

慶應義塾大学経済学部

2007年度

地球環境問題—地球温暖化を中心に

第3回 LCA—製品に対する総合的環境配慮の手法

山口光恒

1、LCA(Life Cycle Assessment)とは—ISO規格を中心に

製品の設計・製造段階から使用、廃棄に至るライフサイクル全体を通しての製品の環境影響評価手法 from cradle to grave

企業の環境への対応

マネジメント・操業 環境管理システム

製品 LCA及びその応用であるラベル等

1) LCAの概念 影響分析・評価の手法 (資料1)

特徴

製品のライフサイクル全体を見る

インベントリーデータの変動幅に伴う不確実性 地域性、技術力の差、輸入品の扱い等

科学性と価値判断の混在(影響評価段階)

2) LCAの用途 企業・消費者・政策当事者に有益

DfE製品開発、エコラベル認定、温暖化、グリーン調達など

3) LCAの手法 (資料2)

フェーズ1：目的及び調査範囲の設定

対象製品(サービス)の明確化と分析範囲の決定等

フェーズ2：インベントリー分析 (資料1) ISO/14041

積み上げ手法と産業関連手法の長所、短所 実用性、汎用性などの観点から

フェーズ3：インパクト評価 ISO/14042 (資料3) 一部オプションを含む

カテゴリー及びモデル等の選定

分類 Classification LCI結果の各カテゴリーへの分類 例えばSO₂は人体の健康及び酸性雨へ

特性化 Characterization カテゴリー別数値の計算

LCI結果の共通項への換算のための特性要素の選定とそれを使ったカテゴリー別集計

例、温暖化に関しては、各GHGsのGWPを特性要素とし、それを使って温暖化カテゴリーに分類

された各GHGをCO₂換算(GWP: CO₂ 21:Methan1)に引き直して計算し、合計数値を求める

以下はオプション

正規化 Normalization 選ばれた参照情報との対比でカテゴリー別集計結果の影響の大きさを測る

参照情報の例

特定地域での（地球規模、国等）の総排出量又は資源使用量

特定地域での一人あたり総排出量又は資源使用量

ここまでで分かることは何か

グルーピング Grouping 環境影響のカテゴリーのグループ分け

分類 汚染物質排出と資源搾取、地球規模問題とローカル問題等

重み付け Weighting カテゴリー間の重み付け

特性化又は正規化の結果の数値を選定された重み付け計数で変換

各カテゴリーごとの重みのついた数値を合計する

based on value choice, --not based on natural science カテゴリーの重要度の判断

比較主張(comparative assertion) 重み付けの使用は不可

フェーズ4：解釈 ISO/14043

意志決定者に対する説明（決定そのものは規格の対象外）

2、ISOでの論点

科学的総合評価はあり得るか

温暖化と水質汚濁の重み付け これが可能なら環境という観点から商品の優劣が分かる

環境のみで判断することの是非

3、欧州におけるLCAの研究

オランダ（エコインディケーター）、スウェーデン（Environmental Priority Strategy）、スイス（エコポイント）

1）エコインディケーターの内容 1995年発表（資料4）

環境への影響を統合して評価するための有力な手法

重み付け係数はライデン大学のCML(Center of Environmental Science)の研究結果を活用

環境負荷項目

温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、富栄養化、スモッグ、農薬、大気・水中への重金属の排出、

発ガン物質

特性値

ある商品が9つの環境負荷項目に与える影響の数値化（温暖化であればGWPでCO₂換算）

特性値／規格値

規格値とは各影響項目についての、全欧州における環境影響の合計数字（別データ使用）

各影響項目の重み付け—共通尺度での比較（下記の考えで行う）

人間の生命、健康、およびエコシステムに損害を及ぼす項目のみ

両者の関係は等価と仮定

資源の消費、ゴミなどはなし

Eco-indicator 99 は上記の他資源破壊を考慮

容認環境負荷量の基準は、下記の通り

人間の生命、健康 100万人当たり1人の超過死亡（年間）

エコシステム 5%のエコシステムの損害

低減係数（区切りの良い数字）容認環境負荷量に対する重み付け

実際の環境負荷量と容認環境負荷量の比 distance to target

低減係数の考え方（資料5）

温暖化

エコシステムへの影響を5%以下に押さえるためには、温暖化を10年間で0.1℃に抑える必

要あり（低減目標値）。現実には0.3℃上昇。

故に低減係数（環境カテゴリー間の重み付け係数）は $0.3/0.1=3$ 、→2.5

発ガン物質 人の健康

容認環境負荷料PAH（多環芳香族炭化水素）濃度 0.1 ng/m^3 に対して現状は 1 ng/m^3

∴低減係数は10

Eco-indicatorは影響項目ごとに次式で得た数値の合計値

$$\text{Eco-indicator} = \sum (\text{特性値} / \text{規格値}) \times \text{低減係数} \times 10^9$$

2) エコインディケーター95の難点とエコインディケーター99

資源採取が保護対象とされていないこと

重み付け係数の対象が損害そのものではないこと

温暖化やオゾン層破壊など自然現象そのものの重み付け

重み付けの対象数が多い

エコインディケーター99 被害算定型影響評価手法（EI-95とは別物）

資源を保護対象に加えた

土地利用による環境影響を追加

環境影響と損害の関係式を開発 人の健康影響はDALY (障害調整生存年)

Disability Adjusted Life Yearsとは

早死による生命損失年数と病気や障害の程度と期間による相当損失年数の和

完全な健康状態は0、死亡は1、病気による入院や障害は程度によりその中間とカウント

癌による寿命の10年短縮は10DALYの損失

重み付けは損害の間で行う (専門家パネル)

人の健康、エコシステムの損害、資源減少は4 : 4 : 2 →主観の混入

4、日本の状況

わが国の検討進捗状況

1995. 10月 LCA日本フォーラム発足

1997. 6月 報告書作成、提言発表、ポリシーステートメント

提言の内容 日本の共通LCA手法確立、我が国標準インベントリーデータの構築

LCA適用ルール (使い方) の確立、啓発・普及体制の確立

上記促進のための産官学による新プロジェクトの立ち上げ

1998年 LCAプロジェクト発足 (1998年度—2002年度)

目的はLCAの方法論確立、日本全国のデータベース構築、使いやすいネットワークシステムの開発

インベントリー、データベース、インパクト評価の3つの研究会

重み付けも研究 金銭換算の可能性

日本版環境影響評価手法 (資料6) 被害算定型影響評価手法 1998-2002

トップダウンで保護対象を決定

人の健康 (DALY)、社会資産 (円) 生物多様性 (EINES)、一次生産量 (NPP)

生物多様性:環境負荷による生物種の絶滅リスクの増分、社会資産:化石燃料、鉱物資源、森林資源、

水産資源、農産物、一次生産量:陸上植物、海洋プランクトン

環境負荷物質1単位の排出の保護対象への影響についての被害係数を算出

保護対象間の重み付けによる単一指標化 (金銭評価、無次元指標2つ)

コンジョイント分析 金銭評価の実用化には慎重姿勢 賛成

第2期のプロジェクト進行中 2003-2005 不確実性分析

検証ツールから意志決定ツールへ

5、LCAの応用 LCA、（費用便益、環境会計など）

1) 法律の検証 家電リサイクル法

シナリオ1、2、3の比較

2) 環境調和型製品（環境負荷の少ない製品）の開発 消えるインク 3回までならOK

鉛フリーハンダと従来ハンダの比較

鉛フリーハンダ エネルギーや資源の消費量の増加 有害物質はベター
従来ハンダ（回収、破砕、埋め立て）の方が鉛フリーよりも環境影響は少ない
しかし不法投棄が0.1%を超えると鉛フリーの方が影響が少ない
家電リサイクルの不法投棄率は1-2%

3) 費用便益

新日石 エコプロダクツの費用対便益 便益 1720 億円、費用 66 億円 便益 > 費用

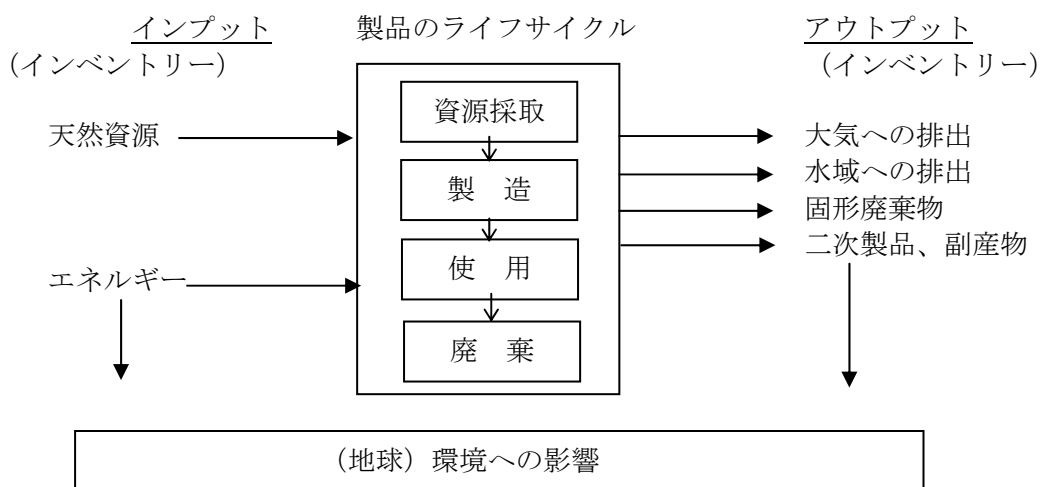
4) グリーン購入等

6、LCAの限界

環境側面の評価、インベントリーデータの網羅性（特に静脈について）
評価手法は発展途上（信頼性、統合化、貨幣評価など）
政策や企業全体の評価に対応できていない（将来の環境影響は無理）
インベントリー分析用のデータ入手可能性と精度
重み付けと金銭判断
費用便益分析との関係 家電リサイクルの例

7、温暖化とLCA 経団連自主行動計画

（資料1）LCAの基本的考え方



日本LCAフォーラム「持続可能な発展を支えるLCA普及に向けての提言-LCA日本フォーラム活動結果より」1997年6月より

(資料2) LCAの手法

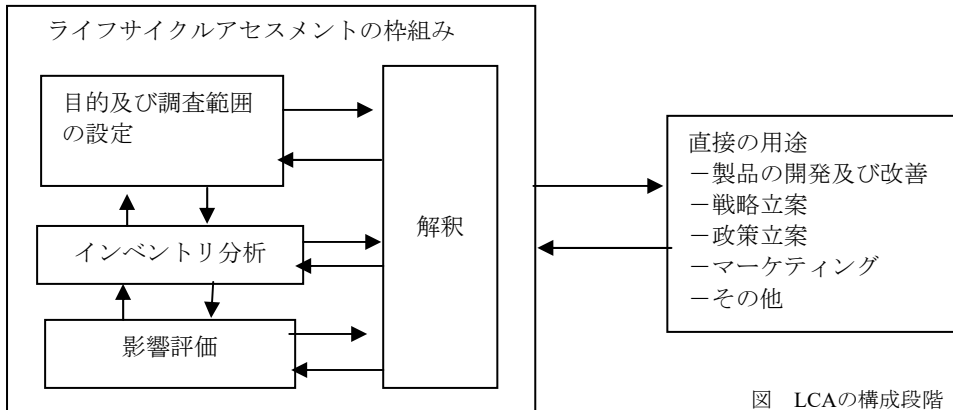
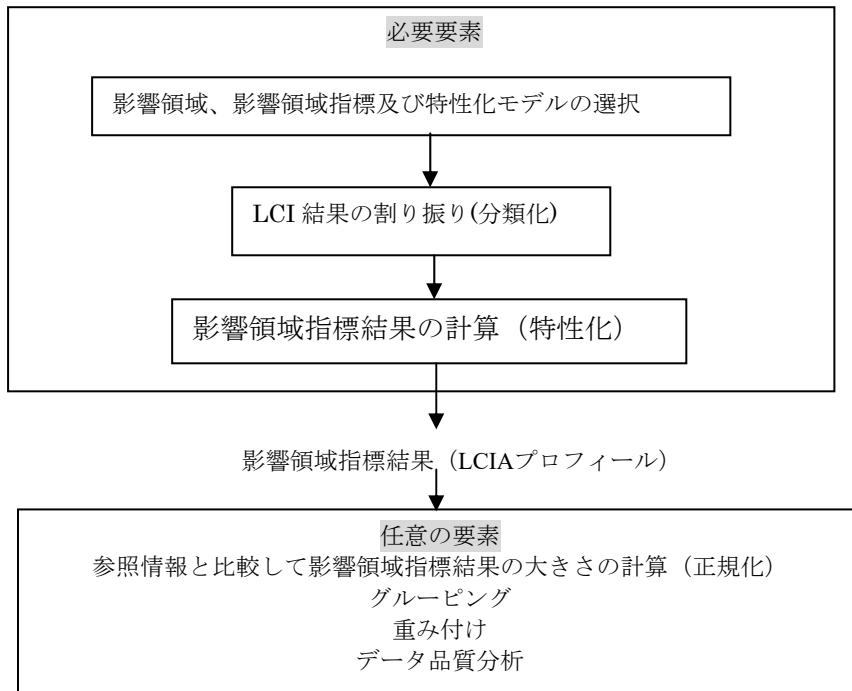


図 LCAの構成段階

出典 日本工業標準調査会 (1997), 6頁

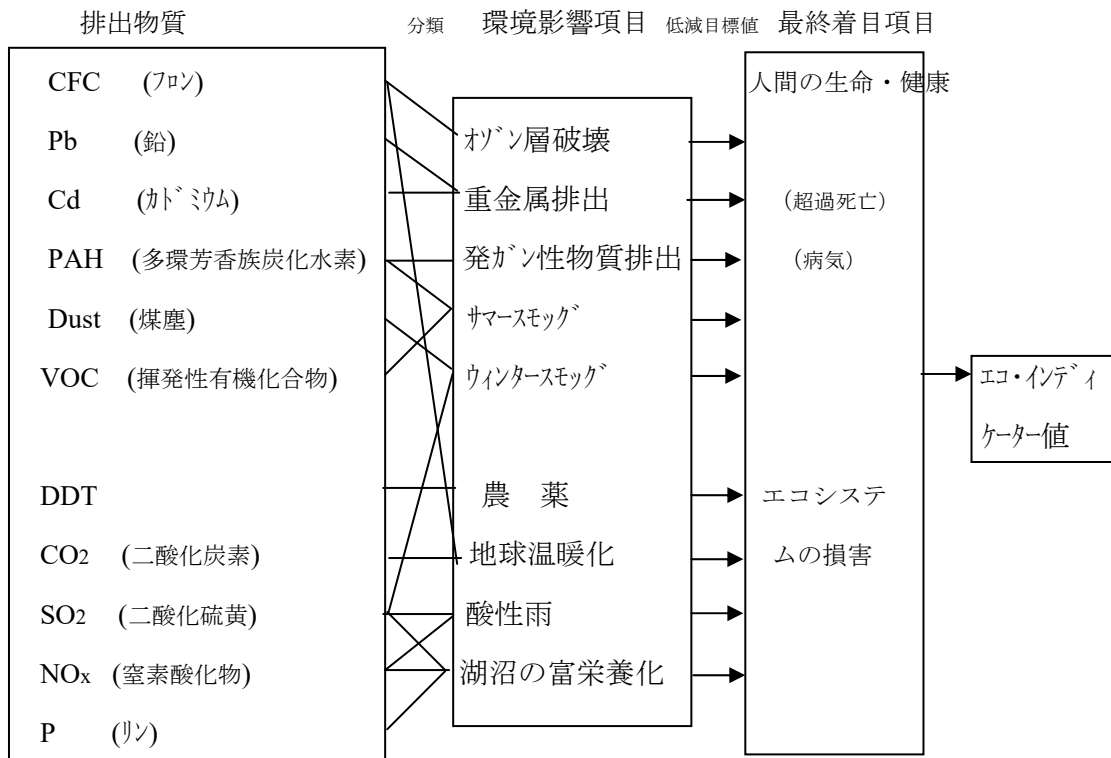
(資料3)

ライフサイクル影響評価 (LCIA段階の要素)



出典 ISO 14042 4頁

(資料4) エコインディケーター95における環境影響評価手法



産業環境管理協会 1997、101頁の図を基に作成

エコインディケーターの実際 (資料5) 出典 LCA日本フォーラム (1997a) 90頁

表3.4.4 低減係数 (reduction factor) 算出方法のまとめ

環境負荷項目	現状値	目標値	備考	低減係数
(1) 地球温暖化 (Greenhouse effect)	地球の温度上昇率; 0.3℃/decade	0.1℃/decade以下	2090年までにCO ₂ 濃度が、産業革命以前の2倍になった時、5%のエコシステムの損害	0.3/0.1 →2.5
(2) オゾン層の破壊 (Ozone layer depletion)	HCFCは全フロン類の2.6%	HCFC濃度: 2 ppb	HCFCの60%を削減	1/(0.026*0.4) →100
(3) 酸性雨 (Acidification)	60%の地域でエコシステムの損害	5%のエコシステムの損害	SOxおよびNOxに関しては、現状の排出量の90%の削減、NH ₃ に関しては50%の削減が必要	100/10 →10
(4) 湖沼・河川の富栄養化 (Eutrophication)	P; 臨界濃度の5倍以上 N; 臨界濃度の5倍以上	P; 0.15 mg/l N; 2.2 mg/l (臨界濃度)	現状濃度と臨界濃度の比	5/1 →5
(5) 夏のスモッグ (Summer smog)	地表のO ₃ 濃度; 300 ppb	30 ppb (臨界濃度)	300 ppbを30 ppbにするためには、NOxとVOCを同時に60-70%削減する必要がある。	100/(30~40) →2.5
(6) 冬のスモッグ (Winter smog)	SO ₂ ; 900 μg/m ³ SPM; 700 μg/m ³	SO ₂ ; 100-150 μg/m ³ SPM; 100-150 μg/m ³ (臨界濃度)	濃度の減少率は、排出量の削減率に比例する	900/(100~150) →5 700/(100~150) →5
(7) 農薬 (Pesticides)	EUの25%、東ヨーロッパの20%で基準の10倍以上	0.5 μg/l (Council Directiveの基準)	濃度の減少率は、排出量の削減率に比例する	5以上/0.5 →25
(8) 大気中の重金属 (Heavy metals in air)	基準を数倍超過	Pb eq.; 0.5 - 1.0 μg/m ³ WHOの基準	濃度の減少率は、排出量の削減率に比例する	数倍/1 →5
(9) 水中の重金属 (Heavy metals in water)	基準を数倍超過	水中のCdの基準	濃度の減少率は、排出量の削減率に比例する	数倍/1 →5
(10) 発ガン性物質 (Carcinogenic substances)	PAH; 1 ng/m ³	PAH; 0.1 ng/m ³	PAH濃度が、0.1 ng/m ³ の時により、1年あたり100万人に1人の割合で癌にかかる。死亡に至る基準濃度は、0.01 ng/m ³ *3*3→0.1 ng/m ³ と算出	1/0.1 →10

(資料6) 日本版被害算定型影響評価手法の概念図 出典：産業環境管理協会 (2003) 727頁

