

# 環境調和型製品の開発及び生産を支える 評価手法とツール

Evaluation Methods and Tools for Development and Manufacturing of Environmentally Conscious Products

ファクター 4.22 (2006 / 2000)

価値ファクター 3.73

環境影響低減ファクター 1.13

\* ProjectMeister™としての値

小林 英樹

親里 直彦

小林 由典

■ KOBAYASHI Hideki

■ OYASATO Naohiko

■ KOBAYASHI Yoshinori

東芝は、環境経営の視点から各種の評価手法とツールを活用して、環境調和型の製品開発及び生産に取り組んでいる。環境効率指標 ファクターTを用いて、製品価値と製品ライフサイクルで発生する環境影響から算出する環境効率を改善していくことができる。これは、これまでハードウェア製品主体に適用を進めてきたが、現在は情報通信技術 (ICT) などへ適用を広げている。また、リユース事業シミュレータ LCSimluator™を用い、様々なシナリオに基づいてリユース事業の実現可能性を検討することができる。更に、物質投入量推定手法 EMIOT™を用いて、資材調達金額から事業活動に要する物質投入量を推定することができる。

Toshiba is promoting the development and manufacturing of environmentally conscious products from the perspective of environmentally conscious management using various evaluation methods and tools. We have newly developed a number of evaluation methods and tools for this purpose. These include Factor T, an indicator to evaluate and improve eco-efficiency; LCSimulator™, a life cycle simulator for feasibility studies on various reuse businesses; and EMIOT™, that facilitates more reliable estimation of material inputs to a business based on material procurement data. Factor T is an indicator expressing both the value of a product and its environmental impact throughout its whole life. It has been applied to hardware products so far, although recently its application has also been extended to the field of information and communication technology (ICT).

## 1 まえがき

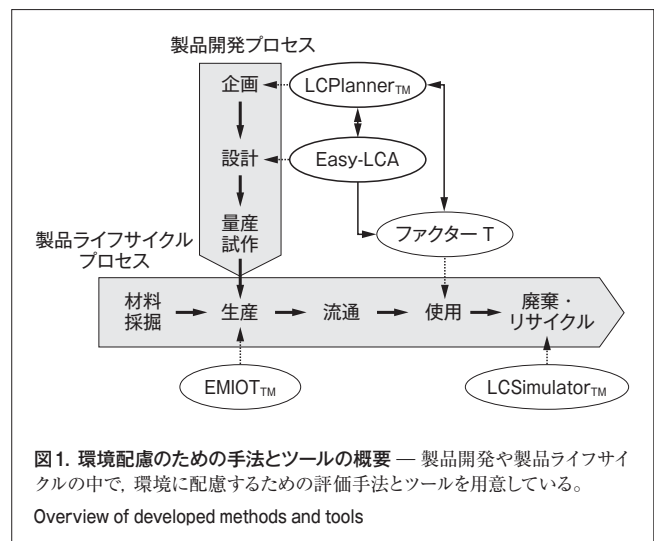
環境経営は、今や製造業にとって必須課題の一つである。企業の環境経営の立場には、環境規制対応や企業イメージの低下防止のようなリスク対策というものから、新しい事業機会の発見と実践、更に、持続可能な社会の実現に向けた変革を社会的責任の一環として率先するという、より積極的なものまで、様々なものがある。

製造業の中心課題は製品開発であることから、これまで東芝は、ライフサイクルアセスメント (LCA) を中心とした環境調和型設計のための手法とツールを開発し、実際の製品開発で適用してきた<sup>(1)</sup>。これらは環境リスクの低減に有効であるが、環境経営の視点からは、より広い範囲で環境に配慮する必要があると考えている。ここでは、製品開発と生産という範囲で環境に配慮するための評価手法とツールについて、最近の進展を述べる。

## 2 評価手法とツールの概要

環境配慮のための手法とツールの概要を図1に示す。

当社は、環境効率指標 ファクターTを2004年度から本格的に社内展開し、その評価結果を公表している<sup>(2)</sup>。ここで、製品の環境効率とは、製品価値を製品ライフサイクルで発生する



環境影響で除した値、また、ファクターとは、環境効率の改善比率を意味する。環境効率やファクターは、消費者に価値ある環境調和型製品の選択を促すための有用な指標と期待されており、指標の業界標準化活動も進められている。これまでの評価対象はハードウェアを主体とする製品が中心であったが、適用範囲を拡大した。

3R (リデュース, リユース, リサイクル) というコンセプトが提唱されて久しいが、現在のところ、リユースは事業として採算性

を実現することが困難である。その理由は、リユース製品・部品の需給バランスを維持することが難しいからである。リユース事業シミュレータ LCSimulator™は、リユース事業がもたらす企業利益と環境負荷の両側面を動的にシミュレーションすることで、リユース事業の実現可能性を検討するツールである。

生産拠点の環境性評価には様々な方法があるが、環境省が示している環境パフォーマンス指標ガイドライン<sup>(3)</sup>もその一つとしてとらえることができる。このガイドラインでは、事業活動のために投入される物質投入量を質量単位で把握することを推奨している。しかし、事業活動に必要なすべての物質を質量単位で把握することは容易ではない。そこで、資材調達金額データから物質投入量を推定する手法として、EMIoT™ (Estimation method for Material-inputs using Input-Output Table) を開発した。

製品ライフサイクルで発生する環境影響を定量化するLCAや、商品企画で環境配慮するライフサイクルプランニング(LCP)<sup>(1)</sup>は、既に多製品に適用され効果を上げている。

次章以降で、情報通信技術 (ICT) にかかわるファクターTの適用事例、LCSimulator™、及びEMIoT™について述べる。

### 3 ICTのファクターT

日本環境効率フォーラムで、ICTの環境効率に関する業界標準化活動が進められている。これまでに、LCAの枠組み、計算方法、及び価値評価の考え方などを標準化ガイドラインとして整理し、広く一般公開している。ここでは、このガイドラインに基づいた評価事例として、プロジェクト管理ソリューションProjectMeister™ (以下、PJMと略記)の環境効率の評価を紹介する<sup>(4)</sup>。

PJM導入によりプロジェクトメンバーのスケジュール一括管理が可能となり、各タスクの進捗(ちよく)状況を把握することが容易になる。顧客にアンケートした結果、作業効率が約1.2倍に向上する効果があった。また、データ共有化により紙に出力して配布したり保管することが減るため、印刷物の量が削減される効果も得られた。

PJM導入前後の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量の比較結果を図2に示す。この比較の評価範囲は、PJMのライフサイクルとして、調達、設計、出荷、設置、立上げ作業及び運用段階を含み、PJMの利用者である設計者600人が800件の製品設計プロジェクト活動を1年間行う場合を対象としている。各段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は、主にLCA支援ツールEasy-LCAを利用して算出した。図2によれば、ライフサイクル全体で、約12%のCO<sub>2</sub>削減効果があることがわかる。PJM導入により作業効率は向上するが、新規サーバ導入により運用時の消費電力は増加している。その一方で、紙消費量の削減効果が大いことがわかる。また、PJMの設計・開発・製造に伴うCO<sub>2</sub>排出

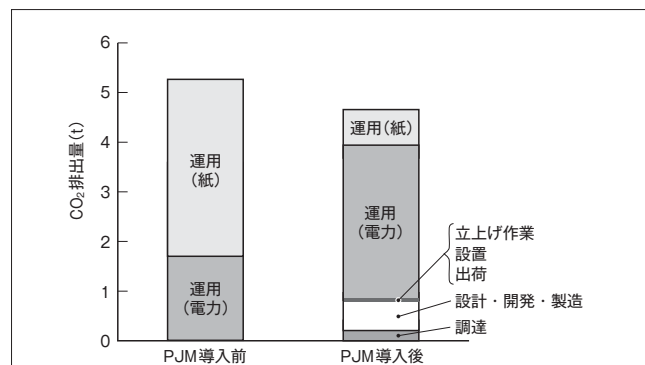


図2. PJMのLCA結果 — プロジェクト管理のライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>排出量は、PJM導入により約12%削減している。

Result obtained by newly developed life cycle assessment (LCA) method compared with that of conventional model

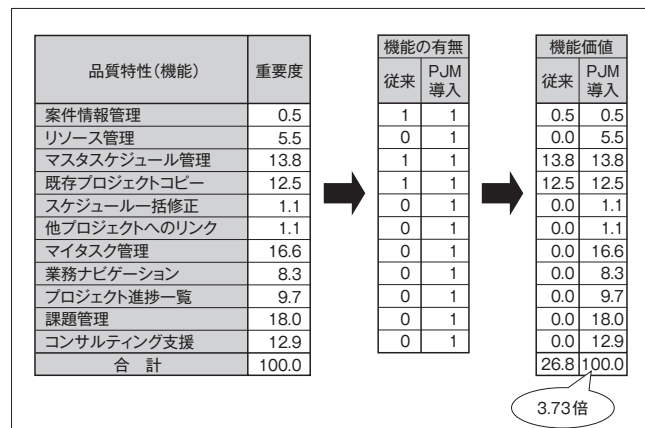


図3. PJMの価値評価 — QFDを用いて個々の機能の重み付けをし、機能の有無を考慮して総合的な機能価値を算出する。

Evaluation of function values

量も小さくない。

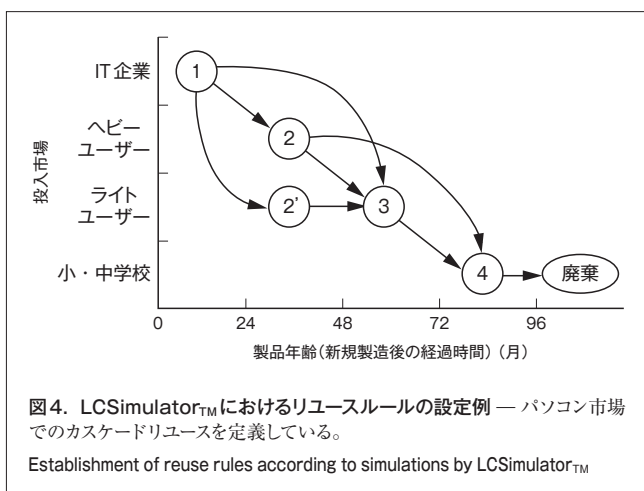
PJMの価値評価を図3に示す。品質機能展開(QFD: Quality Function Deployment)を利用して、総合的な機能評価を行う点に特徴がある。まず、顧客へのアンケートに基づいて、PJMが提供する機能(品質特性)を重み付けする。次に、PJMの各機能を定量化する。ここでは、機能がある場合には1、ない場合には0とする簡易評価を採用した。最後に、各機能の定量値の加重和をとり、総合的な機能価値を算出する。この結果、図3に示すとおり、PJM導入モデルの機能価値は従来モデルに対して3.73倍となった。

環境効率は、図3に示した機能価値を、図2で示したCO<sub>2</sub>排出量で除して算出することができる。この結果、環境効率の改善度であるファクターは4.22となる。この環境効率の向上には、価値向上が大きく寄与しているが、今後は、設計・開発の効率化などにより環境影響の低減を進めていくことが必要であることもわかる。

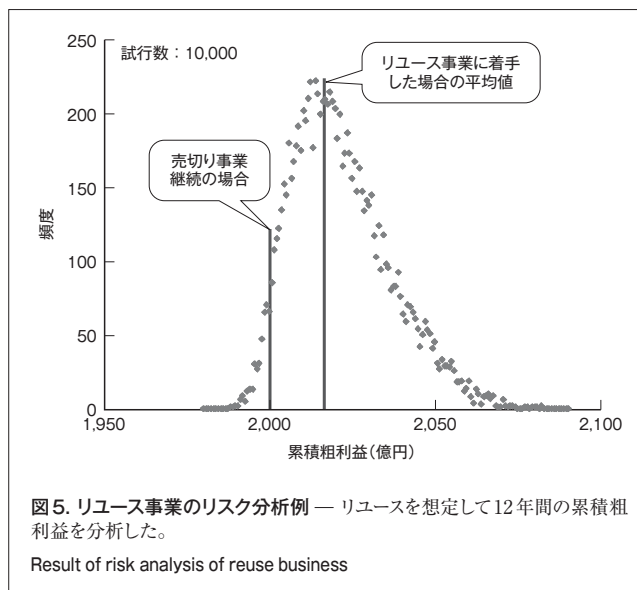
## 4 リユース事業シミュレータ LCSimulator™

LCAや環境効率が静的条件を仮定した評価であるのに対して、製品の生産計画及び回収予測に基づいて循環型生産を動的に評価するライフサイクルシミュレーション (LCS) 技術が提案されている<sup>(5)</sup>。LCSでは、生産・回収システムを含む製品事業を対象に、環境負荷などの指標だけでなく、利益などの財務指標も同時に評価する。特に、回収製品から部品を取り出して新製品に組み込むようなリユース事業を構築しようとする場合、LCSが有用である。

LCSimulator™は、異なる市場セグメントに製品や部品をリユースしていく事業を動的に評価するリユース事業シミュレータである<sup>(5)</sup>。リユース事業には、製品売切り型のビジネスモデルよりも、レンタルやリースのように製品を回収しやすいビジネスモデルのほうが適していると言われている。LCSimulator™は、市場規模を制約条件として、製品回転期間が異なる売切り事業とレンタル・リースサービスの二つのビジネスモデルが混在する状態で計算することができる。これにより、売切り事業からレンタル・リースサービスへの複雑なビジネスモデル移行のシナリオを評価できるようになった。また、顧客要求レベルの異なる市場セグメント間でリユースするためのリユースルールを定義することも特長の一つである (図4)。

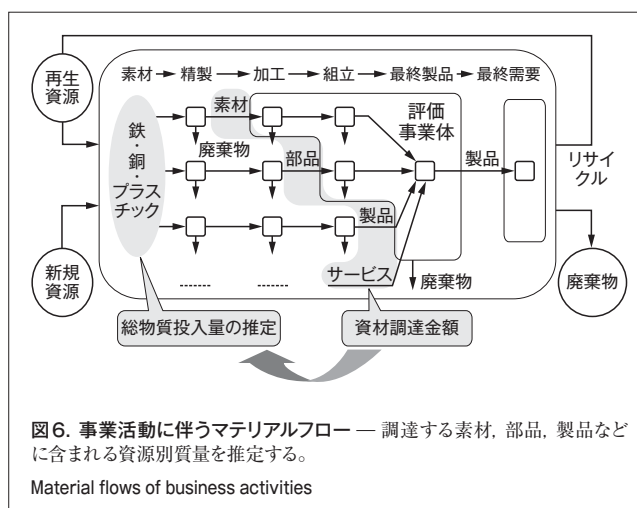


実際にリユース事業に移行しようとする場合、様々な不確実性要因が存在するため、合理的な意思決定が難しい局面が出てくる。そこで、LCSと決定木分析を組み合わせ、どのくらいの時間をかけてどのように売切り事業をリユース事業に移行させれば事業リスクが少ないか、分析する方法を考案した<sup>(6)</sup>。図5は、複数の移行シナリオを決定木で表現したうえで、シナリオの不確実性をモンテカルロシミュレーションで分析した例である。事業リスクを勘案したとしても、リユース事業に着手したほうが評価期間中の累積粗利益は大きくなると予測できる。



## 5 物質投入量推定手法 EMIOT™

事業活動への総物質投入量を集計するために、評価事業体(当社の場合は東芝グループ連結集計関係会社)のほかから調達されるすべての資材を把握する必要がある (図6)。出荷される製品に含まれる直接材料だけではなく、製造時に廃棄物となる材料、消費される副資材や設備・備品などの間接材料も集計しなければならない。



圧延鋼板などのように主要な素材が明らかな原材料であれば、素材の種類とその質量を把握することはさほど難しくはない。しかし当社の調達品のほとんどは、このような原材料ではなく、複数の素材で構成される部品や製品である。これらの資材調達量は金額や個数単位で把握することができるが、質量や資源の内訳を把握することは容易ではない。供給業者を通じて調査するか、分解して計量する必要がある。しかし、す



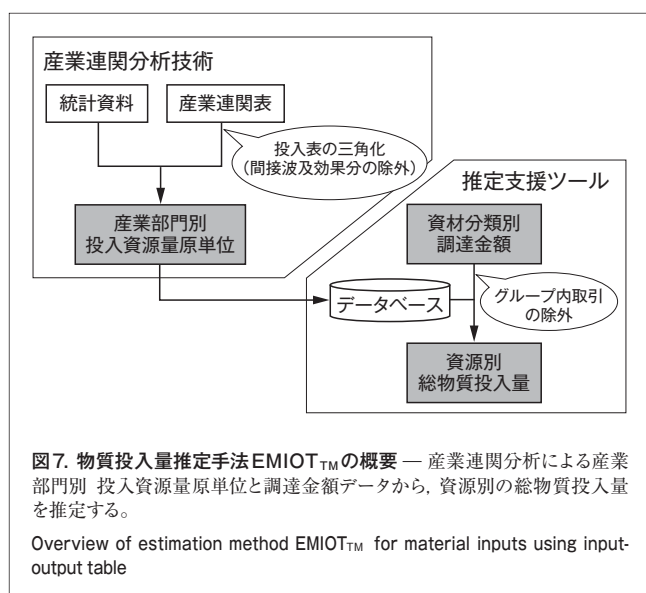
すべての調達品についてデータ収集することは、多大な労力が発生するため実際には困難である。

このような事情から、多くの企業では事業活動の入口側のデータを集計する代わりに、出口側のデータを利用している。例えば、主要製品の質量と素材構成比に生産台数を乗じ、廃棄物量を加えて総物質投入量とみなしている。しかしこの方法では、次に示すような理由で過小評価となる。

- (1) 集計範囲が主要製品に限られる
- (2) 製品ごとに設計が異なるインデント品への適用が難しい
- (3) 設備や備品が含まれない

また、廃棄物となる材料や副資材の資源別質量を把握できないという問題もある。

そこで当社は、資材調達金額データから総物質投入量を推定するため、産業連関表を利用した物質投入量推定手法 EMIO<sub>T</sub>™を開発した<sup>(7)</sup>(図7)。この手法で用いている産業連関表は、総務省から発行されている統計で、国内の全産業(約400部門)間の取引金額をまとめた表である<sup>(8)</sup>。逆行列を用いて波及効果を計算することで、鉄や銅、プラスチックなどの素材がどの産業を通じてどの製品の製造に使われたかを推定できる。



LCAにも資源消費量に関する評価項目がある。LCAでは、製品を製造するために投入、消費された物質量を直接、間接を問わずすべて集計する。これに対しEMIO<sub>T</sub>™では、間接波及効果分を除外し、製品を直接構成する物質だけを集計する点に違いがある。事業者の環境パフォーマンス指標では、事業活動の範囲とデータの集計範囲を一致させることを基本としている。このため、材料や部品の物質量を推定するEMIO<sub>T</sub>™が必要になる。

東芝グループへの展開にあたっては、EMIO<sub>T</sub>™による投入

資源量原単位をデータベースとして持つ集計ツールを作成して配布した。集計ツールでは、各カンパニーの資材分類別の調達金額データを表計算ソフトにはり付けるだけで、資源別総物質投入量を算出することができる。総物質投入量の推定結果は2004年度分から公表されている<sup>(2)</sup>。

## 6 あとがき

ここでは、当社が開発した環境調和型製品の開発・生産のための評価手法とツールの中から、ファクターTのICTへの適用、リユース事業シミュレータ LCSimulator™、及び物質投入量推定手法 EMIO<sub>T</sub>™について述べた。これらの評価手法やツールがカバーする適用範囲は着実に広がってきた。今後も、製品開発と生産の現場で使いやすい実用的な手法やツールを開発し、環境経営に貢献していく。

## 文 献

- (1) 小林英樹, ほか. ライフサイクルアプローチに基づく環境調和型設計支援. 東芝レビュー. 60, 1, 2005, p.56-59.
- (2) 東芝. CSR報告書 2006. <http://www.toshiba.co.jp/csr/jp/report/index\_j.htm>. (参照2007-04-06).
- (3) 環境省. 事業者の環境パフォーマンス指標ガイドライン 2002年度版. 2003. <http://www.env.go.jp/policy/report/h15-01/index.html>. (参照2007-04-06).
- (4) 松野泰也, ほか. IT社会を環境で測る—グリーンIT. (社)産業環境管理協会. 2007, p.91-98.
- (5) Kumazawa, T.; Kobayashi, H. A Simulation System to Support the Establishment of Circulated Business. Advanced Engineering Informatics. 20, 2, 2006, p.127-136.
- (6) Kobayashi, H.; Kumazawa, T. A Simulation-based Decision Support Methodology for Reuse Business. Proc. of 4th EcoDesign. Tokyo, 2005-12, Union of EcoDesigners, 3A-1-2F.
- (7) 親里直彦, ほか. 産業連関表を利用した物質投入量推定手法. 第1回LCA学会研究発表会講演要旨集. つくば, 2005-12, 日本LCA学会. p.64-65.
- (8) 総務省. 平成12年(2000年)産業連関表. <http://www.stat.go.jp/data/io/io00.htm>. (参照2007-04-06).



**小林 英樹** KOBAYASHI Hideki, Ph. D.  
研究開発センター エコテクノロジー推進室室長, 工博. エコテクノロジーの研究企画, 研究・開発に従事. 日本機械学会, 精密工学会会員.  
Eco-Technology Office



**親里 直彦** OYASATO Naohiko  
研究開発センター システム技術ラボラトリー研究主務. ライフサイクルアセスメント応用技術の研究・開発に従事. 日本機械学会, 日本太陽エネルギー学会会員.  
System Engineering Lab.



**小林 由典** KOBAYASHI Yoshinori  
研究開発センター システム技術ラボラトリー. ライフサイクルアセスメント応用技術の研究・開発に従事. 環境経済・政策学会, エネルギー・資源学会会員.  
System Engineering Lab.