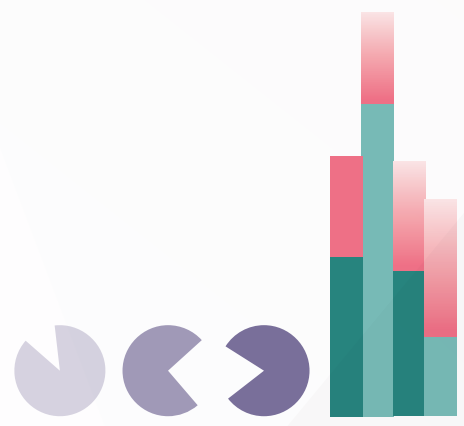




第四章

工業製程及產品使用部門 (CRT Sector 2)

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



第四章

工業製程及產品使用部門
(CRT Sector 2)

4.1 部門概述

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

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

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

另本年度針對 2.F.1 冷凍冷藏及空調之統計亦有執行精進計畫, 包含:

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

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門排放源分類

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

續下表

續上表

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

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

2. 表格內容標示說明：

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

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

表 4.1.2 工業製程及產品使用部門所使用方法學

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

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

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

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

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

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

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

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

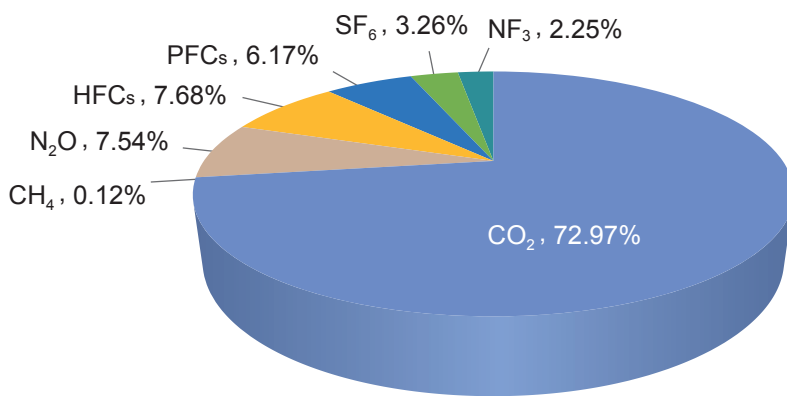


圖 4.1.1 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

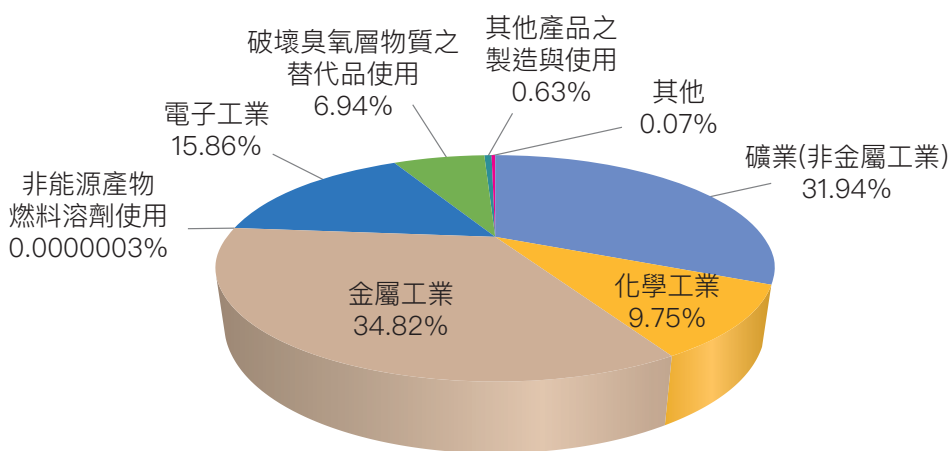


圖 4.1.2 2022 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

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

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

續下表

續上表

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

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

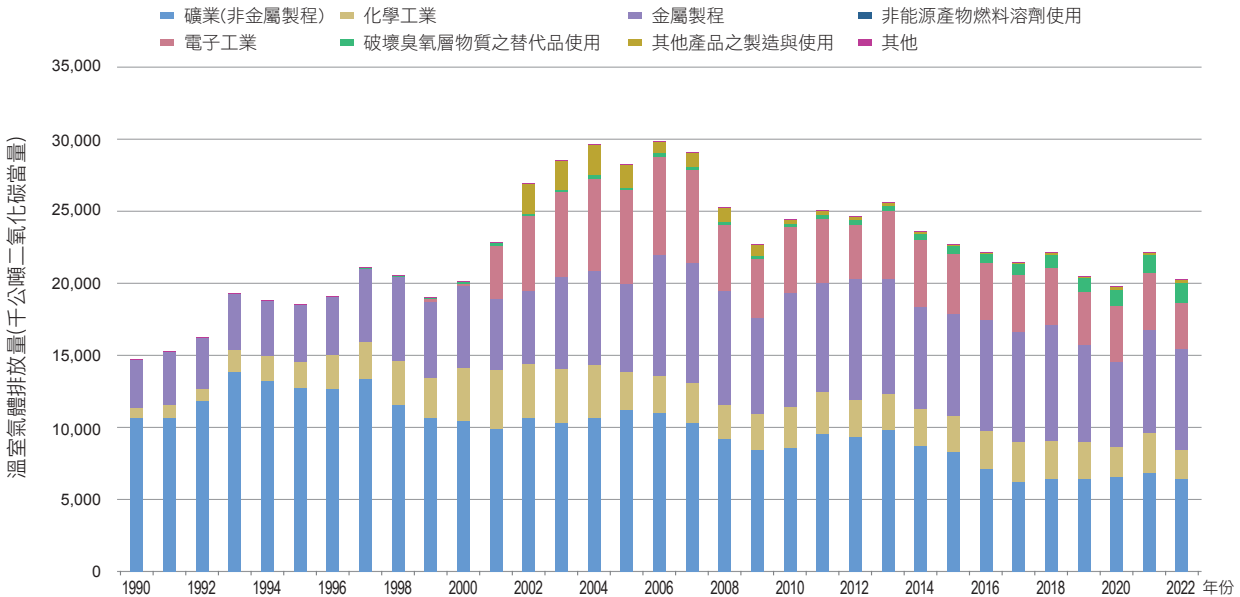


圖 4.1.3 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依類別)

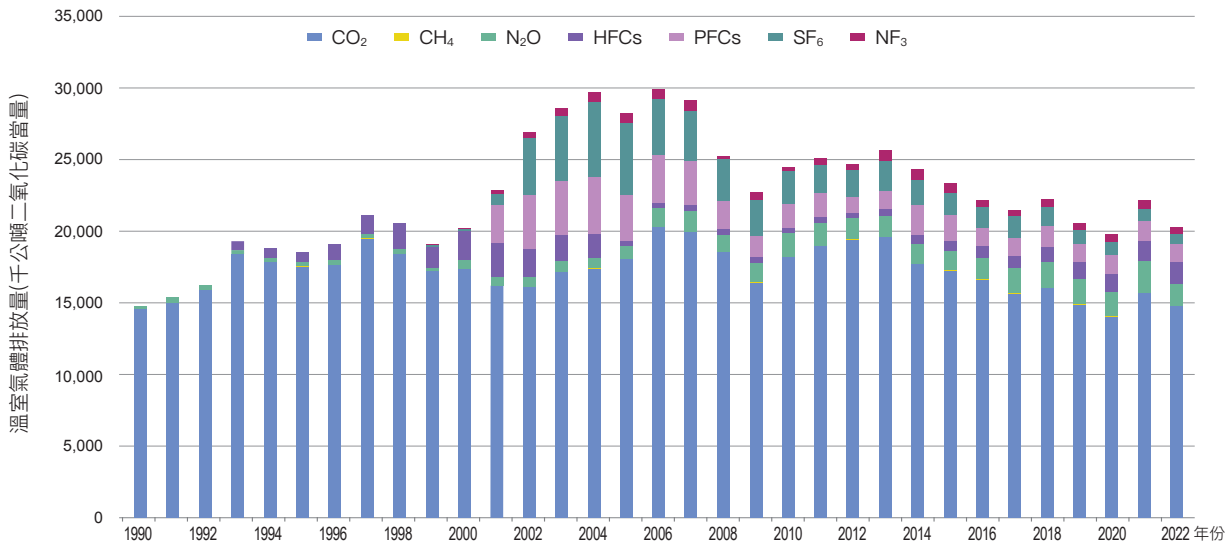


圖 4.1.4 1990 年至 2022 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢 (依氣體)

4.2 礦業 (非金屬工業) (2.A)

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

4.2.1 水泥生產 (2.A.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

A.1990年至1993年

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

公式 4.2.1：

二氧化碳排放量

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

表 4.2.1 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

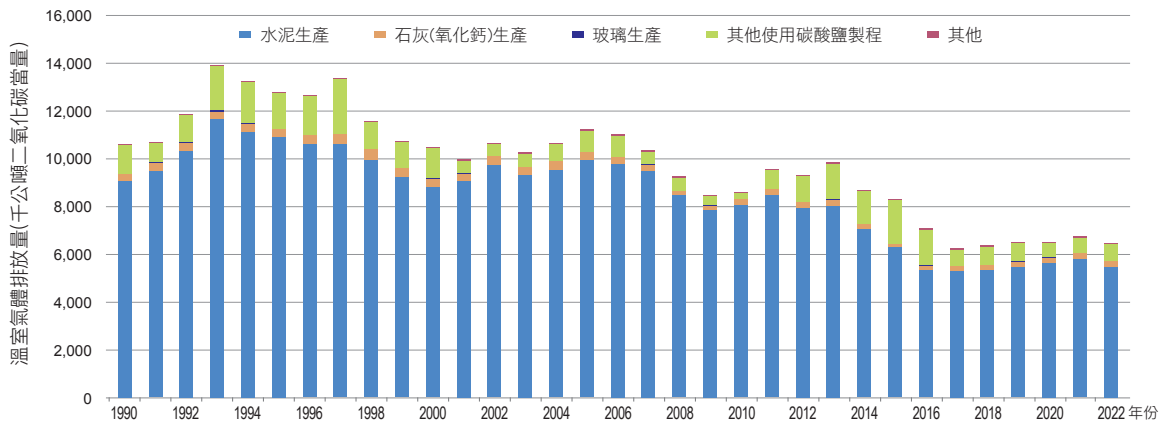


圖 4.2.1 1990 年至 2022 年礦業 (非金屬工業) 排放量趨勢

B.1994 年至 2022 年

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

公式 4.2.2：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

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

表 4.2.2 1990 年至 2022 年水泥熟料產量

(單位：千公噸)

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

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

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

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

表 4.2.3 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

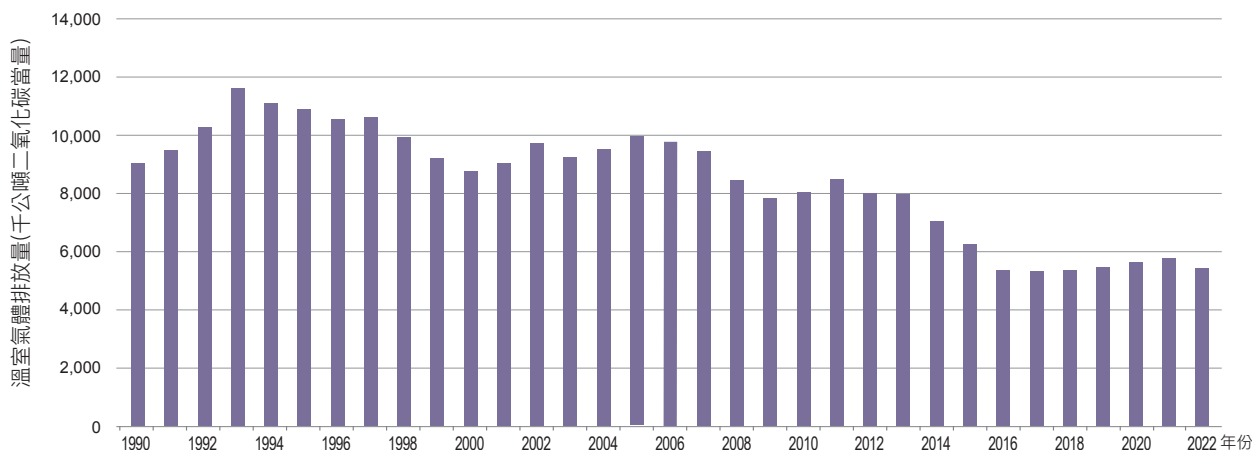


圖 4.2.2 1990 年至 2022 年水泥生產製程排放量趨勢

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

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

(2) 時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

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

6. 特定排放源的改善計畫

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

4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

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

4 於 106 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

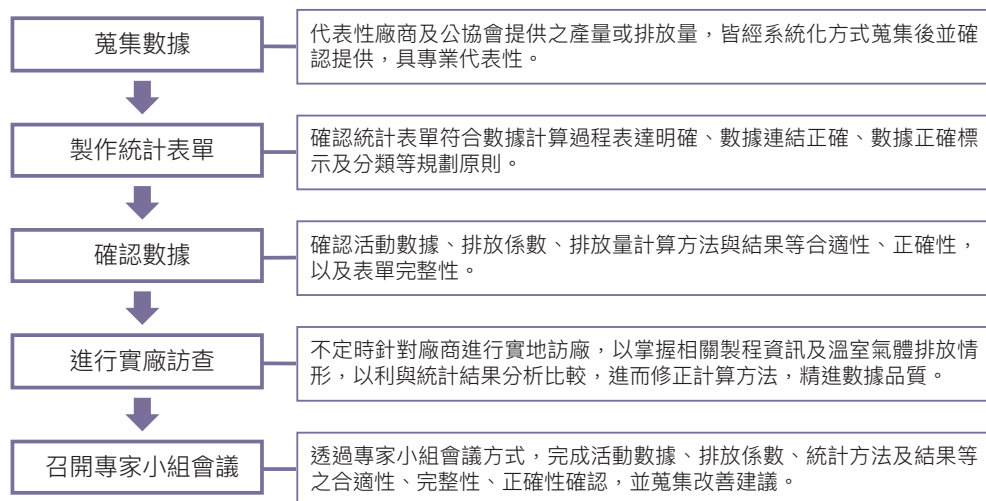
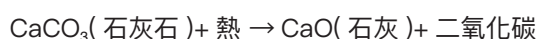


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據 – 民間來源)

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



2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.2.3：

二氧化碳排放量 = 石灰生產量 (公噸) × 石灰排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

國內石灰生產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.4 所示。

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁶ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

表 4.2.4 1990 年至 2022 年生石灰產量

		(單位：千公噸)										
年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
生石灰產量	405	449	512	496	490	477	585	598	609	509	516	
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
生石灰產量	458	504	520	493	445	425	378	356	260	322	318	
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
生石灰產量	287	405	261	211	216	247	263	294	280	326	388	

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

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

表 4.2.5 1990 年至 2022 年石灰生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

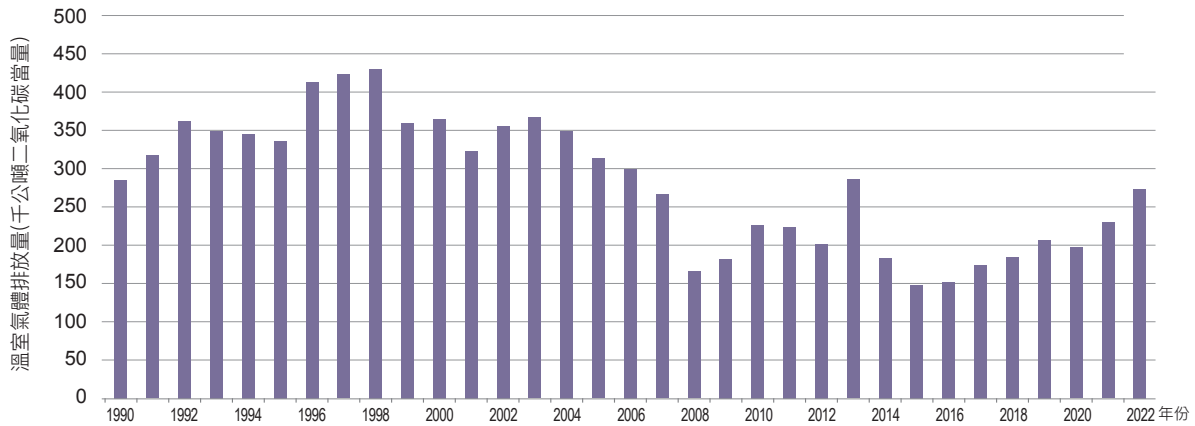


圖 4.2.4 1990 年至 2022 年石灰生產排放量趨勢

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.2.4：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4)

4.2.4.1 製陶 (2.A.4.a)

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

4.2.4.2 其他蘇打粉 (純鹼) 使用 (2.A.4.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.2.5：

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

表 4.2.6 1990 年至 2022 年平板玻璃產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.7 1990 年至 2022 年玻璃生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

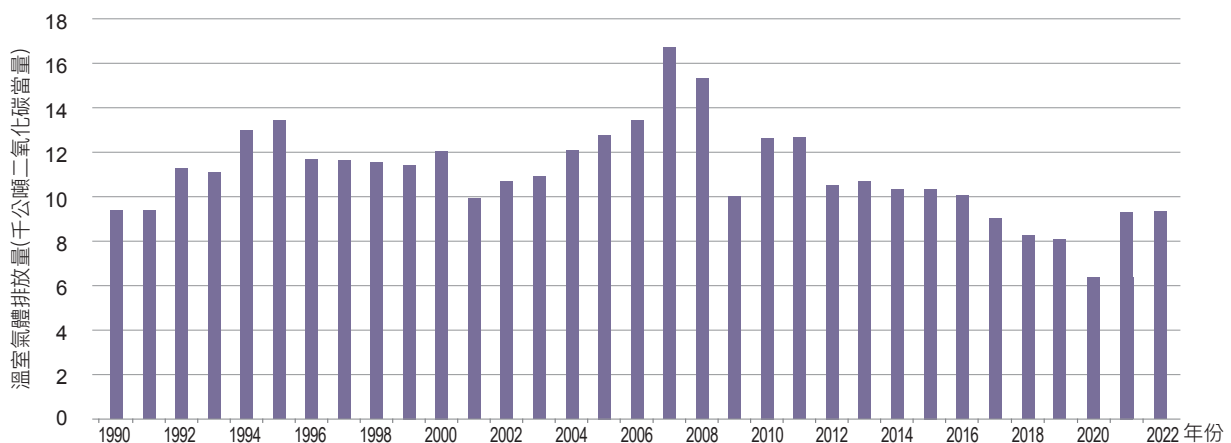


圖 4.2.5 1990 年至 2022 年玻璃生產排放量趨勢

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.2.4.3 非冶鐵之氧化鎂生產 (2.A.4.c)

依據經濟部產業發展署（民生化工組）提供資料，國內已無生產氧化鎂。

4.2.4.4 其他 (2.A.4.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.2.8 1990 年至 2022 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.9 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

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

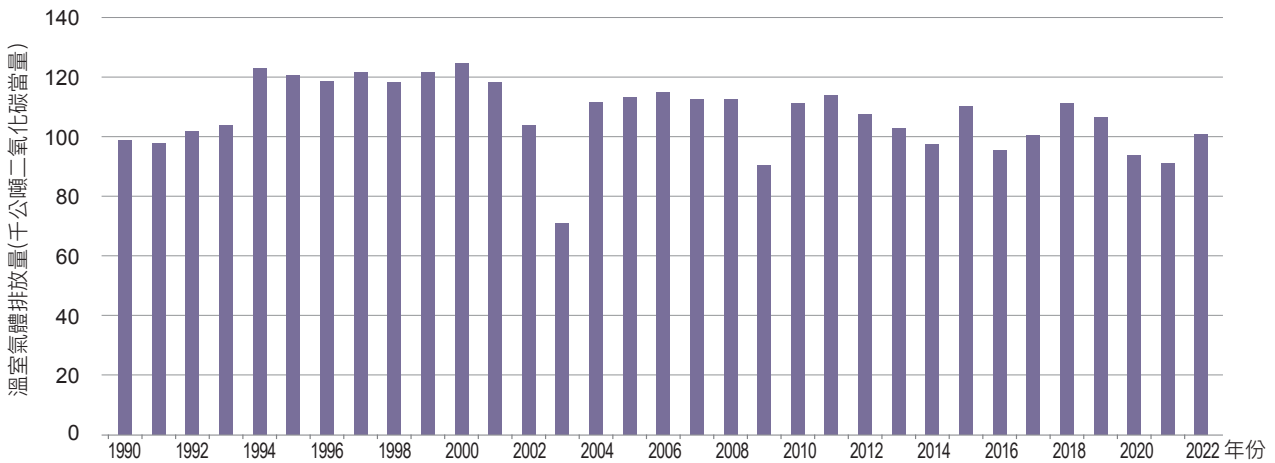


圖 4.2.6 1990 年至 2022 年純鹼使用排放量趨勢

於本項中予以扣除。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.2.6：

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

公式 4.2.7：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

A.1990 年至 2000 年

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

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

B.2001 年至 2022 年

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

(4) 排放量

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

A.1990 年至 2000 年

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

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

B.2001 年至 2022 年

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

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

表 4.2.10 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹¹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.11 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

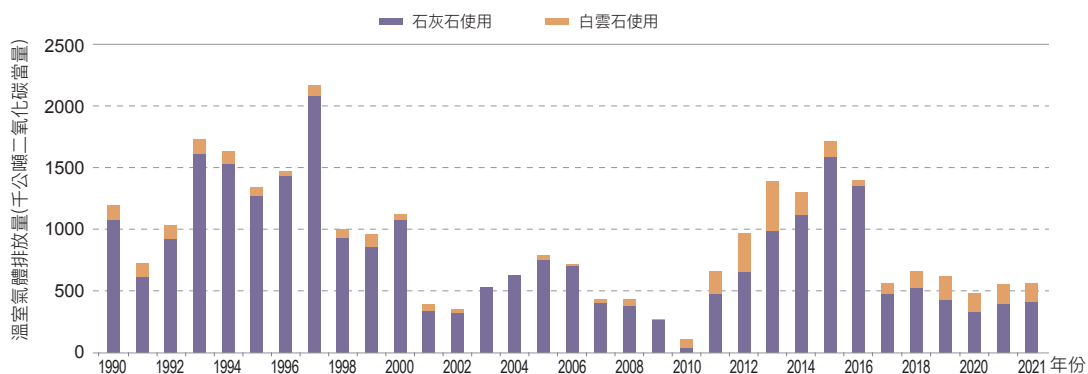


圖 4.2.7 1990 年至 2022 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

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

4.2.5 其他 (2.A.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.2.8：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹³ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3 化學工業 (2.B)

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

表 4.2.12 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產量

(單位：千公噸)

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

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

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

表 4.2.13 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

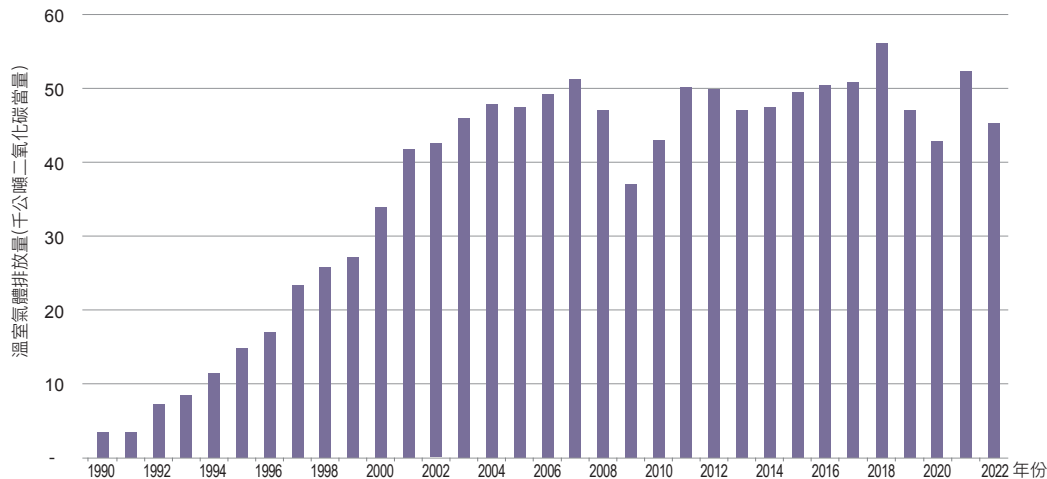


圖 4.2.8 1990 年至 2022 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢

4.3.1 氨生產 (2.B.1)

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

4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.1：

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

(2) 排放係數

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

AP-42 係數，為 5.00 公斤氧化亞氮 / 公噸硝酸生產。

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

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



表 4.3.1 1990 年至 2022 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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



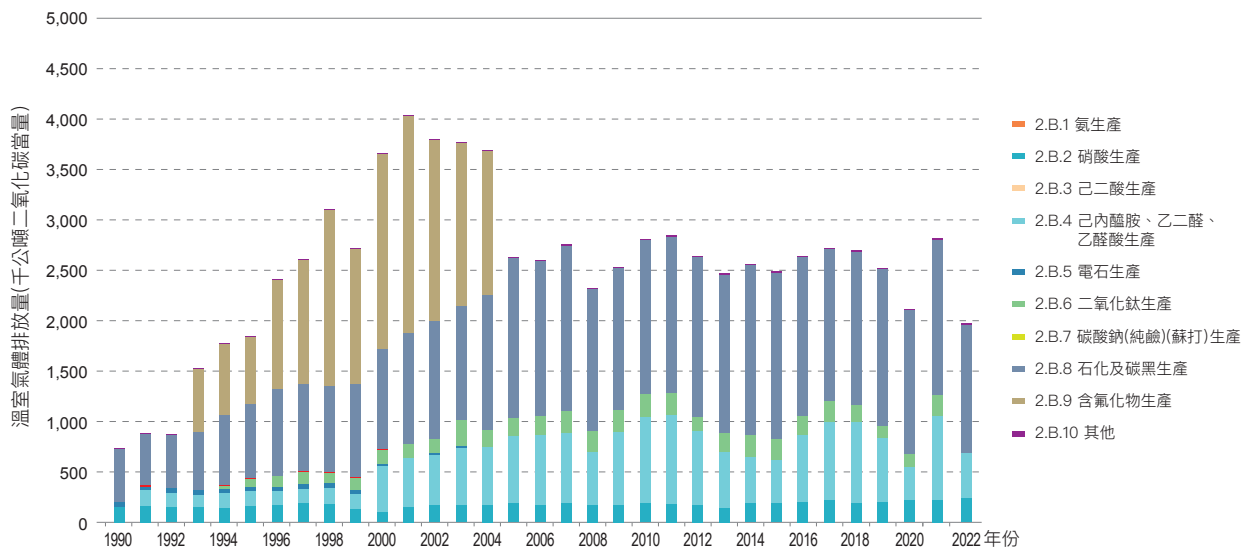


圖 4.3.1 1990 年至 2022 年化學工業排放量趨勢

(2) 時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁵ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.3 己二酸生產 (2.B.3)

本項目為統計己二酸生產製程氧化亞氮排放量，經詢問

酸鹼公會，國內無生產己二酸，故本項目無氧化亞氮排放。

4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

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

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.3.2 1990 年至 2022 年硝酸產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.3 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

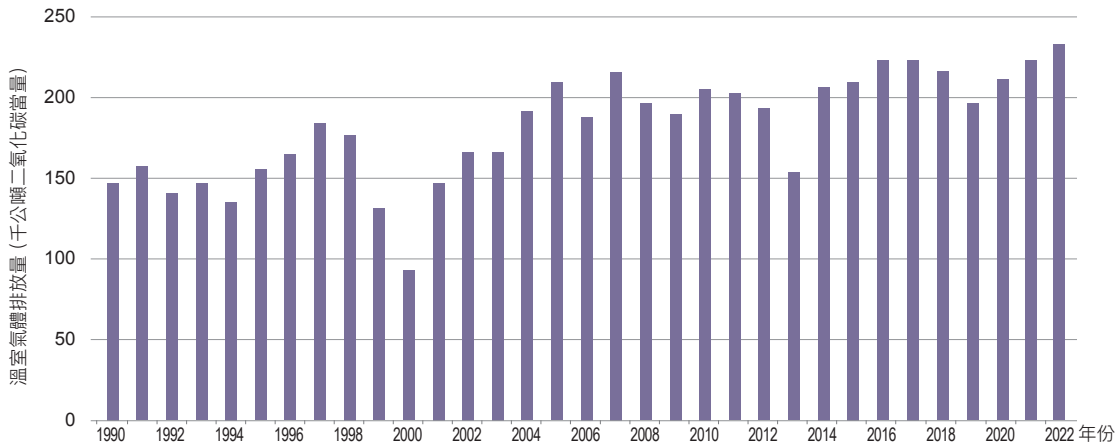


圖 4.3.2 1990 年至 2022 年硝酸生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁶檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.5 電石生產 (2.B.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.2：

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

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

表 4.3.4 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

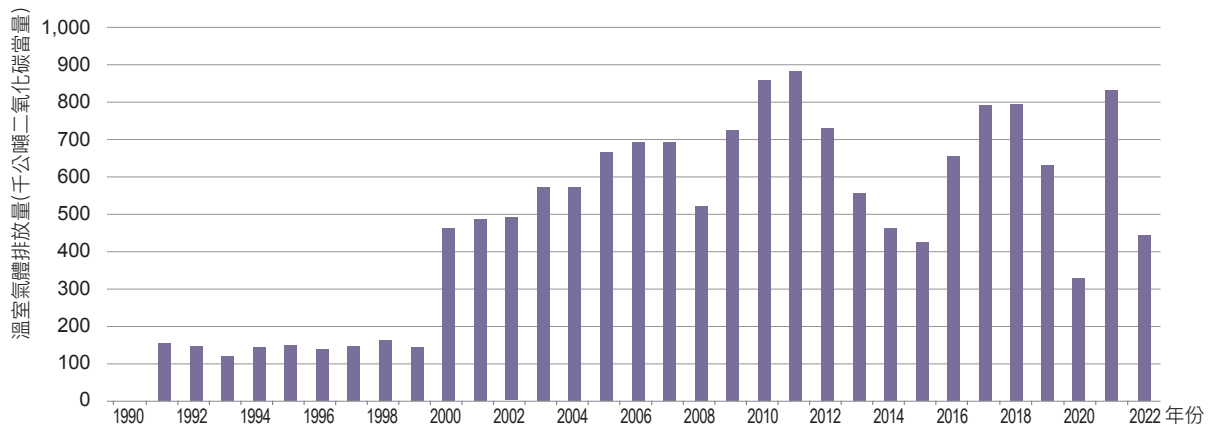


圖 4.3.3 1990 年至 2022 年己內醯胺生產製程排放量趨勢

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

數據來自國內生產碳化鈣廠商，經計算之結果可代表我國碳化鈣使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁸檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

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

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

表 4.3.5 1990 年至 2022 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.6 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

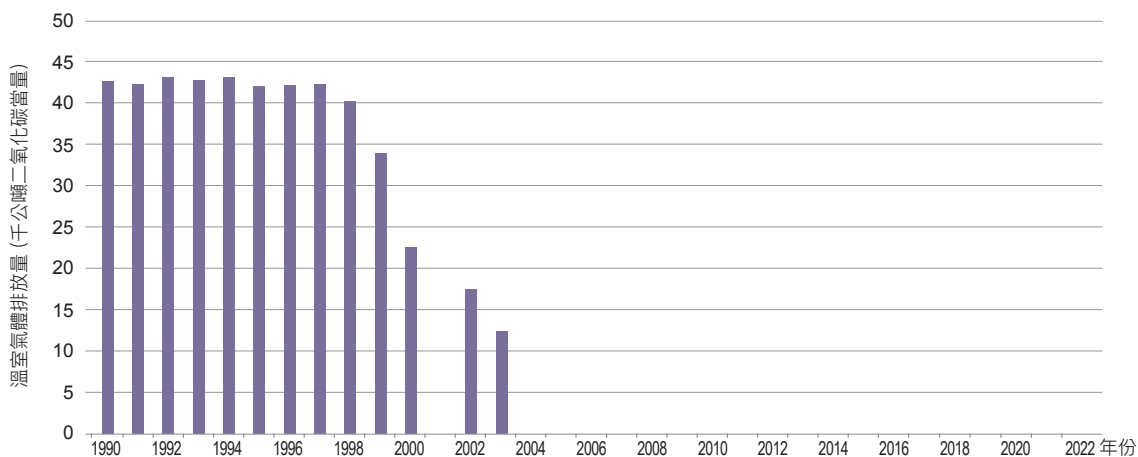


圖 4.3.4 1990 年至 2022 年碳化鈣生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.3：

二氧化碳排放量 = 二氧化鈦生產量 (公噸) × 二氧化鈦排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

性可能受活動數據影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議¹⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.7 碳酸鈉（純鹼 / 蘇打）生產 (2.B.7)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.4：

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

表 4.3.7 1990 年至 2022 年二氧化鈦產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.8 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

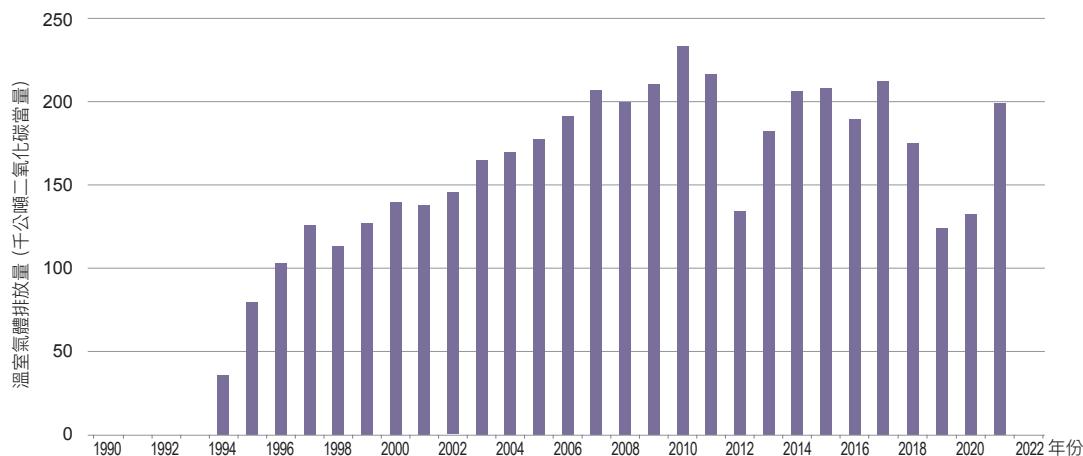


圖 4.3.5 1990 年至 2022 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²¹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)

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

4.3.8.1 甲醇 (2.B.8.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.3.9 1990 年至 2022 年純鹼產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.10 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

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

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

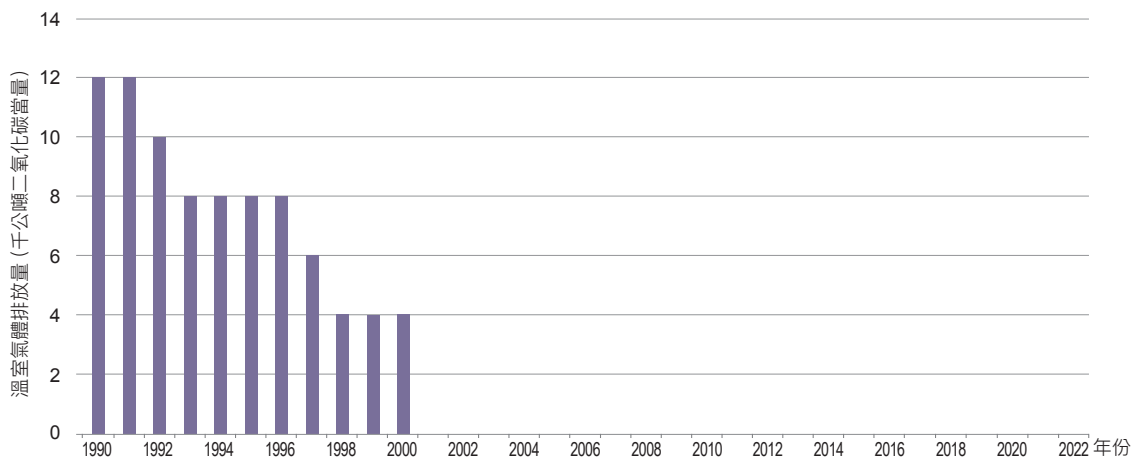


圖 4.3.6 1990 年至 2022 年純鹼生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.5：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{甲醇生產量 (公噸)} \times \text{甲醇排放係數 (公斤二氧化碳 / 公噸生產量)}$$

公式 4.3.6：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²³ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.2 乙烯 (2.B.8.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

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

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

表 4.3.11 1990 年至 2022 年甲醇產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.12 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

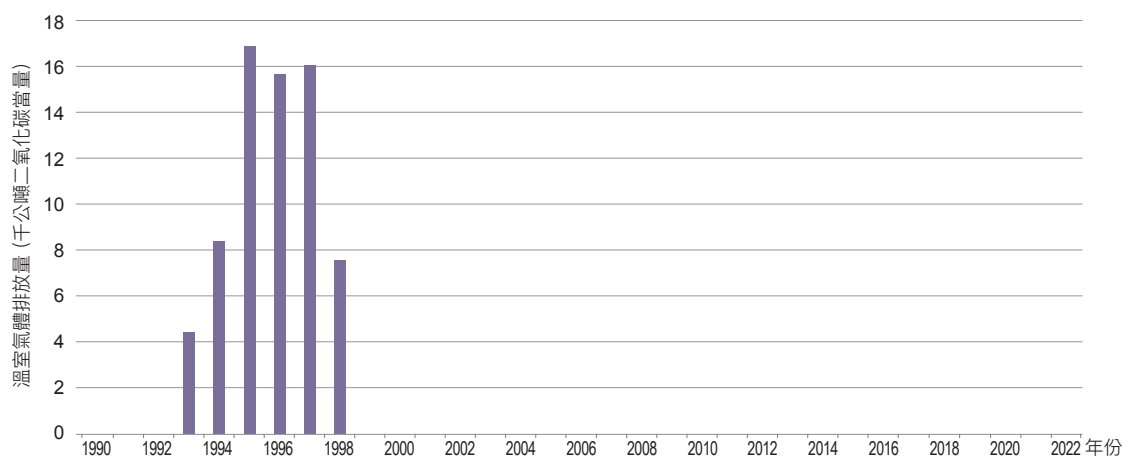


圖 4.3.7 1990 年至 2022 年甲醇生產製程排放量趨勢

公式 4.3.7：

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

公式 4.3.8：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供乙烯生產量，如表 4.3.13 所示。

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁶檢視無重新計算之建議, 故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.3 氯乙烯 (2.B.8.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

表 4.3.13 1990 年至 2022 年乙烯產量

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

(單位：千公噸)

表 4.3.14 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量

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

(單位：千公噸二氧化碳當量)

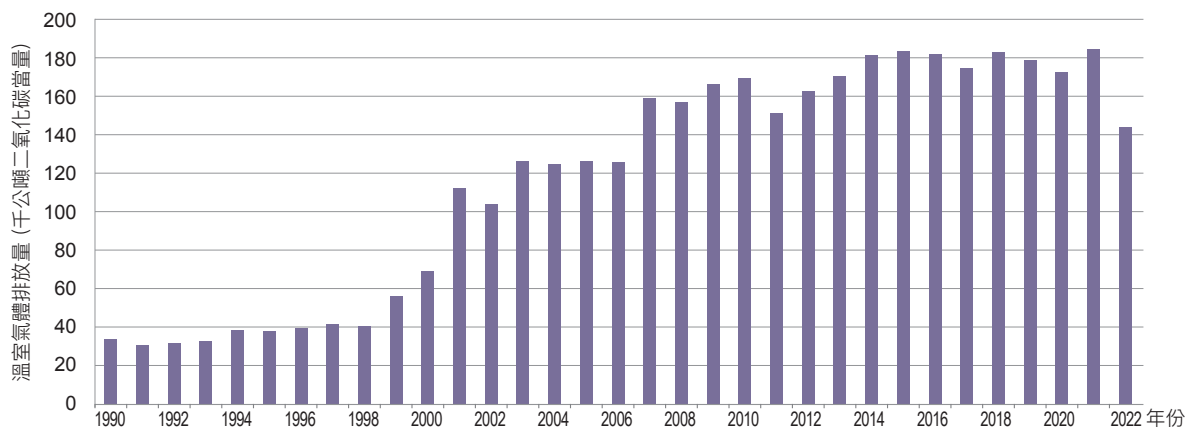


圖 4.3.8 1990 年至 2022 年乙烯生產製程排放量趨勢

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

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

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

公式 4.3.9：

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

公式 4.3.10：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供氯乙烯生產量，如表 4.3.15 所示。

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.4 環氧乙烷 (2.B.8.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.3.15 1990 年至 2022 年氯乙烯產量

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

表 4.3.16 1990 年至 2022 年氯乙烯生產製程排放量

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

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

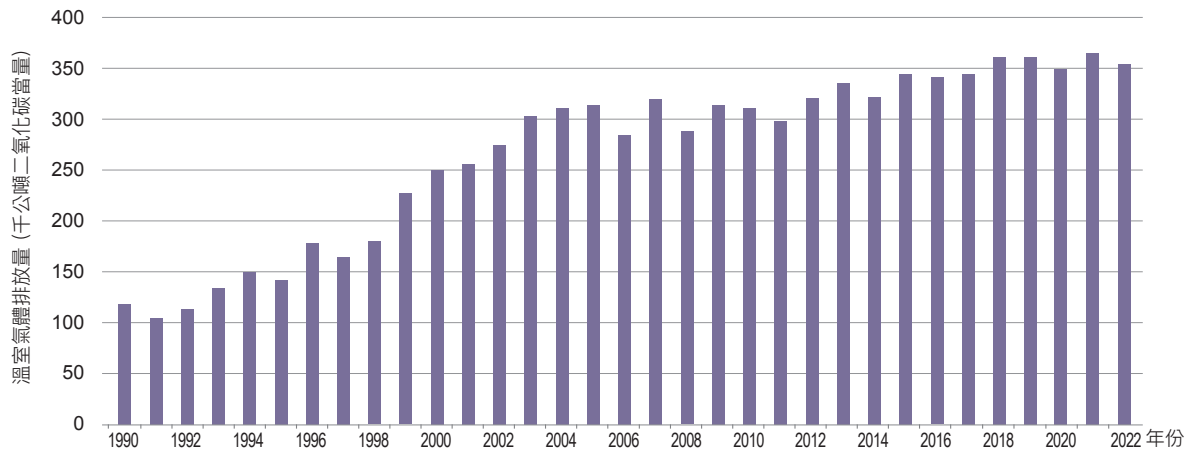


圖 4.3.9 1990 年至 2022 年氯乙烷生產製程排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.11：

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

公式 4.3.12：

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

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

公式 4.3.13：

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

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

(2) 排放係數

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

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

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

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

2014 年起彙算自國內環氧乙烷與乙二醇生產廠商盤查清冊，以確保其完整性。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

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

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

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

(2) 時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁸ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.8.5 丙烯腈 (2.B.8.e)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.3.17 1990 年至 2022 年環氧乙烷產量

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

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

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

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

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計。

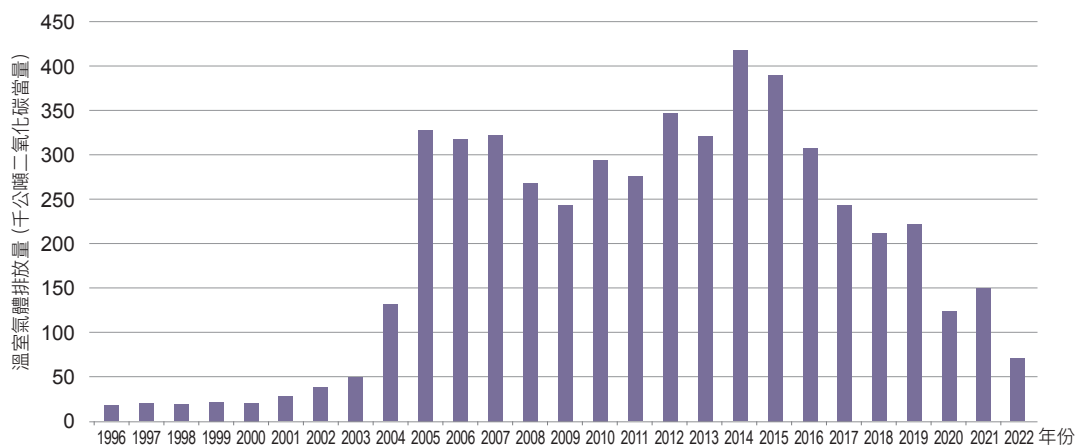


圖 4.3.10 1996 年至 2022 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.14：

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

公式 4.3.15：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供丙烯腈生產量，如表 4.3.19 所示。

(4) 排放量

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

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議²⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.19 1990 年至 2022 年丙烯腈產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.20 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

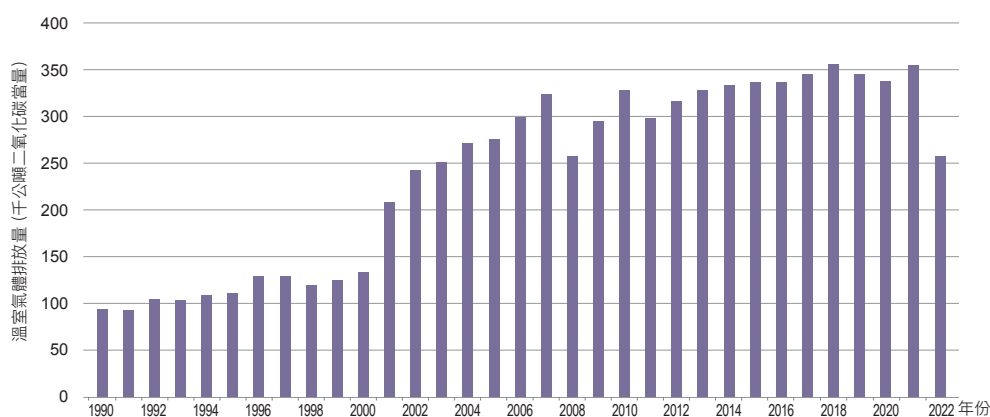


圖 4.3.11 1990 年至 2022 年丙烯腈生產製程排放量趨勢

4.3.8.6 碳黑 (2.B.8.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.16：

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

公式 4.3.16：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

表 4.3.21 1990 年至 2022 年碳黑產量

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

(單位：千公噸)

表 4.3.22 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

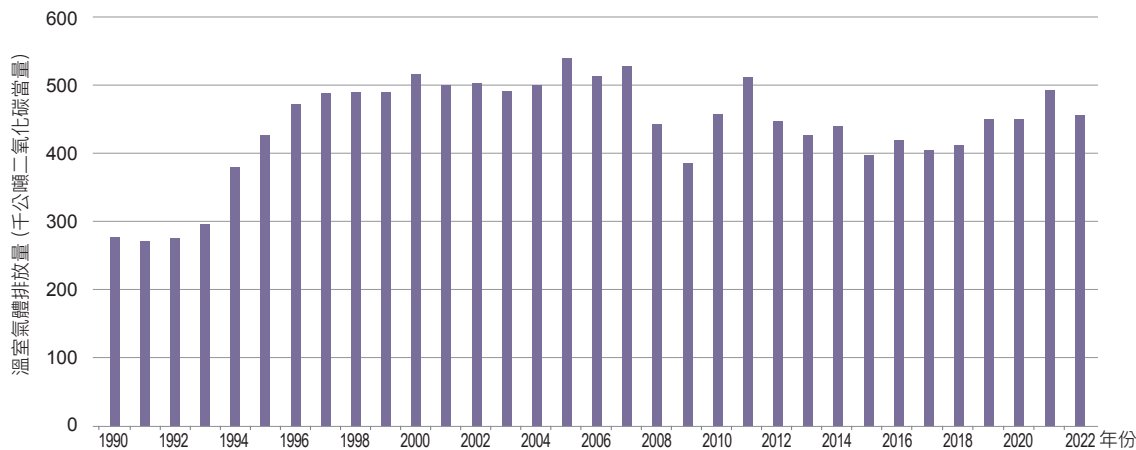


圖 4.3.12 1990 年至 2022 年碳黑生產製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)

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

4.3.9.1 副產品排放 (2.B.9.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.18：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

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

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.9.2 逸散排放 (2.B.9.b)

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

4.3.10 其他 (2.B.10)

以「苯乙烯生產」為其他類別之項目，以下對此項目做詳述。

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.3.23 1990 年至 2022 年 HCFC-22 產量

(單位：公噸)

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

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

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

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

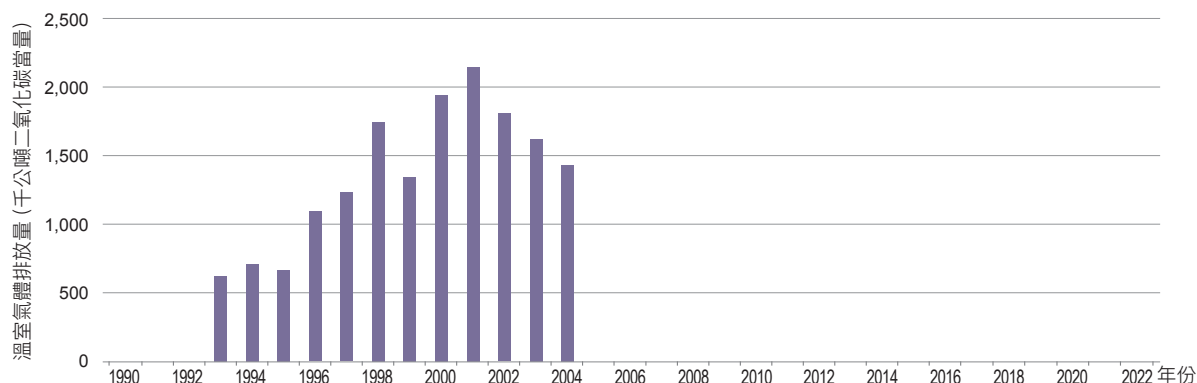


圖 4.3.13 1990 年至 2022 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.3.19：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

由石油化學工業同業公會提供苯乙烯生產量，如表 4.3.25 所示。

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

烯生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁴ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4 金屬工業 (2.C)

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

表 4.3.25 1990 年至 2022 年苯乙烯產量

(單位：百萬公噸)											
年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
苯乙烯產量	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	1.1
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
苯乙烯產量	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
苯乙烯產量	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	1.8	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0

表 4.3.26 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)											
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.B.10 其他 (苯乙烯)	2.0	2.0	1.8	2.1	2.1	2.4	2.3	2.3	2.1	4.5	5.8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.B.10 其他 (苯乙烯)	6.4	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	10.1	9.3	10.6	10.7	9.4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.B.10 其他 (苯乙烯)	9.9	11.3	10.9	11.2	11.7	10.1	11.7	11.1	10.9	11.0	9.9

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

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

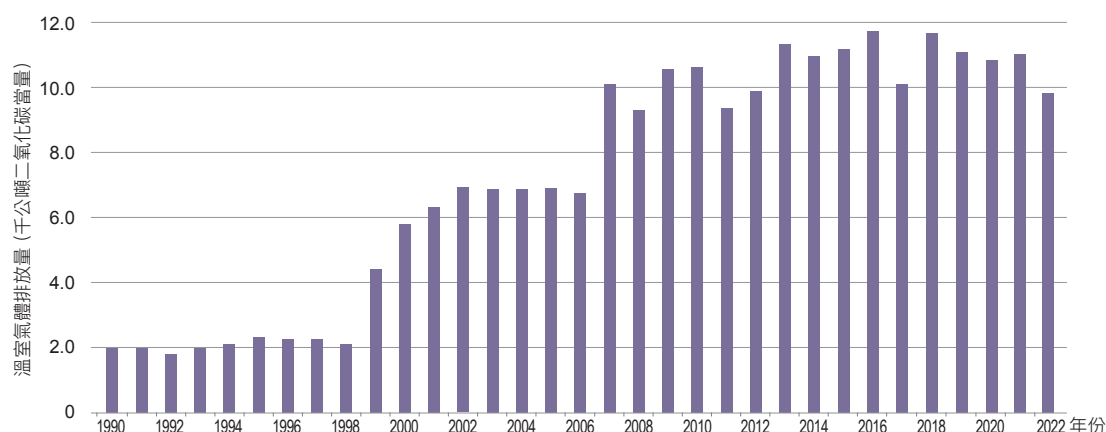


圖 4.3.14 1990 年至 2022 年苯乙烯生產製程排放量趨勢

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

4.4.1 鋼鐵生產 (2.C.1)

4.4.1.1 一貫煉鋼 (2.C.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法³⁶

A. 1990 年至 2000 年

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

胚生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.1 所示。

公式 4.4.1：

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

B. 2001 年至 2022 年

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

(2) 排放係數

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

表 4.4.1 1990 年至 2022 年金屬工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

續下表

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

續上表

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

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

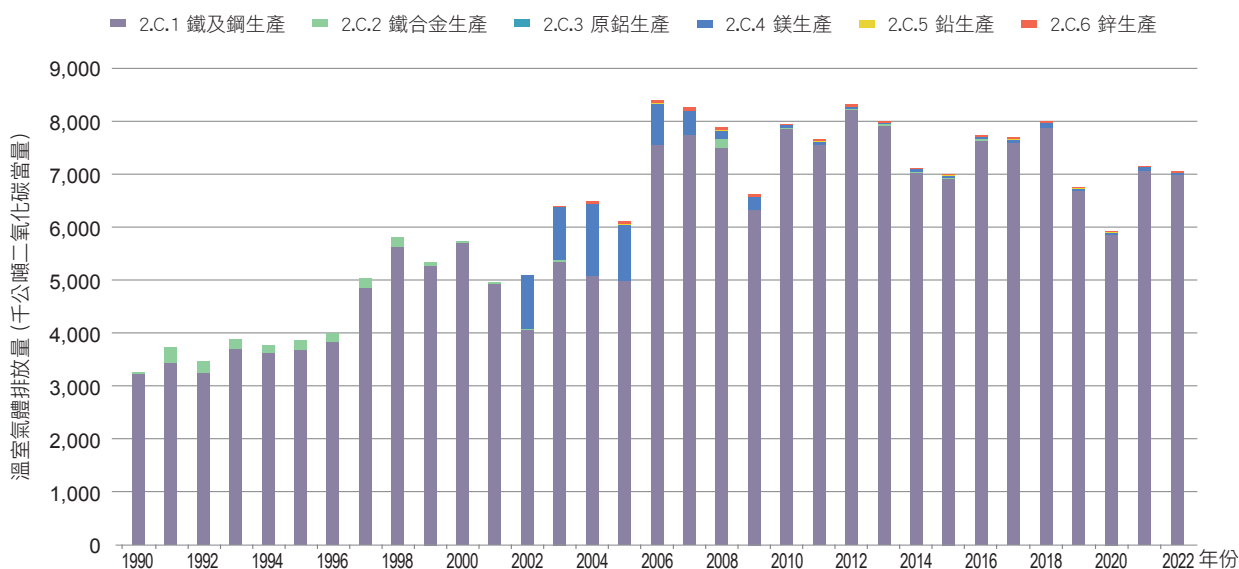


圖 4.4.1 1990 年至 2022 年金屬工業排放量趨勢

(3) 活動數據

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

(4) 排放量

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

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

(5) 完整性

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

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

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

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.1.2 電弧爐鋼胚 (2.C.1.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

表 4.4.2 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

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

表 4.4.3 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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



圖 4.4.2 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢

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

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

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

公式 4.4.2：

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

(2) 排放係數

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

2013 年起直接採用廠商排放清冊，故不需排放係數。

(3) 活動數據

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

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

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

2013 年至 2022 年係彙整國內主要電弧爐製程鋼鐵公司排放清冊，其彙整排放量可代表國內電弧爐鋼胚製程排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 3 (Tier 3)，以國內電弧爐煉鋼業者經第三者查證之溫室氣體排放數據，合併不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

表 4.4.4 1990 年至 2022 年高轉爐鋼胚生產排放量不確定性

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
排放量不確定性 (%)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
排放量不確定性 (%)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.23	3.90	3.98	4.24	4.12	4.03
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
排放量不確定性 (%)	6.18	5.17	5.66	5.29	5.24	4.97	4.82	5.79	6.22	4.41	4.40	

表 4.4.5 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
電弧爐鋼胚產量	4,120	5,143	5,286	5,726	5,467	5,463	5,905	6,653	7,075	6,110	6,869	6,898
年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
電弧爐鋼胚產量	7,706	8,075	8,658	8,713	9,410	10,024	9,795	7,661	6,590	8,927	7,323	

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

38 係指經濟部工業局 (現為經濟部產業發展署) 召開之「工業製程溫室氣體關鍵排放源 – 鐵與鋼生產專家諮詢會」(2015 年 6 月 24 日)。

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議³⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鐵合金生產製程中所產生之二氧化碳，製程以礦石、焦炭及渣化物質於電弧爐高溫熔煉生產鐵合金，其中，當金屬氧化造成焦炭及電極棒之碳消耗減少，熔煉過程將產生一氧化碳，並經由轉化槽轉化為二氧化碳排放。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鐵合金生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.3 所示。

公式 4.4.3：

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

(2) 排放係數

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

(3) 活動數據

1990 年至 2022 年生產量如表 4.4.7 所示，2001 年至 2022 年鐵合金生產量係透過鋼鐵工業同業公會出版之《鋼鐵資訊年報》統計及更新，但無法提供 2000 年前數據，故這部分採用經濟部統計處工業生產統計年報。其中，鐵合金曾於 2004 年至 2007 年停產。

(4) 排放量

鐵合金排放量自 1991 年 287.5 千公噸二氧化碳當量下降至 2003 年 30.2 千公噸二氧化碳當量，並於 2004 年至 2007 年間停產，2008 年起再度生產，排放量達 173.5 千公噸二氧化碳當量，2008 年至 2022 年排放量起伏劇烈，於 2021 年至 2022 年再度停產，1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.8 及圖 4.4.4 所示。

(5) 完整性

鋼鐵工業同業公會及經濟部統計處工業生產統計年報調查鐵合金生產量，皆係以全國為調查對象，排放量計算結果可代表全國排放量。

表 4.4.6 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.C.1.b 電弧爐	428	534	549	595	568	568	613	691	735	635	714
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.C.1.b 電弧爐	717	801	840	900	905	979	1,040	1,013	800	687	924
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.C.1.b 電弧爐	757	882	878	762	752	787	813	713	734	798	694

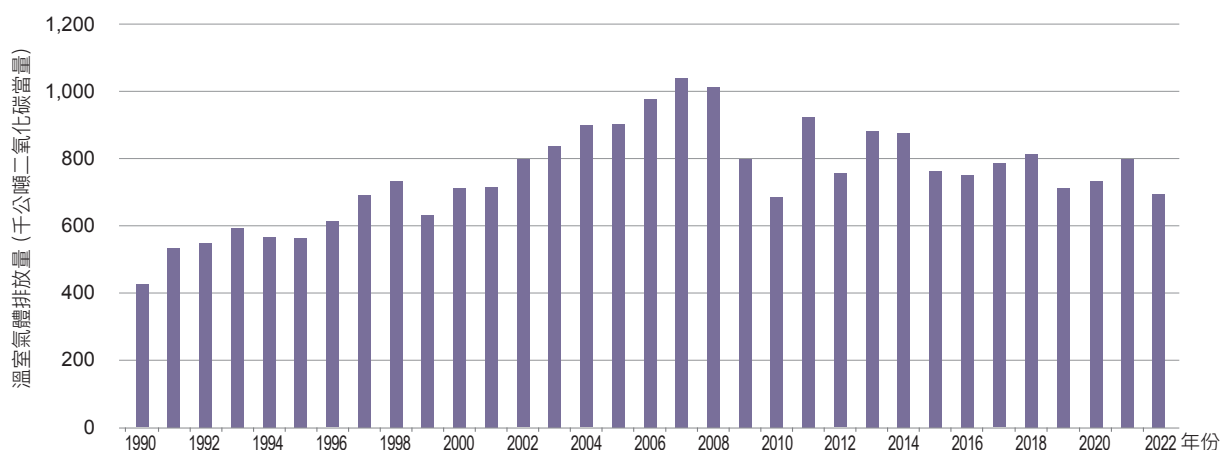


圖 4.4.3 1990 年至 2022 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢

39 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以生產量計算活動數據，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性為 25%，合併不確定性則為 25%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2022 年數據來源不同，無時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁰ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)

本項目為統計原鋁生產排放二氧化碳及使用全氟碳化物之排放量，因國內鋁製造非自鋁礦提煉，換言之國內並無生產原鋁。

表 4.4.7 1990 年至 2022 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
鐵合金產量	8	73	55	44	37	50	45	46	45	16	8
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
鐵合金產量	5	6	8	NO	NO	NO	NO	44	0.003	7	1
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
鐵合金產量	3	5	6	7	8	0.004	0.4	0.4	0.005	NO	NO

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

表 4.4.8 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.C.2 鐵合金生產	33	288	215	171	144	195	177	181	175	63	33
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.C.2 鐵合金生產	21	25	30	NO	NO	NO	NO	174	0.01	26	3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.C.2 鐵合金生產	10	20	24	29	32	0.02	2	2	0.02	NO	NO

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

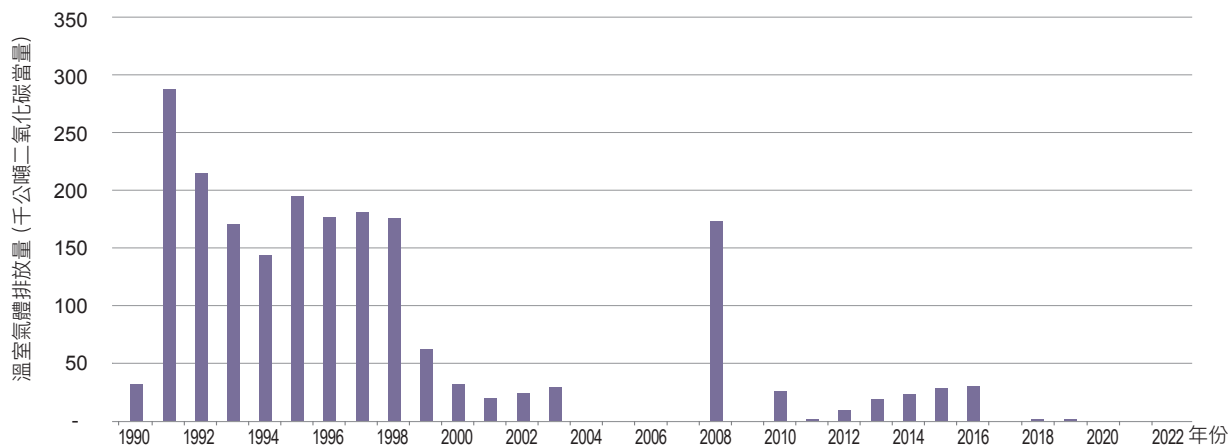


圖 4.4.4 1990 年至 2022 年鐵合金生產製程排放量趨勢

40 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

4.4.4 鎂生產 (2.C.4)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鎂生產使用六氟化硫排放量，鎂合金為高活性材料，溶解時需以氣體保護防止燃燒，目前產業界使用乾燥空氣、二氧化碳、六氟化硫混合為保護氣體，其中，六氟化硫為惰性氣體，使用過程將全部排放，故使用量即為其排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2003 年至 2009 年依據行政院環境保護署（現為環境部）歷年委辦計畫 (2016)⁴¹ 調查所得排放量，2010 年起改由產業發展署向生產廠商調查，均係參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，以鎂生產六氟化硫採購量為排放量，即台灣輕金屬協會⁴² 會員廠調查數據。

(2) 排放係數

由環境部歷年計畫或廠商提供排放量，係彙整自台灣輕金屬協會取得使用量，為一實際值，故無排放係數需求。

(3) 活動數據

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016) 或輕金屬協會會員廠提供，係依會員廠經查證之實際使用量統計活動數據。惟因鎂生產廠商逐漸外移或改生產其他輕金屬，且部分廠商以乾燥沙取代 SF₆ 之使用，或修改壓鑄製程為射出製程，以減少保護氣體之使用，本項活動數據已逐年降低。

(4) 排放量

依行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016) 資訊得知，鎂生產於新製程普及後才大量使用六氟化硫，早期使用六氟化硫為實驗推廣，使用量非常少，故無進行調查，鎂生產排放量自 2004 年排放 1,334 千公噸二氧化碳當量，下

降至 2022 年 27 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移，加上廠商配合環境部計畫推動進行減量工作，故排放量呈現明顯下降趨勢。以六氟化硫之全球暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 23,500 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 年至 2022 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

(5) 完整性

2002 年至 2009 年由環境部計畫提供之排放量係由台灣輕金屬協會調查，為會員廠排放量，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量，2010 年起由生產廠商提供，亦向台灣輕金屬協會提供之名單進行調查，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2002 年無法取得排放量，2003 年至 2009 年與 2010 年起亦由不同來源提供數據，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

鎂生產排放量由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2016)⁴³ 提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.6 所示。

表 4.4.9 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.C.4 鎂生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.C.4 鎂生產	NE	1,009	1,009	1,334	1,046	757	454	149	242	59	52
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.C.4 鎂生產	31	39	58	44	39	61	84	45	37	62	27

備註：NE(未估計)指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鎂生產未大量使用六氟化硫，故未進行調查。

41 行政院環境保護署（現為環境部），我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。每年計畫名稱不同，此處僅列出最新一年計畫名稱。

42 台灣輕金屬協會 (Taiwan Light Metals Association, 簡稱 TWLMA) 於 2012 年 3 月 1 日由既有之台灣鈦金屬協會和台灣鎂合金協會，協同國內鋁合金相關的產學研機構正式合併擴展成立。

43 行政院環境保護署（現為環境部），我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。

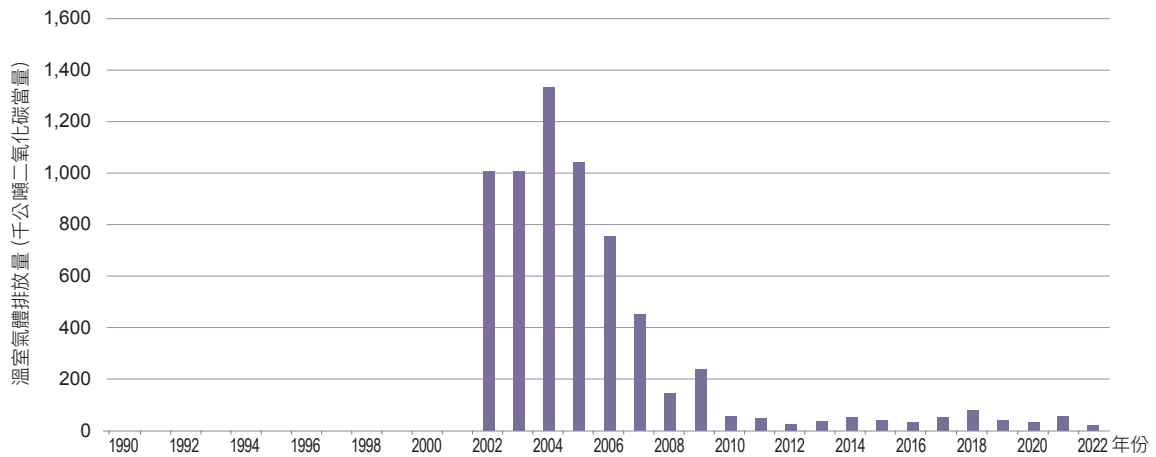


圖 4.4.5 1990 年至 2022 年鎂生產製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視建議至資料可及年分進行重新計算，故追溯至調查廠商可提供資料最早之 2010 年進行重新計算。

6. 特定排放源的改善計畫

原由環境部計畫提供調查數據，但考量產業外移，且國內已減少使用保護氣體，洽詢台灣輕金屬協會後，改由產業發展署向其提供名單之會員廠發放問卷調查採購量並統計，並追溯至調查廠商可提供資料最早之 2010 年。

4.4.5 鉛生產 (2.C.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查鉛生產的二氧化碳排放量，國內鉛生產屬次級生產；其中，提煉鉛的次級生產量為回收鉛的處理量，大部分來自廢鉛蓄電池，二氧化碳來自於廢鉛蓄電池及其他回收廢鉛經過粉碎、脫硫等熔煉過程中產生。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鉛錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.4 所示。

公式 4.4.4：

二氧化碳排放量 = 鉛錠生產量 (公噸) × 鉛錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

依據 2006 IPCC 指南建議，源自次級原材料處理之排放係數為 0.2 公噸二氧化碳 / 公噸次級鉛生產。

(3) 活動數據

由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鉛錠生產量，2003 年前未進行調查，1990 年至 2022 年生產量如表 4.4.10 所示。

(4) 排放量

國內鉛生產 1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.11 及圖 4.4.7 所示，鉛生產排放量與鉛產品使用及回收率有關，由

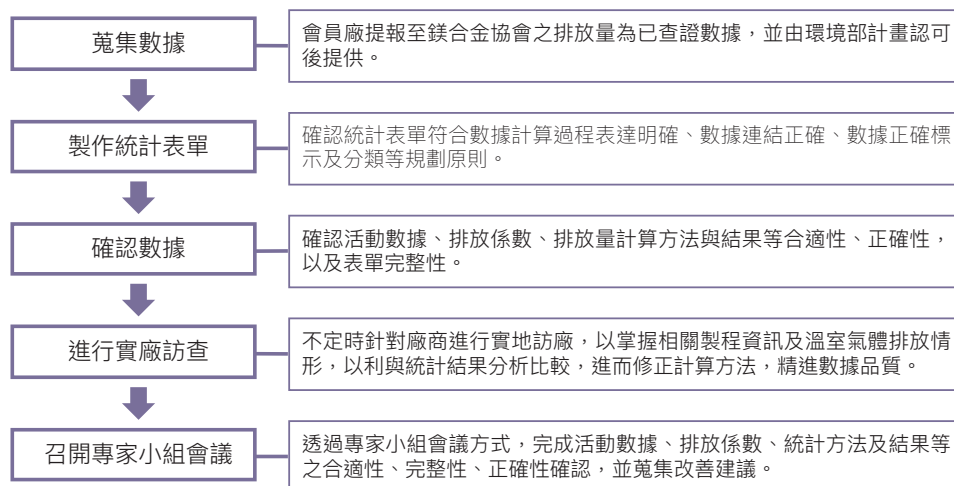


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

2003 年 2.7 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 9.0 千公噸二氧化碳當量後下降，2022 年排放量為 4.5 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

鉛錠生產量由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國鉛生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.10 1990 年至 2022 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
鉛錠產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
鉛錠產量	NE	NE	14	40	40	44	45	41	32	33	35
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
鉛錠產量	28	25	28	25	28	27	28	26	27	19	22

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鉛生產未進行調查。

表 4.4.11 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.C.5 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.C.5 鉛生產	NE	NE	2.7	7.9	8.0	8.8	9.0	8.2	6.3	6.6	7.1
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.C.5 鉛生產	5.5	5.0	5.5	5.5	5.6	5.1	5.1	5.3	5.3	3.9	4.5

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鉛生產未進行調查。

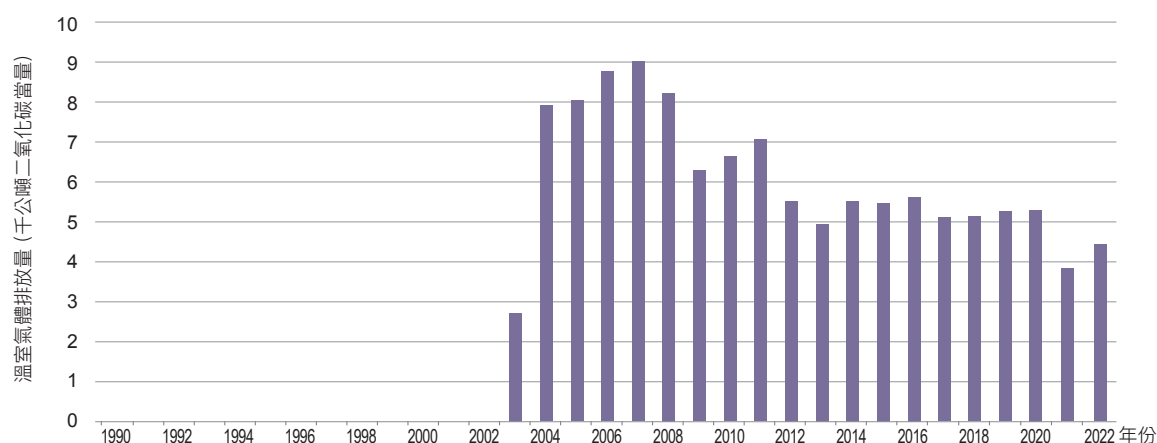


圖 4.4.7 1990 年至 2022 年鉛生產製程排放量趨勢

44 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

4.4.6 鋅生產 (2.C.6)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以鋅錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.4.5 所示。

公式 4.4.5：

二氧化碳排放量 = 鋅錠生產量 (公噸) × 鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸生產量)

(2) 排放係數

依據 2006 IPCC 指南建議，源自次級原材料處理之排放係數為 1.72 公噸二氧化碳 / 公噸次級鋅生產。

(3) 活動數據

由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鋅錠生產量，2003 年前未進行調查，2003 年至 2022 年生產量如表 4.4.12 所示。

(4) 排放量

國內鋅生產 1990 年至 2022 年排放量如表 4.4.13 及圖 4.4.8 所示，鋅生產排放量與鋅產品使用及回收率有關，由

2003 年 14 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 62 千公噸二氧化碳當量後下降，至 2022 年排放量為 19 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

鋅錠生產量由環境部事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國鋅生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

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

(2) 時間序列的一致性

由於 1990 年至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.12 1990 年至 2022 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
鋅錠產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
鋅錠產量	NE	NE	8	29	34	28	36	28	28	6	27
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
鋅錠產量	27	11	10	10	11	13	12	8	3	3	11

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鋅生產未進行調查。

表 4.4.13 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.C.6 鋅生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.C.6 鋅生產	NE	NE	14	50	58	49	62	48	49	11	47
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.C.6 鋅生產	47	18	18	17	19	23	20	14	5	5	19

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，早期鋅生產未進行調查。

45 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

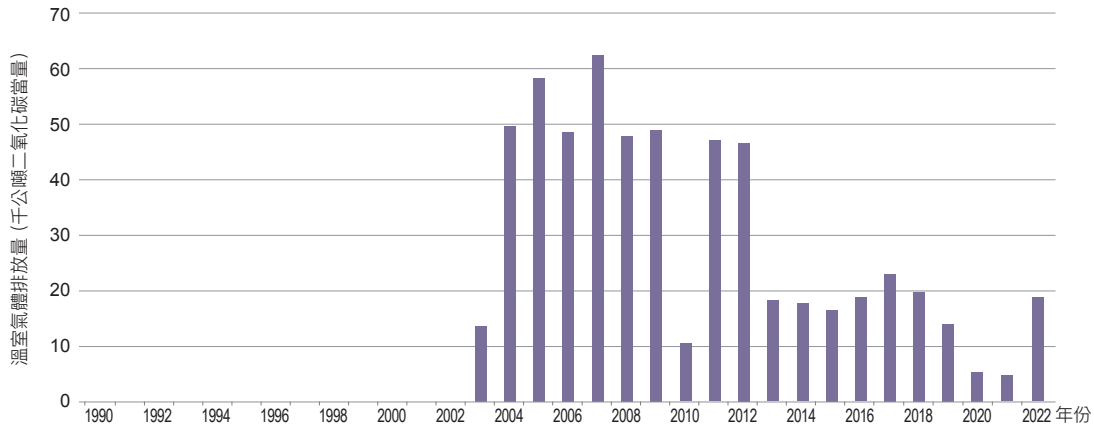


圖 4.4.8 1990 年至 2022 年鋅生產製程排放量趨勢

4.5 非能源產物燃料溶劑使用 (2.D)

2.D「非能源產物燃料溶劑使用」排放量趨近於零，分類項目包括 2.D.1「合成潤滑油使用」、2.D.2「石蠟使用」、2.D.3「溶劑使用」及 2.D.4「其他」等四項，排放溫室氣體種類為二氧化碳及 MNVOC 共計 2 項，但因 2006 IPCC 指南未提供 MNVOC 之 GWP 值，故僅統計二氧化碳排放量。

非能源產物燃料溶劑使用中，2.D.1「合成潤滑油使用」及 2.D.2「石蠟使用」皆係參考 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1) 進行計算，活動數據為透過經濟部統計處工業產銷存動態調查系統及國貿署進出口資料進行統計，排放係數則使用 2006 IPCC 指南預設值，2.D.1「合成潤滑油使用」為 0.073(公噸 CO₂/GJ 潤滑油)，2.D.2「石蠟使用」為 0.073(公噸 CO₂/GJ 石蠟)。

2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量約 0.064 公噸二氧化碳當量，1990 年至 2022 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。

4.6 電子工業 (2.E)

「電子工業」為工業製程及產品部門中第三大之排放分類，分類項目包括 2.E.1「積體電路或半導體」、2.E.2「TFT 平面顯示器」、2.E.3「光電(太陽能板)」及 2.E.4「熱傳流體」等共計四項，統計溫室氣體種類包含 N₂O、HFCs、PFCs、NF₃ 及 SF₆ 等共計五項。2022 年總排放量約 3,209 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 15.86%，各溫室氣體氣體影響程度依序為 PFCs(38.9%)、N₂O(26.4%)、SF₆(15.8%)。1998 年前因電子產業未大量生產，未統計其溫室氣體使用量，僅呈現 1999 年至 2022 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項為參照 2006 IPCC 指南及我國製造業特性新增之項目，主要調查積體電路及半導體使用氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF₆)、三氟化氮(NF₃)、氧化亞氮(N₂O)所造成的排放量，調查氫氟碳化物(HFCs)種類為 CHF₃、CH₂F₂、CH₃F，全氟碳化物(PFCs)種類則為 CF₄、C₂F₆、C₃F₈、C₄F₈ 等。

表 4.5.1 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量

(單位：公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.D.1 合成潤滑油使用	0.048	0.047	0.051	0.060	0.073	0.067	0.071	0.075	0.077	0.075	0.061
2.D.2 石蠟使用	0.011	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.010	0.015	0.017	0.015
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.059	0.057	0.062	0.072	0.086	0.080	0.083	0.084	0.091	0.092	0.076
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.D.1 合成潤滑油使用	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095	0.069	0.069	0.069	0.054	0.042	0.039
2.D.2 石蠟使用	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.001
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.068	0.075	0.092	0.109	0.104	0.071	0.070	0.070	0.057	0.046	0.040

續下表

續上表

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.D.1 合成潤滑油使用	0.036	0.041	0.053	0.081	0.072	0.062	0.062	0.058	0.062	0.063	0.062
2.D.2 石蠟使用	0.002	0.006	0.002	0.020	0.012	0.011	NO	0.004	NO	0.004	0.003
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.039	0.047	0.055	0.100	0.084	0.072	0.062	0.062	0.062	0.067	0.064

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如石蠟於 2020 年起停產，故無排放源發生；
2. NA (不適用) 指我國該分類被認為從未發生相關排放。

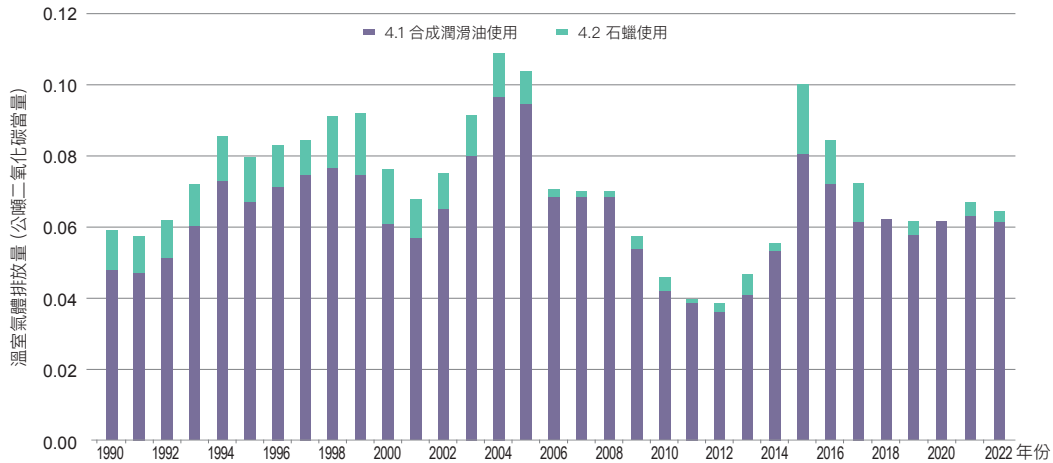


圖 4.5.1 1990 年至 2022 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2001 至 2004 年依據行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫(2015)⁴⁶ 計算。係參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)b，依據氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其採用臺灣半導體產業協會 (The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 TSIA) 會員廠之氣體使用量；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC

指南規範進行推算求得，氧化亞氮由於 2006 IPCC 指南尚無同等規定，使用量全數轉為排放量。

2005 年至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2015) 提供之 TSIA 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TSIA 會員廠環境部國家溫室氣體登錄平臺之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之第一批應登錄之半導體產業盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2)b 進行計算。

表 4.6.1 1990 年至 2022 年電子工業製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2.E.1. 積體電路或半導體	NE	NE	3,432	4,605	4,795	5,139	4,585	5,064	4,590	2,873	2,732	2,778
2.E.2. TFT 平面顯示器	132	145	264	554	1,032	1,313	1,890	1,790	1,904	1,710	1,377	1,787
2.E.3 光電 (太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	132	145	3,696	5,159	5,827	6,453	6,474	6,853	6,494	4,584	4,109	4,565
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.E.1. 積體電路或半導體	2,919	2,254	2,987	3,205	2,938	2,844	2,787	3,072	3,004	3,388	3,432	2,835
2.E.2. TFT 平面顯示器	1,491	1,567	1,731	1,389	1,236	1,124	1,153	950	627	497	524	375
2.E.3 光電 (太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	4,410	3,821	4,718	4,594	4,174	3,968	3,941	4,022	3,630	3,886	3,956	3,209

備註：NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，如 2000 年前因積體電路或半導體、TFT 平面顯示器使用量及光電 (太陽能板) 生產量極少，未進行調查，因此無法計算排放量；熱傳流體未調查統計，因 2006 IPCC 指南尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

46 行政院環境保護署 (現為環境部)，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

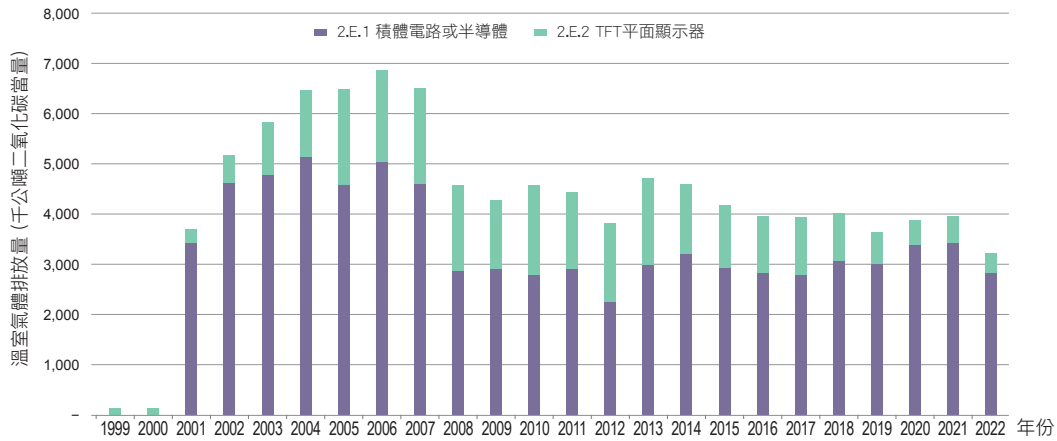


圖 4.6.1 1999 年至 2022 年電子工業製程排放量趨勢

(2) 排放係數

依行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）數據，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.3 及 IPCC 第五次評估報告的 GWP 計算。

(3) 活動數據

2001 年至 2015 年由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證，並於世界半導體協會 (World Semiconductor Council, WSC) 會議中討論並予揭露。2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平臺前亦經第三者查證。

(4) 排放量

2000 年前因積體電路或半導體產業廠商家數少，氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫使用量低，亦無進口之關稅號列，故未進行統計。2001 年至 2022 年積體電路或半導體主要排放溫室氣體種類為全氟碳化物，2001 年排放量為 3,432 千公噸二氧化碳當量，並逐年成長至 2004 年達到 5,139 千公噸二氧化碳當量。由於 TSIA 配合政府推動自願減量，導入安裝尾氣處理設施，與使用較低溫室氣體潛勢氣體取代，並同時以量測程序進行製程改善，以減少全氟碳化物的使用排放，使全氟碳化物排放量逐年降低，再加上 2008 年的經濟蕭條，故 2009 年呈現出最低值。隨著景氣復甦與新產能的增建，排放量開始回升。世界半導體協會 WSC 在 2012 年推出 PFCs 減量最佳可行技術規範（氣體取

代與削減設備安裝）並推行第二階段 PFCs 自願減量，因此近年產能雖有大幅成長，但在新產能必須執行此規範下，排放量能有效控制。至 2022 年約排放 2,835 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 13.9%，2001 年至 2022 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

(5) 完整性

2001 年至 2015 年間環境部計畫提供之排放量係由 TSIA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 95% 以上。調查結果可代表全國積體電路或半導體排放量。

2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具積體電路製程並使用含氟氣體之各廠資料，可代表全國積體電路或半導體排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

排放量係彙整自 TSIA 會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南之方法 2b 計算排放量，環境部計畫建議排放量之總不確定性為 12%。

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年產業規模小，且該時期製程尾氣破壞處理做法尚未建立國際標準，因此 IPCC 對此段時間亦無相關排放量估算公式與參數可供參考。我國在此期間相關溫室

表 4.6.2 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量

（單位：千公噸二氧化碳當量）

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HFCs	43	49	49	49	85	100	167	123	172	169	144
PFCs	2,660	3,705	3,791	3,936	3,139	3,293	3,052	1,895	1,434	1,606	1,623
SF ₆	540	514	529	605	704	816	400	335	313	354	377
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	37	341	383	358	334	467	453
NF ₃	189	336	426	549	619	514	588	163	479	182	322
2.E.1 積體電路或半導體	3,432	4,605	4,795	5,139	4,585	5,064	4,590	2,873	2,732	2,778	2,919

續下表

續上表

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs	104	173	184	142	160	169	169	152	161	156	148
PFCs	1,009	1,211	1,411	1,222	1,304	1,271	1,396	1,287	1,320	1,334	1,156
SF ₆	295	328	430	339	349	313	291	270	278	277	251
N ₂ O	535	595	647	673	640	690	817	910	1,156	1,162	832
NF ₃	312	680	533	562	392	343	400	385	473	504	448
2.E.1 積體電路或半導體	2,254	2,987	3,205	2,938	2,844	2,787	3,072	3,004	3,388	3,432	2,835

備註：NE（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計。早期積體電路或半導體未大量生產，故無追溯調查 1990 年至 2000 年排放量。另，N₂O 尚無 IPCC 公告之製程耗用率及管末處理削減率，故迄今 TSIA 採用保守原則使用量 100% 全部排放申報，世界半導體協會已經開始討論其合宜性，將待其有結論之後配合之。

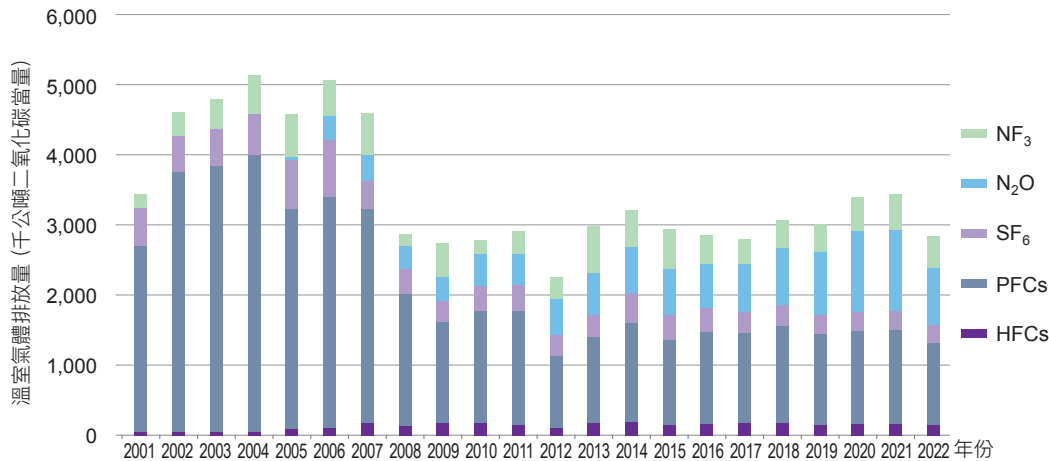


圖 4.6.2 2001 年至 2022 年積體電路或半導體製程排放量趨勢

氣體使用量極小，氣體種類使用與尾氣處理情境已無法回溯以評估排放量，會影響時間序列一致性。

2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具備積體電路製程並使用含氟氣體之各廠，與 2001 年至 2015 年間以 TSIA 會員廠之範疇存有差異，會影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁷ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

1999 年至 2004 年由行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁴⁸ 提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南方法 2b，依據全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其係採臺灣顯示器暨應用產業協會 (Taiwan Panel & Solution Association，簡稱 TPSA) 會員廠全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用量計算所得；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC 指南規範進行推算求得。自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2b 進行計算。

2005 年至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015) 提供之 TPSA 會員廠之氣體使用量，並納入 2016 年至 2018 年非 TPSA 會員廠環境部國家溫室氣體登錄平臺之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南方法 2b 進行計算。

47 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

48 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

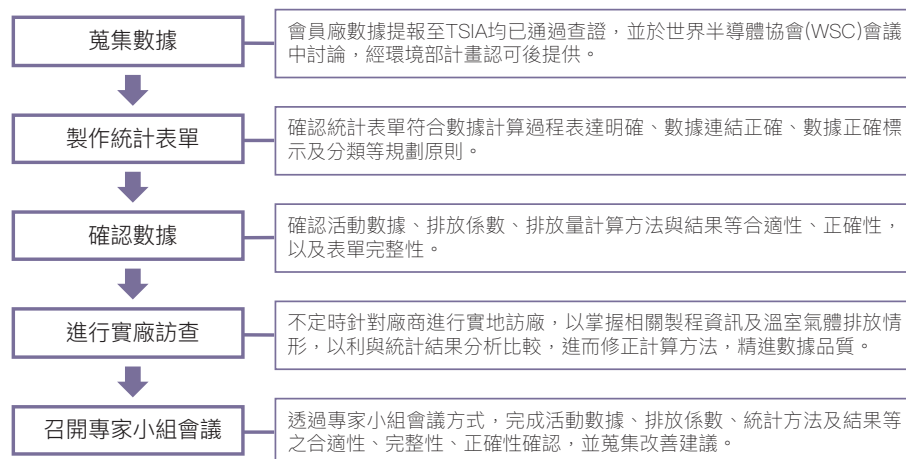


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

(2) 排放係數

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.4 及 IPCC 第五次評估報告的 GWP 計算。

(3) 活動數據

由行政院環境保護署（現為環境部）計畫（2015）提供，係依採購量配合 2006 IPCC 指南係數得到活動數據，且各項數據均委由第三者進行查證。2016 年起則自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊統計，各廠於提交至平臺前亦經第三者查證。

(4) 排放量

1999 年前因 TFT 平面顯示器廠商產業家數少，全氟碳化物及六氟化硫使用量低，故未進行統計。

TFT 平面顯示器主要排放溫室氣體種類為六氟化硫，TPSA 已配合政府推動自願減量，並推動製程調整、替代氣體等多項減量措施，但由於平面顯示器廠商近年來擴廠，致使六氟化硫下降趨勢較不明顯，自 2005 年排放 1,890 千公噸二氧化碳當量下降至 2022 年 375 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 1.8%，1999 年至 2022 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.3 所示。

(5) 完整性

環境部計畫提供之排放量係由 TPSA 調查，為國內主要廠商排放量，產能約占 98% 以上，調查結果可代表全國 TFT 平面顯示器排放量。

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

排放量係彙整自 TPSA 會員廠，各廠皆依 2006 IPCC 指南方法 2b 計算排放量，該計畫建議排放量之整合不確定性為 12%。

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

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 1998 年無法取得排放量，且 2016 年後自環境部國家溫室氣體登錄平臺取得之盤查清冊，包含具備積體電路製程並使用含氟氣體之各廠，與 2001 年至 2015 年間以 TPSA 會員廠之範疇存有差異，會影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

排放量係彙整自 TPSA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.5 所示。

表 4.6.3 1999 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFCs	2	12	5	59	23	12	39	62	50	38	31	44
SF ₆	120	124	228	459	929	1,233	1,754	1,573	1,649	1,595	1,248	1,628
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24	45	49	37	59
NF ₃	10	9	31	36	80	67	97	130	160	29	62	56
2.E.2.TFT 平面顯示器	132	145	264	554	1,032	1,313	1,890	1,790	1,904	1,710	1,377	1,787

續下表

續下表

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	0.001	0.011	0.051	NO	0.032	0.075	2.942
PFCs	42	45	42	38	28	32	33	25	28	16	20	93
SF ₆	1,287	1,383	1,527	1,170	1,054	986	1,004	813	535	415	439	256
N ₂ O	90	88	118	90	91	57	48	34	6	12	12	15
NF ₃	71	51	44	91	63	50	69	77	58	54	52	8
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,491	1,567	1,731	1,389	1,236	1,124	1,153	950	627	497	524	375

備註：NE（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計，早期 TFT 平面顯示器未大量生產，故無追溯調查 2005 年前氧化亞氮排放量。

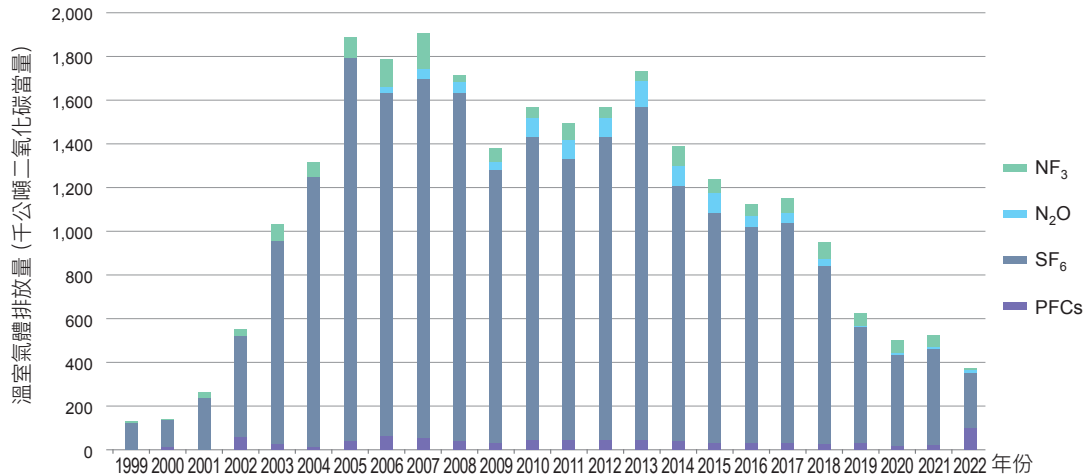


圖 4.6.4 1999 年至 2022 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁴⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F)

2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」分類項目包含 2.F.1「冷凍冷藏及空調」、2.F.2「發泡」、2.F.3「滅火劑」、2.F.4「氣膠」、2.F.5「溶劑」、2.F.6「其他應用」等共計六項，然而考量國內「發泡」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計；統計溫室氣體種類僅為氫氟碳化物(HFCs)，2022 年共排放 1,405 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 6.94%，1994 年至 2022 年排放量，如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

2.F.1 冷凍冷藏及空調設備分類項目包含 2.F.1.a 商用冷凍冷藏、2.F.1.b 家用冰箱、2.F.1.c 工業用冷凍冷藏、2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏、2.F.1.e 車用空調及 2.F.1.f 固定式空調，本節係說明前述設備之 HFCs 排放量。

4.7.1.1 商用冷凍冷藏 (2.F.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查商用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國商用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.2 家用冰箱 (2.F.1.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查家用冰箱產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算冰箱於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；惟現階段僅考量運轉階段的排放量，此項納入未來改善項目，計算方法如公式 4.7.1 所示。

公式 4.7.1：

運轉階段之 HFCs 排放量 = 市面上運轉台數 (設備壽齡 10 年) × 冷媒充填量 / 台 × 使用階段洩漏率 × GWP 值

49 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

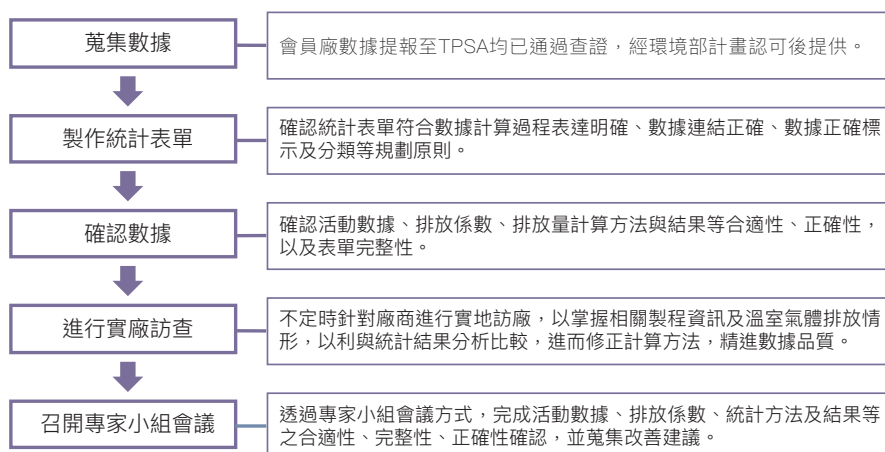


圖 4.6.5 TFT 平面顯示器製程排放統計 QA/QC 流程

表 4.7.1 1994 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2.F.1 冷凍冷藏及空調	NO	8	26	46	67	89	112	136	160	187	205
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.b 家用冰箱	NO	NO	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	1.5	1.5
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.e 車用空調	NO	8	26	45	66	89	111	135	160	185	204
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F 總計	NO	8	26	46	67	89	112	136	160	187	205
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2.F.1 冷凍冷藏及空調	219	233	236	235	227	222	221	286	358	426	499
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.b 家用冰箱	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.e 車用空調	218	232	235	234	225	221	216	214	221	223	228
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4	70	136	202	270
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	7	4	8	9	3	5	9
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F 總計	219	233	236	235	233	226	229	294	361	431	508
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
2.F.1 冷凍冷藏及空調	588	721	868	1,006	1,136	1,261	1,387				
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.1.b 家用冰箱	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6				
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.1.e 車用空調	242	261	286	306	326	343	351				
2.F.1.f 固定式空調	345	459	581	698	809	916	1,035				
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.3 滅火劑	9	4	6	6	7	12	17				
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE				
2.F 總計	597	725	875	1,012	1,143	1,273	1,405				

備註：1. NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產；
 2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計；
 3. 國內「發泡」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計。

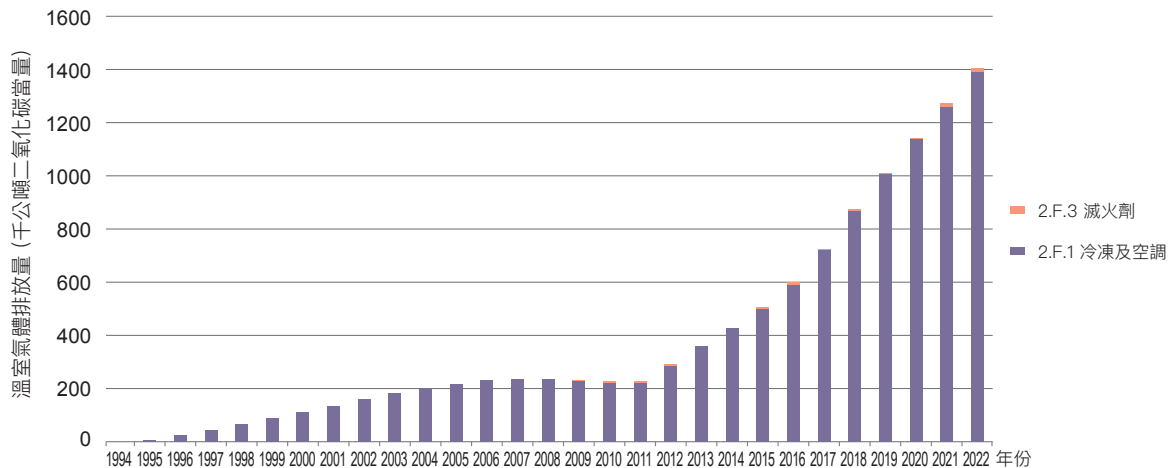


圖 4.7.1 1994 年至 2022 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，家用冰箱運轉階段之洩漏率為 0.1%。

(3) 活動數據

運轉階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之電冰箱內銷台數及財政部關務署統計資料庫之電冰箱進出口台數；乘上平均冷媒填充量後即可推估家用冰箱之 HFCs 使用量，如表 4.7.2 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將家用冰箱 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 之 GWP 為 1,300。

我國早期家用冰箱使用 CFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs(非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，因此家用冰箱新設備自 1996 年 1 月 1 日起轉為使用 HFC-134a，故我國自 1996 年起即有此項 HFCs 排放量；家用冰箱排放量近 10 年平均每年上升約 1.3%，2022 年為 2 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.3 及圖 4.7.2 所示。

(5) 完整性

活動數據來自經濟部統計處工業產銷存動態調查及財政部關務署統計資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可

代表我國家用冰箱之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

現階段僅考量使用階段的排放量，而參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2) 應計算冰箱於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；另，家用冰箱已自 2013 年陸續轉為使用 R600a(碳氫冷媒，非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，故此項排放源納入未來改善項目。

4.7.1.3 工業用冷凍冷藏 (2.F.1.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查工業用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來

表 4.7.2 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
HFCs 使用量	NO	NO	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	1.2	1.2
年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
HFCs 使用量	1.2	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
HFCs 使用量	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

表 4.7.3 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2.F.1.b 家用冰箱	NO	NO	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	1.5	1.5
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2.F.1.b 家用冰箱	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
2.F.1.b 家用冰箱	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

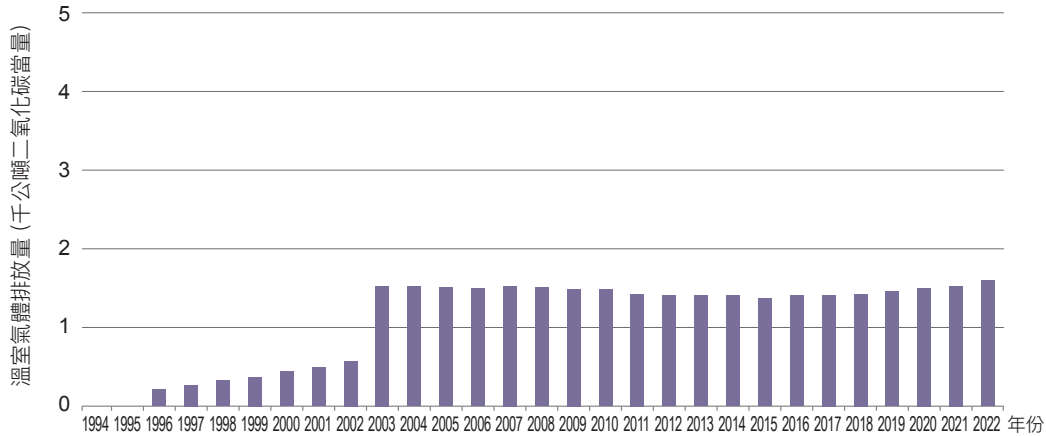


圖 4.7.2 1994 年至 2022 年家用冰箱之 HFCs 排放量趨勢

自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國工業用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.4 運輸用冷凍冷藏 (2.F.1.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查運輸用冷凍冷藏設備產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。惟我國運輸用冷凍冷藏設備態樣眾多，在無法通盤掌握整體冷凍冷藏設備的狀況下，暫不納入計算。

4.7.1.5 車用空調 (2.F.1.e)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查車用空調產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算車用空調於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量；惟現階段僅考量使用階段的排放量，此項納入未來改善項目，計算方法如公式 4.7.2 所示。

公式 4.7.2：

運轉階段之 HFCs 排放量 = 市面上運轉台數 (累積 10 年) × 冷媒充填量 / 台 × 使用階段洩漏率 × GWP 值

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，車用空調運轉階段之洩漏率為 10% 算。

(3) 活動數據

運轉階段的活動數據採用交通部公路局資料庫之機動車輛新車領牌數資料；乘上平均冷媒填充量後即可推估車用空調設備之 HFCs 使用量，如表 4.7.4 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將車用空調 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 之 GWP 為 1,300。

我國早期車用空調使用 CFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs (非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類)，因此車用空調新設備自 1994 年 7 月 1 日起轉為使用 HFC-134a，此項為我國最早轉換使用 HFCs 之設備，故我國自 1994 年起即有 HFCs 排放量；車用空調排放量近 10 年平均每年上升約 5%，2022 年已達 351 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.5 及圖 4.7.3 所示。

(5) 完整性

活動數據來自交通部公路局資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可代表我國車用空調之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

無。

6. 特定排放源的改善計畫

現階段僅考量使用階段的排放量，而參照 2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2) 應計算車用空調於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量，故此項納入未來改善項目。

4.7.1.6 固定式空調 (2.F.1.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）產生之 HFCs，主要來自設備於製造階段充填冷媒、運轉階段及棄置階段等過程中逸散之 HFCs 排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，計算固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）於製造、使用與棄置等各階段之 HFCs 排放總量，計算方法如公式 4.7.3 至公式 4.7.6 所示。

表 4.7.4 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
HFCs 使用量	NO	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6
年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
HFCs 使用量	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8
年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
HFCs 使用量	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

表 4.7.5 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2.F.1.e 車用空調	NO	8	26	45	67	89	112	135	160	185	204
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2.F.1.e 車用空調	218	232	235	234	225	221	216	214	221	223	228
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
2.F.1.e 車用空調	242	261	286	306	326	343	351				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

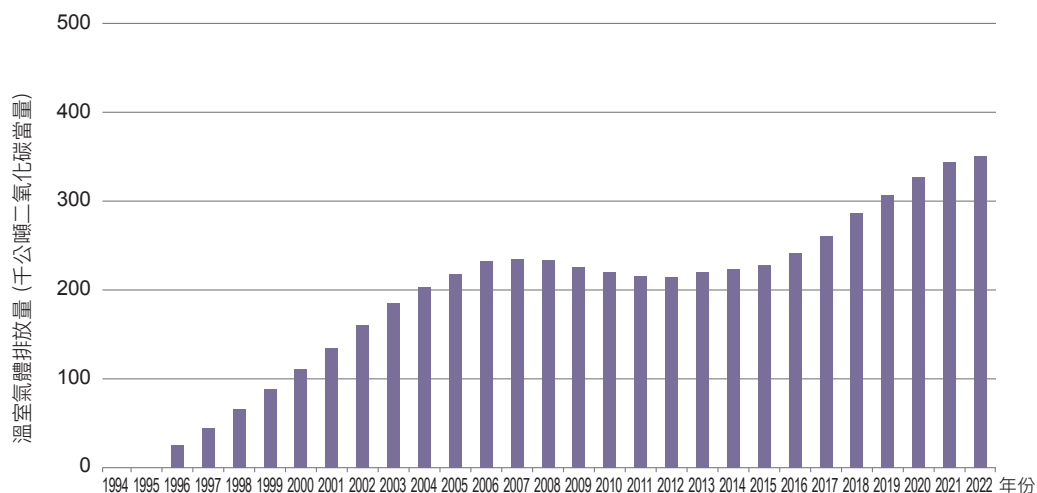


圖 4.7.3 1994 年至 2022 年車用空調之 HFCs 排放量趨勢

公式 4.7.3 :

$$\text{HFCs 總排放量} = \text{製造階段 HFCs 排放量} + \text{運轉階段 HFCs 排放量} + \text{棄置階段 HFCs 排放量}$$

公式 4.7.4 :

$$\text{製造階段之 HFCs 排放量} = \text{設備製造台數} \times \text{冷媒充填量} / \text{台} \times \text{製造階段洩漏率} \times \text{GWP 值}$$

公式 4.7.5 :

$$\text{運轉階段之 HFCs 排放量} = \text{市面上運轉台數 (壽齡 15 年)} \times \text{冷媒充填量} / \text{台} \times \text{使用階段洩漏率} \times \text{GWP 值}$$

公式 4.7.6 :

$$\text{棄置階段之 HFCs 排放量} = \text{當年度廢棄台數} \times \text{冷媒回收量} / \text{台} \times (1 - \text{處理回收率}) \times \text{GWP 值}$$

(2) 排放係數

參照 2006 IPCC 指南，排放係數區分為設備製造時充填冷媒的洩漏率及設備使用運轉時的洩漏率；經專家諮詢會議^{50,51}檢視，分離式空調與窗型空調製造階段充填 HFCs 之洩漏率為 0.2%、運轉階段之洩漏率為 2%、棄置階段⁵²之處理回收率⁵³為 0%；箱型空調製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.2%、5%，棄置階段⁵²之處理回收率為 0%；冰水機製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.2%、2%，棄置階段⁵⁶之處理回收率⁵⁷為 90%。

(3) 活動數據

固定式空調（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）製造階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之各類設備生產台數；運轉階段的活動數據採用經濟部統計處工業產銷存動態調查之各類設備內銷台數及財政部關務署統計資

料庫之各類設備進出口台數；乘上各種設備平均冷媒充填量後即可推估固定式空調設備 HFCs 使用量，如表 4.7.6 所示。

(4) 排放量

以 GWP 值將各類設備之 HFCs 使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 為 1,300、HFC-32 為 677，HFC-125 則為 3,170。

我國早期固定式空調設備（包含分離式、窗型、箱型及冰水機）使用 CFCs 或 HCFCs 作為冷媒，因應蒙特婁議定書之管制時程，我國自 1996 年起禁止生產與進口 CFCs（非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），亦自 1996 年起凍結 HCFCs 消費量（非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），並分階段禁止生產與進口後，國內固定式空調設備新設備自 2011 年起逐步轉為使用 HFCs（2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），故 2011 年起新增空調設備使用 R-410A（含 HFC-32、HFC-125）與 HFC-32 為統計項目；我國 HFCs 排放量逐年上升，2011 年為 4 千公噸二氧化碳當量，2022 年已達 1,405 千公噸二氧化碳當量，近 10 年平均每年上升約 25%，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.7 及圖 4.7.4 所示。

(5) 完整性

活動數據來自經濟部統計處工業產銷存動態調查及財政部關務署統計資料庫，皆以全國為調查對象，故計算結果可代表我國家用冰箱之 HFCs 排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則

表 4.7.6 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	3	5	6	8	1.8
年份	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
HFCs 使用量	10	12	15	17	19	22	25				

備註：NO（未生產）指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

50 「111 年國家溫室氣體排放清冊與統計系統計畫 – 我國分離式 / 窗型 / 箱型空調 HFCs 排放清冊統計與精進專諮會」2023 年 09 月 13 日。
 51 「111 年國家溫室氣體排放清冊與統計系統計畫 – 我國中央空調 HFCs 排放清冊統計專諮會」2023 年 09 月 13 日。
 52 因應我國 HCFCs 管制，分離式空調與窗型空調自 2011 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 15 年，即 2026 年起才需統計棄置階段的排放量。
 53 考量分離式與窗型空調設備棄置進入回收場後，未有後續完善處理管道（即回收之 HFCs 純化再利用後直接供應市場設備使用或銷毀），故棄置階段之處理回收率為 0%。
 54 因應我國 HCFCs 管制，箱型空調自 2016 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 15 年，即 2031 年起才需統計棄置階段的排放量。
 55 考量箱型空調設備棄置進入回收場後，未有後續完善處理管道（即回收之 HFCs 純化再利用後直接供應市場設備使用或銷毀），故棄置階段之處理回收率為 0%。
 56 因應我國 HCFCs 管制，冰水機自 2016 年起逐步由 HCFC-22 轉為 HFCs 冷媒，設備壽齡為 20 年，即 2036 年起才需統計棄置階段的排放量。
 57 冰水機屬於大型機組，設備達壽齡時，業者會儘量抽取冷媒回收再利用，回收率約有 90%（剩餘 10% 氣態冷媒無法抽出）。

建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1994 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

2024 年排放清冊重新計算 2.F.1.f 固定式空調之統計，包含 (1) 考量我國家用空調除 R410A 機種，自 2016 年起國內廠商陸續進口或製造 R32 機種，經專家諮詢會議^{50,51} 檢視，自 2019 年起新增 R32 機種 (即納入冷媒替代轉化率)，另統計方法論則依 2006 IPCC 指南計算設備製造、運轉及棄置階段的排放量；(2) 經專家諮詢會議^{50,51} 檢視新增冰水機計算範疇。依重新計算後的結果顯示，2022 年 2.F.1.f 固定式空調排放量為 1,035 千公噸二氧化碳當量，較重新計算前增加 512%。

6. 特定排放源的改善計畫

無。

4.7.2 發泡 (2.F.2)

本項主要調查以 HFCs 作為發泡所造成的排放量。經行政院環境保護署 (現為環境部) 計畫 (2012)⁵⁸ 表示，因國內

少量應用 HFCs 於發泡，故未進一步調查相關 HFCs 排放，即無發泡用途產生之 HFCs 排放。

4.7.3 滅火劑 (2.F.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查滅火劑填充使用 HFCs 所造成的排放量，即用於替代海龍 1301 滅火劑之 HFC-227ea 使用量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以 HFCs 作為滅火劑用途之實際使用情形估算排放量；國內 HFC-227ea 僅使用於滅火藥劑，故依據 HFC-227ea 進出口量進行估算排放量。

(2) 排放係數

排放係數係參照 2006 IPCC 指南建議為 4%。

(3) 活動數據

國內無生產 HFCs，皆係由國外進出口，故 HFC-227ea 活動數據係財政部關務署進出口數量統計。

(4) 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,350 將填充量轉換為排放量，1994 年至 2022 年排放量如表 4.7.8 及圖 4.7.6 所示。滅火藥劑產生之 HFCs 排放量與進出口量有關，2013 年至 2022 年間 (2013 年和 2017 年除外) 呈逐年上升趨勢，2022 年為 17 千公噸二氧化碳當量，約占總排放量 1.24%。

表 4.7.7 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4	70	136	202	270
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
2.F.1.f 固定式空調	345	459	581	698	809	916	1,035				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

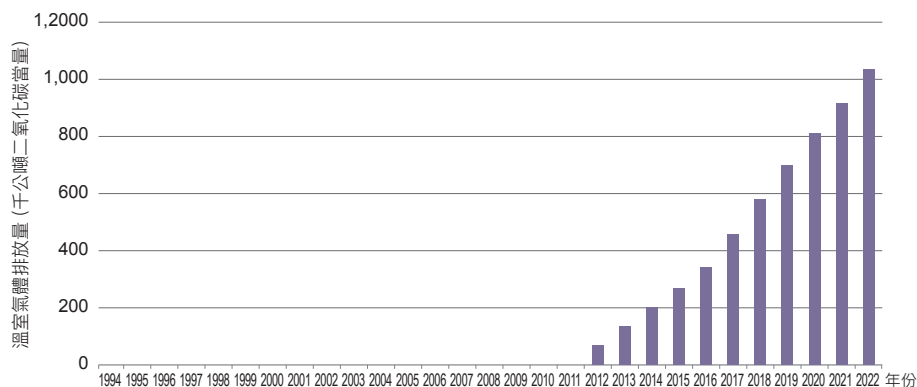


圖 4.7.4 1994 年至 2022 年固定式空調之 HFCs 排放量趨勢

58 行政院環境保護署 (現為環境部)，碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫，2012。

(5) 完整性

活動數據來自財政部關務署統計資料庫，係以全國為調查對象，調查結果可代表我國滅火劑使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定國家統計資料庫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

2009 年至 2022 年排放係數、活動數據及計算方法皆一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於國家統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁵⁹ 檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.7.4 氣膠 (噴霧罐推進劑) (2.F.4)

本項主要調查以 HFCs 作為噴霧罐推進劑用途所造成的排放量，因國內少量使用 HFCs 於噴霧罐推進劑，故未進一步調查。

4.7.5 溶劑 (2.F.5)

本項主要調查以 HFCs 作為清洗溶劑用途所造成的排放量，因國內未有 HFCs 作為清洗溶劑之數據，故暫不列入計算。

4.7.6 其他應用 (2.F.6)

無。

4.8 其他產品之製造與使用 (2.G)

本節概述製造和使用電器設備和其他產品所產生六氟化硫和全氟碳化物排放估算統計，包含 2.G.1「電子設備」、2.G.2「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」、2.G.3「使用氧化亞氮之產品」及 2.G.4「其他」等共計四項，統計溫室氣體種類為全氟碳化物、六氟化硫及氧化亞氮等共計 3 項，2022 年共排放 127 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.63%，本部門溫室氣體排放較去年增加約 24 千公噸二氧化碳當量，皆係因 SF₆ 影響。「電力設備中六氟化硫及全氟碳化物」因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現 2002 年至 2022 年排放量，如表 4.8.1 所示。

表 4.7.8 1994 至 2022 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	7	4	8	9	3	5	9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
2.F.3 滅火劑	9	4	6	6	7	12	17				

備註：NO (未生產) 指我國該分類項目無生產或使用，如停產。

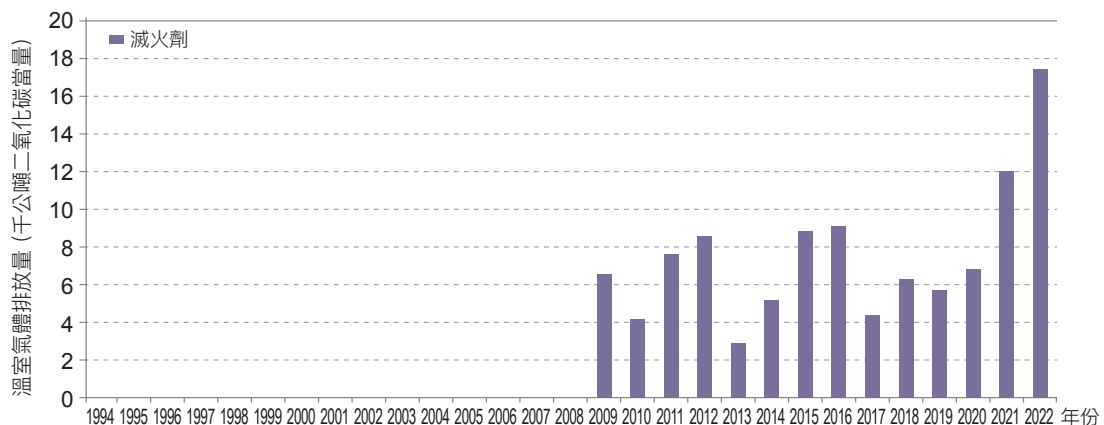


圖 4.7.5 1994 至 2022 年滅火劑使用排放量趨勢

59 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」 2023 年 05 月 25 日。

4.8.1 電子設備 (2.G.1)

無法依 2006 IPCC 指南方法別取得所需數據，故合併於「4.6.1 積體電路或半導體」及「4.6.2 TFT 平面顯示器」計算。

4.8.2 其它產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

目前我國電力業多以六氟化硫 (SF₆) 作為電力設備之絕緣氣體，並常使用於開關場、變電所及配電線路之各類型變電開關等，當電力設備於維修測試或突發爆裂時，往往造成六氟化硫直接逸散於大氣中，為其主要排放源因素；本計畫調查對象主要為電力業，包括台電公司及民營發電廠所屬變電設備，其六氟化硫排放主要來自於電力設備自然洩漏或維修測試之逸散，為降低六氟化硫逸散量，其中台電公司藉由變電設備的操作及維護管理上，積極推動六氟化硫回收再利用機制，並針對六氟化硫進行匯的管控。另 2006 IPCC 指南建議調查之軍事應用、加速裝置等 SF₆ 及 PFCs 之排放，行政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁶⁰ 表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即無其他產品使用 SF₆ 及 PFCs 之排放。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參考台電及民營電廠六氟化硫補充量，並參照 2006 IPCC 指南方法 2 (Tier 2)，以六氟化硫實際使用情形求得排放當量，其來源包括為台電公司永續報告書六氟化硫排放量以及民營電廠之六氟化硫補充量進行估算。其中民營電廠數據則由環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供。

(2) 排放係數

由台電公司提供及環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫補充量；補充量為一實際值，無需透過排放係數間接計算補充量。

(3) 活動數據

由台電公司提供及環境部蒐集國家溫室氣體登錄平臺民營電廠之盤查清冊提供六氟化硫補充量，並依實際補充量進行統計活動數據據。

(4) 排放量

六氟化硫排放係依據 IPCC 第五次評估報告 (2013) 之 GWP 值 23,500，將六氟化硫補充量轉換為二氧化碳當量，2002 年至 2022 年排放當量如表 4.8.2 與圖 4.8.1 所示。

早期高壓斷路器使用多氯聯苯作為絕緣氣體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用情形，台電資料可追溯至 2007 年，而民營電廠資料可分別追溯至 2002 年及 2005 年。2002 年至 2006 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫排放量僅民營電廠資料可追溯，故排放量較低，自 2007 年具完整資料開始，隨著電力業大力推動六氟化硫回收再利用，排放量於 2007 年為最高 982 千公噸二氧化碳當量，下降至 2022 年 123 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

六氟化硫補充量係以台電公司及全國民營電廠為調查對象，調查結果可代表全國電力設備之高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放情形。

表 4.8.1 2002 年至 2022 年其他產品之製造與使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2.G.1. 電子設備	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	2,003	2,003	2,116	1,549	794	982	923	724	245	260	201
2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G 總計	2,003	2,003	2,116	1,549	794	982	923	724	245	260	201
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
2.G.1. 電子設備	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	
2.G.2. 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	165	150	132	85	81	154	113	137	103	127	
2.G.3. 使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G 總計	165	150	132	85	81	154	113	137	103	127	

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

2. NE (未估計) 指對現有排放量和移除量未調查估計，因「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」及「使用氧化亞氮之產品」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

60 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放當量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；鑒於透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放當量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2001 年無法取得排放當量，且 2002 年至 2006 年缺乏台電資料，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

依環境部排放量專案工作計畫提供六氟化硫補充，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南以掌握數據品質，執行流程如圖 4.8.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視建議至資料可及年分進行重新計算，因此於會後重新計算至台電永續報告書可追溯年份之 2010 年。

6. 特定排放源的改善計畫

原由環境部計畫調查台電六氟化硫管理系統，但經「含氟氣體統計協商會」確認變更資料來源為台電永續報告書及環境部溫室氣體盤查登錄平臺民營電廠盤查清冊，並分別由產業發展署及環境部統計後匯算。

4.8.3 使用氧化亞氮產品 (2.G.3)

本項主要調查醫藥應用、壓力噴劑、氧化劑、氣囊膨脹使用之疊氮化鈉 (Na₃N) 生產等使用氧化亞氮的排放量，行

政院環境保護署（現為環境部）計畫 (2015)⁶¹ 表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即無其他產品使用氧化亞氮產品之排放。

4.9 其他 (2.H)

2.H「其他製程」為工業製程及產品部門中排放趨勢最穩定之分類，分類項目僅 2.H.1「食品及飲料工業」一項，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2022 年總部門排放量約 15 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.07%，1990 年至 2022 年排放量如表 4.9.1 所示。

4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)

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

4.9.1.1 啤酒 (2. H.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1 (Tier 1)，以啤酒生產量及排放係數計算二氧化碳排放量，計算方法如公式 4.9.1 所示。

表 4.8.2 2002 年至 2022 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)											
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	2,003	2,003	2,116	1,549	794	982	923	724	245	260	201
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	165	150	132	85	81	154	113	137	103	127	

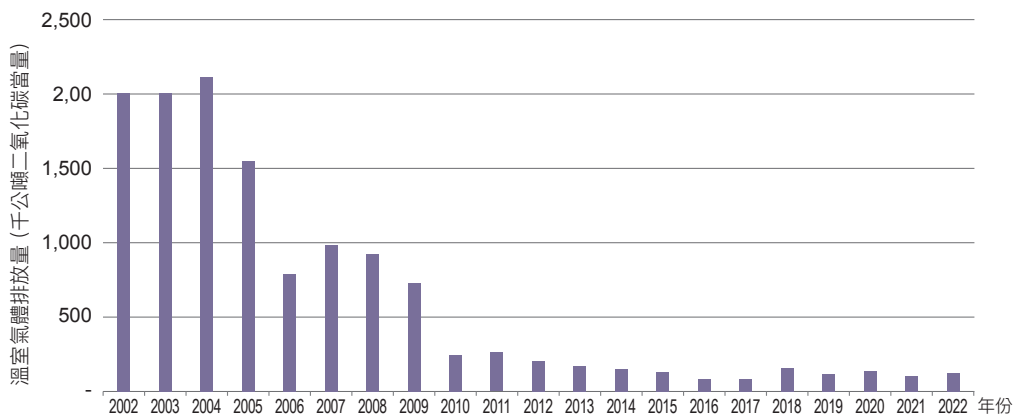


圖 4.8.1 2002 年至 2022 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

61 行政院環境保護署（現為環境部），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

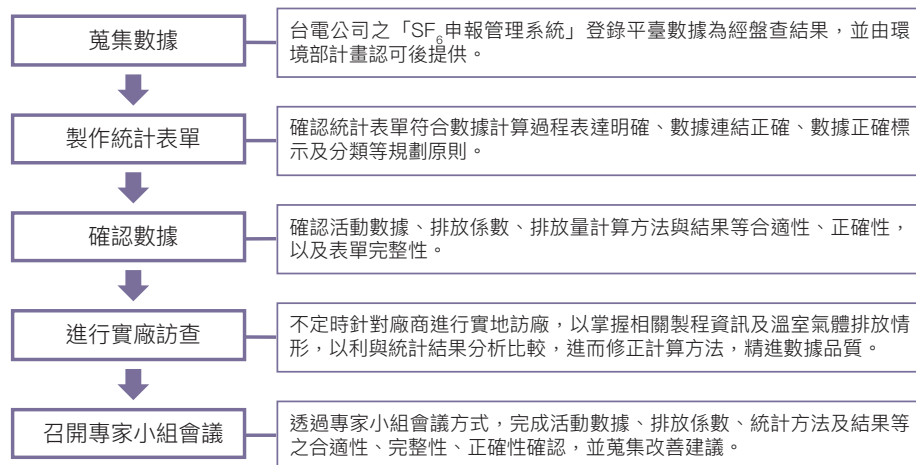


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

公式 4.9.1 :

二氧化碳排放量 = 啤酒生產量 (公石) × 啤酒排放係數 (公斤二氧化碳 / 公石生產量)

(2) 排放係數

引用國內主要生產廠商盤查清冊之製程排放量與財務年報之生產量計算排放係數，2010 年至 2022 年使用該年度之排放係數，1990 年至 2009 年因生產廠商盤查清冊與財務年報未能追溯，則以 2010 年至 2017 年平均排放係數 0.00514 公噸二氧化碳 / 公石啤酒生產計算。歷年排放係數如圖 4.9.1 所示。

(3) 活動數據

啤酒生產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，1990 年至 2022 年生產量如表 4.9.2 所示。

(4) 排放量

啤酒生產量如表 4.9.3 及圖 4.9.2 所示，因歷年生產量穩定，排放量亦維持穩定趨勢，每年約排放 15 至 24 千公噸二氧化碳當量。

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

活動數據來源為國家及系統性統計資料取得，根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定經濟部統計處工業產銷存資料係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2022 年活動數據來源及計算方法一致，排放係數 2010 年至 2022 年各年度依該年度數據推估，1990 年至 2009 則取 2010 年至 2017 年平均，已影響時間序列一致性。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專家諮詢會議⁶²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.9.1 1990 年至 2022 年其他製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.H.1 食品和飲料工業	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21	20
2.H 總計	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21	20
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.H.1 食品和飲料工業	20	18	18	19	20	21	20	20	21	20	20
2.H 總計	20	18	18	19	20	21	20	20	21	20	20
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.H.1 食品和飲料工業	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	15
2.H 總計	21	19	19	20	19	20	19	17	18	15	15

62 「112 年國家溫室氣體排放清冊 – 工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會議」2023 年 05 月 25 日。

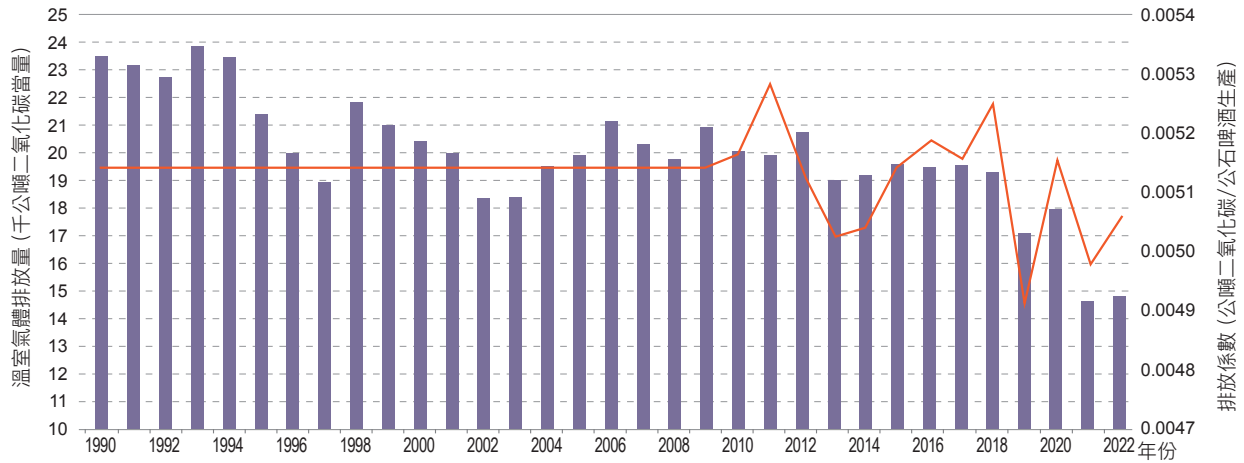


圖 4.9.1 1990 年至 2022 年啤酒製程排放量及歷年排放係數

表 4.9.2 1990 年至 2022 年啤酒生產量

(單位：千公石)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
啤酒產量	4,557	4,507	4,416	4,633	4,553	4,163	3,882	3,680	4,234	4,073	3,964
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
啤酒產量	3,881	3,235	3,404	3,784	3,865	4,100	3,944	3,838	4,064	3,877	3,759
年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
啤酒產量	4,035	3,780	3,701	3,800	3,744	3,788	3,665	3,481	3,476	2,938	2,922

表 4.9.3 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2.9.1.a 啤酒	23.4	23.1	22.7	23.8	23.4	21.4	20.0	18.9	21.8	20.9	20.4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.9.1.a 啤酒	20.0	18.3	18.3	19.5	19.9	21.1	20.3	19.7	20.9	20.0	19.9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2.9.1.a 啤酒	20.7	19.0	19.2	19.6	19.4	19.5	19.2	17.1	17.9	14.6	14.8

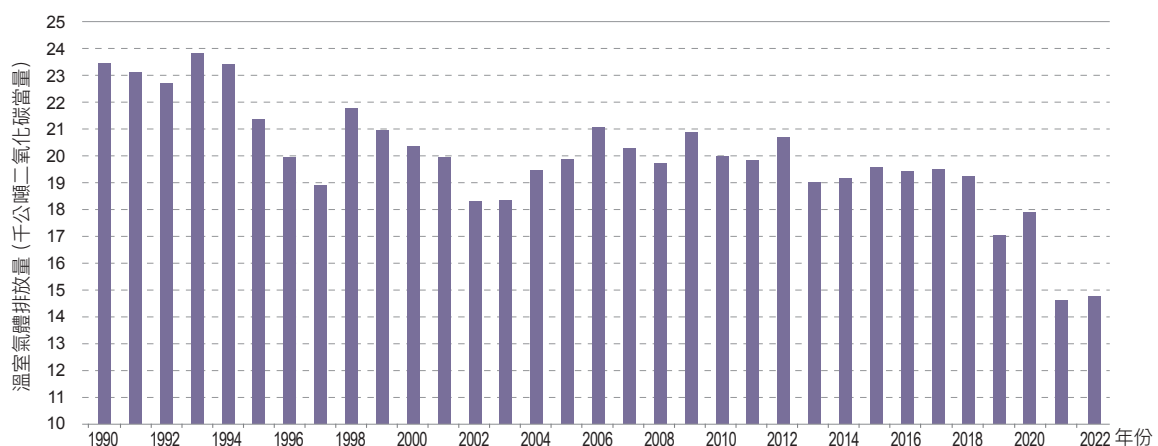


圖 4.9.2 1990 年至 2022 年啤酒生產製程排放量趨勢

4.10 參考文獻

1. IPCC, Guide lines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006。
2. 經濟部統計處，工業產銷存動態調查資料庫，2022。
3. 財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
4. 國內水泥熟料生產業者排放清冊，2022。
5. 臺灣鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2023。
6. 國內一貫作業煉鋼業者排放清冊，2022。
7. 行政院環境保護署（現為環境部），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

8. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
9. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫, 2004。
10. 行政院環境保護署 (現為環境部), 事業廢棄物申報及管理資訊系統, 2022。
11. 行政院環境保護署 (現為環境部), 我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫, 2016。
12. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory report of Japan, 2014。
13. 行政院環境保護署 (現為環境部), 溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫, 2015
14. 臺灣區石油化學同業公會, 臺灣區石油化學工業同業公會年報, 2023。
15. 行政院環境保護署 (現為環境部), 溫室氣體創新減量技術先期評估與政策建置工作計畫, 2014。
16. 行政院環境保護署 (現為環境部), 碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫, 2012。
17. 行政院環境保護署 (現為環境部), 建立非二氧化碳溫室氣體管理制度與減量技術專案計畫, 2011。
18. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動產業非二氧化碳溫室氣體排放減量, 2009。
19. 行政院環境保護署 (現為環境部), 推動含氟溫室氣體產業排放減量, 2008。
20. 行政院環境保護署 (現為環境部), 破壞臭氧層物質與含氟溫室氣體管理策略規劃專案, 2006
21. 行政院環境保護署 (現為環境部), 事業應盤查登錄及查驗溫室氣體排放量之排放源排放清冊, 2022。
22. 國內輕金屬生產業者, 2022。
23. 國內啤酒生產業者, 2022。
24. 國內環氧乙烷生產業者, 2022。
25. 國內一貫作業煉鋼生產業者, 2022。

