工具、幫浦燃料使用、穀物乾燥、園藝溫室、及其他農林漁之燃料使用。

B. 甲烷

按部門方法計算之臺灣 1990 年商、住、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計，甲烷總排放量為 26 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，至 2004 年排放量為 30 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，較 2011 年減少 0.83%；排放占比部分，2012 年占比較高者為住宅部門 53.32%、其次為服務業部門 40.73%，再次為農林漁牧的 5.95%，詳見圖 3.2.28、3.2.29 與表 3.2.26。

C. 氧化亞氮

按部門方法計算之臺灣 1990 年商、住、農林漁牧部門燃料燃燒溫室氣體排放統計燃料

燃燒氧化亞氮總排放量為 25 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，至 2005 年排放量為 27 千公噸二氧化碳當量，2010 年排放量為 21 千公噸二氧化碳當量，2012 年排放量為 20 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.29%；排放占比部分，2012 年占比較高者為住宅部門 48.62%、其次為服務業部門 38.50%，再次為農林漁牧的 12.87%，詳見圖 3.2.30、3.2.31 與表 3.2.27。

(5) 完整性

請參照 3.2 完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 QA/QC 及查證方法。

表 3.2.25 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
4. 其他部門	10,478	10,375	10,019	9,446	10,114	9,738	10,645	9,731
a. 服務業	3,580	3,488	2,953	2,464	2,984	2,418	3,142	2,457
b. 住宅	3,983	4,215	4,422	4,335	4,437	4,573	4,728	4,825
c. 農林漁牧	2,916	2,672	2,645	2,647	2,693	2,748	2,775	2,449
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
4. 其他部門	9,861	10,521	10,849	11,108	10,969	11,545	11,943	11,789
a. 服務業	2,916	3,121	3,187	3,526	3,457	3,920	4,077	4,193
b. 住宅	4,925	5,381	5,326	5,153	5,079	4,843	4,920	4,996
c. 農林漁牧	2,020	2,019	2,337	2,429	2,433	2,782	2,946	2,599
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
4. 其他部門	10,669	10,086	10,308	9,925	9,809	9,641	9,698	
a. 服務業	4,208	4,153	4,163	4,188	4,166	3,926	3,923	
b. 住宅	4,831	4,853	4,794	4,750	4,712	4,788	4,745	
c. 農林漁牧	1,629	1,079	1,351	988	931	927	1,030	

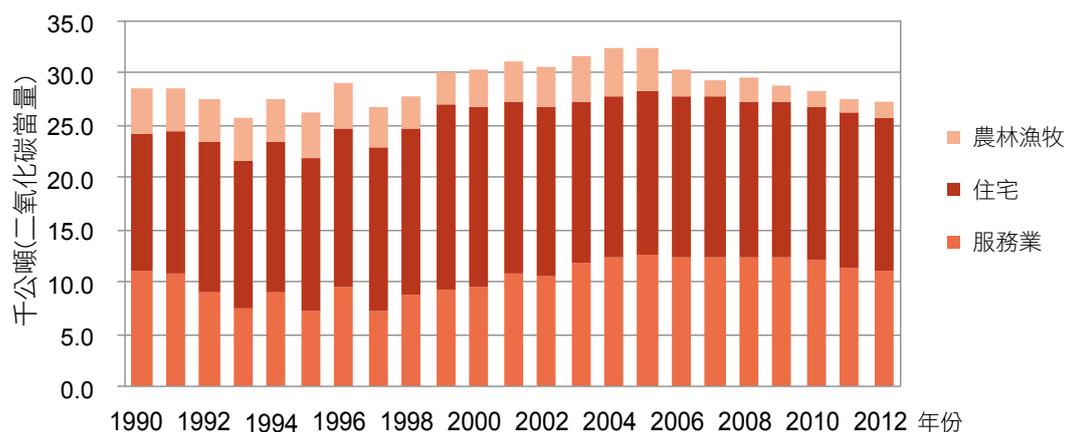


圖 3.2.28 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

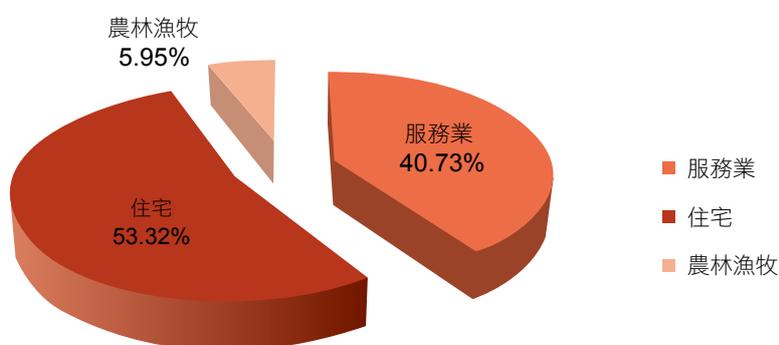


圖 3.2.29 臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒甲烷排放量占比

表 3.2.26 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
4. 其他部門	26	26	25	23	25	24	26	24
a. 服務業	10	10	8	7	8	7	9	7
b. 住宅	12	13	13	13	13	13	14	14
c. 農林漁牧	4	4	4	4	4	4	4	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
4. 其他部門	25	27	28	28	28	29	30	30
a. 服務業	8	9	9	10	10	11	11	11
b. 住宅	14	16	16	15	15	14	14	14
c. 農林漁牧	3	3	3	3	3	4	4	4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
4. 其他部門	28	27	27	26	26	25	25	
a. 服務業	11	11	11	11	11	10	10	
b. 住宅	14	14	14	14	13	14	13	
c. 農林漁牧	2	2	2	1	1	1	1	

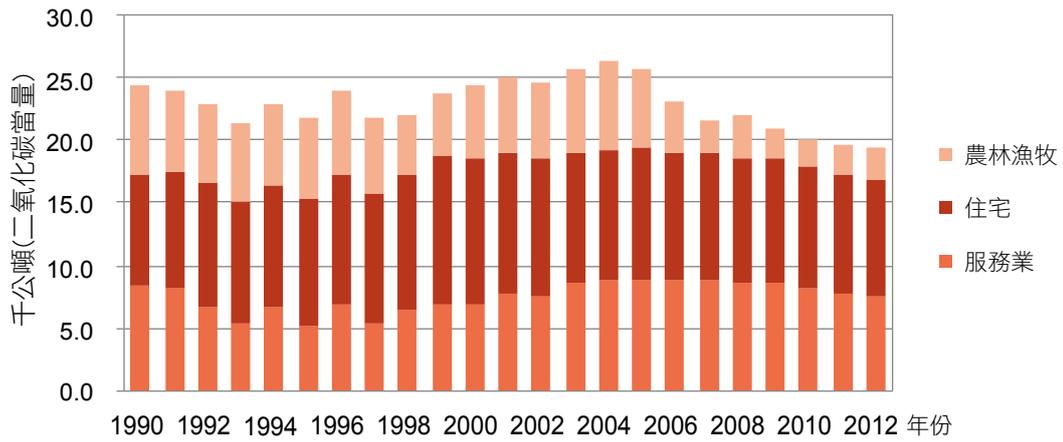


圖 3.2.30 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

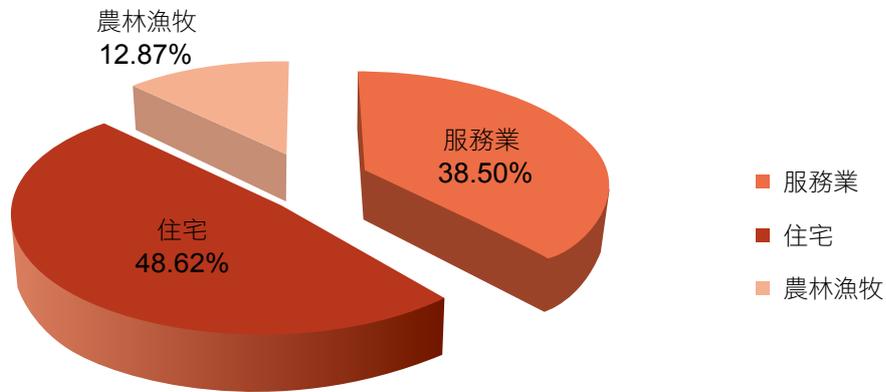


圖 3.2.31 臺灣商、住、農林漁牧部門 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放量占比

表 3.2.27 臺灣商、住、農林漁牧部門 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
4. 其他部門	25	25	24	22	24	23	25	23
a. 服務業	9	8	7	6	7	5	7	6
b. 住宅	9	10	10	10	10	10	11	11
c. 農林漁牧	7	7	7	7	7	7	7	6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
4. 其他部門	23	25	25	26	26	27	28	27
a. 服務業	7	7	7	8	8	9	9	9
b. 住宅	11	13	12	12	11	11	11	11
c. 農林漁牧	5	5	6	6	6	7	7	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
4. 其他部門	24	23	23	22	21	20	20	
a. 服務業	9	9	9	9	9	8	8	
b. 住宅	11	11	10	10	10	10	10	
c. 農林漁牧	4	3	3	2	2	2	3	

## 5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 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 特定排放源改善計畫。

### 3.2.5 其他

#### 1. 統計範疇

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

### 3.2.6 部門方法與參考方法的比較

國際間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，詳見表 3.2.28。

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歷年平均值低於 IPCC 建議的 5.0% 差異值。

表 3.2.28 燃料燃燒二氧化碳排放量計算結果比較

年別	參考方法統計結果 (千公噸) (A)	部門方法統計結果 (千公噸) (B)	計算方法差異 (%) $C=(A/B) * 100-100$
1990	108,071,779	107,549,600	0.49%
1991	117,358,477	116,275,109	0.93%
1992	124,483,970	123,727,096	0.61%
1993	136,198,455	132,754,379	2.59%
1994	142,495,747	140,486,562	1.43%
1995	149,584,119	147,835,390	1.18%
1996	157,572,208	155,330,384	1.44%
1997	171,107,148	167,220,624	2.32%
1998	184,049,872	177,688,039	3.58%
1999	191,267,005	186,748,734	2.42%
2000	210,436,366	205,338,624	2.48%
2001	213,387,520	208,951,140	2.12%
2002	223,401,726	216,724,639	3.08%
2003	229,448,000	226,110,242	1.48%
2004	242,266,812	233,927,621	3.56%
2005	246,314,159	240,589,910	2.38%
2006	253,085,577	247,214,320	2.37%
2007	260,114,775	250,903,295	3.67%
2008	245,193,145	239,840,982	2.23%
2009	233,497,577	227,736,782	2.53%
2010	251,574,268	243,245,925	3.42%
2011	257,879,215	248,141,971	3.92%
<b>2012</b>	<b>251,082,891</b>	<b>243,478,108</b>	<b>3.12%</b>

### 3.2.7 國際運輸燃料

#### 1. 統計範疇

依據國家清冊分類，臺灣國際運輸燃料部分統計範疇包括國際航空與國際航運燃料使用的排放，詳見表 3.2.29。

#### 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

「國際空運」為國際空運；「國際航運」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

按部門方法計算之臺灣國際運輸燃料 1990 年燃料燃燒二氧化碳總排放量為 6,490 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 2005 年達 13,745 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量達 10,963 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 9,857 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 10.09%；排放占比以國際空運 62.39% 為最高，國際航運則占 37.61%，詳見圖 3.2.32、3.2.33 與表 3.2.30。

表 3.2.29 臺灣燃料燃燒排放源與匯分類統計範疇—國際運輸

排放源		範疇定義
IA3	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運與國內空運（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. 國際空運	關於國際航運燃料使用的排放。
	d. 水運	包括螺旋槳水上工具，如水翼船等的排放。
	i. 國際航運	包括懸掛所有旗幟用於國際運輸之航海船隻。

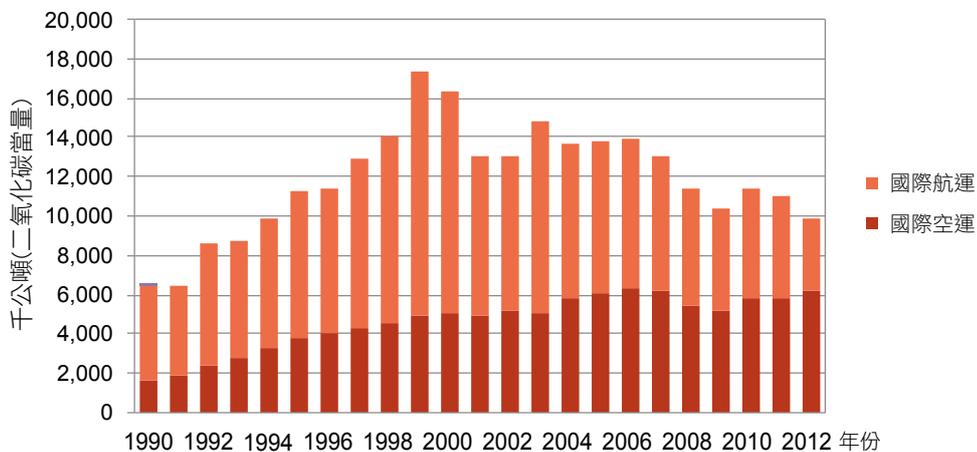


圖 3.2.32 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放量

## B. 甲烷

按部門方法計算之臺灣國際運輸燃料 1990 年燃料燃燒甲烷總排放量為 7 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1999 年達 18 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2011 年排放量降至 8 千公噸二氧化碳當量，2012 年又下降至 6 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 29.04%；排放占比以國際航運 84.84% 為最高，國際空運則占 15.16%，詳見圖 3.2.34、3.2.35 與表 3.2.31。

## C. 氧化亞氮

按部門方法計算之臺灣國際運輸燃料 1990 年燃料燃燒氧化亞氮總排放量為 27 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年持續成長至 1999 年達 74 千公噸二氧化碳當量，其後互有增長，至 2012 年下降至 63 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年減少 1.25%；排放占比以國際空運 85.63% 為最高，國際航運則占 14.37%，詳見圖 3.2.36、3.2.37 與表 3.2.32。

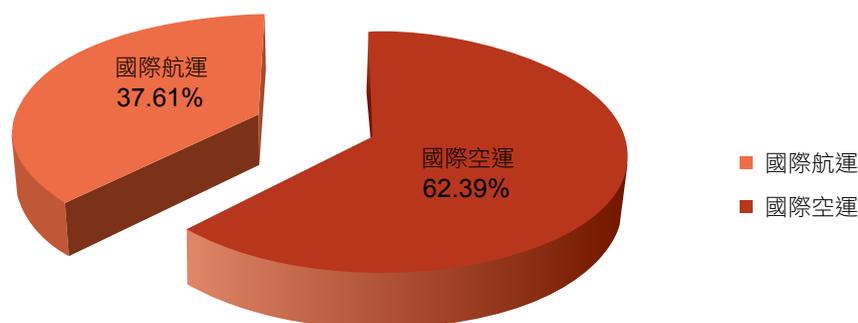


圖 3.2.33 臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒二氧化碳排放部門占比

表 3.2.30 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年二氧化碳排放清單

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
國際運輸燃料	6,490	6,454	8,598	8,678	9,891	11,320	11,369	12,887
a. 國際空運	1,684	1,907	2,352	2,721	3,341	3,840	4,104	4,246
b. 國際航運	4,806	4,547	6,246	5,957	6,550	7,480	7,265	8,641
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
國際運輸燃料	14,072	17,412	16,334	13,070	13,083	14,825	13,681	13,745
a. 國際空運	4,512	4,985	5,043	4,932	5,197	5,125	5,850	6,059
b. 國際航運	9,560	12,427	11,291	8,138	7,886	9,700	7,831	7,686
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
國際運輸燃料	13,888	13,014	11,342	10,363	11,453	10,963	9,857	
a. 國際空運	6,308	6,232	5,501	5,198	5,865	5,851	6,150	
b. 國際航運	7,580	6,782	5,841	5,165	5,588	5,112	3,707	

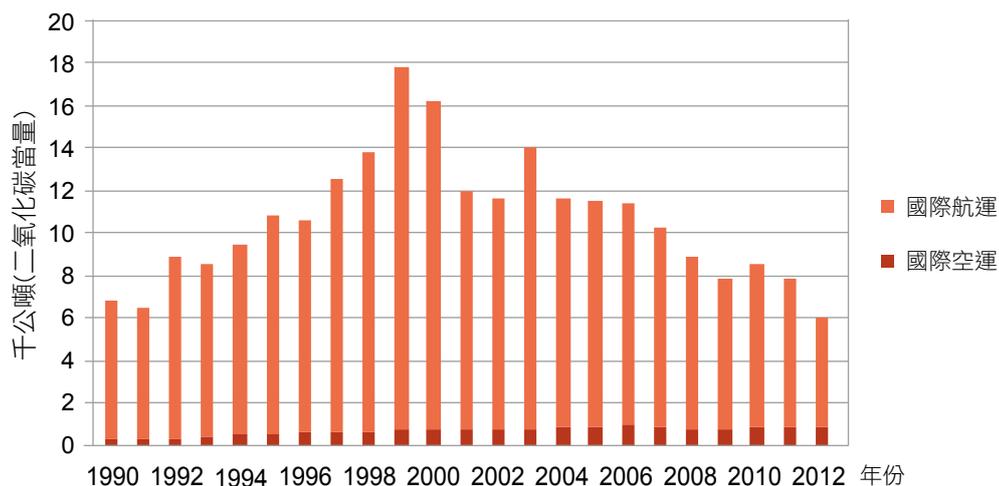


圖 3.2.34 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒甲烷排放趨勢

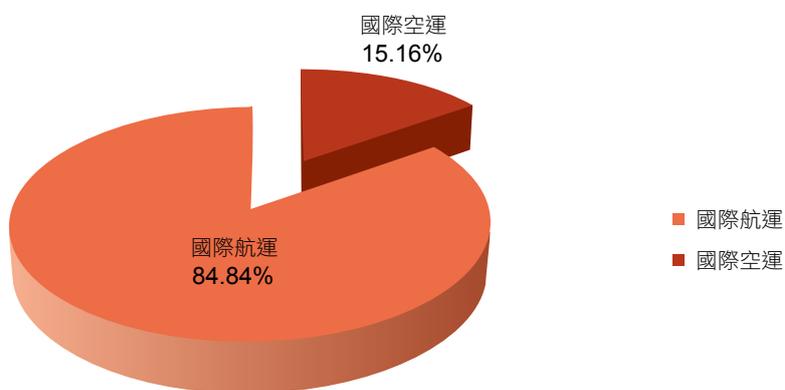


圖 3.2.35 臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒甲烷排放部門占比

表 3.2.31 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
國際運輸燃料	7	6	9	8	9	11	11	13
a. 國際空運	0	0	0	0	0	1	1	1
b. 國際航運	7	6	9	8	9	10	10	12
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
國際運輸燃料	14	18	17	12	12	14	12	12
a. 國際空運	1	1	1	1	1	1	1	1
b. 國際航運	13	17	16	11	11	13	11	11
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
國際運輸燃料	11	10	9	8	9	8	6	
a. 國際空運	1	1	1	1	1	1	1	
b. 國際航運	10	9	8	7	8	7	5	

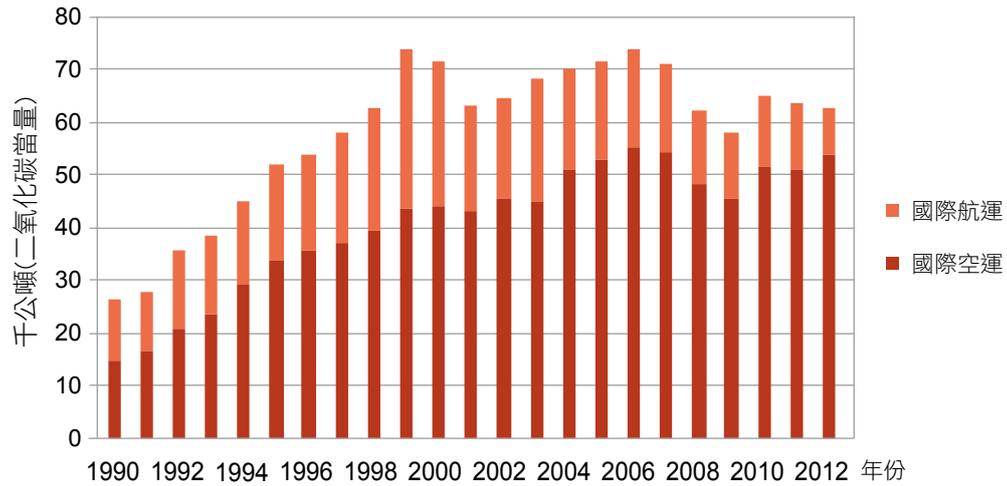


圖 3.2.36 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放趨勢

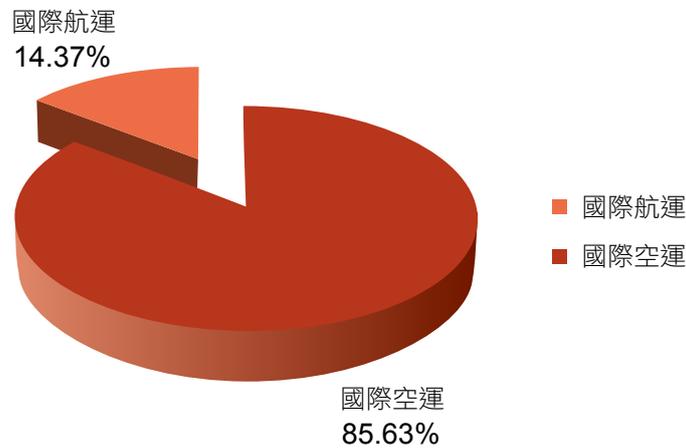


圖 3.2.37 臺灣國際運輸燃料 2012 年燃料燃燒氧化亞氮排放部門占比

表 3.2.32 臺灣國際運輸燃料 1990 至 2012 年氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
國際運輸燃料	27	28	36	39	45	52	54	58
a. 國際空運	15	17	21	24	29	34	36	37
b. 國際航運	12	11	15	15	16	18	18	21
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
國際運輸燃料	63	74	72	63	65	69	70	72
a. 國際空運	40	44	44	43	46	45	51	53
b. 國際航運	23	30	28	20	19	24	19	19
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
國際運輸燃料	73	72	62	59	65	63	63	
a. 國際空運	55	55	48	46	51	51	54	
b. 國際航運	18	17	14	13	14	12	9	

(5) 完整性

請參照 3.2 完整性論述。

3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 不確定性與時間序列的一致性。

4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 QA/QC 及查證方法。

5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 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 特定排放源改善計畫。

3.2.8 燃料的原料與非能源使用

1. 統計範疇

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

2. 方法論議題

(1) 非能源使用燃料燃燒二氧化碳排放扣減量計算方法與程序

請參照 3.2 節計算方法。

(2) 排放係數

請參照 3.2 節使用排放係數。

(3) 活動數據

請參考附件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碳總排放量為 13,705 千公噸二氧化碳當量，其後呈現逐年增加趨勢至 2004 年達 48,245 千公噸二氧化碳當量，其後逐年或有增減，2010 年扣減量為 66,248 千公噸二氧化碳當量，2012 年扣減量為 61,340 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年增加 5.38%，詳見圖 3.2.38 與表 3.2.33。

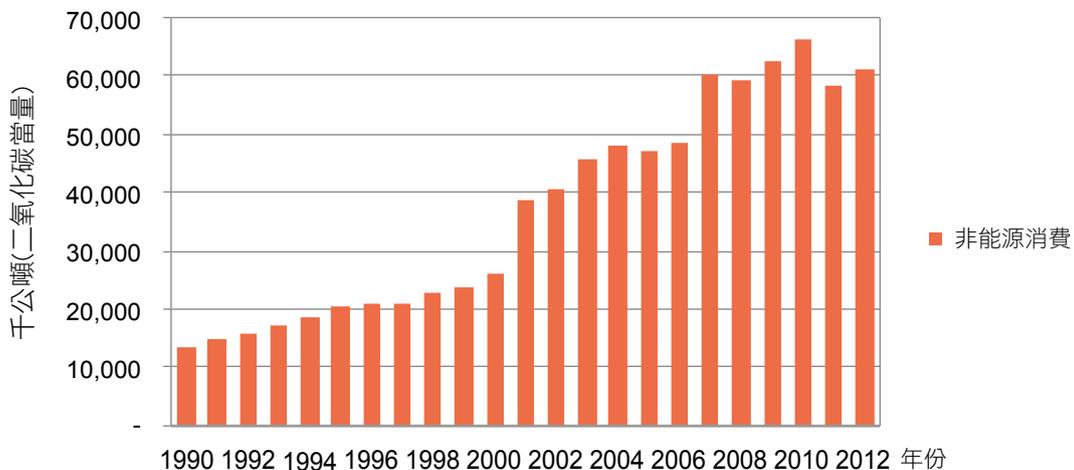


圖 3.2.38 臺灣非能源使用 1990 至 2012 年燃料燃燒二氧化碳扣減量

## 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 1 千公噸二氧化碳當量，至 2012 年排放量為 3 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年增加 4.56%，詳見表 3.2.34。

## 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甲烷總排放扣減量為 0.1 千公噸二氧化碳當量，至 2012 年排放量為 1 千公噸二氧化碳當量，較 2011 年增加 5.48%，詳見表 3.2.35。

## (5) 完整性

請參照 3.2 完整性論述。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

請參照 3.2 不確定性與時間序列的一致性。

## 4. QA/QC 及查證

請參照 3.2 QA/QC 及查證方法。

## 5. 特定排放源的重新計算

請參照 3.2 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 特定排放源改善計畫。

表 3.2.33 臺灣非能源使用 1990 至 2012 年二氧化碳扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
非能源消費	13,705	14,905	15,611	17,043	18,411	20,415	21,002	21,140
工業、轉變及能源部門	13,705	14,905	15,611	17,043	18,411	20,415	21,002	21,140
(石化原料用)	6,285	6,327	6,572	7,469	10,865	12,050	12,282	13,239
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
非能源消費	22,825	23,763	26,274	38,659	40,445	45,951	48,245	47,198
工業、轉變及能源部門	22,825	23,763	26,274	38,659	40,445	45,951	48,245	47,198
(石化原料用)	12,226	12,837	14,992	31,148	31,020	34,876	38,134	36,977
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
非能源消費	48,473	60,375	59,456	62,782	66,248	58,207	61,340	
工業、轉變及能源部門	48,473	60,375	59,456	62,782	66,248	58,207	61,340	
(石化原料用)	38,037	48,830	50,081	52,948	55,815	48,275	51,629	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	0	

表 3.2.34 臺灣非能源使用 1990 至 2012 年甲烷扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
非能源消費	1	1	1	1	1	1	1	1
工業、轉變及能源部門	1	1	1	1	1	1	1	1
(石化原料用)	0	0	0	0	0	0	1	1
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
非能源消費	1	1	1	2	2	2	2	2
工業、轉變及能源部門	1	1	1	2	2	2	2	2
(石化原料用)	1	1	0	1	1	1	2	2
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
非能源消費	2	2	2	3	3	2	3	
工業、轉變及能源部門	2	2	2	3	3	2	3	
(石化原料用)	2	2	2	2	2	2	2	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	0	

表 3.2.35 臺灣非能源使用 1990 至 2012 年氧化亞氮扣減量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
非能源消費	0	0	0	0	0	0	0	0
工業、轉變及能源部門	0	0	0	0	0	0	0	0
(石化原料用)	0	0	0	0	0	0	0	0
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
非能源消費	0	0	0	0	0	0	0	0
工業、轉變及能源部門	0	0	0	0	0	0	0	0
(石化原料用)	0	0	0	0	0	0	0	0
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	0
其他	0	0	0	0	0	0	0	0
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
非能源消費	0	1	1	1	1	0	1	
工業、轉變及能源部門	0	1	1	1	1	0	1	
(石化原料用)	0	0	0	0	0	0	0	
運輸部門	0	0	0	0	0	0	0	
其他	0	0	0	0	0	0	0	

### 3.3 燃料逸散性排放

#### 1. 統計範疇

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 (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
2. IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 : Energy. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). IPCC/IGES, Kanagawa, Japan.
3. IPCC CORINAIR 94.
4. USEPA(2009). Climate Leaders GHG Inventory Protocol.
5. USEPA(2010). Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance.
6. USEPA(2010). Greenhouse Gas Reporting Rule and Regulation.
7. IPCC(1995). Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR). Available from IPCC Website, <https://www.ipcc.ch>.
8. 行政院環境保護署（2013）。中華民國環境保護統計年報。臺北市：行政院環境保護署。
9. 經濟部能源局（2012）。能源統計手冊。臺北市：經濟部能源局。
10. 經濟部能源局（2012）。臺灣能源統計年報。臺北市：經濟部能源局。



## 第四章 工業製程部門 (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 金屬工業
- 4.5 其他製程
- 4.6 鹵烴及六氟化硫生產
- 4.7 鹵烴及六氟化硫使用

## 第四章

### 工業製程部門 (CRF SECTOR 2)

#### 4.1 部門概述

本章節介紹工業製程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.「金屬工業」、2.D.「其他製程」、2.E.「鹵烴及六氟化硫生產」、2.F.「鹵烴及六氟化硫使用」等六項分類，估算二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫等六類溫室氣體種類。

2012 年排放量約 20,376 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 83.0%，其次為六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 占 7.3%、氫氟碳化物 (Hydrofluorocarbons, HFCs) 占 4.9%、全氟碳化物 (Perfluorocarbons, PFCs) 占 3.6% 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 44.7%、金屬工業占 38.7%，如圖 4.1.2 所示。

臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門排放量如表 4.1.2 及圖 4.1.3 所示，其中 2012 年溫室氣體排放量計 20,376 千公噸二氧化碳當量，相較 2011 年排放量 (21,279 千公噸二氧化碳當量) 減少 903 千公噸二氧化碳當量，約下降 4.3%。

#### 4.2 礦業（非金屬製程）（2.A）

2.A.「礦業（非金屬製程）」為工業製程部門中排放量最高之分類，包括 2.A.1「水泥生產」、2.A.2「石灰生產」、2.A.3「石灰石與白雲石使用」、2.A.4「純鹼生產與使用」等共計四項，其中又以 2.A.1「水泥生產」為排放量最高之項目，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。礦業（非金屬製程）2012 年排放量約 9,110 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程部門 45.0%，1990 至 2012 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

參照 1996 IPCC 指南建議方法二，活動數據採較「水泥」產量精準之「熟料」產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

表 4.1.1 工業製程部門次分類

分類	製成生產/使用	產品	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	
2.A. 礦業（非金屬製程）	2.A.1 水泥生產		○						
	2.A.2 石灰生產	生石灰生產	○						
		白雲石灰生產	NO						
	2.A.3 石灰石與白雲石使用	石灰石使用	○						
		白雲石使用	○						
	2.A.4 純鹼生產與使用	純鹼生產	○,NO						
純鹼使用		○							
2.B. 化學工業	2.B.1 氮化學生產		NO						
	2.B.2 硝酸生產				○				
	2.B.3 己二酸生產				NO				
	2.B.4 碳化物生產	碳化矽生產	NO						
		碳化鈣生產	○,NO						
		碳化鈣使用	○						
	2.B.5 其他	碳煙生產			○				
		乙烯生產			○				
苯乙烯生產				○					
甲醇生產				○,NO					
2.C. 金屬工業	2.C.1 鋼鐵生產	高爐鋼胚	○	○	○				
		電爐鋼胚	○						
	2.C.2. 鐵合金生產		○						
	2.C.3. 原鋁生產		NO				NO		
	2.C.4. 鋁鎂鑄造	鋁鑄造						NO	
鎂鑄造							NE, ○		
2.D. 其他製程	2.D.1 食品和飲料		○						
2.E. 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 生產	2.E.1 副產品排放					○,NO	NO	NO	
	2.E.2 逸散排放					IE,NO	NO	NO	
2.F. 鹵烴及 SF <sub>6</sub> 使用	2.F.1 冷凍空調使用					NE, ○			
	2.F.2 發泡劑					NE			
	2.F.3 滅火劑					NE, ○			
	2.F.4 噴霧劑					NE			
	2.F.5 清洗溶劑					NE			
	2.F.6 其他	積體電路或半導體					NE, ○	NE, ○	NE, ○
		TFT 平面顯示器						NE, ○	NE, ○
高壓斷路器及其他開關絕緣氣體							NE, ○		

說明：

- a. 本表僅針對聯合國氣候變化政府間專家委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）於 1996 年出版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）建議統計分類中，其溫室氣體排放種類屬規範之六類氣體進行呈現，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，如氯乙炔、丙烯腈等二十三項，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）、一氧化碳、二氧化硫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。
- b. 表格內容標示說明：
- ：已納入統計該氣體；
  - NO：臺灣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。
- c. 部分項目標註兩項，表示 1990 至 2012 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”。

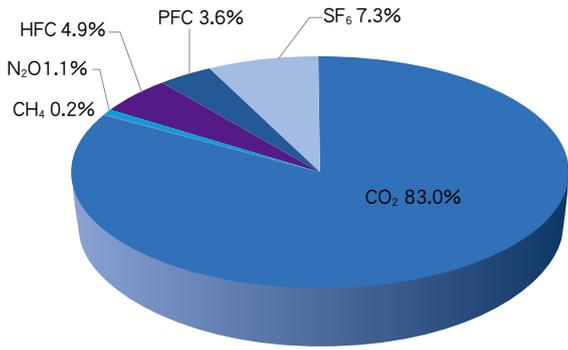


圖 4.1.1 臺灣 2012 年工業製程部門各類溫室氣體排放量占比

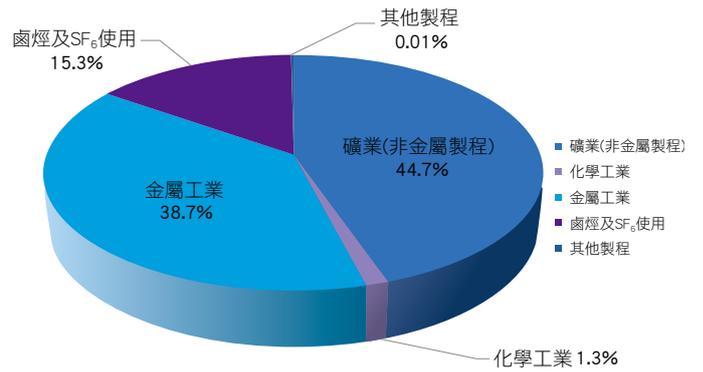


圖 4.1.2 臺灣 2012 年工業製程部門溫室氣體各排放源占比

表 4.1.2 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	礦業(非金屬製程)	化學工業	金屬工業	其他製程	鹵烴及 SF <sub>6</sub> 生產	鹵烴及 SF <sub>6</sub> 使用	總計
1990	8,644	268	3,933	2	NO	NE	12,847
1991	8,545	273	4,098	2	NO	NE	12,918
1992	9,491	253	3,789	2	NO	NE	13,535
1993	10,717	266	4,265	2	597	NE	15,847
1994	13,240	262	4,151	2	676	NE	18,331
1995	12,638	283	4,273	2	634	NE	17,829
1996	12,642	292	4,404	2	1,032	NE	18,373
1997	13,383	321	5,945	2	1,168	NE	20,818
1998	11,548	302	6,483	2	1,647	NE	19,982
1999	10,727	242	5,983	2	1,272	NE	18,226
2000	9,540	180	6,630	2	1,833	NE	18,185
2001	7,805	244	7,048	2	2,030	3,736	20,865
2002	10,709	268	8,508	2	1,705	7,499	28,692
2003	10,519	256	8,568	2	1,531	8,016	28,892
2004	10,963	248	8,711	2	1,352	8,918	30,193
2005	11,577	273	7,593	2	NO	7,760	27,204
2006	11,270	248	8,302	2	NO	7,071	26,893
2007	10,210	285	8,228	2	NO	6,700	25,424
2008	9,209	258	7,693	2	NO	5,228	22,389
2009	8,317	249	6,526	2	NO	4,065	19,161
2010	8,340	270	8,567	2	NO	3,997	21,176
2011	9,528	268	7,721	2	NO	3,758	21,279
2012	9,110	256	7,890	2	NO	3,118	20,376

說明：NE（未估計），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（未發生），表示臺灣無生產或使用，如停產。

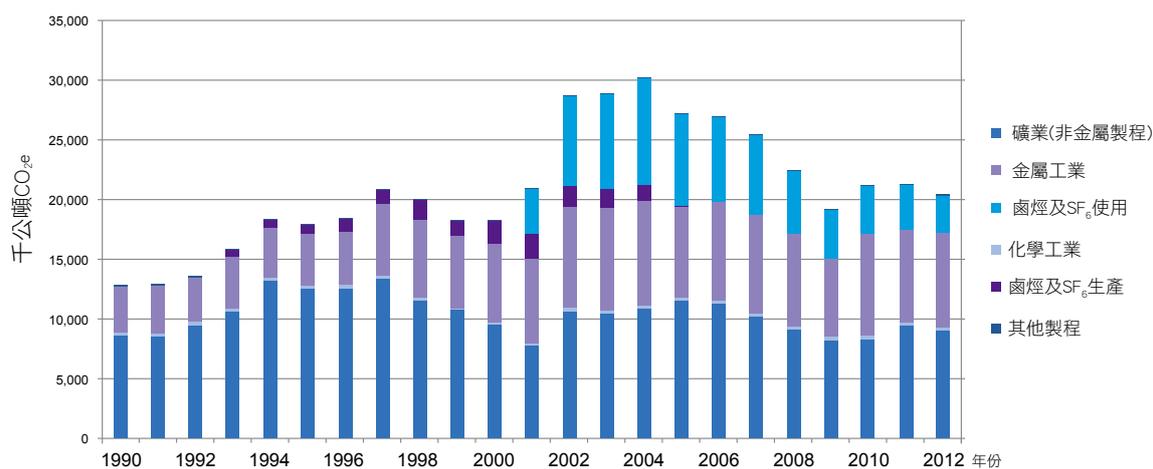


圖 4.1.3 臺灣 1990 至 2012 年工業製程部門溫室氣體排放趨勢

表 4.2.1 礦業（非金屬製程）1990 至 2012 年排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.A.1 水泥生產	7,055	7,383	7,979	8,527	11,127	10,823	10,629	10,662	9,992	9,278	7,920	6,968
2.A.2 石灰生產	286	317	362	350	346	337	413	422	430	359	364	323
2.A.3 石灰石與白雲石使用	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964	1,127	394
2.A.4 純鹼生產與使用	111	109	112	112	131	129	127	128	123	126	129	119
總計	8,644	8,545	9,491	10,717	13,240	12,638	12,642	13,383	11,548	10,727	9,540	7,805
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.A.1 水泥生產	9,889	9,548	9,877	10,356	10,131	9,392	8,485	7,761	7,885	8,526	7,834	
2.A.2 石灰生產	356	367	348	314	300	267	166	184	227	225	202	
2.A.3 石灰石與白雲石使用	361	533	625	793	724	438	445	281	117	663	966	
2.A.4 純鹼生產與使用	104	71	112	114	115	113	113	91	111	114	108	
總計	10,709	10,519	10,963	11,577	11,270	10,210	9,209	8,317	8,340	9,528	9,110	

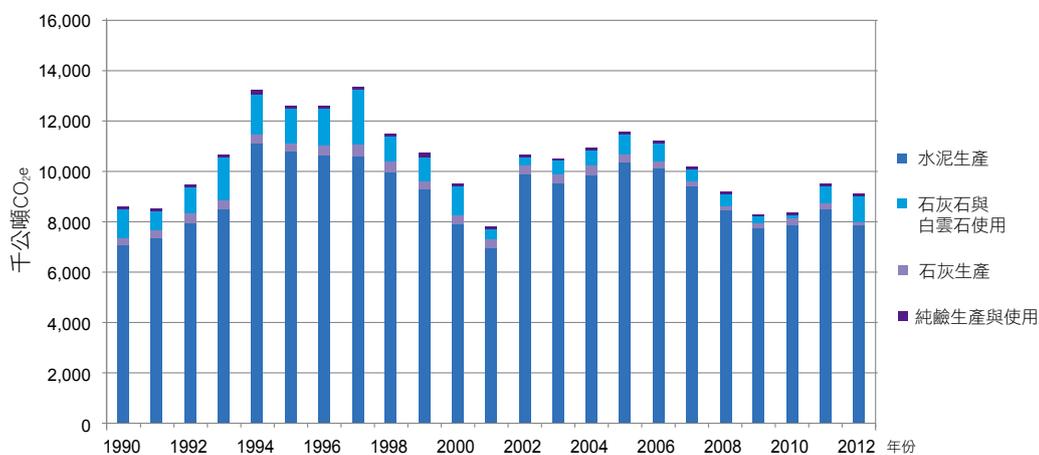


圖 4.2.1 礦業（非金屬製程）1990 至 2012 年溫室氣體排放趨勢

(2) 排放係數

採用「臺灣區水泥工業同業公會」以會員廠熟料成分及排放量等相關數據推估所得之排放係數，即0.521公噸二氧化碳/公噸熟料生產。

(3) 活動數據

由臺灣區水泥工業同業公會提供會員廠活動數據，為臺灣主要廠商之水泥熟料產量，如表 4.2.1.1 所示。

(4) 排放量

水泥製程二氧化碳排放量與熟料產量有關，而熟料產量受到經濟發展的影響，因此排放量在 1997 年後因亞洲金融風暴而逐漸下降，2002 年出現第 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 4.2.1.2 及圖 4.2.1.1 所示。

表 4.2.1.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	18,974	18,320	18,952	19,871	19,438	18,020	16,281	14,891	15,130	16,360	15,031	

表 4.2.1.2 臺灣 1990 至 2012 年水泥生產溫室氣體排放量

(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	
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	

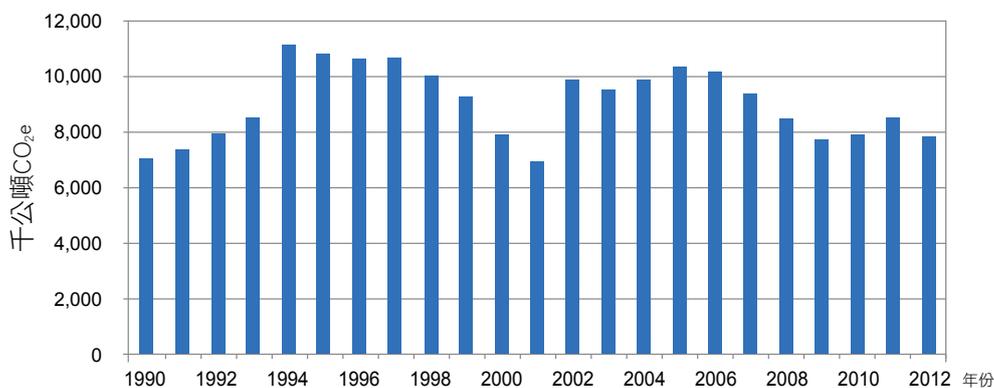


圖 4.2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年水泥生產溫室氣體排放趨勢

## (5) 完整性

水泥熟料產量為臺灣區水泥工業同業公會提供，計算結果為臺灣主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表臺灣水泥生產製程溫室氣體排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

參照 2000 年 IPCC 「良好作法指南及不確定性管理」<sup>[10]</sup> (Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2000

GPG)，水泥生產活動數據不確定性為 10%，排放係數為 1.6%，合併不確定性則為 10%。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (Quality Control, QC) 及查證

活動數據屬於民間提供，QA/QC 工作係參照 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.1.2 所示。

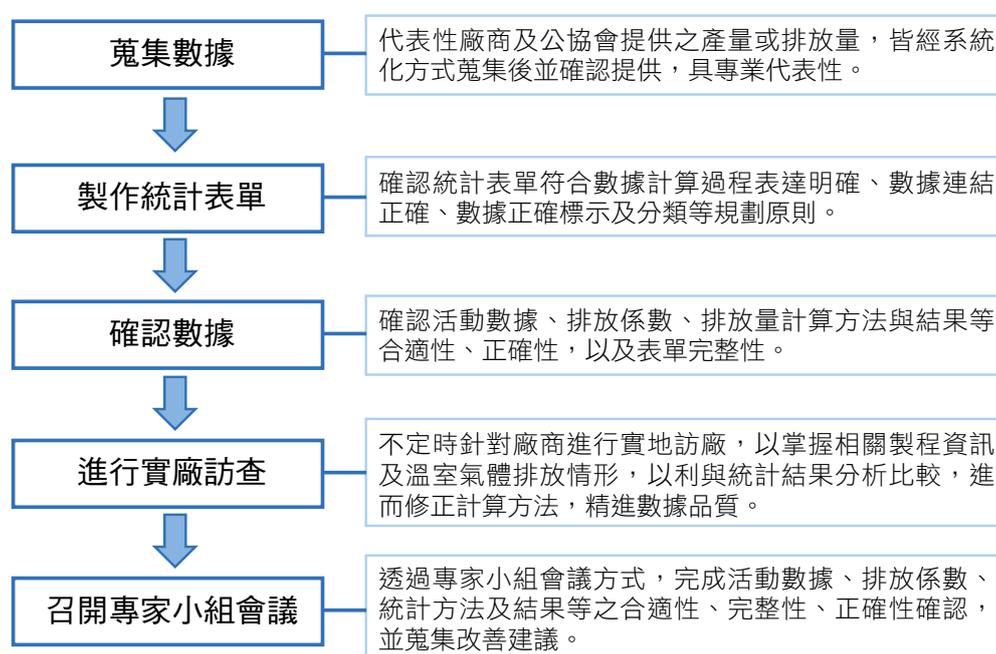


圖 4.2.1.2 工業製程部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 民間來源)

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

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。

4.2.2 石灰生產 (2.A.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計生產生石灰 (C<sub>a</sub>O) 及白雲石灰 (C<sub>a</sub>O · M<sub>g</sub>O) 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 (C<sub>a</sub>CO<sub>3</sub>) 於石灰窯中，高溫煅燒過程中排放，其生成反應式如下：



2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 IPCC 1996 指南建議方法一，以生石灰產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

係採用 2000 年行政院環境保護署<sup>[11]</sup>所建置之排放係數 0.706 公噸二氧化碳 / 公噸生石灰，該排放係數係根據臺灣生石灰產量、製程實況及原料石灰石純度 90% 等實際情況推估求得。

(3) 活動數據

臺灣生石灰產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.2.1 所示。

表 4.2.2.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	504	520	493	445	425	378	356	260	322	318	287	

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

#### (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 300~400 千噸二氧化碳當量，2008 至 2009 年受金融海嘯影響，排放量降至 200 千噸二氧化碳當量以下，2010 年後逐年約維持排放 200 千噸二氧化碳當量。如表 4.2.2.2 及圖 4.2.2.1 所示。

#### (5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報調查對象為臺灣全國廠商，屬於國家級統計數據，經計

算之結果可代表臺灣石灰生產製程排放量。

#### 3. 不確定性與時間序列的一致性

##### (1) 不確定性

參照 2000 GPG，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 2012 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

表 4.2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年石灰生產溫室氣體排放量

(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	
排放量	356	367	348	314	300	267	166	184	227	225	202	

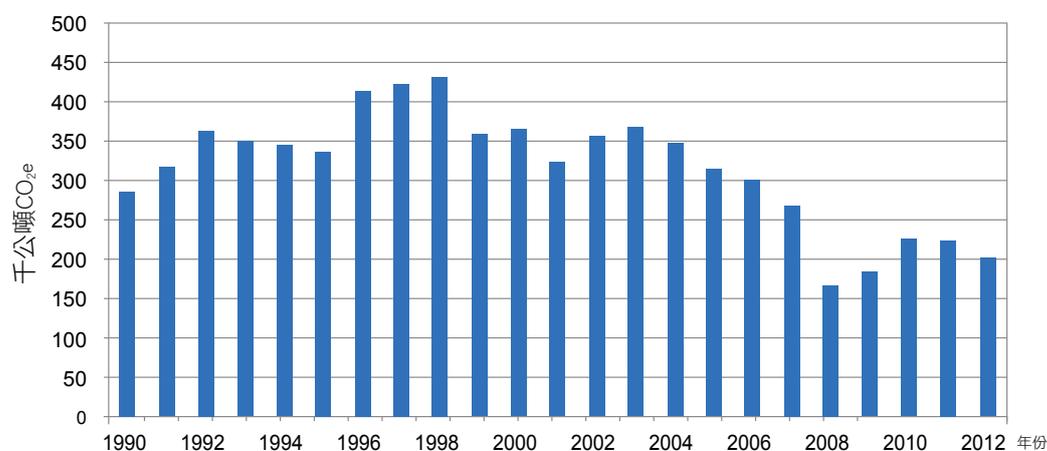


圖 4.2.2.1 臺灣 1990 至 2012 年石灰生產排放趨勢

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 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，其執行流程圖 4.2.2.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

4.2.3 石灰石與白雲石使用 (2.A.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計使用石灰石 ( $C_aCO_3$ ) 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 IPCC 1996 指南建議方法一，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。

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{石灰石使用量 (公噸)} \times \text{石灰石使用排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{白雲石使用量 (公噸)} \times \text{白雲石使用排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)}$$

(2) 排放係數

係採用 2000 年行政院環境保護署所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

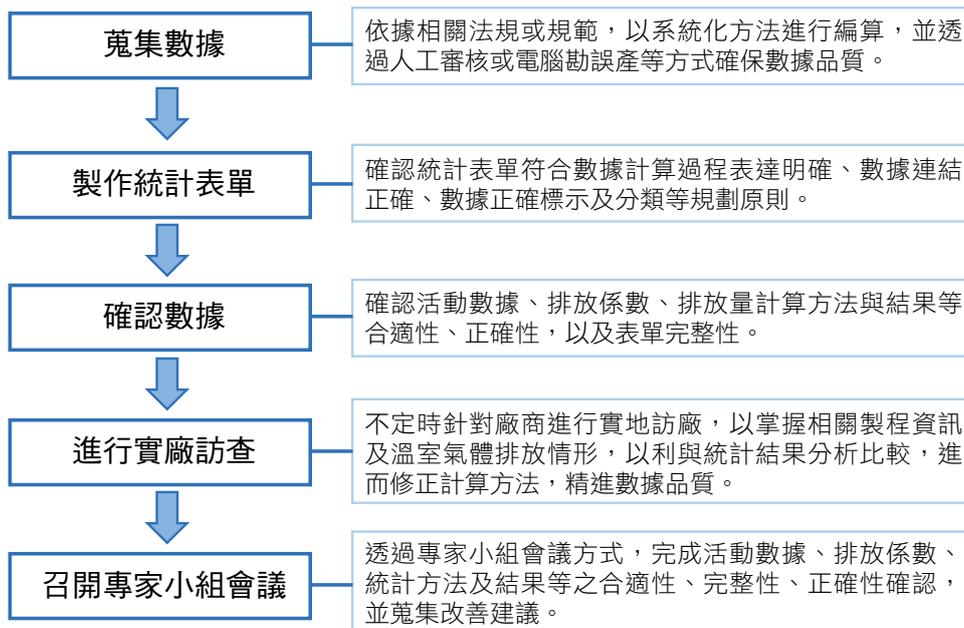


圖 4.2.2.2 臺灣工業製程部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 官方數據)

置，分別為 0.396 公噸二氧化碳 / 公噸石灰石使用、0.429 公噸二氧化碳 / 公噸白雲石使用。

### (3) 活動數據

石灰石與白雲石 1990 至 2012 年使用量如表 4.2.3.1 所示；其中，2003 及 2004 年白雲石因鋼鐵公司使用量大於產銷量及進口量，計算結果為負值，故該年度使用量修正為 0 千公噸。

#### A.2001 至 2012 年

2001 至 2012 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際貿易局進出口統計，鋼鐵製程使用量則引用鋼鐵公司排放清冊。

#### B.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。

### (4) 排放量

石灰石與白雲石使用之 1990 至 2012 年排放量如表 4.2.3.2 及圖 4.2.3.1 所示。

#### A.2001 至 2012 年

石灰石使用之二氧化碳排放量遠高於白雲石使用，其中石灰石排放量 2002 至 2005 年為上升趨勢，2006 年後下降，2008 至 2009 年金融海嘯期間降至最低，而近年排放量又再度上升。而白雲石使用歷年排放趨勢較無一致性，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。

表 4.2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石年使用量

(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	
石灰石	825	1,345	1,579	1,917	1,792	1,028	976	701	116	1,219	1,657	
白雲石	80	0	0	79	32	72	136	8	165	421	722	

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 2012 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 2012 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臺灣為調查對象，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 2012 年，對調查結果已造成影響。

表 4.2.3.2 臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石使用溫室氣體排放量

(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	
石灰石	327	533	619	759	710	407	387	278	46	483	656	
白雲石	34	NO	NO	34	14	31	58	3	71	181	310	
總計	361	533	619	793	724	438	445	281	117	663	966	

說明：NO（未發生），表示臺灣無生產或使用，如停產。

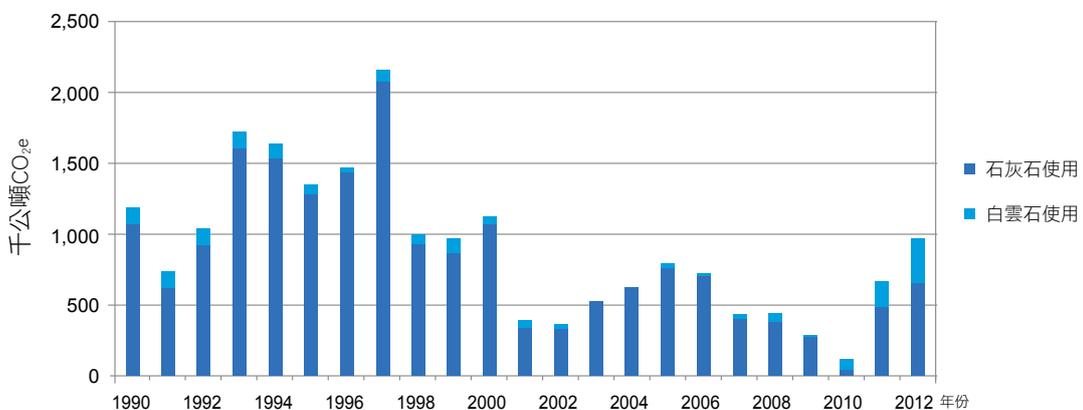


圖 4.2.3.1 臺灣 1990 至 2012 年石灰石與白雲石使用溫室氣體排放趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

根據 1996 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，暫未納入計算，故整體合併不確定性為 5%。經濟部工業局已規劃於 2014 年參考日本工業製程與產品部門本項之不確定數據並斟酌引用。

#### (2) 時間序列的一致性

因無法依 2001 至 2012 年方法取得 1990 至 2000 年活動數據，兩段時間區間活動數據來源不同，故時間序列無一致性。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

### 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 4.2.4 純鹼生產與使用 (2.A.4)

### 4.2.4.1 純鹼生產

#### 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；東南鹼業為過去臺灣唯一純鹼生產廠商，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 1996 IPCC 指南建議方法 I，以純鹼產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

#### (2) 排放係數

係根據 2000 年行政院環境保護署所建置之資料，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 ( $\text{NaHCO}_3$ ) 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 1996 版建議排放係數 0.097 公噸二氧化碳 / 公噸純鹼生產。

#### (3) 活動數據

純鹼產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.4.1.1 所示，臺灣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 年起統計即呈逐漸下降趨勢，至 2000 年後完全停產後無排放量，如表 4.2.4.1.2 及圖 4.2.4.1.1 所示。

#### (5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報調查對象

為臺灣廠商，屬於國家級統計數據，經計算之結果可代表臺灣純鹼生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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。

表 4.2.4.1.1 臺灣 1990 至 2012 年純鹼生產產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	128	119	100	83	84	82	82	60	44	39	44	0
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表 4.2.4.1.2 臺灣 1990 至 2012 年純鹼生產溫室氣體排放量

(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	
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

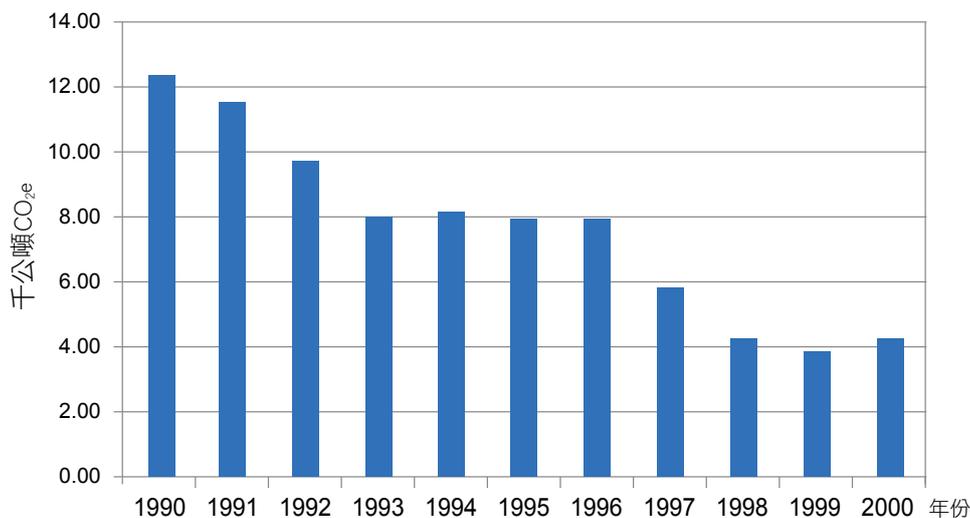


圖 4.2.4.1.1 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放趨勢

5. 特定排放源的重新計算  
同 4.2.1-5。
6. 特定排放源的改善計畫  
同 4.2.1-6。

#### 4.2.4.2 純鹼使用

##### 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 1996 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 (公噸) × 純鹼使用排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)

###### (2) 排放係數

係引用 2000 年行政院環境保護署所建置資料，以質量平衡推估之排放係數 0.415 公噸二氧化碳 / 公噸純鹼使用。

###### (3) 活動數據

純鹼使用量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（臺灣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際貿易局進出口統計，如表 4.2.4.2.1。

###### (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，2004 年後進口量增加，排放量再度上升，如表 4.2.4.2.2 及圖 4.2.4.2.1 所示。

###### (5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報、經濟部國際貿易局進出口統計調查對象皆為臺灣全國

表 4.2.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	251	172	270	274	278	271	113	219	268	275	259	

為對象，屬於國家級統計數據，經計算之結果可代表臺灣純鹼使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性  
同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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  
同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫  
同 4.2.1-6。

### 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 2.B.1.「氨化學生產」、2.B.2.「硝酸生產」、2.B.3.「己二酸生產」、2.B.4.「碳化物生產」、2.B.5.「其他」等共計五項，排放溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮等三

表 4.2.4.2.2 臺灣 1990 至 2012 年純鹼使用溫室氣體排放量

(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	
排放量	104	71	112	114	115	113	113	91	111	114	108	

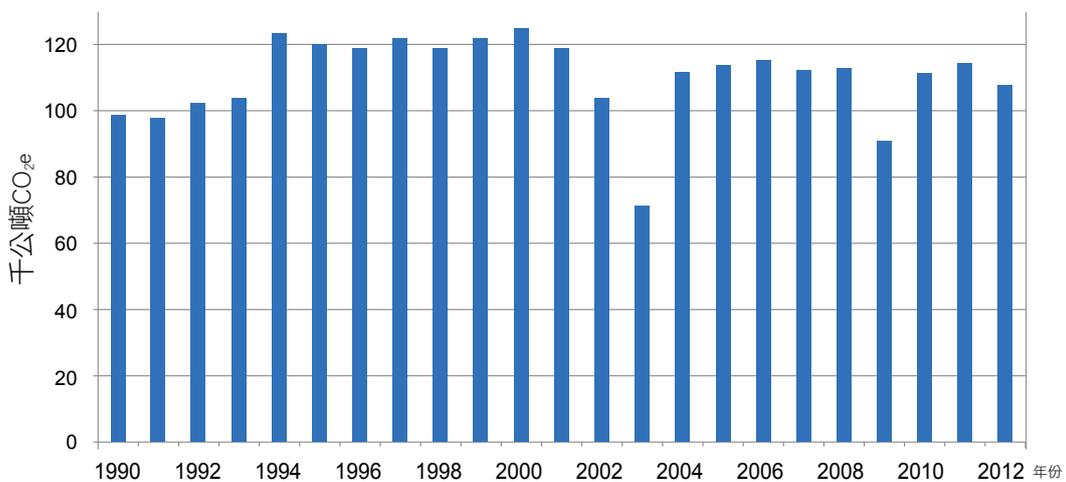


圖 4.2.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 年純鹼使用溫室氣體排放趨勢

項。2012 年總排放量約 256 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程部門 1.3%；1990 至 2012 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

#### 4.3.1 氮化學生產 (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」，經酸鹼工業同業公會回覆臺灣無廠商製造生產液氮，故本項目無二氧化碳排放。

表 4.3.1 臺灣 1990 至 2012 年化學工業溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.B.1 氮化學生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	183
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 碳化物生產	66	61	61	65	70	62	58	62	54	49	34	26
2.B.5 其他	19	17	17	18	24	27	29	30	28	30	31	35
總計	268	273	253	266	262	283	292	321	302	242	180	244
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.B.1 氮化學生產	NO											
2.B.2 硝酸生產	207	207	212	232	208	239	217	210	227	224	214	
2.B.3 己二酸生產	NO											
2.B.4 碳化物生產	26	14	NO	3	4	5	4	4	4	4	4	
2.B.5 其他	35	35	36	38	36	41	37	35	39	40	38	
總計	268	256	248	273	245	285	258	249	270	268	256	

說明：NO (未發生)，表示臺灣該分類項目無生產或使用，即國內無廠商製造生產氮化學與己二酸。

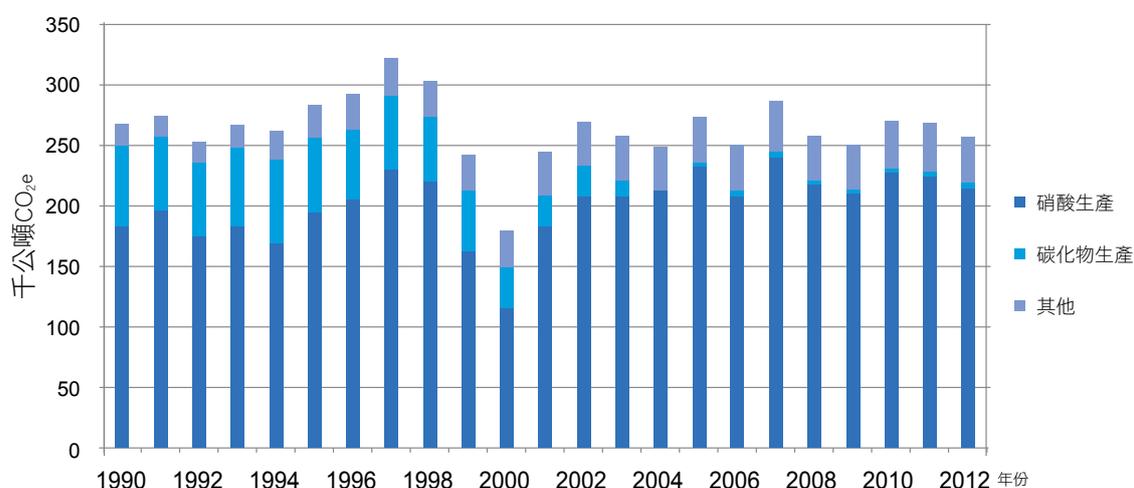


圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2012 年化學工業溫室氣體排放趨勢

### 4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查硝酸製程所產生之氧化亞氮，臺灣採氨氧化法製程，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 1996 IPCC 指南建議方法 1，以硝酸產量及排放係數計算氧化亞氮排放量。計算公式如下：

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

##### (2) 排放係數

係根據 2000 年行政院環境保護署所建置資料，臺灣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 / 公噸硝酸生產。

##### (3) 活動數據

酸鹼工業同業公會僅可提供 2001 至 2012 年硝酸產量，故 1990 至 2000 年活動數據改引用經濟部統計處工業生產統計年報，經比對後確認兩方來源產量數據一致，硝酸 1990 至 2012 年產量如表 4.3.2.1 所示：

##### (4) 排放量

硝酸生產排放量自 1994 年排放 168 千公噸二氧化碳當量逐步上升至 1997 年 229 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 210 至 230 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.2.2 及圖 4.3.2.1 所示。

表 4.3.2.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	126	126	128	141	126	145	132	128	138	136	130	

表 4.3.2.2 臺灣 1990 至 2012 年硝酸生產溫室氣體排放量

(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	183	195	175	183	168	194	205	229	220	163	115	183
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	207	207	212	232	208	239	217	210	227	224	214	

### (5) 完整性

經濟部統計處工業生產統計年報以臺灣全國為調查對象，酸鹼工業同業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。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

參照 2000 GPG，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 2012 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 2012 年則屬民間提供，QA/QC 工作係參照 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.3.2.2 所示。

#### 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

### 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，經酸鹼工業同業公會回覆臺灣無生產己二酸，故本項目無氧化亞氮排放。

### 4.3.4 碳化物生產 (2.B.4)

#### 4.3.4.1 碳化矽生產

本項目為統計碳化矽生產製程二氧化碳排放量，經詢問臺灣製程使用碳化矽之廠商，確

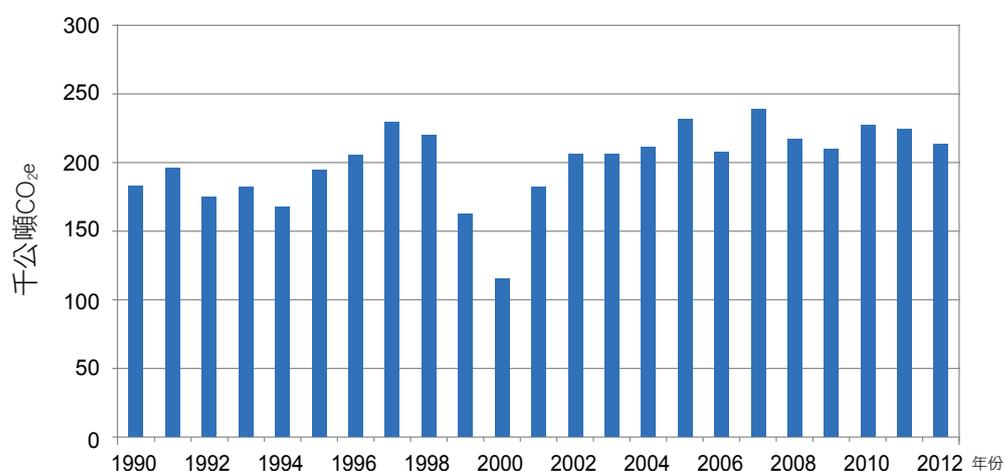


圖 4.3.2.1 臺灣 1990 至 2012 年硝酸生產溫室氣體排放趨勢

認臺灣無廠商製造生產碳化矽，故本項目無二氧化碳排放。

#### 4.3.4.2 碳化鈣生產

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查碳化鈣製程所產生之二氧化碳，臺灣唯一生產廠商臺灣塑膠工業股份有限公司已於 2003 年停產。製程主要原料為氧化鈣和焦炭，與石灰石加熱生成氧化鈣，經處理後再與煤焦高溫反應成碳化鈣，此過程將生成一氧化碳尾氣，進而燃燒產生二氧化碳排放。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 1996 IPCC 指南建議方法 1，以碳化鈣產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算

公式如下：

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

###### (2) 排放係數

2000 年行政院環境保護署所建置之資料係以質量平衡推估排放係數為 0.6856 公噸二氧化碳 / 公噸碳化鈣生產，但由於碳化鈣製程中，過量的碳將被氧化成二氧化碳，為避免低估排放量，採用 1996 IPCC 指南建議係數：1.1 公噸二氧化碳 / 公噸碳化鈣生產。

###### (3) 活動數據

由臺灣唯一生產廠商臺灣塑膠工業股份有限公司提供碳化鈣產量，如表 4.3.4.2.1 所示，但該公司已於 2003 年停產。

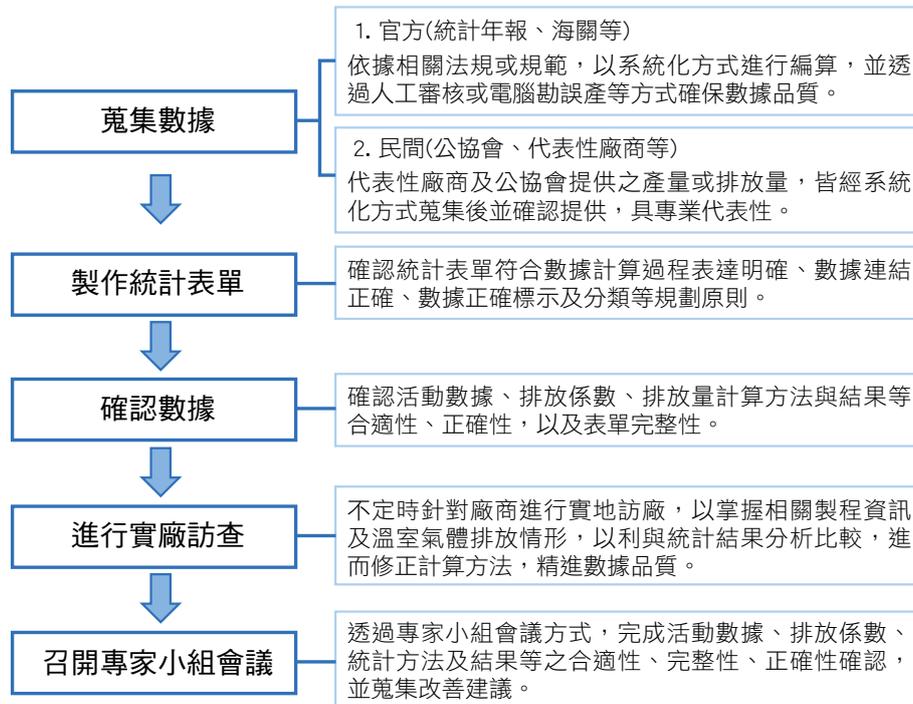


圖 4.3.2.2 工業製程部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 - 官方數據、民間來源)

## (4) 排放量

碳化鈣生產排放量自 1990 年起維持穩定趨勢，約排放 42 千公噸二氧化碳當量，臺灣塑膠工業股份有限公司自 1998 年起減產，排放量即為下降趨勢，2003 年停產後便不再排放，如表 4.3.4.2.2 及圖 4.3.4.2.1 所示。

## (5) 完整性

臺灣僅臺灣塑膠工業股份有限公司生產碳化鈣，經計算之結果可代表臺灣碳化鈣生產製程排放量。

表 4.3.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	39.1	38.7	38.7	39.2	39.5	38.6	38.6	38.8	36.9	31.1	20.9	17.5
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	16.2	11.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表 4.3.4.2.2 臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放量

(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	42.6	42.2	42.2	42.7	43.1	42.0	42.1	42.3	40.2	33.9	22.8	19.0
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	17.7	12.4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

說明：NO（未發生），碳化鈣於 2003 年停產，故之後無排放源發生。

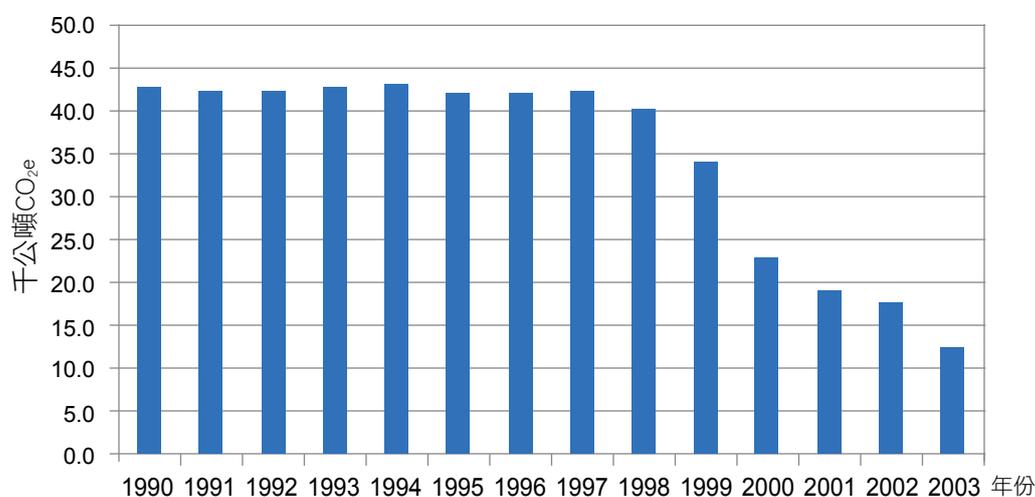


圖 4.3.4.2.1 臺灣 1990 至 2003 年碳化鈣生產溫室氣體排放趨勢

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 2012 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

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

4.3.4.3 碳化鈣使用

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查碳化鈣的使用過程中所產生之二氧化碳，根據 1996 IPCC 指南，67% 二氧化碳隨碳化鈣產品使用過程排放，臺灣碳化鈣大多應用於乙炔製造。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 1996 IPCC 指南建議方法 I，以碳化鈣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，使用量計算說明詳見活動數據。

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

(2) 排放係數

係採用 2000 年行政院環境保護署所建置資料，以質量平衡方式推估所得係數 1.1 公噸二氧化碳 / 公噸碳化鈣使用。

(3) 活動數據

使用量係以生產量加上進口量並扣除出口量計算，其中，生產量由臺灣塑膠工業股份有限公司提供，進出口量則來自經濟國際貿易局進出口統計。臺灣塑膠工業股份有限公司 2003 年停產碳化鈣後，即以進口量扣除出口量作為當年使用量。如表 4.3.4.3.1 所示：

表 4.3.4.3.1 碳化鈣 1990 至 2012 年使用量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	21.38	16.97	16.88	20.05	24.59	18.09	14.59	17.86	12.38	13.56	9.80	6.66
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	7.65	1.26	0	3.01	3.45	4.18	3.35	3.35	3.28	3.31	3.84	

註：2004 年因碳化鈣出口量大於進口量，計算結果為負值，故該年度使用量修正為 0。

## (4) 排放量

碳化鈣使用排放量自 1994 年 27 千公噸二氧化碳當量逐漸下降至 2003 年 1.39 千公噸二氧化碳當量，2003 年後臺灣塑膠工業股份有限公司停產碳化鈣後，排放量維持約 3.69 至 4.60 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.4.3.2 及圖 4.3.4.3.1 所示。

## (5) 完整性

臺灣塑膠工業股份有限公司為臺灣唯一生產碳化鈣廠商，經濟部國際貿易局進出口統計則係以臺灣為調查對象，經計算之結果可代表臺灣碳化鈣使用排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

表 4.3.4.3.2 臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放量

(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	23.52	18.66	18.57	22.06	27.05	19.90	16.05	19.64	13.62	14.91	10.78	7.32
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	8.41	1.39	NO	3.32	3.80	4.60	3.69	3.69	3.61	3.64	4.22	

說明：NO (未發生)，表示臺灣無生產或使用，如停產。

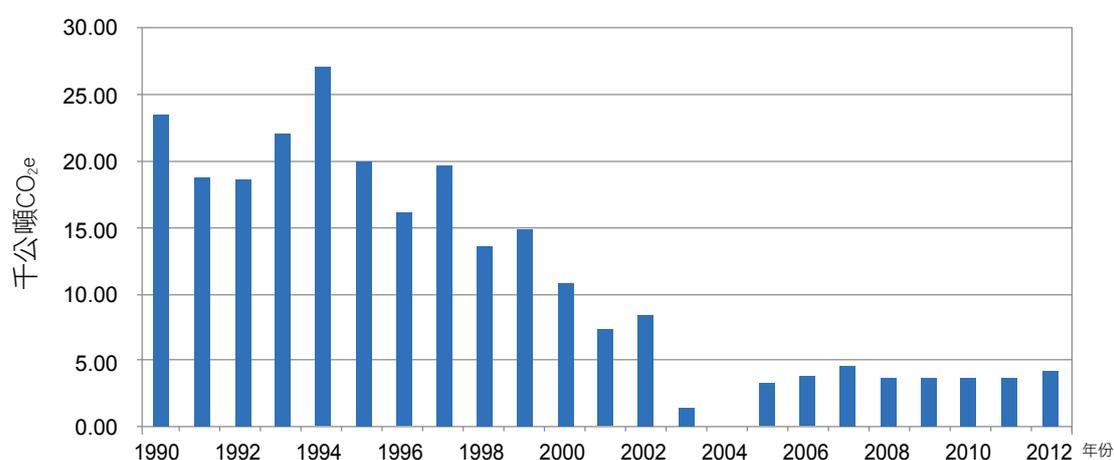


圖 4.3.4.3.1 臺灣 1990 至 2012 年碳化鈣使用溫室氣體排放趨勢

### 4.3.5 其他 (2.B.5)

#### 4.3.5.1 碳煙生產

##### 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，製程主要以乙炔、天然氣等原料經高溫熱裂解製造碳煙，而甲烷主要來自於製程尾氣排放。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 1996 IPCC 指南建議方法 I，以碳煙產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

$$\text{甲烷排放量} = \text{碳煙產量 (公噸)} \times \text{碳煙排放係數 (公噸甲烷 / 公噸產量)}$$

###### (2) 排放係數

係根據 2000 年行政院環境保護署所建置之資料，甲烷在製程中回收後再送入鍋爐燃燒，理論上為完全燃燒，排放係數應為 0 公噸甲烷 / 公噸碳煙生產，但為避免低估排放量，仍採用 IPCC 1996 版建議係數 0.011 公噸甲烷 / 公噸碳煙生產。

##### (3) 活動數據

由臺灣區石油化學同業公會提供碳煙產量，碳煙 1990 至 2012 年產量如表 4.3.5.1.1 所示：

##### (4) 排放量

碳煙生產排放量自 1994 年起逐漸上升，至 1996 年後排放量均在 23.0 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 22.4 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.5.1.2 及圖 4.3.5.1.1 所示。

##### (5) 完整性

碳煙產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為臺灣主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表臺灣碳煙生產排放量。

##### 3. 不確定性與時間序列的一致性

###### (1) 不確定性

參照 2000 GPG，碳煙生產活動數據不確定性為 15%，排放係數為 15%，合併不確定性則為 21%。

表 4.3.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年碳煙產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
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	
產量	106	104	106	114	109	112	94	82	97	108	94	

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 4.3.5.2 乙烯生產

## 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 1996 IPCC 指南建議方法 1，以乙烯產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

表 4.3.5.1.2 臺灣 1990 至 2012 年碳煙生產溫室氣體排放量

(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	13.6	13.3	13.5	14.5	18.6	20.9	23.2	23.9	24.0	23.9	23.1	24.4
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	24.6	24.0	24.4	26.4	25.1	25.8	21.7	18.9	22.4	25.0	21.8	

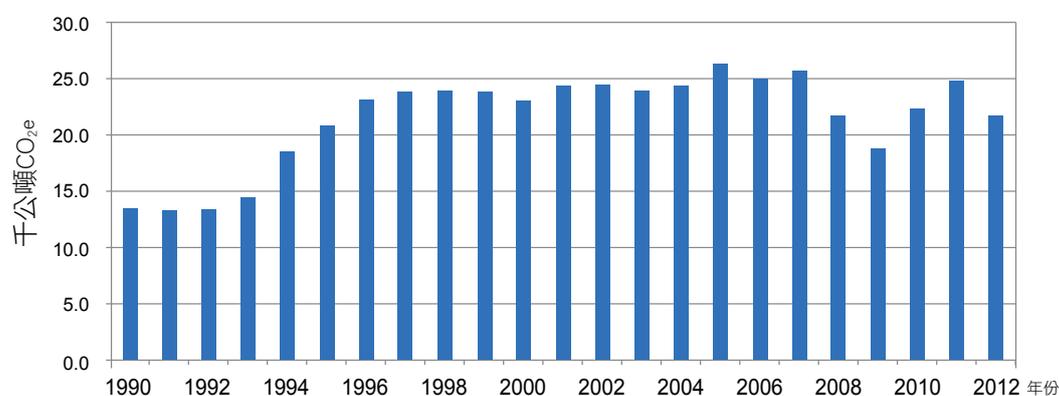


圖 4.3.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年碳煙生產溫室氣體排放趨勢

(2) 排放係數

係採用 2000 年行政院環境保護署所建置之資料，建置係數 0.108 公斤甲烷 / 公噸乙烯生產；此係數係以全廠排放量及乙烯產量求得全廠排放係數後，依據甲烷所占比例進行 speciate 系統區分甲烷排放量後求得。

(3) 活動數據

由臺灣區石油化學同業公會提供乙烯產量，如表 4.3.5.2.1 所示：

(4) 排放量

臺灣乙烯產量雖大，但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 年間介於 1.66 至 2.18 千公噸二氧化碳當量，1999 年臺灣塑膠工業股份有限公司第六套輕油裂解廠（台塑六輕）投入生產，2001 年上升至 5.86 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 8.31 千公噸二氧化碳當量；此外，由於乙烯為石化業基礎產品，2008 至 2009 年排放量較不受金融海嘯影響，如表 4.3.5.2.2 及圖 4.3.5.2.1 所示。

(5) 完整性

乙烯產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為臺灣主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表臺灣乙烯生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 IPCC 2000 GPG，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整體工業製程部門不到 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 2012 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 4.2.1-6。

5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

表 4.3.5.2.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	2,393	2,900	2,864	2,900	2,888	3,666	3,623	3,852	3,929	3,522	3,748	

### 4.3.5.3 苯乙烯生產

#### 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 1996 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：

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

##### (2) 排放係數

係採用 2000 年行政院環境保護署所建置之資料，建置係數 0.198 公斤甲烷 / 公噸苯乙烯生產；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。

##### (3) 活動數據

由臺灣區石油化學同業公會提供苯乙烯產量，如表 4.3.5.3.1 所示。

表 4.3.5.2.2 臺灣 1990 至 2012 乙炔生產溫室氣體排放量

(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	1.77	1.61	1.66	1.68	2.02	1.98	2.06	2.18	2.12	2.94	3.61	5.86
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	5.43	6.58	6.49	6.58	6.55	8.31	8.22	8.74	8.91	7.99	8.50	

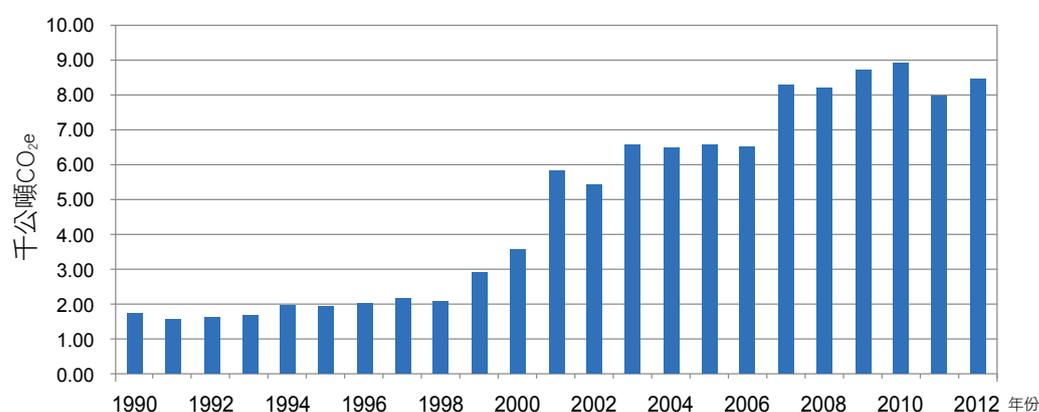


圖 4.3.5.2.1 臺灣 1990 至 2012 年乙炔生產溫室氣體排放趨勢

(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 年排放量維持 1.38 至 1.77 千公噸二氧化碳當量之間，1999 年臺灣塑膠工業股份有限公司第

六套輕油裂解廠（台塑六輕）投入增產，2001 至 2006 年間排放量上升至 4.77 至 5.19 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 至 2012 年排放量則維持 6.98 至 7.99 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.5.3.2 及圖 4.3.5.3.1 所示。

表 4.3.5.3.1 臺灣 1990 至 2012 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	357	362	332	370	386	425	411	411	386	806	1,051	1,146
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	1,249	1,247	1,247	1,248	1,222	1,824	1,679	1,906	1,922	1,693	1,790	

表 4.3.5.3.2 臺灣 1990 至 2012 年苯乙烯生產溫室氣體排放量

(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	1.48	1.51	1.38	1.54	1.61	1.77	1.71	1.71	1.61	3.35	4.37	4.77
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	5.19	5.19	5.19	5.19	5.08	7.59	6.98	7.93	7.99	7.04	7.44	

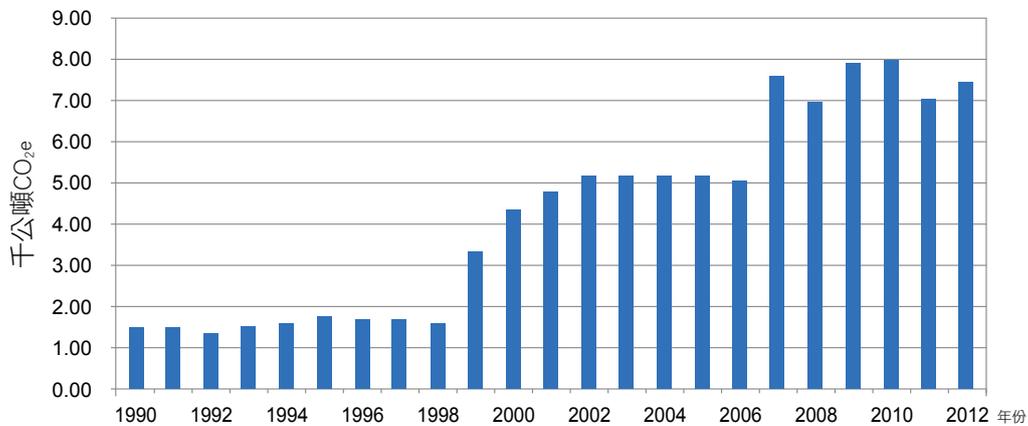


圖 4.3.5.3.1 臺灣 1990 至 2012 年苯乙烯生產溫室氣體排放趨勢

## (5) 完整性

苯乙烯產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為臺灣主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表臺灣苯乙烯生產排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 4.3.5.4 甲醇生產

## 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 1996 IPCC 指南建議方法 1，以甲醇產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

## (2) 排放係數

參照 2000 年行政院環境保護署所建置之資料，建議之排放係數 2.0 公斤甲烷 / 公噸甲醇生產，即高雄市環保局根據甲醇廠生產實況推估建置。

## (3) 活動數據

甲醇產量由臺灣區石油化學同業公會提供，相關廠商已於 1998 年起停產，如表 4.3.5.4.1 所示。

表 4.3.5.4.1 臺灣 1990 至 2012 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	37.69	5.25	0	12.98	24.64	49.23	45.68	46.80	22.10	0	0	0
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

(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，1998 年因廠商停產後便無排放量，如表 4.3.5.4.2 及圖 4.3.5.4.1 所示。

(5) 完整性

甲醇產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為臺灣主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表臺灣甲醇生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

(2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫同 4.2.1-6。

4.4 金屬工業 (2.C)

「金屬工業」為工業製程部門中僅次於「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

表 4.3.5.4.2 臺灣 1990 至 2012 年甲醇生產溫室氣體排放量

(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	
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

說明：“NO”（未發生），甲醇於 1998 年後停產，故無排放源發生。

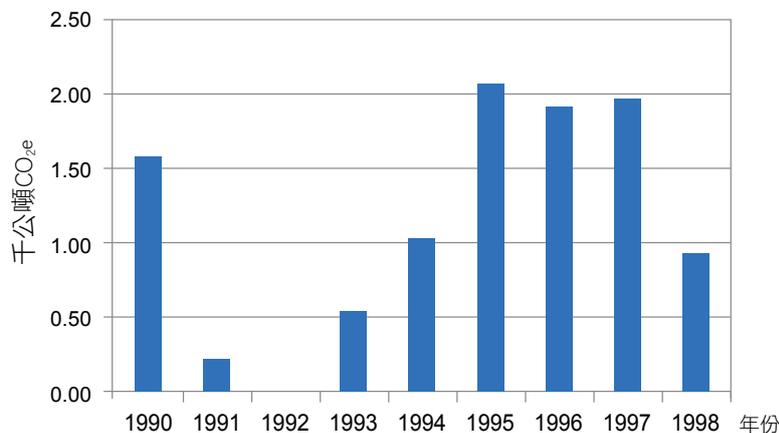


圖 4.3.5.4.1 臺灣 1990 至 2012 年甲醇生產溫室氣體排放趨勢

生產」、2.C.3.「原鋁生產」、2.C.4.「鋁鎂鑄造」等共計四項，統計溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、全氟碳化物及六氟化硫等共計五項。2012年總排放量7,890千公噸二氧化碳當量，占工業製程部門39.0%，1990至2012年排放量如表4.4.1及圖4.4.1所示。

#### 4.4.1 鋼鐵生產（2.C.1）

##### 4.4.1.1 高爐鋼胚

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

高爐鋼胚製程包含燒結、煉焦、煉鐵及煉鋼等過程，1996 IPCC 指南建議本項高爐鋼胚

表 4.4.1 臺灣 1990 至 2012 年金屬工業溫室氣體排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.C.1 鋼鐵生產	3,622	3,812	3,576	4,095	4,008	4,079	4,229	5,765	6,309	5,920	6,597	7,028
2.C.2 鐵合金生產	311	285	213	170	143	194	176	180	174	63	33	21
2.C.3 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4 鋁鎂鑄造	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	<b>3,933</b>	<b>4,097</b>	<b>3,789</b>	<b>4,265</b>	<b>4,151</b>	<b>4,273</b>	<b>4,405</b>	<b>5,945</b>	<b>6,483</b>	<b>5,983</b>	<b>6,630</b>	<b>7,049</b>
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.C.1 鋼鐵生產	7,457	7,512	7,355	6,529	7,532	7,788	7,548	6,326	8,328	7,584	7,788	
2.C.2 鐵合金生產	25	30	NO	NO	NO	NO	NO	NO	26	3	10	
2.C.3 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.C.4 鋁鎂鑄造	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	200	212	134	92	
總計	<b>8,509</b>	<b>8,569</b>	<b>8,712</b>	<b>7,592</b>	<b>8,302</b>	<b>8,228</b>	<b>7,692</b>	<b>6,526</b>	<b>8,566</b>	<b>7,721</b>	<b>7,890</b>	

說明：NE（未估計），表未調查估計該分類項目；鎂鑄造無統計1990至2001年排放量；NO（未發生），代表臺灣無生產或使用；臺灣無廠商製造生產原鋁，鐵合金製造廠商則於2004至2009年停產。

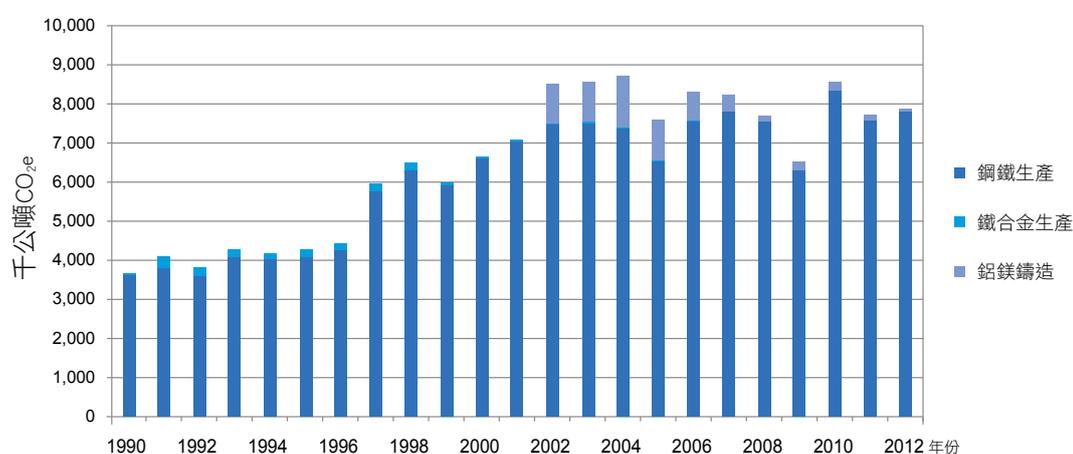


圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2012 年金屬工業溫室氣體排放趨勢

僅調查製程產生之二氧化碳，但考量計算排放量完整性，甲烷及氧化亞氮等溫室氣體亦納入調查。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

A.2001 至 2012 年

參照 1996 IPCC 指南建議方法 3，彙整臺灣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，但考量臺灣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，本項高爐鋼胚之製程溫室氣體排放量未包含爐氣部分。

B.1990 至 2000 年

參照 1996 IPCC 指南建議方法 1，以高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：

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

(2) 排放係數

A.2001 至 2012 年

彙整臺灣鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故無排放係數。

B.1990 至 2000 年

採用 2001 至 2012 年臺灣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 0.594 公噸二氧化碳當量 / 公噸高爐鋼胚生產，此係數已包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放的部分。

(3) 活動數據

A.2001 至 2012 年

彙整臺灣鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故無活動數據。

B.1990 至 2000 年

1990 至 2000 年由臺灣鋼鐵公司提供高爐鋼胚產量，1990 至 2000 年產量如表 4.4.1.1.1 所示。

(4) 排放量

高爐鋼胚製程因早期鋼鐵業為起步階段，故排放量為上升趨勢，至 2000 年起每年約介

表 4.4.1.1.1 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	6,244	6,123	6,242	6,444	8,944	9,811	9,267	9,971	5,627

於 6,000 至 7,000 千噸二氧化碳當量之間，2008 至 2009 年間排放量受金融風暴影響降低，而 2010 年後由於經濟復甦，且臺灣第二家高爐鋼胚廠商投產，故排放量略為上升。如表 4.4.1.1.2 及圖 4.4.1.1.1 所示。

### (5) 完整性

活動數據、排放量等相關數據皆由臺灣鋼鐵公司提供，排放量計算結果可代表臺灣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

1990 至 2012 年不確定性如表 4.4.1.1.3 所示。

#### A.2001 至 2012 年

2006 至 2012 排放量之不確定性彙整自鋼鐵公司排放清冊，2001 至 2005 因該公司清冊未進行不確定性計算，故改採用 1996 IPCC 指南建議，即排放量自廠商處獲得，不確定性為 5%。

表 4.4.1.1.2 臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產溫室氣體排放量

(單位：千公噸)

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	
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	

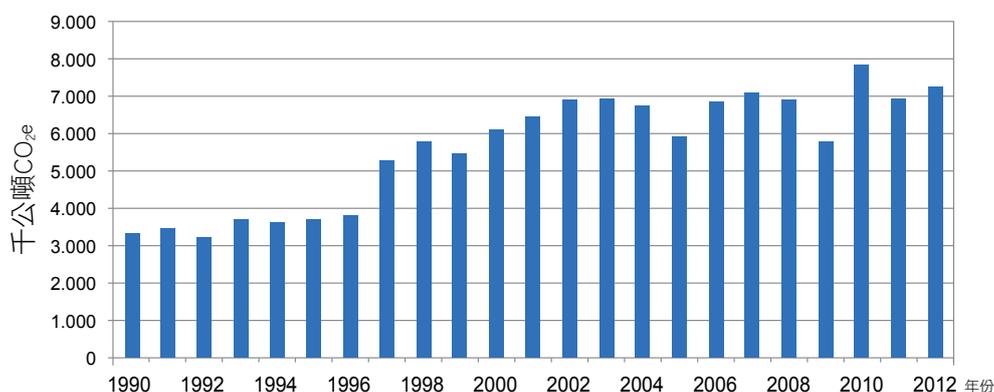


圖 4.4.1.1.1 臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產溫室氣體排放趨勢

表 4.4.1.1.3 臺灣 1990 至 2012 年高爐鋼胚生產排放量不確定性

(單位：%)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
排放量不確定性	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	5
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
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	

B.1990 至 2000 年

參照 IPCC 2000 GPG，活動數據不確定性為 10%，排放係數為 27%，合併不確定性則為 27%。

(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 係採產量及排放係數計算排放量；2001 至 2012 年排放量則彙整自臺灣鋼鐵公司排放清冊。

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

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

4.4.1.2 電爐鋼胚

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查電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，加入增碳劑冶鍊成各式碳鋼或合金鋼，冶鍊過

程並分為熔解、氧化及還原等；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

參照 1996 IPCC 指南建議方法 I，以電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：

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

(2) 排放係數

採用 2000 年行政院環境保護署所建置之資料推估係數 0.068 公噸二氧化碳 / 公噸電爐鋼胚生產，係根據臺灣電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 2012 年產量如表 4.4.1.2.1 所示，其中 2001 至 2012 年電爐鋼胚產量由臺灣鋼鐵工業同業公會提供，該公會因無法提供 2000 年前數據，故改採臺灣國內鋼鐵公司產量數據，經比對後確認兩方來源數據一致。

表 4.4.1.2.1 臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚產量

(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	
產量	7,706	8,076	8,656	8,713	9,410	10,024	9,795	7,661	6,505	8,927	7,322	

#### (4) 排放量

電爐鋼胚排放量自 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 年金融海嘯期間下降，而 2011 年雖略為上升，但 2012 年再度下降，如表 4.4.1.2.2 及圖 4.4.1.2.1 所示。

#### (5) 完整性

臺灣鋼鐵工業同業公會及鋼鐵公司所提供之電爐鋼胚產量，皆屬臺灣電爐鋼胚產量，故計算結果可代表臺灣電爐鋼胚製程排放量。

### 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)。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 及 2001 至 2012 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  
同 4.3.2-4。

5. 特定排放源的重新計算  
同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫  
同 4.2.1-6。

### 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

表 4.4.1.2.2 臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚生產溫室氣體排放量

(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	
排放量	524	549	589	592	640	682	621	521	442	607	498	

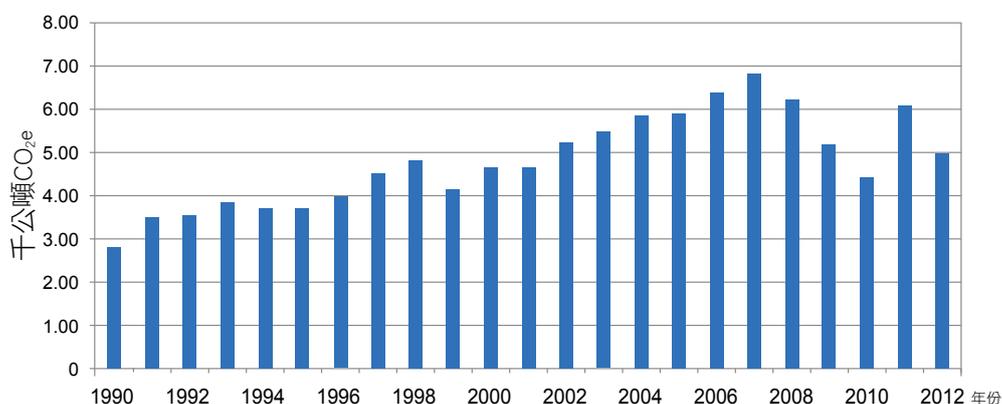


圖 4.4.1.2.1 臺灣 1990 至 2012 年電爐鋼胚生產溫室氣體排放量

化碳，製程以礦石、焦炭及渣化物質於電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 1996 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：

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

(2) 排放係數

根據 2000 年行政院環境保護署所建置之資料調查，國內鐵合金工廠二氧化碳製程排放

量約占全廠 0.06%，因未進一步詳細調查，故採用 1996 IPCC 指南建議係數 3.9 公噸二氧化碳 / 公噸鐵合金生產。

(3) 活動數據

1990 至 2012 年產量如表 4.4.2.1 所示，2001 至 2012 年鐵合金產量由臺灣鋼鐵工業同業公會提供，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，經比對後確認兩方數據來源一致；其中鐵合金曾於 2003 至 2009 年停產。

(4) 排放量

鐵合金生產排放量自 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 2009 年間停產，2010 年起再度生產，如表 4.4.2.2 及圖 4.4.2.1 所示。

表 4.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 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	79.72	73.20	54.69	43.57	36.75	49.71	45.09	46.19	44.65	16.03	8.36	5.28
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
產量	6.35	7.69	NO	NO	NO	NO	NO	NO	6.70	0.67	2.51	

說明：“NO”代表無生產或使用，臺灣鐵合金生產廠商曾於 2004~2009 年停產。

表 4.4.2.2 臺灣 1990 至 2012 年鐵合金生產溫室氣體排放量

(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	310.9	285.5	213.3	169.9	143.3	193.9	175.8	180.1	174.2	62.5	32.6	20.6
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
排放量	24.8	30.0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	26.1	2.6	9.8	

說明：“NO”代表無生產或使用，臺灣鐵合金生產廠商曾於 2004~2009 年停產。

## (5) 完整性

臺灣鋼鐵工業同業公會及經濟部統計處工業生產統計年報調查鐵合金產量，皆係以臺灣為調查對象，排放量計算結果可代表臺灣排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 及 2001 至 2012 年數據來源不同，但已確認兩方數據來源一致，無影響時間序列一致性。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 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，因臺灣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 鋁鎂鑄造 (2.C.4)

## 1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鋁鎂鑄造使用六氟化硫排放量，因臺灣無鋁鑄造，故本項僅統計鎂鑄造使用六氟化硫之排放量。

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。

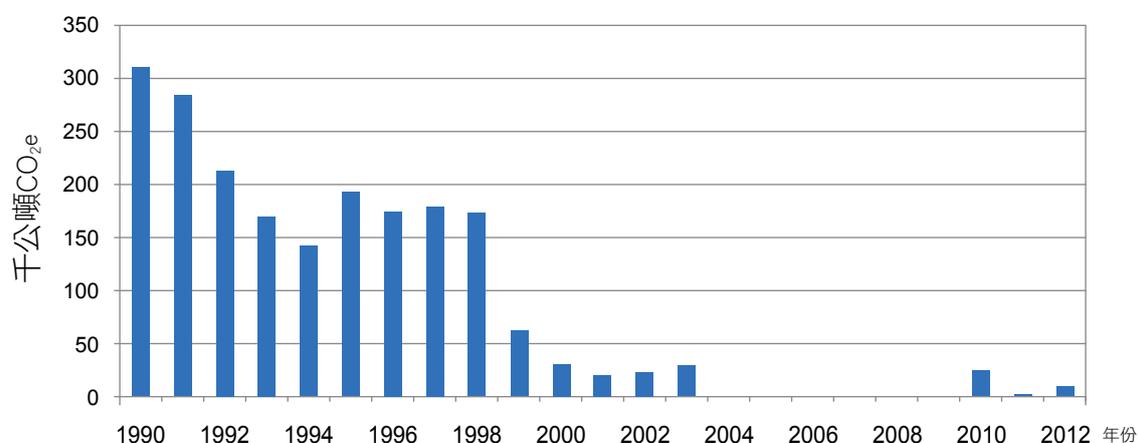


圖 4.4.2.1 臺灣 1990 至 2012 年鐵合金生產溫室氣體排放趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

依據 2012 年行政院環境保護署<sup>[7]</sup> 調查所得排放量，係參照 1996 IPCC 指南建議方法 2，以鎂鑄造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

係根據 2012 年行政院環境保護署調查資料提供排放量，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

原鎂鑄造之六氟化硫使用量等於排放量，即使用排放量為 100%，但因近幾年環保署推動六氟化硫自願減量，並與鎂鑄造業產業合作，降低六氟化硫使用排放量，因此六氟化硫使用量無法反應排放量，故未進一步統計。1990 至 2012 年使用量如表 4.4.4.1。

(4) 排放量

以六氟化硫之全球暖化潛勢 (GWP) 值 23,900，將鎂鑄造六氟化硫使用量轉換為排放量，1990 至 2012 年排放量如表 4.4.4.2 及圖 4.4.4.1 所示。

表 4.4.4.1 臺灣 1990 至 2012 年鎂鑄造六氟化硫使用量

(單位：公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
使用量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
使用量	42.87	42.70	57.23	44.47	32.22	18.41	6.03	8.37	8.87	5.61	3.85	

說明：NE (未估計)，表未調查估計該分類項目。早期鎂鑄造未大量使用六氟化硫，故未進行調查。

表 4.4.4.2 臺灣 1990 至 2012 年鎂鑄造溫室氣體排放量

(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	
排放量	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	200	212	134	92	

說明：NE (未估計)，表未調查估計該分類項目。早期鎂鑄造為大量使用六氟化硫，故為進行調查。

7 行政院環境保護署 (2012)。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。臺北市：行政院環境保護署。

## A.2002 至 2012 年

由於臺灣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；自 2004 年排放 1,357 千公噸二氧化碳當量，下降至 2012 年 92 千公噸二氧化碳當量。

## B.1990 至 2001 年

依據 2012 年行政院環境保護署調查資料顯示，鎂鑄造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。

## (5) 完整性

行政院環境保護署提供之排放量係由臺灣鎂合金協會調查，為會員廠排放量，排放量調查結果可代表臺灣鎂鑄造六氟化硫排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

根據 1996 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，排放量不確定性為 30%。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2002 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

鎂鑄造排放量係由 2012 年行政院環境保護署調查資料所提供，QA/QC 工作係參照 IPCC 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.4.2 所示。

## 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

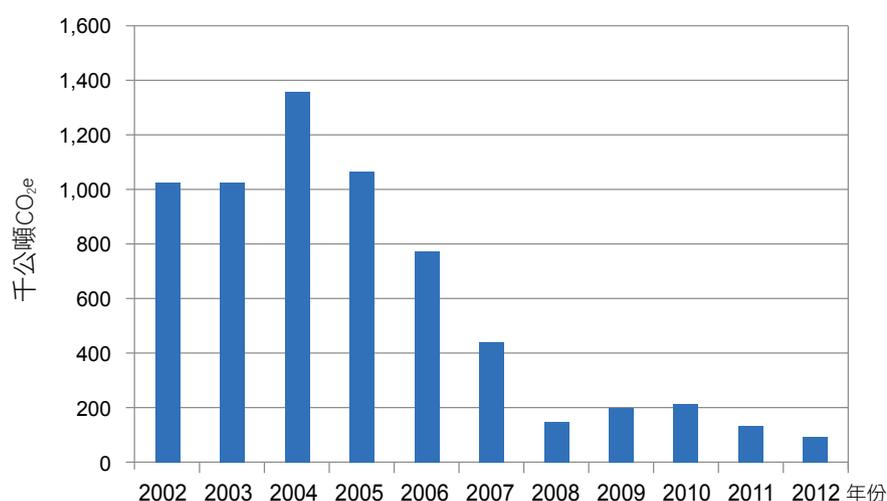


圖 4.4.4.1 臺灣 2002 至 2012 年鎂鑄造溫室氣體排放趨勢

## 4.5 其他製程 (2.D)

「其他製程」為工業製程部門中排放趨勢最穩定之分類，分類項目僅一項 2.D.1 「食品和飲料」，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2012 年總排放量約 2 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程部門 0.01%，1990 至 2012 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。

### 4.5.1 食品和飲料 (2.D.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本分類調查項目產品包含酒類及食物生產等，但主要統計氣體種類為非甲烷揮發性有機物，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。

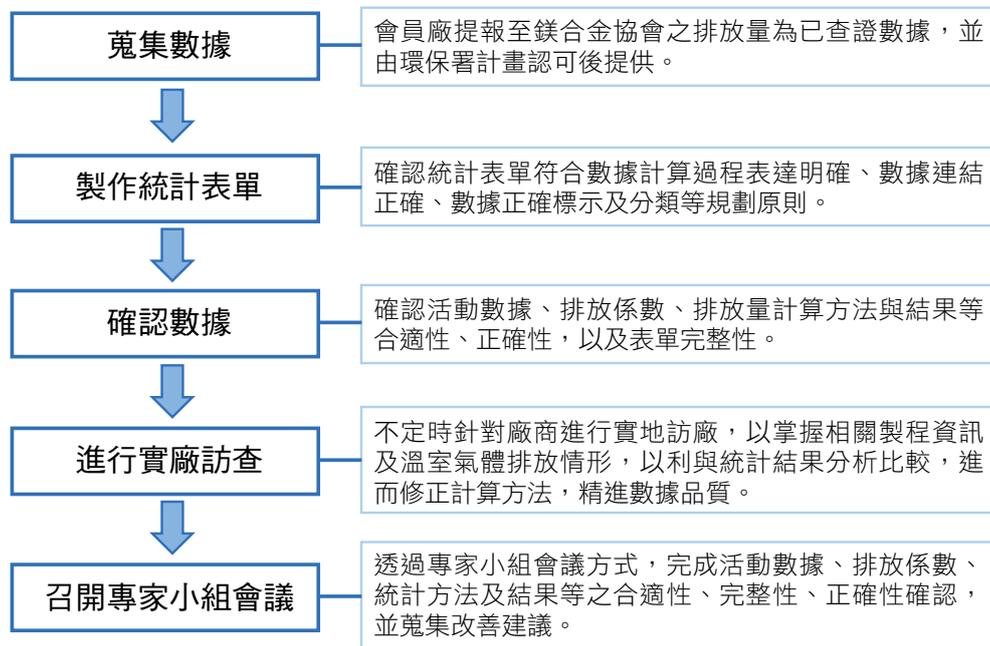


圖 4.4.4.2 鎂鑄造排放統計 QA/QC 流程

表 4.5.1 臺灣 1990 至 2012 年其他製程溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.D.1 食品和飲料	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91	1.83	1.78	1.75
總計	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	
2.D.1 食品和飲料	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	
總計	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	

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，非甲烷揮發性有機物即來自此過程中排放。

## 2. 方法論議題：

### (1) 計算方法

參照 1996 IPCC 指南建議方法 1，以啤酒產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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

### (2) 排放係數

引用李占雙等人 (2004)<sup>[13]</sup> 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 2012 年產量如表 4.5.1.1 所示。

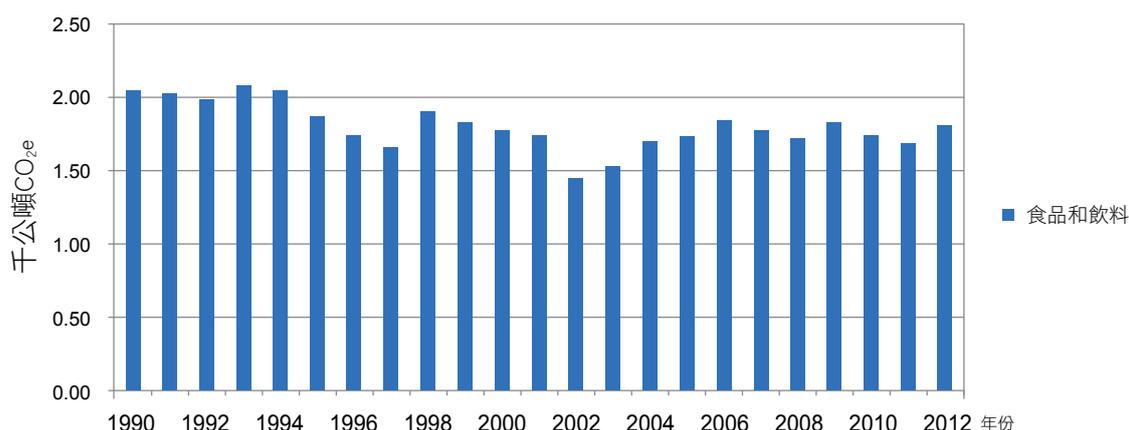


圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2012 年其他製程溫室氣體排放趨勢

表 4.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 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	
產量	3,235	3,404	3,784	3,865	4,100	3,944	3,838	4,064	3,877	3,759	4,035	

13 李占雙、陳濤、朱禮全 (2004)。啤酒生產過程中 CO<sub>2</sub> 管理探討。啤酒科技，第 2 期，第 26-27 頁。中國北京：中國釀酒工業協會。

(4) 排放量

啤酒產量如表 4.5.1.2 及圖 4.5.1.1 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

經濟部統計處工業生產統計年報調查對象為臺灣廠商，屬於國家級統計數據，計算結果可代表臺灣啤酒生產排放量。

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 2012 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

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

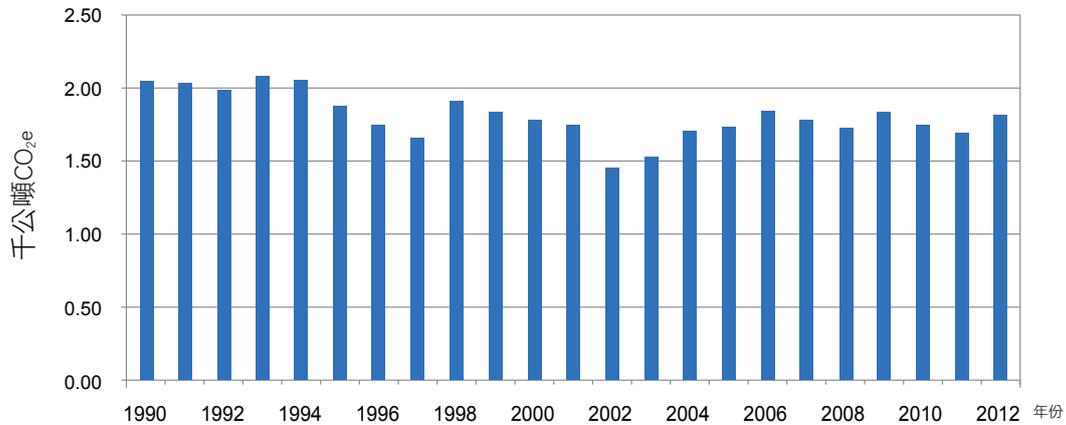


圖 4.5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年啤酒生產溫室氣體排放趨勢

表 4.5.1.2 臺灣 1990 至 2012 年啤酒生產溫室氣體排放量

(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	
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	

## 4.6 鹵烴及六氟化硫生產 (2.E)

「鹵烴及六氟化硫生產」分類項目僅二項，2.E.1.「副產品排放」及 2.E.2.「逸散排放」，主要排放溫室氣體種類為氫氟碳化物。由於臺灣唯一生產氟氯烴廠商臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠已在 2004 年關閉，故自 2005 年起無排放量，1990 至 2012 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

### 4.6.1 副產品排放 (2.E.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查鹵烴及六氟化硫生產製程中氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫等副產品排放量。國內僅臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠生產氯二氟甲烷 (HCFC-22)，排放副產品則為三氟甲烷 (HCFC-23)，但該廠已於 2004 年停產，本項僅針對二氟甲烷 (HCFC-22) 副產品排放進行說明。

表 4.6.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫生產溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.E.1 副產品排放	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030
2.E.2 逸散排放	NO	NO	NO	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
總計	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	
2.E.1 副產品排放	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
2.E.2 逸散排放	IE	IE	IE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
總計	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

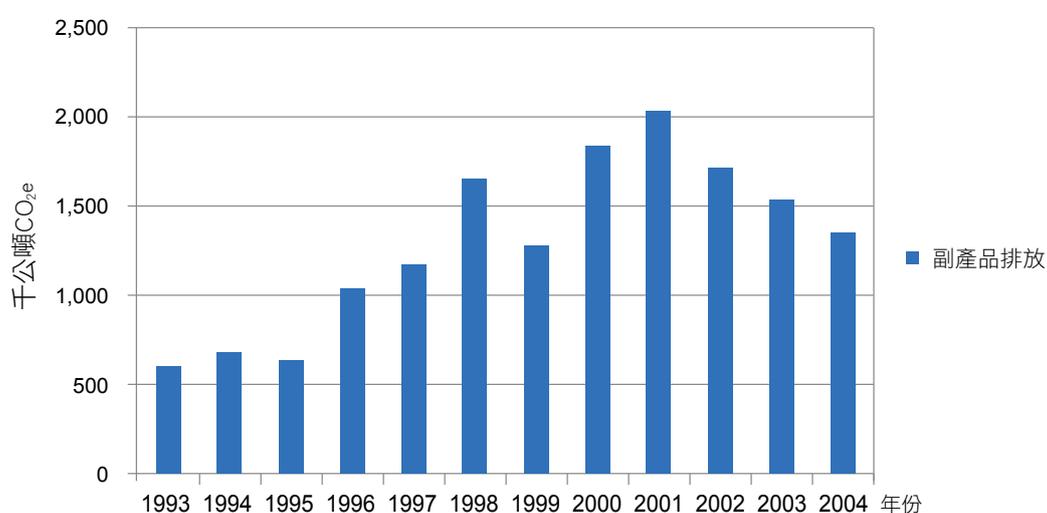


圖 4.6.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫生產溫室氣體排放趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 1996 IPCC 指南建議方法 I，以二氟甲烷 (HCFC-22) 產量及副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 產生率 (排放係數) 計算氫氟碳化物排放量。計算公式如下：

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

(2) 排放係數

本項排放係數為二氟甲烷 (HCFC-22) 副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 之產生率，引用 2004 年行政院環境保護署資料<sup>[14]</sup>，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 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 產量如表 4.6.1.1 所示，由臺灣塑膠工業股份有限公司提供產量，二氟甲烷 (HCFC-22) 自 1993 年投產，並於 2004 年停產。

(4) 排放量

二氟甲烷 (HCFC-22) 副產品排放量如表 4.6.1.2 及圖 4.6.1.1 所示。二氟甲烷 (HCFC-22) 於 1993 至 2004 年生產期間，副產品三氟甲烷 (HCFC-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。

表 4.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 產量

(單位：公噸)

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	
產量	9,716	8,724	7,702	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

表 4.6.1.2 臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 及副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 溫室氣體排放量

(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	
排放量	1,705	1,531	1,352	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

說明：NO (未發生)，代表臺灣該分類項目無生產或使用；臺灣唯一二氟甲烷 (HCFC-22) 生產廠商臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠僅於 1993 至 2004 年生產。

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

## (5) 完整性

臺灣過去僅臺灣塑膠工業股份有限公司生產二氟甲烷 (HCFC-22)，計算結果可代表臺灣二氟甲烷 (HCFC-22) 副產品排放量。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2012 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

同 4.2.1-5。

## 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 4.6.2 逸散排放 (2.E.2)

本項主要調查鹵烴及六氟化硫生產製程中氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫等逸散排放量。臺灣僅臺灣塑膠工業股份有限公司仁武廠生產二氟甲烷 (HCFC-22)，調查其副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 排放量時已將逸散排放納入統計，故本項氫氟碳化物排放已列入 2.E.1. 副產品排放項目之排放量統計中。

## 4.7 鹵烴及六氟化硫使用 (2.F)

「鹵烴及六氟化硫使用」分類項目包含 2.F.1.「冷凍空調使用」、2.F.2「發泡劑」、2.F.3「滅火劑」、2.F.4「噴霧劑」、2.F.5.「清洗溶劑」、2.F.6.「其他」等共計六項，統計溫室氣體種類為氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫) 等三

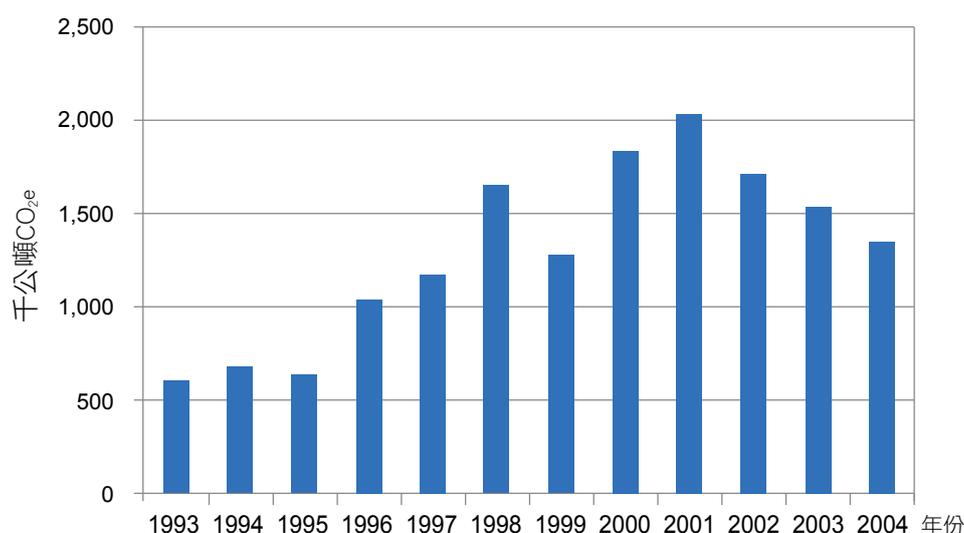


圖 4.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年二氟甲烷 (HCFC-22) 及副產品三氟甲烷 (HCFC-23) 溫室氣體排放趨勢

項。2012 年共排放 3,118 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程部門 15.3%，1990 至 2012 年排放量如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

#### 4.7.1 冷凍空調使用 (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

表 4.7.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫使用溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2.E.1 副產品排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE	3,736										
總計	NE	3,736										
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2.E.1 副產品排放	329	569	660	332	670	670	670	670	680	827	725	
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	78	73	113	336	226	252	258	142	90	165	186	
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	NE											
2.E.2 逸散排放	7,089	7,615	8,236	6,763	6,174	5,778	4,300	3,255	3,227	2,766	2,208	
總計	7,499	8,016	8,918	7,760	7,071	6,700	5,228	4,065	3,997	3,758	3,118	

說明：NE (未估計)，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。

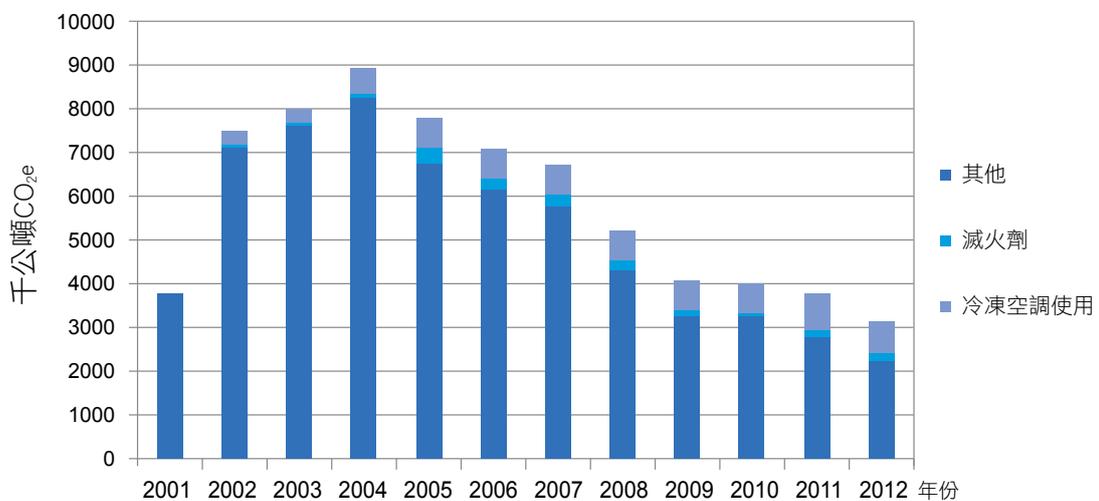


圖 4.7.1 臺灣 1990 至 2012 年鹵烴及六氟化硫使用溫室氣體排放趨勢

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 2012 年行政院環境保護署調查資料計算排放量，係參照 1996 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 1996 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 2012 年行政院環境保護署調查資料提供，係參照 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 2012 年行政院環境保護署調查資料提供，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 4.7.1.1 所示。

### (4) 排放量

以全球暖化潛勢 (GWP) 值將氫氟碳化物使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 為 1,300、HFC-32 為 650，HFC-125 則為 2,800。1990 至 2012 年排放量如表 4.7.1.2 及圖 4.7.1.1 所示。

#### A.2002 至 2012 年

2002 至 2010 年僅統計 HFC-134a 排放量，2011 年因 HFC-32、HFC-125 使用量增加，故新增為統計項目。

表 4.7.1.1 臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

(單位：公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
空調	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
冰箱	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
空調	2,330	2,300	4,000	4,630	4,688	4,701	4,673	4,703	4,778	13,734	8,500	
冰箱	NE	NE	NE	1,457	1,438	1,735	1,364	1,495	1,463	1,438	1,457	

1. 空調包含機動車 (貨車及客車) 及國內冷氣機，其中統計內容包含 2002-2012 年機動車使用量，及 2011-2012 年國內冷氣機使用量。
2. 2011 年空調使用量，分別為：機動車 (HFC-134a) 4,688 公噸、國內冷氣機 (HFC-32) 4,523 公噸、國內冷氣機 (HFC-125) 4,523 公噸。
3. 2012 年空調使用量，分別為：機動車 (HFC-134a) 5,002 公噸、國內冷氣機 (HFC-32) 1,749 公噸、國內冷氣機 (HFC-125) 1,749 公噸。
4. NE (未估計)，代表未調查估計該分類項目。早期 HFC 冷媒使用量少，故未進行調查。

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 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），業者逐步改以 HFC-32、HFC-125（IPCC 指南建議估算溫室氣體種類）取代，故排放量自 2002 年 332 千公噸二氧化碳當量逐步上升至 2012 年 725 千公噸二氧化碳當量。

B.1990 至 2001 年

2012 年行政院環境保護署調查資料顯示，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。

(5) 完整性

2012 年行政院環境保護署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

表 4.7.1.2 臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用溫室氣體排放量

(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	
排放量	332	329	569	660	670	670	670	672	680	827	725	
2011 個別排放量 (千公噸二氧化碳當量)：HFC-134a：639；HFC-32：29；HFC-125：158												
2012 個別排放量 (千公噸二氧化碳當量)：HFC-134a：652；HFC-32：11；HFC-125：61												

- 2011 年個別排放量，分別為：機動車和電冰箱 (HFC-134a) 639 公噸、國內冷氣機 (HFC-32) 29 公噸、國內冷氣機 (HFC-125) 158 公噸。
- 2012 年個別排放量，分別為：機動車和電冰箱 (HFC-134a) 652 公噸、國內冷氣機 (HFC-32) 11 公噸、國內冷氣機 (HFC-125) 61 公噸。
- NE (未估計)，代表未調查估計該分類項目。早期 HFC 冷媒使用量少，故未進行調查。

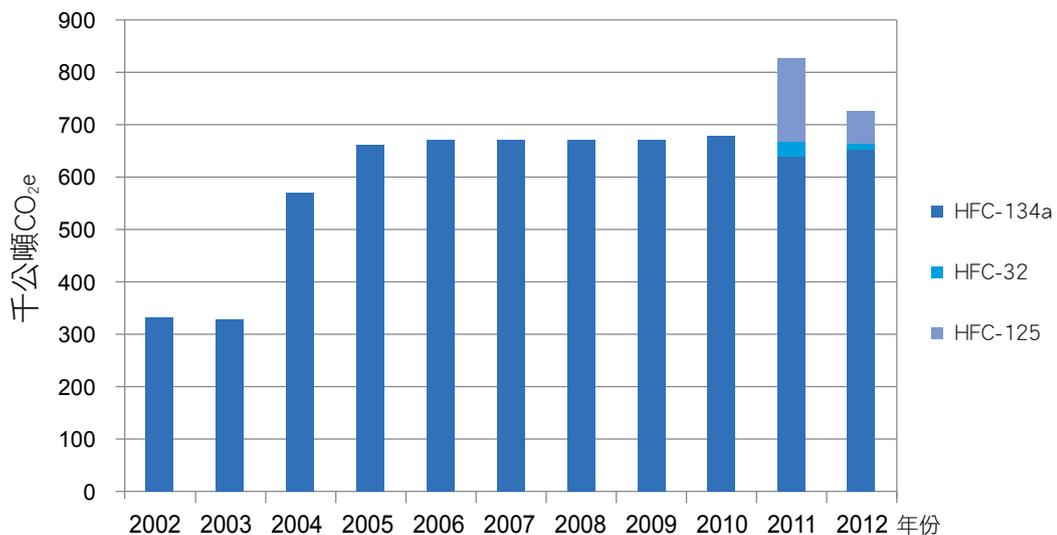


圖 4.7.1.1 臺灣 1990 至 2012 年冷凍空調使用溫室氣體排放趨勢

以全國為調查對象，經計算調查之結果可代表臺灣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

根據 IPCC 1996 版指南，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提供之資料係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

### 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

## 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 2012 年行政院環境保護署資料顯示，因臺灣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 2012 年行政院環境保護署調查資料提供排放量，係參照 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 2012 年行政院環境保護署調查資料提供排放量，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 2012 年行政院環境保護署調查資料提供，由於 HFC-227ea 僅用於滅火藥劑填充，且臺灣無生產滅火器氫氟碳化物藥劑，皆由國外進口，故填充量係依據關稅總局進口量統計，如表 4.7.3.1。

#### (4) 排放量

以 HFC-227ea 之全球暖化潛勢 (GWP) 值 2,900，將填充量轉換為排放量，1990 至 2012 年排放量如表 4.7.3.2 及圖 4.7.3.1 所示。

#### A.2002 至 2012 年

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 90 千公噸二氧化碳當量，2011 年後為上升趨勢，2012 年排放量上升至 186 千公噸二氧化碳當量。

B.1990 至 2001 年

2012 年行政院環境保護署調查資料顯示，早期氫氟碳化物滅火藥劑為推廣用途，使用量較少，故未進行調查。

(5) 完整性

2012 年行政院環境保護署調查排放量過程中所引用氫氟碳化物海關進出口資料，係以臺灣為調查對象，調查結果可代表臺灣滅火劑使用排放量。

表 4.7.3.1 臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用進口量

(單位：公噸)

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	
排放量	27	25	39	116	78	87	89	49	31	57	64	

說明：NE（未估計），代表未調查估計該分類項目。早期 HFC 滅火藥劑使用量少，故未進行調查。

表 4.7.3.2 臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用溫室氣體排放量

(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	
排放量	78	73	113	336	226	252	258	142	90	165	186	

說明：NE（未估計），代表未調查估計該分類項目。早期 HFC 滅火藥劑使用量少，故未進行調查。

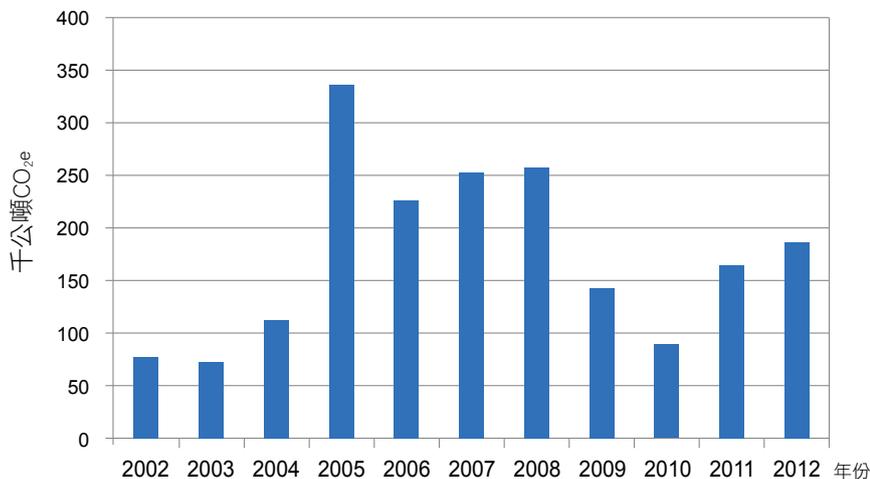


圖 4.7.3.1 臺灣 1990 至 2012 年滅火劑使用溫室氣體排放趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

根據 IPCC 1996 版指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定行政院環境保護署計畫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

### 6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

#### 4.7.4 噴霧劑 (2.F.4)

本項主要調查發泡劑使用氫氟碳化物所造成的排放量。2012 年行政院環境保護署資料顯示，因臺灣氫氟碳化物較少應用於噴霧劑，故未進一步調查相關氫氟碳化物排放，即無噴霧劑使用之氫氟碳化物排放。

#### 4.7.5 清洗溶劑 (2.F.5)

本項主要調查清洗溶劑使用氫氟碳化物、全氟碳化物所造成的排放量。2012 年行政院環境保護署資料顯示，因臺灣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 (2.F.6)

##### 4.7.6.1 積體電路或半導體

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項為依臺灣製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調查積體電路或半導體使用氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫所造成的排放量，調查氫氟碳化物種類為三氟甲烷 (HCFC-23)，全氟碳化物種類則為  $CF_4$ 、 $C_2F_6$ 、 $C_3F_8$ 、 $C_4F_8$  等。

##### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

由 2012 年行政院環境保護署資料提供排放量，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) 會員廠氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫使用量；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 IPCC 規範進行推算求得。

##### (2) 排放係數

由 2012 年行政院環境保護署資料提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.3 及第四次評估報告的全球暖化潛勢 (GWP) 值計算。

(3) 活動數據

由 2012 年行政院環境保護署資料提供，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。

(4) 排放量

1990 至 2012 年排放量如表 4.7.6.1.1 及圖 4.7.6.1.1 所示。

表 4.7.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年積體電路或半導體溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
HFC-23	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	51
PFC-CF <sub>4</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	913
PFC-C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1,976
PFC-C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	22
PFC-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	22
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	524
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	3,509
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
HFC-23	59	59	59	73	91	171	118	168	164	134	86	
PFC-CF <sub>4</sub>	704	752	917	733	875	1,084	723	398	597	408	266	
PFC-C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	3,289	3,348	3,263	1,980	1,974	1,308	417	189	198	177	84	
PFC-C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	37	37	110	293	321	464	460	476	441	483	141	
PFC-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	48	37	37	37	41	77	57	63	86	134	201	
SF <sub>6</sub>	499	513	587	587	695	292	229	198	239	261	181	
總計	4,635	4,745	4,972	3,703	3,997	3,396	2,004	1,492	1,724	1,597	959	

說明：NE (未估計)，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。

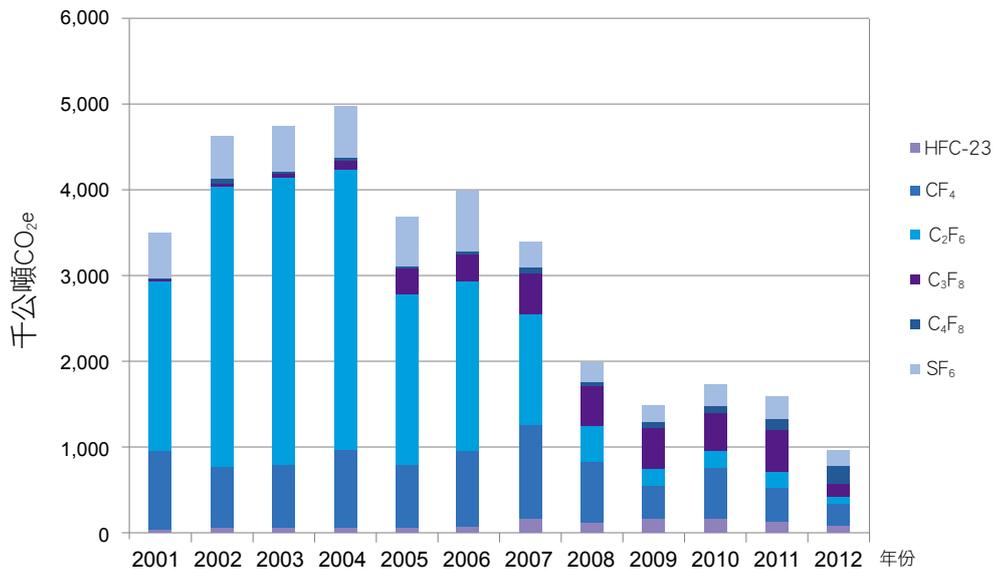


圖 4.7.6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年積體電路或半導體溫室氣體排放趨勢

## A.2001 至 2012 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，由於臺灣半導體產業協會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，2012年約排放959千公噸二氧化碳當量。

## B.1990 至 2000 年

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。

## (5) 完整性

行政院環境保護署調查資料提供之排放量係由臺灣半導體產業協會調查，為臺灣主要廠商排放量，產能約占95%以上。調查結果可代表臺灣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

排放量係彙整自臺灣半導體產業協會會員廠，各廠皆依2006 IPCC指南方法2b計算排放量，行政院環境保護署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2000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

排放量係彙整自臺灣半導體產業協會會員廠，QA/QC工作係參照2000 GPG原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖4.7.6.1.2所示。

## 5. 特定排放源的重新計算

同4.2.1-5。

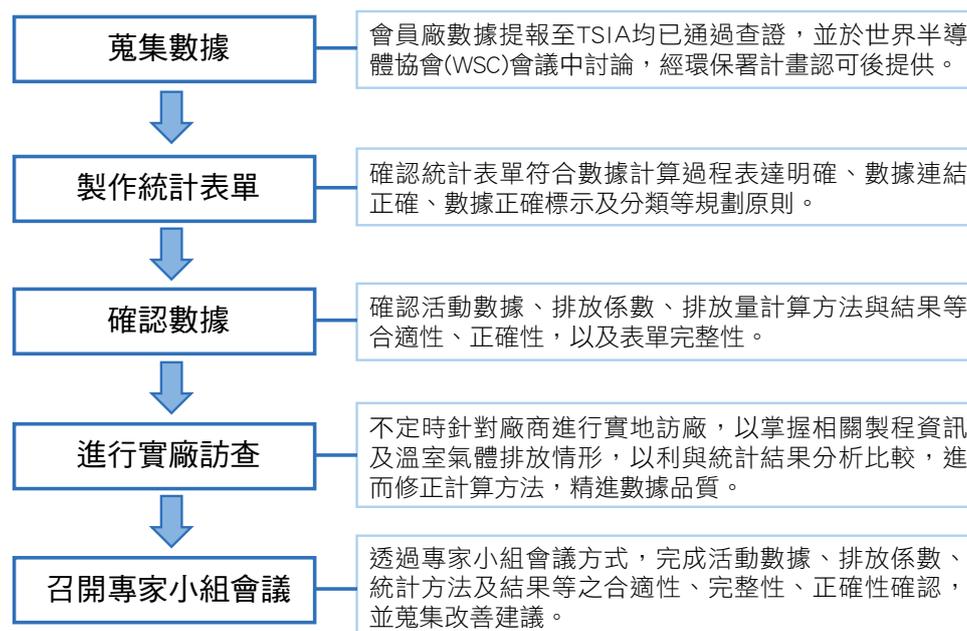


圖 4.7.6.1.2 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

6. 特定排放源的改善計畫  
同 4.2.1-6。

4.7.6.2 TFT 平面顯示器

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為依臺灣製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調查薄膜電晶體 (Thin-Film Transistor, TFT) 平面顯示器使用全氟碳化物、六氟化硫所造成的排放量；其中，全氟碳化物主要調查種類為 CF<sub>4</sub>。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

由 2012 年行政院環境保護署資料提供排放量，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產業協會 (Taiwan TFT-LCD Association, TTLA) 會員廠全氟碳化物、六氟化硫使用量計算所得；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 IPCC 規範進行推算求得。

(2) 排放係數

由 2012 年行政院環境保護署資料提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.4 及 IPCC 第四次評估報告的全球暖化潛勢 (GWP) 值計算。

(3) 活動數據

由 2012 年行政院環境保護署資料提供，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

1990 至 2012 年排放量如表 4.7.6.2.1 及圖 4.7.6.2.1 所示。

A.2001 至 2012 年

TFT 平面顯示器主要排放溫室氣體種類為六氟化硫，臺灣半導體產業協會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 1,557 千公噸二氧化碳當量下降至 2012 年

表 4.7.6.2.1 臺灣 1990 至 2012 年 TFT 平面顯示器溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PFC-CF <sub>4</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	6
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	221
總計	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	227
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
PFC-CF <sub>4</sub>	65	25	14	27	53	NO	25	17	32	39	33	
SF <sub>6</sub>	446	901	1,197	1,530	1,355	1,429	1,376	1,040	1,409	1,078	1,171	
總計	511	927	1,211	1,557	1,408	1,429	1,401	1,058	1,441	1,117	1,204	

說明：NE (未估計)，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 1990 至 2000 年排放量。

年 1,204 千公噸二氧化碳當量。

B.1990 至 2000 年

2000 年前因 TFT 平面顯示器廠商產業家數少，全氟碳化物、六氟化硫使用量低，故未進行統計。

#### (5) 完整性

2012 年行政院環境保護署資料提供之排放量係由中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會調查，為臺灣主要廠商排放量，產能約占 98% 以上，調查結果可代表臺灣 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

排放量係彙整自中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南方法 2b 計算排放量，2012 年行政院環境保護署資料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 2000 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

排放量係彙整自中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會會員廠，QA/QC 工作係參照 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.7.6.2.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算  
同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫  
同 4.2.1-6。

### 4.7.6.3 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項為依臺灣製造業特性，參照 2006 IPCC 指南新增之項目，主要調查高壓斷路器及

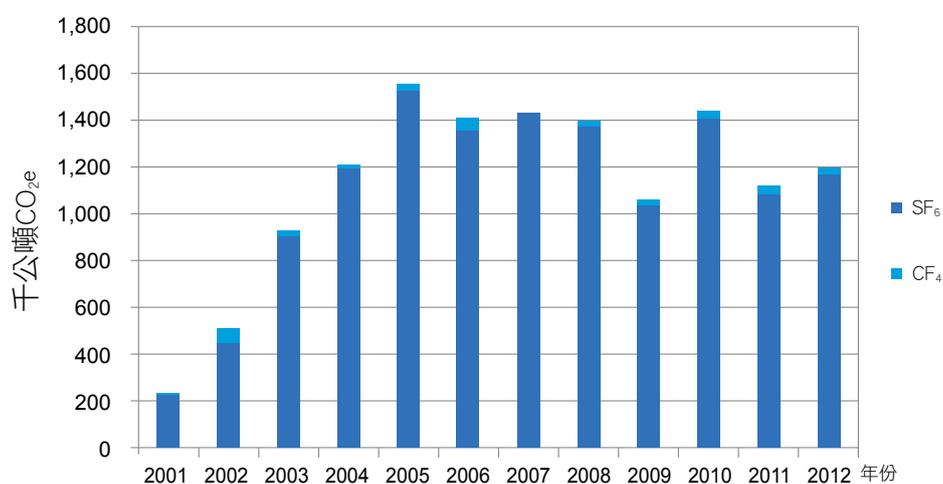


圖 4.7.6.2.1 臺灣 1990 至 2012 年 TFT 平面顯示器溫室氣體排放趨勢

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，分別為臺灣電力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 2012 年行政院環境保護署資料提供排放量，係參照 IPCC 2006 指南建議方法 2，以六氟化硫實際使用情形求得排放量，來源為臺灣電力公司建立之「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 IPCC 建議洩漏率進行估算。

(2) 排放係數

由 2012 年行政院環境保護署資料提供排放量，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 2012 年行政院環境保護署資料提供排放量，係依實際使用量進行統計活動數據。如表 4.7.6.3.1 所示。

(4) 排放量

以六氟化硫之全球暖化潛勢 (GWP) 值 23,900，將六氟化硫使用量轉換為排放量，1990 至 2012 年排放量如表 4.7.6.3.2 及圖 4.7.6.3.1 所示。

A.2002 至 2012 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 2012 年 45 千公噸二氧化碳當量。

B.1990 至 2001 年

早期高壓斷路器使用多氯聯苯作為絕緣氣

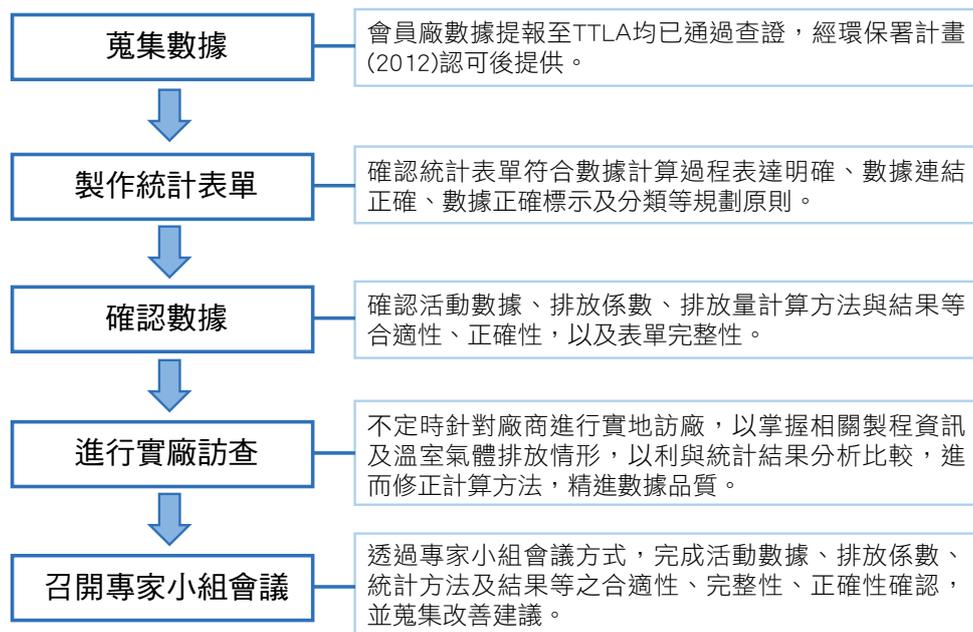


圖 4.7.6.2.2 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用量。

### (5) 完整性

由 2012 年行政院環境保護署資料提供之排放量，係以臺灣電力公司及臺灣民營電廠調查為調查對象，調查結果可代表臺灣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 1996 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 2012 年行政院環境保護署資料係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

表 4.7.6.3.1 臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫使用量

(單位：公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
SF <sub>6</sub>	281.2	280.4	296.2	216.9	111.1	137.5	129.1	101.4	8.9	7.5	6.5	

說明：NE（未估計），代表未調查估計該分類項目。早期高壓斷路器未大量使用 SF<sub>6</sub>，故未進行調查。

表 4.7.6.3.2 臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
SF <sub>6</sub>	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
SF <sub>6</sub>	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	62	52	45	

說明：NE（未估計），代表未調查估計該分類項目。早期高壓斷路器未大量使用 SF<sub>6</sub>，故未進行調查。

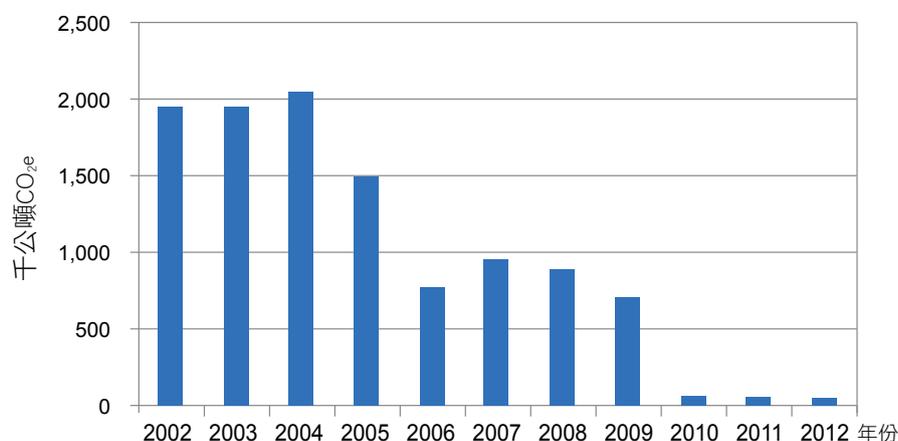


圖 4.7.6.3.1 臺灣 1990 至 2012 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體溫室氣體排放趨勢

(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

2012 年行政院環境保護署提供之排放量，QA/QC 工作係參照 IPCC 2000 GPG 原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.7.6.3.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算

同 4.2.1-5。

6. 特定排放源的改善計畫

同 4.2.1-6。

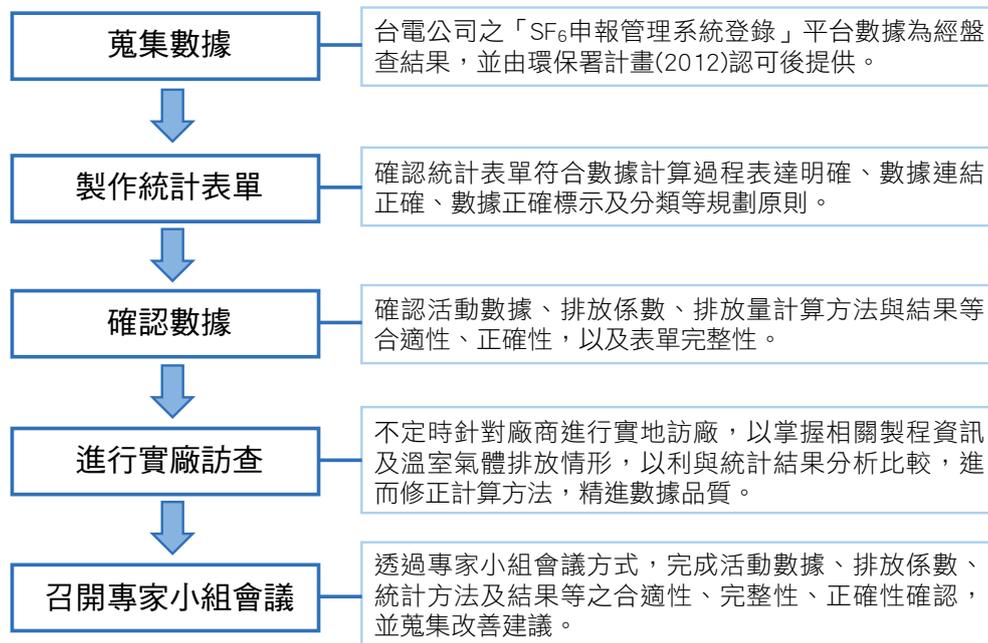


圖 4.7.6.3.2 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

參考文獻

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger,

- D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Hayama, Japan.
- 經濟部統計處 (1991~2013)。工業生產統計年報。臺北市：經濟部統計處。
- 財政部關務署 (1991~2013)。進出口統計資料庫。取自財政部關務署統計資料庫網頁，<https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA01>。
- 臺灣區石油化學同業公會 (1991~2013)。臺灣區石化公會年報。臺北市：臺灣區石油化學同業公會。

6. 臺灣區鋼鐵工業同業公會（1991~2013）。鋼鐵資訊。臺北市：臺灣區鋼鐵工業同業公會。
7. 行政院環境保護署（2012）。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。臺北市：行政院環境保護署。
8. 行政院環境保護署（2011）。建立非二氧化碳溫室氣體管理制度與減量技術專案計畫。臺北市：行政院環境保護署。
9. 行政院環境保護署（2009）。推動產業非二氧化碳溫室氣體排放減量。臺北市：行政院環境保護署。
10. 行政院環境保護署（2008）。推動含氟溫室氣體產業排放減量。臺北市：行政院環境保護署。
11. 行政院環境保護署（2006）。破壞臭氧層物質與含氟溫室氣體管理策略規劃專案。臺北市：行政院環境保護署。
12. 行政院環境保護署（2000）。臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫。臺北市：行政院環境保護署。
13. 李占雙、陳濤、朱禮全（2004）。啤酒生產過程中 CO<sub>2</sub> 管理探討。啤酒科技，第 2 期，第 26-27 頁。中國北京：中國釀酒工業協會。
14. 行政院環境保護署（2004）。推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫期末報告。臺北市：行政院環境保護署。



## 第五章 農業部門 (CRF SECTOR 4)

---

- 5.1 部門概述
- 5.2 牲畜腸胃發酵
- 5.3 畜牧糞尿管理
- 5.4 水稻種植
- 5.5 農業土壤
- 5.6 草原的焚燒
- 5.7 作物殘體燃燒

## 第五章

### 農業部門 (CRF SECTOR 4)

#### 5.1 部門概述

國家溫室氣體排放清冊之計算與活動數據，係依據聯合國氣候變化政府間專家委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1996 年出版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) 第四章所述，農業部門溫室氣體排放共分為：4.A.「牲畜腸胃發酵」(甲烷)、4.B.「畜牧糞尿處理」(甲烷和氧化亞氮)、4.C.「水稻種植」(甲烷)、4.D.「農業土壤」(氧化亞氮)、4.E.「草原焚燒(臺灣不列入計算)」、4.F.「作物殘體燃燒」(甲烷和氧化亞氮)、4.G.「其他(臺灣不列入計算)」。

本文計算二氧化碳當量(carbon dioxide equivalent, CO<sub>2</sub>e)所使用之甲烷與氧化亞氮之全球暖化潛勢(Global warming potential, GWP)，分別為 21 與 310<sup>[1]</sup>。

其中 4.A.「牲畜腸胃發酵」及 4.B.「畜牧糞尿處理」之計算，依 1996 IPCC 指南，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。

表 5.1.1 為臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放清單，使用 1996 IPCC 指南部門方法計算所得之 1990 至 2002 年臺灣農業部門排放之二氧化碳總量趨勢圖如圖 5.1.1，從 1990 年起呈現逐年下降的趨勢，主要與三段式禽畜糞尿處理與耕地面積下降有關，合理化施肥的推廣亦有助溫室氣體的減量。自 2011 年起行政院農業委員會積極推動小地主大佃農、活化休耕地等政策，耕作面積增加，導致溫室氣體排放量略為增加。臺灣 2012 年農業部門溫室氣體排放源占比如圖 5.1.2，農業土壤 68.66% 為最大占比，其他如牲畜腸胃發酵占 13.32%、畜牧糞尿處理占 5.79%、水稻種植占 12.04%、作物殘體燃燒占 0.19%。

#### 5.2 牲畜腸胃發酵 (4.A)

牲畜腸胃發酵是指人類飼養的家畜，消化過程中腸胃發酵所產生的甲烷量；草食動物腸胃發酵所產生的甲烷量大於雜食動物所產生者，而草食動物中反芻類所產生的甲烷量又較非反芻類大。

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

甲烷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

[1] IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

的養分；惟微生物分解作用中同時會產生甲烷等氣體，其中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，然臺灣地處亞熱帶，且無宗教之束縛，牲畜飼養以豬及雞為主，牛、羊等反芻動物飼養量相對少，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部分，家禽之研究為臺灣特色，因此 1996 IPCC 指南雖未估算家禽

類，臺灣仍將自 1989 年起的研究成果計入，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；而乳牛之研究排放係數雖大於 IPCC 預設值，但與畜牧大國使用之本土係數反較相近。因此臺灣牲畜類腸胃發酵甲烷排放量之估算方法，亦大致依據 1996 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，至於馬之排放量分別未及總排放量之 5%，而綿羊、駱駝、駱馬及騾臺灣並無商業飼養，故均不計入。

表 5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放清單

(單位：千公噸二氧化碳當)

年度	甲烷					氧化亞氮				農業部門溫室氣體排放量總計
	甲烷排放總量	4.A. 牲畜腸胃發酵	4.B. 畜牧糞尿處理	4.C. 水稻種植	4.F. 作物殘體燃燒	氧化亞氮排放總量	4B. 畜牧糞尿處理	4D. 農耕土壤	4F. 作物殘體燃燒	
1990	1,566.74	575.96	172.84	806.02	11.92	3,167.36	50.00	3113.29	4.07	4,734.10
1991	1,601.26	627.56	198.54	763.09	12.07	3,216.13	52.01	3160.00	4.12	4,817.39
1992	1,550.04	633.44	196.22	709.57	10.81	3,112.16	54.14	3054.33	3.69	4,662.20
1993	1,572.75	666.04	201.82	693.23	11.66	3,155.63	55.80	3095.85	3.98	4,728.38
1994	1,546.62	677.20	207.47	651.19	10.76	3,148.29	61.51	3083.11	3.67	4,694.91
1995	1,578.33	706.48	217.20	643.83	10.82	3,139.48	63.58	3072.21	3.69	4,717.81
1996	1,563.95	705.47	223.01	625.39	10.08	3,192.67	69.67	3119.56	3.44	4,756.62
1997	1,466.56	629.63	183.96	642.31	10.66	2,892.27	72.85	2815.79	3.64	4,358.83
1998	1,382.75	580.94	161.01	631.10	9.71	2,779.67	73.87	2702.49	3.31	4,162.42
1999	1,400.12	598.36	171.87	619.88	10.01	2,750.87	75.13	2672.33	3.41	4,150.99
2000	1,379.36	596.37	176.13	589.79	17.07	3,084.74	75.65	3003.27	5.82	4,464.10
2001	1,330.73	568.45	168.79	578.92	14.57	3,026.88	73.46	2948.45	4.97	4,357.61
2002	1,257.97	548.11	162.73	534.70	12.43	3,028.75	73.30	2951.21	4.24	4,286.72
2003	1,185.13	538.52	161.43	476.62	8.56	2,838.64	73.68	2762.04	2.92	4,023.77
2004	1,121.53	527.84	162.10	424.10	7.49	3,037.38	72.20	2962.63	2.55	4,158.91
2005	1,177.38	534.69	163.96	471.07	7.66	2,851.07	74.09	2774.37	2.61	4,028.45
2006	1,161.23	526.84	163.34	462.91	8.14	2,896.78	75.20	2818.81	2.77	4,058.01
2007	1,138.18	522.63	155.28	455.86	4.41	2,829.68	73.66	2754.52	1.50	3,967.86
2008	1,103.29	502.22	150.83	444.34	5.91	2,703.88	74.60	2627.27	2.01	3,807.17
2009	1,088.46	491.14	146.93	445.51	4.88	2,758.38	73.85	2682.87	1.66	3,846.84
2010	1,082.89	497.78	148.11	431.87	5.13	2,716.39	73.31	2641.33	1.75	3,799.28
2011	1,105.69	507.47	151.17	441.87	5.18	2,620.38	73.57	2545.04	1.77	3,726.07
2012	1,104.21	501.26	144.49	453.24	5.22	2,659.65	73.50	2584.37	1.78	3,763.86

備註：

a. 依據 1996 IPCC 指南年修正版計算。

b. 溫室氣體排放量統計基準，係依中華民國國家標準 CNS14064-1、Q1005-1 溫室氣體全球暖化趨勢值換算為二氧化碳當量，二氧化碳：甲烷：氧化亞氮 = 1：21：310。

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

依據 1996 IPCC 指南，計算畜牧部門溫室氣體排放量之方法有二種：

A. 方法 1 (Tier 1)

係一種依據前人研究所設定的排放係數之

簡化方法。方法 1 可大致滿足大多數國家中的大多數動物類型。

B. 方法 2 (Tier 2)

係一個需要針對特定國家畜牧特性及糞尿處理資料而推估之較複雜方法，方法 2 建議用於設定之排放係數資料未能密切對應該國的畜禽和糞尿處理情況時。有鑒於牛隻性能明顯因

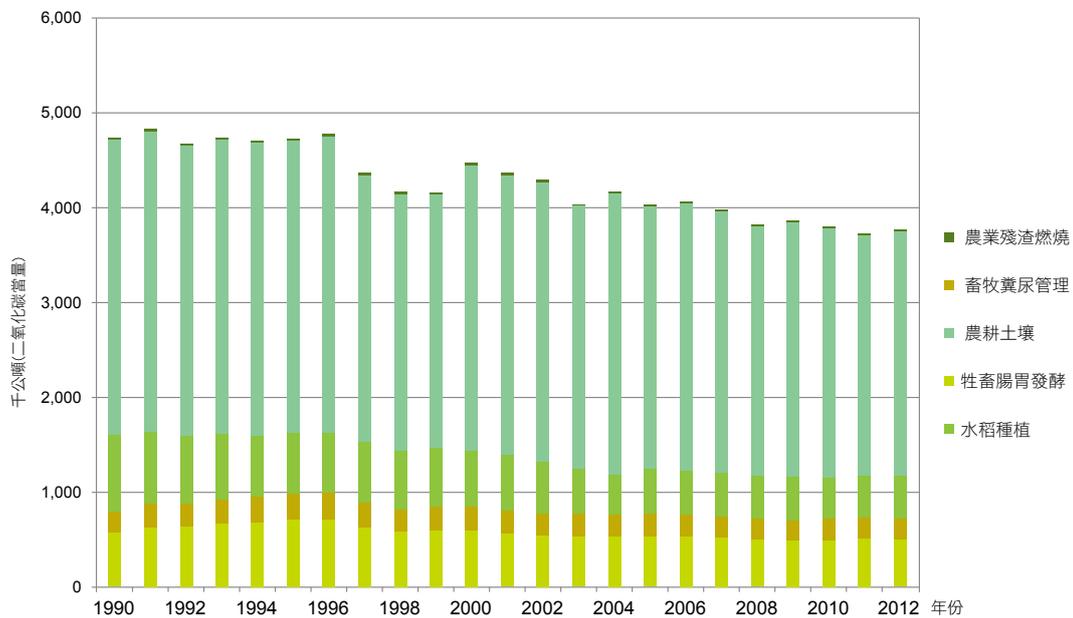


圖 5.1.1 臺灣 1990 至 2012 年農業部門溫室氣體排放趨勢

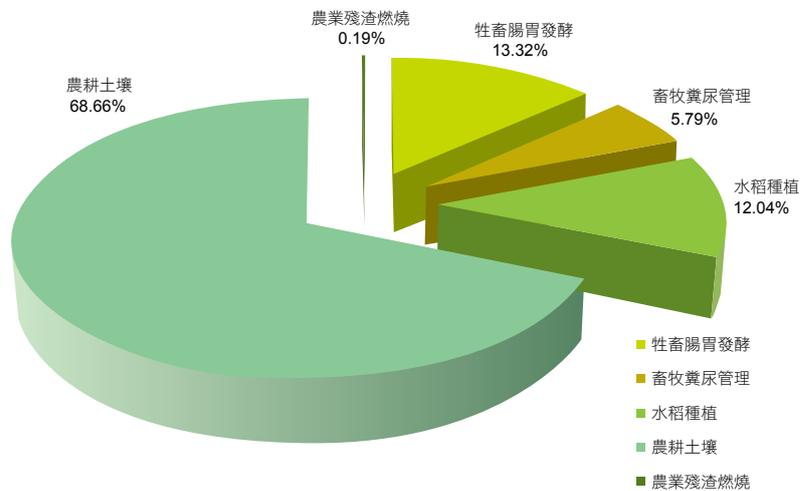


圖 5.1.2 臺灣 2012 年農業部門溫室氣體各排放源占比

國而異，建議擁有大量牛隻的國家考慮使用方法 2 估算其由腸胃發酵及糞尿處理的甲烷排放量。同樣，由於水牛和豬之糞便處理因國而異的情形更為明顯，因此建議水牛或豬飼養數量大的國家考慮採用方法 2，以估算這些動物糞尿處理的甲烷排放量。

臺灣牲畜腸胃發酵甲烷排放量的計算方法，仍採用方法 1，係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。

牲畜腸胃發酵甲烷之排放量 =  $EF \times \text{各類畜禽總量} \times (Gg/10^6kg)$

其中，排放量：腸胃發酵甲烷排放量（Gg / 年）

EF：某畜種畜腸胃發酵的排放係數

使用的畜禽種類分別為：

產乳牛（[產乳牛]（含乾乳牛））、非乳

牛（[未產乳牛] + [肉用牛 - 水牛] + [役用牛 - 水牛] + [乳用牛之乳公牛]）、水牛、山羊（[肉羊] + [乳羊]）、豬（所有豬）、家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉雞、家禽 - 蛋雞（[蛋雞] + [蛋種雞] + [肉種雞]）、家禽 - 鵝及家禽 - 肉鵝。

## （2）排放係數

臺灣自 1997 年起，進行一系列牲畜溫室氣體排放的研究，並於 2000 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。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 IPCC 的預設值；山羊部分因無國內研究，亦採用 IPCC 的預設值；而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

表 5.2.1 推估農業部門畜牧溫室氣體排放量之方法

畜禽種類	建議排放清冊方法	
	腸胃發酵	糞尿處理
乳牛	方法 2 <sup>a</sup>	方法 2 <sup>a</sup>
非乳牛	方法 2 <sup>a</sup>	方法 2 <sup>a</sup>
水牛	方法 1	方法 2 <sup>a</sup>
綿羊	方法 1	方法 1
山羊	方法 1	方法 1
駱駝	方法 1	方法 1
馬	方法 1	方法 1
騾及驢	方法 1	方法 1
豬	方法 1	方法 2 <sup>a</sup>
家禽	（未估算）	方法 1

註：a 擁有大量畜禽的國家建議用方法 2。當一國之甲烷總排放量中大部分由畜禽細分類所貢獻時，就有需要採用方法 2 以擷取更多細分類資料。

表 5.2.2 臺灣牲畜腸胃發酵排放甲烷之係數表

	細分類	GHG 類別	排放係數 (EF)				
			係數	單位	來源	說明	
腸胃發酵	牛	a. 乳牛 <sup>a</sup> (Dairy)	134.7	kg /head/yr	本土值	IPCC 為 56	
		b. 非乳牛 <sup>a</sup> (Non-Dairy)	64.3			IPCC 為 44	
		水牛 <sup>a</sup> (Buffalo)	CH <sub>4</sub>	64	kg /head/yr	本土值	IPCC 為 55
		綿羊 (Sheep)	CH <sub>4</sub>	8	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目
		山羊 (Goats)	CH <sub>4</sub>	5	kg /head/yr	IPCC	
		駱駝與駱馬	CH <sub>4</sub>	46	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目
		馬	CH <sub>4</sub>	18	kg /head/yr	IPCC	
		騾及驢	CH <sub>4</sub>	10	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目
		豬	CH <sub>4</sub>	1.5	kg /head/yr	IPCC	
		家禽	a. 白色肉雞 <sup>b</sup>	CH <sub>4</sub>	1.587 × 10 <sup>-5</sup>	kg /bird/life cycle	本土值	IPCC 無此項目
b. 有色肉雞 <sup>c</sup>	CH <sub>4</sub>		8.482 × 10 <sup>-5</sup>	kg /bird/life cycle	本土值		
c. 蛋雞 <sup>d</sup>	CH <sub>4</sub>		1.061 × 10 <sup>-2</sup>	kg /head/yr	本土值		
d. 鵝 <sup>e</sup>	CH <sub>4</sub>		1.500 × 10 <sup>-3</sup>	kg /bird/life cycle	本土值		
e. 肉鴨 <sup>f</sup>	CH <sub>4</sub>		2.071 × 10 <sup>-3</sup>	kg /bird/life cycle	本土值		
	其他	CH <sub>4</sub>	None				

註<sup>a</sup>：牛（產乳牛、非乳牛）

由 2009 年李春芳臺灣荷蘭乳牛的甲烷排放研究，乳牛每頭排放係數為 134.7 kg / 頭。

項目	乳牛 (泌乳牛、乾乳牛)	生長牛
頭數比例, %	48	52
每頭年釋放係數, kg	134.7	64.3

(資料來源：李春芳 (2009)。個人通訊，李春芳博士農委會中部辦公室。)

註<sup>b</sup>：白色肉雞

腸內發酵	冷季 < 15°C	溫季 15-25°C	熱季 > 25°C	Average Emission Factor
甲烷 (kg /bird/life cycle)	2.040 × 10 <sup>-5</sup>	1.626 × 10 <sup>-5</sup>	1.079 × 10 <sup>-5</sup>	1.587 × 10 <sup>-5</sup>

(資料來源：黃大駿、王淑音 (2000)。臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣體排放。中國畜牧學會會誌, 29(1), 65-75; Wang, S.Y. and Huang D.J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. Asian-Australian Journal of Animal Science. 18(6):873-878.)

註<sup>c</sup>：有色肉雞

腸內發酵	冷季 < 15°C	熱季 > 25°C	Average Emission Factor
甲烷 (kg /bird/life cycle)	1.2615 × 10 <sup>-4</sup>	4.349 × 10 <sup>-5</sup>	8.482 × 10 <sup>-5</sup>

(資料來源：黃大駿 (2000)。臺灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討。中國文化大學碩士論文；Wang, S.Y. and Huang D.J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. Asian-Australian Journal of Animal Science. 18(6):873-878.)

註<sup>d</sup>：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為 1.061 × 10<sup>-2</sup> kg。

(資料來源：王淑音、馬維君、黃大駿 (2002)。臺灣地區蛋雞產業之腸內發酵溫室氣體排放估測。中國畜牧學會會誌, 31(3), 221-230。)

註<sup>e</sup>：鵝

排放係數：1.500 × 10<sup>-3</sup> kg /bird/life cycle

(資料來源：王淑音、謝憲蔚、王思涵、陳盈豪 (2003)。應用呼吸室測定鵝之腸內發酵溫室氣體排放係數。中國畜牧學會會誌, 32(1), 43-50; Wang, S.Y. and Huang D.J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. Asian-Australian Journal of Animal Science. 18(6):873-878.)

註<sup>f</sup>：肉鴨

排放係數：2.071 × 10<sup>-3</sup> kg /bird/life cycle

(資料來源：蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林政緯、王淑音 (2003)。肉鴨腸內發酵溫室氣體排放之評估。中國畜牧學會會誌, 32(4): 151。)

胃發酵的甲烷排放量；而如家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉雞、家禽 - 鵝及家禽 - 鴨等生命週期僅數月或全年飼養量較不一致者，其排放係數單位則為每個生命週期每隻腸胃發酵的甲烷排放量。

### (3) 活動數據

依據 1996 IPCC 指南，畜種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，如家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉

雞、家禽 - 鵝及家禽 - 鴨，則以當年度總生產隻數為其活動數據。臺灣估算牲畜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，如乳牛、牛 - 非乳牛、水牛、羊、豬、家禽 - 蛋雞的活動數據即為該畜種當年底的在養量，至於家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉雞、家禽 - 鵝及家禽 - 鴨，由於臺灣畜種統計調查結果並未發布家禽之年生產隻數，爰以與年生產隻數相當的年屠宰隻數為該家禽的活動數據。

表 5.2.3 臺灣 1990 至 2012 年畜種活動數據

(單位：頭 / 千隻)

年	牛 - 乳牛 <sup>A</sup>	牛 - 非乳牛 <sup>A</sup>	水牛 <sup>A</sup>	山羊 <sup>A</sup>	豬 <sup>A</sup>	家禽 - 白色肉雞 <sup>B</sup>	家禽 - 有色肉雞 <sup>B</sup>	家禽 - 蛋雞 <sup>A</sup>	家禽 - 鵝 <sup>B</sup>	家禽 - 鴨 <sup>B</sup>
1990	46,342	86,020	21,876	206,366	8,565,250	74,415	135,664	25,875	4,777	38,269
1991	49,433	84,805	18,618	214,946	10,089,137	91,504	126,692	26,484	4,628	34,739
1992	53,295	87,955	16,623	247,093	9,754,460	104,247	136,831	27,821	5,683	38,794
1993	57,652	91,460	16,489	365,632	9,844,920	123,161	147,906	28,716	6,397	43,540
1994	58,812	90,549	14,909	400,674	10,065,552	133,495	149,933	31,970	8,521	38,904
1995	66,377	85,565	12,883	430,238	10,508,502	149,451	150,756	32,987	7,744	40,510
1996	62,846	89,055	11,213	428,175	10,698,366	159,983	164,084	36,470	7,078	39,628
1997	65,281	91,508	9,601	442,552	7,966,887	185,280	180,072	39,275	7,503	39,010
1998	66,514	90,329	8,556	402,544	6,538,596	189,535	175,215	40,386	7,955	33,603
1999	66,175	89,884	9,189	363,135	7,243,194	185,077	175,328	40,874	7,464	33,159
2000	66,140	87,793	7,767	315,045	7,494,954	191,202	173,627	41,086	6,503	32,075
2001	65,125	80,851	6,531	284,105	7,164,605	189,288	161,987	39,941	6,330	30,158
2002	64,517	79,572	5,370	249,729	6,793,941	188,667	164,406	39,976	6,178	29,065
2003	59,467	84,491	4,912	241,027	6,778,799	190,127	156,508	40,224	6,402	29,084
2004	54,615	85,216	4,962	249,362	6,818,970	207,440	145,809	39,343	6,510	30,546
2005	53,198	83,725	4,101	267,753	7,194,768	167,032	143,492	40,366	6,450	31,821
2006	52,313	82,145	3,538	272,038	7,091,822	181,848	138,954	41,048	6,723	36,039
2007	53,171	89,382	3,452	254,715	6,640,047	177,413	135,530	40,315	5,873	35,024
2008	52,628	81,461	3,599	235,062	6,443,311	178,676	122,974	40,955	5,149	29,982
2009	53,230	80,546	3,862	212,766	6,145,950	190,498	121,136	40,610	4,593	27,634
2010	55,296	80,862	3,844	204,854	6,185,952	191,993	123,849	40,269	4,700	28,546
2011	57,196	83,489	3,627	190,440	6,256,546	200,707	130,838	40,371	5,130	28,808
2012	59,145	83,218	3,177	167,103	6,004,717	186,994	118,759	40,452	4,929	27,253

資料來源：行政院農業委員會（2013）。中華民國農業統計年報。畜禽統計調查結果。

註：a<sup>A</sup> 為年底在養頭 / 隻數，<sup>B</sup> 為當年總生產量。

b. 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) 排放量

臺灣牲畜腸胃發酵的甲烷排放量，為包含牛-乳牛、牛-非乳牛、水牛、山羊、豬、家禽-白色肉雞、家禽-有色肉雞、家禽-蛋雞、家禽-鵝及家禽-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

清冊已將臺灣目前主要且穩定飼養之畜種均涵括在內。

3. 不確定性與時間序列的一致性

有關 4.A. 牲畜腸胃發酵甲烷排放清冊之估算，其中活動數據係引用行政院農業委員會逐年辦理普查之農業統計年報，不確定性為 5%。

4. 特定排放源的品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (Quality Control, QC) 及查證

活動數據主要來自行政院農業委員會之農業統計調查資料，該會依據統計法、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」，建立完善之農情調查制度，提升農牧業生產統計調查資料之正確性與

表 5.2.4 臺灣 1990 年至 2012 年牲畜腸胃發酵之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	牛 - 乳牛	牛 - 非乳牛	水牛	山羊	豬	家禽 - 白色肉雞	家禽 - 有色肉雞	家禽 - 蛋雞	家禽 - 鵝	家禽 - 鴨	合計
1990	131.09	116.15	29.40	21.67	269.81	0.02	0.24	5.77	0.15	1.66	575.96
1991	139.83	114.51	25.02	22.57	317.81	0.03	0.23	5.90	0.15	1.51	627.56
1992	150.76	118.77	22.34	25.97	307.27	0.03	0.24	6.20	0.18	1.69	633.44
1993	163.08	123.50	22.16	38.39	310.11	0.04	0.26	6.40	0.20	1.89	666.04
1994	166.36	122.27	20.04	42.07	317.06	0.04	0.27	7.12	0.27	1.69	677.20
1995	187.76	115.54	17.31	45.17	331.02	0.05	0.27	7.35	0.24	1.76	706.48
1996	177.77	120.25	15.07	44.96	337.00	0.05	0.29	8.13	0.22	1.72	705.47
1997	184.67	123.56	12.90	46.47	250.96	0.06	0.32	8.75	0.24	1.70	629.63
1998	188.15	121.97	11.50	42.27	205.97	0.06	0.31	9.00	0.25	1.46	580.94
1999	187.19	121.37	12.35	38.13	228.16	0.06	0.31	9.11	0.24	1.44	598.36
2000	187.09	118.55	10.44	33.08	236.09	0.06	0.31	9.15	0.20	1.39	596.37
2001	184.22	109.17	8.78	29.83	225.69	0.06	0.29	8.90	0.20	1.31	568.45
2002	182.50	107.45	7.22	26.22	214.01	0.06	0.29	8.91	0.19	1.26	548.11
2003	168.21	114.09	6.60	25.31	213.53	0.06	0.28	8.96	0.20	1.26	538.52
2004	154.49	115.07	6.67	26.18	214.80	0.07	0.26	8.77	0.21	1.33	527.84
2005	150.48	113.05	5.51	28.11	226.64	0.06	0.26	8.99	0.20	1.38	534.69
2006	147.98	110.92	4.76	28.56	223.39	0.06	0.25	9.15	0.21	1.57	526.84
2007	150.40	120.69	4.64	26.75	209.16	0.06	0.24	8.98	0.18	1.52	522.63
2008	148.87	110.00	4.84	24.68	202.96	0.06	0.22	9.13	0.16	1.30	502.22
2009	150.57	108.76	5.19	22.34	193.60	0.06	0.22	9.05	0.14	1.20	491.14
2010	156.42	109.19	5.17	21.51	194.86	0.06	0.22	8.97	0.15	1.24	497.78
2011	161.79	112.74	4.87	20.00	197.36	0.07	0.23	9.00	0.16	1.25	507.47
2012	167.30	112.37	4.27	17.55	189.15	0.06	0.21	9.01	0.16	1.19	501.26

時效性。在畜種統計調查方面，主要分為養豬頭數調查報告及畜禽統計調查結果兩大部分，前者每年分別於 5 月底及 11 月底辦理二次例行性生產調查，豬隻除外之畜種則每季辦理一次動態調查，以掌握各畜種之最新生產資料。排放係數優先採用臺灣學者專家發表之論文，若無則採用 1996 IPCC 指南之預設值，計算結果經過 2013 年 11 月 27 日農業部門溫室氣體清冊專家會議審議。

5. 特定排放源的重新計算  
無。
6. 特定排放源的改善計畫  
無。

### 5.3 畜牧糞尿處理 (4.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，尤其人類將畜禽飼養視為國家重要經濟生產後，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不容忽視。

#### 5.3.1 甲烷

##### 1. 排放源及匯分類的描述

臺灣地狹人稠，又位處亞熱帶，畜牧場（如養豬、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，又因多處溫帶地區或採放牧，鮮少用水，故糞尿得以儲存或堆置方式暫處理，待種植作物時，再施用於農地充當液肥。所以臺灣與其他國家在畜牧糞尿處理上，雖然過程中皆會產出溫室氣體甲烷及氧化亞氮，但其產生量及排放方式截然不同。

目前臺灣飼養豬 200 頭以上、牛 50 頭以上之畜牧場均設置廢水處理設施，處理方式雖多元，仍以三段式廢水處理系統（固液分離→厭氣發酵→好氣處理）為主。因此在畜禽糞尿處理上，豬、牛糞尿之本土係數是以三段式廢水處理之各處理階段實測值彙總所得。另山羊部分，由於臺灣飼養量較少，相關研究亦少，則使用 1996 IPCC 指南設定之排放係數。

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 1989 年投入研究以來，研究人員在禽糞堆肥處理方面，發表多篇家禽-白色肉雞、家禽-有色肉雞及家禽-蛋雞之報告，並經行政院農業委員會召開專家諮詢會議決議通過，因此臺灣仍以國內研究人員研究畜牧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 1996 IPCC 指南，臺灣畜牧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。

$$\text{畜牧糞尿管理之甲烷排放量} = EF \times \text{各類畜禽總量} \times (Gg/10^6kg)$$

其中，甲烷排放：某種牲畜糞尿管理系

中的甲烷排放量 (Gg/year)

EF：某畜種糞尿管理的排放係數

使用的畜牧種類分別為：

產乳牛 ([產乳牛] (含乾乳牛))、非乳牛 ([未產乳牛] + [肉用牛-水牛] + [役用牛-

表 5.3.1 臺灣農業部門畜牧糞尿處理排放甲烷之係數表

細分類	GHG 類別	排放係數 (EF)				
		係數	單位	來源	說明	
牛	a. 乳牛 <sup>a</sup> (Dairy)	4.898	kg /head/yr	本土值	IPCC 為 56	
	b. 非乳牛 (Non-Dairy)	1		2		
水牛 (Buffalo)	CH <sub>4</sub>	0.28	kg /head/yr	IPCC		
綿羊 (Sheep)	CH <sub>4</sub>	0.18	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目	
山羊 (Goats)	CH <sub>4</sub>	2.38	kg /head/yr	IPCC		
駱駝與駱馬	CH <sub>4</sub>	2.08	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目	
馬	CH <sub>4</sub>	1.14	kg /head/yr	IPCC		
騾及驢	CH <sub>4</sub>	0.768	kg /head/yr	IPCC	臺灣無此項目	
豬	CH <sub>4</sub>	1.5	kg /head/yr	IPCC	IPCC 為 5	
家禽	a. 白色肉雞 <sup>b</sup>	CH <sub>4</sub>	0.00476	kg /bird/life cycle	本土值	IPCC 為 0.117
	b. 有色肉雞 <sup>c</sup>	CH <sub>4</sub>	0.00476	kg /bird/life cycle	本土值	
	c. 蛋雞 <sup>c</sup>	CH <sub>4</sub>	0.00999	kg /head/yr	本土值	

註<sup>a</sup> 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	Average Emission Factor
產乳牛 - 甲烷 (kg /bird/life cycle)	5.398	4.802	4.495	4.898
豬 - 甲烷 (kg /bird/life cycle)	1.393	0.462	0.449	0.768

(資料來源：Su, J.J., Liu, B. Y. and Chang, Y. C. (2003). Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan. Agriculture Ecosystem & Environment, 95, 253-263.)

註<sup>b</sup> 肉雞 (白色肉雞、有色肉雞)

糞尿處理	冷季 < 20°C	溫季 15-25°C	熱季 > 25°C	Average Emission Factor
甲烷 (kg /bird/life cycle)	4.480 × 10 <sup>-5</sup>	3.245 × 10 <sup>-3</sup>	1.25 × 10 <sup>-2</sup>	4.76 × 10 <sup>-3</sup>

(資料來源：王淑音、黃大駿、許皓豐 (2001)。肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估。臺灣農業化學與食品科學, 39(6), 415-42。)

註<sup>c</sup> 蛋雞 0.00999 kg /bird/yr

種類	甲烷	氧化亞氮
肉雞 (kg/bird/life cycle)	4.76 × 10 <sup>-3</sup>	6.43 × 10 <sup>-6</sup>
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 <sub>2</sub> 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。)

水牛] + [乳用牛之乳公牛])、水牛、山羊([肉羊] + [乳羊])、豬(所有豬)、家禽-白色肉雞、家禽-有色肉雞及家禽-蛋雞([蛋雞] + [蛋種雞] + [肉種雞])。

## (2) 排放係數

臺灣自 1997 年起，進行一系列畜禽溫室氣體排放的研究，並於 2000 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、豬及雞糞尿管理過程中的甲烷排放係數本土值；另水牛及山羊部分因尚無國內研究，則採用 IPCC 的預設值；而馬之排放量未及總排放量之 5%，不予計入。排放係數的單位與活動數據的估算方式一致，生命週期大於一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；而如家禽-白色肉雞及家禽-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 5.2.3。

## (4) 排放量

臺灣畜牧糞尿處理中甲烷排放量，為包含牛-乳牛、牛-非乳牛、水牛、山羊、豬、家禽-白色肉雞、家禽-有色肉雞及家禽-蛋雞等八種主要畜種，先分別計算其糞尿處理過程中甲

表 5.3.2 臺灣 1990 年至 2012 年畜牧糞尿處理之甲烷排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	牛-乳牛	牛-非乳牛	水牛	山羊	豬	家禽-白色肉雞	家禽-有色肉雞	家禽-蛋雞	合計
1990	4.77	1.81	0.92	0.78	138.14	7.44	13.56	5.43	172.84
1991	5.08	1.78	0.78	0.81	162.72	9.15	12.66	5.56	198.54
1992	5.48	1.85	0.70	0.93	157.32	10.42	13.68	5.84	196.22
1993	5.93	1.92	0.69	1.38	158.78	12.31	14.78	6.02	201.82
1994	6.05	1.90	0.63	1.51	162.34	13.34	14.99	6.71	207.47
1995	6.83	1.80	0.54	1.63	169.48	14.94	15.07	6.92	217.20
1996	6.46	1.87	0.47	1.62	172.54	15.99	16.40	7.65	223.01
1997	6.71	1.92	0.40	1.67	128.49	18.52	18.00	8.24	183.96
1998	6.84	1.90	0.36	1.52	105.45	18.95	17.51	8.47	161.01
1999	6.81	1.89	0.39	1.37	116.82	18.50	17.53	8.57	171.87
2000	6.80	1.84	0.33	1.19	120.88	19.11	17.36	8.62	176.13
2001	6.70	1.70	0.27	1.07	115.55	18.92	16.19	8.38	168.79
2002	6.64	1.67	0.23	0.94	109.57	18.86	16.43	8.39	162.73
2003	6.12	1.77	0.21	0.91	109.33	19.01	15.64	8.44	161.43
2004	5.62	1.79	0.21	0.94	109.98	20.74	14.58	8.25	162.10
2005	5.47	1.76	0.17	1.01	116.04	16.70	14.34	8.47	163.96
2006	5.38	1.73	0.15	1.03	114.38	18.18	13.89	8.61	163.34
2007	5.47	1.88	0.14	0.96	107.09	17.73	13.55	8.46	155.28
2008	5.41	1.71	0.15	0.89	103.92	17.86	12.29	8.59	150.83
2009	5.48	1.69	0.16	0.80	99.12	19.04	12.11	8.52	146.93
2010	5.69	1.70	0.16	0.77	99.77	19.19	12.38	8.45	148.11
2011	5.88	1.75	0.15	0.72	101.05	20.06	13.08	8.47	151.17
2012	6.08	1.75	0.13	0.63	98.84	18.69	11.87	8.49	144.49

烷排放係數乘以該畜種年度活動數據，便能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，尚未將第一段所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

有關 4.B.「畜牧糞尿處理」甲烷及氧化亞氮排放清冊之估算，其中活動數據係依據行政院農業委員會逐年辦理普查（農業統計年報），不確定性為 5%。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據主要來自行政院農業委員會之農業統計調查資料，該會依據統計法、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」，建立完善之農情調查制度，提升農牧業生產統計調查資料之正確性與時效性。在畜禽統計調查方面，主要分為養豬頭數調查報告及畜禽統計調查結果二項，前者每年分別於 5 月底及 11 月底辦理二次例行性生產調查，豬隻除外之畜禽則每季辦理一次動態調查，以掌握各種畜禽之最新生產資料。排放係數優先採用臺灣學者專家發表之論文，若無則採用 1996 IPCC 指南之預設值，計算結果經過 2013 年 11 月 27 日農業部門溫室氣體清冊專家會議審議。

5. 特定排放源的重新計算  
無。

### 6. 特定排放源的改善計畫

由於目前清冊僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將第一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 氧化亞氮

### 1. 排放源及匯分類的描述

同 5.3.1.1。

### 2. 方法論議題

#### (1) 計算方法

依據 1996 IPCC 指南，臺灣畜牧糞尿處理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。

畜牧糞尿處理之氧化亞氮排放量 =  $EF \times \text{各類畜禽總量} \times (Gg/10^6kg)$

（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；豬和牛係由臺灣動物科技研究所蘇忠楨博士提供。）

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

EF：某畜種糞尿處理的排放係數

使用的畜牧種類分別為：

產乳牛（[產乳牛]（含乾乳牛））、豬（所有豬）、家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉雞及家禽 - 蛋雞（[蛋雞] + [蛋種雞] + [肉種雞]）。

## （2）排放係數

臺灣自 1997 年起，進行一系列畜牧溫室氣體排放的研究，並於 2000 年經由相關專家召開研究結果的審查，確立乳牛、豬及雞糞尿處理

過程中的氧化亞氮排放係數本土值；山羊、家禽 - 鵝及家禽 - 鴨部分因無國內研究，尚未計入；而馬之排放量未及總排放量之 5%，亦不予計入。而排放係數的單位則與活動數據的估算方式一致，生命週期大於一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；而如家禽 - 白色肉雞及家禽 - 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。

表 5.3.3 臺灣農業部門畜牧糞尿處理排放氧化亞氮之係數表

	細分類	GHG 類別	排放係數 (EF)			
			係數	單位	來源	說明
畜牧糞尿處理	牛	a. 乳牛 <sup>a</sup> (Dairy)	係數	kg /head/yr	本土值	
		b. 非乳牛 (Non-Dairy)	0.011			
	水牛 (Buffalo)	N <sub>2</sub> O	國內無係數			
	綿羊 (Sheep)	N <sub>2</sub> O				臺灣無此項目
	山羊 (Goats)	N <sub>2</sub> O	國內無係數			
	駱駝與驢	N <sub>2</sub> O				臺灣無此項目
	馬	N <sub>2</sub> O	國內無係數			
	騾	N <sub>2</sub> O				臺灣無此項目
	豬	N <sub>2</sub> O	0.002		本土值	
	家禽	a. 白色肉雞 <sup>b</sup>	N <sub>2</sub> O	6.43 × 10 <sup>-6</sup>	kg /bird/life cycle	本土值
b. 有色肉雞 <sup>c</sup>		N <sub>2</sub> O	6.43 × 10 <sup>-6</sup>	kg /bird/life cycle	本土值	
c. 蛋雞 <sup>c</sup>		N <sub>2</sub> O	0.0055	kg /head/yr	本土值	

註<sup>a</sup> 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	Average Emission Factor
產乳牛 - 氧化亞氮 (kg /bird/life cycle)	0.008	0.010	0.016	0.011
豬 - 氧化亞氮 (kg /bird/life cycle)	0.002	0.001	0.001	0.002

（資料來源：Su, J.J., Liu, B. Y. and Chang, Y. C. (2003). Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan. Agriculture Ecosystem & Environment, 95, 253-263.）

註<sup>b</sup> 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	Average Emission Factor
氧化亞氮 (kg /bird/life cycle)	1.753 × 10 <sup>-5</sup>	2.104 × 10 <sup>-6</sup>	4.000 × 10 <sup>-6</sup>	6.430 × 10 <sup>-6</sup>

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

註<sup>c</sup> 蛋雞 0.0055 kg /bird/yr

(3) 活動數據

同表 5.2.3。

(4) 排放量

臺灣畜牧糞尿處理過程中氧化亞氮排放量，為包含牛 - 乳牛、豬、家禽 - 白色肉雞、家禽 - 有色肉雞及家禽 - 蛋雞等五種主要畜種，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，尚未將第一段所產出畜糞渣另行堆肥化之溫室氣體排放量計入。

3. 不確定性與時間序列的一致性

有關 4.B.「畜牧糞尿處理」甲烷及氧化亞氮排放清冊之估算，其中活動數據係依據行政院農業委員會逐年辦理普查之農業統計年報，不確定性為 5%。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 5.2 特定排放源的 QA/QC 及查證。

5. 特定排放源的重新計算

無。

表 5.3.4 臺灣 1990 年至 2012 年畜牧糞尿處理之氧化亞氮排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	牛 - 乳牛	豬	家禽 - 白色肉雞	家禽 - 有色肉雞	家禽 - 蛋雞	合計
1990	0.16	5.31	0.15	0.27	44.12	50.00
1991	0.17	6.26	0.18	0.25	45.16	52.01
1992	0.18	6.05	0.21	0.27	47.43	54.14
1993	0.20	6.10	0.25	0.29	48.96	55.80
1994	0.20	6.24	0.27	0.30	54.51	61.51
1995	0.23	6.52	0.30	0.30	56.24	63.58
1996	0.21	6.63	0.32	0.33	62.18	69.67
1997	0.22	4.94	0.37	0.36	66.96	72.85
1998	0.23	4.05	0.38	0.35	68.86	73.87
1999	0.23	4.49	0.37	0.35	69.69	75.13
2000	0.23	4.65	0.38	0.35	70.05	75.65
2001	0.22	4.44	0.38	0.32	68.10	73.46
2002	0.22	4.21	0.38	0.33	68.16	73.30
2003	0.20	4.20	0.38	0.31	68.58	73.68
2004	0.19	4.23	0.41	0.29	67.08	72.20
2005	0.18	4.46	0.33	0.29	68.82	74.09
2006	0.18	4.40	0.36	0.28	69.99	75.20
2007	0.18	4.12	0.35	0.27	68.74	73.66
2008	0.18	3.99	0.36	0.25	69.83	74.60
2009	0.18	3.81	0.38	0.24	69.24	73.85
2010	0.19	3.84	0.38	0.25	68.66	73.31
2011	0.20	3.88	0.40	0.26	68.83	73.57
2012	0.20	3.72	0.37	0.24	68.97	73.50

## 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，尚未將第一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。

## 5.4 水稻種植 (4.C)

有機物在浸水的稻田中會因厭氧分解而產生甲烷，產生的甲烷主要經由水稻植株擴散至大氣中，陸稻因用旱田栽培，無浸水，土壤通氣較佳，無明顯的甲烷釋出。全球稻作產量栽培百分之九十為水稻，陸稻產量約佔全球稻米產量的百分之十，面積約佔百分之十五。

### 1. 排放源及匯分類的描述：

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、水質、肥料形態與施用量、農耕操作等，尤其是灌水。灌水類型大致可區分為，連續淹灌、間歇灌溉、僅靠雨水灌溉區及深水田區（水深大於 50 cm）管理等。臺灣水稻種植方式目前主要為間歇灌溉管理，土壤乾田一次以上。陸稻面積則低於 10 公頃，故皆視為水稻計算。

由於前述氣候、土壤、水質和肥料等因子皆會隨著時間及空間而有極大差異。因此，甲烷釋出量若以一變域表示，會較一固定值表示為宜。

### 2. 方法論議題：

#### (1) 計算方法

臺灣已有多篇關於水稻田甲烷排放之研究，在考慮符合當地狀況的因素下，應以引用本土數據為佳，本項以 IPCC 2000 年良好作法指南及不確定性管理 (Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories，以下簡稱 2000 GPG) 所提出的計算公式如 1.1，計算甲烷排放。

#### 公式 1.1

$$\text{水稻田之甲烷排放量 (Tg/yr)} = \sum_i \sum_j \sum_k (EF_{ijk} \times A_{ijk} \times 10^{12})$$

資料來源：

EF<sub>ijk</sub>：在 i, j, k 條件下的季節性綜合排放因子 (g CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>)。

A<sub>ijk</sub>：在 i, j, k 條件下的年收穫面積 (m<sup>2</sup>/y)。

i, j, k：分 代表不同的生態系、水管理體系，和其它可以引起甲烷排放變化的條件，例如有機質的添加。

#### (2) 排放係數

引用 Yang et al. (2009) 水稻排放係數，以一期作 136 天，二期作 124 天將原係數單位 mg/m<sup>2</sup>/h 換算成 g/m<sup>2</sup>/crop season，惟二期作之宜蘭、苗栗、雲林、嘉義、臺南之排放係數過高，故以全臺灣平均值 (11.5 g/m<sup>2</sup>) 計算。水稻田之甲烷排放量計算方式是引用公式 1.1，排放係數如表 5.4.1。

(3) 活動數據

臺灣 1990 至 2012 年種植面積係依據行政院農業委員會農業統計年報之水稻生產記錄，依前述八個分區彙整如表 5.4.2。

(4) 排放量

將各區之排放係數分別乘上各區各期作之水稻種植面積，計算得到各區水稻田一期作及二期作之排放甲烷量值，上述總和即為水稻田全年釋放甲烷的排放總量。1990 至 2012 年水稻種植甲烷排放量如表 5.4.3 所示。

(5) 完整性

臺灣農業統計資料中雖註明包含陸稻，但與農委會統計單位確認，全國施作面積不超過 10 公頃，差異小於 0.01%，故將之全視為水稻。

排放係數方面，水田甲烷排放雖受水稻品種、土壤物化性質、管理方式等多種因素影響，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度範圍內。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性：

甲烷排放係數雖以本土值計算，但因調查當時並未估算不確定度，故引用 1996 IPCC 指南預設值之不確定度 75% (3/4) 計算，評估應可含納臺灣水稻種植產生之甲烷排放不確定性。而水田活動係數引自農業統計，不確定度為預設值之 5%。水稻種植產生之甲烷排放組合不確定度為：

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 <sup>a</sup> (g/m <sup>2</sup> /crop season)	
	一期稻	二期稻
臺北、基隆	一期稻	6.92
	二期稻	14.43
宜蘭	一期稻	2.25
	二期稻	11.57
桃園、新竹	一期稻	2.9
	二期稻	12.35
苗栗	一期稻	9.53
	二期稻	11.57
臺中、彰化、南投	一期稻	9.37
	二期稻	9.79
雲林、嘉義、臺南	一期稻	5.84
	二期稻	11.57
高雄、屏東	一期稻	2.68
	二期稻	8.75
花蓮、臺東	一期稻	6.89
	二期稻	12.53

資料來源：<sup>a</sup>Yang S. S., Lai, C.M., Chang, H.L., Chang, E. H., and Wei, C.B. (2009). Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan. Renewable Energy, 34 1916-1922.

$$U_{rice\ CH_4} = \sqrt{75^2 + 5^2} = 75\%$$

## (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，皆引用自行政院農業委員會農業統計年報之水田種植面積。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

水稻種植甲烷排放之 QA/QC 著重於活動數據與排放係數檢視。活動數據主要來自行政院農業委員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。排放係數引自 Yang 等 (2009) 公開發表之論文。計算方法與結果已經過二次農業部門溫室氣體清冊專家會議審議。

## 5. 特定排放源的重新計算

無。

## 6. 特定排放源的改善計畫

目前計算引用之水田甲烷排放係數為十

表 5.4.2 臺灣 1990 至 2012 年各區水稻耕作面積

(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

年前以密閉罩法進行調查資料 (Yang et al. 2009)，雖此方法在量測過程會破壞自然狀態，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。目前行政院農業委員會農業試驗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。

## 5.5 農業土壤 (4.D)

依據 1996 IPCC 指南將農業土壤的氧化亞氮 - 氮的排放分為直接排放及間接排放，直接排放是因為進行農業活動時使土壤氮素增加，

提高土壤的硝化及反硝化率，而造成氧化亞氮排放；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。間接排放是來自管理土壤在施用化學氮肥與有機氮肥及燃燒生物質 (biomass) 時產生的氨 (NH<sub>3</sub>) 和氮氧化物 (NO<sub>x</sub>)，經揮發後，這些氣體以及其產物銨離子 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 和硝酸根離子 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 隨後再次沉降下來，進入土壤和水中，再以氧化亞氮排放；另一途徑為土壤中的氮素經淋洗和逕流後，再以氧化亞氮排放。

表 5.4.3 臺灣 1990 至 2012 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	10.66	19.31	101.42	60.13	259.01	255.55	46.37	53.55	806.02
1991	8.53	17.70	99.33	54.58	249.02	242.65	40.88	50.41	763.09
1992	6.28	13.60	94.78	52.14	239.99	219.00	34.25	49.52	709.57
1993	5.04	12.75	92.22	49.01	228.58	228.43	29.75	47.45	693.23
1994	3.88	10.27	82.38	47.79	217.55	212.61	28.77	47.94	651.19
1995	3.85	8.46	84.77	46.22	210.01	215.27	25.84	49.40	643.83
1996	3.12	8.06	79.49	43.95	204.56	207.23	26.20	52.78	625.39
1997	3.18	7.85	84.61	44.78	205.83	215.73	23.56	56.77	642.31
1998	2.86	7.15	79.91	43.15	201.68	216.02	23.30	57.02	631.10
1999	2.53	6.44	75.21	41.52	197.54	216.31	23.05	57.28	619.88
2000	2.40	6.03	66.84	38.47	190.08	208.25	21.38	56.34	589.79
2001	2.25	5.53	63.08	35.27	190.43	206.82	20.33	55.22	578.92
2002	2.00	5.04	47.49	31.94	184.15	193.62	17.04	53.43	534.70
2003	1.73	4.93	29.64	29.47	172.83	172.89	15.02	50.11	476.62
2004	1.75	4.55	22.72	23.72	167.43	140.92	12.54	50.48	424.10
2005	1.63	4.53	30.48	27.59	171.05	172.75	11.91	51.12	471.07
2006	1.40	4.54	26.13	25.86	166.95	175.79	9.76	52.47	462.91
2007	1.53	4.43	27.22	25.77	165.98	169.13	9.05	52.75	455.86
2008	1.47	4.34	25.78	24.56	160.41	165.42	8.75	53.61	444.34
2009	1.46	4.31	27.40	24.34	159.04	166.44	8.33	54.18	445.51
2010	1.44	4.44	27.90	21.20	160.38	150.42	8.68	57.40	431.87
2011	1.38	4.48	27.22	22.59	156.95	162.57	8.27	58.40	441.87
2012	1.34	4.72	26.93	23.11	158.30	171.30	8.32	59.21	453.24

### 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：

包括農地化學肥料使用、動物排泄物、固氮作物、農作物殘體、農耕有機土壤與牧草區之動物排泄物等氧化亞氮直接排放，臺灣因土壤有機質未達有機土壤之界定範圍，且無放牧動物之牧草區之活動數據，因此農耕有機土壤及牧草區動物排泄物二項不計入（即為零）。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

農業土壤的氧化亞氮直接排放估算方式如公式 1.2 所示：

##### 公式 1.2

$$N_2O_{Direct-N} = [(F_{SN} + F_{AM} + F_{BN} + F_{CR}) \times EF_1] + [F_{OS} \times EF_2] + [F_O \times EF_3]$$

$N_2O_{Direct-N}$ ： $N_2O$  直接排放量 (kg  $N_2O-N$ )。

$F_{SN}$ ：每年施用到土壤的化肥氮施用量 (kg N)，依  $NH_3$  和  $NO_x$  揮發量調整。

$F_{AM}$ ：每年施用到土壤的動物糞肥氮量 (kg N)，依  $NH_3$  和  $NO_x$  揮發量調整。

$F_{BN}$ ：種植的固氮作物年固氮量 (kg N)。

$F_{CR}$ ：每年還原到土壤中的作物殘體量 (kg N)。

$F_{OS}$ ：每年耕作的有機土壤面積，設定為 0。

$F_O$ ：牧草動物區之動物排泄物，設定為 0。

$EF_1$ ：氮施用產生排放之排放因子 (kg  $N_2O-N$ /kg N 輸入)。

$EF_2$ ：有機土耕作排放因子 (kg  $N_2O-N$ /ha-yr)。

$EF_3$ ：牧草動物區排放因子，如表 5.5.1。

$N_2O-N$  排放轉化為  $N_2O$  排放的計算公式如公式 1.3。

##### 公式 1.3

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

農業土壤中施用氮的因子和數量，其因子包括化學肥料的施用氮量、來自動物糞肥氮量、固氮作物的固氮量、固氮及非固氮作物殘體量所施用的氮量。以下為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，需扣除施用氮肥後產生  $NH_3+NO_x$  揮發至大氣中造成的氮損失，以公式 1.4 調整。

##### 公式 1.4

$$\text{化學氮肥施用總氮量 } F_{SN} = N_{FERT} \times (1 - \text{Frac}_{GASF})$$

$N_{FERT}$ ：每年施用到土壤的化肥氮量 (kg N/yr)。

$\text{Frac}_{GASF}$ ：每年施用到土壤之化肥氮量中以  $NH_3$  和  $NO_x$  形式逸失所佔之比例 (kg N/kg N)，1996 IPCC 指南建議值為 0.1

##### B. 畜禽糞肥 ( $F_{AW}$ ) 的施氮量

即計算畜禽糞肥的施用量，根據 1996 IPCC 指南之動物廢棄物處理的方式分類共分為七項，分別為厭氧塘 (anaerobic lagoon)、日常施用 (daily spread)、液態儲藏 (liquid system)、固體儲存及風乾過程 (solid storage

and drylot)、牧場放牧 (pasture range and paddock)、燃料使用 (used fuel) 以及其他系統 (other system)。而臺灣的畜禽排泄物處理有別於 IPCC 分類，本清冊以禽畜糞肥的糞肥的平均含氮量 2% 計算總施氮量；活動數據則使用行政院主計總處綠色國民所得帳堆肥與禽畜舍墊料的總量作為畜禽糞肥施用總氮量，公式如 1.5。

公式 1.5

$$F_{AW} = (N_{ex} \times (1 - (Frac_{FUEL} + Frac_{GRAZ} + Frac_{GASM})))$$

$F_{AW}$ ：畜禽糞肥施用總氮量。

$N_{EX}$ ：畜禽糞肥總氮量，以禽畜糞肥含氮量為 2% 計算。

$Frac_{FUEL}$ ：用作燃料之排泄物含氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例（不計，值為 0）。

$Frac_{GRAZ}$ ：放牧之排泄物含氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例（不計，值為 0）。

$Frac_{GASM}$ ：畜禽糞肥中以  $NH_3$  和  $NO_x$  形式之揮發氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例，IPCC 建議值為 0.2。

#### C. 固氮作物之固氮量 (N-Fixing Crops, $F_{BN}$ )

所有豆類及綠肥作物之豆科皆列為固氮之農作物，固氮之農作物氮輸入總量之計算式如公式 1.6 所示，其中固氮農作物產量之乾生質

量 ( $Crop_{BF}$ ) 是以固氮農作物產量 (濕重)，乘上 30% 換算成其乾生質量；固氮農作物含氮比例 ( $Frac_{NCRBF}$ ) 係採用 1996 IPCC 指南建議值 0.03 kg-N/kg of dry biomass。

公式 1.6

$$固氮作物之固氮量 (F_{BN}) = 2 \times Crop_{BF} \times Frac_{NCRBF}$$

2：將  $Crop_{BF}$  轉化為農作殘體和總產量，即作物生質量。因 IPCC 假定作物殘體量與產量的比是 1，亦即為作物生質量為作物產量的兩倍，故乘上參數 2。

$Crop_{BF}$ ：固氮農作物產量之乾生質量，乾生質量以產量 (濕重) 的 30% 計算。

$Frac_{NCRBF}$ ：固氮農作物之含氮比例，0.03 kg N/kg of dry biomass。

#### D. 作物殘體 (Crop Residue, $F_{CR}$ )

農作物殘體之氮輸入總量為回歸農業土壤之農作殘體氮輸入量，1996 IPCC 指南計算公式如公式 1.7-1 所示。有關  $Frac_{NCRO}$ 、 $Frac_{NCRBF}$ 、 $Frac_{CR}$  及  $Frac_{BURN}$  係依據 IPCC 建議值。但因目前臺灣有統計就地翻耕掩埋之量，故在此視為作物殘體之總量 (鮮重)，活動數據引自行政院主計總處綠色國民所得帳中農業廢棄物排放帳之「就地翻耕掩埋」量，換算成乾重 (產量的 30%)，再乘上固氮作物 (0.03) 與非固氮作物 (0.015) 之平均含氮比例 0.0225，即為  $F_{CR}$ 。如公式 1.7-1。

公式 1.7-1

$$F_{CR} = 2 \times (Crop_0 \times Frac_{NCRO} + Crop_{BF} \times Frac_{NCRBF}) \times (1 - Frac_R) \times (1 - Frac_{BURN})$$

2：將  $Crop_0$  與  $Crop_{BF}$  轉化為農作殘體和總產量，即作物生質量。

$Crop_0$  (kg/yr)：非固氮農作物產量之乾生質量，以乾生質量為產量的 30% 計算。

$Frac_{NCRO}$ ：非固氮作物之含氮比例 (0.015 kg N/kg of dry biomass)。

$Crop_{BF}$  (kg/yr)：固氮農作物產量之乾生質量，以乾生質量為產量的 30% 計算。

$Frac_{NCRBF}$ ：固氮作物之含氮比例 (0.03 kg N/kg of dry biomass)。

$Frac_R$ ：作物殘體中經移除之比例 (0.45 kg N/kg N)。

$Frac_{BURN}$ ：作物殘體中燃燒之比例 (0.06 kg N/kg N)。

公式 1.7-2

$$F_{CR} = Crop \times ((Frac_{NCRO} + Frac_{NCRBF}) / 2)$$

$Crop$  (kg/yr)：農作物就地翻耕掩埋量之乾生質量，以乾生質量為掩埋量之 30% 計算。

$Frac_{NCRO}$ ：非固氮作物之含氮比例 (0.015 kg N/kg of dry biomass)。

$Frac_{NCRBF}$ ：固氮作物之含氮比例 (0.030 kg N/kg of dry biomass)。

E. 農耕有機土壤直接排放：

因臺灣農地土壤有機質未超過 20%，故不列入計算。

F. 牧草區動物排泄物產生的直接排放：

臺灣此系統鮮少且無統計資料，故不列入計算。

(2) 排放係數

依據 1996 IPCC 指南及臺灣列有農業氧化亞氮排放量之相關係數及直接排放係數，如表 5.5.1、表 5.5.2 所示。

(3) 活動數據

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

依據行政院農業委員會農業統計年報，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%，參照行政院農業委員會農糧署) 等共計四項。如表 5.5.3。

表 5.5.1 農業氧化亞氮排放量的直接排放係數

直接排放係數 <sup>a</sup>	單位	備註
$EF_1=0.0125(0.0025-0.0225)$	kg N <sub>2</sub> O-N/kg N nitrogen input	化學肥料使用、動物廢棄物、固氮作物及作物殘體等
$EF_2=5$	kg N/ha/yr	農耕有機土壤
$EF_3=0.02$	kg N <sub>2</sub> O-N/kg	由牧草區動物排泄物產生

資料來源：a IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

表 5.5.2 農業土壤氧化亞氮排放量之相關係數

項目	係數		單位
	IPCC <sup>a</sup>	本土值	
化學肥料中以 NO <sub>x</sub> + NH <sub>3</sub> 形式逸失所佔之比例 (Frac <sub>GASF</sub> )	0.100		kg NO <sub>x</sub> +NH <sub>3</sub> /kg N
用作燃料之排泄物含氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例 (Frac <sub>FUEL</sub> )		0.000	kg N/kg N
放牧之排泄物含氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例 (Frac <sub>GRAZ</sub> )	0.020		kg N/kg N
畜禽糞肥中以 NH <sub>3</sub> 和 NO <sub>x</sub> 形式之揮發氮量佔畜禽糞肥總氮量之比例 (Frac <sub>GASM</sub> )	0.200		kg NH <sub>3</sub> -N+ NO <sub>x</sub> -N /kg N
固氮農作物含氮比例 (Frac <sub>NCRBF</sub> )	0.030		kg N/kg of dry biomass
非固氮農作物含氮比例 (Frac <sub>NCRD</sub> )	0.015		kg N/kg of dry biomass
作物殘體中經移除之比例 (Frac <sub>R</sub> )	0.450		kg N/kg N
作物殘體中燃燒之比例 (Frac <sub>BURN</sub> )	0.250		kg N/kg N
氮淋洗之比例 (Frac <sub>LEACH</sub> )	0.300		kg N/kg N

資料來源：<sup>a</sup>IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

表 5.5.3 臺灣 1990 至 2012 年化學肥料施用量與施氮量

(單位：公噸)

年	硫酸銨	尿素	硝酸銨鈣	複合肥料	施用氮量
1990	367,112	193,121	16,845	483,839	253,002
1991	376,766	198,997	15,400	543,933	267,840
1992	336,214	189,649	16,351	562,900	258,495
1993	361,734	178,109	16,525	584,112	262,251
1994	343,602	183,914	15,585	601,407	263,917
1995	342,137	205,923	16,469	575,883	269,495
1996	324,612	205,577	16,425	625,980	274,313
1997	272,703	182,367	16,425	534,509	236,912
1998	257,658	173,169	15,037	540,741	230,322
1999	246,312	161,544	15,577	543,246	223,133
2000	334,657	178,367	17,197	518,813	245,521
2001	341,877	128,509	17,300	570,688	233,097
2002	323,116	127,158	17,684	565,892	227,783
2003	186,731	112,438	6,630	624,439	200,289
2004	232,652	113,914	6,836	646,088	214,398
2005	240,192	84,968	6,360	636,019	200,829
2006	218,215	81,093	8,606	677,338	202,029
2007	226,243	78,358	6,691	659,178	198,932
2008	185,123	77,478	2,591	627,140	183,529
2009	195,301	75,636	1,019	652,013	188,808
2010	180,802	73,420	523	661,124	186,221
2011	158,733	71,966	438	653,388	179,562
2012	144,802	74,931	264	679,091	182,412

含氮量 (%)：硫酸銨：21%；尿素：46%；硝酸銨鈣：20%；複合肥料：17.3%

### B. 動物排泄物 (Animal Wastes Applied to Soils, $F_{AW}$ )

臺灣對於畜禽排泄物之處理方式與 IPCC 分類差異頗大，在此項目不適用 IPCC 提供的公式，本清冊以行政院主計總處綠色國民所得帳之農業廢棄物排放帳的堆肥與禽畜舍墊料總量，做為活動數據。如表 5.5.4。

### C. 固氮作物 (N-Fixing Crops, $F_{BN}$ )

固氮作物各項作物之產量可由農業統計年報獲得。估算之固氮作物種類包括大豆、落花

生、菜豆、紅豆、豌豆、毛豆、富貴豆、鐵皮豆、青皮豆、綠肥大豆、三葉草、田菁、太陽麻等。如表 5.5.5。

### D. 農作物殘體量 (Crop Residue, $F_{CR}$ )

活動數據引自行政院主計總處綠色國民所得帳值 (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。如表 5.5.6。

表 5.5.4 臺灣 1990 至 2012 年禽畜糞肥料施用量與施氮量

(單位：公噸)

年	堆肥	禽畜糞	禽畜舍墊料	總氮量 <sup>c</sup>
1990	1,313,766	1,760,166	-	614,786
1991	1,072,602	1,421,175	-	498,755
1992	921,678	1,332,571	-	450,850
1993	892,081	1,371,916	-	452,799
1994	661,707	1,315,837	-	395,509
1995	716,149	1,014,988	-	346,227
1996	643,926	1,030,476	-	334,880
1997	582,307	1,463,448	-	409,151
1998	484,676	1,098,550	-	316,645
1999	460,038	1,135,045	-	319,017
2000 <sup>a</sup>	737,897	1,181,344	-	383,848
2001 <sup>b</sup>	2,031,489	-	90,000	424,298
2002	2,152,062	-	85,000	447,412
2003	2,212,500	-	81,000	458,700
2004	2,205,188	-	71,680	455,374
2005	2,302,694	-	73,357	475,210
2006	2,366,029	-	77,902	488,786
2007	2,393,084	-	68,173	492,251
2008	2,465,486	-	72,858	507,669
2009	2,453,827	-	78,909	506,547
2010	2,455,770	-	72,551	505,664
2011	2,329,480	-	83,313	482,559
2012	2,449,779	-	85,011	506,958

註：<sup>a</sup> 1990 至 2000 年為農業統計年報中堆肥 + 禽畜糞

<sup>b</sup> 2001 至 2012 為綠色國民所得帳堆肥 + 禽畜舍墊料數據

<sup>c</sup> 含氮量：堆肥：2%；禽畜糞 2%；禽畜舍墊料：2%。

E. 農耕有機土壤直接排放：

臺灣一般耕地土壤有機質未達標準 (>20%)，不列入計算。

(4) 排放量

臺灣 1990 至 2012 年之農業土壤直接氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.5.7。

(5) 完整性

農地氧化亞氮排放計算，係數目前引用 1996 IPCC 指南預設值，未來將朝向依相關研

究建立本土係數，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，以提高農地氧化亞氮排放係數完整性。活動數據方面，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（不包括臺灣堆肥場產製禽畜堆肥及其它有機質肥料），統計來源為行政院農業委員會農糧署，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。

表 5.5.5 臺灣 1990 至 2000 年固氮作物產量與總氮量

(單位：公噸)

年	大豆	落花生	菜豆	紅豆	豌豆	毛豆	三葉	富貴豆	鐵虎豆	青皮豆	綠肥大豆	田菁	太陽麻	總氮量 <sup>a</sup>
	公噸													公噸氮
1990	8,140	64,980	27,516	14,770	31,386	59,219	3,841	28	317	2,279	8,225	81,860	7,192	6,195
1991	8,333	83,816	27,419	10,673	24,787	68,000	3,080	-	785	2,208	5,660	218,876	4,367	9,160
1992	8,562	75,579	24,618	9,281	22,477	77,419	14,014	28	2,444	1,411	16,341	488,868	13,541	15,092
1993	12,715	76,462	25,130	8,719	16,324	79,180	24,408	12	2,406	932	9,790	513,660	20,316	15,801
1994	12,005	80,583	21,654	9,527	18,824	66,084	42,812	-	1,225	3,256	29,940	731,718	15,865	20,670
1995	8,894	92,225	23,013	9,705	18,630	74,362	49,537	264	180	4,706	3,894	570,754	12,255	17,368
1996	9,693	79,918	21,498	11,300	21,128	64,632	64,416	1,901	422	4,375	2,281	677,883	18,977	19,568
1997	4,722	84,185	28,174	10,413	15,616	82,798	89,947	2,038	863	1,530	3,111	502,542	43,579	17,390
1998	1,463	68,325	27,369	9,266	15,419	67,501	72,698	5,238	12,381	2,639	11,259	818,003	123,579	24,703
1999	352	67,157	24,287	8,241	18,665	60,882	84,303	4,654	13,404	15,655	29,643	1,160,412	94,447	31,642
2000	295	79,127	24,530	6,946	15,216	74,344	76,876	3,922	48,223	15,039	46,916	1,611,476	84,263	41,743
2001	328	56,087	25,665	4,235	11,280	75,991	75,711	2,913	28,280	36,210	111,665	1,748,322	97,926	45,492
2002	368	77,455	22,424	7,270	11,248	73,046	58,128	2,296	15,177	90,316	145,782	1,871,684	130,775	50,119
2003	341	73,462	20,576	7,389	9,094	77,333	43,174	30,817	8,965	278,020	225,514	2,023,741	331,299	62,594
2004	280	68,302	19,737	6,458	8,663	80,011	28,950	29,357	17,893	326,677	415,282	2,360,173	460,940	76,454
2005	213	53,948	15,138	4,850	7,852	60,629	30,396	43,451	7,600	306,711	289,091	1,883,807	410,288	62,279
2006	187	71,561	18,911	7,831	7,811	57,273	29,504	14,245	14,394	377,811	283,854	1,906,783	478,327	65,370
2007	147	51,885	16,423	6,056	6,295	43,343	18,749	21,433	12,811	422,589	333,601	1,539,790	519,164	59,846
2008	141	55,075	14,909	7,013	7,127	41,202	16,565	11,424	7,992	363,110	219,875	1,666,375	645,195	61,120
2009	220	56,941	15,062	8,550	6,653	49,398	5,621	10,326	10,027	377,114	207,643	1,665,099	665,696	61,567
2010	204	65,036	13,380	8,693	6,222	51,339	13,595	10,533	7,869	441,067	462,215	1,098,726	786,764	59,313
2011	105	68,231	12,299	11,498	6,732	69,231	6,722	12,775	2,908	469,349	358,365	891,881	904,967	56,301
2012	159	56,845	11,794	10,698	4,276	71,713	8,599	16,485	2,377	379,348	331,326	864,611	913,676	53,438

註：<sup>a</sup>作物乾重為 30%，固氮量皆以 3% 計。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性：

1996 IPCC 指南對農地氧化亞氮整體

不確定度定義為二個數量級（2 orders of magnitude），以農地直接氧化亞氮排放係數 0.0125 kg N<sub>2</sub>O-N/kgN 為例，即其不確定度範圍為 0.00125 至 0.125 kg N<sub>2</sub>O-N/kgN，評估其

表 5.5.6 臺灣 1990 至 2012 年作物殘體總氮量

(單位：公頃)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001 <sup>b</sup>
就地翻耕掩埋	1,488,549	1,438,064	1,370,752	1,362,338	1,337,095	1,345,509	1,338,433	1,276,657	1,225,659	1,194,666	1,160,399	1,300,000
總氮量 <sup>1</sup>	10,048	9,707	9,253	9,196	9,025	9,082	9,034	8,617	8,273	8,064	7,833	8,775
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
就地翻耕掩埋	1,460,000	1,369,000	1,175,561	1,203,054	1,277,599	1,094,856	1,078,224	1,161,635	1,077,472	1,229,070	1,336,537	
總氮量 <sup>a</sup>	9,855	9,241	7,935	8,121	8,624	7,390	7,278	7,841	7,273	8,296	9,022	

註：<sup>a</sup> 作物乾重比：30%；含氮量：2.25%<sup>b</sup> 2001 年後為綠色國民所得帳值，其餘年則利用耕地總面積推估 " 就地翻耕掩埋 " 之值

表 5.5.7 1990 至 2012 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	化肥	糞肥	固氮作物	作物殘體	合計排放量
1990	1386.54	299.49	33.95	61.18	1781.17
1991	1467.86	242.97	50.20	59.11	1820.13
1992	1416.65	219.63	82.71	56.34	1775.32
1993	1437.23	220.58	86.60	56.00	1800.40
1994	1446.36	192.67	113.28	54.96	1807.27
1995	1476.93	168.66	95.18	55.30	1796.08
1996	1503.34	163.13	107.24	55.01	1828.73
1997	1298.36	199.31	95.31	52.47	1645.45
1998	1262.24	154.25	135.38	50.38	1602.25
1999	1222.85	155.41	173.41	49.10	1600.77
2000	1345.54	186.99	228.77	47.70	1809.00
2001	1277.46	206.69	249.31	53.43	1786.90
2002	1248.33	217.95	274.67	60.01	1800.97
2003	1097.65	223.45	343.04	56.27	1720.42
2004	1174.98	221.83	419.00	48.32	1864.12
2005	1100.61	231.50	341.31	49.45	1722.87
2006	1107.19	238.11	358.25	52.51	1756.06
2007	1090.22	239.80	327.98	45.00	1702.99
2008	1005.81	247.31	334.96	44.32	1632.39
2009	1034.73	246.76	337.41	47.75	1666.65
2010	1020.56	246.33	325.06	44.29	1636.23
2011	984.06	235.07	308.55	50.52	1578.21
2012	999.68	246.96	292.86	54.94	1594.44

整體不確定度為 900%。而目前臺灣文獻調查，不同地區與田區之  $N_2O$  排放係數差異大，如水田係數約為 0.001 至 0.007  $kgN_2O-N/kg-N$ ，旱田約為 0.005 至 0.042  $kg N_2O-N/kg-N$ （錢等，2010），水、旱田排放係數變量各在一個級數內，而目前計算方法與可用活動數據，是將水旱田氧化亞氮排放合併項目計算，因此排放係數不確定度，會達二個變量級數，排放係數不確定度大，但與 1996 IPCC 指南預設相同，故農地氧化亞氮排放係數不確定度直接引用 1996 IPCC 指南不確定度。農地氧化亞氮排放之活動係數不確定度，引自行政院主計總處綠色國民所得帳及農業統計，不確定度預設值為 5%。組合（整體）不確定度：900%

$$U_{soil N_2O} = 900\%$$

農地氧化亞氮排放不確定性評估，係在 102 年農業部門審議會後才提出，因此尚未經正式審議，未來在累積更多的文獻後，再修正不確定度數值。

#### （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 年為行政院農業委員會農業統計年報中堆肥加禽畜糞之合計用量，2001 至 2012 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 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

農地直接氧化亞氮排放之 QA/QC 著重於活動數據與排放係數檢視。活動數據主要來自行政院農業委員會之農業統計調查資料，而行政院農業委員會依據統計法、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。排放係數引自 1996 IPCC 指南預設值，計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體排放專家會議審議。

#### 5. 特定排放源的重新計算

無。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

目前行政院農業委員會農業試驗所正在執行依相關研究，以建立本土係數，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，以提高農地氧化亞氮排放估算之完整性。

### 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：

包括估算化學肥料及畜禽排泄物揮發之間接排放和化學肥料及畜禽排泄物淋洗之間接氧化亞氮排放量。

#### 2. 方法論議題：

##### （1）計算方法

農業土壤的氧化亞氮間接排放估算方式如公式 1.8 所示：

公式 1.8

$N_2O$  間接排放量

= 化學肥料及畜禽排泄物揮發排放量 + 化學肥料及畜禽排泄物淋洗排放量

= {(土壤中化肥氮素揮發量 + 畜禽廢棄物中氮揮發量)  $\times EF_4$  + 淋洗後  $N_2O$  排放量}  $\times 44/28$

土壤中氮肥揮發量 (kg N/kg N) : 化學氮肥施用總氮量 ( $N_{FERT}$ ) 化學肥料中以  $NH_3$  及  $NO_x$  形態揮發至空氣的氮比例 ( $Frac_{GASF}$ )。

畜禽廢棄物中氮揮發量 (kg N/yr) : 畜禽排泄物輸入土壤的氮總量 ( $N_{EX}$ )  $\times$  禽畜排泄物中以  $NH_3$  及  $NO_x$  形態揮發至空氣的氮比例 ( $Frac_{GASM}$ )。

$EF_4$  : 排放係數 (kg  $N_2O$ -N/kg  $NH_3$ -N+ $NO_x$ -N), 如表 5.5.8。

淋洗後氧化亞氮排放量之計算方式如公式 1.9 所示 :

公式 1.9

淋洗後  $N_2O$  排放量 = ( $N_{FERT} + N_{EX}$ )  $\times Frac_{LEACH} \times EF_5$

$N_{FERT}$  : 化學氮肥施用總氮量 (kg N/yr)。

$N_{EX}$  : 畜禽糞肥施用總氮量 (kg N/yr)。

$Frac_{LEACH}$  : 氮淋洗的比率 (kg N/kg N)。

$EF_5$  : 排放係數 (kg  $N_2O$ -N/kg  $NH_3$ -N+ $NO_x$ -N)。

(2) 排放係數

有關估算農業土壤的氧化亞氮間接排放之排放係數如表 5.5.8 所示。

(3) 活動數據

數據來源與直接排放計算相同。

(4) 排放量

1990 至 2012 年之農業土壤間接氧化亞氮排放總量, 估算結果如表 5.5.9。

(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

農地間接氧化亞氮排放不確定度與活動數據之一致性, 同農地直接氧化亞氮排放。

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。

表 5.5.8 農業土壤氧化亞氮間接排放之排放係數

項目 <sup>a</sup>	單位	備註
$EF_4=0.01(0.002-0.02)$	kg $N_2O$ -N/ kg $NH_3$ -N+ $NO_x$ -N	化學肥料及禽畜排泄物揮發至空氣中之間接排放係數
$EF_5=0.025(0.002-0.12)$	kg N/kg N	化學肥料及禽畜排泄物淋洗之間接排放係數

資料來源 : <sup>a</sup> IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

5. 特定排放源的重新計算  
無。

6. 特定排放源的改善計畫

目前行政院農業委員會農業試驗所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。

### 5.5.3 農業土壤的氧化亞氮排放量

1990 至 2012 年之農業土壤氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.5.10。

## 5.6 草原的焚燒 (4.E)

臺灣無熱帶草原，亦無統計資料，故此處不予計算。

## 5.7 作物殘體燃燒 (4.F)

1. 排放源及匯分類的描述：

此部分是計算現地燃燒農作物殘體時所產生的非二氧化碳溫室氣體，包含甲烷、一氧化碳、氧化亞氮及氮氧化物。因假設燃燒農作物殘體時所產生的二氧化碳會被再生長出來植物所吸收，故不予計算，因此在本項僅計算燃燒

表 5.5.9 臺灣 1990 至 2012 年農業土壤的氧化亞氮間接排放

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	化肥揮散	糞肥	化肥淋洗	糞肥淋洗	合計
1990	123.25	59.90	924.36	224.62	1332.12
1991	130.48	48.59	978.57	182.22	1339.87
1992	125.92	43.93	944.43	164.72	1279.00
1993	127.75	44.12	958.15	165.43	1295.45
1994	128.57	38.53	964.24	144.50	1275.84
1995	131.28	33.73	984.62	126.50	1276.13
1996	133.63	32.63	1002.22	122.35	1290.83
1997	115.41	39.86	865.57	149.49	1170.33
1998	112.20	30.85	841.50	115.69	1100.23
1999	108.70	31.08	815.23	116.55	1071.57
2000	119.60	37.40	897.03	140.24	1194.27
2001	113.55	41.34	851.64	155.02	1161.55
2002	110.96	43.59	832.22	163.47	1150.24
2003	97.57	44.69	731.77	167.59	1041.62
2004	104.44	44.37	783.32	166.37	1098.50
2005	97.83	46.30	733.74	173.62	1051.50
2006	98.42	47.62	738.13	178.58	1062.75
2007	96.91	47.96	726.81	179.85	1051.53
2008	89.40	49.46	670.54	185.48	994.88
2009	91.98	49.35	689.82	185.07	1016.22
2010	90.72	49.27	680.37	184.75	1005.10
2011	87.47	47.01	656.04	176.31	966.84
2012	88.86	49.39	666.46	185.22	989.93

產生的甲烷及氧化亞氮。臺灣的農業殘體焚燒主要是以水稻稻蒿為主，其他 IPCC 所列其他各項殘體焚燒資料（項目包括穀類、豆類、塊根植物、甘蔗等）則少有，因此本項以稻之焚燒量來計算。

## 2. 方法論議題：

### (1) 計算方法

有關作物殘體焚燒之估算如公式 1.10 及 1.11 所示。

#### 公式 1.10

$$\text{作物殘體焚燒量} = \text{作物年產量} \times \text{乾物百分比} \times \text{殘體率} \times \text{氧化比例} \times \text{焚燒百分比}$$

#### 公式 1.11

$$\text{作物殘體焚燒之排放量} = \text{作物殘體焚燒量} \times \text{含量值或轉換值}$$

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蒿焚燒量統計資料，因此將算式簡化：

#### 公式 1.10'

$$\text{作物殘體焚燒量} = \text{作物焚燒量} \times \text{氧化比例}$$

表 5.5.10 1990 至 2012 年農業土壤氧化亞氮排放總量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	農地氧化亞氮(直接)	農地氧化亞(間接)	殘體燃燒氧化亞氮	合計
1990	1781.17	1332.12	4.07	3113.29
1991	1820.13	1339.87	4.12	3160.00
1992	1775.32	1279.00	3.69	3054.33
1993	1800.40	1295.45	3.98	3095.85
1994	1807.27	1275.84	3.67	3083.11
1995	1796.08	1276.13	3.69	3072.21
1996	1828.73	1290.83	3.44	3119.56
1997	1645.45	1170.33	3.64	2815.79
1998	1602.25	1100.23	3.31	2702.49
1999	1600.77	1071.57	3.41	2672.33
2000	1809.00	1194.27	5.82	3003.27
2001	1786.90	1161.55	4.97	2948.45
2002	1800.97	1150.24	4.24	2951.21
2003	1720.42	1041.62	2.92	2762.04
2004	1864.12	1098.50	2.55	2962.63
2005	1722.87	1051.50	2.61	2774.37
2006	1756.06	1062.75	2.77	2818.81
2007	1702.99	1051.53	1.50	2754.52
2008	1632.39	994.88	2.01	2627.27
2009	1666.65	1016.22	1.66	2682.87
2010	1636.23	1005.10	1.75	2641.33
2011	1578.21	966.84	1.77	2545.04
2012	1594.44	989.93	1.78	2584.37

(2) 排放係數

表 5.7.1 為 1996 IPCC 指南提供之乾物百分比、殘體率、氧化比例的建議值，由於已有直接統計資料，故主要引用係數為「氧化之比例」。

在氧化亞氮計算是先將由作物產量經由公式 1.10 得出的作物殘體焚燒量，再根據公式 1.11 乘上作物氮碳比，再乘上排放比及元素轉換值 (5.7.2) 所得，甲烷則是將作物殘體焚燒量乘上氮排放比及元素轉換 (5.7.3) 值所得。

(3) 活動數據

作物殘體焚燒之活動數據、係數及作物殘體焚燒量，引自行政院主計總處綠色國民所得帳 (2001 年起)，如表 5.7.4 所示。2001 年前焚燒量以臺灣地區當年水稻產量 (蕎穀比例約 1:1) 乘以 2001 年後平均燃燒比例 0.1 計算。

(4) 排放量

1990 至 2012 年作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放總量，估算結果如表 5.7.5。

表 5.7.1 作物殘體比例之相關係數及碳氮含量比

項目	係數 <sup>a</sup>
乾性比例	0.78-0.88
殘體與農作物比值	1.4
氧化之比例	0.9
焚燒比例	-
殘體碳含量比例	0.4144
氮碳比 (水稻)	0.014

a IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

表 5.7.2 作物殘體焚燒之甲烷與氧化亞氮轉換係數

作物殘體焚燒之排放量 = 作物殘體焚燒量 × 含量值或轉換值 <sup>a</sup>	
殘體碳含量百分比	0.4144
CH <sub>4</sub> 排放比例	0.005
CH <sub>4</sub> 轉換值	16/12
GWP	21
N <sub>2</sub> O 排放比例	0.007
N <sub>2</sub> O 轉換值	44/28
GWP	310

a IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

表 5.7.3 非二氧化碳之溫室氣體之氮排放比與元素轉換值

非 CO <sub>2</sub> 之溫室氣體	排放比	元素轉換值
CH <sub>4</sub>	0.005	16/12
CO	0.060	28/12
N <sub>2</sub> O	0.007	44/28
NO <sub>x</sub>	0.121	46/14

## (5) 完整性

臺灣的農業殘株焚燒主要是以水稻稻蒿為主，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。

為 100%，殘體燃燒甲烷排放係數不確定度為 50%。活動數據據引自行政院主計總處綠色國民所得帳，不確定度 5%。其組合（整體）不確定度分別為 100%、50%。

$$U_{\text{residual burning } N_2O} = 100\%$$

$$U_{\text{residual burning } CH_4} = \sqrt{50^2 + 5^2} = 50\%$$

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

## (1) 不確定性

殘體燃燒排放溫室氣排放量，因係數皆引用 1996 IPCC 指南，並區分為氧化亞氮及甲烷，其定義殘體燃燒氧化亞氮排放之整體不確定度

## (2) 時間序列的一致性

殘體燃燒排放溫室氣體排放量之活動數據為不連續，2001 至 2012 年為行政院主計總處綠色國民所得帳，2001 年前焚燒量以臺灣當年

表 5.7.4 作物殘體焚燒量

(單位：公噸)

年	稻蒿焚燒量	殘體焚燒量 <sup>b</sup>
1990	228,367	205,530
1991	231,164	208,047
1992	206,988	186,289
1993	223,293	200,964
1994	206,140	185,526
1995	207,197	186,477
1996	193,090	173,781
1997	204,184	183,766
1998	185,916	167,324
1999	191,630	172,467
2000	327,000	294,300
2001 <sup>a</sup>	279,000	251,100
2002	238,000	214,200
2003	164,000	147,600
2004	143,362	129,026
2005	146,714	132,043
2006	155,805	140,225
2007	84,474	76,027
2008	113,123	101,811
2009	93,418	84,076
2010	98,214	88,393
2011	99,188	89,269
2012	100,061	90,055

註：a 2001 年前焚燒量以臺灣地區當年水稻產量（蒿穀比例約 1:1）乘以 2001 年後平均燃燒比例 0.1 計算。

b 殘體焚燒量為乘上氧化比例 0.9。

水稻產量（蒿穀比例約 1:1）乘以 2001 至 2012 年平均之燃燒比例（燃燒量 / 稻蒿產量）：0.1，進行計算。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

作物殘體的焚燒溫室氣體排放之 QA/QC 著重於活動數據與排放係數檢視。活動數據主要來自行政院主計總處綠色國民所得帳，同時依照臺灣統計法、統計法施行細則及其他有關法令執行。排放係數引自 1996 IPCC 指南預設值，計算方法與結果已經過兩次農業部門溫室氣體清冊專家會議審議。

5. 特定排放源的重新計算  
無。

6. 特定排放源的改善計畫  
無。

參考文獻

1. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

表 5.7.5 臺灣 1990 至 2012 年作物殘體焚燒產生之甲烷與氧化亞氮排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

年	甲烷排放量	氧化亞氮排放量
1990	11.92	4.07
1991	12.07	4.12
1992	10.81	3.69
1993	11.66	3.98
1994	10.76	3.67
1995	10.82	3.69
1996	10.08	3.44
1997	10.66	3.64
1998	9.71	3.31
1999	10.01	3.41
2000 <sup>a</sup>	17.07	5.82
2001	14.57	4.97
2002	12.43	4.24
2003	8.56	2.92
2004	7.49	2.55
2005	7.66	2.61
2006	8.14	2.77
2007	4.41	1.50
2008	5.91	2.01
2009	4.88	1.66
2010	5.13	1.75
2011	5.18	1.77
2012	5.22	1.78

註：a 2001 年前焚燒量以臺灣地區當年水稻產量（蒿穀比例約 1:1）乘以 2001 年後平均燃燒比例 0.1 計算。

2. IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. In Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
3. Su, J.J., Liu, B. Y. and Chang, Y. C.(2003). Emission of greenhouse gas from livestock waste and wastewater treatment in Taiwan. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 95, 253-263.
4. Yang, S. S., Lai, C.M., Chang, H.L., Chang, E. H., and Wei, C.B.(2009). Estimation of methane and nitrous oxide emissions from paddy fields in Taiwan. *Renewable Energy*, 34 1916-1922.
5. 王淑音、黃大駿、許皓豐 (2001)。肉雞糞尿處理溫室氣體排放之推估。臺灣農業化學與食品科學，39(6)，415-422。
6. 王淑音、馬維君、黃大駿 (2002)。臺灣地區蛋雞產業之腸內發酵溫室氣體排放估測。中國畜牧學會會誌，31(3)，221-230。
7. 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。
8. 王淑音、謝憲蔚、王思涵、陳盈豪 (2003)。應用呼吸室測定鵝之腸內發酵溫室氣體排放之評估。中國畜牧學會會誌，32(4)：151。
9. Wang, S.Y. and Huang D.J. (2005). Assessment of greenhouse gas emissions from poultry enteric fermentation. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 18(6):873-878.
10. 行政院農業委員會 (2013)。中華民國農業統計年報。臺北市：行政院農業委員會。
11. 行政院農業委員會 (2013)。畜禽統計調查結果。臺北市：行政院農業委員會。
12. 行政院主計總處 (2013)。綠色國民所得帳編製報告。臺北市：行政院主計總處。
13. 李春芳 (2009)。個人通訊，李春芳博士農委會中部辦公室。
14. 黃大駿、王淑音 (2000)。臺灣地區白色肉雞產業之溫室氣排放。中國畜牧學會會誌，29(1)，65-75。
15. 黃大駿 (2000)。臺灣地區肉雞產業溫室氣體排放之探討。中國文化大學碩士論文。臺北市：中國文化大學，未出版。
16. 蔡明宏、陳筱薇、黃楷翔、林政緯、王淑音 (2003)。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。
17. 錢元皓、賴朝明、楊盛行 (2010)。臺灣水田、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)，24-43。





## 第六章 土地利用變化及林業部門 (CRF SECTOR 5)

---

- 6.1 部門概述
- 6.2 森林及其他木質生物蓄積量的改變
- 6.3 森林及草原的變更
- 6.4 廢耕地
- 6.5 土壤對二氧化碳的釋放與吸收

## 第六章 土地利用變化及林業部門 (CRF SECTOR 5)

### 6.1 部門概述

聯合國氣候變化政府間專家委員會 (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)<sup>[18]</sup>，對於土地利用變化造成的碳排放量，以及林業碳移除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 LULUCF-GPG 的主要精神與

內容。在 2006 IPCC 指南架構下共區分為五大部門，其中與森林有關的部門為 3.B.1.「農業、林業和其他土地利用 (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利用類型的轉換) 及 3.D.1.「經採伐的木質產品 (Harvested Wood Product, HWP)」等部分。

目前該部門以 1996 IPCC 指南為基礎，其中 LULUCF 係就 1990 年以後土地利用、森林及其他木質生物蓄積量的改變造成碳排放及碳移除量進行估算。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估算。

表 6.1.1 為 1990 至 2012 年臺灣地區森林資源整體之年碳量變化，其趨勢如圖 6.1.1。另臺灣 2012 年林業部門碳匯與損失之占比如圖 6.1.2，臺灣現有林地年生長碳吸收量為 95.24%，新植造林碳增加量為 4.35%、因伐採、薪材收穫、干擾之年損失碳量只為 0.41%。

18 IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

表 6.1.1 臺灣 1990 至 2012 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 \ 類型	平均每年生長碳吸收量 + 新植造林新增碳量 $\Delta C_{G-TOTAL} + \Delta C_{G-AFF}$	平均每年因伐採 + 薪材收穫 + 干 擾之損失碳量 $L_{WOOD-REMOVALS} + L_{fuelwood} + L_{disturbance}$	年度碳吸收量變化 $\Delta CO_2$
1990	19,173	-339	18,832
1991	19,164	-1,789	17,372
1992	19,197	-188	19,008
1993	19,233	-124	19,107
1994	19,265	-103	19,162
1995	19,296	-109	19,187
1996	19,309	-268	19,041
1997	19,351	-139	19,217
1998	19,376	-161	19,217
1999	19,440	-217	19,220
2000	19,501	-225	19,275
2001	19,508	-813	18,692
2002	19,549	-94	19,455
2003	19,625	-127	19,499
2004	19,032	-141	18,905
2005	18,993	-206	18,843
2006	18,961	-127	18,938
2007	18,958	-170	18,920
2008	18,958	-103	19,015
2009	18,966	-1,958	17,218
2010	18,811	-102	18,923
2011	18,793	-73	19,103
2012	18,836	-79	19,129

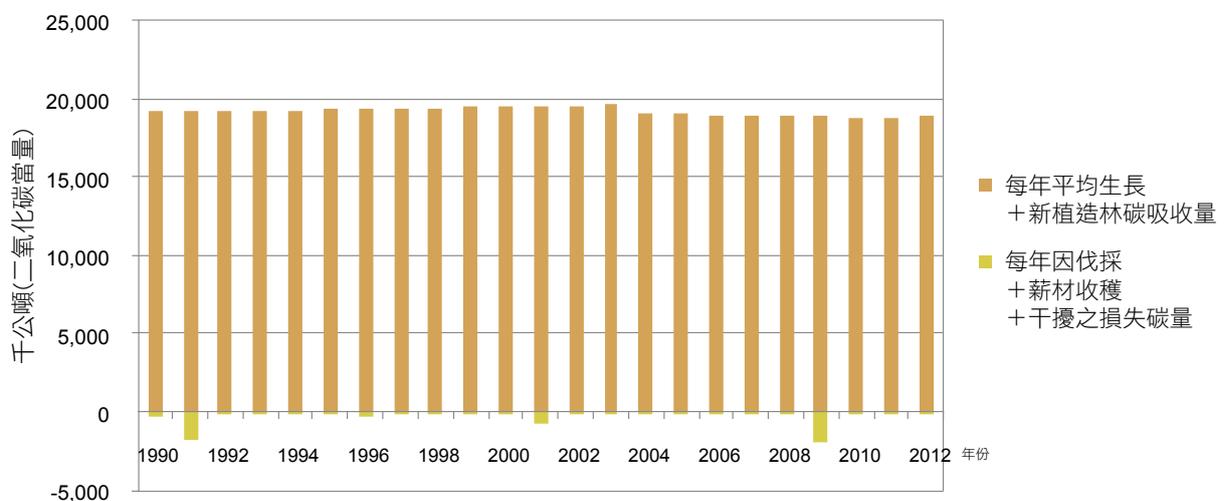


圖 6.1.1 臺灣 1990 至 2012 年林業部門吸收與排放之二氧化碳趨勢

## 6.2 森林及其他木質生物蓄積量的改變 (5.A)

### 1. 排放源及就匯分類：

主要就土地利用、森林及其他木質生物蓄積量的改變，所造成的碳排放及移除量進行估算，其中土地利用類別依據 2006 IPCC 指南建議，歸納為林地、農地、草地、濕地、集居地及其他等六大類別，本部門係就「林地維持林地」部分予以估算，至於其他土地類別之間轉換所造成的碳排放量不在本部門估算範圍。

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)、枯有機質 (Dead Oorganic 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。

### 2. 方法學議題：

#### (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： $\Delta C_{FL}$  = 林地的碳貯存量的變化 (公噸碳 / 年)；

$\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

$\Delta C_{DOM}$  = 死有機物質 (包括死木和枯落物) 的年碳貯存量變化 (公噸碳 / 年)；

$\Delta C_{Soils}$  = 土壤碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)

僅就其中  $\Delta C_B$ 、 $\Delta C_{DOM}$ 、 $\Delta C_{Soils}$  之估算分

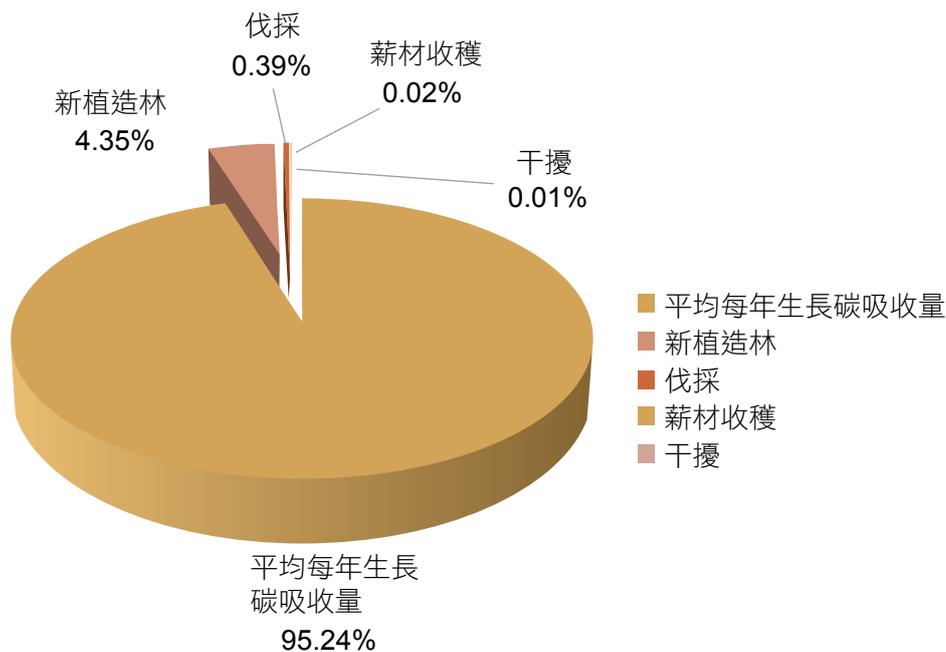


圖 6.1.2 臺灣 2012 年林業部門碳匯與損失之占比

述如下：

A.  $\Delta C_B$  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： $\Delta C_B$  = 生物量的碳貯存年變化量 (公噸碳 / 年)；

$\Delta C_G$  = 生物量生長之年碳貯存增加量 (公噸碳 / 年)；

$\Delta C_L$  = 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： $\Delta C_G$  = 生物量生長之年碳貯存增加量 (公噸碳 / 年)；

A = 面積 (公頃)；

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

i = 生態區 (i = 1 至 n)；

j = 氣候型 (j = 1 至 m)；

CF = 乾物質碳含量比例 (公噸碳 / 公噸乾物質)

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)。

表 6.2.1 森林所貯存之碳庫定義

碳庫		說明
生物量 (Biomass)	地上部生物量 (Aboveground Biomass)	土壤以上所有活的木本和草本之生物量，包括莖、殘幹 (Stump)、枝、樹皮、種子和葉。 註：如果森林下層植被占地上部生物量碳庫的比例較小，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 mm 的細根經常是不計入在內，因為只憑經驗將直徑低於 2 mm 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 公厘 (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枯有機質、如果不能憑經驗區分的最小直徑小於 2 公厘 (建議值) 的根及枯有機質。土壤深度預設值為 30 公分。

資料來源：IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

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

方法 2、3  $G_{TOTAL} = \sum \{I_V \times BCEF_I \times (1+R)\}$  (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；

$I_V$  = 特定林木（植被）類型的年平均材積生長量（ $m^3$  / 公頃 / 年）；

$BCEF_I$  = 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）。

$BCEF_I = BEF_I \times D$  (6)

生物量損失之年碳貯存減少量為商用木材採伐、薪材收穫與干擾等因素所引起的年碳貯存減少量（式 7）。

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

式中： $\Delta C_L$  = 生物量損失之年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；

$L_{wood-removals}$  = 商用木材採伐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）

商用木材採伐所引起的年碳貯存減少量，主要受每年採伐量所影響（式 8）。

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

式中： $L_{wood-removals}$  = 商用木材採伐所引起的年碳貯存減少量（公噸碳 / 年）；

H = 每年採伐量（ $m^3$  / 年）；

R = 根莖比；

CF = 乾物質碳含量比例（公噸碳 / 公噸乾物質）；

$BCEF_R$  = 將木材採伐材積換算為地上部總生物量（含樹皮）的生物量擴展係數。

如直接的  $BCEF_R$  不可得知，則可使用採伐生物量擴展係數（ $BEF_R$ ）與基本比重（D）值相乘得出（式 9）。

$BCEF_R = BEF_R \times D$  (9)

薪材收穫所引起的年碳貯存減少量，由每年收穫薪材的全株與林木材積所構成（式 10）。

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

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

$FG_{trees}$  = 每年收穫薪材材積（ $m^3$  / 年）；

$FG_{part}$  = 每年收穫薪材枝木有材積（ $m^3$  / 年）；

R = 根莖比；

CF = 乾物質碳含量比例（公噸碳 / 公噸乾物質）；

$BCEF_R$  = 將木材採伐材積換算為地上部總生物量（含樹皮）的生物量擴展係數。

如直接的  $BCEF_R$  不可得知，則可使用採伐生物量擴展係數（ $BEF_R$ ）與基本比重（D）值相乘得出（式 11）。

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

B.  $\Delta C_{DOM}$  死有機物質（Dead organic matter）（包含死木與枯落物）中的碳貯存量變化。

在 1996 IPCC 指南中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，因此枯有機質碳貯存量變化淨值為零。

C.  $\Delta C_{Soils}$  土壤（Soils）（包含土壤有機質）中的碳貯存量變化。

土壤（Soils）的碳包括礦質土壤中有機碳貯存量及土壤中無機碳貯存量，一般假設為零。

## （2）排放係數

基本比重（D）：依林裕仁等人（2002）所測定臺灣自產材 24 種，將其分成針葉樹材與闊葉樹材二類，其針葉林（天然林及人工林）為 0.42，闊葉林（天然林及人工林）為 0.56，針闊葉混淆林（天然林及人工林）為針葉樹與闊葉樹之平均值為 0.49，而竹林（林木部分）則假設與人工針闊葉混淆林相同。

生物量擴展係數（ $BEF_I$ 、 $BEF_R$ ）：天然林（針葉樹、針闊葉混淆林、闊葉林）之生物量擴展係數使用林國銓等人（1994）對福山闊葉林的研究（建造期與成熟期）平均值為 1.44。人工

針葉林及人工闊葉林之生物量擴展係數則採用王兆桓、劉知妤（2006）所建立之柳杉及樟樹數值，分別為 1.23 及 1.20；人工針闊葉混淆林則以人工針葉林與人工闊葉樹之平均值為 1.21；而竹林（林木部分）則假設與人工針闊葉混淆林相同；竹林（竹類部分）則以呂錦明及陳財輝（1992）對桂竹林分生物量的研究結果，竹稈擴展成為地上部生物量之係數值為 1.40。

根莖比（R）：天然林主要以闊葉林為主，因此以林國銓、何淑玲（2005）的研究，天然林（針葉樹、針闊葉混淆林、闊葉林）根莖比為 0.32；人工針葉林以柳杉造林面積為最多，故以王子定（1978）、李訓煌（1978）、游漢明（1981）、張峻德（1986）等人的研究根部生物量占總生物量之 21.85%，轉換根莖比為 0.28（引自林俊成等人，1999）；人工闊葉林之根莖比則引用陳財輝、呂錦明（1988）對木麻黃生物量的結果為 0.21；人工針闊葉混淆林為針葉林與闊葉林之平均值 0.24 來計算；而竹林（林木部分）則假設與人工針闊葉混淆林相同。竹林（竹類部分）則以呂錦明及陳財輝（1992）對桂竹林分生物量的研究結果，根莖比為 0.46。

碳含量比例（CF）：依林裕仁等人（2002）所測定，其針葉林（天然林及人工林）為 0.4821，闊葉林（天然林及人工林）為 0.4691，針闊葉混淆林（天然林及人工林）為針葉樹與闊葉樹之平均值為 0.4756；而竹林（林木部分）則假設與人工針闊葉混淆林相同，竹林（竹類部分）則依王義仲（2006）對桂竹的研究，其碳含量為 0.4854。

(3) 活動數據

以目前臺灣可取得及歸納之資料進行分類計算，相關係數方面則以國內的研究數值為主，如臺灣無此數值，則使用 IPCC 預設值（採用主要氣候帶為亞熱帶的數值）。

A. 森林資源面積、蓄積與生長量

臺灣森林資源大規模的生長蓄積調查有共三次，本統計所需之森林資源面積、生長蓄積資料，以行政院農業委員會林務局（1995）

「第三次臺灣森林資源及土地利用調查」之資料為主，其調查時間為 1990 年 3 月至 1993 年 9 月，故假設以 1993 年為基準年來進行後續統計分析。年生長量以行政院農業委員會林務局（1982）「臺灣森林資源之連續調查報告 - 臺灣林木資源之生長及枯死」之調查結果（表 6.2.3）。竹林的生長則依王義仲（2006）的研究結果，每公頃孟宗竹的平均株數為 8,760 株，5 年生的竹稈生物量為 105.1 公噸，每公頃桂竹的平均株數為 18,000 株，5 年生的竹稈生物

表 6.2.2 臺灣各類林型所採用之相關係數值

林型 \ 係數	D	BEF <sub>I</sub> 、BEF <sub>R</sub>	R	CF
天然針葉林	0.42	1.44	0.32	0.4821
天然針闊葉混淆林	0.49	1.44	0.32	0.4756
天然闊葉林	0.56	1.44	0.32	0.4691
人工針葉林	0.42	1.23	0.28	0.4821
人工針闊葉混淆林	0.49	1.21	0.24	0.4756
人工闊葉林	0.56	1.20	0.21	0.4691
竹林（林木部分）	0.49	1.21	0.24	0.4756
竹林（竹類部分）	--	1.40	0.46	0.4854

表 6.2.3 臺灣各林型面積、蓄積與生長量

林型	面積 (ha)	面積百分比 (%)	蓄積 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	蓄積百分比 (%)	平均蓄積 (m <sup>3</sup> /ha)	平均年生長量 (m <sup>3</sup> /ha)
天然針葉林 <sup>b</sup>	220,100	10.5	91,770	25.58	417	4.79
天然針闊葉混淆林	331,600	15.8	94,608	26.37	285	6.45
天然闊葉林	975,800	46.4	124,155	34.61	127	6.16
人工針葉林	218,400	10.4	34,065	9.50	156	7.34
人工針闊葉混淆林	59,600	2.8	4,793	1.34	80	6.11
人工闊葉林	144,600	6.9	8,818	2.46	61	4.87
竹林（林木部分）	152,300	7.2	535	0.15	4	0.55
竹林（竹類部分）			1,127,831 <sup>a</sup>			13.84 <sup>b</sup>
合計	2,102,400	100.0	358,744	100.00	171	

資料來源：各類林型面積係依據行政院農業委員會林務局 1995 年第三次臺灣森林資源及土地利用調查結果，平均年生長量係依據行政院農業委員會林務局 1982 年臺灣森林資源之連續調查報告－臺灣林木資源之生長與枯死成果。

註：<sup>a</sup> 竹林（竹類部分）蓄積單位為千支，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。

<sup>b</sup> 天然針葉林包括雲杉、冷杉、鐵杉、檜木及其他針葉林（含松）之加權平均值；人工針闊葉混淆林則為人工針葉林及人工闊葉林之加權平均值。

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。每株（支）竹稈的重量為 5.17 公斤，平均年生長量為 1.034 公斤。

#### B. 每年採伐量 (H)、每年收穫薪材材積 (FG<sub>trees</sub>)

根據歷年行政院農業委員會林務局之林業統計加以整理（如表 6.2.4）。

#### C. 受干擾影響的森林面積與所損失的材積量

根據 1990 至 2012 年之行政院農業委員會林務局之林業統計加以整理（表 6.2.5），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。

#### D. 造林情形

1990 至 2012 年的造林面積，係根據行政院農業委員會林務局之林業統計加以整理，如表 6.2.6。

表 6.2.4 臺灣森林主產物採伐量

年	採伐面積 (ha)		林木材積 (m <sup>3</sup> )					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

資料來源：行政院農業委員會林務局之林業統計

(4) 碳吸收量

A. 森林資源碳量

第三次臺灣森林資源與土地利用調查結果為基期資料（1993 年為基準年），計算 1993 年森林總碳量為 161,095 千公噸碳，以此為基準，再使用表 6.2.3 之森林資源年生長量資料，估算每年平均碳量變化為 5,210 千公噸碳，如表 6.2.7 所示。

B. 1990 至 2012 年因造林 ( $\Delta C_{G-AFF}$ ) 之年碳量變化

1990 至 2012 年間造林的林木碳吸存量，則依林俊成等人（2002）對全民造林運動碳吸存潛力之評估結果，以樟樹、臺灣檫、相思樹、光臘樹等四種樹種之平均生長量做為闊葉林造林材積計算基準，而以肖楠、柳杉、杉木等三種樹種之平均生長量做為針葉林造林材積計算基準，針闊葉混淆林平均生長量則為針葉林及闊葉林之平均值。竹林的平均生長量則依王義仲（2006）的研究結果，平均每公頃竹稈年生長量為 13.84 公噸，並依據 1990 至 2012 年的造林面積，彙整年度造林的碳量變化如表 6.2.8。

表 6.2.5 受干擾影響的森林面積與損失材積

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

資料來源：行政院農業委員會林務局（1991~2013）。林業統計。

註：<sup>a</sup> 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。

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

表 6.2.6 臺灣 1990 至 2012 年造林面積

(單位：公噸)

年	人工針葉林	人工針闊葉混淆林	人工闊葉林	竹類	總面積
1990	959	67	2,696	161	3,883
1991	1,350	52	3,002	252	4,656
1992	1,780	48	2,975	279	5,081
1993	1,481	0	2,999	303	4,783
1994	1,005	0	3,487	130	4,622
1995	614	0	2,832	113	3,558
1996	1,222	0	3,901	108	5,230
1997	1,709	0	3,437	100	5,246
1998	1,440	0	5,975	70	7,485
1999	1,516	2	6,653	129	8,300
2000	1,032	0	4,125	70	5,227
2001	796	0	4,068	70	4,934
2002	853	4	6,556	71	7,484
2003	492	31	6,717	45	7,285
2004	638	4	4,092	134	4,868
2005	62	0	1,477	57	1,596 <sup>a</sup>
2006	59	0	343	5	409 <sup>a</sup>
2007	312	0	813	5	1,135 <sup>a</sup>
2008	87	0	423	5	518 <sup>a</sup>
2009	671	0	2,595	1	3,267
2010	250	0	2,581	0	2,944
2011	291	0	6,807	1	7,098
2012	233	0	4,732	0	4,965

資料來源：行政院農業委員會林務局（1991~2013）。林業統計。

註：<sup>a</sup> 因 2005 年起停止全民造林政策致造林面積減少

表 6.2.7 臺灣森林資源碳量

(單位：千公噸碳)

林型	1993 年總碳量	年平均碳量變化 ( $\Delta C_{G-TOTAL}$ )
天然針葉林	35,320	307
天然針闊葉混淆林	41,909	718
天然闊葉林	61,995	2,274
人工針葉林	10,860	399
人工針闊葉混淆林	1,676	103
人工闊葉林	3,363	222
竹林(林木部分)	187	29
竹林(竹類部分)	5,785	1,157
總計	161,095	5,210

C.1990 至 2012 年間生物量損失之年碳貯存減少量如表 6.2.9。

D.1990 至 2012 年森林資源整體之年碳量變化

由於林地活動資料需要大規模的森林資源與土地利用調查才可完整呈現，因此以行政院農業委員會林務局第三次全國森林資源與土地利用調查結果為基期資料。有關平均年生長碳吸收量之變動係因 1994 至 2012 年扣除前一年因伐採、薪材收穫之林地面積，另尚需考量崩塌地部分，由於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，但林地崩塌時，其覆蓋的林木亦皆隨之崩落形成漂流木，無法持續生長，於是 2003 至 2012 年間資料依據行政院農業委員會林務局委託成功大學執行「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。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

評估不確定性可降低排放量與移除量計算結果及實際情形間的誤差，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

表 6.2.8 臺灣 1990 至 2012 年造林之年碳量變化

(單位：千公噸碳)

年 \ 林型	人工針葉林	人工針闊葉混淆林	人工闊葉林	竹林	造林總計 ( $\Delta C_{G-AFF}$ )
1990	3.80	0.30	13.30	1.50	18.89
1991	2.97	0.24	10.99	2.22	16.41
1992	4.79	0.24	14.98	5.68	25.68
1993	7.16	0.28	18.53	9.50	35.47
1994	7.69	0.18	23.57	13.66	45.10
1995	7.68	0.21	31.30	15.44	54.63
1996	7.73	0.25	36.43	14.76	59.18
1997	10.63	0.27	47.93	12.78	71.61
1998	14.43	0.32	54.26	10.33	79.35
1999	16.64	0.35	72.69	7.13	96.82
2000	20.24	0.39	86.60	7.12	114.35
2001	21.83	0.39	88.58	6.53	117.34
2002	23.41	0.39	99.66	6.02	129.48
2003	25.27	0.40	120.86	5.62	152.15
2004	26.35	0.49	135.49	5.28	167.62
2005	29.17	0.41	139.11	5.36	174.04
2006	29.30	0.42	141.21	5.19	176.12
2007	30.90	0.42	145.85	4.29	181.46
2008	32.61	0.42	154.89	3.38	191.30
2009	32.67	0.41	158.75	2.84	194.67
2010	35.11	0.41	169.77	1.01	206.30
2011	33.87	0.53	168.84	0.23	203.47
2012	34.03	0.52	189.49	0.17	224.21

註：資料總計因小數點取捨，取與各林型加總有些會有差異。

果或國家清冊的準確性，亦用於判斷不同機構（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）；來自產生排放或移除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 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二種方法，後續將視實際資料情況選擇適當方法進行評估。

#### 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 / 移除量作定期審查，以建立清冊可信度。查證過程應做為品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (Quality Control, QC) 程序的一部分，以促進發展國家溫室氣體清冊的透明度、一致性、可比較性、完整性和準確性。

表 6.2.9 1990 至 2012 年間生物量損失之年碳貯存減少量

(單位：千公噸碳)

年 \ 類型	伐採 ( $L_{\text{wood-removals}}$ )	薪材收穫 ( $L_{\text{fuelwood}}$ )	干擾 ( $L_{\text{disturbance}}$ )
1990	78.88	15.15	1.07
1991	51.84	8.89	428.74
1992	43.45	8.41	0.81
1993	27.77	3.29	3.26
1994	23.28	2.34	3.01
1995	23.20	6.48	1.13
1996	23.98	3.70	45.95
1997	16.92	4.34	16.55
1998	17.31	4.97	22.44
1999	18.35	3.81	37.77
2000	17.01	1.96	42.68
2001	14.65	2.87	204.73
2002	21.93	2.82	1.34
2003	28.64	6.97	0.34
2004	24.07	4.61	10.46
2005	22.96	2.85	30.85
2006	29.91	4.17	1.14
2007	29.56	4.44	13.22
2008	24.25	2.80	1.46
2009	27.48	1.41	505.47
2010	26.13	0.12	1.65
2011	19.19	0.30	0.43
2012	20.33	1.07	0.30

表 6.2.10 1990 至 2012 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 \ 類型	平均每年生長碳吸收量 $\Delta C_{G-TOTAL}$ (千公噸)	新增碳量新植造 $\Delta C_{G-AFF}$ (千公噸)	損失碳量伐採 $L_{wood-removals}$ (千公噸)	損失碳量薪材收穫 $L_{fuelwood}$ (千公噸)	損失碳量干擾 $L_{disturbance}$ (千公噸)	年度碳吸收量變化 $\Delta C$ (千公噸)	年度碳吸收量變化 $\Delta CO_2$ (千公噸二氧化碳當量)
1990	5,210	18.89	78.88	12.52	1.07	5,136	18,832
1991	5,210	16.41	51.84	7.35	428.74	4,738	17,372
1992	5,210	25.68	43.45	6.95	0.81	5,184	19,008
1993	5,210	35.47	27.77	2.72	3.26	5,211	19,107
1994	5,209	45.10	23.28	1.93	3.01	5,226	19,162
1995	5,208	54.63	23.20	5.35	1.13	5,233	19,187
1996	5,207	59.18	23.98	3.06	45.95	5,193	19,041
1997	5,206	71.61	16.92	3.58	16.55	5,241	19,217
1998	5,205	79.35	17.31	4.11	22.44	5,241	19,217
1999	5,205	96.82	18.35	3.15	37.77	5,242	19,220
2000	5,204	114.35	17.01	1.62	42.68	5,257	19,275
2001	5,203	117.34	14.65	2.37	204.73	5,098	18,692
2002	5,202	129.48	21.93	2.33	1.34	5,306	19,455
2003	5,200	152.15	28.64	5.76	0.34	5,318	19,499
2004	5,023	167.62	24.07	3.81	10.46	5,152	18,905
2005	5,006	174.04	22.96	2.36	30.85	5,124	18,843
2006	4,995	176.12	29.91	3.45	1.14	5,136	18,938
2007	4,989	181.46	29.56	3.67	13.22	5,124	18,920
2008	4,979	191.30	24.25	2.31	1.46	5,142	19,015
2009	4,978	194.67	27.48	1.16	505.47	4,639	17,218
2010	4,924	206.30	26.13	0.10	1.65	5,102	18,923
2011	4,922	203.47	19.19	0.24	0.43	5,106	19,103
2012	4,913	224.21	20.33	0.89	0.30	5,115	19,129

註： $\Delta C = (\Delta C_{G-TOTAL} + \Delta C_{G-AFF}) - (L_{WOOD-REMOVALS} + L_{fuelwood} + L_{disturbance})$

年度碳吸收量變化 = (平均年生長增加碳量 + 因造林新增碳量) - (木材伐採 + 薪材收穫 + 干擾) 損失碳量

表 6.2.11 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	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。	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。

目前已完成蒐集 IPCC 相關查證方法學，後續將依前開規範及步驟進行相關查證。另配合由行政院環境保護署整合各部會就主管產業提報溫室氣體排放或移除量，完成估算林業部門 1990 至 2012 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，並經 2013 年 11 月 22 日、27 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

無

#### 6. 改善計畫

- (1) 行政院農業委員會林務局 2014 年底可完成第四次全國森林資源調查，且同時於 2013 年起執行「建置符合 MRV 原則林業溫室氣體清冊編製機制及試算」科技計畫，預計屆時將有更貼近實際情況的森林分布及林型資料，作為森林基線，以提高林業碳匯數據估算之精確性。
- (2) 有關每年森林平均碳吸收量之估算，其中竹類部分應有高估的情形，一般來說竹子約五年後生長趨於老熟，如無更新伐採其碳匯功能將大幅降低，惟目前尚

表 6.2.12 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	合適(生態系統及調查 基準的模式)
非 CO <sub>2</sub> 溫室氣體 Non- CO <sub>2</sub>	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

缺乏老熟竹林分碳匯之研究數據。另行政院農業委員會林業試驗所相關竹類老熟林生長量研究甫於 2014 年底完成，2015 年度估算時應據以調整。

- (3) 目前森林面積係依據第三次森林資源調查結果，就近年來崩塌監測部分予以扣除，其他部分則假設仍維持林地狀態。後續執行林業清冊編製科技計畫已規整合行政院農業委員會水土保持局、內政部等機關國土利用監測調查結果，扣除每年轉變為非森林的區域，以及增加年度新植造林區域，建立林地面積變動機制，掌握每年森林異動變化。
- (4) 相關係數部分，未來將持續蒐集不同學者對於多種林型的研究成果比較分析，提高本土代表性。
- (5) 此次統計主要就生物量碳庫部分進行分析，經採伐的木質產品（HWP）尚未估算，行政院農業委員會林務局今年執行科技計畫已規劃蒐集國際上相關估算方法之評估結果，並蒐集國內進出口資料，據以推估臺灣林產品收穫（HWP）數據。

### 6.3 森林及草原的變更（5.B）

此節計算生物量的燃燒與腐朽所釋放出來的二氧化碳、甲烷、一氧化碳、氧化亞氮、氮氧化物等共計五項，主要係森林變更為自然草原及其他土地利用類型。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。行政院農業委員會林務局於 2013 年起執行「建置符合 MRV 原則林業溫室氣體清冊編製機制及試算」科技計畫，規劃彙集既有各部會土地利用監測、調查資訊，以掌握林地面積變動狀態，預計 2014 年底將有更貼近實際情況的資料。

### 6.4 廢耕地（5.C）

此部分為過去廢耕地所吸收二氧化碳的量，由於臺灣參照日本作法，將全部森林視為有經營的森林，故無此部分數據。

### 6.5 土壤對二氧化碳的釋放與吸收（5.D）

土壤的碳包括礦質土壤中有機碳貯存量及土壤中無機碳貯存量，一般假設為零。

### 參考文獻

1. IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). IPCC/IGES, Kanagawa, Japan..
2. 王子定（1978）。不同齡級柳杉林之生長與樹木生物量生產之研究。國立臺灣大學農學院研究報告，18，1-35。
3. 王兆桓、劉知妤（2006）。森林蓄積量與生物量轉換模式之建立。2006 森林碳吸存研討會論文集，200-215。
4. 王義仲（2006）。竹林生物量調查回顧與展望。2006 森林碳吸存研討會論文集，167-188。
5. 李訓煌（1978）。不同齡級柳杉林之生長及樹木生物量生產之研究。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。臺北市：臺灣大學，未出版。

6. 呂錦明、陳財輝（1992）。桂竹之林分構造及生物量—桶頭—桂竹林分之例。林業試驗所研究報告季刊，7（1），1-13。
7. 林俊成、李國忠、林裕仁（1999）。柳杉人工林碳貯存效果與適應成本研究。臺大實驗林研究報告，13（1），51-60。
8. 林俊成、鄭美如、劉淑芬、李國忠（2002）。全民造林運動二氧化碳吸存潛力之經濟效益評估。臺灣林業科學，17（3），311-321。
9. 行政院農業委員會林務局（1991~2013）。林業統計。臺北市：行政院農業委員會林務局。
10. 行政院農業委員會林務局（1982）。臺灣森林資源之連續調查報告—臺灣林木資源之生長及枯死。臺北市：行政院農業委員會林務局。
11. 行政院農業委員會林務局（1995）。第三次臺灣森林資源及土地利用調查。臺北市：行政院農業委員會林務局。
12. 林國銓、洪富文、游漢明、馬復京（1994）。福山試驗林闊葉林生態系生物量與葉面積指數的累積與分布。林業試驗所研究報告季刊，9（4），299-315。
13. 林國銓、何淑玲（2005）。由生物量推估臺灣不同林分之碳儲存量。森林經營對二氧化碳吸存之貢獻研討會論文集，97-108。
14. 林裕仁、劉瓊霏、林俊成（2002）。臺灣地區主要用材比重與碳含量測定。臺灣林業科學，17（3），291-299。
15. 張峻德（1986）。臺灣中北部柳杉林分之生物量生產力。中華林學季刊，19(4)，45-85。
16. 陳財輝、呂錦明（1988）。苗栗海岸砂丘木麻黃人工林之生長及林分生物量。林業試驗所研究報告季刊，3（1），333- 343。
17. 游漢明（1981）。不同齡級柳杉林分地上部之生物量與淨生產量。國立臺灣大學森林學研究所碩士論文。臺北市：臺灣大學，未出版。
18. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.



## 第七章 廢棄物部門 (CRF SECTOR 6)

---

- 7.1 部門概述
- 7.2 陸地廢棄物處理
- 7.3 廢水處理
- 7.4 廢棄物焚化
- 7.5 其他

# 第七章

## 廢棄物部門 (CRF SECTOR 6)

### 7.1 部門概述

依據聯合國氣候變化政府間專家委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 1997 年出版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) 之建

議，廢棄物部門之溫室氣體排放統計範疇包括固體廢棄物掩埋處理、廢水處理、廢棄物焚化及任何其他廢棄物管理衍生之溫室氣體排放，如表 7.1.1 所示。該指南亦特別強調對廢棄物焚化二氧化碳排放估算事項：

1. 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，但應避免重複。
2. 有機廢棄物處理和腐敗分解所產生之二氧化碳不列入排放計算。

1996 IPCC 指南規範敘明，涉及能源部門之內容（如回收掩埋場沼氣發電及大型焚化爐加入發電機制），其溫室氣體排放應列於能源

表 7.1.1 1996 年 IPCC 指南廢棄物部門排放源分類

類別代碼與名稱		排放分類定義	排放氣體
6.A.	固體廢棄物掩埋處	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 固體廢棄物於掩埋場中有機物質在厭氧狀態下經微生物分解將產生甲烷與二氧化碳。</li> <li>✓ IPCC 建議僅列入由非生物或非有機廢棄物來源所產生之甲烷與二氧化碳。</li> </ul>	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub>
	6.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有：覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等措施。	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub>
	6.A.1. 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。	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub>
	6.A.3. 其他	其他陸地廢棄物掩埋。	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub>
6.B.	廢水處理	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 有機物於廢水處理過程中經細菌厭氧分解所產生之甲烷與氮氧化物。</li> <li>✓ 氧化亞氮亦可能由廢水處理與人類的排泄物所釋出。</li> </ul>	CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O
	6.B.1. 工業廢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 來自於工業製程之工業廢水和污泥處理等，主要行業別包括有：食品業、紡織業、紙漿及造紙業。</li> <li>✓ 計算範圍包括有：廢水收集與處理、廢水池或排放系統。</li> </ul>	CH <sub>4</sub>
	6.B.2. 生活及商業廢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 住宅和商業來源之民生污水與污泥處理（包括人體排泄物）。計算範圍包括有：污水收集與處理、露天廁所、污水池或排放系統。</li> <li>✓ 由人體排泄物排放至水環境的氧化亞氮亦需計算之。</li> </ul>	CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O
	6.B.3. 其他	其他本廢水處理活動所釋放出之溫室氣體。	
6.C.	廢棄物焚化	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 所有廢棄物焚化處理設施，但不包括廢棄物發電設備。</li> <li>✓ 廢棄物燃燒發電所產生之排放應列於能源部門之統計。</li> <li>✓ 而農作物燃燒所產生的排放應列於農業部門統計。</li> </ul>	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O
6.D.	其他	其他本部門處理活動所釋放出之溫室氣體，包括廢棄物生物處理。	CH <sub>4</sub> 、N <sub>2</sub> O

部門，必須從廢棄物部門予以扣除，以避免部門間重覆計算。

故依據 1996 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，已參照回收甲烷發電之數據予以修正其排放量，且廢棄物焚化細項之排放量亦依據大型焚化爐加入發電機制之操作數量予以修正。據此，臺灣以 1996 IPCC 指南所計算之廢棄物部門排放統計彙整如表 7.1.2 所示，另考量

堆肥部分實屬應納入計算之細項，故參照 2006 IPCC 指南估算「6.D. 其他」堆肥之排放量。

依據 1996 IPCC 指南計算，並將回收掩埋場甲烷發電及大型焚化爐加入發電機制修正到能源部門排放後，廢棄物部門歷年溫室氣體排放就來源分類之趨勢如圖 7.1.1 所示，2005 年以前來源比例以掩埋處理為最大宗（約 50% 以上），於 1990 年約占 85%；進行甲烷回收發電修正後，2008 年後來源比例以工業廢水約占

表 7.1.2 臺灣 1990 至 2012 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	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	工業廢水甲烷產生量	焚化爐二氧化碳產生量	焚化爐氧化亞氮產生量	堆肥甲烷 <sup>a</sup> 產生量	堆肥氧化亞氮 <sup>a</sup> 產生量	廢棄物部門溫室氣體排放
1990	9,456.2	493.3	342.4	767.2	10.8	2.9	9.5	10.5	11,092.9
1991	8,573.1	498.2	341.6	906.8	4.0	1.1	0.5	0.5	10,325.8
1992	11,874.8	502.7	353.6	941.3	36.0	9.5	0.7	0.7	13,719.3
1993	12,519.6	507.1	370.0	905.2	32.2	9.3	0.4	0.4	14,344.2
1994	14,375.8	511.3	370.1	922.4	69.3	15.3	0.1	0.1	16,264.4
1995	12,399.0	515.3	379.8	950.3	199.6	48.4	0.5	0.6	14,493.5
1996	12,998.3	518.3	382.9	1,009.0	224.5	50.8	0.2	0.2	15,184.2
1997	13,129.9	521.4	399.2	984.6	46.6	10.1	1.2	1.3	15,094.3
1998	12,983.5	516.0	379.4	943.6	70.1	15.1	0.0	0.0	14,907.7
1999	12,262.7	484.9	390.2	911.0	35.9	8.6	1.6	1.8	14,096.8
2000	8,321.8	457.4	388.0	876.7	105.0	21.2	0.2	0.3	10,170.7
2001	5,946.0	448.3	373.2	878.3	382.1	79.8	0.0	0.0	8,107.7
2002	4,004.2	436.6	386.7	886.3	408.6	69.9	0.3	0.3	6,192.9
2003	3,148.7	428.7	393.4	975.4	294.1	63.4	1.9	2.1	5,307.6
2004	3,042.8	408.3	377.7	923.7	279.5	61.3	5.6	6.2	5,105.1
2005	2,061.1	388.6	377.4	981.8	191.9	72.8	8.2	9.1	4,090.9
2006	1,669.2	368.9	373.1	983.0	249.1	80.9	9.5	10.5	3,744.1
2007	998.7	344.9	382.5	1,100.1	299.7	78.9	12.1	13.5	3,230.3
2008	433.1	323.5	352.5	1,061.3	235.9	54.7	13.8	15.3	2,490.1
2009	289.8	295.9	363.5	1,073.3	89.3	22.9	15.1	16.7	2,166.4
2010	303.5	271.2	370.0	1,028.3	114.2	28.8	17.5	19.4	2,153.1
2011	215.1	243.2	377.0	1,054.6	67.1	19.0	22.0	24.3	2,022.2
2012	143.4	215.1	378.0	1,132.2	33.8	9.4	20.5	22.7	1,955.2

說明：a 堆肥項目採用 2006 IPCC 方式估算。

43% 以上，以及生活廢水占 27% 以上為主要排放源，於 2012 年工業廢水比例約 58%，生活廢水比例約 30%，而掩埋處理比例降為 7%。

有關排放各類溫室氣體比例之逐年趨勢如圖 7.1.2 所示，長期均以甲烷為主（約 73% 以

上），1990 年時約達 97%；而 2012 年各類溫室氣體排放量，甲烷約占 77%，氧化亞氮約 21%，二氧化碳約是 2%。

2012 年臺灣廢棄物部門整體溫室氣體排放約達 1,955 千公噸二氧化碳當量，其中掩埋

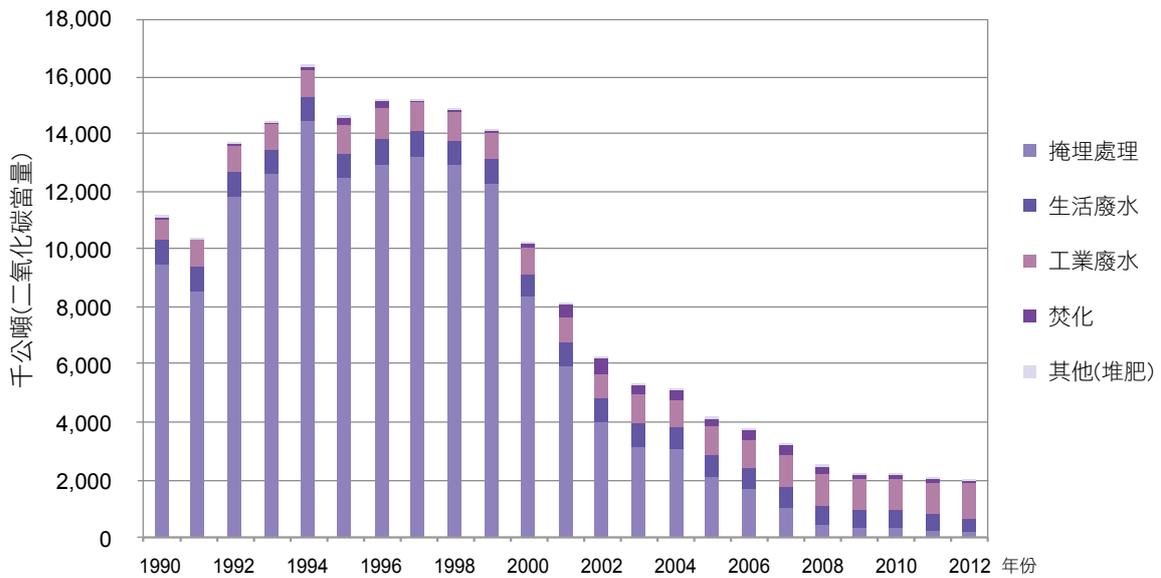


圖 7.1.1 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門溫室氣體排放趨勢

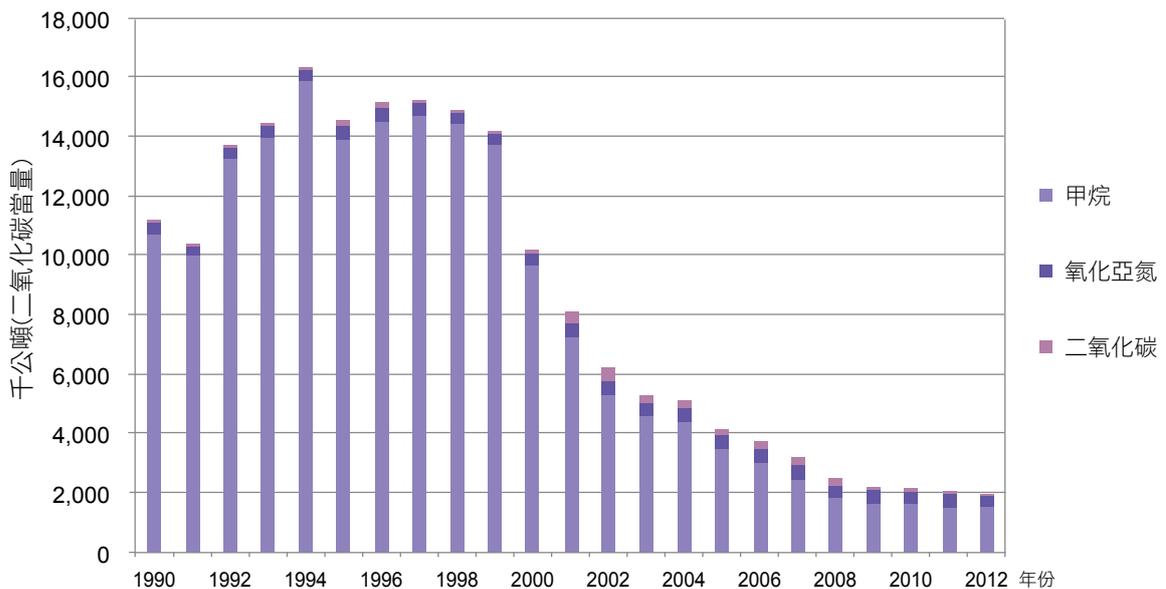


圖 7.1.2 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物部門各類溫室氣體排放趨勢

處置為 143 千公噸二氧化碳當量、生活廢水為 593 千公噸二氧化碳當量、工業廢水為 1,132 千公噸二氧化碳當量、焚化為 43 千公噸二氧化碳當量、其他（堆肥）為 43 千公噸二氧化碳當量；而各類溫室氣體排放量分別是，甲烷為 1,511 千公噸二氧化碳當量、氧化亞氮為 410 千公噸二氧化碳當量、二氧化碳為 34 千公噸二氧化碳當量。相較 1990 年，排放量減少 82%，而較 2011 年減少 3%。

## 7.2 陸地廢棄物處理 (6.A)

針對一般廢棄物掩埋場分為「有管理」及「無管理」二類，分別就 6.A.1「妥善管理之廢棄物掩埋場」及 6.A.2「未妥善管理之廢棄物掩埋場」分述其內容。

### 7.2.1 妥善管理之廢棄物掩埋場 (6.A.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述

依據 2013 年中華民國環境保護統計年報之分類總結說明 2012 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。2012 年執行機關垃圾處理方式以焚化占 43.87%（較 2011 年略減 2.47%）居首位，資源回收占 42.40%（增 2.55%）次之，廚餘回收占 11.17%（增 0.33%）再次；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。

妥善管理廢棄物掩埋場之活動數據是參閱中華民國環境保護統計年報 - 2003 年至 2013 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」及「化學分析含碳量」百分比數據。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 計算方法

依據 1996 年 IPCC 指南 - 公式 7.2.1.1，係根據質量平衡法以及估計廢棄物中的可分解有機碳含量來計算甲烷的產生量，且假設所有產生的甲烷均於當年度產生。

公式 7.2.1.1：

$$\text{甲烷排放量 (Gg/yr)} = (\text{MSWT} \times \text{MSWF} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOCF} \times F \times 16/12 - R) \times (1 - \text{OX})$$

MSWT：總廢棄物量 (Municipal Solid Waste) (Gg/yr)

MSWF：總廢棄物送至掩埋場比例

MCF：甲烷修正係數 (Methane Correction Factor) (比例)

DOC：可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon) (比例)

DOC<sub>F</sub>：實際分解為沼氣的比例 (fraction dissimilated DOC)

F：掩埋場廢氣中甲烷比例 (預設為 0.5)

16/12：碳轉變成甲烷之質量變動係數

R：甲烷回收量 (Gg/yr)

OX：氧化係數 (預設值為 0)

##### (2) 排放係數

依據公式 7.2.1.1 針對各掩埋場分類而有不同的「甲烷修正係數 (MCF)」，來計算不同

掩埋場之甲烷排放潛量，彙整所有相關參數如表 7.2.1.1 所示，其餘相關參數說明如下。

A. 甲烷修正係數 (Methane Correction Factor, MCF)

甲烷修正係數表示某種型態掩埋場之甲烷生成潛勢，根據送至不同型態之廢棄物掩埋場之廢棄物比例，以加權平均求得總廢棄物掩埋量之甲烷修正係數。表 7.2.1.2 為 1996 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，由此部分為妥善管理之掩埋場，故甲烷修正係數預設值為 1。

B. 可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon, DOC)

可分解有機碳含量取決於廢棄物組成，可根據不同組成之碳含量以加權平均的方式計算求得。表 7.2.1.3 為 1996 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量，主要定義為垃圾中紙類纖維類、庭園公園廢棄物、廚餘和木竹稻草等類別含碳的成分，DOC 含量之計算並可由下列三種方法求取：

- 使用臺灣之實測數據
- 由臺灣之垃圾組成並套用表 7.2.1.3 所列各類垃圾的建議 DOC 值
- 使用其他國家之建議值

表 7.2.1.1 1996 IPCC 指南估算固體廢棄物掩埋處理產生甲烷排放計算一覽表

排放氣體	IPCC 指南計算方法或預設值	我國計算方法及採用數據	國內數據來源
總廢棄物量 (MSWT)	國內資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依據國內不同廢棄物處理方式之垃圾處理量之統計數據。</li> <li>● 國內一般廢棄物送至廢棄物掩埋場之總量包括衛生掩埋量與一般掩埋量。</li> </ul>	中華民國環境保護年報
總廢棄物量送至掩埋場比例 (MSWF)			
甲烷修正參數 (MCFj)	分為妥善管理、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"> <li>● 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。</li> <li>● 衛生掩埋採妥善管理 1.0 及其他則採未分類 0.6 計算。</li> </ul>	IPCC 預設值
可分解有機碳含量 (DOC)	依據不同之廢棄物分解有機碳含量的預設值計算 <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 紙類和紡織品類預設值 40%</li> <li>▶ 花 (公) 園廢棄物預設值 17%</li> <li>▶ 廚餘類預設值 15%</li> <li>▶ 木竹稻草類預設值 30%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依據我國垃圾性質分析含碳量計算與 IPCC 預設值計算</li> <li>● 由於我國垃圾性質分析含碳量含有有機碳與礦物碳成分，因此取性質分析含碳量與 IPCC 預設值兩者較低者作為計算值。</li> </ul>	中華民國環境保護年報 IPCC 預設值
轉換成沼氣的比例 (DOCF)	$0.014T + 0.28$ ，其中 T 為溫度，若假設溫度為 35°C，則可估算出轉換為沼氣的比例為 0.77。	使用以 IPCC 預設值 0.77 計算。	IPCC 預設值
掩埋場廢氣中甲烷比例 (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	甲烷回收量依據行政院環境保護署衛生掩埋沼氣處理效益統計計算。	行政院環境保護署
氧化係數 (OX)	預設值 0	採用 IPCC 預設值 0。	IPCC 預設值。

故依據上述各垃圾源 DOC 值及臺灣垃圾組成，計算可分解有機碳含量。

### C. 實際分解為沼氣的比例 (DOC<sub>f</sub>)

實際分解為沼氣的比例係指 DOC 轉化為沼氣的比率，沼氣轉化及生成量，與掩埋場中之厭氧區域的溫度有關，約為  $0.014T+0.28$ ，T 為溫度。假設掩埋場內厭氧反應區的溫度為 35°C 且不隨外界溫度改變，則可算出轉化率為 0.77，此為 1996 IPCC 指南預設值。

### (3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2012 年垃圾清運之「衛生掩埋」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」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.1.4 所示。

### (4) 排放量

妥善管理之廢棄物掩埋場產生之甲烷排放量，係依據公式 7.2.1.1 計算，初步計算結果如表 7.2.1.5 及圖 7.2.1.1 所示。由於 1997 年至 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，2012 年相較 1990 年垃圾掩埋量減少 98.5%，2012 年相較 2011 年垃圾掩埋量減少 28.2%。另自 1999 年起回收沼氣進行發電，即甲烷回收量 (R)，此部分應歸屬能源部門計算；回收沼氣發電其甲烷回收量於 2002 年達到最大值 (約 24 千公噸)，2012 年發電之甲烷回收量比列約 -42%。

由於中央政府於 1991 年訂定「垃圾處理方案」，以「焚化為主、掩埋為輔」為垃圾處理之主軸，並訂定「臺灣地區垃圾資源回收 (焚化) 廠興建計畫」及「鼓勵公民營機構興建營

表 7.2.1.2 1996 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數 (MCF)

掩埋場型式	甲烷修正係數預設值
妥善管理之掩埋場	1.0
未妥善管理之掩埋場 (深層掩埋 ≥5 公尺)	0.8
未妥善管理之掩埋場 (淺層掩埋 < 5 公尺)	0.4
預設值 (未分類之掩埋場)	0.6

註：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 (即廢棄物直接至特定的儲貯存地區、某種程度的廢棄物篩選、某種程度的控制燃燒) 且會包含以下其中一種：覆蓋材料、機械壓實、或廢棄物整平等。

表 7.2.1.3 1996 IPCC 指南廢棄物之可分解有機碳含量 (DOC)

垃圾源	DOC (重量百分比) %
A. 紙類纖維	40
B. 庭園廢棄物	17
C. 廚餘	15
D. 木竹稻草	30

運垃圾焚化廠推動方案」，興建垃圾焚化廠，以達成垃圾焚化處理目標，加上近年資源回收與再利用成效顯著，2012年妥善管理廢棄物掩埋場甲烷排放量相較1990年減少98%，較2011年也減少33%。

#### (5) 完整性

中華民國環境保護統計年報完整記載1990至2012年衛生掩埋量，廢棄物組成百分比數據僅記載1992至2012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

廢棄物掩埋產生甲烷排放量推估之不確定性來自推估方法的不確定性，與資料不確定性。

#### (1) 推估法之不確定性

1996 IPCC 指南以質量平衡法推估掩埋場甲烷產生量，此推估法假設甲烷生成量為掩埋場當年垃圾所釋放，但實際當年垃圾甲烷要完全產出可能需要數年至數十年，此為本推估法主要的誤差來源。

表 7.2.1.4 臺灣 1990 年至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場活動數據統計表

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 (%)	化學分析含 碳量 (%)
1990	3,979.6	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	-	-	-
1991	4,323.5	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	-	-	-
1992	5,087.5	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	16.50
1993	5,090.8	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	17.04
1994	5,574.4	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	19.08
1995	4,362.8	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	18.60
1996	4,824.0	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	18.99
1997	5,129.7	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	20.44
1998	5,598.0	32.77	5.27	0.83	18.29	4.81	20.14	4.54	18.47
1999	5,366.9	35.83	5.20	0.60	21.83	4.89	19.85	1.97	18.87
2000	3,822.1	26.37	6.06	1.35	27.76	3.36	22.00	0.44	21.12
2001	2,996.8	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	18.24
2002	2,116.4	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	20.45
2003	1,700.4	32.97	3.78	0.22	27.19	3.88	21.36	3.58	18.71
2004	1,474.2	31.56	4.90	0.87	29.76	4.91	20.60	0.98	20.60
2005	1,184.6	38.64	2.38	0.43	38.15	1.93	13.78	0.67	17.98
2006	851.0	44.30	1.84	0.19	34.57	1.74	14.63	0.36	20.58
2007	504.9	41.75	3.20	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	21.44
2008	236.1	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	24.14
2009	185.8	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	22.53
2010	181.8	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	22.90
2011	142.2	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	21.70
2012	102.1	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	22.36

資料來源：行政院環境保護署（2013）。中華民國環境保護統計年報。

表 7.2.1.5 臺灣 1990 至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放量

年	衛生掩埋 (千公噸)	廢棄物組成		可分解 有機碳 (DOC)(%)	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)
		加權 (MCF)	組成分析 含碳量 (%)							
1990	3,979.6	1.00	15.71	15.71	0.77	0.5	1.333	-	0	320.90
1991	4,323.5	1.00	13.14	13.14	0.77	0.5	1.333	-	0	291.63
1992	5,087.5	1.00	16.91	16.50	0.77	0.5	1.333	-	0	430.80
1993	5,090.8	1.00	18.45	17.04	0.77	0.5	1.333	-	0	445.19
1994	5,574.4	1.00	18.85	18.85	0.77	0.5	1.333	-	0	539.20
1995	4,362.8	1.00	19.79	18.60	0.77	0.5	1.333	-	0	416.45
1996	4,824.0	1.00	19.01	18.99	0.77	0.5	1.333	-	0	470.14
1997	5,129.7	1.00	19.17	19.17	0.77	0.5	1.333	-	0	504.53
1998	5,598.0	1.00	19.40	18.47	0.77	0.5	1.333	-	0	530.63
1999	5,366.9	1.00	21.15	18.87	0.77	0.5	1.333	3.13	0	516.62
2000	3,822.1	1.00	18.14	18.14	0.77	0.5	1.333	5.48	0	350.42
2001	2,996.8	1.00	17.86	17.86	0.77	0.5	1.333	20.19	0	254.50
2002	2,116.4	1.00	18.29	18.29	0.77	0.5	1.333	24.22	0	174.48
2003	1,700.4	1.00	19.94	18.71	0.77	0.5	1.333	21.06	0	142.21
2004	1,474.2	1.00	20.52	20.52	0.77	0.5	1.333	15.47	0	139.78
2005	1,184.6	1.00	22.71	17.98	0.77	0.5	1.333	13.39	0	95.92
2006	851.0	1.00	24.16	20.58	0.77	0.5	1.333	11.52	0	78.36
2007	504.9	1.00	23.46	21.44	0.77	0.5	1.333	10.15	0	45.41
2008	236.1	1.00	24.05	24.05	0.77	0.5	1.333	8.58	0	20.57
2009	185.8	1.00	22.61	22.53	0.77	0.5	1.333	7.77	0	13.71
2010	181.8	1.00	22.71	22.71	0.77	0.5	1.333	6.88	0	14.30
2011	142.2	1.00	22.44	21.70	0.77	0.5	1.333	5.60	0	10.24
2012	102.1	1.00	22.74	22.36	0.77	0.5	1.333	4.89	0	6.82

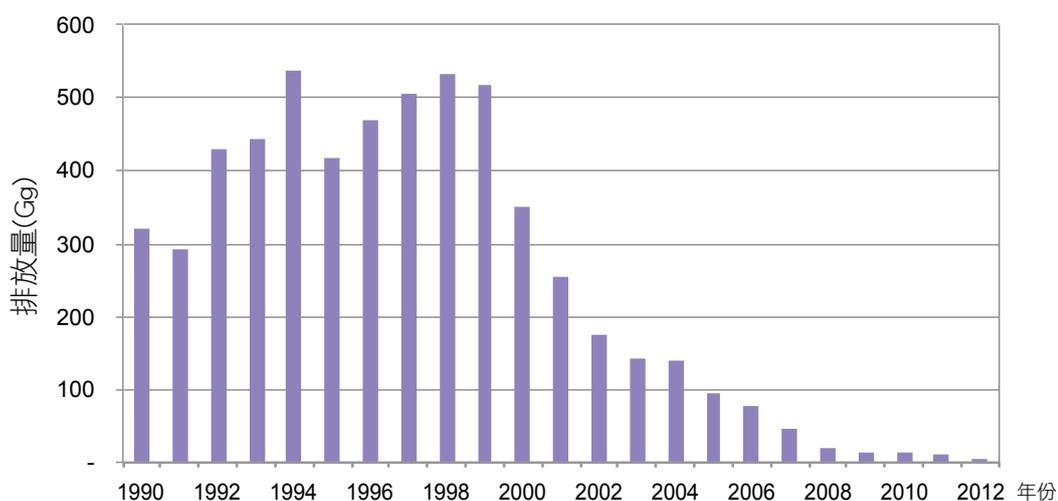


圖 7.2.1.1 臺灣 1990 至 2012 年妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放趨勢

因此 2006 IPCC 指南以一階衰減法推估掩埋場甲烷產生量，一階衰減法以甲烷產生率常數  $k$  定義甲烷產生速率，其與廢棄物中可分解有機碳 (DOC) 分解到其初始埋埋量的一半時的時間有關，即半生命期 ( $t_{1/2}$ )。依 IPCC 資料顯示，從美國、英國和荷蘭收集掩埋場實際測量資料顯示  $k$  值的範圍每年在 0.03 到 0.2，最高的衰減速率值  $k=0.2$  或半生命期約為 3 年，若掩埋場濕度條件適合和可分解廢棄物組成有關，如食品廢棄物；而較慢的衰減速率值  $k=0.03$  或半生命期約為 23 年，如掩埋環境較乾燥，有較多不易分解的廢棄物，如木屑和紙張等。

IPCC 2000 年良好作法指南及不確定性管理<sup>2)</sup> (Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2000 GPG) 對缺乏本土掩埋場  $k$  值的預設值為 0.05，半生命期約為 14 年。而 2006 年 IPCC 指南已提供各類廢棄物掩埋場環境特性及成份組成之反應常數 ( $k$ ) 值，可供選擇並加以利用，以加權計算甲烷產生率常數  $k$ 。

因此對掩埋場甲烷產生量之估算，採質量平衡法對單一年度掩埋量而言，會高估前期排放量，低估後期排放量；一階衰減法，各年產氣量分佈則較接近實際情形。

## (2) 資料不確定性

此類的不確定性包括活動數據參數及排放係數之不確定性。推估公式中的每一個估算因

子均有其不準確性，舉例而言，公式 7.2.1.1 中的四項推估係數 (MCF、DOC、DOC<sub>F</sub>、F) 其誤差各為 10% 時，則總甲烷排量的誤差大約為 20%，若因推估係數的誤差範圍增至  $\pm 20\%$  時，則總甲烷排量的誤差將擴大為 40%。

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 7.2.1.6。以下說明各重要活動數據及推估係數的不確定性：

A. 垃圾量及成分組成：垃圾清運管理數據資料的品質、直接影響甲烷排量推估之準確度。引用國家精確的統計數據 (如環境保護年報)，可改善資料品質，如所有進掩埋場垃圾都進行秤重，其數據不確定範圍約  $\pm 10\%$ ；成分組成依取樣分析頻率，其不確定範圍約  $\pm 10 \sim 30\%$ 。

B. 可分解有機碳：在推估甲烷排量過程中，可分解有機碳 (DOC) 含量的估計最為重要，些微差異將會嚴重影響推估總量。各國由於垃圾成分的差異，DOC 值自然也不相同，使用 IPCC 預設值其不確定範圍約  $\pm 20\%$ 。

臺灣垃圾中的 DOC 由 15~22% 不等，平均值大約為 19.3%，然而大多數縣市的 DOC 仍在 18% 左右。如圖 7.2.1.2 所示，其分布有較佳的趨中性。

C. 甲烷修正係數 (MCF)：垃圾掩埋的操作方式將顯著影響甲烷排量的估算。不同的管理操作方式會影響甲烷的生成量估算，對妥善管理之廢棄物掩埋場，MCF 採 1.0，其不確定範

2 IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

圍約 -10%~0%；未妥善管理之掩埋場，MCF 採 0.6，其不確定範圍約 -50%~+60%。

在 2000 年行政院環境保護署「臺灣地區廢棄物廢水部門溫室氣體排放推估計畫」報告中彙整了各縣市的垃圾及水肥特性，其中與排放甲烷有密切關係的甲烷修正因子（MCF），其數值範圍 0.55~1.00，大多數縣市的 MCF 接近 1.0，部分地區則小於 0.8，分布如圖 7.2.1.3。

D. 逸散至大氣的甲烷氧化因數（OX）：氧化因數（OX）是指掩埋場排放的甲烷在土壤或其它覆蓋廢棄物的材料中發生氧化的部分甲烷量，如果氧化因數為 0，則表示沒有氧化過程發生；氧化因數取值為 1，則表示 100% 的甲烷氣體被氧化。相關研究顯示，衛生垃圾填

埋比未妥善管理的垃圾堆置場具有較高的氧化率。大多數擁有管理比較完善的固體廢棄物處理場，可假定氧化因數 0.1 是合理的；在發展中國家由於沒有比較細化的管理方式，氧化因數或許接近 0。當 OX 使用非零值時，則應當說明非零值之不確定性，本計畫之估算設定 OX 為零。

### （3）時間序列的一致性

甲烷排放之估算方法，係採用 1996 指南建議之「質量平衡法」公式進行估算，各年期（1990 至 2012 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 2012 年垃圾清運之「衛生掩埋」數據，及 1992 至 2012 年可燃分之「紙類」、

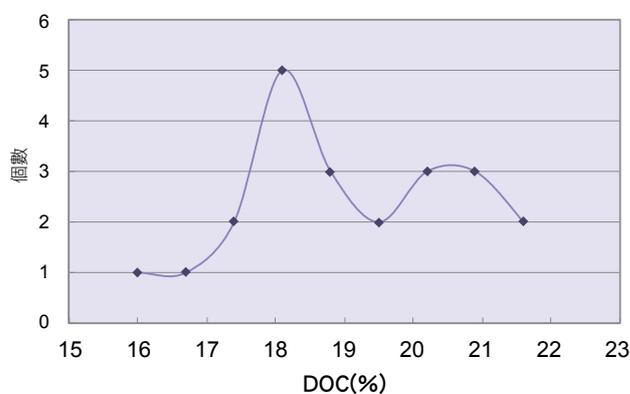


圖 7.2.1.2 臺灣各縣市垃圾可分解碳成分（DOC）之分布

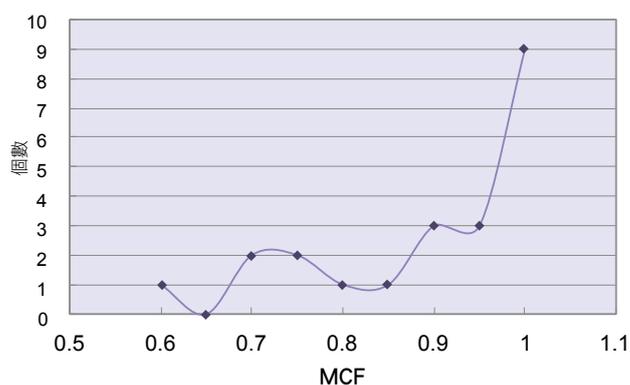


圖 7.2.1.3 臺灣各縣市垃圾甲烷轉化率（MCF）之分布

「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，此部份引用行政院環境保護署 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放清冊建置應用」報告中所記錄之該兩年期數據，以建立各年期排放估算之完整性。

4. 特定排放源的品質保證 (Quality Assurance, QA) 及品質控制 (Quality Control, QC) 及查證

符合方法 I (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 2013 年 12 月 13 日及 2014 年 01

表 7.2.1.6 掩埋場甲烷排放估算之不確定性<sup>[8]</sup>

活動資料和各排放係數	不確定性範圍
城市固體廢棄物總量 (MSWT)	特定國家： 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%
產生的垃圾埋氣體中的 CH <sub>4</sub> 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 CH <sub>4</sub> 量。 ±10%：如果現地量測。 ±50%：如果未現地進量測。
氧化係數 (OX)	當 OX 使用非零值時，則 OX 需納入不確定性分析，應當說明非零值之各不確定性。
半衰期 (t <sub>1/2</sub> )	IPCC 提供各種廢棄物的半衰期範圍值，使用者應納入不確定說明。

8 IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). IPCC/IGES, Kanagawa, Japan.

月 23 日召開二次專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

參考 2000 年 IPCC 良好作法指南及不確定性管理<sup>[2]</sup> (Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 以下簡稱 2000 GPG) 中「方法 I 一般清單水準品質控制程序」(如表 7.2.1.7)，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經查證，相關參數及活動係數之引用已說明確認，符合 IPCC 2000 GPG。下一年度如前述各年期排放估算採用之

表 7.2.1.7 妥善管理之廢棄物掩埋場一般清單品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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紀錄並歸檔</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
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"> <li>● 確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>● 確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>● 確認轉換因數的準確性</li> <li>● 無時間和空間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>● 無計算轉錄計算情事</li> </ul>
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"> <li>● 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>● 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</li> <li>● 目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>● 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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>● 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>● 無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 本年度並無重新計算情事</li> </ul>

2 IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

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。

### 7.2.2 未妥善管理之廢棄物掩埋場 (6.A.2)

#### 1. 排放源及匯分類的描述

依據 2013 年中華民國環境保護統計年報之分類總結說明 2012 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；其中掩埋又區分為「衛生」與「一般」掩埋。此未妥善管理之廢棄物掩埋則屬一般掩埋、堆置、與其他處理方式。

未妥善管理之廢棄物掩埋場之活動數據是參閱中華民國環境保護統計年報 -2003 年至 2013 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「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，即非衛生掩埋部分之垃圾量；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」及「化學分析含碳量」百分比數據。

#### 2. 方法論議題

##### (1) 計算方法

依據 1996 IPCC 指南 - 公式 7.2.1.1，係根據質量平衡法以及估計廢棄物中的可分解有機碳含量來計算甲烷的產生量，且假設所有產生的甲烷均於當年度產生。

##### (2) 排放係數

依據公式 7.2.1.1 針對不同的掩埋場分類將賦予不同的「甲烷修正係數 (MCF)」，來計算不同掩埋場之甲烷排放潛量，彙整所有相關參數如表 7.2.1.1 所示，其餘相關參數說明如下。

##### A. 甲烷修正係數 (Methane Correction Factor, MCF)

甲烷修正係數表示某種型態掩埋場之甲烷生成潛勢，根據送至不同型態之廢棄物掩埋場之廢棄物比例，以加權平均求得總廢棄物掩埋量之甲烷修正係數。表 7.2.1.2 為 1996 IPCC 指南掩埋場型式與對應之甲烷修正係數，由此部分為未妥善管理之掩埋場，故甲烷修正係數選擇預設值 (未分類之掩埋場) 預設值為 0.6。

##### B. 可分解有機碳含量 (Degradable Organic Carbon, DOC)

如 7.2.1(2) 排放係數 B 之說明內容，由臺灣垃圾組成並套用表 7.2.1.3 所列各類垃圾的建議 DOC 值，計算可分解有機碳含量。

##### C. 實際分解為沼氣的比例 (DOC<sub>f</sub>)

如 7.2.1(2) 排放係數 C 之說明內容，掩埋場內厭氧反應區的溫度為 35°C 且不隨外界溫度改變，則可算出轉化率為 0.77，此為 1996 年 IPCC 預設值。

##### (3) 活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2012 年垃圾清運之「一般掩埋」、「堆置」、「其他」數據，及 1992 年至 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」及「化學分析含碳量」百分比數據，如表 7.2.2.1 所示。

#### (4) 排放量

未妥善管理之廢棄物掩埋場產生之甲烷排放量係依據公式 7.2.1.1 計算，初步計算結果如

表 7.2.2.2 及圖 7.2.2.1 所示。由於目前垃圾掩埋沼氣回收處理僅針對衛生掩埋，故未妥善管理之廢棄物掩埋場之甲烷回收量 (R) 為零。由於民國 73 年以前，臺灣的垃圾處理方式大多為任意棄置，垃圾處理設施亦較為簡陋，不符合衛生條件，中央政府於 73 年訂定「都市垃圾處理方案」時以掩埋為主，協助地方政府興設衛生掩埋場，來妥善處理垃圾。嗣後因民眾對環境品質要求日益提昇，加上焚化技術愈見成熟，中央政府於 1991 年訂定「垃圾處理方案」，以「焚化為主、掩埋為輔」為垃圾處理

表 7.2.2.1 臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場活動數據統計表

年	一般掩埋 (千公噸)			加權 (MCF)	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 (%)	化學分析含碳量 (%)
1990	2,046.6	-	627.8	0.6	29.44	2.72	1.31	9.67	4.66	-	-	-
1991	2,409.3	-	471.9	0.6	22.80	1.82	0.37	11.79	5.09	-	-	-
1992	2,148.9	-	501.6	0.6	24.86	3.97	1.73	25.73	5.06	19.14	2.45	16.50
1993	2,449.6	-	427.9	0.6	27.84	5.13	1.55	23.47	5.79	18.01	1.15	17.04
1994	2,058.6	-	446.0	0.6	29.98	4.81	0.80	23.50	4.69	18.90	4.31	19.08
1995	2,537.6	-	500.0	0.6	32.17	6.21	0.88	17.94	5.82	18.27	3.34	18.60
1996	2,090.5	-	454.8	0.6	30.95	5.05	1.08	18.97	5.89	17.83	4.72	18.99
1997	1,536.4	-	508.9	0.6	29.13	5.80	1.13	24.90	4.86	19.57	2.11	20.44
1998	1,088.9	296.5	155.4	0.6	32.77	5.27	0.83	18.29	4.81	20.14	4.54	18.47
1999	857.3	245.2	56.2	0.6	35.83	5.20	0.60	21.83	4.89	19.85	1.97	18.87
2000	697.1	119.1	4.7	0.6	26.37	6.06	1.35	27.76	3.36	22.00	0.44	21.12
2001	433.3	73.0	14.6	0.6	26.55	4.81	0.48	27.32	4.06	21.10	5.06	18.24
2002	224.5	55.1	8.0	0.6	30.01	3.65	0.60	23.34	4.43	20.23	8.17	20.45
2003	113.1	20.2	0.7	0.6	32.97	3.78	0.22	27.19	3.88	21.36	3.58	18.71
2004	63.6	16.1	1.2	0.6	31.56	4.90	0.87	29.76	4.91	20.60	0.98	20.60
2005	35.2	4.9	0.1	0.6	38.64	2.38	0.43	38.15	1.93	13.78	0.67	17.98
2006	13.3	2.7	1.7	0.6	44.30	1.84	0.19	34.57	1.74	14.63	0.36	20.58
2007	-	-	32.5	0.6	41.75	3.20	0.51	32.86	1.83	17.13	0.33	21.44
2008	-	-	0.7	0.6	44.54	2.63	0.36	30.56	1.99	17.28	0.48	24.14
2009	-	-	1.3	0.6	38.87	2.29	0.41	37.42	1.76	16.74	0.44	22.53
2010	-	-	2.2	0.6	39.57	2.52	0.51	35.68	1.74	16.57	0.52	22.90
2011	-	-	0.1	0.6	38.31	2.04	0.23	39.21	1.39	15.66	0.61	21.70
2012	-	-	0.1	0.6	38.85	2.52	0.20	38.33	1.46	15.61	0.49	22.36

資料來源：行政院環境保護署 (2013)。中華民國環境保護統計年報。

表 7.2.2.2 臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放量

年	一般掩埋 (千公噸)	加權 (MCF)	廢棄物組成		有機物分 解比例 (DOC <sub>F</sub> )	甲烷生 成比例 (F)	轉換係數 16/12	甲烷回 收量 (R) (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	0.6	15.71	15.71	0.77	0.5	1.333	-	0	129.39
1991	2,881.3	0.6	13.14	13.14	0.77	0.5	1.333	-	0	116.61
1992	2,650.5	0.6	16.91	16.50	0.77	0.5	1.333	-	0	134.67
1993	2,877.5	0.6	18.45	17.04	0.77	0.5	1.333	-	0	150.98
1994	2,504.5	0.6	18.85	18.85	0.77	0.5	1.333	-	0	145.36
1995	3,037.6	0.6	19.79	18.60	0.77	0.5	1.333	-	0	173.97
1996	2,545.3	0.6	19.01	18.99	0.77	0.5	1.333	-	0	148.83
1997	2,045.3	0.6	19.17	19.17	0.77	0.5	1.333	-	0	120.70
1998	1,540.9	0.6	19.40	18.47	0.77	0.5	1.333	-	0	87.64
1999	1,158.6	0.6	21.15	18.87	0.77	0.5	1.333	-	0	67.32
2000	820.9	0.6	18.14	18.14	0.77	0.5	1.333	-	0	45.86
2001	520.9	0.6	17.86	17.86	0.77	0.5	1.333	-	0	28.65
2002	287.5	0.6	18.29	18.29	0.77	0.5	1.333	-	0	16.20
2003	134.0	0.6	19.94	18.71	0.77	0.5	1.333	-	0	7.72
2004	81.0	0.6	20.52	20.52	0.77	0.5	1.333	-	0	5.12
2005	40.3	0.6	22.71	17.98	0.77	0.5	1.333	-	0	2.23
2006	17.7	0.6	24.16	20.58	0.77	0.5	1.333	-	0	1.12
2007	32.5	0.6	23.46	21.44	0.77	0.5	1.333	-	0	2.15
2008	0.7	0.6	24.05	24.05	0.77	0.5	1.333	-	0	0.06
2009	1.3	0.6	22.61	22.53	0.77	0.5	1.333	-	0	0.09
2010	2.2	0.6	22.71	22.71	0.77	0.5	1.333	-	0	0.15
2011	0.1	0.6	22.44	21.70	0.77	0.5	1.333	-	0	0.00
2012	0.1	0.6	22.74	22.36	0.77	0.5	1.333	-	0	0.01

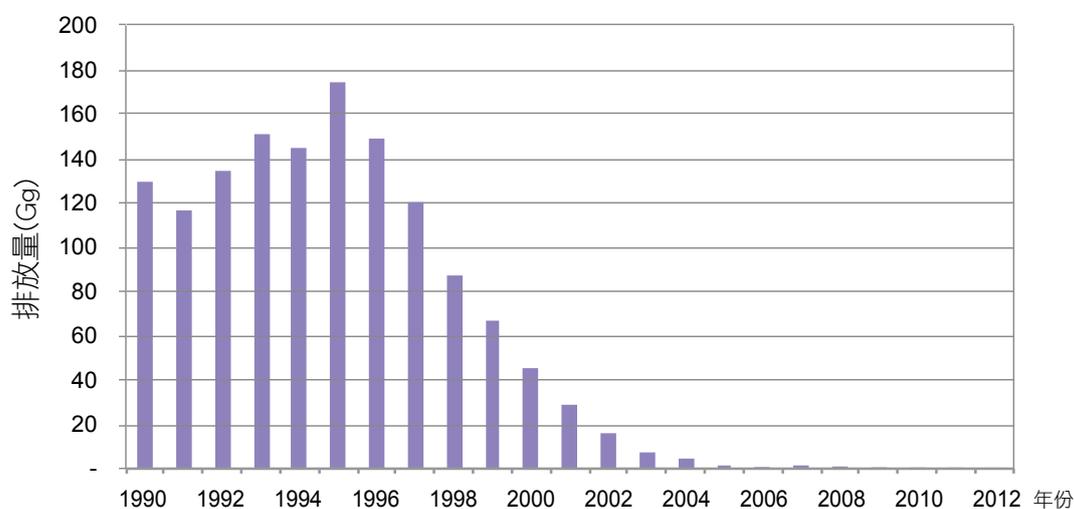


圖 7.2.2.1 臺灣 1990 至 2012 年未妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放趨勢

之主軸，並訂定「臺灣地區垃圾資源回收（焚化）廠興建計畫」及「鼓勵公民營機構興建營運垃圾焚化廠推動方案」，興建垃圾焚化廠，以達成垃圾焚化處理目標。從行政院環境保護署統計年報數據顯示，自 2000 年起垃圾妥善處理率已超過九成，2004 年更達 99% 以上，因此未妥善管理廢棄物掩埋場產生甲烷排放量便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 2012 年衛生掩埋量，廢棄物組成百分比數據僅記載 1992 至 2012 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

未妥善管理之廢棄物掩埋場不確定之說明與妥善管理之廢棄物掩埋場相同，詳請參閱 7.2.1 6.A.1. 「妥善管理之廢棄物掩埋場」不確定性說明。

時間序列的一致性部分，甲烷排放係採用 IPCC 1996 指南建議之「質量平衡法」公式進行估算，各年期（1990 至 2012 年）估算方法一致。活動數據蒐集部分，依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 至 2012 年垃圾清運之垃圾清運之「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」及「化學分析含碳量」百分比數據，其中缺少 1990 年與 1991 年之數據則參閱行政院環境保護署 2009 年「國家通訊及溫室氣體排放

清冊建置應用」報告內容中該兩年相關數據，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 I（Tier I），利用國家未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 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，該部門業已於 2013 年 12 月 13 日及 2014 年 01 月 23 日召開二次專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

另參考 IPCC 2000 GPG 中「方法 I 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.2.2.3），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

本部門清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性完整性已經查證、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 IPCC 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，其掩埋數量活動數據與組成僅有全國之彙整數據，建

請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。

### 7.2.3 其他 (6.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 1996 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 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 廢水處理 (6.B)

廢水若經無氧處理或處置，便會造成甲烷和氧化亞氮排放；廢水處置產生的二氧化碳排放在 1996 IPCC 指南中未予考慮，因為這些排放屬於生物成因（植物光合作用減少二氧化碳亦未納入），不應納入國家排放總量。

1996 IPCC 指南中主要將廢水分為 6.B.1.「工業廢水」與 6.B.2.「生活與住商污水」

表 7.2.2.3 未妥善管理之廢棄物掩埋場一般清單品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
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"> <li>● 確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>● 確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>● 確認轉換因數的準確性</li> <li>● 無時間和空間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>● 無計算轉錄計算情事</li> </ul>
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"> <li>● 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>● 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</li> <li>● 目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>● 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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>● 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>● 無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 本年度並無重新計算情事</li> </ul>

二大類，由於不同來源廢水活動資料和排放係數並不相同，因此生活污水和工業廢水處理系統以不同方式計算甲烷排放量，。

針對上述二類主要污水來源，必須分別計算其甲烷產量，而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；在工業廢水中則以所有可氧化分解碳含量（包含生物可分解及不可分解的）（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，尤其在無控制系統和溫暖氣候中相當重要。低於 15°C，甲烷的量可能不大，因為甲烷微生物不是活性的，且化糞池主要用作沉積池，但是，若溫度上升到 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。生活廢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。污水經過處理之後，通常排放到接收水環境（如，河流、湖泊、港灣等）。

現有氮的硝化作用和脫硝作用均可能產生氧化亞氮直接排放，在工廠和接收廢水的水體，此二類過程均會發生。硝化作用是一個將氨和其他氮化合物轉化成硝酸鹽（NO<sub>3</sub><sup>-</sup>）的耗氧過程；而脫硝作用發生在缺氧條件（無氧氣釋放）下，即硝酸鹽轉化成氮氣（N<sub>2</sub>）的生物學轉化。氧化亞氮可能成為這兩個過程的中間

產品，不過與脫硝作用的關聯往往更大。

### 7.3.1 工業廢水（6.B.1）

#### 1. 排放源及匯分類的描述

工業廢水包括工業區廢水與列管事業廢水二部分，工業區廢水處理方式大多採用好氧處理，並不會產生甲烷，因此僅需要考慮以厭氧方式處理之列管事業廢水。

工業廢水之活動數據，其中關於列管家數，參閱中華民國環境保護統計年報-2003 年至 2013 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，關於「列管家數」之數據；而工業廢水中遭去除之有機物，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」中篩選出資料庫中定檢資料，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

依據 1996 IPCC 指南提供之工業廢水甲烷產生量計算方法如公式 7.3.1.1 所示。

公式 7.3.1.1：

$$\text{甲烷排放量 (kg CH}_4\text{/yr)} = (P_i \times W_i \times \text{COD}_i - S) \times (B_o \times \text{MCF}_j) \times R_i$$

TOW<sub>i</sub>：每年工業廢水之 COD 總量 (kg COD/yr)； $P_i \times W_i \times \text{COD}_i$ 。

*i*：各類工業

$P_i$ ：各工業部門生產量 (t/yr)

$W_i$ ：廢水產生量 (m<sup>3</sup>/tproduct)

COD<sub>i</sub>：化學需氧量 (kg COD/m<sup>3</sup>)

S: 廢水處理後產生有機污泥之 COD 總量 (kg COD/yr)

E<sub>Fj</sub>: 工業之排放係數 (kg COD/yr)=B<sub>0</sub> × MCF<sub>j</sub>

B<sub>0</sub>: 最大 CH<sub>4</sub> 產生量 (kg CH<sub>4</sub>/kg COD), 預設值為 0.25

MCF<sub>j</sub>: 甲烷修正係數

R: 甲烷移除量 (kg CH<sub>4</sub>/yr), 預設值為 0。

依照 1996 IPCC 指南計算方法要求，溫室氣體排放計算係以不同工業之產品產量乘以不同工業之廢水排放係數（單位產品產量產生之污水量），據以估算工業廢水之甲烷排放量，惟臺灣工業廢水統計資料並未統計各類工業之產能。

臺灣水污染防治法相關規定，事業於設立或變更前，具有下列行為者：設置廢（污）水

（前）處理設施、納入污水下水道系統、土壤處理、委託處理、設置管線排放於海洋、受託處理、貯留廢（污）水、稀釋廢（污）水、回收廢（污）水、逕流廢水污染削減措施等，應檢具污水防制措施計畫及相關文件，送縣市環保局或中央主管機關委託之機關審查，以取得廢（污）水排放許可證。為求得臺灣實際工業廢水產生之甲烷排放量，便自「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算。

(2) 排放係數

工業廢水溫室氣體排放量係依據公式 7.3.1.1 計算，相關參數詳列於表 7.3.1.1，其中相關參數說明如下：

表 7.3.1.1 臺灣估算工業廢水處理產生甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
污水量 (P <sub>i</sub> × W <sub>i</sub> )	臺灣資料自行確定	<ul style="list-style-type: none"> <li>根據「行政院環境保護署 89 年度臺灣地區廢棄物廢水部門溫室氣體排放推估計畫」                             <ul style="list-style-type: none"> <li>工業區一般廢水處理皆使用好氧生物處理，污泥雖有部分採厭氧消化，但操作狀況不佳，故工業區廢水之甲烷排放量為零。</li> <li>工業廢水甲烷排放僅需考慮列管事業廢水。</li> </ul> </li> </ul> 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水量與進排放口之 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) 即：工業進流口污水量 × 進流口 COD 值 - 出流口污水量 × 出流口 COD 值。	管事業廢水資料，其取自於「列管事業廢水資料庫」中篩選具有高度產生潛勢的主要工業廢水來源進行計算，主要類別包括： <ul style="list-style-type: none"> <li>紙漿和造紙</li> <li>肉類和家禽加工 (屠宰廠)</li> <li>酒精、啤酒、澱粉生產</li> <li>有機化學物質生產</li> <li>其他食品和飲料加工 (乳製品、植物油、水果和蔬菜、罐頭、果汁生產等)。</li> </ul>
COD (工業部門可分解有機物)	總廢棄物量送至掩埋場比例 (MSWF)		
廢水處理後產生有機污泥之 COD 總量 (S)	預設值 0	考量目前沒有轉變為污泥之 COD 資料，故暫設為 0。	IPCC 預設值
最大甲烷生成量 (B <sub>0</sub> )	0.25kg CH <sub>4</sub> /kg COD	採用 IPCC 預設值 0.25kg CH <sub>4</sub> /kg COD。	IPCC 預設值
甲烷轉換因子 (MCF)	好氧系統為 0 厭氧系統為 1	由於使用厭氧消化採用 IPCC 厭氧系統 MCF 值計算。	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

### A. 化學需氧量 (COD)

1996 IPCC 指南中並未給予特定國家之 COD 值，僅提供各區各種工業類型之 COD 值，如表 7.3.1.2 所示。

為求得臺灣實際工業廢水產生之甲烷排放量，工業部門厭氧處理廢水部分之工業廢水中遭去除之有機物 (TOWi)，乃自臺灣工業廢水「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算。

### B. 最大甲烷產生量 (Maximum methane producing capacity, Bo)

在 1996 IPCC 指南中，最大甲烷產生量值，是假設 COD 與 BOD 有相等之產生量，因此為  $0.25 \text{ kg CH}_4/\text{kg COD}$ 。

### C. 甲烷轉換係數 (MCFj)

假如無任何資料者，好氧系統為 0，厭氧系統則為 1，各地區之 MCF 係數如表 7.3.1.3 所示。

### (3) 活動數據

依據行政院環境保護署水質保護處提供之臺灣工業廢水「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料，取得產業廢水處理設施之水量與水質進行估算外，另參考 2006 IPCC 指南中修正為僅針對具有高度產生潛勢的主要工業廢水來源進行計算，主要類別包括：

- A. 紙漿和造紙
- B. 肉類和家禽加工 (屠宰廠)
- C. 酒精、啤酒、澱粉生產
- D. 有機化學物質生產
- E. 其他食品和飲料加工 (乳製品、植物油、水果和蔬菜、罐頭、果汁生產等)。

除依據上述作法外，為避免生活與住商廢水產生之溫室氣體重複計算，故資料庫中「進入公共下水道」之廢水不列入排放量計算範疇。此外，資料庫中列管資料不齊全之年期，配合列管家數推估，以取得各年期 (1990 至 2012 年) 工業廢水中遭去除之有機物 (如表 7.2.1.4 所示) 數據。

### (4) 排放量

工業廢水溫室氣體排放量係公式 7.3.1.1 計算，相關參數詳列於表 7.3.1.1，初步計算結果如表 7.3.1.5 及圖 7.3.1.1 所示。由於依據上述條件篩選資料庫得知列管事業資料庫於 2007 年之後較為齊全，故建議針對不齊備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工業廢水中遭去除之有機物，以符合各年期序列之完整性及一致性。

由於排放估算主要係依據廢水申報處理量，故估算結果必隨 COD 處理量而變化，故於 2007 年時，受到擴大廢水列管影響，致使工業廢水處理量增加而導致甲烷排放量上升。2012 年排放量相較 1990 年排放量增加 48%，2012 年排放量相較 2011 年排放量增加 7%。

表 7.3.1.2 1996 IPCC 指南提供地區別之各工業類型污水資料

工業類型及地區	污水量 (立方 / 噸)	COD 值 kg COD/m <sup>3</sup> wastewater	國家
飲料 - 蒸餾及工業酒精 通用 - 酒精 通用 - 酒精 南美洲 西歐	13m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ethanol NAV NAV NAV	40 5,000kg/m <sup>3</sup> ethanol 22 4.0~5.0	巴西 荷蘭
飲料 - 啤酒 通用 通用 西歐	5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> beer 5-9 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> beer NA	17 2.0~7.0 1.0~1.5	荷蘭
食品 - 肉品 通用 西歐 北美	1.4m <sup>3</sup> /animal NAV NAV NAV	NAV 2.9 15.0	荷蘭 美國
食品 - 魚類 北美	NAV	2.5	美國
食品 - 咖啡 北美	NAV	3.0~14.0	荷蘭
食品 - 乳製品 通用 西歐	2.8 NAV	NAV 1.5	荷蘭
食品 - 蔬果 通用 (罐頭) 通用 (蕃茄處理) 北美, 馬鈴薯 西歐, 青豆 西歐 (蔬菜醃製)	26 26 NAV NAV NAV	NAV NAV 3.0 5.2 10.0~20.0	美國 荷蘭 荷蘭
食品 - 油 通用 - 蔬菜油 中東 亞洲	1.6 NAV NAV	0.3 42 25	土耳其 馬來西亞
食品 - 糖 中美 (甘蔗)	NAV	98	墨西哥
金屬 南美	0.1	NAV	巴西
有機化學 西歐	NAV	20~40	荷蘭
製藥 中東	NAV	1.3	埃及
石化產品 北美 北美	NAV NAV	0.3~0.4 1.8	美國 加拿大
造紙、紙漿 通用 (紙漿) 北美紙漿廠 通用 (造紙) 北美 (原紙) 北美 (再生紙) 西歐 (紙)	58 140 NAV 97 44 NAV	2.0~15 NAV 2.0~8.0 1.6 3.0 1.0~3.0	美國 美國 美國 美國 荷蘭
紡織 人造絲 希臘 北美、紡織廠	501 NAV NAV	NAV 0.09 1.0	美國
製革業 北美、通用	NAV	5.8	美國

## (5) 完整性

事業列管家數係參閱 2003 年至 2013 年中  
華民國環境保護統計年報，其中僅登載 1998  
至 2012 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 年至 1999 年資料，  
處理方式詳時間序列的一致性。

表 7.3.1.3 1996 IPCC 指南提供地區別工業污水 MCF 係數表

地區	工業類別	處理形式	污水處理率	MCF
非洲				
肯亞	紡織	氧化塘	60	NAV
肯亞	咖啡製品	氧化塘	5	NAV
其他	全部	氧化塘	10	90
亞洲				
印泥	全部		10	NAV
馬來西亞	棕欖油		90	NAV
新加坡	全部		10	NAV
南韓	全部		10	NAV
臺灣	全部		10	NAV
泰國	釀酒	活性污泥	50	NAV
其他	全部	活性污泥	20	90
北美				
加拿大	全部		90	70
美國	全部		90	70
拉丁美洲，加勒比海	全部		20	90
澳洲，紐西蘭	全部		95	70

表 7.3.1.4 臺灣工業廢水處理活動數據統計表

年	列管家數	TOWi：工業廢水中遭去除之有機物 (T-COD)(公噸) ( $P_i \times W_i \times COD_i$ )	年	列管家數	TOWi：工業廢水中遭去除之有機物 (T-COD)(公噸) ( $P_i \times W_i \times COD_i$ )
1990	10,394	146,137	2002	14,279	168,818
1991	14,188	172,731	2003	14,860	185,792
1992	15,339	179,288	2004	15,754	175,933
1993	14,154	172,410	2005	16,130	187,012
1994	14,699	175,703	2006	16,624	187,236
1995	15,650	181,016	2007	17,739	209,534
1996	17,853	192,184	2008	18,694	202,160
1997	16,901	187,536	2009	18,837	204,440
1998	15,421	179,724	2010	19,315	195,863
1999	14,330	173,525	2011	20,259	200,871
2000	14,908	166,989	2012	20,570	215,663
2001	13,217	167,292			

資料來源：行政院環境保護署水質保護處提供國內工業廢水「水污染源管制資料管理系統」中篩選出資料庫中定檢資料。

表 7.3.1.5 臺灣 1990 年至 2012 年工業廢水處理產生甲烷排放量

年	列管家數	TOWi：工業廢水中遭去除之有機物 (T-COD)(公噸) (Pi×Wi×CODi)	Si：移除轉變為污泥之可分解有機物 (Ton)	Bo：最大 CH <sub>4</sub> 產生量 (kg CH <sub>4</sub> /kg COD)	MCFj：甲烷轉換係數	R：甲烷移除量 (Ton CH <sub>4</sub> /yr)	甲烷排放量計算 (Gg)
1990	10,394	146,137	0	0.25	1	0	36.53
1991	14,188	172,731	0	0.25	1	0	43.18
1992	15,339	179,288	0	0.25	1	0	44.82
1993	14,154	172,410	0	0.25	1	0	43.10
1994	14,699	175,703	0	0.25	1	0	43.93
1995	15,650	181,016	0	0.25	1	0	45.25
1996	17,853	192,184	0	0.25	1	0	48.05
1997	16,901	187,536	0	0.25	1	0	46.88
1998	15,421	179,724	0	0.25	1	0	44.93
1999	14,330	173,525	0	0.25	1	0	43.38
2000	14,908	166,989	0	0.25	1	0	41.75
2001	13,217	167,292	0	0.25	1	0	41.82
2002	14,279	168,818	0	0.25	1	0	42.20
2003	14,860	185,792	0	0.25	1	0	46.45
2004	15,754	175,933	0	0.25	1	0	43.98
2005	16,130	187,012	0	0.25	1	0	46.75
2006	16,624	187,236	0	0.25	1	0	46.81
2007	17,739	209,534	0	0.25	1	0	52.38
2008	18,694	202,160	0	0.25	1	0	50.54
2009	18,837	204,440	0	0.25	1	0	51.11
2010	19,315	195,863	0	0.25	1	0	48.97
2011	20,259	200,871	0	0.25	1	0	50.22
2012	20,570	215,663	0	0.25	1	0	53.92

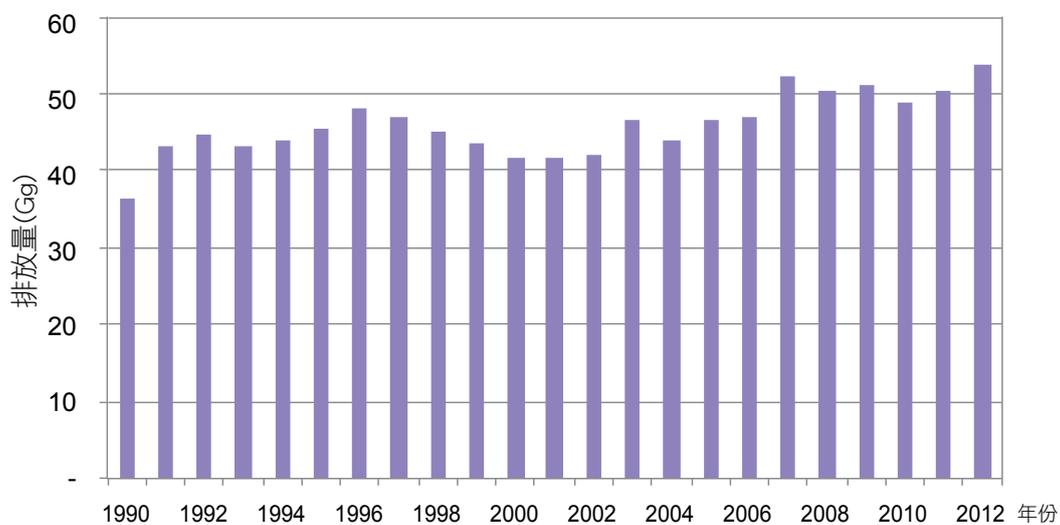


圖 7.3.1.1 臺灣 1990 年至 2012 年工業廢水產生甲烷排放趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

估算廢水處理甲烷排放量，與其用來推導之廢棄管理資料品質與可用性直接相關，而國家特定的資料在廢水品質、特性和管理方法非常有限。有關不確定性的主要來源說明如下：

#### (1) 有機廢水品質和組成

在各種系統可處理有機廢水的數量並無法得知，因此，個別系統的廢水處理效率便受限制而無法確定。

#### (2) 物理和化學資料

目前國家的特定廢水性質資料非常有限，舉例來說，有機成分的數據是來自各種工廠不同單元之平均值得知，若能以製程分類，得到精確和詳細化學資料，將可改善排放量估算。

#### (3) 廢水處理設施效率和放流處理

在管理不良與系統失調的情形下，廢水處理廠之有氧處理廢水可能變成無氧處理，將可

能導致排放量低估。另外，廢水處理塘的現行估算方法因資料有限，而具相對不確定性，未來應持續發展更好的排放係數。

針對工業廢水排放溫室氣體之不確定性部分，以下依 1996 IPCC 指南排放公式計算及採用相關參數值和活動資料（如表 7.3.1.6），說明各參數預設值可能之不確定性範圍。

不同類型工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）和無氧化處理的廢水比例。至於文獻中最大甲烷產生量之定義值部分，1996 IPCC 指南提供資料為 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD，2006 IPCC 指南修正為 0.60 CH<sub>4</sub>/kg BOD，另外並新增 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD 作為預設參考值。如果沒有國家特定資料或者不完整者，IPCC 2000 GPG 是採用 IPCC Bo 的預設值 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD<sup>[9]</sup>。2000 年行政院環境保護署的相關排放推估研究，曾引述臺灣國內調查的 Bo 值約介於 0.21~.044。

表 7.3.1.6 1996 IPCC 指南工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 (Bo)	± 30%
甲烷轉換因子 (MCF)	不確定性範圍應當由專家判斷來確定
活動資料	
工業產量 (P)	± 25%，利用專家來評判資料來源品質，以獲得更精確的不確定性範圍。
廢水產生量 (W)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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。</li> <li>● 產品參數 (W×COD) 不確定性較小。</li> </ul>
COD	<ul style="list-style-type: none"> <li>● -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。</li> </ul>

9 行政院環境保護署（2000）。臺灣地區廢棄物廢水部門溫室氣體排放推估。臺北市：行政院環境保護署。

(4) 時間序列一致性

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，關於「列管家數」數據僅於 1998 至 2012 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。

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，故針對不齊備之列管單位申報資料，以其 2007 年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工業廢水中遭去除之有

機物，以符合各年期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 I (Tier I)，利用國家水污染源管制資料管理系統事業定檢活動數據為基礎，以 1996 IPCC 指南建議排放係數，參考 IPCC 2000 GPG，計算溫室氣體排放量。

針對本範疇之計算方式、引用參數及計算結果，該部門業已於 2014 年 01 月 23 日召開專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

表 7.3.1.7 工業廢水一般清單品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」及「行政院環境保護署水質保護處『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</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
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"> <li>● 確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>● 確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>● 確認轉換因數的準確性</li> <li>● 確認時間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 無引用適用多種排放源類別的資料</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>● 無計算轉錄計算情事</li> </ul>
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"> <li>● 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>● 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</li> <li>● 目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>● 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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>● 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>● 無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 本年度並無重新計算情事</li> </ul>

另參考 IPCC 2000 GPG，中「方法 1 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.3.1.7），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，為避免檢核過程之錯誤，最有效的方法乃是結合人工和自動檢查，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與完整性、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 IPCC 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，以便於精進推估結果，減少外推數據之不確定性差異，方能符合各年期序列之完整性及一致性。

### 7.3.2 生活及商業廢水（6.B.2）

#### 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，在一般環境下容易發生硝化反應而產生氧化亞氮。

以下將分別敘述甲烷與氧化亞氮之排放量計算方法。

由於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二大類，故估算生活及商業廢水之甲烷排放量是參閱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（%）、建築物污水下水道系統普及率（%）及整體合計之污水好氧處理率（%）與內政部統計年報之國內人口數進行估算；而估算氧化亞氮之排放量是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國內人口數進行計算。

#### 2. 方法論議題

##### （1）計算方法

##### A. 生活與住商廢水甲烷排放

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二大類。根據 1996 IPCC 指南中對於生活與住商污水甲烷產生量計算方法如公式 7.3.2.1 所示。

公式 7.3.2.1：

$$\text{甲烷排放量 (Gg CH}_4\text{/yr)} = P \times D_{\text{dom}} \times B_o \times \text{MCF}_j \times (1 - \text{DS}_{\text{dom}}) \times 10^{-3}$$

P：人口數

$D_{\text{dom}}$ ：住商部門污水處理中可分解有機物量 (kg BOD/ persons/yr)

$B_o$ ：最大  $\text{CH}_4$  產生量

$\text{MCF}_j$ ：甲烷修正係數

$\text{DS}_{\text{dom}}$ ：住商部門污水處理後生物污泥中可分解有機物比

臺灣目前整體污水處理率分為三類，包括公共污水下水道普及率、專用污水下水道普及率與建築物污水設施設置率，其數據資料可參考內政部營建署用戶接管普及率與污水處理率統計，由於有接管的部分皆為好氧處理，在 1996 IPCC 指南則認定無甲烷排放，其餘未接管部分則認定為使用化糞池處理，計算甲烷之排放量。

B. 生活與住商廢水氧化亞氮排放

依據 1996 IPCC 指南計算方法如公式 7.3.2.2 所示。

公式 7.3.2.2：

$$N_2O(S) = Protein \times Frac_{NPR} \times P \times EF_6$$

$N_2O(S)$  = 每年生活污水之氧化亞氮排放總量 (kg  $N_2O-N/yr$ )

Protein = 每人每年蛋白質攝取量 (kg/person/yr)

P = 國內人口數

$EF_6$  = 排放係數 (預設值 0.01(0.002-0.12) kg  $N_2O-N/kg$  sewage-N produced)

$Frac_{NPR}$  = 蛋白質中氮的比例 (預設值為 0.16 kg N/kg protein)

(2) 排放係數

A. 生活與住商廢水甲烷排放

依據 1996 IPCC 指南公式 7.3.2.1 計算生活與住商污水甲烷產生量，其相關參數詳列於表 7.3.2.1 所示。相關說明如下：

表 7.3.2.1 估算生活及商業廢水處理產生甲烷排放計算一覽表

參數	IPCC 計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
人口數 (P)	國內資料自行確定	內政部統計資料。	人口數取內政部統計資料
污水處理程度		內政部營建署用戶接管普及率及污水處理率	內政部營建署統計資料
住商部分污水處理可分解有機碳含量 (Ddom)	14.6 (kg BOD/ 人 /yr)	採用 IPCC 預設值 14.6(kg BOD/ 人 /yr)	IPCC 預設值
最大甲烷生成量 (Bo)	0.25kg $CH_4/kg$ BOD	採用 IPCC 預設值 0.25 kg $CH_4/kg$ BOD	IPCC 預設值
甲烷修正參數 (MCF)	好氧系統為 0 厭氧系統為 1	使用化糞池處理之甲烷轉換係數為 0.3252。	行政院環境保護署 89 年度臺灣地區廢棄物廢水部門溫室氣體排放推估計畫
污水處理後生物污泥可分解有機物比例 (DSdom)	預設值 0	採用 IPCC 預設值 0	IPCC 預設值

表 7.3.2.2 地區別家庭污水  $BOD_5$  預估表

地區	$BOD_5$ 值 (公斤 / 每人 / 每日)	$BOD_5$ 值 (公斤 / 千人 / 每年)
非洲	0.037	13,505
亞洲、中東、拉丁美洲	0.04	14,600
北美洲、歐洲、前蘇聯、大洋洲	0.05	18,250

a. 住商部門污水處理中可分解有機物量 (Ddom)

住商部門污水處理中可分解有機物量依據各國之特性有所差異，如表 7.3.2.2 所示。

b. 最大甲烷產生量 (Maximum methane producing capacity, Bo) 定義值為 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD。

c. 甲烷修正係數 (MCF)

假如無任何資料者，好氧系統為 0，厭氧系統則為 1，各地區之 MCF 係數如表 7.3.2.3 所示。

B. 生活與住商廢水氧化亞氮排放

估算生活與住商污水處理產生之氧化亞氮排放量，係依據公式 7.3.2.2 計算，相關參數詳列於表 7.3.2.4 所示。

(3) 活動數據

A. 生活與住商廢水甲烷排放

由於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二大類，故估算生活及商業廢水之甲烷排放量是參閱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(%)、

表 7.3.2.3 地區別家庭污水 MCF 係數表

地區	處理型式	污水處理率	甲烷轉換係數
非洲			
肯亞	氧化塘	50	NAV
突尼西亞	氧化塘	20	NAV
辛巴威	活性污泥	50	NAV
其他		5	80
亞洲			
印尼		1	NAV
新加坡		1	NAV
南韓		1	NAV
臺灣		1	NAV
其他		5	75
拉丁美洲與加勒比海		10	80
澳洲與紐西蘭		80	70

表 7.3.2.4 臺灣估算生活及商業廢水處理產生氧化亞氮排放計算一覽表

參數	IPCC 計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
人口數 (P)	國內資料自行確定	內政部統計資料。	人口數取內政部統計資料
每人每年蛋白質攝取量 (Protein)	國內資料自行確定	取自糧食平衡表內所提供之每人蛋白質供應量	行政院農業委員會之糧食平衡表
蛋白質含氮比例 (FracNPR)	0.16 kg N/protein	採用 IPCC 預設值 0.16 kg N/kg protein	IPCC 預設值
EF <sub>6</sub> (排放係數)	0.01 kg N <sub>2</sub> O-N/ kg sewage-N produced	採用 IPCC 預設值 0.01 kg N <sub>2</sub> O-N/kg sewage-N produced	IPCC 預設值

建築物污水下水道系統普及率(%)及合計之污水好氧處理率(%)與內政部統計年報之國內人口數進行估算。

B. 生活與住商廢水氧化亞氮排放

由前述說明，估算氧化亞氮之排放量，乃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，並配合臺灣人口數進行計算。

(4) 排放量

A. 生活與住商廢水甲烷排放

估算臺灣生活與住商污水處理產生之甲烷排放量，初步計算結果如表 7.3.2.7 及圖 7.3.2.1 所示。

由估算結果得知，由於 1999 年起接管普及率增加，厭氧處理排放逐年降低，故 2012 年排放量相較 1990 年排放量減少 56%，2012 年排放量相較 2011 年排放量減少 12%。

B. 生活與住商廢水氧化亞氮排放

估算生活與住商污水處理產生之氧化亞氮

表 7.3.2.5 臺灣 1990 至 2012 年估算生活及商業廢水處理甲烷排放之活動數據

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 (%)	建築物污水下水道系統普及率 (%)	污水好氧處理率 (%)	國家人口數 (P)(千人)
1990	3.00	—	—	3.00	20,401
1991	3.00	—	—	3.00	20,606
1992	3.05	—	—	3.05	20,803
1993	3.10	—	—	3.10	20,995
1994	3.15	—	—	3.15	21,178
1995	3.20	—	—	3.20	21,357
1996	3.40	—	—	3.40	21,525
1997	3.80	—	—	3.80	21,743
1998	5.60	—	—	5.60	21,929
1999	6.75	5.20	—	11.95	22,092
2000	7.27	6.37	3.98	17.62	22,277
2001	8.24	7.47	4.02	19.73	22,406
2002	9.87	8.33	4.03	22.23	22,521
2003	10.85	9.02	4.04	23.91	22,605
2004	12.47	10.11	5.22	27.80	22,689
2005	14.03	10.86	6.65	31.54	22,770
2006	15.58	11.66	8.07	35.31	22,877
2007	17.48	12.57	9.69	39.74	22,958
2008	19.50	13.35	10.81	43.67	23,037
2009	22.59	13.85	12.23	48.66	23,120
2010	25.70	14.29	13.03	53.02	23,162
2011	28.95	14.75	14.29	57.99	23,225
2012	32.10	15.15	15.74	62.99	23,316

資料來源：內政部統計年報

表 7.3.2.6 臺灣 1990 年至 2012 年估算生活及商業廢水處理氧化亞氮排放之活動數據

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
每人每日蛋白質供給量 (公克)	92.72	91.56	93.90	97.34	96.51	98.22	98.25	101.41	95.55	97.55	96.23	92.00
國內人口數 (P)(千人)	20,401	20,606	20,803	20,995	21,178	21,357	21,525	21,743	21,929	22,092	22,277	22,406
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
每人每日蛋白質供給量 (公克)	94.85	96.13	91.94	91.57	90.08	92.02	84.51	86.84	88.25	89.67	89.57	
國內人口數 (P)(千人)	22,521	22,605	22,689	22,770	22,877	22,958	23,037	23,120	23,162	23,225	23,316	

資料來源：內政部統計年報

表 7.3.2.7 臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生甲烷排放量

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 水下水 道系統 普及率 (%)	污水好氧處 理率 (%)	國家人口 數 (P)(千 人)	每人每年 廢水 BOD (Ddom)	最大甲烷 生成量 (Bo)	甲烷修 正參數 (MCF)	污水處 理後生 物污泥可 分解有機 物比例 (DSdom)	全國人口 廢水甲烷 排放量計 算量 (Gg)
1990	3.00	—	—	3.00	20,401	14.6	0.25	0.3252	0	23.49
1991	3.00	—	—	3.00	20,606	14.6	0.25	0.3252	0	23.72
1992	3.05	—	—	3.05	20,803	14.6	0.25	0.3252	0	23.94
1993	3.10	—	—	3.10	20,995	14.6	0.25	0.3252	0	24.15
1994	3.15	—	—	3.15	21,178	14.6	0.25	0.3252	0	24.35
1995	3.20	—	—	3.20	21,357	14.6	0.25	0.3252	0	24.54
1996	3.40	—	—	3.40	21,525	14.6	0.25	0.3252	0	24.68
1997	3.80	—	—	3.80	21,743	14.6	0.25	0.3252	0	24.83
1998	5.60	—	—	5.60	21,929	14.6	0.25	0.3252	0	24.57
1999	6.75	5.20	—	11.95	22,092	14.6	0.25	0.3252	0	23.09
2000	7.27	6.37	3.98	17.62	22,277	14.6	0.25	0.3252	0	21.78
2001	8.24	7.47	4.02	19.73	22,406	14.6	0.25	0.3252	0	21.35
2002	9.87	8.33	4.03	22.23	22,521	14.6	0.25	0.3252	0	20.79
2003	10.85	9.02	4.04	23.91	22,605	14.6	0.25	0.3252	0	20.42
2004	12.47	10.11	5.22	27.80	22,689	14.6	0.25	0.3252	0	19.44
2005	14.03	10.86	6.65	31.54	22,770	14.6	0.25	0.3252	0	18.50
2006	15.58	11.66	8.07	35.31	22,877	14.6	0.25	0.3252	0	17.57
2007	17.48	12.57	9.69	39.74	22,958	14.6	0.25	0.3252	0	16.42
2008	19.50	13.35	10.81	43.67	23,037	14.6	0.25	0.3252	0	15.40
2009	22.59	13.85	12.23	48.66	23,120	14.6	0.25	0.3252	0	14.09
2010	25.70	14.29	13.03	53.02	23,162	14.6	0.25	0.3252	0	12.92
2011	28.95	14.75	14.29	57.99	23,225	14.6	0.25	0.3252	0	11.58
2012	32.10	15.15	15.74	62.99	23,316	14.6	0.25	0.3252	0	10.24

排放量，初步計算結果如表 7.3.2.8 及圖 7.3.2.2 所示。

生活及商業處理產生氧化亞氮排放量的主要影響因素包括人口變化、蛋白質攝取量變化。每人每日蛋白質供給量於 2008 年相較前一年大幅下降，其原因可詳閱行政院農業委員會的我國糧食供需變動分析<sup>5</sup>。2008 年臺灣平均每人可供消費之各類糧食，與 2007 年比較，平均每人可供消費糧食大多較上一年減少，乃因受到來源國家減產及價格高漲影響，進口減少，同時以國產為主要供應來源糧食；畜產品遭逢國際飼料價格上漲壓力減供，肉類、蛋類平均每人可供消費量仍較上年減少 6.8%。由上述估算結果得知，2012 年生活及商業處理產生氧化亞氮排放量相較 1990 年排放量增加 10%；2012 年與 2011 年排放量大致相同。

(5) 完整性

A. 生活與住商廢水甲烷排放

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(%)、建築物污水下水道系統普及率(%)及污水好氧處理率(%)，目前僅登載 2000 至 2012 年，而 1990 至 1999 年之數據則參閱內政部相關會議之資料。內政部統計年報之臺灣人口數均詳實登載 1990 至 2012 年臺灣人口數。

B. 生活與住商廢水氧化亞氮排放

估算氧化亞氮之排放量，係完整參照行政院農業委員會糧食平衡表之 1990 至 2012 年每人每日蛋白質供給量，及內政部統計年報之 1990 至 2012 年臺灣人口數。

3. 不確定性與時間序列的一致性

評估生活住商廢水處理溫室氣體排放之不確定性，表 7.3.2.9 列出所引用 1996 IPCC 指南

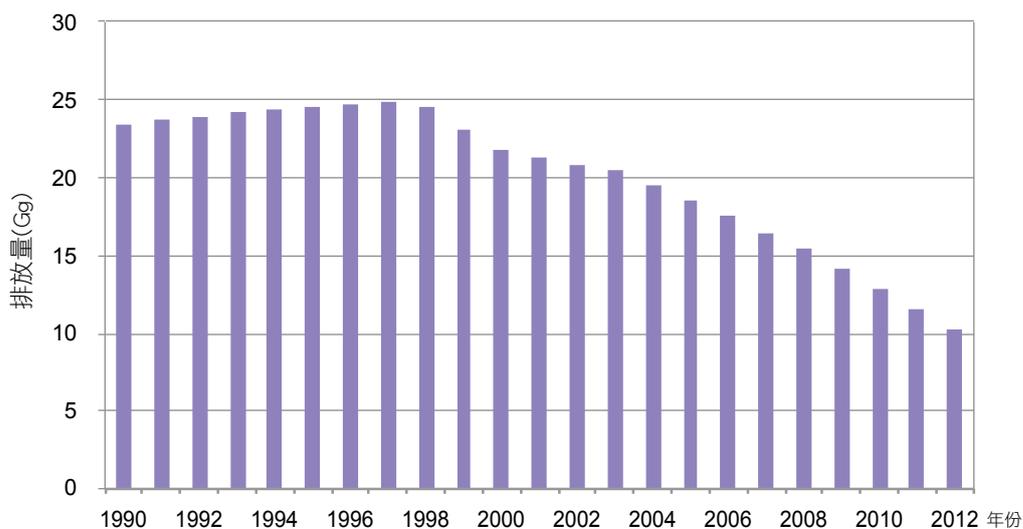


圖 7.3.2.1 臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生甲烷排放趨勢

5 劉玉文 (2009)。我國糧食供需變動分析。農政與農情，208 (10)，95-101。取自行政院農業委員會網站，<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=20330&print=1>。

表 7.3.2.8 臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業處理產生氧化亞氮排放量

年	每人每日蛋白質供給量(公克)	每人每年蛋白質供給量(Protein)(公斤)	蛋白質含氮比(FNPR)	國內人口數(P)(千人)	排放係數(EF <sub>o</sub> )	全國人口氧化亞氮排放計算量(噸)
1990	92.72	33.84	0.16	20,401	0.01	1,104.6
1991	91.56	33.42	0.16	20,606	0.01	1,101.8
1992	93.90	34.27	0.16	20,803	0.01	1,140.6
1993	97.34	35.53	0.16	20,995	0.01	1,193.5
1994	96.51	35.23	0.16	21,178	0.01	1,193.8
1995	98.22	35.85	0.16	21,357	0.01	1,225.1
1996	98.25	35.86	0.16	21,525	0.01	1,235.0
1997	101.41	37.02	0.16	21,743	0.01	1,287.9
1998	95.55	34.88	0.16	21,929	0.01	1,223.8
1999	97.55	35.61	0.16	22,092	0.01	1,258.7
2000	96.23	35.12	0.16	22,277	0.01	1,251.8
2001	92.00	33.58	0.16	22,406	0.01	1,203.8
2002	94.85	34.62	0.16	22,521	0.01	1,247.5
2003	96.13	35.09	0.16	22,605	0.01	1,269.1
2004	91.94	33.56	0.16	22,689	0.01	1,218.3
2005	91.57	33.42	0.16	22,770	0.01	1,217.6
2006	90.08	32.88	0.16	22,877	0.01	1,203.5
2007	92.02	33.59	0.16	22,958	0.01	1,233.9
2008	84.51	30.85	0.16	23,037	0.01	1,137.1
2009	86.84	31.70	0.16	23,120	0.01	1,172.6
2010	88.25	32.21	0.16	23,162	0.01	1,193.7
2011	89.67	32.73	0.16	23,225	0.01	1,216.2
2012	89.57	32.69	0.16	23,316	0.01	1,219.5

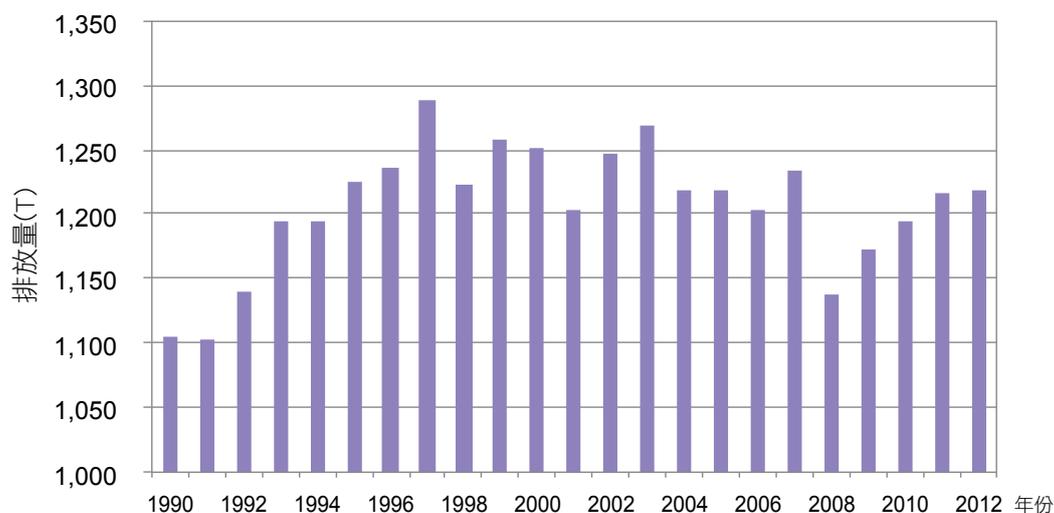


圖 7.3.2.2 臺灣 1990 年至 2012 年生活及商業廢水處理產生氧化亞氮排放趨勢

生活廢水排放係數和活動資料的預設值，其涉及之不確定性範圍如下：

(1) 最大甲烷產生量 (Bo)：在生活廢水計算溫室氣體參數引用方面，IPCC 2000 GPG，包括參數可使用 IPCC 預設值計算、不考慮甲烷回收率、依據本國統計生活廢水處理系統和處理率、使用本國之最大甲烷產生量 (Bo 值)，以及使用鄰近可比較的國家作為 BOD 預設值等。

IPCC 2000 GPG，是應用本國特定的 Bo，若無本國特定資料，可以利用 1996 IPCC 指南建議的預設值 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD 化學需氧量，該值與全面的實地測試資料 (Doorn et al., 1997) 非常一致。我國尚未有最大 CH<sub>4</sub> 產生量 (Bo 值) 研究，仍引用 1996 IPCC 指南預設值，定義值為 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD，其不確定範圍約 ±30%<sup>[2]</sup>。

有機廢物中的可分解碳可用 BOD 或 COD 來測量。對典型的未經處理的家庭污水來說 COD (mg/l) 是 BOD (mg/l) 的 2-2.5 倍，因此 IPCC 建議利用排放因數 2.5，將 COD 的 BO 值轉換成基於 BOD 的 BO 值，因此優良作法建議利用預設值 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD 或者 0.6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD，2006 年 IPCC 指南預設值已將 0.25 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD 修訂為 0.6 kg CH<sub>4</sub>/kg BOD。

(2) 污水處理可分解有機物 (Ddom)：1996 IPCC 指南預設值為 14.6 kg BOD/人/年，臺灣八處生活住商污水處理廠平均值 6.9 kg BOD/人/年。

(3) 甲烷轉換因子 (MCF)，1996 IPCC 指南預設厭氧處理系統為 1.0，好氧系統為 0，我國採用化糞池處理系統，其甲烷轉換係數 (MCF) 為 0.33，其不確定範圍約 ±30%。

表 7.3.2.9 生活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 (Bo)	±30%
甲烷轉換因子 (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 (T <sub>ij</sub> ) 的處理 / 排放途徑或系統的利用程度	±3%：記錄優良且僅有一個或兩個系統 ±50%：個別方法驗證 100%：驗證總 T <sub>ij</sub>
下水道含額外工業廢水 BOD 之修正係數 (I)	0%：未收集 ±20%：共同收集

資料來源：IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.

2 IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

#### (4) 時間序列一致性

生活與住商廢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 2012 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(%)、建築物污水下水道系統普及率(%)及污水好氧處理率(%)及國內人口數，其中前述 1990 至 1999 年之相關數據來源為內政部相關會議之資料。

估算生活與住商廢水氧化亞氮排放量之活動數據是詳實引用內政部登載 1990 至 2012 年國內人口數，及 1990 至 2012 年行政院農業委員會糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量，活動數據已符合時間序列之一致性及完整性。

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

##### (1) 生活與住商廢水甲烷排放

符合方法 I (Tier I)，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(%)、建築物污水下水道系統普及率(%)及污水好氧處理率(%)與國內人口數等活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，參考 2000 GPG，計算溫室氣體排放量。

##### (2) 生活與住商廢水氧化亞氮排放

符合方法 I (Tier I)，利用國家國內人口數及糧食平衡表之每人每日蛋白質供給量活動數據為基礎，以 IPCC 建議排放係數，參考 2000 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，該部門業已於 2014 年 01 月 23 日召開

專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

另參考 IPCC 2000 GPG 中，「方法 I 一般清單水準品質控制程序」(如表 7.3.2.10)，透過交叉檢查重新計算及通過目測過濾，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與完整性、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 IPCC 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。

## 7.4 廢棄物焚化 (6.C)

### 1. 排放源及匯分類的描述

廢棄物焚燒可能產生二氧化碳、甲烷和氧化亞氮，由於焚燒爐內燃燒高溫 and 長停留時間的關係，甲烷排放量很少，廢棄物焚燒中的二氧化碳排放量比氧化亞氮大得多。有關廢棄物焚燒之溫室氣體，主要估算廢棄物焚化產生二氧化碳和氧化亞氮之排放。

1996 IPCC 指南雖未詳細說明廢棄物焚化熱能回收或加入發電機制之規範，然依據 2006 IPCC 指南說明針對無能源回收的廢棄物焚燒產生的排放屬廢棄物部門，而廢棄物焚化有能源回收之排放則應歸屬能源部門。據此，廢棄物焚化之活動數據，除依據國家環境保護年報之垃圾焚化處理量、一般事業廢棄物處理量進行估算外，亦需將臺灣從 1997 年大型焚化爐加入發電機制之焚化排放量，自廢棄物部門予以扣除（如圖 7.4.1），以避免與能源部門重複計算；1997 至 2000 年焚化爐加入發電機制之焚化量大幅增加，而 2001 至 2012 年仍呈現逐年增加趨勢；其中發電焚化比例，於 2001 至

2007 年間低於 80%，1997 年、1999 年、2008 年起均大於 88%。

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 -2003 年至 2013 年，引用（四）廢棄物管理表 4-1 垃圾清理狀況，其中關於垃圾清運之「焚化」數據，與引用表 4-2 事業廢棄物申報統計之「委託或共同處理」及「自行處理」，及表 4-9 大型垃圾焚化廠操作營運情形之「焚化（處理）量」。

表 7.3.2.10 生活及商業廢水一般清單品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
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"> <li>● 確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>● 確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>● 確認轉換因數的準確性</li> <li>● 無時間和空間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 無引用適用多種排放源類別的資料</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>● 無計算轉錄計算情事</li> </ul>
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"> <li>● 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>● 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</li> <li>● 目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>● 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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>● 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>● 無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 本年度並無重新計算情事</li> </ul>

## 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 1996 IPCC 指南，列入廢棄物焚化溫室氣體排放部分只包括由礦物材料組成之廢棄物，如垃圾成分中與化石燃料及其產品（如塑膠、某些紡織物、橡膠、液體溶劑和廢油）等有關礦物碳燃燒產生的二氧化碳；而垃圾中有關紙張、食品和木材廢棄物等有機碳燃燒產生之二氧化碳排放，則視為生物質量一部分，不列入國家總溫室氣體排放。由於 1996 IPCC 指南未公布計算公式，因此以質量平衡方式計算排放量，主要參考 2006 IPCC 指南公式修正為公式 7.4.1。

公式 7.4.1：

$$\text{二氧化碳排放 (Gg/yr)} = (SW \times dm \times CF \times FCF \times OF \times 44/12)$$

SW：焚化固體廢棄物類型的總量 (Gg/yr)

CF：總碳含量 (%)

FCF：礦物碳在碳的總含量中的比例 (%)

OF：氧化係數 (燃燒效率)(%)

44/12：從 C 到 CO<sub>2</sub> 的轉換係數

## B. 廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放量計算

1996 IPCC 指南針對廢棄物焚化處理產生之氧化亞氮排放量計算式未公布，故主要仍參考 2006 IPCC 公式 7.4.2 計算，廢棄物焚化產生氧化亞氮排放量是以排放係數方式來計算。

## (2) 排放係數

## A. 廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放量計算

依據公式 7.4.1 計算廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放量，相關參數詳列於表 7.4.1。

## B. 廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放量計算

1996 IPCC 指南雖並未公布氧化亞氮計算公式，另有彙整廢棄物燃燒會產生氧化亞氮相關焚化設施之氧化亞氮排放係數範圍值，其相關研究如表 7.4.2 所示。

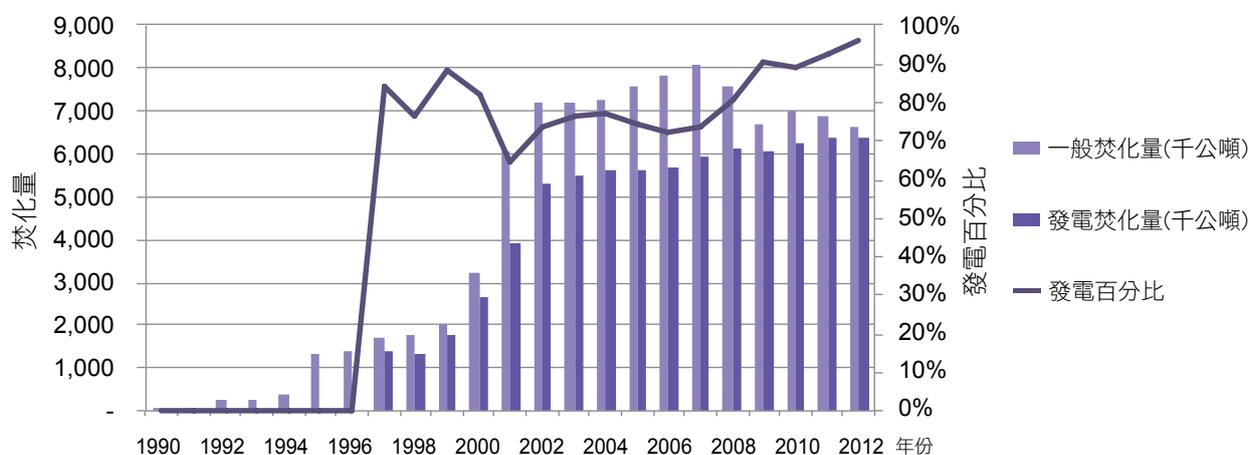


圖 7.4.1 發電焚化量近年變化趨勢

廢棄物焚化產生氧化亞氮排放量是以排放係數方式來計算（如公式 7.4.2），相關參數詳列於表 7.4.3。

(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-2003年至2013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」及「化學分析含碳量」百分比數據，估算「含碳量比例」及「礦物碳比例」（如表 7.4.4 所示）。

表 7.4.1 1996 IPCC 估算廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
焚化固體廢棄物類型的總量 (SW)	未公布	依據臺灣不同廢棄物處理方式之垃圾處理量之統計數據。	中華民國環境保護年報
總的碳含量 (CF)	未公布	依據我國垃圾性質分析含碳量計算。	中華民國環境保護年報
礦物碳在碳的總含量中的比例 (%)	未公布	依據我國垃圾組成中，皮革橡膠、塑膠與其他所占之比例計算。	中華民國環境保護年報
氧化係數 (OF)	未公布	依據 2006 年 IPCC 預設值 100% 計算	

表 7.4.2 各種廢棄物燃燒產生之氧化亞氮排放係數

廢棄物特性	設施	溫度	ppmv min.	ppmv average	ppmv max.	O <sub>2</sub> (%)	gN <sub>2</sub> O/噸廢棄物
廢棄物	10 爐子 (65-300 噸 / 天)		1.20	8.0	18.0		
	階床式	780-880	0.28		4.9	10	11-43
	階床式	780-980	4.00		24.0	8-14	40-220
	流體化床	830-850	6.70		10.5	13-15	14-123
固體廢棄物	5 爐式 (20-400 噸 / 天)		3.00	7.0	12.0		26-270
	3 流體化床		5.60	9.8	17.1		97-293
	旋轉窯 (120 噸 / 天)		10.20	11.1	12.1		35-165
1997	4 個焚身設備 (150-300 噸 / 天)		57.00	87.0	125.0		
污泥	旋轉爐	750		50.7			227
	流體化床	770-812	270.00		600.0		580-1528
	流體化床	838-854	135.00		292.0		684-1508
	流體化床	834-844	100.00		320.0		275-886
	流體化床	853-887	45.00		145.0		101-307

表 7.4.3 估算廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
焚化固體廢棄物類型的總量 (IW)	未公布	依據臺灣不同廢棄物處理方式之垃圾處理量之統計數據。	中華民國環境保護年報
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	依據國內現況多屬於階床室鍋爐，含氧率約 8~14 之間，因此引用 IPCC 提供設施中，排放係數範圍值 40~200g N <sub>2</sub> O/T 廢棄物，取兩者平均值 120g N <sub>2</sub> O/T 計算。	IPCC 公布值

表 7.4.4 臺灣 1990 至 2012 年估算廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量活動數據

年度	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)	含碳量比例 (CCW) (%)	礦物碳比例 (FCF) (%)
1990	77.7	-	-	16.50	23.04
1991	28.8	-	-	16.50	23.04
1992	255.4	-	-	16.50	23.32
1993	249.0	-	-	17.04	20.71
1994	412.5	-	-	19.08	24.01
1995	1,301.0	-	-	18.60	22.49
1996	1,364.6	-	-	18.99	23.63
1997	1,691.6	-	1,419.3	20.44	22.81
1998	1,741.1	-	1,335.4	18.47	25.51
1999	2,020.6	-	1,789.1	18.87	22.42
2000	3,229.7	-	2,659.7	21.12	23.79
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	18.24	26.64
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	20.45	29.00
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	18.71	25.16
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	20.60	22.45
2005	4,300.4	3,270.7	5,614.9	17.98	14.88
2006	4,164.0	3,693.6	5,683.0	20.58	15.18
2007	4,335.8	3,734.7	5,948.8	21.44	17.97
2008	4,137.3	3,444.2	6,110.8	24.14	18.12
2009	4,036.4	2,671.0	6,092.9	22.53	17.59
2010	3,888.6	3,119.7	6,235.4	22.90	17.60
2011	3,468.6	3,397.5	6,355.4	21.70	16.50
2012	3,277.3	3,381.0	6,405.0	22.36	16.30

資料來源：行政院環境保護署（2013）。中華民國環境保護統計年報。

## (4) 排放量

依據公式 7.4.2 與公式 7.4.3，及焚化相關活動數據與參數估算廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量，初步計算結果如表 7.4.5 及圖 7.4.2 與圖 7.4.3 所示。

依據 IPCC 指南與國內焚化活動量估算廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放量結果，由於大型焚化爐加入發電機制，於 2002 年發電排放量最大，而修正排放量百分比於 2009 年後均大於 88%，2012 年更達 96%，致使 2012

年二氧化碳排放量雖較 1990 年增加 212%，但 2012 年扣除發電焚化量之後，二氧化碳排放量相較 2011 年減少 50%。

在氧化亞氮的排放量部分，也因加入發電機制排放量逐年增加，故修正排放量百分比於 2009 年後均大於 88%，2012 年達 96%，也因此 2012 年扣除發電焚化量之後，氧化亞氮排放量相較 1990 年雖增加 226%，但 2012 年排放量較 2011 年減少 50%。

表 7.4.5 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生溫室氣體排放量

年度	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)	含碳量比例 (CCW) (%)	礦物碳比例 (FCF) (%)	焚化爐燃燒效率 (EF) (%)	氧化亞氮排放係數 (g-N <sub>2</sub> 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	-	-	16.50	23.04	100	120	10.84	9.33
1991	28.8	-	-	16.50	23.04	100	120	4.02	3.46
1992	255.4	-	-	16.50	23.32	100	120	36.03	30.65
1993	249.0	-	-	17.04	20.71	100	120	32.23	29.89
1994	412.5	-	-	19.08	24.01	100	120	69.30	49.50
1995	1,301.0	-	-	18.60	22.49	100	120	199.56	156.12
1996	1,364.6	-	-	18.99	23.63	100	120	224.53	163.76
1997	1,691.6	-	1,419.3	20.44	22.81	100	120	46.55	32.68
1998	1,741.1	-	1,335.4	18.47	25.51	100	120	70.10	48.69
1999	2,020.6	-	1,789.1	18.87	22.42	100	120	35.91	27.78
2000	3,229.7	-	2,659.7	21.12	23.79	100	120	105.03	68.41
2001	3,736.9	2,330.1	3,922.4	18.24	26.64	100	120	382.10	257.35
2002	4,316.0	2,873.9	5,311.0	20.45	29.00	100	120	408.57	225.47
2003	4,304.6	2,869.8	5,470.7	18.71	25.16	100	120	294.05	204.43
2004	4,307.7	2,952.1	5,611.5	20.60	22.45	100	120	279.50	197.79
2005	4,300.4	3,270.7	5,614.9	17.98	14.88	100	120	191.89	234.73
2006	4,164.0	3,693.6	5,683.0	20.58	15.18	100	120	249.09	260.95
2007	4,335.8	3,734.7	5,948.8	21.44	17.97	100	120	299.74	254.61
2008	4,137.3	3,444.2	6,110.8	24.14	18.12	100	120	235.87	176.47
2009	4,036.4	2,671.0	6,092.9	22.53	17.59	100	120	89.29	73.74
2010	3,888.6	3,119.7	6,235.4	22.90	17.60	100	120	114.23	92.76
2011	3,468.6	3,397.5	6,355.4	21.70	16.50	100	120	67.05	61.29
2012	3,277.3	3,381.0	6,405.0	22.36	16.30	100	120	33.84	30.39

## (5) 完整性

估算廢棄物焚化產生之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 2003 年至 2013 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 2012 年活動量；另參閱引用表 4-6 垃圾性質百分比數

據估算「含碳量比例」及「礦物碳比例」，僅有 1992 至 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

IPCC 2000 GPG，採用定義參數預設值的 95% 信賴區間，來計算不確定性，該區間包含未知真實值的概率為 95%。

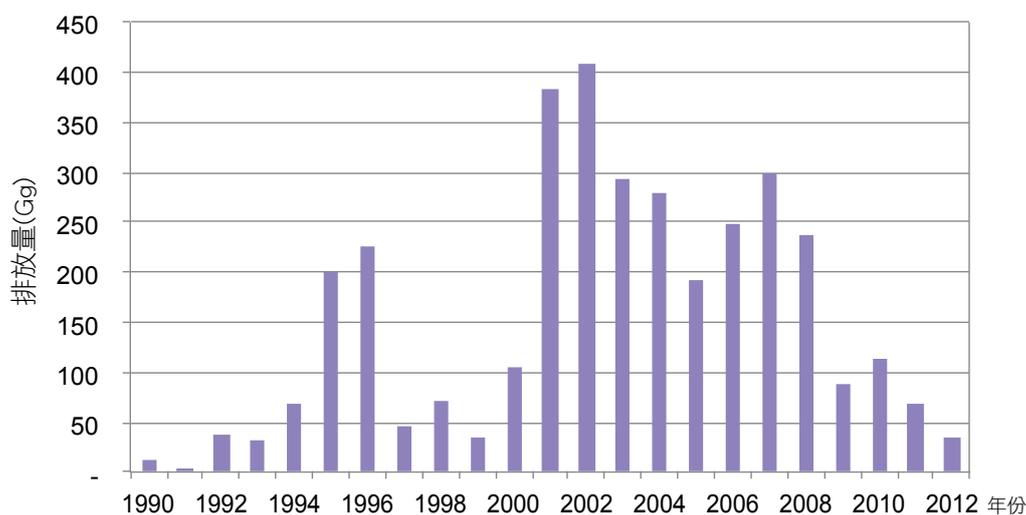


圖 7.4.2 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生二氧化碳排放趨勢

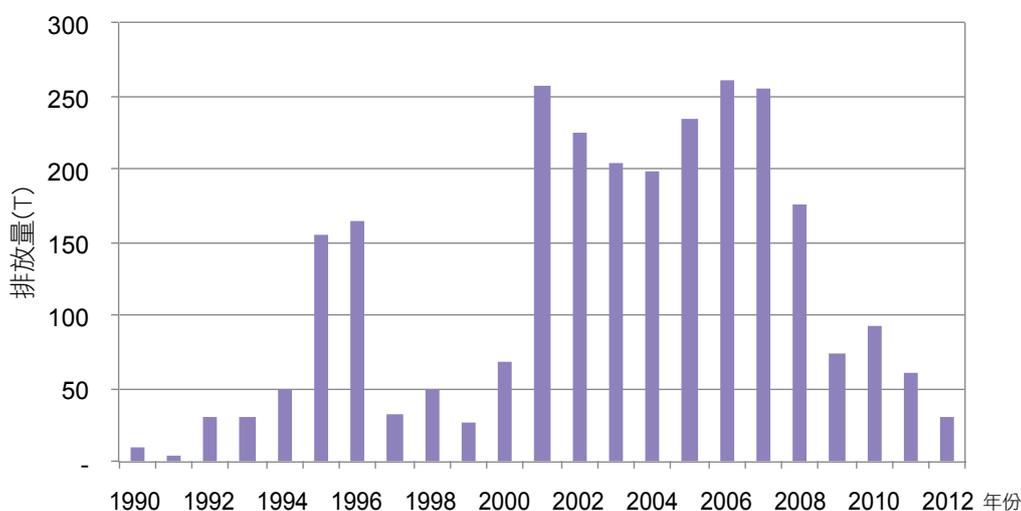


圖 7.4.3 臺灣 1990 至 2012 年廢棄物焚化處理產生氧化亞氮排放趨勢

直接測量或監測氧化亞氮和甲烷排放具有較低的不確定性。對於連續及定期排放監測，不確定性取決於所用測量儀器和方法的精確度，這些可能在  $\pm 10\%$  左右。如果使用了氧化亞氮和甲烷排放因數的預設值，則不確定性範圍估算為  $\pm 100\%$  或更大。

以下資料可能引入其他不確定性：

#### (1) 排放係數不確定性

大部分的不確定性涉及廢棄物中有機碳與礦物碳比例的區分，此不確定性主要與廢棄物成分組成的不確定性有關；與二氧化碳排放估算相關聯的主要不確定性也與礦物碳比例的估算有關。在許多已開發國家，焚燒廢棄物總量的不確定性在  $5\%$  左右。

#### (2) 活動數據不確定性

在許多已開發國家焚化的廢棄物量基於廢棄物統計和特定工廠資料，有關焚化的廢棄物量的不確定性估算約為  $\pm 5\%$  (濕重)。廢棄物量從濕重至乾重的轉換，亦會增添不確定性。由於乾重確定的頻率和精確度之不確定性差異很大，因此，乾物質含量的不確定性範圍可能在  $\pm 10\%$ - $\pm 50\%$  之間。

#### (3) 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 年至 2012 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 年與 1991 年

垃圾性質百分比數據，故假設這兩年數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同，以進一步估算該兩年「含碳量比例」及「礦物碳比例」，以求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 I (Tier I)，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，該部門業已於 2014 年 01 月 23 日召開專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

另參考 IPCC 2000 GPG 中。「方法 I 一般清單水準品質控制程序」(如表 7.4.6)，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

廢棄物部門清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性與完整性、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 IPCC 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，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。

## 7.5 其他 (6.D.)

### 1. 排放源及匯分類的描述

1996 IPCC 指南中並未將固體廢棄物處理中的生物處理部分獨立出來，但在已發布的 2006 IPCC 指南中已經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，可常見到將機廢棄物（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。

表 7.4.6 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"> <li>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</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
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"> <li>確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>確認轉換因數的準確性</li> <li>檢核 1990 年與 1991 年垃圾性質百分比數據，確認假設數據與 1992 年垃圾性質百分比數據相同</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>複查檢核「含碳量比例」及「礦物碳比例」，確認轉錄結果無誤</li> </ul>
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"> <li>檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>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</li> <li>目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>本年度並無重新計算情事</li> </ul>

堆肥處理過程中會發生厭氧反應而產生甲烷，亦會產生氧化亞氮。若有機廢棄物進行厭氧分解，將產生大量的甲烷，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。堆肥處理溫室氣體排放是依據中華民國環境保護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 7.5.1 與公式 7.5.2 所示。

公式 7.5.1 :

$$\text{甲烷 (kg/yr)} = \sum i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3} - R$$

$M_i$  : 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  $CH_4$ /kg 廢棄物)

$i$  : 堆肥處理或厭氧處理

$R$  : 回收的甲烷總量 (Gg  $CH_4$ )

公式 7.5.2 :

$$N_2O(kg N_2O/yr) = \sum i (M_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

$M_i$  : 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  $N_2O$  之排放係數 (g  $N_2O$ /Gg 廢棄物)

$i$  : 堆肥處理或厭氧處理

(2) 排放係數

依據公式 7.5.1 與公式 7.5.2，其所引用之排放係數預設值如表 7.5.1 所示。

表 7.5.1 廢棄物生物處理的甲烷和氧化亞氮排放的排放係數預設值

生物處理的類型	CH <sub>4</sub> 排放係數 (g CH <sub>4</sub> /kg 處理的廢棄物)		N <sub>2</sub> O 排放係數 (g N <sub>2</sub> 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	

表 7.5.2 估算生物處理產生之溫室氣體排放計算一覽表

參數	IPCC 指南計算方法或預設值	臺灣計算方法及採用數據	臺灣數據來源
生物處理之有機廢棄物量 ( $M_i$ )	國內資料自行確定	依據臺灣堆肥量進行計算。	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，亞化亞氮為 0.3g- $N_2O$ /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

參閱 IPCC 建議指南公式 7.5.1 與公式 7.5.2 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 7.5.2。

### （3）活動數據

依據中華民國環境保護統計年報，彙整 1990 至 2012 年廚餘回收之「堆肥」數據，如表 7.5.3 之堆肥數據欄位所示。

### （4）排放量

生物處理產生（堆肥處理）之溫室氣體排放主要包括甲烷和氧化亞氮，依據公式 7.5.1 與公式 7.5.2 計算，相關參數詳列於表 7.5.2，初步計算結果如表 7.5.3 及圖 7.5.1 與圖 7.5.2 所示。

依據公式 7.5.1 與公式 7.5.2，其主要影響生物處理產生（堆肥處理）甲烷、氧化亞氮等溫室氣體排放量為堆肥處理量及排放係數，故參閱行政院環境保護署統計年報之堆肥處理量，1990 年數量似乎較近年數據增加許多，原

表 7.5.3 臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生溫室氣體排放量

年度	堆肥 (千公噸)	有機廢棄物占 比 (%)	甲烷排放係數 (g-CH <sub>4</sub> /kg)	氧化亞氮排放係數 (g-N <sub>2</sub> 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

說明：堆肥活動數據來自行政院環境保護署（2013）。中華民國環境保護統計年報。

10 資料取自 U-BET 大學生命科學教學改進計畫網頁，<http://life.nthu.edu.tw/~lseduip/U-BET/ubet/F4/92agr.ppt>。

11 王淑珍課程講義，取自王淑珍網頁，[http://personal.agron.ntu.edu.tw/shujen/class/IntroAg/organic\\_agriculture.pdf](http://personal.agron.ntu.edu.tw/shujen/class/IntroAg/organic_agriculture.pdf)。

因可能為自 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<sup>[10、11]</sup>，且我國於 1990 年已立法禁止焚燒稻草，鼓勵直接掩埋可改善土壤物理、化學及生物性之效果，可請代割中心於水稻收割時，直接用收稻機將稻稈切割成小段當作基肥。故，2012 年甲烷、氧化亞氮等溫室氣體排放量相較 1990 年排放量增加 1.16 倍，2012 年排放量較 2011 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 2012 年廚餘回收之「堆肥」數據。

3. 不確定性與時間序列的一致性

依據 2006 IPCC 指南估算生物處理產生甲烷與氧化亞氮排放量說明，活動資料的不確定性取決於資料的收集方式，此部分不確定性可參閱表 7.2.6 掩埋場甲烷排放估算之不確定性，而排放係數不確定性則與引用其他國家資料有關。

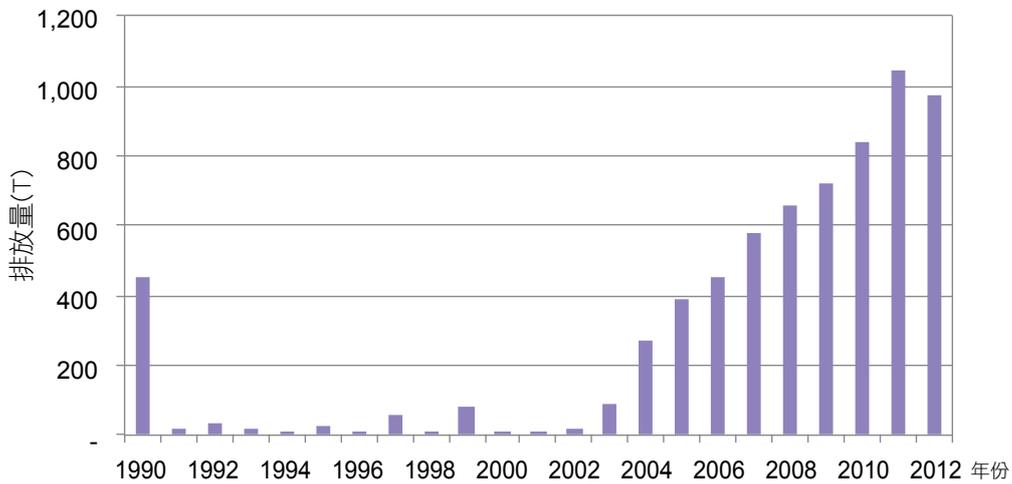


圖 7.5.1 臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生甲烷排放趨勢

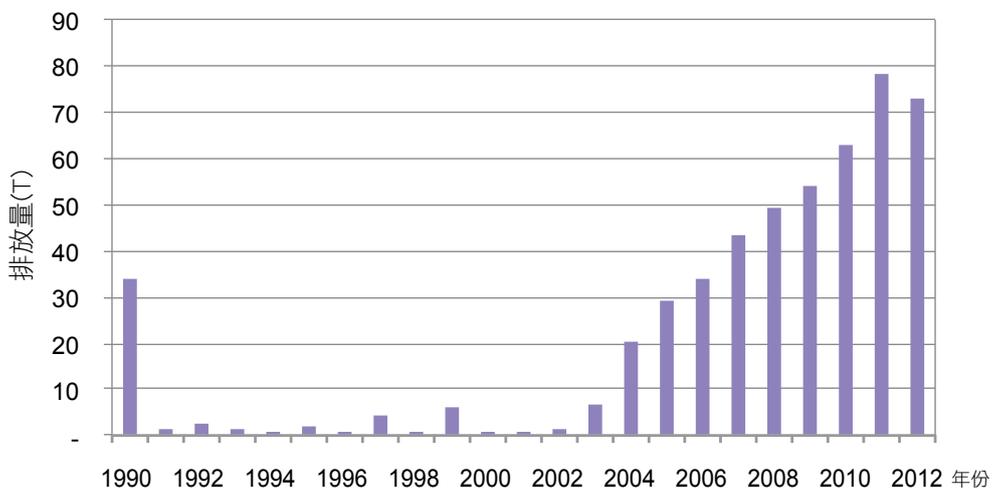


圖 7.5.2 臺灣 1990 至 2012 年生物處理產生氧化亞氮排放趨勢

生物處理產生甲烷與氧化亞氮排放量之估算，是依據中華民國環境保護統計年報，完整彙整 1990 至 2012 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 I (Tier I)，利用國家廚餘回收之堆肥活動數據為基礎，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，該部門業已於 2014 年 01 月 23 日召開

專家諮詢會議，針對計算方式、引用參數與活動數據研析其合理性，以作為排放量估算及研究之參考。

另參考 IPCC 2000 GPG 中，「方法 I 一般清單水準品質控制程序」（如表 7.5.4），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。

表 7.5.4 堆肥一般清單品質控制程序檢核表

品質控制活動	確認程序
檢查被記載的所選活動水準資料和排放因數的假設和標準	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
檢查資料登錄和參考文獻的轉錄誤差	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認正確引用「中華民國環境保護統計年報」結果</li> </ul>
檢查排放計算的準確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
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"> <li>● 確認各欄位單位標記的準確性</li> <li>● 確認整個計算過程中單位使用的準確性</li> <li>● 確認轉換因數的準確性</li> <li>● 無時間和空間校正因數應用</li> </ul>
檢查資料庫檔的完整性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 簡明條列明確欄位與計算欄位</li> </ul>
檢查排放源類別間資料的一致性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 無引用適用多種排放源類別的資料</li> </ul>
檢查處理過程中清單資料轉移的正確性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 避免有轉錄情事，並加強複查檢核</li> <li>● 無計算轉錄計算情事</li> </ul>
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"> <li>● 檢查提供不確定性估算的專家判斷的獨立資格</li> <li>● 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</li> <li>● 目前版本相關參數引用 IPCC 指南建議值</li> </ul>
開展內部檔的審評	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 詳細登錄資料來源引用與版本差異</li> <li>● 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</li> </ul>
檢查導致重新計算的方法和資料變化	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 確認每個排放源類別輸入資料的時間序列一致性</li> <li>● 確認用於整個時間序列計算的運算法則 / 方法的一致性</li> <li>● 無時間序列一致性缺漏情事</li> </ul>
開展完全檢查	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> </ul>
比較現有估算和原始估算	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 本年度並無重新計算情事</li> </ul>

## 5. 特定排放源的重新計算

廢棄物部門清冊採用之計算方法、活動數據時間序列一致性與完整性、相關參數及活動係數之引用已查證確認，符合 IPCC 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。

## 參考文獻

1. IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes 2: Greenhouse Gas Inventory Workbook. Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
2. IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
3. IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, land-Use Change and Forestry. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Kruger, D., Pipatti, R., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. and Wagner, F. (Eds). IPCC/IGES, Hayama, Japan.
4. IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 : Energy. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). IPCC/IGES, Kanagawa, Japan.
5. 劉玉文 (2009)。我國糧食供需變動分析。農政與農情，208 (10)，95-101。取自行政院農業委員會網站，<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=20330&print=1>。
6. 行政院環境保護署 (2013)。中華民國環境保護統計年報。臺北市：行政院環境保護署。
7. 內政部 (2013)。統計年報。取自內政部統計年報網站，<http://sowf.moi.gov.tw/stat/year/list.htm>
8. IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (Eds). IPCC/IGES, Kanagawa, Japan.
9. 行政院環境保護署 (2000)。臺灣地區廢棄物廢水部門溫室氣體排放推估。臺北市：行政院環境保護署。
10. 資料取自 U-BET 大學生命科學教學改進計畫網頁，<http://life.nthu.edu.tw/~lseduip/U-BET/ubet/F4/92agr.ppt>。
11. 王淑珍課程講義，取自王淑珍網頁，[http://personal.agron.ntu.edu.tw/shujen/class/IntroAg/organic\\_agriculture.pdf](http://personal.agron.ntu.edu.tw/shujen/class/IntroAg/organic_agriculture.pdf)。

## 第八章 改善規劃

---

## 第八章 改善規劃

根據 2011 年之「聯合國氣候變化綱要公約第 17 次締約國大會暨京都議定書第 7 次締約國會議 (UNFCCC COP 17/CMP 7)」所簽訂之德班協議，規範附件一國家需提交「國家清冊報告」(National Inventory Report)、「二年期報告」(Biennial Report)、「國家通訊」(National Communication)，非附件一國家需提交「二年期更新報告」(Biennial Update Report)及「國家通訊」，這些國家報告中，均涉及國家溫室氣體清冊之內容。臺灣已積極建置符合國情、部門分工、資料庫分層管理、確實可行之國家體系，並隨著聯合國氣候變化政府間專家委員會出版的國家溫室氣體排放清冊指南及各部門統計資料的更新，每年皆重新統計國家歷年溫室氣體排放資料，其目的為提送政府相關部門參考，作為國家溫室氣體統計方法發展的參考、建立溫室氣體統計資料，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之基礎、評估減量措施的效果及排放趨勢預估時的基本資料。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 2012 年能源、工業製程、農業與土地利用及林業、廢棄物等各部門排放清冊統計。

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 年更首度由各部會共同編撰 2014 年國家溫室氣體清冊報告，其中表 8.1 為各部門之改善計畫。另外為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)，開始籌備以 2006 IPCC 指南為統計基礎、架構之國家溫室氣體排放清冊，並於 2013 年以 2006 IPCC 指南為基礎，規劃建置國家溫室氣體排放清冊電子化之登錄平台，同時由相關部會試用該登錄平台，線上提交國家溫室氣體排放統計資料，預計 2015 年度將與 UNFCCC 同步全面試用 2006 IPCC 指南。

表 8.1 各部門排放源之改善計畫

部門	次部門	改善計畫
4. 農業部門	4.B. 畜禽糞尿處理	國內以三段式廢水處理方式之糞尿處理僅計算各處理階段所排放之溫室氣體量，尚未將第一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。
	4.C. 水稻種植	行政院農業委員會農業試驗所正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本土排放係數，以進行排放係數更新。
	4.D. 農耕土壤	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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。</li> <li>● 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。</li> </ul>
5. 土地利用變化及林業部門	5.A. 森林及其他木質生物蓄積量的改變	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2014 年底可完成第四次全國森林資源調查，屆時將有更貼近實際情況的森林分布及林型資料，作為森林基線，以提高林業碳匯數據估算之精確性。</li> <li>● 竹類每年平均碳吸收量應有高估的情形，預計 2015 年完成竹類老熟林生長量研究，屆時將可調整碳匯之研究數據。</li> </ul> <p>行政院農業委員會已規劃整合其水土保持局、內政部等機關國土利用監測調查結果，扣除每年轉變為非森林的區域，以及增加年度新植造林區域，建立林地面積變動機制，掌握每年森林異動變化。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 規劃蒐集國際上相關估算方法之評估結果，並蒐集臺灣進出口資料，據以推估臺灣林產品收穫數據。</li> </ul>
6. 廢棄物部門	6.A. 陸地廢棄物處理	由於妥善管理之廢棄物掩埋場掩埋處量活動數據與組成僅有全國之彙整數據，後續可以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。
	6.B. 廢水處理	有關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。後續應考量查核補充 2000 至 2007 年列管單位之申報資料，如此更能精進推估結果，減少外推數據之不確定性差異，符合各年期序列之完整性及一致性。
	6.C. 廢棄物焚化	由於焚化垃圾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。
	6.D. 其他（堆肥）	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。

## 名詞、縮寫與單位索引

英文縮寫	英文名詞	中文名詞
AD	Active data	活動數據
BAU	Business as usual	一往如常（基線排放量）
CO <sub>2</sub>	Carbon dioxide	二氧化碳
CO <sub>2</sub> eq	Carbon dioxide equivalent	二氧化碳當量
CH <sub>4</sub>	Methane	甲烷
CRF	Common reporting format	共同報告格式
EF	Emission factor	排放係數
Gg	Gigagram; (1 gigagram = 10 <sup>9</sup> g = 1 kilotonne (kt))	千兆克；千公噸
GHG	Greenhouse gas	溫室氣體
GWP	Global Warming Potential	全球暖化潛勢
HFC	Hydrofluorocarbon	氫氟碳化物
IE	included elsewhere	列於其他處
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	政府間氣候變化專家委員會
KP	Kyoto Protocol	京都議定書
LUCF	Land use change and forest	土地利用變化及林業
LULUCF	Land use, land use change and forest	土地利用、土地利用變化及林業
Mt	Megatonne; 10 <sup>6</sup> tonne	百萬公噸
NA	Not applicable	不適用
NCV	Net calorific value	淨熱值
NE	Not estimated	未估計
NIR	National Inventory Report	國家清冊報告
NO	Not occurring	未發生
N <sub>2</sub> O	Nitrous oxide	氧化亞氮
PFC	Perfluorocarbon	全氟碳化物
PJ	Petajoule; 10 <sup>15</sup> joule	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 <sub>6</sub>	Sulfur hexafluoride	六氟化硫
TOE	Tonne of oil equivalent	公噸油當量
	Uncertainty	不確定度
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Chang	聯合國氣候變化綱要公約





附件一、

2012 年能源平衡表一  
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101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilo-calorie)

項 目	1 煤及煤產品 Coal and Coal Products Total C2-C12	2 煙煤-煉焦煤 Bituminous Coal- Coking Coal	3 煙煤-燃料煤 Bituminous Coal- Steam Coal	4 無煙煤 Anthracite	5 亞煙煤 Sub-bituminous Coal	6 褐煤 Lignite	7 泥煤 Peat	8 焦炭 Coke Oven Coke	9 煤球 Patent Fuel
1 自產									
2 + 進口	37,609,823	3,868,806	25,476,026	194,116	7,906,332			164,543	
3 - 出口	79,700							79,700	
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	-423,882	-180,921	-277,809	16,898	41,276			-23,326	
7 = 初級能源總供給	37,954,010	4,049,726	25,753,835	177,218	7,865,057			108,174	
8 - 產品間轉換(轉出)									
9 - 統計差異	646,523	3,858	845,707	-49,859	-56,902			-96,281	
10 - 轉變投入	35,223,551	4,045,869	19,460,069		7,921,960			3,104,309	
11 煉焦工場/煤製品業	4,989,093	4,045,869	943,224						
12 高爐工場	3,800,819		696,510					3,104,309	
13 煉油廠									
14 石化工廠									
15 公用發電廠	19,605,382		11,873,061		7,732,321				
16 自用發電廠	664,048		664,048						
17 公用汽電共生廠	6,164,209		5,283,226		189,639				
18 自用汽電共生廠									
19 + 轉變產出合計	6,287,368							3,606,708	
20 轉變產出	6,287,368							3,606,708	
21 產品間轉換(轉入)									
22 - 能源部門自用	934,450								
23 煉礦業									
24 煉焦工場/煤製品業	468,518								
25 高爐工場	465,930								
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	29,331							13,692	
33 = 最終消費	7,407,524		5,448,059	227,077				693,160	
34 A 能源消費	7,226,788		5,448,059	200,515				538,986	





民國101年(西元2012年)

### 能源平衡表—OECD能源統計格式(熱值單位)

(單位:10<sup>7</sup>千卡)(Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	10 焦爐氣	11 高爐氣	12 轉爐氣	13 原油及石油 產品合計	14 原油	15 煉油廠進料	16 添加劑/ 含氧化合物	17 煉油氣	18 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				10,239	10,239				
2 + 進口				60,755,512	46,223,773		379,271		893,653
3 - 出口				16,331,027					109,899
4 - 國際海運				1,181,985					
5 - 國際航空				2,075,044					
6 - 存貨變動				-13,096	-461,184				12,818
7 = 初級能源總供給				41,190,783	46,695,198		379,271		770,937
8 - 產品間轉換(轉出)				6,173,523					64,631
9 - 統計差異				-597,907	-279,662				-2,382
10 - 轉變投入	193,100	407,916	90,328	49,576,398	46,974,856		379,271	13,577	
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠				47,354,127	46,974,856		379,271		
14 石化工廠				1,377,324					
15 公用發電廠									
16 自用發電廠				2,223					
17 公用汽電共生廠									
18 自用汽電共生廠	193,100	407,916	90,328	842,725				13,577	
19 + 轉變產出合計	1,062,031	1,405,618	213,011	52,508,942				1,271,237	1,658,782
20 轉變產出	1,062,031	1,405,618	213,011	47,567,152				1,271,237	1,318,260
21 產品間轉換(轉入)				4,941,784					340,516
22 - 能源部門自用	177,410	704,862	52,178	1,643,947				1,257,659	89,144
23 煉礦業				2,132					
24 煉焦工場/煤製品業	166,635	249,705	52,178	14,651					
25 高爐工場	10,777	455,153							
26 油氣礦業									
27 煉油廠				1,623,857				1,257,659	87,661
28 發電廠				1,709					
29 抽水用電									
30 汽電共生廠									
31 氣體燃料供應業				1,613					1,483
32 - 損耗	205	4,537	10,897						
33 = 最終消費	691,317	288,305	59,606	36,903,755					2,278,321
34 A 能源消費	691,317	288,305	59,606	16,941,864					1,588,267





# 能源平衡表—OECD能源統計格式 (熱值單位)

民國101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

		19	20	21	22	23	24	25	26	27
項 目	(丙烷混合氣)	天然汽油	石油腦	車用汽油	(無鉛汽油)	航空汽油	航空燃油- 汽油型	航空燃油- 煤油型	煤油	Kerosene
(Propane Air)	Natural Gasoline	Naphthas	Motor Gasoline	(Unleaded Gasoline)	Aviation Gasoline	Jet Fuel- Gasoline Type	Jet Fuel- Kerosene Type	Kerosene Type	Kerosene	Kerosene
1 自產										
2 + 進口			10,613,457							
3 - 出口			33,999	3,365,880 (	3,365,880 )			1,318,644		
4 - 國際海運								2,075,044		
5 - 國際航空								31,993		804
6 - 存貨變動			-46,112	46,100 (	46,100 )			-3,425,681		-804
7 = 初級能源總供給			10,625,569	-3,411,979 (	-3,411,979 )			22,613		
8 - 產品間轉換(轉出)			3,159,677	60,644 (	60,644 )			207,876		-4,229
9 - 統計差異			-34,002	-75,951 (	-75,951 )					
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			8,889,077	11,029,329 (	11,029,329 )			3,867,167		
20 轉變產出			8,889,077	7,011,890 (	7,011,890 )			3,867,167		
21 產品間轉換(轉入)				4,017,437 (	4,017,437 )					
22 - 能源部門自用				3,480 (	3,480 )					2
23 煉礦業										
24 煉焦工場/煤製品業										
25 高爐工場										
26 油氣礦業										
27 煉油廠				1,760 (	1,760 )					2
28 發電廠				1,709 (	1,709 )					
29 抽水用電										
30 汽電共生廠										
31 氣體燃料供應業				16 (	16 )					
32 - 損耗										
33 = 最終消費			16,388,973	7,629,172 (	7,629,172 )			210,999		3,425
34 A 能源消費				7,629,172 (	7,629,172 )			210,999		3,425











### 能源平衡表—OECD能源統計格式(熱值單位)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	37 天然氣合計	38 (自產) 天然氣 (Indigenous) Natural Gas	39 (進口) 液化天然氣 (Imported) LNG	40 生質能及 廢棄物合計 Biomass and Waste Total	41 生質能合計 Biomass Total	42 固態生質能 Solid Biomass	43 液態生質能 Liquid Biomass	44 氣體生質能 Biogas	45 廢棄物 Waste and Other Non-Specified
1 自產	353,639	353,639		1,674,917	356,006	245,425	103,825	6,756	1,318,911
2 + 進口	15,024,887		15,024,887	124	124	124	124		
3 - 出口				1,213	1,213		1,213		
4 - 國際海運									
5 - 國際航空									
6 - 存貨變動	660,901	144,245	516,656	-6,764	-6,764		-6,764		
7 = 初級能源總供給	14,717,627	209,395	14,508,232	1,680,593	361,682	245,425	109,501	6,756	1,318,911
8 - 產品間轉換(轉出)				71,070	71,070		71,070		
9 - 統計差異				3,339	3,339		3,339		
10 - 轉變投入	26,689,568	3,501	26,686,067	1,449,601	149,972	143,216		6,756	1,299,629
11 煉焦工場/煤製品業									
12 高爐工場									
13 煉油廠	15,066,663		15,066,663						
14 石化工廠									
15 公用發電廠	11,541,968		11,541,968						
16 自用發電廠									
17 公用汽電共生廠				14,845					14,845
18 自用汽電共生廠	80,935	3,501	77,434	1,434,757	149,972	143,216		6,756	1,284,785
19 + 轉變產出合計	15,344,724	1,003,901	14,340,823						
20 轉變產出	15,344,724	1,003,901	14,340,823						
21 產品間轉換(轉入)									
22 - 能源部門自用	711,759	10,234	701,525	694	694		694		
23 煉礦業									
24 煉焦工場/煤製品業									
25 高爐工場									
26 油氣礦業									
27 煉油廠	703,246	1,721	701,525	694	694		694		
28 發電廠	8,512	8,512							
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	2,661,024	1,199,560	1,461,464	155,895	136,612	102,212	34,400		19,283
34 A 能源消費	2,661,024	1,199,560	1,461,464	155,895	136,612	102,212	34,400		19,283

### 能源平衡表—OECD能源統計格式(熱值單位)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	天然氣合計 (Natural Gas Total) C38-C39	(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 C41+C45	生質能合計 Biomass Total C42-C44	固態生質能 Solid Biomass	液態生質能 Liquid Biomass	氣體生質能 Biogas	廢棄物 Waste and Other Non-Specified
35 工業部門	1,441,449	292,079	1,149,370	155,895	136,612	102,212	34,400		19,283
36 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)	33	33							
37 食品飲料及菸草業	7,840	7,660	180	11,883	11,883	11,883			
38 紡織成衣及服飾業	35,046	257	34,789						
39 皮革及毛皮業									
40 木竹及家具業									
41 紙漿、紙及紙製品業	12,506	752	11,754	106,275	86,992	86,992			19,283
42 印刷業									
43 化學材料製造業	298,498	9,412	289,086	3,337	3,337	3,337			
44 基本化學材料製造業 (基本化學工業)	234,354	6,330	228,024	3,337	3,337	3,337			
45 (石油化工原料製造業) (石油化工原料製造業)	22,999	3,819	19,180						
46 (肥料製造業) (肥料製造業)	211,103	2,262	208,841	3,337	3,337	3,337			
47 人造纖維製造業	248	248							
48 人造纖維製造業	3,856	2,523	1,333						
49 樹脂塑膠及橡膠製造	60,289	559	59,730						
50 其他化學材料製造業									
51 化學製品製造業	26,314	2,201	24,113						
52 橡膠製品製造業	1,778		1,778						
53 塑膠製品製造業	7,250	389	6,861						
54 非金屬礦物製品製造業	194,596	145,429	49,167						
55 水泥及水泥製品業									
56 其他	194,596	145,429	49,167						
57 (陶瓷製品製造業)	69,862	65,387	4,475						
58 (玻璃及玻璃製品製造業)	59,457	29,707	29,750						
59 金屬基本工業	300,166	15,223	284,943						
60 鋼鐵基本工業	272,084	10,719	261,365						
61 非鐵金屬基本工業	28,081	4,503	23,578						
62 (鋁業)	16,634	1,220	15,414						
63 金屬製品製造業	44,677	40,492	4,185						
64 機械設備製造業	2,173	2,122	51						
65 電腦通信及視聽電子產品製造業	81,141	55,906	25,235						
66 (電子零組件製造業)									
67 運輸工具製造業	425,715	8,578	417,137						
68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業									
69 其他工業製品製造工業	3,715	3,625	90						
70 用水供應業									
71 營造業									
72 其他				34,400	34,400		34,400		



### 能源平衡表—OECD能源統計格式(熱值單位)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	46 電力合計 Electricity Total	47 電力-發電廠 小計 Electricity-Electricity Plants Subtotal	48 水力發電 Hydro Power	49 核能發電 Nuclear Power	50 火力發電 Thermal Power	51 地熱發電、太陽 光電及風力發電 Geothermal Electricity, Solar Photovoltaic and Wind Energy	52 電力-汽電 共生廠 Electricity- Cogeneration Plants
1 自產	623,984	623,984	487,544	10,533,903		136,440	
2 + 進口	10,533,903	10,533,903					
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	11,157,887	11,157,887	487,544	10,533,903		136,440	
8 - 產品間轉換(轉出)							
9 - 統計差異	7,042,242	7,042,246					
10 - 轉變投入							
11 煉焦工場/煤製品業			737,022	10,134,029	13,365,375	131,542	620,003
12 高爐工場							
13 煉油廠							
14 石化工廠							
15 公用發電廠			737,022	10,134,029	13,365,375	131,542	620,003
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	17,432,899	14,835,782	252,574		13,963,205		3,217,120
20 轉變產出	17,432,899	14,835,782	252,574		13,963,205		3,217,120
21 產品間轉換(轉入)							
22 - 能源部門自用	1,605,864	1,331,308	3,093	399,876	597,830	1,187	274,556
23 煉礦業	68	68					
24 煉焦工場/煤製品業							
25 高爐工場							
26 油氣礦業	1,363	1,363					
27 煉油廠	300,924	200,153					100,771
28 發電廠	813,105	813,105	3,093	399,876	597,830	1,187	
29 抽水用電	277,879	277,879					
30 汽電共生廠	173,784						173,784
31 氣體燃料供應業	38,741	38,741					
32 - 損耗	804,988	804,988					
33 = 最終消費	19,137,692	16,815,127				3,714	2,322,565
34 A 能源消費	19,137,692	16,815,127				3,714	2,322,565

# 能源平衡表—OECD能源統計格式（熱值單位）

民國101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	46 電力合計	47 電力-發電廠 小計	48 水力發電	49 核能發電	50 火力發電	51 地熱發電、太陽 光電及風力發電	52 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					
工業部門	11,043,445	8,783,729				738	2,259,716
35 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)	34,323	34,323					
36 食品飲料及菸草業	320,203	314,852					5,351
37 紡織成衣及服飾業	483,151	478,145					5,006
38 皮革及毛皮業	19,983	19,983					
39 木竹及家具業	34,893	34,893					
40 紙漿、紙及紙製品業	295,882	172,603				233	123,279
41 印刷業	47,662	47,662					
42 化學材料製造業	2,342,811	620,032					1,722,779
43 基本化學材料製造業	1,654,702	143,963					1,510,739
44 (基本化學工業)	18,952						18,952
45 (石油化工原料製造業)	1,491,786						1,491,786
46 (肥料製造業)							
47 人造纖維製造業							
48 樹脂塑膠及橡膠製造	486,362	274,321					212,041
49 樹脂塑膠及橡膠製造	130,265	130,265					
50 其他化學材料製造業	71,482	71,482					
51 化學製品製造業	284,459	284,459					
52 橡膠製品製造業	99,814	99,814					
53 塑膠製品製造業	491,136	422,878					65,258
54 非金屬礦物製品製造業	475,947	459,995					15,952
55 水泥及水泥製品業	168,189	152,237					15,952
56 其他	307,758	307,758					
57 (陶瓷製品製造業)	28,533	28,533					
58 (玻璃及玻璃製品製造業)	201,203	201,203					
59 金屬基本工業	1,388,807	1,085,786					303,021
60 鋼鐵基本工業	1,295,845	992,824					303,021
61 非鐵金屬基本工業	92,963	92,963					
62 (鋁業)	50,643	50,643					
63 金屬製品製造業	564,242	564,242					
64 機械設備製造業	176,011	176,011				505	
65 電腦通信及視聽電子產品製造業	3,424,275	3,405,210					19,065
66 (電子零組件製造業)	2,336,104	2,336,104					
67 運輸工具製造業	199,622	199,622					
68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業	119,247	119,247					
69 其他工業製品製造工業	78,736	78,736					
70 用水供應業	115,613	115,613					
71 營造業	46,622	46,622					
72 其他							

# 能源平衡表—OECD能源統計格式（熱值單位）

民國101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>kilocalorie)

項 目	46	47	48	49	50	51	52
	電力合計 Electricity Total C47-C52	電力-發電廠 小計 Electricity-Electricity Plants Subtotal C48-C51	水力發電 Hydro Power	核能發電 Nuclear Power	火力發電 Thermal Power	地熱發電、太陽 光電及風力發電 Geothermal Electricity, Solar Photovoltaic and Wind Energy	電力-汽電 共生廠 Electricity- Cogeneration Plants
73 運輸部門	105,656	105,656					
74 國內航空							
75 公路							
76 鐵路	105,656	105,656					
77 管線運輸							
78 國內水運							
79 其他							
80 農業部門	232,878	232,878					
81 農牧及林業	153,784	153,784					
82 漁業	79,093	79,093					
83 服務業部門	4,034,172	3,971,325				1,787	62,847
84 批發及零售業	462,021	462,021					
85 住宿及餐飲業	238,753	238,753					
86 運輸服務業	112,533	112,533					
87 倉儲業	63,621	63,621					
88 通信業	122,584	122,584					
89 金融保險及不動產業	92,975	92,975					
90 工商服務業	102,727	102,727					
91 社會服務及個人服務業	739,845	739,845					
92 公共行政業	538,341	475,494				1,787	62,847
93 其他	1,560,773	1,560,773					
94 住宅部門	3,721,535	3,721,535				1,189	
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101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>Kilocalorie)

項 目	53 (生質能發電)	54 (廢棄物能發電)	55 太陽熱能	56 熱能	57 總計	Item
	Biomass Power	Waste to Generation	Solar Thermal	Heat	Grand Total C1+C13+C37+ C40+C46+C55+C56	
1 自產			102,638		2,765,417	1 Indigenous Production
2 + 進口					123,924,249	2 + Import
3 - 出口					16,411,940	3 - Exports
4 - 國際海運					1,181,985	4 - International Marine Bankers
5 - 國際航空					2,075,044	5 - International Civil Aviation
6 - 存貨變動					217,159	6 - Stock Changes
7 = 初級能源總供給			102,638		106,803,538	7 = Total Primary Energy Supply
8 - 產品間轉換(轉出)					6,244,593	8 - Transfers(Input)
9 - 統計差異					7,094,197	9 - Statistical Differences
10 - 轉變投入	6,528	1,099,000			112,939,118	10 - Transformation Input
11 煉焦工場/煤製品業					4,989,093	11 Coke Ovens
12 高爐工場					3,800,819	12 Blast Furnaces
13 煉油廠					62,420,790	13 Petroleum Refineries
14 石化工廠						14 Petrochemical Industry
15 公用發電廠	6,528	1,099,000			32,524,674	15 Public Electricity Plants
16 自用發電廠					681,116	16 Autoproducer Electricity Plants
17 公用汽電共生廠					8,522,626	17 Public Cogeneration Plants
18 自用汽電共生廠						18 Autoproducer Cogeneration Plants
19 + 轉變產出合計	100,151	1,474,263		309,284	91,883,217	19 + Transformation Output Total
20 轉變產出	100,151	1,474,263		309,284	86,941,427	20 Transformation Output
21 產品間轉換(轉入)					4,941,784	21 Transfers(Output)
22 - 能源部門自用	5,652				4,896,714	22 - Energy Sector Own Use
23 煉礦業					2,200	23 Coal Mines
24 煉焦工場/煤製品業					483,169	24 Coke Ovens
25 高爐工場					465,930	25 Blast Furnaces
26 油氣礦業					1,363	26 Oil and Gas Extraction
27 煉油廠	5,652				2,628,721	27 Petroleum Refineries
28 發電廠					823,326	28 Electricity Plants
29 抽水用電					277,879	29 Electricity to Pump Up
30 汽電共生廠					173,784	30 Cogeneration Plants
31 氣體燃料供應業					40,354	31 Gas Companies
32 - 損耗					834,319	32 - Losses
33 = 最終消費	87,970	375,266	102,638	309,284	66,677,812	33 = Total Final Consumption
34 A 能源消費	87,970	375,266	102,638	309,284	46,535,185	34 A Energy Consumption

能源平衡表—OECD能源統計格式（熱值單位）

民國101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>Kilocalorie)

項 目	53	54	55	56	57	Item
	(生質能發電)	(廢棄物能發電)	太陽熱能	熱能	總計	
	Biomass Power	Waste to Generation	Solar Thermal	Heat	Grand Total	
					C1+C13+C37+	
					C40+C46+C55+C56	
35 工業部門	( 87,653 )	( 34,790 )		309,284	23,032,702	35 Industrial Sector
36 礦業及土石採取業(不含煤、油及氣)					76,306	36 Mining and Quarrying(excluding coal, oil and gas)
37 食品飲料及菸草業	( 3,226 )			16,727	610,397	37 Food, Beverage and Tobacco
38 紡織成衣及服飾業				33,063	972,054	38 Textile, Wearing Apparel and Accessories
39 皮革及毛皮業					36,575	39 Leather and Fur
40 木竹及家具業					41,944	40 Wood, Bamboo and Furniture
41 紙漿、紙及紙製品業	( 70,412 )	( 34,750 )		11,690	905,665	41 Pulp, Paper and Paper Products
42 印刷業					51,149	42 Printing
43 化學材料製造業	( 14,013 )	( 39 )		179,196	7,270,820	43 Chemical Materials
44 基本化學材料製造業	( 14,013 )			179,196	4,447,929	44 Basic Chemical Materials
45 (基本化學工業)				16,975	565,448	45 (Basic Industrial Chemicals)
46 (石油化工原料製造業)	( 14,013 )			162,221	3,737,894	46 (Petrochemical Materials)
47 (肥料製造業)					625	47 (Chemical Fertilizers)
48 人造纖維製造業		( 39 )			1,266,194	48 Artificial Fibers
49 樹脂塑膠及橡膠製造					1,226,190	49 Resin, Plastics and Rubber
50 其他化學材料製造業					330,504	50 Other Chemical Materials
51 化學製品製造業					430,785	51 Chemical Products
52 橡膠製品製造業					164,208	52 Rubber Products
53 塑膠製品製造業					578,201	53 Plastic Products
54 非金屬礦物製品製造業					2,478,705	54 Non-metallic Mineral Products
55 水泥及水坭製品業					1,399,321	55 Cement and Cement Products
56 其他					1,079,392	56 Others
57 (陶瓷製品製造業)					103,347	57 (Pottery, China and Earthenware)
58 (玻璃及玻璃製品製造業)					263,505	58 (Glass and Glass Products)
59 金屬基本工業					3,679,695	59 Basic Metal Industries
60 鋼鐵基本工業					9,433	60 Iron and Steel
61 非鐵金屬基本工業					5,659	61 Others
62 (鋁業)					3,772	62 (Aluminum)
63 金屬製品製造業					77,899	63 Fabricated Metal Products
64 機械設備製造業					681,393	64 Machinery and Equipments
65 電腦通信及視聽電子產品製造業					187,816	65 Electrical and Electronic Machinery
66 (電子零組件製造業)					59,177	66 (Electronic Parts)
67 運輸工具製造業					2,395,281	67 Transport Equipments
68 精密光學醫療器材及鐘錶製造業					660,669	68 Precision Instruments
69 其他工業製品製造工業					119,247	69 Miscellaneous Industries
70 用水供應業					174,766	70 Water Supply
71 營造業					116,214	71 Construction
72 其他					136,808	72 Non-Specified
					34,400	

能源平衡表—OECD能源統計格式（熱值單位）

民國101年(西元2012年)

(單位：10<sup>7</sup>千卡) (Unit:10<sup>7</sup>Kilocalorie)

項 目	53	54	55	56	57	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						73 Transport Sector
74 國內航空					11,788,588	Domestic Air
75 公路					86,488	Road
76 鐵路					11,415,258	Rail
77 管線運輸					132,662	Pipeline Transport
78 國內水運						Internal Navigation
79 其他					154,181	Non-Specified
80 農業部門					571,791	Agriculture Sector
81 農牧及林業					157,165	Agriculture, Animal Husbandry and Forestry
82 漁業					414,623	Fishing and Aquaculture
83 服務業部門	(	318 ) (	340,475 )	3,078	5,432,126	Service Sector
84 批發及零售業					462,021	Wholesale and Retail
85 住宿及餐飲業					1,136,990	Hotels and Restaurants
86 運輸服務業					121,479	Transport Services
87 倉儲業					75,824	Storage and Warehousing
88 通信業					132,118	Communication
89 金融保險及不動產業					98,263	Finance, Insurance and Real Estate
90 工商服務業					102,727	Business Services
91 社會服務及個人服務業					739,845	Social and Personal Services
92 公共行政業	(	318 ) (	340,475 )	3,078	867,946	Public Administration
93 其他					1,694,928	Activities Not Adequately Defined
94 住宅部門					99,559	Residential Sector
95 B 非能源消費					5,709,967	Non-Energy Use
96 工業、轉變及能源部門					20,142,626	in Industry/Transf./Energy
97 (石化原料用)					17,079,029	(Feedstocks)
98 運輸部門						in Transport
99 其他						in Other Sectors
100 發電量 (千度)						Electricity Generated (MMWh)
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

附件二、

部門方法（包括電力消費排放）  
排放統計結果

## 二氧化碳 (CO<sub>2</sub>) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	13,395,604	49,344,326	19,539,640	3,654,004	10,116,072	11,499,953	107,549,600
1991	13,489,889	53,837,882	20,772,577	3,527,970	11,557,659	13,089,132	116,275,109
1992	13,327,109	57,152,248	23,906,751	3,468,459	11,933,890	13,938,639	123,727,096
1993	14,879,586	59,701,117	25,958,583	3,603,208	13,137,376	15,474,509	132,754,379
1994	16,580,038	61,955,052	27,376,717	3,656,174	14,707,239	16,211,341	140,486,562
1995	17,512,931	64,727,041	28,647,943	3,806,568	15,438,266	17,702,640	147,835,390
1996	18,161,017	67,289,979	29,630,544	3,932,876	17,227,408	19,088,558	155,330,384
1997	20,745,658	73,723,225	30,412,021	3,691,943	18,544,903	20,102,874	167,220,624
1998	21,788,110	76,912,987	31,733,811	3,177,335	20,675,881	23,399,916	177,688,039
1999	21,908,536	82,627,310	32,677,030	3,259,026	22,084,494	24,192,338	186,748,734
2000	24,059,243	93,231,406	33,146,233	3,707,867	24,935,683	26,258,192	205,338,624
2001	24,954,822	93,456,272	33,185,943	3,805,982	26,373,782	27,174,338	208,951,140
2002	24,355,461	99,102,896	34,480,693	3,850,745	27,188,299	27,746,544	216,724,639
2003	25,795,355	102,567,618	34,450,654	4,309,111	29,572,101	29,415,403	226,110,242
2004	26,540,886	106,720,194	35,818,876	4,510,176	30,752,343	29,585,146	233,927,621
2005	27,676,903	107,901,699	36,799,412	4,163,485	32,467,902	31,580,573	240,589,974
2006	28,267,141	113,156,312	36,747,609	3,286,408	33,877,832	31,879,178	247,214,480
2007	28,016,748	118,480,602	35,583,443	2,742,880	33,837,353	32,242,587	250,903,614
2008	25,528,778	112,694,220	33,744,632	2,979,527	33,368,555	31,526,767	239,842,481
2009	23,958,299	104,018,787	34,049,936	2,573,408	31,939,696	31,199,099	227,739,226
2010	25,571,688	116,051,275	35,172,055	2,523,742	32,777,300	31,152,985	243,249,046
2011	26,025,183	119,499,596	35,668,747	2,588,400	32,502,052	31,861,950	248,145,927
2012	25,440,027	117,436,684	34,892,925	2,660,821	32,218,175	30,834,926	243,483,558

資料來源：經濟部能源局，2014年7月。

註：本表僅為燃料燃燒 CO<sub>2</sub> 排放統計結果，不包含燃料燃燒 CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 排放與生質能燃燒溫室氣體排放。

## 甲烷 (CH<sub>4</sub>) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	248	1,059	3,929	215	633	734	6,818
1991	232	1,180	4,224	201	655	803	7,295
1992	221	1,189	4,828	196	575	817	7,827
1993	251	1,252	5,227	199	539	841	8,309
1994	289	1,314	5,562	203	632	865	8,864
1995	319	1,422	5,870	210	595	921	9,336
1996	312	1,405	6,127	211	682	934	9,672
1997	348	1,577	6,273	192	648	986	10,024
1998	374	1,664	6,574	162	759	1,082	10,616
1999	413	1,877	6,807	166	843	1,192	11,298
2000	463	2,114	6,912	191	918	1,231	11,829
2001	475	2,073	6,949	197	979	1,213	11,887
2002	457	2,162	7,130	197	972	1,199	12,118
2003	504	2,308	7,314	225	1,101	1,232	12,683
2004	525	2,450	7,538	238	1,159	1,257	13,168
2005	556	2,397	7,736	213	1,179	1,285	13,366
2006	573	2,547	7,617	150	1,229	1,290	13,405
2007	556	2,732	7,400	114	1,251	1,325	13,378
2008	499	2,660	7,032	134	1,267	1,329	12,920
2009	457	2,358	7,154	105	1,188	1,274	12,536
2010	452	2,620	7,274	101	1,192	1,259	12,897
2011	437	2,677	7,360	102	1,151	1,268	12,995
2012	437	2,690	7,253	109	1,151	1,249	12,889

資料來源：經濟部能源局，2014年7月。

## 氧化亞氮 (N<sub>2</sub>O) 排放量

(單位：公噸)

年度	能源部門	工業部門	運輸部門	農業部門	服務業部門	住宅部門	總排放量
1990	85	516	172	32	99	111	1,015
1991	81	560	183	31	114	128	1,097
1992	86	620	211	31	127	143	1,218
1993	100	644	232	33	141	161	1,312
1994	116	666	246	33	157	168	1,387
1995	124	688	262	34	166	183	1,456
1996	136	733	275	36	191	205	1,575
1997	146	802	282	35	211	218	1,694
1998	155	842	292	30	234	257	1,810
1999	167	913	301	32	255	270	1,937
2000	187	1,063	302	36	298	304	2,191
2001	202	1,088	301	37	317	318	2,264
2002	198	1,167	311	38	331	328	2,372
2003	220	1,239	308	43	367	359	2,536
2004	224	1,297	320	45	382	361	2,630
2005	237	1,316	328	42	402	385	2,710
2006	243	1,388	326	35	421	391	2,804
2007	241	1,475	314	31	423	398	2,882
2008	216	1,410	297	33	417	389	2,761
2009	209	1,307	299	29	400	387	2,631
2010	199	1,412	308	28	391	368	2,707
2011	193	1,444	313	28	383	371	2,731
2012	190	1,420	306	29	381	360	2,686

資料來源：經濟部能源局，2014年7月。

2014 中華民國國家溫室氣體清冊報告  
Republic of China (Taiwan) National Inventory Report



行政院環境保護署  
Taiwan Environmental Protection Administration  
<http://www.epa.gov.tw>

