

港湾空港工事におけるグリーン調達に伴う環境負荷低減効果の評価について

由井孝昌*・和田匡央**

* (財) 沿岸技術研究センター 企画部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹

港湾空港工事におけるCO₂排出特性を把握し、どのような用途の環境物品が求められ、また工事の実施にあたり、どの工種に環境物品を調達することが環境負荷低減に効率的であるか把握した。また、代表的な港湾工事について、グリーン調達に伴う環境負荷低減効果を評価した事例を報告する。

キーワード: グリーン購入法, ライフサイクルアセスメント, 環境負荷低減効果

1. はじめに

国土交通省国土技術政策総合研究所では、平成13年度に施行されたグリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)に基づき、環境負荷低減に資するための環境物品等(特定調達品目)の技術的な評価・検討を実施している¹⁾。評価・検討項目の1つである環境負荷低減特性に関する評価においては、ライフサイクルアセスメント(LCA)手法を適用することが可能と考えられているが、その評価手法は十分確立されていない。

このような背景のもと、平成17~19年度にかけて環境負荷低減効果の評価手法の適用性について検討を進めてきた。本論文では、その成果として港湾空港工事におけるCO₂排出特性及びグリーン調達によるCO₂排出低減の可能性について把握するとともに、グリーン調達に伴う環境負荷低減効果の評価事例を報告する。

2. CO₂の排出特性及びグリーン調達に伴う排出低減の可能性

港湾空港工事におけるグリーン調達の実施により、CO₂排出量の低減や廃棄物発生量の低減、資源消費量の低減など、多岐に亘る環境要素において環境負荷低減効果が期待される。このうち、温室効果ガス(CO₂が大半を占める)は、グリーン調達の実施により、より大きな環境負荷低減効果が期待される環境要素である。

以上のことから、CO₂排出量に着目して直轄の港湾空港工事全体での工種別の排出特性、並びにグリーン調達を実施した場合にどの程度排出量が低減されるか整理した。これにより、どのような用途の環境物品が求められ、工事の実施に当たり、どの工種に環境物品を調達することが効率的であるか判断できる。

2.1 CO₂の排出特性

CO₂の排出特性の検討に当たり、平成16~18年度に実

施された全国の港湾空港工事(直轄工事)実績をもとに、工種別のCO₂排出量を算定した(表-1)。

表-1 工種別のCO₂排出量

工種	資材名	単位	施工数量 (H16~18)	単位換算		CO ₂ 排出 原単位 (kg-C/t)	CO ₂ 排出 量 (t-C)	割合 (%)			
				換算1	換算2						
地盤改良工	軸固砂杭打込	砂利	本	51,517	(t/本)	50	1.67	4,302	1.4		
	全置換土量	砂利	m ³	121,715	(t/m ³)	2.0	1.67	407	0.1		
基礎工	基礎捨石	砕石	m ³	4,671,116	(t/m ³)	2.4	6.00	67,264	21.4		
		砂利	m ³	285,875	(t/m ³)	2.0	1.67	955	0.3		
本体工 (ケーソン製作)	ケーソン製作	生コンクリート	m ³	628,031	(t/m ³)	2.3	32.0	46,223	14.7		
		鉄筋	t	70,504	—	—	361	25,452	8.1		
	中継材	砂利	m ³	542,377	(t/m ³)	2.0	1.67	1,812	0.6		
本体工	蓋コンクリート	生コンクリート	m ³	4,879	(t/m ³)	2.3	32.0	359	0.1		
		鉄筋	t	5	—	—	361	2	0.0		
本体工	ブロック製作	生コンクリート	m ³	6,682	(t/m ³)	2.3	32.0	492	0.2		
		鉄筋	t	732	—	—	361	264	0.1		
本体工	鋼矢板・鋼杭工	鋼管杭	本	1,673	(t/本)	0.297	長さ(m)	39.0	408	7,906	2.5
		鋼管矢板	枚	1,175	(t/枚)	0.467	長さ(m)	27.0	408	6,045	1.9
		鋼杭	本	1,213	(t/本)	0.297	長さ(m)	32.0	408	4,704	1.5
		鋼矢板	枚	17,412	(t/枚)	0.036	長さ(m)	14.0	438	3,826	1.2
		H型鋼	本	134	(t/本)	0.172	長さ(m)	23.0	438	231	0.1
設置・撤去工	根固ブロック	生コンクリート	m ³	38,431	(t/m ³)	2.3	32.0	2,829	0.9		
		鉄筋	t	129	—	—	361	47	0.0		
		被覆ブロック	生コンクリート	m ³	155,439	(t/m ³)	2.3	32.0	11,440	3.6	
	鉄筋	t	262	—	—	361	95	0.0			
上部工	コンクリート打設	生コンクリート	m ³	545,105	(t/m ³)	2.3	32.0	40,120	12.7		
		鉄筋	t	130	—	—	361	47	0.0		
築込・変理工	築込・変理材	砕石	m ³	860,894	(t/m ³)	2.4	6.00	12,397	3.9		
		砂利	m ³	376,614	(t/m ³)	2.0	1.67	1,258	0.4		
消波工	消波ブロック	生コンクリート	m ³	965,587	(t/m ³)	2.3	32.0	71,067	22.6		
		鉄筋	t	14,288	—	—	361	5,158	1.6		
合計							314,702	100			

全工事(工種)に占めるCO₂排出量の割合は、消波工で最も多く、全体のおよそ24%を占めている。次いで本体工(ケーソン製作)の23%、基礎工の22%となっている。消波工、本体工及び上部工のコンクリート構造物の排出量は、全体のおよそ50%を占めている。排出量の多い工種における主要な資材は、生コンクリート、鉄筋、砕石である。なお、算定は『港湾整備におけるLCA分析プログラム(Ver.2.0)』で試算が可能な工種、資材を対象とした。また、資材調達段階のCO₂排出量のみを対象とした(輸送、施工は含まれない)。

2.2 グリーン調達によるCO₂排出低減の可能性

全国の港湾空港工事を対象に、環境物品が適用可能な工種においてグリーン調達する場合のCO₂排出量の低減効果を試算した(表-2)。直轄工事全体でのCO₂排出量は約24%低減される。工種別では消波工、本体工(ケーソン製作)、上部工においてCO₂排出量の低減効果が大きい。つまり、グリーン調達の実施に当たり、これらの工種の

資材調達を積極的に実施することで、工事全体での CO₂ 排出量の低減に寄与すると言える。

表-2 CO₂排出量の低減の割合

工種	資材名		CO ₂ 排出原単位		CO ₂ 排出量		削減量	削減率の割合 (%)
	グリーン調達なし	グリーン調達あり	グリーン調達なし	グリーン調達あり	グリーン調達なし	グリーン調達あり		
地盤改良工	締固め砂杭打込	砂利	1.67	0.71	4,302	1,829	2,473	3.2
	置換工	砂利	1.67	1.67	407	407	0	0.0
基礎工	基礎捨石	砕石	6.00	6.00	67,264	67,264	0	0.0
		砂利	1.67	1.67	955	955	0	0.0
本体工 (ブロック製作)	ケーソン製作	生コンクリート	32.0	18.8	48,223	27,156	19,067	24.9
		鉄筋	361	361	25,452	25,452	0	0.0
	中詰材	砂利	1.67	0.0068	1,812	7	1,805	2.4
本体工	蓋コンクリート	生コンクリート	32.0	18.8	359	211	148	0.2
		鉄筋	361	361	2	2	0	0.0
本体工	ブロック製作	生コンクリート	32.0	18.8	492	289	203	0.3
		鉄筋	361	361	264	264	0	0.0
本体工	鋼矢板・鋼杭	鋼管杭	408	408	7,906	7,906	0	0.0
		鋼管矢板	408	408	6,045	6,045	0	0.0
		鋼杭	408	408	4,704	4,704	0	0.0
		鋼矢板	436	436	3,826	3,826	0	0.0
		H型鋼	436	436	231	231	0	0.0
被覆・根固工	根固ブロック	生コンクリート	32.0	18.8	2,829	1,662	1,167	1.5
		鉄筋	361	361	47	47	0	0.0
	被覆ブロック	生コンクリート	32.0	18.8	11,440	6,721	4,719	6.2
		鉄筋	361	361	95	95	0	0.0
上部工	コンクリート打設	生コンクリート	32.0	18.8	40,120	23,570	16,550	21.6
		鉄筋	361	361	47	47	0	0.0
裏込・裏埋工	裏込・裏埋材	砕石	6.00	6.00	12,397	12,397	0	0.0
		砂利	1.67	0.00	1,258	0	1,258	1.6
消波工	消波ブロック	生コンクリート	32.0	18.8	71,067	41,752	29,315	38.2
		鉄筋	361	361	5,158	5,158	0	0.0
合計					314,702	237,997	76,705	100
削減率					-	-	24.4%	-

3. 環境負荷低減効果の評価方法

環境負荷低減効果は、グリーン調達する場合としない場合のそれぞれについて、ライフサイクルを通じた環境負荷量を算定し、その差として定義される。環境負荷低減効果の評価フローを図-1に示す。

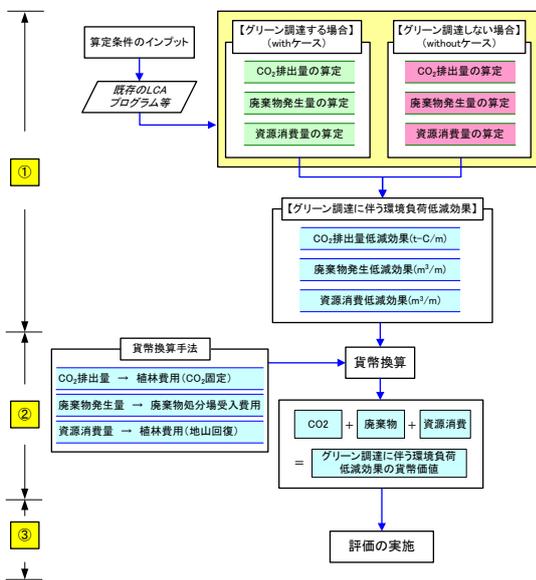


図-1 環境負荷低減効果の評価フロー

フローに示すステップ①～③について以下に説明する。
 ステップ①：工事数量や資材等の条件設定を行い、「港湾整備における LCA 分析プログラム」等を用いて環境負荷低減効果の算定を行う。

・評価対象項目は、グリーン調達により比較的大きな環境負荷低減効果が期待できる「CO₂排出量の低減」、「廃棄物発生量の低減」、「資源消費量の低減」とする。

・評価対象とする事業段階は、CO₂排出量などが大きくなる資材調達～輸送～施工段階とする。

・CO₂排出量を算定するための LCA 原単位は、産業連関表をもとに設定された値を使用する。産業連関表をもとに設定できないリサイクル材などは、資材メーカーへのヒアリング等により設定する。

ステップ②：ステップ①で算定した環境要素毎の環境負荷低減効果を貨幣価値へ換算する(表-3)。換算した金額を合計し、工事全体の貨幣価値として把握する。

・貨幣価値に換算する手法として、「代替法」や「市場価格」を用いる。

・CO₂排出量低減効果の貨幣価値は「植林によって同等のCO₂固定量を達成するために必要な費用」または「CO₂排出権取引単価」として、4,000 円/t-CO₂と設定する。

・廃棄物発生量低減効果の貨幣価値は「社会全体で発生した廃棄物を処分するために必要な費用」として、廃棄物処分場における受入処分費用 4,250 円/t と設定する。

・資源消費量低減効果の貨幣価値は、石材等(埋立用材を含む)の調達による地山の環境悪化を対象に、「資源消費に伴う環境悪化の回避のために必要な費用」として、荒廃地における植林費用を単位採取量当たり 25 円/m³と設定する。

表-3 環境要素毎の貨幣換算方法

<p>[CO₂排出量の低減効果 (円/m)]</p> <p>= [CO₂排出の低減量 (t-C/m)] × 44 (CO₂の分子量) ÷ 12 (Cの原子量) × [CO₂固定量の達成に必要な植林費用 (円/t-CO₂)]</p> <p>●CO₂固定量の達成に必要な植林費用：4,000 円/t-CO₂と設定</p>
<p>[廃棄物発生量の低減効果 (円/m)]</p> <p>= [廃棄物発生低減量 (m³/m)] × [廃棄物の比重 (t/m³)] × [廃棄物毎の非リサイクル率(%)] × [廃棄物処分場での受入単価 (円/t)]</p> <p>●廃棄物処分場での受入単価：4,250 円/t と設定</p> <p>●非リサイクル率 (%) = 100 - リサイクル率</p> <p>(例) 高炉スラグ：0%、製鋼スラグ：2.9%、銅スラグ：7.7%</p>
<p>[資源消費量 (砕石等の場合)の低減効果 (円/m)]</p> <p>= [資源消費低減量 (m³/m)] × [荒廃地の植林費用 (円/m³)]</p> <p>●荒廃地の植林費用 (単位採取量当たり)：25 円/m³と設定</p>

ステップ③：評価指標に基づき、当該工事がグリーン調達を行うことが効率的な事業であるかの評価を行う。評価指標はまだ確立されたものがなく、今後の検討が必要ではあるが、考え方の一例として以下に述べる。

・グリーン調達に伴い事業費が増加しない場合には、「グリーン調達として効率的な事業」とであると評価できる。

・グリーン調達に伴い事業費が増加する場合には、環境物品を使用することによる環境負荷低減効果(便益：B)と、環境物品を使用することによる事業費の増加額(費用：C)をもとに、環境負荷低減に係る費用対効果として評価する。

4. 評価事例

環境負荷低減効果の評価事例として、過去に実施された直轄工事を対象に、グリーン調達に伴い事業費が減少する事例及び事業費が増加する事例を紹介する。

4.1 グリーン調達に伴い事業費が減少する事例²⁾

(1) 概要：ケーソン式岸壁 (図-2)

- ・グリーン調達品目：「銅スラグ」(ケーソン中詰材)
- ・グリーン調達を行わない通常材：「砂」

本事例では、グリーン調達あり (with ケース, 銅スラグ), グリーン調達なし (without ケース, 砂) で、ケーソン中詰材の比重が異なることにより、with ケースではケーソンの断面幅が without ケースよりも短くなる。それに伴い基礎工, 本土工等における各工種の工事数量も変化するため、それぞれのケースで工事数量を設定した。

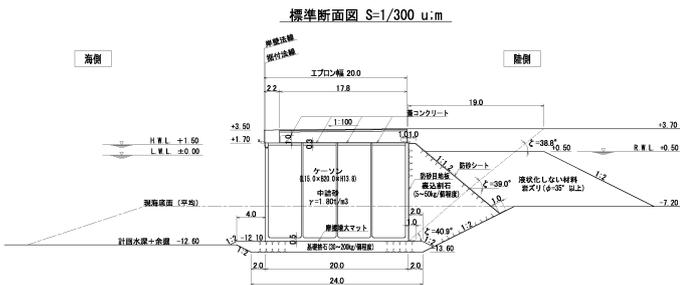


図-2 ケーソン式岸壁の断面図

(2) 環境負荷低減効果の算定

① CO₂排出量の低減量

CO₂排出量の低減量は図-3に示すとおりである。施工単位延長当たりのCO₂排出量は、with ケースでは without ケースに比べ、1.155t-C/m削減される。

中詰材投入の工種において排出量の差が最も大きく、0.529t-C/m低減できる。次いでケーソン製作(陸上)におけるコンクリート打設、鉄筋工で差が大きい。

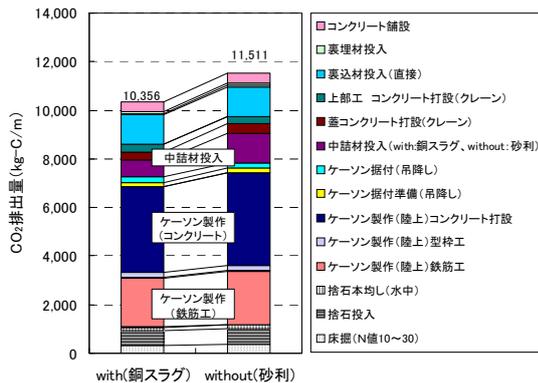


図-3 工種別のCO₂排出量

② 廃棄物発生量の低減量

リサイクル化される副産物(銅スラグ)の量は、図-4に示すとおりである。ケーソン中詰材として銅スラグを使用するwith ケースでは、without ケースに比べて社会全体で発生する廃棄物発生量(銅スラグの発生量)は、209m³/m低減される。

③ 資源消費量の低減量

資源の消費量は、図-5に示すとおりである。with ケー

スでは、without ケースに比べ、砕石等の資源消費量が248m³/m低減される。

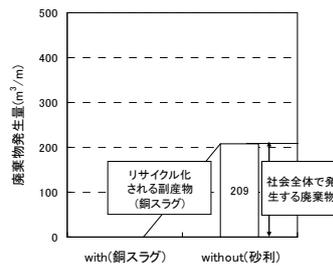


図-4 廃棄物発生量

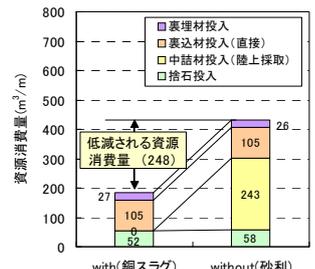


図-5 資源消費量

(3) 貨幣価値への換算

① CO₂排出量の低減効果

低減効果は、貨幣価値に換算すると16.9千円/m(=1.154t-C/m×44/12×4,000円/t-CO₂)である。

② 廃棄物発生量の低減効果

銅スラグの社会全体での非リサイクル率7.7%を考慮すると、低減効果は貨幣価値に換算すると150千円/m(=209m³/m×2.2t/m³×0.077×4,250円/t)である。

③ 資源消費量の低減効果

低減効果は、貨幣価値に換算すると6.2千円/m(=248m³/m×25円/m³)である。

(4) 環境負荷低減効果の評価

ケーソン中詰材として銅スラグを使用するwith ケースでは、ケーソン形状を小さくできたことから、without ケースに比べて事業費が約200千円/m削減できた。また、環境負荷低減効果の貨幣価値では、約173千円/mの効果を得られた。すなわち、本事例は「環境負荷低減の面で効率的な事業」と評価できる。

4.2 グリーン調達に伴い事業費が増加する事例

(1) 概要：防波堤 (図-6)

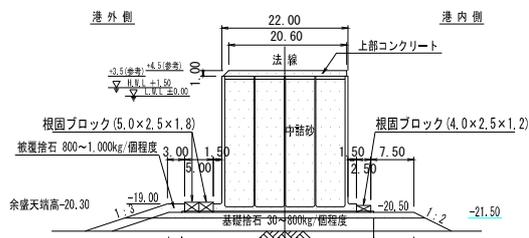


図-6 防波堤の断面図

・グリーン調達の概要は表-4のとおりである。

表-4 グリーン調達の概要

中工種	区分	Without ケース	With ケース
被覆・根固工	根固ブロック	砕石	高炉スラグ骨材
	コンクリート粗骨材	438m ³	438m ³
根固工	根固ブロック	砂	製鋼スラグ骨材
	コンクリート細骨材	372m ³	フライアッシュ 372m ³

・ without, with ケースの工事数量は同様と仮定。

(2) 環境負荷低減効果の算定

① CO₂排出量の低減量

CO₂排出量の低減量は図-7 に示すとおりである。施工単位延長当たりの CO₂ 排出量は、with ケースでは without ケースに比べ、0.024t-C/m 削減される。

グリーン調達を行った根固ブロックの工種において、粗骨材では高炉スラグ骨材の調達により 78kg-C/m の低減効果が現れている。細骨材では製鋼スラグ骨材及びフライアッシュの調達により 54kg-C/m の増加となっている。これは、without ケースに比べて資材の種類が多いことによる輸送回数の増加及びフライアッシュに係る原単位が通常材よりも大きいことによるものと考えられる。

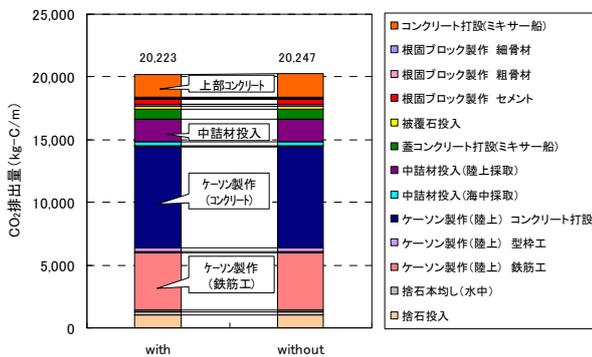


図-7 工種別の CO₂ 排出量

② 廃棄物発生量の低減量

リサイクル化される副産物(高炉スラグ骨材, 製鋼スラグ骨材)の量は図-8 に示すとおりである。with ケースでは、without ケースに比べて社会全体で発生する廃棄物発生量はおよそ 9.0m³/m 低減される。

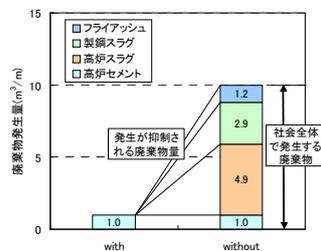


図-8 廃棄物発生量

③ 資源消費量の低減量

資源の消費量は図-9 に示すとおりである。with ケースでは、without ケースに比べ、碎石等の資源消費量が 9.0m³/m 低減される。

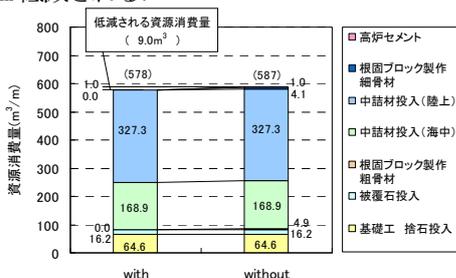


図-9 資源消費量

(3) 貨幣価値への換算

① CO₂排出量の低減効果

低減効果は、貨幣価値に換算すると 0.4 千円/m (= 0.024t-C/m × 44/12 × 4,000 円/t-CO₂) である。

② 廃棄物発生量の低減効果

with ケースでは、without ケースに比べ、高炉スラグの発生量 4.9m³/m, 製鋼スラグの発生量 2.9m³/m, フライアッシュの発生量 1.2m³/m が、それぞれ低減される。

社会全体での非リサイクル率(高炉スラグ:0%, 製鋼スラグ:2.9%, フライアッシュ(仮定):0%)を考慮すると、低減効果は貨幣価値に換算すると 1.1 千円/m (= 2.9m³/m × 3.02t/m³ × 0.029 × 4,250 円/t) である。

③ 資源消費量の低減効果

低減効果は、貨幣価値に換算すると 0.2 千円/m (= 9.0m³/m × 25 円/m³) である。

(4) 環境負荷低減効果の評価

根固ブロックに高炉スラグ骨材, 製鋼スラグ骨材, フライアッシュを使用する with ケースでは、without ケースに比べて事業費(C)が約 1千円/m 増加する。

一方で、環境負荷低減効果の貨幣価値(B)では、合計約 1.7 千円/m の効果が得られた。

環境物品を使用した場合の事業費の増加額に対する環境負荷低減効果(B/C)を算定すると 1.7 となり、事業費の増加に十分見合った環境負荷低減効果が現れていると言える。すなわち、本事例は、「環境負荷低減の面で効率的な事業」と評価できる。

5. まとめ

本検討により得られた成果及び課題を以下に述べる。

(1) 環境物品の調達で CO₂ 排出量低減に効果的な工種として、消波工(コンクリート材料), 本体工ケーソン製作に係るコンクリート打設, 上部工コンクリート打設等があげられる。

(2) LCA 手法による環境負荷量の算定にあたっては、原単位や工事数量等の諸条件について適切に設定する必要がある。

(3) 環境負荷低減効果の評価として、LCA 手法は十分適用できることが確認できた。ただし、評価方法はあくまでも一つの考え方であることから、今後、より評価方法として望ましい指標を検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 内藤了二, 東海林恭一, 畑田武見: 港湾・空港工事におけるグリーン調達品目の適用に関する考察, 海洋開発論文集, 第 22 巻, pp. 175-180, 2006.
- 2) 渋谷和之, 酒井洋一: 港湾・空港工事におけるグリーン調達に伴う環境負荷低減効果の評価手法について, 第 35 回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 209-214, 2007