セメントの LCI データの概要

一般社団法人　セメント協会

２０２４年４月１日

１．目的

本説明書は、国家プロジェクト「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」（通称、LCA プロジェクト）作成の「LCI データ収集マニュアル」に従い、セメント協会の責任の下公表するデータの収集及び集計方法を示したものであり、LCI データの適切な利用支援を目的とするものである。また、システム境界を設定するにあたり、廃棄物使用時の環境負荷を控除した当協会の考え方を示している。

なお、本 LCI データは、セメント協会生産・環境部門が **2022 年度実績**に基づいて集計したものであり、今後とも毎年度更新する予定である。

２．対象製品

名称	ポルトランドセメント	混合セメント		備考
		高炉セメント	フライアッシュセメント	
関連 JIS	JIS R 5210	JIS R 5211	JIS R 5213	
産業統計分類	2521 11	2521 19	2521 19	
基本単位	1 kg 当たり	1 kg 当たり	1 kg 当たり	
品種構成	普通 早強 中庸熱 低熱 耐硫酸塩	B 種	B 種	
材料構成		・ポルトランド ・高炉スラグ (30～60%)	・ポルトランド ・フライアッシュ (10～20%)	
2022 年度生産量 構成比率	36,820 千 t 79.50%	9,464 千 t 20.44%	29 千 t 0.06%	46,313 千 t 100.00%

1)上記構成比率は小数点以下第 3 位を四捨五入しているため、合計しても必ずしも 100%とはならない。

2)類似製品で全く製法の異なる製品として、ポルトランドセメントと混合セメントを区分した。

3)ポルトランドセメントについては、代表的な普通ポルトランドセメントだけのデータ収集は困難であるため、全ポルトランドセメントの加重平均とした。

4)混合セメントの中で生産量の多いのは高炉セメント(B 種)であるが、将来的な石炭灰のリサイクル推進も考慮して、比較のためフライアッシュセメント(B 種)も対象とした。

３．対象サブシステムとデータ収集範囲

1)プロセスフローを別図に示す。システム境界は国内での「天然原料の採掘」からサービ

ス・ステーション（SS）へのセメント製品の出荷まで※とした。セメント製品の使用段階，使用後の廃棄段階の環境負荷については、当協会では把握できないのでシステム外とした。（※輸送関連データについては、LCA 日本フォーラムのデータベース中の「搬入情報」及び「内部輸送」に記載している。）

2)「エネルギー・原料輸送」、「製品内部輸送」も一つの単位プロセスとして、エネルギー，原料，製品種類毎に輸送手段と距離についてデータを収集した。

3)セメント製品に特有の原料である石灰石，粘土，珪石の採掘に伴うデータは自社採掘のデータだけを収集した。

4)製造工程の中を「クリンカ製造」と「セメント製造」の単位プロセスに区分して、今後混合材の種類・量が変化してもデータが集計し易いように構築した。

5)「自家発電」を一つの単位プロセスとして、売電分を差し引いたセメント製造用エネルギー投入量と環境負荷物質の排出量を収集した。

４．業界データとしてのまとめ方（平均化手法）

1)セメント協会の会員会社数は 2023 年 3 月 31 日現在 16 社、工場数は 30 工場であり、全社全工場が LCI 用データ収集に参加している。

2)国内ではセメント協会に加入していないセメント会社はエコセメントを製造している事業者だけである。したがって、生産数量に関しては、ポルトランドセメント、高炉セメント(B 種)、フライアッシュセメント(B 種)とも 100％網羅されている。

3)参加各社に記載要領付きのデータ入力シートを渡し、複数工場を有する会社からは原則として、工場毎に集計したデータを生産数量で加重平均したものをその社のデータとして収集した。さらに、各社のデータを社毎の生産数量で加重平均して業界データとした。

4)参加各社の中には化学兼業会社もあるが、セメント製造工程は非常に類似性が高いので、データ集計のために仮想プロセスを設定する必要はなかった。

５．収集データに関する特記事項

1)全般

①セメント品種別インベントリデータ一覧表を別表に示す。

②データは実測値を基本とし、実測値のない場合は外部資料を用いて推定した。

③設備については、インベントリとしてその影響は大きくないと判断して入力しなかった。（どの工場も数十年以上の操業の歴史があり、現実的に基礎資材量すら把握できないこと、また、累積の生産数量で除すれば設備建設の環境負荷は無視できるほど小さいことから判断した。）

④データは毎年更新することを前提に、極力セメント協会で集計している月次及び年次集計データを活用できるようにし、一部不足分のみ別途収集した。

2)入力項目（エネルギー、原料）

①エネルギー，原料とも天然資源以外に他産業の副産物や廃棄物を相当量使用しているので、これらを「外部リサイクル品」として天然資源と区分して示した。なお、セメント製造用石炭については、本来原料として扱うべきであるが、他のエネルギーとの比較都合上エネルギー欄に記載した。

②粉砕・分級された混合材を外部から購入している場合にも、外部での粉砕・分級エネルギーは考慮せず、外部リサイクル品として負荷「0」とした。

③輸送に関しては、輸送手段別の燃料消費量の把握が困難であったことから平均的な輸送距離と輸送割合を全てのエネルギー・原料・製品毎に調査し、それを「搬入情報」および「内部輸送」として記載した。従って、輸送時の環境負荷は出力値に含まれない。

3)出力項目（添加材、環境負荷物質、廃棄物）

①温室効果ガスである CO_2 については熱エネルギー由来とプロセス由来（原料用石灰石の分解反応により生じる）に分けて報告しているが、算出に用いる排出係数にはどちらも地球温暖化対策の推進に関する法律に規定されている数値を採用している。ただし、本インベントリデータの石灰石脱炭酸起源の CO_2 については、日本国温室効果ガスインベントリ報告書（2023）※の記述に基づき、炭酸カルシウム由来の排出係数および炭酸マグネシウム由来の排出係数を合計した係数から算出した。

（※https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000001v3c7t-att/NIR-JPN-2023-v3.0_J_gioweb.pdf）

②温室効果ガスのうち、CH_4，N_2O については、地球温暖化対策の推進に関する法律に規定されている排出係数を用いて算出した。なお、セメント工場内における自家発電設備は、微粉炭専焼炉と常圧流動床炉に大別することができるが、本データにおいては、常圧流動床炉を想定して推定した。

③温室効果ガスのうち、HFC，PFC，SF_6 については理論的にセメント製造プロセスでは発生し得ないと考えて「0」としている。

④大気汚染防止法で規制を受けている NOx，SOx，ばいじんについては、ばい煙発生施設の排ガス濃度実測値に基づき算出した。従って、測定義務を受けていない鉱山における天然原料採掘時の重機等使用に伴う同排出量は、ここで記載された値に含まれていない。

⑤国内 30 工場のセメント製造プロセスはすべて乾式であり基本的に汚水が出ないこと、生活雑排水や発電用冷却水も工場により把握している範囲が異なることから、排水処理の評価については本調査の対象外とした。

⑥セメント工場の製造プロセスからは基本的に廃棄物が発生しないという大きな特徴があるが、定期修理時の設備の更新等に伴いわずかに廃棄物が発生し最終処分している。その量は 2021 年度で約 229 t と、生産量の 0.0004％相当に過ぎないことから、処理委託廃棄物量は調査対象外とした。

⑦添加材となる混合材については、2008 年度版では高炉スラグ、高炉スラグ微粉末お

よびフライアッシュの値を示していたが、2020 年度では、2009 年度のセメントの品質規格（JIS）改正に整合させ、2009 年度のデータと同様に、石灰石の値を追加した。

６．「廃棄物使用時の環境負荷控除」に関するセメント協会の考え方

ほとんどのセメント工場では、主に他産業から発生した廃棄物を天然原料・熱エネルギー源の一部代替として使用している。これらは入力データ側（原料欄：廃棄物・副産物、エネルギー欄：化石起源（副産物・廃棄物）、バイオマス（副産物・廃棄物））には記載しているが、環境負荷（CO_2）出力データには使用時の影響を控除するように表記している。

これは、一般的に廃棄物処理施設で焼却・埋立処分（もしくは直接埋立処分）されていた廃棄物をセメント工場の中に持ち込んだだけのものであるので、使用時、特に熱エネルギーとして使用される廃棄物が燃焼する際に発生する CO_2 は、セメント製品のインベントリとしてカウントすることは適当でないと考えるからである。すなわち、システム境界を廃棄物の焼却・埋立処分まで拡張すれば、境界内トータルの環境負荷は減ることはあっても増えることはない。

なお、セメント産業のように他産業が排出した廃棄物を再利用する場合においては、その負荷（または負荷低減）を排出側産業製品が負担（受益）すべきか処理側産業製品で負担（受益）すべきかについての社会的コンセンサスは得られていない。

ただし、LCA の実施者がこうした判断を行う場合、廃棄物の使用に伴う環境負荷（CO_2）量ならびに同廃棄物を焼却・埋立処分した際の環境負荷量が必要になる。ここでは、一例として廃棄物（廃プラ，廃タイヤ等化石資源を起源とする廃棄物）をセメント製造用熱エネルギーとして使用したケースについて、使用時に発生する CO_2 量とともにシステム境界を拡大した上で負荷控除したことの考え方を下図に示した。

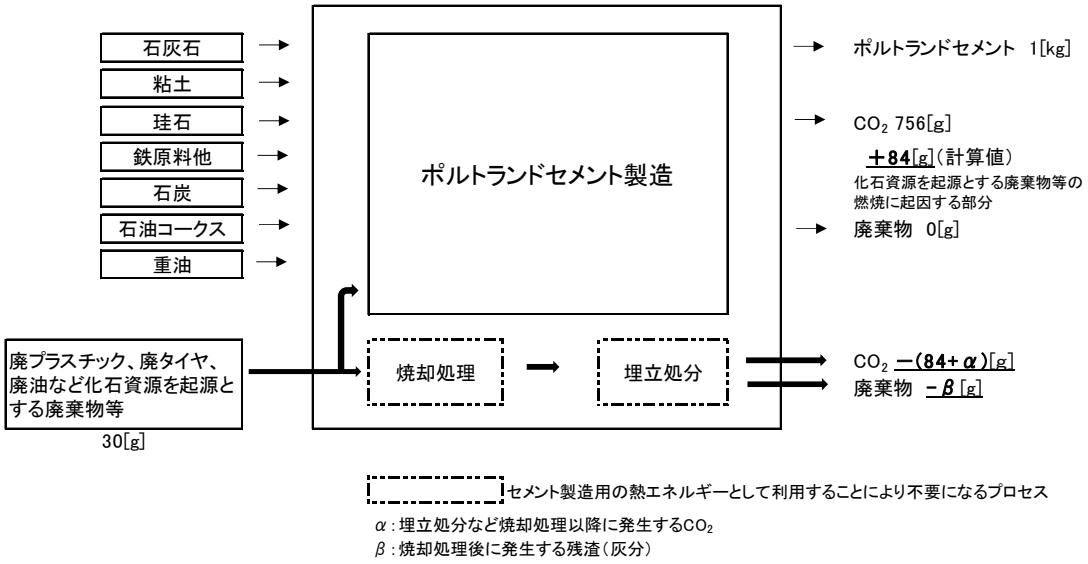


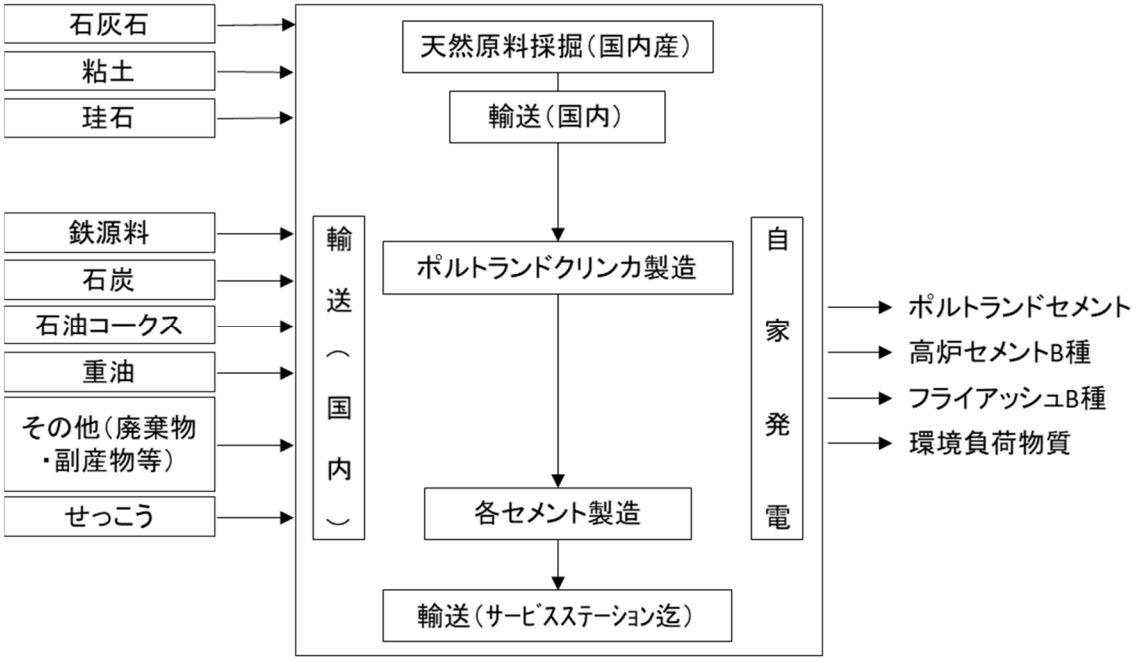
図　　廃棄物使用時における環境負荷（CO_2）控除の説明

一方、原料代替として活用した廃棄物については、基本的に使用時に CO_2 は発生しない。これらについては、セメント原料として使用することで埋立処分、およびそれ以降の処分場維持管理時等に発生する環境負荷が削減されることになるが、その際の環境負荷についてはLCA 日本フォーラムのデータベース上で「廃棄物処分に関するデータ」を検索されたい。

なお、本来 CO_2 以外の SOx, NOx, ばいじんについても同様のことが言えるが、これらは実測値のため廃棄物起源の分も含んでいる。

以上

【別図】



各セメントのサブシステムフロー図

【別表】　セメント品種別インベントリデータ一覧表

区分1	区分2	区分3		単位	ポルトランド 2022年度	高炉B種 2022年度	ﾌﾗｲｱｯｼｭB種 2022年度	備考
エネルギー	天然	焼成用	石炭（※1）	g/kg	72.74	41.03	62.56	
			石油コークス	g/kg	10.46	5.90	9.00	
			C重油	ml/kg	0.50	0.28	0.43	
			その他	ml/kg	0.02	0.01	0.02	
		乾燥用ほか	石炭	g/kg	0.00	0.00	0.00	
			石油コークス	g/kg	0.00	0.00	0.00	
			C重油	ml/kg	0.00	0.19	0.00	
			その他	ml/kg	0.00	0.00	0.00	
		自家発電用	石炭	g/kg	18.02	13.83	15.25	
			石油コークス	g/kg	2.35	1.80	1.99	
			C重油	ml/kg	0.07	0.06	0.06	
			その他	ml/kg	0.28	0.21	0.23	
	リサイクル	化石起源	副産物	g/kg	11.34	6.44	9.75	廃プラ、廃タイヤ、廃油等
			廃棄物	g/kg	18.70	10.55	16.09	
		バイオマス	副産物	g/kg	5.89	3.84	5.03	木くず、紙くず、動植物性残渣等
			廃棄物	g/kg	10.87	6.13	9.35	
	購入電力			Wh/kg	41.60	31.91	35.20	
原料	天然	石灰石		g/kg	1,107.45	624.67	952.46	
		粘土		g/kg	1.92	1.08	1.65	
		珪石		g/kg	59.55	33.59	51.22	
		その他		g/kg	0.24	0.13	0.21	
	リサイクル	鉄原料	副産物	g/kg	9.29	5.24	7.99	
			廃棄物		6.53	3.68	5.62	
			合計		15.82	8.92	13.61	
		副産物		g/kg	5.84	3.29	5.02	
		廃棄物		g/kg	230.50	130.01	198.24	
添加材	せっこう	天然		g/kg	0.17	0.30	0.07	
		副産		g/kg	34.40	36.35	28.07	
	混合材	高炉スラグ		g/kg	2.05	328.73	0.84	
		高炉スラグ微粉末		g/kg	0.76	89.53	0.31	
		フライアッシュ		g/kg	0.00	0.00	155.53	
		石灰石		g/kg	36.52	24.35	19.26	
環境負荷物質（※2）	大気	CO_2	石灰石脱炭酸起源	g/kg	477.7	269.5	410.8	
			化石エネルギー起源		277.8	167.7	238.1	
			（化石起源）廃棄物等燃焼起源		84.0	47.4	72.2	
			焼却不要による削減		▲ 84.0	▲ 47.4	▲ 72.2	化石起源廃棄物等をｾﾒﾝﾄ製造用熱ｴﾈﾙｷﾞｰ代替として利用することで削減される CO_2（このほか、焼却時の排ｶﾞｽ処理や残渣埋め立て処分等に伴う CO_2も削減されるが、具体的値は不明）
			合計		755.5	437.2	648.9	
		CH_4		g/kg	0.036	0.020	0.031	
		N_2O		g/kg	0.034	0.026	0.029	
		SO_X		g/kg	0.042	0.029	0.036	
		NO_X		g/kg	1.544	0.884	1.327	
		ばいじん		g/kg	0.019	0.011	0.016	
生産量カバー率					100.0%	100.0%	100.0%	
参加会社数（参加工場数）					16社／16社（30／30）			

※1）セメント製造用石炭を示す。

※2）環境負荷の計算について

1. 計算範囲は原料採掘～セメント製造までとした(輸送分を含まない)。
2. 購入電力分を含まない。
3. 輸送関連データについては、LCA日本フォーラムのデータベース中の「搬入情報」及び「内部輸送」に記載。
4. 環境負荷物質におけるCO_2の石灰石脱炭酸起源には$MgCO_3$起源も含む。