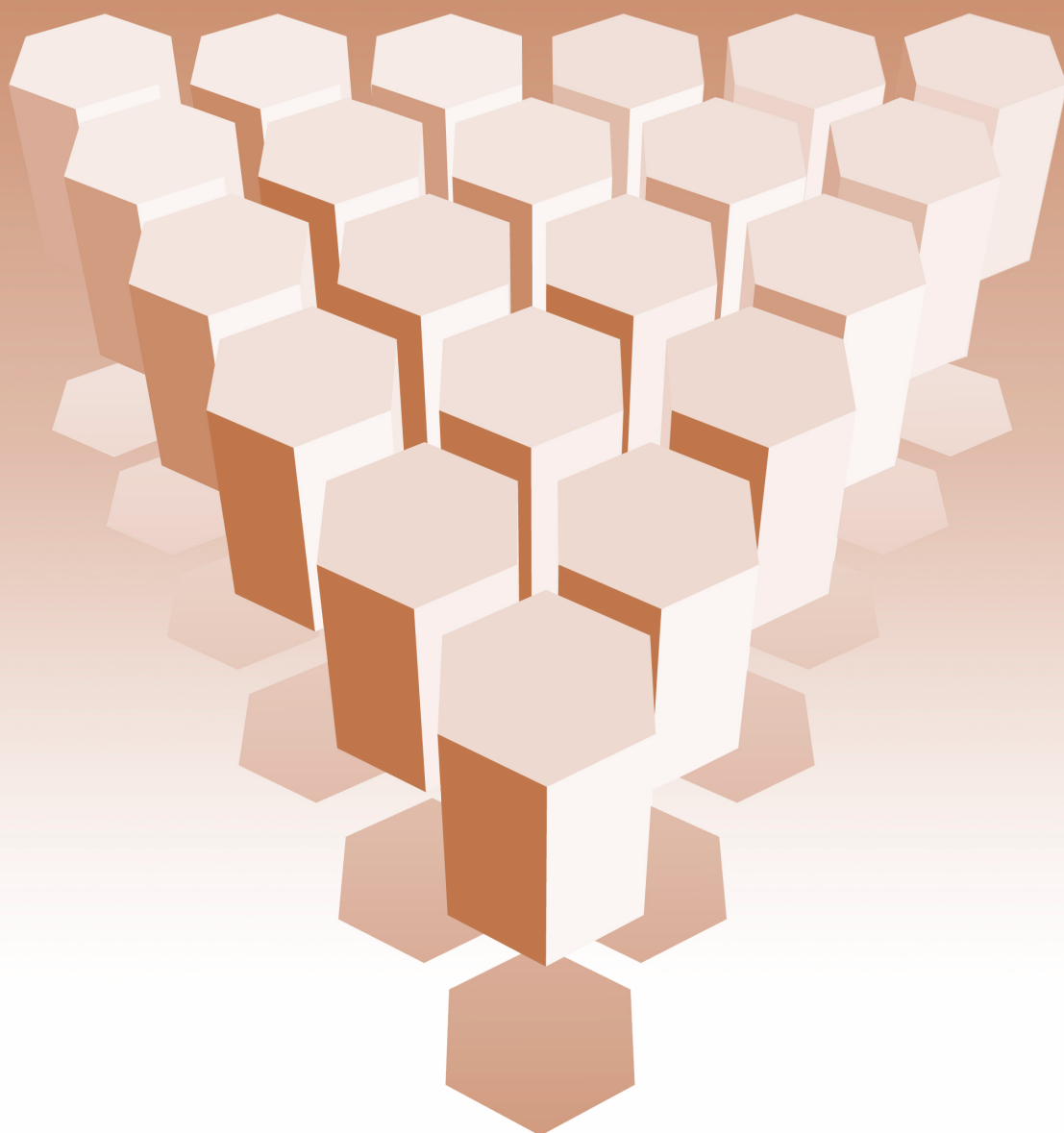


平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

Ⅲ 環境適合製品・サービス支援手法コース

ⅢA ライフサイクルアセスメント



平成16年1月



社団法人 産業環境管理協会

平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

Ⅲ 環境適合製品・サービス支援手法コース

ⅢA ライフサイクル アセスメント

平成16年1月



社団法人 産業環境管理協会

はじめに

我が国企業における環境経営の状況をみると、ISO 14001 認証取得事業所の増加、環境報告書作成企業の拡大、自主的な環境目標の設定、環境パフォーマンス等の情報公開、環境に配慮した製品・サービスの提供など民間企業が独自に環境保全に係る取り組みを実施する例が多くなってきているものの、これらの取り組みは一部の企業にとどまっているのが現状である。

特に、中小企業等は、昨今の国際競争激化による大きな打撃を受けている中で、社会・取引先・海外から環境問題への対応、環境経営の推進を求められているが、環境経営を担う人材の欠如や資金的問題から、具体的実施に至らないのが実状である。

そこで、中小企業等の経営者層、管理者層及び実務者層を対象に、環境経営の理解促進を図り、その実践的展開に資するための情報提供の一環として、環境経営の実践に有効な環境管理手法等の研修を全国的に展開するものである。

この研修は、環境経営の実践に有効な環境管理手法等の概要を、経営者及び管理者等に、講義形式で理解していただくための“環境経営概論コース”と、環境経営実務に有効な環境経営手法類を実務者に、講義形式及び演習形式（一部）で学んでいただくための“環境経営実務コース”から構成されている。

本書は、これらの研修におけるテキストとして、さらには、事業活動に伴う環境経営上の問題の予防や解決に役立てていただくための参考書として活用できるように、実用性と分かりやすさに留意して執筆・編集した、以下の全10巻から成る報告書の一部である。

(1) 環境経営概論コース（全1巻）

(2) 環境経営実務コース（全9巻）

①環境リスク管理コース

- 有害化学物質管理 ○リサイクルシステムと法整備
- 環境・廃棄物／リサイクル関連法規 ○環境リスク管理の実務

②環境配慮型経営管理支援手法コース

- 環境マネジメントシステム／監査／パフォーマンス評価 ○環境会計
- 環境報告書作成実務

③環境適合製品・サービス支援手法コース

- ライフサイクルアセスメント ○環境適合設計（DfE）／製品アセスメント

なお、本書は、経済産業省平成15年度循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業の一環として作成されたものである。ご協力いただいた監修者、執筆者、その他関係者の皆様に、さらに、ご指導ご支援を下さった経済産業省に深謝する次第である。

本書をはじめとするこれらの各報告書が広く有効に活用され、中小企業等における環境経営の促進支援という所期の目的を果たせることを期待している。

平成16年1月

社団法人産業環境管理協会
会長 南 直哉

■ 英字略語

略語	英文	日本語
CML	Centre of Environmental Science, Leiden University	ライデン大学環境科学センター
COP	Conference of the Parties	
CVM	Contingent Valuation Method	仮想市場評価法
DfE	Design for Environment	環境適合設計
DtT	Distance to Target	
EA	Environmental Auditing	環境会計
EAPS	Environmental Aspects in Products Standards	
EC	Environmental Communication	環境コミュニケーション
ECU	European Currency Unit	エキュ、欧州通貨単位
EL	Environmental Labeling	環境ラベル
ELP	Environmental Load Point	
ELU	European Load Units	
EMS	Environmental Management System	環境マネジメントシステム
EP	Environmental Profile	
EPA	Environmental Protection Agency	環境保護庁
EPE	Environmental Performance Evaluation	環境パフォーマンス評価
EPS	Environmental Priority Strategies for Product Design	
FM	Forestry Management	森林マネジメント
GWP	Global Warming Potential	地球温暖化係数
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
LCA	Life Cycle Assessment	ライフサイクルアセスメント
LCD	Liquid Crystal Display	液晶画面
LCI	Life Cycle Inventory	ライフサイクルインベントリ分析
LCIA	Life Cycle Impact Assessment	ライフサイクル影響評価
LCW	Life Cycle Waste	
MIPS	Material Intensity per Service Unit	
NGO	Non-Governmental Organization	非政府機関
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis	
SC	Sub Committee	分科会
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry	環境毒物化学学会
SPOLD	Society for the Promotion of LCA Development	

目次

はじめに
英字略語

Chapter 1 LCA の概要と意義 1

1.1 LCA の必要性 1

- 1.1.1 LCA の概念と LCA 研究の経緯 1
- 1.1.2 持続的発展の環境マネジメント支援ツール 4
- 1.1.3 LCA の用途・有効性 5
- 1.1.4 LCA の限界と注意点 6

1.2 ケーススタディ：LCA の一般的手順 8

- 1.2.1 ケーススタディの背景 8
- 1.2.2 LCA の実施 9
 - (1) 目的及び範囲の設定 9
 - (2) インベントリ分析 10
 - (3) 影響評価 12
 - (4) 結果の解釈 13
- ケーススタディ あとがき 15

1.3 LCA に関する国際的動向 17

- 1.3.1 ISO 14040 規格シリーズの概要 17
 - (1) 国際標準化機構の環境マネジメント標準化の枠組み 17
 - (2) ISO / LCA 規格の枠組み 17
 - (3) 14040 シリーズの概要 19
 - (4) ISO / LCA 規格の発行状況 23
- 1.3.2 海外の LCA 研究動向と主要研究機関 23
 - (1) 北 米 23
 - (2) 欧 州 24
 - (3) アジア 25

1.4 用語の定義 26

Chapter 2 LCA 手法 31

2.1	Chapter 2 の構成	31
2.2	LCA 調査の目的と範囲の設定	33
2.2.1	調査目的の設定	33
	(1) 結果の用途	34
	(2) 調査を行う理由	35
	(3) 報告を受ける対象	35
2.2.2	調査範囲の設定	36
	(1) 調査範囲の設定段階での設定項目	36
	(2) インベントリ分析段階での決定項目	41
2.3	ライフサイクルインベントリ分析	48
2.3.1	ライフサイクルインベントリ分析の構成	48
	(1) インベントリ分析を構成する重要項目	48
	(2) インベントリ分析の実施手順の概要	53
2.3.2	データ収集の準備	53
	(1) システムの概要作成	54
	(2) 詳細システムフローの作成	54
	(3) ライフサイクルの展開	56
2.3.3	データの収集	57
	(1) インベントリ分析で用いられるデータの種類と構造	57
	(2) 欧米のデータ	60
	(3) 我が国のデータの所在	61
	(4) 産業連関表分析によるデータ	68
	(5) データベースフォーマットの標準化の方向	71
2.3.4	計算手順	73
	(1) データの有効性	74
	(2) データを単位プロセス、機能単位に関連づける	76
2.3.5	アロケーション	77
	(1) 単位プロセスから複数製品が生産される場合の取り扱い	77
	(2) リサイクルシステムの取り扱い	82
	(3) リサイクル工程間の比較	86
2.3.6	カットオフルール	88
2.4	ライフサイクル影響評価	94
2.4.1	影響評価手順	94
	(1) ライフサイクル影響評価必須要素	95

	(2) ライフサイクル影響評価付加的要素	101
2.4.2	主な統合評価手法	104
	(1) エコインディケータ	95 104
	(2) エコスケアシティ法	107
	(3) EPS	110
	(4) 永田らによるパネル法の概要	114
2.5	ライフサイクル解釈	118
2.5.1	ライフサイクル解釈の目的	119
2.5.2	ライフサイクル解釈の諸工程	119
	(1) 重大な環境問題の特定	119
	(2) 評価	121
	(3) 結論、勧告、及び報告	123
2.6	報告、クリティカルレビュー	125
2.6.1	報告	125
2.6.2	クリティカルレビュー	126
Chapter 3	LCA の応用、今後の発展	129
3.1	LCA の応用	129
3.1.1	その背景と適用の範囲	129
3.1.2	比較・選択への応用の際の留意事項	131
3.1.3	実践的取り組み	133
	(1) 環境ラベルへの応用	133
	(2) 環境効率 (eco-efficiency) 評価への応用	135
	(3) 環境報告書にみる日本企業の LCA 取り組み状況	137
3.2	今後の課題と発展	141
	(1) LCA の今後の課題	141
	(2) 我が国における LCA インフラの整備	142
	(3) 欧州における新たな視点での LCA 研究動向	143
	付録	145
	索引	149

使っていますかLCA？





業界各社で競う環境適合製品



LCAの概要と意義

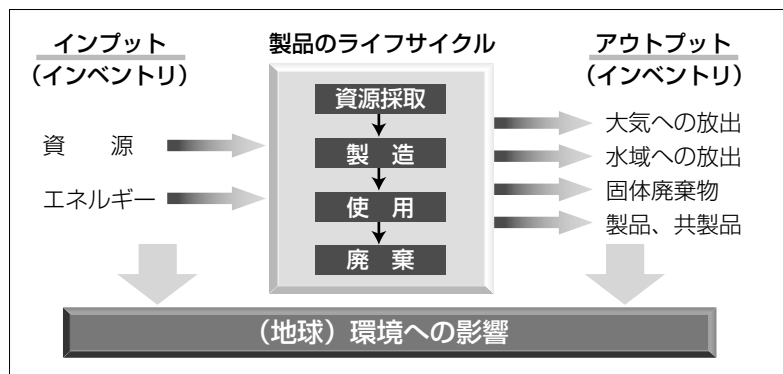
1.1 LCAの必要性

1.1.1 LCAの概念とLCA研究の経緯

ライフサイクルアセスメント（LCA）の概念は、図1.1-1に示すように、ある種の製品又はサービスから何らかの利便を享受するとき、地球からの資源の採取に始まり、製造、輸送、使用、及びすべての廃棄物が地球に戻される時点に至るまで（いわゆる「ゆりかごから墓場まで」）のあらゆる活動を適切かつ定量的に評価するものである。

LCA： Life Cycle Assessment

■ 図1.1-1 LCAの基礎的考え方



出典：LCA日本フォーラムの提言より

LCA研究の契機となったのは、製品の製造や消費、サービス、日常の社会活動などの拡大が資源の大量消費をもたらし、それが環境にマイナスの影響を与えているという認識の広がりによるものと考えられる。1972年にはMeadowsらにより「成長の限界」が発表され、化石燃料と金属資源等の切迫と、エネルギーをはじめとする、各種物質の大量消費による資源枯渇と、環境劣化による気候学的な変化に起因する経済成長の限界が指摘されてからは、人間活動が環境に与える負荷がいつそう明確に意識され

るようになった。

LCAは、1960年代の後半から約30年間にわたって欧米を中心に実施されてきた。資源の採取から廃棄に至るまでの製品のエネルギー消費量をマテリアルバランスから集計する研究として、第1次石油危機前から断続的にLCAが用いられてきた。

LCAの原型となっているのは、1969年にコカ・コーラ社が米国のミッドウエスト研究所に委託して実施した飲料容器を対象とした研究である。これは、容器の違いによる天然資源の消費や、環境への排出を定量的に比較することによって、環境への負荷が最も少ない容器を決定しようとしたものである。このような研究は1970年代初期から欧州でも行われたが、米国で実施された資源の消費と製品製造による環境への排出物を定量化する研究は、資源及び環境のプロファイル分析 (**REPA**) として知られている (欧州では「エコバランス」と呼んだ)。1970～1975年にはオイルショックが引き金となって約15件のREPAが行われた。Huntらは、1975年に7種類のビール容器 (10回使用リターナブルガラス瓶、ABSボトル、ワンウェイガラス瓶2種類、スチール缶、アルミ缶) に関するREPAを実施し、10回使用リターナブル瓶が他の容器と比べて、環境への負荷が小さいことを示した。この時代の研究のほとんどは、エネルギー消費量の評価のみであった。

1980年代の初期になると、廃棄物処理の問題が強く意識されるようになった。廃棄物の量的・質的問題、それによる資源消費や環境影響が欧州と米国において関心の高い問題になり、包装容器に関するLCAの研究が数多く実施された。また、LCAのテーマは材質比較ばかりではなく、製造プロセスの比較等種々の検討がなされるようになった。

地球環境問題の顕在化によって、環境影響を包括的に評価する手法へのニーズが高まり、人間活動が環境に与える影響を科学的に明確にすることへの必要性はさらに強くなった。

1979年に欧米の化学系研究者により組織された環境毒物化学学会 (**SETAC**) は、これらを背景にして1980年代から現在に至るまで、LCAの概念から手法の確立を目指して、専門家によるワークショップや公開シンポジウムを開催している。SETACでは毎年欧州と米国において国際会議が開催され多数の研究結果が発表されており、LCAの先駆的役割を果たしている。

欧州では1980年代から、イギリスのBousteadらが中心となってデータベースの開発を進めている。オランダのライデン大学環境科学センター (**CML**) は、1992年にインパクト (影響) 評価で広く利用される特性化係数について示した “Life Cycle Assessment of Products” という報告書を発表し、現在の影響評価の枠組みの基礎となっている。スウェーデン環境研究所は **EPS** と呼ばれる環境影響評価システムを開発し、自動車メーカーの

REPA : Resource and Environmental Profile Analysis

SETAC : Society of Environmental Toxicology and Chemistry

CML : Centre of Environmental Science, Leiden University

EPS : Environmental Priority Strategies for Product Design

ボルボ社では、自社製品を環境に与える影響面から改善するためのツールとして実際にEPSを利用した。スイスでは、**BUWAL**（スイス連邦内務省環境局）が「包装材料のエコバランス」を編集し、アルミニウム、ガラス、プラスチック（PETを含む7種）、紙・板紙・段ボール、ブリキなど各包装材料製造時におけるエネルギー消費量や環境負荷についてまとめている。この成果はインベントリ分析のデータベースとして、現在のLCAソフトウェアに広く利用されている。

BUWAL : Bundesamt für Umwelt

1993年以降、国際標準化機構（ISO）では、環境管理に関する規格化作業が開始された。その中でLCAが環境に与える負荷及び影響を分析評価するのに適切な手法として位置づけられ、手法そのものの規格化作業が行われるに至り、LCAはさらに世界の関心を集めるようになった。

ISO : International Organization for Standardization

国際会議やシンポジウムなどもLCAの普及促進に広く貢献している。欧州ではSETAC-Europe総会、ケーススタディシンポジウムが毎年行われている。日本では1994年10月に第1回エコバランス国際会議が開催され、以降隔年で多数の出席者の参加の下、盛大に行われている。

これらの経緯をまとめて表1.1-1に示す。

■ 表 1.1-1 LCA発展の歴史

年	主な出来事	備考
1969	コカ・コーラ社MRIに同社の飲料容器のREPA調査を委託	LCA概念の発端。この時点では、LCAと呼ばれていない
1979	SETACが米国に設立される	LCAの本格的研究の開始
1984	SETAC-Europe設立 スイス連邦内務省環境局（BUWAL）が研究報告書「包装材料のエコバランス」を発表	欧州におけるLCA研究の開始 ライフサイクルインベントリ分析のデータベースとして広く利用
1990	SETACが最初のLCAワークショップ開催	先進的企業のLCA活用が始まる。これを機にLCAという名称が定着
1991	SETACがLCAの方法論を発表 LCA用ソフトウェア、Simaproの発表	後のLCA手順の枠組みとなった 世界的に著明なLCAのソフトウェアの発売
1992	欧州主要企業20社によるLCAフォーラムとして、SPOLDが結成される	共通データベースによるネットワーク機構が目的
1993	ISO/TC 207によるLCA標準化作業開始 環境庁が「環境への負荷の評価に関する予備的検討・特に製品に関する環境負荷評価を中心として」を発表	我が国のLCA研究開始の契機となった 我が国では初の特性化に関する検討
1994	第1回エコバランス国際会議をつくば市で開催	日本で最大のLCAに関する国際会議がスタート。1年おきに開催、第5回（2002年）
1995	LCA日本フォーラム結成 第1回エコマテリアル国際会議を西安で開催 Eco-Indicator '95発表	我が国産業界にLCAのフレームワークが浸透 アジア各国においてLCAの普及促進気運が急速に高まる 環境影響の統合化手法の公開
1996	EPS 1996年版の発表	環境影響の経済評価手法として著名
1997	ISO 14040（原則及び枠組み）が発行	これに合わせてJIS Q 14040も設定
1998	ISO 14041（目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析）が発行 LCA国家プロジェクトが開始	インベントリ分析の事例についてはTR 14049に移行 日本初のLCAに関するデータベース構築を開始
2003	LCA国家プロジェクト終了しデータベース試験公開	世界最大のデータベース

(注) MRI : Midwest Research Institute
REPA : Resource and Environmental Profile
SPOLD : Society for the Promotion of LCA Development
EPS : Environmental Priority Strategies for Product Design

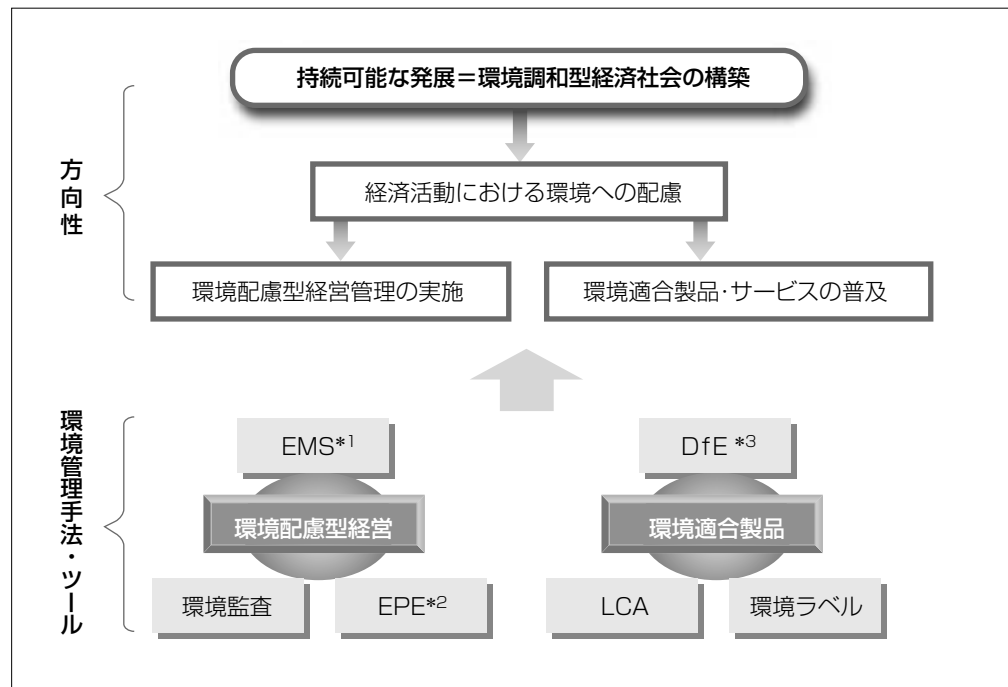
1.1.2 持続的発展の環境マネジメント支援ツール

(注1) Sustainable Development

地球温暖化、オゾン層破壊、資源の枯渇等の地球環境問題、酸性化、砂漠化、生態系破壊等の地域環境問題、さらには質の高い生活を求める要求から生じる騒音、振動等を含む生活環境問題など、近年の環境問題はその規模、範囲において多岐にわたる。このような環境問題への対処として、1990年代初頭以降、地球環境問題の高まりとともに“持続可能な発展^(注1)”の概念が生まれた。我が国において近未来の経済社会として提唱されている、循環型経済社会又は環境調和型経済社会も、この“持続可能な発展”に整合する概念である。これを实际的に推し進めるために、種々の手法・技法が提案、研究、開発されるようになった。

“持続的発展”を実現する手段は、図1.1-2に示すように整理することができる。つまり、環境に影響を及ぼす人間の諸活動において、企業等の組織活動が最も大きな影響力を持つという認識から、組織行動における環境配慮の側面と、そのような組織が提供する製品やサービス自体の環境側面に分けた考え方である。前者は、経営管理に環境配慮要素をビルトインすることを意図した管理手法であり、後者は、製品・サービスの環境適合

■ 図1.1-2 環境調和型経済社会への方向性と手法



- (注) *1 EMS : Environmental Management System、環境マネジメントシステム
 *2 EPE : Environmental Performance Evaluation、環境パフォーマンス評価
 *3 DfE : Design for Environment、環境適合設計

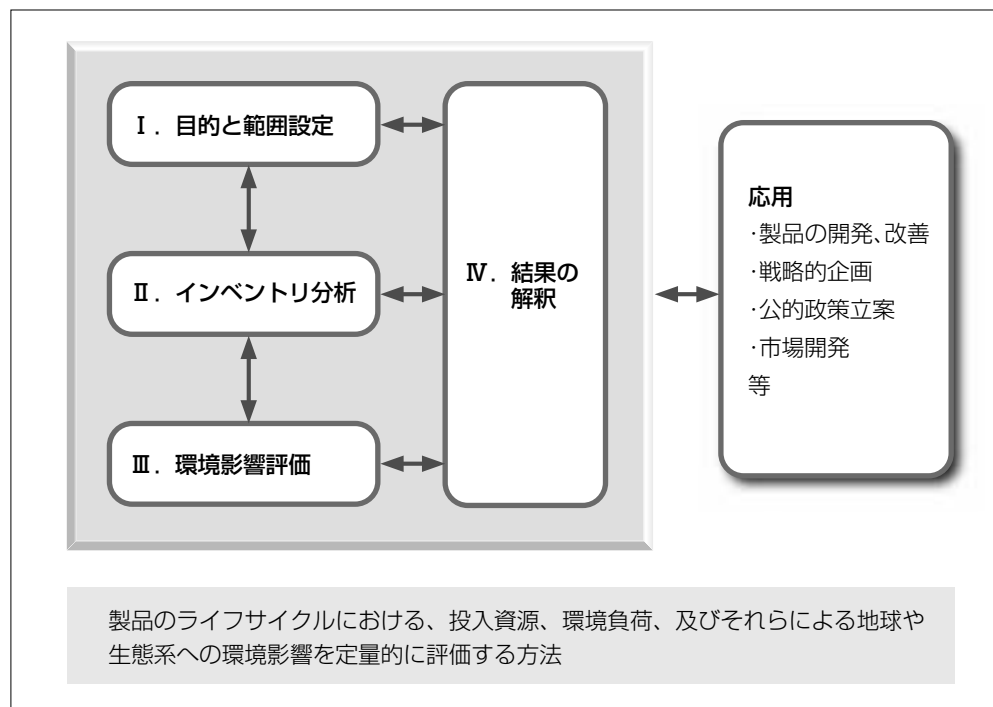
性を高めるためのものである。

LCAは製品・サービスの環境負荷を定量的に評価する手法として位置づけられ、ISO 14040では製品・サービスの原材料の採取から製造、輸送、使用及び廃棄に至るライフサイクルを通しての環境側面と潜在的環境影響を次の事項に従って分析、評価するよう規定されている。

- ・ LCA調査の目的と調査範囲を設定する。
- ・ 製品システムに関連する入力と出力のインベントリをまとめる（ライフサイクルインベントリ分析（LCI、以下「インベントリ分析」という）段階）。
- ・ それらの入力と出力に付随する潜在的環境影響を評価する（影響評価段階）。
- ・ インベントリ分析段階及び影響評価段階の結果を調査の目的に応じて解釈する（解釈段階）。

これらISOで規定されたLCA技法の枠組みを図1.1-3に示す。

■ 図1.1-3 LCA技法の枠組み



LCI： Life Cycle Inventory

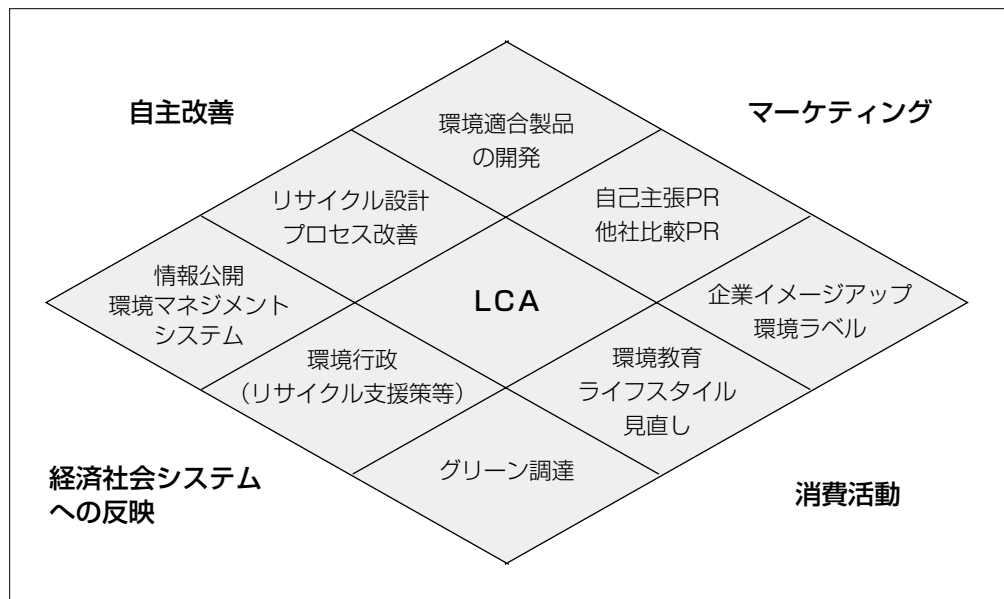
1.1.3 | LCAの用途・有効性

LCA手法による調査は、次の事項において有効性を発揮するものと期待される。

- ・製品の環境改善余地の特定
- ・組織が行う、戦略立案や、優先順位の設定、製品・工程の設計又は再設計における意思決定
- ・環境パフォーマンス（設定した目標達成度等）の適切な指標やそのための測定技法の選択
- ・組織の環境主張、製品の環境宣言又は環境ラベリングなどによるマーケティング

以上に示したLCA手法の有効性は、ISO 14040に基づくものであるが、さらに用途範囲を広くみると種々の可能性が考えられる（図1.1-4）。

■ 図1.1-4 LCAの用途例（将来の可能性も含む）



出典：LCA日本フォーラムの提言から

1.1.4 LCAの限界と注意点

いかなる手法、技法にも限界が存在するように、LCAにも限界がある。LCAの技法上の問題点は、詳しくは Chapter 2 において説明されるが、要点は以下のとおりである。

- LCA調査を行うに当たって設定及び選択される前提条件、例えば、システム境界の設定や影響領域の選択等は、主観的要素が影響しがちである。
- インベントリ分析も影響評価に用いられるモデルも、その前提条件によって影響され、すべての潜在的環境影響に適用可能とは限らな

い。

- c. 環境問題によって影響が及ぶ範囲は大きく異なるため、地球規模の環境影響の条件を局地性の環境影響に当てはめるのは適切でない。
- d. LCA調査の正確さは、データ品質等によって制約されることがある。
- e. 空間的及び時間的特性によって変化する不確実性を伴いがちである。

技法上の問題から生じるLCAの限界を考慮すると、その応用においては十分な注意が必要である。LCA調査を自社内における意思決定や判断のために行う範囲に限るのであれば、上記の技法上の限界を踏まえて行う限り問題は生じないであろう。しかしながら、図1.1-4に示す応用項目にあるような、外部への製品自己主張PRや他社製品比較PRのようなケースになると、技法上の問題を踏まえていたとしても、そのLCA調査結果の透明性、公正性、客観性が強く求められることとなる。そのほか、LCAが環境欠陥の代弁に使われないようにする上でも、LCAの応用・運用上における注意点、つまり、透明性、公正性、客観性の担保を十分に認識しておく必要がある。

1.2 ケーススタディ：LCAの一般的手順

LCAについて全体的な理解を得るために、空調機を対象とするLCAの実施例を以下に紹介する。

この例では、HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）系フロンを使用する従来機種に対して、HFC（ハイドロフルオロカーボン）系フロンを使用した代替機種をLCA手法により比較している。LCA手法は、LCAに関する国際規格であるISO 14040に準拠している。すなわち「目的と範囲の設定」「インベントリ分析」「環境影響評価」「結果の解釈」の4段階を踏んで実施されている。ISO 14040については1.3でその概要を紹介する。

1.2.1 ケーススタディの背景

COP：Conference of the Parties

現在エアコン用の冷媒に用いられているHCFC系のフロンガスは、オゾン層保護の理由で2010年に全廃が予定されており、HFC系フロンガスはその代替品として有力視されていた。しかし、1997年12月に開催された気候変動枠組条約京都会議（COP3）の結果、HFCがその温暖化効果によって規制対象物質の一つとして挙げられた。このCOP3の結果を受け、冷凍空調業界では新冷媒を採用するに当たって温暖化影響への対応が急務となった。そこで、HCFC系フロンを使用した現行機とHFC系フロンを使用した代替冷媒機をLCAを用いて比較し、エアコンの冷媒の転換によって生じる環境影響の変化について定量分析を行った。

HFCが温暖化の規制対象物質に挙げられたことにより、当面業界ではフロンガスの「回収・処理」を重視しての対応が求められている。したがって、代替冷媒機のLCAには冷媒廃棄として回収・焼却破壊処理の処理工程を予想し、回収率を0%と50%の2通り設定して冷媒の適正処理による温暖化削減の効果を検討した。冷媒を主体に置いた分析比較であるため、フロン製造プロセスと焼却破壊プロセスに関しては工場で収集した生データを用いて評価を行った。

1.2.2 LCAの実施

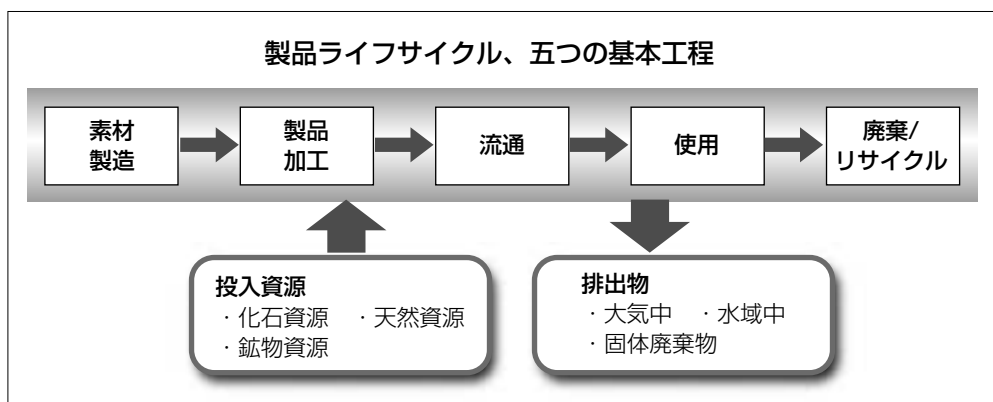
(1) 目的及び範囲の設定

今回のLCA調査の目的は、エアコンに使用する冷媒をHCFC系フロンからHFC系の代替フロンに転換することによりライフサイクルでの環境影響、特に地球温暖化への影響とオゾン層破壊影響を主体に評価することである。そのために4kWクラスの評価機を2機種用意し、HCFCを使用した従来機種とHFCを使用した1998年度モデルの代替冷媒機種とをライフサイクルで比較分析した。この代替冷媒機種には省エネ技術が付加されており、冷媒の物性低下を補った省エネ性の向上を果たしている。

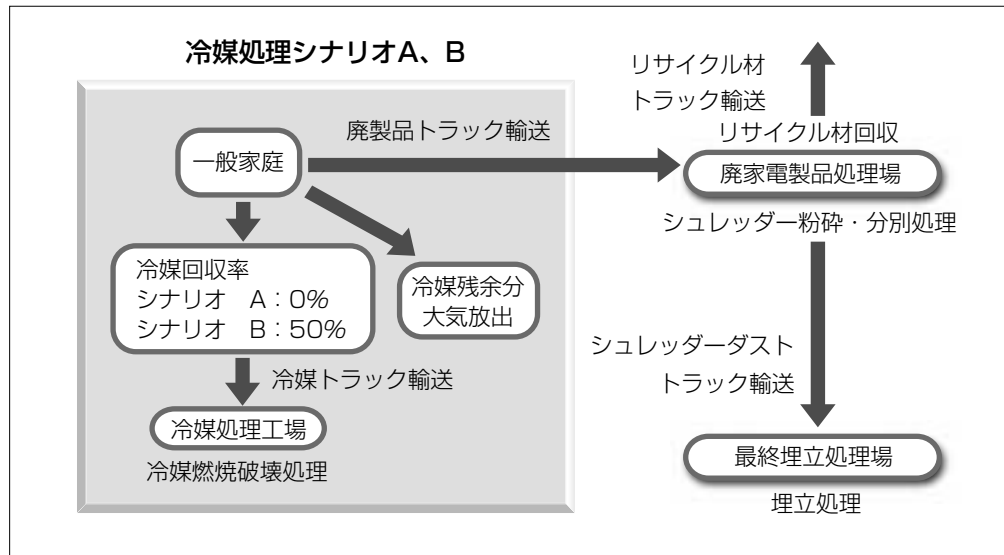
評価を行う適用範囲として図1.2-1に示されるように「素材製造」、「製品加工」、「流通」、「使用」及び「廃棄／リサイクル」という製品ライフサイクルでの五つの基本工程ごとにデータを積み上げた。「使用」工程では、その消費電力の多さから比較的環境負荷の大きい工程とされている。そのため運転時間の設定は分析上重要な要素である。今回はユーザーからのヒアリングデータに基づいて、8時間／日を使用期間中（暖房時：5.5か月間、冷房時：3.6か月間）に適用するものとして分析を実施した。その際に製品寿命を8年と設定した。また、空調業界では廃製品からのフロンの回収処理が求められていることを受けて、代替冷媒機には以下のa. b. に示される冷媒の回収率を想定してフロンの回収・適正処理の効果を分析した（図1.2-2）。

- a. 冷媒処理シナリオA：冷媒の回収率を0%に設定。製品廃棄時に大気放出。
- b. 冷媒処理シナリオB：冷媒を50%回収し燃焼・破壊処理を行う。冷媒の残余分は大気放出。

■ 図1.2-1 製品のライフサイクルフロー（LCA適用範囲）



■ 図1.2-2 製品廃棄／リサイクル工程のフローモデル



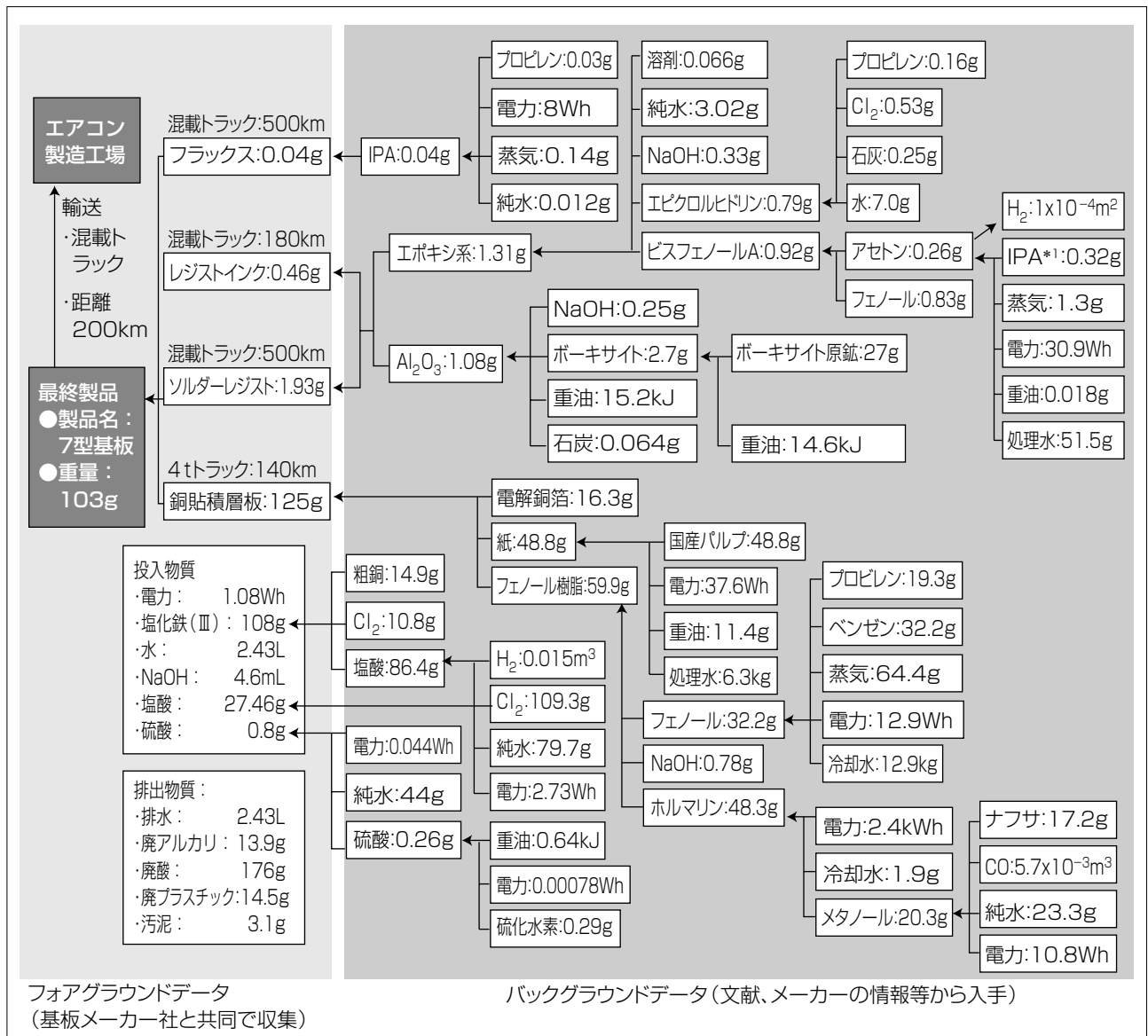
(2) インベントリ分析

1) インベントリデータの収集

インベントリ分析の第1の作業であるインベントリデータの収集を行うに当たり、図1.2-1の製品ライフサイクル各工程ごとに、投入資源と排出物のデータの積み上げを行った。ここでは構成素材にさかのぼるまでをフォアグラウンドデータ（LCA実施者自らのプロセス実測値データ）として収集し、構成素材／エネルギーはバックグラウンドデータ（既存データベースなど引用できるパブリックデータ）として処理することを基本指針とした。その例として、素材製造工程でのフォアグラウンドデータは、製品の材料構成、並びに製品に搭載されている複合部品（一部）についての材料構成とそれらの製造時の投入エネルギーと排出物質データである。複合部品は部品単位として他社から購入しているため、購入先メーカーの協力を得てデータ収集を行った。その収集例としてプリント基板のデータを図1.2-3に示す。また、バックグラウンドデータには国内の文献を使用し、それらは主に（社）産業環境管理協会²⁾、（社）化学経済研究所（現在解散）³⁾、（社）未踏科学技術協会⁴⁾、及び丸善（株）発行の化学便覧⁵⁾などである。そして、これらの多くは資源環境技術総合研究所（当時）で編集された「冷蔵庫のデータ」に含まれる。最終的に収集したデータを集計する処理作業には同所で開発されたソフト「NIRE-LCA」を用いた。

また、フロンガスは単一素材であるが、今回のケーススタディの目的は冷媒転換の効果を定量的に評価することであるため、フロンガスのデータ精度は極めて重要である。それらの関連データについては既存のデータベースを使用せずに、フォアグラウンドデータとして、以下の要領で収集した。

■ 図1.2-3 ダイキン工業での複合部品データの収集例（プリント基板）



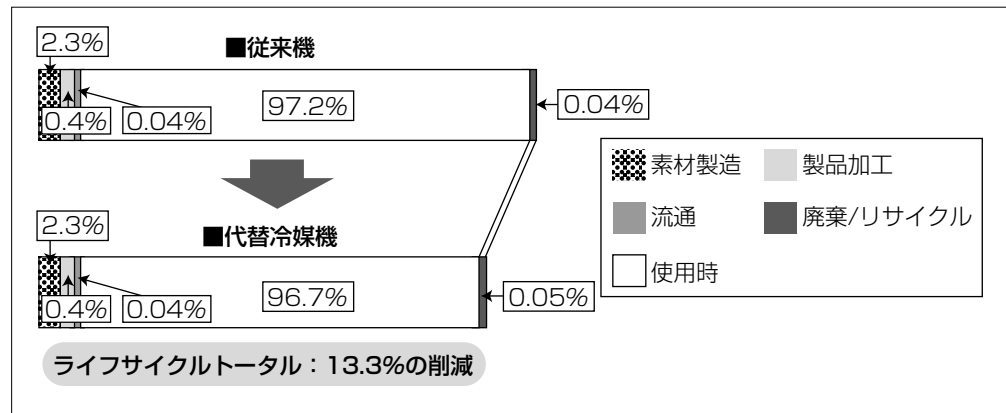
(注) 1. バックグラウンドデータの排出物質については表示していない。
2. * 1 IPA：イソプロピルアルコール

- フロンガス（HCFC22とHFC410A）の製造データ：ダイキン工業、化学工場でフロンガスが製造される際の投入資源と排出物の生データを積み上げた。原材料のデータは主に文献から収集した。
- フロンの燃焼・破壊処理データ：パイロットプラントで実施されたフロンガス処理の生データを積み上げた。焼却工程と発生した酸の中和工程という2工程で構成される処理プロセスのデータを集計した。なお、この処理工程はパイロットプラントでの測定値であり、実際のインフラに組み込まれた工程ではないために、今回の評価結果は、実用化が進んだときの状況とは異なる可能性がある。

2) インベントリ分析の結果

集計したデータの中で、当ケーススタディの主目的である地球温暖化影響に関連のある二酸化炭素 (CO₂) の排出量を例にとり、従来機 (HCFC 22使用) と代替冷媒機 (HFC410A使用) のライフサイクル各工程についての相対比較を行った。結果を図1.2-4に示す。図1.2-4のグラフから両機種とも使用時での排出量が大半を占めることが分かった。そして代替冷媒機ではライフサイクルトータルでCO₂の排出量が13.3%削減することが判明した。この削減量は使用時の省エネルギー効果に起因するものである。さらに正確な温暖化影響を把握するために、次のフェーズである影響評価を実施し、CO₂に加えて冷媒放出の温暖化効果をも考慮する必要がある。

■ 図1.2-4 ライフサイクルCO₂排出量の比較



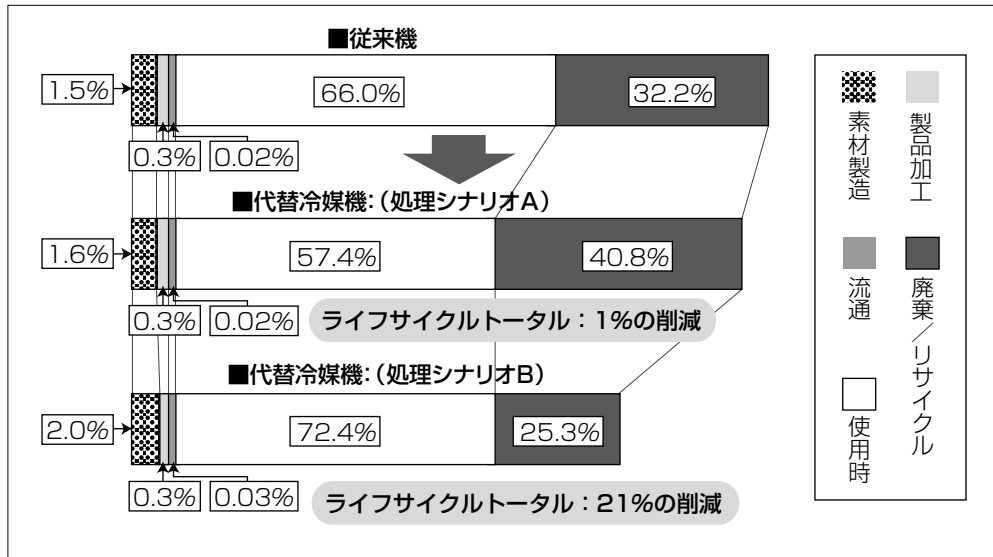
(3) 影響評価

第一に、積み上げたインベントリデータから当分析の主目的である地球温暖化影響の評価を行った。温暖化影響には地球温暖化係数 (GWP) (100年値) を用いて試算した。その結果を図1.2-5に示す。図1.2-4のCO₂排出量グラフと比較して、図1.2-5は廃棄/リサイクル工程の占める割合が大きい。これは廃棄時に大気放出されるフロンガスが与える温暖化影響による。

まず従来機と代替冷媒機の処理シナリオAを比較すると、使用工程では代替冷媒機の温室効果が若干削減された。これは当機種の省エネ効果に起因する。対して廃棄/リサイクル工程では代替冷媒機の温室効果が若干増え、これは冷媒充填量の増加による。そしてライフサイクルトータルで見ると、代替冷媒機はGWPが約1%の削減とそれほど変わらないことが分かった。代替冷媒機の処理シナリオBでは、従来機に比べて廃棄/リサイクル工程の割合が大幅に削減され、ライフサイクルトータルではGWPが21%削減されることが分かった。この結果から冷媒回収、適正処理を行

GWP : Global Warming Potential

■ 図1.2-5 従来機、代替冷媒機が及ぼす温室効果の比較



うことが温暖化影響の削減に有効であることが分かった。

第二に、温暖化影響以外のインパクト(影響)カテゴリであるオゾン層破壊、酸性雨、大気汚染、水質汚濁及びエネルギー消費のそれぞれについて従来機と代替冷媒機の影響比較を行った。その際の特性化係数の決定方法は「NIRE-LCA」⁶⁾ ソフトによるものであり、これらを表1.2-1に示す。従来機を100%として代替冷媒機の削減効果を示した結果を図1.2-6に示した。図1.2-6から、代替冷媒(HFC系)をエアコンに採用することによって、オゾン層破壊への影響はなくなることが確認できる。また酸性化、大気汚染、水質汚濁及びエネルギー消費量についても、代替冷媒機はすべて84.8%~86.7%の範囲で削減できることが判明した。温暖化については前述したように、廃製品から冷媒を50%回収して適正処理を行うことにより、影響は79.0%と大きく削減される。

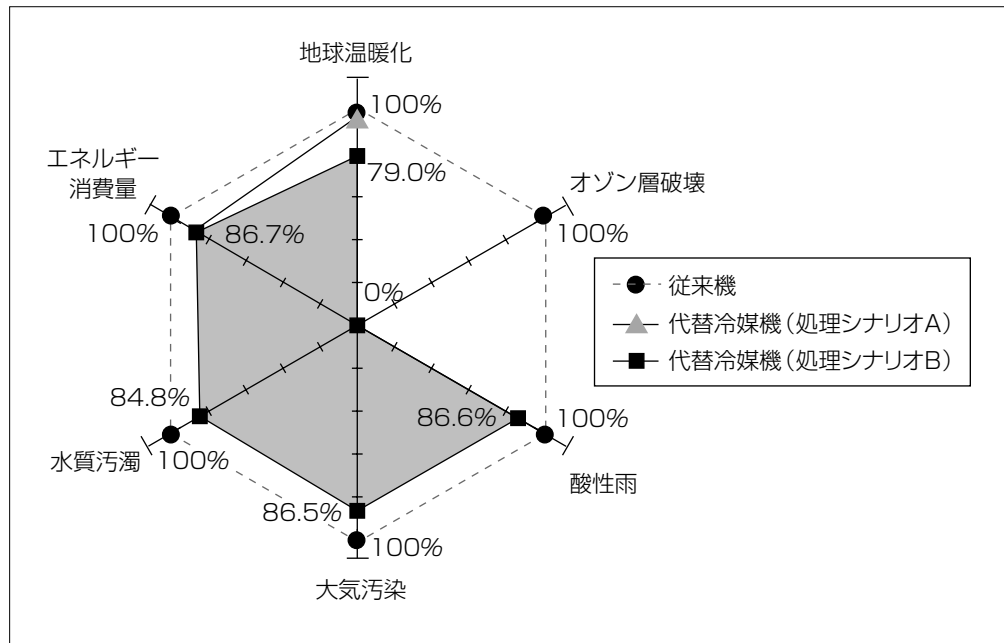
■ 表1.2-1 影響カテゴリと特性化係数⁶⁾

影響カテゴリ	特性化係数
地球温暖化	温暖化係数、GWP (CO ₂ =1)
オゾン層破壊	オゾン層破壊係数、ODP (CFC11=1)
酸性化	酸性化指数、AP (SO ₂ =1)
大気汚染	環境基準値の逆数 (単位: m ³)
水質汚濁	環境基準値の逆数 (単位: L)
エネルギー消費	燃料の高位発熱量 (単位: MJ)

(4) 結果の解釈

評価の結果、オゾン層破壊への影響は製造、使用、廃棄の全行程でなく

■ 図1.2-6 空調機の影響評価結果の比較



なることを確認した。温暖化影響については省エネルギー技術を付加することによって従来機より若干低減でき、さらに冷媒の回収・適正処理を実行することにより大幅な改善を図ることが可能である。これらの結果からHFC系冷媒への転換は地球環境問題に対して一つの有効なアプローチであるといえる。HFC系フロンを空調用の冷媒として活用すると同時に温暖化影響を低減していくためには、冷媒回収が可能な運用システムの確立及び製品運転時の効率向上とともに、省冷媒化の技術開発が課題となる。

●参考文献

- 1) 柳谷和太、河原克己：第3回エコバランス国際会議講演集、p.231～234（1998）
- 2) (社)産業環境管理協会：エネルギー使用合理化手法国際調査、NEDO-GET-9528（1996）
- 3) (社)化学経済研究所：基礎素材のエネルギー解析調査報告書（1992）
- 4) (社)未踏科学技術協会、エコマテリアル研究会：環境負荷性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書（別冊）（1995）
- 5) 日本化学会編：改訂3版、化学便覧（応用編）、丸善（1980）
- 6) 工業技術院資源環境技術総合研究所：NIRE-LCA、Ver.2での環境影響評価手法（1996.5）

◆ ケーススタディあとがき ◆

本ケーススタディは1998年に発表されたものであり、LCAの実施の手順に従っている数少ない事例研究の一つである。ただし、その後のLCA手法の進展に基づけば、本事例の報告は、下記のようにさらに改善することが可能である。

(1) インベントリ分析

インベントリ分析においては、フォアグラウンドデータのみならずバックグラウンドデータも、LCA実施者が責任を持って収集しなければならない。しかし、実際上はバックグラウンドデータをいくつかの文献に頼らざるを得ないことが多い。

文献などを利用したデータ収集では、電力の取り扱いなど共有すべきデータが文献ごとに異なることや、システム境界がそれぞれ異なることが多くあるので、データの整合性に注意して引用することが必要である。

本事例では、インベントリ分析のシステム境界が明確には示されていない。我が国は、資源の多くを輸入しており、海外での生産を含めるか否かでLCAの結果が大きく異なることがある。また、NO_xの排出量などは、陸上輸送の有無によって大きく左右される。ライフサイクルの物質の流れに直接的に関与する生産工程（サブシステム）の境界のみならず、上述のようなLCA全体でのシステム境界も明確に示されるべきである。

本事例では、採用されたそれぞれのサブシステムのデータが示されていない。できる限り明確にすることが望まれる。特に、インベントリ分析の結果として省エネルギーに起因するCO₂の排出量の減少を結論として導くなら、これに関与する消費電力の削減量及び電気の消費によるCO₂排出量のデータを提示することが望ましい。

(2) 影響評価

影響評価においては、それぞれのカテゴリで考慮した物質を明記すること（分類化）が必要である。例えば、地球温暖化に影響を与える物質は数多く、そのすべてをインベントリ分析の結果として得ることは実際上困難である。本事例では、地球温暖化物質として何に着目してインベントリ分析を実施したのか、明確に示さなければならない。その他のカテゴリについても同様である。

影響評価のカテゴリとして、本事例では地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨（酸性化）、大気汚染、水質汚濁、エネルギー消費をとり上げている。一般には、カテゴリは事象が重複しないように決められなければならない。大気汚染には「光化学オキシダントの形成」「人間健康影響」「生態系への毒性影響」「重金属」「発がん性物質」などを含む極めて広範なカテゴリがあるため、取り扱いには十分注意することが必要である。このような観点から、「大気汚染」は、LCAの影響カテゴリとして利用しないのが一般的である。同様に、水質汚濁は「富栄養化」や「人間の健康への影響」など複数の事象を含むと考えられるので、

それらのカテゴリに区別し、インベントリ結果の分類化を明確にすることが望ましい。

エネルギーの消費は、SETACのデフォルトリストの影響カテゴリには含まれていない。これは、人間活動の中の中間的計量物であり、環境への影響ではないと考えられている。しかし、我が国のLCAではエネルギーの消費を集計することが多い。エネルギーには、化石燃料と水力など自然エネルギーがある。少なくとも、この両者を含むエネルギーを計量しているのかどうかを示すことが必要である。化石燃料だけを計量している場合には、地球温暖化とほとんど同じ意味になる。また、化石燃料の消費量は資源の枯渇の評価と考えられることもある。エネルギー消費の評価は、上記の問題を含むことを理解して実施すべきである。

(3) 解釈

結果の解釈においては、LCAの結果に大きな影響を与えるデータについての分析を行うことが望ましい。本事例では、使用段階の消費電力量の削減による地球温暖化の影響の減少を特記しているため、フォアグラウンドデータとしての電力消費量の設定の影響について検討することが望ましい。

1.3 LCAに関する国際的動向

1.3.1 ISO 14040 規格シリーズの概要

(1) 国際標準化機構の環境マネジメント標準化の枠組み

ISOは、地球環境問題への国際的関心の高まりを受けて1993年2月に環境マネジメントに関する技術委員会TC 207を設置し、環境マネジメントの国際規格の作成を開始した。ISO/TC 207における環境マネジメント関係規格の作成は、次に示すように六つの分科会（SC）等に分かれて行われている。

- SC1：環境マネジメントシステム（EMS）
- SC2：環境監査（EA）
- SC3：環境ラベル（EL）
- SC4：環境パフォーマンス評価（EPE）
- SC5：ライフサイクルアセスメント（LCA）
- SC6：用語及び定義（T&D）
- WG1：製品規格への環境側面（EAPS）
- WG2：森林マネジメント（FM）
- WG3：環境適合設計（DfE）
- WG4：環境コミュニケーション（EC）

以上のようにLCAの規格は、環境マネジメント国際標準の一つとしてSC5で作成されており、TC 207の環境マネジメント全体の標準化の中では、製品及びサービスに適用する支援技法として位置づけられている。他のSCで作成される規格との相互関係を理解するために、各SCの規格作業範囲を表1.3-1に示す。

(2) ISO / LCA 規格の枠組み

1993年6月のトロントにおける第1回TC 207総会において標準化遂行体制が検討され、LCA規格を作る担当分科会としてSC5が設置されたが、LCAは「目的及び調査範囲の設定」、「インベントリ分析」、「影響評価」及び「解釈」（表1.3.2のWG5の欄参照）の4要素で構成されるとの認識から、表1.3-2に示すような作業範囲と、それらを実行する作業部会（WG）が定められた。また、LCA規格の構成を図1.3-1に示す。

TC：Technical Committee

SC：Sub committee

EMS：Environmental Management System

EA：Environmental Auditing

EL：Environmental Labeling

EPE：Environmental Performance Evaluation

T&D：Terms & Definition

EAPS：Environmental Aspects in Products Standards

FM：Forestry Management

DfE：Design for Environment

EC：Environmental Communication

WG：Working Group

1.3

■ 表 1.3-1 ISO/TC 207作成規格の概要 (2003年12月現在)

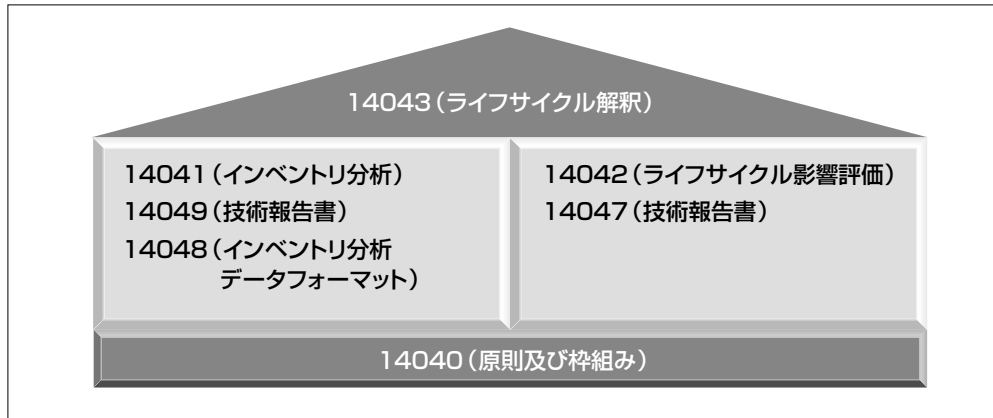
目的	対 象	
	組 織	製品及びサービス
実施	【SC1：環境マネジメントシステム】 14004：原則、システム及び支援技法の一般指針 【WG2：森林マネジメント】 TR 14061：森林経営におけるISO 14001取得にかかわるガイド	【WG1：製品規格における環境側面】 GUIDE 64：製品規格に環境側面を導入するための指針 TR 14062：環境適合設計 【WG3：環境適合設計】
実証	【SC1：環境マネジメントシステム】 14001：仕様及び利用の手引き 【WG5：気候変動】 14064：温室効果ガス (Part 1～3)	【SC3：環境ラベル】 14020：一般原則 14021：自己宣言による環境主張 14024：タイプI環境ラベル表示-原則及び手続 14025：タイプIII環境宣言
支援技法 (ツール)	【SC2：環境監査】 14010：一般原則 14011：監査手順-環境マネジメントシステムの監査 14012：環境監査員のための資格基準 14015：用地及び組織の環境アセスメント	【SC4：環境パフォーマンス評価】 14031：環境パフォーマンス評価 TR 14032：14031の標準情報 【WG4：環境コミュニケーション】 14063：環境コミュニケーション指針と事例
用語	【SC6：用語及び定義】 14050：用語と定義	【SC5：ライフサイクルアセスメント】 14040：原則及び枠組み 14041：目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析 TR 14049：14041に関する適用事例 14042：ライフサイクル影響評価 14043：ライフサイクル解釈 TR 14047：14042の適用事例 TS 14048：LCAデータフォーマット

(注) TR：Technical Report TS：Technical Specification

■ 表 1.3-2 ISO/TC207/SC5の作業範囲と担当作業部会 (WG) (2003年12月現在)

作業範囲：製品及びサービスの環境マネジメントのツールとしてのLCAの分野の標準化。この標準化では、資源の採掘から廃棄物の最終処分に至る環境への影響の評価を含む。		
WGと作業項目	作業範囲	発行状況
WG1：ISO 14040 原則及び枠組み	LCA調査の実施と報告を責任ある形で、かつ、透明性があり首尾一貫した方法で行うための原則とガイドラインを開発する。	1997年6月15日発行
WG2：ISO 14041 目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析	ライフサイクルインベントリに関する実施と報告のための技法の開発。当初、WG2がインベントリ分析（一般）を、WG3がインベントリ分析（特定）をそれぞれ検討することとしていたが、両WGの協議の結果、共同でインベントリ分析（一般）を作成することとなった。1997年4月のTC207第6回総会（京都）の際のSC5において、14041がDISの段階に至り、その内容を技術的に解説する必要性が認識されたことから、WG3は14041に関する標準情報書（TR）を作成することが決定された。	1998年10月1日発行
WG3： TR 14049 インベントリ分析（14041）の技術報告書 TS 14048 LCA-データドキュメントフォーマット	1998年6月の第6回ISO/TC207サンフランシスコ総会の際に、2001年発行を目指して標準化を進めることが決まった。また、2001年7月の第9回ISO/TC207クアラルンプール総会の際に技術仕様（TS）として発行することが決まった。	2000年3月15日発行 2002年4月1日発行
WG4： ISO 14042 ライフサイクル影響評価 TR 14047 14042の技術報告書	インベントリデータに基づく、製品及びサービスシステムの環境影響の評価を行うための合意された方法論的原則の開発。1998年6月の第6回ISO/TC207サンフランシスコ総会の際に、14042の解説を内容とするTR作成を進めることが決められた。	2000年3月1日発行 2003年10月1日発行
WG5：ISO 14043 ライフサイクル解釈	インベントリ分析及び影響評価によって得られたものから導き出される結果及び推奨事項を解釈するために必要な主要な特徴、要件並びに一般的枠組みの開発。当初、WG5は、製品及びサービスの環境負荷の改善評価のガイドラインの開発を作業範囲としていたが、1995年6月の第3回ISO/TC207総会（オスロ）において、ライフサイクル解釈に変更することが決められた。	2000年3月1日発行

■ 図1.3-1 LCA規格の構成



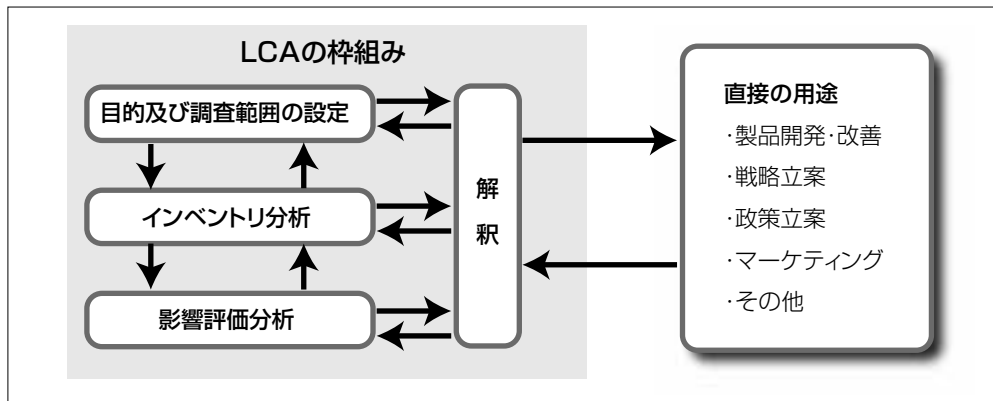
(3) 14040 シリーズの概要

1) ISO 14040 (原則及び枠組み) の概要

次の4項目で構成している (図1.3-2)。

- a. LCAの一般的記述
- b. 技法の枠組み
- c. 報告
- d. クリティカルレビュー

■ 図1.3-2 LCAの構成段階



出典：ISO 14040

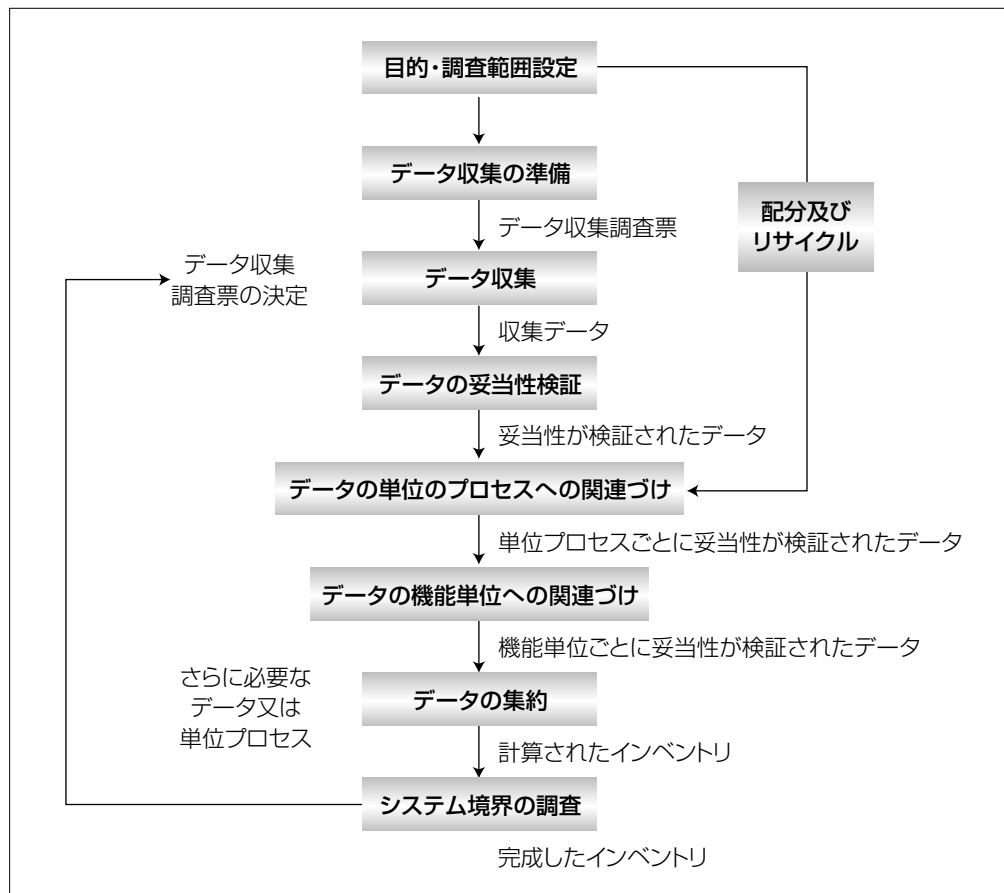
2) ISO 14041 (目的及び調査範囲の設定並びにインベントリ分析) の概要

次の5項目で構成している (図1.3-3)。

- a. インベントリ分析の構成要素
 - ・製品システム
 - ・単位プロセス

- ・データ区分
- ・製品システムのモデル化
- b. 目的及び調査範囲の設定
 - ・機能／機能単位／機能フロー
 - ・システム境界の初期設定
 - ・データ区分
 - ・初期選択等
- c. インベントリ分析
 - ・インベントリデータ収集
 - ・計算
 - ・フロー
 - ・排出の配分等
- d. インベントリ分析の限界（インベントリ分析結果の解釈）
- e. 調査報告

■ 図1.3-3 インベントリ分析手順の概要



(注) 一部の反復的ステップは示されていない。

出典：ISO 14041

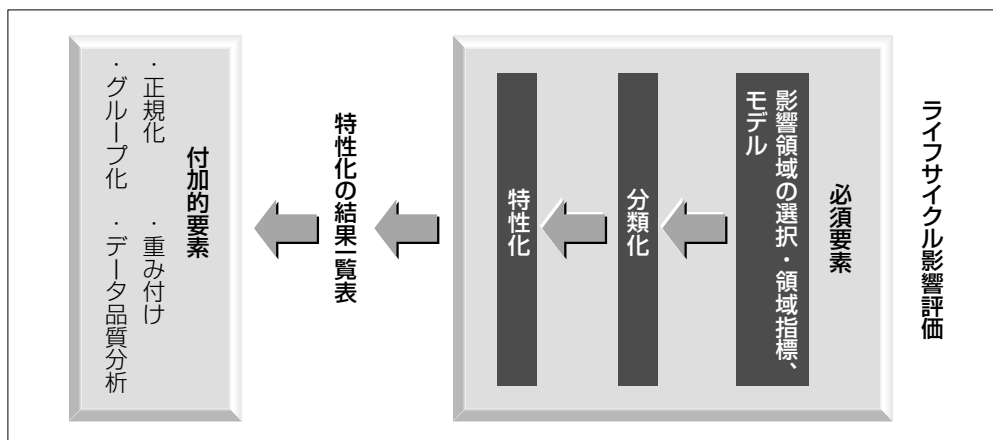
3) ISO 14042 (ライフサイクル影響評価) の概要

次の7項目で構成している (図1.3-4)。

- a. 影響評価 (LCIA) の一般的記述
- b. 必須要素
- c. 付加的要素
- d. データ品質分析
- e. 影響評価結果の解釈
- f. 外部への比較主張
- g. 報告及びクリティカルレビュー

LCIA : Life Cycle
Impact Assessment

■ 図1.3-4 ライフサイクル影響評価の構成要素



出典：ISO 14043

4) ISO 14043 (ライフサイクル解釈) の概要

次の5項目で構成している (図1.3-5)。

- a. 一般的記述
- b. 有意の問題の特定
- c. 評価
- d. 結論及び提言
- e. 報告

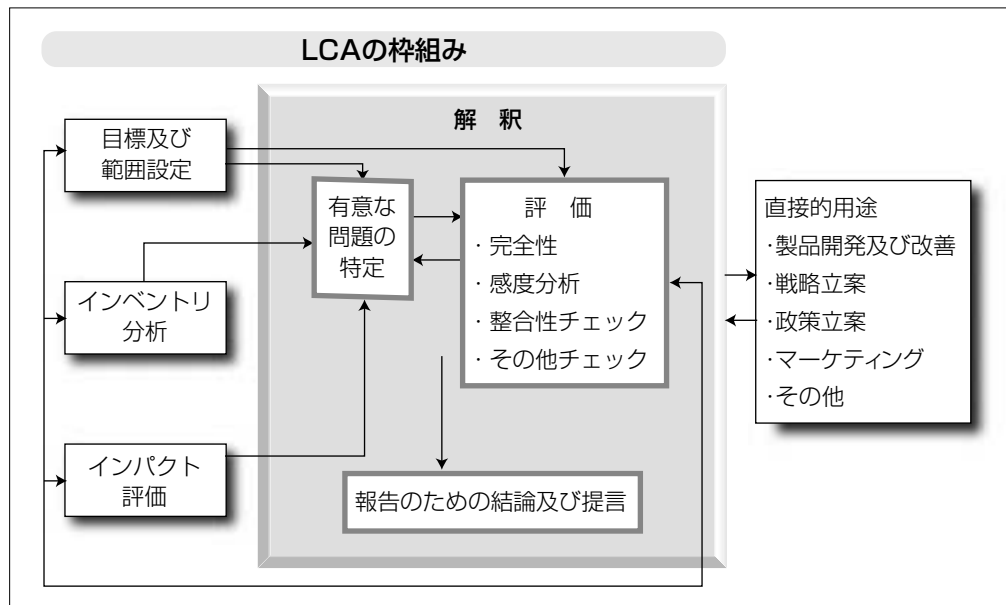
5) 技術報告書 TR 14049 及び TR 14047

技術報告書 (TR) は、インベントリ分析とライフサイクル影響評価の具体的事例等を集積し、示すことにより14041と14042のそれぞれの内容理解を促進することを目的として作られたものである。それぞれのTRの目次を以下に示す。

【TR 14049 (インベントリ分析)】

TR : Technical
Report

■ 図 1.3-5 ライフサイクル解釈の構成要素



出典：ISO 14043

- ・序文
- ・適用範囲
- ・本技術報告書の構成
- ・機能、機能単位及び基準フローの設定に関する事例
- ・システムを比較する場合の機能の特定に関する事例
- ・単位プロセスの入力、出力及び境界の設定に関する事例
- ・配分の回避に関する事例
- ・配分操作に関する事例
- ・リサイクルに対する配分操作の事例
- ・データ品質評価の実施に関する事例
- ・感度分析の実施に関する事例

【TR 14047 (ライフサイクル影響評価)】

- ・影響領域の選択
- ・指標、モデル及び特性化係数の選択
- ・特性化（指標の計算）
- ・正規化
- ・グループ化
- ・重み付け
- ・報告及びクリティカルレビュー

6) ISO 14048 (LCA データドキュメントフォーマット)

この規格は、LCAのデータドキュメントフォーマットの標準化を図る

目的で1998年6月に標準化作業の開始が決定され、まずは、インベントリデータ収集フォーマットを中心に2002年発行された。

- a. LCAデータドキュメントフォーマットの一般的記述
- b. フォーマットの構造
- c. インベントリ分析データ文書化のためのデータ構造
- d. データ交換用ファイルフォーマットの特定

(4) ISO / LCA 規格の発行状況

2003年12月時点における規格発行状況は、前掲の表1.3-2に示すとおりである。

なお、ISO規格は5年ごとのレビュー発行が定められている。

1.3.2 | 海外のLCA研究動向と主要研究機関

(1) 北 米

米国ではSETACが研究の拠点となっているが、実際はSETAC加盟の民間研究機関、コンサルタントが研究開発を支えている。評価結果を経済価値換算で表示するなど、企業が利用しやすい実用的LCA手法開発に向かっているのが特徴である。米国環境保護庁(EPA)においても研究サイドから本格的にLCAに取り組んでいる。特にこれまでの蓄積を生かし、毒性による健康影響をどのようにLCAに反映させていくか注目されている。

カナダも米国と同様の状況にあるが、データベース構築に紙・パルプ業界及び鉄鋼業界が取り組もうとしており、これに政府資金導入の方向で協議が進んでいる。

〈主な研究機関〉

○米国

- ・ Franklin Associates, Ltd. (旧名MRI) : インベントリ分析に250の事例を有する米国一のLCAコンサルタント
- ・ BATTELLE : EPAからの委託研究を行っている。
- ・ Roy Weston, Inc. : 環境、健康、安全等の管理システムのコンサルタント。同社のDr. J. FavaがSETACのリーダーシップをとっている。

○カナダ

- ・ Tellus Institutes : 梱包資材のリサイクル評価にLCAを適用するなど有名コンサルタント。
- ・ Canadian Standards Association : カナダ産業界、政府機関等の代表から成るLCA技術委員会を設置し、LCAの研究開発を行っている。

EPA : Environmental Protection Agency

その成果の一部としてLCA規格／ガイドラインを設定、ISO標準化にも主要な役割を果たしている。

(2) 欧州

欧州のLCA研究は、米国に比べてアカデミックな色彩が強いといえる。イギリス Open 大学の Dr. I. Boustead に始まる活動が 1980 年代に開始され、ドイツ、スウェーデン、スイス、オランダなどの大学、研究機関で実質的研究活動が行われている。特に影響評価における水準が高く、我が国においても早急に対応が求められている。

〈主な研究機関〉

○ドイツ

- ・ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH：ドイツ最大の民間研究機関。MIPS を提唱。MIPS との関連で LCA、特に影響評価を研究。資源の使用量を 1/4、1/10 に抑えるファクター 4、ファクター 10 を提言。
- ・ IKP, Universität Stuttgart：乗用車、建築物等をケーススタディとして、詳細なインベントリデータベースを構築。ここで得たデータはコンサルタントである PE 社ソフトウェア GaBi に用いられている。

○スウェーデン

- ・ CPM, Chalmers University：最初の本格的インベントリデータソフト開発を行った。
- ・ IVL (スウェーデン環境研究所)：スウェーデン産業連盟と協力して、LCA に基づく EPS System を開発したことで有名。

○オランダ

- ・ CML, Leiden University：欧州における LCA 研究の拠点の一つ。インベントリ分析、影響評価の両分野の研究開発の中心的存在。

○スイス

- ・ BUWAL (スイス連邦内務省環境局)：インベントリデータを作成、公表。現時点での欧州の LCA データの多くは、この BUWAL データに依拠している。
- ・ ETH - Technical University of Zurich：LCA のインパクト評価の研究を進めている。その成果を使った EP が有名。

○デンマーク

- ・ Technical University of Denmark：SPOLD を通じてインベントリデータフォーマット開発の中心的存在。

以上のほか、欧州にはフランスの Ecobilan、オランダの PRé Consultants、ドイツの Product Engineering、スウェーデンの Chalmers Indus-

MIPS : Material
Intensity per Service
Unit

EP : Environmental
Profile

tritechnikのようなコンサルタントがLCAソフトウェアを発売している。ソフトウェアについては付表1を参照されたい。

(3) アジア

日本の研究機関では産業技術総合研究所、国立環境研究所、物質・材料研究機構がLCAに積極的に取り組んでいる。工業会や公益法人においても多くの調査、蓄積がある。日本のLCA関連機関については付表2を参照されたい。

日本を除くアジア諸国の中では、韓国、インド、マレーシア及び中国がLCAに対して積極的に調査研究を進めている。韓国では日本と時期を同じくしてインベントリデータの蓄積を目的としたLCA国家プロジェクトを立ち上げている。中国では特に材料に関するLCAの事例研究が多いが、近い将来LCAの研究開発に向けたプロジェクトを開始する予定である。

1.4 用語の定義

LCAを実施する上で一般的に使われる用語について、ISO 14040及び14041に準拠した定義を以下に記述する（一部、我が国LCAプロジェクトで定義した追加項目を含める）。

- ・ **ライフサイクル (life cycle)**
 原材料の採取又は天然資源の産出から最終処分までの、連続的で相互に関連する製品システムの段階
- ・ **ライフサイクルアセスメント (LCA : Life Cycle Assessment)**
 製品システムのライフサイクルを通じた入力、出力及び潜在的な環境影響のまとめ並びに評価
- ・ **ライフサイクルインベントリ分析 (LCI : Life Cycle Inventory Analysis)**
 対象とする製品システムに対する、ライフサイクル全体を通しての入力及び出力のまとめ並びに定量化を行うLCAの構成段階
- ・ **ライフサイクル影響評価 (LCIA : Life Cycle Impact Assessment)**
 製品システムの潜在的な環境影響の大きさ及び重要度を理解し評価することを目的とした、LCAの構成段階
- ・ **ライフサイクル解釈 (life cycle interpretation)**
 インベントリ分析もしくは影響評価のいずれか、又はその両方から得られた知見を、LCAの結論及び提言を得るために設定した目的及び調査範囲に整合するように統合するLCAの構成段階
- ・ **配分 (allocation)**
 単位プロセスあるいはサブシステムの入力又は出力のフローを、調査対象の製品システムに振り分けること
- ・ **比較主張 (comparative assertion)**
 ある製品と同一の機能を持つ競合製品に対する優越性又は同等性に関する環境主張
- ・ **基本フロー (elementary flow)**

 - a. 調査対象のシステムに入る物質又はエネルギーで、事前に人為的な変化を加えずに環境から取り込まれたもの
 - b. 調査対象のシステムから出る物質又はエネルギーで、事後に人為的な変化を加えずに環境へ排出されるもの
- ・ **エネルギーフロー (energy flow)**

単位プロセス又は製品システムへの入力又はそこからの出力で、エネルギー単位で定量化されるもの

・ **環境側面 (environmental aspect)**

環境と相互に影響し得る、組織の活動、製品又はサービスの要素

・ **機能単位 (functional unit)**

LCA調査において、基準単位として用いられる定量化された製品システムの性能

・ **入力 (input)**

単位プロセス又はサブシステムに入る物質又はエネルギー（物質には原材料及び製品を含む場合もある）

・ **補助入力 (ancillary input)**

製品を生産する単位プロセスで使用される物質の入力で、製品の含有物にならないもの（例：触媒）

・ **出力 (output)**

単位プロセス又はサブシステムから出る物質又はエネルギー（物質には原材料、中間製品、製品、排出物及び廃棄物を含む場合もある）

・ **利害関係者 (interested party)**

製品システムの環境パフォーマンス又はLCAの結果にかかわりを持つか、もしくはその影響を受ける個人又は団体

・ **LCA従事者 (practitioner)**

LCAを実行する個人又は団体

・ **製品システム (product system)**

一つ又はそれ以上の定義された機能を果たす、物質的及びエネルギー的に結合された単位プロセス又はサブシステムの集合体（単独で使用される「製品」という用語は、製品システムだけでなくサービスシステムを含む場合がある）

・ **サブシステム (sub system)**

インベントリ分析用のデータを公表する際の、製品システム構成の最小単位（サブシステム中には、1ないし複数個の単位プロセスを含む。LCA国家プロジェクトで定義。図1.4-1）

・ **単位プロセス (unit process)**

LCAを実施する際に、データを収集するための最小部分（図1.4-1）

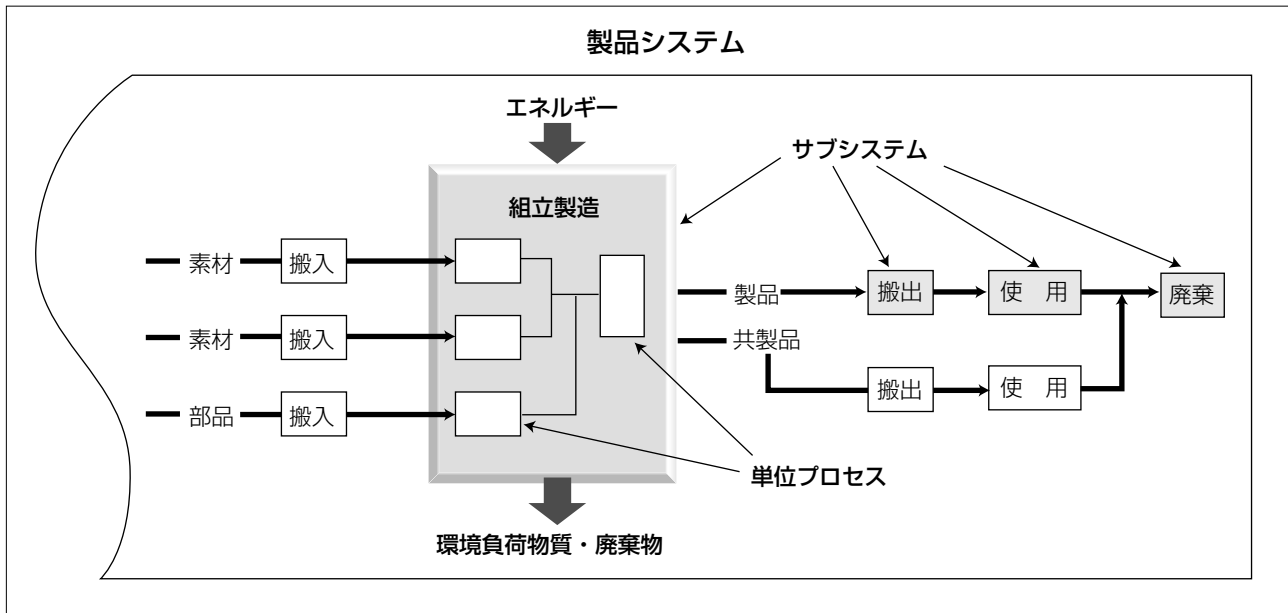
・ **基準フロー (reference flow)**

機能単位で表される機能を満たすのに必要な、与えられた製品システム内のプロセスからの定量的尺度

・ **原材料 (raw material)**

製品を製造するために使用される1次又は2次材料

■ 図1.4-1 製品システム、サブシステム、単位プロセスの概念図



- ・ **システム境界 (system boundary)**

製品システムと、環境又は他の製品システムとの境界

- ・ **透明性 (transparency)**

開かれた、包括的で分かりやすい情報の提示

- ・ **廃棄物 (waste)**

製品システムからの出力で、当該サブシステム、又は単位プロセスで処分されるもの（処理を業者に委託する廃棄物とを区別するため、自家処理廃棄物、処理委託廃棄物とに区別する場合もある）

- ・ **共製品 (coproduct)**

同一の単位プロセス（又はサブシステム）からもたらされる、二つ又はそれ以上の製品のうちの一つ

- ・ **データ品質 (data quality)**

設定された要件への適合性を示すデータの特徴

- ・ **中間製品 (intermediate product)**

単位プロセスからの入力又は出力をいい、さらに加工や変化が必要なもの

- ・ **最終製品 (final product)**

使用前に、それ以上加工や変化を必要としない製品

- ・ **プロセスエネルギー (process energy)**

プロセス又はプロセス内の設備を作動させるのに必要な、単位プロセスへのエネルギー入力（そのエネルギーの生産及び輸送のためのエネルギー入力を除く）

- **フィードストックエネルギー (feedstock energy)**
エネルギー源としては使われない製品システムへの原材料入力 of 燃焼熱
- **漏洩排出物 (fugitive emission)**
大気圏、水圏又は陸圏への管理下でない排出物 (例: パイプラインの結合部から漏出した物質)
- **感度分析 (sensitive analysis)**
選択した手法及びデータが、調査結果へ及ぼす影響を見積もるための系統的手段
- **不確実性分析 (uncertainty analysis)**
入力の不確実性及びデータの変動性の累積効果によって、インベントリ分析の結果に生じた不確実性を、確認及び定量化するための系統的手順

LCA 手法

2.1 Chapter 2 の構成

Chapter 1 では LCA にかかわる動向や現状について整理した。本 Chapter 2 では、実際に LCA を行う際に必要となる知識について説明する。

ISO 14040 では、以下に示すようなステップから構成されるとしている。

① 目的及び調査範囲の設定 (2.2 参照)

調査結果の用途、調査を実施する理由及び調査の結果を伝えようとする相手を記述したり、今回実施しようとする調査をどのくらい広く、深く行おうとしているのかについて目的と照らし合わせながら設定する。

② ライフサイクルインベントリ分析 (以下、「インベントリ分析」という) (2.3 参照)

製品システムに関連する入力及び出力を定量化するためのデータ収集及び計算を意味する。このデータがライフサイクル影響評価への入力情報になる。ただし、このデータから解釈を行う場合もある。

③ ライフサイクル影響評価 (以下「影響評価」という) (2.4 参照)

インベントリ分析の結果を利用して潜在的な環境影響の重要度を評価する。一般に、この過程はインベントリデータを特定の環境影響と関連づけ、それらの影響を理解することにある。

④ ライフサイクル解釈 (以下「解釈」という) (2.5 参照)

解釈は結論及び提言を導出するために設定された目的及び調査範囲と整合性をもって、インベントリ分析及び影響評価から得られた知見を統合する段階である。この解釈で得られた情報は、今後行う調査の方向性を示すとともに、報告書作成の基礎となる。

ISO 14040 においては、上記の四つのステップ及びこれに続く手続き上の規定として以下の手順について定めている。

⑤報告 (2.6.1参照)

LCAの結果を構成、完全かつ正確に意図した伝達先に報告されることを目的として行われる。報告書の様式は調査範囲の設定段階において定義される。

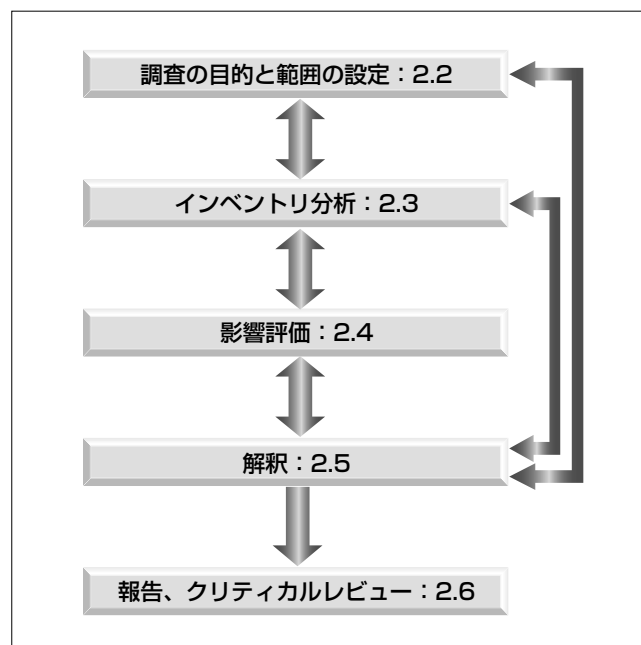
⑥クリティカルレビュー (2.6.2参照)

ISO 14040に合致していることや科学的な妥当性、透明性などを担保しているかどうか客観的に調査する手続きである。比較主張の場合、利害関係者に大きな影響を及ぼすので、誤解や悪影響の可能性を軽減するように実施されることが重要である。

上記①から⑤の順に実施されるのが一般的であるが、LCAはこれらのステップを繰り返し行うことでデータの信頼性を向上させていくことが重要である。

図2.1-1にLCAを構成する段階と本Chapter 2での節番号との対応を示す。

■ 図2.1-1 LCAの一般的実施手順とChapter 2の構成



2.2 LCA 調査の目的と範囲の設定

2.2.1 調査目的の設定

2.1で示したように、LCAの実施手順は多くのステップで構成されるが、その中で最初に行われるのが目的の設定である。LCAから得られる結果は、ここで設定した条件により極めて多大な影響を受けるため、明確に記載されなくてはならない。

例えば「製品のライフサイクルにおける地球温暖化への影響について評価する」という目的を設定したとする。この場合、製品の埋め立て後に起こる有機物の分解によるメタン (CH_4) の発生は、ライフサイクル全体の影響をみるのであれば、評価に含まれるべきものである。しかし、温室効果の影響の大部分が CO_2 排出によることを考慮して、調査目的を「製品の CO_2 排出量を有効に低減する」と設定した場合、基本的には調査範囲にメタンの放出による影響は含まれないことになる。このように、LCAは目的の設定いかんで得られる結果は大きく変わるばかりか、調査方法や範囲について規定するため、調査に要する時間等も変わってくる(表2.2-1)。前者の評価を行う際はすべての温室効果ガスが含まれるので、得られる結果から製品が及ぼす温暖化への寄与について知ることができるほか、どの温室効果ガスが重要で、どのプロセスで多く排出されるか知ることができる。その一方で一酸化二窒素 (N_2O) やフロン類、ハロン類が放出されるときは、これらについて検討しなければならないので、データの収集や文献調査等、多くの時間を必要とする。後者の目的の下で得られる結果は、温室効果について包括的に議論することは困難であるが、調査に要する時間は比較的少なくすむ可能性がある。

■ 表2.2-1 設定した目的と対象項目、得られる結果、調査に要する時間との関係

	ケース1	ケース2
設定した目的	コンピュータのライフサイクルでの温室効果への寄与についての検討	コンピュータの CO_2 排出量を効率的に低減するため、どのプロセスが大きいのか明確化
対象項目	CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、その他	CO_2
得られる結果	温室効果について包括的に議論可能 →どの温室効果ガスが大きな影響を及ぼすか、どのプロセスが大きな寄与があるか	CO_2 のみに限定。他の温室効果ガスについては検討不可能。 CO_2 排出量のプロセス間の比較は可能
調査に要する時間	比較的多くの時間が必要	比較的短期間で調査可能

このように予想される結果と調査に要する時間や費用等を考慮しつつ、評価者はLCAの目的を設定することになる。

目的の設定の重要性はISOでも十分認識されており、ISO 14040、14041では、LCAの目的の設定をする際に以下の点について明確に記述しなければならないとしている。

- a. 結果の用途
- b. 調査研究を行う理由
- c. 報告を受ける対象

以下に具体例として冷蔵庫、ウーロン茶の容器に関する評価を行う際に設定した場合について示す。

例1：本調査は冷蔵庫のライフサイクルにかかわる環境影響を明らかにすることを目的とする。その結果は温室効果ガスであるフロン冷媒を使用しない製品を開発するための指針として利用される。本調査で利用されるデータは、現在自社で実施されている工程の中で最も環境面で優れていると考えられる技術に関するデータである。したがって、ここで得られた結果はもっぱら社内で利用されるべきものであり、第三者への公表を意図したものではない。

ここでは結果の用途（インベントリ分析の結果を何に利用するのか）は「温室効果ガスであるフロン冷媒を使用しない製品を開発する」、調査研究を行う理由は「冷蔵庫のライフサイクルにかかわる環境影響を明らかにする」、報告を受ける対象は「社内でもっぱら利用されるべきものであり、第三者への公表を意図したものではない」が該当する。

例2：当社では今後ウーロン茶飲料を生産出荷する予定である。現在飲料容器は多数存在するが、環境負荷が最も小さい容器を利用することで当社が環境志向であることをアピールしたい。本調査ではウーロン茶用飲料容器として主に利用されるペットボトルとスチール缶、アルミ缶に関する比較を行って、最も環境負荷が小さい容器を選択するための指針を得ることを目的とする。調査結果は製品開発だけでなく、製品販売時において一般消費者に対して公表することを想定した。

以下に各項目に対する具体的な記載要領について示す。

(1) 結果の用途

LCA結果をどのように利用するかについて記載する。用途としては、例えば以下のような事項が考えられる。用途が異なると収集されるデータの様式や利用する評価手法が異なってくる。

- ・製品の単独評価
- ・複数製品の比較評価
- ・新製品開発のための参考データの取得
- ・ビジネス等の戦略的利用

製品の単独評価では、例えば製品のライフサイクル中で最も重要と考えられる領域やプロセスを特定して、製品の環境効率を効果的に向上するための情報を得るのに利用される。

複数製品の比較評価は一般にLCAの最も得意とする利用手段といわれる。例えば代替材料や代替技術を導入したり、配送手段を変えたときの効果について検討するような自社内の評価に利用されるほか、競合する他社製品と自社製品を比較することもできる。ただし、このような比較は利害関係が明確に現れることがある。このような場合、ISOでは利害関係者以外のメンバーで構成する委員会によるクリティカルレビューを実施するなどの要件を設けて、適正な審査が担保されるように配慮されている。また製品の比較という観点からは、両者の相違点のみに着目した評価で目的が達成される場合もあるので、比較的短時間で行うことも可能であり、計算上の面からみても有用な用途といえる。

新製品を開発する際に利用される場合は、これまでに利用したことのない原材料やプロセスが導入される。これらのデータは従来製品の評価結果から推定する場合があるので、これらを推算する際のモデルの設定等を十分に注意する必要がある。

また、自社が環境志向型の製品を提供していることを宣伝することで、ビジネスで優位に立とうという戦略的利用もLCAの用途として挙げられる。現在環境ラベルや環境報告書についての検討が多くの分野において行われている。LCAはこれらの根拠として利用することができる。そのほか、環境目標値や基準値に対する達成度についての把握や流通・リサイクルなどの社会システムについて評価することなどが挙げられる。

(2) 調査研究を行う理由

LCAを実施することになった背景や動機、理由について記述する。例えば「新製品の環境負荷に関する特徴や問題点を把握して、環境効率を向上させる」、「自社製品が与える環境負荷に関する情報を公開する」などがある。

(3) 報告を受ける対象

LCAの結果をだれが利用したいのか、あるいは利用者としてだれを想定しているのかについて示す。ある企業でLCAを行って自社製品の環境

負荷の改善を行いたい場合は、LCA実施者とLCA報告対象者は同一人となる。LCAの結果を環境ラベルの付与やカタログへの掲載等、環境配慮を十分に行っていることを宣伝に利用する場合は、消費者等外部の人たちが対象となる。

LCAは報告を受ける対象をだれにするかで調査方法は大きく変わる。企業内での利用を目的とした場合は、納入業者による違いをも明確にすることが求められる。外部に対して公表する場合は、企業内機密が漏れてしまうというおそれから、LCAに消極的になる場合があるようである。この場合は業界平均などの一般的な情報を利用することで、技術の詳細に至る部分は表面化しないように努めることが望ましいときがある。これらの情報を内部的に利用する場合は、機密は基本的には確保されるので、そのような心配は必要ない。

2.2.2 調査範囲の設定

目的が設定されると、次は調査範囲について設定する。目的の設定の項でも説明したように、調査範囲は目的の設定内容により大きく変わる。例えば、製品で利用される材料の中でどれが大きく影響を及ぼすかを検討する場合に、プラスチックや鉄鋼という1種類の材料のカテゴリ分類でみれば足りるようなスクリーニングに利用する場合は、材料の種類も数種程度に限定されるため、各カテゴリの代表データを利用することで、ある程度目的を果たすことも可能である。しかし、例えば鉄では、ニッケル系ステンレスとクロム系ステンレスを区別し、かつ合金組成も明確にして進めたいときに、これらのデータベースがそろっていない場合、調査に多くの時間が必要になるのは明白である。このようにどのようなデータを必要とするのか、どこまで調査しなければならないのか、繰り返し検討することが極めて重要である。

ISO 14040では表2.2-2に示す事項が調査範囲として明確に記載されなくてはならないと規定されている。

表中の12項目は、調査対象に関する項目、LCA手法に関する項目、インベントリ分析段階での項目に分類される。

以下に各項目の内容について説明する。

(1) 調査範囲の設定段階での設定項目

1) 調査対象に関する項目

LCAを行う第一歩として調査対象を明確に規定しなければならない。

■ 表 2.2-2 調査範囲での具体的記載内容

設定項目	具体的記載内容
(1) 調査範囲の設定段階内での設定項目 1) 調査対象に関する設定項目	① LCA 評価対象の製品システム ② 製品システムの機能 ③ 機能単位 ④ 要求されるデータ項目
2) LCA 手法に関する設定項目	⑤ 環境影響の手法と影響評価及び解釈の手法 ⑥ クリティカルレビューの種類 (必要に応じて) ⑦ 報告書の種類と書式
(2) インベントリ分析の段階における設定項目	① システム境界 ② 初期のデータ品質要件 ③ 前提条件 ④ 限界 ⑤ 配分手順

調査対象を明らかにするための要件として、以下の事項を挙げている。

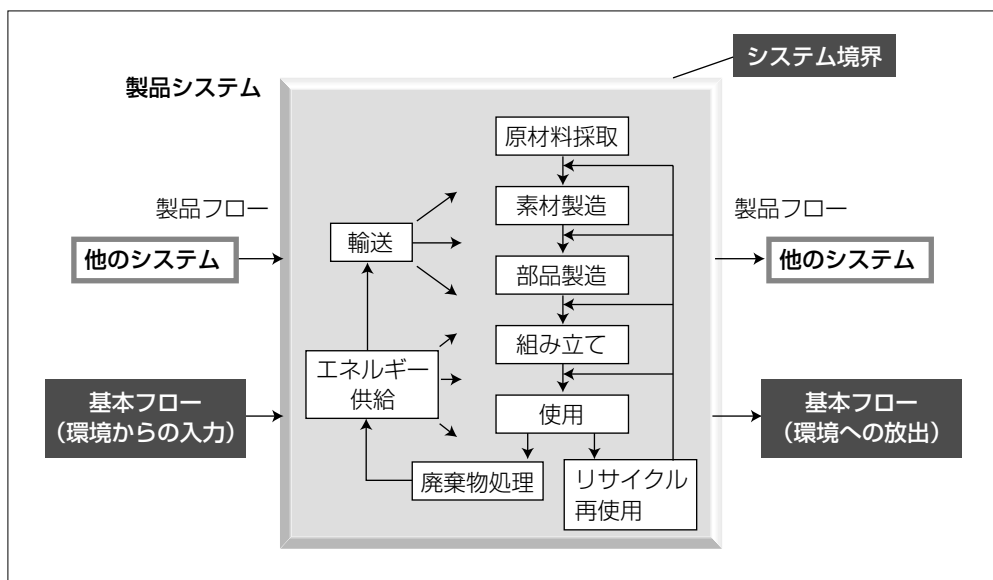
- a. 製品システム
- b. 製品システムの機能
- c. 機能単位
- d. 要求されるデータ項目

これら4項目が明確に定義されているかどうかを十分に意識しつつ、LCAの目的に対応して最適な設定をすることが重要である。

① 製品システム

図 2.2-1 に製品システムの概念図を示す。製品システムは、単位プロセスの集合体である。この単位プロセス間は、中間製品の収支で関連づ

■ 図 2.2-1 製品システムの概念図



出典：ISO 14041

けられる。製品システムには単位プロセス、基本フロー、システム境界間の製品フロー、システム内の中間製品フローが含まれる。単位プロセスは、例えば輸送や廃棄等、製品システム中においてデータが収集される最小単位をいう。基本フローとは、対象製品のシステムに対して環境から投入される物質やエネルギーもしくは環境へ放出する物質やエネルギーをいう。ここでは人為的な工程が含まれないものを対象とするので、例えば銅の場合では粗銅や電気銅のような精錬されたものではなく、銅鉱石が基本フローの対象となる。原油や放射熱も基本フローの対象となる。中間製品は次の単位プロセスにおいて利用されるので基本フローに含まれない。NO_xのような環境負荷物質は、大気中に放出される前に脱硝装置などの環境装置が利用されるのが一般である。このような脱硝過程は単位プロセスとして考えられるため、環境装置が利用される場合は燃料の燃焼により放出された環境負荷物質ではなく、脱硝後の排ガス中に含まれるNO_xが基本フローとして計上されることになる。

また、ISOでは規定されていないが、製品システムを特定する上で、サブシステムという概念を利用することがある。これは製品システムをいくつかのライフサイクルステージに大別した単位プロセスの集合体といえる。

②製品システムの機能

製品の機能は評価対象を特定する上で極めて重要な事項であるので、明確に記述されていなければならない。製品単体に関するLCAを行う場合は、製品の機能すべてが含まれることが一般的であるので、その製品の機能は「製品Aの標準機能」と記載することもできる。特に製品機能の記述が重要なのは、複数製品の比較を行う場合である。評価対象間の機能が等しくなければその比較は不公平なものになってしまう。例えばアナログ型の腕時計とデジタル型の腕時計の環境面での比較をしたいとする。ここでは「時計による時間の表示」という機能について比較することになる。製品間比較は製品の機能が等しくて初めて行うことができるものである。例えデジタル時計にストップウォッチ機能や防水機能がついていても、アナログ型の時計にこれらの機能がない場合は、これらの機能は評価中で考慮されないことになる。ISO 14041では、このような場合はどの機能が考慮されていないのか、例えばストップウォッチ機能や防水機能が考慮されていないことを報告書中に明確に示さなければならないとしている。

③機能単位

機能単位は評価する製品の主要な機能のある単位で定量化したものをいう。例えば製品システムの機能の場合では「10年間の使用」などがある。両方で寿命が違ふとき、このような機能単位をとると、寿命が短い方は複数個生産する必要があるので、使用寿命を考慮した検討をすることが可能である。また単純に時計1個を機能単位とすることもできる。

機能単位としての選択は定量化できるものであれば、どのように設定するかは任意である。しかし、機能の質を考慮することで、比較対象が制限されることがある。例えば輸送手段として船を利用した場合と飛行機を利用した場合の環境負荷について比較したいとする。船は一度に大量の貨物等を運ぶことができるので、飛行機よりも貨物単位量当たり投入される燃料は少なくなるであろう。この場合の製品機能は、「地域Aと地域B間の運搬」ということになる。しかし、これには運航時間という機能は考慮されていない。多忙なビジネスマンが長距離移動するための輸送手段を選択するとき船と飛行機の比較はしないのと同じように、運航時間というサービスの質の違いを考慮した場合、そもそも比較対象とすべきでない場合がある。したがって、製品比較を行う際はどの品質要件が不可欠で、どれが必要のないものかあらかじめ検討しておくことが重要であるといえる。

④要求されるデータ項目

インベントリデータとして算定する項目について決定する。これはLCA実施者が、どの環境負荷や環境影響について関心を持ち、どのように評価結果を利用したいのか考慮して決定しなくてはならない。例えば、農産物の場合は農薬などの化学物質を含めた評価が実施されるべきかもしれない。冷蔵庫やエアコンのような家電製品については、冷媒として何がどの程度使われ（特定フロンがどの程度利用されているか）、どのように処理（フロン回収において漏洩することはないか）されているかについて知ることは重要である。

インベントリとして含まれるデータ項目（ISOではデータカテゴリと呼んでいる）は主に、a. エネルギー、原材料等の入力に関するもの、b. 製品、大気、水域、土壌等環境への出力に関するものの二つに分類できる。具体的なデータ項目についてはインベントリ分析（2.3参照）において詳しく説明する。

2) LCA手法に関する項目

評価対象を設定した後は、LCAの中でどのような方法で環境負荷や環

環境影響について評価するのか、どのように結果を解釈するのか、さらには結果の信頼性をどのように担保するのかなどのLCAの実施方法について検討する。これに含まれる調査範囲の記載項目は、以下の3項目がある。

- a. 環境影響の種類と影響評価及び解釈手法
- b. (必要な場合は) クリティカルレビューの種類
- c. 報告書の種類と書式

以下に、これら3項目について説明する。

①環境影響の種類と影響評価及び解釈手法

ISOでいう影響評価は、人間の健康などの被害を与え得る「潜在的」影響について評価しようというものである。この潜在的影響は、地球温暖化や酸性化などの環境問題領域（以下、「影響カテゴリ」という）ごとに分類して表される。これらの影響カテゴリはそれぞれ違う影響を及ぼすので、どの影響カテゴリを評価に含めるかによって結果が大きく異なる。これは影響評価手法自体についても同じことがいえる。現在影響評価手法の構築に向けて国際的に活発な議論がなされているが、合意に至る手法は存在しない。各手法とも、考慮する影響カテゴリや環境負荷物質の種類や数はおろか、評価の考え方までも大きく違うため、同じインベントリデータであっても適用した手法によって評価結果は全く違うということもある。したがって、影響評価がどのような方法であるか説明をすることで、最低限結果の再現性を確保することが重要である。影響評価手法の詳細については後節（2.4参照）において説明する。

ISOでは解釈において感度分析や不確実性分析が行われるべきであることが規定されている。感度分析では、例えば自動車の評価において1台当たりの走行距離をこれまでの平均距離から10%変化させたときに、ライフサイクルとしての結果がどのように変わるかなどについて検討される。合金の評価である場合は、添加元素の配合比で変化させることも考えられる。このように評価対象によって、どの感度について検討するのかで評価の結果が全く変わることになる。調査範囲の中ではどのような解釈方法で評価したのか記載することが要件になっている。

②クリティカルレビューの種類

クリティカルレビューは、実施されたLCAがISOの規格要件に沿っているかどうか審査する手続きをいう。実施したLCAの結果が適当な方法でなされていたかを審査するという点では、学術論文を投稿した際に掲載される前に当該分野の専門家から査読を受けることと極めて近い意義がある。クリティカルレビューを行うか否かは任意とされているが、

調査結果が適切に行われたか否かについて調査者以外の人によって検討されることは評価結果の信頼性を向上させる上で有効な手続きであるといえる。ISO 14040ではクリティカルレビューを、a. 内部レビュー、b. 外部レビュー、c. 利害関係者レビューの3種に分類している。レビューの質はもっぱらレビュー実施者によるものであるから、実施者が同じであればどの様式で行ったとしても同じレベルを得ることができる。しかし、実施者と利害関係のない第三者により行われた方が、公平な審査ができるので、審査結果の信頼性は比較的高いものと考えられる。調査範囲の中ではクリティカルレビューを行った場合は、どの様式で行ったか記載すべきであるとされている。

③ 報告書の種類と書式

LCAの結果を公表する際は、第三者が誤解しないように、報告書は公平かつ正確に記載されなくてはならない。そこでISO 14040、14041、14042では報告書がどのような形式で行われ、どのような項目が報告書中で記載されているべきかについて規定している（表2.2-3）。

(2) インベントリ分析段階での決定項目

LCAは、調査対象たる製品システムのどの領域まで算定に含めたのか、どのような条件の下で計算したのかによって、結果は大きく異なることになる。以下の事項は計算を進める上での必要条件として設定されるもので、再現性、透明性を担保するためには、あらかじめ調査範囲の中に明確に規定しておくことが要件とされている。

具体的には、a. システム境界、b. 初期データの品質要件、c. 前提条件、d. 限界、e. 配分手順がある。この中で、a. システム境界とe. 配分手順はインベントリ分析の中で最も頻繁に議論される部分であるので、次節(2.3)において詳細に説明する。c. 前提条件は、使用段階や廃棄段階でのモデル設定条件などを記載するものである。ここでは、それ以外の初期データの品質要件、限界について述べる。

1) 初期データの品質要件

一口にデータといっても測定装置を利用した実測データから、統計表や文献等を利用した推定データがあり、データの質は大きく異なる。したがって、調査範囲の中にはデータ名のみではなく、データの質がどの程度であるか明瞭に記載されなくてはならない。ISO 14040では、データの質にかかわるチェック項目として、以下のようなものを挙げている。

- ・ 時間的有效範囲

■ 表2.2-3 報告書の記載項目

ISO 14040	ISO 14041、ISO 14042
(a) 一般項目 1) LCA 実施委員、LCA 実務者（内部又は外部） 2) 報告日 3) 調査が本規格の要求事項に従って実施されたことを示す記述	
(b) 目的と調査範囲の設定	a) 調査の目的 (ISO 14041) 1) 調査を行う理由 2) 利用しようとする用途 3) 報告を受ける対象者 b) 調査の範囲 (ISO 14041) 1) 修正事項（理由づけとともに） 2) 機能 i) 特徴の記述 ii) 比較時に考慮されなかったすべての機能 3) 機能単位 i) 目的と調査範囲の一貫性 ii) 定義 iii) 実施状況の測定結果 4) システム境界 i) 基本フローとして表されるシステムへの入力と出力 ii) 境界設定の基準 iii) 除外されたライフサイクルステージ、プロセス、必要なデータ iv) 単位プロセスの初期記述 v) 配分についての決定事項 5) データ項目 i) データ項目に関する決定事項 ii) 各データ項目についての詳細 iii) 定量化した入力量と出力量 iv) 電力についての前提条件 v) 燃焼時における熱 vi) 変更のおそれがあるデータの包含 6) 入力や出力として含める基準 i) 基準や前提条件の記述 ii) 選択による結果への効果 iii) 重量・質量、エネルギー、環境基準を包含するか 7) データの品質要件
(c) インベントリ分析結果：データ収集と計算手順	c) インベントリ分析 (ISO 14041) 1) データの収集手順 2) 単位プロセスの定性的・定量的記述 3) 公表された参考文献 4) 計算手順 5) データの有効性 i) データの品質評価 ii) 欠落データの取り扱い 6) システム境界を洗練するための感度分析 7) 配分の方針と手順 i) 配分手順の記述と正当化 ii) 配分手順の一定の用途
(d) 影響評価：影響評価の手法と結果	LCIA の報告 (ISO 14042) ・ LCIA の手順、計算、調査結果 ・ 設定した目的と調査範囲からみた LCIA 結果の限界 ・ 設定した目的と調査範囲と LCIA 結果との関係 ・ インベントリ分析の結果と LCIA の結果との関係

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 評価に含めた影響カテゴリ ・ 可能ならば LCIA で新規に定義した影響カテゴリの正当性と詳述 ・ 影響カテゴリのグループ化の記述と正当性 ・ すべてのカテゴリにおける前提条件や限界を含めた形でのモデル、特性化係数、使用した方法についての説明 ・ 影響カテゴリ、モデル、特性化係数、規格化、グループ化、重み付け、その他 LCIA にかかわる項目すべての価値判断、これらを利用することの正当性、結果や結論、推奨事項への影響についての記述 ・ 指標結果、利用した参考文献や重み付け係数などの正当性等を変える他の手法 ・ 感度分析や不確実性分析等による指標結果や結果に寄与する環境に関するデータについての分析 ・ 規格化、グループ化、重み付けの結果に至る前のデータ、指標 ・ LCIA の結果は相対的なものであり、閾値や安全限界、リスクを超過したカテゴリエンドポイントが受ける影響を示すものではないことの声明 ・ 以上に加えて公衆に対する比較主張の場合、報告書は以下の事項も含まなくてはならない <ul style="list-style-type: none"> ・ LCIA の完全性の評価 ・ グループ化を行った場合、利用した方法と結果 ・ 選択した指標が国際的に合意されているのかどうか、その指標を使用することの正当性についての声明 ・ 調査で利用した指標が環境の関連性があり、科学的、技術的に妥当であるか ・ 結論や推奨事項が、価値判断に基づくグループ化から由来していることの記述 ・ 規格化やグループ化で利用した基準（個人による、組織による、国家による）の正当性 ・ グループ化を行った場合、「ISO 14042 は何ら特定の手法を指定しないし、影響カテゴリをグループ化するのに利用する価値判断を支援することもしない」ことの記述 ・ グループ化を行った場合、「グループ化における価値判断は研究を担当した委員のみが責任を有する」ことの記述 ・ 不確実性や感度分析の結果 ・ 得られた違いの意義についての評価 <p>以上の項目は LCIA の結果が他の種類の報告において利用される場合も詳細に考慮されるべきである。</p> <p>(注) 1. LCIA 結果のグラフによる表示が有効であるかもしれない。しかし、これが暗黙のうちに比較や解釈を促すことになることを考慮する必要がある。</p> <p>2. LCIA は本質的に複雑なフェイズなので、ISO 14040 での必要事項以上に証拠書類が記載されることが望ましい。</p>
<p>(e) LCA 結果の解釈</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 結果 2) 手法とデータに関連する結果の解釈に関連した前提条件及び限界 3) データの品質評価 	<p>d) LCI の限界 (ISO 14041)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) データ品質の評価と感度分析 2) 製品システムの機能と機能単位 3) システム境界 4) 不確実性分析 5) データの品質評価と感度分析により明らかになった限界 6) 結論と推奨事項
<p>(f) クリティカルレビュー</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) レビュー実施者の名前と所属 2) クリティカルレビュー報告書 3) 推奨事項に対する応答 	
<p>(g) 比較主張の場合は以下の事項についても記述</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 材料及びエネルギーのフローの分析 2) 利用したデータの精度、完全性、代表性の評価 3) システム間が等価であることの記述 4) クリティカルレビューの過程の説明 	

(注) LCIA : ライフサイクル影響評価

- ・地理的有効範囲
- ・技術的有効範囲
- ・精度
- ・完全性
- ・代表性
- ・整合性
- ・再現性

データの「時間的有効範囲」「地理的有効範囲」「技術的有効範囲」とは、採取されたデータがどのような有効性を持っているか確認することである。例えば、時間的有効範囲では採取したデータが今年のデータなのか、10年前のデータなのか、あるいは過去5年間の平均データなのかなどをチェックする。地理的有効範囲に対しては、国内で有効な平均データなのか、世界的平均データなのかを調べる。技術的有効範囲とは設定した単位プロセスがどのような技術的背景（旧来の技術におけるプロセスなのか、それとも最新技術のプロセスによるものか）の下に設定されたか、あるいはその単位プロセスがどのような稼働状態（最良状態での操作、最悪状態での操作）で採取されたデータなのかなどを調べる。

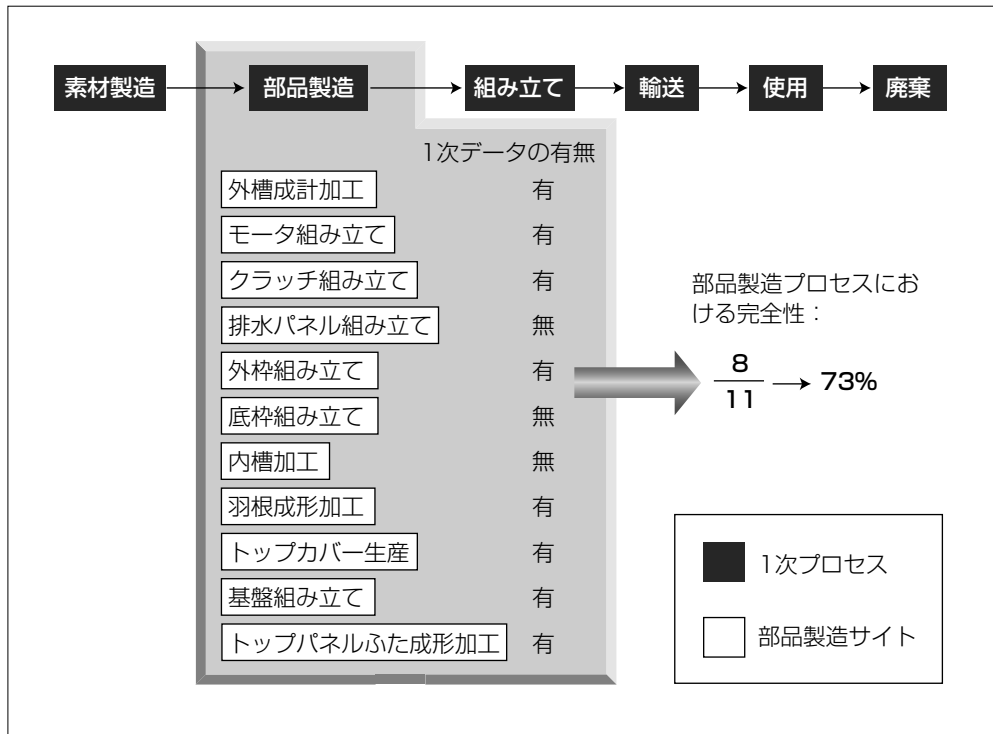
「精度」では、データがどの程度誤差があるかについて標準偏差等により示す。このデータは不確実性評価や感度分析に利用される。

「完全性」では、評価システム中に存在する1次プロセスの中を構成するサイト（ISO 14041）中で、どの程度の割合のサイトにおいて実データ*1が得られているかをチェックする。例えば部品製造というプロセスを構成するサイト数のうち、精度の高いデータをどの程度集めることができたかを示す。つまり、図2.2-2のように洗濯機の部品を製造するプロセスを構成する11か所のサイトのうち、実データが得られているのが8か所であった場合、このプロセスの完全性は73%となる。この評価が他の材質の槽との比較のように比較主張に利用される場合、片方の槽の評価のみに外層成形加工が入っていると、評価が不公平になる。そのため、比較の公平性担保のための表示方法の一つとして、このプロセスは非常に重要なものになる。この洗濯機の製造プロセスの完全性が同等であることが望ましいといえる。

「代表性」とは、ある領域の中で、対象のデータがその領域をどの程度反映しているものかを示すものである。代表性では単位プロセスの地理的範囲や時間的範囲、技術的範囲に対して評価する。もし国内の電力構成が95%水力発電、残り5%が石炭発電であった場合に、発電時に発生するCO₂排出量を求めたい場合に、国内の平均データを水力プラス石炭火力で求めた場合と、5%しか構成しない火力のみで考えた場合とでは、両者の

*1 : primary data

■ 図2.2-2 完全性の考え方（洗濯機の部品製造部門を例として）

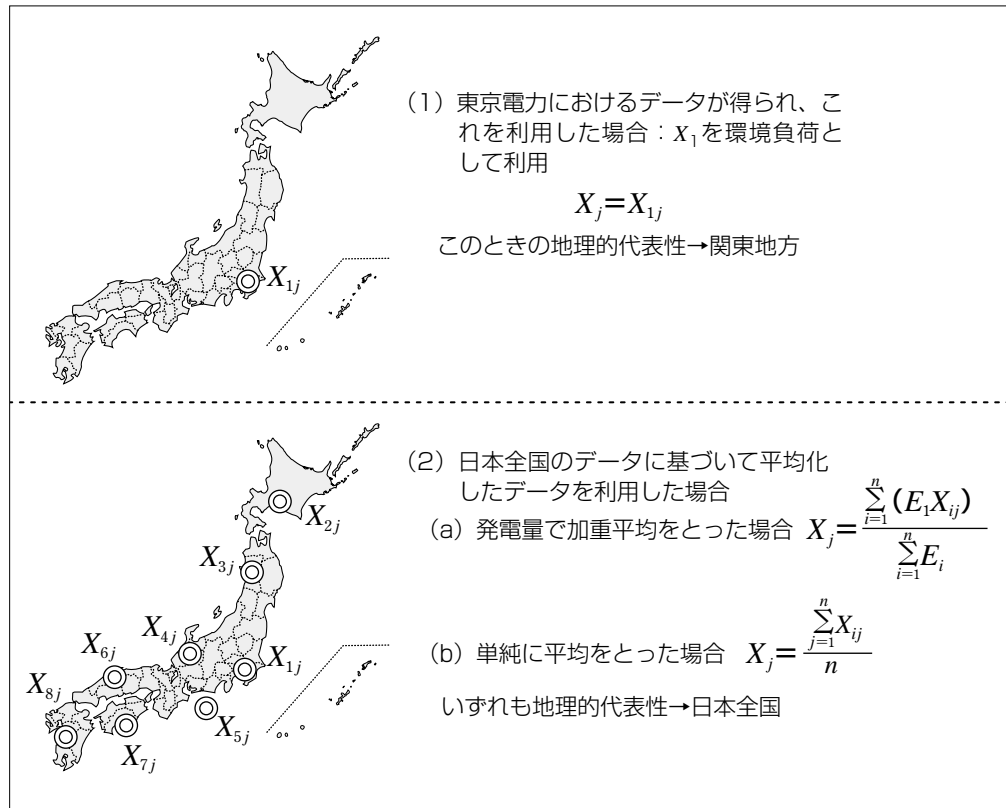


CO₂発生原単位は大きく異なることが考えられる。ここでは評価地域の全体像をどの程度示したものであるのか確認をする。例えば、東京電力において電力を生産する際に発生する環境負荷の排出量を得て、これを電力のインベントリとして評価を進めた場合は、このデータの代表性は基本的に関東地方ということになる。また、関西や中部等他の地方に関するデータを収集し、これらの平均化したものを利用する場合におけるデータの地理的代表性は日本全国ということになる（図2.2-3）。代表性に関する情報は先に述べた精度や完全性とは異なり、定性的な情報でもかまわないとされている。

「整合性」とは、各単位プロセスにおける環境負荷を求めるために適用した計算方法がどの程度合致するものか評価したものである。例えば、鉄とプラスチックについて評価するとき、鉄については自家発電と購入電力を分けて評価する一方で、プラスチックに関してはその両者を区別せず一括して購入電力として評価したとする。このとき購入電力を電力消費量とすると、両者のデータの整合性がとれなくなるおそれがある。ここでは各データがどのように測定され、報告され、利用されたものであるかについての情報を示す。

「再現性」では、報告された手法やデータが他の実施者が利用できるような情報になっているかどうかについて示す。これにより手法の客観性を

■ 図2.2-3 代表性の考え方



(注) 各発電所 i における環境負荷 j の原単位 X_{ij} (kg/kWh)、発電所 i における発電量 E_i (kWh) とする。

保証することができる。公共データとして利用される場合は、特に重要な要件である。

2) 限界

実施したLCAがどこまで有効であるか明確にするために記載する。地理的有効範囲や時間的有効範囲のほか、システム境界のとり方、さらには利用したインパクト評価手法による結果の違いを無視した数字の独り歩きを防ぐためのものである。LCAの限界としてISO 14041ではインベントリ分析の限界、ISO 14042では影響評価の限界について示している。

ISO 14041ではインベントリデータは影響評価ではなく、入力と出力のデータについて示すものであるため、解釈を注意深く行うとともに、インベントリ分析の結果のみを比較評価の基礎とすべきではないとしている。

データの品質評価、感度分析、インベントリ分析の結果から得た結論や推奨事項については報告書に明瞭に記載されなくてはならないが、調査範囲の設定時においては機能単位やシステム境界の定義に伴う限界の明確化が重要になると考えられる。

影響評価（ISO 14042）ではインベントリ分析より詳細に限界について規定している。これは影響評価が環境影響の評価手法として未成熟であること、国際的に合意に至っていないことなどが理由として考えられる。具体的には、以下の事項が影響評価の限界として挙げられている。

- ・影響評価はできる限り自然科学的知見に基づく手法であるべきである。しかし、影響カテゴリーの選択、指標、モデル、グルーピング、重み付け等については価値判断*1が行われる。
- ・影響評価は空間的情報、地理的情報、閾値、ドーズレスポンス（Dose-response）に関するものは除外している。影響カテゴリー間において利用される指標の精度はカテゴリごとに異なる。
- ・影響評価の結果はカテゴリエンドポイントへの影響、閾値の超過分、リスク等を示すものではない。
- ・影響評価による結果は、どの影響カテゴリーが重要であるか、又は他の製品との比較でどちらが環境影響が大きいかという問いに対して必ずしも明確な答えを示すとは限らない。
- ・LCAの実施者は、適用した影響評価手法がこのような限界を有することを認識しつつ調査を進めることになる。

* 1 : value choice

2.3 ライフサイクルインベントリ分析

2.3.1 ライフサイクルインベントリ分析の構成

ライフサイクルインベントリ分析（以下、「インベントリ分析」という）では、製品のライフサイクルを通じて有用な資源をどの程度使用し、環境に悪影響を及ぼす負荷物質をどの程度排出するかを定量的に評価する。ここではインベントリ分析を構成する重要な項目と、インベントリデータを算出するまでの手順の概要について説明する。

(1) インベントリ分析を構成する重要項目

ISO 14040ではインベントリ分析の構成要素として

- a. 製品システム
- b. 単位プロセス
- c. データカテゴリ
- d. 製品システムのモデル化

について規定している。

a. 製品システムについては前節において説明したので、ここでは残りの3項目について述べる。

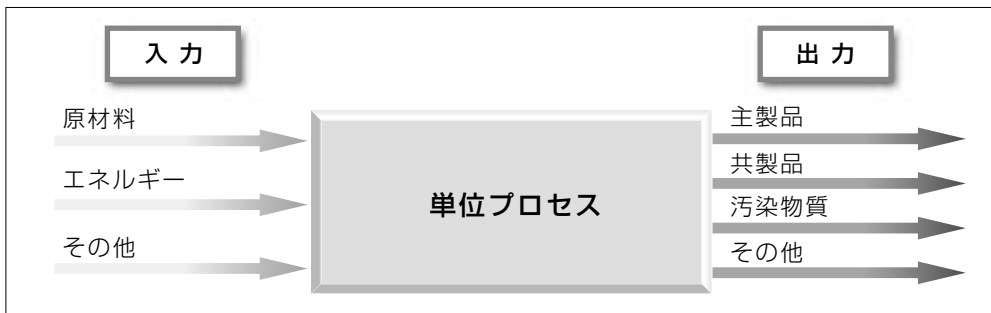
1) 単位プロセス

製品システムはプロセスごとに細分できる。この一つひとつのプロセスを「単位プロセス」と呼ぶ。ISO 14041では単位プロセスに対してそれぞれデータを収集して、評価対象である製品の機能単位に応じた数値の割り付けを行うことを規定している。ある単位プロセスについて着目すると、別の単位プロセスとは中間製品によって、(地球)環境とは基本フローによって関連づけられる。

2) データカテゴリ

単位プロセスごとに定量化されるデータカテゴリとしては、入力と出力がある。図2.3-1に単位プロセスとデータカテゴリ（入出力）の関係の概念図を示す。入力は注目する単位プロセスに対して外部から入ってくるものすべてを指す。これに対して出力は注目する単位プロセスから排出（産出）されるものは、すべてこれに相当する。具体的には表2.3-1のような

■ 図2.3-1 単位プロセスにかかわる入力・出力項目の概念図



■ 表2.3-1 入力・出力項目の具体例

入 力	非生物系資源	原油、天然ガス、鉄鉱石、ボーキサイト等
	生物系資源	木材等
	素材（金属、樹脂、紙類）	粗鋼、冷延鋼板、アルミ合金、LDPE、セメント等
	部品（電子部品、機械部品）	サーミスター、トランジスター、ばね等
	エネルギー	購入電力、ガソリン、LPG、LNG等
	その他	水、空気
出 力	主製品	
	共製品	スラグ、鉄くず、スクラップ等
	環境負荷物質（大気）	CO ₂ 、SO _x 、NO _x 、NH ₃ 、CH ₄ 、NMVOC等
	環境負荷物質（水質）	BOD、COD、全りん、全窒素、Cu、Hg、PCDD等
	環境負荷物質（土壌）	TCE、PCDD等
	環境負荷物質（その他）	放射性廃棄物等
その他	熱、廃棄物、振動、騒音、臭気	

(注) LDPE：低密度ポリエチレン
 NMVOC：非メタン揮発性有機化合物
 PCDD：ポリ塩化シベンゾーパラジオキシン
 TCE：トリクロロエチレン

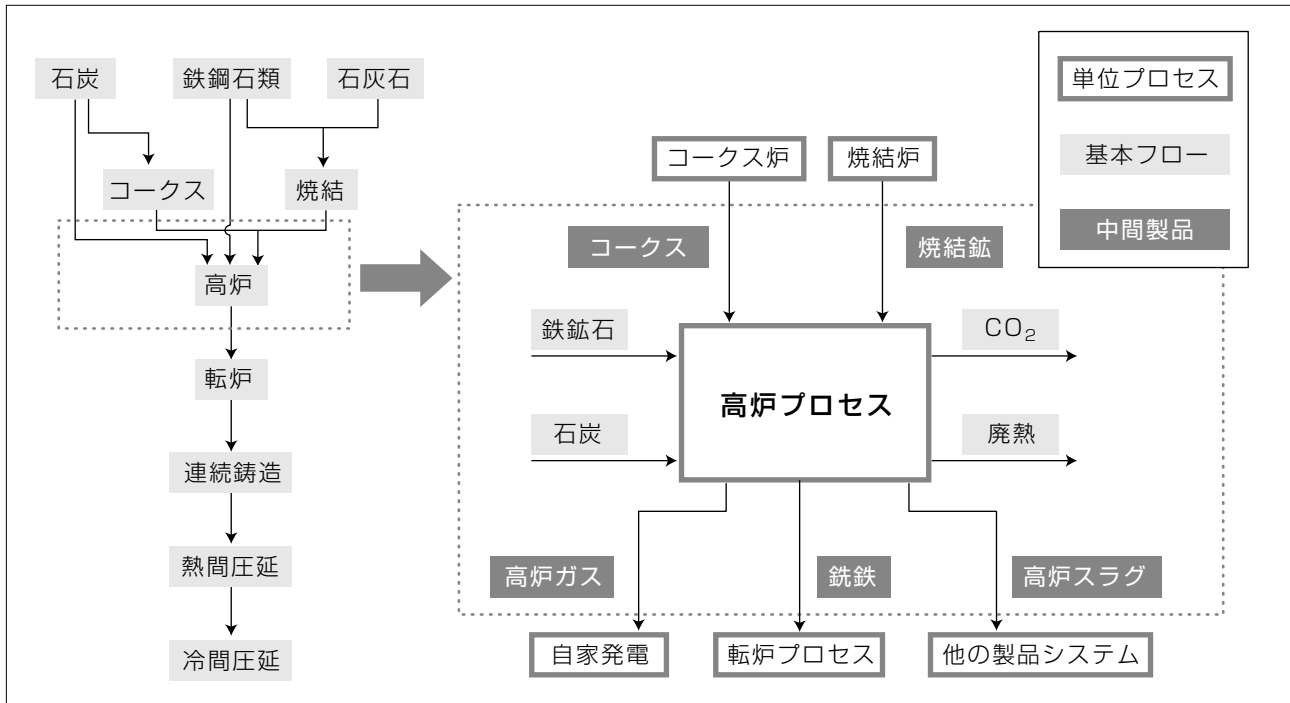
ものがある。

入力に含まれるものはガソリンや天然ガスのようなエネルギー資源だけではなく、木材や空気、水、砂、さらに熱量等も含まれる。出力については、CO₂やNO_xのような特定の物質に限らず、炭化水素のような物質の集合体、BODのような指標のほか、振動、騒音、臭気、廃熱、土地利用面積等も含めることも考えられる。

これまで日本において実施された調査事例はCO₂のみを評価項目として行ったものが多いのが現状である。CO₂は地球温暖化寄与の面から極めて重要な物質であることは間違いない。しかし、LCAは製品のライフサイクルを通じての環境負荷や環境影響を評価する手法であるので、本来は環境問題に寄与するものはすべて対象になる。

単位プロセスと中間製品、基本フローとの関係を示した具体例として高炉工程を単位プロセスとした場合を図2.3-2に示す。鉄鋼製品を製品システムとしてとらえた場合、鉄鉱石や石炭等の原材料の採掘、焼結鉱やコー

■ 図 2.3-2 単位プロセスの例



(注) 単位プロセス間は中間製品のフローにより、環境とは基本フローにより関連づけられる。

クスの生産はすべて単位プロセスとして考えることができる。高炉プロセスは一貫製鉄の中の一プロセスである。これについて注目すると、中間製品としては前工程から得られる焼結鉱やコークス、後工程と関連づけるものとして銑鉄、高炉ガス、高炉スラグが該当する。基本フローとしては採掘した石炭や鉄鉱石類、大気中に放出するCO₂、NO_xや放射熱等がある。インベントリ分析ではこのようなデータのやり取りを各単位プロセスごとに収集する。また、図2.3-1では入力にかかわる項目を単位プロセスの左側に、出力に関連する項目を右側に示している。図2.3-2のように入力にかかるものを、基本フローに関するもの（高炉プロセスの左側）と他の単位プロセスと関連するもの（上側）に分類し、出力については主製品や共製品など（下側）と環境負荷物質（右側）に分類して表す場合もある。どのように入出力バランスを記載するかは実施者の自由である。

次に単位プロセスとデータカテゴリーの関係の具体例として、ブリキ製造時における入力、出力（例）について図2.3-3に示す。製造に利用されるエネルギー資源（天然ガス、ウラン、原油）や鉄鉱石やすず鉱等の原材料のほか、他工程から流れてきたスクラップや合金等が入力に含まれる。出力としては主製品であるブリキ、共製品として他工程で利用される加工くずやスラグのほか、CO₂やBODのような環境負荷物質がある。

■ 図 2.3-3 ブリキ製造に関連するデータ項目（入力、出力）の例

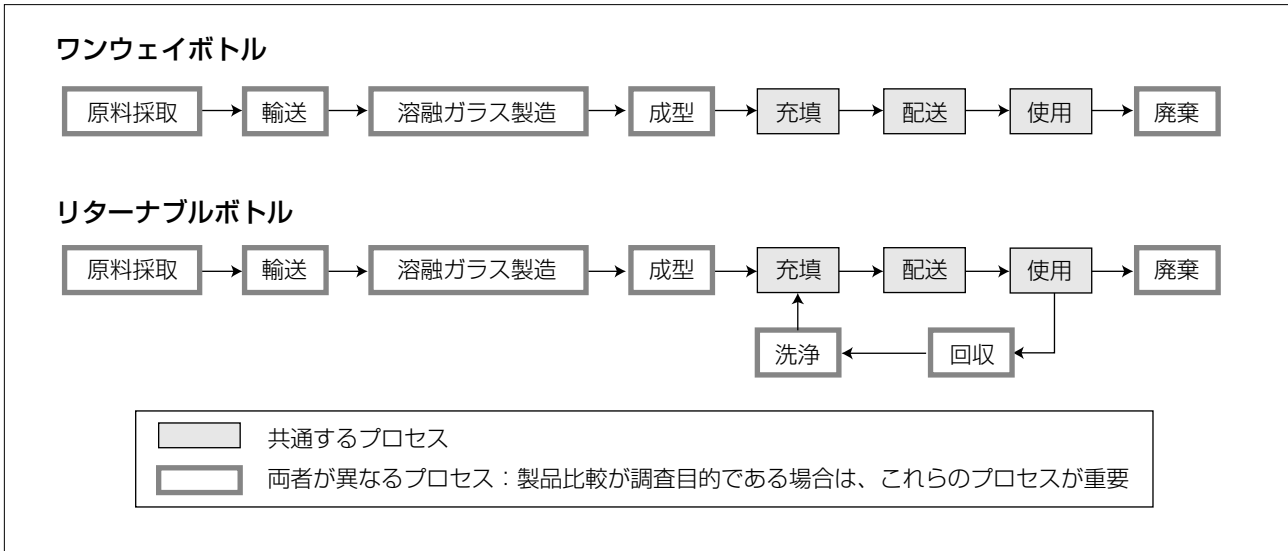


出典：BUWAL 250（1996）

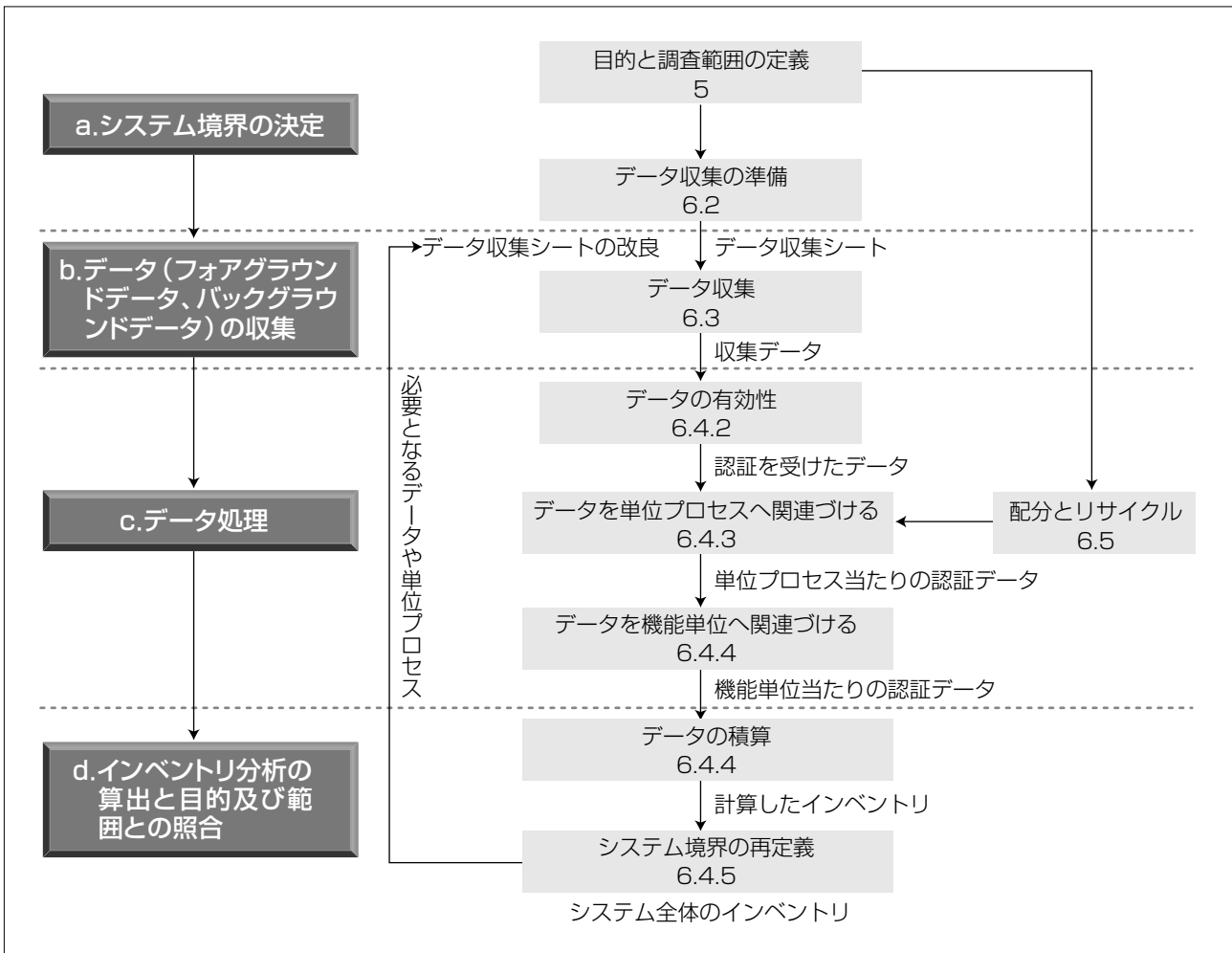
3) 製品システムのモデル化

製品システムは単位プロセスの集合体であると既に述べた。本来は製品システムに含まれるすべての単位プロセスについて、図2.3-3のような入力と出力に関する情報を収集すべきなのであるが、あらゆる単位プロセスについて詳細に追っているのは相当の時間がかかり、効率的に調査を行うことはできない。したがって、効率的にデータの収集を行うためには、システムをモデル化することが重要である。すなわち、結果に大きな影響を及ぼすプロセスは単位プロセスをできるだけ細分化して検討する一方で、ライフサイクル全体からみて大きな影響を及ぼさないと考えられる項目については単位プロセスを比較的大きくとることで、優先順位をつけたモデルを設定する。このような製品システムのモデルは評価対象や目的に大きく左右される。例えば、同じ鉄でも自動車の車体で利用される場合と複雑な電気製品の中のばねで利用される場合とでは製品中における鉄の利用率が大きく異なる。したがって、自動車の場合は鉄が重要なデータとなり得るので、より詳細なモデルの設定が必要になる。またワンウェイボトルとリターナブルボトルとの比較をしたい場合（図2.3-4）は、両者のシステムにおいて大きく異なるプロセス、例えばリターナブルボトルの回収や再

■ 図 2.3-4 ワンウェイボトルとリターナブルボトルにおけるモデルの違い



■ 図 2.3-5 主なインベントリ分析の手順



(注) 左側が主なプロセスに仕分けたもの、右側がISO 14041に規定されている実施手順：数字はISO 14041の節番号

生、ワンウェイボトルの廃棄に関する情報が重要になる。反面、溶融ガラスからガラス瓶成形までのプロセスが同一ならば、これに関するデータの収集に時間をかけるのは得策ではない。

(2) インベントリ分析の実施手順の概要

インベントリ分析の実施手順についてまとめたものを図2.3-5に示す。図2.3-5の左側に示したように、四つのステップで構成される。はじめに、a. 製品の対象とするライフサイクルの範囲を決めるために、製品システムの境界を決定する。次にb. システム境界内に含まれる製品のライフサイクルを構成する単位プロセスにおけるデータを収集する。その後、c. 設定した計算方法に基づいてデータを加工する。最後に、d. ライフサイクル全体で集計する。図2.3-5ではISO 14041におけるインベントリ分析の手順構成とa. ~d. の四つのステップとの関係を示している。システム境界は目的と調査範囲の設定時に定義される。システム境界については2.3.2において、データの収集については2.3.3において、データ処理の中で議論の対象となることが多い配分については2.3.4で詳説する。

以下に、インベントリ分析を実際に行う際の重要なポイントについて各ステップごとに説明する。

2.3.2 データ収集の準備

インベントリデータを計算するために収集すべきデータは、電力や燃料の消費量などの単位プロセスへの入力量、利用する装置の使用など極めて多数存在する。データ収集を効率的に行うには、評価対象である製品システムがどのような構成であるかを理解し、データ収集後どのように計算するかという点をあらかじめ検討しておくことが重要である。また、得られるデータは必ずしもすべてが一般に利用できるデータではない場合がある。このような場合は、何らかの形で注意点を文書化しておく必要がある。これがデータ収集前に分かっているときは、そのプロセスの担当者にあらかじめ知らせておく、データ収集は比較的スムーズにいくであろう。

そのほかにISO 14041では、データ収集の準備のための実施事項として以下のものを挙げている。

- ・すべての単位プロセスを関連づけたプロセスフローの記述
- ・単位プロセスの詳細、各単位プロセスにおけるデータカテゴリの記述
- ・測定単位のリストの作成
- ・データ収集、データカテゴリの計算方法の記述

- ・特に文書化を要する部分がある場合は、担当者にその箇所に関する報告を作成するように指示

イベントリ分析は対象である製品システムについて評価するので、上に挙げた項目の中でも、それを構成する単位システムとシステム境界を明確にすることが特に重要である。

システム境界は実施しようとするLCAをどの範囲まで行い、その範囲の中にはどのようなプロセスがあるかについて規定するものである。したがって、これから行おうとしている評価において、どのようなデータを集めなければならないかを検討するための基礎となる。システム境界を決定することがイベントリ分析でのデータ収集を行う際に極めて重要なよりどころとなる。以下にシステム境界の設定方法について説明する。

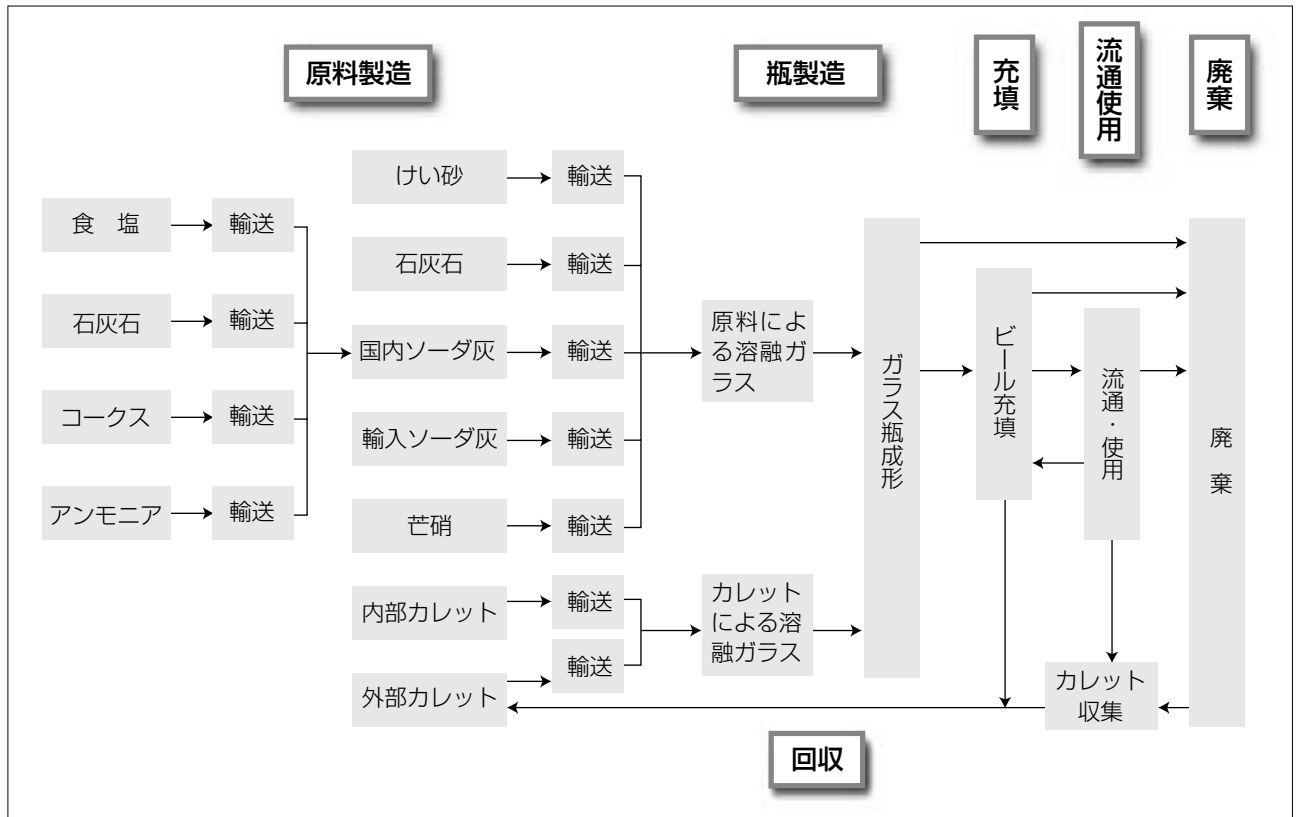
(1) システムの概要作成

まず、評価目的に合った対象範囲について把握するため、評価に含めるライフサイクルステージを設定し、それらのフローを作成する。例えばガラス瓶の場合では、原料製造→原料輸送→瓶製造→充填→流通・使用→回収・廃棄というフローが考えられる。ここでは、どのライフサイクルステージを評価対象に含めるかを決定することが重要である。LCAでは通常、製品のライフサイクルを「資源採取から製品の廃棄後の負荷まで」と定義する。しかし、実際には十分なデータを得ることができない場合や、目的からみて評価に含めることが不必要なライフサイクルステージが存在することがある。このような場合、どのステージを考慮し、どのステージを省略するかを決定しておく必要がある。先ほどのガラス瓶の場合、埋立処分した後の環境負荷は考慮しないこととしている。この設定は後の作業時間に大きく影響を及ぼす。このようにシステムの概要が決まり、これらを枠で囲ったとき、その枠が「システム境界」になる(図2.2-1)。これにより、後に細分化する単位プロセスの始点と終点が決まる。

(2) 詳細システムフローの作成

評価製品のライフサイクルフローの概要ができれば、次はデータの収集ができるレベル、すなわち単位プロセスまでライフサイクルステージを細分化する。ここでは図2.3-6にビール瓶のフローについて示す。原料採取のステージでは、ガラスの原料として利用されるけい砂、石灰石、ソーダ灰、芒硝、カレットに細分化される。その他の少量の原料は省略している。ソーダ灰は国産のものと海外から輸入したものに分類しており、国産の場合は、その原料である食塩、コークス、石灰石の入手まで分類している。瓶の製造工程は原材料から製造される場合(バージン材の利用)と、カレ

■ 図2.3-6 ガラス瓶のシステムフロー



出典：(社)産業環境管理協会、LCA 実務入門

ットから製造される場合（回収されたものを混用）の2種類について考慮している。また、ここではリサイクルについて考慮しているため、フローは一方通行ではなく、一部にループを含んだ形になる。このようにして各工程を連結したフロー図（図2.3-6）ができ上がる。

ここで単位プロセスをどの程度まで詳細に分類するかが問題になるが、これはもっぱらLCAの目的に対応する。LCAはできる限り多くのプロセスを考慮した方が一般に信頼性は向上するので、詳細に分類したフロー作りをすることが要求される。しかし、あくまでもデータの収集可能なレベルでなくてはならない。無理に細かく分類すると、それに対応したデータを収集するのに多くの時間を要することになるためである。例えば、部品数だけでも2,000点以上ある機械製品について、すべて一つひとつ原料採取から部品製造までのプロセスデータを追うと、いつまでたっても製品全体の評価まで到達しないことは容易に想像できる。このような場合は、CPUやMPU等を電子部品として一括し、その中から代表的な部品のみ評価を行っておき、これら部品の負荷は重量で配分する、というように類似部品を一つのサブカテゴリにまとめて扱うなどの工夫をすることも時には必要となる。

(3) ライフサイクルの展開

具体的に製品のライフサイクルフローを作成する場合は、一般に自工程から考えるのが効率的と考えられる。ビール瓶のLCA実施者が瓶製造業者である場合は、瓶の製造工程が最も豊富な情報を持っている。ここでは製品を構成する部品や材料について抽出するとともに、製品を製造する設備やその仕様についても調査する。製品を構成する材料や部品が明らかになれば、製品の実際の生産プロセスに不明な部分があったとしても、他製品の同様な調査例等をもとに、プロセスモデルの設定によりデータの推定を行うことも可能である。

製品の生産段階についての分析が終了したら、次は製品を構成する素材や部品の生産工程に拡張する。部品の生産工程は、製品の生産段階の分析と同様に実行する。すなわち、部品製造に利用される原材料や構成部品、設備等について分析し、その生産工程における単位プロセスを設定する。

このようにしてライフサイクルを分析し、製品段階を起点に川上へさかのぼっていくと、途中の構成部品段階を経て、最終的にはすべて素材レベルにたどり着く。素材レベルからは資源採掘に至るまでの源流側をさらにさかのぼることができる。素材の場合は市販のデータベース等にも掲載されていることが多いため、原料側から製造プロセスをたどって単位プロセスを設定することも有効であろう。しかし、周知のように日本はほとんどの資源を輸入に頼っているため、それだけ資源採掘に関する情報（資源採掘に利用する設備、採掘に掘り起こされる土地面積等）は製造や国内輸送などの段階と比べて少なく、インベントリデータを算出することは困難である。資源採掘については、現状は海外のデータベース等を利用することが一般的である。また、素材のインベントリデータ等については日本でも公表されている例がある。これらについては2.3.3において詳細に説明する。

製品ライフサイクルの川上側が分析されたら、次は製品製造後のライフサイクル、すなわち川下側について分析する。一般に、利用されるデータベースは対象製品の製造までで終了していることが多いため、製品製造側に比べて川下側の方が参照データとして利用できる数は少ないのが現状である。主に川下側に属するライフサイクルステージには使用、回収、廃棄、リサイクルがある。これらのステージは製品によって異なるのはもちろんであるが、使用態様、廃棄態様によって同じ製品でも全く異なる。例えば、使用段階においては製品仕様が全く同じ自動車であっても、走行距離を100kmとした場合では製造段階の寄与が大きい結果となることが予想されるが、もし100万kmを想定すると、使用段階でほとんど決まってしまうことになる。回収では放置されるものもあれば、レンズ付フィルムのように使用後の再生工場までのルートが既に構築されているものもある。リ

サイクルにおいてはオープンループとクローズドループがあるが、オープンループでは製品を再生する際に再生工程における環境負荷をどのように割り振るか、すなわち配分について検討しなくてはならない。廃棄は廃棄物の種類によっては、処理方法（焼却、破碎）も処分方法（埋め立て）も全く異なる。

これらの工程については、一般に仮定や前提条件を設定して各段階をモデル化する。使用時のモデルは、例えば電気製品の場合は使用状況の統計データやアンケート調査をもとにして「1日平均6時間、年平均200日間稼動を10年間使用」というように設定される。このような設定をもとにして、使用段階における電力や燃料の消費量、あるいはCO₂等の環境負荷物質の排出量を推算することができる。

製品の最終的な廃棄段階についても、同様に、埋め立てされるもの、焼却されるもの、回収されず放置されてしまうもの、などのモデルを設定してからデータ収集を行う。量産製品の処理段階については統計データなどから推定して年間どれくらいの割合が焼却で、どのくらいが埋め立てであるかなどを推定することが可能である。しかし、廃棄工程では埋立処分後の浸出水に関するデータや焼却により発生した焼却灰の構成のようなインベントリ算定のための基本データが不足しているという問題がある。廃棄モデルについては、多くてもシュレッダーや焼却などの中間処理、埋立処分場への搬送までを想定したものがほとんどというのが現状である。

製品のリサイクル、リユースのアロケーションについても2.3.5において説明する。

2.3.3 データの収集

(1) インベントリ分析で用いられるデータの種類と構造

インベントリデータは、すべてが高い数値的精度と精密なプロセスの一致性などの高い品質を持つことが理想であり、そのためにも製品の流れに沿った特定のサイトからのデータに基づいて計算が行われることが望ましい。しかし、LCAでは実践的な立場から、すべてのデータにそのような厳格さを求めているわけではない。

ISO 14041では14041.5.3.6の中で、「特定サイト又はそれを代表する平均からのデータを用いることが望ましい」単位プロセスとして、

- ・マス及びエネルギーの流れに大きな寄与をする単位プロセス
- ・環境関連排出物を有すると考えられる単位プロセス

を調査対象システムの中でも取り分けてとり上げている。すなわち、LCA

の結果に大きく影響を与えそうなこれらのプロセスでは、特定サイトからのデータが要求されるが、システムを構成している他の単位プロセスに関しては、必ずしも特定サイトに基づく精度の高いデータを必要要件とはしていないことを意味している。

このように、LCAの結果に大きな影響を与え、特定サイトに基づくデータをフォアグラウンドデータ、システムを構成するそれ以外の単位プロセスのデータをバックグラウンドデータと区別して考えておくと、実際のデータ収集の作業上便利である。

フォアグラウンドデータは、特定サイトもしくはそれを代表する平均であるため、実測に基づく入出力の数値を加重平均やアロケーションした高精度、高品位のものでなければならない。他方、バックグラウンドデータでは精度は要求されないが、どのようなデータを用いたのか透明性を明確にしておく必要がある。これらをまとめたものが表2.3-2である。

■ 表2.3-2 フォアグラウンドデータとバックグラウンドデータの相違

	フォアグラウンドデータ	バックグラウンドデータ
対象プロセス	・マス及びエネルギーの流れに大きな寄与をする単位プロセス ・環境関連排出物を有すると考えられる単位プロセスなどLCA結果に大きく影響する単位プロセスのデータ	LCA対象のシステム境界の内部で、システムを構成する、左記以外の単位プロセスのデータ
データの性格	特定サイトもしくはそれを代表する平均の収集データ	特定サイトもしくは公開源からの測定、計算、推定データのいずれも可
データの品質	高精度、高品位	ある程度犠牲
透明性	ある程度犠牲	必須
データ源	調査、測定、聞き取り	データベース利用、公表文献値、業界平均など統計値、モデル化による推定
LCA実施者との関連	実施者の関与するプロセスのケースが多い	直接関与しない上・下流プロセスのケースが多い

データベースは、バックグラウンドデータを取得する格好の材料である。データベースには、既に他のサイトで調査された測定値から統計量などによるモデル計算の結果までさまざまな性格のデータが格納されており、同一のデータベースの中でもそれらが混在している場合もある。なお、それが例え他サイトの実測データであろうとも、「他サイト」である限りはバックグラウンドデータであり、また例え自工程を含む業界の平均データであっても自工程の技術の有効範囲からはみ出るものであればフォアグラウンドデータとして用いることは好ましくない。基本的にデータベースから取得したデータはバックグラウンドデータである。

データベースを用いる際に、最も注意しなければならないことは、データの対象となるプロセスの範囲、すなわちプロセスがどこで始まりどこで終わるのか、である。この点でデータの整理の仕方には、次のような三つのタイプが存在する。

- ・ユニットプロセス型データ
- ・プロセス合算型データ
- ・産業連関型データ

ユニットプロセス型データは、最も基本的なものであり、プロセスもしくはサブシステムを単位とし、それらの入口と出口は明確に定義されている。あるデータの入力項目は別のデータの出力項目として連結され、最終的にはシステムの流れ図と一致させて用いられる。

プロセス合算型データは、プロセス型データを上流に向かって結合してしまい、ひとまとめにしたデータである。例えば、「鉄1t」というと高炉や圧延など鉄の生産プロセスだけでなく、鉄鋼石の輸送や採掘、さらには、コークスなど原材料の採取・取得の負荷まで含めた「ゆりかごから出荷まで」の値が総合されてデータ化されたものである。「鉄1tのCO₂原単位は〇〇t-C」などの形で表現されることが多く、素材などに対しては往々にしてこの形式のデータが重宝がられる。この型のデータは、プロセスの出口は製品であるが、入口は無限に地球環境に近づいているデータ境界を持っている、プロセスデータの一種と考えることができる。この型のデータは下流側としては遡及の必要がなく、一見取り扱いが容易に見えるが、他方で電力や輸送、調達先などの内部の構成プロセスが固定されてしまい、実態との不一致の場合にデータを適用できなくなるケースも多い。また、一見プロセス合算型でありながら、海外生産を対象外にしたり副原料の流れを追っていないなど他のプロセスのデータとの結合が必要なものも多く、注意を要する。

産業連関型データは、経済統計と産業構造分析の進んでいる日本で発展させられたデータである。マテリアル型のデータが資源に向かう上流への遡及を組み込んだデータであるのに対し、連関型データは、エネルギーや原料、副原料、消耗品など産業横断的な広がり波及をすべて拾い上げ、製品として整理したものとなっている。この種のデータは、産業統計が国内のすべての産業を覆っていることから、より広い範ちゅうで構成要素を読み替えることで項目に抜け落ちがなくデータを適用することができるという利点があるためよく用いられるが、いくつかの注意すべき点がある。

一つは、この連関型データのもととなっている環境排出項目は、それぞれの産業ごとの単位生産額当たりの環境排出であり、産業連関の計算はその波及効果を計算しただけのものにすぎないことである。すなわち、この連関型のデータの品質は産業連関計算ではなく、もとになっている各産業ごとの単

位生産額当たりの環境排出をどのように見積もったかである。このことが往々にして忘れられ、産業連関表から直接データが得られたかのように誤解し、「何年表のデータか」などを問題とし品質を競うのは非本質的である。

次に、波及計算はあくまで金額ベースで行われ、物量ベースではないことである。大量生産で価格が安いものよりは、少量高品質高額の製品の流れが反映されやすく現実に則さない場合が多々ある。本来、価格と物量の対応をどのようにつけているかがデータモデルとして明示されるべきものである。

最も重要なことは、連関型データは、国内での波及に基づいた計算であることである。しかも、輸入分を考慮する計算方法と海外も国内と全く同一条件として計算してしまう方法の二つがある。データを使用する際には、この違いを理解し、国内分だけを取り出して使う必要がある。

表2.3-3に、これらのデータの違いを表にした。

■ 表2.3-3 各データ形式の特徴

データ形式	ユニットプロセス型	プロセス合算型	産業連関型
単位	プロセス又は複合したプロセス	製品	製品
始まり	任意設定	資源採取	国内生産
終わり	任意設定	製品出荷	製品製造
波及システム領域	任意設定	任意境界	全国内産業
識別性	明瞭	(あいまい) 材料ごと	(不明瞭) 産業レベル
一貫性	個別	同一系列のみ	優れる
完備性	単独	単独	全産業領域
フォアグラウンドデータとしての使用	適	適～不適	不適

(2) 欧米のデータ

欧米のデータを含む報告書及びソフトウェアの状況については、SPOLDの“Directory of life cycle inventory data sources”¹⁾に詳細に紹介されている。その中から代表的なソフトウェアと文献を抜粋し紹介する。

表2.3-4にソフトウェアとその中で取り扱われている物質を示す¹⁾。また、表2.3-5、表2.3-6に代表的なソフトウェアの排出物の項目を示す。これらのソフトウェアでは、主として文献データが使用され、それを補う形で独自の調査に基づくデータが含まれている。排出物の項目も使用される原データに依存する。それぞれのソフトウェアでのデータの収集方法を表2.3-7に示し、引用されている代表的な文献を表2.3-8に示す。

これらのソフトウェアでは、いずれも表2.1-1に示された物質をソフトウェア上で選択し、それを組み合わせることによりライフサイクルインベントリを作成する。したがって、そこで使用されている個々のデータの作

成方法を知ることが必要である。

(3) 我が国のデータの所在

我が国のインベントリ分析データは、LCA研究の目的に応じて各研究機関で整理されている。新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)^{2)、3)}、(社)化学経済研究所 (現在解散)⁴⁾、(社)プラスチック処理促進協会⁵⁾、(社)未踏科学技術協会⁶⁾、(社)産業環境管理協会⁷⁾のデータがある。これらの文献のデータの特徴とアルミニウム製造のCO₂排出量を表2.3-9に示す。

NEDO、化学経済研究所及び(社)プラスチック処理促進協会の研究は、化学産業のCO₂排出量に着目しているため、プラスチック類をはじめとする石油化学製品のデータが豊富である。(社)未踏科学技術協会ではエコマテリアルの観点から金属素材の製造データを整理している。(社)産業環境管理協会では「冷蔵庫」のライフサイクルでのCO₂排出量を計算するために必要なプロセスデータが上記の研究から引用され、不足する一部のデータが聞き取り調査によって作成されている。(社)産業環境管理協会の報告は主として文献データを使用し、素材の相違によりシステム境界や積み上げ手法に相違が生じないように注意して「冷蔵庫」という組立産業の製品に応用した点が目新しい。

これらの研究は、エネルギー消費量及びCO₂排出量に着目しているものが多い。(社)プラスチック処理促進協会、(社)未踏科学技術協会ではSO_x及びNO_xのデータも取り扱っているが、その他の排出物についてのデータはない。

これらのデータでは、システム境界と副産物の取り扱いが大きな問題となる。特に輸入物資の量が多い我が国では、システム境界として国外生産の取り扱いが問題となる。NEDO及び(社)プラスチック処理促進協会は、資源の採掘などの国外の生産とその海上輸送を考慮している。化学経済研究所は、天然資源の採掘・採取のエネルギー消費に伴う排出は考慮していないが、その後の工程については海外生産と海上輸送を考慮している。(社)未踏科学技術協会は、国内での生産を対象としているので、海外生産及び海外輸送を考慮していない。(社)産業環境管理協会は、海外生産は考慮せず、海外輸送は考慮している。このシステム境界の相違は、特に地金の生産に多量の電気を使用するアルミニウムのCO₂排出原単位に反映し、海外又は我が国の地金生産工程を含んだデータはCO₂排出量が多く計算されている。

また、国内輸送はNEDO及び(社)プラスチック処理促進協会では考慮されているが、(社)化学経済研究所、(社)未踏科学技術協会、(社)産業環境管理協会では考慮されていない。

■ 表2.3-4 欧米のソフトウェアと

ソフト概要	名称	Boustead	DEAM (TEAM)	DEAMUS	Eco-Assessor Ver1.1	Eoo-Manager	Eco-Pro Ver1.4	GaBi	Heraklit
	開発	Boustead consulting Ltd.	Ecobalance UK	Ecobalance Inc.	Pira	Franklin Associated Ltd.	EMPA	PE Product Engineering	Fraunhofer-ILV
	初版年度		1993	1993	1995			1993	
	最新版年度				1995		1996	1995	
	国名	イギリス	イギリス	米国	イギリス	米国	スイス	ドイツ	ドイツ
	主なデータソース	IEAstatistic	APME	USDOE	APME	FAL-DB	BUWAL		APME
		APME	BUWAL	USEPA	BUWAL		ETH		BUWAL
		INCPEN	ETH	USDOT	IEA				GEMIS
		EAA		IEA				ifeu	
		IIASA		FAL				TUV	
		Charmars						VVEW	
		Aspen database							
基礎素材/化学品	鉄	△ (*1)	BUWAL	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL	○ (*2)	○
	ブリキ	△	BUWAL	△	IDEA		BUWAL		○
	アルミニウム	△	BUWAL	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL	○	○
	銅	△	BUWAL	△		○			○
	すず	△	BUWAL	△			BUWAL		○
	亜鉛	△						○	
	ガラス	△	BUWAL	△		FAL-DB	BUWAL	○	○
	ポリエチレン	△	○	△		FAL-DB	BUWAL	○	○
	ポリプロピレン	△	○	△	IDEA, APME	FAL-DB	BUWAL	○	○
	ポリスチレン	△	○	△	IDEA, APME	FAL-DB	BUWAL	○	○
	塩化ビニル	△	○	△	IDEA, APME	FAL-DB	BUWAL	○	○
	ポリエチレンテレフタレート	△	○	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL	○	○
	ポリカーボネート		○		IDEA				○
	ポリウレタン	△							
	木	△	Ecobilan	△	IDEA	FAL-DB			○
	紙	△	BUWAL	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL		○
	パルプ	△	BUWAL	△			BUWAL		○
	板紙	△	BUWAL	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL		○
	塩化ナトリウム	△	Aspen	△	APME	FAL-DB	BUWAL	○	○
	水酸化ナトリウム	△	Aspen	△	IDEA, APME	FAL-DB	BUWAL	○	○
	塩素	△	Aspen	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL	○	○
	アンモニア	△	Aspen	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL	○	○
	洗剤、界面活性剤	△	Aspen	△					
	建材用コンクリート	△	Ecobilan	△					
	絶縁材料	△	Ecobilan	△					
その他建材用材料	△	Ecobilan	△						
塗料	△	Ecobilan	△		p		(*3)		
肥料	△	Ecobilan	△		FAL-DB				
食物生産物		Ecobilan	△	IDEA				○	
織物		Ecobilan	△						
燃料	プロパン	△	ETH	△					
	石油	△	ETH	△	IDEA, IEA ほか	FAL-DB	ETH	○	literature
	天然ガス	△	ETH	△	IDEA, IEA ほか	FAL-DB	ETH	○	literature
	石炭	△	ETH	△	IDEA, IEA ほか	FAL-DB	ETH	○	literature
電力エネルギー	再生不可能資源による	△	ETH, Statoil	△	IDEA, IEA ほか	FAL-DB	ETH	○	literature
	再生可能資源による	△	ETH, Statoil	△	IDEA, IEA ほか	FAL-DB	ETH	○	literature
	自家用車	△	Public data	△		○			literature
輸送	商業車	△	Public data	△	IDEA	FAL-DB	ETH	○	literature
	鉄道	△	On site, Public data	△	IDEA	FAL-DB	ETH	○	literature
	水上	△	Public data	△	IDEA	FAL-DB	ETH	○	literature
	飛行機	△	Public data	△					
廃棄	リサイクル	△	BUWAL	△		FAL-DB	BUWAL		○
	焼却	△	Ecobilan	△	IDEA	FAL-DB	BUWAL		○
	埋め立て	△	Ecobilan	△	FAL	FAL-DB	BUWAL		○

(注) * 1 “△”は直接得たデータか文献から引用されたデータかが不明なもの
 * 2 “○”はヒアリングや調査によって直接得たデータ
 * 3 “p”は関連データを含む複数のデータソースからデータを作成している。
 * 4 “literature”は文献からのデータではあるがもともになっている文献が不明なもの
 * 5 “?”はSPOLDではあるといわれるデータでありながらソフトでのデータの所在が不明なもの
 * 6 “LCaIT”の電力データが“National data”とあるのはデータが国別ごとに構成されているため(例: Electricity USAはアメリカ国内の電力のデータに相当)

データ項目

LCAiT Ver2.01c	LIMS	Oeko-base	PIA	REGIS	REPAQ	SimaPro Ver 3.1S	TEMIS	Umberto
Chalmers	Chem System Inc.	Migros	TME	Sinum	Franklin Associated Ltd.	Pre-Consultants	Oko-Institut	Institut für Umwelt informatik
				1994				1994
1995						1995		
スウェーデン	米国	スイス	オランダ	スイス	米国	オランダ	ドイツ	ドイツ
Charmars		BUWAL	Dutch	Wenk	FAL-DB	BUWAL		
EMPA			Statistics	BUWAL		ETH		
APME			BUWAL	Klimaschutz		Charmars		
Miljobalans1						APME		
Miljobalans2						BJ		
						Spin		
						Kemns		
						SDU		
						AOO		
Charmars, BUWAL	literature		BUWAL		FAL-DB	BUWAL, BJ	○	○
? (*5)		BUWAL	BUWAL	BUWAL		BUWAL, BJ		
?		BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ	○	○
							○	○
						literature		
Charmars, BUWAL	literature	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ, literaturte	○	
Chanmars, Miljobalans2	○	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ, APME, Charmars		○
	○	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ, APME		○
?	○	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ, APME	○	○
?	○	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ, APME		○
	○	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL, BJ		
?	○					Charmars		
	○	BUWAL						
Charmars			BUWAL			literature		○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL		○
Charmars	literature		BUWAL	BUWAL		BUWAL		○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	BUWAL	FAL-DB	BUWAL		
	literature		BUWAL			?	○	○
Charmars	literature		BUWAL			BJ, APME, Spin	○	○
	literature		BUWAL			BJ, APME, Spin	○	○
	literature					?	○	
						?		
	literature					literature	○	
						literature		
							○	
	literature				FAL-DB			
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk	FAL-DB	BUWAL	○	○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk	FAL-DB	BUWAL 他	○	○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk	FAL-DB	BUWAL	○	○
National data (**6)	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk	FAL-DB	BUWAL, ETH	○	○
	literature	BUWAL		Wenk	FAL-DB	ETH	○	
	literature	○	○				○	○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk, Klimaschutz	FAL-DB	Charmars, BUWAL, ETH	○	○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL	BUWAL, Klimaschutz	FAL-DB	Charmars, BUWAL, ETH	○	○
Charmars	literature	BUWAL	BUWAL		FAL-DB	Charmars, ETH	○	○
		○	○	Zurich			○	
	literature	BUWAL	BUWAL		FAL-DB	Delft	p	
○	literature	BUWAL	BUWAL	Wenk	FAL-DB	Mr.erik	p	○
○	literature	BUWAL		Wenk	FLA-DB	Mr.erik	p	○

出典：「DIRECTORY OF LIFE CYCLE INVENTORY DATA SOURCES」(The SPOLD Secretarial)及び、LCAソフトウェア「LCAiT Ver2.01c」、「SimaPro Ver 3.1S」、「Eco-Pro Ver1.4」、「Eco-Assesor Ver1.1」

■表2.3-5 代表的なソフトウェアで取り扱われている排出物（大気圏・水圏）

ソフト名		Eco-Assessor Ver1.1	Eco-Pro Ver1.4	LCAiT Ver 2.01c	SimaPro Ver 3.1S
開発元		Pira	EMPA	Charmers	Pre-Consultants
主に用いられているデータソース		APME, IIASA IEA	BUWAL	Charmers	BUWAL, BJ, APME, Charmers
カバーしている項目数		36	73	23	138
カテゴリー	排出物の項目				
大気圏	アンモニア	○	○		
	芳香族炭化水素		○		○
	ベンゼン		○		○
	鉛	○	○		○
	カドミウム		○		○
	塩素	○	○		○
	塩素化炭化水素	○	○	○	○
	ふっ化水素	○	○		○
	ハロゲン化炭化水素	○	○		
	ハロン1301		○		○
	二酸化炭素	○	○	○	○
	一酸化炭素	○	○	○	○
	一酸化二窒素		○	○	○
	マンガン		○	○	○
	金属類	○	○		
	メタン	○	○	○	
	非メタン揮発性有機化合物	○	○		○
	ニッケル		○	○	○
	多環芳香族炭化水素		○		○
	水銀	○	○		○
	放射性物質		○		○
	塩化水素	○	○		○
	硫黄酸化物 (SO ₂)	○	○	○	○
	ダスト/粒子	○	○	○	○
	二酸化窒素		○		
	窒素酸化物	○		○	○
	亜鉛		○	○	○
	その他				57種類
水 圏	有機塩素化合物 (Cl)		○		○
	排水	○	○	○	
	アルミニウム	○	○		○
	アンモニア	○	○		○
	無機塩/酸		○		○
	ひ素		○		○
	BOD	○	○	○	○
	バリウム		○		○
	鉛	○	○		○
	COD	○	○	○	○
	カドミウム	○	○		○
	塩素イオン	○	○		○
	塩素化炭化水素		○		○
	クロム	○	○	○	○

ソフト名		Eco-Assessor Ver1.1	Eco-Pro Ver1.4	LCAiT Ver 2.01c	SimaPro Ver 3.1S
カテゴリー	排出物の項目				
水 圏	シアンイオン		○		○
	DOC		○		
	鉄	○	○	○	○
	油脂類		○		○
	銅	○	○	○	○
	金属類	○	○		
	ナトリウムイオン		○		○
	ニッケル	○	○	○	○
	硝酸イオン	○	○		○
	多環芳香族炭化水素		○		○
	フェノール		○		○
	りん酸イオン	○	○		○
	水銀	○	○		○
	放射性物質		○		○
	全窒素		○	○	○
	油脂類	○			
	有機性窒素		○		
	硫酸イオン		○		○
	硫化物	○	○		
	懸濁物		○		
	全有機炭素		○		○
	トルエン		○		○
総懸濁物	○				
亜鉛	○	○	○	○	
その他				28種類	

■ 表2.3-6 代表的なソフトウェアで取り扱われている排出物（土壌）

ソフト名		Eco-Assessor Ver 1.1	Eco-Pro Ver 1.4	LCAiT Ver 2.01c	SimaPro Ver 3.1S
開発元		Pira	EMPA	Charmers	Pre-Consultants
土 壌	カドミウム		○		
	炭素		○		
	塩素		○		
	鉛		○		
	水銀		○		
	窒素		○	○	
	りん		○	○	
	硫黄		○		
	亜鉛		○	○	

■ 表2.3-7 欧米LCAソフトのデータ収集方法

ソフト名	開発元	所在国	データの収集方法	
Boustead	Boustead consulting Ltd.	イギリス	・各産業へのアンケートと討議によりデータを作成 ・いくつかのデータは APME、INCPEN より引用 ・エネルギーに関しては IEA の統計を使用	C
DEAM (TEAM)	Ecobalance U.K.	イギリス	・複数の文献及び公表データより引用 ・Ecobillan 独自に特定の対象よりの収集データによって作成	C
DEAM US	Ecobalance Inc.	米国	・DOE,EPA,DOT より引用 ・欧州のデータより引用し北米対応に換算 ・現地調査データ含む	C
Eco-Assesor Ver1.1	Pira	イギリス	・APME 及びその他の文献より引用 ・産業界への調査データより作成したデータも含む	C
Eco-Manager	Franklin Associated Ltd.	米国	・Franklin Associated Ltd.のデータベースより引用	A
Eco-Pro Ver1.4	EMPA	スイス	・BUWAL250 と ETH の両文献より引用	A
GaBi	PE Product Engineering	ドイツ	・各産業へのアンケートにより作成 ・輸送と電力のデータはいくつかのソースより引用	C
Heraklit	Fraunhofer-ILV	ドイツ	・各産業へのアンケートにより作成 ・輸送と電力のデータはいくつかのソースより引用	C
LCAiT Ver2.01c	Chalmers	スウェーデン	・文献 "Packaging and Enviroment" (Charmers)、及びその他の文献より引用	A
LiMS	Chem System Inc.	米国	・文献データより引用 ・プラスチックに関しては調査によるデータも含む	C
Oeko-base	Migros	スイス	・BUWAL 132,250 の両文献より引用 ・工場への調査からの収集データに基づいた計算によってデータを作成	C
PIA	TME	オランダ	・オランダの統計と BUWAL より引用	A
REGIS	Sinum	スイス	・BUWAL, Braunschweig and Wenk, Klimaschutz の三つの文献より引用	A
REPAQ	Franklin Associated Ltd.	米国	・Franklin Associated Ltd.のデータベースより引用	A
SimaPro Ver3.1S	Pre-Consultants	オランダ	・複数の文献より引用 ・一つの素材に対して複数の文献からデータを引用することにより、複数のデータをデータベース上に保有	A
TEMIS	Okolnstitut	ドイツ	・文献データの解析とエネルギー産業からのデータ収集によって作成	C
Umberto	Institut fur Umwelt infomatik	ドイツ	・公表データの引用が大部分 ・未公開の調査結果も含む	C

(注) データ収集方式

- A : すべてのデータを他のソースから引用
 B : すべてのデータを調査した結果によって作成
 C : データによって調査か引用によるものかが異なる

■ 表2.3-8 代表的な引用文献の詳細

略称	文献名称	著者	発行年	使用されているソフトの数(ソフト名)
AOO	Data on waste scenarios and waste handling			SimaPro
APME	Ecoprofiles of the European plastics industry	APME	1992-1995	7
BJ	Milieu-inventarisatie verpakkingsmaterialen	Steinhage A van Dam		SimaPro
BUWAL132 BUWAL250	Ecobalance of the packaging materials	BUWAL	1990-1995	10
Charmars	Packaging and the environment	Charmars	1991	2
Delft	Environmental inventory of packing material(in Dutch)	Steighnhage	1990	IVAM
EAA	L'aluminium et le recyclage	European Aluminium Association	1984	DEAM
EMPA	Herstellung von Aluminium:ökologische Bilanz-Betrachtungen Aktualisierte Daten	I Fecker	1989	LCAiT
ETH	Okoinventare für Energiesysteme		1994	3
FAL	Characterisation of solid waste in the United States,update 1992	Franklin Association Limited		PEMS
GEMIS	Gesamt Emissions Modell Integrierter Systeme(GEMIS/TEMIS)	GEMIS	1993	Helaklit
IEA	IEA databases 1992	IEA	1992	PEMS
ifeu	Energie-und CO ₂ -Bilanzierung NWR	ifeu-Institute		Helaklit
IIASA	International databases for ecoprofile analysis	IIASA	1991	DEAM
INCPEN	Resource use and liquid food packaging.EC Directive85/339:UK Data 1986-1990 by Ian Boustead	INCPEN	1993	Boustead
Kemna	Energiebeuwst ontwerpen	Kemna	1981	Simapro
Klimaschutz	Personliche Energie und CO ₂ Bilanzen. Berechnungsgrundlagen und Kommentar zum Fragebogen	Akiton Klimaschutz		REGIS
Miljobalans1	Energiforbrukning och miljobelastning for distributionssystem for ol och lask i Sverige	G Sundstrom	1990	LCAiT
Miljobalans2	Tetra Brik Aseptic Environmental Profile	P Lundholm G sundstorm	1985	LCAiT
NOH	Energy factors and More energy factors (in Dutch)	van Heijningen	1992	IVAM
SDU	Handbook of emission factors part2, industrial sources	M E Reinders	1983	SimaPro
Spin	Dutch Project for public data sharing			SimaPro
TUV	Abgas-Emissionsfaktoren von PKW/LKW in der BRD	TUV	1994	Helaklit
Ulmans	Ulmans Encyclopaedia	Ulmans	1989-1991	IVAN
VVEW	Energiebilanzen der Bundespublik Deutschland	VVEW	1990	Helaklit
Wenk	Okobilanzen für Untemehmungen	Braunschweig Muller = Wenk	1993	REGIS

■ 表2.3-9 積み上げ法による代表的文献データの特徴と素材のCO₂排出量 (kg-CO₂/kg)

		NEDO	(社)化学 経済 研究所	(社)プラス チック処理 促進協会	(社)未踏 科学技術 協会	(社)産業 環境管理 協会
排出目	CO ₂	○	○	○	○	○
	SO ₂			○	○	○
	NO _x			○	○	
製品項目	鉄鋼類	○	○	○	○	○
	銅				○	○
	アルミニウム	○	○	○	○	○
	プラスチック類	○	○	○		○
	紙類		○	○		○
	ガラス		○	○		○
シス 境 界 テ ム	海外資源採掘	×	×	○	○	×
	海外生産工程	×	○	○	○	×
	海上輸送	○	○	○	○	○
	国内輸送	○	×	○	○	×
CO ₂ 排 出 原 単 位	電力 (kg-CO ₂ /kWh)	0.510	0.455	0.548	0.392	0.422
	アルミニウム地金 (kg-CO ₂ /kg)		8.881	7.623	9.110	
	アルミニウム再生地金 (kg-CO ₂ /kg)		0.565		0.283	2.289
	アルミニウム圧延製品 (kg-CO ₂ /kg)	2.000		8.346	10.250	2.020

このように我が国においてはまだデータが不足しており、入手できるデータにより計算範囲が限られているのが現状である。

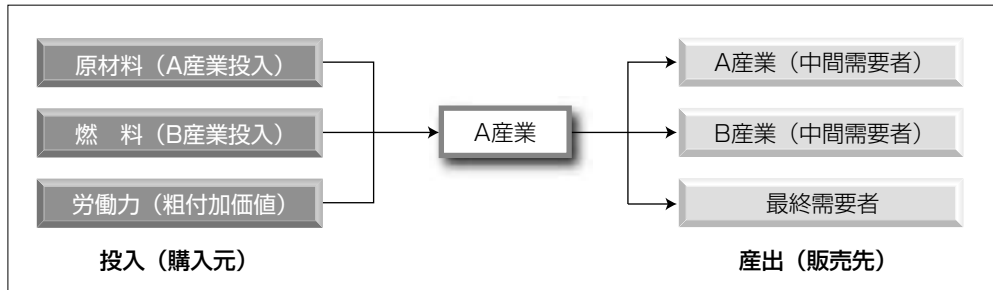
これらの製造工程のプロセスデータは、物質収支とエネルギー収支として示されることが多く、プロセスデータが同一であっても電気1kWh当たりのCO₂排出原単位に異なる値を使用すると、結果として素材1kg当たりのCO₂排出原単位が異なることになる。表2.3-9にはそれぞれの文献で使用されている電気1kWh当たりのCO₂排出原単位も示した。

(4) 産業連関表分析によるデータ

産業連関表は、国民経済において一定期間（通常1年間）に行われた財貨・サービスの産業間の取引金額を一覧表にしたもので、総務庁（当時）が中心となって11省庁の共同事業として5年ごとに作成されている。

図2.3-7に示すように、ある一つの産業部門は、他の産業部門から原材料や燃料等を購入（投入：Input）し、これを加工（労働力等を投入）して、別の財貨・サービスを生産（産出：Output）し、さまざまな産業部門や最終需要者に販売している。これらの投入と産出の関係を表2.3-10に示すように、投入側（さまざまな部門から1年間に購入した金額）の内訳を縦方向（列方向）に並べ、産出側（さまざまな部門に1年間に販売した金額）の内訳を横方向（行方向）に並べて、国内の全産業について整理

■ 図2.3-7 ある産業部門への原材料等の投入と製品等の産出の図式



■ 表2.3-10 産業間の投入・産出の関係を行列化した産業連関表の基本構造

		中間需要		最終需要	生産額
		A産業	B産業		
中間投入	A産業	10	50	40	100
	B産業	20	100	80	200
粗付加価値		70	50		
生産額		100	200		

したものが産業連関表である。このように、各産業部門間のInputとOutputを整理した表であることからInput-Output Tables (略してI-O表)とも呼ばれ、まさに、金額に関するインベントリ分析表といえることができる。この金額をおおむね1.2に示す方法で、さまざまな環境負荷物質に置き換えることによって、インベントリ分析データベースに応用できるのである。

自社の直接的な環境負荷は、自社の製造プロセスに投入される資材・燃料等の物量を積み上げることによって把握できるが、他の産業にさかのぼる間接的な物量の把握には限界がある。複雑に関連する全産業間の取引関係を網羅している産業連関表は、これらの間接的な影響を把握することのできる唯一の統計データといえることができ、インベントリ分析データの中で産業連関表を利用する意義はここにある。

産業連関表を利用したインベントリ分析データベースの研究は、国立環境研究所^{8)、24)}、慶應義塾大学^{9)~13)}、(財)計量計画研究所¹⁵⁾、(財)電力中央研究所^{11)、21)、22)}、通産省工業技術院機械技術研究所(当時、現・産業技術総合研究所)¹⁶⁾、宇都宮大学¹⁴⁾、日本建築学会^{18)、19)}、(社)空気調和・衛生工学会^{17)、19)}、建設省建築研究所(当時)²⁰⁾、科学技術庁金属材料研究所(当時、現・物質・材料研究機構)などで精力的に取り組まれている。これらの研究のうち、約400部門分類ごとのデータベースとして公表しているものの特徴を表2.3-11に示す。

日本建築学会のデータ^{18)、19)}は、慶應義塾大学のデータ¹⁰⁾を出発点として、建設部門分析用産業連関表、固定資本マトリックスの組み合わせ等、各種のデータ処理を施したもので、CO₂の直接排出の算定根拠は同じであ

■ 表2.3-11 公表されている産業連関表を利用したLCIデータベースの特徴*1

研究機関	慶應義塾大学	日本建築学会	建設省 建築研究所	(財)電力中央 研究所	国立環境研究所	金属材料研究所*5
公表年	1999年 1996年	1999年	1996年	1998年	1997年	1997年
掲載文献	文献10)、13)	文献18)、19)、 30)	文献20)	文献21)、32)	文献24)	文献31)
産業連関表 の年次	1985年表 1990年表	1985年表 1990年表	1990年表	1985年表 1990年表	1975年表 1980年表 1985年表 1990年表	1990年表
公表部門数	約400部門	約500部門+ 建築14細分類	約400部門	約400部門	約400部門	約4000細目
扱われて いる環境 負荷	CO ₂ (SO _x 、NO _x につ いては85年表 45分類 ⁹⁾ 、 ¹²⁾)	CO ₂ (98年にエネル ギー、SO _x 、NO _x 追加)	CO ₂ 、エネ ルギー	CO ₂ 、エネルギー (97年にSO _x 、 NO _x 追加 ²²⁾)	CO ₂	エネルギー、CO ₂ 、 SO _x 、NO _x 、BOD、 COD、SS、N、P、 NH ₄ 、Cl、SO ₄ …
単位 (CO ₂ を例として)	kg-CO ₂ /100万 円	kg-C/1,000円、 kg-C/kg(90年 表よりt-CO ₂ / 100万円、t- CO ₂ /t)	kg-C/100万 円	t-CO ₂ /100万円、 t-CO ₂ /t	t-C/100万円	kg-CO ₂ /1万円 t-CO ₂ /t 等
生産/流通/ 最終消費別 内訳	生産/流通/最終 消費別	生産/流通/最終 消費別	生産/最終消 費別	生産/最終消費別	生産/流通/最終 消費別、電力/ 石灰石/その他 別	生産
輸入品の 扱い	国内排出分*2 [I-(I-M)A] ⁻¹	国内排出分 [I-(I-M)A] ⁻¹ 輸入品含む排出 分[I-A] ⁻¹	国内排出分 [I-(I-M)A] ⁻¹	輸入品含む排出分*3 [I-A] ⁻¹	国内排出分 [I-(I-M)A] ⁻¹ 輸入品含む排出 分[I-A] ⁻¹	輸入品含む排出分 [I-A] ⁻¹
固定資本形 成分の扱い	消費支出分*4	消費支出分及び 資本形成分	消費支出分及 び資本形成分	消費支出分	消費支出分	消費支出分

- (注) * 1 約400部門のデータ全体を公表しているもののみを掲載した。上記のほか、計量計画研究所¹⁵⁾、機械技術研究所⁹⁾、宇都宮大学¹⁴⁾、空気調和・衛生工学会^{17)、19)}などにより一部のデータが公表されている。
- * 2 約400部門のデータベースとしては国内排出分が公表されているが、輸入品を含む排出分データも一部公表されている^{11)、13)}。例えば、自動車の推計¹³⁾では貿易マトリックスを用いて推定されている。
- * 3 原油、LNG、石炭、アルミニウム新地金、鉄鉱石について採掘から日本に陸揚げされるまでを推計したデータも掲載されている²¹⁾。
- * 4 約400部門のデータベースとしては消費支出分が公表されているが、電力の推計¹¹⁾、自動車の推計¹³⁾では資本ストックを含めた検討が行われている。
- * 5 金属材料研究所のデータベースの詳細は「LCA実務入門」Appendix 3を参照のこと。

る。なお、1990年表の分析については電力中央研究所のデータ^{21)、22)}を出発点としている。

(財)電力中央研究所のデータ²¹⁾は、慶應義塾大学の算出方法¹⁰⁾におおむね準拠しており、両者のデータの相違は、1～2%以内である。建築研究所のデータ²⁰⁾は、慶應義塾大学のデータよりもCO₂の直接排出の与え方が簡略化(例えば、廃棄物焼却、各種副生ガス等未算入など)されていて、両者のデータは、おおむね一致する部門もあるが、全般的には10～20%程度、一部の部門では50%以上、建築研究所データの方が小さくな

っているため、両者のデータを混用しないように注意する必要がある。

SO_x及びNO_xについては、脱硫・脱硝装置の設置状況や燃焼の形態（サーマルNO_x等）が影響するため、CO₂排出やエネルギー消費に比べて、さらに詳細な資料収集が必要となるが、文献⁹⁾には1985年表の29部門ごとのデータが、また文献¹²⁾には1985年表の45部門ごとのデータが公表されている。また、1990年表の405部門ごとのデータについては、その一部が文献²²⁾に公表されている。

金属材料研究所のデータは約4,000項目に対して、CO₂、SO_x、NO_x等の大気汚染物質、BOD、COD、懸濁物質、窒素分、りん分等の水質汚濁物質、生産過程で原料や補助物質として使用された塩素分、アンモニア分、金属分、化学物質、無機物質、環状有機物、芳香族の原単位を知ることのできる画期的なものである。各産業で誘発される環境負荷を算出する際に、行405×列405部門の逆行列（ $[I - A]^{-1}$ ）が利用され、そこから得られる405部門のデータを、産業連関表に付帯する部門別品目別生産額表に記載された単価によって約4,000品目に拡張したものである。

(5) データベースフォーマットの標準化の方向

インベントリ分析データベースのフォーマットの標準化が、現在ISO TC207/SC5/WG2/LCA Data documentation format expert group でISO 14048を目指して検討されている。

このデータフォーマットの標準化は、

- a. インベントリ分析の資源としての既存データの有効利用
- b. 類似データ間の有効領域、データ品位などの区別の明瞭化などの一般的なデータフォーマットの標準化への動機づけに加えて
- c. グローバリズした経済環境の下で、すべてのライフサイクルを考慮することから必然的に求められる国際的な規模でインベントリ分析データの流通の促進
- d. CAD/CAMやCALS（電子情報に基づく調達システム）などライフサイクル・エンジニアリングにおけるコンカレントな環境適合設計への適用の要請という国際性、同時性を持ったデータ交換の先端的な時代の要請を受けた取り組みにもなっている。

なお、ここで検討されているのは、あくまで、書式としてのデータベースフォーマットであり、データベースの中のデータ値ではない。高品質のLCAのデータはサイトに基づくフォアグラウンドデータであり、それは、それぞれ個別の値としてLCAの調査の中で与えられる。これらのデータを選別や統合して、国際推奨値のような共通データとして取り扱おうという発想は、LCAの基本的な発想とは相容れないため行われていない。国

CAD/CAM : Computer Aided Design & Manufacturing、コンピュータ支援設計・製作

CALS : Continuous Acquisition and Life-cycle Support

際的なデータの信頼性の裏づけは、数値そのものの管理ではなく、上記b.のようにデータに関する情報を明確にして透明化を図り、個々のLCAの目的に合致したデータの選択ができる環境を整えることと考えられており、その視点からもデータフォーマットの標準化が求められている。

このデータフォーマットの標準化に関しては、以前から **SPOLD** と呼ばれる欧州の民間組織が精力的に取り組んでおり、現在のISOでの検討も、ISO 14040シリーズに基づいて、それをフォーマットとして具体化してきたSPOLDのこれまでの提案を中心として検討が進んでいる。

SPOLD以外にも欧州には **SPINE** と呼ばれるデータベースがあり、同じくデータ形式の検討を行っているが、SPINEの場合はEXPRESSというCAD/CAM用のコンピュータ言語を基礎とした取り扱いであり、ここでは一般に使いやすいSPOLDのフォーマットに関して説明しておく。

一般にデータベースのフォーマットというものは直接必要とされるデータの記述部分はほんの一部であり、ほとんどがデータの取得や精度、前提条件に関する記述部分である。SPOLDのフォーマットもその例に漏れず450以上の項目中、実際の数値が格納されるものは15項目にすぎない。基本的構造は、

- a. データセットそのものに関する情報
- b. 対象プロセスに関するシステム情報
- c. プロセスツリーの図示
- d. 入出力データ

の四つの部分から成っている。

データセットそのものに関する情報とは、

- ・だれが編集したのか（連絡先）
- ・どのようにして収集したか（情報源や出典の詳細）
- ・データセットの有効範囲は（時間的、技術的、地理的）
- ・データセットの品位は（代表性、検証とその詳細）

などが記載されている。ここでデータセットというのは、一つひとつのプロセスデータではなく、さまざまなプロセスデータを集めた一つのファイルと理解すればよい。

対象プロセス関係のシステム情報以降が、一つひとつのプロセスに関するデータの部分である。そこでは、

- ・対象プロセスの識別名
- ・対象プロセスの親プロセス及び子プロセス
- ・カットオフルール、何をいかなる基準で除外したか
- ・副産物の取り扱い
- ・アロケーションの方法

- ・上記それぞれの不確実性、変動係数
- ・エネルギー、輸送、廃棄モデルの情報

などの、情報が記載されることになっている。この部分をみれば、データの対象としているプロセスの全貌、データの算定の仕方などが使用者に分かるようになっている。さらに、プロセスツリーを図で示すことで、データの対象となっているプロセスの始めと終わりの範囲と構成が明確に示される。

入出力データは、データの根幹部である。個々でとり上げられるものは、

- ・自然からの投入資源
- ・産業圏からの投入原料・燃料
- ・産業圏からの投入電力・熱量
- ・産業圏への生産物（主製品・副産物）
- ・産業圏への処理すべき廃棄物
- ・大気への排出物
- ・水圏への排出物
- ・土壌への排出物
- ・非物質の排出
- ・その他の影響因子

であり、それに該当する物質やエネルギーなどの項目ごとに列挙される。これらのデータは単に量を表す数値だけでなく、

- ・データ取得サイト
- ・不確実性
- ・変動係数
- ・収集方法（測定、計算、推定）
- ・データの有効範囲（期間、技術、地域）
- ・排出場所、発生源、拡散経路（排出の場合）

などの情報が記載されるようになっている。

ここで紹介した内容は、まだ議論の過程であるが、基本的に単にデータの数値のみを示すのではなく、そのデータの取得環境や前提、データ品位などの情報も盛り込んだデータフォーマットとして、使用者側には情報の豊富な形式となるように進められている。

2.3.4 計算手順

データ収集が終わったら、これらを基準フローに基づいて集計することになる。基準フローは評価者が設定した機能単位に基づいて規定される。

ここではインベントリの基礎となるデータを収集した後から、これらの

データを処理するまでの手順について説明する。前述の図2.3-5の左側では、c. データ処理、右側ではデータの有効性からデータを機能単位に関連づけるプロセスまでに相当する。アロケーションについてはこの範囲に含まれるが、後節において説明する。

(1) データの有効性

データ収集の際に、データの有効性についてチェックする必要がある。データの有効性は重量バランスやエネルギーバランス等を考慮して、妥当なデータを利用しているかどうか検討する。もし明らかに不適当なデータが含まれていた場合は、別のデータを利用することを検討する必要がある。この場合はデータの質について特に注意する必要がある。

評価対象の製品システム中に信頼性あるデータが得られなかった場合は、以下のような処理をすることが考えられる。

- a. 既存データ（過去の論文、統計表等）を利用
- b. ゼロデータを利用
- c. 類似した技術に関する報告から必要なデータを抽出して推算

上記のa. ~ c. について説明する。

- a. 既存データを利用するとは、既の実施されたLCAの中に同一の単位プロセスとこれに対応したデータが存在した場合にそのデータを利用することを指す。この場合は、論文や調査報告書などで掲載されているデータが、目的の調査に沿ったデータとして利用することができるか検討する。
- b. ある単位プロセスにおいて環境負荷物質の放出量が分からないときの対処方法として、そのプロセスにおいてはゼロとして扱う場合もある。例えば冷蔵庫に関する評価において特定フロンの放出について考えた場合、特に重要なプロセスとしてはフロンの製造時と回収、廃棄工程が考えられる。このとき冷蔵庫を構成するプラスチックを製造する際に、フロンの放出に関するデータがなかったとしても、このプロセスにおける放出量はないものとみなすことができる。この場合は上記のように、ゼロとして処理する明確な根拠の下に行うことが重要である。この部分はカットオフと関連する。カットオフについては2.3.6で説明する。
- c. 既存データが得られない場合の対応策とみれば、b. と近い状況であるといえる。しかし、ゼロにする十分な根拠がなく、対象である単位プロセスが不可欠なもので、この検討を抜きに全体の議論ができない場合はこの方法を利用する。ここでは、推定しようとする単位プロセスに対して、できるだけ類似するプロセスを探す。そしてこ

■表2.3-12 工業統計に基づくデータの例

工業統計			BOD 排出原単位 (kg/製品単位量)				
大	中	小	産業	データ	中分類平均	大分類平均	代表値
25			窯業土石			35.6	35.6
	252		セメント製品		25.2	→	25.2
		2521	セメント	69	→	→	69
		2522	生コンクリート	2	→	→	2
			……				
	253		建設用粘土		16	→	16
		2531	粘土瓦	15	→	→	15
		2532	普通れんが		16	→	16
			……				
	255		耐火物			35.6	35.6
		2551	耐火れんが			35.6	35.6

(注) 工業統計の欄にある数字 (25, 252, 2521 など) は鉱業統計表における分類番号を示す

の参考プロセスにおけるデータをもとに適切な仮定や前提条件を設定することで、目的とする単位プロセスに対応するデータを作成する。例えば、産業連関法などの統計表により得たデータを利用する場合は、日本を平均するプロセスの下に製造したという想定を、対象プロセスに適用して計算を進めるので、この項目に該当するといえる。ここで得たデータは対象プロセスについて直接求めたものではないので、信頼性はあまり高いとはいえない。この場合は透明性を確保するため、ここで利用した仮定や前提条件については明確に記述しておく必要がある。

ただし、産業連関表によるデータを利用したとしても、包括的にデータがまとまらない場合がある。このような場合、補完データを得ることが必要になる場合がある。表2.3-12にLCA日本フォーラム報告書で紹介された例をもとに、欠落データの補完方法について工業統計を利用した場合について示す。

表2.3-12は「窯業」に該当する製造業において製品を単位量 (例えば1t) 生産する際に発生するBOD量について示している。小分類 (4桁の数字で表示される項目) の「セメント」や「生コンクリート」は、その業界平均が得られているが、そのほか例えば「普通れんが」や「耐火れんが」についてのデータは存在しないので、ゼロデータとして使いたくなくれば、データを推定することが必要になる。幸いにも「普通れんが」の場合、データが得られている「粘土瓦」と同じ中項目 (3桁で表される項目) に該当する。ここでは小分類で求められている項目から得た平均値を中分類の代表値 (16kg/製品単位量 (ここでは1t)) として、普通れんがの推定値とする。これは他の産業よりも、この中項目から得た方が類似性が強いと考えられることによる。しかし「耐火れんが」は同じ中分類に属する他の

項目においてもデータが得られたものがないので、このデータを推定するには大分類の平均データ（つまりセメント製品、建設用粘土など他の中分類の平均から得たデータ）を利用することになる。表2.3-12では、35.6 kg/tに相当する。このように異なる業種からの推定を行った場合、データの信頼性は劣ったものになり、代表値をどの階層を参考にしたかによっても信頼性は大きく異なることを注意することが重要である。

(2) データを単位プロセス、機能単位に関連づける

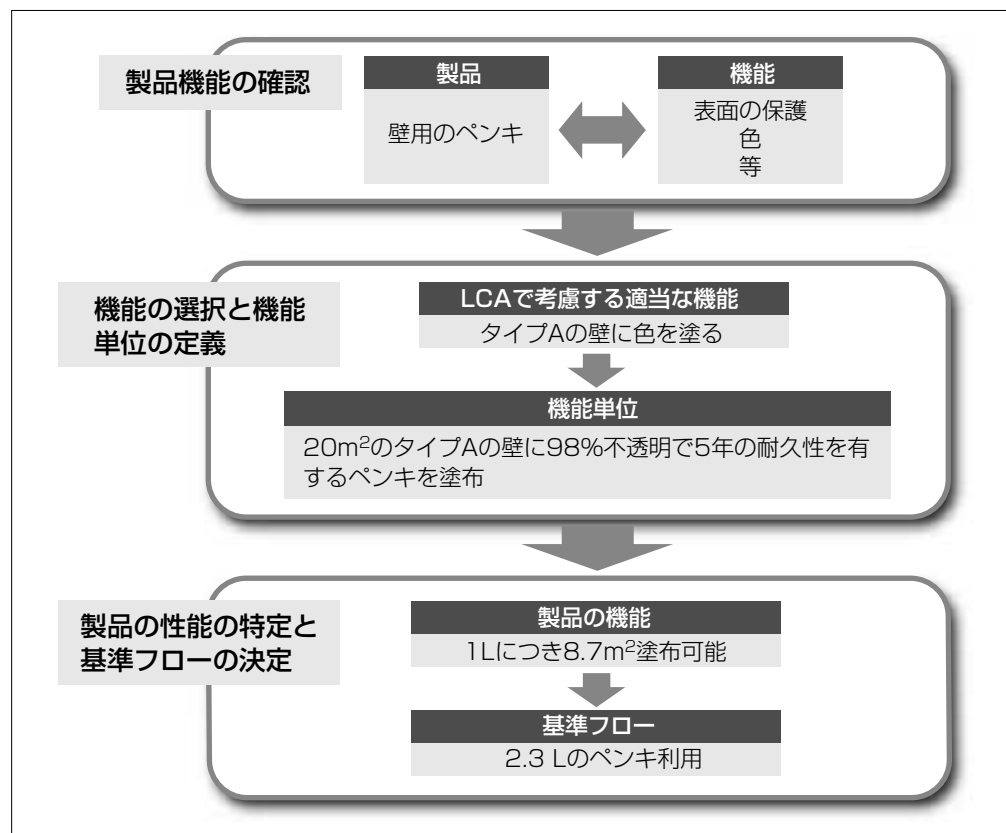
単位プロセスごとに材料1kgなどのように適当な基準フローを決定する。この基準フローに対する単位プロセスの入出力量を求める。

機能単位や基準フローは以下の手順で決定する。

- a. 機能の認識
- b. 機能の選定と機能単位の定義
- c. 製品性能の特定と基準フローの決定

以上のステップによりペンキを例として基準フローの作成手順を図2.3-8に示す。

■ 図2.3-8 基準フローの決定までの手順例



出典：ISO/TR 14049

はじめに、対象製品の機能について把握する。ペンキの場合では、デザイン等の装飾、壁の汚れや傷からの保護を数年にわたり維持することなどが考えられる。このような代表的な機能がLCAを行う際の機能単位において定量的に示されている必要がある。壁にペンキを塗る場合では、塗布する面積（例えば20 m²）、壁の種類（吸着しやすさ）、ペンキ後の壁の不透明度（98%不透明）、耐用性（5年）等がそれに該当する。これらを考慮して、機能単位を例えば「熱抵抗2 m・K/Wの耐熱効果を有する壁20 m²に対して、98%不透明性で5年間は他のペンキを利用する必要がない」のように設定する。機能単位を特定したら、この機能を満足するのに必要な製品量について規定する。標準的試験の結果1Lにつき8.7 m²の壁に塗布することが可能であった場合では、20 m²の壁に塗るには2.3 Lのペンキが必要になる。

m・K/W：熱伝導率の逆数、メートル・ケルビン/ワット

表2.3-13には機能単位と基準フローのとり方の他の例として、ガラス瓶とドライタオルを対象とした場合について示す。

■ 表2.3-13 機能単位と基準フローのとり方の例

製品名	ガラス瓶	ドライタオル（手の乾燥用）
機能	・ 飲み物の充填 ・ 運びやすさ ・ 飲みやすさ	・ 手の乾燥 ・ 細菌の除去
LCAの対象として選択した機能	飲み物の充填	手の乾燥
機能単位	1,000L分の充填	500人分の手（1,000本の手）の乾燥
製品の性能	500mLのワンウェイボトル	手の乾燥に1人2枚の紙タオルを使用（1本の手に1枚利用）（→1枚につき0.5人）
基準フロー	500mLのワンウェイボトルを2,000本（=1,000L/0.5（L/本））	紙タオル1,000枚（=500人/0.5（人/枚））

2.3.5 | アロケーション

(1) 単位プロセスから複数製品が生産される場合の取り扱い

アロケーション（配分）はインベントリを算出する際の最大の注意点の一つといえる。

はじめにアロケーションがなされる状況について説明する。一つの単位プロセスから複数の製品が出力される場合を考える。その単位プロセスには複数の製品という出力のほかに、エネルギーや素材などの入力、あるいは製品以外の環境負荷物質のような出力がある。これらすべてがシステム境界の中にあって、かつ、すべての製品がLCAでの評価対象とみられる場合は、それぞれの単位プロセスに関する入出力量を計算できれば目的は

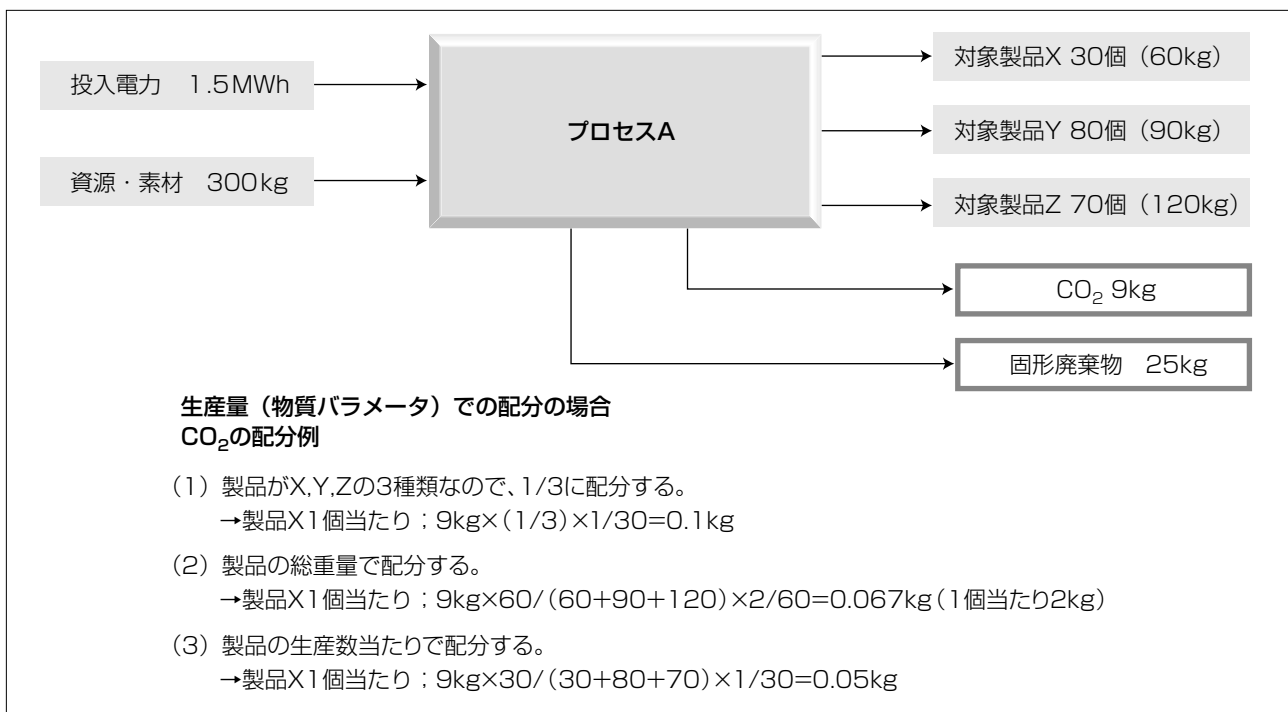
達成される。

これに対して、LCAの対象として取り扱うのが複数製品のうちの一つである場合を想定する。この場合、いま注目している単位プロセスから出てくる環境負荷物質の量を、すべてこの一つの製品に負わせて計上すると、その製品に対する環境負荷を過大に評価し、同じプロセスで生産される他の製品の製造に要する環境負荷が過小評価されることになる。そこで評価の対象製品に対して、他の入出力項目の数量のうち、どれだけがその製品分に相当するのか、割り振りを決める必要がある。このように、何らかの根拠に基づいてLCAの対象製品分として、入出力量を割り振ることをアロケーションという。

例えば図2.3-9に示したように、ある単位プロセスAから三つの製品X、Y、Zが出力として得られる場合を想定する。このとき同時に単位プロセスAでは1.5 MWhの電力と300 kgの素材を使い、併せて9 kgのCO₂と25 kgの廃棄物が出力されるとする。

いまLCAの対象が製品Xだったとする。ここですべての入出力量をX製造によるものとした場合、Xの製造にCO₂が9 kg排出されることになる。したがって、製品1単位当たり $9/30=0.3$ kgとなる。Y、Zが製品として別のシステムにおいて有用に活用されている場合、このように入出力項目の

■ 図2.3-9 配分処理のモデル例



出典：LCA実務入門、p.35から改変

数量がそのまま製品Xの製造に要する負荷とするのは、Xに対する過大評価になる。そこで三つの製品に電力量やCO₂排出量を何らかの根拠に基づいて振り分けることになる。

配分が必要となる場合の対処法として、ISO 14041 (Goal and scope definition and inventory analysis) では以下の三つを示している。

- a. 配分を回避する
- b. 物理的パラメータ（重量、モル量、発熱量など）による配分
- c. 製品及び機能間のその他の関係を反映する方法（一例として経済価値）による配分

これらの各処理方法について以下に説明する。

1) 配分を回避する

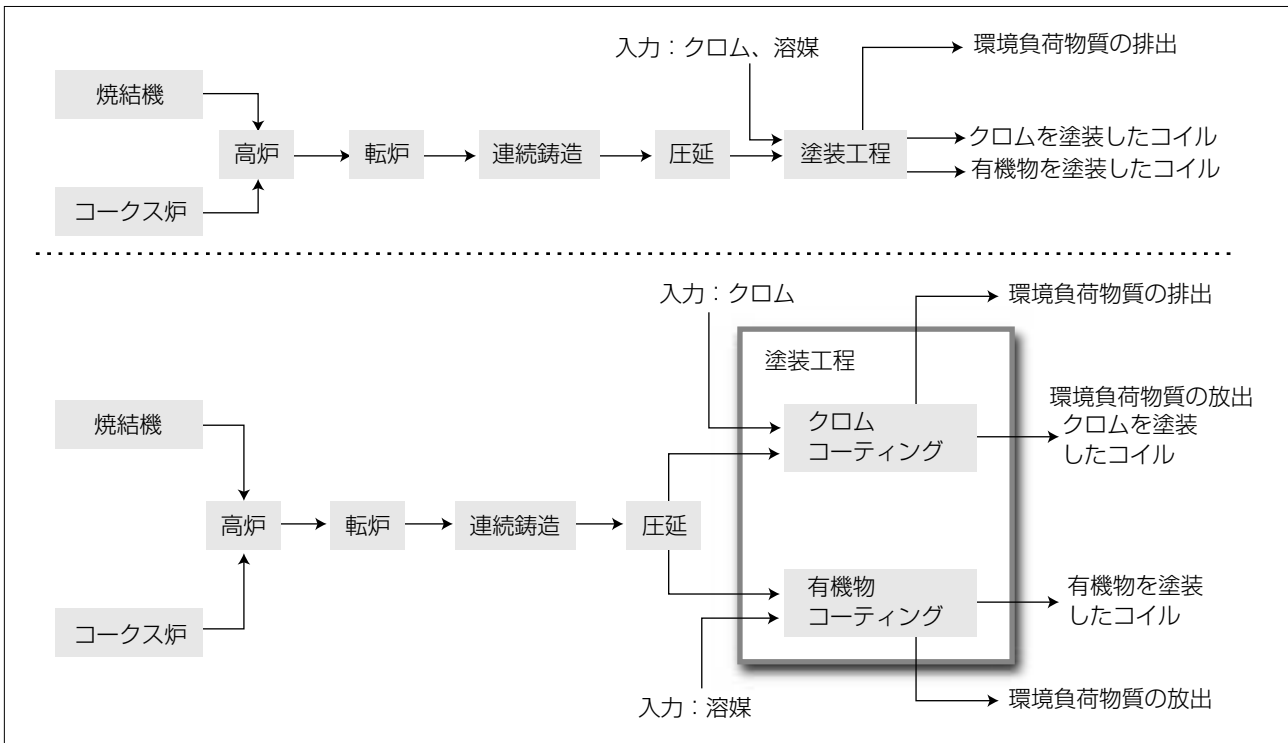
先に配分の発生状況について説明したように、配分が必要になるのは、複数の製品のうち、LCAの評価対象が特定の製品に限定される場合である。したがって、配分を避けたければ、出力される複数製品すべてを、LCA評価対象としてシステム境界内に取り込んでしまうことである。そうすれば、一つの単位プロセスからいくつ製品が出力されようと、そこで発生する入出力はすべてインベントリとして計上する対象になるため、配分の必要がなくなる。

ISO 14041のAnnex BやTR 14049（技術報告書）では配分を避ける方法として、a. 単位プロセスの細分化、b. システム境界の拡張、について説明している。以下に、この回避方法について紹介する。

①単位プロセスの細分化

もともと関連がなかった工程がデータの不足から一つの単位プロセスとして取り扱われた結果、配分が必要になる場合がある。図2.3-10はコイルを製造する際の例を示す。当初のデータ収集作業において塗装工程に関するデータがあまり得られなかった場合、図2.3-10の上図のように塗装工程という仮想の一つのプロセスから二つの製品が産出されるというモデルになることがある。このとき、クロムを塗装したコイルについてのみ評価した場合は塗装工程における入出力量を、もう一つの製品である有機物で塗装したコイルとの関係で配分しなくてはならない。そこで、図2.3-10のように塗装工程という単位プロセスをクロムコーティング、有機物コーティングの二つのプロセスに細分化する。これにより目的の製品についてのインベントリを計算する際に配分を回避できる。しかし、そのためにはクロムを塗装する工程、有機物を塗装する工程についてのデータをそれぞれ収集しなくてはいけない。

■ 図2.3-10 単位プロセスを二つのプロセスに分類することでアロケーションを回避したシステムの例

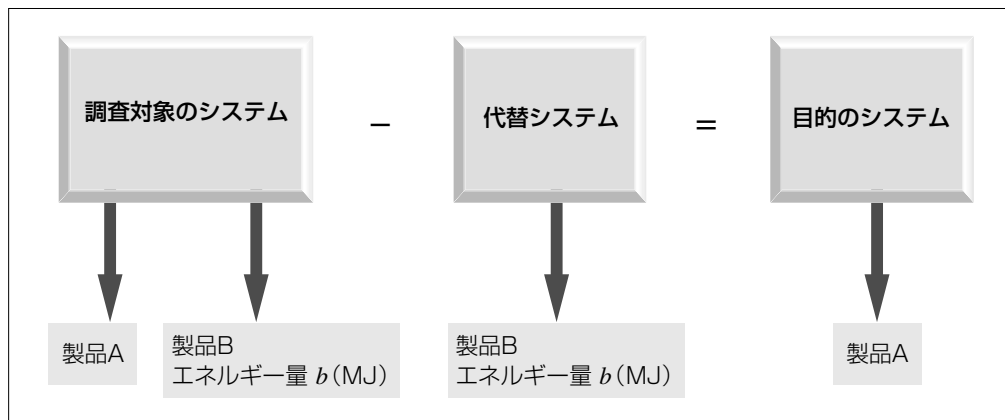


(注) 塗装工程に関してより詳細なデータ収集が必要となる。上図：配分回避前、下図：配分回避後

②システム境界の拡張

他のプロセスを評価に含めてシステム境界を拡張することによって配分を回避できる場合がある。例えば図2.3-11のようにあるプロセスを経て製品Aと製品B（エネルギー；後工程に利用される）が生産される場合、このプロセスから産出される製品は複数存在するので、出力としての環境負荷はこのままであると、これらの製品に何らかの配分をする必要が生じる。ここではこの配分を回避するために製品Bと同等のエネ

■ 図2.3-11 代替システムの導入によりシステム境界を拡張することで配分を避けた例



ルギー量を生産するシステムを新たにシステム境界内に含めて、もとのシステムにおけるインベントリから代替システムにおけるインベントリを差し引くことで、目的の製品Aのみのインベントリを算出することができる。これを行うためには、代替システムに関する情報を新たに収集できることが要件となることはいうまでもない。

2) 物理的パラメータによる配分

「物理的パラメータ」とは、配分の対象となる複数製品間で考えられる物理的な関係を示す各種の指標である。例えば、図2.3-9の例において、三つの製品間での配分を考える場合、単純にこの「3」という数字を物理的パラメータとして採用することもできる。このとき対象とする製品への配分量には各負荷項目の1/3だけ割り振ることになる（図2.3-9の(1)）。

重量は物理的パラメータの一例としてよく利用される。この場合、年間で製品Xの総生産量の重量が60 kg、製品Yが90 kg、製品Zが120 kgであったとすると、製品Xの配分量は $60 / (60 + 90 + 120) = 2/9$ となる（図2.3-9の(2)）。他のパラメータとしては総生産数も考えられる。例えば製品X、Y、Zの総生産数が180個で、製品Xが30個、製品Yが80個、製品Zが70個であったときは、製品Xに対する配分量は全体の1/6として配分される（図2.3-9の(3)）。

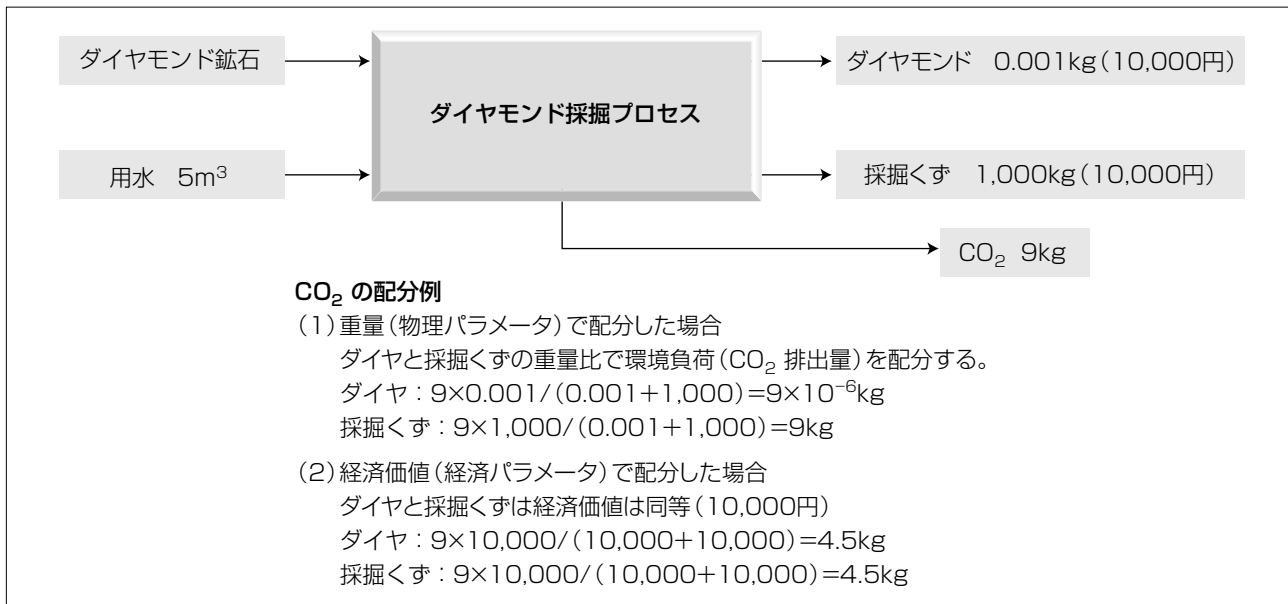
これらの例からみて分かるように、どれをパラメータ選択の基準とするかにより、評価対象たる製品への環境負荷の配分量は大きく異なる。この選択についてはLCAの評価目的に対応して決定されるべきものであり、結果をどのように利用するかによって変わる。

3) 経済価値による配分

前述の物理的パラメータによっては合理的に配分することができない場合は、経済的価値からみて配分することもある。図2.3-12にダイヤモンドの採掘プロセスにおける入出力バランスについて示す。ダイヤモンド1g生産するのに1tの採掘くずが生産されるとする。採掘くずが他の金属鉱石として利用される場合、つまり共製品として扱われる場合に配分されるが、図に示したように質量を基準にした場合と、経済価値で配分したときと明らかに結果が異なる。このように主製品と共製品の価値が大きく違っている場合は、経済価値をもとに配分した方が適当であることもある。

以上、配分回避方法と配分手順の基本的な対処方法について紹介した。目的と調査範囲での説明においても示したが、配分しなければならない場合は評価者の目的に対応してどのような配分基準を利用したのか、調査範囲を設定する際に明確に示しておくことが重要である。

■ 図2.3-12 配分処理の例—物理パラメータと経済パラメータの配分処理結果の差異



出典：(社)産業環境管理協会、LCA実務入門

(2) リサイクルシステムの取り扱い

ある製品を生産する際に、同時に産出した副産物はそのまま捨てられることなく、リユース、リサイクルされるケースがよくみられる。従来のLCAは製品システムの製造まで、もしくは廃棄までの一方通行の評価が多かったため、リサイクルに関する評価をどのように扱うか検討する必要性が高まっている。ここではリサイクルを調査範囲に含めた場合の評価方法例について紹介する。

リサイクルに関する単位プロセス上の取り扱いは、基本的には配分の場合と同様に考えて、以下のようにして処理する。

- インベントリ時にリサイクルに対する計算処理をしないですむように境界の設定を変更する。
- 物理的パラメータでリサイクルに対する配分を行う。
- 経済価値でリサイクルに対する配分を行う。

しかしリサイクルの態様によっては配分時に考慮しなければならない点がある。

リサイクルの態様は大きく二つに分かれる。

- 閉鎖系リサイクル (クローズドループリサイクル)
- 開放系リサイクル (オープンループリサイクル)

クローズドループリサイクルとは、LCAで評価範囲として設定したシステム境界の中にリサイクルに関連するすべてのプロセスが含まれており、再生工程を経たものが主要製品を製造するプロセスに戻ってくるシス

テムをいう。例えば素材の場合で鉄を例にとると、鉄の製錬工程から排出された鉄くずを、そのまま精錬の原料として利用する場合である。この場合は再利用される鉄くずの量を入力データとしてシステム内の単位プロセスに入れ込むことで、システム全体の評価を進めることができる。

オープンループリサイクルとは、リサイクル対象物が他の製品システムに利用されるため、評価対象であるシステム境界の外に出てしまうことをいう。例えば回収されたPETボトルが素材として再生され、繊維製品（衣類など）の材料として利用される場合がある。

この場合、主に2種類の対応の仕方が考えられる。一つはリサイクル先の別システムを評価対象のシステム境界の中に取り込むことである。つまり、上の例では衣類製造等に関するデータ収集まで行ってしまふことを意味する。この対処では、基本的にクローズドループと同様に取り扱うことができるので、配分せずに計算することができる。しかし、新しい製品システムにかかわるプロセスを含むことになるので、それに関するデータも必要になり、LCAの目的や調査範囲の設定を見直さなくてはならない。

もう一つの対処法はシステム境界から出ていく分を配分する方法である。この対処では基本的に配分で説明した手法がそのまま適用できる。リサイクルによりシステム境界外に出ていく分に対応して、物理パラメータや経済パラメータを採用して目的にあった配分をする。またリサイクルでは排出された後、何回リサイクルされるかという回数が問題にされる場合がある。

以下にクローズドループのリサイクルに関する処理の方法と、オープンループに関する処理方法についてISO/TR 14049における記載事項を中心にそれぞれ説明する。

1) クローズドループリサイクル

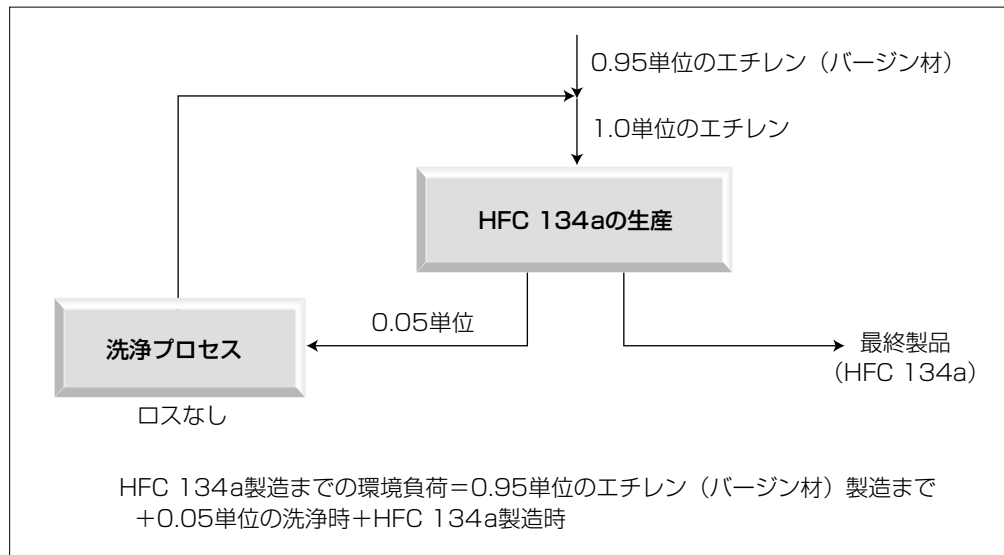
冷蔵庫等の代替冷媒として利用されるHFC134aを例として紹介する。

HFC134aはエチレンを原料の一つとして製造されるが、入力されるエチレン1単位のうちの一部（5%）が未反応のまま残ってしまう。残ったものは洗浄され、再度製造プロセスまで戻される（**図2.3-13**）。この場合、HFC 134aを製造するのに必要なエチレン消費量は、回収利用される分を差し引いて、一つの製造サイクル当たり0.95単位ですむことになる。しかし回収利用される分はバージン材と同品質に戻すために洗浄するので、この工程を含めた形で評価する。

2) オープンループリサイクル

ここでは漂白したクラフト紙のシステムについて紹介する。このシステ

■ 図2.3-13 クローズドループリサイクルのフローの例

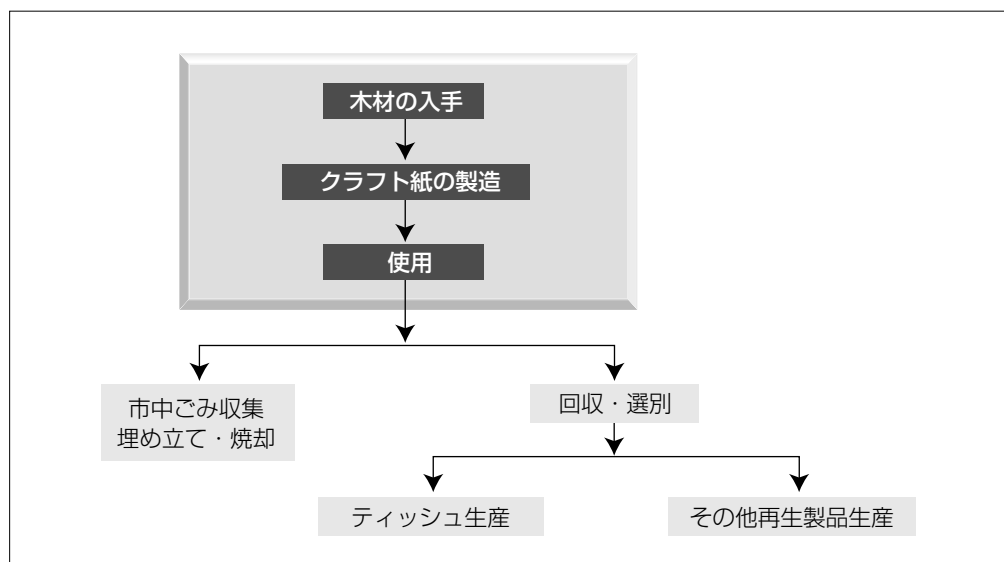


ムは図2.3-14のようなものを想定している。クラフト紙として利用された後は回収され再生されたものと、市中ごみとして埋め立て焼却されるものに分かれる。回収されたものはティッシュと再生紙製品の2種類に再生利用される。

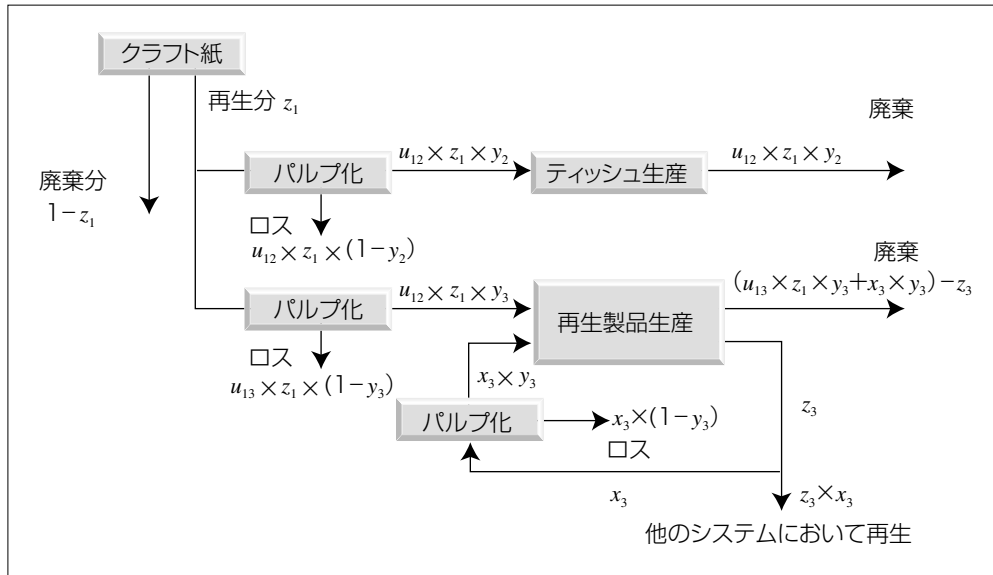
これら再生製品に対する配分の一例を図2.3-15と併せて説明する。

はじめに回収再生される量を明確化する。ティッシュペーパーは一度利用されたら廃棄処分されるが、再生紙製品の方はある一定の割合で再度生産されるとする。使用後のクラフト紙は70%の割合 ($z_1=0.7$) でリサイクルされる。したがって、30%が市中ごみとして廃棄される ($1-z_1=0.3$)。

■ 図2.3-14 クラフト紙にかかわるシステムとリサイクルシステム



■ 図2.3-15 クラフト紙の再生システムと再生される量



(注) $z_1 = 0.70$ 、 $u_{12} = 0.25$ 、 $u_{13} = 0.75$ 、 $z_3 = x_3 = 0.5$ 、 $y_2 = y_3 = 1.0$
 出典：ISO TR 14049

回収されたクラフト紙は二つのリサイクルルート（ティッシュペーパー、再生紙製品）に分けられる。ティッシュペーパーとして利用される割合を25% ($u_{12} = 0.25$)、再生紙製品に利用される割合を75% ($u_{13} = 0.75$)とする。また、それぞれの工程において歩留まりを考慮しなければならないが、ここでは簡単のため各工程でのロスはないものとして考える ($y_2 = y_3 = 1.0$)。

次にトータルの使用量 u を決定する。これはクラフト紙としての使用量のほか、ティッシュペーパー、再生紙製品の使用量を合わせたものとして考えるとよい。これは、図2.3-15の関係を利用すると、以下のようにして求めることができる。

$$\begin{aligned}
 u &= 1 && \text{(主製品(クラフト紙)としての使用量)} \\
 &+ z_1 \times u_{12} \times y_2 && \text{(ティッシュペーパーとしての使用量)} \\
 &+ z_1 \times u_{13} \times y_3 && \text{(再生紙製品としての使用量 (1回目))} \\
 &+ z_1 \times u_{13} \times y_3 \times (x_3 \times y_3) && \text{(再生紙製品としての使用量 (2回目))} \\
 &\vdots && \\
 &+ z_1 \times u_{13} \times y_3 \times (x_3 \times y_3)^{(n-1)} && \text{(再生紙製品としての使用量 (n回目))} \\
 &= 1 + z_1 \times u_{12} \times y_2 + (z_1 \times u_{13} \times y_3) \{1 - (x_3 \times y_3)^n\} / \{1 - (x_3 \times y_3)\} \\
 &\doteq 1 + z_1 \times [(u_{12} \times y_2) + (u_{13} \times y_3) / \{1 - (x_3 \times y_3)\}] \\
 &= 1 + 0.7 \times [(0.25 \times 1.0) + (0.75 \times 1.0) / \{1 - (0.5 \times 1.0)\}] \\
 &= 2.225
 \end{aligned}$$

トータルの使用量が決定したら、次に配分係数を決定する。この配分係数は全体の使用量に対して、主製品としてのクラフト紙がどの程度配分さ

れるべきであるか係数化したものである。まず、主製品の使用後の再生利用されない分、すなわち $(1 - z_1)$ は主製品による負荷として計上すべきである。また、上記の総使用量の中には主製品としての利用分も含まれる。したがって、主製品に関する配分係数は以下のように表される。

$$(1 - z_1) + z_1 \times (1/u) = (1 - 0.7) + (0.7/2.225) = 0.615$$

これに対して再生製品に関する配分係数は以下ようになる。

$$z_1 \times (u - 1) / u = 0.70 \times (2.225 - 1) / 2.225 = 0.385$$

このとき主製品と再生製品の配分係数の和が1になることが確認できる。

配分係数が決定したら、最後に製品に対する環境負荷量を決定する。主製品に関する環境負荷はシステム全体の環境負荷 I に配分係数0.615をかけることで算出される。

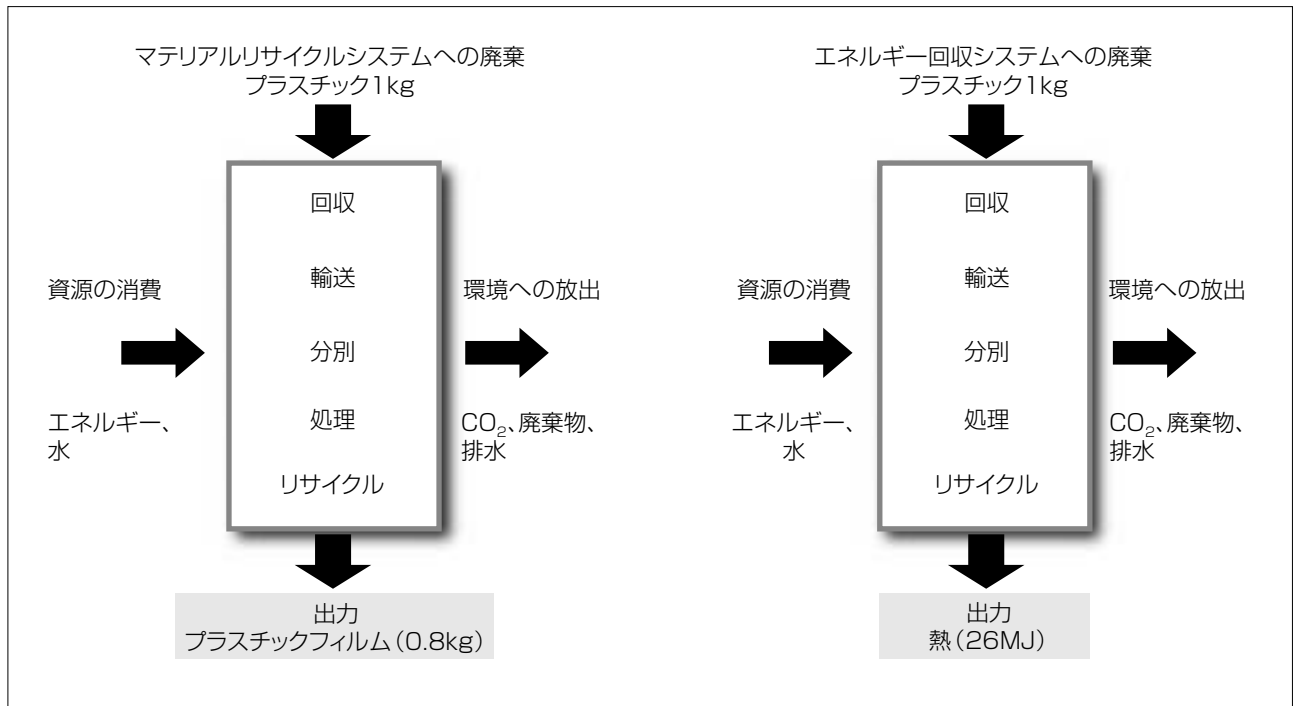
ここではリサイクルの形態ごとにとり得る配分の考え方について紹介した。以上のように、リサイクルの態様を考慮した上で対処方法を選択することになる。

(3) リサイクル工程間の比較

現在リサイクルは大きく分けて、材料に戻すマテリアルリサイクル、プラスチックを油化して原料に戻すケミカルリサイクル、燃焼することで熱回収を行うサーマルリサイクルがある。リサイクルを効率的に行うためには、このようなりサイクルの方式からどれが最も効率的であるか検討することが必要になる。LCAにおいて複数のシステム間の比較を行う場合は、主製品が同じであることが多いのであるが、リサイクルの場合では、マテリアルリサイクルでは製品を構成する材料が出力に該当する一方、サーマルリサイクルの場合は熱が出力に当たるため、それぞれ出力が異なる。ISO/TR 14049では出力が異なる場合の比較例として、以下の事例について紹介している。

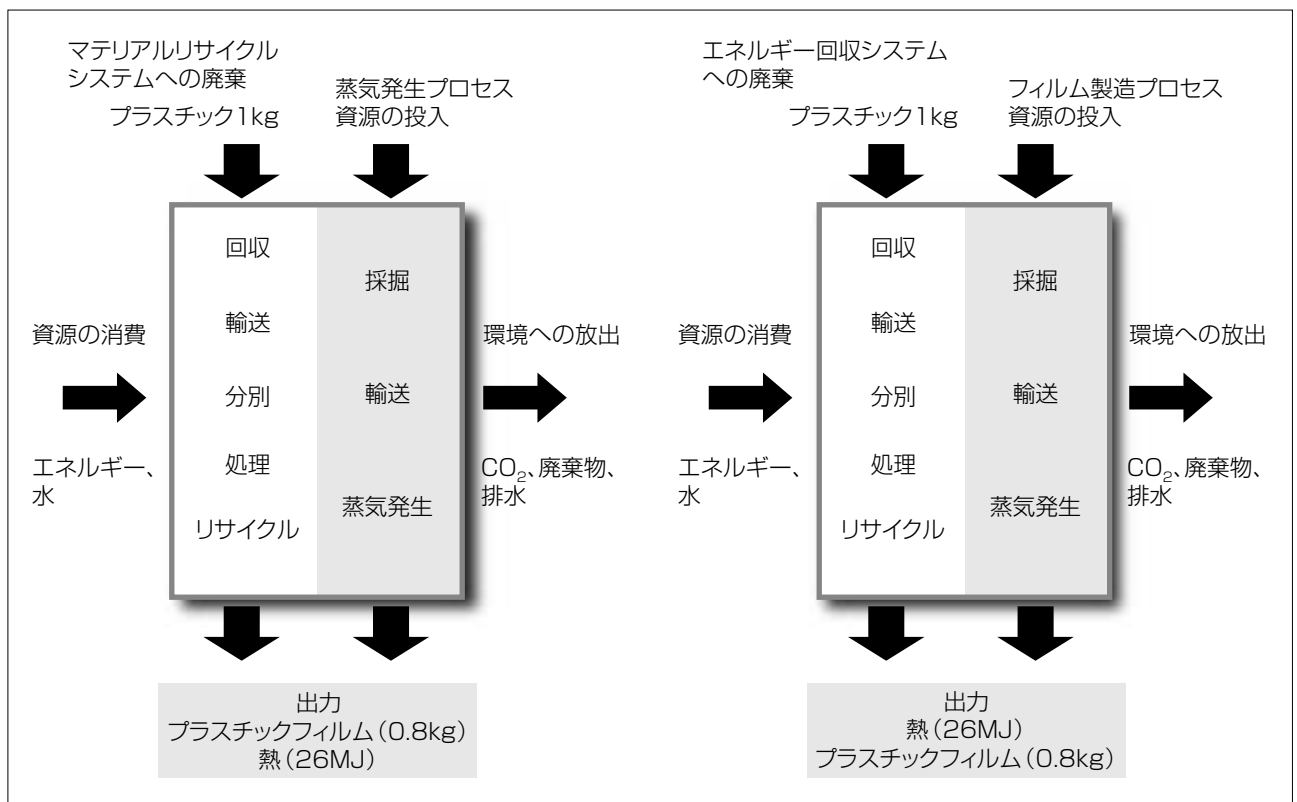
プラスチック包装材料は消費者による使用後、回収プロセスによっては違う製品として再生処理されることがある。図2.3-16は1kgのプラスチックの使用後のリサイクルプロセスとそれにかかわる入出力について示したものである。図の左側はプラスチックフィルムとして再生した場合、右側は熱回収した場合である。このシステムはリサイクルプロセスを経て出てきた製品が異なるため、これらのシステムの環境負荷について直接比較することができない。そこで評価システムの境界を拡張して、お互いの副産物を新たに生産したときのシステムを対象システム境界に含めてしまう。つまり図2.3-17のようにマテリアルリサイクルにより再生したプラスチックフィルム0.8kgと新規に熱を26MJ作り出した場合を融合したシステム（左側）と、サーマルリサイクルにより得た熱26MJと新規にプラスチックフィルムを0.8kg生産した場合を合わせたシステム（右側）間の

■ 図2.3-16 材料リサイクルシステムとエネルギー回収システムの例



出典：TR 14049

■ 図2.3-17 システム境界の拡張により配分を回避した例



出典：TR 14049

比較を行うのである。これにより両者の出力が同一になるため、公平な比較ができる。ただし、このような比較を行う場合はフィルムを新たに作る際のインベントリデータ等を収集しなければならない。

2.3.6 カットオフルール

本来LCAは、対象となる製品が関連するプロセスについて、すべて環境負荷の算定に含める。したがって、製品システムを広義にとらえると製品の研究開発、従業員の通勤、オフィスでの電気の使用などについても、製品の製造に至るまでに多かれ少なかれ関連する事項であるので調査対象になり得る。しかしこれまでに説明したように、むやみにこれらを評価に含めると調査に要する時間が膨大になる。したがって、重要な項目のみ含めるように留意する必要がある。この重要性の判断は評価対象である製品や評価目的に依存する。新しい製品を作り出すまでに、研究開発やマーケティングに相当な時間、費用等が投入された場合は、全環境負荷に対するこれらの寄与分について評価する意義は大きいといえる。しかし評価対象が従来製品であって、ここ数年研究開発を実施していない場合は、これらに関するデータを収集する必要はほとんどない。

あまり評価結果に大きな影響を与えない、又は目的からみて重要ではないと考えられる項目は積極的に除外することによっては重要である。LCAでは、このような作業をカットオフと呼ぶ。カットオフには、環境負荷物質等のある項目について全製品システムから除外する場合、及び一部のプロセスを評価システムから除外する場合がある。

カットオフを行う理由としては、以下のものがある。

- a. **LCAの目的から考えて不要な場合**：製品比較に利用する場合、例えばコンピュータのディスプレイとしてCRTモニターを用いたときと液晶モニターを利用したときの比較をしたい場合であって、本体の方はいずれも仕様が同じである場合は、モニター間の比較さえ行えば目的が達成される。つまり本体にかかわる製造や原材料入手プロセスは考慮しなくてよいことになる。ただしモニターがコンピュータ全体に対してどの程度の寄与があるのかについても検討したい場合は、本体についても調査しなければならない。
- b. **対象のプロセスが製品システムからみて重要ではない場合**：製品システム全体の結果に対して大きな影響を与えないプロセスについては、調査の対象に含めなくても大きな支障はないと考えられる。この判断方法としては、感度分析により所定の閾値以下であるかどうか

か検討することが代表的である。そのほかには、これまでの資料等をもとに判断する場合がある。判断材料が何もないときは、仮定やこれまでの慣習に基づいて行う。

- c. **測定技術が整備されていなかったり、システムが複雑であるため、データの採取が極めて難しい場合：**インベントリ分析において利用されるデータの中でも、自社工程以外のプロセスに関するデータ、特に資源採掘に関するデータ、廃棄処理におけるデータについては、収集が極めて困難である。また従来の日本におけるLCAのケーススタディはCO₂のほか、NO_xやSO_x等の大気系環境負荷物質に限った評価が多く、ダイオキシンやPCBなどの化学物質はおろか、BODや全窒素など水質系の環境負荷物質についての算定事例も多くなかった。また多数の部品から構成される製品については、すべての部品名を挙げることもさへ時間を要するであろう。これらのデータが収集されないと、本来はライフサイクル全体がカバーされないことになるが、将来、データシステムが整備されるのを待ちつつ、評価を先に進める場合がある。このように全体に大きな寄与をしないため除外するという積極的な場合ではなく、評価体系が整っていないため調査項目から除外するという消極的な場合もある。

このようなカットオフはLCAを合理的に進めるための一種の割り切りで、基本的には目標から逸脱していなければ問題はないと思われる。しかしLCAは再現性を担保するため、データが透明性を有しているか非常に重要である。したがって、カットオフをする場合は、単位プロセスや項目を除外する(カットオフ)ための基準が明確になっていなければならない。

ISOでは、入出力項目に関するカットオフの基準例として、以下の3項目を挙げている。

- a. **重量：**製品システムへの全入力項目のうち、重量が少ない項目は考慮しないという考え方である。例えば「ある製品の構成素材のうち、構成重量比で1%未満のものは評価対象外とする」という基準がこれに当たる。このためには入力項目の重量を全部算出しないと仕分けができない。
- b. **エネルギー：**製品システム全体のエネルギー消費量からみて、エネルギー消費量が一定量より少ない入力項目については考慮しないという考え方である。例えば「全製品システムにおける総消費電力の0.1%未満を消費する入力項目は評価対象から除く」という基準がこれに当たる。この場合も重量の場合と同じく入力項目、対象プロセスすべてのエネルギー消費量について算定しておくことが条件となる。

c. **環境負荷物質**：製品システム全体の中でのある特定の環境負荷物質の放出量に対する一定の割合より少ない入力項目は除外するとする考え方である。例えば「二酸化硫黄 (SO₂) をデータ項目として含めていた場合に、製品システムにおける全SO₂放出量に対する1%以下である入力項目については、評価対象から除外する」という基準が考えられる。この場合も対象プロセス全体のSO₂排出量を算定する必要がある。この場合は比較的環境負荷の推算が容易な項目 (CO₂やSO₂等) を対象物質として実施することが多いと考えられる。

以上の例は入力項目のカットオフ基準であるが、同様に出力項目のカットオフ基準もある。例えば全排出物量の0.1%より小さい環境負荷項目については除外する、などが考えられる。ここで0.1%や1%のように、算定に含めるか否かを定める基準値 (閾値) は基本的には評価者が自由に設定できる。閾値を低く設定すればするほど、データの信頼性は高い一方で、収集項目は多くなるといえる。

ISOでは、調査で利用したカットオフ基準は報告書に記載しなければならないし、その基準を利用することによって全体の結果がどの程度変わり得るか、検討した結果やその根拠を示す文献等についても示すことを要件としている。

SPOLD フォーマットではカットオフルールに関する記述を95項目 (19個の対象について各5項目) 設けている。ここでは対象製品の包装材等調査から除外され得る項目を抽出し、これらの項目それぞれに対して、

- ・カットオフのレベル (1. 不明、2. すべて包含、3. 十分でない、4. 含めていない箇所がある、5. すべて含まず、の5項目から選択)
- ・基準 (質量、エネルギー、環境負荷物質など)、閾値 (例えば製品重量の1%)
- ・根拠 (1. 仮定、2. 慣習、3. 感度分析、4. 類似品の結果、の4項目から選択)
- ・関連文献

について記載できるように設定されている。カットオフをしている場合、すなわちカットオフのレベルで4又は5を選択したときは、以降の基準や閾値、根拠、文献についても記載する。

表2.3-14にSPOLDにおけるカットオフルールとして挙げられている項目についてまとめた。

■ 表2.3-14 SPOLDにおいて抽出されているカットオフの対象

SPOLD ID	フィールド名：英語	フィールド名；日本語	記載方法
1801	Packaging Degree of Cut-Off	包装材に関するカットオフのレベル	以下の5項目から選択 1.不明 2.すべて包含 3.十分でない 4.含めていない箇所がある 5.すべて含まず
1802	Packaging Criteria	基準(包装材)	100語程度で記入
1803	Packaging Threshold	閾値(包装材)	40語程度で記入
1804	Packaging Rationale	根拠(包装材)	以下の4項目から選択 1.仮定 2.慣習 3.感度分析 4.類似製品の結果
1805	Packaging Reference To Source	関連文献(包装材)	文献名記載
1811	Cleaning Degree of Cut-Off	清掃	以下同様にカットオフのレベル、基準、閾値、根拠、関連文献について記載
1821	Marketing Degree of Cut-Off	マーケティング	
1831	Administration Degree of Cut-Off	経営管理	
1841	Research and Development Degree of Cut-Off	研究開発	
1851	Laboratory Facilities Degree of Cut-Off	研究設備	
1861	Personnel Heating Degree of Cut-Off	暖房器具	
1871	Personnel Lighting Degree of Cut-Off	照明器具	
1881	Personnel Working Clothes Degree of Cut-Off	作業服	
1891	Personnel Transport Degree of Cut-Off	移動	
1901	Personnel Canteen Degree of Cut-Off	食堂	
1911	Personnel Toilets Degree of Cut-Off	トイレ	
1921	Machinery Degree of Cut-Off	機械装置	
1931	Maintenance Degree of Cut-Off	維持管理	
1941	Ancillary Materials Degree of Cut-Off	付属材料	
1951	Other Material Inputs Degree of Cut-Off	その他材料	
1961	Waste Treatment Degree of Cut-Off	廃棄物処理	
1971	Transports Degree of Cut-Off	輸送	
1981	Energy Inputs Degree of Cut-Off	投入エネルギー	

(注) SPOLD IDの下一桁が1→Degree of Cut-Off(カットオフの程度)、2→Criteria(基準)、3→Threshold(閾値)、4→Rationale(根拠)、5→Reference to Source(関連文献)の情報を要求。

●参考文献

- 1) SPOLD : Directory of life cycle inventory data sources、Burussels (1996)
- 2) NEDO・RITE・化学工学会：化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査、NEDO-GET-9310-1 (1994. 3)
- 3) NEDO・RITE・化学工学会：化学工業製品におけるトータル・エコバランスの分析手法に関する調査(II)、NEDO-GET-9410-1 (1995. 3)
- 4) (社)化学経済研究所：基礎素材のエネルギー解析調査報告書 (1993. 9)
- 5) (社)プラスチック処理促進協会：プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価 (1993. 3)
- 6) (社)未踏科学技術協会：環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究調査報告書 (別冊)・金属素材インベントリーデータ (1995. 3)
- 7) (社)産業環境管理協会：NEDO委託エネルギー使用合理化手法国際調査 (1995. 3)
 - ①エネルギー使用合理化手法国際調査小委員会：冷蔵庫のライフサイクルインベントリー、環境管理、31 (7)、p.755～761 (1995)
 - ②エネルギー使用合理化手法国際調査小委員会：ライフサイクルアセスメントにおける基礎素材の製造データ、環境管理、31 (6)、p.616～627 (1995)
 - ③稲葉敦：LCAにおける基礎素材の製造に関するCO₂の排出原単位、化学経済、1996年7月号、p.49～57 (1996)
- 8) 森口祐一、近藤美則、清水 浩：わが国における部門別・起源別CO₂排出量の推計、第8回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集、エネルギー・資源学会 (1992. 1)
- 9) 吉岡完治、外岡 豊、早見 均、池田明由、菅 幹雄：環境分析のための産業連関表の作成、Keio Economic Observatory Occasional Paper、慶應義塾大学産業研究所 (1992. 10)
- 10) 吉岡完治、早見 均、池田明由、菅 幹雄：環境分析用産業連関分析表の活用—生産活動に伴うCO₂排出量とその要因—、イノベーション&I-Oテクニク、第3巻第4号、環太平洋産業連関分析学会 (1992. 10)
- 11) 吉岡完治、内山洋司、菅 幹雄、本藤祐樹：環境分析用産業連関分析表の応用 (5) —火力・原子力発電のCO₂排出量の計算—、イノベーション&I-Oテクニク、第5巻第1号、環太平洋産業連関分析学会 (1994. 2)
- 12) 通商産業省通商産業研究所編：日中共通エネルギー消費・大気汚染分析用産業連関表、通商産業調査会出版部 (1994. 6)
- 13) 池田明由、篠崎美貴、菅 幹雄、早見 均、藤原浩一、吉岡完治：環境分析用産業連関表、慶應義塾大学産業研究所 (1996. 3)
- 14) 竹林芳久、岡 建雄、紺矢哲夫：産業連関表による建築物の評価 (その2)、事務所建築の建設による環境への影響、日本建築学会計画系論文報告集、第431号 (1992. 1)
- 15) 外岡 豊ほか：都市開発活動による炭酸ガス発生対策技術導入可能性と削減効果の調査報告書、計量計画研究所 (1993. 3)
- 16) 野村 昇、赤井 誠、山下 巖：産業連関表によるエネルギー原単位及び消費構造の推定、機械技術研究所報、48 (2)、p.34～43 (1994)
- 17) 空気調和・衛生工学会地球環境に関する委員会：地球環境時代における建築設備の課題 (1995. 3)
- 18) 日本建築学会地球環境委員会ライフサイクルCO₂小委員会：ライフサイクルCO₂で建物を測る—建物の環境負荷評価の手引き (1996. 2、1997. 3新訂)
- 19) 伊香賀俊治、外岡 豊、石福 昭：建物のライフサイクルアセスメント用データベースの構築、第2回エコバランス国際会議講演集 (日本語版)、未踏科学技術協会ほか (1996. 11)
- 20) 建設省総合技術開発プロジェクト建築委員会：省資源・省エネルギー型国土建設技術の開発 (建築委員会) 報告書、国土開発技術研究センター (1996. 3)
- 21) 本藤祐樹、西村一彦、内山洋司：産業連関表による財・サービス生産時のエネルギー消費量とCO₂排出量—産業連関表のLCAへの適用について—、電力中央研究所報告Y95013 (1996. 5)
- 22) 外岡 豊、本藤祐樹、内山洋司：LCAへの基礎解析—産業連関表によるSO_x、NO_x誘発排出分析、エネルギー・資源学会第16回研究発表会講演論文集 (1997. 4)
- 23) 宮沢健一編：産業連関分析入門、日経文庫 (508)、日本経済新聞社 (1995. 6)

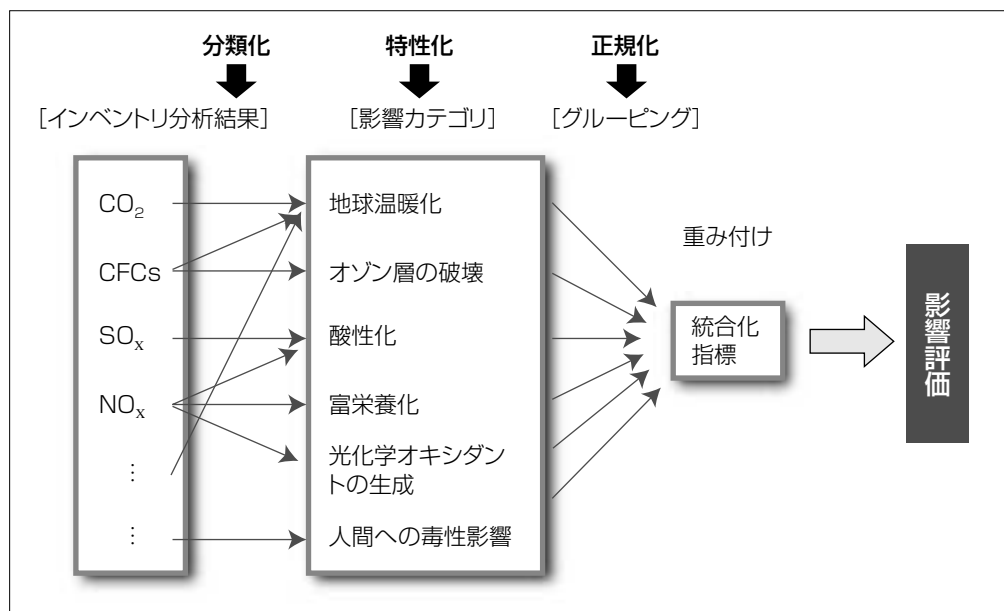
- 24) 近藤美則、森口祐一編著：産業連関表による二酸化炭素排出原単位、(フロッピーディスクつき)、環境庁国立環境研究所 地球環境研究センター (1997. 3)
- 25) (社)産業環境管理協会：LCA日本フォーラム報告書 (1997. 6)
- 26) T.Ikaga and Y.Tonooka：Development of data base for life cycle assessment of buildings (Part 2), Sep.1997, Proceedings of the third international conference on ECOMATERIALS, The society of non-traditional technology
- 27) 総務庁編：平成2年(1990年)産業連関表「総合解説編」「計数編Ⅰ」「計数編Ⅱ」、全国統計協会連合会 (1994. 3)
- 28) 通商産業大臣官房調査統計部編：1995年産業連関表(延長表)、通産統計協会 (1997. 12)
- 29) 日本銀行調査統計局：物価指数年報(1995年)、日本信用調査(1996. 3)
- 30) 日本建築学会地球環境委員会LCA指針策定小委員会：中間報告書 (1998. 3)
- 31) 日本建築学会：建物LCA指針(案)(1999. 11)
- 32) 電力中央研究所報告：産業連関表を用いた我が国の生産活動に伴う環境負荷の実態分析 (1998. 6)

2.4 ライフサイクル影響評価

2.4.1 影響評価手順

ライフサイクル影響評価（LCIA、以下「影響評価」という）は、ライフサイクルインベントリの結果を使って潜在的な環境影響の重要性を評価することを目的にする。一般に、この過程はインベントリデータを特定の環境影響と関連づけ、それらの影響を理解することである。図2.4-1に影響評価の概念を示す。評価内容の詳細度、評価する影響及び使用する手法の選択は、調査の目的及び調査範囲による¹⁾。

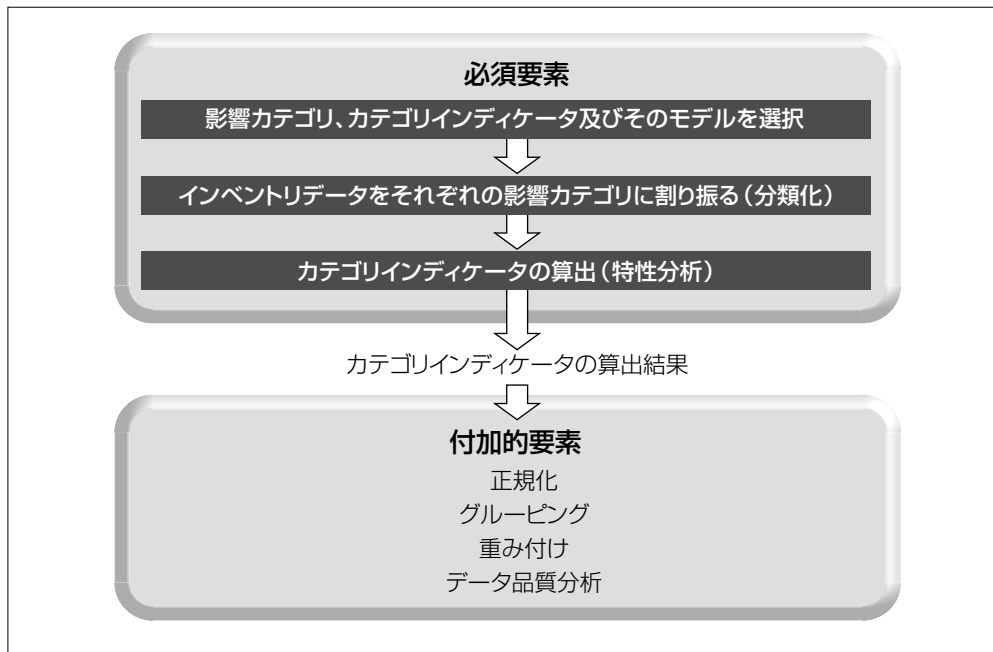
■ 図2.4-1 影響評価の概念図



ISO 14042では、影響評価の構成要素は、図2.4-2に示すように、必須要素と付加的要素に分けられる¹⁾。必須要素は、「目的と調査範囲の設定」において定められた各影響カテゴリに対するカテゴリインディケータ及びそのモデルの選択、インベントリ分析結果の影響カテゴリへの割り振り(分類化)、カテゴリインディケータの算出(特性分析)で構成される。必須要素は、インベントリ分析結果を、各影響カテゴリのカテゴリインディケータへ変換する一連の作業である。付加的要素には、正規化^{*1}、グルーピング^{*2}、重み付け^{*3}、データ品質分析^{*4}がある。

* 1 : normalization
 * 2 : grouping
 * 3 : weighting
 * 4 : data quality analysis

■ 図2.4-2 影響評価の構成要素



ISO 14040では、「影響評価の方法論及び科学的枠組みは、いまだ開発途上にある。それぞれの影響カテゴリのモデルは、異なる開発段階にある。インベントリデータを整合的、かつ、正確に特定の潜在的な環境影響と関連づける方法で、広く受け入れられているものは存在しない。影響カテゴリの選択、モデル化及び評価といったライフサイクル影響評価の段階には、主観的要素が入る。したがって、その前提条件が明記され報告されることを確実にするために、透明性は、影響評価にとって不可欠である。」と書かれている²⁾。そのような背景を受けて、ISO 14042では、影響評価の構成要素を上記のような各項目に明確に分離すべきであることを主張している。

以下、各要素の詳細について述べる。

(1) ライフサイクル影響評価必須要素

1) 影響カテゴリの選定

はじめに、「目的と調査範囲の設定」において定められた各影響カテゴリに対するカテゴリインディケータ及びそのモデルの選択を行う。影響カテゴリの選定は、目的と調査範囲の設定で行われるものであるが、ここでも若干補足説明をする。

影響カテゴリは、特性分析を行うことを支援するために、環境へもたらされる潜在的な影響を組織立てることを目的として定義される。影響カテゴリを定義するに当たって重要なことは、特性分析との明確な相関がある

こと、つまり環境へもたらされる影響のメカニズムに沿って科学的知見に基づいて定義されていることである。そして、付加的要素である「重み付け」との結びつけが行いやすいように定義すべきとされている。つまり、各カテゴリは、認識しやすいものであり、資源、人間及び生態系の健康など「保護対象領域」との結びつけを行うことが可能なものにすべきとされている。さらに、影響カテゴリの総数に関しては、a. すべての重大な環境問題を漏れなく取り扱っていること、b. 影響のダブルカウントを避けるために、それぞれのカテゴリは独立性が保たれていること、c. 実用化の観点からあまりに多くの数にならないこと、が求められている³⁾。

表2.4-1にLCAを世界的にリードする学会である欧州環境毒物化学学会(SETAC-Europe)により提案された、影響カテゴリのデフォルトリストを示す³⁾。現状では、具体的な実施は今後の課題であるものが多い。表2.4-1のリストでは、日本ではLCA実施の対象とされやすいエネルギー消費量や固形廃棄物量が、影響カテゴリではなく中間計量物として認識されていることに注目したい。これらの計量物は、人間活動と環境の境界を通過するものではなく、人間活動の範囲内にあるものと認識されている。自然界から取り出される資源や廃棄物を処理した排出物が環境へ与えるという考え方である。日本では、生産活動の指標としてLCAを実施する傾向が強い。これは、日本のLCAは企業で発展しており、DfEとLCAを融合させる意識が強く働いている結果とみることができる。SETAC-Europeは1998年4月に、影響評価ワーキンググループ*1を新結成し、現段階で利用できる最新の知見に基づいた影響カテゴリ及びカテゴリインディケータの検討を続けている。

*1 : working group
on life cycle impact
assessment

■ 表2.4-1 欧州環境毒物化学学会により提案されている
LCAにおいて考慮すべき影響カテゴリと地域性の分類

影響カテゴリ	地域性
非生物資源の消費	全球的
生物資源の消費	全球的
土地の使用	局地性
地球温暖化	全球的
オゾン層の破壊	全球的
人間への毒性影響	全球的／大陸性／地域性／局地性
生態系への毒性影響	全球的／大陸性／地域性／局地性
光化学オキシダントの生成	大陸性／地域性／局地性
酸性化	大陸性／地域性／局地性
富栄養化	大陸性／地域性／局地性
悪臭	局地性
騒音	局地性
放射性物質の排出	地域性／局地性
事故	局地性

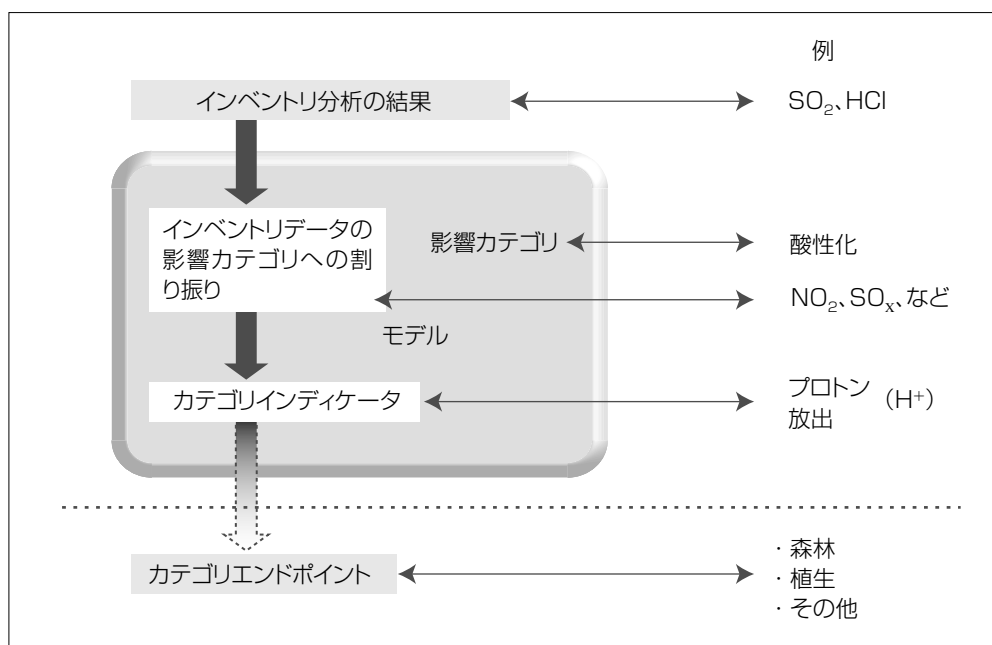
2) カテゴリインディケータ及びモデルの選択

次に、選択した影響カテゴリに対するカテゴリインディケータ及びモデルの選択を行う。図2.4-3に、インベントリ分析の結果、カテゴリインディケータ及びモデル、カテゴリエンドポイントの関係を、「酸性化」を例にとって説明する。調査範囲に酸性化を影響カテゴリとして選択する場合には、インベントリ分析では、酸性化を引き起こす排出物質（NO₂、SO_xなど）が、漏れなく調査・検討されている必要がある。図2.4-3では、カテゴリインディケータに、各物質のプロトン放出量を選択した場合を示している。この場合のモデルとは、各物質が水に溶解した場合、どのようなメカニズムを経てプロトンを放出するかを検討したものである。このようにカテゴリインディケータ及びモデルを選択した場合、各物質を基準となる物質に対して相対的に数値化して計量することが可能となる。その数値を特性化係数と呼ぶ。表2.4-2には、酸性化に関連する物質、及び各物質が水に溶解した場合のプロトン放出のメカニズム、そしてSO₂を基準とした場合の各物質の特性化係数を示す⁴⁾。

図2.4-4に、現在SETAC-Europeで検討されている、環境への因果連鎖のメカニズムを示す⁵⁾。つまり、製品システムが引き起こす資源・土地の消費及び物質の排出という環境への干渉*1が、どのような経路を経て、カテゴリエンドポイント及び保護対象項目へ影響を及ぼしていくかを示している。ISO 14042では、カテゴリインディケータを、製品システムが引き起こす環境への干渉とカテゴリエンドポイントとの間の、どの位置でとっ

* 1 : environmental interventions

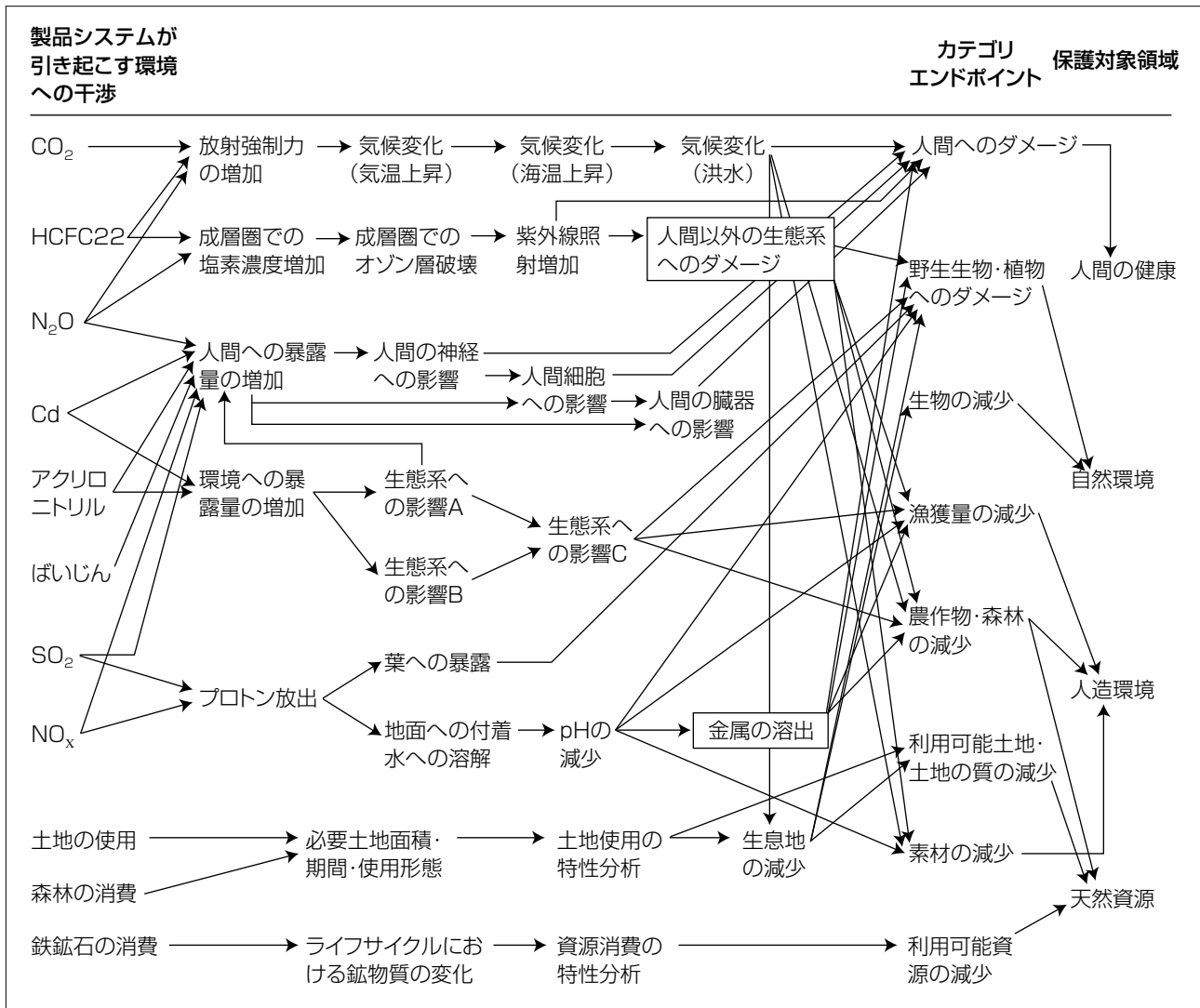
■ 図2.4-3 カテゴリインディケータの概念



■表2.4-2 酸性化に対する特性化係数

物質	反応式	化学量論係数 (-)	分子量 (g/mol)	単位質量当たりのプロトン放出量 (mol/g)	特性化係数 (-)
SO ₂	SO ₂ + H ₂ O + O ₃ → 2H ⁺ + SO ₄ ²⁻ + O ₂	2	64	1/32	1.00
NO	NO + O ₃ + 1/2 H ₂ O → H ⁺ + NO ₃ ⁻ + 3/4 O ₂	1	30	1/30	1.07
NO ₂	NO ₂ + 1/2 H ₂ O + 1/4 O ₂ → H ⁺ + NO ₃ ⁻	1	46	1/46	0.70
NO _x	(NO ₂ として計算)	1	46	1/46	0.70
NH ₃	NH ₃ + 2O ₂ → H ⁺ + NO ₃ ⁻ + H ₂ O	1	17	1/17	1.88
HCl	HCl → H ⁺ + Cl ⁻	1	36.5	2/73	0.88
HF	HF → H ⁺ + F ⁻	1	20	1/20	1.60

■ 図2.4-4 環境への因果連鎖のメカニズム



でもよいと規定している。しかしながら、ある影響カテゴリに関しては、カテゴリインディケータを製品システムが引き起こす環境への干渉に近いところで選択し、別の影響カテゴリに関してはカテゴリエンドポイントに近いところで選択した場合、オーバーラップが生じ得ることも認識されており、カテゴリインディケータの選択には注意が必要になっている。

各影響カテゴリに提案されている特性化係数を、表2.4-3～表2.4-5に示す^{6),7)}。表2.4-3は、ベルン炭素循環モデルで将来のCO₂濃度を現状に固定した場合の減衰応答の改定値を参照した各物質の地球温暖化指数を示している⁶⁾。この値を用いて、各物質をCO₂等価質量に変換することが可能になる。表2.4-4は、各物質のオゾン層破壊ポテンシャルをCFC11等価質量で表している⁷⁾。また、表2.4-5は、典型的なバイオマスの化学組成をC₁₀₆H₂₆₃O₁₁₀N₁₆Pとし、水中での各物質の濃度が希少でバイオマス生成の阻害要因となっている場合の、富栄養化特性化係数を示している⁷⁾。これらの特性化係数には、科学的知見に基づいたさらなる検討が必要とされている。

■ 表2.4-3 地球温暖化に対する特性化係数

種類	化学式	地球温暖化指数（積算期間）		
		20年	100年	500年
二酸化炭素	CO ₂	1	1	1
メタン	CH ₄	56	21	6.5
一酸化二窒素	N ₂ O	280	310	170
HFC23	CHF ₃	9,100	11,700	9,800
HFC32	CH ₂ F ₂	2,100	650	200
HFC41	CH ₃ F	490	150	45
HFC43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	3,000	1,300	400
HFC125	C ₂ H ₂ F ₅	4,600	2,800	920
HFC134	C ₂ H ₂ F ₄	2,900	1,000	310
HFC134a	CH ₂ FCF ₃	3,400	1,300	420
HFC152a	C ₂ H ₄ F ₂	460	140	42
HFC143	C ₂ H ₃ F ₃	1,000	300	94
HFC143a	C ₂ H ₃ F ₃	5,000	3,800	1,400
HFC227ea	C ₃ H ₂ F ₇	4,300	2,900	950
HFC236fa	C ₃ H ₂ F ₆	5,100	6,300	4,700
HFC245ca	C ₃ H ₃ F ₅	1,800	560	170
六ふっ化硫黄	SF ₆	16,300	23,900	34,900
パーフルオロメタン	CF ₄	4,400	6,500	10,000
パーフルオロエタン	C ₂ F ₆	6,200	9,200	14,000
パーフルオロプロパン	C ₃ F ₈	4,800	7,000	10,100
パーフルオロブタン	C ₄ F ₁₀	4,800	7,000	10,100
パーフルオロシクロブタン	c-C ₄ F ₈	6,000	8,700	12,700
パーフルオロペンタン	C ₅ F ₁₂	5,100	7,500	11,000
パーフルオロヘキサン	C ₆ F ₁₄	5,000	7,400	10,700

■ 表2.4-4 オゾン層破壊に対する特性化係数

物質	化学式	特性化係数	範囲
トリクロロフルオロメタン (CFC11)	CFCl ₃	1.0	1.0~1.0
ジクロロジフルオロメタン (CFC112)	CF ₂ Cl ₂	1.0	0.88~1.06
1,1,2-トリクロロ-1,2,2-トリフルオロメタン (CFC113)	C ₂ F ₃ Cl ₃	1.07	0.92~1.07
1,2-ジクロロテトラフルオロメタン (CFC114)	C ₂ F ₄ Cl ₂	0.80	0.57~0.82
クロロペンタフルオロエタン (CFC115)	C ₂ F ₅ Cl	0.50	0.29~0.50
クロロジフルオロメタン (HCFC22)	CHF ₂ Cl	0.055	0.032~0.080
1,1-ジクロロ-2,2,2-トリフルオロエタン (HCFC123)	CHCl ₂ CF ₃	0.020	0.013~0.020
1-クロロ-1,2,2,2-テトラフルオロエタン (HCFC124)	CHFClCF ₃	0.022	0.016~0.034
1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン (HCFC141b)	CH ₃ CFCl ₂	0.11	0.10~0.12
1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン (HCFC142b)	CH ₃ CF ₂ Cl	0.065	0.035~0.070
HCFC225ca		0.025	0.016~0.025
HCFC225cb		0.033	0.023~0.033
テトラクロロメタン (HC10)	CCl ₄	1.08	1.03~1.15
1,1,1-トリクロロエタン (HC140a)	CH ₃ CCl ₃	0.12	0.11~0.13
ブromotriフルオロメタン (ハロン 1301)	CF ₃ Br	16	10.0~17.2
ブromodichlorodifフルオロメタン (ハロン 1211)	CF ₂ BrCl	4.0	1.8~5.0
ハロン 1202		1.25	1.25~1.7
ジブromotetraフルオロエタン(ハロン 2402)	C ₂ F ₄ Br ₂	7.0	5.9~10.2
ハロン 1201		1.4	1.4~1.4
ハロン 2401		0.25	0.25~0.40
ハロン 2311		0.14	0.14~0.30
ブromメタン	CH ₃ Br	0.60	0.44~0.70

■ 表2.4-5 富栄養化に対する特性化係数

物質	化学量論係数 (-)	分子量 (kg/mol)	単位質量排出による バイオマス生成量 (mol/kg)	特性化係数 (-)
窒素	1/16	14	1/224	0.42
一酸化窒素	1/16	30	1/480	0.20
二酸化窒素	1/16	46	1/736	0.13
窒素酸化物	1/16	46	1/736	0.13
硝酸イオン	1/16	62	1/992	0.10
アンモニウムイオン	1/16	18	1/288	0.33
りん	1	31	1/31	3.06
りん酸イオン	1	95	1/95	1.00
COD	1/38	32	1/4416	0.022

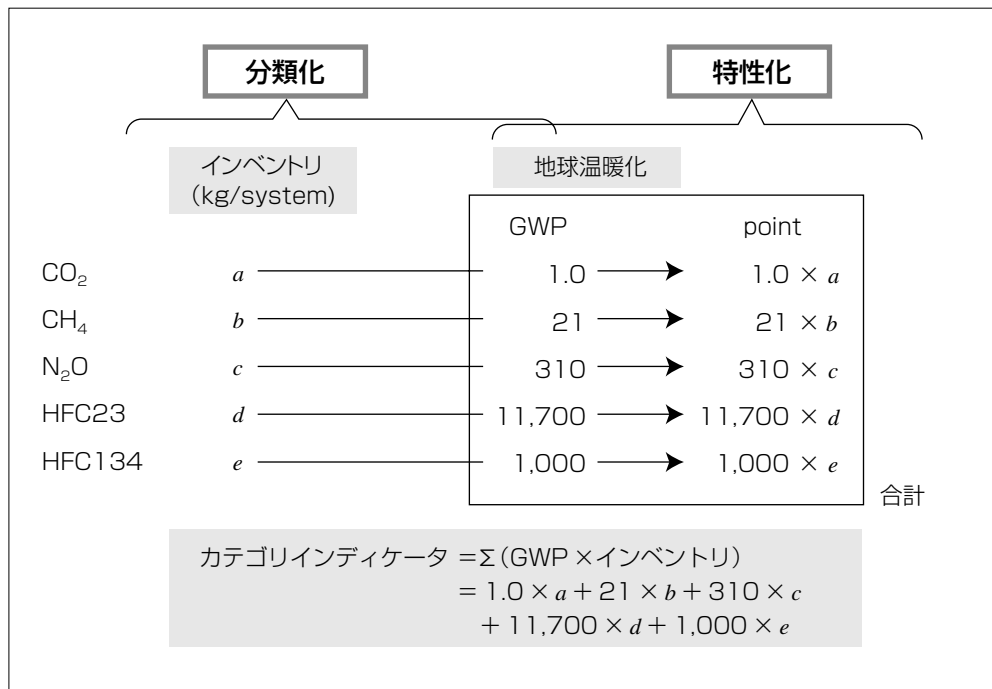
3) カテゴリインディケータの算出

続いて、選択したモデルに基づき、カテゴリインディケータの算出を行う。まず、インベントリ分析の結果、つまり製品システムにより引き起こされる資源消費や排出物を、各影響カテゴリに振り分ける。この作業を、「分類」と呼ぶ。次に、資源消費や排出物が指定された影響カテゴリに対して果たす役割を、特性化係数を用いて相対的に評価し、影響カテゴリ内での役割を数値化して総計する。すなわち、カテゴリ内での影響の定量化

を行う。この作業を、特性化分析と呼ぶ。

カテゴリインディケータの算出方法を、地球温暖化を例にとって、**図2.4-5**に示す。

■ 図2.4-5 カテゴリインディケータの算出方法



(注) GWP : Global Warming Potential、地球温暖化係数

(2) ライフサイクル影響評価付加的要素

1) 正規化

ライフサイクル影響評価の付加的要素の一つに正規化がある。正規化とは、製品システムが引き起こすカテゴリインディケータを、参照となるカテゴリインディケータ値で割る作業である。正規化を行うことにより、算出した製品システムのカテゴリインディケータに矛盾性がないかどうか調べることも、及び相対的な影響度を把握することが可能となる利点がある。

参照となるカテゴリインディケータ値の算出には、

- 対象とする領域（全地球、大陸、国又は地域）における総排出物質量及び資源消費量
- 対象とする地域における人口当たりの総排出物質量及び資源消費量などが用いられる¹⁾。もちろん、考慮する領域及び時間には、整合性を持たせる必要がある。

2) グルーピング

グルーピングも、影響評価の付加的要素の一つである。グルーピングは、調査結果のどこに視点を置くのか、この段階で再び明確にする作業と位置づけることができる。グルーピングでは、カテゴリインディケータに、ソーティング（並べ替え）やランキング（順序付け）を行う。以下の方法が提案されている。

- a. カテゴリインディケータを、資源／排出物質、又は全球／地域／局地性など特徴に基づき分類する。
- b. 各カテゴリインディケータに順序付けを行う。高／中／低など重要度を与える。

3) 重み付け

重み付けとは、各影響カテゴリのカテゴリインディケータの算出結果ないしは規格化を行った結果を、主観的な価値に基づいた重み付け係数を用い、一つの数値に変換する作業である。重み付けは、主観的な価値に基づいて行われるもので、科学的手法で行われるものではない。LCA実施者はおのおの異なる価値基準を持つと考えられるため、同じカテゴリインディケータの算出結果を用いても、重み付けを行った結果が異なることもあり得る。したがって、ISO 14042は、重み付けにはさまざまな手法を用い、重み付けを行った結果の感度分析を行うことが望ましいと記載されている。また特に、重み付けは、公的な場で発表を行う比較主張には用いてはならないことが明記されている¹⁾。したがって、重み付けは、会社内など内部での意思決定に用いるものである。

SETAC-Europeのワーキンググループの報告は、LCAを意思決定のための道具*¹とみなし、そのためにはカテゴリ間の重み付け手法を検討しなければならないという観点を示している。同時に、カテゴリ間の重み付けには、社会の価値*²が必要と認識されている³⁾。

LCAの影響評価に関する議論は、それを「科学的根拠がある範囲」とどめるか、「意思決定」の手段として使用することを指向するかの議論であると思えば分かりやすい。意思決定に使用するためには、何らかの主観的価値判断を避けることはできない。科学的根拠が明白であるインパクトカテゴリだけをみるという判断自体も、また主観的である。

影響評価の統合評価が主観的にしか行われないという観点は、影響評価を行うことを避け、科学的に測定できる指標で意思決定を行うという手法と結びつく。資源やエネルギーの消費量、又はCO₂の排出量などを指標とする手法である。これらの指標は、環境適合製品設計のチェックリストの一つとして使用されることがある。最近ファクター4やファクター10と

* 1 : tool

* 2 : social values

して、生産性に対する資源消費量を検討する手法もこの一つであると考えられることができる^{8),9)}。しかし、これらの指標は環境への影響を明確に意識しているとはいいがたい。特に、地域的な環境影響を表現することは困難である。意思決定のために使用される指標と環境への影響の統合化指標とを分離して議論することが必要である。

ISOは、影響評価を科学的な根拠を持って示すことができる範囲に限定する方向でまとまりつつあるが、さらに、環境への影響を統合化する場合には、カテゴリ間の重み付けが必要になる。この手法は大きく三つに分類できる。

- a. 専門家が構成するパネルで決定する方法
- b. ターゲットとする値と現実の排出量を比較する方法 (DtT法)
- c. 経済価値 (金額) に換算する方法

分野の異なる影響を重み付けしなければならないので、実施者の価値判断が大きな要素となる。

専門家が構成するパネルで決定する方法は、構成者の主観に基づく。アンケートにより影響カテゴリの重要度を決定する方法もパネル法の一つと考えることができる¹⁰⁾。ターゲットに基づく手法では、ターゲットとして政策や環境基準値が用いられることが多い。パネル法での主観に基づく判断を、外部に依存するものと考えられることができる。理解しやすく受け入れられやすい側面を持つ。また、排出物ごとのターゲットが用いられることが多いので、排出物ごとにポイントが定められる場合が多い。それらの合算として統合化指標を得やすい利点があるが、個々の環境カテゴリへの影響として考えにくい側面を持つ¹¹⁾。

影響を経済的価値に換算する手法は、発電所などエネルギー技術の外部性評価*1の分野では従来から着目されている¹²⁾。地球温暖化のような長期的な問題に対しては、対象とする排出物量から顕在的被害に至る Dose-response モデルの不確実性、人的被害の経済価値換算の方法、将来の被害を現在価値とするための割引率などの問題がある。暴露・運命分析 (ある物質が環境へ放出された後、大気・水・食物を通じて人間及び生物にどの程度摂取され影響を及ぼすかを分析する手法) で各物質に対する影響度を特性化係数として算出したとしても、地域ごとの特性を考慮して実際の被害を金銭化することは容易ではない。そこで、「支払意思額」など人が意識するコストを算出する経済学的手法がとられることがある。最近では、コンジョイント分析が着目されている¹³⁾。

DtT : Distance to Target

* 1 : externalities cost study

2.4.2 主な統合評価手法

以下、近年、欧州や我が国において作成、発表された統合化手法を紹介する。欧州において作成された統合化手法として、エコインディケータ95、エコスケアシティ法、EPS法、我が国において作成された手法としてパネル法を紹介する。それらの手法の評価手順及び特徴を表2.4-6に示す。

なお、エコインディケータ95、エコスケアシティ法、EPS法は、欧州において用いられることを前提にしているため、我が国において製造・使用・廃棄される製品に対して用いることは、必ずしも適正ではないことを留意する必要がある。

■ 表2.4-6 代表的な統合化手法の評価手順及び特徴

方法論	主な手法	インパクト評価手順	手法の特徴
DtT法	エコインディケータ95 (オランダ)	[インベントリ] [インパクトカテゴリ] [保護対象] [統合化指標] CO ₂ ——— 温暖化 CFC ——— オゾン層破壊 PAH ——— 発がん性 NO _x ——— 酸性化 ∴ ——— 富栄養化 生命 健康 生態系 → 統合化指標	インベントリ（環境負荷）をインパクトカテゴリごとに集約し、その後カテゴリ間の重み付けをして統合化
	エコスケアシティ法 (スイス)	(実際値/目標値) CO ₂ ——— CFC ——— NO _x ——— ∴ ——— → 統合化指標	インベントリに重み付け係数（＝実際の環境負荷容量/許容環境容量）を乗じて指標を算出する
経済価値換算法	EPS法 (スウェーデン)	As ——— 健康 CFC ——— 温暖化 ——— 生活多様性 CO ₂ ——— 酸性化 ——— 生産 H ₂ S ——— 石油 ——— 資源 ∴ ——— 審美感 → 統合化指標	保護対象ごとにWTP（支払い意思額による価格）を定める。さらに、環境負荷1単位ごとの係数を作成する
パネル法	永田法 (日本)	石炭 ——— エネルギー枯渇 CO ₂ ——— 温暖化 CFC ——— オゾン層破壊 NO _x ——— 大気汚染 BOD ——— 水質汚濁 ∴ ——— → 統合化指標	インベントリをインパクトカテゴリごとに集約する。その後、アンケートによる環境問題の重み付け係数を用いて統合化する

(1) エコインディケータ95

1) エコインディケータ95の概要¹⁴⁾

エコインディケータ95（Eco-indicator 95）は、PRé社（オランダ）のGoedkoopによって作成され、1995年に発表された。エコインディケータ95は、LCAにおける、環境への影響を統合して評価するための手法であ

る。エコインディケータ95によってとり行われたLCA環境負荷影響評価の結果は、対象とする製品・サービス1単位当たりによって引き起こされる環境への損害の尺度を示す「インディケータポイント」として統合して表される。

エコインディケータ95は、現在に至るまで広く受け入れられている、SETACによるLCAの実施規則*1に基づいており、CMLのコンセプトとも調和している。エコインディケータ95は、1990年から10年間の期間に、欧州で用いることを想定して作成された。

エコインディケータ95は、分類、特性化分析、評価（影響カテゴリ間の重み付け）の3段階から構成される。エコインディケータ95においてとり上げられている影響カテゴリを、表2.4-7に示す。表2.4-7には、各影響カテゴリで考慮されている物質数も併せて示す。

エコインディケータ95では、各影響カテゴリに対して、表2.4-8に示す出典に基づく特性化係数を用いて特性分析を行う。そして、特性分析によって得られた値を、欧州における各物質の年間排出量により算出された規格値を用い規格化を行っている。用いられている規格値を表2.4-9に示す。

*1 : code of practice

■ 表2.4-7 エコインディケータ95で検討されている影響カテゴリ及び物質数

影響カテゴリ	物質数
① 地球温暖化	26
② オゾン層の破壊	25
③ 酸性化	8
④ 湖沼・河川の富栄養化	12
⑤ 夏のスモッグ	48
⑥ 冬のスモッグ	3
⑦ 農薬	4
⑧ 大気中への重金属の排出	6
⑨ 水中への重金属の排出	12
⑩ 発がん性物質の排出	10

■ 表2.4-8 エコインディケータ95に用いられている特性化係数

影響カテゴリ	単位	特性化係数
① 地球温暖化	GWP	IPCC, 1992
② オゾン層の破壊	ODP	IPCC, 1991
③ 酸性化	AP	NOH, 1992
④ 湖沼・河川の富栄養化	NP	NOH, 1992
⑤ 夏のスモッグ	POCP	NOH, 1992
⑥ 冬のスモッグ	SO ₂ equiv	WHO, AQG, 1987
⑦ 農薬	すべて1	
⑧ 大気中への重金属の排出	Pb equiv.	WHO, AQG, 1987
⑨ 水中への重金属の排出	Pb equiv.	WHO, QGDW
⑩ 発がん性物質の排出	PAH equiv.	WHO, AQG, 1987

■ 表2.4-9 エコインディケータ95で用いられている規格値

影響カテゴリ	単 位	西欧州	東欧州	合 計	人口当たり
① 地球温暖化	GWP kg	4.8E + 12	1.7E + 12	6.5E + 12	1.3E + 04
② オゾン層の破壊	ODP kg	3.7E + 08	9.4E + 07	4.6E + 08	9.2E - 01
③ 酸性化	AP kg	3.5E + 10	2.1E + 10	5.6E + 10	1.1E + 02
④ 湖沼・河川の富栄養化	NP kg	1.4E + 10	5.1E + 09	1.9E + 10	3.8E + 01
⑤ 夏のスモッグ	POCP kg	7.0E + 09	1.9E + 09	8.9E + 09	1.8E + 01
⑥ 冬のスモッグ	SO ₂ equiv. kg	2.3E + 10	2.3E + 10	4.7E + 10	9.5E + 01
⑦ 農薬	Active ingr. kg	3.8E + 08	9.8E + 07	4.8E + 08	9.7E - 01
⑧ 重金属の排出	Pb equiv. kg	2.1E + 07	5.9E + 06	2.7E + 07	5.4E - 02
⑨ 発がん性物質の排出	PAH equiv. kg	4.3E + 06	1.1E + 06	5.4E + 06	1.1E - 02

■ 表2.4-10 エコインディケータ95での低減係数

影響カテゴリ	低減係数
① 地球温暖化	2.5
② オゾン層の破壊	100
③ 酸性化	10
④ 湖沼・河川の富栄養化	5
⑤ 夏のスモッグ	2.5
⑥ 冬のスモッグ	5
⑦ 農薬	25
⑧ 大気中への重金属の排出	5
⑨ 水中への重金属の排出	5
⑩ 発がん性物質の排出	10

続いて評価（各影響カテゴリの重み付け）が行われる。エコインディケータ95では、実際の環境負荷量と容認環境負荷量の比を用いて行って、影響カテゴリの重み付けを行っている。この重み付けの値を、低減係数*1と呼んでいる。エコインディケータ95では、容認環境負荷量の基準として、「人間の生命・健康」に関しては、100万人の住民当たりの1年間における1人の超過死亡を、そして「エコシステム（人間以外の自然構成体）」に関しては、5%のエコシステムの損害と規定している。エコインディケータ95における、影響カテゴリごとの低減係数を、表2.4-10に示す。表2.4-10から分かるように、エコインディケータ95では、低減係数の値として、2.5-5-10-25-100のシリーズを用いている。

エコインディケータ95では、次式により、製品の統合化指標を算出する。

$$I = \sum_i \frac{E_i}{N_i} \times F_i \times 10^9 \quad (2.4-1)$$

ここで、 I ：インディケータポイント、 E_i ：製品がライフサイクルにおいて影響カテゴリ（ i ）に対して引き起こす影響度（カテゴリインディケータ）、 N_i ：欧州における影響カテゴリ（ i ）の規格値、 F_i ：低減係数、である。

* 1 : reduction factor

2) エコインディケータ 95 の検討を要する点

- a. エコインディケータ 95では、「人間の健康」と「エコシステム」に損害を及ぼし得る影響カテゴリのみが考慮されている。したがって、「資源の枯渇」及び「騒音、悪臭」などの影響カテゴリはとり上げられていない。また、「土地の使用（によるエコシステムの破壊）」については、低減係数を算出することができなかつたので、割愛されている。
- b. エコインディケータ 95に用いられている各影響カテゴリに対する特性化係数には、検討を要する点が多い。例えば、「冬のスモッグ」「大気中への重金属排出」「水中への重金属排出」の影響カテゴリの特性値に環境基準値の逆数が用いられている。その中には、許容環境基準濃度の値が、大きな幅を持つ物質、不確実な物質が含まれている。したがって、人間の生命・健康への損害の度合いは同一とはいえない。また、農薬の特性値はすべて1となっており、暴露・運命分析に基づいた特性化係数となっていない。
- c. 用いられている規格値は、欧州におけるエネルギー消費量とオランダのエネルギー消費量の比から換算して物質の排出量を求めた値が多く用いられている。したがって、規格値の不確実性は大きい。
- d. エコインディケータ 95での低減係数の算出方法は不明瞭で、あいまいな点が多い。

(2) エコスケアシティ法

1) エコスケアシティ法の概要¹⁾

エコスケアシティ法^{*1}は、1990年にスイスのAhbeらによって発表された統合化手法でありDtT法に基づく統合化手法である。エコスケアシティ法では、現状値には、スイスにおける各物質の年間排出量及びエネルギー消費量を用い、目標値には、科学的根拠により求められたスイスの環境政策目標値（最大許容負荷量）を用いている。

エコスケアシティ法には、分類化及び特性分析は行われず、以下の式に示すように、製品システムが引き起こす環境への干渉^{*2}が「エコファクター」という指標を用いて、直接統合化される仕組みになっている。

$$\text{統合化指標} = \sum (S_i \times E_i) \quad (2.4-2)$$

$$E_i = \frac{1}{T_i} \times \frac{A_i}{T_i} \times C \quad (2.4-3)$$

ここで、 S_i ：製品システムが引き起こす環境への干渉量（g又は cm^3 又は

* 1 : eco-scarcity method

* 2 : environmental interventions

MJ)、 E_i ：エコファクター (g^{-1} 又は cm^{-3} 又は MJ^{-1})、 T_i ：スイスの年間最大許容負荷量 (t/年又は m^3 /年又はTJ/年)、 A_i ：スイスの年間環境負荷実際値 (t/年又は m^3 /年又はTJ/年)、 C ：取り扱いやすい数値にするための無次元の因数 (g あたりに換算する 10^{12}) である。

式 (2.4-3) 第1項の $1/T_i$ は、ある環境干渉について、製品からの誘発量が少量でも最大許容負荷量が小さい場合には、統合化指標が大きくなるという、環境負荷項目自体の重み付けを表している。また、式 (2.4-3) の第2項の A_i/T_i は、ある環境干渉における現在の危機的状況を反映した重み付けを表しており、この場合も製品からの排出量が少量でも、最大許容負荷量が小さい場合には統合化指標が大きくなるようになっている。

エコスケアシティ法によって求められる結果は、法的に許される範囲内での最適化を目指すものとされ、スイスの環境政策で決められた環境基準をその方法論に組み込んでいる。

エコスケアシティ法は、1998年に更新され、各環境への干渉に対するエコファクターが新たに表2.4-11のように算出された。表2.4-11から分かるように、エコスケアシティ法で対象とした各環境への干渉の分類は、以下のとおりである。

- a. 大気圏排出物質
- b. 水圏排出物質
- c. 埋立処理
- d. 放射性廃棄物
- e. 1次エネルギー消費

エコスケアシティ法により検討されている各環境への干渉は、生態系の長期的活動と種の多様性を維持するために、人間・動物・植物などの生物社会に有害に作用するものから守るという観点からとり上げられている。また、埋蔵資源・エネルギー等をできるだけ節約して使用することを奨励しているとみることができる。

エコスケアシティ法では法的に定められている有害物質などが占める割合を環境負荷の基準として採用し、基準以下に下げれば下げるほど、生物環境の維持という目的が達成できるものと仮定している。なお、事故の可能性については、事故リスクから生じる環境への潜在的影響と現在の実際出ている影響を同列に置くことは問題であるという理由から、方法論に加えることは行っていない。

2) エコスケアシティ法の欠点と利点

エコスケアシティ法は、

- a. もともと包装材の評価から始まっている。

■表2.4-11 エコスケアシティ法で用いられる係数

	スイスの年間環境 負荷実際値		スイスの年間最大 許容負荷量		エコファクター	
【大気圏排出物質】						
窒素酸化物	136,000	t/年	45,000	t/年	67	g ⁻¹
二酸化硫黄	34,300	t/年	25,400	t/年	53	g ⁻¹
非メタン揮発性有機化合物	211,000	t/年	81,000	t/年	32	g ⁻¹
アンモニア	70,700	t/年	33,400	t/年	63	g ⁻¹
塩化水素	2,360	t/年	—	t/年	47	g ⁻¹
ふっ化水素	76	t/年	—	t/年	85	g ⁻¹
PM10	36,000	t/年	18,000	t/年	110	g ⁻¹
CO ₂	44,200,000	t/年	15,000,000	t/年	0.20	g ⁻¹
メタン	237,000	t/年	—	t/年	4.2	g ⁻¹
二酸化窒素	11,800	t/年	—	t/年	62	g ⁻¹
R-11 (冷媒)	1,470	t/年	850	t/年	2,000	g ⁻¹
鉛	226	t/年	280	t/年	2,900	g ⁻¹
カドミウム	2.5	t/年	4.5	t/年	120,000	g ⁻¹
亜鉛	630	t/年	1,100	t/年	520	g ⁻¹
水銀	3.3	t/年	—	t/年	120,000	g ⁻¹
【水圏（地表水）排出物質】						
COD	115,000	t/年	140,000	t/年	5.9	g ⁻¹
DOC	—		—		18	g ⁻¹
TOC	—		—		18	g ⁻¹
りん	2,900	t/年	1,200	t/年	2,000	g ⁻¹
全窒素	40,000	t/年	24,000	t/年	69	g ⁻¹
アンモニウムイオン	—		—		54	g ⁻¹
硝酸イオン	—		—		16	g ⁻¹
クロム	38	t/年	240	t/年	660	g ⁻¹
亜鉛	188	t/年	940	t/年	210	g ⁻¹
銅	71	t/年	240	t/年	1,200	g ⁻¹
カドミウム	0.94	t/年	9.4	t/年	11,000	g ⁻¹
水銀	0.47	t/年	1.4	t/年	240,000	g ⁻¹
鉛	33	t/年	470	t/年	150	g ⁻¹
ニッケル	42	t/年	470	t/年	190	g ⁻¹
吸着性有機ハロゲン物質	470	t/年	1,200	t/年	330	g ⁻¹
【水圏（地下水）排出物質】						
硝酸イオン	150,000	t/年	75,000	t/年	27	g ⁻¹
鉛	—		—		2,900	g ⁻¹
銅	—		—		1,900	g ⁻¹
カドミウム	—		—		120,000	g ⁻¹
亜鉛	—		—		520	g ⁻¹
ニッケル	—		—		1,900	g ⁻¹
クロム	—		—		1,300	g ⁻¹
コバルト	—		—		3,800	g ⁻¹
水銀	—		—		120,000	g ⁻¹
トリウム	—		—		96,000	g ⁻¹
モリブデン	—		—		19,000	g ⁻¹
農薬	1,800	t/年	1,500	t/年	800	g ⁻¹
無害化処理埋め立て	3,030,000	t/年	2,430,000	t/年	0.5	g ⁻¹
地下埋め立て	41,000	t/年	41,000	t/年	24	g ⁻¹
低放射性廃棄物	1,190	m ³ /年	600	m ³ /年	3,300	cm ⁻³
高放射性廃棄物	85	m ³ /年	43	m ³ /年	46,000	cm ⁻³
1次エネルギー消費	1,027,000	TJ/年	1,012,000	TJ/年	1.0	MJ ⁻¹

- b. 環境基準等、定量的な指標（法律等に基づく）を必要とする。
- c. 量的、あるいは環境容量不足に関して最も重要な環境負荷項目のみを対象としている。

そのため、上記したように対象環境負荷項目が少ないのが特徴である。

これらのことから、エコスケアシティ法には、a. 数少ない対象環境負荷項目による評価結果の妥当性、b. 選定した環境負荷項目の妥当性、c. 環境基準を使用することの妥当性等に関して検討を要している。

しかしながら一方では、a. 環境基準を使用することによる透明性の確保（分かりやすさ）、b. 対象環境負荷項目が少ないことによる簡易LCAの実現（実施しやすさ）、が利点として挙げられる。

(3) EPS

1) EPSの概要¹⁵⁾

EPSは、スウェーデン環境研究所（IVL）のRydingとSteenが1990年に初期版を開発したもので、その後改良を加え、現在ではSteenによる1996年版が公表されている。EPSの最大の特色は、影響をすべて貨幣価値で評価し、加算して、単一の指標にまで統合することである。その結果はすべて排出や資源消費1 kg当たりのELUという形式で表される。1 ELUはOECD諸国の1 ECUに相当する。EPSも、分類、特性化分析、評価（影響カテゴリ間の重み付け）の3段階から構成される。

環境における因果連鎖の比較的早い段階に、科学的な根拠の明確なカテゴリインディケータを持つような影響カテゴリを定めることを推奨するSETACなどのアプローチに対し、EPSでは、影響カテゴリを因果連鎖のより後ろの段階、つまりカテゴリエンドポイントに近い位置に設定している。保護対象項目*1として、資源、人間の健康、審美的価値、生態系の耐性、生態系の生産能力の五つを選定していたが、これらはSETACの挙げた三つの保護すべき領域（資源、人間の健康、生態系の健全性）とほぼ一致しており、1996年版ではSETACの3領域に合わせて記述されている。影響カテゴリの設定に、こうした保護対象項目側の視点が強く反映されている。また、影響カテゴリの設定に際して、後に評価*2によって単一の指標に統合することを意識した選択が行われている。すなわち、影響カテゴリは、その意味が容易には理解できない物理的・科学的变化を反映させるのではなく、多くの人が日頃実感できるような変化を表現すべきであると主張している。

EPSにおいて選択されている影響カテゴリを、表2.4-12に示す。鉱物資源は物質ごとに別々のカテゴリとして扱う。含有率の異なる同じ鉱物資源（例えば銅）は、純物質質量に換算して集約できるが、異なる物質（例え

ELU : Environmental Load Units

ECU : European Currency Unit、エキュ、欧州通貨単位

* 1 : safeguard subject

* 2 : valuation

■表2.4-12 EPSにおいてとり上げられている影響カテゴリ

影響カテゴリ	内容
資源	鉱物資源：石油（天然ガスを含む）、石炭、銀、アルミニウム、金、ビスマス、カドミウム、コバルト、クロム、銅、鉄、水銀、マンガン、モリブデン、ニッケル、鉛、白金、ロジウム、すず、チタン、ウラン、バナシウム、タングステン、亜鉛、ジルコニウム 再生可能資源：木材、土壌（アルカリ性イオン保存）、農産物、淡水、肉・魚
人間の健康	死亡率、重度の疾病・苦痛、一般の疾病、強い不快感、不快感
生態系の健全性	危機に瀕している種の数

■表2.4-13 EPSでの特性化係数

資源・生産能力							
	木 材	土 壤	農産物	肉・魚	石 油	石 炭	鉄鉱石
ひ素							
カドミウム							
CFC11	-3.60E + 0		2.57E + 0				
メタン	-2.59E - 2		3.36E - 2				
一酸化炭素	-3.18E - 3		3.13E - 3				
二酸化炭素	-1.06E - 3		7.56E - 4				
クロム							
ダスト							
エタン	-1.16E - 2		2.99E - 2				
水銀				1.13E + 0			
硫化水素		7.33E - 1			4.74E - 3	1.46E - 2	3.95E - 2
窒素酸化物	-1.52E + 0	1.10E + 0	1.44E + 0				
一酸化窒素	-3.39E - 1		2.42E - 1				
PAH							
鉛							
二酸化硫黄	-3.82E - 5	3.90E - 1	2.73E - 5		2.52E - 3	7.77E - 3	2.10E - 2
BOD							
COD							
全窒素				-2.00E - 2			
全りん							
人間の健康						生物多様性	
	死亡	重度の疾病・苦痛	一般の疾病	強い不快感	不快感	生態系の健全性	
ひ素	1.00E - 5						
カドミウム	1.20E - 6		2.00E - 3				
CFC11	8.52E - 5	1.07E - 3	1.25E - 3				8.57E - 11
メタン	6.13E - 7	7.72E - 6	7.72E - 6		3.50E - 6		6.17E - 13
一酸化炭素	7.50E - 8	9.45E - 7	9.48E - 7		4.58E - 7		7.56E - 14
二酸化炭素	2.50E - 8	3.15E - 7	3.15E - 7				2.52E - 14
クロム	8.00E - 7						
ダスト	3.64E - 10			6.50E - 8	6.51E - 5		
エタン	2.98E - 6	3.47E - 6	3.47E - 6		5.00E - 6		2.77E - 13
水銀			1.16E - 4				1.16E - 9
硫化水素					1.00E - 3		2.26E - 14
窒素酸化物					6.76E - 4		4.40E - 13
一酸化窒素	8.00E - 6	1.01E - 4	1.01E - 4				8.06E - 12
PAH	8.80E - 3						
鉛				2.91E - 1			
二酸化硫黄	1.50E - 9	1.14E - 8	2.89E - 6		2.88E - 5		1.29E - 14
BOD							5.00E - 15
COD							4.00E - 15
全窒素							2.00E - 13
全りん							5.00E - 13

ば銅と鉛)の間での集約は行わない。再生可能資源は、カテゴリ内では代替可能で、カテゴリ間では代替不可能と考えている。

EPSに用いられている特性化係数を、表2.4-13に示す。大気・水への排出量についてみると、20種類の物質について、影響カテゴリと組み合わせた延べ57種類の影響について、特性化係数が示されている。この際、同物質の同じ影響カテゴリ(例えば死亡)に対する影響であっても、影響の経路が異なる場合には別にカウントし、同じ経路でも影響カテゴリが異なる場合(例えば死亡と疾病)は別にカウントしている。特性化係数を求める際には、影響カテゴリに至るまでにどのような現象(例えばオキシダント生成)を経るかが注記の中で記述されており、これが一般的なライフサイクル環境影響評価における分類化・特性化に相当する。また、温室効果ガスについては、CO₂量に換算した後にCO₂について求めたELU値を乗じるなど、影響の経路の途中に計算上のエンドポイントをおいているようにも解釈できる。明示されていないが、この過程で正規化も行われており、また、影響の及ぶ地理的範囲、影響の継続する時間の長さ(例えばCO₂の温暖化に対する寄与では100年としている)も考慮されている。ほとんどの影響カテゴリについて、世界全体の排出に対する世界全体の影響を求めているが、場合によっては、地域性が考慮されており、スウェーデンでの排出実態とスウェーデンでの影響を求めている場合もある。いずれにしても計算の根拠とした仮定は明示されているものの、その妥当性については慎重な検証を要するものが多い。

特性化分析に続いて、統合評価が行われる。EPSでは主に影響カテゴリとして設定された事象が生じた場合の影響の大きさを、支払い意思額^{*1}を用いて貨幣価値に換算している。EPSでの統合化係数を、表2.4-14に示す。人間の健康に対する影響では、死亡が1件当たり100万ELU、以下、重度の疾病・苦痛、一般の疾病、強い不快感、不快感に対しては1人1年当たり、おのおの10万ELU、1万ELU、1000ELU、100ELUとしている。1ELUは1ECU(約150円)に相当するので、死亡に対して約1.5億円の価値を置いたことになる。これらはCVM(仮想市場評価法)に基づく値である。石油資源、石炭資源については、これらを再生可能資源で置き換えた場合の生産コスト(石油については植物種子油、石炭については木炭の生産コスト)で評価している。金属鉱物資源については、現在及び将来にわたって、現在の鉱山から生産と同等の金属を維持的に得るためのコストの計測を試みている。実際には、このコストは可採資源量の逆数に比例するとして、ある定数をこれに乗じている。また、生産可能資源については、世界的な市場価格(木材はスウェーデンの市場価格)に基づいて貨幣価値を計算している。水が不足している地域での淡水は1kg当たり0.003ELUとしている。これらは輸送に要する

*1 : willingness to pay

CVM : Contingent Valuation Method

■表2.4-14 EPSでの統合化係数

影響カテゴリ	保護対象項目	単 位	統合化係数 (ELU/unit)
生態系の健全性	生物多様性	kg	1.50E+11
肉・魚の減少	生産能力	kg	1
木材成長の減少	生産能力	equivalent	0.025
アルカリ性イオンの減少	生産能力	kg	1.00E-02
水不足地域での淡水不足	生産能力	kg	0.003
農産物の生産減少	生産能力	kg	0.2
死亡	人間の健康	case	1.00E+06
重度の疾病・苦痛	人間の健康	人・年	1.00E+05
一般の疾病	人間の健康	人・年	1.00E+04
強い不快感	人間の健康	人・年	1.00E+03
不快感	人間の健康	人・年	1.00E+02
石油資源の減少	資源	kg	0.5
石炭資源の減少	資源	kg	0.05
銀資源の減少	資源	kg	45,000
アルミニウム資源の減少	資源	kg	0.42
ひ素資源の減少	資源	kg	1,900
金資源の減少	資源	kg	850,000
ビスマス資源の減少	資源	kg	400,000
カドミウム資源の減少	資源	kg	23,000
コバルト資源の減少	資源	kg	136
クロム資源の減少	資源	kg	33
銅資源の減少	資源	kg	57
鉄資源の減少	資源	kg	0.68
水銀資源の減少	資源	kg	40,000
マンガン資源の減少	資源	kg	3.6
モリブデン資源の減少	資源	kg	2,800
ニッケル資源の減少	資源	kg	40
鉛資源の減少	資源	kg	240
白金資源の減少	資源	kg	680,000
ルテニウム資源の減少	資源	kg	3,400,000
すず資源の減少	資源	kg	1480
チタニウム資源の減少	資源	kg	0.602
ウラニウム資源の減少	資源	kg	1260
バナジウム資源の減少	資源	kg	28.3
タングステン資源の減少	資源	kg	2,720
亜鉛資源の減少	資源	kg	49
ジルコニウム資源の減少	資源	kg	20.6

コスト、ないし塩水の淡水化のコストに基づく。生物多様性については、現在の1年当たりの多様性の損失を1,500億ECUとしている。これは、生物多様性維持のためにスウェーデンの政府や民間セクターが支出している金額に基づくもので、人口比で世界全体に外挿している。

2) EPSの利点と欠点

①利点

- ・保護対象が明確に設定されている。
- ・影響を継続期間や影響の及ぶ範囲・被害人口等も考慮したダメージの大きさとして計算している。
- ・すべての影響をELUという単一の単位で表し、かつインベントリ項目に対して1 kg当たりのELU値が与えられているので、影響評価の計算が極めて簡便に行える。
- ・結果が貨幣単位という一つの指標に統合されており、環境への影響を他の価値（例えば対策コスト）と比較することができる。

②欠点

- ・貨幣単位で表されることの利点の裏返しとして、妥当な評価が行われていなければ、結果の誤用を招きやすい。
- ・保護対象に対する各物質の寄与の定量化（特性化分析に相当するプロセス）の方法やそこで用いられたさまざまな仮定について、不明確な点が多いこと、明確に記述されていてもその妥当性に疑問があることから、係数は十分に信頼できるとはいえない（ただしEPSの開発者はその点を認めて誤差の桁を併せて示している）。
- ・特に、スウェーデンにおける価値を世界全体に外挿している点において、「だれにとっての価値をはかっているのか」が不明確になっている。

③利点とも欠点とも判断できない特徴

- ・資源枯渇に対する価値が他の手法と比べて突出して高く評価されている。このため、毒性よりも、物やエネルギーを使わないことが重視された評価となる。
- ・影響カテゴリーの選定は、評価を行うことを前提に行われており、SETACに比べて、因果連鎖のかなり後よりに評価点（エンドポイント）が設定されている。

(4) 永田らによるパネル法の概要

パネル法とは、環境問題の改善について、社会が求める優先順位をパネルやアンケートなどによって直接調査するものと解釈することができる。この方法は、対象とする個人やグループの選好度を決定する、最も単純で主観的な方法とみることができる。専門家のみによるパネル、専門家以外も含めたアンケート調査や関連する調査方法が広義に含まれる。

我が国では、永田らによるアンケートを用いた重み付け手法が開発されて

いる^{10)、16)}。永田らは、表2.4-15に示す七つのグループに対してアンケートを配布し、表2.4-16に示す九つの影響カテゴリに対する重み付けを調査した。回答形式には、a. 順位法：九つの影響カテゴリについて重要と考える順番に順位づけを行う方法、b. 配分法：合計点100点を九つの影響カテゴリに振り分ける方法、c. 階層法：二つのカテゴリを比較して重要度を記入する方法、の三つの方法を用い、影響間の重み付けを行った。その結果、基本的には回答形式によるカテゴリ重要度（重み付け係数）の差異は大きくなく、回答形式は考慮しなくてよいことが分かった。

調査結果の一例として、企業内化学工学一般会員が示したカテゴリ重要度を表2.4-17に示す。なお、アンケート対象ごとに、カテゴリ重要度を

■ 表2.4-15 永田らのパネル手法でのアンケート調査対象¹⁶⁾

グループ	サンプル数
企業内 LCA 実施者	30
企業内化学工学者（環境関連専門家）	48
企業内化学工学者（一般会員）	50
大学生（工学部）	57
大学生（女子大学）	49
大学生（水産大学）	60
環境科学研究者	68

■ 表2.4-16 永田らのパネル手法においてとり上げた影響カテゴリ¹⁶⁾

① エネルギーの枯渇
② 地球温暖化
③ オゾン層の破壊
④ 酸性化
⑤ 資源の枯渇
⑥ 大気汚染
⑦ 水質汚濁
⑧ 固体廃棄物
⑨ 生態系への影響

■ 表2.4-17 企業内化学工学者（一般会員）が示したカテゴリ重要度（重み付け係数）¹⁶⁾

影響カテゴリ	重み付け係数 (平均値)	95%信頼区間における 変動範囲
① エネルギーの枯渇	0.101	0.071 ~ 0.142
② 地球温暖化	0.165	0.120 ~ 0.215
③ オゾン層の破壊	0.114	0.086 ~ 0.147
④ 酸性化	0.082	0.065 ~ 0.099
⑤ 資源の枯渇	0.072	0.052 ~ 0.094
⑥ 大気汚染	0.130	0.101 ~ 0.168
⑦ 水質汚濁	0.126	0.098 ~ 0.160
⑧ 固体廃棄物	0.086	0.065 ~ 0.110
⑨ 生態系への影響	0.124	0.089 ~ 0.166

比較した結果、環境科学研究者と企業内化学工学者（環境関連専門家）ではエネルギー枯渇、企業内化学工学者（一般会員）と大学生では生態系への影響に対する重要度が大きくなっていることが分かった。また、企業内化学工学者（環境関連専門家）と企業内LCA実施者は地球温暖化に対する重要度を、大学生（女子大学）は廃棄物処理問題、大学生（水産大学）は海洋汚染・水質汚濁を比較的重要視している特徴が出た。

永田らは、アンケートにより推定したカテゴリ重要度（重み付け係数）を指標統合化に反映するため、相対ELP法と絶対ELP法の2種類の方法を提案している¹⁶⁾。相対ELP法とは、複数の対象を比較評価する場合に、対象の一つを基準として特性化分析の結果を相対化し、これにカテゴリ重要度（重み付け係数）をかけ合わせて統合化を図る方法である。後述する絶対ELP法と異なり、カテゴリ内の特性化係数が存在するすべての影響カテゴリを扱えるのが特徴である。それに対して絶対ELP法とは、各影響カテゴリごとに規格値を用い正規化を行った値に、カテゴリ重要度（重み付け係数）をかけ合わせて、統合化を図る方法である。影響カテゴリに関連する各物質の年間消費量・排出量の情報が得られない場合、規格値の算出ができなくなるため、扱える影響カテゴリが限定される。しかしながら、評価対象が単独でも統合化指標が得られる特徴がある。

現時点では、我が国の各物質年間排出量に関する情報には限りがあること。統合化指標は、二つ以上の製品を社内で比較評価する場合に用いられることが多いと考えられるため、相対ELP法が有用と考えられる。

なお、パネル法の課題としては、設問に挙げる環境問題の選択や、どの回答者の判断を優先するか、などが挙げられる¹⁷⁾。

●参考文献

- 1) International Organization for Standardization, ISO/DIS 14042 : Environmental Management-Life cycle impact assessment (1998)
- 2) 日本工業標準調査会審議、JISQ 14040 : 環境マネジメントライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み、(財)日本規格協会 (1997)
- 3) H.A. Udo de Haes : Towards a Methodology for Life Cycle Impact Assessment, SETAC-Europe, Brussels (1996)
- 4) R. Heijungs : Environmental life cycle assessment of products, Backgrounds-october 1992, Multi-Copy, Leiden (1992)
- 5) Helias A. Udo de Haes et al. : Best Available Practice Regarding Impact Categories and Category Indicators in Life Cycle Impact Assessment, Int. J. LCA, 4 (2), 1 (1999)
- 6) 気象庁 : 気候変化1995、気候変化の科学 (1996)
- 7) R. Heijungs : Environmental life cycle assessment of products, Guide-October 1992, MultiCopy, Leiden (1992)

- 8) エルンスト・U・フォン・ワイツゼッカー、エイモリー・B・ロビンス、L・ハンター・ロビンス、(佐々木建 訳)：ファクター4、(財)省エネルギーセンター (1998)
- 9) F・シュミット・ブレイク、(佐々木建訳)：ファクター10、シュプリンガー・フェアラク、東京(1997)
- 10) 永田勝也、横田隆一郎、服部君弥、嬉野通弥：LCAにおける指標統合化への試み、廃棄物学会第6回 研究発表会講演論文集、114～117、神戸 (1995)
- 11) BUWAL Schriftenreihe Umwelt Nr.297：Bewertung in Okobilanzen mit der Methode der ökologis- chen Knappheit-Okofaktoren 1997, Bern (1997)
- 12) Robert D. Rowe et al.：The New York Electricity Externality Study, Oceana Publications Inc. (1995)
- 13) 鷺田豊明、栗山浩一、竹内憲司：環境評価ワークショップ、築地書館 (1999)
- 14) Mark Goedkoop：The Eco-indicator 95, Final Report (1996)
- 15) Begnet Steen：EPS-Default Valuation of Environmental Impacts from Emission and Use of Resources, Version 1996 (1996)
- 16) 永田勝也、横田隆一郎、嬉野通弥、前野智春：LCAにおける統合評価手法の開発、第2回エコバラン ス国際会議講演要旨集、147～150、つくば (1996)
- 17) 寺園 淳：ライフサイクルアセスメント—インパクトアセスメントにおける環境影響の重みづけ方法 一、安全工学、35 (6)、399～409 (1996)

2.5 ライフサイクル解釈

* 1 : code of practice

* 2 : goal definition

* 3 : inventory analysis

* 4 : impact assessment

* 5 : improvement assessment

* 6 : interpretation

ライフサイクル解釈（以下「解釈」という）に関しては、ISO 14043として、規格が制定されつつある。ISO 14043は、他の規格と同様、北米及び欧州におけるSETACのLCA活動の影響を大きく受けてきた。SETACが1993年に発表した「実施規則」*¹では、LCAは、「目標及び調査範囲の設定」*²「インベントリ分析」*³「影響評価」*⁴「改善分析」*⁵の四つの要素から成るとしていた¹⁾。しかしながら、ISO標準化作業では、「改善分析」は、インベントリ分析や影響評価の結果がLCA実施に当たって設定した目標及び対象範囲に整合しているかなどの手順の正しさを確認することを含め、それらの分析や評価の結果を改善につなげるのは「結果の解釈」の問題という理解が支配的になった。これには、LCAは環境面の影響を評価する手法であり、それにより得られる結果は経済性、安全性等その他の評価結果との並びの中でLCA実施者が主観的に判断するものとの認識が背景となったようである。その結果、「改善分析」は、「解釈」*⁶という用語に置き換わった²⁾。

解釈では、目的及び調査範囲の設定に従って、インベントリ分析、もしくは影響評価、又はその双方の結果を、意思決定の基礎として要約し説明する。目的及び調査範囲の設定が開始段階であるのに対して、解釈はLCA調査の終結段階とすることができる。ライフサイクル解釈は、製品システムのインベントリ分析、及び／又は影響評価の結論から情報をみつけ、限定し、点検し、評価し、かつ、この調査の目的及び範囲に記載した用途の要求事項を満たすために、その結論を示す体系的な手続きである。解釈は、LCAのより技術的な段階、すなわちインベントリ分析及び影響評価の結果に、意思決定者にとって分かりやすく有用な形で、信頼性を与えるために設計されたコミュニケーションのプロセスである³⁾。つまり、解釈は、意思決定者への情報提供方法に焦点を当てた規格であり、a. いかにしてプレゼンテーションするか、b. どれだけ結果に信頼性があるのか、を示すものと位置づけることができる。

なお、ISO 14043に記載されているように、この国際規格は、LCA調査又はインベントリ分析の解釈段階についての特定の方法論を記述するものではない。選択肢が数多くあり、適切な単一の手法は存在しないからである。したがって、本章における解釈手法の記述についても、ISO 14043に沿いながらも著者の主観的な手法がとり上げられていることを付記する。

2.5.1 | ライフサイクル解釈の目的

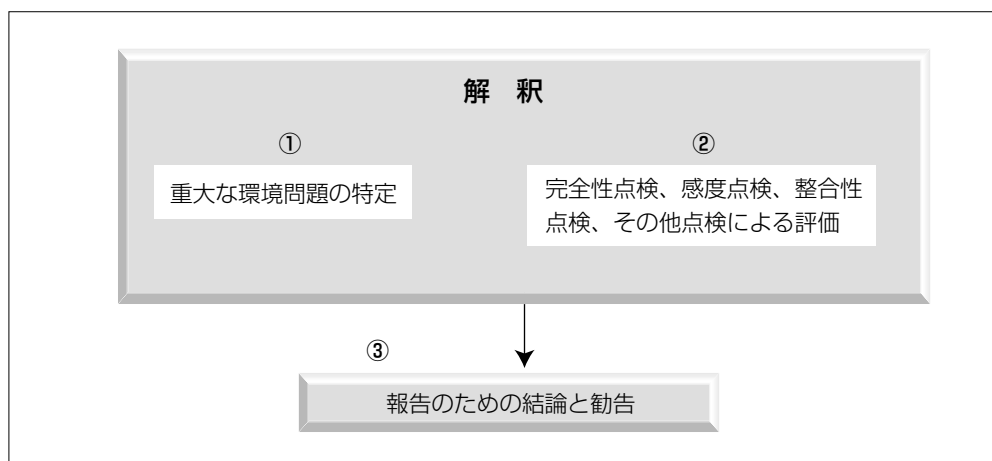
解釈の目的は、ライフサイクルインベントリ又はLCA調査に対する結果の分析、報告をすること、結論に達すること、限界を説明し、勧告をすることにある。このことにより、調査の目的及び範囲の設定に従って、ライフサイクルインベントリ又はLCA調査の結果について容易に理解でき、完全で、かつ一貫性のある表現を提供する。

2.5.2 | ライフサイクル解釈の諸工程

LCA又はライフサイクルインベントリ調査の解釈段階は、図2.5-1に描いた以下の三つの工程から成る。

- a. LCAの別段階（インベントリ分析、ライフサイクル環境影響評価）の結果に基づく重要な環境問題の特定
 - b. 評価
 - c. 重要な環境問題に関する結論、勧告及び報告
- 以下、それぞれの工程について説明する。

■ 図2.5-1 ライフサイクル解釈における三つの工程



(1) 重大な環境問題の特定

1) 目的と要求事項

この工程の目的は、目的及び調査範囲の設定に沿って重大な環境問題を決定するため、インベントリ分析、及び追加導入された場合影響評価段階から得た情報を体系化することである。環境問題は、入力であり出力であ

る。すなわち、インベントリ段階の結果であり、環境指標すなわちライフサイクル環境影響評価を実施した場合は影響評価段階の結果である。重大な環境問題は、目的及び調査範囲の設定に沿った調査についての最も重要な結果を表していることが分かる。

情報確認のプロセスは、調査の目的と範囲に関連して実施し、評価段階と相互に関係させながら実施しなければならない。それには、前の段階（インベントリ分析、影響評価）において適用した、配分規則、足切りの決定、カテゴリインディケータ及び特性化分析手法の選択などの検証を含める。

2) 情報の確認及び体系化

情報の体系化を行うに当たり、以下の情報の確認が必要である。

- ・インベントリ分析における配分規則など手法の選択及びシステム境界
- ・目的及び調査範囲の設定において明確に定義されなければならない、実施する調査における価値体系
- ・目的及び調査範囲の設定において用途と関連づけて明確に定義されなければならない、各種利害当事者の役割と責任

続いて、情報の体系化を行う。ここでは、別段階（インベントリ分析、影響評価）の結果を使用可能な形にまとめ、データ品質に関する情報を含める必要がある。その結果は、適切な方法で体系化することが望ましく、例えば、ライフサイクルの各段階に応じて行うか、輸送、エネルギー供給、廃棄物管理などを含む製品システムにおける各種プロセス若しくは単位操作に応じて行う。これは、入力と出力及び／又は環境指標についてのデータリスト、表、棒グラフ等の形をとることができる。その結果、この時点で利用できるすべての情報をさらに分析できるように収集し、統合できる。

表 2.5-1、表 2.5-2 に、一例として、冷蔵庫のライフサイクルにおける大気圏排出物質排出質量の試算結果を、段階別、排出源別にまとめたもの

■ 表 2.5-1 冷蔵庫のライフサイクルにおける大気圏排出物質排出質量試算結果と各段階の排出割合

大気圏 排出物質	総排出質量 (kg)	各段階の排出割合 (%)		
		製造段階	使用段階	廃棄段階
CO	1.8	7.7	91.8	0.56
CO ₂	4,260	4.9	95.0	0.06
C _x H _y	0.23	28.7	69.2	2.2
HF	0.000064	19.2	80.8	0.01
N ₂ O	1.2	4.0	96.0	0.02
NO _x	13.3	4.2	95.6	0.2
ダスト	1.2	5.6	94.3	0.18
SO ₂	3.6	7.0	93.0	0.09

■ 表 2.5-2 冷蔵庫のライフサイクルにおける大気圏排出物質排出質量試算結果と発生源別排出寄与率

大気圏 排出物質	総排出質量 (kg)	発生源別排出寄与率 (%)			
		電力	海上輸送	陸上輸送	その他
CO	1.8	92.2	1.0	5.6	1.1
CO ₂	4,260	93.9	2.9	0.37	2.9
C _x H _y	0.23	63.2	7.5	21.9	7.4
HF	0.000064	82.1	0	0	17.9
N ₂ O	1.2	93.3	4.2	0	2.5
NO _x	13.3	96.0	1.1	1.9	0.97
ダスト	1.2	91.8	4.4	1.7	2.1
SO ₂	3.6	65.7	32.2	0.56	1.6

を示す。

3) 重大な環境問題の決定

別段階（インベントリ分析、影響評価）で得た入力及び出力についての知識が、調査の目的及び範囲の要求を十分満たすことができると決定された場合、これらの入力と出力の相対的重要性を決定しなければならない。インベントリ分析及び影響評価の両段階からの結果を、この目的に使用する。このことは評価段階と相互に関連づけながら実施することが望ましい。

環境問題の特定及びその重要性を決定する具体的アプローチ、方法、及びツールには、種々多様なものがある。これらの方法は、引き続き開発され、LCAの方法論の一助となり得るが、通常はLCA調査の一部として統合されることはない。比較主張を目標とする調査では、解釈は、ISO 14040及びISO 14042の該当条項に準じて行わなければならない¹⁾。

(2) 評価

評価工程の目的は、LCA調査結果の信頼性を確立し、解釈の第1工程で特定された重大な環境問題の信頼性を確立することである。この結果は、この調査の結果についての明確で理解しやすい結果を、委託者又は利害関係者に与えるような形で示すことが望ましい。

評価は、目的及び調査範囲に従って行わなければならないが、この調査の最終的利用方法を考慮することが望ましい。

この段階での解釈は、次の最小限三つの要素の中で提示された事実及び計算結果によって補強しなければならない。

- a. 完全性点検
- b. 感度点検
- c. 整合性点検

なお、評価は、さらに次の結果により補足される。

- d. 不確実性分析
- e. データ品質評価

以下、それぞれの要素について記述する。

1) 完全性点検

完全性点検においては、欠けている情報に関する検討を行う。

何らかの情報が入手できないか、又は不完全と判明した場合、かかる情報が調査の目的及び範囲の設定を満たすのに必要か否かについて考慮しなければならない。この情報が不要と考えられる場合、その理由を記述することが望ましい。その後、評価に進めることができる。

何らかの欠けている情報が、最も重大な環境問題を決定するために必要だと考えられる場合には、別段階（インベントリ分析、影響評価）を改訂するか、もしくはそれに代えて目的及び調査範囲の設定を調整することが望ましい。この所見と根拠づけについて記録しなければならない。

2) 感度点検

感度点検の目的は、

- ・別段階（インベントリ分析、影響評価）で実施した感度分析及び不確実性分析の結果を再吟味する。
- ・最も重要な問題と特定された環境問題が、調査の目的及び調査範囲で述べた許容変動範囲を超えていないかを評価する。

ことにある。これらのパラメータの安定性とパラメータに対応した結果の有効性を点検する。

調査の目的及び範囲並びに、インベントリ分析及び影響評価の結果に応じて、感度点検法は、詳細に行う場合と簡単に行う場合があり得る。

感度点検で、分析、再吟味、考慮する因子は、

- a. 調査の目的及び範囲
- b. LCAの他の段階からの入力
- c. 専門家の判断及び従前の経験

により決定する。それらにより、詳細でかつ（又は）正確な感度分析を行う必要があるかどうか決定される。

定量的感度分析の実施には二つの手法がある。

- a. シナリオパラメータ（データ範囲、前提条件の範囲、最善／最悪ケース）の選択、シナリオの実行、及び結論を変更するか否かの決定
- b. 結論を変更させる可能性のある評価段階からの各出力に対する終点の計算、及びこれらの値が現実的かどうかの決定（比較主張をする場合）

3) 整合性点検

整合性点検の目的は、調査全体を通じて使用する方法、手順、及びデータ処理の整合性について十分な点検をすることである。以下の点を点検する。

- a. 地域及び／又は時間にかかわる差別化（ある場合）が一貫して適用されているか。
- b. 配分規則及びシステム境界が調査対象のすべての製品システムに一貫して適用されているか。
- c. フォアグラウンド及びバックグラウンドプロセスの間に統一的差別化（ある場合）が一貫して適用されているか。
- d. 影響評価指標の品質及び環境関連性の間の差異と変異を一貫して考慮しているか。
- e. 重み付け（実施する場合）が、記述された価値又は判断システムに従って一貫して実施されているか。

(3) 結論、勧告、及び報告

解釈の第3工程である「結論、勧告、及び報告」の目的は、LCA又はライフサイクルインベントリ調査を報告するための結論と勧告に到達することである。

1) 結論への到達

調査から結論を引き出すには、解釈段階の他の工程と相互関連づけて行うことが望ましい。結論への到達に至るまでのプロセスの論理的順序は、次のとおりである。

- a. 重大な環境問題の特定
- b. 方法論と結論の完全性、感度及び整合性の評価
- c. 結論が、調査の目的及び範囲の要求事項、特にデータ品質の要求事項、前もって定義した前提条件並びに価値、及び適用分野の要求事項との整合性がとれているかどうかの点検
- d. 整合性がとれている場合、最終結論として報告するか、あるいはもし整合性がとれていない場合は、上記a. ～ c. のいずれか該当するものに戻る

2) 勧告

調査の目的及び範囲にふさわしい場合、意思決定者に対する具体的勧告をすることが望ましい。勧告は、調査の最終結論に基づいて行い、結論についての論理的で、合理的な結果を反映するものでなければならない。

3) 報 告

報告は、ISO 14040に詳述するような調査についての完全かつ公正な根拠を示さなければならない。解釈段階を報告する場合、採用した価値や決定、論拠、及び専門家の判断に関して、完全な透明性を厳守しなければならない。

●参考文献

- 1) Frank Consoli et al. : Guidelines for Life-Cycle Assessment ; A 'Code of Practice', Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Brussels & Pensacola (1993)
- 2) 須田 茂 : LCAの現状とLCAフォーラムの活動、環境管理、33(4), 1~6 (1997)
- 3) International Organization for Standardization, ISO/CD 14043-2: Environmental Management-Life cycle impact assessment-Life cycle interpretation (1997)

2.6 報告、クリティカルレビュー

2.6.1 報告

前節までで、LCA実施の一般的な枠組みに沿って、各構成段階での具体的な実務内容を説明した。このような手続きによって得られたLCA結果を、報告対象者に示すためになされるのが報告であり、そのために作成されるのが報告書*1である。

LCAを実施して、その結果を報告するわけであるから、どのような書式であれ、実際にLCAを実施した経過と得られた結果を書き記せば、基本的にはそれが報告書となる。ただ、ISO 14040では、第三者の報告書の場合として、その内容項目を要求事項にまとめている。共通の書式として使えることも考え合わせ、ここではISO 14040に従って、一般的なLCA報告書の構成と内容項目を表2.6-1に示しておく。

表2.6-1から分かるように、前節までで説明した順に、具体的に得られる結果や成果物（インベントリ分析結果、影響評価結果のグラフや表など）をまとめたものが報告書になる。

報告書では、どんなLCA結果になったかを記すことが大切なのはもち

* 1 : reporting

■ 表2.6-1 LCA報告書の内容項目

- | |
|---|
| <p>(1) 一般的項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ① LCAの責任者、LCAの従事者（内部又は外部） ② 報告の日付け ③ 調査がこの規格の要求事項に従って実施されたことを示す記述 <p>(2) 目的及び調査範囲の設定</p> <p>(3) インベントリ分析：データ収集及び計算手順</p> <p>(4) 影響評価：実施された影響評価の手法及び結果</p> <p>(5) LCA結果の解釈</p> <ul style="list-style-type: none"> ① LCAの結果 ② 手法とデータとに関連する結果の解釈に対しての、前提条件及び限界 ③ データ品質の評価 <p>(6) クリティカルレビュー</p> <ul style="list-style-type: none"> ① レビュー実施者の氏名及び所属 ② クリティカルレビュー報告書 ③ 提言に対する対応 <p>(注) 比較主張の場合は、次の点についても報告書に記載しなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 物質及びエネルギーフローの取捨選択の根拠となる分析 ② 使用したデータの精度、完全性及び代表性の評価 ③ 比較されるシステムの同等性についての記述 ④ クリティカルレビューの過程についての記述 |
|---|

ろんであるが、より重要なのは、「目的と範囲の設定」部分の記述である。表2.6-1では簡単に1行の表示であるが、その内容はかなりの分量になる。

しかし、面倒くさがらずに、目的と調査範囲の設定部分を明確に記述することはLCAにおいては極めて重要なことである。記述レベルとしては、その範囲内であれば、だれが実施しても同じ結果・結論を得ることができるという程度でなければならない。そして、実施したLCAを限定できるよう、前提条件、仮定、データの質、限界などを明確に記述する。このことによって、実施したLCAの客観性や再現性が確保され、LCA結果の信頼性を高めることになる。

以上のような注意をして作成された報告書であれば、規格に適合するのは当然として、第三者へのLCAに対する理解を高めると同時に、LCA普及の重要なツールにもなる。LCA調査事例として、このような報告書が蓄積されていけば、LCAの有効性に対する認識も向上し、利用範囲の拡大がさらに期待できるものと思う。

2.6.2 クリティカルレビュー

これまでLCAをどのような手順で実施するかを、できるだけ実務レベルに沿って説明を進めてきた。このようにして得られたLCA結果は、最後の段階で何らかの形で評価される。

得られた環境負荷の分析結果や、環境影響評価結果の数値や精度の信頼性を評価したいところである。しかし、実際には、それらの数値自体を厳密に評価して、精度がいくら、誤差が x (%)以内であるとかの結論を出そうとしてもあまり意味のあることのように思えない。というのも、LCA調査結果で得られた分析値の数値や、その精度自体が単独でどの程度の意味を持つかについては疑問があるからである。

それは一つには、LCAで評価される対象に真の理想的な姿があり、それに対してLCAの真の解が存在するということが、とても考えられないからである。

LCAは設定した仮定や、前提条件、限界の範囲内で得られる限りの正しい解を導き出そうとする手法であるから、その評価結果は使用される目的に対応し、又は設定された仮定や前提条件の範囲内でのみ意味あるものとして議論されるべきである。当然得られた数値、その誤差や信頼性は設定された目的に対応し、又は仮定や前提条件の範囲内で十分かどうかを評価・審査する。

このようなLCA結果の性格を考えて導入されたのが「クリティカルレ

ビュー」*1である。したがって、クリティカルレビューは、LCAの目的に対応してその調査の実施方法自体が適切であるかどうかを審査し、その範囲内で得られた結果が目的に対して正しいか、あるいは信頼性があるかどうかを評価・審査する。

* 1 : critical review

このようなLCA結果の評価システムとしてのクリティカルレビューに対して、ISO 14040では、次の3種類のクリティカルレビューを設けている。

①内部専門家レビュー

クリティカルレビューは、LCAを実施した組織の内部で行ってもよいが、その場合には、LCA調査とは独立の、内部専門家が実施しなければならない。この専門家は、この規格の要求事項に精通し、必要な科学的及び技術的な専門知識を有することが望ましいとされている。

レビュー文書は、LCA調査を実行した者が作成した後、内部の独立した専門家がこれを審査する。またレビュー文書は、内部の独立した専門家がすべてを作成してもよく、この文書は、LCA調査報告書に含めなければならない。

②外部専門家レビュー

クリティカルレビューは、LCAを実施した組織の外部で行ってもよく、その場合には、LCA調査とは独立した、外部専門家が実施しなければならない。この専門家は、やはり規格の要求事項に精通し、必要な科学的及び技術的な専門知識を有することが望ましいであろう。

レビュー文書は、LCA調査を実行した者が作成した後、外部の独立した専門家がこれを審査するが、その専門家によるすべてのレビュー作成も許されている。

レビュー文書、LCA従事者のコメント及びレビュー実施者の提言への対応は、調査報告書に含めなければならない。

③利害関係者によるレビュー

外部の独立した専門家が、当該LCA調査の責任者によってレビュー委員会の委員長として選任される。その際、レビューの目的、範囲及び予算に基づき、委員長は独立した適格なレビュー実施者を委員として選定する。

この委員会には、LCA調査から得られた結論によって影響を受けるほかのステークホルダー、例えば政府機関、非政府団体又は競合者を含めることがある。

レビュー文書及びレビュー委員会報告書は、専門家のコメント及びレ

ビュー実施者、又は委員会による提言へのすべての対応とともに、LCA調査報告書に含めなければならない。

クリティカルレビューは、必ずしも実施しなければならないLCAの必須要素ではない。しかし、このクリティカルレビューを経ることによって、LCA調査の基盤を確認し、高い信頼性を伴って第三者あるいは外部へ提示することが可能となる。

LCAの応用、今後の発展

3.1 LCAの応用

3.1.1 その背景と適用の範囲

この数年LCAを主導的に進め、またISO 14040制定に当たっても当初から積極的に協力し、そのイニシアティブをとろうとしてきたSETACによるLCA基本枠組みの中には、LCAの最後の段階として改善評価という項目があった。これに対して、産業界が中心となって進めるISO 14040の審議過程では強い反対論があり、最終的にこれはLCA結果の解釈段階に改められた。さらに製品の評価や設計改善などLCAの結果に基づくアクションは、ISOのいうLCAの後段階（LCAは評価のみまでであって、その結果、設計したりプロセス改善するのは、「LCA」の範囲に入らない次のステップである）という位置づけで決着をみたが、これは製品製造者の立場からみたLCAの意義を明確に示したものである。

この背景には、LCAによる改善評価という用語を認めると、他の要因をすべて排除した絶対尺度として利用されかねず、その用語は不穏当であるとする製造者側の危惧の念が強く働いている。周知のようにLCAは、製品の使用後の処理過程や製造段階の環境への排出など、現在の経済枠組みでは市場欠落部分といわれる外部不経済を積極的に評価して、その環境影響を明示的、定量的に示すものである。これによって製品製造、選択時点でこの要素を配慮するための基礎情報を提供して、これらの要素も同時に考慮した適正な選択を促すというところにその本来の趣旨がある。

SETACは、まさにこの一部の環境影響部分に特化した研究促進組織であって、この立場はよく理解されるにしろ、需要と供給のバランスの上に立つ経済性を無視できない産業界としては、LCAが製品決定、あるいは評価のすべてであるという表現は受容しがたい。このように現実の経済社会における行動ではあくまでもLCAを製品評価の一要素、一局面にとどめるべきであり、それがまた現実を正しく反映しているという認識から、

ISO 14040のLCAの位置づけが定まったものである。したがって、本Chapterの主題であるLCAの応用とは、まさにLCAの数量的結果、情報を現実の意思決定にどのように利用するかといったことを扱うことになる。この際、当然ながら製品の本来の機能や性能を無視した議論は意味がないので、製品比較においては同一機能の比較を絶対条件にすることや、これが異なる場合にはより広い範囲を包含してライフスタイル全体、あるいは新技術の総合的な評価などの広範かつ包括的なレベルで評価することが必要となる。要するに何を対象にどこまでを比較代替の候補と考えるか、という点を明確にした評価が必要なことを特に強調したものである。

以上の経緯を経て、最終的にはJIS Q 14040 (ISO 14040) の“LCAの構成段階”は同4.2項にある図(図1.3-2参照)に要約される形で合意に達した。この図には、枠組みの外にあるLCAの用途として、具体的には、

- a. 製品の開発及び改善
- b. 戦略立案
- c. 政策立案
- d. マーケティング
- e. その他

の5項目が挙げられている。またこの規格の序文の中では、LCAが支援できる項目としてやや詳しい記述があるが、それらは、

- ・製品のライフサイクル中の種々の時点における環境側面の改善余地の特定
- ・産業界、政府又は非政府機関(NGO)における意思決定(例えば、戦略立案、優先順位の設定、製品もしくは工程の設計又は再設計)
- ・測定技法を含む環境パフォーマンスの適切な指標の選択
- ・マーケティング(例えば、環境主張、環境ラベル制度、又は製品の環境宣言)

の4項目である。

この中で直接的なLCAの応用として今多くの関心を集めているのは環境適合設計、環境ラベル、環境パフォーマンス評価(EPE)への定量的環境負荷表示の計算手段を提供し、その後の行動の環境改善効果などを定量的に与えるといった分野である。この中で後の2者はISO 14000制定作業の当初からの対象であったが、環境適合設計はそのアクションとしてより積極的な分野であって、ISOの中で標準化の動きのある分野である。その定量的評価手段としてLCA、あるいは少なくともLCA的概念が当然利用可能と考えるのが一般的であり、これを配慮した設計、製品使用の決定の手順などの標準化の必要性が議論されている。これらは本来のLCAの応用といえるものである。

LCAを含む14000シリーズの規格の定義の中では“製品”という言葉は製品並びにサービスを含むものと了解されている。したがって、製品システムとしては単なる製品ばかりではなく、種々の組織、例えば企業、工場、各種の行政機関、教育機関、医療機関等が生産する各種サービスをも対象とすることが可能である。その過程では当然、上記のような各種の組織や機関そのものが発生する環境負荷をLCAの対象にすることもできる。これは本来EPEの領域であるが、基本的にLCAとは製品の生涯サイクルを通しての環境負荷の積算収支であり、EPEでは個別各段階で組織内の経済活動に限定した環境負荷の評価であるから、これは当然製品LCA計算におけるコンポーネントに相当する。

つまりLCAを“ある対象”の“ライフサイクルを通じた入力、出力、及び潜在的な環境影響のまとめ並びに評価”（JIS Q 14040の3.9）のための手法としてとらえれば、製品システムの場合と全く同様に、これらの組織体や機関のEPEにも応用できる。

さらに視野を拡大すれば経済システム全体、新素材や技術と関連諸産業への影響、さらには都市計画や技術政策などの各種政策の環境影響評価など、ISO 14040が対象とする範囲外ではあるが、広範な視野から一つのアクション、あるいは政策を環境面から評価することも可能である。本来LCAによる環境影響評価技術では、a. 評価対象のライフサイクル全体、b. 物質とエネルギーのInputとOutputの全体、c. 環境影響項目の全体、の3次元における積算の総体による評価という点に特徴がある。しかしながら、上記のような拡大したLCAの適用に際しては、必ずしもこの三つの評価次元が厳密に適用できるとは限らない。このような意味で、これらはもはや厳密、かつ透明な積み上げ計算は困難であるが、このような概念的モデルによる“LCA的アプローチ”、あるいは“LCA配慮”などの概念は今後重要な評価基準となることは避けられないであろう。

このようにLCAの応用を考える場合には、視野を広げて対象を広くとらえ直すことによって、LCAの効用を拡大していくことも重要なことである。

3.1.2 比較・選択への応用の際の留意事項

3.1.1では、製品の設計・改善、政策・戦略の立案・決定、適切な指標の選択、マーケティング、という文言がみられるが、これらはいくつかのオプションを比較して、その中から最適なものを選択・決定する行為であることが分かる。LCAの応用の場においてはこのようにLCAのデータによる比較と、それに基づく選定・決定が不可欠の機能となってくる。

LCAの手法論や規格の中では、まず第一に、a. 正確で正しいデータを獲得するための手法、が論じられているのはもちろんであるが、同時に、b. 適正な比較を可能とするための手法、が議論されている。しかし、同時にLCAの計算や評価の持つ特殊な事情もたらす手法開発の課題がある。その一つはある製品に注目したとき、直接的及び間接的にその製品に及ぼす環境負荷のネットワークが非常に複雑で大きいということである。しかもこのネットワークの中で個別の要因の負荷が、手法が新しいためにまだ把握（計算）されていないという事情がある。このような状況でLCAを実行しようとする、c. 何らかの推定値を使わざるを得ないし、d. 計算結果の効果と精度を勘案して計算を簡略化する手法を採用する等の検討がLCAの手法論の中に含まれている。a. 及びb. と、c. 及びd. とは明らかに補完関係にあることはいうまでもない。したがって、LCAの応用に際してはこのような事情を十分考慮した適用に心がける必要がある。

特に上記b. については、適正な比較ができるように測定条件等が実際に設定されていることが重要であるが、同時にその設定内容が結果とともに開示されるという、いわゆる“透明性”の重要性が規格や方法論の中に述べられている。これはおそらくLCAの普及の初期段階で十分な比較可能性の担保されないデータが、都合のよい解釈とともに報告されるケースが多く、LCAに対する不信感のもととなったということも理由の一つであろう。いずれにしても実質的に比較可能性を保証する計算条件の設定そのものが、LCAの応用にとっては重要であって、この条件設定が不完全であっても、透明性さえ確保されればよいとするわけにはいかないのである。ここが単にLCAの計算だけを行う場合との違いである。

このような考察を踏まえて実際の事例にLCAを適用すると、実はこの比較可能性の確保ということが意外に難しいことが分かる。

例えば、LCAデータの比較は製品単位ではなくて、製品の機能単位で行うべきである。比較的単純な製品、例えば瓶とか紙などでは、製品の機能単位を決めることは可能であろうが、複雑な機能の製品になると大変難しいことになる。また機能単位を決めて環境負荷を計算しても、製品を購入するときは機能単位ではなくて1台、1個という単位でしか取り引きできない。この取引で受け取る環境負荷は、機能単位について計算した負荷と同じものではないという事情がある。したがって、結局はその業界で慣行として用いられている製品分類に従うことになり、データの比較可能性にあいまいさを持ち込むことになるのである。

もう一つ例を挙げると、ある製品をとり上げた場合、同一製品でもいわゆる自社生産の比率は生産者ごとに異なっているのが当然である。したがって、計測値の積み上げによるデータが得られる部分としての境界が企業

ごとに異なってくる。あるいは境界を同一にすると、企業ごとに推定値の入り方が異なってくる。ここにも比較可能性にあいまいさが生まれてくる余地がある。

LCAの手法からすれば、このような計算の手順と前提条件のすべてと、データの品質に関する評価を開示することを要件としている。しかし、このことはいわば“言い訳”としての開示であって、比較可能性を回復できるわけではない。したがって、LCAを実際問題に適用していくときは、このようなあいまいさの程度をいかに小さくするか、しかも実践的な手段の中でそれを実現することが大事になってくる。

このほかに積み上げ法によるデータを得るためには、技術的合理性だけでは判断できない条件を、ある種のルール化によって決定しておかなければならないものがある。例えばアロケーションの配分基準を何にするかは、LCA手法としては、いずれかをとってその旨を明記しておけばよいが、実用を考えた場合は当然比較対象範囲に関しては同一の方法を用いていなければならない。場合によると、企業間、産業セクター間で共通のルールが決められなければならない。

3.1.3 実践的取り組み

(1) 環境ラベルへの応用

商品が使用者の手に渡るまでの環境負荷は、商品を店頭で観察したり、購入して使用してみるだけでは使用者には分からない。環境適合製品を選択するには、この環境負荷に関する情報が購買者に開示されることが必要である。環境ラベルはこのような意味で、環境に配慮した商品が優先的に選択され購買されるための環境負荷の目印、指標となるものである。

ISOでは3種類の環境ラベルが議論されており、世界の市場においても実際に使用されている（表3.1-1）。

これらの中でタイプⅢのラベルは、最も新しいものであり、合否の判定情報を含まないで定量的な環境負荷のデータを示すだけにとどめ、データのみで環境配慮の程度を判断するのは購買者、消費者に任されている点に大きな特徴がある。

（社）産業環境管理協会は、学識経験者や産業界専門家等による検討会や産業界との協議を経て、日本においてもタイプⅢラベルを導入するべきであるとの判断に達し、2次にわたる試行プログラムを経て、2002年6月から、「エコリーフ（Eco Leaf）」の名称で本格運用を開始した。その内容やデータはホームページ（<http://www.jemai.or.jp/japanese/ecolabel>）に

■ 表3.1-1 ISO標準化における各種の環境ラベル

ISOの名称	特徴	内容
タイプⅠ	第三者認証による環境ラベル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第三者実施機関によって運営。 ・ 製品分類と判定基準を実施機関が決める。 ・ 事業者の申請に応じて審査して、マーク使用を認可。
タイプⅡ	事業者の自己宣言による環境主張	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製品における環境改善を市場に対して主張する。 ・ 宣伝広告にも適用される。 ・ 第三者による判断は入らない。
タイプⅢ	製品の環境負荷の定量的データの表示	<ul style="list-style-type: none"> ・ 合格／不合格の判断はしない。 ・ 定量的データのみ表示。 ・ 判断は購買者に任される。

公開されているが、ここではLCAの応用の一例としてその概要を説明する。

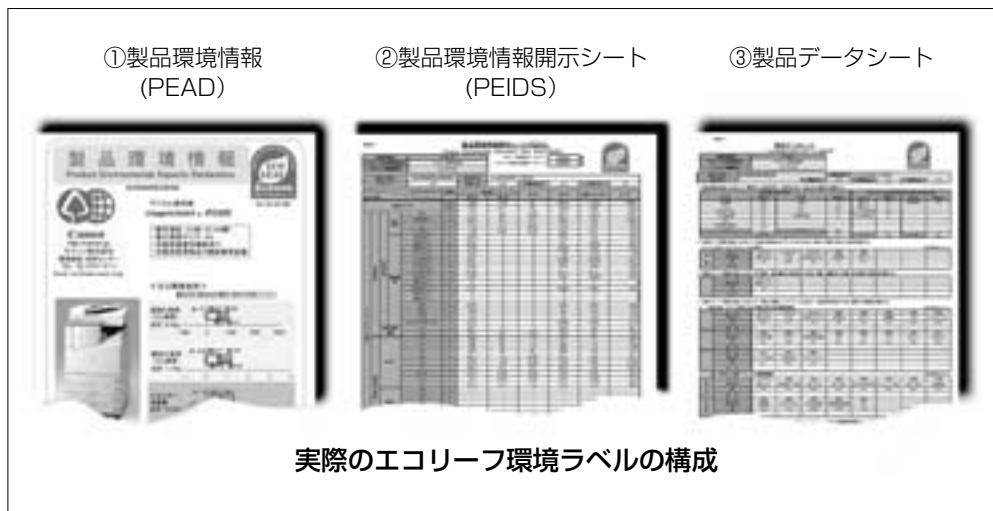
タイプⅢラベルは、他のタイプが既に国際規格化されているのに対して、技術報告書（TR 14025）にとどまっていたが、2002年11月の国際投票により規格化が決定した段階で、スウェーデンに続いて、日本と韓国で運用が始まっている。各国のラベル制度には、それぞれの特徴があるが、定量的環境情報はLCA手法に基づいたものとする点は共通であり、エコライフでも、CO₂排出量等のインベントリ分析結果が基本データとして利用されている。

これらのデータは判断基準や判断自体を含まないものではあるが、購買者・消費者側での判断の基礎となることが十分予想できるものであり、したがって、比較可能性を追求し、それを保証すべきものである。また、製品の環境影響は複数の因子の総和として評価されるべきものである。そのためには、インベントリ分析に用いるデータベース（原単位）の量と質、さらには、環境負荷を一つの指標で示す影響評価の統合化技法の開発が課題となっている。これらは、経済産業省LCAプロジェクト等で、精力的に研究・開発が進められており、長期的努力により、着実に課題が解決される方向にある。

したがって、タイプⅢラベルは、現状では精度の高い製品間比較は難しいが、「エコライフ」では、LCA計算上の基準を可能な限り統一するための、基準（製品分類別基準）を設定する等の制度的工夫により、その相対的比較の精度を高める努力も行っている。当面は、企業の環境配慮姿勢を示す定量的な環境負荷情報の開示に重点をおいて活用し、LCA研究の進展と並行して開示データの透明性と客観性を高めて、着実に、比較可能性を追及していくべきであろう。

エコライフでは最初に、これらの製品や企業固有のデータを「製品データシート」として収集作成する（図3.1-1）。次に、そのデータとLCA原単

■ 図3.1-1 エコリーフ環境ラベル



位（エコリーフ内では共通）を用いて、インベントリ分析表（製品環境情報開示シート）を作成する。さらに、そのデータを、特性化係数（エコリーフ内では共通）を用いて温暖化負荷及び酸性化負荷等を計算し、製品情報等も含めて、利用者にとっての分かりやすさに配慮した「製品環境情報」を作成する。これら3種のシートをまとめて、インターネット（各企業及び（社）産業環境管理協会）、製品カタログ、環境報告書、製品外装等に開示している。

エコリーフの公開データの精度は、LCA研究の進展による原単位や、特性化係数の精度向上にリンクして向上していく性格のもので、両者は密接に関連しながら発展していくであろう。

(2) 環境効率 (eco-efficiency) 評価への応用

政策決定のためのツールとして、LCAが利用されて政策提言を実施している欧州での例（「Assessing the eco-efficiency of plastics packaging waste recovery」1999 APME）を紹介する。

欧州のプラスチック業界は、プラスチック製品の適切な処理の技術開発を行うとともに、その処理策の最適な選択により、プラスチック製品の環境負荷を最小にすることに注力してきた。廃プラスチック処理に関する技術評価と、技術の環境影響評価を通して開発した環境効率の評価は、LCA評価と経済性評価をドッキングした手法であり、合理的政策決定において有効な考え方を示すものである。

将来の廃棄物対策戦略策定と合理的な政策決定に資するため、欧州におけるプラスチック容器包装廃棄物の処理策オプションを評価した。評価対象の廃プラスチックは、1997年における一般廃棄物容器包装並びに産業

廃棄物輸送容器を対象とした。対象廃プラスチックの構成を表3.1-2に示す。また、評価に当たっては1997年の現状データをベースに表3.1-3のような処理策を用いて埋め立てを回避する四つのシナリオ(表3.1-4)を策定し検討を行った。

■ 表3.1-2 1997年プラスチック容器包装廃棄物の構成

容器包装廃プラスチック		内容
一般廃棄物・プラスチック容器包装	70%	PE/PPフィルム ……47.1% PE/PPボトル & 成型品 ……19.1% PETボトル & 成型品 ……13.1% PS/EPS ……10.9% PVCフィルム ……3.9% PVCボトル & 成型品 ……5.9%
産業廃棄物・産業輸送容器	30%	PE/PPフィルム ……57.3% PE/PPクレート&パレット ……26.5% PE/PP その他成型品 ……10.0% PS/EPS ……6.2%

(注) PE：ポリエチレン、PP：ポリプロピレン、PET：ポリエチレンテレフタレート、EPS：発泡ポリスチレン、PVC：ポリ塩化ビニル、PS：一般ポリスチレン
クレート：通い箱

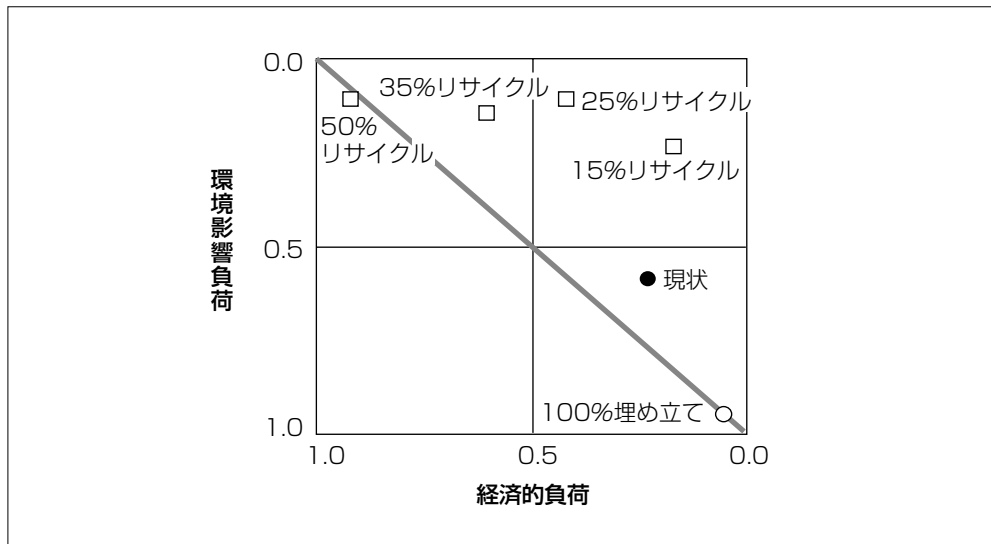
■ 表3.1-3 処理策一覧

材料リサイクル	・単一種のプラスチックの再生 ・混合プラスチックの建築用材等への再生
ケミカルリサイクル	・化学原料への分解
エネルギー回収	・セメントキルンでの代替燃料 ・都市ごみ焼却発電及び熱回収
埋め立て	・埋め立て

■ 表3.1-4 評価シナリオ

シナリオケース設定	処理策
埋め立て	100%埋め立て
現状(1997年)	15%リサイクル $\left\{ \begin{array}{l} \text{材料リサイクル} \dots\dots 12\% \\ \text{ケミカルリサイクル} \dots\dots 3\% \end{array} \right.$ 15%エネルギー回収 70%埋め立て
ケースⅠ	15%材料リサイクル 85%エネルギー回収
ケースⅡ	25%リサイクル $\left\{ \begin{array}{l} \text{材料リサイクル} \dots\dots 15\% \\ \text{ケミカルリサイクル} \dots\dots 10\% \end{array} \right.$ 75%エネルギー回収
ケースⅢ	35%リサイクル $\left\{ \begin{array}{l} \text{材料リサイクル} \dots\dots 25\% \\ \text{ケミカルリサイクル} \dots\dots 10\% \end{array} \right.$ 65%エネルギー回収
ケースⅣ	50%リサイクル $\left\{ \begin{array}{l} \text{材料リサイクル} \dots\dots 35\% \\ \text{ケミカルリサイクル} \dots\dots 15\% \end{array} \right.$ 50%エネルギー回収

■ 図3.1-2 リサイクルシナリオ評価結果



評価結果を図3.1-2に示す。図は右上に位置するほど環境影響と経済性のバランスにおいてよい方向であり、次のような結論を導き出している。

- 現状ではリサイクル*1に多大な努力が払われているが、その努力によって得られる環境負荷の削減は極めて限られており、その経済的負荷は膨らむ一方である。
- リサイクル率を15%から50%に増大させると、環境負荷はほとんど変わらないにもかかわらず、経済的負荷は3倍になる。
- 処理策のオプション*2の適正な選択によって、現状のコストと同等のコストで大幅に環境負荷を削減できる。
- 本件等においてはリサイクル率*1を15%以上に持っていくことは、環境負荷、経済的負荷の削減の観点から何の利益もない。プラスチックの処理においては、現在埋め立てしているものを、処理策オプションに転換していくことが、経済的負担を増やさずに環境負荷が削減できる。埋め立てからの脱却が最重要ファクターである。

この検討の縦軸となった「環境影響負荷」は、LCAのDtT法により分析した結果を利用している。影響カテゴリとしては資源枯渇、燃料資源枯渇、温暖化、オゾン層破壊、人間健康、生態系影響、スモッグ形成、酸性化、富栄養化、廃棄物、有害廃棄物、エネルギー消費量を考慮している。

(3) 環境報告書にみる日本企業のLCA取り組み状況

近年、我が国の多くの企業は、自社の環境への取り組み活動を外部に報告することを目的とした環境報告書を作成し、公開してきている。

現在、日本企業は、自動車工業、家電製品工業、事務機械工業、印刷・

* 1 : mechanical & feedstock

* 2 : recovery option

包装業、建設業素材産業などで、製品に対してLCAが実施されていることが分かる。以下に、各社の環境報告書に記載されているLCAに関する事項をまとめた。

①自動車業界

トヨタ自動車(株)が、2種類のガソリン自動車(カラーラ：普通ガソリン自動車、及びプリウス：ハイブリッド型ガソリン自動車)のライフサイクルにおけるCO₂排出量とエネルギー消費量を比較評価している。システム境界に関しても明示されており、資源採掘プロセスが、システム境界から除外されていることも示されている。そのほか、同社では、自動車の走行段階(使用段階)を検討するためのモデルと、素材をリサイクルした場合の環境への影響度を検討するためのモデルを開発している。

②事務機械工業界

(株)リコーが、コピー機の外装材樹脂のリサイクル、緩衝材、コピー用紙のケーススタディを発表している。その調査範囲は、CO₂排出量になっている。なお、同社では、会社全体の活動により誘発される負荷をLCAの概念により評価する手法「エコバランス」を導入してきている。そのほか、同社では、タイプⅢエコラベルの導入を検討している。

キヤノン(株)では、コピー機とプリンターに関するケーススタディを実施している。同社では、LCAの概念に基づいた製品アセスメントを実施していることに特徴がある。

③家電製品業界

富士通(株)は、1998年に、液晶画面(LCD)、デスクトップ型コンピュータ、ノートブック型コンピュータの四つの製品に関してLCAケーススタディを実施している。1998年に至るまで、合計六つの製品に関してケーススタディを実施していることが記載されていた。調査範囲は、CO₂排出量になっている。同社では、LCAの結果を、新製品の開発に利用している。

日本電気(株)は、1998年に、ファックス、プリンター、ページャー、液晶画面、交換機など、11の製品群に関して、ケーススタディを実施している。LCAによる評価が完了した製品は、通信システム機器に関して41%、コンピュータに関して33%、電子機器に関して60%となっていることが記載されていた。それらのケーススタディの調査範囲は、CO₂排出量になっている。なお、同社では、1998年に「LCAセンター」

を設立し、社内LCA評価の支援や、セミナーの開催やLCA専門家の養成を通じて、外部に対する情報公開を行っている。

ソニー(株)では、28インチ型ワイドテレビに関するケーススタディを実施している。調査範囲は、CO₂排出量となっている。同社では、製品のライフサイクルにおいて、環境負荷低減ポテンシャルの検討を行っている。

松下電器産業(株)では、1996年より、LCAケーススタディを実施している。1998年には、新型エアコンの企画・設計段階から、LCAを適用している。

松下電工(株)では、「Hfインバーター」ランプと従来型ランプを、LCAを用い比較評価している。その調査範囲は、地球温暖化、酸性化、大気汚染、水質汚濁、エネルギー消費量、資源消費(鉄、銅、石油)及び有害性、と広範囲にわたっている。なお、同社では、1998年に「LCAガイド」が作成されている。

ダイキン工業(株)では、新型エアコンと従来型エアコンを、LCAを用い比較評価している。調査範囲は、エネルギー消費量、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性化、大気汚染、重金属の排出量、水質汚濁(富栄養化)、資源の消費量、と広範囲にわたっている。同社では、LCAを新製品の開発に利用し、環境負荷改善に役立てている。また、エアコン専用のLCAソフトウェアを開発しているところに特徴がある。そのソフトウェアには、冷媒や電子部品に関するデータが含まれている。

(株)日立製作所では、洗濯機のケーススタディを実施してきている。同社では、LCAを他の評価手法、「化学物質チェックシート」や「エコマテリアル選定指針」などとともに活用し、環境適合製品開発を行っているところに特徴がある。

④機械工業界

(株)クボタが、汎用型小型ガソリンエンジンのケーススタディを実施している。調査範囲はエネルギー消費量、システム境界は、素材の製造から製品の使用までとなっている。

(株)荏原製作所では、省エネルギー型モーター、流動床ガス化溶融炉、超繊維細オイルミスト切削機に関するケーススタディを実施してきている。調査範囲は、エネルギー消費量となっている。

⑤窯業業界

東陶機器(株)(TOTO)では、便器のLCAを実施してきている。調査範囲はCO₂排出量、システム境界は、素材の製造から使用までとなっ

ている。

⑥印刷業界

大日本印刷(株)は、1997年に包装材のLCA手法を確立している。

⑦建設業界

鹿島建設(株)が、1996年より、LCAを製品に導入してきている。同社では、ライフサイクル固体廃棄物評価(LCW)プログラムを用い、製品のライフサイクルにおける固体排出物質を評価し、排出低減努力をしている。LCAをLCWと相互活用していることに特徴がある。

⑧素材産業界

東洋紡績(株)が、LCAに基づいた製品評価手法「エコプロダクトチェックシート」を開発している。

各社のケーススタディをみた場合、現時点では、調査範囲が、エネルギーの消費量とCO₂排出量の定量にとどまっている事例も多い。そこには、データ収集の困難なことが理由に挙げられる一方、エネルギー消費量とCO₂排出量の低減が、直接コスト削減に結びつけることができるという背景もあると考えられる。また、システム境界に関しては、システム境界から資源採掘を除外している例もみられる。多くの資源を海外からの輸入に頼っている我が国にとっては、資源採掘に関するデータの収集が困難であるゆえ、海外生産プロセスをカットオフせざるを得なかったものと考えられる。今後、海外生産プロセスも含めた共通データベースの構築が重要な課題になっている。

LCAを行った結果を新型製品の設計に活用する試みがみられ、LCAが有用なツールとして認知されてきていることが分かる。そして、LCAを「製品アセスメント」のための一つのツールとして、他の手法とともに活用している企業も多い。また、LCAの結果を活用するタイプⅢエコラベルの実進を進めている企業もみられ始めている。LCAの活用事例として、製品設計への活用、タイプⅢエコラベルへの活用が今後とも増えてくものと考えられる。

現在、最終製品の製造業者が中心となってLCAを実施し報告しているが、今後、上方産業へもLCAが浸透し、報告が出てくると考えられる。

3.2 今後の課題と発展

(1) LCAの今後の課題

LCAの技術的な現状とその認識、特に製品製造者及び消費者のLCAに関する認識を考慮すると、これが本格的に普及し、本来の趣旨である環境改善へのツールとして有効に活用されるために、以下の課題をクリアする必要が指摘されている。

まず第一は、最も基本的な技法としてのLCA手法の確立である。一般にLCAと呼ばれている各種の試みや実態はその入出力の算出、すなわちISOで定義するインベントリ分析によるものが多く、本来の最終目的である影響評価まで含むLCAは少ない。CO₂排出に温暖化係数をかけて温室効果を計算したり、オゾン層破壊物質に適切な重みをかけて比較評価する、いわゆる特性化による潜在的環境影響について検討したものがほとんどである。このようなインベントリ分析から機械的に産出される諸指標と本来の影響分析との最大の差は、影響を受ける側の環境容量や、暴露による固体の差など地域的・限界的な地域特性と、インベントリ分析により特定される排出量の因果関係を明白に評価したかどうかであり、後者はいっそう多様な情報を必要とするばかりでなく、より複雑で、非線形的な要素を確率的な要素まで含む、議論の多いモデル化が不可欠な領域である。現在のISO 14043ではそのような現状を反映して、とりあえずその枠組みだけは明示しているが、内容についての議論は今後の発展を待つという姿勢を明確にした。このようにLCAは引き続き発展途上にある。今後の最大の課題としては、影響評価のさらなる研究を必要とすることである。

第二は、インベントリ分析データの整備である。周知のように、これも仮定、前提、特に境界のとり方により、いかようにも変化するばかりでなく、データ取得の統計的要因（各種の要因によるばらつき）、あるいは欠落データの補完方法、データ取得時点の差による誤差、偏差など同一定義のデータに大きな範囲の変動が生じる。さらにLCA実施主体がカバーできない外部データの引用についても、広くコンセンサスの得られた客観的データの取得は極めて困難であり、またコストがかかることになる。このようなLCAの基礎となるインベントリ分析データ、さらには特定地域、あるいは一般的なライフサイクル影響評価データの整備は、説得力のあるLCAを実行しようとするれば当然の障害となる。

このような事情を反映し、我が国では、通商産業省（現経済産業省）主導のナショナルデータベースの構築という機運が起きて、現在共通のデー

データベースを作成するプロジェクトが進行している。我が国のこのような動きは今後、長い年月のLCAの発展を目指す上では、極めて有効なインフラとして作用するものと期待される。

第三は、当面の課題を解決するためのLCAの研究、開発、試行と、製品製造の評価あるいは設計政策決定などの、経済社会における各種の応用との区別を明確にして、これを混同しないことが必要である。時としてこれらを混同した議論が、いたずらなLCAの過大評価と拒絶反応を引き起こすことはよく経験されることである。

LCAを現実のマーケットで活用するためには、まず、結果に対する十分な妥当性と説得力が必要であり、そのためには客観性、透明性、データの信頼度など、ISOにいうデータ品質が鍵となる。その意味で、単にインフラとしてのデータベースばかりでなく、企業が実際にLCAを実施する場合には、その利用データの妥当性や手続き論としての実施手順まで公開して、外部の人間に分かりやすい結論を導く必要がある。したがって外部への公表や妥当性確保の手順、仕組みをさらに具体的に検討する必要がある、そのような体制的な整備の後に初めて一般企業が受け入れられるLCA利用・応用の道が開かれると考えられる。

なお、このようなマーケットにおける利用とは別途に、環境適合設計、企業内製品決定など、いわゆるLCAの応用のうちで、企業内で完結した形の応用はそのような手順や厳密な手法の完成を待たずに進められる可能性は強い。インベントリ分析の結果をいかに分かりやすく提示し、妥当性を確認して、有効に利用するかを議論し、実際の応用・適用を通じて、その手順がさらに洗練されてくることが期待される。

(2) 我が国におけるLCAインフラの整備

我が国におけるLCA活用の実態を振り返ると、単品のLCAをケーススタディ的に実施し、自社の経営及び製品が、環境配慮型戦略にのっとっていることのPR程度にしか使われていないのが現実であり、LCA手法に基づく企業戦略的意思決定が定着しているとはいえない。

本状況の底流には、我が国において信頼に足るLCAデータベース、影響評価手法が未確立であり、LCA実施者自身がLCA結果に確信を持っていない状況にあることが指摘される。この現状を打破するために、1998年度から通商産業省（当時）主導の「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」（通称、LCAプロジェクト）が始まった。本活動は、産官学56名の委員と23工業会の参画により、a. 積み上げ法によるインベントリデータ収集、b. 標準的影響評価手法の提示、c. ユーザーにとって活用しやすいデータベースシステムの構築、を目指し、2003年3月所期の目標を達成し終了した。また、引

き続き経済産業省ではLCA普及事業として所定の新たなプロジェクトを発足させた。

この国家プロジェクトにより、我が国のLCAインフラは抜本的に改善・整備され、これを機にLCA活用範囲、及びLCAに基づく意思決定範囲の大幅な拡大を期待することができる。LCAに基づく意思決定は、現在の事業や商品を取り巻く市場への要求ニーズを大きく変えるきっかけとなり、商品の差別化・競争力強化、新商品開発、新規事業参入・創造など、企業戦略を根底より変革する可能性を有している。

日本版LCAの開発により、我が国の社会経済の省エネ・環境調和型社会構造への道が開け、ひいては継続的環境改善、継続的社会発展への指標が得られることを期待したい。

(3) 欧州における新たな視点でのLCA研究動向

LCAの理論構築、実践、標準化において先導的役割を果たしてきたSETAC-Europeでは、1998年から下記に示す七つの第3次LCA研究グループをスタートさせている。

- a. 将来的開発製品の動的シナリオ分析手法
- b. データの有用性、品質、不確実性
- c. 建築業のLCA
- d. 影響評価手法
- e. インパクトカテゴリとしての職場環境
- f. 企業活動にLCAを活かすための手法
- g. 意思決定へのLCA活用法

これらのうち、b. d. はLCAの柱となるインベントリ分析と影響評価に関して、より改善・深化すべき点を継続検討している。c. は膨大なデータを必要とする建築へのLCA応用を目指し、e. は影響カテゴリの一つとしてとらえられることがある労働環境に関する考察である。

以上は、従来のLCA手法対応範囲にかかわるテーマであるが、a. f. g. の研究テーマは従来のLCAにはない方向性を探るものであり、またお互いに関連している。

a. ではシナリオ分析手法により、将来開発する製品の評価を、現状とは異なる製品連鎖で分析する手法で、従来LCAが静的分析手法であるのに対して、動的分析を指向している。

f. は企業活動にLCAをいかす、例えばエコデザイン、エコラベル等への活用法を研究する。また、g. ではリスクアセスメントなどLCA以外の手法とLCAの類似性や相異を分析し、それらを組み合わせる方法論を議論して、意思決定のためのツールボックスを用意する計画である。

■ 付表 1 : LCA用ソフトウェア一覧

	ソフトウェアの 名称	計算 対象	国 名	開発製造元 (連絡先)		
				会社名	TEL	FAX
1	Boustead Model 5.0	LCI	イギリス	Boustead Consulting Ltd.	+44 1403 864 561 03-3210-7558	+44 1403 865 284 03-3210-7557
2	TEAM4.0	LCA	フランス	Ecobilan	+33 1 53 78 23 78	+33 1 40 60 66 57
3	EcoPro1.5	LCA	スイス	EMPA (Sinum GmbH)	+41 71 274 71 72	
4	GaBi 4	LCA	ドイツ	PE (アジア)	03-5791-2701	03-5791-2702
5	IVAM、LCA Data 4	LCA	オランダ	IVAN	+31 20 525 5080	+31 20 525 5850
6	LCAit 4.1	LCA	スウェーデン	Chalmers Industriteknik	+46 31 772 4237	+46 31 82 7421
7	PEMS	LCA	イギリス	Pira International	+44 1372 802195	+44 1372 802238
8	SimaPro 5	LCA	オランダ	Pre Consultancy	+31 33 4555022	+31 33 4555024
9	LCA サポート	LCA	日本	NECシステムテクノロジー(株)	06-6945-3824	06-6945-3491
10	Easy-LCA	LCI	日本	東芝プラントシステム(株)	03-5714-3900	03-5714-3119
11	QuickLCA	LCI	日本	(財) 電力中央研究所	03-3201-6601	03-3287-2805
12	JEMAI-LCA	LCA	日本	(社) 産業環境管理協会	03-3832-0515	03-3832-2774

■ 付表2 LCA調査研究関連機関

	研究所・団体名	評価事例
1	産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター	多数
2	物質・材料研究機構エコマテリアル研究センター	多数
3	国立環境研究所	多数
4	(財)運輸経済研究センター	交通機関エネルギー、CO ₂
5	(財)エネルギー総合工学研究所	化石エネルギー、CO ₂
6	(財)大阪科学技術センター附属ニューマテリアルセンター	鉄、アルミニウム、銅、ガラス、プラスチック
7	(社)環境情報科学センター	概論 飲料容器、電気洗濯機、廃棄処理
8	(社)化学経済研究所*1	エネルギー
9	(財)金属系材料研究開発センター	鋼、ステンレス、アルミニウム、チタン、マグネシウム、銅、ニッケル
10	(社)空気調和・衛生工学会	建築設備、CO ₂
11	(社)産業環境管理協会	電気冷蔵庫、電気洗濯機、複写機 自動車
12	(財)省エネルギーセンター	エネルギー
13	(社)資源協会	エネルギー
14	(財)石油産業活性化センター	石油製品、石油、LNG、石炭
15	(財)製造科学技術センター	方法論
16	(財)地球環境産業技術研究機構	プラスチック製品
17	(財)電力中央研究所経済社会研究会	LCI 方法論 発電プラント 都市インフラストラクチャー 一般製品
18	(財)鉄道総合技術研究所	鉄道
19	(社)日本産業機械工業会	実態調査
20	(社)日本建築学会	建物のCO ₂
21	(社)プラスチック処理促進協会	プラスチック製品 プラスチック製品
22	(社)未踏科学技術協会	全般 材料

(注) * 1 : 同団体は 1999 年に解散した。

一覧

報告書名	年	連絡先	
		電話	FAX
		029-861-8868	
		029-859-2668	
		029-850-2314	
環境と運輸・交通	1994	03-5470-8410	03-5470-8411
化石燃料利用のための二酸化炭素排出量の定量的評価	1990	03-3508-8891	03-3501-1735
環境調和型素材の研究開発促進のための先導的基盤整備に関する調査研究報告書	1995	06-6443-5321	06-6443-5319
環境負荷低減のためのLCAの考え方	1994	03-3265-3916	03-3234-5407
製品等による環境負荷評価手法等検討調査	1998		
基礎素材のエネルギー解析調査報告書	1993		
金属素材産業におけるLCA手法に関する調査研究報告書	1996	03-3592-1284	03-3592-1285
地球環境時代における建築設備の課題	1995	03-3363-8261	03-3363-8266
エネルギー使用合理化手法国際協力調査	1994～1998	03-3832-0515	03-3832-2774
生涯環境影響調査	1995～1997		
家庭生活におけるライフスタイルの変化とエネルギー消費に関する実態調査報告書	1997	03-5543-3014	03-5543-3022
家庭生活のライフサイクルエネルギー	1994	03-3454-2581	03-3454-2582
ライフサイクルインベントリの作成に関する調査報告書	1996～2000	03-5402-8510	03-5402-8527
インバースマニュファクチャリング開発プロジェクト調査研究報告書ほか	1996～1998	06-6443-5321	06-6443-3767
化学工業製品におけるエコバランスの分析手法に関する調査Ⅰ・Ⅱ・Ⅲほか	1994～1996	07747-5-2301	07747-5-2314
発電システムのライフサイクル分析	1995		
都市インフラストラクチャー整備のライフサイクル分析	1997	03-6201-6601	03-3287-2805
産業連関表を用いたわが国の生産設備に伴う環境負荷の実態分析	1998		
鉄道へのライフサイクルアセスメント適用のための基礎調査	1998	042-573-7270	042-573-7331
LCA手法による産業機械の環境負荷低減化に関する調査研究報告書	1998	03-3434-6821	03-3434-4767
ライフサイクルCO ₂ で建物を測る	1997	03-3456-2051	03-3456-2058
サーマル・リサイクルを図るための各種処理プロセスの環境影響評価に関する調査研究	1996	03-3437-2251	03-3437-5270
プラスチックなど包装材料のLCAほか	1995		
エコバランス国際会議Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ	1994、1996、1998	03-3503-4681	03-3597-0535
環境負担性評価システム構築のための基礎調査研究	1994		

【A～Z】

- Ahbe107
- BATTELLE23
- Boustead2
- BUWAL3,24
- CAD/CAM71
- CALS71
- CML24,105
- CO₂12
- COP3 (気候変動枠組条約京都
会議)8
- CPM24
- CPU55
- CVM (仮想市場評価法)112
- DfE (環境適合設計)4,17,96
- Dose-response モデル103
- DtT法103,107
- EA (環境監査)17
- EAPS (製品規格への環境側面)
.....17
- EC (環境コミュニケーション)
.....17
- ECU110
- EL (環境ラベル)17
- ELU110
- EMS (環境マネジメント
システム)4,17
- EP24
- EPA (米国環境保護庁)23
- EPE (環境パフォーマンス評価)
.....4,17,130
- EPS2,110
- EPS法104
- ETH24
- EXPRESS72
- FM (森林マネジメント)17
- GWP (地球温暖化係数)12
- HCFC (ハイドロクロロフル
オロカーボン)8
- HCFC2211
- HFC (ハイドロフルオロ
カーボン)8
- HFC410A11
- Hunt2
- IKP24
- Input-Output Tables69
- ISO 140405,17,19,31,36,95
- ISO 1404119
- ISO 1404221,95,102
- ISO 1404321,118,141
- ISO 1404822
- ISO (国際標準化基準)3
- ISO/TC20717
- ISO/TR 1404983
- IVL (スウェーデン環境研究所)
.....110
- JIS Q 14040 (ISO 14040)130
- LCA (ライフサイクルアセス
メント)17,26,31,141
- LCA従事者27
- LCA手法133
- LCAデータドキュメントフォ
ーマット22
- LCA日本フォーラム報告書75
- LCAの応用129
- LCAプロジェクト (製品等ライ
フサイクル環境影響評価
技術開発)142
- LCI (ライフサイクルイン
ベントリ)26
- LCIA26,31,94
- LCW (ライフサイクル固体
廃棄物評価)140
- Meadows1

MIPS24
 MPU55
 NEDO (新エネルギー・産業
 技術総合開発機構)61
 NGO130
 NIRE-LCA10
 NO_x15
 OECD110
 REPA (資源及び環境のプロ
 ファイル分析)2
 Riding108
 SETAC (環境毒物化学学会)
2,23,110,118,129
 SC (分科会)17
 SETAC-Europe (欧州環境
 毒物化学学会)96,102,143
 SPINE72
 SPOLD60,72,91
 SPOLD フォーマット90
 Steen110
 T&D (用語及び定義)17
 TR (技術報告書)21
 TR1404721
 TR1404921,79
 WG (作業部会)17

【あ】

アロケーション58,72,77,133
 アンケート114
 閾値47,90
 意思決定6,102,118
 一酸化二窒素33
 因果連鎖97
 インディケータポイント105
 インパクト (影響) カテゴリ13
 インパクト (影響) 評価2
 インベントリ5

インベントリデータ10,39,48,56
 インベントリ分析
10,15,19,41,118
 インベントリ分析 (LCI) 段階5
 インベントリ分析データベース
69
 埋め立て57
 エアコン8,139
 影響カテゴリ15,40
 影響評価15,118
 影響評価段階5
 エコインディケータ95104
 エコシステム106
 エコスケアシティ法104,107
 エコデザイン143
 エコバランス2,138
 エコバランス国際会議3
 エコファクター107
 エコラベル143
 エコリーフ (Eco Leaf)133
 エネルギー89
 エネルギーフロー26
 欧州環境毒物化学学会
 (SETAC-Europe)96,102,143
 オープンループ57
 オープンループリサイクル82,83
 オゾン層破壊影響9
 重み付け94,102,114,123
 重み付け係数116
 温室効果ガス33
 温暖化係数141

【か】

解釈16,118
 解釈段階5
 改善分析118
 階層法115

外部専門家レビュー127
 外部レビュー41
 化学経済研究所61
 加工68
 可採資源量112
 加重平均58
 仮想市場評価法 (CVM)112
 ガソリンエンジン139
 価値判断47
 カットオフ74,88,90
 カットオフルール72,88
 カテゴリインディケータ
94,100,110,120
 カテゴリエンドポイント97
 カテゴリ重要度116
 貨幣価値110
 貨幣単位114
 環境影響負荷137
 環境監査 (EA)17
 環境コミュニケーション (EC)
17
 環境主張6
 環境宣言6
 環境側面27
 環境調和型経済社会4
 環境適合性4
 環境適合設計 (DfE)
4,17,130
 環境毒物化学学会 (SETAC)
2,23,110,118,129
 環境配慮4
 環境パフォーマンス6
 環境パフォーマンス評価 (EPE)
4,17,130
 環境負荷86,132
 環境負荷物質90
 環境への干渉107

- 環境報告書……………137
 環境マネジメントシステム
 (EMS)……………4,17
 環境目標値……………35
 環境ラベリング……………6
 環境ラベル (EL) ……17,130,133
 勧告……………123
 完全性……………44
 完全性点検……………121
 感度点検……………121
 感度分析……………29
 気候変動枠組条約京都会議
 (COP3)……………8
 技術的有効範囲……………44
 技術報告書 (TR) ……21
 基準値……………35,90
 基準フロー……………27,76
 既存データ……………74
 機能単位……………27,132
 機能単価……………39,76
 基本フロー……………26,38
 客観性……………7
 共製品……………28,81
 金額ベース……………60
 金属材料研究所……………71
 空間的情報……………47
 クリティカルレビュー
 ……………32,40,125,126
 グルーピング……………94,102
 クローズドループ……………57
 クローズドループリサイクル…82
 慶応義塾大学……………69
 経済価値……………81
 経済価値換算……………103
 ケーススタディ……………8,15
 結果の解釈……………118
 結論……………123
 ケミカルリサイクル……………86
 限界……………41,46
 研究機関……………23
 原材料……………27
 原則及び枠組み……………19
 公正性……………7
 購入……………68
 国際推奨値……………71
 国際標準化機構 (ISO)……………3
 国立環境研究所……………25
 コピー機……………138
 コンジョイント分析……………103
 コンピュータ……………138
- 【さ】
- サービス……………131
 サーマルリサイクル……………86
 再現性……………45
 最終製品……………28
 作業部会 (WG)……………17
 サブカテゴリ……………55
 サブシステム……………27,38
 (社)産業環境管理協会……………61
 産業技術総合研究所……………25
 産業連関型データ……………59
 産業連関表……………68,75
 産出……………68
 酸性化……………97
 時間的有効範囲……………44
 資源……………108
 資源及び環境のプロファイル
 分析 (REPA)……………2
 システム境界……………28,41,54,80,140
 システムフロー……………54
 持続可能な発展……………4
 実施規則……………118
 実測データ……………41
 シナリオパラメータ……………122
 支払意思額……………103
 重金属排出……………107
 重量……………89
 主製品……………81
 出力……………27,46,120
 循環型経済社会……………4
 順序付け (ランキング) ……102
 順序法……………115
 使用……………9
 焼却……………57
 消費者……………36
 初期データの品質要件……………41
 新エネルギー・産業技術総合
 開発機構 (NEDO)……………61
 信頼性……………118
 森林マネジメント (FM) ……17
 スイス連邦内務省環境局……………3
 推定データ……………41
 スウェーデン環境研究所 (IVL)
 ……………110
 スクリーニング……………36
 スモッグ……………107
 成果物……………125
 正規化……………94,101
 整合性……………45
 整合性点検……………121
 政策立案……………130
 生産……………68
 製造プロセス……………56
 生態系の健全性……………110
 成長の限界……………1
 精度……………44
 製品……………131
 製品アセスメント……………140
 製品加工……………9
 製品規格への環境側面 (EAPS)

.....17

製品システム27,37,90

製品システムの機能38

製品等ライフサイクル環境
影響評価技術開発 (LCA
プロジェクト)142

製品の開発及び改善130

製品の単独評価35

製品の統合化指標106

絶対ELP法116

ゼロデータ74,75

潜在的40

前提条件41

戦略立案130

相対ELP法116

総務庁68

ソーティング(並べ替え)102

素材製造9

素材レベル56

ソフトウエア62,145

【た】

代替冷媒機8

第三者41,125

代表性44

タイプⅢ133

単位プロセス
.....27,37,48,49,55,74,76,79

地球温暖化係数 (GWP)12,98

地球温暖化への影響9

中間製品28

中間製品フロー38

調査研究関連機関146

調査範囲5

調査範囲の設定36,126

調査目的の設定33

地理的情報47

地理的有效範囲44

低減係数106

定量化39

データカテゴリ39,48,53

データ収集53,57,73

データセット72

データの有効性74

データ品質28,142

データ品質評価122

データ品質分析94

データベース58

データベースフォーマット71

デフォルトリスト16,96

テレビ139

電力中央研究所70

統計表75

統合化指標108,116

統合評価112

統合評価手法104

動的シナリオ分析手法143

投入エネルギー10

透明性7,28,132

ドーズレスポンス47

特性化係数2,13,107,112

特性化分析101,105,110

特性分析94

特定サイト58

【な】

内部専門家レビュー127

内部レビュー41

永田114

並べ替え (ソーティング)102

日本建築学会69

入出力データ73

入出力量76

入力27,46,120

人間の健康107

【は】

廃棄/リサイクル9

廃棄段階57

廃棄物28

排出物質データ10

ハイドロクロロフルオロカー
ボン (HCFC)8

ハイドロフルオロカーボン
(HFC)8

ハイブリット型ガソリン自動車
.....138

配分26

配分基準133

配分係数85

配分手順41

配分法115

暴露・運命分析103

バックグラウンドデータ10,58

パネル法103,114

ハロン類33

比較主張26

必須要素94

評価105,108,119,121

品質要件39

ファクター10102

ファクター4102

フィードストックエネルギー29

富栄養化特性化係数99

フォアグラウンドデータ10,58

不確実性29

不確実性分析29,122

付加的要素94

複数製品の比較評価35

物質・材料研究機構25

物理的パラメータ79,81

物量ベース ……………60
 (社)プラスチック処理促進協会
 ……………61
 プロセスエネルギー ……………28
 プロセス型データ ……………59
 プロセス合算型データ ……………59
 プロセスツリー ……………73
 プロセスフロー ……………53
 フロンガス ……………8
 フロン類 ……………33
 分科会 (SC) ……………17
 粉碎 ……………57
 分類 ……………100,105,108
 分類化 ……………15,94
 米国環境保護庁 (EPA) ……………23
 ベルン炭素循環モデル ……………98
 便器 ……………139
 報告 ……………32,123,125
 報告書 ……………42,125
 包装材 ……………140
 補完データ ……………75
 保護対象項目 ……………110
 保護対象領域 ……………96
 補助入力 ……………27

【ま】

マーケティング ……………130
 マテリアル型 ……………59
 マテリアルバランス ……………2
 マテリアルリサイクル ……………86
 (社)未踏科学技術協会 ……………61
 メタン ……………33
 目的 ……………5,126
 目的及び調査範囲 ……………9,31
 目的及び調査範囲の設定
 ……………19,95,118
 モデル化 ……………48,51

【や】

優先順位 ……………51
 ユニットプロセス型データ ……………59
 ゆりかごから墓場まで ……………1
 要求されるデータ項目 ……………39
 用語及び定義 (T&D) ……………17

【ら】

ライフサイクル ……………26,56
 ライフサイクルアセスメント
 (LCA) ……………1,17,26,31,141
 ライフサイクルインベントリ
 分析 (LCI) ……………6,26,31,48
 ライフサイクル影響評価
 (LCIA) ……………21,26,31,94
 ライフサイクル解釈
 ……………21,26,31,118
 ライフサイクル固体廃棄物評価
 (LCW) ……………140
 ライフサイクルステージ ……………38,54
 ライフスタイル ……………130
 ランキング (順序付け) ……………102
 利害関係者 ……………27
 利害関係者によるレビュー ……………127
 利害関係者レビュー ……………41
 リサイクル ……………82
 リサイクルシナリオ ……………137
 リターナブルボトル ……………51
 リユース ……………82
 流通 ……………9
 レビュー ……………127
 連関型データ ……………59
 漏洩排出物 ……………29

【わ】

ワンウェイボトル ……………51

平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

Ⅲ 環境適合製品・サービス支援手法コース

ⅢA ライフサイクルアセスメント

平成16年1月30日 発行

編集	社団法人 産業環境管理協会
発行所	社団法人 産業環境管理協会 東京都台東区上野1-17-6 広小路ビル 電話 03 (3832) 7084
編集協力	スレッドプランニング

(非売品) **禁無断転載**
(本テキストは古紙配合率100%の再生紙を使用しています)

Printed in Japan

