特集「第6回日本LCA学会研究発表会からの投稿」

研究論文

使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルの
ライフサイクルインベントリ分析

藤山 淳史・櫻井 利彦・松本 亨・長 武志

Lifecycle Inventory Analysis on Material Recycling System of Disposable Diapers

Atsushi FUJIYAMA, Toshihiko SAKURAI, Toru MATSUMOTO and Takeshi CHO

Synopsis:

Background and Objective. As Japan's population has aged, the amount of disposable diapers discarded has steadily increased. At present, disposable diapers from households are incinerated as general waste and disposable diapers from care facilities and hospitals are incinerated as business or industrial waste. Current recycling methods for disposable diapers include thermal recycling and material recycling. However there are many problems with recycling process such as sanitary issues of diapers caused by the attached waste and problems on separating them. As a result, recycling of disposable diapers is primarily conducted at waste-power generation plants and not at other garbage processing plants. Technology to extract recycled pulp from used disposable diapers is currently being developed with the goal of creating a recycling system that would allow disposable diapers to be produced from recycled disposable diapers. In this study, we carried out a life cycle assessment (LCA) for a water-based recycling system and existing incineration disposal methods for disposable diapers.

Evaluation Objective and Analysis Method. The reduction of environmental load was evaluated by calculating carbon dioxide emissions with an LCA method. The evaluation begun after disposable diapers being transported to the recycling plant, and ended when they were broken down into different materials and were ready for secondary reuse. The comparison target is incineration and landfill disposal on the assumption that this is the traditional treatment for used disposable diapers. The functional unit is the annual amount of used disposable diapers delivered to the recycling plant.

Conclusions. Carbon dioxide emissions were lower in the water-based recycling system as compared with disposal by incineration. For this type of recycling business to be sustainable, however, payability is the most significant problem. From a standpoint of continuity and development of recycling, it will be very important to construct a stable collection system of used disposable diapers. A subject for future study is to quantitatively show the effect of expanding the recycling area.

Keywords: Disposable diapers ; life cycle assessment (LCA); material recycling system

1. はじめに

1940年頃にスウェーデンで誕生した紙おむつは、1960年代に日本でも販売が開始された。当初、性能的な問題や使い捨てへの抵抗感からあまり普及はしなかったが、高分子吸収剤が開発され、1983年に高分子吸収剤入りの紙お

むつが販売されると女性の社会進出の影響もあり急速な普及を遂げた。一方、大人用紙おむつは高齢者人口の増加とともに様々なタイプの紙おむつ（フラットタイプ、テープタイプ、パンツタイプ、パッドタイプ）が登場し、普及してきた。現在では紙おむつは介護の必需品として広く普及

藤山 淳史・松本 亨／北九州市立大学／〒808-0135 福岡県北九州市若松区ひびきの1-1

櫻井 利彦／福岡県保健環境研究所／〒818-0135 福岡県太宰府市大字向佐野39

長 武志／トータルケア・システム株式会社／〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東3-9-26

Atsushi FUJIYAMA, Toru MATSUMOTO / The University of Kitakyushu / 1-1 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu, Fukuoka 808-0135

Toshihiko SAKURAI / Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences / 39 Mukaizano, Ouaza, Dazaihu, Fukuoka 818-0135

Takeshi CHO / TOTAL CARE SYSTEM / 3-9-26 Hakataekihigashi, Hakata-ku, Fukuoka 812-0013

しており、その結果、使用済み紙おむつの排出量は年々増加傾向にある。日本衛生材料工業連合会（以下、日衛連）の資料¹⁾によると、2010年に乳幼児用紙おむつは8,630百万枚（29.5万t）で、大人用紙おむつは5,445百万枚（28.1万t）生産されている。2015年には乳幼児用紙おむつは8,297百万枚（28.3万t）、大人用紙おむつは7,000百万枚（33.9万t）生産されると予測されており、大人用紙おむつはこの5年間で約28.6%伸びるとされている。現在の紙おむつの処理状況は、日衛連の調査²⁾によると、約90%の自治体が家庭から排出される使用済み紙おむつを家庭系一般廃棄物の可燃ごみとして焼却処理していることが明らかになっている。一方介護施設や病院等から排出される使用済み紙おむつは、事業系一般廃棄物としてやはり焼却処理されているケースが多いが、一部の自治体では産業廃棄物に区分されているケースもある³⁾。紙おむつのリサイクルとしてはサーマルリサイクルやマテリアルリサイクルが考えられるが、汚物の付着による衛生的・感情的問題、複合素材であるため分離選別が難しいという問題から、自治体の清掃工場におけるごみ発電を除くと、ほとんど実施されていないのが現状である。一部の事業者において、固形燃料化（RPF製造）によるボイラーの燃料利用というサーマルリサイクルを行なっている事例がある。紙おむつは、主にパルプ、プラスチック、高分子吸収剤の複合素材で構成されており、吸水性や強度に優れているという特徴を持ち、針葉樹から抽出された良質なパルプが使用されている。マテリアルリサイクルとしては、使用済み紙おむつからパルプを取り出し、建築資材等へ再利用することは行なわれているが、現在「紙おむつ to 紙おむつ」というクローズドリサイクルのための技術開発が進められているところである。実現すれば、紙おむつの生産量増加に伴う森林伐採の抑制や、使用済み紙おむつの増加による廃棄物処理に伴う環境負荷の抑制に貢献できると考えられる。現在、水溶化処理によるマテリアルリサイクルシステムにより、使用済み紙おむつを素材毎に分離する技術が開発され、2005年より大牟田エコタウン内で稼働している。この技術は、紙おむつを素材別に分離することでマテリアルリサイクルを可能にするため、従来の焼却・埋立量を減少させることができ、また天然資源抑制効果が期待できる。一方で、水消費量の増大とそれにとまう排水処理が必要となる。このようにメリット・デメリットがあるため、ライフサイクル的観点から環境評価を実施する必要がある。そこで本研究では、使用済み紙おむつの水溶化処理システムと従来の焼却処理を対象にライフサイクルインベントリ分析を行うことにより、マテリアルリサイクルの有効性を評価することを目的とする。

2. 既往研究と本論の特徴

使い捨て製品である紙おむつの誕生以来、繰り返し使用できる布おむつと比べ、どちらの製品が環境への影響が小さいのかという議論は活発に行なわれてきた。高月⁴⁾は紙おむつと布おむつの原材料コスト、処理コスト及び環境負荷について比較検討を行い、布おむつの方が環境にやさしいとしている。安井らのプロジェクト⁵⁾では、LCA事例として紙おむつと布おむつの環境負荷とコストを推計し、比較を行なっている。環境負荷に関しては「どちらが良いとははっきりいえない」と結んでいるが、コストに関しては紙おむつの方が高いという結果になっている。海外の事例としては、Vizcarraら⁶⁾が、カナダのケースについてLCI分析を実施している。これによると紙おむつと布おむつについてエネルギー消費、水消費、大気汚染、水質汚濁、廃棄物を指標に評価しており、指標によって両者の優位性は異なる結果が得られている。またイギリス政府の環境省が紙おむつと布おむつの環境に対する影響調査結果をまとめたライフサイクルアセスメント報告書⁷⁾を発行している。報告書では、紙おむつは森林資源採取から廃棄までの影響を評価対象としており、布おむつは繰り返し使用した場合の洗濯排水の影響までが検討されている。その結果、紙おむつと布おむつの間に顕著な相違は見られないとまとめている。しかし、これらの研究は紙おむつと布おむつの比較ということに焦点を当てており、おむつの廃棄段階は全て焼却処理として扱っている。使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルを対象とした研究はこれまでにほとんど存在しない。

著者らはこれまで、紙おむつのマテリアルリサイクルシステムを対象として、その経済性、社会的受容性、環境適応性に関する検討を進めてきた⁸⁾。環境負荷に関しては、リサイクルシステムの電力消費量や工業用水消費量の比較を実施したが、LCAについては未実施であった。

高齢化社会の進展により、育児や介護の必需品として広く普及している紙おむつの使用量は更に増加することは確実である。最終処分の削減及び省資源化の観点から、使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルを実現する意義は大きいと考えられる。また、前述のように、マテリアルリサイクルシステムの環境負荷削減効果を定量的に把握するためには、処理・再資源化のプロセスをライフサイクルにわたって評価する必要がある、以上のことから使用済み紙おむつのマテリアルリサイクルのライフサイクルインベントリ分析を実施するものである。

3. リサイクルシステムの概要

本研究で対象とした水溶化処理システムの概要を説明する。リサイクルプラントの諸元を表1に、プロセスフロー

を図1に示す。病院・福祉施設から搬出された使用済み紙おむつは、収集・運搬業者によってリサイクルプラントへ搬入される。プラントではエネルギー、水、薬剤が投入され、再生パルプおよび低質パルプ、プラスチック、及び汚泥に分離される。分離工程において大量の水を使用するが、今回の評価対象プラントでは、約80%の水が循環利用されている。回収された再生パルプは、現在では防火板等の建築資材の原料としてリサイクルされている。「紙おむつ to 紙おむつ」のクローズドリサイクルの検討も進められているが、実現にはまだ至っていない。また、低質パルプおよび脱水汚泥は土壌改良剤へと再利用され、プラスチック類はRPF燃料として利用されている。

なお、今回対象としたリサイクルプラントの処理能力は20t/日で、1日10万枚の使用済み紙おむつのリサイクル処理を行い、紙おむつ約8万枚に相当するパルプが回収されている。現在は、主に病院および福祉施設から排出される事業系の使用済み紙おむつを回収しているが、2011年10月からは福岡県大木町の家庭から排出される使用済み紙お

むつの回収・リサイクルを開始した。自治体が家庭から排出される使用済み紙おむつのリサイクルを行うのは全国初の取り組みである。2008年に大木町を対象として実施された可燃ごみ組成調査によると、焼却ごみの11%（重量比）を紙おむつが占め、賦存量は町内で年間100tを超えると推定されている⁹⁾。

4. 評価対象の設定とシステム境界

使用済み紙おむつのリサイクルシステムによりプラスチックとパルプが回収・再資源化される。そのため、特に地球温暖化との関連が大きいものと判断し、ライフサイクルにおける温室効果ガス排出量を評価指標として選定する。本研究で対象とした評価対象システムを図2に、比較対照の従来システムを図3に示す。評価範囲は、使用済み紙おむつがリサイクルプラントに搬入されてから、各種素材に分解され、二次利用可能な状態に再生されるまでとする。つまり、再生パルプが防火板製造工場へ搬入されるまで、廃プラスチックがRPFに加工され燃料として使用されるまで、低質パルプおよび脱水汚泥が発酵肥料へと再商品化されるまでとする。なお、リサイクルプラントに搬入されるまでの使用済み紙おむつの回収プロセスは対象外とするが、リサイクルプラントから再商品化工場までの輸送は評価に含める。

比較対照としては、従来の使用済み紙おむつ処理を想定し、一般廃棄物として焼却処理、埋立処分されるものとする。再生パルプの比較対照はやはり防火板製造に用いられるバージンパルプとし、廃プラスチック類はRPFとして

表1 リサイクル施設の概要

事業者	トータルケア・システム株式会社
施設所在地	大牟田エコタウン
対象廃棄物	病院・介護施設等から排出される使用済み紙おむつ。2011年10月から福岡県大木町の家庭から回収される使用済み紙おむつも対象。
処理方法	水溶化処理による素材別分離
処理規模	20t/日（約10万枚）

図1 リサイクルプラントのプロセスフロー

図2 使用済み紙おむつリサイクルのシステム境界

図3 比較対照とした従来システム

サーマルリサイクルされることから、比較対照を石炭の燃焼とし、低質パルプおよび脱水汚泥の比較対照は単質肥料（化学肥料）とする。なお、2章で記述したように既往研究の多くは布おむつを比較対照としているが、本研究では紙おむつの従来処理と水溶化処理システムの比較評価に焦点を当てているため、布おむつは評価の対象としない。

なお、機能単位は評価対象リサイクルプラントに搬入される使用済み紙おむつ1年間分の処理（約4,400トン）とする。

5. 分析方法

5.1 評価対象データ

本研究では、2009年10月から2010年9月までの1年間を調査期間とし、期間内に処理した紙おむつの量および投入した薬剤、エネルギー量を実測し、それを用いて評価を行った。なお、調査項目は受入量および処理量、投入エネルギー（電力、工業用水、ガス）、廃棄量（放流水）、薬品使用量（塩化カルシウム、メタノール、次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、高分子凝集材）である。

5.2 CO₂排出原単位の設定

本研究では、「建物のLCA指針（日本建築学会）」¹⁰⁾ および JEMAI-LCA Pro¹¹⁾、LCAデータベース¹²⁾、MiLCA¹³⁾（以上、産業環境管理協会）、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（環境省・経済産業省）」¹⁴⁾ のCO₂排出原単位を用いた。リサイクルプラントの排水汚泥からの肥料製造については、橘らの下水汚泥の分析結果¹⁵⁾を用いた。使用したCO₂排出原単位を表2に示す。

5.3 輸送工程の設定

輸送工程におけるCO₂排出量は物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン¹⁶⁾を参考に、改良トンキロ法を用いて推計した。輸送は全て4tの営業用トラック（軽油）とし、平均積載率を62%と仮定した。輸送距離に関してはNAVITIME¹⁷⁾を用いてリサイクルプラントから再商品化工場までの実際の距離を算出し、同一品目が複数の再商品化工場へ搬送している場合はその平均値を用いた。

表2 CO₂排出原単位の設定

		CO ₂ 排出量原単位	出典
水溶化処理システム	電力	0.564 kg-CO ₂ /kwh	①
	工業用水	0.070 kg-CO ₂ /m ³	①
	放流水	3.061 kg-CO ₂ /m ³	①
	ガス	0.176 kg-CO ₂ /m ³	①
	塩化カルシウム	0.744 kg-CO ₂ /kg	②
	メタノール	2.228 g-CO ₂ /kg	③
	次亜鉛素酸ソーダ	0.789 kg-CO ₂ /kg	①
	苛性ソーダ	1.677 kg-CO ₂ /kg	②
	高分子凝集剤	2.660 kg-CO ₂ /kg	④
廃プラスチック	直接排出分	2.770 kg-CO ₂ /kg	⑤
	RPF 製造	0.137 t-CO ₂ /t	③
汚泥発酵肥料の製造		40.500 kg-CO ₂ /t	⑥
比較項目	焼却	0.192 kg-CO ₂ /kg	⑦
	直接排出分（プラスチック）	2.770 kg-CO ₂ /kg	⑤
	埋立	0.261 t-CO ₂ /t	⑦
	上質パルプ	1.054 kg-CO ₂ /kg	②
	石炭燃焼	0.097 kg-CO ₂ /MJ	①
	単質肥料	0.458 kg-CO ₂ /kg	①

① 日本建築学会：建築のLCA指針¹⁰⁾② 社団法人 産業環境管理協会：MiLCA¹³⁾③ 社団法人 産業環境管理協会：LCAデータベース¹²⁾④ 北海道大学大学院工学研究科廃棄物資源講座廃棄物処理工学分野：
都市ごみの総合管理を支援する評価計算システムの開発に関する研究¹⁸⁾⑤ 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル¹⁴⁾⑥ 下水汚泥発酵肥料の製造に関するLCA¹⁵⁾⑦ 社団法人 産業環境管理協会：JEMAI-LCA Pro¹¹⁾

5.4 焼却処理、埋立処分の設定

焼却施設までの輸送については、両システムともに同条件であると仮定して、評価対象外とした。従来システムでは、焼却され、焼却灰は埋立処分される。この埋め立て量は、使用済み紙おむつの各構成材料の量と灰分から推計する。対象としたリサイクルプラントでは、使用済み紙おむつを20t処理した場合、乾燥重量で再生パルプが3.18t、廃パルプが0.58t、廃プラスチックが1.69t回収されるため、同量を焼却処理することを想定する。パルプとプラスチックの灰分比は、H-IWM¹⁸⁾を参考に、それぞれ乾ベースで0.0742、0.0557と設定した。このデータを用いて焼却後の埋立量を推計した。前述したとおり、事業系の使用済み紙おむつの処理は一般廃棄物か産業廃棄物として焼却処分されているため、CO₂排出原単位は一般廃棄物処理を対象として焼却・埋立する場合の原単位を用いた。

5.5 石炭の代替必要量の設定

RPFを石炭で代替する際、発熱量（kcal/kg）ベースで石炭の必要量を等価換算した。今回対象としたRPF製造工場で製造されるRPFの単位発熱量は5,000kcal/kg～

6,000kcal/kgであるため、中間の5,500kcal/kgとした。この値にRPFの製造量を乗じることでRPFの総発熱量を算出した。石炭の発熱量は経済産業省の資料¹⁹⁾より25.7MJ/kgとし、単位換算を行うことによって石炭の必要量を推計した。

5.6 肥料の代替必要量の設定

低質パルプおよび脱水汚泥を単質肥料で代替する際、窒素含有量をベースに肥料の必要量を設定した。食品残渣および下水汚泥から作られた発酵肥料と化学肥料の物質構成を窒素分を比較すると、重量あたり窒素含有率で化学肥料の方が発酵肥料の場合に比べて約5～10倍多く含んでいるとされる^{20, 21)}。そこで、本研究では発酵肥料と化学肥料の窒素含有率比を1：5と仮定し、重量比で化学肥料に対してコンポストは5倍で機能を同等とした。

5.7 し尿の設定

紙おむつをリサイクルした場合、し尿は汚泥に取り込まれ土壌改良剤の原料となっている。その後、永久的に炭素が土壌中に固定されているとは考えづらく、時間とともに

大気中へ放出される。また、比較対照である焼却処理を行なう場合は、焼却時に大気中に放出される。そのため、リサイクルケースにおいても焼却ケースにおいても大気中への放出と条件が同じため、今回、し尿中の炭素分については考慮にいれていない。

5.8 パルプの設定

水溶化処理システムにより抽出される再生パルプの比較対照として、パルプを原料から製造した場合を設定している。原料由来のCO₂については、カーボンニュートラルを考慮して計算の対象外とした。

5.9 その他の温室効果ガス排出原単位の設定

リサイクルシステムでは、RPF燃料使用時にメタンと亜酸化窒素が発生し、下水污泥発酵肥料製造時にメタンが発生する。従来システムでは、使用済み紙おむつの焼却時にメタンと亜酸化窒素が発生し、埋立処分時にメタンが発生する。そこで、それらを推計し、GWP(地球温暖化係数)を用いてCO₂等価換算する。計算には、温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(環境省・経済産業省)¹⁴⁾の温室効果ガス排出原単位を用いた(表3)。また、表4に示すGWPを使用して、温室効果を等価換算した。

6. 分析結果

図4に対象としたリサイクルプラント及び比較対照のCO₂排出量算出結果とCO₂換算の温室効果ガス排出量を示す。結果から分かるように、CO₂排出量においてもCO₂換算の温室効果ガス排出量においてもリサイクルシステムの方が環境負荷は小さいことがわかった。使用済み紙おむつ1年間分を処理した結果、リサイクルプラントからは2,397t-CO₂排出されることがわかった。同じ量について従来の方法である焼却処理、埋立処分を行なった場合、3,820t-CO₂が排出されることがわかった。その結果、焼却処理、埋立処分を行なうよりも対象プラントでマテリアルリサイクルを行った方が、年間1,423tのCO₂削減効果があり、その削減率は約37%であることがわかった。リサイ

表4 温室効果ガスの温暖化係数

物質名	温暖化係数
二酸化炭素 (CO ₂)	1
メタン (CH ₄)	21
亜酸化窒素 (N ₂ O)	310

図4 LCI分析による比較結果

クルシステムと比較対照のCO₂排出量の内訳を図5と図6に示す。部分的に見てみると、リサイクルシステムにおける水溶化システムに対応するのは、比較対照では焼却処理・埋立処分である。敢えて直接比較すると、焼却処理・埋立処分のCO₂排出が約1.5倍多い。リサイクルシステムにおけるRPF(製造・燃焼)に対応するのは、比較対照における石炭燃料(採掘・燃焼)の部分である。つまり、リサイクルシステムの方の廃プラも燃焼時にCO₂を排出するが、同時に石炭と同等の仕事をすることになる。この比較では、リサイクルシステムのCO₂排出は約半分となる。なお、石炭はRPFに比べ発熱量が高く、必要重量はRPFに比べ少なくなるが、単位重量あたりのCO₂排出量はRPFに比べ石炭の方が大きいため、この両者はほぼ同量となる。比較対照におけるバージンパルプ製造工程からのCO₂排出も目立つが、これに対応するのはリサイクルシステムでは上質パルプ再資源化工程であり、後者が圧倒的に小さいことがわかる。

表3 CH₄及びN₂O排出原単位の設定

	メタン (CH ₄)	亜酸化窒素 (N ₂ O)
RPF 使用	0.00035 t-CH ₄ /t	0.00017 t-N ₂ O/t
下水污泥発酵肥料の製造 (低質パルプ、乾燥ベース)	0.136 t-CH ₄ /t	
下水污泥発酵肥料の製造 (脱水污泥、乾燥ベース)	0.133 t-CH ₄ /t	
一般廃棄物の焼却処分	0.00000095 t-CH ₄ /t	0.0000567 t-N ₂ O/t
下水污泥の埋立処分	0.133 t-CH ₄ /t

図5 水溶化処理システムのCO₂排出量の内訳 図6 従来システムのCO₂排出量の内訳

7. まとめ

本研究では、使用済み紙おむつの水溶化処理によるマテリアルリサイクルの効果を、ライフサイクルインベントリ分析を用いて評価した。これにより、現状の焼却処理に比べ、リサイクルシステムの方がCO₂排出量が少なく、その削減率は約37%であることがわかった。従来の処理方法における焼却処理から排出されるCO₂の削減や、RPF製造による石炭代替、パルプの再生利用によるバージンパルプ製造工程の代替等によるCO₂削減量が多いため、リサイクルシステムを構築することにより、CO₂排出量の削減に大きく貢献するものと考えられる。

循環型社会の構築に貢献するためにも、使用済み紙おむつのリサイクルシステムを構築する意義は大きいと考えられるが、リサイクルが事業として成立し継続していくためには、事業としての採算性が重要な課題となってくる。サーマルリサイクルは衛生面の問題をクリアでき、また複合素材をそのまま処理できるというメリットがある反面、再生資源の付加価値の面でマテリアルリサイクルに劣るという側面がある。その一方で、マテリアルリサイクルは解決すべき課題は多いものの、分離選別による再生資源の高付加価値化が見込め、事業として成立する可能性が高い。事業の継続性や展開という点から考えると、使用済み紙おむつの安定的な回収システムの構築が重要といえる。使用済み紙おむつの発生場所としては、病院や介護施設、保育所に加え、一般家庭も大きく、今後重要な回収拠点となる。しかし、廃棄物処理法では一般廃棄物は自区内処理が原則とされており、自治体の枠を超えての処理は困難を伴うのが現状である。環境負荷・影響の削減効果とともに、

事業の継続性という面から、紙おむつリサイクルの広域化の効果を評価することが今後の課題である。

謝辞

本研究は、(財)福岡県環境保全公社リサイクル総合研究センター共同研究プロジェクト「福岡発紙おむつリサイクルシステムの確立(平成20-22年度)」の支援を受けて実施した研究成果の一部である。記して謝意を表する。

(平成23年7月25日受付、平成23年12月5日採択)

参考文献

- 1) 社団法人日本衛生材料工業連合会 (2011): 日衛連 NEWS No.72, 2-3
- 2) 社団法人日本衛生材料工業連合会 (2001): 日衛連 NEWS No.36, 6
- 3) 社団法人日本衛生材料工業連合会 (2007): 日衛連 NEWS No.58, 6
- 4) 高月紘 (1991): 廃棄物学会誌, 2(2), 143-148
- 5) 安井至 (1999-2005): 社会的受容性獲得のための情報伝達技術の開発, 275-279
- 6) Vizcarra, A.T., Lo K.V., Liao P.H. (1994): Environmental Toxicology and Chemistry, 13 (10), 1707-1716
- 7) Environment Agency (2005): Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Nappies in the UK, 12-129
- 8) Sakurai, T., Matsumoto T., Matsufuji Y. (2006): Proc. of 7th International Conference on EcoBalance,

Tsukuba, 687-690

- 9) 福岡県大木町役場 (2011): 広報おおき, 366, 2-3
- 10) 日本建築学会, LCAデータベース1995年産業連関分析
データ版, Ver.3.1, 2006-3-17
- 11) 独立行政法人 産業技術総合研究所, 社団法人 産業環境
管理協会, JEMAI-LCA Pro, オプションデータパック,
東京, 社団法人 産業環境管理協会, 2006-4-24
- 12) 社団法人 産業環境管理協会, JLCA-LCAデータベース
- インパクト評価用データベース, 社団法人 産業環境
管理協会ホームページ, 入手先 <[http://www.jemai.
or.jp/lcaforum/](http://www.jemai.or.jp/lcaforum/)>, (参照 2011-1-8)
- 13) 社団法人 産業環境管理協会, MiLCA, 東京, 社団法人
産業環境管理協会, 2010-12-7
- 14) 環境省・経済産業省 (2010): 温室効果ガス排出量算
定・報告マニュアル, II 62-II 167
- 15) 橘隆一, 蒲原弘継, 後藤尚弘, 藤江幸一 (2008): 第3回日
本LCA学会研究発表会講演要旨集, 名古屋, 26-27
- 16) 経済産業省・国土交通省, 物流分野のCO₂排出量に関
する算定方法ガイドライン, 経済産業省資源エネル
ギー庁ホームページ, 入手先 <[http://www.enecho.
meti.go.jp/policy/images/060518pamph.pdf](http://www.enecho.
meti.go.jp/policy/images/060518pamph.pdf)>, (参照
2011-1-11)
- 17) ナビタイムジャパン, NAVITIMEナビゲーション総合
サイト (車ルート検索), NAVITIMEナビゲーション
総合サイトホームページ, 入手先 <[http://www.navi-
time.co.jp/](http://www.navi-
time.co.jp/)>, (参照 2010-12-28)
- 18) 北海道大学大学院工学研究科 廃棄物資源工学講座廃
棄物処理工学分野 (1998): 都市ごみの総合管理を支援
する評価計算システムの開発に関する研究, 26
- 19) 経済産業省資源エネルギー庁, 2005年度以降適用する
標準発熱量の検討結果と改定値について, 経済産業省
資源エネルギー庁ホームページ, 入手先 <[http://
www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/
resource/pdf/070601.pdf](http://
www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/jukyu/
resource/pdf/070601.pdf)>, (参照 2011-1-11)
- 20) 社団法人 日本下水道協会 (1991): 下水汚泥処理総合計
画策定マニュアル, 132-134
- 21) 肥料協会新聞部 (2008): 肥料年鑑, 214-248