

船舶への LCA の適用研究 - グリーンシップ化へむけて -

環境・エネルギー研究領域	環境影響評価研究グループ	* 平岡克英、亀山道弘、福元正明
	リモセンシング研究グループ	桐谷伸夫
輸送高度化研究領域	新材料利用研究グループ	千田哲也
	インテリジェント加工法研究グループ	成瀬 健
大阪支所	材料研究グループ	櫻井昭男
海上技術安全研究所	顧問	木原 洸

1. まえがき

当所では国立機関公害防止等試験研究費により、「船舶への LCA の適用に関する調査研究」(平成 10～12 年度)を実施し、87,000 DWT タンカーを対象とした LCI (ライフサイクルインベントリ) 分析を実施した。本研究においては船舶の建造、運航、解体および仲鉄リサイクル材生産の各段階のプロセス調査や運航調査を実施し、船舶 LCI 分析の解析手法を構築するとともに解析ソフトを試作した。さらに船舶のライフサイクルでの CO₂ 排出量をプロセス単位で明らかにした。

船舶は、船種、サイズ、運航期間・形態が多様であるとともに、多数の購入部品を使用して建造される。今後、船舶への LCA 解析手法の的確な適用のためには、船舶の多様さに対応したインベントリデータやプロセスデータの整備が必要である。また、環境影響を評価する環境カテゴリについては、CO₂ 排出量だけでなく、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、海洋汚染、資源消費(エネルギー・鉱物資源) 固形廃棄物なども重要なカテゴリである。これらの課題をふまえて平成 13 年度より地球環境保全等試験研究費により「船舶への LCA の適用研究」を新たに開始した。本研究の主目標は、標準的な船舶 LCA 解析手法の構築にあり、船舶関係のデータベース(フォアグラウンドデータ)の充実である。

本稿では、昨今の環境マネジメントシステム進

展の背景と海洋関連の環境問題の動向をレビューし、本 LCA 研究の方向性を示す。

2. 環境マネジメント

2.1 背景・地球環境問題¹⁾

国連は 1972 年に人間環境(ストックホルム)宣言を採択した。また同年には、ローマクラブの「成長の限界」という報告が出され、地球の有限性が、我々の人口と経済の発展の制約となっており、その規模の安定的維持のためにはゼロ成長を実現することが必要とされた。しかし、この報告の基になっている解析モデルは先進国と開発途上国間の地域差を無視している点が批判された。先進国と開発途上国の住民の間という横の公平性と現在世代と将来世代の間という縦の公平性に配慮した概念、「持続可能な発展」という概念を国連ブルントラント委員会が 1987 年に報告した。1992 年リオデジャネイロで開催された地球サミットで、ストックホルム宣言を再確認し、「持続可能な発展」の概念を取り入れたリオ宣言を採択するとともにアジェンダ 21「持続可能な開発のための人類の行動計画」を採択した。同時に、気候変動枠組条約も制定された。

リオ宣言以降、環境関連法規制の整備や自主的な環境改善活動が促進されている。

2.2 環境マネジメントの規格^{1) 2)}

日本国内においては、リオ宣言以降、1993 年環境基本法制定、1995 年包装容器リサイクル法

制定、1996年大気汚染防止法改正、1997年廃棄物処理法改正、1998年家電リサイクル法公布、地球温暖化対策推進法制定、1999年PRT R法制定など、法規制による環境管理が促進されている。しかしながら、多くの法規制をきれなくクリアすることは遵守する方も、監視するほうも多くの負担を要し、すべて法規制で多様な環境問題に対処することは社会全体から見れば合理的な対応ではない。このような考えに基づき、組織の自主的な改善活動を促すような仕組みとして環境マネジメントの規格が整備されている。

環境マネジメント規格群ISO14000シリーズは、表1に示すように6つの規格群で構成されており、LCAも規格化されている。1996年から順次整備されてきたが、現在も改訂、整備作業が続けられている。

表1 環境マネジメント規格シリーズ

規格名称	規格番号	発行年	改正
マネジメントシステム (EMS)	使用・利用の手引	ISO 14001	1996 2004
	一般指針	ISO 14004	1996 2004
環境監査 (EA)	一般原則	ISO 14010	1996 -
	監査手順	ISO 14011	1996 -
	環境監査員資格基準	ISO 14012	1996 -
	用地・組織の環境アセス	ISO 14015	2001 -
環境ラベル (EL)	一般原則	ISO 14020	1998 2000
	タイプ (自己宣言)	ISO 14021	1999 -
	タイプ (第三者認証)	ISO 14024	1999 -
	タイプ (詳細リスト)	TR 14025	2000 -
環境パフォーマンス (EPE)	パフォーマンス評価	ISO 14031	1999 -
	事例集	TR 14032	1999 -
ライフサイクルアセスメント (LCA)	原則・枠組み	ISO 14040	1997 -
	インベントリ分析: 一般	ISO 14041	1998 -
	影響評価	ISO 14042	2000 -
	解釈	ISO 14043	2000 -
	目的設定等適用事例	TR 14048	2000 -
環境マネジメント用語	用語	ISO 14050	1998 2002

規格では、組織が自主的に設定する環境方針を実現するために、マネジメントシステムの要素として、図1に示すPDCAサイクル、つまり計画(Plan)、実施及び運用(Do)、点検および是正処置(Check)、経営層による見直し(Act)というサイクルを規定している。環境法規制の遵守、環境汚染の未然防止に加えて、システムの継続的改善が重要な点である。また、利害関係者(Interested Party)は、組織の環境パフォーマンスに関心を持つか又は影響を受ける個人又は団体と定義されており、図2に示すように行政、地域住民、従業員、投資家、顧客、環境保護団体などと対象範囲が非常に広がっている。そのためコミュニケーションの手順や情報の透明性、信

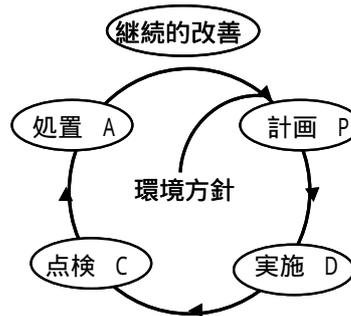


図1 環境マネジメントシステムのPDCAサイクル

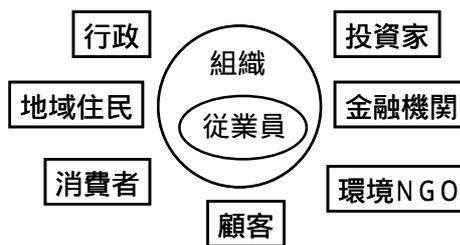


図2 環境マネジメントにおける組織の利害関係者

頼性の確保が重要になってくる。

環境パフォーマンスが、組織が行う環境側面の環境マネジメントを数量的に示すものである。これに対して、LCAは、製品やサービスのライフサイクル各段階での資源・エネルギー投入量、排出物を定量的な把握(インベントリ分析)や、潜在的環境影響の定量化し(影響評価)を通じて、環境改善などにむけた意志決定を支援するための手法である。問題をライフサイクル全体で評価するものでプロブレムシフトを防止することができる。

2.3 グリーン購入

2000年にグリーン購入法が制定され、国等公

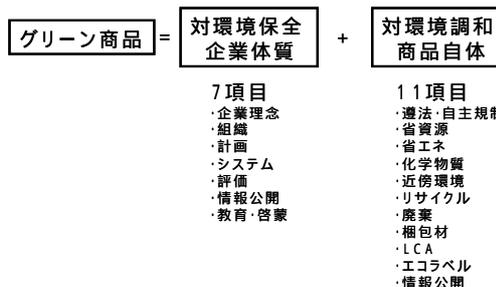


図3 グリーン商品調達基準の例

的機関の環境に配慮した製品・役務等の調達の推進が図られているが、民間においても様々なグリーン調達や調達基準の作成が行われている。図3は商品のグリーン度を環境保全に対する企業体質と商品自体の環境調和性を定量的に総合評価し、環境負荷の低い業者あるいは商品を優先して調達するための基準の例である³⁾。評価に際して、商品・素材等の材料構成調査結果であるマテリアルリストや、有害性化学物質（P R T R法対象物質、使用禁止物質、使用量削減物質、排出抑制物質）の有無の調査結果であるサブスタンスリストは、設計、使用、廃棄あるいはリサイクルする際の環境影響情報として重要である。

3. グリーンシップにむけて

3.1 海洋環境保全

海洋汚染物質は、海洋における生物濃縮によって人を含む生態系に大きな影響を及ぼすために看過できないものである。海洋汚染防止のために、陸上発生の産業廃棄物の海洋投棄は1972年採択されたロンドン条約で原則禁止にされ、さらに1978年に改正されて、洋上焼却も禁止されている。しかし、下水汚泥、動植物性残さ、家畜糞尿は認められており、全面禁止というわけではない。

船舶から排出される油あるいは積み荷としての有害物質、廃棄物はMARPOL 73/78条約によって規制されている。船外排出が可能なビルジ油分濃度はppmオーダーで規制されており、低濃度ではあるが油分の排出は続いている。なお、污水に関する附属書と大気汚染に関する附属書については未だ発効していない。また、船舶の防汚塗料の使用による有害影響に関する国際条約が2001年採択されている。

I M O（国際海事機関）のM E P C（海洋環境保全委員会）で現在検討が進められている主要な課題は⁴⁾、海洋環境への有害水生生物拡散を防止するためのバラスト水及び沈殿物の排出規制及び管理、

外航船運航に起因する温暖化ガス排出量の把握および削減対策、船をリサイクルするために有害

物質の管理と削減、に関することである。

に関連する船用バンカー油の消費量は、全世界の消費量は不明であるが、I E Aの統計⁵⁾によると、O E C Dの消費量は1998年に83.1百万トンである。これは全世界の油供給量3,415百万トンの約2%である。C O P 3（第3回気候変動枠組条約締約国会議）以降、U N F C C C（気候変動枠組条約）によって、各国のC O 2排出量が毎年推計されているが、外航船からのC O 2排出量は現在のところ国別排出量には算入されていない。

はU N E P（国連環境計画）において、船舶はバーゼル条約（有害廃棄物の国境を越える移動およびその処分の規制に関する条約）に関連する廃棄物であると考えているのに対して、I M Oでは船舶は資源としてリサイクルされるものと考えている。

3.2 L C Aによる影響評価

L C Aにより環境影響（Environmental Impact）を評価する手順は、地球温暖化、オゾン層破壊など環境カテゴリ（Impact Category）と称される評価項目を選択し、インベントリ分析結果の各項目を環境カテゴリに対応づける作業、分類（Classification）をし、インベントリ分析結果である資源・排出物等の影響度を定量的に表示する作業、特性化（Characterization）を行って、各環境カテゴリの影響度を算出する。環境カテゴリの数は複数存在するので、数値の列記だけでは評価結果の総合的理解が難しい。そこでカテゴリの相対的影響評価をするために正規化（Normalization）し、さらには統合化のための重み付け（Weighting）をして得た単一指標によって影響評価する試みが行われている。しかし、影響度の空間的・時間的差異をどのように評価にいれるか、被害量算定型評価方法では、統合化する上で算定の途中過程で入る主観的判断を避けることが出来ない等の課題があり、統一的方法は未確立であり、I S Oではオプションな事項とされている。

L C Aの実務への適用例としては、I S O 14025で規定しているタイプ 定量的環境情報ラベル

が試行されている。図4は産業環境管理協会（JEMAI）で実施されているプログラムによる成果⁶⁾⁷⁾から作成したものであるが、環境カテゴリ評価まで表示される。

製品環境情報開示シート(PEIDS)

製品分類		製品形式		包装他(kg)		全体(kg)	
P&C No.		製品(kg)		包装他(kg)		全体(kg)	
入出力項目	ライフサイクルステージ	単位	製造	物流	使用	廃棄リサイクル	合計
			素材	製造			
インベントリ分析	消費エネルギー	MJ					
	枯池資源	石炭	kg				
		原油(燃料用)	kg				
		天然ガス	kg				
	鉱物資源	原油(原料用)	kg				
		鉄鉱石	kg				
		珪藻石	kg				
	再生可能資源	木材	kg				
		CO ₂	kg				
	環境排出負荷	大気へ	SO _x	kg			
			NO _x	kg			
			CH ₄	kg			
		水域へ	BOD	kg			
		COD	kg				
	土壌へ	固形廃棄物	kg				
	汚泥類	kg					
インパクト評価	消費エネルギー	kg					
	資源枯渇	化石燃料	kg				
		鉱物資源	kg				
		鉄鉱石換算	kg				
	環境排出負荷	大気へ	温暖化(CO ₂ 換算)	kg			
酸性化(SO _x 換算)			kg				
オゾン層破壊(CFC11換算)			kg				
水域へ		富栄養化	kg				
	硝酸塩換算	kg					
土壌へ	...						

図4 LCAによる環境ラベルタイプ の例

3.3 グリーンシップ

持続可能な開発と環境保全を達成するためには、船舶・海洋分野においても、法規制の遵守に加えて、さらなる自主的な環境負荷低減活動を指向する必要がある。その一環として、グリーン調達、材料・化学物質の環境マネジメント、情報開示を促進する必要性があり、これを指向する船をグリーンシップと呼ぶことにする。著者らの開発する船舶のLCA解析手法は、定量的な環境情報作成のための有効なツールとなることを目指すものであり、グリーンシップへ向けた環境マネジメントの重要な部分である。本研究では、図5に示すように、船舶のグリーンシップ化のため、タイプ 環境ラベル、船舶マテリアルリスト(材料構成情報)、サブスタンスリスト(有害化学物質情報)の枠組みを整備する。

そのため、船舶関係のフォアグラウンドデータとして、(1)素材加工(溶接、切断、曲げ、塗装、鋳造とし)(2)機関運転(主機関、発電機、ボイラ)(3)船舶設備(船舶用焼却炉、油水分離器、油清浄機)(4)部品製造(ディーゼル機関、大型鋳造

船のグリーンシップ化

船舶のグリーン調達・情報開示を促進

- ・ISO14025 環境ラベルタイプ (定量的環境情報開示)
- ・マテリアルリスト(材料構成表)
- ・サブスタンスリスト(化学物質)

図5 船舶のグリーンシップ化の概念

品、プロペラ、船舶用電気機器)の現地調査、または文献調査を行う。CO₂排出量算出に大きな影響を及ぼす運航記録の調査を実施し、運航実態に基づいた解析が出来るようにする。すでに4隻(87タンカー、260タンカー、140バルカー、6100個積みコンテナ船)調査してきたが、今後4隻(127LNG船、5140PCC、90バルカー、3000個積みコンテナ船)の調査を予定している。

本研究ではこれまで試作した船舶のLCAソフトをベースとして、インベントリ分析の改良、コスト解析、感度解析等の機能を追加する予定である。

4. むすび

持続可能な開発と環境保全を達成するためには、船舶分野においてもグリーンシップ化を目指した環境マネジメントが重要な役割をはたす。本研究を実りあるものにしていきたい。

参考文献

1. 茅陽一監修、ISO14000環境マネジメント便覧、日本規格協会、1999年
2. 日本規格協会HP <http://www.jsa.or.jp/>
3. (社)未踏科学技術協会エコマテリアル研究会、シンポジウム「グリーン購入とマテリアルセクション」資料、平成13年12月
4. IMOホームページ <http://www.imo.org/>
5. IEA, Oil Information 2000
6. 産業環境管理協会HP <http://www.jemai.or.jp/>
7. LCA日本フォーラム、セミナー資料「LCAに関する最新動向と情報」、平成13年3月