

# 製品設計技術者のためのライフサイクルアセスメントツール

Life Cycle Assessment Tool for the Products Engineer

蔵田 淳一

Junichi Kurata

**要旨** Life Cycle Assessment(LCA)支援ツールは数十種のもので発表・販売されており、LCAの目的に応じて適切に使用することは可能である。しかし、これらのツールは国際標準化機構(ISO)で定める原則および枠組みに沿ったLCAの実施を支援するものでLCAに関する相応の知識とデータ入力が必要であり、多忙な製品設計技術者が日常的に使用するのには難しかった。そこでISO準拠のLCAではないが、ネットワークを介して既実施例、部品データ、アッセイデータなどを共有し、活用することで製品設計技術者が短時間で容易にLCAを実施できるツールを開発した。

**キーワード** : ライフサイクルアセスメントツール, LCA 実施手順, 環境影響

## 1. まえがき

当社におけるLCAへの取り組みは、2000年9月の環境保護製品委員会で議事に上程され、その実行組織が10月にスタートした。

その時点でのLCA実施の必要性は

- ・ 今後製品に対してLCAを求めるような法案が出てくる可能性がある。
- ・ 国家プロジェクトとしてLCAプロジェクトが起案され2002年に発表される。
- ・ 環境活動の取り組みを外部にアピールするためにも、LCAへの取り組みを進める必要がある。

であり、目的は、

- ・ 製品のトータルな環境影響評価に使用する。
- ・ 製品を設計する際の環境配慮度の指標とし、改善項目としてゆく。

であり、方法は

- ・ 将来はシステム構築による、簡易化を行う。
- ・ まずトライアルモデルを決め、市販ツールを用いて、データは確認できる範囲で、当

社で管理できる範囲で実施する。

というものであった。

そしてLCAツールに産業環境管理協会のJEMAI-LCAを採用し、総合研究所で2例のトライアルを行ない、この実施例をもとに各事業所のトライアルとしてのLCAを実施することにした。

その結果2002年3月までに合せて以下の5例が、

- ・ 総合研究所: DV-535 DVDプレーヤー
- ・ 総合研究所: DVDプレーヤーの他社比較  
P社: DV-535 VS S社: DVP-S313
- ・ 所沢事業所: DV-545 DVDプレーヤー
- ・ 川越事業所: FH-P555MD カーオーディオ
- ・ 大森事業所: BD-V2T デジタルCATV 端末

それ以降は、

- ・ 所沢事業所: DV-U7 DVDプレーヤー
- ・ 所沢事業: CDJ-1000 DJ用CDプレーヤー

のLCAが実施された。

そのLCA結果の一部はパイオニア環境保護活動報告書<sup>(1)</sup>2001と2002に記載されているので興味があれば参照されたい。

しかしながら製品の環境配慮度を客観的な数値で把握しようとするLCAの実施は、LCAに関する相当の知識と、実施をサポートするツールの操作に習熟が必要であることから当社内でのLCA実施はその後あまり増えていない。

一方で、各国・地域で製品の環境面の要求も一段と熾烈になるにつれ、製品LCAを実施し、結果をフィードバックし、環境配慮型製品として上市する必要も増大している。

本稿では、開発したツールを使用するにあたり心得なければならない省略・簡略化したLCAの部分を理解するための説明を「2.LCAの枠組み」と「3.LCA実施の手順」で紹介し、その後で開発したツールを紹介する。

## 2.LCAの枠組み

LCAとは、製品やサービスに対して、その原材料の採取段階から最終的に廃棄処理されてその使命を終えるまでの全生涯に及ぶ環境負荷の

すべて算出することで、環境影響の少ない製品やサービスの開発を総合的な見地から進めるための評価手法として提唱されたものである。

ここでの環境負荷とは、枯渇性資源(化石燃料、鉱物資源など)、更新性資源(森林資源、水資源など)、再生資源(使用済みの物質を再生した資源)やエネルギーの使用量、生産や処理に伴う二酸化炭素の排出量、大気や水域への汚染物質の排出量、埋め立て処分される固形廃棄物量などである。ライフサイクルと環境負荷の概念を図1に示す。

また環境影響とは、経済活動の持続性、人間の健康、生態系の健全性などに及ぼす影響の視点から、資源の枯渇、森林破壊、砂漠化、地球温暖化、オゾン層破壊、大気汚染、水質汚染、湖沼の富栄養化、埋立地の枯渇などに分類されるものである。環境負荷と環境影響の関係概念を図2に示す。

また総合的な見地とは、経済活動の持続性、

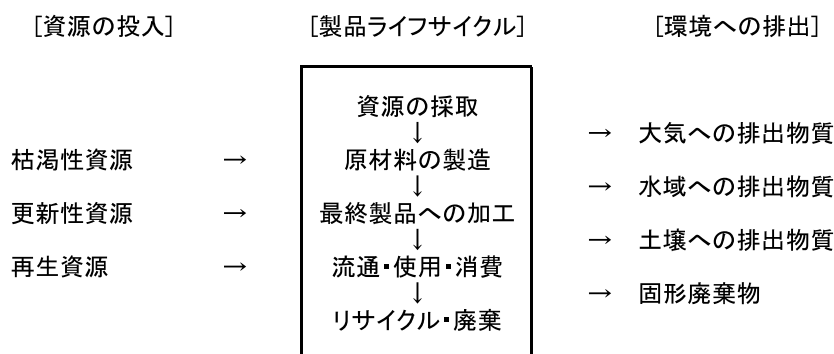


図1 ライフサイクルと環境負荷の概念

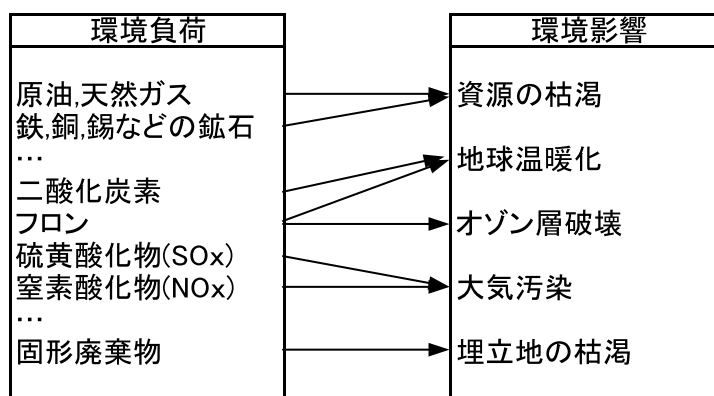


図2 環境負荷と環境影響の関係概念

人間の健康，生態系の健全性などの視点から，環境影響を統合化して製品やサービスの環境負荷を指標化することである。

これに「目的と調査範囲の設定」，「解釈」を加えたものが LCA の枠組みであり，全体像を図 3 に示す。以下環境負荷をインベントリー，環境影響をインパクトと呼ぶ。

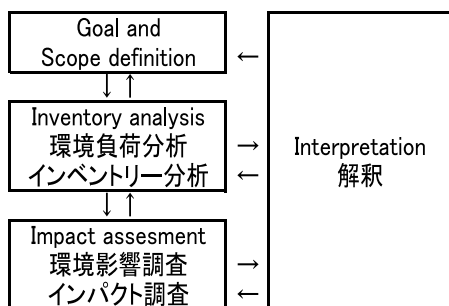


図 3 LCA の枠組み

### 3. LCA 実施の手順

#### 3.1 目的と調査範囲の設定

製品を対象に LCA を実施する場合は，開発や設計の段階で製品の環境への影響を数値化し，より環境に配慮した製品として上市することが目的であり，この視点から調査範囲は自ずと製品を製造するために必要な資源の採取から，製品が使用された後に廃棄処理がされて自然界に戻された状態になるまでが調査の範囲となる。

#### 3.2 インベントリー分析

製品を中心に考えて，部品の製造や部品材料の製造を上流，製品輸送や使用そして廃棄処理などを下流とすれば，最上流が資源の採取であ

り，最下流が自然界への排出である。この最上流から最下流までの物質のフローとエネルギーのフローを調査し，分類化し，集計するのがインベントリー分析である。

インベントリーを調査すること自体も大変なことであるが，以下に述べる複雑さも存在する。

##### 3.2.1 回帰するフロー

図 4 において工程 A の製品 A が工程 B に投入されているが工程 A には製品 B も投入されている。例をあげれば工程 A が石油精製プラント，工程 B が発電プラントである。この場合インベントリーの集計計算は回帰するので計算をある時点で終了させる方法を持たねばならない。また，その方法が適しているか否かにより計算の精度や時間が影響を受ける。

##### 3.2.2 アロケーション

図 5 において工程 A からは製品 A1，製品 A2，・・・製品 An が出力されるが調査範囲内で次工程に投入するのは製品 A1 だけである。この場合残りの製品 A2 ～ 製品 An までを調査範囲に取り込むことを考えるが，それも無理な場合，何らかの規準で工程 A の投入に対する割戻しを考える必要がある。この規準と割戻しをすることがアロケーションである。なお規準は，重量規準，市場価値規準，炭素含有量規準など目的に合った適切なものを採用する必要がある。

##### 3.2.3 ミックス投入

図 6 において工程 B へ投入される製品 A は工程 A1，工程 A2，工程 A3 の製品である。例をあげれば工程 B が粗鋼プラントで工程 A1 が中国，工程 A2 がオーストラリア，工程 A3 がインドネ

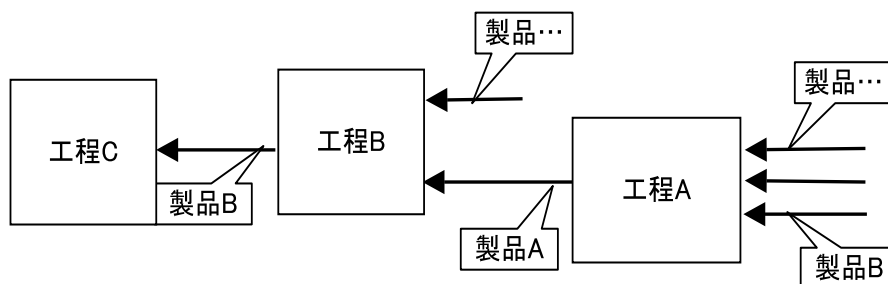


図 4 回帰するフローの概念

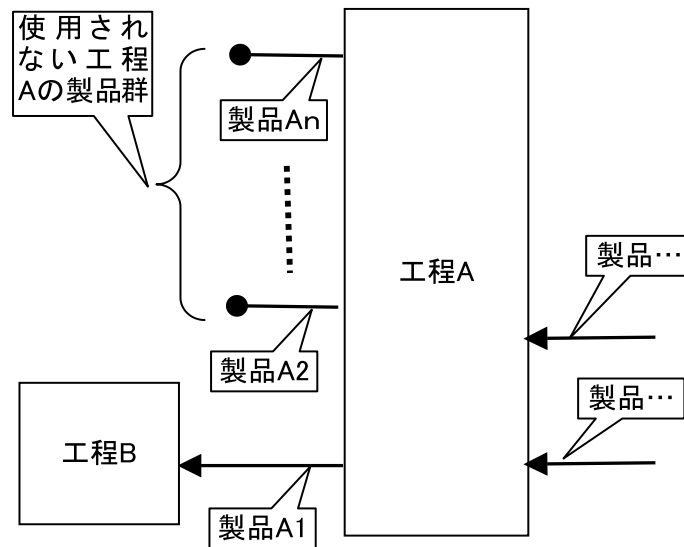


図5 アロケーションの概念

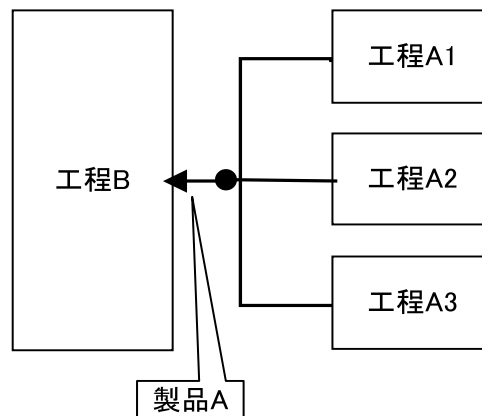


図6 ミックス投入の概念

シアの鉄鉱石などである。この場合工程A1，工程A2，工程A3をそれぞれ調査するか，工程A2に関するデータの品質が良いと工程A2のデータを工程A1，工程A2に適用し，違いは輸送距離などとする簡略化を行うことも必要である。

### 3.3 インパクト調査

インベントリ分析の結果から環境への影響度を評価することがインパクト調査で，その手順は以下に示すとおりである。インパクト調査の細部では世界的に共通した評価法はいまだ確立されていないものの，ISO規格に準じてLCAを行う場合は次に述べる「3.3.1：分類化」と「3.3.2 特性化」が必須の要求事項となる。

#### 3.3.1 分類化

各インベントリ項目を，調査する影響領域（地球温暖化，オゾン層の破壊など）に割り振ることである。

#### 3.3.2 特性化

それぞれの影響領域において，各インベントリ項目に重み付け係数（特性化係数）を乗じて単一の指標値とすることである。

#### 3.3.3 正規化

それぞれの影響領域において選択されたある参照基準値を基に指標値を無次元化することである。参照基準値にはその領域での総排出量や資源消費量などを考える。

### 3.3.4 グループ化

正規化された指標値をその環境影響の特性・性格によっていくつかのグループに分類することである。たとえば環境影響の性格から、地球規模、地域規模、局所規模などの地理的影響で分類することである。

### 3.3.5 統合化

環境影響項目や分類項目毎に重み付け係数を設定し、それぞれに乗することで合計し、結果を統合することである。たとえば損害回復金額を算出する係数を考えて総損害回復金額を統合化した評価値とするなどである。

### 3.4 解釈

最後に、インベントリー分析およびインパクト調査の結果を調査の目的に応じて解釈し、必要があれば「目的と調査範囲」や「インベントリー分析」や「インパクト調査」を見直し、再構築し、結果をまとめる。

## 4. LCA を実施するうえの障害点

2002年3月までの取り組みと、それ以降の実施例の少ない状況を振り返って、LCA を実施することの障害点は以下のようなことである。

### 4.1 LCA 実施に多くの時間が掛かる。

LCA の説明で述べたように、LCA を実施するには製品の設計・開発システムから得られる情報に加え、多くの別種のデータを集めなければならず、本質的に手間と時間がかかる。ゼロベースからでは簡単な製品でも最低でも2ヶ月位を見込む必要があり、製品設計技術者の時間をLCA 実施に配分するのは困難である。

### 4.2 部品やアッセイに関するデータがない。

JEMAI-LCA には部品加工に用いる素材までのデータしか持っていない。従って部品加工以降はLCA 実施者がデータを収集し、作成しなければならない。

### 4.3 他の実施例のデータを簡単には生かせない。

JEMAI-LCA はスタンドアロンのツールなので、他の実施例を参照し、使用するには参照す

るデータを再入力する必要がある。JEMAI-LCA には、他のデータファイルを使用中のファイルにマージする機能もあるが、「必要データだけを」という意味的な機能ではないので、使用中のデータが上書きされてしまう危険性があり、容易には使うことができない。

### 4.4 JEMAI-LCA は操作が複雑である。

前述したLCA の細部にも対応したツールであるJEMAI-LCA には多くの画面が用意されている。LCA に対する相当の知識を持たない人がJEMAI-LCA を使用すると、どの画面の何処にデータを入力すれば良いのか戸惑ったり、間違った入力をしてしまったり、往々にして正しい結果は得られない。そして入力と計算を繰り返すことになり、JEMAI-LCA の操作にも多くの時間を必要とする。

以上を考慮し、より広くLCA を推進するためには、製品設計技術者がLCA に関する最小限の時間と知識でLCA を実施することが必要であり、そのためには新しいLCA ツールの開発が必要であると考えた。

## 5. 簡易にLCA を実施するツール

### 5.1 LCA 部分の簡略化

当社では、LCA 結果をどのように利用するのか、製品の環境性能を反映する指標はなにか、顧客に理解されやすい項目はなにかを考慮した結果から、製品の主たる環境影響指標として地球温暖化に影響を与える二酸化炭素の排出量を中心にしてLCA の取り組みを推進している。

そこで開発したツールは標準的なLCA が持つべきインベントリー表、分類化カテゴリ表、特性化係数表などを用いることなく、基本エレメント(素材、エネルギーなど)に環境影響係数なるものを持たせることで、単一の環境影響指標のみを算出するものとした。これにより、回帰型の計算要素やアロケーションが必要な要素を排除することが可能となり、ツール開発の負担を軽くした。

環境影響指標には二酸化炭素排出量ではな

く、地球温暖化ポテンシャル(GWP=Global Warming Potential)に設定した。これは内部的にインベントリー表を持たないので二酸化炭素以外の物質が地球温暖化に及ぼす影響を包含できなくなるのを避けるためである。

基本エレメントはJEMAI-LCAの中から必要なものを選び、環境影響係数を算出して登録した。また基本エレメントの組み合わせを標準化エレメントととして登録することで部品やアッセイを基本エレメントと同じように扱えるようにした。登録は必要に応じて追加や非表示にすることも可能なので、LCA実施者に不必要なエレメントが表示されないようにした。

#### 5.2 既実施例の参照

さらに一度実施したLCAは、その構成要素を参照エレメントととして基本エレメントと同じように扱うことも可能とした。

#### 5.3 素材重量の積算表示

LCAの実施中には、製品重量やユニット重量とそれを構成する素材重量の積算値とを対比することで、素材使用量の過不足のチェックをする必要がある。開発したツールでは素材重量の積算値を常時表示することで、このチェックを容易にできるようにした。

#### 5.4 ネットワークの利用

開発したツールは、エレメントの追加・変更や配布を容易に実現するために、そして複数の製品設計拠点で複数のLCA実施者が既実施例を参照したり、利用したりすることを実現するために、ネットワーク上で動作するツールとした。また海外での製品設計や環境保護活動への利用にも配慮し、日本語と英語を切り替えて実行できるものとした。

#### 5.5 LCA実施を一画面で

ツールの利用者をLCA実施者とLCA管理者の二者に明確に分けたうえで、LCA実施者の画面は切り替えを不要とし、短時間で操作に習熟することを可能にした。また初めてのLCA実施者の操作支援はヘルプで対応するようにした。表1にLCA実施者とLCA管理者の実行権限の範囲を示す。

#### 5.6 共同でのLCA実施

共同実施者を指定することで、一つのLCA実施を複数人で同時に実施することを可能にした。これにより一つの製品LCAを構成要素や技術要素別に担当者を定め効率良く実施できるようにした。

### 6 システムの構成

システムはRDBMS(Relational Database Management System)にMicrosoft社のSQL Server 2000を採用した二階層クライアント-サーバーの構成とした。クライアントに配置するアプリケーションプログラムはMicrosoft社のVisual Studio .NETで作成したもので、クライアント側の.NET Framework 実行環境の下で動作するものとした。この.NET FrameworkはOSがWindows98以降であれば無償でインストールできるので利用者が増えても費用の発生は無い。

アプリケーションプログラムは極力オブジェクト指向で記述し、将来のアプリケーションの拡張に配慮した。またすべての処理はストアードプロシージャを介し、データベースサーバー上で行ない、一連の処理が終了するとデータベースとの接続を閉じるようにして、複数クラ

表1 LCA実施者とLCA管理者の実行権限の範囲

	LCA実施者	LCA管理者
LCAの実施	○	○
共同実施者の追加	○	○
LCA実施例の管理	×	○
エレメントの管理	×	○
新規実施者の登録	×	○

インタントの同時使用に対するスケーラビリティの問題に対処している。

アプリケーションの配置はインストーラーを用いて簡単に利用者ができるようにすると共に、将来に生じる変更によるアプリケーションの互換性の問題は、サーバーへの接続パスワードを変更することで、ログイン時に排除するようにした。これにより、ユーザー管理の工数を低減できるようにした。開発したツールの画面例を図7に示す。

### 7. 今後の課題

開発したツールの環境影響係数はJEMAI-LCAから算出したものであるが、JEMAI-LCAのデータは旧通産省・産業技術院・資源環境研究所が

1993年～1995年頃の産業データを基に作成したものである。また電子部品などのデータは工業材料Vol.45No.2「松下電器産業：ISO14000とLCA」<sup>(2)</sup>や1996年度の電子部品産業環境ビジョン<sup>(3)</sup>と機械統計年報<sup>(4)</sup>に基づき筆者が作成したものである。それゆえ、特に技術革新が進む電子機械業界の中にあってはこれらのデータを用いたLCA結果が現実を反映しているとは言い難いものがある。幸いにも平成10年から5年間の国家プロジェクトとして進められてきたLCAプロジェクトがその結果を公表する時期にきたので、これを調査検討してこのツールのデータを更新することができれば最新の産業技術を反映したLCA実施が実現できるものとする。今後の課題としたい。

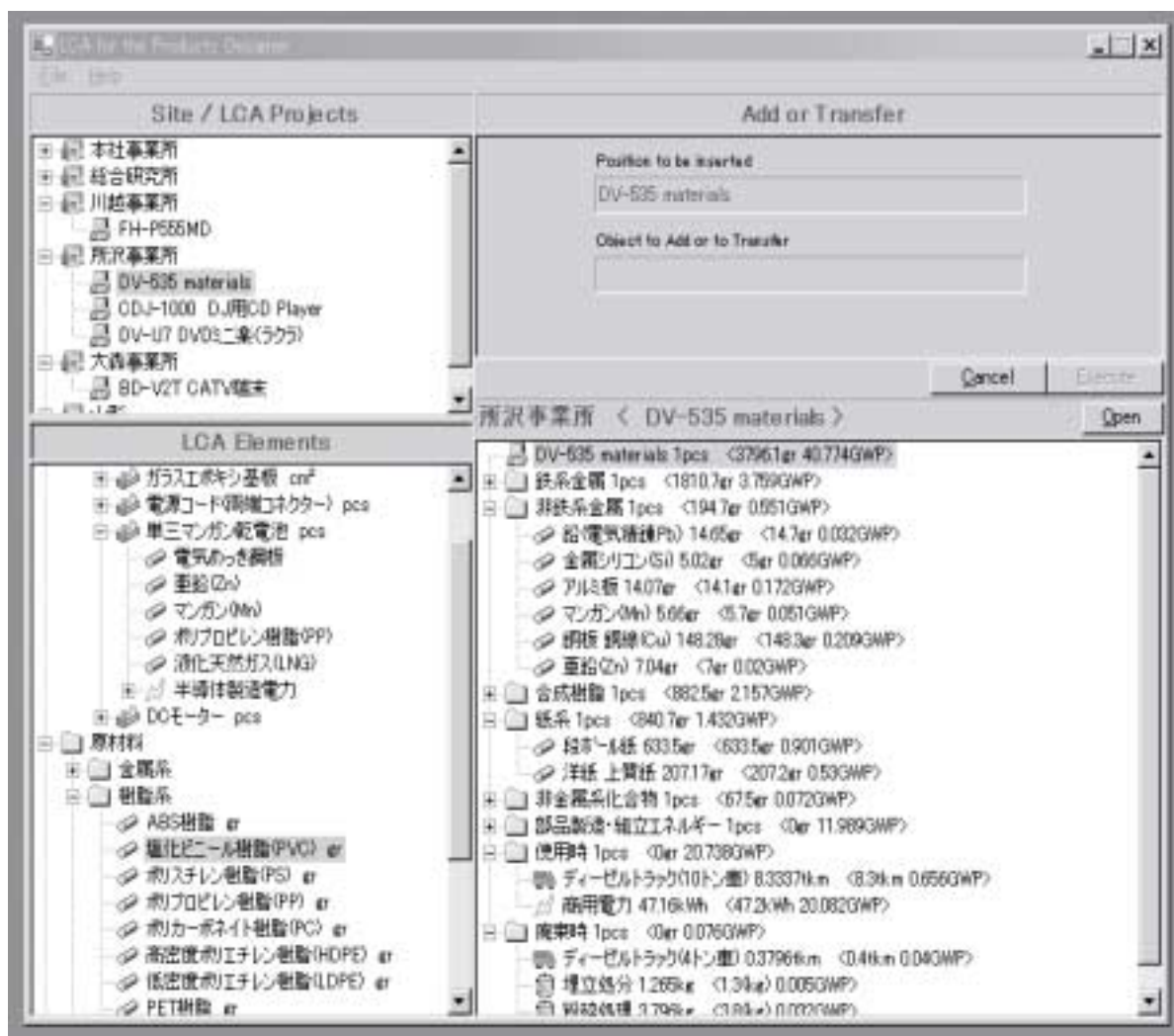


図7 開発したツールの画面例

## 8 . 謝 辞

本LCA ツール開発の機会を与えていただいた総合研究所の高野室長，社会環境部の斎藤氏，高柳氏，またシステム構築に協力をいただいたヘルプデスクの安部氏に感謝します。

## 参 考 文 献

- (1) パイオニア株式会社:  
<http://www.pioneer.co.jp/environment/>
- (2) 大西， 椎野: ISO14000 とLCA- 製造メーカーにみるL C A の取り組み，工業材料，1997年2月号(Vol.45 No.2)
- (3) 電子部品産業環境ビジョン報告書: 環境問題特別委員会・電子産業環境ビジョン作成WG，(社)日本電子機械工業会，1997年3月
- (4) 機械統計年報: 通商産業大臣官房調査統計部編，平成8年(1996)

## 筆 者

蔵 田 淳 一 (くらた じゅんいち)

所属: 研究開発本部 総合研究所 管理部  
環境企画推進室

入社年月: 1967年4月

主な経歴: 光学式ディスクの研究開発～生産に従事。現在LCA推進委員