

## 第4章 工業プロセス分野

## 4.1. 工業プロセス分野の概要

工業プロセスにおける化学的、物理的変化により温室効果ガスが大気中に排出される。ここでは表4-1に示す工業プロセスからの排出量を算定した。

なお、2011年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は約67,164 Gg-CO<sub>2</sub>換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量(LULUCF分野を除く)の5.1%を占めている。CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>及びN<sub>2</sub>O排出量を1990年と比較すると38.6%の減少となっている。ハロカーボン及びSF<sub>6</sub>の排出量を1995年と比較すると51.2%の減少となっている。

表4-1 工業プロセス分野における排出源カテゴリー

排出区分		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	
2.A 鉱物製品	2.A.1	セメント製造	○					
	2.A.2	生石灰製造	○					
	2.A.3	石灰石及びドロマイトの使用	○					
	2.A.4	ソーダ灰生産及び使用	○					
	2.A.5	アスファルト屋根材	NE					
	2.A.6	アスファルト道路舗装	NE					
	2.A.7	その他	IE,NO	NA,NO	NA,NO			
2.B 化学産業	2.B.1	アンモニア製造	○	NE	NA			
	2.B.2	硝酸製造			○			
	2.B.3	アジピン酸製造	NA		○			
	2.B.4	カーバイド製造	シリコンカーバイド	○	○			
			カルシウムカーバイド	○	NA			
	2.B.5	その他の化学工業製品	カーボンブラック		○			
			エチレン	○	○	NA		
			1,2-ジクロロエタン		○			
スチレン				○				
メタノール				NO				
		コークス	IE	○	NA			
2.C 金属の生産	2.C.1	鉄鋼製造	鉄鋼	IE	NA			
			銑鉄	IE	NA			
			焼結鉄	IE	IE			
			コークス	IE	IE			
			鉄鋼製造における電気炉の使用	○	○			
	2.C.2	フェアラロイ製造	IE	○				
	2.C.3	アルミニウム製造	IE	NE			○	
2.C.4	アルミニウム及びマグネシウムの鑄造におけるSF <sub>6</sub> の使用	アルミニウム					NO	
		マグネシウム					○	
2.C.5	その他	NO	NO	NO				
2.D その他製品の製造	2.D.1	紙・パルプ						
	2.D.2	食品・飲料	IE					
2.E ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産	2.E.1	HCFC-22の製造に伴う副生HFC-23の排出				○		
	2.E.2	製造時の漏出				○	○	

(次ページに続く)

排出区分				CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	
2.F ハロゲン元素を含む 炭素化合物及び六 ふつ化硫黄の消費	2.F.1	冷蔵庫及び空調機器	家庭用冷蔵庫	製造			○	NO	NO	
				使用			IE	NO	NO	
				廃棄			IE	NO	NO	
			業務用冷凍空調機器	業務用冷凍空調機器	製造			○	NO	NO
					使用			IE	NO	NO
					廃棄			IE	NO	NO
				自動販売機	製造			○	NO	NO
					使用			IE	NO	NO
					廃棄			IE	NO	NO
			輸送機器用冷蔵庫	製造			IE	NO	NO	
				使用			IE	NO	NO	
				廃棄			IE	NO	NO	
			工業用冷蔵庫	製造			IE	NO	NO	
				使用			IE	NO	NO	
				廃棄			IE	NO	NO	
			固定空調機器	製造			○	NO	NO	
				使用			IE	NO	NO	
				廃棄			IE	NO	NO	
	輸送機器用空調機器	製造			○	NO	NO			
		使用			IE	NO	NO			
		廃棄			IE	NO	NO			
	2.F.2	発泡	硬質フォーム	ウレタンフォーム	製造			○	NO	NO
					使用			○	NO	NO
					廃棄			IE	NO	NO
				高発泡ポリエチレンフォーム	製造			○	NO	NO
					使用			NO	NO	NO
					廃棄			NO	NO	NO
				押出發泡ポリスチレンフォーム	製造			○	NO	NO
					使用			○	NO	NO
					廃棄			IE	NO	NO
				フェノールフォーム						NO
	軟質フォーム						NO	NO	NO	
	2.F.3	消火剤	製造				NO	NO	NO	
			使用				○	NO	NO	
			廃棄				NO	NO	NO	
	2.F.4	エアゾール及び医療品製造	エアゾール	製造				○	NO	NO
				使用				○	NO	NO
				廃棄				IE	NO	NO
			定量噴霧式吸入器	製造				○	NO	NO
				使用				○	NO	NO
				廃棄				IE	NO	NO
	2.F.5	溶剤	製造				NO	NO	NO	
使用						IE	○	NO		
廃棄						IE	IE	NO		
2.F.6	冷媒、発泡剤等以外の用途での代替フロン使用						IE	NA	NA	
2.F.7	半導体製造	半導体	製造				IE	IE	IE	
			使用				○	○	○	
			廃棄				NA	NA	NA	
		液晶	製造				IE	IE	IE	
			使用				○	○	○	
			廃棄				NA	NA	NA	
2.F.8	電気設備	製造						○		
		使用						○		
		廃棄						IE		
2.F.9	その他						NA	NE, ○	IE	

排出量計上：○、注釈記号は略語集参照

#### 4.2. 鋳物製品 (2.A.)

鋳物製品カテゴリーは、鋳物原料 (CaCO<sub>3</sub>、MgCO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) の焼成などにより放出される CO<sub>2</sub> を扱う。当該カテゴリーは「2.A.1.セメント製造」、「2.A.2.生石灰製造」、「2.A.3.石灰石及びドロマイトの使用」、「2.A.4.ソーダ灰の使用」から構成される。

2011 年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は約 38,344 Gg-CO<sub>2</sub> 換算であ

り、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF 分野を除く）の 2.9%を占めている。1990 年の排出量と比較すると 30.7%の減少となっている。

表 4-2 2.A. 鉱物製品からの CO<sub>2</sub> 排出量

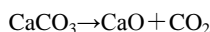
ガス	排出区分	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
CO <sub>2</sub>	2.A.1 セメント製造	Gg-CO <sub>2</sub>	37,905	41,275	34,394	31,579	27,925	24,755	23,784	24,450
	2.A.2 生石灰製造	Gg-CO <sub>2</sub>	6,674	5,795	5,900	6,646	6,592	5,365	6,285	5,896
	2.A.3 石灰石及びドロマイトの使用	Gg-CO <sub>2</sub>	10,464	9,436	9,243	8,352	8,208	7,332	7,962	7,851
	2.A.4 ソーダ灰生産及び使用	Gg-CO <sub>2</sub>	267	250	209	197	159	138	146	147
	合計	Gg-CO <sub>2</sub>	55,311	56,756	49,746	46,774	42,883	37,589	38,177	38,344

#### 4.2.1. セメント製造 (2.A.1.)

##### a) 排出源カテゴリーの説明

セメントの中間製品であり、酸化カルシウム (CaO) を主成分とするクリンカの生産の際、炭酸カルシウム (CaCO<sub>3</sub>) を主成分とする石灰石の焼成により CO<sub>2</sub> が排出される。

セメント製造プロセスにおける CO<sub>2</sub> 発生メカニズム



##### b) 方法論

###### ■算定方法

当該排出源については、GPG (2000) のデシジョンツリーに従い、クリンカ生産量に排出係数を乗じて CO<sub>2</sub> 排出量を算定した。

セメント製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 (t-CO<sub>2</sub>)

= 排出係数[t-CO<sub>2</sub>/t-clinker] × クリンカ生産量[t] × セメントキルンダスト補正係数

###### ■排出係数

排出係数はクリンカ中の CaO 含有率に CaO と CO<sub>2</sub> の分子量比 (0.785) を乗じて求める。我が国のセメント業界では、他産業から多量の廃棄物・副産物を受け入れ、セメントの原料代替として再資源化しているため、炭酸塩起源以外の CaO がクリンカ中に含まれている。この CaO は石灰石の焼成段階を経ておらず、クリンカ生産の段階で CO<sub>2</sub> を排出していないことから、廃棄物等由来の CaO を控除した炭酸塩起源のクリンカ中 CaO 含有率を求め、排出係数を設定した。なお、わが国ではセメントキルンダスト (CKD) は製造工程において通常ほぼ全量回収・リサイクルされていることがセメント協会により確認されており、CKD 補正係数については 1.00 を使用した。

セメント製造に伴う CO<sub>2</sub> の排出係数は、以下の手順で算定した。

- ① 原料工程で投入された廃棄物等乾重量の推計
- ② クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 含有量、CaO 含有率の推計
- ③ 廃棄物等由来の CaO を除いたクリンカ中の CaO 含有率の推計
- ④ クリンカの排出係数の設定

セメント製造からのCO <sub>2</sub> 排出における排出係数 = (クリンカ中 CaO 含有率 - 廃棄物等由来のクリンカ中 CaO 含有率) × 0.785  廃棄物等由来のクリンカ中 CaO 含有率 = 投入廃棄物等乾重量 × 廃棄物等中の CaO 含有率 / クリンカ生産量
---

○ 原料工程で投入された廃棄物等乾重量の推計

算定に使用する廃棄物等の種類として、石炭灰（焼却残渣）、下水汚泥焼却灰、一般ごみ焼却灰、ガラスくず・陶磁器くず、コンクリートくず、高炉スラグ（水砕）、高炉スラグ（徐冷）、製鋼スラグ、非鉄鉱さい、鋳物砂、ばいじん・ダスト、石炭灰（流動床灰）、石炭灰（集塵機捕集ダスト）、の13種類を選定した（これらの廃棄物による廃棄物等由来 CaO のカバー率は90%以上）。廃棄物量（排出ベース）及び各廃棄物等における含水率は社団法人セメント協会（以下、セメント協会）調査より把握した（2000年度以降のみ）。

○ クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 含有量、CaO 含有率の推計

上記で求めた種類別廃棄物等乾重量に、セメント協会調査による種類別の CaO 含有率を乗じてクリンカ中の廃棄物等由来の CaO の総量を算出し、クリンカ生産量で除してクリンカ中の廃棄物等由来 CaO 含有率を設定した。1999年度以前のデータは入手できないため、2000～2003年度の平均値を用いた。

○ 廃棄物等由来の CaO を除いたクリンカ中の CaO 含有率の推計

セメント協会調査によるクリンカ中の平均 CaO 含有率から廃棄物等由来の CaO 含有率を差し引いて、排出係数の設定に使用するクリンカ中の CaO 率を設定した。

表 4-3 廃棄物等由来原料の組成

大分類	種類	含水率	CaO 含有率
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	7.2～14.5%	5.0～5.8%
	下水汚泥焼却灰※	11.6～14.9%	7.4～12.5%
	一般ごみ焼却灰※	19.2～24.4%	10.0～26.5%
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	ガラスくず・陶磁器くず※	12.8～32.7%	17.5～31.1%
	コンクリートくず※	10.0～22.2%	6.4～43.9%
鉱さい	高炉スラグ（水砕）	5.0～12.3%	40.0～42.4%
	高炉スラグ（徐冷）	5.7～6.6%	40.8～41.5%
	製鋼スラグ	7.7～12.2%	34.8～40.5%
	非鉄鉱さい	5.5～8.4%	6.4～10.0%
	鋳物砂※	9.8～10.9%	6.5%
ばいじん類（集塵機捕集ダスト）	ばいじん、ダスト	8.9～14.3%	9.0～13.4%
	石炭灰（流動床灰）※	0.1～3.2%	14.5～20.7%
	石炭灰	1.3～3.9%	4.1～5.0%

※は2009年度よりの新規追加分

表 4-4 セメント製造に伴う CO<sub>2</sub> の排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
クリンカ中平均CaO含有率	%	65.9	65.9	66.0	65.9	65.9	65.8	65.8	65.8
クリンカ中廃棄物等由来のCaO含有率	%	2.6	2.6	2.9	2.0	1.9	1.7	1.7	2.0
廃棄物等を除いたクリンカ中のCaO含有率	%	63.3	63.3	63.0	63.9	63.9	64.1	64.1	63.7
CO <sub>2</sub> /CaO		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
排出係数	t-CO <sub>2</sub> /t	0.497	0.497	0.495	0.501	0.502	0.503	0.503	0.500

### ■活動量

クリンカの生産量はセメント協会の提供データにより把握した。1990～1999 年度のクリンカ生産量は統計値が把握されていないため、2000～2003 年度におけるクリンカ生産量（セメント協会データ）と「窯業・建材統計年報」（経済産業省）に示された石灰石消費量の比率の平均値を用いて過去（1990～1999 年度）のクリンカ生産量を推計した。

表 4-5 クリンカ生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
石灰石消費量 実績	kt (dry)	89,366	97,311	81,376	-	-	-	-	-
クリンカ生産量 実績	kt	-	-	69,528	63,003	55,647	49,195	47,279	48,884
クリンカ生産量実績/石灰石消費量実績*		0.853	0.853						
補正後クリンカ生産量**	kt	76,253	83,032	69,528	63,003	55,647	49,195	47,279	48,884

\* 1990～1999 年度のクリンカ生産量実績/石灰石消費量実績の値は、2000～2003 年度における比率の平均値。

\*\* 1990～1999 年度のみ推計にて補正。2000～2010 年度は実績値。

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■不確実性

セメント製造における CO<sub>2</sub> 排出の排出係数の不確実性評価においては、GPG（2000）に示された不確実性の標準値を使用した。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 10%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 10%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

#### ■時系列の一貫性

1990～1999 年度については、セメント協会提供データに基づく活動量・排出係数の推計値を用いて排出量を算定している。2000 年度以降は、セメント協会より提供を受けたデータを用いて、上記の算定方法に従って一貫して算定している。

### d) QA/QC と検証

GPG（2000）に従った方法で、Tier 1 QC 活動を実施している。Tier 1 QC には、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。

QA/QC 活動については、別添 6 に詳述している。

### e) 再計算

特になし。

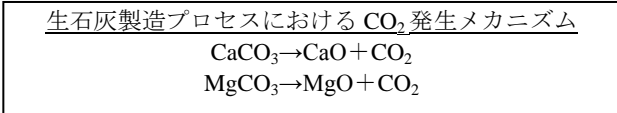
### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.2.2. 生石灰製造 (2.A.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

生石灰製造時に原料として使用される石灰石に含まれる  $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{MgCO}_3$  を焼成（加熱分解）することにより、 $\text{CO}_2$  が放出される。



b) 方法論

■算定方法

石灰石消費量に我が国独自の排出係数を乗じて  $\text{CO}_2$  排出量を算定した。

$\text{生石灰製造の原料の使用に伴う } \text{CO}_2 \text{ 排出量}[\text{t-CO}_2]$ $= \text{排出係数}[\text{t-CO}_2/\text{t-原料}] \times \text{石灰石消費量}[\text{t-原料}]$
--

■排出係数

日本石灰協会から提供された原料（石灰石）当たりの排出係数（ $0.428 \text{ t-CO}_2/\text{t-原料}$ ）を用いた。

原料当たりの排出係数は、原料成分や生石灰製品中の炭素量等をもとに推計した原料当たりの  $\text{CO}_2$  排出量を、各地方の生産量で加重平均したものである。なお、生石灰製造の排出係数は、年変動が少ないと考えられるため全年一定値とした。

■活動量

不均一価格物量表における「窯業 他窯業土石製品」に計上された消費量のうち、生石灰・消石灰用途の石灰石消費量を用いている。なお、セメント用の石灰石の含水率を使用して乾重量ベースに換算している。

※ 不均一価格物量表（経済産業研究所）について

不均一価格物量表は、産業連関表の金額投入表と鉱工業統計に示された消費量を使用して作成された物量表であり、総合エネルギー統計（エネルギーバランス表）における類似の推計手法を応用したものである。

既存の産業連関表附帯の物量表は、国内における製品の需給状況を漏れなく重複なく表現しているものの、各部門の物量は全産業の平均価格により投入額から換算されているため、実際の単価が異なっていれば、部門によっては物量値が過大・過小となっている恐れがあるが、一方、不均一価格物量表は、鉱工業統計等における統計値を可能な限り使用することで、各部門における製品の品質や形態の差異に基づく不均一な取引単価を考慮し、部門間の誤差を排除して従来の物量表における欠点を克服しようとするものである。

不均一価格物量表における消費量を活動量とすることで、二重計上や計上漏れなくあらゆる産業の活動量を把握することができ、また部門が細分化されているため排出・非排出用途の正確な分類が可能となると考えられる。

インベントリでは、「セメント製造 (2.A.1.)」を除いて、不均一価格物量表の部門別石灰石・ドロマイト消費量を各石灰石関連排出源の活動量に使用する。

ただし、軽焼ドロマイト製造で消費されるドロマイトについては、「石灰石及びドロマイトの使用 (2.A.3.)」に含めて計上されるため、「生石灰製造 (2.A.2.)」では算定しない。なお、

不均一価格物量表では、生石灰生産量から軽質炭カル生産量を差し引いた量に相当する石灰石消費量が生石灰製造部門の中で計上されており、軽質炭カル製造によるCO<sub>2</sub>再吸収分が控除されている。

表 4-6 石灰石消費量

	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
石灰石消費量 (dry)	kt	15,595	13,540	13,785	15,527	15,401	12,534	14,684	13,775

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

生石灰の製造におけるCO<sub>2</sub>の不確実性を評価した。排出係数の不確実性の値はGPG(2000)に示された15%を採用した。活動量の不確実性については、5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は16%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

## ■時系列の一貫性

生石灰製造の活動量は、不均一価格物量表の石灰石消費量を1990年度から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から一定値を使用している。従って、生石灰製造によるCO<sub>2</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

## d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1)に記載した内容と同一である。4.2.1. d)を参照のこと。

## e) 再計算

上述の活動量の項目に記述しているとおり、本サブカテゴリでは、不均一価格物量表から活動量を引いている。2008～2010年度について、不均一価格物量表における石灰石消費量が見直されたことに伴い、排出量の再計算が行われた。

## f) 今後の改善計画及び課題

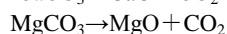
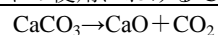
特になし。

## 4.2.3. 石灰石及びドロマイトの使用(2.A.3.)

## a) 排出源カテゴリーの説明

石灰石にはCaCO<sub>3</sub>及び微量のMgCO<sub>3</sub>が、ドロマイトにはCaCO<sub>3</sub>及びMgCO<sub>3</sub>が含まれており、石灰石・ドロマイトを加熱すると、CaCO<sub>3</sub>及びMgCO<sub>3</sub>由来のCO<sub>2</sub>が排出される。

石灰石、ドロマイトの使用におけるCO<sub>2</sub>生成メカニズム



## b) 方法論

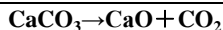
## ■算定方法

使用された石灰石及びドロマイトの量に排出係数を乗じて、排出量の算定を行った。

## ■排出係数

### ○石灰石

排出係数は、化学反応式における  $\text{CO}_2$  と  $\text{CaCO}_3$  の重量比に石灰石から取り出せる  $\text{CaO}$  の割合 (55.4% : 「石灰石の話 (石灰石鉱業協会)」に示された割合「54.8~56.0%」の中間値) を乗じた値と、 $\text{CO}_2$  と  $\text{MgCO}_3$  の重量比に石灰石から取り出せる  $\text{MgO}$  の割合 (0.5% : 「石灰石の話 (石灰石鉱業協会)」に示された割合「0.0~1.0%」の中間値) を乗じた値を加えて算出した。



- ・石灰石から取り出せる  $\text{CaO}$  の割合 : 55.4%  
(54.8~56.0%の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・石灰石から取り出せる  $\text{MgO}$  の割合 : 0.5%<sup>b</sup>  
(0.0~1.0%の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・ $\text{CaCO}_3$  (石灰石の主成分) の分子量 : 100.0869<sup>a</sup>
- ・ $\text{MgCO}_3$  の分子量 : 84.3139<sup>a</sup>
- ・ $\text{CaO}$  の分子量 : 56.0774<sup>a</sup>
- ・ $\text{MgO}$  の分子量 : 40.3044<sup>a</sup>
- ・ $\text{CO}_2$  の分子量 : 44.0095<sup>a</sup>
- ・ $\text{CaCO}_3$  の含有率 = 石灰石から取り出せる  $\text{CaO}$  の割合 ×  $\text{CaCO}_3$  の分子量 /  $\text{CaO}$  の分子量  
= 55.4% × 100.0869 / 56.0774 = 98.88%
- ・ $\text{MgCO}_3$  の含有率 = 石灰石から取り出せる  $\text{MgO}$  の割合 ×  $\text{MgCO}_3$  の分子量 /  $\text{MgO}$  の分子量  
= 0.5% × 84.3139 / 40.3044 = 1.05%

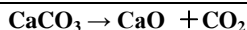
$$\begin{aligned} \text{○ 排出係数} &= \text{CO}_2 \text{ の分子量} / \text{CaCO}_3 \text{ の分子量} \times \text{CaCO}_3 \text{ の含有率} \\ &\quad + \text{CO}_2 \text{ の分子量} / \text{MgCO}_3 \text{ の分子量} \times \text{MgCO}_3 \text{ の含有率} \\ &= 44.0095 / 100.0869 \times 0.9888 + 44.0095 / 84.3139 \times 0.0105 \\ &= 0.4348 + 0.0055 = 0.4402 \quad [\text{t-CO}_2/\text{t}] \\ &= 440 \quad [\text{kg-CO}_2/\text{t}] \end{aligned}$$

(出典)

- a. IUPAC “Atomic Weights of the Elements 1999”  
(<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/AtWt99.html>)
- b. 石灰石鉱業協会「石灰石の話」

### ○ドロマイト

排出係数は、化学反応式における  $\text{CO}_2$  と  $\text{CaCO}_3$  の重量比にドロマイトから取り出せる  $\text{CaO}$  の割合 (34.5% : 33.1~35.85%の中間値。石灰石鉱業協会「石灰石の話」) を乗じた値と、 $\text{CO}_2$  と  $\text{MgCO}_3$  の重量比にドロマイトから取り出せる  $\text{MgO}$  の割合 (18.3% : 17.2~19.5%の中間値。石灰石鉱業協会「石灰石の話」) を乗じた値を加え排出係数を算定した。



- ・ドロマイトから取り出せる  $\text{CaO}$  の割合 : 34.5%  
(33.1~35.85%の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・ドロマイトから取り出せる  $\text{MgO}$  の割合 : 18.3%  
(17.2~19.5%の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・ $\text{CaCO}_3$  (ドロマイトの主成分) の分子量 : 100.0869
- ・ $\text{MgCO}_3$  (ドロマイトの主成分) の分子量 : 84.3142
- ・ $\text{CaO}$  の分子量 : 56.0774
- ・ $\text{MgO}$  の分子量 : 40.3044
- ・ $\text{CO}_2$  の分子量 : 44.0098



$$\begin{aligned}
 & \bullet \text{CaCO}_3 \text{の含有率} = \text{ドロマイトから取り出せる CaO の割合} \times \text{CaCO}_3 \text{の分子量} / \text{CaO の分子量} \\
 & \quad = 34.5\% \times 100.0869 / 56.0774 \\
 & \quad = 61.53\% \\
 \\
 & \bullet \text{MgCO}_3 \text{の含有率} = \text{ドロマイトから取り出せる MgO の割合} \times \text{MgCO}_3 \text{の分子量} / \text{MgO の分子量} \\
 & \quad = 18.3\% \times 84.3142 / 40.3044 \\
 & \quad = 38.39\% \\
 \\
 & \circ \text{排出係数} = \text{CO}_2 \text{の分子量} / \text{CaCO}_3 \text{の分子量} \times \text{CaCO}_3 \text{の含有率} \\
 & \quad + \text{CO}_2 \text{の分子量} / \text{MgCO}_3 \text{の分子量} \times \text{MgCO}_3 \text{の含有率} \\
 & \quad = 44.0098 / 100.0869 \times 0.6153 + 44.0098 / 84.3142 \times 0.3839 \\
 & \quad = 0.2706 + 0.2004 \\
 & \quad = 0.4709 \quad [\text{t-CO}_2/\text{t}] \\
 & \quad = 471 \text{ [kg-CO}_2/\text{t}]
 \end{aligned}$$

### ■活動量

不均一価格物量表における石灰石及びドロマイト消費量のうち、「セメント製造(2.A.1.)」、「生石灰製造(2.A.2.)」該当部門以外の部門、すなわち「窯業 セメント」、「窯業 他窯業 土石製品のうち生石灰・消石灰」以外の排出用途に分類される全部門の石灰石及びドロマイト消費量を本サブカテゴリ下に計上する(ドロマイトについては「窯業 セメント」以外の全部門)。なお、活動量はセメント用の石灰石の含水率を使用して乾重量ベースに換算されたものである。

主な用途分類に対応する不均一価格物量表の部門については以下の通りである。

表 4-7 主な用途と不均一価格物量表の該当部門

主な用途	不均一価格物量表の該当部門 (石灰石)	不均一価格物量表の該当部門 (ドロマイト)
鉄鋼・精錬	2611-01 鉄鋼 銑鉄 ～2611-04 鉄鋼 粗鋼(電気炉)	2611-01 鉄鋼 銑鉄 ～2631-03 鉄鋼 鋳鉄品・鍛工品
	2631-02 鉄鋼 鋳鉄管、-03 鉄鋼 鋳鉄品・鍛工品	
	2711-01 非鉄 銅、-02 鉛亜鉛	2711-02 非鉄 鉛亜鉛
	2722-03 非鉄 非鉄金属素型材	
ガラス製品	2511-01 窯業 板ガラス ～2519-09 窯業 他ガラス製品	2511-01 窯業 板ガラス・安全ガラス
排煙脱硫	0621-01 鋳業 窯業原料鋳物	
セラミックス製品		0621-01 鋳業 窯業原料鋳物
		0621-09 鋳業 他非金属鋳物
	2531-01 窯業 陶磁器	2531-01 窯業 陶磁器
	2599-01 窯業 耐火物	2599-01 窯業 耐火物、-03 炭素黒鉛
		2599-09 窯業 他窯業土石製品
		2811-01 金属 建設用金属製品 ～2899-09 金属 他金属製品
化学製品		8611-09 個人サ 他娯楽サービス
	2011-02 化学 化学肥料	2011-02 化学 化学肥料
	2022-09 化学 他無機化学製品	2022-09 化学 他無機化学製品
		2039-02 化学 油脂加工製品
	2039-09 化学 他有機化学製品	2039-09 化学 他有機化学製品
		2061-01 化学 医薬品
	2079-09 化学 他化学最終製品	

(注) 部門名に付されている番号は、不均一価格物量表内の分類番号。

表 4-8 石灰石及びドロマイトの消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
石灰石消費量									
鉄鋼・製錬用 (dry)	kt	14,430	13,590	13,619	12,579	12,203	11,024	11,843	11,587
ガラス製品用 (dry)	kt	66	42	26	31	16	12	17	16
排煙脱硫用 (dry)	kt	1,841	2,139	1,813	2,075	1,922	1,699	1,796	2,011
セラミック製品用 (dry)	kt	442	1,110	1,138	463	528	372	347	373
化学製品用 (dry)	kt	3,668	1,717	1,772	682	749	521	480	509
ドロマイト消費量									
鉄鋼・製錬用 (dry)	kt	1,144	1,089	1,160	1,530	1,534	1,096	1,575	1,539
ガラス製品用 (dry)	kt	264	250	203	230	160	126	151	154
セラミック製品用 (dry)	kt	1,561	1,227	1,020	1,130	1,295	1,577	1,615	1,408
化学製品用 (dry)	kt	147	96	84	53	35	36	34	27

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数の不確実性については、専門家の判断により石灰石の排出係数の不確実性は 16.4%、ドロマイトの排出係数の不確実性は 3.5%と評価された。活動量の不確実性については、石灰石は 4.8%、ドロマイトは 3.9%と評価された。その結果、石灰石の排出量の不確実性は 17%、ドロマイトの排出量の不確実性は 5%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

## ■時系列の一貫性

石灰石及びドロマイトの使用の活動量は、不均一価格物量表の石灰石及びドロマイト消費量を 1990 年度から一貫して使用している。また、排出係数は 1990 年度から一定値を使用している。従って、石灰石及びドロマイトの使用による CO<sub>2</sub> 排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

## d) QA/QC と検証

セメント製造 (2.A.1.) に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

## e) 再計算

不均一価格物量表では、石炭及び C 重油中の硫黄分がすべて石灰石の燃焼を伴う脱硫方式により処理されたとみなし活動量として使用している排煙脱硫用石灰石消費量を推計していたが、石灰石の燃焼を伴わない脱硫方式により処理される硫黄分があること、また石灰石の燃焼を伴う脱硫方式に湿式と乾式の両方があることを施設の稼働実績に基づき反映したため、時系列全般にわたり石灰石消費量を改訂した。なお、不均一価格物量表は国内における石灰石製品の需給状況を漏れなく重複なく表現するバランス表であるため、鉄鋼・製錬用、セラミック製品用、化学製品用の部門についても全面的に改訂が行われることとなった。これに伴い、本サブカテゴリの排出量が時系列全般にわたり再計算された。

また、2010 年度について、不均一価格物量表におけるセラミック製品用、化学製品用のドロマイト消費量が見直されたことに伴い、排出量の再計算が行われた。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.2.4. ソーダ灰の製造及び使用 (2.A.4.)

## 4.2.4.1. ソーダ灰の製造 (2.A.4.-)

我が国では、塩安 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ソーダ法によりソーダ灰 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) の生産が行われている。ソーダ灰の製造工程においては、石灰石とコークスを石灰炉で焼成しており、その際に  $\text{CO}_2$  が排出される。石灰起源の  $\text{CO}_2$  はそのほとんどが製品中へ取り込まれる。

ソーダ灰の製造工程において、購入した  $\text{CO}_2$  をパイプラインで投入する場合があるが、この排出量はアンモニア工業から排出される  $\text{CO}_2$  であるため、「アンモニア製造 (2.B.1.)」で既に計上されている。また、コークスの消費量については、加熱用として石油等消費動態統計に記載されているため、コークス起源の  $\text{CO}_2$  排出量は既に「燃料の燃焼分野 (1.A.)」に計上されている。従って、当該排出源からの排出量は、すべて他分野にて既に計上されているため、「IE」と報告している。また、コークスについては熱源及び  $\text{CO}_2$  源として投入されている。

なお、1996年改訂 IPCC ガイドラインには、トロナ ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) の焼成による  $\text{CO}_2$  排出量の算定方法が示されているが、我が国ではトロナを焼成してソーダ灰を製造している実績がないため、排出量は算定しない。

## 4.2.4.2. ソーダ灰の使用 (2.A.4.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

ソーダ灰 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) の使用時に  $\text{CO}_2$  が排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

ソーダ灰消費量に我が国独自の排出係数を乗じて  $\text{CO}_2$  排出量を算定した。

## ■排出係数

不均一価格物量表において排出用途に分類されているソーダ灰消費量については、国産品・輸入品の別が特定できないため、国内総出荷量と海外総輸入量により以下の国内産ソーダ灰排出係数と輸入分の排出係数の加重平均をとって排出係数を設定する。

なお、国内産ソーダ灰については純度を用いて以下のように排出係数が設定されている。(ソーダ灰の純度は経年変動が少ないため、排出係数は経年固定)

$$\begin{aligned} \text{国内産ソーダ灰排出係数} &= \text{ソーダ灰純度 (国内全2社算術平均)} \\ &\quad \times \text{CO}_2 \text{ 分子量} / \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 分子量} \\ &= 0.995 \times 44.01 / 105.99 \\ &= 0.413 \end{aligned}$$

輸入ソーダ灰及び輸入されたその他炭酸二ナトリウムについては代表値を求めるための十分な情報が得られていないため、従来どおり 1996年改訂 IPCC ガイドライン (vol.3 p.2.13) に示されるデフォルト値 (0.415 [ $\text{t-CO}_2/\text{t-Na}_2\text{CO}_3$ ]) を用いる。

## ■活動量

不均一価格物量表において排出用途に分類されているソーダ灰消費量を用いた。

表 4-9 ソーダ灰消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
ソーダ灰消費量（ソーダ灰換算）	kt	647	605	504	476	384	333	353	355

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

ソーダ灰の排出係数の不確実性については、類似排出源である生石灰製造の不確実性を採用した。活動量の不確実性は 6.3%を採用した。排出量の不確実性は 16%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

## ■時系列の一貫性

ソーダ灰の使用に関する活動量は、不均一価格物量表のソーダ灰消費量を 1990 年度から一貫して使用している。また、排出係数は 1990 年度から一定値を使用している。従って、ソーダ灰の使用による CO<sub>2</sub> 排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

## d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

## e) 再計算

2010 年度について、不均一価格物量表におけるソーダ灰消費量が見直されたことに伴い、排出量の再計算が行われた。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.2.5. アスファルト屋根材（2.A.5.）

我が国ではアスファルト屋根葺き製造は行われており、製造工程や活動量等についての十分な情報が得られていないが、アスファルト屋根葺き製造に伴う CO<sub>2</sub> の排出は否定出来ない。また排出量の実測値も得られておらず、排出係数のデフォルト値もないことから、「NE」と報告している。

## 4.2.6. 道路舗装（2.A.6.）

我が国ではアスファルト道路舗装は行われており、その工程で CO<sub>2</sub> はほとんど排出されないと考えられるが、その排出を完全には否定できない。また排出量の実測値も得られておらず、排出係数のデフォルト値もないことから、「NE」と報告している。

## 4.3. 化学産業（2.B.）

化学産業カテゴリーでは、化学製品の製造過程から大気中に排出される CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O を扱う。当該カテゴリーは、「2.B.1.アンモニア製造」、「2.B.2.硝酸製造」、「2.B.3.アジピン酸製造」、「2.B.4.カーバイド製造」、「2.B.5.その他化学工業製品製造」から構成される。

2011 年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は約 3,522 Gg-CO<sub>2</sub> 換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF 除く）の 0.3%を占めている。1990 年比の排出量と比較すると 72.5%の減少となっている。

表 4-10 2.B. 化学産業からの排出量

ガス	排出区分			単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011		
CO <sub>2</sub>	2.B 化学産業	2.B.1	アンモニア製造	Gg-CO <sub>2</sub>	3,385	3,436	3,188	2,155	1,990	1,909	2,106	1,991		
		2.B.4	カーバイド製造	シリコンカーバイド	Gg-CO <sub>2</sub>	C	C	C	C	C	C	C	C	
				カルシウムカーバイド	Gg-CO <sub>2</sub>	C	C	C	C	C	C	C	C	
		2.B.5	その他の化学工業製品	エチレン	Gg-CO <sub>2</sub>	C	C	C	C	C	C	C	C	
合計				Gg-CO <sub>2</sub>	4,209	4,220	3,893	2,887	2,574	2,488	2,737	2,629		
CH <sub>4</sub>	2.B 化学産業	2.B.4	カーバイド製造	シリコンカーバイド	Gg-CH <sub>4</sub>	0.02	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		
				カーボンブラック	Gg-CH <sub>4</sub>	0.28	0.27	0.27	0.28	0.25	0.22	0.26	0.23	
		2.B.5	その他の化学工業製品	エチレン	Gg-CH <sub>4</sub>	0.09	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.10	
				1,2-ジクロロエタン	Gg-CH <sub>4</sub>	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	
				スチレン	Gg-CH <sub>4</sub>	0.07	0.09	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.08	
				メタノール	Gg-CH <sub>4</sub>	0.17	0.15	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
				コークス	Gg-CH <sub>4</sub>	15.47	13.82	8.00	5.02	4.59	4.13	4.45	4.54	
		合計				Gg-CH <sub>4</sub>	16.11	14.50	8.52	5.57	5.07	4.60	4.95	5.00
		合計				Gg-CO <sub>2</sub> 換算	338	304	179	117	106	97	104	105
N <sub>2</sub> O	2.B 化学産業	2.B.2	硝酸製造	Gg-N <sub>2</sub> O	2.47	2.46	2.57	2.52	1.62	1.54	1.81	1.49		
		2.B.3	アジピン酸製造	Gg-N <sub>2</sub> O	24.20	24.03	12.56	1.68	2.45	3.49	1.66	1.05		
		合計		Gg-N <sub>2</sub> O	26.67	26.49	15.13	4.19	4.07	5.03	3.48	2.54		
		合計		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	8,267	8,213	4,690	1,300	1,262	1,559	1,078	788		
全ガス合計				Gg-CO <sub>2</sub> 換算	12,814	12,737	8,762	4,304	3,943	4,144	3,919	3,522		

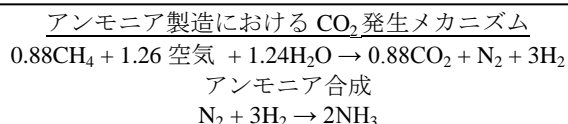
C：秘匿情報

## 4.3.1. アンモニア製造 (2.B.1.)

## a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO<sub>2</sub>

アンモニア製造においては、原料の炭化水素を分解して H<sub>2</sub> を生成する過程で CO<sub>2</sub> が排出される。

2) CH<sub>4</sub>

実測例よりアンモニア製造に伴う CH<sub>4</sub> の排出は確認されているが、排出係数を設定するだけの十分な実測例が存在しないため、現状では排出量の算定はできない。また、排出係数のデフォルト値が 1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示されていないことから、「NE」と報告している。

3) N<sub>2</sub>O

我が国ではアンモニアの製造は行われているが、アンモニア製造に伴う N<sub>2</sub>O の排出は原理的に考えられず、また実測例でも N<sub>2</sub>O の排出係数は測定限界以下であったことから「NA」と報告している。

## b) 方法論

## ■算定方法

アンモニアの原料として使用された各燃料種の消費量に排出係数を乗じて、CO<sub>2</sub> 排出量の

算定を行った。

■排出係数

表4-11に示す原料毎に、燃料の燃焼分野からのCO<sub>2</sub>排出量の算定に用いている排出係数と同じ値を用いた（第3章参照のこと）。なお、当該カテゴリーにおいて、使用原料の割合が年ごとに変動するため、みなし排出係数もまた年次可変となる。

表 4-11 アンモニア製造時に使用する原料、排出係数及び発熱量

原料	排出係数 (tC/TJ)	発熱量		(単位)
		1990	2005	
ナフサ	18.17	33.5	33.6	MJ/l
液化石油ガス (LPG)	16.13	50.2	50.8	MJ/kg
製油所ガス (オフガス)	14.15	39.3	44.9	MJ/m <sup>3</sup>
天然ガス	13.90	41.0	43.5	MJ/m <sup>3</sup>
石炭 (一般炭・輸入炭)	24.71	26.0	25.7	MJ/kg
オイルコークス	25.35	35.6	29.9	MJ/kg
液化天然ガス (LNG)	13.47	54.4	54.6	MJ/kg
コークス炉ガス (COG)	10.99	20.1	21.1	MJ/m <sup>3</sup>

(出典) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

■活動量

経済産業省「石油等消費動態統計年報」に示された表4-12の燃料種の固有単位（重量、容積等）を、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」に示された発熱量を用いて換算した値を用いた。なお、一部の燃料種の消費量については秘匿データである。

表 4-12 アンモニア製造に係る原料用等消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
ナフサ	kl	189,714	477,539	406,958	92,453	67,062	72,045	70,067	67,646
液化石油ガス	t	226,593	45,932	5,991	0	0	0	0	0
石油系炭化水素ガス	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	C	230,972	240,200	147,502	151,553	140,783	143,634	126,809
天然ガス	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	C	100,468	86,873	77,299	50,260	21,773	41,640	41,169
石炭 (一般炭、輸入炭)	t	C	209,839	726	1,239	802	522	629	879
オイルコークス	t	C	273,125	420,862	353,983	336,633	351,594	394,116	365,340
液化天然ガス	t	C	46,501	23,395	165,606	162,342	145,699	157,918	161,588
コークス炉ガス	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	C	35,860	55,333	0	0	0	0	0

C: 秘匿情報

■留意事項

当該区分における燃料消費量は、エネルギー分野の活動量から控除されている（第3章参照のこと）。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

アンモニアの原料種別に不確実性を評価した。排出係数の不確実性については、燃料の燃焼と同様の値を使用した。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した5%を採用した。その結果、ナフサの不確実性は7%、LPGは6%、石油系炭化水素ガスは22%、天然ガスは7%、石炭（一般炭、輸入炭）は7%、オイルコークスは23%、液化天然ガスは10%、コークス炉ガスは25%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

### ■時系列の一貫性

活動量は経済産業省「石油等消費動態統計年報」をもとに、1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から2008年度まで「総合エネルギー統計」に基づいて設定している。従って、アンモニア製造によるCO<sub>2</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

#### d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1.)に記載した内容と同一である。4.2.1.d)を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

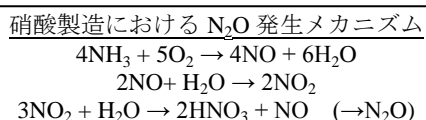
#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

### 4.3.2. 硝酸製造(2.B.2.)

#### a) 排出源カテゴリーの説明

アンモニアを原料とする硝酸(HNO<sub>3</sub>)の製造に伴いN<sub>2</sub>Oが排出される。



日本国内の硝酸製造においては、オストワルド法の化学反応をベースとした新ファウザー法(中圧)、ケミコ式(高圧)などが主流となっている。なお、N<sub>2</sub>O分解については一部触媒を用いた装置を稼働させている。

#### b) 方法論

##### ■算定方法

GPG(2000)に示された手法(page 3.31, Equation.3.9)に基づき、硝酸の生産量に排出係数を乗じてN<sub>2</sub>O排出量を算定した。なお、各工場における排出量のデータは秘匿情報であるため、硝酸生産量及び排出係数は我が国全体の総量に対して設定した。またN<sub>2</sub>O破壊量に関するデータは現時点では把握されていないため、破壊に関する項は算定式に反映していない。

<p style="text-align: center;">硝酸製造に伴う N<sub>2</sub>O 排出量(kg-N<sub>2</sub>O)</p> $= \text{排出係数}[\text{kgN}_2\text{O}/\text{t}] \times \text{硝酸生産量}[\text{t}]$
---

##### ■排出係数

工場別のデータは秘匿情報であるため、我が国で硝酸の製造を行なっている国内全10工場の排出係数(実測値)を各工場の硝酸製造量で加重平均して排出係数を設定した。なお、この排出係数はN<sub>2</sub>Oの回収・破壊を考慮した値である。

表 4-13 硝酸製造に伴う N<sub>2</sub>O 排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
硝酸製造に伴う排出係数	kg-N <sub>2</sub> O/t	3.50	3.51	3.92	4.18	3.35	3.34	3.58	3.49

■活動量

硝酸製造時の N<sub>2</sub>O 排出の活動量には、経済産業省より提供のデータを用いている。

表 4-14 硝酸生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
硝酸生産量	t	705,600	701,460	655,645	602,348	484,070	460,600	506,071	426,349

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

硝酸製造に伴う N<sub>2</sub>O の排出係数の不確実性については、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、統計的処理により 95%信頼区間を求め不確実性評価を行った。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 46%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

■時系列の一貫性

経済産業省より提供を受けた活動量・排出係数データをもとに、1990 年度値から一貫した方法を使用して、算定している。

d) QA/QC と検証

セメント製造 (2.A.1.) に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.3.3. アジピン酸製造 (2.B.3.)

a) 排出源カテゴリーの説明

アジピン酸 (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>) の製造過程で、シクロヘキサノンとシクロヘキサノールと硝酸の化学反応で N<sub>2</sub>O が排出される。

b) 方法論

■算定方法

GPG (2000) のデシジョンツリー (page 3.32、Fig.3.4) に従い、当該事業所における N<sub>2</sub>O 発生率、N<sub>2</sub>O 分解量、アジピン酸生産量を用いて排出量を算定した。

<p style="margin: 0;">アジピン酸製造に伴う N<sub>2</sub>O 排出量</p> <p style="margin: 0; text-align: center;">= {N<sub>2</sub>O 発生率× (1-N<sub>2</sub>O 分解率×分解装置稼働率)} ×アジピン酸生産量</p>
--



### ■排出係数

排出係数は上記の式に従って算定した値を用いた。各パラメータの設定方法は以下の通りである。なお、各データは秘匿扱いである。

#### ○N<sub>2</sub>O 発生率

我が国でアジピン酸を目的生産物として生産を行っている唯一の事業所における実測データを用いた。

#### ○N<sub>2</sub>O 分解率

当該事業所における N<sub>2</sub>O 分解率の実測結果を用いた。

#### ○N<sub>2</sub>O 分解装置稼働率

当該事業所において全ての N<sub>2</sub>O 分解装置を対象に毎年調査される N<sub>2</sub>O 分解装置運転時間及びアジピン酸製造プラント運転時間に基づいて算定された値を用いた。

#### N<sub>2</sub>O 分解装置稼働率の算定式

$$\text{N}_2\text{O 分解装置稼働率 (\%)} \\ = \text{N}_2\text{O 分解装置運転時間} / \text{アジピン酸製造プラント運転時間} \times 100 (\%)$$

N<sub>2</sub>O 分解装置運転時間：N<sub>2</sub>O ガスを全量フィードした時点からフィードを停止した時点までの時間。

アジピン酸製造プラント運転時間：原料をフィードした時点からフィードを停止した時点までの時間。

### ■活動量

アジピン酸製造に伴う N<sub>2</sub>O 排出の活動量は、当該メーカーから経済産業省に提供されたアジピン酸の生産量を用いた。なお、データは秘匿扱いである。

### ■留意事項

アジピン酸製造過程における N<sub>2</sub>O 排出量は、1990 年から 1997 年にかけて、概ね増加傾向にあった。しかし、1999 年 3 月より、アジピン酸製造プラントにおいて N<sub>2</sub>O 分解装置の稼働を開始したため、1999 年以降は N<sub>2</sub>O 排出量が大幅に減少することとなった。なお、2000 年は N<sub>2</sub>O 分解装置の故障により稼働率が低下したために N<sub>2</sub>O 排出量が一時的に増加している。

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

アジピン酸の排出係数は複数のパラメータにより算定しているため、各パラメータの不確実性を合成して排出係数の不確実性を算定した。N<sub>2</sub>O 発生率、N<sub>2</sub>O 分解率、分解装置の稼働率の不確実性を合成した結果、排出係数の不確実性は 9%と評価された。活動量の不確実性については、GPG (2000) に示された値を採用した (2%)。その結果、排出量の不確実性は 9%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

##### ■時系列の一貫性

当該メーカーから経済産業省に提供された活動量・排出係数データを用い、1990 年度値から一貫した方法を使用して、算定している。

d) QA/QC と検証

セメント製造 (2.A.1.) に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

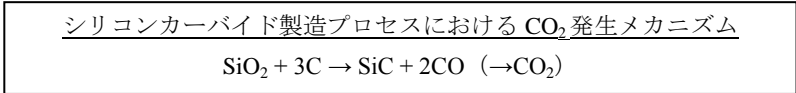
4.3.4. カーバイド製造 (2.B.4.)

4.3.4.1. シリコンカーバイド製造 (2.B.4.-)

a) 排出源カテゴリの説明

1) CO<sub>2</sub>

シリコンカーバイド製造時に原料のシリカと石油コークスの反応に伴い CO<sub>2</sub> が排出される。



2) CH<sub>4</sub>

我が国においてシリコンカーバイドは電気炉で製造されており、シリコンカーバイド製造時には、還元剤として使用されるコークスが酸化する際に CH<sub>4</sub> が発生すると考えられる。

b) 方法論

1) CO<sub>2</sub>

■算定方法

シリコンカーバイドの原料として使用された石油コークスの消費量に排出係数を乗じて排出量を算定した。

■排出係数

我が国における実測データ及び独自の排出係数が存在しないため、1996年改訂 IPCC ガイドライン (vol.3 p2.21) に示されたシリコンカーバイドの製造に伴う排出係数のデフォルト値 2.3 [t-CO<sub>2</sub>/t]を用いた。

■活動量

シリコンカーバイドの製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出の活動量は、我が国でシリコンカーバイドの製造を行なっている唯一の事業所から提供された石油コークスの消費量を用いた。なお、データは秘匿扱いである。

2) CH<sub>4</sub>

■算定方法

燃料の燃焼分野 (1.A.固定発生源) からの CH<sub>4</sub> 排出量の算定と同様の手法を用い、我が国

の実測データより設定した排出係数を、電気炉における電力消費量に乗じて排出量を算定した。

#### ■排出係数

我が国で行われた実測調査のデータを基に、煙道におけるCH<sub>4</sub>濃度、O<sub>2</sub>濃度と理論排ガス量（乾き）、理論空気量、高位発熱量を用いて、燃料の燃焼計算の式より電気炉からの電力消費に伴う排出係数（12.8 kg-CH<sub>4</sub>/TJ）を設定した（第3章 3.2.1 固定発生源（1.A.1., 1.A.2., 1.A.4.: CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O）参照）。

#### ■活動量

「大気汚染物質排出量総合調査」における電力消費量を用いた（2000年度以降は1999年度値を代用）。

表 4-15 電気炉（カーバイド用）における電力消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
電気炉（カーバイド用）	TJ	1,576	4,277	2,454	2,454	2,454	2,454	2,454	2,454

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

##### 1) CO<sub>2</sub>

排出係数の不確実性については、GPG（2000）に示された類似排出源の不確実性の標準値の上限値（100%）を採用した。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した10%を採用した。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

##### 2) CH<sub>4</sub>

排出係数の不確実性は163%、活動量の不確実性は5%と評価された（第3章参照のこと）。その結果、排出量の不確実性は163%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

##### ■時系列の一貫性

CO<sub>2</sub>の活動量は事業所からの提供を受けたデータ、CH<sub>4</sub>の活動量は大気汚染物質排出量総合調査をもとに、1990年度から一貫した方法を使用して算定している。排出係数についてはCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>いずれも1990年度から2008年度まで一定値を使用している。従って、シリコンカーバイド製造によるCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

#### d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

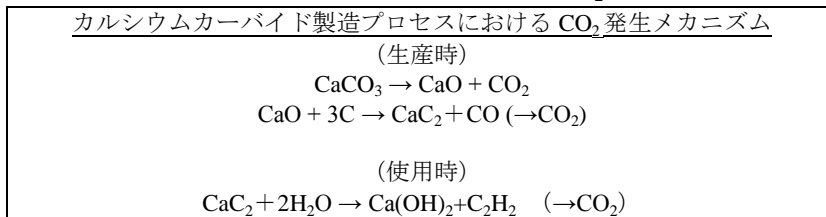
特になし。

4.3.4.2. カルシウムカーバイドの製造及び使用 (2.B.4.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO<sub>2</sub>

カルシウムカーバイド製造に使用される生石灰を製造する過程でCO<sub>2</sub>が発生し、生石灰からカルシウムカーバイドを製造する過程で発生したCOが燃焼することによりCO<sub>2</sub>が排出される。しかし前者は「石灰石及びドロマイトの使用 (2.A.3.)」の化学製品からの排出に含まれるため、ここでは還元剤起源分のみを計上する。また、カルシウムカーバイドを水と反応させて得られるアセチレンを燃焼させた際に発生するCO<sub>2</sub>を計上する。



2) CH<sub>4</sub>

カーバイド製造時に発生する副生ガス（一酸化炭素ガスが主）には微量のCH<sub>4</sub>が含まれるが、全て回収して燃焼させ燃料として使用しており、系外には排出していない。従って、当該排出源からの排出は「NA」と報告している。

b) 方法論

■算定方法

1996年改訂IPCCガイドラインに示されている方法に基づき、カルシウムカーバイドの生産量に、以下の排出係数を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を算定した。

■排出係数

1990～2007年度については、我が国における実測データ及び独自の排出係数が存在しないため、1996年改訂IPCCガイドライン (vol.3 p.2.22) に示されたデフォルトの排出係数を用いた。

表 4-16 カルシウムカーバイドの生産及び消費に伴うCO<sub>2</sub>の排出係数 (2007年度以前)

単位	生産時還元剤起源	使用時
t-CO <sub>2</sub> /t	1.09	1.10

(出典) 1996年改訂IPCCガイドライン vol.3 p.2.22

2008年度以降については、わが国でカルシウムカーバイドを製造している国内全2社における実測データに基づいた還元剤起源の排出係数（年次可変）を使用する。なお、データは秘匿扱いである。使用時の排出係数については、2008年度以降もデフォルト値(1.10 t-CO<sub>2</sub>/t)を用いる。

■活動量

カルシウムカーバイドの生産量については、カーバイド工業会により提供されたカルシウムカーバイドの生産量を用いた。なお、データは秘匿扱いである。

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数の不確実性については、GPG（2000）に示された類似排出源の不確実性の標準値の上限値（100%）を採用した。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した10%を採用した。その結果、排出量の不確実性は100%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

## ■時系列の一貫性

カルシウムカーバイド製造の活動量はカーバイド工業会より提供を受けたデータをもとに、1990年度値から一貫して使用している。排出係数については、1990年度から2007年度まで一定値を使用している。2008年度以降は我が国独自の排出係数を使用しているが、1990年まで遡っての、生産規模や製造技術改良等、国独自の排出係数を設定するためのデータが把握できないことから、2007年度以前の算定にはデフォルトの排出係数を使用した。

## d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1）に記載した内容と同一である。4.2.1. d）を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.3.5. その他の化学工業製品（2.B.5.）

## 4.3.5.1. カーボンブラック製造（2.B.5.-）

## a) 排出源カテゴリーの説明

カーボンブラックはアセチレンガス、天然ガス、霧状の油等を1,300℃以上での不完全燃焼により熱分解させて製造される。カーボンブラック製造プロセスから排出されるテールガス（オフガス）に含まれるCH<sub>4</sub>が大気中に排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

カーボンブラック製造に伴うCH<sub>4</sub>排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手法に従い、カーボンブラックの生産量に我が国独自の排出係数を乗じて算定した。

## ■排出係数

国内生産量の96%を占める主要5社においては、カーボンブラック製造工程において発生するCH<sub>4</sub>を回収して回収炉やフレアスタックで利用しており、定常運転時には排出されない。このため、国内主要5社における定常点検時とボイラー点検時のCH<sub>4</sub>排出量を推計し、カーボンブラック生産量で加重平均し排出係数を設定した。排出係数は、0.35 [kgCH<sub>4</sub>/t]。

表 4-17 国内主要5社のカーボンブラック生産状況及びCH<sub>4</sub>排出状況

	カーボンブラック生産量 [t/year]	CH <sub>4</sub> 排出量 [kg CH <sub>4</sub> /year]	排出係数 [kg CH <sub>4</sub> / t]
主要5社計	701,079	246,067	0.35

(出典) カーボンブラック協会提供データ (1999年度実績)

### ■活動量

カーボンブラック製造に伴うCH<sub>4</sub>排出の活動量については、経済産業省「化学工業統計年報」に示されたカーボンブラック生産量を用いた。

表 4-18 カーボンブラック生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
カーボンブラック生産量	t	792,722	758,536	771,875	805,461	725,113	634,733	730,352	669,887

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■不確実性

カーボンブラックの製造に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数の不確実性については、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、統計的処理により95%信頼区間を求め不確実性評価を行った。その結果、排出係数の不確実性は、54.8%と評価された。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した5%を採用した。その結果、排出量の不確実性評価は55%として評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

#### ■時系列の一貫性

カーボンブラック製造の活動量は経済産業省「化学工業統計年報」をもとに、1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から2008年度まで一定値を使用している。従って、カーボンブラック製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

### d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1)に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

### e) 再計算

特になし。

### f) 今後の改善計画及び課題

各種炉における燃料の燃焼に伴うCH<sub>4</sub>排出との二重計上が行われている可能性があるため、精査の必要がある。

### 4.3.5.2. エチレン製造 (2.B.5.-)

#### a) 排出源カテゴリーの説明

##### 1) CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>

エチレンの生産工程でCO<sub>2</sub>が分離されることに伴いCO<sub>2</sub>が排出される。また、エチレン製造の過程で、スチーム・クラッキング法によるナフサ分解によりCH<sub>4</sub>が排出される。

なお、エチレン生産における炭素ロス分は、エネルギーバランス表のエネルギー転換部門の石油化学で計上している。石油化学は、ナフサ・改質生成油から基礎化学原料を生産する工場、製油所ガスや燃料油などの各種の石油製品が副生する過程をエネルギー転換とみなして表している部門である。

## 2) N<sub>2</sub>O

エチレン原料のナフサには窒素がほとんど含まれず、また、エチレン製造は酸素がほとんど存在しない状態で行われる。原理的に N<sub>2</sub>O の排出はない、との専門家判断により「NA」として報告している。

## b) 方法論

### ■算定方法

エチレン製造に伴う CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub> 排出については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された手法に基づき、エチレンの生産量に我が国独自の排出係数を乗じて、排出量を算定した。

### ■排出係数

#### ○ CO<sub>2</sub>

石油化学工業協会がエチレン製造に伴う CO<sub>2</sub> 排出係数に関する調査を 2009 年に実施したので、その調査結果を用いて、排出係数を設定した。なお、当該排出係数は秘匿とする。

#### ○ CH<sub>4</sub>

我が国の実態を踏まえ、全事業所における定常運転時・非定常運転時におけるフレアスタックからの排ガス量の推計値（入り口量の 98% が燃焼したものと仮定）、ナフサ分解炉及び再生ガス加熱炉からの排ガス量の測定値を生産量で除して各社ごとの排出係数を算出し、各社の生産量による加重平均をとって排出係数 0.015 [kgCH<sub>4</sub>/t] を設定した。（石油化学工業協会調べ）

### ■活動量

エチレン製造に伴う CH<sub>4</sub>、CO<sub>2</sub> 排出の活動量については、経済産業省「化学工業統計年報」に示されたエチレン生産量を用いた。

表 4-19 エチレン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
エチレン生産量	kt	5,966	6,951	7,566	7,549	6,520	7,219	6,999	6,474

## c) 不確実性と時系列の一貫性

### ■不確実性

エチレン製造の CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> の不確実性については同じ方法で評価した。排出係数の不確実性については、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、統計的処理により 95% 信頼区間を求め不確実性評価を行った。その結果、排出係数の不確実性は、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> ともに 77.2% と評価された。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 5% を採用した。その結果、エチレン製造に伴う CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> の排出量は共に 77% と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

### ■時系列の一貫性

エチレン製造の活動量は経済産業省「化学工業統計年報」をもとに、1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から2008年度まで一定値を使用している。従って、エチレン製造によるCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

#### d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

### 4.3.5.3. 1,2-ジクロロエタン製造（2.B.5.-）

#### a) 排出源カテゴリーの説明

1,2-ジクロロエタンは、エチレン（C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>）＋塩素（Cl<sub>2</sub>）の反応で製造される。得られた1,2-ジクロロエタンは洗浄、精製工程、熱分解工程を経て塩化ビニルモノマー（C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl）を得られるが、反応の際に発生する排ガス、洗浄、精製工程の排ガス中にごくわずかのCH<sub>4</sub>が生成される。

#### b) 方法論

##### ■算定方法

1,2-ジクロロエタン製造に伴うCH<sub>4</sub>排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手法に基づき、生産量に我が国独自の排出係数を乗じて算定した。

##### ■排出係数

塩ビ工業・環境協会加盟3社（生産量の約70%）の排ガス中CH<sub>4</sub>濃度を実測し、加重平均して排出係数を設定した。排出係数は、0.0050 [kgCH<sub>4</sub>/t]。（塩ビ工業・環境協会調べ）

##### ■活動量

1,2-ジクロロエタン製造に伴うCH<sub>4</sub>排出の活動量については、経済産業省「化学工業統計年報」に示された二塩化エチレン（1,2-ジクロロエタン）の生産量（年度値）を用いた。

表 4-20 1,2-ジクロロエタン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
二塩化エチレン生産量	kt	2,683	3,014	3,346	3,639	3,243	3,213	3,155	2,841

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

排出係数の不確実性については、専門家の判断により統計的処理により95%信頼区間を求め不確実性評価を行った。その結果、1,2-ジクロロエタン製造の排出係数の不確実性は、100.7%と評価された。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した5%を採用した。その結果、1,2-ジクロロエタン製造の不確実性は101%と評価された。な



お、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

#### ■時系列の一貫性

1,2-ジクロロエタン製造の活動量は経済産業省「化学工業統計年報」をもとに、1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から2009年度まで一定値を使用している。従って、1,2-ジクロロエタン製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

#### d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1)に記載した内容と同一である。4.2.1.d)を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

### 4.3.5.4. スチレン製造(2.B.5.-)

#### a) 排出源カテゴリーの説明

スチレンの製造に伴いCH<sub>4</sub>が排出される。

#### b) 方法論

##### ■算定方法

スチレン製造に伴うCH<sub>4</sub>排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手法に基づき、スチレンの生産量に我が国独自の排出係数を乗じて算定した。

##### ■排出係数

国内全事業所における定常運転時・非定常運転時におけるフレアスタックからの排ガス量の推計値(入り口量の98%が燃焼したものと仮定)及び加熱炉等からの排ガス量の測定値を生産量で除して各社ごとの排出係数を算出し、各社の生産量による加重平均をとって排出係数を設定した。排出係数は、0.031 [kgCH<sub>4</sub>/t] (石油化学工業協会調べ)。

##### ■活動量

スチレン製造に伴うCH<sub>4</sub>排出の活動量については、経済産業省「化学工業統計年報」に示されたスチレンモノマーの生産量を用いた。

表 4-21 スチレン(モノマー)生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
スチレン生産量	kt	2,227	2,952	3,020	3,375	2,699	3,043	3,019	2,594

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

スチレン製造に伴うCH<sub>4</sub>の排出係数の不確実性については、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、統計的処理により95%信頼区間を求め不確実性評価を行った。その結果、排出係数の不確実性は、113.2%と評価された。活動量の不確実性については、温室効

果ガス算定方法検討会で設定した5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は113%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

■時系列の一貫性

スチレン製造の活動量は経済産業省「化学工業統計年報」をもとに、1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数は1990年度から2008年度まで一定値を使用している。従って、スチレン製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1)に記載した内容と同一である。4.2.1.d)を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.3.5.5. メタノール製造 (2.B.5.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

メタノールの製造に伴いCH<sub>4</sub>が排出される。

b) 方法論

■算定方法

メタノールの製造に伴うCH<sub>4</sub>排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手法に基づいて算定した。

関連業界団体によれば、メタノールの生産(合成)は、内外価格差のため、我が国においては1995年で終了し、その後はメタノールを全て輸入しており、1995年頃には国内のメタノール生産プラントもなくなっている。また、「化学工業統計年報」によれば、1997年以降は精製メタノールの生産も行われていない。メタノールの精製過程では、合成されたメタノールの脱水を行うだけであるため、原理的にCH<sub>4</sub>が発生しない。

従って、1990~1995年までは、業界団体統計による生産量を使用して、排出量を報告し、1996年以降については、我が国ではメタノールの生産(合成)が行われていないと考えられることから「NO」と報告している。

■排出係数

1996年改訂IPCCガイドラインに示された、メタノールのデフォルト値を用いた。排出係数は、2 [kgCH<sub>4</sub>/t] (1996年改訂IPCCガイドライン vol.2 p2.22 Table2-9)。

■活動量

メタノール製造に伴うCH<sub>4</sub>排出の活動量については、メタノールの生産量(暦年値、メタノール・ホルマリン協会調べ)を用いた。

表 4-22 メタノール生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
メタノール生産量	t	83,851	75,498	NO	NO	NO	NO	NO	NO

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

メタノール製造の不確実性は算定されていない。

## ■時系列の一貫性

メタノール製造の活動量はメタノール・ホルマリン協会からの提供データをもとに、1990年から1995年まで一貫して使用している。また、排出係数は1990年から1995年まで一定値を使用している。従って、スチレン製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

## d) QA/QC と検証

セメント製造(2.A.1.)に記載した内容と同一である。4.2.1.d)を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.3.5.6. コークス製造(2.B.5.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO<sub>2</sub>

コークスの製造に伴うCO<sub>2</sub>の排出量は、1.A.燃料の燃焼分野の「石炭製品製造部門」で計上されているため、本カテゴリーは「IE」と報告している。

2) CH<sub>4</sub>

コークスの製造に伴いCH<sub>4</sub>が排出される。

3) N<sub>2</sub>O

コークス炉蓋からの漏洩ガス中のN<sub>2</sub>O濃度の実測結果は得られていないが、専門家意見によるとコークス炉内は通常1,000°C以上の還元雰囲気でありN<sub>2</sub>Oは発生しないと考えられる。そのため、当該排出源からの排出量を「NA」と報告している。

## b) 方法論

## ■算定方法

コークス製造に伴うCH<sub>4</sub>排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手法に基づき、コークスの生産量に我が国独自の排出係数を乗じて算定した。

## ■排出係数

コークス製造時のCH<sub>4</sub>排出には、炭化室から燃焼室へのガス漏れによる燃焼排ガス中のCH<sub>4</sub>と、石炭の乾留過程において発生したCH<sub>4</sub>のうちコークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔から排出されるCH<sub>4</sub>の二つの発生源がある。

○ 燃焼排ガス

国内主要5社・7事業所におけるコークス炉排ガス中のCH<sub>4</sub>濃度(日本鉄鋼連盟調べ、1999年度実績)を、コークス生産量を用いて加重平均した値を排出係数として設定した。排出係数は、0.089 [kgCH<sub>4</sub>/t]。

○ コークス炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔

日本鉄鋼連盟では、有害大気汚染物質の自主管理計画を1997年度より実施しており、コークス炉炉蓋等からの他物質の排出よりCH<sub>4</sub>排出量が推計されている。これらのデータを、コークス生産量を用いて加重平均した値を排出係数として設定した。

表 4-23 コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔のCH<sub>4</sub>排出係数

項目	単位	1990-1996	1997-1999	2000	2001	2002	2003	2004
CH <sub>4</sub> 排出係数	kgCH <sub>4</sub> /t	0.238	0.180	0.119	0.062	0.052	0.042	0.055
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
		0.043	0.039	0.040	0.037	0.032	0.031	0.042

\* 1990～1996年度については、排出係数の変動が小さいと仮定し、1995年の実績値を実績のない他の年度に適用している。1997～1999年度については、1998、1999年度も1997年度値と同等と仮定している。2000年度以降は実績値。  
(出典) (社) 日本鉄鋼連盟提供データ

○ コークス製造時のCH<sub>4</sub>排出係数

前述の、「燃焼排ガス」と「コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔」を加えた値を排出係数として用いた。

■ 活動量

コークス製造時のCH<sub>4</sub>排出の活動量として、経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」(名称変更前)及び「資源・エネルギー統計年報」に示されたコークスの生産量を用いた。

表 4-24 コークス生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
コークス生産量	kt	47,338	42,279	38,511	38,009	36,551	34,140	37,036	34,875

■ 完全性について

CRFの「Table2(I).A-Gs2」では「2.C.1. 鉄鋼製造」のサブカテゴリーにおいてコークス製造時のCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>の排出量を報告することとされているが、我が国においては鉄鋼業以外の業種においてもコークス製造が行われていることから当該区分において排出量を計上した。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

コークスの排出係数の不確実性については、コークス炉燃焼排ガスの排出係数とコークス炉炉蓋等の排出係数の不確実性を別々に評価した。コークス炉燃焼排ガスの排出係数は98.5%、コークス炉炉蓋等の排出係数の不確実性は61.8%と評価された。活動量の不確実性については、温室効果ガス算定方法検討会で設定した5%を採用した。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

### ■時系列の一貫性

コークス製造の活動量は経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」及び「資源・エネルギー統計年報」をもとに、1990年度値から一貫した方法を使用して、算定している。また、排出係数についても日本鉄鋼連盟からの提供データを受けて一貫した方法を使用して、算定している。従って、コークス製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

#### d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.4. 金属の製造（2.C.）

金属の生産カテゴリーは、金属製品の製造過程で大気中に排出されるCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、PFCs、SF<sub>6</sub>を扱う。当該カテゴリーは、「2.C.1.鉄鋼製造」、「2.C.2.フェロアロイ製造」、「2.C.3.アルミニウム製造」、「2.C.4.アルミニウム及びマグネシウムの casting におけるSF<sub>6</sub>の使用」から構成される。

2011年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は約378 Gg-CO<sub>2</sub>換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF分野を除く）の0.03%を占めている。このカテゴリーのCO<sub>2</sub>及びCH<sub>4</sub>について1990年の排出量と比較すると、52.9%の減少となっている。ハロカーボン及びSF<sub>6</sub>では1995年の排出量と比較すると6.5%の増加となっている。

表 4-25 2.C. 金属の製造からの排出量

ガス	排出区分			単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
CO <sub>2</sub>	2.C 金属の生産	2.C.1	鉄鋼製造	鉄鋼製造における電気炉の使用	Gg-CO <sub>2</sub>	356.09	357.22	248.42	241.93	155.77	111.99	159.86
			鉄鋼製造	鉄鋼製造における電気炉の使用	Gg-CH <sub>4</sub>	0.74	0.72	0.67	0.68	0.61	0.51	0.59
CH <sub>4</sub>	2.C 金属の生産	2.C.2	フェロアロイ製造		Gg-CH <sub>4</sub>	0.19	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11	0.12
			合計		Gg-CH <sub>4</sub>	0.92	0.85	0.80	0.80	0.72	0.62	0.71
		合計		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	19.36	17.92	16.84	16.89	15.02	12.96	14.87	15.18
ガス合計				Gg-CO <sub>2</sub> 換算	375.45	375.15	265.26	258.81	170.80	124.95	174.72	176.88
PFCs	2.C	2.C.3	アルミニウム製造		Gg-CO <sub>2</sub> 換算		69.74	17.78	14.80	14.67	11.02	10.38
SF <sub>6</sub>	2.C 金属の生産	2.C.4	アルミニウム及びマグネシウムの casting におけるSF <sub>6</sub> の使用		t		5.00	43.00	48.42	27.30	10.00	12.88
					Gg-CO <sub>2</sub> 換算		119.50	1,027.70	1,157.31	652.47	239.00	307.90
ガス合計				Gg-CO <sub>2</sub> 換算		189.24	1,045.48	1,172.11	667.14	250.02	318.28	201.56

### 4.4.1. 鉄及び鉄鋼製造（2.C.1.）

#### 4.4.1.1. 鉄鋼製造（2.C.1.-）

##### 1) CO<sub>2</sub>

鉄鋼の製造に伴い発生するCO<sub>2</sub>は、還元剤として使用されるコークスが酸化されることで排出される。コークスの使用量は、燃料の燃焼分野（1.A.）における燃料使用量に含まれて

おり、還元剤として使用されるコークスの酸化により発生する CO<sub>2</sub> は燃料の燃焼分野 (1.A.) において既に算定されていることから、「IE」と報告している。

#### 4.4.1.2. 銑鉄製造 (2.C.1.-)

##### 1) CO<sub>2</sub>

銑鉄の製造に伴い発生する CO<sub>2</sub> は、還元剤として使用されるコークスが酸化されることで排出される。コークスの使用量は、燃料の燃焼分野 (1.A.) における燃料使用量に含まれており、還元剤として使用されるコークスの酸化により発生する CO<sub>2</sub> は燃料の燃焼分野 (1.A.) において既に算定されていることから、「IE」と報告している。

##### 2) CH<sub>4</sub>

銑鉄の製造に伴う CH<sub>4</sub> の発生は原理的に考えられず、また実測例でも CH<sub>4</sub> の排出はないことが確認されていることから「NA」と報告している。

#### 4.4.1.3. 焼結鉍製造 (2.C.1.-)

##### 1) CO<sub>2</sub>

焼結鉍の製造により発生する CO<sub>2</sub> は、全て粉コークスの燃焼により発生するものであり、その排出は燃料の燃焼分野 (1.A.) に該当する。当該排出量は、燃料の燃焼分野 (1.A.) において既に算定されているため「IE」と報告している。

焼結鉍製造時の石灰石及びドロマイトの使用に伴う CO<sub>2</sub> の排出は、「4.2.3. 石灰石及びドロマイトの使用」で計上している。

##### 2) CH<sub>4</sub>

焼結鉍の製造により発生する CH<sub>4</sub> は、全て粉コークスの燃焼により発生するものであり、その排出は燃料の燃焼分野 (1.A.) に該当する。また、当該排出量は、燃料の燃焼分野 (1.A.) において既に算定されているため「IE」と報告している。

#### 4.4.1.4. 鉄鋼製造におけるコークス製造 (2.C.1.-)

##### 1) CO<sub>2</sub>

我が国では主に鉄鋼製造においてコークスの製造が行われているが、コークスの製造過程から排出される CO<sub>2</sub> は、1.A.燃料の燃焼分野の「石炭製品製造部門」で計上されているため、本カテゴリーは「IE」と報告している。

##### 2) CH<sub>4</sub>

当該排出量は、「4.3.5.6. 化学工業 その他 コークス (2.B.5.-)」で算定していることから、「IE」と報告している。

## 4.4.1.5. 鉄鋼製造における電気炉の使用 (2.C.1.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

製鋼用電気炉（アーク炉）の使用時に、炭素電極から CO<sub>2</sub> が排出される。また、鉄鋼製造に使用される電気炉から CH<sub>4</sub> が排出される。

## b) 方法論

1) CO<sub>2</sub>

## ■算定方法

鉄鋼製造における電気炉の使用に伴う CO<sub>2</sub> 排出量については、炭素電極の生産量と輸入量の合計から輸出量を差し引いた重量に相当する炭素量が電気炉において CO<sub>2</sub> として大気に放散されると仮定し、排出量を算定した。

総合エネルギー統計において表現されている電気炉ガスに含まれる炭素分は、「1.A. 燃料の燃焼」分野にて計上されているため、排出量から控除した。

## ■活動量

「窯業・建材統計年報」（経済産業省）における炭素電極の生産量、及び「日本貿易統計」（財務省）炭素電極輸入量、輸出量を用いた。

表 4-26 電気炉の電極からの CO<sub>2</sub> 排出量

	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
#A 輸入量	t	12,341	18,463	11,363	15,075	15,116	11,218	17,321	20,436
#B 国内生産量	t	211,933	186,143	184,728	216,061	201,256	169,545	205,081	217,847
#C 輸出量	t	87,108	92,812	107,998	138,409	134,509	116,489	139,757	154,204
#D 電気炉ガス	t	39,983	14,300	20,293	26,700	39,349	33,709	39,017	39,949
国内消費 (#A + #B - #C - #D)	t	97,184	97,493	67,800	66,028	42,514	30,564	43,629	44,130
CO <sub>2</sub> 排出量	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	356	357	248	242	156	112	160	162

2) CH<sub>4</sub>

## ■算定方法

燃料の燃焼分野（1.A.固定発生源）からの CH<sub>4</sub> 排出量の算定と同様の手法を用い、我が国の実測データより設定した排出係数を、電気炉における電力消費量に乗じて排出量を算定した。

## ■排出係数

我が国で行われた実測調査のデータを基に設定した電気炉における電力消費に伴う排出係数（12.8 kg-CH<sub>4</sub>/TJ）を用いた（第3章 3.2.1. 及び 第4章 4.3.4.1.参照）。

## ■活動量

総合エネルギー統計における鉄鋼業の細目分類である「電気炉」に計上された電力消費量を用いた。

表 4-27 電気炉における電力消費量

	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
電力消費量	TJ	57,564	55,986	52,457	52,747	47,316	39,753	45,793	47,346

## c) 不確実性と時系列の一貫性

1) CO<sub>2</sub>

## ■不確実性

電気炉の電極からのCO<sub>2</sub>は、全量が大気中に放出されるとして排出量の算定を行っており、排出係数は設定されていないため、活動量の不確実性を評価することで排出量の不確実性を評価した。活動量のパラメータの不確実性を合成した結果、電気炉の電極からのCO<sub>2</sub>排出量の不確実性は4.5%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

## ■時系列の一貫性

鉄鋼製造における電気炉の使用の活動量（排出量）は、経済産業省「窯業・建材統計年報」及び財務省「日本貿易統計」をもとに、1990年度値から一貫した方法を使用して、算定している。

2) CH<sub>4</sub>

## ■不確実性

電気炉の排出係数の不確実性は163%、活動量の不確実性は5%と評価された（第3章参照のこと）。その結果、電気炉のCH<sub>4</sub>排出の不確実性は163%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

## ■時系列の一貫性

鉄鋼製造における電気炉の使用の活動量は資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」をもとに、1990年度値から一貫した方法を使用して、算定している。また、排出係数は1990年度から2007年度まで一定値を使用している。従って、鉄鋼製造における電気炉の使用によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

## d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d）を参照のこと。

## e) 再計算

総合エネルギー統計における2010年度の電気炉における電力消費量の値が見直されたため、CH<sub>4</sub>の排出量の再計算を行った。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.4.2. フェロアロイ製造（2.C.2.）

## a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO<sub>2</sub>

我が国ではフェロアロイが製造されており、フェロアロイの製造に伴い発生するCO<sub>2</sub>は、還元剤として使用されるコークスの酸化によって排出される。コークスの使用量は、燃料の燃焼分野（1.A.）における燃料使用量に含まれており、還元剤として使用されるコークスの酸化により発生するCO<sub>2</sub>は燃料の燃焼分野（1.A.）において既に算定されている。また、フ



フェロアロイ中に残存する炭素分は、鉄鋼の生産に使用される過程で酸化され、CO<sub>2</sub>として大気中に放出される。したがって、「IE」と報告している。

## 2) CH<sub>4</sub>

我が国においてフェロアロイは電気炉、小型高炉、テルミット炉等で製造されており、フェロアロイの製造に伴い発生するCH<sub>4</sub>は、還元剤として使用されるコークスが酸化する際に発生すると考えられる。

### b) 方法論

#### ■算定方法

フェロアロイ製造に伴うCH<sub>4</sub>排出量は、燃料の燃焼分野（1.A.1. エネルギー産業）からのCH<sub>4</sub>排出量の算定と同様の手法を用い、我が国の実測データより設定した排出係数を、電気炉における電力消費量に乗じて排出量を算定した。

#### ■排出係数

フェロアロイが製造される炉種を考慮し、電気炉からのCH<sub>4</sub>排出係数と同じ値（12.8 kg-CH<sub>4</sub>/TJ）を用いた。

#### ■活動量

総合エネルギー統計における鉄鋼業の細目分類である「フェロアロイ」に計上された電力消費量を用いた。

表 4-28 フェロアロイ製造における電力消費量

電力消費量	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
電気炉（フェロアロイ）	TJ	14,456	10,699	10,181	10,072	8,578	8,458	9,510	9,133

### c) 不確実性と時系列の一貫性

#### ■不確実性

電気炉の排出係数の不確実性は163%、活動量の不確実性は5%と評価された（第3章参照のこと）。その結果、電気炉のCH<sub>4</sub>排出の不確実性は163%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

#### ■時系列の一貫性

フェロアロイ製造の活動量は資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」をもとに、1990年度値から一貫した方法を使用して、算定している。また、排出係数は1990年度から2009年度まで一定値を使用している。従って、フェロアロイ製造によるCH<sub>4</sub>排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

### d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d) を参照のこと。

### e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.4.3. アルミニウム製造 (2.C.3.)

## a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO<sub>2</sub>

我が国ではアルミニウムの精錬が行なわれており、アルミニウムの精錬では、還元剤として使用される陽極ペーストの酸化によってCO<sub>2</sub>が排出される。陽極ペーストの主原料であるコークスの使用量は燃料の燃焼分野(1.A.)における燃料使用量に含まれており、還元剤として使用されるコークスの酸化により発生するCO<sub>2</sub>は燃料の燃焼分野(1.A.)において既に算定されていることから「IE」と報告している。

なお、アルミ精錬用の陽極ペーストには、コークス以外にバインダー材としてピッチも使用されている。このピッチはすべて国内のコークス炉で副生されたコールタールを原料として製造されたものであり、輸入品は使用していない。総合エネルギー統計上はこのコールタールの消費量は産業部門におけるエネルギー利用として扱われている。よって、エネルギー分野の燃料の燃焼固定排出源の下で計上されていることとなる。

2) CH<sub>4</sub>

我が国ではアルミニウムの精錬が行なわれており、アルミニウムの精錬に用いる陽極ペーストの原料であるピッチに水素分が若干含まれることから、原理的にはCH<sub>4</sub>の発生はあり得る。しかし、排出実態に関するデータがなく、1996年改訂IPCCガイドライン等には排出係数のデフォルト値が示されておらず、ピッチに含まれる水素分に関するデータも得られないことから、排出係数の想定もできない。したがって、「NE」と報告している。

## 3) PFCs

氷晶石などのふっ化物を溶かした電解浴を使用するため、アルミニウムの精錬時にPFCsが排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

アルミニウムの一次精錬による生産量に1996年改訂IPCCガイドラインに規定された算出式に基づいて算出された我が国独自の排出係数を乗じて、排出量を算定した。

## ■排出係数

1996年改訂IPCCガイドラインのTier 1b手法において規定された算定式を用いて、排出係数を設定した。排出係数は下表の通り。

表 4-29 アルミニウム製造に伴う PFCs 排出係数

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
PFC-14(CF <sub>4</sub> )	kg-PFC-14/t	0.542	0.369	0.307	0.300	0.301	0.300	0.299
PFC-116(C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )	kg-PFC-116/t	0.0542	0.0369	0.0307	0.0300	0.0301	0.0300	0.0299

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

### ■活動量

アルミニウムの精錬に伴う PFCs 排出の活動量については、経済産業省「資源統計年報」（1995～1997 年）、経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料（1998 年～）に示されたアルミニウム生産量を用いた。なお、我が国におけるアルミニウム新地金生産量は世界の 0.03%程度と少ない。

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

排出係数の不確実性においては、GPG（2000）のデフォルト値の 33%を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 33%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

##### ■時系列の一貫性

1990～1994 年の排出量の算定に必要なデータが不足しているため、算定は行っていない。1995 年以降の排出量については、経済産業省の化学・バイオ部会において、HFC 等 3 ガスの排出量を毎年継続的に集計している。

#### d) QA/QC と検証

化学・バイオ部会において集計されたデータを温室効果ガス排出量算定方法検討会において検証した上で、インベントリに使用している。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

### 4.4.4. アルミニウム及びマグネシウムの鋳造における SF<sub>6</sub> の使用（2.C.4.）

#### 4.4.4.1. アルミニウム鋳造

我が国における、アルミニウム鋳造時の SF<sub>6</sub> は使用実績がないことを確認したため、「NO」と報告している。

#### 4.4.4.2. マグネシウム鋳造

##### a) 排出源カテゴリーの説明

マグネシウム溶湯用酸化防止カバーガスとして使用されるため、マグネシウムの鋳造に伴って SF<sub>6</sub> が排出される。

##### b) 方法論

マグネシウム鋳造を行う各事業者の SF<sub>6</sub> 使用量を全て排出量として計上している。マグネシウムの鋳造に伴う SF<sub>6</sub> 排出については、経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会資料に示された値を報告した。関連指標を下表に示す。

表 4-30 マグネシウムの鑄造に伴う SF<sub>6</sub>排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
SF <sub>6</sub> 使用量	t	5	43	48	27	10	13	8

(出典) 経済産業省提供データ

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数については、使用量が排出量であることから不確実性は 0%とした。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 5%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

## ■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

## d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.5. その他製品の製造 (2.D.)

## 4.5.1. 紙・パルプ (2.D.1.)

紙・パルプ製造においては、NO<sub>x</sub>、CO、NMVOC、SO<sub>2</sub> が排出される可能性があるが、これらの排出量については別添 3 で報告する。

## 4.5.2. 食品・飲料 (2.D.2.)

我が国では食品・飲料の製造が行われており、その製造工程ではドライアイス、炭酸飲料の原料などとして CO<sub>2</sub> を使用しているため、大気中へ CO<sub>2</sub> が排出されるが食品・飲料の製造過程で使用している CO<sub>2</sub> は石油化学製品の副生ガスであり、この排出は燃料の燃焼部門 (1.A.) で計上されていることから「IE」と報告している。

## 4.6. ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の製造 (2.E.)

ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産カテゴリーでは、HCFC-22、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> の製造過程から大気中に排出される HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> を扱う。当該カテゴリーは、「2.E.1.HCFC-22 の製造に伴う副生 HFC-23 の排出」、「2.E.2.製造時の漏出」から構成される。

2011 年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は約 423 Gg-CO<sub>2</sub> 換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCF 分野を除く) の 0.03%を占めている。1995 年の排出量と比較すると 98.2%の減少となっている。

表 4-31 2.E. ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産からの排出量

ガス	排出区分			単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFCs	2.E ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産	2.E.1	HCFC-22の製造に伴う副生HFC-23の排出	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	16,965.00	12,402.00	463.32	469.17	39.78	42.12	12.87
		2.E.2	製造時の漏出	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	480.12	257.84	352.69	232.24	182.36	86.22	99.62
	合計			Gg-CO <sub>2</sub> 換算	17,445.12	12,659.84	816.01	701.41	222.14	128.34	112.49
PFCs	2.E ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産	2.E.2	製造時の漏出	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	762.85	1,359.00	837.49	523.80	399.48	200.24	171.90
SF <sub>6</sub>	2.E ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の生産	2.E.2	製造時の漏出	t	197.00	36.00	40.80	53.90	10.90	8.30	5.80
				Gg-CO <sub>2</sub> 換算	4,708.30	860.40	975.12	1,288.21	260.51	198.37	138.62
全ガス合計				Gg-CO <sub>2</sub> 換算	22,916.27	14,879.24	2,628.62	2,513.42	882.13	526.96	423.02

## 4.6.1. 副生ガスの排出－HCFC-22 の製造（2.E.1.）

## a) 排出源カテゴリーの説明

HCFC-22 の製造に伴い HFC-23 が副生ガスとして排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

国内の HCFC-22 製造プラントにおける HFC23 の副生量から、副生 HFC23 の回収・破壊量（実測値）を減じたものを排出量として計上した。HFC23 の副生量は、HCFC-22 の製造量に、HFC23 生成率（リアクター内部の組成分析を実施し、分析結果から設定）をかけて求めた。

なお、プラントの稼働中は回収・除害装置は常に稼働しており、もし、装置にトラブルが発生した場合には、プラントの稼働を止める運転管理を行っており、回収・除害を実施できなかった部分についてはデータに反映されている。

HCFC-22 の製造に伴う副生 HFC-23 の排出量

$$\text{HFC-23 排出量} = \text{HCFC-22 生産量 (t)} \times \text{HFC-23 生成率 (\%)} - \text{回収・破壊量 (t)}$$

表 4-32 HCFC-22 の製造に伴う副生 HFC-23 の排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HCFC-22の生産量	t	81,000	95,271	65,715	60,401	26,682	46,149	55,000
HFC-23副生率	%	2.13%	1.70%	1.90%	2.00%	2.34%	2.01%	1.53%
HCFC-22生産に対する排出割合	%	1.79%	1.11%	0.06%	0.07%	0.01%	0.01%	0.00%
排出量	t	1,450	1,060	40	40	3	4	1
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	16.97	12.40	0.46	0.47	0.04	0.04	0.01

（出典）経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

※2004年に全ての製造設備に回収・破壊装置が設置されたことにより、排出量が減少している。HCFC-22生産に対する排出割合が低いのは、破壊設備の運転管理、保守技術の向上による設備稼働率低下防止に取り組んだためである。その後も継続的に運転管理技術等の改善に取り組んだため、排出の抑制が進んでいる。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

排出係数の不確実性においては、GL (2006) のデフォルト値の 2% を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 5% を採用した。その結果、排出量の不確実性は 5% と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。日本国内全てのプラントで排出量の調査を行っている。組成分析の実施頻度については、あるプラントでは毎日測定を実施しているなど頻繁に実施している。濃度測定もプラントの排出口部分において実施している。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.6.2. 製造時の漏出 (2.E.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

HFC、PFC、SF<sub>6</sub> 製造時にガスが漏洩する。なお、回収容器の残存ガスを破壊処理して容器を洗浄する場合や、大気中に放出される場合は、これらの排出量は本サブカテゴリーの下で報告される。

b) 方法論

■算定方法

国内の HFC、PFC、SF<sub>6</sub> 製造の各プラントにおいて、排出量を実測して計上した。回収除害等も考慮されている。なお、プラントの稼働中は回収・除害装置は常に稼働しており、もし、装置にトラブルが発生した場合には、プラントの稼働を止める運転管理を行っている。

関連指標を下表に示す。

表 4-33 HFCs の製造時の漏出の排出量

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.480	0.258	0.353	0.232	0.182	0.086	0.100

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料 (日本フルオロカーボン協会データ)、経済産業省提供データ

※国の支援を受けた除害装置の設置や製造工程の見直し等による排出削減の取組により、排出削減が進められている。

表 4-34 PFCs の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
PFCの生産量	t	1,207	2,336	2,726	2,802	2,028	2,800	2,670
排出量	t	107	181	107	67	50	25	24
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.763	1.359	0.837	0.524	0.399	0.200	0.172

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料(日本化学工業協会データ)  
 ※国の支援を受けた除害装置の設置や製造工程の見直し等による排出削減の取組により、排出削減が進められている。また、2011年には希薄排出ガスの燃焼除害装置の設置で更なる排出削減を達成している。

表 4-35 SF<sub>6</sub> の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
SF <sub>6</sub> の生産量	t	2,392	1,556	2,313	2,647	2,562	2,201	1,993
排出量	t	197.0	36.0	40.8	53.9	10.9	8.3	5.8
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	4.708	0.860	0.975	1.288	0.261	0.198	0.139

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料(日本化学工業協会データ)  
 ※2009年に全ての製造設備に回収・破壊装置が設置されたことにより、排出量が減少している。また、製造工程や出荷時の作業見直しによる排出削減が進められている。

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

排出係数の不確実性においては、GPG(2000)のデフォルト値を用い、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>のいずれも100%を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した10%をHFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>のいずれにも採用した。その結果、排出量の不確実性は、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>ともに100%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

##### ■時系列の一貫性

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.c)を参照のこと。

#### d) QA/QC と検証

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.d)を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

### 4.7. ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費(2.F.)

ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費カテゴリーでは、各製品の製造、使用、廃棄時に大気中に排出されるHFCs、PFCs、SF<sub>6</sub>を扱う。当該カテゴリーでは、「2.F.1. 冷蔵庫及び空調機器」、「2.F.2 発泡」、「2.F.3. 消火剤」、「2.F.4. エアゾール」、「2.F.5. 溶剤」、「2.F.6. 冷媒、発泡剤以外の用途での代替フロン使用」、「2.F.7. 半導体製造」、「2.F.8. 電気設備」、「2.F.9. その他」から構成される。

2011年度における当該カテゴリーからの温室効果ガス排出量は約24,497 Gg-CO<sub>2</sub>換算であ

り、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF 分野を除く）の 1.9%を占めている。1995 年比の排出量と比較すると 13.7%の減少となっている。

表 4-36 2.F. ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費からの排出量

ガス	排出区分		単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	
HFCs	2.F ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費	2.F.1	冷蔵庫及び空調機器	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	840.40	2,688.60	7,667.03	13,268.94	15,133.69	17,138.92	19,355.27
		2.F.2	発泡	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	451.76	440.31	316.30	286.38	290.18	290.97	294.70
		2.F.3	消火剤	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	NO	3.73	5.92	6.35	6.55	6.72	6.82
		2.F.4	エアゾール及び医療品製造	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	1,365.00	2,834.35	1,571.89	889.55	809.25	640.09	608.72
		2.F.7	半導体製造	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	157.89	173.60	141.06	145.68	92.36	102.19	89.02
	合計		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	2,815.05	6,140.59	9,702.21	14,596.89	16,332.03	18,178.89	20,354.53	
PFCs	2.F ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費	2.F.5	溶剤	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	10,294.33	2,569.49	2,277.69	1,318.27	1,137.07	1,375.99	1,284.23
		2.F.7	半導体製造	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	3,144.23	5,637.07	3,860.52	2,756.49	1,715.19	1,818.65	1,545.14
		2.F.9	その他 鉄道用シリコン整流器	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	NO	NO	0.23	1.84	2.49	3.45	4.72
	合計		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	13,438.56	8,206.56	6,138.44	4,076.60	2,854.75	3,198.08	2,834.09	
SF <sub>6</sub>	2.F ハロゲン元素を含む炭素化合物及び六ふっ化硫黄の消費	2.F.7	半導体製造	t	47.22	94.16	72.50	39.85	25.37	29.45	23.74
		2.F.8	電気設備	t	460.46	127.62	39.45	37.74	31.19	27.29	30.99
		合計		t	507.68	221.77	111.95	77.60	56.56	56.74	54.73
	合計		Gg-CO <sub>2</sub> 換算	12,133.65	5,300.39	2,675.51	1,854.54	1,351.76	1,356.15	1,308.03	
全ガス合計			Gg-CO <sub>2</sub> 換算	28,387.26	19,647.55	18,516.16	20,528.02	20,538.55	22,733.13	24,496.66	

4.7.1. 冷蔵庫及び空調機器（2.F.1.）

4.7.1.1. 家庭用冷蔵庫の製造、使用、及び廃棄（2.F.1.-）

a) 排出源カテゴリーの説明

1) HFCs

家庭用冷蔵庫の生産時、使用時（故障時を含む）、及び廃棄時に HFCs が漏洩する。

2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられるため、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

b) 方法論

■算定方法

生産・出荷台数及び冷媒充填量を使用して、①生産時漏洩率、②使用時（故障時を含む）漏洩率、③廃棄時の機器に含まれる冷媒量から法に基づく回収量を減じたものをそれぞれ推



定し、合計した。使用時、廃棄時の排出量は機器の製造年別に計算を行い、合計値を排出量とした。

家庭用冷蔵庫からのHFCsの排出量

$$\begin{aligned} \text{HFC 排出量} &= \text{製造時 HFC 充填総量} \times \text{生産時漏洩率} \\ &+ \Sigma (\text{HFC 使用機器国内稼働台数} \times \text{稼働機器 1 台当たり充填量} \times \text{使用時漏洩率}) \\ &+ \Sigma (\text{HFC 使用機器廃棄台数} \times \text{廃棄機器 1 台当たり充填量}) \\ &- \text{HFC 回収量} \end{aligned}$$

関連指標を下表に示す。

表 4-37 家庭用冷蔵庫からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
製造時HFC充填総量	t	520	590	0.3	0	0	0	0
生産時漏洩率	%	1.00%	1.00%	0.17%	0%	0%	0%	0%
HFC使用機器国内稼働台数	千台	7,829	33,213	41,796	34,509	31,471	27,925	24,509
1台当たり充填量	g	150	125	125	125	125	125	125
使用時（故障時含む）漏洩率	%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
HFC使用機器廃棄台数	千台	0	177	1,839	3,154	3,445	3,588	3,600
法律に基づくHFC回収量	t/年	—	—	52	111	139	167	160
排出量	t	8.7	40.1	187.8	283.9	289.0	276.3	282.7
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.011	0.052	0.244	0.369	0.376	0.359	0.368

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

排出係数の不確実性においては、類似区分の値を用い、製造・使用・廃棄時のいずれも50%を使用した。活動量の不確実性は、温室効果がス算定方法検討会で設定した40%を製造・使用・廃棄時のいずれにも採用した。その結果、排出量の不確実性は、製造・使用・廃棄時ともに64%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.c)を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.d)を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.1.2. 業務用冷凍空調機器の製造、使用、及び廃棄 (2.F.1.-)

4.7.1.2.a. 業務用冷凍空調機器

a) 排出源カテゴリーの説明

1) HFCs

業務用冷凍空調機器の生産時、現場設置時、冷媒補充時、故障時、廃棄時において HFCs が排出される。

2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

b) 方法論

■算定方法

IPCC の GPG の考え方にに基づき、機種や機器の製造年等を考慮しつつモデルを用いて算定している。以下に分類された機種及びそれらに使用されている冷媒毎に、各年の生産台数及び冷媒充填量等を使用して、①生産時漏洩量、②現場設置時の漏洩量、③機器稼働時漏洩量、④廃棄時排出量をそれぞれ推定し、合計した。

排出係数は、機器の種類ごとに一定期間中の冷媒充てん量と事故故障の発生率について大規模なサンプリング調査を行い決定した<sup>1</sup>。(サンプル数：26万台、2007～2009年に実施)

遠心式冷凍機、スクリー冷凍機、冷凍冷蔵ユニット、輸送用冷凍冷蔵ユニット、別置型ショーケース、内蔵型ショーケース、製氷器、冷水器、業務用冷凍冷蔵庫、パッケージエアコン、ガスヒートポンプ、チリングユニット

業務用冷凍空調機器からのHFCsの排出量

機種及び冷媒ごとに、以下の考え方を用いて計算している。

- ① 生産時漏洩量 =  $\Sigma$  (生産台数 × 生産時冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)
- ② 現場設置時漏洩量 =  $\Sigma$  (現場充填機器生産台数 × 冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)
- ③ 機器稼働時漏洩量 =  $\Sigma$  (市中稼働台数 × 稼働時冷媒充填量 × 使用時冷媒漏洩率) - 整備時回収量
- ④ 廃棄時排出量 =  $\Sigma$  [使用済機器発生台数 × 廃棄時平均冷媒充填量] - 法律に基づく回収量

※機器稼働時漏洩量の計算において、稼働時冷媒充填量は毎年の減少を考慮している。また、市中稼働台数及び使用済機器発生台数は、各年の出荷台数及び機器寿命より推定。

関連指標を下表に示す。

<sup>1</sup> 詳細は、2009年3月17日の産業構造審議会化学バイオ部会第21回地球温暖化防止対策小委員会の資料1-1及び資料1-2参照。

表 4-38 業務用冷凍空調機器からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC機器生産台数	千台	222	380	1,413	1,445	987	1,122	1,198
工場生産時平均冷媒充填量	g/台	358	587	3,377	3,532	3,276	3,280	3,360
工場生産時冷媒排出係数	%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%
HFC機器現場充填実施台数	千台	9	32	138	199	175	171	190
現場設置時平均冷媒充填量	g/台	17,806	9,221	23,914	26,529	25,361	23,766	24,221
現場設置時冷媒排出係数	%	1.2%	1.4%	1.8%	1.7%	1.6%	1.6%	1.6%
HFC機器市中稼働台数	千台	375	1,957	6,770	10,027	10,847	11,743	12,678
機器稼働時平均冷媒充填量	g/台	1,012	1,043	4,549	5,629	5,791	5,961	6,161
機器稼働時冷媒排出係数	%	機種により2～17%						
使用済HFC機器発生台数	千台	1	23	127	248	260	397	453
法律に基づく機器整備時HFC回収量	t	0	0	0	436	503	548	571
法律に基づく機器廃棄時HFC回収量	t	0	0	183	200	230	269	352
機器製造時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.003	0.008	0.126	0.195	0.168	0.164	0.189
機器稼働時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.036	0.229	2.900	6.432	7.582	8.814	10.301
機器廃棄時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.003	0.046	0.501	1.630	1.995	2.333	2,637.000
排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.042	0.283	3.527	8.258	9.746	11.311	13.126

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

※2002年以降、業務用パッケージエアコンの増加により大型化が進み、平均冷媒充填量や現場設置時漏洩率が増加している。

表 4-39 業務用冷凍空調機器の機種別の HFC の種類、機器稼働時冷媒排出係数

機種	HFC の種類	冷媒使用量	排出係数 ※	HFC 機器 市中稼働台数中の 割合 (2010年)
小型冷凍冷蔵機器 (内蔵型等)	R-404A、HFC-134a 等	0.1～3 kg	2%	40%
別置型ショーケース	R-404A、R-407C 等	20～41 kg	16%	3%
中型冷凍冷蔵機器 (除、別置型ショーケース)	R-404A、R-407C 等	2～30 kg	13～17%	6%
大型冷凍機	HFC-134a、R404A 等	300～2,300 kg	7～12%	0.05%
ビル用パッケージエアコン	R-410A、R-407C 等	37 kg	3.5%	7%
その他業務用空調機器 (除、ビル用パッケージエアコン)	R-410A、R-407C 等	3～43 kg	3～5%	44%

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会第2回冷媒対策ワーキンググループ (2010年7月26日) 資料、経済産業省提供データ

※整備時、事故、故障時も含む

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

家庭用冷蔵庫 (2.F.1.-) に記載した内容と同一である。4.7.1.1. c) を参照のこと。

##### ■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。1995年以降の全ての期間で生産量は同一の機器製造業者の業界団体から入手し、排出係数についても経済産業省が平成21年に報告した値を使用している。

#### d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.1.2.b. 自動販売機の製造、使用、及び廃棄

a) 排出源カテゴリーの説明

1) HFCs

自動販売機の生産時、故障時、廃棄時に HFCs が排出される。

2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

b) 方法論

■算定方法

生産・出荷台数及び冷媒充填量を使用して、①生産時漏洩量、②故障時排出量、③廃棄時排出量を推定した。

自動販売機からの HFCs の排出量	
① 生産時漏洩量	$\Sigma$ (生産台数 × 生産時冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)
② 故障時排出量	$\Sigma$ (市中稼働台数 × 稼働時冷媒充填量 × 事故・故障発生率 × 故障時平均漏洩率)
③ 廃棄時排出量	
(a) 2001 年まで	廃棄時排出量 = $\Sigma$ (使用済機器発生台数 × 廃棄時冷媒充填量 × (1 - 回収率))
(b) 2002 年以降	廃棄時排出量 = $\Sigma$ [使用済機器発生台数 × 廃棄時平均冷媒充填量] - 法律に基づく回収量

自動販売機関連の HFCs の排出については、産業構造審議会化学・バイオ部会資料に示された値を報告した。関連指標を下表に示す。

表 4-40 自動販売機からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC使用機器生産（販売）台数	千台	0	272	355	270	173	173	124
1台当たり充填量	g	0	300	220	219	219	219	219
生産時漏洩率	%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
稼働台数	千台	0	284	1,999	2,384	2,368	2,279	2,055
事故・故障発生率	%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
故障時平均漏洩率	%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
修理時平均漏洩率	%	0.9%	0.9%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
廃棄台数	千台	0	0	0	213	293	286	347
排出量	t	0.00	0.39	0.57	12.44	16.83	16.41	9.51
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.001	0.001	0.019	0.026	0.025	0.015

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

※1999、2000年は、故障がほとんどない(数台程度)ことからゼロとした。2001年以降は故障発生を計算に反映。

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

家庭用冷蔵庫（2.F.1.-）に記載した内容と同一である。4.7.1.1. c) を参照のこと。

## ■時系列の一貫性

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

## d) QA/QC と検証

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.1.3. 輸送機器用冷蔵庫の製造、使用、及び廃棄（2.F.1.-）

## 1) HFCs

「4.7.1.2. 業務用冷凍空調機器」の合計に含まれているため、「IE」と報告している。

## 2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

## 4.7.1.4. 工業用冷蔵庫の製造、使用、及び廃棄（2.F.1.-）

## 1) HFCs

「4.6.1.2. 業務用冷凍空調機器」の合計に含まれているため、「IE」と報告している。

## 2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

## 4.7.1.5. 固定空調機器（家庭用エアコン）の製造、使用、及び廃棄（2.F.1.-）

## a) 排出源カテゴリーの説明

## 1) HFCs

家庭用エアコンの生産時、機器稼働時、廃棄時において HFCs が排出される。

2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

b) 方法論

■算定方法

IPCC ガイドラインに準拠し、生産・出荷台数及び冷媒充填量を使用して、①生産時漏洩量、②機器稼働時漏洩量、③廃棄時の機器に含まれる冷媒量から法に基づく回収量を減じたものをそれぞれ推定し、合計した。

家庭用エアコンからのHFCsの排出量

- ① 生産時漏洩量 =  $\Sigma$  (生産台数 × 生産時平均冷媒充填量 × 生産時漏洩率)
- ② 機器稼働時漏洩量 =  $\Sigma$  (市場保有台数 × 稼働時平均冷媒充填量 × 使用時漏洩率)
- ③ 廃棄時排出量 =  $\Sigma$  (廃棄台数 × 廃棄時平均冷媒充填量) - 法律に基づく回収量

※機器稼働時漏洩量の計算において、稼働時平均冷媒充填量は毎年の減少を考慮している。また、市場保有台数及び廃棄台数は、各年の出荷台数及び機器寿命より推定。

関連指標を下表に示す。

表 4-41 家庭用エアコンからの HFCs (R-410a) 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC使用機器生産台数	千台	0	1,077	3,981	3,970	2,618	3,169	3,155
1台当たり充填量	g	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
生産時排出係数	%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
HFC機器市中稼働台数	千台	0	1,726	26,091	47,584	53,966	61,540	68,769
機器稼働時平均冷媒充填量	g/台	0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
機器稼働時冷媒排出係数	%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
使用済HFC機器発生台数	千台	0	2	83	351	524	764	1075
機器廃棄時平均冷媒充填量	g/台	0	954	911	870	856	841	827
法律に基づく使用済HFC回収量	t/年	-	-	10	67	122	231	264
排出量	t	0	38	596	1,206	1,426	1,675	2,014
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.066	1.029	2.080	2.460	2.890	3.474

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

家庭用冷蔵庫 (2.F.1.-) に記載した内容と同一である。4.7.1.1. c) を参照のこと。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.1.6. 輸送機器用空調機器（カーエアコン）の製造、使用、及び廃棄（2.F.1.-）

## a) 排出源カテゴリーの説明

## 1) HFCs

カーエアコンの生産時、使用時、故障時、事故時、廃棄時において HFCs が排出される。

## 2) PFCs

国内における製品製造時は使用実績がないため、「NO」と報告している。輸入製品についても PFCs が使用されていることは考えにくく、冷媒を補充することもないと考えられることから、使用時及び廃棄時についても「NO」と報告している。

## b) 方法論

## ■算定方法

IPCC ガイドラインに準拠し、生産・出荷台数及び冷媒充填量を使用して、①生産時漏洩量、②使用時漏洩量、③故障時排出量、④事故時排出量、⑤廃棄時の機器に含まれる冷媒量から法に基づく回収量を減じたものをそれぞれ推定し、合計した。

カーエアコンからのHFCsの排出量

車種ごとに、以下の考え方をを用いて計算している。

$$\text{① 生産時漏洩量} = \Sigma (\text{生産台数} \times \text{生産時冷媒充填量} \times \text{冷媒漏洩率})$$

$$\text{② 使用時漏洩量} = \Sigma (\text{市中車両台数} \times \text{稼働時冷媒充填量} \times \text{冷媒漏洩率})$$

$$\text{③ 故障時排出量} = \Sigma (\text{市中車両台数} \times \text{稼働時冷媒充填量} \times \text{故障発生率} \times \text{故障発生時冷媒漏洩率})$$

$$\text{④ 事故時排出量} = \Sigma (\text{全損事故車両数} \times \text{全損事故時冷媒充填量})$$

## ⑤ 廃棄時排出量

## (a) 2001年まで

$$\text{廃棄時排出量} = \Sigma (\text{使用済車両台数} \times \text{廃棄時冷媒充填量} \times (1 - \text{回収率}))$$

## (b) 2002年以降

$$\text{廃棄時排出量} = \Sigma [\text{使用済車両台数} \times \text{廃棄時平均冷媒充填量}] - \text{法律に基づく回収量}$$

※使用時漏洩量の計算において、稼働時冷媒充填量は毎年の減少を考慮している。

関連指標を以下に示す。

表 4-42 カーエアコンからの HFC-134a の排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFCエアコン車生産台数	千台	9,745	9,761	10,407	11,163	7,653	9,292	8,136
1台当たり生産時漏洩量	g	4	4	3	3	1	1	1
HFCエアコン車両保有台数	千台	15,655	42,374	60,364	64,543	64,407	66,677	65,858
1台当たり平均冷媒充填量	g	700	615	548	520	497	497	497
1台当たり年間使用時漏洩量（普通自動車）	g	15	15	10	10	10	10	10
故障発生割合	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	4%
故障事故車両冷媒漏洩率	%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
全損事故車両数	千台	50	136	193	207	210	213	211
全損事故車両冷媒充填量	g	681	610	522	475	460	447	435
使用済HFC車国内台数	千台	116	789	2,058	2,176	2,498	2,895	2,235
使用済HFC車冷媒充填量	g	676	593	522	466	456	444	424
HFC回収量（2002年度以降は法律に基づく）	t/年	-	-	531	686	787	898	645
排出量	t	605	1,759	2,205	1,956	1,944	1,964	1,826
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.787	2.287	2.866	2.543	2.527	2.553	2.373

（出典）経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

表 4-43 カーエアコンの HFC の種類、使用時排出係数

HFC の種類	使用時排出係数
HFC-134a	5.2%

（出典）経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会冷媒対策ワーキンググループ資料

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

家庭用冷蔵庫（2.F.1.-）に記載した内容と同一である。4.7.1.1. c) を参照のこと。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

e) 再計算

2010 年の HFC エアコン車両保有台数、全損事故車両数、全損事故車両冷媒充填量、使用済 HFC 車冷媒充填量について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.2. 発泡（2.F.2.）

4.7.2.1. 硬質フォームの製造（2.F.2.-）

4.7.2.1.a. ウレタンフォーム製造

a) 排出源カテゴリーの説明

発泡剤として使用される HFC-134a が排出される。



## b) 方法論

## ■算定方法

IPCC ガイドライン（閉鎖系気泡フォーム）に準拠し、各年の発泡剤使用量のうち、10%が製造初年度に排出され、残りが4.5%ずつ20年かけて使用時に全量排出されるとして算定した。各年の発泡剤使用量はウレタンフォーム工業会、ウレタン原料工業会によるデータを使用した。

また、ウレタンフォームの廃棄は様々な時期に行なわれ、現実的に「使用」と「廃棄」を区分することは困難である。「使用」と「廃棄」は一体して取扱い、「使用」に全量を計上し、「廃棄」は「IE」として報告している。

## ウレタンフォームに関連するHFC-134aの排出量

$$\begin{aligned} \text{HFC-134a 排出量} &= \text{HFC-134a の使用量 (t)} \times \text{発泡時漏洩率 (\%)} \\ &\quad + \text{前年までの使用量の合計 (t)} \times \text{使用時年間排出割合 (\%)} \\ &= \text{製造時排出量} + \text{使用時排出量} \end{aligned}$$

表 4-44 ウレタンフォームからのHFC-134aの排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC-134a 使用量	t	0	167	224	145	109	66	65
発泡時漏洩率	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
使用時HFC年間排出率	%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%
製造時初年度排出量	t	0	17	35	15	11	7	7
使用時排出量	t	0	0	44	75	82	86	89
総排出量	t	0.0	16.7	78.8	89.5	92.4	93.0	95.9
製造時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.022	0.046	0.019	0.014	0.009	0.008
使用時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.000	0.057	0.098	0.106	0.112	0.116
総排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.022	0.102	0.116	0.120	0.121	0.125

（出典）経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ  
※1995～1999年のHFC-134a使用量はゼロである。

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数の不確実性においては、類似区分の値を用い、製造時・使用時ともに50%を使用した。活動量の不確実性は、GPG(2000)のデフォルト値を用い、製造時・使用時ともに50%を使用した。その結果、排出量の不確実性は製造時・使用時ともに71%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

## ■時系列の一貫性

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.c)を参照のこと。

## d) QA/QC と検証

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.d)を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.2.1.b. 高発泡ポリエチレンフォーム製造時 (2.F.2.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

発泡剤として使用される HFC-134a が排出される。

b) 方法論

■算定方法

IPCC ガイドライン (開放系気泡フォーム) に準拠し、各年の発泡剤使用量が、製造時に全量排出されるとして計算した。各年の発泡剤使用量は高発泡ポリエチレン工業会によるデータを使用した。

表 4-45 高発泡ポリエチレンフォームからの HFC-134a 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC-134a使用量	t	346	322	128	100	100	100	100
排出量	t	346	322	128	100	100	100	100
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.450	0.419	0.166	0.130	0.130	0.130	0.130

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

表 4-46 高発泡ポリエチレンフォームからの HFC-152a 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC-152a使用量	t	14	NO	NO	NO	NO	NO	NO
排出量	t	14	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.002	0	0	0	0	0	0

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

ウレタンフォーム (HFC-134a) (2.F.2.-) に記載した内容と同一である。4.7.2.1.a.c) を参照のこと。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.2.1.c. 押出発泡ポリスチレンフォーム製造

## a) 排出源カテゴリーの説明

発泡剤として使用される HFC-134a が排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

各年の発泡剤使用量のうち、25%が製造初年度に排出され、残りが 2.5%ずつ 30 年かけて全量排出されるとして算定した。各年の発泡剤使用量は押出発泡ポリスチレン工業会によるデータを使用した。

なお、この考え方は、IPCC グッドプラクティスガイダンスや PRTR における押出発泡ポリスチレン製造事業所の HCFC の移動量の算出方法と整合している。

断熱材は、建物の改修時、被災時、解体時など様々な時期に「廃棄」されるため、現実的には「使用」と「廃棄」を区別することは困難である。廃棄されたものは使用されているものと同じように HFC を排出すると考えられることから、これらを一体で扱うこととし、全量を「使用」で計上したと考えて「廃棄」は「IE」としている。

押出発泡ポリスチレンフォームに関連する HFC-134a の排出量

$$\text{HFC-134a 排出量} = \text{HFC-134a の使用量 (t)} \times \text{発泡時漏洩率 (25) (\%)} \\ + \text{前年までの使用量の合計 (t)} \times \text{使用時年間排出割合 (\%)}$$

表 4-47 押出発泡ポリスチレンフォームからの HFC-134a の排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC-134a 使用量	t	0	0	26	0	0	0	0
フォーム製品化率	%	-	-	75%	75%	75%	75%	75%
使用時HFC年間排出率	%	-	-	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
製造時排出量	t	0	0	7	0	0	0	0
使用時排出量	t	0	0	30	31	31	31	31
排出量	t	0	0	37	31	31	31	31
製造時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
使用時排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.00	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.00	0.00	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04

(出典) 産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料他

※1995～2000年の HFC-134a 使用量はゼロである。

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

ウレタンフォーム製造 (2.F.2.-) に記載した内容と同一である。4.7.2.1.a.c) を参照のこと。

## ■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

## d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

## e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.2.2. 軟質フォーム (2.F.2.-)

HFCs 等を発泡に使用しているフォームは全て硬質フォームであるため、「NO」と報告している。

4.7.3. 消火剤 (2.F.3.)

a) 排出源カテゴリーの説明

消火剤として使用される HFCs が排出される。

b) 方法論

■算定方法

製造時については、HFC-23 と HFC-227ea が使用されている。2004 年時点において消火設備のボンベに充填されているのは HFC-227ea のみである。HFC-23 消火剤については、各社とも HFC-23 が既にボンベに充填されたものを購入しているため、製造時の排出は起こらない。2004 年度における製造時の HFC-227ea の排出量を計算したところ、0.0007(t)と非常に少ないことから、専門家判断により「NO」とした。

使用時については、1995 年時点においては HFC を充填した消火剤はほとんど出回っておらず、使用実績が無いと考えられることから、1995 年排出量は「NO」とした。1996 年以降の排出量は、HFCs 消火剤の設置・ストック量をもとに以下の式で算定した。

消火剤使用時における HFCs の排出量

$$\text{HFCs 排出量 [t]} = \text{HFCs 消火剤の設置・ストック量 [t]} \times \text{使用時の排出係数}$$

廃棄時については、消火剤用途として HFCs が使用され始めてからの年次が浅く、建物の耐用年数 (30 年~40 年) から考えても、現時点において廃棄されることは考えにくいことから、現状では「NO」とする。

■排出係数

HFCs 消火剤使用時の排出係数について現在、知見が得られていない。よって同様の消火剤であるハロンの補充量実績 (消防庁提供) から求めた排出率 (0.00088) をこの区分の排出係数として採用した。

表 4-48 排出係数の参考値 (ハロン消火剤の排出率)

	単位	2002	2003	2004	2005	2006	2007	平均
ハロン設置量 (A)	t	17,094	17,090	17,060	16,994	17,075	16,889	17,034
ハロン補充量 (B)	t	13	13	22	13	14	15	15
(B) / (A)		0.00076	0.00076	0.00129	0.00076	0.00082	0.00089	0.00088

■活動量

消火剤の使用に伴う HFCs 排出の活動量については、消防庁提供の HFCs 設置・ストック量を用いた。

表 4-49 消火剤設置・ストック量

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
HFC-23 設置・ストック量	t	NO	306	478	501	512	523	528
HFC-23 排出量	t	NO	0.27	0.42	0.44	0.45	0.46	0.46
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	NO	3.15	4.92	5.16	5.27	5.39	5.43
HFC-227ea 設置・ストック量	t	NO	225	392	467	498	522	544
HFC-227ea 排出量	t	NO	0.20	0.34	0.41	0.44	0.46	0.48
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	NO	0.57	1.00	1.19	1.27	1.33	1.39
合計排出量	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	NO	3.73	5.92	6.35	6.55	6.72	6.82

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

使用時の排出係数の不確実性においては、類似区分の値を用い 50%を使用した。使用時の活動量の不確実性は、温室効果ガス排出量算定方法検討会で設定した 40%を使用した。その結果、使用時の排出量の不確実性は 64%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に記述している。

## ■時系列の一貫性

消防庁より提供を受けた排出係数・活動量データをもとに、1995 年度からの一貫した方法を使用して算定している。

## d) QA/QC と検証

消防庁より提供を受けたデータを化学・バイオ部会において集計し、温室効果ガス排出量算定方法検討会で検証した上で、インベントリで使用している。

## e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.4. エアゾール (2.F.4.)

## 4.7.4.1. 一般用エアゾール (2.F.4.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

エアゾールの製造時・使用時に HFC が排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

IPCC ガイドラインに準拠し、各年に製品に充填された量（潜在排出量）のうち、50%が製造年に排出され、残りの 50%が次年に排出されるとして算定した。

また、製造時漏洩量についても、製造に使用した量と、製品に充填された量の実測値の差として把握しており、排出量に含めた。製造に使用した量と製品に充填された量は日本エアゾール協会によるデータを使用した。

「廃棄」については、実態としては廃棄されるエアゾール中に HFC がある程度残っていると考えられるが、「使用」に「廃棄」分を含めて潜在排出量の全量が計上されているので「廃棄」については「IE」としている。

エアゾールに関するF-gas (HFC-134a, HFC-152a) の排出量

$$n \text{ 年度における当該 F-gas 排出量} = \text{製造時漏洩量 (t)} \\ + (n-1) \text{ 年における当該 F-gas 潜在排出量} \times 50 (\%) \\ + n \text{ 年における当該 F-gas 潜在排出量} \times 50 (\%)$$

$$n \text{ 年度における製造時漏洩量} = n \text{ 年度における製造時使用量} - n \text{ 年度における HFC 潜在排出量}$$

関連指標を下表に示す。

表 4-50 エアゾールからの HFC-134a 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
潜在排出量	t	1,300	2,044	604	343	230	200	190
製造時漏洩量※	t	-	80.2	24.9	12.8	10.0	8.1	7.0
製造年使用時排出量	t	650	1,022	302	172	115	100	95
残存量 (次年排出量)	t	650	1,022	302	172	115	100	95
排出量	t	1,050	2,137	908	338	297	223	202
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	1.365	2.778	1.181	0.439	0.386	0.290	0.263

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料他

※1994～1997年の製造時漏洩量は潜在排出量に含まれている。

表 4-51 エアゾールからの HFC-152a 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
潜在排出量	t	NO	34	1,300	1,416	764	558	502
製造時漏洩量	t	NO	1.1	28.9	380.5	494.0	638.0	729.5
製造年使用時排出量	t	NO	17	650	708	382	279	251
残存量 (次年排出量)	t	0	17	650	708	382	279	251
排出量	t	0	18	1,217	1,685	1,584	1,299	1,260
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.003	0.170	0.236	0.222	0.182	0.176

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料他

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

エアゾールの製造時及び使用・廃棄時における排出係数については、使用量が排出量となることから不確実性は0とした。活動量の不確実性は、温室効果がス算定方法検討会で設定した40%を製造時及び使用・廃棄時のいずれにも採用した。その結果、排出量の不確実性は製造時及び使用・廃棄時ともに40%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.4.2. 医療用エアゾール（定量噴射剤：MDI (Metered Dose Inhalers)）(2.F.4.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

定量噴射剤の使用時・廃棄時に HFCs が排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

IPCC ガイドラインに準拠し、各年に使用された量のうち、50%が製造年に排出され、残りの50%が次年に排出されるとして算定を行った。

ガス購入量、国内生産 MDI 使用量、輸入 MDI 使用量、廃棄処理量はそれぞれ日本製薬団体連合会のデータによる。また、廃棄処理量には同会が主として製造工程の不良品を破壊処理した MDI に含まれる HFC 量を計上した。

医療品製造（定量噴射剤：MDI (Metered Dose Inhalers)）に関する F-gas (HFC-134a, HFC-227ea) の排出量

$$\begin{aligned} n \text{ 年度における当該 F-gas 排出量} &= \text{製造時漏洩量 (t)} \\ &+ (n-1) \text{ 年度における F-gas 潜在排出量} \times 50 (\%) \\ &+ n \text{ 年度における潜在 F-gas 排出量} \times 50 (\%) \\ &- n \text{ 年度における F-gas 廃棄処理量} \end{aligned}$$

$$\text{当該 F-gas 潜在排出量} = \text{国内生産 MDI 使用量 (t)} + \text{輸入 MDI 使用量 (t)}$$

関連指標を下表に示す。

表 4-52 医療品製造の排出量算定結果（HFC-134a）

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
ガス購入量	t	0.0	1.4	1.1	1.1	0.9	1.1	0.9
国内製品MDI使用量	t	0.0	1.4	0.9	0.9	0.9	1.1	0.8
輸入MDI使用量	t	0	42	71	62	57	57	54
廃棄処理量	t	0.0	0.1	1.9	0.5	0.4	2.5	2.4
排出量	t	NO	37	63	61	60	56	54
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.048	0.082	0.080	0.078	0.072	0.070

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

表 4-53 医療品製造の排出量算定結果（HFC-227ea）

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
ガス購入量	t	0.0	0.0	42.8	48.0	29.3	37.0	32.0
国内製品MDI使用量	t	0.0	0.0	41.0	45.9	27.8	36.0	30.9
輸入MDI使用量	t	0.0	3.6	2.1	9.0	1.6	0.4	0.8
廃棄処理量	t	0.0	0.0	1.2	1.6	0.9	0.8	0.9
排出量	t	NO	1.8	48.1	46.4	42.8	33.1	34.3
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.005	0.139	0.135	0.124	0.096	0.099

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

MDIの製造時及び使用・廃棄時における排出係数については、最終的に使用量が排出量となることから不確実性は0%とした。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した40%を製造時及び使用・廃棄時のいずれにも採用した。その結果、排出量の不確実性は製造時及び使用・廃棄時ともに40%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添7に詳述している。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.c)を参照のこと。

d) QA/QCと検証

アルミニウム製造(2.C.3.)に記載した内容と同一である。4.4.3.d)を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.5. 溶剤(2.F.5.)

a) 排出源カテゴリーの説明

溶剤として使用されるHFCs及びPFCsが排出される。使用されている液体PFCsは、C<sub>5</sub>F<sub>12</sub>(PFC-41-12)、C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>(PFC-51-14)である。なお、溶剤の用途で使用するHFCsについては秘匿情報に該当するためPFCsの内数として報告している。

b) 方法論

■算定方法

液体PFC出荷量のほぼ全量が溶剤、洗浄等の用途に使用され、これを排出量として使用時に計上している。製造時の排出についてはブレンドして使用する実態はないため「NO」と報告している。PFCの廃棄処理の実態については把握が困難であるため、安全側の観点より使用時に廃棄分も含めた全量が排出されるとして「IE」と報告している。なお、1995年当時においては、廃棄処理が実施されていないことが確認されている。

関連指標を下表に示す。液体PFC排出量から鉄道用整流器内蔵量(詳細は2.F.9.を参照のこと)を差し引いたものが溶剤PFC排出量となる。

表 4-54 溶剤の使用に伴うPFCs等排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
液体PFC排出量	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	10356.1	2624.0	2289.3	1318.3	1142.1	1376.0	1284.2
鉄道用整流器内蔵量	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	61.7	54.5	11.6	0.0	5.1	0.0	0.0
溶剤PFC排出量	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	10294.3	2569.5	2277.7	1318.3	1137.1	1376.0	1284.2

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料他



## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数の不確実性においては、使用量全量を排出量として計上しているため 0%を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 40%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 40%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

## ■時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

## d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

## e) 再計算

鉄道用整流器の PFC 内蔵量の算定に用いる設置台数、保有量、耐用年数等のパラメータに関して新たな調査が行われ、その結果を反映して算定方法が見直されたため、1995～2007 年および 2009 年について再計算を行った。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 4.7.6. 冷媒、発泡剤等以外の用途での代替フロン使用 (2.F.6.)

研究・医療の用途に使用される部品に充填された冷媒量は把握し、他区分の冷媒に含めて計上しているため、専門家判断により「IE」とする。

## 4.7.7. 半導体製造 (2.F.7.)

## 4.7.7.1. 半導体 (2.F.7.-)

## a) 排出源カテゴリーの説明

半導体の製造時に HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> が排出される。

## b) 方法論

## ■算定方法

半導体の算定方法は GPG (2000) の基準に則っている。使用している各ガスの購入量、プロセス供給率、反応消費率、除害効率、副生成物の発生率、副生成物の除害効率を用いて算定した。

なお、プロセス供給率の残存分 10%の取り扱いについては、容器に 90%を再充填して出荷される場合は当区分で排出量が計上される。また、残存分の 10%を破壊処理して容器を洗浄する場合や、大気中に放出される場合は、ガスメーカーにおける排出量として「製造時の漏出 (2.E.2.)」で計上されている。

各ガスの購入量は、電子情報技術産業協会によるデータを使用した。

製造時の排出については、「IE」としている。廃棄時については、排出源そのものが無い

と考えられるため、「NA」としている。

半導体製造に伴う F-gas の排出量

ガスごとに、以下の考え方をを用いて計算している。

① HFC-23, PFC (PFC-14, PFC-116, PFC-218, PFC-c318), SF<sub>6</sub> 排出量

排出量 = 全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算排ガス量 - 全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算除害量

全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算排ガス量  
= Σ各ライン Σ {ガス別購入量×プロセス供給率× (1-反応消費率) ×GWP}

全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算除害量  
= Σ各ライン Σ {ガス別購入量×プロセス供給率× (1-反応消費率)  
×除害効率×GWP}  
(除害装置のないラインについては除害効率=0)

② 副生 PFC14 排出量

排出量 = 全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算排ガス量 - 全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算除害量

全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算排ガス量  
= Σ各ライン Σ (PFCs 購入量×プロセス供給率×副生成物発生率×GWP)

全ライン合計 CO<sub>2</sub> 換算除害量  
= Σ各ライン Σ (PFCs 購入量×プロセス供給率×副生成物発生率×除害効率×GWP)  
(除害装置のないラインについては除害効率=0)

関連指標を下表に示す。

表 4-55 半導体製造時の HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
PFC-14の購入量	t	313.0	299.9	231.5	276.9	208.9	265.3	248.3
PFC-116の購入量	t	209.5	561.2	393.2	284.9	171.5	194.3	159.9
PFC-218の購入量	t	0.0	9.9	181.8	181.0	129.5	167.0	137.0
PFC-c318の購入量	t	0.6	38.6	24.8	40.2	33.3	35.8	36.8
HFC-23の購入量	t	47.8	49.4	42.1	73.7	53.8	67.1	68.4
SF <sub>6</sub> の購入量	t	90.8	131.9	96.8	79.1	60.2	76.7	65.2
プロセス供給率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PFC等の反応消費率	%	物質により20~70%						
PFC等の除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
副成CF <sub>4</sub> 発生率	%	C2F6(PFC-116) : 10%、C3F8(PFC-218) : 20%						
副成CF <sub>4</sub> 除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
HFCs排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.158	0.172	0.138	0.142	0.090	0.099	0.085
PFCs排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	3.046	5.409	3.712	2.665	1.672	1.765	1.477
SF <sub>6</sub> 排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	1.005	1.484	1.111	0.694	0.433	0.469	0.395

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

表 4-56 半導体製造時の HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> の反応消費率

項目	
PFC-14 の反応消費率	20%
PFC-116 の反応消費率	30%
PFC-218 の反応消費率	60%
PFC-c318 の反応消費率	70%
HFC-23 の反応消費率	70%
SF <sub>6</sub> の反応消費率	50%

※反応消費率は IPCC ガイドラインのデフォルト値による。

#### c) 不確実性と時系列の一貫性

##### ■不確実性

排出係数の不確実性においては、類似区分の値を用い、HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> のいずれも 50% を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 40% を HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> のいずれにも採用した。その結果、排出量の不確実性は HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> ともに 64% と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

##### ■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

#### d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

#### e) 再計算

特になし。

#### f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

#### 4.7.7.2. 液晶 (2.F.7.-)

##### a) 排出源カテゴリーの説明

液晶の製造時に HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> が排出される。

##### b) 方法論

##### ■算定方法

液晶も、半導体と同様の算定を行った。世界液晶産業協力会議で PFC 削減自主行動計画を策定して削減の取組みを行っており、IPCC 基準に準拠することが前提とされているためである。

表 4-57 液晶製造時の HFCs、PFCs、SF<sub>6</sub> 排出の関連指標

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
PFC-14の購入量	t	20.7	47.3	77.8	69.3	51.9	93.7	124.3
PFC-116の購入量	t	0.4	2.7	9.9	4.1	2.3	0.0	0.0
PFC-c318の購入量	t	0.0	0.0	0.8	1.9	1.7	1.6	1.9
HFC-23の購入量	t	0.1	0.7	1.6	1.5	1.1	1.1	1.2
SF <sub>6</sub> の購入量	t	11.5	85.3	101.4	146.8	127.1	176.9	129.0
プロセス供給率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PFC等の反応消費率	%	物質により20～70%						
PFC等の除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
副成CF <sub>4</sub> 発生率	%	C2F <sub>6</sub> (PFC-116):10%						
副成CF <sub>4</sub> 除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
HFCs排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.000	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004
PFCs排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.099	0.228	0.149	0.092	0.043	0.053	0.068
SF <sub>6</sub> 排出量	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	0.124	0.766	0.622	0.259	0.174	0.235	0.172

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料

※反応消費率は IPCC ガイドラインのデフォルト値による。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

半導体 (2.F.7.-) に記載した内容と同一である。4.7.7.1. c) を参照のこと。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. c) を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造 (2.C.3.) に記載した内容と同一である。4.4.3. d) を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.8. 電気設備 (2.F.8.)

a) 排出源カテゴリーの説明

電気設備の製造時・使用時において SF<sub>6</sub> が排出される。

b) 方法論

■算定方法

製造時については、SF<sub>6</sub> 購入量に製造時漏洩率を乗じたものが排出量となっている。

使用時については、設置されている機器に対する使用中の漏洩率から排出量を計算した。

点検時及び廃棄時には、SF<sub>6</sub> の排出量を実測により求めた。

CRF における報告では、廃棄時の排出を使用時に含め「IE」として報告している。

電気設備製造時の SF<sub>6</sub> 排出量

$$\text{製造時 SF}_6 \text{ 排出量} = \text{SF}_6 \text{ ガス購入量 (t)} \times \text{製造時漏洩率 (\%)}$$

電気設備使用時のSF<sub>6</sub>排出量

使用時 SF<sub>6</sub> 排出量 = SF<sub>6</sub> ガス保有量 × 使用中の環境中への排出率 (0.1%)

電気設備点検時のSF<sub>6</sub>排出量

点検時 SF<sub>6</sub> 排出量 = 実測による SF<sub>6</sub> ガス排出量

電気設備廃棄時のSF<sub>6</sub>排出量

廃棄時 SF<sub>6</sub> 排出量 = 実測による SF<sub>6</sub> ガス排出量

電気絶縁ガス使用機器からの SF<sub>6</sub> の排出量の関連指標を下表に示す。

表 4-58 電気設備製造時の SF<sub>6</sub> 排出

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
SF <sub>6</sub> ガス購入量	t	1,380	649	629	784	459	315	394
絶縁機器へのSF <sub>6</sub> 充填量	t	1,464	450	582	726	410	282	352
機器充填以外の保有量	t	-	105	29	40	38	26	35
製造時漏洩率	%	29%	15%	3%	2%	2%	2%	2%
排出量	t	400	100	23	19	11	7	7
	百万t-CO <sub>2</sub> 換算	9.560	2.402	0.548	0.444	0.263	0.165	0.177

(出典) 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料、経済産業省提供データ

表 4-59 電気設備使用時の SF<sub>6</sub> 排出

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
機器SF <sub>6</sub> ガス保有量	t	6,300	8,000	8,700	9,000	9,000	9,100	9,200
使用時漏洩率	%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
使用時SF <sub>6</sub> 排出量*	t	6.3	8.0	8.7	9.0	9.0	9.1	9.2
点検・廃棄時SF <sub>6</sub> 排出量*	t	54.00	14.00	2.50	5.10	3.40	3.50	6.60
使用・点検・廃棄時SF <sub>6</sub> 排出量	t	60.46	27.13	16.51	19.17	20.19	20.39	23.59
	Gg-CO <sub>2</sub> 換算	1444.99	648.36	394.48	458.19	482.56	487.34	563.82

\* 算定・報告・公表制度分を除く

(出典) 機器 SF<sub>6</sub> ガス保有量、使用時漏洩率、使用・点検・廃棄時 SF<sub>6</sub> 排出量は経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料より

## c) 不確実性と時系列の一貫性

## ■不確実性

排出係数の不確実性においては、GPG (2000) のデフォルト値 (Tier 2) を使い、製造時は 30%、使用・廃棄時は 50%を使用した。活動量の不確実性は、温室効果ガス算定方法検討会で設定した 40%を製造時及び使用・廃棄時の両方に使用した。その結果、製造時の排出量の不確実性は 50%、使用・廃棄時の排出量の不確実性は 64%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

■時系列の一貫性

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. c）を参照のこと。

d) QA/QC と検証

アルミニウム製造（2.C.3.）に記載した内容と同一である。4.4.3. d）を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.9. その他 鉄道用シリコン整流器（2.F.9.）

a) 排出源カテゴリーの説明

鉄道用シリコン整流器の廃棄時において PFCs が排出される。

b) 方法論

■算定方法

環境省のハロン・液体 PFC 等管理方策検討調査（2006 年度）、ハロン・PFC 破壊処理実態等調査（2010 年度）から、地上設置機器、車載機器それぞれについて PFC-51-14 保有機器の設置台数、保有量、耐用年数が得られたため、これらを用いて、年度別の鉄道用シリコン整流器の廃棄台数に 1 台当たりの PFC 内蔵量を乗じて、鉄道用シリコン整流器に使用された PFC-51-14 の年度別廃棄量を推計した。これより当該年度の回収破壊量を減じて PFC 排出量を算定する。但し、2009～2011 年度の回収破壊量は 0 であり、その他の年度では回収破壊量のデータがないため、回収破壊量を 0 とする。

鉄道用シリコン整流器の廃棄時における PFC 排出量 = PFC 廃棄量 - 回収破壊量

表 4-60 鉄道用シリコン整流器からの PFC 廃棄量

項目	単位	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011
PFC廃棄量	t	NO	NO	0.03	0.25	0.34	0.47	0.64

c) 不確実性と時系列の一貫性

■不確実性

排出係数の不確実性については、類似排出源である溶剤の不確実性 0%を採用した。活動量の不確実性は、40%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 40%と評価された。なお、不確実性の評価手法については別添 7 に詳述している。

■時系列の一貫性

排出量は時系列的に一貫した算定方法、データソースを用いて算定されている。

d) QA/QC と検証

セメント製造（2.A.1.）に記載した内容と同一である。4.2.1. d）を参照のこと。

## e) 再計算

鉄道用整流器の PFC 内蔵量・廃棄量の算定に用いる設置台数、保有量、耐用年数等のパラメータに関して新たな調査が行われ、その結果を反映して算定方法が見直されたため、2002～2010 年度について再計算が行われた。

## f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

## 参考文献

1. IPCC 「1996年改訂 IPCC ガイドライン」(1997年)
2. IPCC 「温室効果ガスインベントリにおけるグッドプラクティスガイダンス及び不確実性管理報告書」(2000年)
3. IUPAC “Atomic Weights of the Elements 1999”  
(<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/AtWt99.html>)
4. 環境省 「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第1部」(平成18年8月)
5. 経済産業省 「エネルギー生産・需給統計年報」
6. 経済産業省 「化学工業統計年報」
7. 経済産業省産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会資料
8. 経済産業省資源エネルギー庁 「総合エネルギー統計」
9. 経済産業省 「資源・エネルギー統計年報」
10. 経済産業省 「資源統計年報」
11. 経済産業省 「石油等消費動態統計年報」
12. 経済産業省 「窯業・建材統計年報」
13. 経済産業省 「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報」
14. 経済産業省 「鉄鋼統計年報」
15. 財務省 「貿易統計」
16. 石灰石工業会 「石灰石の話」
17. 経済産業研究所 「不均一価格物量表」
18. 環境省 「ハロン・液体PFC等管理方策検討調査」(2006年度)
19. 環境省 「ハロン・PFC破壊処理実態等調査」(2010年度)