

環境調和型製品設計のためのライフサイクル アセスメント

Life Cycle Assessment for Designing Environmentally Conscious Products

竹山 典男
TAKEYAMA Norio

加賀見 英世
KAGAMI Hideyo

製品の一生にわたり環境影響を評価するライフサイクル アセスメント(LCA : Life Cycle Assessment) は、企業・製品ユーザーの環境意識向上から着目されている。LCAの普及に伴って、ISOで標準化が進められ、国内ではJISの制定により、共通フレームワークで実施しなければならなくなっている。

当社では、簡易評価法をコンセプトにインベントリ項目を充実させ、その結果に基づき環境影響評価ができる手法とそのソフトウェアを開発した。製品のライフサイクルについて、大気・水質・資源の環境影響を簡易に算出でき、設計段階において環境調和型製品開発を支援するためのツールとして活用できる。

Life cycle assessment (LCA) studies are attracting attention as an environmental impact assessment method throughout the product life cycle. LCA studies should be conducted within the common framework defined by ISO standardization, and by the Japanese Industrial Standards (JIS) in Japan.

We have developed a simplified LCA method and software, which performs inventory data expansion and impact assessment based on that data. This method is utilized as a support tool for evaluating air pollution, water pollution, and energy consumption at an early stage for the development of environmentally conscious products.

1 まえがき

近年、環境に配慮した製品すなわち環境調和型製品(ECP : Environmentally Conscious Products)の開発が、企業活動にとって重要な位置を占めるようになってきた。それは、このような製品を優先調達するグリーン調達の一部で開始されており、また情報公開を含む環境ラベルも着手されようという状況にあるのがインセンティブとなっている。ECP実現のためには製品のライフサイクルを通して環境負荷を小さくすることが必要であり、その負荷の程度を測るものさしの一つにLCAがある。

当社では、ECP開発のために製品の設計段階でLCA評価ができるような簡易評価手法を開発し⁽¹⁾、ソフトウェアEasy-LCA ver.2を開発した⁽²⁾。これは、大気系の環境負荷とエネルギー消費に関するデータベースをもつソフトウェアであり、社内外で活用されている。

今回、インベントリ項目の充実を図ることで環境影響評価を可能にし、ISO(JIS)に対応したLCAソフトウェアを新たに開発し、ECP開発のためのより充実したツールに発展させたのでその概要を紹介する。

2 ISO規格によるLCA

LCAはその手法の信頼性や透明性が必要なために、現在、国際標準化機構(ISO : International Organization for Stan-

dardization)で標準化が進められている。LCA全般を総括する“原則と枠組み”がすでに規格化(ISO 14040)され、日本でも、JIS(JIS Q 14040)として制定されている⁽³⁾。したがって、LCAを実施する場合にはこの規格にのっとり評価しなければならなくなっている。

ISO 14040によるLCAの構成は、次の4段階からなると定義されている。

- (1) 目的と調査範囲の設定
- (2) インベントリ分析
- (3) 影響(インパクト)評価
- (4) 解釈

“目的と調査範囲の設定”は、LCAを実施する目的や報告する相手などを明確にし、どの範囲まで調査するかを設定する。その目的と範囲に従って、製品ライフサイクルの各段階で投入される材料やエネルギーおよび排出される環境負荷物質について、収支分析すなわち“インベントリ分析”を行う。

次いで、インベントリ分析で得られた環境負荷項目について、環境への“影響を評価(インパクト評価)”する。例えば、地球温暖化や水質汚染、資源枯渇などへの環境への影響を評価する。

最後にLCA評価法の妥当性やデータの品質などを考慮してLCAの結果を“解釈”する。

図1にISOによるLCAのフレームワークと評価するインベントリ分析項目および影響評価項目の例を示す。

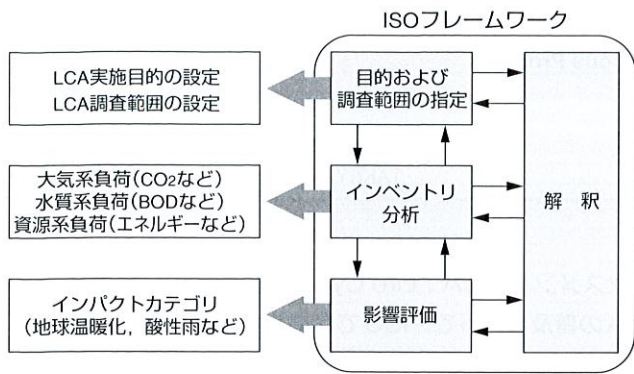


図1. ISOのLCAフレームワークと評価項目例 ISOに対応するためには、従来のインベントリ分析だけでなく、影響評価を実施しなければならない。

LCA framework in ISO 14040 and examples of evaluation items

3 インベントリ分析と環境影響(インパクト)評価

LCAの骨格をなすインベントリデータの収集および影響評価は、以下のようにして行なった。

3.1 インベントリ分析

インベントリ分析のデータ収集法には2通りある。製造プロセスごとに材料やエネルギーの投入量と環境負荷物質排出量を調べていく積上げ分析法と、経済統計である産業連関表⁽⁴⁾を利用して生産波及効果から推計する方法とがある。前者は詳細なデータが得られるが調査機関によって調査範囲が異なるなどの問題がある。

また、一企業で素材産業までさかのぼって調べ上げるには限界がある。後者の産業連関表による方法は、連関表自体がインベントリであり客観性に優れている。難点としては日本の産業の代表値で求められているために個別の製品に適用することは難しいが、概算のデータを得るには十分なために、このデータ作成法を採用した。生産波及効果の推計は、平成2年産業連関表・統合407部門の逆行列計算により求めた。

3.1.1 大気系の環境負荷 大気系の負荷項目として二酸化炭素(CO₂)、硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)の算出は、各産業部門の生産に投入された原油、揮発油・灯油・重油などの石油製品、石炭、コークスなどの石炭製品、天然ガス、都市ガスなどの計24種の化石資源が燃焼されることにより発生するとの前提にたつて、各種工業統計表から燃料分のみを推計して、各燃料種の排出係数からCO₂排出量を求めた。CO₂の発生源としては、このほかに石灰石からの排出も考慮した。

SO_xは、文献⁽⁵⁾などを参考にして、上記で考慮した24種の化石燃料の硫黄排出係数や含有量から求めた。NO_xは、燃料に含まれる窒素分以外に燃焼過程で大気中から入ってくる窒素分の影響が大きいので、ボイラ、加熱炉などの固

定発生源と自動車などの移動発生源の両方を考慮に入れた。また、SO_x、NO_xの排煙脱硫率、脱硝率を勘案した。

3.1.2 水質系の環境負荷 水質系の負荷については、工業統計分類別に調査されている水質統計表⁽⁶⁾から産業連関表分類にデータ変換し、生産波及効果を推計し、産業連関表分類による水質負荷データベースを構築した。取り上げた項目は水質統計表に記載されているBOD(生物化学的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)、SS(浮遊物質)、T-N(総窒素含有量)、T-P(総リン含有量)である。

構築にあたり、水質統計表そのものや産業連関表分類への変換に際しての欠落データについては、類似分類での値と見なしたり、加重平均をとることで補完した。

3.1.3 資源系の負荷 資源系の負荷についてはエネルギー消費と資源消費を考慮した。エネルギー消費は大気系の負荷と同様に、化石起源の燃料投入量を求め、原油換算してその発熱量から算出した。

資源消費については金属資源と化石資源に分け、それぞれ直接の消費量の総和をもってインベントリとした。

3.2 影響評価

インベントリ分析の結果が地球環境に対してどのような影響をどの程度及ぼすかについて評価するために、図2に示すように関連付けた。

ここで、地球温暖化、酸性雨などは科学的な根拠で合意が得られているGWP(地球温暖化指数)やAP(酸性化指数)で整理し、大気汚染、水質汚濁は大気汚染防止法、水質汚

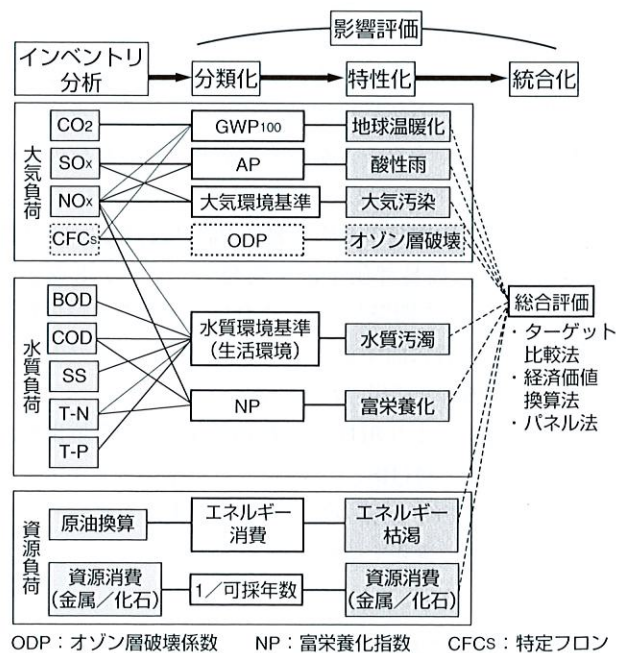


図2. 負荷項目と環境影響項目との関連 水質系負荷インベントリを拡充することによって、影響評価が可能となった。

Relationships of inventory categories and impact categories

濁防止法に基づく規制値の相対値で指数付けした。また、資源枯渇には可採年数の逆数を使用した。

このように環境影響項目ごとに相対指数を求めることで、基準とする機種と評価対象機種との環境影響評価が比較できる。

4 LCA 簡易評価法

4.1 LCA 簡易評価法

3章で述べたデータベースを基にして新たに開発したLCA簡易評価法は、従来の簡易評価法(Easy-LCA ver.2)の考えかたを基本にしている(図3)。

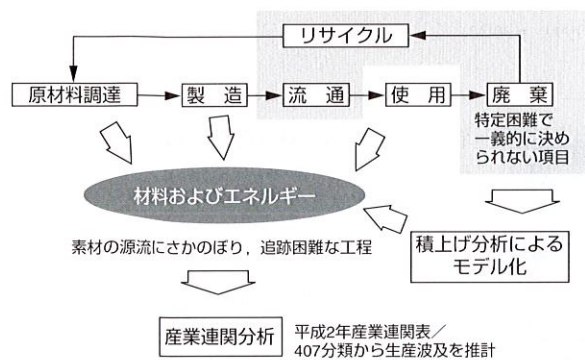


図3. LCA簡易評価法の概念 6段階のライフサイクルに従って、設計者の知りうるデータと、代表モデルに従って計算されるデータとを入力し、産業連関分析により生産波及と効果を推定する。

Outline of simplified LCA method

- (1) 製品のライフサイクルを原材料調達－製造－流通－使用－廃棄－リサイクルの6段階にあらかじめ設定し、各段階に設計者が保有する必要最低限のデータを入力するだけで環境負荷の算出が可能である。
- (2) 廃棄やリサイクルの段階を国内における家電・OA機器の処理状況のデータを基にモデル化した。これにより、設計者にとって入手困難なデータをモデルに従って入力していけば自動的に負荷が算出できる。

4.2 ソフトウェア

新たに開発したソフトウェアは、以下のような特長もっている。

- (1) データインポート/エクスポート機能 製品を構成する部品のデータを一括して入力あるいは編集できる機能を設け、設計者の作業の軽減を図った。
- (2) 部品のユニット構造化 購入部品や保守部品など、事前に部品としてのインベントリ分析を行い、データベースに追加することでデータの再利用や複雑なプロセス評価にも対応できるようにした。

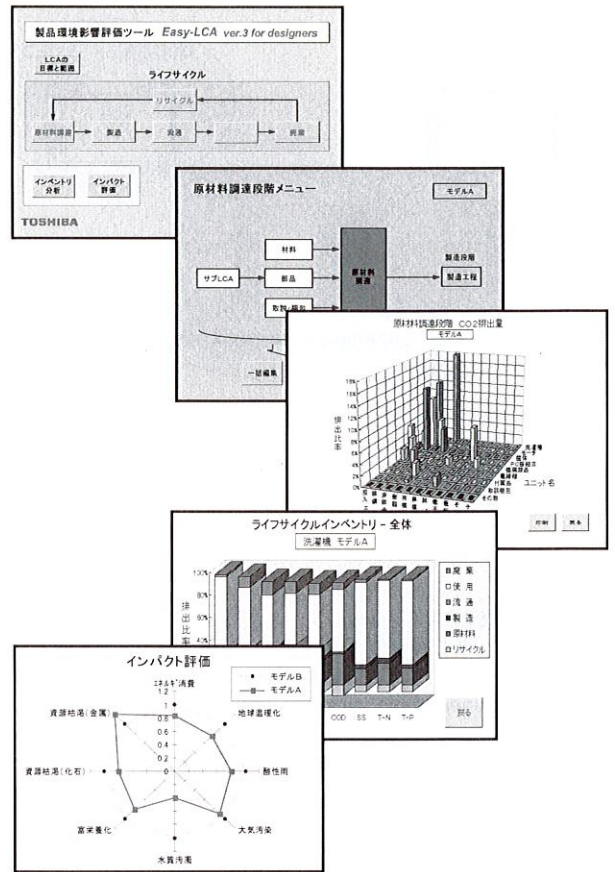


図4. 入出力画面の一例 各ライフステージでのメニュー画面に従って必要最小限のデータを入力するだけで、三次元棒グラフやレーダーチャートなどで評価結果を表示することができる。

Examples of "Easy-LCA" screen displays

- (3) 多様な廃棄処分負荷への対応 製造段階での廃棄物処理の負荷算出や製品廃棄段階/リサイクル段階での多様な処理に対応できるようにした。
- (4) ユーザインタフェースの充実 入出力画面の一例を図4に示す。

5 ECP 設計支援ツールとしてのLCA

ECP開発には、性能－品質－コスト－環境がバランスをとることが求められる。そのためには、各種の情報を一元的に入手して設計に反映させることが必要である。現在、これらの支援ツールおよびデータベースを環境情報システムとして開発中である。その概念を図5に示す⁽⁷⁾。

LCAは一連の設計プロセスにおいて環境影響を評価するツールの一つに位置付けられ、ECP設計支援ツールの中核を成すものである。そこで、LCA単独の評価に留まらず、他の評価ツールと有機的に連携させ、設計者が設計段階から効率よく評価できるようにシステムとして機能させる予定である。

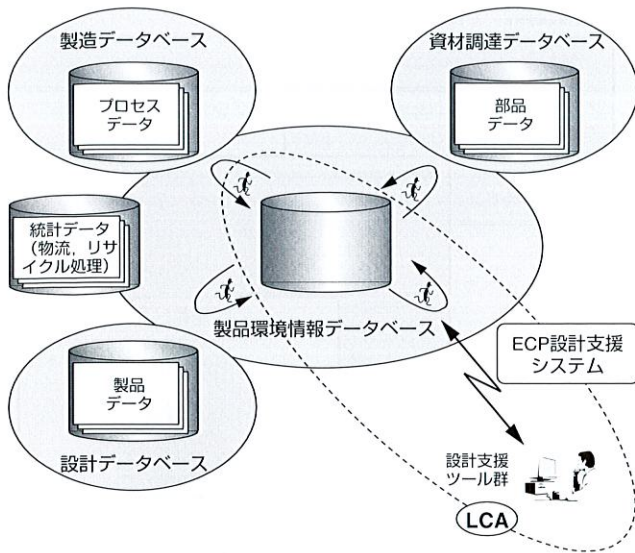


図5. 製品環境情報データベース 既存の関連するデータベースから必要なデータを有機的に結び付け、製品環境情報データベースとして構成する。

Product environmental information database

6 あとがき

LCAのインベントリ分析項目を拡充し、その結果に基づく環境影響(インパクト)評価ができるようにすることで

ISO(JIS)のLCA手法に対応させた簡易評価技術とそのソフトウェアを開発した。

LCAはECP設計支援ツールの中核を成すものであり、今後もECP創出に向けて内容の充実を図り、タイムリーな設計支援を行なっていく。

文献

- (1) 加賀見英世, 他. ライフサイクルアセスメント. 東芝レビュー. 51, 6, 1996, p.16-18.
- (2) 日本経済新聞, 1997-9-9, 他.
- (3) 環境マネジメントシステム—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み, JIS Q 14040. 1997.
- (4) 平成2年 産業連関表. 総務庁, 1994.
- (5) アジアのエネルギー利用と地球環境. 科学技術庁, 科学技術政策研究所編, 1992. p.109.
- (6) 流域別下水道整備計画調査資料 指針と解説. (社)日本下水道協会.
- (7) 小林英樹, 他. 環境調和型製品の設計支援技術. 東芝レビュー. 54, 4, 1999, p.30-32.



竹山 典男 TAKEYAMA Norio

研究開発センター 環境技術・分析センター研究主務。

LCA技術の研究・開発に従事。

エネルギー・資源学会会員。

Environmental Engineering & Analysis Center



加賀見 英世 KAGAMI Hideyo

研究開発センター 環境技術・分析センター研究主幹。

LCA技術, 材料応用技術の研究・開発に従事。

日本金属学会, 腐食防食協会会員。

Environmental Engineering & Analysis Center