

セメント及びセメント関連製品のバリューチェーンを
通じた温室効果ガス削減貢献量算定・報告
プロトコル
～ Ver. 1.0 ～



2019年3月



太平洋セメント株式会社

目次

序文	3
1 基本的事項	4
1.1 本プロトコルの目的	4
1.2 本プロトコルの対象範囲	4
1.3 本プロトコルの構成	4
1.4 本プロトコルの作成プロセス及び参照ガイドライン・規格	5
1.5 本プロトコルが意図する利用者	6
1.6 本プロトコルの限界	6
2 用語及び定義	7
3 原則	9
3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則	9
3.2 ライフサイクルアプローチの適用	10
3.3 GHG 排出削減貢献メカニズム	10
3.4 トレードオフ	12
3.5 二重計上の取扱い	12
3.6 GHG 削減貢献量の配分	13
3.7 GHG 削減貢献量算定方法論の枠組み	14
4 GHG 削減貢献量の算定	15
4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準	15
4.2 GHG 削減貢献量の算定	16
5 GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価	17
6 GHG 削減貢献量の報告	19
附属書 A 個別方法論	21
附属書 B ISO14044 対照表	34

序文

第 21 回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）で採択された国際枠組みに従って、世界各国が地球規模での温室効果ガス削減に向けた取り組みを進めている。日本においても 2030 年度に 2013 年度比で▲26.0%の水準とすることを目標として掲げており、各産業や企業規模での取り組みも強く求められている。

太平洋セメント（以下、当社）では、これまで「CSR 目標 2025」のひとつとして温室効果ガス（以下、CO₂）排出抑制についても目標を掲げ、セメント製造における省エネルギー設備の導入やキルン運転の効率化、また廃棄物やバイオマス由来エネルギーの活用などにより、CO₂ 排出原単位の削減を図ってきた。その結果、セメント製造におけるネット CO₂ 排出原単位は、2017 年度時点において 2000 年度比で約 8%削減されている。

このような中、当社では更に長期的な視点から、より革新的な CO₂ 排出抑制を目指すべく、CO₂ 削減技術を戦略的に検討する社内横断的な組織を立ち上げ、活動を進めている。本活動では、短期的な視点はもとより、特に 20 年後、30 年後の長期的なビジョンをもって、これまでにない大幅な CO₂ 排出削減を図るための方策の検討を進めている。この CO₂ 排出削減のための方策については、セメント製造の直接排出に関わる削減は勿論含まれるが、一方でセメントのバリューチェーンといった観点からは、セメント製品やコンクリートなど、顧客の使用段階等で当社の製品が寄与できる部分も大きい。したがって、CO₂ 排出削減に向けては、直接排出のみならず、セメント製造前後のバリューチェーン全体を通じた CO₂ 排出の削減、すなわち削減貢献についても同時に検討していくものとしている。

本プロトコルは、特にセメントのバリューチェーン全体を通じた CO₂ 排出の削減を狙いとしたものであり、またそのための算定方法論を示したものである。今回発行したプロトコルは、セメントの削減貢献全般を対象としたものとなっているが、そのケーススタディとしてはセメントの貢献の中でも特に効果が大きい、CO₂ 吸収の算定方法論を示している。また併せて、本ケーススタディによる算定結果として、当社が製造したセメントのライフサイクルを通じた CO₂ 吸収量を別途提示するとともに、その貢献は一定の大きさを持つものであることも示している。

本プロトコルは、前述のとおり、当社が今後の地球環境を見据えた中で、特に削減貢献の観点から CO₂ 排出の削減を目指していくための一ツールとして作成した。当社では、本プロトコルの作成を通じ、セメントやセメント製品分野において、今後より一層の CO₂ 排出削減を促進していくとともに、バリューチェーン全体を通じて貢献する製品の開発や提供を目指していきたいと考えている。

1 基本的事項

1.1 本プロトコルの目的

本プロトコルの目的は、持続可能性の高いセメント及びセメント関連製品の社会的普及を促すために、当該製品が、ライフサイクルを通じて、またバリューチェーンにおいて削減できた温室効果ガス(以下「GHG」という)排出量を定量化するための枠組み及び方法論を提供するとともに、当該製品により、ライフサイクルを通じて、またバリューチェーンにおいて削減できた GHG 排出量(以下、「GHG 削減貢献量」という)の、一貫した、透明性の高い算定方法の発展を促すことである。尚、他社の関連製品との比較主張を目的とするものではない。

1.2 本プロトコルの対象範囲

本プロトコルは、セメント及びセメント関連製品が最終消費者に提供される場合の、バリューチェーン全体における GHG 削減貢献量を定量化するための枠組み及び方法論を提供するものである。最終消費者に提供される段階を対象とした理由は、中間製品の段階での比較は、製品ライフサイクル全体を示しておらず、適切な GHG 削減貢献量を表すものではないためである。

バリューチェーンにおける GHG 削減貢献量は、一般的には、バリューチェーンにおける全ての関連事業者による貢献の結果である。しかしながら、バリューチェーンにおける各々のステークホルダーの排出削減貢献量を配分する国際的に認められた手法は存在しない。また、GHG 削減貢献量は、様々な背景・要因が複雑に影響する。以上をふまえて、本プロトコルでは、バリューチェーンにおける各ステークホルダーに関連する GHG 削減貢献量を配分する方法について、基本的な考え方は示しているものの(3.6 参照)、詳述していない。

1.3 本プロトコルの構成

本プロトコルは、本編として、セメント及びセメント関連製品のバリューチェーンにおける GHG 削減貢献量の算定に関する基本原則、GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準、及び GHG 削減貢献量の算定結果の評価・報告に関する要求項目に加え、附属書として、個々の製品ソリューションに関する GHG 削減貢献量の個別算定方法論等から構成される(図 1)。

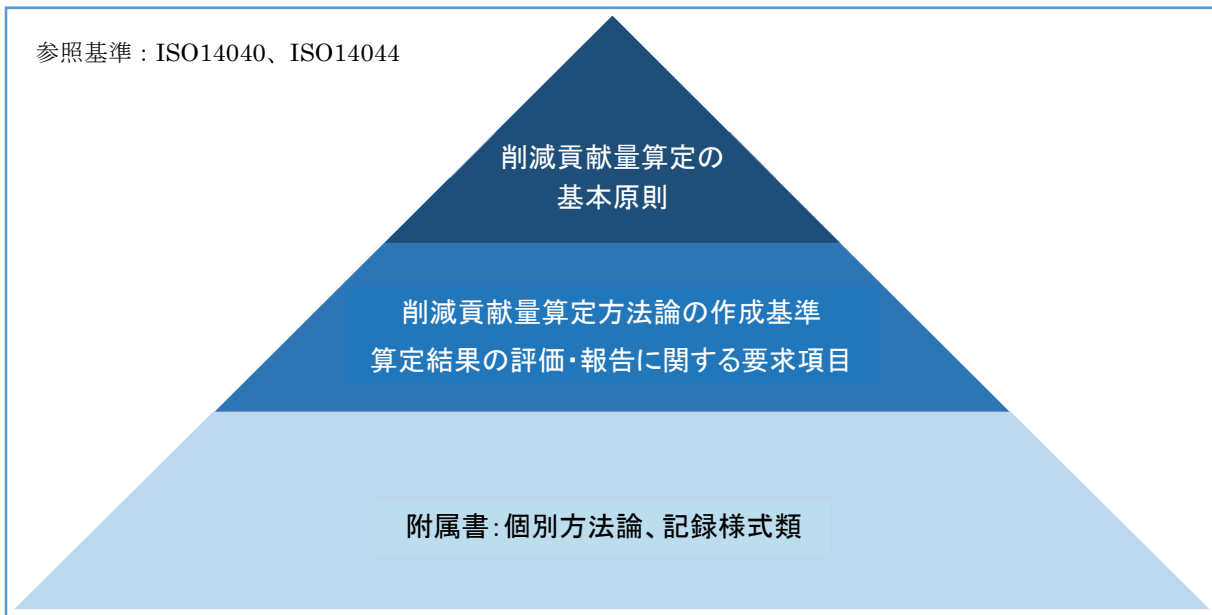


図 1：本プロトコルの構成

1.4 本プロトコルの作成プロセス及び参照ガイドライン・規格

本プロトコルは、当社関連部門の代表委員及びコンサルタント等の専門家との意見交換に基づき、2018年に初稿が作成され、外部審査機関によるレビューを経て最終版が作成された。

本プロトコルの作成にあたり、まずは GHG 削減貢献量の算定・報告に関連する下記ガイドラインをふまえて記載項目及び構成要素が検討された。

<本プロトコルの記載項目及び構成要素の検討のための参照ガイドライン>

- 温室効果ガス削減貢献量算定ガイドライン(経済産業省、2018年3月)
- Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard(Greenhouse Gas Protocol、2011年)
- 化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(World Business Council for Sustainable Development 及び International Council of Chemical Associations、2013年10月)
- Accounting and Reporting Protocol for Avoided Greenhouse Gas Emissions along the Value Chain of Cement-based Products(Lafarge Holcim、2016年1月)
- ISO14064-2:2006(JIS14064-2:2011)温室効果ガス-第2部:プロジェクトにおける温室効果ガスの排出量の削減又は吸収量の増加の算定、モニタリング及び報告のための仕様並びに手引

上記ガイドラインには、製品・サービスのライフサイクル視点での評価の重要性が一貫して記述されていることをふまえ、本プロトコルにおける要求事項は、下記の国際規格の枠組み、原則、及び要求事項が考慮されている(詳細は附属書 B「ISO14044 対照表」参照)。

<本プロトコルの作成にあたり考慮された規格>

- ISO14040 : 2006(JIS Q 14040 : 2010)「環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み」
- ISO14044 : 2006(JIS Q 14044 : 2010)「環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー要求事項及び指針」

なお、本プロトコルでは、ISO の用語に従い、「しなければならない」(shall)、「するのが望ましい」(should)、「してもよい」(may)といった表現を使用している。「しなければならない」は必須事項、「するのが望ましい」は推奨事項、「してもよい」は状況や必要性に応じて採用すればよいことを意味している。

1.5 本プロトコルが意図する利用者

本プロトコルは、当社内部での使用のために作成されているものの、前述の通り、国際規格である ISO14040 及び ISO14044 を考慮して作成されており、セメント製品全般に適用可能なものである。よって、セメント業界等の関係者による本プロトコルの使用を妨げるものではない。本プロトコルは、セメント業界の GHG 削減貢献量の定量化の促進、定量化された GHG 削減貢献量を基礎情報とした製品イノベーションの促進、及び GHG 削減貢献量の信頼性向上等に資するものと期待される。

1.6 本プロトコルの限界

GHG 削減貢献量の算定には、その精度の観点で一定の限界が伴う。特に、バリューチェーン視点において環境影響に関するトレードオフが発生しているものの認識されず、対象製品の評価が偏りのあるものとなる場合が挙げられる。また、GHG 削減貢献量の算定のために適用する算定係数は、既存研究の成果に基づき設定されており、その後の GHG 削減貢献量の算定には、最新の研究成果を反映する必要がある。

さらに、バリューチェーンにおける GHG 削減貢献量は、一般的には、バリューチェーンにおける全ての関連事業者による貢献の結果である。しかしながら、バリューチェーンにおける各々のステークホルダーの排出削減貢献量を配分する国際的に認められた手法は存在せず、また、GHG 削減貢献量は、様々な背景・要因が複雑に影響する。以上をふまえて、本プロトコルでは、バリューチェーンにおける各ステークホルダーに関連する GHG 削減貢献量を配分する方法について、基本的な考え方を示しているものの詳述していない。バリューチェーンにおける関連事業者それぞれの GHG 削減貢献量の配分には、製品ライフサイクルに関連するステークホルダーを含めた協議プロセスを通じた合意に基づく必要がある。

2 用語及び定義

本プロトコルで使用する用語等の定義は下記の通りである。

項目	定義・内容
カットオフ基準	調査から除外されている、物質もしくはエネルギーのフローの量または単位プロセスもしくは製品システムにかかわる環境面での重要度の仕様(JIS Q14044:2010)。インベントリ分析の対象にしないプロセス(例：影響が軽微なプロセス)を決定するための基準。基準設定の際、質量、エネルギー、及び環境面での重要度の観点で検討することが望まれる。
完全性点検	LCA の段階からの情報が、目的及び調査範囲の設定に従った結論を導くのに十分であることを検証するプロセス(JIS Q14044:2010)。
感度点検	感度分析から得られた情報が、結論を導き、かつ、提言を示すのに適切であることを検証するプロセス(JIS Q14044:2010)。
感度分析	方法及びデータに関して行った選択が調査の成果へ及ぼす影響を見積もるための系統的な手順(JIS Q14044:2010)。
基準フロー	機能単位で表される機能を満たすために必要とされる、製品システム内のプロセスからのアウトプットを定量的に表した量(JIS Q14044:2010)。
機能単位	製品システムの性能を表す定量化された参照単位(JIS Q14044:2010)。(例：冷蔵庫の場合、冷やせる量(容積))。ライフサイクルにおける比較の基本は、機能単位を同等にすることである。
クリティカルレビュー	LCA と、LCA に関する規格の原則及び要求事項との間の整合性を確実にすることを意図したプロセス(JIS Q14044:2010)。
システム境界	単位プロセスが製品システムの一部であることを規定する一連の基準(JIS Q14044:2010)。
整合性点検	結論に達する前に、前提条件、方法及びデータが、調査の全体にわたって一貫して適用され、かつ、目的及び調査範囲の設定に従っていることを検証するプロセス(JIS Q14044:2010)。
単位プロセス	インプット及びアウトプットのデータが定量化される、LCI で考慮する最小単位(JIS Q14044:2010)。
データの妥当性確認	データ収集プロセスにおいて、意図された用途についてのデータ品質要件が満たされたという証拠の確認。物質収支、エネルギー収支、及び排出係数の比較分析を含んでも良い(JIS Q14044:2010)。
配分	プロセスまたは製品システムのインプットまたはアウトプットのフローを、調査対象の製品システムと一つ以上の他の製品システムとに振り分けること(JIS Q14044:2010)。
バリューチェーン	原材料等の採取・調達から製品製造・加工、輸送、企画・マーケティ

	<p>ング、販売、アフターサービス、廃棄までの一連の事業活動を個々のプロセスの集合体ではなく価値(Value)の連鎖(Chain)として捉える考え方。本プロトコルでは、上記一連の事業活動そのものを指す。</p>
ベースライン	<p>当該プロジェクトが実施されない場合のシナリオ・状態。</p>
ライフサイクルアセスメント (Life cycle assessment, LCA)	<p>製品システムのライフサイクルの全体を通してのインプット、アウトプット及び潜在的な環境影響のまとめ、並びに評価 (JIS Q14044:2010)。</p>
ライフサイクルインベントリ分析(Life cycle inventory analysis, LCD)	<p>製品に対する、ライフサイクル全体を通してのインプット及びアウトプットのまとめ、並びに定量化を行う LCA の段階(JIS Q14044:2010)。本プロトコルでは、ライフサイクルの CO₂ 排出量の算定等を指す。</p>
GHG 削減貢献量	<p>GHG 削減に資する環境性能が優れた製品・サービス等が提供されることにより、それに代わる製品・サービス等が提供される場合(ベースラインシナリオ)と比べた温室効果ガス排出削減・抑制への貢献分をライフサイクルでの比較により定量化したもの(温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン、2018年3月、経済産業省)。</p>
GHG 排出原単位	<p>売上高や生産量等、何らかの基準 1 単位に対する GHG 排出量(例：GHG 排出量/売上高、GHG 排出量/生産量)。</p>

3 原則

3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則

GHG 削減貢献量の算定は、GHG プロトコルにおける 5 つの算定原則(妥当性、完全性、一貫性、透明性、正確性)に基づいて行わなければならない。本プロトコルでは、6 つ目の原則として、「ISO14064-2 : 2006(JIS14064-2 : 2011)温室効果ガス-第 2 部 : プロジェクトにおける温室効果ガスの排出量の削減又は吸収量の増加の定量化, モニタリング及び報告のための仕様並びに手引」に含まれている「保守性」に配慮している。さらに、7 つ目の原則として、「化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(2013 年 10 月、WBCSD 及び ICCA)」に含まれている「実現可能性」に配慮している。これら 7 つの原則は、本プロトコルに関連方法論が明示されていない場合を含め、本プロトコルに基づいて算定を行う際の指針となる。

上記 7 つの原則の概要を下記に示す。

関連性	GHG インベントリが当該企業の GHG 排出量を適切に反映し、ユーザー当該企業の内部と外部の両方への意思決定の必要性に役立つように確保する。
完全性	インベントリ境界内での全ての GHG 排出源と活動を説明し、それに関して報告する。何らかの除外項目があればそれを開示し、正当化する。
整合性	整合性ある方法論を使って、時間の経過に伴う意義ある目標達成性能の追跡ができるようにする。データ、インベントリの境界、方法あるいはその他の関連要因に時間経過面での変化があればそれを包み隠さず文書化する。
透明性	明瞭な実態追跡調査に基づいて事実に沿った綿密な方法で全ての関連問題に対処する。何らかの仮定があれば開示し、算定と計算の方法論と使用したデータ源を適宜参照する。
正確性	GHG 排出量の定量化がシステムティックであり、判断できる限り、実際の排出量より過大あるいは過小でもないようにし、且つ、不確実性は実際的である限り縮小されるように確保する。十分な正確さを達成し、ユーザーが報告された情報の確かさについてもっともな確信をもって意思決定を下せるようにする。
保守性	GHG 排出量の削減又は吸収量の増加が過大に評価されないことを確実にするように、保守的な仮定、数値及び手順を使用する。
実現可能性	選定したアプローチを、合理的な期間内かつ合理的な努力/コストで確実に実施できること。

出所 : GHG プロトコル 企業のバリューチェーン(スコープ 3)算定と報告の標準 企業の算定・報告基準の補遺(World Research Institute)の和訳(環境省/経済産業省)、ISO14064-2 : 2006(JIS14064-2 : 2011)温室効果ガス-第 2 部 : プロジェクトにおける温室効果ガスの排出量の削減又は吸収量の増加の定量化, モニタリング及び報告のための仕様並びに手引、化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(2013 年 10 月、WBCSD 及び ICCA)

GHG 削減貢献量の算定にあたっては、第一に、その目的を明確に設定することが望まれる。目的を設定する際には、意図する用途、実施理由、及び意図する伝達先を明確に記述しなければならない。

3.2 ライフサイクルアプローチの適用

1.4 に記載の通り、本プロトコルは、LCA に関する基準である ISO14040 : 2006(JIS Q 14040 : 2010)「環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み」及び ISO14044 : 2006(JIS Q 14044 : 2010)「環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—要求事項及び指針」の枠組み及び原則が取り入れられている。LCA の枠組みは、製品ライフサイクル視点での GHG 削減貢献量を的確に把握する助けとなる。LCA は、目的及び調査範囲の設定、インベントリ分析、影響評価、及び解釈の 4 つの段階で構成される。

3.3 GHG 排出削減貢献メカニズム

セメント及びセメント関連製品のライフサイクル視点での GHG 削減貢献の区分及びメカニズムの概要を表 1 に示す。

表 1 : セメント及びセメント関連製品による GHG 排出削減貢献メカニズムの概要

No	大区分	No	中区分	排出削減貢献メカニズム
A	採掘プロセス	1	原材料採掘	<ul style="list-style-type: none"> 効率性の高い原材料採掘プロセスにより、通常の採掘プロセスに比べて GHG 排出量が削減される。
		2	採掘現場の保護	<ul style="list-style-type: none"> 採掘終了後の採掘現場の保護(植林等)により、GHG 吸収効果が発生する。
B	製造プロセス	1	原材料調達	<ul style="list-style-type: none"> 製造プロセスにおいて、GHG 排出原単位の低い原材料の調達により、調達先の GHG 排出量が削減される。
		2	輸送	<ul style="list-style-type: none"> 効率的または革新的な輸送プロセスにより GHG 排出量が削減される。
		3	製造	<ul style="list-style-type: none"> GHG 排出抑制効果の高い製造工程により排出が削減される。 リサイクル原料や熱エネルギー源の使用により生産起因の排出が削減される。
C	建設プロセス	1	輸送	<ul style="list-style-type: none"> 効率的または革新的な輸送プロセスにより GHG 排出量が削減される。

No	大区分	No	中区分	排出削減貢献メカニズム
		2	建設・設置	<ul style="list-style-type: none"> • 構造物や建築物の建設及び補修において、効率的な建設、補修を可能とする資材の活用により、建設に関わる直接的・間接的な排出が削減される。さらに工期の短縮により、関連する作業や資材が減少することでの排出削減も見込まれる。
D	使用プロセス	1	使用	<ul style="list-style-type: none"> • 建築物等の使用段階において、例えば、断熱効果が高い資材を用いた場合、冷暖房運転に必要なエネルギー使用量が削減される。 • セメント及びセメント関連製品の使用段階において、それらの中性化(炭酸化)に伴う CO₂ 吸収効果が発生する。
		2	保守・補修・交換・改修	<ul style="list-style-type: none"> • 強度・耐久性の高い資材・製品の使用(耐用年数の延長など)により、構造物や建築物の新たな建築作業及び必要となる材料の生産・使用に起因する GHG 排出が削減される。また保守・補修頻度の減少により、作業や材料に起因する GHG 排出が削減される。 • 効率的な保守や補修が可能となる材料や診断技術の活用により、関連する作業や資材が減少し、GHG 排出量が削減される。
E	廃棄プロセス	1	解体・仮置	<ul style="list-style-type: none"> • 効率的な解体プロセスにより、通常の解体プロセスによる GHG 排出量が削減される。 • セメント関連製品の解体・仮置段階において、それらの中性化(炭酸化)に伴う CO₂ 吸収効果が発生する。
		2	輸送	<ul style="list-style-type: none"> • 効率的または革新的な輸送プロセスにより GHG 排出量が削減される。
		3	廃棄物処理	<ul style="list-style-type: none"> • 効率的かつ効果的な廃棄物処理プロセスにより、通常の処理プロセスによる GHG 排出量が削減される。
F	その他	1	再利用・リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> • 再利用・リサイクルにより、新たな製品の製造とその製造プロセスにおける GHG 排出量が回避される。

3.4 トレードオフ

一般的に LCA は、製品ライフサイクルにおける様々な環境影響を考慮するため、環境に与える様々な影響の間のトレードオフを把握するのに有効である。本プロトコルは、LCA の枠組み及び原則が取り入れられているが、特に気候変動への影響、具体的には、GHG 排出量及び GHG 削減貢献量に焦点を当てたものである。GHG 排出量が削減されても、基本的には、他の環境指標(例：廃棄物の排出、水資源への影響)へ重大な負の影響を与えないことが想定されるものの、GHG 削減貢献量の算定の際には、環境影響の観点でのトレードオフの可能性を確認することが必要である。トレードオフの可能性が確認された場合、それらの環境影響についても報告しなければならない。

3.5 二重計上の取扱い

本プロトコルは、セメント及びセメント関連製品のバリューチェーンにおける GHG 削減貢献量の算定を対象としている。そのため、例えば、製品製造プロセスでの GHG 排出削減量が、スコープ 1 排出量及び GHG 削減貢献量の報告のいずれにも組み込まれる場合等、スコープ 1 排出量報告との間に二重計上が生じる可能性がある。また、スコープ 3 排出量を算定する際にも二重計上が生じる可能性がある。製品による GHG 削減貢献量の算定及びスコープ 3 排出量の算定のいずれについても、製品のバリューチェーン全体を対象とするため、それぞれの間にも二重計上が生じる可能性がある。

GHG 削減貢献量の算定の際には、これら全ての二重計上について説明することが必要である。企業レベルの GHG 排出量と製品レベルの GHG 削減貢献量を区別する必要があり、重複の可能性は算定結果の報告において明示しなければならない。

さらに、バリューチェーンにおける関連事業者による GHG 削減貢献量についても、二重計上が生じる可能性がある。バリューチェーンを通じて複数の関係者が、ある GHG 削減貢献量を自分の貢献量として主張する可能性があるためである。この課題への対処方法は、3.5 に記載されている。GHG 削減貢献量をバリューチェーンの関係者に配分するルールを決めることは二重計上を防ぐのに役立つが、1.6 に記載の通り、本プロトコルの範囲には含まれない。

1 つの製品の GHG 削減貢献量が、複数の GHG 削減貢献区分において算定される場合にも、二重計上が生じる可能性がある。附属書 A は GHG 削減貢献区分それぞれの GHG 削減貢献量算定のための方法論である。1 つの製品の GHG 削減貢献量は、1 つの削減区分においてのみ評価されることとする。

3.6 GHG 削減貢献量の配分

ある製品の GHG 削減貢献量は、バリューチェーン上の複数の事業者(例: 原材料サプライヤー、製品メーカー、製品等の使用者)の活動の総和によるものであり、ある 1 つの事業者(例: 製品メーカー)が直接管理できる範囲を超えている場合がほとんどである。例えば、建築物の使用段階における省エネ効果は、製品メーカーだけではなく、建築物の所有者や使用者等もその関係者であるといえる。

しかしながら、GHG 削減貢献量をバリューチェーンにおける各事業者に配分する、世界的に認められた手法は存在しない。

本プロトコルにおいては、バリューチェーンにおける個別の関係者に GHG 削減貢献量を配分する方法については詳述していないが、「化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(2013 年 10 月、WBCSD 及び ICCA)」がその方向性を示している。表 2 は、同ガイドラインが示す、バリューチェーン排出削減貢献度合いを決定する基準である。報告企業は、バリューチェーン全体の総削減貢献量を報告しなければならない、また、表 2 に示す基準に従って、最終製品に対するその製品の貢献度合いについて報告しなければならない。さらに、報告企業は、その製品の特定の役割がその最終製品の GHG 排出削減貢献にどのように関連しているかを読み手が分かるような形で、その製品の特定の役割を記載しなければならない。

表 2: 化学製品によるバリューチェーン排出削減貢献度合い

貢献度合い	化学製品と最終製品の関係
基本的 (Fundamental)	その化学製品は、最終製品を用いて GHG 排出削減貢献を可能にする上で重要な要素である。
必要不可欠 (Extensive)	その化学製品は重要な要素の一部であるとともに、最終製品を用いて GHG 排出削減貢献を可能にするためにその化学製品の特性・機能が必要不可欠である。
実質的 (Substantial)	その化学製品は GHG 排出削減貢献に直接的な貢献をしていないが、最終製品による削減貢献量に影響なく容易に置き換えられるものではない。
間接貢献 (Minor)	その化学製品は GHG 排出削減貢献に直接的な貢献をしていないが、基本的または広範囲に貢献している製品の製造プロセスで用いられている。
貢献対象外 (Too small to communicate)	その化学製品は、最終製品を用いた GHG 削減貢献量に変化を及ぼさずに置き換えが可能である。

出所: 化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(2013), ICCA, WBCSD chemicals

3.7 GHG 削減貢献量算定方法論の枠組み

GHG 削減貢献メカニズム(3.3 参照)をふまえ、本プロトコルでの GHG 削減貢献量算定方法論の枠組みは表 3 の通りである。

表 3 : GHG 削減貢献量算定方法論の枠組み

No	大区分	No	中区分
A	採掘プロセス	1	原材料採掘
		2	採掘現場の保護
B	製造プロセス	1	原材料調達
		2	輸送
		3	製造
C	建設プロセス	1	輸送
		2	建設・設置
D	使用プロセス	1	使用
		2	保守・補修・交換・改修
E	廃棄プロセス	1	解体・仮置
		2	輸送
		3	廃棄物処理
F	その他	1	再利用・リサイクル

4 GHG 削減貢献量の算定

4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準

GHG 削減貢献量算定方法論には、製品のライフサイクルにおける GHG 削減貢献量の算定を行うために必要な全ての定義、仮定及びルールが記載されていなければならない。本プロトコルの範囲においては、全ての GHG 削減貢献量算定方法論の整合性が確保されることが望ましい。GHG 削減貢献量算定方法論に含めるべき事項は表 4 の通りである。

表 4：GHG 排出削減量算定方法論に含めるべき事項

No.	大項目	中項目	内容
1	方法論名	—	方法論名を記載。
2	用語の定義	—	本方法論における用語の定義を記載。
3	バリューチェーンにおけるレベル/システム境界/算定対象範囲・プロセス/削減メカニズム	説明	本方法論の目的・概要を記載。
		機能及び機能単位	機能及び機能単位(「2.用語及び定義」参照)について記載。
		システム境界、算定対象範囲・プロセス	システム境界、算定対象範囲・プロセス、及びそれらの設定の根拠・基準を記載。除外がある場合、結論(例：排出削減貢献量)への影響及び除外理由を記載。
		サービス寿命/耐用年数	機能単位における製品またはサービスのサービス寿命/耐用年数と、当該サービス寿命/耐用年数の設定根拠について記載。
		時間的基準・地理的基準	調査のために選定した、基準となる期間及び地理的地域を記載。
		ベースライン	ベースライン(「2.用語及び定義」参照)に関する情報を記載。
		削減メカニズム	GHG 削減貢献量の発生・創出メカニズムを記載。
4	算定方法	単位プロセスのフローとそのインプット及びアウトプット	単位プロセス(「2.用語及び定義」参照)のフローとそのインプット、アウトプットを記載。
		算定一般情報・概要	GHG 削減貢献量算定方法論に関する一般的な情報、及び用いたデータベース等を記載。

No.	大項目	中項目	内容
		推定及び仮定	算定方法論に推定、及び/または仮定に関する情報が含まれている場合、その内容を記載。
		カットオフ基準	カットオフ基準(「2.用語及び定義」参照)について記載。
		配分	配分(「2.用語及び定義」参照)が必要な場合、その手法を記載。
		数式	単位プロセスに対する適切なフローに基づき、GHG 削減貢献量の算定式を記載。
		データソース	算定に使用する係数等の出所・根拠を記載。
		参考文献	算定方法論の策定に使用した参考文献等を記載。
		その他	結果として得られた指標を変換する更なる手順及び選択した参考資料、重み付け係数等の根拠

4.2 GHG 削減貢献量の算定

4.1 に基づき作成された GHG 削減貢献量算定方法論の内、排出削減貢献量算定区分の観点で適切な方法論を採用の上、当該方法論に従って算定する。算定のために収集したデータについては、意図された用途についてのデータ品質要件が満たされたことを確実にするため、データの妥当性確認を行う。

5 GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価

GHG 削減貢献量の算定結果の確実性と信頼性を確立し、強化するために、表 5 の 3 つの技法の使用を考慮して評価を実施しなければならない。

表 5：GHG 削減貢献量算定方法論策定及び算定プロセスで実施すべき評価

No.	大項目	内容
1	完全性点検	LCA の段階からの情報が、目的及び調査範囲の設定に従った結論を導くのに十分であることを検証するプロセス(JIS Q14044:2010)。
2	感度分析/感度点検	感度分析：方法及びデータに関して行った選択が調査の成果へ及ぼす影響を見積もるための系統的な手順(JIS Q14044:2010)。 感度点検：感度分析から得られた情報が、結論を導き、かつ、提言を示すのに適切であることを検証するプロセス。感度点検においては、下記を考慮しなければならない(JIS Q14044:2010)。 <ul style="list-style-type: none"> • 調査の目的及び調査範囲によってあらかじめ決定された事項 • 調査の他のすべての段階から得られた結果 • 専門家による判断及び過去の経験
3	整合性点検	結論に達する前に、前提条件、方法及びデータが、調査の全体にわたって一貫して適用され、かつ、目的及び調査範囲の設定に従っていることを検証するプロセス。整合性点検では、下記の論点を扱わなければならない(JIS Q14044:2010)。 <ul style="list-style-type: none"> • 製品システムのライフサイクルに沿ったデータ品質の差異及び異なる製品システムの間でのデータ品質の差異は、調査の目的及び調査範囲との整合性があるか否か • 地理的及び／又は時間的な差異がある場合には、一貫して適用しているか否か • 配分の規則及びシステム境界をすべての製品システムに一貫して適用しているか否か • 影響評価の要素を一貫して適用しているか否か

GHG 削減貢献量算定方法論及び GHG 削減貢献量算定結果については、原則、クリティカルレビューを実施するものとする。クリティカルレビューのプロセスは、下記の事項を確実にしなければならない。

- LCA を実行するために使用した方法が、JIS Q14044:2010 及び本プロトコルに合致している。
- LCA を実行するために使用した方法が、科学的かつ技術的に妥当である。
- 使用したデータが、調査の目的に照らして適切かつ合理的である。
- 解釈は、特定された限界及び調査の目的を反映している。

- 調査報告は、透明性及び整合性がある。

クリティカルレビューは、内部又は外部の専門家が実行してもよい。その場合には、当該 LCA とは独立した専門家がレビューを行うこととする。さらに、利害関係者によるレビューとして実行してもよい。その場合には、外部の独立した専門家が選任されることが望ましい。クリティカルレビューの実施者は、LCA の知識、GHG 排出量及び GHG 削減貢献量の算定に関する知識、及びセメント関連製品に関する知識を有する者が望ましい。クリティカルレビューの適用範囲及び種類に関する決定については記録を残さなければならない。

クリティカルレビューを実施しない場合には、その理由または根拠を明示することとする。

6 GHG 削減貢献量の報告

GHG 削減貢献量は、バリューチェーン全体を通じた削減貢献量であるため、当該削減貢献量を企業レベルの GHG インベントリ (Scope1,2,3 排出量) から差し引くことはできない。従って、GHG 削減貢献量の報告は、GHG プロトコル等に則った企業レベルの外部報告 (Scope1,2,3 排出量) とは区別して報告されなければならない。報告要求項目は表 6 の通りである。

表 6 : GHG 削減貢献量の報告要求項目

No	大項目	中項目
1	GHG 削減貢献の概要	GHG 削減貢献の手法
2	バリューチェーンにおけるレベル/システム境界/算定対象範囲・プロセス/削減メカニズム	説明
		機能及び機能単位
		システム境界、算定対象範囲・プロセス
		サービス寿命/耐用年数
		時間的基準・地理的基準
		ベースライン
		削減メカニズム
		単位プロセスのフローとそのインプット及びアウトプット
3	算定方法	算定一般情報・概要
		推定及び仮定
		カットオフ基準
		配分(配分が必要な場合)
		数式
		パラメータに関する情報
		データソース(係数等の出所・根拠)
		データ品質(欠落データがある場合、その取扱いを記載)
その他		
4	評価	完全性点検
		感度点検
		整合性点検
5	ライフサイクル解釈	調査結果、関係する方法論とデータとの両方の結果の解釈に関連する前提条件及び限界、データ品質の評価、価値観の選択、論理的な根拠及び専門的な判断に関する完全な透明性

出所：化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(2013), ICCA, WBCSD chemicals を参考に作成

プロトコル参考文献

- Accounting and Reporting Protocol for Avoided Greenhouse Gas Emissions along the Value Chain of Cement-based Products(Lafarge Holcim、2016年1月)
- ISO14040 : 2006(JIS Q 14040 : 2010)「環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み」
- ISO14044 : 2006(JIS Q 14044 : 2010)「環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—要求事項及び指針」
- ISO14064-2 : 2006(JIS14064-2 : 2011)温室効果ガス—第2部：プロジェクトにおける温室効果ガスの排出量の削減又は吸収量の増加の定量化、モニタリング及び報告のための仕様並びに手引
- Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard(Greenhouse Gas Protocol、2011年)
- 温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン(経済産業省、2018年3月)
- 化学産業による比較分析をベースとしたバリューチェーン GHG 削減貢献量の算定・報告ガイドライン(World Business Council for Sustainable Development 及び International Council of Chemical Associations、2013年10月)

附属書 A 個別方法論

A-1 セメントの CO₂ 吸収量算定方法論【バリューチェーンにおける対象プロセス:表 1 D-1, E-1, F-1】

1. 方法論名

セメントによる CO₂ 吸収量の算定

2. 用語の定義

用語	内容
ポルトランドセメント	水硬性のカルシウムシリケートを主成分とするクリンカに適量のせっこうを加え、微粉碎して製造されるセメント。一般には JIS R5210 に規定されるセメント。
混合セメント	ポルトランドセメントに高炉スラグ微粉末等の混合材をあらかじめ混合したセメント。
クリンカ	原料(石灰石、粘土、珪石、鉄原料等)をロータリーキルンによって、1,450℃前後の高温で焼成することによって得られた塊状の焼成物。
セメント系固化材	土の力学的及び物理的性質の向上を目的に、土を固化するために用いられるセメントを主成分とした土質安定処理材の総称。
中性化	硬化したコンクリートが空気中の二酸化炭素等の作用を受けて次第にアルカリ性を失っていく現象。広義には、コンクリートが中性になる現象をいうが、本算定方法論では、二酸化炭素の作用による「炭酸化」と同義とする。
炭酸化度	セメント中に含まれる CaO が、中性化によって CaCO ₃ へと変化 (CaCO ₃ を生成) する割合 (モル比)。
単位セメント量	コンクリート 1 m ³ あたりのセメント量 (kg/m ³)
等価表面積	供用中に中性化したコンクリートの体積を求めるために定めた構造物及び建築物の表面積。供用されたコンクリート総量を、部材の平均的な厚さで除すことにより算出される。
路盤材	路床の上の設けたアスファルト混合物層やコンクリート版からの荷重を分散させて路床に伝える層に用いられる材料。岩石を破砕した道路用砕石や、建築物の解体によって発生したコンクリート塊等を破砕した再生砕石などが用いられる。
コンクリート塊	コンクリート構造物や建築物の解体等に伴って発生した塊状のコンクリート廃棄物。
再生砕石	コンクリート塊等を破砕し、粒度調整することによって得られるリサイクル骨材。

3. バリューチェーンにおけるレベル/算定対象範囲・プロセス/システム境界

(1)説明

セメントは、生産、販売された後、コンクリート等として建築物や構造物に適用される。その後、一定の供用期間を経た後、解体され、再利用(例：再生砕石となって路盤材や埋め戻し材として再利用)される(図 7.1-1)。本方法論は、セメントのこれら一連のライフサイクルにおけるCO₂吸収量を対象とする。



図 7.1-1 : セメント製品のライフサイクル

セメント工場で生産されるセメント及びセメント関連製品としては、ポルトランドセメント、混合セメント、クリンカ、セメント系固化材等がある。本CO₂吸収量算定方法論(以下、本方法論)では、各製品がCO₂吸収に及ぼす影響を適切に考慮して算定しなければならない。

また、ポルトランドセメントには普通ポルトランドセメントや早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメントなどの幾つかの種類が、混合セメントには高炉セメントやフライアッシュセメントなどの種類があり、CO₂吸収に及ぼすセメントの種類の影響を適切に考慮して算定しなければならない。

表 7.1-1 : セメント及びセメント関連製品の種類とCO₂吸収量算定区分

種類	CO ₂ 吸収量算定の際の区分
ポルトランドセメント	
混合セメント	
クリンカ	
セメント系固化材	

供用、解体・仮置、及び再利用段階における「期間」を適切に設定するものとする。供用段階における期間とは、一般に、構造物・建築物として完成し、利用されている期間を指す。解体・仮置期間とは、構造物・建築物等を解体し、再生段階まで保管されている期間を指す。再利用段階における「期間」は、解体コンクリートが再生砕石となり、再び路盤材等として再利用される期間である。

(2)機能及び機能単位の説明

対象とする範囲（例えば、セメント工場や国内外の区分など）において、1年間に生産され、その後、建築物や構造物に適用され、供用期間を経た後、解体、再利用^{*}されるセメント量を対象とする。または、評価に供する対象物において、適切な範囲や機能単位（例えば、セメントの区分や量など）とする。

^{*}再生砕石となって路盤材や埋め戻し材として再利用

(3)システム境界、算定対象範囲・プロセス

システム境界、算定対象範囲・プロセスは図 7.1-2 の通りである。セメントが建築物及び構造物に適用され、一定の供用期間を経て解体・仮置きされ、その後再生砕石等となり路盤材や埋め戻し材として再利用される一連のプロセスを対象とする。

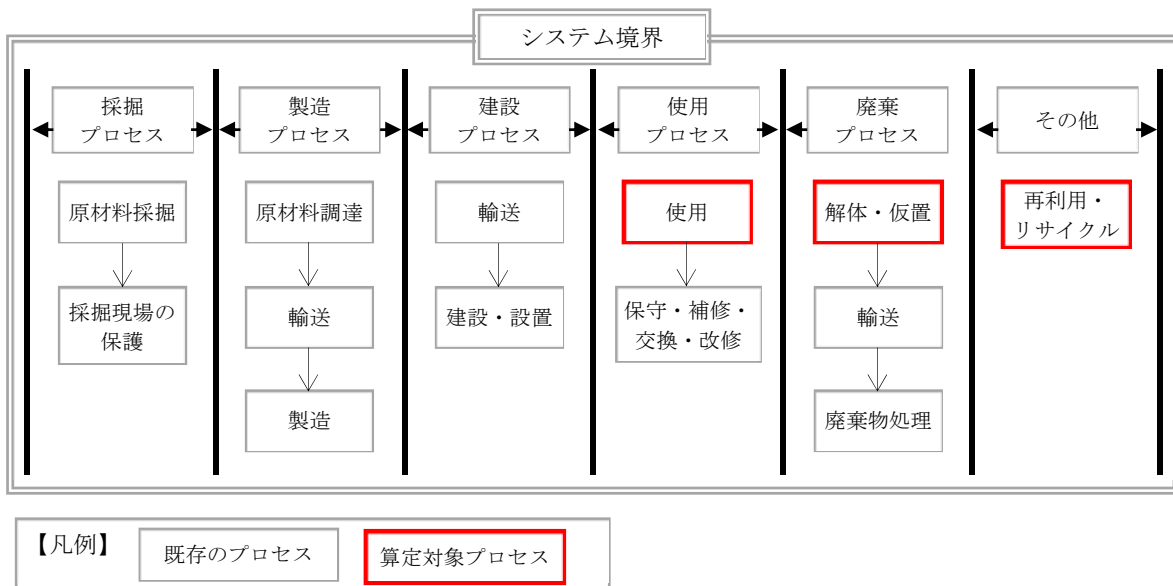


図 7.1-2 : システム境界、算定対象範囲・プロセス

(4)サービス寿命/耐用年数

• 供用期間

コンクリートの中酸化は、大気に曝されている期間の影響を受ける。実質的な供用期間は、構造物及び建築物の種類によって様々であるが、本編「3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則」における「保守性の原則」に基づき、設定するものとする。

• 解体・仮置期間

一般に、供用期間が終了したコンクリート構造物・建築物は、現場で解体されて大きさが数十 cm 以下のコンクリート塊となる。このコンクリート塊には、大きさが数 mm～粉体状の微

細な粒子も含まれる。その後、コンクリート塊は中間処理業者まで運搬された後、クラッシャーによる破碎やふるいによる粒度選別等の処理がなされ、再生砕石として精製される。また、製造後の再生砕石は、中間処理業者のストックヤード等で一定の貯蔵期間を経た後、その出荷先まで運搬され、再度路盤材等の用途として再利用されることとなる。この間、解体されたコンクリートは、塊状や粒状～粉体状の粒度が小さい状態にあり、またその状態で一定期間外気に曝されることから、大気中の CO₂ を吸収する。

解体・仮置期間については、保守性の原則に基づき設定するものとする。

• 再利用期間

再利用期間は、解体コンクリートが再生砕石となり、再び路盤材等として再利用される期間である。この再利用期間では、再生砕石は圧密された状態で路面の下層部に用いられるが、上面がアスファルトやコンクリートの路面に被覆された状態にあることから、大気との接触はほとんどなく、CO₂ の吸収は微少なものと考えられる。再利用期間は、本編「3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則」における「保守性」の原則に基づき、設定するものとする。

表 7.1-2 : コンクリートのライフサイクルプロセスにおける設定期間

プロセス	供用	解体・仮置	再利用
期間			

(5)時間的基準・地理的基準

3.(1)に示す通り、本方法論では、セメントが生産・販売された後、建築物及び構造物に適用され、一定の供用期間を経て解体され、再利用(例：路盤材)されるまでの、セメントのライフサイクルにおける CO₂ 吸収量を対象とする。

GHG 削減貢献量の算定方法には、フローベース法とストックベース法がある¹。前者は、評価期間(例：1年間)に製造・販売された評価対象製品・サービス等がライフエンド(製品寿命)まで使用されることにより発揮される温室効果ガスの削減貢献量の累積量を算定する方法である。一方、ストックベース法は、過去に販売されたものも含めて評価期間に稼動している評価対象製品・サービス等の全量が、評価期間に使用等されることによる削減貢献量を算定する方法である。本方法論では、いずれかの方法を採用しなければならない。

算定対象範囲は、例えば、国内や海外、それらの両者など目的に応じたセメントの CO₂ 吸収量を対象とする。

(6)ベースライン

建築物及び土木構造物に CO₂ を吸収しない材料(例：木材)が使用されている状態を仮定する。

(7)削減メカニズム

セメントは、主にエーライト(3CaO・SiO₂)、ビーライト(2CaO・SiO₂)、カルシウムアルミネート相(3CaO・Al₂O₃)、フェライト相(4CaO・Al₂O₃・Fe₂O₃)の主要 4 鉱物から構成され、コンクリートとして使用される際には、これら鉱物が練混ぜ水と水和反応をして、C-S-H や水酸化カルシウム(CH)、またエトリングイト(3CaO・Al₂O₃・3CaSO₄・32H₂O)やモノサルフェート(3CaO・Al₂O₃・CaSO₄・12H₂O)といったカルシウムアルミネート水和物を生成する。コンクリート中のセメントペースト部分では、これら水和物がおおよそ C-S-H : 55~65%、CH : 15~25%、エトリングイトやモノサルフェート等のカルシウムアルミネート水和物 : 10~15%の割合で構成されている。これらセメント水和物は、通常のセメント、コンクリート硬化体中では安定的に存在しうるものであるが、いずれも化学成分として CaO を含む鉱物であり、反応の媒体となる水(湿分等)と CO₂ が存在した場合には中性化(炭酸化)し、CaCO₃ を生成する。実際にはコンクリートの水和組織は緻密な多孔体であり大気中の CO₂ は空隙を通じて内部へと拡散していく。

中性化はコンクリート構造物の重要な劣化因子の一つであることから、実際には中性化を抑制するような材料設計や配合設計、施工等がなされるが、構造物として供用される期間が一般に数十年以上であることから、この間に少なからず中性化が進行し、これにより CO₂ が吸収される。また、コンクリートは構造物としての供用を終えた後、解体、再利用されることとなるが、解体によって塊状となり、その際それまで構造物の内部にあった硬化体組織が、新たに表層に露出することで再度中性化し、CO₂ の吸収が生じることとなる。

セメント水和物の中性化(炭酸化)プロセスは表 7.1-3 の通りである。但し、コンクリート中の中性化(炭酸化)の度合いは、化学反応の進行そのものより、コンクリート硬化体中への CO₂ 拡散が律速となって進行する。

表 7.1-3 : セメント水和物の中性化(炭酸化)プロセス(*)

セメント水和物	炭酸化反応式
C-S-H	$3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O + 3CO_2 \rightarrow 3CaCO_3 + 2SiO_2 + 3H_2O$
CH	$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
エトリングイト	$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O + 3CO_2$ $\rightarrow 3CaCO_3 + 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 29H_2O$
モノサルフェート	$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O + 3CO_2$ $\rightarrow 3CaCO_3 + 2Al(OH)_3 + CaSO_4 + 9H_2O$

(*) 炭酸化は水を媒体とした反応であることから、CO₂ を H₂CO₃ とした反応式で表すこともある。

4. 算定方法

(1)算定一般情報・概要

セメントの CO₂ 吸収量は、供用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量、解体・仮置期間におけるセメントの CO₂ 吸収量、及び再利用期間(におけるセメントの CO₂ 吸収量の和によって算定する。また、それぞれのセメントの CO₂ 吸収量は、コンクリートの中性化領域 1 m³あたりのセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)にコンクリートの中性化領域の体積(m³)を乗じることで算定する。

(2)供用期間及び解体・仮置期間共通指標の算定方法の設定、推定及び仮定

① コンクリートの中性化領域 1 m³あたりのセメントの CO₂ 吸収量の算定について

デンマークの Danish Technology Institute(DTI)が示す下記算定式²を採用する。

<算定式>

$$a = \gamma_c \times \frac{C}{1000} \times \frac{CaO}{100} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CaO}}$$

ここで、

a : コンクリートの中性化領域 1 m³あたりににおけるセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

γ_c : 炭酸化度

C : コンクリートの単位セメント量(kg/m³)

CaO : セメントの CaO 量(%)

M_{CO_2} : CO₂ のモル質量(=44.0g/mol)

M_{CaO} : CaO のモル質量(=56.1g/mol)

ここで炭酸化度³とは、中性化によってセメント中に含まれる CaO のどの程度の割合が CaCO₃になるかを表す係数であり、信頼できる資料や実験データ等に基づき適切な値を設定する必要がある。コンクリートの単位セメント量およびセメントの CaO 量についても同様に、適切に設定する必要がある。表-7.1-4 は、セメント協会が示している普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種の化学組成を例示したものである。

表 7.1-4 : セメントの化学組成の例

セメントの種類	一般的な化学組成 (%)			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
普通ポルトランドセメント	20~23	3.8~5.8	2.5~3.6	63~65
高炉セメント(B種)	24~27	7.0~9.5	1.6~2.5	52~58

② コンクリートの中性化領域の体積の算定について

供用期間におけるコンクリートの中性化領域の体積は、コンクリート構造物及び建築物の表面積に中性化深さを乗じることで算出される。また、解体・仮置期間におけるコンクリートの中性化領域の体積は、解体後再利用に供されるコンクリートの体積に、単位体積あたりにおける中性化領域の体積を乗じることで算出される。前者の算定式及び後者の単位体積あたりにおける中性化領域の体積の算出のためには中性化深さの算出が必要である。

ここでは、供用期間及び解体・仮置期間に共通する「中性化深さ」の算出方法の設定について示す。その他、供用期間及び解体・仮置期間それぞれのコンクリート中性化領域の算定に特有の指標の算出方法については、「(3)算定式」にて示すこととする。

コンクリート構造物及び建築物の表面からの中性化深さを算定する式として、土木学会コンクリート標準示方書⁴で示される式や、岸谷式⁵を原型とし、材料・調合・環境作用の影響を白山式⁶、和泉式⁷に基づいて標準化された日本建築学会鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説⁸の提案式などがある(表-7.1-5)。中性化深さは、コンクリートの水セメント比(W/C)や環境条件等の影響を受けるため、算定にあたってはこれらに係る適切な値や係数を設定する必要がある。

表 7.1-5 : 中性化速度式の例

提案者	式	パラメータ
土木学会式	$D = (-3.57 + 9.0 \cdot W / (C + kA_d)) \cdot \beta_e \cdot \sqrt{t}$ ・・・ [1]	D: 中性化深さ(mm) k: 混和材(スラグ:0.7)、 A _d : 混和材量、β _e : 環境 作用係数(乾燥: 1.0)
建築学会指針式	$D = 1.72 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \sqrt{t}$ ・・・ [2]	D: 中性化深さ(mm) α ₁ : 骨材、α ₂ : セメント、 α ₃ : W/C、β ₁ : 気温、β ₂ : 湿度・水分、β ₃ : CO ₂

(3)算定式

① セメントの CO₂ 吸収量

$$A = A_{sl} + A_{dem} + A_r$$

A: セメントの CO₂ 吸収量(t)

A_{sl}: 供用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

A_{dem}: 解体・仮置期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

A_r: 再利用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

② 供用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量

$$A_{sl} = \sum_i (a_i \times V_{c-sl-i})$$

A_{sl} : 供用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

a_i : 各条件における、コンクリートの中性化領域 1m³あたりのセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

V_{c-sl-i} : 各条件における中性化したコンクリートの体積(m³)

なお、各条件とは、後述の a)項で示す構造物・建築物の分類などである。

以降では、 a_i 及び V_{c-sl-i} を一般化した記号としてそれぞれ a 、 V_{c-sl} として表す。

$$V_{c-sl} = D \times A_{eq}$$

$$A_{eq} = \frac{V_{con-sl}}{t_{ave}}$$

V_{c-sl} : 供用期間における中性化したコンクリートの体積(m³)

D : 中性化深さ(mm)

A_{eq} : 構造物・建築物の等価表面積(m²)

V_{con-sl} : 供用期間におけるコンクリート量(m³)

t_{ave} : 構造物・建築物の平均部材厚(m)

$$a = \gamma_c \times \frac{C}{1000} \times \frac{CaO}{100} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CaO}}$$

a : コンクリートの中性化領域 1 m³あたりにおけるセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

γ_c : 炭酸化度

C : コンクリートの単位セメント量(kg/m³)

CaO : セメントの CaO 量(%)

M_{CO_2} : CO₂ のモル質量(g/mol) [44.0g/mol]

M_{CaO} : CaO のモル質量(g/mol) [56.1g/mol]

a) 構造物・建築物の分類

コンクリートの中性化は大気中の二酸化炭素と反応することによって生じる。逆に、二酸化炭素との接触が妨げられる地中や水中にある構造物・建築物の中性化の進行は著しく小さくなることが知られている。これらの影響を考慮するため、構造物・建築物が曝される環境を適切

に分類する必要がある。

b) 構造物・建築物の等価表面積の設定

大気中の CO₂ と接触するコンクリート構造物及び建築物の表面積を適切に定めることとする。表面積には、供用中の構造物・建築物に用いられたコンクリート量を平均的な部材厚さで除すことにより求めた等価表面積(A_{eq})を用いてよい。

③ 解体・仮置期間におけるセメントの CO₂ 吸収量

解体期間では、コンクリートはコンクリート塊～再生砕石の形態で存在する。解体期間におけるコンクリートの形態は、適切な実測値を用いるか、または適切にモデル化するものとする。また、解体されたコンクリートの再資源化率を考慮して CO₂ 吸収量を算定することとする。

$$A_{dem} = \sum_i (a_i \times V_{c-dem-i})$$

A_{dem} : 解体・仮置期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

a_i : 各条件 (セメント品種等) における、コンクリートの中性化領域 1 m³ あたりのセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

$V_{c-dem-i}$: 各条件 (セメント品種等) における中性化したコンクリートの体積(m³)

以降では、 a_i 及び $V_{c-dem-i}$ を一般化した記号としてそれぞれ a 、 V_{c-dem} として表す。

$$a = \gamma_c \times \frac{C}{1000} \times \frac{CaO}{100} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CaO}}$$

a : コンクリートの中性化領域 1 m³ あたりにおけるセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

γ_c : 炭酸化度

C : コンクリートの単位セメント量(kg/m³)

CaO : セメントの CaO 量(%)

M_{CO_2} : CO₂ のモル質量(g/mol) [44.0g/mol]

M_{CaO} : CaO のモル質量(g/mol) [56.1g/mol]

$$V_{c-dem} = Nr \times V_{con-dem}$$

V_{c-dem} : 解体・仮置期間における中性化したコンクリートの体積(m^3)

Nr : コンクリート塊・再生砕石の単位体積($1 m^3$) あたりにおける中性化領域の体積(m^3/m^3)

$V_{con-dem}$: 解体・仮置期間のコンクリートの体積(m^3)

$$Nr = \sum_i \left(Nr_{di} \cdot \frac{p_{di}}{100} \right)$$

Nr_{di} : 粒径 d_i のコンクリート塊・再生砕石粒における単位体積あたりの中性化領域の体積 (m^3/m^3)

p_{di} : コンクリート塊・再生砕石における粒径 d_i の分布頻度(%)

$$Nr_{di} = 1 - \left(\frac{(d_i/2) - D}{(d_i/2)} \right)^3$$

ただし、 $D > (d_i/2)$ の場合は、 $Nr_{di} = 1$

Nr_{di} : 粒径 d_i のコンクリート塊・再生砕石粒における単位体積($1 m^3$)あたりの中性化領域の体積(m^3/m^3)

d_i : コンクリート塊・再生砕石粒の粒径(mm)

D : 中性化深さ(mm)

$$V_{con-dem} = \frac{R_{con}}{100} \times V_{con-sl}$$

$V_{con-dem}$: 解体・仮置期間のコンクリートの体積(m^3) ※直接測定できる場合にはその値を適用

R_{con} : コンクリート塊の再資源化率(%)

V_{con-sl} : 供用期間におけるコンクリート量(m^3)

④ 再利用期間におけるセメントの CO_2 吸収量

再利用期間では、コンクリートは主に道路用路盤材として用いられる。再利用期間のコンクリートの CO_2 吸収量は、形態や環境条件を適切に考慮して算定することとする。

$$A_r = \sum_i (a_i \times V_{c-r-i})$$

A_r : 再利用期間におけるセメントの CO₂ 吸収量(t)

a_i : 各条件 (セメント品種等) における、コンクリートの中性化領域 1 m³あたりのセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

V_{c-r-i} : 各条件 (セメント品種等) における中性化したコンクリートの体積(m³)

以降では、 a_i 及び V_{c-r-i} を一般化した記号としてそれぞれ a 、 V_{c-r} として表す。

$$a = \gamma_c \times \frac{C}{1000} \times \frac{CaO}{100} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{CaO}}$$

a : コンクリートの中性化領域 1 m³あたりにおけるセメントの CO₂ 吸収量(t/m³)

γ_c : 炭酸化度

C : コンクリートの単位セメント量(kg/m³)

CaO : セメントの CaO 量(%)

M_{CO_2} : CO₂ のモル質量(g/mol) [44.0g/mol]

M_{CaO} : CaO のモル質量(g/mol) [56.1g/mol]

$$V_{c-r} = Nr \times V_{con-r}$$

V_{c-r} : 再利用期間における中性化したコンクリートの体積(m³)

Nr : 路盤材の単位体積(1 m³) あたりにおける中性化領域の体積(m³/m³)

V_{con-r} : 再利用期間のコンクリートの体積(m³)

$$Nr = \sum_i \left(Nr_{di} \cdot \frac{p_{di}}{100} \right)$$

Nr_{di} : 粒径 d_i の路盤材における単位体積あたりの中性化領域の体積(m³/m³)

p_{di} : 路盤材における粒径 d_i の分布頻度(%)

(4)データソース(係数等の出所・根拠)

前記(2)及び(3)に記載。

(5)カットオフ基準

算定対象のライフサイクルプロセス(供用、解体・仮置、再利用)全体の CO₂ 吸収量への影響が軽微な場合(3%未満)、当該プロセスにおける CO₂ 吸収量を算定対象外としても良い。

(6)配分

本方法論では特になし。

(7)その他

本方法論では特になし。

付属書 A 参考文献

- ¹ 経済産業省(2018)『温室効果ガス削減貢献定量化ガイドライン』, p.12.
- ² K. O. Kjellsen, M. Guimaraes, Å. Nilsson(2005)『The CO₂ Balance of Concrete in a Life Cycle Perspective』, Danish Technology Institute.
- ³ 土木学会(2012)「コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO₂削減を目指して」『コンクリートライブラリー134』, p.92.
- ⁴ 土木学会(2018)『2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]』, p.153-156.
- ⁵ 岸谷孝一(1963)『鉄筋コンクリートの耐久性』, 鹿島出版社.
- ⁶ 日本建築学会(1976)『コンクリートの調合設計・調合管理・品質検査指針案・同解説』.
- ⁷ 和泉意登志(1994)「コンクリート構造物の問題点とその対策：中性化」, 『コンクリート工学』, Vol.32, No.2, p.72-83.
- ⁸ 日本建築学会(2016)『鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説』.

附属書 B ISO14044 対照表

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
4 ライフサイクルアセスメント(LCA)方法論の枠組み	—
4.1 一般要求事項	1.1 本プロトコルの目的 1.2 本プロトコルの対象範囲 1.4 本プロトコルの作成プロセス 1.5 既存の規格・ガイドラインとの関係 3.2 ライフサイクルアプローチの適用 4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2 目的及び調査範囲の設定	—
4.2.1 一般	1.1 本プロトコルの目的 1.2 本プロトコルの対象範囲
4.2.2 調査の目的	1.1 本プロトコルの目的 3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3 調査範囲	—
4.2.3.1 一般	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.2 機能及び機能単位	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.3 システム境界	—
4.2.3.3.1	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.3.2	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.3.3	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
a) 質量	2.用語及び定義
b) エネルギー	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定
c) 環境面での重要度	6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.4 LCIA 方法論及び影響の種類	—
4.2.3.5 データの種類及び情報源	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.6 データ品質要件	—
4.2.3.6.1	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.2.3.6.2	※下記に関連事項の記載があるが、左記要求事項を網羅したものではない
a) 時間に関する範囲	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
b) 地理的な範囲	4.2 GHG 削減貢献量の算定
c) 技術の範囲	6. GHG 削減貢献量の報告
d) 精度	
e) 完全性	
f) 代表性	
g) 整合性	
h) 再現性	
i) データ源	
j) 情報の不確かさ	
4.2.3.6.3	6. GHG 削減貢献量の報告 下記にも関連事項の記載があるが、左記要求事項を網羅したものではない 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価
4.2.3.7 システム間の比較	—
4.2.3.8 クリティカルレビューにかかわる考慮事項	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価
4.3 ライフサイクルインベントリ分析(LCI)	—
4.3.1 一般	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.2 データ収集	—
4.3.2.1	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.2.2	下記に関連事項の記載があるが、左記要求事項を網羅したものではない 4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.2.3	—
4.3.3 データ計算	—
4.3.3.1 一般	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.3.2 データの妥当性確認	2. 用語及び定義 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.3.3 データの単位プロセス及び機能単位への関連付け	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.3.4 システム境界の精査	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.3.4 配分	—
4.3.4.1 一般	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
4.3.4.2 配分の手順	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 6. GHG 削減貢献量の報告
a) ステップ 1	—
b) ステップ 2	—
c) ステップ 3	—
4.3.4.3 再使用及びリサイクルのための配分の手順	—
4.3.4.3.1	—
4.3.4.3.2	—
4.3.4.3.3	—
a)	—
b)	—
4.3.4.3.4	—
4.4 ライフサイクル影響評価(LCIA)	—
4.5.2 重要な事項の特定	—
4.4.1 一般	3.1 GHG 削減貢献量算定の基本原則 3.2 ライフサイクルアプローチの適用 3.3 GHG 排出削減貢献メカニズム 3.4 ダブルカウントの取扱い 3.5 GHG 削減貢献量の帰属 3.6 GHG 削減貢献量算定方法論の枠組み 4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
a)	—
b)	—
c)	—
4.4.2 ライフサイクル影響評価(LCIA)の必ず(須)要素	—
4.4.2.1 一般	—
4.4.2.2 影響領域, 領域指標及び特性化モデルの選択	—
4.4.2.2.1	—
4.4.2.2.2	—
4.4.2.2.3	—
a)	—
b)	—
c)	—
d)	—

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
e)	—
f)	—
g)	—
4.4.2.2.4	—
a)	—
b)	—
4.4.2.3 選択された影響領域への LCI 結果の割り振り(分類化)	—
a)	—
b)	—
4.4.2.4 結果として得られた領域指標の計算(特性化)	—
4.4.2.5 特性化の後に生じるデータ	—
4.4.3 LCIA の任意の要素	—
4.4.3.1 一般	—
a) 正規化	—
b) グルーピング	—
c) 重み付け	—
d) データ品質の分析	—
4.4.3.2 正規化	—
4.4.3.2.1	—
4.4.3.2.2	—
4.4.3.3 グルーピング	—
4.4.3.4 重み付け	—
4.4.3.4.1	—
4.4.3.4.2	—
4.4.3.4.3	—
4.4.4 追加的な LCIA データ品質の分析	—
4.4.4.1	—
4.4.4.2	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定
a)	5.GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価
b)	6. GHG 削減貢献量の報告
c)	
4.4.5 一般に開示することを意図する比較主張において用いようとする LCIA	—
4.5 ライフサイクル解釈	—
4.5.1 一般	—

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
4.5.1.1	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.5.1.2	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.5.2 重要な事項の特定	—
4.5.2.1	—
4.5.2.2	—
4.5.2.3	—
a)	—
b)	—
c)	—
d)	—
4.5.3 評価	—
4.5.3.1 一般	4.1 GHG 削減貢献量算定方法論の作成基準 4.2 GHG 削減貢献量の算定 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.5.3.2 完全性点検	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.5.3.3 感度点検	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
4.5.3.4 整合性点検	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果
a)	
b)	
c)	
d)	
4.5.4 結論, 限界及び提言	6. GHG 削減貢献量の報告
a)	
b)	
c)	
d)	
5 報告	—
5.1 一般要求事項及び考慮事項	—
5.1.1	6. GHG 削減貢献量の報告
5.1.2	
a)	
b)	
c)	
d)	
e)	

ISO14044 要求項目	本プロトコル参照項目
5.1.3	—
5.2 第三者向け報告書のための追加的な要求事項及び手引	6. GHG 削減貢献量の報告
a) 一般的な側面	
b) 調査の目的	
c) 調査範囲	
d) LCI	
e) 適用可能な場合には, LCIA	
f) ライフサイクル解釈	
g) 適用可能な場合には, クリティカルレビュー	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告
5.3 一般に開示することを意図する比較主張のためのより詳細な報告要求事項	—
5.3.1	1.1 本プロトコルの目的
a)	—
b)	—
c)	—
d)	—
e)	—
f)	—
g)	—
h)	—
i)	—
5.3.2	—
a)	—
b)	—
c)	—
d)	—
e)	—
6 クリティカルレビュー	—
6.1 一般	1.1 本プロトコルの目的 5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価
6.2 内部又は外部の専門家によるクリティカルレビュー	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価
6.3 利害関係者の委員会によるクリティカルレビュー	5. GHG 削減貢献量算定方法論及び算定結果の評価 6. GHG 削減貢献量の報告