

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、各排出源の算定方法、排出係数、活動量等は、各分野の専門家により構成される温室効果ガス排出量算定方法検討会のエネルギー・工業プロセス分科会、HFC 等 4 ガス分科会において検討され承認されたものである。(別添 6 参照)

いくつかの年や排出源については排出量はゼロであるが、排出量はすべての年について推計されており、紙幅が許す限りかつ秘匿性に配慮した範囲で、関連指標は各サブカテゴリーの表中に示されている。また、各サブカテゴリーごと、ガスごとの排出量は各カテゴリーの冒頭の表に記載している。

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 ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	
2.A 鉄物製品	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	フェロアロイ製造	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鋳造におけるSF ₆ の使用	アルミニウム						NO	
		マグネシウム				○		○	
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 ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆		
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	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				○	NO	NO
					廃棄				○	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		

○：排出量を計上
注釈記号は略語集参照

なお、2012年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は約 69,516 Gg-CO₂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 5.2%を占めている。CO₂、CH₄

及びN₂O排出量を1990年と比較すると38.3%の減少となっている。HFCs、PFCs及びSF₆の排出量を1995年と比較すると47.0%の減少となっている。

4.2. 鉱物製品 (2.A.)

鉱物製品カテゴリーは、鉱物原料 (CaCO₃、MgCO₃、Na₂CO₃) の焼成などにより放出されるCO₂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。

2012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38,906 Gg-CO₂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29.7%の減少となっている。

表 4-2 2.A. 鉱物製品からのCO₂排出量

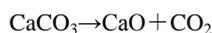
ガス	排出区分	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	
CO ₂	2.A.1	セメント製造	Gg-CO ₂	37,905	41,275	34,394	31,579	27,925	24,755	23,784	24,450	25,060
	2.A.2	生石灰製造	Gg-CO ₂	6,674	5,795	5,900	6,646	6,592	5,365	6,285	5,896	5,670
	2.A.3	石灰石及びドロマイトの使用	Gg-CO ₂	10,464	9,436	9,243	8,352	8,208	7,332	7,961	7,900	8,034
	2.A.4	ソーダ灰生産及び使用	Gg-CO ₂	267	250	209	197	159	138	146	146	142
	合計		Gg-CO ₂	55,311	56,756	49,746	46,774	42,883	37,589	38,177	38,391	38,906

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 (CaCO₃) を主成分とする石灰石の焼成によりCO₂が排出される。

セメント製造プロセスにおける CO₂ 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) のデジジョンツリーに従い、クリンカ生産量に国独自の排出係数を乗じてCO₂排出量を算定した。

セメント製造に伴う CO₂ 排出量 [t-CO₂]

= 排出係数 [t-CO₂/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

国独自の排出係数はクリンカ中のCaO含有率にCaOとCO₂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CO₂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CO₂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CO₂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※	10.9～14.9%	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※	12.1～32.7%	17.5～31.1%
	コンクリートくず※	6.3～22.2%	6.4～43.9%
鉱さい	高炉スラグ（水砕）	5.0～14.3%	40.0～42.4%
	高炉スラグ（徐冷）	5.7～7.4%	40.8～41.5%
	製鋼スラグ	7.7～14.1%	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	1.0～3.9%	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CO₂の排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
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	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	1.8
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	64.0
CO ₂ /CaO		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
排出係数	t-CO ₂ /t	0.497	0.497	0.495	0.501	0.502	0.503	0.503	0.500	0.502

■ 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	2012
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	49,883
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	49,883

* 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CO₂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。

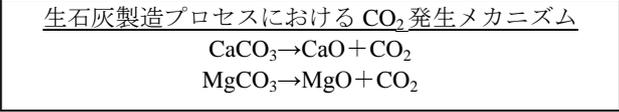
f) 今後の改善計画及び課題

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CaCO₃、MgCO₃を焼成（加熱分解）することにより、CO₂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CO₂排出量を算定した。

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

■ 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 t-CO₂/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CO₂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。なお、上述のとおりこの排出係数は国独自のものである。

■ 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）における類い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CO₂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	2012
石灰石消費量 (dry)	kt	15,595	13,540	13,785	15,527	15,401	12,534	14,684	13,775	13,248

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CO₂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CO₂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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2011 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

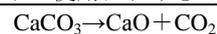
特になし。

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CaCO₃及び微量のMgCO₃が、ドロマイトにはCaCO₃及びMgCO₃が含まれており、石灰石・ドロマイトを加熱すると、CaCO₃及びMgCO₃由来のCO₂が排出される。

石灰石、ドロマイトの使用における CO₂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CO₂とCaCO₃の重量比に石灰石から取り出せる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、CO₂とMgCO₃の重量比に石灰石から取り出せる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。なお、以下のとおり排出係数は国独自のものである。

CaCO₃→CaO+CO₂
MgCO₃→MgO+CO₂

- ・石灰石から取り出せる 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MgOの割合：0.5%^b
 (0.0～1.0%の中間値：石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・CaCO₃（石灰石の主成分）の分子量：100.0869^a
- ・MgCO₃の分子量：84.3139^a
- ・CaOの分子量：56.0774^a
- ・MgOの分子量：40.3044^a
- ・CO₂の分子量：44.0095^a
- ・CaCO₃の含有率 =石灰石から取り出せるCaOの割合× CaCO₃の分子量／CaOの分子量
- ・MgCO₃の含有率 =石灰石から取り出せるMgOの割合× MgCO₃の分子量／MgOの分子量

○ 排出係数 =CO₂の分子量／CaCO₃の分子量× CaCO₃の含有率
 +CO₂の分子量／MgCO₃の分子量× MgCO₃の含有率
 =440 [kg-CO₂/t]

(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CO₂とCaCO₃の重量比にドロマイトから取り出せる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、CO₂とMgCO₃の重量比にドロマイトから取り出せる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。なお、以下のとおり排出係数は国独自のものである。

CaCO₃ → CaO +CO₂
MgCO₃ → MgO +CO₂

- ・ドロマイトから取り出せる 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 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」)
- ・CaCO₃（ドロマイトの主成分）の分子量：100.0869
- ・MgCO₃（ドロマイトの主成分）の分子量：84.3142
- ・CaO の分子量：56.0774
- ・MgO の分子量：40.3044
- ・CO₂の分子量：44.0098

- ・CaCO₃の含有率=ドロマイトから取り出せるCaOの割合 × CaCO₃の分子量／CaOの分子量
- ・MgCO₃の含有率=ドロマイトから取り出せるMgOの割合 × MgCO₃の分子量／MgOの分子量

$$\begin{aligned} \text{排出係数} &= \text{CO}_2\text{の分子量} / \text{CaCO}_3\text{の分子量} \times \text{CaCO}_3\text{の含有率} \\ &\quad + \text{CO}_2\text{の分子量} / \text{MgCO}_3\text{の分子量} \times \text{MgCO}_3\text{の含有率} \\ &= 471 \text{ [kg-CO}_2\text{/t]} \end{aligned}$$

■ 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 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	2012
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	11,575	11,616
ガラス製品用 (dry)	kt	66	42	26	31	16	12	17	16	19
排煙脱硫用 (dry)	kt	1,841	2,139	1,813	2,075	1,922	1,699	1,795	2,008	2,146
セラミック製品用 (dry)	kt	442	1,110	1,138	463	528	372	347	361	317
化学製品用 (dry)	kt	3,668	1,717	1,772	682	749	521	480	493	429
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	1,565
ガラス製品用 (dry)	kt	264	250	203	230	160	126	151	154	160
セラミック製品用 (dry)	kt	1,561	1,227	1,020	1,130	1,295	1,577	1,615	1,548	1,731
化学製品用 (dry)	kt	147	96	84	53	35	36	34	30	31

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CO₂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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2010、2011年度について、不均一価格物量表における石灰石消費量、および2011年度について、不均一価格物量表における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(NH₄Cl)ソーダ法によりソーダ灰(Na₂CO₃)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CO₂が排出される。石灰起源のCO₂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CO₂をパイプラインで投入する可能性があるが、この排出量はアンモニア工業から排出されるCO₂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CO₂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CO₂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(Na₂CO₃・NaHCO₃・2H₂O)の焼成によるCO₂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 (Na_2CO_3) の使用時に 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 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	2012
ソーダ灰消費量 (ソーダ灰換算)	kt	647	605	504	476	384	333	353	353	344

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_2 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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2011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CO₂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CO₂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CO₂、CH₄、N₂O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。

2012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 3,151 Gg-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCF除く) の 0.2%を占めている。1990年比の排出量と比較すると 75.4%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	2012	
CO ₂	2.B 化学産業	2.B.1 アンモニア製造	Gg-CO ₂	3,385	3,436	3,188	2,155	1,990	1,909	2,106	1,991	1,838	
		2.B.4 カーバイド製造	シリコンカーバイド	Gg-CO ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C
			カルシウムカーバイド	Gg-CO ₂	C	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 ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	合計			Gg-CO ₂	4,209	4,220	3,893	2,887	2,574	2,488	2,737	2,629	2,416
CH ₄	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 ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	
			カーボンブラック	Gg-CH ₄	0.28	0.27	0.27	0.28	0.25	0.22	0.26	0.23	0.21
		2.B.5 その他の化学工業製品	エチレン	Gg-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C
			1,2-ジクロロエタン	Gg-CH ₄	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
	スチレン		Gg-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
	メタノール		Gg-CH ₄	0.17	0.15	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
	コークス			Gg-CH ₄	15.47	13.82	8.00	5.02	4.59	4.13	4.45	4.54	4.56
	合計			Gg-CH ₄	16.10	14.45	8.50	5.55	5.04	4.58	4.93	4.98	4.97
合計			Gg-CO ₂ 換算	338	304	178	117	106	96	103	104	104	
N ₂ O	2.B 化学産業	2.B.2 硝酸製造	Gg-N ₂ O	2.47	2.46	2.57	2.52	1.62	1.54	1.81	1.49	1.53	
		2.B.3 アジピン酸製造	Gg-N ₂ O	24.20	24.03	12.56	1.68	2.45	3.49	1.66	1.05	0.51	
	合計			Gg-N ₂ O	26.67	26.49	15.13	4.19	4.07	5.03	3.48	2.54	2.04
	合計			Gg-CO ₂ 換算	8,267	8,213	4,690	1,300	1,262	1,559	1,078	788	631
全ガス合計				Gg-CO ₂ 換算	12,814	12,736	8,762	4,303	3,942	4,144	3,918	3,521	3,151

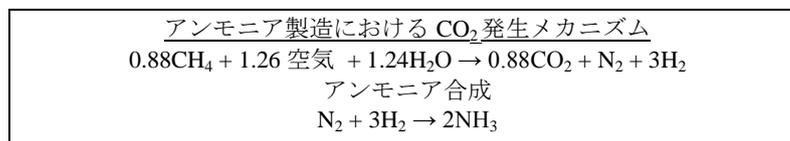
C : 秘匿情報

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) CO₂

アンモニア製造においては、原料の炭化水素を分解してH₂を生成する過程でCO₂が排出される。

2) CH₄

実測例よりアンモニア製造に伴うCH₄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) N₂O

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N₂Oの排出は原理的に考えられず、また実測例でもN₂O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国独自の排出係数を乗じて、CO₂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CO₂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 ³
天然ガス	13.90	41.0	43.5	MJ/m ³
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 ³

(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	2012
ナフサ	kl	189,714	477,539	406,958	92,453	67,062	72,045	70,067	67,646	67,869
液化石油ガス	t	226,593	45,932	5,991	NO	NO	NO	NO	NO	NO
石油系炭化水素ガス	10 ³ m ³	C	230,972	240,200	147,502	151,553	140,783	143,634	126,809	NO
天然ガス	10 ³ m ³	C	100,468	86,873	77,299	50,260	21,773	41,640	41,169	45,808
石炭 (一般炭、輸入炭)	t	C	209,839	726	1,239	802	522	629	879	390
オイルコークス	t	C	273,125	420,862	353,983	336,633	351,594	394,116	365,340	405,557
液化天然ガス	t	C	46,501	23,395	165,606	162,342	145,699	157,918	161,588	169,109
コークス炉ガス	10 ³ m ³	C	35,860	55,333	NO	NO	NO	NO	NO	NO

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CO₂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) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

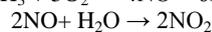
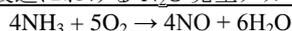
f) 今後の改善計画及び課題

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 (HNO₃) の製造に伴いN₂Oが排出される。

硝酸製造における N₂O 発生メカニズム

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、N₂O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N₂O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。N₂O破壊量は現時点では把握されていないが、排出係数で考慮されている。

$$\text{硝酸製造に伴う N}_2\text{O 排出量 [kg-N}_2\text{O]}$$

$$= \text{排出係数 kgN}_2\text{O/t} \times \text{硝酸生産量 [t]}$$

■ 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N₂Oの回収・破壊を考慮した値である。

表 4-13 硝酸製造に伴うN₂O排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
硝酸製造に伴う排出係数	kg-N ₂ O/t	3.50	3.51	3.92	4.18	3.35	3.34	3.58	3.49	3.38

■ 活動量

硝酸製造時のN₂O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	2012
硝酸生産量	t	705,600	701,460	655,645	602,348	484,070	460,600	506,071	426,349	452,918

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

硝酸製造に伴うN₂O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) 節を参照のこと。

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 (C₆H₁₀O₄) 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N₂O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N₂O発生率、N₂O分解率、アジピン酸生産量を用いて排出量を算定した。

アジピン酸製造に伴うN₂O排出量

$$= \{N_2O \text{ 発生率} \times (1 - N_2O \text{ 分解率} \times \text{分解装置稼働率})\} \times \text{アジピン酸生産量}$$

■ 排出係数

国独自の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。

○ N₂O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。

○ N₂O分解率

当該事業所におけるN₂O分解率の実測結果を用いた。

○ N₂O分解装置稼働率

当該事業所において全てのN₂O分解装置を対象に毎年調査されるN₂O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。

N₂O分解装置稼働率の算定式

N₂O分解装置稼働率 [%]

$$= N_2O \text{ 分解装置運転時間} / \text{アジピン酸製造プラント運転時間} \times 100 \text{ [%]}$$

N₂O分解装置運転時間：N₂O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N₂O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N₂O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N₂O分解装置の稼働を開始したため、1999年以降はN₂O排出量が大幅に減少することとなった。なお、2000年はN₂O分解装置の故障により稼働率が低下したためにN₂O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。N₂O発生率、N₂O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)節を参照のこと。

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) 排出源カテゴリーの説明

1) CO₂

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CO₂が排出される。

シリコンカーバイド製造プロセスにおけるCO₂発生メカニズム



2) CH₄

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CH₄が発生すると考えられる。

b) 方法論

1) CO₂

■ 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-CO₂/t] を用いた。

■ 活動量

シリコンカーバイドの製造に伴うCO₂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) CH₄

■ 算定方法

燃料の燃焼分野 (1.A.固定発生源) からのCH₄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、排ガス中のCH₄濃度、単位時間当たりの実測乾き排ガス量、及び単位時間当たりの発生熱量の測定結果より電気炉からの電力消費に伴う排出係数 (12.8 kg-CH₄/TJ) を設定した (第3章の3.2.2 エネルギー産業 (1.A.1) におけるCH₄とN₂Oの排出参照)。

■ 活動量

シリコンカーバイドの製造に伴うCH₄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っている唯一の事業所から提供された電力消費量を用いた。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

1) CO₂

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) CH₄

排出係数の不確実性は 163% と評価された (第3章参照のこと)。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 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

CO₂、CH₄いずれも活動量は事業所からの提供を受けたデータをもとに、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CO₂、CH₄いずれも1990年度から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CO₂、CH₄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) 節を参照のこと。

e) 再計算

審査において、以前用いていた活動量のデータが古いのではないかという指摘があったことを受け活動量が見直されたため、CH₄については時系列全般にわたり再計算が実施された。

f) 今後の改善計画及び課題

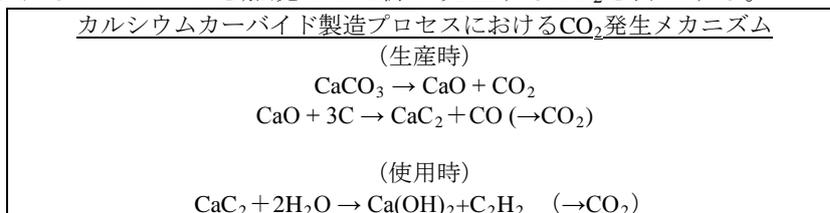
特になし。

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) CO₂

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CO₂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CO₂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CO₂を計上する。



2) CH₄

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CH₄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CO₂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 4-15 カルシウムカーバイドの生産及び消費に伴うCO₂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 ₂ /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-CO₂/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) 節を参照のこと。

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°C 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CH₄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CH₄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CH₄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CH₄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 [kgCH₄/t]。

表 4-16 国内主要5社のカーボンブラック生産状況及びCH₄排出状況

	カーボンブラック生産量 [t/年]	CH ₄ 排出量 [kg CH ₄ /年]	排出係数 [kg CH ₄ / 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CH₄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 4-17 カーボンブラック生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
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	612,043

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CH₄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CH₄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) 節を参照のこと。

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CH₄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) CO₂、CH₄

エチレンの生産工程でCO₂が分離されることに伴いCO₂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CH₄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) N₂O

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N₂O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CH₄、CO₂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

○ CO₂

石油化学工業協会がエチレン製造に伴うCO₂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。

○ CH₄

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¹）、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を設定した。（石油化学工業協会調べ）なお、当

¹ IPCC グッドプラクティスガイダンスに示されるフレアリング効率98%の値（Table 2.16 note e）をもとに仮定したものの。

該排出係数は秘匿とする。

■ 活動量

エチレン製造に伴うCH₄、CO₂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 4-18 エチレン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
エチレン生産量	kt	5,966	6,951	7,566	7,549	6,520	7,219	6,999	6,474	6,261

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

エチレン製造のCO₂、CH₄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、CO₂、CH₄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CO₂、CH₄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年度から一定値を使用している。従って、エチレン製造によるCO₂、CH₄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) 節を参照のこと。

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（C₂H₄）＋塩素（Cl₂）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（C₂H₃Cl）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CH₄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CH₄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CH₄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 [kgCH₄/t]。1,2-ジクロロエタンを製造している各社の製造プロセスに関する情報を踏まえ、この排出係数の代表性は確認されている。（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CH₄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 4-19 1,2-ジクロロエタン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
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	2,558

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CH₄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) 節を参照のこと。

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CH₄が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

スチレン製造に伴うCH₄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²⁾）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。（石油化学工業協会調べ）。なお、当該排出係数は秘匿とする。

■ 活動量

スチレン製造に伴うCH₄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 4-20 スチレン（モノマー）生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
スチレン生産量	kt	2,227	2,952	3,020	3,375	2,699	3,043	3,019	2,594	2,426

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CH₄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年度から一定値を使用している。従って、スチレン製造によるCH₄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) 節を参照のこと。

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CH₄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CH₄排出については、1996年改訂IPCCガイドラインに示された手

²⁾ 脚注1参照。

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CH₄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 [kgCH₄/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CH₄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 4-21 メタノール生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
メタノール生産量	t	83,851	75,498	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年から一定値を使用している。従って、スチレン製造によるCH₄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) 節を参照のこと。

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) CO₂

コークスの製造に伴うCO₂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) CH₄

コークスの製造に伴いCH₄が排出される。

3) N₂O

コークス炉炉蓋からの漏洩ガス中のN₂O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N₂O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CH₄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CH₄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CH₄と、石炭の乾留過程において発生したCH₄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CH₄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CH₄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 [kgCH₄/t]。

○ コークス炉炉蓋、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CH₄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 4-22 コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔のCH₄排出係数

項目	単位	1990-1996	1997-1999	2000	2001	2002	2003	2004	
CH ₄ 排出係数	kgCH ₄ /t	0.238	0.180	0.119	0.062	0.052	0.042	0.055	
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
		0.043	0.039	0.040	0.037	0.032	0.031	0.042	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CH₄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CH₄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 4-23 コークス生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
コークス生産量	kt	47,338	42,279	38,511	38,009	36,551	34,140	37,036	34,875	35,024

■ 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CO₂、CH₄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CH₄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)節を参照のこと。

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CO₂、CH₄、PFCs、SF₆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SF₆の使用」から構成される。

2012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391 Gg-CO₂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CO₂及びCH₄について1990年の排出量と比較すると、49.6%の減少となっている。HFCs、

PFCs及びSF₆では1995年の排出量と比較すると6.4%の増加となっている。

表 4-24 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	2012
CO ₂	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 ₂	356.09	357.22	248.42	241.93	155.77	111.99	159.86	161.70	174.20
		2.C.2	フェロアロイ製造		Gg-CH ₄	0.19	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11	0.12	0.11
CH ₄	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-CH ₄	0.74	0.72	0.67	0.68	0.61	0.51	0.59	0.60	0.59
		2.C.2	フェロアロイ製造		Gg-CH ₄	0.19	0.14	0.13	0.13	0.11	0.11	0.12	0.11
		合計		Gg-CH ₄	0.92	0.85	0.80	0.80	0.72	0.62	0.71	0.72	0.72
		合計		Gg-CO ₂ 換算	19.36	17.92	16.84	16.89	15.02	12.96	14.87	15.09	15.19
ガス合計				Gg-CO ₂ 換算	375.45	375.15	265.26	258.81	170.80	124.95	174.72	176.78	189.39
ガス	排出区分			単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFCs	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鋳造におけるSF ₆ の使用	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.91	1.17
PFCs	2.C 金属の生産	2.C.3	アルミニウム製造	Gg-CO ₂ 換算	137.15	69.74	17.78	14.80	14.67	11.02	10.38	10.36	9.02
SF ₆	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鋳造におけるSF ₆ の使用	t	6.43	5.00	43.00	48.42	27.30	10.00	12.88	8.00	8.00
				Gg-CO ₂ 換算	153.61	119.50	1,027.70	1,157.31	652.47	239.00	307.90	191.20	191.20
ガス合計				Gg-CO ₂ 換算	290.77	189.24	1,045.48	1,172.11	667.14	250.02	318.28	202.47	201.39

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) CO₂

鉄鋼の製造に伴い発生するCO₂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CO₂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. 鋳鉄製造 (2.C.1.-)

1) CO₂

鋳鉄の製造に伴い発生するCO₂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CO₂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) CH₄

鋳鉄の製造に伴うCH₄の発生は原理的に考えられず、また実測例でもCH₄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) CO₂

焼結鉍の製造により発生するCO₂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CO₂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) CH₄

焼結鉍の製造により発生するCH₄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) CO₂

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CO₂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) CH₄

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CO₂が排出される。また、鉄鋼製造に使用される電気炉からCH₄が排出される。

b) 方法論

1) CO₂

■ 算定方法

鉄鋼製造における電気炉の使用に伴うCO₂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CO₂として大気へ分散されると仮定し、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 4-25 電気炉の電極からのCO₂排出量

	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
#A 輸入量	t	12,341	18,463	11,363	15,075	15,116	11,218	17,321	20,436	20,027
#B 国内生産量	t	211,933	186,143	184,728	216,061	201,256	169,545	205,081	217,847	197,278
#C 輸出量	t	87,108	92,812	107,998	138,409	134,509	116,489	139,757	154,204	135,863
#D 電気炉ガス	t	39,983	14,300	20,293	26,700	39,349	33,709	39,017	39,949	33,898
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	47,544
CO ₂ 排出量	Gg-CO ₂ 換算	356	357	248	242	156	112	160	162	174

2) CH₄

■ 算定方法

燃料の燃焼分野（1.A.固定発生源）からのCH₄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-CH₄/TJ）を用いた（第3章の3.2.2.節及び第4章の4.3.4.1.節を参照）。

■ 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 4-26 電気炉における電力消費量

電力消費量	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
電気炉	TJ	57,564	55,986	52,457	52,747	47,316	39,753	45,793	47,185	46,459

c) 不確実性と時系列の一貫性

1) CO₂

■ 不確実性

電気炉の電極からのCO₂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CO₂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) CH₄

■ 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CH₄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CH₄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) 節を参照のこと。

e) 再計算

総合エネルギー統計における 2011 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、CH₄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) CO₂

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CO₂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CO₂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、CO₂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) CH₄

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CH₄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CH₄排出量は、燃料の燃焼分野 (1.A.1. エネルギー産業) からのCH₄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CH₄排出係数と同じ値 (12.8 kg-CH₄/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 4-27 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	2012
電気炉 (フェロアロイ)	TJ	14,456	10,699	10,181	10,072	8,578	8,458	9,510	8,938	10,038

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CH₄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CH₄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) 節を参照のこと。

e) 再計算

総合エネルギー統計における2011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、CH₄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。

4.4.3. アルミニウム製造 (2.C.3.)

a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO₂

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CO₂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CO₂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) CH₄

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CH₄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。

なお、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、これらの年については関連データの外挿等をして算定を行っている。

■ 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。

1990～1994年については、1995年の排出係数を用いている。

表 4-28 アルミニウム製造に伴うPFCs排出係数、生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
PFC-14(CF ₄)	kg-PFC-14/t	0.542	0.542	0.369	0.307	0.300	0.301	0.300	0.299	0.298
PFC-116(C ₂ F ₆)	kg-PFC-116/t	0.0542	0.0542	0.0369	0.0307	0.0300	0.0301	0.0300	0.0299	0.0298
アルミニウム生産量	t	34,100	17,338	6,500	6,490	6,600	4,930	4,670	4,670	4,075

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料

■ 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製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ(旧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。

1990～1994年については、経済産業省「資源統計年報」に示されたアルミニウム生産量を用いた。

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

1995年以降の排出量については、経済産業省の製造産業分科会において、HFC等3ガスの排出量を毎年継続的に集計している。1990～1994年については、1995年以降の関連データの外挿等をして算定を行っており、可能な限り時系列の一貫性に配慮している。

d) QA/QCと検証

製造産業分科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

新たに1990～1994年のPFCs排出量の算定を行った。

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鑄造における SF₆の使用 (2.C.4.)

4.4.4.1. アルミニウム鑄造

我が国における、アルミニウム鑄造時のSF₆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. マグネシウム鑄造

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、マグネシウムの鑄造に伴ってSF₆、HFCsが排出される。なお、HFCs排出量はCRF上「2.C.5.その他」で報告する。

b) 方法論

マグネシウム鑄造を行う各事業者のSF₆、HFCs使用量を全て排出量として計上している。マグネシウムの鑄造に伴うSF₆、HFCs排出については、経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料に示された値を報告した。関連指標を下表に示す。

表 4-29 マグネシウムの鑄造に伴うSF₆排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
SF ₆ 使用量	t	6.4	5.0	43.0	48.4	27.3	10.0	12.9	8.0	8.0

(出典) 経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、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、これらの年についてはマグネシウム溶解量と比例すると考えられるその他ダイカスト生産量、1995 年のSF₆使用量のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たにHFCsの排出が確認されたため、2011 年について再計算を実施した。また、新たに1990～1994 年のSF₆排出量の算定を行った。

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_x、CO、NMVOC、SO₂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CO₂を使用しているため、大気中へCO₂が排出されるが食品・飲料の製造過程で使用しているCO₂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、SF₆の製造過程から大気中に排出されるHFCs、PFCs、SF₆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。

2012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344 Gg-CO₂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98.5%の減少となっている。

表 4-30 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
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 ₂ 換算	12,592.30	16,965.00	12,402.00	463.32	469.17	39.78	42.12	12.87	14.04
		2.E.2 製造時の漏出	Gg-CO ₂ 換算	1.30	480.12	257.84	352.69	232.83	182.36	86.22	99.65	78.38
	合計		Gg-CO ₂ 換算	12,593.60	17,445.12	12,659.84	816.01	702.00	222.14	128.34	112.52	92.42
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 ₂ 換算	276.08	762.85	1,359.00	837.49	523.80	399.48	200.24	171.90	122.16
SF ₆	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	152.23	197.00	36.00	40.80	53.90	10.90	8.30	5.80	5.40
			Gg-CO ₂ 換算	3,638.23	4,708.30	860.40	975.12	1,288.21	260.51	198.37	138.62	129.06
全ガス合計			Gg-CO ₂ 換算	16,507.91	22,916.27	14,879.24	2,628.62	2,514.01	882.13	526.96	423.05	343.64

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HFC-23の副生量から、副生HFC-23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。HFC-23の副生量は、HCFC-22の製造量に、HFC-23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。排出係数は国独自のものである。

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 4-31 HCFC-22 の製造に伴う副生 HFC-23 の排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HCFC-22の生産量	t	60,122	81,000	95,271	65,715	60,401	26,682	46,149	45,314	54,388
HFC-23副生率	%	2.13%	2.13%	1.70%	1.90%	2.00%	2.34%	2.01%	1.53%	1.60%
HCFC-22生産に対する排出割合	%	1.79%	1.79%	1.11%	0.06%	0.07%	0.01%	0.01%	0.002%	0.002%
排出量	t	1,076	1,450	1,060	40	40	3	4	1	1
	百万t-CO ₂ 換算	12.59	16.97	12.40	0.46	0.47	0.04	0.04	0.01	0.01

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

※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。

なお、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、これらの年についてはフッ素樹脂生産量・フッ素樹脂生産量に対するフッ素樹脂原料用の HCFC-22 の割合(データ入手可能な 1995～2006 年の平均)から推計したフッ素樹脂原料用の HCFC-22 生産量、および HCFC 総出荷量³・1995 年の冷媒用途の HCFC-22 出荷量から推計した冷媒用途の HCFC-22 生産量推計値の合算値を総 HCFC-22 生産量とし、1995 年の HCFC-22 の生産量に対する排出割合のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。また、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。

³ 通商産業省平成 9 年第 1 回化学品審議会リスク管理部会温室効果化学物質分科会通商産業省作成資料。

e) 再計算

新たに1990～1994年のHFCs排出量の算定を行った。

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

HFCs、PFCs、SF₆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HFCs、PFCs、SF₆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。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 4-32 HFCs の製造時の漏出の排出量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.0013	0.4801	0.2578	0.3527	0.2328	0.1824	0.0862	0.0997	0.0784

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料(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、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

※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 4-33 PFCs の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
PFCsの生産量	t	437	1,207	2,336	2,726	2,802	2,028	2,800	2,670	2,446
排出量	t	39	107	181	107	67	50	25	24	16
	百万t-CO ₂ 換算	0.276	0.763	1.359	0.837	0.524	0.399	0.200	0.172	0.122

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料(日本化学工業協会データ)、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

※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 4-34 SF₆の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
SF ₆ の生産量	t	1,848	2,392	1,556	2,313	2,647	2,562	2,201	1,993	2,230
排出量	t	152.2	197.0	36.0	40.8	53.9	10.9	8.3	5.8	5.4
	百万t-CO ₂ 換算	3.638	4.708	0.860	0.975	1.288	0.261	0.198	0.139	0.129

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料(日本化学工業協会データ)、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

※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。

なお、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、これらの年についてはHFCs、PFCs、SF₆生産量と比例すると考えられるHFCs、PFCs、SF₆出荷量⁴、1995年のHFCs、PFCs、SF₆の生産量に対する排出割合、1995年のHFCs、PFCsの加重平均GWP値のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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、SF₆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、SF₆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、SF₆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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2008、2011年のHFCs排出量について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。また、新たに1990～1994年のHFCs、PFCs、SF₆排出量の算定を行った。

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、SF₆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。

2012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26,724 Gg-CO₂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2.0%を占めている。1995年比の排出量と比較すると5.9%の減少となっている。

⁴ 通商産業省平成9年第1回化学品審議会リスク管理部会温室効果化学物質分科会通商産業省作成資料。以下1990～1994年排出量推計に用いている「国内出荷量」は同出典。

表 4-35 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012		
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 ₂ 換算	NO	840.40	2,688.60	7,667.03	13,268.94	15,126.13	17,123.07	19,338.84	21,920.35	
		2.F.2	発泡	Gg-CO ₂ 換算	1.22	451.76	440.31	316.30	286.38	290.18	290.97	294.70	294.47	
		2.F.3	消火剤	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	3.73	5.92	6.35	6.55	6.72	6.82	7.01	
		2.F.4	エアゾール及び医療品製造	Gg-CO ₂ 換算	NO	1,365.00	2,834.35	1,571.89	889.55	809.25	640.09	608.72	534.47	
		2.F.7	半導体製造	Gg-CO ₂ 換算	0.43	157.89	173.60	141.06	145.68	92.36	102.19	89.02	75.81	
合計			Gg-CO ₂ 換算	1.65	2,815.05	6,140.59	9,702.21	14,596.89	16,324.46	18,163.04	20,338.10	22,832.09		
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 ₂ 換算	3,725.57	10,294.33	2,569.49	2,277.69	1,318.27	1,137.07	1,375.99	1,284.23	1,266.47	
		2.F.7	半導体製造	Gg-CO ₂ 換算	1,137.91	3,144.23	5,637.07	3,860.52	2,756.49	1,715.19	1,818.65	1,545.14	1,360.63	
		2.F.9	その他 鉄道用シリコン整流器	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.23	1.84	2.49	3.45	4.72	NO	
		合計			Gg-CO ₂ 換算	4,863.48	13,438.56	8,206.56	6,138.44	4,076.60	2,854.75	3,198.08	2,834.09	2,627.09
SF ₆	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	36.49	47.22	94.16	72.50	39.85	25.37	29.45	23.74	21.39	
		2.F.8	電気設備	t	355.81	460.46	127.62	39.45	36.32	31.19	27.29	30.99	31.53	
		合計			t	392.30	507.68	221.77	111.95	76.17	56.56	56.74	54.73	52.92
		合計			Gg-CO ₂ 換算	9,376.00	12,133.65	5,300.39	2,675.51	1,820.54	1,351.76	1,356.15	1,308.03	1,264.83
全ガス合計			Gg-CO ₂ 換算	14,241.13	28,387.26	19,647.55	18,516.16	20,494.02	20,530.98	22,717.28	24,480.22	26,724.02		

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。排出係数は国独自のものである。

家庭用冷蔵庫からの HFCs の排出量

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

関連指標を下表に示す。

表 4-36 家庭用冷蔵庫からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
製造時HFC充填総量	t	NO	520	590	0.3	NO	NO	NO	NO	NO
生産時漏洩率	%	1.00%	1.00%	1.00%	0.17%	NO	NO	NO	NO	NO
HFCs使用機器国内稼働台数	千台	NO	7,829	33,213	41,796	34,509	31,471	28,085	24,509	20,984
1台当たり充填量	g	150	150	125	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%	0.3%	0.3%
HFCs使用機器廃棄台数	千台	NO	NO	176.8	1839.2	3153.8	3444.6	3588.1	3600.4	3455.9
法律に基づくHFCs回収量	t/年	—	—	—	51.653	110.75	139	167	160	169
排出量	t	NO	8.7	40.1	187.8	283.9	289.0	276.3	282.7	254.2
	百万t-CO ₂ 換算	NO	0.0113	0.0521	0.2442	0.3691	0.3757	0.3592	0.3675	0.3305

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、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、これらの年については家庭用冷蔵庫出荷台数、出荷台数中の HFC 割合、および 1995 年の出荷台数・1995 年の出荷台数中の HFC 割合・1995 年の製造時 HFC 充填総量から導いた出荷台数当たりの HFC 充填量、1995 年の生産時漏えい率、1995 年の一台当たり充填量、1995 年の使用時漏えい率、1995 年の HFC 使用機器廃棄台数のデータを用いて外挿等をして算定を行っている。

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、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、温室効果ガ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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2010 年の HFC 使用機器国内稼働台数について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。また、新たに 1990～1994 年の排出量の算定を行った。

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。

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

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⁵。(サンプル数：26万台、2007～2009年に実施) 排出係数は国独自のものである。

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 = Σ (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 = Σ (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 = Σ (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 = Σ [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。

⁵ 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 4-37 業務用冷凍空調機器からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFCs機器生産台数	千台	NO	214	374	1,413	1,444	987	1,122	1,198	1,212
工場生産時平均冷媒充填量	g/台	372	372	597	3,378	3,533	3,276	3,280	3,360	3,462
工場生産時冷媒排出係数	%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%
HFCs機器現場充填実施台数	千台	NO	9	32	138	199	175	171	190	239
現場設置時平均冷媒充填量	g/台	17,806	17,806	9,221	23,914	26,529	25,361	23,766	23,714	22,319
現場設置時冷媒排出係数	%	1.2%	1.2%	1.4%	1.8%	1.7%	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%
HFCs機器市中稼働台数	千台	NO	375	1,957	6,770	10,027	10,847	11,743	12,678	13,616
機器稼働時平均冷媒充填量	g/台	1,012	1,012	1,043	4,549	5,629	5,791	5,961	6,155	6,411
機器稼働時冷媒排出係数	%					機種により2~17%				
使用済HFCs機器発生台数	千台	NO	1	23	127	269	325	397	453	512
法律に基づく整備時HFCs回収量	t	NO	NO	NO	NO	436	503	548	571	671
法律に基づく使用済HFCs回収量	t	NO	NO	NO	183	200	230	269	352	522
機器製造時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	0.003	0.008	0.126	0.195	0.168	0.164	0.182	0.223
機器稼働時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	0.036	0.229	2.900	6.432	7.582	8.814	10.230	11.883
機器廃棄時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	0.003	0.046	0.501	1.630	1.995	2.333	2.635	2.904
排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	0.042	0.283	3.527	8.258	9.746	11.311	13.047	15.010

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料
 ※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 4-38 業務用冷凍空調機器の機種別の HFCs の種類、機器稼働時冷媒排出係数

機種	HFCs の種類	冷媒使用量	排出係数 ※	HFCs 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

なお、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、これらの年については HFC 機器生産台数・HFC 機器現場充填実施台数と比例すると考えられる HFC 国内出荷量、および 1995 年の工場生産時平均冷媒充填量、1995 年の工場生産時冷媒漏えい率、1995 年の現場設置時平均冷媒充填量、1995 年の現場設置時冷媒漏えい率、1995 年の機器稼働時平均冷媒充填量、1995 年の使用時冷媒漏えい率のデータを用いて外挿等をして算定を行っている。

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) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2011年の現場設置時平均冷媒充填量、機器稼働時平均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。また、新たに1990～1994年の排出量の算定を行った。

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。排出係数は国独自のものである。

自動販売機からの HFCs の排出量

① 生産時漏洩量 = Σ (生産台数 × 生産時冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)

② 故障時排出量 = Σ (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 = Σ (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 = Σ [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、産業構造審議会製造産業分科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 4-39 自動販売機からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFCs使用機器生産（販売）台数	千台	NO	NO	272	355	270	173	173	124	30
1台当たり充填量	g	NO	NO	300	220	219	219	219	219	219
生産時漏洩率	%	NO	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
稼働台数	千台	NO	NO	284	1,999	2,384	2,368	2,279	2,055	1,759
事故・故障発生率	%	NO	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
故障時平均漏洩率	%	NO	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%	20.0%
修理時平均漏洩率	%	NO	0.9%	0.9%	0.5%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
廃棄台数	千台	NO	NO	NO	NO	213	293	286	347	277
排出量	t	NO	NO	0.4	0.6	12.4	16.8	16.4	9.5	0.3
	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.0006	0.0009	0.0190	0.0257	0.0250	0.0145	0.0004

（出典）経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

※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。

なお、1990～1994年については、HFCsが充填された自動販売機は用いられていなかったことが確認されたため、排出量はNOとした。（環境省報道発表、平成12年7月31日、冷媒フロンの廃棄等の見通しについて〈参考1〉）

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) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに1990～1994年のHFCs排出量の算定を行った。（但し、いずれの年も排出量はNO）。

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。排出係数は国独自のものである。

家庭用エアコンからのHFCsの排出量

① 生産時漏洩量 = Σ (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 = Σ (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 = Σ (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 4-40 家庭用エアコンからの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFCs使用機器生産台数	千台	NO	NO	1,077	3,981	3,970	2,618	3,169	3,155	3,263
1台当たり充填量	g	1,000	1,000	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%	0.2%	0.2%
HFCs機器市中稼働台数	千台	NO	NO	1,726	26,091	47,584	53,966	61,540	68,769	75,833
機器稼働時平均冷媒充填量	g/台	NO	NO	1,000	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%	2%	2%
使用済HFCs機器発生台数	千台	NO	NO	2	83	351	524	764	1,075	1,456
機器廃棄時平均冷媒充填量	g/台	NO	NO	954	911	870	856	841	827	814
法律に基づく使用済HFCs回収量	t/年	-	-	-	10	67	122	231	264	322
排出量	t	NO	NO	38	596	1,206	1,426	1,675	2,014	2,400
	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.066	1.029	2.080	2.460	2.890	3.474	4.138

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、1990～1994 年については、HFCs が充填された固定空調機器（家庭用エアコン）は用いられていなかったことが確認されたため、排出量は NO とした。（環境省報道発表、平成 12 年 7 月 31 日、冷媒フロンの廃棄等の見直しについて<参考 1>）

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) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の HFCs 排出量の算定を行った。（但し、いずれの年も排出量は NO）。

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。排出係数は国独自のものである。

カーエアコンからのHFCsの排出量

車種ごとに、以下の考え方を用いて計算している。

① 生産時漏洩量 = Σ (生産台数 × 生産時冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)

② 使用時漏洩量 = Σ (市中車輛台数 × 稼働時冷媒充填量 × 冷媒漏洩率)

③ 故障時排出量 = Σ (市中車輛台数 × 稼働時冷媒充填量 × 故障発生率 × 故障発生時冷媒漏洩率)

④ 事故時排出量 = Σ (全損事故車輛数 × 全損事故時冷媒充填量)

⑤ 廃棄時排出量

(a) 2001年まで
 廃棄時排出量 = Σ (使用済車輛台数 × 廃棄時冷媒充填量 × (1 - 回収率))

(b) 2002年以降
 廃棄時排出量 = Σ [使用済車輛台数 × 廃棄時平均冷媒充填量] - 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 4-41 カーエアコンからのHFC-134aの排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFCエアコン車生産台数	千台	0	9,745	9,761	10,407	11,163	7,653	9,292	8,136	9,856
1台当たり生産時漏洩量	g	4	4	4	3	3	1	1	1	1
HFCエアコン車両保有台数	千台	0	15,655	42,374	60,364	64,543	65,375	66,043	67,366	68,956
1台当たり平均冷媒充填量	g	700	700	615	548	520	497	497	497	497
1台当たり年間使用時漏洩量 (普通自動車)	g	15	15	15	10	10	10	10	10	10
故障発生割合	%	4%	4%	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%	50%	50%
全損事故車両数	千台	0	50	136	193	207	209	211	216	221
全損事故車両冷媒充填量	g	681	681	610	522	475	461	448	439	426
使用済HFC車国内台数	千台	0	116	789	2,058	2,176	2,498	2,895	2,235	2,709
使用済HFC車冷媒充填量	g	676	676	593	522	466	456	444	427	404
HFCs回収量 (2002年度以降は法律に基づく)	t/年	-	-	-	531	686	787	898	645	786
排出量	t	0	605	1,759	2,205	1,956	1,938	1,952	1,874	1,878
	百万t-CO ₂ 換算	0.000	0.787	2.287	2.866	2.543	2.520	2.537	2.436	2.441

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

なお、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、これらの年についてはHFCエアコン車生産台数と比例すると考えられるHFCs国内出荷量、および1995年の1台当たり生産時漏えい量、1995年の1台当たり平均冷媒充填量、1995年の1台当たり年間使用時漏洩量(普通自動車)、1995年の故障発生割合、1995年の故障事故車両冷媒漏洩率、1995年の全損事故車両台数、1995年のHFCエアコン車両保有台数、1995年の全損事故車両

冷媒充填量、1995年の使用済HFC車国内台数、1995年の使用済HFC車冷媒充填量のデータを用いて外挿等をして算定を行っている。

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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

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、2009～2011年について再計算が行われた。また、新たに1990～1994年の排出量の算定を行った。

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 4-42 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFC-134a 使用量	t	NO	NO	167	224	145	109	66	65	34
発泡時漏洩率	%	10%	10%	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%	4.5%	4.5%
製造時初年度排出量	t	NO	NO	17	35	15	11	7	7	3
使用時排出量	t	NO	NO	NO	44	75	82	86	89	92
総排出量	t	NO	NO	16.7	78.8	89.5	92.4	93.0	95.9	95.7
製造時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.022	0.046	0.019	0.014	0.009	0.008	0.004
使用時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.057	0.098	0.106	0.112	0.116	0.120
総排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.022	0.102	0.116	0.120	0.121	0.125	0.124

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、1990～1994 年については、HFCs を使用したウレタンフォームは用いられていなかったことが確認されたため、排出量は NO とした。(環境省、平成 23 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法)

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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の HFCs 排出量の算定を行った。(但し、いずれの年も排出量は NO)。

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 4-43 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFC-134a使用量	t	1	346	322	128	100	100	100	100	100
排出量	t	1	346	322	128	100	100	100	100	100
	百万t-CO ₂ 換算	0.001	0.450	0.419	0.166	0.130	0.130	0.130	0.130	0.130

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-44 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFC-152a使用量	t	0.038	14	NO						
排出量	t	0.038	14	NO						
	百万t-CO ₂ 換算	0.000005	0.00196	NO						

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、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、これらの年については発泡剤使用量と比例すると考えられる HFCs 国内出荷量のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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 (HFC-134a) (2.F.2.-) に記載した内容と同一である。4.7.2.1.a.c) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の HFCs 排出量の算定を行った。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.2.1.c. 押出發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發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 HCFCs 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」を区分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 HFCs 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」で計上したと捉えて「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 4-45 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	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFC-134a 使用量	t	NO	NO	NO	26	NO	NO	NO	NO	NO
フォーム製品化率	%	-	-	-	75%	75%	75%	75%	75%	75%
使用時HFC年間排出率	%	-	-	-	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
製造時排出量	t	NO	NO	NO	6.50	NO	NO	NO	NO	NO
使用時排出量	t	NO	NO	NO	30.00	30.78	30.78	30.78	30.78	30.78
排出量	t	NO	NO	NO	36.50	30.78	30.78	30.78	30.78	30.78
製造時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.01	NO	NO	NO	NO	NO
使用時排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
排出量	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

(出典) 産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料他

なお、1990～1994 年については、HFCs を使用した押出発泡ポリスチレンフォームは用いられていなかったことが確認されたため、排出量は NO とした。(環境省、平成 23 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法)

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) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の HFCs 排出量の算定を行った。(但し、いずれの年も排出量は NO)。

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ポンペ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 が既にポンペ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 HFCs 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、およびそれ以前の排出量は「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 (30~40 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 4-46 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 4-47 消火剤設置・ストック量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
HFC-23 設置・ストック量	t	NO	NO	306	478	501	512	523	528	533
HFC-23 排出量	t	NO	NO	0.27	0.42	0.44	0.45	0.46	0.46	0.47
	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	3.15	4.92	5.16	5.27	5.39	5.43	5.48
HFC-227ea 設置・ストック量	t	NO	NO	225	392	467	498	522	544	596
HFC-227ea 排出量	t	NO	NO	0.20	0.34	0.41	0.44	0.46	0.48	0.52
	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	0.57	1.00	1.19	1.27	1.33	1.39	1.52
合計排出量	Gg-CO ₂ 換算	NO	NO	3.73	5.92	6.35	6.55	6.72	6.82	7.01

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。1990～1994 年については、1995 年時点で HFCs を充填した消火剤の使用実績がないことに照らし、排出量は「NO」とした。

d) QA/QC と検証

消防庁より提供を受けたデータを製造産業分科会において集計し、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

新たに 1990～1994 年の HFCs 排出量の算定を行った。(但し、いずれの年も排出量は NO)。

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 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 HFCs 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。

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

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

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

関連指標を下表に示す。

表 4-48 エアゾールからの HFC-134a 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
潜在排出量	t	NO	1,300	2,044	604	343	230	200	190	168
製造時漏洩量※	t	-	-	80.2	24.9	12.8	10.0	8.1	7.0	8.3
製造年使用時排出量	t	NO	650	1,022	302	172	115	100	95	84
残存量 (次年排出量)	t	NO	650	1,022	302	172	115	100	95	84
排出量	t	NO	1,050	2,137	908	338	297	223	202	187
	百万t-CO ₂ 換算	NO	1.365	2.778	1.181	0.439	0.386	0.290	0.263	0.243

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料他

※1992～1997 年の製造時漏洩量は潜在排出量に含まれている。

表 4-49 エアゾールからの HFC-152a 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
潜在排出量	t	NO	NO	34.1	1,300	1,416	764	558	502	542
製造時漏洩量	t	NO	NO	1.1	28.9	381	494	638	730	464
製造年使用時排出量	t	NO	NO	17.1	650	708	382	279	251	271
残存量 (次年排出量)	t	NO	NO	17.1	650	708	382	279	251	271
排出量	t	NO	NO	18.2	1,217	1,685	1,584	1,299	1,260	986
	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.003	0.170	0.236	0.222	0.182	0.176	0.138

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料他

※2000 年に HFC-152a を用いたエアロゾルの生産を開始している。

なお、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、これらの年については潜在排出量と比例すると考えられる HFCs 国内出荷量のデータを用いて外挿等をして算定を行っている。

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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の排出量の算定を行った。(但し、いずれの年も HFC-152a 排出量は NO)。

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）（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 HFCs 量を計上した。

<p>医療品製造（定量噴射剤：MDI (Metered Dose Inhalers)）に関連するF-gas (HFC-134a, HFC-227ea) の排出量</p> <p>n 年度における当該 F-gas 排出量 = 製造時漏洩量 [t] + (n-1) 年度における F-gas 潜在排出量 × 50 [%] + n 年度における潜在 F-gas 排出量 × 50 [%] - n 年度における F-gas 廃棄処理量</p> <p>当該 F-gas 潜在排出量 = 国内生産 MDI 使用量 [t] + 輸入 MDI 使用量 [t]</p>	
---	--

関連指標を下表に示す。

表 4-50 医療品製造の排出量算定結果（HFC-134a）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
ガス購入量	t	NO	NO	1.40	1.10	1.05	0.91	1.07	0.89	0.86
国内生産MDI使用量	t	NO	NO	1.40	0.90	0.88	0.91	1.07	0.79	0.77
輸入MDI使用量	t	NO	NO	42.0	70.7	61.9	57.1	57.1	54.0	48.3
廃棄処理量	t	NO	NO	0.10	1.90	0.48	0.42	2.52	2.41	0.76
排出量	t	NO	NO	37.2	62.8	61.2	60.0	55.5	54.1	51.3
	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.048	0.082	0.080	0.078	0.072	0.070	0.067

（出典）経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-51 医療品製造の排出量算定結果 (HFC-227ea)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
ガス購入量	t	NO	NO	NO	42.8	48.0	29.3	37.0	32.0	27.3
国内生産MDI使用量	t	NO	NO	NO	41.0	45.9	27.8	36.0	30.9	25.8
輸入MDI使用量	t	NO	NO	3.60	2.10	9.00	1.58	0.42	0.77	0.73
廃棄処理量	t	NO	NO	NO	1.20	1.55	0.86	0.80	0.86	0.80
排出量	t	NO	NO	1.8	48.1	46.4	42.8	33.1	34.3	29.8
	百万t-CO ₂ 換算	NO	NO	0.005	0.139	0.135	0.124	0.096	0.099	0.086

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料
 ※1997 年に HFC-134a、2001 年に HFC-227ea (輸入分については 2000 年から) を用いた MDI の生産を開始している。

なお、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、これらの年については HFC-134a は 1995 年、1996 年の国内製品 MDI 使用量・輸入 MDI 使用量がそれぞれゼロ、HFC-227ea は 1995～1999 年の国内製品 MDI 使用量・輸入 MDI 使用量がそれぞれゼロであることから、排出がないとした。

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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに 1990～1994 年の排出量の算定を行った。(但し、いずれの年も排出量は NO)。

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、C₅F₁₂ (PFC-41-12)、C₆F₁₄ (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 PFCs 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。PFCs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PFCs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PFCs排出量となる。

表 4-52 溶剤の使用に伴う PFCs 排出量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
溶剤PFCs排出量	Gg-CO ₂ 換算	3725.6	10294.3	2569.5	2277.7	1318.3	1137.1	1376.0	1284.2	1266.5

（出典）経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料他

なお、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、これらの年についてはPFCs排出量と比例すると考えられるPFCs国内出荷量のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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、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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2011年のPFCs排出量について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。また、新たに1990～1994年の排出量の算定を行った。

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、SF₆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、排出係数は国独自のものである。

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、PFCs (PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-c318)、SF₆ 排出量

排出量 = 全ライン合計CO₂換算排ガス量 - 全ライン合計CO₂換算除害量

全ライン合計CO₂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CO₂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 PFC-14 排出量

排出量 = 全ライン合計CO₂換算排ガス量 - 全ライン合計CO₂換算除害量

全ライン合計CO₂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CO₂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 4-53 半導体製造時のHFCs、PFCs、SF₆排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
PFC-14の購入量	t	113.3	313.0	299.9	231.5	276.9	208.9	265.3	248.3	222.4
PFC-116の購入量	t	75.8	209.5	561.2	393.2	284.9	171.5	194.3	159.9	139.4
PFC-218の購入量	t	0.01	0.03	9.91	181.8	181.0	129.5	167.0	137.0	115.5
PFC-c318の購入量	t	0.90	0.63	38.6	24.8	40.2	33.3	35.8	36.8	39.7
HFC-23の購入量	t	0.1	47.8	49.4	42.1	73.7	53.8	67.1	68.4	66.7
SF ₆ の購入量	t	70.1	90.8	131.9	96.8	79.1	60.2	76.7	65.2	63.7
プロセス供給率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PFCs等の反応消費率	%	物質により20~70%								
PFCs等の除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
副生CF ₄ 発生率	%	C ₂ F ₆ (PFC-116):10%、C ₃ F ₈ (PFC-218):20%								
副生CF ₄ 除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
HFCs排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.00043	0.158	0.172	0.138	0.142	0.090	0.099	0.085	0.073
PFCs排出量	百万t-CO ₂ 換算	1.102	3.046	5.409	3.712	2.665	1.672	1.765	1.477	1.281
SF ₆ 排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.777	1.005	1.484	1.111	0.694	0.433	0.469	0.395	0.361

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-54 半導体製造時のHFCs、PFCs、SF₆の反応消費率

ガス	反応消費率
PFC-14	20%
PFC-116	30%
PFC-218	60%
PFC-c318	70%
HFC-23	70%
SF ₆	50%

※反応消費率は IPCC ガイドラインのデフォルト値による。

なお、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、これらの年についてはHFCs、PFCs、SF₆排出量と比例すると考えられるHFCs、PFCs、SF₆国内出荷量のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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、類似区分の値を用い、HFCs、PFCs、SF₆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、SF₆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、SF₆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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2010 年の PFCs 排出量について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。また、新たに 1990~1994 年の排出量の算定を行った。

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、SF₆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。排出係数は国独自のものである。世界液晶産業協力会議でPFCs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 4-55 液晶製造時のHFCs、PFCs、SF₆排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
PFC-14の購入量	t	7.5	20.7	47.3	77.8	69.3	51.9	93.7	124.3	121.1
PFC-116の購入量	t	0.1	0.4	2.7	9.9	4.1	2.3	NO	NO	NO
PFC-c318の購入量	t	NO	NO	NO	0.8	1.9	1.7	1.6	1.9	1.7
HFC-23の購入量	t	0.00027	0.1	0.7	1.6	1.5	1.1	1.1	1.2	1.0
SF ₆ の購入量	t	8.9	11.5	85.3	101.4	146.8	127.1	176.9	129.0	104.1
プロセス供給率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
PFCs等の反応消費率	%	物質により20~70%								
PFCs等の除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
副生CF ₄ 発生率	%	C ₂ F ₆ (PFC-116):10%								
副生CF ₄ 除害効率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
HFCs排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.000001	0.000316	0.001929	0.003483	0.003260	0.002577	0.003446	0.003752	0.002732
PFCs排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.036	0.099	0.228	0.149	0.092	0.043	0.053	0.068	0.079
SF ₆ 排出量	百万t-CO ₂ 換算	0.096	0.124	0.766	0.622	0.259	0.174	0.235	0.172	0.150

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回HFC等4ガス分科会資料

※反応消費率はIPCCガイドラインのデフォルト値による。

なお、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、これらの年についてはHFCs、PFCs、SF₆排出量と比例すると考えられるHFCs、PFCs、SF₆国内出荷量のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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) 節を参照のこと。

■ 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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

新たに1990~1994年の排出量の算定を行った。

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SF₆が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

製造時については、SF₆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。

排出係数は国独自のものである。点検時及び廃棄時には、SF₆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SF₆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SF₆排出量

$$\text{使用時 SF}_6\text{排出量} = \text{SF}_6\text{ガス保有量} \times \text{使用中の環境中への排出率 (0.1\%)}$$

電気設備点検時のSF₆排出量

$$\text{点検時 SF}_6\text{排出量} = \text{実測による SF}_6\text{ガス排出量}$$

電気設備廃棄時のSF₆排出量

$$\text{廃棄時 SF}_6\text{排出量} = \text{実測による SF}_6\text{ガス排出量}$$

電気絶縁ガス使用機器からのSF₆の排出量の関連指標を下表に示す。

表 4-56 電気設備製造時のSF₆排出

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
SF ₆ ガス購入量	t	1,066	1,380	649	629	784	459	315	394	315
絶縁機器へのSF ₆ 充填量	t	1,464	1,464	450	582	726	410	282	352	331
製造時漏洩率	%	29%	29%	15%	3%	2%	2%	2%	2%	2%
排出量	t	309	400	100	23	19	11	7	7	6
	百万t-CO ₂ 換算	7.387	9.560	2.402	0.548	0.444	0.263	0.165	0.177	0.153

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、経済産業省提供データ、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-57 電気設備使用時のSF₆排出

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012
機器SF ₆ ガス保有量	t	4,868	6,300	8,000	8,700	9,000	9,000	9,100	9,200	9,300
使用時漏洩率	%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
使用・点検・廃棄時SF ₆ 排出量	t	46.72	60.46	27.13	16.51	17.75	20.19	20.39	23.59	25.13
	Gg-CO ₂ 換算	1116.59	1444.99	648.36	394.48	424.19	482.56	487.34	563.82	600.62

(出典) 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料、平成 25 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

なお、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、これらの年についてはSF₆購入量・機器SF₆ガス保有量と比例すると考えられるSF₆国内出荷量、および 1995 年の絶縁機器へのSF₆補充量、1995 年の製造時漏えい率、1995 年の使用時漏えい率のデータを用いて外挿をして算定を行っている。

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 (Tier 2) を用い、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) 節を参照のこと。

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

2008 年のSF₆排出量について、より正確な情報を入手したため、再計算が行われた。また、新たに 1990～1994 年の排出量の算定を行った。

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 PFC 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。

鉄道用シリコン整流器の廃棄時における PFC 排出量

$$\text{廃棄時における PFC 排出量} = \text{PFC 廃棄量} - \text{回収破壊量}$$

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) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.10. 潜在排出量 (2.F.P.)

F ガスについては、用途を区別せず生産、輸入、輸出の数量を集計しているため、潜在排出量もカテゴリ別に報告していない。

参考文献

1. IPCC「1996年改訂 IPCC ガイドライン」(1997)
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. IPCC「2006年 IPCC ガイドライン」(2006)
4. IUPAC “Atomic Weights of the Elements 1999”
(<http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/AtWt99.html>)
5. 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)
6. 環境省平成25年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第1回 HFC等4ガス分科会資料(平成26年1月)
7. 環境省報道発表、平成12年7月31日、冷媒フロンの廃棄等の見通しについて<参考1>
8. 環境省、平成23年度 PRTR 届出外排出量の推計方法
9. 経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」
10. 経済産業省「化学工業統計年報」
11. 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
12. 経済産業省資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」
13. 経済産業省「資源・エネルギー統計年報」
14. 経済産業省「資源統計年報」
15. 経済産業省「石油等消費動態統計年報」
16. 経済産業省「窯業・建材統計年報」
17. 経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報」
18. 経済産業省「鉄鋼統計年報」
19. 通商産業省平成9年第1回化学品審議会リスク管理部会温室効果化学物質分科会通商産業省作成資料
20. 財務省「貿易統計」
21. 経済産業研究所「不均一価格物量表」
22. 石灰石工業会「石灰石の話」
23. 環境省「ハロン・液体 PFC 等管理方策検討調査」(2006年度)
24. 環境省「ハロン・PFC 破壊処理実態等調査」(2010年度)

