

セメント産業部会



セメント産業向けCO₂・
エネルギー算定
報告基準

2011年5月13日

セメントCO₂・
エネルギープロトコル



1	はじめに	2
1.1	プロトコルVer.3への改定にあたって	2
1.2	目的	3
1.3	他のCO ₂ プロトコルとの関係	3
1.4	組織境界と活動境界の設定	4
2	本CO ₂ とエネルギープロトコルでの原則	6
3	セメント製造から直接排出される温室効果ガス	8
3.1	概要	8
3.2	原料の脱炭酸によるCO ₂ 排出	10
3.3	原料法(A1)と(A2)	12
3.4	クリンカ法(B1)と(B2)	15
3.5	化石燃料からのCO ₂ 排出	17
3.6	代替化石燃料とバイオマス燃料からのCO ₂ 排出	18
3.7	キルンでの使用燃料からのCO ₂	19
3.8	キルン以外での使用燃料からのCO ₂	20
3.9	排水から排出されるCO ₂	21
3.10	CO ₂ 以外の温室効果ガス	21
4	温室効果ガスの間接排出	23
5	グロスとネットのCO ₂ 排出量	25
5.1	概要	25
5.2	グロスCO ₂ 排出量	26
5.3	ネットCO ₂ 排出量と廃棄物を代替化石燃料として 利用することによる間接的な排出量の削減	27
5.4	その他の間接的排出量削減	28
6	実績指標	31
6.1	はじめに	31
6.2	排出原単位計算のための分母	31
6.3	その他の指標計算のための分母	32
6.4	クリンカの在庫変動と購入販売の処理	33
6.5	新しい実績指標(KPI)	33
7	集計対象組織範囲	34
7.1	どこまでの施設を範囲とするのか	34
7.2	経営支配と出資支配の基準	34
7.3	排出量と排出権の合算の仕方	36
7.4	グループ内でのクリンカ、セメント、混合材の移送の取り扱い	36
7.5	基準排出量と排出権の獲得と未達分の償却	37
8	管理するCO ₂ 排出源の品質	38
8.1	WRI/WBCSDのプロトコルの推奨事項の概要	38
8.2	不確かからしさの処理	40
8.3	重要性の判断基準	41
8.4	数値の検証プログラム	41

9	報告方法の推奨事項	42
9.1	はじめに	42
9.2	企業の環境報告	42
9.3	報告の対象期間	43
9.4	WRI/WBCSD GHGプロトコルの範囲	43
10	詳細情報	45
11	参考文献	46
12	用語集、略語集	47
付録		
A1	セメントCO ₂ エネルギープロトコル計算表	52
A2	セメント製造における温室効果ガス源と削減オプション	53
A3	脱炭酸によるCO ₂ 排出に関する詳細説明	56
A4	原料と燃料の排出係数の出所	59
A5	既定値ならびに単位系、変換係数	61
A6	Ver.2からの主な変更点	63
A7	Ver.3における実績指標(KPI)	66
A8	CO ₂ データの検証に関する要求事項	73





1 はじめに

1.1 プロトコルVer.3への改定にあたって

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温室効果ガスの監視と報告の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(CO₂)の問題がある。CO₂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、CO₂排出量の算定と報告の手法、すなわち「セメント産業向けCO₂プロトコル」に関する意見をまとめた。同プロトコルは、セメント産業特有のニーズを考慮しつつも、WBCSDと世界資源研究所（WRI）が共同で開発した「GHGプロトコル」との整合性が十分に図られているものである。

世界中の多くのセメント会社によって「セメント産業向けCO₂プロトコル」を実際に適用した知見に基づく改定を加え、2004年4月に改定されたプロトコルはWRI/WBCSD Greenhouse Gas Protocol¹の改定版に整合させた、「セメント産業向けCO₂プロトコル」第二版を2005年6月に発表しました。

CSIのGNRプロジェクトにおいて世界中の多くのセメント会社によって数年の間の適用を経た第二版における広範な経験と評価を基に、「セメント産業向けCO₂エネルギープロトコル」第三版は、2011年5月に発表されました。第三版は2011年のデータ収集から適用されます。

エネルギー(燃料、電力)のデータは、CO₂排出量を計

算するのに重要なものであるので、本プロトコルの名前を「セメントCO₂エネルギープロトコル」と改正した。

今回のプロトコルの改訂は、次の点を主眼として行なわれました。

- > 従来のセメント質製品ベースに加えセメントをベースとした新たな実績指標(KPI)を加えた。
- > バイオマスと化石代替燃料中のバイオマス分からのCO₂は、気候変動に影響を与えないもの(メモ事項)として計上することにした。
- > 自家発電からのCO₂排出を報告するためにより詳細な方法を導入した。
- > キルン投入原料中の炭素量からCO₂排出量を検出する方法を新たに導入した。方法は、簡便法と詳細法を準備した。
- > キルン以外の燃料を含めて、多様な燃料を報告できるように改良した。
- > 今迄集計したデータは、第三版で変更された計算式に従って再計算して変更するようなことはしない。
- > 会社レベルあるいは国レベルでの集計結果に材料の受け渡しに2重計上される問題を解決した。
- > より使用者が使い易いよう、また、データの品質

確保のための検証ツールを搭載した。

第二版と第三版の主要な変更点を付録6と7に示す。

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CO₂排出量の算定

手法を提供するものである。セメント製造過程と自家発電に関連するすべてのCO₂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³を算定できるようにしている。本プロトコルは、大きく3つの部分から構成されている；

1. 本解説書
2. 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CO₂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。そして
3. 表計算シートや解説書のより詳細な解説と良くある質問に対応するwww.Cement-CO2-Protocol.orgにて提供されるインターネットマニュアル。

本解説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手順の説明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よう、付録2にセメント製造プロセスの概要を示した。加えて、より詳細な本プロトコルの運用法と表計算シートの説明をインターネット(www. Cement- CO2-Protocol.org)で提供している。

12章に用語略語集を添付した。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5に記した。

1.3 他のCO₂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 (2006) と互換性を有している。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。

IPCCガイドライン2006(Vol. III, Chapter 2.2.1.1, Equation 2.3)では、セメント製造からのCO₂排出量の報告方法として原料を基準として計算する方法(原料法)をティア(選択肢)³として導入した。この方法は、非常に多くの原料の化学成分の連続的測定を必要とし、多くのセメント工場で適用することが実際的でない。

通常、異なる原料は、原料ミルで粉砕前あるいは粉砕中に均際化の調整がされる。

CSI作業部会は、セメント工場での原料からの脱炭酸によるCO₂排出量を原料法の代替方法で行なうことを推奨する。

工場では、キルン系で使用する調合原料の量を測定している。

多くの工場では、製造工程や製品品質の管理のために、化学分析を含む方法で、均際調整された調合原料の定期的測定を実施している。

消費される調合原料に基づく原料法は、いくつかの国のいくつかの工場で良好に適用されており、IPCCガイドライン2006の選択肢³よりも、より実用的である。

この方法は、本プロトコルの3.3節で簡便原料法A1、詳細原料法A2として取り上げた。

多くの設定によって、第三版では少なくとも2つの異なる詳細さで報告を可能とした。

一つは、社内用や本プロトコルによる報告をはじめ

たばかりの会社用に、既定値を使用した簡便な方法。

もう一つは、欧州温室効果ガス取引制度(EU-ETS)のような確たる制度に基づいて報告をする会社やすでに長い間報告をしている経験豊かな会社用のより詳細な方法。

第二版から第三版への改定は、他の枠組みと重複しての報告が必要であった経験を動機としている。つまり、代替燃料に含まれるバイオマス分の繰り入れ方法をEU温室効果ガス排出権取引制度(EU-ETS)の方法と同様とした。

一方、自家発電からのCO₂排出を詳細に区分けしたことは、自家発電が多く使われているアジア(中国、インド)地区に工場を有する会社のCSIへの加入の増加に応えたものである。

よって、第三版は、セメント会社がIPCCの要件に従ったかたちでの各国政府へのCO₂排出量報告を可能としている。さらに本プロトコルは、以下の様々な枠組みのもとで工場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(EU ETS)⁵;
- > 日本政府「使用エネ法」⁷と「温対法」⁶

さらに、新しいセメント産業CO₂プロトコルが現在中国で開発中である。時には、自主的あるいは強制的な制度下での報告に対する要求事項が、本プロトコルと異なることに注意が必要である。つまり、CO₂の排出報告をするときは、常にどのプロトコルを使用したかを明らかにする必要がある。

1.4 組織境界と活動境界の設定

インベントリ（排出源一覧）の作成過程において、適切な集計対象範囲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）とISO14064-1⁸に従い組織境界と活動境界を設定している：

組織上の集計対象範囲の設定は、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）までを集計範囲に含めるか、また、これら事業の排出量をどのように集計するかについて定めることである。

7章「組織境界」に本プロトコルの集計対象範囲の設定法を記述した。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工場内における、以下の活動を報告に含めなければならない：

- > クリンカ製造（原料の採掘と調整を含む）；
- > 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ンカ、混合材およびスラグなどのセメント代替材の粉砕；
- > 自家発電での燃料使用、と
- > 工場内での燃料やフライアッシュの調整・加工
- > **活動境界**とは、インベントリに含める排出源の種類をいうものである。大きくは、直接排出と間接排出に分けられる：
- > **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。直接排出には、自家発電で使用する燃料からの排出も含む。
- > **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(買電)、その電力を発電するための排出がそのセメント会社の間接排出となる。

本プロトコル第3章に、セメント工場で直接排出と扱われるものの詳細を記述した。間接排出として取り扱うものについては第4章に記述した。

活動境界に関しては、WRI/WBCSD GHGプロトコル

で「スコープ(範囲)」の概念を再度確認するのがよい。

- > **スコープ1**とは、事業者が所有または管理している排出源から発生する直接排出を言う。例えば、所有あるいは管理しているボイラー、炉、車両などにおける燃焼(燃料使用)による排出である。ただし、バイオマスの燃焼による直接排出は、スコープ1に含めず、例えばメモ事項として別途報告する。
- > **スコープ2**とは、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を発電することから生じる間接排出を言う。購入電力とは、組織集計対象範囲内で購入されたあるいは引き込まれた電力を言う。スコープ2の排出は、物理的には電力が発電された場所で起こっているものである。
- > **スコープ3**とは、その他のあらゆる間接排出を含める追加的な報告カテゴリである。

スコープ3に属する排出とは、会社活動の結果として排出されるもので、排出源が会社の所有あるいは管理下に無い所からの排出を言う。

スコープ3の例としては、購入材の製造時の排出、購入燃料の輸送時の排出、販売した製品・サービスの使用時の排出などがある。その他の例は、ISO14064-1⁸, Annex Bに列記されている。

WRI/WBCSD GHGプロトコルでは、企業は、スコープ1と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している。また、検証は、スコープ1と2とも対象として実施しなければならない。本セメント産業向けCO₂エネルギープロトコルは、9.4節で記した幾つかの例外を除き、この要求事項を順守することとしている。



2 本CO₂エネルギー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)** : 設定した集計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漏れなく報告すること。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)** : 排出量の有効な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。データ、インベントリ境界、手法またはその他の関連要素の変更の履歴を文書化して保存すること。
- > **透明性(Transparency)** : すべての関連事項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・計算手法や情報源の出典を明らかにすること。
- > **正確性(Accuracy)** : GHG排出量の算定が、推定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、かつ、算定に際し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. 達成した直接あるいは間接のCO₂削減の全てを反映すること。
5. 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ニーズに適応できる柔軟なツールを提供すること : モニタリング目的例 - 環境パフォーマンスの内部管理、環境報告書の公表、CO₂課税制度における報告、CO₂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。

2.1 計算と実測

原則として、工場におけるGHG排出量は、計算あるいは実測によって算定されます。セメントCO₂エネルギープロトコル第三版は、第二版と同じく計算法を採用しています。

計算を基本とした方法の使用において、原料系からの排出は、実測された投入あるいは生産量と試験分析値から得られた係数(発熱係数、炭素含有量、バイオマス含有量など)あるいは既定値によって算定される。

実測を基本とする方法では、排出源からの排出は、燃焼ガス中の温室効果ガス濃度の連続測定値とガス流量から算定される。

全体としての不確かさは、多様な係数の決定方法の精度に起因する。

産業界は長年の経験により、燃料使用量や製品生産量の精度良く報告することができる。

また、発熱量などの標準となる係数の分析を高精度で行なうことができる。

CO₂排出を計算法によって算定する場合の重要な影響因子は、標本の代表性である。

濃度測定の精度は、長い経験により精査され高められている。それゆえ、標本の代表性が重要である。

実測法の適用が制限される要因は

- > 流量測定の精度が低いこと
- > 削減対策の評価が不可能なこと
- > 計算法と実測法とを比較した経験が少ないこと

そのことがしばらくの間実測法を適用することの障害となる。計算方法は、より推奨される方法である。



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、報告する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、CO₂の直接排出は、以下の排出源からの排出により構成される。

1. 炭酸塩(原料石灰石)の脱炭酸および原料に含まれる有機炭素の燃焼
2. クリンカ製造のための化石由来のキルン燃料の燃焼(3.7節参照)
 - a. 化石キルン燃料の燃焼
 - b. 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）およびバイオマス含有燃料の燃焼
 - c. バイオマス燃料（バイオマス廃棄物を含む）とバイオ燃料の燃焼
3. キルン以外の燃料の燃焼(3.8節参照)
 - a. 化石キルン燃料の燃焼
 - b. 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）およびバイオマス含有燃料の燃焼
 - c. バイオマス燃料（バイオマス廃棄物を含む）とバイオ燃料の燃焼
4. 自家発電で使用する燃料の燃焼、
5. 廃水中に含まれる炭素の燃焼

表1：直接排出のCO₂量を計算するための計算に用いる数量とその算定方法。燃料の排出係数の既定値についてはプロトコル計算表を参照のこと。

排出源	計算に用いる数量	単位	数量の推奨算定法
原料からのCO₂：原料投入に基づく方法(A1, A2)			
> クリンカ製造で消費される原料の脱炭酸	調合原料消費量キルン投入量 戻ダスト調合原料のCO ₂ 含有率又は強熱減量(LOI)	トン トン 質量分率 質量分率	計算 工場での実測 工場で設定 工場での実測
> ダストの脱炭酸	バイパスダストを除く、キルン系から搬出されたダストダスト中のCO ₂ 含有量あるいは強熱減量	トン 質量分率	工場での実測 工場での実測
詳細原料法A2では			
> バイパスダストの部分的脱炭酸	キルン系から搬出されたバイパスダストとバイパスダストのCO ₂ 含有率	トン 質量分率	工場での実測 工場での実測
> 調合原料に含まない追加的原料	追加的原料 追加的原料のCO ₂ 含有量	トン 質量分率	工場での実測 工場での実測
原料からのCO₂：クリンカに基づく方法(B1, B2)			
> クリンカ製造で消費される原料の脱炭酸	クリンカ生産量 クリンカの排出係数	トン kg CO ₂ /t-クリンカ	工場の実測値 既定値：525；あるいは詳細クリンカ法(B2)において計算される値
> ダストの脱炭酸	キルン系から搬出されるダスト	トン kg CO ₂ /t-クリンカ	工場の実測値 既定値：525；あるいは詳細クリンカ法(B2)において計算される値
> 原料中の有機炭素	クリンカの排出係数 ダストの脱炭酸程度 クリンカ生産量 調合原料：クリンカ比 調合原料中の有機炭素	脱炭酸率 トン・クリンカ t _{CO₂} /t _{クリンカ} 質量百分率	工場の実測値 既定値=1.55；実測値等へ変更可 既定値=0.2%；実測値等へ変更可
詳細クリンカ法(B2)			
> クリンカ製造で消費される原料の脱炭酸	クリンカ中のCaO + MgO	質量百分率	工場の実測値

t=メートル法のt_{CO₂}、AF=代替燃料、cli = クリンカ、TOC = 有機炭素量

排出源	計算に用いる数量	単位	数量の推奨算定法
> クリンカの排出係数の補正	原料中のCaO + MgO	質量百分率	工場の実測値
	原料中のCa + Mgシリケート(例えば 粘土鉱物の一部)	トン	工場の実測値
		質量百分率	工場の実測値
		トン	(リートベルト法など) 工場の実測値
キルンとキルン以外での燃料の燃焼からのCO₂			
> 従来(化石)燃料	燃料使用量	トン	工場の実測値
	低位発熱量	GJ/t燃料	工場の実測値
	排出係数	t CO ₂ /GJ燃料	IPCC/CSIの既定値又は実測値
> 代替化石燃料(化石AF)とバイオマス混合燃料	燃料消費量	トン	工場の実測値
	低位発熱量	GJ/t燃料	工場の実測値
	排出係数	t CO ₂ /GJ燃料	CSIの既定値又は実測値
	バイオマス成分含有率	質量百分率	CSIの既定値又は実測値
> バイオマス燃料(バイオマスAF)	燃料消費量	トン	工場の実測値
	低位発熱量	GJ/t燃料	工場の実測値
	排出係数	t CO ₂ /GJ燃料	IPCC/CSIの既定値又は実測値
> 排水の燃焼	-	-	算定は、要求しない

t = メートル法のt、AF = 代替燃料、cli = クリンカ、TOC = 有機炭素量

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、算定に必要な数量と推奨する数量の算定法をまとめている。計算シートに入力する数量に関する詳細は、インターネットで提供するマニュアルに記述されている(www.Cement-CO₂-Energy Protocol.org)。

一般的に入力する数量は、工場で実測されたものを用いることが推奨される。工場或いは会社固有の実測値が入手できない場合は、推奨された国際的な規定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、他の既定値(例えば、国の既定値)を国際的な既定値に優先して使用する場合も起こり得る。以下の節に原料の脱炭酸によるCO₂排出量の報告に関する算定方法の選択に関し記述した。

3.2 原料脱炭酸からのCO₂排出

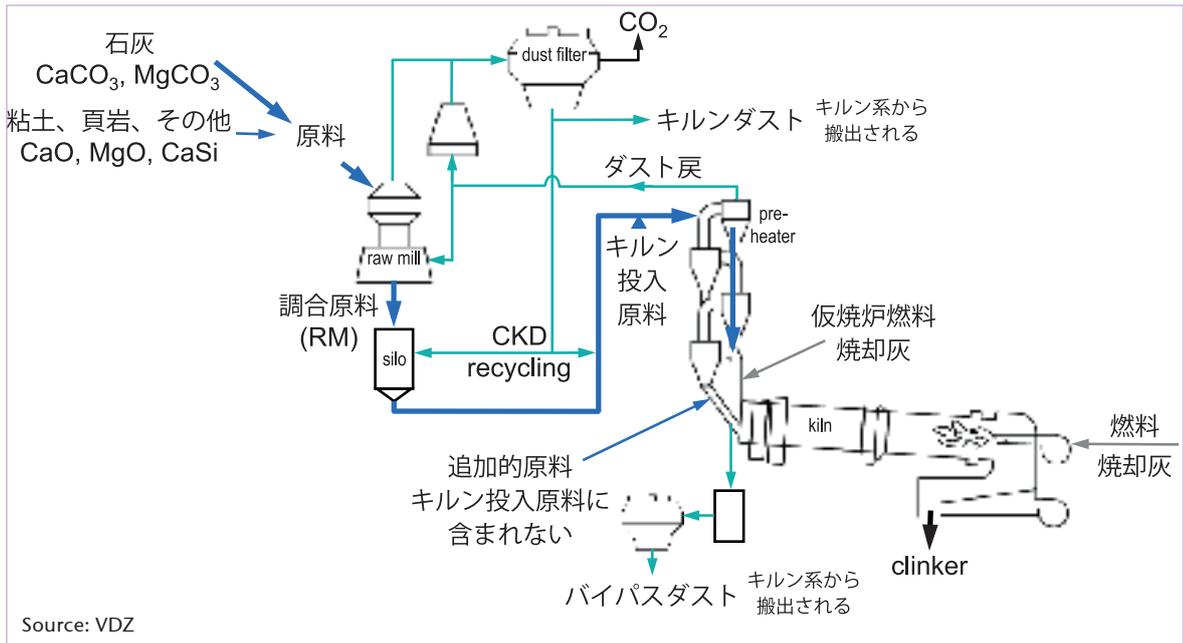
脱炭酸とは、熱処理プロセス中に調合原料の炭酸塩からCO₂が放出されることである。

脱炭酸によるCO₂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。

サイクロンプレヒーターを有するキルンでのクリンカ製造工程における物質の流れの例を次の図に示す。

工場にあつては、脱炭酸によるCO₂排出量は以下の2つの方法で算出することができる：①消費された調合原料の量とその中に含まれる炭酸塩の質量百分率(原料法)、②製造されたクリンカとキルン系から搬

図1：ロータリーキルンとサイクロンプレヒーター付きキルンのクリンカ製造工程における物質の流れの例



出されたダストのそれぞれの量とその組成(クリンカ法)。

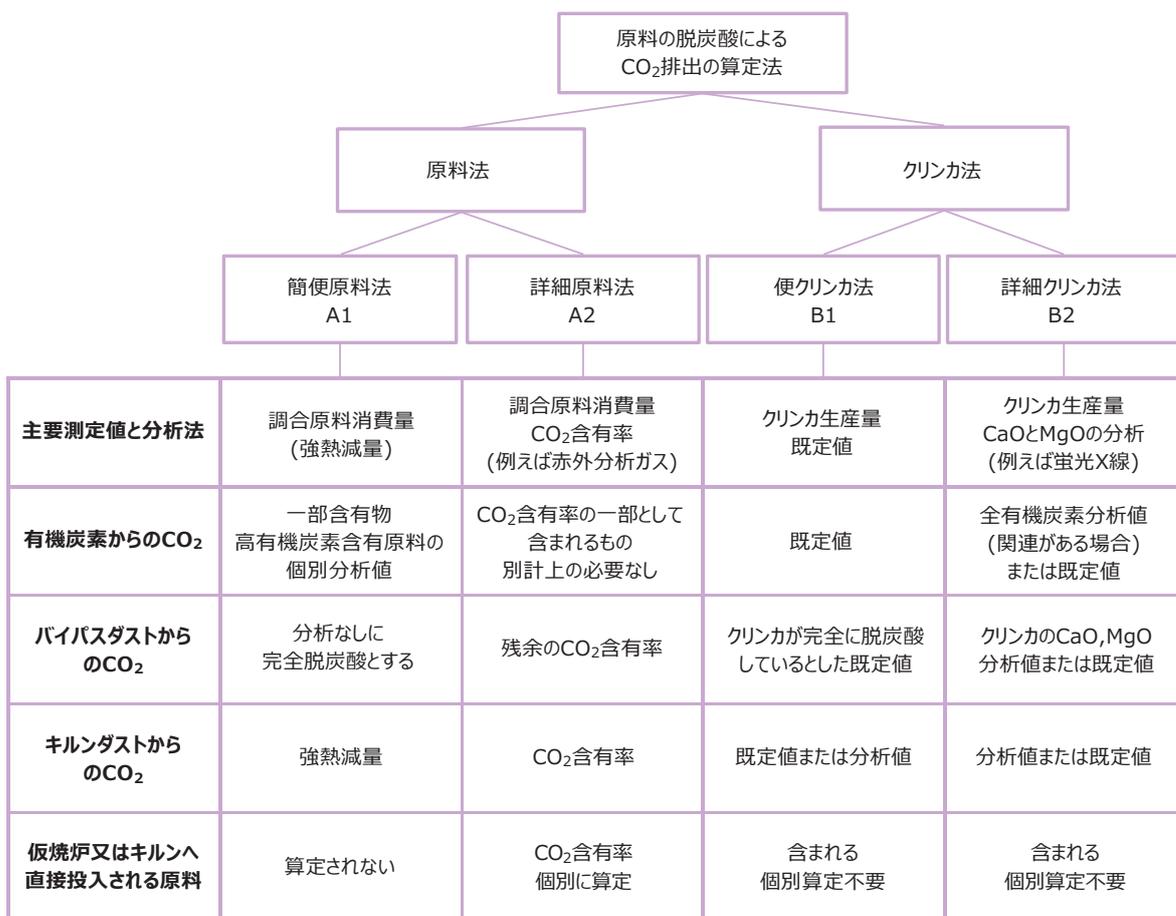
クリンカ法はヨーロッパで良く使用されている。原料法、クリンカ法のどちらも国家GHGインベントリ向けのIPCCガイドライン2006(クリンカ法Tier 1 and 2として、原料法はTier 3として)とEU温室効果ガス排出権取引制度(EU-ETS, 原料法Aとして、クリンカ法Bとして)における温室効果ガス排出量報告(MRG)で推奨されている方法である。

原料法もクリンカ法も理論的には等しい。WBCSD/CSIIは、第三版の計算シートに両計算方法を取り込むことを決めた。それぞれの会社は、適用する算定方法を原料法とするかクリンカ法とするか選択する。どちらを選択するかは、適正なデータと物質の流れの測定の容易性によって判断される。計算シートでは、さらに簡便法あるいは詳細法を適用することを可能としている。簡便法と詳細法の選択は、データの入手可能性と報告をどのように利用するかによって決定される。実務上可能な範囲で適正な精度のデータが入手可能であるならば、詳細法での報告が推奨されている。簡便法は、CO₂の報告を開始する会社への入門法として準備されている。数年間簡便法を利用することによって測定品質の管理法や適正な測定法とCO₂の算定方法に熟達した後は、可能ならば全ての工場で詳細法を適用することを始めな

ければならない。その場合、キルンへ直接投入される原料に炭酸塩化合物を含むもの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、キルン系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。計算シートの入力値、調合原料の変数、キルンフィード、キルンダスト、バイパスダスト、クリンカの質量は乾燥状態のものとする(湿分1%以下)一般的に、キルン系の工程の中では、測定値の湿分は無視できる程度である。

燃料からのCO₂排出量の報告によって燃料の燃焼灰中の炭酸塩の脱炭酸によるCO₂の排出も比較的少量であるが完全に算入される。一般的に、有機全炭素(TOC)と無機全炭素(TIC)の両方を含んだ炭素含有率(TC)を元に燃料の排出係数を設定している場合、上記のことは保証されている。TOCとTICを多く含む原料(例えば下水汚泥)は、燃料と原料の両面から算定することが好ましい。どのような場合でも、それらの使用からのCO₂排出量が算定されて完全なものとなる。

図2は、原料の脱炭酸の主発生源を特定するための方法と方法論を提案する。



3.3 原料法(A1)と(A2)

原料法とは、戻ダストを考慮したキルンフィード（キルン投入原料）からクリンカ製造のために消費された調合原料量を算定することを基本とした算定法である。簡便法A1、詳細法A2とも以下のものを計上する。

- > クリンカ生産に伴う原料の脱炭酸からのCO₂排出
- > キルンから搬出されたバイパスダストとキルンダスト(CKD)からのCO₂排出
- > 原料中の有機炭素(TOC)からのCO₂排出

これらを算出するのに必要な別シートが計算シート群に、工場シートとは別に準備されている。別シート「CalcA1」または「CalcA2」で計算された結果を工場シートで使用する。

(1)調合原料消費量：キルン系から搬出された脱炭酸したバイパスダストを含むクリンカ製造のために消費された調合原料の量は、工場で実測した**キルンフィード**の量から算定される。キルンフィードの計測は、原料法で報告する場合の最終的な精度を左右する基本的で重要な測定である。

キルンフィードの量は、別シート「CalcA1」または「CalcA2」では、プレヒーターから戻されキルンフィードや調合原料サイロへ戻されるあるいはキルンダスト(CKD)としてキルン系から搬出されるダスト量の量を差し引くことで補正される。物質の流れの概念図を図1に示す。キルンフィードの補正は、戻ダストの2重計上をさけるために、戻ダスト率によって補正される。この考え方に沿って、キルン系からキルンダスト(CKD)は、戻ダストの一部として計上され、それゆえキルンフィード量から差し引かれる。基本原則として、原料法では、キルン系から排出さ

れるバイパスダストを含むクリンカの製造のために消費した原料の量を計算する。

キルンフィードに対する戻ダストの率は、工場で算定されなければならない。上記の問題に対し、以下二つの方法を適用することができる。

- > 直接戻ダスト量を計量して算出する方法
- > キルンにおける物質収支から戻ダスト率を算定する方法。この方法では、キルンフィード量、燃料の灰分量などの投入量とクリンカ生産量、調合原料の強熱減量、キルン系から搬出されるダストなどの排出量の一定期間の収支から、ダストの戻サイクルへ回る戻ダストの収率を計算する。計算事例の計算シートをインターネットで提供していません。(www.Cement-CO2-Protocol.org)

いづれにしても、適用した方法により算定した戻ダスト率が十分な精度を有するようにならなければなりません。排出報告のためには、キルン運転におけるある期間採用した方法が、その期間のキルンの運転状態を代表していなければなりません。一般的に、運転状態を代表させるには、全期間に渡って、また、運転状態の変化に併せて戻ダスト率の変化を繰り返し測定することが必要です。

消費された調合原料の脱炭酸によるCO₂排出量は、原料詳細法A2では脱炭酸していない調合原料中(RM)のCO₂含有量の質量百分率を乗じて、原料簡便法A1では調合原料の強熱減量(LOI)を乗じて計算される。調合原料の量は、工場で定期的に実測によって求められる。

差異が取るに足らない場合で調合原料の定期的分析が困難な場合、調合原料をベースにすることに替えてキルンフィードをベースとして各種の計算のための数値を算定しても良い。差異が取るに足らない場合とは、戻ダストの脱炭酸が完全である場合(乾式プレヒーター付きのキルンの場合)やキルン系内を循環するダスト量が非常に少ない場合である。

- > 原料簡便法A1において、この代替を適用するためには、キルンフィードと調合原料の量の差が1%以下でかつ戻ダストの脱炭酸率dが5%以下であることが必要である。
- > 原料詳細法A2において、この代替を適用するためには、キルンフィードベースと調合原料ベースで報告するCO₂排出量に精度上の限界を超える誤差や実務上の差異が理論的に生じていないことを実証しなければならない。

クリンカ製造に使用する原料には、無機炭酸塩に加えて少量の有機炭素が含有している。これは一般的に原料の熱処理中にCO₂として排出されるものである。原料法において、有機炭素からのCO₂排出も報告するCO₂排出量に含める排出源とするべきである。

原料詳細法A2においては、CO₂の含有量測定は、調合原料と全ての追加原料からのCO₂排出を完全に算定するものでなければならない。この意味する所は、原料の無機炭素(TIC)からと有機炭素(TOC)からのCO₂排出を全て包含しなければならないことを示す。通常、調合原料を過熱し完全に酸化させ放出されたガスの全炭素分析あるいはCO₂の赤外分析による計測法を用いた場合にのみ可能である。

原料簡便法A1では、強熱減量(LOI)を全て炭酸塩からの脱炭酸によるCO₂の排出量として計算する。通常、有機炭素起源のCO₂は比較的少ない。それらは強熱減量の測定であっても計測されるが、完全に補足されるわけではない。一方、有機炭素(C)と炭酸(CO₂)の質量差によってもたらされるこの不完全性よりも、原料に残る少量の水分が加熱中に放散されることによる誤差の方が大きい。このことによる質量減も強熱減量として測定され。よって、強熱減量をベースとした原料簡便法で排出報告をする場合、調合原料の脱炭酸と熱処理による全CO₂排出の算定量は若干精度が低いものとなる場合が多い。有機炭素含有量の多い原料を使用する場合は、強熱減量で測定する代わりに、有機炭素(TOC)からのCO₂排出を含んだCO₂含有量を使用する原料詳細法A2を適用すべきである。有機炭素含有量の多い頁岩やフライア

ッシュを原料としてかなりの量キルンに投入している工場では、A2法を適用することが必要である。そのような原料の有機炭素分を分けて仮想的に燃料部に計上することも可能である。つまり、原料を(脱炭酸の区別によって)原料の部分(鉱物と炭酸塩)と燃料の部分(有機炭素を基準として)に区別することである。

(2)キルン系から搬出されるキルンダスト(CKD)とは、キルンフィードとして再利用されない全てのダストを指す。つまり、外販したものの、セメントや他の製品に添加されたもの、廃棄物として処理されたものなどである。本プロトコルでは、キルン系から搬出されるキルンダスト(CKD)の定義にバイパスダストは含ず、バイパスダストは区別して取り扱う。キルン系から搬出されるキルンダストの量は、消費された調合原料の算定概念に副って実測したキルンフィードから戻ダストの一部として差し引かれる(上記参照)。そして、キルン系から搬出されたキルンダストの脱炭酸によって排出されるCO₂は、区別して考慮しなければならない。乾式製法では、キルンダストは脱炭酸していない場合が多い。一方、半乾式、半湿式、湿式製法では、一部脱炭酸しているキルンダストが搬出される場合が多い。その脱炭酸によるCO₂排出を計上する必要がある。調合原料に戻すバイパスダストの脱炭酸によるCO₂排出は、消費された調合原料を起源とする脱炭酸のCO₂として既に計上されている。

キルン系から搬出されるキルンダスト(CKD)からのCO₂排出は、工場で実測されるそれぞれのダストの量とそのCO₂含有量あるいは強熱減量を基に計算されなければならない。CO₂含有量あるいは強熱減量と未脱炭酸調合原料(RM)から、排出係数EF_{CKD}は、原料法A1、A2に準備されている補助計算表に埋め込んである以下の式によって計算される。

$$\text{式1: } EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} \times d}{1 - fCO2_{RM} \times d}$$

$$\text{式2: } d = 1 - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD}) \times fCO2_{RM}}$$

ここに EF_{CKD} = 一部脱炭酸したキルンダストの排出係数(t CO₂/t CKD)

$fCO2_{RM}$ = 調合原料中の炭酸化しているCO₂の質量百分率

d = キルンダスト脱炭酸率(調合原料中の炭酸化しているCO₂の比率として表される排出されるCO₂)

$fCO2_{CKD}$ = キルンダスト中の炭酸化しているCO₂の質量百分率

原料簡便法A1では、 $fCO2_{RM}$ と $fCO2_{CKD}$ は、それぞれ強熱減量の LOI_{RM} and LOI_{CKD} に置き換えられる。脱炭酸率 d は、好ましくは工場固有の数値を用いる。そのような数値がない場合、乾式キルンの場合、脱炭酸の程度はないか無視できる程度なので既定値0を使用する。一方、他の方式(半乾式、半湿式、湿式)の場合、脱炭酸率は相当程度進んでいる。データがない場合は、それらのキルンでの既定値を1とする。この数値は保守的なもので、キルンダスト関連からの排出を過度に見積もる。式1は、調合原料分析に基づき、一方式5はクリンカの排出係数に基づいている。両方法とも同じ結果を算出するはずである。付録3に式1と2と5の詳細を示した。

ダスト量の工場固有のデータがない場合、IPCCで定める廃棄ダストからのCO₂排出(クリンカCO₂の2%、付録4参照)の規定値を使用する。この場合、キルン系から搬出されるダストの量としては、既定値はきわめて低いことに注意が必要である。それゆえ工場あるいは会社の固有の数値を用いることが本当に好ましい。

(3)バイパスダストの部分脱炭酸：一般的にキルン系から搬出されるバイパスダストは完全に脱炭酸している。この仮定は、原料簡便法A1に適用されている。一方、ある形式のキルンのバイパスダストは部分脱炭酸しかしていない。バイパスダストの搬出量とその脱炭酸程度に依存して、原料の脱炭酸からの報告される排出量の精度は左右される。そのような場合、原料詳細法A2を適用することとキルン系から搬出されるバイパスダストの量とバイパスダストのCO₂含有量に工場の実測値を用いることが好ましい。キルンから搬出されるバイパスダストの物質の流れの中に残るCO₂の量は、消費された調合原料の脱炭酸によるCO₂の量から差し引かなければなら

い。これは、バイパスダストの未脱炭酸の補正である。

(4)キルンフィードに含まれない追加的原料：原料詳細法A2は、追加的原料を考慮できるようにされている。キルンフィードに含まれない追加的原料が直接キルンに投入される場合、原料簡便法A1は使用できない。どちらの種別の材料も、有機炭素(TOC)から排出されるCO₂を含むCO₂含有量と使用量を工場で実測しなければならない。比較的有機炭素含有量の多い材料を、排出係数を考慮して燃料としても計上した場合のみ、原料部で追加的原料として計上する部分が総無機炭素に限定される(TIC、3.6節と比較)

補助シート「CalcA1」実行される原料簡便法A1の式は以下の通り：

式3：原料中のCO₂含有量 = キルンフィード量×(1-戻ダスト率)×調合原料強熱原料+キルン系から搬出されるキルンダスト量×キルンダストの排出係数

補助シート「CalcA2」実行される原料詳細法A2の式は以下の通り：

式4：原料中のCO₂含有量 = キルンフィード量×(1-戻ダスト率)×調合原料中の炭酸化CO₂率+キルン系から搬出されるキルンダスト量×キルンダストの排出係数-キルン系から搬出されるバypassダスト量×バypassダスト中のCO₂含有率+(追加原料量×追加原料中のCO₂含有率の和)

式3と4の記号の解説CO₂ Raw Materials = 原料からのCO₂排出量(t CO₂/yr)、プラントの39行キルンフィード=工場で実測されたキルン投入原料量(t/yr)

Dust Return Correction = キルンフィードに対する戻ダストの質量百分率

LOI_{RM} = 調合原料の強熱減量

fCO₂_{RM} = 有機炭素からのCO₂排出を含む調合原料中のCO₂含有質量百分率

CKD leaving kiln system = キルン系から搬出されるキルンダストの量

EF_{CKD}=部分脱炭酸したキルンダストの排出係数

BypassD leaving kiln system = キルン系から搬出されるバypassダストの量(t/yr)

fCO₂_{RM} = バypassダスト中のCO₂含有質量百分率

ARM_i = キルンフィードでないi番目の追加的原料の量(t/yr)

fCO₂_{ARM,i} = i番目の追加的原料のCO₂含有質量百分率

原料法の概念に対する調整：工場においてある物質の流れが反映されるよう、そしてその正しい計上を確保するために、特別な場合には、原料法の概念を調整する必要がある。そのような場合、付随する調整は、プラントシートではなく、補助シートの中で行なわなければならない。その調整は、全ての物質の流れの概観が添付されて説明されなければなりません。さらに、完全にあるいは一部脱炭酸化された原料や原料中の有機炭素からのCO₂排出は、調整された方法により、より正確に完全に計上されることを実証しなければならない。

3.4 クリンカ法(B1)と(B2)

クリンカをベースとした製品から算定する方法を適用するにあたり、算定には以下のように工場に固有な数値を使わなければならない。

(1)クリンカ：脱炭酸によるCO₂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。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算定される。そして、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。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方法は、明瞭に文書化しなければならない。この目的のため、補助シートを表計算シートに設けている**(クリンカ詳細法B2、補助シート「CalcB2」)**。詳細法は、クリンカのCaOとMgOの分析とそれらの酸化物が炭酸塩由来でない場合の補正によって算定する。

他に良いデータがない場合、525 (kg-CO₂/t-クリンカ) の既定値を使用すること。これは、IPCCの提供している既定値(510kg CO₂/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。排出係数の既定値の詳細は付録4参照。クリンカ簡便法B1による脱炭酸の計上は、プラントシートの中だけで出来、別の補助シートは必要としない。

(2) **ダスト**: キルン系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CO₂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。算定においては、ダストが直接販売されるか、セメントに添加されるか、また、廃棄物として廃棄されるかにかかわらずキルンシ系から搬出されたダストの全量をもとに算定される。

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、キルンダストは、通常は完全には脱炭酸されていない。キルンダストの排出係数は、計算式5に従って、クリンカの排出係数とキルンダストの脱炭酸率に基づいて算出すること。この計算式は表計算シートに組み込まれている。

$$\text{計算式 5 } EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} \times d}{1 - \frac{EF_{Cli}}{1 + EF_{Cli}} \times d}$$

ここに EF_{CKD} = 部分的に脱炭酸されたキルンダストの排出係数 (t CO₂/t キルンダスト)

EF_{Cli} = 当該工場固有のクリンカ排出係数 (t CO₂/t クリンカ)

d = キルンダスト脱炭酸率 (調合原料中の全炭酸塩CO₂の割合。この割合でCO₂が排出されると考える。)

キルンダストの脱炭酸率 d は、工場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、乾式キルンの場合、キルンダストの脱炭酸はほとんどあるいは無視できる程でしかないので、

既定値として0を使用する。他の方式(半乾式、半湿式、湿式)では脱炭酸率は大きな値となっている。データの無い場合、それらのキルンの形式では、既定値として1を使用する。この値は保守的な値であり、多くの場合キルンダストに関する排出を過大に見積もってしまう。式1は、調合原料分析に基づき、一方、式5はクリンカの排出係数に基づいている。どちらの計算方法でも同じ結果が得られるはずである。付録3に脱炭酸率 d と式1、2、5、の詳細を示す。

ダスト量について工場固有のデータがない場合に廃棄ダスト由来のCO₂のためのIPCCの既定値(クリンカCO₂の2%、付録4参照)を使用すること。但し、ダストが廃棄されるだけでなく直販されたり、セメントへの添加等に利用される場合には、この既定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数値を利用することが明らかに望ましい。

(3) 3.3 原料中の有機炭素からのCO₂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CO₂に変化する。原料の有機炭素 (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、原料中の標準的な有機炭素含有率は約0.1 - 0.3% (乾燥重量)であった。これは、クリンカ1トン当たり約10kgのCO₂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CO₂排出量を合算した標準的な排出量の約1%に相当する。

原料中の有機炭素から排出されるCO₂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(8.3節「重要性判断の基準」の項を参照のこと)。全体の排出量から見ると原料中の有機炭素から排出されるCO₂は少ないが、表計算シートでは既定値に基づき簡略化した自動計算機能により算定される。

- > 調合原料量/クリンカ量のデフォルト値: 1.55
- > 調合原料の有機炭素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)

この有機炭素含有率に関する既定値は、全世界のセメント工場の異なる原料を100以上収集分析した結果により確かめられている。CSIの気候変動タスクフォースによるデータの分析に基づき0.2%という既定値は決定された。

有機炭素からの排出がより大きく重要である場合を除き、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、キルン系から排出されるダスト量については、このデフォルト値の計算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、有機炭素関連の排出量についてより詳細に分析を望む場合は、当該工場固有の調合原料/クリンカ比を入力すること。当該工場固有の調合原料/クリンカ比では、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CO₂排出係数を乗じる）、調合原料中の有機炭素からの排出量を計算する目的で使用する調合原料/クリンカ比にそのアッシュ分を含めるべきではない。

クリンカ法B1、B2は、プラントシートで以下のよう
に計算されている。：

式6：原料からのCO₂=クリンカ量×クリンカの排出係数/1000+キルン系から排出されるバイパスダスト量×クリンカの排出係数/1000+キルン系から排出されるキルンダスト量×キルンダストの排出係数+調合原料量×有機炭素含有率×3,664

ここに調合原料量は式7によって計算される。

式7：調合原料量=クリンカ量×調合原料/クリンカ比
式6と式7において

CO₂ Raw Materials =原料からの総CO₂、プラントシート39行

Clinker =工場で実測したクリンカ生産量(t/yr)

EF_{cli}=クリンカの排出係数(kg-CO₂/t-クリンカ)；
簡便法(B1)：既定値=525 kg-CO₂/t-クリンカ
詳細法(B2)：補助シート「CalcB2」で計算される。

Bypass leaving kiln system=キルン系から搬出されるバイパスダスト量(t/yr)

CKD leaving kiln system =キルン系から搬出されるキルンダスト量(t/yr)

EF_{CKD}=式5で算定される部分脱炭酸したキルンダストの排出係数(t-CO₂/t-キルンダスト)

消費した調合原料量=クリンカ製造のために消費した調合原料量とバイパスダスト量(t/yr)

fTOC_{RM}=調合原料中の有機炭素含有質量百分率；
既定値=0.2%

RM/Cli-ratio=調合原料/クリンカの質量比(クリンカ製造のために消費した調合原料)、燃料の灰分とキルン系から搬出されたダストを加えたもの
既定値=1.55

3.5 化石燃料からのCO₂

化石燃料とは、石炭、燃料油、天然ガスなどである。化石燃料からのCO₂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、3.6、3.8項を参照）燃料使用量、低位発熱量、および各燃料のCO₂排出係数に基づいて計算する方法である。

燃料消費量と燃料の低発熱量(LHVあるいはネット発熱量 NCV)は、工場レベルで定期的に測定されている。計算に使用する燃料の量と発熱量は、その発熱量の元となる燃料の状態に一致したものでなければならない、特に、湿分について注意を払わなければならない(湿った状態で測定したのか乾燥状態で測定したのか)。一般的に低位発熱量は乾燥した試料を用いて測定される。それゆえ、その結果に湿分補正を施さなければならない、その補正は、消費あるいは計量される燃料の湿分の質量に乾燥した試料の質量を換算して戻すことである。

さらに排出係数(EF)の参照は、正しく確実になさなければならない。参照は、低位発熱量(LHV)となければならない。高位発熱量(HHV、グロス発熱量)から低位発熱量への換算には2006 IPCC Guidelines⁴

(Vol. II, Section 1.4.1.2, Box 1.1)を適用できる。

低発熱量GJ当りの排出係数の既定値は計算シートに表示してある。石炭、燃料油、天然ガスの既定値は、IPCC（1966）に基づくものである。IPCCの2006, Vol. II, Section 1.4.2.1, Table 1.4, Section 2.3.2.1., Table 2.3に示される既定値とは若干の差がある。IPCC1996既定値に基づいた今迄収集したデータは、再計算しない。2011年からの報告では、IPCC 2006の既定値を使用しなければならない。両既定値とも計算シートに提供されている。石油コークスの既定値は、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4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。燃料の排出係数は、総炭素含有量に基づいたものとする。燃料に相応量の無機炭素(TIC)を含有する場合、総炭素量(TOC)に基づいて報告する。無機炭素(TIC)からの排出が加わる場合、原料の脱炭酸として報告する。燃料消費量(トン)や炭素含有率(%)を元にした排出量の直接的計算は、燃料の組成ばらつきと特に水分含有量が正確に考慮されて計算されれば適用が可能です。

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。一方、通常99%から100%の炭素が酸化されている。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。燃料の排出係数は、常に炭素の含有量(TC)によって算定されなければならない。

3.6 代替化石燃料、バイオマス混合代替化石燃料、バイオマス燃料からのCO₂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、代替燃料は廃棄物由来のものが多い、このような燃料は利用されなければ、通常埋立や焼却処分などの方法で処理されていたものである。代替燃料は、化石燃料の代わりとして利用され

ている。代替燃料には、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ある。

国のGHGインベントリ作成においてIPCCガイドライン1996と2006は、以下のことを要求している：

- > **バイオマス燃料からのCO₂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、気候変動に影響しないものと見なされる。バイオマス燃料起源のCO₂排出は、「メモ事目」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いる場合のみ本当に気候変動に影響しないという事実が、国のインベントリの「土地利用の変更と森林管理」の項で森林の枯渇する場合はCO₂排出として報告を行うという点に表れている。
- > **廃棄物由来の化石燃料からのCO₂(代替化石燃料とか化石AF)**は、バイオマスとは異なり、気候変動に影響を与えないものとは取り扱われない。IPCCのガイドラインによれば、産業廃棄物のエネルギー転換利用による温室効果ガスの排出は、国のインベントリ上はエネルギーの項目に計上して報告することとしている。そして、廃棄物処理(埋め立て、焼却)によるCO₂排出は、廃棄物管理の項目に計上することとしている。
- > **バイオマス混合代替化石燃料からのCO₂排出**：例えばバイオマスと化石燃料が混合されて燃焼した場合(前処理済産業・一般廃棄物)、燃料を化石部分と非化石部分を区分けして、それぞれに適当な排出係数を適用する(IPCC 2006, Vol. II, Section 2.3.3.4)。

IPCCやWRI/WBCSDのガイドラインとの一貫性を保持するために、工場における代替燃料からの直接CO₂排出の報告の透明化において必要とされることがあります。そのため、本プロトコルでは報告に際し、次のことを要求しています。

- > バイオマス(バイオマス燃料、バイオマス廃棄物、バイオマス混合代替化石燃料のバイオマス分)の燃焼からの直接CO₂排出は、「メモ事目」として報告するが、総排出量には足し込まな

い。信頼できる排出係数が入手できない場合には、ICPPの固形バイオマスに対する既定値である110 kg CO₂/ GJを排出係数として用いる。この値は、固形バイオマス燃料の異なる値の範囲に位置しIPCC 2006 (Vol. II, Section 1.4.2.1)で排出係数の既定値として定められたものである。

- > 化石代替燃料とバイオマス混合化石代替燃料の化石部分の燃焼による直接CO₂排出は、計算され、そして直接CO₂排出(総排出量と自家発電から排出されるCO₂を含む総排出量、すなわち総直接CO₂排出量)として計上されなければならない。排出係数は代替化石燃料やバイオマス混合代替化石燃料の種類によって異なり、よって実際の工場での実測によって特定されなければならない。工場あるいは国の特定されたデータがない場合、CSIの気候変動作業部会が測定評価の整理を元にした既定値の排出係数を使用する。
- > 代替燃料の使用による間接的な温室効果ガスの貯金は、本プロトコルではネット排出量として総排出量からこのものを差し引くことで計上される。それゆえ、第三版と第二版では、ネット排出量の定義が変更されていることに注意が必要である。第5章にこの定義を述べる。この変更により、第一版の時の定義に戻った。
- > 他の間接排出の温室効果ガスの貯金(差し引ける分)または獲得した排出権による償却は、本プロトコルには含めない。上記の項目は第二版では計上するようにしていたが、第三版では削除した。

一般的に、全ての燃料の排出係数は、全炭素含有量(TC)を元にした使用された燃料からのCO₂排出量を代表しなければならない。

ある種の代替燃料、例えばタイヤや樹脂含浸木材は、化石とバイオマスの炭素の両方を含んでいる。これらの燃料は、バイオマス混合代替化石燃料として取り扱い、化石部とバイオマス部からのCO₂排出を区別しなければならない。国際規準(例えばEN15440)に従って燃料中の全炭素に占めるバイオマス部分の割合を特定して算定される。ある種の燃料では、このように区分けすることは測定することが困難で費用がかかり、一定しない会社は、バイオ

マス部分を算定するにあたり保守的な方法を採用すること、つまりバイオマス部分を過大評価しないこと。バイオマスの含有率について適正なデータが得られるまで、その燃料は100%化石由来のものとして取り扱われなければならない。

クリンカの原料として計上されるべき十分な燃焼灰と無機炭素を含有している燃料は、全有機炭素の含有量を元とした排出係数の燃料として報告することができる。このような場合、そしてそれらの使用量を元に原料からのCO₂排出を報告する時(3.3節)、無機炭素の含有量からのCO₂排出を補足で報告しなければならない。これを原料詳細法A2を用いることで行なわなければならない、そして、そこではキルンフィードの一部でない追加の原料(ARM)を報告することができる。もしその追加の原料の有機炭素が燃料として報告されている場合、その算定に用いるCO₂含有量は、残りの無機炭素部分の含有量のみとなる、そうすることで含有される炭素全てからのCO₂排出量が報告(3.3節(4)と比較)される。

3.7 キルン燃料からのCO₂

本プロトコルでのキルン燃料とは、キルン系に投入される全ての燃料と原料の乾燥調整又は他のキルン燃料を足したものである。この定義含まれるものは、キルンのメインバーナーで使用される燃料、仮焼炉で使用される燃料、キルン投入口から直接投入される燃料である。本プロトコルでは、それらのものが潜在的に廃熱発電に回っても、前述の燃料をキルン燃料と位置づける。また、燃料加温用の燃料(クリンカ製造に用いる重油)も、キルン燃料として報告されなければならない。セメント粉砕の時に使用される混合材(MIC)の乾燥用燃料とキルン系とは別の装置で発電のために使用する燃料は、キルン以外の燃料として報告する。

クリンカ製造に関わるCO₂排出原単位とエネルギー消費原単位は、原料や燃料の調整を含むキルン燃料から算定される。第二版では、原料と混合材の乾燥に用いる燃料は、キルン以外の燃料として計上されていたので注意が必要である。原料と燃料の乾燥のために燃料と廃熱を利用している工場との比較を公平に行なうため、第三版では、それらの燃料をキルン燃料の区分に入れた。このことは、第二版から第

三版への切り替えに際して実績指標(KPI、第6章と付録9)の継続性が失われることを意味する。大部分の工場では、その影響は小さいと思われる。

3.8 キルン以外の燃料からのCO₂

概要

キルン以外で使用する燃料には、キルン燃料(3.7節)として定義されているもの以外の全ての燃料が入る。例えば、以下のものに使用される燃料

- > 場内や採石場での車両
- > 部屋の暖房
- > 熱処理設備(ドライヤー等)、セメントの粉碎に使用する混合材の調整
- > 自家発電

セメント会社は工場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CO₂を網羅的に報告するように努めなければならない。これらの排出量は、計算シートで以下のように計算されている：

- > キルン以外で使用する燃料からのCO₂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
- スラグやポゾラン等の混合材の乾燥
- 独立した燃料吹きボイラーによる自家発電

クリンカ製造のための原料と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CO₂は、現在、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、完全に酸化されるものとみし、煤や灰に残存する未燃焼カーボンがあることは考慮しない。このことによる排出量の過大評価は通常微量である(1%

程度)。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考慮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て完全な報告を確実にするために、踏まなければならない工程を9.2節の表に示す。

工場で実測した低位発熱量があるならば使わなければならない。代用としてIPCC又はCSIの既定値を用いても良い。キルン燃料とキルン以外の燃料において同じ燃料を用いた場合は、両者の排出係数を一致させておかなければならない。そうでない場合は、工場で測定した固有の値を用いる。代用としてIPCCやCSIの既定値を用いることができる。

輸送によるCO₂排出

他の製造業と同様にセメント製造においても、原料や燃料の供給および製品(クリンカ、セメント、コンクリート)の配送のため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碎される場合もある。輸送形態には、ベルトコンベア、鉄道、船舶、トラックなどがある。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4章「間接排出」を参照。

図3ではセメント製造に関連する輸送の種類を細分化して示す。本プロトコルでは、会社が社有車(リース車両を含む)で行う場内輸送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。採石場の車両の燃料使用やベルトコンベアの使用電力等が一例である。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の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。その輸送が社有車によるものか第三者によるものかを問わない。

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。

- > 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、「メモ事項」として計上されるもののみである。

但し、廃水の利用が全体のCO₂排出量に重大な影響を与えるものでないことを概算においてでも実証しておくべきである。

3.9 廃水からのCO₂排出

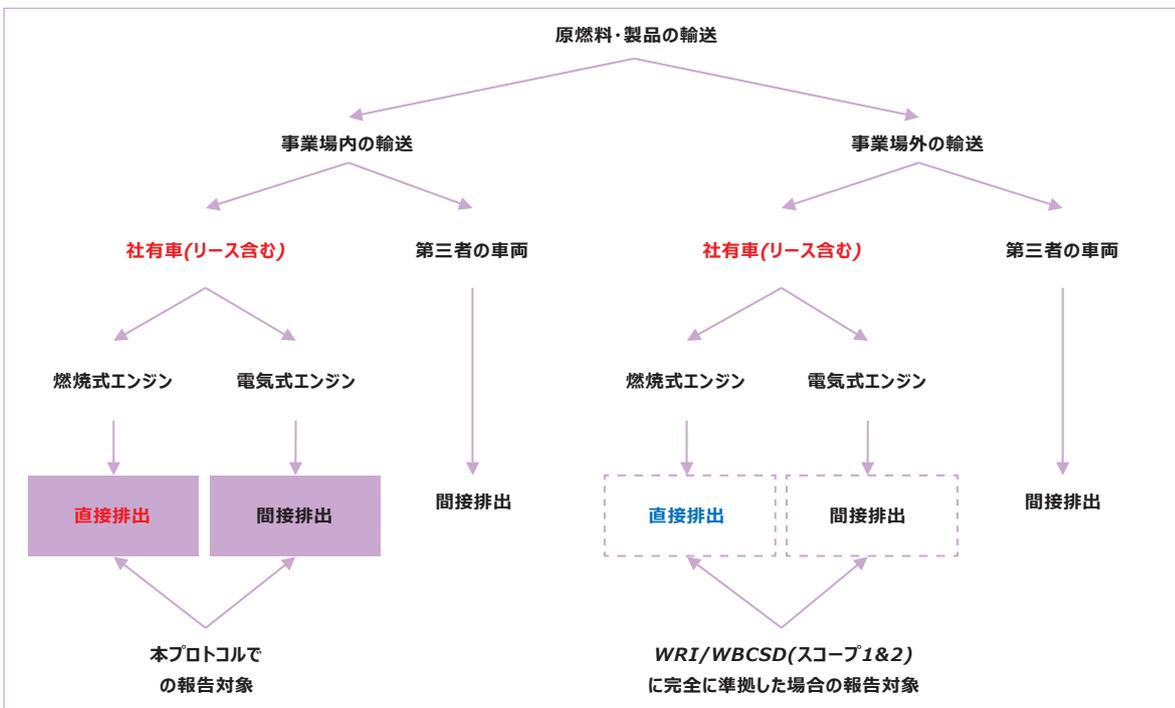
セメント工場によっては、窒素酸化物（NO_x）を抑えるための火炎冷却剤として廃水をキルンに投入している。廃水に含まれる炭素はCO₂として放出される。本プロトコルでは、廃水の利用に関するCO₂排出量は少量であること、加えて定量化することが困難であることから、報告を要求していない。

- > 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CO₂排出量の1%に満たない。

3.10 CO₂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（CH₄）の排出は大変少ない。一般的にCH₄の排出はCO₂等量で、キルンのCO₂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は、セメントキルンから排出される窒素酸化物（N₂O）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において収集されたものであるため、一般的な事例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、SF₆）は、セメント製造からは排出されないことが明らかとなっている。

図3：本プロトコルの範囲を輸送の種類によって概説したもの



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CO₂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、現在のところセメント産業に求めている報告対象がCO₂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、CH₄とN₂Oに関連する排出は、キルン以外で使用する燃料（乾燥機、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を参照のこと）。



4 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。主な例は以下からのCO₂排出である。

- > セメント製造に使用する電力の外部での発電
- > 購入し自社工場で粉砕するクリンカの他社での製造
- > 第三者によって行われる化石燃料や代替燃料の生産や加工
- > 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CO₂は**、購入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が好ましい。この排出係数が入手できない場合は、政府が定めた数値を代替として使用しても良い。もし、何れの数値も得られない場合には、予想される国の平均的排出係数を使用しても良い。そのような係数は、

毎年更新されるIEAのデータに基づいている(最新版は、www.ghgprotocol.org/standard/tools.htm参照)。WRI/WBCSD GHGプロトコルでの要求事項(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)については算定に含まないこととする。第三版では、廃熱発電(WHR)と自家発電(OPG)や購入や販売など電力使用に関してより詳細に排出と排出権の報告が可能ないようにした。つまり、電力収支という項目を設け、電力源(購入、自家発電)や系統別電力使用：セメント製造用、発電補助機用(発電所のグロスとネットの発電量)、外販電力を区別して計上するようにした。工場内にあるセメント関係以外の設備に供給される電力は、外販電力のように扱われる

- > **購入したクリンカの製造から発生するCO₂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)および既定値の排出係数に基づいて算定する。同一の会社内での工場間のクリンカの移送においては、送り側の工場の排出係数を使用する。もし、クリンカが外部より購入されたものであって、その排出係数がわからない場合は、GNRのウェブサイト(<http://wbcscement.org> Getting Number Right, GNR)の値を使用する。それらの値は、CSIによって定期的に更新される。可能ならば、まず国のあるいは地域の既定値を優先的に使用する。次は、世界平均を用いる。

第三版では(第二版と異なり)クリンカ(セメントや混合材も同様に)移送の二重計上は、自動的(7.4節会社内の移送の詳細を参照)に考慮される。865 kg CO₂/tクリンカの既定値は、ネットのクリンカ購入に対してのみ適用することに注意しなければならない。収支がクリンカ販売となるものは、クリンカ購入収支と排出量が負の値となり、会社のクリンカ販売は、間接的に他の工場排出を計上しないことを助けるこ

とを示す。移送クリンカと同じ既定値を会社の報告のネットとグロスの排出量の計算に用いてはならない。

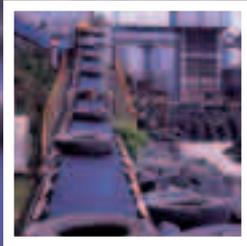
表2に、これら二つの間接排出に関する計算方法を示す。本プロトコルでは、その他の間接排出の算定報告は求めていない。つまり、特に輸送に伴う間接排出の算定報告を求めていない(詳細は3.8節参照)。

表2：本プロトコルで算定報告が要求されている間接CO₂排出の計算に使用する数値と数値の算出法

排出源	数値	単位	数値の算出
外部の発電からのCO ₂ (間接排出)	電力の購入 配送電ロスを含まない排出 係数	GWh t CO ₂ /GWh	工場の実測値 供給者が提供する数値ある いは国の係数
購入クリンカからのCO ₂ (間接排出)	購入したクリンカの排出 係数	t cli t CO ₂ /t cli	工場の実測値(購入-在庫+ 内部移送) 既定値(GNRのデータベース 参照)

クリンカあるいはセメントの代替となる混合材(MIC)の製造からのCO₂排出は、他の産業工程での排出があったとしてもセメント産業としての間接排出とは

しない。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。



5 グロスとネットCO₂排出量

5.1 概要

代替燃料と原料(AFR)の使用による排出削減を報告する利点を考え、代替燃料からの排出を含むグロスと含まないネットの両指標を2001年発行のセメントCO₂プロトコル第一版では提案した。

第二版では、「ネット排出量」として「オフセット分」あるいは「排出権」を差し引いた「排出収支」の結果を報告することを含めるよう、グロスとネットの定義に変更を加えた。第二版を運用した結果、CSIの会社はほとんどこの方法を使っていなかった。よって、プロトコル第一版の定義に戻すことにした。

廃棄物は、セメント製造において燃料や鉱物の代替になりえる。回収された廃棄物は、代替燃料と原料(AFR)となる。その結果、廃棄物(廃棄物のエネルギー転換)からの直接排出は発生するが、化石燃料からの直接排出が削減される。廃棄物の燃焼によって排出される直接CO₂排出量は、代替された排出量よりも、その排出係数によって大きくも小さくもなる。さらに、廃棄物には化石由来のものもバイオマス由来のものもある。

それらの直接的な影響に加えて、廃棄物を代替原燃料として使用することは、このような利用がなされなければ埋め立てや焼却によって排出されたであろう温室効果ガスの排出を間接的に削減したことになる。この削減量で、その地域の状況(廃棄物の種類、廃棄経路)に依存するが、セメント工場で廃棄物を燃焼させたときの直接CO₂排出量を部分的に、あるいは

完全に、あるいはそれ以上にオフセットすることができる。

それゆえ本プロトコルは次の指標を定義した。

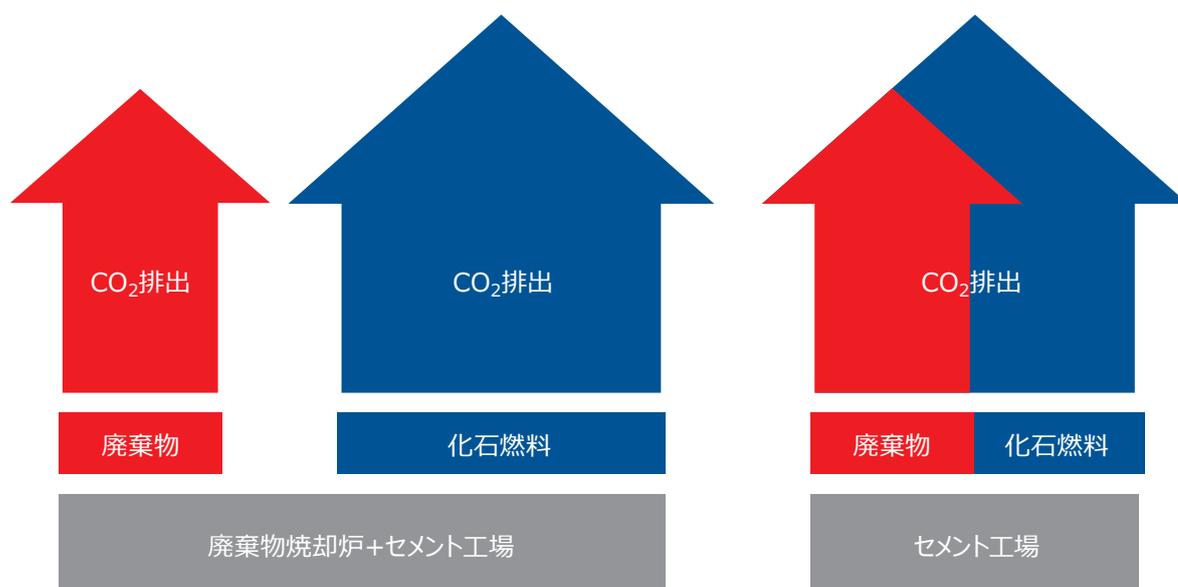
グロス排出量とは、化石由来廃棄物(メモ事項として扱うバイオマス由来廃棄物からのCO₂排出を除く)からのCO₂排出を含むセメント工場または会社からの総計の直接CO₂排出量を言う。間接的な温室効果ガス排出権は、代替原燃料としての利用の結果として、廃棄物処理場での温室効果ガス削減に寄与したことを反映している。実際の削減量は、通常、正確に決定することが難しい、それゆえに付与される排出権は、正確なGHG影響評価に基づくよりはむしろ、慣例によってある程度同意されたものでよい。

ネット排出量とは、グロス排出量から間接的温室効果ガス削減による排出権を差し引いたものである。実際的には、代替原燃料使用による排出権は、地域状況(国の同意、地域代替原燃料使用のライフサイクル分析)を考慮されたものでなければならない。第三者への報告に際しては、その排出権の証拠は適切な検証を受けていなければならない。既定事項として、本プロトコルでは間接削減による排出権は、代替原燃料使用により直接排出されたCO₂量に等しいとした。本プロトコルでは、代替原燃料使用の取り扱いの簡略化のために上記のような手法を採用することとした。それはとにかく、中期的において、グロスとネット排出量を開示することで最低限の誠実で最大限の実行性を有し、透明性を確保したものと考えられる。国際的に共通化された代替原燃料の適切な取り扱い方法は、まだ作成されていない。

本プロトコルの主目的は、会社の組織的集計範囲内の活動に伴う化石燃料からの直接CO₂排出を完全に報告することにある。自家発電をするセメント工場が世界(特にアジア)で増加しているので、グロスとネット排出量にこのことをさせる必要があった。原則として排出量は、自家発電を含む全ての排出源からの排出を報告しなければならない。一方、自家発電を有する工場とそうでない工場を公平に比較する

には、自家発電からの排出を含めないようにすることで可能となる。そこで、原則的数値としての直接排出量は、「自家発電からの排出を含むグロスCO₂排出量」とした。加えて、グロスCO₂排出量は実績指標の起源の数値として、自家発電からの排出量を含まないよう調整したものとした。そして、固有の指標は、セメント製造に限られた部分を表す。

図4：セメント工場における廃棄物の代替燃料使用による間接的なCO₂排出削減



グロスとネット排出量の枠組みについて次の節で述べる。

5.2 グロスCO₂排出量

グロス排出量は、自家発電を含むセメント工場あるいは会社が、所定の期間に排出した化石燃料からの直接CO₂排出量のことである。グロス排出量は、代替化石燃料からのCO₂排出量を含む、しかし、気候変動に影響を及ぼさないとされるバイオマス燃料や代替化石燃料中のバイオマス分からのCO₂は含まない。排出報告において、バイオマスからのCO₂排出と間接排出は「メモ事項」として扱われる。

表3：「自家発電を含むグロスCO₂排出量」として報告される排出源

排出源
原料からのCO ₂
+ 化石燃料からのCO ₂
+ 代替化石燃料(化石由来廃棄物)からのCO ₂
+ 代替化石燃料中の化石由来炭素からのCO ₂
全てのキルン燃料と自家発電からのCO ₂ を含む キルン以外燃料からのCO ₂
= 総直接排出量
メモ事項
バイオマス燃料からのCO ₂
代替化石燃料のバイオマス分からのCO ₂
間接CO ₂ 排出(購入電力とクリンカ)

グロスCO₂排出量とは、所定の期間のセメント工場あるいは会社の化石燃料からの直接CO₂排出(自家発電を除く)を言う。グロスCO₂排出量は、代替化石燃料からのCO₂排出を含み、気候変動に影響がないとされるバイオマス燃料と化石代替燃料のバイオマス分を含まない。多くのセメント工場では、電力は外部から購入され間接排出に計上されるものであるからグロスCO₂排出量は、キルン系とは独立した設備でキルン系の廃熱ではなく燃料をエネルギーとして使用する自家発電からのCO₂排出を含めないこととした。排出報告では、バイオマスからと間接のCO₂排出は通常もメモ事項とすることとした。

表4：「グロス排出量」として報告される排出源

排出源
原料からのCO ₂ + キルンの化石燃料からのCO ₂ + キルンの化石代替燃料(化石由来廃棄物)からのCO ₂ + キルンの化石代替燃料の化石由来分からとキルン以外の燃料(自家発電は除く)からのCO ₂ + 自家発電からのCO ₂ を除くキルン以外の燃料からのCO ₂
= グロスCO ₂ 排出量
= 直接排出(自家発電からのCO ₂ を除く)
メモ事項
バイオマス燃料からのCO ₂ 化石代替燃料のバイオマス分からのCO ₂
間接排出のCO ₂ (購入電力とクリンク)

第三版では、自家発電からのCO₂排出量はメモ事項として報告され、間接CO₂排出量にはふくまれていないことに注意が必要である。

燃料中のバイオマス分からのCO₂排出量の計上法

第二版では、純粋な化石燃料またはバイオマス燃料としてしか報告ができなかった。それは、例えば産業廃棄物や廃タイヤのように化石由来とバイオマス由来の炭素が混合している燃料を分割して計上することが許されていないということである。第三版では、化石代替燃料中のバイオマス分からのCO₂

排出をグロス排出量に含めない。化石代替燃料中のバイオマス分が報告できるよう、第三版の計算シートには追加部分が含まれている。それらの燃料からのバイオマス分からのCO₂は純粋なバイオマス燃料からのCO₂と合算してメモ事項として報告される。この分は、グロスCO₂排出量の計算では差し引かれている。そのような燃料のバイオマス含有量の既定値は、廃タイヤ(27%)のみ提示されている。気候変動作業部会による他の廃棄物燃料の評価では、バイオマス分の含有率の幅が非常に大きく既定値を提示することができなかった。

5.3 ネットCO₂排出量と代替燃料としての廃棄物利用による間接排出削減

セメント産業は、多量の廃棄物を燃料や原料として再利用している。これらの再利用された廃棄物は、本プロトコルでは代替燃料として定義付けている。代替燃料の利用によって、セメント会社は化石燃料消費量を削減すると同時に埋め立てや焼却による廃棄物処理を回避している。

代替燃料の利用は、置き換えられた燃料と代替燃料の排出係数の差分だけ、セメント会社の直接CO₂排出に影響する。さらには、代替燃料中の炭素は、化石由来やバイオマス由来である。前述のように、セメント産業で代替燃料を利用することは、埋め立てや焼却によって排出される温室効果ガスの削減につながる。直接排出の影響、間接排出削減と資源効率の相乗効果で、化石燃料を代替燃料で代替することは温室効果ガス削減り有効な手段となりえる(参照IEA1998, CSI/ECRA2009 and WBCSD/IEA2009など)。

化石燃料由来の代替燃料(化石AFとも代替化石燃料とも呼ばれる)からのCO₂排出の報告に対する要求事項は、異なる枠組み間で異なっている。異なる制度の下で完全性、厳格さと報告の透明性を確実にするよう第5.1節で収支の計算方法を記述します。

- > 代替化石燃料の燃焼からの直接CO₂排出は、常に3.6節に従って会社のグロス排出量に計上されなければならない。

本プロトコルでは次に示す考え方に沿って、代替燃料使用による間接排出削減の報告のための枠組みを提供する。

- > 埋め立てや焼却での間接排出削減は、代替燃料からの化石由来CO₂排出を代用することで計上する。
- > グロス排出量から代替化石燃料からのCO₂排出を差し引いたネット排出量の報告は、報告の対象としている制度の規則を反映する。

第三版では、会社の指標としてのネットCO₂排出量を次のように定義した：

ネット排出量は、グロス排出量から代替化石燃料からのCO₂排出を差し引いたもの。

$$\text{ネットCO}_2\text{排出量} = \text{グロスCO}_2\text{排出量} - \text{化石代替燃料からのCO}_2\text{排出}$$

ここで定義されるネット排出量は、会社のネットのカーボンフットプリントである。それは、廃棄物が埋め立てられたり焼却されたりすることによる排出を回避していることによる間接的な排出削減量を会社の直接排出に反映させたものである。5.1節に述べたように、この方法において代替化石燃料からのCO₂を割り引くというのは次善の方法である。それは、真実(知ることの出来ない)の全ての収支は、それよりも多いかも少ないかもしれないからである。ネット排出量報告に関する要求事項は9.2節を参照。

国際的セメント会社数社は、代替化石燃料の使用は世界の排出量削減に貢献するとの考え方(バイオマスも代替化石燃料も気候変動に影響を与えない)も取り入れて、自主的なグループでのCO₂削減目標を設定している。それらの会社は、ネットとグロスのCO₂排出量を比較することで化石代替燃料からのCO₂排出量に基づいた排出権を見積もることができる。それらの会社がグロスとネットの両方を報告することで、完全な情報の透明性を確保できる。

最後の例に関して、WBCSD/CSIは、代替化石燃料使用による排出権は、企業の自主的な環境報告の中でのみ使用することを強調する。法制化された制度の下での報告では、会社は代替化石燃料の取り扱い方はその制度に従わなければならない。第9章に、自主的な報告のための案内を示す。

5.4 他の間接的削減

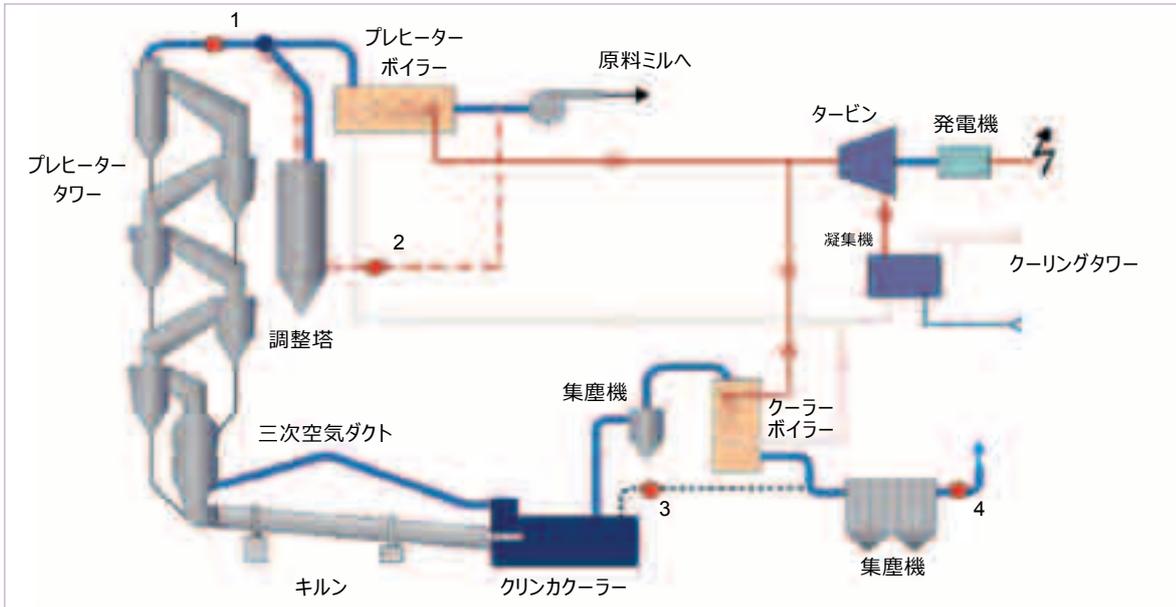
廃熱の利用

いくつかのセメント工場では、既存のエネルギー源に代わるものとして廃熱を外部の消費者へ供給している。代替燃料の使用に関する間接効果との類似性において、セメント会社は、廃熱の供給の結果、削減される本プロトコルの外で別途特定され計上された温室効果ガスを間接削減量として計上できることは、関連する報告制度の規則がそのような排出権を許容していることで認められる。この廃熱供給に関する排出権は、その会社のネット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グロス排出量には影響しない。このことは、本プロトコルにおいての定義が、熱の製造に関しての直接CO₂排出(自家発電を含める場合と含めない場合)に反映されていることによる。

同様の排出権は、廃熱利用の他の形式にも適用できる。よって第三版では、工場内での廃熱の利用(原料やスラグの乾燥)についても、外に熱を供給しているセメント工場と中で利用している工場を公平に比較するために、報告することを可能としている。計算は計算シートとは別に行い、総エネルギー使用量(GJ/a)を挿入する。この報告は、任意である。

一方、廃熱発電のためのキルン系への燃料の追加投入分は、キルン燃料として計上される。そして、本第三版では、その結果の排出は、キルン系(図5)の直接CO₂排出として計上される。より詳細な情報を提供するために、第三版では、廃熱回収と自家発電を区別している。どのような場合においても、自主的な報告でそのような排出権を適用する場合、単に排出量の企業間の移動なのか、世界的温室効果ガス削減に貢献しているかを考慮しなければならない。例えば、もしセメント会社が化石燃料(廃熱と反対に)

図5：廃熱発電(WHR)の設置概念図とセメント工場での発電。1プレヒーターからのガス、2プレヒーターボイラーのバイパス、3クーラーボイラーのバイパス、4クーラーエア



で自家発電した場合、発電技術の差によらず全世界の排出量は、同じだけの電力を外部から調達した場合と変わらない。よって、この場合、セメント会社による発電に対し排出権を設定することは適切性に疑問がある。

CO₂の吸収源としてのセメントの炭酸化

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CO₂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る。さらにコンクリート製品の寿命が尽きるまでの間に更なるCO₂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。コンクリートの炭酸化に関する公表文献をまとめた最近の研究(ECRA 2008)では、：

取り込まれるCO₂の定量化は、多様なコンクリートの用途と炭酸化反応に影響を及ぼす因子の影響を受ける。ひとつの結果に収斂させることは困難であるが、概ね以下のことが一般に言える

> コンクリートの炭酸化は不可避に起こる。しかし、それは、適切な技術規準に従って建設された建物に対しての脅威とはならない。

- > 50年から70年の供用期間中に炭酸化によって取り込まれるCO₂は僅かである、というのは建物全体に対して暴露されている表面が比較的小さいことや炭酸化速度が拡散条件に制御されることなどによる。とは言え、セメント製造時に排出されたCO₂の約10%に当たるセメント1トンあたり60から100kg程度のCO₂が吸収される。
- > 供用期間の後(解体後の期間)は、破碎によってコンクリートの表面が大きく増大することによって炭酸化能力が大きくなる。解体と再生の高率化は、収支的に正の作用をする。少なくとも、セメント製造時に排出したCO₂の10から15%は、炭酸化によって取り込まれる。
- > 結果として、コンクリートのライフサイクルを通して、セメント製造時に排出された20から25%のCO₂が炭酸化によって再度固定化される。
- > 解体したコンクリートを埋めるまでの間に中間貯蔵期間を設ければ、さらにCO₂を固定することが可能となる。細かく破碎されたコンクリートの炭酸化活性は炭酸化容量を高めることができる、しかし、この方面の知見はほとんどない。

精度良く定量化するためのデータが不足していることから、本プロトコルでは、セメントとコンクリートの炭酸化によるCO₂の吸収を算定に考慮しない。将来的には変更があると思われる。

炭素回収貯蔵

炭素回収貯蔵(CCS)とは、装置の燃焼ガス流から二酸化炭素を分離、純化、液化して隔離場所まで輸送し、地下に長期に貯蔵することを言う。他の技術では、ガスが多量に圧縮液化されていることのリスクを回避するために、回収したCO₂を他の有用な製品に転換することを目的として考えられている。この方針は、非常に大きなCO₂源によって運転されている電力業界を対象としている。また、CCSは、セメントや鉄鋼のような大きな排出源産業のためにも議論が重ねられた。

例えば、燃焼前(化石燃料のガス化、炭素分離)、燃焼後(吸着、吸収技術)や酸素吹き込みなどのCO₂回収のための多くの技術が検討された、それらの全ての技術は非常に大きなエネルギー(吸着剤の脱着や空気分離による酸素製造)を必要としており、エネルギー的に大変非効率である。最近の研究結果では、クリンカ焼成工程に適用する場合、酸素吹き込み技術は2倍の電力を必要とし、アミン吸着技術は2倍の電力と2倍の燃料を必要とすることが示されている(CSI/ECRA 2009, ECRA 2009)。

それゆえ、CCSを導入すると今以上の燃料(直接CO₂排出)と電力(直接、間接CO₂排出)をもたらすようになる。全体のCO₂を削減するには、追加的に発生するCO₂も回収されなければならない。それゆえ、CO₂回収(回収装置で処理される全てのCO₂)とCO₂削減(CO₂回収を伴わないCO₂の削減)は区別しなければならない。

今日まで、全世界で統一性のある算定規準は作られていない。たとえばEU-ETSは、CO₂回収施設のためのいかなる追加的排出権も予見していない。この考え方は、CO₂の排出削減は既存施設(例えば発電所)によって行なわなければならない、達成されない場合は、排出権を買い取らなければならないことを意味する。つまり、EU-ETSでは、削減されたCO₂とCO₂

削減による利益は、基本的処理を運用している会社に割り当てられることが、自動的に読み取れる。

第三版は、今日CCSが産業に適用されることが極めて遠いことから、CCSによる排出権の可能性を予見していない。(試験的あるいは実証実験で)回収が実施されている場合、回収されたCO₂が安全かつ長期に貯蔵されているものであれば、それぞれの算定制度に従って、その排出権は報告(別けて)できる。

セメント産業においてCCSが実行可能となった場合には、算定の取り扱いが変わるであろう。



6 実績指標

6.1 概要

本CO₂・エネルギープロトコルでは、CO₂排出量の監視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、総排出量や原単位指標の定義は、国家インベントリへの報告、CO₂の規制制度、排出権取引制度、産業界での目標設定用など、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。報告のための設定範囲は、科学的な議論よりはむしろ、慣例と実務的な必要条件に依存する。

このような背景から、実績指標についての部分を本プロトコルの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、実績指標の部分は、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。

第三版では、第二版にいくつかの実績指標を付け加えた。それらの実績指標を追加したことにより、異なる動機付けがなされる。その内のいくつかは、社内説明用に有用であり、多くの会社による前に別けて計算される。他のものは、法律(EU-ETS)や協定(GNR制度) 制度の要求事項に沿ったものである。第三版における実績指標(KPI)の定義の概要を付録7に第二版と比較して示す。

6.2 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、CO₂効率－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、排出原単位の分母をどのように定義すべきであるかが問題となる。

セメント産業に適する次の3つの分母を設定した。

1. クリンカ
2. セメント等量
3. セメント質製品

これら3つの分母は、それぞれCO₂排出実績の違った側面を表す。

> クリンカ

クリンカとは普通(grey)あるいは白色セメントを製造するのに使われる普通あるいは白色クリンカを言う。クリンカ製造は、セメント製造におけるCO₂排出の主要な部分である。

> セメント等量

セメント等量は、その工場のクリンカ生産量をその工場のクリンカ/セメント比で除して求める。ここに、セメント等量とは、その工場で生産されたクリンカが全て当該工場でセメントとして生産されたと仮定した場合の、当該工場の仮想セメント生産量である。

> セメント質製品

セメント質製品とは、報告会社でセメント製造用、あるいは、外販用に生産された全てクリンカ

と石膏、石灰石微粉末、キルンダストと混合セメント製造のための全てのクリンカ代替物と全てのセメント代替物の合計を言う。この分母は、「セメント質製品」あるいは「結合材」と呼ばれ、クリンカと鉱物質微粉末の合計のことである。この分母には、第三者から購入したクリンカは含まない、なぜなら、その分は既に第三者の排出源として計上されているからである。以下のものは分母「セメント質製品」から除く。

- > 購入クリンカ、その工場でのセメント生産のために外部より購入したクリンカ。
- > 高炉微粉末と石炭火力から発生するフライアッシュで、粉碎や乾燥などの加工を当該工場で行なっておらず、他社へ販売あるいは貯蔵しているもの。

- > 当該工場で加工することなく、取引されたセメント(工場のタンクを通っただけのもの)。

WBCSD/CSIは、CO₂排出原単位を以下の式で計算することを決定した。(式6と式7も参照のこと)

式8：CO₂排出原単位の定義、分母は、クリンカ生産量を元にして生産されたクリンカが全てセメントとなった場合の量とした。クリンカ/セメント等量の定義は6.3節参照

$$\text{CO}_2\text{排出原単位/セメント等量トナリ} = \frac{\text{セメント製造からの直接CO}_2\text{排出}}{\text{クリンカ生産量}} \times \text{クリンカ/セメント等量比}$$

= クリンカ消費量 + クリンカ外販量

式6：CO₂排出原単位の定義。分母は、外販したクリンカを含め、購入したクリンカを除き、セメント質生産量を含むクリンカ生産量に基づく。クリンカ在庫変動の取り扱いは6.4節参照

$$\text{CO}_2\text{排出原単位/セメント質トナリ} = \frac{\text{セメント製造からの直接CO}_2\text{排出}}{\text{クリンカ消費量} + \text{クリンカ外販量} + \text{石膏、石灰石粉末、キルンダストとクリンカ代替物} + \text{製造したセメント代替物} + \text{購入して使用したクリンカ量}}$$

= クリンカ生産量

6.3 他の原単位指標のための分母

CO₂排出量を分子としない、他の原単位指標においては、分母に購入クリンカを含め、外販クリンカを除くことが適切である。この分母は次の指標に適用する。

- > セメント質製品トナリの電力消費量、ここには購入クリンカの粉碎に要した電力も計上すべきである。
- > クリンカ/セメント比は、使用したクリンカ量と生産したセメントあるいはセメント質製品の比を表す。両係数とも、プロトコルシートで計算される。

クリンカ/セメント等量比

6.2節で述べたように、セメント等量は、クリンカ生産量をクリンカ/セメント比で除して計算される、つまり、総クリンカ消費量/(自産したクリンカの消費量と仕上げで使用される石膏、石灰石、キルンダスト、クリンカ代替物と使用した購入クリンカ量の和)クリンカ/セメント等量比の計算を式7に示す。

式7：クリンカ/セメント等量比の定義、係数はクリンカ消費量を元としている。ここに、分母には外販クリンカを除き、購入クリンカを含める。セメント代替物(セメント混合用に外販はしたスラグやフライアッシュ等)は除く。在庫変動の取り扱いは6.4節参照。

$$\begin{array}{c} \text{クリンカ/} \\ \text{セメント等量比} \end{array} = \frac{\text{(当該工場でセメント製造に使用した)クリンカ消費量}}{\underbrace{\text{クリンカ消費量} + \text{クリンカ外販量}}_{= \text{クリンカ生産量}} + \text{石膏、石灰石粉末、} \\ \text{キルダストとクリンカ代替物} + \text{製造したセメント代替物} + \text{購入して使用したクリンカ量}$$

クリンカ/セメント質製品比

クリンカ/セメント質製品比の計算を式8に示す。

式8：クリンカ/セメント質製品比の定義。分母はクリンカ消費量に基づいて計算される。ここに、外販クリンカは含めず、購入クリンカとセメント代替物は含める。在庫変動の取り扱い方は6.4節参照

$$\begin{array}{c} \text{クリンカ/} \\ \text{セメント質製品比} \end{array} = \frac{\text{(当該工場でセメント製造に使用した)クリンカ消費量}}{\underbrace{\text{クリンカ消費量} + \text{クリンカ外販量}}_{= \text{クリンカ生産量}} + \text{石膏、石灰石、キルダ} \\ \text{スト、クリンカ代替物} + \text{セメント代替物生産量} + \text{購入クリンカ使用量}$$

6.4 在庫変動と購入販売クリンカの取り扱い

クリンカ製造からの直接CO₂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、(石膏と鉱物質混和材を加えた)クリンカの実使用量に基づき算出すべきである。クリンカ消費量からクリンカ生産量を計算あるいは逆を行なう場合、クリンカの在庫変動と同様に購入と外販も計算に含めることが必要です(材料の移送の取り扱いは7.4節参照)

6.5 新しい一般的実績指標(KPI)

第二版使用の経験から、いくつかの新しい実績指標を導入しました。それは：

- > キルン燃料の平均排出係数(CO₂/GJ)
- > 各工場での化石燃料比率(%)
- > 各工場での代替化石燃料比率(%)
- > 各工場でのバイオマス燃料比率(%)
- > クリンカ製造に係る電力原単位(kWh/t-クリンカ)

付録7にそれらの定義を示す。



7 組織境界

7.1 どの施設まで集計対象範囲とすべきか？

CO₂排出は、キルンの運転からだけではなく、その上流下流のプロセス、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。これらの組織をどこまでどのように集計範囲に含めるかは、問題である。

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、組織に関する境界はそれぞれの制度の規則により定められる。

一方、本プロトコルに基づく自主的な報告では、第3章および第4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CO₂排出を集計できるよう組織範囲を決定することとしている。本プロトコルの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流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7.2節に従い、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（原料の採石と調整を含む）；
- > 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；

- > 自家発電での燃料の使用
- > 自家設備での燃料やフライアッシュの調整

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7.4節「組織内でのクリンカ移送」を参照）。9.2節に自主的な環境報告についての解説を示す。

7.2 支配と所有の基準

WRI/WBCSDプロトコルでは、グループの活動からの排出の集計範囲設定の基準として、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つの集計方法の概要を以下に述べ、また、図9に示す。イタリック体の文字はWRI/WBCSDのGHGプロトコル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排出量を集計する。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集計しない。その他に、事業間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）。

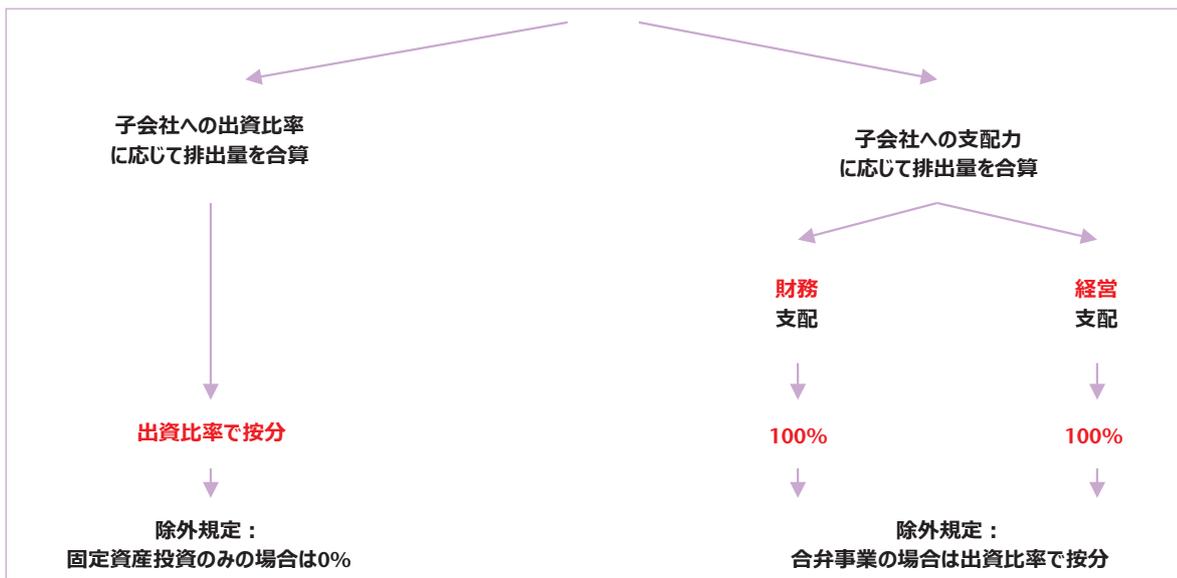
- > **財務支配力基準**：事業者がある事業(operation)の活動(activities)から経済的利益を得る目的でその事業の財務方針および経営方針を指示する力を持つ場合、事業者はその事業に対して財務支配力(financial control)を持つと定義される。たとえば、事業者がある事業から生じる利益の大部分を享受する権利を有する場合は、その権利をどのようにして取得したかに関係なく、通常は財務支配力が存在すると言うことができる。本基準においては、事業者は財務支配力を持つ事業の排出量の100%を集計する。例外として、共同で財務支配力を持っている共同出資の場合は、出資比率に基づく集計が必要である。
- > **経営支配力基準**：事業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。報告事業者が施設の運営者である

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規則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決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9：WRI/WBCSDによって推奨されている排出量集計方法の選択枝



セメント産業の特徴から、CSI作業部会は、支配力基準で集計を行なうことを、まず第一とした、そして、支配力基準の適用が不透明な場合、出資比率基準で集計を行なうこととした。これを要約して表5に示す。集計規則の詳細な説明と図例はWRI/WBCSDプロジェクトを参照。

表5：WBCSD/CSIによって採用された、セメント会社の温室効果ガス排出の集計方法の要点

集計に関する基準	報告事業者が集計する温室効果ガス(%)
第一の基準：支配力基準	
報告事業者が運営を100%支配している場合	100%
他の法人の運営支配が0%	0%
一つの出資者に支配されているかどうか不明確な場合 (共同運営)	出資比率に応じた割合 (下を参照)
第二の基準：出資比率基準	
出資割合	出資比率に応じた割合

報告を本ガイドラインに沿って行なったのであれば、その報告でCSIガイドラインに沿って報告していることを宣言すること。連結の仕方がCSIのガイドラインと異なる場合、その連結の仕方を明示し、ガイドラインとの差異をステークホルダーに明らかとすること。

7.3 排出権の集計

第三版では、第二版で定めていた排出権の集計方法を削除した。しかし、必要であればそれぞれの企業で個別に集計を行なうことは可能である。その場合、企業は、グループの排出量を集計するのと同じ方法で排出権を集計すること。排出権を集計する場合には、集計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。

7.4 組織内のクリンカ、セメント、鉱物質の移送

多くのセメント会社は、大量のクリンカ、セメント、スラグやフライアッシュのような鉱物質を組織内の別の場所にある工場や粉碎工場間において移送している。これらの移送された材料は、低クリンカセメントのような他の製品の製造に使われる、そして、それは各工場のクリンカ/セメント比に影響を与える。このような場合、二重計上の危険性が発生する。第二版を使用している会社は、工場の階層と会社での報告方法を一致させておかなければならない、しかし、統一性のない方法が提示され使われている。そりゆえ第三版では、工場の計算シートは会社の計算シートと同様に適宜適合させている。(詳細推奨事項はCSIインターネットマニュアル参照)

工場の階層では、クリンカの移送を報告しなければならない。(同一会社内の移送を、受け入れ：正、搬出：負とする。)セメントの移送に伴うセメント中のクリンカの移送は、他工場から受け入れたセメントを再加工して違う種類のセメントとした場合のみ、当該工場で計上する。クリンカ量は、移送されたセメントのクリンカ/セメント比を元に計算されなければならない。セメントの成分として混合するために外部から購入されたクリンカは「購入クリンカ」に計上しなければならない。総クリンカ消費量は次のように計算される。：

$$\text{総クリンカ消費量} = \text{クリンカ生産量} + \text{購入クリンカ量} - \text{外販クリンカ量} - \text{クリンカ在庫変動} + \text{組織内クリンカ移送} + \text{セメント移送に含まれてのクリンカの移送}$$

会社の階層では組織内クリンカ移送は、確認の目的で合計される。それは会社の階層では0でなければならない。セメント移送に含まれてのクリンカの移送は、全ての工場の合計として報告される。総クリンカ消費量は次のように計算される。：

総クリンカ消費量(会社の階層)=クリンカ生産量+購入クリンカ-外販クリンカ量-クリンカ在庫の変動量+組織内のクリンカ移送量-セメント移送によるクリンカの移送量

組織内での鉱物質微粉末の移送に関して、明確化のために第二版に比較して多くの行の名前を変更した。異なる行で計上されているがひとつにまとめられるセメントを他の工場から受け入れている工場の場合は、セメント中の鉱物質微粉末の組織内移送を、その工場で報告する。総鉱物質微粉末の移送は、別の行に集計される。同一組織の他の工場に鉱物質微粉末を販売した場合のみ、そのようにしなければならない。工場が販売や搬出をしている場合に合計は、常に負になる。このデータは、工場レベルでは他のどの計算にも用いない。報告において、販売あるいは搬出された鉱物質微粉末がセメントやコンクリートに使用されたかどうかに関係なく報告する。

会社レベルの所で行の名前をいくつか工場レベルに合わせて変更した(明確化のため)。鉱物質微粉末の移送は、全ての工場の合計として集計される(その値は、負)。19行は、セメント代替として使用され計算され別に報告された純鉱物質微粉末の合計である。

つまり、第三版では、組織内のクリンカ、セメント、鉱物質微粉末の移送を自動的に集計する。組織内移送の集計は、工場のCO₂実績指標の解析に必要なである。

7.5 排出基準と排出権の獲得と償却

CO₂排出削減実績は、多くの場合、基準年との差によって測られる(基準年)。標準的な基準年として京都議定書の1990年を基準年とすることもある。様々な場合、特に法的や排出権取引が行なわれるような場合で、信頼できる正確な過去データの欠如によ

り、より最近の年を基準年とすることを求められる。基準年の設定は、また、それぞれの国の規制にも拠る。

買収と売却、同じく工場の開設と廃止は、量と原単位の両方で組織の連結の排出削減実績に影響を与える。基準年の一貫性を確かにするため(その年以降の排出量)、組織は次の制度を導入する。

- > **買収と売却による変化のための基準値の調整：**過年度の連結の排出量の報告は、常に現在の会社の持分比率を反映させたものとする。買収を行なった場合、その会社の過去の排出量も、報告する会社の連結の排出量に含める。このことは、基準年か、または、買収された会社の創業のどちらか新しい方に遡って行なう。売却を行なった場合、その会社の過去の排出量は、連結の排出量から削除する。これらの調整は、連結集計の規則に従って行なう(7.2節参照)
- > **組織変更による基準値の調整をしない場合：**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、基準値の調整は行わないこと。生産の縮小の場合も同様に基準値の調整は行わない。キルン閉鎖や生産の縮小は、基準値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。





8 インベントリの質の管理

8.1 WRI/WBCSDの Protokolでの推奨事項の概要

WRI/WBCSDの Protokolでは、インベントリの質を管理することについて幅広い解説を提供している。本8.1節では、いくつかの主要な点をまとめている。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

企業の温室効果ガス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 Protokolでは、セメント会社のインベントリを作成するための、統一した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。
- > **手順と体制**：これは、温室効果ガス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組織と手順が含まれる。適切な場合には、これらの手順は、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手順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、手順と体制、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 Protokol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、温室効果ガス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. **一般的な品質確認**：これはインベントリ全体にわたるデータと手順に適用され、データ処理、文書化および排出量算定の品質確認に焦点を当てている。以下の表6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、8.2節を参照）。
5. **最終インベントリ評価と報告の検証**：インベントリの完成後、内部の技術的検証は、当インベントリの工学的、科学および技術的な側面に焦点を当てて実施すべきである。その後、内部の管理側の検証では、インベントリの正式な会社としての承認の確保に焦点を当てるべきである。3種類目の検証として、第三者の検証機関による検証がある。第三者検証の詳細については、WRI/WBCSDプロトコルおよび付録8のCSI CO₂データの検証を参照のこと。
6. **正式なフィードバック・サイクルの制度化**：ステップ5での検証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6：全体的な品質管理の手法の例。参照：WRI/WBCSD 2004, p.51

データ収集、入力、処理操作
> 入力データ転記ミスのサンプルチェックをする。
> 追加的な操作あるいは品質の確認を可能にするような計算シートの変更点を特定する。
> 電子ファイル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。
データの文書化
> すべての元データについて、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、その他係数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。
排出量の計算
> 単位、変数、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。
> 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計算結果の一貫性を確認する。

Source: Based on WRI / WBCSD 2004, p.51

8.2 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、 $92.8\text{kg CO}_2/\text{GJ} \pm 0.2\text{kg/GJ}$ 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 $92.8 \pm 0.2\text{kg}/\text{CO}_2/\text{GJ}$ 範囲内に確率95%で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、パラメータに内在する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。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。
- > 温室効果ガス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、温室効果ガス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7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。

図7：セメント産業のCO₂インベントリにおける不確実性の原因となる主要なもの、不確実性を最小化する方法。

パラメーター(変数)	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
クリンカ生産量(トン/年)	<ul style="list-style-type: none"> > クリンカ量を以下の代替的な推定手法を用いて、二重確認する： <ul style="list-style-type: none"> - 調合原料の消費量、および調合原料：クリンカ比に基づいて計算 - セメント製造量、およびクリンカ：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 - (適切な場合には)クリンカの直接秤量から計算する
調合原料消費量(トン/年)*	> 秤量計測によるダスト再利用の二重計上の計算をする。
脱炭酸の排出係数 (kg CO ₂ /トン-クリンカ)	<ul style="list-style-type: none"> > 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。 > 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。
脱炭酸の排出係数* (kg CO ₂ /トン-調合原料)	<ul style="list-style-type: none"> > 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。 > 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。
燃料消費量(トン/年)	<ul style="list-style-type: none"> > 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： <ul style="list-style-type: none"> - 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。 - (可能であれば)投入時の重量データに基づく計算をする。
燃料の低位発熱量(GJ/トン)	> 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。

パラメーター(変数)	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
燃料の排出係数(kgCO ₂ /GJ)	<ul style="list-style-type: none"> > (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。 > 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）。 > 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。 > 廃タイヤや樹脂含浸材の木屑などは、バイオマス由来の炭素を考慮する。 > 前処理された産業廃棄物や一般廃棄物のような代替化石燃料中のバイオマス分は、可能ならば実測したデータを用いる。

* は、原料法によって原料の脱炭酸を計算する場合のみ注意

8.3 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CO₂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CO₂を算定する場合に該当する(3.2、3.3、3.4節を参照)。

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CO₂排出(3.8節参照)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CO₂排出(3.9節参照)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CH₄およびN₂O排出量(3.10節参照)は、非常に少量である。

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。

8.4 検証プログラムの導入

CSIのGMRプロジェクトにおいて、収集したデータをプロバイダのウェブサイトにアップロードした後、その報告されたデータが確かなものであるか検証するために検証プログラムが使われる。この過程を簡略化するために、第三版では、計算シートにこの検証プログラムが埋め込まれており、実行できる。このことにより、GMRプロジェクトへデータをアップロードして評価するのに先立って、入力したデータの一次検証を各自で行なえる。検証プログラムの詳細は、インターネットマニュアル(www.Cement-CO2-Protocol.org)で参照できる。



9 報告についての推奨事項

9.1 はじめに

CO₂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。

本プロトコルは、常に第2章に示された基準を満たしつつも、様々な報告制度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、分割できるよう構成してある。その事例を次に挙げる

- > 国家温室効果ガスインベントリへの報告は、IPCCガイドラインと互換性があるべきで、よって、化石系廃棄物からのCO₂を含め、すべての直接CO₂排出量を対象とする。バイオマス燃料由来のCO₂はメモ事項として報告すべきである。
- > CO₂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、間接排出量を適切に報告することができる。

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、8.3節に解説した。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。

9.2 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。

- > 報告事業者のグロス直接CO₂排出量（脱炭酸、キルン燃料、代替化石キルン燃料、キルン以外で使用する燃料、およびメモ事項としてバイオマス燃料）
- > ネット排出量(可能ならば)、グロス排出量から代替化石燃料からの排出量を差し引いたもの。
- > 主な間接排出量（購入電力消費と購入クリンカ）

排出量の報告は、絶対量（トCO₂/年）と原単位(kg CO₂/セメント質製品製造ト)の両方で行わなければならない。グロス排出量を省略し、ネット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8で示したようなそれぞれのプロセスごとのCO₂排出量（購入電力消費や自家発電からの間接CO₂排出を含む）を報告しなければならない。

加えて、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。

- > インベントリから排出源を除去する場合は、宣言しなくてはならない。このために、計算シートで

会社のインベントリの境界を記入することを求められています。

- > 報告者は、報告が本プロトコル第三版に沿って行なわれているか、他のものに準じているかを記入しなければならない。

9.3 報告期間

温室効果ガス排出量は、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。温室効果ガス排出量の履歴を俯瞰するのに、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。

9.4 WRI/WBCSD温室効果ガスプロトコルのスコープ

WRI/WBCSD温室効果ガスプロトコルでは、スコープごとに排出源を分類している。表9では、本プロトコルで取上げている排出源がWRI/WBCSDのスコープのどの範囲に入るかを示している：

WRI/WBCSD温室効果ガスプロトコルでは、企業が少なくともスコープ1と2については別々に算定と報告を行うように要求している。本プロトコルは、社有車による場外輸送から排出されるCO₂、廃水の燃焼からのCO₂、CH₄やN₂Oの排出などを除いて、WRI/WBCSDで要求している報告対象を網羅している。8.3節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：自主的CO₂報告のための推奨されるインベントリ境界

工程	CO ₂ 報告は必須か	解説
原料供給(採掘、粉砕)	n.a. でなければ必須	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7.1節を参照のこと。
原料、燃料、混合材などの前処理	n.a. でなければ必須	--
キルンの操業(焼成工程)	n.a. でなければ必須	--
セメントの粉砕と混合	n.a. でなければ必須	--
場内(社内)輸送	n.a. でなければ必須	自社輸送によるCO ₂ は計上、第三者による輸送はna
場外輸送	No	報告は必須でない。報告する場合は、直接CO ₂ 排出(リース車含む社有車)と間接CO ₂ 排出(第三者の車両)を別けて報告する。
自家発電	n.a. でなければ必須	連続でない単発での発電もCO ₂ 排出量を報告する。
室内の冷暖房	n.a. でなければ必須	--

n.a. = 集計範囲内に該当する排出源が存在しない。

表9：WRI / WBCSDの報告におけるスコープ種別と本プロトコルの節の対応

WRI / WBCSDプロトコルの分類	Corresponding sections of this protocol
スコープ 1: 直接GHG排出 (自社で所有または管理している排出源のみ)	
> プロセス排出	3.2節：原料の脱炭酸からのCO ₂ 3.2節：原料中の有機炭素からのCO ₂
> 定置燃焼装置からの排出	3.5、3.6、3.7節：キルン燃料からのCO ₂ 3.8節キルンで使用する以外の燃料からのCO ₂ 3.9節：廃水からのCO ₂ 排出
> 可動燃焼装置からの排出	3.8節：キルンで使用する以外の燃料からのCO ₂
> CO ₂ 以外の温室効果ガス	3.10節：CO ₂ 以外の温室効果ガス
スコープ 2: 購入電力からの間接GHG排出	4節：電力購入による間接排出
スコープ 3: 他の間接排出	4節：クリンカ購入による間接排出

10 詳しい情報について

付録1では、本プロトコルの計算シートについて説明している。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。
- > 「よくある質問」計算シートに関する質問への回答。

さらに詳細な情報は、インターネットマニュアル www.Cement-CO2-Protocol.orgを参照

11 報告についての推奨事項

CIF 1998, Cement Industry Federation of Australia. *Greenhouse Energy Management System (GEMS) Guidelines*. CIF-GEMS-001, Revision 1, October

CSI / ECRA 2009. *Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to look ahead. CSI/ECRA-Technology Papers*. Düsseldorf, Geneva, June 2009. <http://www.wbcscement.org/technology>

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.wbcscd.org/web/projects/cement/tf1/prghgt42.pdf>

EC 2007, Commission of the European Communities. *Commission Decision 2007/589/EC of 18 July 2007. Establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council*. As amended on 17 December 2008, 16 April 2009 and 8 June 2010. http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_monitoring_en.htm

ECRA 2008, ECRA. Release and uptake of carbon dioxide in the life cycle of cement. TF-ECRA 1004/2008

ECRA 2009, ECRA CCS Project-Report about Phase II, TR-ECRA 106/2009 (see <http://www.ecra-online.org>)

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/>

IPCC 2006, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

ISO 14064-1: 2006-03. *Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. International Organization for Standardization, Switzerland.

Lang, Th. & F. Lamproye 1996. *Sources and Reduction of CO₂-Emissions*. 2nd „Holderbank“ Course on Environment, September 2 to 13, 1996, Holderbank, Switzerland. CEA 96/7024/E.

WBCSD / WRI 2004, World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. *The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition*. <http://www.ghgprotocol.org>

WBCSD / IEA 2009. *Cement Technology Roadmap 2009. Carbon emissions reductions up to 2050*. http://www.iea.org/papers/2009/Cement_Roadmap.pdf.

Zunzer, Ute (2002). *Umsetzung der organischen Bestandteile des Rohmaterials beim Klinkerbrennprozess*. Verein Deutscher Zementwerke e.V., Schriftenreihe der Zementindustrie, Heft 63/2002

12 用語集、略号集

WRI / WBCSD プロトコル(2004)の用語集からの引用には「*」印を付けた。IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(2006)の用語集からの引用には「**」印を付けた。詳細は、それぞれの用語集を参照のこと。ここにはない用語はWRI/WBCSD Protocolとthe 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventoriesを参照のこと

排出量

温室効果ガス排出量は、質量系で表記される。例えばトンCO₂/年(ト>CO₂/年)

代替化石燃料

Alternative fuels の略号

化石代替原燃料

Alternative fuels and raw materials の略号。定義には、相当量の有機物を含む代替原料を含む。

排出枠*

排出枠とは、排出事業者に割り当てられた温室効果ガスを一定量まで排出する権利で、売買が可能。(温室効果ガス排出枠は、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り当てる。)

代替化石燃料

化石燃料に分類されない熱エネルギー源として使用されるもの。セメント産業では、プラスチック、溶媒、廃油、廃タイヤのような廃棄物やバイオマス燃料などが代替化石燃料として使われている。

付属書 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。

追加的原料

Additional raw materials の略号。追加的原料とは、通常プレヒーターに投入される調合原料としてではなく、キルンや仮焼炉に直接投入される原料のこと。

基準値

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。

- 事業者の過去の基準年における排出量
- 事業者が削減手段をとらなかった(単なる事業継続)場合に将来予想される排出量
- 温室効果ガス削減対策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

バイオ由来炭素**

化石炭素を除く、バイオ由来(植物や動物)の炭素。泥炭は、循環に長期間を要するので、これらのガイドラインでは化石炭素として取り扱われる。

バイオマス**

泥炭を除く、生物有機体(特に燃料)に由来あるいは含むもの。生物有機体の製品、副産物、廃棄物を含む。

バイパスダスト

プレヒーター、仮焼炉、大型プレヒーターのバイパス系から排出されたダストで、完全に、少なくとも高度に脱炭酸したキルン投入材料が成分。

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権の取引を認めるシステム

セメント

クリンカと多様な鉱物(石膏、石灰石、高炉スラグ、石炭灰、火山灰など)を粉砕して作られる建設材料。砂、砂利、碎石、水と練り混ぜてコンクリートをつくるための結合材。セメントの品質は、世界共通ではなく、それぞれの国の規格により定められている。WBCSD-CSIのプロトコルとGNR(CO₂データベース)において「セメント」とは、最終消費者に届けられる、全ての水硬性物質、例えば、全てのポルトラ

ンドと混合セメント、生コン工場で使用される高炉スラグ微粉末、フライアッシュであり、クリンカは除かれる。詳細は6.3参照

セメント等量

セメント等量は、工場のクリンカ/セメント比を用いて当該工場のクリンカ生産量をセメント生産量に換算したものである。つまり、生産されたクリンカが全てセメントとして生産されたと仮定して計算した仮想セメント生産量である。

セメント質製品

報告会社で生産された全てのクリンカ(セメント生産用、外販用クリンカ)と仕上げ用混和材(石膏、石灰石、キルンダストとクリンカ代替物(フライアッシュ、スラグ))とセメントに混合するセメント代替物の和。この分母は、クリンカと鉱物質微粉末の総称としてセメント質製品あるいは結合材と称される。分母から第三者から購入したクリンカは除く。なぜなら、その排出は既に第三者側に計上されているから。

cem eq.

セメント等量の略号

cem prod

セメント質製品生産量の略号

気候変動に影響しない

気候変動に影響しない燃料を燃焼しても、ある期間にわたっての大気中の温室効果ガスの蓄積量は増加しない。再生可能な化石代替燃料は、CO₂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。

クリンカ

セメント製造においての中間製品で、セメントの主要な成分。クリンカは、キルンとそれに続く燃焼工程で石灰石の脱炭酸の結果として出来たもの。

セメントキルンダスト

Cement kiln dustの略号。セメントキルンダストとは、部分的に脱炭酸したキルン投入材料(戻りダスト参照)で、キルン系、特にロングドライや湿式キルンのから排出されるダストをさし、CO₂の完全な報告のために定量する必要がある。特に低アルカリのクリンカ製造の場合、投入成分(アルカリ、硫黄、塩素)の過剰な流動を制御するのにバイパスダストやキルンダストを除去する。キルンダストは、ときどきバイパスダストを含むセメントキルンの全てのダストの意味で使われる。

cli

Clinker の略号

排出権*

オフセットした(事前に準備した)温室効果ガスは、削減目標達成のために温室効果ガスの排出枠に繰り入れることができる。排出権は、売買が可能である。

セメント産業部会

Cement Sustainability Initiativeの略号。CSIIは、100カ国以上で事業を展開する24の主要なセメント会社が持続可能な開発を追求するための強力な全世界的連携である。巨大多国籍企業から地域限定企業まで幅広く加盟しており、加盟会社により世界の1/3セメントの生産をしている。ホームページ：<http://www.wbcscement.org>

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温室効果ガスの排出。例えばセメントキルン、社有車、採掘設備などからの排出を含む。

戻りダスト

キルン投入調合原料の内、クリンカ製造に使われることなくバイパスダストとしてダストサイクルに還流するもの。この流路には、原料ミルや集塵機が含まれることが多い。このダストの還流と戻りダストから比較的少量のものがセメントキルンダストとしてキルン系から搬出される。

排出係数

Emission factorの略号。一般に原料1トン当たりあるいは燃料の単位熱量当たりで表される。

欧州CO₂排出取引制度

European Union Emissions Trading Schemeの略号。欧州CO₂排出取引制度2005年版では、主要な産業排出源からのCO₂排出を対象としている。2013年からは、他の温室効果ガスについても対象となる。参照http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm

化石炭素**

化石燃料や他の化石由来のものからのCO₂

グロス発熱量

Gross calorific value の略号 (=高位発熱量)

温室効果ガス

Green House Gasesの略号。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(CO₂)、メタン(CH₄)、亜酸化窒素(N₂O)、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(SF₆)をいう。

セメントCO₂データベース

Getting the Numbers Rightの略号。CSI加盟会社の全世界800の工場からのCO₂排出に関するデータベース。

グロスCO₂排出量

化石炭素由来の直接CO₂排出の合計で、自家発電の分を除いたもの。気候変動に影響を与えないバイオマスからのCO₂は含めない。第三版では、化石代替燃料に含まれるバイオマス由来のCO₂は、計上しない。

地球温暖化係数**

Global Warming Potentialsの略号。その温室効果ガスが1kg放出された時、CO₂が1kg放出された場合の何倍の温室効果がある期間(例えば100年間)あるか計算した値

高位発熱量

Higher Heat Valueの略号(グロス発熱量、GCV)。通

常、燃料トンあたりのGJで表記される。高位発熱量は、水蒸気が水に凝集するとき放出する潜熱を含んだ値である。2006 IPCC Guideline, Vol. II, Section 1.4.1.2.参照。

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温室効果ガス排出。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。

インベントリ

組織の温室効果ガス排出と排出源を特定して網羅した総覧。

気候変動に関する政府間パネル

The Intergovernmental Panel on Climate Changeの略号。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)。

キルン投入調合原料(キルンフィード)

Kiln feed の略号

キルン (**)

クリンカ製造に使用する円筒状の加熱装置(2006 IPCC Guidelines „manufacture of cement”から)。脱炭酸は、キルンの中、あるいは、キルンの前段に取り付けられたプレヒーターや仮焼炉で起こる。

キルン投入調合原料

調合原料として通常、調整された原料で、プレヒーターからあるいはキルンに直接投入されるもの。キルン投入調合原料には、普通それなりの量のキルン系あるいはプレヒーターからの吹き戻る回収ダストを含んでいる。(戻ダスト参照)

キルン燃料

キルン系に投入される燃料とクリンカ製造のための原料の乾燥調整とキルン燃料の調整に使用される燃料(3.7節参照)

実績指標

Key Performance Indicatorの略号。ある産業の実績の評価の形式のための言い回し。組織としての成功あるいは約束した特定の活動の成功の度合いを評価するために組織によって使われる。

低位発熱量

Lower Heat Valueの略号(=ネット発熱量、NCV)。通常、燃料トン当たりのGJで表記される。低位発熱量には、水蒸気の潜熱は含まれない。2006 IPCC Guideline4, Vol. II, Section 1.4.1.2参照。

強熱減量

Loss on Ignitionの略号。強熱減量は、無機物、特に鉱物の化学分析に用いられる試験法である。試料をある一定温度で成分が蒸発して質量変化がなくなるまで加熱(発火)すること。

鉱物質微粉末

Mineral Inorganic Componentsの略号。鉱物質微粉末とは、クリンカやセメントの代替物として使用される(例えば、高炉スラグ、フライアッシュ、ポゾラン)水硬性を有する天然や人工のもの。

バイオマス混合化石代替燃料

この解説書では、バイオマス炭素をある程度含有するバイオマスと化石燃料の混合物を指す。

ネットCO₂排出量

グロスCO₂排出量から代替化石燃料からのCO₂排出分を差し引いたもの。この定義は、第一版でした定義と同じである。第二版で購入した排出権もグロスから差し引いたものをネットとしたが、ほとんどその実績がなかったことから、第一版の定義に戻した。

キルン以外の燃料

キルン燃料の定義に含まれない、会社で使用した燃料。例えば、場内や鉱山の車両、事務所の暖房、鉱物質の加熱機(乾燥機など)、セメント粉碎、自家発電用の燃料(3.8節参照)

Nm³

ノルマル立平(0℃、1013hPaにおける)

ネット発熱量

Net Calorific Valueの略号 (=低位発熱量, LHV)。燃料トン当たりのGJで通常表記される。ネット発熱量は、水蒸気の潜熱が含まれない。

オフセット*

自主的あるいは義務的な温室効果ガス削減目標を達成するために、他の所で削減した温室効果ガスを用いること。オフセットは、排出量削減施策がなかったと仮定した場合の排出量に対する施策を実施した場合の排出量を比較して計算される。二重計上を避けるために、オフセットを生み出した削減は、オフセットが使われた目標ではなく、排出源あるいは貯蔵によってもたらされなくてはならない。

普通ポルトランドセメント

Ordinary Portland Cementの略号。セメント産業部会のセメントCO₂・エネルギープロトコルでは、普通ポルトランドセメントとは、90%以上のクリンカ粉砕物と5%の石膏を含むような高クリンカ含有の一般的なセメントを指す。セメントの種類と名前、国家規格毎に異なることに注意が必要である。ここで言う、普通ポルトランドセメントは、欧州規格ではEN 197-1:2007のCEM Iが、中国規格ではGB175-2007のP・IとP・IIが、米国規格ではASTM C 150のTypes IとVが相当し、2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas InventoriesではPortlandとかPCと呼ばれている。中国規格GB175-2007の普通ポルトランドセメントの記号はP・Oであり、P・Cの記号は混合セメントを指し、クリンカの含有率は著しく低い。

石油コークス

石油精製工程から発生する炭素由来の固体。

ポゾラン

水酸化カルシウムと結合してセメントのような性質を発揮する物。

Process emissionsプロセス排出燃焼以外の化学的転換を含む産業工程からの排出

プロトコル

温室効果ガスを算定報告するための方法手順

原料準備

原料を調合原料へと加工する工程(例えば、粉砕、調整、乾燥)

調合原料

調合原料は、粉砕された原料からなる成る。原料は、乾燥や加水の工程を含んで加工される。クリンカの焼成工程は、キルン投入調合原料化学成分を決められた値とすることを求められるので、調合原料の化学成分は、管理され一定に保たれる。

原料

調合原料に使われる材料、例えば熱処理や乾燥させる前の石灰石、鉄、砂など。

調合原料消費量

クリンカやバイパスダストとなった調合原料の量。キルン投入調合原料との差は、回収ダスト(戻ダスト参照)を含んでいないことである。

調合原料

Raw meal の略号

排出原単位

排出原単位は、製品あたりの排出量のこと、kg-CO₂/t-cementのように表記される。

全炭素

Total carbon の略号。有機炭素と無機炭素の合計

無機炭素

Total inorganic carbon の略号。材料の鉱物質として含まれる炭素(例えば、フライアッシュ中の炭酸塩)

有機炭素

Total organic carbon の略号

化石燃料

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の規程書に定義される化石燃料。石炭、石油コークス、亜炭、頁岩、石油製品と天然ガス

気候変動に関する国際連合枠組条約

United Nations Framework Convention on Climate Changeの略号。UNFCCCの関係者は、大会に署名したそれらの国です。

持続可能な発展のための世界経済人会議

World Business Council for Sustainable Developmentの略号。WBCSDは、事業と持続可能な発展に取り組んでいる約200社のCEOが率いる、世界的な協会です。協会は、持続可能な発展、知識共有、経験と好事例を調査して、いろいろな会合でこれらの問題のビジネス的位置を主唱するための基盤を参加会社に提供しています。そして、政府、政府間、非政府組織とともに活動しています。参加会社は、30カ国の20の主要な産業界に及んでいる。協会は、60の国と地域の経済団体や協会との世界的連携からの恩恵も得ている。ホームページ：http://www.wbcsd.org

世界資源研究所

World Resources Instituteの略号。WRIは、1982年に創設され、ワシントンDCに本拠を置く環境に関する研究機関である。WRIは、独立、無所属、非営利的な100人以上の科学者、経済学者、政策の専門家、事業分析家、統計分析家、分布図案家、広報家を擁する組織で、地球の保全と人類生活の向上のための政策の開発と普及を目的としている。

A1 セメントCO₂・エネルギー プロトコル計算シート

プロトコル計算シートは、エクセルで作成されて次のものを含む。

1. 解説シート

このシートは、計算表のセルの色の塗りわけの意味やその他シートの使用に当たっての解説を使用者のために提供する。第三版では、「よくある質問と回答」を追記した。

2. 注釈シート

このシートは、工場シートの各行の注釈を提供している。

より詳細は、CSIのWebサイトのインターネットマニュアルで説明する。www.wbcscement.org

3. 工場シート

一工場に一つのシートを使用する。

4. CalcA1シート

簡便原料法(A1)用の付録シートで、原料の脱炭酸によるCO₂排出を算定する(キルンを運転している工場で使用)。

5. CalcA2シート

詳細原料法(A2)用の付録シートで、原料の脱炭酸によるCO₂排出を算定する(キルンを運転している工場で使用)。

6. CalcB2シート

詳細クリンカ法(B2)用の付録シートで、クリンカの排出係数の補正を行なう(キルンを運転している工場で使用)。

7. 会社シート

それぞれの工場のデータを会社として集計するためのシート。

8. 検証シート

入力したデータの検証プログラム用のシート

9. 検証結果シート

検証結果を表示するシート

10. 燃料の排出係数

工場シートで使用する燃料の排出係数の既定値

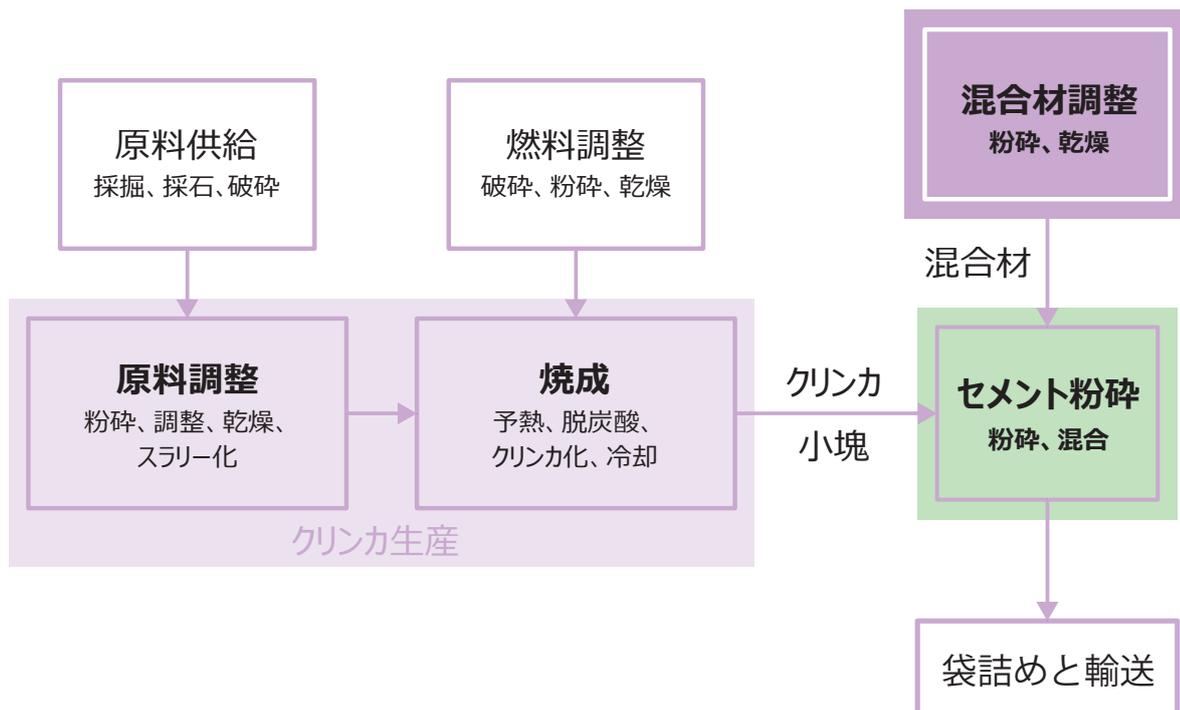
A2 温室効果ガスの排出源とセメント製造における削減方策

セメント製造における主要な3工程の概観を示す(図A2-1)

1. 原料の調整
2. クリンカ生産、原料を焼成した中間製品
3. セメント製造のためのクリンカと他の製品(鉱物質微粉末)の粉砕混合

製造工程には焼成工程における原料の脱炭酸とキルン燃料の燃焼の2つの主要な直接排出源がある。その2つの排出源の詳細を下に示す。他のCO₂排出源としてキルン以外の燃料(乾燥機、事務所暖房、場内輸送)からの直接排出と購入電力や場外輸送などからの間接排出がある。京都議定書で規定されるCO₂以外の温室効果ガスは、セメント製造では無視できる程度の排出である。

図A2-1：セメント製造の工程。引用Ellis 2000, based on Ruth et al. 2000



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

原料の脱炭酸からのCO₂

クリンカ焼成工程において、炭酸カルシウム(石灰石)が生石灰へ化学分解することによってCO₂が排出される。



この工程は、脱炭酸と呼ばれている。これは、キルン煙突からの直接CO₂排出となる。脱炭酸に伴うCO₂排出を考慮する時、2つの要素に区別しなければならない。

- > クリンカ製造に実際使用される原料からのCO₂、これらの材料は、クリンカ製造工程で、完全に脱炭酸される。
- > 一部脱炭酸したキルンダストとしてあるいは完全に脱炭酸したバイパスダストとしてキルン系から搬出される原料からのCO₂。

実際のクリンカ製造からのCO₂は、クリンカ中のCaOの割合に相当し、工場間、経時の変化は小さなものである。つまり、クリンカの排出係数は安定的なものである(IPCCは既定値を510 kgCO₂/tクリンカと、CSIは既定値を525 kgCO₂/tクリンカとしている。)

キルン系から搬出されるキルンダスト量は、キルン形式やセメントの品質規格によって大きく異なり、クリンカトン当たり、ほぼ0から100kg以上までと幅がある。国や工場によっては、キルンダストに関連する排出を考慮しなければならない。

原料の脱炭酸からの排出を計算する方法は、2種類ありどちらも基本的には等価である。ひとつは、製品(クリンカとキルンから搬出されるダスト)の化学組成と量に基づいて計算する方法(クリンカ法B1とB2)、もうひとつは、キルンに投入される原料の化学成分と量に基づいて計算する方法(原料法A1とA2)。詳細は3.2、3.3、3.4節と付録参照。

原料中の有機炭素からのCO₂

クリンカ製造の使用原料には、少量の有機炭素が含まれている。これを有機炭素(TOC)と称している。

調合原料中の有機炭素は、加熱工程中にCO₂に転換される。有機炭素からのCO₂は、セメント工場の総CO₂排出量に対して非常に少ない(ほぼ1%以下)。しかし、原料の有機炭素含有量は、地域間や使用する原料によって異なる。例えば、キルン投入原料として多量のある種類のフライアッシュや頁岩を使用する場合、それらからの排出を計上しなければならないほどの量となることがある。

キルン運転用燃料からのCO₂

セメント産業は、キルン運転のために石炭、石油コークス、燃料油、天然ガスなどの多様な化石燃料を従来使用していた。最近では、廃棄物を代替燃料として使用する割合が、大きくなってきた。代替化石燃料(AF)には、廃油、プラスチックなどの化石燃料由来のものと廃木材や下水処理場の汚泥などのバイオマス由来のものがある。さらに、プラスチック、布地、紙などを含む燃料用加工された産業廃棄物や天然ゴムや合成ゴムを含む廃タイヤのように化石炭素とバイオマス炭素の両方を含む燃料の使用が増加している。

化石燃料および代替化石燃料からは、キルン煙突を通して直接CO₂排出がある。一方、バイオマス燃料は、IPCCにより気候変動に影響しないものと定義されている。代替化石燃料(バイオマス、化石由来)を使用することは、廃棄物焼却場や埋め立て場での排出を削減することになる。

CO₂削減方策

セメント産業のCO₂排出削減は、様々な方策で取り組むことができる。CO₂削減可能な主な方策としては、次のものがある:

- > クリンカ代替として鉱物質微粉末を使用する。
- > 燃料代替: 例えば、石炭の代わりに天然ガスや代替化石燃料(バイオマス含有)を使用する。
- > すでに一部脱炭酸している原料の使用
- > エネルギー効率改善: クリンカまたはセメント単位数あたりの燃料消費量や消費電力量を削減するための技術的または運転上の手段を講じる。

- > ダスト関連の搬出が相当量ある場合、キルン系から搬出されるダスト（セメントキルンダスト、バイパスダスト）を抑制する

鉱物質微粉末（MIC）は、水硬性がある天然または人工の鉱物の材料である。鉱物質微粉末には、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。鉱物質微粉末は、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、建設会社や生コン会社が鉱物質微粉末をコンクリートに直接加えることもある。鉱物質微粉末を使用すると、クリンカ製造における脱炭酸と燃料燃焼の直接CO₂排出を削減することに繋がる。人工的な鉱物質微粉末には、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がある。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算定され、報告されている。クリンカやセメント代替として鉱物質微粉末を利用することで、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、これら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。

A3 脱炭酸CO₂の詳細

クリンカ生産に基づく原料の脱炭酸によるCO₂排出量の報告方法：IPCCとCSIの推奨法とクリンカの排出係数。

IPCC(2006)では、脱炭酸によるCO₂排出量を生産されたクリンカのCaO含有率に基づいて計算することを推奨している(クリンカ中のCaO含有率×0.785 t CO₂/t CaO)。クリンカ中のCaO含有率の既定値は65%を推奨しており、510kg CO₂/tクリンカに相当する。

廃棄されるキルンダストからのCO₂については、IPCCに従って、ダストの脱炭酸の割合を考慮の上、別途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、既定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。さらに、IPCCはドロマイト(クリンカ中のMgOは約2%)の分解によるCO₂排出を無視している。

CSIではクリンカ脱炭酸の排出係数を工場で実測した値を元に決定することを推奨している。その目的において、本プロトコルの計算シートに詳細クリンカ法(B2)の補助シートを設け、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。工場実測のデータが入手できない場合、CSIでは、排出係数の既定値としてとして、IPCCの既定値を炭酸マグネシウム分の補正をかけた525 kg CO₂/tクリンカとする簡便クリンカ法(B1)の使用を推奨している。

CSI作業部会では、現在、GNR(セメントCO₂)データベースに基づいて国別あるいは地域別の排出係数を提供することを検討している。近い将来、これらの数値は、既定値と同じように使用できるようになるだろう。クリンカの排出係数は、CaOとMgOの含有率によって算定され、キルンから搬出されるキルンダストからのCO₂と原料の有機炭素からのCO₂排出

分は考慮されていない。よって、これらからの排出は、クリンカ製造の原料の脱炭酸によるCO₂排出として補足的に算定される。この算定の補足は、工場シート(3.4節参照)のクリンカ法(B1とB2)において実行される。

CKD(キルンダスト)からのCO₂排出：計算式解説

キルンダストは通常完全には脱炭酸していない。キルンダストの排出係数は、キルンダスト、調合原料およびCO₂排出の物質収支に基づき導き出せる。

式1:

$$CKD = RawMeal - CO2_{RM} \times d$$

ここに

CKD = キルンダストの量 (t)

RawMeal = 消費されキルンダストに変化した調合原料の量 (t)

CO₂_{RM} = 調合原料に含まれる炭酸塩中のCO₂総量 (t)

d = キルンダストの脱炭酸率 (調合原料中の炭酸塩中の総CO₂に対するCO₂排出の割合)

キルンダストの排出係数は:

式2:

$$EF_{CKD} = \frac{CO2_{RM} \times d}{CKD} = \frac{CO2_{RM} \times d}{RawMeal - CO2_{RM} \times d}$$

ここに

EF_{CKD} = キルンダストの排出係数 (t CO₂/t CKD)

CO₂_{RM} は、調合原料の量に比例するので、式2は以下のように書き換えられる:

式3:

$$EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} \times d}{1 - fCO2_{RM} \times d}$$

ここに

fCO₂_{RM} = 調合原料中の炭酸塩中のCO₂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} はクリンカの排出係数と同じになる。：

式4：

$$EF_{cli} = \frac{fCO2_{RM}}{1 - fCO2_{RM}}$$

または、以下に変形

式5：

$$fCO2_{RM} = \frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}}$$

ここに、

EF_{cli} = クリンカの排出係数 (t CO₂/t クリンカ)式5から、式3は以下のように表すことができる：

式6：

$$EF_{CKD} = \frac{\frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}} \times d}{1 - \frac{EF_{cli}}{1 + EF_{cli}} \times d}$$

式6は、計算シートの中に組込まれている。そこでは、キルダストからの排出係数を、(i)クリンカの排出係数から求める (ii) キルダスト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、(キルダスト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、キルダスト脱炭酸率とキルダストの排出係数をそれぞれ50% (脱炭酸率を低くおいている)、55kg CO₂/t キルダスト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。

キルダストの脱炭酸率の算定

キルダストの脱炭酸率 d は、式7に従い、キルダストおよび調合原料それぞれの中に含まれる炭酸塩中のCO₂の重量比率にもとづき計算される。この2つの入力値、 $fCO2_{CKD}$ と $fCO2_{RM}$ は、化学分析によって測定される。考え得る分析手法としては、強熱減量 (LOI)、滴定、赤外(IR)によるCO₂排出量分析どがある。

式7：

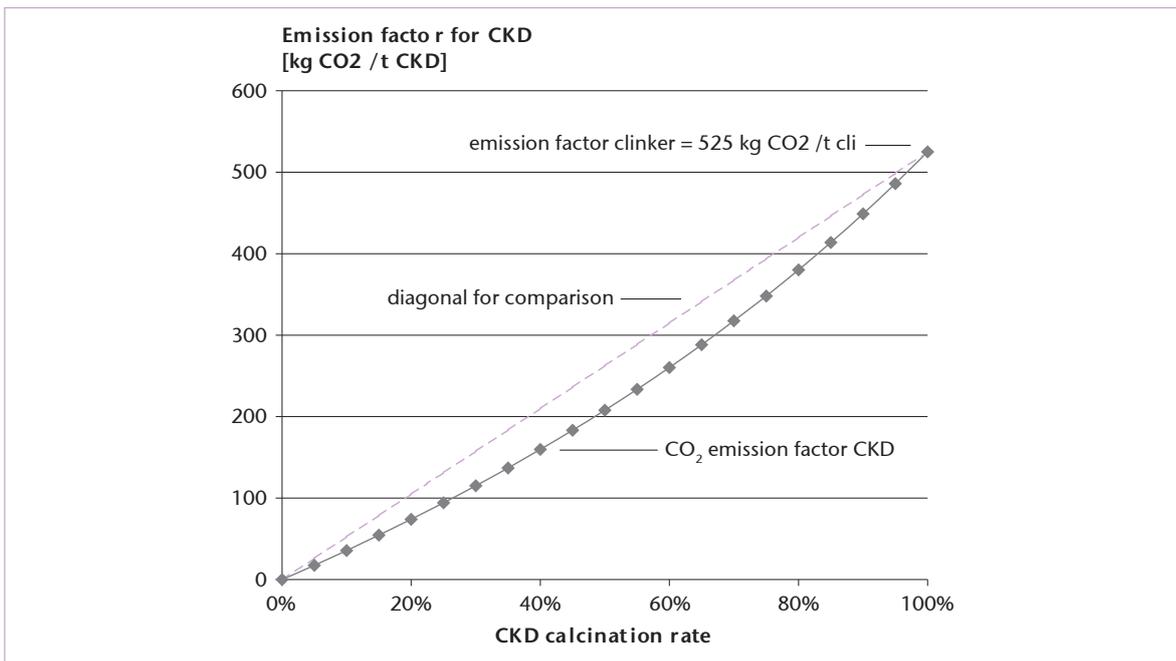
$$d = 1 - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD}) \times fCO2_{RM}}$$

ここに

$fCO2_{CKD}$ = キルダスト中の炭酸塩中のCO₂の重量比率 (--)

$fCO2_{RM}$ = 調合原料中の炭酸塩中のCO₂の重量比率 (-)

図A3-1：キルダストのCO₂排出係数計算においてキルダストの脱炭酸率が与える影響。クリンカ排出係数の既定値(525 kg CO₂/tクリンカ)を使用した場合



キルンダストの化学組成について測定データがない場合には、脱炭酸率dの既定値として1を使用すること。キルンダストは通常、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。

キルンダスト排出係数のCO₂含有量分析からの直接算定法

キルンダストの排出係数は、式3と式7から直接算出することができる。

式8：

$$EF_{CKD} = \frac{fCO2_{RM} - \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD})}}{(1 - fCO2_{RM}) + \frac{fCO2_{CKD} \times (1 - fCO2_{RM})}{(1 - fCO2_{CKD})}}$$

式8において、式9に表した部分を掛けることで単純化される。

式9：

$$\frac{\frac{(1 - fCO2_{CKD})}{(1 - fCO2_{RM})}}{\frac{(1 - fCO2_{CKD})}{(1 - fCO2_{RM})}} = 1$$

つまり、キルンダストの排出係数は、式10によって直接算出することができる。

式10：

$$EF_{CKD} = fCO2_{RM} \times \frac{(1 - fCO2_{CKD})}{(1 - fCO2_{RM})} - fCO2_{CKD}$$

式10において、()内はCO₂含有量の質量補正をしている。fCO_{2,CKD}は、一部脱炭酸したキルンダストの質量に対する脱炭酸していない調査原料の質量の比によって算定される。キルンダスト排出係数EF_{CKD}は、キルンダストが脱炭酸していないと仮定した場合と一部脱炭酸した場合の差から算出される。

A4 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 ₂ /GJ
標準偏差：	2.08 kg/GJ
サンプル数：	361

表A4-1：地域ごとの石油コークス試料数(試料数)

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

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A4-1参照）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CO₂プロトコル初版で採用していた平均値100 kg CO₂/GJと置き換えることとなった。また、その値は、2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse

Gas Inventoriesの既定値97.5 kg CO₂/GJとも異なる値である。

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化石燃料の排出係数について収集したデータをまとめた。それを以下の表A4-2に示す。

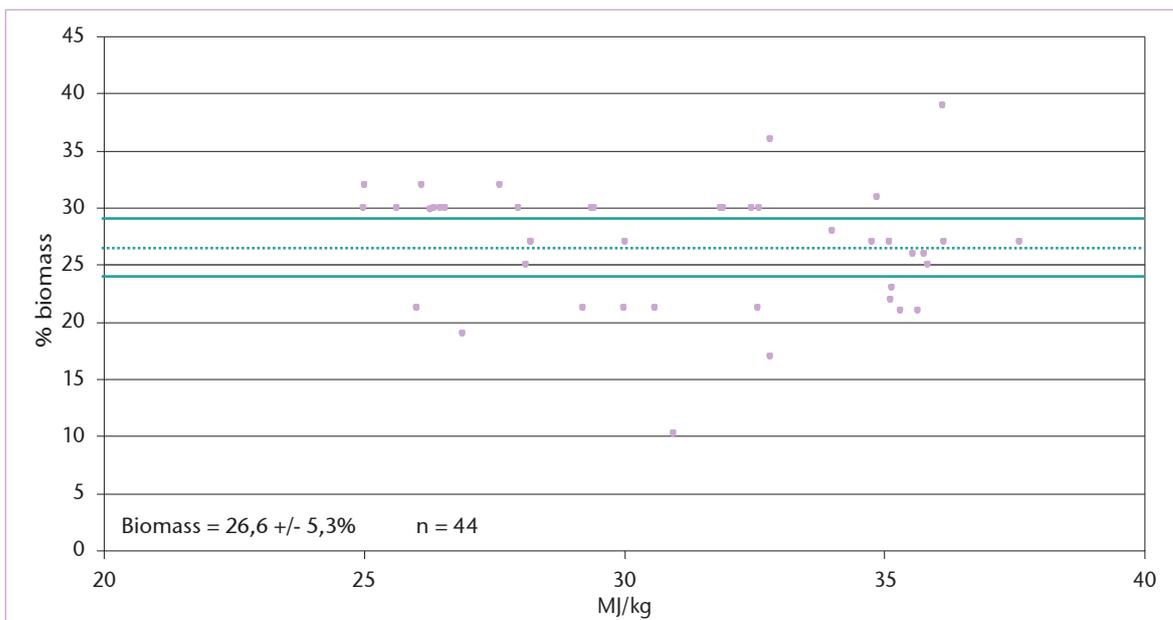
表A4-2：CSI作業部会によって取りまとめられた代替化石燃料の内訳。排出係数は有効数字2桁に丸めて計算シートに表記した。

燃料	試料数	平均排出係数(kg /GJ)	標準偏差(kg /GJ)
化石由来代替化石燃料			
廃油	90	74.2	5.6
溶媒	116	73.8	14.9
バイオマス燃料：			
動物飼料	116	89.2	6.5

2008/2009年作業部会は、計算シートに適正な既定値を表記できるか検討するために代替化石燃料に含まれるバイオマスの含有率のデータを収集した。その結果、廃タイヤ(裁断物含む)のみ、一貫したデータベース(図A4-1参照)を見つけることが出来、その

バイオマス含有率27%を既定値として計算シートに表記した。この値は、オーストリア、ドイツなど欧州排出権取引制度内の異なる国で設けられている既定値と一致している。

図A4-1：CSI作業部会によって整理された廃タイヤ(裁断物含む)のバイオマス含有率と発熱量の関係



A5 乗数の接頭語、単位、変換係数

接頭語と乗ぜられ倍数			
乗ぜられる倍数	指数表記	接頭語	記号
1 000 000 000 000 000	10^{15}	ペタ	P
1 000 000 000 000	10^{12}	テラ	T
1 000 000 000	10^9	ギガ	G
1 000 000	10^6	メガ	M
1 000	10^3	キロ	k
100	10^2	ヘクト	h
10	10^1	デカ	da
0.1	10^{-1}	デシ	d
0.01	10^{-2}	センチ	c
0.001	10^{-3}	ミリ	m
0.000 001	10^{-6}	マイクロ	m

化学記号と物質名		単位と略号	
CH ₄	メタン	立方メートル	m ³
N ₂ O	二酸化窒素	ヘクタール	ha
CO ₂	一酸化窒素	グラム	g
CO	一酸化炭素	トン	t
NO _x	窒素酸化物	ジュール	J
NMVOC	メタン以外の揮発性有機化合物	度C	°C
NH ₃	アンモニア	カロリー	cal
CFCs	クロロフルオロカーボン(フロンガス)	年	yr
HFCs	ケイフッ化水素酸	資本	cap
PFCs	ペルフルオロカーボン	ガロン	gal
SO ₂	二酸化硫黄	乾燥ベース	dm
SF ₆	六フッ化硫黄		
CCl ₄	四塩化炭素		
C ₂ F ₆	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年改訂版と国の温室効果ガス（GHG）インベントリ作成のためのガイドライン2006年版

変換係数

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

Sources: International Energy Annual, 1998; <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/convheat.html>
BP Group Reporting Guidelines, 2000

Source: WRI / WBCSD GHG Protocol, Guideline for Stationary Fuel Combustion www.ghgprotocol.org

A6 第二版から第三版への主要な変更点

セメントCO₂・エネルギープロトコルの改訂は、全世界の幾多のセメント会社による数年の第二版の使用経験をもとに行われた。第三版への主たる改訂点は以下の通りである。

- > セメント等量を含む新たな実績指標(KPI)を追加したこと(付録7参照)
- > キルン燃料の定義の変更。
- > 化石代替燃料中の気候変動に影響しないバイオマスからのCO₂排出の計上方法
- > 原料の脱炭酸からのCO₂排出の算定方法を簡便法、詳細法、原料法、クリンカ法の組み合わせで4種類設けた。
- > 自家発電からのCO₂排出の報告をより詳細にした電力収支の項を設けた。
- > クリンカ、セメント、鉱物質微粉末の組織内輸送による二重計上を避けるためにこれらの計上の仕方新たな決まりを付け加えた。
- > ネットとグロス排出量の定義変更(第一版の定義に戻した)

軽微な、また、形式的変更として以下の訂正をした。

- > 工場概要情報の記載を計算シートに加えた。
- > データの検証ツールを計算シートに加えた。
- > 計算シートから排出権の項を削除した。

- > 例えば、自家発電の代替化石燃料や鉱山車両のバイオディーゼルの利用など、多様な燃料への対応性を増加させた。
- > 購入クリンカの排出係数を更新
- > 国の電力に対する排出係数の解説の更新
- > 廃熱の工場内利用、例えば自家発電の追加

実績指標

改訂にあたり、経時的な連続性が保たれるよう第二版と第三版の間で実績指標の変更を出来るだけ少なくした。ほとんどの場合、変更なく済ませました。

CSIへの新メンバー特にアジアからの加入があり、自家発電を有する工場多くの工場がプロトコルを使用するようになったため、電力収支の項を含めることにした。同時にそれに伴い、グロスCO₂排出量の定義を調整する必要が生じた。

総直接CO₂排出の定義は変更していない。しかし、呼び名を「自家発電からのCO₂を含むグロスCO₂排出量」とした。

二番目に新実績指標として、クリンカとセメント製造の実績を比較可能とする代表的指標の定義をした。この実績指標を「グロスCO₂排出量」と名づけた。これは、原料からとキルン燃料からと自家発電からを除くキルン以外の燃料からの直接排出を報告するものである。燃料成分の定義は、それに併せて調整した。さらに、全ての実績指標は、定義しなおした「グロスCO₂排出量」に基づき定義した。

自家発電を有しない工場において、この二つの実績指標、つまり直接CO₂排出(スコープ1)は、同じ値を示す。一方、第三版の実績指標「グロスCO₂排出量(自家発電からのCO₂を除く)」は、自家発電を有する工場と有しない工場の排出原単位の比較を容易にした。自家発電を有しない場合、有する場合に相当する購入電力からの間接排出(スコープ2)が発生している。

次の軽微な訂正は、区分けを調整したことであり、以下に示す事項以外実績指標への影響はない。原料と燃料の乾燥に使用する燃料をキルン燃料の区分に繰り入れた。この訂正は、キルンの熱消費に関するいくつかの実績指標にのみ影響を与える。ほとんどの工場で相当する実績指標への影響は、ほとんどな

い。キルン燃料とキルン以外の燃料の総消費熱量と直接CO₂排出として報告する実績指標に影響しない。

特に、セメントCO₂・エネルギープロトコル第三版の主要な改訂を表A6-1に取りまとめた。表には、改訂による追加修正をより詳しく述べた。

表A6-1：第二版から第三版への変更点

変更点	解説書の章と節	計算シート
第三版のはじめに	1.1	
参考資料の更新	1.1, 1.2, 1.3, 1.4	
排出を報告する組織と活動範囲の修正：自家発電からの排出を含める	1.4	
自家発電からのCO ₂ の報告(自家発電)	4, 5.2	
バイオマス含有化石代替燃料からの気候変動無影響のCO ₂ の計上法	3.5, 5.2	Lines 50, 83, 96, 200a-200h
ネットCO ₂ 排出量の定義を第一版のものに戻した。第三版では、排出量と排出権のプロトコル内での収支を取ることを継続しなかった。	5.3	Lines 71-77
グロスCO ₂ 排出量の定義を、直接CO ₂ 排出で自家発電からのものを含まないものに変更した。	5.1, 5.2, 5.3, Appendix 6	Line 59c
排出権の項を削除	5	Lines 64a-65a
インターネットマニュアルを提示	10	
参考資料の更新	11	
用語集の改訂	12	
ネットとグロス排出量の定義	12	Lines, 59, 59c, 71
原料の脱炭酸によるCO ₂ 排出の算定を a) 簡便あるいは詳細法、 b) 原料あるいはクリンカ法の組み合わせで新しく算定できるようにした。	3.1, 3.2, 3.3, 3.4,	Lines 7n, 34d-39
第二版の脱炭酸計算シートの拡張として新と修正した補助シート追加した。	Appendix 1	Sheets CalcA1, CalcA2, CalcB2
原料の脱炭酸によるCO ₂ 計算法の解説と計算式の修正	Appendix 3	

変更点	解説書の章と節	計算シート
CO ₂ 含有率分析からキルンダストの排出係数を直接算定する計算式の追加	Appendix 3	
化石代替燃料の排出係数の更新	Appendix 4	Sheet Fuel CO ₂ Factors
第三版の主要な変更の解説	Appendix 6 and 7	
計算シートの一般情報の追加	Appendix 6	Lines 6a, 6b, 7aa
原料と燃料の調整用に使用する燃料を、キルン以外の燃料からキルン燃料へ区分を変更。	3.7, 3.8, Appendix 6	Lines 25, 25a, 40-43, 94-96a, 124-126a, 154-156a,
実績指標の第二版と第三版の比較	Appendix 7	--
セメント等量を基にした実績指標を含む新しい実績指標と第二版との比較	Appendix 7	Lines 59c, 60a, 60b, 63- 63b, 75, 82c, 83a, 92a, 96a-96d, 98-98c
自家発電で使用する代替化石燃料や鉱山車両のバイオディーゼルなど、異なる燃料に柔軟に対応できるように改良	3.5, 3.6, 3.7, 3.8	Lines 124-126a, 154-156a, 192a, 192b, 199a, 200a-200h, 301ba, 301d, 302c, 303k-303j, 304i-304h, 311ba-311d, 313k-313j, 314i, 314g, 312c
購入クリンカの排出係数の既定値	4	Line 49b
クリンカ、セメント、 鉱物質微粉末の組織内移送による二重計上の回避	7.4	Plant sheet: Lines 9, 10b, 10c, 11, 17a, 19, 19a, 19b, 19c
各工場から会社全体への集計		Company Sheet
国の購入電力に対する排出係数の更新	4	
廃熱の自家発電での利用を報告できるようにした。	5.4	
データ検証プログラムを追加	8.4	Sheets Validation, ControlPlant

A7 セメントCO₂・エネルギープロトコル第三版における実績指標(KPI)

第三版の実績指標(行番号、名前、単位、備考、定義)			第二版と第三版の比較	
新規あるいは修正した実績指標(KPI)の行番号と名前は太字とした。第二版と第三版の比較の詳細は右の方の記述を参照			計算式の左辺は、行頭の実績指標。単位の変換が必要な場合は[]で示した、例えば[1000 kg/t]	
直接CO ₂ 排出量			順番の変更	
59	自家発電からのCO ₂ を含むグロスCO ₂ 排出量	[t CO ₂ /yr]	原料、キルン燃料、自家発電を含むキルン以外の燃料からの直接排出の合計	実績指標の名前の修正 = 39 + 43 + 46
グロスCO ₂ 排出量(=自家発電からのCO ₂ を除く、直接CO ₂ 排出)			自家発電からのCO ₂ を除くグロスCO ₂ 排出の修正	
59c	グロスCO ₂ 排出量	[t CO ₂ /yr]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出の合計	実績指標の新定義
59a	- 脱炭酸による部分	[t CO ₂ /yr]	原料からの直接排出	= 39
59b	- 燃料からの部分	[t CO ₂ /yr]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出	59c行に準じた修正 = 43 + 46

ネットCO ₂ 排出(=グロスCO ₂ 排出-代替化石燃料からのCO ₂ 、自家発電からのCO ₂ を除いた)		ネットCO ₂ の概念の変更点	
71	CO ₂ 排出量 [t CO ₂ /yr]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出の合計から代替化石燃料分を減じたもの。	定義の変更と59c行に準じた修正 = 59 - 65a
バイオマスからのCO ₂ 排出(メモ項目)			
83a	バイオマスからのCO ₂ 排出量 (代替化石燃料中のバイオマス分を含む) [t CO ₂ /yr]		絶対値への変更 新KPI、絶対値と代替化石燃料中のバイオマス分 KPI 83 = 50 / 21a
CO ₂ 排出原単位、クリンカ生産1トン当たりのグロスCO ₂ 排出量とネットCO ₂ 排出量			
60	クリンカ生産1トンあたりのグロスCO ₂ 排出原単位 [kg CO ₂ /t cli]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出量をクリンカ生産量で除いたもの。	59c行に準じた修正 = 59 / 8
60a	- 脱炭酸部分 [kg CO ₂ /t cli]	原料からの直接排出をクリンカ生産量で除いたもの	新 KPI
60b	- 燃料部分 [kg CO ₂ /t cli]	キルン燃料、キルン以外の燃料(自家発電分は除く)の合計をクリンカ生産量で除いたもの	新 KPI

73	クリンカ生産1トンあたりの ネットCO ₂ 排出原単位	[kg CO ₂ /t cli]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出量をクリンカ生産量で除したものの	= 71 / 8 * [1000 kg/t]	according to 71	
CO₂排出原単位、セメント等量^ト当りのグロスCO₂排出量とネットCO₂排出量						
63	セメント等量 ^ト 当りの グロス排出原単位	[kg CO ₂ /t cem eq.]	総直接排出量(自家発電除く)セメント等量で除したものの	= 59c / 21b * [1000 kg/t]	新 KPI	
63a	- 脱炭酸部分	[kg CO ₂ /t cem eq.]	原料からの直接排出をセメント等量で除したものの	= 59a / 21b * [1000 kg/t]	新 KPI	
63b	- 燃料部分	[kg CO ₂ /t cem eq.]	キルン燃料、キルン以外の燃料(自家発電分は除く)の合計をセメント等量で除したものの	= 59b / 21b * [1000 kg/t]	新 KPI	
75	セメント等量 ^ト 当りの ネット排出原単位	[kg CO ₂ /t cem eq.]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出量をセメント等量で除したものの。	= 71 / 21b * [1000 kg/t]	新 KPI	

CO ₂ 排出原単位、セメント質製品1トンあたりのグロスCO ₂ 排出量とネットCO ₂ 排出量			順番の変更と新KPI	
62	セメント質製品生産1トンあたりのグロスCO ₂ 排出原単位	[kg CO ₂ /t cem prod]	自家発電からを除く直接排出量をセメント質製品生産量(セメント中の購入クリン力を除く)で除したものの = 59c / 21a * [1000 kg/t]	59c行に準じた修正 = 59 / 21a
62a	- 脱炭酸による部分	[kg CO ₂ /t cem prod]	原料の脱炭酸による直接排出量をセメント質製品生産量で除した値。 = 59a / 21a * [1000 kg/t]	変更なし
62b	- 燃料からの部分	[kg CO ₂ /t cem prod]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からの直接排出量をセメント質製品生産量(セメント中の購入クリン力を除く)で除したものの = 59b / 21a * [1000 kg/t]	59b行に準じた修正
74	セメント質製品生産1トンあたりのグロスCO ₂ 排出原単位	[kg CO ₂ /t cem prod]	原料、キルン燃料、自家発電を除くキルン以外の燃料からのネット排出量をセメント質製品生産量で除したものの = 71 / 21a * [1000 kg/t]	71行に準じた修正
77	改善率-セメント質製品生産1トンあたりのネットCO ₂ 排出原単位	[% relative to base yr]	基準年からのネット排出原単位の削減率(1990年標準) = (74 year n - 74 year 1990) / 74 year 1990 * [100%]	74行に準じた修正

間接CO ₂ 排出原単位			追加新KPI		
82c	セメント等量 ^ト 当りの購入電力によるCO ₂ 排出原単位	[kg CO ₂ /t cem eq.]	= 49a / 21b * [1000 kg/t]	新 KPI	
82a	購入電力からのセメント質製品 ^ト 当りのCO ₂ 排出原単位	[kg CO ₂ /t cem prod]	= 49a / 21a * [1000 kg/t]	変更なし	
82b	クリンカ搬入(+)/搬出(-)収支によるセメント質製品 ^ト 当りの間接排出原単位	[kg CO ₂ /t cem prod]	= 49c / 21a * [1000 kg/t]	変更なし	
一般の実績指標					
91	ネットクリンカ消費量あたりのネット搬出クリンカ量	[%]	= (10 - 9 - 10b - 10c) / 11	変更なし	
92a	クリンカ/セメント等量比 ^{*1}	[%]	= 11 / 20	新 KPI	
92	クリンカ/セメント質製品比 ^{*2}	[%]	= 11 / 21	KPI name adjusted	
93	クリンカ生産1トンあたりの熱使用原単位	[MJ/t cli]	= 25 * [10 ⁶ MJ/T] / 8	クリンカ燃料の定義変更	

94	化石燃料比率(キルン燃料)	[%]	化石燃料使用による熱量をキルンの熱消費量合計で除したものの	= 26 / 25	キルン燃料の定義変更	
95	代替化石燃料比率(キルン燃料)	[%]	代替化石燃料使用による熱量をキルンの熱消費量合計で除したものの	= 27 / 25	キルン燃料の定義変更	
96	バイオマス燃料比率(キルン燃料)	[%]	バイオマス燃料使用による熱量をキルンの熱消費量合計で除したものの	= 28 / 25	キルン燃料の定義変更、化石代替燃料中のバイオマス含有率	
96a	キルン燃料の平均排出係数	[kg CO ₂ /G]	キルン化石燃料からのCO ₂ 排出量をキルン消費熱量で除したものの	= 43 / 25a	新実績指標	
96b	各工場の化石燃料率	[%]	化石燃料エネルギー使用量を工場の燃料エネルギー使用量で除した比率%	$= (26 + 321 + (321c * (1 - 200g)) + 322 + 323k + 324aa) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新実績指標	
96c	各工場の代替化石燃料率	[%]	代替化石燃料エネルギー使用量を工場の燃料エネルギー使用量で除した比率%	$= (27 + 323g + 324f) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新実績指標	
96d	各工場のバイオマス燃料率	[%]	バイオマス燃料エネルギー使用量を工場の燃料エネルギー使用量で除した比率%	$= (28 + (321c * 200g) + 323i + 324h) / (25 + 321 + 321c + 322 + 323k + 323g + 323i + 324aa + 324f + 324h)$	新実績指標	

一般的実績指標		新実績指標の追加	
97	電力使用原単位*3 [kWh/t cem prod]	工場の電力消費量をセメント生産量で除したものの	$= 33 * [1000 \text{ kWh/MWh}] / 21$ 変更なし
98	クリンカ生産1トンあたりの電量使用原単位 [kWh/t clinker]	クリンカ生産に係わる電力消費量をクリンカ生産量で除したものの。	$= 33e * [1000 \text{ kWh/MWh}] / 8$ 新実績指標
98c	セメント生産1トンあたりの電量使用原単位*3 [kWh/t cem prod]	セメントに使用されたクリンカ製造を含むセメント生産に係わる電力消費量をセメント生産量で除したものの。	$= (98 * 92) + (33 - 33e) * 1000 / 21$ 新実績指標
98a	国の購入電力に対する排出係数 [M]/kWh]	補足として記載のデータ	input 新実績指標
98b	クリンカ製造に係わるエネルギー原単位(燃料と電力) [M]/t cli]	補足としての計算結果	$= 98 * 98a + 93$ 新実績指標

*1クリンカ/セメント等量比：クリンカ/セメント等量比は、総クリンカ消費量を自産して消費したクリンカと石膏、石灰石、キルンダストと混合セメント用の混和材と購入して消費したクリンカの和で除した値である。クリンカ/セメント等量比は、第三版6.3節に定義されている。この係数はクリンカ消費量を元にしており、ここに、分母に外販クリンカを含む。ここに、分母に外販クリンカを含む。セメントの代替物(単味で外販するスラグやフライアッシュ等)は含まない。計算式は5列目に記載。

*2クリンカ/セメント等量比：クリンカ/セメント等量比は、第三版6.3節に定義されている。この係数は、クリンカ消費量を元にしており、ここに、分母に外販クリンカを含まず、購入クリンカを含む。さらに、セメント代替物(単味で外販するスラグやフライアッシュ等)を含む。計算式は5列目に記載。

*3電力原単位：このKPIにおいて、電力使用量はセメント等量比の製造に関連づけられる。ここに、それはセメントとセメント代替物の製造のことである。分母に外販クリンカを含まず、購入クリンカを含む。21行の5列目に計算式を示す。注：参照は定義と異なり、そして、それはプロトコル第三版6.2節でセメント等量比1トン当りのCO₂排出原単位を報告するのに用います。

A8 CSI CO₂データ保証に関する要求事項

CO₂排出量と他の気候変動に関する実績指標の報告に対し、ステークホルダーから透明性、信頼性、正確性の要求の増加とデータ保証方法の標準を確立するために、それらの実績指標は、以下に示す要求事項に適合した形で独立した保証を得なければならない。

項目	要求事項
保証の種類	保証は少なくとも会社単位で限定的保証を得なければならない。
保証業者の選定	独立した第三者から保障を得なくてはならない。
保証を得るデータの範囲	セメントCO ₂ ・エネルギープロトコルの全ての実績指標について保証を得なければならない。
保証を得る頻度	最低2年(2年分のデータ)に一度
現地調査をする工場数	データの代表試料として精度と品質を現地調査する工場を地域や数を考慮して決定する。
現地調査計画	二重検証を回避するために、他の制度(EU-ETS、CDM)で保証された工場は、CSIでも保証されたものとする。
保証標準	保証は、セメントCO ₂ ・エネルギープロトコルに準じているかをISAE 3000、ISO 14064-3または類似した標準で行われなければなりません。
重要性の判断	一つ以上の実績指標で見つかる違い/不整合が5%未満であるならば、データは重要と考えられる。
保証証	保証証には、実績指標の検証結果の概要、現地調査の工場数とその工場の排出量の全社に対する割合を記載しなければならない。
期限	既存のCSIメンバーは2年以内に、新規のメンバーは4年以内に、データを検証し報告する。

Endnotes

- 1 WRI / WBCSD 2004, World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition. <http://www.ghgprotocol.org>
- 2 本プロトコルとそれに関連する活動は、独禁法などの法律や規則に抵触するような活動ではない。
- 3 排出絶対量は、トン-CO₂で表記される。原単位は、キログラム-CO₂/製品単位量で表記される。
- 4 IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>
- 5 See the Monitoring and Reporting Guidelines (MRG) of the EU-ETS (EC 2007), http://ec.europa.eu/environment/climat/emission/mrg_en.htm
- 6 See “Act on promotion of global warming countermeasures”, <http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/manual/chpt2.pdf>
- 7 “Act on the Rational Use of Energy”, <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/080801/kinyuyouryou.pdf>
- 8 ISO 14064-1: 2006-03. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. International Organization for Standardization, Switzerland.
- 9 See IPCC 2006, Vol. III, 2.2.1.1
- 10 有機炭素は全てCO₂になるとの仮定のより、1.55 t 調合原料/tクリンカ × 2 kg 炭素 /t 調合原料 × 3.664 kg CO₂ /kg C = 11 kg CO₂ /t クリンカ、有機炭素の一部は通常VOCやCOとして排出されることから、この値は保守的です。有機炭素含有率の既定値 2kg/t 調合原料は、ヨーロッパと北アフリカのCSIメンバーの会社による43の測定値を元に決定された。そして、現在全世界のセメント工場から異なる原料を100以上収集分析した結果によって確認されている。
- 11 IPCC 2006, Vol. II, Section 1.4.2.1 と IPCC 1996, Vol. III, p.1.29 での排出係数の既定値の差は、それぞれ石炭98%油99%、天然ガス99.5%である。
- 12 IPCC 1996, Vol. III, p.1.13 参照
- 13 工場で排水を使用している場合、クリンカ1ト当たり10kgと言った所である。排水中の炭素含有量は5%程度が一般的で、クリンカ1トあたり2kgに相当し、工場の全CO₂排出(CSIメンバー数社からのデータ)に対しては約0.2%ととなる。
- 14 IPCC (1996, Table I-17)では、排出係数の既定値を1g CH₄/GJとしている、これは燃料1GJの使用あたりのCO₂排出量の約0.01%に相当する。仮定：セメント工場での燃料燃焼からの直接CO₂排出は、56-100 kg CO₂/GJと原料からの脱炭酸による排出130 – 170 kg CO₂ /GJを合計した186 – 270 kg CO₂ /GJ。1g CH₄/GJは、計画対象期間100年で21g CO₂ e/GJに相当する。IPCCの既定値は、CSI作業部会によって収集された数社のデータの整理により確認された。
- 15 IPCCのキルンからのN₂Oの既定値は、現在提供されていない。CSI作業部会が限られたデータを整理した結果では、キルン排気ガス中のN₂O濃度は一般的に10mg/Nm³程度であった。限定された経験ではあるが、NO_x除去の為にSNCR技術が用いられている場合、痕跡的な値しか示されない。N₂Oの排出量は、クリンカトン当たり7kg CO₂e、つまりクリンカ製造に関わるCO₂排出の0.8%に相当する。

- 16 IPCC 1996, Vol. III, p.2.5 参照
- 17 キルン系から排出され最終的にセメント質製品に含まれることになるダストは、分母に繰り入れる。例えば、セメントミルに戻されるキルンダスト、結合材として外販されるキルンダストは繰り入れる。計算シートでは、混合材用の鉱物質として、あるいはセメント代替用の鉱物質として計上されている。一方、埋め立てなどで処理されたダストは、分母には繰り入れられない。
- 18 この分母は、第一版で排出効率の監視とセメント産業の目標値設定において最も適していると考えられていたものである。
- 19 工場がEUのIPCCの指導のもと定義されている場合、例えば、このことが要求される。
- 20 共同運営支配の場合、WRI/WBCSDの Protokol では明確には述べられていません。しかし、共同財務支配の事例との類似によって類推される。
- 21 経済状態移行中の付属書1のいくつかの国は、19/68年と異なる基準年を選択した(例えば、ブルガリアとルーマニア1989年、ポーランド1988年、ハンガリー1985-87年)。加えて、付属書1の全ての国で、CFH、PFC、SFの基準年を1995年としている。
- 22 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。Protokol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/WBCSDProtokolの7章を参照のこと。
- 23 メタン(CH₄)、窒素酸化物(N₂O)、六フッ化硫黄(SF₆)、フッ素化炭化水素(PFCs、HFCs)
- 24 第二番目として、しかし非常に小さい要因として原料や混合材中のCaOとMgOがある。
- 25 引用：IPCC推奨：IPCC 2000, pp. 3-9ff, GNR の平均：セメントCO₂エネルギーデータベース (<http://www.wbcsdcement.org>)

About the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

The WBCSD is a CEO-led, global coalition of some 200 companies advocating for progress on sustainable development. Its mission is to be a catalyst for innovation and sustainable growth in a world where resources are increasingly limited. The Council provides a platform for companies to share experiences and best practices on sustainable development issues and advocate for their implementation, working with governments, non-governmental and intergovernmental organizations. The membership has annual revenues of USD 7 trillion, spans more than 35 countries and represents 20 major industrial sectors. The Council also benefits from a network of 60 national and regional business councils and partner organizations, a majority of which are based in developing countries.

www.wbcsd.org

Disclaimer

This publication is released in the name of the WBCSD. Like other WBCSD publications, it is the result of a collaborative effort by members of the secretariat and senior executives from member companies. A wide range of members reviewed drafts, thereby ensuring that the document broadly represents the majority view of the WBCSD membership. It does not mean, however, that every member company agrees with every word.



持続可能な発展のための世界経済人会議

4, chemin de Conches, CH-1231 Conches-Geneva, Switzerland, Tel: +41 (0)22 839 31 00, E-mail: info@wbcscd.org
1500 K Street NW, Suite 850, Washington, DC 20005, US, Tel: +1 202 383 9505, E-mail: washington@wbcscd.org

www.wbcscd.org