

LCA手法を用いたグリーン調達による環境負荷低減効果試算

西山貴大*・酒井洋一**

* 前 (財) 沿岸技術研究センター 企画部 研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹

港湾等沿岸域の工事においてグリーン調達に伴う環境負荷低減効果に関する試算を実施した。評価手法の検討にあたっては、代替法による環境負荷低減効果について貨幣換算手法を用いて検討を行い、あわせて環境負荷低減効果の貨幣価値と事業費の増加額を比較し、費用対効果の考え方による評価を行った。

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, 原単位

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環境物品等(特定調達品目)について技術的な評価・検討を実施している¹⁾。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項目を柱としている。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、その評価手法は未だ十分確立されていない。

本論文では、港湾工事等において、LCA手法を用いて環境負荷量の試算を行い、グリーン調達品目導入による環境負荷低減効果の評価・検討を行なった結果を報告する。

2. 環境負荷低減の評価対象項目の選定

港湾等の構造物を運用するまでの過程は、計画(施設配置)、設計、施工(調達)、運用・管理の各段階に区分され、そのうち環境負荷が大きいのは、CO₂排出量などが大きくなる施工(調達)段階である。

また、環境負荷の評価対象項目として、①地球温暖化の防止(CO₂排出量の低減)、②廃棄物発生量の低減、③資源消費量の低減、④有害化学物質の排出抑制、⑤生物多様性の確保、⑥大気汚染の防止、⑦水質汚濁の防止が挙げられる。ここで、①地球温暖化の防止(CO₂排出量の低減)、②廃棄物発生量の低減、③資源消費量の低減については、使用する環境物品や輸送距離等により比較的大きな環境負荷低減効果が期待されるのに対し、④有害化学物質の排出抑制、⑤生物多様性の確保、⑥大気汚染の防止、⑦水質汚濁の防止は、他法令による規制などの影響で、グリーン調達による効果は生じ難いと考えられる。

ここに挙げた項目以外にも、環境負荷低減に寄与する項目が存在する可能性は否定できないが、本検討におい

ては、①地球温暖化の防止(CO₂排出量の低減)、②廃棄物発生量の低減、③資源消費量の低減の3項目を評価項目とすることにした。

3. 環境負荷量の試算方法

環境負荷量の試算では、「平成12年度 港湾整備におけるLCA手法導入調査 報告書」(平成13年3月 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)²⁾(以下、「H12LCA報告書」という)の考え方を参考にしつつ、そこで使用された「港湾整備におけるLCA分析プログラム(ver.2.0)」を用いて計算を行なった。

試算は、環境物品を使用した場合(以下、「with時」または「withケース」とする)及び環境物品を使用しない場合(以下、「without時」または「withoutケース」とする)のそれぞれについて算定した。

なお、環境物品の使用に伴う「環境負荷低減効果」は、図-1に示す通り、「without時」と「with時」の環境負荷量の差と定義した。また、試算の対象とする港湾工事及び環境物品を表-1に示す5ケースとし、これらについて港湾工事の情報を収集し、検討を行うこととした。



図-1 環境負荷の低減効果の把握イメージ

表-1 試算の対象とする品目及び港湾

段階	ケース名	品目	用途	対象構造物
施工	A: Yo港	高炉セメント	上部工	護岸改良工事
	B: Hi港	高炉スラグ骨材 製鋼スラグ骨材	根固工	防波堤根固工事
	C: Ha港	フェロニッケルス ラグ骨材	消波工	防波堤消波工事
	D: O港	銅スラグ骨材	被覆・根固工	防波堤築造工事
施工 維持管理 廃棄	E: Ko港	—	—	防波堤撤去工事

4. 原単位の設定

港湾工事における環境負荷量を把握するため、LCA手法を用いてCO₂排出量等を算出する。本手法では、工事で使用する土木資材や建設機械、運搬車両等について、それぞれLCI(ライフサイクル・インベントリ)原単位を設定し、各工種における施工数量に原単位を乗じることにより、負荷量を算定する。LCI原単位の設定に当たっては、産業連関表により設定された環境負荷原単位を用いるが、産業連関表の部門に該当しないリサイクル材などについては、資材メーカーへのヒアリング等によりデータを収集し、原単位を設定する。

ここで、リサイクル材を生成する時、環境負荷を誰が負担するかという問題がある。スラグを例にとると、①鉄鋼や銅等、主となる鉱を生成する者で、生成時に副産物(スラグなど)を排出する者、②副産物として発生したスラグなどを資材化し、リサイクル材として土木工事等で使用する者のどちらが負担するかは決まっていない。

そこで、配分法とプロセス法という二つの考え方によるリサイクル材の環境負荷量の原単位の設定を検討することとした。

4.1 配分法

配分法は、主となる製品を製造する側において環境負荷の一部をリサイクル材の使用者(事業者)に負担させる方法として、製造品出荷額等の比率で全体の環境負荷を按分する方法である。図-2に同スラグの場合の按分のイメージを示す。

この方法を採用した場合、下記のような課題がある。

- ① 配分比の設定に必要な統計データの精度や信頼性が不足している(特にスラグの販売単価など)。
- ② 負荷の配分を主製品(鉄)とスラグに配分しているが、実際にはスラグの他にも「余剰電力」や「複成ガス」といった価値を持つ副産物が生成されるため、それらの副産物にも負荷を配分する必要がある。

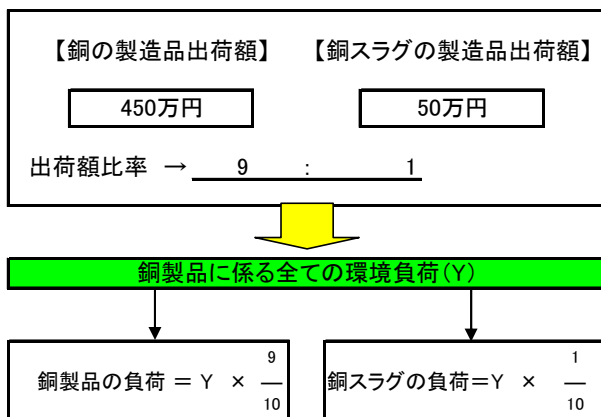


図-2 環境負荷の按分の方法のイメージ

4.2 プロセス法

一般に、副産物発生者は、副産物を中間処理して廃棄または譲渡するまでの義務がある。したがって、プロセス法では、副産物をリサイクル材として利用する事業者側がカウントすべき環境負荷の算定対象範囲は、図-3に示す通り、中間処理された副産物を資材化すること以降であると考えられる。すなわち、副産物をリサイクル材として利用した場合の環境負荷の計測対象範囲は、「副産物の資材化」「輸送」「施工」となる。

また、リサイクル材として利用するか廃棄処分するかに関わらず実施される工程は、厳密な資材化工程とはみなされず、リサイクル材として利用する場合の特有の資材化工程のみを原単位としてカウントすることとし、資材の単位重量当たりの環境負荷量を設定することとする。

これらのことを踏まえ、プロセス法では図-3下段の事業者側のみに着目することとして、副産物のリサイクル材への資材化における環境負荷量を設定する。

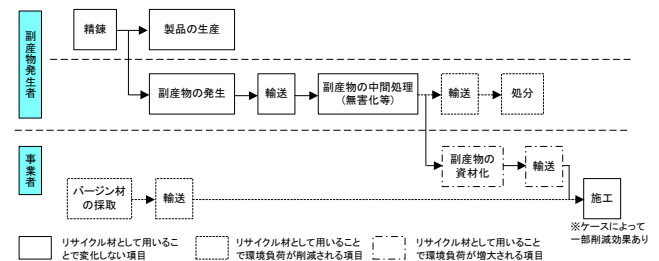


図-3 リサイクル材利用による環境負荷の分担

4.3 原単位のまとめ

配分法とプロセス法によるリサイクル材の環境負荷原単位を算出すると、表-2の通りとなる。

このとき、配分法では、通常材よりもCO₂排出量が多く設定される場合があるが、これは配分法そのものの考え方に問題があるのではなく、データ不足などの課題によるものだと考えられる。従って、本検討では、暫定的に両手法により設定された原単位を用いて試算を行った。

表-2 リサイクル材の環境負荷原単位

	資材	CO ₂ 排出量 (kg-C/t)		本試算での代替の対象
		配分法	プロセス法	
リサイクル材	高炉スラグ	15.4	0.00	砂利・碎石
	製鋼スラグ	11.4	0.71	砂利
	フェロニッケルスラグ	0.47	0.73	砂利
	銅スラグ	1.37	0.01	砂利
通常材	砂利(砂)	1.67		—
	碎石	6.00		—

5. 環境負荷低減効果の評価方法の検討

5.1 環境負荷低減効果の評価手法の考え方

(1) 評価指標

グリーン調達に伴う環境負荷低減効果について、前項2で示す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する。

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、また、事業費（グリーン調達に伴う事業費の増加）との対比も容易に行うことを考慮して、本検討では、統合的な評価指標として「貨幣価値」を用いることとした。

(2) 貨幣価値への換算手順

複数の環境負荷低減効果を貨幣価値として評価する上では、通常、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が一般的である。

しかしながら、個別の環境負荷低減効果を貨幣換算する手法や原単位が異なれば、換算した貨幣価値の精度が異なることも想定される。このため、それぞれの効果を代表的な効果の指標（例えば、CO₂など）に換算し、その合計をさらに貨幣価値に換算するという考え方もある。

現時点では、廃棄物発生量低減効果、資源消費量低減効果に相当するCO₂排出量低減効果を算定することはより困難であることから、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、その合計を用いる手法で検討することとした。

5.2 貨幣価値への換算手法

(1) 一般的な手法

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の効果を貨幣価値に換算する代表的な手法として、市場価格の適用（CO₂排出権など）、代替法による推計などがあげられる。

CO₂排出量については、欧州において排出権取引が行われており、市場価格が設定されているが、現時点では投機的要素も大きく、これらをそのまま適用することは必ずしも適切ではないと判断される。

そこで本検討では、代替法を用いて、グリーン調達に伴う環境負荷低減効果を代替の施策によって得るための費用を算定することとした。

(2) 代替法による貨幣換算

CO₂排出量の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」として推計を

行うこととした。

また、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」として推計を行うこととした。但し、スラグ等のリサイクル材のリサイクル率は近年増加しており、当該工事で使用されなかったもの全てが廃棄されるわけではないため、リサイクル材毎のリサイクル率を考慮する必要があることに留意しなければならない。

そして、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、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」として推計を行うこととした。

以上を踏まえ、各低減効果の貨幣換算方法を構造物1mを建設する際の効果として、表-3にとりまとめた。ここで、CO₂排出量の低減当たりの植林費用、廃棄物処分場での受入単価、荒廃地の植林費用は、それぞれ収集したデータから、妥当と思われる値を本検討用に選んだものであることから、今後詳細な検討が必要と思われる。

表-3 各低減効果の貨幣換算方法

<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排出量の低減当たりの植林費用 (円/t-CO₂)]</p> <p>●CO₂排出量の低減当たりの植林費用：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)] × [スラグ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>●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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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%
<p>[資源消費量 (碎石等の場合)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>

6. 環境負荷低減効果の評価結果

6.1 費用対効果としての評価

ある事業において、環境物品を使用することによる環境負荷低減効果の貨幣価値を便益 (Benefit : B) とし、環境物品を使用することによる事業費の増加額を費用 (Cost : C) とした場合、当該事業の環境負荷低減に係る費用対効果 B/C を算定し、評価することができると考えられる。この場合、B/C が1を上回っている場合には、「環境負荷低減の面で効果的な事業」であると評価することができる。

但し、「B (環境負荷低減効果の貨幣価値)」は、環境負荷低減効果を貨幣価値に換算した値であり、貨幣換算の手法が必ずしも確立されたものでないことや、貨幣価値への換算に使用する原単位の精度などを勘案すると、得られた結果には「不確かさ」が伴うことに注意する必

要がある。

以上の方法を用いて環境負荷低減効果の評価を行った。参考までに Hi 港の根固ブロックに高炉スラグ骨材を使用した場合の結果を表-4に記載する。この結果では、配分法ではB/Cがマイナスとなり、有益な結果を得ることはできなかったが、プロセス法からは、B/C=1.7 という効率的な事業であるという結果を得ることができた。

表-4 環境負荷低減効果の評価結果 (Hi港)

【配分法】

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)	環境物品導入による効果(千円/m) (without-with)	
事業費の縮減効果 (C:千円/m)	(9,719)	(9,718)	-1.0	
環境負荷低減効果	CO ₂ 排出量 (t-C/m)	20.553	20.247	-4.5 [-0.05]
	廃棄物発生量 (m ³ /m)	0	9.0	1.1 [0.01]
	資源消費量 (m ³ /m)	578	587	0.225 [<0.01]
	合計 (B)	-	-	-3.175 [-0.03]
事業費増加に対する環境負荷低減効果 (B/C)	-	-	※マイナスの値	

【プロセス法】

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)	環境物品導入による効果(千円/m) (without-with)	
事業費の縮減効果 (C:千円/m)	(9,719)	(9,718)	-1.0	
環境負荷低減効果	CO ₂ 排出量 (t-C/m)	20.223	20.247	0.4 [<0.01]
	廃棄物発生量 (m ³ /m)	0	9.0	1.1 [0.01]
	資源消費量 (m ³ /m)	578	587	0.225 [<0.01]
	合計 (B)	-	-	1.725 [0.02]
事業費増加に対する環境負荷低減効果 (B/C)	-	-	1.7	

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。

6.2 段階別のまとめ

施工段階4 ケース、維持管理・廃棄1 ケースについて、環境負荷量の試算をプロセス法により実施し、施工・維持管理・廃棄の各段階別にCO₂排出量の割合を算出した結果を表-5に示す。全体として次に示す傾向が明らかとなった。

施工段階の4 ケースでは、いずれのケースにおいても資材調達に係るCO₂排出量が全体の80%以上と高い割合

を占めていることから、資材調達において環境負荷低減の可能性が高いことが伺える。

維持管理・廃棄も含めたKo港のケースにおいては、施工時の資材調達に係るCO₂排出量がおおよそ62%を占めており、輸送及び施工も含めた施工時の割合は77.6%と高くなっている。維持管理時の割合はおおよそ14%、廃棄時の割合は8.7%となっている。

表-5 段階別の環境負荷割合のまとめ (CO₂排出量)

(単位: %)

段階	Yo港	Hi港	Ha港	O港	Ko港	
施工時	資材調達	82.9	84.4	85.6	84.8	61.5
	輸送	2.2	2.8	3.6	3.8	2.3
	施工	12.9	12.8	10.8	11.4	13.8
維持管理	資材調達	-	-	-	-	12.8
	輸送・施工	-	-	-	-	0.8
廃棄	輸送	1.3	-	-	-	3.1
	解体	0.7	-	-	-	5.6

備考) 割合については、プロセス法を用いた場合のwith時の数値を示す。

7. まとめ

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。中でも、負荷低減効果を把握する際にはLCI原単位(CO₂排出原単位)の設定が重要である。

今回の検討では、環境負荷低減効果の算定にあたって、リサイクル材のLCI原単位の設定において、配分法及びプロセス法による試算を行うとともに、課題等についても整理した。

その結果、配分法では、原単位の設定に必要なデータの精度不足等の課題があり、妥当な評価ができない場合があることが判明した。従って、現時点においてはプロセス法を用いて原単位を設定することを基本とすべきと考える。

また、段階別の環境負荷において、資材調達に係るCO₂排出量の割合が高いことから、資材調達を含めた施工段階に環境物品を導入すると環境負荷低減効果が高くなることが分かった。

最後に、環境負荷低減効果の評価として、B/Cの考え方を取り入れたところ、プロセス法については評価できる結果を得ることができたが、B/Cによる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と考える。

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) 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: 平成12年度 港湾整備におけるLCA手法導入調査 報告書, 財団法人 港湾空間高度化環境研究センター, 2001.3