

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

渋谷 和之¹・酒井 洋一²

¹国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 港湾施工システム課（〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1）

E-mail: shibuya-k92y2@ysk.nilim.go.jp

²（財）沿岸技術研究センター 研究主幹兼企画部長（〒102-0094 東京都千代田区隼町3-16住友半蔵門ビル6F）

E-mail: y_sakai@cdit.or.jpco.jp

国土交通省では「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づくグリーン調達を推進しており、港湾・空港分野においても新たな構造物の整備などでの環境物品の積極的な活用を行っているところである。港湾・空港工事におけるグリーン調達により環境負荷を効率的に低減していく上では、構造物の整備に伴う環境負荷の発生特性を明らかにするとともに、環境負荷低減効果を定量的に評価していくための手法の開発が不可欠である。本報告では、これらの課題に対する具体的な検討を行ったので報告する。

Key Words : グリーン調達、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

国土交通省では「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」（以下グリーン購入法）に基づくグリーン調達を推進しており、新たな構造物の整備などでの環境物品の積極的な活用を行っているところである。

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。評価・検討では①環境負荷低減特性に関する評価②品質評価③普及評価④経済性評価の4項目を柱とし、このうち①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るが、その評価手法は十分確立されたものとは言い難い状況である。

このような背景のもと、国土交通省国土技術政策総合研究所港湾施工システム課では、平成17年度～19年度にかけて「港湾・空港等沿岸域の工事における環境物品におけるLCAに関する検討会」（以下、港湾・空港等LCA検討会）を開催し、港湾・空港等沿岸域の工事に係る「環境負荷低減効果の評価手法」の適用性について検討している。

2. 港湾・空港工事に伴う環境負荷の発生特性

(1) 港湾・空港工事における環境負荷低減効果の評価対象の選定

グリーン調達によって目指すべき環境負荷の低減は「地球温暖化の防止」「廃棄物発生量の低減」「資源消費量の低減」「有害化学物質の排出抑制」「生物多様性の確保」「大気汚染の防止」「水質汚濁の防止」など多岐にわたる。

これら環境負荷低減の概念は非常に幅が広く、物理的、科学的に数値化できる要素と出来ないものがある。例えば「地球温暖化の防止」に関わるCO₂排出量などは定量的に示すことが可能であるが「生物多様性の確保」など定量化が難しい。

それらグリーン調達に伴う環境負荷低減の効果について考え方を表-1にて整理した。このうちグリーン調達に伴う環境負荷低減効果は「地球温暖化の防止（CO₂排出量の低減）」「廃棄物発生量の低減」「資源消費量の低減」について、使用する環境物品により比較的大きな効果が期待されるが、その他の項目については、グリーン調達による効果は明確には生じないものと考えられる。

したがって、グリーン調達に伴う環境負荷低減効果の

評価対象を「地球温暖化の防止（CO₂排出量の低減）」「廃棄物発生量の低減」「資源消費量の低減」の3項目に絞り込み検討を行うこととした。

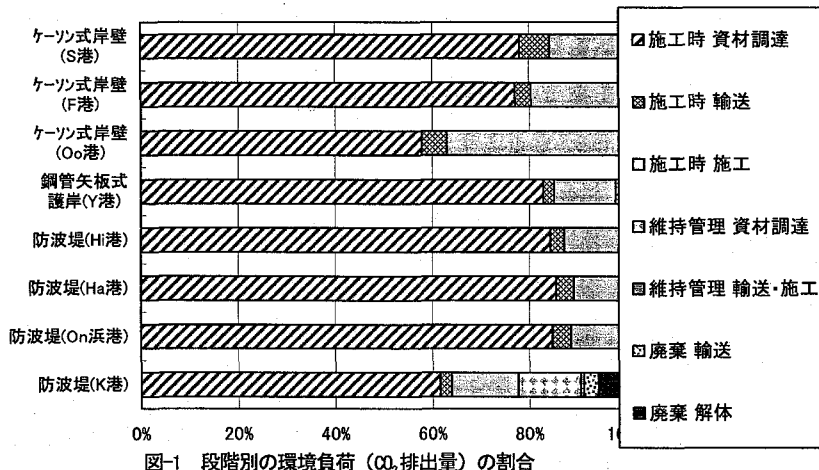
表-1 港湾工事等におけるグリーン調達に伴う環境負荷低減効果の規模

項目	区分	施工（調達）による環境負荷低減等の考え方	環境負荷低減効果の規模
地球温暖化の防止（CO ₂ 排出量の低減）		●適正な資材の調達・工法の選定、輸送距離の短縮などによる社会全体でのCO ₂ 排出量の低減	→使用する環境物品や輸送距離等により比較的大きな効果が期待される。
廃棄物発生量の低減		●リサイクル材の活用などによる社会全体での廃棄物発生量の低減	
資源消費量の低減		●リサイクル材の活用などによる社会全体での資源消費量の低減	
有害化学物質の排出抑制		●適正な資材の使用による当該海域での有害化学物質の排出抑制	→通常品においても環境基準を満たすなど一定の品質を保っていると考えられることから、グリーン調達による効果は明確には生じないものと考えられる。
生物多様性の確保		●適正な資材の使用による外来種侵入防止や遺伝子汚染の防止に伴う当該海域の生物多様性の確保	→生物多様性そのものの評価が難しいこと、ならびに海域における外来種の侵入や遺伝子汚染等の影響は他の要因（船舶のバラスト水の排出など）も想定されることから、評価が困難である。 ※使用する資材（例えば海砂）の調達位置を規定することで影響の回避は可能と考えられる。
大気汚染の防止		●適切な工法の選定、環境保全対策の実施による施工中の大気汚染の防止	→主に工法や環境保全対策による効果が主であり、環境物品の使用による効果は明確には生じないものと考えられる。
水質汚濁の防止		●適切な工法の選定、環境保全対策の実施による施工中の濁り拡散の防止	

(2) 港湾・空港工事に伴う環境負荷の発生特性

港湾・空港工事において発生する環境負荷は、資源採取や製品化、輸送、施工から維持管理、廃棄に至る様々な場面で発生する。これらの環境負荷の発生要因を全て考慮することは現実的には不可能である。

環境負荷を効率的に低減していくためには、より負荷の大きい段階に重点的にグリーン調達を行っていくことが望ましいと考えられる。図-1にライフサイクルを通じた環境負荷の発生特性について環境負荷量の大きいCO₂発生量に着目し、試算を実施した結果を示す。



試算はグリーン調達を実施した主な工事事例をモデルケースとして、ライフサイクルの各段階（調達～輸送～施工～維持・管理～廃棄）におけるCO₂発生量を検討した。

この結果、いずれのケースにおいても資材調達に係わるCO₂発生量が全体の58%～86%と高い割合を占めることから、調達段階における環境物品の積極的な活用が重要であるものと考えられる。

港湾・空港などの構造物は、半永久的に使用されることが多く、廃棄される構造物は少ない。LCAの試算は、環境負荷量の算定対象は、維持管理、廃棄の発生要因がほとんど考えられないため、資材調達～輸送～施工を計算対象とすることとした。（図-2）

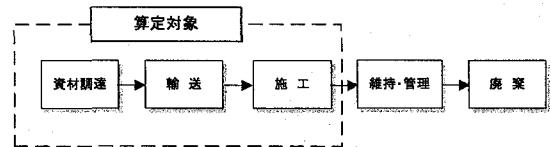


図-2 算定対象

3. 港湾・空港工事における環境負荷低減効果の評価手法

(1) 評価の考え方

グリーン調達に伴う環境負荷低減効果は、CO₂排出量の低減、廃棄物発生量の低減、資源消費量の低減など異なる環境要素毎に算定される。これらの効果を総合的に評価する上では、統一された指標であることが望ましく、統合的な評価指標として「貨幣価値」を用いるものとした。

また、貨幣価値への換算手順は、CO₂排出量の低減、廃棄物発生量の低減、資源消費量の低減など異なる複数の個別の効果を環境経済学的手法などを用いてそれぞれ貨幣価値に換算し、その合計を用いることとした。(図-3)

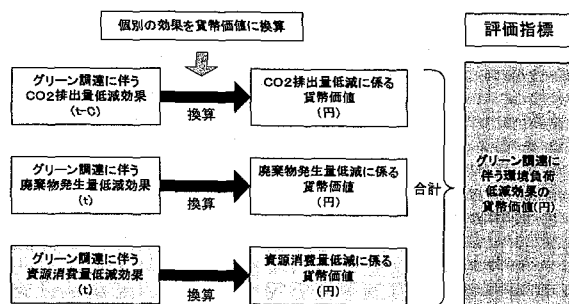


図-3 環境負荷低減効果の貨幣価値への換算手順

(2) CO₂排出量の低減効果

グリーン調達に伴い、資材調達段階(調達・加工箇所など)、輸送段階(輸送経路など)、施工段階(施工箇所など)におけるCO₂排出量が低減される。

代替の手法によってこれらと同等の「CO₂排出量」を低減する(例えば、工場の操業を停止するなど)ことは現実的ではないが、グリーン調達に伴うCO₂排出量低減効果の貨幣価値を「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」として推計が可能である。植林によるCO₂削減費用の算定事例は表-2に示すとおりであり、事例により2,402~45,000円/t-CO₂と範囲が広い。

本検討では、極端に費用が大きい事例4を除く各事例の中央値的な値として4,000円/t-CO₂と設定した。なお、この値は、参考として示した欧州のCO₂排出権取引単価(2006年1月31日現在)と概ね同様のレベルである。

表-2 CO₂削減費用算定事例

事例	プロジェクト概要	単位GHG削減量当たりの費用	備考
1	インドネシア東カリマンタン州の10,000haを対象に植林	ケース1: 3,240円/t-CO ₂ ケース2: 5,280円/t-CO ₂ ケース3: 3,000円/t-CO ₂	
2	インドネシア東ロンボク島の荒廃草原の約4,500haを対象に植林	3,970円/t-CO ₂	
3	ミャンマー・インレ湖流域内の10,000haを対象に植林	2,402円/t-CO ₂	
4	中国・大同市北部の500haを対象に植林	ケース1: 31,300円/t-CO ₂ ケース2: 45,000円/t-CO ₂	
5	モンゴルSelenge県の5,000haを対象に植林	9,844円/t-CO ₂	
参考	欧州のCO ₂ 排出権取引単価	3,817円/t-CO ₂	2008年1月31日現在

[CO₂排出量の低減効果(円/m)]

$$= [\text{CO}_2\text{排出低減量 (t-C/m)}] \times 44 (\text{CO}_2\text{の分子量}) \div 12 (\text{Cの原子量}) \times [\text{CO}_2\text{排出削減当たりの植林費用 (円/t-CO}_2\text{)}]$$

●CO₂排出削減当たりの植林費用: 4,000円/t-CO₂と設定

(3) 廃棄物発生量の低減効果

床掘工などで発生する土砂等は、必ずしも廃棄物として取り扱われるものではないが、当該工事や当該港湾で有効利用(港内の土砂処分場での処分を含む)されないものは、一般の廃棄物処分場で処分する必要がある。結果的に廃棄物処分場の処分容量を減少させることになる。

使用される副産物(スラグなど)については、環境物品としてリサイクル化され、結果的に廃棄物としての処分が回避される。

それら環境物品として使用されなかったスラグ等の副産物は、その全てが廃棄物として処分されるとは限らないが、ここでは社会全体における廃棄物発生量の低減という観点から算定する。

[廃棄物発生量の低減効果(円/m)]

$$= [\text{廃棄物発生低減量 (m}^3\text{/m)}] \times [\text{廃棄物の比重 (t/m}^3\text{)}] \times [\text{スラグ毎の非リサイクル率(\%)}] \times [\text{廃棄物処分場での受入単価 (円/t)}]$$

●廃棄物処分場での受入単価: 4,250円/tと設定

●スラグ毎の非リサイクル率(100-リサイクル率): 以下のとおり設定

- ・高炉スラグ、フェロニッケルスラグ: 0%
- ・製鋼スラグ: 2.9%
- ・銅スラグ: 7.7%

(4) 資源消費量の低減効果

グリーン調達に伴いリサイクル材(スラグなど)を使用した場合、資材調達段階(調達箇所)において、石材や土砂などの資源消費量が減少する。

港湾・空港等沿岸域の工事に使用する資源は多岐に亘るが、主なものとして海砂や石材等があげられる。また、それらの資源を調達することによる影響は、石材等(埋立用材を含む)の調達による地山の環境悪化や海砂の調達による海域環境の悪化が想定される。

このうち、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として(海砂の調達は該当しない)、グリーン調達に伴う資源消費量低減効果の貨幣価値は「資源消費に伴う環境悪化の回避のために必要な費用」として推計する。

[資源消費量(碎石等の場合)の低減効果(円/m)]

$$= [\text{資源消費低減量 (m}^3\text{/m)}] \times [\text{荒廃地の植林費用 (円/m}^2\text{)}]$$

●荒廃地の植林費用: 25円/m²と設定

4. 環境負荷の評価事例

環境負荷の評価にあたり、全国のクリーン調達の事例を収集し、環境負荷量の評価を行った。港湾工事の代用的な工種であるケーソン式岸壁3ケース、鋼矢板式護岸1ケース、防波堤4ケースの合計8ケースを抽出し試算を行った。

また、国土交通省九州地方整備局下関港湾技術調査事務所が作成した「港湾整備におけるLCA分析プログラム(ver2.0)」を用いて試算をおこなった。

ここでは1例として、代表的な港湾工事の工種であるケーソン式岸壁の試算結果を紹介する。

(1) 工事概要

構造物 : ケーソン式岸壁

Withケース : 銅スラグ (ケーソン中詰材) グリーン調達

withoutケース : 砕石 (ケーソン中詰材)

標準断面図を図-4に示す。

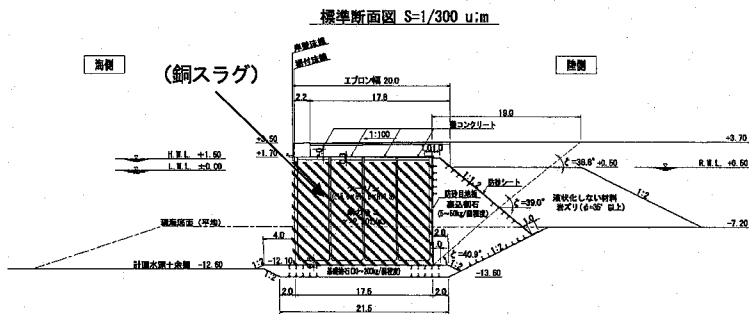


図-4 標準断面図 (with ケース: 銅スラグ)

(2) CO₂排出量

With, withoutケースともに、ケーソン製作に係るコンクリート打設の工種において最も排出量が多くなっている (33~34%)。次いでケーソン製作の鉄筋工、裏込材投入の割合が多くなっている。

withケースとwithoutケースを比較すると、中詰材投入の工種において排出量の差が最も大きく、次いでケーソン製作 (陸上) コンクリート打設、鉄筋工で差が大きくなっている。(図-5)

(3) 廃棄物発生量

当該工事においてリサイクル化される副産物 (銅スラグ) の量は、図-6に示すとおりである。環境物品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はおよそ210m³/m低減されることとなる。

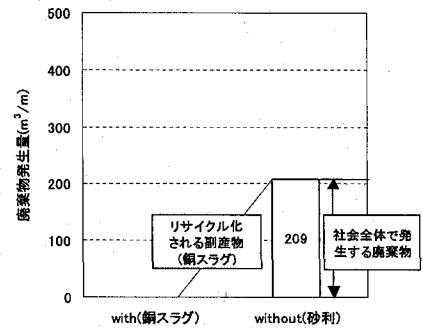


図-6 廃棄物発生量

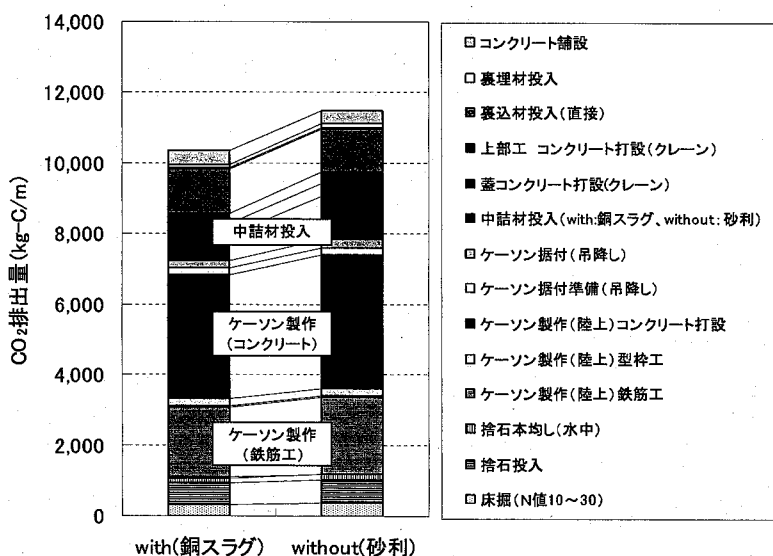
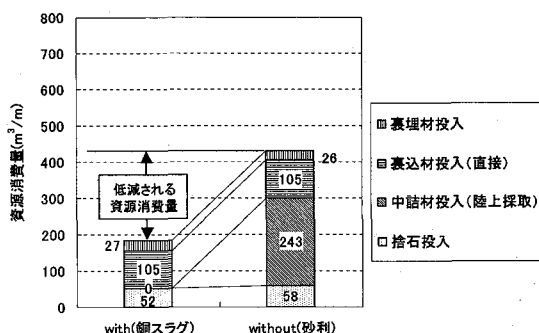


図-5 CO₂排出量 (工種別)

(4) 資源消費量

当該港湾工事で使用する資源の消費量は、図－7に示すとおりである。環境物品を使用するwithケースでは、withoutケースに比べて合計でおよそ250m³/m (57%)の資源消費が低減される結果となる。



図－7 資源消費量

(5) 紙幣価値への換算

①CO₂排出量の低減効果

環境物品（銅スラグ）を使用した場合（with ケース）には、環境物品を使用しない場合（without ケース）に比べ、岸壁単位延長当たりのCO₂排出量が4.231t-CO₂/m (=1.154t-C/m) 削減する。

したがって、当該工事におけるCO₂排出量の低減効果は、貨幣価値に換算すると16.9千円/mと推計される。

$$4.231\text{t-CO}_2/\text{m} \times 4,000 \text{ 円/t-CO}_2 = 16.9 \text{ 千円/m}$$

(CO₂排出削減当たりの植林費用：4,000 円/t-CO₂と設定)

②廃棄物発生量の低減効果

環境物品（銅スラグ）を使用した場合（with ケース）には、環境物品を使用しない場合（without ケース）に比べ、銅スラグの発生量209m³/mが低減される。

銅スラグの非リサイクル率を考慮すると、当該工事における廃棄物発生量の低減効果は、貨幣価値に換算すると150千円/mと推計される。

$$(209\text{m}^3/\text{m} \times 25 \text{ 円/m}^3 = 5,225 \text{ 円/m})$$

(荒廃地の植林費用：25 円/m³と設定)

③資源消費量の低減効果

環境物品（銅スラグ）を使用した場合（with ケース）には、環境物品を使用しない場合（without ケース）に比べ、碎石等の消費量が248m³/m低減される。

したがって、当該工事における資源消費量の低減効果

は、貨幣価値に換算すると6.2千円/mと推計される。

$$209\text{m}^3/\text{m} \times 2.2\text{t/m}^3 \times 0.077 \times 4,250 \text{ 円/t} = 150 \text{ 千円/m}$$

(廃棄物処分場での受入単価：4,250 円/t
銅スラグの非リサイクル率：7.7%
銅スラグの単位体積重量：2.2t/m³と設定)

(6) 試算結果の評価

ケーソン中詰材に銅スラグを使用する（with ケース）ことにより、ケーソンの形状を小さくすることが可能になったことなどから、事業費は銅スラグを使用しない場合（without ケース）に比べて約200千円/m縮減された。

銅スラグを使用することによる環境負荷低減効果の貨幣価値についてみると、CO₂排出量の低減効果が約16.9千円/m、廃棄物発生量の低減効果が約150千円/m、資源消費量の低減効果が6.2千円/mと推計され、合計約173千円/mの効果が得られたものと推計される。

表－3 環境負荷低減効果の評価結果

区分		環境物品を使用した場合 (with時)	環境物品を使用しない場合 (without時)	環境物品を使用することによる効果 (without-with)
事業費の縮減効果 (C: 千円/)		(7,850)	(8,050)	200
環境負荷低減効果 (千円/ m)	CO ₂ 排出量の低減	—	—	16.9[0.21]
	廃棄物発生量の低減	—	—	150[1.91]
	資源消費量の低減	—	—	6.2[0.01]
	合計 (B)	—	—	173.1[2.02]
事業費増加に対する環境負荷低減効果 (B/C)		—	—	0.865

注) 1. 事業費の縮減効果の()内は、with時、without時の総事業費を示す。

2. 環境物品を使用することによる効果の[]内は、with時の総事業に対する比率(%)を示す。

5. まとめ

港湾工事においてグリーン調達を行った場合の環境負荷低減効果については、既存の事例や計算プログラムを参考にすることにより、比較的問題なく進めることが可能と考えられる。

今後、グリーン調達を推進していくためには、グリーン調達に伴う事業費の変化（増加することも想定される）と環境負荷低減効果のバランス（またはコストパフォーマンス）を明らかにしていく必要がある。

ここで、環境負荷低減効果の評価に当たっては、

- ①グリーン調達により環境負荷が低減される場合、一定の事業費増加は許容する。
 - ②グリーン調達による環境負荷低減効果を便益として貨幣価値し、事業費の増加額との定量的な対比により評価を行う。

などの考え方があげられる。

①については、ドイツの自治体において採用されている（事業費の増加許容額は5%）との事例はあるが、詳細については未確認であり、現状のコストを重視する設計では採用が難しく、検討が必要と考えられる。

②については、グリーン調達あり（with ケース）とグリーン調達なし（without ケース）を対象としたいいわゆる費用便益分析に相当する。

これらの考え方を比較すると、①では、簡易的に実施できる反面、環境負荷低減効果の程度は考慮されないことから、対外的な説得力に欠ける、一方、②については、事業費の増加に応じた環境負荷低減効果が求められることから、より適切な評価が可能になるものと考えられる。

最後に、環境負荷低減効果の評価として、LCA手法を用いた定量的な評価は有効であると考えられる。今回示した手法はあくまで一つの考え方であるため、グリーン調達により環境負荷を効率的に低減していくために、今後より評価手法として望ましい手法を検討していく必要があると考えられる。

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) 平成12年度 港湾整備におけるLCA手法導入調査 報告書、国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所、財団法人 港湾空間高度化環境研究センター、2001.3

On a Method for Evaluating the Effect of Environment-Load Reduction by Green Purchasing in Port and Airport Port Construction

Kazuyuki SHIBUYA, Youichi SAKAI

Ministry of Land, Infrastructure and Transport is promoting green purchasing based on "Law Concerning the Promotion of Procurement of Eco-Friendly Goods and Services by the State and Other Entities" and, accordingly, its sections of port and airport are eagerly using eco-friendly goods for new construction. To reduce environmental load efficiently by green purchasing in sea port and airport construction, it is necessary to explore the characteristics of the factors that generate environmental load and to develop a method for quantitative evaluation of reduction in environment load. This study reports practical investigation of those issues.