

スチール缶のリサイクルとLCA

瀧 文男*・森 正晃*²・小田 武*³・高松 信彦*⁴・吉田 言*⁵

Recycling of Steel Cans and LCA Study

Fumio TAKI, Masateru MORI, Takeshi ODA, Nobuhiko TAKAMATSU and Gen YOSIDA

Synopsis : Steel cans are characterized by high strength to withstand internal pressures and low environmental load because of their high suitability for recycling. The annual consumption of steel cans is 910,000 tons, with a recycling ratio of 87.5% (2003). This recycling ratio is high compared to containers of other materials, which is also at the highest level, internationally. Moreover, if the further recycling of cans, other than standard scraps, being made after incineration is taken into consideration, the recycling ratio rises more than 90%. This report attempts to give a detailed description of the actual state and characteristic features of steel-can recycling.

As a result of the LCA (life cycle assessment) of steel cans, based on the fact of "steel products being used cyclically in steel products," it has been proved that steel cans are environment-friendly containers with low CO₂ emissions and energy consumption during life cycle.

If people associated with steel continue to advocate the above characteristics of steel cans vigorously and widely for the benefit of general consumers, even higher consumption and recycling ratios can be expected.

Key words : steel can, recycle, LCA

1. スチール缶の特徴と本報告の概要

スチール缶は食品保存用としては1810年イギリスで誕生後、19世紀後半に欧米での本格的工業生産が始まった。飲料用スチール缶は1955年に登場し、現在では缶詰製品の主力を担っている。

スチール缶の特徴は、内圧に耐える強度と高いリサイクル性による低環境負荷にある。しかし一般消費者のスチール缶のリサイクル実態、リサイクル適性への認知はまだまだ低い状態であり、更に広くPRを強化するために、鉄鋼関係者がこれらの情報を共有する必要がある。

本報告ではスチール缶のリサイクルの実態・特徴を踏まえたリサイクルへの取組み及びスチール缶のLCAについて報告する。合わせて、鉄鋼業としてのリサイクルへの取組み状況についても言及する。

2. スチール缶リサイクルの実態

はじめにスチール缶のリサイクルフローについて述べる。全体フローはFig. 1¹⁾に示す。消費された飲料缶などのスチール缶は、自治体の分別回収や不燃ゴミ収集ルート、または自動販売機や事業所・工場などの事業系回収ルート

によって集められる。いずれの場合も、資源化施設で磁選機によってスチールだけを選別し、運びやすいようにプレスブロック状の規格品であるCプレスなどに加工される。スチール缶は94.7%の自治体で分別回収の対象になっている(平成16年)¹⁾。Fig. 2にスチール缶リサイクル率の推移を示す¹⁾。平成初期には50%以下であったリサイクル率が、業界を上げての長年の努力により、近年は85%を超えるレベルに到達しており、容器の中でも最も高いレベルのリサイクル率となっている。これは、リサイクルを行なう上で最も困難な分別の作業が、スチール缶の場合、磁気特性生かした磁力選別により容易に行なえることに起因している。

ここでリサイクル率の定義はFig. 3に示すように、分母は缶消費量、分子は缶スクラップ回収量である。ここでの缶スクラップとは、いわゆるCプレス等の規格を満足するスクラップである。

但し現実には分別回収と不燃ゴミ回収を併用する自治体が多く(平成16年78.9%¹⁾)、分別収集ルートによるCプレス規格以外の不燃ゴミからの回収スクラップに缶スクラップが含まれている場合も多々ある。このようなことを考慮すると実際のスチール缶リサイクル率は以下のように推定できる。

平成16年8月27日受付 平成16年10月15日受理 (Received on Aug. 27, 2004, Accepted on Oct. 15, 2004)

* 新日本製鐵(株)ブリキ営業部 (Tin Mill Products Sales Div., Nippon Steel Corp., 2-6-3 Ootematu Tiyoda-ku Tokyo 100-8071), 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

* 2 新日本製鐵(株)名古屋製鐵所 (Nagoya Works, Nippon Steel Corp.)

* 3 スチール缶リサイクル協会 (Japan Steel Can Recycling Association)

* 4 国際鉄鋼連盟 技術・環境部 (Technology and Environment Department, International Iron and Steel Institute)

* 5 新日本製鐵(株)環境部 (Environment Affairs Div., Nippon Steel Corp.)

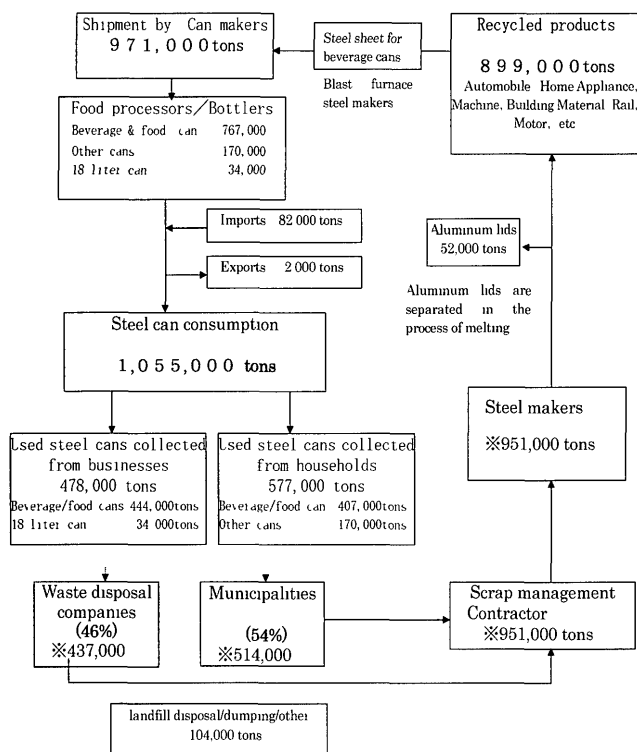
Fig. 4に不燃回収からの缶スクラップも含むリサイクルフローを示す。製鉄メーカーで使用される規格缶スクラップのうち自治体分は514千tである(Fig. 1)。これから自治体の分別収集量461千tを差し引いた53千tが、不燃回収のうち缶スクラップ規格として使用された数量である。以上より他規格に混入して使用される缶のスクラップは缶の不燃回収量173千tから53千tを差し引いた120千tとなる。以上より実態のリサイクル率は以下のように95.8%と算定できる。(平成13年度)

$$\begin{aligned} \text{リサイクル率} &= (951 + 120 - 60) / 1055 = 1011 / 1055 \\ &= 95.8\% \end{aligned}$$

3. スチール缶リサイクルの特徴

現在のスチール缶はリサイクルしやすい容器であり、高いリサイクル率を達成している。その理由は次のような特徴があるためと考えられる。

- ① 自治体を中心とした分別収集の仕組みが出来上がっている。このため、日本のスチール缶リサイクル率はFig 5に示すように世界的に見てもトップレベルにある¹⁾。
- ② 磁力選別により容易に他素材から選別できる。(スチール缶リサイクル協会を中心に自治体への磁力選別機の寄贈による回収率向上活動も実施してきた)
- ③ 高炉メーカー、電炉メーカーを含めて全国に製鉄所



× The amount is including the amount of aluminum lids of beverage cans

Fig. 1 Flow of steel can recycle in Japan (2001)

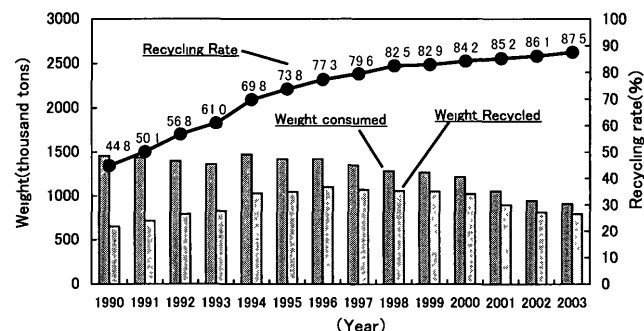


Fig. 2. Recycling rate & recycled weight of steel can in Japan.

$$\text{Recycling Rate} = \frac{\langle \text{Recycled Weight of steel can scrap} \rangle}{\langle \text{Consumed Weight of steel cans} \rangle} \times 100$$

steel can scrap = C-press + C-shredder
(standard can scrap)
(↑ not include general scrap)

Fig. 3 Definition of recycling ratio

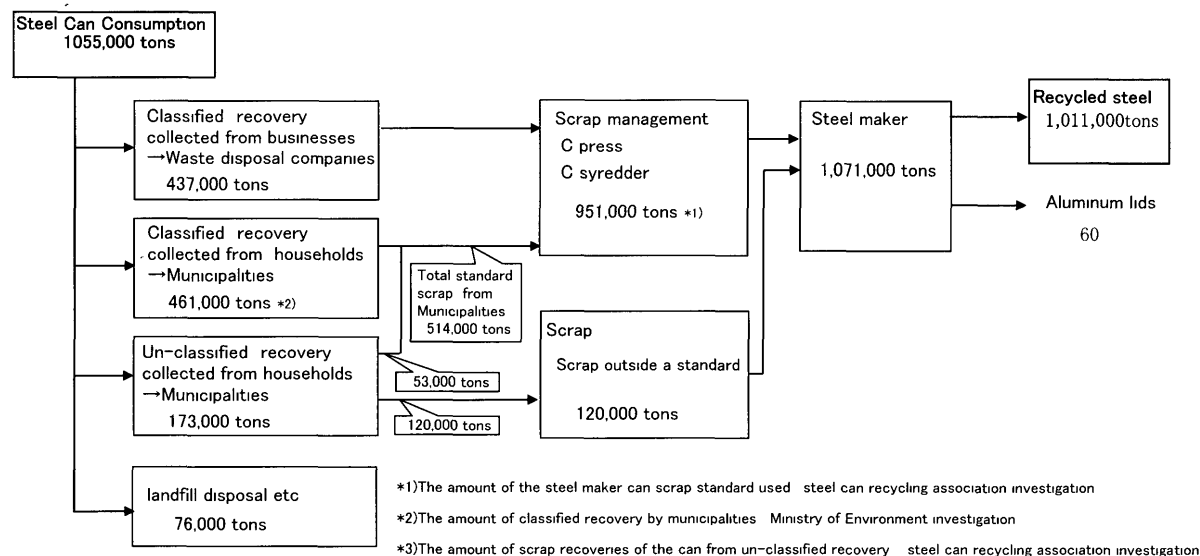


Fig. 4 Recycling flow of steel can including scrap outside a standard (2001).

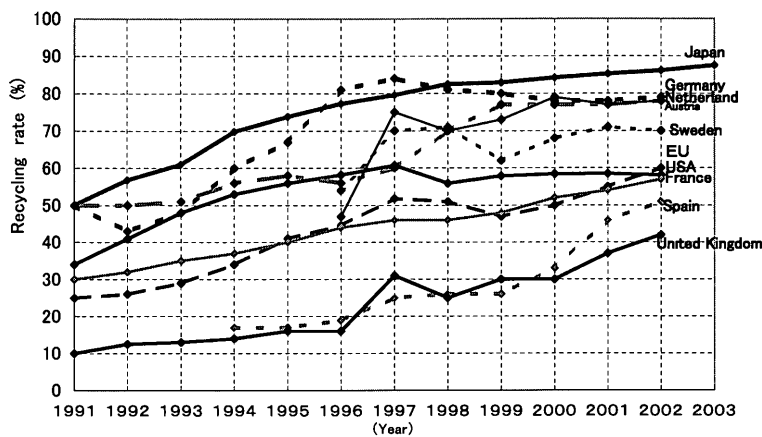


Fig. 5. Steel can recycling rate in the world

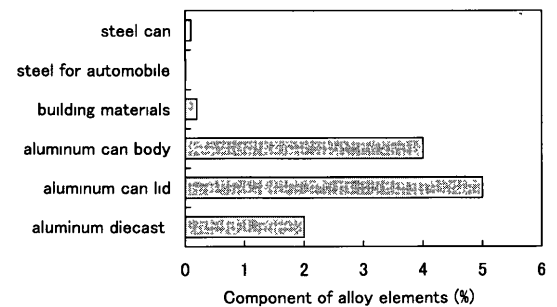


Fig. 6. Component of alloy elements of steel can

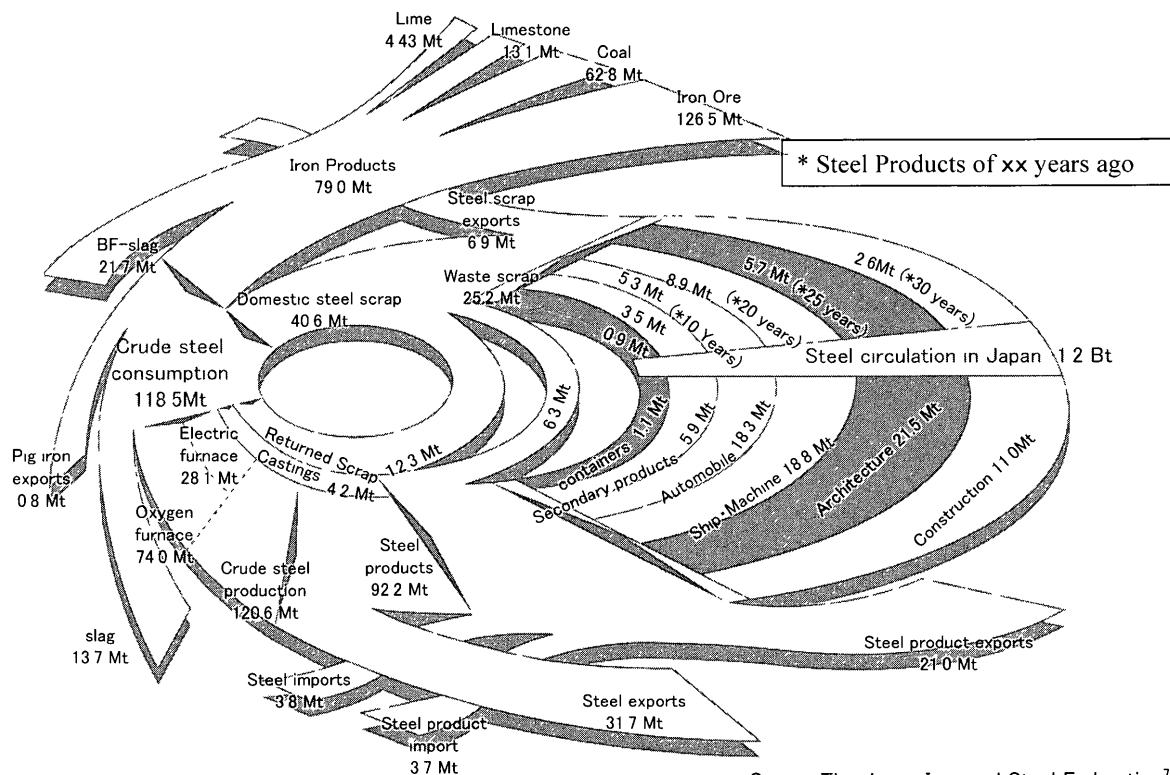

 Source The Japan Iron and Steel Federation⁷⁾

Fig. 7 Steel recycling in Japan (2001)

が80箇所以上も点在するため、缶スクラップを各地域でリサイクル使用する受皿が豊富である。

④ スチール缶は様々な鉄鋼製品に生まれ変わるため、スチール全体の中で循環使用されている。

このうち④スチールの循環使用についてももう少し述べる。

まず、Fig. 6に示すように、スチールは炭素やマンガンなどの微量の元素添加で強度などの特性をコントロールすることができる素材である。中でもスチール缶用素材は不純物の少ない高純度な鉄鋼製品であるため、そもそもリサイクルの際に不純物元素が支障となることはほとんど生じない。

次に、転炉や電炉でスクラップが溶解される環境は、1600℃を超える高温でしかも強酸化雰囲気である。このような系ではAlやMgなどのような不純物元素は酸化され溶融スラグとして炉内の溶鋼から問題のないレベルまで分離除去が可能である。もちろん、紙やプラスチックなども含めて、多少の不純物がスクラップに混入しても、問題なくリサイクルすることが可能である。

このようなことから、スチール缶スクラップは必ずしもスチール缶製造工程にリサイクルする必要は無く、様々な鉄鋼製品に姿を変えてリサイクルされている。すなわち、Fig. 7²⁾に示すようにスチール全体の中で何度でも循環されていると言える。

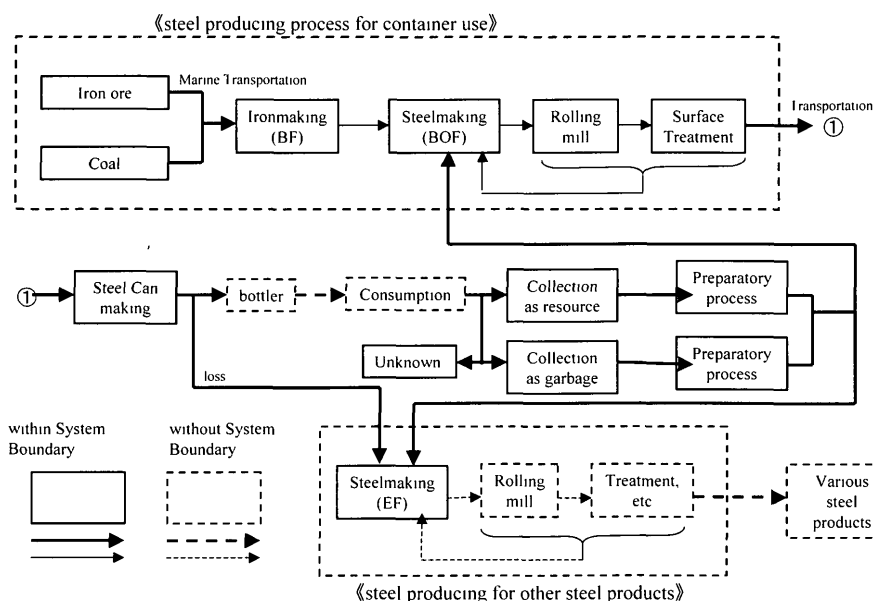


Fig 8. Life cycle flow of steel can

以上のスチール缶リサイクルの特徴を考慮して、新しくスチール缶のLCA評価を実施するに当たっての考え方、方法および結果について次章で述べる。

4. スチール缶の環境負荷の定量化—LCA評価

平成14年より環境省において、「容器包装LCAに係る調査検討事業」が3年計画で開始された。従来から、アルミニウム業界を始め各種容器に関してLCAを用いてそれぞれの容器のリサイクル性や環境への優位性の積極的なPRが見られるが、鉄鋼業界は、フォアグラウンドデータが揃わない中でLCAによる容器間の比較に関しては、評価を誤って進める可能性があるとの考えから、これまでLCA評価には慎重であった。

しかし近年の自動車・建材関連等他業界でのLCA検討の動きも勘案し、今回、日本鉄鋼連盟と協同でスチール缶リサイクル協会内に製鉄メーカー・製缶メーカーからなる「スチール缶LCA調査委員会」を設置し、環境省の事業に協力した。

H14年度は各容器の基本LCIデータが収集・整理された。今回は、日本鉄鋼連盟で整理された原料採掘から容器用鉄鋼製品（ブリキ・TFS）の製造までのデータをベースに検討した³⁾。

4.1 調査対象

調査対象の容器選定については、環境省事業の方針に従い、現在の飲料缶市場において絶対的な流通量が多い飲料容器を選択した。スチール缶の場合はコーヒー・お茶等の清涼飲料を中心に適用されており、中でも近年はPET樹脂をラミネートした鋼板を用いて製缶した、ラミネート缶が大きくシェアを伸ばし、国内のスチール缶流通量の中でも

大勢を占めていることから、今回の調査対象に選定した。具体的には①2ピースラミネート陽圧缶（炭酸飲料系）、②2ピースラミネート陰圧缶（お茶系）、③3ピースラミネート缶（コーヒー系）、の3種類の缶について検討した。

4.2 調査の推進方法

スチール缶のライフサイクルフローをFig 8に示す。今回のLCA検討では、ライフサイクル全体から飲料充填・流通・消費を除いた工程が対象とされている。本来は上記を含んだ真の意味でのライフサイクル全体をシステム境界とすることが望ましいが、適切なLCIデータの入手が困難であることから今後の課題とし、本報告ではすべての容器について共通にこの限定的なシステム境界が採用されている。

なお、飲料容器のシステム境界に限定されているため、スチール缶のようにスクラップ(Can-Press)の大半が電炉で再利用される場合は、LCAの考え方では、他製品へ再生されるいわゆるオープンリサイクルと見なされる。このオープンリサイクルの効果の考え方がスチール缶のLCAを大きく左右する。

本調査での鉄鋼製品LCIデータは、IISIのLCAプロジェクトにおいて検討されたデータに、日本特有のデータ及び飲料缶用のブリキ・TFSに関わる条件を加味したものを使用した。この調査に参加した企業は日本鉄鋼生産の90%を占めており、各社の主力製鉄所を中心にデータ採取した。

また、原料採掘等の前工程はヒアリングや文献調査により、プロセスガス等の副産物の製鉄所以外については、極力システム拡張手法により遡及している。更に、これらの結果については第三者批評審査委員会による批評審査(Critical Review)を受けている。

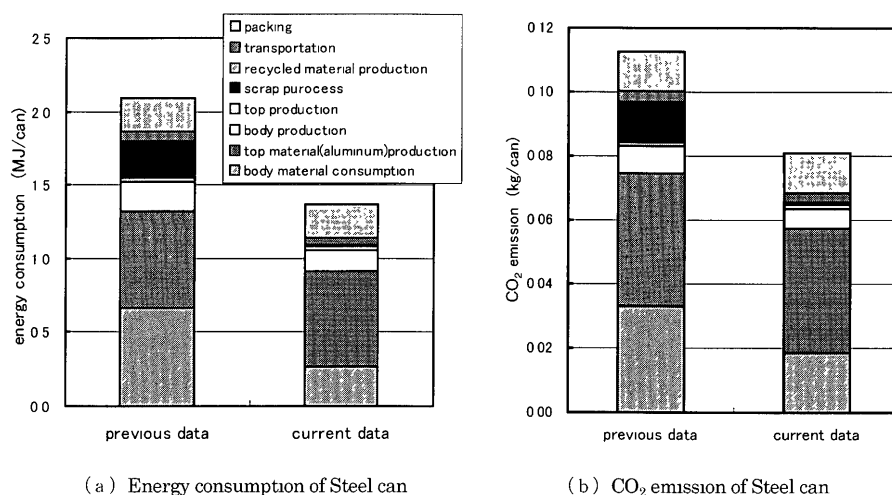


Fig. 9. LCI data of steel can.

このようにして求められた鉄鋼製品LCIデータにスチール缶のリサイクルによる影響を実際の経路に併せて、副産物同様、システム拡張の考え方により、オープンリサイクルについて全鉄鋼製品を対象に拡大し、Steel to Steelのリサイクル効果を計算・補正することで缶用鋼板のLCIデータを算出した。

次に、製缶工程のLCIデータには、各缶種ごとに製缶メーカーの製造ラインのデータを一定期間採取した実績に、平均化処理を施すことで得られた。

これらの提出データを基に（財）政策科学研究所ではその後の工程も含めた一貫のLCIデータを求めている⁴⁾。この際、スチール缶が電炉にリサイクルされスチール缶以外の鋼材製品となるオープンリサイクルの取り扱いについて、「リサイクル代替」の考え方を導入して分析を実施している。すなわち、電炉にてスチール缶スクラップを原料として使用し建材などの鋼材製品を製造することで、建材などを製造するための鉄鉱石などのバージン原料からの粗鋼がその分だけ削減されるという考え方である。

4.3 スチール缶LCA検討結果

LCIデータの内、2ピースラミネート陽圧缶(350mL)のエネルギー消費量とCO₂発生量について、Fig. 9に示す^{4,5)}。ここで、従来データとは過去のLCA検討結果はシステムバウンダリーの違い等で直接比較できるデータが無かったため、過去の検討前提を今回検討したモデルに当てはめて計算した結果である。いずれも今回データは従来データに比べ大幅にLCIデータが改善されている。これは以下のような理由による。

(1) 一点目は、スチール缶ボディー用鋼板製造工程で電炉へのリサイクルの評価を改めたことである。

従来は、多くの検討では、「電炉鋼はダウングレードするためリサイクル効果を100%評価できない。」とされスクラップの溶解のみがリサイクルのための負荷と加算され、控除要素の小さい計算手法が採られていた。ところが、

本報告第3節「スチール缶リサイクルの特徴」で述べたように、鉄鋼製品の成分仕様において添加される合金元素は少量で、電炉鋼製品のスクラップを転炉にリサイクルすることや、再度スチール缶用素材に戻すことも可能で実際に実施されている。従って、この鉄鋼業のリサイクル実態からすれば、電炉へリサイクルされた場合であっても、その効果は100%評価できる⁶⁾。高純度の薄板製品が電炉で建設資材等の製品にリサイクルされる場合においても、鉄鋼製品のバウンダリーの中では、Steel to SteelのProduct to Productのリサイクルであり、素材リサイクルと言う見方においては、Closed Recycleと同様の効果を持ちうる。このことからオープンリサイクルの「リサイクル代替値」は100%と考えることができるという考え方を今回提案し、上記環境省調査事業に採用された。その結果、鉱石からの粗鋼製造負荷が、スクラップの溶解負荷のみに置換され、LCIデータは大きく改善された。

(2) 二点目はLCIデータの詳細見直しを実施したことである。缶用鋼板製造工程については、鉄鋼連盟にて詳細なデータ収集を実施し、そのインベントリは1000種類弱、素工程数は500工程を超える膨大なデータを収集している。また製缶工程も同様に最新のデータへの見直しも実施した。

4.4 スチール缶LCIデータの今後

環境省の「容器包装LCAに係る調査検討事業」は平成15年度に各工程での廃棄物排出量と水の使用量についての追加調査、3ピース製缶データ補強が行われた。また①市町村のリサイクル、廃棄工程の環境負荷、②資源ゴミに含まれる資源と対象外物の選別、③家庭での使用済み容器の洗浄の3点に関する実態調査を推進している⁷⁾。

平成16年度は調査事業の最終年として、これらをまとめて最終報告が作成される予定である。

5. 鉄鋼業におけるリサイクルへの貢献

鉄鋼業では、コークス炉・高炉・転炉等の高温 溶融処理設備を保有しており、設備 操業技術と合わせてリサイクルに関するインフラを保有している。このインフラを用いて、スクラップや副産物のリサイクル（ゼロエミッション）はもとより、他産業の副産物のリサイクルにも貢献が可能である。すでにコークス炉を用いた廃プラスチックのリサイクルをはじめ、廃タイヤやアルミドロスなどを再使用など他産業をも範囲を含めたりサイクルを実施しており、今後この分野のLCAの調査が期待される。

6. まとめ

(1) スチール缶の場合、鉄鋼製品にリサイクルされる割合は87.5%（平成15年）と他容器に比べて高い。また、世界的にも最高水準である。また、Cプレスなど規格スクラップ以外の焼却後回収された焼き缶などを含めて考えるとリサイクル率は95.8%（平成13年度）となる。

(2) 鉄鋼の特徴である「鉄鋼製品が鉄鋼製品に循環使

用されている」ことを考慮してLCA評価した結果、リサイクルの進んだスチール缶はCO₂発生量やエネルギー消費量が少ない容器であることが明らかになった。

(3) 上記の結果を鉄鋼関係者から広く一般消費者にPRし、スチールのリサイクル適性の認知拡大を図り、更なるリサイクル率向上のための活動の推進力としていく。

文 献

- 1) スチール缶リサイクル年次レポート、スチール缶リサイクル協会、東京、(2004)
- 2) アイアンサイクル、日本鉄鋼連盟 建設環境委員会、東京、(2003)
- 3) 高松信彦、林 誠一、元川浩司、森 正晃、千田 光、稲葉 隆太：鉄鋼協会2003年度秋季講演大会シンポジウム資料集(2003)、78
- 4) 環境省請負調査 平成14年度容器包装リサイクル・アセスメントに係わる調査事業報告書、財団法人 政策科学研究所、東京、(2003)
- 5) M Mori *Hoso-Gyutu* **42** (2004), 244
- 6) K Yonezawa, F Taki, K Kawahito and N Takamastu *CAMP-ISIJ*, **17** (2004), 890
- 7) 環境省請負調査 平成15年度容器包装リサイクル・アセスメントに係わる調査事業報告書、財団法人 政策科学研究所、東京、(2004)