

自動販売機におけるライフサイクルアセスメントから見た環境適合

Environment Compatibility from the Perspective of Vending Machine LCA

中村 雅昭 Masaaki Nakamura

丸山 直樹 Naoki Maruyama

岡本 元秀 Motohide Okamoto

自動販売機トップメーカーである富士電機は、環境負荷の低い自動販売機を社会に提供することが使命の一つである。製品アセスメントに、環境に与える影響を評価する手法であるライフサイクルアセスメント（LCA）を取り入れた。製品の素材製造から廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全般を六つに分け、各段階のCO₂排出量を算出するLCAを、自動販売機の製品開発の仕組みに組み込んでいる。その結果、自動販売機の環境への影響は年々減少している。三重大学と共同でこの成果の普及に務めている。

Fuji Electric, the leading manufacturer of vending machines, sees the provision of vending machines having a low environment load as a company mission for the benefit of society. The life cycle assessment (LCA) for evaluating environmental impact is being used to assess products. LCA, which divides the entire lifecycle of a product, from material fabrication through disposal and recycling, into 6 stages and computes the amount of CO₂ emissions for each stage, is incorporated into the development of vending machines. As a result, the environmental impact of vending machines has been decreasing year after year. Fuji Electric is collaborating with Mie University to disseminate these results further.

1 まえがき

ライフサイクルアセスメント（LCA：Life Cycle Assessment）とは、図1に示すように製品に用いる素材の生産から製品の廃棄・リサイクルまでのライフサイクル全体にわたって環境に及ぼす影響を客観的に評価する手法である。LCAは、国際標準化機構の規格ISO 14040として明文化され（1997年）、そのまま日本工業規格（JIS Q 14040）にもなっている。

富士電機はトップメーカーとして、LCAを活用して自動販売機の環境への影響を評価し、環境負荷の低い自動販売機を社会に提供することに努めている。

本稿では、缶飲料自動販売機（以下、自動販売機という）のLCAと環境への取組みについて述べる。

2 自動販売機 LCA

2.1 LCAを使った自動販売機の製品開発の仕組み

富士電機におけるLCAを使った自動販売機の製品開発の仕組みを図2に示す。

まず、設計段階において環境負荷を低減させる客観的な方法である製品アセスメントを行う。製品アセスメントとは、製造事業者自身が製品のライフサイクル全体を考える取組みのことである。その手段として、グリーン調達や3R（リデュース、リユース、リサイクル）対応も考慮している。

富士電機では、この製品アセスメントを設計に反映して製品のライフサイクルに生かし、環境への影響を分析・評価して次の製品設計にフィードバックすることで、より低環境負荷の製品づくりに努めている。

このLCAは、次の3ステップで行う。

ステップ1は、製品のライフサイクル全体を考慮しながらライフサイクルの段階をいくつかに分類する。

ステップ2は、インベントリ分析である。インベントリ分析とは、ライフサイクルのおおのこの段階で投入する資源の量や工作機械や素材製造に使うエネルギー（電力な

図1 LCAの仕組み

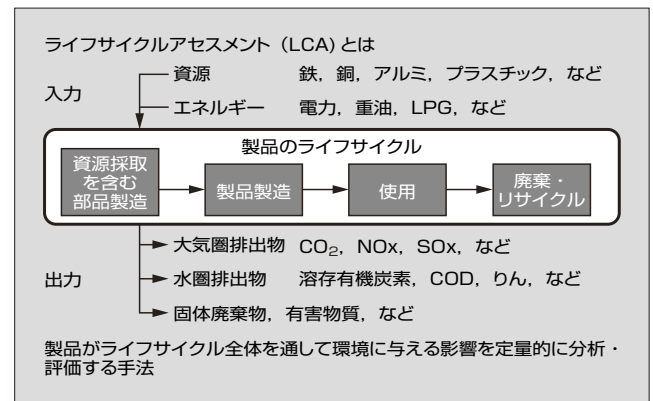
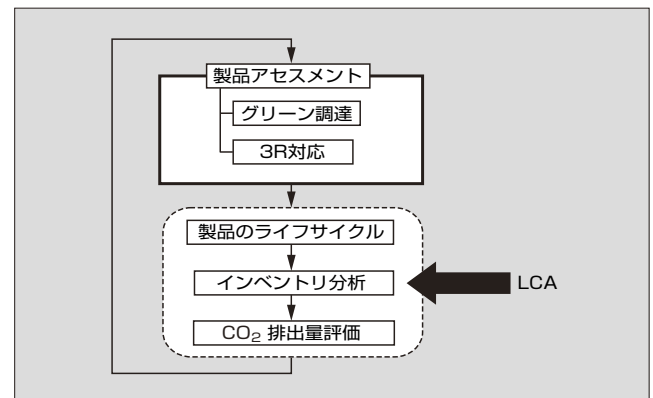


図2 LCAを使った自動販売機の製品開発の仕組み



ど)をカウントするプロセスのことをいう。

ステップ3は、CO₂排出量評価である。インベントリ分析の結果から、環境負荷の代表値としてCO₂排出量を算出し評価する。最近ではJEMAI(社団法人産業環境管理協会)が提供するソフトウェアで算出が行える。

2.2 自動販売機におけるライフサイクルの具体像

自動販売機のライフサイクルを、図3に示すように“素材製造”、“製品製造”、“物流”、“使用”、“廃棄”、“リサイクル”の六つの段階に分けた。以下に、30種類の中身商品を搭載できる代表的な自動販売機のCO₂排出量を評価した結果を例示する。

(1) 素材製造

自動販売機を構成する主な素材は、鋼材、銅・アルミなどの金属材料と熱可塑性プラスチック材である。素材原料の採取および運搬などのエネルギー使用や鉄鉱石から鉄の精錬も含まれる。図面を元に算出した製品の素材やその使用量のデータを入力すると“素材製造”時のCO₂排出量が計算される。“素材製造”時の推定CO₂排出量は1,015kgであり、“使用”時に次ぐ排出量があることが分かった。

(2) 製品製造

“製品製造”には、プレス加工や成型加工などの部品加工および組立て、梱包(こんぼう)などの工程がある。図面に記載されている製品の素材やその使用量などのデータから加工時のCO₂排出量を算出する。“製品製造”時の推定CO₂排出量は164kgであり、“素材製造”に比べて小さいことが分かる。

(3) 物流

“物流”は、主に自動販売機の工場から設置場所までの輸送工程である。完成した自動販売機の年間台数およびトラックの走行距離と燃費などから物流における自動販売機1台当たりのCO₂排出量を算出する。“物流”の推定CO₂排出量は27kgであり、トラックによる運送の影響は、ほかの段階に比べて小さい。

(4) 使用

“使用”は、設置されてから撤去されるまでの稼働期間における実績データを元に算出した自動販売機の消費電力

量である。推定CO₂排出量は2,114kgであり、ライフサイクル全体で最も排出量が多い。自動販売機の運転時の省エネが環境への影響を削減する上で大きな手段であることが分かる。

(5) 廃棄

“廃棄”は、機械の撤去から廃棄までにかかわることを対象にする。自動販売機は主に顧客が廃棄する。廃棄処理プロセスの使用エネルギーの実測を行い、排出量を算出した。推定CO₂排出量は65.4kgである。廃棄時の施設での解体・分別などによるエネルギー消費が含まれる。ほかの段階よりも小さい。

(6) リサイクル

“リサイクル”は、廃棄時に素材として再利用できるものを対象とした。鉄などの金属類は大量に集められ、再溶解して再び鉄鋼製品になる。つまり“リサイクル”の推定CO₂排出量は、リサイクル効果などで還元されるので、467kg環境影響がマイナスであると算出される。

この六つの段階のCO₂排出量を図4にまとめた。CO₂排出量がライフサイクル全体の72%を占める“使用時”の環境負荷を低減することが最も重要である。同時に16%のCO₂を還元(-16%のCO₂を排出)する“リサイクル”の段階や合計で44%を占める“素材製造”“製品製造”“廃棄”“物流”の四つの段階にも焦点をあてる必要が

図4 LCAの各段階における自動販売機一台あたりのCO₂排出量

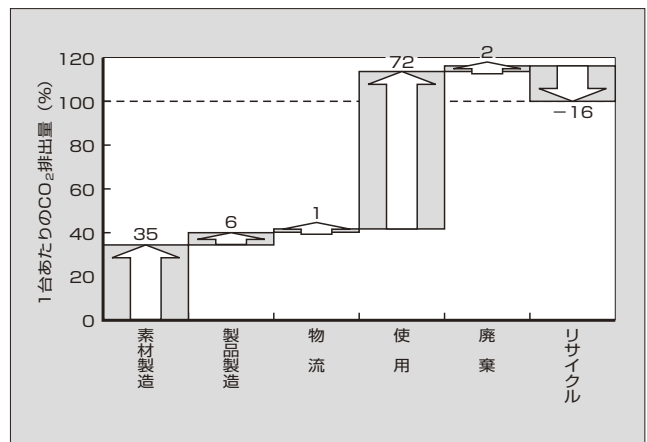
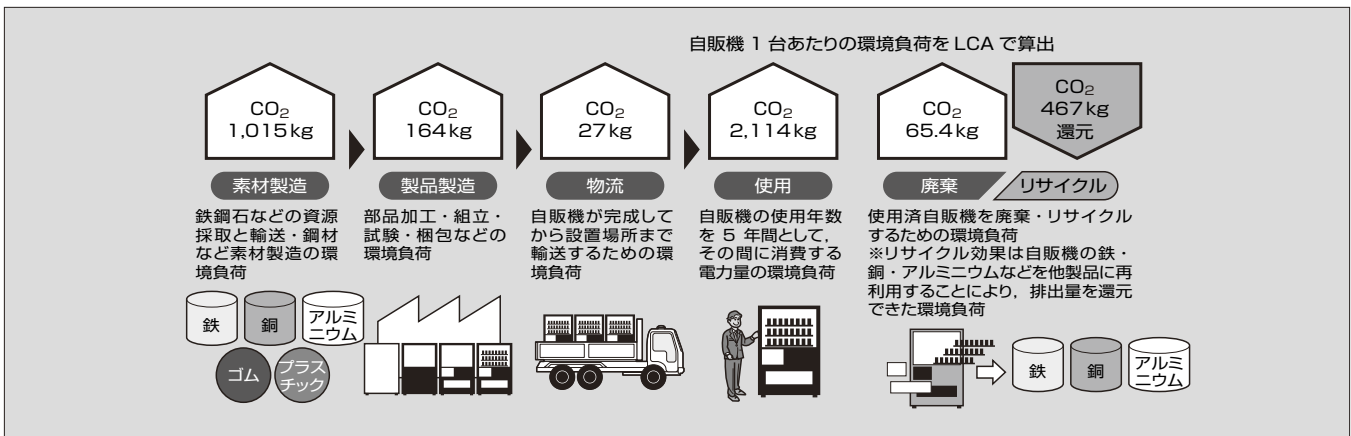


図3 自動販売機におけるライフサイクルの具体像



ある。

LCA で得られた結果を製品アセスメントにフィードバックし、次の取組みも重点的に行った。

- (a) “素材製造” “製品製造” にわたり環境負荷 30% を占める、RoHS 指令を含む有害物質対応にかかわるグリーン調達
- (b) “素材製造” “廃棄” “リサイクル” にわたり環境負荷 40% を占める、3R 対応

2.3 製品アセスメント

富士電機における自動販売機の製品アセスメントの取組みを、図5に示す。環境側面や製品アセスメント項目、製品開発とを関連付けて評価・改良を行っている。

特に着眼した項目は、エネルギー問題と最終処分である。

<注1> RoHS：電気電子機器に含まれる特定有害物質の使用制限についてのEU（欧州連合）の指令

図5 自動販売機の製品アセスメント

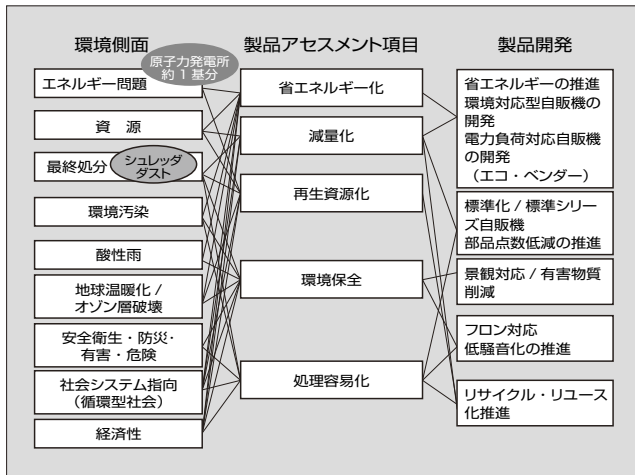


図6 電照板のリサイクル



国内で稼動している自動販売機が消費する電力はおよそ原子力発電所1基分に相当すると言われ、省エネルギー（省エネ）は大きな課題である。開発段階で省エネの効果を解析し設計に反映することで省エネを推進している。使用済みの自動販売機を最終処分するには、廃棄のため粉砕するのでシュレツダグストが発生する。このごみの環境への影響を最小化するには、減量化や再資源化などが必要である。部品点数の削減や有害物質の削減を考慮した開発・設計を行っている。

製品ごとの省エネや素材の減量化などの削減活動はもちろんのこと、環境保全、再生資源化や処理容易性という項目がグリーン調達と3Rにつながりをもっている。さらにLCAを行えば、製品アセスメント結果が、年々改善されてきていることを定量的に示すことができる。

2.4 グリーン調達

廃棄段階において有害となる物質を製造時点で排除する必要がある。実際の素材含有の有害物質を削減するためグリーン調達を進めている。

部品レベルや素材レベルにおける不含証明をとり、製品含有化学物質管理対応を行っている。この成果の一つとして2007年1月には、自動販売機のRoHS指令への適合を完了した。

2.5 3R対応

リデュース（質量削減）以外のリユースやリサイクルにも注力する必要がある。

製品構成の約9割を占める、鉄・銅・アルミ以外に熱可塑性プラスチックが含まれている。従来は粉砕後に電炉などで焼却することでプラスチックは鉄のリサイクルで使用されていたが、LCAの観点および製品設計の視点から以下のようなリサイクルの技術を共同研究で開発して実用化の見通しを得た。図6に示す自動販売機を解体した後の電照板を微細に粉砕してペレットにし蒸発皿に再加工して製品に活用することを行っている。新品と10年以上使用した無地部分や印刷部分の強度などの物性比較を行った結果、10年以上使用した無地部分を使えば、十分な材料強度を確保したまま環境負荷を削減できることが分かった。この実用化を図り部品レベルでのリユースの活用も進めていきたい。

3 LCAの展開

3.1 エコリーフへの展開

三重大学との共同研究では、製品の環境影響を評価し、軽減するために独自のLCAの手法を開発した。

<注2> エコリーフ：社団法人産業環境管理協会（JEMAD）が運用する製品の製造・使用・廃棄のライフサイクル全段階の環境負荷が定量的に分かるタイプⅢ（環境情報表示）の環境ラベル

CSR (Corporate Social Responsibility) を推進し、環境配慮型製品を拡大するため、CO₂ 排出量を公に認められた環境情報として発信する配慮が必要と考え、環境ラベルの制度利用に取り組んだ。その結果、自動販売機メーカーとして初めて環境ラベル“エコリーフ”を取得することができた。

3.2 関連法規 (RoHS, REACH, ^(注3)EuP) と自動販売機の関連性

前述のグリーン調達で、代替物質に切り替えて RoHS 指令への適合を完了した。最近では、化学物質全般に規制を広げた REACH や評価に LCA を用いる EuP が施行された。枠組みは決められたものの詳細はこれからであり、今後規制が強化される可能性もある。日本でも法改正の動きもあり、規制を先取りした対応が必要である。REACH では、RoHS で培ったグリーン調達をさらに発展させることが必要である。EuP では、自動販売機も対象品目として検討されている。このような動向に対応していくことも必要である。

4 あとがき

LCA のこれまでの取り組みは、製品の環境負荷を定量化し把握することから始めて、製品に含まれる有害物質の低減、廃棄やリサイクルまで考慮することまで検討してきた。今後もエコリーフとして LCA を使用していただくだけでなく、常にライフサイクル全体を考えてさらなる道しるべとして活用していく。

今回紹介しなかったが、三重大学との共同研究でインパクト評価の方法を確立した。CO₂ 排出量以外のおおのこの環境影響カテゴリー（地球温暖化、酸性雨、天然資源枯渇、オゾン層破壊など）の排出物ごとに重み付けを行い影響量

〈注3〉 REACH：化学物質の登録、評価、認可及び制限に関するEU（欧州連合）の規則

〈注4〉 EuP：エネルギー使用製品の環境配慮設計に関するEU（欧州連合）の指令

の一元化をした評価方法である。⁽³⁾⁽⁴⁾三重大学と富士電機を中心とした研究会で、ほかの企業へのインパクト評価の普及も進めている。

自動販売機のトップメーカーとして環境に配慮した製品づくりを推進していく所存である。

参考文献

- (1) 木村幸雄ほか、自動販売機の環境適合技術、富士時報、2005, vol.78, no.3, p.181-185.
- (2) 自動販売機のリユース/リサイクルスキームの構築と省エネルギー生産に関する研究（H19年度三重大学創造開発センター研究成果報告）。
- (3) 木村幸雄ほか、缶自動販売機のライフサイクルアセスメント、富士時報、1999, vol.72, no.8, p.427-431.
- (4) 定道有頂ほか、“工業製品の環境評価ソフト「LCA-NETS」の検証”。日本機械学会環境工学総合シンポジウム講演論文集、2008.



中村 雅昭

自動販売機の開発・設計に従事。現在、富士電機リテイルシステムズ株式会社ものづくり本部技術統括部技術企画部基盤技術課主任。



丸山 直樹

熱流体工学、環境工学の教育、研究に従事。現在、三重大学大学院工学研究科准教授。工学博士。日本機械学会会員、日本伝熱学会会員、アメリカ機械学会会員、アメリカ航空宇宙学会会員。



岡本 元秀

三重工場の製品アセスメント・製品含有化学物質管理・法律（電気用品安全法など）管理に従事。現在、富士電機リテイルシステムズ株式会社三重工場生産企画部担当課長。日本機械学会会員。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。