

環境省請負調査

平成16年度
容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る
調査事業 報告書

－ 飲料容器を対象とした LCA 調査 －

平成17年3月

財団法人 政策科学研究所

はじめに

「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」（容器包装リサイクル法）は、平成 7 年 6 月に成立し、同年 12 月に一部施行された後、平成 9 年 4 月から本格施行（紙製容器包装、プラスチック製容器包装、段ボールについては平成 12 年 4 月）された。

同法のこれまでの施行状況については、ほとんどの容器包装について、その分別収集量は増加し、また、分別収集実施市町村数や再商品化量についても順調に伸びてきており、着実に制度が普及・定着してきている。

こうした中、容器包装の中でも代表的な飲料容器については、リサイクルの促進とともに、その製造方法やリサイクル方法について新たな技術の開発、導入が見られるようになってきている。これらの状況も踏まえた上で、より環境への負荷の少ない容器の普及を促すための施策の検討が課題になってきている。

このため、環境省では、平成 14 年度から 16 年度までの 3 カ年にわたって、主要な飲料容器を対象に、ライフ・サイクル・アセスメント（LCA）の手法を用いて、各飲料容器における環境負荷の実態及び課題を把握するとともに、リユースやリサイクルによる環境負荷低減効果の推計等を行った。

本調査は、飲料容器の LCA 調査に係る幅広い関係者が一同に会しての合意に基づいて行われたものであり、可能な限り最新のデータと知見の集積に基づいて中立かつ客観的に実施された。

その結果、調査対象とした飲料容器の環境負荷特性を把握するとともに、リユースやリサイクルすることによって環境負荷が低減することが確認できた。また、各容器関係業界をはじめとして、様々な関係者が一つのテーブルを囲んで真摯に議論を重ねてきたが、このような場を設けることによって、不明点の共有化など、今後の環境負荷低減に向けての様々な示唆と刺激を参加者に与えることができたものとする。

本調査については、財団法人政策科学研究所が調査・検討の実施主体となり、3 カ年を通して植田和弘京都大学教授を委員長とする専門委員会を設置して検討を行ってきた。なお、平成 14 年度については、石川雅紀神戸大学教授を委員長とする分科会を設置し LCI データの諸課題等を検討した。

本調査の実施過程においては、各飲料容器リサイクル関連団体、容器・飲料メーカー及び市町村等、多くの方々の多大なご協力と貴重なご助言をいただいた。

関係者の皆様方に厚くお礼を申し上げる次第である。

平成 17 年 3 月

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部
企画課リサイクル推進室

■ 目 次 ■

I 本 編

1	調査の目的と内容	1
1. 1	調査の目的	1
1. 2	3カ年の調査内容と本報告書の位置づけ	1
1. 3	調査体制	2
2	飲料容器の市場動向と調査対象容器	4
2. 1	近年の飲料容器の市場動向	4
2. 2	調査対象容器の選択方法	12
2. 3	調査対象容器とその仕様	13
3	調査範囲	15
3. 1	機能と機能単位	15
3. 2	調査したライフサイクルの範囲（システムバウンダリ）	15
3. 3	調査対象とした環境負荷項目（データカテゴリ）	17
3. 4	入力取舍選択	18
4	インベントリデータ等の収集	19
4. 1	各飲料容器に関わるデータとプロフィール	19
4. 2	市町村のリサイクル・廃棄システムに関するデータ	28
4. 3	家庭での使用済み容器の洗浄に関する実態調査	40
5	分析の方法	44
5. 1	ライフサイクルフローの構築	44
5. 2	LCI 分析の方法	47
6	各飲料容器の LCI データと特徴	54
6. 1	各飲料容器の LCI データ	54
6. 2	リターナブルびん	56
6. 3	ワンウェイびん	59
6. 4	ペットボトル	62
6. 5	スチール缶	65
6. 6	アルミ缶	68
6. 7	紙パック	71

7	改善策の検討	74
7. 1	リサイクル促進による環境負荷の低減効果の分析	74
7. 2	市町村のリサイクル・廃棄システムにおける環境負荷に関する分析	77
7. 3	環境負荷低減策の検討と分析	81
8	LCI データの解釈に関する留意事項	90
8. 1	環境負荷特性の把握に重大な影響を与えている要素の特定	90
8. 2	LCI データの解釈に関する留意事項	91
9	成果と課題	92
9. 1	成果	92
9. 2	残された課題	93
	主要参考文献	95
	おもな用語説明	98

II 資料編

資料-1	おもな LCI データのプロフィール	A-1
資料-2	各飲料容器のライフサイクルフローと LCI データ	A-45
資料-3	各飲料容器のリユース・リサイクルに関する分析結果	A-129
資料-4	市町村の廃棄・リサイクル工程の環境負荷に関する実態調査	A-169
資料-5	飲料容器に関わる環境負荷低減策の取り組み状況に関する調査結果	A-205
資料-6	ライフサイクル影響評価のレビュー	A-211

I 本 編

1 調査の目的と内容

1. 1 調査の目的

平成 9 年 4 月に本格施行され、平成 12 年 4 月に完全施行された「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」（容器包装リサイクル法）は、分別収集計画の策定市町村数や分別収集量、再商品化量のいずれも増加し、着実に制度が普及・定着してきている。

こうした中、容器包装の中でも代表的な飲料容器については、リサイクルの促進とともに、製造方法やリサイクル方法において新たな技術の開発、導入が見られる等の状況も踏まえた上で、より環境負荷の少ない容器の普及を促すための施策を検討することが重要な課題になっている。

このため、本調査は、平成 14 年度から平成 16 年度までの 3 カ年にわたって、ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶、紙パックの各飲料容器を対象に、ライフ・サイクル・アセスメント（LCA）の手法を用いて、各容器の環境負荷の側面を把握するとともに、リサイクルや新技術による環境負荷の低減効果等を検討することを目的に実施したものである。

1. 2 3 カ年の調査内容と本報告書の位置づけ

3 カ年の調査内容は、以下に示す通りである。

本報告書は、過去 2 カ年の調査を踏まえた平成 16 年度の調査結果をとりまとめたものである。

（1）平成 14 年度（基礎調査）

- ・ 調査対象容器を各素材別に使用実態等を踏まえて抽出した。
- ・ 調査対象容器のライフサイクルフローを作成した。
- ・ 既存の各業界の LCA 調査結果についてデータ範囲の違い等を整理した。
- ・ 各対象容器について、既存調査等に基づき LCI（ライフサイクル・インベントリ）分析を行うとともに、回収率の向上に伴う環境負荷の変化を分析した。

（2）平成 15 年度（実態調査）

- ・ LCI データのうち、廃棄物と水の使用量についてデータの見直しを図った。
- ・ 市町村のリサイクル・廃棄工程の環境負荷に関して、特定市を対象に実態調査を実施した。
- ・ 調査対象容器を資源ごみとして収集する際に混入する資源対象外物の実態を調査した。
- ・ 家庭における容器の洗浄に伴う環境負荷をアンケートとキッチンテストから推計した。

- ・LCA の評価段階に該当するライフサイクル影響評価（LCIA）に関するレビューを実施した。

（３）平成 16 年度（最終調査報告）

- ・調査対象容器を現在の市場等を踏まえて再抽出した。
- ・ライフサイクルフローを直近年度にあわせて修正した。
- ・LCI データを最新のものに改めた。
- ・家庭における洗浄工程を LCI 分析の中に取り入れた。
- ・本調査結果の解釈や限界、課題等を整理した。

1. 3 調査体制

1.3.1 実施主体

本調査・検討の実施主体は、財団法人政策科学研究所である。

1.3.2 専門委員会の設置

財団法人政策科学研究所は、調査・検討にあたって、専門委員会を設置した。専門委員会の事務局は、政策科学研究所が担当した。

委員会には、委員の他に委託元である環境省からの出席があった。また経済産業省、農林水産省、業界団体からのオブザーバーの参加があった。

【専門委員会の構成（平成 16 年度）】

○委員

学識経験者

植田 和弘	京都大学大学院経済学研究科教授（委員長）
石川 雅紀	神戸大学大学院経済学研究科教授
中澤 克仁	株式会社富士通研究所材料・環境技術研究所環境材料ステーション
松藤 敏彦	北海道大学大学院工学研究科助教授
森口 祐一	独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究領域資源管理研究室長

業界関係者

知久 清	ガラスびんリサイクル促進協議会企画委員
堀口 誠	P E T ボトル協議会技術委員会委員長
瀧 文男	スチール缶リサイクル協会スチール缶 LCA 調査委員会主査
大久保正男	社団法人日本アルミニウム協会理事
長谷川 浩	全国牛乳容器環境協議会紙パック LCI 調査委員会委員長

荷福 正隆	社団法人プラスチック処理促進協会総合企画室長
大平 惇	社団法人全国清涼飲料工業会専務理事
自治体関係者	
庄司 元	社団法人全国都市清掃会議調査普及部長
小林 幸文	神奈川県環境農政部廃棄物対策課リサイクル推進班技幹
消費者関係者	
佐藤 博之	グリーン購入ネットワーク事務局長

○委員以外の参加者

委託元

藤井 康弘	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課リサイクル推進室長
松浦 明	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課リサイクル推進室室長補佐
岩部 幸夫	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課リサイクル推進室室長補佐
森本栄一郎	環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部企画課リサイクル推進室 容器包装リサイクル企画係長

事務局

猪瀬 秀博	財団法人政策科学研究所主席研究員
元川 浩司	同 研究所主任研究員
小松 真弓	同 研究所主任研究員
後藤 幸子	同 研究所研究員

オブザーバー

(略)

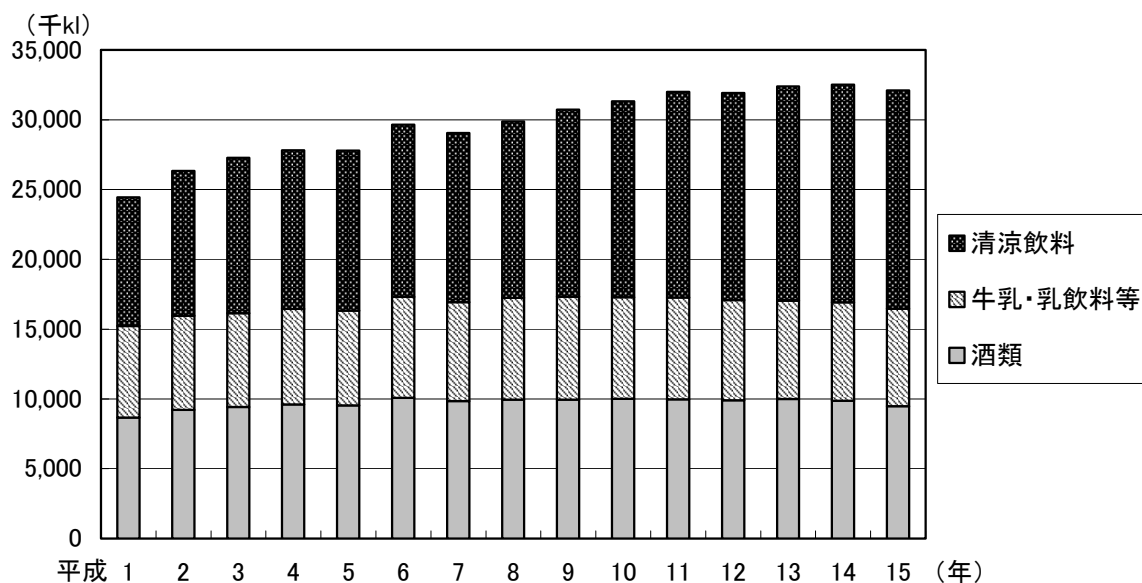
2 飲料容器の市場動向と調査対象容器

2. 1 近年の飲料容器の市場動向

ここでは、近年の飲料市場を確認するとともに、各種飲料と容器の関係を近年の推移を含めて概観する。

容器入りの飲料市場は、飲料の中身から、清涼飲料、牛乳・乳飲料等、酒類の3市場に大分類される。これら3市場の生産量（kl ベース、ただし酒類は課税数量：国産分および輸入分の合計）を過去15年についてみると、合計では平成11年頃までは増加傾向にあったが、それ以降はほぼ横ばいとなっている。3市場別にみると、牛乳・乳飲料等と酒類が平成10年以前にピークを持ち最近はやや減少傾向であるのに対して、清涼飲料がこの間、大きく生産量を伸ばしている。その結果、3飲料市場合計に占める清涼飲料のシェアは、平成元年当時の38%から、平成15年では49%になった。（図2.1.1）

図 2.1.1 飲料市場における生産量の推移（平成元年～15年）



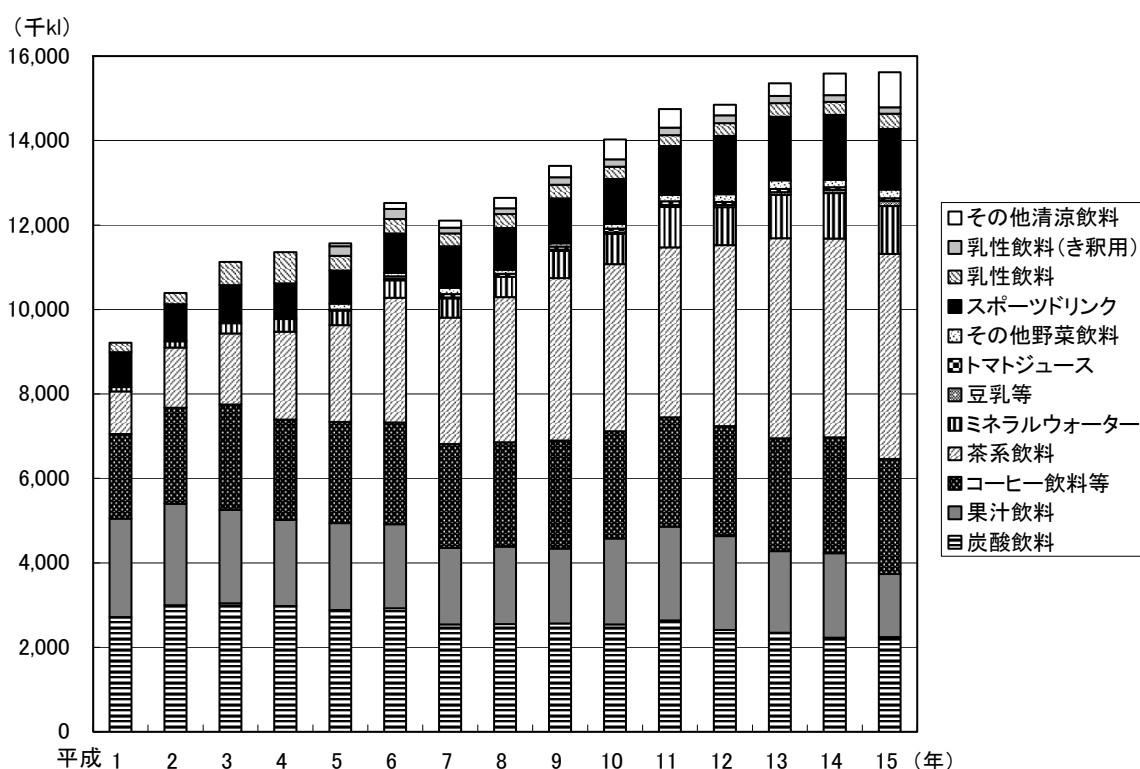
* 各飲料統計資料から作成

以下、これらの3飲料市場別に、使用されている容器を見てみる。

2.1.1 清涼飲料

清涼飲料を種類別でみると、茶系飲料が平成元年の約 100 万 kl から平成 15 年の 485 万 kl まで一貫して増加し、ミネラルウォーターやその他清涼飲料（栄養飲料（非炭酸）、機能性ニアウォーター、ゼリー飲料等）とともに清涼飲料の伸びの大きな要因となっている。平成元年では、清涼飲料のうち炭酸飲料、果汁飲料、コーヒー飲料等、茶系飲料の 4 種類の飲料で、全飲料の 87%を占めていたが、その比率は茶系飲料の伸びにもかかわらず、徐々に低下し、平成 15 年では 72%まで低下し、清涼飲料の多様化傾向がうかがえる。（図 2.1.2）

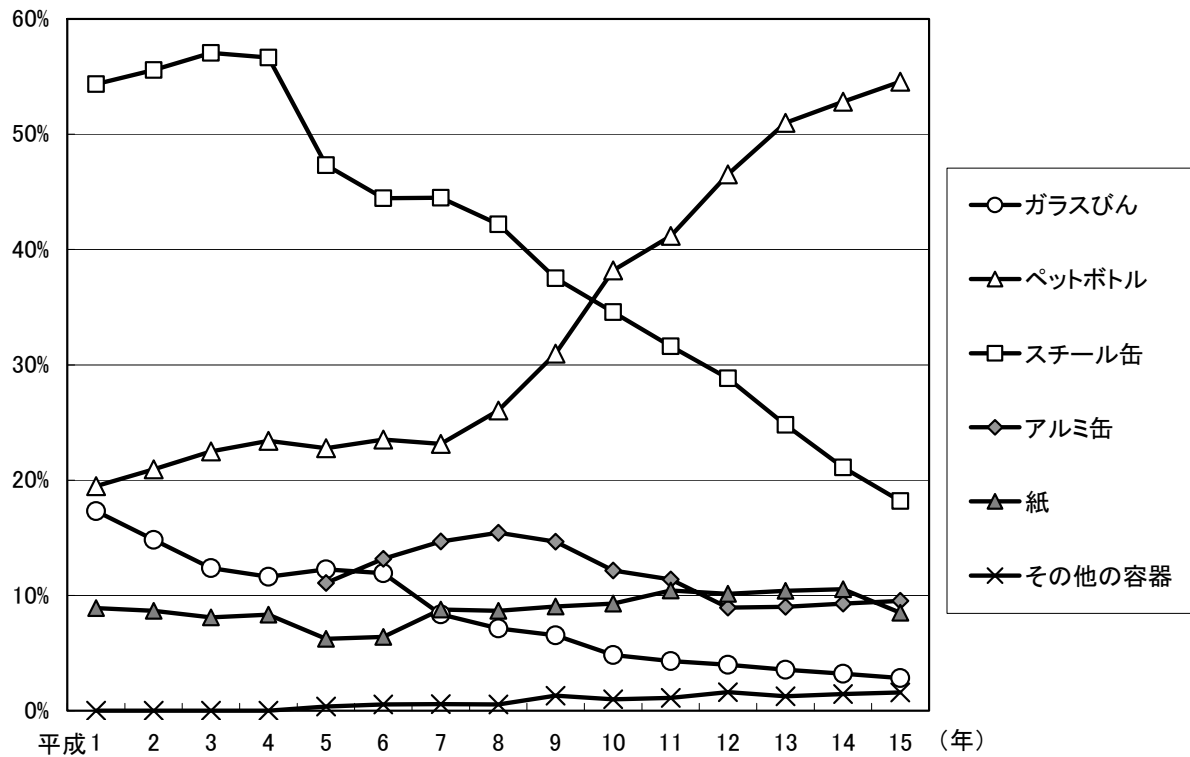
図 2.1.2 清涼飲料種類別の生産量推移



* 全国清涼飲料工業会資料より作成

清涼飲料に使用される容器は、過去 15 年で大きく変化した。平成元年に清涼飲料全生産量の 20%に満たなかったペットボトルは、平成 13 年に 50%を超え、平成 15 年ではホット充填を含めると 57%に達した。とりわけ、平成 8 年の小型ペットボトル自主規制廃止の年からの増加が著しい。牛乳・乳飲料等と酒類のペットボトル使用量をゼロとみても、平成 15 年では、全飲料の 28%がペットボトルである。また、最近の動きとしては、平成 13 年から清涼飲料に採用が広がったアルミボトル缶が急増し、従来の 2 ピースアルミ缶を超える勢いを見せている。（図 2.1.3）

図 2.1.3 清涼飲料の容器シェアの推移

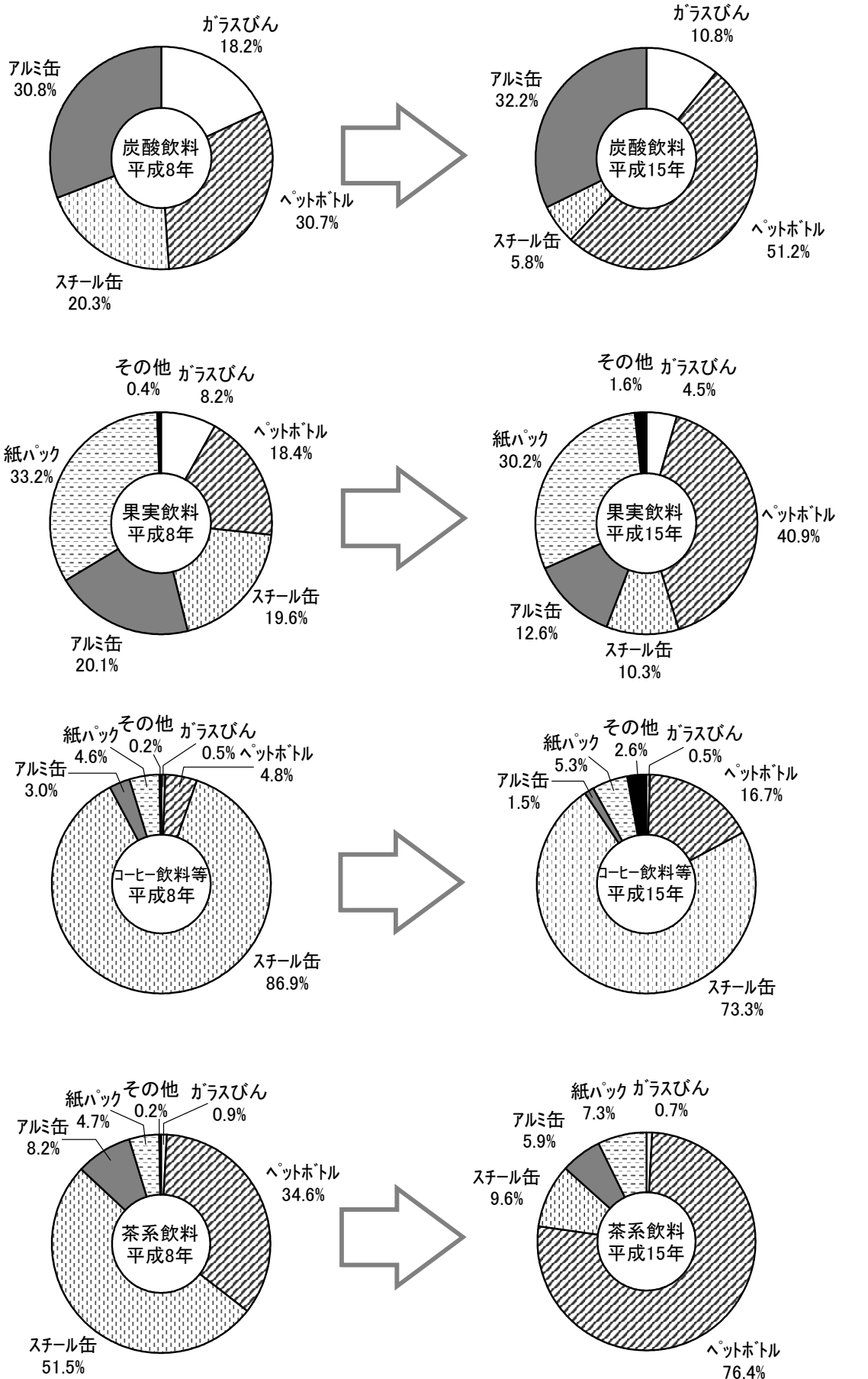


(注) アルミ缶は平成4年までスチール缶に含まれる。PETボトル（オレンジキャップ）はPETボトルに、アルミボトル缶はアルミ缶にそれぞれ含まれる。

* 全国清涼飲料工業会資料から政策科学研究所作成

主要4飲料の容器を平成8年と平成15年で比較してみると、PETボトルがどの飲料についても大きく増加していることがわかる。(図 2.1.4)

図 2.1.4 清涼飲料の容器シェア（平成 8 年と平成 15 年）



* 全国清涼飲料工業会資料より作成

以上の4飲料以外も、生産量が多いミネラルウォーター、スポーツドリンクもペットボトルが平成15年では80%以上のシェアを占めている。従って、ペットボトルの増加は、ペットボトルのシェアが大きい茶系飲料の量の増大だけでなく、他の飲料についてもペットボトルへの容器転換が起き、全体としてペットボトルの容器使用量が増えたことがわかる。

また4飲料の上位2容器のシェアの変化を見ると、平成8年では比較的寡占度が小さかった炭酸飲料と果汁飲料のシェアが、平成15年をみると、炭酸飲料では平成8年の62%から83%と21%増加、果汁飲料では54%から71%へと16%上昇し、これら飲料の容器の寡占が進んでいる。(表2.1.1)

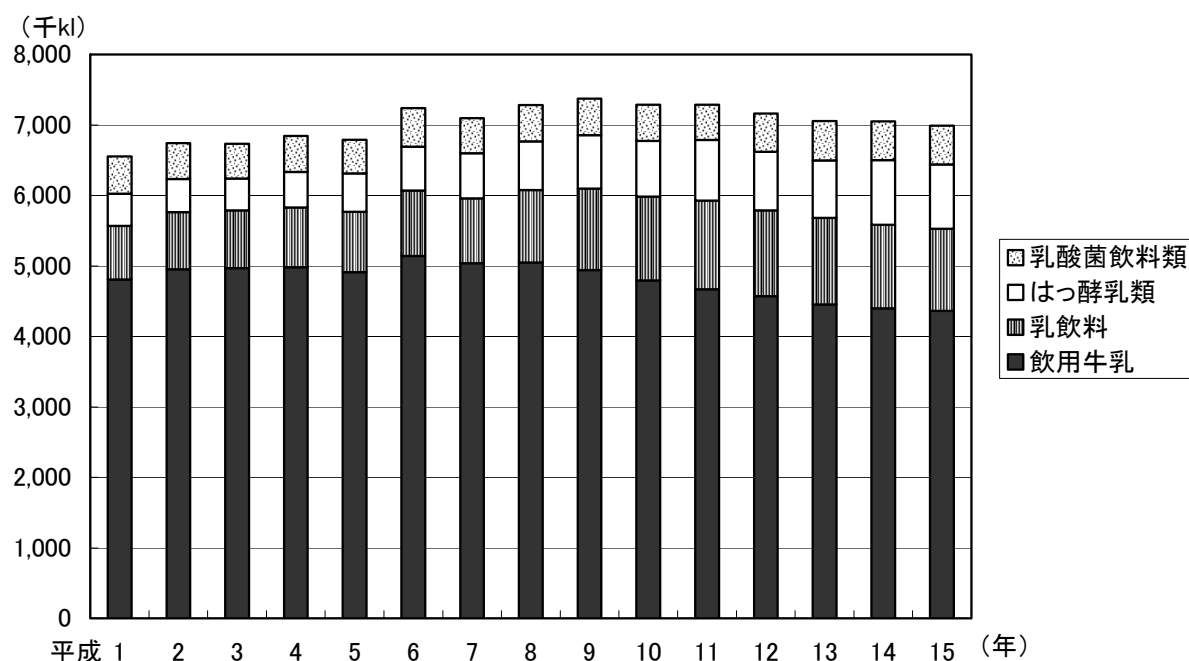
表 2.1.1 平成8年と平成15年の主要清涼飲料の容器別シェアの変化

	平成8年			平成15年		
	ペットボトル	アルミ缶	上位2容器	ペットボトル	アルミ缶	上位2容器
炭酸飲料	31%	31%	62%	51%	32%	83%
果汁飲料等	紙パック	アルミ缶	上位2容器	ペットボトル	紙パック	上位2容器
	34%	20%	54%	41%	30%	71%
コーヒー飲料等	スチール缶	ペットボトル	上位2容器	スチール缶	ペットボトル	上位2容器
	87%	5%	92%	72%	17%	89%
茶系飲料	スチール缶	ペットボトル	上位2容器	ペットボトル	スチール缶	上位2容器
	51%	35%	86%	76%	10%	86%

2.1.2 牛乳・乳飲料等

生産量の平成元年からの種類別推移をみると、飲用牛乳が平成6年をピークに減少に転じ、代わって、乳飲料、はっ酵乳類が増加している。これに伴い、飲用牛乳が占めるシェアは、平成元年の73%から、平成15年の62%になった。(図2.1.5)

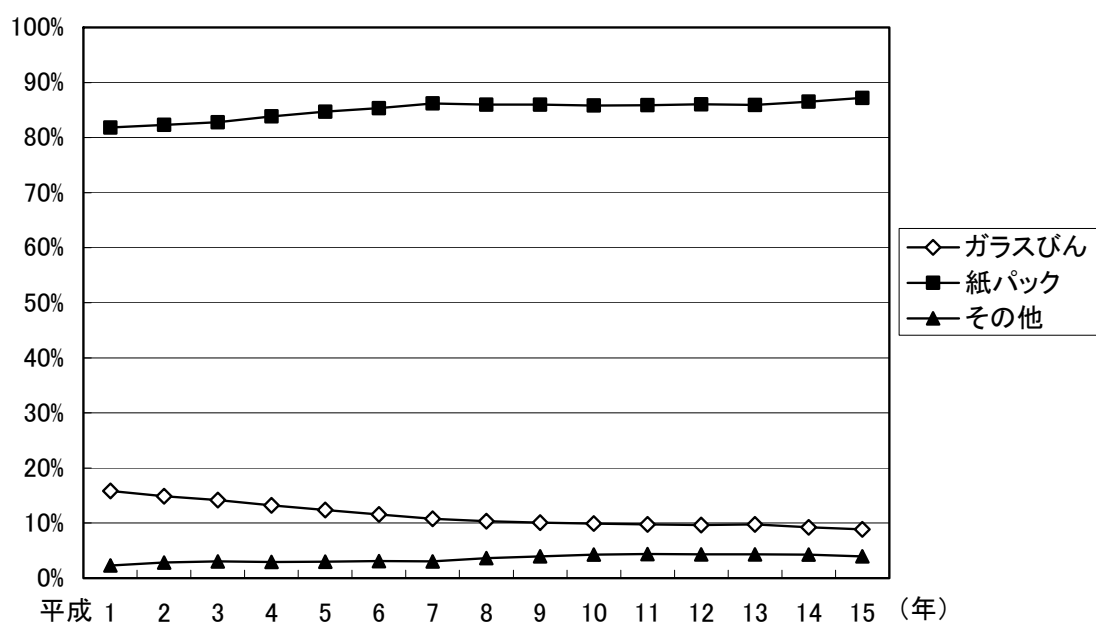
図 2.1.5 牛乳・乳製品の種類別生産量推移



*農林水産省、食品需給研究センター資料より作成

牛乳・乳製品のうち、平成 15 年で 62%を占める飲用牛乳については、農林水産省の牛乳乳製品統計で 3 カ月ごとに各月の容器別生産量が公表されている。これから各年の容器別シェアを推計すると、紙パックの比率が徐々に上昇していることがわかる。また、「その他」の容器は元年から微増傾向にあったが、ここにきて伸びは止まってきている。(図 2.1.6)

図 2.1.6 飲用牛乳の容器シェアの推移

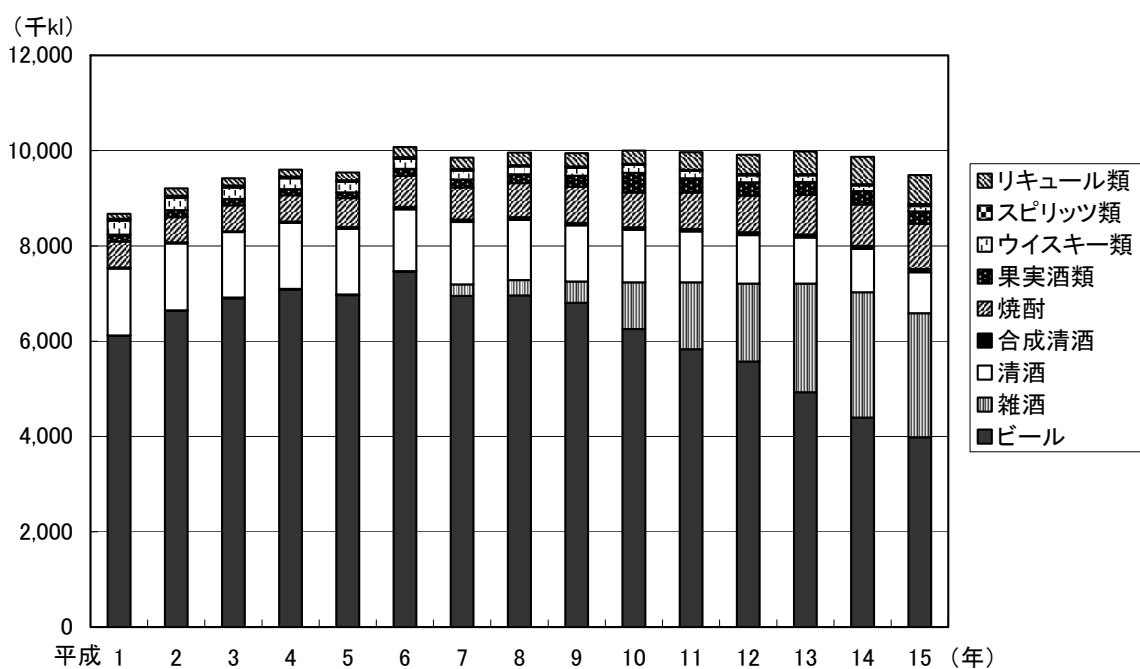


*農林水産省資料より推計し作成

2.1.3 酒類

平成元年からの課税数量の推移をみると、酒類全体としては、平成 6 年を境に微減の傾向がみられる。量的には、平成 6 年まで堅調に伸びてきたビールがその後減少し、代わって雑酒に分類される発泡酒に代わってきている。また清酒の減少と焼酎の増加は一貫して続いている。ビールは、平成元年には酒類の 70%、ピーク時には販売量の 73%を占めていたが、平成 15 年は 42%となった。雑酒のすべてを発泡酒として合計すると、平成 15 年で 69%となり、ビールと合計したシェアでみると、この間大きくは変わっていない。(図 2.1.7)

図 2.1.7 酒類市場における課税数量の推移

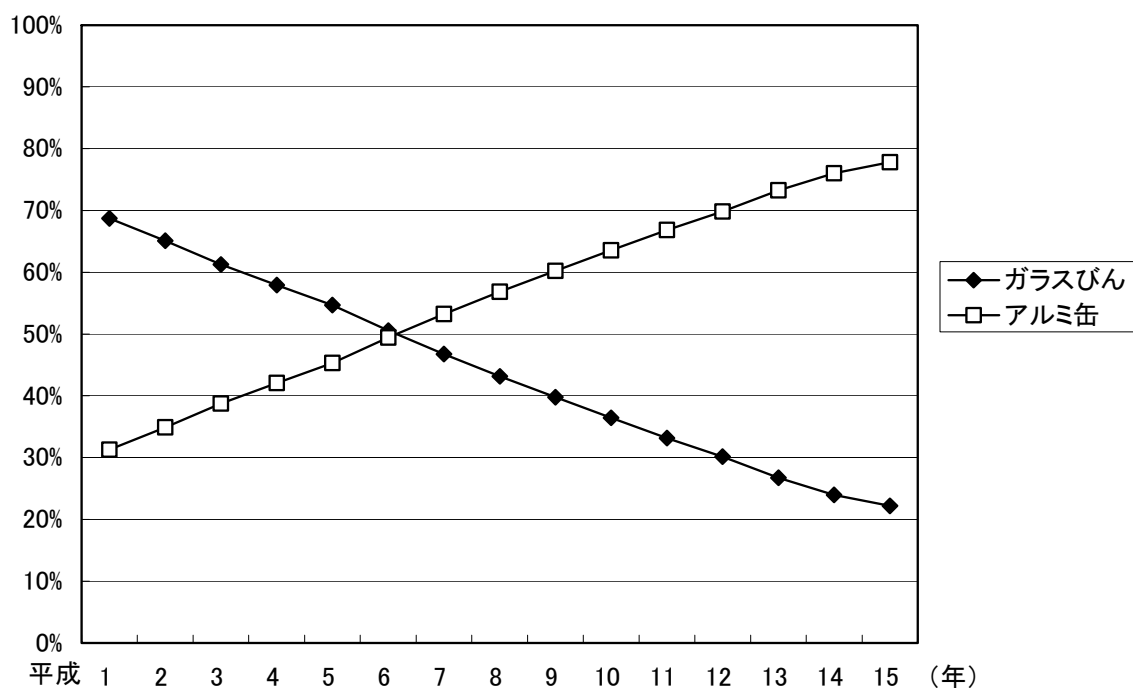


* 国税庁資料より作成

酒類の課税数量の 7 割を占めるビール＋発泡酒の容器については、国産のビール（シェアの大きい上位 4 社分）と発泡酒について容器別に推計することができる。樽を除いて、ガラスびんとアルミ缶の比率をみると、平成 6 年ではほぼ等しくなり、その後は平成 6 年に発売された発泡酒の増加もあり、缶化が進んでいる。平成 15 年では 80% 近くまで缶となっている。

（図 2.1.8）

図 2.1.8 ビール＋発泡酒の容器のシェア



* 日刊経済通信社資料、Happoshu Online より作成

なお、ビールびんについては、出荷量が最も多い大びん（633ml）のビール＋発泡酒に占めるシェア（樽を除く）は、平成元年の 46% から平成 15 年の 12% まで、約 1/4 になった（生産量も同じく 1/4）。中びん（500ml）は、平成元年の 18% から平成 15 年では 9% で 1/2 になった（生産量ベース）。一方、アルミ缶は、平成 15 年に 350ml がビール＋発泡酒の約半分以上を占めるまでになった。500ml もシェアを伸ばしているが、350ml ほどではない。

2. 2 調査対象容器の選択方法

現在の市場と、その他環境政策等の観点から対象容器を選択した。市場については、現在の飲料市場において絶対的な流通量が多い飲料容器を、その他環境政策等の観点からはリユース型の容器等を選択した。

2.2.1 現在の市場からみた調査対象容器の選択

現在の市場からみた調査対象容器は、2.1 で概観したように、清涼飲料、牛乳・乳飲料等、酒類の 3 市場における使用容器のシェアを選択の基準とした。ただし容器シェアは、統計データの制約から、各飲料種類別の生産量（kl）を基本としている。

清涼飲料からは、最近年の主要 4 飲料（炭酸飲料、果汁飲料、コーヒー飲料、茶系飲料）の上位シェア 2 容器に基づき選出した。牛乳・乳飲料等からは、紙パックとガラスびんを選出した。酒類からは、アルミ缶とガラスびんを選出した。

2.2.2 その他環境政策等の観点からの容器の選択

ここでは、次のような考え方から容器を選択した。

①環境政策的な観点からの容器選択

ここでは、とりわけ 2 つの観点から選択する。

・リユース性

ガラスリターナブルびんが代表的であり、対象としては、既に市場からの選択で対象となったビールびんと、牛乳びんを選出した。また、市場は小さいと想定されるが、宅配用の 900ml の牛乳びんを選出した。

その他、リターナブルびんで、実際に市場に存在する容器としては清涼飲料が挙げられるが、ほとんどが業務系と考えられ、ここでは対象とはしなかった。

・社会的によく知られている容器

代表的なものとして、ガラスのワンウェイびんがある。ワンウェイびんで、清涼飲料市場で最も大きなシェアを持つのは、ドリンク系の炭酸飲料であるが、ここでは供給量は少ないが、社会的に認知度が高い 250ml の非炭酸飲料と 350ml サイズの炭酸飲料を選択した。

②現在急速に市場で供給量が増えている飲料容器

市場においては、ホット対応のペットボトル、アルミボトル缶、スチールのボトル缶、飲みきりサイズ（200～300ml）のプラスチックカップ、軟包装のアルミパウチ飲料等が挙げられる。これらの容器は選択対象としてヒアリング調査等を実施したが、新しい容器であることから LCI データ等が得られなかったため対象外とした。

2. 3 調査対象容器とその仕様

対象容器に関する検討に基づき、最終的に選択した調査対象容器は、容量等の仕様を踏まえ、ガラスびん（リターナブル）4 容器、ガラスびん（ワンウェイ）2 容器、ペットボトル 5 容器、スチール缶 3 容器、アルミ缶 2 容器、紙パック 3 容器の合計 19 容器とした（表 2.3.1）。

表 2.3.1 LCI 調査対象容器と仕様

容器種類	内容物	容量	容器重量と主素材重量	付属品等の材質と重量	備考
ガラスびん (リターナブル)	ビール	500ml	容器重量:473.41g ガラス:470.00g	王冠(TFS):2.36g ライナー(LDPE):0.26g ラベル(紙):0.79g	TFS = ティン (Tin)・フリー・スチール LDPE = 低密度ポリエチレン
	ビール	633ml	容器重量:608.57g ガラス:605.00g	王冠(TFS):2.36g ライナー(LDPE):0.26g ラベル(紙):0.95g	
	牛乳	200ml	容器重量:186.07g ガラス:182.00g	キャップ(LDPE):3.30g シュリンクフィルム(OPS):0.77g	OPS=2軸延伸ポリスチレン
	牛乳	900ml	容器重量:265.47g ガラス:260.00g	キャップ(LDPE):4.20g コーティング(ウレタン):1.27g	
ガラスびん (ワンウェイ)	清涼飲料 (炭酸用)	350ml	容器重量:208.84g ガラス:205.00g	キャップ(アルミ):1.25g ライナー(LDPE):0.29g ラベル(OPS):2.30g	
	清涼飲料 (非炭酸用)	250ml	容器重量:203.05g ガラス:200.00g	キャップ(アルミ):1.25g ライナー(LDPE):0.30g ラベル(OPS):1.50g	
ペットボトル	清涼飲料 (炭酸用)	500ml	容器重量:29.94g PET:26.00g	キャップ(PP):3.19g ストレッチラベル(LLDPE):0.75g	PP=ポリプロピレン LLDPE = 直鎖状 低密度ポリエチレン
	清涼飲料 (炭酸用)	1,500ml	容器重量:53.70g PET:48.93g	キャップ(PP):3.19g ストレッチラベル(LLDPE):1.57g	
	清涼飲料 (耐熱用)	350ml	容器重量:29.60g PET:25.07g	キャップ(PP):3.19g シュリンクラベル(OPS):1.33g	「耐熱用」は飲料充填時の耐熱性からいう。 非炭酸用であり、ホット対応ボトルではない。
	清涼飲料 (耐熱用)	500ml	容器重量:33.86g PET:28.79g	キャップ(PP):3.19g シュリンクラベル(OPS):1.88g	
	清涼飲料 (耐熱用)	2,000ml	容器重量:71.54g PET:66.28g	キャップ(PP):3.19g シュリンクラベル(OPS):2.06g	
スチール缶 (3P ラミネート)	清涼飲料 (非炭酸用)	190ml	容器重量:33.15g ボディ(ブリキ):24.56g 上ふた(アルミ):2.54g 下ふた(TFS):5.12g	ラミネート材(PET):0.56g ボディ塗料、インキ等:0.22g 上ふた塗料、インキ等:0.09g 下ふた塗料、インキ等:0.07g	

容器種類	内容物	容量	容器重量と 主素材重量	付属品等の材質と重量	備考
スチール缶 (2P ラミネート)	清涼飲料 (炭酸用)	350ml	容器重量:29.46g ボディ(TFS):24.30g エンド(アルミ):3.82g	ラミネート材(PET):1.06g ボディ塗料、インキ等:0.14g エンド塗料、インキ等:0.14g	
	清涼飲料 (非炭酸用)	350ml	容器重量:49.41g ボディ(TFS):44.38g エンド(アルミ):3.69g	ラミネート材(PET):1.08g ボディ塗料、インキ等:0.16g エンド塗料、インキ等:0.11g	
アルミ缶 (DI 缶)	ビール、 清涼飲料 (炭酸用)	350ml	容器重量:15.90g ボディ(アルミ):11.90g エンド(アルミ):3.48g	ボディ塗料、インキ等:0.42g エンド塗料、インキ等:0.09g	DI=Drawing and Ironing
	ビール、 清涼飲料 (炭酸用)	500ml	容器重量:19.27g ボディ(アルミ):15.21g エンド(アルミ):3.48g	ボディ塗料、インキ等:0.48g エンド塗料、インキ等:0.09g	
紙パック (レンガ型)	牛乳	200ml	容器重量:8.21g 紙:5.84g LDPE:1.71g	インキ:0.06g ストロー(LDPE):0.40g ストロー袋(LDPE):0.10g ストリップテープ:0.10g	
紙パック (レンガ型、 アルミつき)	清涼飲料 (非炭酸用)	250ml	容器重量:10.43g 紙:6.82g LDPE:2.34g アルミ箔:0.59g	インキ:0.07g ストロー(PP):0.40g ストロー袋(LDPE):0.10g ストリップテープ:0.11g	
紙パック (屋根型)	牛乳	1,000ml	容器重量:30.04g 紙:26.32g LDPE:3.67g	インキ:0.05g	

表 2.3.2 新たな環境対策事例として取り上げた対象容器と仕様

容器種類	内容物	容量	総重量と 主素材重量	付属品等の材質と重量	備考
軽量ガラス びん (リターナブル)	ビール	633ml	総重量:478.57g ガラス:475.00g	王冠(TFS):2.36g ライナー(LDPE):0.26g ラベル(紙):0.95g	セラミックコーティン グがされているが、 LCI データには含 めていない。
	牛乳	200ml	総重量:126.30g ガラス:122.00g	キャップ(LDPE):3.30g シュリンクフィルム(OPS):0.77g	プラスチックコーティ ングがされている が、LCI データには 含めていない。
	清涼飲料等 (非炭酸用)	500ml	総重量:202.22g ガラス:195.00g	キャップ(PP):2.87g コーティング(ウレタン):3.50g パッキン(LDPE):0.29g ラベル(紙):0.56g	
アルミ ラミネート缶	ビール (炭酸用)	350ml	総重量:15.64g ボディ(アルミ):11.53g エンド(アルミ):3.21g	ラミネート材(PET):0.67g ボディ塗料、インキ等:0.14g エンド塗料、インキ等:0.09g	

3 調査範囲

3. 1 機能と機能単位

本調査では、飲料容器が持つ機能を「内容物である飲料を保護して消費者に提供する」という各容器に共通した基本的な機能に限定した。従って、LCA の基本的な単位とする機能単位は、各飲料容器 1 個（あるいは 1 本や 1 缶）の容量としている。繰り返し使用されるリターナブルびんについては、びん 1 本 1 回使用あたりの容量である。

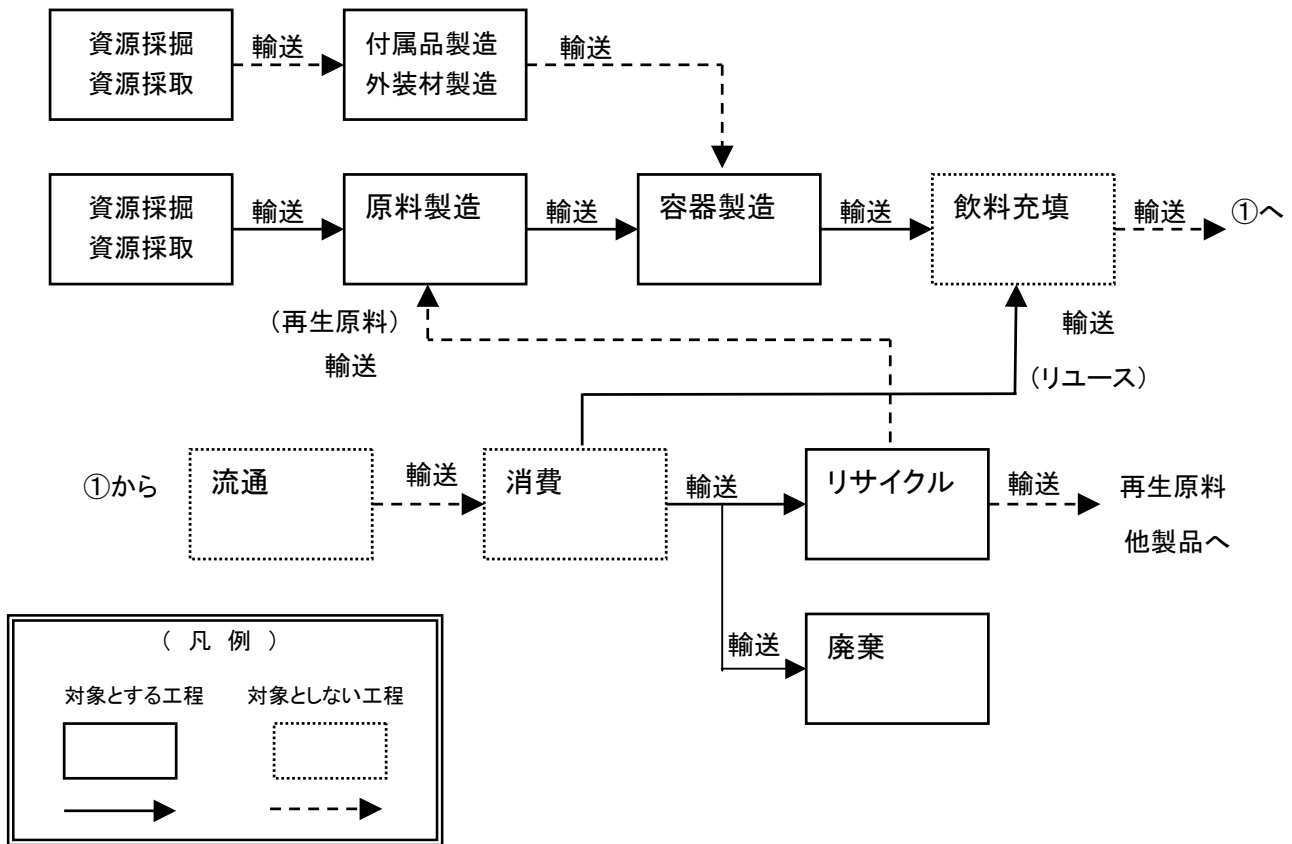
すなわち、各容器は、リキャップ性や、炭酸の含有・要冷蔵適性など中身飲料にも関連して、それぞれに異なる機能を持っているが、本調査では、これらの機能は考慮せずに、各容器の容量を基本単位にして環境負荷を示している。

3. 2 調査したライフサイクルの範囲（システムバウンダリ）

各飲料容器のライフサイクル全体から、原則として飲料充填・流通・消費工程を除いた工程を対象とした。本来はこれらの工程も含めることが望ましいと考えられるが、小売りや家庭における冷蔵保管など、環境負荷は大きいと想定されるものの、多様な販売・消費形態があり、LCI を構築することが困難であること、また中身飲料と関わっていることから今回の調査範囲には含めなかった。ただし、排出のための家庭における容器の洗浄にかかる環境負荷は、洗浄しないと想定される容器を除いて含めている。また、各飲料容器のキャップ、ラベル、ストロー等の付属品と、飲料メーカーからの出荷時に使用される段ボールやプラスチックケース等の外装材は対象範囲とした。ただし、データの有無等から、一部原則とは異なる部分がある。（図 3.1.1）

また、各工程のバウンダリの詳細は、資料編資料-2 のライフサイクルフローで表している。

図 3.1.1 本調査におけるシステムバウンダリ



(注1) 本図はあくまで基本であり、具体的な範囲やフローは素材によって異なる。

(注2) リターナブルびんは、繰り返し使用されることから、ワンウェイ容器の資源採掘等から容器製造工程に該当すると考えられる洗びん工程を対象に含めている。

(注3) 輸送工程のうち、飲料充填後の販売店までの輸送は、データが入手できたアルミ缶と紙パック（200ml と 1000ml）について対象に含めている。また、リターナブルびんは、店舗からの回収を（注2）と同様な理由から対象に含めている。現実には店舗への輸送と店舗からの回収が同時に行われていることから、店舗への輸送と店舗からの輸送の両方を対象に含めていることになる。

(注4) 家庭における洗浄工程の負荷は、リターナブルびんと紙パックの小型容器は家庭で洗浄しないと想定されることから、対象に含めていない。

(注5) 付属品は、原則として、資源採掘・資源採取から当該樹脂製造までと、廃棄工程を含んでいる。また、ペットボトルのキャップ・ラベルは、製造工程を対象に含めている。

(注6) 外装材は、原則として、資源採掘・資源採取から当該樹脂製造までを含むが、製造工程と廃棄工程は対象に含めていない。

3. 3 調査対象とした環境負荷項目（データカテゴリ）

本報告書で取り扱う環境負荷項目は、表 3.3.1 の通り、資源・エネルギーの消費と、陸圏・大気圏・水圏への排出である。

表 3.3.1 データ区分（データカテゴリ）

環境負荷項目	環境負荷項目の詳細		本報告書での表記 (ライフサイクル・ インベントリ等)	備考
資源消費	各容器の原材料等の消費		資源消費量	資源消費は、水資源、化石資源とその他の資源の 3 つに区分した。
	水資源の消費		水資源消費量	
	化石資源の消費 (原料としての化石資源の消費量。つまり、フィードストック分のみが対象)		化石資源消費量 (注 1、3)	
エネルギー消費	エネルギーの消費 (燃料としての化石資源の消費量を含む)		エネルギー消費量	(注 1、3)
陸圏への排出物	固形廃棄物		廃棄物排出量	
大気圏への排出物	温室効果ガス 排出量	二酸化炭素 (CO ₂)	CO ₂ 排出量	バイオマス 起源の CO ₂ を除く。(注 3)
		バイオマス起源の二酸化炭素 (CO ₂)	バイオマス CO ₂ 排出量	バイオマス CO ₂ は他の起源の CO ₂ と別カテゴリとした。(注 2)
	大気汚染物質 排出量	NO _x	NO _x 排出量	(注 3)
		SO _x	SO _x 排出量	(注 3)
水圏への排出物	水質汚濁物質 排出量	BOD 値	BOD 排出量	
		COD 値	COD 排出量	
		SS 値	SS 排出量	

(注 1) 化石資源消費量とエネルギー消費量は、種類別に消費単位（例えば、重油；リットル、都市ガス；m³、電力；kWh 等）が異なる。本報告書では、これらを熱量に換算して合計することでエネルギー消費量を計算している。消費単位あたりの発熱量に関しては P53 の表 5.2.3 を参照。

(注 2) 伐採後に植林され再生可能な状態に森林が維持されていると考えられる場合の森林資源の燃焼は、大気中の CO₂ の増加には繋がらないと考えられる。従って、紙や製紙工程で発生する黒液、スラッジ等の燃焼による CO₂ の排出量は、バイオマス CO₂ として、他の CO₂ 排出量と分けて計算・表示している。

(注 3) 化石資源、エネルギーに関しては、使用段階での発熱量や CO₂・NO_x・SO_x に、石油等の採掘・輸送やエネルギー製造等の使用前の工程で消費されるエネルギーの発熱量や CO₂・NO_x・SO_x を加えて計算している。ただし、使用前の工程で排出される固形廃棄物、水資源消費量、水質汚濁物質は計算されていない。化石資源等の採掘・輸送やエネルギー製造等の使用前と使用段階での発熱量や CO₂・NO_x・SO_x 排出量の詳細に関しては P53 の表 5.2.3 を参照。

3. 4 入力取捨選択

調査したライフサイクルの範囲で触れたように、データ各容器本体の主原料の他に、各飲料容器に使われるキャップ、ラベル等の付属品と飲料メーカーからの出荷時に使用される外装材についても、LCI データの対象として文献調査、ヒアリング調査を行った。データの収集可能性等を考慮し、補助材料（接着剤、添加剤、触媒、各工程で使用される洗浄剤、排水・排ガスの処理剤等）は対象外とした。（表 3.4.1）

表 3.4.1 対象とするおもな原材料等

対象容器	容器本体の主原料	付属品の主原料	外装材
ガラスびん	けい砂、ソーダ灰、石灰石	キャップ (PP、LDPE) ラベル (紙)	段ボール (木材、古紙) クレート (LDPE)
ペット ボトル	PET 樹脂 (石油)	キャップ (PP) ラベル (OPS、LDPE)	段ボール (木材、古紙) クレート (LDPE)
スチール缶	スチール (鉄鉱石、石炭等) アルミ (ボーキサイト)		段ボール (木材、古紙)
アルミ缶	アルミ (ボーキサイト)		段ボール (木材、古紙)
紙パック	板紙 (木材) LDPE 樹脂 (石油)	アルミ箔 (ボーキサイト) ストリップテープ (LDPE) ストローとその袋 (PP、HDPE)	段ボール (木材、古紙) シュリンクフィルム (LDPE) クレート (HDPE)

インキや塗料等に含まれる溶剤も調査対象としてデータを収集した。スチール缶とペットボトルに関してはデータ収集ができたため対象に含めている。アルミ缶に関しては、参考文献の LCI データには溶剤も含まれていたが、異なる原単位によるエネルギー消費量等の計算がなされているためそのまま反映することは望ましくないと判断し、溶剤を対象外とした。ガラスびん、紙パックに関しては、溶剤に関するデータはなく対象外となっている。

各工程で投入される工場の固定資本（施設、機械等）と労働力は LCI データの対象外としている。

4 インベントリデータ等の収集

4.1 各飲料容器に関わるデータとプロフィール

4.1.1 データの収集

本報告書では、公開されている文献から、可能な限り国内における代表的かつ最新のデータ入手するように努めた。

ただし、従来の文献データが不足する部分や、文献データがあってもデータ年次が古い等の理由で今日の容器包装の仕様に適合しなくなった部分については、表 4.1.1 の通り、業界団体や関連事業者の協力を得て、新たなインベントリデータの収集を行った。

表 4.1.1 本調査において追加・更新したインベントリデータ

対象容器	対象となる工程	出所
ガラスびん	原料採掘からガラスびん製造、 カレット製造	ガラスびんリサイクル 促進協議会
	自然石採取、砕石	廃棄物学会誌
ペットボトル	石油採掘～ボトル・ラベル・キャップ製造	PET ボトル協議会
	再生フレーク製造、 化学分解法による再生樹脂製造	
	繊維用 PET 樹脂製造	PET 樹脂メーカー
スチール缶	原料採掘から鋼板製造工程、電炉鋼製造 電炉鋼のリサイクル代替値	鉄鋼連盟
	2 ピースラミネート缶製缶	製缶メーカー
	3 ピースラミネート缶製缶	
アルミ缶	缶ボディ用板・エンド用板製造	日本アルミニウム協会
	缶ボディ・エンド製造 (350ml、500ml)	
	再生地金製造	
紙パック	播種、森林管理～木材チップ製造	全国牛乳容器 環境協議会
	紙パック用原紙製造、紙パック製造	
	古紙パルプ製造	

4.1.2 おもな LCI データのプロフィールの集約と比較

収集した LCI データを適正に利用するためには、各 LCI データの調査範囲やデータ収集方法、計算の前提や方法、データ品質等を把握する必要がある。LCI データの収集とあわせて、おもな LCI データを対象にプロフィールに関する調査を行った。調査は、各データ主体が LCI データに関するプロフィールを記入し、その内容を集約した。集約したプロフィールに政策科学研究所が必要な若干の追加・修正を加えてとりまとめた。対象となる LCI データを表 4.1.2、調査項目を表 4.1.3 に示す。

表 4.1.2 プロフィールを確認した LCI データ

対象容器	対象となる工程	データの主体
ガラスびん	原料採掘からびん製造 カレット製造	ガラスびんリサイクル促進協議会
ペットボトル	石油採掘から樹脂製造	(社) プラスチック処理促進協会
	ペットボトル製造 ラベル製造 キャップ製造 再生フレーク製造 化学分解法による再生樹脂製造	PET ボトル協議会
スチール缶	原料採掘から 鋼板製造工程、缶ボディ製造まで	鉄鋼連盟 製缶メーカー
アルミ缶	原料採掘から アルミ地金製造、板製造、製缶まで (ボディとエンドの両方が対象)	(社) 日本アルミニウム協会
紙パック	播種、森林管理から紙パック製造 古紙パルプ製造	全国牛乳容器環境協議会

表 4.1.3 LCI データのプロフィールに関する調査項目

A. 一般的事項	
責任者、作成者、報告書名、報告年月	LCI データを記載した報告書とその発行日
想定しているユーザー	専門家、関連業界、環境 NGO 等の主体
結果の公開時期、公開方法	報告書等の媒体の配布、公開時期と方法
外部に公表しているデータの範囲	特に、公表しているユニットプロセスの単位
ISO 規格適合状況	ISO 適合に対する姿勢と実際の適合状況
B. LCI データ構築の目的と調査範囲の設定	
1) データ構築の目的	
2) 対象製品	
3) 機能と機能単位	
4) 対象としている原材料、補助材料	川上への遡及状況、カットオフルール
5) 対象環境負荷項目と範囲	各項目の対象範囲、遡及状況、原単位等
6) システムバウンダリ	
* おもな工程の対象範囲	製造設備、付帯設備、環境関連等の該当部分
* おもな工程のデータ収集方法	計測、計算等の集計方法、工場、文献等の出所
C. 計算の前提や方法	
1) フォアグラウンドデータ	対象プロセスと対象事業所、対象期間
2) バックグラウンドデータ	文献名やデータベース名、活用したプロセス
3) 共製品、副産物の取扱い	システム拡張や配分の対象と採用した手法
4) オープンループ・リサイクルの取扱い	外部より投入、産出される再生原料の取扱い
D. その他	
1) LCI データの品質	精度、代表性、整合性、透明性等のデータ品質
2) インパクトアセスメントの実施状況	インパクトアセスメントの実施状況
3) ライフサイクル解釈の実施状況	ライフサイクル解釈の実施状況
4) クリティカルレビューの実施状況	レビューの実施状況、結果と対応の公開範囲

LCI データ間で大きく食い違う点をわかりやすくするために、LCI データプロフィールから、インベントリデータの範囲、廃棄物の取扱い、水資源の範囲、LCA データの品質を作成した。各 LCI データのプロフィールを集約して比較することにより、重要な違いや問題点を発見することができた。

(1) プロフィールによるインベントリデータの範囲

各団体から提供されたプロフィールから、対象とする各容器のインベントリデータの範囲を図 4.1.1～4.1.6 に整理した。これらの図からは、各 LCI データ間で対象としている範囲が異なることがわかる。容器によって製造等に要するエネルギーの製造にかかる環境負荷を対象としている場合としていない場合がある。ほとんどの LCI データが、資源消費、エネルギー消費、CO₂、NO_x、SO_x 排出量については、おもな原料採掘・原料採取、材料製造、製品製造工程における環境負荷項目範囲に設定している。

図 4.1.1 提供されたインベントリデータの対象範囲ーガラスびん

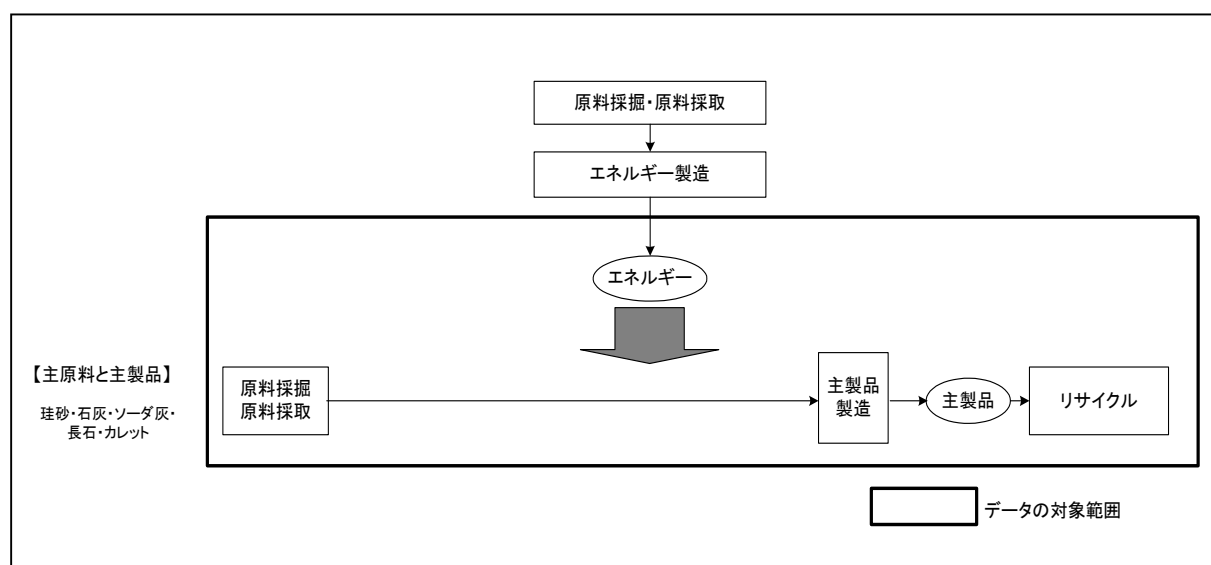


図 4.1.2 提供されたインベントリデータの対象範囲ーボトル用ポリエステル樹脂

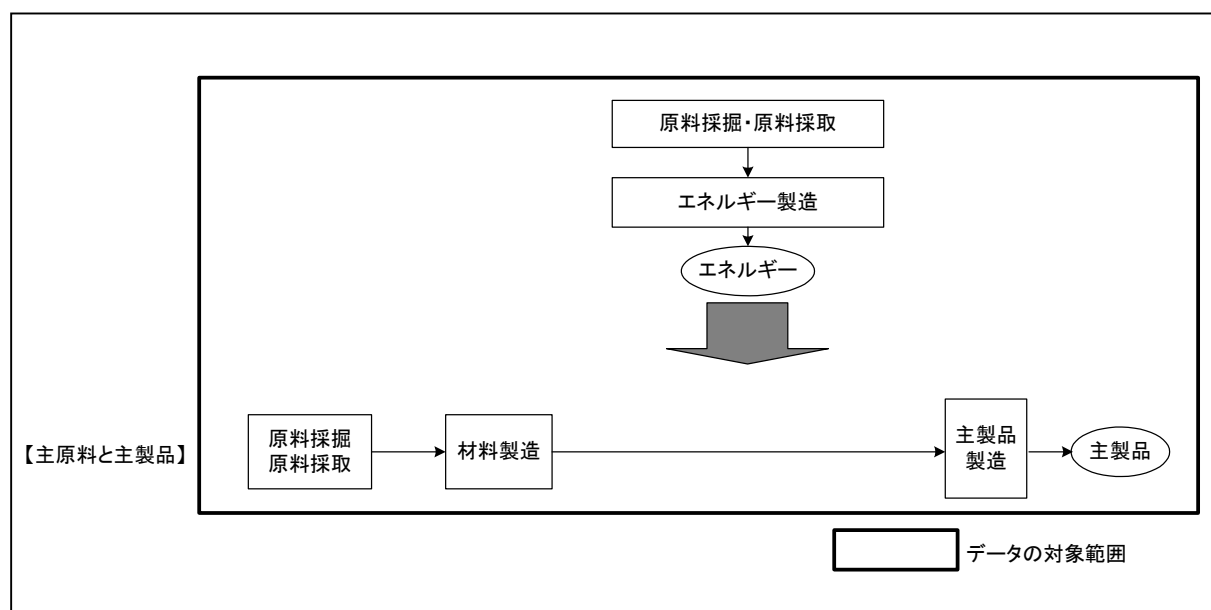


図 4.1.3 提供されたインベントリデータの対象範囲ーペットボトル

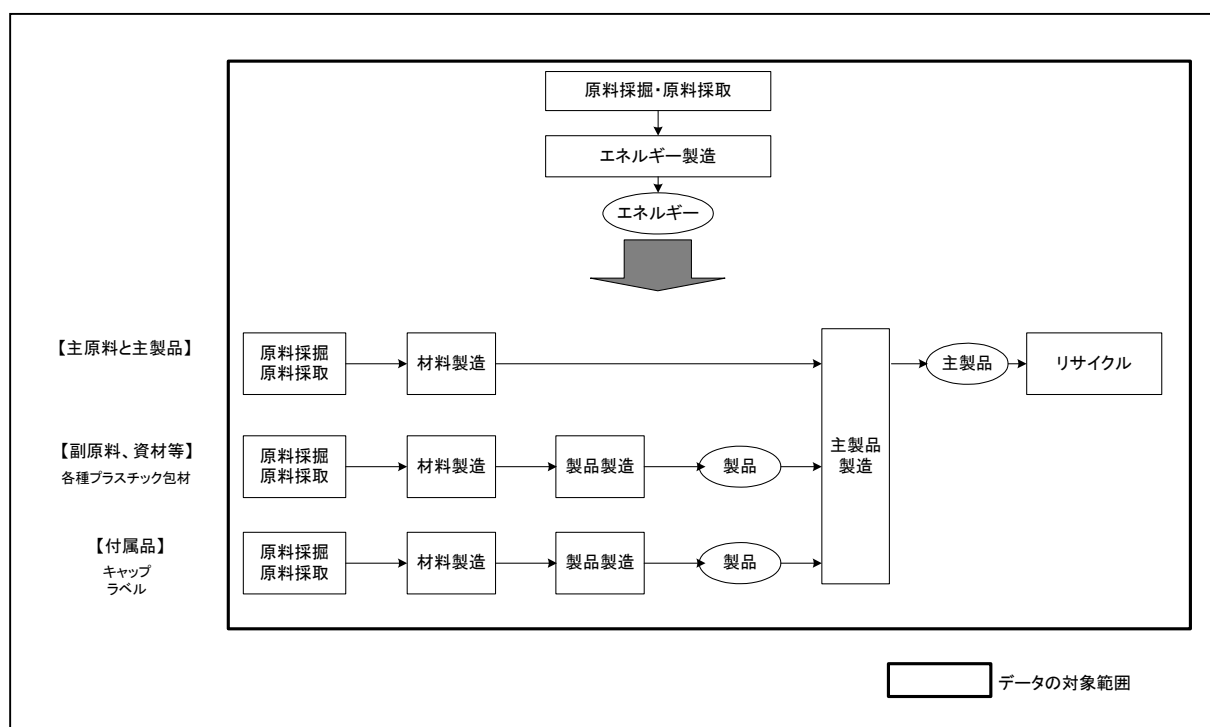


図 4.1.4 提供されたインベントリデータの対象範囲ースチール缶

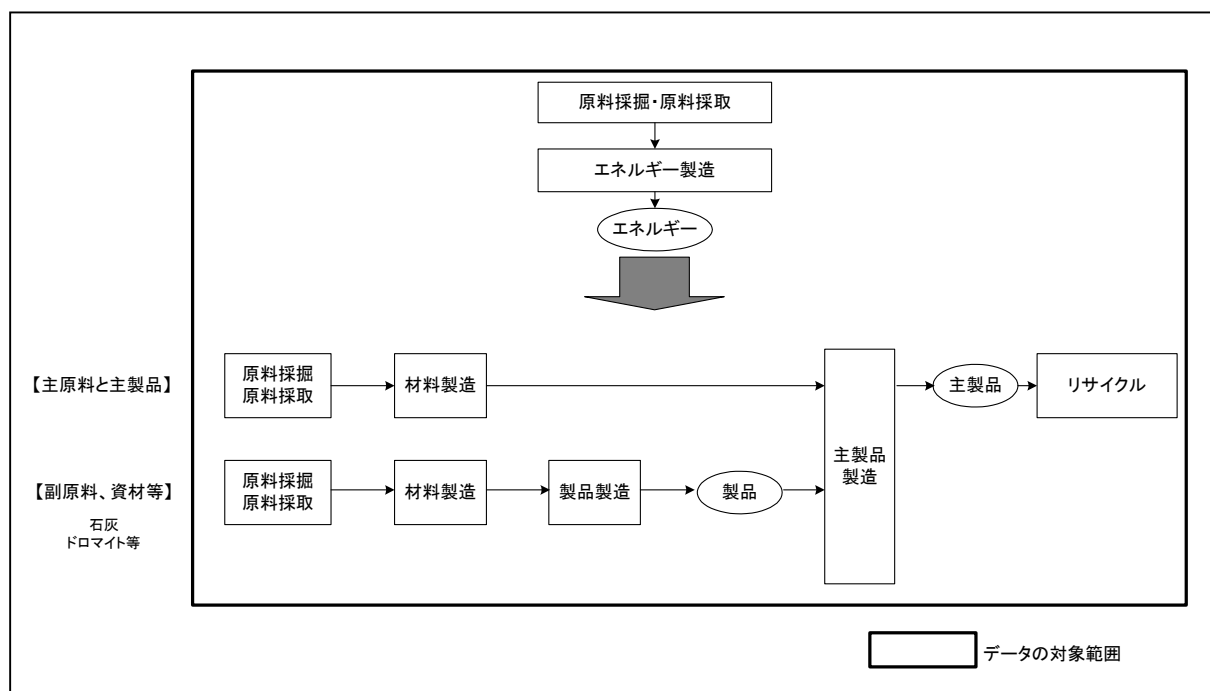


図 4.1.5 提供されたインベントリデータの対象範囲ーアルミ缶

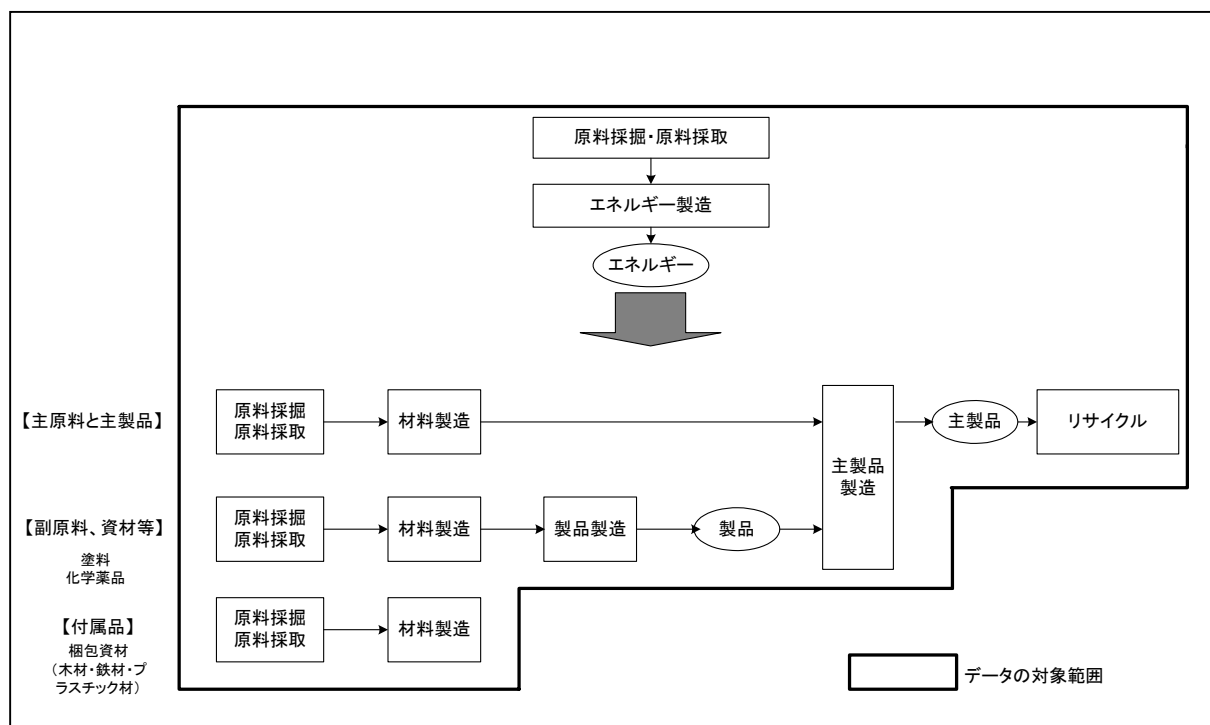
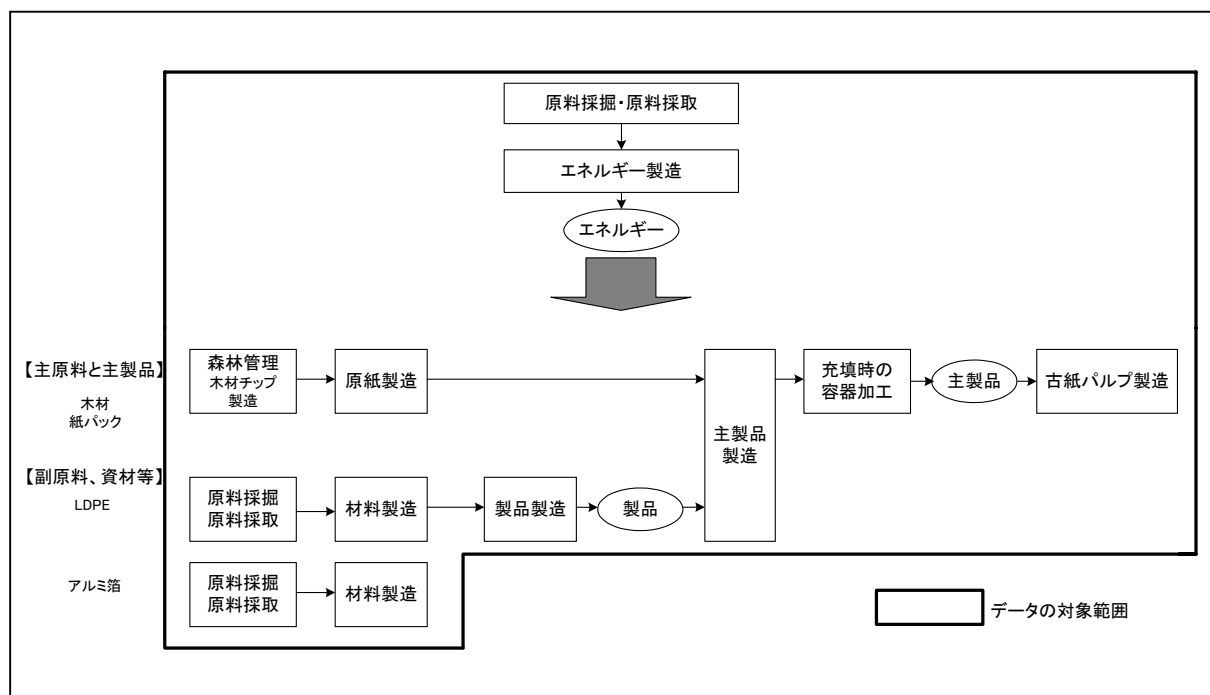


図 4.1.6 提供されたインベントリデータの対象範囲ー紙パック



(2) 廃棄物の取扱いと水資源の範囲

初年度の調査で、各 LCI データの水資源消費量と廃棄物排出量の対象範囲に大きな違いが見られることが明らかになったため、本年度調査では、廃棄物の取扱いと水資源の範囲について特に調査を行った。廃棄物の範囲と取扱いを表 4.1.4 に示す。

表 4.1.4 廃棄物の定義と範囲、取扱い

	ガラスびん	P E T 樹脂		ペットボトル	スチール缶	アルミ缶		紙パック
	原料採掘～ びん製造、 カレット製造	採掘～ 石油精製	樹脂 製造	ボトル等製造 再生工程	原料採掘～ 製缶、再生	採掘～ 新地金製造	板製造 缶製造 再生地金製造	森林管理～ 紙パック製造～ 古紙パルプ製造
系外への 排出量を計上	●	—	●	●		●	●	
最終処分量 のみ計上		—			●			●
●…該当、空欄は非該当								
リサイクル量の 控除	○	—	×	×	○	○	○	○
				有価物は控除、 非有価物は含む				
直接製造に由来し ない廃棄物	○	—	○	○	○	不明	△	×
○…実施、×…非実施								
埋め戻し	埋め戻しは、原料 (珪砂)製造の粘 土等及び原料(石 灰)採掘時の剥ぎ 土で廃棄物として 取り扱わない	—	該当 なし	該当なし	一部、埋め 戻し分を 含むと 思われる	赤泥は除外	該当なし	該当なし
各原材料の製造時に 発生する廃棄物の 遡及状況	各原材料分は 遡及	非該当	石油系原 料につい ては遡及 して いない	石油系原料につ いては遡及して いない	各原材料分は 遡及	非該当	非該当	非該当
最終処分量 の把握	△	—	—	×	○	—	○	○
排出後のフロー の把握	○	—	—	△	○	—	○	△
○…把握、×…把握せず								

(注) —は対象外を示す。

廃棄物排出量に関しては、工程外への廃棄物の排出量をすべて廃棄物排出量として計上しているケースから、最終処分される廃棄物排出量のみを計上している場合まで大きくばらついている。容器別にみると、スチール缶と紙パックでは廃棄物排出量は最終処分量としている。その他は工程外への排出量をすべて排出量として計上している。ただしアルミ缶については最終処分量の推計が可能である。リサイクル量の控除については、ほとんどの容器が控除している。ペットボトルは有価物については控除しているが、非有価物は控除していない。

対象とする水資源は、水道水、工業用水といった水資源を絞って調査しているものもあったが、それ以外の水を含めている例もあった。水資源消費量に関しても、LCI データ間で対象とする水資源の形態や用途が異なる場合が多い。水資源消費量の把握については、水資源は全ての用途を対象とするか、直接製造に関わる用途のみが対象なのかといった「用途制限の有無」の把握ができた。なお、今回調査では水資源については調査対象とした範囲を確認していない。水資源の範囲と用途制限の有無について表 4.1.5 に示す。

表 4.1.5 水資源の範囲と用途制限の有無

		ガラスびん	P E T 樹脂		ペットボトル	スチール缶	アルミ缶		紙パック
		原料採掘～びん製造、カレット製造	採掘～石油精製	樹脂製造	ボトル等製造再生工程	原料採掘～製缶、再生	採掘～新地金製造	板製造缶製造再生地金製造	森林管理～紙パック製造～古紙パルプ製造
対象とする水資源*	水道水	●	—		●	●	—	●	●
	工業用水	●	—	●	●	●	—	●	●
	河川水		—			●	—		●
	地下水	●	—				—	●	●
	海水		—				—		
	その他	●	—				—		
				石油化学コンビナート（ナフサ分解～B-PET樹脂製造）のステージの水資源量のみが対象					すべての水資源を対象として調査している。
水資源消費量の把握用途制限の有無		有	—	—	無	無	—	無	有
		各社それぞれに原料購入先は複数あるため、用途制限のある場合を含んでいる			冷却水は、含んでいることがわかった。				直接製造に関わる用途のみ対象

（注1）—は不明

（注2）水資源を使用しているが対象としていない場合、また使用していないため対象としていないといった場合が考えられるが、どちらのケースにあたるのかは不明。

（3）LCA データの品質

LCA データの品質に関しては、各プロフィールから抜粋して表 4.1.6 に整理した。今回調査では、各データの「地理的、時間的、技術的有効範囲」の説明を含めている。各データの代表性は、おもに生産量のシェアを取り上げて説明しているが、生産量のシェアについては30%～100%といったばらつきが見られる。また、各 LCA データは、既に公開されているデータがある一方で、本調査のために構築された未公開のデータもあるため、公開時の範囲も大きくばらついていることが示された。

表 4.1.6 LCA データの品質

	ガラスびん	ペットボトル		スチール缶	アルミ缶	紙パック
	原料採掘～ びん製造、 カレット製造	原料採掘～ PET 樹脂製造	ボトル等製造、 再生PET製造	原料採掘～ 製缶、再生	原料採掘～製缶、 再生地金製造	森林管理～ 紙パック製造～ 古紙パルプ製造
地理的、時間的、 技術的有効範囲	日本国内に限る。時間的・技術的には、1992 年当時とガラスびんの社会的な流れ(原料の輸入、リサイクル)や技術的な変化(ガラスびん製造工程)が若干あり、原料輸入割合やリサイクル率の変化を考慮する必要がある。	日本国内において、ナフサラッカーは稼働する全プラントを対象とし 1993～95 年のデータを収集、B-PET樹脂製造については生産を 100%カバーする 1995～97 年のデータを収集。公共電力、石油製品及び石炭・天然ガスのバックグラウンドデータはそれぞれ日本における平均値でデータによって 1999 年～2000 年となっている。	日本全国、2002 年または 2002 年度の 12 ヶ月間、全ての現行手法を含む。	地理的には日本国内限定、技術的変化(製造工程)が起こらない間は有効。	新地金については輸入先(製造元)を考慮(ただし、製錬のみ)。板製造以降は、現行技術による国内データ。	地理的には日本国内に限定。時間的・技術的には、2002 年当時の北米での林業や紙パルプ産業、2003 年度当時の紙パック製造、充填、古紙パルプ製造に限定される。使用する際に、原料や製品の輸入の動向、技術的な変化等を考慮する必要がある。
データ値の偏り、 変動性(精度)	ガラスびん製造事業所間では差は小さい。	フォアグラウンドデータは業界平均値。バックグラウンドデータは日本における平均値。	偏り及び変動は現実ベース(各社、全事業所、全期間の平均)。	各事業所間での偏りは多少あるが、平均値で算出。制度に関してはやや課題が残る、有効数字 2～3 桁と考えられる。	新地金製造原単位に対し、地域別、製錬所別は考慮していない(今後の検討課題)。製缶データの一部でばらつきが大きい。	各事業所のデータのばらつきは大きく、最大値が最小値の 2～3 倍程度となっているデータもある。今回は、生産量の加重平均値を計算しているが、精度に関して課題があると思われる。
収集すべき母集団 に対する サンプリングの 代表性	ガラスびん製造工程に関しては、日本ガラスびん協会加盟 5 社の中で、シェアの 8 割強を占める上位 3 社のデータであり、代表性はある。	石油化学コンビナートの基幹となるナフサラッカーは稼働する全プラントを対象、B-PET樹脂製造については生産を 100%カバー。	ボトル 43% キャップ 67% ラベル原反 100% ラベル 77% マテリアルリサイクル 30% ケミカルリサイクル実質 100%	鉄鋼製造工程、製缶肯定それぞれ母集団の 60%以上を対象量としているが、サンプリングの代表性は十分に確保されている。	地金製造の諸原単位以外の電源構成はわが国の実態を反映している。板製造は国内缶材生産の 70%をカバーし、代表すると考えてよい。製缶は、350ml・500ml 缶に限定してデータ収集したため全体の 20-30%と低いが、製造法に大差なく代表すると考えてよい。	フォアグラウンドデータを提出している事業所の市場シェアは、原紙で約 60%、紙パック製造で紙パックの種類によって異なり 30%以上、充填時の容器加工工程は不明であり、必ずしも代表性を有しているとは言えない。
データ処理方法の 調査全体での 一貫性(整合性)	各フォアグラウンドデータは、一貫した手法で収集、計算されており、整合性は高いと考える。	調査手順・手法を明確にしたうえで、各企業と(社)化学経済研究所が秘密保持契約を締結し、各企業からデータを提示してもらい、イレギュラーなデータはチェック確認し整合性を図った。	独自ルールを厳守した。	鉄鋼工程の川上について一部バックグラウンドデータが使用されており不明な部分もあるが、全体的には一貫した手法で計算されており整合性は高い。	同一フォーマットによるデータ収集、インベントリ算出(加重平均)には一貫性あり。	各フォアグラウンドデータ(5つのプロセスが対象)は一貫した手法で収集、計算されており、整合性は高いと考える。
第三者による 検証可能性 (透明性)	LCI データは原料製造、びん製造、空びん輸送、リサイクル(カレット製造)に分けて表示され、透明性は高い。		第三者検証は未実施。	鉄鋼製造については検証を実施。鉄鋼製品 LCI データベース方法論レポート(2003 年 4 月公開)に記述。	必要に応じて、データ収集、計算、個別インベントリなどに関する情報提供、説明は可能である。	各工程のインベントリデータとその関連情報を報告書に記載しているのが透明性が高く、第三者による検証は可能と考える。
レビューの 種類	未実施	内部専門家 レビュー	未実施	外部専門家 レビュー	未実施	外部専門家 レビュー
インパクトアセスメントの 実施状況	未実施		未実施	エネルギー消費:各種エネルギーと電力を分離。その他は未実施。	分類化はエネルギー、CO ₂ を主体に考察。	未実施
ライフサイクル解釈 の実施状況	未実施		未実施	一部実施	一部実施	未実施
クリティカルレビュー実施 状況	未実施		未実施	外部専門家レビュー	未実施	外部専門家レビュー
外部に 公表する 範囲	外部への公表の予定は未定。	エネルギー消費、CO ₂ 、NO _x 、SO _x については原油採掘～樹脂製造の範囲。固形廃棄物排出量(廃プラスチック、廃油、汚泥等)、BOD・COD・SS 等の水系排出量は石油化学コンビナートの範囲のみ。	原料採掘から容器製造までの一括データと輸送包材の LCI データ、リサイクルによる環境負荷データが範囲	鉄鋼・製缶については LCI データの集計結果のみを公表。	350ml 缶の LC エネルギーおよび LCCO ₂ 。各段階(地金製造、板圧延、製缶、輸送、流通、廃棄・リサイクル)の内訳を図示。本調査に向け、2002 年 10 月に 500ml のデータおよび詳細データを記載した内部資料「350ml および 500ml アルミニウム缶のライフサイクルインベントリ(改訂版)」を作成	原料採取、製紙、紙パック製造、再生の各工程のインベントリデータを報告書に記載。目的、範囲、手法等に関する情報もとりまとめている。

4. 2 市町村のリサイクル・廃棄システムに関するデータ

ここでは、飲料容器が家庭から排出された後、リサイクルについては再生業者に引き渡される状態になるまでの、廃棄については最終処分されるまでの工程に関するライフサイクルフローと LCI 関連データについて言及する。

4.2.1 本 LCI 調査で設定した工程とデータに関する基本的な考え方

容器によって消費する場所等が異なるように、実際には、廃棄された飲料容器のリサイクルと廃棄のルートは容器ごとに相違がある。例えば、いわゆる家庭系と事業系の比率が容器毎に異なる。また、家庭系であっても、市町村の分別収集以外に集団回収や店頭回収がある。しかし、これらの比率に関する確かなデータはほとんどなく、設定することが難しい。また、仮に設定したとしても容器毎にライフサイクルフローと LCI データを構築することはデータ収集を含めて容易ではない。

従って、本調査では、家庭等から排出された飲料容器はすべて、リサイクルは市町村等が行う資源ごみ収集・運搬と中間処理に、廃棄物処理は同じく市町村が行う廃棄物処理に流れたと仮定した。それでも、同工程における環境負荷は、各市町村で処理方法等が千差万別であることから代表的なデータを求めることが難しい。また、環境負荷に関連した詳細データ調査がほとんどなく、LCA で活用可能なデータを求めることは大変に困難である。既存の LCA 調査においてもこの工程については、深く追求されていない。このため本調査では、5 都市を対象に詳細な環境負荷関連データを収集した。

最終的に、5 都市を対象としたデータのうち代表性があると判断できたものは活用し、そうでないものは従来の文献データ等のデータを採用している。

4.2.2 調査対象市町村の概要

(1) 調査対象都市の選出方法と対象市の収集方式等の概要

次の 5 項目に配慮し調査対象市町村を 5 市選出した。

①該当飲料容器のリサイクル状況

分別収集、リサイクル等を実施していること

②リサイクルシステムや廃棄物処理システムの一般性

表 4.2.1 にある全都清調査（13 年）に見る容器包装リサイクルシステムの傾向を参考に、一般的なシステムを有すること

③システムの違いによる比較検討の可能性

対象とする市町村間で各システムに差異があり、有意義な比較が可能であること

(例えば、表 4.2.2、4.2.3 にあるようなシステムの違いによる品質の差への影響等)

④市町村としての属性の違いによる比較検討の可能性

対象とする市町村間に市町村規模、市民属性、地理的特性、リサイクルの経験等の違いがあり、それによる比較検討が可能であること

⑤調査・分析が可能な都市であること

本調査のデータの収集に対応可能な市町村であること。具体的には、保有するデータの質と量、調査に協力可能な人的資源等を有していること

対象とした調査対象都市は、政令指定都市 4 市と一般市の 1 市の合計 5 市である。5 市の分別収集区分等は表 4.2.4 の通りである。以下、市名は A から E のアルファベットで示した。

なお、対象とした 5 市のうち飲料容器に関する廃棄・リサイクルに関わるマテリアルフローの作成とインベントリデータの構築が可能であった市については、第 7 章で対象市毎に、環境負荷に関する分析を実施している。

表 4.2.1 収集運搬と中間処理に関するシステム上の傾向

		スチール缶	アルミ缶	ガラスびん	ペットボトル
収集・運搬	回収方法	混合が 80%強※	混合が 80%強※	単独が 80%強	単独が 80%強
	収集容器	袋 44% 専用容器 44%	袋 44% 専用容器 44%	袋 37.5% 専用容器 55%	袋 40% 専用容器 35% ネット 18%
	収集方式	個別とステーション収集で 92%	個別とステーション収集で 91%	個別とステーション収集で 91%	個別とステーション収集で 72% 拠点が 24%
	委託状況	全て委託が 63～67%。全て直営が 21～26%			
	収集車両	平ボディ 40%、 パッカー 50%	平ボディ 41%、 パッカー 51%	平ボディ 59%、 パッカー 30%	平ボディ 44%、 パッカー 49%
	積み込み方式	収集袋等で 66% 収集袋等から容器を出して 31%	収集袋等で 68% 収集袋等から容器を出して 30%	収集袋等で 74% 収集袋等から容器を出して 21%	収集袋等で 68% 収集袋等から容器を出して 29%
処理	中間処理	実施 70%	実施 70%	実施 65%	実施 63%
	ペットボトルのライン	—	—	専用 46% 一部共用 6% 全部共用 10%	—
	委託状況	全て委託が 58～64%、全て直営が 17～23%			

(注) アルミ缶とスチール缶は他の容器との混合収集が 8 割強あり、その内訳は、アルミ缶＋スチール缶が約 30%、「その他の缶類」での混合収集が約 40%、ガラスびんとの混合収集が約 20% など。

* 全国都市清掃会議（平成 13 年）「容器包装廃棄物のリサイクルに関する全国調査（調査報告書）」より作成

表 4.2.2 中間処理工程の傾向

	破袋・除袋	色選別(手)	色選別(機)	Rびん選別	その他	無回答			
ガラスびん N=423	204 48%	357 84%	27 6%	197 47%	23 5%	9 2%			
	破袋・除袋	手選別	磁選別	アルミ選別機	風力選別機	破砕機	缶プレス	その他	無回答
スチール缶 N=462	247 53%	157 34%	398 86%	101 22%	31 7%	43 9%	393 85%	4 1%	5 1%
アルミ缶 N=463	242 52%	194 42%	283 61%	161 35%	32 7%	33 7%	374 81%	6 1%	9 2%
	破袋・除袋	手選別	風力選別	キャップはずし	専用ベール化	プレス機圧縮	フレーク化	その他	無回答
ペットボトル N=315	160 51%	238 76%	20 6%	207 66%	225 71%	42 13%	18 6%	14 4%	4 1%
	破袋・除袋	紐きり	手選別	圧縮・梱包	その他	無回答			
紙類 N=104	31 30%	64 62%	71 68%	47 45%	3 3%	0 0%			

(注) 網掛けは 50%以上

* 全国都市清掃会議（平成 13 年）「容器包装廃棄物のリサイクルに関する全国調査（調査報告書）」より作成

表 4.2.3 分別収集及び中間処理とペットボトルの品質との関係

収集・運搬、中間処理システム		具体的な違い	品質
収集・運搬	分別収集区分	単独排出か他の容器との混合か	単独排出＞混合等
	収集容器	専用容器か袋か	専用容器、ネット＞袋
	収集車両	平ボディかパッカーか	平ボディ＞パッカー
	委託	直営か委託か	相関は不明
中間処理	専用ライン	専用ラインか共用か	専用ライン＞共用ライン
	中間処理工程	キャップ外しの有無	キャップ外し＞なし
	委託	直営か委託か	相関は不明

* 全国都市清掃会議（平成 13 年）「容器包装廃棄物のリサイクルに関する全国調査（調査報告書）」より作成

表 4.2.4 調査対象市の飲料容器の分別収集区分と排出時の詳細

	A 市	B 市	C 市	D 市	E 市
分別（排出）方法	びん・缶・ペットボトル： 同じ袋と一緒に排出（週1回ステーション回収） 紙パック： 市が関与する回収ルートなし（集団資源回収）	びん・缶・ペットボトル： 同じカゴと一緒に排出 紙パック： 市が関与する回収ルートなし（集団資源回収）	びん：専用の回収容器 缶・ペットボトル：同じ袋と一緒に排出 紙パック：拠点回収	びん：専用の回収容器（週1回ステーション回収） 缶：指定袋または専用の回収容器（週1回ステーション回収） ペットボトル：指定袋（週1回ステーション回収）、または拠点回収 紙パック：拠点回収	びん・缶：それぞれ専用の回収容器（びんは無色・茶・その他の三色に分ける） ペットボトル：透明または半透明のごみ袋 紙パック：紐で縛り、他の古紙と共に排出（全て月1回ステーション回収）
びん	飲料、調味料、医薬品、酒類などのワンウェイびん	飲料、インスタントコーヒー、ジャム用など（化粧品、農薬、劇薬のびんは家庭ごみ）	飲料、食品、調味料等のびんのみ（対象外は普通ごみ）	飲料、食品のびんのみ（対象外は不燃ごみ）	飲料、調味料、インスタントコーヒー、医薬品、酒類などのワンウェイびん（汚れのひどいものは対象外）
ペットボトル	識別表示がついたペットボトル	識別表示がついた飲料、酒類、しょうゆ用のペットボトル（その他の識別表示があっても不可）	識別表示がついた飲料、酒、みりん類、しょうゆ用のペットボトル（汚れのひどいものは対象外）	識別表示がついた飲料、酒、みりん類、しょうゆ用のペットボトル	飲料、調味料、水等の識別表示がついたペットボトル
缶	飲料、缶詰、その他の食品の缶	金属製の缶、なべ、フライパン等（～18リットル）、スプレー缶（スプレー缶は穴を空ける）	飲料、食品、スプレー缶（スプレー缶は穴を空ける）	飲料、食品のみ（対象外は不燃ごみ）	飲料、食品、スプレー缶（スプレー缶は穴を空ける）
紙パック	—	—	牛乳パック	アルミ箔が張られていないもの（対象外は紙製容器包装）	500ml 以上のもののみ
備考	- びんやペットボトルのふたは外し、プラのふたはプラスチックへ、他は燃やせないごみへ - 軽く水ですすぐ	- ペットボトルはふたを外し、軽く洗い、つぶしてラベルをはがす。ふたとラベルはプラスチック製容器包装へ - びんのキャップは外す - どの容器も中を軽く水洗い - ペットボトルはつぶす	- ペットボトルはふたを外し、ラベルをはがし、中を洗い、つぶす - キャップやラベルは、普通ごみとして出す - びん、缶は、異物を取り除き中をよく洗う	- ペットボトルのラベルはつけたまま、さっと水洗いしてつぶす - プラスチックふたはプラスチック製容器包装、金属ふたは不燃ごみ	- ペットボトル・ガラスびん：ふたは外して焼却ごみか埋立ごみに出す、ラベルはつけたまま（ペットボトルはつぶす） - 缶・びん・ペットボトル：中を簡単に水洗い

（注）D 市ではスプレー缶は別途、分別収集

（２）調査対象都市のデータ収集方法

事前にヒアリング調査票を作成して、調査対象となった５市に対して記入を依頼した。

その後、表 4.2.5 の調査項目を設定して、ヒアリング調査票の追加・修正、施設視察と直接のヒアリング調査等により、該当市の廃棄物処理・リサイクルのマテリアルフローの作成と各工程のインベントリデータの構築を行った。ただし、５市について詳細調査を実施したにもかかわらず、得られたデータには不足する部分も多かった。

表 4.2.5 ヒアリング調査の対象項目

対象となる工程	主な調査項目
全体	一般的事項（収集計画量、計画収集区内人口等） 廃棄物処理・リサイクルの全体のフロー 各工程に関するマテリアルフロー
資源ごみ収集	ステーション数、収集量、収集車の車種、収集回数 燃料消費量、総走行距離、平均的積載量等
可燃ごみ収集	資源ごみ収集と同じ
不燃ごみ収集	資源ごみ収集と同じ
焼却処理	処理量、電力消費量（受電・発電等） 燃料消費量、用水消費量、資源化物排出量
資源ごみ選別等	処理量、電力消費量、燃料消費量、用水消費量
不燃ごみ中間処理	資源ごみ選別等と同じ
中間処理から最終処分 までの輸送	輸送量、輸送車の車種、輸送回数 燃料消費量、総走行距離、平均的積載量等
最終処分	処分量、電力消費量、燃料消費量 用水消費量、汚泥排出量

4.2.3 対象とする飲料容器の資源ごみ収集と廃棄物処理の比率

使用済みの飲料容器のリユース率、資源ごみ収集率、廃棄物処理比率は、容器素材別に業界資料等から設定した。（表 4.2.6）

表 4.2.6 前提とした使用済みの飲料容器のリユース、資源ごみ収集、廃棄物収集の比率

	リユース率	資源ごみ収集率	廃棄物収集率		合計	備考
			可燃ごみ	不燃ごみ		
ガラスびん (リターナブル、 ビール 633ml)	99.1%	0.6%	0.0%	0.3%	100.0%	
ガラスびん(リターナブル、ビール 633ml 以外)	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	
ガラスびん (ワンウェイ)	—	68.9%	0.0%	31.1%	100.0%	
ペットボトル	—	61.0%	28.7%	10.3%	100.0%	
スチール缶	—	87.5%	0.0%	12.5%	100.0%	
アルミ缶	—	81.8%	0.0%	18.2%	100.0%	
紙パック (1000ml)	—	24.5%	75.5%	—	100.0%	
紙パック (250ml)	—	0.0%	100.0%	—	100.0%	
紙パック (200ml)	—	29.1%	70.9%	—	100.0%	

(注 1) リユース率は、業界ヒアリングから設定

(注 2) 資源ごみ収集率は、各業界団体の回収率等の数値に基づいている。具体的には以下の通りで、容器毎に定義は異なっているが、ここではこれらを資源ごみ収集率として設定している。また、廃棄物収集率は、(1 - リユース率 - 資源ごみ収集率) から求めている。

ガラスびん；ガラスびんリサイクル促進協議会「ガラスびんのフローチャート平成 14 年度」から回収率を設定。収集量/(ワンウェイびん排出量+リターナブルびん排出量)

ペットボトル；ペットボトル協議会による 2003 年度回収率

(市町村分別収集量(環境省) + 事業系回収量(PET ボトルリサイクル推進協議会の調査)) / PET ボトル用樹脂生産量

なお、ペットボトルの資源ごみ収集と、とりわけ廃棄物収集の中には、中国へ輸出されるものがあると想定されるが、輸出量に関する明確なデータがないので、ここでは考慮しない。

スチール缶；2003 年度のスチール缶リサイクル協会によるリサイクル率

スチール缶再資源化重量/スチール缶消費重量

(スチール缶＝飲料缶＋食料缶＋一般缶＋18 リットル缶の一部)

アルミ缶；2003 年度アルミ缶リサイクル協会によるリサイクル率

再生利用重量/消費重量

紙パック；1000ml は、全国牛乳容器環境協議会・財団法人政策科学研究所による 2003 年度の家庭系使用済み紙パック回収率

家庭系回収量/家庭系出荷量

250ml は、リサイクルの回収はないとして、ゼロにしている。その他紙製容器包装としてリサイクルされている量は、考慮していない。

200ml は、2003 年度の全国牛乳容器環境協議会・財団法人政策科学研究所による推計回収率（学校給食＋事業系からの回収重量）/同販売重量

（注 3）可燃ごみ、不燃ごみ比率は、環境省「平成 13 年度容器包装廃棄物の使用・排出実態調査及び効果検証に関する事業」から財団法人政策科学研究所が推定した比率である。

（注 4）リターナブルびんのリユース率が 99.1～100.0%と高いのは、ビールびんが業務系、牛乳びん 200ml が学校給食用や他の事業系に占める割合が大きいこと、牛乳びん 900ml 用が宅配用に特化しているためである。従って、本調査では、リユース率が 100%であるこれらの容器は、自治体の収集ルートには流れないとしている。

（注 5）ペットボトルの不燃ごみ比率は、自治体数からの推計であり、大都市で不燃ごみ比率が高いことを考慮すると、設定値よりも不燃ごみ比率が高いと想定される。

また、可燃ごみになった飲料容器は直接焼却され、残渣が最終処分されるとしている。また、不燃ごみとなった飲料容器は、中間処理後に最終処分される量と中間処理なしに直接埋立される量の比率を設定した。（表 4.2.7）

現実には、不燃中間処理においてスチール缶等が一定比率磁選されると想定されるが、ここでは、スチール缶のみ不燃ごみのごく一部が不燃中間処理において資源化されるに留めている。

表 4.2.7 対象飲料容器の廃棄物処理比率

	可燃ごみ 直接焼却	不燃ごみ 中間処理後資源化	不燃ごみ 中間処理後埋立	不燃ごみ 直接埋立
ガラスびん（リターナブル）	0.0%	0.0%	54.3%	45.7%
ガラスびん（ワンウェイ）	0.0%	0.0%	54.3%	45.7%
ペットボトル	73.5%	0.0%	14.4%	12.1%
スチール缶	0.0%	1.2%	53.1%	45.7%
アルミ缶	0.0%	0.0%	54.3%	45.7%
紙パック	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%

*環境省「平成 13 年度容器包装廃棄物の使用・排出実態調査及び効果検証に関する事業」と環境省「日本の廃棄物処理平成 13 年度実績」から財団法人政策科学研究所が推定した比率

4.2.4 収集・運搬の前提条件

5 市の収集・運搬データは、5 市のうちの 2 市が極めて道路事情がよい都市であること、また、さらにその 1 市は大型の収集車を使用していること等から、平均的な値として採用することはできない。従って、「包装廃棄物のリサイクルによる定量的分析」から求める。中間処理後の最終処分場への二次輸送についても、「包装廃棄物のリサイクルによる定量的分析」の数値を用いる。

同報告書では、収集車が 1 回に運べる容器重量は、比重の軽い容器ほど小さくなることか

ら、比重補正を行い、各容器素材毎に重量あたりの輸送距離を設定している。例えば、比重が重いガラスびんの輸送距離は短く、比重が軽いペットボトルの輸送距離は長くなる。（表 4.2.8～4.2.9）

エネルギー消費の場合は、該当容器重量に、設定した重量あたり輸送距離（km/t）と該当収集車等のエネルギー消費量（MJ/km）とを乗じて求める。

表 4.2.8 資源ごみ収集の前提条件

	輸送手段	トンあたり輸送距離	出典
ガラスびん （リターナブルとワンウェイ）	2t パッカー車	20.84 km/t	包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析
ペットボトル	2t パッカー車	195.75 km/t	同上
スチール缶	2t パッカー車	109.68 km/t	同上
アルミ缶	2t パッカー車	297.71 km/t	同上
紙パック	2t 平ボディ車	168.85 km/t	同上

表 4.2.9 廃棄物収集の前提条件

	廃棄物種類と輸送手段	トンあたり輸送距離	出典
ガラスびん （リターナブルとワンウェイ）	不燃ごみ 2t パッカー車	9.62 km/t	包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析
ペットボトル	可燃ごみ 2t パッカー車	195.75 km/t	同上
	不燃ごみ 2t パッカー車	178.17 km/t	同上
スチール缶	不燃ごみ 2t パッカー車	50.91 km/t	同上
アルミ缶	不燃ごみ 2t パッカー車	138.70 km/t	同上
紙パック	可燃ごみ 2t パッカー車	89.52 km/t	同上

4.2.5 中間処理施設

資源ごみの中間処理として、資源選別工程・プレス工程を考える。実態調査で、該当施設単独のデータが得られたのは 5 実態調査都市のうちの 3 施設のみであり、かつ地域的な偏りがあった。また、不燃ごみ処理施設は、実態調査では確かなデータは得られなかった。従って、資源ごみの中間処理施設と不燃ごみ処理施設の環境負荷は、「包装廃棄物のリサイクルによる定量的分析」の値を用いる。電力消費量は、それぞれの容器毎に業者ヒアリング等から求めており、資源化施設では、ガラスびん；0.58 kWh/t、ペットボトル；36.7 kWh/t、スチ

ール缶；14.5 kWh/t、アルミ缶；67.6kWh/t、紙パック；4.48 kWh/t としている。

なお、松藤委員が平成 16 年度に資源ごみ選別施設の消費電力量に関するアンケート調査を実施した。当該施設のみの電力消費量であるという答えのあった 14 施設のうち、10 施設がおおよそ 20～40kWh/t の間にあり、処理重量あたりの電力消費量の平均的な値を求めるとすれば、この範囲にあると想定される。また、保有設備が多い施設ほど電力消費原単位は大きくなる傾向がみられ、特に、ふるい選別機と風力選別機を保有する施設ほど電力消費量が大きくなっている。施設規模と消費電力の相関はほとんどみられない。(表 4.2.10)

表 4.2.10 選別施設の電力消費量と設備構成

収集形態		計画処理量[t/日]	施設内回収率	電力消費量[kWh/t]	選別機器						再生設備		
					破袋機	ふるい選別機	磁力選別機	アルミ選別機	風力選別機	びん色自動選別機	金属圧縮機	PET圧縮減容機	ガラスびん破砕機
岡田町	びん、缶、PET	74	84	3.5	1		2	1			2	1	1
	びん、缶、PET	69.5	86	8.9			1	1			2	1	
	びん、缶、PET	22	86	9.7								2	
全選別施設	びん/缶/PET	38	66	18.9	1		1	1			2	2	
	缶/PET、びん	72.5	80	20.5	1		1	1	1	1	2	3	1
	びん/缶/PET	70	94	20.5			2				3	2	
	びん/缶	30	53	25.6	1	1	2	1	2		2		
	びん/缶/PET	75	99	30.8	2		3	1	2		3	2	
	缶/PET、びん	70	45	31.2	2		2	2			2	2	
	びん、缶、PET	37.7	81	31.7	2		1	1		4	2	1	
	びん/缶/PET	60	80	34.9	2		3	1	2		4	2	
	びん/缶/PET	105	60	39.8	3	3	3	3	3		4	4	
	びん/缶	30	71	42.6	2	2	2	2			2		
	びん/缶/PET	90	32	60.4	2	4	2	2	2	2	4	2	

*松藤委員による

資源ごみ処理施設に関しては、平成 15 年度調査やその後の松藤委員の調査報告から、対象とする容器が資源ごみとして選別施設に搬入されても、同施設の選別工程で資源として回収されず廃棄処理される割合が施設によっては大きいことがわかった。また、この廃棄処理される割合は、施設毎に大きく異なることも判明した。(同表)

しかし、この資源化・廃棄比率についての代表的データを得ることは困難と判断し、本調査では、資源ごみ処理施設の電力消費等のデータを得た「包装廃棄物のリサイクルによる定量的分析」の資源化・廃棄比率を用いている。ただし、ガラスびんに関しては関連業界の公表データに依っている。今後、この比率が判明し LCI データ構築に活用する場合は、資源ごみ収集率等を再設定することが必要になると考えられる。

（２）可燃ごみ焼却工場

５実態調査都市には、平成 14 年度において稼働中の焼却工場が合計で 18 ある。このうち併設される粗大ごみ処理施設などと受電等が一括で計測され、該当工場に特定できないものが 10、また、500t/1 炉×3 炉という大型施設が 1 ある。これら 11 施設は今回の計算から除外し、原則として残りの 7 施設について、環境負荷等の計算を行った。ただし、全て 150t/炉以上の施設であり、我が国平均よりは大型施設である等の特性がある。

・エネルギー消費量

焼却工場のエネルギー消費量は、そのほとんどが電力であり、その他に炉の立ち上げ、立ち下げ時等に使用する化石燃料等がある。これらの合計エネルギー使用量は、7 施設の処理量を考慮した原単位（7 施設合計電力資料量/7 施設合計処理量）では、1,090MJ/t であり、7 施設単純平均では、1,120MJ/t である。ここでは、前者の処理量を考慮した値を使用した。

・用水使用量

用水使用量も 7 施設から同様に求めた結果、0.549m³/t であった。

4.2.6 最終処分施設

・エネルギー消費量

データが得られた施設のうち、陸上埋立の 5 施設を対象とした。処理量を考慮した年間の平均エネルギー使用量は、149MJ/t である。このうち、主として水処理に用いられるエネルギーが 72%を占めており、残りが重機類等に使用されたものである。

最終処分場の水処理は、浸出水がある一定の環境基準値に達するまで、埋立物搬入終了後も継続される。しかし、そもそも飲料容器からは付着している飲料成分を含めても、有機物はほとんどないと考えられるため、本調査では、埋立した当該年度の環境負荷は、全ての埋立物に共通であるとして加えるが、埋立終了後の環境負荷は計算に含めないとしている。

・水消費量

上水使用量は、同 5 施設の平均で 0.025m³/t である。これも当該年度の値のみを採用している。

4.2.7 焼却工場における発電量

（１）焼却工場の発電量と計算方法

ここでは、焼却工場の熱利用のうち発電分を後述するリサイクル代替として考慮する。発電の利用先は、焼却工場内と焼却工場外の両方を含む全てである。他の温水等の熱利用は、ほとんどの焼却工場では発電に比べて遥かに小さいことからリサイクル代替の対象とはしない。

また、各飲料容器の素材が持つ発熱量に応じて発電に寄与するものとしている。例えば、ある工場の低位発熱量が 2000kcal/kg のとき、PET 樹脂が持つ発熱量（高位）は 5500kcal/kg であるから、 $(5500\text{kcal/kg}) / (2000\text{kcal/kg})$ だけ多く発電に寄与すると考える。本来であれば PET 樹脂等についても低位発熱量に基づく計算が妥当と考えられるが、適切なデータが得られなかったこと、両者の差が最大でも 10%程度と考えられることから、代替値についてはやや過剰な推計になるが、代替樹脂等については高位発熱量データを使用している。

（２）発電量

発電量は、実態調査都市の 18 施設のうち、発電をしていない施設を除く 17 施設のデータから計算している。発電量は、ごみ量換算平均値で、0.259MWh/t である。この値は、表 4.2.11 にみるように、我が国の平成 13 年度の実績値に比べて 9%ほど高くなっている。また、各工場の発熱量（ごみ量換算平均）は、2,128kcal/kg であった。

従って、ここで用いた発電効率は、 $1\text{kWh}=860\text{kcal}$ として計算すると、10.5%となる。

ただし、わが国の焼却処理のうち、51.9%が発電設備を持つ施設で焼却処理されている。従って、この発電比率を乗じた値を基準の発電量とし、さらに、この値に各容器素材が持つ発熱量を乗じたものが当該飲料容器の発電のリサイクル代替値となる。

・発電施設比率

「日本の廃棄物処理（平成 13 年度実績）」のデータからは、発電施設を持つ施設数比率では、発電していない焼却工場が圧倒的に多いが、処理量比率では、発電した焼却工場が 51.9%を占める。年間総発電量は、5,538,446MWh であり、発電している工場の処理量あたりの発電量は、0.237 MWh/t、発電していない工場を含めた処理量に対しては、0.123 MWh/t である。（表 4.2.11）

表 4.2.11 焼却工場の焼却処理量と発電量（平成 13 年度）

	施設数	同比率	年間処理量 (t)	同比率	年間発電量 (MWh)	処理量あたりの 発電量 (MWh/t)
発電した 焼却工場	209	13.7%	21,589,961	51.9%	5,538,446	0.237
発電していない 焼却工場	1,314	86.3%	19,985,039	48.1%	0	—
合計	1,523	100.0%	41,575,000	100.0%	5,538,446	0.123

（注）年間処理量がゼロの施設や記載されていない施設、スーパーガスリバウンドタービン複合型発電（スーパーごみ発電）施設の焼却工場、可燃ごみ対象でない焼却工場（東京都大田第 2 工場）は除いている。）

*環境省、日本の廃棄物処理 平成 13 年度実績データより作成

- ・各飲料容器の発電への寄与

各容器の発電への寄与は、各容器素材が持っている熱量（高位発熱量）に比例するものとする。各リサイクル代替の対象素材が持つ発熱量は表 4.2.12 の通りである。

表 4.2.12 リサイクル代替値に用いた素材別発熱量（高位発熱量）

素材名	発熱量	対象容器
PET	5,500kcal/kg	ペットボトル等
PE、PP	10,500～11,000kcal/kg	紙パック、ペットボトル等
PS	9,600kcal/kg	ペットボトル等
紙	4,000kcal/kg	紙パック

4. 3 家庭での使用済み容器の洗浄に関する実態調査

飲料容器は、家庭で飲み終わった後、リサイクル・廃棄を問わず、洗浄（ゆすぎ）が行われていることが多い。それに伴って発生する環境負荷については、従来からその多寡を明らかにすることが求められていた。そこで、家庭での洗浄に関する実態調査を行い、当該環境負荷を求め、LCI データに組み込むこととした。（詳細は平成 15 年度報告書参照）

4.3.1 調査の考え方と方法

（１）アンケート調査とキッチンテストの実施

家庭での使用済み飲料容器の洗浄という行為の発生確率や水道水使用量等は、様々な要因から影響を受けて、各個人や地域で異なっていると考えられる。

そこで、本調査では、アンケート調査とキッチンテストの 2 つの調査から、環境負荷項目の値を求めることにした。アンケート調査は平成 15 年 11 月～12 月、キッチンテストは平成 16 年 2 月に実施した。

- ① アンケート調査からは、主要容器の洗浄実施率、湯の利用率等を求めた。アンケート対象都市は、びん、ペットボトル、缶、紙パックの 4 品目すべてのリサイクルに取り組んでいる名古屋市と岡山市を選択した。加えて、地理的条件や都市規模等の都市特性に配慮して千葉県柏市を選び、計 3 市とした。
- ② キッチンテストから、各容器の洗浄に関わる水道水使用量を求める。キッチンテストは東京で 1 回実施し、テスト参加者数は一般市民 106 人であった。対象容器を表 4.3.1 に示す。

表 4.3.1 キッチンテストの対象容器

	内容物と容量
ガラスびん	炭酸飲料 300ml、茶系飲料 200ml
ペットボトル	茶系飲料 500ml、茶系飲料 2000ml、炭酸飲料 500ml
スチール缶	コーヒー飲料 190ml、茶系飲料 340ml
アルミ缶	ビール 350ml、ビール 500ml
紙パック	牛乳 1000ml

（２）LCI データへの組み込みと分析方法

アンケート調査とキッチンテストより得られた数値を活用して、家庭での使用済み飲料容器の洗浄による環境負荷の計算を行った。

アンケート調査からは、家庭で対象容器飲料を飲む率、容器の洗浄実施率、湯の利用率、他の用途水（食器を洗った水など）の利用率、他用途への洗浄水の利用率（紙パックのみ）を求めた。キッチンテストからは、対象容器の水道水利用量を求めた。

（３）環境負荷の考え方

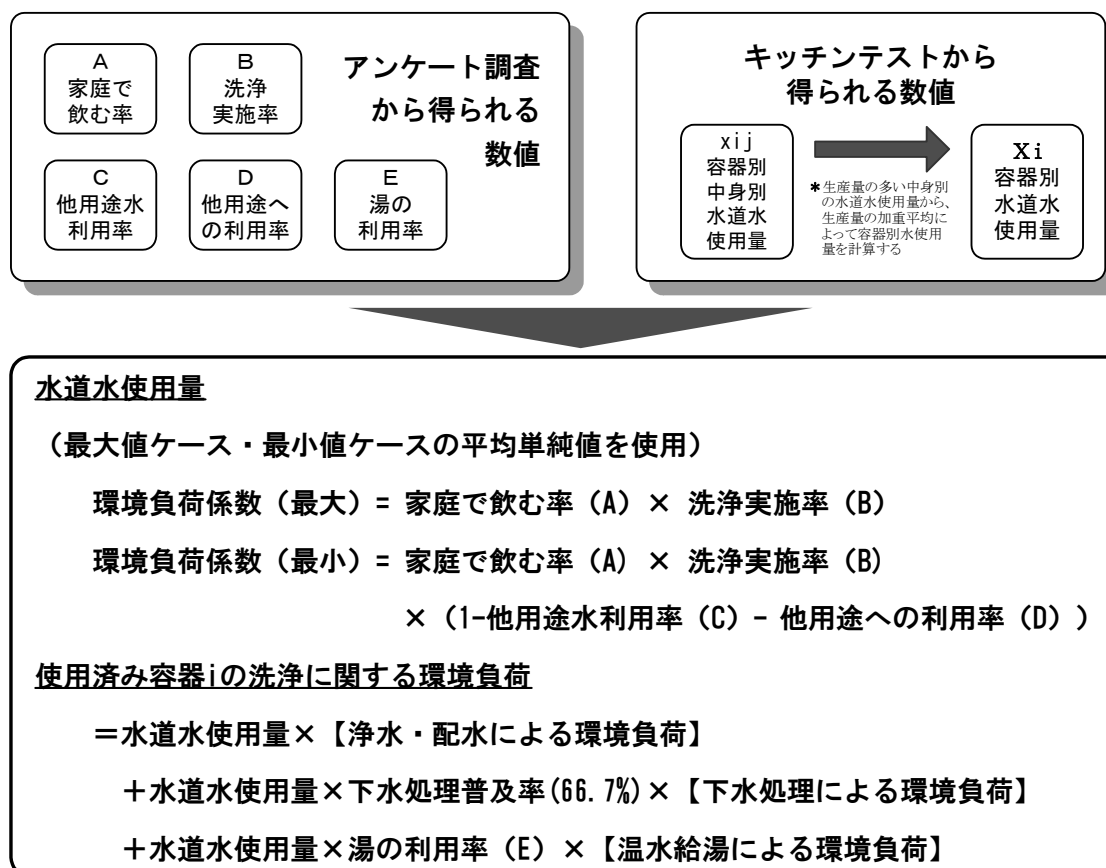
家庭で水道水を使用することによる環境負荷として、河川水や地下水等の浄化と各家庭への配水に伴う環境負荷、使用済み水道水の下水処理による環境負荷、もしくは、使用済み水道水をそのまま環境中に放出することによる環境負荷が考えられる。また、一部の家庭では湯を使用するためにエネルギー消費が発生しており、それによる環境負荷もある。

浄水処理、配水、下水処理による環境負荷は、東京都水道局と東京都下水道局が公表している浄水場や下水処理場の環境負荷データを利用している。湯を利用する場合の環境負荷は、家庭に普及している給湯機器の種類や効率、熱源の構成を調査して平均的な原単位を求めた。

なお、平成 15 年度末で全国の下水道普及率は 66.7%（下水道利用人口/総人口）となっており、下水処理されずに各家庭から直接環境中に放出される家庭雑排水がある。それによる水質汚濁負荷に関しても文献調査を行い、平均的な BOD 排出量と SS 排出量を求めた。しかし、中身飲料との関係等から、水質汚濁に関する環境負荷は LCI データに含めていない。

調査から得られた数値と LCI データへの組み込みについての概要を図 4.3.1 に示す。図で、水道水使用量の最大値ケース（環境負荷係数最大）とは洗浄水について他用途利用を考慮していない値であり、最小値ケース（環境負荷係数最小）とは他用途利用を考慮した値である。本 LCI データは、他用途利用との配分を考慮して、両者の平均値を採用した。

図 4.3.1 調査から得られる数値と LCI データへの組み込み



4.3.2 各飲料容器の LCI データに組み入れた容器洗浄にかかる水道水使用量

アンケート調査では回収率を高めるために、調査対象容器等を絞った。そのため、各調査結果から容器 1 個当たりの水道水使用量を計算する際に次のような計算を行っている。

- ① 岡山市、柏市のアンケート調査では、ガラスびんの洗浄に関する設問を削除したため、ガラスびんの洗浄に関して設問した名古屋市のアンケート調査のデータを活用して、岡山市と柏市におけるガラスびんの洗浄実施率、他用途水利用率などを計算した。
- ② ペットボトル 1500ml と 2000ml、紙パック 1000ml は家庭で飲む率はほぼ同程度であると想定した。従って、アンケート調査では紙パック 1000ml のみ設問し、ペットボトル 1500ml と 2000ml の家庭で飲む率は紙パック 1000ml と同じとした。
- ③ ペットボトルは、炭酸用 500・1500ml と耐熱用 350・500・2000ml の 5 種類を本調査の対象容器としているが、キッチンテストでは、ペットボトル炭酸用 1500ml と耐熱用 350ml はテストしていない。従って、これらの水道水使用量は、炭酸用 500ml のデータから容量比で使用水量を求めた。
- ④ スチール缶は、2 ピースの陽圧 350ml・陰圧 350ml と 3 ピース 190ml の 3 種類を本調査の対象容器としているが、キッチンテストでは、2 ピース陽圧 350ml はテストしていない。使用水量は、アルミ缶 350ml（ビール）のデータを採用した。

各飲料容器の LCI データに組み入れた数値を表 4.3.2 に示す。使用水量は、最大使用ケースと最小使用ケースの単純平均値である。

なお、次の容器は、家庭では洗浄されず、洗浄に関する環境負荷はないとしている。

- ・ リターナブルびんは、業務用や宅配が主であるため、家庭での洗浄はないとした。
- ・ 紙パック（レンガ型、200ml）は、業務系での利用が主である。このうち 50% は学校給食での利用であり、一部は学校で洗浄がなされているが、水使用量のデータがないので洗浄に関する環境負荷は求めている。
- ・ 紙パック（レンガ型、アルミつき、250ml）は、現状ではほとんど洗浄されていないと考えられるので、洗浄に関する環境負荷は求めている。

表 4.3.2 家庭における対象容器 1 個（あるいは 1 本や 1 缶）あたりの洗浄水使用量等

容器	対象容器	水道水使用量	湯の利用率*
ワンウェイ ガラスびん	250ml 非炭酸用	148.47ml	6.5%
	350ml 炭酸用	150.12ml	6.5%
ペットボトル	500ml 炭酸用	146.16ml	6.3%
	1500ml 炭酸用	436.11ml	6.3%
	350ml 耐熱用	83.10ml	6.3%
	500ml 耐熱用	118.71ml	6.3%
	2000ml 耐熱用	588.46ml	6.3%
スチール缶	350ml 2P ラミネート 陽圧	85.13ml	6.0%
	350ml 2P ラミネート 陰圧	68.36ml	6.0%
	190ml 3P ラミネート	72.26ml	6.0%
アルミ缶	350ml	168.96ml	6.0%
	500ml	221.91ml	6.0%
紙パック	1000ml 屋根型	784.47ml	8.0%

(注) 湯の利用率は、アンケート調査結果に基づく。

5 分析の方法

5. 1 ライフサイクルフローの構築

本調査において各容器のライフサイクルフローを構築するに当たって、各飲料容器の業界団体が公表しているマテリアルフローやリサイクルフロー、公表されている LCA 研究の文献やデータベース等、可能な限り国内における代表的かつ最新の公知のデータを入手して、それに基づくように努めた。また、飲料容器の仕様や飲料充填工程での歩留り等のように公知のデータでは不足する部分は、ヒアリング調査によって補っている。

ライフサイクルフロー上での重要なファクターに関するデータの出所については表 5.1.1 にまとめ、各容器のライフサイクルフローにおける回収率等の前提条件を表 5.1.2 に整理した。表 5.1.2 では、LCI データの集計結果に大きな影響を与えると考えられる項目を前提条件としてまとめており、原料採掘から原料生産までの流れ（採掘・生産場所や輸入原料の比率を含む）、原料に占める再生原料の比率、リユース・リサイクルに関する回収率等、各廃棄処理方法へ分離する割合を示している。

回収率や再資源化率、回収・再資源化率に関しては国がとりまとめた資源循環指標に従った定義をしており、表 5.1.2 の下部にそれらの定義をまとめている。各業界団体ではリサイクル率や回収率等の名称で、定義の異なる数値を公表されており、資源循環指標に沿った回収率はほとんど公表されていない。そのためやむを得ず、ライフサイクルフロー上では、それらの公表数値を回収率として設定しており、実際の回収率とは食い違うと思われる数値を回収率としている容器が少なくない。

再資源化率の分子は再生処理によって生産される再生原料の量であるが、スチール缶とアルミ缶の再資源化率は、再生処理によって生産される再生原料の量の一部が明確になっていない。これは、プレスやシュレッドといった中間処理だけが行われたものが、スチール缶の鋼板やアルミの板材の生産に直接投入されており、それらがどれだけの再生原料を生産したのかを特定できないためである（資料編資料-2 のスチール缶とアルミ缶のライフサイクルフローを参照）。そこで、その直接投入分が量的に小さいため、歩留まりを考慮せず再資源化率を算出した。

各廃棄処理方法への割合は、環境省「日本の廃棄物処理（平成 13 年度実績）」に基づいて計算しており、焼却処理＋埋立処分、中間処理＋埋立処分、直接埋立処分の 3 つの方法を想定している。不燃物の場合は、後者の 2 つの方法のみを想定する。

焼却処理＋埋立処分には、廃棄物焼却に伴って発電される場合と発電されない場合の 2 つがあり、他の LCA 研究では、発電が伴う焼却処理＋埋立処分と、発電を伴わない焼却処理＋埋立処分に分かれる割合を明示している場合もあるが、本調査のライフサイクルフローではその 2 つを分けていない。発電される場合は電力が生産されるので、発電量を計算する際に焼却処理される都市ごみが発電施設を有する焼却施設で焼却される割合（51.9%）を環境省「日本の廃棄物処理（平成 13 年度実績）」より求めて、反映させている。

表 5.1.1.1 ライフサイクルフローの設定にあたってのデータの出所

容器種類 項目	ガラスびん		ペットボトル	スチール缶	アルミ缶	紙パック
	リターナブルびん	ワンウェイびん				
容器の仕様	ヒアリング		文献※ PET ボトルのインベントリ分析 報告書 (PET ボトル協議会)	ヒアリング		文献※ 紙パック LCI 調査報告書 (全国牛乳容器環境協議会)
外装材の仕様	ヒアリング	文献※ ライフサイクルインベントリ分析の手 引き (環境庁監修、'98/9)	ヒアリング	文献※ 基礎素材のエネルギー解析 (化学経済 研究所)、LCI 分析の手引き (同左)	ヒアリング	
文献 (インベントリデータの出典)						
充填工程の歩留り	ヒアリング		なし※※	ヒアリング		業界データ 平成 15 年度紙パックの マテリアルフローより
回収率			業界データ (各容器業界団体が公表するリサイクルフロー、マテリアルフロー等)			
リサイクル中間処理 工程の歩留り	業界データ (ガラスびんのフローチャート平成14年度)		文献 (インベントリデータの出典)			
再生原料製造 工程の歩留り	業界データ (各容器業界団体が公表するリサイクルフロー、マテリアルフロー等)				文献 紙パック LCI 調査報告書 (全国牛乳容器環境協議会)	
各廃棄処理方法へ 分離する割合						
環境省資料						

(注) ※が付いていない文献……具体的な文献名については、資料編資料-2 にある各飲料容器の LCI データでの各工程の最下段に記載。

※が付いている文献……ヒアリング調査によって情報収集する計画であったが、収集できなかったため、文献を利用した。

※※が付いている文献……ヒアリング調査によって情報収集できず、利用可能な文献データもなかったもので、歩留りを考慮していない。

表 5.1.2 ライフサイクルフローの前提条件

単位：%	リターナブルびん			ワンウェイびん		ペットボトル			スチール缶			アルミ缶		紙パック	
	ビールびん 500ml	633ml	200ml	牛乳びん 900ml	炭酸用 非炭酸用 350ml 250ml	炭酸用 500ml	1500ml	350ml	500ml	2000ml	3ピース 2ピース陽圧 190ml 350ml 350ml	350ml	500ml	レンガ型 200ml	屋根型 1000ml
【原料段階】 原料採掘から 原料生産の流れ	けい砂は、国内産と海外産の比率は、大手3社での 使用比率を採用、採掘後にびん工場へ輸送と想定 国産のソーダ灰は、製造後びん工場へ輸送と想定 海外ソーダ灰は、全量米国から海上輸送で日本へ 輸入されると想定 国産ソーダ灰と海外ソーダ灰の使用比率はガラス びん製造大手3社での使用比率(3:10)を採用														
①原料に占める 再生原料の割合	59.3	59.3	59.3	59.3	59.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	6.8	6.0	68.0 12.0	64.7 12.0
【リユース】															
②回収率	100.0	99.1	100.0	100.0											
③ボトル・カート率	3.9	4.4	1.9	2.5											
④再利用率	96.1	94.7	98.1	97.5											
⑤平均回転数	25.6	19.0	52.5	40.0											
【リサイクル】															
⑥回収率	0.00	0.62	0.00	0.00	68.9	61.0	61.0	28.7	61.0	61.0	87.5	87.5	87.5	81.8	29.1
⑦再資源化率	75.8	75.8	75.8	75.8	75.8	87.1	87.1	87.1	87.1	87.1	95.7	95.7	95.6	93.1	74.1
【廃棄】															
⑧焼却・埋立	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7	28.7	28.7	28.7	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	70.9
⑨中間処理・埋立	0.00	0.15	0.00	0.00	16.9	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	6.8	6.8	6.8	9.9	0.0
⑩直接埋立	0.00	0.13	0.00	0.00	14.2	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	5.7	5.7	5.7	8.3	0.0
合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
②+⑥+⑧+⑨+⑩															

(注) 上表の割合、比率等に関して付属品重量は考慮していない

①原料に占める再生原料の割合 …… 容器の原料製造段階で投入された主原料の総重量に占める再生原料の割合。ガラスびんであればガラスびん製造段階、ペットボトルであれば PET 樹脂製造段階が該当する。

②回収率 (リユース) …… 使用済み容器がリユースを目的に回収される割合。分子は回収重量、分母は使用済み容器総重量。

③ボトル・カート率 …… リユースを目的に回収された回収量に占めるボトル・カート率に占める量の割合。分子は回収重量、分母は回収された総重量。

④再利用率 …… 使用済み容器がリユースされる割合。回収率 × (1-ボトル・カート率) で計算される。

⑤平均回転数 …… リユースされる容器が使用される平均的な回数。1/ (1-回収率 (1-ボトル・カート率)) で計算される。

⑥回収率 (リサイクル) …… 使用済み容器がリサイクルを目的に回収される割合。分子は回収重量、分母は使用済み容器総重量。

⑦再資源化率 …… リサイクルを目的に回収された容器がリサイクルされる再生原料となる割合。分子は再生処理によって生産される再生原料の重量、分母は回収された容器の総重量。

ここでは、マテリアルリサイクルだけが対象である。

※ライフサイクルフローでは、リサイクルされる使用済み容器の中に容器製造や充填の工程からのスクラップや不燃物中間処理施設で回収される容器が加算されて再生原料の生産に投入されるので、「使用済み容器総重量 × 回収率 × 再資源化率 = 生産される再生原料の重量」とはならない点に注意が必要である。

⑧焼却・埋立 …… リユースやリサイクルの目的で回収されずに廃棄された使用済み容器が、焼却処理・埋立処分される割合。分子は焼却処理・埋立処分される重量、分母は使用済み容器の総重量。

⑨中間処理・埋立 …… リユースやリサイクルの目的で回収されずに廃棄された使用済み容器が、中間処理・埋立処分される割合。分子は中間処理・埋立処分される重量、分母は使用済み容器の総重量。

⑩直接埋立 …… リユースやリサイクルの目的で回収されずに廃棄された使用済み容器が、直接埋立処分される割合。分子は直接埋立処分される重量、分母は使用済み容器の総重量。

5. 2 LCI 分析の方法

対象容器毎に作成したライフサイクルフローにおける各工程の環境負荷を把握し、これらを積み上げて該当容器の環境負荷の合計値としている。リターナブルびんについても、同様にフローを作成し、これに基づき 1 本あたりの環境負荷を計算している。

諸データからのマテリアルバランスが整合しない場合は、環境負荷への影響が最も少ない部分で物量調整を図るようにしている。

5.2.1 アロケーションの取扱い

本報告書で対象とした飲料容器のライフサイクルにおいて、ソーダ灰製造、石油精製、プラスチック樹脂製造等のように単一プロセスで複数の製品を算出する工程がある。これらの場合は、環境負荷を各製品にアロケーション（配分）することが必要になる。ここでは、算出される重量比で環境負荷を配分している。

5.2.2 リサイクルの取扱い

リサイクルには、リサイクルプロセスが、ある製品のライフサイクル境界内にすべて含まれるようなクローズドループ（閉ループ）と、リサイクル先がライフサイクルの境界外に出ていくオープンループ（開ループ）がある。今回の対象容器の多くは、クローズドループとオープンループが混在したライフサイクルフローを持っている。

リサイクル先が同一の飲料容器ではないことからオープンループになっている容器の場合は、該当飲料容器のシステムだけでなく、リサイクル先の製品システムまで含めて考えないと、リサイクルの環境負荷低減効果は把握できない。従って、本報告書では、オープンループのリサイクルは、製品のライフサイクル境界外にシステムを拡張して、リサイクルの効果を把握するようにしている。

以下、本報告書におけるクローズドループとオープンループの取扱いの考え方について概説する。

（１）クローズドループ・リサイクルの取扱い

ある飲料容器の製品プロセスからの材料が同一の製品プロセス内でリサイクルされている場合は、クローズドループ・リサイクルとして取り扱うことになる。そのとき、同材料が固有の特性を変えずにリサイクルされていれば、歩留まり等は考慮するとしても、元々の材料を代替しているものとする。

調査対象容器のうち、ガラスびんのカレットは、同じガラスびんの材料として利用されるものはこの対象となる。リターナブルびんでリターナブルびんに戻るカレット、ワンウェイびんでワンウェイびんに戻るカレットが代表的である。また、アルミ缶で再生地金にリサイクルされ容器製造に用いられるものも同様に扱っている。

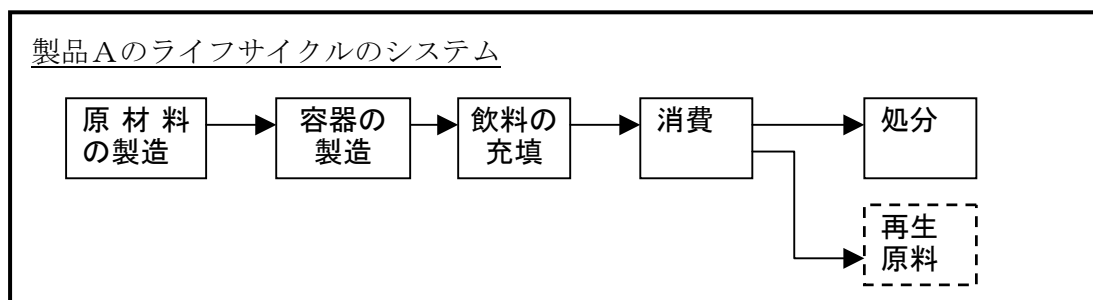
さらに、ある特定の工程でのスクラップが同工程で再び使用されるものも、クローズドループ・リサイクルと判断した。

（２）オープンループ・リサイクルの取扱い

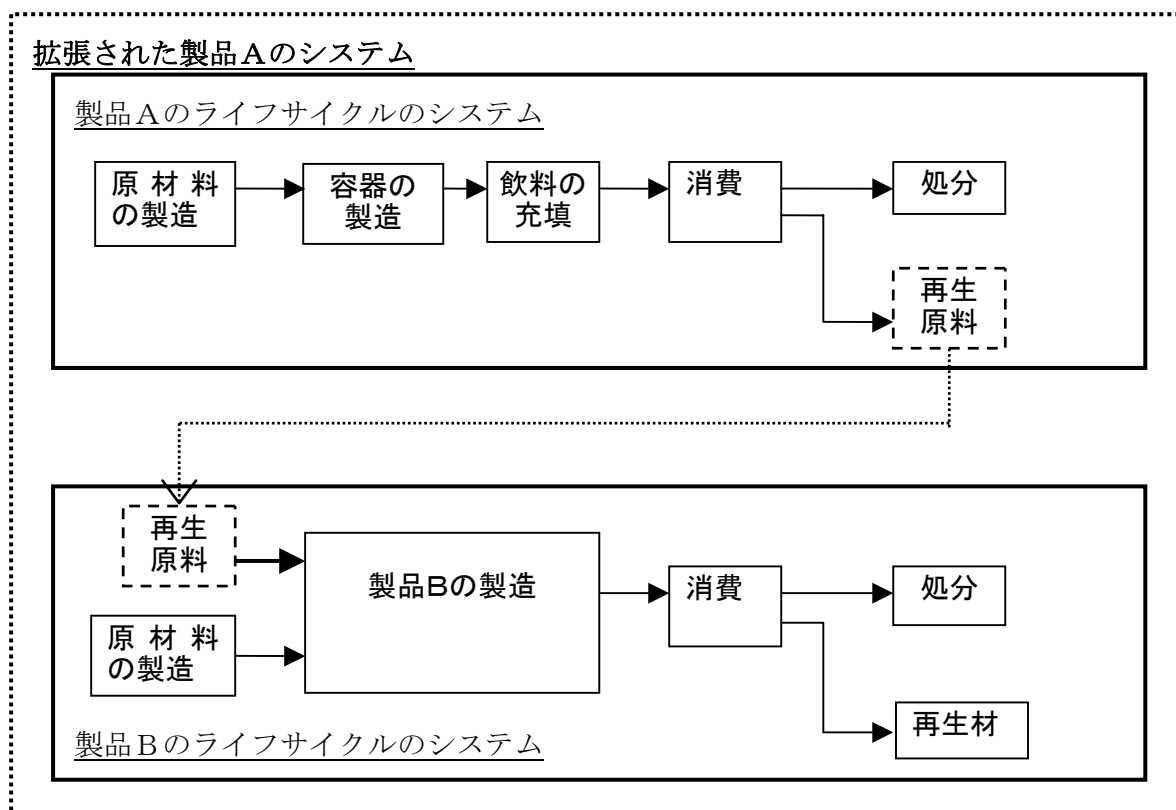
一方、ある飲料容器の製品プロセスからの材料が他の製品プロセス内でリサイクルされている場合は、オープンループ・リサイクルとして取り扱うことになる。本調査では、オープンループ・リサイクルの取扱いに関して、リサイクル代替値の考え方を採用した。これは、ある一つの飲料容器のライフサイクルフローの系外に出るものであって、かつ廃棄物ではなく他の製品システムで利用されるものは、当初の製品システムの境界を超えて考慮するものである。以下、本報告書におけるリサイクル代替値の基本的な考え方と重要な論点について説明を行う。

□リサイクル代替値の基本的な考え方

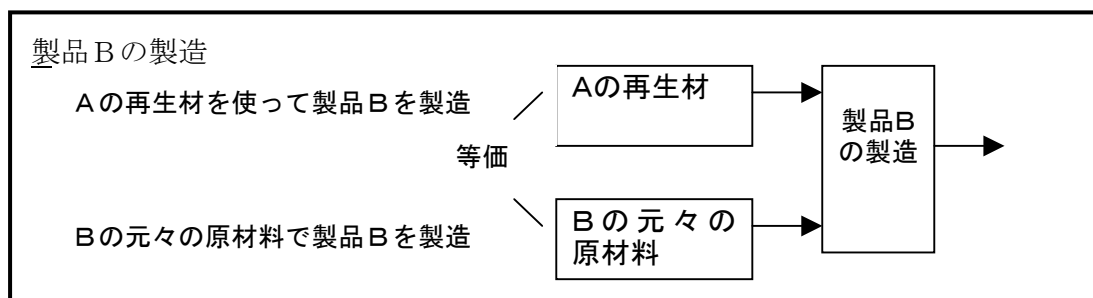
まず、単純化した飲料容器（ここでは製品 A と呼ぶ）のライフサイクルを考える。



この再生材が製品 B のシステムで使われるとして、製品 B までシステムを拡張する。



製品 B の元々の原材料と、A の再生材は、製品 B の製造工程に投入する材として等価であり代替可能であるとする。



製品 A の再生材を投入することで、製品 B の原材料投入はその分だけ削減される。本報告書では、この削減分による環境負荷の変化を、製品 A の再生材による影響として製品 A の系の内にすべて計上する。これが、本報告書における「リサイクル代替値」の基本的な考え方である。

代替による環境負荷の変化を製品 B の系にすべて入れ込むこともできるし、A の系と B の系で配分することもできる。ただ、今回は製品 A についての LCA を行っており、その影響をみることを主眼にしていることから、製品 A に帰属させる。

また、リサイクル代替値の対象には、焼却工場等での発電による電力といったマテリアル以外のものも含める。

ただし、製品 A と製品 B の間での配分問題は、歴然としてあり、本来、その比率や配分のあり方は、検討されるべき課題と考える。なお、製品 A と B の片方だけを計算する場合には問題が生じないが、仮に双方が独自に配分率（例えば、それぞれが 100%）を決めてしまったときには、製品 A と製品 B を足しあわせたときにダブルカウントになる可能性があるので注意が必要になる。

また、リサイクル代替における等価性についても議論の余地がある。原料が微妙に変わることによって他のプロセスで変化が生じることがあるが、ここではこのような変化が生じないと仮定している。

リサイクル代替値については、以上の等価性や配分問題を含めて、決め方には様々な議論がある。どのような具体的手法が最も適切であるのかについては容易に結論は出ない。本報告書におけるリサイクル代替値の対象と、代替すると想定する製品は、次の通りである。

表 5.2.1 リサイクル代替値の対象と代替すると想定する製品

	リサイクル代替値の対象	代替すると想定する製品
リターナブルびん	・リターナブルびんの新びん製造 以外に使用されるカレット	・グラスウール等のガラス製品の新規材料 ・路盤材用の採石
ワンウェイびん	・カレット	・同上
ペットボトル	・再生フレーク	・繊維用 PET 樹脂
	・再生 PET 樹脂	・ボトルグレードの再生 PET 樹脂
	・焼却施設での発電による電力	・発電所の電力
スチール缶	・電炉鋼	・粗鋼
アルミ缶	・再生地金	・アルミ新地金
紙パック	・古紙パルプ	・クラフトパルプ
	・焼却施設での発電による電力	・発電所の電力

5.2.3 リターナブルびんの計算方法

同一の容器が複数回使用されるリターナブルびんの LCI データ構築に関しては、他のワンウェイ容器との整合性を取るために、「1 回使用当り」の環境負荷を計算する。その場合、次の 2 つの方法が考えられる。

①一定期間の総供給本数や回収本数を基にライフサイクルフローを構築し、計算する方法

例えば、1 年間の総供給量、回収量、カレット量から回収率やボトラーカレット率を計算して、それに基づきライフサイクルフローを構築して計算する。(本調査で採用している方法)

②平均回転数を利用する方法

平均回転数からリターナブルびんの一生の環境負荷を想定し、1 回当りに修正すべき部分を回転数で除して、1 回使用当りの環境負荷を計算する。

これら 2 つの方法のどちらをとっても、結果は同じである。本調査では、前述の①の方法を選択している。なぜなら、リターナブルびんがどれだけ供給・回収され、ボトラー段階でカレットに回されたかといった実績に基づいたライフサイクルフローを明確にすること、マテリアルバランスを確保したライフサイクルフローを構築してシステムへのインプットとアウトプットを明確化したうえでの LCI データを構築するためである。

また、製びんまでの川上のフロー、充填→供給・回収→洗びんまでの中盤のフロー、未回収びんの廃棄・リサイクルまでの川下のフローは、実績を反映した業界の統計データや LCI データ等に基づいている。

5.2.4 エネルギー・電力等の原単位

本調査では、各工程で投入されるエネルギー・電力の生産と使用にともなうエネルギー消費量、CO₂・NO_x・SO_x 排出量の計算に、次頁の表 5.2.3 にある原単位表を利用している。出典となっている文献「プラスチック廃棄物処理・処分にに関する LCA 調査研究報告書」（社団法人プラスチック処理促進協会 2001 年 3 月）では、エネルギーの消費段階だけではなく、エネルギーの原料となる石油等の採掘、国内への輸送、精製・加工、国内での輸送といった使用までの前工程でのエネルギー消費量、CO₂・NO_x・SO_x 排出量も含めたエネルギーの原単位を公表している。本調査では、それを基にエネルギー消費量を MJ 単位に、CO₂ を kg・CO₂ 単位に換算してまとめたのが表 5.2.3 である。

本来であれば、前工程での資源消費量や廃棄物排出量等の他の環境負荷項目も明らかにして、本調査でのインベントリデータに含めることが望ましい。しかし、その計算に必要なデータが国内には乏しく、データがあっても年次が古い等の問題があり、ここでは前工程のエネルギー消費量、CO₂・NO_x・SO_x 排出量のみを計算している。

また、輸送で使用するディーゼルトラックでの軽油の消費に関しては、表 5.2.2 にある積載可能重量別の原単位を使用している。ただし、ヒアリング調査で実際の燃費データが収集できた場合は、それを採用している。燃費データとエネルギー・電力原単位表から、燃料消費量、CO₂ 排出量、SO_x 排出量を計算している。

NO_x 排出量は、環境省資料よりトラック走行時の排出量を求めて、それにエネルギー・電力原単位表の採掘、国内への輸送、精製・加工、国内での輸送といった使用までの前工程での排出量を加えている。

表 5.2.2 ディーゼルトラックの原単位表

	① リットル当り 燃費 km/l	② km当り 燃料消費量 l/km	③ 燃料消費 原単位 MJ/km	④ CO ₂ 原単位 kg-CO ₂ /km	⑤ SO _x 原単位 g/km	⑥ NO _x 原単位 g/km
トラック						
10 t	3.5	0.286	11.9029	0.8079	0.4600	5.32886
4 t	6.5	0.154	6.4092	0.4350	0.2477	3.22708
2 t	8.0	0.125	5.2075	0.3535	0.2013	0.70388
ごみ収集車（パッカー車）						
4 t	5.0	0.200	8.3320	0.5655	0.3220	3.28020
2 t	7.0	0.143	5.9514	0.4040	0.2300	0.72443

- (注) ①は「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書」（プラスチック処理促進協会、1993 年 3 月）を参照
 ②は①より計算
 ③～⑤は②に次ページの表 5.2.3 エネルギー・電力の原単位表の数値を乗じて計算、熱量は高位発熱量に基づく
 ⑥は②にエネルギー・電力原単位表の採掘から燃料使用前までの原単位を乗じて、環境省資料の NO_x 排出量を加算した値

表 5.2.3 エネルギー・電力の原単位表

1cal = 4.184 J

エネルギー	合計 MJ	合計 kcal	使用の前工程 (採掘～製造)	発熱量	大気汚染			使用の前工程 (採掘～製造)				使用時			
					CO ₂	NOx	SOx	CO ₂	kg-C	kg-CO ₂	g-NO ₂	g-SO ₂	CO ₂	kg-C	kg-CO ₂
原油	1 l	40.104 MJ	9585.0 kcal	9250.0 kcal											
A 重油	1 l	43.099 MJ	10301.0 kcal	9300.0 kcal											
B 重油	1 l	44.355 MJ	10601.0 kcal	9600.0 kcal											
L S 重油	1 l	45.229 MJ	10810.0 kcal	9800.0 kcal											
H S 重油	1 l	43.304 MJ	10350.0 kcal	9800.0 kcal											
軽油	1 l	41.660 MJ	9957.0 kcal	9200.0 kcal											
灯油	1 l	39.894 MJ	9535.0 kcal	8900.0 kcal											
L P G	1 l	31.815 MJ	7604.0 kcal	6480.0 kcal											
ナフサ	1 l	36.840 MJ	8805.0 kcal	8000.0 kcal											
ガソリン	1 l	41.497 MJ	9918.0 kcal	8400.0 kcal											
L N G	1 kg	63.372 MJ	15146.3 kcal	13000.0 kcal											
天然ガス	1 m ³	42.213 MJ	10089.1 kcal	9800.0 kcal											
都市ガス	1 m ³	41.840 MJ	10000.0 kcal	10000.0 kcal											
電力	1 kWh	9.933 MJ	2374.0 kcal	— kcal											
蒸気	1 kg	4.176 MJ	998.0 kcal	— kcal											

* 「プラスチック廃棄物処理・処分に關する LCA 調査研究報告書」(社団法人プラスチック処理促進協会 2001 年 3 月) より作成

6 各飲料容器の LCI データと特徴

6. 1 各飲料容器の LCI データ

(1) 各飲料容器の LCI データの概要

各容器 1 個あたり（リターナブルびんに関してはびん 1 本の 1 回使用あたり）のライフサイクルフローと LCI を構築した。各素材容器別の LCI データの概略を次節以降に図表にとりまとめた。

LCI の結果を表 6.2.1～6.7.1 にまとめた。化石資源消費量、エネルギー消費量、CO₂ 排出量、NO_x 排出量、SO_x 排出量の 5 つの環境負荷項目は各容器素材間で対象範囲等の違いは比較的少ないが、水資源消費量と廃棄物排出量は、容器素材毎に対象範囲や定義が大きく異なるので数値を入れていない。BOD 排出量等の水質汚濁物質排出量は、一部の工程にデータの不足があり欄そのものを割愛している。また、紙パックの CO₂ 排出量に関してはバイオマス CO₂ が含まれるので、バイオマス以外の CO₂ の排出量とバイオマス CO₂ 排出量を分けて表記している。

すべての対象容器のライフサイクルフローと LCI データは、資料編資料－2 に整理したので、詳細を確認することができる。

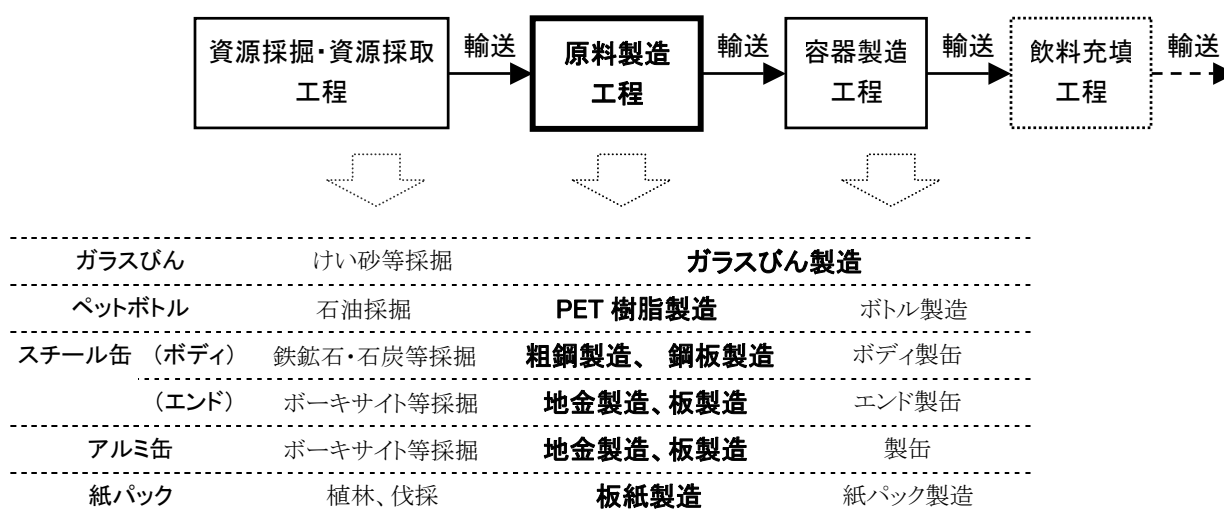
表 6.2.1～6.7.1 では、LCI の他に容器の仕様やリユース、リサイクル、廃棄に関わる前提条件等を示している。回収率やボトラーカレット率等の用語の定義については、表 5.1.2 も下に記載している。

図 6.2.1～6.7.1 は各対象容器のエネルギー消費量と CO₂・NO_x・SO_x 排出量に関して各工程が占める割合を示すグラフであり、容器種毎に代表的な容器を 1 つ取り上げている。残りの容器に関しては資料編資料－2 のライフサイクルフローと LCI データの最後に添付している。

（２）各容器の環境負荷に関する課題と改善の方向性の検討

LCI データから、リターナブルびんを除く全ての容器に共通して、ライフサイクル全体の中で原料製造工程（図 6.1.1 太字の部分）が占める割合が最も高くなるといった傾向が見られた。このように各容器に共通する点と各容器固有の特徴を把握し、課題と改善の方向性を検討した。主要な改善策である軽量化は、各容器それぞれにこれまで工夫を重ねてきたものであるが、環境負荷の側面からは、さらなる努力が期待される。

図 6.1.1 各容器のライフサイクルの上流の工程



- ①リターナブルびんは、回収率が 100%、もしくはそれに極めて近い容器が対象であり、ガラスびん製造、洗びん工程、びんの回収のための輸送の割合が高くなっている。軽量化や洗びん工程の改善等の対策が重要と考えられる。
- ②ワンウェイびんは、ガラスびん製造工程の環境負荷割合が高く、軽量化等の対策が重要と考えられる。
- ③ペットボトルは、PET 樹脂～ボトル製造工程の環境負荷割合が高く、ペットボトルにおいても軽量化が重要と考えられる。
- ④スチール缶は、回収率（87.5%）が高いものの、ボディ（胴及び底部）とエンド（アルミ製のふた）の原材料の製造・製缶工程に由来する環境負荷が大きな割合を占めており、かつ、ボディとエンドでほぼ同等程度となっている。ボディとエンドの軽量化等の改善が重要と考えられる。
- ⑤アルミ缶は、回収率（81.8%）が高く、原料に占める再生原料の割合（ボディ用板で約 70%）も高いが、ライフサイクル全体の中でアルミ新地金製造工程の占める割合が高い。アルミ使用量の低減等の改善が重要と考えられる。また、ボディ製缶工程の割合も低くないので、製缶工程の改善等の対策が有効と考えられる。
- ⑥紙パックは、主原料である板紙製造工程の割合が高く、次いで、付属品に含めているラミネート用 LDPE（低密度ポリエチレン）の樹脂製造の割合が高くなっている。板紙製造工程の改善が有効と考えられる。

6. 2 リターナブルびん

今回の調査対象となった 4 種類のリターナブルびんの回収率は、100%もしくはそれに近い値であり、平均回転数も約 19~52.5 回と極めて高くなっている。ビールびんはその多くが飲食店等業務用に使われていること、牛乳びんの 900ml は宅配という供給・回収システムで使用されているものであること、牛乳びん 200ml はほとんどが学校等の業務系で使用されていることにより、100%もしくはそれに近い回収率が実現できていると考えられる。

リサイクル代替値が小さくなっているが、これはリターナブルびんのライフサイクルフローでは回収されたびんやカレットのほとんどがライフサイクル内で閉じており、オープンループ・リサイクルとなる再生原料のカレット（ガラスびんとグラスウールといったガラス原料、建築・土木等の他用途原料の 2 つに分かれる）が少ないためである。使用されたびんのほとんどが回収されてリユースされていることや、未回収分についてもその多くが回収・リサイクルされていることによる環境負荷の低減効果が、ライフサイクル合計にすでに反映しているといえる。

ビールびん（633ml）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.2.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、洗びん工程が占める割合が高くなっている。また、新びん投入量が極めて小さいにもかかわらず、各環境負荷項目に共通して新びん製造の割合が依然として高いといった点が目立つ。

また、NOx 排出量については輸送の割合も高くなっているが、これは主としてビール製造工場と販売店との間のびん回収による排出量が多いことによるもので、リターナブルびんの特徴であるといえる。

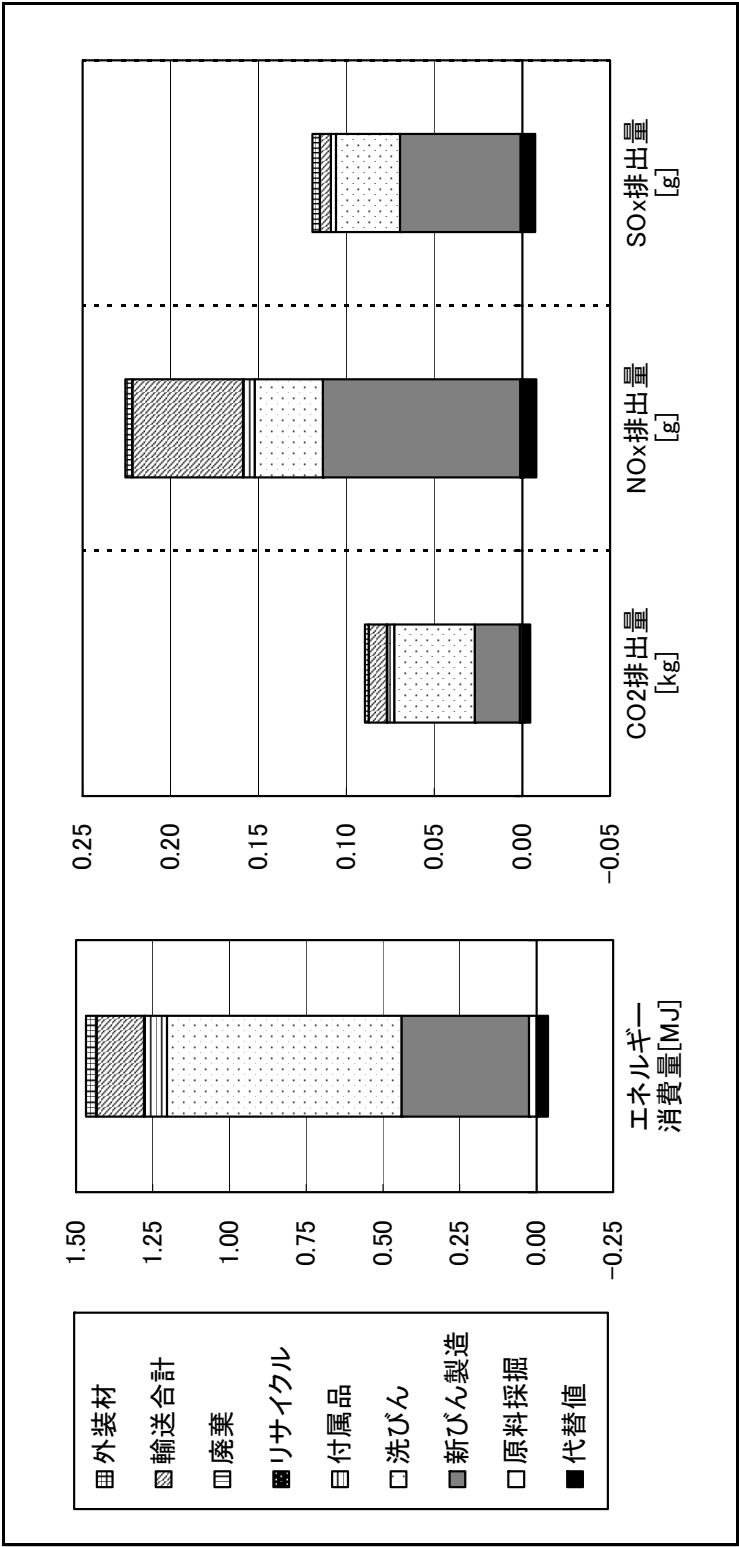
なお、他のリターナブルびんの工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料-2 に載せている。

表 6.2.1 リターナーブルびんの LCI データ

容器の仕様等		ビールびん				牛乳びん			
容量 (ml)		500		633		200		900	
重量 (g)		473.41		608.57		186.07		265.47	
内容物		ビール		ビール		牛乳		牛乳	
回収率 (リユース目的、%)		100.00		99.10		100.00		100.00	
ボトラー・カレット率 (%)		3.90		4.40		1.90		2.50	
再使用率 (%)		96.10		94.70		98.10		97.50	
平均回転数		25.60		19.00		52.50		40.00	
回収率 (%)		0.00		0.62		0.00		0.00	
再資源化率 (%)		75.81		75.81		75.81		75.81	
焼却処理・埋立処分 (%)		0.00		0.00		0.00		0.00	
中間処理・埋立処分 (%)		0.00		0.152		0.00		0.00	
直接埋立処分 (%)		0.00		0.128		0.00		0.00	
リサイクル代替値の対象		カレット		カレット		カレット		カレット	
代替すると想定されるもの		ガラス製品の新規原料、砕石		ガラス製品の新規原料、砕石		ガラス製品の新規原料、砕石		ガラス製品の新規原料、砕石	
インベントリ	資源	単位	ライフサイクル 合計	ライフサイクル 代替値	ライフサイクル 合計	ライフサイクル 代替値	ライフサイクル 合計	ライフサイクル 代替値	ライフサイクル 合計
	水資源消費量	l	—	—	—	—	—	—	—
	化石資源消費量	MJ	0.08315	—	0.08507	—	0.20506	—	0.23323
	エネルギー	MJ	1.07120	1.04310	1.46747	-0.03813	0.51306	-0.00521	1.54784
	廃棄物	kg	—	—	—	—	—	—	—
	温室効果ガス	kg-CO ₂	0.06525	0.06190	0.08943	-0.00455	0.03764	-0.00062	0.09041
	大気汚染	g-NOx	0.15365	0.14781	0.22577	-0.00792	0.03855	-0.00108	0.07655
		g-SOx	0.08004	0.07459	0.11936	-0.00738	0.02508	-0.00101	0.03886

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.2.1 リターナブルびん（ビールびん 633ml）の各工程の環境負荷



※ビールびん(633ml)ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材 ...プラスチックケースの原料採掘から樹脂製造までの工程 (成型工程は含まない)
- 輸送合計 ...各工程間の輸送の総合計
- 廃棄 ...不燃ごみ収集後の中間処理および最終処分までの工程
- リサイクル ...資源ごみ収集後の中間処理及びカレット業者による選別等までの工程
- 付属品 ...王冠については原料採掘から銅板製造、王冠ライナーについては石油採掘から樹脂製造まで、ラベルについては木材伐採から板紙製造までの工程 (廃棄工程も含む)
- 洗びん ...回収びん及び新びんの洗びん工程 (充填は含まない)
- 新びん製造 ...けい砂等の原料からの新びん製造工程 (びん製造に用いる石灰石廻及を含む)
- 原料採掘 ...けい砂採掘、国産ソーダ灰製造、海外ソーダ灰製造工程 (国産ソーダ灰製造にあたっては原料の廻及を含む)
- 代替値 ...リサイクル代替値

6. 3 ワンウェイびん

今回調査対象の 2 種類のワンウェイびんは、国内での流通量が少なく、量的に多い 120ml のドリンク系とは、当然ながら異なる LCI データとなっている。従って、取り上げた LCI データが他のワンウェイびんと共通する特長を全て示しているとはいえないことに留意が必要である。

リサイクル代替値は他の容器と比較して小さい。ワンウェイびんのライフサイクルフローでは、マテリアルリサイクルによって産出されるカレットが再びびん製造に投入されるといったクローズドループ・リサイクルが中心となっており、オープンループ・リサイクルとなるカレットの量（グラスウール原料と他用途原料）が小さいためである。リターナブルびん同様に、リサイクルによる環境負荷の低減効果はライフサイクル合計にすでに反映されているといえる。

ワンウェイびん（250ml、非炭酸用）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.3.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、新びん製造（原料採掘からびん製造まで）が占める割合が特に高くなっている。このことは、びん重量の軽量化等の改善が環境負荷低減に極めて重要であることを示しているといえる。次いで、付属品（キャップとそのライナー、ラベル）の原料製造、外装材に関わる部分の割合もやや目立っている。

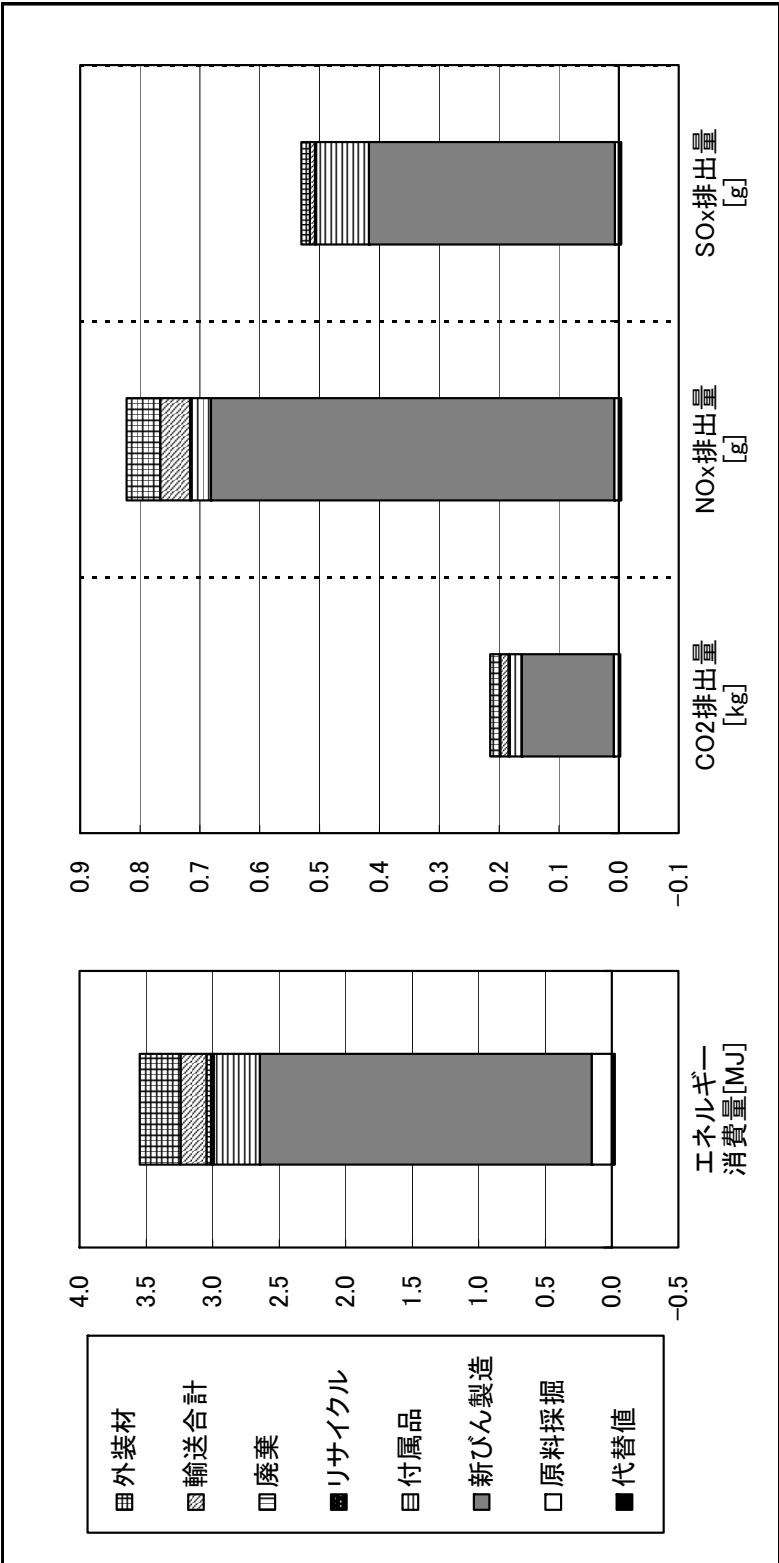
なお、ワンウェイびん（350ml、炭酸用）の工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料－2 に載せている。

表 6.3.1 ワンウェイびんの LCI データ

容器の仕様等		ワンウェイびん					
容量 (ml)		350		250			
重量 (g)		208.84		203.05			
内容物		炭酸清涼飲料		清涼飲料			
回収率 (%)		68.90		68.90			
再資源化率 (%)		75.81		75.81			
焼却処理・埋立処分 (%)		0.00		0.00			
中間処理・埋立処分 (%)		16.89		16.89			
直接埋立処分 (%)		14.21		14.21			
リサイクル代替値の対象		カレット		カレット			
代替すると想定されるもの		ガラス製品の新規原料、碎石		ガラス製品の新規原料、碎石			
インベントリ	単位	ライフサイクル 合計	リサイクル 代替値	差し引き後	ライフサイクル 合計	リサイクル 代替値	差し引き後
	水資源消費量	1	—	—	—	—	—
	化石資源消費量	MJ	0.10848	—	0.07585	—	0.07585
	エネルギー						
	エネルギー消費量	MJ	3.67546	-0.02189	3.54937	-0.02128	3.52809
	廃棄物						
	廃棄物排出量	kg	—	—	—	—	—
	温室効果ガス						
	CO ₂ 排出量	kg-CO ₂	0.22283	-0.00254	0.21516	-0.00247	0.21269
	大気汚染						
	NOx排出量	g-NOx	0.84453	-0.00439	0.82234	-0.00427	0.81807
	SOx排出量	g-SOx	0.54507	-0.00408	0.53053	-0.00396	0.52656

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.3.1 ワンウェイびん (250ml、非炭酸用) の各工程の環境負荷



※ワンウェイびん(250ml、非炭酸用)ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材 ……段ボールについては原料伐採から段ボール用板紙製造までの工程
- 輸送合計 ……各工程間の輸送の総合計
- 廃棄 ……不燃ごみ収集後の中間処理および最終処分までの工程
- リサイクル ……家庭での洗浄と分別、資源ごみ収集後の中間処理及びカレット業者による選別等までの工程
- 付属品 ……キャップ製造については原料採掘からアルミ板材製造、キャップライナーについては石油採掘から樹脂製造まで、ラベルについては木材伐採から板紙製造までの工程 (廃棄工程も含む)
- 新びん製造 ……けい、砂等の原料からの新びん製造工程 (製造に用いる石灰石適及を含む)
- 原料採掘 ……けい、砂採掘、国産ソーダ灰製造、海外ソーダ灰製造工程 (国産ソーダ灰の原料適及を含む)
- 代替値 ……リサイクル代替値

6. 4 ペットボトル

今回調査対象としている 5 種類のペットボトルは国内での流通量が多く、いずれもポピュラーなものである。

近年、飲料メーカーがプリフォームを購入して自らボトル成型するケースが多くなっているが、ここではボトルメーカーがプリフォーム製造とボトル成型を行い、ペットボトルを製造した後に飲料メーカーに輸送するといったシステムを前提としており、容器の重量等の仕様もそれに従った数値となっている。

リサイクル代替の対象は、マテリアルリサイクルによる再生フレークと都市ごみ焼却施設でのサーマルリサイクルによる電力の 2 つである。新たなマテリアルリサイクルの手法である化学分解法による再生樹脂製造は、本来はボトル to ボトルの循環使用を目指したものであるが、平成 15 年度は再生樹脂が生産後に保管されただけで特定の用途に使用されていなかった。そのため、本調査ではライフサイクルフローでクローズドループ・リサイクルとして扱わずに、品質的にはボトルグレードの PET 樹脂を代替すると判断して、リサイクル代替値を計算した。再生フレークは繊維用 PET 樹脂を代替していると想定している。都市ごみ焼却施設は電力会社の発電所で生産される電力を代替すると想定してリサイクル代替値を計算している。

茶系飲料等に使用されるペットボトル耐熱用（500ml）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.4.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、PET 樹脂・ボトル製造の占める割合が特に高くなっている。次いで、キャップ・ラベルの占める割合が大きい。

また、CO₂ 排出量に関して廃棄工程の割合がやや高くなっているが、これはペットボトルの焼却処理による燃焼ガスによるところが大きく、リサイクルの促進等によって焼却処理を回避することが低減策のひとつといえる。

NO_x 排出量においては、輸送の割合が高くなっているが、これは空ボトルをボトルメーカーから飲料メーカーへトラックで輸送する際の排ガスに因るところが大きい。

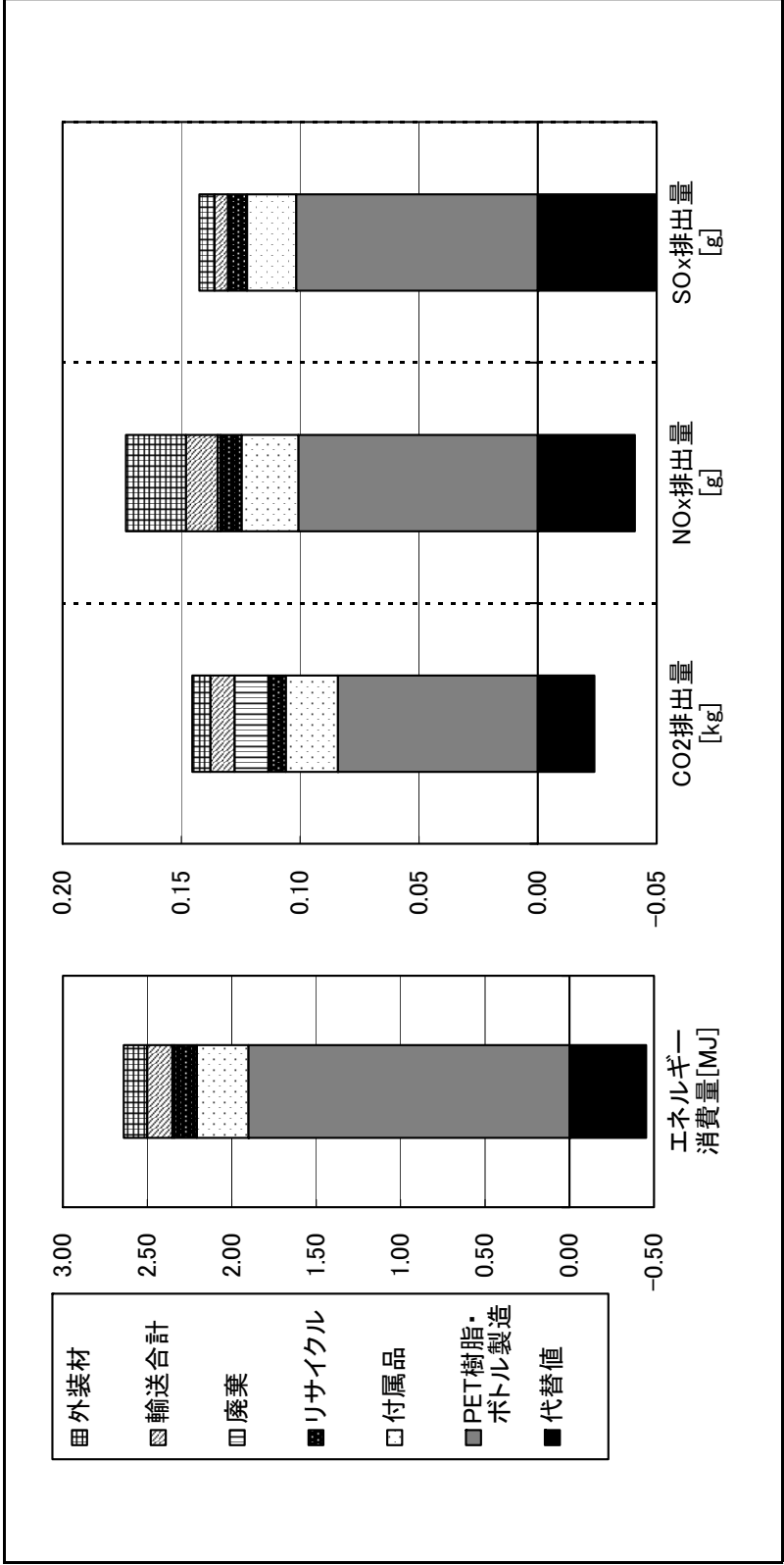
なお、他のペットボトルの工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料 2 に載せている。

表 6.4.1 ペットボトルの LCI データ

容器の仕様等		ペットボトル炭酸用				ペットボトル耐熱用					
容量 (ml)		500		1500		350		500		2000	
重量 (g)		29.94		53.70		29.60		33.86		71.54	
内容物		炭酸清涼飲料		炭酸清涼飲料		非炭酸清涼飲料		非炭酸清涼飲料		非炭酸清涼飲料	
回収率 (%)		61.00		61.00		61.00		61.00		61.00	
再資源化率 (%)		87.10		87.10		87.10		87.10		87.10	
焼却処理・埋立処分 (%)		28.67		28.67		28.67		28.67		28.67	
中間処理・埋立処分 (%)		5.62		5.62		5.62		5.62		5.62	
直接埋立処分 (%)		4.72		4.72		4.72		4.72		4.72	
リサイクル代替値の対象		再生フレーク、再生PET樹脂、都市ごみ焼却による電力		再生フレーク、再生PET樹脂、都市ごみ焼却による電力		再生フレーク、再生PET樹脂、都市ごみ焼却による電力		再生フレーク、再生PET樹脂、都市ごみ焼却による電力		再生PET樹脂、都市ごみ焼却による電力	
代替すると想定されるもの		繊維用PET樹脂、再生PET樹脂、発電所の電力		繊維用PET樹脂、再生PET樹脂、発電所の電力		繊維用PET樹脂、再生PET樹脂、発電所の電力		繊維用PET樹脂、再生PET樹脂、発電所の電力		繊維用PET樹脂、再生PET樹脂、発電所の電力	
資源	単位	ライフサイクル合計	ライフサイクル代替値	差し引き後	ライフサイクル合計	ライフサイクル代替値	差し引き後	ライフサイクル合計	ライフサイクル代替値	差し引き後	ライフサイクル代替値
水資源消費量	l	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
化石資源消費量	MJ	1.11866	-0.47124	0.64742	1.97728	-0.89101	1.08626	1.10444	-0.47638	0.62805	2.67894
エネルギー											
エネルギー消費量	MJ	2.37399	-0.39443	1.97956	4.16237	-0.74449	3.41788	2.42698	-0.39863	2.02835	5.75121
廃棄物	kg	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
温室効果ガス	kg-CO ₂	0.12863	-0.02074	0.10789	0.23111	-0.03917	0.19194	0.13098	-0.02097	0.11002	0.30779
大気汚染											
NOx排出量	g-NOx	0.15677	-0.03561	0.12116	0.30342	-0.06729	0.23613	0.15681	-0.03600	0.12082	0.38471
SOx排出量	g-SOx	0.12858	-0.04299	0.08559	0.23275	-0.08125	0.15149	0.12747	-0.04346	0.08401	0.30961

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.4.1 ペットボトル（耐熱用 500ml）の各工程の環境負荷



※ペットボトル耐熱用(500ml)ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材
 - 輸送合計
 - 廃棄
 - リサイクル
 - 付属品
 - PET樹脂・ボトル製造
 - 代替値
- ...段ボールについては原料伐採から段ボール用板紙製造までの工程
...各工程間の輸送の総合計
...可燃ごみについては収集後の焼却処理及び最終処分、不燃ごみについては収集後の中間処理及び最終処分までの工程
...家庭での洗浄工程(原水取得、浄水、排水、温水製造、下水処理)、資源ごみ収集後の減容処理及び再生フレック製造、再生PET樹脂製造までの工程
...キャップについては石油採掘からキャップ製造及びラベルについては石油採掘からフィルム製造までの工程 (廃棄工程も含む)
...石油採掘から海上輸送、精製、PET樹脂製造、ボトル製造までの工程
...リサイクル代替値

6. 5 スチール缶

今回調査対象の3種類のスチール缶は、近年スチール缶の中でシェアを大きく伸ばしているもので、現状では国内でのスチール缶の流通量の中で最も多い種類と推定される。

ここで取りあげたスチール2ピースラミネート缶（陽圧）は炭酸飲料を充填した場合のライフサイクルを想定している。このスチール缶は、飲料充填工程において窒素充填等を施すことによって非炭酸飲料にも使用することができる容器であり、実際、茶系飲料等にも広く使用されている。ただし、炭酸飲料と非炭酸飲料では充填工程等が異なるため、このスチール缶を非炭酸飲料に使用した場合のライフサイクルインベントリは、表 6.5.1 の値と異なることに留意する必要がある。

リサイクル代替の対象は、電炉鋼であり、高炉で生産される粗鋼を代替すると仮定している。また、データ出典元の鋼板製造工程のインベントリデータは一部のスチール缶スクラップを高炉で再生利用することによる原材料の低減効果等が、電炉鋼製造工程のインベントリデータはスチール缶のアルミぶたが電炉で発熱することによる電炉における電力消費量の低減効果が含まれている。

2ピースラミネート缶陽圧（350ml）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.5.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、スチール鋼板製造（鉄鉱石・石炭採掘からスチール缶用鋼板製造まで）とアルミエンド製缶（ボーキサイト採掘からエンド製缶まで）が占める割合が特に高くなっている。また、外装材（段ボールの原料伐採から原紙製造まで）の割合もエネルギー消費量と NOx 排出量においてやや高くなっている。

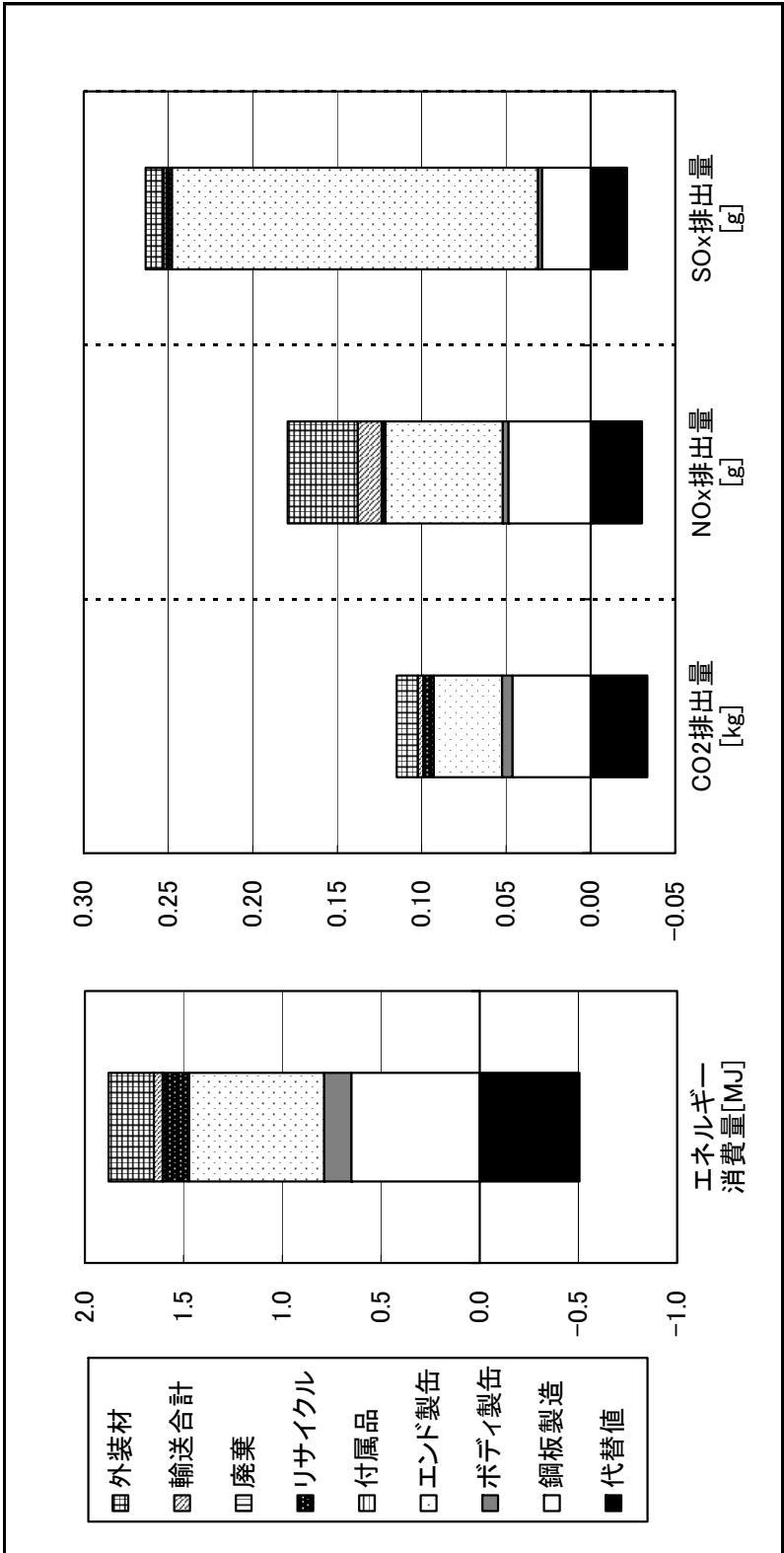
なお、他のスチール缶の工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料-2に載せている。

表 6.5.1 スチール缶の LCI データ

容器の仕様等		2 ピースラミネート (陽圧)	2 ピースラミネート (陰圧)	3 ピースラミネート缶
容量 (ml)		350	350	190
重量 (g)		29.46	49.41	33.15
内容物		炭酸清涼飲料	清涼飲料	清涼飲料
回収率 (%)		87.50	87.50	87.50
再資源化率 (%)		95.70	95.60	95.70
焼却処理・埋立処分 (%)		0.00	0.00	0.00
中間処理・埋立処分 (%)		6.79	6.79	6.79
直接埋立処分 (%)		5.71	5.71	5.71
リサイクル代替値の対象		電炉鋼	電炉鋼	電炉鋼
代替すると想定されるもの		粗鋼	粗鋼	粗鋼
インベントリ	単位			
	資源			
	水資源消費量	l		
	化石資源消費量	MJ		
	エネルギー			
	エネルギー消費量	MJ		
	廃棄物			
	廃棄物排出量	kg		
	温室効果ガス			
	CO ₂ 排出量	kg-CO ₂		
大気汚染	NOx排出量	g-NOx		
	SOx排出量	g-SOx		
ライフサイクル	合計			
	ライフサイクル			
代替値	合計			
	代替値			
差し引き後	合計			
	代替値			
ライフサイクル	合計			
	代替値			
差し引き後	合計			
	代替値			

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.5.1 スチール 2 ピースラミネート缶陽圧 (350ml) の各工程の環境負荷



※スチール2ピースラミネート缶陽圧 (350ml) ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材
 - …段ボールについては原料伐採から段ボール用板紙製造までの工程
- 輸送合計
 - …各工程間の輸送の総合計
- 廃棄
 - …不燃ごみ収集後の中間処理および最終処分までの工程
- リサイクル
 - …家庭での洗浄、資源ごみ収集後の中間処理および電炉鋼製造工程
- エンド製品
 - …ボーキサイト採掘から新地金製造、エンド用板製造、エンド製缶までの工程 (板製造に用いる再生地金の廻りを含む)
- ボディ製品
 - …鋼板からボディ製缶までの工程
- 鋼板製造
 - …鉄鉱石・石炭などの原料採掘から海上輸送、鋼板製造、PET樹脂石油採掘から樹脂製造、フィルム製造の各工程
- 代替値
 - …リサイクル代替値

6. 6 アルミ缶

ここで取りあげたアルミ缶は、ビールや炭酸清涼飲料を充填すると想定しているが、飲料充填工程において窒素充填等を施すことによって非炭酸飲料にも使用することができる容器であり、実際、茶系飲料等にも広く使用されている。ただし、炭酸飲料と非炭酸飲料では充填工程等が異なるため、アルミ缶を非炭酸飲料に使用した場合の LCI データは、表 6.6.1 の値と異なることに留意する必要がある。

ここでは、アルミ缶リサイクル協会が公表しているリサイクル率 81.8% を回収率としている。同協会のリサイクル率はアルミ分の重量のみを分子としているが、本調査では塗料を含めた重量を分子とした回収率を 81.8% としており、若干の差異が生じている。この点にも留意しなければならない。

アルミ缶のライフサイクルでは、リサイクルによって生産される再生地金の多くがアルミ缶のボディ用板製造に使用され、Can to Can と言われるクローズドループ・リサイクルが主流である。ダイカスト・鋳物等に使用されるオープンループ・リサイクルとなる再生地金が少なくなっている。そのため、リサイクルによる環境負荷の低減効果のほとんどがライフサイクル合計に反映されており、リサイクル代替値として計算される部分は小さいといえる。オープンループ・リサイクルとなるアルミ再生地金はアルミ新地金（一次地金）を代替すると想定してリサイクル代替値を計算している。

アルミ缶（350ml）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.6.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、新地金製造（ボーキサイト採掘から新地金製造まで）が占める割合が特に高くなっている。また、エネルギー消費量ではボディ製缶（缶ボディ用板材製造から缶ボディ製造まで）の占める割合がやや高くなっている。

NO_x 排出量では輸送が占める割合がやや高くなっているが、これは空缶を製缶メーカーから飲料メーカーへトラックで輸送する際の排ガスによるところが大きい。

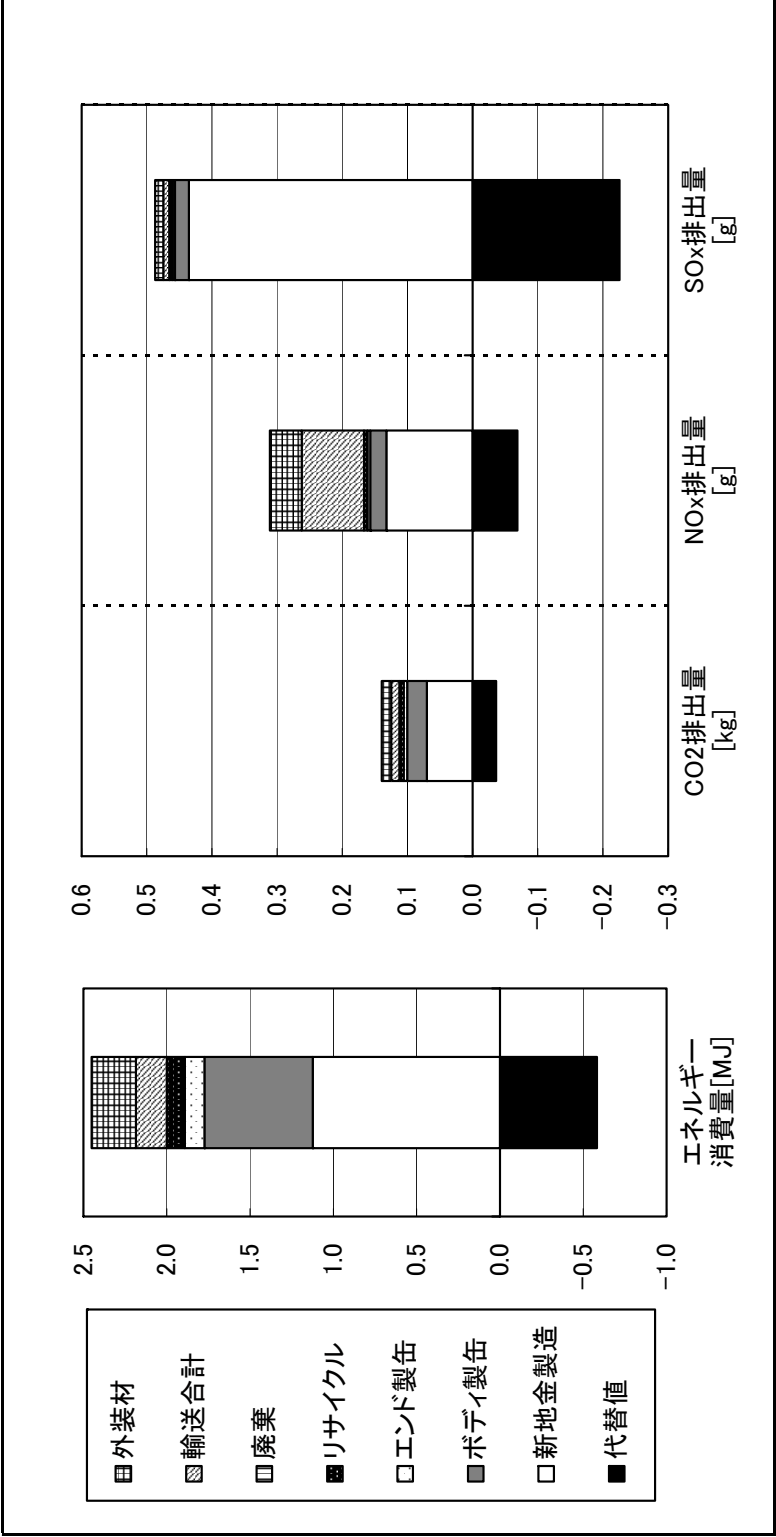
なお、アルミ缶（500ml）の工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料－2 に載せている。

表 6.6.1 アルミ缶の LCI データ

容器の仕様等		アルミ缶		アルミ缶				
容量 (ml)		350		500				
重量 (g)		15.90		19.27				
内容物		ビール・炭酸清涼飲料		ビール・炭酸清涼飲料				
回収率 (%)		81.82		81.82				
再資源化率 (%)		93.10		93.30				
焼却処理・埋立処分 (%)		0.00		0.00				
中間処理・埋立処分 (%)		9.87		9.87				
直接埋立処分 (%)		8.31		8.31				
リサイクル代替値の対象		再生地金		再生地金				
代替すると想定されるもの		新地金		新地金				
		単位	ライフサイクル 合計	リサイクル 代替値	差し引き後	ライフサイクル 合計	リサイクル 代替値	差し引き後
資源	水資源消費量	l	—	—	—	—	—	—
	化石資源消費量	MJ	—	—	—	—	—	—
エネルギー	エネルギー消費量	MJ	2.45208	-0.58211	1.86996	2.90903	-0.70793	2.20110
廃棄物	廃棄物排出量	kg	—	—	—	—	—	—
温室効果ガス	CO ₂ 排出量	kg-CO ₂	0.13962	-0.03627	0.10335	0.16657	-0.04411	0.12246
大気汚染	NOx排出量	g-NOx	0.31100	-0.06877	0.24223	0.37324	-0.08363	0.28961
	SOx排出量	g-SOx	0.48714	-0.22531	0.26183	0.59534	-0.27401	0.32133
インベントリ								

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.6.1 アルミ缶（350ml）の各工程の環境負荷



※アルミ缶（350ml）ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材 ... 段ボールについては原料伐採から段ボール用板紙製造までの工程
- 輸送合計 ... 各工程間の輸送の総合計
- 廃棄 ... 不燃ごみ収集後の中間処理及び最終処分までの工程
- リサイクル ... 家庭での洗浄、資源ごみ収集後の中間処理及び再生地金製造までの工程（エンド用板製造の再生地金の適及を含む）
- エンド製缶 ... 新地金や再生地金からエンド用板製造、エンド用板材からエンド製缶までの工程
- ボディ製缶 ... 新地金や再生地金からボディ用板製造、ボディ用板材からボディ製缶までの工程
- 新地金製造 ... ボーサイト採掘から新地金製造までの工程（ボーサイト以外の原料については適及していない）
- 代替値 ... リサイクル代替値

6. 7 紙パック

今回の調査対象は、主に牛乳に用いられる屋根型 1000ml と学校給食用牛乳を中心に用いられるレンガ型 200ml と、牛乳に限らず果汁飲料等に用いられるアルミ箔を使用したレンガ型 250ml の 3 種類の紙パックである。

容器包装リサイクル法においては、屋根型 1000ml とレンガ型 200ml の 2 つは「紙パック」に区分され、レンガ型 250ml はアルミ箔を使用しているため「紙製容器包装」という区分に属しているが、ここではすべて紙パックと総称している。前者は、一定量が資源回収されているため業界団体のデータ等に基づいてライフサイクルフローを作成している。後者は、資源回収が進んでおらずその実態もはっきりしないため、リサイクル目的の回収率をゼロとして全量焼却処理・埋立処分すると仮定したライフサイクルフローとなっている。

パルプ・板紙製造段階と古紙パルプ製造段階では、黒液回収、スラッジ焼却等によりバイオマスエネルギーが活用されており、化石燃料等と合わせてエネルギー消費量を計算している。それに伴ってバイオマス由来の CO₂ が排出されるが、それらは「バイオマス CO₂ 排出量」として、「CO₂ 排出量」とは別に排出量を集計している。また、都市ごみ焼却施設での紙パックの焼却処理によって排出する CO₂ も「バイオマス CO₂ 排出量」に加えている。

リサイクル代替の対象は、マテリアルリサイクルによる再生パルプと都市ごみ焼却施設でのサーマルリサイクルによる電力の 2 つであり、両者ともに全量オープンループ・リサイクルである。前者はクラフトパルプを代替していると想定して、後者は電力会社の発電所で生産される電力を代替すると想定してリサイクル代替値を計算している。

なお、代替するクラフトパルプは木材チップを海外から輸入して国内でパルプを製造すると仮定しているが、屋根型 1000ml とレンガ型 200ml の 2 つの紙パックの原料であるパルプは北米での製造を想定した。2 つのパルプの製造工程におけるパルプ重量あたり黒液発生量が大きく異なっており、北米でのパルプ製造工程より国内のパルプ製造工程の方が約 1.7 倍となっている。そのため、生産するパルプ重量当りで見ると、クラフトパルプのバイオマス CO₂ 排出量が、紙パック原料のパルプ製造のそれより大きな値になっている。このことは、後の 7.1.7 紙パックで説明する分析結果にも影響を与えている。

屋根型紙パック（1000ml）については、各工程の環境負荷が占める割合を図 6.7.1 に示している。各環境負荷項目に共通して、原料製造（製紙、ラミネート原紙製造）が占める割合が高い。また、バイオマス CO₂・NO_x 排出量を除けばラミネートに使われる LDPE（低密度ポリエチレン）の石油採掘から樹脂製造までの割合（グラフでは付属品と表記）が次いで大きい。バイオマス CO₂ では、原料製造に次いで廃棄が大きくなっており、これは都市ごみ焼却施設での紙の焼却によるものである。家庭の洗浄に関しては、今回の調査対象容器の中では最も使用する水道水の量が多かったが、ライフサイクル全体からみれば大きな比率を占めてはいない。

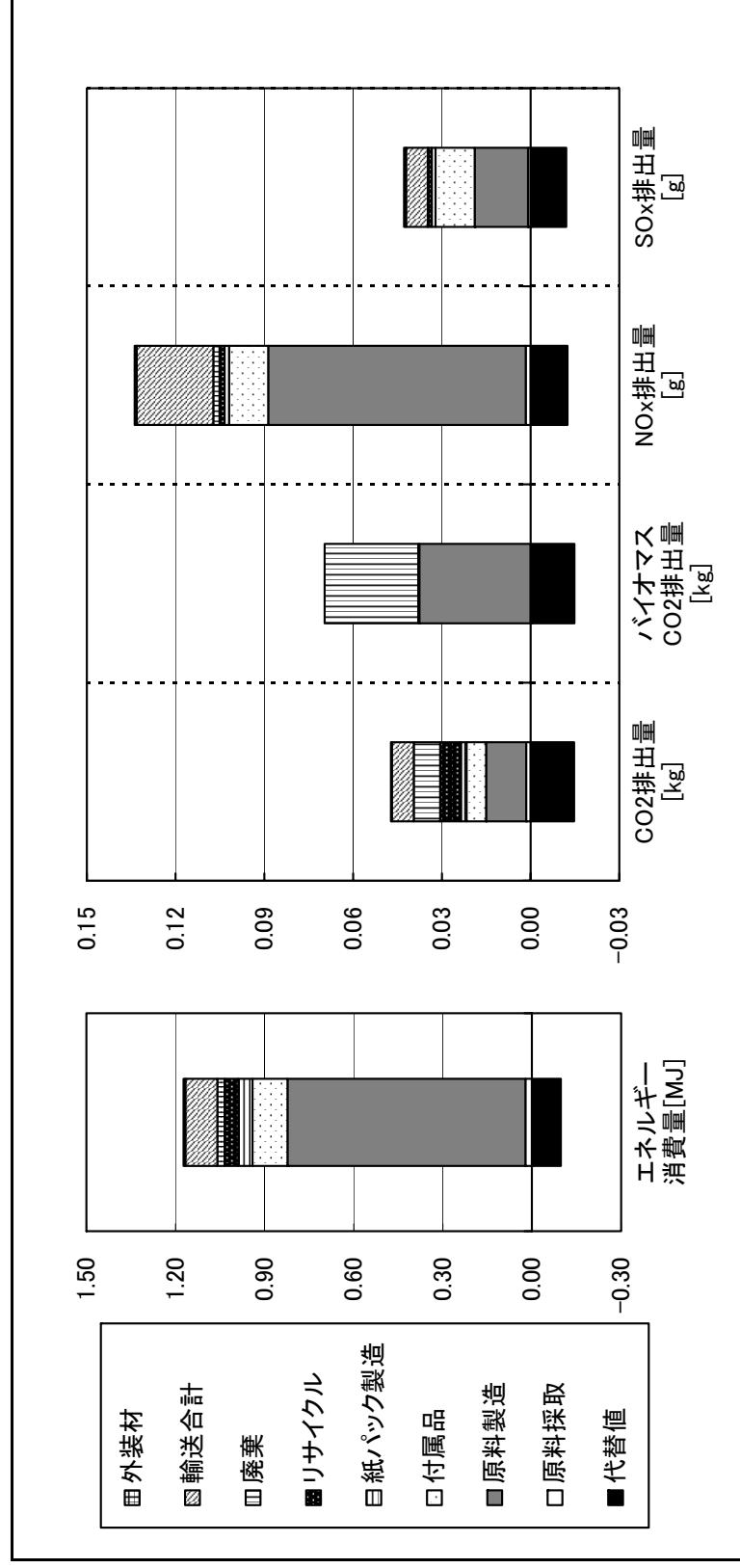
なお、他の紙パックの工程別環境負荷を示したグラフは、資料編資料－2 に載せている。

表 6.7.1 紙パックの LCI データ

容器の仕様等		屋根型 (アルミなし)		レンガ型 (アルミ付き)		レンガ型 (アルミなし)		
容量 (ml)		1,000		250		200		
重量 (g)		30.04		10.43		8.21		
内容物		牛乳		清涼飲料		牛乳		
回収率 (%)		24.48		0.00		29.05		
再資源化率 (%)		84.58		67.04		74.08		
焼却処理・埋立処分 (%)		75.52		100.00		70.95		
中間処理・埋立処分 (%)		0.00		0.00		0.00		
直接埋立処分 (%)		0.00		0.00		0.00		
リサイクル代替値の対象		再生パルプ、都市ごみ焼却による電力		再生パルプ、都市ごみ焼却による電力		再生パルプ、都市ごみ焼却による電力		
代替すると想定されるもの		クラフトパルプ、発電所の電力		クラフトパルプ、発電所の電力		クラフトパルプ、発電所の電力		
		単位	ライフサイクル 合計	ライフサイクル 代替値	差し引き 後	ライフサイクル 合計	ライフサイクル 代替値	差し引き 後
資源	水資源消費量	l	—	—	—	—	—	—
	化石資源消費量	MJ	0.22548	—	0.17359	0.12972	—	0.12972
エネルギー		MJ	1.17302	-0.09677	1.07625	0.69387	-0.02815	0.27722
廃棄物		kg	—	—	—	—	—	—
温室効果ガス		kg-CO ₂	0.04720	-0.01479	0.03242	0.03373	-0.00241	0.03132
バイオマスCO ₂ 排出量		kg-CO2	0.06960	-0.01481	0.05479	0.02737	-0.00116	0.02621
大気汚染		g-NOx	0.13390	-0.01249	0.12141	0.07396	-0.00202	0.07194
		g-SOx	0.04281	-0.01203	0.03077	0.07206	-0.00177	0.07029
							</	

(注) 水資源消費量と廃棄物排出量の数値は、容器毎に定義や対象範囲が異なるので“—”で表記した。

図 6.7.1 屋根型紙パック（1000ml）の各工程の環境負荷



(CO₂排出量はバイオマス由来以外のものを対象としている)

※屋根型紙パック(1000ml)ライフサイクルの各工程を、以下のカテゴリーに分類した

- 外装材 ……プラスチックコンテナの原料採掘から樹脂製造までの工程 (成型工程は含まない)
- 輸送合計 ……各工程間の輸送の総合計
- 廃棄 ……可燃ごみ収集後の焼却処理及び焼却灰の最終処分までの工程
- リサイクル ……家庭での洗浄工程(原水取得、浄水、排水、温水製造、下水処理)、資源ごみ収集後の中間処理(結束)及び古紙パルプ製造までの工程
- 紙パック製造 ……板紙から紙パック容器製造までの工程
- 付属品 ……LDPE樹脂についての石油採掘から樹脂製造までの工程
- 原料製造 ……パルプ製造、板紙製造、PEラミネーションの各工程
- 原料採取 ……採種、輸送、播種、育苗、植林、伐採、輸送、剥皮、チップ製造の各工程
- 代替値 ……リサイクル代替値

7 改善策の検討

7. 1 リサイクル促進による環境負荷の低減効果の分析

7.1.1 回収率による影響分析

前章の 6.2～6.7 で説明した LCI は、ライフサイクルフローで設定した回収率を前提とした結果であるが、本節では LCI の数値に大きな影響を与えると考えられる回収率を変数とした場合の環境負荷の変化を分析する。以下の 2 つの分析を行い、分析結果のグラフを資料編資料-3 にまとめた。

最初に、各対象容器の現在のシステムを前提にして、回収率の変化に伴う環境負荷絶対値の変化を次の 3 つのケースで比較した。

- ①**現状**：使用済み容器を現状の回収率で回収してリユースやマテリアルリサイクルするケース
- ②**リサイクル**：使用済み容器を回収率 100%で回収してリユースやマテリアルリサイクルするケース
- ③**廃棄**：使用済み容器をまったく回収せず全て廃棄するケース（回収率 0%）

次に、回収率を 0%から 100%まで変化させた場合の環境負荷の変化とグラフの傾きを見る。具体的には、横軸を 0%から 100%まで変化する回収率とし、縦軸を回収率 0%とした時の環境負荷の値を 100 としたグラフを作成する。これによって、回収率の変化によって低減もしくは増大する環境負荷を見分け、グラフの傾きの大小によって増減傾向の強弱を推定することができる。

上記の 2 つの分析では、回収率を変化させることにより、廃棄物処理される率（可燃ごみや不燃ごみとして収集され、処理される割合）も変化するよう想定している（回収率と廃棄物処理される率の合計がいつも 100 となる）。また、原材料製造段階に再生原料が投入される 11 種類の容器（ガラスびん 6 種類、スチール缶 3 種類、アルミ缶 2 種類）に関しては、回収率が向上するのに伴い原材料製造に投入される再生原料の割合も上昇させている。以上のような、回収率向上→廃棄物処理される率は減少、回収率向上→再生原料の使用割合向上といった以外の要因は、まったく変化させていない。

結果として、ほぼすべての容器において回収しリユースやリサイクルする場合の方が環境負荷項目の数値は低下する傾向がみられた。容器や環境負荷項目によって傾きの大きさに違いがあるものの、今回対象とした容器と環境負荷項目に限ればリユースやリサイクルの促進により環境負荷が低減することが明らかになった。

7.1.2 リターナブルびん

リターナブルびんのエネルギー消費量と CO₂ 排出量は、回収率を高めることで大幅に低減される。回収率の変化のグラフをみても明らかなように、回収率が向上することであらゆる環境負荷が大きく削減される。このような傾向を示す要因は、新規原料の採掘から新びん製造までの投入エネルギー量と CO₂ 排出量が極めて大きく、それが回収率の向上により大きく低下することによる。

現在の回収率はすでに 100%もしくはそれに近い値であり、さらに向上させる余地はないので、回収率の保持がポイントとなる。仮に回収率が 10%下がると、環境負荷は約 8%増大するといった結果になり、エネルギー消費量と CO₂ 排出量の増加分は絶対量でみても大きな値となる。このように、リターナブルびんに関しては回収率が環境負荷項目の値に重大な影響を与えることから、回収率をいかに維持するかが極めて重要となる。

7.1.3 ワンウェイびん

ワンウェイびんのエネルギー消費量と CO₂ 排出量は、回収率の向上により減少していくが、リターナブルびんにおける回収率の向上と比較すると傾きはゆるやかになっており、廃棄物排出量だけがそれらと比較して大きな傾きを示している。ただし、回収率 0%と 100%の差を絶対量でみると、350ml 炭酸用の場合、エネルギー消費量は約 0.4MJ（差し引き後の値、以下同様）、CO₂ 排出量は約 0.05kg 低減する。この意味では、回収率を高めることによる環境への影響は決して小さくないと考えられる。

7.1.4 ペットボトル

ペットボトルのエネルギー消費量と CO₂ 排出量は、500ml 耐熱用の回収率 0%の場合と 100%を比較すると、エネルギー消費量は 16.6%削減（約 0.4MJ）、CO₂ 排出量は 37%削減（約 0.06kg）となっている。回収率の変化による影響のグラフをみても、CO₂・NO_x 排出量と廃棄物排出量は減少の傾きが大きい。現在のリサイクルの回収率は 61.0%であり、さらなる向上の余地が大きい。回収率を向上することは、とりわけ化石資源消費量、CO₂・NO_x 排出量と廃棄物排出量の削減に効果的といえる。

7.1.5 スチール缶

3種類のスチール缶のいずれに関しても、回収率の向上によりエネルギー消費量と CO₂ 排出量が低下し、特に、廃棄物排出量の低下が顕著である。回収率 0%と 100%を比較すると、エネルギー消費量と CO₂ 排出量が 30%程度、廃棄物排出量が 85%以上低減している。

7.1.6 アルミ缶

アルミ缶の特徴は、アルミ新地金製造段階における環境負荷が極めて大きく、新地金の投入量にアルミ缶のライフサイクルの環境負荷が大きく左右されることにある。

そのため、回収率 0%の時は原料の多くを新地金に依存するので、エネルギー消費量、CO₂排出量ともに大きい。しかし、回収率の向上によって、再生地金の使用が増えて新地金の投入量が減少するため、回収率 0%と 100%を比較すると、350ml のアルミ缶でエネルギー消費量が約 2.2MJ、CO₂排出量が約 0.14kg 削減される。回収率の変化による影響のグラフで回収率 0%と 100%を比較すると、廃棄物排出量と SO_x 排出量が約 90%の減少、それ以外の環境負荷は約 60%減少しており、回収率が環境負荷に大きく影響する容器といえる。

7.1.7 紙パック

紙パックでは、回収率の向上に伴ってエネルギー消費量以外の環境負荷項目はすべて減少するが、エネルギー消費量のみ増加する傾向がある。この原因は、古紙パルプにリサイクルすることによって増加するエネルギー消費量より、クラフトパルプのリサイクル代替によって差し引かれるエネルギー消費量が小さいことにある。

リサイクル代替値の計算では、木材チップを輸入し、国内でクラフトパルプを生産するフローを想定している。国内でのクラフトパルプ製造工程では、エネルギーが消費される一方で、その消費量を若干上回る熱エネルギーが黒液回収により生産され、それがパルプ製造後の抄紙工程で使用される。そのため、クラフトパルプ製造工程はエネルギーを消費するのではなく若干のエネルギーを生み出す工程（エネルギー消費量としてはマイナス）となり、木材伐採、チップ輸送でのエネルギー消費量を足しあわせてリサイクル代替値を計算すると、エネルギー消費量はプラスとなるが小さな値にとどまる。

それがリサイクルによるエネルギー消費量（資源ごみ回収や古紙パルプ製造工程等でのエネルギー）よりも小さくなり、回収率を向上させるとエネルギー消費量の減少は見られず、僅かに増加するといった結果になっている。

また、紙パックを廃棄した場合はその全量が焼却処理に回ると想定しているが、焼却処理の際に発生する電力によるリサイクル代替値が、クラフトパルプによるリサイクル代替値より大きな値になっている。つまり、リサイクルした方が廃棄するよりリサイクル代替値が小さいといった結果になっており、このことが、回収率向上によるエネルギー増加の傾向を強めている。

エネルギー消費量と対照的な結果になっているのがバイオマス CO₂排出量である。回収率 100%の場合はマイナスの値を示している。この結果は、前章の 6.7 紙パックでも述べたように、クラフトパルプのバイオマス CO₂排出量が、紙パック原料のパルプ製造のそれより大きな値になっていることに因るものである。

7. 2 市町村のリサイクル・廃棄システムにおける環境負荷に関する分析

第4章の「4.2 市町村のリサイクル・廃棄システムに関するデータ」で述べた通り、5市を対象としたヒアリング調査、文献調査を行いマテリアルフローの作成とインベントリデータの構築を行った。しかし、市町村が通常把握可能であり、整備しているリサイクル・廃棄物関連資料からこれらを作成・構築することは大変に困難である。5市からは、原データ等を含め多くのデータの提供をいただいたが、それでもデータ不足の部分が少なくない。各市におけるデータの不足等による問題点と対応を表7.2.1に示す。

表 7.2.1 マテリアルフローの作成とインベントリデータの
構築にあたっての各市の主な問題点と対応策

対象市	マテリアルフロー	インベントリデータ
A市 B市	①資源選別施設から発生する可燃残さ、不燃残さの各品目への適切な配分が困難なため、資源化された重量比で割り振った。 ②市が作成しているフロー自身、一部マテリアルバランスがとれていない箇所があり、調整を行った。(A市のみ)	①収集、資源選別施設で発生する環境負荷の各品目への適切な配分が困難であり、収集は文献値より容積比を求めて、資源選別は重量比で配分した。 ②焼却施設での環境負荷の各品目への適切な配分が困難であり、水資源消費量、エネルギー消費量、SO _x 排出量は処理重量あたりの原単位を計算し、容器重量に応じて計算している。焼却残さ排出量、発電量や容器自身の焼却に由来するCO ₂ ・NO _x の排出量は、各容器に使用されている素材とその構成比に応じて個別に計算している。
C市 D市	③フロー作成に必要なデータの収集が不十分であったため、フローは作成できなかった。	③資源選別施設、不燃ごみ処理施設等に関するデータの収集が不十分であったため、インベントリデータは構築できなかった。
E市	※A市・B市の①はE市にも該当する。	※A市・B市の①②はE市にも該当する。 ④収集に関わる環境負荷のデータに関して、委託部分が収集できず、直営部分のみを対象としたインベントリデータとなっている。 ⑤焼却施設、資源選別施設ごみの環境負荷データの一部に、粗大ごみや不燃ごみの処理に関わる部分が混入しており、ごみ種別に正確に配分できていないインベントリデータとなっている。

対象容器に関する廃棄・リサイクルに関わるマテリアルフローの作成とインベントリデータの構築ができたのは A 市、B 市と E 市の 3 市のみである。C 市、D 市に関しては、各品目のマテリアルフローとインベントリデータに関わる情報が不足したために、マテリアルフローの作成まで至ることができなかった。A 市、B 市と E 市のマテリアルフローとインベントリデータは、資料編資料 4 にまとめている。

A 市は、資源ごみとしてガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶の 4 種類の飲料容器を一括で資源ごみとして分別収集している。飲料容器の一部が資源ごみ以外の可燃ごみや不燃ごみに混入している。

そこで A 市については、2 種類のマテリアルフローと 1 種類のインベントリデータを作成した。A 市の平成 14 年度の実績より、可燃ごみ・不燃ごみ・資源ごみの 3 つを対象としたマテリアルフロー（可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみの処理フロー）を作成し、それを基礎として、ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶の容器毎のマテリアルフロー（各飲料容器のフロー）を作成した。さらに各々のマテリアルフローに基づいた各容器のインベントリデータの構築を行った。

各飲料容器フローについては、平成 14 年度の実績からモデルを構築し、使用済み飲料容器 1 個あたりのフローとしている。それぞれの飲料容器が、資源ごみ、可燃ごみと不燃ごみの各ルートに分かれる比率に関しては、A 市の組成分析などから判断しており、それに基づいたマテリアルフローとなっている。つまり、資源ごみ、可燃ごみと不燃ごみのいずれかのルートに流れてくる飲料容器のみを対象とした市町村のリサイクル・廃棄システムにおけるフローである。事業者回収、集団回収等の民間ルートで廃棄・リサイクルされる飲料容器に関してはそもそも対象外となっている。

各飲料容器のインベントリデータは、A 市の各施設の実績値から、各種環境負荷項目の原単位を作成し、使用済み飲料容器 1 個あたりのマテリアルフローに従って、計算したものである。ただし、焼却施設における焼却残さ排出量、発電量や容器自身の焼却に由来する CO₂・NO_x の排出量は、各容器に使用されている素材とその構成比に応じて個別に計算している。

B 市は、資源ごみとしてガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶の 4 種類の飲料容器を一括で資源ごみとして分別収集している。飲料容器の一部が家庭ごみ（可燃ごみと不燃ごみを合わせて収集しているごみ種）に混入している。

そこで B 市については A 市と同様に、2 種類のマテリアルフローと 1 種類のインベントリデータを作成した。B 市の平成 14 年度の家庭ごみ（可燃ごみと不燃ごみ）、資源ごみの 2 つを対象としたマテリアルフロー（家庭ごみ、資源ごみの処理フロー）と、ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶の 4 種類のマテリアルフロー（各飲料容器のフロー）の作成とそれに基づいたインベントリデータの構築を行った。各飲料容器フローとインベントリ

データに関しては、A市と同様の方法で作成しており、市町村ルートに流れてくる飲料容器のみを対象とし、民間ルートで廃棄・リサイクルされる飲料容器は対象とはなっていない。

E市は、資源ごみとしてガラスびん、ペットボトル、缶（スチール＋アルミ）の3種類の飲料容器それぞれを個別に資源ごみとして分別収集している。飲料容器の一部が資源ごみ以外の可燃ごみや不燃ごみに混入している。

E市についてはA市・B市と同様に、2種類のマテリアルフローの作成と1種類のインベントリデータの構築を行った。E市の平成14年度の可燃ごみ・不燃ごみ・資源ごみの3つを対象とした全体のマテリアルフロー（可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみの処理フロー）と、ガラスびん、ペットボトル、スチール缶、アルミ缶、紙パックの5種類のマテリアルフロー（各飲料容器のフロー）の作成とそれに基づいたインベントリデータの構築を行った。各飲料容器フローとインベントリデータに関しては、A市・B市と同様の方法で作成しており、市町村ルートに流れてくる飲料容器のみを対象とし、民間ルートで廃棄・リサイクルされる飲料容器は対象とはなっていない。

A市、B市、E市の各フローとインベントリデータはほとんど同じ方法で作成しているが、ひとつ異なる点がある。A市・B市とE市では、資源ごみの収集方法が違うために、資源ごみ収集の環境負荷の計算方法を変えている。A市・B市では、資源ごみは各品目を混合して収集しており、資源ごみ収集全体の年間燃料消費量等の数値のみ入手できた。そこで、収集時の各品目のかさ密度を文献で調査し、各品目の収集容積に応じて燃料消費量等を配分した。E市は資源ごみを各品目別に収集（スチール缶とアルミ缶のみ混合して収集）しており、品目毎の年間収集回数と資源ごみ収集全体の燃料消費量等の数値が得られた。そこで、各品目の収集回数に応じて燃料消費量等を配分した。ただし、缶のなかでのスチール缶とアルミ缶の配分については、A市と同様に配分した。

以上のように、収集や輸送に関しては、各飲料容器の収集・輸送した容積によってエネルギー消費量やNO_x排出量等の環境負荷の各飲料容器への配分や各飲料容器の環境負荷の計算を行っている。これは、容積が環境負荷を規定しているキーファクターだと考えられるためである。しかし、資源選別処理、焼却処理、破碎処理等の各種中間処理と最終処分に関しては、処理した重量あたりの環境負荷の原単位をヒアリング調査等から求めて、それを各飲料容器の処理重量に乗じてインベントリデータを計算している。そのため、容器1個あたりの重量が重い飲料容器のインベントリデータの数値が大きくなるといった傾向となっている。ただし、焼却施設における焼却残さ排出量、発電量や容器自身の焼却に由来するCO₂・NO_xの排出量のみ、各容器に使用されている素材とその構成比に応じて個別に計算しており、他

のインベントリデータとは異なっている。

本来であれば、中間処理や最終処分に関しては各施設や設備の特性や対象としている飲料容器に従って環境負荷を配分する、環境負荷を規定していると考えられる他のキーファクター（例えば、処理容積等）を求めてそれあたりの原単位を計算する等の改善が必要だと考えられるが、そのための詳細な情報収集が今回はできなかったため、前述の方法を採っている。

以上、分析の内容と方法について説明したが、分析の結果は資料編資料－４にまとめた。

ちなみに、各市の各容器のインベントリデータではリサイクル代替値が計算されている。これは容器が焼却処理された際に発生する熱により発電される電力量を計算して、それが発電所の電力を代替したと想定して計算している。ペットボトルや紙パックに限らず、ガラスびん、スチール缶、アルミ缶に関してもリサイクル代替値が計算されている。

それは、ガラスびんはラベル、スチール缶は PET 樹脂のフィルムや塗料の樹脂分、アルミ缶は塗料の樹脂分が燃えるために、ごくわずかではあるが電力は生まれるので計算しているものである。各市のガラスびん、スチール缶、アルミ缶のフローを見ると、焼却処理から電力が発生しているが、単位がペットボトルや紙パックのような“kWh”ではなく、“Wh”となっており、電力量が桁違いに小さいことがわかる。

7. 3 環境負荷低減策の検討と分析

7.3.1 各飲料容器の環境負荷低減改善策の状況

各容器製造事業者で取り組まれている環境負荷低減策に関する情報収集を行うことを目的にアンケート調査を実施し、①現時点で導入されている、また導入の検討が可能な飲料容器に関わる環境負荷低減のための方策、②その方策により得られる効果や期待される効果についての把握を行った。調査は、各飲料容器の団体に事例シート作成を依頼する形式で、平成16年10月中旬から11月末にかけて実施した。

この調査から得られた環境負荷低減に向けた改善策のうち、多くの容器製造事業者で行われているのは「軽量化」であった。主要な取り組みは、次の通りである。

① 製品仕様に関する改善策（原材料、重量、形状等）

- 【ガラスびん・ペットボトル・スチール缶・アルミ缶】 容器の軽量化・薄肉化
- 【紙パック】 リサイクル性の高い原紙への切替（損紙の再生利用の促進）

② 輸送に関する改善策（輸送用包装資材も含む）

- ・ 軽量化・薄肉化による環境負荷低減に連動して、積荷の軽量化、輸送回数削減、製造工程での使用エネルギー削減等の効果
- ・ 輸送用包材の変更：段ボールからプラスチックの通い箱への切替、包装のバルク化で段ボール廃止など

③ 製造工程やリサイクル・廃棄物処理工程等のシステムに関する改善策

- 製造時にかかる消費エネルギー、水使用量、廃棄物の削減など
- 容器リサイクル促進、リサイクル率の向上

各容器の製品仕様に関する環境負荷低減改善策については表 7.3.1 に示す。（各事例の詳細は資料編資料－5を参照。）

表 7.3.1 各飲料容器の製品仕様に関する改善策の事例

容器	製品仕様に関する改善策	改善策による効果
ガラスびん	従来びんから軽量びんへの切替 (各メーカーで順次切替中)	・ 原材料の使用量削減 ・ 容器重量削減による製造工程での使用エネルギー削減 ・ 積荷の軽量化、輸送回数削減によるエネルギー削減、CO₂排出量削減
	ウレタン樹脂コーティングによる牛乳びんの軽量化 軽量化 (200ml 牛乳びん) 182→140g 使用回数アップ 30 回/本→ 3 倍 (想定) (2004 年)	
	牛乳びんキャップ (LDPE 化) により、びんと一体で回収 (キャップ回収率 80%)	・ 廃棄物量削減
ペットボトル	ボトル軽量化例 500ml 32→26g(2001 年) 薄肉化するための成形法やボトル形状に工夫 →従来ボトルに比べて 9%から 19%の軽量化	・ 原材料の使用量削減 ・ 工程エネルギーの削減
	把手つき大型ボトルの把手部をボトル同一素材へ変更 (PP→PET) (2000 年)	・ リサイクル容易性
スチール缶	缶胴の軽量化：板厚ダウン(0.20→0.18mm) (1992 年)	・ 原材料の使用量削減 ・ 製造工程での環境負荷削減
	缶蓋の軽量化： TFS 蓋：板厚ダウン(0.21→0.19mm)(1992 年) SOT 蓋：板厚ダウン(0.30→0.25mm)(1998 年) 蓋材のコイルコート化	・ 原材料の使用量削減 ・ コイルコート化で塗装工程の削減
	3P ラミネート缶 (容量 190ml) のアルミ上蓋の縮径化 従来 2.51g→縮径化後 2.20g	・ 原材料の使用量削減
	ラミネート缶の導入(1992 年)	・ 製缶時、水消費量ゼロ、CO₂排出量、廃棄物発生量を大幅に低減
アルミ缶	軽量化：(数値は 1992 年→2002 年) 缶胴材の薄肉化による軽量化 元板の肉厚 (0.310→0.280mm) 胴材の重量 (12.2→11.3g/缶)	・ 原材料の使用量削減 ・ 加工時の負荷低減
	缶蓋材の縮径などによる軽量化 缶蓋の径 (204SOT→204LOE 1/100in) 元板の肉厚 (0.295→0.285mm) 蓋材の重量 (3.9→3.2g/缶)	
紙パック	リサイクル性の高い原紙への切替や印刷面の変更	・ 再生量の増加

7.3.2 新たな環境対策事例の具体的分析

飲料容器に関して、環境負荷の低減を狙った技術開発が従来より進められてきた。特に、容器包装リサイクル法の施行等の影響によりリサイクル適性の向上を目的とした技術開発が行われており、化学物質によるリスクの低減や地球温暖化対策に関する対策もとられてきている。

本調査では、その中でも近年 LCA による分析が行われているガラスびんの軽量化とポリエステルフィルムラミネートを行ったアルミ缶について取り上げた。

(1) ビールびん（633ml）の軽量化

ビールびんは内容物であるビールが炭酸の強い飲料であり、安全性確保のために一定の肉厚が必要となるため、比較的びん重量が重い傾向にあった。しかし、びんの表面に数ミクロンのセラミックコーティングを行うことにより約 21%の軽量化（605g から 475g）を実現したビールびんを大手ビールメーカーが開発して 1993 年より導入しているため、その軽量びんと従来びんを比較した。軽量びんのライフサイクルの設定条件は、前章の 6.2 で取りあげたビールびん（633ml）と同じ（表 6.2.1 を参照）であり、回収率、ボトラーカレット率、再使用率等は全く同じと仮定している。軽量化することにより輸送時のトラック積載量は増加しており、それは輸送の環境負荷を計算する際に考慮している。

分析結果は図 7.3.1 と図 7.3.2 に示した通りである。全ての環境負荷項目については 9～19%の低減効果を示しており、概ね、軽量化は環境負荷の低減効果があるといえる。

軽量びんを導入した大手ビールメーカーでは、びんの表面にコーティングを行うことにより表面強度が向上したため従来のビールびんよりも平均回転数が増加していることが判明している。今回の分析では平均回転数を従来びんと変えておらず、平均回転数の増加といった効果を織り込んでいない。平均回転数の増加を含めた分析を行えば、さらに環境負荷の低減効果が大きくなると予想される。

また、軽量びんに使用されるコーティング剤とびん表面へのコーティング工程に関する詳細なデータが収集できなかったため、びんの軽量化によって追加された環境負荷を含めた LCI 分析ができていないので、その点には十分注意する必要がある。本項の後で述べる軽量びん（500ml）の場合はコーティング剤製造とびん表面へのコーティング工程がライフサイクル合計に含まれており、ライフサイクル合計に占める割合は小さいことが確認されている。そのため、低減効果を損なうようなトレードオフは発生しないものと考えられる。

図 7.3.1 ビールびん（633ml）の従来びんと軽量びんの比較

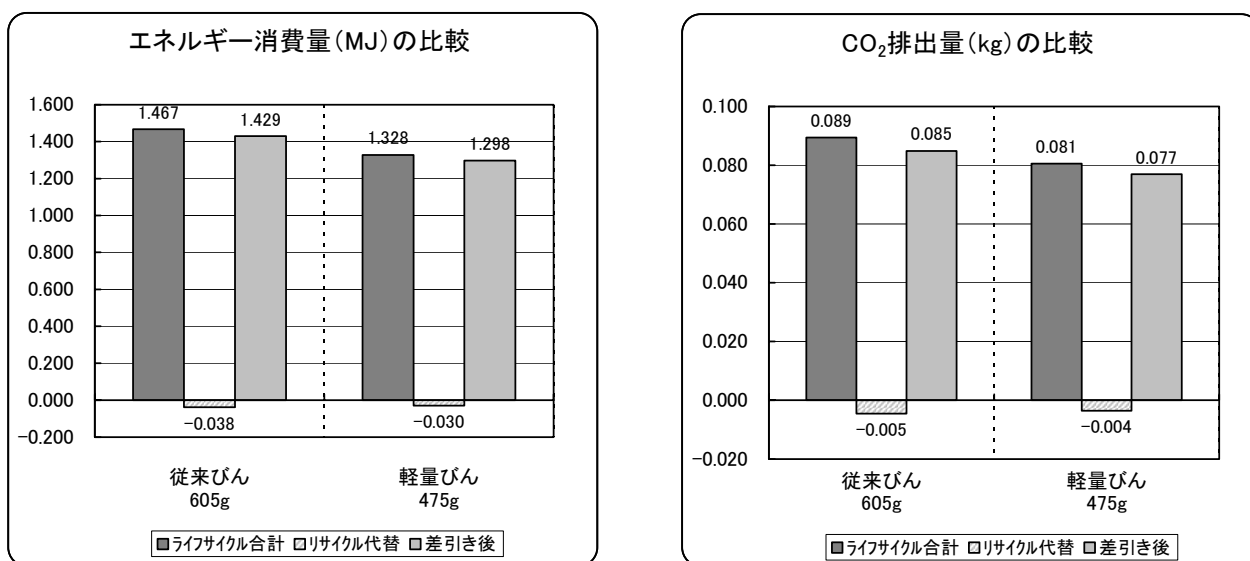
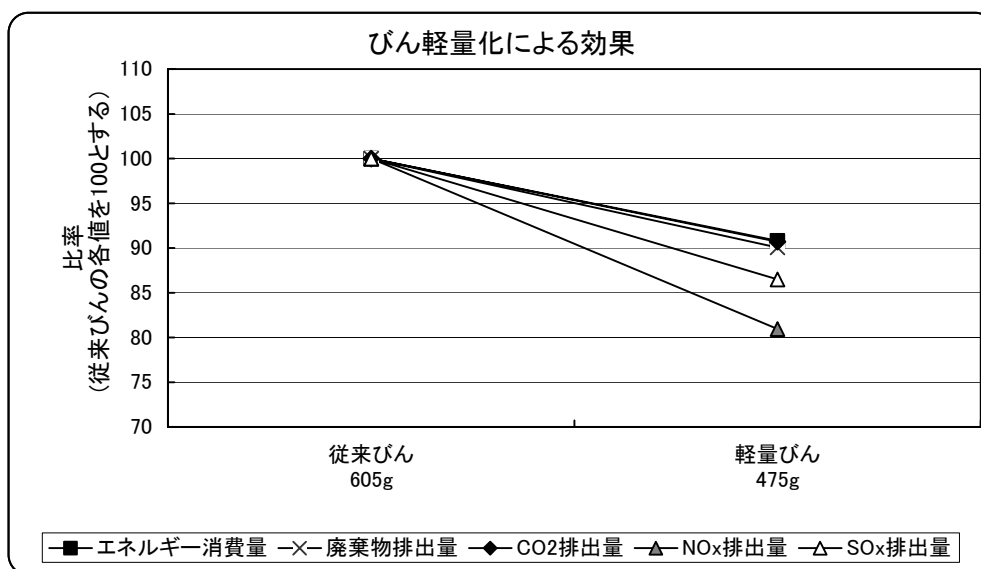


図 7.3.2 ビールびん（633ml）の軽量化による効果



	従来びん 605g	軽量びん 475g
エネルギー消費量	100.0	90.8
廃棄物排出量	100.0	90.1
CO ₂ 排出量	100.0	90.7
NO _x 排出量	100.0	80.9
SO _x 排出量	100.0	86.5

(2) 牛乳びん（200ml）の軽量化

牛乳びんでも近年、従来と比べ 33%（ガラス分のみの重量での比較）も軽量化した軽量びんが開発され市場への供給が始まっているので、前節で取りあげた牛乳びん（200ml）との比較を行った。軽量化した牛乳びんのライフサイクルの設定条件は、前節で取りあげた牛乳びんと同じ（表 6.2.1 を参照）であり、回収率、ボトラーカレット率、再使用率等は全く同じと仮定している。

分析結果は図 7.3.3 と図 7.3.4 に示した通りである。すべての環境負荷項目で低減効果が見られるが、ビールびんの軽量化と比較すると、低減効果は小さいものになっている。これは、軽量化していない牛乳びん自身が平均使用回数 52.5 回という、極めて環境負荷の低減が進んだ状態にあることに起因している。軽量びんはプラスチックコーティングをびん表面に施すことで強度を維持しているが、コーティング剤製造とびん表面へのコーティング工程に関する LCI データは収集できなかった。そのため、びんの軽量化によって追加された環境負荷を含めた分析ができていないので、その点に十分注意する必要がある。しかし、本項の後で述べる軽量びん（500ml）の場合はコーティング剤製造とびん表面へのコーティング工程がライフサイクル合計に含まれており、合計値に占める割合は小さいことが確認されている。そのため、低減効果を損なうようなトレードオフは発生しないと考えられる。

図 7.3.3 牛乳びん（200ml）の軽量化による比較

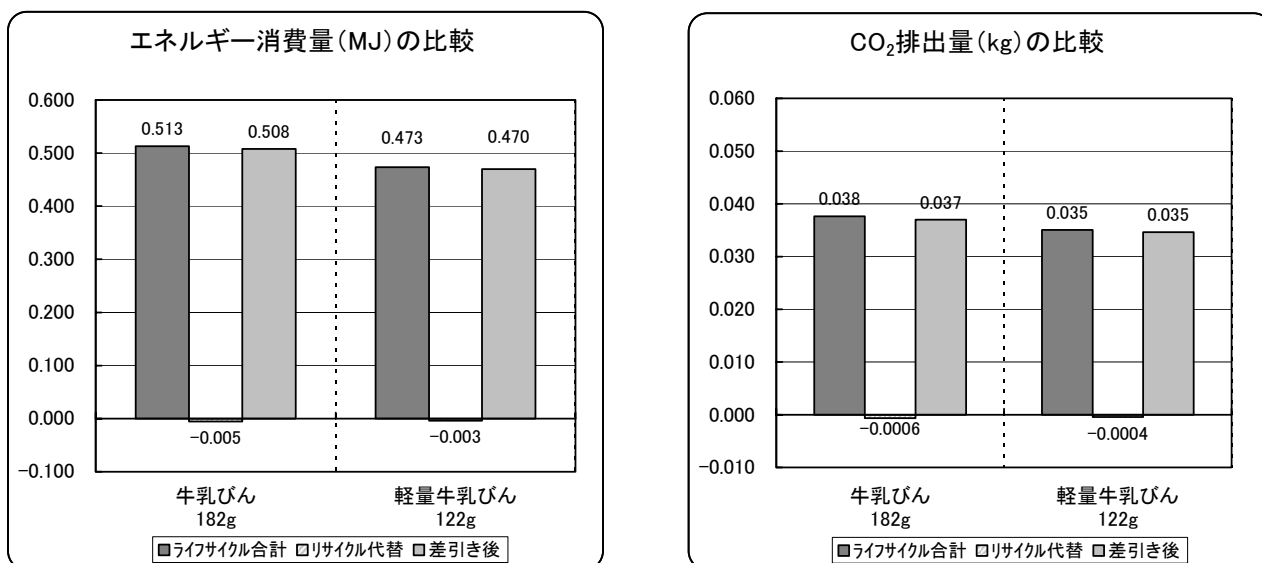
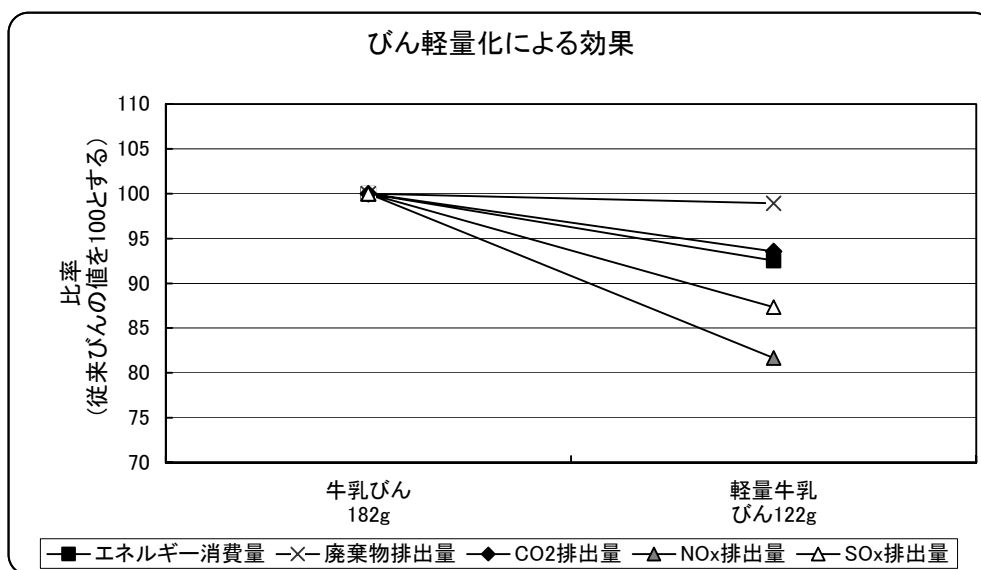


図 7.3.4 牛乳びん（200ml）の軽量化による効果



	牛乳びん 182g	軽量牛乳 びん122g
エネルギー消費量	100.0	92.5
廃棄物排出量	100.0	98.9
CO ₂ 排出量	100.0	93.6
NO _x 排出量	100.0	81.7
SO _x 排出量	100.0	87.3

（３）軽量びん（500ml）の開発

日本ガラスびん協会とびん再使用ネットワーク（生活クラブ連合会等の7生協が参加）が共同開発した軽量びんは39%の軽量化を実現して、2000年より一部の生協で導入が開始された。主に液体調味料等に使用されているが、一部で果汁等の非炭酸飲料にも利用されており、従来のびんとの比較を行った。また、平成13年度の回収率の実績が79.8%（ボトラーカレット率2.6%、再利用率77.7%）であったので、回収率を100%にしたケースとの比較も行った。

分析結果は図7.3.5と図7.3.6に示した通りである。多くの環境負荷項目に関して22～37%の低減効果があり、回収率の向上により更に環境負荷が低減することを示している。軽量びんはプラスチックコーティングをびん表面に施すことで強度を維持しており、図7.3.5と図7.3.6はコーティング剤とびん表面へのコーティング工程に関するLCIデータを含めた分析結果となっている。しかし、コーティング剤製造とびん表面へのコーティング工程に関わる環境負荷が全体に占める割合は、エネルギー消費量で0.8%、CO₂排出量で2.2%と低くなっている。

図 7.3.5 従来びん、軽量びん(500ml・現状)、回収率 100%時の軽量びんの比較
(エネルギー消費量、CO₂ 排出量の比較)

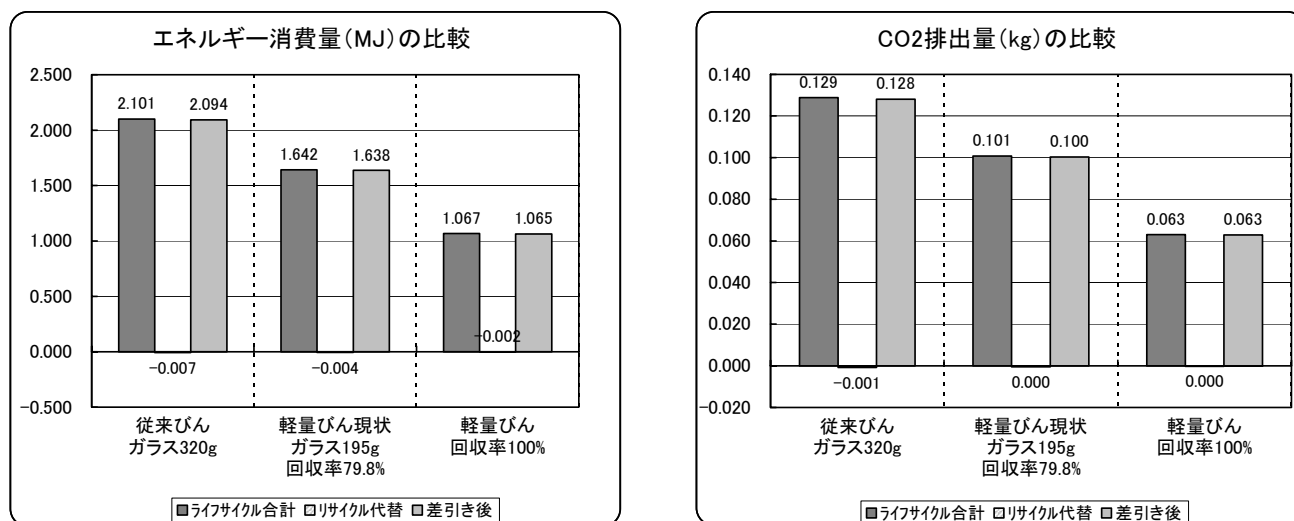
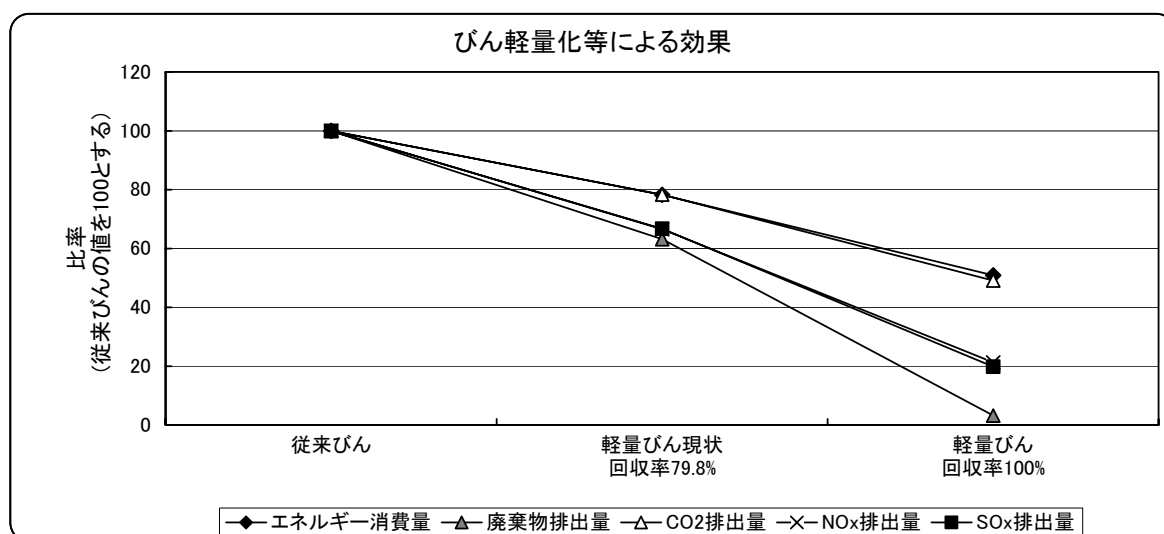


図 7.3.6 軽量びん（500ml）の軽量化等による効果



	従来びん	軽量びん現状 回収率79.8%	軽量びん 回収率100%
エネルギー消費量	100.0	78.2	50.8
廃棄物排出量	100.0	63.2	3.2
CO ₂ 排出量	100.0	78.3	49.1
NO _x 排出量	100.0	66.5	21.3
SO _x 排出量	100.0	66.7	19.8

（４）アルミラミネート缶に関する分析

スチール缶ではポリエステルフィルムをラミネートしたものが主流を占めているが、アルミ缶においても 2002 年より一部の商品にラミネート缶が使われ始めた。

アルミラミネート缶は製缶方法の点で、従来のアルミ缶とはまったく異なる。従来のアルミ DI 缶は、アルミ板を打ち抜き（drawing）、液体潤滑剤を用いてしごき（ironing）加工を行って筒状に成型している。アルミラミネート缶はポリエステルフィルムをラミネートしたアルミ板を打ち抜いてしごき加工によって筒状に成型しているが、ラミネートフィルムの潤滑性を活用しており液体潤滑剤を使用しない。

従来の成型方法では、液体潤滑油とそれを洗浄する界面活性剤、水を多く消費し、排水処理とそれに伴う汚泥の発生があった。しかし、アルミラミネート缶はそれらを全く使用せず、排水処理もないため、水資源消費量や汚泥の発生がない。

また、アルミ DI 缶はその内面を保護するために塗料を塗布しており、塗布した後に塗料の乾燥と揮発する溶剤の処理を行っていたが、アルミラミネート缶はポリエステルフィルムがあるために内面に塗料は使用しないので乾燥や溶剤の処理が不要といった違いがある。

以上のような理由により、アルミラミネート缶は従来の DI 缶と比較して製缶時のエネルギー消費量等の低減が可能であると言われており、ポリエステルフィルムをラミネートすることによる PET 樹脂製造等の環境負荷の増加分も含めて、ライフサイクル全体でみた分析を行った。ただし、アルミ缶についても 7.3.1 で触れたように軽量化が進められており、あくまで本 LCI 分析で対象とした従来のアルミ缶との比較に基づく分析である。また、今回分析対象としたアルミラミネート缶（350ml）の仕様は、市場に実際に供給された製品の値を採用している。

結果は、本 LCI 分析の対象としたアルミ缶と比較して、アルミの重量が缶ボディで 0.37g、缶エンド（ふた）で 0.27g 減少している。缶ボディの軽量化は、ラミネートすることによる効果の一つと言われており、アルミラミネート缶に関しては、アルミ重量の減少、かつ、製缶方法の変更といった 2 つの効果が含まれている。

分析結果は図 7.3.7 と図 7.3.8 に示した通りである。図 7.3.8 に示した 5 つの環境負荷項目に関して 6～16%の低減効果があり、アルミラミネート缶が環境負荷の低減効果を有していることを示している。

図 7.3.7 アルミ DI 缶とアルミラミネート缶（共に 350ml）の比較
（エネルギー消費量、CO₂ 排出量の比較）

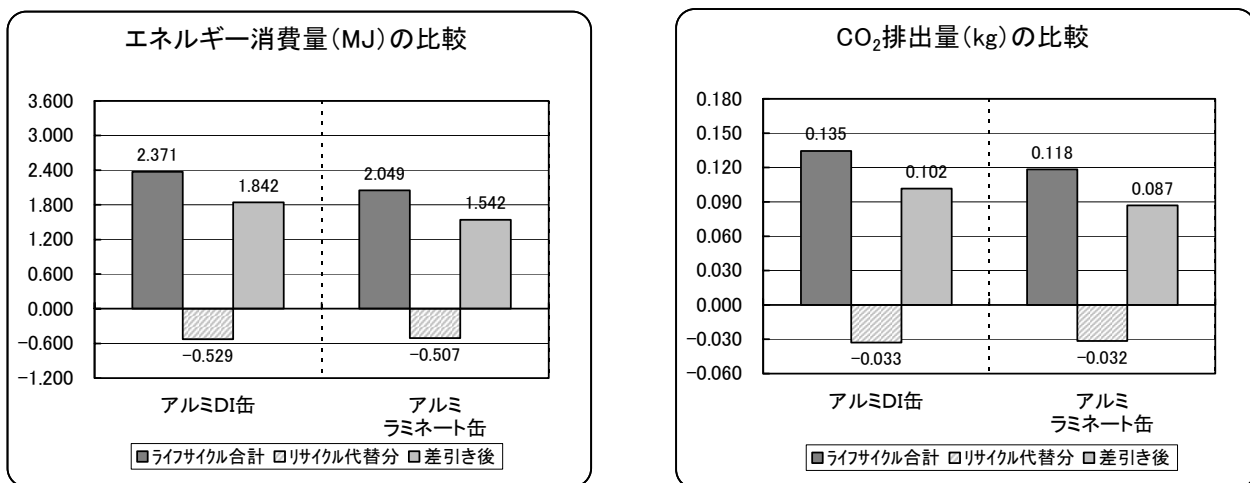
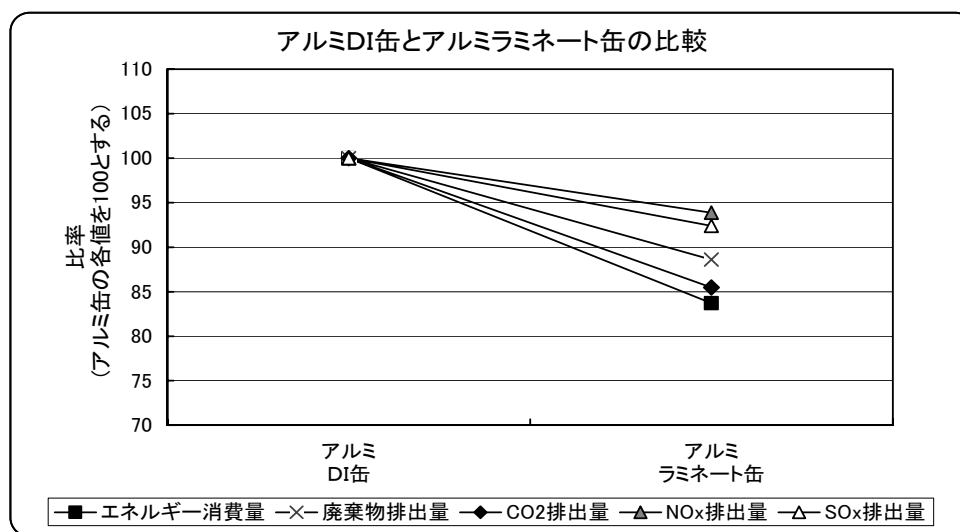


図 7.3.8 アルミ DI 缶とアルミラミネート缶（共に 350ml）の比較



	アルミ D I 缶	アルミ ラミネート缶
エネルギー消費量	100.0	83.7
廃棄物排出量	100.0	88.6
CO ₂ 排出量	100.0	85.5
NO _x 排出量	100.0	93.9
SO _x 排出量	100.0	92.4

8 LCI データの解釈に関する留意事項

本調査では、各容器包装の環境負荷特性と課題の把握、リサイクルによる環境負荷の低減効果の分析を目的として、LCI データの構築と各種分析を行った。この章では、各容器包装の環境負荷特性の把握の観点から、前に示した LCI データとその分析結果の解釈に関する留意事項を検討する。

8. 1 環境負荷特性の把握に重大な影響を与えている要素の特定

前述した通り、今回構築した LCI データには、データの品質といった観点からいくつかの問題が指摘される。特に、廃棄物排出量や水資源消費量といった環境負荷項目に関しては、バウンダリや環境負荷項目の定義または対象範囲が容器間や工程間で異なるデータが混在しており、各容器の環境負荷特性の把握を困難にしていると考えられる。化石資源消費量、エネルギー消費量、CO₂・NO_x・SO_x 排出量の整合性はあまり失われていないと考えられるが、環境負荷項目間でのトレードオフについては分析が困難になっている。

本調査では、すべての調査対象容器がライフサイクルのなかでオープンループ・リサイクルとして扱われる再生原料を産出しており、オープンループ・リサイクルを適切に考慮するためにリサイクル代替値の設定を行った。この手法論の選択が、本調査を特徴付けている大きな要素であり、調査結果に重大な影響を与えていることは明らかである。本調査での検討により、必要な情報の不在や入手困難性のために代替している原材料やその生産システムの特定、リサイクル代替値の適切な計算が極めて難しいといった問題をこの手法が有することが明らかになった。そのため、LCI の表記方法として、ライフサイクル合計、リサイクル代替値、前者から後者を差し引いた結果の 3 つを明記しており、誤解を招かない、透明性の高い表現を行っており、読者の目的や考え方によって LCI データを取捨選択する、取捨選択による影響分析を実施することが可能になっている。

また、LCI データに大きな影響を与えるパラメーターとしては回収率や容器の重量などが考えられる。回収率に関しては全ての対象容器について、容器重量に関しては一部のリターナブルびんについてシミュレーションを行った。その結果を見ると、容器によって影響の度合いが違ふものの、回収率や容器の重量が LCI データの結果に与える影響が大きいと言わざるを得ない。

5.1 ライフサイクルフローの構築で詳細に述べた通り、回収率や容器の仕様の設定に関しては、全国の直近の年度の実績値や大手事業者からのヒアリング調査に多くを依存しており、回収率や容器の仕様に特に誤りがあるとは考えにくく、今回の設定はほぼ適切であったと考えられる。

8. 2 LCI データの解釈に関する留意事項

重大な影響を与えている要素を考慮した場合、今回の LCI データは、各容器の環境負荷特性を把握する際に限定的に使用していかざるを得ない。特に、廃棄物排出量や水資源消費量に関しては特性の理解はできない状態であり、そのため環境負荷項目間でのトレードオフ関係の把握はできないことになる。つまり、廃棄物排出量や水資源消費量を除いた環境負荷項目単独に関してのみ特性の把握に活用できるという制約がつくことになる。

この他にも、容器間や工程間でのバウンダリや対象範囲の違いは廃棄物排出量、水資源消費量以外の項目にも一部残されており、環境負荷特性の把握を妨げる原因となっている。

前述の通り、リサイクル代替値に関わる問題がある。各容器の LCI データにおいて問題を最小限にとどめるよう努めてきたが、それぞれの問題が現状では完全に解決し難い状況にある。リサイクル代替値に問題がある場合は、オープンループ・リサイクルを考慮した環境負荷特性の把握は不可能となり、リサイクル代替値を差し引く前のライフサイクル合計の値を活用した各容器の環境負荷特性の把握のみが可能といえる。リサイクル代替値に大きな誤りがない場合においても、リサイクル代替値の計算における前提条件の下での LCI データであることを理解しなければならない。

オープンループ・リサイクルの取扱いに関する現実的な方法としてリサイクル代替値の計算に関する諸問題を解決しながら、改善を図っていくことが、オープンループ・リサイクルを考慮した環境負荷特性の把握には不可欠といえる。

未だ多くの課題を抱えたままの LCI データにとどまっており、今回の結果は、特に前述の重大な影響を与える要素を十分に踏まえた上で理解する必要がある。

また、繰り返しになるが、本報告書に記載されている各容器の LCI データの集計結果を容器間での環境保全上の優劣を評価するための比較にそのまま用いることはできない。機能単位（本調査では容器 1 個 1 回使用の容量）が異なっている、また各インベントリデータと各環境負荷項目で対象範囲や前提条件等が異なる部分が残されている等の問題点があり、比較可能性は担保されていないためである。

9 成果と課題

9. 1 成果

本調査による主要な成果は、次のようにまとめられる。

1 一現時点における活用可能な最新のデータ・知見の集積を基にした LCA 調査の実現

本調査は、飲料容器の LCA 調査に係る学識経験者や各容器関連業界、飲料業界、自治体関係者、消費者関係者という幅広い関係者が一同に会しての協働と合意に基づいて行われたものである。とりわけ、各容器関連業界からは可能な限り最新のデータの提供を受け、また、その他の関係者からは、多くの知見の提供を受け、調査結果に反映させた。また、調査結果は、平成 14 年度の分科会と合同委員会を含めて、3 カ年で延べ 23 回の委員会における様々な問題の議論を経てまとめられたものでもある。調査の実施に際しては、内容面と運営面の双方において、中立性と客観性を何よりも尊重した。

2 リサイクルの環境負荷低減効果の実証

調査対象とした飲料容器は、素材や容量等を考慮して、19 種類を選出した。これら 19 容器は、容器ごとの細かな仕様や製造方法等の違いを考えなければ、現在の飲料市場の過半を占めるなど、現在における代表的な容器といえる。調査結果からは、容器や環境負荷項目によって低減の程度は異なるものの、リユースやリサイクルをすることによって、基本的に全ての環境負荷項目の数値が低減する傾向が見られた。本調査により、リユースやリサイクルすることによる環境負荷の低減効果が把握できたとともに、これまでリユースやリサイクルを進めてきたことと、また、今後さらに進めることが環境負荷低減に有効であることがわかった。

3 一関係者が一つのテーブルを囲むことによる様々な効果の発揮

先に述べたとおり、本調査にあたっては、各容器関連業界をはじめとして、様々な関係者が一つのテーブルを囲んで真摯に議論を重ねた。このような場を設けることによって、各容器関連業界が従来、独自に実施していた LCA 調査・研究の前提条件や方法論の違いが明確になり、問題点や課題が発見された。また、参加者は、今後の環境負荷低減に向けての様々な示唆と刺激を得ることができた。本調査を通じ、LCA に関わる直接的な効果だけでなく、様々な波及効果が得られたと考える。

9. 2 残された課題

課題として残っているものは、次の通りである。

1ーダイナミックに動く社会との整合性に関する課題

本調査では、容器の仕様や飲料市場における各容器の使用量等の変化を調査した。結果として、飲料容器の市場は、近年大きく変化していることがわかった。また、個別容器そのものの技術革新や、市町村の廃棄物処理方法等も変化してきている。本調査は、このような変化の激しい分野での調査でありながらも、断面的なデータを基本としている。飲料容器をめぐる動向については、分析等で極力考慮するようにしているが、本調査のような LCA 手法の基本フレームのもとでは限界がある。従って、何らかの大きな変化が見られたときは、データ等を見直すといった対応が必要になる。あわせて、対象とする環境負荷項目も、社会的な関心の変化を含めて、見直すことが考えられる。

2ー新たな飲料容器やリサイクル・製造技術に関する LCI の構築に関する課題

本調査では、既存の市場等に実在する容器とともに、既に技術開発されて、今後普及の可能性を持つ軽量容器等で LCI を構築した。一方、製造・消費が急増しているにもかかわらず LCI データの構築ができなかったものには、アルミボトル缶、ペットボトルのホット対応ボトルがある。また、ペットボトルの化学分解法はボトル to ボトルを実現するものであるが、現在のデータからはクローズドなループを持つマテリアルフローは描けていない。

3ーライフサイクルの範囲（システムバウンダリ）に関する課題

本調査のシステムバウンダリは、飲料充填工程、流通工程、消費工程を原則として除外している。本来はこれらの工程も含めることが望ましいと考えられるが、中身飲料と容器との関連整理と、多様な販売形態の解明が必要とされる。

遡及範囲については、本調査のように異なる素材を対象に LCI を構築する場合、同範囲を揃えることは困難であり、不整合が避けられない面がある。それぞれの遡及の範囲を明確にすることが重要である。

本調査における LCI 分析については、資源の採掘・採取や容器製造といった、いわゆる消費前の上流部分については、可能な限り海外に関わる部分も取り込んでいる。一方で、消費後の下流部分については、国内でのリサイクル・廃棄物処理を前提としており、海外に輸出されるペットボトルについては反映していない。今後、実態を反映した正確なマテリアルフローの解明を経て LCI 分析まで発展させることがますます重要になってくると考える。

4－評価に関する課題

本調査によって評価可能な範囲は、LCI 分析による各飲料容器毎の特性に関する部分である。容器包装リサイクル法の効果については、各容器毎の回収率の変化に伴う環境負荷の変化分析によって部分的に把握できる。

なお、各飲料容器毎の LCI データの前提条件が異なっていること、さらに本調査では追求していないが各飲料容器が持っている機能が異なっていることから、各飲料容器間の比較はできないことに留意する必要がある。

また、LCIA（ライフサイクル・インパクトアセスメント）については、各種の手法が提案されている段階であることから、本調査ではこれら手法のレビューに留めている。

5－リサイクル・廃棄物処理工程に関する課題

資源ごみ収集では、容器のラベルやキャップを含めて対象外物が混入している状態で収集、中間処理、再生処理が行われる。しかし、これらの組成と量に関するデータが入手できないために、調査対象容器のライフサイクルフローでは対象外物を考慮できていない。このため、資源ごみとして収集されたものの中にどれだけの対象外物があるかについて実態調査を実施し、収集時における対象外物を含めた場合の LCI を参考として計算した。

また、同実態調査を通して、資源選別施設における選別工程で本来資源となるものが他資源に紛れ込んだり選別できずに廃棄されることがあることが判明し、これらの比率は市町村によって大きく異なると想定された。そこで、本調査における市町村のリサイクル・廃棄システムに関する分析では、調査対象都市における資源選別施設の選別率を考慮している。

6－データの精度、代表性、透明性等に関する課題と各業界等の協力に対する期待

3 カ年調査の結果、現在考えられる最善の LCI データが得られたと考えるが、精度、完全性、代表性、整合性といった事項について各容器素材それぞれに異なり、問題を抱えているものもある。このようなデータに関しては、新たなデータの収集・更新が必要である。また、ライフサイクルフローにおける回収率等の定義・用語の統一も課題といえよう。社会は、急速に透明性と説明責任を強く求めるよう変化しており、再現性と透明性が高い LCI データであることが、信頼の獲得を含めて重要になってきている。関係者の役割は、さらに重みをましつつあるといえる。

本調査は、関係する各業界や市町村の皆様にご多大なご協力をいただいた。結果、相応の成果を達成することができたが、上記の状況に鑑み、引き続き関係する皆様には、とりわけ各業界の皆様は自主的なデータの更新を含めて、さらなる協力をいただくことが不可欠と考える。また、関係者が同一のテーブルにつく機会を可能な限り設け、本調査の成果をさらに高めるとともに、様々な有益な知見を得つつ、新たな改善に向かうことを期待する。

◇ 主要参考文献 ◇

- 1) 財団法人政策科学研究所、「平成 14 年度容器包装ライフサイクル・アセスメントに係る調査事業 報告書」、2003 年
- 2) 財団法人政策科学研究所、「平成 15 年度容器包装ライフサイクル・アセスメントに係る調査事業 報告書」、2004 年
- 3) LCA 実務入門編集委員会編集、「LCA 実務入門」、社団法人産業環境管理協会、1998 年 9 月
- 4) 環境庁監修・社団法人環境情報科学センター編、「ライフサイクルインベントリー分析の手引き」、化学工業日報社、1998 年 9 月
- 5) 容器間比較研究会、「LCA 手法による容器間比較報告書<改訂版>」、2001 年 8 月
- 6) 包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析研究会・株式会社野村総研、「包装廃棄物のリサイクルに関する定量的分析」、1995 年 3 月
- 7) 社団法人化学経済研究所、「基礎素材のエネルギー解析調査報告書」、1993 年 9 月
- 8) 社団法人プラスチック処理促進協会、「プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書」、1993 年 3 月
- 9) 社団法人プラスチック処理促進協会、「石油化学製品の LCI データ調査報告書」、1999 年 7 月
- 10) 社団法人プラスチック処理促進協会、「樹脂加工におけるインベントリデータ調査報告書」、2000 年 1 月
- 11) 社団法人プラスチック処理促進協会、「プラスチック廃棄物の処理・処分に関する LCA 調査研究報告書」、2001 年 3 月
- 12) 土手他、「環境負荷の観点からのコンクリート塊リサイクルの評価」、廃棄物学会論文誌（第 13 巻第 5 号）、2002 年 9 月
- 13) 日本生活協同組合連合会／株式会社野村総研、「醤油、牛乳、ビール容器のライフサイクル分析」1998 年 3 月
- 14) 社団法人産業環境管理協会、「JEMAI-LCA ライフサイクルアセスメント実施ソフトウェア」、2000 年
- 15) PET ボトル協議会、「PET ボトルの LCI データ調査報告書」、2000 年 2 月
- 16) PET ボトル協議会、「PET ボトルのインベントリ分析報告書」、2004 年 8 月
- 17) 堀口他、「新しい金属容器 TULC の製罐システムの開発」、第 2 回エコバランス国際会議、1996 年 11 月
- 18) 堀口、「LCA による食品容器の環境設計<下>」、PACKPIA、日報アイ・ビー、2001 年 11 月
- 19) Makoto Horiguchi (Toyo Seikan Kaisya, Ltd. Office of Environmental Affairs) , et al, 「Development of Environmental Friendly Can Manufacturing system : aTULC」、第 5 回エコバランス国際会議プロシーディングス、pp.891-892、2002 年 11 月

- 20) Toshio Onoue、(Shinko Research, Co. Ltd)、Makoto Ootani (Sumitomo Light Metal Industries Ltd.) , et al、「Life Cycle Inventory Analysis of Aluminum Beverage Cans Considering Open-Loop Recycling」、第 5 回エコバランス国際会議プロシーディングス、pp.135-138、2002 年 11 月
- 21) 社団法人日本アルミニウム協会 LCA 委員会、「わが国におけるアルミニウム新地金のインベントリ」、アルミニウム第 8 巻第 40 号、2001 年
- 22) 社団法人日本アルミニウム協会、「350ml および 500ml アルミニウム缶ライフサイクルインベントリ改訂版」、2002 年 10 月
- 23) 全国牛乳容器環境協議会「紙パック LCI 調査委員会報告書」、2005 年 3 月
- 24) Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, "Ecobalance of Packaging Materials, State of 1990" 1991
- 25) Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, "Life Cycle Inventories for Packagings Volume I & II" 1998
- 26) 国土交通省総合政策局情報管理部編、「交通関係エネルギー要覧 平成 13・14 年度版」、2002 年 7 月
- 27) 相原他、「貨物鉄道の環境負荷評価」、鉄道総研報告第 16 巻第 10 号、財団法人鉄道総合技術研究所、2002 年 10 月
- 28) 社団法人産業環境管理協会／財団法人日本規格協会、「ライフサイクル アセスメントー原則及び枠組み」、2001 年
- 29) 社団法人産業環境管理協会／財団法人日本規格協会、「ライフサイクル アセスメントーインベントリ分析&適用事例ー」、2001 年
- 30) 社団法人全国清涼飲料工業会、「清涼飲料関係統計資料」、各年
- 31) 農林水産省、「牛乳乳製品統計」、各年
- 32) (社) 食品需給研究センター「食品産業生産流通統計」、各年
- 33) 国税庁、「酒税統計」、各年
- 34) 日刊経済通信社、「酒類食品産業の生産・販売シェア」、各年(隔年)
- 35) 株式会社ビバリッジ ジャパン、「世界の金属缶市場と北米の飲料缶市場」、Beverage Japan No.246 (2002 No.6)
- 36) 環境省、「日本の廃棄物処理(平成 13 年度実績)」、2003 年
- 37) 環境省、「平成 13 年度 容器包装廃棄物の使用・排出実態調査及び効果検証に関する事業報告書」、2002 年
- 38) 財団法人日本環境衛生センター、「Fact Book 廃棄物基本データ集 2000」、2001 年
- 39) 廃棄物学会編、「廃棄物ハンドブック」、オーム社、1996 年
- 40) 社団法人全国都市清掃会議、「容器包装廃棄物のリサイクルに関する全国調査」、2001 年
- 41) 北海道大学工学研究科廃棄物処分工学分野、「都市ごみの総合管理を支援する評価計算シ

システムに関する研究」、1998 年

- 42) NEDO、「廃棄物発電導入マニュアル（改訂版）」
- 43) 資源循環指標調査検討委員会、『『資源循環指標調査検討委員会』報告書－資源循環指標 策定ガイドライン』、2002 年
- 44) 住環境計画研究所、「家庭用エネルギー統計年報 2002 年版」、2004 年
- 45) 東京都水道局、「東京都水道局環境報告書 平成 14 年度」（東京都水道局ホームページ）
- 46) 東京都下水道局、「東京都下水道局環境会計平成 13 年度決算版」（東京都下水道局ホームページ）
- 47) 武藤暢夫、「最近の生活排水処理の現状と方向」『空気調和・衛生工学』Vol.62, No.9 (1988.9)
- 48) 伊坪徳宏、「LCA における環境影響の統合化」REAJ 誌 2001 Vol23, No.8（通巻 116 号）
- 49) Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, "Weighting in Ecobalances with the Ecoscarcity Method Ecofactors 1997" 1998
- 50) Mark Goedkoop, "The Eco-indicator95 Updated Version", 1996
- 51) Mark Goedkoop, "The Eco-indicator99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment methodology Report" 2001
- 52) Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems, "A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS).Version2000- General system characteristics" 1999
- 53) 日本建築学会編、「シリーズ地球環境建築専門編 3 建築環境マネジメント」彰国社、2002 年
- 54) 宮崎修行他、科学技術振興事業団報告書「環境パフォーマンス評価係数(JEPIX)」、2003 年

◇ おもな用語の説明 ◇

< 飲料容器関連 >

2ピース缶	缶で、胴の部分と底の部分を1枚の缶材でつくり、缶ぶたとの2つの部分からできているもの。2つの部分から構成されるため2ピース缶と言われる。本報告書では、胴の部分と底の部分を「ボディ」、缶ぶたを「エンド」としている。
3ピース缶	缶で、缶の胴、底、ふたをそれぞれにつくり、接合させたもの。3つの部分から構成されるため、3ピース缶と言われる。本報告書では、胴を「ボディ」、底を「下ふた」、ふたを「上ふた」としている。
DI缶	(drawing and ironing, drawn and ironed can) draw＝絞りと iron＝しごきプレスによって成形された胴(有底)を持つ2ピース缶。最初に材料を型枠で打ち抜き、しだいにこれを深い缶に成形していく。
TFS (Tin Free Steel)	ティン(スズ)・フリー・スチール。鋼板上にスズをメッキする代わりに、電解クロム酸処理をし鋼板上に酸化被膜クロム層を持たせ、機能性・加工性等を担保した材料。
プリフォーム (preform)	ペットボトルの成形は2段階に分かれており、初めに、樹脂を射出成形機で溶かし、圧力をかけて金型に流し込み、冷却後取出す。この段階のものをプリフォームという。次に、プリフォームを加熱して金型に入れ、空気でふくらませボトル状に成形する。なお、飲料用ペットボトルは、容器メーカーが成型したボトルを飲料メーカーに輸送して内容物を充填する方法と、容器メーカーがプリフォームを飲料メーカーに購入し、飲料メーカーが中身充填時にボトルに成形するシステム(インライン・システムという。)の2つがある。
ライナー(liner)	本体にキャップを密着させるためのシール材。
ラミネート(laminate)	積層。異なる素材を張り合わせて多層にすること。スチール缶、アルミ缶だけでなく、紙パックは、紙とポリエチレンをラミネートした製品である。
コーティング	被覆。上塗り。(coating)
シュリンクラベル	瓶・缶・プラスチックの容器やボトルに使用するラベルで、それ自体の伸縮性を利用して容器にすき間なく密着させたもの。
ストレッチラベル	それ自体が伸縮性を持っているラベル。
ストリップテープ	紙パックの張り合わせ部分に用いられる接着テープ。
PE(polyethylene)	ポリエチレン。LDPE(low density polyethylene)は低密度ポリエチレン、HDPE(high density polyethylene)は高密度ポリエチレン。
PET(polyethylene terephthalate)	ポリエチレンテレフタレート。同素材を主原料にした容器がペットボトル。
PP(polypropylene)	ポリプロピレン
填料(てんりょう)	大部分の紙は、平滑度、白色度、紙の重さを上げるために、鉱物質の粉末を配合する。これらを填料という。
クレート(crate)	容器輸送のために用いられる箱、枠箱。

炭酸用ボトル	炭酸飲料から発生するガス圧に対する耐性を持たせた容器。
耐熱ボトル	飲料高温充填のため、ボトルネックに耐熱性を持たせたもの。
陽圧缶	炭酸などの内圧を前提に作られた容器。窒素ガスを封入し、非炭酸飲料にも用いられる。
陰圧缶	コーヒーや果汁など、缶の内圧が外気圧より小さい飲料に用いられる。
ドロス (dross)	アルミの地金やスクラップを溶解した際に溶湯面上に生成される不純物。
電炉鋼	スクラップ鉄を材料に電炉（電気炉、電極の放電熱で鉄屑を熔解する炉）で製造された鉄鋼

＜LCA 関連＞

※ISO14000/JIS Q 14040 及び ISO14041/JIS Q 14041 の定義や説明を引用。《 》内は本報告書における追加説明。

ライフサイクル	原材料の採取、又は天然資源の産出から最終処分までの、連続的で相互に関連する製品システムの段階。
ライフサイクルアセスメント (LCA)	製品システムのライフサイクルを通した入力、出力、及び潜在的な環境影響のまとめ並びに評価。
ライフサイクルインベントリ分析、LCI 分析	対象とする製品システムに対する、ライフサイクル全体を通しての入力及び出力のまとめ、並びに定量化を行うライフサイクルアセスメントの構成段階。《本報告書では LCI 分析という表現を多くとっている。資料編資料-2のライフサイクル・インベントリがこれに該当する。》
ライフサイクル影響評価	製品システムの潜在的な環境影響の大きさ、及び重要度を理解し評価することを目的とした、ライフサイクルアセスメントの構成段階。
ライフサイクル解釈	インベントリ分析もしくは環境影響のいずれか、又は両方から得られた知見を、LCA の結論及び提言を得るために、設定した目的及び調査範囲に整合するように統合するライフサイクルアセスメントの構成段階。
フィードストックエネルギー	エネルギー源としては使われない製品システムへの原材料入力の燃焼熱。
機能単位	ライフサイクルアセスメント調査において、基準単位として用いられる定量化された製品システムの性能。《すなわち、評価する製品の主要な性能や機能を一定の数値単位で表現すること。飲料容器も容器毎に様々な機能を持っている。1 本や 1 缶あるいは 1 回使用、500ml の容器といったものでは、機能単位を満足しているとは言いがたい側面がある。比較する際は、機能単位の設定が重要になる。》
基準フロー	機能単位で表される機能を満たすのに必要な製品システム内のプロセスからの出力の定量的尺度。《上記の機能を満たすのに必要となる製品量の定量化の結果を指す。この製品量の定量化の結果をもとに、製品のシステムが決定され入出力も決定される。》
システムバウンダリ	製品システムと環境又は他の製品システムとの境界。
製品システム	製品システムは、定義された一つ又はそれ以上の機能を果たす単位プロセスが、中間製品等の流れによって結ばれた集合。
配分	アロケーション。単位プロセスの入力又は出力のフローを調査対象の製品システムに振り分けること。
データ品質	設定された要件への適合性を示すデータの特性。ISO/JIS では、次のような品質要件を挙げている。 時間に関する有効範囲。地理的な有効範囲。技術の有効範囲。 精度 ----- データの変動性(分散等) 完全性 ----- 潜在的に存在する数に対する実際の初期データ報告場所が占める割合 代表性 ----- 取得データが対象としている母集団をどの程度反映しているか 整合性 ----- 調査方法論がどの程度均一に種々の要素に適合されたか 再現性 ----- 他の LCA 従事者が記述している方法論とデータ値から結果をどれだけ再現できるか

Ⅱ 資 料 編

資料－１ おもなＬＣＩデータのプロフィール

資料－２ 各飲料容器のライフサイクル・フローとＬＣＩデータ

資料－３ 各飲料容器のリユース・リサイクルに関する分析

資料－４ 市町村の廃棄・リサイクル工程の環境負荷に関する実態調査

資料－５ 飲料容器に関わる環境負荷低減策の取り組み状況に関する調査

資料－６ ライフサイクル影響評価のレビュー

平成 16 年度
容器包装ライフ・サイクル・アセスメントに係る
調査事業 報告書

平成 17 年 3 月発行

財団法人 政策科学研究所

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-4-8 東芝 EMI 永田町ビル 5F

TEL : 03-3581-2141 FAX : 03-3581-2143

ホームページアドレス

<http://www.ips.or.jp/>

この報告書は、表紙、本文ともにエコマーク認定の印刷用紙を使用しています。

古紙パルプ配合率は 100%、本文の白色度は約 70%で、「物品等の環境負荷の少ない仕様、材質等に関する奨励リスト」の分野別ガイドラインに適合した印刷用紙を使用しています。