

原 著

広島県内自動車関連製造業への LCA 導入に向けての研究

砂田 和博, 井原 紗弥香, 花岡 雄哉

A Study of LCA Introduction for the Automotive Industry in Hiroshima Prefecture

KAZUHIRO SUNADA, SAYAKA IHARA, and YUYA HANAOKA

(Received December 1, 2014)

Towards the construction of a low-carbon society, Hiroshima Prefecture has begun efforts to reduce emissions of greenhouse effect gas from fiscal year of 2011 to 2020. Industrial sector emitted 71.4% of total carbon dioxide in the prefecture in 2007, otherwise in Japan, industrial sector emitted carbon dioxide for 46.5%. Reducing the carbon dioxide emissions of the industrial sector is very effective as emission reduction measures for the entire prefecture.

Implementation of LCA is also required to small and medium-sized enterprises (SME), but it is difficult for beginners to implement LCA on their own by using the commercial software. In this study, we try to clean up the questionable points when persons of SME implement LCA, and to build a framework of software that make it possible for them to implement LCA easily.

A case study has been carried out for three automobile-related companies using spreadsheets attaching information of interest. Then, we extracted underlying problems on LCA implementation. If the inventory data of four kinds of raw materials, utilities, products, and waste is managed by individual departments, cooperation of each department is required. By relevant departments to join the start of the project, it was found that the LCA is performed smoothly.

Based on a questionnaire result and spreadsheets, we built simple LCA software for beginner. We plan improvement of the software through new case studies, and the improvement of the system including the making of environment to the LCA introduction of SME will be necessary in future.

Key words: LCA, Scope 3, Global Warming, Greenhouse effect gas, Small and medium-sized enterprises (SME)

緒 言

本県では低炭素社会の構築に向けて、平成 23 年度～32 年度までの温室効果ガス排出量削減目標達成に向けた取り組み「広島県地球温暖化防止地域計画」[1]を始めている。平成 19 年度の県内の CO₂ 排出量を部門別にみると、産業部門が 71.4% を占めており、全国の 46.5% と比較すると産業部門からの排出量の割合が高いことが特徴となっている [1]。このため、産業部門の CO₂ 排出量を削減することができれば、県全体の排出量削減対策として大変有効であると考えられる。

一方、環境影響の「見える化」の一環として、環境負荷を定量的に評価するライフサイクルアセスメント (LCA) が注目されている。企業の直接排出やエネルギーの間接排出だけでなくサプライチェーンにまで範囲を

拡大した Scope 3 [2] という国際規格が平成 23 年 10 月に発行された。海外へ製品を輸出する企業は規格への対応を迫られる中、先進的なグローバル企業は既に対応を始めている [3]。中小企業も、製品の納入先である国内外の企業の要求により対応が必要となる状況が予想される。しかし、中小企業の担当者は LCA の経験がないと考えられ、市販ソフトウェアを用いて環境負荷量を独自に算出することは難しい。

そこで本県は、自動車製造業を対象とし、製品あたりの環境負荷量を算出する際に費用及び人的な負担が少なく、企業が独自に LCA を実施できるシステムの開発を目指した。このシステムを活用すると、製造工程における CO₂ 排出量等の環境負荷を容易に把握することができる。その結果、企業において環境目標とその活動内容を具体化し、環境を意識した製品づくりを可能とする。このような取組みは、エネルギー消費量の削減、最終的

には製品価値や企業価値の向上につながってくるものと考えられる。このため、本研究で開発したシステムを県内企業に普及させることが、本県の施策である低炭素社会の構築への貢献となる。また、本システムの構築により、グローバル企業に部品を調達する中小企業が製品の納入先である国内外の企業からの要求に対応できる体制を整えることにつながり、県内産業の持続的な発展にも貢献することができる。

方 法

本県の産業部門において大きな比重を占める自動車製造業を研究対象とし、以下の手順でLCA導入システムの開発を行った。

1 ケーススタディの実施

- (1) LCA実務のない中小企業が簡単に導入できるシステムを作るため、インベントリデータが簡易に算出、整理できるシート(インベントリ整理表, 換算シート)を作成し、その入力マニュアルを作成する。
- (2) LCAの実施に協力可能な企業へ呼びかけ、当センター、県内自動車メーカー及び協力企業の3社で秘密保持契約を締結する。
- (3) インベントリ整理表及び換算シートを提供し、協力企業に対し温室効果ガス等の算出を依頼する(ケーススタディの実施)。ケーススタディ実施後、各企業に聞き取り調査を行い、ユーティリティ等の情報を整理する。

2 LCA導入システムの構築

- (1) 市販のLCAソフトウェアの情報収集を行う。
- (2) ソフトウェアに搭載する換算係数の選定を行う。その際には、公表データなど最新のデータに更新する方法について検討する。
- (3) アドバイザリーボード会合内での議論の結果、県内サプライヤの意識調査が必要であると判断したため、LCAやScope 3に対する意識やエネルギー管理についてアンケート調査を実施する。アンケートは、自動車メーカーの県内サプライヤ共同組合を経由しe-mailで一括送信した後、回答は当センターが直接回収する。調査期間は3週間とする。

3 国際規格への対応

国内外の動向調査を行い、LCA導入システムに反映させる。

4 ソフトウェアの開発

エクセルVBA(マクロ)により、LCAソフトウェア

の枠組みを構築する。

結果および考察

1 ケーススタディの実施

- (1) LCA実務のない中小企業が簡単に導入できるシステムを作るため、インベントリデータが簡易に算出、整理できるシート(インベントリ整理表, 換算シート)を作成し、その入力マニュアルを作成した。
 - (a) 自動車メーカーから各サプライヤに「工程別調査票」が配られていた。工程別調査票は、原材料、ユーティリティ、廃棄物及び製品について記載する様式となっていた。これを基にユーティリティの部分について、関数を埋めた換算シート(Fig. 1)をエクセルにて作成した。換算係数については自動車メーカーが使用しているデータベースより引用したもののほか、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法に用いられる排出係数を準備し、選択できるようにした。
 - (b) 換算シートには使用したエネルギーを工程ごとに入力することになるため、下流の自動車メーカーへの情報流出による損害を考慮し、インベントリ整理表(Fig. 2)をエクセルにて作成した。機能単位の設定は各社で異なると想定し、製品1個(ここでは型番を示す言葉とする)もしくは、自動車メーカーへ納品する部品の集合体であっても使用できるものとした。
 - (c) 上記換算シートに入力するためのマニュアルを作成した。サプライヤごとに異なる環境管理簿の情報から、換算シートに入力するための具体的な手続きについて、スクリーンショットを交えたわかりやすいマニュアルへのカスタマイズも併せて実施した。
- (2) LCAの実施に協力可能な企業へ呼びかけ、当センターと県内自動車メーカー及び協力企業3社ごとに3社間秘密保持契約を締結した。

自動車メーカーのサプライヤから構成される共同組合では、製品や設備の違いによって「ボディ関係」、「内装・外装関係」及び「パワートレイン関係」の3つの専門部会に分けている。ボディ関係の部会に所属するA社、内装・外装関係の部会に所属するB社、パワートレイン関係に所属するC社の計3社に対し、研究目的及び背景について説明した。
- (3) 企業にインベントリ整理表及び換算シートを使用してもらい、実際に温室効果ガス等の算出の試行を依頼した(ケーススタディの実施)。
 - (a) 秘密保持契約を締結後、再び各社へ訪問し、再度



Fig. 1 Spreadsheet for Conversion

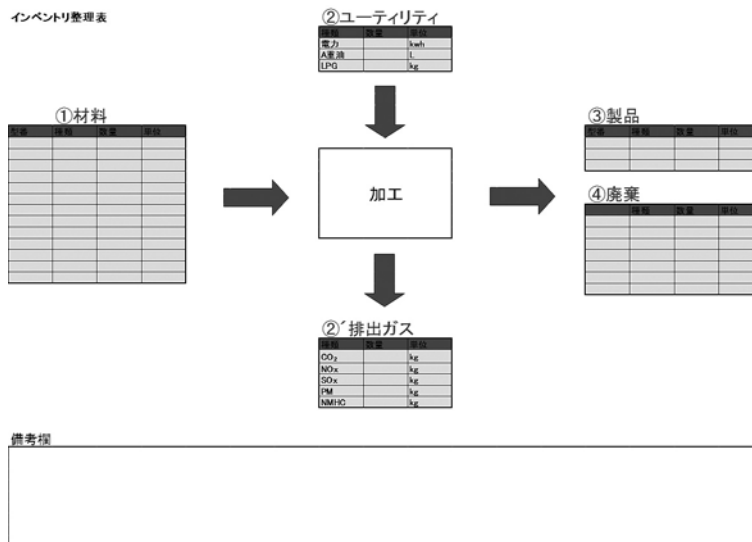


Fig. 2 Inventory Organize Table

研究目的及び背景を環境部門担当者へ直接説明した。

(b) 試行後送付してもらい、使用の感想を聞き取りした。打ち合わせ内容は以下のとおりであった。

● A社

A社独自の管理表からカスタマイズした入力手順マニュアルを作成し、換算シートとインベントリ整理表への入力を依頼したが、データ管理が別部署であるため、データの詳細が揃わず作業が進まなかった。単位機能を車一台分の部品製造と設定したため、必要となる情報量が多いことに起因すると推測された。

● B社

A社同様にカスタマイズした入力手順マニュアルを

作成し、換算シートとインベントリ整理表の入力を依頼した。ケーススタディは問題なく実施できたが、空調や照明など間接部門の案分方法、換算係数の選択など課題が残った。

● C社

換算シートへの入力を依頼した。換算シートは使用せず、消費エネルギーを総売上金額で案分した。同一の原料から多様な部品を製造しているため、部品ごとの管理が難しいためと推測される。

(c) 打ち合わせ内容を踏まえ、3社の特徴と課題について整理した。(Table 1)(Table 2)

ケーススタディの実施と聞き取りを通じて、以下の知

Table 1 Feature of 3 Companies

Company	A	B	C
Products	Body	Interior	Power Train
Usage of Spreadsheet and Table	Not used	Data of indirect section is not included. Lighting and air conditioning is allocated in the energy ration. A select field of waste treatment methods is needed.	The spreadsheet is not used. The Inventory Organize Table is been using.
Allocation	By accessories of one car Production quantity	By one accessory Extrusion process : length Finishing process : number	By accessories of one car Cost
Reason			Kind of parts are many, and different for manufacturing process is large
Affiliation of responders	General Affairs Department, Human Resources Department	Quality control department, Environmental management department	Production management department, Environmental management department
Information management	Material	Purchasing Department	Each Factory
	Utility	Production department(Each Factory)	Sharing in corporate LAN
	Products	Sales department (Product number), Purchasing Department (Product weight)	Hearing to Cost management department
	Waste		Each Factory, Sharing in corporate LAN
The exchange of information within the enterprise	Hearing investigation	Sharing of information by network, Hearing investigation	

Table 2 Problems of 3 Companies

Company	A	B	C
About input items of spreadsheets	Problem	Based on the contents listening to other departments, re-input to the sheet	How to allocate the data of indirect sections. Handling of air conditioning and lighting in the factory.
	Correspondence	Conjunction with the sheet to manage its own companies.	Decision of policy about allocation and handling of the data of air conditioner. Additional input field of waste treatment methods.
About Company Structure		Information of utility is not managed at part of the factory.	

見が得られた。

- 原材料, ユーティリティ, 製品, 廃棄物の4種のインベントリデータが個別の部署により管理されている場合, 各部署の協力が必要である。研究内容を説明する時点から関連部署が参加することにより, LCAの実施がスムーズに進行すると思われる。
- 歩留を把握することで, 材料の量を推算することが可

能となる。

- 案分方法の方針を要求された。各企業へ聴き取りをしながら事例を積み上げる必要性が確認された。マニュアル化できる部分を模索する。
- 1台あたりの環境負荷量を算出する場合, データの精度について留意する必要がある。部品ごとに積み上げていく方法や, 生産台数や売り上げなどから算出する

方法など複数の方法から任意に選択できる。

2 LCA 導入システムの構築

(1) LCA ソフトウェアの情報を収集した。

市販ソフトウェアに搭載されている原単位には、3000以上のプロセスデータが含まれるため、加工工程などを詳細に計算できることで精度の高い結果を求めることができる。ケーススタディの結果と市販ソフトの特徴を考慮すると、入力従事者が詳細な工程を把握し操作することは容易ではない。また、市販ソフトは講習会等を行い使用方法について極めて細かいサポートを実施しているが、講習会は地方では行われることが少なく、導入から実施に至るまでにも課題がある。そのため、市販ソフトを購入しても機能を十分に使いこなすことができるとは言い難い。

したがって、開発するソフトウェアは、入力従事者にとって負担の少ないソフトウェアであり、導入しやすいことが重要となる。計算結果の精度については課題が残るものの、市販ソフトとの差別化や、LCA 未経験者及び知識のない者が使用できるソフトであることを前提とすることが優先課題である。

(2) ソフトウェアに搭載する換算係数の選定を行った。

現在、日本国内・海外、有償・無償を含め様々な原単位データが存在するが、有償の原単位データを内蔵し公開することは、利用許諾上の制限に抵触する。そのため、web上や書籍などで一般に無償公開されている原単位データを調査し、使用しやすい形に整理した。

(a) ユーティリティの原単位について

温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 [4] における算定方法に用いられる排出係数を原単位として選定した。

(b) 原材料に関する原単位について

原材料に関する原単位は、独立行政法人国立環境研究所が一般に公開している、グローバルサプライチェーンを考慮した環境負荷原単位 [5] より引用した。データの対象年は2005年で、購入者価格ベースでの原単位が記載されている。日本の国産品403部門に関する情報が記載されており、統合大分類34部門、統合中分類108部門及び統合小分類190部門に統合されている。環境負荷の種類は、エネルギー消費、温室効果ガス排出量 (CO₂, CH₄, N₂O, PFCS, HFCS, SF₆)、大気汚染物質 (NO_x, SO_x) の記載がある。

使用時の簡便さを考慮し、統合大分類である34部門の統合方法を採用することとした。しかし、業種が異なるにも関わらず同じ部門に属する原材料を使用することになることが想定される物質については、統合中分類または統合小分類の統合方法を採用することとした。統合大分類 (34部門) の「非鉄金属」を例に挙げると、ここに属する物質については403部門を採用し、1部門ずつ「銅」、「鉛・亜鉛 (含再生)」、「アルミニウム (含再生)」、「その他の非鉄金属地金」として新たな統合大分類 (29部門) を構築した (Table 3)。また、統合大分類 (34部門) のうち「公務」、「教育・研究」、「医療・保健・社会保障・介護」、「対事業所サービス」等の計20部門については、原材料として項目が上がらないことから採用しなかった。

グローバルサプライチェーンを考慮した環境負荷原単位に記載されている403部門ごとの原単位を、今回構築した29部門に振り分け、算術平均して各部門の原単位とした (Table 4)。

(c) 廃棄物の原単位について

原材料と同様に、グローバルサプライチェーンを考慮した環境負荷原単位 [5] から引用し、「産業廃棄物部門」の原単位データを採用した。

Table 3 new edited sectors of Input-Output Tables

403sectors	190sectors	108sectors	34sectors	29sectors (new edited)
Copper	Non-ferrous metals	Non-ferrous metals	Non-ferrous metal	Copper
Lead and Zinc (inc. regenerated lead)				Lead and Zinc (inc. regenerated lead)
Aluminum (inc. regenerated aluminum)				Aluminum (inc. regenerated aluminum)
Other non-ferrous metals				Other non-ferrous metals
Non-ferrous metal scrap				-

Table 4 Emission factors of 29 sectors (new edited)

Sector name	Emission factor t-CO ₂ eq/10 ⁶ YEN
Agriculture, forestry and fisheries	5.50
Food	4.24
Mining	5.65
Petroleum refinery	7.13
Coal	19.5
Steel	19.5
Copper	9.50
Lead and Zinc	8.77
Aluminum	6.41
Other non-ferrous metals	7.45
Textiles	4.74
Pulp, paper and wooden products	5.21
Synthetic rubber	15.9
Resins	7.26
Chemical fiber	10.7
Paint varnish, lacquer and printing ink	4.94
Chemical fertilizer	13.1
Industrial inorganic chemicals	11.4
Industrial organic chemicals	10.3
Plastic products	4.00
Rubber products	4.04
Leather and fur products	3.56
Glass and glass products	6.11
Cement and cement products	42.9
Pottery, china and earthenware	5.78
Metal products	5.65
Electric and communication equipment	3.01
Electron tubes	4.84
Precision machinery	2.74

(3) LCA ソフトウェアに求められる要件を整理した.

県内自動車関連製造業へのアンケート調査 [6] を実施した結果, LCA を実施する準備段階でのコンサルティング的な支援と, LCA 実施を容易にする簡易ソフトウェアの必要性が示唆された. そのほかの要望としては, 国や自治体などからの金銭的な補助, 自治体のホームページに取組を掲載するなど広報面での支援も挙げられた.

3 国際規格への対応

LCA や Scope 3 の実施には, ライフサイクル全体のインベントリ情報を整理することが重要であり, そのためには環境部門担当者へのみの対応では不十分である可能性が高い. 組織の経営に組み込み, 組織的な行動として位置づけることが重要である. また, 社内にてインベントリ情報を共有化するなども有効な手段である. 中野 [7] は, 同じ企業内であっても機密情報であるため簡単には LCA 実施者が入手できないことも多くあるため, 経営層による積極的な関与の必要性について指摘している.

市販ソフトウェアでは加工工程により原材料の原単位は異なるが, 一般社団法人日本自動車部品工業会ではあ

らかじめ原材料に加工工程をひも付した状態の原単位を作成した. この方法により, 入力従事者は原材料の加工工程を熟知する必要はなく, また入力間違いが必然的に少なくなると思われ, LCA 初心者にとって容易なシステムであると考えられる. 本研究におけるケーススタディの実施は 3 部会 1 社ずつであるため, 原材料の共通性を見出せていない. 今後, 部会ごとに共通性を見出し共通の原単位を作成することも必要であるとする.

他にも, 行政支援の内容として学習会等の開催や認証制度の事業化などが挙げられるが, LCA 実施に向け事業者への説明やソフトウェアの課題に対する対策を講じることが優先課題であることが把握できた.

一方, 国際的には整合性のない複数の規格が混在しており, またある一つの規格に対しても各国の対応に温度差があるため, 注意が必要である. 国際規格化の議論も行われているが, 未だに結論が得られていないため, 今後も動向に注視する必要がある.

研究当初でのソフトウェアの役割は, 中小企業における部品 1 個を対象とした LCA 実施を支援し, インベントリ整理表 (Fig. 2) のように排出ガスの種類とその数

量を整理した表を出力することであった。アンケート調査や動向調査結果から、最終製品を製造していない中小企業においても Scope 1, 2, 3 ごとに CO₂ 排出量を算出し、グラフ化して提示する機能も加えることとした。

今後は Scope 3 の一部のカテゴリについて十分な聞き取り調査を行い、ソフトウェアの改良を行うこととした。また、現状では複数の国際規格が混在しており、それらの動向によっては新たな規格に対応したシステム構築も検討を行う必要があると思われる。

4 ソフトウェアの開発

エクセル VBA (マクロ) により、LCA ソフトウェアの枠組みを構築した。ソフトウェアは 4 つの入力画面と 2 つの出力画面から構成されている。換算係数を別シートにまとめて記載し、調整が可能な仕組みにすることで、換算係数の更新に伴う変更も容易なシステムとした。

●入力項目

➤メイン

LCA を実施する際の基本的な情報を入力する (工場名、製品名など)。案分に使用するための情報を選択する (個数、重量、金額)

➤原材料

材料名とその種類を選択し、重量などを入力する。種類のリストは Table 4 の原単位表に対応している。

➤ユーティリティ

使用しているエネルギー等の種類と、使用量を入力する。

➤廃棄物

廃棄物の種類とその重量を入力する。現状では入力した種類による原単位の区別は行われていないため、今後の改善が必要。

●出力項目

➤インベントリ整理表 (Fig. 3)

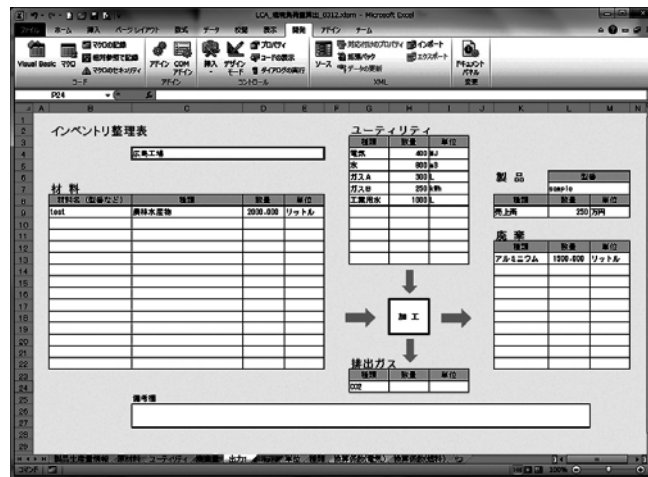


Fig. 3 Output1(Inventory Organize Table)

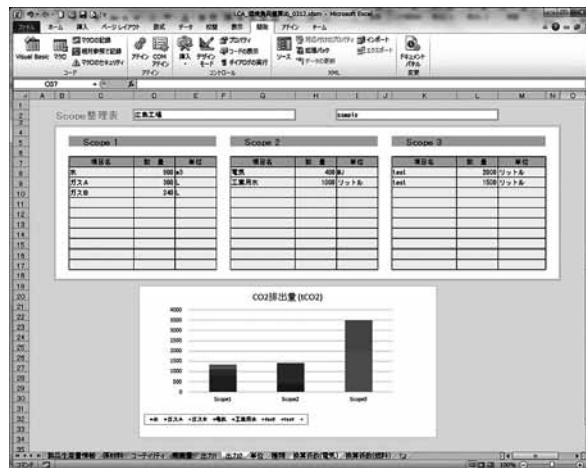


Fig. 4 Output2 (CO₂ Emissions of Scope 1, 2, 3)

入力4画面を記入した後、メイン画面の「インベントリ整理表」ボタンを押すことで自動的に生成される。サプライヤが下流側の企業に対しこの情報を提供することを想定している。

➤ CO₂ 排出量 (Fig. 4)

入力4画面を記入した後、メイン画面の「Scope / グラフ」ボタンを押すことで自動的に生成される。サプライヤ自らがサプライチェーンでのCO₂排出量を把握する用途で使用することを想定している。Scope 3の一部カテゴリについては未実装であり、今後の検討が必要である。

結 語

高度で専門的な知識が必要であるため、金銭的および人間的に負担が大きく中小企業では実施が困難であったLCAおよびScope 3に対して、課題点を整理するとともに容易に実施するためのソフトウェアを構築した。今後はケーススタディを通じてソフトウェアの改良を重ねるとともに、中小企業のLCA導入への環境作りを含めた支援体制の構築が必要である。

本研究により開発したソフトウェア及び導入システムは、企業独自で製品あたりの環境負荷量を算出することを容易にした。自社製造製品のCO₂排出量等の環境負荷量を詳細に把握できることから、効率的かつ具体的に環境対策に取り組み、本県が推進する循環型社会や低炭素社会の構築に貢献するものと考えている。

文 献

- [1] 広島県. “第2次広島県地球温暖化防止地域計画.” eco ひろしま. <https://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/eco/b-b12-plan22-keikaku.html>, (参照 2014-10-29).
- [2] Greenhouse Gas Protocol. “Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard”. <http://www.ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>, (参照 2014-10-29).
- [3] Honda Motor Co., Ltd. “Hondaにかかわる全ての温室効果ガス排出量を業界で初めて開示 (ニュースリリース).” <http://www.honda.co.jp/news/2012/c120825.html>, (参照 2014-10-29).
- [4] 環境省. “温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度.” <http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/>, (参照 2014-10-29).
- [5] Keisuke Nansai, Yasushi Kondo, Shigemi Kagawa, Sangwon Suh, Kenichi Nakajima, Rokuta Inaba, and Susumu Tohno (2012), Estimates of Embodied Global Energy and Air-Emission Intensities of Japanese Products for Building a Japanese Input-Output Life Cycle Assessment Database with a Global System Boundary, Environmental Science & Technology, 46(16), 9146-9154.
- [6] 井原紗弥香, 花岡雄哉, 砂田和博, 山本竜治, 岡本拓, 寺内正裕. 県内自動車関連製造業者のLCA, Scope 3に関する意識調査. 広島県立総合技術研究所保健環境センター研究報告. 2014;22:33-39
- [7] 中野勝行. 企業におけるライフサイクルアセスメント導入. 日本LCA学会誌. 2013;9(4):265-270.