

**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**

平成11年3月

社団法人 日本アルミニウム連盟

ま え が き

近年の環境問題に対する関心の高まりの中で、化石燃料による二酸化炭素の排出が主因とされる地球温暖化と廃棄物処理の問題は、緊急の対策が必要とされる大きな問題となっている。

地球温暖化に対しては、エネルギー消費量の削減が対策となる。また、廃棄物処理に関しては、廃棄物を出さない素材のリサイクルが対策となり得る。

アルミニウムは、他の金属素材と比較してリサイクルしやすい特質を持っている。リサイクルを促進することで廃棄物問題に対する対策となり得る。また同時に、一次地金の使用が削減でき、アルミニウムは軽量であり、自動車や鉄道車両に使用することで、それらの運行に伴うエネルギー消費量を削減することができる。

本報告は、アルミニウムの使用による二酸化炭素排出量の削減効果、およびアルミニウムのリサイクルがそれを加速する効果を定量的に把握するために、アルミニウムを使用した缶材、自動車材、鉄道車両材を対象として、二酸化炭素の排出量に着目し、L C A (Life Cycle Assessment) の手法の適用を試みた調査研究結果である。軽量であるアルミニウムの特性を活かし使用重量を削減することで、ライフサイクル全体での二酸化炭素排出量を削減する可能性が示されている。また、それを加速するためには、アルミニウムのリサイクルを促進することが重要である。

地球温暖化問題や廃棄物処理問題の対策として、アルミニウムのリサイクルを促進することは重要であり、本報告がそれを認識するための一助となることを期待すると共に、アルミニウムの材質別用途ごとにL C Aを実施するなど、引き続き本調査の内容の深度化を図って行きたいと考える。

平成11年3月

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委員会
委員長 稲 葉 敦

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委員会名簿

委員長 稲葉 敦 工業技術院資源環境技術総合研究所エネルギー資源部
エネルギー評価研究室室長

副委員長 中山 強 三菱アルミニウム株式会社技術部主幹

委員 宮内 瞳岬 財団法人鉄道総合技術研究所技術開発事業本部
材料技術開発推進部技師

委員 横田 正勝 株式会社神戸製鋼所アルミ・銅事業本部技術部
(1998年4月～7月) 技術企画室課長

委員 向井 良和 株式会社神戸製鋼所アルミ・銅事業本部技術部技術企画室
(1998年7月～1999年3月)

委員 飯野 邦武 昭和アルミニウム株式会社環境保安部次長

委員 和田 丞平 スカイアルミニウム株式会社企画部次長
(1998年4月～1999年1月)

委員 大八木文夫 スカイアルミニウム株式会社企画部部长
(1999年1月～3月)

委員 大谷 眞 住友軽金属工業株式会社技術部担当課長

委員 渡辺 靖彦 日本軽金属株式会社技術・開発本部技術部技術企画担当部長

委員 大嶋 務 古河電気工業株式会社軽金属事業本部技術管理担当部長

委員 森本 浩太郎 神鋼リサーチ株式会社環境情報・技術センターセンター長

委員 片桐 望 神鋼リサーチ株式会社環境情報・技術センター副センター長

委員 勝亦正昭 神鋼リサーチ株式会社産業技術研究部担当役員補佐

オブザーバー

沖畠 弘芳 通商産業省基礎産業局非鉄金属課課長補佐

森元 英樹 通商産業省基礎産業局非鉄金属課課技官

事務局

古賀 英宣 社団法人日本アルミニウム連盟専務理事

田中 浩 社団法人日本アルミニウム連盟企画調査部部长

(順不同・敬称略・委員の所属は委員会参加時の所属)

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

目 次

1 . はじめに	1
2 . 缶材のアルミニウム化による省エネルギー	2
2 . 1 缶材の使用量・リサイクル率の推移	2
2 . 2 缶材の技術動向と技術課題	5
2 . 3 缶材の L C A 的計算	9
2 . 4 缶材の L C A 的計算に関する文献調査	14
2 . 5 まとめ	29
2 . 6 参考文献	29
3 . 自動車用材料のアルミニウム化による省エネルギー	30
3 . 1 自動車部品へのアルミニウム適用の動向	30
3 . 2 自動車用アルミニウムの技術動向と技術課題	34
3 . 3 自動車のアルミニウム化に関する L C A 文献調査	37
3 . 4 自動車用材料の製造時及び自動車走行時のエネルギー消費量 及び二酸化炭素排出量の計算	44
3 . 5 まとめ	60
3 . 6 参考文献	61
4 . 鉄道車両用材料のアルミニウム化による省エネルギー	62
4 . 1 鉄道車両へのアルミニウム適用の動向	62
4 . 2 鉄道車両用アルミニウムの技術動向と技術課題	67
4 . 3 鉄道車両材料の L C A 的計算	70
4 . 4 まとめ	82
4 . 5 参考文献	84
5 . おわりに	85
付 表	86

1. はじめに

地球環境問題への関心が高まる中で、環境影響を定量的に評価する手法としてLCAが注目され、ISOによる国際標準化も進められている。(社)日本アルミニウム連盟のLCA委員会は、平成5年の発足以来 軽圧7社の圧延工場における圧延材(板材)及び押出材(形・管・棒)の製造エネルギーと環境負荷データの集計及びインベントリデータの作成等を実施してきた。平成10年度は、自転車振興会の補助金交付を機に「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委員会」を発足させ、アルミニウムを使用した缶材・自動車材・鉄道車両材について、素材製造 使用 リサイクルまでを含めたLCA的評価を行った。本報告書は、下記のような点に留意して作成した。

- (1)今回は、ユーザーの関心も強い缶材・自動車材・鉄道車両材の3品種に絞った。今後フィン材、箔地、PS版、熱交材、建材、サッシ等、その他主要品種についても各品種別のインベントリデータを作成すると共にLCA的解析を進める予定である。
- (2)各製品ユーザーの技術者や購買担当者にアピールできる資料作成を目標として、アルミニウムの競合材であるスチール・プラスチック・ステンレススチール等についてもできる限り比較評価を行なった。
- (3)缶材・自動車材・鉄道車両材のそれぞれの専門グループであるアルミ缶リサイクル協会及び(社)軽金属協会・自動車委員会、(社)軽金属協会・車両委員会等のご協力・ご指導をいただき多面的な調査・解析に努めた。
- (4)缶材・自動車材のLCA文献調査を行い抄録を掲載した。

本報告書が当初の狙い通り、今後のアルミニウムLCA活動の指針となる資料として活用されることを期待したい。

2. 缶材のアルミニウム化による省エネルギー

2.1 缶材の使用量・リサイクル率の推移

近年、環境への配慮から各種容器についてリサイクル推進が積極的に行われている。歴史も古くリサイクルシステムが出来ているアルミニウム缶はもとより、スチール缶、ガラスびんについてもリサイクル率が向上している。また、最近、特に使用量が伸びている PET ボトルでもリサイクルが進み出している。それらについて、以下説明する。

2.1.1 アルミニウム缶

図 2.1-1 にアルミニウム缶のリサイクル推移を示す。アルミニウム缶はアルミ缶リサイクル協会を中心にリサイクルシステムができており、自治会や PTA などの協力もあって回収率は順調に推移している。1997 年度のリサイクル率(再資源化量 / 販売量)は 72.6%であり、前年よりも、2.6 ポイント上昇した。これは、'97 年 4 月から本格的に施行された「容器包装リサイクル法」により、自治体における分別収集が拡大したことなどのためである。

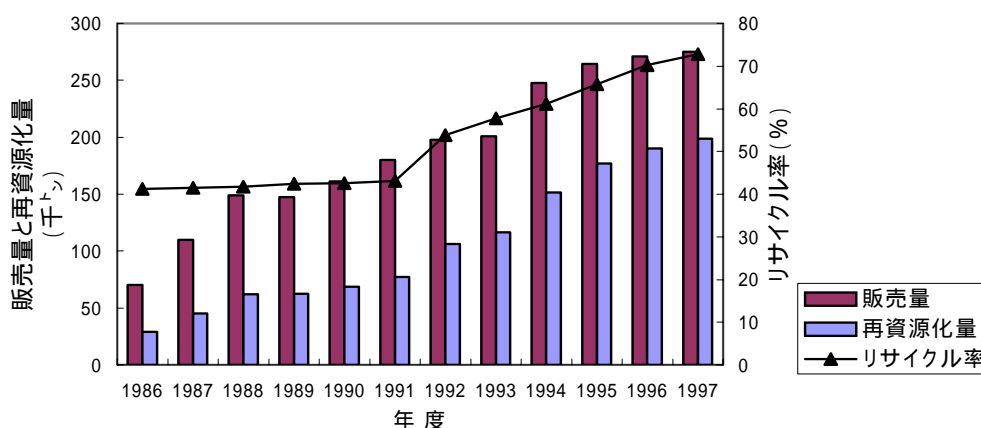


図 2.1-1 アルミニウム缶のリサイクル推移

(出所: アルミ缶リサイクル協会)

2.1.2 スチール缶

図 2.1-2 にスチール缶のリサイクル推移を示す。スチール缶は容器の中で、最もリサイクル率が高い。1997 年のリサイクル率(再資源化量 / 生産量)は 79.6%であった。前年より 2.3 ポイント向上している。これは、アルミニウム缶と同様、容器包装リサイクル法の施行により分別収集の徹底が進んだためである。

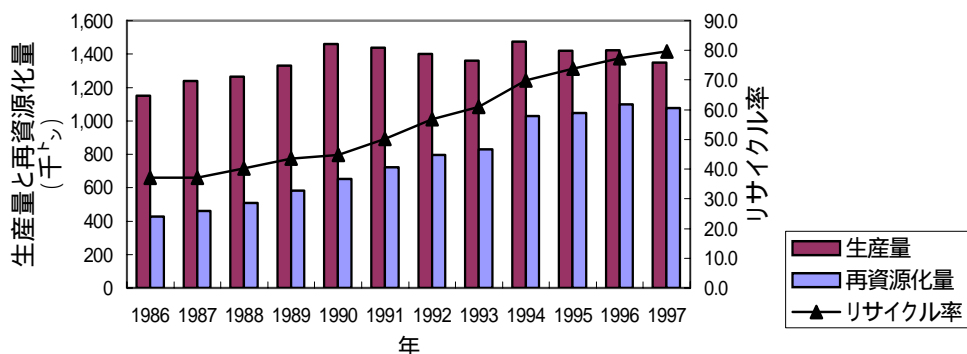


図 2.1-2 スチール缶のリサイクル推移

(出所:あき缶処理対策協会)

2.1.3 PET ボトル

図 2.1-3 に PET ボトルのリサイクル推移を示す。PET ボトルは 1993 年から回収が開始された。1997 年の回収率(回収量 / 生産量)は 9.8%であり、前年より 6.9 ポイント上昇した。これは、容器包装リサイクル法に基づく全国的なリサイクル事業体制が整備されているためである。

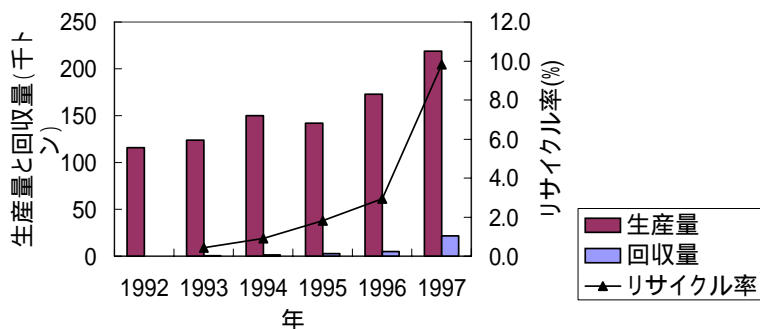


図 2.1-3 PETボトルのリサイクル推移

(出所:厚生省および日本容器包装リサイクル協会)

2.1.4 ガラスびん

図 2.1-4 にガラスびんのリサイクル推移を示す。1997 年のカレット利用率は 67.4%で、前年より 2.4 ポイント向上した。これらのカレットの用途としては、ガラスびんの原料用がほとんどで 92.2%を占めている。

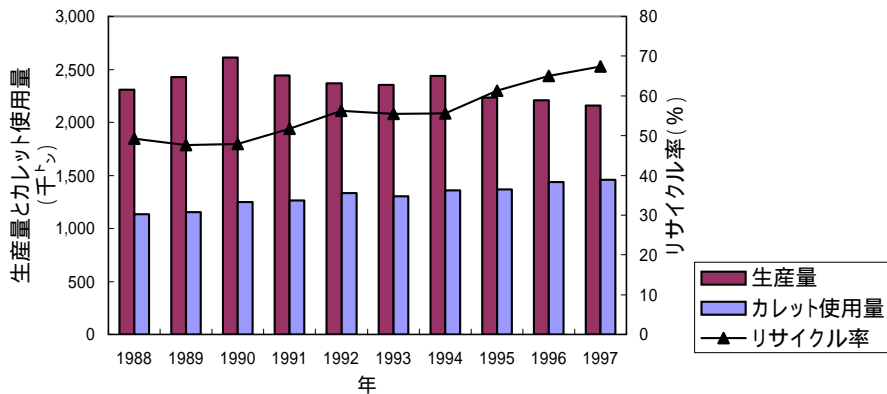


図 2.1-4 ガラスびんのリサイクル推移

(出所: 雑貨統計、日本ガラスびん協会)

2.1.5 容器素材別リサイクル推移

図 2.1-5 に上記4種類の容器のリサイクル率推移をまとめた。ここ数年リサイクル率の順位はスチール缶、アルミニウム缶、ガラスびんの順に低くなっている。また、全体としてリサイクル率も順調に伸びている。ただし、注意すべきことは表 2.1-1 に示すように各素材間でリサイクル率の算出基準が異なっていることである。特に、PET ボトルではリサイクル率の分子が回収量で表わされており、再資源化された量ではないことに留意する必要がある。

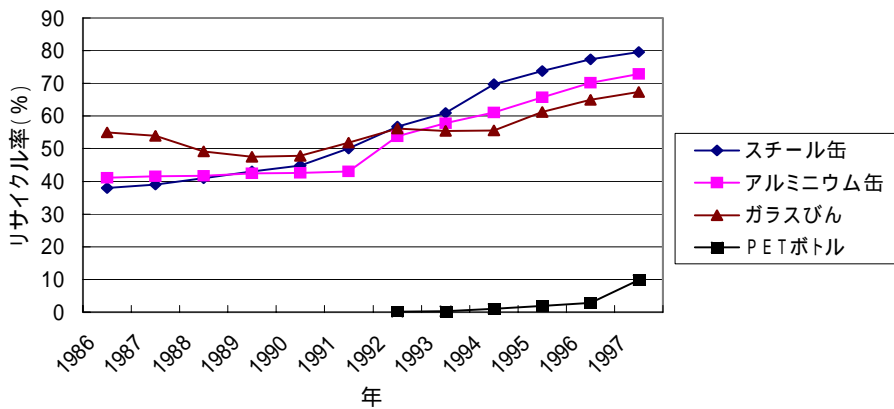


図 2.1-5 素材別リサイクル率の比較

表 2.1-1 素材別リサイクル率の定義

スチール缶	再資源化量 / 生産量
アルミニウム缶	再資源化量 / 販売量
PET ボトル	回収量 / 生産量
ガラスびん	カレット使用量 / 生産量

2.2 缶材の技術動向と技術課題

アルミニウム缶の軽量化は種々の技術が組み合わさって実現している。具体的には、圧延メーカーにおける缶材特性や圧延技術の改善、製缶メーカーにおける製缶技術や缶形状の改善などの積重ねと、装置メーカーにおける制御システムや化学メーカーにおける圧延油・潤滑油の改善等、関連業界との密接な連携の下に技術開発を進めてきた結果といえる。以下それらについて簡単に説明する。

2.2.1 アルミニウム材料の進歩

合金成分として、缶材には 3004 合金が使用されている。加工性や強度などを考慮した材料改善の結果、国内では表 2.2-1 に示すような化学成分の材料が使用されている¹⁾。

蓋とタブには開口性を確保するため、Mg の多い 5182 合金を中心に 5052 合金も使用されている。

表 2.2-1 国内市販缶 10 種類の平均化学成分(1993 年) (mass%)

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
(ave)	0.25	0.43	0.21	1.04	1.32	0.01	0.07	0.02
胴材 (max)	0.30	0.46	0.25	1.06	1.47	0.02	0.14	0.03
(min)	0.16	0.37	0.12	1.00	1.05	0.01	0.02	0.01
(ave)	0.09	0.25	0.04	0.30	4.42	0.04	0.02	0.01
蓋材 (max)	0.12	0.34	0.05	0.45	4.61	0.10	0.05	0.02
(min)	0.07	0.19	0.02	0.12	4.34	0.02	0.01	0.01

また、キズや介在物があると、薄肉化された缶では割れなどの欠陥につながるため、材料欠陥ゼロを目標に製造されている。このため鋳造行程では、高性能セラミックフィルターや回転ノズルガス吹込み方式による溶湯清浄化処理が行われている。

生産性の向上も進んでおり、最近の缶用アルミニウム合金コイルは最大板幅約 1,700mm、外径約 2,400mm、重量 15 ~ 20 トンまで大型化して缶の生産性の向上に寄与している。

これらのコイルの全長、全幅にわたって板厚公差は $\pm 5 \mu\text{m}$ を保証しており、きびしい加工に耐えられる均一な加工性と、缶体強度を保持する強度要求に応えている。

また、圧延速度は制御技術の進歩、動特性解析の実施、圧延油、潤滑油の改良等より 1,500 ~ 2,000mpm 程度で安定して圧延できるようになった。

2.2.2 缶の軽量化

1) 缶胴部薄肉化と軽量化

図 2.2-1 に米国におけるアルミニウム缶材の薄肉化の推移を示す¹⁾。1970 年当時の板厚 0.430mm が 1995 年では 0.285mm 程度までゲージダウンされてきている。これに伴い、缶胴の薄肉部板厚が 0.143mm から 0.102mm となり、缶胴の正味重量は 1970 年の 15.4g から 1995 年には 11.4g まで軽量化された。

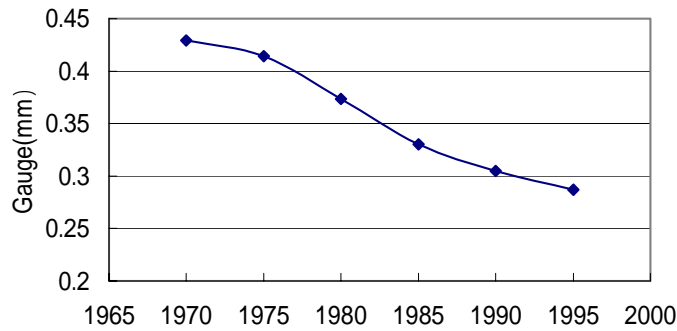


図 2.2-1 缶胴材板厚の推移 (米国、355ml缶)

図 2.2-2 に米国における缶胴部の軽量化の推移を示す¹⁾。

日本でも同様な傾向であり、1965 年当時から薄肉化が進み、現在は 0.108mm までになっている。0.1mm 程度が強度上からもほぼ限界と言われている。

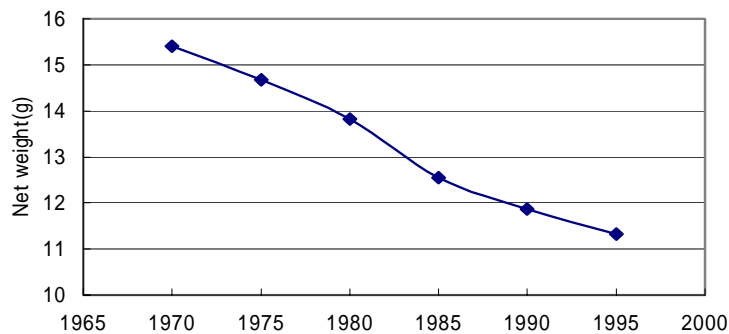


図 2.2-2 缶胴正味重量の推移 (米国355ml缶)

2) 缶形状

図 2.2-3 に米国における缶蓋径の推移を示す¹⁾。図中の数値は缶蓋径を表し、例えば 211 は、「2 インチ + 11/16 インチ」を意味する。また、図 2.2-4 に缶底径の推移を示す¹⁾。いずれも軽量化のために、径が小さくなっている。

缶蓋径の小径化は打抜き径の減少による材料節約とともに、受圧面積の減少に伴うゲージダウンが可能となり、更なる缶蓋の軽量化につながる。表 2.2-2 に Formatec 社のフルフォームタイプの緒元を示す¹⁾。206 のシェルから 204 のシェルへ移行すると、板厚が 0.25mm から 0.23mm にゲージダウンし 0.5g 軽量化できる。204 から 202 への移行では約 0.14g 軽量化する。

表 2.2-2 Formatec 社のシェルの緒元例

サイズ (径)	厚み (mm)	カットエッジ (mm)	質量 (g)	
206	0.249	78.223	3.18	ビール(AB社等)
204	0.229	74.73	2.67	
202	0.224	73.66	2.53	

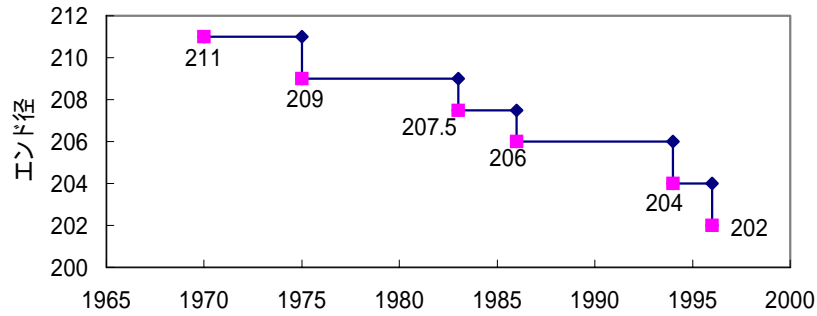


図 2.2-3 缶蓋径の変化(米国 355ml缶)

缶蓋の小径化に伴い缶体としての積重ね性をよくするために、缶底径も順次縮小してきた。接地径の縮小は、同一板厚の素材であれば耐圧強度が増加する方向であり、ボディ材のゲージダウンに寄与している。

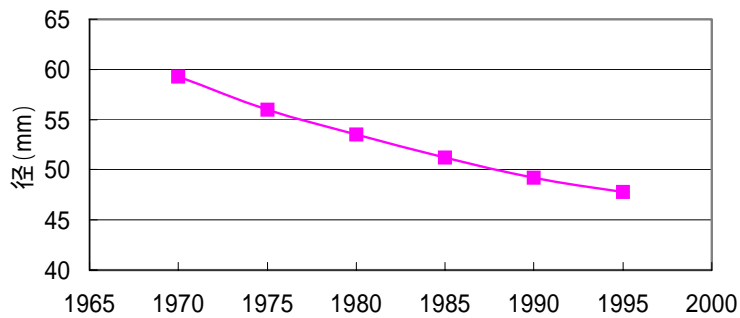


図 2.2-4 缶底接地径の推移

2.2.3 缶生産性の向上

我が国のアルミニウム缶製造時の生産性向上の進歩例を図 2.2-5 に示す(アルミニウム缶製造メーカーからのヒヤリング値)。図中に最近のアルミニウム缶生産速度および歩留の向上を示した。いずれも、近年着実な進歩をしていることがわかる。

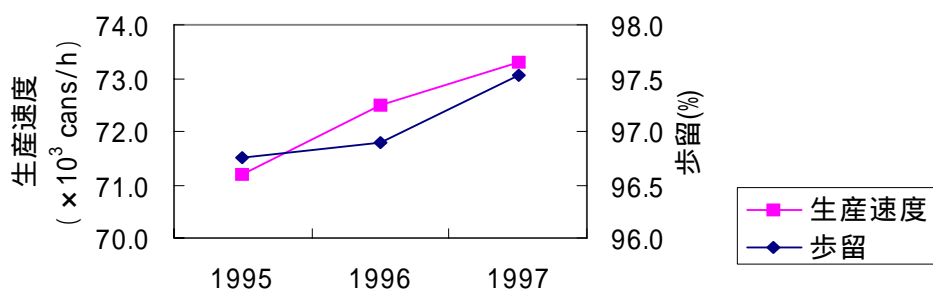


図 2.2-5 缶生産性の進歩

2.2.4 今後の方向

現在、関係各位において薄肉化・軽量化のさらなる努力が続けられているが、それらは限界に近いところまで進歩してきた。今後さらに生産効率やリサイクル率の向上を図るとともに、下記のような課題への取り組みも継続してなされると考えられる。

- ・ 再生歩留の向上(ドロス処理量の減少等)
- ・ 缶収集、運搬の改善(収集後、粉碎して分別、輸送等)
- ・ 工程改善(摩擦熱利用のデラッカリング工程等)

2.3 缶材の LCA 的計算

アルミニウム缶は容器のなかではスチール缶に次いでリサイクル率の高い材料であり、更にその向上に向けての努力がアルミ缶リサイクル協会を中心に進められている。

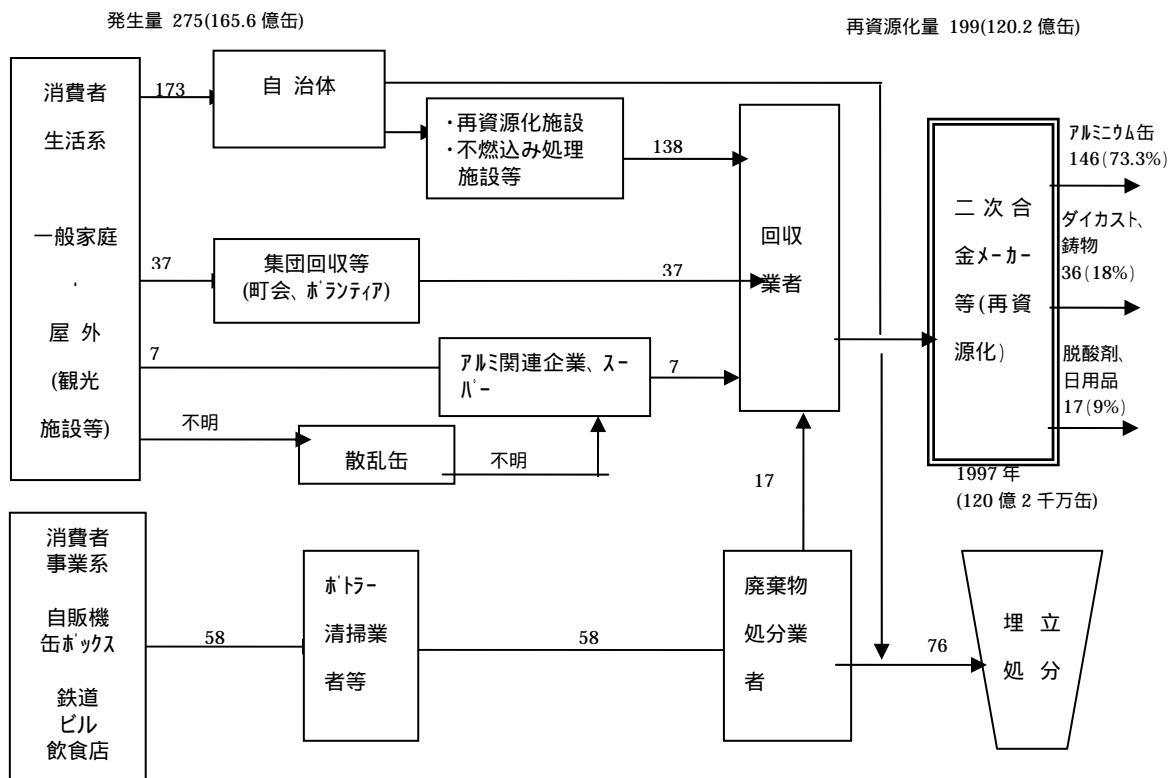
アルミニウム缶のリサイクルの特徴は、「缶 to 缶」のリサイクルがなされていることにある。PET ボトルやスチール缶ではリサイクルされた材料は別の用途に用いられる、いわゆるカスケード用途となるために容器の材料に戻ることはない。アルミニウム缶でもリサイクルされたものが全て再度缶材として使用されているわけではないが、その比率はかなり高い。

以下に、アルミニウム缶のリサイクル率の向上による環境負荷低減効果を試算するとともに、他容器材料も含めリサイクル上の問題点について検討した。

2.3.1 計算の対象

アルミニウム缶およびスチール缶の LCI 分析を実施した。

図 2.3-1 にアルミニウム缶回収フロー図を示す。図中右側に示したように、1997 年度は回収されたアルミニウム缶のうち、73.3%が再度、缶材として用いられている。



(出所:アルミ缶リサイクル協会)

図 2.3-1 アルミニウム缶回収フロー図(1997年度 単位千トン)

2.3.2 試算方法

1) 対象容器と仕様

飲料容器では、素材容量が異なるものどうしの LCI（消費エネルギーなど）比較を行うことは適切でない。そのため、同一容量のアルミニウム缶とスチール缶について計算を行った。

- (1) アルミニウム缶（350ml、重量 16g、キャップを含む）
- (2) スチール缶（350ml、重量 32g、キャップを含む）

2) システム境界

図 2.3-2 にシステム境界の概念図を示す。

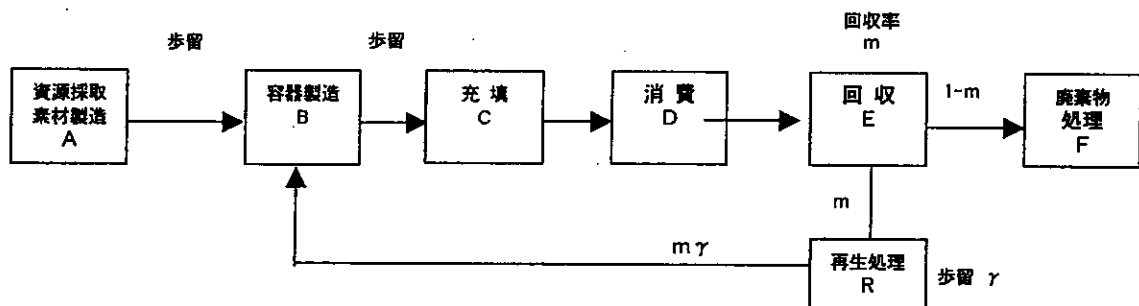


図 2.3-2 容器回収 LCI のシステム境界

(1) アルミニウム缶

素材製造から容器製造、充填、消費、回収、埋立、梱包、輸送までを含む（A→F）。リサイクルでは回収した全量が容器製造に戻るものとした（E→R→B）。そして、リサイクル分による環境負荷低減分を見込んだ。

(2) スチール缶

アルミニウム缶と同様、素材製造から容器製造、充填、消費、回収、埋立、梱包、輸送までをを対象とした（A→F）。

回収された缶はスクラップとして電気炉で再生されるが、大部分は建材等の用途へ行く。したがって、容器には戻らないが、計算上は容器にもどるものとして計算した（E→R→B）。これはカスケードリサイクルでも環境負荷低減に役立っているという考えからである。

3) 使用データ

アルミニウム新地金製造ステージ、缶材製造ステージおよび充填・配送ステージは日本 LCA 研究会調べと同一とし、その調査結果を使用した。

缶製造、回収、アルミニウム二次地金製造に関しては、業界にヒヤリングした実操業値

を使用した。分析は、日本 LCA 研究会のアルミ缶 LCA 分析支援ソフトウェアを用いて環境負荷を算出した²⁾。

2.3.3 アルミニウム缶における LCI 分析結果

図 2.3-3 に本委員会にて計算したアルミニウム缶とスチール缶のリサイクル率がエネルギー消費量へ与える影響を示す。リサイクルが無い場合は、アルミニウム缶の消費エネルギーが高い。もともと、素材製造過程で多量の電力を消費するアルミニウムの特性がでている。しかし、リサイクルが行われると、アルミニウム缶の方が単位リサイクル率当りのエネルギーの節減効果が大きい。このため、約 40%のリサイクルで、アルミニウム缶のほうがスチール缶よりエネルギー消費量が少なくなる。

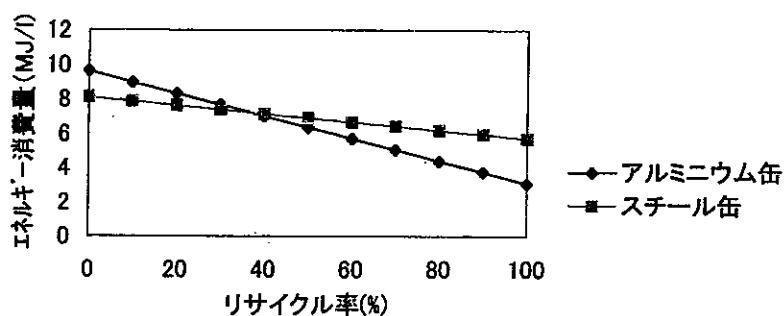


図 2.3-3 エネルギー消費量

図 2.3-4 にリサイクル率と炭酸ガス発生量の計算結果を示す。炭酸ガスの発生に関しても同様の傾向である。ただ、逆転するリサイクル率は約 55%と高くなった。

このようにアルミニウム缶は容器再生に要するエネルギーが小さいので、リサイクルによる環境負荷低減効果が大きく、リサイクル率の向上とともに他の容器によりも環境負荷が少なくなる。

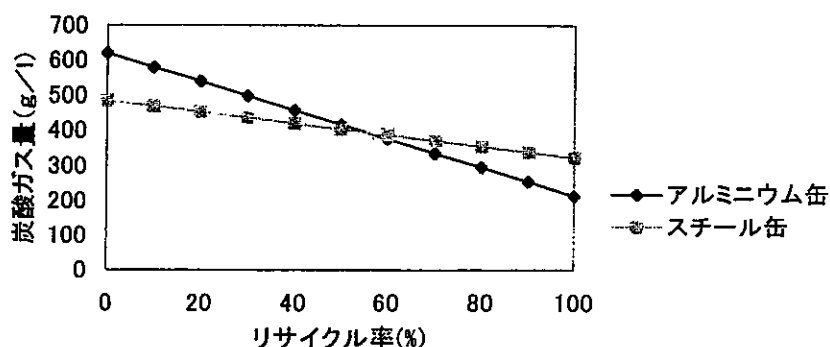


図 2.3-4 炭酸ガス発生量

アルミニウム缶の環境負荷は、缶の生産技術の向上によっても大きく低減する。

図 2.3-5 はアルミニウム缶生産速度とエネルギー消費量との関係を示したものである。図中の3点は1995、1996、1997年の国内製缶工場の実操業値である。最近の生産速度の向上によりエネルギー使用量が減少していることがわかる。

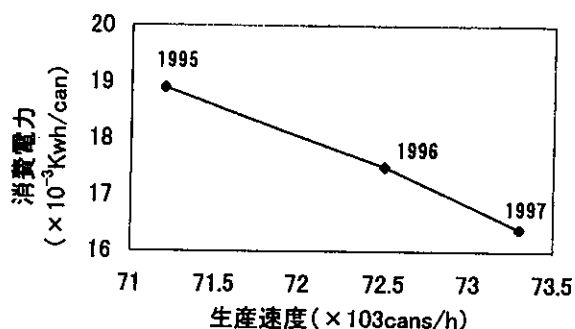


図 2.3-5 アルミニウム缶生産速度と消費エネルギーの関係

2.3.4 アルミニウム缶とスチール缶、PET ボトルのリサイクル上の問題点

1) アルミニウム缶

アルミニウム缶については、回収システムが整備されてリサイクル率も年々向上している。また、アルミ缶リサイクル協会が発表しているリサイクル率は実態に近い数値となっている(次項参照)。

2) スチール缶

スチール缶は容器のなかでは最も高いリサイクル率が報告されている。しかし、東京都下のある市での1996年度分の実態調査結果では³⁾、アルミニウム缶がアルミ缶リサイクル協会の発表数字より5%程度少なかったのに対し(70%→65%)、スチール缶ではあき缶処理対策協会発表の数字と31%もの差があった(77%→46%)。スチール缶のリサイクルでは回収された缶に18%缶のような飲料容器以外のものが含まれている可能性がある。

また、最近、鉄のスクラップ価格が大幅に低下している。鉄リサイクル協会によると鉄スクラップ価格は戦後最安値となっており(1999年3月)、加工処理コストを賄えなくなっている。発生元などによるコスト負担がないと、今後リサイクルが停滞することが懸念されている。

3) PET ボトル

PET ボトルは以下の3点の問題を抱えている。

(1) 回収率の問題

回収率の推移は1996年は2.9%、1997年は9.8%、1998年予測では18.0%と順調に伸

びている。PET ボトルのリサイクルは処理能力に限界があると言われている。現状では、処理能力は6～7万トン/年程度であり、消費量が伸びていることを考えると、処理能力を増設してもリサイクル率は50%が限界と思われる。

(2) 回収費用の問題

PET ボトルを提供するのに要する各段階(原油→ PET 原料→ PET 樹脂→ PET ボトル)での費用の和(生産費用)を求めると、リサイクルなしの場合で23円/本になる。これに、自治体負担費用(収集、焼却、埋立て)15円程度が加わる⁴⁾。これは、受益者負担の観点からいえば、討議の余地のあるところである。

リターナブルの場合は生産費用は減少するが、洗浄と輸送に費用がかさみ約100円/本程度が必要となる⁴⁾。また、消費者がリターナブルボトルを嫌がる傾向があり進めにくい。

(3) カスケード利用上の問題

PET ボトルは中敷き、ワイシャツ、洗剤容器などにカスケード利用されている。これらの原料としてフレークから糸状の繊維を作る際に、集めたボトルに異材が混入しているとノズル閉塞などトラブルの元になる。このため、金属や他のプラスチックとの分別に手間がかかる。金属との分離は風力で行うが、70%程度の回収率である。比重の近いPVCとは分離が困難で、X線で塩素検出等をしているがうまく調整できないことが多い。その他にも、ラベルの混入などもおこる。したがって、回収PETボトルの歩留は70%程度である。

結局、PET ボトル全体として再資源化できる率は(1)の50%と(3)で説明した70%を掛け合わせると、最大でも35%程度しか見込めないと考えられる。

4) ガラスびん

前述した調査では³⁾、ガラスびんの回収率はやはり業界発表値よりも10%程度少ない。

問題点は、ガラスびん生産量が減少しているのでカレット利用量を大幅に増加させることに限界があり、「びん to びん」のリサイクルには限界があることである。特に、最近のワインブームで酒類の輸入が増加しており、緑系統など国内に需要の少ないガラスびんが増加している。したがって、用途の拡大が課題となっている。

2.4 缶材の LCA 的計算に関する文献調査

2.4.1 文献検索方法

(1) 対象データベース

JICST

(2) 検索期間

1991 年以降

(3) 検索キーワード

(1) 前方に「ライフサイクル」を含む語(例、ライフサイクルアセスメントなど)

(2) 前方に「エコ balan」を含む語(例、エコバランスなど)

(3) LCA

(4) LCI

(5) 容器(いわゆる容器を含む、例、缶、びん、コップなど含まれる)

(1)~(4)を OR で結び、それに(5)を AND で結んだ。

(4) 結果

日本語文献 155 件、海外文献 136 件の出力を得た。

抄録を検討した結果、関連すると思われる本文 25 件を取寄せた(内、海外文献 3 件)。

この内、容器の比較を行っている文献 11 件を取上げ表 2.4-14 にまとめた。

2.4.2 各文献の説明

まとめ表に示した No.1~No.11 の文献について、概略の説明を以下に述べる。なお、表中にある項目と重なる表現の部分は省略した。

1) 文献 No.1: プラスティックと代替物質のエコバランス調査の評価

雑誌 Plaspia 編集

総説文である。NAPCOR(全米プラスチック容器回収協会)が後援して、Franklin Associates が実施(1989 年)した内容についての紹介。

総説の文献なので、詳しい内容紹介ではない。また、年代が古く、環境への放出物の相対的な毒性の評価はしていない

PET ボトルの値は、エネルギーも放出物の値も小さい。バージン材が使用される時には、特にそれが言える。リターナブルガラス容器も幾つかの測定では値が小さい。しかし、容器の重量が大きいことで、利益は相殺される。

もし、100%リサイクル材が使用されるとすると、アルミニウム缶は競争力を有する。

本文の主要結果を表 2.4-1、2.4-2 にまとめる。

本論文で興味深いことは、取上げた容器がアルミニウム缶は 12 オンス(340ml)の 1 種類であるが、PET ボトルについては 4 種類、ワンウェイガラスびんについては 3 種類の異なる容量の容器を比較している点である。

この内、PET ボトルの結果について考察した。

表 2.4-1 バージン原材料から製造したときの値

容器種類	エネルギー消費量 (百万 Btu)	大気放出 (ポンド)	水質汚染物 質(ポンド)	固形廃棄物 (ポンド)	固形廃棄物 (ft ³)
PET ボトル	33.9	98.7	16.6	940	56.2
アルミニウム缶	50.0	137.0	44.1	1938	40.4
ガラスびん 1	35.1	157.0	16.9	4721	96.9
ガラスびん 2	61.7	271.5	24.8	9066	184.4

PET ボトル: 480ml、アルミニウム缶: 360ml、ガラスびん: 480ml (No1: ワンウェイ、No2: リターナブル)

表 2.4-2 100%リサイクルして製造または使用した容器

容器種類	エネルギー消費量 (百万 Btu)	大気放出 (ポンド)	水質汚染物 質(ポンド)	固形廃棄物 (ポンド)	固形廃棄物 (ft ³)
PET ボトル	22.3	66.9	13.4	364	8.5
アルミニウム缶	15.9	46.3	9.7	198	3.2
ガラスびん 1	32.4	107.7	13.8	985	16.2
ガラスびん 2	11.6	37.9	6.4	521	8.8

PET ボトル: 480ml、アルミニウム缶: 360ml、ガラスびん: 480ml (No1: ワンウェイ、No2: リターナブル)

図 2.4-1 に PET ボトルの容量がエネルギー消費量に与える影響を示す(本文の結果をまとめなおした図)。4 種類の容器(480、1,000、2,000、3,000ml)におけるエネルギー消費量(単位容量当たりとした値)を比較した。容器容量の大きいものほどエネルギー消費量が小さくなっている。本グラフから曲線近似をして、350ml および 1,500ml のエネルギー消費値を比較した。350ml 容器の消費量が 1,500ml 容器に比較して約 1.5 倍になっている。大気放出の場合もほぼ同じ比率であった。

我が国の PET ボトルの LCI はほとんどが 1,500ml 容器で行われているので、アルミニウムなど他素材の容量が小さな容器と比較する場合はこのことを考慮する必要がある。

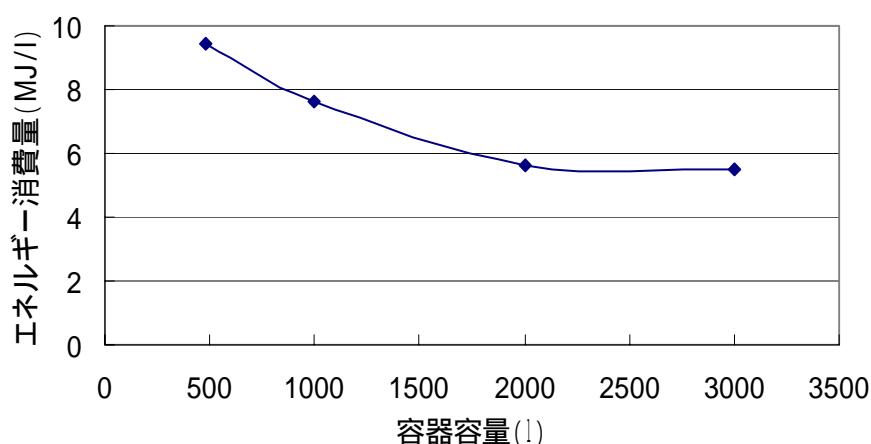


図 2.4-1 PET ボトル容量とエネルギー消費量の関係

2) 文献 No.2: プラスティックなど包装材料の環境影響評価(LCA)

プラスチック処理促進協会編

対象は、PET ボトル(1500ml)、アルミニウム缶(350ml)、スチール缶(350ml)、ガラスびん(633ml)である。本文献の主要結果を表 2.4-3 に示す。

表 2.4-3 各、容器 1000 本を製造するのに必要な環境負荷

項目	単位	PET ボトル (60kg)	スチール缶 (28.9)	アルミニウム缶 (15.4kg)	ガラスびん (605kg)
資源	kg	原油 68.4	鉄鉱石 53.7 石灰石 1.8	ホーキサイト 56.2 炭素 7.7	塩 111 珪砂 335 石灰石 163 カレット 184
エネルギー	× 10 ³ kcal	755.0	307.0	840.0	1990.0
CO ₂	kg	209.0	99.5	135.0	563.0
NO _x	kg	0.102	0.085	0.0561	0.351
SO _x	kg	1.18	0.617	1.61	10.3

(1) PET ボトルの概要

エネルギー消費構成は、モノマー製造・重合段階が 43%と大きな比率を占める。

CO₂、NO_x の排出構成は、エネルギー消費の構成とほぼ同じである。

SO_x の排出係数は製造段階が 70%と大部分を占める。製造段階で、燃料の使用量が大きいためである。

(2) スチール缶の概要

製造段階の製鋼・圧延で 66%と高い比率である。

CO₂ の比率はエネルギー消費構成と同じ傾向である。

NO_x の構成比率は製造段階が 90%と大部分を占める。精練段階での石炭使用が影響している。

SO_x は製造段階で 72%、海外輸送で 26%。前者の石炭、後者の重油が影響。

(3) アルミニウム缶の概要

アルミニウム精錬で 65%、鋳造・圧延で 12%と計 77%を占める。

CO₂ の排出構成はアルミニウム精錬で 46%と、エネルギー消費構成に比較して少ない。これは、エネルギーが電力を主とするためである。

NO_x の排出構成は、製造段階が 50%と半分を占める。他は原料 29%、海外輸送 16%、加工 5%である。加工段階での比率が低い。加工段階では電力が主要なエネルギー源となるためである。

SO_x の排出構成では、製造段階が 56%、原料段階が 40%と高い。重油の使用が効いている。重油のトータルエネルギーに占める消費量が大きいためである。

(4) ガラスびん

カレットの使用比率は 48%を用いた。

エネルギー消費構成は製びん段階で 67%、国内輸送で 28%とこの 2 段階が大半である。CO₂ の排出構成はエネルギー構成とほぼ同じである。NO_x、SO_x の排出構成では、国内輸送の比率がやや高い。

(5) 全体の傾向

CO₂ の発生は化石燃料を使用するかぎり、エネルギー消費量にほぼ比例する。ただし、電力を使用した場合は、ずれることがある。

NO_x の排出量も基本的にはエネルギー消費量にほぼ比例する。ただし、燃焼条件や、燃料に N 分を多く含むものは留意が必要である。

SO_x は燃料中の S 分により決まる。

3) No.3: 包装材料の LCA 最新動向(2)

沖 慶雄(東洋製缶)

本文献で実施した各種容器の LCI 比較結果を表 2.4-4 にまとめる。

表 2.4-4 各種容器の LCI(消費エネルギー)

容器種類	消費エネルギー(MJ)	同左、11 当り
PET ボトル(1500ml)	13,022	8.6
スチール缶(350ml)	4,852	13.9
アルミニウム缶(350ml)	6,393	18.3
ガラスびん(633ml)	5,064	8.0

(回収、洗浄エネルギー(びん)を含む)

これ以外に、スチール、アルミニウム、自社製品についての LCI 結果をまとめている。

結果は、自社の TULC(PET フィルムラミネート鋼板使用)が優れる。リサイクルの影響は計算していない。

記載した文献以外に同じ著者に下記文献がある。その概要を記す。

表題: 包装材料の LCA

雑誌: 日本包装学会誌 V.6 No.3 97-114 1997

スチール缶、アルミニウム缶の LCA を実施した。容器の LCA はこれらの周辺技術を取り入れたシステムとしての評価をする必要がある。単純な、容器だけの評価は無意味である。その理由は、容器は機能が違うこと、および各容器には特徴と欠点があるためである。

欠点は付随する技術で補完されて利用されている。以下にそれをまとめる。

アルミニウム缶は強度が不足してレトルト殺菌時の圧力変動に耐えられないので、内用品の充填時に窒素ガスを封入する。内圧を高めて耐圧性を実現する。

PET ボトルは耐熱性に劣るため、口部、底部結晶化で対応する。不足分は無菌充填（アセプテック）を採用する。積載荷重の不足は、外装ダンボール箱の強度増加、プラスチックのクレートの採用で補う。

紙容器は耐圧性、耐熱性がない。殺菌は過酸化水素が使用される。飲料の充填法はアセプティック法が採用されている。冷蔵流通が義務。積載強度の不足はプラスチッククレートを採用して補っている。

その他には以下の記述あり。

LCA ではプロセス毎のエネルギー消費の比較ができる。

スチール缶、アルミニウム缶、トーヨーシーム缶（ナイロン接着缶）、TULC について各プロセスの使用エネルギーを図示している（材料エネルギー、金属缶製造エネルギー、製缶廃水処理エネルギー、製缶工程からの CO₂ 排出量など）。

LCA の問題点について記述している。例えば、時間（耐久性など）の取り扱いがない。使用時に電力や薬品などを大量に使用する商品などでは、早く壊れた方が環境によいという結果になる。あるいは、労働力の評価をどうするかなどについて記述している。

4) No.4: 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

乙間末広、森保文（国立環境研究所）、中条寛、萩原一仁（三菱総研）

素材製造エネルギーに使用したデータベースは、化学経済研究所データをベースに石油等消費動態統計年報あるいは業界資料を利用した。容器製造は複数メーカーヒヤリングした。付属品エネルギーは化学経済研究所データを使用した。

本論文ではライフサイクルエネルギーの値を得た。表 2.4-5 に示す。

表 2.4-5 各種容器のライフサイクルエネルギー (kcal/l)

容器種類	R=0	R=0.5	R=1.0
PET ボトル	1,650	1,640	1,600
スチール缶	2,500	2,100	1,700
アルミニウム缶	3,550	2,250	900
ガラスびん	1,750	1,750	1,750

（数値はグラフからの読取りのため概略値）

(1) 結果の概要

ガラスびんの輸送エネルギーは他の容器に比べほぼ2倍である。

PET ボトル、アルミニウム缶、スチール缶は大差がない。

PET ボトルおよびガラスびんは必要なエネルギーはほぼ同量である。

PET ボトルの主たるエネルギー消費は素材製造。輸送を除くと60%になる。

アルミニウム缶は素材製造段階でのエネルギー消費が断然大きい。輸送以外のエネルギーが全体の 88%となる。

スチール缶はアルミニウム缶ほどではないが、50%が素材製造である。缶蓋のアルミニウム(4g)にも相当のエネルギーが費やされている。

各容器に共通しているのは、梱包材のダンボール製造のエネルギーが全体に占める割合が比較的大きいことである(アルミニウムで 5.5%、ガラスビンでは 37.5%)。

(2) リサイクル率の影響

アルミニウム缶の効果が大きい。40%のリサイクル率でリサイクルなしのスチール缶と同程度となり、それ以上ではスチール缶よりも低い値になる。また、完全リサイクルすると、エネルギー消費はリサイクルなしの場合の 1/4 になる。

次にリサイクル効果の大きいのがスチール缶である。リサイクルなしではアルミニウム缶の 2/3、双方のリサイクル率が向上するに伴いその差は縮まる。55～60%で逆転する。

ガラスビンは消費エネルギーの多くを梱包材であるダンボールや輸送過程で費やすのでリサイクル効果は小さい。

PET ボトルはごみ発電へまわされる率をリサイクル率とした。したがって、回収されるエネルギーはごくわずかである。

(3) 結論

4種類の容器のライフサイクル消費エネルギーは、各容器の現状のリサイクル率を考慮すると大差がない。

資源枯渇、廃棄の難易度、環境影響、経済性などを考慮すべきである。

缶容器はリサイクル率の向上が有効である。

PET ボトルは薄肉化が決め手になる。

ガラスビンはダンボール詰め輸送に代わるシステムの開発が効果的である。

(4) 今回の計算の問題点

設備、施設のエネルギーを考慮していない。

労働力を顧慮していない。

消費以降の過程の評価が不備である。

リサイクル品の質の評価がない。

5) No.5: 包装廃棄物リサイクルの可能性

石川 雅紀(東京水産大学)

本文献ではマテリアルリサイクル+バージン原料製造についての値を示した。PET ボトル、アルミニウム缶、スチール缶、ガラスびんについて計算した。マテリアルリサイクル(埋立て+バージン素材製造)時の、エネルギー消費量、大気排出物を求めた。表 2.4-6 にその結果を示す。

表 2.4-6 各種容器の LCI(エネルギー消費量、Gcal/t)

容器種類	マテリアルリサイクル	埋立て + パージン素材製造
ガラスびん	1.66	2.19
スチール缶	1.35	4.84
アルミニウム缶	1.68	33.96
PET ボトル	0.74	6.92

6) No.6: 包装廃棄物リサイクルの可能性 - 第4回ガラスびん、金属缶

石川 雅紀(東京水産大学)

本文献ではリサイクル処理システムと化石燃料使用量の比較を行った。表 2.4-7 にその結果を示す。

表 2.4-7 各種容器の LCI(エネルギー消費量、kcal)

容器種類	資源リサイクル	埋立て+パージン 素材生産	単純焼却+パージン 素材生産
アルミニウム缶(350ml)	20	610	600
スチール缶(350ml)	60	230	230
ガラスびん(300ml)	500	650	640
PET ボトル(1500ml)	20	940	960

(数値はグラフからの読取りのため概略値)

結果を以下に示す。

リサイクルによる削減率が最も高いのは、アルミニウム缶である。スチール缶が続き、ガラスびんは削減率が低い。

アルミニウム缶は固形廃棄物、化石燃料、NO_x、CO₂、SO_x の順に削減率が高い。スチール缶は固形廃棄物の削減率が最も高いことを別にすると、他の削減率はアルミニウム缶の逆である。

アルミニウム缶はアルミニウム製造段階で発生する赤泥が多いので、リサイクルでは固形廃棄物の削減量大きい。

容器1本当たりの化石燃料使用量をリサイクル、処理システム別に示した。

紙容器はバイオマスから製造されるために、化石燃料消費量は少ない。

PET ボトルはマテリアルリサイクルを行った場合の削減率が極めて大きい。

アルミニウム缶は2次素材製造までの計算では、マテリアルリサイクルにより一桁以上消費エネルギーを小さくできる。しかし、再生地金で製缶・輸送までを入れると1/3の削減率になる。

鉱石採掘時の固形廃棄物の取扱いがなされていない。

7) No.7: 容器: 包材リサイクルのライフサイクルインベントリー

石川 雅紀(東京水産大学)、梶野真弘、金森剛(野村総研)

本文献の結果を表 2.4-8 に示す。

表 2.4-8 各種容器の LCI(エネルギー消費量、Gcal/t)

容器種類	資源リサイクル	ごみ処理 + パージン素材生産
ガラスびん	2	2
スチール缶	2	4
アルミニウム缶	2	34
PET ボトル	1	15

(数値はグラフからの読取りのため概略値)

(1) 資源リサイクルとワンウェイ消費時の化石燃料消費量と CO₂ 排出量

紙パック以外では資源リサイクルの方がかなり消費量が少ない。

ガラスのカレットはリサイクルによる省エネルギー効果は少ない。しかし、海外からの原料輸送の影響があり、資源リサイクルによる省エネルギー効果が効いている。

紙パックでは資源リサイクルの方が化石燃料使用量が多い。製造工程でバイオマス起源の黒液を使用しているためである。

プラスチックでは資源リサイクルで化石燃料の消費削減に効果があるが、再生樹脂の品質がかなり劣ることが問題。

(2) サーマルリサイクルの場合の化石燃料使用量と CO₂

紙、プラスチックともに化石燃料使用量は削減される。

石油を原料とするプラスチックではほとんど削減効果はない。

(3) ケミカルリサイクルと CO₂

CO₂ 発生量はケミカルリサイクルによって大きく削減される。

(4) 結論

スチール、プラスチック材料の場合は、再生素材の品質劣化がある。

再生素材が代替する物質により、総合的に環境負荷が減少するかどうか決める必要がある。

プラスチックの場合は、サーマルリサイクル、ケミカルリサイクルができ、この場合は再生素材の劣化はない。どちらでも環境負荷を削減できる。

8) No.8: アルミニウム缶の LCA についての試算

田代 泰、大西健介(昭和アルミニウム)

結果は表 2.4-9 に示される(1000ml 当りに換算した値もあり)。

(1) 主な結果

アルミニウム缶のリサイクル率は 1994 年には 60%であった。ライフサイクルが数ヶ月と短い。

野村総研、化学経済研究所のデータを使用した。

リサイクル率が大きいほど、消費エネルギーが小さい。

UBC 再生歩留を考慮すると歩留が高いほど消費エネルギーが小さく、リサイクル率が高いほどその差が大きい。

軽量缶のほうが消費エネルギーが小さい。

歩留向上には溶解時の酸化を押さえること、酸化皮膜と溶融アルミニウムが分離しやすくすること、溶解前に塗料を除く(デッラッカリング)ことなどがある。

軽量化により再生歩留が低下するが、軽量化によるエネルギー低減効果のほうが大きい。

(2) 他の容器との比較

アルミニウム缶はリサイクル率の影響が最も大きい。

ガラスビンや PET ボトルはリサイクル率の影響は小さくなった。

リサイクル率の向上で他の容器よりも消費エネルギーを小さくすることができる。

表 2.4-9 各種容器の LCI(エネルギー使用量、MJ)

容器種類	R=0	R=0.6	R=1.0
アルミニウム缶	10.5	7.2	4.9
PET ボトル	7.1	6.8	6.7
スチール缶	7.6	6.8	6.5
ガラスびん	7.6	7.2	7.3

(数値はグラフからの読取りのため概略値)

9) No. 9 : 包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析

野村総合研究所

結果の例を表 2.4-10 に示す。

表 2.4-10 環境負荷インベントリ(マテリアルリサイクル)

項目	単位	PET ボトル	スチール缶	アルミニウム缶	ガラスびん
		再生樹脂原料1t回収	粗鋼1t回収	2次合金1t回収	カレット1t回収
エネルギー	kcal	747,424	1,345,688	1,677,085	1,655,143
CO ₂	g-C	41,858	72,202	120,045	199,611
NO _x	g	278	311	589	342
SO _x	g	137	375	929	1,090

10)No.10:LCA の応用の可能性

元川浩司(日本生活共同組合連合)

結果内容はスチール缶、アルミニウム缶、ワンウェイびんの3者のエネルギー、大気、水、固形廃棄物の比較を実施した。表 2.4-11 に結果を示す。スチール缶を 100 として、相対値で示した。容器の比較が目的ではない。

表 2.4-11 各種容器の LCI(相対比較)

容器種類	エネルギー消費量	大気汚染	水質汚染	固形廃棄物
スチール缶	100	100	100	100
アルミニウム缶	117	70	29	141
ワンウェイびん	219	316	18	1,414

11)No.11:LCA 手法によるセラミック製品の環境影響評価

坂村博康(東大 生産技術研究所)

(1)リターナブルビールビンおよびアルミニウム缶のエネルギーとリサイクルの関係

結果を表 2.4-12 に示す。化学経済研究所および野村総合研究所の報告書を参考にした。

ビンの使用回数が5回以下では、空き缶回収率が0%でもアルミニウム缶のエネルギー消費量が小さい。

空缶の回収率が72%以上になれば、ビンの使用回数にかかわらずアルミニウム缶のエネルギー消費量が小さい。

現状はビン使用回数 20 回、空缶回収率 53%でエネルギー消費は同じとなる。

ガラスビンの再使用はエネルギー消費削減効果が大きい。

表 2.4.12 リターナブルびんとアルミニウム缶の比較(×10³ MJ)

容器種類	R=0	現状
ガラスびん(633ml)	8.5	2.44(20回使用)
アルミニウム缶(350ml)	3.5	2.47(53%回収)

(2)プーステッドモデルによるガラスびん、アルミニウム缶、紙容器の比較

結果を表 2.4-13 に示す。国内外の文献値を用いた。同一、500ml、1000 本による比較値である。全体に値が高くなっているのは、燃料など国内外の使用エネルギー値を統一するために、係数などを掛けているからと思われる。相対比較をすべきと考えられる。それで見ると、PET ボトルに比べて、アルミニウム缶は十分競争力を有する。

エネルギー消費はワンウェイビンが製造時のエネルギー消費が大きいので、全体で大きくなっている。

紙容器は製造、充填がかなり小さい。

上記は大気排出でもおなじ傾向である。
 水系排出物は PET ボトル、紙容器で高い。
 環境負荷削減効果はリユースがもっとも大きい。

表 2.4-13 PET ボトル、アルミニウム缶、ガラスびんの比較

容器種類	消費エネルギー (×10 ³ MJ)	COD (g)	BOD (g)
PET ボトル	8.9	280	57
アルミニウム缶	9.0	80	11
ガラスびん	10.5	170	22
紙	3.2	240	27

(数値はグラフからの読取り値のため概略値)

2.4.3 文献による各種容器の LCI 値の比較(単位統一)

調査した文献の内、アルミニウム缶を含む複数容器の LCI(エネルギー消費量)の比較を行っているものについて、単位を統一して図 2.4-2 に示した。

単位容量毎の値にして比較した。文献ごとに計算条件が異なるため値には差がある。アルミニウム缶は 10MJ/l 程度の値が多い。

図 2.4-3~5 はリサイクル率の影響について記述のある文献をまとめた。リサイクル率とエネルギー消費量の関係は直線で表すことができる。このため、リサイクルなしの場合と 100%リサイクルの値を直線で結んだ。

文献によって差はあるが、アルミニウム缶はリサイクル率が 70%を超えると、他の容器材料よりも環境への負荷が少なくなるといえる。

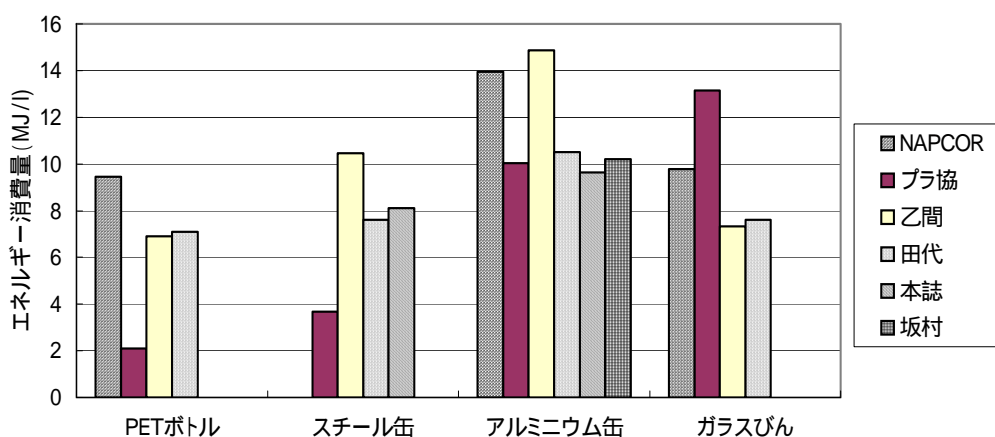


図 2.4-2 単位容量当りのエネルギー消費量

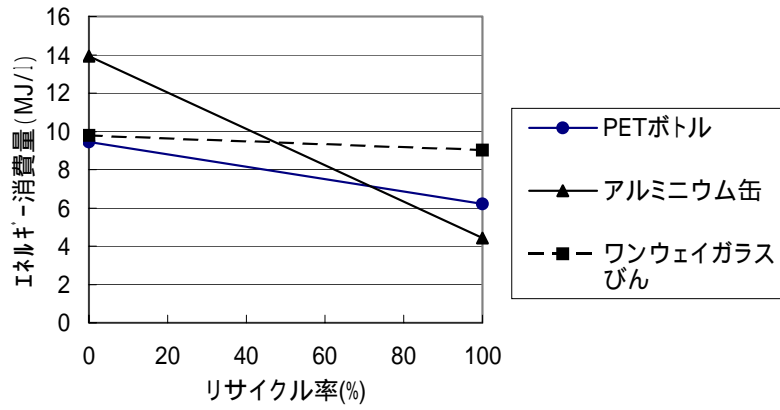


図 2.4-3 リサイクル率とエネルギー消費量の関係 (NAPCOR)

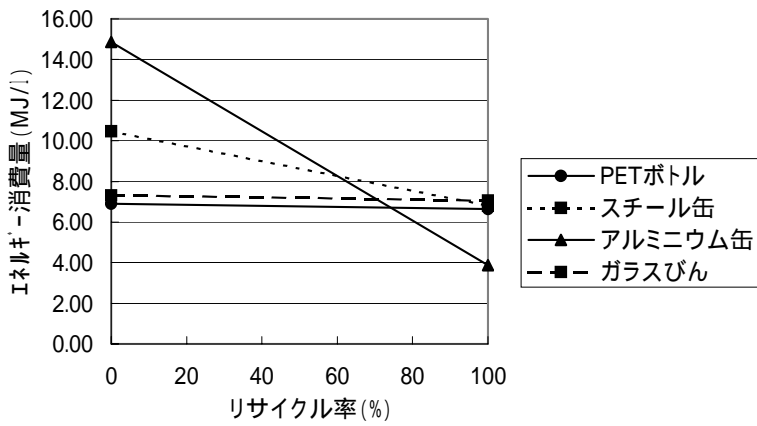


図 2.4-4 リサイクル率とエネルギー消費量の関係 (乙間)

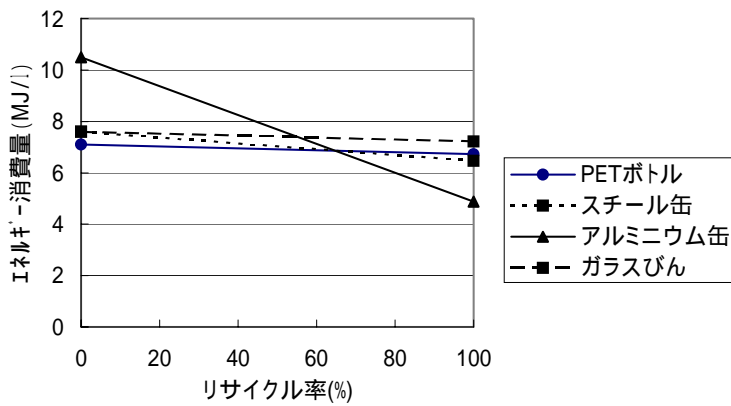


図 2.4-5 リサイクル率とエネルギー消費量の関係 (田代)

表 2.4-14 容器の LCA に関する文献まとめ

No	文献名	代表著者	出展	評価対象	シフト境界	評価項目	評価機能	データソース	結果
1	プラスチックと代替物質の環境影響調査の評価		Plaspia No.77 50-55 1992	各種プラスチック PETボトル PET缶 PETミニ缶 PET缶蓋 PET蓋	原料製造 最終処分	エネルギー消費 大気汚染 水質汚濁物質 固形廃棄物	PETボトル 4種類(容器 別) PETミニ缶 (350ml) PET缶蓋 PET蓋	不明(原文にはあり)	エネルギー原料 (百万Btu) PETボトル (480ml) : 33.9 PETミニ缶 (350ml) : 50 PET缶蓋 : 35.1 PET蓋 : 61.7
2	プラスチックなど包装材料の環境影響評価 (LCA)	プラスチック処理促進協会	平成7年3月 (1995.3)	PETボトル PETミニ缶 PET缶蓋 PET蓋	原料採取から最終処分	エネルギー消費 CO ₂ NO _x SO _x	容器について	化学工学 会・地球 環境フォー ラム研究 会が収 集	容器 1000本当たり (×10 ³ kcal) PETボトル : 755 PET缶蓋 : 307 PETミニ缶 : 840 PET蓋 : 1,990
3	包装材料の LCA 最新動向	沖 慶雄 (東洋製缶)	アインケイ V.24 No.21 15-23 1995	PETボトル PETミニ缶 PET缶蓋 PET蓋	材料 容器製造 輸送	エネルギー消費 CO ₂ 排水処理 固形廃棄物	容積 (ml)	参考文献 多数	エネルギー消費量 (MJ) PETボトル (1500ml) : 13,022 PETミニ缶 (350ml) : 4,852 PET缶蓋 (350ml) : 6,393 PET蓋 (633ml) : 5,064
4	飲料容器のエネルギー消費効果	乙間末広 (国立環境研究所)	エネルギー経済フォーラム講演集 V.10 279-284 1994	PETボトル PETミニ缶 PET缶蓋 PET蓋	素材 容器製造 廃棄	エネルギー消費量	容積 (ml)	化学経済 研究所他 記載あり	エネルギー消費 - (R=0) (kcal/l) PETボトル : 1,650 PETミニ缶 : 2,500 PET缶蓋 : 3,550 PET蓋 : 1,750

No	文献名	代表著者	出展	評価対象	シフト境界	評価項目	評価機能	データソース	結果
5	包装廃棄物リサイクルの可能性	石川 雅紀 (東京水産大学)	資源環境対策 V. 31 No. 9 16-26 1995	ガラスびん スチール缶 アルミニウム缶 PETボトル	マテリアルリサイクル サーマルリサイクル ケミカルリサイクル	エネルギー消費量 CO ₂ NO _x SO _x 廃棄物処分量	再生物質 1 t 当たり	不明	マテリアルリサイクル+パージン原料製造 (Gcal/t) ガラスびん : 1.66 スチール缶 : 1.35 アルミニウム缶 : 1.68 PETボトル : 0.74
6	包装廃棄物リサイクルの可能性 - 第4回ガラスびん、金属缶	石川 雅紀 (東京水産大学)	資源環境対策 V. 31 No. 13 81-85 1995	アルミニウム缶 スチール缶 ガラスびん PETボトル	回収 埋立て リサイクル	エネルギー消費量 CO ₂ NO _x SO _x 固形廃棄物	びん単位	文献記載あり	資源リサイクル (kcal) アルミニウム缶 (350ml) : 20 スチール缶 (350ml) : 60 ガラスびん (300ml) : 500 PETボトル (1500ml) : 20
7	容器・包装材料のリサイクル インパントリー	石川 雅紀 (東京水産大学)	エネルギー・システム・経済コンフリクト講演論文集 V. 11 55-60 1995	アルミニウム缶 スチール缶 ガラスびん PETボトル	回収 リサイクル 輸送	エネルギー消費量 CO ₂	缶、びん単位 まとめは製品 t 当たり	記載なし	資源リサイクル (Gcal/t) ガラスびん : 2 スチール缶 : 2 アルミニウム缶 : 2 PETボトル : 1
8	アルミニウム缶のLCAについての試算	田代 泰 (昭和アルミ)	軽金属 V46 No11 607-612 1996	アルミニウム缶 PETボトル スチール缶 ガラスびん	地金製造 製缶 リサイクル	エネルギー消費量	2ピース缶 (350ml)	野村総合化学研究所など 野村総合化学研究所など	ライオンリサイクル社 - (1,000ml 当り) R=0 (MJ) アルミニウム缶 : 10.5 PETボトル : 7.1 スチール缶 : 7.6 ガラスびん : 7.6

No	文献名	代表著者	出展	評価対象	システム境界	評価項目	評価機能	データベース	結果
9	包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析	野村総合研究所	1995年3月	PETボトル PETボトル ガラスびん	資源採取からリサイクル(リサイクル、パージンクト、ごみ処理)	エネルギー消費量 CO ₂ NO _x SO _x 固形廃棄物 コスト	重量(t)当たり	記載あり	マテリアリティ(再生物質) kg 回収) (Gcal) PETボトル : 747 PETボトル : 1,345 ガラスびん : 1,677 ガラスびん : 1,655
10	LCAの応用の可能性	元川浩司 (日本生活共同組合連)	日本の科学と技術 V.35 No.273 60-67 1994	PETボトル PETボトル ガラスびん	原料採取を除くその後のプロセス(リサイクル、輸送、外装材含む)	エネルギー消費量 大気汚染 水質汚濁 固形廃棄物	単位内容積(ml)	記載なし	PETボトルを100とした相対エネルギー消費量比較 PETボトル : 100 PETボトル : 117 PETボトル : 219
11	LCA手法によるセラミック製品の環境影響評価	坂村博康 (東大生産技研)	地球系研究 平成7年度研究 成果報告 A06-E00 2931 1996	PETボトル PETボトル ガラスびん	原料採取 製造 流通 使用 廃棄	エネルギー消費量	びん、缶単位	化学研究所 野村総合研究所	同一500ml容器による比較 (×10 ³ MJ) PETボトル : 8.9 PETボトル : 9.0 PETボトル : 10.5

2.5 まとめ

各種容器の LCA 的評価は以下のようにまとめられる。

- (1) リサイクルが無い場合は、エネルギー消費量を例にとると、低い順から、PET ボトル、スチール缶、ガラスびん、アルミニウム缶の順となった。

ただし、計算対象の容器が必ずしも同一容量で実施されていないので、厳密な LCI (Life Cycle Inventory) 比較は困難である。特に PET ボトルは 1,500ml の大容量容器で計算されているので、単位容量に換算して有利な結果となっていることに留意する必要がある。

- (2) アルミニウム缶はリサイクル率の影響が大きく、リサイクル率の上昇とともに環境負荷低減効果大きい。本委員会で行ったスチール缶との比較では、リサイクル無しの場合はエネルギー消費量、炭酸ガス発生量ともにスチール缶より高い値となる。しかし、約 40% 以上リサイクルされればエネルギー消費量が、また、60% 以上のリサイクルで炭酸ガス発生量も少なくなることが分かった。文献調査からも、文献により逆転するリサイクル率の数値は異なるが、傾向は同じであった。

- (3) アルミニウム缶のリサイクルはガラスびんとともにクローズドシステム (缶 to 缶) であり、品質の劣化がない。他の用途を開拓する必要のあるカスケード利用に比較し、需給面からも問題が少ない。

- (4) アルミニウム缶のリサイクルシステムは完成しており、回収率も実態をよく把握している。他の飲料容器では、実際の回収率より高めの数値が公表されている可能性があり、実態としてアルミニウム缶回収率が最も優れていると推定される。最近急速に普及してきた PET ボトルは、再生使用が難しい等リサイクル上の問題を抱えており、新たな技術開発がなされない限り実質の回収率は 35% 程度に留まると考えられる。

- (5) アルミニウム缶の今後の課題は、リサイクル率のさらなる向上である。

例えば、分別、輸送方法などの改善 (輸送時の減容など) や缶胴と蓋の材料の統一などが考えられる。

また、軽量化が限界に近いと考えられるために、生産プロセスの改善 (例えば、再生歩留向上、摩擦によるデラッカリングなどの採用) による環境負荷低減も重要な事項である。

2.6 参考文献

- 1) 花木和宏: 軽金属協会 第 49 回シンポジウム予稿集 1996 年 3 月
- 2) 安井 至、坂村博康、森下 研、田中浩二: 第 3 回エコバランス国際会議ポスターセッション、「アルミ缶の LCI 分析支援ソフトウェア」1998 年 11 月
- 3) 寺園 淳、乙間末広、森 保文: 第 3 回エコバランス国際会議、479-482、1998
- 4) 寺園 淳、日引 聡: 第 3 回エコバランス国際会議、483-486、1998