

第四章 工業製程及產品使用部門 (CRT Sector 2)

4.1 部門概述

有關我國工業製程及產品使用部門之溫室氣體排放，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（非金屬礦物製品）」、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。

本(2025)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「玻璃生產」及「冷凍冷藏及空調」之製程排放精進：

玻璃生產製程排放統計方法學為方法一，計算方法參考 2006 IPCC 指南建議為生產量乘以排放係數，其中排放係數需再考量國內玻璃回收比例進行調整，計算式 IPCC 建議排放係數乘上 1-回收率以利計算出實際上生產玻璃時投入的原料（石灰石、白雲石等）使用量，並以實際投入原料計算製程排放，過去玻璃回收率統一以 2013 年的 86.75%進行計算，考量每年回收情形會有所波動，將各年度回收率調整為該年度實際值，並追溯至 2006 年。

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，依 2024 年 11 月 28 日召開之家用冰箱 HFCs 排放清冊統計專諮會，家用冰箱自 2013 年起新設備已由 HFC-

134a 轉為 HC-600a（碳氫冷媒，非溫室氣體種類），即 2013 年起製造的冰箱不需納入清冊計算範疇。依重新計算後的結果顯示，2.F.1 冷凍冷藏及空調排放量為 1,165 千公噸二氧化碳當量。

我國 2023 年工業製程及產品使用部門排放量約 20,019 千公噸二氧化碳當量，若以溫室氣體種類區分，主要排放為二氧化碳占 77.08%，其次為氫氟碳化物占 8.62%、氧化亞氮占 5.66%、全氟碳化物占 4.39%、六氟化硫占 2.40%以及三氟化氮占 1.74%，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 41.28%、礦業（非金屬礦物製品）占 29.88%，如圖 4.1.2 所示。

1990 年至 2023 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，2023 年溫室氣體排放量相較 2022 年的 20,342 千公噸二氧化碳當量，減少約 323 千公噸二氧化碳當量，約減少 1.59%，其中電子工業較去年約減少 27.92%，化學工業約減少 11.56%。

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（非金屬礦物製品）	2.A.1 水泥生產		○						
	2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	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	NE						
		其他蘇打粉（純鹼）使用	○						
		非冶鐵之氧化鎂生產		NO					
		其他	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 氨生產		NO						
	2.B.2 硝酸生產				○				
	2.B.3 己二酸生產				NO				
	2.B.4 己內醯胺、乙二酸、乙醛酸生產				○,NO				
	2.B.5 電石生產		NO,○						
	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			○					
2.C 金屬工業	2.C.1 鋼胚生產	鋼胚（高爐）	○	○	○				
		鋼胚（電弧爐）	○						
	2.C.2.鐵合金生產		○	○					
	2.C.3.原鋁生產		NO						
	2.C.4.鎂生產							NO,○	
	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								

排放源分類			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃
	2.D.4 其他	印刷油墨化學原料製造							
		塗料化學製造程序							
		製鞋業							
		纖維織物印染業使用							
		印刷電路板製造程序							
2.E 電子工業	2.E.1 積體電路或半導體				NE,○	NE,○	NE,○	NE,○	NE,○
	2.E.2 TFT 平面顯示器				NE,○		○	○	○
	2.E.3 光電（太陽能板）					NE	NE	NE	
	2.E.4 熱傳流體		NA						
	2.E.5 其他		NA						
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	2.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遷專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於 2006 年出版 2006 IPCC 國家溫室氣體清冊指南（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.各式符號係指我國該分類：○指該分類項目已納入統計該氣體；灰底指 2006 IPCC 指南未建議納入統計該氣體；NO（未生產）指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（未估計）指對現有排放量和移除量未調查估計；NA（不適用）指我國該分類被認定為從未發生相關排放。

3.部分項目標註兩項，表示 1990 年至 2022 年期間分類統計項目狀態改變，如因純鹼生產所產生之二氧化碳，於 2000 年停產後便無排放量，故標註為“○,NO”。

表 4.1.2 工業部門所使用方法學

溫室氣體排放源分類		CO 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（非金屬礦物製品）	水泥生產	T2	D,CS												
	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（電弧爐）	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					T2C	D	T2C	D	T2C	D	T2C	D	T2C	D
	TFT 平面顯示器					T2C	D	T2C	D	T2C	D	T2C	D	T2C	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：各式符號係指我國該分類採用 2006 IPCC 指南方法 1(Tier 1, T1)；2006 IPCC 指南方法 2(Tier 2, T2)；2006 IPCC 指南方法 3(Tier 3, 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 IPCC 指南未建議納入統計該氣體。

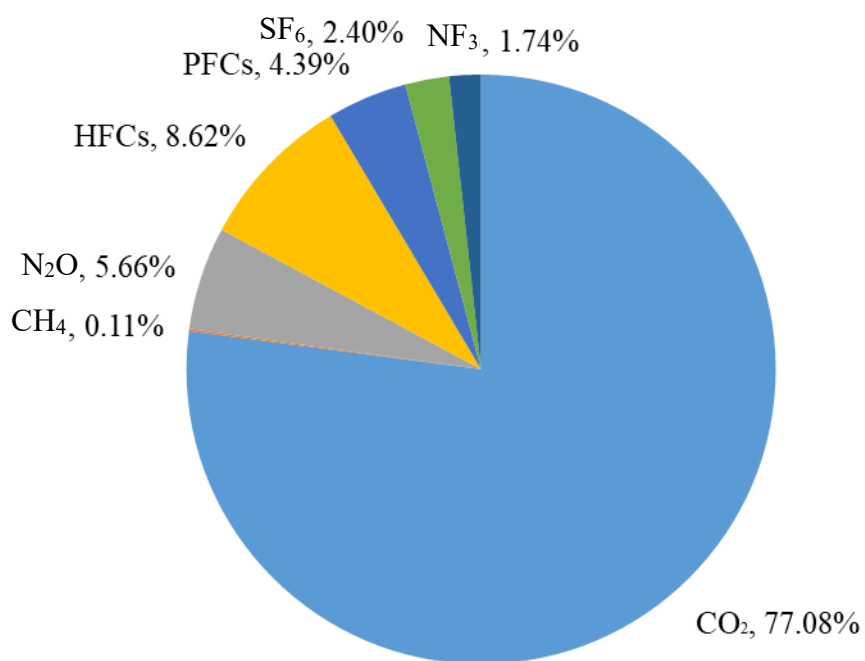


圖 4.1.1 2023 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

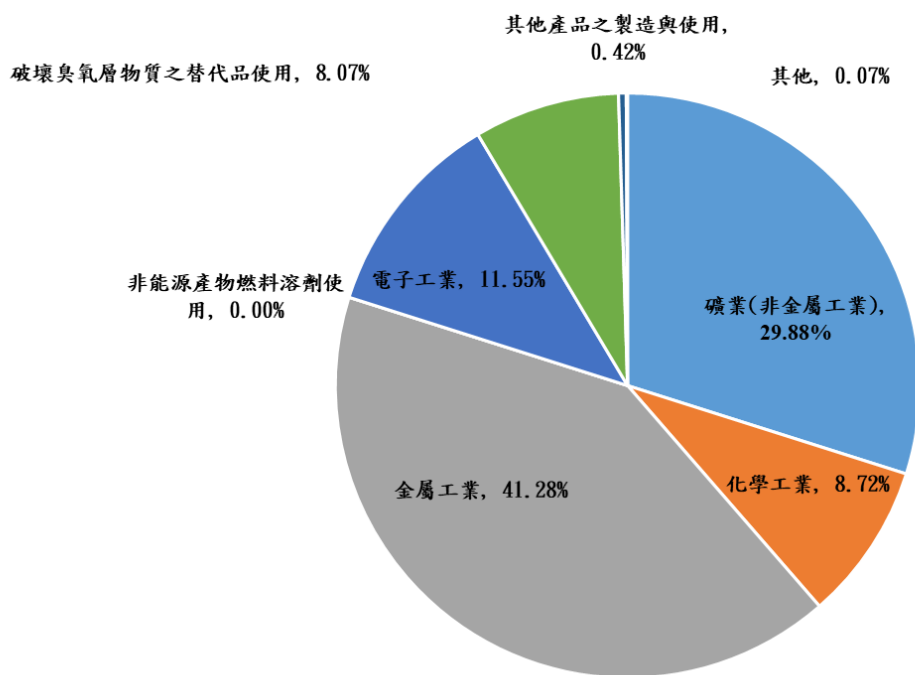


圖 4.1.2 2023 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.3 1990 年至 2023 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.A 礦業(非金屬礦物製品)	10,683	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
2.B 化學工業	728	869	870	1,525	1,777	1,846	2,409	2,608	3,103
2.C 金屬工業	3,276	3,737	3,476	3,889	3,775	3,885	4,014	5,046	5,818
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	0.00006	0.00006	0.00006	0.00007	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00009
2.E 電子工業	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	NE	NE	NE	NE	NE	8	26	45	66
2.G 其他產品之製造與使用	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.H 其他	23	23	23	24	23	21	20	19	22
工業製程及產品使用部門總排放量	14,710	15,328	16,222	19,316	18,834	18,526	19,114	21,112	20,573
工業製程及產品使用部門不確定性	8.36	8.26	8.04	7.74	7.66	7.71	7.53	7.76	8.37
溫室氣體排放源和吸收匯類別	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.A 礦業(非金屬礦物製品)	10,746	10,486	9,974	10,648	10,341	10,691	11,257	11,029	10,373
2.B 化學工業	2,717	3,661	4,038	3,802	3,770	3,691	2,625	2,602	2,756
2.C 金屬工業	5,333	5,734	4,960	5,106	6,409	6,496	6,112	8,390	8,276
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	0.00009	0.00008	0.00007	0.00008	0.00009	0.00011	0.0001	0.00007	0.00007
2.E 電子工業	132	145	3696	5159	5827	6453	6474	6853	6494
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	89	111	135	160	185	204	218	232	235
2.G 其他產品之製造與使用	IE	IE	IE	2003	2003	2116	1549	794	982
2.H 其他	21	20	20	18	18	19	20	21	20
工業製程及產品使用部門總排放量	19,038	20,158	22,823	26,897	28,554	29,670	28,255	29,921	29,137
工業製程及產品使用部門不確定性	8.44	8.42	5.18	4.79	4.45	4.39	4.43	4.17	4.06
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.A 礦業(非金屬礦物製品)	9,380	8,462	8,618	9,574	9,333	9,866	8,728	8,347	7,117
2.B 化學工業	2,322	2,522	2,843	2,823	2,643	2,471	2,560	2,486	2,644
2.C 金屬工業	7,883	6,631	7,964	7,672	8,332	8,009	7,130	7,089	7,734
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	0.00007	0.00006	0.00005	0.00004	0.00004	0.00005	0.00006	0.0001	0.00008
2.E 電子工業	4,584	4,109	4,565	4,410	3,821	4,718	4,594	4,174	3,968
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	234	232	225	228	378	437	513	584	676
2.G 其他產品之製造與使用	923	724	245	260	201	165	150	132	85
2.H 其他	20	21	20	20	21	19	19	20	19
工業製程及產品使用部門總排放量	25,345	22,703	24,482	24,987	24,729	25,658	23,694	22,831	22,243
工業製程及產品使用部門不確定性	3.95	4.03	3.95	3.97	4.1	2.94	3.02	5.69	5.77
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023		
2.A 礦業(非金屬礦物製品)	6,269	6,408	6,500	6,563	6,835	6,473	5,982		
2.B 化學工業	2,728	2,701	2,523	2,119	2,812	1,974	1,745		
2.C 金屬工業	7,694	7,997	6,751	5,907	7,153	7,047	8,264		
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00007	0.00006	0.00006		
2.E 電子工業	3,941	4,022	3,630	3,886	3,956	3,209	2,313		
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	802	957	1,101	1,229	1,359	1,498	1,615		
2.G 其他產品之製造與使用	81	154	113	137	103	127	85		
2.H 其他	20	19	17	18	15	15	15		
工業製程及產品使用部門總排放量	21,534	22,258	20,635	19,859	22,234	20,342	20,019		
工業製程及產品使用部門不確定性	5.53	5.25	5.39	5.44	4.88	4.58	4.01		

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

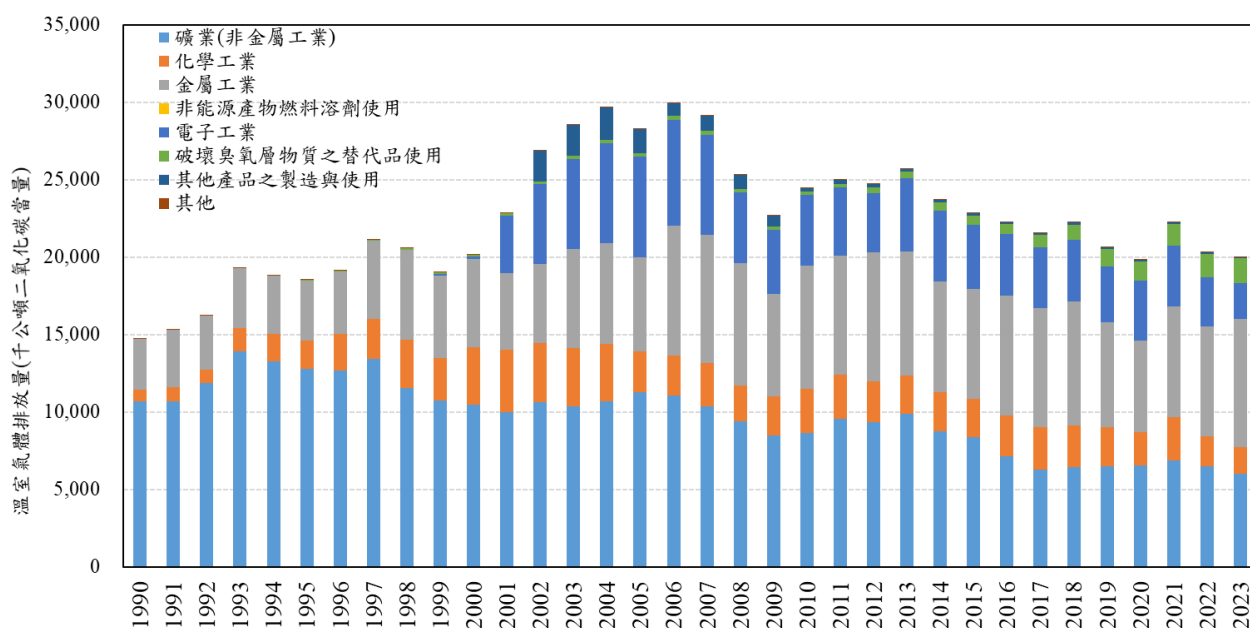


圖 4.1.3 1990 年至 2023 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢（依類別）

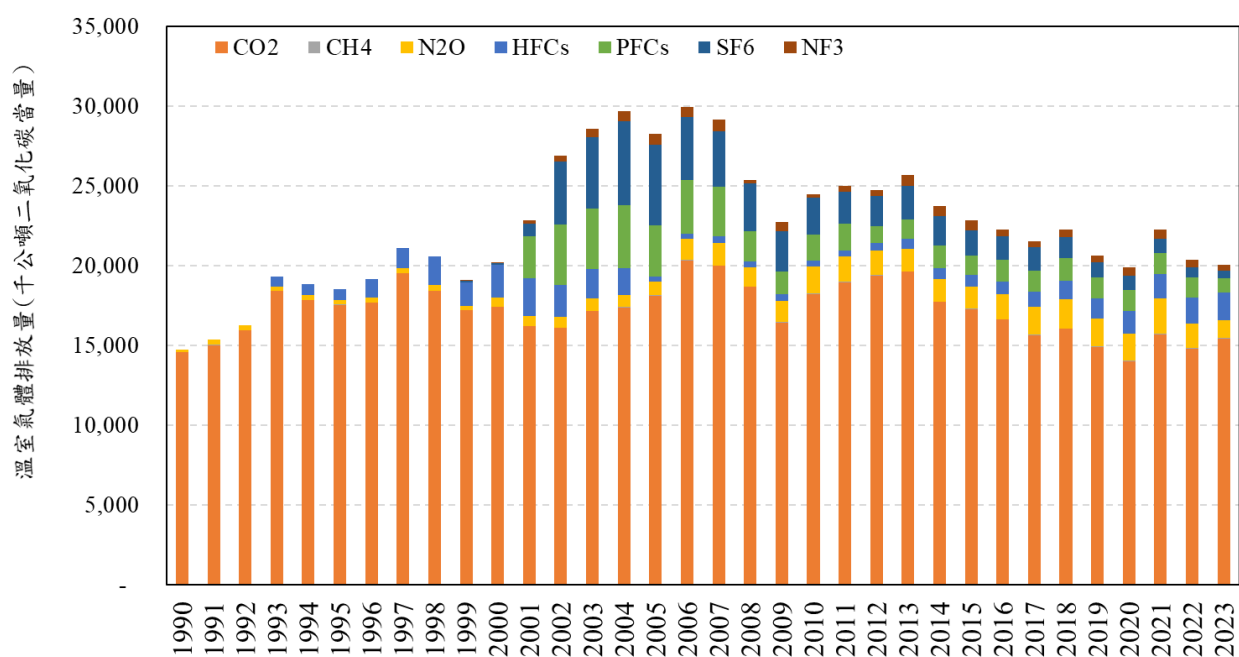


圖 4.1.4 1990 年至 2023 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢（依氣體）

4.2 礦業（非金屬礦物製品）（2.A）

2.A「礦業（非金屬礦物製品）」為工業製程及產品部門之高排放源（約三成），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。2023 年礦業（非金屬礦物製品）排放量約 5,982 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 29.88%，較 2022 年減少約 491 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2023 年排放量如表 4.2.1 及圖 4.2.1 所示。

表 4.2.1 1990 年至 2023 年礦業（非金屬礦物製品）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
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
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	286	317	362	350	346	337	413	422	430	359
2.A.3 玻璃生產	9	9	11	11	13	13	12	12	12	11
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
2.A.4.a 製陶	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	99	98	102	104	123	121	119	122	119	122
2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.A.4.d 其他	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964
2.A.5 其他	4	4	7	9	12	15	17	23	26	27
2.A 總計	10,683	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564	10,746
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.1 水泥生產	8,824	9,086	9,774	9,313	9,546	9,977	9,812	9,484	8,504	7,865
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	364	323	356	367	348	314	300	267	252	184
2.A.3 玻璃生產	12	10	11	11	12	13	29	20	20	5
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,252	513	465	604	737	906	839	550	557	372
2.A.4.a 製陶	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	125	119	104	71	112	114	115	113	113	91
2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.A.4.d 其他	1,127	394	361	533	625	793	724	438	445	281
2.A.5 其他	34	42	43	46	48	47	49	51	47	37
2.A 總計	10,486	9,974	10,648	10,341	10,691	11,257	11,029	10,372	9,380	8,462
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.1 水泥生產	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	5,357	5,378	5,508
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	227	225	202	286	184	149	153	175	186	208
2.A.3 玻璃生產	15	10	10	11	10	13	19	16	13	7
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	228	777	1,074	1,493	1,399	1,823	1,500	670	775	730
2.A.4.a 製陶	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	111	114	108	103	98	110	96	100	111	107
2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.A.4.d 其他	117	663	966	1,390	1,301	1,712	1,404	570	664	623
2.A.5 其他	43	50	50	47	47	49	50	51	56	47
2.A 總計	8,618	9,573	9,333	9,866	8,728	8,347	7,117	6,269	6,408	6,500

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.1 水泥生產	5,730	5,886	5,471	4,953						
2.A.2 石灰（氧化鈣）生產	198	230	274	223						
2.A.3 玻璃生產	8	17	18	13						
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	584	650	665	759						
2.A.4.a 製陶	NA	NA	NA	NA						
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	94	91	101	82						
2.A.4.c 非冶鐵之氧化鎂生產	NO	NO	NO	NO						
2.A.4.d 其他	490	559	565	677						
2.A.5 其他	43	52	45	33						
2.A 總計	6,563	6,835	6,472	5,982						

備註：1.NO，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；

2.NA，代表不適用，該分類被認定為從未發生相關排放。

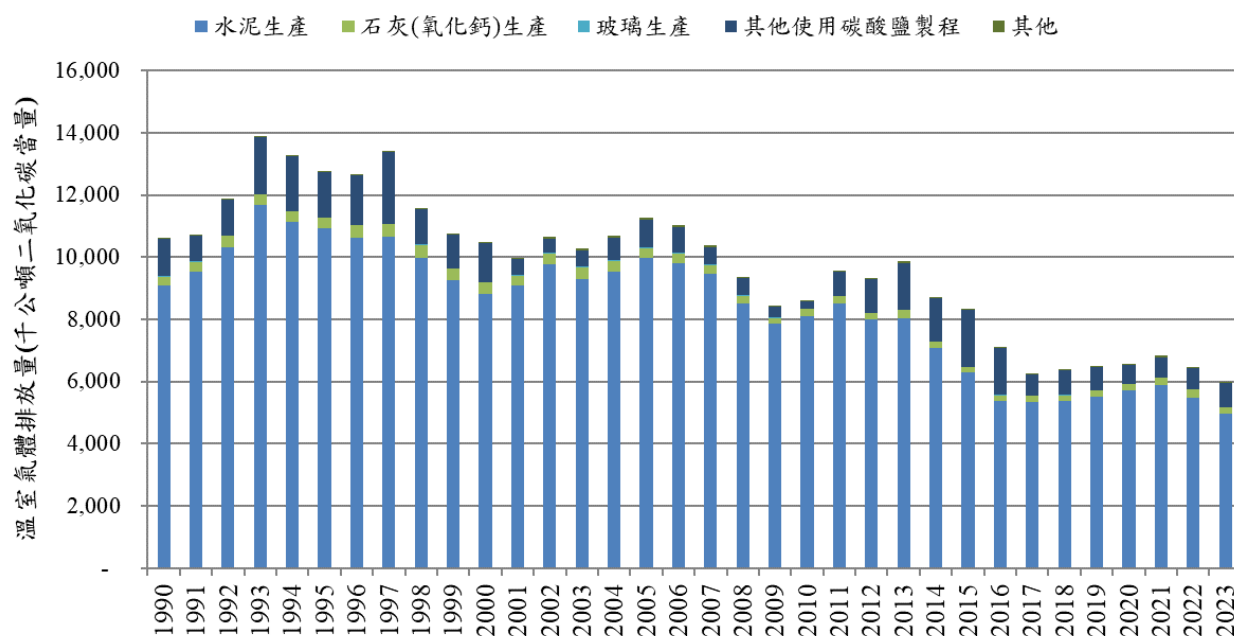


圖 4.2.1 1990 年至 2023 年礦業（非金屬礦物製品）排放量趨勢

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，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%。

計算公式如下：

公式 4.2.1：

二氧化碳排放量

=活動數據× 排放係數

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

B.1994 年至 2023 年

參照 2006 IPCC 指南方法 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。

計算公式如下：

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 2023 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 2023 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，由於我國水泥產業以供應國內需求為主，因此製程排放量仍隨著市場需求有所波動，如表 4.2.3 及圖 4.2.2 所示。

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；內容摘自經濟部產發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。

(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 IPCC 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確認並參考 IPCC 指南不確定性為 35.00%；熟料的貿易數據不確定性為 10.00%，排放係數與 1994 年至 2023 年相同，不確定性為 1.60%，合併不確定性約 36.44%。

B.1994 年至 2023 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 2.00%；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 3.60%，合併不確定性為 4.12%。

(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 採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 年至 2023 年改使用 2006 IPCC 指南方法 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 和方法 2 兩者趨勢一致。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

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

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 指南原則（圖 4.2.3）執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³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。

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 IPCC 指南之不確定性為 35.00%。（IPCC 2006 指南 p.2.17 表 2.3 水泥生產不確定性值）。前述結果業經「工業製程部門溫室氣體排放量專家小組會議-水泥生產」確認（2014 年 11 月 13 日）。

³ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.2.2 1990 年至 2023 年水泥熟料生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
水泥熟料生產量	17,478	18,325	19,861	22,442	21,391	21,007	20,393	20,457	19,172	17,802
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
水泥熟料生產量	16,961	17,464	18,787	17,900	18,347	19,175	18,858	18,229	16,344	15,116
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
水泥熟料生產量	15,578	16,360	15,369	15,433	13,623	12,134	10,370	10,297	10,336	10,587
年份	2020	2021	2022	2023						
水泥熟料生產量	10,904	11,186	10,498	9,520						

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 2023 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 2023 年為環境部國家溫室氣體登錄平臺取得排放清冊。

表 4.2.3 1990 年至 2023 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
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.1 水泥生產	8,824	9,086	9,774	9,313	9,546	9,977	9,812	9,484	8,504	7,865
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.1 水泥生產	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	5,357	5,378	5,508
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.1 水泥生產	5,730	5,886	5,471	4,953						

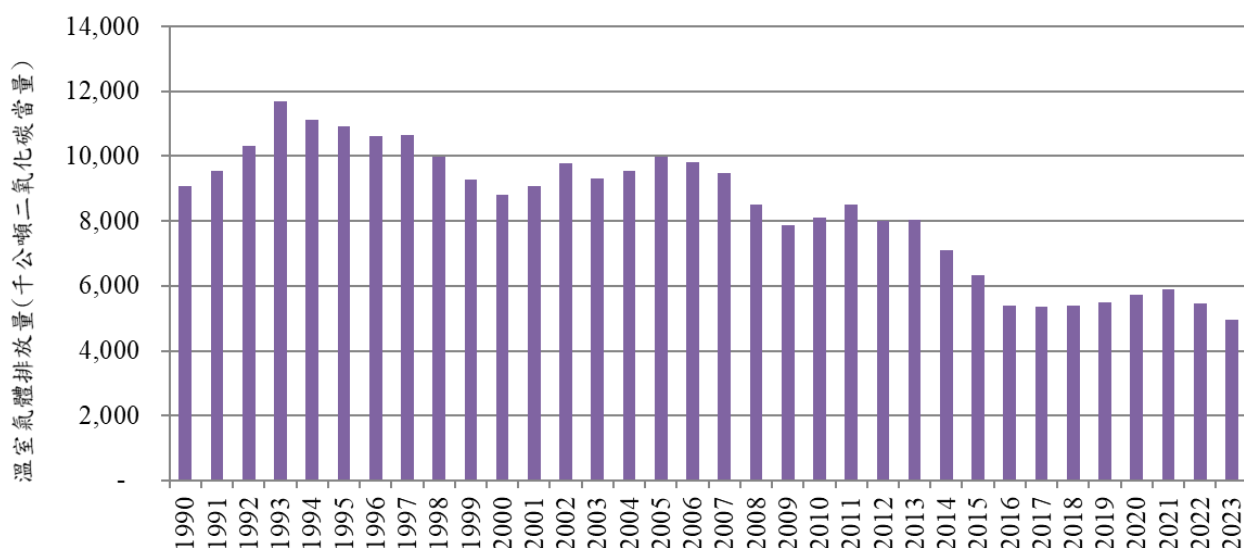


圖 4.2.2 1990 年至 2023 年水泥生產製程排放量趨勢

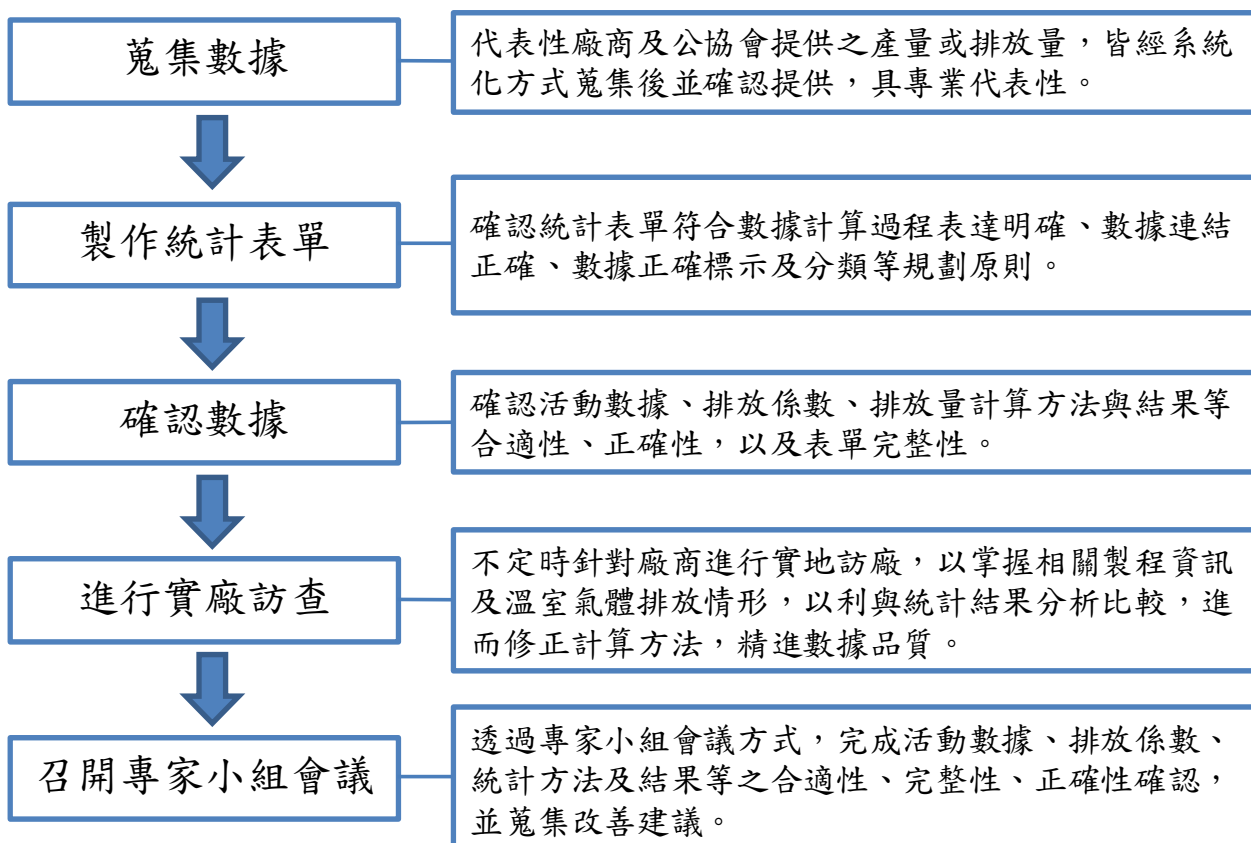


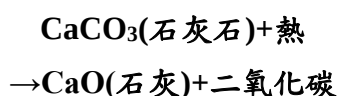
圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程

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。

二氧化碳主要來自原料石灰石(CaCO₃)於石灰窯中，高溫煅燒形成氧化鈣的過程中排放，其生成反應式如下：



2.方法論議題：

(1)計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以石灰生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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，2023 年排放量為 223 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 15.00%，排放係數為 15.00%，合併不確定性則為 21.21%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁶檢視無重新計算之建議，故無修正。

⁴ 於 2017 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

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 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.4 1990 年至 2023 年石灰生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
石灰生產量	405	449	512	496	490	477	585	598	609	509
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石灰生產量	516	458	504	520	493	445	425	378	356	260
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
石灰生產量	322	318	287	405	261	211	216	247	263	294
年份	2020	2021	2022	2023						
石灰生產量	280	326	388	316						

表 4.2.5 1990 年至 2023 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
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	286	317	362	350	346	337	413	422	430	359
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	364	323	356	367	348	314	300	267	251	184
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	227	225	202	286	184	149	153	175	186	208
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	198	230	274	223						

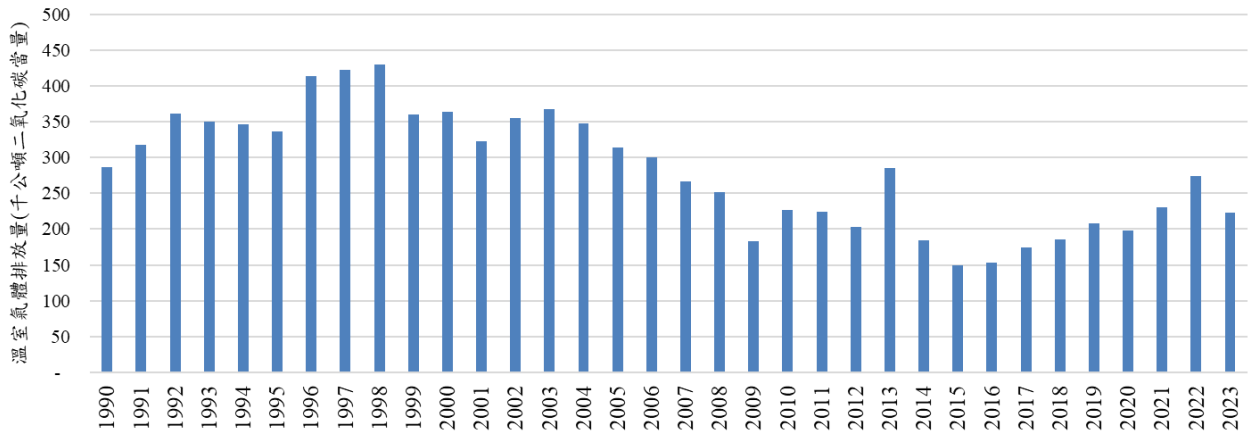


圖 4.2.4 1990 年至 2023 年石灰生產排放量趨勢

4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

1.排放源及匯分類的描述：

本項主要調查玻璃生產過程中所產生之二氧化碳。二氧化碳主要來自玻璃原料石灰石(CaCO_3)、白雲石($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)、與純鹼(Na_2CO_3)之採掘過程及高溫化學反應。

2.方法論議題：

(1)計算方法

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

計算公式如下：

公式 4.2.4：

二氧化碳排放量=玻璃生產量（公噸）×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，故採用之排放係數為 $0.2 \times (1 - \text{分年回收率})$ 。其中，回收玻璃使用率係使用環境部資源回收網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總量資料計算，依可追溯性 2006 年至 2023 年回收率如表 4.2.6。

(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 4.2.7 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 2006 年最高點（29 千公噸二氧化碳當量），2023 年排放量約為 13 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.8 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

估算排放量參照 2006 IPCC 指南方法 1，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算（例如：片），故活動數據不確定性為 5.00%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60.00%，合併不確定性則為 60.21%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 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

活動數據屬於政府統計資料，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

表 4.2.6 2006 年至 2023 年我國玻璃回收率

(單位：%)

年份	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
玻璃回收率	71.20	83.99	82.77	92.82	84.20	89.78	86.86	86.75	87.16
年份	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
玻璃回收率	83.63	75.10	77.13	78.56	88.61	82.65	76.01	75.09	80.06

表 4.2.7 1990 年至 2023 年平板玻璃生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
平板玻璃生產量	355	355	426	421	491	509	442	441	437	432
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
平板玻璃生產量	457	376	403	412	458	484	509	632	580	379
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
平板玻璃生產量	479	479	399	405	391	391	379	342	312	306
年份	2020	2021	2022	2023						
平板玻璃生產量	241	352	353	336						

表 4.2.8 1990 年至 2023 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
2.A.3 玻璃生產	9	9	11	11	13	13	12	12	12	11
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.3 玻璃生產	12	10	11	11	12	13	29	20	20	5
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.3 玻璃生產	15	10	10	11	10	13	19	16	13	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.3 玻璃生產	8	17	18	13						

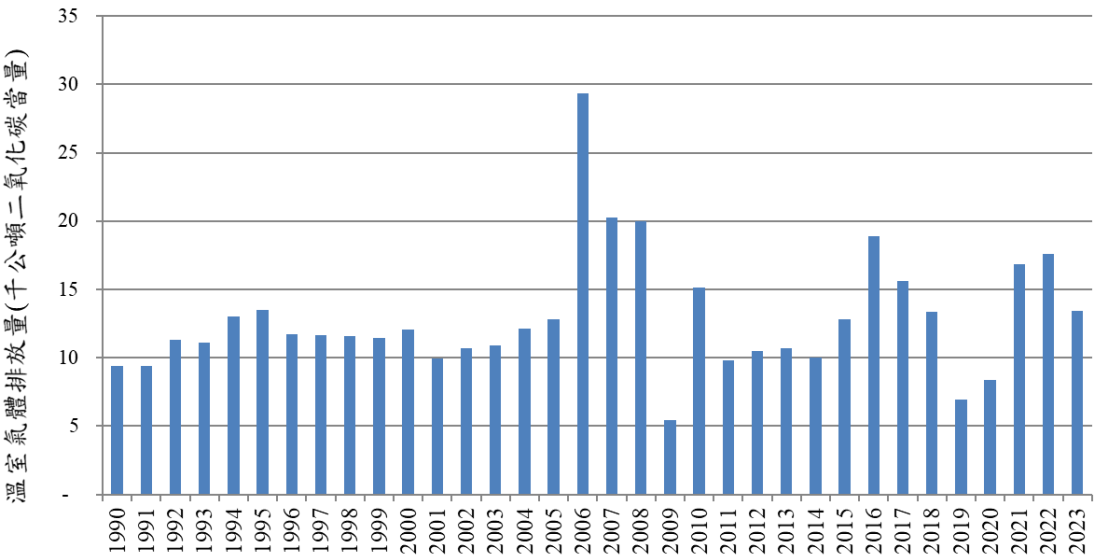


圖 4.2.5 1990 年至 2023 年玻璃生產排放量趨勢

⁷ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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，以純鹼使用量及排放係數計算二氧化碳排放量，使用量計算方法詳見活動數據敘述。

計算公式如下：

公式 4.2.5：

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

(2) 排放係數

引用環境部計畫(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 4.2.9。

(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 4.2.10 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 IPCC 2006 版指南，活動數據來自系統化之調查結果，不確定性建議值為 5.00%；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 7.10%，排放係數不確定性為 15.00%，合併不確定性為 16.60%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2023 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

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。

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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.9 1990 年至 2023 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
純鹼使用量	238	236	246	250	297	291	286	294	286	293
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
純鹼使用量	301	286	251	172	270	274	278	271	272	219
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
純鹼使用量	268	275	259	248	236	266	231	242	268	258
年份	2020	2021	2022	2023						
純鹼使用量	226	220	243	197						

表 4.2.10 1990 年至 2023 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
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	99	98	102	104	123	121	119	122	119	122
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	125	119	104	71	112	114	115	113	113	91
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	111	114	108	103	98	110	96	100	111	107
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.4.b 其他蘇打粉（純鹼）使用	94	91	101	82						

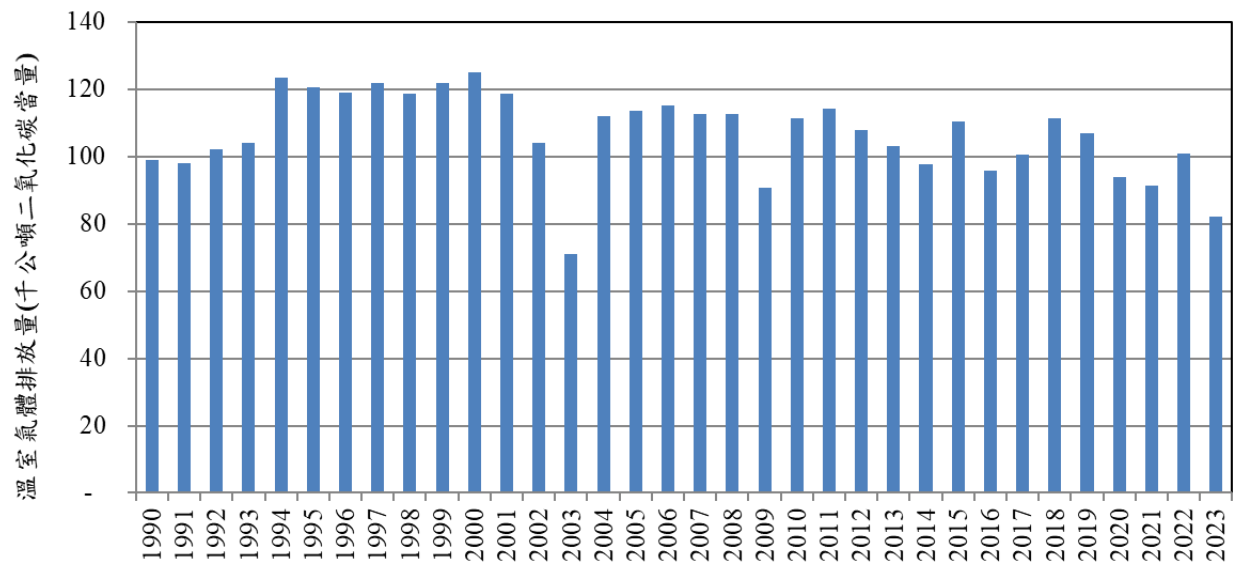


圖 4.2.6 1990 年至 2023 年純鹼使用排放量趨勢

⁹ 2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

4.2.4.3 非冶鐵之氧化鎂生產 (2.A.4.c)

依據經濟部產發署（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(CaCO_3)與白雲石(MgCO_3)所產生的二氧化碳，石灰石與白雲石主要應用於工業製程，如造紙製程中皆會加入石灰石或白雲石作為溶劑，以去除雜質。而煉鋼製程中所使用之造渣劑已計算於鐵與鋼生產項中，故於本項中予以扣除。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以石灰石與白雲石使用量及排放係數計算二氧化碳排放量，使用量計算說明詳見活動數據。

計算公式分別如下：

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 90.00%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 2023 年的使用量如表 4.2.11 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 2023 年

2001 年至 2023 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 2023 年排放量如表 4.2.12 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

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。

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 2023 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 2023 年

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

(5)完整性

本項目活動數據皆以全國為調查對象，但因活動數據來源變更，石灰石使用 1990 年至 2000 年二氧化碳排放量整體高於 2001 年至 2023 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

5.00%，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 9.20%，排放係數不確定性為 16.50%，合併不確定性為 18.89%；白雲石使用之活動數據不確定性為 9.20%，排放係數不確定性為 3.40%，合併不確定性為 9.81%。

(2)時間序列的一致性

因無法依 2001 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

¹¹ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.2.11 1990 年至 2023 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
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
白雲石使用量	262	265	255	267	239	164	82	197	170	229
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石灰石使用量	2,725	866	825	1,345	1,579	1,917	1,792	1,028	976	701
白雲石使用量	110	120	80	0	0	79	32	72	136	8
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
石灰石使用量	116	1,219	1,657	2,500	2,819	4,004	3,422	1,217	1,327	1,078
白雲石使用量	165	421	722	931	430	295	114	204	323	457
年份	2020	2021	2022	2023						
石灰石使用量	861	1,031	1,049	1,376						
白雲石使用量	348	351	345	307						

表 4.2.12 1990 年至 2023 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
石灰石使用	1,079	622	929	1,614	1,533	1,280	1,439	2,086	931	866
白雲石使用	112	114	109	115	103	70	35	85	73	98
2.A.4.d 其他	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石灰石使用	1,079	343	327	533	625	759	710	407	387	278
白雲石使用	47	52	34	0	0	34	14	31	58	3
2.A.4.d 其他	1,127	394	361	533	625	793	724	438	445	281
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
石灰石使用	46	483	656	990	1,116	1,586	1,355	482	525	427
白雲石使用	71	181	310	400	185	127	49	88	139	196
2.A.4.d 其他	117	663	966	1,390	1,301	1,712	1,404	570	664	623
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
石灰石使用	341	408	416	545						
白雲石使用	149	151	149	132						
2.A.4.d 其他	490	559	565	677						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

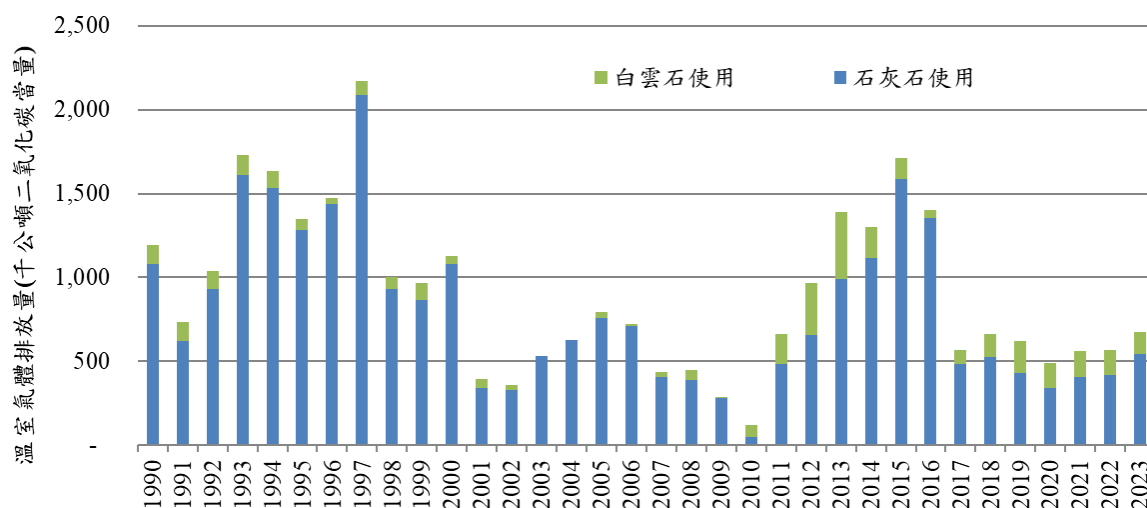


圖 4.2.7 1990 年至 2023 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

4.2.5 其他 (2.A.5)

1.排放源及匯分類的描述：

本項統計使用玻璃纖維製品（含棉、紗、紗束、切股、切股氈）生產所產生的二氧化碳，二氧化碳主要來自玻璃原料石灰石(CaCO_3)、白雲石($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)、與純鹼(Na_2CO_3)之採掘過程及高溫化學反應。

2.方法論議題：

(1)計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以玻璃纖維製品生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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 2023 年生產量如表 4.2.13 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，至 2023 年排放當量為 33 千公噸二氧化碳當量，玻璃纖維製品生產之 1990 年至 2023 年排放量如表 4.2.14 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

估算排放量參照 2006 IPCC 指南方法 1，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算（例如：片），故活動數據不確定性為 5.00%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60.00%，合併不確定性則為 60.21%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 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 指南原則(圖 4.2.3)執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會¹³檢視無重新計算之建議，故無修正。

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 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.13 1990 年至 2023 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
玻璃纖維製品生產量	18	18	39	45	61	78	90	123	136	143
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
玻璃纖維製品生產量	179	220	225	242	252	250	259	270	248	195
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
玻璃纖維製品生產量	226	264	262	248	250	260	266	268	295	248
年份	2020	2021	2022	2023						
玻璃纖維製品生產量	225	275	238	174						

表 4.2.14 1990 年至 2023 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
2.A.5 其他（玻璃纖維製品）	4	4	7	9	12	15	17	23	26	27
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.A.5 其他（玻璃纖維製品）	34	42	43	46	48	47	49	51	47	37
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.A.5 其他（玻璃纖維製品）	43	50	50	47	47	49	50	51	56	47
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.A.5 其他（玻璃纖維製品）	43	52	45	33						

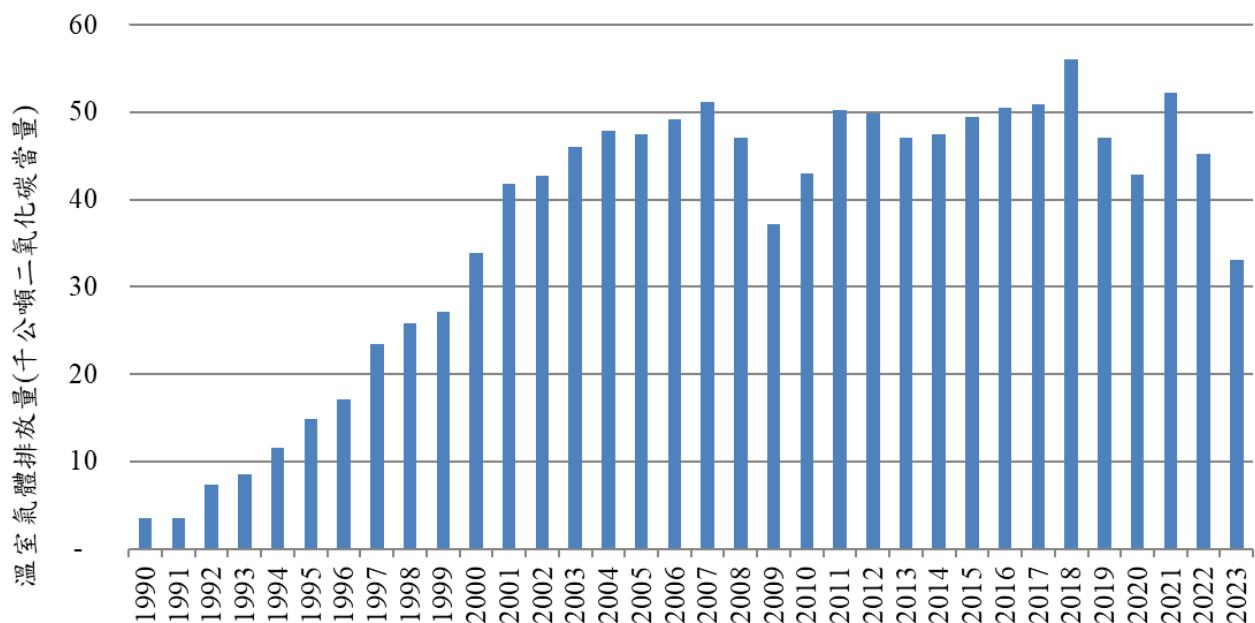


圖 4.2.8 1990 年至 2023 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢

4.3 化學工業 (2.B)

「化學工業」分類項目包括「氮生產」(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%。2023 年「化學工業」排放量約 1,745 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 8.72%，較 2022 年減少約 229 千公噸二氧化碳當量，1990 年至 2023 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

表 4.3.1 1990 年至 2023 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
2.B.1 氮生產	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
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	NO	156	148	121	147	151	139	148	163	146
2.B.5 電石生產	43	42	43	43	43	42	42	42	40	34
2.B.6 二氧化鈦生產	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113	128
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	12	12	10	8	8	8	8	6	4	4
2.B.8 石化及碳黑生產	524	501	526	571	688	736	856	861	858	922
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	4	8	17	16	16	8	NO
2.B.8.b 乙烯	34	31	32	32	39	38	39	42	41	56
2.B.8.c 氯乙烯	118	105	114	135	151	142	179	164	180	228
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	NE	NE	NE	NE	NE	NE	18	21	20	23
2.B.8.e 丙烯腈	94	92	104	103	110	112	129	129	119	125
2.B.8.f 碳煙	278	273	276	296	381	427	474	489	491	490
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	633	716	671	1,094	1,238	1,745	1,348
2.B.9.a 副產品排放	NO	NO	NO	633	716	671	1,094	1,238	1,745	1,348
2.B.9.b 逸散排放	NO	NO	NO	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.B.10 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4
2.B 總計	728	869	870	1,525	1,777	1,846	2,409	2,608	3,103	2,717
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.1 氮生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	93	147	167	166	170	187	167	192	175	169
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	463	488	494	573	572	667	694	694	522	726
2.B.5 電石生產	23	NO	18	12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	139	139	146	165	170	177	191	206	200	211
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	990	1,107	1,164	1,224	1,340	1,587	1,542	1,654	1,416	1,407
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	69	112	104	126	124	126	125	159	157	167
2.B.8.c 氯乙烯	250	257	276	304	312	316	285	320	289	314
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	21	29	39	51	133	329	319	324	268	245
2.B.8.e 丙烯腈	133	209	243	252	271	276	299	323	257	295
2.B.8.f 碳煙	516	500	503	491	499	540	514	528	444	387
2.B.9 含氟化物生產	1,943	2,151	1,807	1,623	1,433	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.a 副產品排放	1,943	2,151	1,807	1,623	1,433	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.b 逸散排放	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.B.10 其他	6	6	7	7	7	6	6	9	8	9
2.B 總計	3,661	4,038	3,802	3,770	3,691	2,624	2,601	2,755	2,321	2,522

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.1 氮生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	183	180	172	137	184	187	199	199	193	196
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	857	882	731	557	463	427	655	792	795	632
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	233	216	134	181	206	208	189	212	175	124
2.B.7 碳酸鈉（純鹼）（蘇打）生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	1,561	1,537	1,596	1,585	1,696	1,653	1,588	1,515	1,527	1,560
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	169	153	163	170	181	183	182	174	183	178
2.B.8.c 氯乙烯	311	298	322	336	323	345	342	345	362	362
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	295	276	348	323	419	391	309	245	213	223
2.B.8.e 丙烯腈	328	298	317	328	333	336	336	345	356	346
2.B.8.f 碳煙	458	511	446	427	440	397	419	406	413	450
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.a 副產品排放	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.b 逸散排放	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.B.10 其他	10	8	9	10	10	10	10	9	10	10
2.B 總計	2,843	2,823	2,642	2,470	2,559	2,484	2,642	2,727	2,700	2,522
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.1 氮生產	NO	NO	NO	NO						
2.B.2 硝酸生產	211	224	233	210						
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO						
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	329	830	446	322						
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO						
2.B.6 二氧化鈦生產	132	199	NO	NO						
2.B.7 碳酸鈉（純鹼）（蘇打）生產	NO	NO	NO	NO						
2.B.8 石化及碳黑生產	1,435	1,549	1,285	1,204						
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO						
2.B.8.b 乙烯	172	184	144	116						
2.B.8.c 氯乙烯	350	366	355	359						
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	125	150	71	40						
2.B.8.e 丙烯腈	338	355	258	305						
2.B.8.f 碳煙	451	494	458	384						
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	NO						
2.B.9.a 副產品排放	NO	NO	NO	NO						
2.B.9.b 逸散排放	IE	IE	IE	IE						
2.B.10 其他	10	10	10	10						
2.B 總計	2,117	2,811	1,974	1,745						

備註：1.NO，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；

2.NE，代表未調查估計該分類項目。

3.IE，代表該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目。

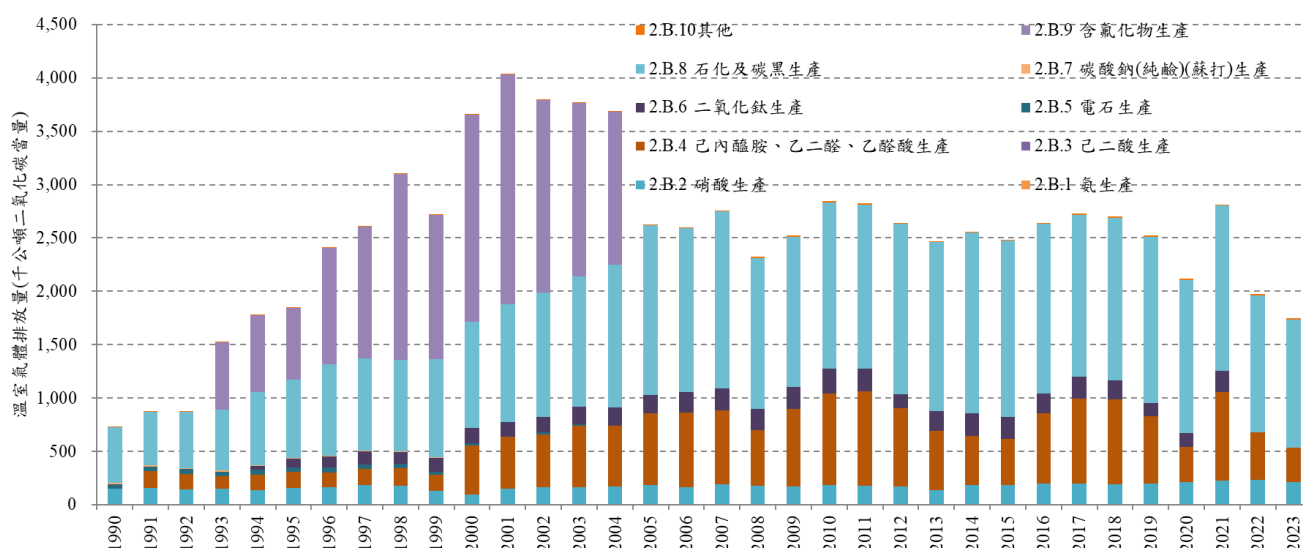


圖 4.3.1 1990 年至 2023 年化學工業排放量趨勢

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」，經詢問台灣區酸鹼工業同業公會（以下簡稱酸鹼公會），國內無廠商製造生產液氨，故本項目無溫室氣體排放。

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 2023 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

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，以硝酸生產量及排放係數計算氧化亞氮排放量。

計算公式如下：

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

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 2.00%，排放係數為 5.00%，合併不確定性則為 5.39%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2023 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 2023 年則由業者提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會¹⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.3.3 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。

表 4.3.2 1990 年至 2023 年硝酸生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
硝酸生產量	111	119	107	111	102	118	125	139	134	99
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
硝酸生產量	70	111	126	126	128	141	126	145	132	128
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
硝酸生產量	138	136	130	103	139	141	150	150	145	148
年份	2020	2021	2022	2023						
硝酸生產量	160	169	176	158						

表 4.3.3 1990 年至 2023 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
2.B.2 硝酸生產	147	157	141	147	135	156	165	184	177	132
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.2 硝酸生產	93	147	167	166	170	187	167	192	175	169
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.2 硝酸生產	183	180	172	137	184	187	199	199	193	196
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.2 硝酸生產	211	224	233	210						

¹⁵ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

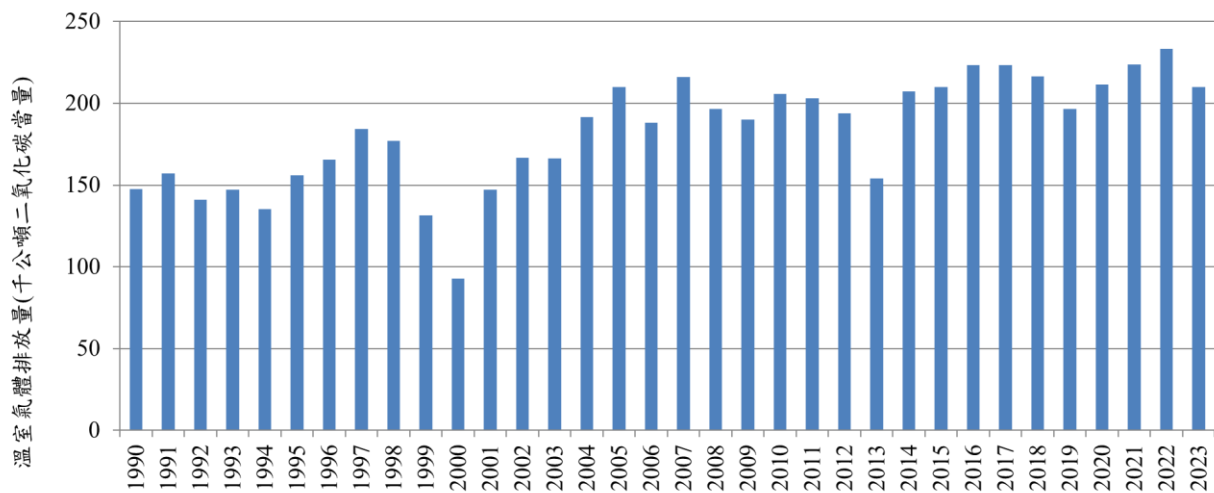


圖 4.3.2 1990 年至 2023 年硝酸生產製程排放量趨勢

4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

經詢問台灣區石油化學同業公會（以下簡稱石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。

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，以活動數據乘排放係數計算。

2008 年至 2023 年因國內廠商提供清冊，則參照 2006 IPCC 指南方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無計算公式。

(2) 排放係數

1990 年至 2007 年排放量採本土排放係數 0.0102 公噸氧化亞氮/公噸生產量計算。2008 年至 2023 年參照 2006 IPCC 指南方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無排放係數。

(3) 活動數據

1990 年至 2007 年活動數據為國內廠商提供己內醯胺生產量。2008 年至 2023 年參照 2006 IPCC 指南方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無活動數據。

(4) 排放量

己內醯胺生產排放量從 1990 年的無生產或使用增加至 2023 年 322 千公噸二氧化碳當量如表 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，國際己內醯胺需求在 2021 年後持續下降。

(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 6.90%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2007 年與 2008 年至 2023

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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

表 4.3.4 1990 年至 2023 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
2.B.4 己內醯胺生產	NO	156	148	121	147	151	139	148	163	146
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.4 己內醯胺生產	463	488	494	573	572	667	694	694	522	726
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.4 己內醯胺生產	857	882	731	557	463	427	655	792	795	632
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.4 己內醯胺生產	329	830	446	322						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

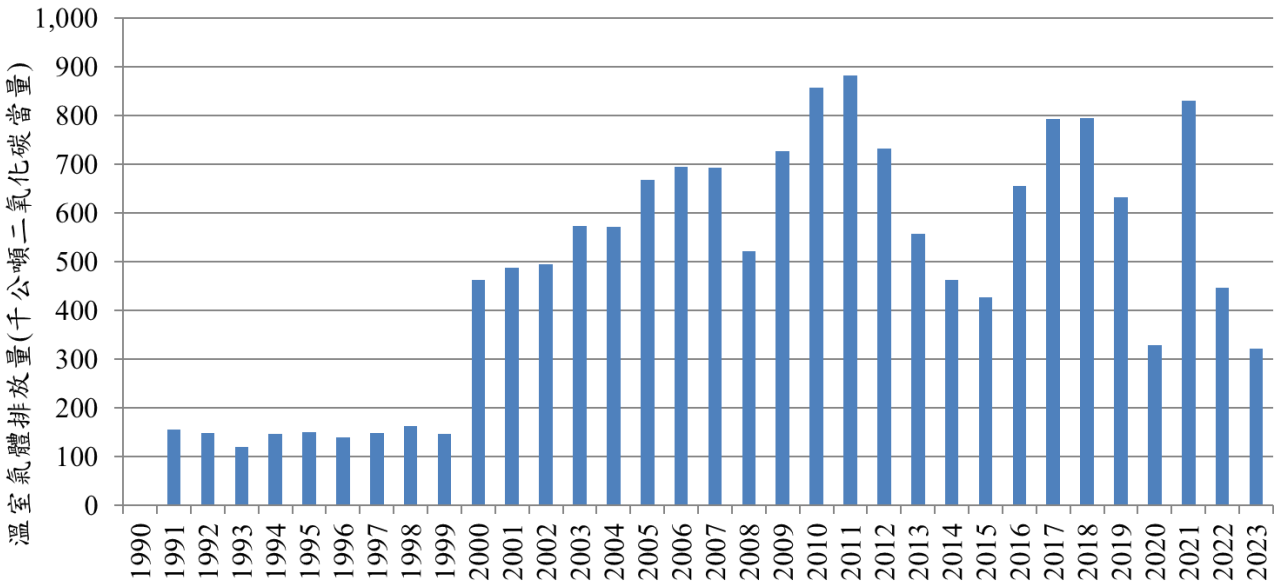


圖 4.3.3 1990 年至 2023 年己內醯胺生產製程排放量趨勢

¹⁶ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

4.3.5 電石生產 (2.B.5)

1.排放源及匯分類的描述：

電石包含碳化矽(SiC)及碳化鈣(CaC₂)，原料為矽砂、石英及石油焦，其生產過程中會產生二氧化碳、甲烷、一氧化碳、二氧化硫等氣體排放，本項僅統計二氧化碳及甲烷。碳化矽為重要人造研磨劑，碳化鈣則用於乙炔生產、氨脲製造及電弧爐煉鋼中之還原劑。由於國內碳化矽已停產，原生產碳化鈣之台灣塑膠工業股份有限公司（以下簡稱台塑）也於 2001 年停產，故以下僅描述碳化鈣生產。

2.方法論議題：

(1)計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以碳化鈣生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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）

(2)排放係數

依據環境部計畫(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

國內碳化矽已停產，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 年排放量約平均維持 39 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 5.00%；排放係數不確定性因考量製程中石油焦揮發，IPCC 建議不確定性為 10.00%，合併總不確定性為 11.18%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2003 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

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 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.3.5 1990 年至 2023 年碳化鈣生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
碳化鈣生產量	39	39	40	39	40	39	39	39	37	31
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
碳化鈣生產量	21	NO	16	11	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
碳化鈣生產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2020	2021	2022	2023						
碳化鈣生產量	NO	NO	NO	NO						

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.6 1990 年至 2023 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
2.B.5 電石生產	43	42	43	43	43	42	42	42	40	34
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.5 電石生產	23	NO	18	12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO						

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

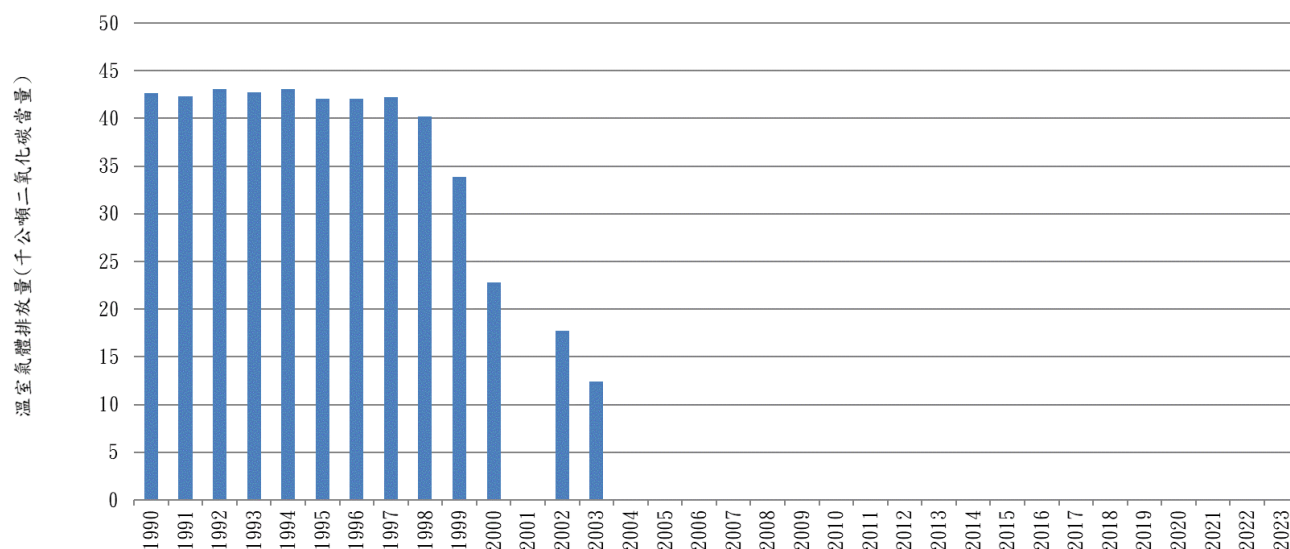


圖 4.3.4 1990 年至 2023 年碳化鈣生產製程排放量趨勢

4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

1.排放源及匯分類的描述：

二氧化鈦(TiO_2)是常見白色色素之一。主要用途是油漆製造，其次是造紙、塑膠、墨水等，二氧化鈦產品通常指二氧化鈦類，範圍適用鈦礦渣、合成金紅石(>90.00% 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。

2.方法論議題：

(1)計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

計算公式如下：

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 2021 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，國內唯一生產廠商於 2022 年起未生產，2023 年 8 月關廠，故

2022 年起無生產量，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

估算排放量參照 2006 IPCC 指南方法 1，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算（例如：片），故活動數據不確定性為 5.00%，排放係數引用 2006 IPCC 指南所建議，其中不確定性設定為 15.00%，合併不確定性則為 15.81%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2021 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

¹⁹ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.3.7 1990 年至 2023 年二氧化鈦生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
二氧化鈦生產量	NO	NO	NO	NO	27	59	77	94	84	95
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
二氧化鈦生產量	104	103	109	123	127	132	143	154	149	157
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
二氧化鈦生產量	174	161	100	135	154	155	141	158	131	93
年份	2020	2021	2022	2023						
二氧化鈦生產量	99	148	NO	NO						

備註：NO，代表二氧化鈦於 1990 年至 1993 年與 2022 年起未生產，故無排放源發生。

表 4.3.8 1990 年至 2023 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
2.B.6 二氧化鈦生產	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113	128
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.6 二氧化鈦生產	139	139	146	165	170	177	191	206	200	211
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.6 二氧化鈦生產	233	216	134	181	206	208	189	212	175	124
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.6 二氧化鈦生產	132	199	NO	NO						

備註：NO，代表二氧化鈦於 1990 年至 1993 年與 2022 年起未生產，故無排放源發生。

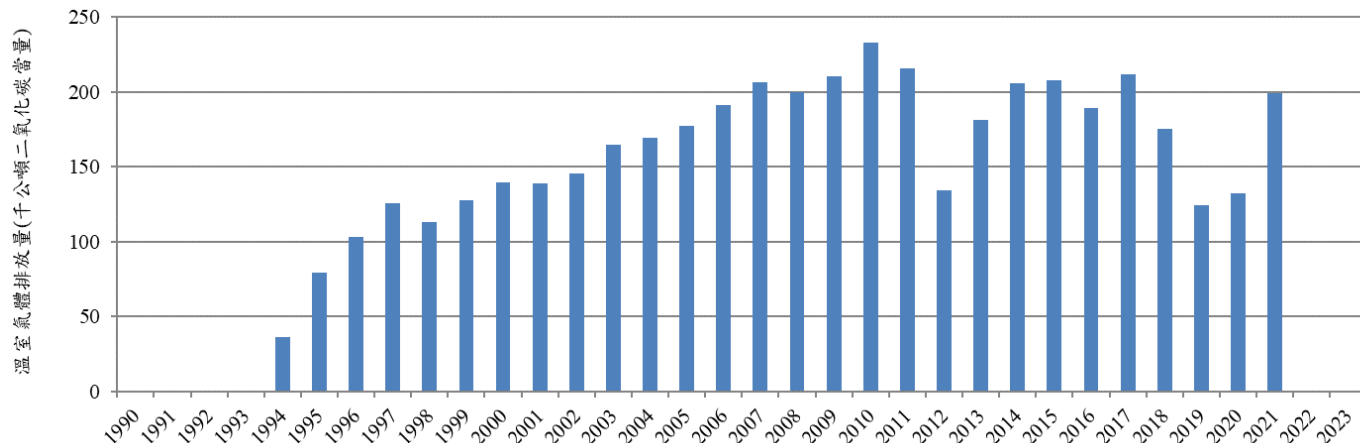


圖 4.3.5 1990 年至 2023 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢

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，以純鹼生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

公式 4.3.4：

二氧化碳排放量=純鹼生產量（公噸）×
純鹼料排放係數（公噸二氧化碳/公噸生
產量）

(2)排放係數

根據環境部計畫(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(NaHCO_3)來吸收過量二氧化碳，排放係數理論為 0 公噸二氧化碳/公噸純鹼生產，但為避免低估純鹼生產排放量，仍引用 IPCC 2006 版建議排放係數 0.097 公噸二氧化碳/公噸純鹼生產。

(3)活動數據

純鹼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 2001 年起停止生產。

(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 5.00%，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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2000 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會²¹檢視無重新計算之建議，故無修正。

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 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.9 1990 年至 2023 年純鹼生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
純鹼生產量	128	119	100	83	84	82	82	60	44	39
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
純鹼生產量	44	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
純鹼生產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2020	2021	2022	2023						
純鹼生產量	NO	NO	NO	NO						

備註：NO：代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 1990 年至 2023 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
2.B.7 碳酸鈉（純鹼/蘇打）生產	12	12	10	8	8	8	8	6	4	4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.7 碳酸鈉（純鹼/蘇打）生產	4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.7 碳酸鈉（純鹼/蘇打）生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.7 碳酸鈉（純鹼/蘇打）生產	NO	NO	NO	NO						

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

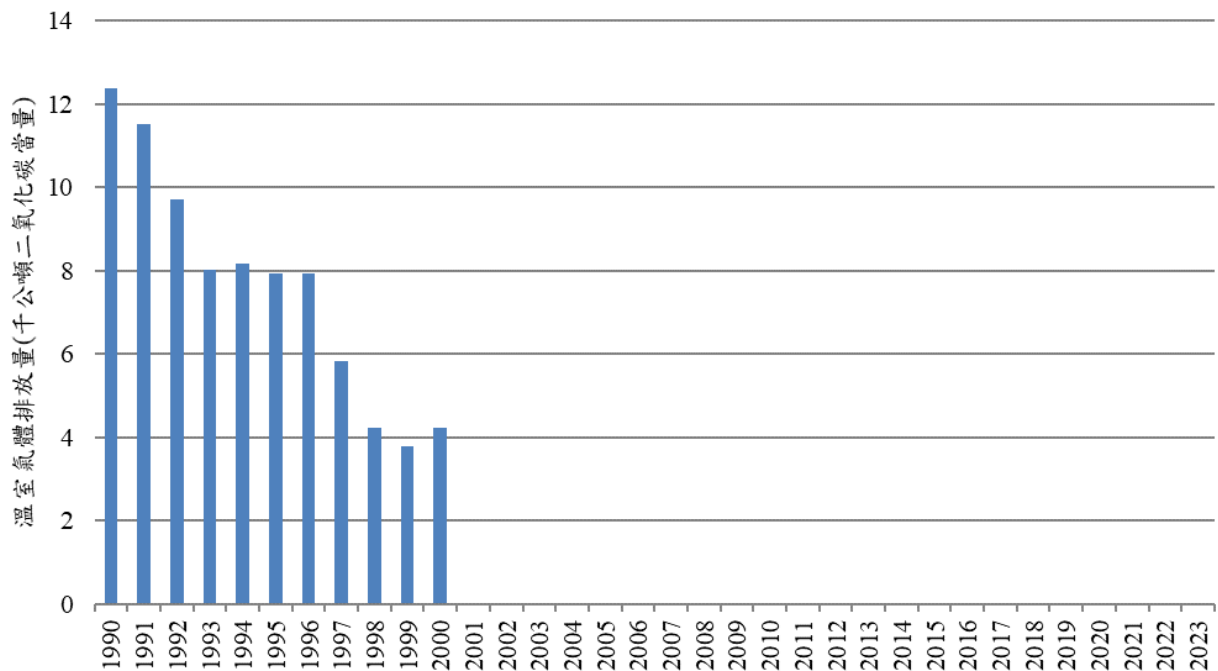


圖 4.3.6 1990 年至 2023 年純鹼生產製程排放量趨勢

4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)

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

4.3.8.1 甲醇 (2.B.8.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 IPCC 指南方法 1，以甲醇生產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量。

計算公式如下：

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，即高雄市環保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 20.00%，排放係數考量天然氣的使用，IPCC 建議 CO₂ 及 CH₄ 之排放係數不確定性 30.00%，合併不確定性則為 36.00%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 1998 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

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。

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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會²³檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.11 1990 年至 2023 年甲醇生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
甲醇生產量	NO	NO	NO	13	25	49	46	47	22	NO
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
甲醇生產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
甲醇生產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2020	2021	2022	2023						
甲醇生產量	NO	NO	NO	NO						

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.12 1990 年至 2023 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
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	4	8	17	16	16	8	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO						

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

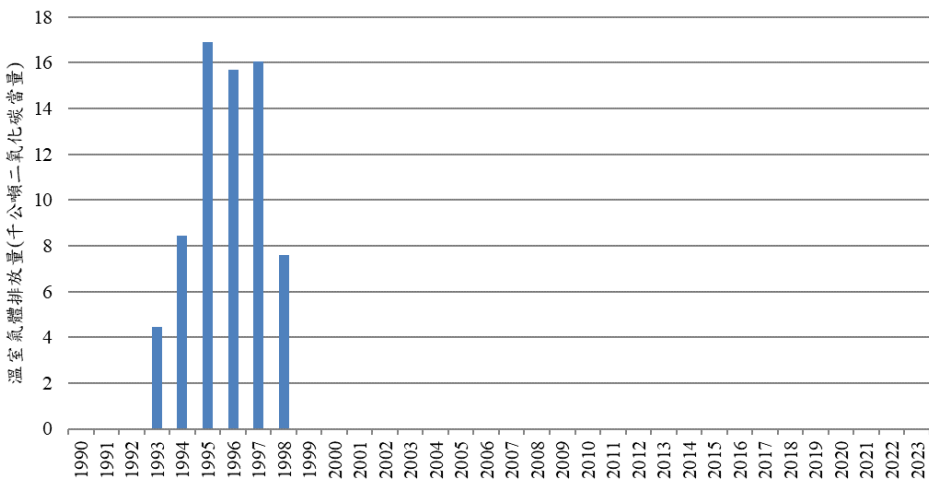


圖 4.3.7 1990 年至 2023 年甲醇生產製程排放量趨勢

²³ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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 IPCC 指南方法 1，以乙烯生產量及排放係數計算二氧化碳與甲烷排放量。

計算公式如下：

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

採用環境部(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 100 至 185 千公噸間變化，2021 年後我國石化業受全球通膨趨勢及產能過剩影響減產，導致排放量持續下降，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。

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 5.00%；考量乙烯生產中氧氯化及直接氧化之特性，IPCC 建議二氧化碳排放係數不確定性為 30.00%、甲烷排放係數不確定性為 77.00%，故乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 30.41%，甲烷排放總不確定性為 77.16%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

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。

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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會²⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.13 1990 年至 2023 年乙烯生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
乙烯生產量	779	709	734	742	889	874	910	959	935	1,296
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
乙烯生產量	1,592	2,584	2,393	2,900	2,864	2,900	2,888	3,666	3,623	3,852
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
乙烯生產量	3,929	3,522	3,748	3,925	4,182	4,229	4,187	4,013	4,218	4,113
年份	2020	2021	2022	2023						
乙烯生產量	3,965	4,244	3,318	2,679						

表 4.3.14 1990 年至 2023 年乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

溫室氣體排放源和吸收匯類別	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2.B.8.b 乙烯	34	31	32	32	39	38	39	42	41	56
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.b 乙烯	69	112	104	126	124	126	125	159	157	167
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.b 乙烯	167	153	163	170	181	183	182	174	183	178
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.b 乙烯	172	184	144	116						

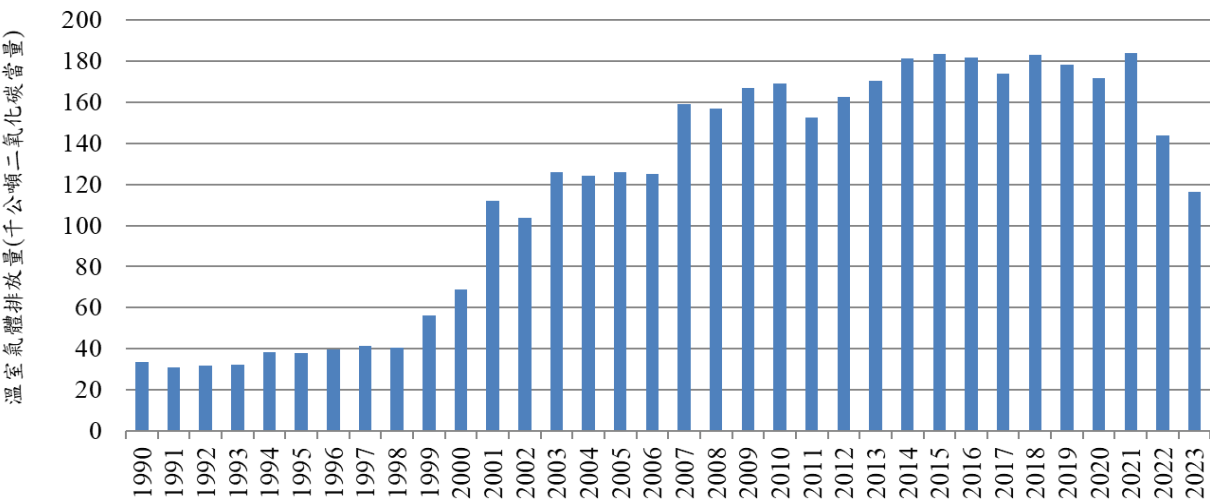


圖 4.3.8 1990 年至 2023 年乙烯生產製程排放量趨勢

²⁵ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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，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，其中地理調整因子係比照日本與韓國建議值並依據 IPCC 建議僅於計算二氧化碳時使用。

計算公式如下：

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 370 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 20.00%；考量氯乙烯生產中氧氯化及直接氧化之特性，IPCC 建議二氧化碳排放係數不確定性為 20.00%、甲烷排放係數不確定性為 10.00%，故氯乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 28.28%，甲烷排放總不確定性為 22.36%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

表 4.3.15 1990 年至 2023 年氯乙烯生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
氯乙烯生產量	665	593	641	764	851	802	1,013	927	1,018	1,288
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
氯乙烯生產量	1,415	1,452	1,557	1,718	1,763	1,783	1,609	1,810	1,633	1,773
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
氯乙烯生產量	1,758	1,685	1,817	1,900	1,822	1,949	1,932	1,946	2,045	2,044
年份	2020	2021	2022	2023						
氯乙烯生產量	1,974	2,067	2,003	2,028						

表 4.3.16 1990 年至 2023 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
2.B.8.c 氯乙烯	118	105	114	135	151	142	179	164	180	228
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.c 氯乙烯	250	257	276	304	312	316	285	320	289	314
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.c 氯乙烯	311	298	322	336	323	345	342	345	362	362
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.c 氯乙烯	350	366	355	359						

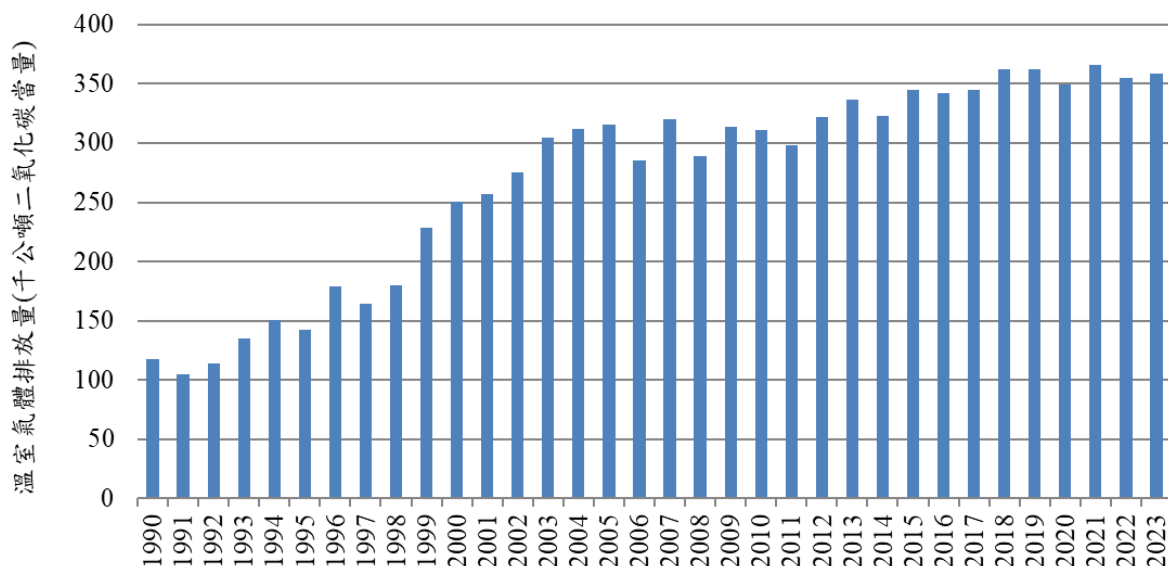


圖 4.3.9 1990 年至 2023 年氯乙烯生產製程排放量趨勢

²⁶ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

4.3.8.4 環氧乙烷/乙二醇 (2.B.8.d)

1.排放源及匯分類的描述：

本項主要調查環氧乙烷(C_2H_4O)及乙二醇製程所產生之二氧化碳及甲烷，製程主要為乙烯經催化與氧氣反應產生環氧乙烷，環氧乙烷再與氧氣反應生產乙二醇，並經多次反應可生成二乙二醇、三乙二醇及聚乙二醇，二氧化碳主要來自於製造過程的副產物。環氧乙烷主要用途為製造乙二醇、乙二醇醚、酒精及胺的原料。

2.方法論議題：

(1)計算方法

1996 年至 2004 年參照 2006 IPCC 指南方法 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。

計算公式如下：

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。

計算公式如下：

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，依國內生產廠商經第三者查證之盤查清冊數據進行彙算。

(2)排放係數

1996 年至 2004 年採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.59 公噸二氧化碳/公噸環氧乙烷生產及 0.002 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 年起係透過調查業者經第三方查驗之溫室氣體盤查清冊統計排放量，因此無調查活動數據，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 CO_2 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 10.00%；考量環氧乙烷生產中氧氯化及直接氧化之特性，IPCC 建議二氧化碳排放係數不確定性為 10.00%、甲烷排放係數不確定性為 60.00%，故環氧乙烷二氧化碳排放總不確定性為 14.14%，甲烷排放總不確定性為 60.83%。

2005 年至 2013 年採用各年度「生產量」，建議不確定性為 10.00%，以 2014 年之單位產品排放係數，不確定性為 100.00%。

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

(2)時間序列的一致性

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

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於官方數據，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

²⁷ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.3.17 1990 年至 2013 年環氧乙烷生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
環氧乙烷生產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	31	37	34	40
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
環氧乙烷生產量	36	50	67	88	230	221	219	226	211	229
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
環氧乙烷生產量	243	246	231	246	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2020	2021	2022	2023						
環氧乙烷生產量	NE	NE	NE	NE						

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。

表 4.3.18 1990 年至 2023 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
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	NE	NE	NE	NE	NE	NE	18	21	20	23
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	21	29	39	51	132	329	319	324	268	245
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	295	276	348	323	419	391	309	245	213	223
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	125	150	71	40						

備註：NE：代表未調查估計該分類項目。

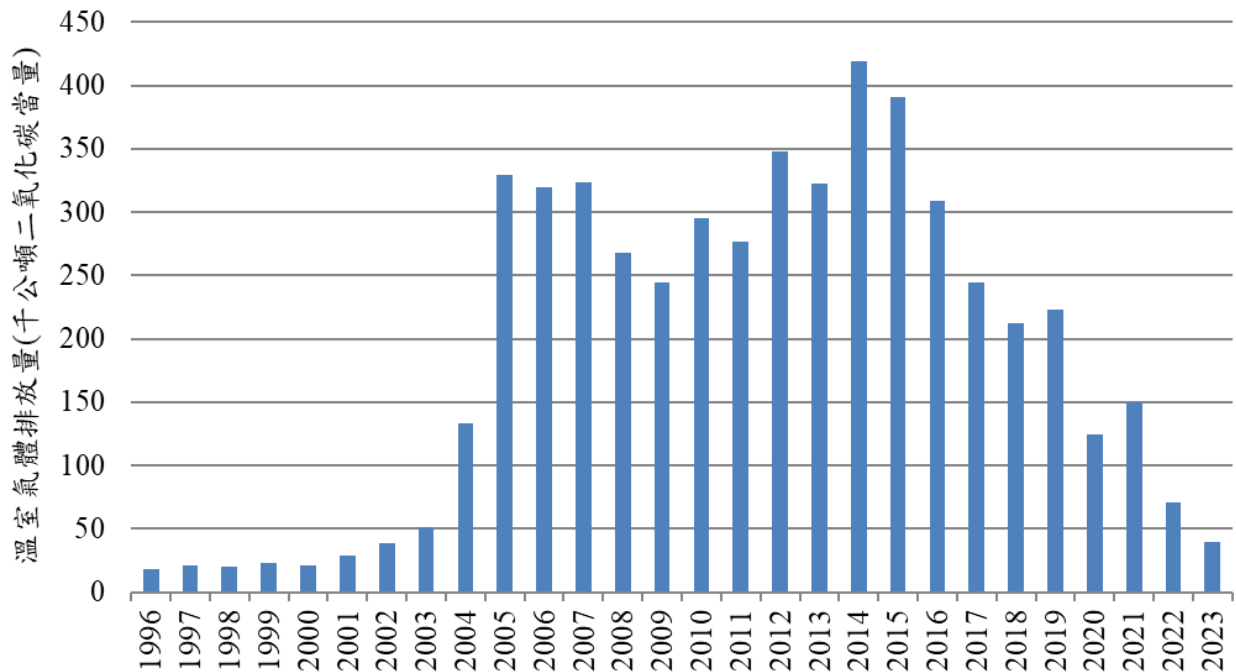


圖 4.3.10 1996 年至 2023 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢

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，製程主要為氨氣、氧氣與丙烯直接氨氧化後得到丙烯腈，二氧化碳主要來自於製造過程的副產物。

2.方法論議題：

(1)計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 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 IPCC 建議僅於計算二氧化碳時使用。

計算公式如下：

公式 4.3.13：

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 90.00%

公式 4.3.14：

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 100~129 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 千公噸二氧化
碳當量，而後則受國際經濟波動影響下
降至 2023 年的 305 千公噸二氧化碳當量，
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
60.00%；考量丙烯腈排放係數受到製程
原料（丙烯）回收影響，IPCC 2006 建議
二氧化碳排放係數不確定性為 60.00%、
甲烷排放係數不確定性為 10.00%，故丙
烯腈二氧化碳排放總不確定性為 84.85%，
甲烷排放總不確定性為 60.81%，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 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

表 4.3.19 1990 年至 2023 年丙烯腈生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
丙烯腈生產量	131	129	146	144	153	156	180	180	167	175
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
丙烯腈生產量	186	292	339	352	379	386	418	451	360	412
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
丙烯腈生產量	458	416	443	458	465	470	470	482	498	484
年份	2020	2021	2022	2023						
丙烯腈生產量	471	496	360	426						

表 4.3.20 1990 年至 2023 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
2.B.8.e 丙烯腈	94	92	104	103	110	112	129	129	119	125
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.e 丙烯腈	133	209	243	252	271	276	299	323	257	295
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.e 丙烯腈	328	298	317	328	333	336	336	345	356	346
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.e 丙烯腈	338	355	258	305						

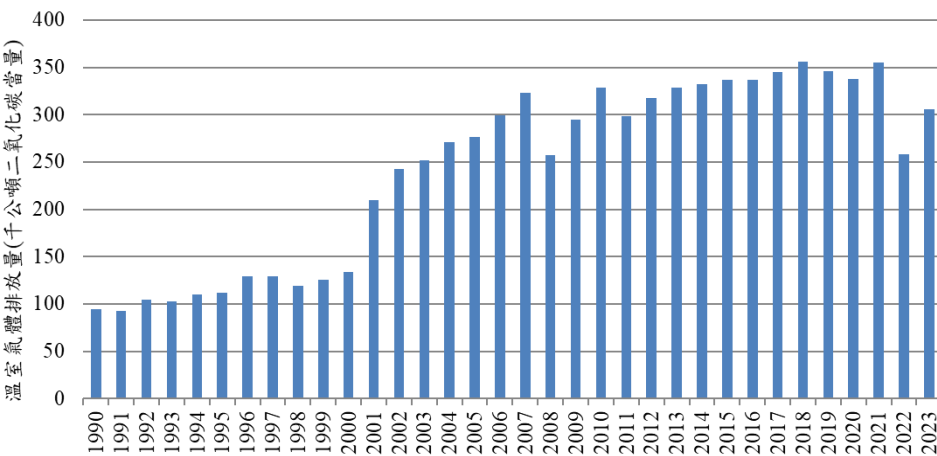


圖 4.3.11 1990 年至 2023 年丙烯腈生產製程排放量趨勢

²⁸ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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，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 IPCC 建議僅於計算二氧化碳時使用。

計算公式如下：

公式 4.3.15：

二氧化碳排放量=碳黑生產量（公噸）×
碳黑排放係數（公噸二氧化碳/公噸生產量）×地理調整因子 90.00%

公式 4.3.16：

甲烷排放量=碳黑生產量（公噸）×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 2023 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 年後平均維持約 428 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，後因國際產能過剩持續下降至 2023 年 384 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.22 及圖 4.3.12 所示。

(5)完整性

碳黑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 指南建議，活動數據若為「生產量」，建議不確定性為 15.00%，二氧化碳排放係數不確定性為 15.00%、甲烷排放係數不確定性為 85.00%，故碳黑二氧化碳排放總不確定性為 21.21%，甲烷排放總不確定性為 86.31%，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 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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 4.3.21 1990 年至 2023 年碳黑生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
碳黑生產量	59	58	58	63	81	90	100	103	104	104
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
碳黑生產量	100	106	106	104	106	114	109	112	94	82
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
碳黑生產量	97	108	94	90	93	84	89	86	87	95
年份	2020	2021	2022	2023						
碳黑生產量	95	105	97	81						

表 4.3.22 1990 年至 2023 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
2.B.8.f 碳黑	278	273	276	296	381	427	474	489	491	490
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.8.f 碳黑	516	500	503	491	499	540	514	528	444	387
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.8.f 碳黑	458	511	446	427	440	396	419	406	413	450
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.8.f 碳黑	451	494	458	384						

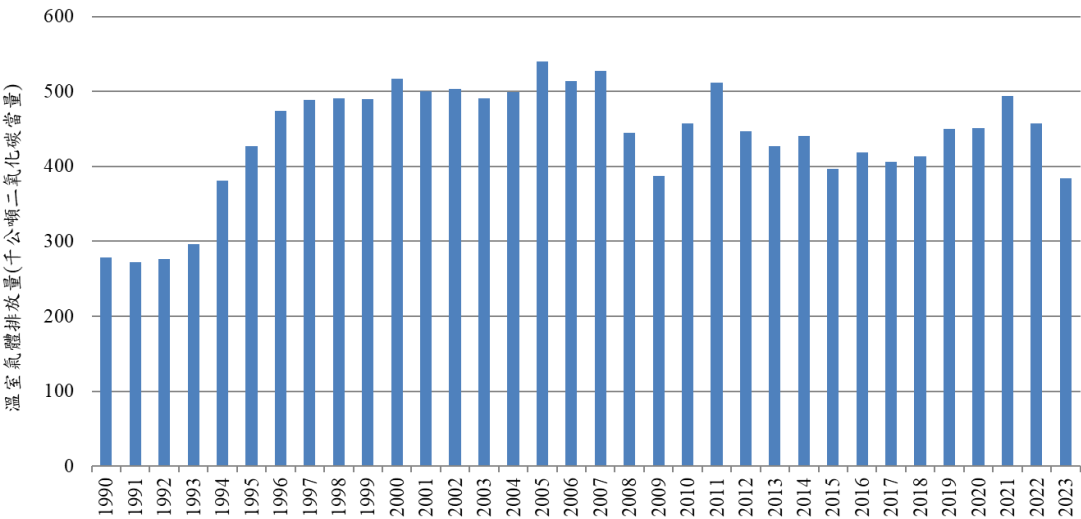


圖 4.3.12 1990 年至 2023 年碳黑生產製程排放量趨勢

²⁹ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)

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

4.3.9.1 副產品排放 (2.B.9.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查生產一氯二氟甲烷 (HCFC-22 或 CHClF_2) 時 HFC-23 或 CHF 等副產品排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，排放副產品則為 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，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。

計算公式如下：

公式 4.3.17：

$$\begin{aligned} & \text{HFCs 排放量} \\ &= \text{HCFC-22 生產量 (公噸)} \\ & \times \text{HFC-23 產生率 (\%)} \end{aligned}$$

(2) 排放係數

本項排放係數為 HCFC-22 副產品 HFC-23 之產生率，引用環境部計畫 (2004)³⁰，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 2004 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。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1) 不確定性

估算排放量參照 2006 IPCC 指南方法 1，故合併不確定性為 50.00%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2004 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會³¹檢視無重新計算之建議，

³⁰ 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。

³¹ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.23 1990 年至 2023 年 HCFC-22 生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
HCFC-22 生產量	NO	NO	NO	3	4	4	6	7	9	7
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
HCFC-22 生產量	10	12	10	9	8	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HCFC-22 生產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2020	2021	2022	2023						
HCFC-22 生產量	NO	NO	NO	NO						

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

表 4.3.24 1990 年至 2023 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
2.B.9.a 副產品排放(HFCs)	NO	NO	NO	633	716	671	1094	1238	1745	1348
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.9.a 副產品排放(HFCs)	1943	2151	1807	1623	1433	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.9.a 副產品排放(HFCs)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2022						
2.B.9.a 副產品排放(HFCs)	NO	NO	NO	NO						

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

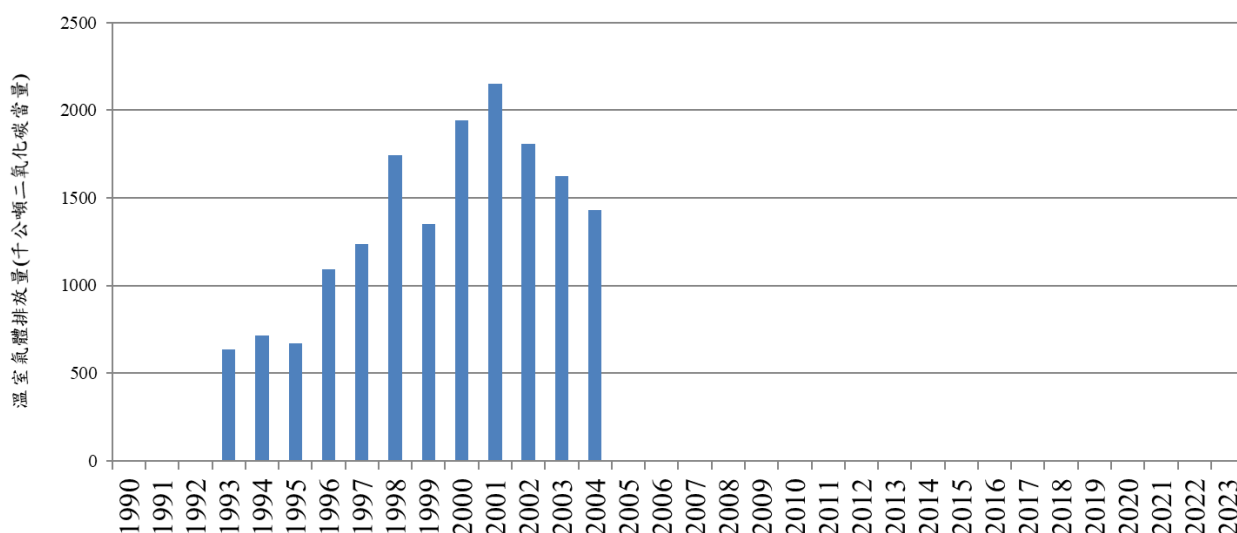


圖 4.3.13 1990 年至 2023 年 HCFC-22 副產品(HFC-23)排放量趨勢

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。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南方法 1，以苯乙烯生產量及排放係數計算甲烷排放量。

計算公式如下：

公式 4.3.18：

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

採用環境部計畫(2000)³²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 年平均維持 2.1 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 6.8 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 年至 2012 年排放量則維持平均約 10.6 千公噸二氧化碳當量左右，2023 年排放量下降至 10.0 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。

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 5.00%，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 113.00%，合併不確定性則為 113.11%。

(2) 時間序列的一致性

1990 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

³² 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。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³³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 4.3.25 1990 年至 2023 年苯乙烯生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
苯乙烯生產量	357	362	332	370	386	425	411	411	386	806
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
苯乙烯生產量	1,051	1,146	1,249	1,247	1,247	1,248	1,222	1,824	1,679	1,906
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
苯乙烯生產量	1,922	1,693	1,790	2,044	1,974	2,020	2,118	1,823	2,111	2,005
年份	2020	2021	2022	2023						
苯乙烯生產量	1,959	1,993	1,778	1,803						

表 4.3.26 1990 年至 2023 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
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.B.10 其他（苯乙烯）	5.8	6.4	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	10.1	9.3	10.6
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.B.10 其他（苯乙烯）	10.7	9.4	9.9	11.3	10.9	11.2	11.7	10.1	11.7	11.1
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.B.10 其他（苯乙烯）	10.9	11.0	9.9	10.0						

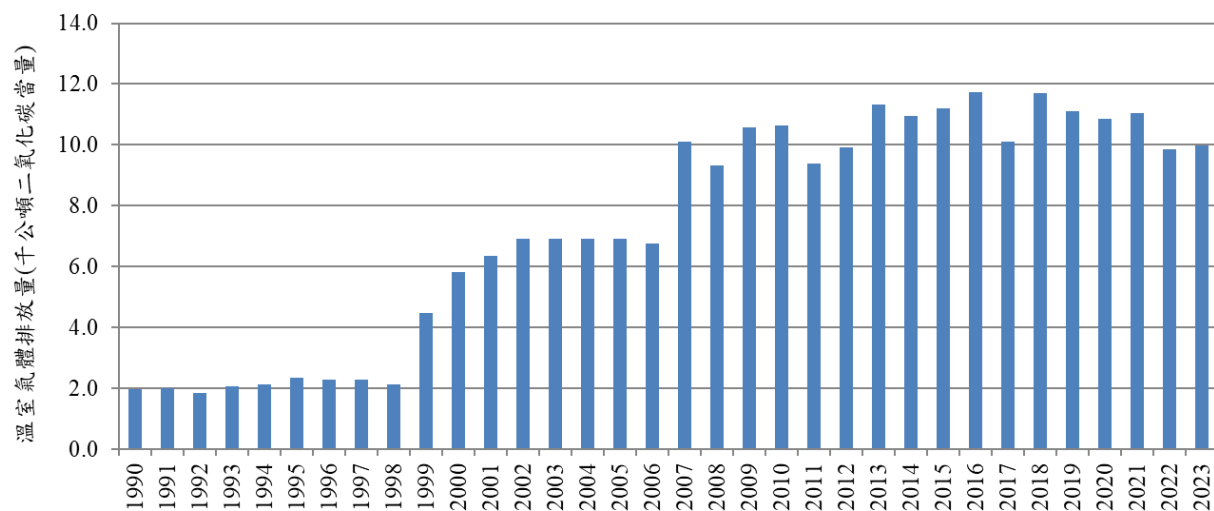


圖 4.3.14 1990 年至 2023 年苯乙烯生產製程排放量趨勢

³³ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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「鋼胚生產」、2.C.2「鐵合金生產」、2.C.3「原鋁生產」、2.C.4「鎂生產」、2.C.5「鉛生產」、2.C.6「鋅生產」等共計六項，統計溫室氣體種類包含 CO₂、CH₄、N₂O、PFCs 及 SF₆。2023 年總部門排放量 8,264 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 41.28%。2023 年金屬工業排放量較 2022 年增加約 1,217 千公噸二氧化碳

當量，1990 年至 2023 年排放量如表 4.4.1 及圖 4.4.1 所示。

表 4.4.1 1990 年至 2023 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
2.C.1.鋼胚生產	3,243	3,450	3,261	3,718	3,631	3,690	3,837	4,865	5,642	5,270
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	2,815	2,916	2,712	3,123	3,063	3,122	3,223	4,174	4,907	4,635
2.C.1.b 電弧爐	428	534	549	595	568	568	613	691	735	635
2.C.2.鐵合金生產	33	288	215	171	144	195	177	181	175	63
2.C.3.原鋁生產	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
2.C.5.鉛生產	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
2.C 總計	3,276	3,737	3,476	3,889	3,775	3,885	4,014	5,046	5,818	5,333
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.1.鋼胚生產	5,701	4,939	4,072	5,353	5,105	5,000	7,575	7,751	7,505	6,334
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	4,987	4,223	3,271	4,513	4,205	4,095	6,597	6,712	6,491	5,534
2.C.1.b 電弧爐	714	717	801	840	900	905	979	1,040	1,013	800
2.C.2.鐵合金生產	33	21	25	30	NO	NO	NO	NO	173	0.01
2.C.3.原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4.鎂生產	NE	NE	1,009	1,009	1,334	1,046	757	454	149	242
2.C.5.鉛生產	NE	NE	NE	3	8	8	9	9	8	6
2.C.6.鋅生產	NE	NE	NE	14	50	58	49	62	48	49
2.C 總計	5,734	4,960	5,106	6,409	6,496	6,112	8,390	8,276	7,883	6,631
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.1.鋼胚生產	7,862	7,563	8,239	7,927	7,025	6,993	7,640	7,605	7,886	6,685
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	7,175	6,639	7,482	7,045	6,147	6,231	6,888	6,818	7,073	5,973
2.C.1.b 電弧爐	687	924	757	882	878	762	752	787	813	713
2.C.2.鐵合金生產	26	3	10	20	24	29	32	0	2	2
2.C.3.原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4.鎂生產	59	52	31	39	58	44	39	61	84	45
2.C.5.鉛生產	7	7	6	5	6	5	6	5	5	5
2.C.6.鋅生產	11	47	47	18	18	17	19	23	20	14
2.C 總計	7,964	7,672	8,332	8,009	7,130	7,089	7,734	7,694	7,997	6,751

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.1.鐵及鋼生產	5,859	7,082	6,997	8,219						
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	5,125	6,283	6,303	7,590						
2.C.1.b 電弧爐	734	798	694	629						
2.C.2.鐵合金生產	0.02	NO	NO	NO						
2.C.3.原鋁生產	NO	NO	NO	NO						
2.C.4.鎂生產	37	62	27	22						
2.C.5.鉛生產	5	3.9	4.5	4.0						
2.C.6.鋅生產	5	5	19	19						
2.C 總計	5,907	7,153	7,047	8,264						

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

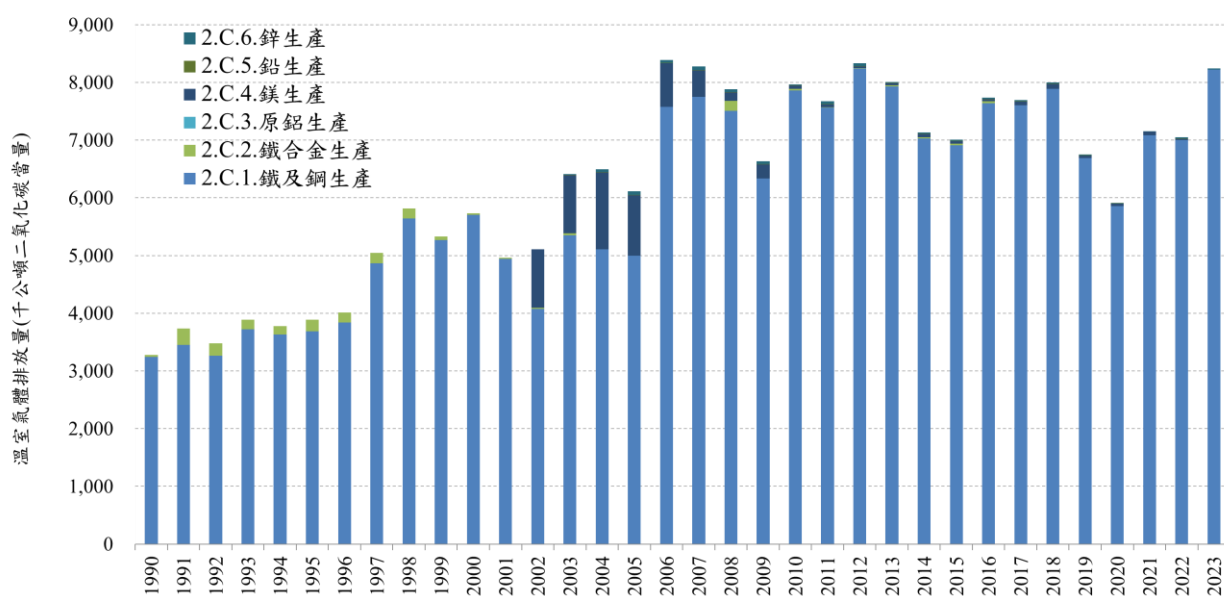


圖 4.4.1 1990 年至 2023 年金屬工業排放量趨勢

4.4.1 鋼胚生產 (2.C.1)

4.4.1.1 一貫作業煉鋼 (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³⁴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³⁵

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，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。

計算公式如下：

公式 4.4.1：

二氧化碳排放量 = 高爐鋼胚生產量（公噸）× 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 2023 年

參照 2006 IPCC 指南方法 3，彙整國內鋼鐵公司溫室氣體排放清冊取得製程排放量；原統計方式應為原物料使用產生溫室氣體排放量（含作為氧化作用之爐氣）扣除產品、副產物及燃料用途爐氣部分，但考量我國鋼鐵業者已將爐

氣使用量提報納入能源部門統計中，為避免重複計算，本項一貫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 2023 年彙整國內鋼鐵公司排放清冊取得排放量，故不需排放係數。

(3) 活動數據

1990 年至 2023 年由國內鋼鐵公司提供高爐鋼胚生產量，其中 2001 年至 2023 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 2023 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，2023 年排放量為 7,590 千公噸二氧化碳當量，較 2022 增加 1,287 千公噸二氧化碳當量。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

³⁴ 本章僅納入屬於製程排放者之二氧化碳、甲烷與氧化亞氮排放。

³⁵ 計算方法依經濟部產發署召開「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。

(5)完整性

1990 年至 2000 年活動數據由台灣區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 2023 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 10.00%，排放係數為參考國內特定工廠值，其不確定性為 5.00%，合併不確定性則為 11.18%。2006 年至 2023 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 4.62%，符合 2006 IPCC 指南方法 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，即以生產量及排放係數計算排放量；2001 年至 2023 年採 2006 IPCC 指南方法 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³⁶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 4.4.2 1990 年至 2023 年高爐鋼胚生產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
高爐鋼胚生產量	5,627	5,829	5,421	6,244	6,123	6,242	6,444	8,944	9,811	9,267
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
高爐鋼胚生產量	9,971	10,317	10,524	10,779	10,939	9,854	10,683	10,884	10,088	8,150
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
高爐鋼胚生產量	10,396	11,935	11,092	12,602	13,603	13,721	11,546	13,690	14,053	13,587
年	2020	2021	2022	2023						
高爐鋼胚生產量	12,481	14,061	12,248	11,333						

³⁶ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.4.3 1990 年至 2023 年高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
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	2,815	2,916	2,712	3,123	3,063	3,122	3,223	4,174	4,907	4,635
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	4,987	4,223	3,271	4,513	4,205	4,095	6,597	6,712	6,491	5,534
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	7,175	6,638	7,482	7,045	6,147	6,231	6,888	6,818	7,073	5,973
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.1.a 一貫作業煉鋼	5,125	6,283	6,303	7,590						

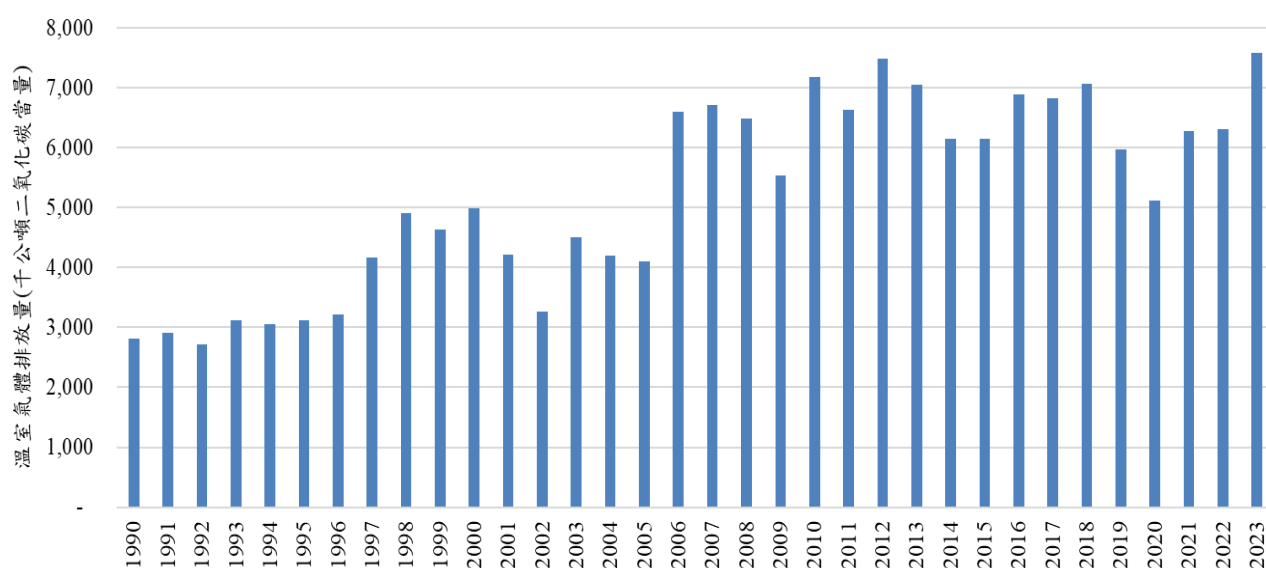


圖 4.4.2 1990 年至 2023 年高爐鋼胚生產製程排放量趨勢

表 4.4.4 1990 年至 2023 年高爐鋼胚生產排放量不確定性

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
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
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量不確定性(%)	10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.23	3.90	3.98	4.24
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量不確定性(%)	4.12	4.03	6.18	5.17	5.66	5.29	5.24	4.97	4.51	5.17
年份	2020	2021	2022	2023						
排放量不確定性(%)	5.41	5.51	5.20	4.62						

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，以電弧爐鋼胚生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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 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 O 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³⁷討論，決議參考世界鋼鐵協會分類方法，將中 O 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 O 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 2023 年使用 2006 IPCC 指南方法 3，係直接彙整自國內電弧爐廠商之排放清冊，故不需活動數據。

(4) 排放量

電弧爐鋼胚排放量自 1990 年起呈成長趨勢，自 428 千公噸二氧化碳當量成長至 2007 年 1,040 千公噸二氧化碳當量，於 2008 年至 2009 年金融海嘯下降，2010 年後扣除中 O 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，2023 年排放量下降至 629 千公噸二氧化碳當量，如表 4.4.6 及圖 4.4.3 所示。

表 4.4.5 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
電弧爐鋼胚生產量	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	
電弧爐鋼胚生產量	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 2023 年使用 2006 IPCC 指南方法 3，係直接彙整自國內電弧爐廠商之排放清冊，故不需活動數據。

³⁷ 經濟部工業局 (現為經濟部產業發展署)，「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。

(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 O 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 年及 2023 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，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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³⁸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 4.4.6 1990 年至 2023 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
2.C.1.b 電弧爐	428	534	549	595	568	568	613	691	735	635
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.1.b 電弧爐	714	717	801	840	900	905	979	1,040	1,013	800
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.1.b 電弧爐	687	924	757	882	878	762	752	787	813	713
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.1.b 電弧爐	734	798	694	629						

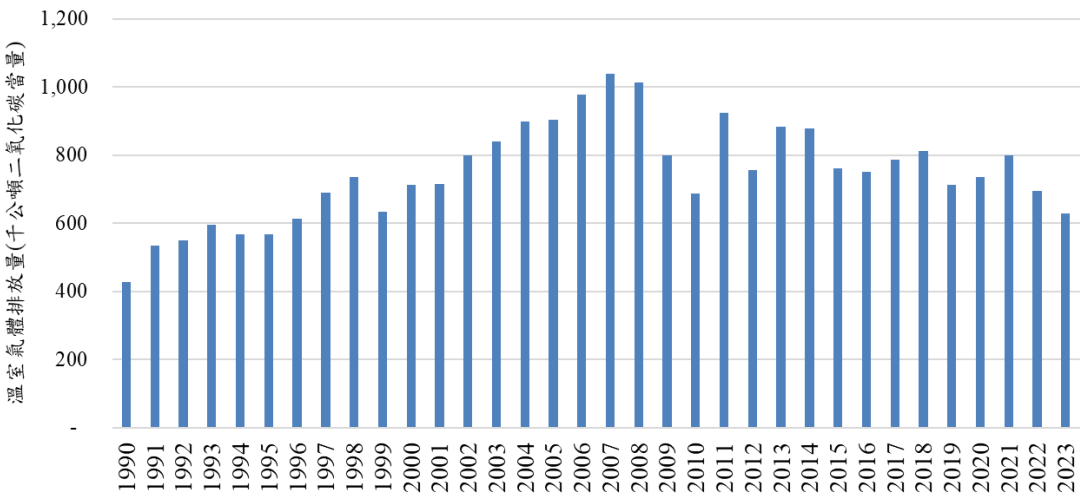


圖 4.4.3 1990 年至 2023 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢

³⁸ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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，以鐵合金生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

公式 4.4.3：

二氧化碳排放量=鐵合金生產量（公噸）
×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 2023 年生產量如表 4.4.7 所示，2001 年至 2023 年鐵合金生產量係透過台灣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 2023 年排放量如表 4.4.8 及圖 4.4.4 所示。

(5)完整性

台灣鋼鐵工業同業公會及經濟部統計處工業生產統計年報調查鐵合金生產量，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。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1)不確定性

參照 2006 IPCC 指南，估算排放量採方法 1，以生產量計算活動數據，故活動數據不確定性為 5.00%，排放係數不確定性為 25.00%，合併不確定性則為 25.50%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³⁹檢視無重新計算之建議，故無修正。

³⁹ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.7 1990 年至 2023 年鐵合金生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
鐵合金生產量	8	73	55	44	37	50	45	46	45	16
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
鐵合金生產量	8	5	6	8	NO	NO	NO	NO	44	0.003
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
鐵合金生產量	7	1	3	5	6	7	8	0.004	0.4	0.4
年份	2020	2021	2022	2023						
鐵合金生產量	0.005	NO	NO	11						

備註：NO，代表無生產或使用，國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

表 4.4.8 1990 年至 2023 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
2.C.2 鐵合金生產	33	288	215	171	144	195	177	181	175	63
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.2 鐵合金生產	33	21	25	30	NO	NO	NO	NO	174	0.01
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.2 鐵合金生產	26	3	10	20	24	29	32	0.02	2	2
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.2 鐵合金生產	0.02	NO	NO	0.04						

備註：NO，代表無生產或使用，國內鐵合金生產廠商曾於 2004 年至 2022 年間多次停產。

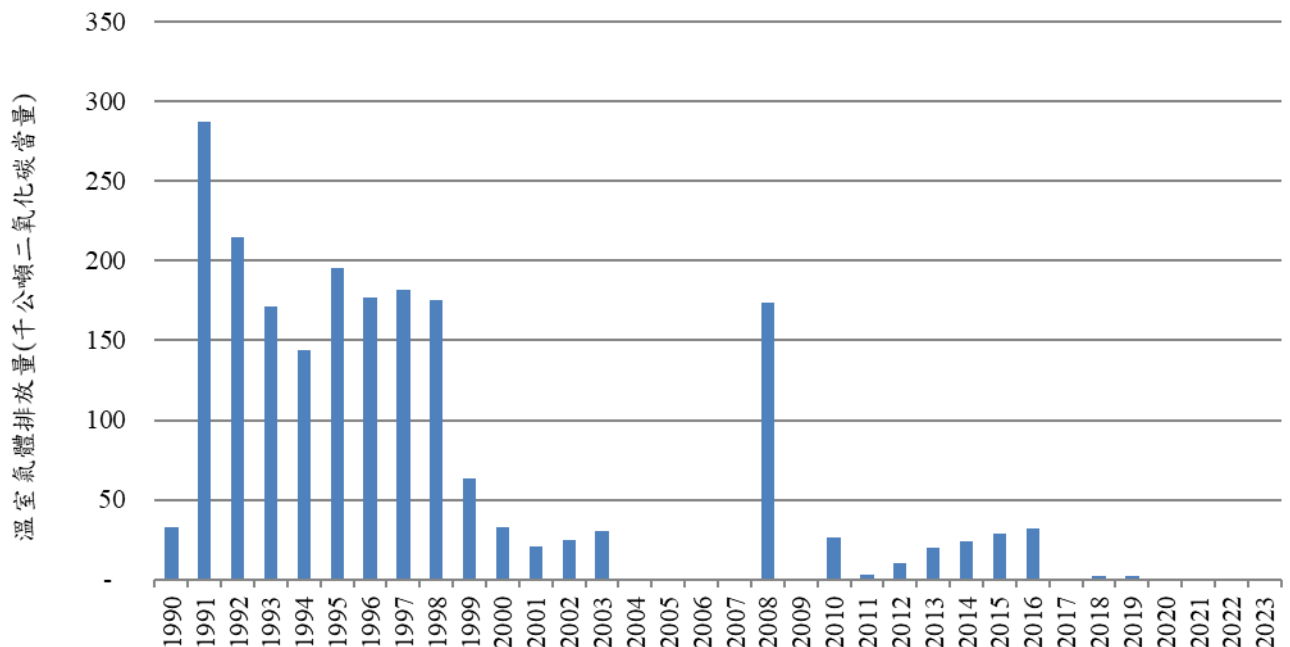


圖 4.4.4 1990 年至 2023 年鐵合金生產製程排放量趨勢

4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)

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

4.4.4 鎂生產 (2.C.4)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2003 年至 2009 年依據環境部歷年委辦計畫(2016)⁴⁰調查所得排放量，2010 年起改由產發署向生產廠商調查，均係參照 2006 IPCC 指南方法 2，以鎂生產六氟化硫採購量為排放量，即台灣輕金屬協會⁴¹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 2023 年 22 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 2023 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 5.00%，但由於 2006 IPCC 指南方法 2 尚存有假設（即使用之

⁴⁰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。

⁴¹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。

SF₆ 全部排放)，建議假設導致之不確定性為 30.00%，故排放量總不確定性經遞誤法匯算為 30.00%。

(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

鎂生產排放量由環境部計畫(2016)⁴²提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程參照圖 4.2.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視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，改由產發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。

表 4.4.9 1990 年至 2023 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
2.C.4 鎂生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	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
2.C.4 鎂生產	NO	NO	1,009	1,009	1,334	1,046	757	454	149	242
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.4 鎂生產	59	52	31	39	58	44	39	61	84	45
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.4 鎂生產	37	62	27	22						

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

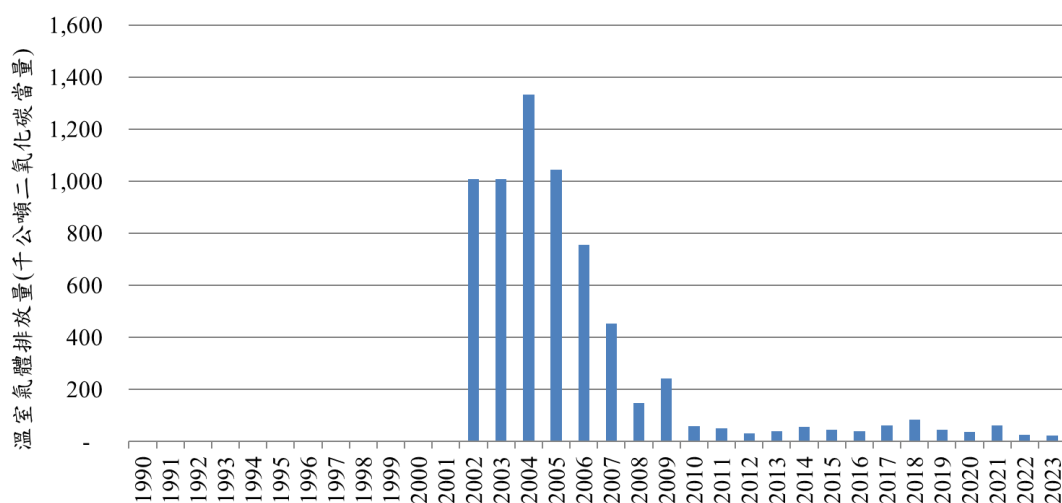


圖 4.4.5 1990 年至 2023 年鎂生產製程排放量趨勢

⁴²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

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，以鉛錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。計算公式如下：

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 2023 年生產量如表 4.4.10 所示。

(4)排放量

國內鉛生產 1990 年至 2023 年排放量如表 4.4.11 及圖 4.4.6 所示，鉛生產排放量與鉛產品使用及回收率有關，由 2003

年 2.7 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 9.0 千公噸二氧化碳當量後下降，2023 年排放量為 4.0 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 5.00%，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 30.00%。

(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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁴³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。

⁴³ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.4.10 1990 年至 2023 年鉛錠生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
鉛錠生產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
鉛錠生產量	NE	NE	NE	14	40	40	44	45	41	32
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
鉛錠生產量	33	35	28	25	28	27	28	26	26	26
年份	2020	2021	2022	2023						
鉛錠生產量	27	19	22	20						

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

表 4.4.11 1990 年至 2023 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
2.C.5 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.5 鉛生產	NE	NE	NE	2.7	7.9	8.0	8.8	9.0	8.2	6.3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.5 鉛生產	6.6	7.1	5.5	5.0	5.5	5.5	5.6	5.1	5.1	5.3
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.5 鉛生產	5.3	3.9	4.5	4.0						

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

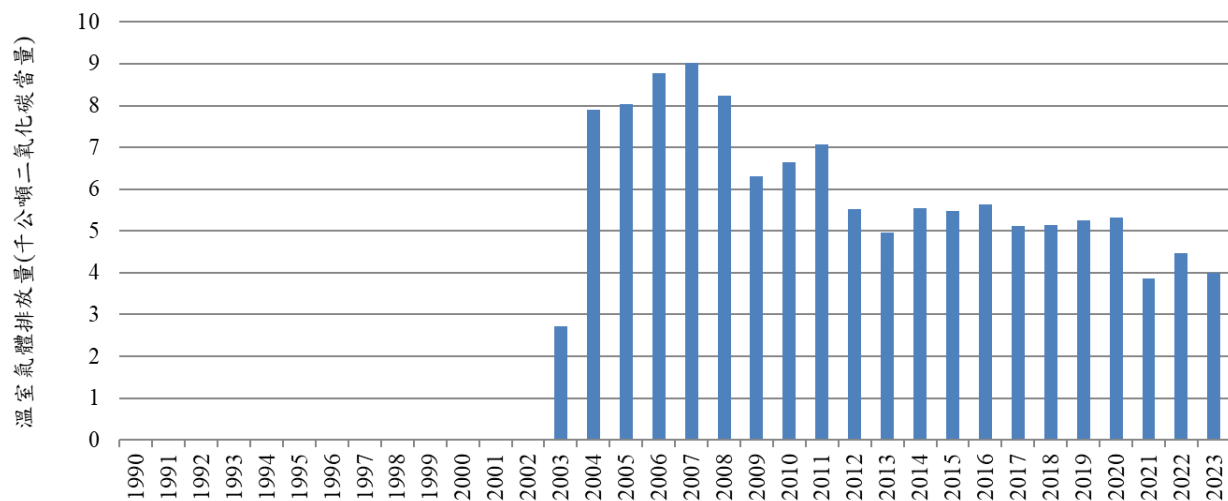


圖 4.4.6 1990 年至 2023 年鉛生產製程排放量趨勢

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，以鋅錠生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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 2023 年生產量如表 4.4.12 所示。

(4)排放量

國內鋅生產 1990 年至 2023 年排放量如表 4.4.13 及圖 4.4.7 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 2023 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 5.00%，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 30.00%。

(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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

⁴⁴ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.4.12 1990 年至 2023 年鋅錠生產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
鋅錠生產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
鋅錠生產量	NE	NE	NE	8	29	34	28	36	28	28
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
鋅錠生產量	6	27	27	11	10	10	11	13	12	8
年份	2020	2021	2022	2023						
鋅錠生產量	3	3	11	11						

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

表 4.4.13 1990 年至 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
2.C.6 鋅生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.6 鋅生產	NE	NE	NE	14	50	58	49	62	48	49
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.6 鋅生產	11	47	47	18	18	17	19	23	20	14
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.C.6 鋅生產	5	5	19	19						

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

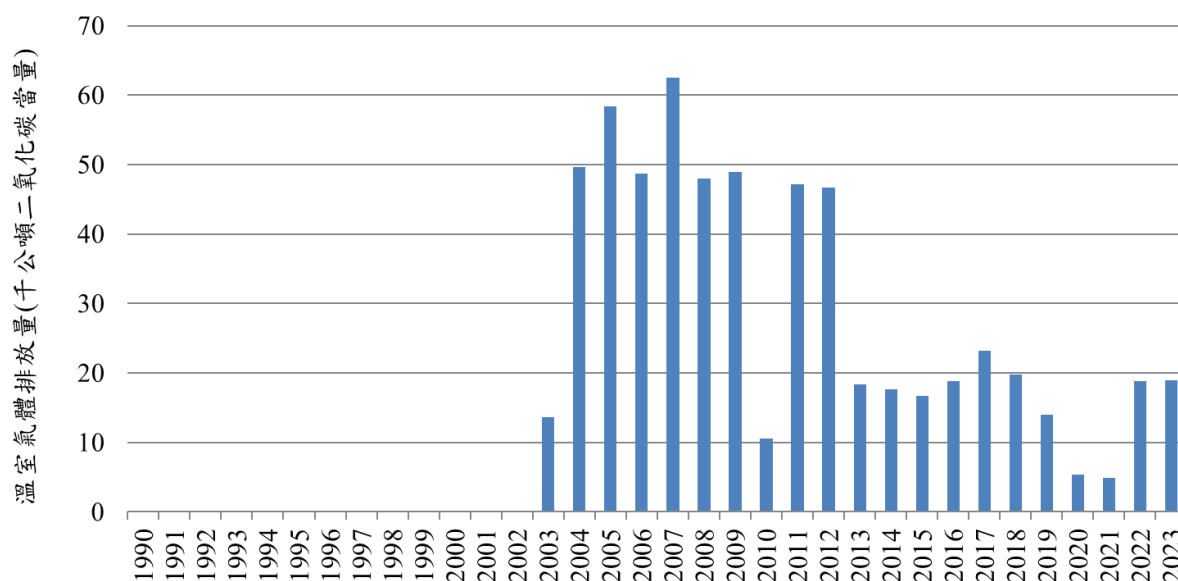


圖 4.4.76 1990 年至 2023 年鋅生產製程排放量趨勢

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 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 IPCC2006 指南建議，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)。

2023 年非能源產物燃料溶劑使用排放量約 0.06 公噸二氧化碳當量，1990 年至 2023 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。

表 4.5.1 1990 年至 2023 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
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
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
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.059	0.057	0.062	0.072	0.086	0.080	0.083	0.084	0.091	0.092
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.D.1 合成潤滑油使用	0.061	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095	0.069	0.069	0.069	0.054
2.D.2 石蠟使用	0.015	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009	0.002	0.001	0.001	0.004
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.076	0.068	0.075	0.092	0.109	0.104	0.071	0.070	0.070	0.057
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.D.1 合成潤滑油使用	0.042	0.039	0.036	0.041	0.053	0.081	0.072	0.062	0.062	0.058
2.D.2 石蠟使用	0.004	0.001	0.002	0.006	0.002	0.020	0.012	0.011	NO	0.004
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D 總計	0.046	0.040	0.039	0.047	0.055	0.100	0.084	0.072	0.062	0.062
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.D.1 合成潤滑油使用	0.062	0.063	0.062	0.058						
2.D.2 石蠟使用	NO	0.004	0.003	0.003						
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA						
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA						
2.D 總計	0.062	0.067	0.064	0.060						

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

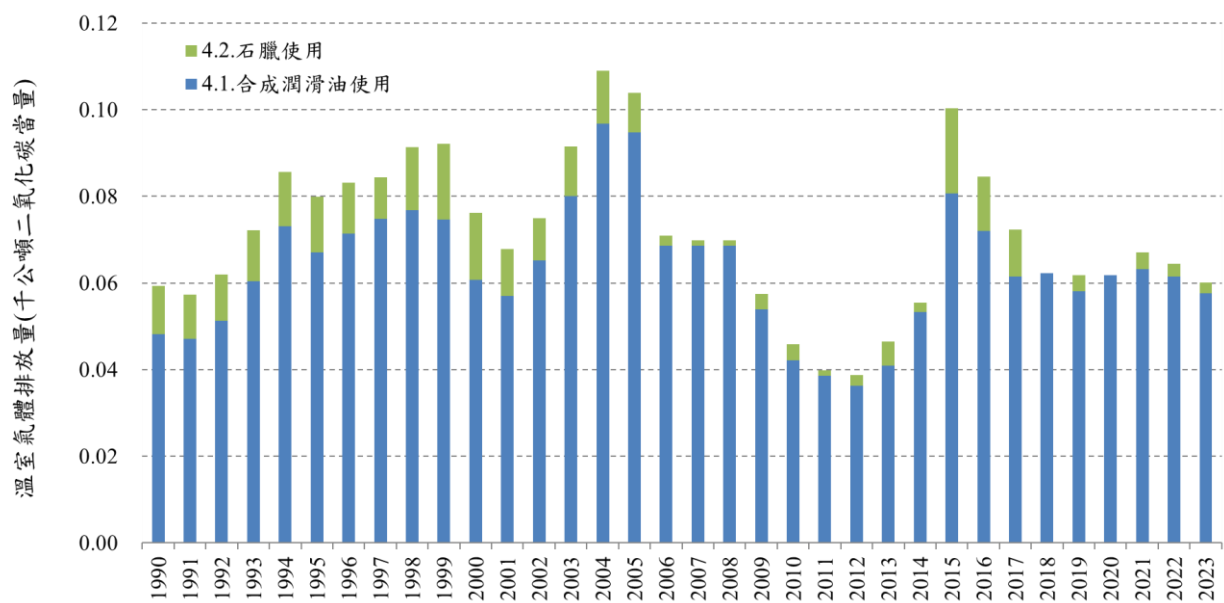


圖 4.5.1 1990 年至 2023 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

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。2023 年總排放量約 2,313 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 11.55%，各溫室氣體影響程度依序為 PFCs(37.97%)、N₂O(26.04%)、SF₆(16.17%)。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 2023 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

表 4.6.1 1999 至 2023 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
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.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
2.E.3 光電(太陽能板)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	132	145	3,696	5,159	5,827	6,453	6,474	6,853	6,494	4,584	4,109
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.E.1.積體電路或半導體	2,778	2,919	2,254	2,987	3,205	2,938	2,844	2,787	3,072	3,004	3,388
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,787	1,491	1,567	1,731	1,389	1,236	1,124	1,153	950	627	497
2.E.3 光電（太陽能板）	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.E 總計	4,565	4,410	3,821	4,718	4,594	4,174	3,968	3,941	4,022	3,630	3,886
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023								
2.E.1.積體電路或半導體	3,432	2,835	2,030								
2.E.2.TFT 平面顯示器	524	375	283								
2.E.3 光電（太陽能板）	NE	NE	NE								
2.E.4 熱傳流體	NE	NE	NE								
2.E.5 其他	NE	NE	NE								
2.E 總計	3,956	3,209	2,313								

備註：1.NE，代表未調查估計該分類項目。

2.2000 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；

3.熱傳流體未調查統計，因 2006 IPCC 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

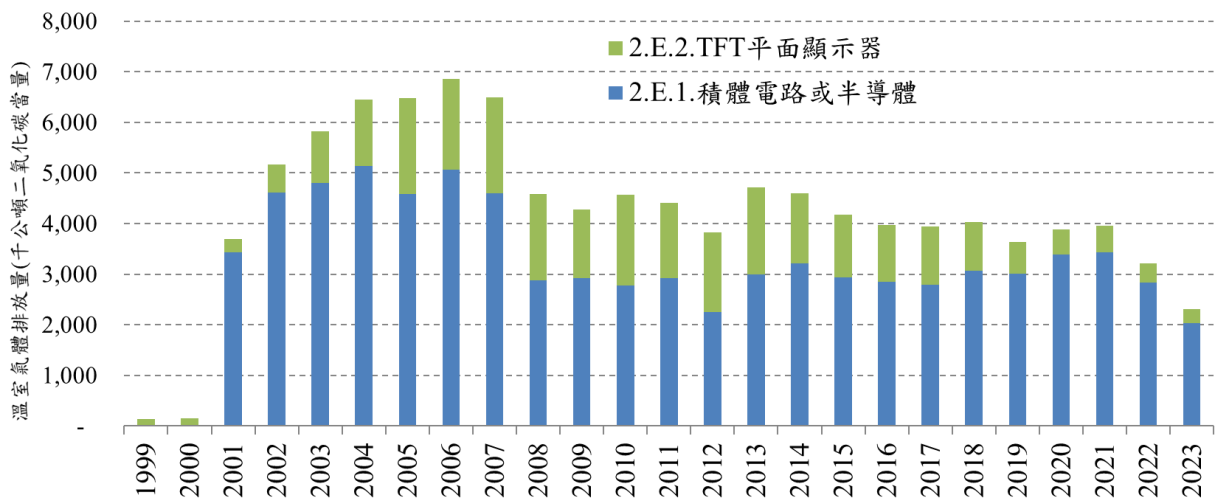


圖 4.6.1 1999 年至 2023 年電子工業製程排放量趨勢

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。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

2001 至 2004 年依據環境部計畫(2015)⁴⁵計算。係參照 2006 IPCC 指南方法 2b，依據氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其採用台灣半導體產業協會(The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 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 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 2b 進行計算。

(2) 排放係數

依環境部計畫(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

⁴⁵ 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。

(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 2023 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 2023 年約排放 2,030 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 10.14%，2001 年至 2023 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

表 4.6.2 2001 年至 2023 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
HFCs	43	49	49	49	85	100	167	123	172	169
PFCs	2,660	3,705	3,791	3,936	3,139	3,293	3,052	1,895	1,434	1,606
SF ₆	540	514	529	605	704	816	400	335	313	354
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	37	341	383	358	334	467
NF ₃	189	336	426	549	619	514	588	163	479	182
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HFCs	144	104	173	184	142	160	169	169	152	161
PFCs	1,623	1,009	1,211	1,411	1,222	1,304	1,271	1,396	1,287	1,320
SF ₆	377	295	328	430	339	349	313	291	270	278
N ₂ O	453	535	595	647	673	640	690	817	910	1,156
NF ₃	322	312	680	533	562	392	343	400	385	473
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023							
HFCs	156	148	108							
PFCs	1,334	1,156	1,822							
SF ₆	277	251	172							
N ₂ O	1,162	832	590							
NF ₃	504	448	339							
2.E.1 積體電路或半導體	3,432	2,835	2,030							

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期積體電路或半導體未大量生產，故無追溯調查 1990 年至 2000 年排放量。另，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。

(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 95.00%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 12.00%。

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 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程參照圖 4.2.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁴⁶檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

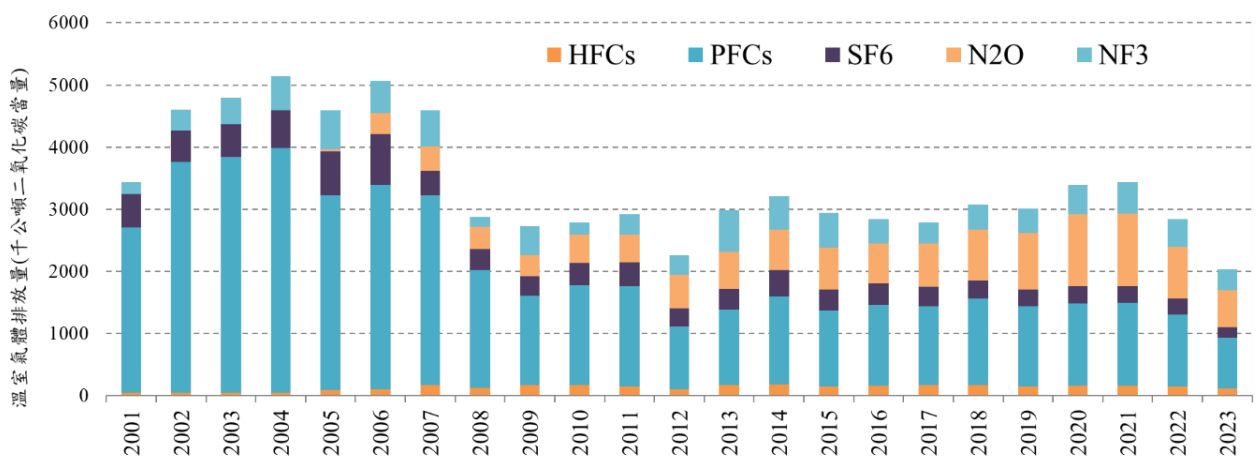


圖 4.6.2 2001 年至 2023 年積體電路及半導體製程排放量趨勢

⁴⁶ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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 年由環境部計畫(2015)⁴⁷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，其係採台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。

(2) 排放係數

由環境部計畫(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

1999 年至 2015 年由環境部計畫(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，於世界顯示器產業合作委員會（World Display Device Industry Cooperation Committee；簡稱 WDICC）會議中，討論並揭露溫室排放量。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 2023 年 283 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 1.1%，1999 年至 2023 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.3 所示。

⁴⁷ 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。

(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 98.00%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 12.00%。

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 1999 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。

表 4.6.3 1999 年至 2023 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
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
PFCs	2	12	5	59	23	12	39	62	50	38	31
SF ₆	120	124	228	459	929	1,233	1,754	1,573	1,649	1,595	1,248
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	24	45	49	37
NF ₃	10	9	31	36	80	67	97	130	160	29	62
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HFCs	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0.001	0.011	0.051	NO	0.032
PFCs	44	42	45	42	38	28	32	33	25	28	16
SF ₆	1,628	1,287	1,383	1,527	1,170	1,054	986	1,004	813	535	415
N ₂ O	59	90	88	118	90	91	57	48	34	6	12
NF ₃	56	71	51	44	91	63	50	69	77	58	54
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,787	1,491	1,567	1,731	1,389	1,236	1,124	1,153	950	627	497
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023								
HFCs	0.075	2.942	2.335								
PFCs	20	93	57								
SF ₆	439	256	202								
N ₂ O	12	15	13								
NF ₃	52	8	9								
2.E.2.TFT 平面顯示器	524	375	283								

備註：NE，代表未調查估計該分類項目，早期 TFT 平面顯示器未大量生產，故無追溯調查 2005 年前氧化亞氮排放量。

4.特定排放源的 QA/QC 查證

排放量係彙整自 TPSA 會員廠，
QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則
執行以掌握數據品質，執行流程參照圖
4.2.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁴⁸檢視無重新計算之建議，
故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

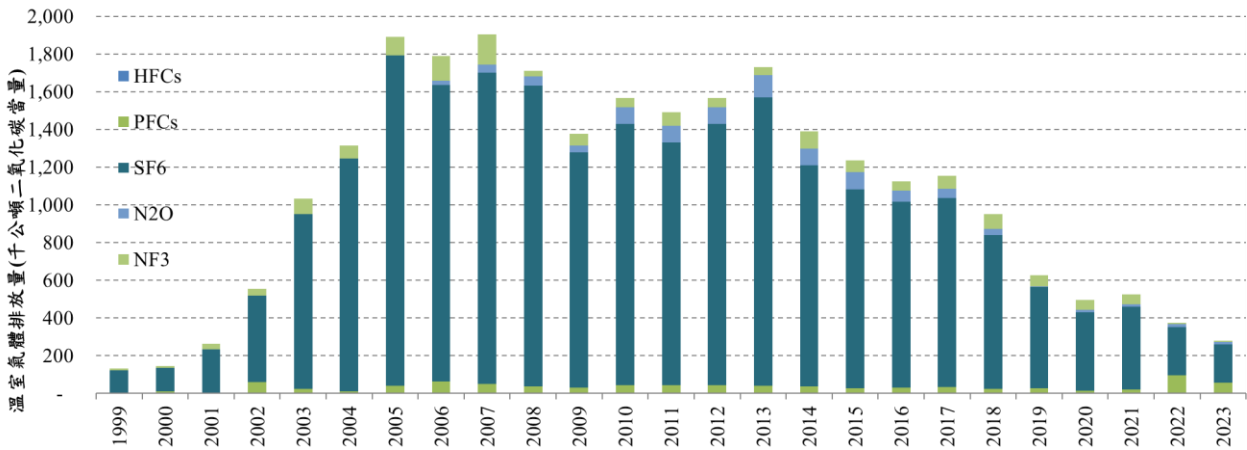


圖 4.6.3 1999 年至 2023 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢

⁴⁸ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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)，2023 年共排放 1,615 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 8.07%，1994 年至 2023 年排放量，如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

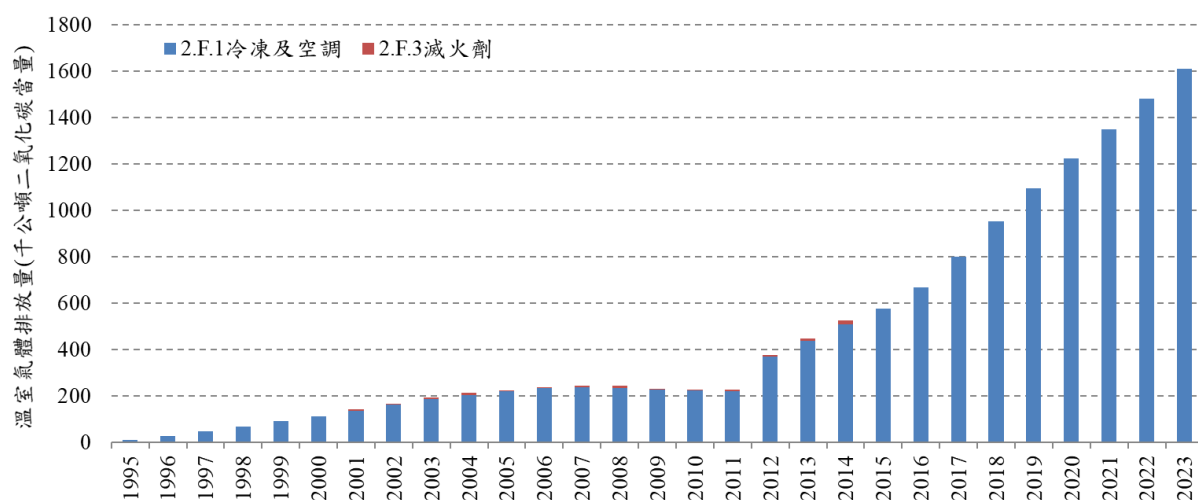
表 4.7.1 1994 年至 2023 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量

（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
2.F.1 冷凍冷藏及空調	NO	8	26	46	67	89	112	136	160
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.b 家用冰箱	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	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
2.F.1.e 車用空調	NO	8	26	45	66	89	111	135	160
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	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
2.F 總計	0	8	26	45	66	89	111	135	160
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1 冷凍冷藏及空調	187	205	219	233	236	235	227	222	221
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.b 家用冰箱	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	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
2.F.1.e 車用空調	185	204	218	232	235	234	225	221	216
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	7	4	8
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	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
2.F 總計	185	204	218	232	235	234	232	225	228

溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.F.1 冷凍冷藏及空調	286	358	426	499	588	721	868	1,006	1,136
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.1.b 家用冰箱	85	78	83	77	80	79	84	91	89
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	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
2.F.1.e 車用空調	214	221	223	228	242	261	286	306	326
2.F.1.f 固定式空調	70	136	202	270	345	459	581	698	809
2.F.2 發泡	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	9	3	5	9	9	4	6	6	7
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.5 溶劑	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
2.F 總計	378	437	513	584	676	802	957	1,101	1,229
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023						
2.F.1 冷凍冷藏及空調	1,261	1,387	1,607						
2.F.1.a 商用冷凍冷藏	NE	NE	NE						
2.F.1.b 家用冰箱	87	87	87						
2.F.1.c 工業用冷凍冷藏	NE	NE	NE						
2.F.1.d 運輸用冷凍冷藏	NE	NE	NE						
2.F.1.e 車用空調	343	351	356						
2.F.1.f 固定式空調	917	1,043	1,165						
2.F.2 發泡	NE	NE	NE						
2.F.3 滅火劑	12	17	7						
2.F.4 氣膠	NE	NE	NE						
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE						
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE						
2.F 總計	1,273	1,405	1,615						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用；NE，代表未調查估計該分類項目，國內「發泡」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計。



備註：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 2023 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

4.7.1 冷凍冷藏及空調 (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；經專諮會⁴⁹檢視，家用冰箱製造與使用階段之冷媒洩漏率極低，故家用冰箱僅計算棄置階段的排放量。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

計算公式如下：

公式 4.7.1：

$$\begin{aligned} & \text{HFCs 排放量} \\ &= \text{棄置階段 HFCs 排放量} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{當年度廢棄台數} \times \text{冷媒回收量/台} \\ &\quad \times (1 - \text{處理回收率}) \times \text{GWP 值} \end{aligned}$$

(2) 排放係數

經專諮會⁵⁰檢視，棄置階段之處理回收率為 0%。

(3) 活動數據

棄置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 1.2%，2023 年為 87 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2023 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關務署統計資料庫，皆

⁴⁹ 「2024 年國家溫室氣體清冊報告編輯、研析精進及應用專案計畫-我國家用冰箱 HFCs 排放清冊統計與精進專諮會」，2024 年 11 月 28 日。

⁵⁰ 考量冰箱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%。

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 5.00%；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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1994 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

依專諮會⁵¹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。

表 4.7.2 1994 年至 2023 年家用冰箱之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HFCs 使用量	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07
年	2021	2022	2023						
HFCs 使用量	0.07	0.07	0.07						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

表 4.7.3 1994 年至 2023 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
2.F.1.b 家用冰箱	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1.b 家用冰箱	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
2.F.1.b 家用冰箱	85	78	83	77	80	79	84	91	89
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023						
2.F.1.b 家用冰箱	87	87	87						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

⁵¹ 「113 年國家溫室氣體清冊報告編輯、研析精進及應用專案計畫-我國家用冰箱 HFCs 排放清冊統計與精進專諮會」，2024 年 11 月 28 日。

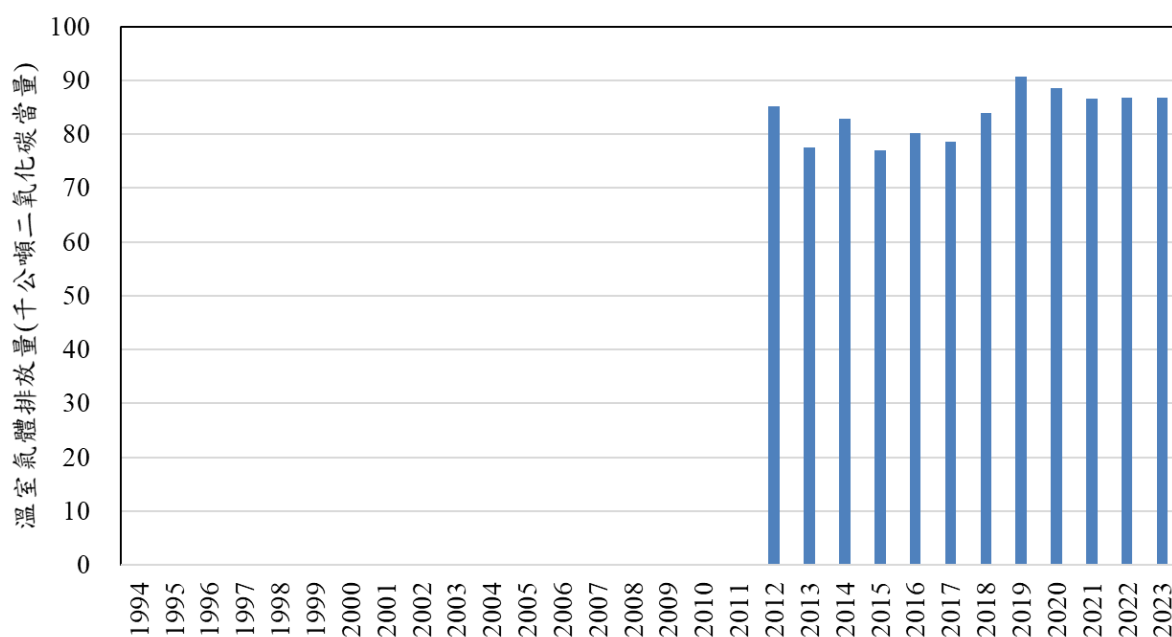


圖 4.7.2 1994 年至 2023 年家用冰箱之 HFCs 排放量趨勢

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，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。

計算公式如下：

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 10.00%。

(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 5.00%，2023 年已達 356 千公噸二氧化碳當量，1994 年至 2023 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

5.00%，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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1994 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

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 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。

表 4.7.4 1994 年至 2023 年車用空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
HFCs 使用量	NO	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HFCs 使用量	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HFCs 使用量	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5
年	2021	2022	2023						
HFCs 使用量	2.6	2.7	2.7						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

表 4.7.5 1994 年至 2023 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
2.F.1.e 車用空調	NO	8	26	45	67	89	112	135	160
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1.e 車用空調	185	204	218	232	235	234	225	221	216
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.F.1.e 車用空調	214	221	223	228	242	261	286	306	326
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023						
2.F.1.e 車用空調	343	351	356						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

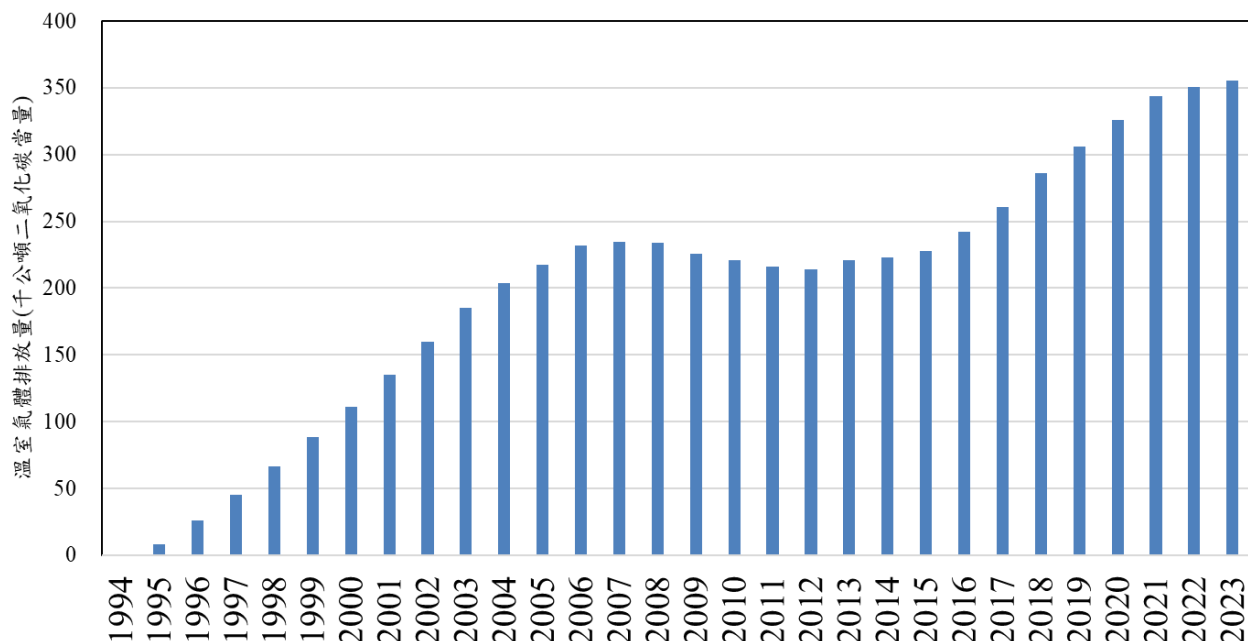


圖 4.7.3 1994 年至 2023 年車用空調之 HFCs 排放量趨勢

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，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。

計算公式如下：

公式 4.7.3：

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

公式 4.7.4：

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

公式 4.7.5：

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

公式 4.7.6：

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

(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；經專諮會^{52,53}檢視，分離式空調與窗型空調製造階段充填 HFCs 之洩漏率為 0.20%、運轉階段之洩漏率為 2.00%、棄置階段⁵⁴之處理回收率⁵⁵為 0.00%；箱型空調製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.20%、5.00%，棄置階段⁵⁶之處理回收率⁵⁷為 0.00%；冰水機製造與運轉階段之 HFCs 洩漏率依序為 0.20%、2.00%，棄置階段⁵⁸之處理回收率⁵⁹為 90.00%。

⁵² 「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。

⁵³ 「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。

⁵⁴ 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。

⁵⁵ 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%。

⁵⁶ 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。

⁵⁷ 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%。

⁵⁸ 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。

⁵⁹ 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）。

(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填充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，2023 年已達

1,165 千公噸二氧化碳當量，近 10 年平均每年上升約 25.00%，1994 年至 2023 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 5.00%，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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1994 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁶⁰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。

⁶⁰ 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

表 4.7.6 1994 年至 2023 年固定式空調之 HFCs 使用量

(單位：千公噸)

年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
HFCs 使用量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
HFCs 使用量	3	5	6	8	10	12	15	17	19
年	2021	2022	2023						
HFCs 使用量	22	25	28						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

表 4.7.7 1994 年至 2023 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
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1.f 固定式空調	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.F.1.f 固定式空調	70	136	202	270	345	459	581	698	807
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023						
2.F.1.f 固定式空調	917	1,043	1,165						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

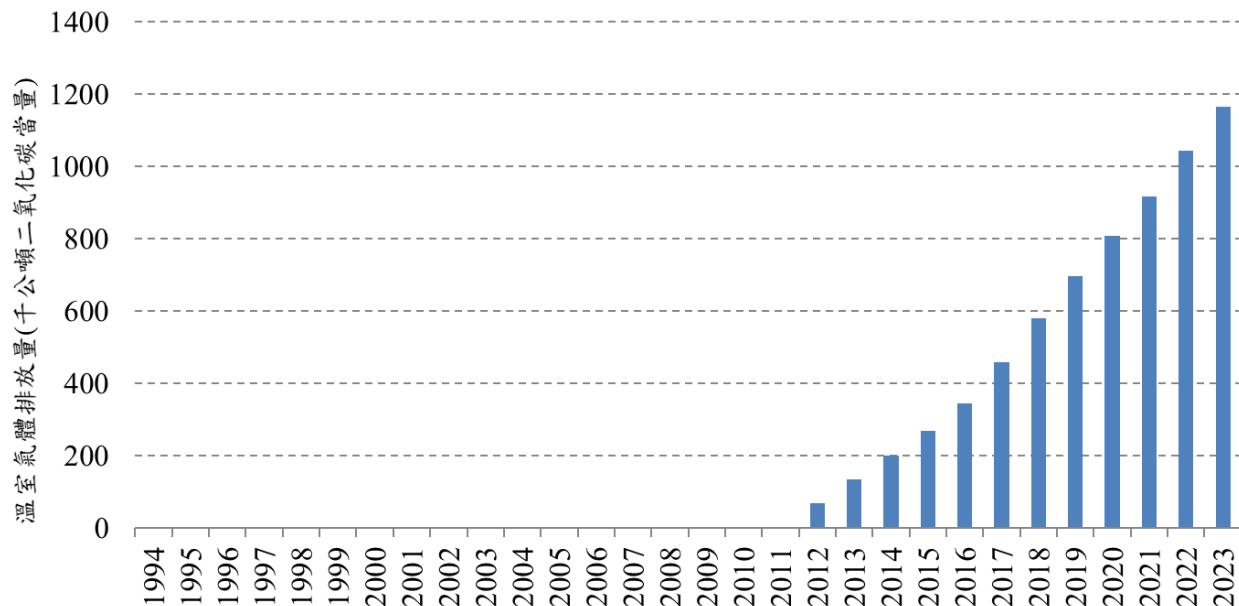


圖 4.7.4 1994 年至 2023 年固定式空調之 HFCs 排放量趨勢

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。經環境部計畫(2012)⁶¹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，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 2023 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 2023 年間（2013 年和 2017 年除外）呈逐年上升趨勢，2023 年為 7 千公噸二氧化碳當量，約占總排放量 0.04%。

(5)完整性

活動數據來自關務署統計資料庫，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 5.00%；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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

2009 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會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。

⁶¹ 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。

⁶² 「2024 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」，2024 年 11 月 08 日。

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。

表 4.7.8 1994 至 2023 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
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.3 滅火劑	NO	NO	NO	NO	NO	NO	7	4	8
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
2.F.3 滅火劑	9	3	5	9	9	4	6	6	7
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2021	2022	2023						
2.F.3 滅火劑	12	17	7						

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用

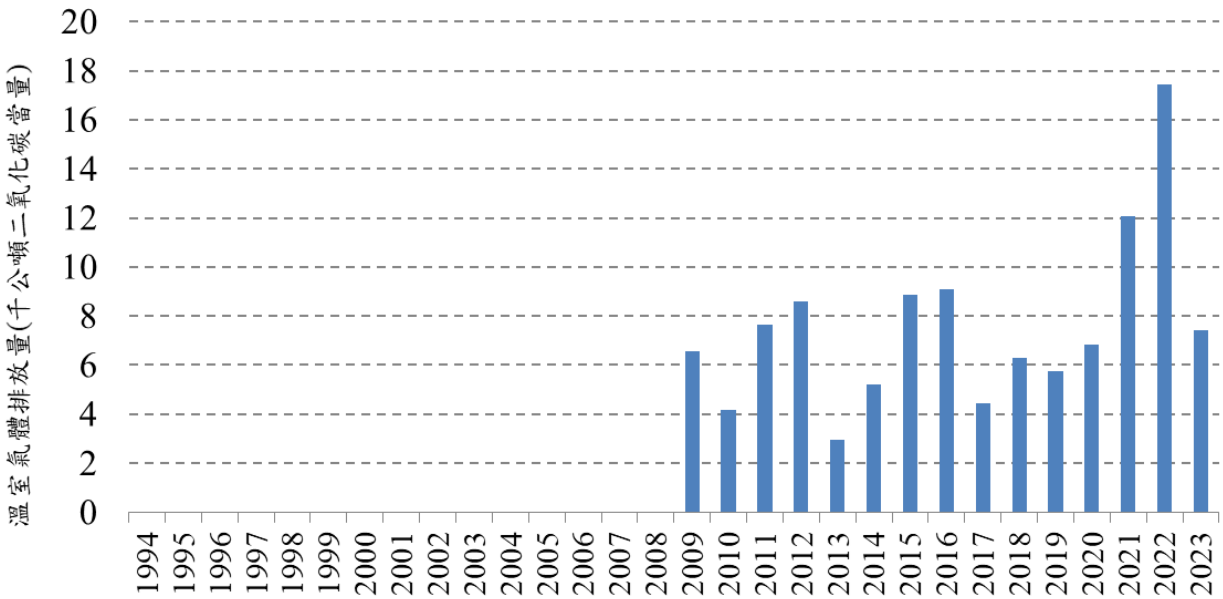


圖 4.7.5 1994 至 2023 年滅火劑使用排放量趨勢

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，2023 年共排放 85 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.42%，本部門溫室氣體排放較去年減少約 42 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 2023 年排放量，如表 4.8.1 所示。

表 4.8.1 2002 年至 2023 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
2.G.1.電子設備	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
2.G.3.使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4.其他	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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.G.1.電子設備	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
2.G.2.其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	260	201	165	150	132	85	81	154	113
2.G.3.使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4.其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G 總計	260	201	165	150	132	85	81	154	113
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023					
2.G.1.電子設備	IE	IE	IE	IE					
2.G.2.其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	137	103	127	85					
2.G.3.使用 N ₂ O 之產品	NE	NE	NE	NE					
2.G.4.其他	NE	NE	NE	NE					
2.G 總計	137	103	127	85					

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

2.NE，代表未調查估計該分類項目，因「其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物」及「使用氧化亞氮之產品」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

4.8.1 電子設備 (2.G.1)

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

4.8.2 其他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(SF₆)直接逸散於大氣中，為其主要排放源因素；本計畫調查對象主要為電力業，包括台電公司及民營發電廠所屬變電設備，其六氟化硫(SF₆)排放主要來自於電力設備自然洩漏或維修測試之逸散，為降低六氟化硫(SF₆)逸散量，其中台電公司藉由變電設備的操作及維護管理上，積極推動六氟化硫(SF₆)回收再利用機制，並針對六氟化硫(SF₆)進行匯的管控。另 IPCC2006 建議調查之軍事應用、加速裝置等 SF₆ 及 PFCs 之排放，環境部計畫(2015)⁶³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(SF₆)補充量，並參照 2006 IPCC 指南方法 2，以六氟化硫(SF₆)實際使用情形求得排放當量，其來源包括為台電公司 SF₆排放量

以及民營電廠之六氟化硫補充量進行估算。

(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(SF₆)補充量；補充量為一實際值，無需透過排放係數間接計算補充量。

(3) 活動數據

由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(SF₆)補充量，並依實際補充量進行統計活動數據，其中台電公司活動數據統計自該公司經國內確信機構確信完成之永續報告書；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，盤查清冊資料皆經過我國環境部認定之合格查驗證機構進行查證。

(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 2023 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，

⁶³ 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。

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 2023 年 85 千公噸二氧化碳當量。

(5)完整性

六氟化硫(SF₆)補充量係以台電公司及全國民營電廠為調查對象，調查結果可代表全國電力設備之高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放情形。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1)不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放當量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5.00%；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 5.00%。

(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(SF₆)補充，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.8.2 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁶⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

4.8.3 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 (NaN₃) 生產等使用氧化亞氮的排放量，環境部計畫(2015)⁶⁵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。

表 4.8.2 2002 年至 2023 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
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	260	201	165	150	132	85	81	154	113
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023					
2.G.2 其他產品使用 SF ₆ 及 PFCs	137	103	127	85					

⁶⁴ 「2024 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」2024 年 11 月 08 日。

⁶⁵ 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。

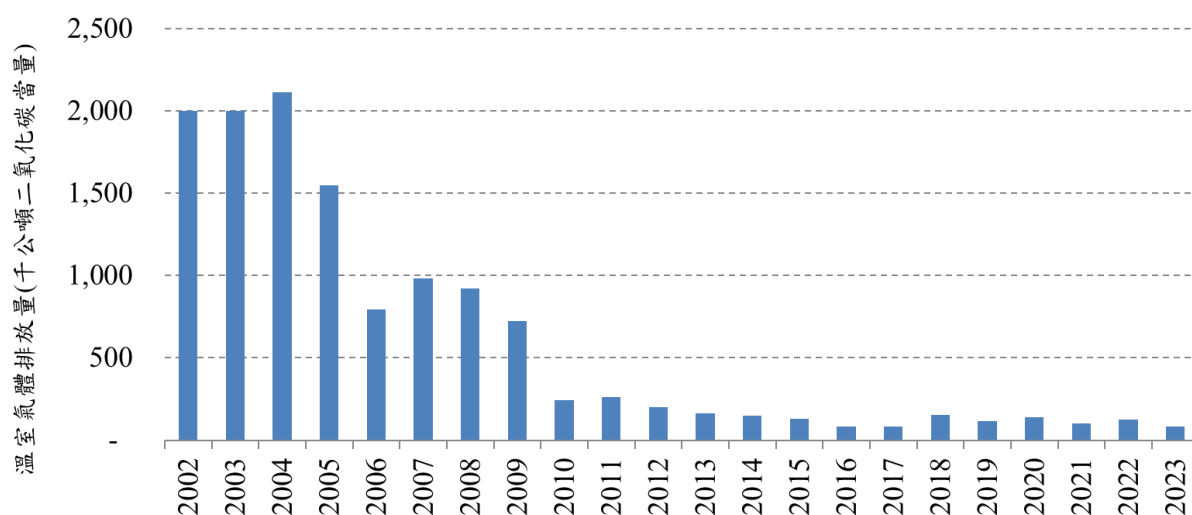


圖 4.8.1 2002 至 2023 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

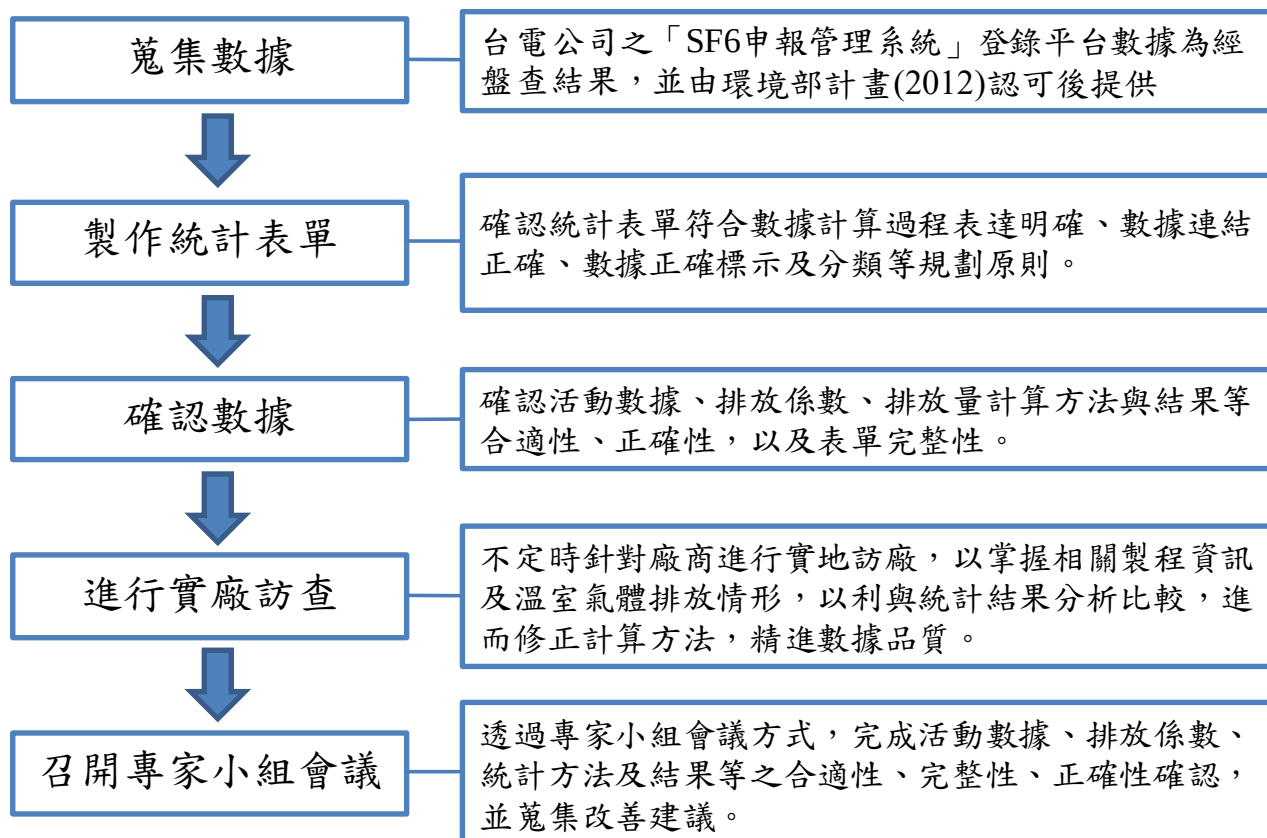


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

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。2023 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 2023 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，以啤酒生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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 2023 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。

表 4.9.1 1990 年至 2023 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
2.H.1 食品及飲料工業	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21
2.H 總計	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.H.1 食品及飲料工業	20	20	18	18	19	20	21	20	20	21
2.H 總計	20	20	18	18	19	20	21	20	20	21
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.H.1 食品及飲料工業	20	20	21	19	19	20	19	20	19	17
2.H 總計	20	20	21	19	19	20	19	20	19	17
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.H.1 食品及飲料工業	18	15	15	15						
2.H 總計	18	15	15	15						

(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 2023 年生產量如表 4.9.2 所示。

(4)排放量

啤酒排放量如表 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 5.00%；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 5.00%。

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2023 年活動數據來源及計算方法一致，排放係數 2010 年至 2023 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 指南原則執行以掌握數據品質。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁶⁶檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

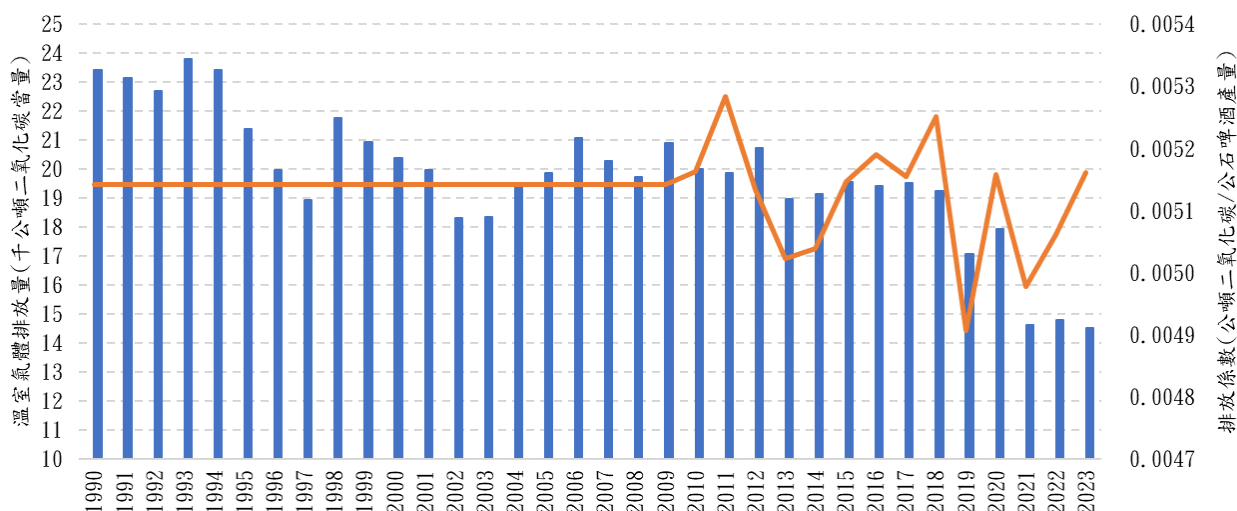


圖 4.9.1 1990 年至 2023 年啤酒製程排放量及歷年排放係數

⁶⁶ 「2024 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」 2024.11.08。

表 4.9.2 1990 年至 2023 年啤酒生產量

(單位：千公石)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
啤酒生產量	4,557	4,507	4,416	4,633	4,553	4,163	3,882	3,680	4,234	4,073
年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
啤酒生產量	3,964	3,881	3,235	3,404	3,784	3,865	4,100	3,944	3,838	4,064
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
啤酒生產量	3,877	3,759	4,035	3,780	3,701	3,800	3,744	3,788	3,665	3,481
年份	2020	2021	2022	2023						
啤酒生產量	3,476	2,938	2,922	2,813						

表 4.9.3 1990 年至 2023 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
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
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.9.1.a 啤酒	20.4	20.0	18.3	18.3	19.5	19.9	21.1	20.3	19.7	20.9
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.9.1.a 啤酒	20.0	19.9	20.7	19.0	19.2	19.6	19.4	19.5	19.2	17.1
溫室氣體排放源和吸收匯類別	2020	2021	2022	2023						
2.9.1.a 啤酒 3	18.3	14.6	14.8	14.5						

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，2023。
3. 財政部關務署，進出口統計資料庫，2023。
4. 國內水泥熟料生產業者排放清冊，2023。
5. 台灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2024。
6. 國內一貫作業煉鋼業者排放清冊，2023。
7. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。
8. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
9. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫，2004。
10. 環境部氣候變遷署，事業廢棄物申報及管理資訊系統，2023。
11. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。
12. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory report of Japan, 2014。
13. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015
14. 台灣區石油化學同業公會，台灣區石油化學工業同業公會年報，2024。
15. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），溫室氣體創新減量技術先期評估與政策建置工作計畫，2014。
16. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫，2012。
17. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），建立非二氧化碳溫室氣體管理制度與減量技術專案計畫，2011。
18. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），推動產業非二氧化碳溫室氣體排放減量，2009。
19. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），推動含氟溫室氣體產業排放減量，2008。
20. 行政院環境保護署（現為環境部氣候變遷署），破壞臭氧層物質與含氟溫室氣體管理策略規劃專案，2006
21. 環境部氣候變遷署，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，2023。
22. 國內輕金屬生產業者，2023。
23. 國內啤酒生產業者，2023。
24. 國內環氧乙烷生產業者，2023。
25. 國內一貫作業煉鋼生產業者，2023。

