

LCAによって 巨大なエコ・イノベーションを引き起こせ！・・・1	LCA データベース使用方法・・・9
ISO14040 シリーズの改訂について・・・2	関連行事カレンダー・・・12
日本版被害算定型影響評価手法(LIME)の概要(前編)・・・4	お知らせ・・・12

## 巻頭言



### LCAによって 巨大なエコ・イノベーションを引き起こせ！

東京大学生産技術研究所

LCA フォーラム運営委員長 山本良一

今年の日本の夏は観測史上最も暑い夏だそうである。日本のみならず、南ヨーロッパの森林火災、アメリカをおそった史上二番目の強力なハリケーン等々気候異変が全世界的に起きている。気候異変は既に常態化しつつあるように見うけられる。年間CO<sub>2</sub>を240億トンも放出して120億トン程度が大気中に蓄積されていく一方で酸素は過剰消費により年間219億トンも減少しつつある。地球温暖化によりアラスカの氷床は年間960億トン、グリーンランドの氷床は年間510億トンも溶解している。1950年以降南極半島の棚氷は8000Km<sup>2</sup>崩壊したが、2002年の2月から3月にかけてはラルセン棚氷Bが3250Km<sup>2</sup>も崩壊して私たちの心胆を寒からしめた。自然災害による保険金の支払額は1970年代の10年間で336件、227億ドル(2001年の米ドルに換算)であったものが、1990年代の10年間では1199件、1712億ドルにまで増加している。スイスにある世界第二の再保険会社のSwiss Re報告によれば、10年以内に異常気象による経済損失が年間1500億ドルに達すると予想されている。その結果保険会社は年間300~400億ドルの支払いを余儀なくされ、これは毎年ワールドトレードセンターが一つ攻撃されると同規模の損失額を引き受けることになるだろうとのことである。今年になって米国のペンタゴンレポートの一つが地球温暖化は暴動と核戦争を招くと警告して話

題になった。著者は元CIA顧問のピーター・シュワルツとダグ・ランドールである。IPCCの第3次報告書では起こる可能性は低いと考えられているシナリオ、すなわち深層大海流の減速による、突発的な寒冷化が生じた場合の国防政策の観点からのシナリオ分析である。イギリスは20年以内にシベリア化し、ヨーロッパ等で大規模な移住が起こると予測し、温暖化の脅威は世界にとってテロリズムの比ではないと結論している。このシナリオを基にしたハリウッド映画(「デイ・アフター・トゥモロー」)も公開(日本では6月5日から)されて注目を集めている。筆者も知人と見に行ってきたが、数ヶ月という短期間に氷河期に突入するのはちょっと科学的にはありえないと思ったが、CG映像は大変すばらしく、また米国大統領が「人数は自然に対してもっと謙虚でなければならぬ」「途上国の人々をもっと真剣に考えなければならぬ」と講演するのを聞いて素直に感動した。突発的な寒冷化を除けば、温暖化に伴うあらゆる現象はもう既に生じつつあるのではないかと。人類は“温暖化地獄”をもう経験し始めていると言った方が正確であろう。

米国の国立大気研究センターは、このままでは21世紀末には、より厳しい熱波が北米と欧州を襲うと最近予測している。例えばパリでは熱波は年間1.70~2.38回、1回あたり11.39~17.04日続くと予想している。ヨーロッパでは自然エネルギー推進、エコデザイン指令、化学物質管理強化等に全力を挙げつつある。周知のように、ブッシュ政権は京都議定書から離脱しているが、その米国で8つの州とニューヨーク市が電力会社を相手にCO<sub>2</sub>排出削減を求める訴訟を起こしている。米国の著名な学者たちは連盟で「政策立案における科学的誠実性 ブッシュ政権における科学誤用の調査」と題する報告書を公表した。その中には地球温暖化問題への対応も含まれている。誤解を受けることを恐れずに言えば、米国におけるこのような動きは正に地球温

暖化問題の“三國志”を見ているような印象を受ける。中国では年間エネルギー消費が標準石炭で14億トンに達し、2020年には25～35億トンが必要とされている。既に石油の純輸入量は消費総量の1/3を上回っている。エネルギーの利用効率は極めて低く、今後とも経済成長に伴って膨大な温暖効果ガスを排出することは不可避的である。中国政府も循環経済への転換を目指し、昨年クリーンプロダクション促進法を成立させた。さて、わが国はどうすれば良いのであろうか。日本国内はこれほど猛暑に見舞われているにも関わらず温暖化や地球環境問題で国論を二分するような激しい議論が行われているようには全く見えない。自然エネルギー推進派、環境税推進派などはいることはいるにせよ、皆大変おとなしく、武闘派であるようには全く見えない。国内ではこのように激しい議論や運動も無く、また思い切った政治決断や国家戦略の選択もなされていないが、しかし少しずつどの方向へ進めば良いのかの国民的コンセンサスが広く形成されつつあるのは間違い無いであろう。すなわち、サステナブル経済への日本的アプローチの核心はあらゆる分野においてエコ・イノベーションを引き起こすことであろう。LCAはエコ・イノベーションの巨大潮流を引き起こすカギである。LCAの積極的活用こそが意図せずして環境効率を向上させ、エコ・イノベーションへと導くのである。わが国には米国型ではない静かなエコ革命が似合うのではないか。一日一回はLCA的に考えてみる国民運動を起こしてはどうであろうか。

## 動向

### ISO14040 シリーズの改訂について

ISO/TC207/SC5/WG6 エキスパート国内小委員会委員  
富士ゼロックス(株)  
開発管理本部環境商品安全部マネジャー  
増田 晃二

#### 1. まえがき

2003年11月より活動を開始したSC5/WG6のエキスパートとしてISO14040シリーズの改訂作業に参加している。SC5/WG6では、独立行政法人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長の稲葉 敦氏が共同議長を務めておられ、筆者は日本の一メンバーとしてまた産業サイドのユーザーとして参加させて頂いている。ISO14040シリーズ改訂の発端については本ニュース31号に稲葉センター長が詳しく報告されたので、今回は第1回のジュネーブ会合以降の改訂活動状況をお伝えする。

#### 2. 改訂作業手順

改訂の基本手順はWG6の前身とも言えるアドホックグループにより以下のように決められていた。すなわち、ISO14040(原則と枠組み)、14041(インベントリ分析)、14042(環境影響評価)、14043(ライフサイクル解釈)の4件の中から強い要求を示す“shall”を用いた文章を取り出して、新たに14044(要求とガイドライン)にまとめ、一方残った文章で新たな14040を作成し2件のISOにまとめる。今回の改訂の目的は「読みやすさの向上」であるから、誤りや不整合の修正以外に内容は変更しない。これまで約10か月の作業ではこの基本線はかなり忠実に守られているが、特に内容の変更をとどまらせているのは主に日本とドイツである。EU諸国のエキスパートは常に新たに追加したい内容を用意しており、アメリカも補足説明の追加や形式的な変更には積極的と言える。

#### 3. 改訂スケジュール

現在のスケジュールは以下の通りで、約2年後の2006年10月に新たな規格が発行されることになっている。

- 03年10月：NWIPの承認
- 03年11月：議長団による準備
- 03年12月：WDの準備(ジュネーブ会合)
- 04年4月：WDコメントの検討、CD1の準備(ワシントン会合)
- 04年9月：CD1コメントの検討、CD2の準備(ブエノスアイレス会合)

05年1月：CD2 コメントと投票結果の検討、DISの準備  
(メキシコシティー会合予定)

05年10～11月：DISへのコメントと投票結果の検討、  
FDISの準備(会合予定)

06年4月：FDISへのコメントと投票結果の検討、規格  
承認の準備(会合予定)

06年6月：発行準備、承認ドラフト

06年10月：発行

#### 4. 新しい規格の構成

読みやすさのために新たな ISO14040 と 14044 で、以下  
のようにほぼ同一の章立てが取られる。

Title：タイトルについて WG6 の中で議論と提案を  
行ったが、上位の SC5 裁定で当初の NWIP 通りに戻さ  
れている。

Introduction：従来の規格から切り取った部分と新  
たに作成した部分とを合わせて構成されている。

1 Scope

2 Normative reference

3 Definition：

ISO14050 (用語) との整合、40 シリーズ内での整合  
を踏まえ、新たな 2 つの規格では約 50 件の用語定義  
について全く同一の内容が記載される。

4 General description of life cycle assessment：  
現状では 14040 のみに設けられている。今回のプエ  
ノスアイレス会合で規格のタイトル通り原則をまと  
めて記述した節を新たに作成した。

5 Methodological framework：

LCA のフェーズ順に、目的と範囲の設定、インベン  
トリ分析、インパクト評価、解釈の各節が並び、  
14040 には一般的な記述が、14044 には個別要求がま  
とめられている。

6 Reporting

7 Critical review

Annex：

規格内の記述と重複するものは整理され、新たに  
LCA の応用事例を 14040 の Annex A (informative) と  
して追加した。

#### 5. 改訂における議論・トピックス

##### 5-1. LCA のフェーズと応用例の図

現行 ISO14040 の Figure 1 右側にある Direct applica-  
tion の内容が、LCA の活用進展により現実にはもっと広  
がっているため項目を追加拡張したい、という要望が第  
1 回会合以来 EU の各国から強く出された。第 2 回会合に  
スウェーデンがここ数年の LCA の応用発展における事例  
のリストを提示し、Figure 1 への記載を提案した。こ  
こは共同議長である稲葉センター長が今回改訂の基本原

則を説得し、Annex として採用することで落ち着いた。

提案された応用事例の中には、Type ラベルにおける  
試行事例である Modular LCA や EU の LCA Initiative で  
製品の改善活動に使われた概念のマトリクス表などが  
盛り込まれていた。今回の TC207 総会における「環境情  
報の品質保証 Workshop」でこれらの事例紹介を聴講し  
た限りでは、実践を通しての LCA 応用への努力もよく理  
解でき LCA の進歩拡張の事例であることも認められた。  
しかしやはり規格にそのまま引用する事例としては生々  
し過ぎるので、用語を抽象化して一部を残すことにして  
いる。

(備忘のために、採用されなかった事例をこの機会に紹  
介しておく。Modular LCA は、タイプ ラベルで部品・  
工程等 Module レベルの比較に利用するための手法でそ  
の目的に適っていることは理解できるが、単に機能単位  
を細かく設定したケースと考えると特別な命名で呼ぶも  
のでもない。もうひとつは Attributional/Consequen-  
tial と Retrospective/ Prospective という概念で、ス  
ウェーデンやデンマークなどでは徐々に知られ始めてい  
るようである。応用の目的を整理するためには役立ちそ  
うであるが、従来結果管理(Retrospective)主体であっ  
た LCA が開発における予測(Prospective)にも使える  
ということが無理に擁護しているように聞こえる。開発  
における成功事例が揃ってくれば、敢えて主張しなくて  
も良いのではないだろうか。)

##### 5-2. 比較主張の第 3 者への開示

比較主張を一般へ開示する際には、現行規格においても  
インパクト評価、データ品質分析、クリティカルレ  
ビューなど、特別な注意が要求されている。進行中のド  
ラフトではこれをさらに強く認識させるために 14040 と  
14044 を通じて、「比較主張、used for a comparative  
assertion」と「一般への開示、disclosed to the  
public」の前には必ず「意図する、intended to be」を  
加えた表現が採られることになった。正確には、今回の  
プエノスアイレス会合で「比較主張」だけでなく「開示」  
の方にも「意図する」を付けるようになった。一例を示  
すと以下のようなものである。"Another requirement for LCA  
studies intended to be used in comparative asser-  
tions intended to be disclosed to the public is  
that an impact assessment shall be performed. 「意  
図する」という前置きが変わると、「比較主張」や「開  
示」への対応は目的と範囲の決定など LCA の初期段階か  
ら準備をしなければならない、また元々「比較主張」や  
「開示」を意図していなかった LCA の結果が一人歩きす  
ることを避けなければならない、というような意味が出  
てくると考えられる。

### 5-3. LCAの原則

新たな14040は現行ISO 14040をベースとしているものの、“shall”を含む文章は「14044に従うこと」という一文だけで「原則と枠組み」のタイトルに比べて原則らしきものが見当たらない、ということがアメリカなどから指摘された。そこで前述のように現行の4つの規格の中にばらばらに記載されていた重要なキーメッセージを集め、改めて新14040の一般的記述の章にPrinciples of LCAの節を作成し、今回のプエノスアイレス会合で形がほぼでき上がった。LCAを遂行する上での留意点が一箇所にまとめられ、読みやすさの点でも注意の喚起としても旧規格から進歩した点であると筆者は個人的に気に入っている。今後まだ手直しが入るかも知れないが、現状では以下の7項目のような内容になっている。

ライフサイクル視点、Life Cycle Perspective

原料採取から最終処分までライフサイクルで捉えることにより、見落としを回避する

環境重点、Environmental Focus

環境側面を調査するもので、経済的、社会的側面は対象としない

潜在環境影響、Potential Environmental Impacts

あくまで潜在的な環境影響を評価している

相対性と機能単位、Relative Nature and Functional Unit

設定した機能単位に対する相対量を調査する

反復手法、Iterative Nature

目的と調査範囲に沿って何度も見直すこと

包括性、Comprehensiveness

理想的には資源枯渇、生態系破壊、人の健康など全ての環境側面を含む。偏りのある場合にはその説明が必要となる。

透明性、Transparency

複雑な分析手法であるがゆえに透明性が必要

### 6. 今後の予定

これまでの所当初の改訂スケジュールが順調に進行しており、プエノスアイレス会合で修正された2nd CDに対して本年12月末までコメント募集が行われる予定である。これが大きな修正要求の最終チャンスと思われるので、本報告を読まれた皆様から積極的なご意見、ご提案が寄せられることを期待致します。

## 講座

### 日本版被害算定型影響評価手法(LIME)の概要(前編)

(独)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  
LCA手法研究チーム  
チーム長 伊坪 徳宏

#### 1. はじめに

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は、LCAプロジェクト(正式名:製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発;新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先 産業環境管理協会)インパクト評価研究会と連携して、LCIA(Life Cycle Impact Assessment)手法開発に向けた検討と議論を重ね、ここに第一版日本版被害算定型影響評価手法(LIME: Life cycle Impact assessment Method based on Endpoint modeling)を完成させた。本報はLCAプロジェクトの主要成果物の一つであるLIMEの手法論と利用方法について、解説したものである。

#### 2. 社会的背景

LCAプロジェクトインパクト評価研究会では、ISO14042<sup>(1)</sup>と整合性を有し、かつ、特性化から統合化までを網羅した日本版の影響評価システムを開発するための検討を進めてきた。LCAプロジェクト開始当時(1998年)のLCIA研究は、地球温暖化や人間毒性など特定の影響領域に対する潜在的影響量を評価する特性化と、様々な環境影響を統合して単一指標を得る統合化のための手法開発に二分されていた。このような状況下、従来の統合化手法は、特性化による結果から直接影響領域間の重み付けを行うことで単一指標を得る、いわゆる問題比較型の手法が主流であった。しかし、問題比較型は10項目以上の影響領域について同時に、かつ、実際にどの程度の環境影響が発生しているかについて殆ど情報を提示することなく比較するため、透明性や信頼性が著しく欠落しているという問題点が指摘されていた。

人間健康や生物多様性などのエンドポイントレベルでの被害量まで評価することにより、重み付けの対象項目数を最小化し、エンドポイント間の比較により統合化を行う被害算定型の評価手法の有用性が近年認識されている。LCIAの最新の方法(Eco-indicator '99, EPS, ExternE)は全て被害算定型を採用しているが、インベントリが同一であっても発生する被害量は環境条件(気象、人口密度など)によって異なるため、我が国で利用できる被害算定型のLCIA手法の開発が求められた。

### 3. LIMEの構成と手法開発の方針

LIMEは日本版の被害算定型環境影響評価手法である。その概念図を図1に示す。LIMEによる環境影響の評価は以下のステップに分かれる。

- (1) 環境負荷物質の発生による大気、水などの環境媒体中の濃度変化を分析する(運命分析)。
- (2) 環境媒体中における環境負荷物質の濃度の変化によって、人間などのレセプタによる暴露量の変化について分析する(暴露分析)。
- (3) 暴露量の増加によるレセプタの潜在的被害量の変化を被害態様ごとに評価する(被害分析)
- (4) 共通するエンドポイント(例えば人間健康)ごとにそれぞれの被害量を集約する(影響分析)。
- (5) 最後にエンドポイント間の重要度を適用させることで環境影響の統合化指標を得る(統合化)。

環境負荷によって発生する被害量を評価するためには、疫学、生態学、数理生物学、毒性学、気象学、緑地学などの自然科学的知見を、エンドポイントの間の重み付けを行って環境影響を統合化するためには経済学、社会学、心理学などの社会科学的分析を活用することで環境影響が評価される。

これまでの影響評価手法の開発は、LCAの研究者が中心になって行われていたが、上に挙げた各分野の最新の研究成果が十分に、かつ、網羅的に反映されているとは

言い難い状況にあった。

そこでLIMEの開発にあっては、専門分野の違いを考慮して、LCIA研究者で構成される(1)インパクト評価研究会(親委員会)のもとに、大気環境学や土壌学、生態学など自然科学に関わる専門家で構成される(2)ダメージ関数小委員会、環境経済学者などで構成された(3)経済評価小委員会を設置し、計三つの研究会において手法開発のための検討を進めた。親委員会ではLIMEの枠組みと特性化係数の開発、ダメージ関数小委員会は被害評価手法の開発、経済評価小委員会では統合化係数の開発を担当した。このような運営体制を敷くことで、各分野における最先端の理論を効果的にLCIA手法に導入することが可能となった。

### 4. 主な成果物とその特徴

LIMEの社会的普及という観点から見ると、LCIAの手法論を高度化するのは当然であるが、LCAの実施者が簡単に利用できることもこれと同等以上に配慮されなくてはならない。従来よりLCIA手法の活用方法は、インベントリデータとこれに該当するLCIA用の評価係数との積和により評価を行うものであった。独自のソフトウェアを開発し、シミュレーションによりLCIAを実施することができれば、信頼性を高めることができるかもしれない。しかし、ここではLCIA実施の利便性を損なわないことを重視して、環境影響を評価するためのモデル開

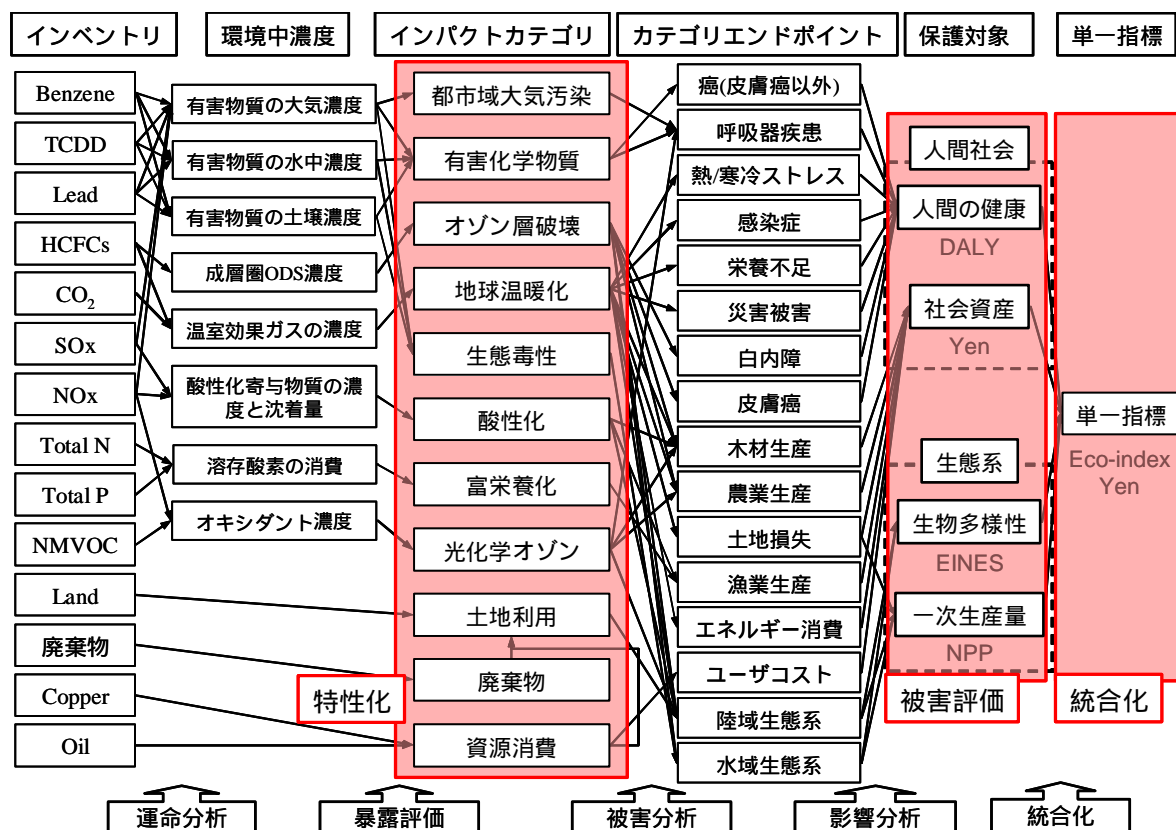


図1: LIMEの概念図と評価対象範囲

発とシミュレーションを開発者側が予め実施し、その算定結果に基づいて環境負荷物質それぞれに対する LCIA 用評価係数リストを構築することを最終目的とした。これにより、実施者は LCIA 係数リストから得た評価係数とインベントリの線形計算により、LCIA を実施することができる。ここでいう LCIA 係数リストは以下の三種類のものを指す(図 1 参照)。

- (ア) 特性化係数リスト:
- (イ) 保護対象被害係数リスト
- (ウ) 統合化係数リスト

これら三種のリストを開発したのは、多様な LCA 実施者の目的に対応することに配慮したものである。実施者は、上記の三種のリストから自分の目的に合致したものを選択し、影響評価に適用することができる。表 1 に各リストの特徴についてまとめたものを示す。

このように特徴が異なる影響評価用係数について、本研究の係数リスト構築のために採用したアプローチを次報で解説する。

## 5. 特性化係数リスト

特性化係数開発に向けた研究は、1990 年代前半から行われており、LCIA 研究の中でも最も進んだ分野であるとともに、利用実績も多い。そこで、本委員会における特性化係数に関する議論では、第一に既往の研究事例を整理した上で、これらの中から日本国内の LCA 実施者に対して最も推奨することができる特性化係数の選定作業を行った。

地球温暖化やオゾン層破壊、資源消費のようなグローバルレベルの影響領域については、既に国際機関を通じて汎用性の高い特性化係数が複数提示されているので、係数間の差異を明確にした上でこれらの中から推奨係数を選定した。

酸性化、富栄養化、光化学オキシダント、有害化学物質、生態毒性、土地利用のようなローカル・リージョン

ルレベルの影響領域については、国内のバックグラウンドデータを十分考慮した特性化係数が利用されなくてはならない。ここでは、日本の地理的条件をパラメータとして利用したシミュレーションから得た独自の特性化係数を開発し、この結果を既往の研究事例と比較して推奨リストを選択した。

廃棄物については、国際的に見てこれを影響領域として設定した例は少なかったが、国内の環境問題としては非常に関心が高い。そこで、LIME では廃棄物を影響領域の 1 つとして採用し、廃棄物量を埋立容積に変換する係数を特性化係数として新規に加えることとした。

都市域大気汚染の主要物質である SO<sub>2</sub> や NO<sub>x</sub> による環境影響は、一次汚染(例えば SO<sub>2</sub> の曝露)と二次汚染(例えば排出された SO<sub>2</sub> から生成された硫酸塩の曝露)の双方を考慮しなくてはならない。これらの曝露量と影響量はそれぞれ異なるため、これらの違いを合理的に評価し、かつ、他の物質と比較できるという要件を満足する特性化係数を与えることは困難であった。そこで今回は、都市域大気汚染に関しては、特性化係数の算定を見送ることとした。ただし、都市域大気汚染における被害係数、酸性化寄与物質としての SO<sub>2</sub> と NO<sub>x</sub> の特性化係数に関するリストはいずれも構築されているので、これらを当該影響領域の特性化係数に代用させることも考えられる。

### 特性化係数の利用方法

はじめに、特性化を行う影響領域(例えば酸性化、富栄養化など)を選定する。次いで、インベントリデータとこれに該当する特性化係数を抽出する。その後で、以下の式に示すように、インベントリデータとこれに対応する特性化係数との積和により評価を行う。

$$I_i = \sum_s (Inv_s \times CF_{i,s})$$

$I_i$ : 影響領域  $i$  における特性化の結果

$Inv_s$ : 環境負荷物質  $s$  のインベントリデータ

$CF_{i,s}$ : 環境負荷物質  $s$  における影響領域  $i$  の特性化係数

表 1: LIME における三種のリストの特徴

	特性化係数リスト	被害係数リスト	統合化係数リスト
基礎となる学術領域	環境科学全般(自然科学)	疫学、保険統計学、緑地学、数理生物学、毒性学など(自然科学)	環境経済学、推測統計学、計量心理学(社会科学)
評価の対象	影響領域ごと	エンドポイントごと	環境全体
結果の項目数	11 項目	4 項目	単一指標
評価結果の意味、次元	基準物質の等価量(ex. 温暖化の場合 CO <sub>2</sub> eq. kg, ある物質 1kg による温室効果は CO <sub>2</sub> 何 kg に相当するかを指す)	被害量(ex. 人間健康の場合; 損失余命, ある物質 1kg の負荷は損失余命何年分に相当するか。)	外部費用(ver.1 使用時)、無次元(ver.2,3 使用時)(ex. ある物質 1kg の負荷は社会的費用いくらに相当するか)
ISO14042 との関係	必須要素	任意要素(被害評価というステップは現在 ISO において定義されていない。)	任意要素
信頼性	相対的に高い。自然科学的知見に基づく。	中庸。基本的には自然科学的知見に基づく。	社会の嗜好に基づく。
対象物質の網羅性	約 1000	約 1000	約 1000
適用範囲	LCA	LCA	LCA、企業評価、環境効率、フルコスト評価、費用対効果分析
長所	・信頼性が高い ・ISO-LCA の必須要素	・自然科学的知見の下で四項目に集約できる。	・単一指標が得られる ・トレードオフが発生しない ・応用範囲が広い
問題点	評価結果の項目数が多い	不確実性が高い恐れがある	価値判断が不可避的に導入される

算定結果は評価対象として選択した影響領域ごとに得られる。

例えば地球温暖化の場合、GWP20, GWP100, GWP500のリストが並記されている。この中でGWP100のリストにハッチがかかっている。これは、LCAプロジェクトインパクト評価研究会において推奨するリストであることを指す。実施者は、これら三種のリストから自分が利用したい特性化係数リストを選択し、影響評価に利用することができる。ISO 14043(ライフサイクル解釈)では、影響評価用の係数の選択による算定結果の差異についてチェックしておくことを要件として挙げている(これを感度分析と呼ぶ)。一つの影響領域中に複数の特性化係数リストが示されている場合は、これらを感度分析に利用することを推奨する。

## 6. 被害係数リストの開発

被害評価は、現在LCIA研究の中で最も注目されている領域の一つであるが、一方で合意事項の少ない領域でもあるといえる。LIMEの開発では、第一に環境倫理学での議論を参考にして、被害量を算定するエンドポイントを定義するための検討を行い、「人間健康」、「社会資産」、「生物多様性」、「一次生産」の四項目を保護対象として定義することとした。次いで、これらが環境の変化により受ける被害量を表す被害指標を定義した。人間健康は保険統計学などで国際的に利用されているDALY (Disability Adjusted Life Year; 障害調整生存年)を、社会資産は多岐に渡る構成要素(農作物、森林、水産物、資源)が受ける影響を包括的に計量できる経済指標(円)を、生物多様性は保全生態学における絶滅リスク評価の手法論を基に独自に定義したEINES(Expected

Increase in Number of Extinct Species)を、一次生産は生態学や緑地学において生態系の豊かさを示す指標として広く利用されているNPP(Net Primary Production; 純一次生産量)を被害指標として定義した。

インベントリと被害量との関係付けは、被害に至るまでの各ステップを自然科学的知見から定量的に関連付け、これらを統合することにより、被害係数を構築した(図2参照)。

このような検討をLIMEで対象とした11種の影響領域に含まれる全ての環境負荷物質に対して検討した。表2に、LIMEにおいて被害量を計上した項目の種類(カテゴリエンドポイント)についてまとめた。図中の黄色部はLIMEで計上したカテゴリエンドポイントを指す。例えば地球温暖化を通じて発生する健康影響としてマラリアやテング熱、災害等を取り上げていることを意味している。図中の青色部は、影響が小さいまたは考慮する必要性が低いと考えられる。一方、赤色部は影響が大きい可能性があるが、現在の各分野の最新の知見から見ても算定が困難なため、今回は評価を見送った領域に相当する。このように、全ての環境影響について網羅して評価することは不可能であるが、現状の自然科学から被害量を定量化することができる領域と定量化が困難な領域を区分することで評価範囲の透明性を確保することに努めた。

被害係数の開発は、特性化係数の開発に比べて多くのモデルやパラメータを活用するため、不確実性が増大することが懸念されている。本研究の結果から得られた被害係数については外部レビューを受け、改善作業を重ねることで極力信頼性の向上に向けた検討を行った。

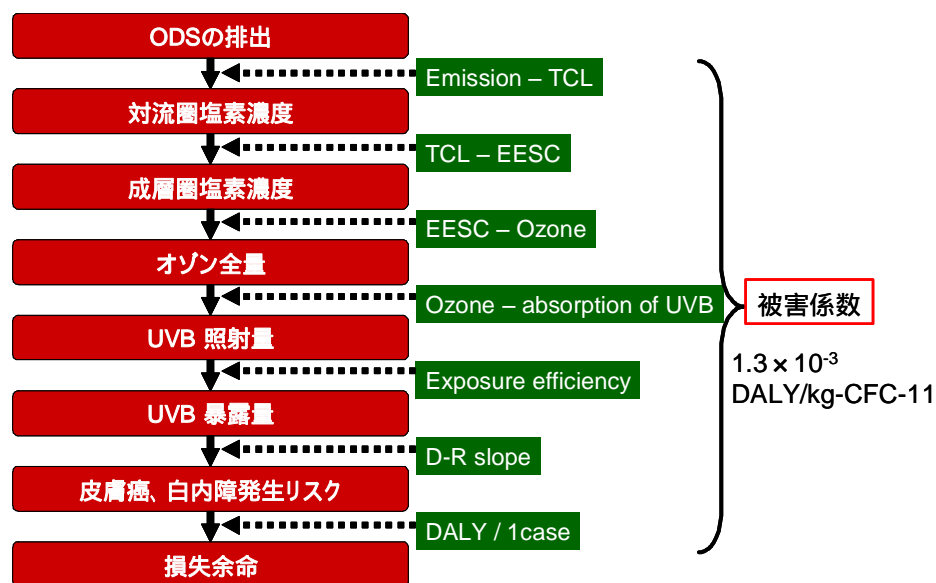


図2: 被害係数の算定フロー(ODS(Ozone Depletion Substance)発生から健康被害の定量的関係づけと被害量の集約まで); インベントリ(この場合 ODS)から損失余命までの経路を描き、各ステップの間を環境科学による研究成果等を基に定量的に関連づけ(ex. Dose-Responseの関係)、これらを統合することにより被害係数が得られる。

表2 LIMEにおいて被害量を計上したカテゴリエンドポイントの一覧；黄色部は被害量を評価している領域，青色部は被害量が十分小さいと推測される領域，赤色部は重要であると推測されるが現時点で被害量を評価することが困難である領域

横：保護対象 縦：影響領域	人間健康	社会資産	生物多様性	一次生産
オゾン層破壊	皮膚癌 白内障	農業生産 木材生産		陸域生態系 水域生態系
地球温暖化	熱ストレス/寒冷ストレス マラリア， Dengue熱 災害被害 栄養失調・飢餓	農業生産 エネルギー消費 土地消失		
酸性化	(都市域大気汚染において 評価)	木材生産 漁業生産		陸域生態系
都市域大気汚染	呼吸器疾患(12 態様)			
光化学オキシダント	呼吸器疾患(6 態様)	農業生産 木材生産		陸域生態系
有害化学物質	発癌(8 部位)		(生態毒性において 評価)	
生態毒性			陸域生態系 水域生態系	
富栄養化		漁業生産		
土地利用			陸域生態系	陸域生態系
資源消費		ユーザーコスト	陸域生態系	陸域生態系
廃棄物	(有害な廃棄物は有害化学 物質、生態毒性において評 価)		陸域生態系	陸域生態系

#### 被害係数リストの利用方法

はじめに、被害評価を行う保護対象(例えば人間健康、生物多様性など)を四項目の中から選定する。次いで、インベントリデータとこれに該当する被害係数を抽出する。その後で、以下の式に示すように、インベントリデータとこれに対応する被害係数との積和により評価を行います。

$$I_e = \sum_i \sum_s (Inv.s \times DF_{e,i,s})$$

I<sub>e</sub>: 保護対象eにおける被害評価結果(例えば人間健康の場合 DALY)

Inv. s: 環境負荷物質 s のインベントリデータ(例えば NO<sub>x</sub> の場合 kg, 廃棄物の場合 m<sup>3</sup> 若しくは kg)

DF<sub>e, i, s</sub>: 影響領域 i を通じて保護対象 e に及ぼす環境負荷物質 s の被害係数(例えば人間健康の被害係数の場合 DALY/kg)

算定結果は保護対象ごとに得られる。複数の影響領域に渡って同一の保護対象に被害を与える物質、例えば CFC -11(地球温暖化、オゾン層破壊)は影響領域ごとに被害係数が示されているので、それぞれの影響領域に対する計算結果を足し合わせることで算定する。基本的には、上式を利用することで被害量の算定を行うことができるが、以下に計算を行う際に留意すべき点について示す。

都市域大気汚染については、線源と点源、一次と二

次とで分けて被害係数を提示している。一次と二次については、それぞれの被害係数を足し合わせたものをインベントリデータに乗じる。自動車などの移動発生源からの排出は線源の係数を、工場からの固定源からの排出については点源の被害係数を利用する。

土地利用については、土地を改変した場合と土地を維持した場合の二種類の被害係数がある。土地の改変の場合は、一次生産への被害と生物多様性への被害とに分かれる。一次生産への被害評価については、改変前と改変後の土地利用形態(例えば森林 田)を特定し、この組み合わせから得た被害係数を改変面積に乗じることにより被害量を算定することができる。生物多様性への被害評価については、改変後の土地利用形態(例えば道路建設)を特定した上で、改変面積と被害係数との積により被害量が算定される。土地の維持の場合(例えば田として10年使用)は、一次生産への被害量について算定できる。ここでは、被害係数と改変面積と維持年数の積により被害量が得られる。

- (1) ISO14042: Environmental management. Life cycle assessment. Life cycle impact assessment, (2000)



# 解説

## LCA データベースの使用方法

(社)産業環境管理協会 LCA 開発推進室  
成田 暢彦

### 1. はじめに

第1期 LCA プロジェクトの成果をまとめた LCA 日本フォーラムの LCA データベースは、我が国初めてのインターネットによる環境情報の公開である。昨年来、LCA データベース活用セミナーをとおしてデータベースの特徴を工業会の方々に報告いただくとともに、ケーススタディの実施について普及を進めてきた。ここでは、LCA 実践のため LCA データベースの特徴や使用方法、留意点について解説した。

### 2. LCA データベースの構成

LCA データベースは、図1に示すように、インベントリ(LCI)データ インパクト評価(LCIA)データ 文献情報 の3つで構成される。以下には、これらデータベースの特徴をまとめる。

#### 2-1. LCI データ (インベントリ分析用データベース)

LCI データは、工業会によって収集された代表的な製品のインベントリデータ(約280項目)と文献、実地調査等によって収集された参考データ(約300項目)に区分され、ホームページ上に掲載されている。ここで、工業会によるデータは我が国の代表的な生産工場における入出力をまとめたものであり、信頼性の高いインベントリデータであり、我が国共通のバックグラウンド

データとして利用することができる。このデータ構築には、表1に示すように54の工業会の協力を頂いており、基本的には「データ収集マニュアル」に従って、データが収集された。このとき、製品の生産の入出力データの収集に際しては、図2の模式図で示したように各工業会のデータ収集可能な範囲に限定されるので、それぞれの製品のシステム境界が異なることにも留意が必要である。LCI データではフロー図に二重線でシステム境界が明示されているので、利用者の目的に応じたシステム境界が選択されているのかをデータ

選択の前に確認しなければならない。

一方、参考データには 第1期プロジェクトの研究会で検討し、バックグラウンドデータとして利用できる我が国の静脈系インベントリデータに加え、特殊素材やプロセスのデータを文献情報に基づいて整理したインベントリデータで構成される。

なお、これらインベントリデータの対象排出物質としては、以下に掲げる14物質の収集を目標としたが、実測データが得られていなかったり、代表性に欠けるなどの理由で公開されていない物質があることにも留意された

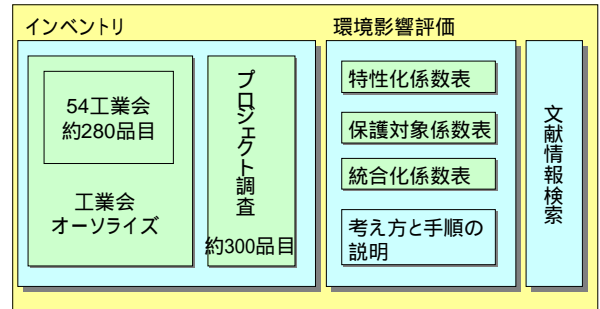


図1 LCAデータベースの構成

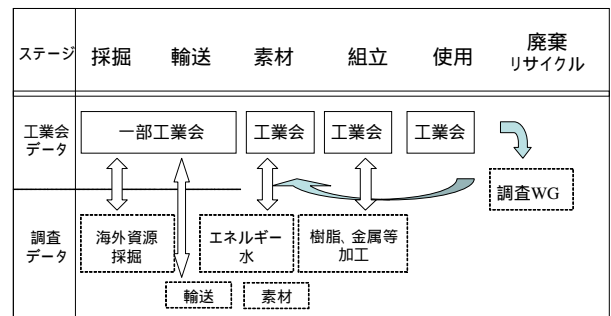


図2 インベントリデータの構成

表-1 LCAプロジェクトインベントリデータ提供協力工業会

No	団体名	No	団体名	No	団体名
1	社団法人日本電機工業会	19	社団法人日本自動車部品工業会	37	日本アクリロニトリル工業会
2	社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会	20	日本ゴム工業会	38	印刷インキ工業会
3	板硝子協会	21	社団法人電子情報技術産業協会	39	合成ゴム工業会
4	社団法人日本産業機械工業会	22	社団法人日本鉄鋼連盟	40	日本ABS樹脂工業会
5	電気事業連合会	23	(社)プラスチック処理促進協会	41	日本肥料アンモニア協会
6	日本化学繊維協会	24	(社)日本塗料工業会	42	日本エマルジョン工業会
7	社団法人日本自動車工業会	25	カーボンブラック協会	43	日本ソーダ工業会
8	社団法人日本ガス協会	26	クロロカーボン衛生協会	44	メタノール・ホルマリン協会
9	日本製紙連合会	27	合成樹脂工業協会	45	石油化学工業協会内日本メタクリル委員会
10	石油連盟	28	日本酸化チタン工業会	46	石灰石鉱業協会
11	情報通信ネットワーク産業協会	29	日本石鹼洗剤工業会	47	電線総合技術センター
12	社団法人日本化学工業協会	30	塩ビ工業・環境協会	48	電池工業会
13	社団法人日本アルミニウム協会	31	石油化学工業協会	49	日本チタン協会
14	社団法人セメント協会	32	日本産業ガス協会	50	硝子繊維協会
15	社団法人日本ガス石油機器工業会	33	発泡スチレン工業会	51	鉄道総合技術研究所
16	社団法人産業界協会	34	硫酸協会	52	普通鋼電圧工業会
17	日本鉱業協会	35	ウレタン原料工業会	53	ステンレス協会
18	耐火物協会	36	エンブラ技術連合会	54	社団法人日本ファイナセラミックス協会

い。このことは、排出物がないことを意味しているのではなく、把握されていないと理解する事が適切である。大気圏排出物質:CO2,CH4,N2O,HFC,CFC,SF6,NOx,SOx,ばいじん(9物質)

水圏排出物質: BOD,COD,浮遊物質(SS),全リン,全窒素(5物質)

## 2-2. LCIAデータ(インパクト評価用データベース) 第1期プロジェクトの研究会で検討した 特性化係数

被害係数 統合化係数で構成され、対象物質は1000物質以上にも及ぶ。以下の11の環境カテゴリー毎の特性化係数が示されている。

地球温暖化、酸性化、富栄養化、オゾン層破壊、光化学オゾン、都市域大気汚染、有害化学物質、土地利用、廃棄物、資源消費

ISO-LCAでは、この特性化までのミッドポイント型の評価をLCAの必須要素としており、被害係数や統合化係数を用いての環境影響評価は任意であることにも留意が必要である。被害係数算定の保護対象としては、人間健康、社会試算、生物多様性、一次生産量の4つを選定している。LCIデータの項に記載したように LCA実施者の目的に応じて環境カテゴリーや保護対象を選択することが必要であり、データが欠落しているにもかかわらず、広く環境カテゴリー全体を評価することは結果を読み違えることに繋がる可能性があることに配慮すべきである。

## 2-3. 文献情報

LCAを実践する場合には、従前の研究事例を参照することで分析の効率が高まるので、隔年に開催されるエコバランス国際会議でのケーススタディや国内外の代表的な学会誌から主に製品システムを対象とする論文をまとめた。著作権の関係で論文自体をLCAデータベースに掲載できないので、対象とした製品システム 分析の目的と対象 分析手法 を中心に論文の概要をまとめたので、詳細は原論文を参照し、自製品システムのLCA実施に参考にされたい。

## 3. 具体的なデータベースの利用方法

ISO-LCAに基づくLCAは一般的には、図3に示すように以下の手順で実施される。

目的と範囲の設定 インベントリ分析 インパクト評価 解釈

ここで と はLCA実施者に委ねられる場合が多いので、以下にはインベントリ分析及びインパクト評価におけるLCAデータベースの具体的な利用方法を提案する。ここで示す方法は1つの提案であり、利用方法は以下に限定されない。

### 3-1. インベントリ分析

分析の対象とした製品システムからの排出物や資源消費量を把握するために、インベントリ分析が実施される。以下には組立製品を事例に、バックグラウンドデータとしてのLCIデータの利用方法を示す。

#### (1) 上流プロセスとシステム境界の特定

LCI分析に際しては、フォアグラウンドデータとして得た自工場の入力で、上流に位置づけられるプロセスや製品をLCIデータから抽出する必要がある。

このとき、前述したようにLCAデータベースに含まれるLCIデータは製品毎にシステム境界が異なることに留意して、対象とする製品システム全体のプロセスフロー図を描くことが望ましい。自動車におけるフロー図の一例を図4に示した。ここで、LCIデータに希望するプロセスが存在しない場合には、他の文献やLCAソフトウェアに付属するデータベースからバックグラウンドデータを選択する。この時にも、システム境界の違いを考慮しながら、フォアグラウンドデータの上流に連鎖できるようデータを選択しなければならない。なお、各製品のLCIデータには上流に遡及できるデータの候補が「関連表示」として示されているが、これらLCIデータの選択は、LCA実施者に委ねられる。しかし、フォアグラウンドデータの上流に位置づけられる全てのLCIデータを収集することは困難な場合が多いので、LCA実施者が設定するカットオフも考慮しながら、データを収集する。

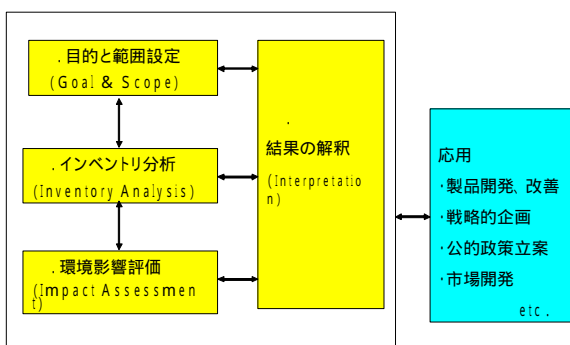


図3 LCA手法の基礎的な考え方

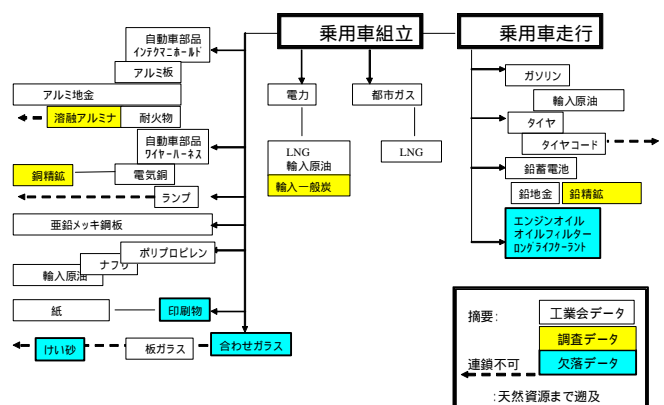


図4 乗用車のLCIデータの連鎖構造

## (2) 下流システムの設定

前項で示した上流のプロセスフロー図の作成に引き続き、下流に位置づけられる使用時や廃棄・リサイクル時のLCIデータを選定する。このとき、使用時などのエネルギー消費量がフォアグラウンドデータに相当するならば、自らがLCIデータを収集しなければならない。廃棄・リサイクルには種々のシナリオが考えられるので、バックグラウンドデータとして利用できるLCIデータの選択には特に注意を要し、自らが設定したシステム境界に対応できるようにデータを選択する。

## (3) LCI分析の実施

製品システム全体のフロー図が設定されたら、ダウンロードされた個々のLCIデータを連鎖させ、対象とする製品システム全体のマテリアルフロー、エネルギーフロー等を把握することによって、製品システム全体から排出される物質の量などが計量できる。このとき、表計算ソフトなどを利用することにより計量することもできるが、LCAソフトを利用すれば、後述するインパクト評価などの評価も同時に可能となる。たとえば、幣協会の販売している「JEMAI-LCA」にダウンロードされた個々のLCIデータを入力し、それぞれのデータを連鎖させることが考えられる。現状では、「JEMAI-LCA」にはデータインポート機能がないので、手入力が必要である。

入力されたLCIデータは、LCAソフトウェアの操作手順に従い連鎖することによって、LCI分析され、LCA実施者の目的に応じた製品システム全体での排出量や資源消費量が計量できる。

## 3-2. インパクト評価

前項で計量されたLCI分析結果に加え、LCIAデータを揃えれば、特性化、被害量分析、統合化が可能である。なお、これら係数の開発の考え方については、本ニュースで伊坪が解説しているので参考にされたい。

### (1) 特性化係数

LCA実施者が設定した目的に応じた環境カテゴリーに対する特性化係数を各排出物質量と掛け合わせることで、基準物質に変換された排出量が計算できる。例えば、地球温暖化を環境カテゴリーとして選定した場合には、基準物質はCO<sub>2</sub>であることが良く知られている。環境カテゴリーとして、目的に応じた環境領域を選択しなければならない。また、特性化係数はモデル計算された結果であるので、積分時間やモデルにより多くの係数が提案されている。ここで、本データベースで推奨する特性化係数はリスト上で明示されている。なお、都市域大気汚染は各種排出物が関与するので特性化係数は示されていない。

### (2) 保護対象被害係数

4つの保護対象に対する各排出物質の影響量が自然科学

的な知見に基づいて被害係数リストとして示されているので、各排出物質量と掛け合わせることで、被害量が計算できる。

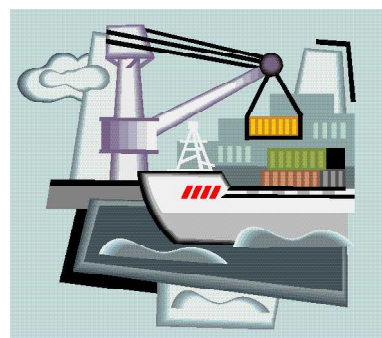
### (3) 統合化係数

対象とした製品システムの環境側面を「単一指標」として計量したい場合には、各排出物質に対応した統合化係数を各排出物質量と掛け合わせることで、単一指標に換算できる。特に統合化に関しては、製品比較に利用する場合にはISO14042で利用には制約があるので、留意されたい。

## 4. まとめ

LCA日本フォーラムのLCAデータベースの特徴を説明するとともに、データの利用方法について提案した。ここに示した利用方法は1つの手法であり、LCA実施者の開発や工夫により種々の使用方法が考えられ、種々の環境効率の試算にも適用が可能であろう。

今後、LCAデータベースは第2期プロジェクトの成果や利用者の積極的なデータベース提供により、さらにデータが拡充され、日本の代表的なデータベースとして利用が促進されることが期待される。



## LCA インフォメーション

### 関連行事カレンダー

行事名称	開催日	開催場所	主催者/問い合わせ先
第6回 エコバランス国際会議	2004.10.25 ~ 27	つくば国際会議場「エボカル」	未踏科学技術協会/農業環境技術研究所/ 産業環境管理協会/環境情報科学センター <a href="http://www.snnt.or.jp/ecobalance/">http://www.snnt.or.jp/ecobalance/</a>
SETAC Fourth World Congress	2004.11.14 ~ 18	Portland, Oregon, USA	SETAC <a href="http://www.setac.org/portland.html">http://www.setac.org/portland.html</a>
第15回廃棄物学会研究発表会	2004.11.17 ~ 19	高松市文化芸術ホール	廃棄物学会 <a href="http://www.jswme.gr.jp/">http://www.jswme.gr.jp/</a>
第11回エコテクノロジーに関するアジア国際シンポジウム	2004.12.4 ~ 5	富山国際会議場	富山工業高等専門学校 <a href="http://www.toyama-nct.ac.jp/event/aset/ASET11/jpn/">http://www.toyama-nct.ac.jp/event/aset/ASET11/jpn/</a>
エコデザイン2004ジャパンシンポジウム	2004.12.6 ~ 7	日本科学未来館(東京都江東区)	エコデザイン学会連合 <a href="http://www.ecodenet.com/">http://www.ecodenet.com/</a>
12th SETAC Europe LCA Case Studies Symposium	2005.1.10 ~ 11	Bologna, Italy	SETAC <a href="http://www.setac.org/htdocs/who_gue_meetlca.html">http://www.setac.org/htdocs/who_gue_meetlca.html</a>
4th International Electronics Recycling Congress	2005.1.12 ~ 14	Basel, Switzerland	ICM <a href="http://www.icm.ch/index_electronic_05.htm">http://www.icm.ch/index_electronic_05.htm</a>
The 1st International Conference on Environmental Science and Technology	2005.1.23 ~ 26	New Orleans, Louisiana, USA	American Academy of Sciences <a href="http://www.aasci.org/conference/">http://www.aasci.org/conference/</a>
エネルギー・資源学会 第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス	2005.1.26 ~ 27	虎ノ門パストラル(東京)	エネルギー・資源学会 <a href="http://www.jsr.gr.jp/event/20040810_01.pdf">http://www.jsr.gr.jp/event/20040810_01.pdf</a>
化学工学会 第70年会	2005.3.22 ~ 24	名古屋大学	化学工学会 <a href="http://www.scej.org/">http://www.scej.org/</a>
SETAC Europe 15th Annual Meeting	2005.5.22 ~ 26	Lille, France.	SETAC EUROPE <a href="http://www.zuova.cz/setac2004/">http://www.zuova.cz/setac2004/</a>

### お知らせ

#### < LCA 日本フォーラムセミナー >

第1回セミナー(2004/8/24/13:00-17:00 開催済み)

講演資料をHPにアップしました。

第2回セミナー(2004/11/5/13:00-17:00)

全日通霞ヶ関ビル8Fにて開催します。

第3回セミナー(2004/12/10/13:00-17:00)

東京ビッグサイト会議棟にて開催します。

(注意)お申し込みは別途ご案内いたします。

#### < その他連絡事項 >

第1回LCA日本フォーラム表彰募集が終了しました(2004/9末)

自主的提供データ受け入れを開始しました(2004/9)

JLCA LCAデータベースの版を改訂しました(2004/10)

\* 詳細はホームページを御覧ください。

URL: <http://www.jemai.or.jp/lcaforum/>

### 編集後記

LCA日本フォーラムが新体制となり、本誌の巻頭言も「私の考えるLCA」から「環(WA)」へと衣替えしました。物質の流れ、人との繋がりなどキーパーソンに執筆して頂くコーナーにしていきたいです。それにしても、新しいもののネーミングは難しいですね。「環境~」「エコ~」とつければ明快ですが、どこかで聞いたことのある単語に……。センスある環境関連のネーミングを見つけると、うれしくなってしまう(K.N)

### 「日本LCA学会(仮称)」が設立されます。

- ・「第6回エコバランス国際会議」の期間中、10月26日(火)18:00より、つくば国際会議場にて「日本LCA学会」の発起人会並びに設立総会が予定されています。
- ・現在、発起人/正会員/学生会員を募集中です。
- ・また、賛助会員(企業)も募集中です。
- ・詳細は、下記の(社)未踏科学技術協会のホームページをご覧ください。

<http://www.snnt.or.jp/lca/index.html>

#### < 発行 LCA日本フォーラム >

〒110-8535

東京都台東区上野 1-17-6(広小路ビル)

社団法人 産業環境管理協会内

tel: 03-3832-7019 fax: 03-3832-2774

E-mail: [jlca@jemai.or.jp](mailto:jlca@jemai.or.jp)

URL <http://www.jemai.or.jp/lcaforum/>

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)