

## ■ 研究論文 ■

## 飲料容器のライフサイクル消費エネルギーとリサイクル効果

A Life-Cycle Analysis of Beverage Containers as Concerns Energy Consumption  
and Saving due to Their Recycles

乙間 末広\*・森 保文\*\*・中條 寛\*\*\*・萩原 一仁\*\*\*\*

Suehiro Otoma Yasfumi Mori Hiroshi Nakajo Kazuhito Hagiwara

(1994年2月14日 原稿受理)

## Abstract

The growing interest in life-cycle analysis (LCA) reflects both the pressures for higher levels of environmental quality and for continuous improvement of product quality. Four types of beverage containers, that is, steel can, aluminum can, glass bottle and PET bottle, were investigated and energy consumption was estimated in each stage along their life cycles. Evaluation and comparison were made as regards effects of increasing rates of their recycles on the total energy consumptions during their life cycles.

The result suggested some effective measures to improve those containers, A recycled use is the most effective way to save energy for aluminum and steel cans whose manufacturing process of materials is the most energy consuming. In case of a PET bottle, a thinner bottle should be developed, since its material recycle is not practical so far and much oil is utilized as a material resources of naphtha. It is worth while altering or improving the present transportation of glass bottles in corrugated-paper box.

## 1. はじめに

二酸化炭素による地球温暖化を初めとするいわゆる地球環境問題は、利便性を追求し、大量生産、大量消費、大量廃棄を志向する市民の生活様式とそれを支える企業活動が主な要因である。従って、求められる対策は、環境への負荷の少ない生活様式への転換とそれに呼応する新たな商品開発や社会経済システムの構築であると言えよう。先ごろの国会で審議された環境基本法においても、「日常生活に伴う環境への負荷の低減（第9条）」を国民の責務とし、「環境への負荷の低減に資する製品等の利用の促進（第24条）」を国の施策として掲げている。

ライフサイクルアセスメント（LCA）とは、商品、システム、行動などに関する環境負荷を「ゆりかごから墓場まで」にわたって同定し、定量化することによって、その商品、システム、行動などを評価すること

である。これにより、環境にやさしい商品、システム、行動などの開発や選択のための指針を得ることができると。例えば、事業者が自らの製品について、生産から最終廃棄に至るどの段階で環境負荷が大きいかを知ることによって、効果的な改善策を講じることができる。LCAの意義と重要性が指摘され<sup>1)</sup>、商品に対するLCA概念の適用は20数年前から企業内部で試みられているが<sup>2)</sup>、その手法はまだ確立されていないのが現状である<sup>3)</sup>。

本論文では、近年増加傾向にある一回使用の飲料容器4種類を対象に、その生産とリサイクルに関する調査を行い、二酸化炭素排出量推定の基礎となるエネルギー消費（一次エネルギーベース）に関するデータを容器のライフサイクルに沿って収集、解析し、まとめた結果を報告する。また、それぞれの容器のリサイクル率を向上させた場合のエネルギー節約効果についても検討を加える。

\* 国立環境研究所 社会環境システム部資源管理研究室長

\*\* " " 資源管理研究室主任研究員

〒305 茨城県つくば市小野川16-2

\*\*\* (株)三菱総合研究所 地球環境研究センター資源環境研究部  
資源システム室長

\*\*\*\* " " 資源システム室

〒100 東京都千代田区大手町2-3-6 タイムライフビル

ここでの結果は、現在、筆者らが収集できるデータを最大限利用したものであるが、ライフサイクル・フローの簡略化や類似データによる代用など現時点でのやむを得ない処理を解析過程で行っている。従って、その結果は限定的な条件下の試算であることをあらかじめ断っておく。また、製造過程や輸送方法などは日本国内で代表的と思われるモデルケースであり、特定のメーカーの商品について記述したのではない。

## 2. 飲料容器の生産とリサイクルの概要

容器の原料として使用されるPET、ガラス、アルミ、鉄の量は他の用途と比較して全使用量に占める割合はさほど大きくない。しかし、消費開始から最終廃棄までのライフサイクルが数週間であり、建築材料など他の用途のものとは比較にならないほど短く、省資源・省エネルギーの観点から社会問題となっている。

本研究で対象とした飲料容器の生産、リサイクルの現状は表1の通りである。

PETボトルは統計に現れるほどの組織的な回収は行われていないが、近年いくつかの自治体が回収事業を開始している。PETボトル協議会も加わった再生処理工場が栃木県に建設されている。ガラスびんについては、カレット使用量、使用率ともに伸びているが、

一回使用のワンウェイびんの伸びが著しく、その使用抑制が課題となっている。

アルミ缶およびスチール缶は、集団回収などの進展により再資源化率の着実な上昇が見られるが、市況の変動による影響が大きいという問題を抱えている。いかに回収缶の需要を確保、安定化させるかが重要な課題となっている。

## 3. ライフサイクル・フロー

本研究で取り上げた4種類の飲料容器とその仕様を表2にまとめた。種類と容量については、それぞれの素材の中で最も流通量が多いと思われるものを選び、素材、キャップ、段ボールの重量はいくつかのサンプルを実際に測定して決定した。市場に流通している容器はこれら以外にも多くの種類があるが、データ入手の制限から今回はこの4種に限定した。

飲料容器のライフサイクル・フローは素材によってもメーカーによっても異なり、各容器の厳密なフローを統一的に扱うのは不可能に近い。しかしながら、解析結果の解釈等を容易にするため、ここでは便宜的に図-1のようにライフサイクル・フローモデルをすべての容器に適用した。各過程に賦されている英文字は過程名を表すとともに、それぞれの過程で消費される

表1 容器の生産・リサイクルの概況

|        | 生産・消費量                                     | リサイクルの現状                                  | データ出典   |
|--------|--|---|---|
| PETボトル | ボトル用樹脂生産量 125,755 t<br>うち清涼飲料用生産量 89,383 t | —   | 1991年データ<br>PETボトル協議会 <sup>4)</sup>             |
| ガラスびん  | 新びん生産量 2,445,000 t                         | カレット使用量<br>1,266,000 t<br>カレット使用率 51.8%   | 1991年度データ<br>ガラスびんリサイクリング<br>推進連合 <sup>5)</sup> |
| アルミ缶   | 国内アルミ缶消費量 108,256 t<br>(102億4000万缶)        | アルミ缶溶解量 77,723 t<br>再資源化率 43.1%           | 1991年度データ<br>アルミ缶リサイクル協会 <sup>6)</sup>          |
| スチール缶  | 総生産量 1,437,834 t<br>うち食缶生産量 1,121,850 t    | 電炉などで使用した<br>缶屑量 721,000 t<br>再資源化率 50.1% | 1991年度データ<br>あき缶処理対策協会 <sup>7)</sup>            |

表2 容器の仕様

|        | 種類      | 容量      | 素材重量     | キャップ類        | 段ボール       |
|--------|---------|---------|----------|--------------|------------|
| PETボトル | 陰圧ボトル   | 1,500ml | PET 60g  | アルミキャップ 2.5g | 8本入り 460g  |
| ガラスびん  | ワンウェイびん | 1,000ml | ガラス 330g | アルミキャップ 2.5g | 6本入り 400g  |
| アルミ缶   | 2ピース缶   | 350ml   | アルミ 20g  | —            | 24本入り 170g |
| スチール缶  | 2ピース缶   | 350ml   | ブリキ 51g  | アルミふた 4.0g   | 24本入り 170g |

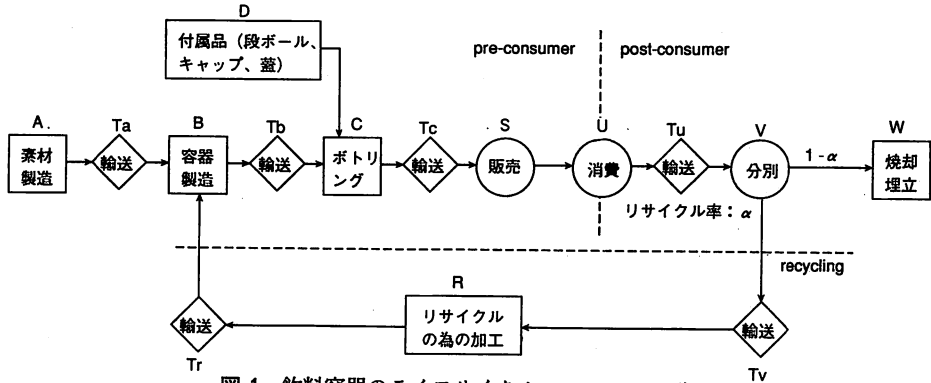


図-1 飲料容器のライフサイクル・フロー・モデル

エネルギー量をも表す。

信頼できるデータの入手が困難なため、ここでは素材の採掘に必要なエネルギーを省略したが、海外で採掘される鉱物の採掘地から国内の素材製造地までの輸送エネルギーは、素材製造過程での消費エネルギーに含めた。

販売のための輸送過程や焼却・埋立過程は何階段かに分離するのがより現実に近いと思われるが、地域特性によりバラツキが大きいこと、入手できるデータの精度についてあまり期待できないことなどを考慮してそれぞれ一つにまとめた。

さらに、ここで対象とした飲料容器の大半は分別回収後、質的な問題により、容器再生に回されずに他の用途に使用されているのが現状である。しかしながら、回収された容器はいずれ有効利用され処女素材の利用を節約するものと考え、図のモデルでは、便宜上、容器に再生されるリサイクルとして扱った。

ライフサイクル・フロー・モデルに含まれる輸送過程に関しては表3のような条件を設定した。設定に際

しては、飲料容器メーカー、ボトラーおよび地方自治体清掃担当者へのヒアリングを参考した。

PETボトルについては、実際にまだ余りリサイクルされていないため輸送条件を設定しなかった。また、ガラスびんは素材製造と容器製造が同じ工程で行われることから、輸送過程Taは実在しない。したがって、ここではTaの輸送距離を0kmとして扱った。

#### 4. 消費エネルギーの推定

飲料容器のライフサイクル・フローに関わる消費エネルギー・データは、1990年を基準とし、既存の文献および資料のサーベイと各過程の関係者へのヒアリングにより入手した。また、各容器には印刷用インクなど多種の少量物質が使用されているが、解析対象としては、容器本体、キャップまたは蓋、輸送用段ボールの主要素材に限定した。それぞれの推定方法は、誌面の制限により以下の略述にとどめる。

##### 4.1 素材製造エネルギー

容器の素材製造エネルギーについては化学経済研究

表3 輸送に関する設定条件

|        | Ta     |         |        | Tb     |         |        | Tc      |          |              | Tu     |         |        | Tv     |         |        | Tr     |         |        |
|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|---------|----------|--------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
|        | 車種 (t) | 距離 (km) | 積載 (本) | 車種 (t) | 距離 (km) | 積載 (本) | 車種 (t)  | 距離 (km)  | 積載 (本)       | 車種 (t) | 距離 (km) | 積載 (本) | 車種 (t) | 距離 (km) | 積載 (本) | 車種 (t) | 距離 (km) | 積載 (本) |
| PETボトル | 10     | 150     | 15万    | 10     | 80      | 1.2万   | 10<br>4 | 80<br>20 | 8000<br>4800 | 2      | 40      | 1500   | —      | —       | —      | —      | —       | —      |
| ガラスびん  | —      | —       | —      | 10     | 80      | 1.0万   | 10<br>4 | 80<br>20 | 6000<br>2400 | 2      | 40      | 1000   | 4      | 30      | 2000   | 10     | 80      | 1万     |
| アルミ缶   | 10     | 150     | 50万    | 10     | 80      | 6.4万   | 10<br>4 | 80<br>20 | 2.4万<br>1.2万 | 2      | 40      | 1万     | 4      | 30      | 30万    | 10     | 150     | 50万    |
| スチール缶  | 10     | 150     | 40万    | 10     | 80      | 6.4万   | 10<br>4 | 80<br>20 | 2.4万<br>1.2万 | 2      | 40      | 1万     | 4      | 30      | 30万    | 10     | 150     | 40万    |

所の報告書<sup>9)</sup>にある処女資源を対象としたデータをベースとし、これを石油等消費動態統計年報<sup>9)</sup>あるいは業界資料に基づく省エネルギー率推移より年次補正して原単位とした。

例えば、化学経済研究所の報告書によると、国産ナフサと輸入ナフサの使用比率を3:2とした場合、PETレジン1g製造に必要なエネルギーは1次エネルギー換算で29.87kcalで、その内訳は、

|               |             |
|---------------|-------------|
| 国内までの輸送エネルギー  | = 0.50kcal  |
| 反応プロセスエネルギー   | = 12.58kcal |
| 原料品の持つ資源エネルギー | = 16.79kcal |

である。このデータは1980年時点のもので、反応プロセスエネルギーについては、その後10年間で省エネルギー化が進行しているものと推測される。1980年から1990年までの石油化学工業の省エネルギー率推移を資料<sup>10)</sup>から推定すると51.3%となり、1990年時点での反応プロセスエネルギーの推定値は6.46kcalなる。製造エネルギーのその他の部分は変化しないと仮定し、ここでは23.75kcalを採用した。

原料品の原油、ナフサの持つ資源エネルギーはエネルギー資源(石油)の素材としての使用であり、エネルギー源としての使用ではないが、(1)エネルギー資源の消費には違いないこと、(2)焼却時にゴミ発電を想定し資源エネルギー回収として算入すること、(3)CO<sub>2</sub>排出量を推定するには算入したほうが良いこと、等を考慮し素材製造エネルギーの一部とした。

#### 4.2 容器製造およびボトリングエネルギー

図-1の過程BおよびC、すなわち素材からの容器製造過程およびボトリング過程におけるエネルギー消費については、公表されている資料がほとんどなく、複数メーカーへのヒヤリングを基に設定した。

#### 4.3 付属品エネルギー

段ボールについては、回収率90%の再生利用を仮定した化学経済研究所の報告書<sup>9)</sup>を参考にし、素材製造エネルギーと同様の方法で年次補正を行って決定した。

アルミの蓋およびキャップに関するエネルギーは、アルミの素材製造エネルギーと加工エネルギー<sup>11)</sup>から算出した。

なお、わずかではあるが、付属品の製造工場からボトリング工場までの輸送エネルギーも付属品に関するエネルギーとして計算した。

#### 4.4 輸送エネルギー

各過程をつなぐ輸送条件の設定は表3の通りである。さらに、輸送トラックの軽油1リットル当たり燃費を、

10トン車は3.5km 4トン車は5.5km、2トン車は8.0kmと設定して、輸送のための消費エネルギーを推定した。したがって、製品容器1つ当たりの輸送エネルギーは、走行距離÷燃費×熱量原単位÷積載個数(製品容器重量相当個数)とした。

#### 4.5 その他

販売、消費に必要となるエネルギーは地球、販売店、消費者の個性性にあまりにも依存し、モデル化が困難なこと、具体的なデータが入手できなかったこと、また、この過程における、容器素材によるエネルギー消費量の差がさほど大きくないと推測されることなどから、本解析には組入れなかった。

さらに、消費以降の回収・分別過程、焼却・埋立過程についても、関連輸送部分のエネルギーは推定可能であるが、その他のデータは皆無に近く、解析の中に算入できなかった。ただし、消費以降のこれらの過程でもっとも重要な投入エネルギーは人的エネルギーであり、機械等に使用されるエネルギーはさほど大きくはない。人的エネルギーをこの種の解析にいかにも組込むかは、今後の重要な研究課題である。

### 5. ライフサイクル消費エネルギー

それぞれの輸送過程に関する消費エネルギーを表4に一覧にした。容器の容量がそれぞれ異なるため、数値を厳密に比較することはできないが、ガラスびんの輸送エネルギーは他の容器に比べ、ほぼ2倍程度で、やはり全般的に多いといえる。特にリサイクル過程の輸送においてその差は顕著である。PETボトル、アルミ缶、スチール缶については大差がない。アルミ缶とスチール缶は容量、輸送条件とも同一であるが、素材輸送とリサイクル輸送のエネルギー消費について、スチール缶のほうがわずかに多いのは、容器製造における歩留りの違いを反映したものである。

表5は素材製造、容器製造、ボトリングの消費エネルギーをまとめたものである。

PETボトルとガラスびんは内容に幾分の違いはあるものの、一連の過程で必要となるエネルギーはほぼ同量と考えられる。PETボトルの主たるエネルギーの消費過程は素材製造であり、輸送を除いたエネルギーの約60%を占めている。また、その内の約70%は原油、ナフサなど原料品として投入された材料の持つ資源エネルギーであり、この過程でプロセス稼働のために消費されるエネルギーは18%以下である。

アルミ缶は他の容器に比べ、やはり素材製造過程で

表4 輸送エネルギー

|        | 単位      | Ta   | Tb    | Tc    | Tu    | 小計     | Tv    | Tr    | 小計    |
|--------|---------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| PETボトル | kcal/容器 | 2.63 | 17.52 | 33.26 | 30.67 | 84.08  | —     | —     | —     |
|        | kcal/L  | 1.75 | 11.68 | 22.17 | 20.45 | 56.05  | —     | —     | —     |
| ガラスびん  | kcal/容器 | 0.00 | 21.03 | 48.99 | 46.00 | 116.02 | 25.09 | 21.03 | 46.12 |
|        | kcal/L  | 0.00 | 21.03 | 48.99 | 46.00 | 116.02 | 25.09 | 21.03 | 46.12 |
| アルミ缶   | kcal/容器 | 0.79 | 3.29  | 11.55 | 4.60  | 20.23  | 0.17  | 0.79  | 0.96  |
|        | kcal/L  | 2.26 | 9.40  | 33.00 | 13.14 | 57.8   | 0.49  | 2.26  | 2.74  |
| スチール缶  | kcal/容器 | 0.99 | 3.29  | 11.55 | 4.60  | 20.43  | 0.17  | 0.99  | 1.16  |
|        | kcal/L  | 2.83 | 9.40  | 33.00 | 13.14 | 58.37  | 0.49  | 2.83  | 3.31  |

燃費：10 t 車=3.5km, 4 t 車=5.5km, 2 t 車=8.0km 軽油発熱量：9,200kcal/L

表5 素材製造, 容器製造, ボトリングエネルギー

|        | 単位      | A       | B      | C     | D         |        | 小計      | R      |
|--------|---------|---------|--------|-------|-----------|--------|---------|--------|
|        |         |         |        |       | キャップ<br>蓋 | 段ボール   |         |        |
| PETボトル | kcal/容器 | 1454.08 | 275.51 | 9.35  | 135.16    | 538.29 | 2412.39 | —      |
|        | kcal/L  | 969.39  | 183.68 | 6.23  | 90.11     | 358.86 | 1608.26 | —      |
| ガラスびん  | kcal/容器 | 105.60  | 782.10 | 18.94 | 135.16    | 625.01 | 1666.81 | 0.00   |
|        | kcal/L  | 105.60  | 782.10 | 18.94 | 135.16    | 625.01 | 1666.81 | 0.00   |
| アルミ缶   | kcal/容器 | 1077.40 | 63.30  | 20.00 | 0.0       | 67.41  | 1228.11 | 35.20  |
|        | kcal/L  | 3078.29 | 180.86 | 57.14 | 0.0       | 192.60 | 3508.89 | 100.57 |
| スチール缶  | kcal/容器 | 445.97  | 98.00  | 20.00 | 216.19    | 67.41  | 847.57  | 77.01  |
|        | kcal/L  | 1274.20 | 280.00 | 57.14 | 617.69    | 192.60 | 2421.63 | 220.03 |

のエネルギー消費が断然大きく、輸送以外のエネルギー全体の約88%に達する。

一方、スチール缶は素材のブリキ製造にアルミ缶ほどにはエネルギーを消費していないが、それでも50%程度のエネルギーを素材製造に消費している。また、蓋に使用している副素材のアルミ(4g)にも相当のエネルギーを費やしている。副素材のアルミが缶全体に占める重量は約8%であるが、主素材のブリキと副素材のアルミの製造に消費されるエネルギー比はほぼ2:1である。

各容器に共通しているのは梱包材である段ボール製造エネルギーの全体に占める割合が比較的に大きいことである。最も小さいアルミ缶では約5.5%であるが、ガラスびんでは約37.5%にもなる。輸送方法や輸送システムにも関連するであろうが、十分検討の余地があると思われる。

## 5. リサイクル効果

前節で述べたように、アルミ缶やスチール缶はその素材製造過程で相当なエネルギーを消費している。したがって、再資源化や新たな輸送に必要なエネルギーを考慮しても、リサイクルによる素材製造量の節約は省エネルギーに大きく貢献するものと予想される。

最も大きな効果が期待されるのはアルミ缶である。表5のデータを基に計算すると、リサイクル缶からの素材製造は処女資源からのものに比べて約3%ですむ。同様に、スチール缶でも約17%のエネルギーですむことになる。ただし、現実には、リサイクルされたスチール缶は質的な理由から缶には再生されず、他の用途に回されている。

アルミ缶とスチール缶は缶回収率、ガラスびんはカレット使用率、PETボトルは便宜上ごみ焼却発電に

回される率を、それぞれリサイクル率 $\alpha$ と定義すると、  
 図-1に示すライフサイクル全体で必要となるエネルギー  
 は次式のようになる。

$$E = (P_0 + T_0) - (P_1 + T_1) \alpha$$

ただし、

$$P_0 = \frac{A+B}{\beta_b + \beta_c} + \frac{C}{\beta_c} + D$$

$$T_0 = \frac{T_a}{\beta_b + \beta_c} + \frac{T_b}{\beta_c} + T_c + T_u$$

$$P_1 = A \beta_r - R$$

$$T_1 = T_a \beta_r - T_v - T_r \beta_r$$

$T_0$ 、 $T_1$ および $P_0$ 、 $P_1$ はそれぞれ輸送に関するエ  
 ネルギーと輸送以外に関するエネルギーを表し、 $\beta$ は  
 過程B、C、Rにおける歩留り係数で、表6のように  
 設定した。

式中のそれぞれの係数を計算した結果は表7で、  
 それを基にライフサイクル・エネルギーに対するリサイ  
 クル率の効果を図示したのが図-2である。なお、PE  
 Tボトルは焼却し、ごみ発電によって電気エネルギー  
 を回収するモデルを想定しているが、表および図では、  
 回収電気エネルギーと同量の電気エネルギーを生産す  
 るのに必要となる一次エネルギー量を採用して計算し  
 ている。これはエネルギーの回収方法には熱や電気な  
 ど質の異なるものがあり、その影響を極力排除するた  
 めと、他の過程で消費されたエネルギーの算出方法と  
 の一貫性を保つためである。また、ここではごみ発電  
 の効率を通常の石油火力発電効率の50%に設定して  
 いるが、ごみ発電の施設の現状から考えると、この値  
 はやや高めである。しかし試算の結果ではトータルな  
 ライフサイクル・エネルギーはこの値の多少の変化に  
 はほとんど影響されなかった。

リサイクルを考慮しない場合、最もエネルギーを消  
 費するのはアルミ缶であるが、リサイクルによるエ  
 ネルギー節約効果の最も大きいのもアルミ缶である。  
 約40%のリサイクル率でリサイクル無しのスチール缶と  
 同程度となり、計算上では、完全リサイクルにすると  
 エネルギー消費をリサイクル無しの場合の1/4まで

表6 歩留り係数

|        | B    | C    | R    |
|--------|------|------|------|
| PETボトル | 0.98 | 1.00 | 0.90 |
| ガラスびん  | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| アルミ缶   | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| スチール缶  | 0.90 | 1.00 | 0.90 |

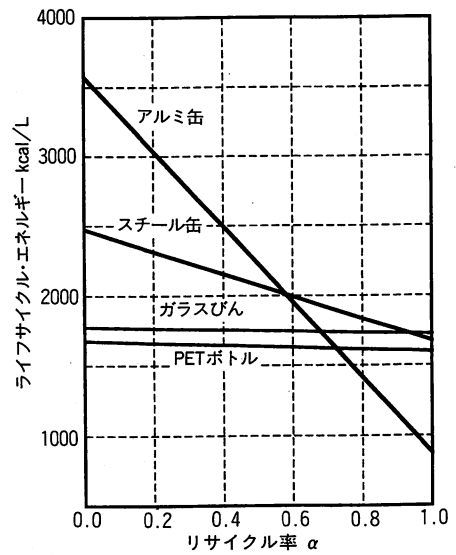


図-2 リサイクル率によるライフサイクル・エネルギー  
 の変化

表7 ライフサイクル・エネルギー式に含まれる係数

|        | 単位      | $P_0$   | $T_0$  | $P_0 + T_0$ | $P_1$   | $T_1$  | $P_1 + T_1$ |
|--------|---------|---------|--------|-------------|---------|--------|-------------|
| PETボトル | kcal/容器 | 2412.44 | 84.49  | 2496.93     | 110.00  | 0.00   | 110.00      |
|        | kcal/L  | 1608.29 | 56.33  | 1664.62     | 73.33   | 0.00   | 73.33       |
| ガラスびん  | kcal/容器 | 1666.81 | 116.02 | 1782.83     | 95.04   | -44.02 | 51.02       |
|        | kcal/L  | 1666.81 | 116.02 | 1782.83     | 95.04   | -44.02 | 51.02       |
| アルミ缶   | kcal/容器 | 1228.11 | 20.23  | 1248.34     | 934.46  | -0.17  | 934.29      |
|        | kcal/L  | 3508.89 | 57.80  | 3566.69     | 2669.89 | -0.49  | 2669.40     |
| スチール缶  | kcal/容器 | 847.57  | 20.91  | 868.47      | 284.22  | -0.17  | 284.05      |
|        | kcal/L  | 2421.62 | 59.73  | 2481.35     | 812.07  | -0.49  | 811.58      |

少なくすることができる。

次にリサイクル効果の高いのはスチール缶である。リサイクルを前提としない時のスチール缶のエネルギー消費はアルミ缶の約2/3であるが、双方のリサイクル率が向上するにしたがい、その差は縮まり、55%~60%あたりで逆転する。

ガラスびんは消費エネルギーの多くを梱包材である段ボールや輸送過程で費やしているため、リサイクル効果は少ない。また、PETボトルのごみ発電によるエネルギー回収も容器のライフサイクルで消費されるトータル・エネルギーと比較すれば極わずかと言える。

## 6. 結論

前述のような一連の仮定、モデル化を前提として、以下のような結論が得られた。

図-2からみると、ガラスびんとPETボトルの単位容量当りの消費エネルギーは総じて缶容器より少ないが、これらのデータの根拠としたのは大容量容器で比較的エネルギー効率の良いものである。このことを考慮すると、缶業界が発表している現状のリサイクル率(45%~55%)<sup>12)</sup>を維持している社会システムにおいては、ここで対象とした4種の飲料容器のライフサイクル消費エネルギーに大差はないと考えられる。むしろ、資源枯渇、廃棄の難易度、環境影響、経済性など、エネルギー消費以外の面から個別の用途に適した容器選択と改良がなされるべきであろう。

また、ライフサイクル消費エネルギーが同じであっても、表5にあるように各容器によってその内容が異なり、したがって改良策も異なる。例えば、缶容器はリサイクル率の向上が効果的である。一方、PETボトルの場合、素材製造過程で投入される原油、ナフサの持つ資源エネルギーの占める割合が大きいため、容器の肉薄化<sup>13)</sup>が効果的と推測できる。仮に、PETボトルの本体重量を半分にすることが可能であるなら、表5にあるA、B欄の値が半分になり、ライフサイクル消費エネルギーを約2/3に下げることができる。ガラスびんにとっては段ボール詰め輸送に代わるシステムの開発工夫が省エネルギーの観点から効果的である。

## 7. おわりに

代表的な飲料容器について、一次近似とでも言うべきものであるが、ライフサイクルを通じたエネルギー消費の算出を試みた。商品のLCAの手法はまだ確立

されておらず、本研究においても今後の課題とすべき点を多く残している。その主なものを以下に挙げる。

(1) 設備、施設に関わるエネルギーを評価していない。製品を消費者に供給するためには、製品に直接投入される資源、エネルギー以外にも生産設備や輸送施設などいわゆるインフラが必要であり、厳密なLCAではこれらのインフラに対する考慮も必要であろう。

(2) 投入される労働力を全く考慮していない。地球環境問題を考えるうえで、人の生存要素である労働の投入に関する環境負荷は算入すべき項目でないかもしれないが、労働と資源・エネルギーの間には代替関係があり、生産システムの代替案比較などでは何らかの配慮が必要である。

(3) 消費以降の過程の評価が特に不備である。生産過程に比べて、消費以降の過程は地域性や個性の要素が多く、現状を十分に代表するモデルを設定するのが困難である。本論文においても輸送以外の要素を取り込むことができなかった。

(4) 鉄、アルミなどのリサイクル品の質の評価がなされていない。リサイクル品が元の製品の素材として使用されることはまれで、多くは高品質を要求しない他の製品に使用されている。各種システムの包括的な評価には、このような質の差異を反映する計算手法の開発が必要である。

上述のほとんどの項目については信頼に足るデータ、または検討資料が存在しないのが実状である。飲料容器の解析だけではなく、LCA全体に共通する課題であることから、幅広いデータの蓄積とその公開を期待したい。

最後に、本研究を遂行、まとめるにあたり、貴重な助言をいただいた、国立環境研究所社会環境システム部長後藤典弘氏に謝意を表します。また、データの収集に協力して頂いたメーカーおよび業界団体の方々に感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 後藤典弘；環境負荷低減のための製品ライフサイクルアセスメントの意義と重要性，PPM，1993/11，44~49
- 2) 日本エコライフセンター；環境への負荷の評価に関する予備的検討一特に製品に関する環境負荷評価を中心として一（1993），環境庁委託研究報告書。
- 3) Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)；A Technical Framework for Life-Cycle Assessments (1991)，SETAC。
- 4) PETボトル協議会；強い，軽い，美しい，PETボトル・ストーリー（1992），PETボトル協議会パンフレット。

- 5) ガラスびんリサイクル推進連合；ひとりより，みんなのチカラでガラスびんリサイクル（1992），ガラスびんリサイクル推進連合パンフレット。
- 6) アルミ缶リサイクル協会；平成2年度飲料用アルミ缶回収再生利用率（回収率）について（1992），アルミ缶リサイクル協会資料。
- 7) あき缶処理対策協会；あき缶発生量と総資源化率（1992），あき缶処理対策協会資料。
- 8) (社)化学経済研究所；「新規素材の導入に伴う省エネルギー効果の分析について」調査研究報告書（1981），通産省委託研究報告書。
- 9) 通産省大臣官房調査統計部；平成2年石油等消費動態統計年報（1991），(社)通産統計協会。
- 10) 石油化学工業協会技術委員会；石油化学工業の省エネルギーについて（1989），石油化学工業協会。
- 11) プラスチック処理促進協会；廃プラスチックの処理・再資源化に関する環境影響評価（1992），プラスチック処理促進協会。
- 12) 包装タイムス1993年7月19日号，日報発行。
- 13) 清水浩，森口祐一；二酸化炭素の排出源と温暖化対策，化学工業，43巻，8号（1992），632～634。

協賛行事ごあんない

## 「第3回微粒化シンポジウム」開催について

〔主催〕 日本液体微粒化学会，日本エネルギー学会

〔問合せ先〕

〔期 日〕 平成6年12月21日(水)～22日(木)

〒376 桐生市天神町1-5-1

〔場 所〕 慶応義塾大学 理工学部 矢上台校舎  
(横浜市港北区日吉3-14-1)群馬大学工学部機械システム工学科  
エネルギー第二研究室

〔講演申込締切〕

「微粒化シンポジウム」講演論文担当

平成6年9月30日(金) (指定申込用紙要)

志賀 聖 一

〔前刷原稿期限〕

TEL 0277-30-1514

平成6年11月14日(月)

FAX 0277-30-1599

〔参加費〕 会員 6,000円，非会員 9,000円 等