特集「ケーススタディ」

研究論文(Research Article)

JAS法に準拠した加工食品成分表示データに基づく
ライフサイクル評価手法の検討小柳津 新一^{1,*}・棚田 正三¹・田原 聖隆²Study on a Method for the Life Cycle Assessment Based on Items of a Label of the Ingredients
of the Product Following JAS (Japanese Agricultural Standard) in Processed Food ProductsShinichi OYAIZU^{1,*}, Shohzoh TANADA¹ and Kiyotaka TAHARA²

Synopsis:

Objective. To validate effectiveness of a simplified calculation method of CO₂ emission at a raw materials procurement stage using raw materials indication on the label of processed food which is obligated by JAS (Japanese Agricultural Standard) and also using secondary data covering domestic products. The validation aims to promote assessment of products environmental load and environmental influence by calculating CO₂ emission (LC-CO₂) through the total life cycle in the processed food manufacturing industry.

Materials and Methods. On two frozen processed foods, frozen pork cutlet and frozen grilled rice ball, the inventory data (primary data) of raw materials are developed based on items of raw material indication following JAS. The primary data is connected to the unit requirement of CO₂ emission (called “IDEA unit requirement” hereafter) compiled in LCA inventory database IDEA (Inventory Database for Environmental Analysis), and CO₂ emission in the procurement stage of food raw materials excluding packaging material and transportation process is calculated. (We will call the above method as “JAS raw materials indication application method” hereafter.) At the same time, more detail raw materials inventory is developed based on product recipe used for product producing as an ideal calculation model based on primary data, then the same calculation as described above is done (called “the Recipe application method” hereafter), and quantitative assessment is done on analysis precision of “JAS raw materials indication application method” by comparing calculated value of the both method. Additionally, qualitative comparison is done throughout the total life cycle. In conjunction with these activities, the conformance of the above raw material inventory and the IDEA unit requirement is analyzed by each inventory items, and the ratio of matching cases where IDEA unit requirement and the inventory item matches is compared between “JAS raw materials indication application method” and “the Recipe application method”.

Results and Discussion. Raw material sourced CO₂ emission calculated by “JAS raw materials indication application method” is 0.714kg CO₂/kg-product for frozen grilled rice ball and 2.86kg CO₂/kg-product for pork cutlet. On the other hand, the calculated value by “the Recipe application method” is 0.697kg CO₂/kg-product for frozen grilled rice ball and 2.85kg CO₂/kg-product for pork cutlet. Which means the calculated value by “JAS raw materials indication application method” is higher than the one by “the Recipe application method”, 2.5% higher for frozen grilled rice ball and 0.3% higher for frozen pork cutlet respectively. Similarly, on CO₂ emission throughout total life cycle, the values calculated by “JAS raw materials indication application method” are 2.44kg CO₂/kg-product for frozen grilled rice ball and 5.53kg CO₂/kg-product for pork cutlet, and the values calculated by “the Recipe application method” are 2.42kg CO₂/kg-product for frozen grilled rice ball and 5.52kg CO₂/kg-product for pork cutlet, indicating the values calculated by “JAS raw materials indication

1 株式会社ニチレイ 技術戦略企画部／〒104-8402 東京都中央区築地 6-19-20 ニチレイ東銀座ビル

2 独立行政法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会とLCA研究グループ／〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1

1 Technology & Environment Planning, Nichirei Corporation / Nichirei Higashi-ginza Building, 6-19-20 Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo 104-8402

2 Research Institute of Science for Safety and Sustainability, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology / 16-1 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8569

* 連絡先 (Corresponding author), oyaizus@nichirei.co.jp

application method” are higher than the one by “the Recipe application method”, 0.7% higher for frozen grilled rice ball and 0.1% higher for frozen pork cutlet respectively, thus the influence of method selection on the results was restrictive. On the ratio of number of matching items in product where item names in the raw material inventory and the ones in IDEA unit requirement matches, there were no significant difference between both method for both frozen grilled rice ball and frozen pork cutlet, indicating the influence on analysis precision was small, that leads to conclusion that “JAS raw materials indication application method” provides sufficient precision for the purpose of assessment on environmental loads and environmental influence by LCA calculation in processed food industry.

Conclusions. It has been indicated that the calculation method of raw material sourced CO₂ emission based on “JAS raw materials indication application method” can be a useful tool in areas like application and promotion of environmental influence assessment using LCA in processed food industry, because activity data and background data for raw materials of processed food needed for calculation are easily prepared. It is expected that the usability of this method become higher according to the further progress of preparation of IDEA unit requirement.

Keywords: IDEA; Japanese agricultural standard (JAS); practical calculation method; processed food; raw materials procurement stage

1. 諸言

自動車・電気・化学など多くの製造業種において、製品の環境負荷のライフサイクルを通じた定量的な評価が広く実施されている^{1,3)}。消費者の環境意識の啓発の手段として、ライフサイクル全体のCO₂排出量 (LC-CO₂) の製品への表示が行われている⁴⁾。また、企業活動における製品製造工程の環境負荷低減の改善指標として⁵⁾、あるいは原材料由来の環境負荷の数値化による製品設計改善指標として⁶⁾、LC-CO₂は活用されている。環境経営指標としての企業活動に伴うCO₂排出量の可視化と情報の公開、いわゆるカーボンディスクロージャーは、企業の社会的責任として必須となりつつあり、この観点からもLC-CO₂の算出は重要性を増している。加工食品製造業においても、LC-CO₂の算出および活用は、CO₂排出量の効率的な削減や、一般消費者への環境負荷・環境影響の効果的な情報供与の手段として重要である。食品製造業で排出されるCO₂排出量は国内全産業のおよそ3.2%に相当する⁷⁾。食品に関わる全ての事業者の責務として、これらのCO₂排出量を継続的に削減していかなければならない。近年、加工食品製造事業者を中心として、LC-CO₂の算出と活用が試みられてきたが⁸⁻¹³⁾、広く普及するに至っていない。その原因として、加工食品原材料の品目数の膨大さとサプライチェーンの複雑さがあり、原材料調達段階のCO₂排出量データ取得の困難さが挙げられる。加えて、加工食品には、飲料・惣菜・デザート・スナック菓子等々、多種多様な製品群があり、その原材料もイモ・肉・魚・野菜などの主原料から調味料・香料・乳化剤などの微量原料、あるいは加工助剤など多様である。味噌や醤油など2種類以上の原材料から製造された加工食品 (JAS法の定義に従い、以下「複合原材料」と称する)

を原材料として用いる場合、そのCO₂排出量を一次データから算出するには、その原材料の配合や製造プロセスの開示を供給事業者に求める必要がある。しかし、これらの配合・製法は営業上の秘密事項として開示を受けられない事が多い¹⁴⁾。このような場合は、供給事業者に当該複合原材料のCO₂排出量データの開示を求める事となる。しかしながら、複合原材料の原材料として更に複合原材料が用いられている事も珍しくなく、複合原材料の供給事業者も自社データのみでは算出が出来ず、結果としてデータ提供を受けられないという事例も多い。このように、加工食品の原材料供給が複数の事業者の階層的なサプライチェーンに依存している事も、原材料調達段階の一次データに基づくCO₂排出量算出の実務上の大きな障害となっている。

一次データに基づき製品原材料のCO₂排出量を求めるには、実務上は、製品製造時の詳細な原材料情報が記載された「製品配合表」(名称は各社により異なる)が活用できる。「製品配合表」は、製品製造管理だけでなく、品質・トレーサビリティ管理に用いられるため、データ対象は、一次原材料のみならず、二次・三次原材料にまで及び、各原材料の基本情報 (食品原材料および加工助剤の名称と投入量及び規格、原産国等)が記載されている。よって、「製品配合表」の活用により、プロセス別に投入されている物質、材料をそれぞれのプロセスごとにデータを収集・計算することが可能である (この「製品配合表」を利用した、インベントリ算出法を以後、「配合表活用法」と称し、当法における活動量データを以後「配合表データ」と称する)。原材料調達段階に高い精度の算出が要求される場合には、一次データの積上げ計算が必要となる。しかしながら、加工食品においては上述の如く、一次データの完全な収集は

事実上難しく、対象当該製品のプロセスでの原材料のCO₂排出量は二次データを用い算出することが実務的な状況である。しかしながら、二次データによる算出においても、実務上の課題が存在している。

課題の1点目は原材料開示の問題である。製品のLC-CO₂を算定する製造事業者にとって、算定対象となる自社製品の詳細な原材料や製造プロセスは営業上の秘密事項であって開示は望ましくない。しかし、計算の過程を非開示としてLC-CO₂の数値のみを公表した場合は、第三者による検証が実施できず、透明性・信頼性は大きく欠如してしまう。そこで全ての加工食品製造事業者が製品の製造・販売する上で社内にて保有し比較的開示可能なデータとして、JAS法で義務づけられた加工食品の原材料表示を作成するためのデータとCO₂排出量原単位を接続^{脚注1)}させて算出する方法（以下、それぞれ「JAS法データ」、「JAS原材料表示活用法」と称する）に着眼した。JAS法に定めるところでは、加工食品の製造販売を行う際には、使用した原材料をその最も一般的な名称をもって、含有する重量が多い順に、包装又は容器に記載・表示しなくてはならない¹⁵⁾。即ち、全ての加工食品製造事業者は、この法令に基づく「表示」を作成するために、製造販売する製品について一般名称による原材料リストと各成分の重量比率、すなわち「JAS法データ」を、製品の販売時に作成・保有している。よって、この方法の適用により、算定プロセス開示による社内の秘密情報漏えいのリスクを回避することができる。

課題の2点目は原材料データベースの網羅性の問題である。日本国内における農水産分野や食品分野に関するCO₂排出量原単位の整備は他分野に比べ後発のため、加工食品原材料に関する情報は他の分野に比べ少なく、実際に加工食品の原材料由来のCO₂排出量を求める際にデータベースに収載されていない項目が散見された。本検討では、独立行政法人産業技術総合研究所と一般社団法人産業環境管理協会が共同で開発したインベントリデータベースIDEA (Inventory Database for Environmental Analysis)¹⁶⁻¹⁸⁾に収載されているCO₂排出量原単位（以下、IDEA原単位と称する）を使用した。IDEA原単位は日本標準商品分類¹⁹⁾および工業統計調査用商品分類²⁰⁾に準拠した階層データ構造を有しており、全ての食品原料を網羅し、任意の食品原材料は、必ず本データベースのいずれかの階層のいずれかの項目への接続が可能のため¹⁸⁾、原単位データベースの網羅性の問題も回避できる。

「製品配合表」には、前述の通り、製品製造に関わる機密情報が記載されており、「JAS法データ」に比べるとより実態に則した算定結果が得られるが、「JAS法データ」は、全ての加工食品事業者が法律を遵守するために必ず所有し

ているデータであり、既に材料名は製品に表示されているので、「JAS原材料表示活用法」はデータ入手が容易で比較的秘匿性が低く運用しやすい。

しかしながら、両者の算定結果の精度に関する報告はなく、「JAS原材料表示活用法」の算定結果および算定プロセスの妥当性は明らかにされていない。「JAS原材料表示活用法」がLCA算出の目的、すなわち工程中の排出量の把握と、それに基づく工程改善、あるいは消費者に対する環境情報開示等の目的に対して必要十分な精度を有するならば、上記の算定に関する各種課題が解決され、また簡便かつ妥当な結果を得ることができるため、全ての加工食品製造事業者は、直ちに全製品のLC-CO₂の算出と開示が可能になると期待される。

本検討では、「JAS法データ」のLCA算出における有効性の検証を目的として、市販の調理冷凍食品をモデル製品とし、「JAS原材料表示活用法」と「配合表活用法」のCO₂排出量を一例として算出結果を比較考察するとともに、「JAS原材料表示活用法」から得られる一般的な一次データと現状のインベントリデータベースとの適合性の定性的な分析の観点からも「JAS原材料表示活用法」の有効性を検証する事とした。

2. 方法

モデル食品として市販の調理冷凍食品2品（株式会社ニチレイフーズ製の冷凍とんかつ、および冷凍おにぎり）を選択し、図1に示すシステム境界の範囲内でLC-CO₂を算出した。このうち、網掛け範囲で図示される原料食材の製造プロセスについては、「JAS原材料表示活用法」および「配合表活用法」の計算結果比較を実施し、「JAS原材料表示活用法」の計算結果の精度に関する妥当性を検証した。次に、それぞれの原材料インベントリ項目に関し、接続するIDEA原単位との適合度を調べ、算定プロセスの精度に関する妥当性を検証した。また、加工食品全般のIDEA原単位との適合度を把握するため、主な調理冷凍食品10品のインベントリの接続状況を調べた。

2.1 「JAS原材料表示活用法」と「配合表活用法」による算出値の比較

2.1.1 原料食材の製造プロセス由来のCO₂排出量の算定

2.1.1.1 「JAS原材料表示活用法」に用いる「JAS法データ」の作成

モデル食品2品の原材料表示を作成する際に用いられたデータより、「JAS法データ」を作成した。

脚注1) 個々の食品素材を望ましいCO₂排出量原単位に当てはめること。いわゆる「連鎖/当てはめ」と同義。

図1 本研究におけるシステム境界および比較対象範囲
※網掛け範囲は本研究における比較対象範囲のプロセスを示す。

製造時に加えられる水は慣用的に製品に記載されないが、米飯（“米”＋“水”）などの加水量が多い加工食品ではCO₂排出量の算出結果に影響する。この製造時の加水量は、「製品配合表」から作成された原材料成分の集計データから、容易に数字を拾う事が可能であった。本検討では、蒸発等で失われる量を補正して、製品単位重量の生産時に加えられる水の量として原材料リストに加えた。JAS法で表示が免除されている、キャリーオーバー（食品原材料由来の添加物で最終製品に効果を及ぼさない原材料）や、加工助剤（製造時に添加され、かつ最終製品への残存量が少なく最終製品への影響を及ぼさない原材料）は、計算の対象外として扱った。

2.1.1.2 「配合表活用法」に用いる「配合表データ」の作成

加工食品の製造にあたって用いられる単位重量あたりの原材料を記載した「製品配合表」には、当該製品の製造に用いられる食品原材料および加工助剤の名称と投入量及び規格が記述されている。この「製品配合表」から、原材料の「配合表データ」を作成した。両製品には共に、「ミックス粉」や“調味料”のような社外から調達した複合原材料（製品名・規格を規定）が用いられていた。これら複合原材料のCO₂排出量データを供給事業者は所有していなかったため、成分情報開示を求めて可能な限りその構成成分にまで遡って「配合表データ」を作成した。しかしながら、構成成分の単純な混合では製造し得ず、製造時に無視できないCO₂排出があると判断される製品、たとえば加熱を伴う“ブイヨン”や“醤油”等の発酵調味料などについては、CO₂排出量の過小評価による計算精度の低下を招くと考えられたため、それ以上構成する原材料を遡る事はせず、

複合原材料名をIDEA原単位に接続した。

2.1.1.3 両法の活動量データの原単位データベースIDEA原単位への接続および当該プロセス由来CO₂排出量の算定

作成したインベントリのIDEA原単位への接続は、以下のルールに従った。

1. IDEA原単位に一致する名称項目が存在する場合は、その項目に接続する。
2. 名称項目が一致していなくとも、ほぼ同質と見なせる項目があればその項目に接続する。（ex. “バルサミコ酢” → 「食酢」へ接続）
3. 同質と見なせる項目がない場合には、IDEA原単位の同じ分類中の「その他の…」項目に接続する。（ex. “かつお削りぶし” → 「その他の水産食料品」へ接続）
4. 同質と見なせる項目がなく、更に「その他の…」項目が同じ分類中になく、その成分が属する上位概念の項目の中から、最も妥当と判断される項目に接続する。（ex. “すだち” → 「かんきつ類果実」へ接続）
5. IDEA原単位に同一項目に対して複数の異なる単位ベースの原単位が存在する場合、接続は重量単位、容積単位、価格単位の順に優先して行う。

原料食材の製造プロセス由来のCO₂排出量は、インベントリ項目の製品1kgあたりの重量と接続したIDEA原単位を乗じたものを積算して算出した。容積単位や価格単位の原単位は、比重・売価により単位換算した。比重は食材の比重が掲載された計量器メーカーのホームページ²¹⁾のデータを引用した。売価は関連書籍²²⁻²³⁾やインターネットの価格比較サイト²⁴⁾のデータを使用した。

2.1.2 LC-CO₂の算定

製品のLC-CO₂の算定は、弊社の製品のLC-CO₂の算定ルール（表1）^{16, 25-41)}に則った。一次データには、エネルギー使用量、水使用量、包材の材質や使用量、製品輸送時の拠点間距離、製品の輸配送重量などのデータを収集し、これらに適切なCO₂排出量原単位^{16, 25, 29)}を乗じ、各プロセスのCO₂排出量を算定した。一次データ入手が困難だったプロセス（原材料輸送 / 顧客の自宅・店舗間の移動 / 家庭保管 / 家庭調理 / 廃棄物の輸送・処理）は、算定シナリオを設定した。

原料包材の製造プロセスのCO₂排出量は、製品の単位重量あたりの包材重量に包材素材あるいは包材製品の原単位を乗じ求めた。生産段階については、製造工場全体のエネルギー使用量や排水量を、使用機器の定格電力、製造ラインの年間生産量、対象製品の年間生産量をもとに製造ライン別、製品別に配分し算出した。製品の輸送プロセスについては、各物流拠点間の単位輸送物量あたりのCO₂排出量を、拠点間距離や輸送手段を元に予め地域別に算出し、これに対象製品の地域別の年間配送物量を乗じ積算して算出した。製品の保管プロセスについては、

表1 本検討における製品のライフサイクルCO₂の算定方法概要

ライフサイクル段階	プロセス		算定方法	算定に必要なデータ	原単位種類	出典
原材料調達段階	原料製造	原材料（食材）の製造	本稿2.1.1.3記載の方法に準拠。	・原材料名 ・配合重量	IDEA 原単位	16)
		原材料（包材）の製造	単位製品あたりの包材重量に包材素材の原単位を乗じて算出。	・包材の材質 ・包材重量	*CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25)
	原料輸送	原材料（食材）の輸送	シナリオ（一律・500km・10トントラック（常温））	なし	IDEA 原単位	16), 26), 27), 28)
		原材料（包材）の輸送	シナリオ（一律・500km・10トントラック（常温））	・包材重量	IDEA 原単位	16), 26), 27), 28)
生産段階	製品製造	製品の製造（原料荷受保管～加工・包装、出荷）	工場全体のエネルギー使用量を製造ライン使用定格電力・ライン年間生産量・製品年間生産量にて比例配分。	・工場エネルギー使用量 ・製品年間生産量（ライン年間生産量）（ライン別エネ配賦率）	CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25)
流通段階	製品輸送	製品の輸送	輸送手段、拠点間距離、燃料種類を予め調べ、それぞれの拠点間のCO ₂ 排出量の固定値を与え、当該製品のエリア別の年間配送量の比率を加重平均して算出。	・製造工場名 ・製品の各物流エリアへの年間配送物量（全製品の年間配送物量）	改正トンキロ法エネルギー消費原単位	29)
	製品保管	製品の保管	倉庫全体の年間CO ₂ 排出量を、1日あたりの設備能力および保管日数を乗じて算出。	・のべ保管ケース数 ・保管日数	改正トンキロ法エネルギー消費原単位	29)
消費・維持段階	店舗販売	小売店舗での陳列・保管	製品売価に、スーパーマーケット販売時の原単位を乗じて算出。	・製品売価	IDEA 原単位	16), 30)
	廃輸送資材廃棄	廃輸送資材の輸送	シナリオ(50km・2トントラック(常温))、**水産加工食品PCR (PA-CM-01) 記載の方法に準拠。	・段ボール重量 ・段ボールあたり製品重量	IDEA 原単位	16), 31)
		廃輸送資材の処理	段ボールの処理を想定・シナリオ（焼却処理96％、リサイクル4％（焼却時プロセスは考慮無））、紙製容器包装（中間財）PCR記載の方法に準拠。		CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25), 32)
	移動	店舗から自宅までの移動	シナリオ（小売店までの距離、車の保有の有無を元に4群に分け、4群毎のCO ₂ 排出量を算出。世帯率をもとに4群の数字を合算して算出。）	なし	IDEA 原単位	16), 33), 34), 35)
	家庭保管	家庭での製品の保管	シナリオ（30日保管、間冷式、401-450L冷凍冷蔵庫、満載率70％）	・製品容積	CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25), 28), 30), 36-40)
	家庭調理	家庭での調理	メーカー推奨調理条件（レンジ強度、個数、時間）および、1回の調理時の製品重量をもとに算出。	・レンジ強度 ・レンジ時間 ・調理あたり製品重量 ・調理あたり製品個数	CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25)
廃棄・リサイクル段階	廃棄物廃棄	廃容器包装の輸送（家庭～処理施設）	シナリオ(50km・2トントラック(常温))、水産加工食品PCR記載の方法に準拠。	・包材重量 ・包材当り製品重量	IDEA 原単位	16), 31)
		廃容器包装の処理（焼却・埋立・リサイクル前処理）	シナリオ（焼却処理92％、埋立処理3％、リサイクル処理5％）、プラスチック包装PCR(PA-BC-02) 記載の方法に準拠。		CFP-CP 基本DB ver.1.0.1	25), 32), 41)

* カーボンフットプリント・コミュニケーションプログラム基本データベース

** 商品種別算定基準（Product Category Rule）

在庫量の変動把握や、単位時間あたりの在庫量の平準化が難しいことから、当該製品が満載保管されている状態を想定し、保管拠点の収容能力および保管日数を元に、保管拠点の年間CO₂排出量を配分し算出した。製品販売プロセスについては、製品売価に価格あたりの販売時の原単位¹⁶⁾を乗じ算出した。市販用の調理冷凍食品の販売の9割はスーパーマーケットが占めること³⁰⁾から、原単位はIDEA原単位の「総合スーパーでの販売」を用いた。調理冷凍食品では、希望小売価格は存在しないため、製品売価は、企業調査より入手したスーパーマーケットにおける販売価格データの2009年の年次平均データ（拡大推計値、税込）を使用した。

各プロセスの算定シナリオの設定内容を以下に示す。原料輸送プロセスのシナリオは、既出の加工食品PCRにある輸送シナリオ²⁷⁾に準拠した。品目別自給率の対象となる品目の約7割が自給率50%以上であることから²⁸⁾、国内輸送（陸運のみ）を想定した一律条件（500km、10トントラック（常温））とした。顧客の自宅から店舗までの移動時のシナリオは、小売店までの距離³³⁾や車保有^{34, 35)}の有無を元に顧客を①500m以上、車保有②500m未満、車保有③500m以上、車非保有④500m未満、車非保有の4群に分類し、各群のCO₂排出量を求め、人口構成比³³⁾より加重平均して算出した。家庭保管時のシナリオは、冷凍食品の使い切りまでの期間に関するアンケート調査結果³⁰⁾より保管期間を30日とし、冷凍冷蔵庫の年間電気使用量を調整内容積⁴⁰⁾と冷凍庫内に占める製品の容積を元に配分し算出した。なお、近年の家電製品における省エネ性能向上を見込み、新旧の冷蔵冷凍庫の各々の年間消費電力量を平均し、当該電気使用量とした。冷蔵冷凍庫の買替えサイクルが10年程度³⁸⁾であることから、旧機・新機のデータとして、それぞれ2001・2010年の数値³⁷⁾を使用した。家庭調理時の消費電力量は、製品パッケージに記載された電子レンジによる調理時間（レンジ時間）、出力（レンジ強度）を基に求めた。また、廃棄物の輸送・処理時のシナリオは、容器包装PCRにおける廃棄・リサイクルシナリオ^{32, 41)}の条件に従った。

2.2 食品原材料とIDEA原単位間の接続の定性分析

二次データを用いた原材料段階のCO₂排出量の算定結果の精度は、原単位データベースが網羅性を有する場合には、原材料の活動量データと原単位との適合度に依存する。インベントリデータベースIDEAのデータは、我が国で取り扱われる全ての食品原材料を網羅しており、いずれかの階層への接続が可能である¹⁸⁾。そこで、「JAS原材料表示活用法」および「配合表活用法」で使用した活動量データ（「JAS法データ」および「配合表データ」）とIDEA原単位との間の接続の適合度に関する分析を試み、その本検討結果への影響について考察を行った。

前項の比較検討に使用した冷凍おにぎり、冷凍とんかつを対象とした。1製品中の原材料項目それぞれに対し、活動量データとIDEA原単位の適合度を以下の3パターン（1.完全な品目名の一致による接続（適合）、2. IDEA原単位がより粗く、IDEA原単位の上位階層へ接続（適合度低）、3. 活動量データの原材料項目がより粗く、IDEA原単位の下位階層へ接続（適合度低））に場合分けし、適合した1.のパターンの項目の1製品中の項目数の割合を二つの計算方法間で比較し、原材料項目の接続内容の質に関する解析を行った。また、現時点での加工食品原材料とIDEA原単位の接続状態を把握するため、主な冷凍食品（株式会社ニチレイフーズ製の冷凍おにぎり、冷凍とんかつ、冷凍今川焼、冷凍炒飯2品、冷凍コロッケ、冷凍メンチカツ、冷凍焼売、冷凍菓子デザート、冷凍グラタン）10品目に使用された表示原材料101項目をリストアップし、IDEA原単位と接続後、上記と同様に分析した。

3. 結果および考察

3.1 「JAS原材料表示活用法」と「配合表活用法」による算出値の比較

「配合表活用法」と「JAS原材料表示活用法」に基づく原材料調達段階・食材製造プロセスにおけるCO₂排出量のインベントリ結果を表2および表3に示し、ライフサイクル段階別およびプロセス別にまとめた結果を図2および図3に示した。1製品中のインベントリの項目数とIDEA原単位の重複を除くデータ種類の数は、いずれも「配合表活用法」に対して「JAS原材料表示活用法」で少なくなり、冷凍おにぎりでは24項目16種類から19項目14種類に、冷凍とんかつでは40項目19種類から21項目13種類に減少した。「JAS原材料表示活用法」に基づく原料食材の製造プロセスのCO₂排出量は、冷凍おにぎり、冷凍とんかつでそれぞれ0.714, 2.86 kgCO₂/kg製品、「配合表活用法」に基づく計算値は、0.697, 2.85 kgCO₂/kg製品となり、冷凍おにぎり、冷凍とんかつともに、「JAS原材料表示活用法」が大きく、「配合表活用法」に対し冷凍おにぎりでは2.5%、冷凍とんかつで0.3%高値を示した（表4）。またライフサイクル全体については、「JAS原材料表示活用法」に基づく計算値が2.44, 5.53 kgCO₂/kg製品、「配合表活用法」に基づく計算値が2.42, 5.52 kgCO₂/kg製品となり、冷凍おにぎりでは0.7%、冷凍とんかつで0.1%高値となった。

冷凍おにぎりは、平均的な米飯の水分率を使用したことにより配合表との米飯の含水率の違いの結果生じた差と考えられた。一方、冷凍とんかつは、算定に使用したインベントリ項目の違いの結果生じた差と考えられた。具体的に

表2 JAS原材料表示活用法に基づいた、冷凍食品2品におけるインベントリ項目および原材料段階・食材製造プロセス由来のCO₂排出量

冷凍おにぎりのインベントリデータ				冷凍とんかつのインベントリデータ			
インベントリ項目	IDEA原単位		各食材の製造時CO ₂ 排出量	インベントリ項目	IDEA原単位		各食材の製造時CO ₂ 排出量
	CO ₂ 排出係数				CO ₂ 排出係数		
	unit	kg-CO ₂ /unit	kg-CO ₂ /kg-product		unit	kg-CO ₂ /unit	kg-CO ₂ /kg-product
米	kg	1.56	6.53 × 10 ⁻¹	豚肉	kg	5.49	1.71
水	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	1.35 × 10 ⁻⁴	豚脂	kg	2.74 × 10 ⁻¹	1.83 × 10 ⁻²
しょうゆ	L	6.52 × 10 ⁻¹	1.31 × 10 ⁻²	植物性たん白質	円	4.61 × 10 ⁻³	2.62 × 10 ⁻²
粉末しょうゆ	kg	2.99	2.17 × 10 ⁻²	パン粉	円	4.61 × 10 ⁻³	4.22 × 10 ⁻¹
食塩	kg	8.77 × 10 ⁻¹	5.24 × 10 ⁻³	でん粉	kg	8.97 × 10 ⁻¹	7.44 × 10 ⁻³
(糖類)				ポークエキス	kg	1.80	1.50 × 10 ⁻²
砂糖	kg	1.22	5.89 × 10 ⁻³	粉末卵白	kg	9.35	7.48 × 10 ⁻²
果糖ぶどう糖液糖	kg	1.37	1.23 × 10 ⁻³	しょうゆ	L	7.49 × 10 ⁻¹	4.16 × 10 ⁻³
でん粉	kg	8.97 × 10 ⁻¹	1.33 × 10 ⁻³	砂糖	kg	1.22	7.13 × 10 ⁻³
酵母エキスパウダー	kg	1.80	2.09 × 10 ⁻³	食塩	kg	8.77 × 10 ⁻¹	4.09 × 10 ⁻³
植物油	kg	2.65	2.76 × 10 ⁻³	卵殻粉	kg	9.35	2.49 × 10 ⁻²
かつお削りぶし	kg	4.61	3.33 × 10 ⁻³	香辛料	kg	2.11	3.17 × 10 ⁻³
発酵調味料	kg	1.80	9.22 × 10 ⁻⁴	植物油	kg	2.65	1.86 × 10 ⁻¹
ほたて貝エキスパウダー	kg	1.80	3.23 × 10 ⁻⁴	でん粉	kg	8.97 × 10 ⁻¹	9.45 × 10 ⁻³
かつおぶしパウダー	kg	4.61	6.39 × 10 ⁻⁴	粉末卵白	kg	9.35	2.36 × 10 ⁻²
こんぶパウダー	kg	4.61	6.39 × 10 ⁻⁴	コーンフラワー	kg	2.27	3.26 × 10 ⁻³
酢	L	3.31 × 10 ⁻¹	4.51 × 10 ⁻⁵	食塩	kg	8.77 × 10 ⁻¹	5.00 × 10 ⁻⁵
ゼラチン	kg	9.35	6.38 × 10 ⁻⁴	菜種油	kg	2.65	2.91 × 10 ⁻¹
(増粘剤)				加工でん粉	円	4.61 × 10 ⁻³	2.27 × 10 ⁻²
加工でん粉	円	4.61 × 10 ⁻³	2.13 × 10 ⁻⁴	増粘剤（キサンタンガム）	円	4.61 × 10 ⁻³	5.39 × 10 ⁻³
キサンタンガム	円	4.61 × 10 ⁻³	1.05 × 10 ⁻³	水	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	3.76 × 10 ⁻⁵
冷凍おにぎりの食材製造プロセス由来のCO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg-product)			7.14 × 10 ⁻¹	冷凍とんかつの食材製造プロセス由来CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg-product)			2.86

は、でんぷんの接続に起因するもので、「JAS原材料表示活用法」では加工でんぷん（「その他の加工食品」に接続）としか把握できないが、「配合表活用法」では、加工でんぷんが「でんぷん」と「加工でんぷん」に分けて把握できる。両法の差は、「でんぷん」と「その他の加工食品」の原単位の差と考えられる。

上述の通り、冷凍おにぎり・冷凍とんかつにおける、両法にて算出されたCO₂排出量の差異はともに原材料調達段階で3%以下となり、ライフサイクル全体ではさらに小さくなった。この差は、通常のLCA分析結果の誤差に比べても大きくないと考えられる。以上のことから、本算出の目的を果たすには十分な精度を有し、有用な方法であることが示唆された。なお、原材料調達先の変更によるCO₂削減効果を定量する場合や、異なる製品間で数値を比較する用途には本法の適用は向かず、より詳細なインベントリ分析が必要である。

3.2 食品原材料とIDEA原単位間の接続の定性分析

冷凍おにぎり、冷凍とんかつにおける原材料の活動量データと接続したIDEA原単位の適合度に対する分析結果について表5に示した。活動量データとIDEA原単位の完全な品目名が一致し、両者が適合した事例は冷凍おにぎり、冷凍とんかつともに約5～6割となり、残り4割強は適合度が低い事例であった。適合度の低い事例のほとんどが活動量データに対応する収載項目がIDEA原単位で不足する

ことにより、IDEA原単位の上位分類項目あるいは類似項目へ接続した事例であった。「JAS原材料表示活用法」と「配合表活用法」との間にこれら項目数に関する差の傾向は二つのアイテムでは認められなかった（表5）。このように、本検討における「JAS原材料表示活用法」と「配合表活用法」によるIDEA原単位との接続の適合度には大きな差異を認めず、また適合度の低い事例の多くがIDEA原単位側の粗さに起因することが明らかとなった。

また、調理冷凍食品10品目を対象とした「JAS原材料表示活用法」における「JAS法データ」とIDEA原単位との適合度の解析結果について、表6に示した。「JAS法データ」とIDEA原単位が適合した事例は37例（36.6%）、適合度が低い事例は残り64例（63.4%）であった。上記の二つのアイテムの傾向と同様、適合度が低い事例の多くがIDEA側の粗さに起因する事例であった。以上のことから、「JAS原材料表示活用法」において、現状のIDEA原単位をCO₂排出量原単位として使用した場合、「JAS法データ」の詳細度で現状最善の精度を有していることが示唆された。言い換えれば、「配合表活用法」により詳細なデータを整備しても、それに接続するIDEAデータが整備されていないことに起因することが明らかになった。今後は、多種多様な加工食品に対応してLC-CO₂の算出精度をより高めていくために、更にIDEA原単位の整備を進め食品原材料との接続の質を高めてゆく事が望まれる。

他方、JAS法準拠表示の品目名が具体性に欠けている事

によってIDEA原単位の具体的品目と接続出来なかった事例も、101項目中8例(7.9%)存在した。JAS法の例外的な区分規定では、複合原材料が対象となる原材料に占める重量の割合が5%未満である場合、又は複合原材料の名称からその原材料が明らかである場合は、当該複合原材料の記載の省略を認めるとされている。8例はこの区分規定のケースに該当する。そもそもJAS法の規定では、加工食品の原材料を「その最も一般的な名称で表記する事」となっており、名称の選択を製造事業者の裁量に委ねている部分がある。

また、前述の如く例外区分規定の対象品目では具体性の低い品目名での記載が許容されている。従って、JAS法準拠表示から作成したインベントリにこれら具体性に欠ける品目名が存在する事例は、一定の頻度で発生すると推測される。しかしながら、本解析においてこれら例外的な区分規定に該当する原材料が製品に占める重量割合の平均値は $0.26 \pm 0.33\%$ であったことから、これらの成分がLC-CO₂の結果に影響することはほとんど無いと考えられる。

表3 配合表活用法に基づいた、冷凍食品2品におけるインベントリ項目および原材料段階・食材製造プロセス由来のCO₂排出量

冷凍おにぎりのインベントリデータ			
インベントリ項目	IDEA 原単位データ		各食材の製造時 CO ₂ 排出量
	CO ₂ 排出係数		
	unit	kg-CO ₂ /unit	kg-CO ₂ /kg-product
米	kg	1.56	6.36 × 10 ⁻¹
水	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	1.32 × 10 ⁻⁴
植物油	kg	2.65	2.75 × 10 ⁻³
調味液 A（複合原材料）			
原材料-1(調味液 A)	kg	8.77 × 10 ⁻¹	5.24 × 10 ⁻³
原材料-2(調味液 A)	kg	2.99	2.13 × 10 ⁻²
原材料-3(調味液 A)	kg	1.22	5.89 × 10 ⁻³
原材料-4(調味液 A)	kg	1.80	1.25 × 10 ⁻³
原材料-5(調味液 A)	kg	4.61	6.40 × 10 ⁻⁴
原材料-6(調味液 A)	kg	1.47	2.04 × 10 ⁻⁴
原材料-7(調味液 A)	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	5.71 × 10 ⁻⁶
でんぶん	kg	8.97 × 10 ⁻¹	1.33 × 10 ⁻³
かつおぶし	kg	4.61	3.33 × 10 ⁻³
調味液 B（複合原材料）			
原材料-1(調味液 B)	L	6.52 × 10 ⁻¹	1.31 × 10 ⁻²
原材料-2(調味液 B)	kg	1.37	1.23 × 10 ⁻³
原材料-3(調味液 B)	kg	1.56	8.41 × 10 ⁻⁴
原材料-4(調味液 B)	kg	1.80	9.70 × 10 ⁻⁴
原材料-5(調味液 B)	kg	1.80	8.47 × 10 ⁻⁴
原材料-6(調味液 B)	kg	1.80	3.23 × 10 ⁻⁴
原材料-7(調味液 B)	L	3.31 × 10 ⁻¹	4.51 × 10 ⁻⁵
原材料-8(調味液 B)	kg	2.99	3.34 × 10 ⁻⁴
原材料-9(調味液 B)	kg	9.35	6.37 × 10 ⁻⁴
原材料-10(調味液 B)	kg	2.65	7.23 × 10 ⁻⁶
原材料-11(調味液 B)	円	4.61 × 10 ⁻³	3.01 × 10 ⁻⁴
原材料-12(調味液 B)	円	4.61 × 10 ⁻³	1.60 × 10 ⁻⁴
冷凍おにぎりの食材製造プロセス由来CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg-product)			6.97 × 10 ⁻¹

冷凍とんかつのインベントリデータ			
インベントリ項目	IDEA 原単位データ		各食材の製造時 CO ₂ 排出量
	CO ₂ 排出係数		
	unit	kg-CO ₂ /unit	kg-CO ₂ /kg-product
豚肉	kg	5.49	1.71
水	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	3.76 × 10 ⁻⁵
卵殻粉	kg	9.35	2.49 × 10 ⁻²
粉末卵白	kg	9.35	9.84 × 10 ⁻²
食塩	kg	8.77 × 10 ⁻¹	4.14 × 10 ⁻³
植物性たん白質（複合原材料）			
原材料-1(植物性たん白質)	円	4.61 × 10 ⁻³	2.57 × 10 ⁻²
原材料-2(植物性たん白質)	kg	2.12	2.91 × 10 ⁻⁴
原材料-3(植物性たん白質)	kg	2.37	1.77 × 10 ⁻⁴
原材料-4(植物性たん白質)	kg	5.13 × 10 ⁻¹	1.28 × 10 ⁻⁵
砂糖	kg	1.22	7.13 × 10 ⁻³
香辛料	kg	2.11	3.17 × 10 ⁻³
でんぶん	kg	8.97 × 10 ⁻¹	1.69 × 10 ⁻²
しょうゆ	L	7.49 × 10 ⁻¹	4.16 × 10 ⁻³
ボークエキス（複合原材料）			
原材料-1(ボークエキス)	kg	1.80	5.99 × 10 ⁻³
原材料-2(ボークエキス)	kg	1.80	1.80 × 10 ⁻³
原材料-3(ボークエキス)	kg	1.80	1.77 × 10 ⁻³
原材料-4(ボークエキス)	kg	1.43	8.34 × 10 ⁻⁴
原材料-5(ボークエキス)	kg	8.77 × 10 ⁻¹	4.95 × 10 ⁻⁴
原材料-6(ボークエキス)	kg	1.80	7.78 × 10 ⁻⁴
原材料-7(ボークエキス)	kg	2.12	8.15 × 10 ⁻⁴
原材料-8(ボークエキス)	kg	1.22	3.46 × 10 ⁻⁴
原材料-9(ボークエキス)	L	6.52 × 10 ⁻¹	1.39 × 10 ⁻⁴
原材料-10(ボークエキス)	kg	2.74 × 10 ⁻¹	5.71 × 10 ⁻⁵
原材料-11(ボークエキス)	円	4.61 × 10 ⁻³	1.59 × 10 ⁻⁴
原材料-12(ボークエキス)	kg	1.80	7.63 × 10 ⁻⁵
原材料-13(ボークエキス)	kg	3.07	2.56 × 10 ⁻⁵
原材料-14(ボークエキス)	kg	2.08 × 10 ⁻⁴	3.47 × 10 ⁻⁸
豚脂	kg	2.74 × 10 ⁻¹	1.83 × 10 ⁻²
パン粉（複合原材料）			
原材料-1(パン粉)	円	4.61 × 10 ⁻³	2.74 × 10 ⁻²
原材料-2(パン粉)	kg	2.27	5.31 × 10 ⁻⁴
加工でん粉（複合原材料）			
原材料-1(加工でん粉)	円	4.61 × 10 ⁻³	1.10 × 10 ⁻²
原材料-2(加工でん粉)	kg	4.37	4.38 × 10 ⁻⁴
原材料-3(加工でん粉)	kg	3.07	3.62 × 10 ⁻⁵
キサントガム	円	4.61 × 10 ⁻³	5.39 × 10 ⁻³
パン粉	円	4.61 × 10 ⁻³	3.94 × 10 ⁻¹
でん粉（複合原材料）			
原材料-1(でん粉)	kg	8.97 × 10 ⁻¹	5.38 × 10 ⁻³
原材料-2(でん粉)	kg	3.07	3.70 × 10 ⁻⁵
原材料-3(でん粉)	kg	2.37	2.85 × 10 ⁻⁵
コーンフラワー	kg	2.27	3.26 × 10 ⁻³
揚げ油	kg	2.65	4.77 × 10 ⁻¹
冷凍とんかつの食材製造プロセス由来のCO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /kg-product)			2.85

図2 冷凍おにぎりを対象とした、JAS原材料表示活用法および配合表活用法によるLCAのインベントリ分析結果
※ 図中のパーセンテージは、LC-CO₂に対する、原材料調達段階あるいは食材製造プロセス時のCO₂排出量の占める割合を示す。

図3 冷凍とんかつを対象とした、JAS原材料表示活用法および配合表活用法によるLCAのインベントリ分析結果
※ 図中のパーセンテージは、LC-CO₂に対する、原材料調達段階あるいは食材製造プロセス時のCO₂排出量の占める割合を示す。

表4 JAS原材料表示活用法および配合表活用法における原材料CO₂排出量およびライフサイクルCO₂のインベントリ分析結果

製品種類		CO ₂ 排出量 [kg-CO ₂ /kg-product]		①/②
		①JAS原材料表示活用法	②配合表活用法	
冷凍おにぎり	(原材料調達) 食材製造時	7.14×10^{-1}	6.97×10^{-1}	1.025
	ライフサイクル全体	2.44	2.42	1.007
冷凍とんかつ	(原材料調達) 食材製造時	2.86	2.85	1.003
	ライフサイクル全体	5.53	5.52	1.001

表5 JAS原材料表示活用法および配合表活用法に基づいた冷凍おにぎりおよび冷凍とんかつを対象とした活動量データとIDEA原単位との接続の適合性に関する解析結果

事例内容		冷凍おにぎり		冷凍とんかつ	
		JAS原材料 表示活用法	配合表 活用法	JAS原材料 表示活用法	配合表 活用法
適合	完全な品目名の一致による接続	10 (52.6%)	14 (58.3%)	12 (57.1%)	19 (47.5%)
	IDEA原単位が原材料リストに対応する収載項目不足により、上位分類項目あるいは類似項目へ接続	9 (47.4%)	10 (41.7%)	9 (42.9%)	19 (47.5%)
適合度低	JAS法準拠表示の品目名の具体性欠如により、IDEA原単位の類似項目(その他の食品)へ接続	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (5.0%)
	合計	19 (100%)	24 (100%)	21 (100%)	40 (100%)

カラム内の数字は各製品における事例内容に対応した原材料の項目数および1製品中に含有する原材料数に対するパーセンテージを表す。

表6 JAS原材料表示活用法に基づいた冷凍食品10品目*を対象とした活動量データとIDEA原単位との接続の適合性に関する解析結果

事例内容		例数
適合	完全な品目名の一致による接続	37 (36.6%)
	IDEA原単位が原材料リストに対応する収載項目不足により、上位分類項目あるいは類似項目へ接続	56 (55.4%)
適合度低	JAS法準拠表示の品目名の具体性欠如により、IDEA原単位の類似項目(その他の食品)へ接続	8 (7.9%)
	合計	101 (100%)

* 冷凍おにぎり、冷凍とんかつ、冷凍今川焼、冷凍炒飯2品、冷凍コロッケ、冷凍メンチカツ、冷凍焼売、冷凍菓子デザート、冷凍グラタン(全て株式会社ニチレイフーズ製)

** カラム内の数字は主要冷凍食品10品目に使用した原材料のべ101種類に対する原材料数およびパーセンテージを表す。

3.3 「JAS原材料表示活用法」における妥当性の検証

上記検討結果の要点を以下にまとめる。

- 1) 調理冷凍食品を対象にケーススタディとして、製品LC-CO₂を「配合表活用法」と「JAS原材料表示活用法」にて算定した。その結果、「配合表活用法」に対する「JAS原材料表示活用法」の計算値の差はライフサイクル全体で1.0%以下となり、「JAS原材料表示活用法」の実用性が確認できた。
- 2) 「JAS原材料表示活用法」および「配合表活用法」で使用した活動量データ(「JAS法データ」および「配合表データ」とIDEA原単位との接続の適合度を比較検討した結果、両法の傾向に大きな差は見られな

かった。また、「JAS法データ」に注目し、10品目分の適合度を調べた結果、活動量と原単位が適合したのは全体の6割程度であった。残りの適合度の低い事例については、原単位データベースの収載数の少なさによる原単位側の問題が主要因であることが解り、現在の原単位データベースの収載数・解像度を勘案すると、「JAS法データ」を活動量データとすることで、得られるインベントリデータは十分な精度を有していることが明らかとなった。

以上二点より、「JAS原材料表示活用法」の妥当性を確認することができた。

3.4 「JAS原材料表示活用法」の優位点および今後の課題

「JAS原材料表示活用法」適用時の実務上優位な点は、「JAS原材料表示活用法」で使用した活動量データ（「JAS法データ」）の入手が容易であり、製品製造に関する秘密情報の漏洩リスクが少なく、また、個々の原材料名が一般名称で表示されるため、原単位への接続が容易などの点が挙げられる。

「JAS原材料表示」の制度対象外となる海外で販売する製品については本法の範囲ではなく、その地域における制度を利用した算出方法の開発が必要である。また、本法を実際に広く製品評価に応用する際には、製造時の加水方法（製造時に水戻しする乾物等の原材料が対象）のルール化、算定対象製品に用いられる原材料群とIDEA原単位との対応表などのフレームワーク整備が必要と考えられる。

4. 結言

JAS法準拠原材料表示をベースとした簡便なインベントリ算定方法を構築し、調理冷凍食品を加工食品のモデルアイテムとして、量的・質的観点から検討し、その妥当性を示すことができた。「JAS原材料表示活用法」は算出が簡便で、またライフサイクルアセスメント初期段階の評価目的に対し十分な精度を有することから、全ての加工食品事業者が利用しやすい有力なLC-CO₂算定手法の一つとなり得る。

謝辞

（株）ニチレイの河合義雄氏、若林奏氏、山本敏氏、奥山久美子氏には、本論文を作成するにあたり、ご助言いただきました。厚く御礼申し上げます。

（平成25年4月22日受付、平成25年9月8日採択）

参考文献

- 1) 山戸昌子 (2001): まてりあ, 40(8), 715-719
- 2) 上野貴由, 岡田夕佳, 大西宏 (2002): 資源処理技術, 49(2), 42-45
- 3) 伊坪徳宏 (2009): 精密工学会誌, 75(9), 1062-1067
- 4) 社団法人 産業環境管理協会, カーボンフットプリント対象製品, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <<http://www.cfp-japan.jp/info/index.php>>, (参照 2013-3-14)
- 5) 坂村博康, 中澤克仁 (2006): 無機マテリアル学会誌, 13, 549-554
- 6) 柴田昌彦, 加地靖 (2007): オレオサイエンス, 7(1), 5-11
- 7) 農林水産省, 環境自主行動計画について, 平成20年度の点検状況 (平成20年11月26日開催), 2008年度食品産業の自主行動計画の進捗状況について, 農林水産省ホームページ, 入手先 <<http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/>>, (参照 2013-7-16)
- 8) 戸澤修美, LCA日本フォーラム/CFP日本フォーラム共催セミナー (2011.11.2)「CFPの取り組み—対象製品BOXあずきバー」, LCA日本フォーラムホームページ, 入手先 <<http://lca-forum.org/seminar/pdf/20120309/09.pdf>>, (参照 2013-3-14)
- 9) 渡邊一仁, 石田理, 矢野歳和, 田原聖隆 (2010): 宮城県水産技報, (10), 25-32
- 10) 日本LCA学会食品研究会 (2008): 食品のLCAと持続可能な消費に向けた指標開発, 平成19年度報告書, 7-94
- 11) 日本LCA学会食品研究会 (2009): 食品のLCAと持続可能な消費に向けた指標開発, 平成20年度報告書, 24-27, 40-46
- 12) Humbert, S., Loerincik, Y., Rossi, V., Margni, M., Joliet, O. (2009): J. Cleaner Prod., 17, 1351-1358
- 13) Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Mallo, J., José, C.J., Moreira, M., Feijoo, G. (2013): J. Cleaner Prod., 44, 200-210
- 14) 奥村元 (2009): 日本LCA学会食品研究会 (平成20年度報告書), 28-29
- 15) 農林水産省, 加工食品品質表示基準 (平成12年3月31日制定, 農林水産省告示第513号, 平成24年6月11日最終改正, 消費者庁告示5号), 消費者庁ホームページ, 入手先 <<http://www.caa.go.jp/foods/pdf/syokuhin870.pdf>>, (参照 2013-3-14)
- 16) 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, 知的財産権公開システム (IDEA ver.1.1), 東京, 2008年
- 17) 社団法人 産業環境管理協会, LCAシステム (MiLCA ver.1.0), 東京, 2010年
- 18) 田原聖隆, 小林謙介, 尾上俊雄, 山岸健, 中野勝行 (2010): 第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 横浜, 32-33
- 19) 総務省統計局, 日本標準商品分類 (平成2年6月改定, 第5回改定), 総務省統計局ホームページ, 入手先 <<http://www.stat.go.jp/index/seido/syohuin/2index.htm>>, (参照 2013-3-14)
- 20) 経済産業省 (2012): 平成22年工業統計調査 商品分類表, 財務省印刷局, 東京, 5-83
- 21) 光金属工業株式会社, 食材計量器1容量分の重量表, 光金属工業株式会社ホームページ, 入手先 <http://www.hikari-kinzoku.co.jp/kitchen/measure/measure_01.htm>, (参照 2013-3-14)
- 22) 食品と科学社 (2005): 食品添加物便覧 (2005年版), 食品と科学社, 東京, 329
- 23) 食品と科学社 (2006): 天然物便覧 (第15版), 食品と科学社, 東京, 125, 579, 598, 624

- 24) 価格.com, 業務用 (パン粉) の検索結果, 価格.comホームページ, 入手先 <http://kakaku.com/search_results/%8B%C6%96%B1%97p/?category=0028_0013_0005>, (参照 2012-2-12)
- 25) 社団法人 産業環境管理協会, CFP算定用二次データ, 基本データベースver.1.0.1, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <<http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/data.html>>, (参照 2013-3-14)
- 26) カーボンフットプリント算定・表示試行事業, 商品種別算定基準 (PCR) (認定PCR番号: PA-BH-02) 対象商品: 即席めん, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000061/PA-BH-02.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 27) カーボンフットプリント算定・表示試行事業, 商品種別算定基準 (PCR) (認定PCR番号: PA-CP-01) 対象商品: 鶏肉, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000117/PA-CP-01.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 28) 農林水産省, 食糧需給表 (平成22年度版), 結果の概要 (参考)PFC熱量比率, 食糧自給率および飼料需給表, 25,総務省統計局ホームページ, 入手先 <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001089812>>, (参照 2013-3-14)
- 29) 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, 7, 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>>, (参照 2013-3-14)
- 30) インターワイヤード株式会社, ネットリサーチのDIMESDRIVE『冷凍食品』に関するアンケート, インターワイヤード株式会社ホームページ, 入手先 <<http://www.dims.ne.jp/timelyresearch/2004/040819/index.html>>, (参照 2013-3-14)
- 31) カーボンフットプリント算定・表示試行事業, 商品種別算定基準 (PCR) (認定PCR番号: PA-CM-01) 対象商品: 水産加工食品,カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000114/PA-CM-01.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 32) カーボンフットプリント算定・表示試行事業, 商品種別算定基準 (PCR) (認定PCR番号: PA-BB-02) 対象商品: 紙製容器包装 (中間財), カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000057/PA-BB-02.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 33) 農林水産政策研究所, 食料品アクセスマップ, 6.食料品アクセスマップの主要指標 6.1. 生鮮品販売店舗までの距離が500m以上の人口・世帯数推計 表1. 全国・地域別, 農林水産政策研究所ホームページ, 入手先 <<http://cse.primaff.affrc.go.jp/katsuyat/fig/table01.html>>, (参照 2013-3-14)
- 34) 一般社団法人日本自動車工業会, 都道府県別自家用乗用車の100世帯当たり保有台数 (2011年3月末現在), 一般社団法人日本自動車工業会ホームページ, 入手先 <http://www.jama.or.jp/industry/four_wheeled/four_wheeled_3g4.html>, (参照 2013-3-14)
- 35) 一般社団法人 全国軽自動車協会連合会, 都道府県別自家用乗用車の100世帯当たり保有台数 (2011年3月末現在), 一般社団法人 全国軽自動車協会連合会ホームページ, 入手先 <http://www.zenkeijikyo.or.jp/topics/index_fukyuu.html>, (参照 2013-3-14)
- 36) カーボンフットプリントコミュニケーションプログラム, CFP-PCR策定のための分野別ガイド“生鮮食品”(暫定公開版), カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/data_news/000497/1339497169.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 37) 財団法人 家電製品協会, 新旧省エネ性能比較, 401 ~ 450リットル冷蔵庫, 入手先 <http://www.shouene-kaden2.net/see/sim_eco_perf.html>, (参照 2013-3-14)
- 38) 内閣府, 消費動向調査 統計表 一般世帯 第6表 主要耐久消費財の買い替え状況, 内閣府ホームページ, 入手先 <<http://www.esri.cao.go.jp/jp/stat/shouhi/2011/1103ippansetai.pdf>>, (参照 2013-3-14)
- 39) 経済産業省 資源エネルギー庁, 省エネ性能カタログ 2011年冬, 電気冷蔵庫 間冷式401 ~ 405リットル, 40, 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/saveenergy/seinoucatalog_2011winter.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 40) グリーン購入ネットワーク, JIS(C9801), 2006年度版の電気冷蔵庫に拘わる基準エネルギー消費効率算定式, 64-65, グリーン購入ネットワークホームページ, 入手先 <http://www.gpn.jp/guideline/files/g_freezer.pdf>, (参照 2013-3-14)
- 41) カーボンフットプリント算定・表示試行事業, 商品種別算定基準 (PCR) (認定PCR番号: PA-BC-02) 対象商品: プラスチック製容器包装, カーボンフットプリントコミュニケーションプログラムホームページ, 入手先 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000058/PA-BC-02.pdf>, (参照 2013-3-14)