

第4章 工業プロセス及び製品の使用分野

4.1. 工業プロセス及び製品の使用分野の概要

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及び製品の使用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。(1章参照)

いくつかの年や排出源の排出量はゼロであるが、排出量は全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、各ガス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 工業プロセス及び製品の使用分野におけるカテゴリー

排出区分	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃	
2.A 鉱物産業	2.A.1 セメント製造	○						
	2.A.2 石灰製造	○						
	2.A.3 ガラス製造	○						
	2.A.4 その他プロセスでの炭酸塩の使用	セラミックス製品	○					
		その他用途でのソーダ灰の使用	○					
マグネシア製造		IE						
その他	排煙脱硫・化学製品	○						
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 カプロラクタム、グリオキサール、グリオキシル酸製造	カプロラクタム			○			
		グリオキサール			○			
		グリオキシル酸			○			
	2.B.5 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.6 二酸化チタン製造	○						
	2.B.7 ソーダ灰製造	IE						
	2.B.8 石油化学及びカーボンブラック製造	メタノール	NO	NO				
		エチレン	○	○				
		1,2-ジクロロエタン、クロロエチレン	○	○				
		酸化エチレン	○	○				
		アクリロニトリル	○	NA				
カーボンブラック		○	○					
その他		スチレン		○				
無水フタル酸	○							
無水マレイン酸	○							
2.B.9 フッ化物製造	副生ガスの排出-HCFC-22の製造			○				
2.B.10 その他	製造時の漏出			○	○	○	○	
	水素製造	○						
その他	炭酸ガスの利用	○						
2.C 金属産業	2.C.1 鉄鋼製造	鋼	IE	NA				
		鉄鋼製造における電気炉の使用	○	○				
		銑鉄	○	NA				
		鉄鋼製造における石灰石・ドロマイトの使用	○					
		鉄鋼製造における副生ガスのフレアリングからの排出	○					
		直接還元鉄	NO	NO				
		焼結鉄	IE	IE				
	ペレット	IE	IE					
	その他	炭酸ガスの利用	○					
	2.C.2 フェロアロイ製造	IE	○					
	2.C.3 アルミニウム製造	副次的排出	○			○		
鋳造時のFガスの使用						NO		
2.C.4 マグネシウム製造				○		○		
2.C.5 鉛製造	IE							
2.C.6 亜鉛製造	IE							
2.C.7 その他	希土類金属製造	NE			NE			
2.D 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用	2.D.1 潤滑油の使用	○						
	2.D.2 パラフィンろうの使用	○						
	2.D.3 その他	道路舗装						
アスファルト屋根材								
触媒として使用される尿素		○						
	NM VOCの焼却	○						
2.E 電子産業	2.E.1 半導体			○	○	○	○	
	2.E.2 液晶			IE	○	○	○	
	2.E.3 太陽光発電					IE		
	2.E.4 熱伝導流体					IE		
	2.E.5 その他	微小電気機械システム (MEMS)			IE	IE		

表 4-1 工業プロセス及び製品の使用分野におけるカテゴリー (続き)

排出区分					CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	NF ₃					
2.F オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用	2.F.1	冷凍冷蔵及び空調	業務用冷凍空調機器	業務用冷凍空調機器	製造			○	NO	NO	NO					
				業務用冷凍空調機器	使用			○	NO	NO	NO					
				業務用冷凍空調機器	廃棄			○	NO	NO	NO					
				自動販売機	製造			○	NO	NO	NO					
					使用			IE	NO	NO	NO					
					廃棄			IE	NO	NO	NO					
			家庭用冷蔵庫	製造			○	NO	NO	NO						
				使用			○	NO	NO	NO						
			工業用冷蔵庫	製造			IE	NO	NO	NO						
				使用			IE	NO	NO	NO						
			輸送機器用冷蔵庫	製造			○	NO	NO	NO						
				使用			○	NO	NO	NO						
			輸送機器用空調機器	製造			○	NO	NO	NO						
				使用			○	NO	NO	NO						
			固定空調機器 (家庭用エアコン)	製造			○	NO	NO	NO						
				使用			○	NO	NO	NO						
			2.F.2	発泡剤	閉鎖系気泡フォーム	ウレタンフォーム	製造			○	NO	NO	NO			
							使用			○	NO	NO	NO			
	押出發泡ポリスチレンフォーム	製造						○	NO	NO	NO					
		使用						○	NO	NO	NO					
	開放系気泡フォーム	製造						○	NO	NO	NO					
		使用						NO	NO	NO	NO					
	2.F.3	消火剤					製造			NO	NO	NO	NO			
							使用			○	NO	NO	NO			
							廃棄			○	NO	NO	NO			
							2.F.4	エアゾール	定量噴霧式吸入器	製造			○	NO	NO	NO
										使用			○	NO	NO	NO
										廃棄			IE	NO	NO	NO
	2.F.5	溶剤			製造			NO	NO	NO	NO					
					使用			○	○	NO	NO					
					廃棄			IE	IE	NO	NO					
	2.F.6	その他利用														
	2.G その他製品の製造及び使用	2.G.1			電気設備	製造					○					
					電気設備	使用						○				
					電気設備	廃棄						IE				
		2.G.2	その他製品の使用からのSF ₆ 、PFCs	防衛利用	加速器	製造					NE	NE				
						使用					NE	○				
						廃棄					NE	NE				
					防音窓	製造					NE	NE				
						使用					NE	○				
						廃棄					NE	NE				
				断熱特性:靴及びタイヤ	製造					NE	NE					
使用									NO	NO						
廃棄									NE	NE						
2.G.3				製品の使用からのN ₂ O	医療利用	鉄道用シリコン整流器	製造					○	NA			
							使用					○	NA			
							廃棄					○	NA			
2.G.4		その他	電子回路基板の防水加工からのPFCs、HFCs				○	○								
2.H その他		2.H.2	食品・飲料産業		輸入炭酸ガスからの排出	○										
					輸入炭酸ガスからの排出	○										
	2.H.3	炭酸ガスの利用			ドライアイス	○										
					溶接	○										
					冷却	○										
					その他	○										

なお、2022 年度における当該分野からの温室効果ガス排出量は約 93,426 kt-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 8.2%を占めている。CO₂、

CH₄及びN₂O排出量を1990年度と比較すると43.6%の減少となっている。HFCs、PFCs及びSF₆及びNF₃の排出量を1990年と比較すると54.8%の増加となっている。

1990年度からの当該分野の排出量の減少は、特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律の下での規制によりHCFC-22の製造時の副生HFC-23が減少したこと（化学産業）、クリンカ生産量の減少に伴うセメント製造時のCO₂排出量（鉱物産業）が減少したこと、アジピン酸製造におけるN₂O分解設備の稼働によるアジピン酸製造時のN₂O排出量（化学産業）が減少したこと等によるものである。但し、オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用からのHFC排出量は大きく増えている。

また、2019年度から2020年度にかけてのその他用途でのソーダ灰の使用（2.A.4.b）、アンモニア製造（2.B.1）、カーボンブラック製造（2.B.8.f）及び鉄鋼製造における電気炉の使用（2.C.1.a）カテゴリーにおけるCO₂排出量の減少と、硝酸製造（2.B.2）におけるN₂O排出量の減少は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大等に起因する生産量の減少によるものである。

IPPU分野で用いている方法論のTierは、表4-2に示すとおりである。

表4-2 IPPU分野で用いている方法論のTier

温室効果ガスの種類 カテゴリー	CO ₂		CH ₄		N ₂ O					
	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数				
2.A. 鉱物産業	CS,T2	CS								
2.B. 化学産業	CS,T1,T2,T3	CS,D	CS,T1	CS	CS,T1,T2,T3	CS,PS				
2.C. 金属産業	CS,T1	CS,D	CS	CS						
2.D. 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用	D,T1,T2	CS,D								
2.E. 電子産業					CS	OTH				
2.F. オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用										
2.G. その他製品の製造及び使用					CS	OTH				
2.H. その他	CS	NA								
温室効果ガスの種類 カテゴリー	HFCs		PFCs		SF ₆		NF ₃			
	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数		
2.A. 鉱物産業										
2.B. 化学産業	T2,T3	CS,OTH	T3	OTH	T3	OTH	T3	OTH		
2.C. 金属産業	CS	CS	T2	D,CS	T2	OTH				
2.D. 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用										
2.E. 電子産業	T2	D,CS	T2	D,CS	T2	D,CS	T2	D,CS	T2, D,CS	
2.F. オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用	CS	D,CS	CS	CS						
2.G. その他製品の製造及び使用	T1	T1	T1,CS	T1,CS	CS,T1,T2	CS,D				
2.H. その他										

(注) D: IPCC デフォルト値、T1~T3: IPCC Tier 1~3、CS: 国独自、PS: プラント特有、OTH: その他

4.2. 鉱物産業（2.A.）

本カテゴリーでは、鉱物原料（CaCO₃、MgCO₃、Na₂CO₃）の焼成などにより大気中に放出されるCO₂を扱う。当該カテゴリーは「セメント製造（2.A.1.）」、「石灰製造（2.A.2.）」、「ガラス製造（2.A.3.）」、「その他プロセスでの炭酸塩の使用（2.A.4.）」から構成される。

2022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29,005 kt-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2.6%を占めている。1990年度の排出量と比較すると40.5%の減少となっている。

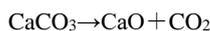
表4-3 鉱物産業（2.A.）からのCO₂排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
CO ₂	2.A.1	セメント製造	kt-CO ₂	38,701	42,142	35,086	32,280	24,321	26,805	26,557	25,936	25,969	26,429	26,183	25,328	24,490	24,396	22,479
	2.A.2	石灰製造	kt-CO ₂	6,674	5,795	5,900	6,646	6,285	5,767	5,812	5,477	5,504	5,583	5,615	5,200	4,504	4,892	4,650
	2.A.3	ガラス製造	kt-CO ₂	313	283	233	244	188	212	209	211	206	213	217	198	164	168	148
	2.A.4	セラミックス製品	kt-CO ₂	928	1,065	980	771	880	966	955	829	758	748	647	645	698	759	823
		その他プロセスでの炭酸塩の使用	kt-CO ₂	119	118	102	79	62	46	49	47	48	43	47	44	36	38	40
		その他・排煙脱硫・化学製品	kt-CO ₂	1,978	1,285	1,187	1,093	940	1,135	1,096	1,026	935	924	856	817	811	833	864
	合計	kt-CO ₂	48,714	50,689	43,487	41,112	32,676	34,930	34,678	33,526	33,421	33,940	33,565	32,232	30,703	31,085	29,005	

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¹⁾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。また、石灰石には CaCO₃ のほかに微量ながらも炭酸マグネシウム (MgCO₃) が含まれており、MgCO₃ 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

- 1) 主原料である石灰石をはじめ、粘土、けい石、鉄原料などを調合し予熱機から巨大な回転窯に投入し、高温焼成した後、空気で急冷するとセメントクリンカと呼ばれる直径 1cm 程度の火山岩のような黒い塊になる。これを粉砕し、せっこう等を加えることでセメントが完成する。(セメント協会ウェブサイトより、一部改変)

b) 方法論

■ 算定方法

当該排出源については、2006年 IPCC ガイドラインの Tier 2 手法に従い、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。

$$E = EF_{cl} \times M_{cl} \times CF_{ckd}$$

E	: セメント製造に伴う CO ₂ 排出量 [t-CO ₂]
EF_{cl}	: 排出係数 [t-CO ₂ /t-clinker]
M_{cl}	: クリンカ生産量 [t]
CF_{ckd}	: セメントキルンダスト補正係数

■ 排出係数

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、MgO がクリンカ中に含まれている。この CaO、MgO は石灰石の焼成段階を経おらず、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、MgO を控除した炭酸塩起源のクリンカ中 CaO、MgO 含有率を求め、排出係数を設定した。なお、我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、以下のように設定した。

$$EF = EF_{CaO} + EF_{MgO}$$

EF_{CaO}	: CaCO ₃ 由来 CO ₂ 排出係数 (下式により設定)
EF_{MgO}	: MgCO ₃ 由来 CO ₂ 排出係数 (下式により設定)

ここで、

$$EF_{CaO} = (CaO_{cl} - CaO_{cl-waste}) \times 0.785$$

$$CaO_{cl-waste} = W_{dry} \times CaO_{waste} / M$$

CaO_{cl}	: クリンカ中 CaO 含有率
$CaO_{cl-waste}$: クリンカ中 CaO 含有率 (廃棄物等由来)
0.785	: CaO と CO ₂ の分子量比

W_{dry} : 廃棄物等投入量 (乾重量)
 CaO_{Waste} : 廃棄物等原料中 CaO 含有率
 M : クリンカ生産量

$$EF_{MgO} = (MgO_{Cl} - MgO_{Cl-Waste}) \times 1.092$$

$$MgO_{Cl-Waste} = W_{dry} \times MgO_{Waste} / M$$

MgO_{Cl} : クリンカ中 MgO 含有率
 $MgO_{Cl-Waste}$: クリンカ中 MgO 含有率 (廃棄物等由来)
 1.092 : MgO と CO₂ の分子量比
 W_{dry} : 廃棄物等投入量 (乾重量)
 MgO_{Waste} : 廃棄物等原料中 MgO 含有率
 M : クリンカ生産量

○ 原料工程で投入された廃棄物等乾重量

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、MgO のカバー率は 80%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 含有率、MgO 含有率

上記の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、MgO 含有率をそれぞれ乗じてクリンカ中の廃棄物等由来の CaO、MgO の総量をそれぞれ算出し、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、MgO 含有率を設定した。

○ 廃棄物等由来の CaO、MgO を除いたクリンカ中の CaO 含有率、MgO 含有率

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

表 4-4 廃棄物等由来原料²⁾の組成

大分類	種類	含水率	CaO 含有率	MgO 含有率
燃え殻 (焼却残渣)	石炭灰	7.2~17.1%	5.0~5.8%	1.0~1.1%
	下水汚泥焼却灰 ¹⁾	7.2~17.8%	7.4~12.5%	3.5~3.8%
	一般ごみ焼却灰 ¹⁾	15.6~24.6%	10.0~26.5%	2.6~2.8%
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 ¹⁾	12.1~32.7%	17.5~31.1%	1.0~2.5%
	コンクリートくず ¹⁾	0~37.2%	6.4~43.9%	1.0~1.1%
鉱さい	高炉スラグ (水砕)	5.0~16.9%	40.0~42.4%	4.7~5.8%
	高炉スラグ (徐冷)	5.5~16.4%	40.8~41.5%	6.1~6.5%
	製鋼スラグ	7.7~14.3%	34.8~40.5%	2.0~3.0%
	非鉄鉱さい	2.6~8.4%	6.4~10.0%	1.1~1.5%
	鋳物砂 ¹⁾	9.6~14.0%	6.5%	1.3~1.6%
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%	1.2~1.5%
	石炭灰 (流動床灰) ¹⁾	0.1~3.2%	14.5~20.7%	0.7~0.9%
	石炭灰	1.0~3.9%	4.1~5.0%	1.0~1.1%

(注) 1) 2009 年度よりの新規追加分。

2) 石炭灰やばいじん類等に含まれる未燃炭素からの CO₂ 排出について、我が国では燃料の燃焼及び廃棄物の焼却からの CO₂ 排出量の算定に酸化率 1.0 を用いているため、「燃料の燃焼 (1.A.)」及び「廃棄物の焼却 (5.C.1.)」カテゴリに計上される。なお、下水汚泥に含まれる未燃炭素からの CO₂ 排出については、下水汚泥はバイオマス由来であるため総排出量に含まれない。

表 4-5 セメント製造に伴う CO₂ の排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
クリンカ中平均CaO含有率	%	65.9	65.9	66.0	65.9	65.8	65.8	65.8	65.8	65.8	65.8	65.8	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	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.6	1.6	1.6
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	64.1	64.1	64.1	64.2	64.1	64.1	64.0	64.0	64.2	64.2	64.2
CO ₂ /CaO		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	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	0.503	0.503	0.503	0.504	0.503	0.503	0.502	0.502	0.504	0.504	0.503
クリンカ中平均MgO含有率	%	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
クリンカ中廃棄物等由来のMgO含有率	%	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
廃棄物等を除いたクリンカ中のMgO含有率	%	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
CO ₂ /MgO		1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092	1.092
排出係数	t-CO ₂ /t	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012
合計排出係数	t-CO ₂ /t	0.508	0.508	0.505	0.512	0.514	0.514	0.515	0.516	0.515	0.515	0.514	0.514	0.515	0.515	0.515

■ 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）と経済産業省「窯業・建材統計年報」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 4-6 クリンカ生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
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	47,279	52,105	51,573	50,307	50,436	51,351	50,979	49,293	47,522	47,338	43,650
石灰石消費量実績に対するクリンカ生産量実績の比率		0.853	0.853													
補正後クリンカ生産量	kt	76,253	83,032													

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、活動量の不確実性評価においては、それぞれ 2006 年 IPCC ガイドラインに示された不確実性のデフォルト値を使用した。その結果、排出量の不確実性は 4% と評価された。

■ 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

2006 年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ 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 4 に詳述している。

e) 再計算

特になし。

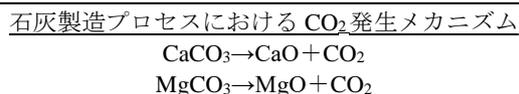
f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.2.2. 石灰製造 (2.A.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

石灰製造時に原料として使用される石灰石に含まれる CaCO_3 、 MgCO_3 を焼成 (加熱分解) することにより、 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 CO_2 排出量を算定した。

$$E = EF \times M$$

E	: 石灰製造の原料の使用に伴う CO_2 排出量 [t- CO_2]
EF	: 排出係数 [t- CO_2 /t-原料]
M	: 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- CO_2 /t-原料)¹ 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 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、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「窯業土石製品 他窯業土石製品」に計上された消費量のうち、生石灰直接・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」について

「不均一価格物量表」は、産業連関表の投入表・鉱工業統計等から得られる石灰石・ドロマイト及び関連誘導品の需給に関する情報を統合し、作成された物量表であり、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」(エネルギーバランス表) で用いられていた類似の推計手法を応用したものである。なお需給に関する情報が得られない部分は推計で補完している。

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

¹ 石灰の生産量当たりの排出係数は以下のとおり導かれる。: $0.428 \text{ [t-}\text{CO}_2\text{/t-原料]} / (1 - 0.428) \text{ [t-石灰/t-原料]} = 0.748 \text{ [t-}\text{CO}_2\text{/t-石灰]}$

の誤差を排除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。「不均一価格物量表」の詳細は戒能（2010）を参照。

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、「その他プロセスでの炭酸塩の使用（2.A.4.）」に含めて計上されるため、「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、軽質炭カル製造によるCO₂再吸収分が控除されている。

さらに、製糖工場内における石灰製造については、国内3社のメーカーへのヒアリング（環境省「平成22年度温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度基盤整備事業委託業務報告書」）によると、甘藷糖の場合、国内の製造会社は全て消石灰を外部から取得して使用して石灰乳を生成していることから、CO₂の排出はない。またビート糖の場合、石灰石の焼成により発生したCO₂はライムケーキに再吸収されている。この情報に基づき、製糖からのCO₂排出は算定していない。

また、アルミニウム製造における生石灰の生産実績について日本アルミニウム協会に確認したところ、1990年度以降、生石灰の製造実績はないことの確認が得られた。（なお、アルミニウムの生産は2014年に終了）この情報に基づき、CO₂排出は算定していない。

表 4-7 石灰石消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石灰石消費量 (dry)	kt	15,595	13,540	13,785	15,527	14,684	13,474	13,579	12,797	12,860	13,045	13,119	12,150	10,524	11,430	10,866

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、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の2%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の3%を採用した。その結果、排出量の不確実性は4%と評価された。

■ 時系列の一貫性

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、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

2021年度について、不均一価格物量表の更新に伴い再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

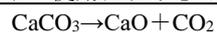
特になし。

4.2.3. ガラス製造 (2.A.3.)

a) 排出源カテゴリーの説明

石灰石には CaCO_3 及び微量の MgCO_3 が、ドロマイトには CaCO_3 及び MgCO_3 が含まれており、石灰石・ドロマイトを加熱すると、 CaCO_3 及び MgCO_3 由来の CO_2 が排出される。ソーダ灰、炭酸バリウム、炭酸カリウム、炭酸ストロンチウム及び炭酸リチウムからも同様に CO_2 が排出される。なお、骨灰については、現時点では国内での使用実績に関する詳細情報は入手できない。

石灰石、ドロマイトの使用における CO_2 生成メカニズム



b) 方法論

■ 算定方法

ガラス製造において使用された石灰石、ドロマイト、ソーダ灰、炭酸バリウム、炭酸カリウム、炭酸ストロンチウム及び炭酸リチウム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 CO_2 と CaCO_3 の分子量比に石灰石から取り出せる CaO の割合 (55.4% : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」に示された割合「54.8~56.0%」の中間値) から求めた CaCO_3 の含有率を乗じた値と、 CO_2 と MgCO_3 の分子量比に石灰石から取り出せる MgO の割合 (0.5% : 「石灰石の話」に示された割合「0.0~1.0%」の中間値) から求めた MgCO_3 の含有率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。この排出係数については、適用を継続しても問題ない旨 2009 年に確認している。

・石灰石から取り出せる CaO の割合	: 55.4% (54.8~56.0%の中間値 ^{b)})
・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 ^{b)})
・ CaCO_3 (石灰石の主成分) の分子量	: 100.0869 ^{a)}
・ MgCO_3 の分子量	: 84.3139 ^{a)}
・ CaO の分子量	: 56.0774 ^{a)}
・ MgO の分子量	: 40.3044 ^{a)}
・ CO_2 の分子量	: 44.0095 ^{a)}
・ CaCO_3 の含有率	= 石灰石から取り出せる CaO の割合 \times CaCO_3 の分子量 / CaO の分子量
・ MgCO_3 の含有率	= 石灰石から取り出せる MgO の割合 \times MgCO_3 の分子量 / MgO の分子量
○ 排出係数	= CO_2 の分子量 / CaCO_3 の分子量 \times CaCO_3 の含有率 + CO_2 の分子量 / MgCO_3 の分子量 \times MgCO_3 の含有率 = 440 [kg- CO_2 /t]

(出典)

a) *Atomic Weights of the Elements 1999* [<http://www.ciaaw.org/pubs/TSAW-1999.pdf>] (IUPAC)

b) 「石灰石の話」

○ ドロマイト

排出係数は、化学反応式における CO_2 と CaCO_3 の分子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。「石灰石の話」) から求めた CaCO_3 の含有率を乗じた値と、 CO_2 と MgCO_3 の分子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。「石灰石の話」) から求めた MgCO_3 の含有率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。この排出係数については、適用を継続しても問題ない旨 2009 年に確認している。

・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 ^{a)})
・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 ^{a)})
・CaCO ₃ (ドロマイトの主成分) の分子量	: 100.0869
・MgCO ₃ (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
・CO ₂ の分子量	: 44.0098
・CaCO ₃ の含有率 = ドロマイトから取り出せる CaO の割合 × CaCO ₃ の分子量 / CaO の分子量	
・MgCO ₃ の含有率 = ドロマイトから取り出せる MgO の割合 × MgCO ₃ の分子量 / MgO の分子量	
○ 排出係数	= CO ₂ の分子量 / CaCO ₃ の分子量 × CaCO ₃ の含有率 + CO ₂ の分子量 / MgCO ₃ の分子量 × MgCO ₃ の含有率 = 471 [kg-CO ₂ /t]
(出典)	
a) 「石灰石の話」	

○ ソーダ灰

その他用途でのソーダ灰の使用 (2.A.4.b.) に記載した内容と同一である。4.2.4.2. b) 節を参照のこと。

○ その他材料

炭酸バリウムについては、CO₂ と炭酸バリウムの分子量比より、0.22 t-CO₂/t を用いた。炭酸カリウムについては、CO₂ と炭酸カリウムの分子量比より、0.32 t-CO₂/t を用いた。炭酸ストロンチウムについては、CO₂ と炭酸ストロンチウムの分子量比より、0.30 t-CO₂/t を用いた。炭酸リチウムについては、CO₂ と炭酸リチウムの分子量比より、0.60 t-CO₂/t を用いた。

■ 活動量

○ 石灰石、ドロマイト及びソーダ灰

「不均一価格物量表」におけるガラス製品関連部門に計上された石灰石、ドロマイト及びソーダ灰消費量のうち、排出用途に分類される全部門の石灰石、ドロマイト及びソーダ灰消費量を本サブカテゴリー下に計上する。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。

本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とおりである。

表 4-8 「不均一価格物量表」の該当部門

用途	該当部門 (石灰石)	該当部門 (ドロマイト)	該当部門 (ソーダ灰)
ガラス製品	251 窯業土石製品 ガラス・ガラス製品	251 窯業土石製品 ガラス・ガラス製品	251 窯業土石製品 ガラス・ガラス製品

(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 4-9 石灰石、ドロマイト及びソーダ灰の消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石灰石消費量 (dry)	kt	66	42	26	31	17	23	23	23	22	24	25	20	12	13	9
ドロマイト消費量 (dry)	kt	264	250	203	221	184	203	201	202	199	204	207	192	166	169	152
ソーダ灰消費量 (dry)	kt	358	320	257	279	217	249	245	247	241	250	255	230	187	192	166

○ その他原料

炭酸バリウムについては、2000~2010 年度については石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「鉍物資源マテリアルフロー」に示された管球光学ガラス用炭酸バリウムの出荷量を純物質換算（69%）して用いた。その他の期間は、「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示される電球類用・電子管用ガラスバルブ（管・棒を含む）の生産量を用いた外挿により推計した。

炭酸カリウムについては、1991年度以降は、財務省「貿易統計」の「カリウムの炭酸塩」の輸入量から輸出量を差し引いた値を国内需要とみなし、純物質換算（57%）して使用した。

炭酸ストロンチウムについては、2000～2006、2008、2010年度は「鉍物資源マテリアルフロー」に示される管球ガラス用（フラットパネルガラス及びその他ガラスを含む）の純物質換算（59%）の需要量を用いた。2007及び2009年度は内挿にて推計した。1990～1999年度については「窯業・建材統計年報」に示される電球類用・電子管用ガラスバルブ（管・棒を含む）生産量を用いた外挿による推計、2011年度以降は「鉍物資源マテリアルフロー」に示される内需合計量を用いた外挿により推計した。

炭酸リチウムについては、2002年度以降については「鉍物資源マテリアルフロー」に記載の窯業添加用の純物質換算（19%）の炭酸リチウム需要量を使用した。1998～2001年度は、「鉍物資源マテリアルフロー」に記載のガラス添加量（需要量）を用いた外挿による推計を行った。1990～1997年度は、「窯業・建材統計年報」における板ガラス生産量による外挿により推計した。

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ついては、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の5%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の3%を採用した。その結果、排出量の不確実性は6%と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は、1990年度から可能な限り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、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

2021年度について、「不均一価格物量表」における石灰石の消費量、ドロマイトの消費量及びソーダ灰の消費量が更新されたため再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.2.4. その他プロセスでの炭酸塩の使用（2.A.4.）

4.2.4.1. セラミックス製品（2.A.4.a.）

a) 排出源カテゴリーの説明

石灰石には CaCO_3 及び微量の MgCO_3 が、ドロマイトには CaCO_3 及び MgCO_3 が含まれており、石灰石・ドロマイトを加熱すると、 CaCO_3 及び MgCO_3 由来の CO_2 が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

陶磁器等のセラミックス製品製造において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

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) 節を参照のこと。

○ ドロマイト

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) 節を参照のこと。

■ 活動量

「不均一価格物量表」におけるセラミックス製品関連部門に計上された石灰石及びドロマイト消費量のうち、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ー下に計上する。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。

本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とおりである。

表 4-10 「不均一価格物量表」の該当部門

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)
セラミックス製品		063 鉱業 非金属鉱物
	2531-01 窯業土石製品 陶磁器	2531-01 窯業土石製品 陶磁器
	2591-01 窯業土石製品 耐火物	2591-01 窯業土石製品 耐火物
		2599-01 窯業土石製品 炭素黒鉛製品
		2599-09 窯業土石製品 他窯業土石製品
		2811-01 金属製品 建設用金属製品 ~2899-09 金属 他金属製品
	6741-09 対個人サービス 他娯楽	

(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 4-11 石灰石及びドロマイトの消費量 (セラミックス製品用)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石灰石消費量 (dry)	kt	438	1,107	1,135	463	365	630	737	720	664	683	617	591	658	699	891
ドロマイト消費量 (dry)	kt	1,561	1,227	1,020	1,204	1,527	1,462	1,339	1,087	989	950	797	818	866	959	914

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3.c) 節を参照のこと。

■ 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

「不均一価格物量表」における石灰石（2020～2021年度）及びドロマイト（2021年度）の消費量が更新されたため再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.2.4.2. その他用途でのソーダ灰の使用（2.A.4.b.）

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）

$$\begin{aligned} EF &= P \times MW_{\text{CO}_2} / MW_{\text{Na}_2\text{CO}_3} \\ &= 0.995 \times 44.01 / 105.99 \\ &= 0.413 \text{ [t-CO}_2\text{/t]} \end{aligned}$$

EF	: 国内産ソーダ灰排出係数
P	: ソーダ灰純度（国内全2社算術平均）
MW_{CO_2}	: CO_2 分子量
$MW_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$: Na_2CO_3 分子量

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、2006年 IPCC ガイドライン（Vol.3 p.2.7）に示されるデフォルト値（0.415 [t- CO_2 /t- Na_2CO_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。（ガラス製造用を除く）

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、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の5%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の3%を採用した。その結果、排出量の不確実性は6%と評価された。

■ 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 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

2021 年度について、「不均一価格物量表」におけるソーダ灰の消費量が更新されたため再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

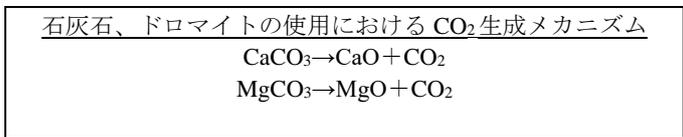
4.2.4.3. マグネシア製造 (2.A.4.c.)

排出量はその他 — 排煙脱硫・化学製品 (2.A.4.d.-) に含まれることから、「IE」と報告する。

4.2.4.4. その他 — 排煙脱硫・化学製品 (2.A.4.d.-)

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。



b) 方法論

■ 算定方法

排煙脱硫・化学製品製造において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

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) を参照のこと。

○ ドロマイト

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) を参照のこと。

■ 活動量

「不均一価格物量表」における排煙脱硫、化学肥料を除く化学製品関連部門に計上された石灰石及びドロマイト消費量のうち、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ー下に計上する。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。

本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とおりである。

表 4-12 主な用途と「不均一価格物量表」の該当部門

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)
排煙脱硫	063 鉱業 非金属鉱物	
化学製品	2029-09 化学製品 他無機化学工業製品	2029-09 化学製品 他無機化学製品
		2081-011 化学製品 油脂加工製品
	2049-09 化学製品 他有機化学工業製品	2049-09 化学製品 他有機化学工業製品
		2071-01 化学製品 医薬品
		2089-09 化学製品 触媒他化学最終製品

(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 4-13 石灰石及びドロマイトの消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石灰石消費量																
排煙脱硫用 (dry)	kt	1,950	2,163	1,842	2,077	1,840	2,124	1,975	1,853	1,726	1,700	1,594	1,530	1,490	1,528	1,516
化学製品用 (dry)	kt	2,458	713	812	367	260	421	482	451	375	376	331	307	332	341	425
ドロマイト消費量																
化学製品用 (dry)	kt	82	43	42	37	34	33	31	25	23	22	18	19	20	22	21

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. c)節を参照のこと。

■ 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

2020～2021 年度について、排煙脱硫用途及び化学製品用の石灰石の消費量の更新に伴い再計算が生じた。2021 年度について、化学製品用のドロマイトの消費量の更新も再計算に寄与した。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.3. 化学産業 (2.B.)

本カテゴリーでは、化学製品の製造過程から大気中に排出される CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ を扱う。当該カテゴリーは、「アンモニア製造 (2.B.1.)」、「硝酸製造 (2.B.2.)」、「アジピン酸製造 (2.B.3.)」、「カプロラクタム、グリオキサール、グリオキシル酸製造 (2.B.4.)」、「カーバイド製造 (2.B.5.)」、「二酸化チタン製造 (2.B.6.)」、「石油化学製品及びカーボンブラック製造 (2.B.8.)」、「フッ化物製造 (2.B.9.)」、「その他 (2.B.10.)」から構成される。

2022 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 3,972 kt-CO₂換算であり、

我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF 除く）の 0.3%を占めている。このカテゴリーの CO₂、CH₄ 及び N₂O について 1990 年度の排出量と比較すると 74.3%の減少となっている。HFCs、PFCs、SF₆及び NF₃では 1990 年の排出量と比較すると 98.9%の減少となっている。

表 4-14 化学産業（2.B.）からの排出量

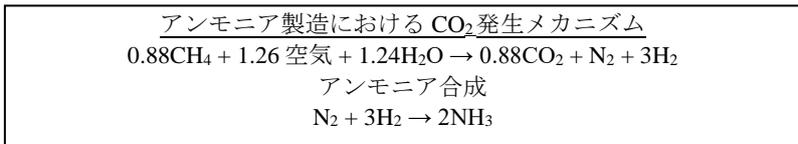
ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
CO ₂	2.B.1	アンモニア製造	kt-CO ₂	2,449	2,475	2,315	1,501	1,465	1,269	1,261	1,298	959	1,019	778	1,021	753	1,106	909	
	2.B.5	カーバイド製造	シリコンカーバイド	kt-CO ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
			カルシウムカーバイド	kt-CO ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
	2.B.6	二酸化チタン製造	kt-CO ₂	102	39	53	59	62	60	62	53	58	58	59	57	49	60	57	
	2.B.8	石油化学及びカーボンブラック製造	メタノール	kt-CO ₂	56	51	NO												
			エチレン	kt-CO ₂	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
			1,2-ジクロロエタン、クロロエチレン	kt-CO ₂	150	171	193	200	184	148	150	169	170	175	172	176	174	177	169
			酸化エチレン	kt-CO ₂	171	204	273	278	248	269	248	239	219	248	222	234	210	226	167
			アクリロニトリル	kt-CO ₂	440	476	536	509	524	364	342	315	319	323	341	334	306	325	293
			カーボンブラック	kt-CO ₂	1,633	1,563	1,590	1,659	1,505	1,294	1,253	1,161	1,168	1,230	1,259	1,178	980	1,198	1,153
			無水フタル酸	kt-CO ₂	117	124	118	81	60	59	58	60	58	61	58	60	51	57	53
	2.B.10	その他	無水マレイン酸	kt-CO ₂	125	138	163	114	102	89	88	90	91	94	92	85	79	92	82
			水素製造	kt-CO ₂	6	21	39	34	34	28	24	27	29	29	29	21	20	17	17
			炭酸ガスの利用	kt-CO ₂	39	45	42	39	41	51	51	53	56	59	62	64	58	58	68
		合計		kt-CO ₂	6,110	6,090	6,026	5,205	4,856	4,224	4,139	4,012	3,665	3,610	3,752	3,093	3,809	3,458	
CH ₄	2.B.5	カーバイド製造	kt-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	2.B.8	石油化学及びカーボンブラック製造	メタノール	kt-CH ₄	0.19	0.17	NO												
			エチレン	kt-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
			1,2-ジクロロエタン、クロロエチレン	kt-CH ₄	0.01	0.02	0.02	NO											
			酸化エチレン	kt-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
			カーボンブラック	kt-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
			スチレン	kt-CH ₄	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	合計		kt-CH ₄	1.50	1.48	1.37	1.35	1.45	1.13	1.01	1.27	1.07	1.01	0.91	1.00	0.95	1.08	0.94	
	合計		kt-CO ₂ 換算	42	42	38	38	41	32	28	36	30	28	25	28	27	30	26	
N ₂ O	2.B.2	硝酸製造	kt-N ₂ O	2.47	2.46	2.57	2.52	1.81	1.54	1.55	1.40	1.28	1.16	1.07	1.02	0.68	0.86	0.70	
	2.B.3	アジピン酸製造	kt-N ₂ O	24.20	24.03	12.56	1.68	1.66	0.77	0.48	0.38	0.49	0.30	0.20	0.31	1.14	0.16	0.07	
	2.B.4	カプロラクタム、グリオキサール、グリオキシル酸製造	カプロラクタム	kt-N ₂ O	4.66	4.93	5.20	3.36	2.56	1.92	1.26	0.90	0.50	0.55	0.43	0.51	0.40	0.47	
			グリオキサール	kt-N ₂ O	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
			グリオキシル酸	kt-N ₂ O	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
	合計		kt-N ₂ O	32.28	32.43	21.30	8.58	6.08	4.22	3.28	2.68	2.27	2.01	1.70	1.85	2.22	1.50	1.14	
	合計		kt-CO ₂ 換算	8,555	8,595	5,645	2,275	1,612	1,120	870	709	601	533	450	490	589	397	301	
CO ₂ 、CH ₄ 、N ₂ O合計			kt-CO ₂ 換算	14,707	14,726	11,709	7,518	6,509	5,375	5,038	4,757	4,296	4,420	4,085	4,269	3,709	4,236	3,786	
ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
HFCs	2.B.9	フッ化物製造	kt-CO ₂ 換算	13,346	17,980	13,144	491	45	14	20	25	20	32	10	11	118	110	4	
		製造時の漏出	kt-CO ₂ 換算	1	503	264	407	115	119	91	75	136	86	81	108	69	109	63	
	合計		kt-CO ₂ 換算	13,347	18,483	13,408	898	160	132	111	100	156	118	90	119	187	220	66	
PFCs		製造時の漏出	kt-CO ₂ 換算	304	840	1,499	955	227	100	97	104	88	73	79	58	67	72	67	
SF ₆	2.B.9	フッ化物製造	製造時の漏出	t	152.25	197.00	36.00	40.80	8.30	4.07	2.70	2.30	2.20	1.78	2.00	1.76	2.28	2.00	1.44
				kt-CO ₂ 換算	3,577	4,630	846	959	195	96	63	54	52	42	47	41	54	47	34
NF ₃	2.B.9	フッ化物製造	製造時の漏出	t	0.16	1.00	7.00	72.10	76.90	86.40	56.09	23.50	25.10	13.61	3.37	1.12	0.88	1.39	1.19
				kt-CO ₂ 換算	3	16	113	1,161	1,238	1,391	903	378	404	219	54	18	14	22	19
Fガス合計			kt-CO ₂ 換算	17,231	23,968	15,866	3,972	1,820	1,719	1,174	636	700	453	271	237	322	361	186	

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 2006 年 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

2006 年 IPCC ガイドラインに示された Tier 2 手法に基づき、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。なお、1990～1993 年、1997～1999 年、2003 年、2004 年については、主にアンモニア製造プラントから供給された炭酸ガスが地中圧入されたため、その分を排出量から控除している。(詳細は 3.4.4 節 (1.C.) 参照) また、尿素製造のための CO₂ 回収量をアンモニア製造からの CO₂ 排出量から控除している。尿素の使用による CO₂ 排出量は、触媒として使用される尿素 (2.D.3.-) 及び尿素施用 (3.H.) カテゴリーに計上している。さらに、液化炭酸ガス及びドライアイス向け CO₂ 回収量をアンモニア製造からの CO₂ 排出量から控除している。回収した CO₂ の利用による CO₂ 排出量の計上の詳細については、4.9.1. 節を参照。

$$E = \sum_i (AD_i \times GCV_i \times EF_i \times 44/12) - R_{ccs} - R_{urea} - R_u$$

E : アンモニア製造に伴う CO₂ 排出量 [kt-CO₂]

AD_i : 原料 i の消費量 [t, kL, 10³m³]

GCV_i : 原料 i の高位発熱量 [MJ/kg, MJ/L, MJ/m³]

EF_i : 原料 i の炭素排出係数 [t-C/TJ]

R_{ccs} : CCS による CO₂ 回収量 [t-CO₂]

R_{urea} : 尿素製造のための CO₂ 回収量 [t-CO₂]

R_u : アンモニア製造における液化炭酸ガス・ドライアイス向け CO₂ 回収量 [t-CO₂]

ここで、

$$R_{urea} = AD_{urea} \times 44/60$$

AD_{urea} : 尿素生産量 [t]

44/60 : CO₂ と尿素の分子量比

■ 排出係数

表 4-15 に示す原料毎に、燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) からの CO₂ 排出量の算定に用いている炭素排出係数及び発熱量と同じ値を用いた (第 3 章参照のこと)。なお、使用原料の割合は年ごとに変動するため、見かけの排出係数もまた年次可変となる。

表 4-15 アンモニア製造時に使用する原料、排出係数及び発熱量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ナフサ	総発熱量	MJ/L	33.63	33.63	33.57	33.55	33.53	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31	33.31
	炭素排出係数	t-C/TJ	18.17	18.17	18.17	18.17	18.17	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63	18.63
液化石油ガス	総発熱量	MJ/kg	50.53	50.63	50.70	50.75	50.77	50.07	50.09	50.10	50.10	50.10	50.10	50.12	50.13	50.12
	炭素排出係数	t-C/TJ	16.54	16.51	16.49	16.48	16.47	16.38	16.37	16.36	16.36	16.35	16.36	16.36	16.34	16.34
石油系炭化水素ガス	総発熱量	MJ/m ³	39.35	39.35	44.90	44.90	44.90	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12	46.12
	炭素排出係数	t-C/TJ	14.15	14.15	14.15	14.15	14.15	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44	14.44
天然ガス	総発熱量	MJ/m ³	42.09	42.39	42.55	42.87	44.67	39.62	39.62	39.62	39.62	39.62	38.38	38.38	38.38	38.38
	炭素排出係数	t-C/TJ	13.90	13.90	13.90	13.90	13.90	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.91	13.91	13.91	13.91
石炭（一般炭、輸入炭）	総発熱量	MJ/kg	25.95	25.95	26.60	25.70	25.70	25.97	25.97	25.97	25.97	26.08	26.08	26.08	26.08	26.08
	炭素排出係数	t-C/TJ	24.71	24.71	24.71	24.71	24.71	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.29	24.29	24.29	24.29
オイルコークス	総発熱量	MJ/kg	35.58	35.58	35.60	29.90	29.90	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29	33.29	34.11	34.11
	炭素排出係数	t-C/TJ	25.35	25.35	25.35	25.35	25.35	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.80	24.80
液化天然ガス	総発熱量	MJ/kg	54.54	54.53	54.52	54.51	54.49	54.46	54.46	54.46	54.46	54.46	54.70	54.71	54.73	54.71
	炭素排出係数	t-C/TJ	13.94	13.95	13.94	13.94	13.95	13.96	13.95	13.96	13.96	13.96	13.87	13.87	13.86	13.86
コークス炉ガス	総発熱量	MJ/m ³	21.51	21.57	21.27	21.42	21.32	18.87	18.87	18.87	18.87	18.87	18.38	18.38	18.38	18.38
	炭素排出係数	t-C/TJ	10.99	10.99	10.99	10.99	10.99	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.88	10.88	10.88	10.88

(出典)「総合エネルギー統計」

■ 活動量

アンモニアの原料の消費量は、経済産業省「石油等消費動態統計年報」に示された表 4-16 の燃料種の固有単位（重量、容積等）を、「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。尿素生産量は、農林統計協会「ポケット肥料要覧」に示された尿素生産量（暦年値）を用いた。

表 4-16 アンモニア製造に係る原料用消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ナフサ	kL	189,714	477,539	406,958	92,453	70,067	71,494	66,079	73,612	18,421	NO	NO	NO	NO	NO	NO
液化石油ガス	t	226,593	45,932	5,991	NO											
石油系炭化水素ガス	10 ³ m ³	C	230,972	240,200	147,502	143,634	NO									
天然ガス	10 ³ m ³	C	100,468	86,873	77,299	41,640	47,956	51,858	17,498	637	979	1,011	906	941	278	947
石炭（一般炭、輸入炭）	t	C	209,839	726	1,239	629	919	787	362	891	483	928	450	845	499	934
オイルコークス	t	C	273,125	420,862	353,983	394,116	401,721	426,743	468,684	416,722	462,107	371,819	454,952	347,107	450,097	367,225
液化天然ガス	t	C	46,501	23,395	165,606	157,918	168,155	127,824	122,453	131,446	122,081	122,818	122,555	132,158	131,465	148,381
コークス炉ガス	10 ³ m ³	C	35,860	55,333	NO											

(注) 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、炭素排出係数の 95%信頼区間の上限値・下限値より設定した。活動量の不確実性については、燃料の燃焼カテゴリー（1.A.）と同様の値を使用した。その結果、ナフサの不確実性は-3~+1%、LPG は-3~+1%、石油系炭化水素ガスは-4~+3%、天然ガスは-1~+1%、石炭（一般炭、輸入炭）は-4~+3%、オイルコークスは-3~+1%、液化天然ガスは-1~+1%、コークス炉ガスは-4~+3%と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は「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「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

新たに液化炭酸ガス及びドライアイス向け回収量を算定し、アンモニア製造のCO₂排出量から控除したため、全年にわたり再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

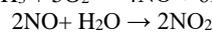
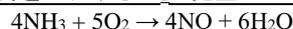
特になし。

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

2006年IPCCガイドラインに示されたTier 2手法に基づき、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。

$$E = EF \times NAP$$

E : 硝酸製造に伴うN₂O排出量 [kg-N₂O]

EF : 排出係数 [kg-N₂O/t]

NAP : 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 4-17 硝酸製造に伴う N₂O 排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
硝酸製造に伴う排出係数	kg-N ₂ O/t	3.50	3.51	3.92	4.18	3.58	3.55	3.54	3.60	3.59	3.27	3.26	3.28	3.00	3.47	3.21

■ 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 4-18 硝酸生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
硝酸生産量	kt	706	701	656	602	506	434	437	388	356	355	328	311	227	248	218

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、工場別の排出係数及び生産量から排出係数の標準偏差を算出し、112%と評価した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の2%を採用した。その結果、排出量の不確実性は112%と評価された。

■ 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

当該事業所における N₂O 発生率、N₂O 分解量、アジピン酸生産量を用いて排出量を算定した。

■ 排出係数

国独自の排出係数は以下のパラメータを用いて設定した。なお、排出係数及びパラメータの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。

■ 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～1997 年にかけて、おおむ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 年と 2020 年は N₂O 分解装置や計装機器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、2006 年 IPCC ガイドライン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。

■ 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. カプロラクタム、グリオキサール、グリオキシル酸製造 (2.B.4.)

4.3.4.1. カプロラクタム (2.B.4.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

カプロラクタムは、カーペット等の繊維素材や樹脂素材として利用されるナイロン 6 のモノマーであり、開環重合によりナイロン 6 となる。製造プロセスにおけるアンモニアの酸化工程において N₂O が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

国内総生産量に、2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1～3 手法に基づき事業者別に設定された排出係数の加重平均値を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

日本化学工業協会より、国内でカプロラクタムを生産している全事業所における生産量・排出係数・排出量算定結果のデータ提供を受けたため、各事業所の合計排出量を生産量の合計で割った、生産量当たり排出量を我が国の独自の排出係数として設定する。各事業所における排出係数については、年次可変となっている。なお、2022年度以降は事業者数が2以下になったことに伴い活動量が秘匿となったため排出係数も秘匿とする。

■ 活動量

1990～2021年度については、経済産業省「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示されたカプロラクタム生産量を用いた。2022年度以降は日本化学工業協会によるカプロラクタム生産量（秘匿）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ついては、事業所別の排出係数及び生産量から排出係数の標準偏差を算出し、162%と評価した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の2%を採用した。その結果、排出量の不確実性は162%と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」のデータ等をもとに、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1990年度から同一の設定方法による値を使用している。従って、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。

4.3.4.2. グリオキサール（2.B.4.b.）

a) 排出源カテゴリーの説明

グリオキサールは、主にアクリル樹脂、消毒剤、ゼラチン硬化剤、繊維仕上げ剤等において架橋剤として使用される。濃硝酸とアセトアルデヒドの酸化、あるいはエチレングリコールの接触酸化により製造され、アセトアルデヒドの酸化工程において N₂O が排出される（下式参照）。



b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 3 手法に基づき、国内総生産量に、実測結果から得られた我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。なお、2010年度以降、国内に生産活動はない。ただし 2010～2011年度のグリオキシル酸の秘匿性を考慮し 1990～2011年度を「C」として報告する。

■ 排出係数

生産活動を行っていた事業者より提供を受けた、生産量ベースの国独自の排出係数を使用する。事業者における、各々の製品の製造工程からの排ガス流量、 N_2O 濃度の実測値を基に設定されたものであり、この排出係数を全年度に適用することとする。

■ 活動量

グリオキサールの生産量については、統計値等は公表されていないため、直近まで生産実績のあった事業者の生産量合計を活動量とする。なお、2010年度以降、国内に生産活動はない。

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ついては、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の10%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の2%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。

■ 時系列の一貫性

活動量は直近まで生産実績のあった事業者のデータをもとに、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 1990年度から一定値を使用している。従って、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。

4.3.4.3. グリオキシル酸 (2.B.4.c.)

a) 排出源カテゴリーの説明

グリオキシル酸は、合成香料、農薬、医薬中間体の原料として使用される。グリオキサールの硝酸酸化によって製造され、硝酸が還元される過程において N_2O が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 3 手法に基づき、国内総生産量に、実測結果から得られた我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。なお、2012年度以降、国内に生産活

動はない。

■ 排出係数

生産活動を行っていた事業者より提供を受けた、生産量ベースの N₂O 排出係数を使用する。事業者における、各々の製品の製造工程からの排ガス流量、N₂O 濃度の実測値を基に設定されたものであり、この排出係数を全年度に適用することとする。

■ 活動量

グリオキシル酸の生産量については、統計値等は公表されていないため、直近まで生産実績のあった事業者の生産量合計を活動量とする。なお、2012 年度以降、国内に生産活動はない。

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ついては、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 10%を採用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 2%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。

■ 時系列の一貫性

活動量は直近まで生産実績のあった事業者のデータをもとに、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 1990 年度から一定値を使用している。従って、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。

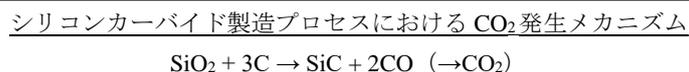
4.3.5. カーバイド製造 (2.B.5.)

4.3.5.1. シリコンカーバイド (2.B.5.a.)

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。



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、2006年 IPCC ガイドライン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

我が国の電気炉施設における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 (排出係数の導出過程については 4.4.2. b) 節を参照)。

■ 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、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の10%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は11%と評価された。

2) CH₄

排出係数の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の10%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は11%と評価された。

■ 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

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

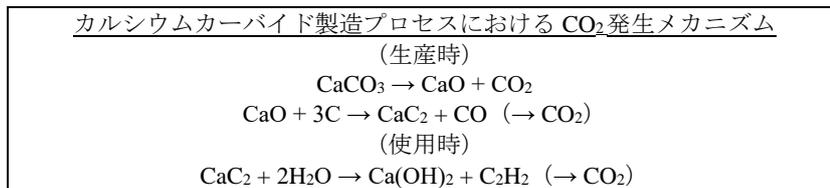
特になし。

4.3.5.2. カルシウムカーバイド (2.B.5.b.)

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「炭酸塩のその他のプロセスでの使用 (2.A.4.)」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

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 2 手法に基づき、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

2007 年度以前については、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、2006年 IPCC ガイドラインに示された以下のデフォルトの排出係数を用いた。

表 4-19 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

2008 年度以降については、我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。

なお、CO₂ 排出係数の算定に使用しているカルシウムカーバイド生産量にはカルシウムカーバイドだけでなく、原料として使用された未反応の生石灰も含まれるため、排出係数の値は純粋なカルシウムカーバイドのみの反応による化学量論的理論値よりも小さくなっている。これは、我が国では生石灰が過剰な状態でカルシウムカーバイドの生産を行っているためである。カルシウムカーバイドは高純度なほど融点が高くなるため、低温部では粘度が大きくなり固まってしまい製造に支障を来すことから、意図的にカルシウムカーバイドの純度を抑えて融点を下げている。また、安全性の観点からも、製品の反応性を下げるために純度を抑えている。

■ 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。この生産量は、原料として使用された未反応の生石灰を含んでいる。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、還元剤起源、使用時ともに 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 10%を採用した。活動量の不確実性については、還元剤起源、使用時ともに 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は還元剤起源、使用時ともに 11%と評価された。

■ 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 年度まで遡っての、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。

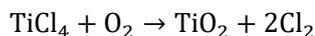
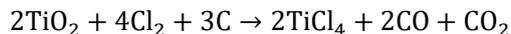
4.3.6. 二酸化チタン製造 (2.B.6.)

a) 排出源カテゴリーの説明

二酸化チタン (TiO₂) は白色顔料の一種であり、紙、プラスチック、ゴム、セラミック、織物、床カバー、印刷インキ、塗料等の顔料として一般的に使用されている。結晶構造によってアナターゼ型 (正方晶) とルチル型 (正方晶) に分類され、アナターゼ型は硫酸チタンを加水分解して焼成 (硫酸法)、あるいはチタンスラグから製造され、ルチル型は合成ルチルからの分離、あるいは塩化チタンに高温で酸素と反応させて製造 (塩素法) される。

チタンスラグ製造における電気炉での炭素電極の酸化反応、合成ルチル製造中の黒炭の酸

化反応、及び塩素法におけるオイルコークスの酸化反応により CO₂が排出される。塩素法による CO₂発生メカニズムは下式のとおり。



b) 方法論

■ 算定方法

ルチル型二酸化チタン（塩素法）については、2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、CO₂ 排出を伴う塩素法により生産される酸化チタン生産量（ルチル型）に、事業者固有の排出係数を乗じて排出量を算定する。

ルチル型二酸化チタン（合成ルチルからの分離）については、2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、合成ルチル生産量に、デフォルトの排出係数を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

ルチル型二酸化チタン（塩素法）については、事業者におけるプロセスへのコークス投入量等を基に以下のように算出した排出係数を使用する。

$$E = (CI - CO) \times CC \times 44/12$$

$$EF = E / AD$$

<i>E</i>	: CO ₂ 排出量
<i>CI</i>	: コークス投入量
<i>CO</i>	: キャリーオーバー量（未反応のまま残った原料）
<i>CC</i>	: コークス固定炭素純度
<i>EF</i>	: CO ₂ 排出係数
<i>AD</i>	: 二酸化チタン生産量

なお、上記算出法により排出係数が得られているのは 2011～2013 年度の 3 か年のみのため、1990～2010 年度については 3 か年の平均値を使用する。（2011 年度以降は酸化チタン工業会から提供された国独自の排出係数を用いている）

2006年 IPCC ガイドラインに記載されている上述の化学反応に従うと、二酸化チタン 2mol につき、3mol の CO₂が発生することになるが、日本の事業者の場合、約 1,000°C の高温状態での反応であり、上述の化学反応に加え、2 番目の反応（TiO₂ + 2Cl₂ + 2CO → TiCl₄ + 2CO₂ の反応）も同時に生じており、CO が消費されていることから、ルチル型二酸化チタンの CO₂ 排出係数は IPCC デフォルト値よりも低い。CO が全て 1 番目に述べた反応で消費されると仮定すると、二酸化チタン 1 mol につき、1 mol の CO₂しか生じないことになる。（プロセス中の余剰炭素は存在せず、CO₂はすべて投入したコークス由来のものである。）

ルチル型二酸化チタン（合成ルチルからの分離）については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値（1.43 t-CO₂/t）を用いた。

■ 活動量

ルチル型二酸化チタンの生産量（塩素法）については、酸化チタン工業会により提供された CO₂ 排出を伴う塩素法により生産される酸化チタンの生産量を用いた。

ルチル型二酸化チタン（合成ルチルからの分離）の生産量については、経済産業省により提供された合成ルチルの生産量を用いた。

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ついては、ルチル型二酸化チタン、合成ルチルともに 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 15%、10%をそれぞれ採用した。活動量の不確実性については、ルチル型二酸化チタン、合成ルチルともに 2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性はそれぞれ 16%、11%と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は酸化チタン工業会・経済産業省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、酸化チタン工業会から提供されたデータを一貫して使用している。従って、二酸化チタン製造による 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。

4.3.7. ソーダ灰製造 (2.B.7.)

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 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「燃料の燃焼カテゴリー (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、全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、コークス起源の CO₂ 排出量の計上先に関する考え方は鉄鋼製造と同様である。

なお、2006 年 IPCC ガイドラインには、トロナ (Na₂CO₃・NaHCO₃・2H₂O) の焼成等による 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。

4.3.8. 石油化学及びカーボンブラック製造 (2.B.8.)

4.3.8.1. メタノール (2.B.8.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

メタノールの製造に伴い CO₂ 及び 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 CO₂ 及び CH₄ 排出については、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 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。

従って、1990～1995 年度までは、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 年度以降については、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

CO₂ については、2006 年 IPCC ガイドラインに示された、メタノールのデフォルト値のうち、我が国固有の製法に応じた値を用いた。排出係数は、0.67 [t-CO₂/t] (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.3 p.3.73 Table 3.12)。

CH₄ については、2006 年 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、2.3 [kg-CH₄/t] (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.3 p.3.74)。

■ 活動量

メタノール製造に伴う CO₂ 及び 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 4-20 メタノール生産量

項目	単位	1990	1995	1996 以降
メタノール生産量	kt	84	75	NO

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、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値の -30～+30% (CO₂)、-80～+30% (CH₄) を採用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインに示された類似化学製品のデフォルト値の -5～+5% を採用した。その結果、CO₂ 及び CH₄ の排出量の不確実性はそれぞれ -30～+30%、-80～+30% と評価された。

■ 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～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、メタノール製造による CO₂ 及び 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。

4.3.8.2. エチレン (2.B.8.b.)

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 が排出される。また、エチレン生産の過程で、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、「総合エネルギー統計」(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、と専門家判断している。

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、2006 年 IPCC ガイドラインに示された Tier 1 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。

なお、エチレン製造(スチーム・クラッキングプロセス)における原料に起因する副生ガスのエネルギー利用に伴う CO₂ 排出量については、「総合エネルギー統計」の「石油化学製品動力燃料」部門における「製油所ガス」による排出量に含まれると考えられ、当該排出量については、「製造業・建設業—化学(1.A.2.c.)」における排出量として計上済みである。

■ 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、我が国独自の排出係数を設定した。この CO₂ 排出係数は、石油化学工業協会が全エチレン製造事業者から収集したデコーキング等からの CO₂ 排出量とエチレン生産量データに基づき設定している。この国独自の排出係数の捕捉範囲を石油化学工業協会に確認したところ、この国独自の排出係数の設定に当たって調査対象とした排出プロセスはデコーキングなどであり、したがって非エネルギー由来の CO₂ が発生する工程はこの調査で網羅されている。

また日本は、IPCC デフォルト排出係数には原料に起因する副生ガスのエネルギー利用に伴う CO₂ 排出量が含まれるが、前述の通り日本では 1.A.2.c カテゴリーに計上しており国独自の排出係数には含まれないため、IPCC デフォルト値との間に差異が生じていると考えている。「製造業及び建設業—化学(1.A.2.c.)」に計上している CO₂ 排出量と、IPCC デフォルト値を用いた試算値の規模感やトレンドは概ね一致することもまた確認している。

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²⁾）、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、当該排出係数は秘匿とする。

石油化学工業協会によると、高圧ガス保安法により、プラント内のガス漏洩は検出限界以下（ほぼゼロ）で管理されているため、フランジ、バルブ、その他プロセス装置からのナフサのスチーム・クラッキングからの漏出はほとんどないと考えられる。

■ 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、「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示されたエチレン生産量を用いた。

表 4-21 エチレン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
エチレン生産量	kt	5,966	6,951	7,566	7,549	6,999	6,764	6,687	6,780	6,286	6,459	6,186	6,282	6,043	6,102	5,482

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 と 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、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 とともに 77%と評価された。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 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。

■ 時系列の一貫性

エチレン製造の活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」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。

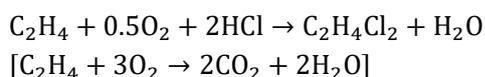
² IPCC グッドプラクティスガイダンスに示されるフレアリング効率 98%の値（Table 2.16 note e）をもとに仮定したものの。

4.3.8.3. 1,2-ジクロロエタン及びクロロエチレン (2.B.8.c.)

a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO₂

1,2-ジクロロエタンは、ポリ塩化ビニルの前駆体とされ、主にクロロエチレンの生産に使用される。その他には、洗浄剤、溶媒、殺虫剤、薫蒸剤等に使用される。直接塩素化法あるいはオキシ塩素化法、さらには両者を併用した製法によって製造され、直接塩素化法では塩素とエチレンの気相反応により 1,2-ジクロロエタンが生成し、オキシ塩素化法では塩酸と酸素とエチレンの気相反応により 1,2-ジクロロエタンが生成する。オキシ塩素化法のエチレン酸化反応の過程において CO₂ が排出される (下式)。



生成した 1,2-ジクロロエタンは、加熱により、ポリ塩化ビニルの前駆物質であるクロロエチレンモノマーと塩化水素に分解される。オキシ塩素化法では、このときに生成する塩化水素を利用できるため、直接塩素化法とオキシ塩素化法を併用した製法が普及した。両者併用プロセスにおいても上式により CO₂ が排出される。

2) CH₄

1,2-ジクロロエタンは洗浄、精製工程、熱分解工程を経てクロロエチレン (C₂H₃Cl) となるが、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

CO₂ 排出については、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、国内総生産量に、工場別データを基に設定した我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。

CH₄ 排出については、1990～2000 年度については、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、国内総生産量に、工場別データを基に設定した我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。但し、塩ビ工業・環境協会によると、排ガス燃焼設備の導入が全てのプラントにおいて完了し、排ガス中の CH₄ が検出限界未満となったとのことから、2001 年度以降は、「NO」として報告する。(燃焼処理した分は回収量として報告)。

■ 排出係数

○ CO₂

塩ビ工業・環境協会より提供を受けた、クロロエチレン生産量ベースの CO₂ 排出係数 (0.0647 t-CO₂/tVCM) を全年度に適用する。

この排出係数は、我が国において、1,2-ジクロロエタン・クロロエチレンを製造している事業者 5 社の 2012 年における CO₂ 排出量実測値の合計値を同年のクロロエチレン国内総生産量で除したものである。

なお、デフォルト値 0.294 t-CO₂/t-VCM には補助燃料の燃焼に伴う CO₂ も含まれるが、本排出係数はエネルギー分野との二重計上を回避するため、補助燃料の燃焼に伴う CO₂ 排出を除いており、デフォルト値よりも小さい値となっている。

○ CH₄

1990～2000 年度については、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 [kg-CH₄/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）排ガス燃焼装置の設置が進んでおり、テールガス中の CH₄ の割合は IPCC デフォルト値より低く、現在は検出可能なレベル以下になっている。2001 年度以降については、排出係数は設定しない。

■ 活動量

CO₂ 排出の活動量については、「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示された塩化ビニルモノマー（クロロエチレン）の生産量を用いた。

CH₄ 排出の活動量については、「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示された二塩化エチレン（1,2-ジクロロエタン）の生産量を用いた。

表 4-22 塩化ビニルモノマー（クロロエチレン）生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
塩化ビニルモノマー生産量	kt	2,316	2,648	2,976	3,098	2,850	2,286	2,315	2,616	2,621	2,706	2,664	2,713	2,690	2,735	2,615

表 4-23 二塩化エチレン（1,2-ジクロロエタン）生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1,2-ジクロロエタン生産量	kt	2,683	3,014	3,346	3,639	3,155	2,733	2,730	3,003	3,012	3,158	3,113	3,297	3,263	3,451	3,279

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

CO₂、CH₄ の排出係数の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の -50～+20%、-10～+10% をそれぞれ採用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5% を採用した。その結果、排出量の不確実性はそれぞれ -50～+21%、-11～+11% と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」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、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

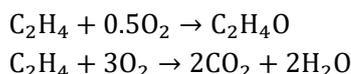
特になし。

4.3.8.4. 酸化エチレン（2.B.8.d.）

a) 排出源カテゴリーの説明

酸化エチレンは、触媒存在下で酸素とエチレンを反応させることにより製造され、副生成物として CO₂ が排出される（下式）。酸素は、空気供給あるいは空気を分離した純酸素で

供給の二つの方法がある。



発生した CO₂ は一部がベントにより大気放出され、一部が炭酸塩溶液により回収され食品製造等に利用される。

一般的に酸化エチレン製造は、ガスを循環利用するプロセスであり、原料ガス中に含まれる微量の反応しない不純物（アルゴンや窒素など）の蓄積による圧力上昇を抑えるために一部系外にパージする必要がある、排ガスとなる。この排ガスには、エチレンやメタン、酸素、アルゴンなどが含まれ、一般的にはそのまま燃焼処理するが、漏出やベントにより CH₄ が排出される場合もある。

b) 方法論

■ 算定方法

○ CO₂

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 3 手法に基づき、国内総生産量に、工場別データを基に設定した我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。なお、液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量を酸化エチレン製造からの排出量から控除している。回収した CO₂ の利用による CO₂ 排出量の計上の詳細については、4.9.1. 節を参照。

$$E_{\text{CO}_2} = EO \times EF - R$$

E_{CO_2}	: 酸化エチレン製造に伴う CO ₂ 排出量
EO	: 酸化エチレンの年間生産量
EF	: 酸化エチレンの生産量当たり CO ₂ 排出量
R	: 酸化エチレン製造における CO ₂ 回収量

○ CH₄

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、排出がみられる事業者における酸化エチレン生産量に、当該事業者による実測結果に基づく事業者独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

○ CO₂

生産量あたりの排出係数 (0.33 t-CO₂/t) を使用する (石油化学工業協会提供)。排出係数は、国内の全工場における工場別の排出係数を単純平均したものであり、各工場において投入された原料及び副資材の量と、製品及び副産物の生産量の炭素収支等を基に算出されている。工場別の生産量データは秘匿情報に当たり加重平均が困難であること、我が国では酸化エチレンは全て同一の製造プロセス (酸素法) により製造されていることから、単純平均としても実態からの乖離は軽微であると判断した。なお、我が国の酸素法では触媒の選択性がデフォルト値の設定よりも高いため、排出係数はデフォルト値 0.663 t-CO₂/t よりも低い値となっている。

○ CH₄

当該事業者での実測結果に基づく事業者独自の排出係数を使用する。排出係数設定に用いられた CH₄ 排出量データは、当該事業者において、プロセスから排ガスをパージする際に外部から導入したガス中の CH₄ 量を基に、大気中に排出された CH₄ 量を推定したものである。ただし、データが把握されているのは 2004 年度以降のみのため、2003 年度以前については、

2004～2006年度の3か年平均排出係数を固定値として使用する。なお、データは秘匿情報である。

■ 活動量

○ CO₂

「生産動態統計年報 化学工業統計編」における酸化エチレン生産量を使用する（表4-24）。

表 4-24 酸化エチレン生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
酸化エチレン生産量	kt	714	795	961	1,001	843	915	894	923	882	945	893	878	790	818	618

○ CH₄

当該事業者における酸化エチレン生産量を使用する。なおデータは秘匿情報である。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

CO₂の排出係数の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の10%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は11%と評価された。

CH₄の排出係数の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の60%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は60%と評価された。

■ 時系列の一貫性

酸化エチレン製造の活動量は、CO₂は「生産動態統計年報 化学工業統計編」、CH₄は排出事業者提供のデータをもとに、それぞれ1990年度値から一貫して使用している。また、排出係数もそれぞれ同じソースのデータをもとに設定されている。従って、酸化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

酸化エチレン製造におけるCO₂回収量の更新に伴い全年にわたり再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.3.8.5. アクリルニトリル（2.B.8.e.）

a) 排出源カテゴリーの説明

1) CO₂

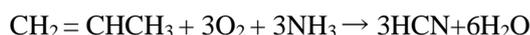
アクリロニトリル（C₃H₃N）は、アクリル繊維や合成樹脂の原料として利用されており、主に金属触媒の存在下でプロピレンにアンモニアと酸素を作用（アンモ酸化）させるソハイオ法により生産されている。プロピレンの約85%が反応してアクリロニトリル、あるいは副

産品であるアセトニトリル、シアン化水素を生成する（式 1～3）。残りのプロピレンについては、副反応により他の炭化水素を介して、あるいは直接酸化されて CO₂ として排出される（式 4）。

式 1 アクリロニトリルの生成反応



式 2 シアン化水素の生成反応



式 3 アセトニトリルの生成反応



式 4 CO₂の生成反応



2) CH₄

我が国のアクリロニトリルプラントにおいては、CH₄ についてオフガスを分析しているが、検出されていないため、注釈記号「NA」により報告を行う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 3 手法に基づき、国内総生産量に、工場別データに基づく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

生産量ベースの CO₂ 排出係数 (0.73 t-CO₂/t) を全年度に適用する（石油化学工業協会提供）。この排出係数は、各工場において投入された原料・副資材投入量と製品・副産物産出量の炭素収支等を基に設定した各工場別 CO₂ 排出係数を、国内の全工場について単純平均したものである。これは、工場別の生産量データが秘匿情報に当たり加重平均が困難であること、我が国ではアクリロニトリルは全て同一の製造プロセス（ソハイオ法）により製造されていることから、単純平均としても実態からの乖離は軽微であるためである。

なお、我が国のアクリロニトリル製造プロセスにおいては、アセトニトリルとシアン化水素が製品として回収されているため、2006年 IPCC ガイドラインにおけるアセトニトリルとシアン化水素が製品として回収されている場合のデフォルト値 (0.79 t-CO₂/t) に近い値となっている。やや下回っているのは、原単位改善等の効果によるものである。

■ 活動量

「生産動態統計年報 化学工業統計編」におけるアクリロニトリル生産量を使用する。

表 4-25 アクリロニトリル生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
アクリロニトリル生産量	kt	602	652	734	697	718	499	468	431	437	443	467	457	420	445	402

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、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 60%を採用した。活動量の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5%を採

用した。その結果、排出量の不確実性評価は 60%として評価された。

■ 時系列の一貫性

アクリロニトリル製造の活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」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、アクリロニトリル製造による 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。

4.3.8.6. カーボンブラック (2.B.8.f.)

a) 排出源カテゴリーの説明

カーボンブラックは主に石油精製や金属精錬過程で副生成物として得られるオイルやガスを高温ガス中で不完全燃焼させて製造される。(ファーネスブラック法) 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 CO₂、CH₄ が大気中に排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

○ CO₂

2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、国内総生産量に我が国独自の排出係数を乗じて排出量を算定する。

○ CH₄

2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、カーボンブラックの生産量に工場別データをもとに設定した我が国独自の排出係数を乗じて算定する。

■ 排出係数

○ CO₂

反応炉を加熱するために投入される天然ガス起源 (二次原料起源) の CO₂ については、「燃料の燃焼カテゴリー (1.A.)」において既に計上されていると考えられるため、カーボンブラックの直接的な原料となるオイル・ガス起源 (一次原料起源) の CO₂のみを計上する。排出係数は、カーボンブラック協会より提供を受けた生産量ベースの CO₂ 排出係数 (2.06 t-CO₂/t) を使用する。この値は、カーボンブラック協会会員会社 5 社における実測値 (原料中の炭素分からカーボンブラック製品中の残留分を差し引いたものを CO₂ 換算し、製品重量当たりとしたもの) を生産量により加重平均したものであり、協会会員 5 社で国内生産・販売量の 95%以上を占めているため、代表性を有すると考えられる。なお、5 社はいずれもオイルファーネス法により製造しており、各社の排出係数のばらつきはそれほど大きくなく、年次変動もほとんどない。

○ CH₄

我が国のカーボンブラック生産プラントにおいて、CH₄が大気中に排出されるのは、定常運転ではない停止・立ち上げ時のベントによるもののみである。また、カーボンブラック協会「カーボンブラック便覧」によると、我が国のカーボンブラック生産プラントから排出される平均的テールガスにおいては、CH₄濃度が0.6 wt%、CO、CO₂、CH₄の合計濃度は21.5 wt%とのことであり、定常運転時も停止・立ち上げ時も同じ組成とのことである。したがって、CO₂排出係数(2.06 t-CO₂/t)より、CH₄排出係数は下式により算出される。データは秘匿である。

$$EF_{CH_4} = 2.06 [t-CO_2/t] \times R \times 0.6 [wt\%] / 21.5 [wt\%] \times 16/44$$

EF_{CH_4} : カーボンブラックの製造に伴うCH₄排出係数

R : 全稼働時間に占める停止・立ち上げ時のベント時間の割合

なお、我が国のカーボンブラック製造においては、プロセス中は負圧となっており、基本的に系外にガスが漏出することはないため、ベントによる排出量のみを算定する。

■ 活動量

カーボンブラック製造に伴うCO₂、CH₄排出の活動量については、「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示されたカーボンブラック生産量を用いた。

表 4-26 カーボンブラック生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
カーボンブラック生産量	kt	793	759	772	805	730	628	608	563	567	597	611	572	476	582	560

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、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55%と評価された。活動量の不確実性については、CO₂、CH₄ともに2006年IPCCガイドラインのデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性評価はCO₂、CH₄ともに55%として評価された。

■ 時系列の一貫性

カーボンブラック製造の活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」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、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。

4.3.8.7. その他 (2.b.8.g.)

4.3.8.7.a. スチレン (2.B.8.g.i.)

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、2006 年 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。脚注 2 参照。）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、「生産動態統計年報 化学工業統計編」に示されたスチレンモノマーの生産量を用いた。

表 4-27 スチレンモノマー生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
スチレン生産量	kt	2,227	2,952	3,020	3,375	3,019	2,539	2,518	2,260	1,952	2,100	1,994	1,980	1,874	1,898	1,496

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、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%と評価された。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 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。

■ 時系列の一貫性

スチレン製造の活動量は、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。

4.3.8.7.b. 無水フタル酸 (2.B.8.g.ii.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

無水フタル酸は、可塑剤、合成樹脂、塗料、染料等の原料として使用されている。無水フタル酸製造時には、ナフタレン酸化、*o*-キシレン酸化の反応により CO、CO₂ が排出される。CO も燃焼され最終的には CO₂ として排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

無水フタル酸生産量に生産量当たり排出係数を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

製品及びその他の副生物とならなかった C が最終的に CO₂ になるとみなし、無水フタル酸の製法別の製品・副生物の収率 [mol%] (石油学会「石油化学プロセス」) より CO₂ の生成比率 [mol%] を算出する。さらに、CO₂ と製品の生成比率と各物質の分子量より、製品の生産量当たりの CO₂ 排出量を算出し、製法別の排出係数とする。なお、「石油化学プロセス」においては、収率は上限値及び下限値が示されているため、ここでは中央値を基に排出係数を設定する。

表 4-28 無水フタル酸製造における製法別物質生成率

製法	製品収率 [mol%]	無水マレイン酸 [mol%]	その他 [mol%]	CO ₂ ※ [mol%]	排出係数※ [t-CO ₂ /t]
ナフタレン酸化	87-91	3-5	1	2-8	0.19
<i>o</i> -キシレン酸化	80-83	4-6	1-2	10-16	0.54

(出典)「石油化学プロセス」(但し※を除く)

さらに、重化学工業通信社「化学品ハンドブック」の我が国における各年度別・製法別の無水フタル酸生産能力により、年度ごとに加重平均を行い、我が国を代表する排出係数とする。

表 4-29 無水フタル酸生産能力に基づく加重平均排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
無水フタル酸製造時の排出係数	t-CO ₂ /t	0.39	0.39	0.41	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37

(注) 1995 年度以前は製法別の生産能力不明のため 1996 年度の排出係数を用いる。

■ 活動量

「生産動態統計年報 化学工業統計編」における無水フタル酸生産量を使用する。

表 4-30 無水フタル酸生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
無水フタル酸生産量	kt	300	319	288	216	160	158	156	159	156	163	155	160	137	151	142

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、排出係数の設定に使用した収率の理論値の上限値・下限値より設定した 197%を使用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 197%と評価された。

■ 時系列の一貫性

無水フタル酸の活動量は「生産動態統計年報 化学工業統計編」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。

4.3.8.7.c. 無水マレイン酸 (2.B.8.g.iii.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

無水マレイン酸は、不飽和ポリエステル樹脂原料をはじめとして、樹脂改良材、食品添加物、医薬原料、リンゴ酸、コハク酸等の有機酸の合成原料として使用されている。無水マレイン酸製造時には、ベンゼン法、n-ブタン法の反応により CO、CO₂ が排出される。CO も燃焼され最終的には CO₂ として排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

無水マレイン酸生産量に生産量当たり排出係数を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

製品及びその他の副生物とならなかった C が最終的に CO₂ になるとみなし、無水マレイン酸の製法別の製品・副生物の収率 [mol%] (「石油化学プロセス」) より CO₂ の生成比率 [mol%] を算出する。さらに、CO₂ と製品の生成比率と各物質の分子量より、製品の生産量当たりの CO₂ 排出量を算出し、製法別の排出係数とする。なお、「石油化学プロセス」においては、収率は上限値及び下限値が示されているため、ここでは中央値をもとに排出係数を設定する。

表 4-31 無水マレイン酸製造における製法別物質生成率

製法	製品収率 [mol%]	CO ₂ ※ [mol%]	排出係数※ [t-CO ₂ /t]
ベンゼン法	70-80	20-30	0.74
n-ブタン法	55-60	40-45	1.65

(出典)「石油化学プロセス」(但し※を除く)

さらに、「化学品ハンドブック」の我が国における各年度別・製法別の無水マレイン酸生産能力により、年度ごとに加重平均を行い、我が国を代表する排出係数とする。

表 4-32 無水マレイン酸生産能力に基づく加重平均排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
無水マレイン酸製造時の排出係数	t-CO ₂ /t	1.20	1.20	1.23	1.11	1.11	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.06	1.06	1.06

(注) 1995 年度以前は製法別の生産能力不明のため 1996 年度の排出係数を用いる。

■ 活動量

「生産動態統計年報 化学工業統計編」における無水マレイン酸生産量を使用する。

表 4-33 無水マレイン酸生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
無水マレイン酸生産量	kt	103	116	132	103	93	86	85	87	88	90	89	80	74	87	77

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、排出係数の設定に使用した収率の理論値の上限値・下限値より設定した 213%を使用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5%を採用した。その結果、排出量の不確実性は 213%と評価された。

■ 時系列の一貫性

無水マレイン酸の活動量は、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。

4.3.9. フッ化物製造 (2.B.9.)

4.3.9.1. 副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.ai.)

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) を減じて排出量を算定した。HFC-23 の副生量は、HCFC-22 の製造量に、HFC-23 副生率 (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。

$$E = P_{HCFC-22} \times EF - R$$

E	: HCFC-22 の製造に伴う副生 HFC-23 の排出量 [t]
$P_{HCFC-22}$: HCFC-22 生産量 [t]
EF	: HFC-23 副生率 [%]
R	: 回収・破壊量 [t]

表 4-34 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HCFC-22の生産量	t	60,122	81,000	95,271	65,715	46,149	47,546	51,753	49,116	48,833	52,646	56,933	57,872	44,733	53,326	55,255
HFC-23副生率	%	2.13%	2.13%	1.70%	1.90%	2.01%	1.41%	1.46%	1.46%	1.38%	1.47%	1.80%	1.88%	2.06%	1.81%	2.04%
HCFC-22生産に対する排出割合	%	1.79%	1.79%	1.11%	0.06%	0.01%	0.002%	0.003%	0.004%	0.003%	0.005%	0.001%	0.002%	0.021%	0.017%	0.001%
排出量	t	1,076.27	1,450.00	1,060.00	39.60	3.60	1.10	1.60	2.00	1.60	2.60	0.80	0.90	9.50	8.90	0.30
	kt-CO ₂ 換算	13,346	17,980	13,144	491	45	14	20	25	20	32	10	11	118	110	4

(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 (以下「フロン類等対策ワーキンググループ資料」という)、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 (以下「平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料」という)

(注) 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、及び 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

排出量の不確実性は 2006 年 IPCC ガイドラインの 2%を採用した。

■ 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 4 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確認した上で、インベントリに使用している。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。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

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。

4.3.9.2. 製造時の漏出 (2.B.9.b.)

a) 排出源カテゴリーの説明

HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ 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、NF₃ 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 4-35 HFCs の製造時の漏出の排出量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	1	503	264	407	115	119	91	75	136	86	81	108	69	109	63

(出典)「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) 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 4-36 PFCs の製造時の漏出の排出量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
PFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	304	840	1,499	955	227	100	97	104	88	73	79	58	67	72	67

(出典)「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) 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 4-37 SF₆ の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
SF ₆ の生産量	t	1,848.36	2,392.00	1,556.00	2,313.00	2,201.00	2,128.00	1,997.00	2,027.00	2,002.74	1,680.39	1,658.00	1,573.00	1,260.00	1,307.20	1,229.80
排出量	t	152.23	197.00	36.00	40.80	8.30	4.07	2.70	2.30	2.20	1.78	2.00	1.76	2.28	2.00	1.44
	kt-CO ₂ 換算	3,577	4,630	846	959	195	96	63	54	52	42	47	41	54	47	34

(出典)「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) 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。

表 4-38 NF₃ の製造時の漏出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
NF ₃ の生産量	t	6.00	37.00	208.00	1,663.00	3,642.00	4,148.00	4,660.08	4,963.00	4,365.50	4,649.40	4,718.90	3,828.70	4,037.00	4,191.00	4,172.00
排出量	t	0.16	1.00	7.00	72.10	76.90	86.40	56.09	23.50	25.10	13.61	3.37	1.12	0.88	1.39	1.19
	kt-CO ₂ 換算	3	16	113	1,161	1,238	1,391	903	378	404	219	54	18	14	22	19

(出典)「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)

(注) 2014 年中盤からの除害装置の設置の拡充等により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、NF₃ 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

排出量の不確実性は、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ いずれについても 2006年 IPCC ガイドラインの 2%を採用した。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.3.10. その他 (2.B.10.)

4.3.10.1. 水素製造 (2.B.10.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

天然ガスや石油等の化石燃料を水蒸気改質して水素を製造する際に CO₂ が発生する。なお、石油精製やエチレン製造等においても水素が副生し、回収利用されているが、関連排出量はすでに他のカテゴリーで計上済みであるため、ここでは、水素そのものを得ることを目的として、原料から水素を製造している場合の CO₂ 排出量を対象とする。

b) 方法論

■ 算定方法

水素生産量に生産量当たり排出係数を乗じて排出量を算定する。

■ 排出係数

日本産業・医療ガス協会加盟企業からの報告値に基づく産業ガスメーカーにおける CO₂ 排出量の合計値を、同アンケート結果に基づく水素生産量の合計値で割った生産量当たりの CO₂ 排出量を排出係数とする。

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 4-39 水素製造における排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
水素製造時の排出係数	t-CO ₂ /10 ³ Nm ³	0.82	0.83	0.83	0.88	0.87	0.86	0.85	0.85	0.84	0.86	0.86	0.84	0.83	0.82	0.83

■ 活動量

日本産業・医療ガス協会加盟企業からの報告値に基づく CO₂ 排出を伴う製造プロセスにより生産された水素生産量を使用する。

表 4-40 水素生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
水素生産量	10 ³ Nm ³	7,431	25,116	46,562	37,911	38,889	32,170	28,394	32,257	34,235	34,095	33,574	24,788	23,567	20,348	21,019

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は、エチレン製造の不確実性 77%を使用した。同様に、活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5%を採用した。その結果、水素製造に伴う CO₂ の排出量の不確実性は 77%と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は 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

排出係数が更新されたため、2021 年度について、再計算が行われた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.3.10.2. その他 — 炭酸ガスの利用 (2.B.10.b.-)

石油精製 (1.A.1.b.)、鉄鋼製造 (1.A.2.a.)、アンモニア製造 (2.B.1.) 及び酸化エチレン製造 (2.B.8.d.) カテゴリーにおいて CO₂ 排出量から控除した液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量のうち、化学産業における利用量を本カテゴリーにおいて計上する。詳細は、4.9.1. 節を参照のこと。

4.4. 金属産業 (2.C.)

本カテゴリーは、金属製品の製造過程で大気中に排出される CO₂、CH₄、HFCs、PFCs、SF₆ を扱う。当該カテゴリーは、「鉄鋼製造 (2.C.1.)」、「フェロアロイ製造 (2.C.2.)」、「アルミニウム製造 (2.C.3.)」、「マグネシウム製造 (2.C.4.)」、「鉛製造 (2.C.5.)」、「亜鉛製造 (2.C.6.)」、「希土類金属製造 (2.C.7.a.)」から構成される。

2022 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 5,509 kt-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 0.5% を占めている。このカテゴリーの CO₂ 及び CH₄ について 1990 年度の排出量と比較すると 28.6% の減少となっている。

HFCs、PFCs 及び SF₆ では 1990 年の排出量と比較すると 37.4%の減少となっている。

表 4-41 金属産業 (2.C.) からの排出量

ガス			単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CO ₂	2.C.1	鉄鋼製造における電気炉の使用	kt-CO ₂	298	328	190	231	152	140	160	132	143	170	175	139	91	189	195
		鉄鋼製造における石灰石・ドロマイトの使用	kt-CO ₂	6,884	6,492	6,537	6,222	5,919	5,950	5,861	5,705	5,634	5,542	5,420	5,143	4,799	5,051	4,840
		副生ガスのフレアリング	kt-CO ₂	25	56	102	174	243	256	245	223	213	192	181	168	133	149	136
		その他一炭酸ガスの利用	kt-CO ₂	26	29	28	42	41	40	38	39	41	39	39	44	33	37	37
	2.C.3	アルミニウム製造	kt-CO ₂	58	29	11	11	8	5	1	NO							
合計			kt-CO ₂	7,292	6,935	6,868	6,679	6,363	6,391	6,305	6,098	6,032	5,943	5,815	5,493	5,056	5,427	5,208
CH ₄	2.C.1	鉄鋼製造	kt-CH ₄	0.74	0.72	0.67	0.68	0.59	0.60	0.59	0.55	0.55	0.59	0.60	0.54	0.49	0.56	0.54
	2.C.2	フェロアロイ製造	kt-CH ₄	0.19	0.14	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.10	0.08
	合計			kt-CH ₄	0.92	0.85	0.80	0.80	0.71	0.73	0.71	0.67	0.66	0.70	0.71	0.65	0.57	0.66
合計			kt-CO ₂ 換算	26	24	22	23	20	20	20	19	18	20	20	18	16	19	17
CO ₂ 、CH ₄ 合計			kt-CO ₂ 換算	7,317	6,958	6,891	6,702	6,383	6,412	6,324	6,117	6,050	5,962	5,835	5,512	5,072	5,445	5,226
ガス			単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs	2.C.4	マグネシウム製造	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	NO	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1
PFCs	2.C.3	アルミニウム製造	kt-CO ₂ 換算	301	153	39	32	23	14	3	NO							
SF ₆	2.C.4	マグネシウム製造	t	6.43	5.00	43.00	48.42	12.88	7.00	8.00	10.00	13.80	10.80	12.00	11.00	13.00	14.00	12.00
			kt-CO ₂ 換算	151	118	1,011	1,138	303	165	188	235	324	254	282	259	306	329	282
Fガス合計			kt-CO ₂ 換算	453	271	1,050	1,170	325	180	192	236	325	255	284	260	307	331	283

4.4.1. 鉄鋼製造 (2.C.1.)

「総合エネルギー統計」は、国内のエネルギー需給の状況を表した統計（エネルギーバランス表）である。2006年 IPCC ガイドラインの Vol.3 4.2.1 節で述べられているように、炭素は製鉄プロセスで主に酸化鉄を鉄に変換する還元剤としての役割だけでなく、炭素と酸素が発熱反応したときに熱を供給するエネルギー源としての役割をも果たす。我が国では、還元剤として用いられるコークス等は「総合エネルギー統計」において燃料消費量の内数として含まれ、関連する排出量はエネルギー分野－鉄鋼 (1.A.2.a) で包括的に捕捉している。したがって、還元剤用途からの CO₂ 排出量をエネルギー分野に割り当てても、総排出量に差は生じず、むしろ完全性が確保されるためより正確であり、エネルギー分野－鉄鋼 (1.A.2.a) と IPPU 分野－鉄鋼製造 (2.C.1.) の合計は、2006年 IPCC ガイドラインに沿って計算された排出量と同様である（下表参照）。

表 4-42 鉄鋼製造における CO₂ 排出量 (エネルギー用途と還元剤用途)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.A.2.a (エネルギー分野－鉄鋼)	kt-CO ₂	150,622	142,999	152,022	154,093	153,145	157,541	155,085	148,849	142,731	139,734	136,157	134,124	111,963	124,783	114,875
2.C.1. (IPPU 分野－鉄鋼製造)	kt-CO ₂	7,234	6,905	6,857	6,668	6,355	6,386	6,304	6,098	6,032	5,943	5,815	5,493	5,056	5,427	5,208
CO ₂ 合計	kt-CO ₂	157,856	149,904	158,879	160,761	159,500	163,927	161,389	154,947	148,762	145,677	141,972	139,618	117,019	130,210	120,083

2019年改良 IPCC ガイドライン (Vol.3 4.2.2.5 セクション参照) では、二重計上を避け完全性を確保するために、エネルギー分野及び IPPU 分野の間で排出量が正しく計上されていることをクロスチェックすること、排出量がどのカテゴリで計上されているかを説明することが推奨されており、日本ではエネルギー用途と還元剤用途を完全に区別して計上することは困難であるが、還元剤の消費からの排出量が漏れなく重複なく確実に計上されていることを確認しており、その計上カテゴリについても本 NID において適切に説明している。

また、第 17 回インベントリ主席審査員会合において、次のような合意 (パラ 8(b)) がなされたことに留意する。「主席審査員はまた、締約国が 2006年 IPCC ガイドラインでの勧告とは異なる排出量のアロケーションを行い、排出量を「IE」としてエネルギー又は IPPU 分野に報告する場合、専門家審査チームは、締約国が排出量をどこに含めているか透明性をもって報告しているか、算定の正確性を担保したかを確認すべきである。もしそうではない場合、専門家審査チームは関連の勧告でフォローアップするべきだと結論した。」これは異なる

るアロケーションで報告することも可能であることを示唆している。

なお、主な還元剤（燃料）と製造プロセスの対応関係は、以下のとおり：コークス（鋼製造、銑鉄製造、焼結鉄製造、ペレット製造）、吹込用原料炭・廃プラスチック類（銑鉄製造）。表 3-10 及び表 3-61 も参照。

4.4.1.1. 鋼（2.C.1.a.）

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、燃料の燃焼カテゴリー（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 は燃料の燃焼カテゴリー（1.A.）において既に算定されている。

4.4.1.2. 鉄鋼製造における電気炉の使用（2.C.1.a.）

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、「燃料の燃焼（1.A.）」カテゴリーにて計上されているため、排出量から控除した。

また、アルミニウム製造における炭素電極からの CO₂ 排出量については、アルミニウム製造（2.C.3.）において計上を行い（4.4.3 節参照）、本カテゴリーでは排出量から控除した。

■ 活動量

「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」における炭素電極の生産量、及び「貿易統計」炭素電極輸入量、輸出量を用いた。

表 4-43 電気炉の電極からの CO₂ 排出量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
#A 輸入量	t	12,341	18,463	11,363	15,075	17,321	19,960	19,226	18,209	19,773	16,653	15,720	18,056	17,380	23,099	21,195
#B 国内生産量	t	211,933	186,143	184,728	216,061	205,081	180,322	180,555	151,979	141,193	161,919	160,049	119,233	76,338	103,026	107,547
#C 輸出量	t	87,108	92,812	107,998	138,409	139,757	128,435	121,079	103,834	90,664	104,032	100,268	72,307	44,578	46,239	50,859
#D 電気炉ガス	t	39,983	14,300	33,201	26,700	39,017	32,146	34,760	30,444	31,273	28,049	27,806	27,022	24,397	28,195	24,727
国内消費 （#A + #B - #C - #D）	t	97,184	97,493	54,892	66,028	43,629	39,700	43,941	35,910	39,029	46,491	47,695	37,959	24,743	51,692	53,156
CO ₂ 排出量	kt-CO ₂ 換算	356	357	201	242	160	145	161	132	143	170	175	139	91	189	195

2) CH₄

■ 算定方法

我が国の電気炉施設における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

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（4.3.5.1. b）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 4-44 電気炉における電力消費量

電力消費量	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
電気炉	TJ	57,564	55,986	52,457	52,747	45,793	46,786	46,156	42,919	43,045	46,109	46,697	41,978	38,160	43,839	42,000

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5%と評価された。

■ 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、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。

■ 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「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

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.4.1.3. 銑鉄 (2.C.1.b.)

1) CO₂

銑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、吹込用原料炭、廃プラスチック類が酸化されることで排出される。コークス等の使用量は、燃料の燃焼カテゴリー (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等の酸化により発生する CO₂は燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) において既に算定されている。

2) CH₄

銑鉄の製造に伴う 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。

4.4.1.4. 鉄鋼製造における石灰石・ドロマイトの使用 (2.C.1.b.)

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。

b) 方法論

■ 算定方法

鉄鋼製造において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

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) を参照のこと。

○ ドロマイト

ガラス製造 (2.A.3.) に記載した内容と同一である。4.2.3. b) を参照のこと。

■ 活動量

「不均一価格物量表」における鉄鋼・精錬関連部門に計上された石灰石及びドロマイト消費量のうち、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ー下に計上する。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。

本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とおりである。

表 4-45 「不均一価格物量表」の該当部門

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 鑄鉄品・鍛工品
	2631-02 鉄鋼 鑄管	
	2631-03 鉄鋼 鑄鉄品・鍛工品	
	2711-01 非鉄金属 銅 2711-02 非鉄金属 鉛亜鉛	2711-02 非鉄金属 鉛亜鉛
	2729-03 非鉄金属 非鉄金属素型材	

(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 4-46 石灰石及びドロマイトの消費量（鉄鋼・製錬用）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石灰石消費量 (dry)	kt	14,421	13,588	13,616	12,610	11,813	11,827	11,640	11,329	11,144	10,942	10,680	10,177	9,590	9,995	9,627
ドロマイト消費量 (dry)	kt	1,144	1,089	1,160	1,430	1,532	1,585	1,569	1,529	1,551	1,544	1,532	1,412	1,231	1,388	1,283

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、石灰石、ドロマイトとも 2006 年 IPCC ガイドラインに示された不確実性のデフォルト値 3%を採用した。活動量の不確実性については、石灰石、ドロマイトとも 2006 年 IPCC ガイドラインに示された不確実性のデフォルト値 3%を採用した。その結果、石灰石の排出量の不確実性は 4%、ドロマイトの排出量の不確実性は 4%と評価された。

■ 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

「不均一価格物量表」における石灰石 (2020~2021 年度) 及びドロマイト (2021 年度) の消費量が更新されたため、CO₂ 排出量の再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.4.1.5. 鉄鋼製造における副生ガスのフレアリングからの排出 (2.C.1.b.)

a) 排出源カテゴリーの説明

鉄鋼製造時に発生する副生ガス (高炉ガス及び転炉ガス) が、緊急時あるいはメンテナンス時におけるフレアリングにより消費される際に CO₂ が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

2019 年改良 IPCC ガイドラインに示された Tier 1 算定方法に基づき、副生ガスのフレアリング処理量に、副生ガス種別の発熱量及び炭素排出係数を乗じて算定する。(下式)

なお、日本鉄鋼連盟の調査によると、高炉ガス及び転炉ガスのフレアリング処理量の一部は「総合エネルギー統計」に含まれており、燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) において既に計上されている。従って、本サブカテゴリーでは「総合エネルギー統計」に計上されていないフレアリング処理量からの CO₂ 排出量を計上する。

$$E = \sum_i (AD \times GCV \times EF \times 44/12)$$

- E : 副生ガスのフレアリング処理に伴う CO₂ 排出量 [kt-CO₂]
 i : 副生ガス種
 AD : 「総合エネルギー統計」に計上されていない副生ガスのフレアリング処理量 [MNm³]
 GCV : 発熱量 [MJ/m³]
 EF : 炭素排出係数 [t-C/GJ]

■ 排出係数

燃料の燃焼カテゴリー（1.A.）からの CO₂ 排出量の算定に用いている炭素排出係数及び発熱量（表 3-11、3-19 参照）と同じ値を用いた。

■ 活動量

日本鉄鋼連盟調査によるフレアリング総処理量のうちの「総合エネルギー統計」への未計上分を活動量に使用する。なお、未計上分が把握されているのは 2020 年度に限られるため、その他の年度については、フレアリング総処理量に 2020 年度の未計上分の割合を乗じて推計する。フレアリング総処理量についても把握されているのは、1990、2000、2010 及び 2020 年度に限られるため、その他の年度は「総合エネルギー統計」における副生ガスの発生量にフレアリング処理割合を乗じて推計する。各年度のフレアリング処理割合は、1990、2000、2010 及び 2020 年度のフレアリング処理割合から内挿する。

表 4-47 「総合エネルギー統計」への未計上分のフレアリング処理量の推計結果

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
高炉ガス	百万Nm ³	23	22	22	29	36	37	35	31	29	26	24	22	16	19	17
転炉ガス	百万Nm ³	14	41	80	139	195	211	203	185	177	159	150	139	111	124	113

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、転炉ガスの炭素排出係数の 95% 信頼区間の上限値・下限値より設定した。活動量は「総合エネルギー統計」の値を使用し推計しており、活動量の不確実性については、2019 年改良 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値（-10～+10%）を採用した。その結果、排出量の不確実性は 11% と評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は、日本鉄鋼連盟及び「総合エネルギー統計」によるデータをもとに、1990 年度から一貫した方法で推計している。また、排出係数は 1990 年度から「総合エネルギー統計」に基づいて設定している。

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。

4.4.1.6. 直接還元鉄（2.C.1.c.）

直接還元鉄の製造に伴い、還元剤として使用される天然ガスや石炭が酸化されることで

CO₂、CH₄が排出される。ただし、我が国において、これまで還元鉄の生産実績はないことから、「NO」と報告している。

4.4.1.7. 焼結鉱 (2.C.1.d.)

焼結鉱の製造により発生する CO₂、CH₄は、粉鉱石を粉コークスで燃焼することにより発生するものであり、その排出は燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) に該当する。当該排出量は、燃料の燃焼カテゴリー (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。

なお、焼結鉱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、「鉄鋼製造における石灰石・ドロマイトの使用 (2.C.1.b.)」で計上している。

4.4.1.8. ペレット (2.C.1.e.)

ペレットの製造により発生する CO₂、CH₄は、微粉鉱石をコークスで燃焼することにより発生するものであり、その排出は燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) に該当する。当該排出量は、燃料の燃焼カテゴリー (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。

なお、ペレット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、「鉄鋼製造における石灰石・ドロマイトの使用 (2.C.1.b.)」で計上している。

4.4.1.9. その他 — 炭酸ガスの利用 (2.C.1.f.-)

石油精製 (1.A.1.b.)、鉄鋼製造 (1.A.2.a.)、アンモニア製造 (2.B.1.) 及び酸化エチレン製造 (2.B.8.d.) カテゴリーにおいて CO₂ 排出量から控除した液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量のうち、鉄鋼製造における利用量を本カテゴリーにおいて計上する。詳細は 4.9.1. 節を参照のこと。

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、燃料の燃焼カテゴリー (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は燃料の燃焼カテゴリー (1.A.) において既に算定されている。なお、コークス起源の CO₂ 排出量の計上先に関する考え方は鉄鋼製造と同様である。フェロアロイ製造において使用される還元剤については、表 3-10 を参照。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。

スラグ形成材料として投入されている石灰石及びドロマイトに由来する CO₂については、「鉄鋼製造 (2.C.1.)」からの製造時に使用する石灰石及びドロマイトに由来する CO₂ 排出量として計上済みである。

上記のことから、CO₂ 排出量は「IE」と報告している。

なお、鉱石に含有される炭素については、我が国のフェロアロイの主要な原料（現在は輸入マンガン鉱、ニッケル鉱、クロム鉱）は、いずれも炭酸塩鉱物として輸入されることはほ

とんどないと考えられ⁵、「鉱物資源マテリアルフロー」等の公的情報ソースから算定に使用可能な流通量のデータも得られないことから算定していない。

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、我が国の電気炉施設における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。

この排出係数は、CH₄の実測濃度、単位時間あたり実測乾き排ガス量、単位時間あたり発生熱量、電力消費量あたり発生熱量を用いて構築されたものであり、そのため電気(TJ)あたりである必要がある。また、炉のオペレーションやフェロアロイの種類によって電力消費量は変化するため、入手可能なより正確な活動量として生産量ではなく電力消費量を使用している。この排出係数は実測時の日本全体の平均的な炉のオペレーションやフェロアロイの種類を反映したものである。以下に、排出係数の導出過程を記す。

$$EF = C_{CH_4} \times G \times MW / V_m / H$$

EF	: 排出係数 [kg-CH ₄ /TJ]
C _{CH₄}	: 排ガス中の実測CH ₄ 濃度 [ppm]
G	: 単位時間あたりの実測乾き排ガス量 [m ³ N/h]
MW	: CH ₄ の分子量=16 [g/mol]
V _m	: 理想気体1モルの標準状態での体積=22.4 [10 ⁻³ m ³ /mol]
H	: 単位時間あたりの発生熱量 [MJ/h]

上記のパラメータのいくつかは実測値を用いて設定したが、その実測作業は、代表性のあるサンプル取得に努めるなど、おおむね2006年IPCCガイドラインのガイダンスに沿う形で実施された。

■ 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 4-48 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
電気炉 (フェロアロイ)	TJ	14,456	10,699	10,181	10,072	9,510	9,956	9,102	9,228	8,507	8,362	8,894	8,766	6,404	8,017	5,909

⁵我が国で流通しているマンガングンの多くが高品位の酸化マンガングン(MnO₂)であり、低品位の炭酸マンガングンは少ないとみられる。

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。

■ 時系列の一貫性

フェロアロイ製造の活動量は「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

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.)

4.4.3.1. 副次的排出 (2.C.3.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

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。なお、2019 年改良 IPCC ガイドラインでは、アルミニウム精錬において原料として使用されるアルミナの製造からの CO₂ 排出量の算定方法が示されているが、我が国における製造方法である従来型のバイヤー法については示されていない。

また、氷晶石などのフッ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

CO₂ 排出量は、2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法に基づき、一次精錬によるアルミニウム生産量に生産量当たりの CO₂ 排出係数を乗じることで算定する。

PFC 排出量は、アルミニウムの一次精錬による生産量に 2019 年改良 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算定した。なお、アルミニウム協会によると、日本国内において低電圧によるアルミニウムの製造実態はない。

また 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

2006 年 IPCC ガイドラインの CO₂ デフォルト排出係数である 1.7 t-CO₂/t (Soderberg 技術) を使用する。

2019 年改良 IPCC ガイドラインの Tier 2a 手法において規定された算定式と技術毎に設定されている係数、ガス重量比等を用いて、PFC 排出係数を設定した。排出係数は下表のとおり。1990～1994 年については、1995 年の排出係数を用いている。

表 4-49 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	2010	2013	2014	2015以降
PFC-14 (CF ₄) 発生係数	kg-PFC-14/t	1.181	1.181	0.804	0.663	0.647	0.643	0.643	NA
PFC-116 (C ₂ F ₆) 発生係数	kg-PFC-116/t	0.091	0.091	0.062	0.051	0.050	0.050	0.050	NA
アルミニウム生産量	t	34,100	17,338	6,500	6,490	4,670	2,950	588	0

(出典) 経済産業省「資源統計年報」、「フロン類等対策ワーキンググループ資料」

■ 活動量

「資源統計年報」(1995～1997年)、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。(2014年に生産終了)

1990～1994年については、「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

CO₂の排出係数、及び活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の10%及び2%をそれぞれ採用した。その結果、排出量の不確実性は10%と評価された。

PFCの排出係数、及び活動量の不確実性は、2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値の-47%～+28%及び2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の2%をそれぞれ採用した。その結果、排出量の不確実性は-47%～+28%と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出—HCFC-22の製造(2.B.9.a.i.)に記載した内容と同一である。4.3.9.1.c)節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出—HCFC-22の製造(2.B.9.a.i.)に記載した内容と同一である。4.3.9.1.d)節を参照のこと。

e) 再計算

排出係数の修正に伴い、1990～1994年について PFC 排出量の再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.4.3.2. 鋳造時の F ガスの使用 (2.C.3.b.)

我が国における、アルミニウム鋳造時の 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. マグネシウム製造 (2.C.4.)

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 HFCs、SF₆ 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 HFCs、SF₆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 HFCs、SF₆ 排出については、「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 4-50 マグネシウムの鋳造に伴う HFCs、SF₆排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-134a使用量	t	0	0	0	0	0	0.9	0.9	0.6	0.8	1.0	1.2	1.0	0.9	1.2	0.9
SF ₆ 使用量	t	6.4	5.0	43.0	48.4	12.9	7.0	8.0	10.0	13.8	10.8	12.0	11.0	13.0	14.0	12.0

(出典)「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 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其他ダイカスト生産量（アルミニウム、亜鉛以外）、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

排出量の不確実性は 2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 2 手法の上限値の 5%を採用した。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.4.5. 鉛製造 (2.C.5.)

鉛製造で発生する CO₂ は、還元剤として利用されるコークスが酸化されることで排出される。鉛の製造で使用される還元剤としてのコークス消費量は、石油等消費動態統計における非鉄金属地金工業の燃料区分である「直接加熱用」に含まれており、エネルギー部門における製造業・建設業 (1.A.2) で既に排出量として計上されているため、「IE」として報告する。なお、コークス起源の CO₂ 排出量の計上先に関する考え方は鉄鋼製造と同様である。

4.4.6. 亜鉛製造 (2.C.6.)

鉛と同様に、亜鉛の製造に伴い発生する CO₂ は、還元剤として利用されるコークスが酸化されることで排出される。亜鉛の製造で使用される還元剤としてのコークス消費量は、石油等消費動態統計における非鉄金属地金工業の燃料区分である「直接加熱用」に含まれており、エネルギー部門における製造業・建設業 (1.A.2) で既に排出量として計上されているため、「IE」として報告する。なお、コークス起源の CO₂ 排出量の計上先に関する考え方は鉄鋼製

造と同様である。

なお、鉱石中に炭素を含む菱亜鉛鉱（ $ZnCO_3$ ）を原料として用いた場合、還元過程で鉱石由来の CO_2 が発生する可能性があるが、現在我が国で菱亜鉛鉱を使用している例は存在しない。

4.4.7. その他 — 希土類金属製造（2.C.7.a.）

希土類金属及びその合金の精錬では、原料である希土類金属酸化物を熔融塩電解により希土類金属に変換する電解反応において、陽極の炭素電極が消費されることで CO_2 が大気中に排出される。

また、希土類フッ化物とフッ化リチウムを溶かした電解浴を使用するため、陽極効果が生じた際に、熔融フッ化物と陽極の炭素が反応することで PFCs が生成、排出される。

我が国における希土類元素の精錬状況に関する新金属協会へのヒアリング結果に基づき、2019年改良 IPCC ガイドラインに示されている Tier 1 算定方法を用いて CO_2 及び PFCs 排出量を試算した。排出量はそれぞれ算定方法検討会で定めた算定対象となる 3,000 t- CO_2 換算を超えないため、重要でないという意味での「NE」として報告する（別添6参照）。

4.5. 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用（2.D.）

本カテゴリーでは、燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用により大気中に排出される CO_2 を扱う。当該カテゴリーでは、「潤滑油の使用（2.D.1.）」、「パラフィンろうの使用（2.D.2.）」、「その他（2.D.3.）」から構成される。

2022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 2,328 kt- CO_2 であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCF 分野を除く）の 0.2% を占めている。1990年度比の排出量と比較すると 5.5% の増加となっている。

表 4-51 燃料からの非エネルギー製品及び溶剤の使用（2.D.）からの排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
CO_2	2.D.1	潤滑油の使用	kt- CO_2	510	527	532	491	451	397	387	358	338	342	373	371	358	351	315
	2.D.2	パラフィンろうの使用	kt- CO_2	50	37	36	36	35	28	26	25	24	24	26	27	23	28	23
	2.D.3	その他	尿素触媒	NO	NO	NO	0	3	8	10	12	15	17	20	24	25	29	32
			NMVOCの焼却	kt- CO_2	1,648	1,986	2,273	2,504	2,410	2,385	2,234	2,213	2,323	2,426	2,456	2,344	2,115	2,087
	合計		kt- CO_2	2,207	2,551	2,841	3,031	2,898	2,817	2,657	2,608	2,700	2,809	2,875	2,766	2,521	2,495	2,328

4.5.1. 潤滑油の使用（2.D.1.）

a) 排出源カテゴリーの説明

潤滑油・グリースの使用時の酸化に伴い、 CO_2 が排出される。なお、全損タイプのエンジン油はエネルギー分野で報告し（1.A.3 参照）、全損タイプ以外のエンジン油は本分野で報告する。 CH_4 と N_2O 排出量については、2006年 IPCC ガイドラインに算定方法が示されていないため、「NE」として報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインに示された Tier 2 手法に基づき、潤滑油・グリースの油種別消費量に、油種別の炭素含有量及び ODU 係数を乗じて排出量を算定した。（下式）

$$E = \sum_i (LC_i \times CC_i \times ODU_i \times 44/12)$$

- E : 潤滑油・グリースの使用中の酸化に伴う排出量 [kt-CO₂]
- LC_i : 潤滑油・グリース消費量 [TJ]
- CC_i : 潤滑油・グリースの炭素含有量 [kt-C/TJ]
- ODU_i : ODU (Oxidized During Use) 係数
- i : 潤滑油・グリースの油種

■ 排出係数

炭素含有量については、「総合エネルギー統計」に示された潤滑油及び他重質石油製品の炭素排出係数を用いる。ODU 係数については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値（潤滑油：0.2、グリース：0.05）を用いる。

■ 活動量

潤滑油は、各エンジン油の消費量から全損タイプの消費量（3.2.8 節「活動量」参照）を減じて全損タイプ以外の消費量を算出する。

グリースの消費量は、経済産業省「資源・エネルギー統計年報」及び経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」に示されたグリースの国内向販売量に、「総合エネルギー統計」に示された他重質石油製品の発熱量を乗じた値を用いる。但し、1992～1999 年度については、同出典にグリースの国内向販売量のデータが掲載されていないため、同出典に示されたグリースの「年初在庫・生産量・輸入量の和」から「輸出量・年末在庫の和」を減じた量を用いてグリースの国内向販売量を推計する。

表 4-52 全損タイプ以外のエンジン油、グリース消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
全損タイプ以外のエンジン油消費量	TJ	35,328	36,727	37,057	34,083	31,256	26,582	25,928	23,897	22,607	22,888	25,003	24,929	24,040	23,538	21,077
グリース消費量	TJ	3,152	2,503	2,435	2,658	2,622	2,478	2,486	2,464	2,337	2,164	2,146	1,945	1,863	1,998	1,914

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、潤滑油、グリースともに 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 50%を採用した。活動量の不確実性については、潤滑油、グリースともに 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5%を採用した。その結果、潤滑油、グリースともに排出量の不確実性評価は 50%として評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」等をもとに、1990 年度値から可能な限り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

全損タイプ以外のエンジン油消費量の更新に伴い全年にわたり再計算が生じた。2021 年について排出係数の更新も再計算に寄与した。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.5.2. パラフィンろうの使用 (2.D.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

パラフィンろうの使用時の酸化に伴い、CO₂が排出される。CH₄とN₂O排出量については、2006年IPCCガイドラインに算定方法が示されていないため、「NE」として報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのTier 1手法に基づき算定する。(下式)

$$E_{CO_2} = PW \times CC_{Wax} \times ODU_{Wax} \times 44/12$$

E_{CO_2} : パラフィンろうの使用に伴う排出量 [t-CO₂]

PW : パラフィンろう消費量 [TJ]

CC_{Wax} : パラフィンろうの炭素含有量 [kg-C/GJ]

ODU_{Wax} : ODU (Oxidized During Use) 係数

■ 排出係数

炭素含有量は、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」における他重質石油製品の炭素排出係数を用いる。ODU係数は、2006年IPCCガイドラインのデフォルト値(0.2)を使用する。

■ 活動量

「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」におけるパラフィンの国内向け販売量全量に、「総合エネルギー統計」における他重質石油製品の発熱量を乗じて算定する。

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、2006年IPCCガイドラインのデフォルト値の100%を採用した。活動量の不確実性については、2006年IPCCガイドラインのデフォルト値の5%を採用した。その結果、排出量の不確実性評価は100%として評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「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

2021年度について、活動量及び排出係数の更新に伴い再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.5.3. その他 (2.D.3.)

4.5.3.1. 道路舗装 (2.D.3.b.)

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ため排出量は算定していない。

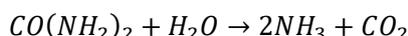
4.5.3.2. アスファルト屋根材 (2.D.3.c.)

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ため排出量は算定していない。

4.5.3.3. 触媒として使用される尿素 (2.D.3.d.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

自動車の尿素 SCR システムは、アンモニアにより排ガス中の NO_x を還元し、N₂と H₂O に分解することで NO_x 排出量を削減する技術である。尿素水を高温排気ガス中に噴射することで加水分解させ、アンモニアガスを得るが、その際に下式の反応式に従い CO₂が排出される。



b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの手法に基づき算定する。(下式)

$$E_{CO_2} = AD \times 12/60 \times P \times 44/12$$

AD : 尿素 SCR システムにおける尿素系添加剤消費量 [kt]

P : 尿素系添加剤中の尿素割合 [%] (デフォルト値: 32.5%)

■ 排出係数

尿素系添加剤中の尿素割合 P については、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値 32.5%を使用する。

■ 活動量

自動車工業会提供による尿素 SCR システム搭載車の累積販売台数に、1台当たり軽油消費量を乗じ、軽油に対する尿素系添加剤の消費割合を乗じて尿素系添加剤消費量を算出した⁶。

$$AD = \sum_i (N_i \times L_i \times R \times D)$$

AD : 尿素 SCR システムにおける尿素系添加剤消費量 [kt]

N : 尿素 SCR 搭載自動車の累積販売台数 [千台]

L : 1台当たり軽油消費量 [kL/台]

R : 軽油に対する尿素系添加剤の消費割合 [%]

D : 軽油密度 [t/kL]

⁶ 国内で生産される尿素は、アンモニアの製造工程において副生した CO₂を回収して原料としており、当該 CO₂排出量は「2.B.1.アンモニア製造」の排出量から控除されている。

i : 車種 (普通貨物車・バス・特種用途車)

表 4-53 尿素系添加剤消費量の算定における各パラメータの出典・設定方法

項目	出典・設定方法
尿素 SCR システム搭載車の累積販売台数 [千台]	日本自動車工業会提供データ。
1 台当たり軽油消費量 [kL/台]	国土交通省「自動車輸送統計年報」・「自動車燃料消費量統計年報」に基づく総軽油消費量を総登録台数で割って算定。
軽油に対する尿素系添加剤の消費割合 [%]	2006 年 IPCC ガイドラインに記載の 1~3% の中央値として 2%。
軽油密度 [t/kL]	「総合エネルギー統計の解説」を基に 0.8831 t/kL と設定。

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、2006 年 IPCC ガイドラインの自動車の燃料起源のデフォルト値の 5% を採用した。活動量の不確実性については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の 5% を採用した。その結果、排出量の不確実性評価は 7% として評価された。

■ 時系列の一貫性

活動量は日本自動車工業会提供データ等をもとに、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。

4.5.3.4. NMVOC の焼却 (2.D.3.d.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

溶剤使用施設等における NMVOC の焼却処理に伴い CO₂ が排出される。なお、CH₄ 及び N₂O については、排出量推計結果が算定方法検討会で定めた算定対象となる 3,000 t-CO₂ 換算を下回ったことから、重要でないという意味での「NE」として報告する (別添 6 参照)。

b) 方法論

■ 算定方法

塗料、洗浄剤、印刷、化学製品、その他の 5 種類の用途別に、溶剤の国内供給量、大気への排出量、マテリアルリサイクル量をそれぞれ推計し、溶剤の国内供給量から大気への排出量とマテリアルリサイクル量を差し引くことで焼却処理量を導いて、NMVOC の焼却処理に伴う CO₂ 排出量を算定した。なお、一部の使用済み溶剤の焼却からの CO₂ 排出量については、エネルギー分野 (原燃料利用) 及び廃棄物分野 (廃棄物の焼却 (エネルギー回収を伴わない)) で既に計上しているため、本カテゴリーの排出から控除する。

$$E_{CO_2} = \sum_i (I_i \times C_i \times 44/12)$$

E_{CO_2} : NMVOC の焼却処理に伴う CO₂ 排出量 [t]

I_i : 用途 i における NMVOC 焼却処理量 [t]
 C_i : 用途 i における NMVOC の平均炭素含有率

ここで、

$$I_i = S_i - E_i - R_i$$

I_i : 用途 i における NMVOC 焼却処理量 [t]
 S_i : 用途 i における溶剤の国内供給量 [t]
 E_i : 用途 i における大気中への NMVOC 排出量 [t]
 R_i : 用途 i におけるマテリアルリサイクル量 [t]

■ 排出係数

「NMVOC 中の平均炭素含有率」については、各排出源から排出される NMVOC 各物質の炭素含有率を各物質の構成比率を用いて加重平均して算出した値を使用した。（間接 CO₂ への換算に用いた値と共通の値を使用）各物質の炭素含有率は分子式より設定し、各排出源に含まれる物質及びその構成比は、VOC 排出インベントリ等、各種資料より推定した。2015 年度以降は、本カテゴリーの平均炭素含有率（0.64）を用いる。

■ 活動量

各パラメータの設定方法は以下のとおりである。

○ 用途 i における溶剤の国内供給量

塗料については、日本塗料工業会「塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」における塗料中溶剤合計及び日本塗料工業会「塗料製造業実態調査」における塗料関係のシンナー出荷数量のデータ等を用いた。洗浄剤、印刷、化学製品、その他については、VOC 排出インベントリ報告書（平成 19 年 3 月、環境省）の用途別全国溶剤販売量のデータ及び重化学工業通信社「日本の石油化学工業」に記載のアセトンの「その他」用途の需要量のデータ等を用いた。（いずれもデータの無い年については内挿、製品販売数量等を使用した外挿にて推計）

○ 用途 i における大気中への NMVOC 排出量

大気への NMVOC 排出量 E_i については、排出源別 NMVOC 排出量を使用した。（算定方法の詳細は別添 5 参照）

○ 用途 i におけるマテリアルリサイクル量

用途 i の 2011 年度における溶剤の国内供給量に、用途 i の 2011 年度における溶剤供給量に対する用途 i の 2011 年度における外部リサイクル量（日本溶剤リサイクル工業会「有機溶剤使用量・排出処理に関する調査（2012 年 5 月）」）の比を乗じることによって、用途 i の 2011 年度の溶剤のマテリアルリサイクル量を推計し、これに溶剤回収量の 2011 年度からの伸び率（日本溶剤リサイクル工業会「溶剤リサイクル数量調査」に基づく）を乗じて推計した。

表 4-54 NMVOC 焼却処理量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
塗料	kt	266	289	331	339	296	263	260	285	303	329	308	304	286	267	275
洗浄剤	kt	85	100	90	108	65	45	48	46	53	55	55	53	50	42	43
印刷	kt	172	195	237	234	231	232	220	219	210	210	202	191	164	169	163
化学製品	kt	51	79	131	150	182	190	183	193	201	204	221	207	193	205	199
その他	kt	155	208	209	302	336	366	346	367	381	394	424	413	369	380	370

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、特別管理産業廃棄物（廃油）の不確実性 2%を採用した。活動量の不確実性については、特別管理産業廃棄物（廃油）の不確実性 60%を採用した。その結果、排出量の不確実性評価は 60%として評価された。

■ 時系列の一貫性

1990 年度値から可能な限り一貫した方法、活動量・排出係数データを使用して、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

VOC インベントリ及び化学工業統計等の更新により、溶剤の国内供給量及び大気中への NMVOC 排出量が更新され、2018～2021 年度について再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.6. 電子産業（2.E.）

本カテゴリーでは、各製品の製造時に大気中に排出される N₂O、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ を扱う。当該カテゴリーでは、「半導体（2.E.1.）」、「液晶（2.E.2.）」、「太陽光発電（2.E.3.）」、「熱伝導流体（2.E.4.）」、「微小電気機械システム（MEMS）製造（2.E.5.）」から構成される。

2022 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 2,788 kt-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 0.2%を占めている。このカテゴリーの N₂O について 1990 年の排出量と比較すると 33.8 倍となっている。HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ では 1990 年の排出量と比較すると 0.2%の減少となっている。

表 4-55 電子産業（2.E.）からの排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
N ₂ O	2.E.1 半導体	kt-N ₂ O	0.05	0.10	0.15	0.38	0.60	0.95	0.99	1.13	1.22	1.18	1.03	1.04	1.14	1.63	1.69
	合計	kt-CO ₂ 換算	13	25	39	99	160	252	263	299	323	312	273	276	302	431	448
ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs	2.E.1 半導体	kt-CO ₂ 換算	55	415	432	312	217	129	129	124	141	152	142	132	150	110	96
	2.E.2 液晶	kt-CO ₂ 換算	0.001	0.2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
	合計	kt-CO ₂ 換算	55	416	434	315	220	131	131	126	143	153	144	133	151	111	97
PFCs	2.E.1 半導体	kt-CO ₂ 換算	1,286	3,443	5,905	4,126	1,973	1,393	1,461	1,429	1,551	1,655	1,627	1,549	1,675	1,413	1,452
	2.E.2 液晶	kt-CO ₂ 換算	28	78	192	137	42	68	81	78	64	76	71	67	69	70	52
	合計	kt-CO ₂ 換算	1,314	3,521	6,097	4,263	2,015	1,461	1,542	1,507	1,615	1,731	1,698	1,617	1,744	1,483	1,503
SF ₆	2.E.1 半導体	t	35.65	46.13	67.73	49.94	20.14	15.15	14.09	15.18	16.07	16.71	14.42	13.44	14.60	12.78	12.73
	2.E.2 液晶	t	4.81	6.22	38.48	31.22	11.79	7.45	8.38	8.39	6.87	7.13	7.32	6.45	6.09	5.64	5.28
	合計	t	40.46	52.36	106.21	81.16	31.93	22.60	22.47	23.57	22.94	23.84	21.74	19.89	20.69	18.42	18.01
	合計	kt-CO ₂ 換算	951	1,230	2,496	1,907	750	531	528	554	539	560	511	467	486	433	423
NF ₃	2.E.1 半導体	t	1.43	8.81	5.21	8.43	9.98	5.79	7.10	7.78	9.88	10.38	12.55	13.75	16.20	18.10	18.83
	2.E.2 液晶	t	0.15	0.91	3.83	4.10	1.53	1.24	1.52	1.29	1.14	1.28	1.23	1.09	1.10	1.10	0.87
	合計	t	1.58	9.71	9.04	12.53	11.51	7.03	8.62	9.07	11.02	11.66	13.78	14.83	17.31	19.20	19.70
	合計	kt-CO ₂ 換算	25	156	145	202	185	113	139	146	177	188	222	239	279	309	317
Fガス合計		kt-CO ₂ 換算	2,346	5,323	9,172	6,687	3,170	2,237	2,340	2,332	2,474	2,632	2,574	2,456	2,660	2,336	2,341

4.6.1. 半導体 (2.E.1.)

a) 排出源カテゴリーの説明

半導体・液晶製造工程における絶縁酸化膜形成のための酸化剤として N_2O が使用されるが、未反応分が大気中に排出されているとみられる。

また、半導体の製造時に HFCs (HFC-23、HFC-32、HFC-41)、PFCs (PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-c318)、 SF_6 、 NF_3 が排出される。

b) 方法論

1) N_2O

■ 算定方法

半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量全量を排出量とする。

$$E = AD$$

E : 半導体・液晶製造における N_2O 排出量

AD : 半導体・液晶製造向け N_2O 出荷量

■ 排出係数

活動量＝排出量とするため、排出係数は設定しない。

■ 活動量

日本産業・医療ガス協会ウェブサイトにおいて報告されている半導体・液晶製造用 N_2O 出荷量を活動量とする。

2) HFCs、PFCs、 SF_6 、 NF_3

■ 算定方法

2019年改良 IPCC ガイドラインの Tier 2a 算定方法に基づき、排出量を算定した。

$$E_{total} = \sum_i (E_i) + \sum_k (BPE_k) + \sum_i (EAB_i)$$

$$E_i = FC_i \times (1 - h_i) \times (1 - U_i) \times (1 - a_i \times d_i \times UT)$$

$$BPE_k = \sum_i (FC_i \times B_{i,k} \times (1 - h_i) \times (1 - a_i \times d_i \times UT))$$

$$EAB_i = FC_i \times (1 - h_i) \times (1 - U_i) \times (1 - \eta) \times AB_{i,CF_4}$$

E_{total} : 半導体製造からの排出量

E_i : 製造プロセスに投入されたガス i の未反応分からの排出量

BPE_k : 投入ガス i の変換により生成される副生ガス k からの排出量

EAB_i : F_2 またはリモートプラズマでの NF_3 の処理プロセス時における燃焼除害装置からの CF_4 排出量

i : 投入ガス (HFC-23、HFC-32、HFC-41、PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-c318、 SF_6 、 NF_3 、 C_3F_8 、 C_4F_6 、 F_2 、 COF_2)

k : 副生ガス (HFC-23、HFC-32、HFC-41、PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-c318)

FC : ガス購入量¹⁾

h : ヒールファクター²⁾

U : 反応消費率³⁾

a : 除害装置設置率²⁾

d : 除害効率³⁾

UT : 除害装置稼働率²⁾

B : 副生成物発生率³⁾

η : 燃焼除害装置から CF_4 が発生しないことが確認されている設備の割合 (0%)²⁾

AB : 燃焼除害装置からの CF_4 発生率 (NF_3 Remote : 9.3%、 F_2 : 11.6%)⁴⁾

(出典) 1) 電子情報技術産業協会によるデータ

2) 経済産業省提供データ

- 3) 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Vol.3 Table 6.7 及び Table 6.17)
 4) 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Vol.3 p 6.30)

ヒール（容器への残存分）の取り扱いについては、容器に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「フッ化物製造—製造時の漏出 (2.B.9.)」で計上されている。

関連指標を下表に示す。なお、除害装置設置率は秘匿である。

表 4-56 半導体製造時の F ガス排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-23の購入量	t	0.1	48	49	42	67	67	77	86	83	84	85	73	81	90	96
HFC-32の購入量	t	0	0	0	0	0	0	0	0	13	26	54	76	95	117	130
HFC-41の購入量	t	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	14	19	25	28	29
PFC-14の購入量	t	113	313	300	232	265	218	254	285	317	365	376	369	407	421	424
PFC-116の購入量	t	76	210	561	393	194	118	105	96	102	126	93	80	86	77	76
PFC-218の購入量	t	0.01	0.03	10	182	167	106	117	111	108	130	127	108	106	111	112
PFC-c318の購入量	t	0.2	0.6	39	25	36	42	53	63	70	107	167	208	266	310	382
SF ₆ の購入量	t	70	91	132	97	77	58	65	68	73	87	87	84	96	95	106
NF ₃ の購入量	t	9	54	106	407	861	905	1,055	1,232	1,310	1,597	1,876	2,010	2,283	2,561	2,692
C ₂ F ₈ の購入量	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.8	0.5	1	1
C ₄ F ₆ の購入量	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128	190	247	313	312
COF ₂ 、F ₂ の購入量	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	12
ヒールファクター	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
除害装置稼働率	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
燃焼除害装置からCF ₄ が発生しないことが確認されている設備の割合	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
HFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	55	415	432	312	217	129	129	124	141	152	142	132	150	110	96
PFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	1,286	3,443	5,905	4,126	1,973	1,393	1,461	1,429	1,551	1,655	1,627	1,549	1,675	1,413	1,452
SF ₆ 排出量	kt-CO ₂ 換算	838	1,084	1,592	1,174	473	356	331	357	378	393	339	316	343	300	299
NF ₃ 排出量	kt-CO ₂ 換算	23	142	84	136	161	93	114	125	159	167	202	221	261	291	303

(出典) 「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-57 半導体製造時のガスの反応消費率及び除害効率

ガス	反応消費率	除害効率	ガス	反応消費率	除害効率
HFC-23	53%	98%	PFC-c318	87%	98%
HFC-32	80%	98%	SF ₆	45%	95%
HFC-41	65%	98%	NF ₃	82%	95%
PFC-14	27%	89%	NF ₃ remote	98%	-
PFC-116	45%	95%	F ₂ 、COF ₂	20%	-
PFC-218	60%	99%			

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Vol.3 Table 6.7 及び Table 6.17)。

表 4-58 半導体製造時の HFCs、PFCs 副生率

投入ガス 副生ガス	HFC-23	HFC-32	HFC-41	PFC-14	PFC-116	PFC-218	PFC-c318
HFC-23	NA	5.7%	1.5%	4%	0.2%	0.00012%	2.2%
HFC-32	0.082%	NA	0.21%	0.57%	NA	NA	0.026%
HFC-41	0.43%	0.43%	NA	0.21%	NA	NA	0.04%
PFC-14	8.2%	6.1%	2.8%	NA	19%	20%	9.9%
PFC-116	4.5%	4.4%	1%	4.3%	NA	0.0018%	2%
PFC-218	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
PFC-c318	0.021%	7.1%	0.65%	0.14%	NA	NA	NA

表 4-58 半導体製造時の HFCs、PFCs 副生率 (続き)

投入ガス 副生ガス	C ₅ F ₈	C ₄ F ₆	NF ₃	NF ₃ Remote	SF ₆	F ₂ 、COF ₂
HFC-23	0.53%	1.8%	0.68%	NA	0.14%	NA
HFC-32	NA	0.003%	0.023%	NA	0.00021%	NA
HFC-41	NA	0.064%	0.22%	NA	0.09%	NA
PFC-14	5.3%	6%	6.7%	3.4%	12%	15%
PFC-116	4.7%	6.3%	1.4%	NA	9.5%	5%
PFC-218	0.0055%	NA	NA	NA	NA	NA
PFC-c318	NA	0.51%	NA	NA	NA	NA

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (Vol.3 Table 6.7)。

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、NF₃ 排出量と比例すると考えられる入手可能な HFCs、PFCs、SF₆ 国内出荷量、及び NF₃ 生産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・液晶製造工程において使用される N₂O は、全量が大気中に放出されるとして排出量を算定しており、排出係数が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。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値 5%を採用した。

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を用い、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ についてそれぞれ 100%、80%、300%、70%を使用した。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインの不確実性の上限値 10%を HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ 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、NF₃ についてそれぞれ 100%、81%、300%、71%と評価された。

■ 時系列の一貫性

N₂O については、1990年以來半導体・液晶製造用 N₂O 出荷量は日本産業・医療ガス協会において報告されているものを一貫して使用している。

HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ については、フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1.c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

N₂O については、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。

HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ については、フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造

(2.B.9.a.i.)に記載した内容と同一である。4.3.9.1.d)節を参照のこと。

e) 再計算

算定方法の改定に伴い全年にわたり HFCs、PFCs、SF₆、NF₃の再計算が生じた。再計算の影響の程度については10章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

N₂Oについて、半導体・液晶製造用 N₂O 出荷量全量を排出量として計上しているため、過大推計の可能性はある。

4.6.2. 液晶 (2.E.2.)

a) 排出源カテゴリーの説明

液晶の製造時に HFCs、PFCs、SF₆、NF₃が排出される。N₂O 排出量は 2.E.1.半導体製造に計上しているため、「IE」と報告した。

b) 方法論

■ 算定方法

液晶の算定方法は 2006 年 IPCC ガイドラインの Tier 2a 手法に則っている。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。反応消費率、副生成物の発生率及び除害効率は基本的にデフォルト値を用いている。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。

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「フッ化物製造—製造時の漏出 (2.B.9.b.)」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。

液晶製造に伴う排出量は、ガスごとに、以下の考え方を用いて計算している。

$$E = FC \times P \times (1 - U) \times (1 - a \times d)$$

<i>E</i>	: HFC-23、PFCs (PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-c318)、SF ₆ 、NF ₃ 排出量
<i>FC</i>	: ガス購入量
<i>P</i>	: プロセス供給率
<i>U</i>	: 反応消費率
<i>a</i>	: 除害装置設置率
<i>d</i>	: 除害効率

$$BPE = FC \times B \times P \times (1 - a \times d)$$

<i>BPE</i>	: 副生 PFC-14 等排出量
<i>FC</i>	: ガス購入量
<i>B</i>	: 副生成物発生率
<i>P</i>	: プロセス供給率
<i>a</i>	: 除害装置設置率
<i>d</i>	: 除害効率

関連指標を下表に示す。なお、除害装置設置率は秘匿である。

表 4-59 液晶製造時の F ガス排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-23の購入量	t	0.0003	0.1	0.7	1.6	1.1	1.3	1.5	1.1	1.1	1.1	1.3	1.2	0.9	0.7	1.0
PFC-14の購入量	t	7.5	20.7	47.3	77.8	93.7	154.5	191.7	177.1	151.8	185.0	176.4	164.0	174.9	193.6	136.9
PFC-116の購入量	t	0.1	0.4	2.7	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PFC-c318の購入量	t	0	0	0	0.8	1.6	1.4	1.8	1.1	1.1	1.1	0.6	0.9	0.9	0.4	0.5
SF ₆ の購入量	t	8.9	11.5	85.3	101.4	176.9	107.4	126.2	126.6	109.6	116.4	117.0	98.6	95.1	87.1	84.4
NF ₃ の購入量	t	1.3	8.1	106.9	232.2	764.1	783.8	918.9	808.0	691.9	813.2	767.0	664.5	718.1	805.7	630.7
プロセス供給率	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
HFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	0.0006	0.2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
PFCs排出量	kt-CO ₂ 換算	28	78	192	137	42	68	81	78	64	76	71	67	69	70	52
SF ₆ 排出量	kt-CO ₂ 換算	113	146	904	734	277	175	197	197	161	168	172	152	143	133	124
NF ₃ 排出量	kt-CO ₂ 換算	2	15	62	66	25	20	25	21	18	21	20	17	18	18	14

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-60 液晶製造時のガスの反応消費率、除害効率

ガス	反応消費率	除害効率
HFC-23	80%	90%
PFC-14	40%	
PFC-116	0%	
PFC-c318	90%	
SF ₆	40%	
NF ₃	70%	95%
NF ₃ remote	97%	

(出典) 2006 年 IPCC ガイドライン (Vol.3 Table 6.4 Tier 2a, Table 6.6) のデフォルト値。但し、PFC-116 の反応消費率はデフォルト値がないため、排出量が過小評価にならないよう 0%とした。

表 4-61 液晶製造時の CHF₃、CF₄、C₂F₆副生率

ガス	CHF ₃ 副生率	CF ₄ 副生率	C ₂ F ₆ 副生率
HFC-23	NA	7%	5%
PFC-c318	2%	0.9%	NA

(出典) 2006 年 IPCC ガイドライン (Vol.3 Table 6.4 Tier 2a) のデフォルト値。

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、NF₃ 排出量と比例すると考えられる入手可能な HFCs、PFCs、SF₆ 国内出荷量、NF₃ 生産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、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用い、HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ についてそれぞれ 100%、80%、300%、70%を使用した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの不確実性の上限値 10%を HFCs、PFCs、SF₆、NF₃ 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、NF₃ についてそれぞれ 100%、81%、300%、71%と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.6.3. 太陽光発電 (2.E.3.)

国内における光電池製造事業者のうち、製造プロセスにおいて PFC を使用する事業者は一家のみで秘匿であるため、排出量は半導体製造からの PFC 排出量に含め、「IE」と報告している。

4.6.4. 熱伝導流体 (2.E.4.)

電子製品製造の過程で、温度管理のためにフッ素化合物が利用される。装置を冷却する際の蒸発ロス等によってこのフッ素化合物が排出される。液体 PFC 等をまとめて把握している「溶剤 (2.F.5.)」の合計に含まれているため、「IE」と報告している。

4.6.5. その他 — 微小電気機械システム (MEMS) (2.E.5.a.)

MEMS 製造プロセスでは、シリコン材料のプラズマエッチングや洗浄の工程にフッ素化合物が利用される。我が国の MEMS 製造の主要な企業は電子部品メーカーであるが、電子部品等の洗浄や溶剤用途で利用された HFCs 及び PFCs の購入量は電子情報技術産業協会によって把握されており、MEMS 製造に利用された購入量も含まれている。購入量を全量排出したとして溶剤 (2.F.5.) カテゴリーに計上しているため「IE」として報告する。

なお、製造プロセスで副次的に発生するガスは、排出実態が未把握となっているため「NE」として報告する。

4.7. オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用 (2.F.)

本カテゴリーでは、オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用により大気中に排出される HFCs、PFCs を扱う。当該カテゴリーでは、「冷蔵庫及び空調機器 (2.F.1.)」、「発泡剤 (2.F.2.)」、「消火剤 (2.F.3.)」、「エアゾール (2.F.4.)」、「溶剤 (2.F.5.)」から構成される。

2022 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 47,372 kt-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 4.2%を占めている。1990 年の排出量と比較すると 11.2 倍になっている。

表 4-62 オゾン層破壊物質の代替としての製品の使用 (2.F.) からの排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
HFCs	2.F.1	冷凍冷蔵及び空調	kt-CO ₂ 換算	NO	841	2,713	8,198	19,322	27,521	30,898	34,059	36,159	37,524	38,890	40,918	42,464	43,266	42,810
	2.F.2	発泡剤	kt-CO ₂ 換算	1	452	440	829	1,538	1,957	2,082	2,179	2,323	2,454	2,558	2,610	2,571	2,586	2,591
	2.F.3	消火剤	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	4	7	8	8	9	9	8	9	9	9	9	9	9
	2.F.4	エアゾール	kt-CO ₂ 換算	NO	1,365	2,835	1,592	653	473	485	519	561	574	522	548	626	568	426
	2.F.5	溶剤	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	6	61	110	124	127	131	117	119	124	128	129	129
		合計	kt-CO ₂ 換算	1	2,657	5,993	10,631	21,581	30,070	33,599	36,893	39,183	40,678	42,098	44,208	45,799	46,559	45,966
PFCs	2.F.5	溶剤	kt-CO ₂ 換算	4,228	11,684	2,834	2,542	1,567	1,395	1,411	1,394	1,350	1,366	1,384	1,429	1,343	1,279	1,406
全ガス合計			kt-CO ₂ 換算	4,230	14,341	8,826	13,173	23,148	31,465	35,009	38,287	40,533	42,043	43,482	45,637	47,142	47,838	47,372

4.7.1. 冷凍冷蔵及び空調 (2.F.1.)

4.7.1.1. 業務用冷凍空調機器 (2.F.1.a.)

4.7.1.1.a. 業務用冷凍空調機器 (2.F.1.a.)

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、過去から現在に至るまで PFCs の使用実績がないため、「NO」と報告している。また、輸入製品についても直近3ヶ年の国内に輸入される製品のフロン類の調査結果において PFCs の使用は確認されておらず、輸入製品への PFCs の補充は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。なお、日本冷凍空調工業会 (<https://www.jraia.or.jp/index.html>) がメンバー企業に確認したところ、それ以前に輸入された業務用冷凍機器における PFC の使用も確認されなかった。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドライン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主にモデルを用いて算定している。表 4-64 に示した機種毎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。

稼働時漏洩量の算定に用いる排出係数は、機器の種類ごとに一定期間中の冷媒充填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⁷。(サンプル数：26万台、2007～2009年に実施)その後フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律(フロン排出抑制法)が2015年4月に施行され、機器使用時の冷媒漏洩を防ぐために機器のユーザーに対して点検義務、記録の作成・保存等が課された。また、日本冷媒・環境保全機構により運用が開始された冷媒管理システム(RaMS)に登録された機器管理データが把握できることになったことから、2016年以降の排出係数は、RaMS データや冷媒のマテリアルフロー等に基づき設定した(表 4-64)。

業務用冷凍空調機器からの HFCs の排出量は、機種及び冷媒ごとに、以下の考え方をを用いて計算している。

○ 生産時漏洩量

$$E_{\text{manufacturing}} = \Sigma (N_{\text{produced}} \times m_{\text{manufacturing}} \times X_{\text{manufacturing}})$$

$E_{\text{manufacturing}}$: 生産時漏洩量

N_{produced} : 生産台数

$m_{\text{manufacturing}}$: 生産時冷媒充填量

$X_{\text{manufacturing}}$: 冷媒漏洩率

⁷ 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。

○ 現場設置時漏洩量

$$E_{installation} = \Sigma (N_{installation} \times m_{installation} \times X_{installation})$$

- $E_{installation}$: 現場設置時漏洩量
- $N_{installation}$: 現場充填実施台数
- $m_{installation}$: 冷媒充填量
- $X_{installation}$: 冷媒漏洩率

○ 機器稼働時漏洩量

$$E_{operation} = \Sigma (N_{operated} \times m_{operation} \times X_{operation}) - R_{operation}$$

- $E_{operation}$: 機器稼働時漏洩量 (整備時、事故時、故障時を含む)
- $N_{operated}$: 市中稼働台数
- $m_{operation}$: 稼働時冷媒充填量
- $X_{operation}$: 使用時冷媒漏洩率
- $R_{operation}$: 整備時回収量

○ 廃棄時排出量

$$E_{disposal} = \Sigma (N_{disposed} \times X_{disposal}) - R_{disposal}$$

- $E_{disposal}$: 廃棄時排出量
- $N_{disposed}$: 使用済機器発生台数
- $X_{disposal}$: 廃棄時平均冷媒充填量
- $R_{disposal}$: 使用済回収量

(注) 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。

表 4-63 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC機器生産台数	千台	NO	214	373	1,241	1,122	1,303	1,250	1,228	1,296	1,350	1,355	1,400	1,171	1,267	1,243
工場生産時平均冷媒充填量	g/台	372	372	586	3,281	3,280	3,413	3,539	3,473	3,358	3,329	3,480	3,627	3,684	3,488	3,537
工場生産時冷媒排出係数	%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%
HFC機器現場充填実施台数	千台	NO	9	32	130	171	225	260	240	246	249	233	235	216	224	207
現場設置時平均冷媒充填量	g/台	17,806	17,806	9,221	24,251	24,527	20,754	20,394	20,073	19,520	18,388	19,180	20,397	20,475	21,707	22,522
現場設置時冷媒排出係数	%	1.2%	1.2%	1.4%	1.8%	1.6%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%
HFC機器市中稼働台数	千台	NO	375	1,957	6,770	11,843	14,653	15,498	16,215	16,939	17,642	18,253	18,813	19,050	19,340	19,552
機器稼働時平均冷媒充填量	g/台	1,012	1,012	1,043	4,549	5,934	6,559	6,764	6,917	7,028	7,083	7,147	7,267	7,348	7,399	7,461
機器稼働時冷媒排出係数	%	7.3%	7.3%	7.4%	5.3%	5.9%	6.2%	6.3%	6.4%	6.1%	5.8%	5.6%	5.3%	5.2%	5.1%	4.8%
使用済HFC機器発生台数	千台	NO	1	23	127	398	581	665	751	817	896	977	1,075	1,150	1,201	1,238
法律に基づく整備時HFC回収量	t	NO	NO	NO	NO	548	682	759	772	861	979	1,016	1,066	990	993	1,179
法律に基づく使用済HFC回収量	t	NO	NO	NO	183	269	689	668	735	952	1,158	1,296	1,499	1,712	1,844	2,242
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	3	8	132	192	216	247	218	219	199	183	183	160	161	154
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	36	241	3,210	10,112	15,304	17,044	18,355	18,642	18,613	18,536	18,321	18,081	17,710	16,832
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	3	47	541	2,597	3,523	4,469	5,684	6,907	7,843	9,082	10,937	12,496	13,311	13,550
排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	42	296	3,883	12,901	19,043	21,761	24,256	25,768	26,655	27,801	29,441	30,737	31,182	30,537

(出典) 「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注)

- ・ 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。
- ・ 2022 年の機器製造時の加重平均 GWP は 1,761、機器稼働時の加重平均 GWP は 2,403、機器廃棄時の加重平均 GWP は 2,088 である。ガス種別に排出量を計算しているが、秘匿性に配慮して Unspecified mix として報告している。

表 4-64 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 (2022 年)
				～2015 年 ³⁾	2016 年～	
大型冷凍機	遠心式冷凍機	HFC-134a、R404A 等	300～2,300 kg	7%	5.3%	0.02%
	スクリーン冷凍機	同上	同上	12%	8.9%	0.04%
中型冷凍冷蔵機器	別置型冷蔵ショーケース	R-404A、R-410A 等	20～41 kg	16%	8.9%	7%
	冷凍冷蔵ユニット	R-404A 等	2～30 kg	17%	8.9%	2%
	コンデンシングユニット	R-404A、R-410A 等	同上	13%	8.9%	1%
	冷凍冷蔵用チリングユニット	R-407C、R-410A 等	同上	6%	0.8%	0.4%
	その他 ¹⁾	R-404A、HFC-134a 等	同上	15%	8.9%	2%
業務用空調機器	ビル用パッケージエアコン	R-410A、R-407C 等	37 kg	3.5%	2.9%	9%
	店舗用パッケージエアコン	R-410A、R-32 等	3～43 kg	3%	1.0%	42%
	設備用パッケージエアコン	R-410A、R-407C 等	同上	4.5%	1.8%	3%
	GHP	R-410A、R-407C 等	同上	5%	2.7%	2%
	空調用チリングユニット	R-410A 等	同上	6%	0.8%	0.4%
小型冷凍冷蔵機器	内蔵型冷蔵ショーケース	R-404A、HFC-134a 等	0.1～3 kg	2%	1.0%	11%
	その他 ²⁾	HFC-134a、R-410A 等	同上	同上	同上	20%

(出典) 令和 5 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会

(注) 1) 車載用冷凍冷蔵ユニット、船舶用冷凍冷蔵ユニット、その他輸送用冷凍冷蔵ユニット

2) 製氷機、冷水機、除湿器、業務用冷蔵庫

3) 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

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、及び 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洩率、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洩率、1995 年の機器稼働時平均冷媒充填量、1995 年の使用時冷媒漏洩率のデータを用いて外挿等をして算定を行っている。

冷媒コンテナからの漏洩については、2006 年 IPCC ガイドラインに算定方法が示されているが、他の排出源で捕捉済みでない再充填禁止容器 (NRC 容器) からの漏洩について排出量を試算したところ、算定方法検討会で定めた算定対象となる 50 万 t-CO₂換算を超えないこと、また活動量となりうる統計・調査が存在するものではないため、重要でないという意味での「NE」として報告した (別添 6 参照)。NRC 容器からの漏洩量は、未回収 NRC 容器の出荷時充填冷媒量に、使用済み NRC 容器に残存する冷媒割合を乗じて推計した。未回収

NRC 容器の出荷時充填冷媒量は、国内の NRC 容器の出荷量に、未回収 NRC 容器の割合を乗じて求めた。

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、製造時は 2006 年 IPCC ガイドラインの電気設備の上限値 30%、使用時は経済産業省前回調査値 5%を採用した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10%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、製造は 32%、使用時は 11%、廃棄時は 10%と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。また、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

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

2016～2021 年における稼働時冷媒漏洩率等の更新、及び 2018～2021 年におけるガス種追加に伴う現場充填実施台数の更新等に伴い再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.1.1.b. 自動販売機 (2.F.1.a.)

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。

○ 生産時漏洩量

$$E_{\text{manufacturing}} = \Sigma (N_{\text{produced}} \times m_{\text{manufacturing}} \times X_{\text{manufacturing}})$$

- $E_{\text{manufacturing}}$: 生産時漏洩量
- N_{produced} : 生産台数
- $m_{\text{manufacturing}}$: 生産時冷媒充填量
- $X_{\text{manufacturing}}$: 冷媒漏洩率

○ 故障時排出量

$$E_{\text{accident}} = \Sigma (N_{\text{operated}} \times m_{\text{operation}} \times A \times X_{\text{accident}})$$

- E_{accident} : 故障時排出量
- N_{operated} : 市中稼働台数
- $m_{\text{operation}}$: 稼働時冷媒充填量
- A : 事故・故障発生率
- X_{accident} : 故障時平均漏洩率

○ 廃棄時排出量

a) 2001年まで $E_{\text{disposal}} = \Sigma \{N_{\text{disposed}} \times m_{\text{disposal}} \times (1 - \eta)\}$

b) 2002年以降 $E_{\text{disposal}} = \Sigma (N_{\text{disposed}} \times m_{\text{disposal-avg}}) - R$

- E_{disposal} : 廃棄時排出量
- N_{disposed} : 使用済機器発生台数
- m_{disposal} : 廃棄時冷媒充填量
- η : 回収率
- $m_{\text{disposal-avg}}$: 廃棄時平均冷媒充填量
- R : 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 4-65 自動販売機からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC使用機器生産（販売）台数	千台	NO	NO	272	355	173	10	8	7	7	6	6	5	2	2	0
1台当たり充填量	g	NO	NO	300	220	219	219	219	219	219	219	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%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
稼働台数	千台	NO	NO	284	1,999	2,279	1,530	1,068	748	431	330	187	140	66	48	40
事故・故障発生率	%	NO	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
故障時平均漏洩率	%	NO	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
修理時平均漏洩率	%	NO	0.009	0.009	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
廃棄台数	千台	NO	NO	NO	NO	286	273	299	266	264	196	188	148	77	20	9
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	1	0.4	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.004	0.002	0.002	0.000
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	0.1	1	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	25	19	21	19	19	14	13	11	5	1	1
排出量	t	NO	NO	0.39	0.54	16.05	15.16	16.49	14.51	14.51	10.80	10.33	8.13	4.22	1.10	0.48
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	1	1	26	20	21	19	19	14	13	11	5	1	1

(出典)「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 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

排出係数の不確実性においては、製造時・使用時・廃棄時いずれも 2006 年 IPCC ガイドラインの電気設備の上限値 30%を採用した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドライン

の金属工業の Tier 2 手法の 10% 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、製造時・使用時・廃棄時いずれも 32% と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.1.2. 家庭用冷蔵庫 (2.F.1.b.)

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

①生産時漏洩量、②使用時 (故障時を含む) 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。

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。

$$E_{total} = M_{manufacturing} \times k + \sum (N_{operated} \times m_{operation} \times X_{operation}) + \sum (N_{disposed} \times m_{disposal}) - R$$

E_{total}	: 家庭用冷蔵庫からの HFCs の排出量
$M_{manufacturing}$: 製造時 HFCs 充填総量
k	: 生産時漏洩率
$N_{operated}$: HFCs 使用機器国内稼働台数
$m_{operation}$: 稼働機器 1 台当たり充填量
$X_{operation}$: 使用時漏洩率
$N_{disposed}$: HFCs 使用機器廃棄台数
$m_{disposal}$: 廃棄機器 1 台当たり充填量
R	: HFCs 回収量

関連指標を下表に示す。

表 4-66 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時HFC充填総量	t	NO	520	590	0.3	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
生産時漏洩率	%	1%	1%	1%	0.2%	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
HFC使用機器国内稼働台数	千台	NO	7,829	33,213	41,796	28,085	17,637	14,520	11,691	9,182	7,045	5,280	3,862	2,747	1,881	1,229
1台当たり充填量	g	150	150	125	125	125	125	125	125	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%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
HFC使用機器廃棄台数	千台	NO	NO	177	1,839	3,588	3,204	2,850	2,451	2,027	1,620	1,249	929	672	467	321
法律に基づくHFC回収量	t/年	—	—	—	52	111	189	166	144	138	132	136	132	128	113	105
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	7	8	0.001	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	5	16	20	14	9	7	6	4	3	3	2	1	1	1
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	28	224	418	254	228	194	135	79	16	NO	NO	NO	NO
排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	11	52	244	432	263	235	199	140	83	19	2	1	1	1

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) 廃棄時の排出量は機器の製造年別に計算を行っており、廃棄機器あたりの冷媒充填量は単純に示せない。しかし、冷蔵庫は密閉されているという前提のもと、推計モデルの「廃棄機器あたりの冷媒残存量」は、「一台あたり冷媒充填量」と同じと考えられている。

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家庭用冷蔵庫出荷台数、出荷台数中の HFC 割合、及び 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 年の生産時漏洩率、1995 年の一台あたり充填量、1995 年の使用時漏洩率、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、製造・使用時は 2006 年 IPCC ガイドラインの電気設備の上限値 30%を採用した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10%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・使用時は 32%、廃棄時は 10%と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.1.3. 工業用冷蔵庫 (2.F.1.c.)

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。データを提供する業界団体が、データ収集プロセスにおいて業務用と工業用とを区別することは

不可能であり業務用冷蔵庫と工業用冷蔵庫の排出量を分けることが出来ないためである。

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. 輸送機器用冷蔵庫 (2.F.1.d.)

a) 排出源カテゴリの説明

1) HFCs

輸送機器用冷蔵庫の生産時、使用時、廃棄時において HFCs が排出される。

2) PFCs

業務用冷凍空調機器 (2.F.1.a.) に記載した内容と同一である。

b) 方法論

■ 算定方法

業務用冷凍空調機器 (2.F.1.a.) に記載した内容と同一である。関連指標を下表に示す。

表 4-67 輸送機器用冷蔵庫 (鉄道) からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC機器生産台数 ¹⁾	台	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1台あたり製造時HFC充填量 ¹⁾	kg	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
製造時漏えい率	%	0%	0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
使用時漏えい率	%	0%	0%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
使用済HFC機器発生台数	台	0	0	6	1	14	14	17	21	23	11	11	1	0	1	0
廃棄時充填量	kg	0	0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
回収率	%	0	0	0%	31%	31%	34%	32%	38%	39%	38%	39%	38%	41%	40%	44%
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	0.001	NO	NO	NO	NO								
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	0.1	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.04	0.04	0.004	NO	0.004	NO
排出量 (鉄道)	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	0.1	0.4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(出典) 国土交通省「鉄道統計年報」、IPCC デフォルト値等、但し 1)はメーカーヒアリングに基づく

表 4-68 輸送機器用冷蔵庫 (船舶) からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時漏えい率	%	0%	0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
使用時漏えい率	%	0%	0%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
回収率	%	0%	0%	0%	31%	31%	34%	32%	38%	39%	38%	39%	38%	41%	40%	44%
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	0.01	0.1	0.1	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	1	24	77	163	177	192	208	225	251	275	298	310	319
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	0.02	0.8	1.8	1.7	2.6	4.1	5.4	5.9	5.9	7.0	6.1
排出量 (船舶)	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	1	24	78	164	179	194	211	229	257	281	305	318	326

(出典) IPCC デフォルト値、国土交通省「海事レポート」等

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

業務用冷凍空調機器 (2.F.1.a.) に記載した内容と同一である。4.7.1.1.a.c) 節を参照のこと。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

2006～2021 年について、使用時排出量 (船舶) の算定に用いている使用時漏洩量の修正に伴い再計算が生じた。2021 年について、「鉄道統計年報」の更新も再計算に寄与した。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.1.5. 輸送機器用空調機器 (2.F.1.e.)

a) 排出源カテゴリーの説明

1) HFCs

輸送機器用空調機器 (カーエアコン、鉄道用及び船舶用空調機器) 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。車種ごとに、以下の考え方を用いて計算している。

○ 生産時漏洩量

$$E_{\text{manufacturing}} = \Sigma (N_{\text{produced}} \times m_{\text{manufacturing}} \times X_{\text{manufacturing}})$$

$E_{\text{manufacturing}}$: 生産時漏洩量
N_{produced}	: 生産台数
$m_{\text{manufacturing}}$: 生産時冷媒充填量
$X_{\text{manufacturing}}$: 冷媒漏洩率

○ 使用時漏洩量

$$E_{\text{operation}} = \Sigma (N_{\text{operated}} \times m_{\text{operation}} \times X_{\text{operation}})$$

$E_{\text{operation}}$: 使用時漏洩量
N_{operated}	: 市中車輛台数

$m_{operation}$: 稼働時冷媒充填量
 $x_{operation}$: 冷媒漏洩率

(注) 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。

○ 故障時排出量

$$E_{breakdowns} = \Sigma (N_{operated} \times m_{operation} \times A \times x_{accident})$$

$E_{breakdowns}$: 故障時排出量
 $N_{operated}$: 市中車輛台数
 $m_{operation}$: 稼働時冷媒充填量
 A : 故障発生率
 $x_{accident}$: 故障発生時冷媒漏洩率

○ 事故時排出量

$$E_{accident} = \Sigma (N_{operated} \times m_{operation})$$

$E_{accident}$: 事故時排出量
 $N_{operated}$: 全損事故車輛数
 $m_{operation}$: 全損事故時冷媒充填量

○ 廃棄時排出量

a) 2001年まで $E_{disposal} = \Sigma \{N_{disposed} \times m_{disposal} \times (1 - \eta)\}$

b) 2002年以降 $E_{disposal} = \Sigma (N_{disposed} \times m_{disposal-avg}) - R$

$E_{disposal}$: 廃棄時排出量
 $N_{disposed}$: 使用済車輛台数
 $m_{disposal}$: 廃棄時冷媒充填量
 η : 回収率
 $m_{disposal-avg}$: 廃棄時平均冷媒充填量
 R : 法律に基づく回収量

関連指標を次表に示す。

表 4-69 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCエアコン車生産台数	千台	0	9,681	9,761	10,407	9,292	9,613	9,753	9,273	9,205	9,652	9,441	8,433	5,148	4,034	2,805
1台当たり生産時漏洩量	g	4	4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HFCエアコン車両保有台数	千台	0	15,655	42,374	60,364	66,043	72,054	72,813	73,272	73,861	74,282	74,398	73,763	72,333	70,309	67,345
1台当たり平均冷媒充填量	g	700	700	615	548	497	497	497	497	497	497	497	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	10	10	10	10	10	10
故障発生割合	%	4%	4%	4%	4%	4%	4%	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%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
全損事故車両数	千台	0	50	136	193	211	231	233	234	236	238	238	236	231	225	215
全損事故車両冷媒充填量	g	681	681	610	522	448	417	409	404	400	394	388	384	379	374	366
使用済HFC車国内台数	千台	0	116	789	2,058	2,895	2,835	2,839	2,694	2,666	2,927	2,941	2,920	2,763	2,667	2,384
使用済HFC車冷媒充填量	g	676	676	593	522	444	412	393	380	370	360	349	347	339	337	334
HFC回収量 (2002年度以降は法律に基づく)	t/年	-	-	-	531	898	785	773	710	682	720	718	694	625	579	501
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	44	44	41	12	10	9	9	9	9	9	8	5	4	2
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	640	1,635	2,119	2,020	2,069	2,050	2,027	2,013	1,991	1,964	1,925	1,867	1,797	1,702
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	102	608	707	505	498	448	409	397	434	402	417	405	415	383
排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	786	2,287	2,866	2,537	2,578	2,506	2,445	2,419	2,434	2,375	2,349	2,277	2,217	2,087

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-70 鉄道用空調機器からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時漏えい率	%	0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
使用時漏えい率	%	0%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	0.003	0.03	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	0.3	1.5	6.3	14.2	18.1	19.5	20.8	22.0	23.4	24.9	26.4	27.7	29.3	30.7
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.04	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
排出量（鉄道）	kt-CO ₂ 換算	NO	0.4	2	6	14	18	20	21	22	23	25	27	28	29	31

（出典）「鉄道統計年報」、国土交通省「鉄道車両等生産動態統計年報」、IPCC デフォルト値等

表 4-71 船舶用空調機器からの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時漏えい率	%	0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
使用時漏えい率	%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
回収率	%	0%	0%	0%	0%	31%	34%	32%	38%	39%	38%	39%	38%	41%	40%	44%
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	0.0003	0.004	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	0.1	0.9	25.8	108.2	147.2	156.4	162.3	170.5	176.2	181.2	186.6	189.9	188.5	189.3
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	0.01	0.1	0.3	0.2	0.4	0.6	0.8	1.2	1.6	2.6	2.4
排出量（船舶）	kt-CO ₂ 換算	NO	0.1	1	26	108	148	157	163	171	177	182	188	192	191	192

（出典）IPCC デフォルト値、海事レポート等

なお、カーエアコンについては、HFC が使用された 1992～1994 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、及び 1995 年の 1 台当たり生産時漏洩量、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

自動販売機（2.F.1.a.）に記載した内容と同一である。4.7.1.1.b.c）節を参照のこと。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造（2.B.9.a.i.）に記載した内容と同一である。4.3.9.1.c）節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造（2.B.9.a.i.）に記載した内容と同一である。4.3.9.1.d）節を参照のこと。

e) 再計算

カーエアコンからの 1992～1994 年、1995 年、及び 2016～2021 年排出量について、生産台数等の修正に伴い再計算が生じた。2021 年について、「鉄道統計年報」の更新も再計算に寄与した。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.7.1.6. 固定空調機器（家庭用エアコン）（2.F.1.f.）

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、ガスごとに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。なお、2009年及び2010年（-9.9%）、2014年及び2015年（5.6%）の間において生じている HFC-125 の見かけの排出係数（廃棄時）の年次変化は、廃棄時の回収量の変動によるものである。

○ 生産時漏洩量

$$E_{\text{manufacturing}} = \Sigma (N_{\text{produced}} \times m_{\text{manufacturing-avg}} \times X_{\text{manufacturing}})$$

$E_{\text{manufacturing}}$: 生産時漏洩量
N_{produced}	: 生産台数
$m_{\text{manufacturing-avg}}$: 生産時平均冷媒充填量
$X_{\text{manufacturing}}$: 生産時冷媒漏洩率

○ 機器稼働時漏洩量

$$E_{\text{operation}} = \Sigma (N_{\text{operated}} \times m_{\text{operation-avg}} \times X_{\text{operation}})$$

$E_{\text{operation}}$: 機器稼働時漏洩量
N_{operated}	: 市場保有台数
$m_{\text{operation-avg}}$: 稼働時平均冷媒充填量
$X_{\text{operation}}$: 使用時漏洩率

○ 廃棄時排出量

$$E_{\text{disposal}} = \Sigma (N_{\text{disposed}} \times m_{\text{disposal-avg}}) - R$$

E_{disposal}	: 廃棄時排出量
N_{disposed}	: 廃棄台数
$m_{\text{disposal-avg}}$: 廃棄時平均冷媒充填量
R	: 法律に基づく回収量

(注) 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 4-72 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC使用機器生産台数	千台	NO	NO	1,077	3,981	3,460	3,920	3,507	4,160	4,080	4,193	4,358	3,891	4,078	3,406	3,624
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	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%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
HFC機器市中稼働台数	千台	NO	NO	1,726	26,091	61,540	83,349	89,020	94,197	99,157	104,067	109,193	113,317	117,693	120,810	123,383
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	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%	2%	2%	2%	2%	2%	2%
使用済HFC機器発生台数	千台	NO	NO	2	83	764	1,907	2,423	2,990	3,567	4,145	4,688	5,220	5,720	6,181	6,581
機器廃棄時平均冷媒充填量	g/台	NO	NO	954	911	841	803	796	792	795	796	804	815	825	830	832
法律に基づく使用済HFC回収量	t/年	-	-	-	10	231	466	508	570	700	892	1,181	1,367	1,599	1,622	1,647
機器製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	4	15	12	10	6	5	3	3	3	2	2	2	2
機器稼働時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	66	1,004	2,367	3,157	3,263	3,285	3,270	3,240	3,200	3,136	3,066	2,972	2,866
機器廃棄時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	3	128	844	2,120	2,749	3,471	4,135	4,665	5,014	5,480	5,850	6,352	6,769
排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	73	1,147	3,224	5,288	6,019	6,761	7,408	7,908	8,217	8,619	8,919	9,326	9,637

(出典)「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 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

業務用冷凍空調機器（2.F.1.a.）に記載した内容と同一である。4.7.1.1.a.c）節を参照のこと。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造（2.B.9.a.i.）に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c）節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造（2.B.9.a.i.）に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.2. 発泡剤（2.F.2.）

4.7.2.1. 閉鎖系気泡フォーム（2.F.2.a.）

4.7.2.1.a. ウレタンフォーム（2.F.2.a.）

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、HFC-245fa、HFC-365mfc 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」は一体として取扱い、「使用」に全量を計上し、「廃棄」は「IE」として報告している。

$$E = E_{\text{manufacturing}} + E_{\text{use}}$$

$$= (M \times EF_{\text{FYL}}) + (Bank \times EF_{\text{AL}})$$

E	: HFC 排出量 [t]
$E_{\text{manufacturing}}$: 製造時排出量 [t]
E_{use}	: 使用時排出量 [t]
M	: HFC の使用量 [t]
EF_{FYL}	: 発泡時漏洩率 [%]
$Bank$: 前年までの使用量の合計 [t]
EF_{AL}	: 使用時年間排出割合 [%]

表 4-73 ウレタンフォームからの HFCs 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-134a 使用量	t	NO	NO	167	224	66	28	14	12	NO						
HFC-245fa 使用量	t	NO	NO	NO	3,893	2,365	2,570	2,533	2,230	2,577	2,596	2,365	1,626	618	551	445
HFC-365mfc 使用量	t	NO	NO	NO	1311	900	921	866	779	794	802	744	702	203	186	151
発泡時漏洩率	%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	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%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%
HFC-134a 総排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	22	102	121	126	125	126	125	125	125	125	125	115	105
HFC-245fa 総排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	408	953	1,263	1,359	1,431	1,547	1,648	1,728	1,756	1,732	1,751	1,763
HFC-365mfc 総排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	132	322	427	456	480	509	539	563	587	572	578	582

(出典) 「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) HFC-245fa、HFC-365mfc に関しては、2004 年 1 月に生産全廃された HCFC-141b の代替として使用され使用が増えた。

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

排出量の不確実性は、製造時・使用時ともに 2006 年 IPCC ガイドラインの 50%を採用した。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.2.1.b. 押出発泡ポリスチレンフォーム (2.F.2.a.)

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 0.75%ずつ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、2006年 IPCC ガイドラインや 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」で計上したと考えて「廃棄」は「IE」としている。

$$E = E_{\text{manufacturing}} + E_{\text{use}}$$

$$= (M \times EF_{\text{FYL}}) + (\text{Bank} \times EF_{\text{AL}})$$

- E : HFC-134a 排出量 [t]
- $E_{\text{manufacturing}}$: 製造時排出量 [t]
- E_{use} : 使用時排出量 [t]
- M : HFC-134a の使用量 [t]
- EF_{FYL} : 発泡時漏洩率 (25%)
- Bank : 前年までの使用量の合計 [t]
- EF_{AL} : 使用時年間排出割合 [%]

表 4-74 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-134a 使用量	t	NO	NO	NO	26	NO										
フォーム製品化率	%	-	-	-	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
使用時HFC年間排出率	%	-	-	-	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%
製造時排出量	t	NO	NO	NO	6.50	NO										
使用時排出量	t	NO	NO	NO	9.00	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23
排出量	t	NO	NO	NO	15.50	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23	9.23
製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	8	NO										
使用時排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
排出量	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	20	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

(出典)「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 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 (2.F.2.a.) 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

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.2.2. 開放系気泡フォーム (2.F.2.b.)

4.7.2.2.a. 高発泡ポリエチレンフォーム (2.F.2.b.)

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、HFC-152a 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 4-75 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-134a使用量	t	1	346.00	322.00	128.00	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86
排出量	t	1	346.00	322.00	128.00	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86	99.86
	kt-CO ₂ 換算	1	450	419	166	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130

(出典) 「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-76 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-152a使用量	t	0.04	14.00	NO												
排出量	t	0.04	14.00	NO												
	kt-CO ₂ 換算	0.005	2	NO												

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 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

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 (2.F.2.a.) 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

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.3. 消火剤 (2.F.3.)

a) 排出源カテゴリーの説明

消火剤の製造、使用、廃棄に伴い HFCs (HFC-23 と HFC-227ea) が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

○ 製造時排出量

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。

○ 使用時排出量

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、及びそれ以前は「NO」とした。1996 年以降の排出量は、HFCs 消火剤の設置量をもとにガス種別に以下の式で算定した。

$$E_{use} = Bank \times EF$$

E_{use} : HFCs 使用時排出量 [t]
 $Bank$: HFCs 消火剤の累積設置量 [t]
 EF : 使用時の排出係数

○ 廃棄時排出量

我が国では HFCs 消火剤の設置量 (2006 年以降) 及び登録量 (2008 年以降) を把握している。算定年における設置量と前年の登録量の和から算定年の登録量を減じた量は、再生量

(R)、再生時の排出量 (E1)、事故等の再生時以外による排出量 (E2) の和と等しい。廃棄時の排出量は、この値から再生量 (R) を減じることで推定しうる (E1 と E2 の和と等しい)。ただし、HFCs 消火剤の R、E1、E2 は把握されていないため、ガス種別に以下の式で算定した。

$$E_{disposal(n)} = (I_{(n)} + REG_{(n-1)} - REG_{(n)}) \times EF$$

- $E_{disposal(n)}$:n 年の HFCs 消火剤の廃棄時排出量 [t]
- $I_{(n)}$:n 年の HFCs 消火剤設置量 [t]
- $REG_{(n-1)}$:n-1 年の HFCs 消火剤登録量 [t]
- $REG_{(n)}$:n 年の HFCs 消火剤登録量 [t]
- EF :ハロン消火剤の実績データに基づく排出係数

なお、データの不足する 2008 年以前の廃棄時排出量は、各年の廃棄時排出量は使用時排出量に比例すると仮定し、各年の使用時排出量に、2009 から 2022 年における廃棄時排出量と 2009 から 2022 年における使用時排出量の合計値の比率 (3.8%) を乗じて求めた。

■ 排出係数

○ 使用時排出量

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) を使用時の排出係数として採用した。

表 4-77 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

○ 廃棄時排出量

HFCs 消火剤の再生量 (R)、再生時の排出量 (E1) 及び事故等の再生時以外の排出量 (E2) データが得られないため、データの得られたハロン消火剤における実績データ (消防環境ネットワーク提供) を用いて以下の式にて求めた値 (2%) を設定した。HFCs 消火剤は、ハロン消火剤と同様に回収・廃棄処理を実施している。

$$EF = (E1 + E2) / (R + E1 + E2)$$

- $E1$:ハロン消火剤の再生時排出量 (2012~2022 年の合計) [t]
- $E2$:ハロン消火剤の事故等の再生時以外の排出量 (2012~2022 年の合計) [t]
- R :ハロン消火剤の再生量 (2012~2022 年の合計) [t]

表 4-78 排出係数の設定に用いたハロン消火剤の実績データ

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
再生量 (R)	t						1,426	842	693	775	1,120	900	584	649	584	517
再生時排出量 (E1)	t						11	6	5	6	8	6	4	4	4	3
事故等の再生時以外の排出量 (E2)	t						11	7	10	6	10	19	12	7	12	9

データの不足する 2008 年以前については、算定方法の項を参照。

■ 活動量

○ 使用時排出量

消火剤の使用に伴う HFCs 排出の活動量については、HFCs 設置量 (消防環境ネットワーク提供) の累積値を用いた。

表 4-79 HFCs 消火剤設置量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-23 設置量	t	NO	NO	56	19	11	4	10	13	7	6	7	1	0	2	NO
HFC-23 累積設置量	t	NO	NO	306.38	478.27	523.12	536.67	546.25	559.43	566.54	572.59	579.21	579.97	580.09	581.88	581.88
HFC-227ea 設置量	t	NO	NO	44.74	31.95	24.25	43.53	45.78	52.57	15.34	46.55	9.42	36.21	16.45	11.39	10.27
HFC-227ea 累積設置量	t	NO	NO	225.28	391.73	522.44	639.97	685.75	738.32	753.66	800.21	809.63	845.84	862.29	873.68	883.95

○ 廃棄時排出量

消防環境ネットワーク提供の HFCs 消火剤の設置量及び登録量を用いた。

表 4-80 HFCs 消火剤の設置量及び登録量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFC-23設置量	t					10.84	4.03	9.58	13.18	7.11	6.05	6.62	0.76	0.12	1.79	0.00
HFC-23登録量	t					42.58	54.38	63.88	75.01	82.35	87.63	93.66	93.54	91.51	92.84	91.84
HFC-227ea設置量	t					24.25	43.53	45.78	52.57	15.34	46.55	9.42	36.21	16.45	11.39	10.27
HFC-227ea登録量	t					123.48	243.86	274.07	339.41	354.68	408.27	417.93	453.63	469.93	481.41	491.61

データの不足する 2008 年以前については、算定方法の項を参照。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの 16%を採用した。

■ 時系列の一貫性

消防環境ネットワークより提供を受けたデータをもとに、可能な限り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

新たに廃棄時排出量の算定を行った。再計算の影響の程度については 10 章参照。

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. 定量噴霧式吸入器 (2.F.4.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

定量噴射剤の製造時・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 (Metered Dose Inhalers) 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。

$$E_n = E_{\text{manufacturing}} + E_{\text{potential}}(n-1) \times EF_{\text{first}} + E_{\text{potential}}(n) \times (1 - EF_{\text{first}}) - R(n)$$

E_n	: n 年度における当該 F-gas (HFC-134a、HFC-227ea) 排出量 [t]
$E_{\text{manufacturing}}$: 製造時漏洩量 [t]
$E_{\text{potential}}(n-1)$ 、 $E_{\text{potential}}(n)$: n-1 又は n 年度における F-gas 潜在排出量 [t]
EF_{first}	: 50 [%]
$R(n)$: n 年度における F-gas 廃棄処理量 [t]

$$E_{\text{potential}} = U_{\text{domestic}} + U_{\text{import}}$$

U_{domestic}	: 国内生産 MDI 使用量 [t]
U_{import}	: 輸入 MDI 使用量 [t]

関連指標を下表に示す。

表 4-81 医療品製造の排出量算定結果 (HFC-134a)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
国内生産MDI使用量	t	NO	NO	1.40	0.90	1.07	0.60	0.90	0.59	0.91	0.60	0.75	0.74	0.75	0.60	0.75
輸入MDI使用量	t	NO	NO	42.00	70.70	57.05	46.04	42.36	41.34	39.16	34.17	35.03	32.73	34.55	30.47	28.16
廃棄処理量	t	NO	NO	0.10	1.90	2.52	0.72	0.23	3.56	0.42	0.13	0.03	0.07	0.04	0.34	0.96
HFC-134a排出量	t	NO	NO	37.20	62.75	55.52	47.23	44.91	39.35	40.72	37.38	35.35	34.66	34.48	32.94	29.15
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	48	82	72	61	58	51	53	49	46	45	45	43	38

(出典)「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

表 4-82 医療品製造の排出量算定結果 (HFC-227ea)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
国内生産MDI使用量	t	NO	NO	NO	41.00	35.96	25.11	21.02	22.96	21.41	17.84	18.43	19.63	20.06	19.76	19.19
輸入MDI使用量	t	NO	NO	3.60	2.10	0.42	0.73	0.38	18.75	20.16	27.48	26.17	37.86	39.85	30.51	33.39
廃棄処理量	t	NO	NO	NO	1.20	0.80	0.77	0.54	0.70	0.23	0.33	0.32	0.09	0.02	0.05	0.03
HFC-227ea排出量	t	NO	NO	1.80	48.05	33.14	26.93	23.93	31.70	41.94	43.95	45.41	51.54	59.16	55.15	51.87
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	6	161	111	90	80	106	140	147	152	173	198	185	174

(出典)「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 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料

(注) 1997 年に HFC-134a、2001 年に (輸入分については 2000 年から) HFC-227ea 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、2006 年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10% 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 10% と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一で

ある。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. 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。

4.7.4.2. その他 — 一般用エアゾール (2.F.4.b.-)

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

2006 年 IPCC ガイドラインに則り、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、2006 年 IPCC ガイドラインに沿って「使用」に「廃棄」分を含めて潜在排出量の全量を計上している。

$$E_n = E_{\text{manufacturing}} + E_{\text{potential}}(n-1) \times EF_{\text{first}} + E_{\text{potential}}(n) \times (1 - EF_{\text{first}})$$

- E_n : n 年度における当該 HFC 排出量 [t]
- $E_{\text{manufacturing}}$: 製造時漏洩量 [t]
- $E_{\text{potential}}(n-1)$ 、 $E_{\text{potential}}(n)$: n-1 又は n 年度における当該 HFC 潜在排出量 [t]
- EF_{first} : 50 [%]

$$E_{\text{manufacturing}}(n) = M(n) - E_{\text{potential}}(n)$$

- $E_{\text{manufacturing}}(n)$: n 年度における製造時漏洩量 [t]
- $M(n)$: n 年度における製造時 HFC 使用量 [t]
- $E_{\text{potential}}(n)$: n 年度における HFCs 潜在排出量 [t]

関連指標を下表に示す。

表 4-83 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
潜在排出量	t	NO	1,300.00	2,044.10	604.40	199.92	168.00	223.00	206.00	236.00	193.00	159.00	226.00	246.00	183.00	98.00
製造時漏洩量	t	NO	80.20	24.90	8.08	7.00	12.00	15.00	22.00	35.00	38.50	37.00	48.00	44.50	21.00	
製造年使用時排出量	t	NO	650.00	1,022.05	302.20	99.96	84.00	111.50	103.00	118.00	96.50	79.50	113.00	123.00	91.50	49.00
残存量 (次年排出量)	t	NO	650.00	1,022.05	302.20	99.96	84.00	111.50	103.00	118.00	96.50	79.50	113.00	123.00	91.50	49.00
HFC-134a 排出量	t	NO	1,050.00	2,137.10	908.15	223.04	174.85	207.50	229.50	243.00	249.50	214.50	229.50	284.00	259.00	161.50
	kt-CO ₂ 換算	NO	1.365	2.778	1.181	290	227	270	298	316	324	279	298	369	337	210

(出典)「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料他

(注) 1992～1997年の製造時漏洩量は潜在排出量に含まれている。

表 4-84 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	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
潜在排出量	t	NO	NO	34.10	1,299.50	558.00	320.00	353.00	279.00	328.00	276.00	226.00	142.00	27.00	30.00	30.00
製造時漏洩量	t	NO	NO	1.10	28.90	638.00	249.00	185.00	108.50	68.00	89.00	75.00	45.50	17.00	1.00	NO
製造年使用時排出量	t	NO	NO	17.05	649.75	279.00	160.00	176.50	139.50	164.00	138.00	113.00	71.00	13.50	15.00	15.00
残存量(次年排出量)	t	NO	NO	17.05	649.75	279.00	160.00	176.50	139.50	164.00	138.00	113.00	71.00	13.50	15.00	15.00
HFC-152a排出量	t	NO	NO	18.15	1,216.95	1,299.00	680.00	521.50	424.50	371.50	391.00	326.00	229.50	101.50	29.50	30.00
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	3	168	179	94	72	59	51	54	45	32	14	4	4

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 25 年度第 1 回 HFC 等 4 ガス分科会資料他

(注) 2000年に HFC-152a を用いたエアゾールの生産を開始している。

表 4-85 エアゾールからの HFC-245fa 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017以降
潜在排出量	t	NO	NO	NO	0.80	0.39	0.17	1.10	0.28	NO	NO
製造時漏洩量	t	NO									
製造年使用時排出量	t	NO	NO	NO	0.40	0.19	0.09	0.55	0.14	NO	NO
残存量(次年排出量)	t	NO	NO	NO	0.40	0.19	0.09	0.55	0.14	NO	NO
HFC-245fa排出量	t	NO	NO	NO	0.55	0.35	0.63	0.64	0.69	0.14	NO
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.5	0.3	0.5	0.5	0.6	0.1	NO

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 26 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 2 回

HFC 等 4 ガス分科会資料他

表 4-86 エアゾールからの HFC-365mfc 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017以降
潜在排出量	t	NO	NO	NO	1.12	NO	NO	0.24	0.24	NO	NO
製造時漏洩量	t	NO									
製造年使用時排出量	t	NO	NO	NO	0.56	NO	NO	0.12	0.12	NO	NO
残存量(次年排出量)	t	NO	NO	NO	0.56	NO	NO	0.12	0.12	NO	NO
HFC-365mfc排出量	t	NO	NO	NO	0.74	NO	0.14	0.12	0.24	0.12	NO
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	1	NO	0.1	0.1	0.2	0.1	NO

(出典) 「フロン類等対策ワーキンググループ資料」、平成 26 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 2 回

HFC 等 4 ガス分科会資料他

表 4-87 エアゾールからの HFC-43-10mee 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017以降
潜在排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.50	0.34	NO	NO
製造時漏洩量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.02	0.01	NO	NO
製造年使用時排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.25	0.17	NO	NO
残存量(次年排出量)	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.25	0.17	NO	NO
HFC-43-10mee排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.27	0.43	0.17	NO
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.4	0.7	0.3	NO

(出典) 経済産業省提供データ

表 4-88 エアゾールからの HFC-227ea 排出の関連指標

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016以降
潜在排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2.08	NO	NO
製造時漏洩量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.12	NO	NO
製造年使用時排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.04	NO	NO
残存量 (次年排出量)	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.04	NO	NO
HFC-227ea排出量	t	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1.16	1.04	NO
	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	NO	NO	NO	4	3	NO

(出典) 経済産業省提供データ

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、2006 年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10%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 10%と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造一副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

2014～2016 年について、ガス種の追加に伴い再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

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

液体状の HFC-365mfc がソルカンドライという名称で業務用ドライクリーニングの溶剤として使用されており、揮発等によって大気中に排出されている。

また、一般電子部品洗浄時、半導体・液晶製造時の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、一般電子部品洗浄時、半導体・液晶製造時の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

○ HFCs

国内のメーカーのソルカンドライ用クリーニング機の累積出荷台数から廃棄台数を減じたものに、1台あたりの年間平均溶剤使用量を乗じて、年別溶剤使用量を推計し、当該年に使用された溶剤（＝補充される溶剤）の全量を HFC-365mfc 排出量とした。

$$E = (N_{special} - D_{special}) \times U_{special} + (N_{partial} - D_{partial}) \times U_{partial}$$

E	: HFC-365mfc 排出量
$N_{special}$: 専用機累積出荷台数
$D_{special}$: 専用機累積廃棄台数
$U_{special}$: 専用機の年間平均溶剤使用量
$N_{partial}$: 混合機累積出荷台数
$D_{partial}$: 混合機累積廃棄台数
$U_{partial}$: 混合機の年間平均溶剤使用量

ソルカンドライ専用クリーニング機の1台当たりの年間平均溶剤使用量については、大手メーカーのソルカンドライ溶剤販売実績及び実稼働台数より把握した各年の1台当たりの年間平均溶剤使用量（下表）とした。ソルカンドライ専用クリーニング機の2011年以前の1台当たりの年間平均溶剤使用量については、2012～2017年の1台当たりの年間平均溶剤使用量の平均値とした。また、ソルカンドライ混合クリーニング機の1台あたりの年間平均溶剤使用量については、専用機使用量に係数を乗じて算出した。

2002年以前のソルカンドライ用クリーニング機の出荷台数は0であるので、排出は2003年以降からになる。

表 4-89 ソルカンドライ用クリーニング機累積出荷台数及び年間平均溶剤使用量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
専用機及び混合機累積台数	台	0	0	0	12	121	216	234	246	259	268	272	283	292	297	298
専用機の年間平均溶剤使用量	kg/台	0	0	0	673	673	678	713	699	692	602	602	602	602	602	602

○ PFCs

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。（ガス種別に排出量を計算しているが、秘匿性に配慮して Unspecified mix として報告、2022年の平均 GWP は 7,910）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。

液体 PFCs 排出量から鉄道用整流器内蔵量（詳細は 2.G.2.参照）を差し引いたものが溶剤 PFCs 排出量となる。

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 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

HFCs の排出係数の不確実性については、-5%～+5%を採用した。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10%を採用した。その結果、排出量の

不確実性は-11%~+11%と評価された。

PFCsの排出係数の不確実性については、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、2006年IPCCガイドラインの金属工業のTier 2手法の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。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造-副生ガスの排出 - HCFC-22の製造(2.B.9.a.i.)に記載した内容と同一である。4.3.9.1.c)節を参照のこと。

d) QA/QCと検証

フッ化物製造-副生ガスの排出 - HCFC-22の製造(2.B.9.a.i.)に記載した内容と同一である。4.3.9.1.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。

4.7.6. その他利用(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。

4.8. その他製品の製造及び使用(2.G.)

本カテゴリーでは、その他製品の製造及び使用により大気中に排出されるN₂O、HFCs、PFCs、SF₆を扱う。当該カテゴリーは、「電気設備(2.G.1.)」、「防衛利用(2.G.2.)」、「加速器(2.G.2.)」、「その他-鉄道用シリコン整流器(2.G.2.)」、「医療利用(2.G.3.)」、「半導体・液晶製造工程における利用(2.G.3.)」、「電子回路基板の防水処理からのPFCs、HFCs(2.G.4.)」から構成される。

2022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1,567 kt-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0.1%を占めている。このカテゴリーのN₂Oについて1990年度の排出量と比較すると62.7%の減少となっている。HFCs、PFCs及びSF₆では1990年の排出量と比較すると83.8%の減少となっている。

表 4-90 その他製品の製造及び使用(2.G.)からの排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
N ₂ O	2.G.3 製品の使用からのN ₂ O-医療利用	kt-N ₂ O	0.93	1.41	1.10	0.86	0.32	0.25	1.11	0.22	0.22	0.23	0.21	0.27	0.28	0.33	0.35
	合計	kt-CO ₂ 換算	245	374	291	228	85	67	294	58	58	62	56	70	75	87	92
ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
HFCs	2.G.4 電子回路基板の防水加工からのPFCs、HFCs	kt-CO ₂ 換算	6	5	6	4	3	2	2	2	3	2	2	5	5	6	6
PFCs	2.G.2 その他 鉄道用シリコン整流器	kt-CO ₂ 換算	NO	NO	NO	0.2	4	9	8	7	18	17	33	41	48	58	60
	2.G.4 電子回路基板の防水加工からのPFCs、HFCs	kt-CO ₂ 換算	15	12	15	10	7	5	6	5	6	5	6	11	12	12	13
SF ₆	2.G.1 電気設備	t	355.81	460.46	127.62	40.70	30.03	29.75	27.84	29.18	28.74	27.19	25.09	25.12	25.06	26.20	24.72
	2.G.2 防衛利用	t	NO	NO	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
	2.G.2 加速器	t	30.77	35.16	34.49	35.69	33.89	35.18	35.12	34.40	33.52	34.04	34.63	34.70	33.33	33.39	33.50
	合計	t	386.58	495.62	163.34	77.61	65.15	66.16	64.19	64.80	63.49	62.46	60.95	61.05	59.62	60.82	59.45
	合計	kt-CO ₂ 換算	9,085	11,647	3,839	1,824	1,531	1,555	1,508	1,523	1,492	1,468	1,432	1,435	1,401	1,429	1,397
Fガス合計		kt-CO ₂ 換算	9,106	11,665	3,860	1,839	1,545	1,571	1,524	1,537	1,518	1,492	1,474	1,492	1,466	1,506	1,475

4.8.1. 電気設備 (2.G.1.)

a) 排出源カテゴリの説明

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。

CRT 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。

○ 製造時排出量

$$E_{\text{manufacturing}} = AD \times EF_{\text{manufacturing}}$$

$E_{\text{manufacturing}}$: 製造時 SF₆ 排出量
 AD : SF₆ ガス購入量
 $EF_{\text{manufacturing}}$: 製造時漏洩率 [%]

○ 使用時排出量

$$E_{\text{use}} = \text{Stock} \times EF_{\text{use}}$$

E_{use} : 使用時 SF₆ 排出量
 Stock : SF₆ ガス保有量
 EF_{use} : 使用中の環境中への排出率 (0.1%)

○ 点検時排出量

$$E_{\text{inspection}} = E_{\text{measured}}$$

$E_{\text{inspection}}$: 点検時 SF₆ 排出量
 E_{measured} : 実測による SF₆ ガス排出量

○ 廃棄時排出量

$$E_{\text{disposed}} = E_{\text{measured}}$$

E_{disposed} : 廃棄時 SF₆ 排出量
 E_{measured} : 実測による SF₆ 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 4-91 電気設備からの SF₆ 排出

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時排出量	kt-CO ₂ 換算	7,264	9,400	2,362	569	227	166	175	225	185	146	122	116	103	92	88
使用・点検・廃棄時SF ₆ 排出量	kt-CO ₂ 換算	1,098	1,421	638	388	479	533	479	460	491	493	467	474	486	524	493

(出典)「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、及び 1995 年の絶縁機器への SF₆ 補充量、1995 年の製造時漏洩率、1995 年の使用時漏洩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、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用い、製造・使用時は $-30\sim+30\%$ 、廃棄時は $-20\sim+40\%$ を使用した。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 10%を製造・使用時及び廃棄時の両方に使用した。その結果、製造・使用時の排出量の不確実性は $-32\sim+32\%$ 、廃棄時の排出量の不確実性は $-22\sim+41\%$ と評価された。

■ 時系列の一貫性

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

フッ化物製造—副生ガスの排出 — HCFC-22 の製造 (2.B.9.a.i.) に記載した内容と同一である。4.3.9.1. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

2004～2015年について、SF₆ ガス購入量や製造時漏洩率等の更新に伴い再計算が生じた。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.8.2. その他製品の使用からの SF₆、PFCs (2.G.2.)

4.8.2.1. 防衛利用 (2.G.2.a.)

a) 排出源カテゴリーの説明

早期警戒管制機 (AWACS) のレーダーシステム内の絶縁体として SF₆ が使用されており、飛行機が上昇する際、気圧差維持のため自動的に SF₆ がシステムから排出される。また、飛行機が降下する際には、機上の SF₆ コンテナから自動的に SF₆ がシステムに充填される。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 2 手法 (マスバランス法) に相当する算定方法で排出量を算定する。

$$E = D + M - R - I$$

E : SF₆ 排出量

D : AWACS の SF₆ コンテナ中の SF₆ 減少量

M : AWACS の SF₆ コンテナ購入・交換に伴う SF₆ 漏洩量

R : SF₆ 回収・破壊量

I : AWACS 充填量の純増分

なお、AWACS 4 機は、1999 年 3 月 24 日に運用試験開始されていることから、1999 年から SF₆ の排出が始まったものとする。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

排出係数を設定していないため、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。活動量の不確実性は、金属製造の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。

■ 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。

4.8.2.2. 加速器 (2.G.2.b.)

a) 排出源カテゴリーの説明

SF₆ は大学・研究施設、及び産業用・医療用 (がん治療) の粒子加速器の充填ガスとして使われている。機器の保守の際、SF₆ は貯蔵タンクに移されるため、排出は主にガスの移動の際に起こる。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインの Tier 1 手法で排出量を算定する。

$$E = N \times U \times C \times EF$$

<i>E</i>	: SF ₆ 排出量
<i>N</i>	: 加速器の数
<i>U</i>	: SF ₆ 使用率
<i>C</i>	: SF ₆ 充填量
<i>EF</i>	: SF ₆ 排出率

排出量の算定に用いた各加速器の種類毎の SF₆使用率、SF₆充填量、SF₆排出率、加速器数を以下に示す。

表 4-92 加速器の種類毎の SF₆使用率、SF₆充填量、SF₆排出率

項目	大学・研究施設設置の粒子加速器	産業用粒子加速器	医療用粒子加速器 ¹⁾	小規模 (1MeV 未満) の電子加速器
SF ₆ 使用率	33%	100%	100%	100%
SF ₆ 充填量 [kg]	2,400	1,300	0.5	400 ²⁾
SF ₆ 排出率 [kg/kg]	下表参照	0.07	2.0	0.07

(注) 1) の医療用粒子加速器のうち、サイクロトロン及びシンクロトロンについては、SF₆を使用している機器はないと考えられるため、算定対象から除いている。

(出典) 2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値。但し 2) は主要加速器メーカーへのヒアリング結果。

表 4-93 大学・研究施設設置の粒子加速器の SF₆ 排出率

項目	1990～2004年	2005～2009年	2010～2014年	2015～2019年	2019～2022年
SF ₆ 排出率 [kg/kg]	0.070	0.063	0.063	0.052	0.045

(出典) JAEA-Technology 2010-023 「タンデム加速器高圧ガス製造施設の運転管理」、及び日本原子力研究開発機構 環境報告書 2011～2018 をもとに算出。

表 4-94 加速器の種類毎の数

項目	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
粒子加速器数 (大学・研究施設)	188	214	212	209	218	225	222	241	245	242	239	239	239	239	239
粒子加速器数 (産業用)	143	164	145	181	174	188	190	193	183	191	198	198	198	198	198
粒子加速器数 (医療用)	531	641	754	857	926	1,068	1,081	1,108	1,114	1,146	1,132	1,132	1,132	1,132	1,132
小規模電子加速器数 (1MeV未満)	243	276	314	282	218	201	197	201	196	192	196	198	200	202	206

(出典) 日本アイソトープ協会「放射線利用統計」但し、小規模電子加速器のみ日本原子力産業会議「原子力年鑑」等

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は、2006年 IPCC ガイドラインの医療用の粒子加速器の-50～+400%を採用した。活動量の不確実性は、金属製造の-10～+10%を採用した。その結果、排出量の不確実性は-51～+400%と評価された。

■ 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。

4.8.2.3. 防音窓 (2.G.2.c.)

本サブカテゴリーは、2006年 IPCC ガイドラインに算定方法が示されているが、算定方法検討会で定めた算定対象となる 3000 t-CO₂換算を超える排出量とはならないため、重要でないという意味での「NE」として報告した (別添 6 参照)。

4.8.2.4. 断熱特性：靴及びタイヤ (2.G.2.d.)

断熱性用途のゴムにおける PFC 及び SF₆の使用実績は確認されなかったため、「NO」と報告する。

4.8.2.5. その他 — 鉄道用シリコン整流器 (2.G.2.e.ii.-)

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。

$$E = M_{disposal} - R$$

E : 廃棄時における PFC 排出量

$M_{disposal}$: PFC 廃棄量

R : 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、2006 年 IPCC ガイドラインの金属工業の Tier 2 手法の 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。

■ 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。

4.8.3. 製品の使用からの N₂O — 医療利用（2.G.3.a.）

a) 排出源カテゴリーの説明

麻酔剤（笑気ガス）の使用に伴い N₂O が排出される。2006 年より一部の病院で N₂O 分解装置が導入されているので、その削減量も排出量に反映している。なお、我が国では、麻酔剤として CO₂は使用されていない。

b) 方法論

■ 算定方法

麻酔剤の使用に伴い排出される N₂O の排出量については、2005 年までは麻酔剤として医薬品の製造業者又は輸入販売業者から出荷された N₂O の量をそのまま計上した。2006 年以降については、麻酔の N₂O 分解装置を導入している国内病院における笑気ガス使用量、分解率（99.9%）を用いて計算した N₂O 回収量を薬事用 N₂O 出荷量から差し引いて排出量として計上した。

$$E = S - (U \times DR)$$

- E : 麻酔剤（笑気ガス）の使用に伴う N_2O 排出量
- S : 薬事用 N_2O 出荷量
- U : N_2O 分解装置を導入している病院における笑気ガス使用量
- DR : 分解率

■ 排出係数

麻酔剤として使用される N_2O は、回収されない限り全量が大気中に放出されると仮定したため、排出係数は設定していない。

■ 活動量

2005 年までは厚生労働省「薬事工業生産動態統計年報」に示された、全身麻酔剤（亜酸化窒素）の出荷数量（暦年値）を用いた。2006 年以降 2009 年までは、上記出荷数量から麻酔の N_2O 分解装置を導入している国内 3 病院、2010 年以降については国内 4 病院における N_2O 回収量を差し引いた量を用いた。

表 4-95 全身麻酔剤（ N_2O ）の出荷量及び国内病院における回収量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
笑気ガス出荷量	kg- N_2O	926,030	1,411,534	1,099,979	859,389	320,110	253,218	1,111,265	219,011	219,011	234,691	211,842	265,728	283,333	330,111	345,452
国内病院における N_2O 回収量	kg- N_2O	NO	NO	NO	NO	914	509	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

医療用ガスとして使用される N_2O は、全量が大気中に放出されるとして排出量を算定しており、排出係数が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。「薬事工業生産動態統計年報」は統計法に基づく基幹統計であるため、5%を採用した。

■ 時系列の一貫性

1990 年以来笑気ガスの出荷量は「薬事工業生産動態統計年報」に示された全身麻酔剤（亜酸化窒素）を一貫して使用している。

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。

4.8.4. その他 — 電子回路基板の防水加工からの PFCs、HFCs（2.G.4.-）

a) 排出源カテゴリーの説明

電子回路実装基板の防水加工では、プラズマ中の気相反応によりフッ素化合物のポリマーを形成する方法があり、この防水加工プロセスにおいて PFCs（ CF_4 （PFC-14）、 C_2F_6 （PFC-116））及び CHF_3 （HFC-23）が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

2019年改良 IPCC ガイドラインに示された Tier 1 算定方法に基づき、排出量を算定する。

$$E_i = EF_i \times n \times I$$

- E_i : ガス種 i の排出量
 EF_i : ガス種 i の排出係数 [g/個数]
 n : 電子回路実装基板の製造量^{a)} [個数]
 I : プラズマ処理による防水加工の実施率 (1%^{b)})

(注) 1990年～2011年の電子回路実装基板の生産量はデータがないため、電子回路基板（電子部品が取り付けられていない状態の基板）の生産量に比例すると仮定し、2012年の電子回路実装基板の生産量を用いて推計した。

(出典)

- a) 経済産業省「生産動態統計年報機械統計編」
b) 日本電子回路工業会

排出量の算定に用いたガス種毎の排出係数を以下に示す。

表 4-96 電子回路実装基板の防水加工からの排出量算定に用いた排出係数

項目	CF ₄ (PFC-14)	C ₂ F ₆ (PFC-116)	CHF ₃ (HFC-23)
排出係数 [g/個数]	0.006	0.004	0.003

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

PFCs 及び HFCs 排出係数の不確実性については、2006年 IPCC ガイドラインの半導体製造の Tier 1 手法の上限値 200%を用いた。活動量の不確実性については、「生産動態統計年報」は統計法に基づく基幹統計であるため、5%を採用した。その結果排出量の不確実性は、-200～+200%と評価された。

■ 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。

4.9. その他 (2.H.)

本カテゴリーでは、その他の排出源からの CO₂ を扱う。当該カテゴリーは、「食品・飲料産業 (2.H.2.)」、「輸入炭酸ガスからの排出 (2.H.3.-)」及び「炭酸ガスの利用 (2.H.3.-)」から構成される。

2022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 885 kt-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 0.1%を占めている。1990 年度の排出量と比較すると 1.3%の増加となっている。

表 4-97 その他（2.H.）の排出量

ガス		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
CO ₂	2.H.2	食品・飲料産業	kt-CO ₂	94	107	100	104	91	103	99	110	115	115	120	124	121	124	126	
	2.H.3	炭酸ガスの利用	輸入炭酸ガスからの排出	kt-CO ₂	0.3	0.3	0.2	0.2	1	11	10	14	28	26	25	21	16	7	10
			ドライアイス	kt-CO ₂	285	286	306	316	332	361	366	371	368	372	371	359	348	369	342
			溶接	kt-CO ₂	283	321	301	316	323	309	302	321	321	323	309	301	261	254	269
			冷却	kt-CO ₂	113	128	120	111	75	74	72	74	74	72	65	65	66	58	60
			その他	kt-CO ₂	99	112	105	97	58	45	49	64	68	74	69	75	72	83	79
		環境配慮型コンクリート ¹⁾ による控除分	kt-CO ₂	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-0.001	-0.0004	NO	-0.01	-0.01	
	合計		kt-CO ₂	874	954	933	944	880	904	898	954	972	982	959	945	884	894	885	

注1) 製造時 CO₂ 固定型コンクリート

4.9.1. CO₂の直接利用に関する報告について

CO₂ の回収が行われている排出源カテゴリーの排出量から回収量を控除し、控除した CO₂ の全量は、2006 年 IPCC ガイドラインの考え方にに基づき、CO₂ が利用されるカテゴリーに漏れなく排出量として計上した（図 4-1 参照）。

図 4-1 CO₂回収量・利用量の計上状況（2022 年度）

排出源カテゴリー		排出量 [kt-CO ₂] (回収・利用分除く)	回収量 [kt-CO ₂]	利用量 [kt-CO ₂]	排出量 [kt-CO ₂] (回収・利用分含む)	
1.A.1.b.	石油精製	31,730	581	0	31,149	
1.A.2.a.	鉄鋼	114,349	21	0	114,327	
2.B.1.	アンモニア製造	1,250	341	0	909	
2.B.8.d.	酸化エチレン	204	37	0	167	
2.B.10.	化学産業-その他	17	0	68	86	
2.C.1.	鉄鋼製造	5,171	0	37	5,208	
2.H.2.	食品・飲料産業	0	0	126	126	
2.H.3.-	炭酸ガスの利用	ドライアイス	0	0	342	342
		溶接	0	0	269	269
		冷却	0	0	60	60
		その他	0	0	79	79
		合計	152,721	980	980	152,721

CO₂ 回収量・利用量は、令和 5 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会において日本産業・医療ガス協会とドライアイスメーカー会協力のもと実施した CO₂ の直接利用実態の調査結果に基づき、以下の通りに算定した。

a) CO₂ 回収量

液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量は、日本産業・医療ガス協会による発生源別 CO₂ 生産量データをを用いた。発生源別内訳が不明な 1990～1991、1993～1995、1998～1999、2001～2004、2006～2008、2010、2012、2014、2020～2021 年度については、内訳が得られた年度の発生源別構成比を内挿補完で求め、各年度の合計生産量に乗じて回収量を推計した。合計生産量が不明な 1990、1991、1993～1995 年度については他の年の合計から内挿推計した。

表 4-98 液化炭酸ガス向け発生源別 CO₂ 回収量

発生源(カテゴリー)	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
石油精製 (1.A.1.b.)	kt	242	275	307	359	353	334	315	326	336	348	340	360	326	339	366
製鉄 (1.A.2.a.)	kt	69	98	84	75	8	9	17	28	26	23	24	21	21	21	21
アンモニア製造 (2.B.1.)	kt	279	311	260	222	238	247	233	241	240	246	226	236	213	210	214
酸化エチレン (2.B.8.d.)	kt	65	58	45	52	30	33	46	66	72	64	73	56	50	44	37

ドライアイス向け CO₂回収量はドライアイス国内出荷量に等しいとみなし、ドライアイスメーカー会提供データを用いた。出荷量が不明な 2009 年度以前については、2010 年度の経済産業省「生産動態統計年報 化学工業統計編」における「炭酸ガス」生産量に対するドライアイス出荷量の比率を各年度の炭酸ガス生産量に乗じて推計した。ドライアイスの発生源別内訳は、液化炭酸ガス向け発生源別 CO₂回収量を用いて、各年度のドライアイス出荷量に、液化炭酸ガスにおける石油精製とアンモニア製造の発生源別構成比を乗じて推計した。

表 4-99 ドライアイス国内出荷量及び発生源別内訳

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ドライアイス出荷量	kt	285	286	306	316	332	361	366	371	368	372	371	359	348	369	342
発生源(カテゴリー)																
石油精製 (1.A.1.b.)	kt	132	134	166	195	198	208	210	213	214	218	223	217	210	227	215
アンモニア製造 (2.B.1.)	kt	152	152	141	121	134	154	155	158	153	154	148	142	138	141	126

b) CO₂ 利用量

液化炭酸ガスの利用量は、生産量に等しいとみなし、日本産業・医療ガス協会ウェブサイトにおいて報告されている液化炭酸ガスの用途別工場出荷実績を用いた。

表 4-100 液化炭酸ガスの国内における用途別 CO₂ 利用量及び計上先カテゴリー

用途 (計上先カテゴリー)	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
化学 (2.B.10.b.-)	kt	39	45	42	39	41	51	51	53	56	59	62	64	58	58	68
製鋼 (2.C.1.f.-)	kt	26	29	28	42	41	40	38	39	41	39	39	44	33	37	37
飲料 (2.H.2.)	kt	94	107	100	104	91	103	99	110	115	115	120	124	121	124	126
溶接 (2.H.3.-)	kt	283	321	301	316	323	309	302	321	321	323	309	301	261	254	269
冷却 (2.H.3.-)	kt	113	128	120	111	75	74	72	74	74	72	65	65	66	58	60
その他 (2.H.3.-)	kt	99	112	105	97	58	45	49	64	68	74	69	75	72	83	79

(注) 1990～2003 年度については、2004 年度の用途別構成比で各年度の回収量を按分して各年度の用途別利用量を推計した。

ドライアイスの利用量については、ドライアイス出荷量の全量を炭酸ガスの利用 (2.H.3.-) カテゴリーに計上している。

4.9.2. 食品・飲料産業 (2.H.2.)

石油精製 (1.A.1.b.)、鉄鋼製造 (1.A.2.a.)、アンモニア製造 (2.B.1.) 及び酸化エチレン製造 (2.B.8.d.) カテゴリーにおいて CO₂ 排出量から控除した液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量のうち、飲料産業への使用量を本カテゴリーにおいて計上する。詳細は 4.9.1. 節を参照のこと。

4.9.3. 輸入炭酸ガスからの排出 (2.H.3.-)

a) 排出源カテゴリーの説明

輸入炭酸ガス (すべてドライアイス) の使用に伴い CO₂ が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

炭酸ガスの輸入量全量を CO₂ 排出量として計上する。

■ 排出係数

活動量をそのまま排出量とするため排出係数は設定しない。

■ 活動量

「貿易統計」における二酸化炭素の輸入量を排出量とする。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

炭酸ガスの輸入量が全量大気中に放出されるとして排出量を算定しており、排出係数が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。活動量の不確実性は、活動量に「貿易統計」を用いる鉄鋼製造における電気炉の使用の不確実性5%を採用した。

■ 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。

4.9.4. 炭酸ガスの利用（2.H.3.-）

a) 排出源カテゴリーの説明

炭酸ガス及びドライアイスの使用に伴い CO₂ が排出される。

b) 方法論

■ 算定方法

石油精製（1.A.1.b.）、鉄鋼製造（1.A.2.a.）、アンモニア製造（2.B.1.）及び酸化エチレン製造（2.B.8.d.）カテゴリーにおいて CO₂ 排出量から控除した液化炭酸ガス向け CO₂ 回収量のうち、溶接、冷却及びその他用途における利用量全量を本カテゴリーにおいて計上する。また、石油精製（1.A.1.b.）及びアンモニア製造（2.B.1.）カテゴリーにおいて CO₂ 排出量から控除したドライアイス向け CO₂ 回収量の全量が大气中に排出されたとみなし、本カテゴリーに計上する。詳細は、4.9.1. 節を参照のこと。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

炭酸ガスの利用量が全量大気中に放出されるとして排出量を算定しており、排出係数が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。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインに示されたアンモニア製造におけるプラントデータ使用時の CO₂ 回収量のデフォルト値2%を採用した。

■ 時系列の一貫性

活動量は可能な限り一貫して使用しており、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

新たに CO₂ 排出量の算定を行った。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.9.5. 環境配慮型コンクリート

我が国では、地球温暖化対策計画（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）に CCU に関するイノベーションの推進等が盛り込まれていることを踏まえ、温室効果ガス排出量算定方法検討会において様々な CCU 技術による CO₂ 削減量のインベントリへの反映方法について検討を進めている。検討の結果、環境配慮型コンクリートによる CO₂ 固定量を算定し、環境配慮型コンクリートの製造に利用された CO₂ の回収元のカテゴリーの排出量から控除することとした。

表 4-101 環境配慮型コンクリートによる CO₂ 固定量

	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
製造時CO ₂ 固定型																
2.H.3.-	t	NO	0.79	0.42	NO	5.94	7.70									
CO ₂ 由来材料使用型																
1.A.2.c.	t	NO	0.06													
1.A.2.d.	t	NO	1.02													
1.A.2.f.	t	NO	1.34	2.80												
バイオ炭使用型																
4.H.	t	NO	5.89													

4.9.5.1. 製造時 CO₂ 固定型コンクリート (2.H.3.-)

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、製造時に CO₂ を炭酸カルシウムとしてコンクリート内部に強制的に固定させるコンクリート製品の CO₂ 固定量を取り扱う。現時点では、事業者から算定に必要なデータが得られた製品を算定対象とした。

b) 方法論

■ 算定方法

製造時 CO₂ 固定型コンクリートの生産量に、CO₂ 固定係数を乗じて CO₂ 固定量を算定した。CO₂ 固定量は、CO₂ を固定するコンクリート製品の材料配合比率や製造方法等によって変化することから、製品及びその品種別の平均的な CO₂ 固定係数を実測値に基づき設定する。

$$F_{CO2} = \sum_{ij} (V_{ij} \times f_{ij})$$

F_{CO2} : CO₂ 固定型コンクリートの CO₂ 固定量 [t-CO₂]

V_{ij} : 製品 i における品種 j の生産量 [m³]

f_{ij} : 製品 i における品種 j の単位体積当たりの CO₂ 固定量 [t-CO₂/m³]

■ 固定係数

事業者から提供されたサンプル測定結果や製造実績における品質管理データに基づき、製品種別に CO₂ 固定係数を設定した。なお固定係数は秘匿である。

■ 活動量

事業者提供データによる、製品別の製造量を用いた。なお活動量データは秘匿である。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

固定係数の不確実性については、事業者提供の CO₂ 固定量等のサンプル分析結果に基づき -17～10%と評価した。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインの化学産業の Tier 3 手法のデフォルト値 5%を採用した。その結果、CO₂ 固定量の不確実性は-13～8%と評価された。

■ 時系列の一貫性

CO₂ 固定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

新たに CO₂ 固定量の算定を行った。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.9.5.2. CO₂ 由来材料使用型コンクリート (1.A.2.c.、1.A.2.d.、1.A.2.f.)

a) カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、CO₂ を固定した炭酸塩原料を用いてコンクリートを製造することでコンクリート内部に CO₂ を固定する製品の CO₂ 固定量を取り扱う。現時点では、事業者から算定に必要なデータが得られた製品を算定対象とする。

b) 方法論

■ 算定方法

CO₂ 固定量は、CO₂ 由来材料使用型コンクリートにおける CO₂ 由来材料の使用量に、CO₂ 由来材料の平均的な CO₂ 固定係数を乗じて算定した (式 1)。

使用量が把握できない場合は、CO₂ 由来材料使用型コンクリートの生産量に、コンクリート生産量当たりの CO₂ 固定係数を乗じて CO₂ 固定量を算定した (式 2)。なお CO₂ 固定量は、使用される CO₂ 由来材料の種類や配合 (調合) によって変化することから、同一の CO₂ 由来材料及び配合比率を用いている製品種別に算定した。

$$(式 1) F_{CO_2} = \sum_k (m_k \times F_k)$$

F_{CO_2} : CO₂ 由来材料使用型コンクリートによる CO₂ 固定量 [t-CO₂]

m_k : CO₂由来材料 k の使用量 [t]
 F_k : CO₂由来材料 k の単位重量当たりの CO₂固定量 [t-CO₂/t]

$$(式 2) F_{CO_2} = \sum_i (V_i \times f_i)$$

F_{CO_2} : CO₂由来材料使用型コンクリートによる CO₂固定量 [t-CO₂]
 V_i : コンクリート種類 i の生産量 [m³]
 f_i : コンクリート種類 i の単位体積当たりの CO₂固定量 [t-CO₂/m³]

■ 固定係数

式 1 により算定した製品については、CO₂由来材料を製造している事業者から提供された製品に使用されている材料の各年度における CaCO₃ 純度を考慮した重量当たり CO₂ 固定量を設定した。

式 2 により算定した製品については、コンクリート製品を製造している事業者から提供された、コンクリート配合（調合）記録等に基づく製品別の体積当たり CO₂ 固定量を、各製品の生産量で加重平均した年度別の固定係数を設定した。

なお固定係数は秘匿である。

■ 活動量

式 1 により算定した製品については、コンクリート製品を製造している事業者から提供された単位体積当たりの CO₂ 由来材料の混入量を用いて推計した CO₂ 由来材料の使用量を用いた。

式 2 により算定した製品については、コンクリート製品生産量を用いた。

なお活動量データは秘匿である。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

式 1 により算定をした製品について、固定係数の不確実性は、材料製造事業者による CO₂ 由来材料の CaCO₃ 純度測定結果に基づき-3~3%と評価した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの化学産業の Tier 3 手法のデフォルト値 5%を採用した。その結果、CO₂ 固定量の不確実性は-6~6%と評価された。

式 2 により算定をした製品について、固定係数の不確実性は、コンクリート製品製造事業者による製造実績データにおける CO₂ 固定量の評価結果に基づき、-2~2%と評価した。活動量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインの化学産業の Tier 3 手法のデフォルト値 5%を採用した。その結果、CO₂ 固定量の不確実性は-4~3%と評価された。

■ 時系列の一貫性

CO₂ 固定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

新たに CO₂ 固定量の算定を行った。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

4.9.5.3. バイオ炭使用型コンクリート (4.H.)

a) カテゴリーの説明

木質バイオマスを炭化して作られたバイオ炭をコンクリートに混入することで、内部に炭素を貯留するコンクリート製品による CO₂ 固定量を取り扱う。CO₂ 固定量はバイオ炭種により異なるため、バイオ炭種別に算定する。現時点では、事業者からデータの得られた国産オガ粉を使用した製品による工事用道路へのバイオ炭使用実例を算定対象とした。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインにおける LULUCF 分野の伐採木材製品 (HWP) の Tier 3 手法に基づき、下式を用いて算定した。

$$F_{CO_2,n} = \sum_j \Delta C_{n,i} \times 44/12$$

$F_{CO_2,n}$: n 年度のバイオ炭使用型コンクリートによる CO₂ 固定量 [t-CO₂]

$\Delta C_{n,i}$: n 年度の間バイオ炭種 i の製品プールにおける炭素蓄積変化量 [t-C/年]

ここで、

$$\Delta C_{n,i} = Inflow_{n,i} - Outflow_{n,i}$$

$Inflow_{n,i}$: n 年度の間バイオ炭種 i の製品プールに投入される炭素量 [t-C/年]

$Outflow_{n,i}$: n 年度の間バイオ炭種 i の製品プールから排出される炭素量 [t-C/年]

$$Inflow_{n,i} = m_{n,i} \times C_i$$

$m_{n,i}$: n 年度のバイオ炭種 i の使用量 [t]

C_i : バイオ炭種 i の炭素含有率 [t-C/t]

$$Outflow_{n+k,i} = Inflow_{n,i}$$

k : バイオ炭種 i 使用製品の使用期間 [年]

(注) 日本建築学会「建築工事標準仕様書」における標準水準級の計画供用期間に基づき、65年と設定した。

■ 固定係数

固定係数は、製品に使用されたバイオ炭における炭素含有率の実績値に基づき設定した。なお固定係数は秘匿である。

■ 活動量

バイオ炭使用型コンクリートにおけるバイオ炭種別のバイオ炭使用量を用いた。なお活動量データは秘匿である。

c) 不確実性と時系列の一貫性

■ 不確実性

固定係数の不確実性は、事業者による炭素含有率のばらつき評価に基づき-2%~4%と評価した。活動量の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインの化学産業の Tier 3 手法のデフォルト値 5%を採用した。その結果、CO₂ 固定量の不確実性は-5~6%と評価された。

■ 時系列の一貫性

CO₂ 固定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

新たに CO₂ 固定量の算定を行った。再計算の影響の程度については 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

バイオ炭使用製品の使用期間や廃棄処理に関する情報収集を進め、必要に応じて算定方法の見直しを行う。

参考文献

1. IPCC 「国家温室効果ガスインベントリに関する 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 「国家温室効果ガスインベントリに関する 2006 年 IPCC ガイドライン」 (2006)
4. IPCC 「2006 年国家温室効果ガスインベントリガイドラインの 2019 年改良」 (2019)
5. IUPAC 「*Atomic Weights of the Elements 1999* (<http://www.ciaaw.org/pubs/TSAW-1999.pdf>)」 (2001)
6. 環境省報道発表「冷媒フロンの廃棄等の見通しについて<参考 1>」 (平成 12 年 7 月 31 日)
7. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第 2 部」 (平成 14 年 8 月)
8. 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)
9. 環境省「揮発性有機化合物 (VOC) 排出インベントリについて (報告)」 (平成 19 年 3 月)
10. 環境省「ハロン・液体 PFC 等管理方策検討調査」 (2006 年度)
11. 環境省「ハロン・PFC 破壊処理実態等調査」 (2010 年度)
12. 環境省「平成 23 年度 PRTR 届出外排出量の推計方法」
13. 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)
14. 環境省「平成 26 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会第 2 回 HFC 等 4 ガス分科会資料」 (平成 27 年 1 月)
15. 環境省「業務用冷凍空調機器からのフロン類充填量及び回収量等集計結果の詳細」
16. 経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」
17. 経済産業省「生産動態統計年報 化学工業統計編」
18. 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」
19. 経済産業省「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資料」 (2009 年)
20. 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資料」 (2010 年 7 月 26 日)
21. 経済産業省資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」
22. 経済産業省「資源・エネルギー統計年報」
23. 経済産業省「資源統計年報」
24. 経済産業省「石油等消費動態統計年報」
25. 経済産業省「窯業・建材統計年報」
26. 経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」
27. 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」
28. 財務省「貿易統計」
29. 国土交通省「自動車輸送統計年報」
30. 国土交通省「自動車燃料消費量統計年報」
31. 国土交通省「鉄道統計年報」
32. 国土交通省「鉄道車両等生産動態統計年報」
33. 国土交通省「海事レポート」
34. 厚生労働省「薬事工業生産動態統計年報」
35. 農林統計協会「ポケット肥料要覧」

36. 日本溶剤リサイクル工業会「有機溶剤使用量・排出処理に関する調査」(2012年5月)
37. 日本溶剤リサイクル工業会「溶剤リサイクル数量調査」
38. 戒能一成「産業連関表・鋳工業統計を用いた石灰石起源 CO₂ 排出などの評価・検証」
RIETI Discussion Paper Series 10-J-026 (2010年4月)
39. 石灰石鋳業協会「石灰石の話」(2005年)
40. カーボンブラック協会「カーボンブラック便覧」
41. 石油学会「石油化学プロセス」(2001年)
42. 重化学工業通信社「化学品ハンドブック」
43. 重化学工業通信社「日本の石油化学工業」
44. 日本アイソトープ協会「放射線利用統計」
45. 日本原子力産業会議「原子力年鑑」
46. 放射線利用振興協会「放射線と産業 No.69」(1996)
47. 海洋水産システム協会「海洋水産エンジニアリング」
48. 石油天然ガス・金属鋳物資源機構「鋳物資源マテリアルフロー」
49. 日本塗料工業会「塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」
50. 日本塗料工業会「塗料製造業実態調査」
51. 日本産業・医療ガス協会ウェブサイト (<http://www.jimga.or.jp>)
52. 田山豪一、仲野谷孝充、乙川義憲、月橋芳廣、関信夫、小野寺輝夫、仁杉光「タンデム加速器高圧ガス製造施設の運転管理」JAEA-Technology 2010-023
53. 日本原子力研究開発機構「環境報告書」
54. 日本建築学会「建築工事標準仕様書」

