

# 燃料の燃焼・燃料からの漏出・工業プロセス・ 溶剤及びその他製品の利用分野における算定方法の改善について

燃料の燃焼・燃料からの漏出・工業プロセス・溶剤及びその他製品の利用分野の検討課題に関して、今年度算定方法を変更する排出源はなし。

検討の結果、インベントリにおける対応方針が定まった工業プロセス分野における検討課題を以下に示す。

## 1. 工業プロセス分野 (2)

### 1.1 算定方法の検証 (2.A.1 セメント製造 (CO<sub>2</sub>))

#### (1) 検討課題

「セメント製造 (2.A.1)」については、現行算定方法 (クリンカ法<sup>1</sup>) における排出量と、「セメント製造 (2.A.1)」以外の部門において石灰石起源排出量の算定に使用されている不均一価格物量表による排出量 (石灰石法<sup>2</sup>) との間に差異が存在するため、二重計上や計上漏れの可能性の検証を目的として、算定方法及び使用データを精査する必要がある。

#### 1) 算定方法概要

「セメント製造 (2.A.1)」における各々の算定方法概要は以下の通り。

##### ① クリンカ法 (現行の算定方法)

##### i) 算定方法

当該排出源については、GPG (2000)のデシジョンツリーに従い、クリンカ生産量に排出係数、セメントキルンダスト補正係数を乗じて CO<sub>2</sub> 排出量を算定している。なお、わが国ではセメントキルンダスト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社団法人セメント協会 (以下、セメント協会) により確認されており、セメントキルンダスト補正係数 ( $CF_{CKD}$ ) については、1.00 を使用している。

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

$$E_{CO_2} = EF \times M_{Cl} \times CF_{CKD}$$

$EF$  : 排出係数、 $M_{Cl}$  : クリンカ生産量、 $CF_{CKD}$  : セメントキルンダスト補正係数

<sup>1</sup> IPCC のガイドラインではクリンカ法の採用が推奨されており、現行インベントリではこちらが採用されている。

<sup>2</sup> 2006 年提出インベントリまでは石灰石法を採用していた。

ii) 活動量

セメント協会提供データによるクリンカ生産量を使用。

表 1 クリンカ生産量の推移

		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
クリンカ生産量	千t	76,253	83,032	69,528	63,003	62,404	59,885	55,647	49,195	47,279

iii) 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 がクリンカ中に含まれている。この CaO は石灰石の焼成段階を経ておらず、クリンカ生産の段階で CO<sub>2</sub> を排出していないことから、廃棄物等由来の CaO を控除した炭酸塩起源のクリンカ中 CaO 含有率を求め、排出係数を設定している。セメント製造に伴う CO<sub>2</sub> の排出係数の設定方法は、下式の通り。

セメント製造からの CO<sub>2</sub> 排出における排出係数

$$EF = (C_{Cl} - C_{Cl-Waste}) \times 0.785$$

$$C_{Cl-Waste} = \frac{W_{dry} \times C_{Waste}}{M_{Cl}}$$

$C_{Cl}$  : クリンカ中 CaO 含有率、 $C_{Cl-Waste}$  : クリンカ中 CaO 含有率 (廃棄物等由来)、

0.785 : CaO と CO<sub>2</sub> の分子量比、 $W_{dry}$  : 廃棄物等投入量 (乾重量)、 $C_{Waste}$  : 廃棄物等原料中 CaO 含有率

廃棄物等投入量、廃棄物等原料中 CaO 含有率等の各種パラメータはセメント協会による調査結果を使用している。

② 石灰石法

i) 算定方法

セメント原料用石灰石の石灰石純度 (CaCO<sub>3</sub> 含有率)、含水率を考慮し、CaCO<sub>3</sub> と CO<sub>2</sub> の分子量比から石灰石消費量当たり CO<sub>2</sub> 排出量を算出する。

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

$$E_{CO_2} = EF \times AD$$

$EF$  : 「排出係数」 = 「CO<sub>2</sub> の分子量」 / 「石灰石 (CaCO<sub>3</sub>) の分子量」 × 「石灰石純度」

$AD$  : 「石灰石の使用量 (水分補正後)」 = 「石灰石の使用量 (湿ベース)」 × (1 - 含水率)

ii) 活動量

セメント製造における石灰石の使用量については、窯業・建材統計年報、セメント協会公表

データ等が存在する。また石灰石の含水率については、セメント協会提供データが使用可能。

### iii) 排出係数

CO<sub>2</sub>、CaCO<sub>3</sub>分子量は各々、44.0095、100.0869。石灰石純度については、セメント協会提供データを使用する。

## 2) 過去の検討状況

GPG (2000)<sup>3</sup>に従うと、セメント製造については、クリンカ法に従って算定することになるが、わが国では中間生成物であるクリンカ製造量の統計値を把握していなかったため、2006年提出インベントリまでは、石灰石法を採用してCO<sub>2</sub>排出量を算定していた。

しかし、2003、2004年のインベントリ審査において、ガイドラインに従ってクリンカ法を採用することが推奨されたことを受け、第1約束期間(2008～2012年)の排出枠確定が迫っていたこともあり、京都議定書第5条2における調整<sup>4</sup>のリスクを避けるためにも、クリンカ法への変更に向けた検討を行うこととなった。そして、環境省及びセメント協会の双方でクリンカ法の適用について事前検討を行った結果、2005年9月に開催された「平成17年度温室効果ガス排出量算定方法検討会」において、クリンカ法による算定方法が提案・了承され、現在のクリンカ法が採用される運びとなっている。

「平成22年度温室効果ガス排出量算定方法検討会」では、これまで継続検討課題であった石灰石関連排出源における排出量の二重計上・計上漏れを抜本的に解決するため、戒能委員作成の不均一価格物量表を活動量の出典として採用した。しかし、「2.A.1.セメント製造」については、現行のクリンカ法と不均一価格物量表を適用した際の石灰石法との間で排出量の算定結果に差異が生じているため、算定方法の検証が必要とされた。

## 3) クリンカ法と石灰石法による排出量の差異

現行インベントリ(クリンカ法)の排出量は、石灰石法による排出量(窯業・建材統計のセメント製造用石灰石消費量の年度値を活動量として使用)を約40～130万t-CO<sub>2</sub>(排出量比1.4～3.8%)上回っている(図1、図2、表2参照)。

セメント製造においては、石灰石以外のCaCO<sub>3</sub>を含有する原料の焼成によるCO<sub>2</sub>排出が存在するとともに、セメント産業に投入されている石灰石のすべてが焼成されているわけではなく、CO<sub>2</sub>を排出しない用途(そのままクリンカと混合する等)に使用される量も存在するため、石灰石法によって正確に排出量を算定するためには、焼成される石灰石の投入量及び石灰石以外のCO<sub>2</sub>発生を伴う原料投入量を漏れなく把握する必要がある。一方、クリンカ中のCaO含有量からCO<sub>2</sub>排出量を算定するクリンカ法については、原料中の非炭酸塩由来のCaOもCO<sub>2</sub>の

<sup>3</sup> Good Practice Guidance (2000)

<sup>4</sup> インベントリ審査によって排出量算定方法等に不備が見つかった場合、排出量が増加する方向に強制的に修正がなされる措置。

排出を伴うものとみなされることから、投入原料中の非炭酸塩中の CaO 量を漏れなく把握する必要がある（現行インベントリでは、廃棄物・副生原料由来の CaO について控除を行っている）。

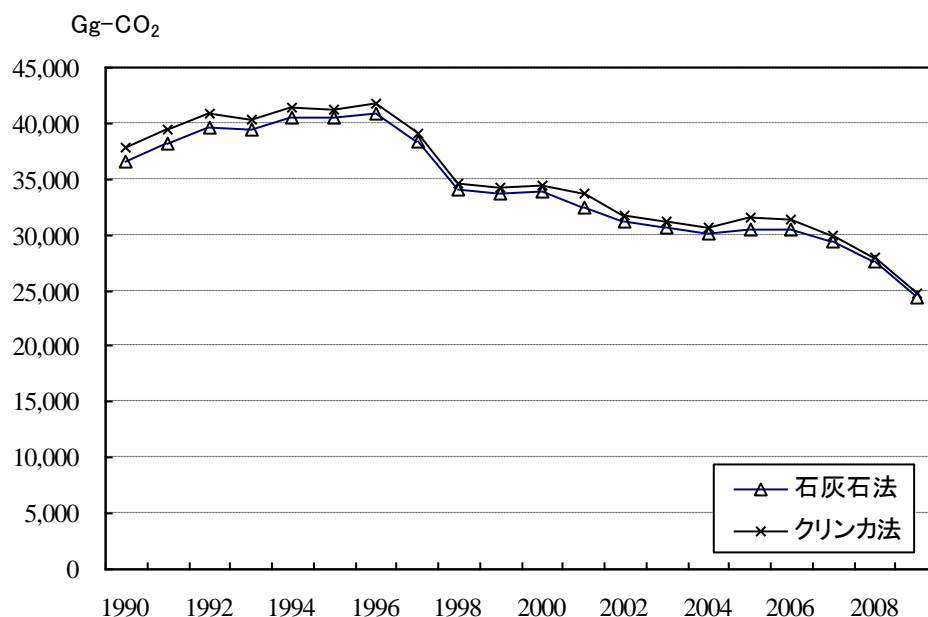


図 1 セメント CO<sub>2</sub> 排出量の比較

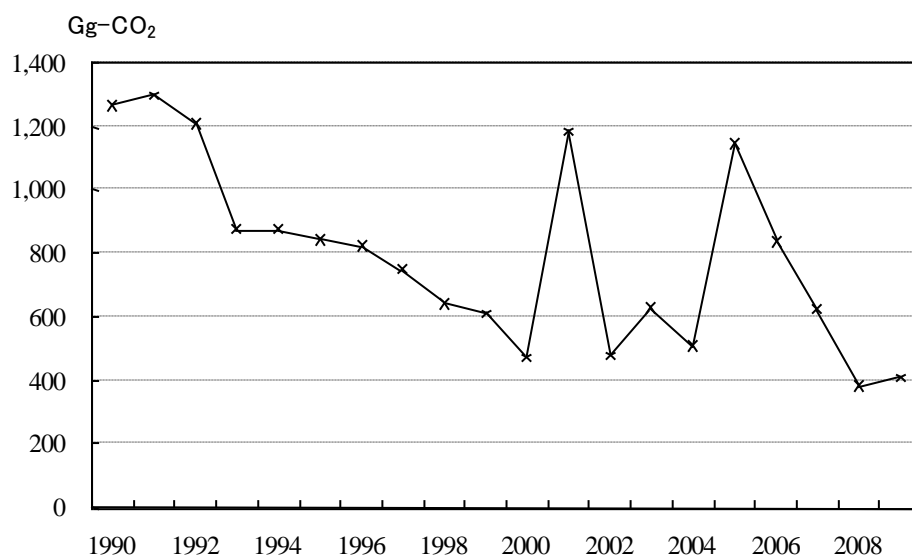


図 2 石灰石法と現行インベントリ（クリンカ法）の CO<sub>2</sub> 排出量の差分（クリンカ法－石灰石法）

表 2 両算定方法による排出量比較

		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009
クリンカ法	千t-CO <sub>2</sub>	37,905	41,275	34,394	31,579	31,289	29,989	27,925	24,755
石灰石法	千t-CO <sub>2</sub>	36,635	40,430	33,921	30,433	30,449	29,363	27,539	24,343
差異	千t-CO <sub>2</sub>	1,270	845	472	1,146	840	626	385	412

## (2) 対応方針

2000年度以降<sup>5</sup>、現行インベントリ（クリンカ法）の排出量は、窯業・建材統計年報を基に石灰石法で算出した排出量に対しては約40～120万t-CO<sub>2</sub>（排出量比1.4～3.8%）上回っているのに対し、セメント協会統計<sup>6</sup>における「石灰石類」消費量を基に算出した排出量に対しては、約15～60万t-CO<sub>2</sub>（排出量比0.5～1.9%）の差に留まっている（図3参照）。

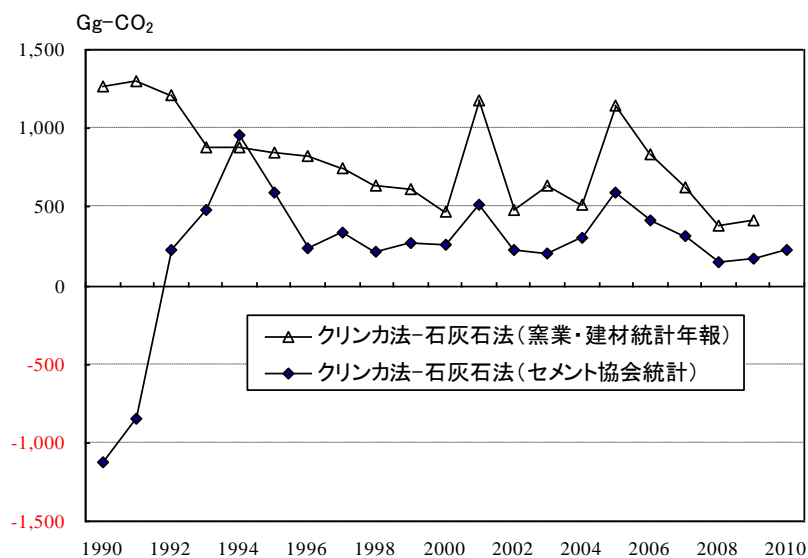


図3 現行インベントリ（クリンカ法）と石灰石法のCO<sub>2</sub>排出量の差分

窯業・建材統計年報の石灰石消費量を基に算出した排出量と、セメント協会統計による「石灰石類」消費量を基に算出した排出量との間に差異が存在する要因としては、窯業・建材統計年報における石灰石消費量が、「製品を生産するために実際に消費した原材料」、「エコセメント、白色セメント製造用などの石灰石を含む」とされているのに対し、セメント協会統計による「石灰石類」消費量は、「原料部門で使用した石灰石類（純粋な石灰石＋石灰石代替廃棄物・副産物）を計上する」とされており、両統計において石灰石消費量の定義・捕捉範囲が異なるためと見られる。

また、差異のトレンドをみると、1990～1996年度、2001年度、2005年度の差異が特に大きい傾向にあるが、これはクリンカ法において使用している廃棄物由来原料に関するデータの精度に起因するものと考えられる。廃棄物由来原料に関するデータ（CaO含有率、水分含有率）については、これまでセメント協会調査により調査対象範囲を拡大してきており、近年では石灰石法との差異は小さくなってきている（平成22年度検討会において、調査範囲を7種類から13種類に拡大して排出係数を改訂済み）。ただし、過去においては、調査の実施されなかった年度については調査対象年度の値を据え置く等によりデータを補完しているため、やや精度の劣る年度が存在すると考えられる（表3参照）。

<sup>5</sup> 1990～1999年度については、クリンカ生産量の統計値が把握されておらず推定値となっており、クリンカ法の活動量の精度が低くなっているため、比較対象外とした。

<sup>6</sup> セメントハンドブック（セメント協会）

表 3 廃棄物等由来原料の種類と使用データ年度

大分類	小分類	算定に使用するデータ詳細	
		使用量	含水率、CaO含有率
燃え殻(焼却残渣)	石炭灰	2000～2010年度値を使用	2000～2004年度値、
	下水汚泥焼却灰		2009年度値を使用
	一般ごみ焼却灰		2005～2008年度値は2004年度値を据え置き、 2010年度値は2009年度値を据え置き。
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	2002～2010年度値を使用	2002～2004年度値を使用
	コンクリートくず		2005～2009年度値は2004年度値を据え置き、 2010年度値は2009年度値を据え置き。
鉱さい	高炉スラグ(水砕)	2000～2010年度値を使用	2000～2004年度値、
	高炉スラグ(徐冷)		2009年度値を使用
	製鋼スラグ		2005～2008年度値は2004年度値を据え置き、 2010年度値は2009年度値を据え置き。
	非鉄鉱さい	2009・2010年度値のみ使用	2009年度値のみ使用、2010年度値は2009年度値 を据え置き。
ばいじん類 (集塵機捕集ダスト)	ばいじん、ダスト	2000～2010年度値を使用	2000～2004年度値、
	石炭灰(流動床灰)		2009年度値を使用
	石炭灰		2005～2008年度値は2004年度値を据え置き、 2010年度値は2009年度値を据え置き。

※1990～1999年度については、上記データを使用して算出した廃棄物由来CaO含有率の2000～2003年度平均値を一律適用して排出係数を算定する。

以上より、セメント協会統計における石灰石類消費量を石灰石法の活動量として用いた場合、原料として投入される廃棄物・副生原料の捕捉範囲を拡大した直近年のクリンカ法と石灰石法の差異は縮小しつつあることから、クリンカ法と石灰石法による排出量の差異について引き続き注視していき、差異が拡大する傾向が観察された場合には投入原料の精査等を行っていくこととする。

## 1.2 不均一価格物量表の精緻化(暦年値から年度値への変更)(2.A.1 セメント製造、2.A.2 生石灰製造、2.A.3 石灰石およびドロマイトの使用、2.A.4 ソーダ灰の生産・使用、2.B.4 カルシウムカーバイド製造(CO<sub>2</sub>))

### (1) 検討課題

現行の不均一価格物量表では、年度値で報告しているインベントリに合わせて暦年値から年度値に変換を行っているが、より精度を高めるため、年度値ベースでの不均一価格物量表の作成について検討する必要がある。

### (2) 対応方針

不均一価格物量表において使用されている統計データのうち、産業連関表(総務省)以外の統計(鉱工業生産動態統計、貿易統計、総合エネルギー統計)については年度基準の統計データが存在するため、年度基準の統計を基にした不均一価格物量表の作成は可能である。しかし、年度基準の不均一価格物量表の作成にあたっては、産業連関表を暦年値から年度値に変更したものを使用する必要があり、初期の段階で推計値を含む統計値を基に作成することとなるため、暦年基準版に比べ推計精度が低下する可能性が高い。また、年度基準の不均一価格物量表の精度を確認するためには暦年基準版も作成する必要があり、作業負荷が大きく増加する。

そこで、年度基準の統計を基にした不均一価格物量表の作成は実施せず、一定の精度が確保されている現行の暦年基準不均一価格物量表を継続して使用するものとする。