

目次 巻頭言 (独) 国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター センター長 森口 祐一	1
LCAを用いたリサイクル工場のCO <sub>2</sub> 排出量低減への取り組み 株式会社リーテム 代表取締役兼CEO 中島 彰良	4
東芝グループの環境経営を支えるLCAの実践 株式会社東芝 環境推進部 製品環境推進担当 参事 竹山 典男	14
日立グループにおけるシステム製品LCA [SI-LCA] の製品開発への活用 株式会社日立製作所 情報・通信グループ環境推進センター主任技師 西 隆之	19
LCA手法を使ったイスの製品開発 三恵工業株式会社 開発部 次長 安田 府佐雄	23
Eco-Pro-Net ～環境付加価値を創造する製品開発支援ネットワーク～ エコプロネット代表 三重大学 特命学長補佐 加藤 征三	27
アルミニウム素材におけるLCIデータベースの充実とLCA展開活動 (社)日本アルミニウム協会 LCA調査委員会 委員長 野村 正義	29
半導体におけるLCAデータベース・算定ソフトウェアの開発と普及 (社)電子情報技術産業協会 半導体環境安全専門委員会 LCAWG 主査 (エルピータメモリ (株)) 多田 一洋	34

## 巻頭言



## 天然資源の管理と効率的利用に関する国際的動向

### —UNEPの資源管理国際パネルと OECDの資源生産性指標を中心に—

(独) 国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター  
センター長 森口 祐一

#### 1.はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄に特徴づけられた20世紀末の経済社会システムから、より持続可能な生産・消費形態への転換の必要性が指摘されている。地球温暖化問題は、地球環境が人間活動の排出物の吸収源として有限であることを示唆するものであるが、一方、資源の採取に伴う環境変化や、資源価格の高騰を通じて、資源の供給源としての地球環境の有限性に対する関心も高まりつつある。資源の管理や効率的利用に関する国際活動が、OECD、UNEP等において展開されてきたが、2007年秋にはこの分野の国際会議が相次いで開催された。本稿では、こうした国際活動と日本との関わりの経緯を紹介するとともに、先般設立された持続可能な資源管理に関する国際パネル（以下、資源パネルと略記）の概要について紹介する。

#### 2.物質フローと資源生産性に関する国際活動の発展

筆者が物質フロー分析に本格的に関わるようになったのは、1995年11月に、ドイツのヴッパータール研究所で開催された持続可能な発展の指標に関する国際会議に出席し

たことが契機である。当時のワイツゼッカー所長はファクター4、シュミットブレーク副所長はファクター10の提唱者として知られ、持続可能な発展のためには、同じ豊かさを得るための資源消費量を4～10倍効率化することが必要という野心的な考え方を提案していた。

この国際会議への各国専門家の出席を機に、先進国の経済活動に伴う物質フローの分析に関する日米欧の国際共同研究が始まり、90年代後半に進められた研究の成果は世界資源研究所(WRI)から1997年、2000年に出版された。また、この時期には、欧州を中心とする統計やシステム分析の専門家ネットワークであるConAccount、米国を中心に研究の組織化が進み、国際学会として発足する産業エコロジーなどの分野で、物質フロー分析の研究が盛んになった。従来の環境問題では、少量でも環境影響の大きい物質に着目されることが多かったが、それに加えて、物質が大量に生産・消費・廃棄される工業化社会の全体像を物量面からとらえる分析が盛んになった。

#### 3.OECDにおける取り組みとG8、日本との関わり

こうした研究の進展と呼応して、OECD（経済協力開発機構）においても、日本と米国の提案をもとに、物質フロー分析に関する国際セミナーが2000年に開催された。この年はわが国では循環型社会形成推進基本法（循環基本法）が制定されるなど、循環型社会元年と呼ばれる。循環基本法に基づき、2003年に閣議決定された循環型社会形成推進基本計画には、上記の国際活動の成果を参考に、物質フロー分析に基づく指標と数値目標が導入された。これを踏まえ、日本は2003年5月のG8環境大臣会合において物質

フロー分析の国際共同活動を提案して支持を得た。G8サミットで採択されたG8科学技術行動計画により、OECDがその活動の推進役を担うこととされた。OECDは2004年春には物質フローと資源生産性に関する理事会報告を採択し、資源の効率的利用のための物質フロー分析の手法開発と政策利用を加盟国に促すとともに、加盟国の支援のためのガイダンスマニュアルの作成など、3年間を一区切りとする活動に着手した。2004年～2006年の3カ年、毎年欧州でワークショップが開催され、最新の情報交換が進むとともに、先導的活動を展開してきた加盟国からの情報等をもとに、ガイダンス文書の作成が進められた。2007年9月には、東京において、物質フローと資源生産性に関するOECD/日本セミナーが開催され、ガイダンス文書のほぼ最終案が提示されるとともに、3年余りの間の活動の進展が確認された。

OECDのこれまでの活動では、物質フロー分析を資源生産性の計測指標として利用することに重点がおかれてきたが、今後さらに検討を進めるべき課題として、貿易に伴う物質フローの解明や、とくに資源採掘段階など、物質フローに伴う環境影響の評価といった分野の知見を蓄積すべきことが議論された。ガイダンス文書では、物質フロー分析を広義にとらえており、LCAや環境産業連関分析も、物質フローに関連する手法群として位置づけられている。

また、この9月のOECDのセミナーと連続して、UNEPの資源効率と環境に関する国際ワークショップが開催されたが、このUNEPのワークショップは次に述べる資源パネルの準備会合の一つとしての役割を担っていた。なお、G8において、日本政府は上記の2003年の物質フロー分析に関する提案に続き、2004年のシーアイランドサミットにおいては、3Rイニシアティブを提唱した。これら一連の提案は、廃棄物問題を端緒として、資源の効率的・循環的利用により、天然資源の消費抑制と環境負荷の低減を図るという循環型社会の考え方を、世界に広める狙いで進められたものであろう。

#### 4. 欧州委員会の分野別戦略と資源パネルの提案、 設立準備

EUは第6次環境行動計画（期間：2002～2012年）のもとで、大気汚染、海洋環境の保護・保全、天然資源の持続可能な利用、廃棄物発生抑制・リサイクル、都市環境、

農業の持続可能な利用、土壌の7分野について、各々分野別戦略の策定を進めてきた。2005年12月に策定された天然資源の持続可能な利用に関する戦略において、4つのイニシアティブとして、1)資源利用とその環境影響に関する知的基盤向上のためのデータセンター、2)進捗の計測のための指標開発、3)加盟国の高級フォーラム、とともに、4)天然資源の持続可能な利用に関する国際パネルの設置、を提案していた。こうした国際パネルの設置については、2005年4月の東京における3Rイニシアティブ関係閣僚会議でも既に言及されていた。

資源パネルの設立提案はEUからなされたものであるが、全世界的な参加を求め、UNEPに当面の事務局の役割が委ねられ、2006年秋頃からパネルの設立準備が本格的に進められた。2006年12月には、ベルギーのブリュッセルにおいて準備会合が開かれ、これと連続してブリュージュにおいて関連する研究会合が開催された。当初、設立会合は2007年初夏に計画されていたが、十分な準備期間をとるため、2007年11月に開催することが決定された。なお、事務局はUNEPのDTIE（技術産業経済局）であり、LCA分野の国際的活動であるライフサイクルイニシアティブを推進してきたのと同じ部門が担当している。

#### 5. 資源パネルの概要

資源パネルの名称は最終的にInternational Panel for Sustainable Resource Management（略称Resource Panel）と決定され、2007年11月8日～9日に、ハンガリーのブダペストにおいて、World Science Forumと開催時期を合わせる形で設立会合が開催された。共同議長として、上述のワイツゼッカー博士（元ヴッパータール研究所長、現在カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授）とセラゲルディン博士（元世界銀行副総裁、現在アレクサンドリア図書館長）が就任した。パネルの発足時のメンバーは20名程度とされ、先進国と発展途上国、性別、専門分野などのバランスを考慮して選考が行われ、筆者もその一人として設立会合に参加した。

資源パネルの全体としての目的は、資源（再生可能資源、非再生可能資源の両方）の消費によるライフサイクル全般にわたる環境影響について、独立した科学的アセスメントを提供するとともに、同定された環境影響を低減するための方策をより良く理解することに貢献することである。こ

れによって、資源効率の高い経済成長が世界的に促進され、持続可能なイノベーションを促すとともに、経済成長と環境悪化とをデ・カップルする（切り離す）という政策目標に貢献することが期待される。

このため、資源パネルの具体的なミッションとしては、1)再生可能資源、非再生可能資源の利用、これに伴う持続可能性への影響に関する情報収集を行うこと、2)資源消費に伴う環境影響に関する科学的アセスメントと自然資源の効率的な利用に関する政策的助言を提供すること、3)組織化、社会的学習、国際的な知識交流を支援すること、の三点が挙げられている。

資源パネルの当面の検討課題としては、設立会合に提案された5課題をもとに、一部の修正、追加が行われ、現時点では以下の7課題に整理されている。

- 1)デ・カップリングおよび資源生産性という概念の理解
- 2)持続可能性の観点からみた製品・資源の優先度付け

- 3)持続可能な管理の観点からみた地球規模の金属フローの科学的評価

- 4)持続可能な管理の観点からみたバイオ燃料の科学的評価

- 5)持続可能な管理の観点からみた淡水資源の科学的評価

- 6)持続可能な資源管理に関する組織形成と社会学習

- 7)持続可能な資源管理とイノベーションのための概念的枠組み

現在、5月に開催予定の第2回パネル会合に向けて、各課題の作業計画案の作成が進められており、パネル会合での審議を経て、本格的な作業の進め方が議論されるものと想定している。

なお、資源パネルに関する情報は、UNEPのウェブサイト

で随時公開されているので参照いただきたい。  
<http://www.uneptie.org/pc/sustain/initiatives/resourcepanel/index.htm>

# LCAを用いたリサイクル工場のCO<sub>2</sub>排出量低減への取り組み

株式会社リーテム

代表取締役兼CEO 中島 彰良

## 1.はじめに

製品のライフサイクルは、資源→製造→使用→リサイクル（再資源化）があつてこそ健全な状態ではないでしょうか。

ゴミ(廃棄物)が眼前から無くなればそれで終了としてきた時代を終わらせ、リサイクルを製造や消費と同次元で捉えた循環型社会を目指さねばなりません。

その一つの方法として、LCAを用いリサイクル工場や廃棄物ごとに一番適切なリサイクル行為を導き出し、より環境負荷を低減するということが考えられます。

弊社は水戸工場の運営時の環境負荷を調査すべく2002～2003年に工場全体のLCAデータ取得を行いました。当時は車や家電の個々のデータ資料は存在しましたが、リサイクル工場全体のLCAデータは無かった為、自ら取得することにしました。

それを調査・分析することで工場のエネルギー使用量削減に役立てることが出来ました。適切なリサイクル方法を見極めながら、LCAを用いて環境負荷の一層の低減を図っています。

また、東京工場建設に当たっては、業界で初めてであろうリサイクル工場建設LCAを実施しております。

当該LCA評価を用いて分析、比較することにより、定量的にCO<sub>2</sub>等の発生量が評価できる為、より多くのリサイクル事業においてCO<sub>2</sub>の発生抑制に役立つ事を望んでおります。

## 2.水戸工場のマテリアルフロー及びインベントリ

水戸工場の運営時の環境負荷を調査するに当たり、水戸工場のマテリアルフローと工程ごとのインベントリデータを作成しました。

処理工場はラインが左右だけではなく、上下にもあり、ポイント毎の計量の手間は大変なものがあります。マテリアルフローでは水戸工場をP1、P2、IR、NF、C1の5つの工場に分けその各工程を図に示しました。

まず、目視でマテリアルバランスを判断し、マテリアル化可能なプラスチック、フロン、蛍光灯、バッテリーなどを手選別したのち、破砕機等により処理します。電炉や非鉄精錬の原料を作るための処理であり、処理後の製品の品位を高くすることが求められます。マテリアル化を進めたため当社の工場は両工場ともゼロエミッションです。尚、マテリアルフローについてはかなり細かい為、図の「リーテム水戸工場の簡易フロー」で分かり易く表現しております。インベントリデータについては、P1工場の各工程を記載しました。

結果として処理量1t当りのCO<sub>2</sub>排出量は、P2破砕が最も多く、次いでP1破砕、IR切断の順になっております。工程ごとの電力と燃料によるCO<sub>2</sub>総合排出量の割合では、P1の電力と燃料で約8割弱を閉め、これを低減していくことに重点を置いております。

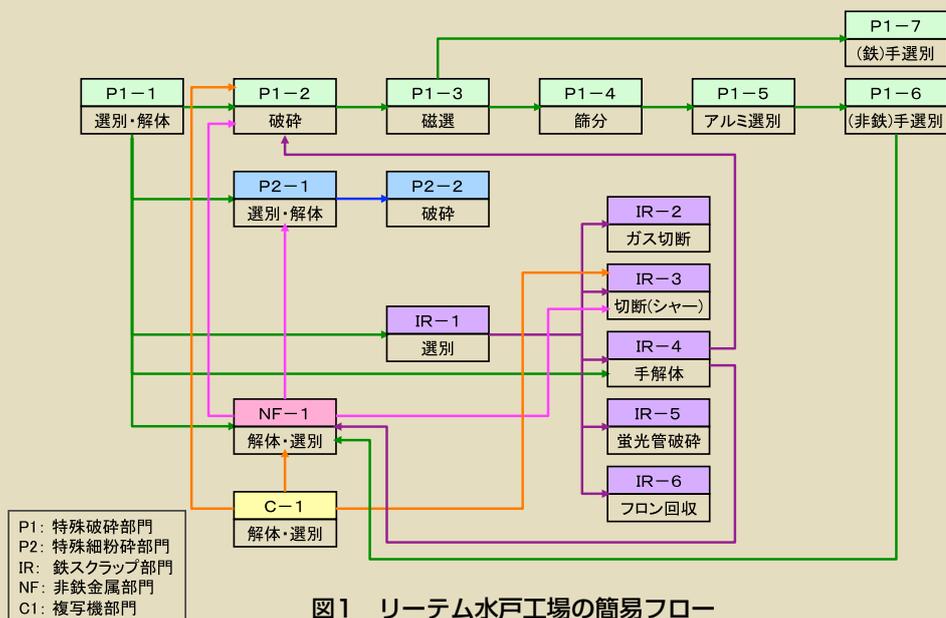


図1 リーテム水戸工場の簡易フロー

【インプット】			
使用済製品	11	廃モーター (家電)	772.3 t
	12	廃OA機器	2,595.4 t
合計			3,367.7 t
エネルギー		電力	3.4 MWh
		燃料 (軽油)	6.7 kl
		燃料 (ガソリン)	0.6 kl
水		用水	t
副資材等		酸素	395.4 m <sup>3</sup>
		プロパン	74.4 kg
		アセチレン	4.9 kg
		CO <sub>2</sub>	26.8 kg
		溶接棒	29.2 kg
		梱包・輸送資材等 (フレコンバッグ)	790.6 kg
【アウトプット】			
工程産出物		工程産出物 (プロセス内)	2,463.8 t
	23	アルミ	1.3 t
	24	非鉄複合材	29.3 t
	25	銅類	0.5 t
	29	基板	5.9 t
	30	モニター、ブラウン管	2.9 t
	31	紙類	1.0 t
	41	基板	0.5 t
	52	鉄系スクラップ	21.0 t
	53	鉄系複合材	15.1 t
	54	鉄	20.4 t
	11	廃モーター、コンプレッサー	772.3 t
	32	鉛バッテリー	9.9 t
	34	再生廃プラ	1.3 t
	35	廃プラ (RDF)	6.6 t
	35-1	廃プラ (埋立)	0.0 t
	36	紙類	10.9 t
	55	鉄	0.5 t
	33	ステンレス	4.7 t
合計			3,367.7 t
エミッション	CO <sub>2</sub>		20.5 t

【インプット】			
使用済製品	11	廃モーター (家電)	229.3 kg
	12	廃OA機器	770.7 kg
合計			1,000.0 kg
エネルギー		電力	1.0 kWh
		燃料 (軽油)	2.0 l
		燃料 (ガソリン)	0.2 l
水		用水	kg
副資材等		酸素	0.1 m <sup>3</sup>
		プロパン	22.1 g
		アセチレン	1.4 g
		CO <sub>2</sub>	8.0 g
		溶接棒	8.7 g
		梱包・輸送資材等 (フレコンバッグ)	234.7 g
【アウトプット】			
工程産出物		工程産出物 (プロセス内)	731.6 kg
	23	アルミ	0.4 kg
	24	非鉄複合材	8.7 kg
	25	銅類	0.1 kg
	29	基板	1.7 kg
	30	モニター、ブラウン管	0.9 kg
	31	紙類	0.3 kg
	41	基板	0.1 kg
	52	鉄系スクラップ	6.2 kg
	53	鉄系複合材	4.5 kg
	54	鉄	6.1 kg
	11	廃モーター、コンプレッサー	229.3 kg
	32	鉛バッテリー	2.9 kg
	34	再生廃プラ	0.4 kg
	35	廃プラ (RDF)	2.0 kg
	35-1	廃プラ (埋立)	0.0 kg
	36	紙類	3.2 kg
	55	鉄	0.2 kg
	33	ステンレス	1.4 kg
合計			1,000.0 kg
エミッション	CO <sub>2</sub>		6.1 kg

表1 P1-1 選別・解体のインベントリ

【インプット】			
使用済製品		工程投入量 (プロセス内)	2,463.8 t
IRより	92	非鉄複合材	11.3 t
IRより	11-1	廃モーター	1.7 t
非鉄金属より	122	非鉄複合材	166.2 t
複写機より	164	鉄系複合材	205.9 t
	165	非鉄複合材	945.2 t
遊技機より	155	非鉄複合金材	36.9 t
合計			3,831.0 t
エネルギー		電力	303.8 MWh
水		用水	kl
副資材等		治工具 (ダンパ)	173.5 t
		(ロータキャップ)	687.1 t
		(ハンマ)	853.7 t
		酸素	449.7 m <sup>3</sup>
		プロパン	84.7 kg
		アセチレン	5.5 kg
		CO <sub>2</sub>	30.5 kg
		溶接棒	33.2 kg
		梱包・輸送資材等 (フレコンバッグ)	899.3 kg
【アウトプット】			
工程産出物		工程産出物 (プロセス内)	3,479.8 t
	22	粉体回収物	351.2 t
合計			3,831.0 t
エミッション	CO <sub>2</sub>		117.6 t

【インプット】			
使用済製品		工程投入量 (プロセス内)	643.1 kg
IRより	92	非鉄複合材	3.0 kg
IRより	11-1	廃モーター	0.4 kg
り	122	非鉄複合材	43.4 kg
複写機より	164	鉄系複合材	53.8 kg
	165	非鉄複合材	246.7 kg
遊技機より	155	非鉄複合金材	9.6 kg
合計			1,000.0 kg
エネルギー		電力	79.3 kWh
水		用水	l
副資材等		治工具 (ダンパ)	45.3 kg
		(ロータキャップ)	179.4 kg
		(ハンマ)	222.8 kg
		酸素	117.4 m <sup>3</sup>
		プロパン	22.1 g
		アセチレン	1.4 g
		CO <sub>2</sub>	8.0 g
		溶接棒	8.7 g
		梱包・輸送資材等 (フレコンバッグ)	234.7 g
【アウトプット】			
工程産出物		工程産出物 (プロセス内)	908.3 kg
	22	粉体回収物	91.7 kg
合計			1,000.0 kg
エミッション	CO <sub>2</sub>		30.7 kg

表2 P1-2 破碎のインベントリ

【インプット】			
プロセス内	工程投入量(プロセス内)	3,479.8	t
エネルギー	電力	9.0	MWh
水	用水( )		t
副資材等	酸素	563.6	m <sup>3</sup>
	プロパン	106.1	kg
	アセチレン	6.9	kg
	CO <sub>2</sub>	38.2	kg
	溶接棒	41.6	kg
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	1127.0	kg
【アウトプット】			
工程産出物	工程産出物(プロセス内)	1,321.3	t
	13 磁性物	2,158.5	t
合計		3,479.8	t
エミッション	CO <sub>2</sub>	3.5	t

【インプット】			
プロセス内	工程投入量(プロセス内)	1,000.0	kg
エネルギー	電力	2.6	kWh
水	用水( )		kg
副資材等	酸素	0.2	m <sup>3</sup>
	プロパン	30.5	g
	アセチレン	2.0	g
	CO <sub>2</sub>	11.0	g
	溶接棒	12.0	g
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	323.9	g
【アウトプット】			
工程産出物	工程産出物(プロセス内)	379.7	kg
	13 磁性物	620.3	kg
合計		1,000.0	kg
エミッション	CO <sub>2</sub>	1.0	kg

表3 P1-3 磁選のインベントリ

【インプット】			
プロセス内	工程投入量(プロセス内)	1,321.3	t
エネルギー	電力	4.3	MWh
水	用水( )		t
副資材等	酸素	155.1	m <sup>3</sup>
	プロパン	29.2	kg
	アセチレン	1.9	kg
	CO <sub>2</sub>	10.5	kg
	溶接棒	11.5	kg
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	310.2	kg
【アウトプット】			
工程産出物	15 篩上	834.0	t
	14 金銀滓	487.3	t
合計		1321.3	t
エミッション	CO <sub>2</sub>	1.7	t

【インプット】			
プロセス内	工程投入量(プロセス内)	1,000.0	kg
エネルギー	電力	3.3	kWh
水	用水( )		kg
副資材等	酸素	0.1	m <sup>3</sup>
	プロパン	22.1	g
	アセチレン	1.4	g
	CO <sub>2</sub>	8.0	g
	溶接棒	8.7	g
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	234.7	g
【アウトプット】			
工程産出物	15 篩上	631.2	kg
	14 金銀滓	368.8	kg
合計		1000.0	kg
エミッション	CO <sub>2</sub>	1.3	kg

表4 P1-4 篩分のインベントリ

【インプット】			
プロセス内	15 篩上	834.0	t
エネルギー	電力	2.5	MWh
水	用水( )		t
副資材等	酸素	97.9	m <sup>3</sup>
	プロパン	18.4	kg
	アセチレン	1.2	kg
	CO <sub>2</sub>	6.6	kg
	溶接棒	7.2	kg
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	195.8	kg
【アウトプット】			
工程産出物	16 篩上	650.2	t
	17 アルミ	183.8	t
合計		834.0	t
エミッション	CO <sub>2</sub>	1.0	t

【インプット】			
プロセス内	15 篩上	1000.0	kg
エネルギー	電力	3.0	kWh
水	用水( )		kg
副資材等	酸素	0.1	m <sup>3</sup>
	プロパン	22.1	g
	アセチレン	1.4	g
	CO <sub>2</sub>	8.0	g
	溶接棒	8.7	g
	梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	234.7	g
【アウトプット】			
工程産出物	16 篩上	779.6	kg
	17 アルミ	220.4	kg
合計		1000.0	kg
エミッション	CO <sub>2</sub>	1.2	kg

表5 P1-5 アルミ選別のインベントリ

【インプット】			
	16	篩上	650.2 t
エネルギー		電力	0.7 MWh
水		用水 ( )	t
副資材等		酸素	76.3 m <sup>3</sup>
		プロパン	14.4 kg
		アセチレン	0.9 kg
		CO <sub>2</sub>	5.2 kg
		溶接棒	5.6 kg
		梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	152.6 kg
【アウトプット】			
工程産出物	20	ステンレス等	11.8 t
	19	プラスチック付金銀滓	638.4 t
合計			650.2 t
エミッション		CO <sub>2</sub>	0.3 t

【インプット】			
	16	篩上	1000.0 kg
エネルギー		電力	1.0 kWh
水		用水 ( )	kg
副資材等		酸素	0.1 m <sup>3</sup>
		プロパン	22.1 g
		アセチレン	1.4 g
		CO <sub>2</sub>	8.0 g
		溶接棒	8.7 g
		梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	234.7 g
【アウトプット】			
工程産出物	20	ステンレス等	18.1 kg
	19	プラスチック付金銀滓	981.9 kg
合計			1000.0 kg
エミッション		CO <sub>2</sub>	0.4 kg

表6 P1-6 手選別のインベントリ

【インプット】			
プロセス内	13	磁性物	2,158.5 t
エネルギー		電力	2.18 MWh
水		用水 ( )	t
副資材等		酸素	253.4 m <sup>3</sup>
		プロパン	47.7 kg
		アセチレン	3.1 kg
		CO <sub>2</sub>	17.2 kg
		溶接棒	18.7 kg
		梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	506.7 kg
【アウトプット】			
工程産出物	18	鉄	2,158.5 t
エミッション		CO <sub>2</sub>	0.8 t

【インプット】			
プロセス内	13	磁性物	1,000.0 kg
エネルギー		電力	1.01 kWh
水		用水 ( )	kg
副資材等		酸素	0.1 m <sup>3</sup>
		プロパン	22.1 g
		アセチレン	1.4 g
		CO <sub>2</sub>	8.0 g
		溶接棒	8.7 g
		梱包・輸送資材等(フレコンバッグ)	234.7 g
【アウトプット】			
工程産出物	18	鉄	1,000.0 kg
エミッション		CO <sub>2</sub>	0.4 kg

表7 P1-7 手選別のインベントリ

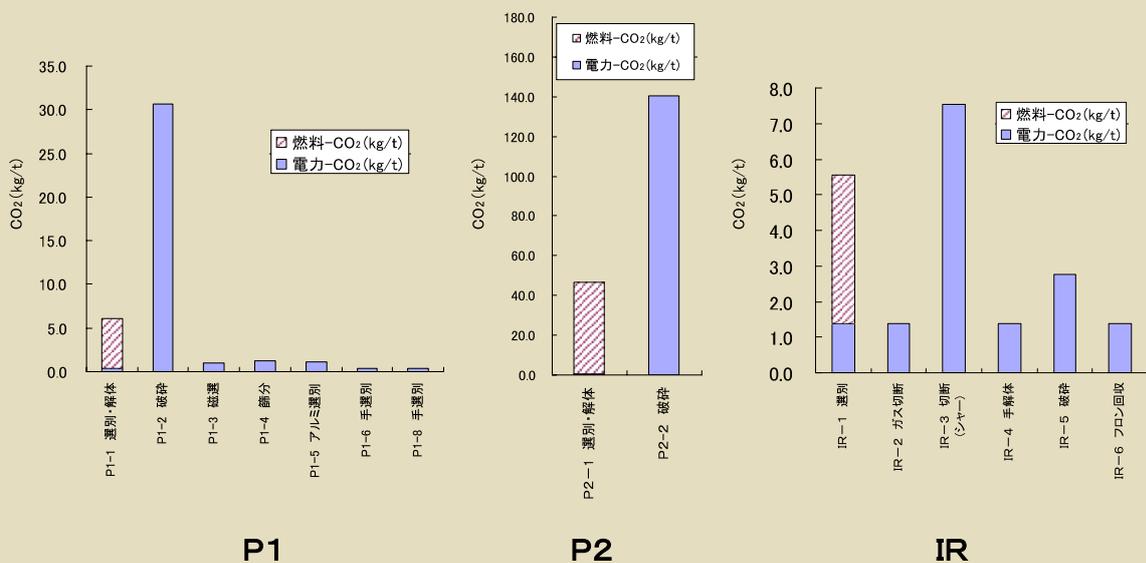


図2 処理1t当たりのCO<sub>2</sub>排出量

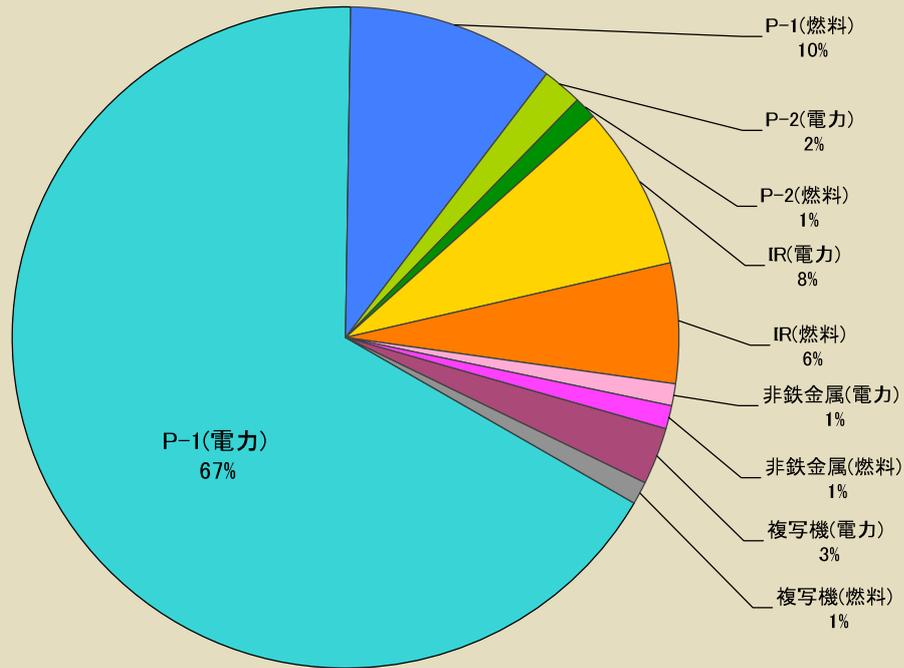


図3 工程ごとの電力と燃料によるCO<sub>2</sub>総合排出量の割合

### 3.環境ビジネスにおける環境会計の試み

LCAにおいて人件費等はその範疇に納めておりません。しかしながらリサイクルの手法には手解体による場合も多数存在し、中国や東南アジアではそれが主流です。

そこに関連性を持たせるため、人件費を組み入れたコスト

を算出し併記しました。

環境会計は、通常、企業内の目的基準による環境コストについて定量化するものですが、事業がそのまま環境保全活動となる環境ビジネスの場合は、活動基準による環境コストと環境効果の把握・分類が当てはまります。

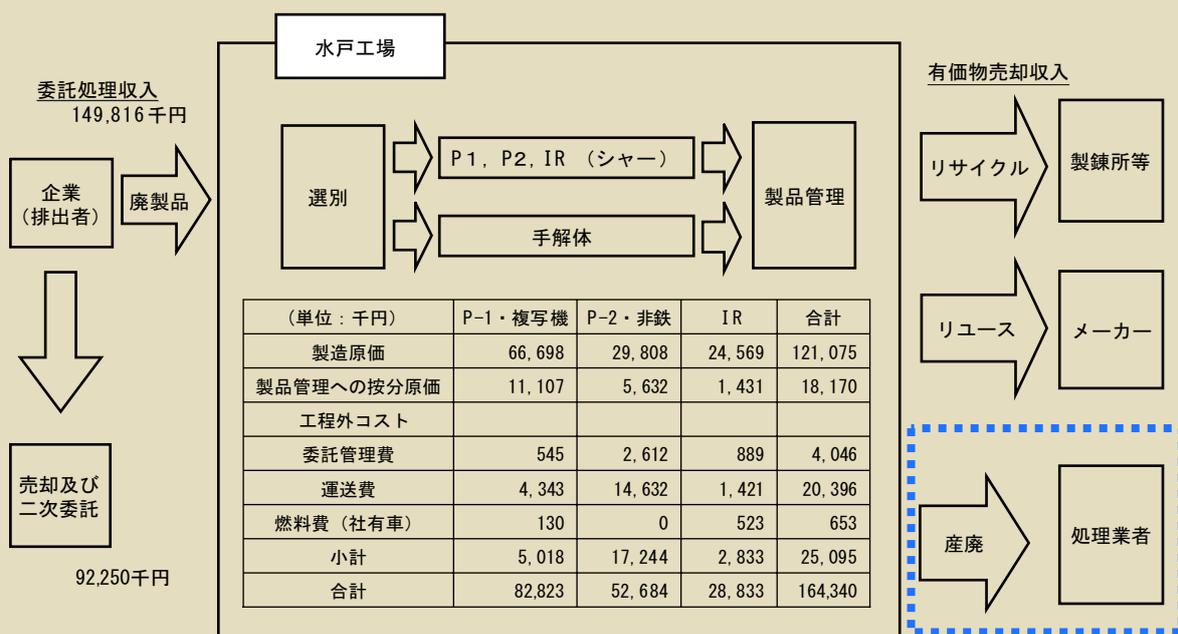


図4 環境会計への取り組み

#### 4. 東京工場建設におけるCO<sub>2</sub>排出量

弊社は東京工場の建設にあたり、リサイクル工場のライフサイクル、建設、運営、最後に解体されるまでのLCAデータを、長い期間の作業ではありますが取得することにしました。リサイクルした場合とそうでない場合の環境負荷を見比べながら、LCAを用いてより良い結論に繋がりたいと思います。

まず、建設にどれだけエネルギーを要したかを測定する建設LCAを実施しました。「建設工事」「建設資材」「導入設備」の3つの項目に分類し、それぞれのCO<sub>2</sub>排出量を求めました。

項目別では「建設資材」に係る量が54.6%と最も多く、次いで「導入設備」の40.1%で、「建設工事」が5.3%と最も少なくなっています。

償却期間を考慮して算出した1年当りのCO<sub>2</sub>発生量では、「導入設備」に係る発生量が71.6%と多く、「建設資材」で26.1%と順位が逆転します。これは、「建設資材」は建屋などに使用され、償却期間が50年と長いものが多いことに対して、「導入設備」は内訳が機械・電気関係であるため、償却期間が15年と短いことによるものです。



図5 LCCO<sub>2</sub> REPORT

工場建設に係るCO <sub>2</sub> 排出量	CO <sub>2</sub> 発生量		1年当りのCO <sub>2</sub> 発生量	
	t-CO <sub>2</sub>	%	t-CO <sub>2</sub> /年	%
建設工事	242.5	5.3	4.0	2.3
建設資材	2517.2	54.6	44.8	26.1
導入設備	1847.5	40.1	123.2	71.6
合計	4607.1	100	172.0	100

建設工事に係るCO <sub>2</sub> 排出量 (工程別集計)	CO <sub>2</sub> 発生量		1年当りのCO <sub>2</sub> 発生量	
	t-CO <sub>2</sub>	%	t-CO <sub>2</sub> /年	%
機器稼働	211.9	81.7	3.5	81.7
日立物流分	13.7	5.6	0.23	5.6
土砂運搬	0.1	0	0.002	0
清水建設分	0.1	0	0.002	0
日立物流分	-	-	-	-
資材運搬	4.3	1.4	0.055	1.4
清水建設分	3.3	0.4	0.015	0.4
日立物流分	0.9	0.4	0.015	0.4
ユーティリティー関連	26.3	10.8	0.4	10.8
合計	242.5	100	4.041	100

建設資材に係るCO <sub>2</sub> 排出量 (素材別集計)	CO <sub>2</sub> 発生量		1年当りのCO <sub>2</sub> 発生量	
	t-CO <sub>2</sub>	%	t-CO <sub>2</sub> /年	%
コンクリート	1180.5	46.9	19.9	44.5
鉄	1047.9	41.6	17.7	39.4
アルミニウム	77.8	3.1	1.6	3.5
ガラス	44.8	1.8	0.9	2.0
電線	39.0	1.6	2.6	5.8
その他	8.7	0.3	0.2	0.4
照明	0.0	0.0	0.0	0.0
植栽	0.5	0.0	0.0	0.1
運送	118.0	4.7	2.0	4.4
合計	2517.2	100	44.8	100

建設資材に係るCO <sub>2</sub> 排出量 (部材別集計)	CO <sub>2</sub> 発生量		1年当りのCO <sub>2</sub> 発生量	
	t-CO <sub>2</sub>	%	t-CO <sub>2</sub> /年	%
基礎	1651.5	65.6	27.52	61.4
基礎杭	439.0	17.4	7.32	16.3
外壁温室サッシ	122.7	4.9	2.45	5.5
運送(植栽以外)	118.0	4.7	1.98	4.4
建屋資材	104.8	4.2	2.10	4.7
電線	39.0	1.6	2.60	5.8
内装材	35.6	1.4	0.71	1.6
屋上緑化	4.6	0.2	0.09	0.2
外壁材	1.6	0.1	0.03	0.1
植栽	0.5	0.0	0.03	0.1
照明	0.0	0.0	0.00	0.0
合計	2517.2	100	44.84	100

導入設備に係るCO <sub>2</sub> 排出量	CO <sub>2</sub> 発生量		1年当りのCO <sub>2</sub> 発生量	
	t-CO <sub>2</sub>	%	t-CO <sub>2</sub> /年	%
シュレッダー(破碎機)	676.5	36.6	45.1	36.6
空気分級機	240.5	13.0	16.0	13.0
破碎機室防音	239.2	12.9	15.9	12.9
湿式スクラパー + No.1ファン	197.3	10.7	13.2	10.7
サイクロン + No.2ファン	178.8	9.7	11.9	9.7
ベルトコンベア類	76.6	4.1	5.1	4.1
配電盤	61.8	3.3	4.1	3.3
振動分離機+回転篩機	45.8	2.5	3.1	2.5
エレベーター	43.1	2.3	2.9	2.3
バグフィルター	36.2	2.0	2.4	2.0
秤	18.8	1.0	1.3	1.0
ドラム式磁選機	17.3	0.9	1.2	0.9
放射能検知器	8.3	0.5	0.6	0.5
No.3ファン	7.3	0.4	0.5	0.4
合計	1847.5	100	123.2	100

表8 東京工場建設におけるCO<sub>2</sub>排出量

## 5.東京工場運営時におけるCO<sub>2</sub>排出量

「東京工場マテリアルフロー」「東京工場稼働におけるCO<sub>2</sub>排出量の推移」「処理量1t当たりのCO<sub>2</sub>排出量の推移」を図に示しました。

東京工場の稼働に係るCO<sub>2</sub>排出量は稼働開始時で7.2 t/月、次第に増加し2006年3月には21 t/月で最大となりました。2006年4月以降は減少し6月からは7~10 t/月で推移しましたが、2007年3月には16 t/月に達しました。これは

2007年3月の廃棄物処理量が当該期間中最も多かったことによるものです。

稼働初年度(2005年度)は経常外の要素も多く、それが原因で処理量の割には電力・軽油の使用量が多くなりCO<sub>2</sub>排出量の増加に繋がりました。2006年度は廃棄物処理の効率化が図られ、最低限必要な電力と軽油でより多くの廃棄物を処理することが出来、CO<sub>2</sub>排出量を削減することが出来ました。

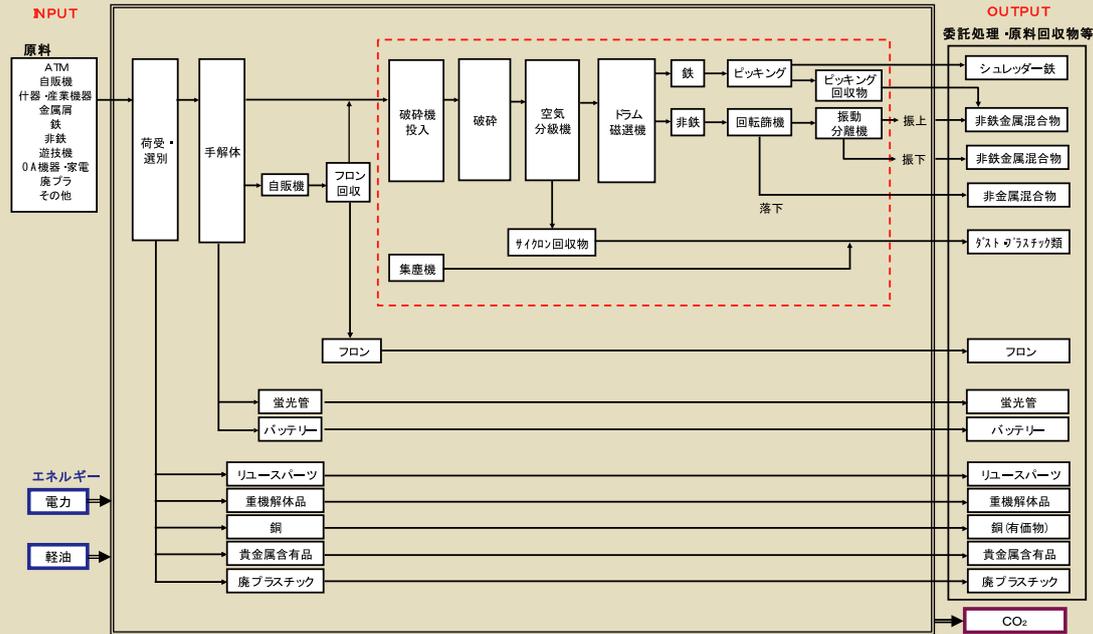


図6 東京工場マテリアルフロー

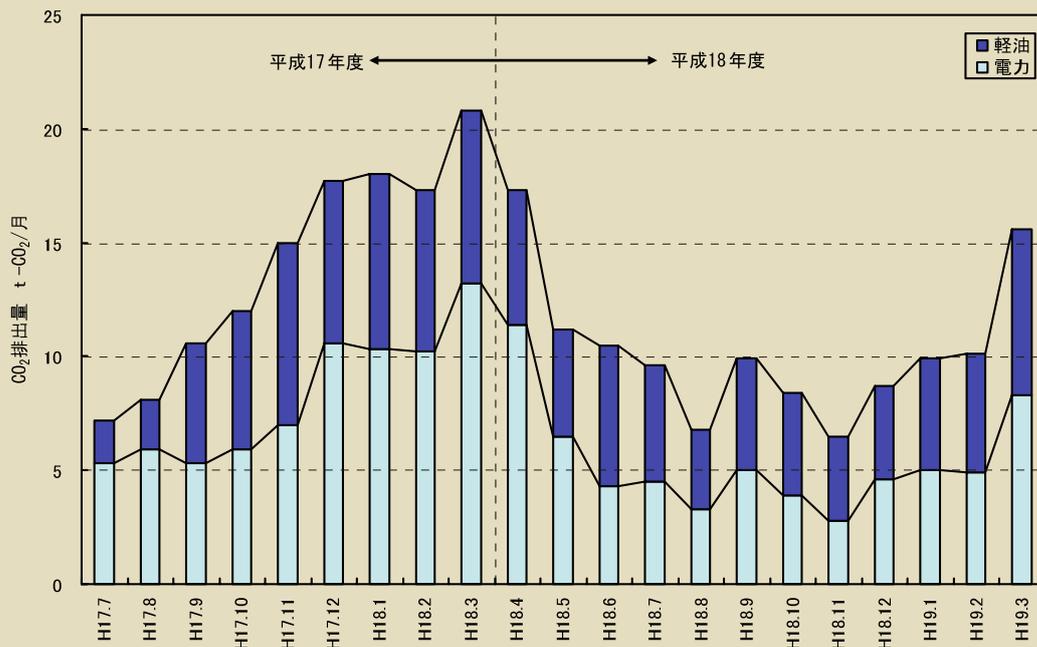


図7 東京工場稼働におけるCO<sub>2</sub>排出量の推移

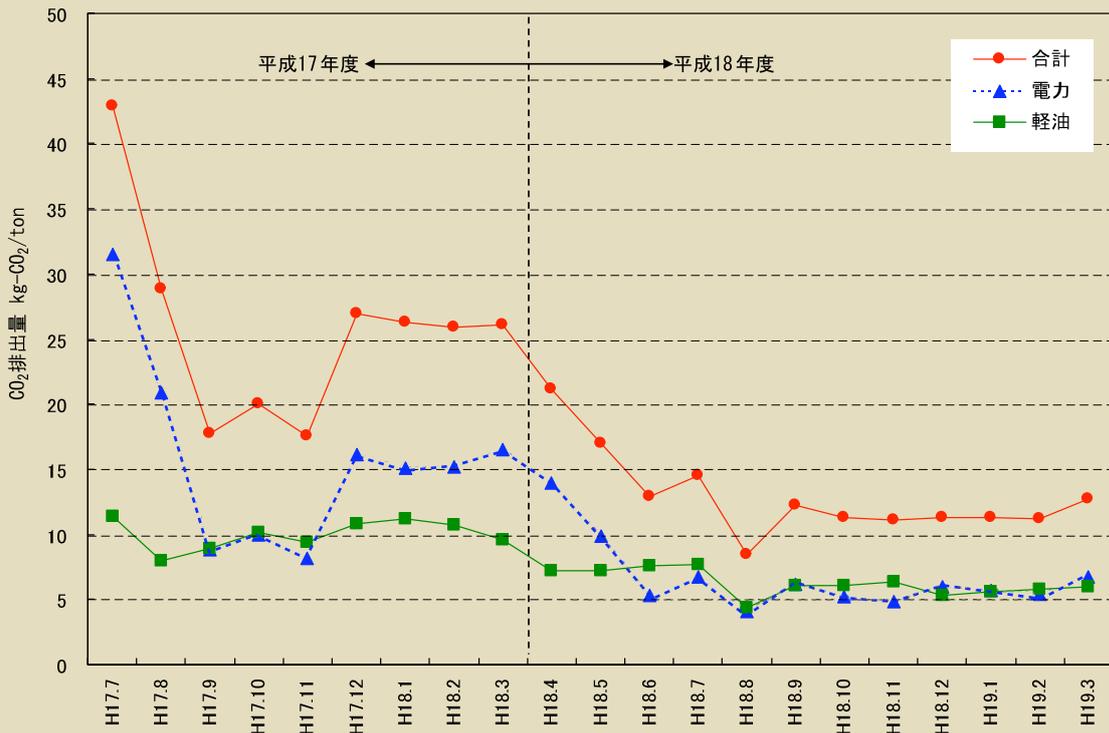


図8 処理量1t当たりのCO<sub>2</sub>排出量の推移

## 6.グリーン電力リサイクル

弊社では日本自然エネルギー株式会社より「グリーン電力」を購入し、弊社東京工場で使用している全ての電力をバイオマス発電による自然エネルギーに置き換え、グリーン電力リサイクル工場として運営しております。これにより、電力に

よるCO<sub>2</sub>の排出をゼロにしながら廃棄物をリサイクルすることとなります。

ご希望により、「グリーンリサイクル」シールを提供させて頂いております。

グリーン電力の利用を希望する企業と発電事業者を結ぶ仕組みです。リーテムの依頼に基づき、仲介者となる日本自然エネルギー(株)(以下:JNE)がグリーン電力での発電を事業者に委託します。実際の発電実績に対して、JNEはグリーン電力による発電が行われたことを証明する「証書」をリーテムに発行し、現在契約している電力相当量がグリーン電力であると証明されます。

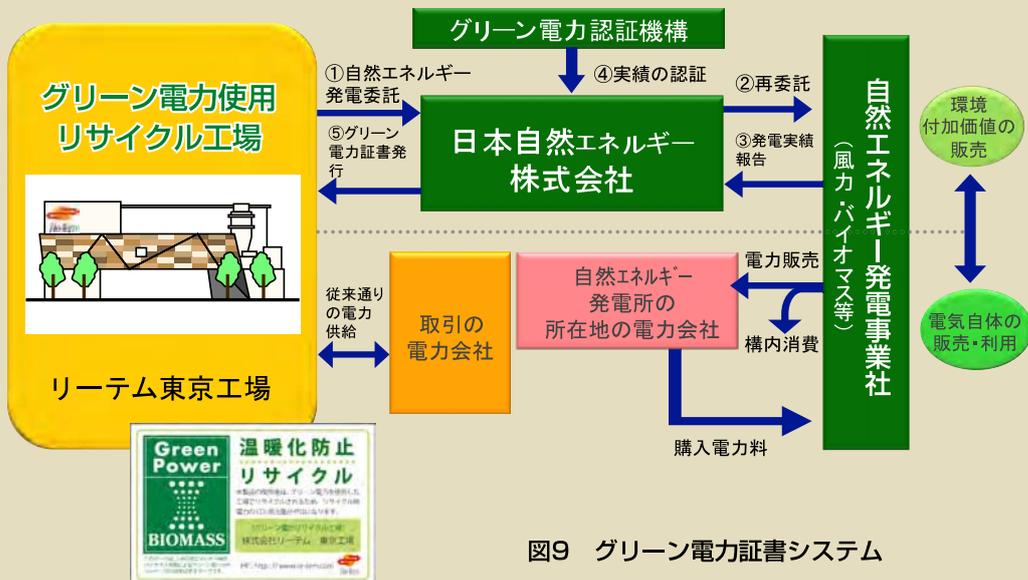


図9 グリーン電力証書システム

## 7.東京工場・水戸工場CO<sub>2</sub>排出量前年度比較

ここでは個々に、東京工場・水戸工場のCO<sub>2</sub>排出量の2005年度と2006年度の比較及び両工場の合計の比較を行いました。入荷物量1t当たりのCO<sub>2</sub>排出量では東京工場・水

戸工場共に前年度を下回っており、合計でも18%下回っております。重点項目として取り組んでいるCO<sub>2</sub>排出量の低減の成果が実を結んだ結果となりました。

	東京工場			水戸工場			合計			
	2005年度 (9ヶ月)	2006年度	増減	2005年度	2006年度	増減	2005年度	2006年度	増減	
入荷物量(t)	5,311.0	9,671.9	4,360.9	25,683.9	25,326.4	△ 357.5	30,994.9	34,998.3	4,003.4	
電力使用量(kWh)	182,827	165,930	△ 16,897.0	1,147,670	902,902	△ 244,768	1,330,497	1,068,832	△ 261,665	
電力原単位(kg/kWh)	0.3886	0.3886		0.3886	0.3886		0.3886	0.3886		
電力CO <sub>2</sub> 排出量(kg)	71,046.6	64,480.4	△ 6,566.2	445,984.6	350,867.7	△ 95,116.9	517,031.1	415,348.1	△ 101,683.0	
軽油使用量(L)	26,607	47,747	21,140.0	116,833	109,748	△ 7,085	143,440	157,495	14,055	
軽油原単位(kg/L)	2.640	2.640		2.640	2.640		2.640	2.640		
軽油CO <sub>2</sub> 排出量(kg)	70,242.5	126,052.1	55,809.6	308,439.1	289,734.7	△ 18,704.4	378,681.6	415,786.8	37,105.2	
合計CO <sub>2</sub> 排出量(kg)	141,289.1	190,532.5	49,243.4	754,423.7	640,602.4	△ 113,821.3	895,712.7	831,134.9	△ 64,577.8	
入荷物量1t当りのCO <sub>2</sub> 排出量(kg)	26.6	19.7	△ 6.9	29.4	25.3	△ 4.1	28.9	23.7	△ 5.2	82.0%
										※2 75.8%

※1 CO<sub>2</sub>排出原単位

電力：産業環境管理協会：JLCA-LCAデータベース2005年度2版 0.3886kg-CO<sub>2</sub>/kWh

軽油：環境省施行令排出係数一覧表(燃料別排出原単位)温室効果ガス排出量算定に関する検討結果総括報告書  
2000年9月環境省温室効果ガス排出量算定方法検討会データ 2.64kg-CO<sub>2</sub>/L

※2 電力使用量で、2007年度から東京工場で使用する「グリーン電力」は、リサイクル時の電力のCO<sub>2</sub>排出量をゼロにする為、これを2006年度に反映させた場合の実績

表9 2005～2006年度東京工場・水戸工場CO<sub>2</sub>排出量の比較

## 8.RISM

### (Re-Tem integrated system of management)

現在、弊社ではマテリアルフローによるデータやシステムの統合を試みISO14001、27001、リスクマネジメントまでの包括を行いました、これはさらにLCA等のその他のフローを組み込むことで、一例としてはLCAを通じてマネジメントの向上に繋げるなど相互間の良い側面が期待できます。

## 9.まとめ

環境問題、地球温暖化という言葉が日常用語的に使われるようになりました。多くの人が、環境問題を考えるようになりCO<sub>2</sub>削減や温暖化について語り、不安を募らせています。

弊社は環境問題のなかでも、身近な問題である廃棄物を取り扱っている為、事業を通じた実践的な取組みが求められる立場にあります。

この度の受賞を励みに、今後ともLCA的考察を用いて業務の質の向上に努めて参ります。

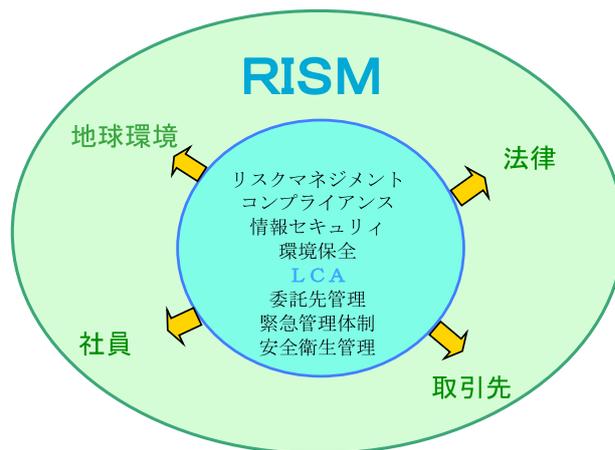


図10 LCAとRISM (総合マネジメントシステム)

# 東芝グループの環境経営を支えるLCAの実践

株式会社東芝

環境推進部 参事 竹山 典男

## 1.はじめに

東芝グループでは、1993年以来LCAの社内導入を図り、産業連関表を用いたデータベースの構築および簡易評価ツールの開発を通して、LCA手法の企業内活用と社外普及に貢献しています。それらの成果を製品・サービスのライフサイクルの視点と事業プロセス（製造段階）の視点の両面から環境効率・ファクターとして表現することで、企業の環境経営に活かしています。ここでは東芝グループにおけるLCAの取り組みについて、その概要を紹介します。

## 2.LCA簡易評価法

環境調和型製品を創出するためには設計者が設計段階でLCAを実施することが効果的であり、家電製品など部品点数の多い製品へLCAを適用するためには、簡易評価手法の

開発が求められていました。そこで、東芝では統計データなどから家電製品を想定とした代表的なライフサイクルモデルを建て、一義的に求めることが困難で設計者が実態を把握しにくい輸送段階、廃棄・リサイクル段階についてデフォルト値を用意し、設計情報からそれらの段階の負荷を算出するようツールに実装しました（図1）。一方で、原材料調達・製造・使用の各段階においては、あらかじめ素材・エネルギーのバックグラウンドデータについて、産業連関分析によるインベントリデータベースを構築し、それをツールに実装しました。そのため、設計者はフォアグラウンドデータである必要最小限の設計情報の入力でLCA評価が出来るようになりました。このような経緯により開発した簡易評価ツールは、Easy-LCAというペットネームで1996年にリリースし、広く社内活用するとともに市販も開始しました。

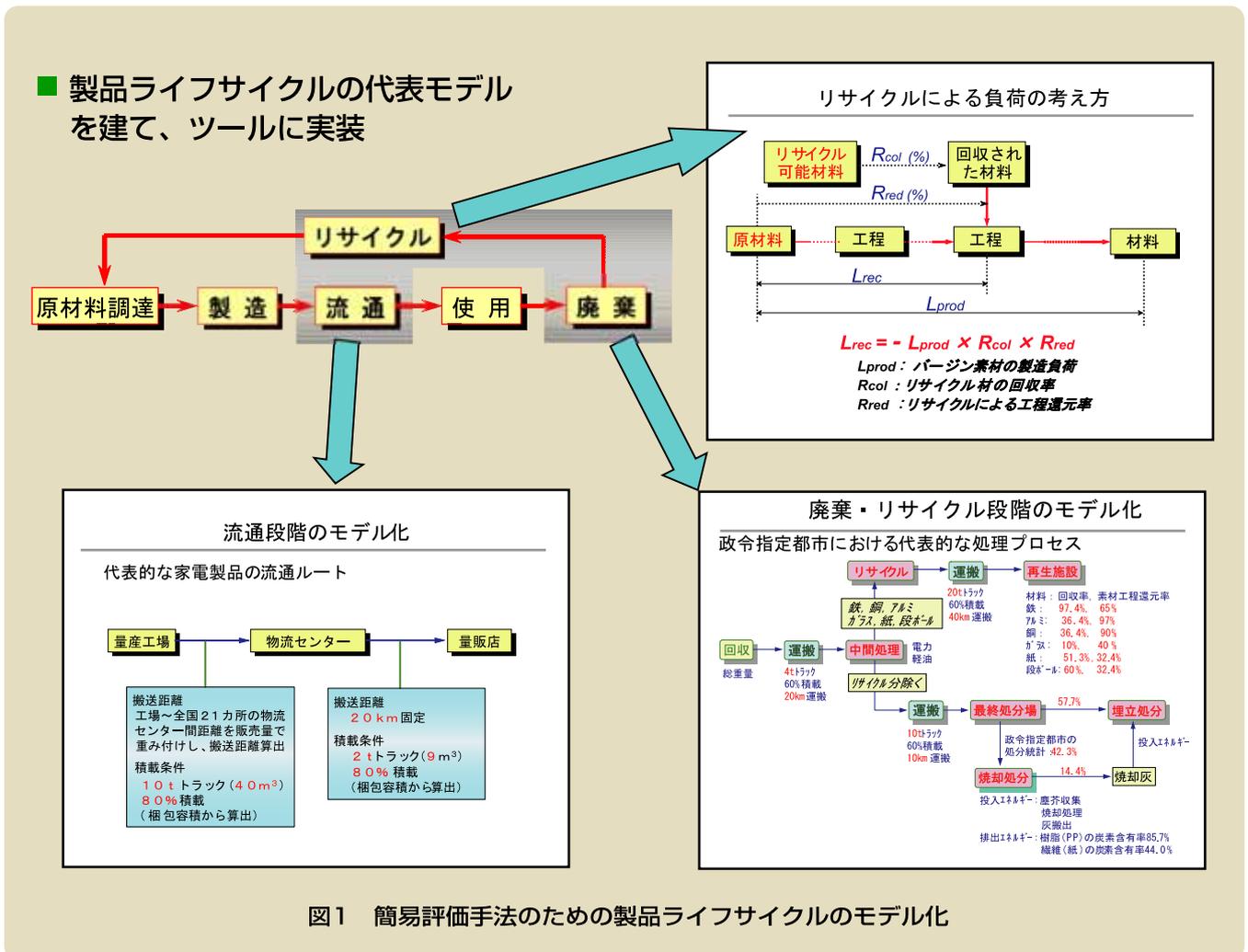


図1 簡易評価手法のための製品ライフサイクルのモデル化

### 3. 独自開発のデータベース

東芝グループの事業領域は家電製品・デジタル機器などのコンシューマ製品をはじめとして半導体などの部品産業、産業機器や社会インフラ製品まで多岐に亘ります。それらの多様な事業領域の中でLCAを実践して行くには、バックグラウンドデータとしての汎用的・実用的なデータベースが必要でした。そこで着目したのが産業連関表によるインベントリ分析です。東芝ではLCA導入期の1994年からデータベースの構築を行い、産業連関表の統計資料が更新される毎に85年版、90年版、95年版、2000年版と更新を重ね、また、算出インベントリもCO<sub>2</sub>に始まりSO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、BOD、CODと順次拡張していき、最新の2000年版では30種類となりました。材料分類も生産統計などから金額按分で約400分類から約4000分類へ細分化し、よりきめの細かいデータベース

となりました(図2)。

一方で、国内の出荷額統計という産業連関表の性質上、輸入素材の負荷が過小評価されることを克服するため、鉄鉱石、アルミ地金、原油といった代表的な輸入材料9品目の海外プロセスを積み上げ法により分析し、その他は産業連関分析で求めた環境負荷と合算するハイブリッド法により、輸入素材のインベントリを適切に求めることができるようになりました(図3)。

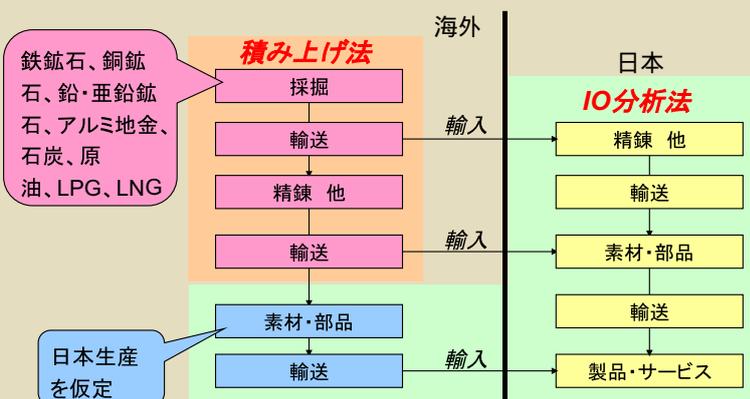
このように、データベースは年々充実された結果、昨年、世界中で多くのユーザーを持つオランダPre社のLCAソフトSimaproのオプションデータベースとしても採用され(<http://www.pre.nl/simapro/Toshiba-IOdata.htm>)、発売開始以来11年を迎えるEasy-LCAとともに、国内外で多くの方に利用されています。

### データベースの特徴

- 産業連関表(input-output tables: IO表)の活用
  - 最新の日本2000年IO表を利用
  - 約400部門の環境負荷原単位を推定
  - IO表分類の細分化による精度向上
  - 金額按分により約4000部門に詳細化
- ハイブリッド法の採用
  - 積み上げ法により日本国外における環境負荷を推定、日本国内の環境負荷に加算
- 環境負荷の拡張
  - CO<sub>2</sub>他、30種の環境負荷が算出可能

カテゴリ		項目
消費	燃料	原油(燃料), 石炭, 天然ガス
	資源	原油(原料), 鉄, 銅, アルミ, 鉛, 亜鉛, マンガン, ニッケル, クロム, 砂利, 砕石, 石灰石, 木材
排出	大気	CO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , PM, HFC, HFC23, PFC, SF <sub>6</sub>
	水質	BOD, COD, SS, Total-N, Total-P
エネルギー(発熱量)		

図2. LCAデータベースの特徴



- 代表的な輸入材料9品目の海外プロセスを分析(積み上げ法)
- その他は日本生産を仮定し、国内環境負荷と合算(IO分析法)

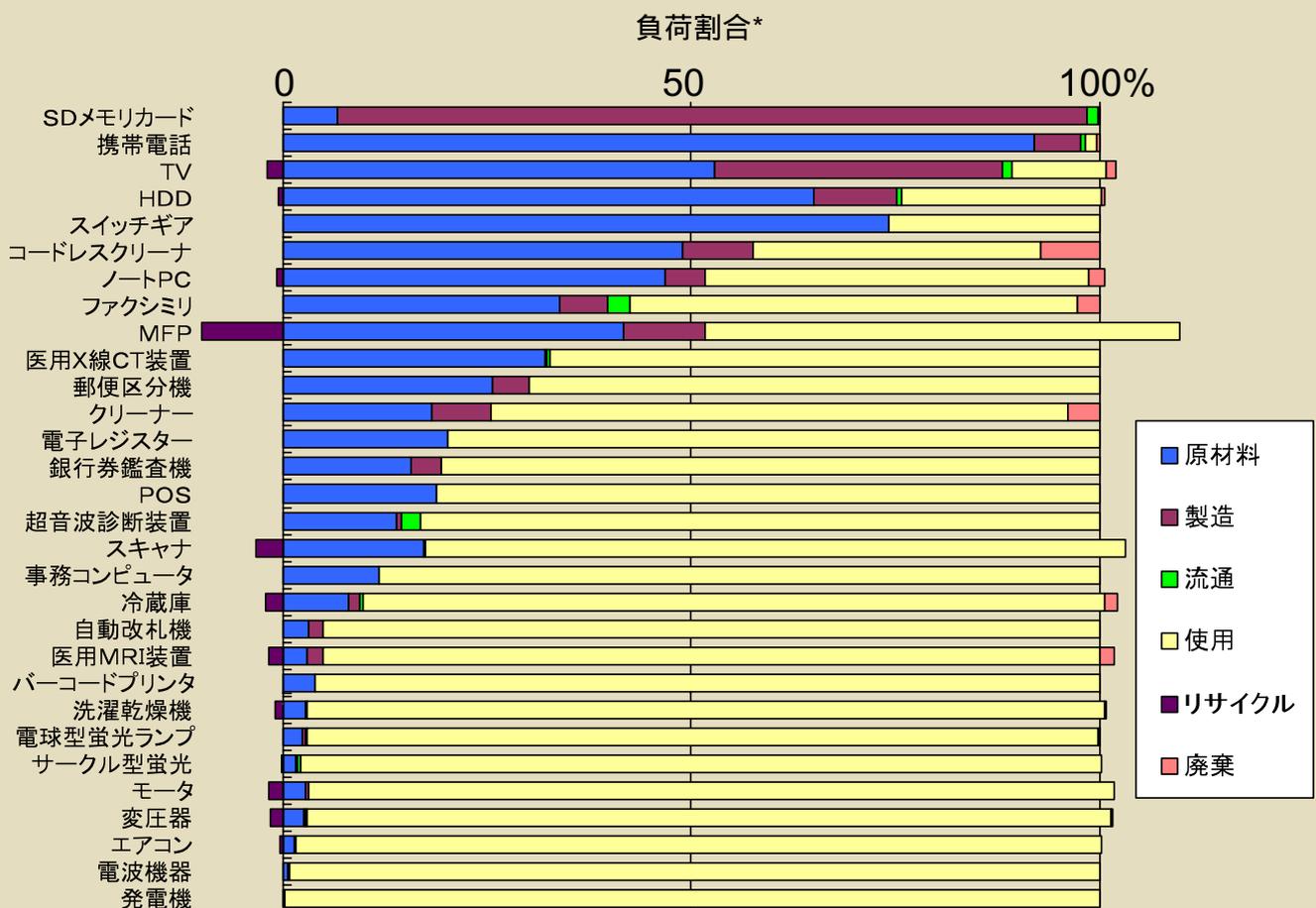
図3. 輸入負荷を考慮したハイブリッド法の採用

#### 4. L C A の実践

このような経緯で開発された L C A 簡易評価手法を用いて、社内で多くのケーススタディや開発現場での L C A の実践を行った結果の一例を紹介します（図4）。

このように部品や製品の性質により、ライフサイクルでの負荷割合が異なることがわかり、環境調和型製品の開発のポ

イントが個々で異なることがわかります。最近では L C A 評価が困難とされていた I C T ソリューションの L C A 事例や、重電製品での活用事例など、社内の各部門の現場で実践されるようになり、これまでに東芝グループ全製品群のうち約8割、延べ約360機種に L C A を適用しています。



\*CO<sub>2</sub>排出比率またはLIME手法による被害金額比率

図4．東芝製品の L C A 結果の一例

## 5. 東芝グループの環境経営

東芝グループでは、製品・サービスのライフサイクルの視点と、事業プロセス（製造段階）の視点の両面から環境経営を捉えています。いずれもLCAを基本ツールとしています。そのメトリックは環境効率・ファクターとして表現しています。東芝グループの環境経営は、環境効率の分母である環境影響と分子である売上（価値）を総合的に評価するために3つの統合化を行っています。一つ目は環境影響（分母）として、LIME(\*1)を用いて環境被害金額として統合化していること

であり、2つ目は製品価値としてQFD(\*2)で複数機能に重みをつけ統合化していることであり、3つ目は事業プロセスの環境効率と製品の環境効率を統合化していることです。図5に環境影響の統合化のプロセスを示します。

\*1 LIME（日本版被害算定型影響評価手法）は、LCAプロジェクトを通じて(独)産業技術総合研究所（AIST）が開発したLCIA手法

\*2 QFD（品質機能展開）は、顧客の製品選択時における重要度に基づいて製品の機能を統合化する体系的プロセス

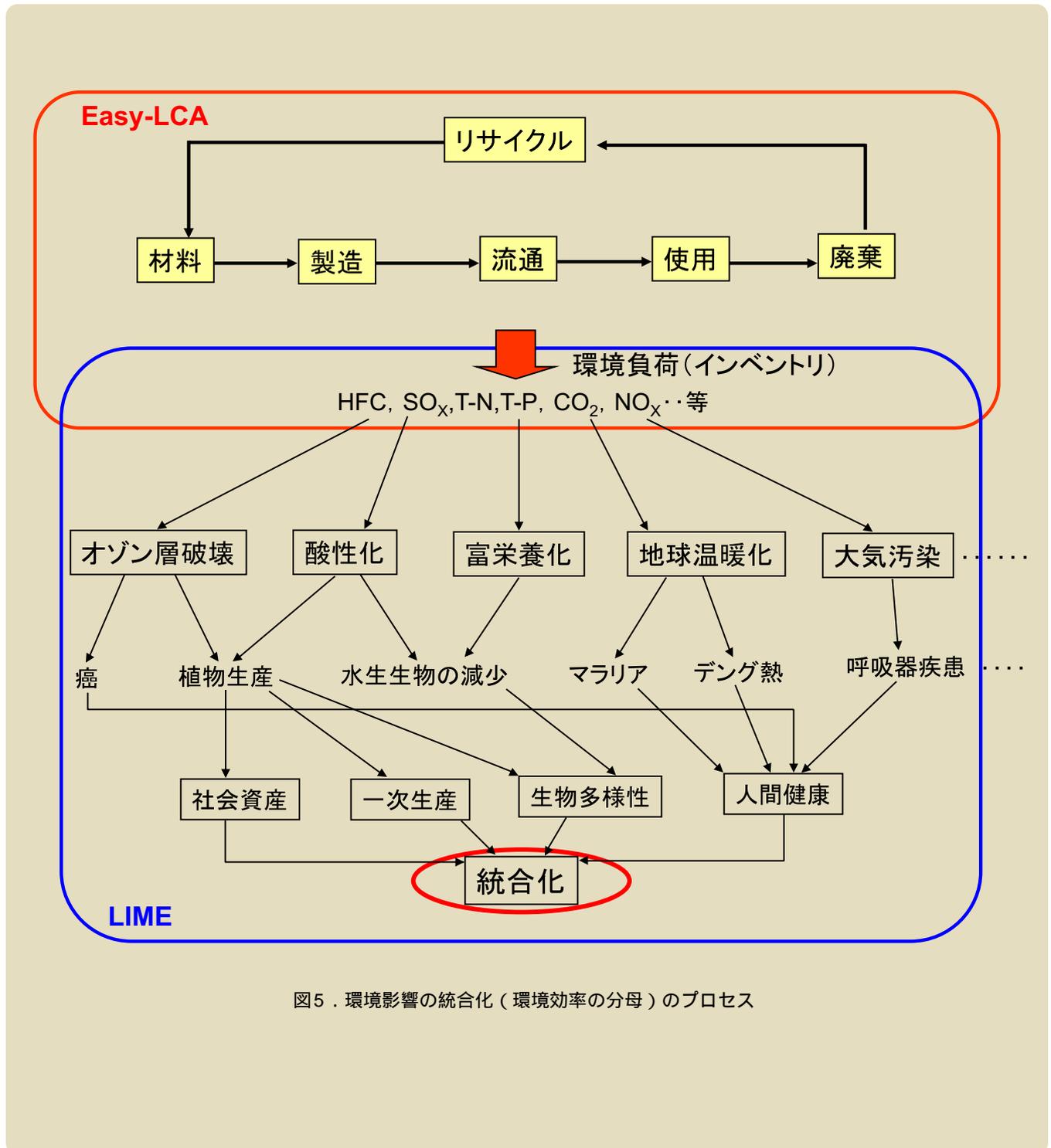


図5．環境影響の統合化（環境効率の分母）のプロセス

東芝グループの環境ビジョンとして、2010年に総合環境効率2倍（対2000年比）、を掲げて取り組んでいます（図6）。これは、製品のライフサイクルのうち、ものづくりに起因する割合が2割であることから、製品の環境効率、事業プロセスの環境効率と個別の目標を立て、総合環境効率として表現しています。現在のところ、2006年で計画値1.52に対し実績値1.59と順調に取り組みが進んでいます（図7）。

簡易評価手法の開発と産業連関表によるデータベースの構築を一貫して採用してきました。その結果、内外で多くの方に支持やご意見を頂戴し、日々改良と研鑽を重ねて参りました。また、対外的には、LCAの国際規格であるISO/TC207/SC5における委員派遣や、エコバランス国際会議等で数多くの学会・論文発表、LCAプロジェクト、LCAフォーラムやLIME-WG等への参画など、我が国のLCAの発展に貢献して参りました。今後もLCAの適用範囲がさらに拡大していき、エコデザインや環境会計の必須ツールとして国際標準の一助になれば幸いです。

## 6.おわりに

東芝グループでは社内のLCA導入・普及を目的にLCA



図6. 東芝グループ環境ビジョン2010

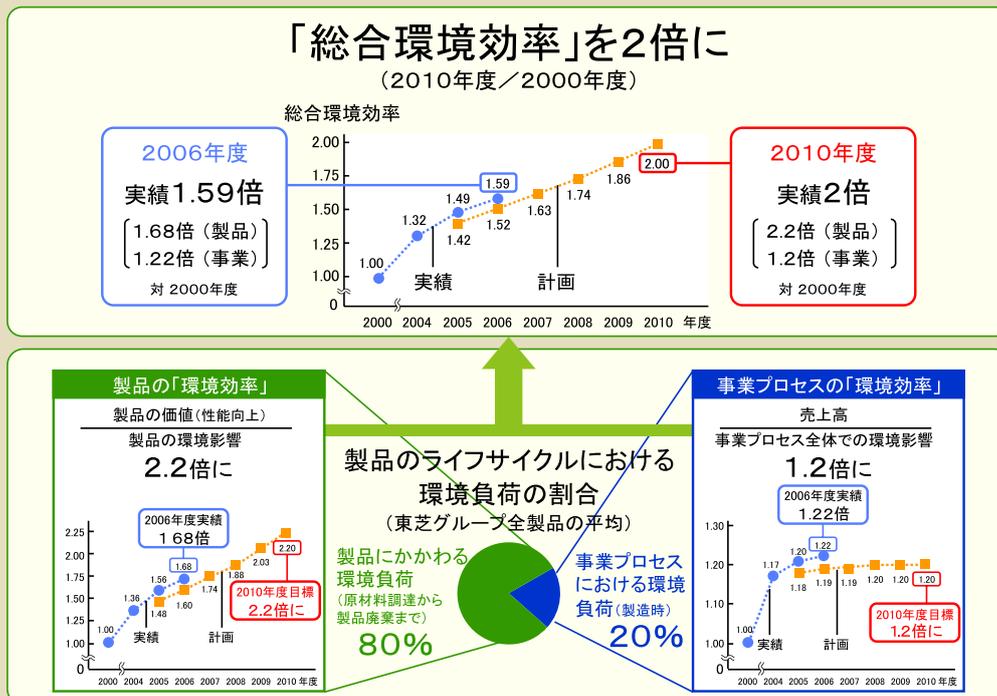


図7. 東芝の総合環境効率の進捗状況

# 日立グループにおけるシステム製品LCA「SI-LCA」の製品開発への活用

株式会社日立製作所

情報・通信グループ 西 隆之

## 1.日立グループの事業内容

日立グループは、発電機等の電力・産業システムからプラズマテレビを主力製品とするデジタルメディア民生機器、それらの材料になる高機能材料、そして情報システムソリューションやファイナンスサービス、物流サービスなどさまざまな製品を製造・販売しています。情報・通信グループはサーバやストレージなどのIT機器やソフトウェア、サービスなどを提供しています。

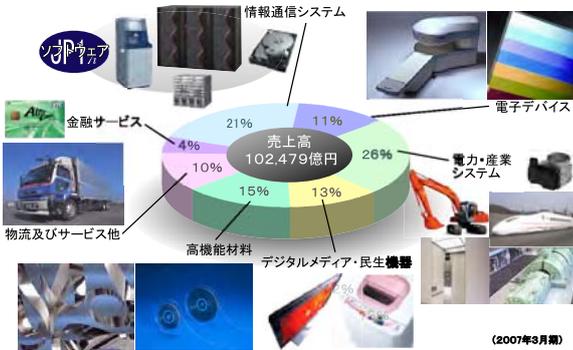


図1 日立グループの事業内容

## 2.環境活動「環境ビジョン2015」

日立グループは、環境ビジョン2015<sup>1)</sup>に基づいて環境活動を推進しています。活動は「次世代製品とサービスの提供」「環境マインド&グローバル環境経営」「持続可能な工場とオフィス」そして「ステークホルダーとの共創」に区分し、これをグリーンコンパス(図2)として推進しています。



図2 日立グループの環境活動(グリーンコンパス)

本報で紹介するSI-LCA(System Integration-LCA)<sup>2)~4)</sup>は「次世代製品とサービスの提供」に関連するものです。この「次世代製品とサービスの提供」の目的は、環境に配慮した製品づくり、および社会インフラ製品での環境配慮を行ない、持続型社会構築に貢献していくことです。具体的には「グリーン調達」「省エネ等の環境適合製品」「IT省電力プランによる

データセンタの省エネ」「交通や都市などの社会システム製品での環境配慮」などが挙げられます。

## 3.情報・通信機器の環境配慮への取り組み

情報・通信グループでは、ハード製品の環境配慮の取り組みとしては「IT省電力化プラン」<sup>5)</sup>を策定し、総合力で地球温暖化防止への取り組みを進めています。具体的にはCoolCenter50<sup>6)</sup>プロジェクトを進め、今後5年間で二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量を50%削減する計画です。



図3 IT省電力化プランによる地球温暖化防止への貢献

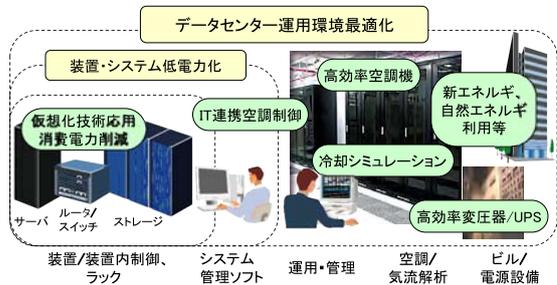


図4 CoolCenter50プロジェクト活動

## 4.製品環境負荷低減のための主な取り組み

サーバなど個別製品の環境負荷低減への取り組みは、1999年から実施している「環境適合設計アセスメント」<sup>7)</sup>による評価をはじめ、「環境効率指標」<sup>8)</sup>の採用などにより、環境負荷の小さな製品を開発することを基本としています。一方、システム・ソフト・サービス製品(以下、システム製品)は、環境適合設計アセスメントによる評価を実施していますが、2003年にSI-LCAを開発して、システム製品の導入による効果を定量的に評価する取り組みも行なっています。

以下、SI-LCAについて説明します。

## 5.SI-LCAとは

SI-LCAとは、システム製品のライフサイクルにおける環境負荷を定量的に評価する手法です。システム製品の導入では、

PCやサーバを使用することで製造のための資源消費や運用時のエネルギー消費で環境負荷が増加するというマイナスの影響がある一方で、人や物の移動や資源消費を削減できるというプラスの効果があります。SI-LCAはこの両方の効果をライフサイクル全体で評価する手法です。

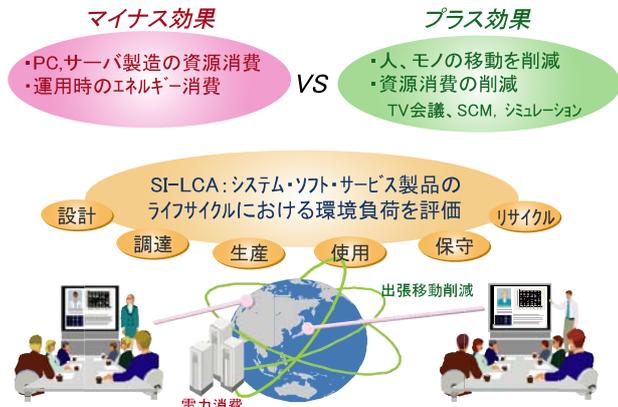


図5 SI-LCAの基本的な考え

## 6. 評価対象とするステージと環境負荷

評価対象は図6に示す「設計・開発」「ハード製品の調達」から「使用」「廃棄・リサイクル」までの10ステージで、環境負荷はCO<sub>2</sub>で評価します。

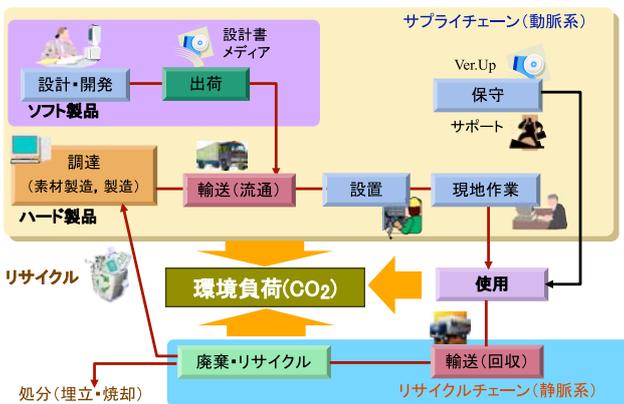


図6 SI-LCAの評価対象ステージ

## 7. SI-LCA評価プログラム

評価プログラムの入力インターフェースと評価結果表示例を図7に示します。



図7 SI-LCAの入力インターフェースと評価結果表示例

## 8. 環境効率評価ガイドラインとSI-LCAの関係

日本環境効率フォーラムは2006年3月に、ICTの環境負荷、環境効果の評価、およびこれらを比較評価するための一般的な枠組み、原則、要求事項などを纏めた「情報通信技術の環境効率評価ガイドライン」<sup>9)</sup>を発行しました。このガイドラインは、東京大学大学院の松野准教授を主査として、IT企業8社が参画したワーキングで作成したものです。SI-LCAの評価対象ステージや評価方法は、本ガイドラインに準拠しています。なお、2007年2月には松野准教授と早稲田大学の近藤教授の編著により、(社)産業環境管理協会からガイドラインの解説書「IT社会を環境で測る」が発行されました。



図8 書籍「IT社会を環境で測る」

## 9. 日立グループにおける環境適合製品の開発

日立グループでは「環境適合製品」と「スーパー環境適合製品」の認定を行なっています。これは、システム製品も対象です。認定基準は図9に示すように、環境適合製品は日立グループで作成した「環境適合設計アセスメント」で、所定の基準をクリアした製品で、スーパー環境適合製品は環境適合製品で、かつ下記条件のひとつ以上を満たす製品です。

- ① 温暖化防止ファクター<sup>B)</sup>が10以上の製品
- ② 資源ファクター<sup>B)</sup>が10以上の製品
- ③ 業界トップの製品
- ④ 社外から評価を受けた製品



図9 環境適合製品・スーパー環境適合製品の基準と目標

2010年度までに環境適合製品は100%に、スーパー環境適合製品は30%にする計画です。

## 10. システム製品用環境適合設計アセスメント

図10にシステム製品用の環境適合設計アセスメントの一部を示します。評価は9カテゴリー、64項目について行い、原則として提案時と完成時の2回実施します。各項目の評価レベルは1（最低点）～5（最高点）で、現状をレベル2（2点）として評価対象製品がどのレベルに該当するか採点します。そして、完成時の評価で評価カテゴリーの平均点が2点以上、かつ総合平均点が3点以上のものを環境適合製品に認定しています。

しかしこのアセスメントでは、システム製品導入による環境負荷削減が定量的に評価できないので、SI-LCAによりCO<sub>2</sub>排出量を定量的に把握することとしています。



図10 システム製品用環境適合設計アセスメント(一部)

## 11. SI-LCAの評価事例

SI-LCAの評価事例を2件紹介します。

### (1) 電子帳票システム「ReportMission」の評価例

図11は首都圏のスーパーで利用いただいている電子帳票システム導入前後の業務モデルです。

従来、年間4,800万枚の資料を印刷して各拠点に輸送・配布していたものを、10%の480万枚は印刷して輸送するものの、90%はサーバに保管して閲覧可能にしたものです。

これにより、印刷用紙と車での配送が大幅に削減され、図12に示すように導入前に比べCO<sub>2</sub>排出量を年間82%（使用ステージのみでは82.5%）削減できることがわかりました。

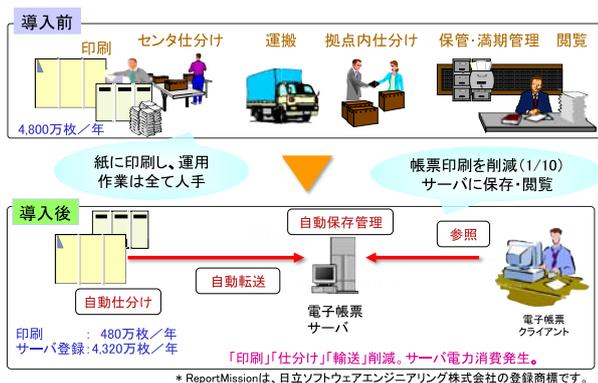


図11 電子帳票システム導入前後の業務モデル

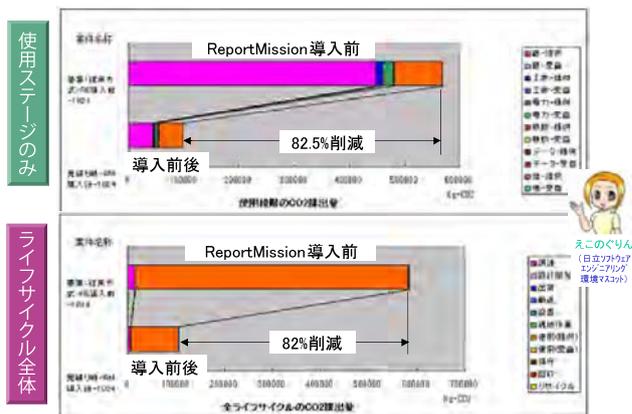


図12 電子帳票システム導入前後の評価結果比較

### (2) 電子申請システムの評価例

図13は行政機関の電子申請システム導入前後の業務モデルです。

従来、行政機関の窓口に出向いて各種申請を行っていたものが、電子申請システム導入により自宅や職場から、PCで申請できるようになりました。

これにより、PCやサーバの電力消費量は増加するものの、車や電車・バスなどの利用、および申請書（紙）が不要になります。図14は年間の電子申請件数を63,000件として、5年間での効果の評価したもので、導入前に比べCO<sub>2</sub>排出量を82%（使用ステージのみでは85%）削減できることがわかりました。

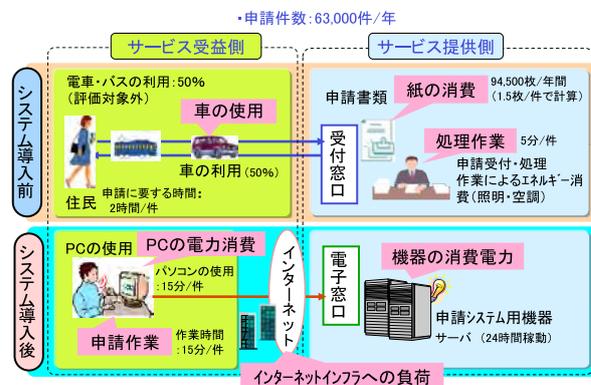


図13 電子申請システム導入前後の業務モデル

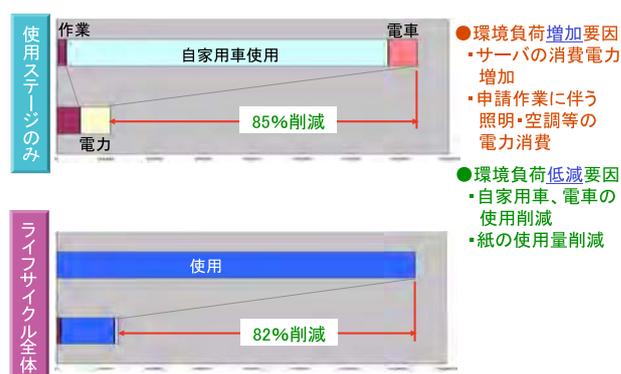


図14 電子申請システム導入前後の評価結果比較

## 12.SI-LCA評価のグループ内への展開

システム製品の環境配慮は、システム設計・構築の早い段階で行なうことが重要です。そこで、グループ内の設計・開発者やSEが、環境適合設計アセスメントとSI-LCA評価を実施できるようにするために、以下の取組みを進めています。

- ① 事業所・関連会社の環境業務担当メンバーで構成する委員会での評価事例の紹介などによる評価の促進や、評価方法の横展開、および評価計画の立案
- ② 実製品をサンプルとした評価演習や教育
- ③ 研究所による評価支援と評価ツールの改良



図15 SI-LCA評価演習と環境適合設計教育

## 13.まとめ

システム製品導入による環境負荷低減への期待は益々高まると考えています。そのために、環境負荷削減に貢献できるシステム製品の提供を拡大していきます。

そのためには、SI-LCAの活用をグループ内に拡大する取組みを進めるとともに、お客様との共同評価を実施して環境負荷削減効果の把握をして、より環境負荷削減効果を大きくできる製品開発や使用方法への反映を行なっていきたいと考えています。また地球温暖化が進行するなか、全ての製品分野で環境負荷の低減が求められていることから、今後は社会システムなどへもSI-LCA評価の展開を計画しています。

## 参考文献

- 1) 日立グループCSR報告書2007  
<http://www.hitachi.co.jp/csr/download/index.html>
- 2) 濱塚、西、谷、臼見：システム・サービス製品の環境影響評価手法SI-LCAの開発と事例検証、Journal of Life Cycle Assessment, Japan Vol.2 No.3 Jul.2006. pp281-287
- 3) Usumi M., Takano M., Nishi T., Sugai H.: Environmental Impact Assessment of Integrated Information Management System, 2006 Proceedings of The Seventh International Conference on EcoBalance, pp95-98
- 4) 事例「日立グループにおけるシステム製品のLCAへの取組み」：日本LCAフォーラムニュース 第42号 (2007.2)  
<http://202.214.40.151/lcaforum/forumnews.cfm>
- 5) 日立ニュースリリース：「主要IT製品の消費電力削減により環境問題に取り組む」  
<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2007/11/1105.html>
- 6) 日立ニュースリリース：「データセンター省電力化推進組織を10月1日付で設置」  
<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2007/09/0927d.html>
- 7) 並河、平野、田村：日立グループにおける環境適合設計及び環境効率の統合評価ツール開発、エコデザイン2004ジャパンシンポジウム論文集, pp.86-87 (2004)
- 8) ファクターXで見る日立製品と地球環境：  
[http://greenweb.hitachi.co.jp/pdf/facterx07\\_403p.pdf](http://greenweb.hitachi.co.jp/pdf/facterx07_403p.pdf)
- 9) (社)産業環境管理協会：平成17年度 情報通信技術 (ICT) の環境効率評価ガイドライン,(2006),  
<http://www.jemai.or.jp/japanese/ecefficiency/ict.cfm>

# LCA手法を使ったイスの製品開発

三恵工業株式会社

開発部 安田 府佐雄

## 1. はじめに

弊社は創立が1951年8月15日です。本年で57年目を迎えております。業種は鋼製家具製造業でイスの製造専門の会社です。年商は2007年6月期で24億円で、従業員数は75名です。場所は緑豊かなフォーミュラ1レースでもおなじみの三重県の鈴鹿市にあります。関連会社として販売会社のサンケイ、海外拠点ではタイ国にLEECO SANKEI (Thailand)があります。

私たちは環境に対する指針として RE5 を提唱しております。

Reduce ごみをださないこと、消費エネルギーを削減すること。

Reuse 簡単に修理や部品交換が可能な設計にすること、商品のロングライフ化を図ること。

Recycle 使用後のイスが簡単に分解できること、使用素材ごとに分別ができること。

Refine 使用する材料や材質をを統一すること、設計時に再生素材を積極的に使用すること。

Rebuy 購買時にリサイクル品を積極的に買うこと。これらを推進することにより人に優しい、環境にやさしい企業でありたいと考えます。

## 2. 経緯

1992年に地球サミット・・・リオ宣言が出されました、地球環境元年とも言える年です。同時期、日本国内ではバブルの崩壊で原材料が高騰しました。そのうち弊社にとって最も大きな影響を受けた物は成形合板でした。輸出国の森林伐採規制や素材ではなく製品での輸出が増えたのが原因です。当時成形合板はイスの座面の芯として多く使われておりましたので、弊社はその値上がり具合に喘いでおりました。そんなさなかに合板に変わる代替部品の基礎研究が始まりました、当時はまだ一般的ではなかった環境も取り入れようということでクッション部分の加工研究が始まりました。環境とコストダウンを両立させるために選んだ素材はPP（ポリプロピレン）でした。その研究開発の結果私たちは環境対応製品の発売を1996年に開始しました。但し、当時の日本国内では環境という言葉さえお客様には理解していただけませんでした、翌1997年に京都でCOP3が開催されたこと、又、トヨタが初めてハイブリッド型のプリウスが発売されたことにより、日本国内は環境問題に取り組んでいかなければならないと目

覚めた時期でした。これにより私たちはさらに環境対応製品の開発に力を入れました。

## 3. 製品への対応～第一弾 資源循環型チェア～

1996年に開発した資源循環型チェアの概要は従来の商品は使い終わった後は廃棄処分されるのが当たり前でした。資源循環型チェアはその廃棄をやめて再資源化をしてリサイクルして利用しようと提案していました。具体的には従来商品のイスにはフレーム部分に金属を使用しております、イスのベースとなる部分です。座る部分の座面と背もたれは芯板に成形合板を使用し、クッション部分にポリウレタンフォーム、表皮に塩化ビニールシートやアクリルの布を使用しそれらをステーブルで固定していました。それに対して資源循環型チェアはフレームは金属でベースになる部分は変わりません。クッション部分は芯材にポリプロピレンの射出成型品、クッション部はポリプロピレンの発泡体、表皮はポリプロピレンの布それらはポリオレフィン系のホットメルトで固定されます。このように同じ系統の素材で作られた部品は使用後回収されて粉砕機で粉砕され造粒機でペレットにし樹脂部品へと戻されます。イスに生まれたらイスに返すが開発コンセプトです。さらに実証するために社内に粉砕機と造粒機を導入し、再生技術の研究も実施いたしました。当時はこれが究極のエコであると考えておりました。その一方で環境にやさしい、リサイクルできること、が本当にどれくらい環境にやさしいかは疑問を持ち始めLCAの考え方を知り必要性を認識するようになり、当時市販されていたLCAのソフトを購入し独学で使い始めましたが難しく試用程度で挫折しました。

## 4. LCA導入へ

弊社は1999年にISO9001を認証取得し翌2000年にはISO14001を認証取得しました。その際に環境方針にLCA（ライフサイクルアセスメント）を使用した商品創りをするを明示しました。但し当時はLCA手法に沿った評価方法は確立されたおらずにLCAチェックシートとして運用を開始しました。内容は同時期に日本国内で制定された「環境物品等の調達の推進に関する基本方針」略してグリーン購入法の要求事項と当時のエコマークの基準もにらみながら中身を決めました。但し、あくまでもチェック止まりであり、環境にやさしい部分の数値化での評価はできていない状態でした。

ちょうどそのころ2000年9月から地場の三重県で産官学が協働でLCA研究会が立ち上がりました。弊社の開発部は積極的に参加し2005年の閉会まで基本的な考え方や研究を致しました。翌年の2006年には経済産業省の委託事業である「製品グリーンパフォーマンス支援事業」の応募がある事を知り、これは全社的にLCAを推進するチャンスであるとともに、本当にLCA手法を使ったイスの商品開発ができるのではないかと考え応募し採択されました。

## 5.LCA手法を使った商品開発

従来の折りたたみイスと新商品の比較をし新商品が優位になるように開発を進めました。

### 5-1目的

- ・ イスのライフサイクルにおける環境影響の把握をするため。
  - ・ 地球温暖化への影響の比較をするため。
  - ・ LCAとともに推進するDfE(Design for Environment) の基礎を固めるため。
  - ・ 結果をお客様へ情報開示する。
- ことを目的としました。

### 5-2対象品目

1997年に発売したSCF64という当時最先端の商品と、開発しようとするDU07です。左の写真がSCF64で右の写真がDU07です。どちらも座る、たたむ、収納するという折りたたみイスの基本機能は満足させるようにします。



図1 SCF64



図2 DU07

それぞれのイスの外観寸法は図のようになります。収納性を向上させるためにDU07は後脚幅が小さくなるように設計しております。部品の構成はフレームにアルミニウムパイプ、背もたれ及び座面はポリプロピレン樹脂成型品、座面のクッション部分はSCF64の芯材は木質系の材料DU07はポリプロピレン樹脂の再生材料を使用することとします。取り付け等に使用するネジ類は鉄製です(図3)。



図3 部品構成 (SCF64)

それらにより製品質量は従来品2.7kgDU07の目標は2.1kgとなりました。

### 5-3 システム境界

どちらも各部品の材料の資源の採集から素材の加工、イスの製造、アッセンブリ、お客様までの運搬と使用後の廃棄までをシステム境界としました。イスの場合使われる状態は様々なこと及び使用時にイス自体はエネルギー使用の無いことから対象外としました。

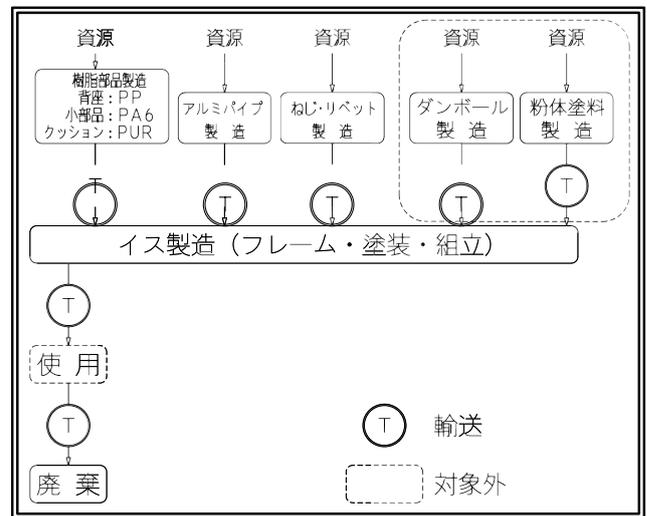


図4 システム境界

### 5-4インベントリ分析

結果は表のようになります。地球温暖化影響物質、CO<sub>2</sub> (Carbon dioxide)、N<sub>2</sub>O (Methane)、CH<sub>4</sub> (NitrosOxide)について各プロセス、段階別、ステージ別、排出源別に算出します。

インベントリの分析結果から製造段階の温暖化影響が98%以上を占めていることが改めてわかります。又新製品DU07は従来品よりもCO<sub>2</sub>排出量が減っています(図5)。

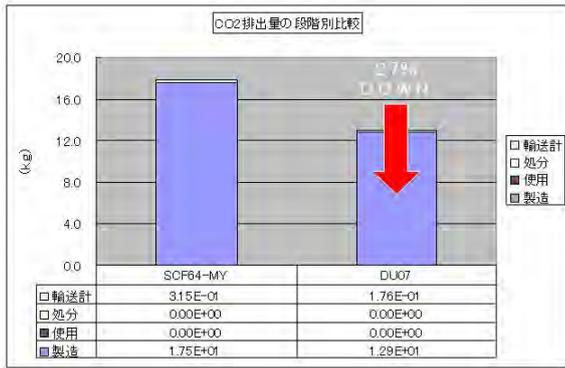


図5インベントリ分析結果

## 5-5 インパクト評価

地球温暖化影響領域について、IPCC-2001の100年指数を用いて特性化を実施しました。

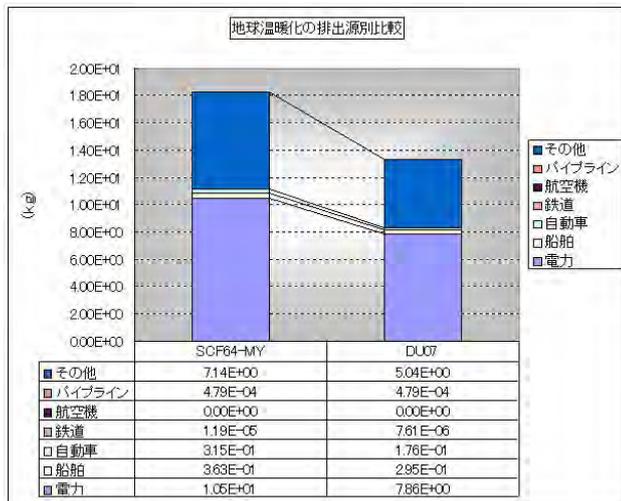


図6インパクト評価結果

インパクト評価結果です。地球温暖化影響を排出源別で見ると約60%が製造段階における電力が起因していることがわかります。又新製品は従来製品に比べて地球温暖化の影響が27%削減できることがわかります。設計段階でのアルミパイプの形状やパイプ薄肉の曲げ加工技術、アルミニウムの溶接技術の向上により軽量化が達成できました。

## 5-6 DfE

DfEとVOC(お客様の声)を形にすることも設計に取り入れました。例えばお客様は「ごみがたまって雑巾だけでは綺麗にならない」という声をいただきました。従来品では成型品の角が鋭角になっており綺麗にするには拭くだけでなく爪楊枝で角のゴミをとっている状態でした。それを新商品では成型品の鋭角の部分を極力なくしRを付けることにより雑巾ひ

と拭きで綺麗にお手入れができます(図7)。



図7 形状改良

又、同じく地面との設置面についている滑り止めのネジ穴に土が入り込んでしまい屋外で使ったあとに屋内で使うと砂が落ちて汚したり傷をつけたりしました。新商品はネジ止めを廃止しはめ込み式に変更しました。これによりネジ穴に入り込む汚れは無くなりましたしネジも無くすることができました(図8)。

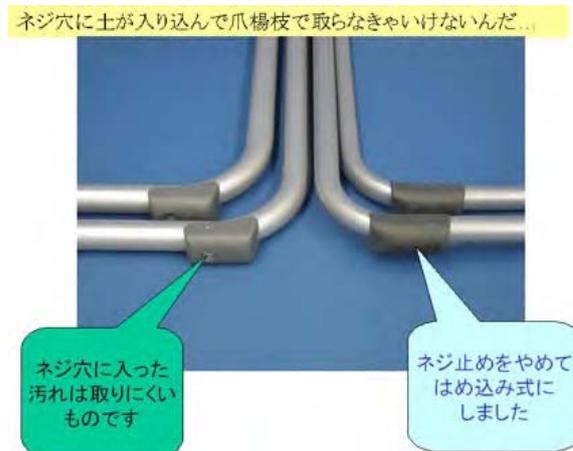


図8 取付改良

その他の部分も実施することにより部品取り付けのネジも従来の14個から8個減らすことが可能になりました。

## 6.まとめ

LCA手法により地球温暖化影響が27%も削減できるという数値が出ました。これは今まで地球に優しい商品を具体的に数値で示すことが出来て説得力の有るデータとしてプロモーションに活用したり、お客様に積極的に開示することが可能になります。又LCAとDfEの積極活用で工場では効率のよい加工技術の向上が見込めます。例えばロット生産からセル生産への移行によるムダな在庫や仕掛の低減、省エネ等が目見える形で効果が上がります。商品は環境影響が低減でき、

目で見える効果は軽量化、超寿命化が期待できます。お客様にはグリーンコンシューマのみならず一般のお客様にも知らない間に環境影響の少ない商品を使っただけのことになります。

最後に今後ますます私たち企業を取り巻く環境は厳しくなる方向にあります。EUではRoHS、REACH、EuP指令と厳しくなる一方です。社会で求められているものが変わっていく時代です。

弊社はLCA手法を武器にインプットを減らす努力をするこ

とにより、結果として継続的にものづくりができ、持続可能な社会の実現ができると考えます。

#### 参考文献

- 1) 産業環境管理協会 ライフサイクルアセスメント実施支援ソフトウェア “JEMAI-LCA Pro” (2006)
- 2) 100年指数地球温暖化の特性化係数には “IPCC-100年指数(2001)”

## Eco-Pro-Net

～環境付加価値を創造する製品開発支援ネットワーク～

エコプロネット代表

三重大学特命学長補佐 加藤 征三

この度、私ども「環境付加価値を創造する製品開発支援ネットワーク：エコ・プロ・ネット」の「産学官が連携したネットワークで推進するLCAの普及啓発・人材育成活動」が認められ「第4回 LCA日本フォーラム奨励賞」というこの上ない栄をいただきました。お世話になりました関係各位に改めて心よりお礼申し上げます。今後の責務の重さに身の引き締まる思いですが、これを糧により効果的な活動を推進してまいります。

さて、「エコ・プロ・ネット」(<http://www.ecopronet.jp/>)は元々東海地区のものづくりを「環境に良くて当たり前のものづくり文化」へのレベルアップを目指して活動が始められました。東海地区は元々ものづくり文化が高揚している土地柄ですが、10年程前でしょうか、「環境」という切り口からの経営戦略の底上げが求められ「環境パートナーシップCLUB（通称：EPOC）」が設立され活動してきました。企業経営者の環境意識が高く、環境改善が進んでおり、環境経営を実践されている企業が多いことがわかりました。また、サプライチェーン全体にわたって環境技術がかなり蓄積されていることもわかりました。

「愛・地球博」で「環境技術」への関心が一段と高まり、「廃棄やリサイクルといった川下の対策も大切だが、材料調達といった川上の対策がもっと重要ではないか」、という思いが募ってきました。欧州でもROHS指令などが発動され、その具体的対応に追われ始めました。その中で「LCAとかDfEとかの定量的手法を製品に反映させる必要があるようだ」、との認識も相当ありました。

しかし、実践中の企業から「省エネや廃水処理などの環境対策を積極的に実施しても製品自体の付加価値は上がらない」、「LCAやDfEで環境適合製品を世に出しても市場が広がっていかない」、などの意見が多く寄せられるようになりました。その一方で海外展開が中心の工業製品にはエコデザイン手法やエコプロダクツ評価基準のグローバル化と科学的裏付けが求められ、その勢いは今や中堅・中小企業にも容赦なく押し寄せています。

このような埋まりつつある外堀を乗り越えるにはサプライチェーン一体となった戦略・戦術が必須であり、とくに主体となる中堅・中小企業のエコデザイン力の底上げとエコプロダク

ツの市場創出が急務との認識から、「モノ作りエコデザイン推進会議」が産学官連携ネットワークとして2004年に設置されました。そこには「エコデザイン・リーダを囲む人材育成」と「エコデザインの推進を図る普及啓発・交流」の2つのWGを設けて具体的な教育プログラムの策定や実施、シンポ・セミナー・展示会・WEB発信をそれぞれ行ってきました。この立ち上げ時期は何かと経産省中部経産局にお世話になって進んできましたが、自分たち自身の課題として解決を図るべく自立化機運が盛り上がり、ワンステップアップの役に立つ自前のエコデザイン・プラットホームづくりを目指すことになりました。

これが「エコ・プロ・ネット：環境付加価値を創造する製品開発支援ネットワーク」（2006年10月スタート）です。名称には3つのエコ・プロ(Eco-Pro)、すなわち「Eco Products: 環境適合製品のものづくり文化を目指します」、「Eco-Profite: 環境適合製品こそ新たな付加価値と市場を生み、利益をもたらします」、「Eco-Professional: 推進する環境スキル人材づくりがかなめです」の3要素を軸にした有機的ネットワークを形成させる、という意図が込められています。活動は中堅・中小企業を対象に、「エコデザインは面白い!」と「気づき」そして「知る」→「始める」→「活用する」→「拡める」に至るレベルアップへの支援で、個々のレベルに対応した企画・行事（毎年シンポ1回、セミナー・講演会4回、研修会・講習会2回、勉強会・研究会8回程度）を開催しています。また、個々の企業へのエコデザイン・コンサルも随時対応しています。会員はこれらに自由に参加できますし、これらの行事・ニュース・国内外動向などはWEBだけでなくメールマガジンでも発信されます。会員は現在約300社（中堅・中小企業70%）です。会費無料、会員はエコプロネットの趣旨に賛同する方（企業）であれば常時募集中で上記URLから登録できます。

このようなエコプロネットの活動を通しての成果は着実に挙がっています。例えば、グリーンパフォーマンス高度化事業等からの開発資金獲得、エコデザインによる製品開発事例のエコプロダクツ展や環業展での展示、サプライチェーン全体のエコデザイン力の具体的レベルアップ達成、迅速なエコデザイン対応による競合メーカとの差別化確立など、事実、LCA日本フォーラム表彰を受けたエコプロダクツも生まれています。特筆すべき成果は、「エコデザイン製品事例集」

が57製品について個々の環境配慮ポイントを明確にして体系化されたことで、その70%近くが中小企業の事例です。

EuP指令が意図するように「エコデザイン」は今や世界市場のスタンダードとなり、企業の生死を分けることに成りかねません。しかし、エコプロネットの活動を通して明確にわかったことは、「まず環境ありきではなく、市場ニーズにマッチした性能と品質とコストそして規制対応を追求するなかで結果としてエコにつながる」ことが成功の秘訣であり、そ

れには「人づくり」が必須条件である、ということでした。エコデザインという言葉に気負うことなく、日常的な努力目標である「売れる製品づくり」への組織的活動がエコデザインに直結するということのようにです。私どものエコプロネット活動を通して「環境にやさしいものづくりが当たり前」、そして「モノを作ったら環境が良くなるのが当たり前」という文化づくりに結びつけば、と願っています。

# アルミニウム素材におけるLCIデータベースの 充実とLCA展開活動

社団法人日本アルミニウム協会

LCA調査委員会委員長 野村 正義

## 1.はじめに

(社)日本アルミニウム協会は、貴重な金属資源であり、国民の生活に欠かせないアルミニウムが、商品のグリーン調達制度に素材LCI評価が義務化の傾向であることや、素材に対するLCIデータニーズの高まりの中で、LCAにいち早く着目し、環境影響の客観的・定量的評価の重要な手法と位置づけて活動をしてきた。1993年6月に、当協会エネルギー環境委員会に

LCA調査委員会を設置し、LCAの概念・手法の習得、製品ごとのインベントリーデータの収集、製品における製造・使用・リサイクルでのLCI評価を行い、公表してきた(表1)。本稿では2007年9月に公表したスクラップ溶解のインベントリ調査報告書の概要について述べる。

番号	発行年月	表 題
1	1998 / 6	アルミニウム圧延品インベントリデータベースの作成
2	1999 / 3	アルミの活用による機械工業の省エネに関する調査研究報告書～缶材のアルミニウム化による省エネルギー～
3	1999 / 3	アルミの活用による機械工業の省エネに関する調査研究報告書～鉄道車両用材料のアルミニウム化による省エネルギー～
4	2002 / 4	350 ml アルミニウム缶のLCIにおけるオープンループリサイクルの評価
5	2002 / 11	オープンループリサイクルを考慮した飲料用アルミニウム缶のLCI分析
6	2002 / 11	自動車材料のアルミ化によるCO <sub>2</sub> 削減効果
7	2002 / 11	各種アルミニウム展伸材のライフサイクルインベントリ
8	2003 / 1	アルミニウム圧延品のLCIデータの概要～アルミニウム板材～
9	2003 / 1	アルミニウムペーストのLCIデータの概要
10	2004 / 4	アルミニウム箔のLCIデータの概要
11	2004 / 10	アルミニウムおよび鋼製の自動車フードとバンパー・レインフォースメントのライフサイクルインベントリ
12	2004 / 10	CO <sub>2</sub> 排出評価手法を用いて計算した乗用車へのアルミニウム使用による軽量化効果
13	2005 / 3	アルミニウム合金製水門のライフサイクルコスト算定調査報告書
14	2005 / 3	アルミニウム新地金および展伸用再生地金のLCIデータの概要
15	2005 / 3	自動車アルミ化の理想状態における軽量化効果のLCA評価
16	2006 / 2	各種アルミニウム圧延製品のLCIデータの概要～アルミニウム押出材～
17	2006 / 2	アルミニウム製品加工のLCIデータの概要～カラーアルミおよびカラーアルミ屋根～
18	2006 / 11	アルミ軽量乗用車導入のビジネスモデルにおけるCO <sub>2</sub> と経済性の効果
19	2007 / 9	スクラップ溶解のインベントリ調査報告書

表1 (社)日本アルミニウム協会のLCA関連報告

## 2.スクラップ溶解のインベントリ調査

### 1)背景・目的

当協会では、1998年6月に「アルミニウム圧延品インベントリデータベースの作成」を行い展伸用アルミニウムスクラップ溶解のインベントリについて公表したが、この後の新技術の導入によるなどの環境変化を考慮して、最新のデータをもとに、そのインベントリを見直した。

### 2)方法

#### ①システム境界

アルミニウム圧延工場に設置のスクラップ専用溶解炉による溶解工程を対象とし、図1の太枠内に示す溶解炉へのスクラップ原料装入からスクラップ溶湯までとする。

#### ②データ収集

前回調査と同様な方法により、3社4工場のデータを収集。対象期間は2005年度。

#### ③インベントリの算出

製品1kgあたりのインベントリを加重平均により算出。製品としては、スクラップ溶湯およびスクラップ塊(固め)の合計。

#### ④バックグラウンドデータ

LCIの算出には(社)産業環境管理協会によるLCAソフトウェアJEMAI-LCAPro(Ver.2)付属のデータベースを使用。電力は日本国内平均値を用いてLCIを算出。

## 3.結果

スクラップ溶解1kgあたりの主要なインベントリを表2に示す。エネルギーは直接分のみで、発電時のエネルギーは含まず。資源採取まで遡及したライフサイクルインベントリを表3に示す。

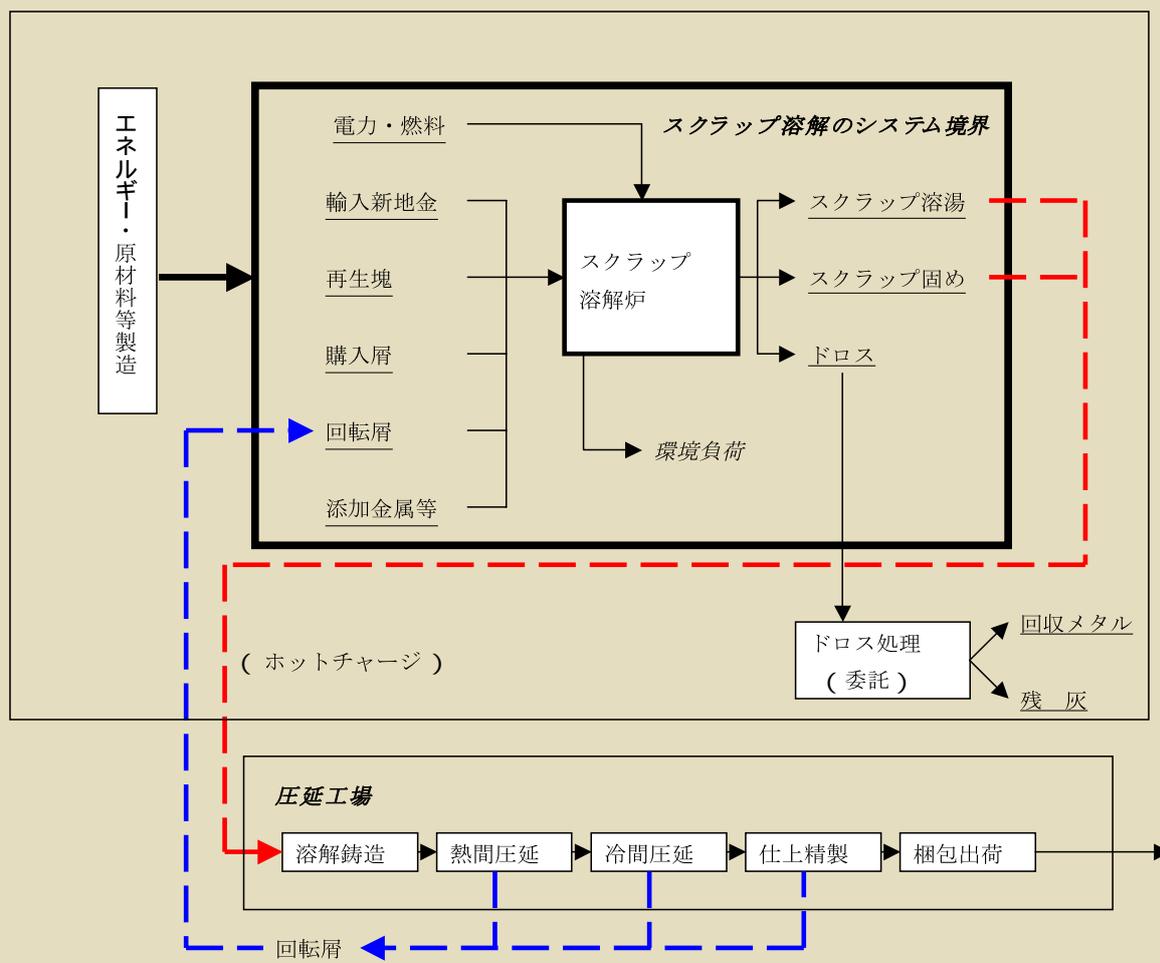


図1 スクラップ溶解のシステム境界

項 目		単 位	全溶解炉	誘導炉除く	備 考	
入 力	新地金	kg	0.001	0.001		
	購入スクラップ	kg	0.483	0.542	塗料等を含む	
	回転屑	kg	0.555	0.500		
	再生塊	kg	0.001	0.001		
	マグネシウム	kg	0.0011	0.0012		
	マンガン	kg	0.0004	0.0004		
	投入原材料(小計)		kg	1.042	1.045	
	電力	kWh	0.141	0.046		
	A重油	L	0.010	0.011		
	B・C重油	L	0.010	0.012		
	灯油	L	0.031	0.036		
	LPG	kg	0.0017	0.0020		
	都市ガス	N m <sup>3</sup>	0.024	0.028		
	エネルギー消費(計)		MJ	3.63	3.80	
電力	MJ	0.51	0.17	電力:3.6MJ/kWh		
燃料	MJ	3.13	3.63			
出 力	スクラップ溶湯	kg	0.946	0.992		
	スクラップ塊(固め)	kg	0.054	0.008		
	アルミドロス(委託処理)	kg	0.034	0.032		
	回収蒸気	kg	0.044	0.035		
	CO <sub>2</sub>	kg	0.196	0.227	計算値	
	NO <sub>x</sub>	kg	0.000059	0.000069	計算値	
	SO <sub>x</sub>	kg	0.000060	0.000070	計算値	
	処理委託廃棄物(産廃)	kg	0.0029	0.0024		

表2 スクラップ溶解1kgあたりのインベントリ

項 目		単 位	全溶解炉	誘導炉除く
入 力	石炭	kg	0.015	0.006
	原油	kg	0.051	0.059
	天然ガス	kg	0.028	0.025
	ウラン(資源)	kg	0.0000012	0.00000004
	ボーキサイト	kg	0.0052	0.0059
	アルミスクラップ	kg	1.038	1.041
	エネルギー	MJ	4.80	4.44
出 力	CO <sub>2</sub>	kg	0.287	0.285
	NO <sub>x</sub>	kg	0.00020	0.00021
	SO <sub>x</sub>	kg	0.00018	0.00020

表3 スクラップ溶解1kgあたりのライフサイクルインベントリ

#### 4. 前回調査との比較

前回調査(1996年度データ)の結果との対比を表4に示す。

工場におけるエネルギー消費原単位は3.44 3.63MJ/kgと約6%増加しているが、電力について発電効率を考慮したエネルギーでみると5.54 4.44MJ/kgと約20%の低減となる。これは、燃焼式溶解炉の増設があったため、相対的に電力が減少し、燃料が増加していることによる。

#### 5. ライフサイクルでみた溶解エネルギーについて

スクラップ溶解の直接エネルギーは、上述のとおりであるが、ライフサイクルエネルギー消費(LCE)および二酸化炭素排出(LCCO<sub>2</sub>)は表5に示すように、今回調査ではそれぞれ約15%および約7%減少している。新地金製造のエネルギー(LCE)は140.9MJ/kgであり、スクラップ溶解に必要なエネルギーは新地金の約3.4%となる。

項目		単位	前回(1996)	今回(2005)
対象溶解量		kt	113.7	195.4
入 力	投入原材料(小計)	kg/kg	1.051	1.042
	電力	kWh/kg	0.360	0.141
	A重油	L/kg	0.0285	0.0099
	B・C重油	L/kg	0.0067	0.0103
	灯油	L/kg	0.0186	0.0306
	LPG	kg/kg		0.00017
	都市ガス	N m <sup>3</sup> /kg	0.0009	0.0242
	エネルギー消費(計)	MJ/kg	3.44(5.54)	3.63(4.44)
	電力	MJ/kg	1.30(3.39)	0.51(1.30)
	燃料	MJ/kg	2.14	3.13
出 力	スクラップ溶湯	kg/kg	0.917	0.946
	スクラップ塊(固め)	kg/kg	0.083	0.054
	アルミドロス	kg/kg	0.048	0.034
	回収蒸気	kg/kg		0.044
	CO <sub>2</sub>	kg/kg	0.157	0.196
	NOx	kg/kg	0.00002	0.000059
	SOx	kg/kg	0.00020	0.000060

注)エネルギーにおいて、( )は電力の発電効率(38.9%)を考慮した値

表4 スクラップ溶解のインベントリ({溶湯+塊} 1kgあたり)

項目	単位	前回(1996)	今回(2005)
エネルギー(LCE)	MJ/kg	5.70	4.80(4.44*)
CO <sub>2</sub> (LCCO <sub>2</sub> )	kg/kg	0.309	0.287(0.285*)

( )内の\*印は誘導炉を除く値

表5 スクラップ溶解のLCEおよびLCCO<sub>2</sub>

## 6. ドロスの評価

ドロス処理について、前回調査時の投入エネルギーを適用し、回収メタル量については今回調査した結果をもちいて評価した。ドロス1kg処理のインベントリを表6に示す。

このドロス処理による回収メタルを再生塊として評価し考慮した場合の、スクラップ溶解のインベントリを表7に示す。

## 7. まとめ

- ① 前回調査に比べて、燃焼式溶解炉の増加により工場における直接エネルギーは増加するものの、ライフサイクルエネルギー消費(LCE)およびライフサイクル二酸化炭素排出(LCCO<sub>2</sub>)では10～15%前後の低減。リジェネレーターの採用、燃焼技術の向上等の効果がでている。
- ② スクラップ溶解のエネルギー(LCE)は、新地金製造のLCEに対して、3.4%程度。尚、従来採用されていた新地金のエネルギーは、化学経済研究所<sup>1)</sup>による地金精錬エネルギー(アルミナ製造と電解精錬)の132MJ/kgであり、副資材および輸送は含まれていない直接エネルギーである。この値を用いれば、

本調査のスクラップ溶解の直接エネルギー3.63MJ/kgは新地金のエネルギーに対して2.8%となる。

## 8. おわりに

アルミ製造業の今後の目指すべき方向性として、ライフサイクル全体を考慮したLCA的な視点での取り組み推進を行い、特にアルミ製品を通じた利用段階での省エネルギーの優位性について、研究していく必要がある。また、アルミのリサイクルについては、アルミ缶リサイクルが社会によく認知され浸透しているが、さらに自動車のアルミ製品について、カスケードリサイクル(高品位から低品位：展伸材 鋳物・ダイキャスト)している現在のシステムを見直し、品種ごとにリサイクルできるシステムを自動車の設計段階で確立し展開していくことが大切になってくる。

アルミニウムの優れた特性を活かして、サステナブルな社会を構築して行くことが資源を海外に頼っているわが国にとって、将来に向けてますます重要になってくることが予想される。

1) (社)化学経済研究所：「基礎素材のエネルギー解析調査報告書」(1993)

項目		単位	原単位	備考
入 力	アルミドロス	kg	1.000	塗料等を含む
	電力	kWh	0.253	前回調査
	LPG	kg	0.0065	
	エネルギー	MJ	1.24	電力:3.6MJ/kWh
出 力	回収メタル	kg	0.304	今回調査
	残灰	kg	bal.	
	CO <sub>2</sub>	kg	0.019	計算値
	NOx	kg	0.000008	計算値
	SOx	kg	0.000000	計算値

ラ イ フ サ イ ク ル	LCE	MJ	2.93	
	LCCO <sub>2</sub>	kg	0.126	
	LCNOx	kg	0.00006	
	LCSox	kg	0.00002	

表6 ドロス処理のインベントリ

	投入量	エネルギー (MJ)	CO <sub>2</sub> 排出 (kg-CO <sub>2</sub> )	備考
スクラップ溶解	スクラップ 1.0kg	4.80	0.288	
ドロス処理	ドロス 0.034kg	0.099	0.0045	
再生塊(控除)	メタル 0.0103kg	-0.049	-0.0030	回収メタル相当量
計		4.85	0.290	

表7 スクラップ溶解のインベントリ

# 半導体におけるLCAデータベース・算出ソフトウェアの開発と普及

(社) 電子情報技術産業協会 半導体環境安全専門委員会  
LCAWG 主査 多田 一洋 (エルピーダメモリ (株))

## 1.はじめに

近年は電子機器の発展が目覚しく多分野で実用に供されている反面、これら機器普及による電力消費や製造に関わる資源浪費も危惧されるところであり、機器の使用による利便性向上、省エネ貢献と同時に環境負荷の評価も同時に行うことが求められる時代となって来た。これら電子機器に限らずあらゆる機器に搭載されている半導体、とくに大規模集積回路 (LSI) は従来までその製造に関わる環境負荷値の提示が製造者自身も正確に示すことが出来ない状況であり、電子機器本体の製造時環境負荷量を正確に算出評価することが出来ない状況であった。

(社) 電子情報技術産業協会では半導体製造に関わる環境負荷低減活動ツールの開発と同時に、半導体のユーザーである機器メーカーに対するデータサービスシステムの構築を目指し、半導体メーカー間の垣根を乗り越え、各社のデータの提供を基に業界の平均値を算出できるソフトウェアの開発を行った。

## 2.背景

2002年当時、欧州のRoHS対応で「製品含有化学物質」の調査要請が増加していた。一方、EuP指令が将来採択 (実際に2005年7月採択) され、半導体製品の製造に関わる環境負荷値あるいは環境負荷インベントリーの問い合わせが半導体ユーザーから殺到するのではないかと危惧を抱いた。

当時、半導体のLCAについては、参考値となる基準のよう

なものが全く世の中になく、また計算事例があったところで、数値の事例間のバラツキが大きいという状況であった。

### (過去の計算事例)

32M-DRAM ……

41MJ (2002, United Nations University)

64M-DRAM ……

13MJ (2000, NEDO-JAPAN)

Logic of 6 layers metal…

5MJ (2004, JEITA-JAPAN)

## 3.開発の目的

本研究の目的は、1)半導体メーカーの自助努力として自身の半導体製造工程の環境負荷分析、及び工程改善等における、製品の環境負荷改善の特定を目的としたLCAデータベースを構築すること、および2)顧客対応として、電子機器メーカー、自動車メーカーなど半導体ユーザーが容易に半導体のLCI値を算出することを目的としたソフトウェアを開発することである。

## 3.LCAデータベースの構築

半導体の標準プロセスをJEITA LCAWGにて構築し、LCAWG各社より環境負荷データを収集し、これに基づいた前工程、後工程のデータベースを作成した (プロセス型)。

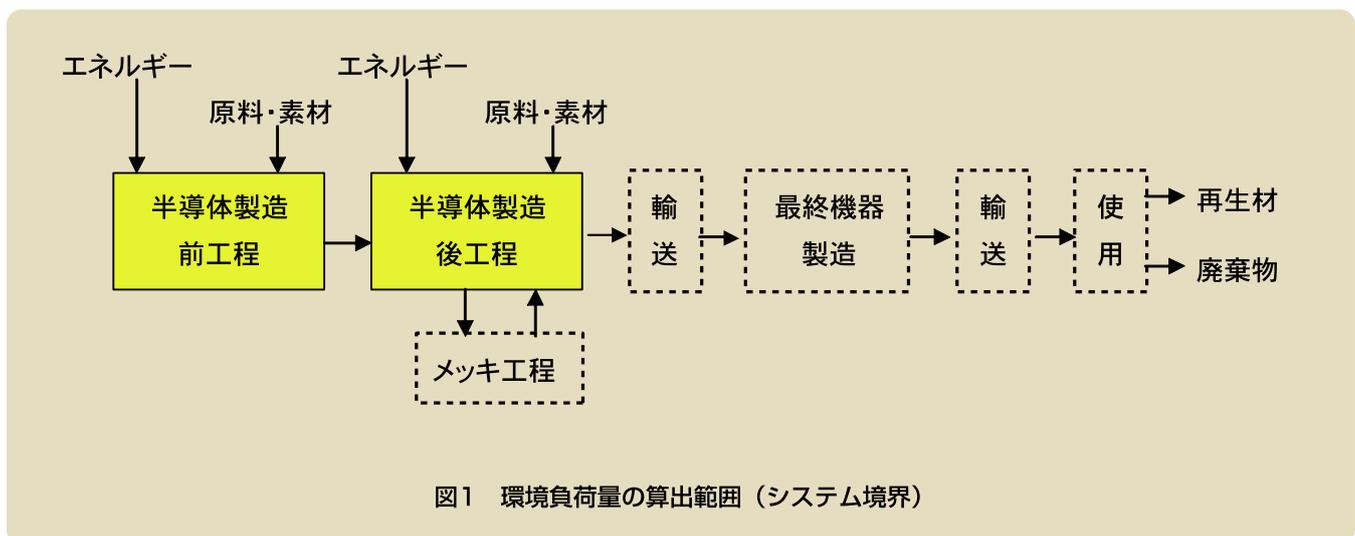


図1 環境負荷量の算出範囲 (システム境界)

デザインノード: 180nm, 配線: 6層 (Al), ウェハサイズ: 200mm

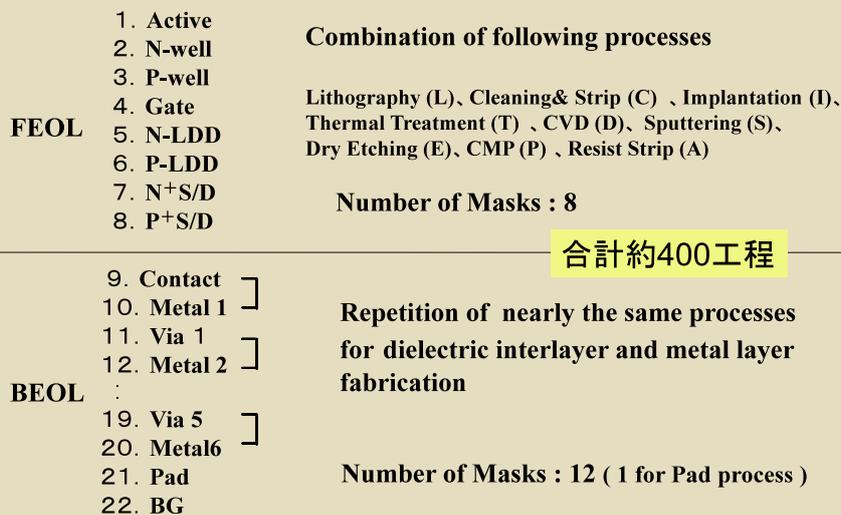


図2 前工程標準プロセス

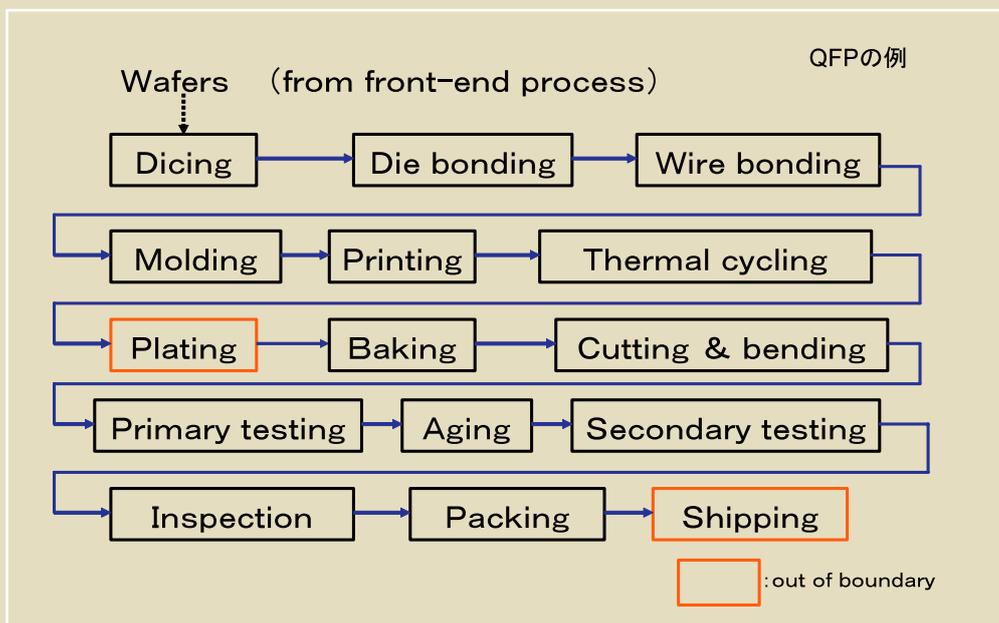


図3 後工程標準プロセス

#### 4.LCI算出ソフトウェアの開発

LCAデータベースの構築により、特定のチップサイズ/パッケージでの算出は可能となったが、半導体顧客が容易に半導体のLCI値を算出するためには、「半導体集積回路の機能単位はどうあるべきか」が重要となる。LCAの機能単位を顧客(ユ

ーザー)フレンドリーなものにすれば、顧客は製造者に質問する必要がなくなり、自身でLCI値を計算できる。

そこで、本ソフトウェアの機能単位として、通常のLCAで用いられている「重量」ではなく「パッケージタイプと外部端子数(ピン数)」を採用した。

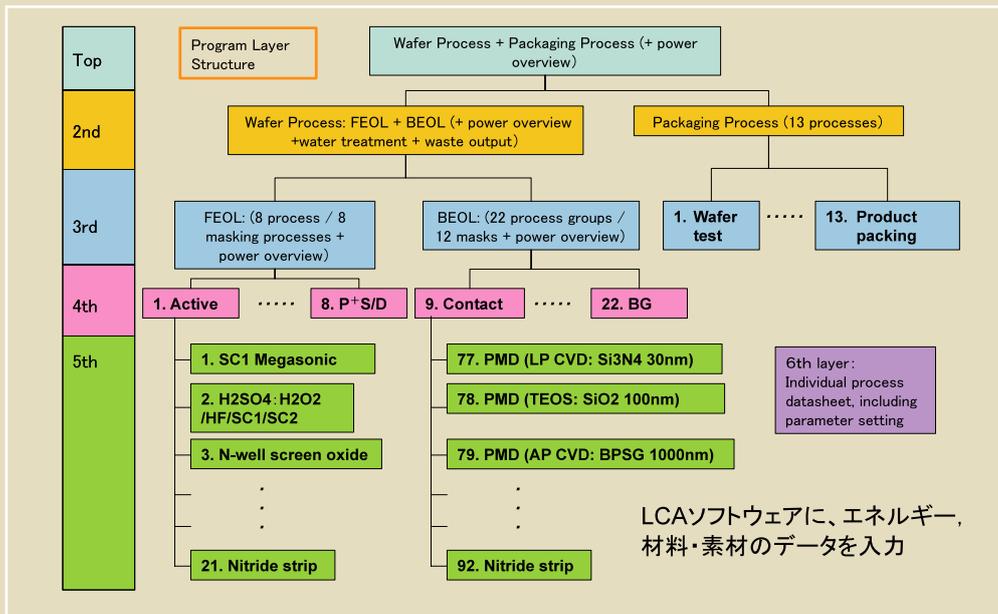


図4 LCAデータベース・モデリング

集積回路機能単位候補と有望性

- 1) 能動素子数(=MOS型トランジスタの数)
  - 2) 記憶容量(=ビット数)
  - 3) 演算速度(桁数=バス幅、応答速度、クロック周波数)
  - 4) 論理ゲート数
  - 5) 入出力外部端子数(ピン数) ————— これが適切と判断する。
  - 6) パッケージ寸法(長さ)
  - 7) パッケージ投影面積(縦×横)
  - 8) パッケージ体積(縦×横×高さ)
  - 9) パッケージ重量
  - 10) 価格
- } 特殊で汎用性がない。  
同じ土俵に乗れない。
- } 環境負荷との関連性が疑わしい。
- } 良い指標であるが、実勢価格の値下げが大きすぎる。

図5 半導体集積回路の機能単位検討

この機能単位を元に、JEITAメンバー企業から各種データを調査し、業界平均的な値を割り出した。

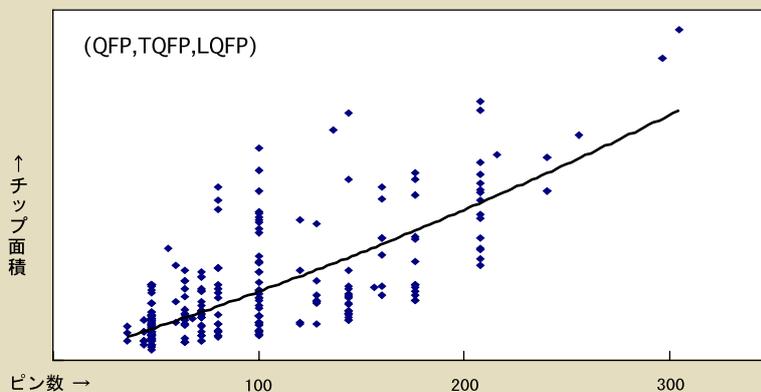


図 チップ面積とピン数の関係

調査例1：入出力外部端子数（ピン数）に関する調査（チップ面積の調査）

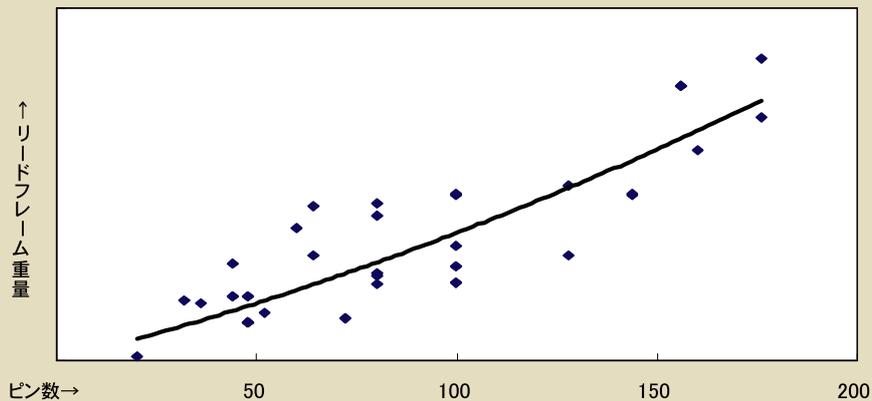


図 リードフレーム重量のピン数依存性 (QFPs)

調査例2：リードフレーム重量のピン数依存性

この値を基に、半導体ユーザーが半導体の外形から判断してパッケージタイプと外部端子数（ピン数）を入力すること

で、LCI算出が可能なソフトウェアを開発した。

半導体集積回路製造時における環境負荷評価インベントリー Ver. 1.0 (Feb. 2007) (社) 電子情報技術産業協会

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
13			100	500	100	100	100	100	100	
14	参考	(JEITA標準モデルの集積回路1個当りの製品重量/[mg])	1.25E+03	1.18E+03	2.22E+02	1.34E+03	適用外	1.29E+03		
16	<システム境界へのインプット：直接材・間接材使用量及びエネルギー消費量一覧>									
17	間接材	イソプロパノール (IPA) / [mg]	2.55E+03	6.44E+03	1.03E+04	8.17E+03	適用外	3.38E+03		
18	間接材	硫酸 (Sulfuric acid) / [mg]	2.10E+03	5.31E+03	8.49E+03	6.73E+03	適用外	2.78E+03		
19	間接材	消石灰 (Slaked lime) / [mg]	1.48E+03	3.74E+03	5.98E+03	4.74E+03	適用外	1.96E+03		
20	間接材	水酸化ナトリウム (DIW & Waste water treatment) / [mg]	1.95E+03	3.41E+03	5.46E+03	4.32E+03	適用外	1.79E+03		
21	間接材	酸素 (Oxygen) / [mg]	1.01E+03	2.56E+03	4.09E+03	3.24E+03	適用外	1.34E+03		
22	間接材	塩酸 (Hydrochloric acid) / [mg]	1.11E+03	2.82E+03	4.52E+03	3.58E+03	適用外	1.48E+03		
23	間接材	シリカ (Silica) / [mg]	6.85E+02	1.74E+03	2.78E+03	2.20E+03	適用外	9.10E+02		
42	間接材(*1)	Octafluoropropane (C3F8) / [mg]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	適用外	0.00E+00		
43	間接材(*1)	Octafluorocyclobutane (C4F8) / [mg]	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	適用外	0.00E+00		
44	直接材(*1)	正珪酸四エチル (Tetraethoxysilane, TEOS) / [mg]	6.44E+01	1.63E+02	2.61E+02	2.07E+02	適用外	8.56E+01		
45	直接材(*2)	シリコン結晶基板 (Chip assembly) / [mg]	6.95E+01	1.76E+02	2.81E+02	2.23E+02	適用外	9.23E+01		
46	直接材	樹脂中の溶剤カカ (Chip assembly) / [mg]	1.49E+03	1.08E+03	1.57E+02	1.34E+03	適用外	1.42E+03		
47	直接材	樹脂中のエポキシ樹脂 (Chip assembly) / [mg]	5.31E+02	3.69E+02	5.62E+01	4.80E+02	適用外	5.05E+02		
48	直接材	樹脂中の三酸化アゾモ (Chip assembly) / [mg]	1.06E+02	7.98E+01	1.12E+01	9.60E+01	適用外	1.01E+02		
49	直接材	金線 (Chip assembly) / [mg]	3.52E+00	1.60E+01	3.19E+00	2.86E+00	適用外	3.19E+00		
50	直接材(*3)	リードフレーム中の錫 (Chip assembly) / [mg]	3.72E+01	-	-	3.13E+01	適用外	3.43E+01		
51	直接材(*3)	リードフレーム中の銅 (Chip assembly) / [mg]	5.67E-01	-	-	4.77E-01	適用外	5.22E-01		
52	直接材	ホール中の錫 (Chip assembly) / [mg]	-	1.20E+02	2.39E+01	-	-	-		
53	直接材	ホール中の銀 (Chip assembly) / [mg]	-	3.72E+00	7.44E-01	-	-	-		
54	直接材	ホール中の銅 (Chip assembly) / [mg]	-	6.20E-01	1.24E-01	-	-	-		
55	直接材(*5)	リードフレーム中の銅 (Chip assembly) / [mg]	3.08E+02	-	-	6.66E+02	適用外	4.67E+02		
56	直接材(*5)	リードフレーム中の錫 (Chip assembly) / [mg]	4.07E+00	-	-	8.80E+00	適用外	6.44E+00		

図6 JLCAS算出事例

## 5.研究の成果

- 1)半導体業界の標準プロセスを基にした、半導体のLCAソフトウェアを構築し、WG各社にて自社内のプロセスに適用することで、工程改善等による環境負荷の定量化を可能にした。
- 2)半導体のユーザーが、プリント基板上に実装された半導体のパッケージタイプとピン数を入力することで、容易に半導体デバイスのLCI値を算出することが出来る算出ソフトウェアを開発し、JEITAより頒布した。  
[http://semicon.jeita.or.jp/committee/committee2\\_4\\_1.html](http://semicon.jeita.or.jp/committee/committee2_4_1.html)
- 3)代表データを、工業会データとしてLCA日本フォーラムへ提供した。

## 6.今後の展開

- 1)プリント基板上に実装された半導体のLCI値の算出は可能となったが、ユーザーより抵抗、コンデンサー等の他の部品等も同時に計算出来るよう要望があり、JEITA部品部会と連携して対応を検討する。
- 2)JEMAI LCA ProなどのLCA算出ツールとの連携。
- 3)半導体産業のNegative Impactを確認した結果、半導体産業(製品)の環境貢献 Positive Impactを評価すべきことに気付き、実行中。

## 7.謝辞

LCA-WGは、半導体環境安全専門委員会の5年有余に渡る全面的バックアップがあって初めて、JEITAモデルLCAデータベース及びLCI算出ソフトウェアJLCASという成果に辿り着いた。上部団体である半導体事業委員会、JEITA半導体部会の御協力、御支援に衷心より感謝したい。

また、データベースのPlatformであるGabi4ソフトを提供戴いた元PE Asia (PE International) 坂山様による多大な援助に感謝したい。

データベースの作成検証に実際に当たられた、青山様 (SONY)、橋本様 (三洋)、後藤様 (シャープ)、他LCA-WGのメンバー各位に深謝したい。

2002年度メンバー 11社	2003年度メンバー 15社	2004/5年度メンバー 16社	2006年度メンバー 15社
富士通(主査) NECEL(副主査) 東芝 三菱電機 日立 ソニー 松下電器 三洋電機 シャープ ローム SEAJ 東芝(液晶/Observer)	富士通(主査) NECEL(副主査) 東芝 ルネサス ソニー 松下電器 三洋電機 シャープ ローム 沖電気 セイコーエプソン リコー 三菱電機 エルピーダ SEAJ	エルピーダ(主査) 富士通 NECEL 東芝 ルネサス ソニー(担当幹事) 松下電器 三洋電機 シャープ ローム 沖電気 セイコーエプソン リコー 三菱電機 サンケン電気 SEAJ	エルピーダ(主査) 富士通 NECEL 東芝 ルネサス ソニー(担当幹事) 松下電器 三洋半導体 シャープ ローム 沖電気 セイコーエプソン リコー 三菱電機 サンケン電気

表1 JEITA LCA WGの構成

## LCAインフォメーション

行事名称	開催日 (発表申込締切)	開催場所	主催者/ホームページ
第22回環境工学連合講演会	2008年4月14日～15日	日本学術会議講堂 東京	日本学術会議土木工学・建築学委員会 <a href="http://www.jsme.or.jp/env/">http://www.jsme.or.jp/env/</a>
International Symposium on Electronics & the Environment	2008年5月19日～21日	San Francisco, USA	IEEE <a href="http://www.regconnect.com/content/isee/">http://www.regconnect.com/content/isee/</a>
SETAC Europe 18th Annual Meeting World under stress: scientific and applied issues.	2008年5月25日～29日	Warsaw, Poland	SETAC <a href="http://www.setac.org/htdocs/what_meet_setac.html">http://www.setac.org/htdocs/what_meet_setac.html</a>
第27回エネルギー・資源学会研究発表会	2008年6月5日～6日	大阪国際交流センター	エネルギー・資源学会 <a href="http://www.jser.gr.jp/">http://www.jser.gr.jp/</a>
ISIE Conference 2008	2008年6月30日～7月2日	Cambridge, UK	ISIE <a href="http://www.fastconf.com/isie2008/">http://www.fastconf.com/isie2008/</a>
第18回環境工学総合シンポジウム2008	2008年7月10日～11日	(独)産業技術総合研究所 臨海副都心センター (東京)	日本機械学会 <a href="http://www.env-jsme.com/">http://www.env-jsme.com/</a>
第17回日本エネルギー学会大会	2008年8月4日～5日	工学院大学 新宿キャンパス	日本エネルギー学会 <a href="http://www.jie.or.jp/">http://www.jie.or.jp/</a>
International Design Engineering Technical Conferences and Computers & Information in Engineering Conference (IDETC/CIE)	2008年8月3日～6日	New York City, USA	ASME <a href="http://asmeconferences.org/idetc08/">http://asmeconferences.org/idetc08/</a>
8th Asia Pacific Roundtable for Sustainable Consumption and Production	2008年9月18日～20日	Cebu, Philippines	APRSCP <a href="http://www.aprscp.org/roundtables/8th.htm">http://www.aprscp.org/roundtables/8th.htm</a>
International Life Cycle Assessment & Management 2008	2008年9月30日～10月2日	Seattle, Washington	American Center for Life Cycle Assessment <a href="http://www.lcacenter.org/">http://www.lcacenter.org/</a>
Sustainable Innovation 08	2008年10月27日～28日	Malmö, Sweden	Centre for Sustainable Design <a href="http://www.cfsd.org.uk/">http://www.cfsd.org.uk/</a>
SETAC North America 29th Annual Meeting	2008年11月16日～20日	Tampa, Florida, USA	SETAC <a href="http://milwaukee.setac.org/home.asp">http://milwaukee.setac.org/home.asp</a>
第19回廃棄物学会研究発表会	2008年11月19日～21日	京都大学百周年記念時計台記念館	廃棄物学会 <a href="http://www.jswme.gr.jp/">http://www.jswme.gr.jp/</a>

### 投稿募集のご案内

LCA日本フォーラムニュースレターでは、会員の方々のLCAに関連する活動報告を募集しています。活動のアピール、学会・国際会議等の参加報告、日頃LCAに思うことなどを事務局 (jlca@jemai.or.jp) までご投稿ください。

<発行 LCA日本フォーラム>

〒101-0044

東京都千代田区鍛冶町2-2-1

三井住友銀行神田駅前ビル

社団法人 産業環境管理協会内

Tel.: 03-5209-7708 Fax: 03-5209-7716

E-mail: lca-project@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)