



## 第四章 工業製程及產品使用部門 (CRF Sector 2)

### 4.1 部門概述

有關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 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(Carbon dioxide, CO<sub>2</sub>)、甲烷(Mathen, CH<sub>4</sub>)、氧化亞氮(Nitrous oxide, N<sub>2</sub>O)、氫氟碳化物(Hydrofluorocarbons, HFCs)、全氟碳化物(Perfluorocarbons, PFCs)、六氟化硫(Sulfur Hexafluoride, SF<sub>6</sub>)、三氟化氮(Nitrogen Trifluoride, NF<sub>3</sub>)等七項溫室氣體種類。

臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門排放量約 21,708 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 75.5%，其次為氧化亞氮占 7.9%、六氟化硫占 5.0%、全氟碳化物占 4.8%、氫氟碳化物占

4.6%，如圖 4.1.1 所示；若以排放源類別區分，主要排放源為金屬工業占 34.6%、礦業(非金屬製程)占 32.1%，如圖 4.1.2 所示。

臺灣 1990 至 2016 年工業製程部門排放量如表 4.1.2 及圖 4.1.3 所示，其中 2016 年溫室氣體排放量 21,708 千公噸二氧化碳當量，相較 2015 年的 22,252 千公噸二氧化碳當量，減少 544 千公噸二氧化碳當量，約下降 2.4%。

### 4.2 礦業(非金屬製程) (2.A)

2.A「礦業(非金屬製程)」為工業製程及產品使用部門中歷年來排放量最高分類，惟 2016 年首度少於金屬工業分類，近十年占比介於 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。2016 年礦業(非金屬製程)排放量約 7,108 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 32.1%，1990 至 2016 年排放量如表 4.2.1 及圖 4.2.1 所示。

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類

排放源分類		二氧化碳	甲烷	氧化亞氮	氫氟碳化物	全氟碳化物	六氟化硫	三氟化氮	
2.A 礦業 (非金屬製程)	2.A.1 水泥生產	○							
	2.A.2 石灰 (氧化鈣)生產	生石灰生產	○						
		白雲石灰生產	NO						
	2.A.3 玻璃生產	○							
	2.A.4 其他使用 碳酸鹽製程	製陶	NA						
		其他蘇打粉(純鹼)使用	○						
		非冶鐵之氧化鎂生產	石灰石	○					
	白雲石		○						
	2.A.5 其他	○							
	玻璃纖維製品生產	○							
2B 化學工業	2.B.1 氨生產	NO							
	2.B.2 硝酸生產			○					
	2.B.3 己二酸生產			NO					
	2.B.4 己內醯胺、乙二酸、乙醛酸生產			NO, ○					
	2.B.5 電石生產	NO, ○	NO						
	2.B.6 二氧化鈦生產	NO, ○							
	2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	NO, ○							
	2.B.8 石化及碳 黑生產	甲醇	NO, ○						
		乙烯		○					
		氯乙烯	○	○					
		環氧乙烷	○	○					
		丙烯腈	○	○					
碳煙		○	○						
其他									
2.B.9 含氟化物生產				IE, NO, ○					
2.B.10 其他		○							

表 4.1.1 工業製程及產品使用部門次分類

排放源分類		二氧化碳	甲烷	氧化亞氮	氫氟碳化物	全氟碳化物	六氟化硫	三氟化氮	
2.C 金屬製程	2.C.1 鋼鐵生產	高爐鋼胚	○	○	○				
		電弧爐鋼胚	○						
	2.C.2. 鐵合金生產	○	○						
	2.C.3. 原鋁生產	NO							
	2.C.4. 鎂生產						NE, ○		
	2.C.5. 鉛生產	NE, ○							
2.D 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.C.1 鋼鐵生產	高爐鋼胚			NE, ○				
		電弧爐鋼胚			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 <sub>6</sub> 及 PFCs					IE, ○	IE, ○		
	2.G.3 使用 N <sub>2</sub> O 之產品	NE				NE	NE		
	2.G.4 其他					NE	NE		
2.H 其他	紙漿及造紙工業								
	食品及飲料工業	啤酒	○						
		肉、魚及家禽							
		砂糖							
		植物油及動物油							
	動物飼料								

- 說明：
- 本表僅針對聯合國氣候變化政府間專家委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2006 年出版 IPCC 2006 國家溫室氣體清冊指南 (IPCC 2006 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, SO<sub>2</sub>) 等無法轉換或未受規範之溫室氣體, 無法納入溫室氣體排放統計結果, 故暫不進行呈現及說明。
  - 表格內容標示說明：
    - 灰底：指南未建議納入統計該氣體；
    - ○：已納入統計該氣體；
    - NO：我國該分類項目無生產或使用, 如停產；
    - IE：該分類項目排放量已作估計, 但列在清冊中其他分類項目；
    - NE：未調查估計該分類項目。
  - 部分項目標註兩項, 表示 1990 至 2013 年期間分類統計項目狀態改變, 如因純鹼生產所產生之二氧化碳, 於 2000 年停產後便無排放量, 故標註為“○,NO”。

#### 4.2.1 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，再將生料送入旋窯煨燒及燒結生成熟料，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煨燒過程。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

##### A.1990 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 至 1993 年國內生產水泥類型多為波特蘭 I 型，水泥中熟料含量約佔 95%，計算公式如下：

$$= \left[ \sum_I (\text{生產 I 型水泥重量} \times \text{I 型水泥的熟料比例}) - \text{熟料進口量} + \text{熟料出口量} \right] \times \text{I 型水泥中熟料的排放係數}$$

##### B.1994 至 2016 年

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

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

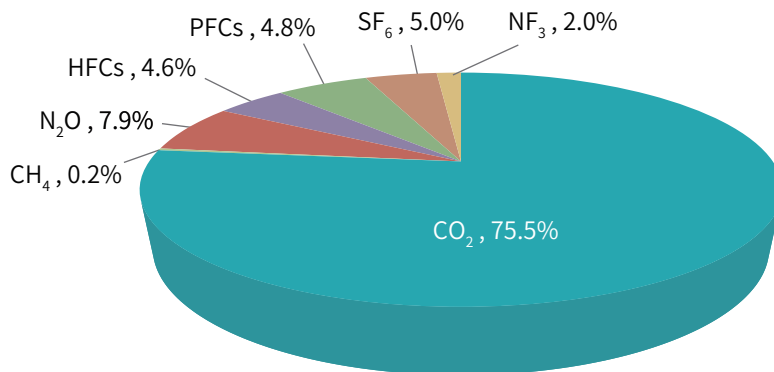


圖 4.1.1 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體種類排放占比

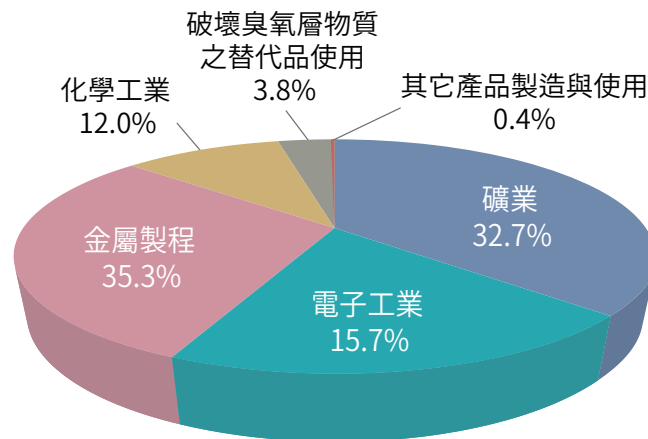


圖 4.1.2 臺灣 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放占比

表 4.1.2 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

部門 年份	礦業 (非金屬製程)	化學工業	金屬製程	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	734	3,275	0.00006	NE	NE	IE	2
1991	10,698	896	3,737	0.00006	NE	NE	IE	2
1992	11,854	895	3,475	0.00006	NE	NE	IE	2
1993	13,879	1,672	3,889	0.00007	NE	NE	IE	2
1994	13,259	1,942	3,775	0.00009	NE	NE	IE	2
1995	12,766	2,005	3,885	0.00008	NE	NE	IE	2
1996	12,645	2,650	4,014	0.00008	NE	NE	IE	2
1997	13,394	2,882	5,046	0.00008	NE	NE	IE	2
1998	11,564	3,478	5,818	0.00009	NE	NE	IE	2
1999	10,746	3,008	5,333	0.00009	129	NE	IE	2
2000	10,486	4,100	5,734	0.00008	143	NE	IE	2
2001	9,974	4,531	4,960	0.00007	3,971	NE	IE	2
2002	10,648	4,232	5,123	0.00008	5,544	NE	1,943	2
2003	10,270	4,174	6,426	0.00009	6,212	401	1,943	2
2004	10,691	4,057	6,519	0.00011	6,841	682	2,053	2
2005	11,257	2,541	6,129	0.00010	5,986	996	1,503	2
2006	11,014	2,527	8,412	0.00007	6,423	896	770	2
2007	10,369	2,685	8,272	0.00007	6,024	922	953	2
2008	9,289	2,273	7,888	0.00007	3,987	928	895	2
2009	8,467	2,550	6,632	0.00006	3,463	812	703	2
2010	8,616	2,798	8,187	0.00005	3,929	770	295	2
2011	9,577	2,858	7,754	0.00004	3,787	881	282	2
2012	9,333	2,553	8,410	0.00004	3,169	783	186	2
2013	9,866	2,389	7,949	0.00005	4,115	812	142	2
2014	8,728	2,369	7,069	0.00006	4,011	828	115	2
2015	8,345	2,335	7,045	0.00010	3,578	851	97	2
2016	7,108	2,613	7,670	0.00008	3,401	835	79	2

備註：NE，代表未調查估計該分類項目；如考量該項目使用量小，故未進行調查；NO，代表我國無生產或使用，如停產；IE，代表該分類項目排放量已作估計，但列在清冊中其他分類項目。

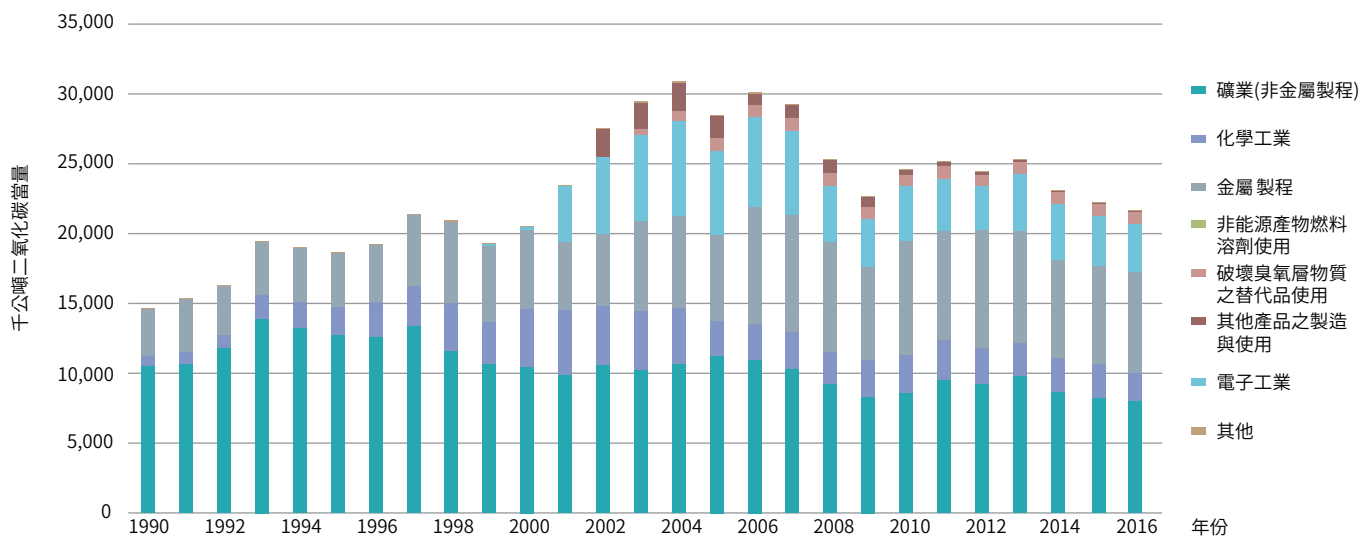


圖 4.1.3 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門排放量趨勢

## (2) 排放係數

經由水泥專家諮詢會決議<sup>1</sup>，2006 IPCC 指南建議之排放係數 (0.52029 噸二氧化碳 / 噸熟料生產) 符合臺灣水泥生產情況，因此以其作為我國水泥熟料之排放係數。

## (3) 活動數據

1990 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。

表 4.2.1 臺灣 1990 至 2016 年工業製程及產品使用部門溫室氣體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
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
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	286	317	362	350	346	337	413	422	430
2.A.3 玻璃生產	9	9	11	11	13	13	12	12	12
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,192	833	1,141	1,832	1,759	1,471	1,592	2,292	1,122
2.A.5 其他	4	4	7	9	12	15	17	23	26
總計	10,584	10,698	11,854	13,879	13,259	12,766	12,645	13,394	11,564
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.A.1 水泥生產	9,262	8,824	9,086	9,774	9,313	9,546	9,977	9,812	9,484
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	359	364	323	356	367	348	314	300	267
2.A.3 玻璃生產	11	12	10	11	11	12	13	13	17
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	1,086	1,252	513	465	533	737	906	839	550
2.A.5 其他	27	34	42	43	46	48	47	49	51
總計	10,746	10,486	9,974	10,648	10,270	10,691	11,257	11,014	10,369
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.A.1 水泥生產	8,504	7,865	8,105	8,512	7,996	8,030	7,088	6,313	5,395
2.A.2 石灰(氧化鈣)生產	166	184	227	225	202	286	184	149	153
2.A.3 玻璃生產	15	10	13	13	11	11	10	10	10
2.A.4 其他使用碳酸鹽製程	557	372	228	777	1,074	1,493	1,399	1,823	1,500
2.A.5 其他	47	37	43	50	50	47	47	49	50
總計	9,289	8,467	8,616	9,577	9,333	9,866	8,728	8,345	7,108

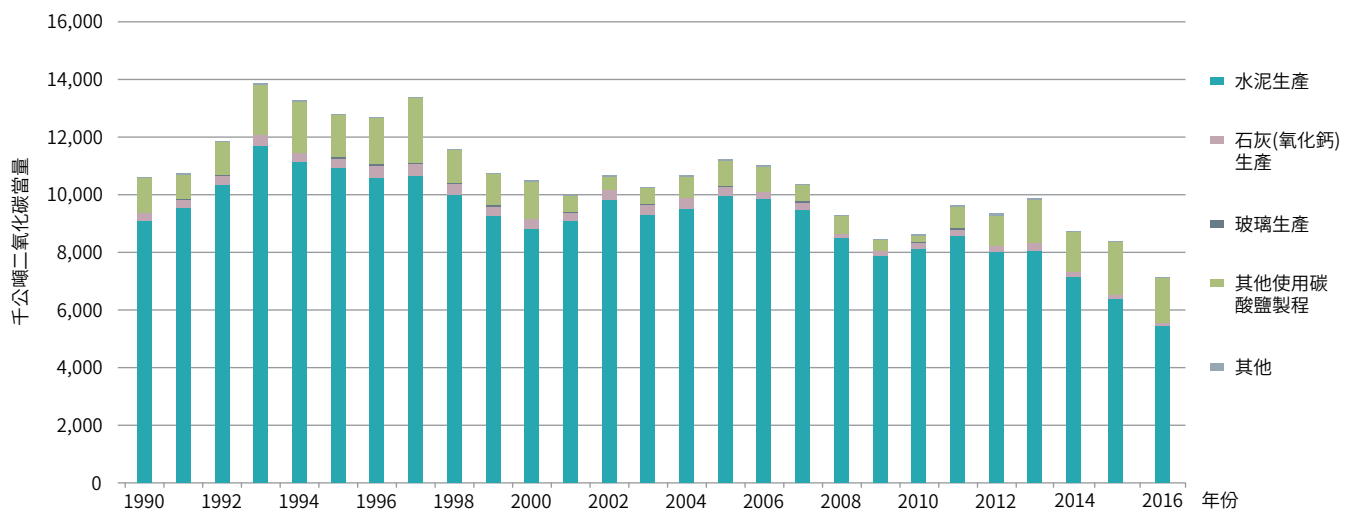


圖 4.2.1 臺灣 1990 至 2016 年礦業（非金屬製程）排放量趨勢

<sup>1</sup> 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 CO<sub>2</sub> 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 (2014.11.13) 會議記錄。註：1990-1993 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；1994-2016 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。

#### (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

水泥熟料產量為水泥公會提供，數據包含國內全部生產熟料之水泥廠商，計算結果可完整代表我國水泥生產製程之排放量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

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

A.1990 至 1993 年：因活動數據僅能得到「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<sup>2</sup> 確認並參考 2006 IPCC 指南不確定性為 35%；熟料的貿易數據不確定性為 10%，排放係數與 1994 至 2016 年相同，不確定性為 8.5%，合併不確定性約 43%。

B.1994 至 2016 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 2006 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 (CaCO<sub>3</sub>)，排放係數之不確定性為 3.6%，合併不確定性為 4.2%。

表 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 年水泥熟料產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.3 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

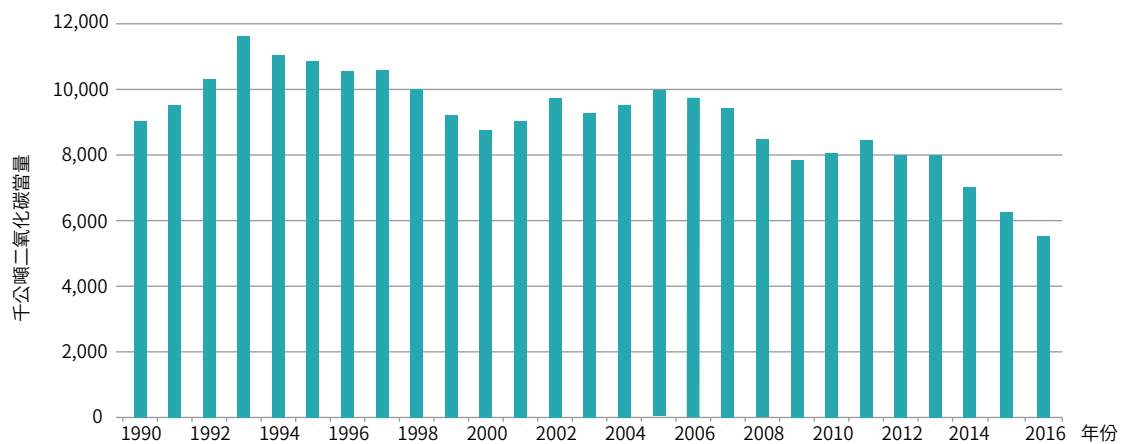


圖 4.2.2 臺灣 1990 至 2016 年水泥生產製程排放量趨勢

<sup>2</sup> 1990-1993 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(2014 年 11 月 13 日)



## (2) 時間序列的一致性

1990 至 1993 年期間，因部分工廠已歇業無法調查取得熟料數據，依據方法一採水泥產品計算二氧化碳排放量，1994 至 2016 年改使用方法二，時間序列未一致，但資料來源及排放係數皆一致，並經時間序列檢核，方法一和方法二兩者趨勢一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

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

## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程部門溫室氣體排放量統計專家諮詢會」檢視，無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

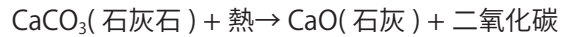
### 4.2.2 石灰 (氧化鈣) 生產 (2.A.2)

#### 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<sup>3</sup>，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 (CaCO<sub>3</sub>) 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：

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

##### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>4</sup> 建置之排放係數 (0.706 噸二氧化碳 / 噸生石灰生產)，該排放係數係根據國內生石灰產量、製程實況及原料石灰石純度 90% 等實際情況推估求得。

##### (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。

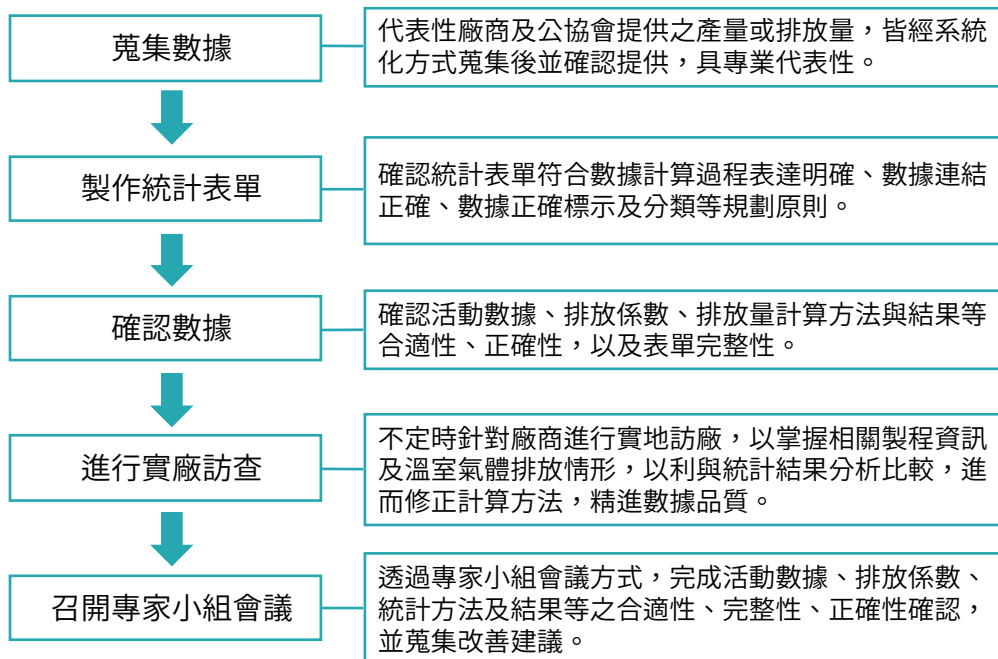


圖 4.2.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-民間來源)

<sup>3</sup> 於 2017 年 7 月藉由專家外審機制再次請教、確認。

<sup>4</sup> 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) 排放量

生石灰生產製程的二氧化碳排放量與產量有關，自 1998 年達 430 千公噸二氧化碳當量高點後，整體有下降趨勢，2016 年排放量為 153 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 至 2016 年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

活動數據屬於官方數據，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.2.5 所示。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年生石灰產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.5 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

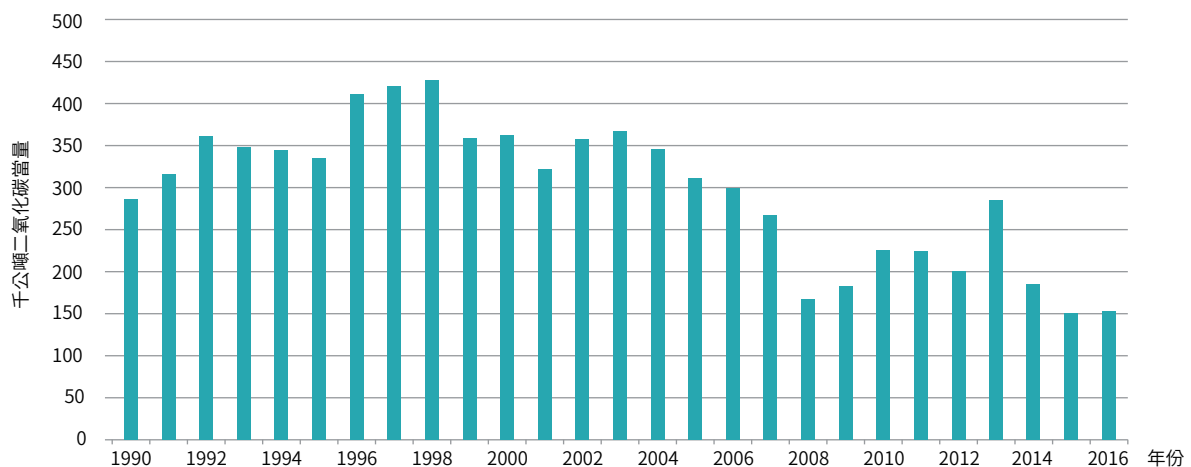


圖 4.2.4 臺灣 1990 至 2016 年石灰生產二氧化碳排放量趨勢

### 4.2.3 玻璃生產 (2.A.3)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查玻璃生產過程中所產生之二氧化碳。二氧化碳主要來自玻璃原料石灰石 (CaCO<sub>3</sub>)、白雲石 (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)、與純鹼 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 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 (噸) × 玻璃排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)

##### (2) 排放係數

採 2006 IPCC 指南建議之排放係數 (0.2 噸二氧化碳 / 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 0.2X(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)，並於 2009 年金融風暴後排放量再度降至最低，近三年排放量維持約 10 千公噸二氧化碳當量，如表 4.2.7 及圖 4.2.6 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 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

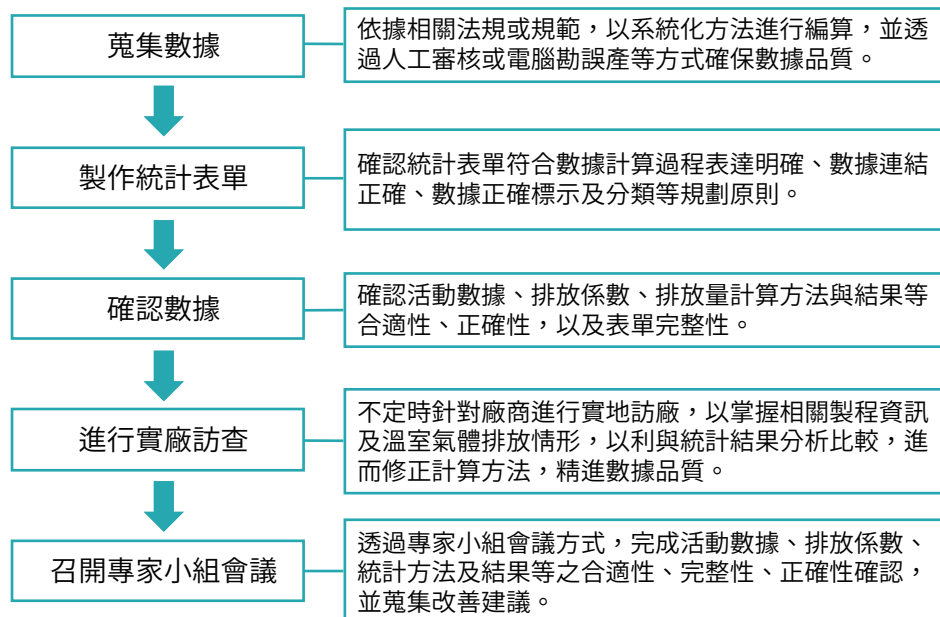


圖 4.2.5 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-官方數據)

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程部門溫室氣體排放量統計專家諮詢組會議」檢視，無重新計算之建議，故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.2.4 其他使用碳酸鹽製程 (2.A.4)

##### 4.2.4.1 製陶 (2.A.4.a)

二氧化碳產生於製陶材料的碳酸鹽煅燒，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。計算公式如下，其中，使用量計算方法詳見活動數據敘述。

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

表 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 年平板玻璃產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.7 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

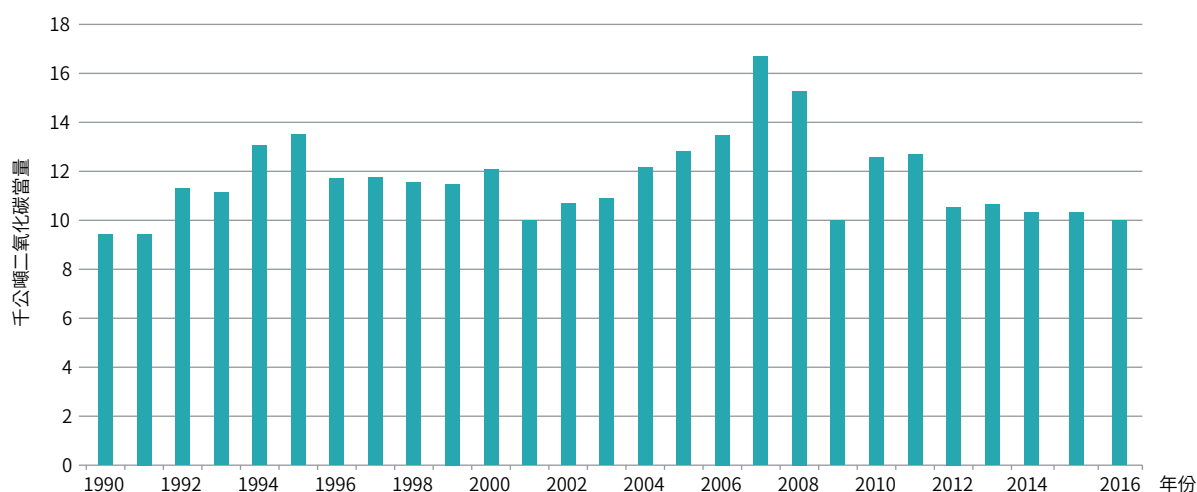


圖 4.2.6 臺灣 1990 至 2016 年玻璃生產排放量趨勢

## (2) 排放係數

引用行政院環境保護署計畫(2000<sup>5</sup>以質量平衡推估之排放係數(0.415 噸二氧化碳 / 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至1993年約維持100千公噸二氧化碳當量，1994至2000年上升(約維持120千公噸二氧化碳當量)，2000年因純鹼停產，排放量逐漸下降，2003年因進口量減少，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4.2.7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，活動數據不確定性為7.1%，排放係數不確定性為15%，合併不確定性為17%。

### (2) 時間序列的一致性

1990至2016年期間的排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

表 4.2.8 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

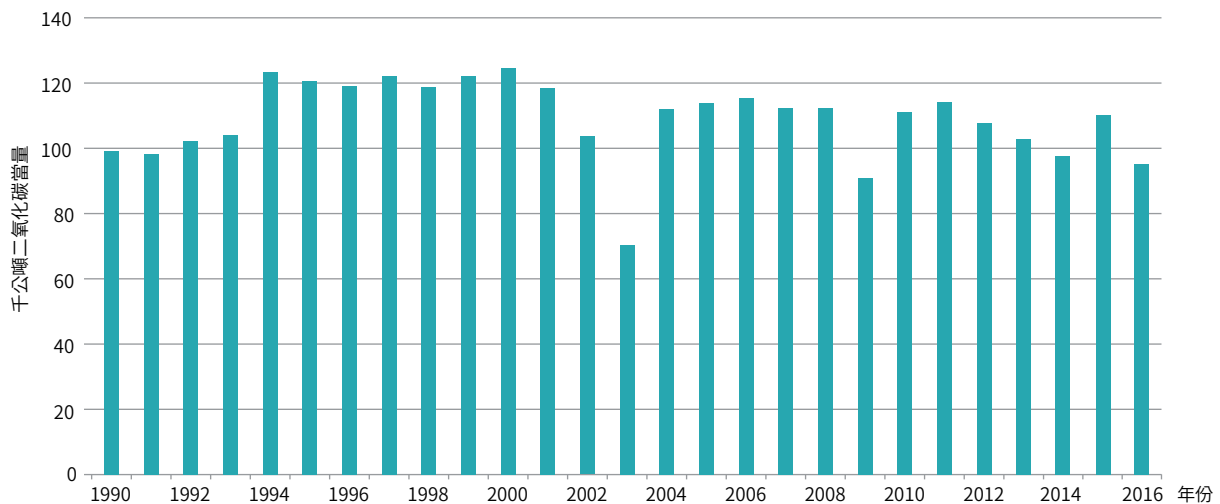


圖 4.2.7 臺灣純鹼使用 1990 至 2016 年排放量趨勢

<sup>5</sup> 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

同 4.2.2-4。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

##### 4.2.4.3 非冶鐵之氧化鎂生產 (2.A.4.c)

依據經濟部工業局（民生化工組）提供資料，國內已無生產氧化鎂。

##### 4.2.4.4 其他 (2.A.4.d)

###### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項統計使用石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) 與白雲石 ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) 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。計算公式分別如下，其中，使用量計算說明詳見活動數據。

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

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

###### (2) 排放係數

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

###### (3) 活動數據

石灰石與白雲石從 1990 至 2016 年的使用量如表

4.2.10 所示；其中，2003 及 2004 年白雲石因鋼鐵公司使用量大於產銷量及進口量，計算結果為負值，故該年度使用量修正為 0 千公噸。

###### A.1990 至 2000 年

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

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

###### B.2001 至 2016 年

2001 至 2016 年石灰石與白雲石使用量計算方法相同，皆以銷售量加上進口量扣除出口量及鋼鐵製程使用量，以避免重複計算；其中，銷售量引用經濟部統計處工業生產統計年報，進出口量來自國貿局進出口統計，鋼鐵製程使用量則引用鋼鐵公司排放清冊。

#### (4) 排放量

石灰石與白雲石使用之 1990 至 2016 年二氧化碳排放量如表 4.2.11 及圖 4.2.8 所示。

###### A.1990 至 2000 年

由於活動數據來源差異，造成石灰石使用 1990 至 2000 年排放量整體高於 2001 至 2016 年，而 1990 至 2000 年排放趨勢無一致性，僅 1993 至 1996 年間約介於 1,500 千公噸二氧化碳當量。

1990 至 2000 年白雲石使用因未扣除鋼鐵製程使用量，整體二氧化碳排放量略高於 2001 至 2016 年，1990 至 1993 年間排放量約介於 110 千公噸二氧化碳當量，並於 1994 年後下降，1997 年後排放量上升維持約 70 至 100 千公噸二氧化碳當量。

###### B.2001 至 2016 年

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

<sup>6</sup> 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。

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 至 2000 年二氧化碳排放量整體高於 2001 至 2016 年，對調查結果已造成影響。

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

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

因指南未提供，暫無法納入計算，故參考日本工業製程與產品部門本項之不確定性，石灰石使用之活動數據不確定性為 9.2%，排放係數不確定性為 16.5%，合併不確定性為 19%；白雲石使用之活動數據不確定性為 9.2%，排放係數不確定性為 3.4%，合併不確定性為 10%。

### (2) 時間序列的一致性

因無法依 2001 至 2016 年方法取得 1990 至 2000 年活動數據，兩段時間區間活動數據來源不同，故時間序列無一致性。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

表 4.2.10 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.11 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石灰石	1,079	622	929	1,614	1,533	1,280	1,439	2,086	931	866	1,079	343	327	533
白雲石	112	114	109	115	103	70	35	85	73	98	47	52	34	NO
總計	1,192	735	1,038	1,728	1,636	1,350	1,474	2,170	1,004	964	1,127	394	361	533
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
石灰石	619	759	710	407	387	278	46	483	656	990	1,116	1,586	1,355	
白雲石	NO	34	14	31	58	3	71	181	310	400	185	127	49	
總計	619	793	724	438	445	281	117	663	966	1,390	1,301	1,712	1,404	

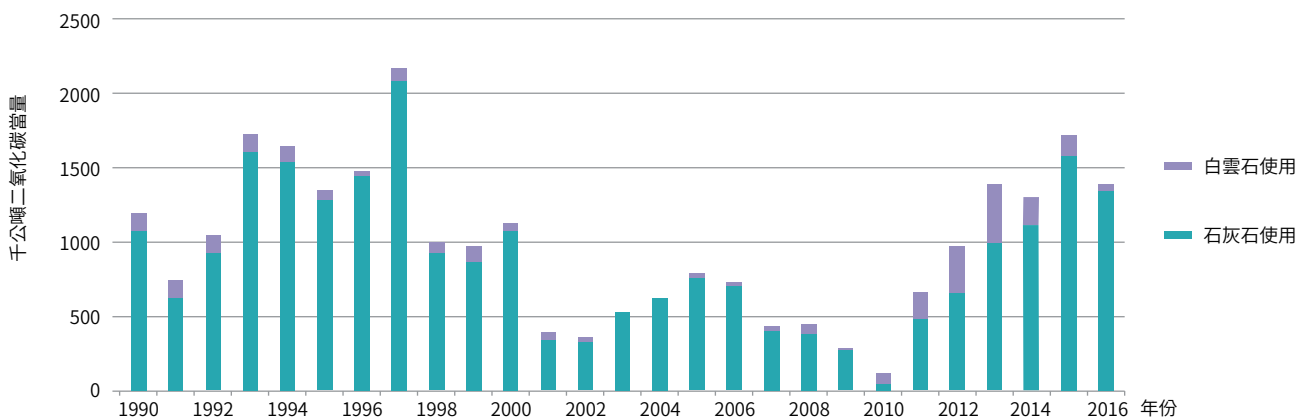


圖 4.2.8 臺灣 1990 至 2016 年石灰石與白雲石使用排放量趨勢



## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.2.5 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<sub>3</sub>)、白雲石 (CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)、與純鹼 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 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：

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{玻璃纖維製品生產量 (噸)} \times \text{玻璃纖維製品生產排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)}$$

##### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>7</sup> 建置之二氧化碳排放係數，為 0.19(噸二氧化碳 / 噸玻璃纖維製品生產)。

##### (3) 活動數據

由經濟部統計處工業生產統計年報提供玻璃纖維製品生產量，玻璃纖維製品 1990 至 2016 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 50 千公噸二氧化碳當量，玻璃纖維製品生產之 1990 至 2016 年排放量如表 4.2.13 及圖 4.2.9 所示。

表 4.2.12 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產量

(單位：千公噸)

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

表 4.2.13 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

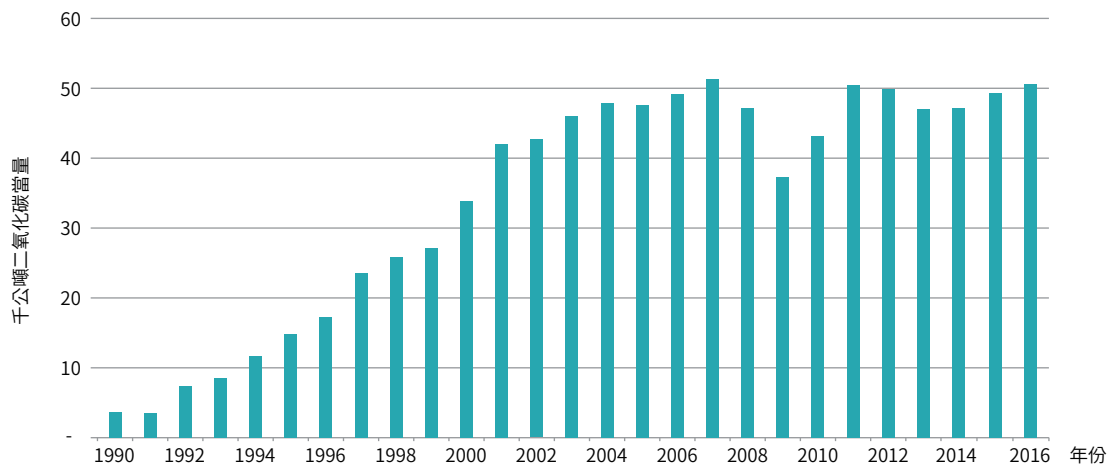


圖 4.2.9 臺灣 1990 至 2016 年玻璃纖維製品生產二氧化碳排放量趨勢

<sup>7</sup> 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) 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

同 4.2.3.1-3(1)。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

## 4.3 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 10%，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%。2016 年「化學工業」排放量約 2,613 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 10.5%，1990 至 2016 年排放量如表 4.3.1 及圖 4.3.1 所示。

### 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」，經詢問台灣區酸鹼工業

同業公會(以下簡稱酸鹼公會)，國內無廠商製造生產液氨，故本項目無溫室氣體排放。

### 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：

氧化亞氮排放量 = 硝酸產量(噸) × 硝酸排放係數(噸氧化亞氮 / 噸產量)

##### (2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫(2000)<sup>8</sup>，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 5.31 公斤氧化亞氮 / 噸硝酸生產。

##### (3) 活動數據

台灣區酸鹼工業同業公會僅可提供 2001 至 2016 年的硝酸產量，故 1990 至 2000 年活動數據改引用經濟部統計處工業生產統計年報，經比對後確認前述二者之產量數據一致，硝酸從 1990 至 2016 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。

<sup>8</sup> 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。

表 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.B.1 氨生產	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
2.B.3 己二酸生產	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
2.B.5 電石生產	43	42	43	43	43	42	42	42	40
2.B.6 二氧化鈦生產	NO	NO	NO	NO	36	80	103	126	113
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	12	12	10	8	8	7.95	8	6	4
2.B.8 石化及碳黑生產	523	500	525	571	688	735	855	860	857
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	755	855	801	1,305	1,477	2,083
2.B.10 其他	2	2	2	2	2	2	2	2	2
總計	734	734	734	1,672	1,942	2,005	2,650	2,882	3,478
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	148	104	165	187	187	191	210	188	216
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	164	521	548	556	644	643	750	781	780
2.B.5 電石生產	34	23	0	18	12	0	0	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	128	139	139	146	165	170	177	191	206
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	4	4	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	921	989	1,106	1,162	1,222	1,338	1,397	1,361	1,473
2.B.9 含氟化物生產	1,609	2,319	2,567	2,157	1,937	1,710	NO	NO	NO
2.B.10 其他	4	5	6	6	6	6	6	6	9
總計	3,008	4,100	4,531	4,232	4,174	4,057	2,541	2,527	2,685
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.B.1 氨生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.2 硝酸生產	196	190	206	203	194	154	207	210	224
2.B.3 己二酸生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產	587	816	964	992	822	626	521	481	737
2.B.5 電石生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.6 二氧化鈦生產	200	211	233	216	134	181	206	206	189
2.B.7 碳酸鈉(純鹼)(蘇打)生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.8 石化及碳黑生產	1,281	1,323	1,386	1,440	1,394	1,418	1,425	1,427	1,452
2.B.9 含氟化物生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.B.10 其他	8	9	10	8	9	10	10	10	10
總計	2,273	2,550	2,798	2,858	2,553	2,389	2,369	2,335	2,613

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

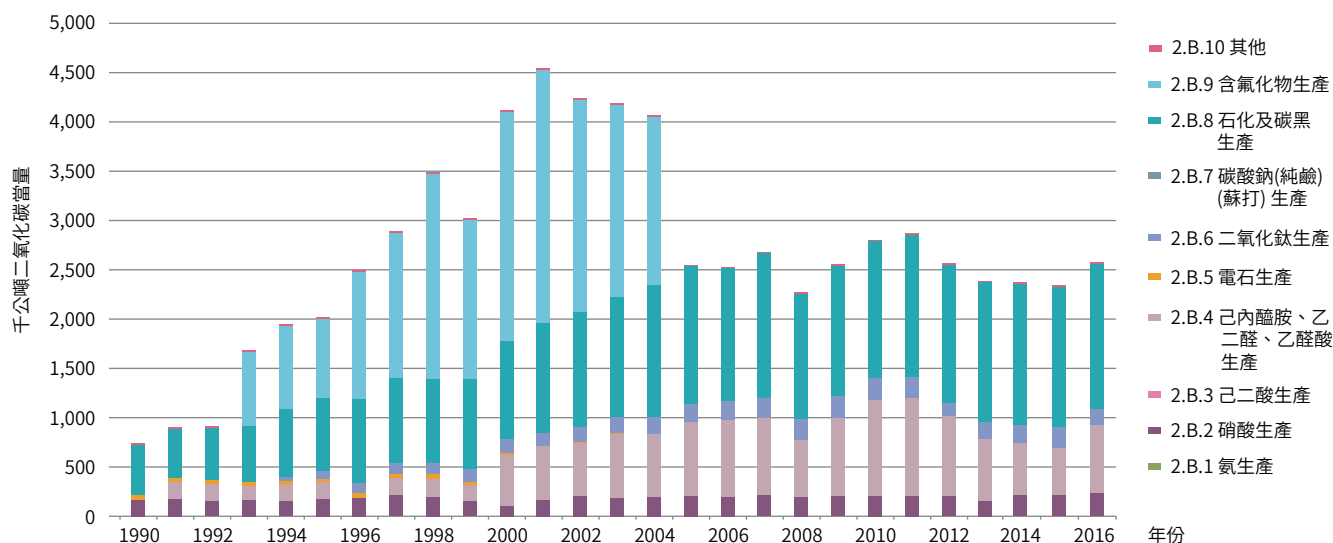


圖 4.3.1 臺灣 1990 至 2016 年化學工業排放量趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南，硝酸生產活動數據不確定性為 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 至 2000 及 2001 至 2016 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 至 2000 年採用官方數據，2001 至 2016 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 4.3.3 所示。

### 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>9</sup>檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.3.3 己二酸生產 (2.B.3)

本項目為統計己二酸生產製程氧化亞氮排放量，經詢問酸鹼公會，國內無生產己二酸，故本項目無氧化亞氮排放。

#### 4.3.4 己內醯胺、乙二醛、乙醛酸生產 (2.B.4)

經詢問台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

表 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.3 臺灣硝酸生產 1990 至 2016 年排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

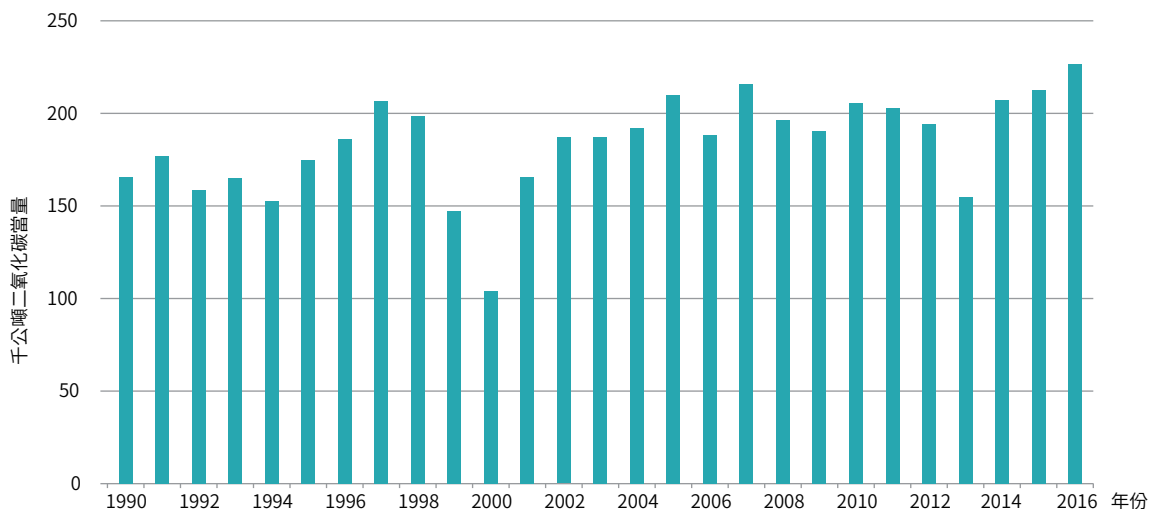


圖 4.3.2 臺灣 1990 至 2016 年硝酸生產排放量趨勢

<sup>9</sup>「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。

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 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 至 2007 年排放量採 2006 IPCC 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算。

2008 至 2016 年因國內廠商提供清冊，則參照方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無計算公式。

### (2) 排放係數

1990 至 2007 年排放量採本土排放係數 (0.0102 噸氧化亞氮 / 噸產量) 計算。2008 至 2016 年參照 2006 IPCC 指南建議方法 3，直接量測氧化亞氮排放，故無排放係數。

### (3) 活動數據

1990 至 2007 年活動數據為國內廠商提供己內醯胺生產量。2008 至 2016 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 2016 年 737 千公噸二氧化碳當量，己內醯胺生產之 1990 至 2016 年排放量如表 4.3.4 及圖 4.3.4 所示。

## (5) 完整性

本項目活動數據皆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 至 2007 年與 2008 至 2016 年統計方法不同，但兩段時間區間活動數據來源相同，故時間序列呈一致性。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>10</sup>檢視無重新計算之建議，故無修正。

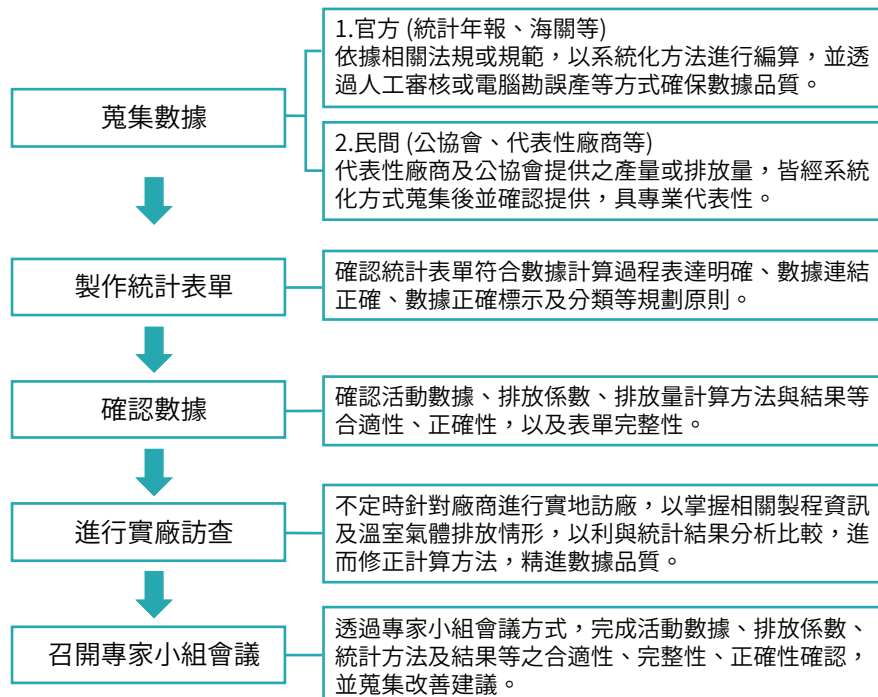


圖 4.3.3 工業製程及產品使用部門溫室氣體排放統計 QA/QC 流程 (活動數據-官方數據、民間來源)

<sup>10</sup> 「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。

### 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 (CaC<sub>2</sub>)，原料為矽砂、石英及石油焦，其生產過程中會產生二氧化碳、甲烷、一氧化碳、二氧化硫等氣體排放，本項僅統計二氧化碳及甲烷。碳化矽為重要人造研磨劑，碳化鈣則用於乙炔生產、氨脲製造及電弧爐煉鋼中之還原劑。由於國內碳化矽已停產，原生產碳化鈣之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 (噸) × 碳化鈣排放係數 (噸二氧化碳 / 噸生產量)

##### (2) 排放係數

依據行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>11</sup>，碳化鈣排放係數為 1.09 噸二氧化碳 / 噸碳化鈣生產。

#### (3) 活動數據

國內碳化矽已停產，原生產碳化鈣之台塑也於 2001 年停產，生產量仍由台塑提供，如表 4.3.5。

#### (4) 排放量

碳化鈣使用 1990 至 1998 年排放量約維持 42 千公噸二氧化碳當量，1999 年後逐漸下降，2001 年後停產，如表 4.3.6 及圖 4.3.5 所示。

#### (5) 完整性

數據來自國內生產碳化鈣廠商，經計算之結果可代表我國碳化鈣使用排放量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

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

表 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內醯胺生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NO	175	167	136	165	170	157	167	184	164	521	548	556	644
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	643	750	781	780	587	816	964	992	822	626	521	480	737	



圖 4.3.4 臺灣 1990 至 2016 年己內醯胺生產排放量趨勢

<sup>11</sup> 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。

## (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>12</sup> 檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.3.6 二氧化鈦生產 (2.B.6)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

二氧化鈦 (TiO<sub>2</sub>) 是常見白色色素之一。主要用途是

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

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以活動數據乘排放係數計算，計算公式如下所示。

$$\text{二氧化碳排放量} = \text{二氧化鈦產量 (噸)} \times \text{二氧化鈦排放係數 (噸二氧化碳 / 噸生產量)}$$

##### (2) 排放係數

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

表 4.3.5 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣產量

(單位：千公噸)

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

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.6 臺灣 1990 至 2016 年碳化鈣使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO，代表碳化鈣於 2001 年起停產，故無排放源發生。

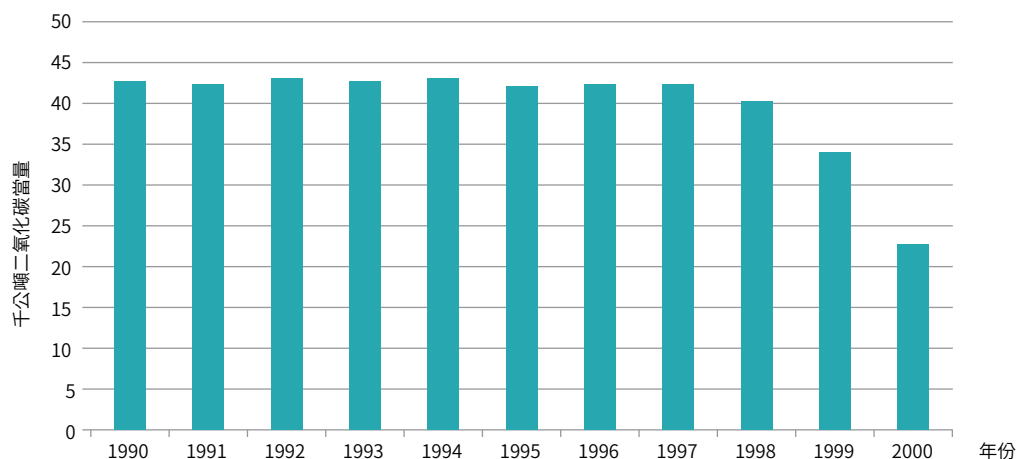


圖 4.3.5 臺灣 1990 至 2000 年碳化鈣使用排放量趨勢

<sup>12</sup> 「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。



**(3) 活動數據**

1990 至 2016 年二氧化鈦產量由國內唯一一家廠商提供，二氧化鈦 1990 至 1993 年未生產，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，2016 年產量為 141 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，2016 年排放量為 208 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量的 0.9%，如表 4.3.8 及圖 4.3.6 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**

同 4.2.3-3.(1)。

**(2) 時間序列的一致性**

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

**4. 特定排放源的 QA/QC 及查證**

同 4.2.2-4。

**5. 特定排放源的重新計算**

經專諮會<sup>13</sup>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 4.3.7 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.3.8 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

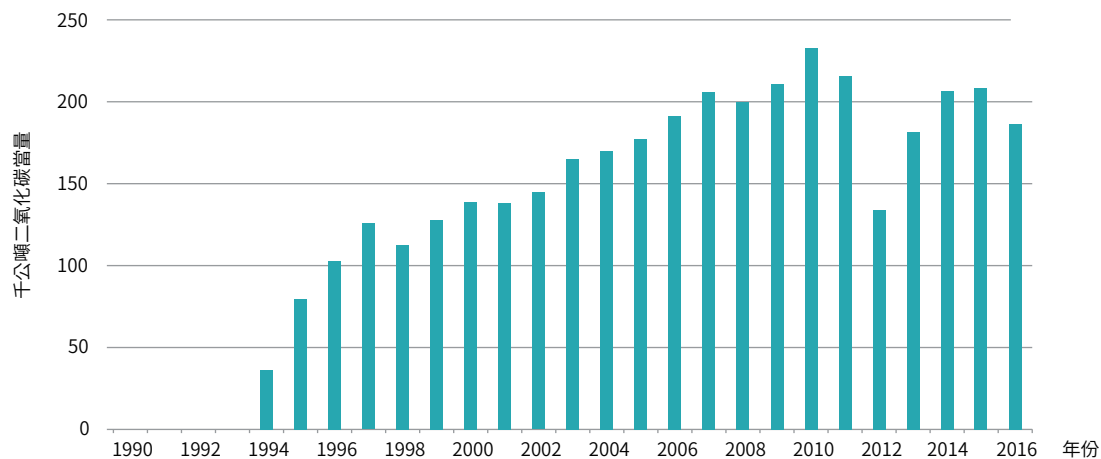


圖 4.3.6 臺灣 1990 至 2016 年二氧化鈦生產排放量趨勢

<sup>13</sup>「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。



#### 4.3.7 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：

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

##### (2) 排放係數

根據行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>14</sup>，由於二氧化碳為純鹼製程原料之一，且國內廠商另外生產碳酸氫鈉 (NaHCO<sub>3</sub>) 來吸收過量二氧化碳，排放係數理論為 0 噸二氧化碳 / 噸純鹼生產，但為避免低估純鹼生產排放量，仍引用 2006 IPCC 指南建議排放係數 0.097 噸二氧化碳 / 噸純鹼生產。

##### (3) 活動數據

純鹼產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，如表 4.3.9 所示，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

表 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產產量

(單位：千公噸)

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

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年純鹼生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NO，代表純鹼於 2001 年起停產，故無排放源發生。

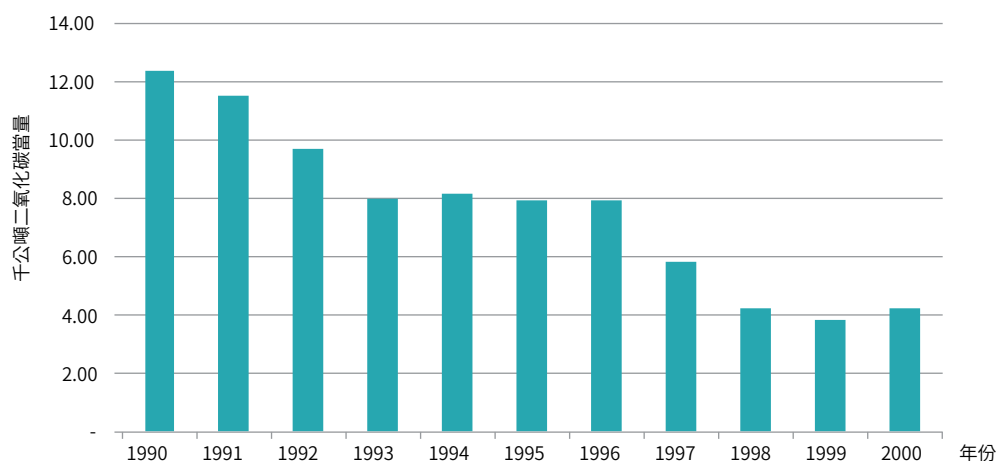


圖 4.3.7 臺灣 1990 至 2000 年純鹼生產排放量

<sup>14</sup> 「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。」

用於製程中，故二氧化碳排放量較其他項目低，其排放量自 1990 年起統計即為逐漸下降趨勢，至 2000 年後完全停產後無排放量，如表 4.3.10 及圖 4.3.7 所示。

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

### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>15</sup> 檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.3.8 石化及碳黑生產 (2.B.8)

石油化工以化石燃料或石油提煉產品做為原料，本節包含甲醇、乙烯、氯乙烯、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 2006 IPCC 指南建議方法 1，以甲醇產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

甲烷排放量 = 甲醇產量 (噸) × 甲醇排放係數 (公噸甲烷 / 噸產量)

### (2) 排放係數

參照行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>16</sup> 建議之排放係數 2.0 公斤甲烷 / 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

甲醇產量由石化公會提供，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 4.3.8 所示。

### (5) 完整性

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

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>17</sup> 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。

<sup>15</sup> 「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。

<sup>16</sup> 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。

<sup>17</sup> 「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 乙炔 (2.B.8.b)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

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

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以乙炔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 = 乙炔產量 (噸) × 乙炔排放係數 (公斤甲烷 / 噸產量)

##### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫 (2000)<sup>18</sup> 建置係數 (0.01078 公斤甲烷 / 噸乙炔生產)；此係數係以全廠排放量及乙炔產量求得全廠排放係數後，並以美國聯邦環保署發布之物種形成系統 (SPECIATE)<sup>19</sup> 資料庫查詢甲烷所占比例，區分甲烷排放量後求得。

##### (3) 活動數據

由石化公會提供乙炔產量，如表 4.3.13 所示：

##### (4) 排放量

我國乙炔產量雖大，但其排放量相較其他項目仍屬較低，其排放趨勢為階段成長：1990 至 1998 年介於 33 至 40 千公噸二氧化碳當量，1999 年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

表 4.3.11 臺灣 1990 至 2016 年甲醇產量

(單位：千公噸)

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

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.12 臺灣 1990 至 2016 年甲醇生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	1.58	0.22	NO	0.55	1.03	2.07	1.92	1.97	0.93	NO	NO	NO	NO	NO
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	NO	NO	NO	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。

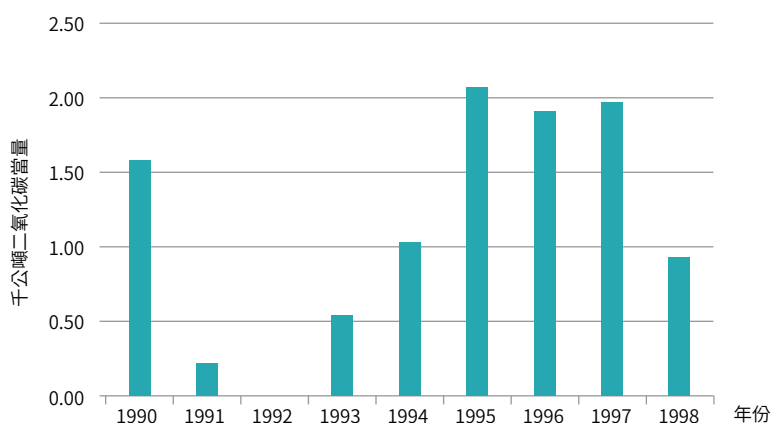


圖 4.3.8 臺灣 1990 至 1998 年甲醇生產排放量趨勢

<sup>18</sup> 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。

<sup>19</sup> Speciate 資料庫為美國環保署針對各類污染源之揮發性有機氣體 (Volatile Organic Gas) 及粒狀物 (Particulate Matter, PM) 之物種圖譜 (Profile) 資料庫，可依據不同圖譜編號 (Profile Number, PN)、個別物種代碼 (Species ID)，查詢相關之污染物成分比率。

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 0.82%，如表 4.3.14 及圖 4.3.9 所示。

### (5) 完整性

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

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

參照 IPCC 2000 良好作法指南及不確定性管理<sup>20</sup>，乙烯生產活動數據不確定性為 5%，排放係數為 77%，合併不確定性則為 77%；因乙烯生產造成之溫室氣體排放量占總部門不到 1%，故對整體不確定性影響極低。

### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>21</sup>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 臺灣 1990 至 2016 年乙烯產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.14 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

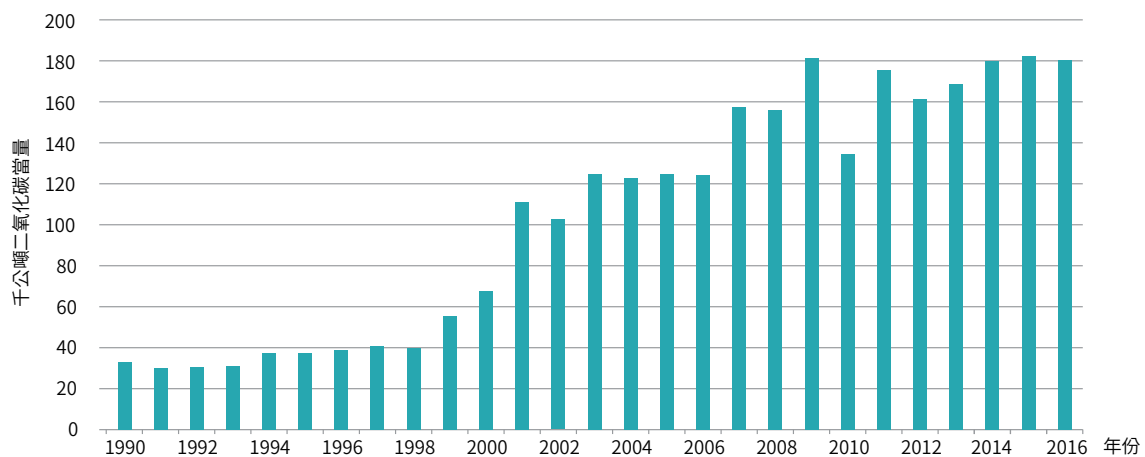


圖 4.3.9 臺灣 1990 至 2016 年乙烯生產排放量趨勢

<sup>20</sup> IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.

<sup>21</sup> 「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 (噸) × 氯乙烯排放係數 (噸二氧化碳 / 產量噸數)

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

##### (2) 排放係數

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

##### (3) 活動數據

由石化公會提供氯乙烯產量，如表 4.3.15 所示：

##### (4) 排放量

氯乙烯生產排放量與產量有關，氯乙烯由 1990 年的 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 1.56%，如表 4.3.16 及圖 4.3.10 所示。

##### (5) 完整性

氯乙烯產量由石化公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國氯乙烯生產排放量。

表 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.16 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

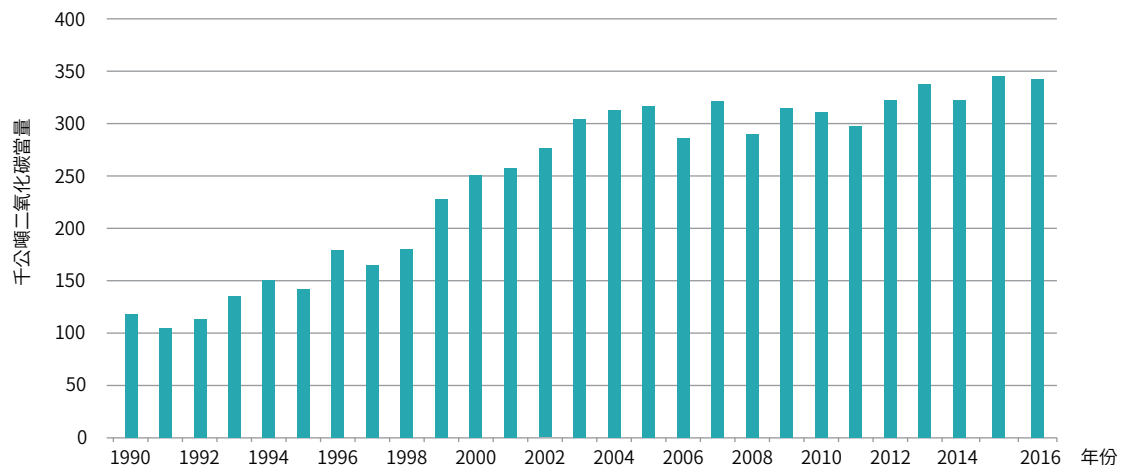


圖 4.3.10 臺灣 1990 至 2016 年氯乙烯生產排放量趨勢

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

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，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 20%、甲烷排放係數不確定性為 10%，故氯乙烯的二氧化碳排放總不確定性為 28%，甲烷排放總不確定性為 22%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 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

無改善計畫。

### 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>22</sup> 檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.3.8.4 環氧乙烷 (2. B.8.d)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查環氧乙烷 (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O) 製程所產生之二氧化碳及甲烷，製程主要為乙烯經催化與氧氣反應產生環氧乙烷，二氧化碳主要來自於製造過程的副產物。環氧乙烷主要用途為製造乙二醇、乙二醇醚、酒精及胺的原料。

##### 2. 方法論議題：

#### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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)

#### (2) 排放係數

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

### (3) 活動數據

由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

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，至 2011 年為 157 千公噸二氧化碳當量後約維持 150 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.75%，歷年排放量如表 4.3.18 及圖 4.3.11 所示。

### (5) 完整性

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廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國環氧乙烷生產排放量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

參照 2006 IPCC 指南建議，活動數據若為「產量」，建議不確定性為 10%；考量環氧乙烷生產中氧氯化及直接氧化之特性，2006 IPCC 指南建議二氧化碳排放係數不確定性為 10%、甲烷排放係數不確定性為 60%，故環氧乙烷二氧化碳排放總不確定性為 14%，甲烷排放總不確定性為 61%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

如 4.2.2(1)-3。

### 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>23</sup> 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

規劃下階段就「環氧乙烷 /EO」項目，檢視其國內排放量統計之方法學、活動數據蒐集及排放係數之妥適性，另考量一貫作業廠特性，將其後續產物「乙二醇 /EG」一併納入討論。

<sup>22</sup> 「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。

<sup>23</sup> 「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。



#### 4.3.8.5 丙烯腈 (2. B.8.e)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

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

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 1，以丙烯腈產量及排放係數計算甲烷排放量。計算公式如下：

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

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

##### (2) 排放係數

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

##### (3) 活動數據

由石化公會提供丙烯腈產量，如表 4.3.19 所示：

##### (4) 排放量

我國丙烯腈排放趨勢為階段成長；1990 至 1998 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 2016 年達 336 千公噸，約占總部門排放量 1.57%，如表 4.3.20 及圖 4.3.12 所示。

表 4.3.17 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
環氧乙烷產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28	33	31	36	33	45	60	79
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
環氧乙烷產量	206	221	219	226	211	229	243	246	231	246	234	261	304	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年起停產，故無排放源發生。

表 4.3.18 臺灣 1990 至 2016 年環氧乙烷生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
環氧乙烷排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	18	21	20	23	21	29	39	51
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
環氧乙烷排放量	132	141	140	145	135	147	155	157	148	158	150	167	175	

備註：NO，代表甲醇於 1999 年後停產，故無排放源發生。

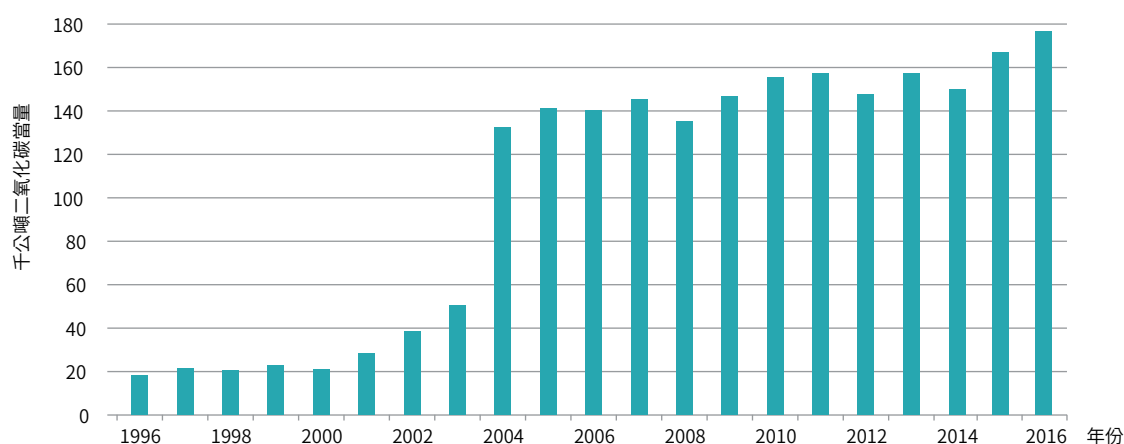


圖 4.3.11 臺灣 1996 至 2016 年環氧乙烷生產排放量趨勢



**(5) 完整性**

丙烯腈產量由石化公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國丙烯腈生產排放量。

**3. 不確定性與時間序列的一致性****(1) 不確定性**

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

**(2) 時間序列的一致性**

1990 至 2016 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**

無改善計畫。

**5. 特定排放源的重新計算**

經專諮會<sup>24</sup>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 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
丙烯腈產量	118	116	131	129	138	141	163	162	150	157	168	263	305	317
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
丙烯腈產量	341	348	376	407	324	371	413	375	399	413	418	423	470	

表 4.3.20 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

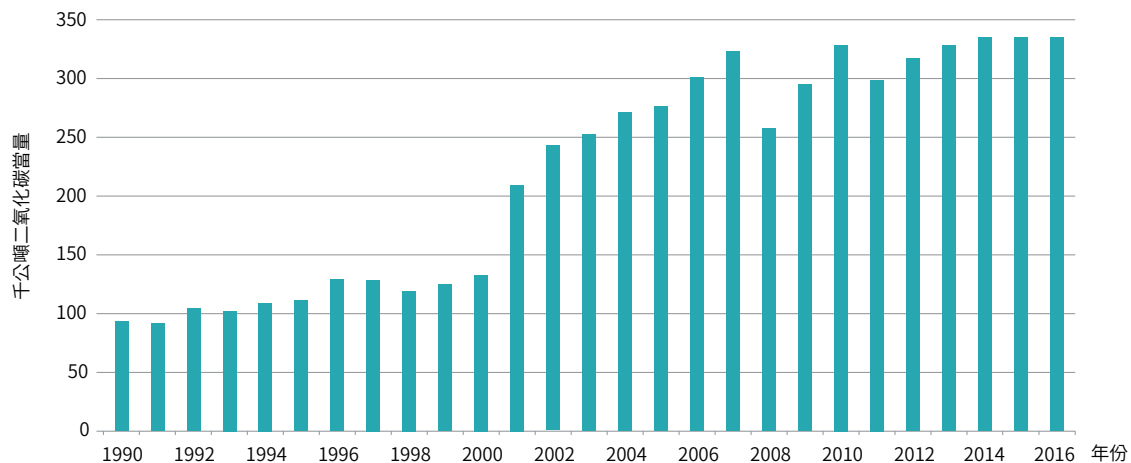


圖 4.3.12 臺灣 1990 至 2016 年丙烯腈生產排放量趨勢

<sup>24</sup>「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 (噸) × 碳黑排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

甲烷排放量 = 碳黑產量 (噸) × 碳黑排放係數 (公噸甲烷 / 噸產量)

###### (2) 排放係數

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

###### (3) 活動數據

由台灣區石油化學公會提供碳黑產量，碳黑 1990 至 2016 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 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 4.3.13 所示。

表 4.3.21 臺灣 1990 至 2016 年碳黑產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.22 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

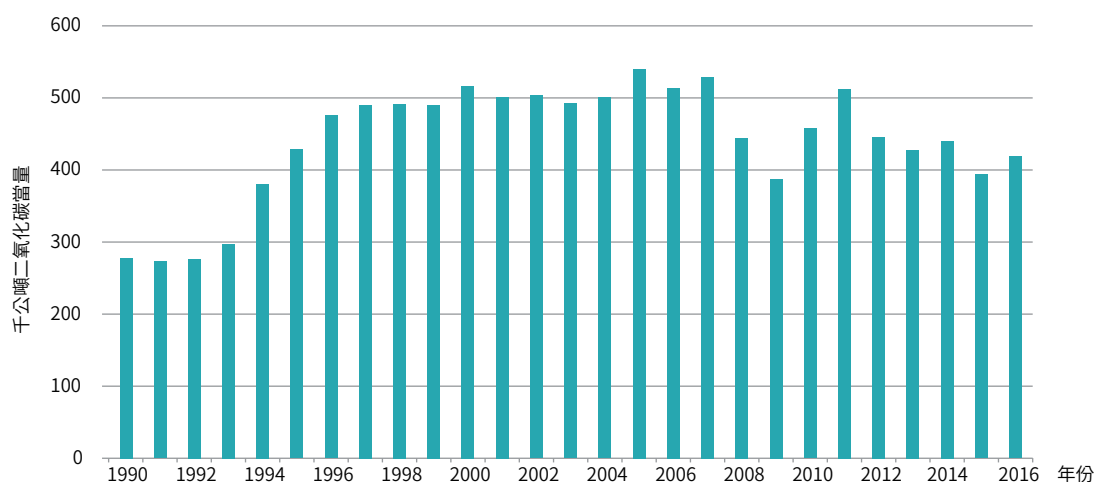


圖 4.3.13 臺灣 1990 至 2016 年碳黑生產排放量趨勢

### (5) 完整性

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

## 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 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>25</sup>檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.3.9 含氟化物生產 (2.B.9)

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

#### 4.3.9.1 副產品排放 (2.B.9.a)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查生產一氯二氟甲烷 (HCFC-22 或 CHClF<sub>2</sub>) 時 HFC-23 或 CHF 等副產品排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，排放副產品則為 HFC(HFC-23)，但已於 2004 年停產，本項僅針對 HCFC-22 副產品排放進行說明。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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：

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

###### (2) 排放係數

本項排放係數為 HCFC-22 副產品 HFC-23 之產生率，引用行政院環境保護署計畫 (2004)<sup>26</sup>，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 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 4.3.14 所示。HCFC-22 於 1993 至 2004 年生產期間，副產品 HFC-23 排放量趨勢為先升後降，自 1993 年排放 597 千公噸二氧化碳當量逐步成長至 2001 年 2,030 千公噸二氧化碳當量；2001 年起因中國大陸經濟崛起，而逐漸減產，最終於 2004 年停產，之後便不再排放。

###### (5) 完整性

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

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>27</sup>檢視無重新計算之建議，故無修正。

<sup>25</sup> 「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。

<sup>26</sup> 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。

<sup>27</sup> 「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。

### 4.3.9.2 逸散排放 (2.B.9.b)

本項主要調查含氟化物生產製程中 HFC、PFC、SF<sub>6</sub> 等逸散排放量。其中，國內僅台塑仁武廠生產 HCFC-22，調查其副產品 (HFC-23) 排放量時已將逸散排放納入統計，故本項 HFC 排放已列入「破壞臭氧層物質之替代品使用」項目之排放量統計中。

### 4.3.10 其他 (2.B.10)

以「苯乙烯生產」為其他類別之項目，以下對此項目做詳述。

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查苯乙烯製程所產生之甲烷，製程主要係以乙苯與蒸汽混合，經脫氫與精製後得苯乙烯單體，

其中，苯乙烯甲烷來源與乙烯類似，主要來自於設備元件逸散及製程尾氣，但尾氣會導回做為燃料，因此排放量較低，甲烷主要排放源仍為製程逸散。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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 (噸) × 苯乙烯排放係數 (公噸甲烷 / 噸產量)

##### (2) 排放係數

採用行政院環境保護署計畫(2000)<sup>28</sup> 建置係數 0.1975 公斤甲烷 / 噸苯乙烯生產；此係數係以全廠排放量及苯乙烯產量求得全廠排放係數，並以美國聯邦環保署發布之 SPECIATE<sup>29</sup> 資料庫查詢甲烷所占比例，區分甲烷排放量

表 4.3.23 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 產量

(單位：噸)

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

表 4.3.24 臺灣 1990 至 2016 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NO	NO	NO	597	676	634	1,032	1,168	1,647	1,272	1,833	2,030	1,705	1,531
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	1,352	NO	NO	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 至 2004 年生產。

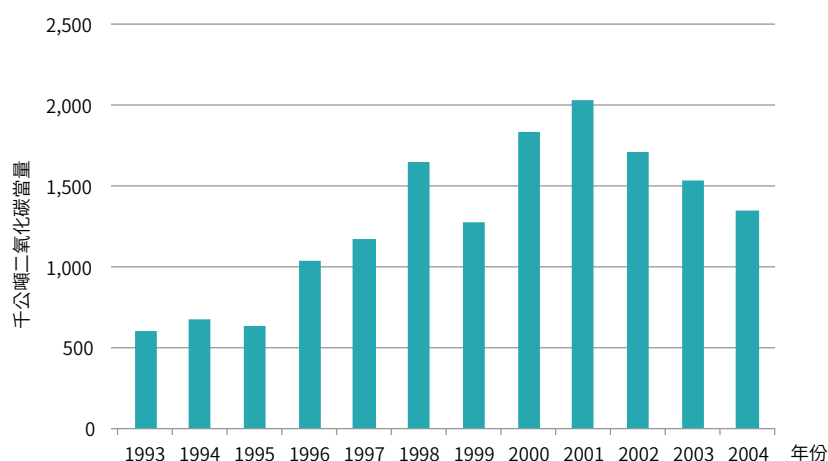


圖 4.3.14 臺灣 1993 至 2004 年 HCFC-22 副產品 (HFC-23) 排放量趨勢

後求得。

### (3) 活動數據

由石化公會提供苯乙烯產量，如表 4.3.25 所示：

### (4) 排放量

苯乙烯為乙烯下游產品之一，故兩者排放趨勢類似，皆呈現階段成長；1990 至 1998 年約維持 1.9 千公噸二氧化碳當量，1999 年六輕完工後增產，2001 至 2006 年排放量上升至 6.0 千公噸二氧化碳當量，2007 年六輕四期完工後，2007 至 2012 年排放量則維持約 9.0 千公噸二氧化碳當量左右，2016 年排放量上升至 10.5 千公噸二氧化碳當量，約占總部門排放量 0.04%，如表 4.3.26 及圖 4.3.15 所示。

### (5) 完整性

苯乙烯產量由石化公會提供，計算結果為國內主要廠商製程排放量，經計算之結果可代表我國苯乙烯生產排放量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

表 4.3.25 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯產量

(單位：千公噸)

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

表 4.3.26 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

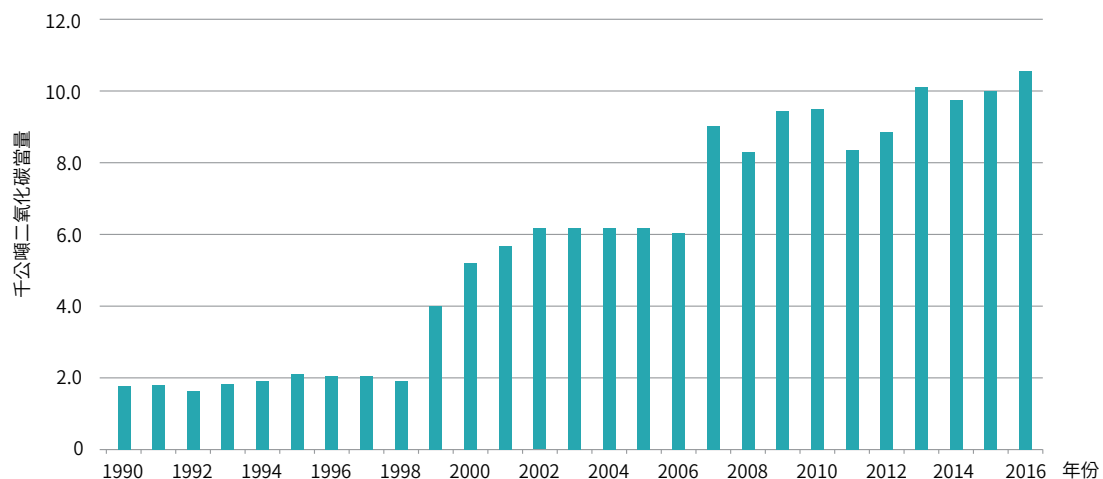


圖 4.3.15 臺灣 1990 至 2016 年苯乙烯生產排放量趨勢

## 5. 特定排放源的重新計算

經專諮會<sup>30</sup>檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.4 金屬製程 (2.C)

2.C「金屬製程」為工業製程及產品部門中僅次於「礦業(非金屬製程)」之高排放分類(約三成)，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二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、全氟碳化物及六氟化硫。2016 年總部門排放量 7,670 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 34.6%，1990 至 2016 年排放量如表 4.4.1 及圖 4.4.1 所示。

#### 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<sup>31</sup> 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<sup>32</sup>

#### A.1990 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(噸) × 高轉爐鋼胚排放係數(公噸二氧化碳當量 / 噸產量)

#### B.2001 至 2016 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。

表 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
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
2.C.2. 鐵合金生產	33	287	215	171	144	195	177	181	175
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.C.6. 鋅生產	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
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.C.1. 鐵及鋼生產	5,270	5,701	4,939	4,072	5,353	5,105	5,000	7,585	7,761
2.C.2. 鐵合金生產	63	33	21	25	30	NO	NO	NO	NO
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	NE	NE	NE	1,027	1,027	1,357	1,063	770	440
2.C.5. 鉛生產	NE	NE	NE	NE	3	8	8	9	9
2.C.6. 鋅生產	NE	NE	NE	NE	14	50	58	49	62
總計	5,333	5,734	4,960	5,123	6,426	6,519	6,129	8,412	8,272
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.C.1. 鐵及鋼生產	7,514	6,342	7,874	7,563	8,239	7,851	6,966	6,950	7,614
2.C.2. 鐵合金生產	173	0	26	3	10	20	24	29	32
2.C.3. 原鋁生產	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.C.4. 鎂生產	144	235	212	134	109	55	56	45	NA
2.C.5. 鉛生產	8	6	7	7	6	5	6	5	6
2.C.6. 鋅生產	48	49	42	47	47	18	18	17	19
總計	7,888	6,632	8,187	7,754	8,410	7,949	7,069	7,045	7,670

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。

<sup>30</sup> 「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。

<sup>31</sup> 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。

<sup>32</sup> 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」(2015.6.24) 結果辦理。



## (2) 排放係數

1990 至 2000 年採用 2001 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 噸二氧化碳當量 / 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 至 2016 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 至 2000 年由國內台灣鋼鐵工業同業公會 (以下簡稱鋼鐵公會) 提供高轉爐鋼胚產量，2001 至 2016 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 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 至 2009 年間則受景氣影響呈現上下振盪，2010 年後由於經濟復甦，及國內第 2 家一貫煉鋼廠商投產，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，2016 年排放量為 6,888 千公噸二氧化碳當量。如表 4.4.3 及圖 4.4.2 所示。

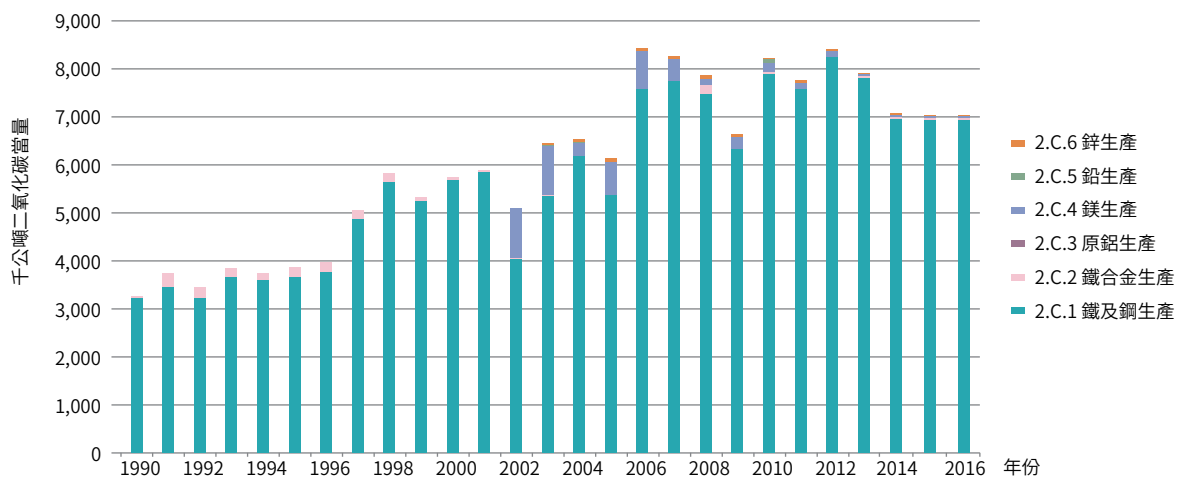


圖 4.4.1 臺灣 1990 至 2016 年金屬製程排放量趨勢

表 4.4.2 臺灣 1990 至 2000 年高轉爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

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

## (5) 完整性

1990 至 2000 年活動數據由鋼鐵公會提供，排放係數則由 2001 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 至 2016 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

1990 年至 2000 年間，採方法一計算，依 2006 IPCC 指南建議，高轉爐鋼胚產量為鋼鐵公會提供數據，不確定性為 10%，排放係數不確定性為 25%，故合併不確定性為 27%。

2001 至 2005 年採方法三，以國內鋼鐵公司溫室氣體盤查清冊統計，因該公司清冊未提供不確定性計算結果，故依據其清冊數據計算方式，於 2006 IPCC 指南建議下，公司活動數據不確定性為 5%，特定公司排放係數 5%，故合併不確定性為 7.07%。



2006 至 2016 年排放量之不確定性彙整自國內鋼鐵公司各年排放清冊，約為 5%，符合 2006 IPCC 指南建議之方法三不確定性範圍，1990 至 2016 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 至 2000 年採方法一，即以產量及排放係數計算排放量；2001 至 2016 年採方法三，即排放量則彙整自國內鋼鐵公司排放清冊。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.4.1.2 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，加入增碳劑冶鍊成各式碳鋼或合金鋼，冶鍊過程並分為熔解、氧化及還原等。

#### 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 (噸) × 電弧爐鋼胚排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

##### (2) 排放係數

1990-2012 年國內電弧爐廠商排放清冊尚不完整，故使用方法一計算，碳鋼採用 0.104 公噸二氧化碳 / 產量

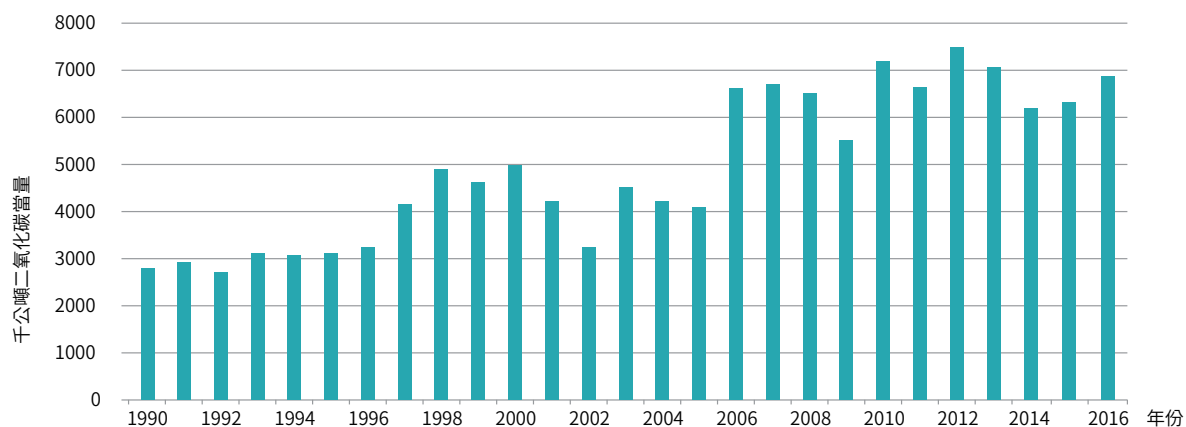


圖 4.4.2 臺灣 1990 至 2016 年高轉爐鋼胚生產排放量趨勢

表 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年高轉爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

表 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 年高轉爐鋼胚生產排放量不確定性

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量不確定性	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	7.07%	7.07%	7.07%
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量不確定性	7.07%	7.07%	5.23%	3.90%	3.98%	4.24%	4.12%	4.03%	6.18%	5.17%	5.66%	5.29%	5.24%	

噸數，不銹鋼為 0.110 公噸二氧化碳 / 產量噸數，合金鋼則為 0.037 公噸二氧化碳 / 產量噸數。

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 至 2012 年產量如表 4.6 所示，其中 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚產量由台灣鋼鐵工業同業公會（以下簡稱鋼鐵公會）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<sup>33</sup> 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 至 2012 年我國電弧爐製程活動數據。

2013 至 2016 年使用方法三，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 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 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 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 及 2016 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。

表 4.4.5 臺灣 1990 至 2012 年電弧爐鋼胚產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
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	7,706
年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012			
產量	8,075	8,658	8,713	9,410	10,024	9,795	7,661	6,590	8,927	7,323			

備註：2013 至 2016 年使用方法三，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 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

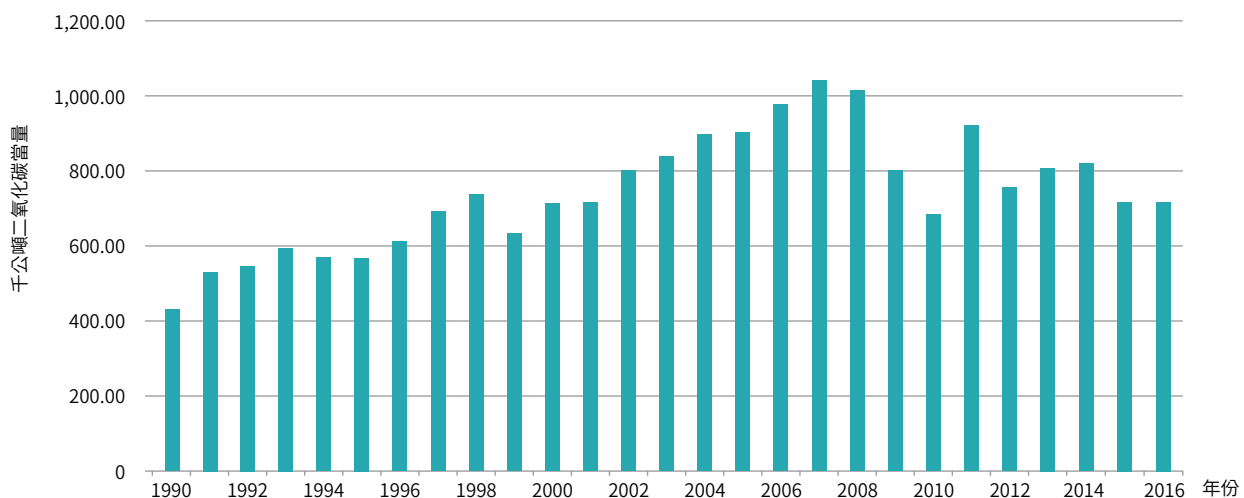


圖 4.4.3 臺灣 1990 至 2016 年電弧爐鋼胚生產排放量趨勢

<sup>33</sup> 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」(2015.6.24)。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.4.2 鐵合金生產 (2.C.2)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

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

##### 2. 方法論議題：

#### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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 (噸) × 鐵合金排放係數 (噸二氧化碳 / 噸產量)

#### (2) 排放係數

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

#### (3) 活動數據

1990 至 2016 年產量如表 4.4.7 所示，2001 至 2016 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 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 至 2007 年間停產，2008 年起再度生產，排放量達 173.5 千公噸，2008 至 2016 年排放量起伏劇烈，2016 年排放量為 31.6 千公噸，1990 至 2016 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

同 4.2.3-3.(1)。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2000 年及 2001 至 2016 年數據來源不同，無時間序列一致性。

### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.4.3 原鋁生產 (2.C.3)

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

依據行政院環境保護署歷年委辦計畫 (2016)<sup>34</sup> 調查所得排放量，係參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以鎂生產六氟化硫使用量為排放量，即台灣輕金屬協會<sup>35</sup> 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提供排放量，係彙整自台灣輕金屬協會取得使用量，為一實際值，故無排放係數需求。

## (3) 活動數據

由行政院環境保護署計畫 (2016) 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，且部分以廠商以乾燥沙取代 SF<sub>6</sub> 之使用，本項活動數據已逐年降低。

## (4) 排放量

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 2015 年 45 千公噸二氧化碳當量，原因主要為鎂合金產業外移嚴重，加上廠商配合行政院環境保護署計畫推動進行減量工作，故排放量呈現明顯下降趨勢，考量排放量調查之成本效益已大幅降低，故停止調查。以六氟化硫之全球暖化潛勢值 (Global Warming Potential, 以下簡稱 GWP) 22,800 將鎂生產六氟化硫使用量轉換為排放量，2002 至 2016 年排放量如表 4.4.9 及圖 4.4.5 所示。

表 4.4.7 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金產量

(單位：千公噸)

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

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

表 4.4.8 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

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

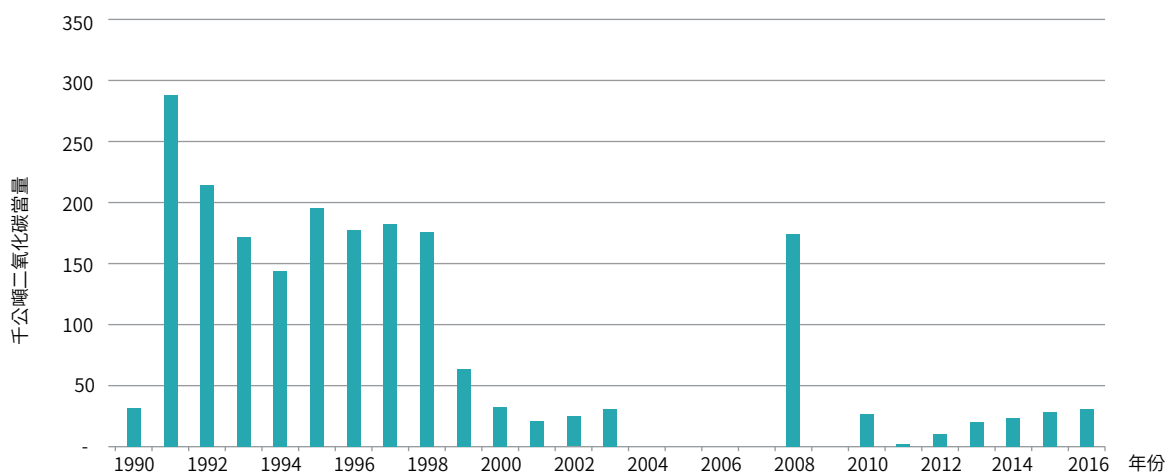


圖 4.4.4 臺灣 1990 至 2016 年鐵合金生產排放量趨勢

<sup>34</sup> 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。

<sup>35</sup> 台灣輕金屬協會 (Taiwan Light Metals Association, 簡稱 TWLMA) 於 2012 年 3 月 1 日由既有之台灣鈦金屬協會和台灣鎂合金協會，協同國內鋁合金相關的產學研機構正式合併擴展成立。

### (5) 完整性

行政院環境保護署計畫提供之排放量係由台灣輕金屬協會調查，為會員廠排放量，排放量調查結果可代表全國鎂生產六氟化硫排放量。

## 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 SF<sub>6</sub> 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 至 2002 年無法取得排放量及 2016 年停止調查，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)<sup>36</sup> 提供，QA/QC 工作係參照 2006 IPCC 指南原則執行以掌握數據品質，執行流程如圖 4.4.6 所示。

## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

因鎂生產產業外移，調查效益逐年減低，已停止調查。

### 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粹、脫硫等熔煉過程中產生。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

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

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

表 4.4.9 臺灣 1990 至 2016 年鎂生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	1,027	1,027
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	1,357	1,063	770	440	144	235	212	134	109	55	56	45	NE	

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

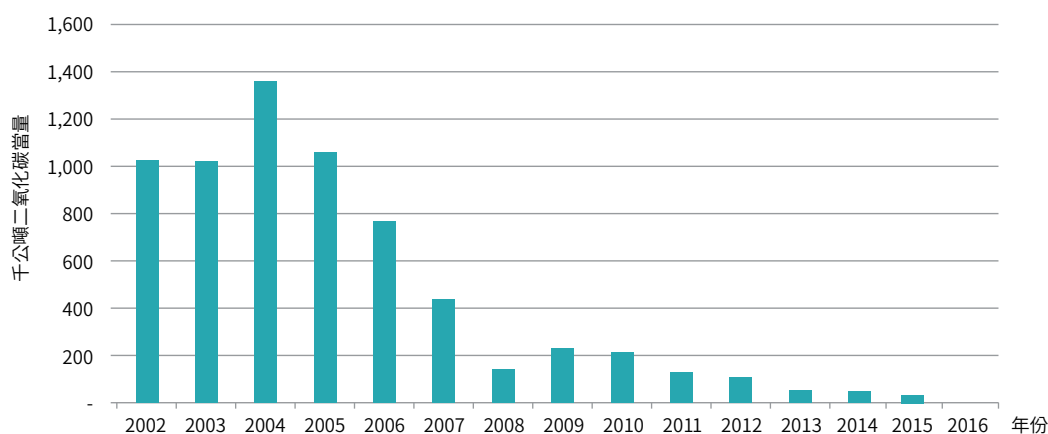


圖 4.4.5 臺灣 2002 至 2016 年鎂生產排放量趨勢

<sup>36</sup> 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。



**(2) 排放係數**

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

**(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，2003 至 2016 年排放量如表 4.4.10 所示。

**(4) 排放量**

國內鉛生產 2003 至 2016 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，2016 年排放量為 6 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.03%。

**(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 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

**4. 特定排放源的 QA/QC 及查證**

同 4.2.1-4。

**5. 特定排放源的重新計算**

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

**6. 特定排放源的改善計畫**

無改善計畫。

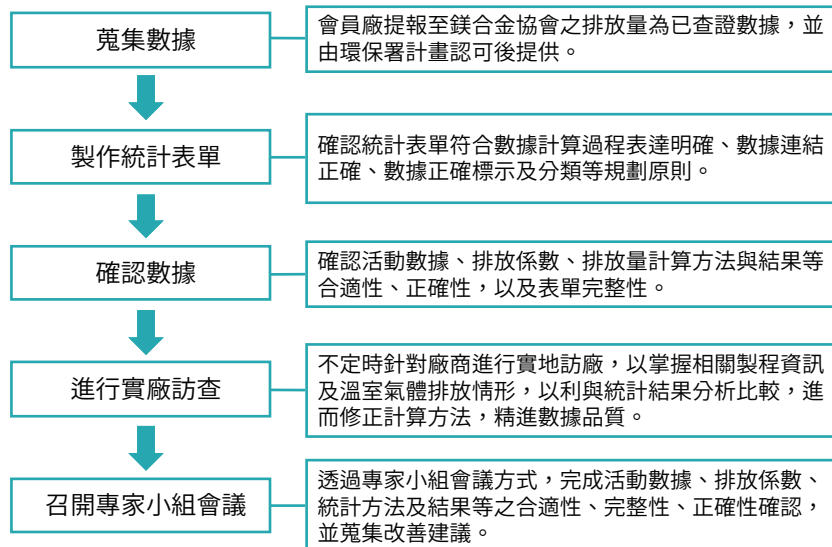


圖 4.4.6 鎂生產排放統計 QA/QC 流程

表 4.4.10 臺灣 2003 至 2016 年鉛錠產量

(單位：千公噸)

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



#### 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 (噸) × 鋅錠排放係數 (公噸二氧化碳 / 噸產量)

###### (2) 排放係數

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

###### (3) 活動數據

由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 至 2016 年排放量如表 4.4.12 所示。

##### (4) 排放量

國內鋅生產 2003 至 2016 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 2016 年排放量為 19 千公噸二氧化碳當量，占總部門排放量約 0.09%。

##### (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 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

表 4.4.11 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鉛生產未進行調查。

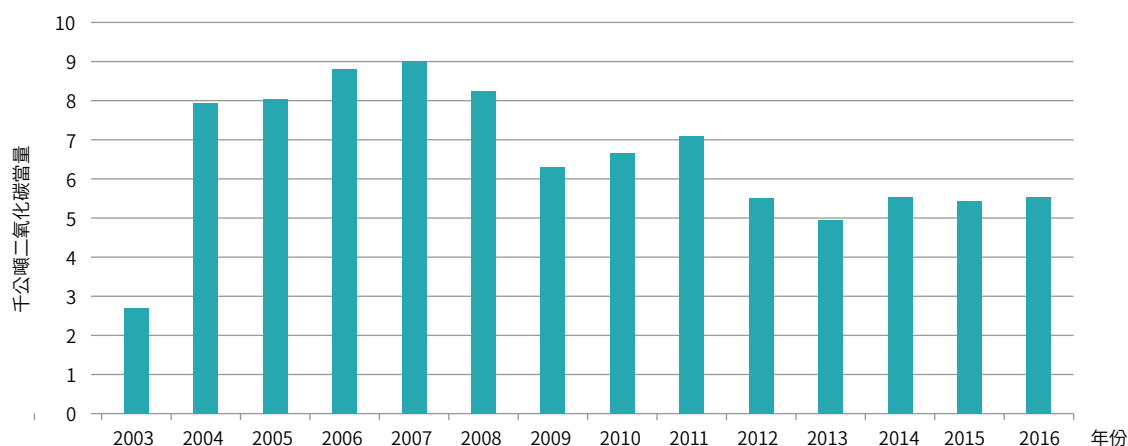


圖 4.4.7 臺灣 2003 至 2016 年鉛生產排放量趨勢

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.1-4。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.5 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。2016 年總部門排放量約 0.0845 噸二氧化碳當量，1990 至 2016 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。

### 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 N<sub>2</sub>O、HFC、PFC、NF<sub>3</sub> 及 SF<sub>6</sub> 等共計五項。2016 年總部門排放量約 3,928 千公噸二氧化碳當量，占工業製程及產品使用部門 16.1%，1998 年前因電子產業未大量生產，未統計其溫室氣體使用量，僅呈現 1999 至 2016 年排放量如表 4.6.1 及圖 4.6.1 所示。

表 4.4.12 臺灣 1990 至 2016 年鋅錠產量

(單位：千公噸)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
產量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	8
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
產量	29	34	28	36	28	28	24	27	27	11	10	10	11	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅錠生產未進行調查。

表 4.4.13 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	14
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	50	58	49	62	48	49	42	47	47	18	18	17	19	

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期鋅生產未進行調查。

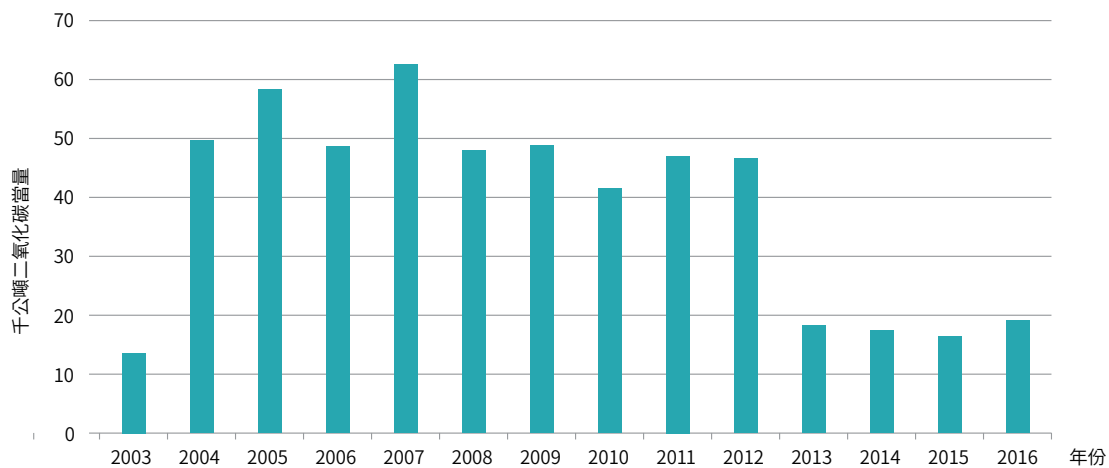


圖 4.4.8 臺灣 2003 至 2016 年鋅生產排放量趨勢

表 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
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
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
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	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
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.075	0.061	0.057	0.065	0.080	0.097	0.095	0.069	0.069
2.D.2 石臘使用	0.017	0.015	0.011	0.010	0.012	0.012	0.009	0.002	0.001
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.09	0.08	0.07	0.08	0.09	0.11	0.10	0.07	0.07
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.D.1 合成潤滑劑使用	0.069	0.054	0.042	0.039	0.036	0.041	0.053	0.081	0.072
2.D.2 石臘使用	0.001	0.004	0.004	0.001	0.002	0.006	0.002	0.020	0.012
2.D.3 溶劑使用	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.D.4 其他	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
總計	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.10	0.08

備註：NA，代表不產生具體氣體的排放或吸收，故為不適用。

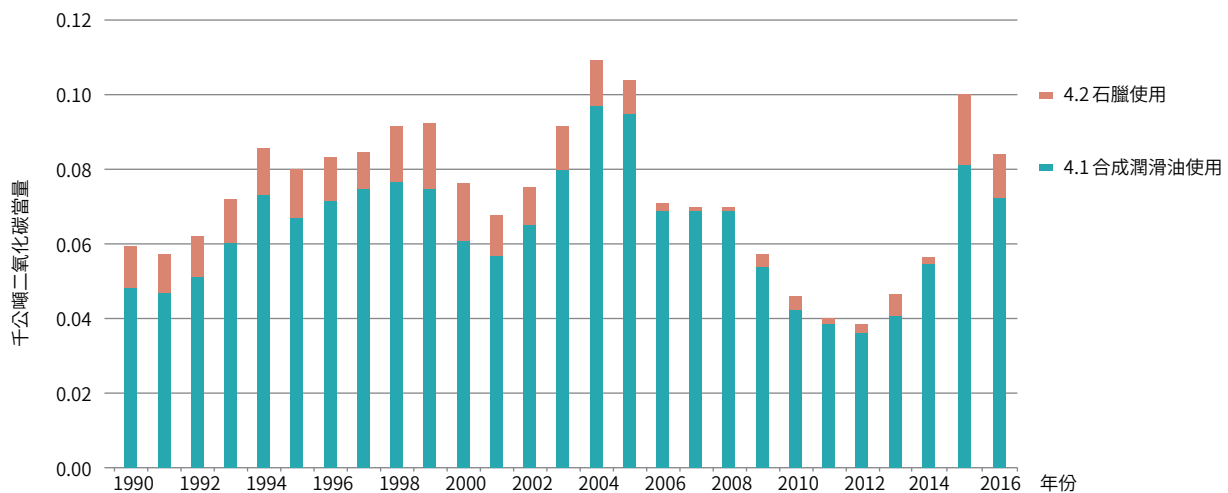


圖 4.5.1 臺灣 1990 至 2016 年非能源產物燃料溶劑使用排放量趨勢

表 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.E.1. 積體電路或半導體	NE	NE	3,711	4,994	5,199	5,559	4,327	4,850	4,375
2.E.2.TFT 平面顯示器	129	143	260	550	1,012	1,283	1,660	1,573	1,649
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
總計	129	143	3,971	5,544	6,212	6,841	5,986	6,423	6,024
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.E.1. 積體電路或半導體	2,500	2,298	2,363	2,502	1,812	2,595	2,823	2,548	2,472
2.E.2.TFT 平面顯示器	1,486	1,164	1,567	1,285	1,357	1,519	1,187	1,029	930
2.E.3 光電 (太陽能板)	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
總計	3,987	3,463	3,929	3,787	3,169	4,115	4,011	3,332	3,401

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 IPCC 2006 尚無正式公告之 GWP 值與半導體製程排放係數。

#### 4.6.1 積體電路或半導體 (2.E.1)

##### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項為參照 2006 IPCC 指南及我國製造業特性新增之項目，主要調查積體電路及半導體使用氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、三氟化氮、氧化亞氮所造成的排放量，調查氫氟碳化物種類為  $\text{CHF}_3$ 、 $\text{CH}_2\text{F}_2$ 、 $\text{CH}_3\text{F}$ 、 $\text{CHF}_3$ ，全氟碳化物種類則為  $\text{CF}_4$ 、 $\text{C}_2\text{F}_6$ 、 $\text{C}_3\text{F}_8$ 、 $\text{C}_4\text{F}_8$  等。

##### 2. 方法論議題：

###### (1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南建議方法 2b，統計氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用排放量。氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫、及三氟化氮等氣體，以使用排放量採原物料化學品使用量扣除回收與處理量；氧化亞氮因未經處理，故使用量全數轉為排放量。

###### (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

2001 年至 2015 年由行政院環境保護署計畫 (2015) 提供，其採用台灣半導體產業協會 (The Taiwan Semiconductor Industry Association，簡稱 TSIA) 會員廠

資料統計，其依據採購量配合 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 年起則改自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之業者經第三者查證之盤查清冊統計，為求一致性，以 TSIA 會員廠統計。

##### (4) 排放量

2000 年前因積體電路或半導體產業廠商家數少，氫氟碳化物、全氟碳化物、六氟化硫使用量低，亦無進口之關稅號列，故未進行統計。2001 至 2016 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 年推出 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 2016 年約排放 2,472 千公噸二氧化碳當量，佔總部門排放量約 11.4%，2001 至 2016 年排放量如表 4.6.2 及圖 4.6.2 所示。

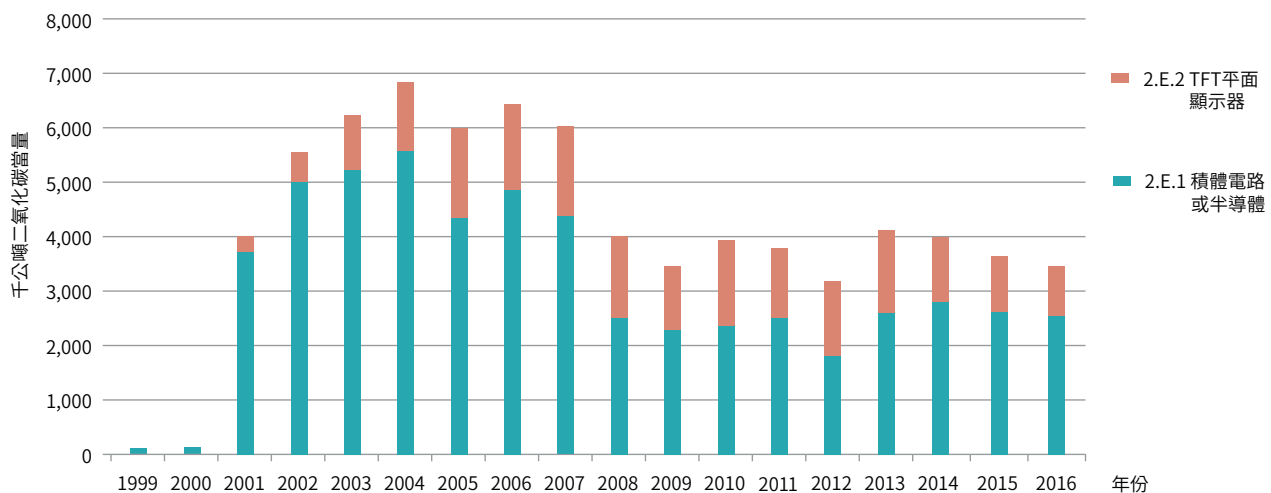


圖 4.6.1 臺灣 1999 至 2016 年電子工業排放量趨勢

### (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以 TSIA 會員廠資料統計，TSIA 會員廠產能約占國內 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%。

### (2) 時間序列的一致性

1990 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 年後變更資料來源，雖影響時間序列一致性，但統計業者範圍一致，對數據影響低。

### 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。

表 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
HFC	51	59	59	59	73	91	171	118
PFC	2,993	4,078	4,174	4,327	3,043	3,211	2,933	1,657
SF <sub>6</sub>	524	499	513	587	587	695	292	229
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	NE	342	389	360
NF <sub>3</sub>	202	359	455	587	623	512	590	136
總計	3,711	4,994	5,199	5,559	4,237	4,850	4,375	2,500
年份	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
HFC	168	164	134	86	169	182	132	156
PFC	1,126	1,322	1,202	692	899	1,272	917	1,030
SF <sub>6</sub>	198	239	261	181	213	312	224	217
N <sub>2</sub> O	333	482	466	558	626	685	714	682
NF <sub>3</sub>	198	156	306	295	687	531	562	387
總計	2,298	2,363	2,502	1,812	2,595	2,823	2,548	2,472

備註：NE，代表未調查估計該分類項目。早期積體電路或半導體未大量生產，故無追溯調查 1990 至 2000 年排放量。另，N<sub>2</sub>O 尚無經 IPCC 公告之製程耗用率及管末處理削減率，故迄今 TSIA 採用保守原則使用量 100% 全部排放申報，世界半導體協會已經開始討論其合宜性，將待其有結論之後配合之。

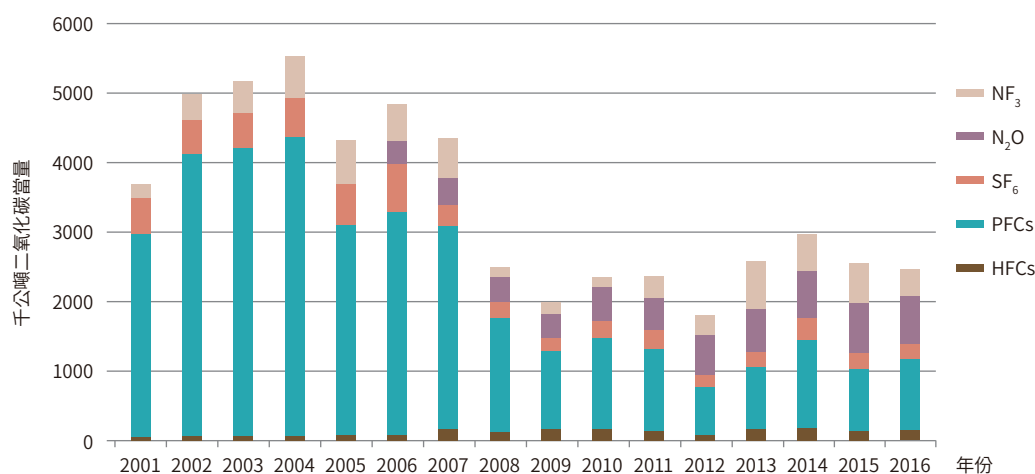


圖 4.6.2 臺灣 2001 至 2016 年積體電路或半導體排放量趨勢

## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

### 4.6.2 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 (CF<sub>4</sub>)。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

依據 2006 IPCC 指南建議方法 2b，統計全氟碳化物、六氟化硫、氧化亞氮及三氟化氮等氣體使用排放量。全氟碳化物、六氟化硫、及三氟化氮等氣體，以使用排放量採原物料化學品使用量扣除回收與處理量；氧化亞氮因未經處理，故使用量全數轉為排放量。

##### (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

2001 年至 2015 年由行政院環境保護署計畫 (2015) 提供，其採用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) 會員廠資料統計，其依據採購量配合 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 年起則改自環保署國家溫室氣體登錄平台取得之業者經第三者查證之盤查清冊統計，為求一致性，以 TTLA 會員廠統計。

#### (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，致使六氟化硫下降趨勢較不明顯，自 2005 年排放 1,660 千公噸二氧化碳當量下降至 2016 年 1,150 千公噸二氧化碳當量，佔總部門排放量約 5.2%，1999 至 2016 年排放量如表 4.6.3 及圖 4.6.4 所示。

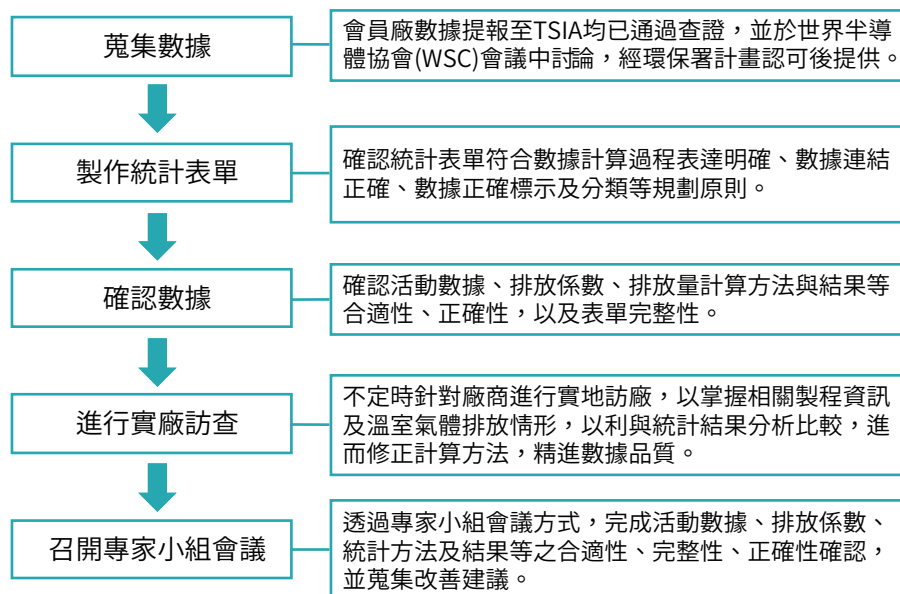


圖 4.6.3 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程



### (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%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 1998 年無法取得排放量，影響時間序列一

致性。2016 年後變更資料來源，雖影響時間序列一致性，但統計業者範圍一致，對數據影響低。

### 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「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.6.3 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PFC	3	13	6	65	25	14	27	53	0
SF <sub>6</sub>	116	120	221	446	901	1,197	1,530	1,355	1,429
N <sub>2</sub> O	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28	50
NF <sub>3</sub>	11	9	33	39	86	72	103	138	170
總計	129	143	260	550	1,012	1,283	1,660	1,573	1,688
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PFC	25	17	32	30	33	30	26	14	16
SF <sub>6</sub>	1,376	1,040	1,409	1,078	1,171	1,311	964	852	798
N <sub>2</sub> O	56	42	63	101	99	133	101	103	64
NF <sub>3</sub>	30	65	62	75	54	46	96	61	52
總計	1,486	1,164	1,567	1,285	1,357	1,519	1,187	1,029	930

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

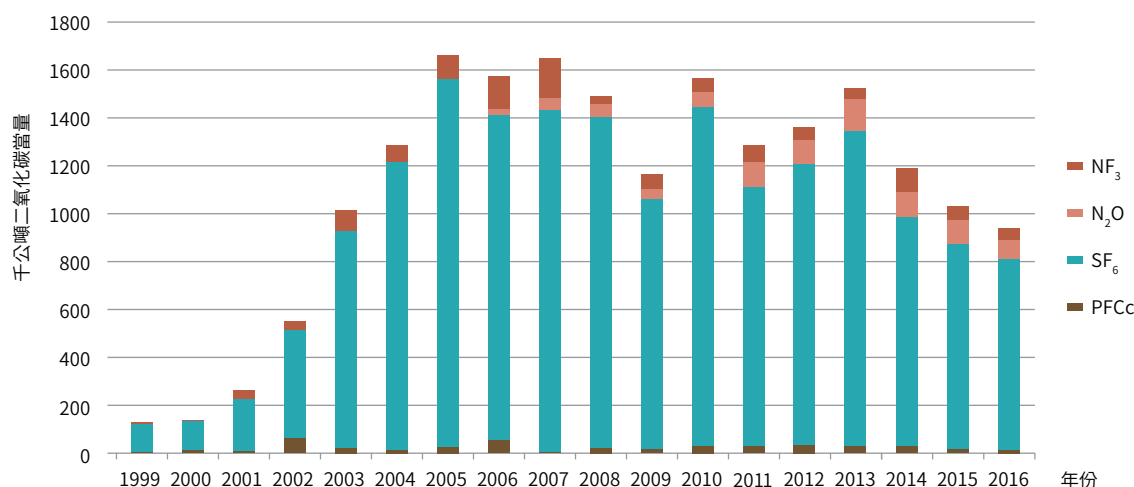


圖 4.6.4 臺灣 1999 至 2016 年 TFT 平面顯示器排放量趨勢

## 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，2016年共排放835千公噸二氧化碳當量，相較2015年減少16千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門3.8%，因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現2003至2016年排放量，如表4.7.1及圖4.7.1所示。

### 4.7.1 冷凍及空調 (2.F.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

本項主要調查冷凍空調使用氫氟碳化物冷媒所造成的排放量，國內主要應用於汽車冷媒與冷凍空調設備，主要調查氫氟碳化物種類為HFC-134a，及2011年新增之R410a則拆分為HFC-32與HFC-125使用量<sup>37</sup>。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

由行政院環境保護署計畫(2016)<sup>38</sup>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<sup>39</sup>。

##### (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

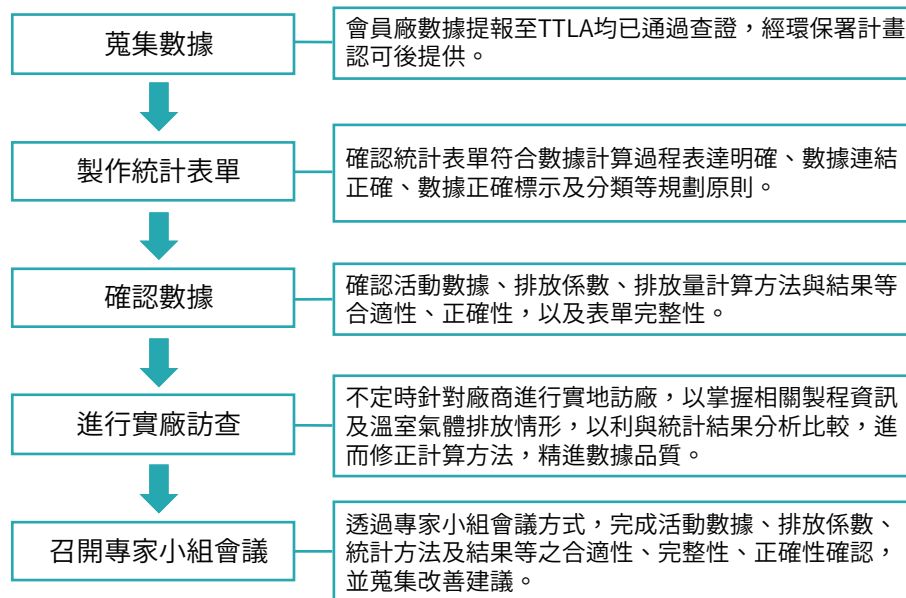


圖 4.6.5 積體電路或半導體排放統計 QA/QC 流程

<sup>37</sup> 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。

<sup>38</sup> 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。

<sup>39</sup> 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。

氟碳化物。因此，2003 年以前國內使用量未進行調查統計<sup>40</sup>。2003 至 2010 年僅統計 HFC-134a 排放量，2011 年 HFC-32、HFC-125 因使用量增加，故新增為統計項目。另外，因應蒙特婁議定書之管制時程，臺灣自 1996 年逐步凍結 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 2016 年達 842 千公噸二氧化碳當量，相較 2003 年排放量成長約 150%。2003 至 2016 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%。

表 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 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)

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

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。

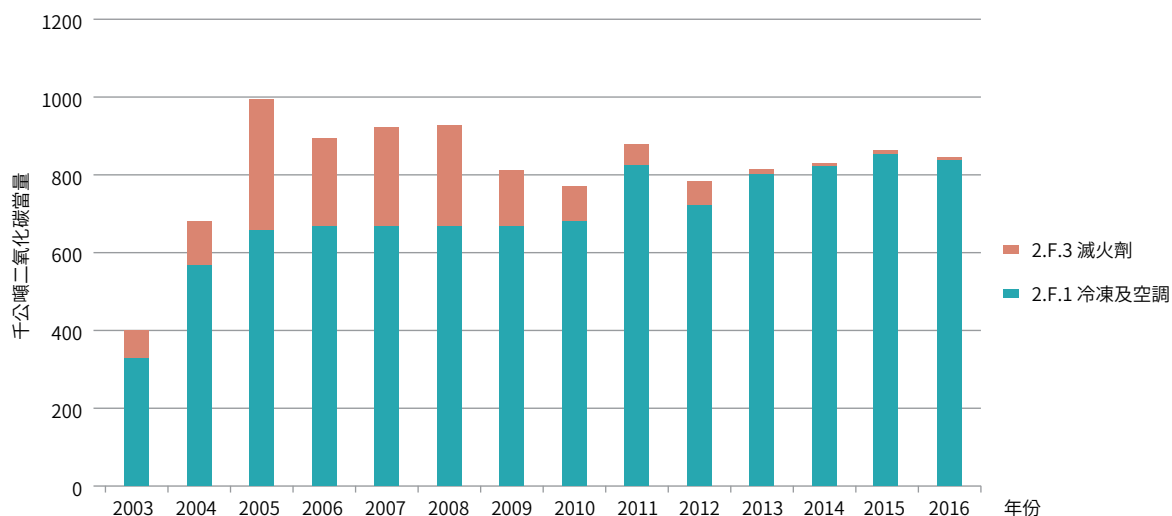


圖 4.7.1 臺灣 2003 至 2016 年破壞臭氧層物質之替代品使用排放量趨勢

<sup>40</sup> 於 2017 年 8 月藉由專家外審機制補充。

**(2) 時間序列的一致性**

2003 至 2016 年間皆使用相同方法學。

**4. 特定排放源的 QA/QC 及查證**

同 4.2.1-4。

**5. 特定排放源的重新計算**

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

**6. 特定排放源的改善計畫**

無改善計畫。

**4.7.2 發泡劑 (2.F.2)**

本項主要調查發泡劑使用氫氟碳化物所造成的排放量。經行政院環境保護署計畫 (2012)<sup>41</sup> 表示，因國內氫氟碳化物較少應用於發泡劑，故未進一步調查相關氫氟碳化物排放，即無發泡劑使用之氫氟碳化物排放。

**4.7.3 滅火藥劑 (2.F.3)****1. 排放源及匯分類的描述：**

本項主要調查滅火劑填充使用氫氟碳化物所造成的排放量，即用於替代海龍 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。

表 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用氫氟碳化物使用量

(單位：千公噸)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
使用量	2.3	4.0	6.1	6.1	6.4	6.0	6.2	6.2	15.2	10.0	11.0	13.4	11.8	12.1

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 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
排放量	329	569	660	670	670	670	672	680	879	725	799	824	842	827

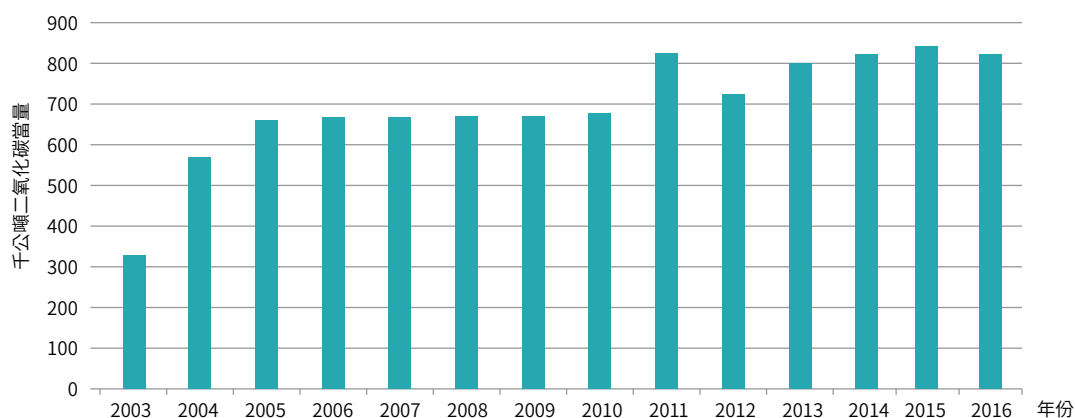


圖 4.7.2 臺灣 2003 至 2016 年冷凍空調使用排放量趨勢

<sup>41</sup> 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。

#### (4) 排放量

以 HFC-227ea 之 GWP 值 3,220 將填充量轉換為排放量，1990 至 2016 年排放量如表 4.7.4 及圖 4.7.3 所示。早期氬氟碳化物滅火藥劑為推廣用途，使用量較少，故未進行調查。滅火藥劑使用氬氟碳化物排放量與進口量有關，2003 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 2016 年 9 千公噸二氧化碳當量，約佔總排放量 0.04%。

#### (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氬氟碳化物海關進出口資料，係以全國為調查對象，調查結果可代表我國滅火劑使用排放量。

### 3. 不確定性與時間序列的一致性

#### (1) 不確定性

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

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2002 年無法取得排放量，已影響時間序列一致性。

#### 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.3.2-4。

#### 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.7.4 氣膠 (2.F.4)

本項主要調查發泡劑使用行政院環境保護署計畫 (2015) 調查排放量過程中所引用氬氟碳化物所造成的排放量。行政院環境保護署計畫 (2015)<sup>42</sup> 表示，因國內氬氟碳化物較少應用於噴霧劑，故未進一步調查。

#### 4.7.5 溶劑 (2.F.5)

本項主要調查清洗溶劑使用行政院環境保護署計畫 (2015) 調查排放量過程中所引用氬氟碳化物、全氟碳化物所造成的排放量。該計畫表示，因國內氬氟碳化物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。

表 4.7.4 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

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

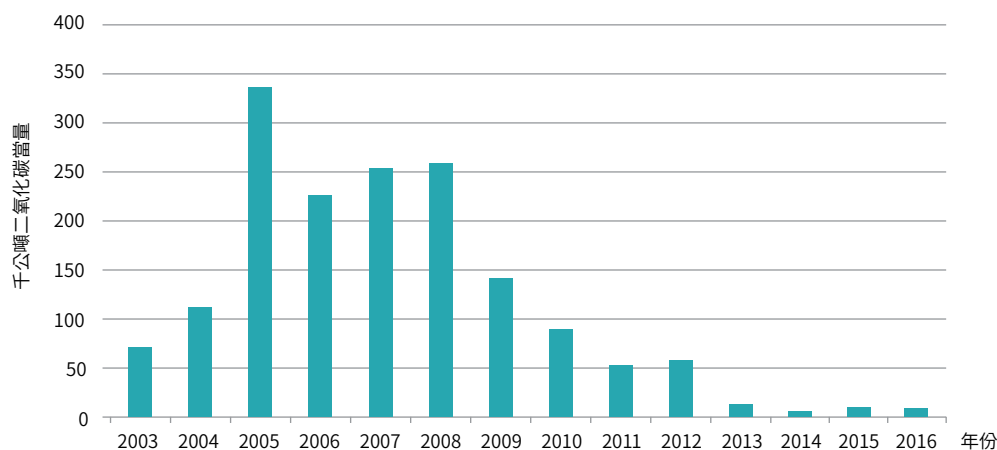


圖 4.7.3 臺灣 2003 至 2016 年滅火劑使用排放量趨勢

<sup>42</sup> 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。



## 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「電力設備」、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，2016 年共排放 79 千公噸二氧化碳當量，約占工業製程及產品使用部門 0.1%。其中，「電力設備」因早期使用量較小，無統計調查記錄，故僅呈現 2002 至 2016 年排放量，如表 4.8.1 所示。

### 4.8.1 電力設備 (2.G.1)

#### 1. 排放源及匯分類的描述：

目前我國電力業多以六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 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 (SF<sub>6</sub>) 回收再利用機制，並針對六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 進行匯的管控。

#### 2. 方法論議題：

##### (1) 計算方法

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)<sup>43</sup> 提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 補充量，並參照 2006 IPCC 指南建議方法 2，以六氟化硫實際使用情形求得排放當量，其來源包括為台電公司建立之「六氟化硫申報管理系統」登錄平台，民營電廠之六氟化硫採購量以及 2006 IPCC 指南建議洩漏率進行估算。2016 年數據則由環保署蒐集提供。

##### (2) 排放係數

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)<sup>44</sup> 提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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

由行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)<sup>44</sup> 提供六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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 至 2016 年排放當量如表 4.8.2 所示。

早期高壓斷路器使用多氯聯苯作為絕緣氣體，六氟化硫僅為推廣用途，使用量少，故未調查使用情形。

表 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 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)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
2.G.1. 電力設備	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703
2.G.2. 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 和 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.3. 使用 N <sub>2</sub> O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
總計	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	703
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
2.G.1. 電力設備	295	282	186	142	115	97	79	
2.G.2. 其他產品使用 SF <sub>6</sub> 和 PFC	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G.3. 使用 N <sub>2</sub> O 之產品	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
2.G.4. 其他	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
總計	295	282	186	142	115	97	79	

備註：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」、「使用氧化亞氮之產品」及「其他」項目排放量低，故未進一步調查相關排放。

表 4.8.2 臺灣 2002 至 2016 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體之二氧化碳排放當量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SF <sub>6</sub>	1,943	1,943	2,053	1,503	770	953	895	702	295	282	186	142	115	97	79

<sup>43</sup> 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。

<sup>44</sup> 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。



2002 至 2016 年高壓斷路器及其他開關絕緣氣體六氟化硫排放量呈現明顯下降趨勢，自 2002 年排放 1,943 千公噸二氧化碳當量下降至 2016 年 79 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，2016 年排放量僅約 2012 年之 42%。

### (5) 完整性

行政院環境保護署專案工作計畫 (2016)<sup>1</sup> 提供之六氟化硫 (SF<sub>6</sub>) 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%；鑒於行政院環境保護署專案工作計畫係透過系統性調查方式建置相關數據，故設定本項排放當量不確定性為 5%。

#### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2001 年無法取得排放當量，未影響時間序列一致性。

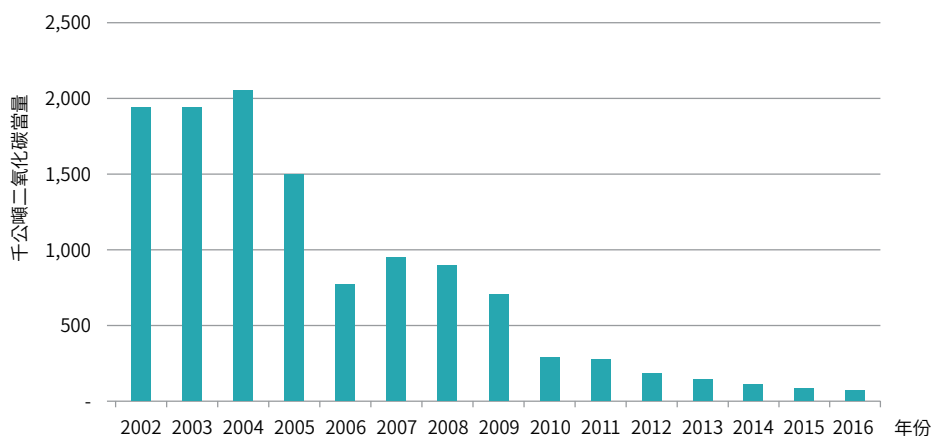


圖 4.8.1 臺灣 2002 至 2016 年電力設備中之六氟化硫排放趨勢

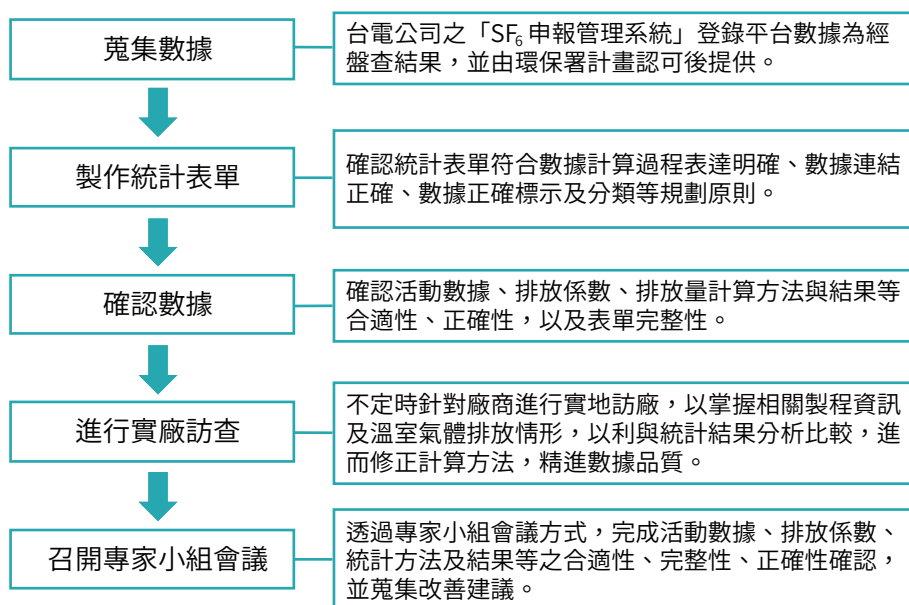


圖 4.8.2 高壓斷路器及其他開關絕緣氣體排放統計 QA/QC 流程

<sup>45</sup> 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。

#### 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 (SF<sub>6</sub>) 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」檢視無重新計算之建議, 故無修正。

#### 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

#### 4.8.2 其他產品使用六氟化硫及全氟碳化物 (2.G.2)

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)<sup>44</sup> 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。

#### 4.8.3 使用氧化亞氮之產品 (2.G.3)

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 (NaN<sub>3</sub>) 生產等使用氧化亞氮的排放量。行政院環境保護署計畫 (2015)<sup>45</sup> 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。

#### 4.8.4 其他 (2.G.4)

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。

#### 4.9 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。2016 年總部門排放量約 1.7 千公噸二氧化碳當量, 約占工業製程及產品使用部門 0.01%, 1990 至 2016 年排放量如表 4.9.1 所示。

#### 4.9.1 食品及飲料工業 (2.H.1)

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

#### 4.9.1.1 啤酒 (2.H.1.a)

##### 1. 排放源及匯分類的描述:

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

##### 2. 方法論議題:

##### (1) 計算方法

參照 2006 IPCC 指南建議方法 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:

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

表 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年其他製程排放量

(單位: 千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
2.H.1 食品和飲料	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91
總計	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91
年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
2.H.1 食品和飲料	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77
總計	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53	1.70	1.74	1.85	1.77
年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2.H.1 食品和飲料	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68
總計	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68

## (2) 排放係數

引用李占雙 (2003)<sup>46</sup> 根據工廠實況推估之排放係數 0.45 公斤二氧化碳 / 公石啤酒生產。

## (3) 活動數據

啤酒產量引用自經濟部統計處工業生產統計年報，1990 至 2016 年產量如表 4.9.2 所示。

## (4) 排放量

啤酒產量如表 4.9.3 及圖 4.9.1 所示，因歷年產量穩定，排放量亦維持穩定趨勢，每年約排放 1.5 至 2 千公噸二氧化碳當量。

## (5) 完整性

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

## 3. 不確定性與時間序列的一致性

### (1) 不確定性

同 4.2.3-3.(1)。

### (2) 時間序列的一致性

1990 至 2016 年排放係數、活動數據來源及計算方法一致。

## 4. 特定排放源的 QA/QC 及查證

同 4.2.2-4。

## 5. 特定排放源的重新計算

經「工業製程與產品使用部門溫室氣體排放統計專家諮詢會」檢視無重新計算之建議，故無修正。

## 6. 特定排放源的改善計畫

無改善計畫。

表 4.9.2 臺灣 1990 至 2016 年啤酒產量

(單位：千公石)

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

表 4.9.3 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量

(單位：千公噸二氧化碳當量)

年份	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排放量	2.05	2.03	1.99	2.08	2.05	1.87	1.75	1.66	1.91	1.83	1.78	1.75	1.46	1.53
年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
排放量	1.70	1.74	1.85	1.77	1.73	1.83	1.74	1.69	1.82	1.70	1.67	1.71	1.68	

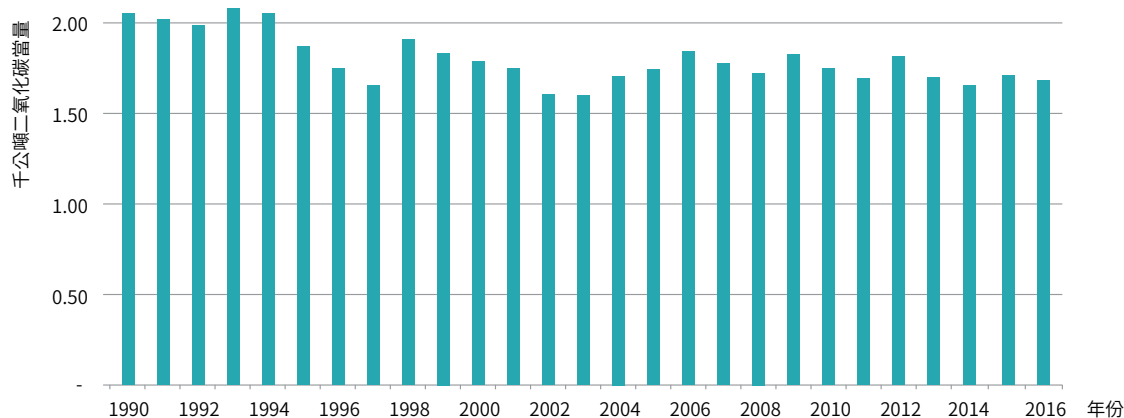


圖 4.9.1 臺灣 1990 至 2016 年啤酒生產排放量趨勢

<sup>46</sup> 李占雙，啤酒生產過程中 CO<sub>2</sub> 管理探討，拓璞科技開發責任有限公司，中國大陸，2003。

## 參考文獻

1. IPCC, Guidelines 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，2018。
3. 財政部關稅總局，進出口統計資料庫。
4. 台灣區水泥工業同業公會資訊提供，2017。
5. 台灣區鋼鐵工業同業公會，鋼鐵資訊，2017。
6. 國內一貫煉鋼之排放清冊，2016。
7. 行政院環境保護署，台灣地區工業製程、溶劑及其他產品使用之溫室氣體排放推估計畫，2000。
8. IPCC, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000.
9. 台塑企業提供資料，2016。
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. 台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. 石化公會，台灣區石化公會年報，2017。
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。
25. 李占雙，啤酒生產過程中二氧化碳管理探討，拓璞科技開發責任有限公司，中國大陸，2003。