

2005年7月 太平洋セメント株式会社

仮訳

2006年1月 財団法人 地球産業文化研究所／

中央青山サステナビリティ認証機構 改訂・補注

**WBCSD** セメント産業部会

気候変動防止作業部会

セメント**CO<sub>2</sub>** プロトコル  
セメント産業向け**CO<sub>2</sub>** 排出量算定報告基準

**June 2005** バージョン **2.0**

## 目次

<b>1.はじめに</b> .....	<b>1</b>
1.1 今回のプロトコルの改定にあたって .....	1
1.2 目的 .....	1
1.3 他のCO <sub>2</sub> プロトコルとの関係 .....	1
1.4 組織境界と活動境界の設定 .....	3
<b>2 本CO<sub>2</sub> プロトコルでの原則</b> .....	<b>4</b>
<b>3 セメント製造からの直接温室効果ガス排出</b> .....	<b>5</b>
3.1 概要 .....	5
3.2 原料脱炭酸からのCO <sub>2</sub> 排出 .....	7
3.3 原料中の有機炭素からのCO <sub>2</sub> 排出 .....	9
3.4 従来のキルン燃料からのCO <sub>2</sub> 排出.....	9
3.5 代替キルン燃料からのCO <sub>2</sub> 排出 .....	10
3.6 キルン以外で使用する燃料からのCO <sub>2</sub> 排出 .....	11
3.7 廃水からのCO <sub>2</sub> 排出 .....	13
3.8 CO <sub>2</sub> 以外の温室効果ガス .....	14
3.9 間接温室効果ガス排出 .....	14
3.10 排出量と排出権 .....	17
3.11 排出量と排出権の収支 .....	17
3.12 総排出量と純排出量 .....	18
3.13 廃棄物を代替燃料として使用したときの間接的な排出削減.....	21
3.14 その他の間接排出量の削減 .....	22
<b>4 パフォーマンス指標</b> .....	<b>24</b>
4.1 概要 .....	24
4.2 排出原単位の方母の定義 .....	24
4.3 その他の指標比率の方母 .....	26
4.4 在庫変動の取り扱い .....	26
<b>5 組織境界</b> .....	<b>27</b>
5.1 どの施設まで対象とすべきか? .....	27
5.2 排出量と排出権の連結 .....	27
5.4 組織内でのクリンカ移送.....	30
5.5 ベースライン、事業の買収と売却 .....	31
<b>6 インベントリの質の管理</b> .....	<b>32</b>
6.1 WRI/WBCSDのプロトコル改訂版での推奨事項の概要.....	32
6.2 不確実性の取扱い.....	35

6.3	重要性判断の基準.....	37
6.4	企業によるインベントリの品質管理の実践例.....	37
<b>7</b>	<b>報告についての推奨事項.....</b>	<b>40</b>
7.1	はじめに .....	40
7.2	企業の環境報告書 .....	40
7.3	報告期間 .....	42
7.4	WRI/ WBCSDのGHGプロトコル改訂版の範囲 .....	43
<b>8</b>	<b>詳しい情報について.....</b>	<b>44</b>
<b>9</b>	<b>参考文献.....</b>	<b>45</b>
<b>10</b>	<b>略語および用語集.....</b>	<b>46</b>
<b>A1</b>	<b>セメントCO<sub>2</sub>プロトコル：構造及び内容</b>	
<b>A2</b>	<b>電力供給面での CO<sub>2</sub> 排出係数のデフォルト値</b>	
<b>A3</b>	<b>セメント製造の温室効果ガス源と削減オプション</b>	
<b>A4</b>	<b>原料の脱炭酸による CO<sub>2</sub>に関する詳細説明</b>	
<b>A5</b>	<b>原料と燃料の排出係数の背景</b>	
<b>A6</b>	<b>GHG 報告スキームの比較</b>	
<b>A7</b>	<b>乗数の接頭語ならびに単位系、変換係数</b>	
<b>A8</b>	<b>改訂前との比較における主な変更</b>	

END notes

About the WBCSD

## 1.はじめに

### 1.1 今回のプロトコルの改定にあたって

WBCSD（持続可能な発展のための世界経済人会議）のCSI(セメント産業部会)のもと、多数の大手セメント会社が地球全体の持続可能性に関する課題に取り組むために協働している。これら課題のひとつには、セメント産業から排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の問題がある。CO<sub>2</sub>は、人為的な地球温暖化の原因となっている主要な温室効果ガス（GHG）である。

2001年、CSIのメンバー企業は、CO<sub>2</sub>排出量の算定と報告の手法、すなわち「セメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコル」に関する意見をまとめた。同プロトコルは、セメント産業の特定のニーズを明らかにしつつも、WBCSDと世界資源研究所（WRI）が共同で開発した「GHGプロトコル」との整合性を十分に図ったものであった。

第二版であるこの「セメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコル改訂版」では、世界中の多くのセメント会社がプロトコルを広く実践した結果にもとづいて改定されている。さらに、今回も2004年3月に発行されたWRI/WBCSDプロトコル改訂版との整合をとっている。初版のセメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコルと比較しての主な変更箇所の概要は付録8に記載している。

### 1.2 目的

本プロトコルは、世界中のセメント会社が算定報告のツールとして利用することを目的としている。排出量の報告がさまざまな目的において行われることに配慮しながら、統一的なCO<sub>2</sub>排出量の算定手法を提供するものである。

セメント製造過程に関連するすべてのCO<sub>2</sub>直接排出源および主要な間接排出源について、絶対量および原単位において対応している。本プロトコルは、大きく二つの部分から構成されている；本ガイダンス文書とエクセルの表計算シートである。この表計算シートは、セメント会社がCO<sub>2</sub>インベントリを準備する際に実践的なツールとして利用できるよう設計されたものである。表計算シートの構成に関する概要は付録1に示す。これ以降、本ガイダンス文書と表計算シートをまとめて「プロトコル」と称する。

本ガイダンス文書の目的は、表計算シートの構造と論理的根拠を説明し、また、算定および報告のためのインストラクションを提供することである。セメント業界の外部のステークホルダーにも本プロトコルをよりよく理解してもらえるよう、付録3にセメント製造プロセスの概要を示した。本プロトコルではメートル法を採用していることに留意されたい。すなわち1t=1000kgである。その他の単位や接頭語の一覧を付録7に記した。

### 1.3 他のCO<sub>2</sub>プロトコルとの関係

本プロトコルで使用している基本的な算定手法は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）が発行している国の温室効果ガス（GHG）インベントリ作成のためのガイドラインの最新版とWRI/WBCSDのGHGプロトコル改訂版と一致している。本プロトコルでは、

(その後新たに改定されたものは除き) これらの文書で使用が勧められているデフォルト排出係数を使用しており、また、セメント産業固有のデータも提供している。

よって、(本プロトコルを利用することにより) セメント会社は、**IPCC**の要件に従ったかたちでの国家政府への**CO<sub>2</sub>**排出量報告が可能になる。さらに本プロトコルは、以下のような様々な枠組みのもとでの報告を容易にするような柔軟なツールとしても設計されている：

- ・ EU 温室効果ガス排出権取引制度
- ・ 米国環境保護庁 クライメイトリーダーズ・プログラム
- ・ 日本政府環境省 事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン(試案)
- ・ 豪州温室効果ガス事務局 温室効果ガスチャレンジプログラム

付録6に上から三つの**GHG**報告制度の比較を提供している。

#### 1.4 組織境界と活動境界の設定

排出インベントリの作成過程において、適切な境界を設定することは重要なポイントの一つである。本プロトコルでは、WRI/WBCSD GHG プロトコル（2004）に従い組織境界と活動境界を区別している。

組織境界は、組織のどの部分（例えば、完全所有事業、共同出資事業、子会社）までをインベントリに含めるか、また、これら事業の排出量をどのように連結するかについて定めることである（ガイダンスについては、本プロトコルの p.22 「組織境界」を参照）。特に、本プロトコルに従って自主的な報告を行う場合、セメント会社は、自社が管理しているか所有している設備の範囲において、以下の活動を報告に含めなければならない：

- > クリнка製造（原料の採石を含む）；
- > 工場内における、また、工場外に独立した粉砕設備におけるクリнка、混合材およびスラグなどのセメント代替材の粉砕；
- > フライアッシュの取り扱い

**活動境界**は、インベントリに含める排出源の種類をいうものである。直接排出と間接排出に大きく分かれる：

**直接排出**は、報告企業が所有または管理する排出源からの排出である。例えば、セメントキルンでの燃料の燃焼による排出は、当該キルンを所有（または管理する）会社の直接排出となる。

**間接排出**は、報告企業による活動の結果生じた排出であるが、他の事業者が所有または支配している排出源からの排出である。例えば、セメント会社がグリッド（送電網）から得た電力を使用した場合、その電力の発電による排出がそのセメント会社の間接排出となる。

本プロトコル「セメント製造からの直接排出」の項において、セメント工場で発生する直接排出の排出源についてのガイダンスを提供している。間接排出については、「間接排出」の項で述べている。

活動境界に関しては、WRI/WBCSD GHG プロトコル改定版での「スコープ」の概念を再度確認するのがよい。

- > スコープ1 排出は、事業者が所有または管理している排出源から発生するものである。
- > スコープ2 排出は、事業者が所有または管理する設備において消費された購入電力の発電から生じる間接的な排出である。
- > スコープ3 は、その他のあらゆる間接排出を扱うための任意の報告カテゴリである。

WRI/WBCSD GHGプロトコル改訂版では、企業は、少なくともスコープ1および2それぞれについての算定と報告を行わねばならないと要求している。本セメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコルは、p 35の「WRI/WBCSD GHGプロトコル改訂版のスコープ」で記した幾つかの例外を除き、この要求事項に準じている。

## 2 本CO<sub>2</sub> プロトコルでの原則

温室効果ガス排出量の算定と報告は、次の諸原則に基づいて行わなければならない。

- **目的適合性(Relevance)**

GHG インベントリが事業者の GHG 排出量を適切に反映し、かつ事業者内外の排出量情報利用者の意思決定ニーズに役立つようにすること。

- **完全性(Completeness)**

選定したインベントリ境界の範囲内に含まれるすべての GHG 排出源と活動からの排出量を算入して報告すること。除外した排出源や活動があれば、開示してその理由を示すこと。

- **一貫性(Consistency)**

排出量の意味ある経時比較を可能にするために一貫した方法を用いること。時間の経過において、データ、インベントリ境界、手法またはその他の関連要素に変更があった場合は、それについて明確に言及すること。

- **透明性(Transparency)**

すべての関連事項問題をについて監査証跡を明確に残せるよう、客観的かつ首尾一貫した形で開示すること。用いた仮定を開示し、使用した算定・計算法や情報源の出典を明らかにすること。

- **正確性(Accuracy)**

GHG 排出量の算定結果が、推定できる限りの実際の排出量を過大または過少に評価することのないように体系的になされ、また、それに伴う不確実性を可能な限り最小化するよう努めること。情報利用者が報告された情報をもとに意思決定を行うのに合理的に十分な正確性を保証すること。

本プロトコルは、WRI/WBCSD GHG プロトコル改訂版と同じく、上記の原則を鑑みて作られたものである。また、本プロトコルは、次に挙げる原則に合致することを目的としている：

1. 二重計上を避けること（工場、会社、グループ、国、国際間レベル）。
2. 排出量の増減に影響を与えるような要因（技術改善、内的・外的な成長）を識別できること。
3. 排出量を絶対量および原単位で報告できること。
4. 達成したCO<sub>2</sub>削減の全てを反映すること。
5. セメント及びセメント質製品の市場を歪めたり公正な取引を危険にさらすことがないようなパフォーマンス指標を含めること。
6. （環境パフォーマンスの内部管理、環境報告書の公表、CO<sub>2</sub>課税制度における報告、CO<sub>2</sub>排出量規制制度（自主的または同意された協定、排出権取引）における報告、産業界でのベンチマークや製品のLCAなど）異なるモニタリングや報告目的の二ーズに適応できる柔軟なツールを提供すること：.

### 3 セメント製造からの直接温室効果ガス排出

#### 3.1 概要

直接排出とは、事業者が所有または管理している排出源からの排出を意味する。セメント工場における、CO<sub>2</sub>の直接排出の算定結果は、以下の排出源からの排出により構成される。

- 炭酸塩の脱炭酸、原料に含まれる有機炭素の燃焼
- 化石由来の従来のキルン燃料の燃焼
- 代替化石燃料のキルン燃料（「化石系 AF（代替燃料）」または「化石系廃棄物」と呼ばれる）の燃焼
- バイオマスキルン燃料（バイオマス廃棄物を含む）の燃焼
- キルン以外で使用する燃料の燃焼
- 廃水中に含まれる炭素の燃焼

表 1:直接 CO<sub>2</sub>排出の算定のためのパラメータと推薦するデータソース

燃料のデフォルト排出係数については、表計算シート参照のこと。

排出の構成要素	パラメータ	単位	推奨データソース	
原料由来のCO <sub>2</sub>	● クリンカ焼成	クリンカ製造量	t	工場レベルの測定値
		クリンカ中の CaO + MgO	%	工場レベルの測定値
		調合原料中の CaO + MgO	%	工場レベルの測定値
	● ダストの焼成	キルンから排出されるダスト量	t	工場レベルの測定値
		クリンカ排出係数	t CO <sub>2</sub> / t cli	計算値
		ダストの脱炭酸度	% calcined	工場レベルの測定値
	● 原料中の有機炭素	クリンカ消費量	t cli	工場レベルの測定値
		調合原料：クリンカの割合	t / t cli	デフォルト値=1.55 (調整可)
		原料の TOC 含有量	%	デフォルト値=0.2% (調整可)
燃料の燃焼由来のCO <sub>2</sub>	● 従来のキルン燃料	燃料使用量	t	工場レベルの測定値
		低位発熱量	GJ / t fuel	工場レベルの測定値
		排出係数	t CO <sub>2</sub> / GJ fuel	IPCC/CSI デフォルト値または測定値
	● 代替化石燃料 (化石系代替燃料)	燃料使用量	t	工場レベルの測定値
		低位発熱量	GJ / t fuel	工場レベルの測定値
		排出係数	t CO <sub>2</sub> / GJ fuel	CSI デフォルト値または測定値
	● バイオマス燃料 (バイオマス代替燃料)	燃料使用量	t	工場レベルの測定値
		低位発熱量	GJ / t fuel	工場レベルの測定値
		排出係数	t CO <sub>2</sub> / GJ fuel	IPCC/CSI デフォルト値または測定値
	● キルン以外で使用する燃料	燃料使用量	t	工場レベルの測定値
		低位発熱量	GJ / t fuel	IPCC/CSI デフォルト値または測定値
		排出係数	t CO <sub>2</sub> / GJ fuel	IPCC/CSI デフォルト値または測定値
	● 焼却した廃水	- -	- -	CO <sub>2</sub> の定量化は必要ない

t = メートルトン AF = 代替燃料 cli = クリンカ TOC = 全有機炭素

上記排出源についての排出係数、算定式および報告のしかたについて、本章の以下に述べる。表1では、算定に必要なパラメータと推奨するデータソースをまとめている。一般的に、企業は、必要なパラメータを工場レベルで測定することが推奨される。

工場或いは会社固有の測定値が入手できない場合は、推奨された国際的なデフォルト値を使用すべきである。もし、信頼性があり且つより適切であると判断されるならば、他のデフォルト値（例えば、国のデフォルト値）を国際的なデフォルト値に優先して使用する場合も起こり得る。

### 3.2 原料脱炭酸からのCO<sub>2</sub>排出

脱炭酸とは、熱処理プロセス中に調合原料の炭酸塩からCO<sub>2</sub>が放出されることである。脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出は、クリンカの製造に直接関係している。また、セメントキルンダスト（CKD）やバイパスダストの脱炭酸反応は、ダストが直接販売されたりセメントへ添加されたり廃棄物として処分されるためにキルンシステムから排出されるとき排出源となり得る。工場レベルにあっては、脱炭酸CO<sub>2</sub>は以下の2つの方法で算出することができる。①消費した調合原料の総量と組成に基づき算出する方法、②キルンシステムから排出されるダストと、クリンカの生産量と組成に基づき算出する方法である。①の方法は、米国や日本で使用され、②は国家GHGインベントリ向けのIPCCガイドライン1996で推奨されている方法である。2つの方法は、理論的には等しい。CSI作業部会は、本プロトコルの表計算シートにおいてクリンカ・ベースの手法に焦点を合わせることに決めた。それでも会社によっては十分なデータが入手可能であれば、調合原料をベースとする手法または両手法の組合せを適用することを選択するかもしれない。その場合、キルンへ直接投入される炭素化合物を含む材料があるかもしれないこと、内部でのダストの再利用があるかもしれないこと、また、キルンシステムから排出されるダストの脱炭酸が不完全な場合があるなど、算定において間違いが起こる可能性のあるものを考慮に入れておかなければならない。

クリンカ・ベースの算定手法を適用する場合、会社は、工場レベルでの測定値を以下のように利用すること。

（1）クリンカ：脱炭酸CO<sub>2</sub>は、クリンカ製造量とクリンカ1トン当りの排出係数に基づいて算出すること。排出係数は、測定したクリンカ中のCaO及びMgOの含有量に基づいて決定すること。炭酸塩由来ではないCaO及びMgOがある場合にはその分を補正すること。例えば、珪酸カルシウム化合物やフライアッシュをキルン投入原料として使用している場合がこのケースに該当する。

クリンカの排出係数の算定と決定は、明瞭に文書化されなければならない。この目的のため、補助ワークシートを表計算シートに設けている。

他に良いデータがない場合、525 (kg-CO<sub>2</sub>/t-クリンカ) のデフォルト値を使用すること。これは、IPCCの提供しているデフォルト値(510kg CO<sub>2</sub>/t)にクリンカ中の標準的なMgO含有量を用いて補正したものである。

デフォルト排出係数の詳細については付録4を参照のこと。

(2) **ダスト**:キルンシステムから排出されるバイパスダストまたはセメントキルンダスト(CKD)からのCO<sub>2</sub>排出量は、それぞれのダスト量と排出係数に基づいて算定すること。算定においては、ダストが直接販売されるのか、セメントに添加されるのか、また、廃棄物として廃棄されるのかにかかわらずキルンシステムから排出されたダストの全量をもとに算定すること。

バイパスダストは通常は完全に脱炭酸している。従って、バイパスダストに関する排出は、クリンカの排出係数を用いて計算すること。

バイパスダストの場合と異なり、CKD は、通常は完全には脱炭酸されていない。CKD の排出係数は、計算式1に従って、クリンカの排出係数とCKDの脱炭酸率に基づいて算出すること。この計算式は(このガイドラインに付属の)表計算シートに組み込まれている。

$$\text{計算式 (1) } EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} * d}{1 - \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} * d}$$

$EF_{CKD}$  = 部分的に脱炭酸されたセメントキルンダストの排出係数 (t CO<sub>2</sub>/t CKD)

$EF_{Cli}$  = 当該工場固有のクリンカ排出係数 (t CO<sub>2</sub>/t clinker)

$d$  = CKD脱炭酸率 (調合原料中の全炭酸塩CO<sub>2</sub>の割合。この割合でCO<sub>2</sub>が排出されると考える。)

CKDの脱炭酸率  $d$  は、工場毎の固有のデータに基くことが望ましい。このようなデータがない場合には、デフォルト値として1を使用すること。この値は控えめな値である。一般にCKDが完全に脱炭酸することはなく、脱炭酸率は1~0の間になることが多い。そのため、CKD関連の排出を過剰評価しやすいので、控えめな値を採用している。計算式1及び脱炭酸率  $d$  の詳細については、付録4を参照のこと。

ダスト量について工場固有のデータがない場合には、廃棄ダスト由来のCO<sub>2</sub>のためのIPCCデフォルト値(クリンカCO<sub>2</sub>の2%、付録4参照)を使用すること。但し、ダストが廃棄だけではなく直販されたりセメントへの添加等に利用される場合には、このデフォルト値は明らかに低すぎる値であることに留意すること。従って、工場または会社固有のデータを利用することが明らかに望ましい。

### 3.3 原料中の有機炭素からのCO<sub>2</sub>排出

クリンカ製造に使用される調合原料は通常、無機炭酸塩の他に僅かながらも有機炭素を含んでおり、それらの多くは調合原料の焼成工程においてCO<sub>2</sub>に変化する。原料の全有機炭素（TOC）含有量は、場所や使用される原料の種類などによって実質的に異なる。

CSI作業部会が取りまとめたデータによると、原料中の標準的なTOC値は約 0.1 – 0.3% (乾燥重量)となっている。これは、クリンカ1トン当り約 10kgのCO<sub>2</sub>排出量に相当し、原料からの脱炭酸とキルン燃料の燃焼によるCO<sub>2</sub>排出量を合算した標準的な排出量の約1%に相当する。<sup>1</sup>

原料中の有機炭素から排出されるCO<sub>2</sub>は、インベントリの完全性を確実なものにするため、定量化され、報告しなければならない（「重要性判断の基準」の項を参照のこと）。全体の排出量からみると原料中の有機炭素から排出されるCO<sub>2</sub>は少ないが、表計算シートではデフォルト値に基づく簡略化した自動計算機能を提供している。

- クリンカに対する調合原料率のデフォルト値: 1.55
- 調合原料の TOC 含有率のデフォルト値: 2 kg / t 調合原料 (乾燥重量で 0.2%に相当)

有機炭素からの排出がより大きく重要であるという場合を除き、これらの排出量について更に分析することは会社に要求されない。例えば、キルン投入原料として TOC 含有量の高い頁岩またはフライアッシュを大量に利用している会社の場合は、更なる分析が必要となる。更に、キルンシステムから排出されるダスト量については、このデフォルトの自動計算機能においては一切考慮されていないことに留意されたい。

大量のダストを作り出している会社で、TOC関連の排出量についてより詳細に分析を望む場合は、当該工場固有のクリンカに対する調合原料率を入力すること。当該工場固有のクリンカに対する調合原料率では、二重計上を避けるために使用燃料からアッシュ分を除いておくこと。例えば、炭素含有量の高いフライアッシュを燃料として考慮する場合（つまり、発熱量やCO<sub>2</sub>排出係数をかける）、調合原料におけるTOCからの排出量を計算する目的で使用するクリンカに対する調合原料率にそのアッシュ分を含めるべきではない。

### 3.4 従来のキルン燃料からのCO<sub>2</sub>排出

従来のキルン燃料とは、石炭、石油コークス、燃料油、天然ガスなどの化石燃料である。従来のキルン燃料からのCO<sub>2</sub>排出量の算定方法として推奨するのは（代替燃料やキルン以外で

使用する燃料の算定方法としても同様であるが、p8「代替キルン燃料からのCO<sub>2</sub>排出」、  
「キルン以外で使用する燃料からのCO<sub>2</sub>排出」の項を参照)、燃料使用量、低位発熱量、および各燃料のCO<sub>2</sub>排出係数に基づいて計算する方法である。燃料消費量と低発熱量は、工場レベルで日常的に測定されている。低位発熱量 (GJ) あたりの排出係数のデフォルト値は、本プロトコルの表計算シートに一覧がある。石炭、燃料油、天然ガスのデフォルト値は、IPCC (1966) に基づくものである。石油コークスのデフォルト値は、CSI作業部会がとりまとめた分析に基づいている (詳細については付録5を参照)。

会社は、信頼性の高いデータを入手できるのであれば、工場またはその国固有の排出係数を使用することを推奨する。

一般に、IPCC は、化石燃料の不完全燃焼を考慮することを推奨している。但し、セメントキルンにおいては、燃焼温度が非常に高いこと、キルン内での滞留時間が長いこと、また、クリンカ中の残留炭素が非常に僅かなことから、この (不完全燃焼の) 影響は、無視し得るものである。従って、全てのキルン燃料の炭素は、完全に酸化しているとみなすこととする。

### 3.5 代替キルン燃料からのCO<sub>2</sub>排出

セメント産業では、様々な代替燃料(AF)の利用が増加している。特に、このように燃料として利用されなければ、通常埋立や焼却処分などの方法で処理されていたであろう廃棄物由来の AF が多い。AF には、廃タイヤ、廃油、廃プラスチック等の化石系のものと木屑や下水汚泥等のバイオマス系のものが含まれる。AF は、従来の化石燃料の代替として使用されている。

国の GHG インベントリ作成のための IPCC ガイドライン 1996 では、以下のことを要求している:

- バイオマス燃料からのCO<sub>2</sub>排出は、その排出が短期間においてバイオマスの再成長により埋め合わせられるため、クライメイト・ニュートラル (気候変動に影響しない) と見なされる。バイオマス燃料起源のCO<sub>2</sub>排出は、「備考」として報告するが、国の総排出量からは除外する。バイオマスは、持続的な収穫を行ってのみ本当にクライメイト・ニュートラル (気候変動に影響しない) であるという事実が、国のインベントリの「土地利用の変更と森林管理」の項で森林の枯渇によるCO<sub>2</sub>排出について報告を行うという点に表れている。

<sup>1</sup> 全ての有機炭素がCO<sub>2</sub>になると想定した場合、 $1.55 \text{ t raw meal / t clinker} \times 2 \text{ kg C / t raw meal} \times 3.664 \text{ kg CO}_2 / \text{kg C} = 11 \text{ kg CO}_2 / \text{t clinker}$ となる。後者は有機炭素の一部は常にVOC やCOとして排出されることになるため、保守的である。原料1t当たり2kgの有機炭素含有量は欧州と北アフリカのCSIメンバー43社により収集された測定結果に基づいている。

- **化石由来廃棄物**（代替化石燃料や化石系AF(代替燃料)とも呼ばれる）からのCO<sub>2</sub>排出は、対照的に、先天的にクライメイト・ニュートラル（気候変動に影響しない）とはみなされない。IPCCガイドラインによれば、産業廃棄物のエネルギー転換からのGHG排出は、国のインベントリの“エネルギー”起源の項目で報告する。また、従来型の廃棄物処理（埋立、焼却）からのGHG排出については「廃棄物管理」の項目で報告する。

IPCCやWRI / WBCSDのガイドラインとの整合性を保つために、セメント工場でのAFの燃焼により発生した直接CO<sub>2</sub>排出を明確に報告しなければならない。従って、本プロトコルでは、以下についての報告を要求している。

- バイオマス燃料（バイオマス廃棄物を含む）の燃焼からの直接CO<sub>2</sub>排出量は、備考として報告するが、総排出量からは除外すること。その他に信頼性の高い排出係数を入手できる場合を除いて、110kg-CO<sub>2</sub>/ GJのIPCCデフォルト排出係数を使用すること。<sup>2</sup>
- 化石系AFの燃焼からの直接CO<sub>2</sub>排出量は、算定し、直接CO<sub>2</sub>排出量の総計（**総排出量の合計**）に含めること。CO<sub>2</sub>排出係数は使用するAFの種類により異なるので、可能であれば工場レベルでの固有の値を特定すること。工場または会社固有のデータがないときは、表計算シートで提供しているデフォルトの排出係数を使用すること。この係数は、CSI作業部会がとりまとめた測定結果や推定値をもとに算定している。
- AFの利用を通しての間接的な**GHG 排出抑制**、およびAFの利用からの**純排出量**は、別途に説明すること。詳細については、「排出量と排出権」の項において述べる。

例えば廃タイヤや含浸材のソーダスト（木屑）のようなAFには、化石起源とバイオマス起源の両方の炭素を含んでいる。理想的には、燃料全体の炭素含有量に対する化石起源の炭素量の割合を基にし、重み付けして排出係数を計算するべきであろう。しかしながら、この割合を測定するのは困難かつコストがかかり、燃料によっては値が非常に変動する。従って、より正確なデータが得られるまでは、100%が化石起源であるという保守的な前提を採用することを推奨する。

### 3.6 キルン以外で使用する燃料からのCO<sub>2</sub>排出

#### 概要

キルン以外で使用する燃料には、例えば、サーマルプロセス設備(ドライヤー等)、自家発電、場内や採石場での車両、および暖房などに使用される燃料が含まれる。セメント会社は施設内で燃焼されたキルン以外で使用する燃料から排出されるCO<sub>2</sub>に関して網羅的に報告するよ

<sup>2</sup> 参照： IPCC 1996, Vol. III, p.1.13

うに努めなければならない。これらの排出量については、表計算シートにおいて以下のように取り扱われている:

キルン以外で使用する燃料からのCO<sub>2</sub>は、排出量の集計の際に柔軟に取り扱いができるよう、用途ごとに区別して報告する。表計算シートでは、以下の用途に区別している:

- 機器及び場内車両
- 室内の冷暖房
- 原料乾燥（スラグやポゾラン等の鉱物質成分の乾燥を含む）
- 自家発電

キルン燃料の乾燥のために使用する燃料は、キルン燃料として扱うことに留意する。

- 会社が所有する車両による場外輸送に関して発生するCO<sub>2</sub>は、現在、表計算シートから除かれている（詳細については以下参照。）
- キルン以外で使用する燃料からの炭素は、完全に酸化されているものとみなす。煤や灰に残存する未燃焼カーボンにはカウントしない。会社が、キルン以外で使用する燃料の未燃焼カーボンについても算定することを望む場合は、WRI / WBCSD の定置燃料燃焼のためのツールに従い算定すること。

本プロトコルに従った網羅的な報告を実現するための段階ごとのプロセスについては、あわせて表7も参照すること。

### 輸送からのCO<sub>2</sub>排出

他の製造業と同様にセメント製造も、原料や燃料の供給に伴う輸送、および製品（クリンカ、セメント、コンクリート）の輸送を必要とする。クリンカが別の事業所に運ばれて粉砕される場合もある。輸送形態には、コンベアベルト、鉄道、水上輸送、陸上輸送などがある。輸送が、社外の第三者によって行われる場合、それに伴う排出は「間接排出」として扱われる。詳細については「間接排出」の項を参照。

図1ではセメント製造に関連する輸送の種類を細分化している。本プロトコルでは、会社が社有車（リース車両を含む）によって行う場内輸送での燃料使用量および関連排出量を報告することを要求している。採石車両での燃料使用やコンベアベルトでの電力使用等が一例である。但し、その電力が自家発電されたものである場合を除き、電力消費による排出量は間接排出として扱うことに注意する。

その一方で、本プロトコルでは以下の種類の輸送については排出量の定量化を各社に求めている。

- 場内における第三者による輸送（報告事業者が所有または管理していない車両によるもの）
- 全ての場外における輸送。燃料、中間製品、最終製品の輸送等。その輸送が所有者によるものか第三者によるものかを問わない。

これらの輸送を除外した理由は、これらの活動からの排出は、キルン起源の排出に比べれば概して小さいものであり、また、多くの場合一貫した方法で定量化することが困難であるからである。但し、場外輸送を完全に除外するという事は自社が所有または管理する排出源からの排出については全て報告に含めるという WRI / WBCSD の要求事項からは逸脱していることに留意されたい。WRI / WBCSD の要求事項に準じた報告を行うことを望む会社は、自社が所有または管理する車両によって行う場内・場外輸送の両方についてを報告に含める必要がある。

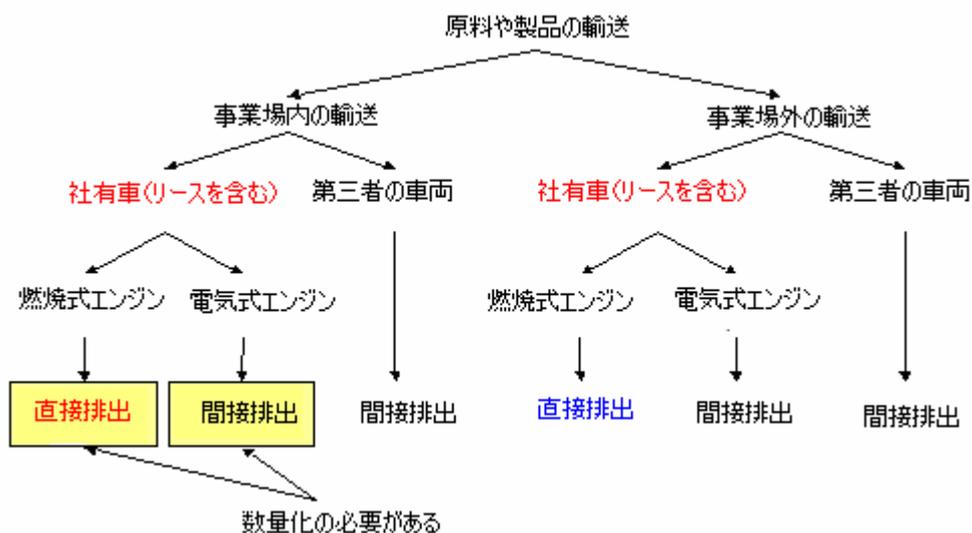


図1：輸送の種類の詳細化と本プロトコルでの範囲

エラー!

### 3.7 廃水からのCO<sub>2</sub>排出

セメント工場によっては、窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）を抑えるための火炎冷却剤として廃水をキルンに投入している。廃水に含まれる炭素はCO<sub>2</sub>として放出される。本プロトコルでは、次の理由から、セメント会社へ廃水の利用に関するCO<sub>2</sub>排出量を定量化することを要求していない。

- 多くのセメント工場が廃水を使っていない。

- 廃水を使用する工場においても、廃水中の炭素含有量は通常工場全体のCO<sub>2</sub>排出量の1%に満たない。<sup>3</sup>
- 廃水に含まれる炭素は、通常バイオマス由来（汚泥等）であり、そうであれば単純に備考扱いされる。

但し、廃水の利用が全体のCO<sub>2</sub>排出量に重大な影響を与えるものでないことを実証する概算については準備しておくべきである。

### 3.8 CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス

キルン内の燃焼温度が高温であることから、セメントキルンからのメタン（CH<sub>4</sub>）の排出は大変少ない。一般的にCH<sub>4</sub>の排出はCO<sub>2</sub>等量で、キルンのCO<sub>2</sub>排出量の約0.01%である。同様に、CSI作業部会が集めたデータによると、セメントキルンから排出される窒素酸化物（N<sub>2</sub>O）も一般的に少量であることを示している。しかし、これらのデータは現在のところ限られた範囲が限定的において収集されたものであるため、一般化された結論とすることはできない。京都議定書の対象である他の温室効果ガス（CFC, HFC, SF<sub>6</sub>）は、セメント製造には関係ないことが明らかとなっている。

本プロトコルではセメント会社に対して、キルンから排出されるCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガス排出を定量化することを求めている。これらのガスが相対的に少量であること、また、自主的および強制的な報告制度の多くでは、現在のところその対象がCO<sub>2</sub>に限定されているということがその主な理由である。

しかしながら、CH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oに関連する排出は、キルン以外で使用する燃料（ドライヤー、自家発電など）の燃焼の結果生じる可能性がある。それらの報告が求められる場合は、WRI/WBCSD GHGプロトコルの定置型燃料燃焼の算定ツールを使って報告すべきである（[www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)を参照のこと）。

### 3.9 間接温室効果ガス排出

間接GHG排出は、報告事業者の活動の結果として生じたものであるが、他の事業者が所有または管理している排出源から発生した排出を意味する。セメント製造には、様々な排出源からの間接的な温室効果ガス排出が関わっている。以下のようなCO<sub>2</sub>排出が主な例である。

<sup>3</sup> ある工場が廃水を使用した場合、消費された量は概してクリンカ1t当たり10kg程度である。典型的な排水中の炭素含有量は重量で5%であり、これはクリンカ1t当たり2kgのCO<sub>2</sub>排出か、典型的な工場からの全CO<sub>2</sub>排出の約0.2%に相当する。（複数のCSIメンバー会社から提供されたデータに基づいて評価）。

- セメント会社を使用する電力を外部で発電するときの排出
- 他社からクリンカを購入し自社装置で粉砕している場合、外部でのクリンカ製造における排出
- 従来型燃料や代替燃料の生産や加工工程での排出
- インプット(原料、燃料)やアウトプット (セメント、クリンカ)の第三者による輸送からの排出

間接排出のデータは、ある産業の環境パフォーマンス全体を評価するのに有益である。このため、セメント会社は、上記の4種類の間接排出のうち以下の2つを算定し報告することとする：

- **外部での電力生産で発生するCO<sub>2</sub>**は、グリッド電力の使用量と可能であれば電力供給者から入手した排出係数に基づき算出すること。排出係数が入手できない場合は、国の平均的排出係数を使用しても良い（付録2を参照）。WRI/WBCSD GHGプロトコル改訂版での要件（第4章および付録A）にあわせて、電気の送配電における損失（送配電ロス）については算定には**含まない**。
- **購入したクリンカ製造から発生するCO<sub>2</sub>**は、報告事業者のクリンカの純購入量（クリンカ購入量－クリンカ販売量）およびデフォルトの排出係数（862kg CO<sub>2</sub>/tクリンカ）に基づいて算定すること。当該デフォルト値は、CSI作業部会で、2003年における数社の平均から決定したものである。

クリンカの総購入量ではなく、純購入量を使用することにより、会社の事業統合があった場合に、工場間でのクリンカの移送を相殺できるという利点がある。これにより組織内でのクリンカ移送に関連する排出量の二重計上の問題を避けることができる。クリンカの購入量と販売量から純購入量を自動的に算出する機能が表計算ツールに組み込まれている（詳細については「5.4 組織内でのクリンカ移送」を参照）。

これら2つの間接排出量の算定方法を表2にまとめている。

本プロトコルでは、他の間接排出の定量化を求めている。特に、輸送に関する間接排出についても定量化を求めている（詳細についてはp8参照）。

表2：本プロトコルで対象とする間接CO<sub>2</sub>排出の算定のためのパラメータとデータソース

排出の構成要素	パラメータ	単位	データソース
購入電力の外部での発電由来のCO <sub>2</sub> (間接排出)	電力使用量 送配電ロスを考慮していない排出係	GWh t CO <sub>2</sub> /GWh	工場レベルの測定値 供給会社固有の排出係数あるいは国のグリッド係数（付録2を参照のこと）

	数		
購入クリンカ由来のCO <sub>2</sub> (間接排出)	クリンカの純購入量 排出係数	t cli t CO <sub>2</sub> / t cli	工場レベルの測定値 (クリンカ購入量－販売量) デフォルト排出係数 (862 kg CO <sub>2</sub> / t cli)

クリンカやセメント成分の代替鉱物（MIC）の製造に関連するCO<sub>2</sub>排出は、その代替鉱物が他の産業プロセスの結果として生まれている場合には、セメント産業の間接排出とは見なさない。特に、鉄鋼産業により作られるスラグや発電所により生成されるフライアッシュなどがこれに該当する。このような副製品の生成に関連するCO<sub>2</sub>排出は、鉄や電力という主製品の製造に関連づけるべきものであり、副製品の生成には関連づけない。セメント産業がこれらの副製品を利用することで、製鉄や発電におけるCO<sub>2</sub>排出が増加するものではない。

### 3.10 排出量と排出権

会社やその子会社の一部が、同時に複数のCO<sub>2</sub>報告制度や排出量規制の対象となることが起こり得る。例えば、セメント会社がグローバルに自主的な削減目標を設けていると同時に、EU圏にあるその子会社はキャップ&トレードの取引制度の規制を受け、米国法人は米国環境保護庁のクライメイトリーダーズ・プログラムの対象となることがあり得る。要求される排出削減量（割当をうける排出権の量など）や削減目標の達成に使用可能なクレジットや排出権の種類は制度により異なる可能性がある。その場合、会社は、それぞれの制度の基準に従い、制度ごとの報告を作成しなくてはならないであろう。

本プロトコルの主な目的は、セメント会社が達成したCO<sub>2</sub>削減の全てを、透明性の高い、一貫した、明確な方法で報告できることを確実にすることである。特に、オフセットと呼んでいる報告事業者の組織境界外で生じる排出削減量についての報告は、正確性と透明性を保証するために厳密に統一化したやり方で行われなければならない。

その目的から、本プロトコルにおいては以下に定義している「排出権」、「排出量収支（balance）」、「総排出量と純排出量」という概念を用いている。自主的なCO<sub>2</sub>排出量報告システムや排出削減目標を設けており、そこでオフセットやその他の排出権を利用したいと希望するセメント会社は、本プロトコルのルールに従ってそれを行わなければならない。また、本プロトコルで定めている総排出量、純排出量の定義を使用しなければならない。

オフセットやその他の排出権を考慮することを望まないセメント会社は、総排出量のみを報告すること。また、排出量収支（balance）の考え方を使用する必要はない。

### 3.11 排出量と排出権の収支

企業のGHG削減目標および排出権取引やCDM等の柔軟な市場手段の背景において、資産としての排出量は重要な役割を果たしてきた。資産としての排出量の例には、キャップ&トレード制度において割当てられ取引される排出枠、自主的な削減目標によって設定された排出権、会社の組織境界外で達成された排出削減により生まれたオフセットやクレジットなどを含む。このような資産を、本プロトコルでは総称して「排出権」と呼ぶ。排出権は、取引することが可能であるが、そうしなければならないということはない。

排出権を計算したい会社は、本プロトコルのルールに従ってそれを実施すること。その場合、GHG報告の透明性を確保するためにも、排出量と排出権を分けて計算すること。そうすることにより、会社は、目標遵守期間における総排出量と総排出権を対照し決算することができる（これはしばしば「純CO<sub>2</sub>残高」と呼ばれることがある）。この「バランスシート法」の考え方を図2に示す。

図2：排出量と排出権を別々に勘定するバランスシート法

「初期排出権」および「取得排出権」の定義については「総排出量と純排出量」の項を参照のこと。

排出量	排出権
原料由来のCO <sub>2</sub>	<b>初期排出権</b> 規制当局から割り当てられた排出枠
従来の化石燃料由来のCO <sub>2</sub> 代替化石燃料（化石系廃棄物）由来のCO <sub>2</sub> キルン以外で使用する燃料由来のCO <sub>2</sub>	<b>取得排出権</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 市場で購入した排出枠 (+) または売却した排出枠 (-)</li> <li>▶ プロジェクトベースのクレジットの購入 (+) または売却 (-): CER、 ERU、国内クレジット<sup>4</sup></li> <li>▶ 廃棄物燃料の使用によるクレジット</li> <li>▶ その他クレジット (余熱供給など)</li> </ul>
<b>直接排出量の合計</b>	<b>排出権の合計</b>
<b>備考:</b> バイオマス燃料由来のCO <sub>2</sub> 排出 間接CO <sub>2</sub> 排出(購入した電力およびクリンカ)	

### 3.12 総排出量と純排出量

#### 目的と定義

本プロトコルの主な目的の1つは、セメント会社が達成した排出削減の全てを、その排出削減が企業の組織境界の内外で実施されたに関係なく確実に報告でき、また、それが適格である場合には目標の遵守に利用できるよう確実にすることである。現在立ち上がってきている排出権取引制度やその他の柔軟な市場メカニズムにおいても、企業がどこで排出削減を達成するかについての柔軟性を与えており、これは基本的にはこの考え方に沿ったものである。このため、本プロトコルでは企業の純CO<sub>2</sub>排出量の指標を次のように定義する；

- ・ **総排出量**とは、一定の期間においてセメント工場あるいはセメント会社から直接排出したCO<sub>2</sub>の総排出量のことである。総排出量には、代替化石燃料由来のCO<sub>2</sub>が含まれるが、バイオマス燃料由来のCO<sub>2</sub>は含まない。バイオマス燃料由来のCO<sub>2</sub>排出量は、備考欄に記載する。

<sup>4</sup> CERとERUはそれぞれ、京都議定書のクリーン開発メカニズムと共同実施に基づいて得られるクレジットである。

- **取得排出権**とは、一定の期間において企業が取得したすべての排出権を指す。但し、規制当局から割当てを受けた排出枠を除く。この定義の理論的根拠は下記に説明する。  
**純排出量**とは、総排出量から取得排出権を差し引いたものである。

$$\text{純排出量} = \text{総排出量} - \text{取得排出権}$$

ここに定義する純排出量は、企業が排出する正味の炭素量を明らかにするための指標である。純排出量は、企業の直接的な排出量に加え、例えば市場で排出枠を購入することにより達成されるような間接的な排出削減量を反映する。

#### D 取得排出権の定義

何を「取得排出権」とするかについて定義することは、純排出量の指標を正確に理解するために非常に重要なことである。本プロトコルでは、企業が一定の期間中に取得したすべての排出権を初期排出権と取得排出権に分類している。

- **初期排出権**とは、排出目標の設定や初期割当ての過程で規制当局から獲得した排出枠のことである。EU 排出権取引制度のような強制的なキャップアンドトレードの仕組みにおいては、各加盟国の所管当局により割当てられた排出枠が初期排出権である。企業が自主的な排出目標を設定している場合、その会社の経営陣が規制当局の役割に相当し、排出削減目標が初期排出権の量に相当する。初期排出権は、排出削減量ではなく、初期排出権分の量を排出できる権利を表すものであるため、純排出量には反映しない。
- **取得排出権**には、市場で売買される排出枠やクレジット（売却分はマイナスとなる）に加え、企業がその組織境界の外で達成した排出削減量に対して規制当局が付与するクレジットが含まれる。後者のクレジットには、例えば、廃棄物燃料の使用や排熱の場外利用に対するクレジットが含まれる。

何を取得排出権とみなすかは、CO<sub>2</sub>の規制や報告制度でのルールに依存する。その結果、様々な純排出量の指標が理論上存在し得る。しかしながら、実際には、企業は純排出量の指標を主に自主的なGHG排出目標や報告において使用している。従って、本プロトコルにおいては、1つの純排出量指標のみを以下のように定義している。

純CO<sub>2</sub>排出量 = 総CO<sub>2</sub>排出量 - 取得排出権

取得排出権 = 排出枠の購入 (+) または売却 (-)

プロジェクトベース・クレジット (CER、ERU、国内クレジットなど) の購入 (+) または売却 (-)

代替燃料としての廃棄物利用に由来するオフセット\*\*

\*企業が売却目的で生成したクレジットについては、表3で示す通りに計上すること。

\*\*代替燃料の利用に由来するオフセットについては、第三者による認証を受けてクレジットに変換できる可能性がある。

### 排出削減量の二重計上を避けるために

取得排出権を計上するときは、企業の総排出量あるいは間接排出量に既に反映されている排出削減量との二重計上が起こらないようにする事が重要である。特に、CDM プロジェクトでは、達成した削減量に対してセメント会社へ CER が発行され、その後その CER を第三者に売却することができるため、とりわけ注意する必要がある。そこで企業は表4に従って取得排出権を計上することとする。

表3では、例えば、企業がCDMプロジェクトで自社の燃料使用量を削減し、その結果もたらされる炭素クレジット（CER）を保持し続けるとすると、これらのクレジットは同量の削減量がすでにCO<sub>2</sub>総排出量に反映されているため、取得排出権としてカウントすべきではないことを示している。また一方で、企業が同クレジットを売却する場合には、取得排出権からその分を差引くべきである（すなわち、マイナス計上する）。

表3: 取得排出権

削減した排出の種類	取得排出権のカウント方法		コメント
	自社で使用するために生成した排出削減量の場合	売却のために生成した排出削減量の場合	
直接排出	0	-	企業の総排出量に反映される削減量
自社の間接排出(グリッド電力の購入量の削減など)	0	0	企業の間接排出量に反映される削減量
その他の排出(廃棄物燃料が埋立や焼却などの従来の方法で処理されたであろう時の排出など)	+	0	企業操業の結果生じた、削減量ではない

異なる種類の排出削減（ER）の取扱方法

- + 既得排出権としてカウントされる排出削減量（プラス計上）
- 売却排出権としてカウントされる排出削減量（マイナス計上）
- 0 既得排出権としてカウントされない排出削減量

### 3.13 廃棄物を代替燃料として使用したときの間接的な排出削減

セメント産業は、燃料や原料として、大量の廃棄物を有効利用している。本プロトコルでは、このような廃棄物の有効利用を代替燃料（AF）と称している。AFの有効利用によって、セメント会社は従来の化石燃料の使用量を削減すると共に、埋立てや焼却といった従来の廃棄物処分方法を避けることに貢献している。

AFが代替した燃料の排出係数とAFの排出係数は異なるため、AFの使用が増加すればセメント会社のCO<sub>2</sub>直接排出量に影響が生じる。さらに、AFに含まれる炭素には化石由来のものとバイオマス由来のものがある。

それらの直接的な影響に加えて、セメント産業によるAFの有効利用は、これらの廃棄物が有効利用されずに埋立あるいは焼却処理されていた場合に生じていたであろうGHG排出の削減に寄与している。これらの間接的な排出削減量は、廃棄物の種類や処理方法によって異なり、セメント工場においてAFを燃焼するとき生じる直接CO<sub>2</sub>排出量と同等、或いはそれ以上またはそれ以下にもなり得る。直接排出量での影響、間接排出の削減、そして資源の有効利用の組み合わせにより、AFによる従来の化石燃料の代替が、地球規模でGHG排出量を削減するための効果的な方法となる。（IEA 1998 参照）。

化石燃料起源AF（「化石系AF」または「代替化石燃料」とも呼ぶ）由来のCO<sub>2</sub>排出量の報告についての要件は、制度ごとに大きく異なる。前述したバランスシート法は、どの様な制度においても、報告の完全性、正確さと透明性を確保しながら、柔軟な報告の枠組みを提供できる。

- 化石系AFの燃焼から発生するCO<sub>2</sub>の直接排出量は、「代替キルン燃料からのCO<sub>2</sub>」の項に従い企業の総排出量に常に計上しなければならない。
- 間接的な排出削減量に相当するクレジットは、「取得排出権」として報告できるが、その報告を実施する制度のルールを遵守しながら行うことになる
- 総排出量から取得排出権を差し引いた純排出量は、報告制度のルールに従った排出量となる。

例えば、

- 英国の気候変動税協定やスイスCO<sub>2</sub>法では、化石系AF由来のCO<sub>2</sub>を除外した純排出量を報告することが求められている。本プロトコルに基づいて、これらの制度の下で報告する企業は、使用したあらゆる化石系AF由来のCO<sub>2</sub>を含めて総排出量として計上し、また、

これらAFから生じる直接排出量と同量の排出クレジットを取得排出権の項目に計上することとする。その結果としての純排出量が、まさに英国やスイスの報告制度において求められている報告内容に該当する。

- EU排出権取引制度のモニタリング・ガイドラインでは、本プロトコルで定義したような化石系AF由来のCO<sub>2</sub>排出量を含んだ総排出量を報告することを求めている。さらに、この取引ルールでは、セメント産業がAFを有効利用した見返りとして排出権や排出クレジットの割当てを受けるといったことは想定されていない。従って、この制度においては、AFの有効利用による取得排出権は一切生じない。但し、いくつかのEU加盟国では、京都議定書の共同実施（JI）等にもとづくプロジェクトベースでのクレジットとしてAFの有効利用が認められる可能性がある。その様なJIクレジットは、第三者に売却されないという条件で、セメント会社の取得排出権としてカウントされるであろう。これは、企業の目標達成状況（すなわち、排出量と排出権との全体の差し引き残高）に影響を与えるであろうが、排出権取引制度上での総排出量の報告には影響しない。
- いくつかの国際的なセメント会社は、AFの有効利用が地球規模の排出削減につながるという考え方（すなわち、化石系AFとバイオマスAFの双方からのCO<sub>2</sub>は実質的にクライメイト・ニュートラル（気候変動に影響しない）とみなす）を導入して、グループワイドでの自主的なCO<sub>2</sub>排出削減目標をコミットしている。これらの企業は、化石系AF由来のCO<sub>2</sub>排出量と同量のクレジットを「取得排出権」の項目に計上するであろう。これらの企業は、総排出量と純排出量を報告するので、情報の透明性は十分に保証される。

上記の最後の例については、CSI 作業部会は、企業が特に自主的な環境報告のためにおいてのみ、化石系 AF の「既定」クレジットを計上すべきであることを強調する。規制制度の下で報告する時はいつでも、企業は、その制度における AF についての規定を優先しなければならない。なお、自主的な環境報告についての詳細なインストラクションについては、「報告についての推奨事項」の項に記載している。

### 3.14 その他の間接排出量の削減

#### 廃エネルギーの利用

セメント工場によっては、外部に廃熱を供給しており、従来のエネルギー源の代替として利用されている。AF の利用に関係する間接的な効果と同様の考え方で、セメント会社は、自社が置かれている報告制度のルールがそれを許す場合に限り、「取得排出権」の項目でこのような廃熱の外部供給から生じる間接的な GHG 排出削減量を計上することができる。この廃熱供給に関するクレジットは、その会社の純排出量に影響するが、熱の製造に関連する直接排出量を全て含んでいる総排出量には影響しない。

廃熱での自家発電など廃熱の別の利用の仕方でも、同様のクレジットとして計上し得る。但し、自主的な報告でこの種のクレジットを計上する際には、企業は、その対応が本当に地球規模での GHG 排出削減に貢献するのか、または、単に別の会社に排出量がシフトしただけではないかということについて検討すべきである。例えば、あるセメント会社が、(廃熱を利用するのではなく)化石燃料による自家発電を行う場合、発電技術に大差がない限り、外部の電力会社によって同量の電力の供給を受けた場合と地球規模での排出量は本質的には同じになる。従って、この様な場合には、自家発電を行うこのセメント会社でのクレジットの計上は、その適切性について疑問が生じる。

### CO<sub>2</sub> 吸収源としてのセメントの再炭酸化

打ち込まれたコンクリートが硬化するとき、大気中から幾らかのCO<sub>2</sub>を再び吸収する。しかしながら、再吸収はセメント生産時の排出量と比較すると僅かであり、セメント製造によるCO<sub>2</sub>排出量を報告する企業がコントロールできるものではない。コンクリート製品の寿命が尽きるまでの間に更なるCO<sub>2</sub>が吸収されるが、その反応は非常にゆっくりとしたものである。従って、本プロトコルにおいては、セメントの再炭酸化をCO<sub>2</sub>吸収源としては含めていない。

## 4 パフォーマンス指標

### 4.1 概要

本CO<sub>2</sub>プロトコルでは、CO<sub>2</sub>排出量のモニタリングと報告について柔軟性をもった基本的な考え方を示すことを目的としている。これまでに記述した個々の排出要素の算定は、非常に単純明快なものである。それに対し、総排出量や指標比率の定義は、国家インベントリへの報告、CO<sub>2</sub>の規制制度、排出権取引制度、産業内でのベンチマーク化など、必要とされる報告内容と報告の目的によって大きく異なる。これらの枠組みにおける報告の境界は、科学的根拠よりもその枠組みの仕様に大きく依存する。

このような背景において、**パフォーマンス指標**についての部分を本プロトコルの表計算シートに加えている。その中には、現在の事業および規制環境、また、それらが要求している報告要件に照らして最も有用と思われる数々の指標が含まれている。全般的に、パフォーマンス指標の部分は、異なる区分での小計を追加するなど、企業がそのニーズに合わせてパラメータを追加できるような柔軟なものに仕上げている。

### 4.2 排出原単位の分母の定義

持続可能な開発とビジネスの観点から、CO<sub>2</sub>効率—すなわち排出原単位—の報告は、少なくとも絶対量での報告と同様に重要である。そのため、排出原単位の分子と分母をどのように定義すべきであるかが問題となる。特に、クリンカの直販分や代替クリンカをどのように取り扱うべきであろうか。

CSI 作業部会は、企業は、排出原単位の計算を以下のように行うものとすることを決定した（図3を参照）。

- **分子:** 報告事業者の直接総排出量あるいは純排出量;
- **分母:** 報告事業者がセメント製造用またはクリンカの直販用に生産した全てのクリンカ、混合剤として使用した石膏、石灰石、**CKD** や全てのクリンカ代替物、および生産したセメント代替材の全てを加えたもの。分母としては、**セメント質製品**または**バインダー**を用い、クリンカと鉱物質成分の合計とする。この分母では、セメント製造の目的で第三者から購入したクリンカは除外している。これはこのクリンカが既にその第三者のインベントリに含まれているためである。

セメント生産からの直接 CO<sub>2</sub> 排出量

$$\begin{array}{l}
 \text{セメント質製品 1} \\
 \text{トン製造当りの} \\
 \text{CO}_2 \text{ 排出原単位}
 \end{array}
 = \frac{
 \begin{array}{l}
 \text{自社消費} \\
 \text{クリンカ} + \text{自社直販} \\
 \text{クリンカー}
 \end{array}
 + \begin{array}{l}
 \text{混合材として消費} \\
 \text{した石膏、石灰} \\
 \text{石、OKD および} \\
 \text{クリンカ代替物}
 \end{array}
 + \begin{array}{l}
 \text{セメント} \\
 \text{代替材料} \\
 \text{製品}
 \end{array}
 + \begin{array}{l}
 \text{購入して消} \\
 \text{費したクリ} \\
 \text{ンカ}
 \end{array}
 }{
 \begin{array}{l}
 \text{=クリンカの自社製造量}
 \end{array}
 }$$

図 3 : CO<sub>2</sub>排出原単位の定義

分母はクリンカ製造量に基づくので、直販用クリンカは含めるが、購入クリンカは除外する。ガイダンスについては、「在庫変動の取扱い」を参照。

この分母は、排出量のモニタリングおよび国別セメント産業のベンチマークをとして原単位を算定する目的において、最も適切なものであると考えられる。重要な注意事項として、分母においては下記を除外する:

- セメント製造で使用した購入クリンカ量
- 別会社へ販売され粉砕される粒状スラグ量
- 加工工程なしで売買されるセメント量

従って、分母は、全体のセメント販売量と必ずしも同量とは限らない。それは、p.4 の「本 CO<sub>2</sub> プロトコルでの原則」に述べた基準の内容に沿うものである:

- CO<sub>2</sub> 排出削減の選択肢として、クリンカ代替物とセメント代替物を使用することに十分なインセンティブを与える;
- 混合セメントの製造においてクリンカに鉱物質成分(すなわち、クリンカ代替)を混合することと、混合材として鉱物質成分(すなわち、セメント代替)を使用することに、同等のインセンティブを与える;言い換えれば、セメントの種類によって偏りは無い。
- クリンカの購入により排出原単位は削減しない;すなわち、排出量の規制のない国にクリンカ製造を移すことに対して一切のインセンティブを与えない、また、クリンカ市場に不正な歪みを生じるものでもない。

排出原単位の分母に購入クリンカを含めるという選択肢は、p.4 に明記された基本原則に添っていない:

- 仮に購入クリンカを自社の直販用クリンカの代わりに分母に含めた場合、クリンカ市場が歪められるだろう:すなわち、クリンカ販売者は(見かけ上の)原単位排出量が増え、

自身のCO<sub>2</sub>削減原単位目標の達成が困難になるというデメリットを被るであろう。一方、地球規模の気候変動対策へ実質的に貢献しなくても、購入クリンカ量の割合を増大することによって削減目標を容易に達成することができる。

- 分母に購入クリンカと販売クリンカの両方を含めると、会社間での二重計上が結果として生じるため、実行可能な選択肢とはならない。

分母からクリンカ代替物またはセメント代替物を除外するといった選択肢では、製品の代替の結果として生じるCO<sub>2</sub>効率の改善を反映することができない。

#### 4.3 その他の指標比率の分母

分子の方にCO<sub>2</sub>排出量を使用しない特定の指標比率については、分母には購入クリンカ量を入れ、販売クリンカ量を除外することが適当である。例としては以下のようなものがある：

- セメント質製品の製造1トン当たりの電力消費原単位には、購入クリンカの粉砕に要する電力消費分も考慮に入れるべきである；
- クリンカ対セメントの比率は、全クリンカ消費量と全セメント生産高との比率を表すべきである。提案するクリンカ対セメント比を図4に示す。これは表計算ワークシート中にも組込まれている。

$$\text{クリンカ/セメント係数} = \frac{\text{クリンカ消費量}}{\text{自社消費クリンカ} + \text{自社直接販売クリンカ} + \text{石膏, 石灰石と混合時に消費されたクリンカー代替物} + \text{セメント質製品} + \text{クリンカー購入及び消費}}$$

図4 クリンカ/セメント係数の定義

販売クリンカは分母から除外し、購入クリンカは分母に含める。

#### 4.4 在庫変動の取り扱い

クリンカ製造からのCO<sub>2</sub>直接排出量は、その排出が生じた年度において報告すべきである。排出と報告のズレを回避するために、生産されたクリンカが自家消費、販売または在庫として保管されているかどうかに関わりなく、セメント質製品の製造1トンあたりの排出原単位は同年度のクリンカ製造量の総計をもとに算出すべきである。

一方、電力消費原単位やクリンカ/セメント比などのその他の指標は、そのクリンカがその年度に生産されたものか在庫から取り出されたものかにかかわらず、(石膏とMICを加えた)クリンカの実使用量に基づき算出すべきである。クリンカ製造量をクリンカ使用量から計算

する場合、またはクリンカ使用量からクリンカ製造量を計算する場合には、クリンカの在庫変動を計算上考慮する必要がある。

## 5 組織境界

### 5.1 どの施設まで対象とすべきか？

CO<sub>2</sub>排出は、キルンの運転からだけではなく、その上下流のプロセス、つまり採石やセメント粉砕からも(間接的に)排出される。これらの施設は相互にかなりの距離が離れて所在している場合がある。その上に、時として、採石場、キルン、および粉砕場が別の事業者によって運営されていることがある。これらをどのような方法でインベントリ上で説明すべきか？

EU 排出権取引制度のように極めて義務的な制度において報告を行う場合は、施設に関する境界はそれぞれの制度のルールにより定められる。

一方、本プロトコルに基づく自主的な報告では、「セメント製造からの直接GHG排出」および「間接GHG排出」の章で求めているようにセメント製造に関連する主要な直接および間接CO<sub>2</sub>排出をカバーすることとする。本プロトコルの表計算シートもそのように設定されている。これらの排出には上下流での活動における燃料や電力の使用に関連する排出が含まれる。本プロトコルにもとづき自主的な報告を行う場合、セメント会社は、後述の「排出量と排出権の連結」に従い、自社が所有または管理する範囲において、特に以下の種類の活動を、報告に含めることとする。

- > クリンカ製造（原料の採石を含む）；
- > 工場内における、また、工場外の独立した粉砕設備におけるクリンカ、混合材およびスラグなどのセメント代替材の粉砕；
- > フライアッシュの取り扱い

例えば、地理的に離れていたり、異なるオペレーターにより運営されている場合などは、適宜、各施設についてそれぞれのインベントリを作成する場合がある。このように区切られたインベントリは、会社レベルまたはグループレベルで統合する場合には相殺される（会社内でのクリンカ移送については「組織内でのクリンカ移送」を参照のこと）。自主的な環境報告についての更なるガイダンスについては、「企業の環境報告」を参照のこと。

### 5.2 排出量と排出権の連結

WRI/ WBCSD のプロトコル改訂版では、企業が自社の活動からの排出を連結するための基準として、出資比率基準と支配力基準という 2 つの考え方を提供している。支配力基準は、更に、財務支配力あるいは経営支配力という基準により細分化される。

これら 3 つの基準の概要を以下に述べ、また、図 5 に示している。イタリック体の文字は WRI/WBCSD の GHG プロトコル改訂版からの引用箇所を示している。各基準についての詳細および特徴的な事例についての詳細は、WRI/WBCSD プロトコルの第 3 章を参照のこと。

- **出資比率基準**：この基準では、企業が各事業で保有する出資比率に比例して、すなわち所有権に基づいて、GHG 排出量を連結する。例外として、企業が事業の株式合計のうちごく限られた一部分のみを保有しており、その事業に対して大きな影響も財務支配力も及ぼさないような、いわゆる固定資産投資にあたる場合には、その事業についての排出量は連結しない。その他に、事業間の関係における *経済的実質*に関連して例外が生じ得る（詳細については WRI/WBCSD のプロトコル改訂版を参照のこと）。
- **財務支配力基準**：事業者がある事業(operation)の活動(activities)から経済的利益を得る目的でその事業の財務方針および経営方針を指示する力を持つ場合、事業者はその事業に対して財務支配力(financial control)を持つと定義される。たとえば、事業者がある事業から生じる利益の大部分を享受する権利を有する場合は、その権利をどのようにして取得したかに関係なく、通常は財務支配力が存在すると言うことができる。  
本基準においては、事業者は財務支配力を持つ事業の排出量の 100%を連結する。例外として、共同で財務支配力を持っている共同出資の場合は、出資比率に基づく連結が必要である。
- **経営支配力基準**：事業においてその経営方針を導入し実施するための完全な権限を企業が有している場合、その事業者はその事業に対して経営支配力を有すると定義される。<sup>5</sup>

報告事業者が施設のオペレーターである場合（すなわち当該事業者がその施設の事業許可を有している）は、通常、この支配力基準を満たしていることになる。この基準のもとでは、事業者は、経営支配力を有する事業からの排出量の100%を連結する。例外として、共同で経営支配力を持っている共同出資の場合は、出資比率に基づく連結が必要である。

GHG 排出量算定の目的での管理主体を決定する上では、企業は財務報告において定めている既存のルールや慣習に従うのが良い。同様に、共同経営においては、排出の所有権、排出

---

<sup>5</sup> この場合の連結事業の管理はWRI / WBCSDプロトコルには明確に示されていないが、財務的管理が連結した場合と同様の取り扱いであると推測される。

管理責任、関連リスクなどをどのように当事者間で配分するのかを契約で定めておくことを検討するよう WRI/WBCSD のプロトコル改訂版では推奨している。

WRI/WBCSD のプロトコル改訂版では、自主的な GHG 排出量報告において出資比率基準にもとづくべきか、あるいは 2 つの支配力基準のいずれかにもとづくべきかについては、提言していない。その代わりに、企業が出資比率基準と支配力基準を別々に採用することを奨励しており、事業活動や GHG の算定・報告要件に最も適した基準を決定することが企業にとって必要であると述べている。

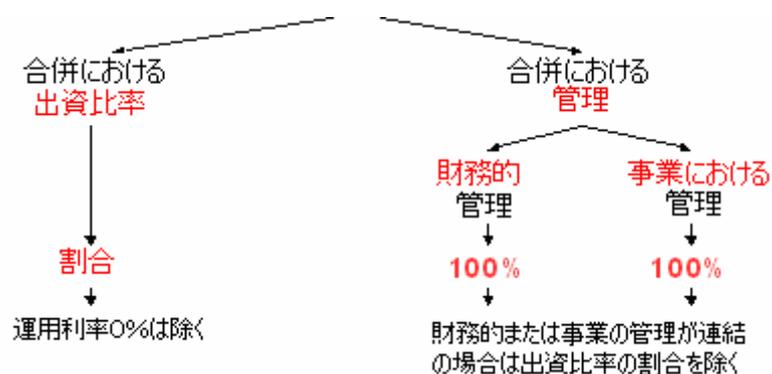


図 5: WRI/WBCSD が推奨する連結排出の選択肢

セメント産業の特性を考慮して CSI 作業部会は、セメント会社はまず経営支配力基準に従い排出量を連結すること、また、1 つの法人が経営支配力を有すると明確に判断できない場合には、2 次的に出資比率基準に従って連結することと決定した。この方法について図 4 に概要をまとめている。これらの連結に関するルールの詳細なガイダンスや特徴的な事例については、WRI/WBCSD プロトコル改訂版を参照のこと。

表 4 : CSI 作業部会が採択した、セメント会社の GHG 排出量連結の手引き

連結基準	報告事業者が連結する GHG 排出量の%
第一基準：経営支配力基準  報告事業者が経営支配力を有している事業  他の事業者が経営支配力を有している事業  1社の株主が経営支配力を有すると明確に判断できない場合	100%  0%  出資比率による（以下の第二基準参照）
第二基準：出資比率基準  0-100%の所有	保有の割合

### 5.3 排出権の連結

企業は、自社の排出量を連結するのと同じ方法で排出権を連結すること。排出権を連結する場合には、連結する全ての範囲について同じルールに基づいて個々の工場の排出権を算定することを確実にすることが重要である。排出権の詳細については「排出量と排出権」の項を参照のこと。

### 5.4 組織内でのクリンカ移送

多くのセメント会社は、大量のクリンカを組織内の別の場所にある工場や粉砕工場間において移送している。各施設におけるCO<sub>2</sub>インベントリを作成し連結する際に、どのようにこれらの移送分を計上すべきであろうか？本プロトコルの表計算シートにおいては、以下のよう

- 工場レベルでは、当該工場の原単位指標を正確に定量化するために組織内でのクリンカ移送を考慮することが必要である。例えば、（内部または外部の）主要なクリンカ供給源を無視してしまうと、粉砕工場のクリンカ係数が歪められてしまう。
- 会社レベルでは、組織内のクリンカ移送は別の場所にある工場のインベントリが連結されると相殺される。そのため、会社レベルにおいて原単位指標を正確に定量化する上では、組織内でのクリンカ移送の考慮は必要ない。

- 組織内での移送を考慮しても、会社レベルにおいては二重計上を引き起こさない。CO<sub>2</sub>の排出絶対量や原単位指標の両方について二重計上を防ぐように表計算シートは設計されている。これは、購入したクリンカに関連するCO<sub>2</sub>間接排出にも該当する。但し、その会社の全工場が、本プロトコル「間接GHG排出」の章で求めている通り「862 kg CO<sub>2</sub> / t クリンカ」という同一の排出係数を適用し、クリンカの純購入量についてのみの排出量を報告する場合に限る（詳細についてはp.11-12 参照のこと）。

結論として、表計算シートでは、組織内でのクリンカ移送を考慮するかについては会社が決定できるようになっている。しかしながら、企業が工場レベルでのCO<sub>2</sub> 排出原単位を分析したいと望む場合は、内部移送分の考慮が必要となる。

## 5.5 ベースライン,事業の買収と売却

CO<sub>2</sub> 排出パフォーマンスは、多くの場合過去の基準年（「基準年」）に照らして計測される。初期設定として京都議定書の基準年である 1990 年を基準として設定できる。しかしながら、多くの場合では、信頼性が高くかつ正確な過去のデータの不足から、目標遵守や排出権取引に関係する場合は特に、より新しい年度を基準年として設定することが認められている。基準の選択は、各国の法規制にも拠る。

買収と売却は、製造施設の操業開始と閉鎖と同様に、企業の連結排出パフォーマンスに、絶対量と原単位の両方において影響する。ベースラインの一貫性（基準年における排出と基準年後の排出における一貫性）を保証するために、企業は以下のルールに一貫して従うものとする：

- **買収及び売却による変化のためのベースライン調整**：過去の年度についての連結した排出量の報告は、常に現在の持分に応じたものであること。もし報告事業者がある企業を買収したならば、その企業の過去の排出量は基準年に遡って、報告事業者の排出量に連結されなければならない。もし企業が売却されたならば、過去の排出量は、連結排出量から分離されなければならない。これらの調整は、連結ルールに従って実施すること（「排出量と排出権の連結」の項を参照のこと）。
- **組織的な変化によるベースラインの調整は実施しない**：新設備あるいは設備改良への投資、稼働能力の拡大や改善により生産が拡大した場合については、ベースラインの調整は行わないこと。生産の縮小の場合も同様にベースラインの調整は行わない。キルン閉鎖や生産の縮小は、ベースラインを変える理由にはならない。

基準年の選定とベースライン調整についての特徴的な事例については WRI / WBCSD プロトコル改訂版を参照のこと。

## 6 インベントリの質の管理

### 6.1 WRI/WBCSD のプロトコル改訂版での推奨事項の概要

WRI/WBCSD のプロトコル改訂版では、インベントリの質を管理することについて幅広いガイダンスを提供している。本章では、いくつかの主要なポイントをまとめている。詳細は WRI/WBCSD の文書を参照すること。

**インベントリ計画の実施：**企業の GHG インベントリの設計、更新、改良は、包括的かつ体系的なインベントリ計画として取り組むべき持続的な作業である。このようなインベントリ計画では、企業インベントリの 4 つの基本要素に対処する：

**手法：**これは、企業インベントリ作成の技術的かつ科学的な側面である。本プロトコルでは、セメント会社のインベントリを作成するための、統一的かつ確固とした手法を提供している。しかしながら、企業は、これらの手法が自社の個別の要件に適合したものであるかを検証することが推奨される。さらに、自社で考案し採用した手法がその会社の排出源の特性を正確に反映するものであることを確実にすべきである。

**データ：**これは、活動レベル、排出係数、プロセス、および活動に関する基本的な情報である。企業インベントリ計画は、質の高いデータの収集を可能とする信頼のできるデータ収集手順を確立し、それらの手順が経時的に維持、改善されることを確実にする。

**プロセスとシステム：**これは、GHG インベントリ作成のための制度面、管理面および技術面の手順である。これには質の高いインベントリを作成し更新することについての責任を負うチームとプロセスが含まれる。適切な場合には、これらのプロセスは、他のデータについて会社内で既に存在しているデータ管理プロセスと統合することができる

**文書化：**これは、インベントリの作成に使用される手法、データ、プロセス、システム、仮定、および推定の記録である。GHG 排出量の推定は本質的に技術的であるために、信頼性のあるものにするには、質の高い透明性のある文書化が特に重要である。

### インベントリの質の管理システムの実施

インベントリの質の管理システムは、企業のインベントリに対する 4 つの基本要素、すなわち手法、データ、プロセスとシステム、文書化の品質を確実にし向上させるためのものである。WRI/WBCSD プロトコル改訂版では、企業がインベントリの品質管理を実施するに当たって、次に挙げる 7 つのステップを踏む事を推奨している：

1. **インベントリ品質管理チームの設置：**このチームは、品質管理システムの実施、およびインベントリの質の継続的な向上に対して責任を負う。チームは、関連の事業単位と施設

との間、および政府機関や検証機関などの外部の組織との間の相互関係を調整する。

2. **品質管理計画の策定**：この計画は、事業者が品質管理システムを実施するために踏むべきステップを説明するもので、一定の手順の実施範囲や厳密さの度合いについては、数年にわたり段階的に引き上げられることがあるが、最初から事業者のインベントリ計画の設計に組み込まれておくべきである。当計画には、元データの収集から算定の最終報告に至るまで、すべての組織レベルのための手順とインベントリの開発プロセスを含めるべきである。効率性と包括性のために、事業者は、GHGの管理と報告に対処するために、ISOの手順のような既存の品質システムを統合（適切な場合には、拡大）すべきである。計画の大部分では、下記のステップ3と4で述べているような、実務的な方策に焦点を当てるべきである。
3. **一般的な品質の確認の実施**：これはインベントリ全体にわたるデータとプロセスに適用され、データ処理、文書化および排出量算定活動に対する、適度な厳密性のある品質の確認に焦点を当てている。以下の表5で一連の包括的な品質確認手順を記載している
4. **排出源ごとの品質の確認の実施**：これには、例えばセメント工場で使用される各燃料に関連した排出量など、排出源ごとについて、適用されている境界、仮定および算定をより厳密に調査することが含まれる。また、排出源ごとの排出量計算についての不確定性の定量的・定性的な評価も含まれる（不確定性に関する詳細は、p.29を参照）。
5. **最終的なインベントリの算定結果と報告のレビュー**インベントリの完成後、内部での技術的レビューにおいては、当インベントリの工学的、科学のおよび技術的な面に焦点を当てるべきである。その後、内部の管理側のレビューでは、インベントリの正式な承認と支持の確保に焦点を当てるべきである。3種類目のレビューとして、第三者の検証機関によるレビューがある。第三者検証の詳細については、WRI/WBCSDプロトコル改訂版および本文書の「企業によるインベントリの品質管理の実践例」の項を参照のこと。
6. **正式なフィードバック・サイクルの制度化**：ステップ5でのレビューの結果および品質管理システム上のその他の構成要素の結果は、正式なフィードバック手順により、ステップ1で特定された品質管理チームやインベントリ作成の担当者にフィードバックされるべきである。
7. **報告・文書化・保管の手順の確立**：品質管理システムには、内部の目的のためにどの情報を文書化するか、どのように保管するか、またどのような情報を外部の利害関係者に報告するかなどを明記した記録保管手順を含むべきである。

表5：全般的な品質管理の方策の例

出典: WRI / WBCSD 2004 ガイドライン, p.51

<b>データ収集、入力、処理活動</b>
入力データのサンプルの転記ミスをチェックする。
表計算シートに関して、品質の追加的な管理や確認を可能にするような改善点を特定する。
電子ファイルのための適切なバージョン管理手順が確実に実施されるようにする。
<b>データの文書化</b>
すべての元データについて、表計算シート中にデータの出典目録が含まれていることを確認する。
引用文献のコピーを保管していることを確認する。
境界、基準年、手法、活動データ、排出係数、その他パラメータの選択に使用した仮定や基準が文書化されていることを確認する。
データあるいは手法の変更点が文書化されていることを確認する。
<b>排出量の計算</b>
排出量原単位、パラメータ、変換係数が適切に表示されているかを確認する。
変換係数が正確かどうか確認する。
表計算シート内のデータ処理のプロセス（算定式など）を確認する。
表計算シートの入力データと算定されたデータが明確に区別されているか確認する。
計算の代表サンプルを手作業でまたは電子的に確認する。
略算（つまり、単純な検算）により、いくつかの計算を確認する。
排出源カテゴリー全体、事業単位全体など全体にわたるデータの総計を確認する。
時系列における入力と算定の一貫性を確認する。

## 6.2 不確実性の取扱い

その科学的本質から、燃料使用量、低位発熱量、排出係数などのGHG排出量の算定に必要なパラメータは、厳密なピンポイントでの推定値ではなく、不確実性の範囲や信頼性区間として表現される不確実性を含んでいる。例えば、CSI作業部会が集めた361のサンプルを化学分析した結果による石油コークスの排出係数の最も確からしい推定値は、 $92.8\text{kg CO}_2/\text{GJ} \pm 0.2\text{kg}/\text{GJ}$ であり、95%の信頼性区間を持つ。これは、分析した石油コークスサンプルについての真の排出係数の値が  $92.8 \pm 0.2\text{kg}/\text{CO}_2/\text{GJ}$  の不確実性の範囲内に収まり、95%の確率に入るということを意味している。

工場あるいは企業における推定排出量の不確実性の合計は、内在するパラメータの個々の不確実性によって決まる。WRI/WBCSDは、これらの不確実性の評価に役立つツールおよびガイダンスを作成している（詳細については [www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org) を参照）。

パラメータの不確実性を定量化するためには、多くのデータや手順が要求される。そのため、推定排出量の不確実性の合計は、それ自体が本質的に不確実であり、しばしば主観的要素を含む結果となる。<sup>6</sup> しかしながら、以下のようなケースでは不確実性を評価し最小限度に抑えることが求められる：

- インベントリの品質向上を図る際に、優先的に改善が必要な分野を特定するために、企業はインベントリにおける不確実性の要因を分類する必要がある。
- 例えば EU 排出権取引制度のモニタリング・ガイドラインなどのような GHG 報告制度の中には、セメント工場からの排出量を推定するために使用する主要なパラメータに対し、定量的な不確実性の上限を設定している。
- GHG 排出量に金銭的価値が与えられた場合には、推定排出量の不確実性が財務的な影響をもたらすことになる。

このような背景から、CSI 作業部会は、GHG インベントリにおける不確実性は注視していくべき長期的課題である事を認識している。表6では、最もセメント会社に特徴的な不確実性の要因を特定し、それらを最小限に抑えるための方策と共に記載している。

<sup>6</sup> パラメータの不確実性については、排出を算出に影響する可能性があるそのほかのエラーの原因となる。これはモデルの不確実性を含んでいる。つまり、いかに身長に数学的なモデルや科学的な不確実性を特定項目に反映させても、-例えば地球温暖化のポテンシャルは異なる温室効果ガスを総計したものであった。プロトコルの計算シートの設計では、CSI作業部会は最低限のセメント会社のインベントリに特有の不確実性モデルを低減することを目指した。科学的な不確実性に対処することは、その一方では明らかに企業のインベントリの範囲を超える。WRI/WBCSD プロトコルの7章を参照のこと。

表6：セメント産業のCO<sub>2</sub>インベントリに特徴的な不確実性の主な要因とそれを最小限に抑えるための方策

\*印を付けたパラメータは、調合原料の脱炭酸反応に基づいて算出する方法を採用した場合のみに関連するもの

パラメータ	パラメータの不確実性の要因を最小限に抑えるための方策
クリンカ製造量 (t/a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>クリンカ量を以下のような代替的な推定手法を用いて、二重確認する： <ul style="list-style-type: none"> <li>調合原料の消費量、および調合原料 vs クリンカ比に基づいて計算</li> <li>セメント製造量、およびクリンカ vs セメント比に基づいて、クリンカ売買量とクリンカ在庫変動量を調整して計算する</li> <li>(適切な場合には)クリンカの直接秤量から計算する</li> </ul> </li> </ul>
調合原料消費量* (t/a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>秤量計測によるダスト再利用の二重計上の計算をする。</li> </ul>
脱炭酸排出係数(kg CO <sub>2</sub> /t クリンカ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>デフォルト値を使用しないで、CaO や MgO の含有量などのクリンカ成分に基づいた工場固有の排出係数を算出する。</li> <li>スラグ、フライアッシュなどのキルン投入前に脱炭した材料の混合を考慮する。</li> </ul>
脱炭酸排出係数(kg CO <sub>2</sub> /t 調合原料)	<ul style="list-style-type: none"> <li>調合原料の成分（炭酸塩）に基づいた工場固有の排出係数を算出する。</li> <li>調合原料中の経時的な炭酸塩の変化（脱炭した原料の混合など）を考慮する。</li> </ul>
燃料使用量(t/a)	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料使用量を以下のような代替的な手法を用いて二重確認する：</li> <li>納品時の計量または請求書に基づいて計算する。また、在庫変動を考慮する。</li> <li>(可能であれば)投入時の重量データに基づく計算をする。</li> </ul>
燃料の低位発熱量 (GJ/t)	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料の量と低位発熱量が同じ含水率において計測されていることを確実にする。</li> </ul>
燃料の排出係数 (kg CO <sub>2</sub> /GJ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>(石炭と石油コークスの)混合燃料などを使用する場合は、まとめて計算するのではなく、個々の排出係数に分けるか、重み付けした排出係数を採用する。</li> <li>特定の種類の石炭を使用する場合、それに対応した排出係数を使用する（プロトコル表計算シート、「燃料排出係数」ワークシートのコメント欄を参照）。</li> <li>デフォルト係数が代表値であると考え難い場合、その燃料の排出係数を測定する。</li> <li>廃タイヤや含浸材のソーダスト（木屑）のようなバイオマス由来の炭素を考慮する。</li> </ul>

### 6.3 重要性判断の基準

重要性判断の基準は、主として GHG インベントリの第三者検証過程において適用される。例えば検証人は、インベントリにおける単一の誤差または複数の誤差の合計が重要な虚偽記載を引き起こすかどうかを判断するために、5%という閾値をあらかじめ適用する。このような閾値のレベルは、インベントリデータの使用用途によって決まる。WRI/WBCSD GHG プロトコル改訂版の第10章に検証における重要性の概念についての詳細が記載されている。

重要性判断の基準は、企業がインベントリの範囲外として除外することができる許容排出量として解釈されるものではない。例えば、セメント工場全体の排出量の1%未満にあたるすべての排出源を無視する事は、組織的な偏りを生じさせることになり、インベントリは完全であるべきであるというガイドラインの原則に合致しない。一方、企業側での GHG インベントリ作成に投入できる資源は常に限られていること、また、企業は主要な排出源に関する不確実性の減少に注力すべきであることを認識することが重要である。

このような背景から、本プロトコルでは、一定の規模以下の排出源は「重要でない」とみなす少量閾値は定義していない。代わりとして、少量CO<sub>2</sub>排出源の定量化については、簡易的な手法を適用することを企業に推奨している。例えば、原料の有機炭素から排出されるCO<sub>2</sub>を算定する場合に該当する (p.7を参照)。

そのような背景から、本プロトコルでは次に挙げる GHG 直接排出源の定量化を要求していない理由を改めてここで確認したい：

- 原料や製品の敷地外輸送で排出されるCO<sub>2</sub> 排出 (p.8-9 参照) は、その発生量が少なく、また、これらの輸送は第三者によって行われる事が多いため、一貫性のある定量化が困難である。
- 廃水の燃焼時のCO<sub>2</sub> 排出 (p.10を参照) は、その発生量が少ない上に、比較的少数の工場だけで発生しており、また、その炭素源がバイオマス由来であることがある。
- キルンから発生するCH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>O排出量 (p.10を参照) は、非常に少量であり、また、現在のところEU排出権取引制度など主要な報告制度では範囲外とされている。

従って、このような排出源を除外することは、単に定量化した重要性の判断基準によるものではなく、それ以外の理由も考慮した結果である。

### 6.4 企業によるインベントリの品質管理の実践例

#### 事例1： RMC 社

RMCグループは、各工場から提出されるCO<sub>2</sub>インベントリを監査するためのプログラムを設置した。年に一度同グループ内の監査チームが各工場を監査する。これにより、算出された数値に対する信頼が生まれ、外部監査向けの備えに役立つ。この内部監査は、各工場からの提出データをインベントリ作成ガイドラインや包括的なCSI表計算シートに照らしてチェックするという数々の審査で構成されている。シート間のデータ移動や他の電子システムや手作業で記録されたデータとの比較も監査に含まれる。

RMC社は、提出情報を補強するために手順書に関していくつかの必要項目を取り入れ、より信頼性や監査可能性が高くなるようにした。資料の整備が適切に行われることにより、正確なデータ作成が可能となり、また、特定の担当者のみへの依存を避けることができる。整備する資料の例としては、棚卸の頻度や、工場の固有データがデフォルト値よりも優先される場合でのラボ試験の頻度などが含まれる。一般的に、次の事項について文書化が必要となる：

- 個々のデータの出典（明確なデータ証跡や根拠資料を伴う）
- 個々のデータの信頼性について、また、記録値なのか推定値なのか
- 仮定が使用されているかどうか
- 工場の固有の排出係数および発熱量をどのように求めるのか
- 特定の上級技術管理者による月次承認を含めた、データの管理と見直しの手順
- 排出傾向解析や品質保証管理の手順

RMCグループでは、原料の脱炭酸による排出係数について、CSIのデフォルト値を使用するのではなく各工場でそれぞれ定量化することを求めている。同様に、CKDの脱炭酸率は、CKDサンプルの定期分析から決定されなければならない。

進行状況のアップデート、疑問点についての議論やグループ全体での状況把握のために、平均して年に一回、各国の代表者が集まる。外部専門家の見地から検証可能なデータであるかを確認するために、1999年から2003年のこれまでのグループデータについてKPMGによる見直しを受けている。

## 事例2：イタルチェメンティ社

イタリアセメント協会の指揮のもと、イタルチェメンティ社と他のセメント会社は、CO<sub>2</sub>排出量の算出にセメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコルを使用している。プライスウォーターハウス・コーパス(PwC)は、排出量の正確性と完全性に加えプロトコルが正確に使用されているかを検証することを目的として、データの監査を行った。

その作業を簡素化するために、セメント会社は次のようないくつかの共通ルールに同意した：

- 内部輸送の燃料消費は考慮しない。

- 
- 原料焼成の脱炭酸工程の標準排出係数として  $532\text{kgCO}_2/\text{t cli}$  を使用する。
  - CSI プロトコルの標準排出係数をすべての燃料に適用する。

検証を実施して得られた主要な効果は、提出を受ける排出量データの信頼性が増すことについてイタリア政府から好意的な反応が得られたことである。技術的なレベルでは、地域や時間により燃料の組成が変化するため、工場固有の低位発熱量を使用することが重要であるとの発見事項があった。その他の発見事項としては以下のようなものがあった：

- 1990年という過去のデータについては、記録の欠如という点から資料の整備が難しい。
- 検証には、セメントの成分構成に関する情報など、（検証人への）機密情報の開示が必要となる。
- 本社でデータを集中管理している会社の場合は、検証人が工場を訪問することでの成果があまり得られなかった。

## 7 報告についての推奨事項

### 7.1 はじめに

CO<sub>2</sub> 排出量のモニタリングと報告は、環境パフォーマンスの内部管理、環境報告書の発行、課税制度における報告、自主的あるいは合意協定、排出権取引などの様々な目的のために使われる。例えば、基準指標や製品LCA評価といった副次的な目的もある。

本セメント産業向けCO<sub>2</sub> プロトコルは、常に「本CO<sub>2</sub> プロトコルでの原則」(p.4)の章に示された基準を満たしつつも、様々な目的に対応出来るツールになるように作成されている。制度の要求する報告対象範囲に応じて、情報を束ねたり分割できる構成できるよう構成してある。その事例を次に挙げる：

- 国家GHGインベントリへの報告は、IPCCガイドラインに準拠したものであるべきである。したがって、化石系廃棄物からのCO<sub>2</sub>を含め、すべてのCO<sub>2</sub>直接排出量を対象とすべきである。バイオマス燃料由来のCO<sub>2</sub>は備考として報告すべきである。
- CO<sub>2</sub>排出量規制制度や課税制度のもとで報告する場合は、現地での規定にしたがって様々に報告要件が異なる。本プロトコルにもとづき、総排出量、純排出量、間接排出量、取得排出権を適宜報告することができる。

付録6では、本プロトコル、EU排出権取引制度、米国クライメイトリーダーズ、および日本のGHG報告制度における報告の要件をまとめている。

本プロトコルでは、「重要でない」排出源を除外するための閾値については一切定義していない。その理由については、「重要性判断の基準」(p.31)を参照のこと。実際は、一定の規模の排出源を算定に含めるべきか除外すべきかについての判断は、各報告制度での要求内容にも依存する。自主的な環境報告として、本プロトコルが推奨する報告の対象範囲を以下の項で述べる。

### 7.2 企業の環境報告書

自主的な環境報告の目的は、報告事業者の環境に対する足跡を、十分に正確に描写して読者に届けることである。これは、セメント会社の報告においては、以下のような関連するすべての排出源を網羅する必要があることを意味する。

- 報告事業者の総直接CO<sub>2</sub>排出量（脱炭酸、従来のキルン燃料、代替キルン燃料、キルン以外で使用する燃料、および備考としてバイオマス燃料）
- 取得排出権、およびそれを考慮した純排出量（該当する場合）
- 主な間接排出量（グリッド電力消費と購入クリンカ）

排出量の報告は、絶対量（トンCO<sub>2</sub>/年）と原単位（kg CO<sub>2</sub>/セメント質製品製造トン）の両方で行わなければならない。総排出量を省略し純排出量だけを報告することは許されない。完全性を持たせるために、自主的な報告では、表7（次頁）で示したようなそれぞれのプロセスごとのCO<sub>2</sub>排出量（グリッド電力消費からの間接CO<sub>2</sub>排出を含む）を報告しなければならない。特に、セメント会社は、自社が管理または所有する施設の範囲において以下の種類の活動を自主的な報告の範囲に含めることとする。

- > クリンカ製造（原料の採石を含む）；
- > 工場内における、また、工場外の独立した粉砕設備におけるクリンカ、混合材およびスラグなどのセメント代替材の粉砕；
- > フライアッシュの取り扱い

また、自主的な報告について以下の要件も追加的に要求する：

- > インベントリから除外するCO<sub>2</sub>排出源がある場合、それを明示すること。そのため、本プロトコルの表計算シートでは、企業へ自社のインベントリの境界を示すことを要求している。
- > 企業は、本セメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコル（バージョン 2.0）に従って報告していることを明示すること。また、プロトコルから重要な逸脱事項がある場合には、それを明示すること。

表 7. 自主的なCO<sub>2</sub>報告において推奨されるインベントリの境界  
経緯については表計算シートの7a~7iを参照のこと。

n.a. = 該当なし

プロセス	CO <sub>2</sub> の報告は必須か?	備考
原料の供給 (採石、採掘、粉砕)	n.a.でない限り必須	原料供給が外部委託になっている場合、委託会社からの排出との連結が必要となるかもしれない。詳細は「どの施設まで対象とすべきか」(p.22)を参照のこと。
原料、燃料、混合材などの前処理	n.a.でない限り必須	--
キルンの操業 (焼成工程)	n.a.でない限り必須	--
セメントの粉砕と混合	n.a.でない限り必須	--
場内 (社内) 輸送	n.a.でない限り必須	社有車 (リース車は含めるが、個人車両は除外) から発生するCO <sub>2</sub> は報告しなければならない。第三者による輸送である場合は、該当しない。
場外輸送	いいえ	報告は必須ではない。報告する場合は、直接CO <sub>2</sub> 排出(リース車を含む社有車)と間接CO <sub>2</sub> 排出(第三者の車両)とを区別すること。
自家発電	n.a.でない限り必須	不定常での発電もCO <sub>2</sub> 排出量を報告する。
室内の冷暖房	n.a.でない限り必須	--

### 7.3 報告期間

GHG 排出量は、暦年よりも会計年度に基づき報告することが経済的である。GHG の観点からは、長期にわたって空白期間やオーバーラップする期間がなく一貫性があれば、会計年度に基づく報告は問題がない。報告年度の変更は明確にそれを示さなければならない。また、国の法令規則を考慮して報告年度を決定すべきである。

#### 7.4 WRI/WBCSDのGHGプロトコル改訂版の範囲

WRI/WBCSD GHG プロトコル改訂版では、範囲（範囲）ごとに排出を分類している。表8では、本プロトコルで取上げている排出源が WRI/WBCSD の範囲の分類と、どのように関連しているかについて示している：

WRI/WBCSD GHGプロトコル改訂版では、企業が少なくとも範囲1と2については算定と報告を別々に行うように要求している。社有車による場外輸送から排出されるCO<sub>2</sub>、廃水の燃焼からのCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>やN<sub>2</sub>Oの排出などを除いて、本プロトコルはWRI/WBCSDで要求している報告対象を網羅している。「重要性の判断基準」（p.31）で説明しているとおり、様々な理由からこれらの排出源を除外すると設定しているが、必要に応じて報告に含める事もできる。

表 8: WRI/WBCSDの範囲と本プロトコルにおける対応する章

WRI/WBCSD プロトコルの分類	本プロトコルに対応する章
<b>範囲 1: 直接 GHG 排出</b> (自社で所有または管理している排出源のみ) <ul style="list-style-type: none"> <li>• プロセス排出</li> <li>• 定置燃焼装置からの排出</li> <li>• 可動燃焼装置からの排出</li> <li>• CO<sub>2</sub> 以外の温室効果ガス</li> </ul>	原料の脱炭酸からのCO <sub>2</sub> 原料中の有機炭素からのCO <sub>2</sub>  キルン燃料からのCO <sub>2</sub> キルンで使用する以外の燃料からのCO <sub>2</sub> 廃水からのCO <sub>2</sub> 排出  キルンで使用する以外の燃料からのCO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> 以外の温室効果ガス
<b>範囲 2: 購入電力からの間接 GHG 排出</b>	グリッド電力からの間接排出
<b>範囲 3: 他の間接排出</b>	購入クリンカからの間接排出
<b>任意情報: オフセット</b>	排出権と純排出量

## 8 詳しい情報について

付録1では、本プロトコルの表計算シートについて説明している。表計算シートには、「記入要綱」シートが含まれており、ワークシートの各行についての簡潔な説明を提供している。本セメントプロトコルへの質問、情報提供、コメントに関しては以下にお問い合わせ下さい。

Holcim Group Support (Zurich) Ltd.  
Corporate Industrial Ecology  
Attn. Dr Bruno Vanderborght, Vice President  
Hagenholzstrasse 85  
8050 Zurich  
Switzerland  
Phone: ++41 58 858 8235  
Fax: ++41 58 858 8234  
E-mail: [bruno.vanderborght@holcim.com](mailto:bruno.vanderborght@holcim.com)

または

Factor Consulting + Management AG  
Urs Brodmann, Managing Partner  
Binzstrasse 18  
CH-8045 Zurich  
Switzerland  
Phone: ++41 1 455 6100  
Fax: ++41 1 455 6060  
E-mail: [urs.brodmann@factorag.ch](mailto:urs.brodmann@factorag.ch)  
Website: [www.factorag.ch](http://www.factorag.ch)

## 9 参考文献

- CIF 1998, Cement Industry Federation of Australia. *Greenhouse Energy Management System (GEMS) Guidelines*. CIF-GEMS-001, Revision 1, October
- Ellis Jane 2000. *Potential and Implications for Multi-Project Emission Baselines. Cement Case Study*. OECD, Paris
- IEA 1998, International Energy Agency, Greenhouse Gas R&D Program. *Emission Reduction of Greenhouse Gases from the Cement Industry*. By C.A. Hendriks, E Worrell, D. de Jager, K. Blok, and P. Riemer. <http://www.ieagreen.org.uk/prghgt42.htm>
- EC 2004, Commission of the European Communities. *Commission Decision of 29/01/2004 establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council*. C(2004) 130 final. [http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation_en.htm)
- EPA 2003a, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from the Cement Sector*. Draft for Comment through August 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2003b, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Indirect Emissions from Purchases / Sales of Electricity and Steam*. December 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004a, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol: Design Principles*. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004b, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Stationary Combustion*. January 2004. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- IPCC 1996, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volumes I, II and III*. IPCC, Bracknell UK
- IPCC 2000, Intergovernmental Panel on Climate Change. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC / IGES, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>
- Lang, Th. & F. Lamproye 1996. *Sources and Reduction of CO<sub>2</sub>-Emissions*. 2<sup>nd</sup> "Holderbank" Course on Environment, September 2 to 13, 1996, Holderbank, Switzerland. CEA 96/7024/E.
- WRI / WBCSD 2004, World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. *The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition*. <http://www.ghgprotocol.org>
- Zunzer, Ute (2002). *Umsetzung der organischen Bestandteile des Rohmaterials beim Klinkerbrennprozess*. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 63/2002

## 10 略語および用語集

以下の定義については、WRI / WBCSD GHG プロトコル改訂版にあるものについてはそれを引用している。詳細についてはWRI / WBCSD GHG プロトコル（2004）を参照のこと。

**絶対排出量** 絶対排出量は、トンCO<sub>2</sub>のように質量で表される。

**AF  
代替燃料** クリнка製造に要する化石燃料の代替として利用される代替燃料。AFは、廃棄物由来である。

**Allowance  
排出枠** その保有者に一定量のGHG排出の権利を与える取引可能な商品。（GHG排出枠は、キャップ&トレード制度の対象である排出事業者へ規制当局が割当てる。）

**Annex I  
付属書 I** 国連気候変動枠組条約の付属書 I に記載されている排出削減義務を負う先進国。OECD 国（メキシコと韓国を除く）、東欧諸国、ロシア、欧州連合を含む。京都議定書のもと、付属書 I 国は 2008～12 年の期間において排出上限または削減の約束を受入れている。

**Baseline  
ベースライン** 基準とする排出量。  
この用語は、以下のように文脈により異なる意味で使用される。

- ・ 事業者の基準年における過去の排出量
- ・ 事業者が追加的な削減手段をとらなかった場合に将来的に予想される排出量（ビジネス・アズ・ユーチュアルのシナリオ）
- ・ GHG 削減プロジェクトによる効果を算定する時に比較の対象とする仮想的な排出量

**Bypass dust**  
バイパスダスト プレヒーター、プレカルサイナー、大型プレヒーターのバイパスシステムから排出されたダストで、完全に脱炭酸したキルン投入材料が成分。

**Cap and trade  
キャップ&トレード**

排出総量の上限を定めた上で参加者に排出枠を割り当て、参加者相互間の排出枠および排出クレジットの取引を認めるシステム

#### Climate-neutral

クライメイト・ニュートラル（気候変動に影響しない）

クライメイト・ニュートラル（気候変動に影響しない）燃料を燃焼しても、関連性のあるタイムスパンにわたっての大気中のGHGの蓄積量は増加しない。再生可能AFは、CO<sub>2</sub>排出量が植物による同量の吸収により相殺されるため気候変動に影響しない。

#### CKD

セメントキルンダスト キルンシステムから排出されるダストで、部分的に脱炭酸したキルン投入材料が成分。特に低アルカリのクリンカ製造の場合、過剰な流動成分（アルカリ、硫黄、塩素）を制御するのにバイパスダストやCKDの除去が利用される。

#### Credit

クレジット GHG オフセットは、外部で課された目標を達成する時にGHGクレジットに変換されることができる。GHGクレジットは、GHG制度においてよく利用される変換可能で取引可能な証書。

#### Direct emissions

直接排出 報告事業者が所有または支配する排出源からのGHG排出。例えばセメントキルン、社有車、採石の設備などからの排出を含む。

#### GHG

温室効果ガス 京都議定書の付属書Aで定められた6つのガス、すなわち、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン(HFCs)、パーフルオロカーボン(PFCs)、および六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)をいう。

#### Indirect emissions

間接排出 報告事業者の活動の結果として他事業者が所有または支配する排出源から生じるGHG排出。例えば購入電力、報告事業者の所有または管理にない車両での従業員の移動や製品の輸送、および報告事業者が製造した製品の利用時に発生する排出。

#### Inventory

インベントリ 組織のGHG排出と排出源の定量化されたリスト。

#### IPCC

気候変動に関する政府間パネル

気候変動学者の国際組織。IPCCの役割は、人為起源の気候変動リスクの把握に

必要な科学的、技術的および社会経済的な情報の評価にある(www.ipcc.ch)。

#### MIC

##### 鉱物質成分

MICは、クリンカやセメントの代替に使用される水硬性がある天然または人工の鉱物の材料。(例えば、高炉スラグ、フライアッシュ、ポゾランなど)

#### Offset

##### オフセット

GHG オフセットは、自主的または強制的な GHG の排出目標や排出上限の達成等に当たって他所での GHG 排出の埋め合わせ（すなわちオフセット）のため用いられる個別的な GHG 削減量である。

#### Protocol

##### プロトコル

GHG 排出量の算定、モニタリング、報告のための方法論。

#### Specific emissions

##### 排出原単位

排出原単位は、kgCO<sub>2</sub>/トンのように製造単位あたりで表される排出量。

#### UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)

国連気候変動枠組条約 国連気候変動枠組条約。この条約に署名した国が締約国。

## 付録1 セメント産業向けCO<sub>2</sub> プロトコル表計算シート

本プロトコル表計算シートは Microsoft の EXCEL 文書であり、次のワークシートを含む。

### 1. はじめに

このシートでは、ワークシート中での色分けの意味についての説明やユーザーへのインストラクションを提供している。

### 2. 入力要綱

このシートでは、「工場」ワークシートの各行について簡潔な説明を示している。

### 3. 工場

工場ごとに1枚のワークシートを利用する。

### 4. 会社

全工場情報を会社レベルで連結する際に使用する。

### 5. 燃料別CO<sub>2</sub>排出係数

セメント工場で用いられる燃料のデフォルトCO<sub>2</sub>排出係数

### 6. 脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出係数

原料からの脱炭酸起源のCO<sub>2</sub>排出係数を計算するための補助ワークシート

## 付録2 グリッド電力のCO<sub>2</sub>デフォルト排出係数

出典：WRI/WBCSD「定置燃焼からのCO<sub>2</sub>排出量の計算」。自動計算シートバージョン2.1（2004年10月）。この排出係数は、毎年更新されるIEAデータにもとづいている。最近情報については[www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm](http://www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm)を参照のこと。

この排出係数は、コージェネと地域暖房を含む発電に使用された全ての燃料をもとに算定されている。送電や配電による損失分については考慮していない。全ての値はメガワットアワー当たりのkgCO<sub>2</sub>（kg CO<sub>2</sub>/MWh）で示している。燃料ごと（石炭、石油、天然ガス）の排出係数については、WRI/WBCSDの資料を参照のこと。

Annex I Countries	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
All Annex I	..	..	..	..	425	414	418	414	429	432	433	429	426	429	429
Australia	822	837	811	814	821	806	782	776	823	822	838	824	817	845	893
Austria	173	187	242	249	206	193	206	213	229	228	201	202	186	182	207
Belarus	..	..	..	..	350	333	350	335	310	306	301	293	301	295	301
Belgium	318	329	335	332	321	334	354	347	329	300	306	270	285	272	267
Bulgaria	646	401	461	430	488	499	474	452	438	468	478	450	449	468	437
Canada	191	211	194	186	195	174	170	175	169	190	215	206	214	224	211
Croatia	..	..	..	258	325	327	250	273	253	298	323	305	302	312	356
Czech Republic	581	608	584	632	633	582	584	582	579	553	555	563	570	561	548
Denmark	498	472	475	505	469	456	471	430	468	422	390	364	339	337	332
Estonia	..	..	..	..	649	620	619	689	679	680	720	705	696	685	670
Finland	217	206	230	235	207	232	268	252	289	267	212	207	211	239	252
France	95	118	104	118	93	63	64	71	72	66	92	80	78	62	70
Germany	574	573	571	584	553	550	548	533	541	532	509	495	500	505	518
Greece	922	978	991	941	959	934	917	872	828	869	860	822	814	832	815
Hungary	465	470	468	459	483	456	439	439	432	430	426	463	410	392	390
Iceland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	0	0	0
Ireland	782	768	751	752	758	745	743	731	727	719	711	713	659	675	644
Italy	543	565	574	544	535	522	518	549	527	517	518	499	507	485	509
Japan	418	410	422	420	426	408	422	405	400	387	376	391	399	402	422
Latvia	..	..	..	..	322	266	258	260	250	213	195	214	200	189	185
Lithuania	..	..	..	..	191	190	219	177	178	171	179	185	169	151	128
Luxembourg	2038	2253	2474	2365	2371	2358	1995	1237	1106	692	148	166	149	150	305
Netherlands	599	587	580	563	551	553	520	512	483	487	460	458	436	442	440
New Zealand	113	115	104	120	147	115	92	90	121	162	123	148	138	177	144
Norway	4	3	3	3	3	3	4	3	5	4	4	5	3	5	4
Poland	661	664	656	651	653	640	643	675	665	667	664	665	672	660	663
Portugal	347	578	517	519	621	546	497	570	429	467	464	536	471	434	504
Romania	478	501	538	561	410	384	456	441	444	385	351	360	395	412	412
Russia	..	..	..	..	308	291	296	292	342	328	327	327	321	322	327
Slovak Republic	387	394	336	322	399	588	504	506	491	544	435	425	370	250	215
Slovenia	384	370	352	297	351	357	319	319	300	366	373	344	335	341	370
Spain	351	436	422	423	480	418	415	453	356	389	371	427	403	381	429
Sweden	51	45	42	48	45	47	51	44	68	43	45	41	33	36	43
Switzerland	10	11	26	28	29	25	28	29	34	29	34	29	31	31	33
Turkey	426	592	588	591	582	527	583	535	539	550	558	578	600	619	537
Ukraine	..	..	..	..	359	362	351	351	323	324	333	327	326	328	321
United Kingdom	685	669	679	663	647	571	542	547	514	477	479	433	448	471	455
United States	608	584	566	556	584	587	583	567	576	600	601	593	583	599	579

Non-Annex I	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Albania	251	240	134	79	51	80	85	37	24	21	18	39	49	61	58
Algeria	814	742	695	669	661	652	681	699	671	682	706	693	686	687	697
Angola	316	296	343	260	180	131	181	177	190	244	203	342	383	380	373
Argentina	517	512	392	409	376	338	329	273	331	299	303	329	296	226	208
Armenia	..	..	..	..	400	110	126	214	220	264	258	225	236	243	153
Azerbaijan	..	..	..	..	778	857	482	504	522	533	543	633	644	631	570
Bahrain	1084	1053	1061	1076	1055	890	877	815	811	766	822	852	868	840	835
Bangladesh	614	612	572	545	573	588	601	605	561	584	588	593	595	645	611
Benin	1102	1102	1201	1097	1132	1211	661	951	733	796	679	659	602	909	853
Bolivia	279	306	328	330	378	356	441	483	387	426	451	311	298	509	470
Bosnia and Herzegovina	..	..	..	..	860	1372	166	181	253	652	778	688	740	731	653
Brazil	63	56	53	55	61	55	51	55	56	62	62	82	81	96	83
Brunei	881	883	882	874	874	891	938	841	816	817	827	794	760	763	782
Cameroon	17	14	13	13	12	9	11	10	10	10	15	11	10	16	27
Chile	264	403	450	286	183	185	251	261	348	385	418	459	331	260	262
Chinese Taipei	442	488	449	477	485	500	498	506	510	539	549	567	578	590	581
Colombia	211	182	203	216	290	213	179	194	137	192	198	119	159	168	149
Congo	11	8	6	0	7	9	10	9	7	7	9	115	0	0	0
Costa Rica	40	19	20	50	140	99	172	156	87	34	68	21	8	14	15
Cote d'Ivoire	299	219	206	245	246	287	320	275	340	420	517	414	380	394	409
Cuba	775	763	773	772	753	785	795	811	797	803	812	825	809	811	808
Cyprus	836	846	842	832	826	831	837	834	842	851	858	861	845	778	758
Democratic Republic of Congo	25	19	5	4	3	3	4	4	4	4	5	4	4	4	4
Dominican Republic	1094	1109	845	904	752	724	843	876	745	778	831	850	760	658	734
DPR of Korea	606	633	565	551	542	504	507	480	520	557	499	552	583	582	567
Ecuador	124	140	187	230	278	195	172	314	227	295	288	237	216	273	262
Egypt	613	508	521	530	530	503	467	443	433	431	457	457	422	416	419
El Salvador	124	86	71	270	252	295	380	403	257	374	369	273	288	302	310
Eritrea	0	0	0	0	1528	1396	1502	1464	1330	1004	642	659	671	765	685
Ethiopia	182	182	136	170	64	57	44	42	40	26	25	10	11	10	8
Former Yug. Rep. of Macedon	..	..	847	864	829	814	813	839	799	729	751	685	681	778	723
Gabon	275	258	271	279	284	299	209	255	315	315	344	326	326	264	269
Georgia	..	..	..	..	367	319	273	488	166	153	162	154	193	133	52
Ghana	0	0	0	0	0	3	4	3	1	4	232	187	78	129	212
Gibraltar	624	646	939	638	595	1050	1749	1749	1745	1721	1728	1720	1743	1751	1747
Guatemala	97	75	70	87	295	281	295	306	257	239	450	338	392	421	484
Haiti	438	436	408	454	311	216	91	327	398	568	380	289	346	340	335
Honduras	23	19	12	10	40	63	138	327	236	267	382	245	282	325	277
Hong Kong [China]	828	826	826	835	819	860	871	852	805	686	707	676	678	687	695
India	876	866	864	876	907	930	895	941	984	955	931	931	943	941	927
Indonesia	723	672	701	702	648	721	620	585	610	664	638	659	643	740	717
Iraq	486	437	459	445	580	599	649	626	626	616	621	595	627	665	696
Islamic Republic of Iran	595	581	602	594	561	585	590	605	598	593	562	582	568	578	560
Israel	807	811	829	819	820	822	821	821	827	822	825	820	800	836	823
Jamaica	825	952	757	914	893	1240	836	888	828	828	831	823	821	824	803
Jordan	866	827	815	870	895	860	832	834	811	800	807	748	708	702	741
Kazakhstan	..	..	..	..	1246	1221	1476	1095	1123	1042	1132	1116	1068	1186	1157
Kenya	97	91	54	58	68	72	87	77	95	109	296	433	641	441	372
Korea	510	472	512	549	572	542	542	530	526	545	492	478	498	475	434
Kuwait	874	791	292	834	671	648	650	595	664	666	664	656	655	658	677
Kyrgyzstan	..	..	..	..	154	107	78	121	125	133	107	100	101	100	103
Lebanon	693	1101	1835	1026	653	704	668	654	706	690	783	815	733	751	722
Libya	1053	990	779	757	736	726	878	1180	1172	1183	1190	1179	1182	1183	1183
Malaysia	491	491	595	600	550	535	491	493	498	444	481	458	445	460	501
Malta	1534	1597	1591	1120	1024	1392	1164	962	979	942	937	909	868	807	888
Mexico	550	542	529	529	516	512	565	509	508	524	587	579	585	584	581
Morocco	817	784	783	814	826	893	844	832	709	694	733	762	774	768	769
Mozambique	1405	1009	242	262	214	150	65	64	41	20	3	3	1	5	3
Myanmar	662	575	510	479	441	456	484	508	577	524	601	573	457	335	288
Namibia	0	0	0	47	27	179	260	37	48	57	45	30	21	29	29
Nepal	35	0	0	29	50	58	71	26	25	73	73	35	12	7	2
Netherlands Antilles	717	719	717	715	718	718	720	717	719	719	717	719	720	720	719
Nicaragua	458	365	359	365	442	396	448	484	498	537	632	605	610	613	563
Nigeria	537	469	421	353	384	411	334	316	323	342	396	397	428	386	373
Oman	826	804	763	775	855	849	851	831	786	758	751	809	796	817	830
Other Africa	716	626	574	522	566	539	540	531	510	576	617	524	505	467	477
Other Asia	222	190	333	339	339	369	348	324	337	327	350	374	382	340	338
Other Latin America	614	612	572	545	573	588	601	605	561	584	588	593	595	645	611

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Pakistan	368	416	408	414	393	384	391	405	443	454	411	468	480	463	443
Panama	147	160	170	262	369	297	301	317	226	280	434	240	191	400	270
Paraguay	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
People's Republic of China	741	747	753	759	764	744	737	771	779	826	819	782	754	733	740
Peru	194	191	184	153	215	178	157	186	204	211	195	171	152	120	143
Philippines	488	513	435	430	483	479	519	509	514	570	591	501	498	530	479
Qatar	612	612	603	603	603	603	603	603	603	603	603	1104	1101	789	847
Republic of Moldova	..	..	..	..	708	615	578	515	710	730	689	634	743	772	744
Saudi Arabia	609	625	563	576	576	587	608	560	570	590	591	595	600	600	599
Senegal	996	995	930	887	911	939	969	903	879	905	906	938	953	699	858
Serbia and Montenegro	..	..	..	658	733	749	690	829	800	817	803	691	723	738	771
Singapore	724	698	900	800	841	1004	977	938	880	771	761	700	635	557	527
South Africa	821	827	850	833	855	881	864	878	867	870	926	889	893	850	841
Sri Lanka	65	15	2	55	191	74	64	51	232	263	204	229	417	400	426
Sudan	392	314	325	339	301	516	353	465	483	511	466	338	533	534	632
Syria	391	400	394	417	413	439	464	461	401	398	397	395	394	394	393
Tajikistan	..	..	..	..	88	65	40	50	61	46	45	41	41	41	41
Thailand	549	541	627	674	646	630	623	606	625	634	608	596	564	562	539
Togo	1200	1147	1222	1271	1286	1281	1277	1271	1222	1259	1291	1300	1271	1258	1259
Trinidad and Tobago	723	732	708	746	730	757	713	711	689	678	710	708	691	694	707
Tunisia	731	700	651	696	685	677	651	588	602	608	602	590	567	577	557
Turkmenistan	..	..	..	..	340	505	825	931	730	630	610	791	795	757	761
United Arab Emirates	747	747	747	747	746	747	747	747	747	747	762	762	788	852	902
United Republic of Tanzania	173	160	152	136	137	160	222	285	192	390	42	126	190	112	116
Uruguay	155	238	43	94	89	67	12	53	104	70	33	187	57	3	4
Uzbekistan	..	..	..	..	524	533	476	434	446	461	486	480	459	465	462
Venezuela	350	341	323	235	227	242	222	219	199	222	237	218	210	282	283
Vietnam	1135	688	537	379	303	253	292	294	319	408	468	397	421	392	424
World	496	494	490	498	467	460	465	466	481	490	491	486	484	488	489
Yemen	763	747	771	771	773	770	771	771	772	774	775	775	774	773	772
Zambia	16	16	11	10	13	11	9	7	7	10	10	7	7	6	6
Zimbabwe	742	780	714	939	1030	1036	1091	920	879	787	905	812	741	847	757

## 付録3 セメント製造における温室効果ガス排出源と削減オプション

### セメント製造工程の概要

セメント製造には主に三つの工程段階がある（図6参照）。

1. 原料の前処理
2. 原料の焼成工程による中間製品であるクリンカの製造
3. セメント製造のためのクリンカの粉砕と他の製品（鉱物質成分）との混合

製造プロセス中、二つの主要な直接CO<sub>2</sub>排出源がある：焼成工程でのキルン燃料の燃焼と原料の脱炭酸。これら二つの排出源のより詳細な説明は後述する。その他のCO<sub>2</sub>排出源としては、キルン以外（例えば、乾燥機、暖房、場内輸送）で使用する燃料からの直接排出や外部で発電された電力や輸送などからの間接排出がある。京都議定書上のCO<sub>2</sub>以外の温室効果ガスについては、その量が無視し得る程の少量であることから、セメント製造においては該当しないとしている。

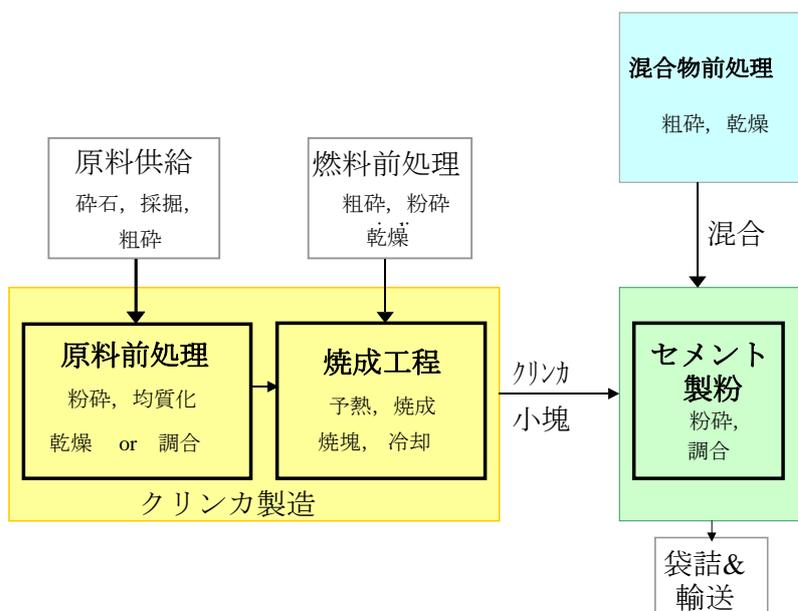
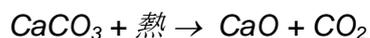
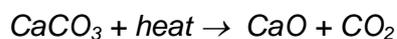


図6: セメント製造の工程段階

出典: Ellis 2000, based on Ruth et al. 2000

### 原料の脱炭酸からのCO<sub>2</sub>

クリンカを焼成する工程では、石灰中のカルシウム炭酸塩の化学的分解(例、石灰石)のためにCO<sub>2</sub>が放出される。



この工程は焼成と呼ばれている。その結果キルンの煙突を通して、直接CO<sub>2</sub>が排出される。焼成からのCO<sub>2</sub>排出を考慮する時、以下の二つの排出に区別できる。

- ・実際のクリンカ製造からのCO<sub>2</sub>
- ・部分的に焼成されたセメントキルンダスト（CKD）や完全に焼成されたバイパスダストのようなキルンシステムから排出された原料からのCO<sub>2</sub>

実際のクリンカ製造からのCO<sub>2</sub>はクリンカに含まれる石灰に比例するが、その比率は時やセメント工場により僅かながら変化する。結果としては、クリンカ 1 t 当たりのCO<sub>2</sub>排出係数はまずまず安定している(IPCC default: 510 kg CO<sub>2</sub>/t clinker)。キルンシステムから排出されるダストの量は、キルンの種類やセメントの品質基準によって大きく異なり、実際にはクリンカトンあたり 0 から 100kgの範囲にある。国によっては、これに関連する排出を考慮しなければならないであろう。

#### 原料中の有機炭素からのCO<sub>2</sub>排出

クリンカ製造に使用される原料は通常、少量の有機炭素を含んでおり、それは全有機炭素（TOC）含有量として表される。調合原料中の有機炭素は、焼成工程においてCO<sub>2</sub>に変化する。この排出量がセメント工場のCO<sub>2</sub>総排出量に占める割合は非常に少ない（約 1%かそれ未満）。しかし、原料中の有機炭素含有量は、場所や使用する原料の種類によって大きく異なることがある。（TOC含有量の高い）特定の種類のフライアッシュや頁岩をキルン投入原料として大量に使用している会社においては、そのCO<sub>2</sub>排出量を報告に含めるべき結果になることがあり得る。

#### キルン燃料からのCO<sub>2</sub>排出

セメントキルンを動かすため、セメント産業は従来から様々な化石燃料を使用してきた。それらには、石炭、石油コークス、燃料油、および天然ガスが含まれる。近年は、廃棄物由来の燃料が、重要な代替燃料となっている。これらの代替燃料(AF)には、廃油や廃タイヤなどの化石燃料由来のもの、廃木材や排水処理からのスラッジを乾燥させたものなどのバイオマス由来のものが含まれる。

従来型燃料と代替燃料の両方とも、キルン煙突を通して直接CO<sub>2</sub>を排出することになる。しかしながら、IPCCの定義により、バイオマス燃料は「クライメイト・ニュートラル（気候変動に影響しない）」と見なされる。更に、代替燃料（バイオマス、または化石由来）を使用することは、例えば廃棄物の焼却工場や埋立て地などのどこか他の場所で発生したであろう排出量の重要な削減に繋がり得る。

#### CO<sub>2</sub>削減オプション

セメント産業のCO<sub>2</sub>排出については、様々な手段で取組むことができる。CO<sub>2</sub>削減可能な主な手段としては、次のものがある：

- クリンカ代替として鉱物質成分を使用する。
- 燃料代替：例えば、石炭の代わりに天然ガスやAFを使用する。
- エネルギー効率改善：クリンカ製造またはセメント生産あたりの消費燃料や消費電力量を削減するための技術的または操作上の手段を講じる。
- キルンシステムから排出されるダスト（セメントキルンダスト、バイパスダスト）のを抑制する。（ダスト関連の排出が相当量ある場合にのみ該当）

鉱物質成分（MIC）は、水硬性がある天然または人工の鉱物の材料である。MICの例には、天然ポゾラン、高炉スラグ、およびフライアッシュが挙げられる。MICは、混合セメントを生産するために、クリンカに加えられる。時には、建設会社により純粋なMICがコンクリートミキサーに直接に加えられることもある。MICの使用は、クリンカ製造と関連づけられる脱炭酸と燃料燃焼の両方からの直接CO<sub>2</sub>排出を削減することに繋がる。人工的なMICは、例えば鉄鋼や石炭火力発電のような他の生産プロセスからの廃棄物材料である。それらに関連するGHG排出は、それぞれ該当する産業部門によってモニターされ、報告されている。クリンカやセメント代替としてMICを利用することで、鉄や電力の生産現場でのGHG排出量が増えるということはない。その結果として、（MICの生産に伴う排出を）間接排出量として、セメント生産でのインベントリに含めてはならない。

## 付録4 原料の脱炭酸によるCO<sub>2</sub>排出に関する詳細

### IPCCによる推奨事項の概要とクリンカの排出係数のデフォルト値

IPCCは、製造されたクリンカ中のCaO割合(0.785kgCO<sub>2</sub>/t.CaO×クリンカ中のCaO含有量)をもとに、原料から発生するCO<sub>2</sub>量を測定することを推奨している。クリンカ中のCaOデフォルト含有量は65%となっており、その際のCO<sub>2</sub>排出量は510kgCO<sub>2</sub>/tクリンカになる。

廃棄されるキルンダストからのCO<sub>2</sub>については、別途、ダストの脱炭酸の度合いを考慮の上、計算されなければならない。正確なデータがない場合、IPCCは、実情ではこれよりもかなり高い割合である場合があることは認識しつつも、デフォルト値として廃棄したキルンダストからの排出量としてクリンカ排出量の2%を計上すべきとしている。IPCCでは、バイパスダストとセメントキルンダスト(CKD)を区別していない。

IPCCによるクリンカあたりのデフォルト値は、豪州セメント協会(518kgCO<sub>2</sub>/tクリンカ)や米ポルトランドセメント協会(522kgCO<sub>2</sub>/tクリンカ)が推奨している値、およびホルシム・グループの平均データ(524kgCO<sub>2</sub>/tクリンカ)と大差はない。IPCC推奨値の差異は、炭酸マグネシウムからの分解によるCO<sub>2</sub>排出(通常クリンカ中のMgO量は2%)を無視しているからであると思われる。<sup>7</sup>

CSIではクリンカ焼成での排出係数を工場固有で決定することを推奨している。その目的において、本プロトコルの表計算シートに補助ワークシートを設け、工場のクリンカ中のCaOおよびMgO含有量、珪酸カルシウム化合物などの炭酸塩由来ではないCaOおよびMgO、調合原料に添加されるフライアッシュを考慮できるようにしている。工場固有のデータが入手できない場合、CSIでは、デフォルト排出係数として、IPCCのデフォルト値に炭酸マグネシウム分の補正をかけた525 kg CO<sub>2</sub>/tクリンカを使用することを推奨する。

### CKD(セメントキルンダスト)からのCO<sub>2</sub>排出：計算式の成立ち

CKDは通常完全には脱炭酸が済んでいない。CKDのCO<sub>2</sub>排出係数は、CKD、調合原料およびCO<sub>2</sub>排出のマスバランスに基づき導き出せる。

$$(1) \quad CKD = RawMeal - CO_{2, RW} * d$$

CKD = セメントキルンダストの量 (t)

RawMeal = 消費されCKDに変化した乾燥調合原料の量(t)

<sup>7</sup> 出典: IPCC recommendation: IPCC 2000, pp. 3.9ff; Australian average: CIF 1998, p.20; Holcim average: Lang & Lamproye 1996

$CO2_{RM}$  = 調合原料に含まれる炭酸塩 $CO_2$ の総量(t)

d = CKDの脱炭酸率 (調合原料中の総炭酸塩 $CO_2$ の割合として表される $CO_2$ 排出)

CKDの $CO_2$ 排出係数は:

$$(2) \quad EF_{CKD} = \frac{CO2_{RM} * d}{CKD} = \frac{CO2_{RM} * d}{RawMeal - CO2_{RM} * d}$$

$EF_{CKD}$  = CKDの排出係数

$CO2_{RM}$  は、調合原料に比例するので、(2)の計算式は以下のように書き換えられる:

$$(3) \quad EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} * d}{1 - fCO2_{RM} * d}$$

$fCO2_{RM}$  = 調合原料中の炭酸塩 $CO_2$ の重量比率

調合原料が完全に脱炭酸している場合(d=1)、 $EF_{CKD}$  がクリンカの排出係数となる:

$$(4) \quad EF_{Cli} = \frac{fCO2_{RM}}{1 - fCO2_{RM}}$$

または、以下のように書き換えられる:

$$(5) \quad fCO2_{RM} = \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}}$$

$EF_{Cli}$  = クリンカの排出係数 (t  $CO_2$ /t cli)

計算式(5)から、計算式(3)は以下のように表すことができる:

$$(6) \quad EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{Cli} * d}{1 + EF_{Cli}}}{1 - \frac{EF_{Cli} * d}{1 + EF_{Cli}}}$$

計算式(6)は、表計算シートの中に組込まれている。そこでは、CKDからの排出係数を、(i) クリンカの排出係数から求める (ii) CKDの脱炭酸率から求める、方法を使用することができる。図A4-1は、(CKD排出係数の計算における)脱炭酸率の影響を示したものである。斜線は、CKD脱炭酸率とCKDの排出係数をそれぞれ50% (脱炭酸率を低くおいている)、55kg CO<sub>2</sub>/t CKDまで過大評価した場合の線形従属の仮定を示したものである。

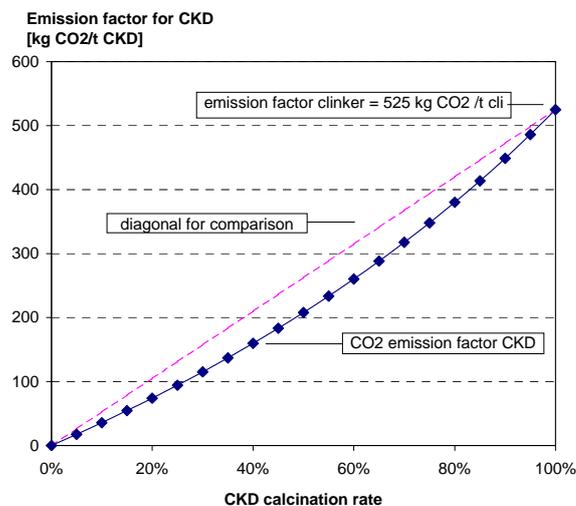


図 A4-1 デフォルトのクリンカ排出係数値 (525 kg CO<sub>2</sub>/t cli)を使用した場合、CKDのCO<sub>2</sub>排出係数計算においてCKDの脱炭酸率が与える影響。

## CKD (セメントキルンダスト) の脱炭酸率の決定

CKDの脱炭酸率は、計算式 (7) に従い、CKDおよび調合原料それぞれの中に含まれる炭酸塩CO<sub>2</sub>の重量比率にもとづき計算されなければならない。この2つの入力パラメータであるfCO<sub>2</sub><sub>CKD</sub> とfCO<sub>2</sub><sub>RM</sub>は、化学的な分析により測定されなければならない。考え得る分析手法としては、強熱減量 (LOI) テストや滴定などがある。

$$(7) \quad d = 1 - \frac{fCO_{2CKD} \times (1 - fCO_{2RM})}{(1 - fCO_{2CKD}) \times fCO_{2RM}}$$

fCO<sub>2</sub><sub>CKD</sub> = CKD中の炭酸塩CO<sub>2</sub>の重量比率 (--)

fCO<sub>2</sub><sub>RM</sub> = 調合原料中の炭酸塩CO<sub>2</sub>の重量比率 (--)

CKDの組成について測定データがない場合には、脱炭酸率dとしてデフォルト値の1を使用すること。CKDは通常、完全に脱炭酸していないので、多くの場合においてCKD関連の排出量は過大評価されがちである。そのため、このように控えめな値を採用している。

## 付録5 燃料の排出係数の根拠

この付録では、CSI 作業部会によって収集された燃料の排出係数についての根拠となる情報を纏めている。

### 石油コークス

CSI 作業部会では、2003年にメンバー会社から石油コークスの排出係数について集めたデータをまとめた。それは以下の通りである。

平均値	:	92.8 kg CO <sub>2</sub> /GJ
標準偏差	:	2.08 kg/GJ
サンプル数	:	361

サンプルは主に1999–2003年に収集されたものである。また、主に欧州（表A5-1参照）を中心に世界の様々な地域から収集された。平均値である92.8 kg/GJを、以前のデータに基づいてセメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコル初版で採用していた平均値100 kg CO<sub>2</sub>/GJと置き換えることとなった。

表 A5-1: 石油コークスサンプル収集範囲 (サンプル数)

南米	カナダ/米国	欧州	アジア	アフリカ	合計
40	1	291	20	9	361

### 代替燃料

CSI 作業部会では、2003-04年においてメンバー会社から代替燃料の排出係数について収集したデータをまとめた。それは以下の通りである。

表 A5-2: CSI作業部会が集めた代替燃料の測定データ  
CO<sub>2</sub> 排出係数は、表計算シートでは2桁の概数で表されている

燃料	サンプル数	平均CO <sub>2</sub> 排出係数 (kg /GJ)	標準偏差 (kg /GJ)
<b>化石系代替燃料:</b>			
廃油	90	74.2	5.6
廃有機溶剤	116	73.8	14.9
<b>バイオマス燃料:</b>			
肉粉	116	89.2	6.5

## 付録6 GHG 報告制度の比較

### 情報源

- EC 2004, Commission of the European Communities. *Commission Decision of 29/01/2004 establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and the Council*. C(2004) 130 final. [http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/emission/implementation_en.htm)
- EPA 2003a, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from the Cement Sector*. Draft for Comment through August 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2003b, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Indirect Emissions from Purchases / Sales of Electricity and Steam*. December 2003. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004a, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol: Design Principles*. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- EPA 2004b, United States Environmental Protection Agency. *Climate Leaders Greenhouse Gas Inventory Protocol Core Module Guidance: Direct Emissions from Stationary Combustion*. January 2004. <http://www.epa.gov/climateleaders/protocol.html>
- MoE (2003), Japanese Ministry of Environment. *Draft Guideline of Corporate Accounting on GHG Emissions (in Japanese)*. [http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1\\_5/mat\\_01.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/guide/pdf1_5/mat_01.pdf)
- WRI / WBCSD 2004, World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. *The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard*. Revised Edition. <http://www.ghgprotocol.org>

### 略語

- cli clinker クリンカ
- EF emission factor 排出係数
- GHG greenhouse gas 温室効果ガス
- HHV higher heating value (= gross calorific value) 高位発熱量
- LHV lower heating value (= net calorific value) 低位発熱量
- OPC ordinary portland cement 普通ポルトランドセメント
- TOC total organic carbon 全有機炭素量

項目	CSI Protocol, Version 2.0 セメント産業向けCO <sub>2</sub> プロトコル  (本プロトコル)	EU ETS Monitoring Guidance (EC 2004)  EU 排出権取引制度におけるモニタリング・ガイダンス(EC 2004年)	US Climate Leaders Program (EPA 2004a-b, 2003a-b)  米国クライメイト・リーダーズプログラム (EPA 2004a-b, 2003a-b)	Japanese GHG Reporting System (MOE 2003)  日本 GHG報告制度(温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン)(環境省 2003年)
<b>1) 排出源の範囲と算定に使用するパラメータ:</b>				
クリンカの脱炭酸 (プロセス由来の排出)	<p>クリンカ法(推奨する)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—クリンカ製造量</li> <li>—CaOとMgOのマスバランスから求めた工場固有の排出係数、または</li> <li>—工場データがない場合には、デフォルト排出係数値の 525 kg CO<sub>2</sub>/t cliを使用する</li> </ul> <p>炭酸塩法は、会社の意思に応じて、クリンカ法に代わって利用できる可能性のある手法として言及しているが、詳細については述べていない。</p>	<p>クリンカ法(EC 2004 p.76ff):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—クリンカ製造量</li> <li>—第二手法: クリンカと原料におけるCaOとMgO含有量をもとに(簡素化した計算式を使い<sup>8</sup>)計算した工場固有の排出係数</li> <li>—第一手法<sup>9</sup>: デフォルト排出係数値の、525 kg CO<sub>2</sub>/t cliを使用する</li> </ul> <p><b>炭酸塩法:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—調合原料使用量</li> <li>—調合原料の炭酸塩の含有量から求めた排出係数</li> </ul>	<p>クリンカ法(EPA 2003a)</p> <p>本プロトコルと同様</p> <p><b>炭酸塩法(又はセメント法)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—セメント製造量</li> <li>—セメントに対するクリンカ比率(デフォルト値は、普通セメント 0.95、混合セメント 0.75)</li> </ul> <p>原料に対するクリンカ比率のデフォルト値は 1.54</p> <p>調合原料に含まれるCaCO<sub>3</sub>とMgCO<sub>3</sub>のデフォルト値は 0.78</p> <p>排出係数計算のための可能な代替法として、炭酸塩から放出されるCO<sub>2</sub>測定に強熱減量(LOI)試験が示されている。</p>	<p>石灰石法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>—含水率 3.1%で修正した石灰石(乾燥ベース)の使用量</li> <li>—トン石灰石あたりの工場固有の排出係数</li> <li>—もし工場データがない場合には、デフォルト値として石灰石 1 トン当たり 417 KgのCO<sub>2</sub>排出量</li> </ul>
ダストの脱炭酸(プロセス由来の排出)	以下にもとづき計算する キルン内に残る粉塵の体積	廃棄するダスト量と以下にもとづき計算する	クリンカ法: 本プロトコルと同じ方法 炭酸塩法: 完全に脱炭酸していないキ	計算の必要はない。

<sup>8</sup> この計算式は原料中に存在するCaOとMgOの量に依存して排出を実際よりも過大気味に算出する。

<sup>9</sup> 第一手法は小規模の工場にのみ適用できる。(年間総排出量 ≤ 50'000 t CO<sub>2</sub>)

	クリンカの排出係数 ダストの脱炭酸率（デフォルト値は、 <b>100%</b> とする）	第一手法： <b>525 kg CO<sub>2</sub>/t dust</b> のデフォルト値 第二手法：クリンカの排出係数とダストの脱炭酸率	ルンダスト（CKD）を考慮することが必要である旨が示されている。	日本では、キルンダスト（CKD）の排出はほとんどない。
原料に含まれる全有機炭素（TOC）	以下にもとづき計算する： クリンカ製造量 調合原料に対するクリンカ比率のデフォルト値（ <b>1.55</b> ） 調合原料に含まれる有機炭素のデフォルト値（ <b>0.2%</b> ）とする 表計算シートで自動的に計算される。工場データの入力インプットは可能だが、必要条件ではない。	燃料からの排出と同様に算出（しかし、簡素化した方法を使うことができる。正確な要件についての詳細は別途参照のこと）	特に記載なし	特に記載なし
従来のキルン燃料とキルン以外で使用する燃料	以下のパラメータをもとに計算する （工場固有の）燃料使用量 （工場或いは会社固有の）燃料の低位発熱量 燃料の排出係数(kg CO <sub>2</sub> /GJ) より精度の高い排出係数が得られる場合を除き、セメント産業部会/IPCCの排出係数を使う 炭素の酸化係数は、 <b>100%</b> とする	以下を除き本プロトコルと同じ： － 低位発熱量と排出係数は、それぞれの工場と燃料ごとに測定する <b>(EC 2004 p.49)</b>	以下のパラメータをもとに計算する （工場固有の）燃料使用量 燃料の発熱量（供給側データ、或いはリストから得られる高位発熱量のデフォルト値） 燃料の排出係数(供給側データ、或いはリストから得られる高位発熱量当たりのデフォルト排出係数) 炭素の酸化係数（セメントキルン向けのデフォルト値は提供されていない）	<b>WRI / WBCSD (2004)</b> のプロトコルにしたがって計算する （工場固有の）燃料使用量 <b>HHV</b> （日本では、一般に高位発熱量が用いられる） 燃料の排出係数( <b>HHV</b> 当りで、工場或いは国固有の値) キルン以外で使用する燃料には、自家発電や乾燥炉の燃料が含まれる。
化石起源のキルン代替燃料	従来のキルン燃料での計算と同じ	従来のキルン燃料での計算と同じ	従来のキルン燃料での計算と同じ	以下のパラメータをもとに計算する － 廃棄物の使用重量（トン） － デフォルト排出係数（ <b>EF</b> ）は廃棄物ごとの <b>1</b> トン当たりの <b>CO<sub>2</sub></b> 排出量（ <b>Kg</b> ）を使う
バイオマスのキルン燃料	従来のキルン燃料での計算と同じであるが、 <b>IPCC1996</b> 年版のデフォルト値である固形	従来のキルン燃料での計算と同じであるが、排出係数 <b>EF</b> のデフォルト値	従来のキルン燃料での計算と同じであるが、排出係数のデフォルト値は下記	定量化は必要とされていない。

	バイオマス 110 kg CO <sub>2</sub> /GJを使う バイオマスからのCO <sub>2</sub> は総排出量に計算されないが、別途、備考として報告する	は、0 kg CO <sub>2</sub> /GJを用いる。	の通り 木材 92 kg CO <sub>2</sub> /GJ LHV 埋め立てガス 55 kg CO <sub>2</sub> /GJ LHV バイオマスからのCO <sub>2</sub> は総排出量には計上されないが、別途、備考として報告する	
廃水中の炭素	定量化は必要とされていない	明示されていない	明示されていない	明示されていない
CO <sub>2</sub> 以外の温室効果ガス	定量化は必要とされていない	現状のEU排出権取引制度（EU-ETS）は対象がCO <sub>2</sub> に限定されており、他のGHGの定量化は必要とされていない	CH <sub>4</sub> やN <sub>2</sub> O排出量は、次のパラメータから計算する －燃料の使用量（工場固有データ） －燃料ごとのデフォルト排出係数。 セメントキルンに関するCH <sub>4</sub> やN <sub>2</sub> Oについては、記載されていない。	キルン、ボイラーや他の炉からのCH <sub>4</sub> やN <sub>2</sub> O排出量は、それぞれのデフォルト排出係数を用いて算出する。

## 付録7 乗数の接頭語、単位、変換係数

### 接頭語と乗ぜられる倍数

乗ぜられる倍数	表記	接頭語	記号
1 000 000 000 000 000	$10^{15}$	peta ペタ	P
1 000 000 000 000	$10^{12}$	tera テラ	T
1 000 000 000	$10^9$	giga ギガ	G
1 000 000	$10^6$	mega メガ	M
1 000	$10^3$	Kilo キロ	k
100	$10^2$	Hecto ヘクト	h
10	$10^1$	Deca デカ	da
0.1	$10^{-1}$	Deci デシ	d
0.01	$10^{-2}$	Centi センチ	c
0.001	$10^{-3}$	Milli ミリ	m
0.000 001	$10^{-6}$	Micro ミクロ	$\mu$

化学化合物の略記		単位と略記	
CH <sub>4</sub>	Methane メタン	cubic metre 立方メートル	m <sup>3</sup>
N <sub>2</sub> O	Nitrous Oxide 二酸化窒素	hectare ヘクタール	ha
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide 二酸化炭素	gram グラム	g
CO	Carbon Monoxide 一酸化炭素	tonne トン	t
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides 窒素酸化物	Joule ジュール	J
NM VOC	Non-Methane Volatile Organic Compound メタンではない揮発性有機化合物	degree Celsius 摂氏温度	°C
NH <sub>3</sub>	Ammonia アンモニア	calorie カロリー	cal
CFCs	Chlorofluorocarbons クロロフルオロカーボン (フロンガス)	Year 年	yr
HFCs	Hydrofluorocarbons ケイフッ化水素酸	capita 資本	cap
PFCs	Perfluorocarbons ペルフルオロカーボン	Gallon ガロン	gal
SO <sub>2</sub>	Sulfur Dioxide 二酸化硫黄	dry matter 乾燥ベース	dm
SF <sub>6</sub>	Sulphur Hexafluoride 六フッ化硫黄		
CCl <sub>4</sub>	Carbon Tetrachloride 四塩化炭素		
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	Hexafluoroethane ヘキサフルオロエタン		

出典：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）1996年、国の温室効果ガス（GHG）インベントリ作成のためのガイドライン 1996年改訂版

## 変換係数

To convert from	To	Multiply by
grams (g)	metric tons (t)	$1 \times 10^{-6}$
kilograms (kg)	metric tons (t)	$1 \times 10^{-3}$
megagrams	metric tons (t)	1
gigagrams	metric tons (t)	$1 \times 10^3$
pounds (lb)	metric tons (t)	$4.5359 \times 10^{-4}$
tons (long)	metric tons (t)	1.016
tons (short)	metric tons (t)	0.9072
barrels (petroleum, US)	cubic metres (m <sup>3</sup> )	0.15898
cubic feet (ft <sup>3</sup> )	cubic metres (m <sup>3</sup> )	0.028317
litres	cubic metres (m <sup>3</sup> )	$1 \times 10^{-3}$
cubic yards	cubic meters (m <sup>3</sup> )	0.76455
gallons (liquid, US)	cubic meters (m <sup>3</sup> )	$3.7854 \times 10^{-3}$
imperial gallon	cubic meters (m <sup>3</sup> )	$4.54626 \times 10^{-3}$
joule	gigajoules (GJ)	$1 \times 10^{-9}$
kilojoule	gigajoules (GJ)	$1 \times 10^{-6}$
megajoule	gigajoules (GJ)	$1 \times 10^{-3}$
terajoule (TJ)	gigajoules (GJ)	$1 \times 10^3$
Btu	gigajoules (GJ)	$1.05506 \times 10^{-6}$
calories, kg (mean)	gigajoules (GJ)	$4.187 \times 10^{-6}$
tonne oil equivalent (toe)	gigajoules (GJ)	41.86
kWh	gigajoules (GJ)	$3.6 \times 10^{-3}$
Btu / ft <sup>3</sup>	GJ / m <sup>3</sup>	$3.72589 \times 10^{-5}$
Btu / lb	GJ / metric tons	$2.326 \times 10^{-3}$
lb / ft <sup>3</sup>	metric tons / m <sup>3</sup>	$1.60185 \times 10^{-2}$
psi	bar	0.0689476
kgf / cm <sup>2</sup> (tech atm)	bar	0.980665
atm	bar	1.01325
mile (statue)	kilometer	1.6093
ton CH <sub>4</sub>	ton CO <sub>2</sub> equivalent	21
ton N <sub>2</sub> O	ton CO <sub>2</sub> equivalent	310
ton carbon	ton CO <sub>2</sub>	3.664

Sources: International Energy Annual, 1998; <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/convheat.html>

BP Group Reporting Guidelines, 2000

Source: WRI / WBCSD CO<sub>2</sub> Protocol, Guideline for Stationary Fuel Combustion  
[www.ghgprotocol.org](http://www.ghgprotocol.org)

出典：WRI / WBCSD GHG プロトコル、定置燃料燃焼のためのガイドライン

## 付録8 改訂前のプロトコルと比較した主な変更箇所

セメント産業向けCO<sub>2</sub>プロトコルの改訂は、世界中の多くのセメント会社から寄せられた意見を採りこみ、ユーザーによる使い勝手の更なる向上、2章に述べている原則への準拠、およびWRI / WBCSDのGHGプロトコル改訂版との整合を目的に行われた。主な改定箇所は以下の通り。

Change / Item	Guidance Chapter	Spreadsheet (WS= Worksheet)
Adapted guiding principles of the protocol	2	--
Reworded section on calcination of raw materials, to improve transparency and reflect range of possible methods	3.2	--
Introduced accounting for organic carbon in raw materials	3.3	Lines 35ff; and WS <i>Calcination Factor</i>
Added section on CO <sub>2</sub> emissions from wastewater injected in kilns (Guidance document); changed spreadsheet accordingly	3.7	Deleted lines 29, 121, 151, 181, 231
Updated and moved section on methane and nitrous oxide	3.8	--
Extended the guidance on indirect CO <sub>2</sub> related to grid electricity	4	--
Introduced accounting for emission rights; changed definition of Net Emissions	5	Lines 64a-65a, 401-426
Updated section on consolidation of emissions	7	--
Added section on intra-company clinker transfers, and changed calculation of indirect CO <sub>2</sub> emissions from clinker imports	7.3	Lines 49a-d
Added section on management of inventory quality	8	--
Updated recommendations for corporate environmental reporting	9.2	--
Added instructions for determination of CKD calcination rate	Appendix 4	--
Updated default emission factors for some alternative fuels	Appendix 5	WS <i>Fuel CO<sub>2</sub> Factors</i>
Added comparison of main GHG reporting schemes (cement industry perspective)	Appendix 6	--
Added separate rows for the following fuels: <i>lignite, mixed industrial waste, animal bone meal, animal fat, and other biomass</i>	--	Lines 107a, 137a, 167a, 217a lines 113a, 143a, 173a, 223a; lines 120-123, 150-153, 180-183, 230-233; and WS <i>Fuel CO<sub>2</sub> Factors</i> , lines 6a, 12a, 18-21
Write-protected non-input cells	--	Whole spreadsheet
Net CO <sub>2</sub> emissions: Eliminated distinction between <i>calcination component</i> and <i>fuel component</i>	--	Deleted lines 71a, 71b, 74a, 74b, 78, 79
Added rows to allow for annual variations in CO <sub>2</sub> emission factors for kiln fuels	--	Added lines 185-209; changed formulas in lines 211-233 and 331-334
Changed format of input cells requiring percentage data	--	Assigned percentage format to line 24, and changed connected formulas. Analogous in WS <i>Calcination Factor</i>