

II. 工業プロセス分野

1. 背景

工業プロセスにおける化学反応により CO₂, CH₄, N₂O が大気中に排出される。ここでは、以下の工業プロセスからの排出量を算定する。

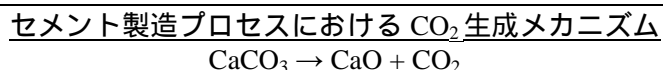
- ・ 鉱物製品（セメント、生石灰等）
- ・ 化学工業製品（アンモニア、硝酸、アジピン酸等）
- ・ 金属等の製造工程
- ・ その他製品（紙・パルプ、食品・飲料等）

2. 鉱物製品（2A）

(1) セメント製造（2A1）CO₂

背景

セメントの中間製品であるクリンカの生産の際、炭酸カルシウム（CaCO₃）を主成分とする石灰石の焼成により CO₂ が排出される。



算定方法

(a) 算定の対象

セメント製造時に原料として使用された石灰石から排出される CO₂ の量。

(b) 算定方法の選択

セメント製造に伴う排出については、GPG (2000)のデシジョンツリーに従い、Tier2 を用いて CO₂ 排出量の算定を行う。

(c) 算定式

GPG (2000)に示された Tier2 に基づき、セメント製造の中間生成物であるクリンカ生産量に排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

$$E = EF * A * F_{CKD}$$

- E : セメント製造に伴う CO₂ 排出量 (t-CO₂)
- EF : 排出係数 (t-CO₂/t-clinker)
- A : クリンカ生産量 (t)
- F_{CKD} : セメントキルンダスト補正係数

(d) 算定方法の課題

- ・ 特になし。

排出係数

(a) 定義

国内でクリンカ 1t 生産する際に排出される石灰石由来の CO₂ の量 (t)

(b) 設定方法

IPCC デフォルトの排出係数はクリンカに含まれているすべての CaO を炭酸塩由来とみなしている。しかし、わが国のセメント業界では、他産業から多量の廃棄物・副産物を受け入れ、セメントの原料代替として再資源化しているため、炭酸塩起源以外の CaO がクリンカ中に含まれている。従って、炭酸塩起源以外の CaO を含む廃棄物等由来の CaO を控除したクリンカの CaO 含有率を求めて、クリンカの排出係数を設定する必要がある。

セメント製造に伴う CO₂ の排出係数は、以下の手順で算定する。

原料工程で投入された廃棄物等乾重量の推計

クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 含有量、CaO 含有率の推計

廃棄物等由来の CaO を除いたクリンカ中の CaO 含有率の推計

クリンカの排出係数の設定

原料工程で投入された廃棄物等の乾重量の推計

原料工程で投入された廃棄物等の量については、社団法人セメント協会（以下、セメント協会）調査のデータを使用する。調査の対象年は 2000～2003 年度である。1990～1999 年度の原料工程で投入された廃棄物等の量については、統計値を把握してこなかったため、過去に遡り把握することは困難であることから、ここで推計することはせず、クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 率を設定するところで推計する。

2000～2003 年度における原料工程で投入された廃棄物等の量を表 127に示す。

算定に使用する廃棄物等の銘柄として、石炭灰（焼却残渣）、高炉スラグ（水砕）、高炉スラグ（徐冷）、製鋼スラグ、非鉄鉱さい、石炭灰（集塵機捕集ダスト）、ばいじん・ダストの 7 種類の銘柄を選定した（これら 7 種類による廃棄物等由来 CaO のカバー率は 90%以上。）。

表 127 2000～2003 年度における原料工程で投入された廃棄物等の量の推移

大分類	廃棄物銘柄	単位	2000	2001	2002	2003
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	10 ³ t-wet	2,343	2,988	3,186	1,911
鉍さい	高炉スラグ（水砕）	10 ³ t-wet	1,866	1,224	1,303	1,046
	高炉スラグ（徐冷）	10 ³ t-wet	1,646	1,285	932	881
	製鋼スラグ	10 ³ t-wet	733	990	806	566
	非鉄鉍さい	10 ³ t-wet	1,318	1,070	1,007	1,097
ばいじん類 （集塵機捕集ダスト）	石炭灰	10 ³ t-wet	2,331	2,330	2,705	4,146
	ばいじん、ダスト	10 ³ t-wet	414	541	460	523
	合計	10 ³ t-wet	10,651	10,427	10,399	10,169

廃棄物等データは湿重量で報告されているため、廃棄物等を各廃棄物等銘柄の含水率（表 128）で補正し、乾重量に換算した値（表 129）を使用する。

表 128 廃棄物等銘柄別の含水率の推移

大分類	廃棄物銘柄	単位	2000	2001	2002	2003	2000-2003 平均
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	%	9.3	9.7	7.2	14.5	10.2
鉍さい	高炉スラグ（水砕）	%	7.2	7.4	8.7	5.0	7.1
	高炉スラグ（徐冷）	%	6.1	5.7	5.8	6.4	6.0
	製鋼スラグ	%	7.7	8.6	7.9	8.7	8.2
	非鉄鉍さい	%	6.9	5.6	7.6	7.5	6.9
ばいじん類 （集塵機捕集ダスト）	石炭灰	%	3.9	3.7	1.7	1.6	2.7
	ばいじん、ダスト	%	8.9	14.3	12.1	12.6	12.0

表 129 原料工程で投入された廃棄物等の乾重量の推移

大分類	廃棄物銘柄	単位	2000	2001	2002	2003
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	10 ³ t-dry	2,124	2,698	2,956	1,634
鉍さい	高炉スラグ（水砕）	10 ³ t-dry	1,731	1,133	1,189	994
	高炉スラグ（徐冷）	10 ³ t-dry	1,545	1,212	878	825
	製鋼スラグ	10 ³ t-dry	676	905	743	516
	非鉄鉍さい	10 ³ t-dry	1,227	1,010	930	1,014
ばいじん類 （集塵機捕集ダスト）	石炭灰	10 ³ t-dry	2,241	2,244	2,658	4,077
	ばいじん、ダスト	10 ³ t-dry	378	464	404	457
	合計	10 ³ t-dry	9,922	9,664	9,759	9,518

クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 含有量、CaO 含有率の推計

原料工程で投入された廃棄物等の乾重量に表 130に示した銘柄別の CaO 含有率（セメント協会調査）を乗じて、クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 量を算出する（表 131を参照）。

表 130 セメントの原料として使用される廃棄物等の CaO 含有率の推移

大分類	廃棄物銘柄	単位	2000	2001	2002	2003	2000-2003 平均
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰	%	5.3	5.3	5.0	5.7	5.3
鉍さい	高炉スラグ（水砕）	%	41.3	41.4	40.0	42.2	41.2
	高炉スラグ（徐冷）	%	41.4	41.5	41.0	40.8	41.2
	製鋼スラグ	%	37.1	38.8	40.5	39.6	39.0
	非鉄鉍さい	%	10.0	7.1	7.2	6.7	7.7
ばいじん類 （集塵機捕集ダスト）	石炭灰	%	4.7	4.6	5.0	4.7	4.8
	ばいじん、ダスト	%	11.5	11.9	10.4	13.4	11.8

表 131 クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 量の推移

大分類	廃棄物銘柄	単位	2000	2001	2002	2003
燃え殻（焼却残渣）	石炭灰 dry	10 ³ t-dry	113	144	149	92
鉱さい	高炉スラグ（水砕）	10 ³ t-dry	714	469	475	419
	高炉スラグ（徐冷）	10 ³ t-dry	639	503	360	336
	製鋼スラグ	10 ³ t-dry	251	351	301	204
	非鉄鉱さい	10 ³ t-dry	123	71	67	68
ばいじん類 （集塵機捕集ダスト）	石炭灰	10 ³ t-dry	106	103	134	191
	ばいじん、ダスト	10 ³ t-dry	44	55	42	61
	合計	10 ³ t-dry	1,990	1,695	1,527	1,372

廃棄物等由来の CaO 量をクリンカ生産量で除し、クリンカ中の廃棄物等由来の CaO 含有率を算出する。

1990～1999 年度の廃棄物等由来の CaO 含有率のデータはないが、廃棄物等の原料工程投入量は 1990 年以降増加傾向にあったことは明らかである。このため、1990～1999 年度の廃棄物由来の CaO 量を推計するに際しては、過大推計を避ける考え方から 2000～2003 年度における廃棄物等由来の CaO 含有率の平均値を採用する。その結果を表 132 に示す。

表 132 廃棄物等由来の CaO 含有率の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
クリンカ生産量	10 ³ t	76,253	79,495	82,094	81,224	83,338	83,032	83,855
廃棄物等のCaO量	10 ³ t							
クリンカ中廃棄物由来のCaO含有率	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
クリンカ生産量	10 ³ t	78,666	69,675	68,980	69,528	67,729	63,778	62,653
廃棄物等のCaO量	10 ³ t				1,990	1,695	1,527	1,372
クリンカ中廃棄物由来のCaO含有率	%	2.5	2.5	2.5	2.9	2.5	2.4	2.2

廃棄物等由来の CaO を除いたクリンカ中の CaO 含有率の推計

セメント協会調査結果によるクリンカ中の CaO 含有率（表 133）から廃棄物等由来の CaO 含有率を差し引いて排出係数の設定に使用するクリンカ中の CaO 率を算出する。その結果を表 134 に示す。

表 133 クリンカ中 CaO 含有率

	単位	2000	2001	2002	2003	2000-2003 平均
クリンカ中CaO率	%	66.0	65.9	65.9	65.9	65.9

表 134 廃棄物等由来の CaO を除いたクリンカ中の CaO 含有率の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
クリンカ中平均CaO含有率	%	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9	65.9
クリンカ中廃棄物等由来のCaO含有率	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
廃棄物等を排除したクリンカ中CaO含有率	%	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
クリンカ中平均CaO含有率	%	65.9	65.9	65.9	66.0	65.9	65.9	65.9
クリンカ中廃棄物等由来のCaO含有率	%	2.5	2.5	2.5	2.9	2.5	2.4	2.2
廃棄物等を排除したクリンカ中CaO含有率	%	63.4	63.4	63.4	63.1	63.4	63.5	63.7

クリンカの排出係数の設定

CaO と CO₂ の分子量の比 (0.785) にクリンカ中の CaO 含有率を乗じてセメント製造に伴う排出の排出係数を算出する。なお、セメントキルダスト (CKD) 補正係数については、CKD を回収し再度原料投入しているため、1.00 を使用する。

(c) 排出係数の推移

1990～2003 年度における排出係数は以下の通り。

表 135 セメントの製造に伴う CO₂ の排出係数

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
廃棄物等を排除したクリンカ中CaO含有率	%	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4
CO ₂ /CaO		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
排出係数	t-CO ₂ /t	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498	0.498

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
廃棄物等を排除したクリンカ中CaO含有率	%	63.4	63.4	63.4	63.1	63.4	63.5	63.7
CO ₂ /CaO		0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
排出係数	t-CO ₂ /t	0.498	0.498	0.498	0.495	0.498	0.499	0.500

(d) 排出係数の出典

セメントの製造に伴う CO₂ の排出係数の算出に使用したデータは以下の通り。

表 136 排出係数の算出に使用したデータ

データ	出典
<ul style="list-style-type: none"> ・ 原料工程に投入される廃棄物等量 ・ 廃棄物等の含水率 ・ 廃棄物等の CaO 率 ・ クリンカ中 CaO 率 ・ クリンカ生産量 	社団法人セメント協会

(e) 排出係数の課題

- ・ 特になし。

活動量

(a) 定義

セメントの中間製品であるクリンカを生産量 (t)

(b) 活動量の把握方法

セメント協会の提供データに示された 2000～2003 年度におけるクリンカ生産量は以下の通り。

表 137 クリンカ生産量 (2000-2003 年度)

	単位	2000	2001	2002	2003
クリンカ生産量	10 ³ t	69,528	67,729	63,778	62,653

1990～1999年度のクリンカ生産量については、統計値を把握してこなかったため、過去に遡りクリンカの生産量を把握することは困難である。従って、2000～2003年度におけるクリンカ生産量（セメント協会データ）と「窯業・建材統計年報」（経済産業省）に示された石灰石消費量の比率の平均値で過去（1990～1999年度）のクリンカ生産量を外挿することにより推計する。

なお、「窯業・建材統計年報」に示された1993～2003年度の石灰石消費量データには、セメント系固化材原料分が含まれているが、1992年度以前の石灰石消費量には含まれていないため、経済産業省において、1990～1992年度の石灰石消費量の各数値に、固化材原料用セメントの石灰石消費量の数値を考慮して補正を行っている。

補正については、接続係数（0.99）を用いて1990～1992年度における固化材原料用を含めたセメント生産量を算出（セメント生産量/0.99）し、これを石灰石消費量とセメント生産量との比率（石灰石消費量/セメント生産量）に乗じて石灰石消費量を算出している。

(c) 活動量の推移

セメント製造に伴うCO₂排出量の算定に使用する活動量データは以下の通り。

表 138 セメント製造に使用されるクリンカ生産量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
石灰石消費量 実績	10 ³ t-dry	89,366	93,166	96,211	95,192	97,669	97,311	98,275
クリンカ生産量 実績（2000～2003年）	10 ³ t							
クリンカ生産量/石灰石消費量		0.853	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853	0.853
補正後クリンカ生産量 推計値（1990～1999年）	10 ³ t	76,253	79,495	82,094	81,224	83,338	83,032	83,855

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石灰石消費量 実績	10 ³ t-dry	92,194	81,657	80,843	81,376	78,328	75,406	73,869
クリンカ生産量 実績（2000～2003年）	10 ³ t				69,528	67,729	63,778	62,653
クリンカ生産量/石灰石消費量		0.853	0.853	0.853	0.854	0.865	0.846	0.848
補正後クリンカ生産量 推計値（1990～1999年）	10 ³ t	78,666	69,675	68,980				

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

(d) 活動量の出典

表 139 活動量の出典

資料名	セメント協会提供データ
発行日	
記載されている最新のデータ	2003年度のデータ
対象データ	クリンカ生産量（2000～2003年度）

(e) 活動量の課題

- ・ 特になし。

排出量の推移

上記の算定方法による排出量の推計結果は以下の通り。

表 140 セメント製造に伴う CO₂ 排出量の推計結果

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CO ₂ 排出量	Gg-CO ₂	37,966	39,581	40,875	40,442	41,494	41,342	41,751

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CO ₂ 排出量	Gg-CO ₂	39,168	34,691	34,345	34,434	33,718	31,805	31,316

その他特記事項

特になし。

不確実性評価

(a) 排出係数

1) 評価方針

セメント製造における CO₂ 排出の排出係数の不確実性評価においては、複数のパラメータから算出している。排出係数のデシジョンツリーに従うと、専門家の判断 (Expert Judgment) もしくは GPG (2000) に示された不確実性の標準値を用いることとされているため、GPG (2000) に示された不確実性の標準値を使用する。

排出係数の不確実性の要因としては、以下の2点が挙げられる。

- ・ 炭酸塩以外の CaO データ
- ・ クリンカ中 CaO データ

2) 評価結果

GPG (2000) に示された不確実性の標準値は以下の通りとなっている。

- ・ 炭酸塩以外の CaO データ：2%
- ・ クリンカ中 CaO データ：2%

また、不確実性の要素が複数ある場合 (U_{E1} 、 U_{E2} 、... U_{En}) 全体の不確実性 U_E は以下の式により算定される。

$$U_E = \sqrt{U_{E1}^2 + U_{E2}^2 + \dots + U_{En}^2}$$

U_{En} : 要素 En の不確実性 (%)

よって

$$\begin{aligned}U_E &= \sqrt{U_{E1}^2 + U_{E2}^2} \\ &= \sqrt{2^2 + 2^2} \\ &= 3\%\end{aligned}$$

セメント製造に伴う CO₂ 排出量の不確実性は、3%である。

3) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

(b) 活動量

1) 評価方針

セメントの製造に伴う排出の活動量は、セメント協会に提供されたクリンカ生産量の値を使用している。活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、不確実性として平成 14 年度検討会設定値を用いることとする。

また不確実性の要因として以下の 2 点が考えられる。

- ・ 測定誤差
- ・ 集計に伴う誤差

2) 評価結果

セメント協会提供データは業界の統計であり、セメント製造におけるクリンカ生産量については、全事業所が対象となっていることから、平成 14 年度検討会が設定した不確実性の値として 10%を採用する。

3) 評価方法の課題

特になし。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、以下の通りである。

表 141 排出量の不確実性評価算定結果

排出係数	排出係数の不確実性	活動量	活動量の不確実性	排出量	排出量の不確実性
0.500 t-CO ₂ /t	3%	62,653 10 ³ t	10%	31,316 Gg-CO ₂	10%

今後の調査方針

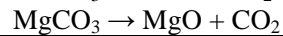
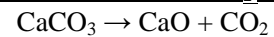
特になし。

(2) 生石灰製造 (2.A.2) CO₂

背景

生石灰製造時に原料として使用される石灰石 (CaCO₃) 等を焼成 (加熱分解) することにより、CO₂ が放出される。

生石灰製造プロセスにおける CO₂ 生成メカニズム



算定方法

(a) 算定の対象

生石灰の製造時に、原料として使用された石灰石及びドロマイトから排出される CO₂ の量。

(b) 算定方法の選択

GPG (2000) のデシジョンツリーに従うと、生石灰の種類別製造量に基づいた排出係数の設定方法を用いることになるが、GPG (2000) に示された算定方法で用いる製品区分とわが国の製品区分の対応が明らかでないため、この算定方法を適用することができない。よって、生石灰製造に伴う排出については、わが国独自の算定方法を用いて CO₂ 排出量の算定を行う。

(c) 算定式

生石灰製造の原料とし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、排出量の算定を行う。

$$E = \sum EF_i * A_i$$

E : 生石灰製造の原料の使用に伴い排出される CO₂ の量 (kg-CO₂)

EF_i : 排出係数 (kg-CO₂/t)

A_i : 原料の使用量 (t)

i : 石灰石、ドロマイト

(d) 算定方法の課題

- ・ GPG (2000) に示された算定方法との差異について検討する必要がある。

排出係数

(a) 定義

生石灰の製造時に使用された 1 t の石灰石及びドロマイトが焼成 (加熱分解) されることにより排出される CO₂ の量 (kg)。

(b) 設定方法

1) 石灰石

日本石灰協会の調査により得られた8地方ごとの石灰石の原石純度、残存二酸化炭素量を用い、各地方の生産量による加重平均を用いて排出係数を設定した。排出係数は、428 kgCO₂/t。

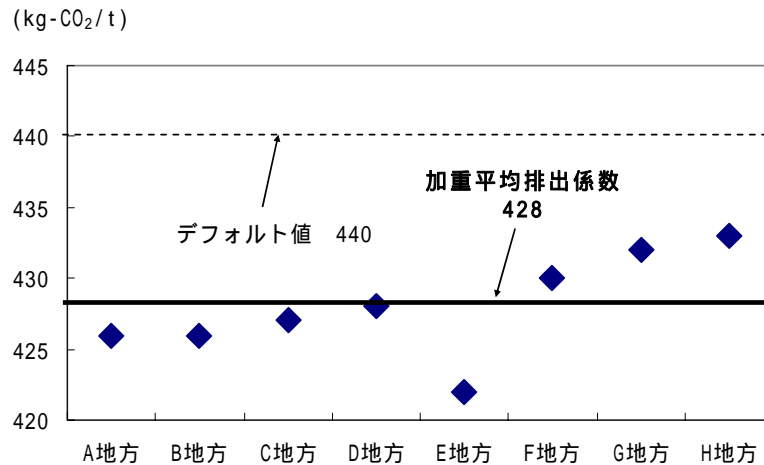


図 1 生石灰の製造時に使用された石灰石の排出係数

(注) 生産量については秘匿

(出典) 日本石灰協会提供データ

2) ドロマイト

日本石灰協会の調査により得られた3地域ごとのドロマイトの原石純度および残存二酸化炭素量(生石灰製造後に原料に残存している二酸化炭素量)をもとに加重平均により排出係数を設定した。排出係数は、449 kgCO₂/t。

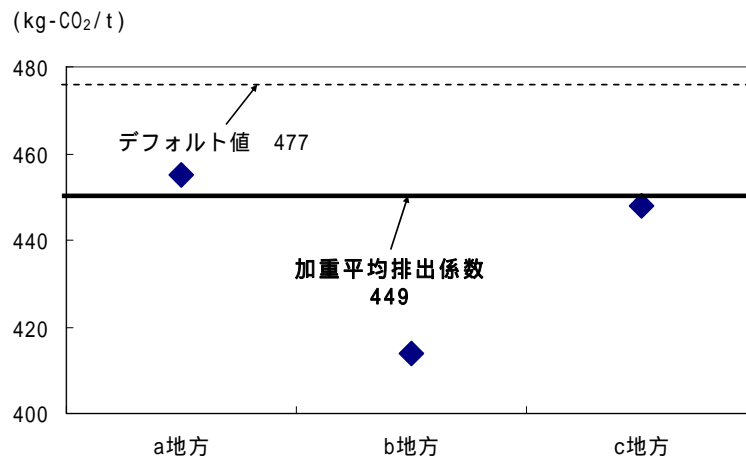


図 2 生石灰の製造時に使用されたドロマイトの排出係数

(注) 生産量については秘匿

(出典) 日本石灰協会提供データ

(c) 排出係数の推移

1990～2003 年度における生石灰製造における石灰石及びドロマイトの CO₂ 排出係数は一定とする。

表 142 生石灰製造に使用する石灰石及びドロマイトの排出係数

	単位	排出係数
石灰石の排出係数	kg-CO ₂ /t	428
ドロマイトの排出係数	kg-CO ₂ /t	449

(d) 排出係数の出典

気石灰の製造に使用された石灰石及びドロマイトの排出係数については、日本石灰協会提供のデータを用いて算定する。

(e) 排出係数の課題

1) 石灰石

- ・ 特になし。

2) ドロマイト

- ・ ドロマイトの排出係数の設定に用いた実測データが3地域のみであるため、その精度に課題がある。また、ドロマイトから取り出せる CaO 及び MgO の割合について、新たな調査を行う必要がある。

活動量

(a) 定義

生石灰の製造時に用いる石灰石及びドロマイトの使用量 (t)

(b) 活動量の把握方法

石灰石及びドロマイトの使用量には、経済産業省「資源統計年報」に示された石灰石及びドロマイトの石灰用販売量を用いる。

(c) 活動量の推移

1990～2003 年度における生石灰の製造に消費する石灰石及びドロマイトの量は以下の通り。2001 年に、石灰用石灰石販売量及び石灰用ドロマイト販売量の統計項目が廃止となったため、2002 年以降は 2001 年値を使用する。

表 143 生石灰の製造時に消費する石灰石及びドロマイトの量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
石灰石消費量	t	11,734,775	11,650,298	11,472,435	10,507,700	10,054,734	9,556,828	9,411,836
ドロマイト消費量	t	67,060	70,181	87,430	79,712	83,325	75,100	78,631

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石灰石消費量	t	10,630,008	10,075,234	9,665,266	10,413,227	9,797,968	9,797,968	9,797,968
ドロマイト消費量	t	46,117	60,869	57,428	54,033	99,486	99,486	99,486

(d) 活動量の出典

表 144 活動量の出典

資料名	「資源統計年報」(経済産業省) 1990～2001年度分
発行日	～2002年6月30日
記載されている 最新のデータ	2001年(暦年)のデータ
対象データ	石灰石及びドロマイトの消費量(1990～2001年)

(e) 活動量の課題

- ・ 2001年に、「資源・エネルギー統計年報」における石灰用石灰石販売量及び石灰用ドロマイト販売量の統計項目が廃止となった。この統計項目については、統計を復活する方向で検討を行うが、統計を復活できない場合は、外挿手法について検討する。

排出量の推移

上記の算定方法による排出量の推計結果は以下の通り。

表 145 生石灰製造に伴うCO₂排出量の推計結果

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
石灰石	Gg-CO ₂	5,022	4,986	4,910	4,497	4,303	4,090	4,028
ドロマイト	Gg-CO ₂	30	32	39	36	37	34	35

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
石灰石	Gg-CO ₂	4,550	4,312	4,137	4,457	4,194	4,194	4,194
ドロマイト	Gg-CO ₂	21	27	26	24	45	45	45

その他特記事項

特になし。

不確実性評価

生石灰の製造に伴うCO₂の排出は、石灰石の使用によるCO₂の排出とドロマイトの使用によるCO₂の排出からなっており、これら2つのプロセス毎に不確実性の評価をする必要がある。

(a) 排出係数

1) 評価方針

生石灰の製造に伴う CO₂ の排出係数は、使用する石灰石及びドロマイトの原石の純度から求めている。石灰石については 8 つの地域の石灰石の純度及び残存 CO₂ 量（生石灰製造後に原料に残存している CO₂ 量）をもとに、ドロマイトについては 3 つの地域のドロマイトの純度及び残存 CO₂ 量をもとに、加重平均により排出係数を設定している。

不確実性の評価は、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、石灰石の使用については統計的処理により行い、ドロマイトの使用については、GPG (2000) による標準値等を採用することにより行うこととする。

なお、石灰石の使用に伴う排出係数とドロマイトの使用に伴う排出係数については、各々の不確実性を合成できないことから、生石灰の製造に伴う CO₂ の排出に関しては、排出量の不確実性の評価のみを行うこととし、以下において石灰石の使用に伴う排出係数の不確実性と、ドロマイトの使用に伴う排出係数の不確実性を個別に評価する。

また、CO₂ の排出係数の不確実性の要因としては以下の 2 点が考えられる。

- ・ 石灰石及びドロマイトの純度の測定誤差
- ・ 地域別の石灰石及びドロマイト原石の純度の差

2) 評価結果

(i) 石灰石の使用に伴う排出係数

図 3 に示す国内の 8 地域における純度から不確実性を求める。

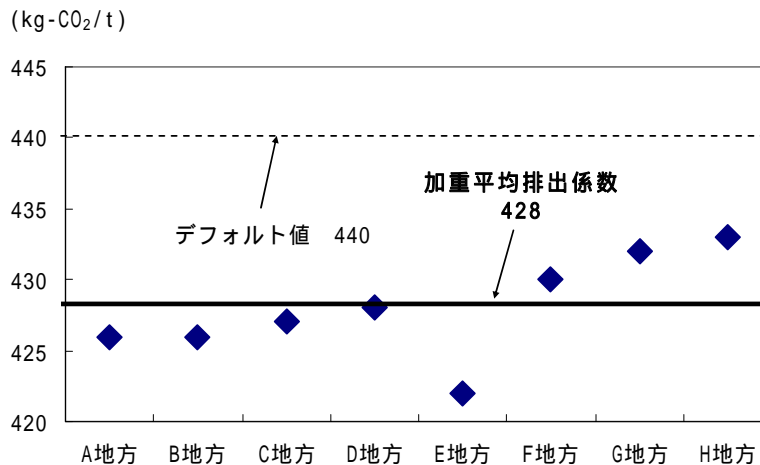


図 3 生石灰の製造時に使用された石灰石の排出係数（わが国石灰協会提供データ）

加重平均を行っている場合の標本平均、標本分散は一般に以下の式で表される。

加重平均に用いるウェイトを w_i ($\sum w_i = 1$) とすると。

$$\text{標本平均} : \overline{EF} = \sum (w_i * EF_i)$$

標本平均の不偏分散 :

$$\sigma_{EF}^2 = \sum \left\{ w_i * (EF_i - \overline{EF})^2 \right\} / \left(1 - \sum w_i^2 \right) * \sum w_i^2$$

図 3 のデータを基に上式により評価した不確実性は表 146 の通りである。

表 146 不確実性評価のためのデータ一覧

加重平均値排出係数 : EF (kg-CO ₂ /t)	428
データ数 : n	8
標本平均の標準偏差 : σ_{EF} (kg-CO ₂ /t)	1.358
不確実性 : $1.96 \times \sigma_{EF} / EF$	0.6%

(ii) ドロマイトの使用に伴う排出係数

GPG (2000) には不確実性の標準値として、石灰製品毎に以下の不確実性が示されている。

表 147 石灰製品毎の排出量の不確実性

石灰製品	排出量の不確実性の標準値
高カルシウム生石灰 (High-calcium lime)	±2%
ドロマイト生石灰 (Dolomitic lime)	±2%
水硬化性生石灰 (Hydraulic lime) (わが国では製造されていない)	±15%

ここではドロマイト生石灰の製造による排出量の不確実性を、ドロマイトの使用に伴う CO₂ の排出に係る排出係数の不確実性の最大値と考え 2% を採用することとする。

以上より、生石灰の製造に伴う排出係数のうち、石灰石の使用に伴う CO₂ の排出係数の不確実性は 0.6%、ドロマイトの使用に伴う CO₂ の排出係数の不確実性は 2% である。

3) 評価方法の課題

- 石灰石の排出係数の不確実性については、排出係数のデータセットを母集団からの標本と見なして統計処理し不確実性を評価したが、各排出係数が同じ確率分布に従うとは限らないことから、今後、不確実性のより適切な評価方法について検討する必要がある。

(b) 活動量

活動量についても、石灰石の使用量とドロマイトの使用量の 2 つの項目の不確実性を評価する。

1) 評価方針

生石灰の製造に使用する石灰石の量及びドロマイトの使用量は「資源統計年報」に基づく石灰石の用途別販売内訳の値を採用しており、活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従うと、平成 14 年度検討会が作成した活動量データの不確実性の値を採用することになる。

また、活動量の不確実性の要因として以下の 2 点が考えられる。

- ・ 測定誤差
- ・ 集計に伴う誤差

2) 評価結果

「資源統計年報」は統計法に基づく指定統計である「経済産業省生産動態統計」(指定統計第 11 号)等の結果を公表するものであり、石灰石及びドロマイトについては、全ての事業所が対象となっていることから、石灰石及びドロマイトの使用量の不確実性は、平成 14 年度検討会が設定した不確実性の値としてそれぞれ 5%を採用する。

3) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、以下の通りである。

表 148 排出量の不確実性評価算定結果

	排出係数	排出係数の不確実性	活動量	活動量の不確実性	排出量	排出量の不確実性
石灰石	0.428 t-CO ₂ /t	0.6%	9,797,968 t	5%	4,194 Gg-CO ₂	5%
ドロマイト	0.449 t-CO ₂ /t	2.0%	99,486 t	5%	45 Gg-CO ₂	5%

今後の調査方針

特になし。

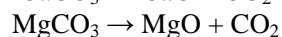
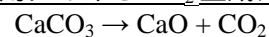
(3) 石灰石及びドロマイトの使用 (2.A.3)

石灰石の使用 (2.A.3) CO₂

(a) 背景

石灰石には CaCO₃ 及び微量の MgCO₃ が含まれており、石灰石を使用すると CaCO₃ 及び MgCO₃ 由来の CO₂ が排出される。

石灰石使用における CO₂ 生成メカニズム



(b) 算定方法

1) 算定の対象

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に、原料として使用された石灰石から排出される CO₂ の量。

2) 算定方法の選択

石灰石の使用に伴う CO₂ 排出量算定については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された算定方法を用いている。ただし、石灰石に微量の MgCO₃ が含まれているため、MgCO₃ 由来の CO₂ 排出量も計上している。

3) 算定式

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に原料として使用された石灰石の量に排出係数を乗じて排出量を算定する。

$$E = \sum EF_i * A_i$$

E : 原料として使用された石灰石から排出される CO₂ の量 (kg-CO₂)

EF_i : 排出係数 (kg-CO₂/t)

A_i : 石灰石の使用量 (t)

i : 鉄鋼用、ソーダ・ガラス用

4) 算定方法の課題

特になし。

(c) 排出係数

1) 定義

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に使用された 1 t の石灰石が分解されることにより排出される CO₂ の量 (kg)。

2) 設定方法

鉄鋼及びソーダ石灰ガラス製造に使用する石灰石の排出係数は、化学反応式における CO₂ と CaCO₃ の重量比に石灰石から取り出せる CaO の割合 (55.4% : 「石灰石の話 (石灰石鉱業協会)」に示された割合「54.8 ~ 56.0%」の中間値) を乗じた値と、CO₂ と MgCO₃ の重量比に石灰石から取り出せる MgO の割合 (0.5% : 「石灰石の話 (石灰石鉱業協会)」に示された割合「0.0 ~ 1.0%」の中間値) を乗じた値を加えて算出する。

【排出係数の算定】

<p>CaCO₃ CaO + CO₂</p> <p>MgCO₃ MgO + CO₂</p> <ul style="list-style-type: none"> 石灰石から取り出せる CaO の割合：55.4%^a 石灰石から取り出せる MgO の割合：0.5%^b CaCO₃ (石灰石の主成分) の分子量：100.0869^c MgCO₃ の分子量：84.3139^c CaO の分子量：56.0774^c MgO の分子量：40.3044^c CO₂ の分子量：44.0095^c CaCO₃ の含有率 = 石灰石から取り出せる CaO の割合 *CaCO₃ の分子量/CaO の分子量 = 55.4% * 100.0869 / 56.0774 = 98.88% MgCO₃ の含有率 = 石灰石から取り出せる MgO の割合 *MgCO₃ の分子量/MgO の分子量 = 0.5% * 84.3139 / 40.3044 = 1.05% <p>排出係数 = CO₂ の分子量 / CaCO₃ の分子量 * CaCO₃ の含有率 + CO₂ の分子量 / MgCO₃ の分子量 * MgCO₃ の含有率 = 44.0095 / 100.0869 * 0.9888 + 44.0095 / 84.3139 * 0.0105 = 0.4348 + 0.0055 = 0.4402 [t-CO₂/t] = 440 [kg-CO₂/t]</p> <p>出典)</p> <p>a. 54.8 ~ 56.0% の中間値：石灰石鉱業協会「石灰石の話」</p> <p>b. 0.0 ~ 1.0% の中間値：石灰石鉱業協会「石灰石の話」</p> <p>c. IUPAC “Atomic Weights of the Elements 1999” (http://www.chem.qmul.ac.uk/iupac/AtWt/AtWt9.html)</p>
--

3) 排出係数の推移

1990 ~ 2003 年度における鉄鋼とソーダ石灰ガラスにおける石灰石の使用の排出係数は一定とする。

表 149 石灰石の使用に伴う排出係数

単位	排出係数
kg-CO ₂ /t	440

4) 排出係数の出典

石灰石の使用の排出係数については、石灰石鉱業協会「石灰石の話」に示されている石灰石から取り出せる CaO, MgO の割合を用いて算定する。

5) 排出係数の課題

「ソーダ石灰ガラス」「鉄鋼」の各製品に炭素が残存するかを確認した上で、製品ごとに石灰石起源の排出係数を設定するかどうか検討する必要がある。

(d) 活動量

1) 定義

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に用いる石灰石の使用量 (t)。

2) 活動量の把握方法

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に用いる石灰石の使用量については、経済産業省「資源統計年報」及び「資源・エネルギー統計年報」に示された、石灰石の鉄鋼・精錬用及びソーダ・ガラス用販売量を用いる。

3) 活動量の推移

1990～2003年度における鉄鋼・製錬用及びソーダ・ガラス用の石灰石消費量は以下の通り。

表 150 鉄鋼・製錬用及びソーダ・ガラス用の石灰石消費量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
鉄鋼・製錬用	t	22,375,078	22,759,944	21,300,547	21,506,754	21,387,365	22,371,261	21,355,403
ソーダ・ガラス製造	t	1,846,490	1,798,748	1,797,924	1,763,232	2,041,086	1,945,667	1,692,330

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉄鋼・製錬用	t	22,706,088	22,362,812	21,902,563	22,901,835	22,239,350	22,118,206	22,258,872
ソーダ・ガラス製造	t	1,741,378	1,602,501	1,627,587	1,721,893	1,677,138	973,856	947,700

4) 活動量の出典

表 151 活動量の出典 (1990～2000年度)

資料名	「資源統計年報」(経済産業省) 1990～2001年度分
発行日	～2002年7月30日
記載されている最新のデータ	2000年度のデータ
対象データ	石灰石のソーダ・ガラス用・鉄鋼・製錬用〔含むフェロアロイ〕 販売量(1990～2000年度)

表 152 活動量の出典 (2001～2003年度)

資料名	「資源・エネルギー統計年報」(経済産業省) 2002～2003年度分
発行日	～2004年7月15日
記載されている最新のデータ	2003年度のデータ
対象データ	石灰石のソーダ・ガラス用・鉄鋼・製錬用〔含むフェロアロイ〕

販売量 (2001 ~ 2003 年度)

5) 活動量の課題

- ・ 統計上の問題として、ソーダ・ガラス製造における石灰石の消費量が過大になっている可能性があることに注意する必要がある。

(e) 排出量の推移

上記の算定方法による排出量の推計結果は以下の通り。

表 153 石灰石の使用に伴う CO₂ 排出量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
鉄鋼・精錬用石灰石からの排出量	Gg-CO ₂	9,845	10,014	9,372	9,463	9,410	9,843	9,396
ソーダ・ガラス用石灰石からの排出量	Gg-CO ₂	812	791	791	776	898	856	745

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉄鋼・精錬用石灰石からの排出量	Gg-CO ₂	9,991	9,840	9,637	10,077	9,785	9,732	9,794
ソーダ・ガラス用石灰石からの排出量	Gg-CO ₂	766	705	716	758	738	428	417

(f) その他特記事項

特になし。

(g) 不確実性評価

本区分は、鉄鋼製品及びガラスを製造する際の石灰石の使用に伴う CO₂ の排出からなっており、これら 2 つのプロセス毎に不確実性の評価をする必要がある。

1) 排出係数

(i) 評価方法

石灰石の使用に伴う CO₂ の排出係数は、使用する石灰石の原石の純度から求めており、製品の一般的な純度の上限値、下限値の中間値から排出係数を設定している。不確実性の評価は、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、専門家の判断 (Expert Judgement) により行うこととする。

また、CO₂ の排出係数の不確実性の要因としては以下の 2 点が考えられる。

- ・ 石灰石の純度の測定誤差
- ・ 地域別の石灰石原石の純度の差

(ii) 評価結果

排出係数の不確実性に影響を与える項目は、CaCO₃ の含有率及び MgCO₃ の含有率だけであることから、以下においては、CaCO₃ の含有率及び MgCO₃ の含有率の不確実性をそれぞれ求め、それらを合成することで排出係数の不確実性を求めることとする。

不確実性の評価は、石灰石の使用に伴う排出係数の不確実性と同様に、「わが国の排出係数

として考えられる値の上限値、下限値」が 95%信頼区間の上限値、下限値となる三角分布より推計する。

よって不確実性は、

CaCO₃の含有率の不確実性

下限値までの不確実性 = 上限値までの不確実性

$$= ((56.0 + 54.8) / 2 - 54.8) \div (56.0 + 54.8) / 2 = 1.1\%$$

MgCO₃の含有率の不確実性

下限値までの不確実性 = 上限値までの不確実性

$$= ((1.0 + 0.0) / 2 - 1.0) \div (1.0 + 0.0) / 2 = 100.0\%$$

また、それぞれの不確実性は、以下の合成式により合成する。

$$U_{EF-total} = \frac{\sqrt{(U_{EF1} * EF_1)^2 + (U_{EF2} * EF_2)^2}}{EF_1 + EF_2}$$

U_{EFi} : 要素 EF_i の不確実性 (%)

合成した不確実性の結果は表 154に示す通りである。

表 154 不確実性評価結果

	排出係数 EF_i	不確実性 U_{EFi}	$(U_{EFi} * EF_i)^2$	合成後の不確実性
CaCO ₃ の含有率の不確実性	434.78 kg-CO ₂ /t	1.1%	22.2	16.4%
MgCO ₃ の含有率の不確実性	5.46 kg-CO ₂ /t	100.0%	29.8	

よって石灰石の使用に伴う CO₂の排出係数の不確実性は 16.4%である。

(iii) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

2) 活動量

(i) 評価方法

石灰石の使用量は「資源・エネルギー統計年報」に基づく用途別販売内訳の値を採用しており、活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、平成 14 年度検討会が作成した活動量データの不確実性の値を採用することとする。

ただし、石灰石の使用に伴う CO₂の排出は以下の式で表され、活動量はソーダ石灰ガラス製造向けの販売量と鉄鋼製造向けの販売量を合算したものであることから、それぞれについて不確実性の評価を行い、その結果から活動量全体の不確実性の評価を行う必要がある。

表 155 石灰石の使用に伴う CO₂ の排出量の算定方法

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ 排出量} &= \text{ソーダ石灰ガラス製造に伴う排出量} + \text{鉄鋼製造に伴う排出量} \\ &= (\text{EF} \times \text{A}_1) + (\text{EF} \times \text{A}_2) \\ &= \text{EF} \times (\text{A}_1 + \text{A}_2) \end{aligned}$$

EF : 石灰石の使用に伴う CO₂ の排出係数
A₁ : ソーダ石灰ガラス製造向けの石灰石販売量
A₂ : 鉄鋼製造向けの石灰石販売量

(ii) 評価結果

「資源・エネルギー統計年報」は統計法に基づく指定統計である「経済産業省生産動態統計」(指定統計第 11 号)の結果を公表するものであり、石灰石については、全ての事業所が対象となっていることから、ソーダ石灰ガラス製造向けの販売量、鉄鋼製造向けの販売量とも、平成 14 年度検討会が設定した不確実性の値として 5%を採用する。

また活動量の不確実性は、以下の式により合成する。

$$U_{A-total} = \frac{\sqrt{(U_{A1} * A_1)^2 + (U_{A2} * A_2)^2}}{A_1 + A_2}$$

U_{An} : 要素Anの不確実性 (%)

合成式による不確実性の合成結果は表 156に示す通りである。

表 156 不確実性評価結果

	石灰石販売量A _i	不確実性U _{ai}	(U _{ai} *A _i) ²	合成後の不確実性
鉄鋼製造向け	22,258,872 t	5%	1.24*10 ¹²	4.8%
ソーダ灰ガラス製造向け	947,700 t	5%	2.25*10 ⁹	

よって石灰石の使用に伴う CO₂ の排出に係る活動量の不確実性は、4.8%である。

(iii) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

3) 排出量

排出量の不確実性は、以下の通りである。

表 157 排出量の不確実性評価算定結果

	排出係数	排出係数の不確実性	活動量	活動量の不確実性	排出量	排出量の不確実性
鉄鋼製造	0.440 t-CO ₂ /t	16.4%	22,258,872 t	4.8%	9,794 Gg-CO ₂	17%
ソーダ・ガラス製造	0.440 t-CO ₂ /t	16.4%	947,700 t	4.8%	417 Gg-CO ₂	17%

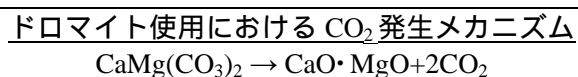
(h) 今後の調査方針

特になし。

ドロマイトの使用 (2.A.3) CO₂

(a) 背景

ドロマイトには CaCO₃ 及び MgCO₃ が含まれており、ドロマイトを使用すると CaCO₃ 及び MgCO₃ 由来の CO₂ が排出される。



(b) 算定方法

1) 算定の対象

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に、原料として使用されたドロマイトから排出される CO₂ の量。

2) 算定方法の選択

ドロマイトの使用に伴う CO₂ 排出量算定については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された算定方法を用いる。

3) 算定式

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に、原料として使用されたドロマイトの量に排出係数を乗じて算定する。

$$E = \sum EF_i * A_i$$

E : 原料として使用されたドロマイトから排出される CO₂ の量 (kg-CO₂)

EF_i : 排出係数 (kg-CO₂/t)

A_i : ドロマイトの使用量 (t)

i : 鉄鋼用、ソーダ・ガラス用

4) 算定方法の課題

特になし。

(c) 排出係数

1) 定義

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に使用された 1t のドロマイトが焼成(加熱分解)されることにより排出される CO₂ の量 (kg)

2) 設定方法

排出係数は、化学反応式における CO₂ と CaCO₃ の重量比にドロマイトから取り出せる CaO の割合 (34.5% : 33.1~35.85% の中間値。石灰石鉱業協会「石灰石の話」) を乗じた値と、CO₂ と MgCO₃ の重量比にドロマイトから取り出せる MgO の割合 (18.3% : 17.2~19.5% の中間値。石灰石鉱業協会「石灰石の話」) を乗じた値を加え排出係数を算定する。

【排出係数の算定】



- ・ ドロマイトから取り出せる CaO の割合 : 34.5%
(33.1 ~ 35.85% の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・ " から取り出せる MgO の割合 : 18.3%
(17.2 ~ 19.5% の中間値 : 石灰石鉱業協会「石灰石の話」)
- ・ CaCO₃ (ドロマイトの主成分) の分子量 : 100.0872
- ・ MgCO₃ (ドロマイトの主成分) の分子量 : 84.3142
- ・ CaO の分子量 : 56.0774
- ・ MgO の分子量 : 40.3044
- ・ CaCO₃ の含有率 = ドロマイトから取り出せる CaO の割合 × CaCO₃ の分子量 / CaO の分子量
= 34.5% × 100.0872 / 56.0774
= 61.53%
- ・ MgCO₃ の含有率 = ドロマイトから取り出せる MgO の割合 × MgCO₃ の分子量 / MgO の分子量
= 18.3% × 84.3142 / 40.3044
= 38.39%
- ・ CO₂ の分子量 : 44.0098
- 排出係数 = CO₂ の分子量 / CaCO₃ の分子量 × CaCO₃ の含有率
+ CO₂ の分子量 / MgCO₃ の分子量 × MgCO₃ の含有率
= 44.0098 / 100.0872 × 0.6153 + 44.0098 / 84.3142 × 0.3839
= 0.2706 + 0.2004
= 0.4709
= **471 (kg-CO₂/t)**

3) 排出係数の推移

1990～2003 年度における鉄鋼とソーダ石灰ガラスのそれぞれの CO₂ の排出係数は一定とする。

表 158 ドロマイトの使用に伴う排出係数

単位	排出係数
kg-CO ₂ /t	471

4) 排出係数の出典

ドロマイトの使用の排出係数については、石灰石鉱業協会「石灰石の話」に示されているドロマイトから取り出せる CaO, MgO の割合を用いて算定する。

5) 排出係数の課題

特になし。

(d) 活動量

1) 定義

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に用いるドロマイトの使用量 (t)。

2) 活動量の把握方法

鉄鋼及びソーダ石灰ガラスの製造時に用いるドロマイトの使用量については、経済産業省「資源統計年報」及び「資源・エネルギー統計年報」に示された、ドロマイトの鉄鋼・精錬用及びソーダ・ガラス用販売量を用いた。

3) 活動量の推移

1990～2003 年における鉄鋼・製錬用及びソーダ・ガラス用のドロマイト販売量は以下の通り。

表 159 鉄鋼・製錬用及びソーダ・ガラス用のドロマイト販売量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
鉄鋼・製錬用	t	1,618,649	1,476,132	1,303,214	1,184,593	895,865	771,344	689,846
ソーダ・ガラス製造	t	228,308	212,722	207,082	215,867	196,643	197,046	196,741

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉄鋼・製錬用	t	751,386	539,477	498,654	438,302	279,085	368,506	417,841
ソーダ・ガラス製造	t	189,851	148,472	150,825	176,587	172,495	143,128	152,726

4) 活動量の出典

表 160 活動量の出典 (1990～2000 年度)

資料名	「資源統計年報」(経済産業省) 1990～2001 年度分
発行日	～2002 年 7 月 30 日

記載されている最新のデータ	2000年度のデータ
対象データ	ドロマイトのソーダガラス用・鉄鋼・製錬用〔含むフェロアロイ〕販売量（1990～2000年度）

表 161 活動量の出典（2001～2003年度）

資料名	「資源・エネルギー統計年報」（経済産業省） 2002～2003年度分
発行日	～2004年7月15日
記載されている最新のデータ	2003年度のデータ
対象データ	ドロマイトのソーダガラス用・鉄鋼・製錬用〔含むフェロアロイ〕販売量（2001～2003年）

5) 活動量の課題

- ・ 特になし。

(e) 排出量の推移

上記の算定方法による排出量の推計結果は以下の通り。

表 162 ドロマイトの使用量に伴う CO₂ 排出量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
鉄鋼・精錬用ドロマイトからの排出量	Gg-CO ₂	762	695	614	558	422	363	325
ソーダ・ガラス用ドロマイトからの排出量	Gg-CO ₂	108	100	98	102	93	93	93

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
鉄鋼・精錬用ドロマイトからの排出量	Gg-CO ₂	354	254	235	206	131	174	197
ソーダ・ガラス用ドロマイトからの排出量	Gg-CO ₂	89	70	71	83	81	67	72

(f) その他特記事項

特になし。

(g) 不確実性評価

本区分は、鉄鋼製品及びガラスを製造する際のドロマイトの使用に伴う CO₂ の排出からなっており、これら2つのプロセス毎に不確実性の評価をする必要がある。

1) 排出係数

(i) 評価方針

ドロマイトの使用に伴う CO₂ の排出係数は、使用するドロマイトの原石の純度から求めており、製品の一般的な純度の上限値、下限値の中間値から排出係数を設定している。不確実性の評価は、排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、専門家の判断(Expert Judgement)により行うこととする。

また、CO₂ の排出係数の不確実性の要因としては以下の2点が考えられる。

- ・ ドロマイトの純度の測定誤差
- ・ 地域別のドロマイイト原石の純度の差

(ii) 評価結果

排出係数の不確実性に影響を与える項目は、CaCO₃の含有率及びMgCO₃の含有率だけであることから、以下においては、CaCO₃の含有率及びMgCO₃の含有率の不確実性をそれぞれ求め、それらを合成することで排出係数の不確実性を求めることとする。

不確実性の評価は、石灰石の使用に伴う排出係数の不確実性と同様に、「わが国の排出係数として考えられる値の上限値、下限値」が95%信頼区間の上限値、下限値となる三角分布より推計する。

よって不確実性は、

CaCO₃の含有率の不確実性

下限値までの不確実性 = 上限値までの不確実性

$$= ((35.85 + 33.1) / 2 - 33.1) \div (35.85 + 33.1) / 2 = 4.0\%$$

MgCO₃の含有率の不確実性

下限値までの不確実性 = 上限値までの不確実性

$$= ((19.5 + 17.2) / 2 - 17.2) \div (19.5 + 17.2) / 2 = 6.3\%$$

また、それぞれの不確実性は、以下の合成式により合成する。

$$U_{EF-total} = \frac{\sqrt{(U_{EF1} * EF_1)^2 + (U_{EF2} * EF_2)^2}}{EF_1 + EF_2}$$

U_{EFi} : 要素 EF_i の不確実性 (%)

合成した不確実性の結果は表 163に示す通りである。

表 163 不確実性評価結果

	排出係数 EF_i	不確実性 U_{EFi}	$(U_i * EF_i)^2$	合成後の不確実性
CaCO ₃ の含有率の不確実性	270.6 kg-CO ₂ /t	4.0%	116.4	3.5%
MgCO ₃ の含有率の不確実性	200.4 kg-CO ₂ /t	6.3%	157.7	

よってドロマイイトの使用に伴うCO₂の排出係数の不確実性は、3.5%である。

(iii) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

2) 活動量

(i) 評価方針

ドロマイトの使用量は「資源・エネルギー統計年報」に基づく用途別販売内訳の値を採用しており、活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、平成 14 年度検討会が作成した活動量データの不確実性の値を採用することとする。

ただし、ドロマイトの使用量に伴う CO₂ の排出は以下の式で表され、ソーダ石灰ガラス製造向けの販売量と鉄鋼製造向けの販売量を合算したものであることから、それぞれについて不確実性の評価を行い、その結果から活動量全体の不確実性の評価を行う必要がある。

また、活動量の不確実性の要因として以下の 2 点が考えられる。

- ・ 測定誤差
- ・ 集計に伴う誤差

(ii) 評価結果

「資源・エネルギー統計年報」は統計法に基づく指定統計である「経済産業省生産動態統計」（指定統計第 11 号）の結果を公表するものであり、ドロマイトについては、全ての事業所が対象となっていることから、ソーダ石灰ガラス製造向けの販売量、鉄鋼製造向けの販売量とも、平成 14 年度検討会が設定した不確実性の値として 5% を採用する。

活動量の不確実性は、以下の式により合成する。

$$U_{A-total} = \frac{\sqrt{(U_{A1} * A_1)^2 + (U_{A2} * A_2)^2}}{A_1 + A_2}$$

U_{An} : 要素 An の不確実性 (%)

不確実性の合成結果は以下表 164 に示す通りである。

表 164 不確実性評価結果

	ドロマイト販売量 A_i	不確実性 U_{ai}	$(U_{ai} * A_i)^2$	合成後の不確実性
鉄鋼製造向け	417,841 t	5.0%	$4.36 * 10^8$	3.9%
ソーダ灰ガラス製造向け	152,726 t	5.0%	$5.83 * 10^7$	

よってドロマイトの使用に伴う CO₂ の排出に係る活動量の不確実性は、3.9% である。

(iii) 評価方法の課題

- ・ 特になし。

3) 排出量

排出量の不確実性は、以下の通りである。

表 165 排出量の不確実性評価算定結果

	排出係数	排出係数の不確実性	活動量	活動量の不確実性	排出量	排出量の不確実性
鉄鋼製造	0.471 t-CO ₂ /t	3.5%	417,841 t	3.9%	197 Gg-CO ₂	5%
ソーダ・ガラス製造	0.471 t-CO ₂ /t	3.5%	152,726 t	3.9%	72 Gg-CO ₂	5%

(h) 今後の調査方針

特になし。

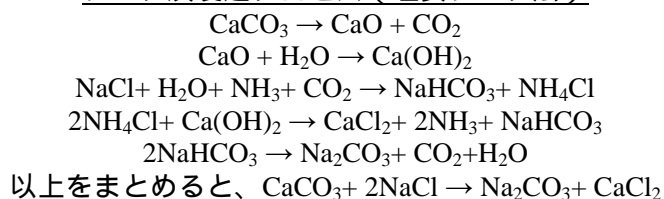
(4) ソーダ灰の生産及び使用 (2.A.4)

ソーダ灰の生産 (CO₂)

わが国では、塩安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、コークスは、熱源及び CO₂ 源として供給されるが、その消費量については、加熱用として石油等消費動態統計に記載されているため、コークス起源の CO₂ 排出量は既に「燃料の燃焼分野 (1.A.)」に計上されている。従って、当該排出源からの排出量は、すべて他分野にて既に計上されているため、「IE」と報告する。なお、1996年改訂 IPCC ガイドラインには、トロナ (Na₂CO₃・NaHCO₃・2H₂O) の焼成による CO₂ 排出量の算定方法が示されているが、わ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。

ソーダ灰製造プロセス (塩安ソーダ法)



上記のプロセスでは、化学量論的には CO₂ の排出はゼロとなるが、実際の製造工程では、石灰石とコークスの反応により CO₂ が発生している。

ソーダ灰の使用 (CO₂)

(a) 背景

ソーダ灰 (Na₂CO₃) の使用時に CO₂ が排出される。

(b) 算定方法

1) 算定の対象

ソーダ灰の使用時に排出される CO₂ の量。

2) 算定方法の選択

ソーダ灰の使用に伴う CO₂ 排出については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された手法に基づき、デフォルト排出係数を用いて算定する。

3) 算定式

ソーダ灰の使用量に排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

$$E = EF * A$$

E : ソーダ灰の使用に伴う CO₂ 排出量 (t-CO₂)

EF : 排出係数 (t-CO₂/t)

A : ソーダ灰の使用量 (t)

4) 算定方法の課題

特になし。

(c) 排出係数

1) 定義

ソーダ灰の使用量 1t あたりに排出される CO₂ の量 (t)。

2) 設定方法

ソーダ灰の使用の排出係数については、わが国における実測データ及び独自の排出係数が存在しないため、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示されているデフォルト値 (0.415 [t-CO₂/t]) を用いる。

$$\begin{aligned} & (EF = 44.01 \text{g/mole CO}_2 / 105.99 \text{ g/mole Na}_2\text{CO}_3 \\ & = 415 \text{ kg-CO}_2 / \text{t-Na}_2\text{CO}_3 \quad (= 0.415 \text{ t-CO}_2 / \text{t-Na}_2\text{CO}_3)) \end{aligned}$$

3) 排出係数の推移

全年においてデフォルト値を使用する。

表 166 ソーダ灰の使用に伴う排出係数

単位	排出係数
t-CO ₂ /t	0.415

4) 排出係数の出典

表 167 排出係数の出典

データ	出典
ソーダ灰の使用の排出係数	1996年改訂 IPCC ガイドライン p.2.13

5) 排出係数の課題

特になし。

(d) 活動量

1) 定義

ソーダ灰の使用量 (t)。

2) 活動量の把握方法

ソーダ灰の使用量については、ソーダ工業会提供データの出荷量計、貿易統計におけるソーダ灰の輸入量、貿易統計におけるその他炭酸二ナトリウム(主にトロナ灰⁴)の輸入量、の合計値を使用する。

3) 活動量の推移

1990～2003年度におけるソーダ灰の使用量は以下の通り。

表 168 ソーダ灰の使用量の推移

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
ソーダ灰の出荷量	1,000 t	1,122	1,081	1,052	1,040	1,055	1,012	901
ソーダ灰輸入量 ^{**}	1,000 t	0	0	0	0	3	11	6
その他炭酸二ナトリウムの輸入量 ^{**}	1,000 t	295	308	266	292	320	305	297
合計	1,000 t	1,417	1,389	1,318	1,332	1,377	1,328	1,204

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
ソーダ灰の出荷量	1,000 t	755	724	714	634	448	430	435
ソーダ灰輸入量 ^{**}	1,000 t	7	14	17	49	74	82	94
その他炭酸二ナトリウムの輸入量 ^{**}	1,000 t	417	331	301	346	416	392	359
合計	1,000 t	1,178	1,069	1,032	1,029	937	904	889

^{**} ソーダ灰輸入量及びその他炭酸二ナトリウムの輸入量は暦年値データである。

⁴ トロナ灰とは、トロナ鉱石から製造されたソーダ灰のことを指す。

4) 活動量の出典

表 169 活動量の出典

資料名	ソーダ工業会提供データ
発行日	
記載されている最新のデータ	2003 年度のデータ
対象データ	ソーダ灰の出荷量 (1990 ~ 2003 年度)

表 170 活動量の出典

資料名	貿易統計
発行日	
記載されている最新のデータ	2003 年 (暦年) のデータ
対象データ	ソーダ灰の輸入量、その他炭酸二ナトリウムの輸入量

5) 活動量の課題

ソーダ灰の一部は CO₂ 排出を伴わない用途に使用されている可能性があるが、確認できなかった。

(e) 排出量の推移

1990 ~ 2003 年度における排出量の算定結果を以下に示す。

表 171 ソーダ灰の使用に伴う CO₂ 排出量推計結果

	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
CO ₂ 排出量	Gg-CO ₂	588	577	547	553	572	551	500

	単位	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CO ₂ 排出量	Gg-CO ₂	489	444	428	427	389	375	369

(f) その他特記事項

特になし。

(g) 不確実性評価

1) 排出係数

(i) 評価方針

ソーダ灰の使用の排出係数は、1996年改訂 IPCC ガイドラインに示された値を採用している。ソーダ灰の使用の排出係数の不確実性評価については、不確実性のデシジョンツリーに従い GPG に示された類似排出源の不確実性の標準値の上限値を採用する。

(ii) 評価結果

ソーダ灰の使用の排出係数の不確実性は 15%である。

(iii) 評価方法の課題

特になし。

2) 活動量

(i) 評価方針

ソーダ灰の使用の活動量は、ソーダ工業会提供データの出荷量、貿易統計におけるソーダ灰の輸入量・その他炭酸二ナトリウムの輸入量を採用している。活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、不確実性として平成 14 年度検討会設定値を用いることとする。

ただし、ソーダ灰の使用に伴う CO₂の排出は以下の式で表され、活動量はソーダ灰の出荷量とソーダ灰の輸入量・その他炭酸二ナトリウムの輸入量を採用していることから、それぞれについて不確実性の評価を行い、その結果から活動量全体の不確実性の評価を行う必要がある。

また、活動量の不確実性の要因として以下の 2 点が考えられる。

- ・ 測定誤差
- ・ 集計に伴う誤差

(ii) 評価結果

ソーダ工業会提供データは業界の統計であり、全事業所が対象となっていることから、平成 14 年度検討会が設定した不確実性の値として 10%を採用する。貿易統計については、指定統計に基づいた調査ではないことから 10%を採用する。

また、活動量の不確実性は、以下の式により合成する。

$$U_{A-total} = \frac{\sqrt{(U_{A1} * A_1)^2 + (U_{A2} * A_2)^2}}{A_1 + A_2}$$

U_{An} : 要素 A_n の不確実性 (%)

上記式より算出した活動量の不確実性の合成結果は表 172に示す通りである。

表 172 活動量の不確実性

	ソーダ灰消費量 A_i	不確実性 U_{ai}	$(U_{ai} * A_i)^2$	合成後の不確実性
ソーダ灰の出荷量	435 * 10 ³ t	10%	1.89 * 10 ³	6%
ソーダ灰の輸入量	94 * 10 ³ t	10%	8.84 * 10 ¹	
その他炭酸二ナトリウムの輸入量	359 * 10 ³ t	10%	1.29 * 10 ³	

(iii) 評価方法の課題

特になし。

3) 排出量

表 173 排出量の不確実性評価算定結果

排出係数	排出係数の不確実性	活動量	活動量の不確実性	排出量	排出量の不確実性
0.415 t-CO ₂ /t	15%	889 10 ³ t	6%	369 Gg-CO ₂	16%

(h) 今後の調査方針

特になし。

(5) アスファルト屋根材 (2.A.5) CO₂

わが国ではアスファルト屋根葺き製造は行われているが、製造工程や活動量等についての十分な情報が得られておらず、アスファルト屋根葺き製造に伴う CO₂ の排出は否定出来ない。また排出量の実測値も得られておらず、排出係数のデフォルト値もないことから、「NE」と報告する。

(6) 道路舗装 (2.A.6) CO₂

わが国ではアスファルト道路舗装は行われており、その工程で CO₂ はほとんど排出されないと考えられるが、その排出を完全には否定できない。また排出量の実測値も得られておらず、排出係数のデフォルト値もないことから、「NE」と報告する。