

「砂防ソイルメント製」と「コンクリート製」の環境負荷比較 －砂防えん堤の例－

S B ウォール工法研究会

地球温暖化は現在の人類の生活と将来の人類の生存に関わる深刻な問題である。そこで、世界各国が協調して地球温暖化防止への取組を加速的に進めるため、1997 年 12 月、京都において気候変動に関する国際連合枠組条約第 3 回締結国会議が開催され、京都議定書が採択された。京都議定書においては、先進国全体の温室効果ガスの排出量を、2008 年から 2012 年までの期間中に、1990 年の水準より少なくとも 5 %削減することを目的として、先進各国の削減目標を設定し、我が国は 6 %削減を世界に約束した。地球温暖化対策推進本部（内閣に設置）では、平成 10 年 6 月および平成 14 年 3 月に「地球温暖化対策推進大綱」を決定し、地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進している。

今後、公共事業において環境負荷の評価が工種選定の重要な要素として取り上げられることが十分想定されるので、砂防えん堤を例として「砂防ソイルメント製」と「コンクリート製」を対象に、環境に与える負荷を比較した。

I 比較の方法

1. 比較対象とする砂防ソイルメント製えん堤は、現在広く採用されている INSEM-SB ウォール工法による砂防えん堤を取り上げる。
2. 環境負荷は、砂防えん堤を構築するのに使用する各材料の製造過程、および鋼材の運搬過程で排出される CO₂ 量により比較する。
3. 砂防えん堤においては、この他に建設工程で、コンクリートダムでは生コン製造以外に生コン運搬、型枠製造・運搬、重機施工など、砂防ソイルメント製えん堤では鋼材以外にコンクリートブロックの運搬、重機施工などの過程でそれぞれ環境負荷が発生するが、総負荷に占めるこれらの割合は生コン、セメント、鋼材を製造する過程で発生する量に比べれば僅少であることから、本比較では考慮しないこととした。

II 環境負荷比較

1. CO₂排出量の比較

(1) えん堤 1 基当たりのCO₂排出量の比較

①砂防ソイルセメント製えん堤 (SBウォール工法)	②コンクリート砂防えん堤
<p>・えん堤形状</p> <p>堤 高 ; H=14.0 m 堤 長 ; L=60.0 m 天端幅 ; b=5.0 m 底面幅 ; B=12.0 m 上流面勾配 ; 1 : 0.30、下流面勾配 ; 1 : 0.20</p> <p>・えん堤数量</p> <p>内部材 ; 5,202 m³ 上流壁面積 ; 641 m²、下流壁面積 ; 626 m² コンクリート立積 ; 80 m³</p>	<p>・えん堤形状</p> <p>堤 高 ; H=14.0 m 堤 長 ; L=60.0 m 天端幅 ; b=3.0 m 底面幅 ; B=12.1 m 上流面勾配 ; 1 : 0.45 下流面勾配 ; 1 : 0.20</p> <p>・えん堤数量</p> <p>コンクリート立積 ; 4,295 m³</p>
<p>(1) 内部材 1 m³ 当りの CO₂ 排出量 内部材のセメント使用量を 100 kg/m³ とすると、0.495×100 kg-CO₂/m³ 製造・施工で 7.65 kg-CO₂/m³ = 57.15 ≒ 60 kg-CO₂/m³</p> <p>(2) 鋼材 1 トン 当りの CO₂ 排出量 鋼材材料 1,507 kg-CO₂/トン 鋼材加工 61 kg-CO₂/トン 鋼材運搬 117 kg-CO₂/トン 合 計 1,685 kg-CO₂/トン</p> <p>(3) 上流外部保護材 1 m² 当りの CO₂ 排出量 鋼材の単位面積質量を 60kg/m² とすると 1,685×60/1,000 kg-CO₂/m² = 101 kg-CO₂/m²</p> <p>(4) 下流外部保護材 1 m² 当りの CO₂ 排出量 = 71 kg-CO₂/m²</p> <p>(5) コンクリート 1 m³ 当りの CO₂ 排出量 = 311.3 kg-CO₂/m³</p> <p>(6) 砂防ソイルセメント製えん堤の CO₂ 排出量 (60×5,202) + (101×641) + (71×626) + (311.3×80) ≒ 447,000 kg-CO₂ = 447 トン-CO₂ (コンクリートえん堤の 34%)</p> <p>コンクリートえん堤と比較して</p> <p>えん堤 1 基当たり ▼893 トン-CO₂ コンクリート 1 m³ 当たり ▼0.21 トン-CO₂</p>	<p>(1) コンクリート 1 m³ 当りの CO₂ 排出量 311.3 kg-CO₂/m³</p> <p>(2) コンクリート砂防えん堤の CO₂ 排出量 311.3 kg-CO₂/m³ × 4,295 m³ ≒ 1,340,000 kg-CO₂ = 1,340 トン-CO₂</p>

(2) CO₂排出量構造図

①砂防ソイルメント製えん堤

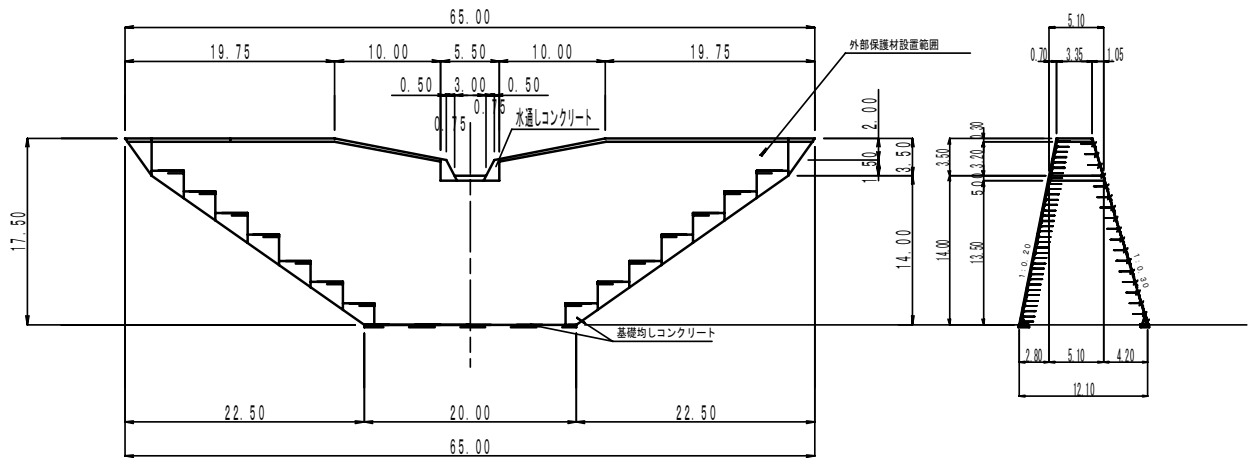


図-1 左：正面図，右：断面図

②コンクリート砂防えん堤

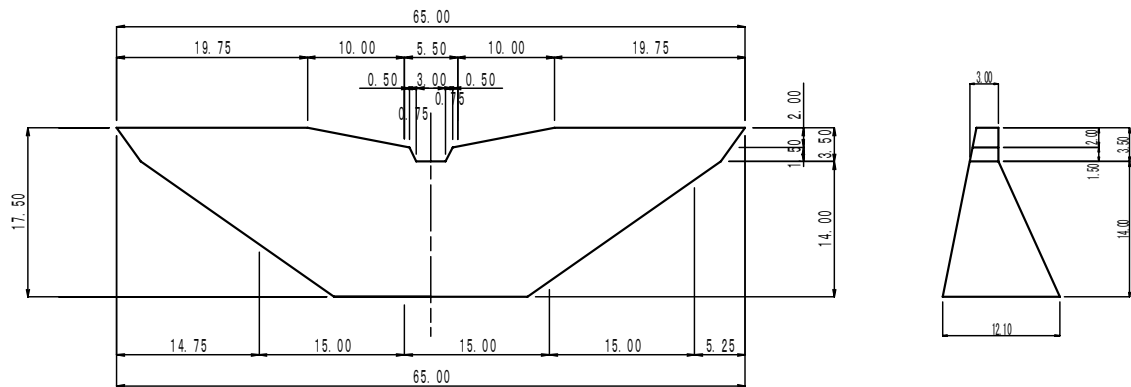


図-2 左：正面図，右：断面図

2. 単位物量当り CO₂排出量

(1) 資材の CO₂排出原単位

「建設施工における地球温暖化対策の手引き」（（社）日本建設機械化協会；平成 15 年 7 月、以下「地球温暖化対策の手引き」と称する）（p23）に記された資材の CO₂排出原単位を下表に示す。下表の値は、土木学会土木建設業における環境負荷（LCA）研究小委員会の平成 7 年度調査研究報告書に掲載されたものを一部修正しており、修正点は、土木学会案は炭素（C）質量で表現されているが、分子量の比 44/12 をかけて二酸化炭素質量表示にしたこと、エネルギー排出原単位等については環境省施行令で公示されているので省略したこと、などであると記述されている。

土木学会の排出原単位公表値（1995 年）

分類項目	原単位 注)	分類項目	原単位 注)
(1) 砂利・採石	0.00565	(6) アルミニウム（サッシ相当品）	7.44 *
(2) 砕石	0.00693	(7) 陶磁器（建設用）	0.689
(3) 木材		(8) ガラス（板ガラス相当品）	1.782
(3.1) 製材品	0.1089	(9) プラスチック製品	1.804
(3.2) 合板	0.1903 *	(10) アスファルト	
(4) セメント		(10.1) アスファルト	0.1030 *
(4.1) ホルランドセメント	0.836 *	(10.2) 舗装用アスファルト混合物	0.0414 *
(4.2) 高炉スラグ 45%混入 高炉セメント	0.495 *	(11) ゴム（タイヤ）	4.40
(4.3) 生コンクリート	311.3 *	(12) 塗装	1.657
(5) 鉄鋼			
(5.1) 高炉製熱間圧延鋼材	1.507 *		
(5.2) 電炉製棒鋼・型钢	0.469 *		

注) *がない場合は建築学会により発表された原単位値を引用している。*は積上げる方式でより詳細な原単位を算出したものである。単位は [kg-CO₂/kg]、ただし生コンクリートは [kg-CO₂/m³] である。

(2) 鋼材（上流外部保護材）加工の CO₂排出量（鋼材 1 トン当たり）

- ・加工工場の電力使用量 170 kWh/トン（平成 16 年実績値）
- ・加工工場の CO₂排出量 170 kWh/トン × 0.357 kg-CO₂/kWh^{*1}
= 61 kg-CO₂/トン

(3) コンクリートブロック（下流外部保護材）製造のCO₂排出量

1) コンクリートブロック 153 m²当たりのCO₂排出量

項目		単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /単位)	数量	kg-CO ₂
ブロック材料	ポルトランドセメント	t	836	7.21	6,028
	天然粗骨材	t	2.9	23.41	68
	天然細骨材	t	3.7	19.83	73
	鉄筋	t	469	0.93	436
製造	生コンクリート全体	t	7.68	53.42	410
	コンクリート締固め	h	0.02	16.67	0
	蒸気養生ホイル	m ³	38.5	23.25	895
支持金具		t	1,507	1.92	2893
合計					10,803

2) 単位面積当たりのCO₂排出量

$$10,803 \div 153 \div 71 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^2$$

(4) 鋼材（上流外部保護材）の運搬に係る CO₂排出量

鋼材の運搬に係る CO₂排出量の算出にあたっては、製鉄所～加工工場、加工工場～施工現場間の鋼材運搬に使用されるトラックから排出される CO₂を対象とする。

CO₂排出量は、「地球温暖化対策の手引き」（p41）に基づき、以下のように算出するものとする。

$$\text{CO}_2\text{排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \text{総稼動時間 (h)} \times \text{定格出力 (kW)} \times \text{燃料消費率 (L/kWh)} \\ \times \text{燃料原単位 (kg-CO}_2\text{/L)}$$

ここで、燃料消費率＝定格出力時間当たりの燃料消費率／1.2

CO₂排出量の算定に使用する基準値を以下にまとめる。

1) 時間当たりの燃料消費率

トラック（クレーン付トラックを含む）の運転1時間当たりの燃料消費率＝ 0.050 L/kW-h^{*2}

2) 燃料の原単位

軽油の CO₂排出量原単位＝ 2.64 kg-CO₂/L^{*1}

3) CO₂排出量

鋼材の運搬には、11ト積トラック（定格出力 257 kW^{*3}）を用いるものとする。

積載率は70%、運搬時間は製鉄所～加工工場間で往復16時間、加工工場～施工現場間で往復16時間と考える。

したがって、鋼材の運搬における鋼材1ト当たりの CO₂排出量は、以下のとおりとなる。

$$\text{CO}_2\text{排出量} = (16+16) \times 257 \times 0.050 / 1.2 \times 2.64 / (11 \times 0.7) \\ = 117 \text{ kg-CO}_2\text{/ト}$$

製鉄所～加工工場間の運搬重量は、製品重量（加工工場～施工現場間の重量）より多く、厳密には上記数値と若干異なるが、その差は僅少であることから、これを考慮しないこととした。

(5) 内部材 (INSEM 材) の製造に係る CO₂ 排出量

内部材の製造に係る CO₂ 排出量の算出にあたっては、現地材ふるい分け→内部材製造→運搬→敷き均し→締固めに使用される建設機械から排出される CO₂ を対象とする。

CO₂ 排出量は、「地球温暖化対策の手引き」(p41) に基づき、以下のように算出するものとする。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量 (kg-CO}_2) = \text{総稼動時間 (h)} \times \text{定格出力 (kW)} \times \text{燃料消費率 (L/kWh)} \\ \times \text{燃料原単位 (kg-CO}_2/\text{L)}$$

ここで、燃料消費率 = 定格出力時間当たりの燃料消費率 / 1.2

CO₂ 排出量の算定に使用する基準値を以下にまとめる。

1) 使用機械

使用機械については、平成 19 年度 SB ウォール工法標準積算資料 Ver.1p23 より抜粋した内部材製造・施工で使用する標準的な建設機械を採用した。

- ① ふるい分け：バックホウ (排出ガス対策型・クローラ型 山積 0.8m³(平積 0.6m³))
- ② 内部材製造：バックホウ (クレーン機能付き排出ガス対策型・クローラ型 山積 0.8m³(平積 0.6m³))
- ③ 内部材運搬：ダンプトラック (普通 10t 積み)
- ④ 敷均し : ブルドーザー (排出ガス対策型・ブルドーザー 3t 級)
- ⑤ 締固め : 振動ローラ (排出ガス対策型・搭乗式 3~4t 級)

2) 時間当たりの燃料消費率

平成 19 年度版 建設機械等損料表より

- ① ふるい分け：バックホウの運転 1 時間当たりの燃料消費率 = 0.175 L/kW-h^{*2}
- ② 内部材製造：バックホウの運転 1 時間当たりの燃料消費率 = 0.175 L/kW-h^{*2}
- ③ 内部材運搬：ダンプトラックの運転 1 時間当たりの燃料消費率 = 0.050 L/kW-h^{*2}
- ④ 敷均し : ブルドーザーの運転 1 時間当たりの燃料消費率 = 0.175 L/kW-h^{*2}
- ⑤ 締固め : 振動ローラの運転 1 時間当たりの燃料消費率 = 0.152 L/kW-h^{*2}

3) 機械稼働時間

稼働時間については、施工実績をもとに算出した INSEM 材製造・運搬の日施工量 V=100m³/日に必要な時間を採用した。

- ① ふるい分け：バックホウの稼働時間 = 6.7h/D
- ② 内部材製造：バックホウの定格出力 = 7.0h/D
- ③ 内部材運搬：ダンプトラックの定格出力 = 5.4h/D
- ④ 敷均し : ブルドーザーの定格出力 = 4.0h/D
- ⑤ 締固め : 振動ローラの定格出力 = 3.9h/D

3) 定格出力

平成 19 年度版 建設機械等損料表より

- ① ふるい分け：バックホウの定格出力 = 104 kW*3
- ② 内部材製造：バックホウの定格出力 = 104 kW*3
- ③ 内部材運搬：ダンプトラックの定格出力 = 246kW*3
- ④ 敷均し：ブルドーザーの定格出力 = 29 kW*3
- ⑤ 締固め：振動ローラの定格出力 = 20 kW*3

4) 燃料の原単位

軽油の CO₂排出量原単位 = 2.64 kg-CO₂/L*¹

5) CO₂排出量

内部材製造・施工における INSEM 材 1.0m³当たりの CO₂排出量は、以下のとおりとなる。

①ふるい分け：バックホウ

$$\text{CO}_2\text{排出量} = 6.7 \times 104 \times 0.175 / 1.2 \times 2.64 / 100 = 2.68 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

②内部材製造：バックホウ

$$\text{CO}_2\text{排出量} = 7.0 \times 104 \times 0.175 / 1.2 \times 2.64 / 100 = 2.80 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

③内部材運搬：ダンプトラック

$$\text{CO}_2\text{排出量} = 5.4 \times 246 \times 0.050 / 1.2 \times 2.64 / 100 = 1.46 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

④敷均し：ブルドーザー

$$\text{CO}_2\text{排出量} = 4.0 \times 29 \times 0.175 / 1.2 \times 2.64 / 100 = 0.45 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

⑤締固め：振動ローラ

$$\text{CO}_2\text{排出量} = 3.9 \times 20 \times 0.152 / 1.2 \times 2.64 / 100 = 0.26 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

合計内部材 1m³ 製造・施工当り = 7.65 kg-CO₂/m³ となる。

*1 「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 平成 12 年 9 月 温室効果ガス排出量算定方法検討会」参考資料 10 施行令排出係数一覧

*2 「国土交通省土木積算基準 平成 19 年版 (財) 建設物価調査会」(p6 表 2.1)

*3 「平成 19 年度版 建設機械等損料表 (社) 日本建設機械化協会」(p03-3)