



第四章

工業製程及產品使用部門 (CRF Sector 2)

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

2024



第四章 工業製程與產品使用部門(CRF Sector 2)

4.1 部門概述

為達成「溫室氣體減量及管理法」第 4 條規定的國家溫室氣體長期減量目標，即於 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 年溫室氣體排放量 50% 以下，溫管法第 11 條規定，應以五年為一階段，由中央主管機關會商中央目的事業主管機關訂定各階段管制目標。環保署已會商中央目的事業主管機關訂定我國第一期溫室氣體階段管制目標，並於 107 年 1 月 23 日奉行政院核定，第一期目標期程為「2016 年~2020 年」。

為檢討第一期目標達成情形，工業製程與產品使用部門於 2020 年前之精進計畫，已配合於行政院 2020 年 7 月 27 日會議，完成統計範疇更新並追溯至基期年(2005 年)，確保與基期年比較之一致性。然為而為避免每年精進計畫改善影響目標檢討工作，故自 2021 年至 2022 年之精進計畫修正與調整之統計方法與範疇，即 2019 年至 2020 年工業製程與產品使用部門排放量統計，將一併於 2023 年統一調整更新，但有關各年度精進項目與影響程度，仍將於年度報告中說明。

4.1.1 統計項目

有關我國工業製程及產品使用部門之溫室氣體排放情形，各排放源產生之溫室氣體如表 4.1.1 所示，計 2.A「礦業(非金屬製程)」、2.B「化學工業」、2.C「金屬製程」、2.D「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，方法學採用表 4.1.2 所示。

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門排放源分類

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

排放源分類		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃	
	2.C.3.原鋁生產	NO							
	2.C.4.鎂生產						○		
	2.C.5.鉛生產	NE,○							
	2.C.6.鋅生產	NE,○							
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	2.D.1 合成潤滑油使用	○							
	2.D.2 石臘使用	○							
	2.D.3 溶劑使用								
	2.D.4 其他	印刷油墨化學原料製造							
		塗料化學製造程序							
		製鞋業							
纖維織物印染業使用									
印刷電路板製造程序									
2.E 電子工業	2.E.1 積體電路或半導體			NE,○	NE,○	NE,○	NE,○	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							

排放源分類		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃
	砂糖							
	植物油及動物油							
	動物飼料							

說明：

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.表格內容標示說明：

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

3.部分項目標註兩項，表示 1990 至 2019 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(非金屬製程)	水泥生產	T2	D												
	石灰(氧化鈣)生產	T1	CS												
	玻璃生產	T1	D												
	純鹼使用	T1	CS												
	石灰石使用	T1	CS												
	白雲石使用	T1	CS												
	玻璃纖維	T1	D												
2.B 化學工業	硝酸生產					T1	CS								
	己內醯胺生產	T3	NE												
	二氧化鈦生產	T1	D												
	乙烯生產	T1	CS	T1	CS										
	氯乙烯生產	T1	D	T1	D										
	環氧乙烷生產	T3	NE												
	丙烯腈	T1	D	T1	D										
	破煙生產	T1	D	T1	D										
	苯乙烯生產			T1	CS										
2.C 金屬製程	鋼坯(高爐)	T3	NE												
	鋼坯(電爐)	T3	NE												
	鐵合金生產	T1	CS	T1	D										
	鎂生產	NO	NO									T2	CS		
	鉛生產	T1	D												
	鋅生產	T1	D												
2.D 非能源產物燃料溶劑使用	合成潤滑劑使用	T1	D												
	石蠟使用	T1	D												
2.E 電子工業	積體電路或半導體					T2	D	T2	D	T2	D	T2	D	T2	D

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
	TFT 平面顯示器					T2	D	T2	D	T2	D	T2	D	T2	D
2.F 破壞臭氧層物質之替代品使用	冷凍及固定式空調							T3	NE						
	移動式空調							T3	NE						
	滅火藥劑							T3	NE						
2.G 其他產品之製造與使用	電力設備中的 SF ₆ 和 PFC 排放											T3	NE		
2.H 其他	啤酒生產	T1	CS												

備註：T1(IPCC Tier1), T2(IPCC Tier2), T3(IPCC Tier3), D(IPCC default), CS(country specific method/EF), NE(未調查估計該分類項目), NO(我國該分類項目無生產或使用),灰底(指南未建議納入統計該氣體)。

4.1.2 調整與重新計算說明

聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)於 2019 年發布《IPCC 國家溫室氣體排放清單指南的 2019 年精進版》(2019 Refinement to the 2006 IPCC)，目的為針對現有之新興技術與製程進行統計方法學之更新，以及若《2006 年 IPCC 國家溫室氣體清單指南》(2006 IPCC)未涵蓋之範疇也將一併新增納入，同時指南中提到 2019 年精進版本並非完全替代 2006 年版本，而是應當結合使用。IPCC 2019 精進版因針對硝酸製程設備有更細化之排放係數，過去硝酸生產使用之係數來源為 AP-42，乃美國環境保護署(EPA)於 1998 年提出之係數建議表，為使我國硝酸製程排放更加精準，故本年度先行針對硝酸進行精進改為採用 IPCC 2019 年精進版建議係數，有關硝酸生產統計精進前後差異如表 4.1.3。

依據 2020 年 10 月 21 日召開「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計」專家諮詢會議結論，硝酸精進後製程排放係數暫以 9 kg N₂O /tonne 硝酸進行計算，重新計算項目前後差異如表 4.1.4，硝酸生產 2019 年製程排放量由修正前 0.22 百萬噸 CO₂e 提升至修正後 0.40 百萬噸 CO₂e(如表 4.1.5)，變更說明如表 4.1.6。

因硝酸生產之製程設備可簡單分為單低壓、雙低壓/中壓、單中壓、雙中/高壓及單高壓共五種類型，過去 IPCC 僅針對單低壓、單中壓及單高壓提供建議係數，因此在 2019 年精進版中新增了五種不同設備之建議係數供統計單位參考，若生產廠商可提供經第三者查證之排放係數，則可使用廠內自行量測之係數進行統計及計算。

表 4.1.3 硝酸生產統計精進前後差異

方法	2006 IPCC	IPCC 2019 精進版
方法一	硝酸產量×預設係數 (依照設備不同並假設無減排技術，提供 3 種預設係數)	硝酸產量×預設係數 (依照設備不同並假設無減排技術，依照設備不同提供 6 種預設係數如表 4.1.4)
方法二	硝酸產量×預設係數×(1-減排因子(%)) (依照設備不同並考量減排設備裝設與否，提供 5 種預設係數)	硝酸產量×預設係數×(1-減排因子(%)) (依照設備分類條件並考量減排設備裝設與否給定 9 種預設係數如表 4.1.4)
方法三	由廠商自行量測排放量，可透過不定期抽樣及連續排放監控(CEM)等方法統計排放量。	除原來之建議方法外，額外建議廠商較推薦之作法。

資料來源：2019 Refinement to the 2006 IPCC

表 4.1.4 工業製程與產品使用部門精進計畫執行結果

項目	方法學		2019 年排放量百萬公噸 CO ₂ e		
	修正前	修正後	修正前 A	修正後 B	差異((B-A)/A(%))
硝酸生產	方法一	方法一	0.22	0.40	40%
工業製程與產品使用部門排放量			20.39	20.57	0.9%
占工業製程與產品使用部門比			1.08%	1.94%	

表 4.1.5 硝酸生產建議係數

製程設備	N ₂ O 建議排放係數 (與 100%純酸有關)
1975 年前之製程設備(Tier 1 & 2)	10-19kg-N ₂ O /ton 硝酸(2019 新增)
單低壓設備(Tier 1 & 2)	5kg-N ₂ O /ton 硝酸±10%
單中壓設備(Tier 1 & 2)	8kg-N ₂ O /ton 硝酸±20%
單高壓設備(Tier 1 & 2)	9kg-N ₂ O /ton 硝酸±40%
具有減排技術的單壓設備(Tier 2)	2.5kg-N ₂ O /ton 硝酸±10%
雙中/高壓設備(Tier 1 & 2)	9kg-N ₂ O /ton 硝酸±30% (2019 新增)
具有減排技術的雙中/高壓設備(Tier 2)	2.5kg-N ₂ O /ton 硝酸±20% (2019 新增)
雙低/中壓設備(Tier 1 & 2)	7kg-N ₂ O /ton 硝酸±120% (2019 新增)
具有減排技術的雙低/中壓設備(Tier 2)	1.5kg-N ₂ O /ton 硝酸±10% (2019 新增)

資料來源：2019 Refinement to the 2006 IPCC

表 4.1.6 2021 年度重新計算項目變更說明

排放源/ 吸收匯	計算 方法	活動數據	排放係數	資料來源	追溯年份
硝酸	方法 1	1.由酸鹼公會提供我國硝酸產量。	暫訂 9 kg N ₂ O /tonne 硝酸，若可確認廠內減量設備減量率，再針對係數選擇進行討論。	資料蒐集狀況如下： 1.1990 年至 2012 年由酸鹼公會提供我國硝酸產量。 2.2012 年至 2019 年透過調查我國硝酸生產廠硝酸生產量。	追溯至第二期階段管制目標之基期年 2005 年。

4.1.3 統計結果

臺灣 2019 年工業製程及產品使用部門排放量約 20,394 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 71.4%，其次為氧化亞氮占 9.6%、全氟碳化物占 7.0%、六氟化硫占 4.6%、氫氟碳化物占 5.0%，如圖 4.1.1 所示；若以排放源類別區分，主要排放源為礦業（非金屬製程）占 31.9%、金屬工業占 31.4%，如圖 4.1.2 所示。

臺灣 1990 年至 2019 年工業製程部門排放量如表 4.1.7、圖 4.1.3 及圖 4.1.4 所示，其中 2019 年溫室氣體排放量 20,394 千公噸二氧化碳當量，相較 2018 年的 21,979 千公噸二氧化碳當量，主要係因金屬工業受中美貿易戰影響及電子工業產量下滑導致減少約 1,585 千公噸二氧化碳當量，約下降 7.2%。

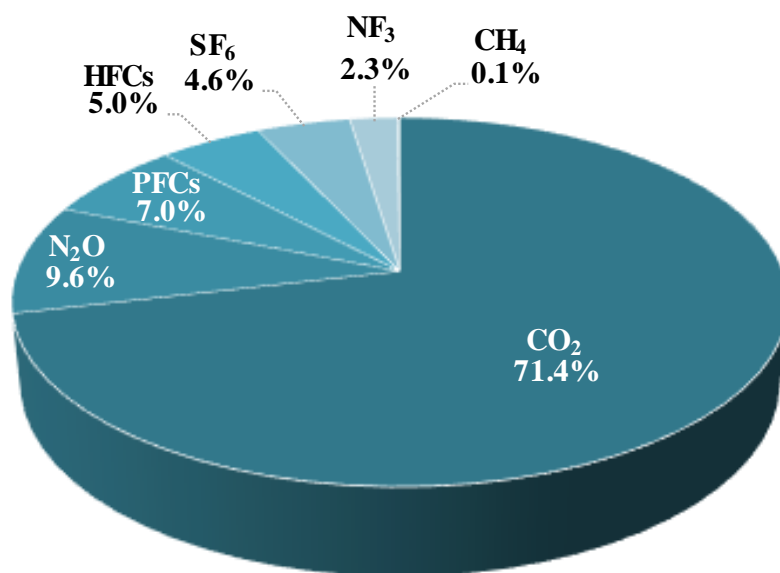


圖 4.1.1 2019 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

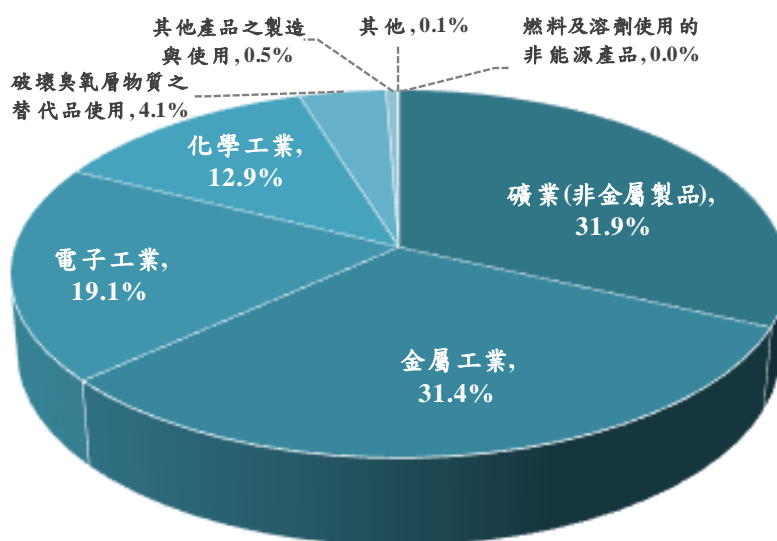


圖 4.1.2 2019 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.7 1990 年至 2019 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門 年份	2.A	2.B	2.C	2.D	2.E	2.F	2.G	2.H	合計	不確定性(%)
	礦業 (非金屬製程)	化學工業	金屬製程	非能源 產物燃 料溶劑 使用	電子 工業	破壞臭氧層 物質之替代 品使用	其他產 品之製 造與使 用	其他		
1990	10,584	746	3,275	0.00006	NE	NE	IE	23	14,629	8.36
1991	10,698	908	3,737	0.00006	NE	NE	IE	23	15,366	8.26
1992	11,854	905	3,475	0.00006	NE	NE	IE	23	16,257	8.04
1993	13,879	1,679	3,889	0.00007	NE	NE	IE	24	19,471	7.74
1994	13,259	1,950	3,775	0.00009	NE	NE	IE	23	19,007	7.66
1995	12,766	2,013	3,885	0.00008	NE	NE	IE	21	18,685	7.71
1996	12,645	2,658	4,014	0.00008	NE	NE	IE	20	19,336	7.53
1997	13,394	2,888	5,046	0.00008	NE	NE	IE	19	21,346	7.76
1998	11,564	3,482	5,818	0.00009	NE	NE	IE	22	20,886	8.37
1999	10,746	3,011	5,333	0.00009	129	NE	IE	21	19,241	8.44
2000	10,486	4,105	5,734	0.00008	143	NE	IE	20	20,488	8.42
2001	9,974	4,531	4,960	0.00007	3,971	NE	IE	20	23,456	5.18
2002	10,648	4,232	5,123	0.00008	5,544	NE	1,943	18	27,509	4.79
2003	10,270	4,174	6,426	0.00009	6,212	401	1,943	18	29,444	4.45
2004	10,691	4,057	6,519	0.00011	6,841	682	2,053	19	30,864	4.39
2005	11,257	2,729	6,129	0.00010	6,763	996	1,503	20	29,398	4.43
2006	11,014	2,707	8,412	0.00007	7,200	896	770	21	31,019	4.17
2007	10,369	2,864	8,272	0.00007	6,840	922	953	20	30,241	4.06
2008	9,289	2,406	7,888	0.00007	4,763	928	895	20	26,190	3.95
2009	8,467	2,648	6,632	0.00006	4,275	812	703	21	23,557	4.03
2010	8,616	2,938	7,974	0.00005	4,741	770	238	20	25,296	3.95
2011	9,577	2,978	7,670	0.00004	4,599	881	252	20	25,977	3.97
2012	9,333	2,753	8,331	0.00004	3,981	783	195	21	25,397	4.10
2013	9,866	2,555	7,932	0.00005	4,926	812	160	19	26,270	2.94
2014	8,728	2,638	7,046	0.00006	4,823	828	146	19	24,228	3.02
2015	8,345	2,559	7,044	0.00010	4,390	851	128	20	23,336	5.69
2016	7,108	2,747	7,711	0.00008	4,181	835	82	19	22,684	5.77
2017	6,262	2,848	7,267	0.00007	4,159	821	79	20	21,456	5.53
2018	6,403	2,821	7,500	0.00006	4,275	811	149	19	21,979	5.25
2019	6,501	2,623	6,412	0.00006	3,885	846	110	17	20,394	5.39

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。

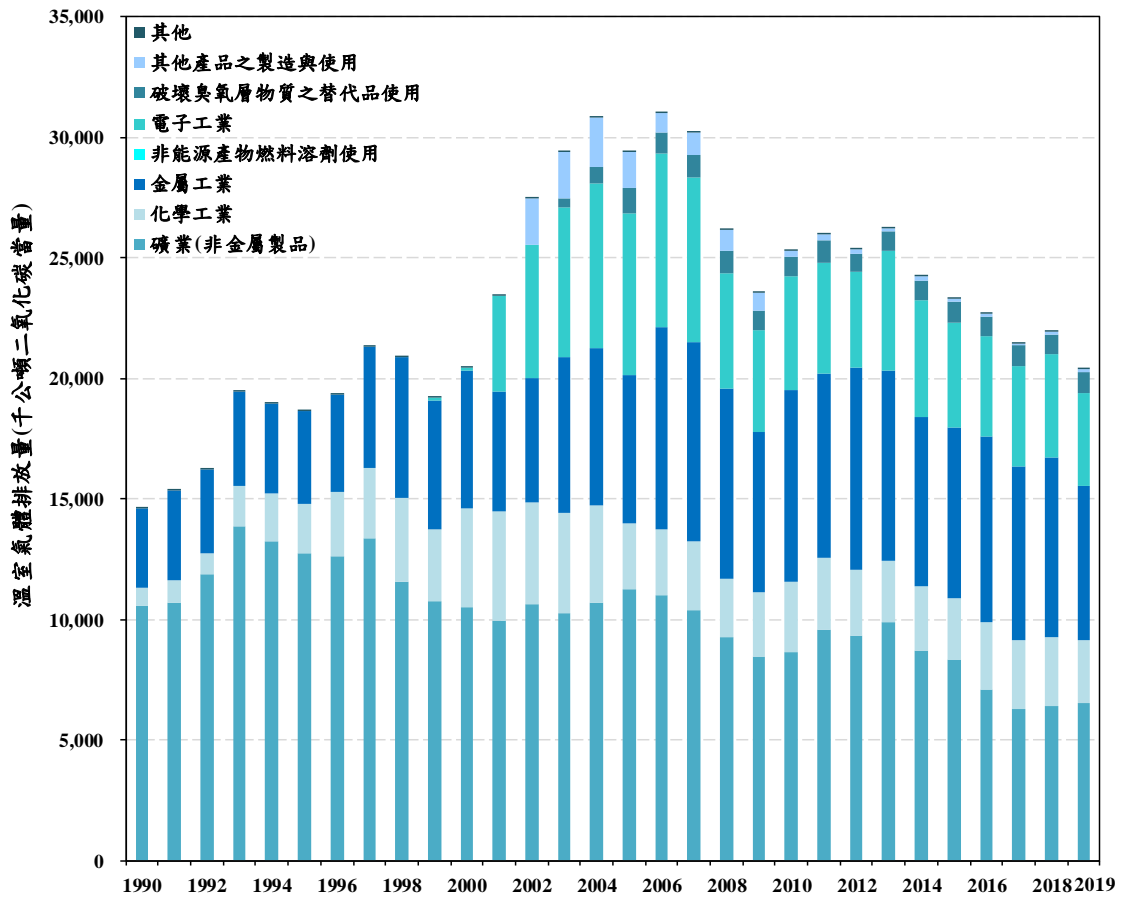


圖 4.1.3 1990 年至 2019 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢(依類別)

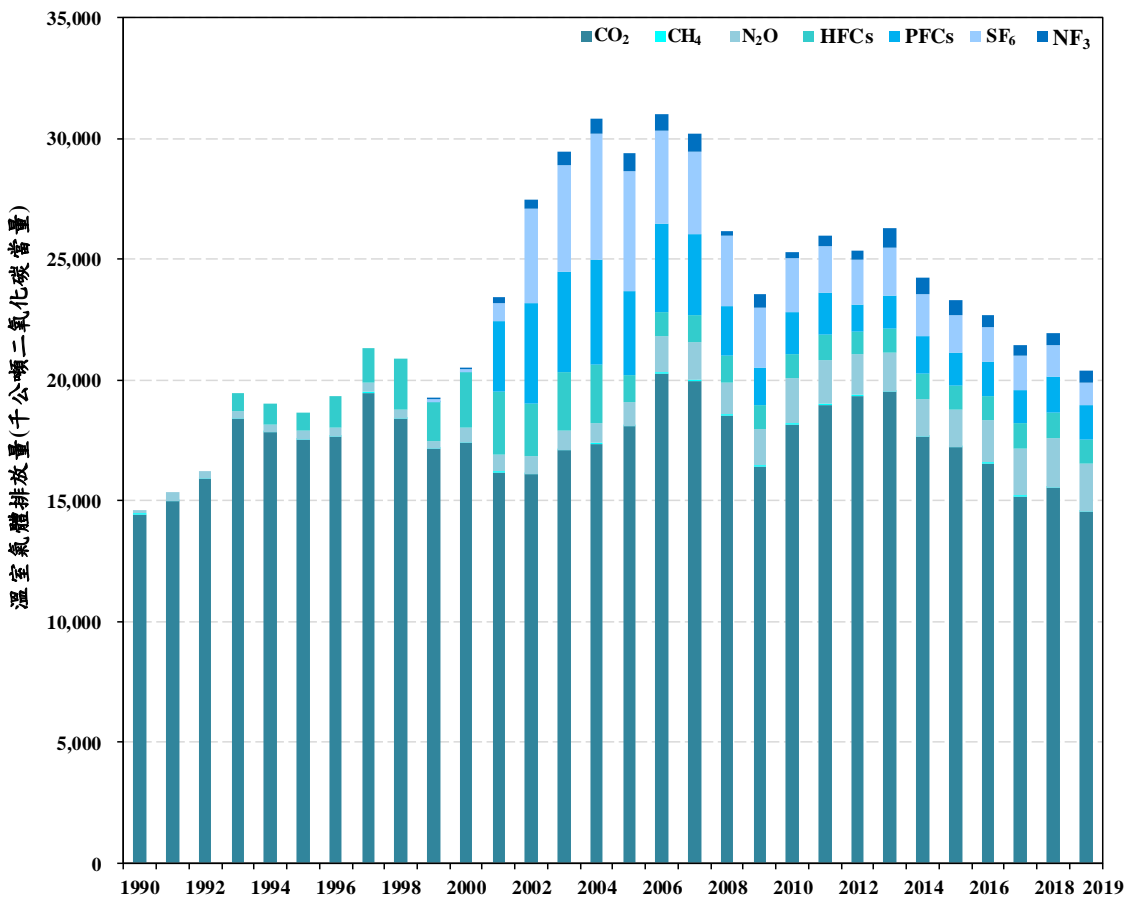


圖 4.1.4 1990 年至 2019 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢(依氣體)

4.2 礦業（非金屬製程）（2.A）

2.A「礦業（非金屬製程）」為工業製程及產品部門之高排放分類(約三成)，過去十年占比介於30%-40%之間，其中又以2.A.1「水泥生產」為排放量最高排放項目，與2.A.2「石灰(氧化鈣)生產」、2.A.3「玻璃生產」、2.A.4「其他使用碳酸鹽製程」及2.A.5「其他」等共計五項製程，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。2019年礦業（非金屬製程）排放量約6,501千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門30.2%，較2018年增加約98千公噸二氧化碳當量，皆係因製程排放之二氧化碳排放量增加所致，1990年至

2019年排放量如表4.2.1及圖4.2.1所示。

表 4.2.1 1990 年至 2019 年礦業（非金屬製程）排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	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	1,192	833	1,141	1,832	1,759	1,471	1,592	2,292	1,122	1,086
2.A.5 其他	4	4	7	9	12	15	17	23	26	27
總計	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564	10,746
年	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	166	184
2.A.3 玻璃生產	12	10	11	11	12	13	13	17	15	10
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,252	513	465	533	737	906	839	550	557	372
2.A.5 其他	34	42	43	46	48	47	49	51	47	37
總計	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369	9,289	8,467
年	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	13	13	11	11	10	10	10	9	8	8
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.5 其他	43	50	50	47	47	49	50	51	56	47
總計	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108	6,262	6,403	6,501

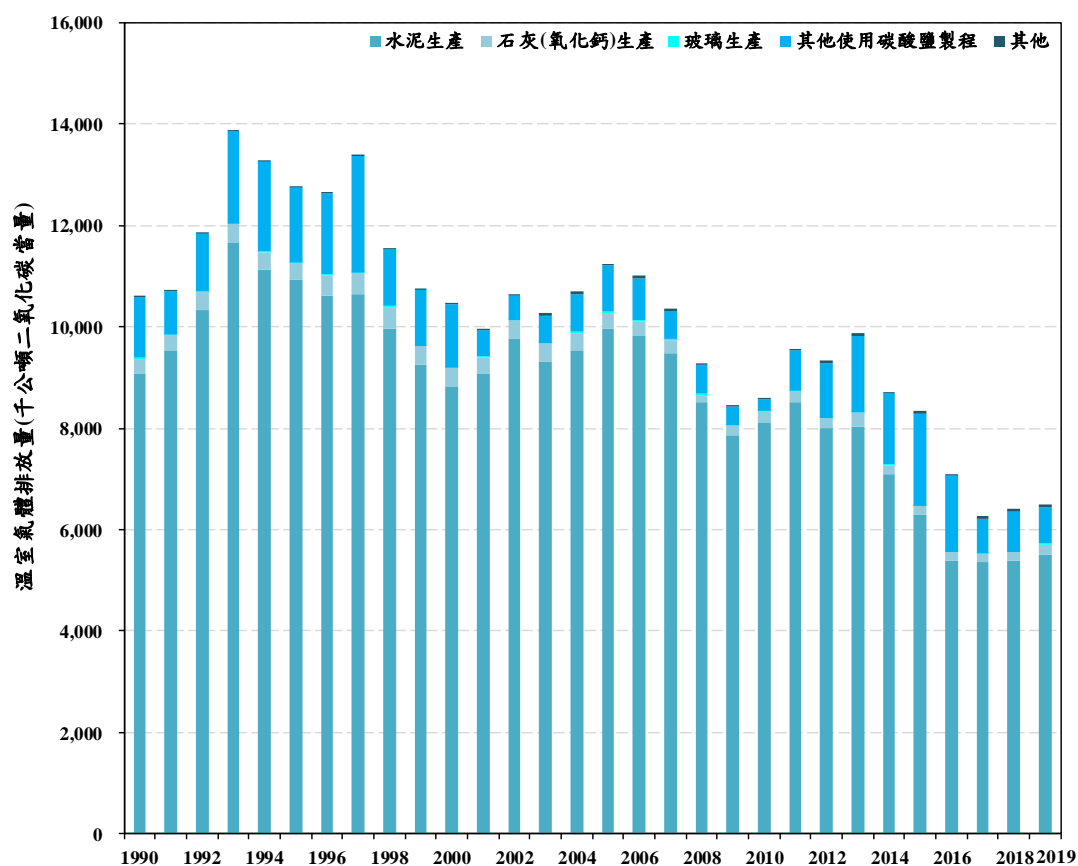


圖 4.2.1 1990 年至 2019 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢

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。

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 指南建議方法 1，以水泥產量及熟

料進出口量推算熟料產量，再透過排放係數計算二氧化碳排放量。1990 年至 1993 年國內生產水泥類型多為波特蘭 I 型，水泥中熟料含量約占 95%。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \left\{ \sum_i (\text{國內業者生產 } i \text{ 型水泥重量} \times i \text{ 型水泥的熟料比例}) \right\} \times i \text{ 類水泥中熟料的排放係數}$$

B. 1994 年至 2019 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，活動數據採較水泥產量精準之熟料產量，並透過排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量=水泥熟料產量
(公噸)×水泥熟料排放係數(公
噸二氧化碳/公噸產量)

(2).排放係數

經由水泥專家諮詢會決議⁷，以 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.52029 公噸二氧化碳/公噸熟料生產作為我國水泥熟料之排放係數。

(3).活動數據

1990 年至 2013 年由水泥公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿局進出口統計，2014 年起則由環保署國家溫室氣體登錄平台取得排放清冊，如表 4.2.2 所示。

(4).排放量

水泥製程二氧化碳排放量與熟料產量有關，排放量於 1997 年後因亞洲金融風暴而逐漸下降，2002 年因第 11 家水泥廠投產，故排放量增加，2006 年後因各廠減產及 2008 年受金融風暴影響，隔年(2009 年)後二氧化碳排放量較為減少，排放量呈逐漸下降趨勢，如表 4.2.3 及圖 4.2.2 所示。

(5).完整性

1990 年至 2013 年由水泥公會提供會員廠活動數據，進出口量來自國貿局進出口統計，2014 年起則

由環保署國家溫室氣體登錄平台取得排放清冊，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⁸確認並參考 IPCC 指南不確定性為 35%；熟料的貿易數據不確定性為 10%，排放係數與 1994 年至 2019 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 43%。

B.1994 年至 2019 年：針對水泥生產活動數據，因各廠均有利用生熟比、質量平衡調整至最適之熟料量，且經第三方認證，參考 IPCC 指南並依保守性原則不確定性為 2%；另外，各廠已進行熟料的氧化鈣(CaO)化學分析且合理假設 CaO 全部來自石灰石(CaCO₃)，排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.2%。

(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，

⁷ IPCC 建議係數 0.52029 尚符合國內現況且為各廠所使用，建議水泥生產之 CO₂ 排放計算改採此係數；內容摘自經濟部工業局召開之工業製程部門溫室氣體排放量專家諮詢會議-水泥生產(103 年 11 月 13 日)會議記錄。

⁸ 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波特蘭水泥，對照 IPCC 指南之不確定性為 35%。(IPCC2006 指南 p.2.17 表 2.3 水泥生產不確定性值)。前述結果業經「工業製程部門溫室氣體排放量專家小組會議-水泥生產」確認(103 年 11 月 13 日)

依據方法 1 採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 年至 2019 年改使用方法 2，時間序列未一致，但資料來源及排放係數皆一致，並經時間序列檢核，方法 1 和方法 2 兩者趨勢一致。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會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 4.2.2 1990 年至 2019 年水泥熟料產量

(單位：千公噸)

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

註：1990 年至 1993 參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以水泥產量及熟料進出口量推算熟料產量；
1994 年至 2019 參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，採用熟料產量，資料來源為水泥公會。

表 4.2.3 1990 年至 2019 年水泥生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	9,093	9,535	10,333	11,676	11,129	10,930	10,611	10,644	9,975	9,262
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	8,824	9,086	9,774	9,313	9,546	9,977	9,812	9,484	8,504	7,865
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395	5,357	5,378	5,508

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

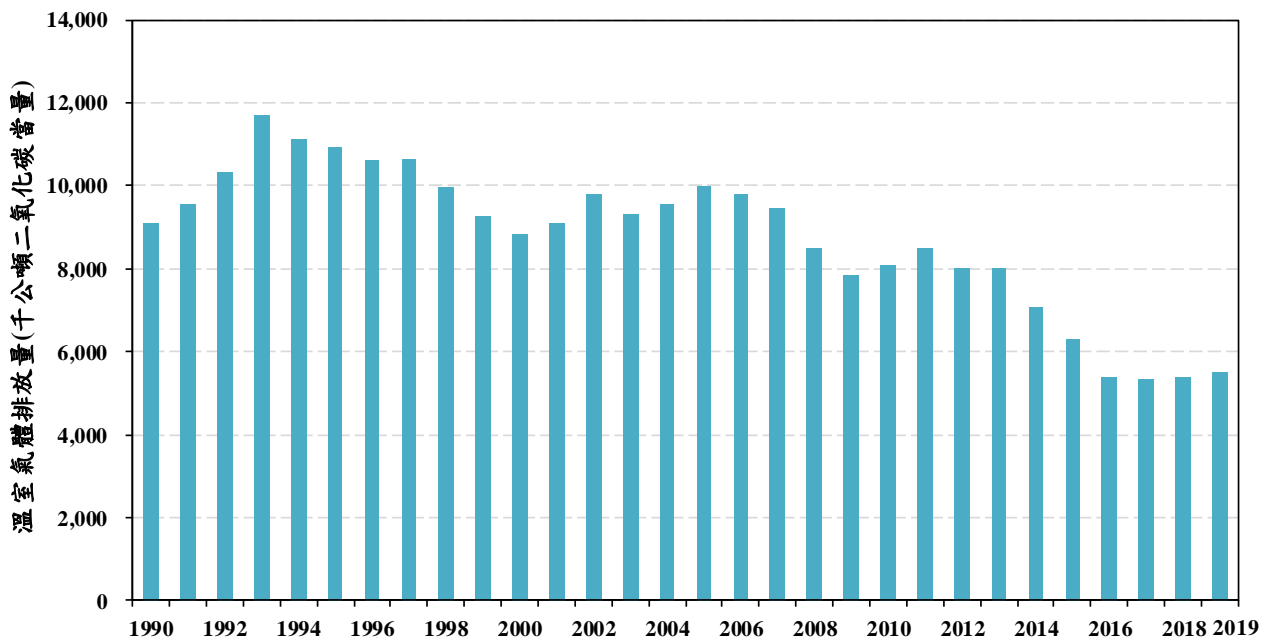
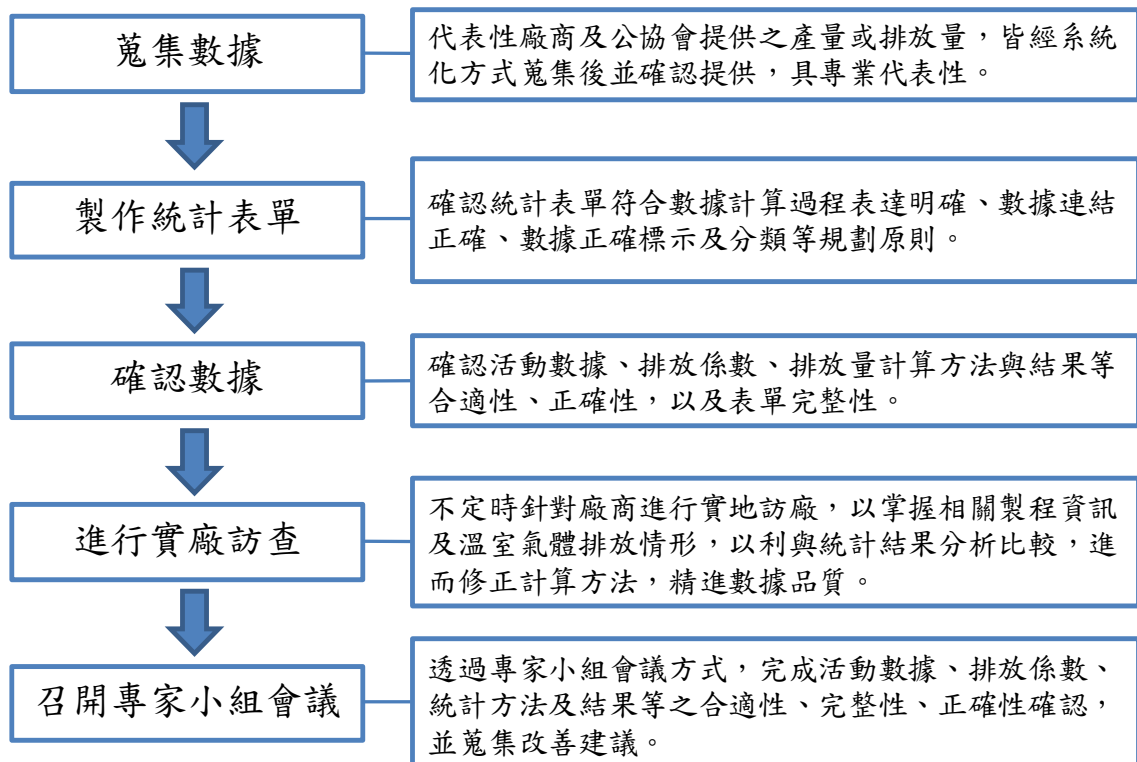


圖 4.2.2 1990 年至 2019 年水泥生產製程排放量趨勢



(活動數據-民間來源)

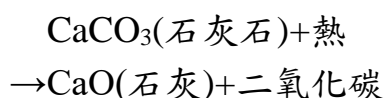
圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程

4.2.2 石灰(氧化鈣)生產 (2.A.2)

1.排放源及匯分類的描述：

本項目統計生產生石灰(CaO)及白雲石灰(CaO·MgO)製程所產生的二氧化碳；但國內無白雲石灰製程¹⁰，故本項僅統計生石灰生產之二氧化碳排放量。

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



2.方法論議題：

(1).計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以生石灰產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 生石灰產量(公噸)
× 生石灰排放係數(公噸二氧化碳/
公噸產量)

(2).排放係數

採用行政院環境保護署計畫(2000)¹¹建置之排放係數 0.706 公噸二氧化碳/公噸生石灰生產，該排放係數係根據國內生石灰產量、製程實況及原料石灰石純度 90% 等實際情況推估求得。

(3).活動數據

國內生石灰產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.2.4 所示。

(4).排放量

生石灰生產製程排放量與產量有關，自 1998 年達 430 千公噸二氧化碳當量高點後，整體有下降趨勢，2019 年排放量為 208 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.5 及圖 4.2.4 所示。

(5).完整性

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

¹⁰ 於 106 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

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

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¹²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.4 1990 年至 2019 年生石灰產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.5 1990 年至 2019 年生石灰生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	286	317	362	350	346	337	413	422	430	359
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	364	323	356	367	348	314	300	267	166	184
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018
排放量	227	225	202	286	184	149	153	175	186	208

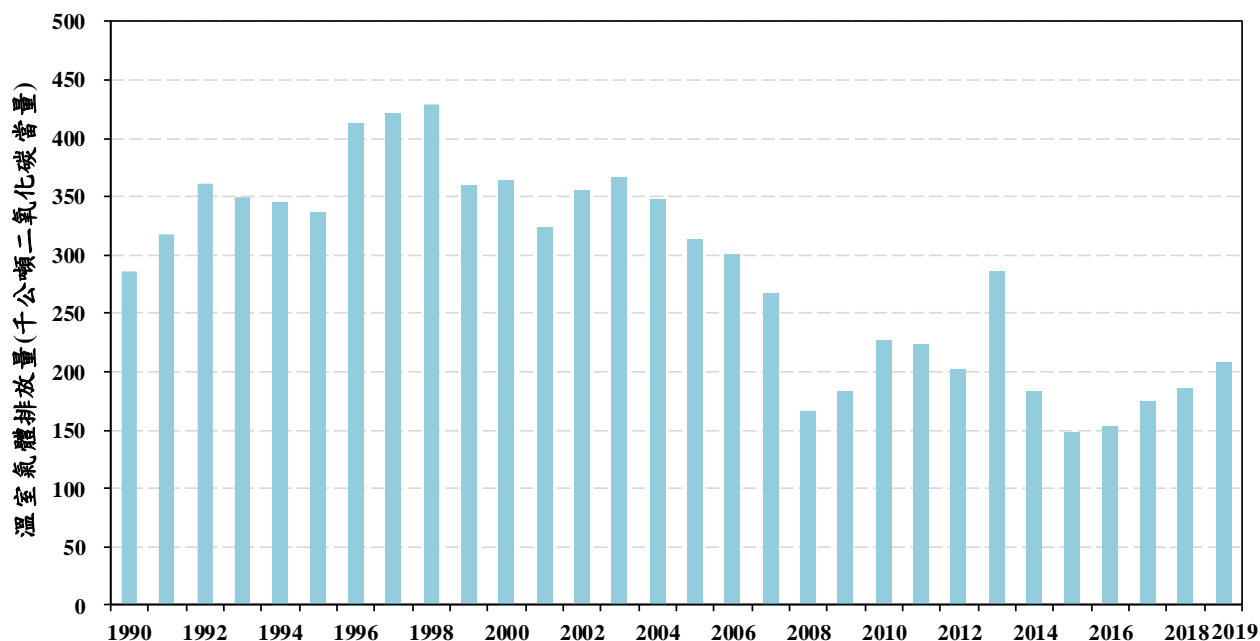


圖 4.2.4 1990 年至 2019 年生石灰生產二氧化碳排放量趨勢

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

4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

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

計算公式如下：

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

(2). 排放係數

採 2006 IPCC 指南建議之排放係數 0.2 公噸二氧化碳/公噸玻璃生產，並考慮回收玻璃使用率 (86.77%)，故採用之排放係數為 $0.2 \times (1 - 0.8677) = 0.02646$ 。

(3). 活動數據

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

(4). 排放量

玻璃製程之二氧化碳排放量與玻璃產量有關，排放量自 1995 年後因 1998 年亞洲金融風暴影響而逐漸下降，2001 年降至最低後逐漸上

升至 2007 年最高點 (17 千公噸二氧化碳當量)，近二年排放量維持約 8 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.7 及圖 4.2.5 所示。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會¹³檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.6 1990 年至 2019 年平板玻璃產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.7 1990 年至 2019 年玻璃生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	9	9	11	11	13	13	12	12	12	11
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	12	10	11	11	12	13	13	17	15	10
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	13	13	11	11	10	10	10	9	8	8

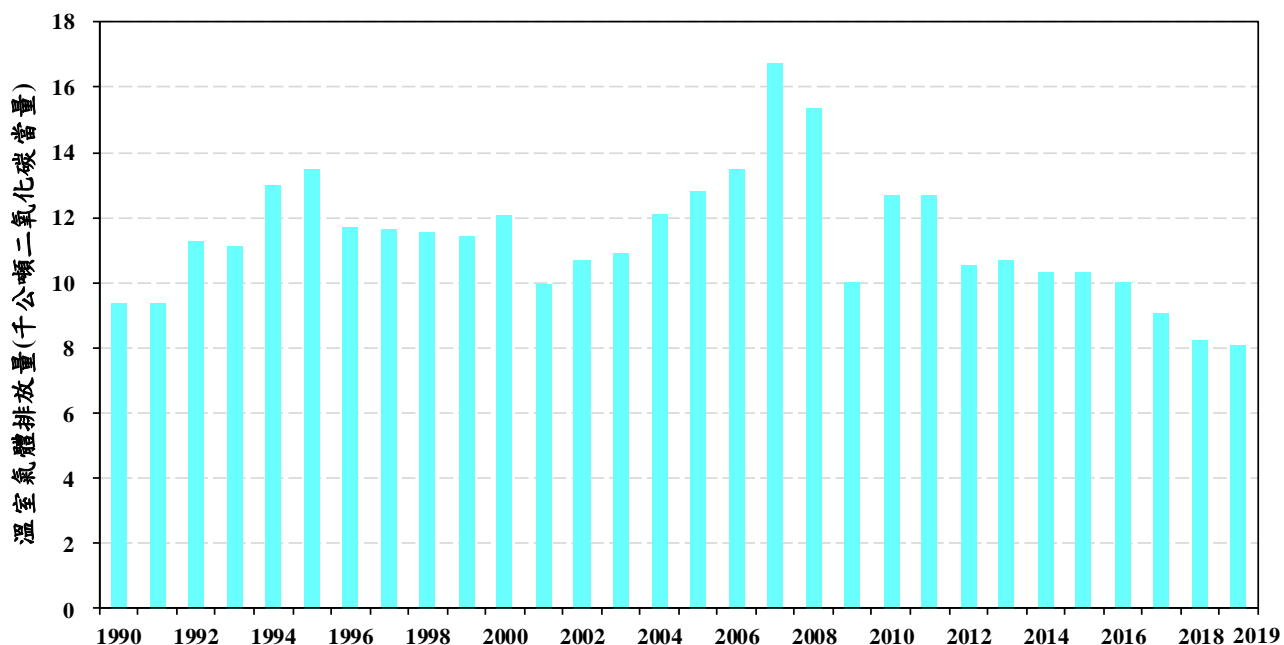


圖 4.2.5 1990 年至 2019 年玻璃生產排放量趨勢

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

4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4)

4.2.4.1 製陶 (2.A.4.a)

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

4.2.4.2 其他蘇打粉(純鹼)使用 (2.A.4.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以純鹼使用量及排放係數計算二氧化碳排放量，使用量計算方法詳見活動數據敘述。

計算公式如下：

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

引用行政院環境保護署計畫(2000)¹⁴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局進出口統計，如表 4.2.8。

(4). 排放量

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

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

根據 IPCC 2006 版指南，活動數據來自系統化之調查結果，不確定性建議值為 5%；排放係數的不確定性因指南未提供建議值，暫無法納入計算，故參考日本工業製程與產品部門本項之不確定性，活動數

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

據不確定性為 7.1%，排放係數不確定性為 15%，合併不確定性為 17%。

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

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。

表 4.2.8 1990 年至 2019 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.9 1990 年至 2019 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	99	98	102	104	123	121	119	122	119	122
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	125	119	104	71	112	114	115	113	113	91
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	111	114	108	103	98	110	96	100	111	107

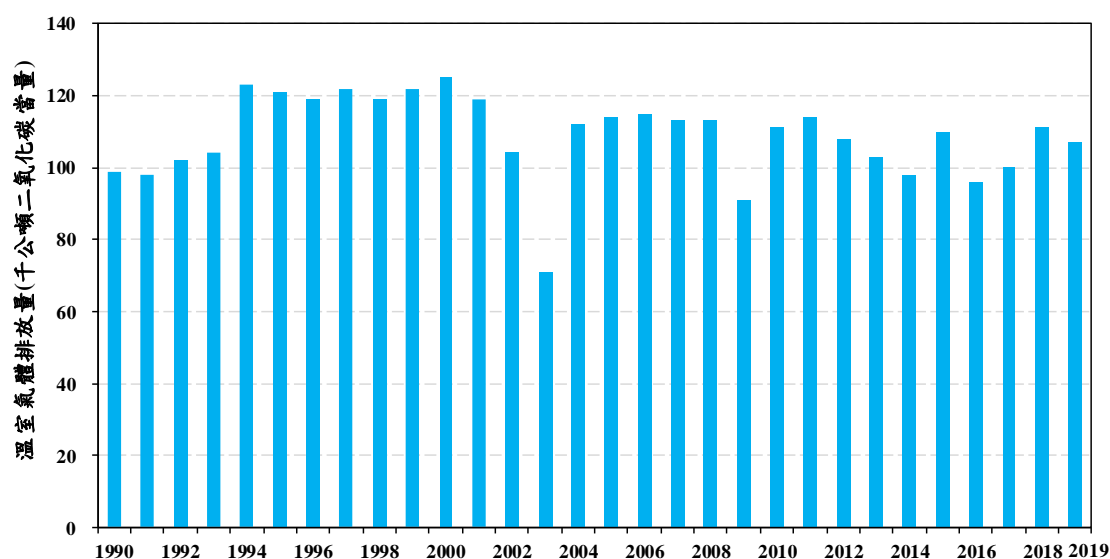


圖 4.2.6 1990 年至 2019 年純鹼使用排放量趨勢

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

4.2.4.3 非冶鐵之氧化鎂生產 (2.A.4.c)

依據經濟部工業局（民生化工組）提供資料，國內已無生產氧化鎂。

4.2.4.4 其他 (2.A.4.d)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

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

計算公式分別如下：

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

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

(2). 排放係數

採用行政院環境保護署計畫

(2000)¹⁶建置之二氧化碳排放係數，該係數係根據質量平衡、石灰石及白雲石純度 90% 等實際情況建置，分別為 0.396 公噸二氧化碳/公噸石灰石使用、0.429 公噸二氧化碳/公噸白雲石使用。

(3). 活動數據

石灰石與白雲石從 1990 年至 2019 年的使用量如表 4.2.10 所示；其中，2003 年及 2004 年白雲石因鋼鐵公司使用量大於產銷量及進口量，計算結果為負值，故該年度使用量修正為 0 千公噸。

A. 1990 年至 2000 年

石灰石在 1990 年至 2000 年因鋼鐵公司未建立排放清冊，無法依原方法計算使用量，故改引用行政院環境保護署「固定空氣污染源資料庫」中石灰石銷售量；其中，於資料庫系統中之石灰石銷售量包含「大理石」銷售量，故石灰石使用量恐為高估值。

白雲石在 1990 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 2019 年

2001 年至 2019 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

¹⁶ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

貿局進出口統計，鋼鐵製程使用量則引用鋼鐵公司排放清冊。

(4).排放量

石灰石與白雲石使用之 1990 年至 2019 年排放量如表 4.2.11 及圖 4.2.7 所示。

A.1990 年至 2000 年

由於活動數據來源差異，造成石灰石使用 1990 年至 2000 年排放量整體高於 2001 年至 2019 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 1,500 千公噸二氧化碳當量。

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 2019 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 2019 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 2019 年，對調查結果已造成影響。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

(2).時間序列的一致性

因無法依 2001 年至 2019 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

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會¹⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

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

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.10 1990 年至 2019 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.11 1990 年至 2019 年石灰石與白雲石使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
石灰石	1,079	622	929	1,614	1,533	1,280	1,439	2,086	931	866
白雲石	112	114	109	115	103	70	35	85	73	98
總計	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
石灰石	1,079	343	327	533	625	759	710	407	387	278
白雲石	47	52	34	NO	NO	34	14	31	58	3
總計	1,127	394	361	533	625	793	724	438	445	281
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
石灰石	46	483	656	990	1,116	1,586	1,355	482	525	427
白雲石	71	181	310	400	185	127	49	88	139	196
總計	117	663	966	1,390	1,301	1,712	1,404	570	664	623

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

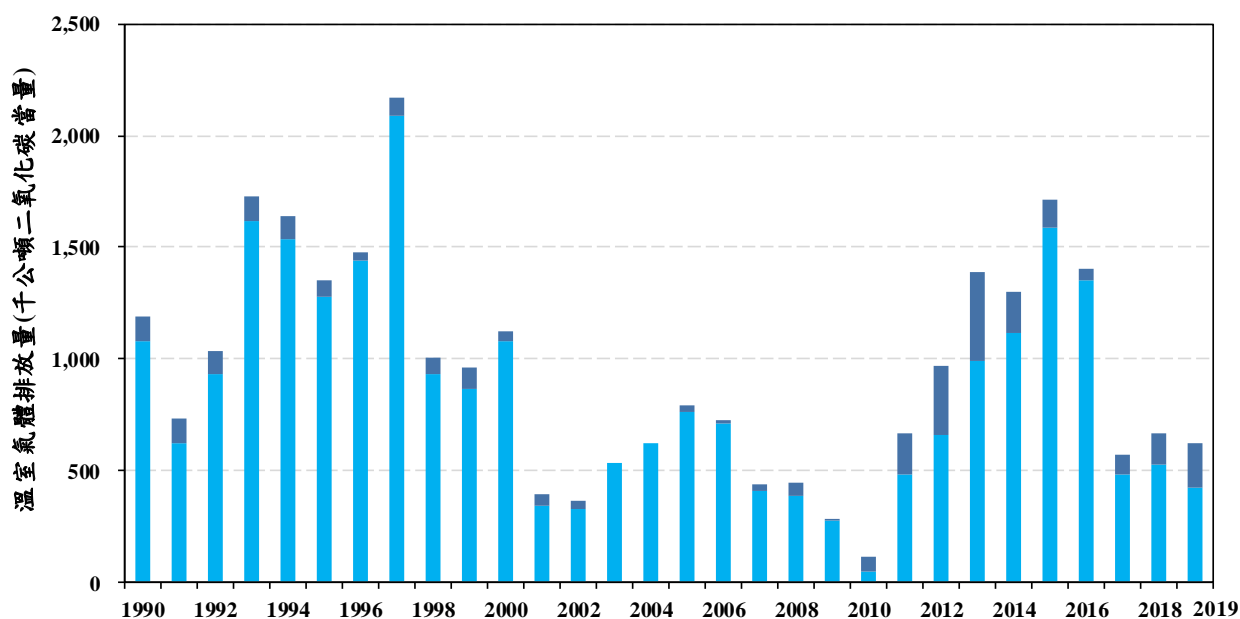


圖 4.2.7 1990 年至 2019 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢

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 指南建議方法 1，以玻璃纖維製品生產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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

(2). 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)¹⁸ 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 2019 年生產量如表 4.2.12 所示。

(4). 排放量

玻璃纖維製品二氧化碳排放量與產量有關，排放量由 1990 年

逐年上升至 2007 年後因金融風暴而逐漸下降，近 5 年約維持在 51 千公噸二氧化碳當量，玻璃纖維製品生產之 1990 年至 2019 年排放量如表 4.2.13 及圖 4.2.8 所示。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

活動數據屬於民間提供，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。

¹⁸ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

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。

表 4.2.12 1990 年至 2019 年玻璃纖維製品生產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
玻璃纖維製品生產量	18	18	39	45	61	78	90	123	136	143
年	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	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

表 4.2.13 1990 年至 2019 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)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
玻璃纖維製品排放量	4	4	7	9	12	15	17	23	26	27
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
玻璃纖維製品排放量	34	42	43	46	48	47	49	51	47	37
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
玻璃纖維製品排放量	43	50	50	47	47	49	50	51	56	47

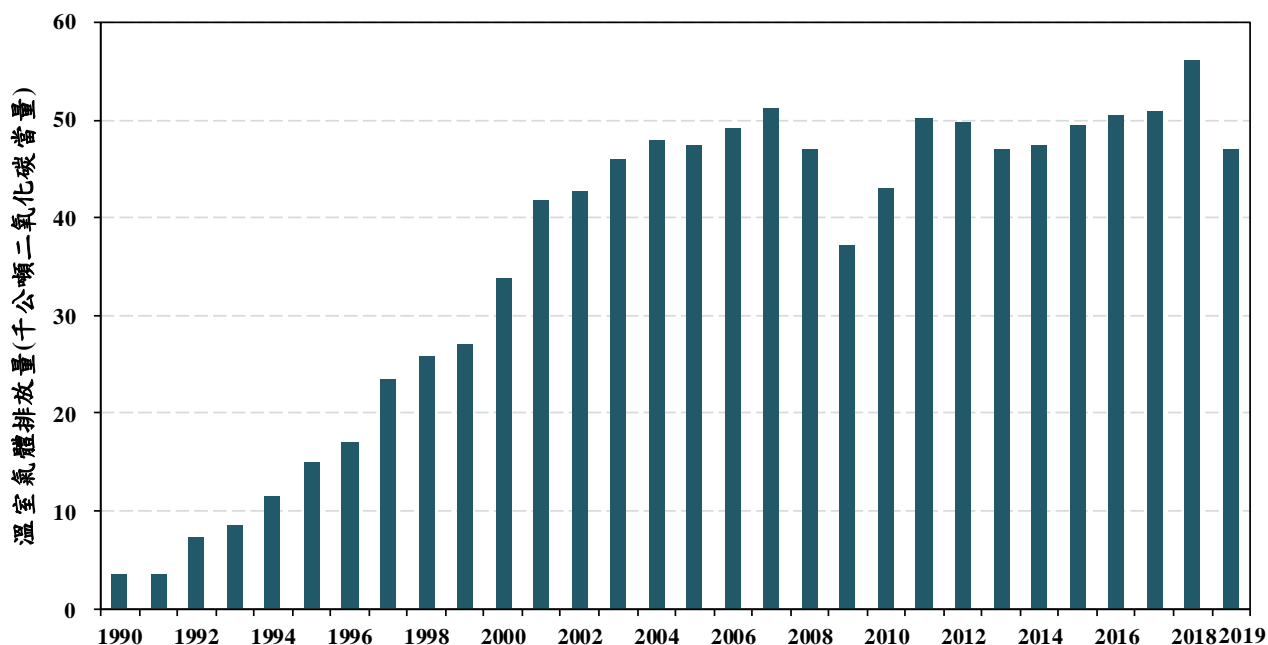


圖 4.2.8 1990 年至 2019 年玻璃纖維製品生產製程排放量趨勢

¹⁹ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.3 化學工業 (2.B)

「化學工業」近年排放量約占工業製程及產品使用部門(非燃料燃燒)約 13%，分類項目包括「氨生產」(2.B.1)、「硝酸生產」(2.B.2)、「己二酸生產」(2.B.3)、「己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產」(2.B.4)、「電石生產」(2.B.5)、「二氧化鈦生產」(2.B.6)、「碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產」(2.B.7)、「石化及碳黑生產」(2.B.8)、「含氟化物生產」(2.B.9)、「其他」(2.B.10)等共計 10 項，排放溫室氣體種類包含二氧化碳、甲烷、氧化亞氮及全氟碳化物等共計四項，其中排放量最大的分類項目是「石化及碳黑生產」(2.B.8)，近五年占「化學工業」排放量超過 50%。2019 年「化學工業」排放量約 2,623 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 12.9%，

較 2018 年減少約 198 千公噸二氧化碳當量，主要受 N₂O 排放量減少影響，N₂O 減少排放量占總增加排放量 92%，1990 年至 2019 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

表 4.3.1 1990 年至 2019 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	166	177	159	165	152	175	186	207	199	148
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	175	167	136	165	170	157	167	184	164
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	7.95	8	6	4	4
2.B.8 石化及碳黑生產	523	500	525	571	688	735	855	860	857	921
2.B.8.a 甲醇	1.58	0.22	NO	0.55	1.03	2.07	1.92	1.97	0.93	NO
2.B.8.b 乙烯	33	30	32	32	38	38	39	41	40	56
2.B.8.c 氯乙烯	118	105	113	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	109	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	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609
2.B.9.a 副產品排放	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609
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
總計	746	908	905	1,680	1,950	2,013	2,658	2,888	3,482	3,011

表 4.3.1 1990 年至 2019 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	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	104	165	187	187	191	210	188	216	196	190
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	521	548	556	644	643	750	781	780	587	816
2.B.5 電石生產	23	0	18	12	0	0	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	989	1,106	1,162	1,222	1,338	1,585	1,541	1,652	1,415	1,421
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	68	111	103	125	123	125	124	158	156	181
2.B.8.c 氯乙烯	250	257	275	304	312	315	285	320	289	314
2.B.8.d 環氧乙烷/乙二醇	21	29	39	51	132	329	319	324	268	245
2.B.8.e 丙烯腈	133	209	243	252	271	276	299	323	257	294
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	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.a 副產品排放	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.9.b 逸散排放	IE	IE	IE	IE	IE	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10 其他	5	6	6	6	6	6	6	9	8	9
總計	4,105	4,531	4,232	4,174	4,057	2,729	2,707	2,864	2,406	2,648
年	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	206	203	194	154	207	210	224	224	217	221
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	964	992	822	626	521	481	737	891	894	710
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	1,526	1,559	1,594	1,583	1,694	1,651	1,586	1,513	1,525	1,558
2.B.8.a 甲醇	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8.b 乙烯	134	175	161	169	180	182	180	173	181	177
2.B.8.c 氯乙烯	311	298	322	336	322	345	342	344	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	332	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	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10 其他	10	8	9	10	10	10	10	9	10	10
總計	2,938	2,978	2,753	2,555	2,638	2,559	2,747	2,848	2,821	2,623

備註

- 1.NO，代表我國該分類項目無生產或使用，如停產；
- 2.NE，代表未調查估計該分類項目。

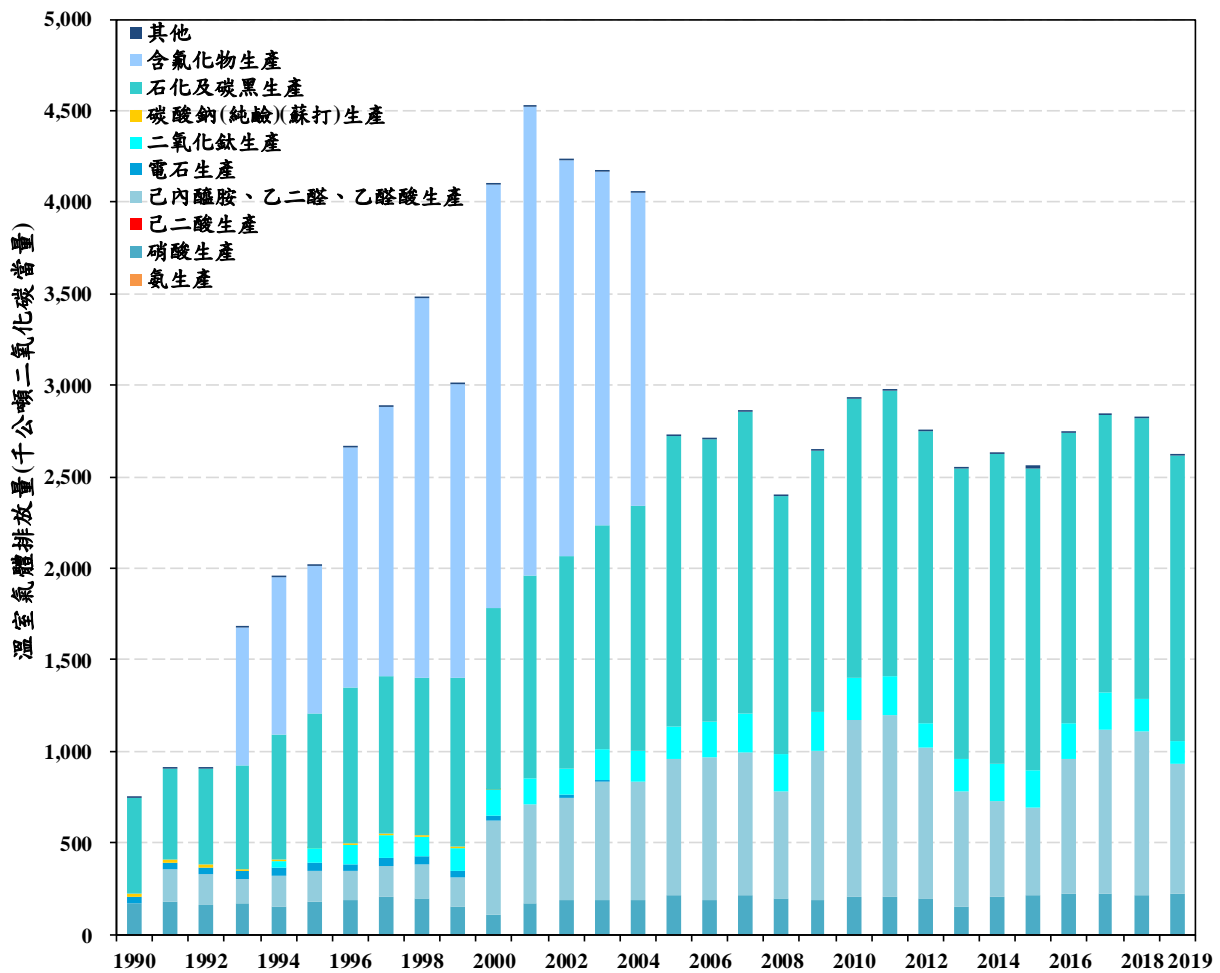


圖 4.3.1 1990 年至 2019 年化學工業排放量趨勢

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

4.3.2 硝酸生產 (2.B.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以硝酸產量及排放係數計算氧化亞氮排放量。

計算公式如下：

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

(2).排放係數

根據行政院環境保護署計畫(2000)²⁰，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

臺灣區酸鹼工業同業公會僅可提供 2001 年至 2019 年的硝酸產量，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產量數據一致，硝酸從 1990 年至 2019 年產量如表 4.3.2 所示。

(4).排放量

硝酸生產排放量自 1990 年排放 166 千公噸二氧化碳當量逐步上升至 1997 年的 207 千公噸二氧化碳當量，1998 年受亞洲金融海嘯影響而逐漸下降，2001 年起排放量回升後約介於 180 至 230 千公噸二氧化碳當量，如表 4.3.3 及圖 4.3.2 所示。

(5).完整性

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2000 及 2001 年至 2019 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 2019 年則由民間提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會²¹檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

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。

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

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

表 4.3.2 1990 年至 2019 年硝酸產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.3 1990 年至 2019 年硝酸生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	166	177	159	165	152	175	186	207	199	148
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	104	165	187	187	191	210	188	216	196	190
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	206	203	194	154	207	210	224	224	217	221

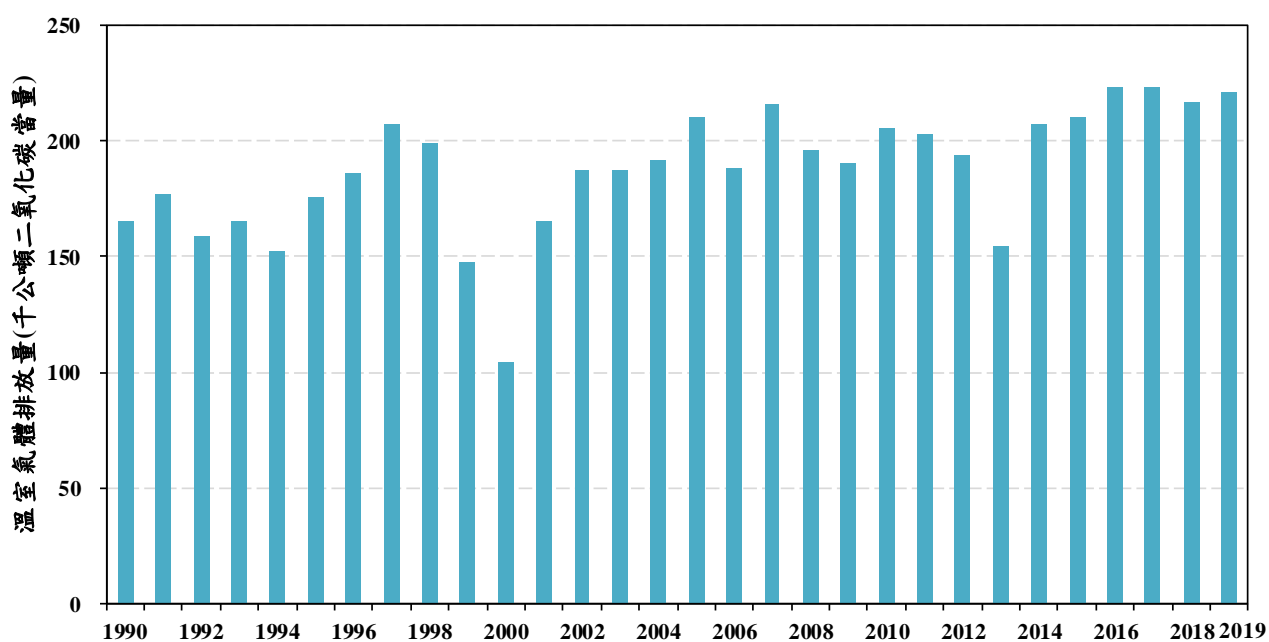


圖 4.3.2 臺灣 1990 年至 2019 年硝酸生產製程排放量趨勢

4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

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

1. 排放源及匯分類的描述：

己內醯胺的所有製程均以甲苯或苯為基礎，主要用於生產尼龍-6 纖維和塑膠單體。例如 DSM/HPO 製程係以苯為原料，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 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

2008 年至 2019 年因國內廠商提供清冊，則參照方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無計算公式。

(2). 排放係數

1990 年至 2007 年排放量採本土排放係數 0.0102 公噸氧化亞氮/公噸產量計算。2008 年至 2019 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無排放係數。

(3). 活動數據

1990 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 2019 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無活動數據。

(4). 排放量

己內醯胺生產排放量從 1990 年的無生產或使用增加至 2019 年 710 千公噸二氧化碳當量，己內醯胺生產之 1990 年至 2019 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.3 所示。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2007 年與 2008 年至 2019 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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.4 1990 年至 2019 年己內醯胺生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	NO	175	167	136	165	170	157	167	184	164
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	521	548	556	644	643	750	781	780	587	816
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	964	992	822	626	521	481	737	891	894	710

備註：NO，代表我國該分類項目無生產或使用。

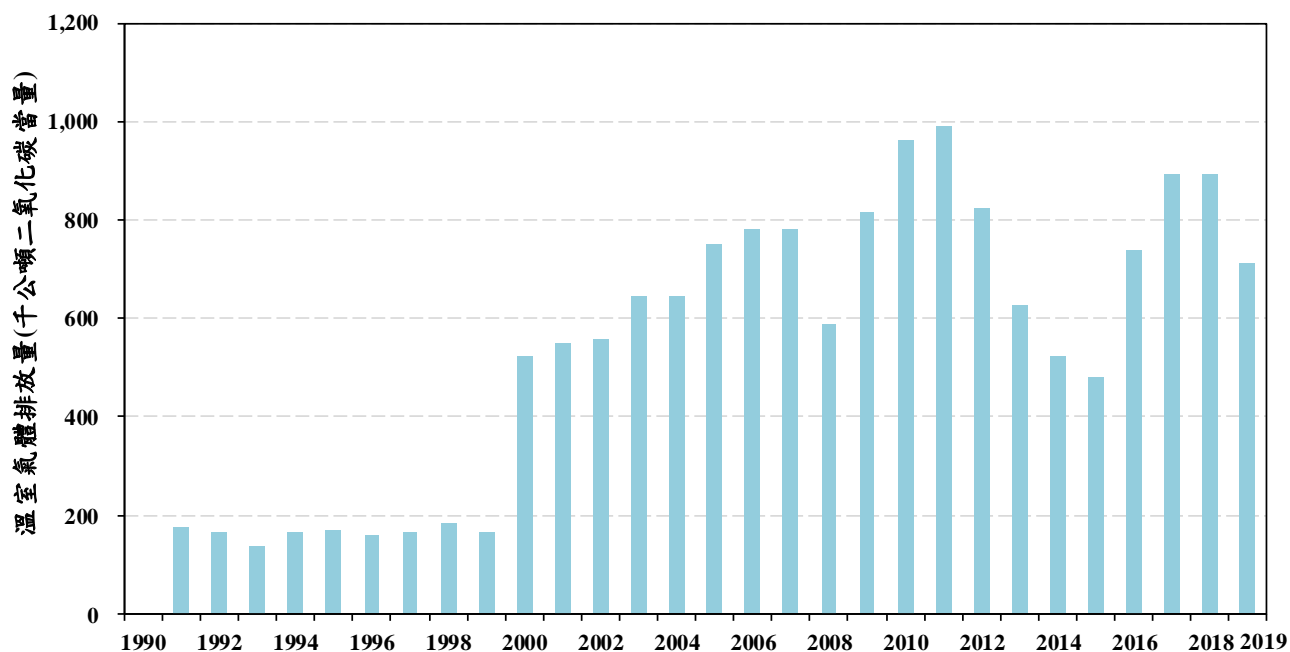


圖 4.3.3 1990 年至 2019 年己內醯胺生產製程排放量趨勢

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

4.3.5 電石生產 (2.B.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照2006 IPCC 指南建議方法1，以碳化鈣產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式分別如下：

氧化亞氮排放量=碳化鈣產量(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

依據行政院環境保護署計畫(2000)²³，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2001年停產，生產

量仍由台塑提供，如表4.3.5。

(4). 排放量

碳化鈣生產製程1990年至1998年排放量約維持42千公噸二氧化碳當量，1999年後逐漸下降，2001年後停產，如表4.3.6及圖4.3.4所示。

(5). 完整性

數據來自國內生產碳化鈣廠商，經計算之結果可代表我國碳化鈣使用排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990年至2019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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會²⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

²³ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000

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

表 4.3.5 1990 年至 2019 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

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

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.6 1990 年至 2019 年碳化鈣生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
碳化鈣排放量	43	42	43	43	43	42	42	42	40	34
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
碳化鈣排放量	23	NO	18	12	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
碳化鈣排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

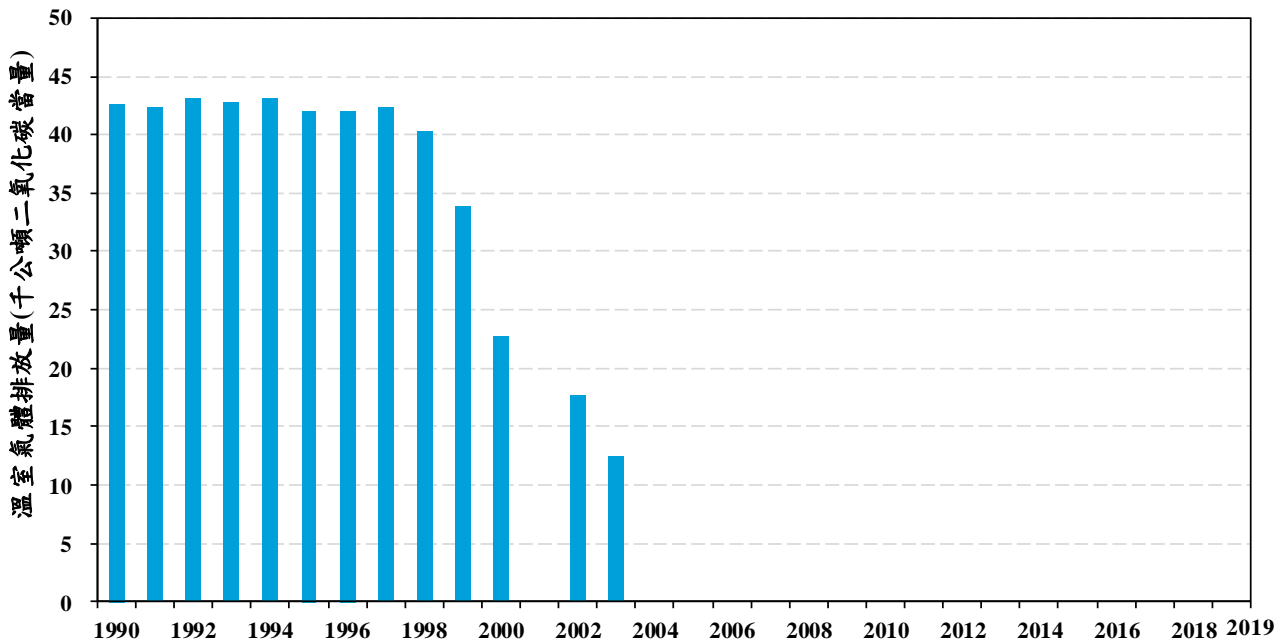


圖 4.3.4 1990 年至 2000 年碳化鈣生產製程排放量趨勢

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

計算公式如下：

二氧化碳排放量=二氧化鈦產量(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 2019 年二氧化鈦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，2019 年產量為 93 千公噸，如表 4.3.7。

(4). 排放量

二氧化鈦生產由 1993 年持續上升至 2010 年 233 千公噸二氧化碳當量，2019 年排放量為 124 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量的 0.6%，如表 4.3.8 及圖 4.3.5 所示。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

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。

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

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.7 1990 年至 2019 年二氧化鈦產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.8 1990 年至 2019 年二氧化鈦生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
二氧化鈦排放量	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113	128
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
二氧化鈦排放量	139	139	146	165	170	177	191	206	200	211
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
二氧化鈦排放量	233	216	134	181	206	208	189	212	175	124

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

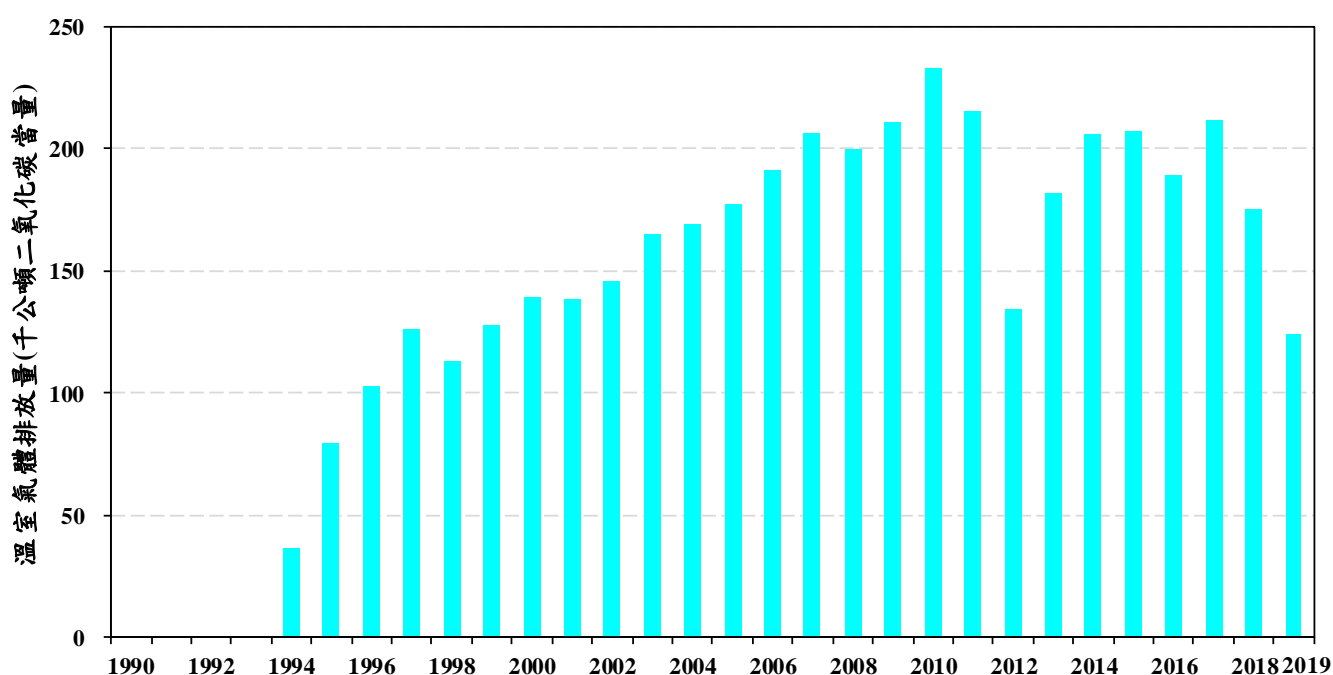


圖 4.3.5 1990 年至 2019 年二氧化鈦生產製程排放量趨勢

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 指南建議方法 1，以純鹼產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 純鹼產量（公噸）
× 純鹼料排放係數（公噸二氧化碳/
公噸產量）

(2). 排放係數

根據行政院環境保護署計畫 (2000)²⁶，由於二氧化碳為純鹼製程原料之一，且國內廠商另外生產碳酸氫鈉 (NaHCO₃) 來吸收過量二氧化碳，排放係數理論為 0 公噸二氧化碳/公噸純鹼生產，但為避免低估純鹼生產排放量，仍引用 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

純鹼產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.3.9 所示，

且國內唯一生產廠商已於 2000 年停止生產。

(4) 排放量

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

(5) 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

活動數據屬於民間提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南

²⁶ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

原則執行以掌握數據品質。

6. 特定排放源的改善計畫

5. 特定排放源的重新計算

無改善計畫。

經專諮會²⁷檢視無重新計算之建議，故無修正。

表 4.3.9 1990 年至 2019 年純鹼生產量

(單位：千公噸)

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

備註：NO：純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 1990 年至 2019 年純鹼生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	12.39	11.51	9.72	8.01	8.17	7.95	7.94	5.83	4.23	3.80
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	4.22	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

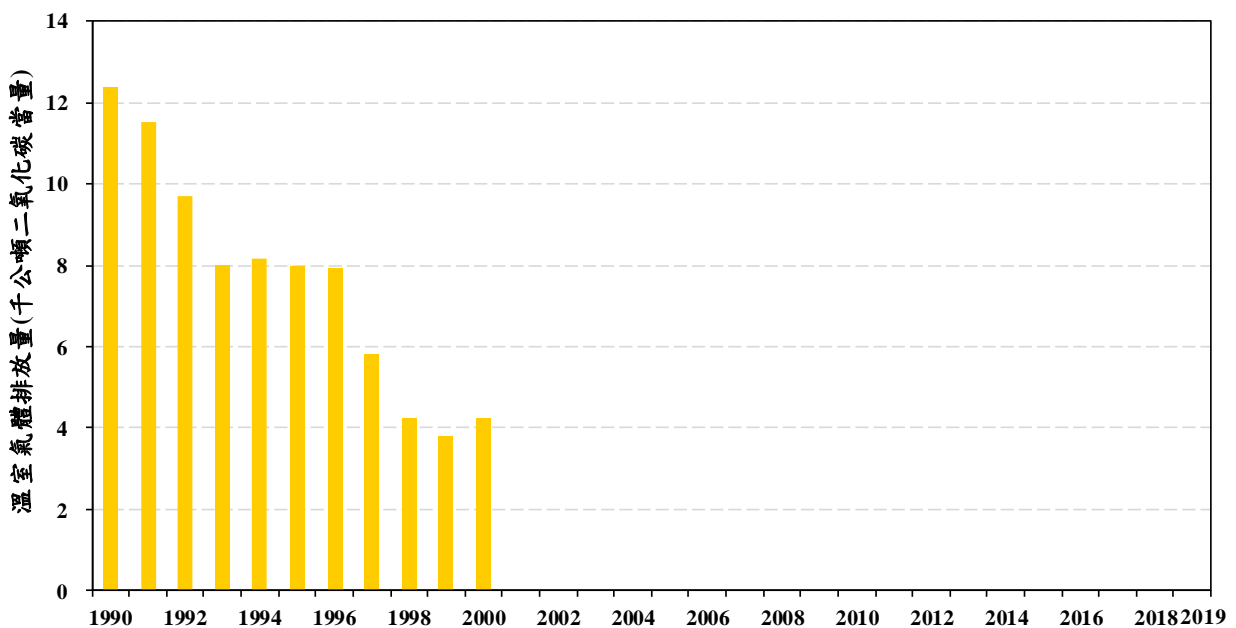


圖 4.3.6 1990 年至 2000 年純鹼生產製程排放量趨勢

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

4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)

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

4.3.8.1 甲醇 (2.B.8.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 IPCC 指南建議方法 1，以甲醇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：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{甲醇產量(公噸)} \times \text{甲醇排放係數(公噸二氧化碳量)}$$

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

(2). 排放係數

參照行政院環境保護署計畫(2000)²⁸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

甲醇產量由臺灣區石油化學同業公會提供，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

甲醇產量由臺灣區石油化學同業公會提供，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，估算排放量採方法 1，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算(例如:片)，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

²⁸行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

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 4.3.11 1990 年至 2019 年甲醇產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
產量	38	5	NO	13	25	49	46	47	22	NO
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
產量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.12 1990 年至 2019 年甲醇生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	0	0	0	4	8	17	15	16	7	NO
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

備註：NO，代表甲醇於 1999 年後停產，故無排放源發生。

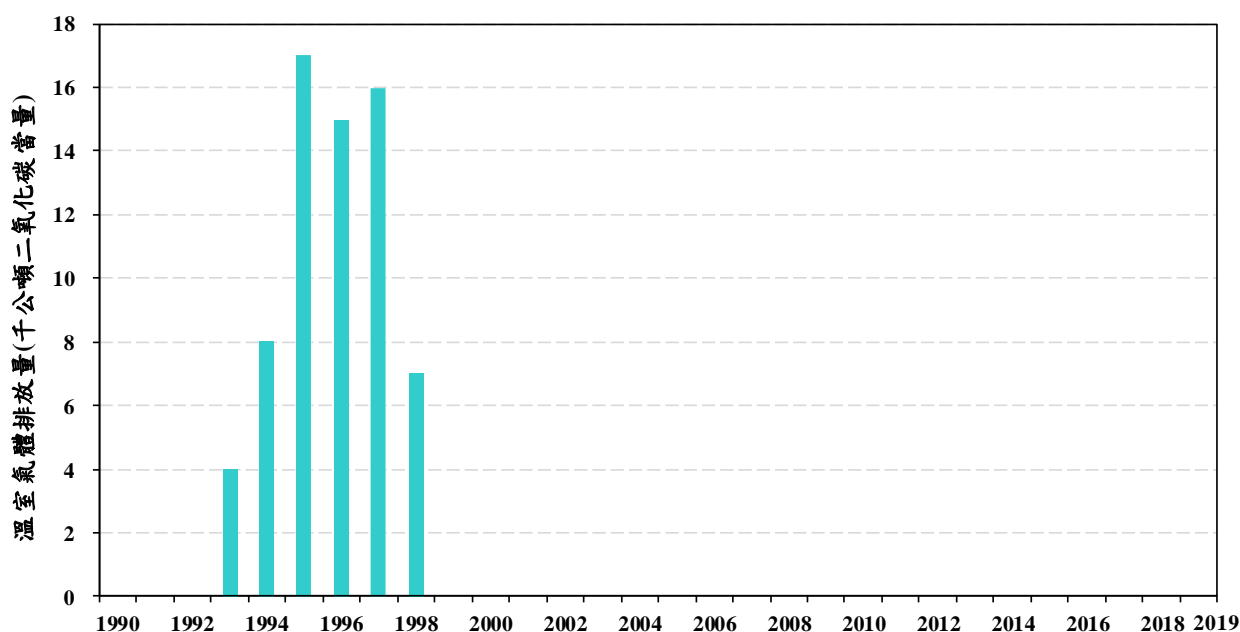


圖 4.3.7 1990 年至 1998 年甲醇生產製程排放量趨勢

²⁹ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.3.8.2 乙烯 (2.B.8.b)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查乙烯製程所產生之甲烷，製程主要為乙烷經裂解、蒸餾、壓縮、去乙烷及精餾後得到乙烯，甲烷主要來自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 指南建議方法 1，以乙烯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：

二氧化碳排放量 = 乙烯產量 (公噸) × 乙烯排放係數 (公斤二氧化碳/公噸產量)

甲烷排放量 = 乙烯產量 (公噸) × 乙烯排放係數 (公斤甲烷/公噸產量)

(2). 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)³⁰ 建置係數分別為 40 公斤二氧化碳/公噸乙烯生產與 0.01078 公斤甲烷/公噸乙烯生產；係數係以全廠排放量及乙烯產量求得全廠排放係數後，依據二氧化碳及甲烷所占比例進行 speciate 系統區分其排放量後求得。

(3). 活動數據

由臺灣區石油化學同業公會提供乙烯產量，如表 4.3.13 所示。

(4). 排放量

我國乙烯產量雖大，但其排放量相較其他項目仍屬較低，其排放趨勢為階段成長：1990 年至 1998 年介於 33 至 40 千公噸二氧化碳當量，1999 年起台塑六輕投入生產，2001 年上升至 111 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工，2007 年排放量再上升至 158 千公噸二氧化碳當量，2010 受到金融海嘯影響下降至 134 千公噸二氧化碳當量，2011 年後於 160 至 180 千公噸間變化，約占總部門排放量 0.8%，如表 4.3.14 及圖 4.3.8 所示。

(5). 完整性

乙烯產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為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 2000 IPCC 良好作法指南及不確定性管理³¹，乙烯生產活動數據不確定性為 5%，排放係數為 77%，合併不確定性則為 77%；因乙烯生產造成之溫室氣體排放量占總部門不到 1%，故對整體不確定性影響極低。

³⁰ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

³¹ IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會³²檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.13 1990 年至 2019 年乙烯產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.14 1990 年至 2019 年乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	33	30	32	32	38	38	39	41	40	56
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	68	111	103	125	123	125	124	158	156	181
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	134	175	161	169	180	182	180	173	181	177

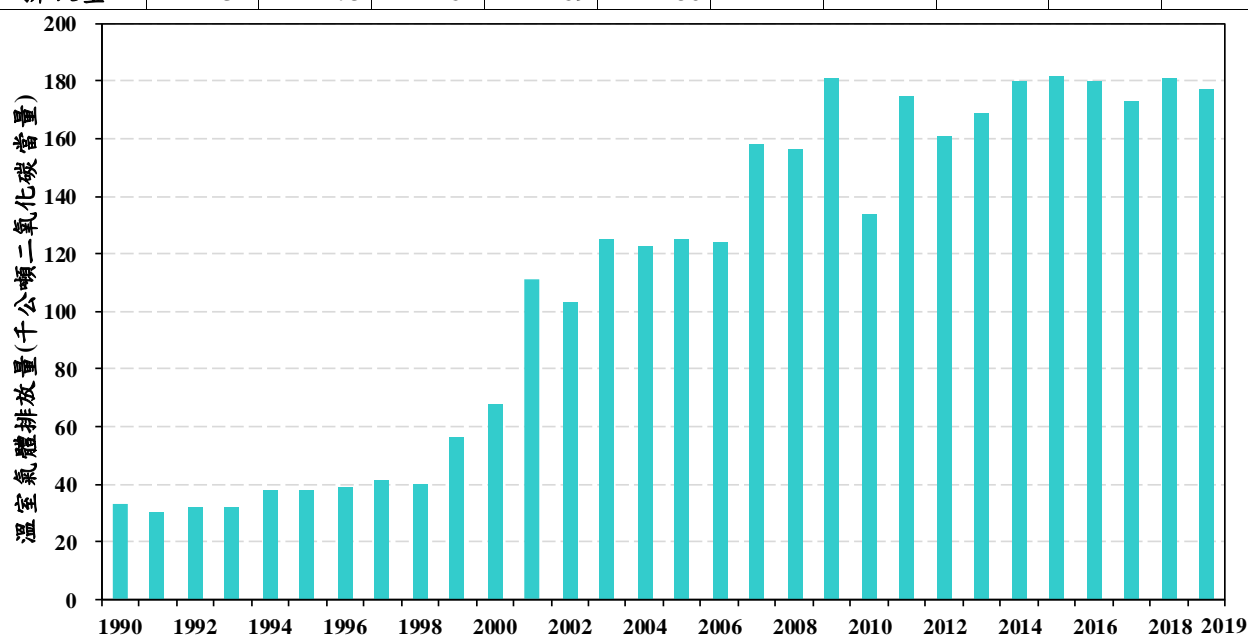


圖 4.3.8 1990 年至 2019 年乙烯生產製程排放量趨勢

³² 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.3.8.3 氯乙烯 (2.B.8.c)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

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

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 氯乙烯產量 (公噸) × 氯乙烯排放係數 (公噸二氧化碳/公噸產量)

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

(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

由臺灣區石油化學同業公會提供氯乙烯產量，如表 4.3.15 所示。

(4). 排放量

氯乙烯生產排放量與產量有關，氯乙烯由 1990 年的 118 千公噸二氧化碳當量逐年上升至 2005 年的

315 千公噸二氧化碳當量，之後介於 280 至 350 千公噸二氧化碳當量排放量間震盪，約占總部門排放量 1.64%，如表 4.3.16 及圖 4.3.9 所示。

(5). 完整性

氯乙烯產量由臺灣區石油化學同業公會提供，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「產量」，建議不確定性為 20%；考量氯乙烯生產中氧氯化及直接氧化之特性，IPCC 建議二氧化碳排放係數不確定性為 20%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故氯乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 28%，甲烷排放總不確定性為 22%。

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

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 4.3.15 1990 年至 2019 年氯乙烯產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
氯乙烯產量	599	534	577	688	766	722	912	835	916	1,160
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
氯乙烯產量	1,274	1,307	1,401	1,547	1,587	1,605	1,449	1,630	1,470	1,596
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
氯乙烯產量	1,583	1,517	1,636	1,711	1,640	1,754	1,932	1,946	2,045	2,044

表 4.3.16 1990 年至 2019 年氯乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
氯乙烯排放量	118	105	113	135	151	142	179	164	180	228
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
氯乙烯排放量	250	257	275	304	312	315	285	320	289	314
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
氯乙烯排放量	311	298	322	336	322	345	342	344	362	362

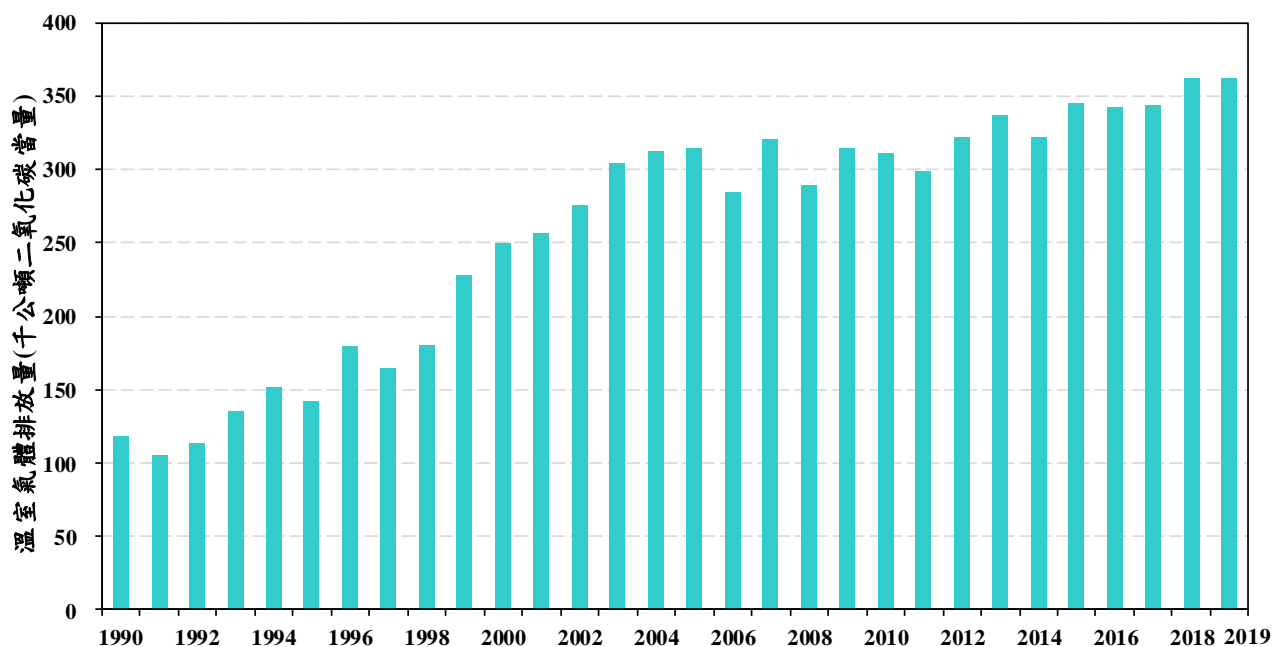


圖 4.3.9 1990 年至 2019 年氯乙烯生產製程排放量趨勢

³³ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

1996~2004 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以環氧乙烷產量及排放係數計算二氧化碳及甲烷排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量=環氧乙烷產量(噸)
×環氧乙烷排放係數(噸二氧化碳/
噸產量)

甲烷排放量=環氧乙烷產量(噸)×
環氧乙烷排放係數(噸甲烷/噸產量)

2005~2013 年使用各廠商 1996~2013 年年報所列之環氧乙烷與乙二醇相關產品產量及 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
醇相關產品產量(噸)×單位產品排
放係數(噸二氧化碳/噸產量)

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

(2). 排放係數

1996 年至 2003 年採用 2006 IPCC 指南建議係數 0.59 噸二氧化碳/噸環氧乙烷生產及 0.002 噸甲烷/噸環氧乙烷生產。

2005 年至 2013 年採用各廠 2014 年清冊製程排放量與年報產品產量相除之單位產品製程排放係數二氧化碳當量/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 2019 年由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供環氧乙烷產量，環氧乙烷生產量在 1996 年始有調查估計，如表 4.3.17 所示。

(4). 排放量

1996 年至 2013 年環氧乙烷排放量與產量有關，環氧乙烷排放量由 1996 年的 18 千公噸二氧化碳當量逐年上升，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 年後因應產量及業者蒐集製程 CO₂ 並製為產品轉售(CCUS)而逐漸減少排放。2019 年排放量約占總部門排放量

1%，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 年環氧乙烷產量由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供，計算結果為國內主要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，以影響完整性。

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

排放總不確定性為 61%。

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

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

(2).時間序列的一致性

1990 至 2004 年採用 IPCC2006 指南建議之方法 1，而 2005~2013 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³⁴檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

³⁴ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

表 4.3.17 1990 年至 2019 年環氧乙烷產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
環氧乙烷產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28	33	31	36
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
環氧乙烷產量	33	45	60	79	206	221	219	226	211	229
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
環氧乙烷產量	243	246	231	246	258	288	274	302	340	363

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。

表 4.3.18 1990 年至 2019 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)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
環氧乙烷排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	18	21	20	23
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
環氧乙烷排放量	21	29	39	51	132	329	319	324	268	245
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
環氧乙烷排放量	295	276	348	323	419	391	309	245	213	223

備註：NE：為未調查估計該分類項目。

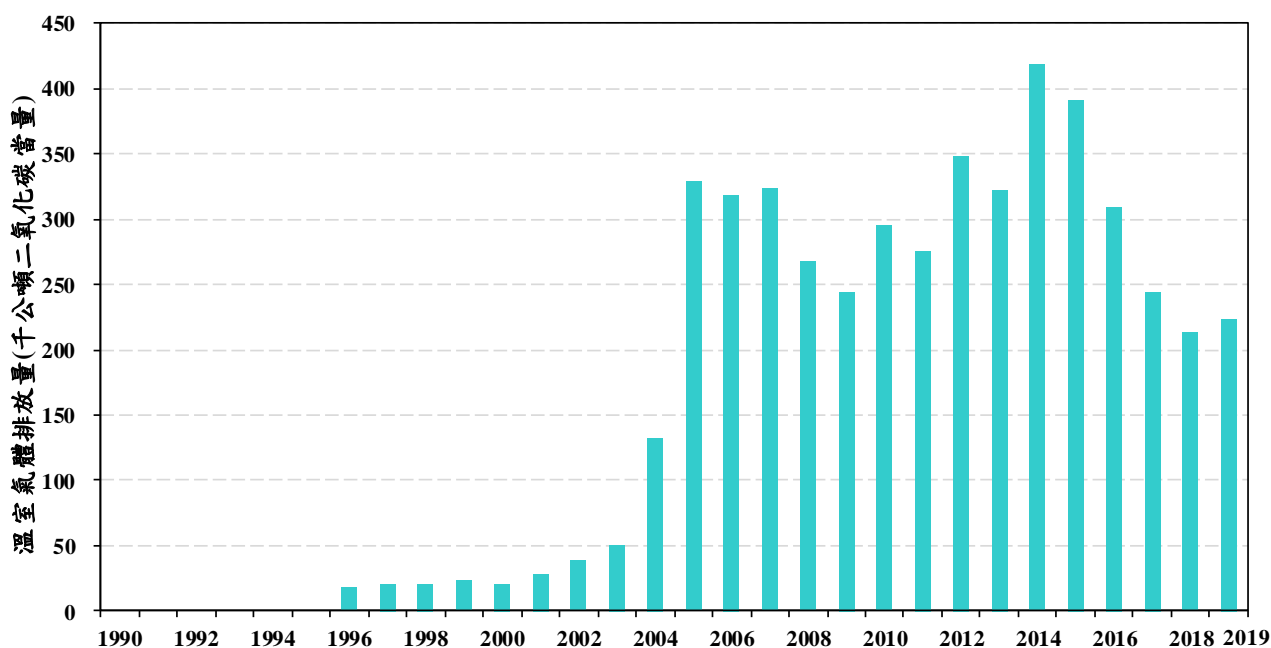


圖 4.3.10 1996 年至 2019 年環氧乙烷生產製程排放量趨勢

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 指南建議方法 1，以丙烯腈產量及排放係數計算甲烷排放量。

計算公式如下：

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

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

(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

由臺灣區石油化學同業公會提供丙烯腈產量，如表 4.3.19 所示。

(4). 排放量

我國丙烯腈排放趨勢為階段成長；1990 年至 1998 年約 100 千公噸二氧化碳當量，1999 年台塑六輕

投入生產，2001 年後逐漸上升至 263 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 年排放量再上升至 323 千公噸二氧化碳當量，2008 受到金融海嘯影響下降至 257 千公噸二氧化碳當量，2011 年後逐年上升，至 2019 年達 346 千公噸，約占總部門排放量 2%，如表 4.3.20 及圖 4.3.11 所示。

(5). 完整性

丙烯腈產量由臺灣區石油化學同業公會提供，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「產量」，建議不確定性為 60%；考量丙烯腈排放係數受到製程原料(丙烯)回收影響，IPCC 2006 建議二氧化碳排放係數不確定性為 60%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故丙烯腈二氧化碳排放總不確定性為 85%，甲烷排放總不確定性為 61%，因其占總排放量比例低，影響總不確定性低。

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會³⁵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 2019 年丙烯腈產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
丙烯腈產量	118	116	131	129	138	141	163	162	150	157
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
丙烯腈產量	168	263	305	317	341	348	376	407	360	412
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
丙烯腈產量	458	416	443	458	465	470	470	482	498	484

表 4.3.20 1990 年至 2019 年丙烯腈生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
丙烯腈排放量	94	92	104	103	109	112	129	129	119	125
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
丙烯腈排放量	133	209	243	252	271	276	299	323	257	294
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
丙烯腈排放量	328	298	317	328	332	336	336	345	356	346

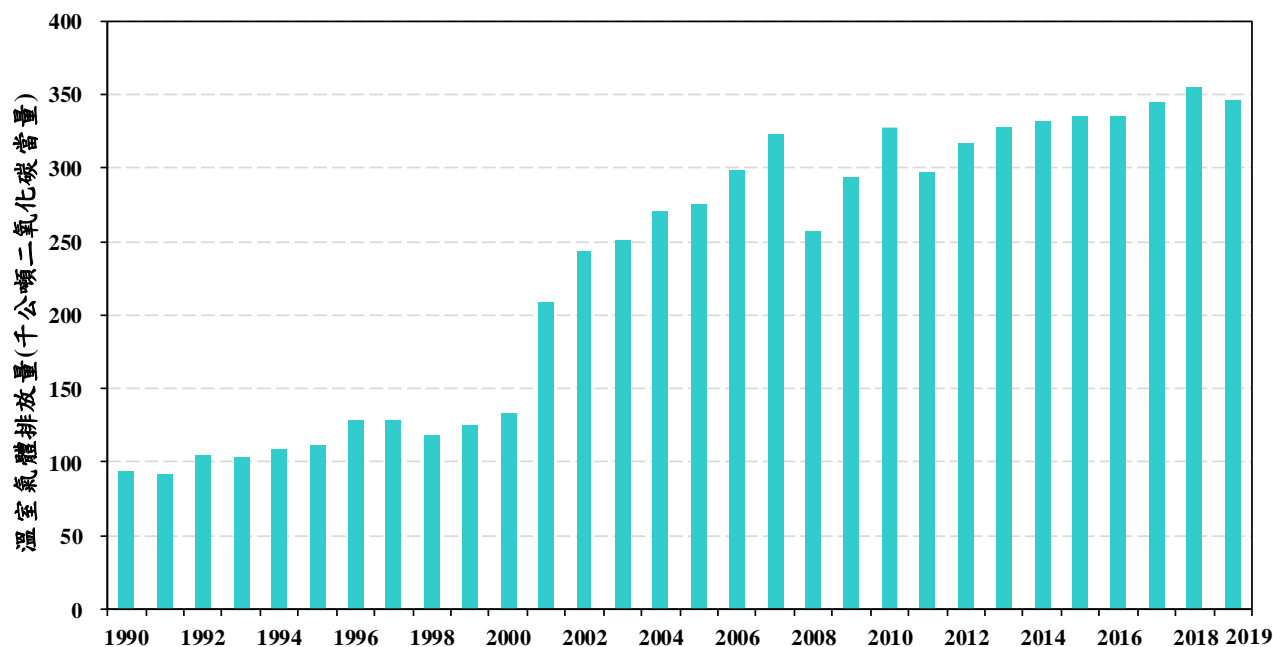


圖 4.3.11 1990 年至 2019 年丙烯腈生產製程排放量趨勢

³⁵ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.3.8.6 碳黑 (2.B.8.f)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以碳黑產量及排放係數計算二氧化碳及甲烷排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量=碳黑產量(公噸)×
碳黑排放係數(公噸二氧化碳/公噸
產量)

甲烷排放量=碳黑產量(公噸)×
碳黑
排放係數(公噸甲烷/公噸產量)

(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

由臺灣區石油化學公會提供碳
黑產量，碳黑 1990 年至 2019 年產
量如表 4.3.21 所示：

(4). 排放量

碳黑生產排放量自 1994 年起
逐漸上升，1996 年後排放量維持約

500 千公噸二氧化碳當量，唯 2008
年至 2009 年受金融海嘯影響略下
降，2011 年後又再度提升至 511 千
公噸二氧化碳當量，2012 年後維持
於約 400 千公噸，如表 4.3.22 及圖
4.3.12 所示。

(5). 完整性

碳黑產量由臺灣區石油化學同
業公會提供，計算結果為國內主要
廠商製程排放量，經計算之結果可
代表我國碳黑生產排放量。

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

活動數據屬於民間提供，
QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南
原則執行以掌握數據品質。

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。

³⁶ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家
諮詢會」2017.05.05。

表 4.3.21 1990 年至 2019 年碳黑產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.22 1990 年至 2019 年碳黑生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
碳黑生產排放量	278	273	276	296	381	427	474	489	491	490
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
碳黑生產排放量	516	500	503	491	499	540	514	528	444	387
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
碳黑生產排放量	458	511	446	427	440	397	419	406	413	450

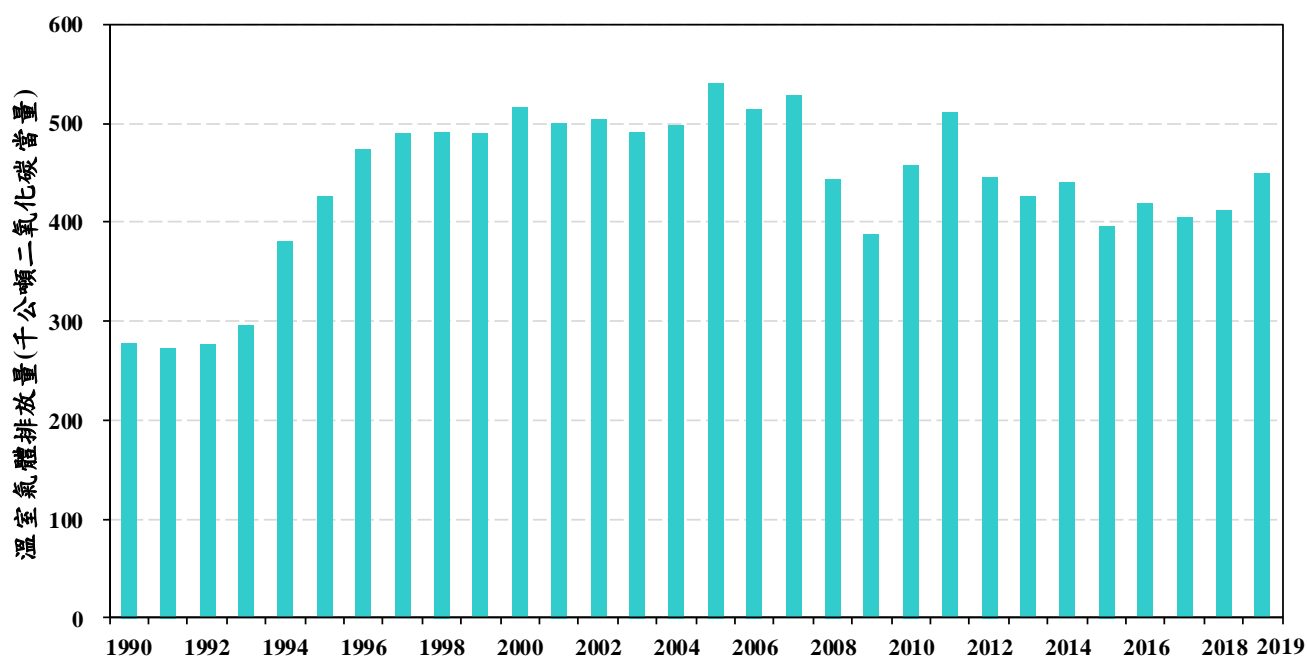


圖 4.3.12 1990 年至 2019 年碳黑生產製程排放量趨勢

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氣二氟甲烷(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 2004 年停產，本項僅針對 HCFC-22 副產品排放進行說明。

2.方法論議題：

(1).計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以 HCFC-22 產量及副產品 HFC-23 產生率(排放係數)計算 HFC 排放量。

計算公式如下：

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

(2).排放係數

本項排放係數為 HCFC-22 副產品 HFC-23 之產生率，引用行政院環境保護署計畫(2004)³⁷，依實廠排放情形推估之產生率 1.4%，該係數排放已包含副產品及逸散排放的

部分。

(3).活動數據

1990 年至 2013 年 HCFC-22 產量如表 4.3.23 所示，由國內生產廠商提供產量，HCFC-22 自 1993 年投產，並於 2004 年停產。

(4).排放量

HCFC-22 副產品排放量如表 4.3.24 及圖 4.3.13 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 597 千公噸二氧化碳當量逐步成長至 2001 年 2,030 千公噸二氧化碳當量；2001 年起因中國大陸經濟崛起，而逐漸減產，最終於 2004 年停產，之後便不再排放。

(5).完整性

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

³⁷ 行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫，2004。

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

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 4.3.23 1990 年至 2019 年 HCFC-22 產量

(單位：公噸)

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

表 4.3.24 臺灣 1990 年至 2019 年 HCFC-22 副產品(HFC-23)排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083	1,609
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO	NO	NO
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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

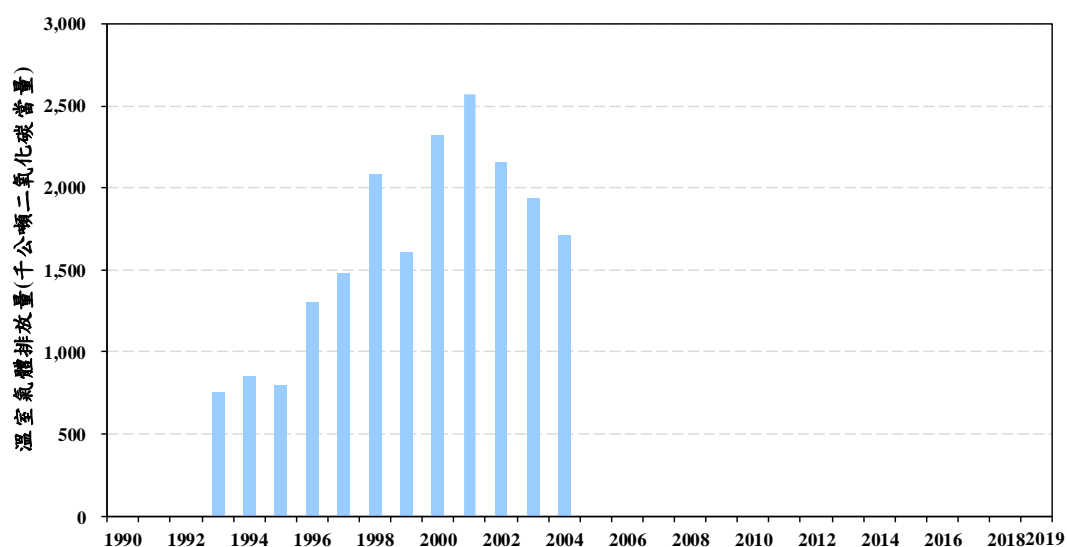


圖 4.3.13 1993 年至 2004 年 HCFC-22 副產品(HFC-23)排放量趨勢

³⁸ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.3.9.2 逸散排放(2.B.9.b)

本項主要調查含氟化物生產製程中 HFCs、PFC、SF₆ 等逸散排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，調查其副產品(HFC-23)排放量時已將逸散排放納入統計，故本項 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，苯乙烯甲烷來源與乙烯類似，主要來自於設備元件逸散及製程尾氣，但尾氣會導回做為燃料，因此排放量較低，甲烷主要排放源仍為製程逸散。

2. 方法論議題：

(1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以苯乙烯產量及排放係數計算甲烷排放量。

計算公式如下：

甲烷排放量=苯乙烯產量(公噸)×苯乙烯排放係數(公噸甲烷/公噸產量)

(2). 排放係數

採用行政院環境保護署計畫(2000)³⁹建置係數 0.1975 公斤甲烷/公噸苯乙烯生產；此係數係以全廠排放量及苯乙烯產量求得全廠排放係數，並以甲烷所占比例進行 speciate 系統區分甲烷排放量後求得。

(3). 活動數據

由臺灣區石油化學同業公會提供苯乙烯產量，如表 4.3.25 所示：

(4) 排放量

苯乙烯為乙烯下游產品之一，故兩者排放趨勢類似，皆呈現階段成長；1990 年至 1998 年約維持 1.9 千公噸二氧化碳當量，1999 年六輕完工後增產，2001 年至 2006 年排放量上升至 6.0 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 年至 2012 年排放量則維持約 9.0 千公噸二氧化碳當量左右，2019 年排放量上升至 9.9 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.05%，如表 4.3.26 及圖 4.3.14 所示。

(5) 完整性

苯乙烯產量由臺灣區石油化學同業公會提供，計算結果為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 2006 IPCC 指南，估算排

³⁹ 行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。

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

(2)時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁴⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.3.25 1990 年至 2019 年苯乙烯產量

(單位：百萬公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
產量	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
產量	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.8	1.7	1.9
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
產量	1.9	1.7	1.8	2.0	2.0	2.0	2.1	1.8	2.1	2.0

表 4.3.26 1990 年至 2019 年苯乙烯生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	1.8	1.8	1.6	1.8	1.9	2.1	2.0	2.0	1.9	4.0
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	5.2	5.7	6.2	6.2	6.2	6.2	6.0	9.0	8.3	9.4
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	9.5	8.4	8.9	10.1	9.8	10.0	10.5	9.0	10.4	9.9

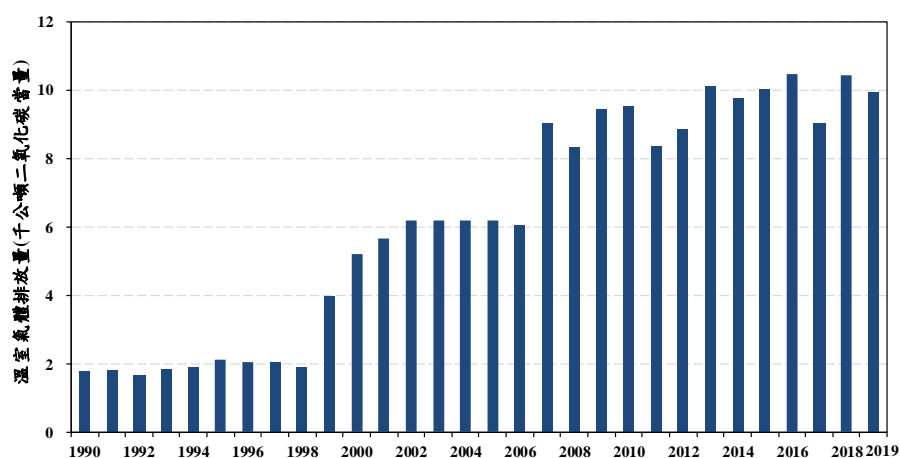


圖 4.3.14 1990 年至 2019 年苯乙烯生產製程排放量趨勢

⁴⁰ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.4 金屬製程 (2.C)

2.C「金屬製程」為工業製程及產品使用部門中歷年來排放量次高分類，僅次於2.A「礦業(非金屬製程)」，項目包括2.C.1「鐵及鋼生產」、2.C.2「鐵合金生產」、2.C.3「原鋁生產」、2.C.4「鎂生產」、2.C.5「鉛生產」、2.C.6「鋅生產」等共計六項，統計溫室氣體種類包含CO₂、CH₄、N₂O、PFC

及SF₆。2019年總部門排放量6,412千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門31.4%。2019年金屬製程排放量較2018年減少約1,088千公噸二氧化碳當量，其中CO₂占檢少量的96.5%，其次則為SF₆的3.5%，1990年至2019年排放量如表4.4.1及圖4.4.1所示。

表 4.4.1 1990 年至 2019 年金屬製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2.C.1.鐵及鋼生產	3,243	3,450	3,261	3,718	3,631	3,690	3,837	4,865	5,642	5,270
2.C.1.a 一貫煉鋼	2,815	2,916	2,712	3,123	3,063	3,122	3,223	4,174	4,907	4,635
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	287	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
總計	3,275	3,737	3,475	3,889	3,775	3,885	4,014	5,046	5,818	5,333
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.C.1.鐵及鋼生產	5,701	4,939	4,072	5,353	5,105	5,000	7,585	7,761	7,514	6,342
2.C.1.a 一貫煉鋼	4,987	4,223	3,270	4,512	4,205	4,095	6,606	6,721	6,500	5,542
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
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	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235
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
總計	5,734	4,960	5,123	6,426	6,519	6,129	8,412	8,272	7,888	6,632
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.C.1.鐵及鋼生產	7,874	7,563	8,239	7,851	6,966	6,950	7,614	7,179	7,392	6,347
2.C.1.a 一貫煉鋼	7,187	6,639	7,482	7,045	6,147	6,231	6,888	6,424	6,617	5,689
2.C.1.b 電弧爐	687	924	757	806	819	719	726	755	775	658
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	57	50	30	38	33	43	41	59	81	43
2.C.5.鉛生產	7	7	6	5	6	5	6	5	5	5
2.C.6.鋅生產	42	47	47	18	18	17	19	23	20	14
總計	7,974	7,670	8,331	7,932	7,046	7,044	7,711	7,267	7,500	6,412

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。

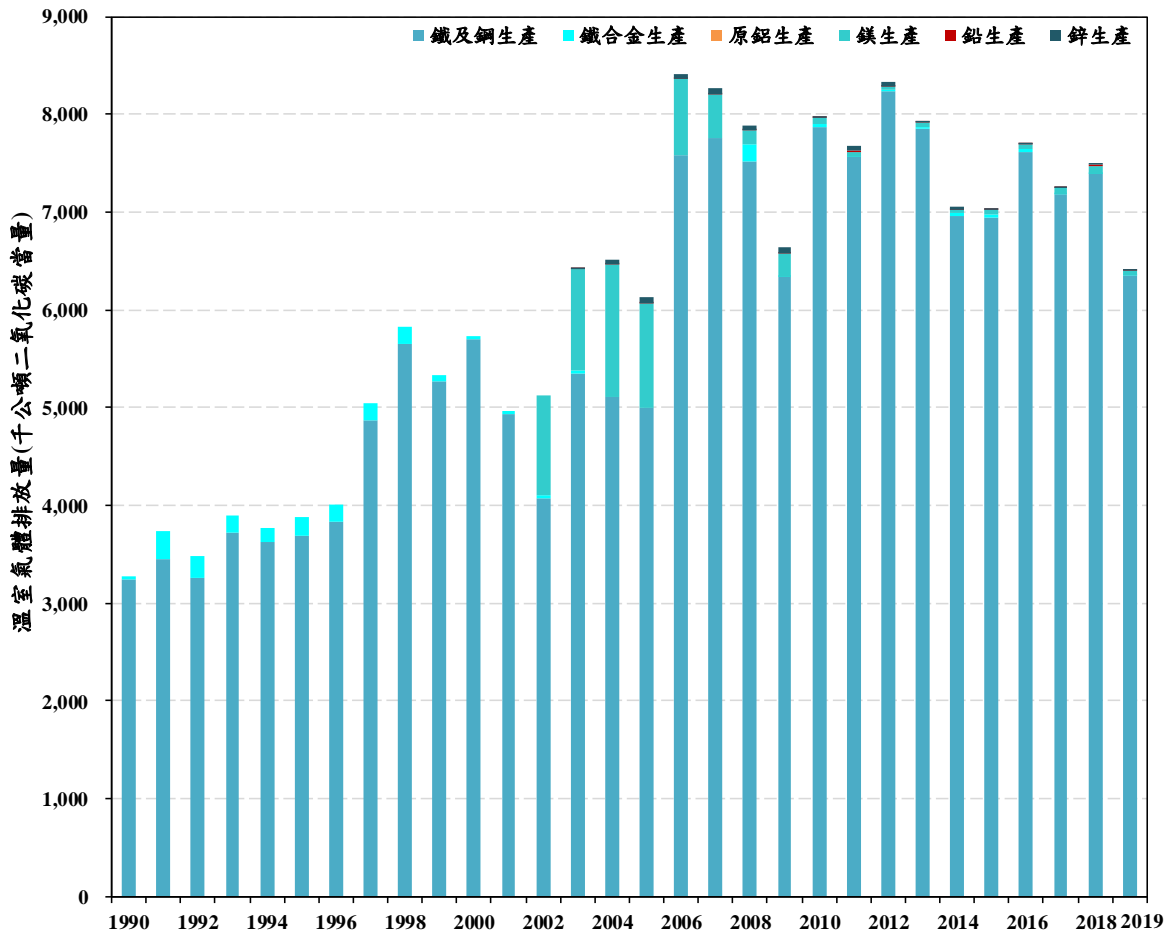


圖 4.4.1 1990 年至 2019 年金屬製程排放量趨勢

4.4.1 鐵及鋼生產 (2.C.1)

4.4.1.1 一貫煉鋼

1. 排放源及匯分類的描述：

2006 IPCC 指南建議統計一貫煉鋼製程，包含燒結工廠、煉鐵高爐工廠及煉鋼轉爐工廠等三項製程中所產生之二氧化碳及甲烷，其中二氧化碳⁴¹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⁴²

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 指南建議方法 1，以一貫煉鋼之高轉爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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

B. 2001 年至 2019 年

參照 2006 IPCC 指南建議方法 3，彙整國內鋼鐵公司溫室氣體排放清冊取得製程排放量；原統計方式應為原物料使用產生溫室氣體排放量（含作為氧化作用之爐氣）

扣除產品、副產物及燃料用途爐氣部分，但考量我國鋼鐵業者已將爐氣使用量提報納入能源部門統計中，為避免重複計算，本項一貫煉鋼製程溫室氣體排放量不包含爐氣。

(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轉爐鋼胚製程排放量及產量推估所得排放係數 0.5002 公噸二氧化碳當量/公噸高轉爐鋼胚生產，此係數已包含二氧化碳、甲烷及氧化亞氮排放。2001 年至 2019 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 2000 年由國內鋼鐵公司提供高轉爐鋼胚產量，2001 年至 2019 年則改從國內鋼鐵公司排放清冊直接取得排放量，故不需活動數據。1990 年至 2000 年產量如表 4.4.2 所示。

(4). 排放量

一貫煉鋼製程在 2000 年以前為成長擴張階段，故排放量呈上升趨勢，之後轉為穩定成長，2004 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，

⁴¹ 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。

⁴² 計算方法依經濟部工業局召開「工業製程溫室氣體關鍵排放源-鐵與鋼生產專家諮詢會」(104.6.24)結果辦理。

及國內第 2 家一貫煉鋼廠商投產，故排放量略為上升，2011 年後受景氣及中國鋼鐵產能過剩及去化影響而呈現波動，2019 年排放量受中美貿易戰影響為 5,689 千公噸二氧化碳當量，較 2018 年減少 928 公噸二氧化碳當量。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

(5).完整性

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

2001 年至 2019 年排放量彙整自國內所有採用高轉爐製程之鋼鐵公司排放清冊，其排放量可代表我國高轉爐鋼胚製程排放量。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

2001 年至 2005 年因該公司清冊未進行不確定性計算，故改採用 2006 IPCC 指南建議，活動數據為國家生產數據，其不確定性為 10%，

排放係數為參考國內特定工廠值，其不確定性為 5%，合併不確定性則為 11%。2006 年至 2019 年排放量之不確定性彙整自國內鋼鐵公司各年排放清冊，約為 5%，符合 2006 IPCC 指南建議之方法 3 不確定性範圍，1990 年至 2019 年高轉爐鋼胚總排放不確定性如表 4.4.4 所示。

(2).時間序列的一致性

計算方法則隨各時期資料來源不同而有所不同，1990 年至 2000 年採方法 1，即以產量及排放係數計算排放量；2001 年至 2019 年採方法 3，即排放量則彙整自國內鋼鐵公司排放清冊。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

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

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。

表 4.4.2 1990 年至 2000 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

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

⁴³ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

表 4.4.3 1990 年至 2019 年高轉爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	2,815	2,916	2,712	3,123	3,063	3,122	3,223	4,174	4,907	4,635
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	4,987	4,223	3,270	4,512	4,205	4,095	6,606	6,721	6,500	5,542
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	7,187	6,639	7,482	7,045	6,147	6,231	6,888	6,424	6,617	5,689

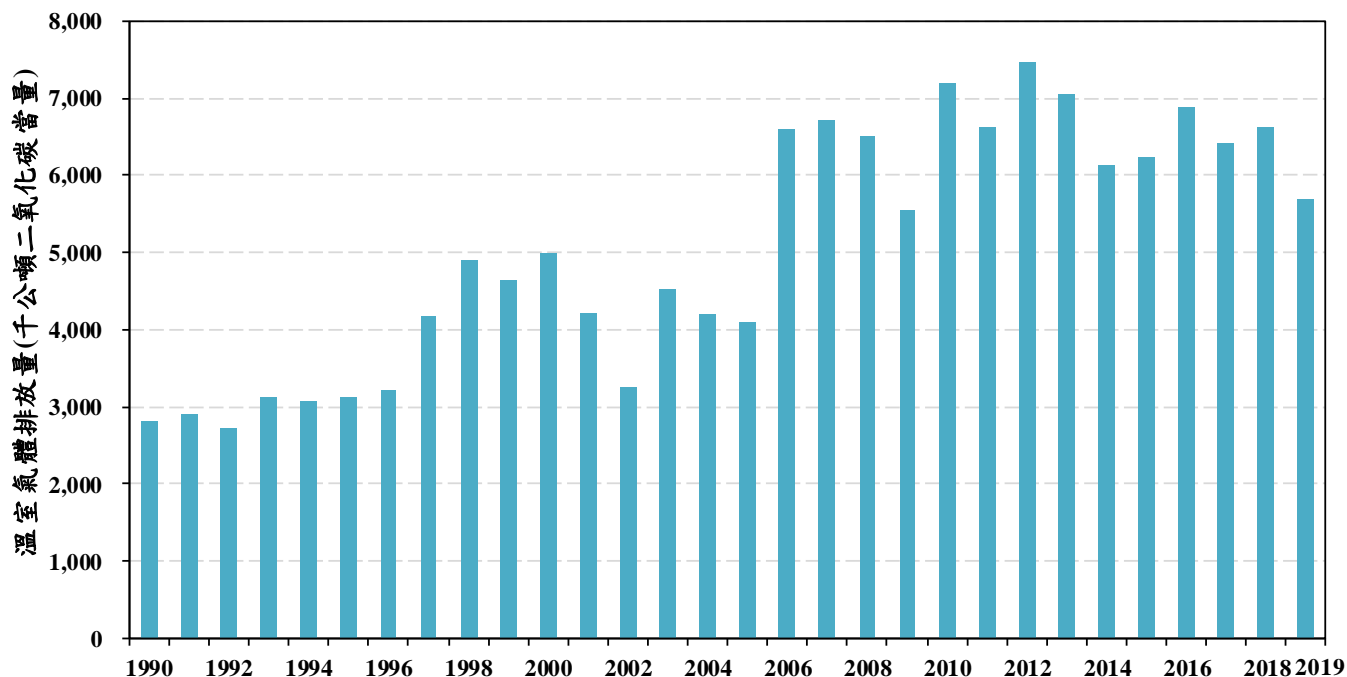


圖 4.4.2 1990 年至 2019 年高轉爐鋼胚生產製程排放量趨勢

表 4.4.4 1990 年至 2019 年高轉爐鋼胚生產排放量不確定性

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量不確定性(%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量不確定性(%)	10	5	5	5	5	5.00	5.23	3.90	3.98	4.24
年	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	4.82	5.79

4.4.1.2 電弧爐鋼胚

1. 排放源及匯分類的描述：

本項調查電弧爐鋼胚製程中所產生之二氧化碳，二氧化碳排放主要來自生鐵、廢鐵及增碳劑等原料中碳成分釋出。電弧爐鋼胚製程主要以生鐵及廢棄鋼鐵製品為原料，加入增碳劑冶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 指南建議方法 1，以電弧爐鋼胚產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

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

(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，故使用方法 1 計算，碳鋼採用 0.104 公噸二氧化碳/公噸碳鋼生產，不銹鋼為 0.110 公噸二氧化碳/公噸不銹鋼生產，合金鋼則為 0.037 公噸二氧化碳/公噸合金鋼生產。

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 年產量如表 4.4.5 所示，其中 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量由鋼鐵公會提供，2010 年後因中龍鋼鐵公司投入一貫煉鋼生產，其一貫煉鋼及電弧爐煉鋼製程無法切割，經鐵與鋼生產專家諮詢會議⁴⁴討論，決議參考世界鋼鐵協會分類方法，將中龍之電爐鋼胚歸類在高轉爐製程，並於我國電弧爐鋼胚總量中扣除中龍鋼鐵生產之電弧爐鋼胚產量，做為 2010 年至 2012 年我國電弧爐製程活動數據。

2013 年至 2019 年使用方法 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 年後扣除中龍鋼鐵所生產之電弧爐排放量，故 2013 年後電弧爐鋼胚排放量約維持在 700 至 800 千公噸二氧化碳當量，如表 4.4.6 及圖 4.4.3 所示。

(5).完整性

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

2013 年及 2019 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，估算排放量採方法 1，以玻璃質量計算活動數據，並無使用其他單位估算(例如:片)，故活動數據不確定性為 5%，排放係數不確定性可能受碎玻璃影響，故設定為 60%，合併不確定性則為 60%。

⁴⁴ 係指經濟部工業局召開之「工業製程溫室氣體關鍵排放源-鐵與鋼生產專家諮詢會」(104.6.24)。

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 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

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

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁴⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.5 1990 年至 2012 年電弧爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
產量	4,120	5,143	5,286	5,726	5,467	5,463	5,905	6,653	7,075	6,110	6,869	6,898
年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
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 2019 年使用方法 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。

表 4.4.6 1990 年至 2019 年電弧爐鋼胚生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	428	534	549	595	568	568	613	691	735	635
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	714	717	801	840	900	905	979	1,040	1,013	800
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	687	924	757	806	819	719	726	755	775	658

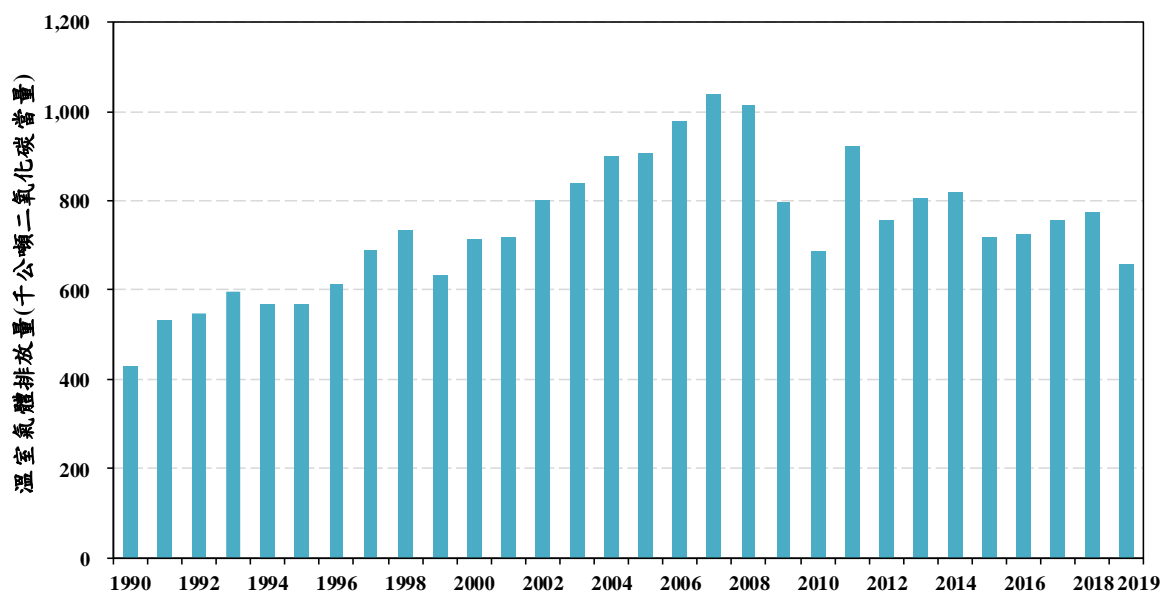


圖 4.4.3 1990 年至 2019 年電弧爐鋼胚生產製程排放量趨勢

⁴⁵ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以鐵合金產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 鐵合金產量 (公噸) × 鐵合金排放係數 (公噸二氧化碳 / 公噸產量)

(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 2019 年產量如表 4.4.7 所示，2001 年至 2019 年鐵合金產量由鋼鐵公會提供，但無法提供 2000 年前數據，故這部分採用經濟部統計處工業生產統計年報。其中，鐵合金曾於 2004 年至 2007 年停產。

(4). 排放量

鐵合金排放量自 1991 年 287.3 千公噸二氧化碳當量下降至 2003

年 30.1 千公噸二氧化碳當量，並於 2004 年至 2007 年間停產，2008 年起再度生產，排放量達 173.5 千公噸，2008 年至 2019 年排放量起伏劇烈，2019 年排放量為 1.7 千公噸，1990 年至 2019 年排放量如表 4.4.8 及圖 4.4.4 所示。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 年至 2000 年及 2001 年至 2019 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

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

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。

表 4.4.7 1990 年至 2019 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.4.8 1990 年至 2019 年鐵合金生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
產量	32.8	287.3	214.7	171.0	144.2	195.1	177.0	181.3	175.3	62.9
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
產量	32.8	20.7	24.9	30.1	NO	NO	NO	NO	173.5	0.012
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
產量	26.3	2.6	9.9	19.9	23.9	28.5	31.6	0.016	1.7	1.7

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

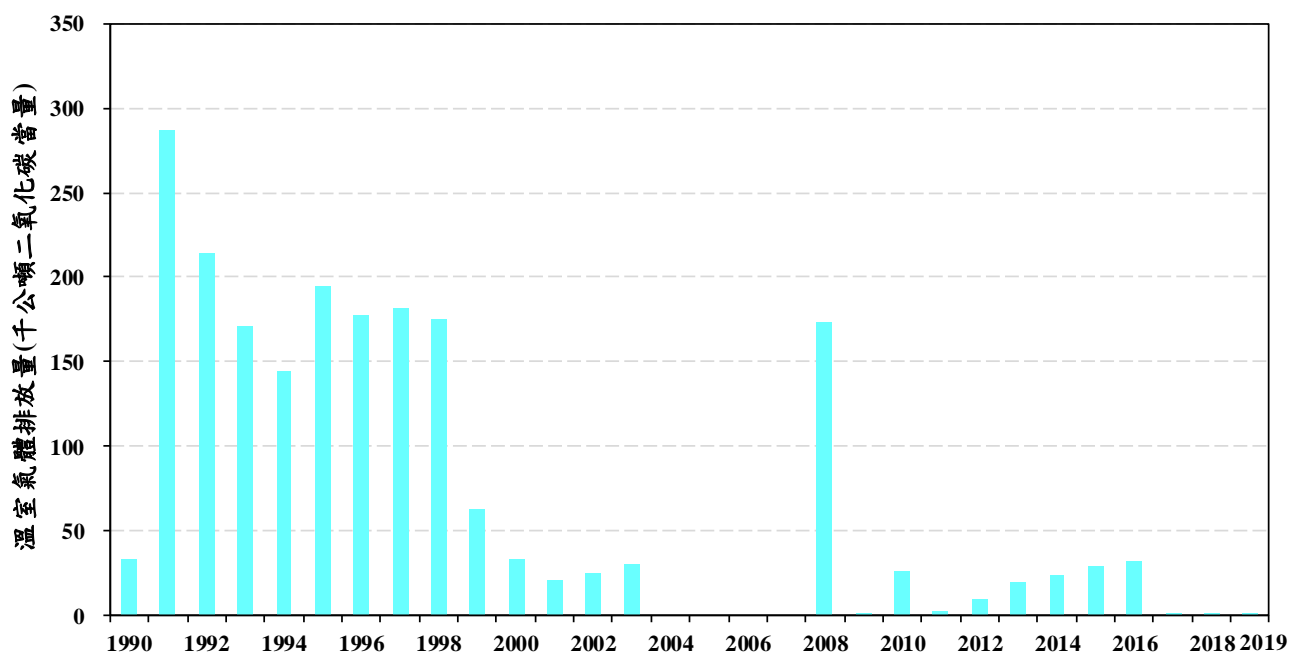


圖 4.4.4 1990 年至 2019 年鐵合金生產製程排放量趨勢

⁴⁶ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

4.4.3 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 年依據行政院環境保護署歷年委辦計畫(2016)⁴⁷調查所得排放量，2010 年起改由工業局向生產廠商調查，均係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以鎂生產六氟化硫採購量為排放量，即臺灣輕金屬協會⁴⁸會員廠調查數據。

(2). 排放係數

由行政院環境保護署歷年計畫或廠商提供排放量，係彙整自臺灣輕金屬協會取得使用量，為一實際值，故無排放係數需求。

(3). 活動數據

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

(4). 排放量

依行政院環境保護署計畫(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 1,357 千公噸二氧化碳當量，下降至 2016 年 41 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移，加上廠商配合行政院環境保護署計畫推動進行減量工作，故排放量呈現明顯下降趨勢。以六氟化硫之全球暖化潛勢值(Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 23,900 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 年至 2019 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

⁴⁷行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。每年計畫名稱不同，此處僅列出最新一年計畫名稱。

⁴⁸ 臺灣輕金屬協會 (Taiwan Light Metals Association, 簡稱 TWLMA) 於 2012 年 3 月 1 日由既有之台灣鈦金屬協會和台灣鎂合金協會，協同國內鋁合金相關的產學研機構正式合併擴展成立。

(5).完整性

2002 年至 2009 年由行政院環境保護署計畫提供之排放量係由臺灣輕金屬協會調查，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，亦向臺灣輕金屬協會提供之名單進行調查，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2002 年無法取得排放量，2003 年至 2009 年與 2010 年

起亦由不同來源提供數據，已影響時間序列一致性。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

鎂生產排放量由行政院環境保護署計畫(2016)⁴⁹提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.6 所示。

5.特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視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

原由環保署計畫提供調查數據，但考量產業外移，且國內已減少使用保護氣體，洽詢臺灣輕金屬協會後，改由工業局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 2019 年鎂生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440	144	235
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	57	50	30	38	33	43	41	59	81	43

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。

⁴⁹ 行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016

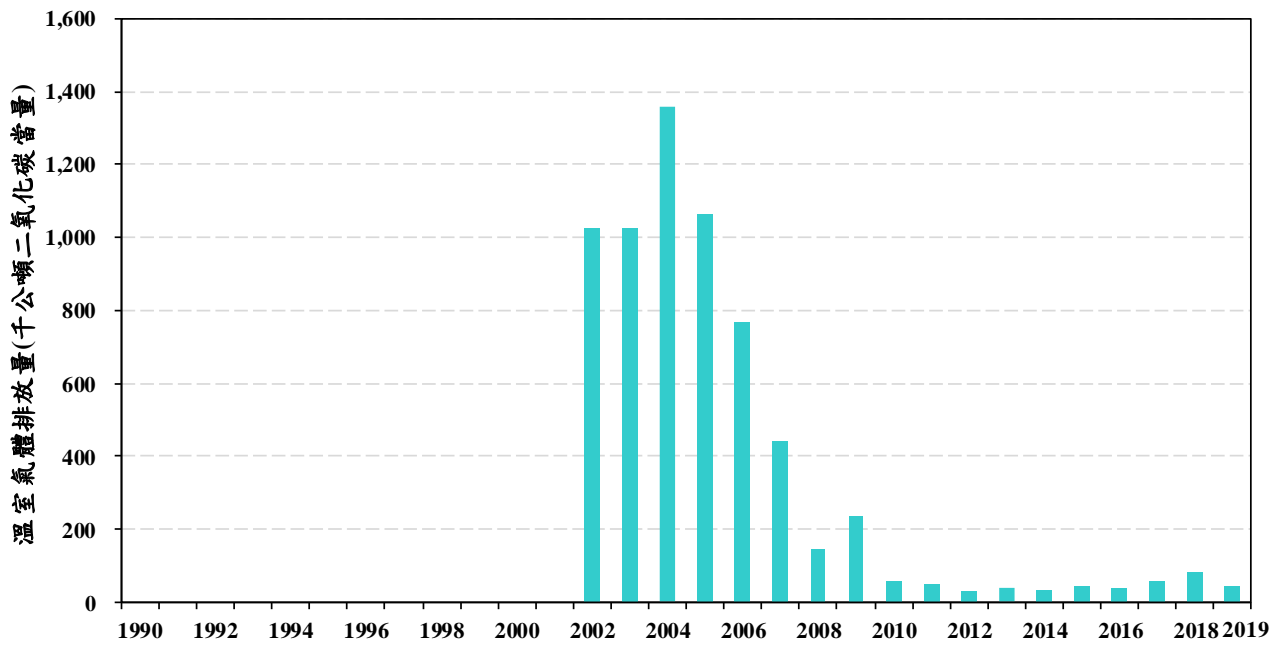


圖 4.4.5 2002 年至 2019 年鎂生產製程排放量趨勢

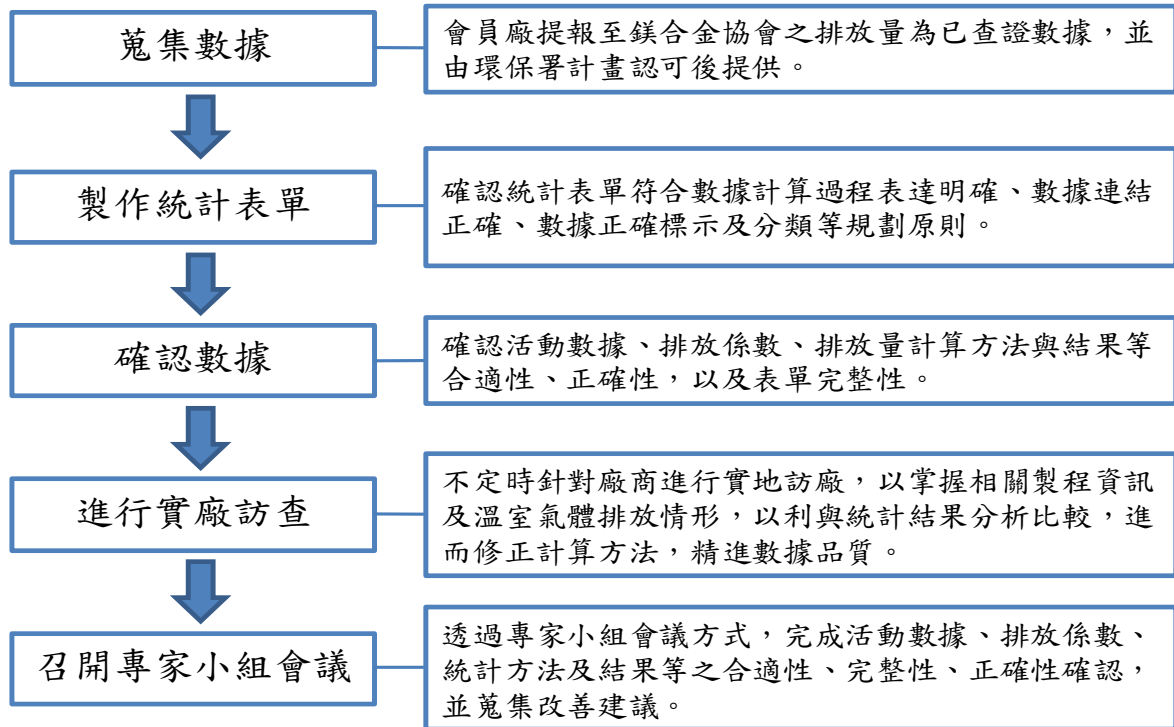


圖 4.4.6 生產排放統計 QA/QC 流程

4.4.5 鉛生產 (2.C.5)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

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

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 鉛錠產量 (公噸) × 鉛錠排放係數 (公噸二氧化碳/公噸產量)

(2). 排放係數

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

(3). 活動數據

由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鉛錠產量，2003 年前未進行調查，1990 年至 2019 年排放量如表 4.4.10 所示。

(4). 排放量

國內鉛生產 1990 年至 2019 年排放量如表 4.4.11 及圖 4.4.7 所示，鉛生產排放量與鉛產品使用及回收

率有關，由 2003 年 3 千公噸二氧化碳當量上升至 2007 年 9 千公噸二氧化碳當量後下降，2019 年排放量為 5 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.02%。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

1990 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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會⁵⁰檢視無重新計算之建議，故無修正。

⁵⁰ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.4.10 1990 年至 2019 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

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

表 4.4.11 1990 年至 2019 年鉛生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	NE	NE	NE	3	8	8	9	9	8	6
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	7	7	6	5	6	5	6	5	5	5

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

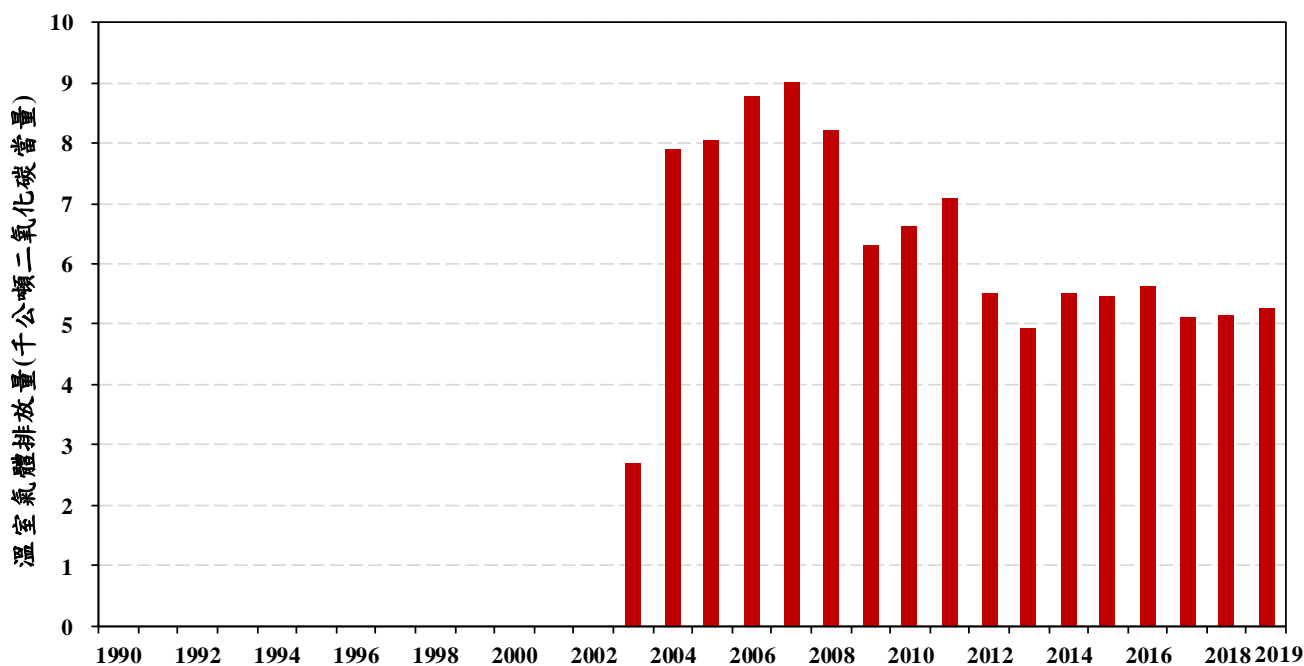


圖 4.4.7 臺灣 2003 年至 2019 年鉛生產製程排放量趨勢

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 指南建議方法 1，以鋅錠產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

二氧化碳排放量 = 鋅錠產量 (公噸)
× 鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳/公噸產量)

(2). 排放係數

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

(3). 活動數據

由環保署事業廢棄物申報及管理資訊系統提供國內鋅錠產量，2003 年前未進行調查，2003 年至 2019 年產量如表 4.4.12 所示。

(4). 排放量

國內鋅生產 1990 年至 2019 年排放量如表 4.4.13 及圖 4.4.8 所示，鋅生產排放量與鋅產品使用及回收率有關，由 2003 年 14 千公噸二氧

化碳當量上升至 2007 年 62 千公噸二氧化碳當量後下降，至 2019 年排放量為 14 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.07%。

(5). 完整性

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

3. 不確定性與時間序列的一致性

(1). 不確定性

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

(2). 時間序列的一致性

由於 1990 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

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

5. 特定排放源的重新計算

經專諮會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

無改善計畫。

⁵¹ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

表 4.4.12 1990 年至 2019 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

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

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅錠生產未進行調查。

表 4.4.13 1990 年至 2019 年鋅生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	NE	NE	NE	14	50	58	49	62	48	49
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	11	47	47	18	18	17	19	23	20	14

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

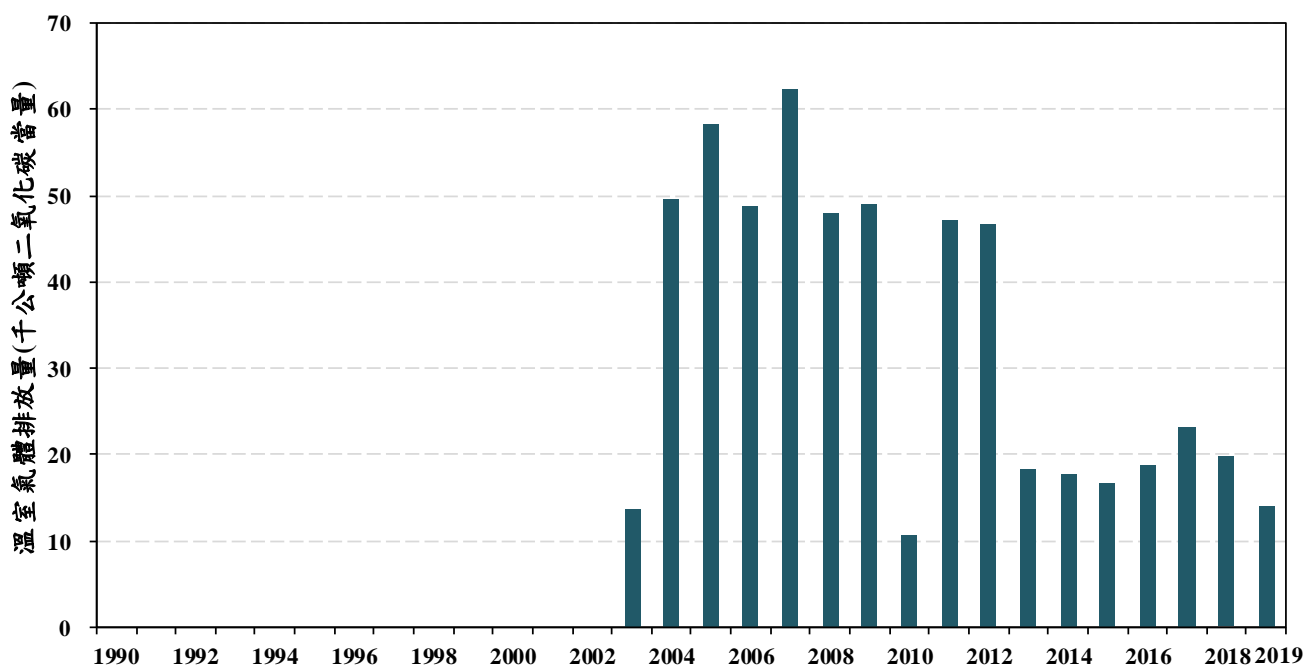


圖 4.4.8 2003 年至 2019 年鋅生產製程排放量趨勢

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「石臘使用」、2.D.3「溶劑使用」及 2.D.4「其他」等共計四項，排放溫室氣體種類為二氧化碳及 MNVOC 共計 2 項，但因 2006 IPCC 指南未提供 MNVOC 之 GWP 值，故僅統計二氧化碳排放量。2019 年總部門排放量約 0.062 噸二氧化碳當量，1990 年至 2019 年排放量如表 4.5.1 及圖 4.5.1 所示。因排放量少，故僅列整體排放量。

表 4.5.1 1990 年至 2019 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)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.048	0.047	0.051	0.060	0.073	0.067	0.071	0.075	0.077	0.075
2.D.2 石臘使用	0.011	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.012	0.010	0.015	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
總計	0.059	0.057	0.062	0.072	0.086	0.080	0.083	0.084	0.09	0.09
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.061	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095	0.069	0.069	0.069	0.054
2.D.2 石臘使用	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
總計	0.08	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10	0.07	0.07	0.07	0.06
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.042	0.039	0.036	0.041	0.053	0.081	0.072	0.062	0.062	0.058
2.D.2 石臘使用	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
總計	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.10	0.08	0.07	0.062	0.062

備註：NA，代表不產生具體氣體的排放或吸收，故為不適用。

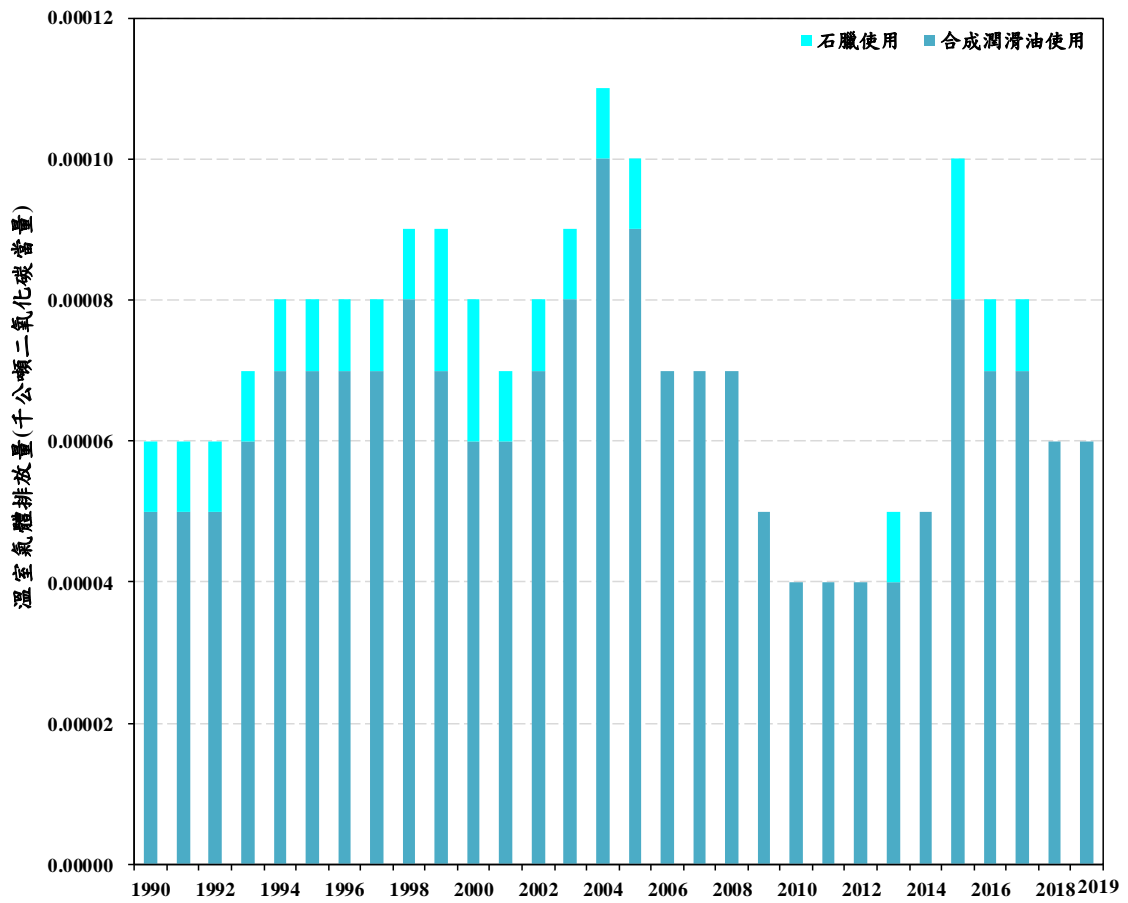


圖 4.5.1 1990 年至 2019 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

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。2019 年總部門排放量約 3,885 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使

用部門 19.5%，電子工業部門排放量受國際市場需求影響 2019 年排放量較 2018 年減少約 390 千公噸二氧化碳當量，各溫室氣體氣體影響程度依序為 PFC(35.9%)、SF₆(25.1%)、N₂O(22.4%)。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 2019 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

表 4.6.1 1999 年至 2019 年電子工業製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.E.1.積體電路或半導體	NE	NE	3,711	4,994	5,199	5,559	4,915	5,438	4,963	3,088	2,922
2.E.2.TFT 平面顯示器	129	143	260	550	1,012	1,283	1,848	1,762	1,877	1,675	1,353
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
總計	129	143	3,971	5,544	6,212	6,841	6,763	7,200	6,840	4,763	4,275
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
2.E.1.積體電路或半導體	2,986	3,126	2,435	3,219	3,448	3,172	3,072	3,022	3,337	3,267	
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,755	1,473	1,546	1,708	1,375	1,217	1,108	1,137	938	618	
2.E.3 光電(太陽能板)	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	
2.E.5 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
總計	4,741	4,599	3,981	4,926	4,823	4,390	4,181	4,159	4,275	3,885	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。① 2000 年前因積體電路或半導體、TFT 平面顯示器使用量及光電(太陽能板)產量極少，未進行調查，因此無法計算排放量；② 熱傳流體未調查統計，因 2006 IPCC 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

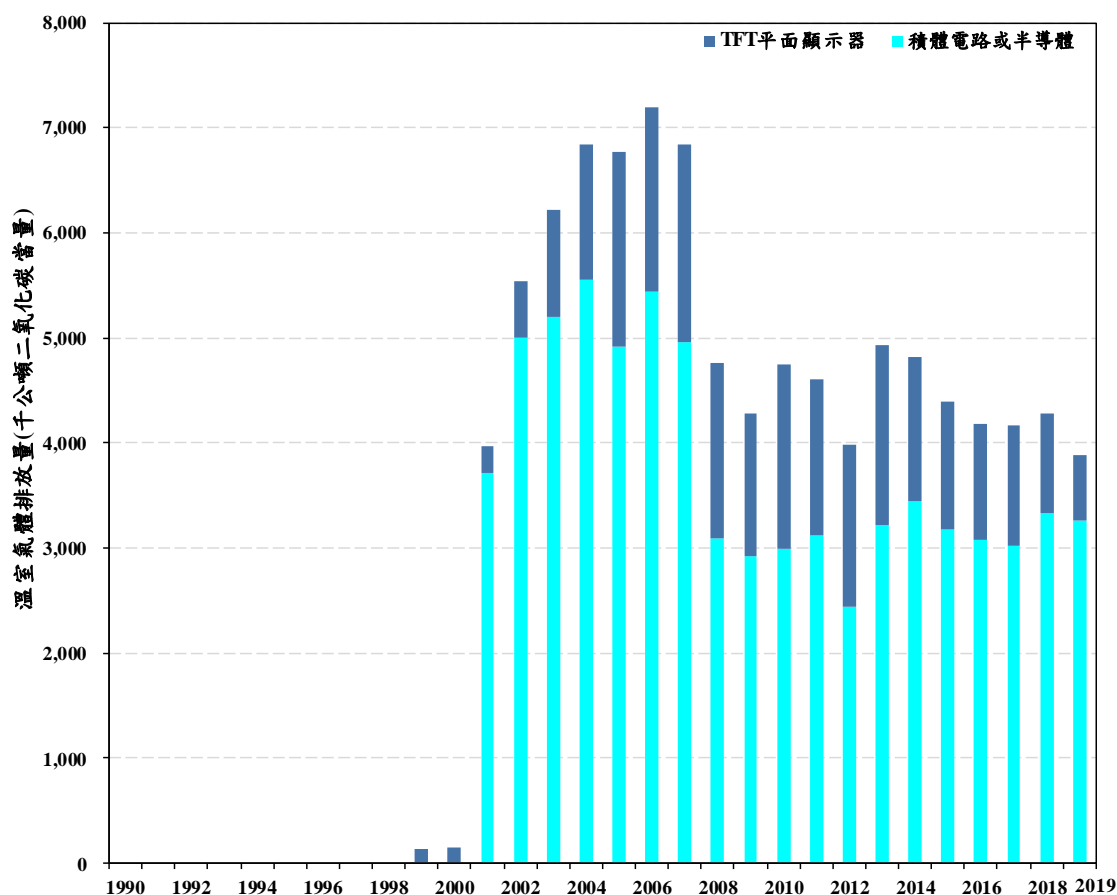


圖 4.6.1 臺灣 1999 年至 2019 年電子工業製程排放量趨勢

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、CHF₃，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

由 2001 至 2004 年依據行政院

環境保護署計畫(2015)⁵²計算。係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b，依據氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其採用臺灣半導體產業協會(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。

⁵² 行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

2005 至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署計畫(2015)提供之臺灣半導體產業協會(The Taiwan Semiconductor Industry Association, 簡稱 TSIA)會員廠之氣體使用量，並納入 2016 至 2018 年非 TSIA 會員廠環保署國家溫室氣體登錄平台之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之第一批應登陸之半導體產業盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b 進行計算。

(2).排放係數

依行政院環境保護署計畫(2015)數據，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南方法 2b 之表 6.3 及 IPCC 第四次評估報告的 GWP 計算。

(3).活動數據

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

(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 2019 年積體電路或半導體主要排放溫室氣體種類為全氟碳化物，2001 年排放量為 3,711 千公噸二氧化碳當量，並逐年成長至 2004 年達到 5,559 千公噸二氧化碳當量。由於 TSIA 配合政府推動自願減量，導入安裝尾氣處理設施，與使用較低溫室氣體潛勢氣體取代，並同時以量測程序進行製程改善，以減少全氟碳化物的使用排放，使全氟碳化物排放量逐年降低，再加上 2008 年的經濟蕭條，故 2009 年呈現出最低值。隨著景氣復甦與新產能的增建，排放量開始回升。世界半導體協會 WSC 在 2012 推出 PFC 減量最佳可行技術規範(氣體取代與削減設備安裝)並推行第二階段 PFC 自願減量，因此近年產能雖有大幅成長，但在新產能必須執行此規範下，排放量能有效控制。至 2019 年約排放 3,267 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 16.0%，2001 年至 2019 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

(5).完整性

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

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

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 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，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，執行流程如圖 4.6.3 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁵³檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.6.2 2001 年至 2019 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)

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
HFCs	51	59	59	59	102	119	199	146	206	201
PFCs	2,993	4,078	4,174	4,327	3,427	3,594	3,316	2,040	1,526	1,722
SF ₆	524	499	513	587	683	791	388	325	303	344
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	42	384	431	403	376	525
NF ₃	202	359	455	587	661	550	628	174	512	195
總計	3,711	4,994	5,199	5,559	4,915	5,438	4,963	3,088	2,922	2,986
年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
HFCs	172	124	207	220	170	191	202	201	181	
PFCs	1,734	1,091	1,299	1,513	1,316	1,405	1,373	1,508	1,390	
SF ₆	366	286	318	417	329	338	304	283	262	
N ₂ O	509	601	669	728	757	719	776	918	1,023	
NF ₃	344	333	726	570	601	419	367	427	412	
總計	3,126	2,435	3,219	3,448	3,172	3,072	3,022	3,337	3,267	

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。

⁵³ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

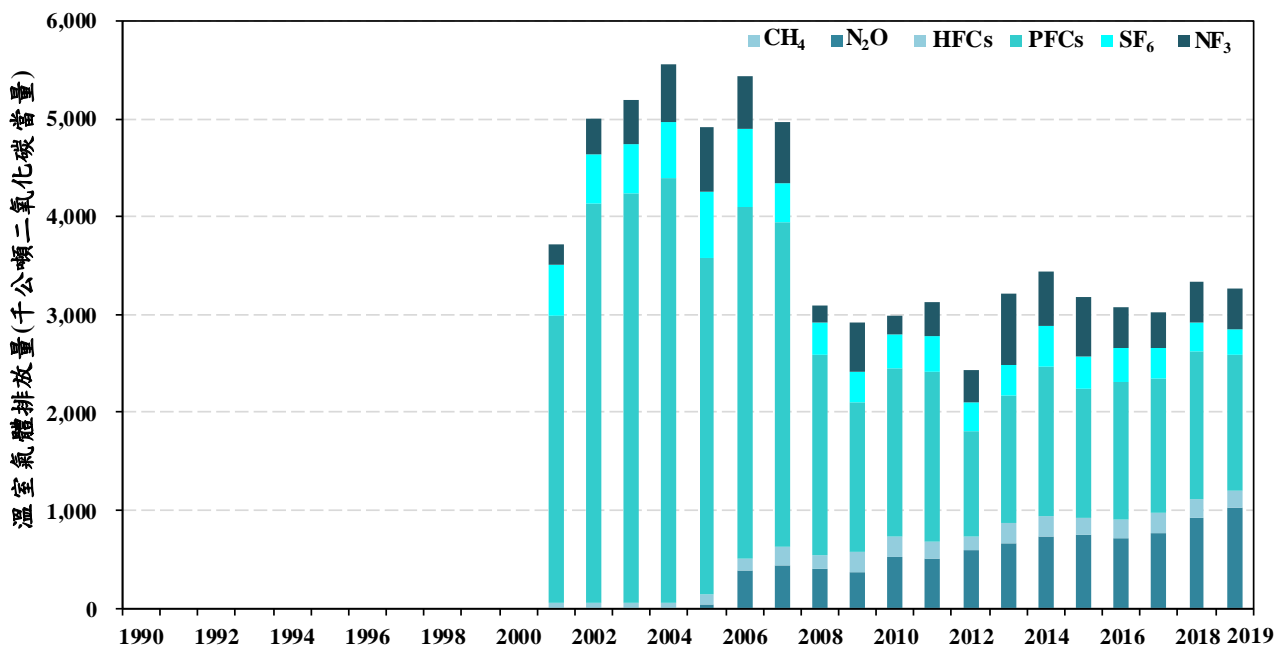


圖 4.6.2 2001 年至 2019 年積體電路或半導體製程排放量趨勢

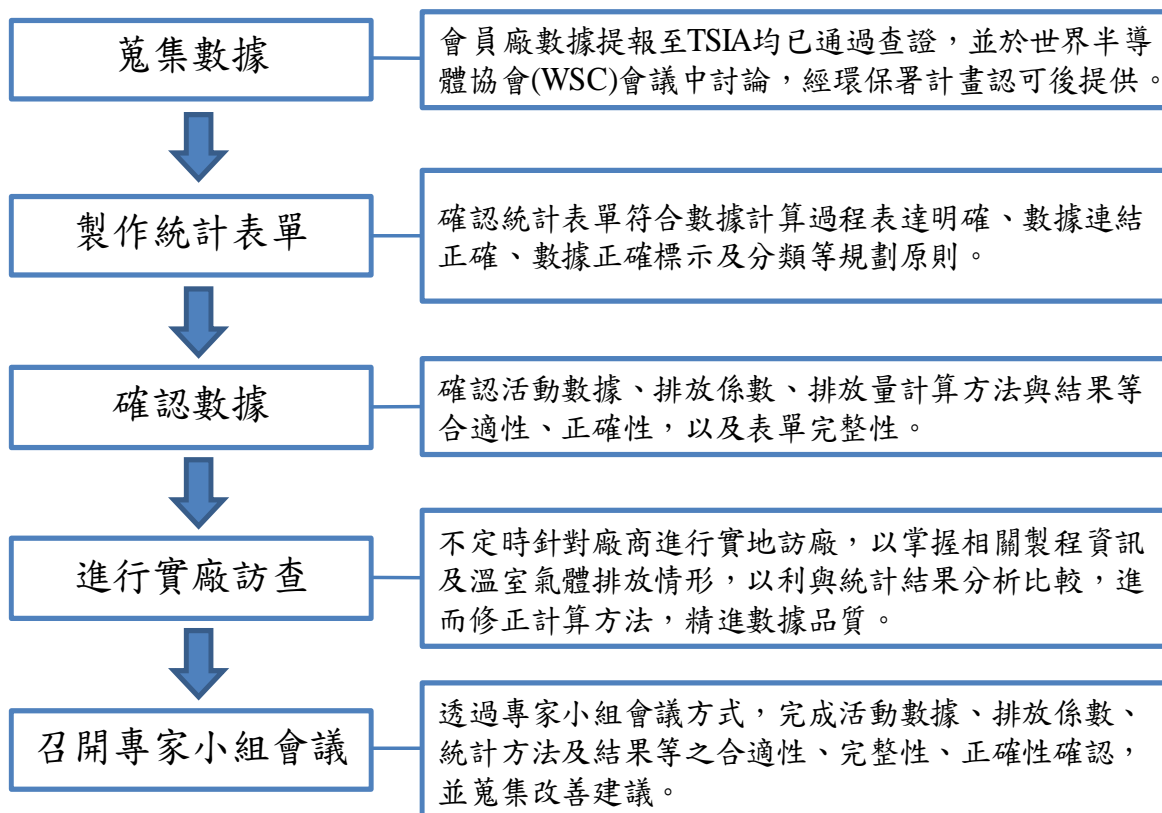


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

4.6.2 TFT 平面顯示器 (2.E.2)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

1999 年至 2004 年由行政院環境保護署計畫(2015)⁵⁴提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b，依據全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用情形調查排放量，其係採中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會(Taiwan TFT LCD Association，簡稱 TTLA)會員廠全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用量計算所得；會員廠排放量計算方法為原物料化學品使用量扣除回收與處理量，再參酌 2006 IPCC 指南規範進行推算求得。

2005 至 2015 年因統計範疇修正，依據行政院環境保護署計畫(2015)提供之中華民國臺灣薄膜電晶體液晶顯示器產業協會(Taiwan TFT LCD Association，簡稱 TTLA)會員廠之氣體使用量，並納入 2016 至 2018 年非 TTLA 會員廠環保署

國家溫室氣體登錄平台之盤查清冊平均排放量。

自 2016 年起則自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊統計，亦參照 2006 IPCC 指南建議方法 2b 進行計算。

(2). 排放係數

由行政院環境保護署計畫(2015)提供，各項排放係數參採 2006 IPCC 指南之方法 2b 之表 6.4 及 IPCC 第四次評估報告的 GWP 計算。

(3). 活動數據

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

(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，TTLA 已配合政府推動自願減量，並推動製程調整、替代氣體等多項減量措施，但由於平面顯示器廠商近年來擴廠，

⁵⁴ 行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

致使六氟化硫下降趨勢較不明顯，自 2005 年排放 1,848 千公噸二氧化碳當量下降至 2019 年 618 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 4.3%，1999 年至 2019 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.3 所示。

(5).完整性

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

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

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

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 年後自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之盤查清冊，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 TTLA 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 TTLA 會員廠，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.6.5 所示。

5.特定排放源的重新計算

經專諮會⁵⁵檢視無重新計算之建議，故無修正。

6.特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.6.3 1999 年至 2019 年 TFT 平面顯示器製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PFC	3	13	6	65	25	14	43	69	56	42	34
SF ₆	116	120	221	446	901	1,197	1,701	1,526	1,600	1,547	1,211
N ₂ O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	27	50	56	42
NF ₃	11	10	33	39	86	72	104	139	170	30	66
總計	129	143	260	550	1,012	1,283	1,848	1,762	1,877	1,675	1,353

⁵⁵ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

表 4.6.3 1999 年至 2019 年 TFT 平面顯示器製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PFC	49	47	50	46	42	31	35	36	27	30
SF ₆	1,580	1,249	1,341	1,482	1,135	1,023	956	974	789	519
N ₂ O	63	102	99	133	101	103	64	54	39	7
NF ₃	63	76	55	47	97	61	53	73	83	62
總計	1,755	1,473	1,546	1,708	1,375	1,217	1,108	1,137	938	618

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

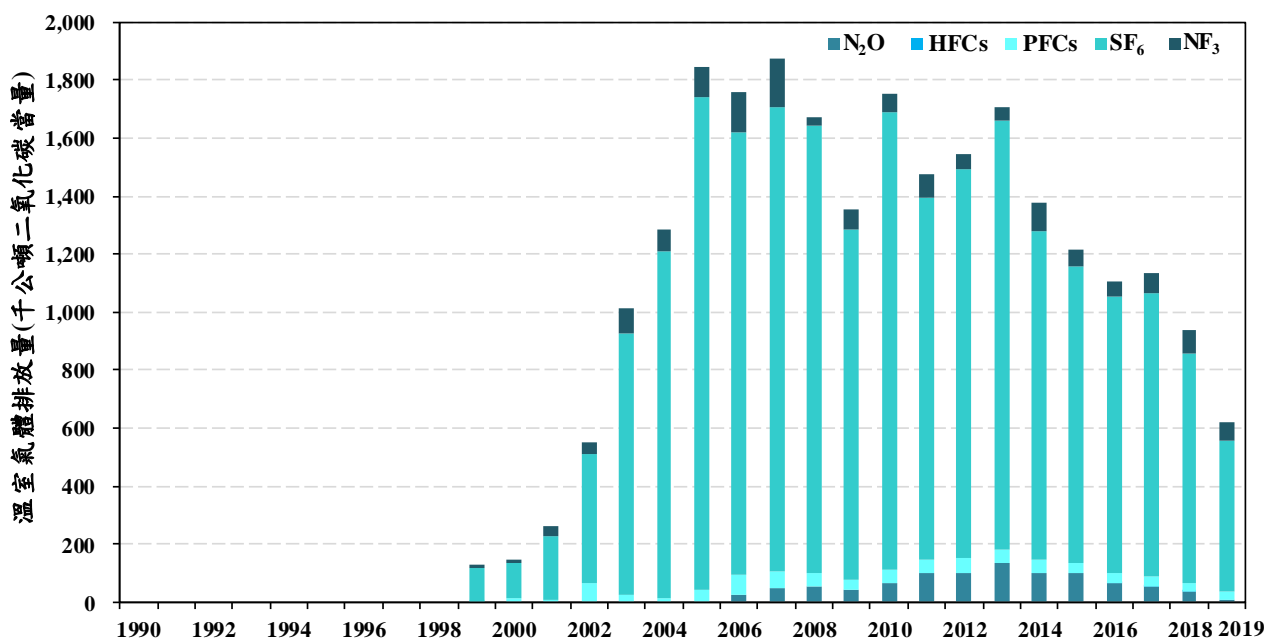


圖 4.6.4 1999 年至 2019 年 TFT 平面顯示器製程排放量趨勢

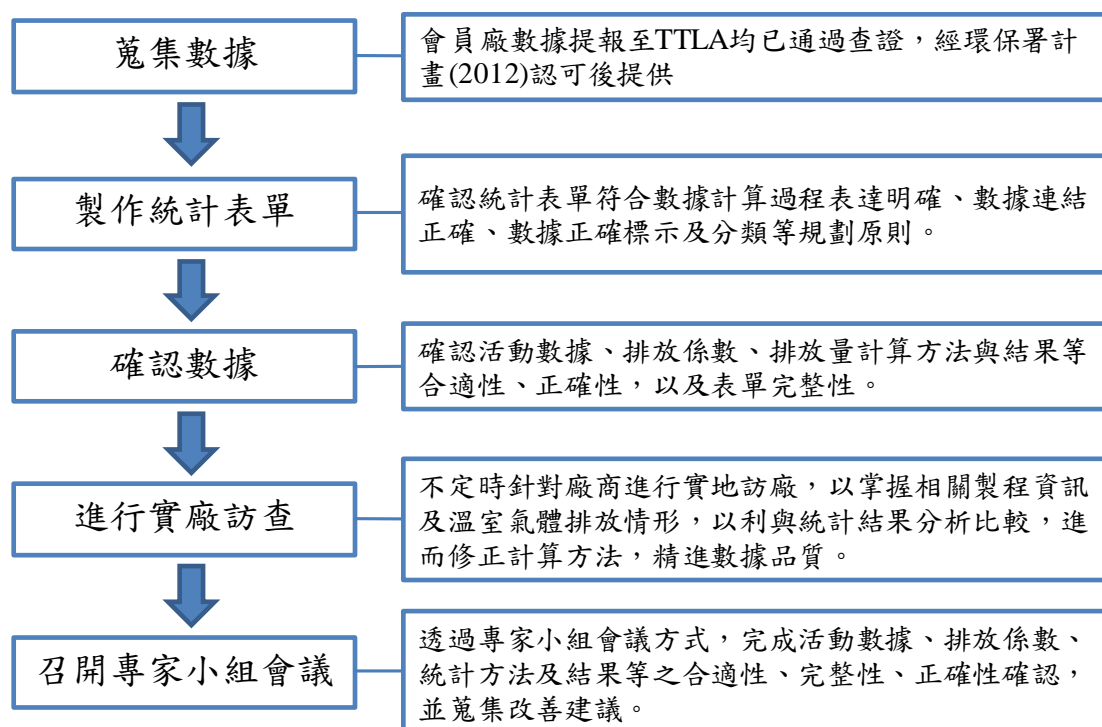


圖 4.6.5 積體電路或半導體製程排放統計 QA/QC 流程

4.7 破壞臭氧層物質之替代品使用 (2.F)

2.F「破壞臭氧層物質之替代品使用」分類項目包含 2.F.1「冷凍及空調使用」、2.F.2「發泡劑」、2.F.3「滅火劑」、2.F.4「氣膠」、2.F.5「溶劑」、2.F.6「其他應用」等共計六項，然而考量國內「發泡劑」、「溶劑」、「氣膠」

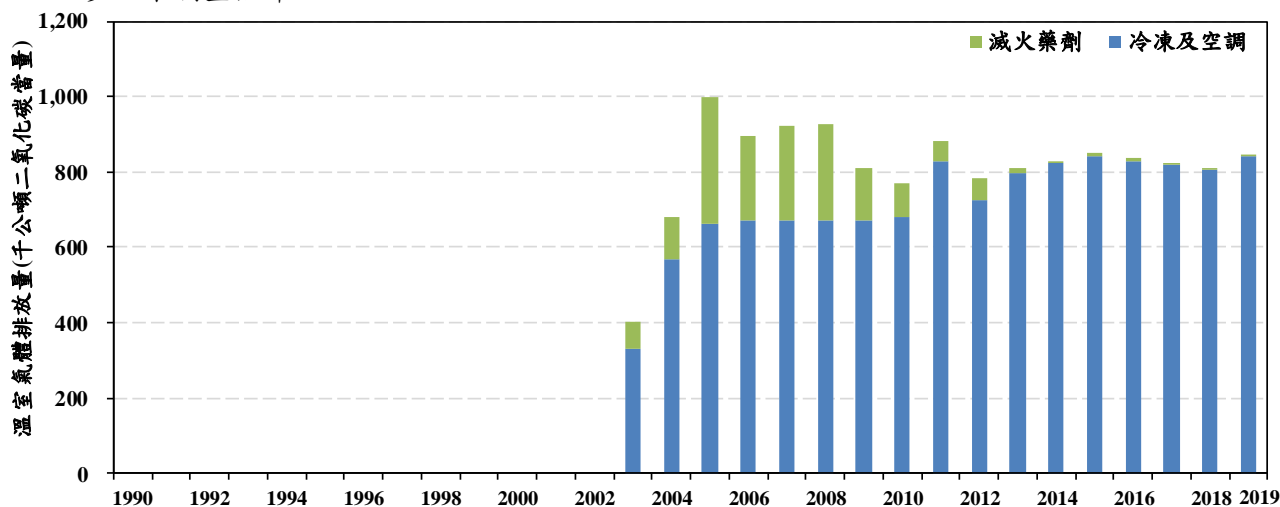
及「其他應用」因使用量少，未調查估計；統計溫室氣體種類僅為氫氟碳化物(HFCs)，2019 年共排放 846 千公噸二氧化碳當量，相較 2018 年增加 35 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 4.1%，因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現 2003 年至 2019 年排放量，如表 4.7.1 及圖 4.7.1 所示。

表 4.7.1 2003 年至 2019 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2.F.1 冷凍及空調	329	569	660	670	670	670	670	680	827
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.F.3 滅火劑	73	113	336	226	252	258	142	90	54
2.F.4 空氣微粒	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
總計	401	682	996	896	922	928	812	770	881
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
2.F.1 冷凍及空調	725	799	824	842	827	817	805	841	
2.F.2 發泡劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.3 滅火劑	58	13	4	9	9	4	6	6	
2.F.4 空氣微粒	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.5 溶劑	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.F.6 其他應用	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
總計	783	812	828	851	835	821	811	846	

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



備註：國內「發泡劑」、「溶劑」、「氣膠」及「其他應用」因使用量少，未調查估計。

圖 4.7.1 2003 年至 2019 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查冷凍空調使用氫氟碳化物冷媒所造成的排放量，國內主要應用於汽車冷媒與冷凍空調設備，主要調查氫氟碳化物(HFCs)種類為 HFC-134a，及 2011 年新增之 R410a 則拆分為 HFC-32 與 HFC-125 使用量⁵⁶。

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

由行政院環境保護署計畫(2016)⁵⁷提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以氫氟碳化物實際使用情形估算排放量；由於氫氟碳化物冷媒用途多，係依據機動車統計、冰箱生產及進口數量等設備資料，推估氫氟碳化物實際使用情形，並參考 2006 IPCC 指南所列汽車空調及電冰箱運轉時之洩漏率進行估算排放量⁵⁸。

(2). 排放係數

由行政院環境保護署計畫(2016)提供，係參照 2006 IPCC 指南，排放係數為氫氟碳化物使用時洩漏率；機動車、冰箱使用 HFC-134a 冷媒洩漏率分別為 10.0% 及

0.1%，而冷氣機使用之 R410a 拆分之 HFC-32、HFC-125，則皆為 1.0%。

(3). 活動數據

由行政院環境保護署計畫(2016)提供，係依據機動車、冰箱數量及平均填充量推估氫氟碳化物冷媒使用量。如表 4.7.2 所示。

(4). 排放量

以 GWP 值將氫氟碳化物(HFCs)使用量轉換為排放量，其中，HFC-134a 為 1,430、HFC-32 為 675、HFC-125 則為 3,500。

早期冷凍空調設備使用氟氯碳或氟氯烴作為冷媒，自 1996 年氟氯碳禁止生產與進口，以及氟氯烴(CFCs)分階段禁止生產與進口後，國內冷凍空調設備才逐步轉為使用氫氟碳化物(HFCs)。因此，2003 年以前國內使用量未進行調查統計⁵⁹。2003 年至 2010 年僅統計 HFC-134a 排放量，2011 年 HFC-32、HFC-125 因使用量增加，故新增為統計項目。另外，因應蒙特婁議定書之管制時程，臺灣自 1996 年逐步凍結 HCFCs 的消費量（非 2006 IPCC 指南建議估算溫室氣體種類），業者逐步改以 HFCs（2006 IPCC 指南建議估算

⁵⁶ R410a 組成為 50%之 HFC-32 及 50%之 HFC-125。行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。

⁵⁷ 行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。

⁵⁸ 電冰箱和冷凍空調設備同類型但不同型式或大小容量設備的逸散量仍有不同(例如小型家用空調就有

分離式或窗型，目前分離式已相當普遍，各家戶也可能用不同管線供各房間，管線長短不同，逸散量也不同)，因此未來有關逸散量的推估，仍須進一步進行詳細研究，以強化數據資料庫。行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。

⁵⁹於 106 年 8 月藉由專家外審機制補充。

溫室氣體種類) 取代，故排放量自 2003 年 329 千公噸二氧化碳當量逐步上升，2005 年至 2010 年約維持 670 千公噸二氧化碳當量，2011 年後繼續增加至 2019 年達 841 千公噸二氧化碳當量，相較 2003 年排放量成長約 156%。2003 年至 2019 年排放量如表 4.7.3 及圖 4.7.2 所示。

(5).完整性

行政院環境保護署計畫(2016) 調查排放量過程中所引用資料，如 氫氟碳化物海關進口、機動車統計資料、冰箱生產及進口數量等，皆係以全國為調查對象。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不

確定性為 5%；經判定行政院環境保護署計畫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2).時間序列的一致性

2003 年至 2019 年間皆使用相同方法學。

4.特定排放源的 QA/QC 及查證

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

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

無改善計畫。

表 4.7.2 2003 年至 2019 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

(單位：千公噸)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
使用量	2.3	4.0	6.1	6.1	6.4	6.0	6.2	6.2	15.2
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
使用量	10.0	11.0	13.4	11.8	12.1	12.2	9.1	12.6	

備註：2002 年以前氫氟碳化物冷媒使用量少，故未進行調查。

表 4.7.3 2003 年至 2019 年冷凍空調使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
排放量	329	569	660	670	670	670	672	680	879
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
排放量	725	799	824	842	827	817	805	841	

⁶⁰ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

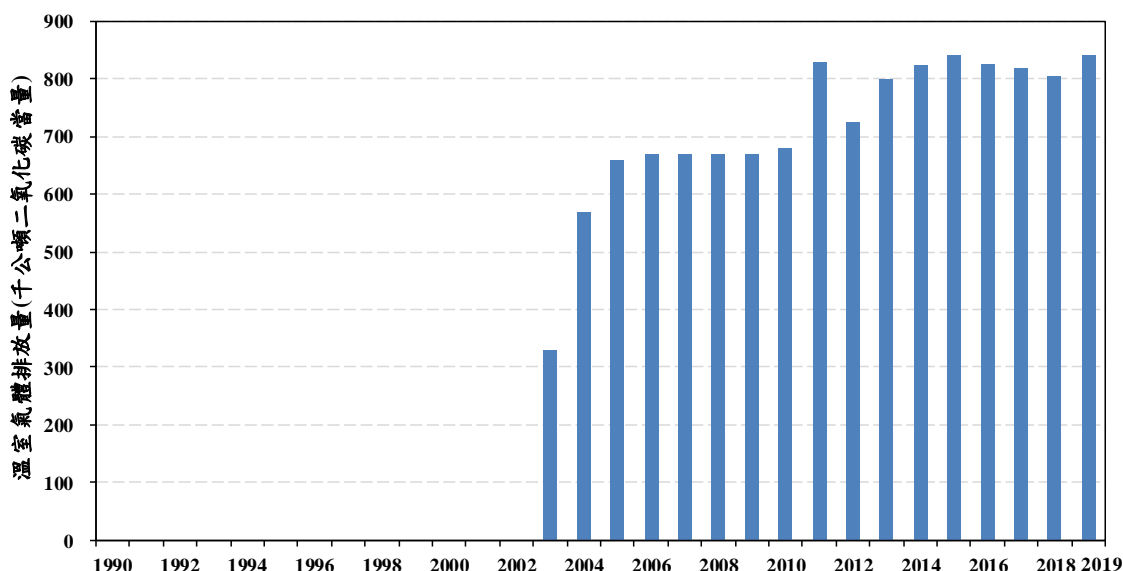


圖 4.7.2 2003 年至 2019 年冷凍空調使用排放量趨勢

4.7.2 發泡劑 (2.F.2)

本項主要調查發泡劑使用氫氟碳化物(HFCs)所造成的排放量。經行政院環境保護署計畫(2012)⁶¹表示，因國內氫氟碳化物(HFCs)較少應用於發泡劑，故未進一步調查相關氫氟碳化物(HFCs)排放，即無發泡劑使用之氫氟碳化物(HFCs)排放。

4.7.3 滅火藥劑 (2.F.3)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

由行政院環境保護署計畫(2016)提供排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以氫氟碳化物(HFCs)實際使用情形估算排放量；

國內 HFC-227ea 僅使用於滅火藥劑，故依據 HFC-227ea 進口量進行估算排放量。

(2). 排放係數

由行政院環境保護署計畫(2016)提供排放量，依實際使用量進行統計，為一實際值，無排放係數需求。

(3). 活動數據

由行政院環境保護署計畫(2016)提供，由於 HFC-227ea 僅用於滅火藥劑填充，且國內無生產滅火器氫氟碳化物藥劑，皆係由國外進口，故填充量係依據關稅總局進口量統計。

(4). 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,220 將填充量轉換為排放量，1990 年至 2019 年排放量如表 4.7.4 及圖 4.7.3 所示。早期氫氟碳化物滅火藥劑為推廣用途，使用量較少，故未進行

⁶¹ 行政院環境保護署，碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫，2012。

調查。滅火藥劑使用氫氟碳化物排放量與進口量有關，2003年至2007呈逐年上升趨勢，至2008年達258千公噸二氧化碳當量後則為下降趨勢，由258千公噸二氧化碳當量降至2019年6千公噸二氧化碳當量，約占總排放量0.03%。

(5).完整性

行政院環境保護署計畫(2016)調查排放量過程中所引用氫氟碳化物海關進出口資料，係以全國為調查對象，調查結果可代表我國滅火劑使用排放量。

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

根據2006 IPCC指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為5%；經判定行政院環境保護署計畫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為5%。

(2).時間序列的一致性

1990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

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

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。

4.7.4 氣膠產品(推進劑及溶劑) (2.F.4)

本項主要調查發泡劑使用行政院環境保護署計畫(2015)⁶³調查排放量過程中所引用氫氟碳化物所造成的排放量。行政院環境保護署計畫(2015)表示，因國內氫氟碳化物(HFCs)較少應用於噴霧劑，故未進一步調查。

4.7.5 溶劑(非氣膠) (2.F.5)

本項主要調查清洗溶劑使用行政院環境保護署計畫(2015)調查排放量過程中所引用氫氟碳化物(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)所造成的排放量。該計畫表示，因國內氫氟碳化物(HFCs)較少應用於清洗溶劑，故未進一步調查。

4.7.6 其他應用 (2.F.6)

無。

⁶² 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

⁶³ 行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

表 4.7.4 2003 年至 2019 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
排放量	73	113	336	226	252	258	142	90	54
年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
排放量	58	12	4	9	9	4	6	6	

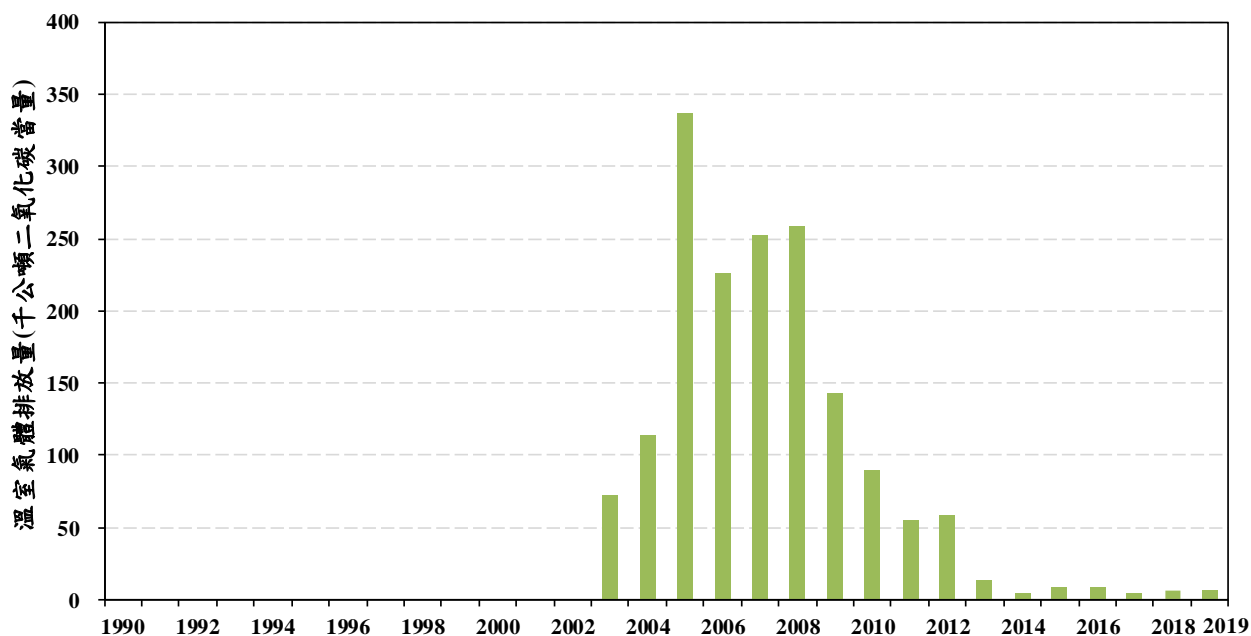


圖 4.7.3 2003 年至 2019 年滅火劑使用排放量趨勢

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，2019

年共排放 110 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.5%，本部門溫室氣體排放較去年減少約 39 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 2019 年排放量，如表 4.8.1 所示。

表 4.8.1 2002 年至 2019 年其他產品之製造與使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	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 PFC	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238
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
總計	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703	238
年	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 PFC	252	195	160	146	128	82	79	149	110
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
總計	252	195	160	146	128	82	79	149	110

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。

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 指南建議方法 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永續報告書 SF₆ 排放量以及民營電廠之六氟化硫填充量進行估算。其中民營電廠數據則由環保署蒐集國家溫室氣體登錄平台民營電廠之盤查清冊提供。

(2).排放係數

由台電公司提供及環保署蒐集國家溫室氣體登錄平台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保署蒐集國家溫室氣體登錄平台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。

(4).排放量

六氟化硫排放係依據 IPCC 第四次評估報告(2007)之 GWP 值 22,800，將六氟化硫補充量轉換為二氧化碳當量，2002 年至 2019 年排放當量如表 4.8.2 與圖 4.8.1 所示。

早期高壓斷路器使用多氯聯苯

作為絕緣氣體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用情形，台電資料可追溯至 2007 年，而民營電廠資料可分別追溯至 2002 年及 2005 年。2002 年至 2006 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫排放量僅民營電廠資料可追溯，故排放量較低，自 2007 年具完整資料開始，排放量於 2011 年達到最高 252.38 千公噸二氧化碳當量，下降至 2019 年 110 千公噸二氧化碳當量，隨著電力業大力推動六氟化硫回收再利用，2019 年排放量僅約 2011 年之 44%。

(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%；鑒於透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放當量不確定性為 5%。

(2).時間序列的一致性

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

4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

依排放量行政院環境保護署專案工作計畫提供六氟化硫(SF₆)補充，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.8.2 所示。

5. 特定排放源的重新計算

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

6. 特定排放源的改善計畫

原由環保署計畫調查台電六氟化硫管理系統，但經「含氟氣體統計協商會」確認變更資料來源為台電永續報告書及環保署溫室氣體盤查登錄平台民營電廠盤查清冊，並分別由工業局及環保署統計後匯算。

4.8.3 使用氧化亞氮產品 (2.G.3)

本項主要調查軍事應用、加速裝置、隔音窗戶、醫藥應用等使用全氟碳化物及六氟化硫所造成的排放量。行政院環境保護署計畫(2015)⁶⁴表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即無其他產品使用全氟碳化物及六氟化硫之排放。

4.8.4 其他產品應用 (2.G.4)

本項主要調查軍醫藥應用、壓力噴劑、氧化劑、氣囊膨脹使用之疊氮化鈉(NaN₃)生產等使用氧化亞氮的排放量。行政院環境保護署計畫(2015)⁶⁵表示，因國內此項目使用較少，故未進一步調查相關排放，即使用氧化亞氮產品之排放。

表 4.8.2 2002 年至 2019 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)

年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SF ₆ 排放量	1,943.33	1,943.33	2,053.33	1,503.33	770.00	953.00	895.34	702.80	237.55
年	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SF ₆ 排放量	252.38	195.14	159.80	145.67	128.22	82.15	78.71	149.28	110.06

⁶⁴ 行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

⁶⁵ 行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015。

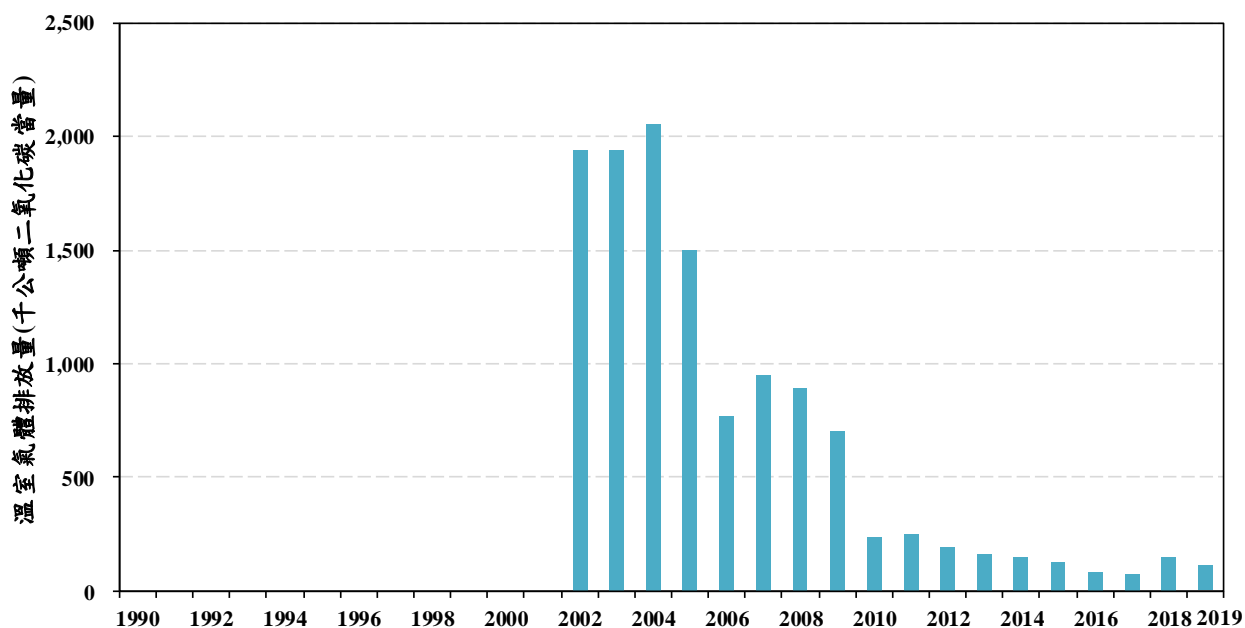


圖 4.8.1 2002 年至 2019 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

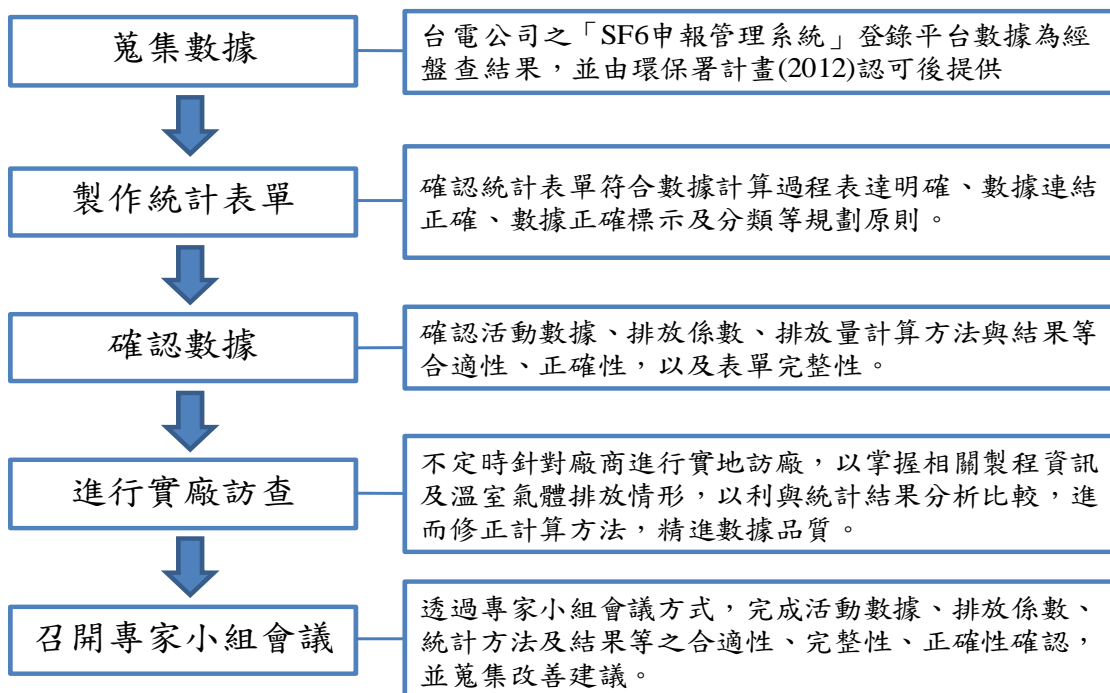


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

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「食品和飲料」一項，主要排放溫室氣體種類為二氧化碳。

2019 年總部門排放量約 17 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.09%，1990 年至 2019 年排放量如表 4.9.1 所示。

表 4.9.1 1990 年至 2019 年其他製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
2.H.1 食品和飲料	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21
總計	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.H.1 食品和飲料	20	20	18	18	19	20	21	20	20	21
總計	20	20	18	18	19	20	21	20	20	21
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
2H.1 食品和飲料	20	20	21	19	19	20	19	20	19	17
總計	20	20	21	19	19	20	19	20	19	17

4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)

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

4.9.1.1 啤酒 (2. H.1.a)

1. 排放源及匯分類的描述：

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

2. 方法論議題：

(1). 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以啤酒產量及排放係數計算二氧化碳排放量。

計算公式如下：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{啤酒產量(千公石)} \times \text{啤酒排放係數(公斤二氧化碳/公石產量)}$$

(2). 排放係數

引用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 2019 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 2019 年平均排放係數 0.00514 公噸二氧化碳/公石啤酒生產計算。歷年排放係數如圖 4.9.1 所示。

(3).活動數據

啤酒產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，1990 年至 2019 年產量如表 4.9.2 所示。

(4).排放量

啤酒產量如表 4.9.3 及圖 4.9.2 所示，因歷年產量穩定，排放量亦維持穩定趨勢，每年約排放 18 至 24 千公噸二氧化碳當量。

(5).完整性

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

3.不確定性與時間序列的一致性

(1).不確定性

活動數據來源為國家及系統性統計資料取得，根據 2006 IPCC 指南，排放量屬系統化之調查結果，則建議其不確定性為 5%；經判定經

濟部統計處工業產銷存資料係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放量不確定性為 5%。

(2).時間序列的一致性

1990 年至 2019 年活動數據來源及計算方法一致，排放係數 2010 年至 2019 年各年度依該年度數據推估，1990 年至 2009 則取 2010 年至 2018 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

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

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。

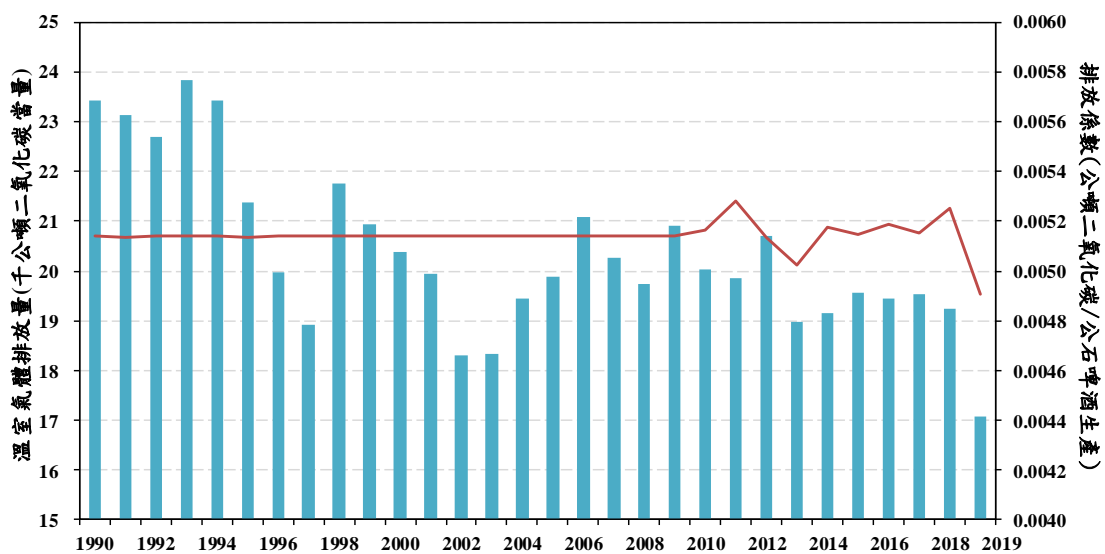


圖 4.9.1 2010 年至 2019 年啤酒製程排放量及歷年排放係數

⁶⁶ 「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」2017.05.05。

表 4.9.2 1990 年至 2019 年啤酒產量

(單位：千公石)

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

表 4.9.3 1990 年至 2019 年啤酒生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
排放量	23	23	23	24	23	21	20	19	22	21
年	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
排放量	20	20	18	18	19	20	21	20	20	21
年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
排放量	20	20	21	19	19	20	19	20	19	17

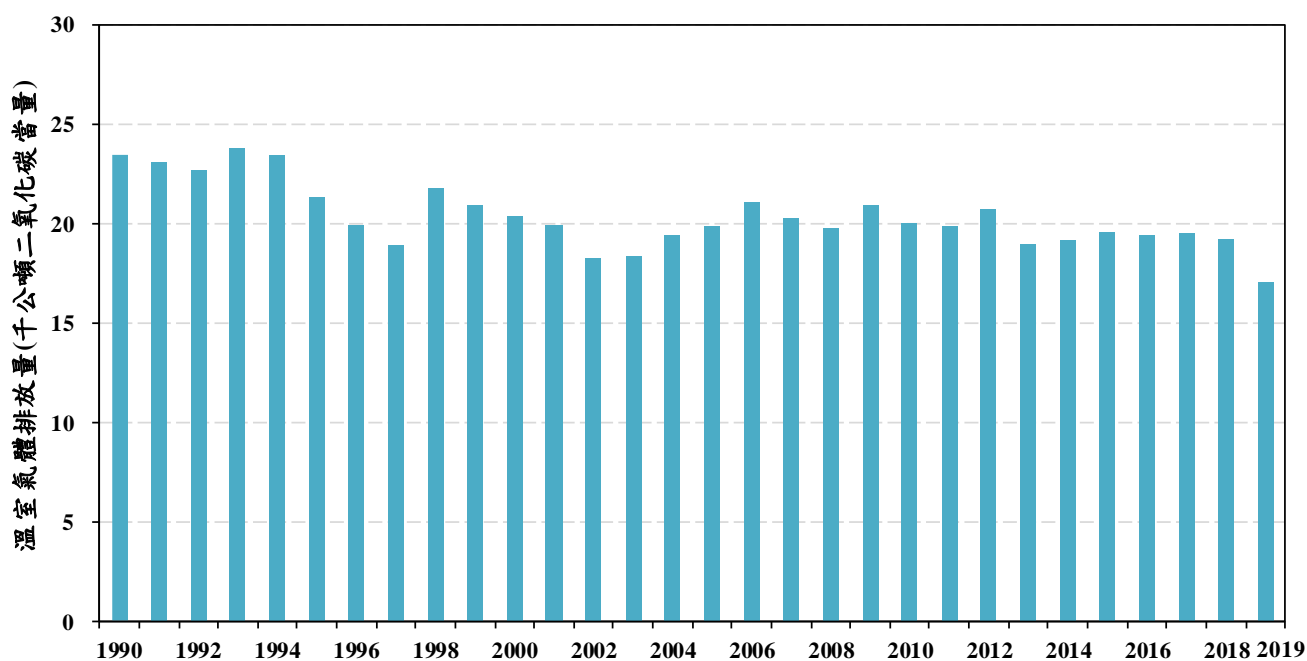


圖 4.9.2 1990 年至 2019 年啤酒生產製程排放量趨勢

4.10 參考文獻

1. IPCC, Guide lines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006。
- 2.經濟部統計處，工業產銷存動態調查資料庫，2021。
- 3.財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
- 4.臺灣區水泥工業同業公會資訊提供，2021。
- 5.臺灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2021。
- 6.國內一貫煉鋼之排放清冊，2019。
- 7.行政院環境保護署，臺灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。
8. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
- 9.台塑企業提供資料，2021。
- 10.行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量計畫，2004。
- 11.行政院環境保護署，事業廢棄物申報及管理資訊系統，2018。
- 12.臺灣半導體產業協會提供數據，2015。
- 13.行政院環境保護署，我國溫室氣體減量最佳可行技術先期評估與建置專案工作計畫，2016。
14. Center for Global Environmental Research, National Greenhouse Gas Inventory report of Japan, 2014。
- 15.行政院環境保護署，溫室氣體關鍵減量技術環境管理政策推動與研析專案工作計畫，2015
- 16.臺灣區石油化學同業公會，臺灣區石化公會年報，2020。
- 17.行政院環境保護署，溫室氣體創新減量技術先期評估與政策建置工作計畫，2014。
- 20.行政院環境保護署，碳捕集及封存技術與溫室氣體減量相關技術推動工作專案工作計畫，2012。
21. 行政院環境保護署，建立非二氧化碳溫室氣體管理制度與減量技術專案計畫，2011。
- 22.行政院環境保護署，推動產業非二氧化碳溫室氣體排放減量，2009。
- 23.行政院環境保護署，推動含氟溫室氣體產業排放減量，2008。
- 24.行政院環境保護署，破壞臭氧層物質與含氟溫室氣體管理策略規劃專案，2006。