

### 目次

環境管理のイノベーション	1	第5回エコマテリアル国際会議に参加して	7
LCA日本フォーラムセミナー概観	2	SETAC-LCM会議に参加して	9
地域配管のライフサイクル評価	2	LCAインフォメーション	12

## シリーズ：私の考えるLCA

### 環境管理のイノベーション

武蔵工業大学  
教授 中原 秀 樹

循環型社会元年を掲げた我が国において、環境管理のイノベーションが進みつつある。その1つが環境管理システムの急速な展開と、企業のLCAの導入である。環境管理システムには積極的な利点が数多くある。このシステムには責任所在が明示されているために、その組織における重要な環境負荷について考えさせるだけでなく、組織全体に一貫した標準を保証するという面がある。しかし、環境管理システムは事業所ベースであり、研究開発や製品開発のような全企業活動には影響を与えない。ISO14001は企業にその重要課題と改善目標を確定する上での自由裁量、すなわち急激な転換よりもむしろ漸増的な変化を求める裁量の余地を与えることになりかねない。この環境管理システムが保守的なものだとすれば、LCAは本質的にラディカルである。

LCAは単なる科学的なテクニックではなく、私達を工場や仕事場の外に連れ出し、社会が利用する製品やサービスの背後に隠された力に眼を向けさせる環境改善プロセスということになる。LCAは、原料の採掘や処理をはじめとする生産プロセスのあらゆる工程に携わる人々の就労条件の評価にも向けられるべきである。様々な環境NPOが指摘し始めているが、一部発展途上国における多国籍企業の工場労働者の悲惨な状況はこれに該当する。そうした企業がLCAの次のステップとして行うべきことは雇用状況についても触れることである。

しかし、LCAにも問題がある。ダウ・ケミカルの副社長であったWBCSDのクロード・フュスレは、「正確さについては特に十分なものとはいえない」と指摘している。それは偏った仮定を用いると、特定の製品が環境的にみて受け入れられることを証明することになるからであ

ろう。さらに「環境影響は状況からみて特殊なものが多い」と指摘する。例えばエネルギーの投入において水力発電を利用する製品か、火力発電を利用するものか、はたまた原子力を利用した製品化ということである。LCAは被爆データを提供しないのである。LCAは有害なインプットとアウトプットを表にするが、実際に被爆されたかどうかやリスクがあることを意味するものではないのである。さらに分析に投入できる標準化されたデータを提供することは極めて難しい。またLCAは大気と水の全インプットをそのシステムに含めるが、他のカテゴリはその一部あるいは全部を除外することもある。つまりLCAはシステムの境界と関連データについて違った仮定をする恐れがある。

LCAに基づいたクリーナー・プロダクション戦略を支える経営プロセスでは正しい意思決定を下そうとすれば必ず情報集約度が高くなる。企業の戦略的な意思決定のために役立つのが資源の純消費量のモニタリングである。この純消費量はサービス1単位当たりの物質集約度で表される。厳密な監視体制を整備すればモノの無駄な使用が良く分かるし、当然金の無駄も分かるはずである。他にも改善の余地のあることに気付かされるに違いない。

つまり経営上の観点から、LCAや資源消費のモニタリングを行うと物質フロー・サイクルの概念や資源保護の考え方を社内で育成できるというメリットがある。環境容量(エコ・スペース)の公平な分配の範囲内で生活するためには物質フローの縮小が必要であるが、そのためにはこうした概念の浸透が不可欠である。生産工程で資源を節約しながらしっかりした資源循環管理を行おうとすれば、短期的にはコスト上昇が避けられないかもしれない。しかし長い目でみれば、確実にコスト削減につながるはずである。一方エンド・オブ・パイプ技術は、特にエネルギーと廃棄に伴う経費をしばしば増大させる。資源、エネルギー、生態系の収支を企業会計に取り込むに当たって、はじめはデータの収集や評価に大変な努力が必要である。だがその努力は必ず報われることを確信する。そして環境改善と事業収益性に両方で、勝利を収めるチャンスが生まれる。

## LCA日本フォーラムセミナー概観

### “LCAインタープリテーション”

1. 日 時：平成13年11月6日（火）10～17時

2. 場 所：発明会館ホール／東京虎ノ門

3. 参加者数：115名

4. 概 要：

(1) 開催に当たって東京大学国際・産学共同研究センター長山本良一先生が挨拶された。

—社会の総力を上げてグリーンな国際競争力を高める時期が我が国に求められている。製品市場、資本市場、社会システムの変革がなされなければならない、既にその動きが始まっている。製品市場においては、グリーン購入するのにどの製品・サービスがどの程度環境によいのかという問題は避けて通れなくなる。すなわち、LCAインタープリテーションを徹底的に極めなくてはならない状況になったといえる。今後、このインタープリテーションセミナーを開催して、グリーンな製品開発と選択の情報を広げていくつもりである。—

(2) 続いて事例発表が行われたが、一方的に講演する形式と違って発表に対して専門家の鋭いメスが入るために、問題点が浮き彫りにされるとともに結果の解釈の筋道が示される、更に会場の出席者との質疑という初めてのセミナースタイルが、LCAの理解につながったようでたいへん好評であった（参加者アンケート結果）。

各事例の発表とコメントの内容を紹介するには紙面が足りないので省略させていただくが、「肥料」のコメントでは産業技術総合研究所伊坪徳宏研究員からISO14043に基づいた解釈がなされた。すなわち、ライフサイクル解釈の目的は、①結果の分析をする②結論を導く③限界を説明する④得られた知見から推奨事項を提供する⑤結果を報告する、の5点を行うことである。また、解釈の要素として①重要な問題の特定②完全性、感度、一貫性のチェック③結論、推奨事項、報告であることを説明して、本事例について基本的な手続きとしての解釈がなされた。

(3) パネル討論は産業技術総合研究所の稲葉敦LCA研究センター長の司会で行われた。本日のセミナーに対するパネリストからの感想は、ライフサイクル解釈そのものというよりもLCAそのものについての理解を深め、LCAが使えるものになってきたとの印象を持ったことであった。“解釈”については切れ味よく、こちらの製品が良い悪いといった発言はなかったが、

後半の議論ではパネリスト自身の判断結果は出ていると思われる発言もあった。

### “LCAインパクト評価”

1. 日 時：平成13年11月7日（水）10～17時

2. 場 所：発明会館ホール／東京虎ノ門

3. 参加者数：122名

4. 概 要：

当初、インパクト評価まで関心事は進んでいないためインパクト評価セミナーの出席者数は100人を切ると予想されていたが、予想外に前日の出席者を上回っていた。このような事前の心配をもって最初の講演「ライフサイクル影響評価は使えるものになるのか」の設定があったように思うが、徒勞に終わった。世界の最先端の研究者による影響評価の講演は出席者の理解を深め、かつ近い将来の研究の成果を期待できるものであった。オランダPRe社社長のマーク・フトコフ氏の講演はたいへん興味深く好評であった。紙面の都合で公演内容について記述省略する。なお、更に学究的研究内容のセミナーについては別途企画されることとなった。

両セミナーともレジュメにはないプレゼンテーションが行われ、セミナーに参加した利益の大きさが目立った。都合でセミナーに参加できなかった会員は4分の3おり、今後、インタープリテーションセミナーのまとめた本の出版、プレゼンテーション資料の提供方法などを考えていくことにしたい。(M.M)

## 地域配管のライフサイクル評価

宇都宮大学工学部  
教授 岡 建 雄

1. はじめに

地域冷暖房の省エネルギー効果は、①大型で高効率な機器が使用できる、②コジェネレーションや未利用エネルギー活用等、多元的なエネルギー利用が可能である、③高度な設備管理ができる、等のためであると言われている。一方、地域配管の建設に必要なエネルギー、地域配管の送水ポンプ動力、地域配管熱損失等が地域冷暖房のエネルギー効率を引き下げる要因となっている。

地域冷暖房施設のライフサイクル評価を行うにはこうした全ての項目に関わるエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量等を計算する必要がある。運転に関わるエネルギー消費量は比較的容易に計算できるため、ここでは地域配管建

設に関わるエネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量をまとめ、ライフサイクル評価を行うこととする。ライフサイクル評価を行うに当たり、評価項目としてエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵排出量、産業廃棄物排出量を対象とした。

Embodied Energy とは建設に必要なエネルギー量のことであり、資材製造や運輸等のすべてを含めた究極的なエネルギー量を指している。Embodied CO<sub>2</sub> と言えば、究極的なCO<sub>2</sub>排出量のことである。これらの原単位は産業連関分析によって算出することが多いが、積み上げ方法によって原単位を作成する場合もある。独立行政法人建築研究所では産業連関分析と工場調査による積み上げ方法を組み合わせて、建築に関わるデータベースを作成した。またノルウェーやカナダ等でも積み上げ方法が採用された経緯がある。なお産業連関分析という代わりに、Cradle to Grave Method と呼ばれることもある。

本報告では地域配管の建設に伴う環境負荷の原単位をまとめるとともに、地域冷暖房の運用に伴う省エネルギー量と建設に伴うエネルギー消費量を比較し、ライフサイクル評価を行った。

## 2. 地域配管の種類

地域冷暖房施設に関わる地域配管の敷設方法には、直埋設、専用溝、共同溝、その他（架空溝）の方式があり、同一区内で複数の施設方法が採用されている地区もある。我が国における内訳は直埋設90、専用溝56、共同溝21、その他（架空溝）45となっている。

ここでは図1に示される6種類の地域配管を取り上げ、その建設に必要なエネルギー量やCO<sub>2</sub>排出量等の環境負荷を計算した。開削工法では土留工事の後、掘削し、コンクリート打設、配管工事を行い、埋め戻し工事となる。

推進工法では立杭を2カ所設けて、発進側から掘削しながらヒューム管を押し込んだ後、配管工事を行う。直

埋工法では土留工事の後、掘削し、配管を直接埋設した後、埋戻し工事を行う。一般に既存道路で直埋工事を行う場合、夜間工事に限定されると、毎日、修復工事が必要となり、修復工事に必要な資材やそれに伴うエネルギー消費量が多くなってしまふことが見積書の分析からも明らかとなっている。

図1、2は実際の配管図を基準に幾分かの修正を加えたものであり、各配管は該当する地域冷暖房施設の平均的な地域配管である。

## 3. 地域配管の建設に伴うエネルギー消費量と環境負荷

### 3.1 環境負荷原単位

地域配管建設に必要な建設資材の種類は建築工事と比べると少なく、主要な資材は砂利・採石、セメント、コンクリート、熱間圧延鋼材（鉄筋コンクリートの鉄筋や土留用）、鋼管（地域配管用）、および建設機械運転のための軽油、電力である。

この他、工事に伴う建設機械、建設資材の運搬、地盤改良に伴う工事、配管用断熱材、地域配管内照明設備・換気設備等である。これらの工事項目に関して見積書から資材量と人件費に分類して、産業連関分析によって、建設に関わるエネルギー消費量と環境負荷を算出した。産業業種別の百万円当たりの需要に対するエネルギー消費量、CO<sub>2</sub>排出量、及び各種環境負荷原単位は参考文献2に従った。

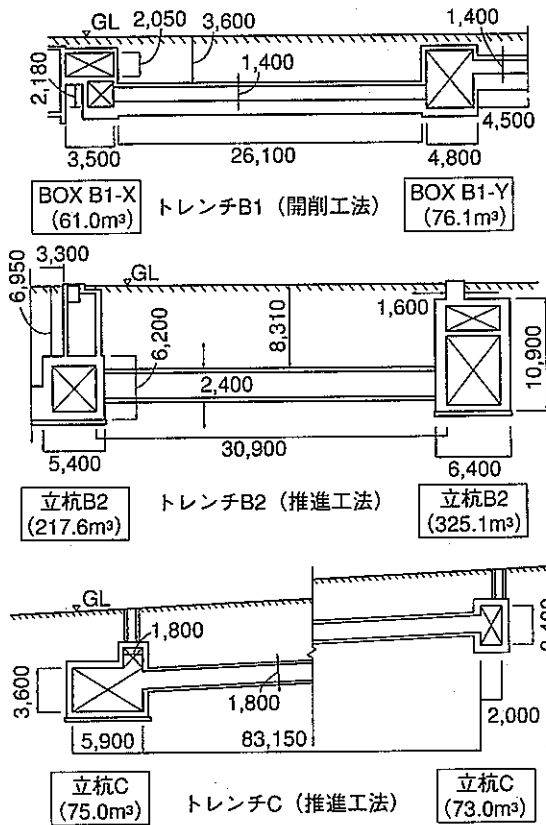
表1は地域配管建設に必要な主要資材量のエネルギー消費量と環境負荷の原単位である。設計図から主要資材量を求めて、表1の原単位を乗じれば地域配管建設に必要なエネルギー消費量と環境負荷を概算で求めることができる。

なお表1の原単位は波及効果を含めた究極的な量であり、最終的に現場まで運搬するエネルギー消費量と環境負荷を含んだ値である。

断面形状	開削工法			推進工法		直埋工法
	A1	A2	A3	B1	B2	C
長さ	92.5m	217.0m	26.1m	30.9m	83.15m	74.00m
管本数 (熱媒)	4管式 (冷水 往・復) (蒸気 往・復)	4管式 (冷水 往・復) (蒸気 往・復)	4管式 (冷水 往・復) (蒸気 往・復)	8管式 (冷水 往・復×2) (蒸気 往・復×2)	2管式 (冷水 往・復)	4管式 (冷水 往・復) (蒸気 往・復)
断面積	22.185m <sup>2</sup>	10.230m <sup>2</sup>	6.120m <sup>2</sup>	6.200m <sup>2</sup>	2.540m <sup>2</sup>	6.000m <sup>2</sup>

注) トレンチの断面積で原単位に使用した断面積である。直埋Cについては掘削断面積を用いた。

図1 地域配管・管路部の概要



注：( ) 内はコンクリート量  
図2 トレンチ断面図

### 3.2 工事種別によるエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量

配管工事に伴うエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量を算出するために工事種別ごとの原単位を作成した。

#### (1) 土工事

掘削土量1m<sup>3</sup>当たりのエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量をまとめた(図3)。土工事は土留工事、掘削工事、埋め戻し工事、舗装工事に分類した。図3によると、掘削土量1m<sup>3</sup>当たりのエネルギー消費量は500MJ、CO<sub>2</sub>排出量は45kgとなる。

#### (2) コンクリート工事

専用溝、共同溝では配管部分のコンクリート工事が大きい割合を占める。このコンクリート量を設計時に推定できれば、コンクリート工事に伴うエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量を計算できる(図4)。コンクリート工事はコ

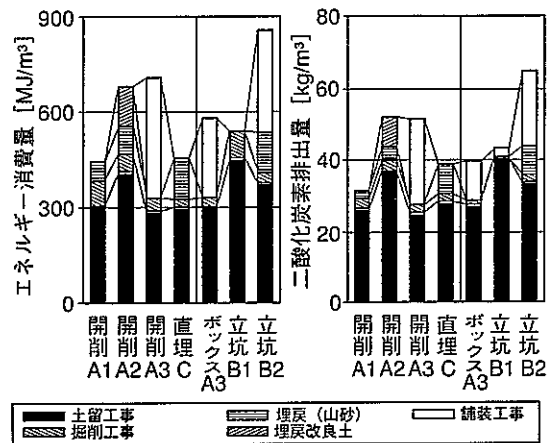


図3 掘削土量1m<sup>3</sup>当たりの土工事等のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量

ンクリート工事、鉄筋工事、躯体付帯工事(防水工事、排水工事等)に分けてある。コンクリート1m<sup>3</sup>当たり、エネルギー消費量は3GJ、CO<sub>2</sub>排出量は0.4tとなる。

#### (3) 推進工法

推進工法においてはセメント管1t当たりのエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の原単位を作成した(図5)。推進工法を推進工事、推進管材、推進設備工事に分けた。セメント管1t当たりエネルギー消費量は3.5GJ、CO<sub>2</sub>排出量は0.35tとなった。

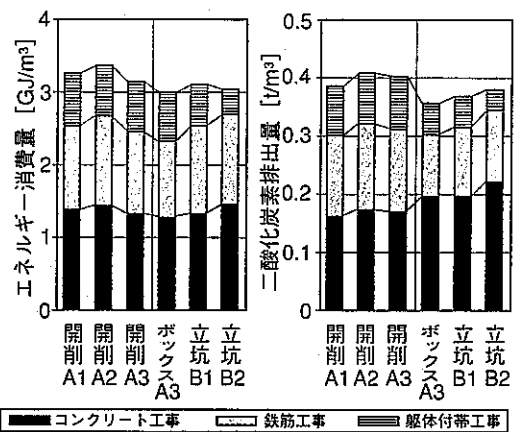


図4 コンクリート量1m<sup>3</sup>当たりの躯体工事のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量

表1. 主要資材量の環境負荷原単位

建設資材	単位	エネルギー (MJ)	CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> (g)	SO <sub>x</sub> (g)	煤塵 (g)	産廃 (kg)
砂利・採石	t	131	9	76	21	1.1	33
セメント	t	3669	620	341	100	8.4	29
コンクリート	m <sup>3</sup>	1646	220	510	138	17.3	75
熱間圧延鋼材	t	9344	778	754	422	70.3	188
鋼管	t	13802	1130	1646	908	157.7	418
軽油(建設時)	kl	40584	2789	53000	5000	39.2	-
電力	MWh	6781	466	362	324	23.1	59

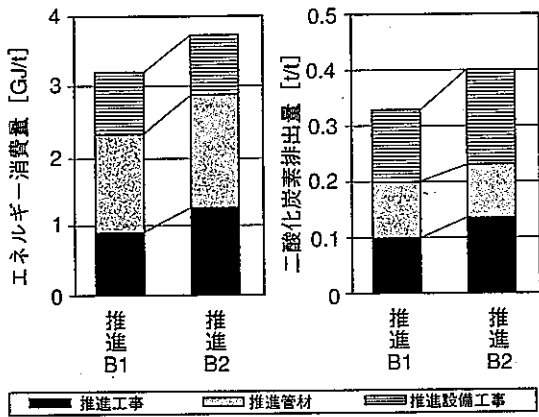


図5 推進工法におけるセメント管1t当たりの推進工事等のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量

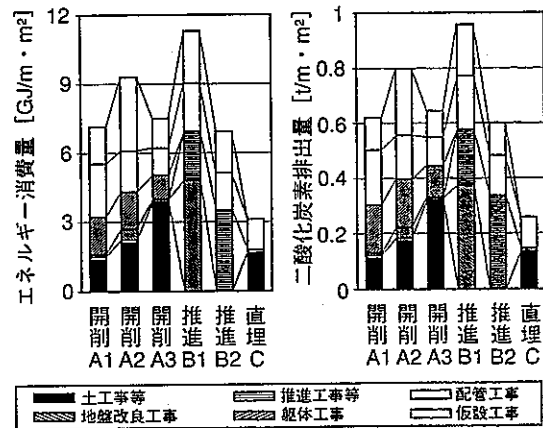


図7 単位長さ×単位断面積当たりのエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量

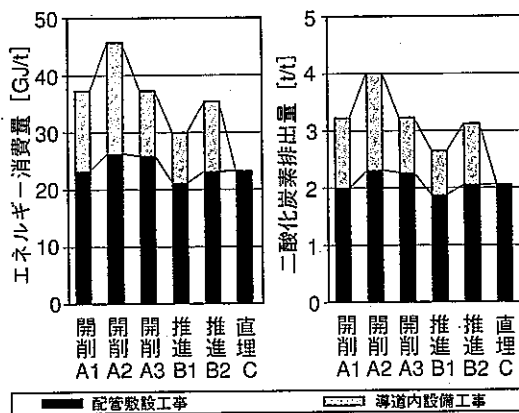


図6 各工法における配管工事のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量

#### (4) 配管工事

鋼管1t当たりのエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の原単位を作成した(図6)。配管施設とそれに伴う保温工事、塗装工事を配管施設工事とした。地域配管内の排気設備、電気設備を導管内(地域配管内)設備工事とした。

#### 3.3 地域配管工事

地域配管全体のエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量原単位を作成する場合、配管長さ1m当たり、断面積1m<sup>2</sup>当たりの原単位でまとめるのが最もまとめやすいと判断した。図7は配管長さ1m、断面積1m<sup>2</sup>当たりのエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量であり、建設に必要なエネルギー消費量は開削工法、推進工法で8GJ程度、直埋で3GJ、CO<sub>2</sub>排出量は開削工法、推進工法で0.7t程度、直埋で0.3t程度となった。

地域配管の断面積と長さおよび工法が決定できれば、図7の原単位を使用して地域配管建設に必要なエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の概算値を算出できる。

#### 4. 地域配管のライフサイクル計算～エネルギー量とCO<sub>2</sub>排出量の回収年数

ここでは地域冷暖房によって5%の省エネルギーが達成できた場合の地域配管建設エネルギー量の回収年数を求めた。また地域配管を建設して、未利用エネルギーを導入し、30%の省エネルギーを達成した場合のエネルギー消費量に関する回収年数を求めた。

##### 4.1 地域配管の建設に必要なエネルギー量と環境負荷

地域配管建設に関して、エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量ばかりではなく、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、煤塵排出量と産業廃棄物量を求めた。配管長1m当たり断面積1m<sup>2</sup>当たりの原単位を表2に示す。産業廃棄物量は建設資材製造に関わる廃棄物量であり、残土や解体時に発生すると予想される廃棄物量は含んでいない。これは1例試算である。このエネルギー量と環境負荷を使用して、地域配管のライフサイクル評価を行う。

##### 4.2 地域冷暖房で5%の省エネルギーが達成された場合

地域冷暖房では大型で高効率な機器使用による省エネルギー効果が大きいとされているが、一方、配管ポンプ動力、配管熱損失によって、省エネルギー効果が幾分相殺されているのが現状である。ここでは最終的に5%の

表2. 地域配管長1m、断面積1m<sup>2</sup>当たりの建設に関わるエネルギー消費量と環境負荷

	エネルギー消費量と環境負荷
エネルギー(MJ)	9091
CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> )	819
NO <sub>x</sub> (g)	1077
SO <sub>x</sub> (g)	620
煤塵(g)	60
産業廃棄物(kg)	219

省エネルギーが達成されたと想定して、地域配管建設に必要なエネルギー量と環境負荷の回収年数を求める。

表3は地域冷暖房施設運用に必要な年間のエネルギー消費量とガス消費量である。またCO<sub>2</sub>排出量、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>排出量も示した。このエネルギー消費量の5%が節減されたと想定した。この地域冷暖房施設の地域配管は表2に示される大きさの地域配管で1500m程度であると想定している。エネルギーに関する回収年数の計算例を次式に示す。

$$\text{回収年数} = \frac{\text{地域配管建設に必要なエネルギー量 (GJ)}}{\text{年間の運用に関わる省エネルギー量 (GJ/年)}}$$

表3. プラント運転による年間のエネルギー消費量と環境負荷

	排出量
エネルギー消費量(GJ/年)	582863
ガス消費量(千m <sup>3</sup> /年、41.86MJ/m <sup>3</sup> とした)	13924
CO <sub>2</sub> (t-CO <sub>2</sub> 、2.12kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> とした)	29.5
NO <sub>x</sub> (kg/年、2.04kg/m <sup>3</sup> とした)	28407
SO <sub>x</sub> (kg/年、0.004kg/m <sup>3</sup> とした)	56

回収年数を表4に示す。エネルギーに関する回収年数は約10年となるが、CO<sub>2</sub>に関しては18年と長い。これはコンクリートや鋼管の製造には石炭が多く使用されており、エネルギー消費量に比べて、CO<sub>2</sub>排出量が多いためである。NO<sub>x</sub>に関しては地域冷暖房プラントの運用に伴うガスのNO<sub>x</sub>排出量が小さく、建設に関わるNO<sub>x</sub>排出量は資材運搬に伴うトラックのNO<sub>x</sub>排出量が多いために25年の回収年数となっている。SO<sub>x</sub>に関してはプラント運用時にほとんど排出されないために、回収年数は数千年となっている。省エネルギー量を10%と想定すれば、回収年数は表4に示される年数の2分の1となる。

地域配管は少なくとも60年の耐用年数があると考えられるので、十分回収できると考えてもよいが、5%程度の省エネルギーでは経済的な側面から回収が難しいのが実情である。

#### 4.3 未利用エネルギー活用システム

未利用エネルギー活用システムの目標は30%の省エネルギー、40～60%のCO<sub>2</sub>排出量削減、60～

表4. 地域冷暖房で5%の省エネルギーが達成された場合の地域配管建設エネルギーの回収年数

環境負荷	回収年数(年)
エネルギー	10.4
CO <sub>2</sub>	18.2
NO <sub>x</sub>	25.3
SO <sub>x</sub>	7377.6

80%のNO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>低減となっている。ここでは未利用エネルギー活用によって30%の省エネルギーが達成されたと想定して、未利用エネルギー導入に必要な配管建設のエネルギー量と環境負荷の回収年数について示す。

地域冷暖房施設は存在するものとして、河川水や海水等の未利用エネルギー導入に必要な地域配管建設を対象とする。配管は表2に示される原単位を使用し、外周断面積を22m<sup>2</sup>と想定した。この導道の長さが1000m、5000m、10000mの場合について、エネルギー量と環境負荷の回収年数を求めた。計算結果を表5に示す。

配管長さが1000mの場合、建設エネルギーを運用の省エネルギーで回収する年数は1.2年である。CO<sub>2</sub>は2.1年、NO<sub>x</sub>は2.8年となる。配管長さが5000m、10000mの場合は各回収年数が配管長さに比例して延びてくる。

ここで配管建設に伴う建設費を配管長さ1m当たり200万円と想定して、ガス1m<sup>3</sup>当たりの価格増分を求めてみる。建設費を年経費に換算するために0.123という資本回収係数を使用した。未利用エネルギーを活用した場合の年間のガス消費量は表3に示されるガス消費量の70%に相当し、9748m<sup>3</sup>となる。このガス量に対してガス1m<sup>3</sup>当たりの価格増は配管長さ1000mの場合、25円となる。すなわちガス1m<sup>3</sup>当たりの価格が83.3円以上であれば、未利用エネルギー活用システムはエネルギーの面からも、環境負荷の面からも、また経済的にも有効であるが、83.3円/m<sup>3</sup>以下であれば経済的には不利となる。

配管長さが1000mを越えると、エネルギーや環境負荷

表5. 未利用エネルギー活用システムの回収年数  
(省エネルギー率30%を想定)

(単位：年=配管建設による量/省エネルギーによる量)

	配管長1000m	配管長5000m	配管長10000m
エネルギー	1.2	5.8	11.5
CO <sub>2</sub>	2.1	10.3	20.5
NO <sub>x</sub>	2.8	14.0	28.1
SO <sub>x</sub>	819	4096	8193
ガス1m <sup>3</sup> 当たりの価格増(円)	25	126	252

の面からは回収が可能と言えるが、経済的には難しくなると予想され、未利用エネルギー活用のために必要な配管建設の長さは1000m程度が限度となろう。

## 5. おわりに

ここでは地域配管建設に必要なエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量等の環境負荷について述べた。配管建設については従来、あまり触れられておらず、またライフサイクル評価も行われていなかった。そこで土工事やコンクリート工事、あるいは鋼管工事といった工事種別に原単位を示し、設計図から比較的容易に建設に関わるエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量等の環境負荷を求められるようにしておいた。

地域冷暖房施設の導入によって5%の省エネルギーが達成された場合の配管建設に必要なエネルギー量やCO<sub>2</sub>排出量の回収年数、また未利用エネルギー活用システムを導入した場合の配管建設のエネルギー量やCO<sub>2</sub>排出量の回収年数についても示した。

ただし、こうした評価はライフサイクル評価としては不十分であり、本来は都市環境や住まい易さ等、総合的な環境評価軸によって地域冷暖房施設を評価する必要がある。

## 参考文献

1. 林英明他、地域配管の建設によるエネルギー消費量と二酸化炭素排出量、日本建築学会計画系論文集、1999.7
2. 岡 建雄、わかりやすいグリーンオフィスの設計、オーム社、2000.8

## 第5回エコマテリアル国際会議に参加して

東京大学大学院工学系研究科  
金属工学専攻 助手 松野 泰也

平成13年10月2日～4日にかけて、米国ハワイ州ホノルルにて開催された「第5回エコマテリアル国際会議」に参加した。9月11日に米国で起こったテロの影響を受け、幾人の方が参加・発表をキャンセルせざるを得ない状況であった。しかしながら、会議は予定通り開催され、参加者の間で活発な議論がされていた。発表のキャンセルがあった分だけ時間に余裕が出たので、セッションによっては通常よりも長い時間、質疑応答できたこともあ

り、議論を楽しめたように思える。また、開催期間中のホノルルの天候は快適そのものであり、会議後のワイキキビーチでの冷たいビールが、たまたまおいしく感じた。

以下、参加報告を記す。

## 1. 概要 (参加者、セッションなど)

会議事務局の未踏科学技術協会によると、参加者総数は127名であり、日本以外では、米国、カナダ、ドイツ、イタリア、中国、韓国、インドの7カ国からの参加者があった。発表件数は、合計103件であった。今回の会議にて企画されたセッション及び実際に行われた発表件数は、以下の表の通りである。

Plenary Lectureでは、米国MITのGutowski教授による「環境にやさしい製造(Environmentally Benign Manufacturing, EBM)に関する日本、欧州、米国の状況についての調査結果」の発表(詳細は、<http://itri.loyola.edu/ebm/>にて閲覧可能)、そして米国マイアミ大学のVeziroglu教授による「持続的発展のための水素エネルギーシステム」に関する講演が行われた。特別セッションでは、東大・山本良一教授による「持続的発展社会実現のための脱物質化の必要性」に関する講演が行われ、先進国にはファクター8の脱物質化が必要になっていることを示された。続いて、環境省の藤塚氏より、日本のグリーン購入に関する講演が行われた。

以降は、個別セッションでの発表となったが、新素材開発、リサイクル、デザイン、LCAの発表が主だったものであった。

LCAのセッションでは、口頭発表とポスター発表にて19件の発表が行われていた。しかしながら、LCAセッションの全てが、LCAに関する発表であるとは限らなかった。また、他のセッションに振り分けられている発表でも、LCA(及び関連する)研究についての発表が数件行われていた。

以下、LCA及び関連の深い発表を抜粋して概要を述べる。会議中は2つのセッションが並行して行われていたため、残念ながら全ての発表を聴講することはできなかった。いくつかのものは、講演要旨集から得られた情報も含まれている。

## 2. LCAに関する発表 (抜粋)

Trusty(カナダ、ATHENA Sustainable Materials Institute)らは、米国におけるインベントリデータベースプロジェクトに関して発表している。米国においては、エネルギー省及び国立再生可能エネルギー研究所

表 第5回エコマテリアル国際会議でのセッション及び発表件数

セッション名	発表件数	
Opening Address & Plenary Lecture	2	
Green Purchase (Special session)	2	
セッション名	発表件数	
	口頭発表	ポスター発表
Eco-Product	0	4
Plastic Recycle / Environmental Benign Design	5	3
Materials for New Energy	2	17
Design for Recyclable Metallic Materials	6	2
Advanced Materials Processing	11	3
Resources from Waste	9	4
Life Cycle Assessment (LCA)	13	6
Materials for Environmental Protection	1	7
Metal Recycle	6	-

(National Renewable Energy Laboratory, NREL)が予算を拠出し、公的データベースの構築が行われている。実施しているのは、カナダのNPOであるATHENA Sustainable Materials Instituteと米国コンサルのFranklin Associates Ltd、Sylvaticaである。プロジェクトは2001年5月に開始されたとのこと。

Baitz (ドイツ、ストットガルト大学)らは、環境対策技術に関するLCAを実施し、排出物質に関してトレードオフが起きる状況を指摘した。例えば、脱硫装置を設置すれば排気ガスからSO<sub>2</sub>が除去され、その排出量は大きく低減される。しかしながらその一方で、施設の建設、運転にエネルギーが消費され、温暖化ガス、VOC等が誘発される。このような結果は、過度な排出規制など政策を見直す上で有効である。しかしながら、最終的にはどの影響項目を優先すべきかの重み付け(統合評価)が必要となるが、その点については触れていない。

Han (韓国、韓国産業技術研究所)は、韓国におけるLCAの動向、とりわけ材料生産のLCAに関する動向を報告した。韓国では、環境省及び通商産業エネルギー省が、予算を拠出してLCAを推進している。とりわけ、中小企業を対象としたLCAの普及にも力を入れている特徴がある。材料生産のLCAに関しては、環境負荷低減型プロセスのLCAケーススタディが取り組まれているとのこと。アルミニウム、マグネシウムの合金、回線基盤(printed circuit board, PCB)に関するケーススタディが実施されている。

角館らは、ポピュレーションバランスモデルを適用した、我が国の自動車から排出されるCO<sub>2</sub>総量の検討に関して発表を行った。LCAは製品一単位(または機能単

位)当たりの、いわば「ミクロな」環境影響ポテンシャルを評価する手法であり、存在する製品全量からどれだけの影響ポテンシャルが誘発されているのか検討する手法ではない。それら「マクロな」影響ポテンシャルを評価するに当たり、ポピュレーションバランスモデルを適用することを検討した事例である。LCAで得られる知見を、マクロな環境影響評価へ活用する手法であり興味深いものである。

本藤は、時間と費用のかからない効果的なインベントリ分析手法を実施する手法として「Pre-LCI」を提案した。インベントリ分析を行う際に、結果に大きな影響を及ぼすプロセスに関しては、システム境界内にきちんと取り入れ詳細に調査する必要がある。それらのプロセスを特定し、優先的に調査すれば、効率的なインベントリ分析の実施が可能になる。本藤は、産業連関表を用いたインベントリ分析において、摂動法を適用した感度分析を行い、各産業項目に関してどの(入力)項目の感度が高いか(結果に及ぼす影響が大きい)を示している。

坂尾ら、水谷らは、新技術(の導入)が環境に及ぼす影響(低減効果)を評価する手法について発表した。ケーススタディとして、鋼材の熱間圧延に関する新技術、マグネシウム合金のフォーミングに関する新技術(の導入)により、低減され得る環境負荷量を定量的に評価している。現時点では、得られた結果に、不確実性が高いことを言及している。新技術の導入による環境負荷低減効果を定量的に評価する方法は、今後、ますます必要になると考えら得る。今後の研究の進捗に期待したい。

その他、小生らは、鉛はんだと鉛フリーはんだのライフサイクル環境影響評価、燃料電池自動車のLCAケー



スタディ、地域・排出源形態を考慮した環境影響評価手法（電気自動車とガソリン自動車のケーススタディ）について発表を行った。その詳細は割愛する。

なお、第5回エコマテリアル国際会議にて発表された論文は、レビューを受けた後、「J. Advanced Science」なる雑誌に発表されるとのことになっている。興味を持たれた方は入手していただきたい。

### 3. 最後に

エコマテリアル会議は、材料の研究開発を行っている人と、LCAなど環境影響評価ツールに関する研究を行っている人が一堂に会する場となっている。小生のようなLCAの手法と適用に関する研究に没頭している者が、「エコマテリアル」としてどのような材料、技術が開発されているかを勉強するよい機会であった。また、こちらとしても、材料開発に関する発表に対して、「それではこの材料を発電機に用いた場合、（ライフサイクルの観点から）どれだけの効率向上が望めるのでしょうか？」と好奇心旺盛に質問してしまった。それに対して、「当研究所にてLCAに従事している人と検討した結果、0%の効率向上が望める試算となっています。」と毅然と答えられていた。もっとも、その後の懇親会の席上で、発表者とお酒を飲みながらざくばらんに議論をしていると、「実を言うと、・・・の点で問題がありましてね・・・。」と生々しい情報も飛び出し、有意義な情報交換ができたように思う。そのようにして、エコマテリアル国際会議の3日間は、楽しくあっという間に過ぎていった。機会があるならば、今後も参加していきたいと思っている。

## SETAC-LCM会議に参加して

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  
研究員 伊 坪 徳 宏

日 時：8月27日～29日

場 所：コペンハーゲン大学/デンマーク

基調講演：20件

一般講演：36件

ポスター：47件

主な内容と感想

LCMに焦点を絞った世界で初めての会議として約300人の参加者と約100件の発表があり、活発な議論がなさ

れた。今回は第1回目ということもあってか、LCMそのものの発表よりは、以下のようなグループに属する発表が大半を占めた。

- (1) 特定の環境関連ツールのLCMへの利用可能性の検討
  - (2) LCMの構成、考え方などの概念を構築するための検討
  - (3) LCAがマネジメントツールとして機能するための問題点の提示とその解決方法
  - (4) その他、LCMと称するケーススタディ
- 以下、グループに分けて報告する。

### (1) 特定の環境関連ツールのLCMへの利用可能性の検討

(1)の関連ツールとしては、表にあるように、LCAのほか、DfE（環境適合設計）、経済評価（LCC（ライフサイクルコスト）、TCA（トータルコストアカウンティング）、EPE（環境パフォーマンス評価）、SPM（サプライチェーンマネジメント）、環境効率に関する発表があった。その中でも経済評価は近年の欧州SETACにおいて発表件数が増えているように、関心が高い。Hunkeler、Rebizer（EPFL）はLCCによる経済評価とLCAによる環境評価との統合手法としてROE（Return on Environment）を提案した。ROEはLCCと売値から求めるコスト情報を環境影響で割ることで求めるものであり、環境効率の計算と近いものと思われる。伊坪は外部コストと内部コストを統合するTCAの評価を行うとともに、これを環境会計でのCBA（Cost Benefit Analysis）に応用したことについてケーススタディと合わせて発表した。LCMの重要な構成要素としてTCAが挙げられるにも関わらず、TCAに関する発表は少なかった。特に外部コストの評価体系の構築に向けた検討が必要であろう。

Wittlinger（BASF）やBrady（Five Winds、カナダ）は環境効率の評価が企業の持続可能性を発展させるための有益なツールであることを示した。Bradyは環境効率を改善することは企業経営にとって利益につながることを様々な企業を例に出して示した。また実際に環境改善を行う上での有用な情報源として、(1)リーディングカンパニーの成功例を掲載した書籍（Mapping the Journey）、(2)環境効率に関する報告書、(3)環境と経営の両方が便益を享受するための戦略やシステム構築を目指す先進企業のグループ（LCRT：Life Cycle Round Table）を紹介した。WittlingerはBASFで実施した環境効率の評価事例を示した。ここでは比較対照製品間で

基本分類	セッション番号	セッション名	件数
基調講演	Plenary1, 2	なぜ LCM を行う必要があるのか	4
	Prenary3	LCM の実践	3
	Prenary5	統合と実行	3
	Prenary6	意思決定とコミュニケーション	3
	closing	国際的機関の紹介	7
一般講演	A1	持続可能発展	3
	A2	環境配慮設計	3
	A3	サプライチェーン	3
	A4	環境製品宣言	3
	B1	ライフサイクル経済評価	3
	B2	LCA/LCM	3
	B3, B4	CHAINET ツールボックスとネットワーク	6
	C1	環境パフォーマンス	3
	C2	ステイクホルダーの価値	3
	C3	データ管理	3
	C4	製品志向環境管理システム	3
	ポスター	P1	環境配慮設計
P2		LCA ケーススタディと手法論	12
P3		ライフサイクルマネジメント	12
P4		持続性と意思決定	12

コストと環境影響の両方を正規化した結果をプロットすることで双方が良好な製品を環境効率が高いものとして選定するための材料として利用する。ただし、それぞれの評価方法の詳細は不明。Lippiatt (NIST, USA) が紹介した BEES はコストと環境影響を評価するためのソフトであり、算定する対象は BASF の環境効率と近いといえる。BASF は両者を直交座標でプロットするのに対して、BEES は実施者の主観から両者の重み付けができるようになっている点で異なる。

Ander らは列車の環境効率を改善するためのプロジェクト (RAVEL) について発表した。ここでは環境改善度の分析に EPE を採用しており、評価指標 (EPI: Environmental Performance Indicators) として毒物の使用割合、埋立て率、リサイクル率、材料の再利用率など 20 種を採用している。

このように、LCA に限らず LCC、環境効率等、既にプラクティカルなツールとして定着されつつある他の環境評価ツールが本会議において発表されたことは、広い視点から LCM を捉えるのに大きく貢献するものと考えられる。

上記の実践ツールのみでなく、IPP (Integrated Product Policy) や Sustainable development のような環境に対するコンセプト、環境ラベルや自己宣言などの評価結果の開示方法など、アカデミックな場では取り上げら

れにくいテーマに関する発表も多かった。

## (2) LCM の構成、考え方などの概念を構築するための検討

LCM は SETAC 作業部会が立ち上がって以降、その用語自体は LCA の関係者を中心に急速に広まってきた。しかしその一方で、LCM が一体どんなものであるのか、どのようにして実施するのかについてのガイドラインは現時点で存在しないし、国際的合意もない。これを反映してか、概念的な発表が多かったのも今回の会議の特色といえる。LCM をツールボックスとして利用するためには、構成要素となるツールが適切に理解されることが前提条件となる。Udo de Haes (CML)、Finnveden (ストックホルム大学) は LCM において利用され得る環境評価関連ツールの特徴を整理した。Udo de Haes らは現在存在する環境関連ツールから得られる情報と評価に必要な情報をまとめて、相互に関連性を見出すためのプログラム (CHAINET) を EU のファンドで実施した結果を紹介した。Finnveden は複数のツールを 4 つの観点 (1. 手続き上のツール or 分析ツール、2. どの種類の影響について評価するのか、3. 調査研究の目的、4. 過去に遡る or 将来を見通す) から分類した。いずれも 10 程度程度のツールが対象となっており、様々な角度からツールを仕分けられたが、このような成果をどのようにして

LCMに反映させていくのが今後の課題となろう。

### (3) LCAがマネジメントツールとして機能するための問題点の提示とその解決方法

LCAが普及する一方で、真にビジネスツールとして利用されるためには、解決すべき課題が多数あることも指摘されるようになった。LCAをLCMへと展開させる上で必要な条件や解決すべき課題等についての発表があった。

デンマークでは製品に関わる国家プロジェクトは全てLCAを行うことが必要条件となっているとのことである。Remmen (Aalborg大学, デンマーク) は詳細なLCAを実施するのは大変コストがかかり(80m.DKK)、特に中小企業で実施するには適当でないとして指摘した。ここでは、会社規模を考慮した上で、LCMを以下の4段階に分類し、場合によっては上の2つのステップで終わらせることも認めるべきであるとした。

- (1) 製造プロセスの環境効率化・資源消費の最小化、使用材料の転換
- (2) 環境管理・サプライチェーンの効率化、ライフサイクル思考の導入
- (3) LCAやその他ツールの使用；実際の手法等を利用した分析、目的に基づいてToolboxの中から利用する方法を選択する。

- (4) ネットワーク構築；自社製品のライフサイクルに係る企業や消費者との連携を図り、情報を入手する

LCAはコストと時間がかかることが問題点として挙げられる。信頼性を向上しようとするほどLCAの調査に要するコストは上昇する。しかし一定の信頼性がなければLCAの調査自体が無意味なものになってしまう。Norris (Harvard Univ.) は不確実性を指標としてLCAの不確実性とそれに対する調査コストの関連について評価した。これにより、LCAの目的に基づいて必要な信頼性を得るために実際に行った調査がそのコストに見合うものであるかどうかについて検討するための情報が提供される。このような検討はLCA自体の費用便益評価につながるものと考えられる。

### (4) その他、LCMと呼称するケーススタディ

企業におけるLCMのケーススタディとしてFretiere (3M)、Stevens (Philips)、Franklin (Franklin Associates: USA) が独自の方法について発表した。3Mで採用するアプローチは定性的なものである。ライフサイクルステージとEHS (環境、健康、安全) からなるマトリックスを作成し、担当者が該当するセルに対する評価結

果を記入する。ここでは、判断材料は十分そろっているかどうかというチェックと他のライフサイクルステージと比較して有利か否か、という情報が示される。リスクをとにかく削減する、製品の改良につながるデザインを行うにはこれで十分という認識のようである。FranklinはLCMでは企業での戦略に照らした上で、分析するライフサイクルステージや評価項目を定めるものとしている。そのため、製品比較の場合は、全ライフサイクルを包括することよりも製品間で異なるプロセスに対する分析が重視される。評価対象については、コストや製品性能、規制などのバランスを考慮したうえで、環境のほか、労働環境 (健康、安全)、リサイクル効果が挙げられている。ここでは、LCAは環境側面のみであるがライフサイクルを包括的に取り扱うのに対して、LCMは環境負荷に関する包括性は低いコストや製品性能、EHS & Rを対象としており、LCAとLCMを併用することが有効であるとしている。発表では自動車用塗装の評価を示したが、LCMはほぼLCCと同義のように感じた。上記2社によるLCMは内部管理ツールとしての色彩が強いが、フィリップス社が実施するLCMは販売価格の低減、生活の質向上など、消費者に対するメリットも合わせて重視している。このように、実施者 (企業) によってLCMの内容に共通性は少ないのが現状である。

LCMは実施者からはマネジメントツールとして期待される一方で、LCAの研究者の視点からはLCAの出口として注目されている。LCAはツールとしての認識がほぼ固まっている。しかしこの会議を通じて示されたLCMの定義を総括すると、LCMはツールではなく概念として認識されつつある (よく"Toolbox"、"Integrated framework"という語句が利用される)。このツールと概念のギャップがLCM自体の解釈を困難にする一因となっているように思われた。

今回の会議において始めに示した4つのタイプに分類されたのは、様々なツールを1つの枠組みの中で統合することの重要性に対する認識が深まっている一方で、それを実際に行おうとすると、Toolbox中の特定のツールのみを取り上げることになる (上記 (1) の発表)、又は包括性を追及するとランキング等の定性的なアプローチになってしまい汎用性に極めて乏しいアプローチになってしまう (上記 (4) の発表) ことの表れであるように感じられる。

この状況で実施者が半ば勝手にLCMと称した評価を実施しているため、LCMの捉え方を更に困難にさせている。ただやみくもに関連ツールを統合するのではなく、評価の有用性が担保できる範囲を逸脱することなく

LCMの構成ツールを選択するためのクライテリアが設定されることが望まれる。

今回はシアトルでLCAM (Life Cycle Assessment

/Management) として2003年に開催される予定である。

## 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/問合せ先
Eco-Efficient 2002 Fair	2002. 3.21～23	Helsinki/ Finland	The Finnish Association for Nature Conservation <a href="http://www.eco-efficient.net">http://www.eco-efficient.net</a>
SETAC Europe 12th Annual Meeting	2002. 5.12～16	Vienna/ Austria	SETAC Europe <a href="http://www.setac.org">http://www.setac.org</a>
Life Cycle Decision Making for Sustainability, Third Australian Conference on Life Cycle Assessment	2002. 7.17～19	Gold Coast/ Australia	SETAC <a href="mailto:papers@lca-conf.alcas.asn.au">papers@lca-conf.alcas.asn.au</a>
Towards Sustainable Product Design 7-7th International Conference	2002.10.28～29	London/U.K.	The Centre for Sustainable Design <a href="http://www.cfsd.org.uk">http://www.cfsd.org.uk</a> <a href="mailto:rwhite@surrart.ac.uk">rwhite@surrart.ac.uk</a>
第5回エコバランス国際会議	2002.11.6～8	つくば市	問い合わせ 社団法人 未踏科学技術協会 TEL 03-3503-4681 FAX 03-3597-0535 <a href="mailto:mitoh@sntt.or.jp">mitoh@sntt.or.jp</a> <a href="http://www.sntt.or.jp/ecobalance/">http://www.sntt.or.jp/ecobalance/</a> 発表申込締切：3月15日

### ◆文献・情報紹介

文献名	著者名	発売(行)者(連絡先)	発行年月
Streamlined Life-Cycle Assessment:A Final Report from the SETAC North America Streamlined LCA Work group	Joel Ann Todd and Mary Ann Curran	SETAC <a href="http://www.setac.org/lea.html">http://www.setac.org/lea.html</a> でPDFダウンロード可	

### 何でもご意見番

ご意見お聞かせ下さい。(FAX返信)

### 【編集後記】

12月13日から15日の3日間、東京ビッグサイトで第3回エコプロダクツ2001(環境調和型製品のみの展示会)が開催され、前回は上回る350の企業・団体の出展と88,604人の来場者であった。主催者コーナーではグリーン購入、環境ラベル、環境適合設計(DfE)そしてLCAの説明展示と、ステージでは毎日30分のLCA解説が行われた。

予想以上に多くの方、特に学生からの質問があったことに今後のLCA普及に意を強くしたところであった。また、LCAの実施した結果を展示しているものも格段に増え、中には環境効率、ファクターの提示もなされたブースもあった。

(M・Y)

発行 LCA日本フォーラム/社団法人環境管理協会  
〒110-8535 東京都台東区上野1-17-6 広小路ビル  
電話 03-3832-7085 FAX 03-3832-2774  
URL <http://www.jemai.or.jp>