

港湾整備におけるライフサイクルアセスメント(LCA)手法の適用について*

Application of the Life Cycle Assessment Analysis to the Port Development *

川崎俊正**・箕作幸治***・酒井浩二****・上野信行*****

By Toshimasa KAWASAKI **・Koji MITSUKURI ***・Koji SAKAI ****・Nobuyuki UENO *****

1. はじめに

ライフサイクルアセスメント（以下、「LCA」という。）手法は、エネルギー消費量や二酸化炭素(CO₂)排出量などの環境項目に着目し、特に製造分野において改善された工程管理が導入されることにより、従来製品に比べ自社製品がいかに環境に配慮しているかをPRするために発達してきたものである。

近年、地球温暖化など地球規模による環境問題が取り上げられるようになり、複雑化する社会構造や環境問題への対応に優れている LCA 手法が着目されており、この手法を社会基盤施設の整備に適用する試みも行われてきている。

本論文では、この LCA 手法を港湾整備の評価、政策判断の手法として導入することを目指し、その適用について検討を行ったものである。

2. LCAの特徴

(1) 計算範囲

LCA 手法において検討される港湾施設のライフサイクルを図-1に示す。これらの過程において環境へ影響を与える行為が何であるのか、その一例を

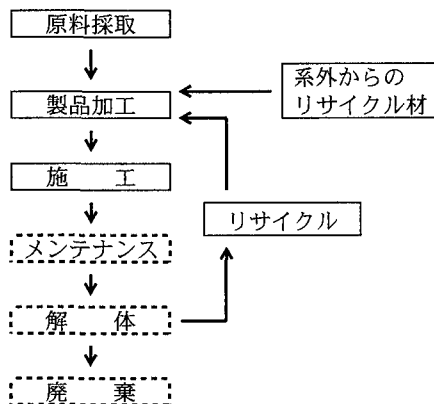


図-1: LCA 手法で検討される港湾施設のライフサイクル

挙げると次のとおりである。

原料採取：石灰や鉄鉱石等の採掘

製品加工：石灰からセメントへの加工

施工：コンクリートの打設や浚渫

メンテナンス：鋼構造物の防食対策

解体：不要となった防波堤等の解体・撤去

リサイクル：コンクリート等の再資源化

ここで、社会基盤施設の中にはメンテナンスフリーや永久構造物であることが考えられるが、このような場合にはメンテナンス以降の過程は検討対象とはならない。

また、各過程において利用する機械を製造するために消費されるエネルギー（誘発された環境負荷と呼ばれる）の一部や、資材を工場から現場まで輸送する際に消費されるエネルギーについても考慮する必要がある。

(2) LCA と従来の環境影響評価(EIA)との比較

港湾整備では、これまでも港湾計画や公有水面

* キーワーズ：地球環境問題、環境計画

** 正員、工修、運輸省 第四港湾建設局 下関調査設計事務所 技術開発課 第一技術開発係長
(山口県下関市竹崎町4丁目6-1、

TEL 0832-24-4130、FAX 0832-28-1108)

*** 正員、工修、運輸省 第四港湾建設局 下関調査設計事務所 技術開発課長

**** 正員、工修、外務省 経済協力局 有償資金協力課 課長補佐(前運輸省 第四港湾建設局 下関調査設計事務所 技術開発課長)

(東京都千代田区霞が関2丁目2-1、

TEL 03-3581-2749、FAX 03-3593-8024)

***** 運輸省 第四港湾建設局 下関調査設計事務所 次長

の埋立にあたり環境影響評価（以下、「EIA」という。）を行ってきている。ここでは、EIA と LCA の比較を行い、両者の特徴を整理した（表－1）。

表－1：EIA と LCA の特徴

	EIA	LCA
目 的	プロジェクトの環境面でのチェック	環境配慮への取組を評価・PR
評価地域	局所的（計画施設の周辺地域）	広域的（地域的な限定はない）
評価時点	施工・供用中の環境影響のピーク時	ライフサイクル
評価方法	絶対評価	相対評価

このように、EIA と LCA では、その目的や評価手法などの特徴が異なり、公共事業に LCA 手法を適用するには、その違いを理解して適用を図ることが重要である。

（3）事業主体と LCA の検討範囲

現在の社会基盤施設の整備においては、その事業主体が多岐にわたり、それぞれが連携しあってプロジェクトを遂行している。特に、港湾整備では、内陸から発生する建設残土を受け入れ土地を造成する場合や、内陸からの廃棄物を受け入れその跡地を緑地として整備したりなど、他の事業主体との連携が多岐にわたる。そのため、LCA を実施するにあたっては、誰（事業主体）が、どの範囲（どのプロジェクト）を評価するのか明確にする必要がある。

例として、埋立事業に関する事業実施主体と LCA の検討範囲について整理する（図－2）。事業の連携が進めば、資源の枯渇という問題に対してだけでなく LCA 手法による評価としても望ましい方向に

あることが理解できる。また、各事業者の環境負荷の発生源としてのシェア（責任分担）についても明確にできる。

3. LCA手法の原単位

LCA 手法による環境への影響を評価するためには、その影響範囲が時間的にも空間的にも広がっているため、これらを考慮した原単位を作成し検討する必要がある。

（1）資材消費に係る LCA 原単位

資材消費に係る LCA 原単位に関しては、その原料の採取から加工、製品化、工場出荷に至るまでの過程で直接的に発生する環境負荷（輸送を含む、例えば燃料油の消費）及び間接的に誘発する環境負荷（例えば工作機械を作るために消費されるエネルギー）について考慮する。

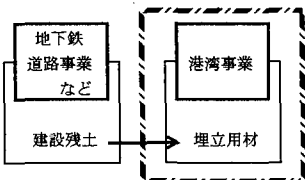
ここでは、すべての経済活動を商品ベースに置き換えその取引関係を金額で表した「産業連関表」を利用するとともに、『総合エネルギー統計』（資源エネルギー庁）等により各産業部門別のエネルギーを算出することにより原単位を算定することとした。その算定フローを図－3に示す。

なお、CO₂ への換算については、『地球温暖化防止対策ハンドブック』（環境庁）を参照した。

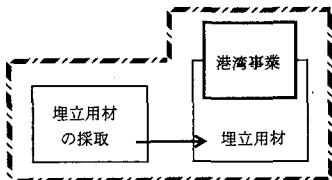
（2）施工機械及び輸送車両に係る LCA 原単位

現場で使用する建設機械や資材を工場から現場に運搬する車両等に係る LCA 原単位に関しては、これらの製造時及び利用時に発生する環境負荷につい

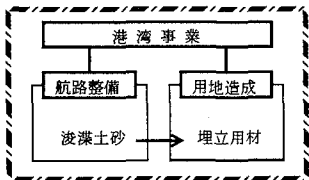
（例1）内陸から発生する建設残土を利用する場合



（例2）バージン材を使用する場合



（例3）航路整備による浚渫土砂を利用する場合



図－2：埋立事業における事業連携と LCA の検討範囲
（ は港湾事業者が LCA を実施する範囲）

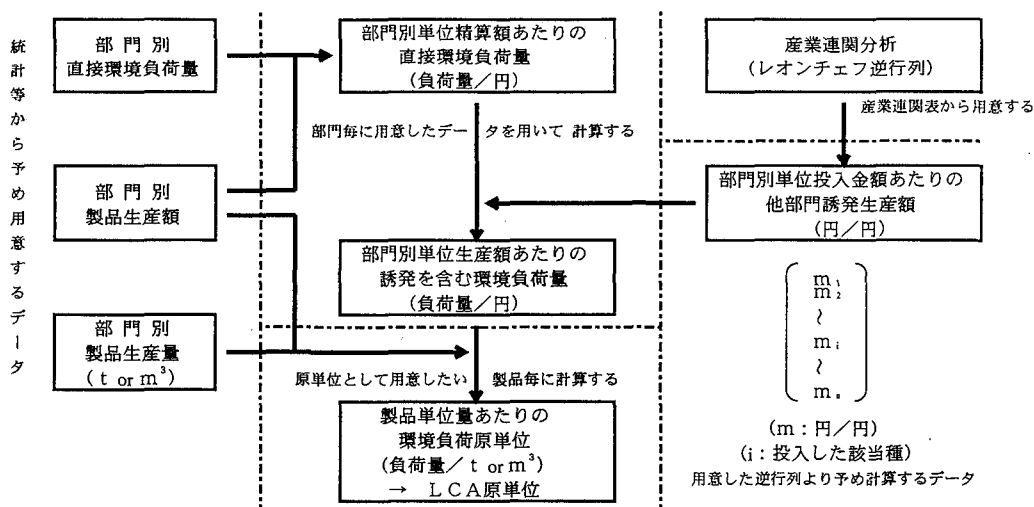


図-3：産業連関表を用いた LCA 原単位の算定フロー

て考慮できるように作成した。

建設機械、輸送車両等の製造に係る LCA 原単位については、「(1) 資材消費に係る LCA 原単位」と同様の方法により作成した。

建設機械の利用に係る LCA 原単位については、機械製造に伴う環境負荷量に対して、機械の損料算定表に基づく損料率が使用時間当りのライフサイクルでの減価償却率であると解釈して作成した。

輸送車両の利用に係る LCA 原単位については、ライフサイクルでの環境負荷量、全走行距離 (200,000km) などの既存研究事例を参考にして、走行距離当りの原単位を算定した。

4. 港湾施設のケーススタディ

港湾施設への LCA 手法の適用を検討するにあた

り、ケーススタディとして図-4に示す岸壁の整備 (A 港：ケーソン構造、鋼管矢板構造) における CO₂ の排出量を試算した。

本計算は、LCA 手法によりどのようなものが計算できるか、そのイメージを理解するためのものであり、大胆な仮定により実施した (表-2)。例えば、本来なら資材の輸送距離は種類により異なるはずであるが、仮定した距離で計算を行っている。輸送手段も、船舶による輸送を考えず、すべてトラック輸送を行うものと仮定している。さらに、A 港の岸壁は永久構造物であると考えられるが、敢えて解体・廃棄のプロセスも考えた。廃棄物量についてはコンクリート殻の量であり、土砂材料及び鉄筋についてはリサイクルされるものとして廃棄物量としては計算していないが、廃棄物輸送に関わる環境負荷量にはリサイクル工場への輸送を想定して算定した。

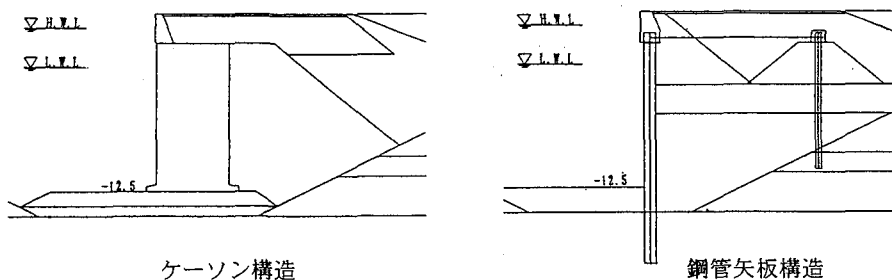


図-4：ケーススタディを行った A 港の構造形式

表一：環境負荷の計算条件

過 程		計算条件
建設	資材消費	資材消費量：工事数量
	資材輸送	輸送量：工事数量 工場から現場までの往復輸送距離： 50km（ただし、コンクリートのみ15km） 燃料消費量：資材毎に輸送車両及び1台 当たりの積載量を仮定
	施 工	建設機械の稼働時間：積算歩掛より算定 燃料消費量：積算歩掛より積算
	供用	補修工事 供用期間：50年 工事内容：表層路盤の更新 補修頻度：1回/10年
解体・廃棄	解体工事	（建設時と同様）
	廃材輸送	処分地・リサイクル工場等 までの往復輸送距離：100km
	処 分	リサイクルできない廃材は安定処分する として算定から除外

試算の結果を表一に示す。なお、参考までに、建設時における概算工事費も表中に示している。

これより、環境負荷の発生要因としては資材消費の割合が大きいたことが分かる。

資材別で見ると、ケーソン構造では砂利・碎石の消費による環境負荷が大きく、ついで本体の主資材であるコンクリートが大きくなっている。鋼管矢板構造では、ケーソン構造に比べ、本体の主資材である鋼材の割合が大きくなっている。

また、経済比較と環境負荷排出量の傾向は一致している。これは、コストが安い構造形式・工事（例えば、起重機を遠方より回航するよりも、近くから回航する）の方が、環境にもやさしいことを示すものである。このことは、事業の説明を行う上で、コスト削減等の説明だけでなく、エネルギー消費のような環境面からの取り組みの評価・PRとしてLCA手法が利用できる可能性を示している。

一方で、これとは逆の傾向を示した例もあった（B港：傾斜堤、直立消波ブロック）。このケースでは、経済比較と環境負荷量の傾向が一致せず、建設コストは高いが環境にはやさしいという結果となった。このことは、LCA手法の利用のひとつの方向を示している。すなわち、単なる経済比較による判断ではなく、環境面から見た判断材料としてLCA手法が利用できる可能性を示しているものである。

表二：計算結果（CO₂ 排出量）

(単位：kg-C/m、構成比は%)

		ケーソン構造		鋼管矢板構造	
		量	構成比	量	構成比
建設時	資材消費	5,675	62	7,060	70
	資材輸送	1,362	15	1,692	17
	施 工	1,726	19	954	9
	計	8,762	96	9,705	96
供用時		254	3	248	2
解体時	解体・撤去	58	0.6	42	0.4
	輸 送	71	0.8	80	0.8
	計	128	1.4	123	1.2
合 計		9,144	100	10,076	100
参考	概算工事費(千円)	4,144		5,172	
	廃棄物量 (t/m)	15		11	

〔資材別〕

		ケーソン構造		鋼管矢板構造	
		量	構成比	量	構成比
生コンクリート		2,512	34	400	4
砂利・碎石		3,274	45	4,129	46
鋼 材		1,178	16	4,150	46
そ の 他		324	4	315	4
合 計		7,288	100	8,994	100

5. おわりに

本論文では、港湾整備の政策判断の手段のひとつとしてLCAの導入を目指し、従来から行われてきている環境影響評価や公共インフラ整備という特殊性について着目し、LCA手法の適用に際しての特徴と課題を検討した。

港湾整備における環境対策としては、本来、モーダルシフトによる環境負荷軽減や船舶の大型化に伴う大量輸送による環境負荷軽減という効果が考えられるが、本研究では港湾のハード面の整備についてのみ検討を行っている。このような本来の港湾機能を考慮した効果についても、適切な仮定や実態を反映させることにより、LCA手法を取り入れ評価することが可能であると考えられる。

本研究を進めるにあたり、九州大学工学部井村秀文教授から多大なる指導を受けた。ここに感謝の意を表します。