

原著論文

サバ缶詰のライフサイクル CO₂ (LC-CO₂) の試算 および環境教育教材への利用可能性 — 千葉県銚子市(2008)におけるケーススタディー —

安藤生大^{*1}・長谷川勝男^{*2}

Estimating the “Life Cycle CO₂ (LC-CO₂)” of Canned Mackerel
(*Scomber* spp.) and its Potential as an Environmental Education Tool
— A Case Study (2008) at Choshi City, Chiba Prefecture —

Takao ANDO and Katsuo HASEGAWA

The Life Cycle CO₂ (LC-CO₂) of canned mackerel from Choshi city, Chiba Prefecture was estimated. A functional unit was applied to the CO₂ emission of each canned product which was composed of 180 g mackerel and 33.6 g metal. The life cycle stages of canned mackerel are classified into 5 stages which are divided into 9 processes, and the LC-CO₂ is calculated as the CO₂ emitted from each of these processes. The LC-CO₂ calculation results were 318.8 gCO₂/can. The values of CO₂ emission from each life cycle stage were: raw materials procurement stage 109.0 gCO₂ (component ratio: 34.2%); production stage 176.8 gCO₂ (55.5%); distribution and selling stage 32.1 gCO₂ (10.1%); and disposal and recycling stage 0.8 gCO₂ (0.3%). Important points to reduce canned mackerel LC-CO₂ are 1) improving the fuel efficiency of fishing boats, 2) promoting the recycling of cans, 3) using renewable energy as a power source in all life cycle stages and 4) preserving fishery resources. It is appropriate to include local products LC-CO₂ in environmental education programs in order to provide instruction about sustainability, including environmental, economic and social education aspects, in “Education for Sustainable Development” (ESD).

2010年4月22日受付, 2010年11月10日受理

カーボンフットプリント(「Carbon Footprint of Products」, 以後CFP)は, 「日用品や食品など, 製品のライフサイクル全般にわたって排出されるCO₂量を, LCA(Life Cycle Assessment)の手法を用いて評価・算出する仕組み」と定義されている¹⁾。LCAとは, 製品を構成する原料の採取から材料入手, 製品製造, 使用, 廃棄, リサイクルに至るすべてのライフサイクルステージを範囲として, 対象製品が及ぼす環境負荷や環境影響を定量的に評価するためのツールである²⁾。日用品や食

品へのCFPの表示は, これまで直接的に意識することが難しかった日常生活からのCO₂排出を, 具体的に「見える化」するための有効な手法³⁾として期待されている。事業者にとって, CFPを製品に表示することは, 温暖化対策を消費者にアピールするための有効な環境コミュニケーション手段となる。加えて, CFPの算定のためのCO₂排出量の正確な測定は, カーボンオフセット(炭素の相殺)⁴⁾の普及にも貢献すると考えられる。消費者にとっては, CFPを参考に商品選択することで, 自身

*1 千葉科学大学危機管理学部

〒288-0025 千葉県銚子市潮見町3番地

Chiba Institute of Science, Faculty of risk and Crisis Management, 3 Shiomi-Cho, Choshi, Chiba, 288-0025 Japan

tando@cis.ac.jp

*2 独立行政法人水産総合研究センター 水産工学研究所

のCO₂排出量を自覚し、環境負荷の少ない消費（持続可能な消費）行動を選択することができる。これは、結果として環境意識の高い事業者を選別することにつながり、社会全体として低炭素社会の実現にむけた誘導効果が期待できる。

食品のライフサイクル全体での環境影響評価については、日本LCA学会誌第4巻2号で「食を巡るLCA」として特集⁵⁾が組まれた。加えて、2008年の第3回LCA学会研究発表会では、食品研究会のセッションが設けられ、アメリカ産小麦のLCA研究、コンビニエンスストアのおにぎりやサンドイッチに関するLC-CO₂研究等、農産物やそれらの加工食品に関する研究が報告された。一方、CFPの試算に関する研究は、銚子の特産物であるキャベツのCFPの試算を行った研究⁶⁾以外は、ほとんど報告例がない。このため、これまでの食品のLCAに関する研究成果等を踏まえ、食品や日用品のCFPの試算に関する多くのケーススタディを行い、各物品のプロダクトカテゴリールール(PCR)⁷⁾の策定を早急に行うことが、CFP普及のためには必要である⁸⁾。

CFPが普及し、商品に表示されるようになると、その計算根拠を理解することを通じて、個人の日常生活における消費行動と、グローバルな地球環境問題とのつながりを実感する環境教育上の効果が期待できる⁹⁾。仮に、地域の特産物にCFPが表示されると、その計算課程を理解することで、特産物を生み出した自然環境についての理解（環境側面）、CFPを商品選択基準とする持続可能な消費についての理解（経済側面）、さらに循環型で低炭素な社会の必要性についても理解（社会側面）できるようになる。これは、環境、経済、社会の各側面から、地域の持続可能性について総合的に理解することにつながることから、特産物のCFPは「持続発展教育」(Education for Sustainable Development: ESD)¹⁰⁾における最適な教材となりえると考えられる。

以上の背景から、本研究では、千葉県銚子地域の特産物として、銚子漁港に水揚げされたサバを原料とするサバ水煮缶詰（以後、「サバ缶詰」）を例として、CFP計算における基礎的研究として、ライフサイクル全体でのCO₂排出量（以後、LC-CO₂）の試算結果について報告する。これまで、水産物や漁業のLCA評価およびCO₂排出量推定に関していくつかの報告^{11),12),13)}があるものの、水産物は地域特性や季節性によって多種多様な魚種の漁場や漁法が異なるためCFPの算定に当たっては、工業製品を対象としたCFP算定のように一律定量的に数値で表示するのが難しいのが実際である。そのため、個別の水産物のCFPの試算に関する研究事例を積み上げる過程を通して、水産分野のCFPの算定手法を確立する必要がある。本研究では、銚子地域で実際に行われている漁業、缶詰製造、輸送・販売等のインベントリデータの収集を行い、サバ缶詰のLC-CO₂の試算を行った。この結果をもとに、CO₂の排出割合の高い段階を特定

し、これを削減するいくつかの方法を検討した。加えて、サバ缶詰のLC-CO₂計算のESD教材としての利用可能性を検討したので報告する。

材料と方法

評価対象と算定範囲 銚子市漁業協同組合銚子漁港は、2008年の水揚高が252,043 tに達し、日本一の水揚高となった¹⁴⁾。銚子漁港における主要な魚種の水揚高構成は、サバが53.0%、サンマが20.9%、イワシが13.8%、カツオ・マグロが5.20%である。同年の水揚金額は約302億円に達し、このうちサバは39.4%を占めた。以上より、サバは水揚高、金額ともに、銚子漁港における主要な魚種であり、特産物といえる。

本研究における評価対象は、2008年に銚子漁港において、旋網漁法で水揚げされたサバを原料として、銚子市内の缶詰製造工場で製造されたサバ缶詰とした。算定範囲は、1.原料調達段階を漁獲工程、冷凍冷蔵工程、2.生産段階を金属加工工程、製缶工程、缶詰製造工程、3.流通・販売段階を輸送工程、販売工程、4.使用・維持管理段階、5.廃棄・リサイクル段階を廃棄工程とリサイクル工程とし、全体で5段階9工程とした（図1）。

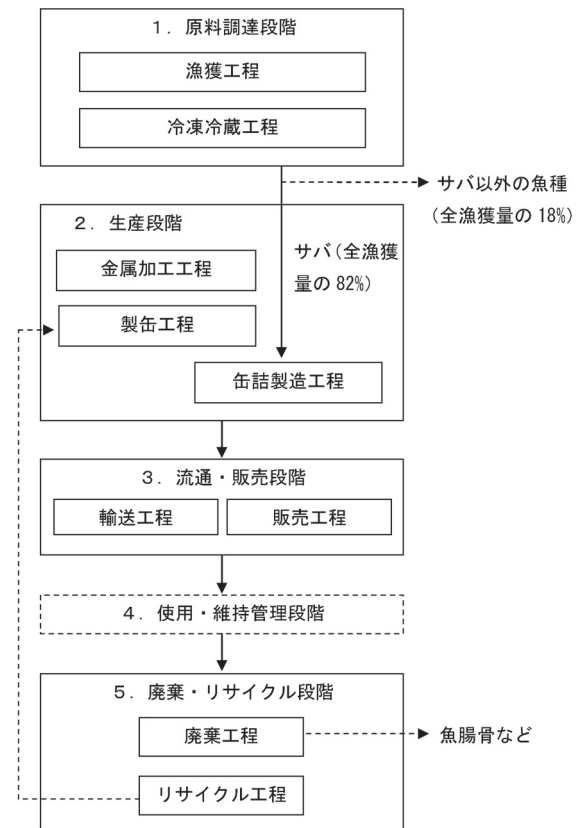


図1. 本研究におけるライフサイクルフロー図
サバ缶詰のライフサイクルを5段階9工程に区分した
1.原料調達段階のサバ以外魚種、4.使用・維持管理
段階、5.廃棄・リサイクル段階における魚腸骨の環境
影響は検討していない

本研究では、サバの旋網漁法で漁獲されたサバ以外の魚種については考慮しない。また、1.原料調達段階の漁獲工程における漁船の船体設備の製造に関わるCO₂排出は、より耐用年数の長い設備と解釈し、算定範囲外とした。4.使用・維持管理段階は、①一般的に缶詰は常温での保管が想定されること、②使用にあたる消費段階での廃棄物は5.廃棄・リサイクル段階に計上できること、等の理由から検討していない。また、缶詰製造工程から排出される内臓、骨、頭、尾等（魚腸骨）については、その多くがフィッシュミール、飼料等の原料として出荷されることから、その処理に伴うCO₂排出は、算定範囲外とした。

機能単位と算定方法 機能単位は、1缶のサバ缶詰とした。この缶詰には、缶胴の鉄と缶蓋のアルミを合わせて33.6gの金属と、180gのサバが用いられている。CO₂排出量の算定方法は、最終製品を得るために用いられる各原材料の重量を考慮して、CO₂排出量 = Σ (活動量_i × CO₂排出原単位_i) : iはプロセス(段階)として、段階毎に計算し、合算して求めた。以後、CO₂排出量をgCO₂、kgCO₂、tCO₂と表わす。

インベントリデータの収集方法 一次データは、主として銚子市漁業協同組合（魚市場部、燃料資材部、製氷部）、治郎吉漁業、株式会社大一奈村魚問屋、信田缶詰株式会社、サーディンファクトリーにおいて、聞き取り調査により、2008年に取得した。電気機器の電力使用量は、(株)ENEGATE社製「エコワットEW-3」による実測により求めた。二次データは、PCR基準で示されたJEMAI-LCA Pro Ver.2.1.2に付属のデータベース¹⁵⁾とカーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通原単位データベース(暫定版)*を使用した。計算に用いたCO₂排出原単位を以下に示す。燃料では、A重油の使用で2.96kgCO₂/ℓ、原油の使用に換算して2.66kgCO₂/ℓとした。熱間圧延した鉄板は1.56kgCO₂/kgとし、アルミ一次地金は4.65kgCO₂/kgとした。工業用水の使用では、105gCO₂/m³とした。積載率50%の4tトラックの輸送では、222gCO₂/(t・km)とした。また、積載率25%の15tトラックの輸送では、228gCO₂/(t・km)とした。電力原単位は、平成16年度～平成20年度の日本平均値として484gCO₂/kWhとした。ごみ1kgの処理では、ごみ由来のCO₂以外の一般ごみ焼却に伴うCO₂排出量を、45.6gCO₂/kgとした。

結 果

原料調達段階

1. 漁獲工程

(1) 漁船の鉱物油使用 サバ漁は、旋網漁法を想定した。調査した漁業者の船団構成は、レッコ船を搭載した本船(総トン数80t)、探索船(88t)、運搬船(266t)の3隻構成である。これらの船団が1年間に使用する燃料使用量(ℓ)と漁獲量(t)を表1に示した。漁船では、燃料以外に油圧オイルやその他の鉱物油を使用する。これらの合計は、601,411ℓに達する。これら全体をA重油に換算した場合、この使用に伴い発生するCO₂排出量は1,780.2tCO₂である。この漁業者の2008年における全漁獲高は7,652.0tであり、この中でサバは82%に相当する6,281.3tの漁獲高となった(図2)。また、図3では、サバ以外の魚種も含めた全漁獲を、漁船の燃料使

表1. 旋網漁業における月別燃料使用量(ℓ)と全漁獲量(t)

月	燃料使用量(ℓ)	漁獲量*(t)
1月	30,040	379.1
2月	25,370	191.4
3月	42,170	350.7
4月	52,140	457.9
5月	46,970	784.1
6月	53,050	766.6
7月	71,440	1163.8
8月	57,600	711.5
9月	52,640	974.0
10月	44,880	611.8
11月	54,540	591.1
12月	60,330	669.9

*サバ以外の漁獲量も含む

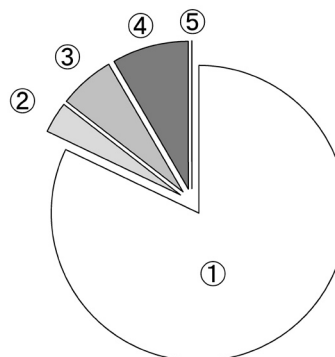


図2. 漁獲構成割合

①サバ、②まいわし、③せぐろいわし、
④くろあじ、⑤その他を表す

* カーボンフットプリントホームページ : http://www.cfp-japan.jp/common/pdf/co2_database.pdf, 2010年1月4日

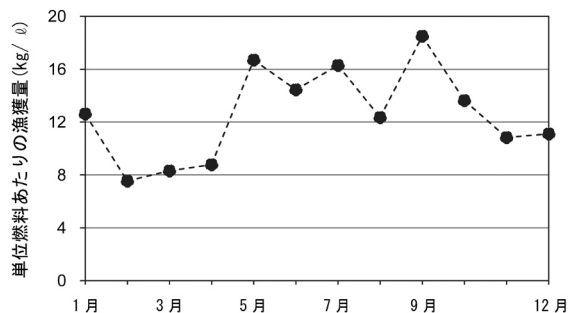


図3. 単位燃料あたりの漁獲量 (kg/ℓ) の月変化
サバ以外の魚種も含めた全漁獲を漁船の燃料使用量のみで割った値で示した

用量のみで割り、その月別の変化を示した。5月から9月にかけては、燃料1ℓあたりの漁獲量が高いが、2月から4月にかけては低くなっている。最大の9月と最低の2月では、約2.5倍の漁獲量の差が確認できた。このように漁獲工程における燃料使用量には大きな差があるが、本研究では、漁獲量は平成20年の年間平均値を用い、全漁獲量に占めるサバの漁獲構成比である82%で配分計算を行った。

以上より、漁獲工程の漁船の鉱物油使用に伴うCO₂排出量は、サバ1kgあたり232.4gCO₂/kgとなった。

(2) 製氷の電気使用 銚子漁協製氷部では、約0.8%の塩水を利用して製氷を行う。2008年の総製氷量は23,623tに達し、これに伴う年間の電力使用量は2,838,384kWhとなった。よって、1tの氷を作る際のCO₂排出量は、58.2kgCO₂/tとなった。調査した漁業者は、2008年に4,453tの氷を使用したことから、CO₂排出量は259.2tCO₂に達する。以上より、製氷の電気使用に伴うCO₂排出量は、サバ1kgあたり33.9gCO₂/kgとなった。

(3) 漁網の使用 旋網漁法に用いる漁網は、一般的にナイロン、テトロン、ポリエステル等の素材からなり、浮子・沈子類、金具類、ロープ類をあわせると、総重量は35t程度に達する。この漁網を織り、仕立て、完成網とするまでには、約半年程度の期間を要する。本研究では、網のみを考慮し、使用期間を5年とし、網の素材をポリアミド66 (CO₂排出原単位 = 3.99kgCO₂/kg)¹⁶⁾とし、総重量を30tと仮定した。この場合、素材に由来するCO₂排出量は119.7tCO₂となった。網の加工に伴うCO₂排出量は、5年間(60か月)使用するのに、6か月程度の納品期間がかかることから、素材のCO₂排出量の10%と仮定し、12.0tCO₂とした。以上より、5年間の漁網の使用に伴うCO₂排出量は131.7tCO₂となり、サバ1kgでは3.4gCO₂/kgとなった。

2. 冷凍冷蔵工程 調査した冷凍冷蔵倉庫は、延べ床面積が627m²であり、最大貯蔵能力が1173tに達する。この冷凍冷蔵倉庫の2008年の冷凍と冷蔵処理を合わせて測定した電力使用量は、12,054,786kWhであり、自家

発電機の燃料として用いたA重油の使用量が163,000ℓである。これらのエネルギー使用にともなうCO₂排出量は、6,317tCO₂に達する。この冷凍冷蔵倉庫の、2008年の全魚種の全処理取扱量は約110,000tである。以上より、1kgの魚の冷凍冷蔵に伴うCO₂排出量は、魚種によらず57.4gCO₂/kgとなる。本研究では、魚種の違いや季節変動に由来する冷凍冷蔵期間の違いを考慮していない平均のCO₂排出量を計上していることになる。この点をより明確にすれば、冷凍冷蔵工程でのCO₂排出量は大幅に削減される可能性が高い。

3. 原料調達段階からのCO₂排出量 漁獲工程の漁船の鉱物油使用から232.4gCO₂/kg、製氷の電気使用から33.9gCO₂/kg、漁網の使用から3.4gCO₂/kgが排出される。加えて、冷凍冷蔵工程からのCO₂排出量は57.4gCO₂/kgとなる。以上の合計から、原料調達段階におけるサバ1kgあたりのCO₂排出量は327.1gCO₂/kgとなった。

1缶の缶詰には、180gのサバが使用される。サバ缶詰の製造工場での調査からは、缶詰に使用される180g分のサバを確保するのに、平均して333gの生サバを必要とすることが明らかとなっている。よって、缶詰1缶に相当するサバの原料調達段階でのCO₂排出量は、109.0gCO₂/缶となった。

生産段階

1. 金属加工工程 サバ缶詰に使用される缶は、鉄製の缶胴27.2gと、アルミ製の缶蓋6.4gから構成され、質量は33.6gである。本研究では、缶胴をつくる鉄板は熱間圧延処理を施し、缶蓋のアルミは1次地金を使うものとした。

以上より、金属加工工程のサバ缶詰1缶あたりのCO₂排出量は、72.2gCO₂/缶となった。

2. 製缶工程 製缶工程では、東洋製缶(株)仙台工場におけるインプット・アウトプットデータ¹⁷⁾をもとに、製缶過程のCO₂排出量を計算した。この工場では、10.2億個の缶をつくるために、金属材料を37,000t使用することから、1個の缶の平均的な重さは36.3g(37,000t/10.2億個)となる。この加工に、電力を53,200,000kWh消費し、燃料を原油換算で5,100,000ℓ使用する。これらのエネルギー使用にともなうCO₂排出量は、39,314.8tCO₂に達することから、金属材料1kgあたりでは1.06kgCO₂/kgとなる。これを平均的な缶1個あたりに換算すると、38.5gCO₂/缶(1.06×0.0363)となる。このため、製缶過程では、缶重量の106.3%(38.5/36.3)に相当するCO₂が排出されると見積もることができる。本研究で扱うサバ缶詰に用いる缶の重量は33.6gであることから、この製缶過程におけるCO₂排出量は、35.7(33.6×1.063)gCO₂/缶と見積もることができる。また、東洋製缶(株)仙台工場から銚子までの缶の輸送では、往復の輸送距離を720km、輸送重量を3.3t

(1 缶 33.6 g の缶を 3,200 缶として、20 kg のパレットに積み、これを 25 パレット積載する) とし、これを積載率 25% の 15 t トラックで輸送するとして計算した。この場合、1 回に輸送する缶数は 80,000 缶であることから、t・km 法による CO₂ 排出量は、6.8 gCO₂/缶となった。

以上より、製缶工程のサバ缶詰 1 缶あたりの CO₂ 排出量は、42.5 gCO₂/缶となった。

3. 缶詰製造工程 缶詰製造過程では、冷凍されたサバを仕入れ、これを解凍し、魚腸骨を除去し、成型したのち、缶詰に入れて、115℃で 90 分間、レトルト処理を施す。缶詰製造工場から提供されたデータは、1 缶あたりに換算した値として、電力使用量は 0.03 kWh/缶、A 重油使用量は 15.86 ml/缶、工業用水の使用量は 5.6 l/缶である。

以上より、缶詰製造過程のサバ缶詰 1 缶あたりの CO₂ 排出量は、62.1 gCO₂/缶となった。

4. 生産段階からの CO₂ 排出量 金属加工過程から 72.2 gCO₂/缶、製缶過程から 42.5 gCO₂/缶、缶詰製造過程から 62.1 gCO₂/缶が排出されることから、缶詰製造段階でのサバ缶詰 1 缶あたりの CO₂ 排出量は 176.8 gCO₂/缶となった。

流通・販売段階

1. 輸送工程 調査した缶詰工場の製品は、主に神奈川県厚木市の缶詰販売業者へ出荷される。本研究では、同工場までの出荷を代表的な輸送例として、往復の輸送距離を 377 km と仮定した。これを 4 t トラックにて、積載率 50% の条件で、1 回に 50 ケース (2,400 缶 + ダンボール箱) に相当する約 568 kg を輸送するとした。これに伴う CO₂ 排出量は、47.5 kgCO₂ に達する。

以上より、輸送段階でのサバ缶詰 1 缶あたりの CO₂ 排出量は 19.8 gCO₂/kg となった。

2. 販売工程 本研究では、缶詰やその他加工食品を扱う量販店での販売を想定した。調査した店舗は、総売り場面積が 41.8 m² であり、このうちサバ缶詰の売り場面積は 0.15 m² (全体の 0.36%) である。この店舗の月平均の電力使用量は、680 kWh であり、月平均のサバ缶詰の販売個数は 96 缶である。

以上より、サバ缶詰の販売段階での CO₂ 排出量は 12.3 gCO₂/kg となった。

3. 流通・販売段階からの CO₂ 排出量 輸送過程から 19.8 gCO₂/缶、販売工程から 12.3 gCO₂/缶が排出されることから、流通・販売段階でのサバ缶詰 1 缶あたりの CO₂ 排出量は 32.1 gCO₂/缶となった。

廃棄・リサイクル段階 ここでは、廃棄工程のみ検討する。本研究では、廃棄量をサバ缶詰の内容量の 10% に相当する 18 g とした。これは、バイオマス由来の廃棄物であることから、ゴミ由来以外の CO₂ 排出量は、

0.8 gCO₂/kg となった。

サバ缶詰の LC-CO₂ 各段階の CO₂ 排出量は、1. 原料調達段階から 109.0 gCO₂/缶 (構成比 = 34.2%)、2. 生産段階から 176.8 gCO₂/缶 (55.5%)、3. 流通・販売段階から 32.1 gCO₂/缶 (10.1%)、5. 廃棄・リサイクル段階から 0.8 gCO₂/缶 (0.3%) となり、サバ缶詰の LC-CO₂ は 318.8 gCO₂/缶となった (図 4 白棒)。

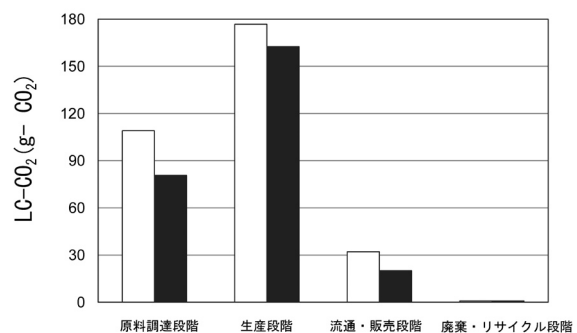


図 4. 段階毎の CO₂ 排出量
白色部は標準的な条件での CO₂ 排出量を表す
黒色部は風力発電の電力原単位を導入した場合の CO₂ 排出量を表す

考 察

サバ缶詰の LC-CO₂ の削減方法の検討 図 5 に工程毎の CO₂ 排出割合を示した。サバ缶詰の LC-CO₂ では、2. 生産段階 (淡灰色) の CO₂ 排出割合が 55.5% に達し、最も多い結果となった。工程別では、漁獲工程が 28.2% を占め、その中でも漁船の燃料使用のみで 24.3% に達した。次いで、金属加工工程が 22.6% を占めた。この結果から LC-CO₂ の削減には、ライフサイクルを通じての省エネルギーの推進、空き缶のリサイクルの推進、低環境負荷の電力導入、等の対策が必要であると考えられる。ここでは、特に、空き缶のリサイクル、ライフサイクルを通じての低環境負荷の電力導入、さらには漁獲資源の有効利用による LC-CO₂ の削減効果について検討する。

空き缶のリサイクルによる LC-CO₂ 削減 使用後の空き缶が分別収集され、そのすべてが、2. 生産段階の製缶工程にリサイクルされると仮定した“リサイクル率”と定義し、リサイクル率に応じて金属加工工程で使用される原材料が削減されると仮定して感度分析を行った。

図 6 に、空き缶のリサイクル率とサバ缶詰の LC-CO₂ の変化を示した。図中の点 A は、缶の分別回収に伴う CO₂ 排出分を考慮した場合の、最低リサイクル率を示した。これは、33.6g の空き缶の分別収集に伴う CO₂ 排出

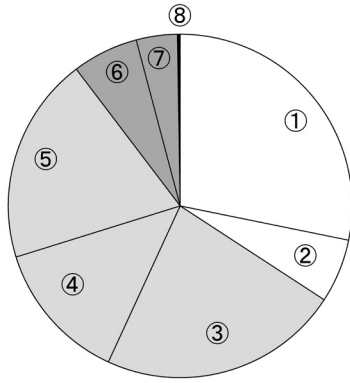


図 5. 段階と工程毎の CO₂ 排出割合
 白色は 1. 原料調達段階, 淡灰色は生産段階, 濃灰色は流通・販売段階, 黒色は 5. 廃棄・リサイクル段階を表す
 ①漁獲工程, ②冷凍冷蔵工程, ③金属加工工程, ④製缶工程, ⑤缶詰製造工程, ⑥流通工程, ⑦販売工程, ⑧廃棄工程を表す

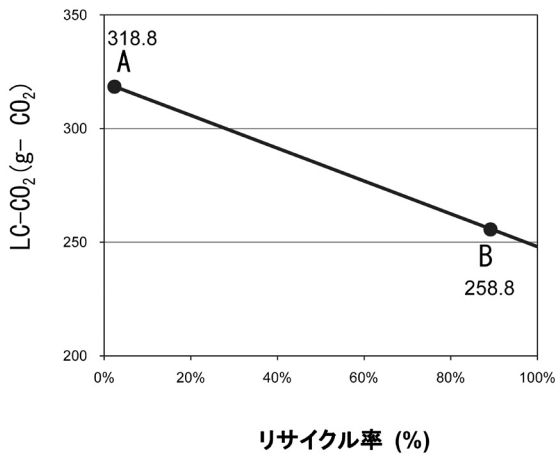


図 6. リサイクル率と CO₂ 排出量の関係
 A は, 缶の回収作業に伴う CO₂ 排出を考慮して, リサイクルしなかった場合の CO₂ 排出量 (318.8 g-CO₂/缶) と等しくなる点を示した
 B は 2007 年のスチール缶のリサイクル率である 85.1% を表した

量を, 5. 廃棄・リサイクル段階で用いたゴミ由来以外の CO₂ 排出原単位 (45.6 gCO₂/kg) を用いて 1.5 gCO₂ とし, これに相当するリサイクル率として, 2.1% (1.5 / 72.2) を得た。これ以下のリサイクル率の場合, 回収に伴う CO₂ 排出量が, 金属原料の削減による CO₂ 排出の減量分を超えることになる。このため, 2.1% 以上のリサイクル率を確保しないと, リサイクルは環境負荷の削減とはならないことになる。図中の点 B は, 2007 年度のスチール缶の全国平均のリサイクル率 (スチール缶再資源化重量 / スチール缶消費重量) である 85.1%* に相

当する値を示した。この値は, リサイクルされた全てのスチール缶が, 製品の原材料にリサイクルされる割合を示すものではない。そのことを考慮した上で, この値を本論文で定義したリサイクル率として, サバ缶詰の LC-CO₂ 計算に適用すると, 258.8 gCO₂/缶となった。

以上より, 完全に缶のリサイクルを行いその全てが缶の金属原料としてリサイクルされる場合と, 最低リサイクル率のみのリサイクルの場合では, 248.1 ~ 318.8 gCO₂/缶の範囲で LC-CO₂ が異なることになる。このため, 缶詰製品の LC-CO₂ 計算では, 空き缶のリサイクルについて PCR を検討する必要がある。

風力発電による低環境負荷の電力導入による LC-CO₂ の削減 サバ缶詰のライフサイクルでは, 多くの電力を使用する。そこで, 銚子市に多数設置されている風力発電によって発電された環境負荷の少ない電力を使用して, 缶詰製造した場合の LC-CO₂ の削減効果を検討した。具体的には, 1. 原料調達段階の漁獲工程 (製氷による電力使用) と冷凍冷蔵工程, 2. 生産段階の缶詰製造工程, 3. 流通・販売段階の販売工程における電力供給に, 環境負荷の少ない風力発電による電力を導入した場合の LC-CO₂ の削減量を試算した。銚子市に設置された定格出力 2 MW の風力発電からの電力原単位は, 10.8 gCO₂/kWh を用いた¹⁸⁾。

使用後の空き缶のリサイクルを考慮しない条件で, 各段階の CO₂ 排出量を図 4 の黒棒で示した。1. 原料調達段階では 80.7 gCO₂/缶となり, 導入前の 74.0% となる。2. 生産段階では 162.5 gCO₂/缶となり, 導入前の 91.9% となる。3. 流通・販売段階では 20.1 gCO₂/缶となり, 導入前の 62.6% に削減となった。特に, 電力の使用割合の高い冷凍冷蔵工程では, 19.1 gCO₂/缶が 1.9 gCO₂/缶となり, この工程の CO₂ 排出量を 1/10 程度に削減できることが明らかとなった。

以上より, 風力発電による電力を導入した場合のサバ缶詰の LC-CO₂ は, 缶のリサイクルを全く行わない場合でも, 264.1 gCO₂/缶となり導入前の 82.9% に削減できることが明らかとなった。

特産物の LC-CO₂ 計算の ESD 教材への利用可能性 2002 年に開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議」(ヨハネスブルクサミット) の実施計画の議論において, わが国は「持続発展教育の 10 年 (Decade of ESD: DESD)」を提案し, 実施計画に盛り込まれた。これを踏まえて, わが国は, 2002 年の第 57 回国連総会に, 2005 年からの 10 年を DSED とする決議案を提案し, 満場一致で採択された。ESD の目標は, ①持続可能な発展のために求められる原則, 価値観及び行動が, あらゆる教育や学びの場にとりこまれること, ②すべての人

* スチール缶リサイクル協会ホームページ: <http://www.steelcan.jp/recycle/index.html>, 2009 年 9 月 1 日

が質の高い教育の恩恵を享受すること、③環境、経済、社会の面において持続可能な将来が実現できるような価値観と行動の変革をもたらすこと、とされている。つまり、ESDは、持続可能な社会を実現するための担い手をつくるために、環境、経済、社会の各側面から総合的に問題を把握し、他人や、社会や、自然環境との関係性を認識し、「かかわり」や「つながり」を尊重できる個人を育む教育であると考えられる。

DESDの期間の半分が経過し、上記の理念は国内の教育現場で少しずつ広がり、理解されつつある。しかし、この理念を教育実践の場で具現化させようとした場合、その教育・学習の必然性が学習者に明確に理解される適切なテーマが必要である¹⁹⁾。このため、環境、経済、社会のそれぞれに関係し、ESDの理念を実現するのに必要十分な具体的なテーマの提案と教材開発が求められている。

本論で提案した地域の特産物のLC-CO₂計算は、その計算過程を理解することで、①特産物を生み出した地域の自然環境の理解（環境側面）、②価格と機能だけでなくLC-CO₂を重視した持続可能な消費行動の理解（経済側面）、その結果として③循環型で低炭素な社会の必要性の理解（社会側面）を促すことができる。このため、特産物のLC-CO₂計算は、ESD教材として極めて有効であると考えられる。また、製品のLC-CO₂の意味が理解できると、その製品を消費し、使用する日常生活における環境負荷とグローバルな地球環境問題をCO₂排出の観点で「つなげる」ことができる。この「つながり」が理解できると、持続可能な消費行動や、省エネ、ごみ排出の抑制などの具体的な環境配慮行動の意識付けを比較的簡単に行うことができる。そのための具体的な教材として、地域特産物のLC-CO₂計算は有効であると考えられる。

本研究では、銚子市の特産物の例としてサバ缶詰を取り上げ、そのLC-CO₂計算を行った。他の地域の特産物についても、同様の段階を経ることで、LC-CO₂計算は比較的簡単に行うことができると考えられる。このような事例研究を積み上げることで、地域独自のESD教材の蓄積も可能となると考えられる。

謝 辞

銚子市漁業協同組合魚市場部、燃料資材部、製氷部、治郎吉漁業、株式会社大一奈村魚問屋、信田缶詰株式会社、サーディンファクトリーでは、聞き取り調査に御協力頂き、貴重なデータのご提供頂いた。皆様に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) 稲葉 敦 (2009) カーボンフットプリント-LCA手法でつくる、製品別「CO₂見える化」のしくみ。工業調査会、東京、8 p.
- 2) 伊坪徳宏・稲葉 敦 (2005) ライフサイクル環境影響評価手法。社団法人産業環境管理協会、東京、3 p.
- 3) 稲葉 敦 (2009) 日経エコロジー エコプロダクトガイド。日経BP社、東京、12-15.
- 4) 國田かおる (2008) カーボン・オフセット。工業調査会、東京、2-5.
- 5) 小澤寿輔・稲葉 敦 (2008) 日本LCA学会食品研究会の成果の概要。日本LCA学会誌、4、129-134.
- 6) 安藤生大 (2009) 銚子産キャベツのカーボンフットプリント。千葉科学大学紀要、2、97-104.
- 7) 稲葉 敦 (2009) カーボンフットプリントの現状と展望。日本LCA学会誌、5、220-228.
- 8) 安藤生大 (2009) 銚子産キャベツの「カーボンフットプリント」を用いた環境教育プログラムの効果。日本LCA学会誌、5、382-392.
- 9) 本藤祐樹・平山世志衣・中島光太・山田俊介・福原一朗 (2008) 環境教育におけるライフサイクル思考の利用：持続可能な消費にむけたミッシング・リンクの可視化と再生。日本LCA学会誌、4、279-291.
- 10) 安部 治・野田研一・鳥飼玖美子 (2005) 持続可能な未来のための学習。立教大学出版会、東京、67-68.
- 11) 渡邊一仁・田原聖隆・三浦汀介 (2008) 水産物のLCA研究。日本LCA学会誌、4、124-128.
- 12) 独立行政法人水産総合研究センター (2009) 平成20年度環境バイオマス総合対策推進事業のうち農林水産分野における地球温暖化対策調査に関する報告書。東京、1-153.
- 13) 長谷川勝男 (2010) わが国における漁船の燃油使用量とCO₂排出量の試算。水産技術、2、111-121.
- 14) 銚子市漁業協同組合 (2009) 平成20年銚子漁港と水揚統計表。銚子市漁業協同組合魚市場部 市場庶務課、千葉
- 15) 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.、社団法人産業環境管理協会（更新日付：2006-4-24）、東京
- 16) 基礎素材のエネルギー解析調査報告書（1993）（社）化学経済研究所、東京
- 17) 東洋製缶環境・社会報告書（2008）東洋製缶、61 p.
- 18) 安藤生大・長井 浩・久保典男・武藤厚俊・小林謙介・田原聖隆・稲葉 敦 (2009) 国産2MW風力発電のCO₂排出原単位の再計算と評価：千葉県銚子地域におけるケーススタディ。日本LCA学会誌、5、237-243.
- 19) 永田佳之・吉田敦彦 (2008) 持続可能な教育と文化。せせらぎ出版、大阪、149 p.