



LCA日本フォーラム ニュース

第38号

Life-Cycle Assessment Society of Japan(JLCA)

平成17年12月12日

目次

LCAは既に国民用語に・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1	マトリックス法を用いたライフサイクルアセスメント (第一報：マトリックス法の基礎原理)・・・・・・・・・・9
【特集：BtoC製品におけるLCA】	
トマトソースパスタの調理法によるLC-CO ₂ 比較・・・2	関連行事カレンダー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
戸建住宅に係る地球温暖化影響・・・・・・・・・・・・・・・・5	お知らせ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・12
木製品のLCAを通して見えてくるもの・・・・・・・・・・7	



LCAはすでに国民用語に

三菱電機株式会社
渉外部
技術担当部長 上野 潔

平成13年2月20日発行のLCA日本フォーラムニュース第21号の編集後記を覚えておられるだろうか。その年の1月21日に実施された大学入試センター試験の現代社会第2問の問5に、「LCA」が出題されたことを紹介している。その春に入学した大量の学生が今年の4月に大学を卒業している。そして編集のMM氏が書かれているように翌年からは毎年、高校や予備校で「LCA」が教えられていることだろう。

「富士山ろくオーム鳴く：5」、「いい国作ろう鎌倉幕府：1192年」受験勉強で記憶したことは50年たっても覚えている。毎年、タイから環境の研修生が日本に来る。今回は名門チュラロンコン大学の若い講師が3名いた。日本の大学入試で「LCA」が出たことを紹介したら、チュラロンコン大学の入試にも出してみようと言っていた。タイのLCAが急速に普及することだろうと互いに笑った。

私が宇宙分野の開発部門から、新設された環境部門に移ったのは地球サミットの翌年1993年であった。環境用語は何も知らず、日本科学技術情報センター(現在の科学技術振興機構JSTの前身機関)の検索でも、LCAは1,000件、DFEは1件しか文献が出てこなかった。大金を払って米国のパツテル研究所に「LCA」と「DFE」をキーワードに、文献検索と動向調査を委託したことを覚えている。

今、ヤフーで用語検索をすると「LCA」は3,600,000件、「DFE」は2,470,000件も出てくる。日本から海外に投稿される査読つき論文も目立つようになり、LCA日本フォーラムで活躍する日本人々は世界でもキーマンになっている。たった10年で、「LCA」は日本国中に広まった環境の「国民用語」と言っても過言ではないだろう。

「LCAは一般消費者には難しく、かえって誤解や混乱を招く」「データベースが不十分で役に立たない」「企業のノウハウが漏れる」という、定番の理屈?でLCAを忌避してきた企業も、今では社内でLCAを当然のように推進している。(社)産業環境管理協会を始めとする有料のLCA講座も増え、受講者の幅も広がっている。有識者が有用性を説かなくても、消費者自身が購入する製品のLCA結果を求めるようになるだろう。

企業活動で重要な3要素がある。「遵法」「同業他社」「市場」である。遵法は言うまでも無い。同業他社との競争がなければ企業の進歩はない。そして、結果は市場に判断されるのである。「LCAの実施」を「法律で強制」させようとする動きがある。LCAの信用を失墜させ滅亡させるのは、「虚偽のLCA」や「恣意的なLCA」であろう。これには何らかの法規制をして良いかもしれない。しかし、「LCA実施の法的な強制」は不要である。「同業他社」が実施すれば必然的に実施する。そして、企業にとって最も重要な「市場(消費者)」が求めれば各社は競ってLCAを実施する。なにしろ日本は、恐らく世界で最も多くの受験生と国民が「LCA」を知っているのだから。

事例

トマトソースパスタの調理法による LC-CO₂比較

味の素株式会社
生産技術開発センター
佐藤邦光、辻本進
環境経営推進部
平田昌之

1. はじめに

フライパン一つで、パスタを茹でて、ソースを絡めるまで、1人前5分で調理可能な簡便調理パスタが2003年に発売されました。簡便調理パスタは、パスタ麺と粉末ソースが1袋に包装され、それをフライパンに開けて、所定の水を加えて調理するものです。簡便調理パスタの環境負荷は、手作り調理パスタと比較するとどのような結果になるのか、調理済みパスタのライフサイクルCO₂(LC-CO₂)を比較しました。

対象品種はトマト&チーズのソースパスタを選びました。比較は、輸入ホールトマト缶詰を使う手作り調理、市場で購入した生食トマトを使う手作り調理、

乾燥粉末トマトが使われた簡便調理パスタの3調理方法としました。調理に使用するガス量の測定に当たっては、消費者が実際に調理する場を再現するため、一般家庭の台所にあるガスコンロ、鍋・フライパンを使用して調理しつつ、測定を行いました。

2. 推算方法

2-1. 調理方法と都市ガス量の測定法

手作り調理、の調理手順は、一般的な調理読本に記載のある方法とし、簡便調理法は包装に記載された調理手順に従いました。簡便調理パスタの麺は、直径1.7mmです。食感を同じようにするため、手作り調理で使用した麺は1.7mmないしは、1.5mmの早ゆでタイプの麺(ゆで時間:4~5分)を使いました。調理回数はそれぞれ2回以上とし、採取データの平均値を比較しました。1回の調理量は2食分、それぞれの調理法で使用する2食分食材の使用量を表-1に示しました。

都市ガス量の測定は、家庭に設置されている計量用ガスメーターを使用して、それぞれの調理の単位工程ごとの都市ガス量を測定しました。

2-2. 各材料のCO₂排出係数推算法

調理法により食材生産方法が異なり、且つ使用量も多くCO₂負荷計算結果に影響を与えると思われるトマト関連とチーズ関連についてのCO₂排出係数は、農畜産物加工工程に積上げ法を適用するハイブリット法により推算しました。包装材料は、当社の持っているLC-CO₂計算システムを使った積上げ法、その他の食材は、(独)国立環境研究所発行「'95産業連関表による環境負荷データブック(3EID)」と95年版産業連関表(産連表と略す)の部門別品目別国内生産額表に記載の生産者価格から計算しました。産連表に生産者価格の記載の無いものは、卸売り価格か工場入荷価格を調べ、それを生産者価格としました。材料のCO₂排出係数は表-1に併記してあります。

表-1. 食材の使用量とCO₂排出係数

	unit	CO ₂ 排出係数		手作り調理	手作り調理	簡便調理
		出典	g-CO ₂ /unit	:使用量	:使用量	:使用量
				unit	unit	unit
パスタ	g	a)	0.55	160	160	160
茹で塩	g	a)	0.78	16	16	
缶詰ホールトマト	g	b)	0.97	280		
生食トマト	g	a)	0.54		280	
粉末トマト	g	b)	4.79			17
ナチュラルチーズ	g	a)	2.98	22	22	
粉末チーズ	g	b)	7.45			11
生タマネギ	g	a)	0.18	57	57	
乾燥タマネギ	g	a)	1.57			4
オリーブ油	g	a)	0.82	30	30	
その他	g	a)				41
商品包材	袋	b)	46			2

註 a): 3EIDと産連表などの価格から求めた

b): 積上げ法により求めた

3. 結果

3-1. 栽培トマトのCO₂排出係数

積み上げ法による生食トマト栽培のLC-CO₂は計算されており、104 g-CO₂/kg-tomato (露地栽培) 簡易ハウス栽培で676 g-CO₂/kg-tomatoなどが報告¹⁾されています。加工用トマトは夏季に栽培され、価格は47¥/kg²⁾で安定しています。3EIDと価格から計算すると、105 g-CO₂/kgが得られます。露地栽培トマトのLC-CO₂は、産連法と積み上げ法が良い一致を示しました。生食トマトは、年間平均の価格を'95産連表から求め、同様に計算すると541 g-CO₂/kg-tomatoが得られます。以上の結果から加工用トマト105 g-CO₂/kg、生食用トマト541 g-CO₂/kgとしました。

3-2. ホールトマト缶詰のLC-CO₂

製造フローは、洗浄 湯剥き 皮剥ぎ 缶充填 殺菌 冷却 箱詰め 輸送です。エネルギー原単位は専門書^{3)、4)}より引用し、不明のところはプロセス解析から求めました。製造地は市場の缶詰産地の調査から、イタリア・ナポリとしました。結果を表-2.に示しました。

表-2. 日本着ホールトマト缶詰のLC-CO₂

投入項目	unit	CO ₂ 排出係数		原単位	LC-CO ₂
		出典	g-CO ₂ /unit	unit/kg-whole tomato	g-CO ₂ /kg-whole tomato
加工用トマト	kg	a)	105	1.05	110
蒸気	kg	b)	256	0.20	51
電力	kWh	c)	505	0.025	13
缶(4号缶)	pc	b)	113	2.5	283
ダンボール箱	pc	b)	210	0.104	22
輸送	tkm	d)	21	23.5	494
合計					972

c) : イタリアの電力排出係数: APME, Brussels July 2003

d) : <http://nipponzaidan.info/seikabutsu/2000/00964/mokuji.htm>

表-3. 粉末トマトのLC-CO₂

投入項目	unit	CO ₂ 排出係数		原単位	LC-CO ₂
		出典	g-CO ₂ /unit	unit/kg-tomato powder	g-CO ₂ /kg-tomato powder
加工用トマト	kg	a)	105	8.8	924
トマトペースト製造工程エネルギー					1,370
粉末トマト乾燥工程エネルギー					900
ポテスターチ	kg	a)	587	0.5	294
内装プラスチック	pc	b)	502	0.067	34
ダンボール箱	pc	b)	430	0.067	29
陸上輸送	tkm	d)	176	3.9	686
海上輸送	tkm	d)	21	26.5	557
合計					4,793

3-3. 粉末トマトのLC-CO₂

輸入業者からの情報では製造地は欧州中央北部。製造工程の基本物質収支はウェブサイト^{5)、6)}記載値を利用し、乾燥助材は成分表よりポテスターチとして物質収支を組上げました。LC-CO₂推算結果は表-3.に示します。

輸入ホールトマト缶詰(手作り調理)・生食トマト(手作り調理)・粉末トマト(簡便調理)のそれぞれのLC-CO₂を図-1に示しました。ホールトマト缶詰の構成比は、海上輸送が51%、缶製造が29%の順で、トマト栽培・缶詰加工の比率は20%でした。

3-4. 家庭台所で使用する都市ガス量

それぞれの調理手順に従い、単位工程ごとのガス量を実測しました。工程は、茹で湯の沸騰、パスタの茹で上げ、生食トマトの湯剥き、ソースの調理と麺との絡め、の4単位工程としました。結果を図-2.に示しました。

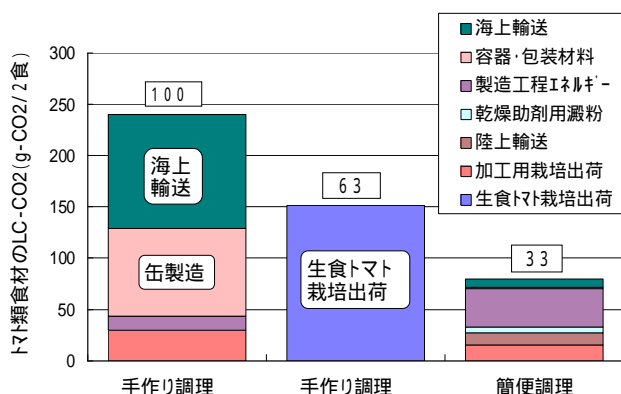


図-1. 2食分のトマト食材 LC-CO₂ 比較

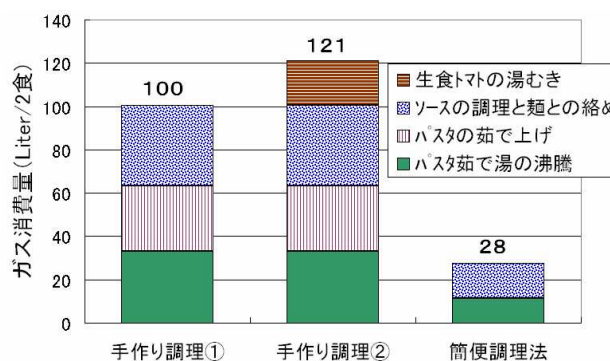


図-2. 各調理法の都市ガス消費量実測値

調理実験を繰り返しますと、調理器具による熱効率が気になります。そこで、秤とアルコール温度計、ガスメーターを使って熱効率の測定を試みました。その結果が表 - 4 . です。使用したガスコンロは強火時 4,100 kcal/hr の家庭用コンロです。熱効率は調理器具の形状・材質・ガス流量によって変化し、ほぼ 27 ~ 41% (高位発熱量基準) と大きな振れ幅を持っていました。

図 - 2 . のように、簡単な調理でも 1 回 100 リッターのガス量を消費します。この 10% が改善されるとして、全国の世帯数を乗ると大きな省エネルギーに繋がる結果となります。調理器具の熱効率改善は、家庭の省エネルギーで考えるべきテーマになりそうです。

3 - 5 . 2 食分調理パスタの LC -CO₂ 比較

3 調理方法による調理パスタの LC -CO₂ 比較を図 - 3 . に示しました。

尚、手作り調理における、パスタ茹で湯を下水処理するときの LC -CO₂ についても、公開されているデータを組み合わせて推定しました。結果は全体の 1 ~ 2% 程度と小さく、論旨には影響がないと考え、本比較には含めておりません。

4 . まとめ

1) 調理パスタ LC -CO₂ 比較結果は図 - 3 のように、手作り調理 > 手作り調理 > 簡便調理の順となりました。調理法の差の要因は、主にトマト系食材の栽培および加工プロセスの差、そして調理用の都市ガス量です。

2) 調理に使う都市ガス使用量は、手作り > 手作り > 簡便調理の順となり、簡便調理は手作りの 23%、手作りの 28% の都市ガス量で調理が可能との結果を得ました。

3) 簡便調理商品は、粉末ソースの防湿機能を必要とするため、包装材料の LC -CO₂ が相対的に高くなります。簡便調理法全体の 20% ほどを占めております。

4) 家庭での調理器具の熱効率を測定した結果、調理器具の形状・材質・ガス流量によって変化し、熱効率の幅は 27 ~ 41% と大きな振れ幅を持ち、工場で使用するボイラの熱効率 75 ~ 85% (熱効率は共に高位発熱量基準) の 1/3 ~ 1/2 でした。

5 . 参考文献

- 1) 平成 12 年度 農林水産業に係る LCA 応用施策の検討調査委託事業報告 (社) 農林水産技術情報協会
- 2) 農林金融 2002 年 8 月号 P 42 ~ P 52
- 3) 缶詰製造学 谷川英一、等 恒星社厚生閣
- 4) 缶詰工場 野沢弘幸 日本缶詰協会
- 5) <http://www.apcitt.org/database/to7018html>
- 6) <http://www.morningstarco.com/industry/prodtech.html>

(以上)

追記

本稿は、第 1 回日本 LCA 学会において、同一タイトルで発表した内容を基に作成しました。但し、調理方法、粉末トマト製造工程の物質収支推定表は本稿では割愛しました。関心がありましたら、第 1 回日本 LCA 学会要旨集をご参照ください。

本稿で検討した簡便調理パスタは、残念ながら終売となりましたが、引き続き、加工食品の環境負荷から見た特性について、検討を進めたいと考えております。

表 - 4 . 調理器具の熱効率測定結果

火力表示	ガス流量 Liter / min	熱効率		
		打出し加工 アルミ深鍋	SUS製 円錐台型鍋	アルミ製 フライパン
強火	5.8 ~ 6.7	31 ~ 35%	27 ~ 28%	29 ~ 32%
強めの中火	5.0 ~ 5.8	31 ~ 35%		
弱い中火	3.0 ~ 4.0	34 ~ 40%		37 ~ 41%

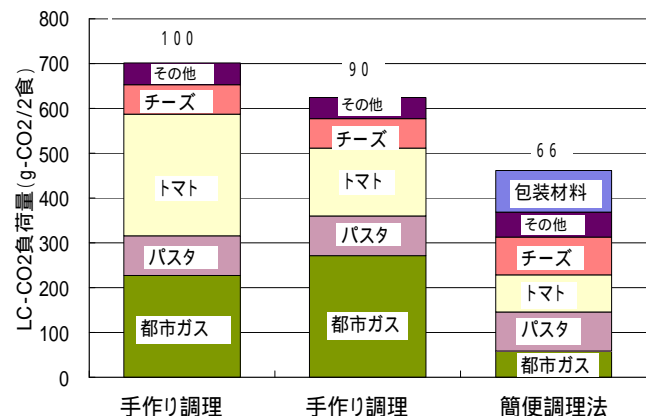


図 - 3 . 3 調理法の LC -CO₂ 比較 (2 食分)

第2回 LCA 日本フォーラム表彰：受賞者の発表

本年度、本 LCA 日本フォーラムが主催した第2回 LCA 日本フォーラム表彰が決定しました。昨年度より、我が国における LCA（ライフサイクルアセスメント）手法の研究開発・普及・発展に寄与した取り組みを顕彰する目的で発足させた LCA 日本フォーラム表彰は、今年度より新たに経済産業省の御支援により経済産業省産業技術環境局長賞を設ける事と致しました。

今年度、第2回表彰の公募期間は8月から9月末までとし、長年にわたる LCA の取り組みについて自薦及び他薦での多数の応募をいただきました。11月1日開催の LCA 日本フォーラム表彰選考委員会（委員長：石谷久慶応義塾大学教授）において厳正な審査の結果、LCA を製品開発の活動に組織的に組み込み LCA を実践しているキヤノン株式会社グローバル環境推進本部の取り組みを経済産業省産業技術環境局長賞、滋賀県工業技術総合センターの活動を会長賞とし、奨励賞4件、功労賞2名を選出いたしました。受賞者は以下の通りです。

- ・ 経済産業省産業技術環境局長賞
キヤノン株式会社グローバル環境推進本部
「キヤノンの全製品ジャンルと事業活動を対象とした LCA の実践と環境情報公開」
- ・ LCA 日本フォーラム会長賞
滋賀県工業技術総合センター
「滋賀県における LCA の普及活動」
- ・ LCA 日本フォーラム奨励賞
 - (1) LCA を活用した組織的な製品開発活動及び生産活動
三菱電機株式会社 先端技術総合研究所
「三菱電機グループにおける LCA 評価技術の構築と標準化」
富士電機リテイルシステムズ株式会社
「LCA を活用した自動販売機の製品開発」
 - (2) LCA の普及・啓発等に関わる組織的な社会活動
日経BP 環境経営フォーラム、
(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
「日経BP 環境経営フォーラム LCA 特別研究会」
 - (3) LCA に関連する研究活動
株式会社日立製作所 生産技術研究所 IMS プロジェクトEFSOT
「鉛フリーはんだのライフサイクル影響評価」
- ・ LCA 日本フォーラム功労賞
 - (1) LCA 日本フォーラムの発展への貢献
岩淵 勲（古河スカイ株式会社専務取締役）
細谷泰雄（東京電力株式会社顧問）

[LCA 日本フォーラム 表彰選考委員会]

委員長	石谷 久	慶應義塾大学大学院 教授
副委員長	庄子 幹雄	鹿島建設株式会社 常任顧問
副委員長	山本 良一	東京大学 教授
委員	足立 芳寛	東京大学大学院 教授
委員	内山 洋司	筑波大学大学院 教授
委員	椋田 哲史	日本経済団体連合会 環境・技術本部長
委員	岩丸 陽一	日本経済新聞社 文化・事業局 総務
委員	池田 秀文	経済産業省 産業技術環境局 環境調和産業推進室長
委員	指宿 堯嗣	(社)産業環境管理協会 常務理事

戸建住宅に係る地球温暖化影響

積水ハウス株式会社
総合住宅研究所 近田智也

1. はじめに

オイルショック以降、住宅では居住段階の省エネ対策が重要視され、住宅メーカーとしては断熱・気密による空調負荷削減が主な取り組み対象であった。特に、高断熱を謳い文句にした住宅が増え始めたのは10年くらい前のことであるが、その少し前ごろから、研究論文などで建築物のLCAをちらほらと見かけるようになった。居住段階のエネルギー消費のみならず、建設・廃棄段階を含めたライフサイクルの視点というものが非常に新鮮に感じられたことを記憶している。

計算結果はやはり居住段階の負荷が大きいのだが、住宅を供給する側としては、直接的に係わる建設段階が取り組むべき検討対象であることも間違いなかった。さらに、リサイクル建材の活用や廃棄物処理の適正化が注目され始めた頃でもあり、自社商品(住宅)についてのインベントリデータを把握しておく必要性が感じられた。このため、既に日本建築学会などから公開されていた産業連関表ベースの原単位をそのまま使うことはせず、一度積み上げ法により推計してみることにした。ここでは、推計作業の概要と共に、その結果得られた住宅に係る地球温暖化影響の全体像を紹介する。

2. 5000種におよぶ部材の調査

戸建住宅はプレハブ住宅といえども一棟生産であり、全く同じ建物を建てることはほとんどない。また、構成部材が非常に多く、それら複数の部材メーカーが製造したものを、工務店や住宅メーカーなどが現場で組み合わせるといふアセンブル製品である。とはいえ、一棟毎に全棟推計することは不可能に近いので、まずは「平均的な建物の答え」と「条件の違いによる幅」を抑えておきたかった。そこで、ここでは、構法、規模、形状、仕様の異なる複数の建物について調査を行なった。

当社の住宅は1棟あたり約1000種類の部材で構成されている。このときは3構法10棟を対象としたため、延べ約5000種類もの部材について調査が必要であった。しかも、その8割は複数の部品から構成されている複合材である。調査対象は、「部材を構成する部品の種類」「部品

ごとの重量」「製造エネルギー」「輸送エネルギー」などであり、相当大変な調査であることが容易に想像された。しかも、最も大変な作業は当社に部材を納品して頂いている部材メーカー(このときは132社)にお願いせざるを得ないこともあり、随分と気の引ける調査であった。もちろん、ご担当の方の労力を少しでも減らすため、日常的に集計されるデータを加工するだけで必要な情報を得られるようにするなど、できるだけ作業を簡略化することを心がけた。また、パソコンで稼働する専用のデータ入力ツールを作成し、データの記入漏れなどのケアレスミスは極力排除した。こうして集められた情報に当社工場での加工エネルギー等を加え、5000種におよぶ部材に関するオリジナルデータベースを構築した。これでも当社が扱う部材のほんの一部であるが、多少は部材製造に係る負荷の様子が見えるようになった。

3. 住宅内における生活全般を含めた推計

住宅のライフサイクルにおいて最もCO2排出量が多いとされる居住段階については、これまでに推計されていた電力・ガス・灯油等のエネルギー消費に加え、住宅内で営まれる様々な生活行為全般を対象とした推計を行なった。総務省の発行している家計調査年報には、一般家庭における約550項目にあたる年間消費支出がまとめられている。この中から、住宅内の生活に関連する344項目を抽出し、金額ベースのCO2排出原単位を乗じることにより排出量を推計した。具体的な項目としては、上水・下水、食料・飲料、新聞・書籍、家具・被服等耐久財、家電製品、消耗品、住宅の維持・修繕、各種修理等サービスまでを含む。さらに、直接的には家計支出ではないため家計調査年報には含まれないが、地球温暖化に対する影響が懸念されていたエアコン、冷蔵庫のHCFC等の代替フロンと家庭内ごみを対象として加えた。

4. 温暖化影響の全体構造

以上で得られた結果に、施工段階、解体現場から中間処理場までのエネルギー消費に関する実態調査等に基づくCO2排出量を加え、ライフサイクルCO2の全体構造を求めた結果が図1である。若干推計方法が異なるが、在来工法による木造とRC造の結果を併せて示してある。これによると、建物ハードに係わる排出割合は、大きい方から「部材製造」「解体・処理」「維持・修繕」「施工」

の順となった。ただし、居住段階を含めた全体に対しては、これら建物ハードに係る排出割合は最大のRC造でも25%程度、他の構法では20%以下と小さく、「居住」段階の電気・ガス・灯油等のエネルギー消費、そして、それ以上に他の生活行為に係る排出量が非常に大きな割合を占めることが分かった。

エネルギー消費以外の生活行為に係るCO₂は、居住者や住宅供給者が直接的に削減することが困難である。しかし、このような結果を住まい手に提示することにより、各自が個々の生活行為の環境への影響を自覚することができ、その結果が生活の効果的な見直しに繋がると考えられる。もちろん、住宅供給側も居住者任せにせず、積

極的に支援すべきところと考えている。

最後に、この推計はところどころ粗っぽく行っており、必ずしも厳密な手法に則ったものではない。しかし、全体像を把握するには十分であり、このレベルでも一度やっておくと様々な取り組みを検討する上で随分と参考になることが多いと感じている。

参考文献

- (1)近田智也、井上隆:住宅に係る地球温暖化影響の全体像,日本建築学会総合論文誌 第1号,pp.55~61,2003.2
- (2)日本建築学会:温暖化防止型ライフスタイル推進のための行動計画,2005.7

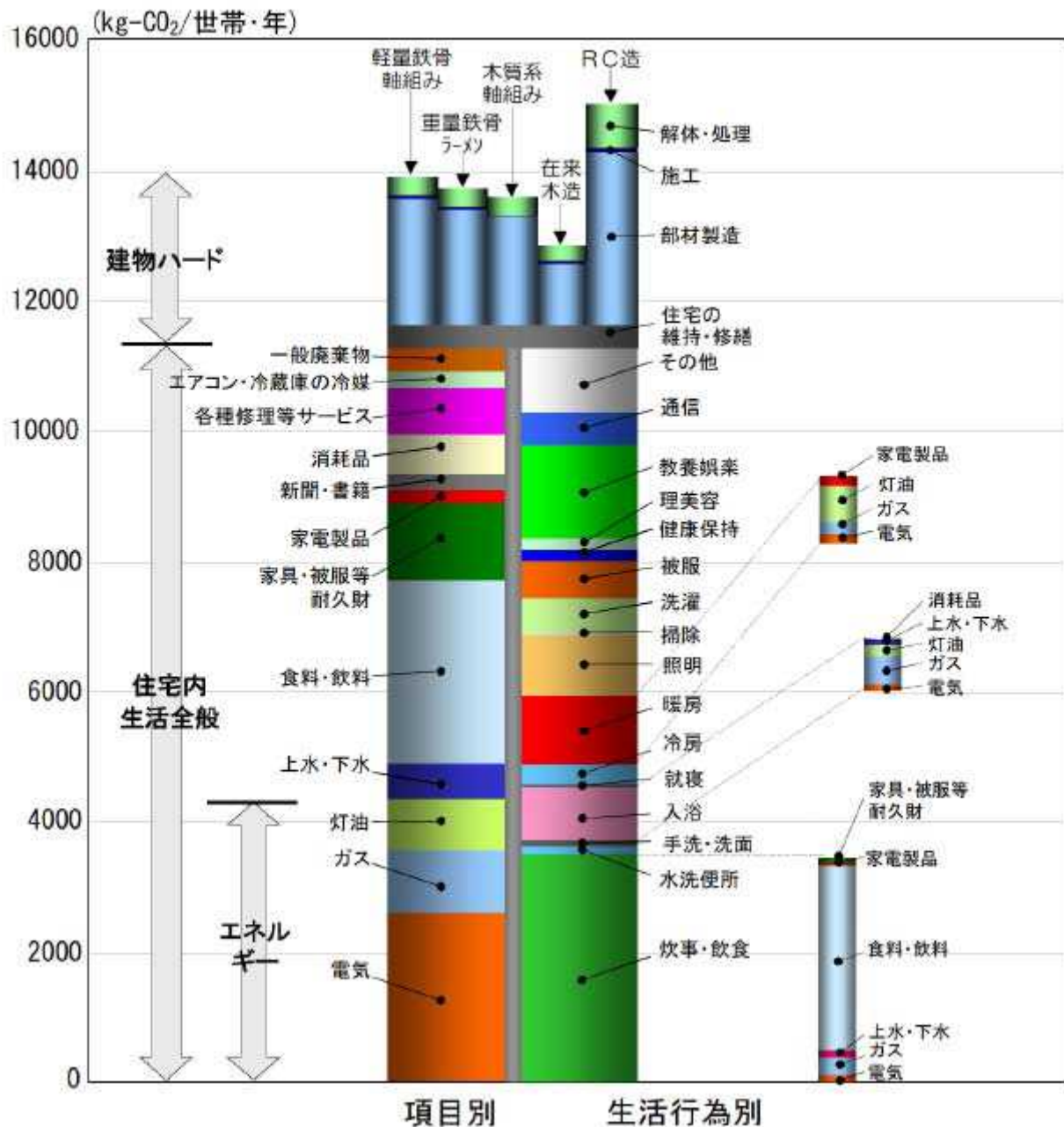


図1 戸建住宅のLCCO₂の全体構造

事例

木製品のLCAを通して見えてくるもの

NPO ドングリの会
岩松 英樹

1 はじめに

NPO ドングリの会は毎年1万本近い広葉樹の植樹育林活動に取り組んでおり、会の活動に参加される方も、環境問題に関心がある方のみならず、「豊かな森が豊かな海をつくる」との考えから、漁業関係者や川の下流域の方々、そして今年からは、「使うだけでは申し訳ないから木に感謝するためにも"バットの森"をつくろう」ということでスポーツ用品メーカーや野球関係者にも森づくりの輪が広がっております。

さて、今回「木製品のLCA」を実施することで、少し違った角度から、「木を植えるということはどういうことか」や「地球温暖化防止に果たす木の役割」「木を中心とした人・モノ・金の流れ」などについて具体的に見て行きたいと思えます。

2. 木製品のLCA

樹木は、大気中のCO₂を吸収し、セルロースやリグニンといった高分子炭素化合物に変化させることで、自らを成長させます。この「木材は、大気中のCO₂が固定化されたものである」という点が、木材の最大の特徴であるといえます。従って「木製品のLCA」の範囲としては、木が成長する過程でのCO₂の吸収から廃棄されるまでとしました。(図1)

また、今回LCAを試みた「木製品」とは、国産無垢材のみを使用した漆塗りのテーブルであり、金属などの副資材やウレタン塗料なども一切使用されていないものです。従って環境負荷物質としては、CO₂のみを対象としました。さて、これらの前提で「木製品のLCA」を考えると、まず言える事は

$$\text{CO}_2\text{の吸収} = \text{CO}_2\text{の放出}$$

ということです。つまり、「木製品」が廃棄(燃焼)されたCO₂が大気中に放出されても、木が成長の過程で吸収したCO₂を放出しただけなので環境に対する負荷は±0といえます。

次に、木が伐採されてから製造・使用過程で放出されるCO₂の量を算出したものが表1です(テーブル1卓当りに換算)。

伐採～使用までのCO₂の消費量(CO₂の放出)

$$= 32 \text{ kg/1卓}$$

という結果が得られました。

一方で、木材の分子構造から算出すると木材の重量の約50%が炭素である ことから、重さ45kgのテーブル卓に固定されているCO₂の量は次の様に求められます。

$$(\text{テーブルの重量} 45\text{kg} \times 50\%)$$

$$\times (\text{CO}_2\text{の分子量} 44 \div \text{炭素の原子量} 12) = 82.5 \text{ kg}$$

以上のことから

製造・使用工程で放出されるCO₂量(32kg)

<製品に固定されているCO₂量(82.5kg)

ということが解りました。つまり、国産の無垢材を使用して造られたテーブルは、テーブルを造ることにより放出されるCO₂の量よりも、テーブル中に固定されているCO₂の量の方が多いということです。木材というものがCO₂の固定化されたものであり、尚且つ、生産工程で消耗するエネルギー量が少ない(金属やガラスなどのように高温にする必要がない)ために、このような関係式が成立するのです。そして、この関係式が意味することは、地球温暖化防止のことを考えるのなら「暮らしの中にもっと木を取り入れなさい」ということだと思えます。木造住宅をはじめ、内装や家具・小物などに木材を多く使い、長く大切に使い続けることが重要だということを示しています。

更にもう少し詳しく調べてみますと、この関係式が成立するのは「国産の無垢材」であることが必要です。例えば無垢材でなく合板を使うと、材料の段階で無垢材の4倍のCO₂を発生させるため、上記の関係式の成立は難しくなり、外国産の木材を使用すると輸送時に発生するCO₂量が桁違いに増大するので関係式は成り立たなくなるといこともLCAを利用することで解ります。同じ木材でも、外国産よりも国産、合板よりも無垢材が良いのです。

表1 CO₂排出量

要素	CO ₂ 発生源	CO ₂ 排出原単位	テーブル1卓当りのCO ₂ (kg)
伐採～運搬	トラック(軽油)	88.8kg/t	5
製材	製材機(電力)	18.8kg/m ³	2
乾燥	乾燥機(重油)	8.7kg/m ³	11
加工組立	木工機械(電力)	10.9kg/卓	11
塗装(漆塗り)	人力	-	0
納品	トラック(軽油)	25.6kg/t	3
使用	-	-	0
合計			32

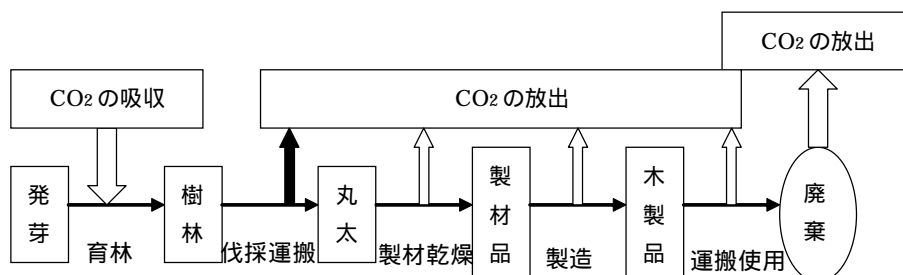


図1 木のライフサイクル

3. 理想的な循環型生産システムの成立

この木製品のCO2の排出量と時間の関係を一般の工業製品と比較しモデル化すると図2()~()のようになります。一般の工業製品の場合、製造から廃棄までCO2は常に排出され続けます(図2())。一方、木製品の場合、伐採されるまでの間に光合成によってCO2が吸収され、製品に加工してもマイナスが保持されます。更に長く使用すればするほどマイナスの状態が保持されます(図2())。焼却した際に加工分のCO2が再び要因になりますが、伐採と同時に「植樹」したとすると図2()のようになり、永続してCO2の収支はマイナス - つまり、地球環境に負荷をかけずに良質の製品を生産し使用するサイクル(理想的な循環型生産体制)が成立することになります。

ここでのポイントは、「木は使うだけではなく、植えることが重要」ということです。前述のように、木材は地球環境にあまり負荷をかけずに製品化することができます。しかし更に木の特性を最大限に生かそうとするなら、「使ったからにはそれを補うために植える」という、このあたり前のことができる、数少ない素材(再生可能資源)であるという認識が重要でしょう。

4. 「木づかい運動」と「木の循環プロジェクト」

京都議定書では、日本は2020年までに温室効果ガス(CO2)を6%(1990年比)削減すると世界に約束しており、そのうち約2/3に当たる3.9%は森林による吸収に頼ることになっています。林野庁は2005年度から「木づかい運動」と称して、人々の生活の中で国産材を沢山使ってもらうことで、森林保全にも資金が回り、CO2削減を促進する取り組みを強化しています。今回の「木製品のLCA」でわかったことは、「木づかい運動」が単なる資金面の回転を促すだけではなく、CO2の発生を抑え吸収を促進する非常に有効な手段であることを示しております。

最後に、民間レベルで実際に行っているユニークな取り組みをご紹介します。スポーツ用品のミズノ(株)と木工メーカーのオークヴィレッジ(株)、そしてNPO ドングリ

の会による、「木の循環プロジェクト」というものです。ミズノ(株)では、木製のバットを製造する過程で木材に節やワレがあるためにバットに加工できない材料が年間1万5千本程発生します。廃棄(焼却)処分されていたこれらの木材を利用して、オークヴィレッジ(株)でキーホルダーや携帯ストラップなどの木製小物を製作し、スポーツ用品店や様々な小売店にて販売しております。そして、その売上金の一部をNPO ドングリの会へ寄付し、ドングリの会での育林活動の資金に充てられております。11月初めに行われたドングリの会主催の「バットの森植樹祭」には、ミズノ(株)の関係者、元プロ野球選手、少年野球チーム、オークヴィレッジ関係者などが参加し、将来バットの材料になるアオダモやホオの苗を植えました。このプロジェクトの意義は、次の3点にあります。

経済的效果・・・ミズノ(株)では歩留が向上、オークヴィレッジでは新商品開発と販路拡大、ドングリの会では活動資金の獲得。

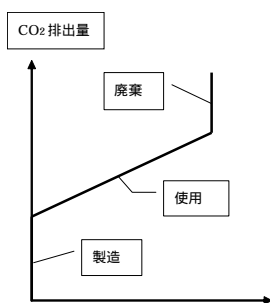
環境的效果・・・不良材の延命・長寿命化、植樹による新たな森づくり。「木の循環グッズ」を購入することで、地球温暖化防止に少しでも貢献できるという一般消費者の意識向上。

社会的効果・・・バットの製作者(ミズノ(株))や使用者(野球関係者)が森に入り植樹をし、オークヴィレッジやドングリの会スタッフが甲子園や西武ドームへ赴き、木の循環グッズの販売をさせて頂いた。

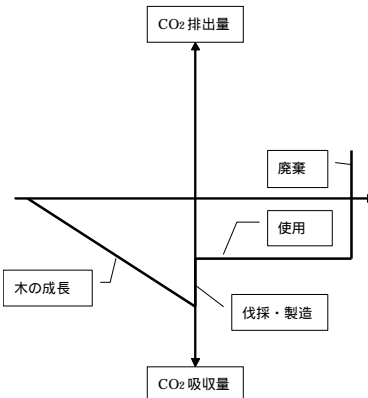
少し話が広がりすぎましたが、「木製品のLCA」を通して見えてきたことは、個人レベルで地球温暖化防止に少しでも貢献するには、国産材で造られた木製品を生活の中で沢山使うこと、植樹や除間伐など森林保全の活動を直接的・間接的に支援すること、が有効であり、それを実現するための具体的なシステムとして「木の循環プロジェクト」を紹介致しました。

- 1)「循環型社会と木材」有馬孝禮
- 2)森林総合研究所「木材情報」2002年8月号

() 一般の工業製品



() 木製品



() 伐採後植樹をした場合

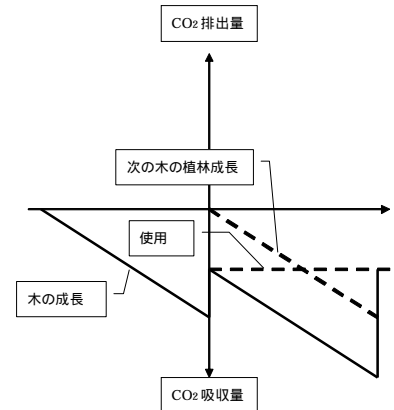


図2 木製品と他の工業製品とのCO2排出の比較モデル

マトリックス法を用いた ライフサイクルアセスメント (第一報：マトリックス法の基礎原理)

東京大学大学院工学系研究科
機械工学専攻
酒井信介
(sakai@fml.t.u-tokyo.ac.jp)
盧 偉哲
(lu.weizhe@fml.t.u-tokyo.ac.jp)

1. 緒言

ライフサイクルアセスメント(LCA)におけるインベントリ分析は、計算手続きは極めて簡単であり、特殊な条件が加わらない場合には、電卓程度の計算でも事足りる。機械製品を評価する場合には、適当な区切りを行ってプロセス化し、各プロセスの満足すべき量を算出する。一般には、プロセス数が多くなるため、計算機による支援が必要となる。このために、商業の計算ソフトウェアが販売されている。最も単純な考え方は、最終製品の要求量に対して上流側に遡って必要量を評価していき、それに対応する環境負荷量もあわせて積算することである。フローの流れが上流から下流へと一方向であるときには、このような逐次的な単純な評価で問題なく計算できるが、もしシステムの中に、下流から上流に戻るような再帰的なループが存在するような場合には、手続きが複雑になる。特に複数のループが含まれる時には、逐次処理のシステムでは対応が困難である。このような問題を解決するための有力な手法としてマトリックス法がある。この方法では、ループの存在の有無や、ループの数にかかわらず処理方法は一貫しており、純粋に材料バランスを満たす解を逆マトリックスから算出する。この方法では、EXCELなどのワークシート上での処理が容易に実現できるとともに、重要なこととして今後必要性が高まることが考えられる不確実性分析に結びつけることが容易であるという利点がある。このように多くの利点があるにもかかわらず、残念ながらマトリックス法はLCA手法としては十分に普及しているとはいえない。その理由として考えられることとして、処理手続きが煩雑でひとたび問題を生ずると、マトリックス法の原理を熟知している人以外は、それ以上先に進めないというような事情があったものと推察される。また、配分問題についても、正しく原理を理解しないと誤った解析をしてしまうおそれがある。つまり、誰

もが容易に利用できる方法とは認知されていないことが問題であった。近年、著者らはこれらのあいまいさを排除するための手順を明確化し、EXCEL上にソフト化した上で、フリーソフトとして配布している。本報においては、マトリックス法を適用するにあたって著者らの開発した手順を紹介する。

2. 基礎原理

早くからLCAにマトリックス法を適用することを提案したのはHeijungs¹⁾であった。マトリックス法の基本は、製品システムにおける材料バランスを考慮して連立方程式を組み立て、そのバランス式を解くことにより、製品システムの機能を達成するための各プロセスの需要量を算出することである。また、求めた各プロセスの絶対量(以後、プロセス量)を用いて、最終的に各プロセスから積算される環境負荷の総量を計算する。例えば、以下のような製品システムの場合、

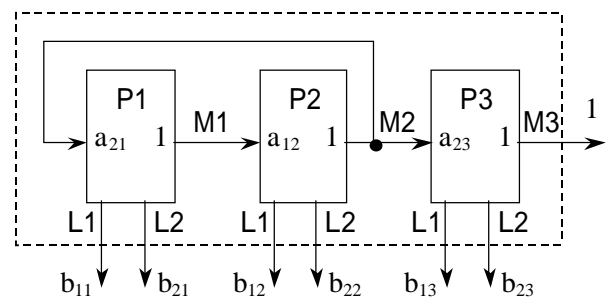


Fig. 1 An example for LCA product system

P1、P2、P3は各材料フローM1、M2、M3をもつ生産プロセスであり、L1とL2は環境負荷である。点線は製品システムの境界を表す。M3について量1の生産することをシステムの機能単位として設定する場合、M1、M2、M3が境界外に出力する量は0、0、1である。すると、この三つの材料のバランス式は以下のようなになる。

$$\begin{aligned} 1 \times p_1 - a_{12} \times p_2 + 0 \times p_3 &= 0 \\ -a_{21} \times p_1 + 1 \times p_2 - a_{23} \times p_3 &= 0 \\ 0 \times p_1 + 0 \times p_2 + 1 \times p_3 &= 1 \end{aligned}$$

p_1 、 p_2 、 p_3 は各プロセスのプロセス量である。これらのバランス式をマトリックス式で書くと、

$$\begin{pmatrix} 1 & -a_{12} & 0 \\ -a_{21} & 1 & -a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

となる。一般的には、材料バランス式を以下のように書く。

$$Ap = \alpha \quad (1)$$

ここでAは係数マトリックスであり、pはプロセスベクトルである。また、 α は境界条件ベクトルである。すると、pはAの逆マトリックスを用いて次のように求められる。

$$p = A^{-1}\alpha \quad (2)$$

環境負荷の総量は各プロセスの環境負荷にプロセス絶対値を掛けて足し算する。

$$l_1 = b_{11} \times p_1 + b_{12} \times p_2 + b_{13} \times p_3$$

$$l_2 = b_{21} \times p_1 + b_{22} \times p_2 + b_{23} \times p_3$$

↓

$$\begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \end{pmatrix}$$

一般的には、

$$\beta = Bp \quad (3)$$

と表現する。ここでBは環境負荷マトリックスであり、 β は最終環境負荷ベクトルである。式(2)を(3)に代入すると、

$$\beta = BA^{-1}\alpha \quad (4)$$

のようになる。

3. 問題点

一般にはLCAを行うにあたっては、評価対象の製品システム内のプロセス数は相当数にのぼり、必要となるデータの数も膨大になる。したがって、マトリックス法を実施するための係数マトリックスの構築をLCA実行者の判断によって行う場合には、多くの労力と時間を要する。特に、解を得るためには係数マトリックスが正方であることが求められるが、このことを確実に実現することは、マニュアルによる逐次処理では極めて困難である。マトリックス法の実用化のためには、この手続きの簡易化は必須であり、計算機処理による一般的な手法の開発が重要である。LCI分析におけるマトリックス法の一般化については、代表的なものとして以下の二つの手法が挙げられる。

第一に、Heijungsが提案したLCI分析のためのマトリックスモデルの定式化である²⁾。この方法では、マトリックスの構築の前処理として、すべてのフローを経済的なフローと環境負荷フローに分類し、次にすべての経済的なフローを商品(goods)と廃棄物(waste)に分類する。さらに、多機能プロセスについては、配分作業を行うことを求める。その後、機械的にマトリッ

クスを構築した後に、自動カットオフ基準によって不要なフローを削除して正方化する。その際に以下の自動カットオフ基準を設定している：ある商品が係数マトリックスにおいて係数が非正であるもの全てについて、その商品をカットオフし；またある廃棄物について係数マトリックス内の係数が非負であるもの全てについて、その廃棄物をカットオフする。この場合、経済的なフローの分類に際し、解析者の判断に依存する割合が比較的大きくなっている。また、ISOシリーズ³⁾においては、多機能プロセスにおける副産物などが製品システム内でクローズド・ループになっている場合に、配分の必要がなくなることが指摘されているが、この処理も含める場合、上記の手法によるLCI分析は複雑になることが予想される。

他の方法は、著者らが提案したマトリックス法の実用アプローチである⁴⁾。この方法では、製品システムの機能を実現するために、各プロセスに求められる量をプロセス量と呼び、プロセス量の決定に着目して正方化の手順を定式化する。つまり、各プロセスのプロセス量を規定する入/出力フローをそのプロセスの機能フローとして定義する。機能フローは、各プロセスの機能の実現において最も重要な唯一のフローである。機能フローの数とプロセス数が一致するために自動的に、係数マトリックスの列と行の数が等しくなり正方化が保障される。また、すべてのマテリアルに対するマテリアルバランス式ではなく、機能フローのみのバランス式を解くことで済む。前処理として求められることは各プロセスにおける機能フローの特定であって、これにより係数マトリックスAの構築が容易なり、機械的な処理が実現できる。機能フローの判別は解析者に委ねられるが、製品システム内におけるプロセスの位置づけを明確化することにより、そのプロセス内の機能フローは容易に判別できる。例えば、電力生産プロセスが製品システム内に存在するとき、その目的は電力を提供することは明らかであり、出力電力が機能フローとなる。一方、ごみ処分プロセスのように入力するごみが機能フローになる場合もある。また、主生産物の他に副生産物が存在して機能が見かけ上複数存在するような場合でも、そのプロセスの主要な目的は一般的には一つに絞ることができる。つまり、その主製品が機能フローである。

また、境界条件ベクトル α は機能フローの境界条件から決められる。 α の各要素は、製品システムの機能単位として決められたフローだけに値を規定し、それ以外は全部ゼロとすればよい。対象とする環境負荷項目から環境負荷マトリックスBを決め、累積した環境負荷 β は従来と同様に式(3)、(4)から計算する。

さらに、マトリックスAとBに組み込まれないフローはプロセス量の決定に影響を与えないため、過剰フローと命名し、それらから構成されるマトリックスを過剰フローマトリックスと呼ぶ。すると、過剰フローの累積値は以下の式によって算出できる。

$$\gamma = \mathbf{Cp} = \mathbf{CA}^{-1}\mathbf{a} \quad (5)$$

に付随して発生する環境負荷については文献4)を参照されたい。

以上のように、機能フローの概念を導入することによって、マトリックス正方化の手順が容易になるとともに、カットオフ基準のようなことも考慮しなくともよくなる。従って、次章に示すようなシステム化を容易に実現できる。

4 . エクセル上でのシステム構築例

実際のLCAの実施にあたっては一般には入力データ数が膨大になるため、ワークシート上での処理ができることが理想である。さらに、汎用のデータベースソフトであれば、外部データからの移植も容易であり、なおかつデータの管理と処理、および各種基本的統計処理関数が付属している点で、LCA分析に有利であると考えられる。ここでは、代表的なデータベース管理ソフトとして広く普及しているExcelを取り上げ、このワークシート処理の上にマトリクス法LCA機能を実現したEMLCA(Excel Management LCA)について紹介する。メニューから機能一覧を表示した例を図2に示す。各プロセスデータをワークシート上に入力する際に、各プロセスの機能フローと環境負荷フローを判別して表記し、最後に製品システムの機能単位を決定することを前処理として行う。以後、各マトリクスや境界条件ベクトルは自動的に構成され、逆マトリクスがExcelの標準関数によって求められる。そして、プロセス量を成分とするプロセスベクトル、最終過剰フローベクトルおよび最終環境負荷ベクトルも同シート上で計算される。すべてのマトリクスとベクトルはワークシート上に表示されているため、正方マトリクスA及びその他のマトリクスの確認とチェックが容易である(図3)。また、日本LCAプロジェクトのデータベース⁵⁾のデータを取り込む時、マニュアルで一つずつ入力する必要はなく、自動取り込み機能を持つ。EMLCAは以下のサイトからダウンロードでき、無料で提供されている。

<http://www.fml.t.u-tokyo.ac.jp/research/index.html>

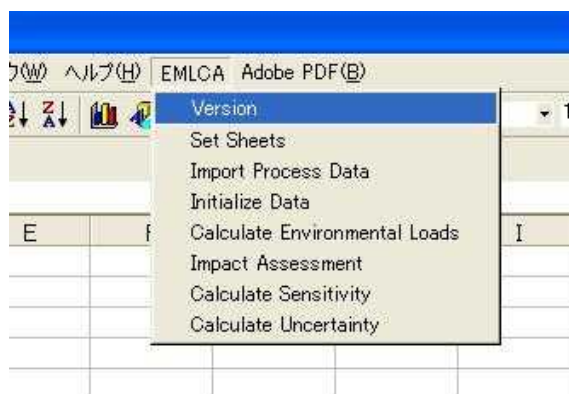


Fig. 2 Excel worksheet with installed EMLCA

	A	B	C	D	E
1	Coefficient Matrix				
2					
3			PlateRolling	Can Production	Total Sum
4	M	can material	1	-19.558	0
5	B	can	0	1	1
6					
7	Surplus flow matrix				
8	S	ground metal	-0.864	0	
9	S	scrap	-0.191	3.737	
10					
11	Load matrix				
12	L	CO2	0.46	9.81	
13					
14	Inverse Matrix				
15			1	19.558	Process Value
16			0	1	19.558
17					1
18					Absolute value
19	Surplus flow value				
20		ground metal	-16.898112	0	-16.8981
21		scrap	-3.735578	3.737	0.001422
22					
23	Load value				
24		CO2	8.99668	9.81	18.80668
25					

Fig. 3 Worksheet for LCI analysis by EMLCA

5. 簡単な例題

簡単な例題としてアルミ缶に対する解析を取り上げ、提案したマトリックス法の実用アプローチと開発した汎用LCAシステムEMLCAの有効性を示す。製品システムのフロー図を図4に示す。

この製品システムは三つのプロセスから構成され、機能単位は一つのアルミ缶の使用として設定する。スクラップについては、完全に製品システム内でリサイクルされているか否かは分析前には不明であるため、点線で示している。'can material'、'can'、'used can'がそれぞれ三つのプロセスの機能フローとして特定できる。すると、係数マトリックスAはこの三つのマテリアルから構築される。

$$A = \begin{matrix} & \text{can material} & \text{can} & \text{used can} \\ \text{can material} & 1 & -20 & 0 \\ \text{can} & 0 & 1 & -1 \\ \text{used can} & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

境界条件ベクトル α は 'used can' だけに値を与えるため、以下ようになる。

$$\alpha = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

環境負荷としては、'CO2' と 'solid waste' を取り上げ、環境負荷マトリックスBを構成する。

$$B = \begin{matrix} & \text{solid waste} & \text{CO2} \\ \text{solid waste} & 0.05 & 0 & 0 \\ \text{CO2} & 0.5 & 10 & 25 \end{matrix}$$

それ以外のフローは過剰フローであると判断できるので過剰フローマトリックスCを以下のように構成する。

$$C = \begin{matrix} & \text{ground metal} & \text{scrap} \\ \text{ground metal} & -0.85 & 0 & 0 \\ \text{scrap} & -0.2 & 4 & 0 \end{matrix}$$

計算した結果、マトリックスAの逆マトリックスは

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 20 & 20 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

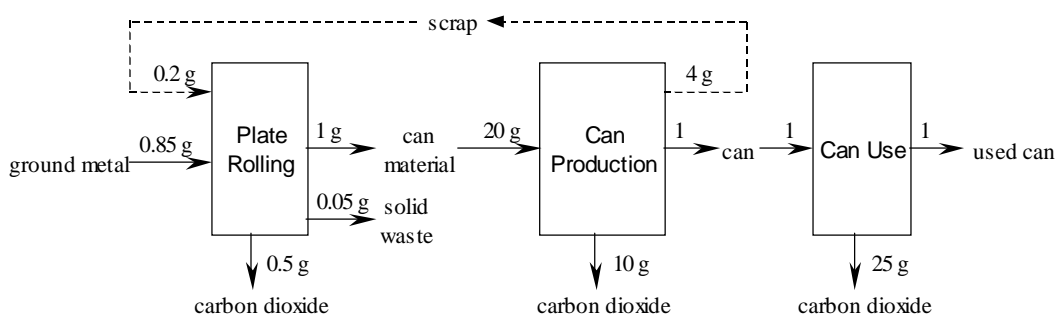


Fig.4 Flow chart for aluminum can's life cycle

となる。最終環境負荷ベクトルは

$$\beta = \begin{pmatrix} 1 \\ 45 \end{pmatrix}$$

であり、最終過剰フローベクトルは

$$\gamma = \begin{pmatrix} -17 \\ 0 \end{pmatrix}$$

と求まった。内のscrapの量がゼロとなったことから、scrapはシステム内で完全にリサイクルされ、それに関する配分は不要であることがわかる。

6. 結言

マトリックス法を用いたLCAは、処理手続きが複雑で一般の人には馴染みにくいと、とらえられがちであったが、本報で示した手順によってかなり簡素化し、理解も容易になることが期待される。フリーソフトとして配布しているため、本ソフトを試行していただき、広くマトリックス法が普及することを期待している。次報においては、本手法を拡張して不確実性分析に適用する手順を述べる。なお、本手法は、未踏科学技術協会内設置されていたMLCA分科会の活動を通じて開発されたものであり、分科会メンバには感謝いたします。

参考文献

- [1]. R. Heijungs, Ecological Economics, 10(1), (1994), pp.69-81;
- [2]. R. Heijungs and S. Suh, The Computational Structure of Life Cycle Assessment, Published by Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, (2002);
- [3]. ISO 14041, International Standardization Organization, (1998);
- [4]. 盧 偉哲, 酒井 信介, 泉 聡志, 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, (2005), pp.268-269;
- [5]. <http://www.jemai.or.jp/lcaforum/>;

LCA インフォメーション

第22回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス	2006.1.26 ~ 27	虎ノ門パストラル(東京)	エネルギー・資源学会 http://www.jser.gr.jp/
Industrial Ecology in Germany Symposium 2006	2006.2.16 ~ 17	University of Kaiserslautern, Germany	University of Kaiserslautern/University of Bremen http://ie2006.de/home/home.php
LCA日本フォーラムセミナー(詳細未定)	2005.3月	未定	LCA日本フォーラム http://www.jemai.or.jp/lcaforum/
化学工学会第71年会	2006.3.28 ~ 30	東京工業大学	化学工学会 http://www.scej.org/
SETAC Europe 16th Annual Meeting Controversies and Solutions in Environmental Sciences	2006.5.7 ~ 11	Hague, Netherlands	SETAC http://www.setaceumeeeting.org/the Hague/
International Symposium on Electronics and the Environment	2006.5.8-11	San Francisco, USA	IEEE http://www.regconnect.com/content/isee/
第25回エネルギー・資源学会研究発表会	2006.6.8 ~ 9	大阪国際交流センター	エネルギー・資源学会 http://www.jser.gr.jp/
2nd International Conference on Quantified Eco-Efficiency Analysis for Sustainability	2006.6.28 ~ 30	Egmond aan Zee, Netherlands	荏原製作所/CML, Leiden University http://www.eco-efficiency-conf.org/
第3回環境経済学会世界大会	2006.7.3 ~ 7	京都国際会館	環境経済・政策学会/AERE/EAERE/ALEAR http://www.worldcongress3.org/
再生可能エネルギー2006国際会議	2006.10.9 ~ 13	幕張メッセ	再生可能エネルギー2006国際会議組織委員会 http://www.re2006.org/

【イベント】船舶のLCAと環境情報に関する研究集会

日時：平成 18 年 1 月 11 日(水) 13:00 ~ 16:45
 場所：主婦会館エフプラザ B2 クラリテ(東京千代田区)
 参加者：80 名(先着順)
 参加費：無料
 主催：(独)海上技術安全研究所
 環境・エネルギー領域環境影響評価研究グループ
 <プログラム>

講演：「日本/世界における LCA の取り組みの現状と海事産業への期待」
 東京大学 教授 稲葉 敦
 「船舶への LCA の適用とケーススタディ」
 海上技術安全研究所 亀山道弘
 「船舶の運航実績に基づく LCA のための海上輸送データ」
 海上技術安全研究所 平岡克英
 「船舶用 LCA ソフトウェアの機能とデモンストラーション」
 「化学物質の規制の動向と欧州での取組み」
 海上技術安全研究所 柴田 清
 「船舶の有害化学物質に関するトレーサビリティの開発への取組み」
 海上技術安全研究所 成瀬 健
 「環境パフォーマンス」と船舶の環境情報」
 海上技術安全研究所 亀山道弘

総合討論：「次世代の船舶環境情報のあり方

申し込み&問い合わせ

E-mail: funada@nmri.go.jp

編集後記

調子の悪いパソコンを退役させました。もったいないので別のパソコンにメモリーを移植し、夢の RAM1 ギガバイトを達成！重い作業にもサクサクと動くパソコンに感動していると、突然画面が真っ青に。あ、調子が悪かったのはあなたのせいだったのね・・・。(K.N)

【イベント】第7回エコバランス国際会議

～私たちの将来社会をシステム思考で設計する～
 開催日：2006 年 11 月 14 日 ~ 11 月 16 日
 場所：つくば国際会議場「エポカルつくば」
 スケジュール(予定):

4 月 20 日：発表申込締切
 5 月 30 日：発表受理通知
 8 月 20 日：論文原稿締切
 8 月 31 日：早期登録締切

言語：原則として英語を会議の公式言語とします。ただし、口頭発表の一部は日英同時通訳を行います。

主催：日本 LCA 学会

(社)未踏科学技術協会/エコマテリアルフォーラム
 (独)農業環境技術研究所(予定)
 (社)産業環境管理協会/LCA 日本フォーラム
 (財)建築環境・省エネルギー機構
 (社)環境情報科学センター
 事務局：未踏科学技術協会

E-mail: iceb7@sntt.or.jp

<http://www.sntt.or.jp/ecobalance7/>

<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/index.cfm>

(バックナンバーが上記URLからダウンロードできます)