

宮城県産サンマ缶詰のカーボンフットプリント

渡邊 一仁^{*1}・石田 理^{*2}・矢野 歳和^{*3}・田原 聖隆^{*4}

Estimation of Carbon Footprint for Pacific Saury canned in Miyagi Prefecture

Kazuhiro WATANABE^{*1}, Osamu ISHIDA^{*2}, Toshikazu YANO^{*3} and Kiyotaka TAHARA^{*4}

キーワード: サンマ, 缶詰, 二酸化炭素排出量, カーボンフットプリント, ライフサイクルアセスメント (LCA)

地球温暖化の克服には、人間の生産活動における環境負荷の排出を抑制することが急務である。水産分野において、漁業はもとより加工、流通、消費、廃棄の各段階でも環境負荷が生じる。日本人が消費する水産物の上位にサンマがあり¹⁾、宮城県のサンマ漁獲量は北海道に次ぎ全国第2位である。漁獲されたサンマは、素材のまま生や冷凍で日本各地に流通する他、県内で缶詰、煮物、干物などに加工される。サンマの主な漁獲手段であるサンマ棒受網漁業は集魚灯を使用することから、イカ釣り漁業とならんで燃油多投型漁業とされる。しかしながら、これまでサンマの環境負荷を定量的に評価した事例は報告されていない。

今般、環境に対する影響を評価する手法として、ライフサイクルアセスメント (以下、LCAとする) が注目を集めている。LCAは製品やサービスに対して、生産から廃棄に至るまでの物質とエネルギーの流れを一貫して計上し、環境への影響を評価する手法である²⁾。建設業や製造業の分野では、以前からLCA手法を用いた環境影響評価がおこなわれてきており、農業分野などでも同様にLCAが進められている。近年では食品産業でも積極的にLCAに基づく評価が試みられている。カーボンフットプリントはエコラベルの1つで、製品やサービスのLCAに基づく二酸化炭素 (以下、CO₂とする) を代表とする温暖

化ガスの量をラベルに貼付し、いわゆる「見える化」を図ったものである。国でも経済産業省、環境省、農林水産省が中心となってCO₂の「見える化」に取り組んでいる³⁾。カーボンフットプリントによりCO₂の量が分かることで、生産者においてはCO₂排出量の多い工程を把握でき、よりCO₂の排出が少ない生産体制へシステムを移行することが可能になる。また、消費者においては、これまで直接的に意識することの難しかった日常生活からの環境への影響を視覚的に感じることができると同時に、環境に配慮した商品を選択できるようになることで、社会全体のCO₂排出量の削減に資するものとして期待されている。一方、水産分野のLCAに関する知見は少ないことから、個々のデータを蓄積しなければならない段階にある。

そこで本研究では、宮城県で水揚げされるサンマを対象にLCAを実施し、サンマ缶詰のカーボンフットプリントを明らかにすることを目的とした。

方 法

1 システム境界と機能単位

本研究では、宮城県に水揚げされたサンマに着目し、生鮮サンマを利用したサンマ缶詰の生産から消費に至る

^{*1}水産技術総合センター環境資源部, ^{*2}東北大学大学院農学研究科, ^{*3}宮城大学食産業学部,

^{*4}産業技術総合研究所安全科学研究部門

一連の流れを調査対象とした。本研究で検討したシステム境界を図1に記す。この中では、サンマの流れを漁獲、加工、販売、流通、使用（消費）、廃棄の6段階に分けた。各段階に物質やエネルギーが投入され、製品とCO₂が産出される。以下に本研究で設定したシナリオを示す。

- ①一般の商業サンマ船で操業し、サンマを漁獲する。
- ②水揚げされたサンマはトラックで女川港から石巻市内にあるサンマ缶詰工場へ輸送される。
- ③サンマ缶詰工場でサンマ缶が製造される。
- ④製造されたサンマ缶はトラックで東京の販売店へ輸送される。
- ⑤販売店の棚に陳列された商品は1ヵ月で購入され、消費者の手に届き食される。
- ⑥消費後の廃棄物は家庭ゴミとして集荷され、埋め立て処分される。

また、本研究では、評価指標となる機能単位を「サンマ缶詰1個を消費すること」と定義した。

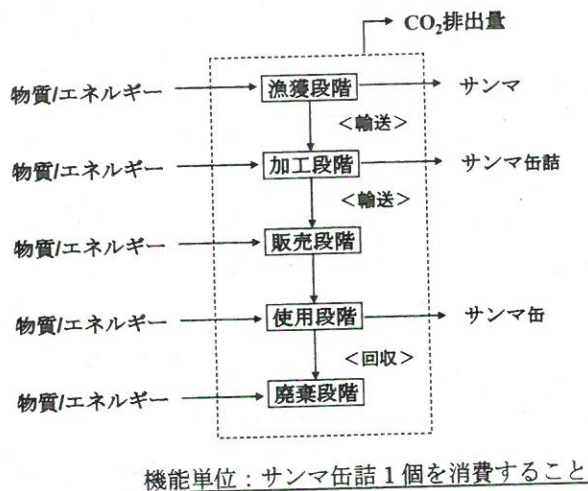


図1 本研究で評価の対象としたシステム境界

2 データの収集と分析

データの収集は主に漁業者や加工業者等に聞き取り調査をおこない、H20年のデータを中心に整理した。漁獲段階では宮城さんま漁業者組合連合会から一般的なサンマ商業船の操業や水揚げに関する情報や、全国さんま棒受網漁業協同組合が発表しているサンマ棒受網漁業関係資料等を入手した。また、サンマ船ではないが、宮城県が所有する漁業指導船「新宮城丸」は、毎年サンマの漁場調査をおこなっていることから、新宮城丸に乗船し、

漁獲の実態把握の一助にするとともに、参考まで関係データを収集した。加工段階では、石巻にあるサンマ加工会社Kよりサンマ缶詰（150g/個）製造に係る工程の他、原料である生鮮サンマ、資材やユーティリティの使用状況に関するデータを得た。販売段階では、東京都内と宮城県内で差がないものとして、県内の一般的なスーパーマーケットから、店舗面積や使用電力に関する情報入手して活用した。

CO₂排出量は、投入される物質やエネルギーの使用量と各項目のCO₂排出原単位を乗じ、得られた値の和をとることで求めた。投入される物質やエネルギーについて、漁獲段階では渡邊ら⁴⁾の方法と同様に、漁船、漁具、燃料消費を積み上げた。この際、投入される物質については、使用期間を考慮した。また、加工段階では、サンマ原料、包装品、燃料消費と電力消費、流通段階ではトラックサイズ、積載率と燃費、販売段階では電力消費を積み上げた。なお、廃棄段階では回収（2tトラック、積載率60%）と粉碎（シュレッダー消費電力0.01kWh）を仮定して計算に組み込んだ。

分析に必要な各項目のCO₂排出原単位は、LCA支援ソフトであるAIST-LCA ver4（（独）産業技術総合研究所）を用いて作成した。このソフトには、素材やユーティリティ等の製造や使用にかかる環境情報がデータベースとして蓄積されている。また、缶詰についての歩留りは70%で計算した。これは、サンマ1kg当たりを加工し、700gのサンマ缶詰内容量を考えた場合の値である。その他、不足する分析データについては文献で補った。

結 果

1 漁獲の実態

サンマは主として、サンマ棒受網漁業で漁獲される。サンマ棒受網漁業は、サンマの群れを探索し、魚群を見つけたら微速で近づき、集魚灯によりサンマを集め、あらかじめ船の横に張り出しておいた網の上にサンマを誘導し、サンマを浮上させた後に、網を揚げることで漁獲する漁法である。この漁法により、日本のサンマの90%以上が漁獲されている。平成20年における全国のサンマ漁獲量は354.5ktとなっており、このうちの約30%に相当する105.2ktが宮城県で水揚げされていた。

宮城県におけるサンマ船の一般的な行動パターンは、8月中旬のサンマ漁解禁に合わせて出港し、10月中旬頃までロシア海域や道東で操業する。その後、サンマの回遊に合わせて三陸沖、常磐沖へと南下する。漁業盛期は10月から12月中旬頃である。サンマ船の航海日数は、ロシア海域操業時は本州に水揚げした場合は往復で約4日、三陸沖操業時は1、2日程度である。サンマ船の規模については、漁船規模階級の中で19トンおよび199トンに操業隻数が多いことから、本研究でもこれら階級の中から平均的な漁船を抽出し、モデルとして分析した。表1は今回の調査対象としたサンマ漁船の要目を表したものである。総トン数は漁船Aが19トン、漁船Bが199トンである。漁船Aは、漁獲後すぐに港へ入ることから、冷凍設備を持たないが、漁船Bは長期の航海に備えて冷凍設備を有する。漁船の燃料には、各船とも重油を使用しており、年間の重油消費量は、漁船Aが200kL、漁船Bが364kLで、漁獲量は漁船Aが890t、漁船Bが4,020tであった。これにより、単位重油あたり漁獲量は、漁船Aが4.5kg/L、漁船Bが11.0kg/Lであった。

表1 モデルとしたサンマ漁船の要目

	漁船A	漁船B
総トン数	19	199
馬力 (PS)	190	1,400
冷凍設備の有無	無	有
漁具(魚網)(t)	3.0	5.0
集魚灯(個)	166	645
航海数(回)	56	38
重油消費量(kL)	200	364
漁獲量(t)	890	4,020
単位重油あたり漁獲量(kg/L)	4.5	11.0

2 加工・流通・販売の実態

女川港に水揚げされた生鮮サンマは2tトラック(積載率100%)で10km離れた石巻市内のサンマ加工会社に輸送され、缶詰に加工される。加工会社Kの概要を表2に記す。この加工会社では水産缶詰の他、鯨加工品、佃煮、煮干小女子、オキアミ加工品などを製造している。サンマ缶詰は原料が搬入されると、水洗い、整形、洗浄をおこない、調味・過熱を経て肉詰めされる。次いで重量を確認し、検缶の後にラベル貼付、箱詰めして出荷される。H20年の加工会社Kにおけるサンマ缶詰の製造個数は111,840個で、出荷額は31.3百万円であった。製造された缶詰は、

その後、石巻からおよそ400km離れた販売店へと4tトラック(積載率100%)で運ばれる。今回、モデルとした販売店Iの店舗情報を表3に記す。販売店Iからは、店舗面積(駐車場除く)と使用した電力量(平成19年10月から平成20年9月までの1年間)に関する情報を得た。この販売店の店舗面積は31,050m²であるが、そのうち、サンマ缶詰コーナーは0.05m²であった。サンマ缶詰の販売に使用した電力量については、店舗面積の比率から3.94kWhを得た。

表2 モデルとした加工会社Kの概要

主な出荷物	水産缶詰, 鯨加工品, 佃煮, 煮干小女子, オキアミ加工品
全体出荷額 (うち、サンマ缶詰出荷額)	1,592 (百万円) (31.32 (百万円))
サンマ缶詰製造数量	111,840 (個)
A重油使用量	351,780 (L)
電気使用金額	1,732,991 (kWh)

表3 販売店の店舗情報

店舗総面積	31,050.00 m ²
サンマ商品売り場面積	0.05 m ²
1ヶ月の平均電気使用量	2,445,655 kWh
サンマ商品売り場面積あたり 1ヶ月の電気使用量	3.94 kWh

3 カーボンフットプリントの算出

各段階のCO₂排出量の計算に利用した項目別のCO₂排出原単位を表4に示す。算出過程の詳細については、漁獲段階における漁船Aを例に述べる。漁船Aでは、漁船1隻(使用期間20年)、魚網3t(使用期間5年)、重油200kL(使用期間1年)からサンマ890tが漁獲されていた。このことから、使用期間及びサンマの漁獲量で除して、単位年でのサンマ1kg漁獲あたり投入量に換算すると、漁船は 5.62×10^{-8} 隻、魚網は 6.74×10^{-7} t、重油は0.22Lとなる。CO₂排出原単位は、表4より19トン漁船が57,300kg/隻、魚網が

表4 算出に使用したCO₂排出原単位

	項目	unit	kg-CO ₂ /unit	備考
漁獲段階	漁船 ³⁾ (19トン)	隻	57,300	FRP船の製造
	漁船 ³⁾ (199トン)	隻	158,000	アルミ合金船の製造
	漁船 ³⁾ (450トン)	隻	357,286	アルミ合金船の製造
	魚網	t	800	テトロン網の製造
加工段階	アルミ缶	個	0.08	製造
	2tトラック	km	0.32	燃費8.0km/L、積載率100%
流通段階	4tトラック	km	0.47	燃費6.5km/L、積載率100%
	重油	L	3.04	使用
ユーティリティ	電力	kWh	0.45	使用

800kg/t, 重油が3.04kg/Lなので, それぞれ対応する項目ごとに乗じて, 得られた値の和をとり, 単位を“kg”から“g”にするために1,000を乗じると687という数値が得られる。つまり, これはサンマ1kg漁獲あたり687gのCO₂が排出されていたことを意味する。同様にして漁船Bを算出すると, 漁船1隻(使用期間20年), 漁網5t(使用期間5年), 重油364kL(使用期間1年)からサンマが4,020t漁獲されていたことから, サンマ1kg漁獲あたりに換算すると, 漁船 1.24×10^{-8} 隻, 漁網 2.49×10^{-7} t, 重油0.09Lが投入されて, 278gのCO₂が排出されていた。これら漁獲段階の投入・算出フローを示したのが図2である。なお, サンマ商業船によるサンマの平均CO₂排出量を算出するために, やや強引ではあるが, 上記で求めた19トン及び199トンのCO₂排出量と国内漁獲に占めるそれぞれの漁獲量の推計比率(19トン:199トン=1:3)から加重平均をとったところ, サンマ1kg漁獲あたりの平均CO₂排出量は380gと得られた。

サンマ漁獲にかかるCO₂排出要因は, いずれも重油の使用によるものが大きく, 全体の99%を占めていた。一方, 漁船や漁具による影響は無視できるほど小さなものであった。

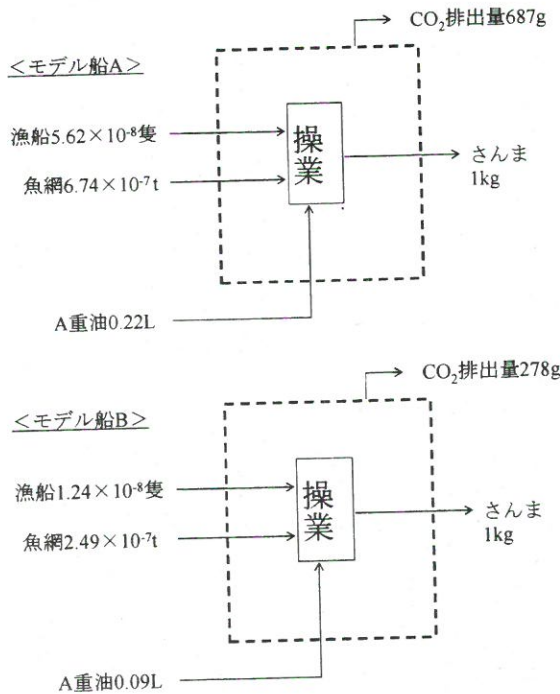


図2 漁獲段階の投入・算出フロー

であった。

次に, 加工段階における缶詰製造に伴うCO₂排出量を計算した。サンマ原料の背負うCO₂排出量は, 漁獲段階で得られたサンマ1kgあたりの平均値である380gを利用した。サンマ缶詰製造に係る投入・産出フローを図3に示す。サンマ缶詰1個を製造するにあたり, サンマ原料(可食部)125g, アルミ缶17g, 調味料, その他8gの原料と重油0.06g, 電力0.3kWhが投入されていたことから, 表4のCO₂排出原単位を用いて計算すると, 148.3gのCO₂を排出しているものと求められた(調味料, その他は原単位が不明なため, 計算からは除外)。

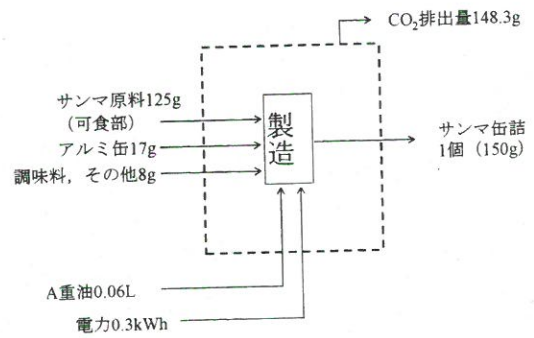


図3 缶詰製造にかかる投入・算出フロー

また, サンマ缶詰1個あたり換算時の販売, 輸送及び廃棄のCO₂排出量は, それぞれ1.7g, 7.3g, 0.1gであった。使用段階におけるCO₂排出量は, 熱などを使わずに缶をあけて食べるだけなので0として処理した。これにより, サンマ缶詰1個のライフサイクル全体をとおしたCO₂排出量は157.4gと得られた。

サンマ缶詰1個が消費者に渡るまでのCO₂排出の内訳では, 漁獲によるものが43%, 加工によるものが51%, 流通によるものが4%, 販売によるものが1%, 廃棄段階

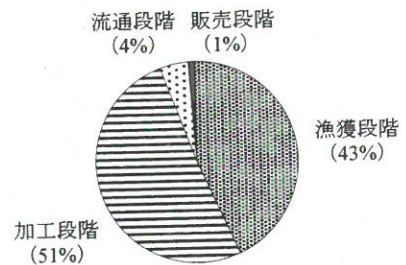


図4 段階別CO₂排出量の内訳

は0%であった(図4)。漁獲段階ではサンマ原料漁獲にかかる重油の使用, 加工段階では容器となるアルミ缶が結果に大きく寄与していた。

考 察

1 サンマ缶詰におけるカーボンフットプリントの特徴

今回, ケーススタディとして実施したサンマ缶詰からのCO₂排出量が見積もられ, 段階別では, 漁獲と加工で特に大きいという特徴がみられた。以下, 漁獲段階と加工段階について考察する。

漁獲段階については, サンマ1kg漁獲あたりCO₂排出量は, 漁船Bが漁船Aより良い結果であった。漁船Aは, 漁船規模が小さいことから, あまり遠方までいかず, 日帰りが基本となる。このため, 1回あたりの操業で漁獲できる量が限られる。一方, 漁船Bは冷凍施設を有するとともに, 遠方までの航海が可能である。基本的には規模が大きくなると, 製造や運用に係るCO₂排出量は大きくなるが, 漁船Bでは, 移動範囲が広いことからサンマの群れとの遭遇率が高く, また, 採集能力が高いことから, 漁船Aより効率的にサンマを漁獲し, 結果として, 漁獲1kgあたりに換算したCO₂量は漁船Aに比べて低くなったと考えられる。

サンマ缶詰に着目すると, 原料となるサンマが背負うCO₂量(漁獲段階に発生)とアルミ缶の影響が大きかった。一方, 加工の工程で使われる重油や電力はあまり結果に影響しなかった。アルミ缶は素材製造の段階で多くの電力を消費することから, 素材自体の持つCO₂排出量が大きいと言える。一方, アルミ缶には軽くて丈夫という便利な側面もあり, 缶の機能性を追及したトレード・オフの結果とも考えられる。なお, アルミ缶はリサイクルが可能であるが, 本評価ではリサイクル効果は計上されていない。流通段階のCO₂排出量は, トラックサイズと積載率, 距離に依存するが, 今回の設定では全体の4%と結果にはあまり大きくは影響していなかった。また, 販売段階についても1%と小さく見積もられた。今回は店舗の面積比を利用した消費電力から算定を試みたが, 有効面積の考え方など方法論の議論が今後必要と考える。

さて, サンマ缶詰のカーボンフットプリントは, 157.4gと得られたが, この値は他の食品と比べるとどのような

位置づけになるであろうか。図5は, 経済産業省がカーボンフットプリント試行における暫定値として公表したものである(一部改変)²⁾。機能単位が商品であることから, 内容量などバラバラで一致するわけではないが, 参考として商品あたりのCO₂量だけをみれば, 今回例示した中で, サンマ缶は他の水産物に比べて低く, 紀州梅干と同程度であったことが分かる。

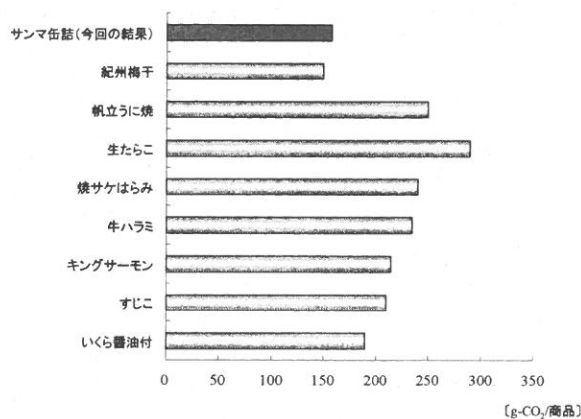


図5 カーボンフットプリント算定の例

2 産業連関分析結果との比較

本研究では, 現場のデータを積み上げることでサンマのカーボンフットプリントを算出したが, 積み上げの過程で重大な漏れがないか, また, 数値の意味するところを確認するために, データが整理されている漁獲段階について, 少し古いですが, 産業連関表(1995年表)による分析結果との比較をおこなった。産業連関分析について, 渡邊⁶⁾は, サンマ棒受網漁業が漁獲1kgあたり1,080gのCO₂を排出していたことを報告している。なお, この値は, 金銭取引の流れから導かれた全国のサンマ棒受網漁業の平均値である。一方, 今回の調査で得られたサンマ漁獲1kgあたりCO₂排出量は19トンと199トンの平均で380gであったことから, 産業連関分析の結果に比べると少ない値であった。このような差が出た要因について, まずはデータを収集した年度の違いが挙げられる。今回得られた数値は漁獲量を基準にしていることから, 資源水準や漁獲努力量で漁獲量は大きく変動する。実際, 近年はサンマ資源が高位で推移していることもあり, 2008年の漁獲量は1995年の1.3倍多くなっている。次に, 地理的条件の違いについても述べておく。今回の分析結果は宮城県

の事例を積み上げたものであるのに対して、産業連関分析は全国の平均値である。このように分析範囲が異なることも結果に差をもたらさうる要因として留意する必要がある。一方、CO₂排出の内訳をみると、両者とも直接的な燃油消費が8割以上を占めるところでは一致しており、概ね妥当なところと判断される。

3 他漁業種との比較

南ら⁷⁾は遠洋マグロ延縄を対象にした分析において漁獲段階が他の川下段階に比べて大きなCO₂排出の要因であることを述べている。漁獲段階において100gのマグロを消費者に供給する機能単位では非可食部を含む200gのマグロが必要であるとして算出した結果は1,650gであった。これを1kgあたりに換算すると8,250gとなる。また、渡邊ら⁴⁾は北海道における沿岸イカ釣りを分析した事例で、イカ1kgあたりで2,234gのCO₂を排出していたことを報告している。一方、本研究のサンマの操業時に発生するCO₂は19トン船と199トン船の平均で380gであった。マグロはサンマの約22倍、イカはサンマの約6倍の値になった。漁獲物と漁業種類を考えると、マグロ延縄（遠洋）は遠方まで行くので、移動にかかる燃料費の多いことが挙げられる。また、資源量について近年マグロは、世界各地の魚食ブームによる乱獲などで漁獲量が減少しており、漁獲効率が低下していることも考えられる。沿岸イカ釣りは集魚灯を利用することで多くの燃料を使用していた。サンマも光を使う漁業であるが、集魚灯の点灯時間や釣り漁具と網漁具の採集能力の違いがある。サンマは、近年の資源水準が多く、漁獲量が大きいことも結果に影響した。結論としては、漁獲1kgあたりで比較すると、サンマのCO₂量は遠洋延縄によるマグロや沿岸イカ釣りのイカに比べて小さいと考えられた。ただし、今回の結果（サンマ1kgあたりのCO₂排出量）が年経過に対してどの程度の安定性（ばらつきの程度）を持つかについては今後把握しておく必要があり、資源トレンドとの関係の検討が望まれる。

4 漁業経営とカーボンフットプリント

漁業経営において、燃油価格の高騰は非常に大きな問題であり、これまでも省エネに向けた取り組みが進められてきた。一方、今回の分析結果から、サンマにおける

漁獲段階のCO₂排出量は99%が直接的な燃油消費であることが分かった。このことは、逆にみると、省エネを達成することが環境的にも経営的にも有効なことをLCAの見地からあらためて示したものと言える。

これまでに省エネ対策として、漁業の立場からの取り組みをソフト的なものとハード的なものに分けてそれぞれ表5、表6に整理した。ソフト的な取り組みには、①速度管理、②積載量管理、③装置・機器等の運用管理、④定期的な保守・整備点検、⑤適切な運航管理などがある。また、ハード的な取り組みには、①船型、②推進系、③動力源、④新しい技術開発が挙げられている。段階的には、経費負担の少ない漁業者自身によるソフト的な取り組みから導入しやすい。そこで、ソフト的な取り組みとして、速度を落とすことによる燃料消費の削減量と、漁業経営、環境にどれだけ効果があるのかを新宮城丸の調査で確認することとした。表7は新宮城丸がサンマ漁場調査で移動の際に、いつもより速度を落とした経済速度で運航した時の実証試験の結果を表したものである。H16年度には平均10.5knotで運航していたところを、H17年度には状況に合わせて最大3knotまで運航速度を減速して移動した。その結果、運航日数こそ5日の違いはあるものの、総重油消費量で33,100L、1日あたりの平均重油消費量では400Lを削減したことが確認された。これは、重油価格を70円/Lとすると、1日あたり28,000円の削減になり、50日では140万円の節減となった。また、CO₂排出量

表5 ソフト的な省エネ対策の例

項目	内容
①速度管理	速力を落とすなどして、経済速度で運航する。
②積載量管理	船内の無駄な荷物を下ろし、船体速度を低減する。
③装置・機器等の運用管理	・冷凍装置：必要以上に温度を下げない。 ・照明器具、空調設備等の船内の電力使用量を節約する。
④定期的な保守・整備点検	・船体では、船底や推進器（プロペラ）等の付着物を落とすなどして、プロペラ効率の低下を抑える。 ・機械整備による機械効率、運転効率の向上を図る。
⑤適切な運航管理	無理や無駄のない操業計画を心がける。

表6 ハード的な省エネ対策の例

項目	内容
①船型	・抵抗の少ないVドックフロー型の船型 ・低速時に高効率となる北欧型船型 など
②推進系	・二重反転プロペラの採用 ・プロペラマッチングの向上 など
③動力源	・推進機関の排熱利用システム（コージェネレーションシステム） ・超伝導モーター ・軸動力 ・電力供給効率改善（コンデンサ型トランス） など
④新しい技術開発	・人工衛星等を利用した魚場特定の技術開発 ・LEDを利用した漁具・漁法の技術開発 ・風力、太陽エネルギー等の利用技術開発 など

では、1日あたり1.2tの削減となり、50日では60tの削減効果が得られていた。漁船の規模や減速量、機関への負荷率の違いなどで効果の大小は変わるかもしれないが、漁獲物の鮮度の問題を無視すれば、経済速度で運航することが有効であることが実証された。

表7 新宮城丸の実証試験結果

年度	航海日数 (日)	主機回転数 (RPM)	発生馬力 (PS)	負荷率 (%)	平均速力 (Knot)	総重油 消費量 (L)	1日あたりの平均 重油消費量 (L/Day)
H16	55	290	900	50	10.5	138,900	2,520
H17	50	220-290	360-900	25-50	3-10.5	105,800	2,120
差	—	—	—	—	—	33,100	400

漁業資源の分野では、単位努力あたり漁獲量（いわゆるCPUE）が資源管理の指標として使われる。しかし、これまでこの分野では、燃料を基準にした議論と言うのはあまりなされてこなかったように思われる。燃料は環境や漁業経営の重要な指標であり、山川⁸⁾が指摘するように、燃料使用量から資源（漁業）管理に結びつけるという視点も今後は必要となるであろう。それは、例えば本事例の結果で示したような船の単位燃料あたり漁獲量のようなものである。定置網漁業の除く多くの漁船漁業では、この指標で漁獲効率や環境負荷の程度を推定できるので、今後の漁業評価や漁業政策に積極的に取り入れられるべきと考える。

要 約

これまでサンマを対象としたLCAは報告されていなかったが、大衆魚であるサンマ業を対象にしたカーボンフットプリントを定量化することができた。本研究から次の結論が得られた。

1. 平成20年は総漁獲量が大きく豊漁であった前提条件の下で、サンマ缶詰におけるCO₂量は加工段階と漁獲段階で大きかった。
2. 現場のデータを積み上げることで、サンマ1kg漁獲するにあたり、19トン型のサンマ船で687g、199トン型のサンマ船で287gのCO₂を排出しており、サンマ平均では、380gと推定された。
3. また、サンマの缶詰1缶（150g）あたりのカーボンフットプリントは157.4gであることが試算された。
4. 新宮城丸で運航速度の制限による効果を検証したと

ころ、1航海当たり400Lの燃油削減効果が得られ、燃油コストで1日あたり28,000円、CO₂では1日あたり1.2tの削減が確認された。

5. 単位燃油消費あたり漁獲量という指標が今後の漁業評価や漁業政策で有効に活用されるべきである。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、塩釜地区機船漁業協同組合総務部長の鈴木武様、加工会社Kの高田屹様、宮城県農林水産部水産業振興課の田松光徳様、新宮城丸船長の鹿野又辰夫様、一等航海士の芳賀武志様をはじめ、乗組員の皆様には多大なご協力をいただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 水産庁 (2009) 水産白書 (平成21年版), pp96.
- 2) 伊坪徳宏・田原聖隆・成田暢彦 (2007) LCA概論, 産業環境管理協会, p1-29.
- 3) 稲葉敦 (2009) カーボンフットプリント, 工業調査会, p1-19, pp101.
- 4) 渡邊一仁・田原聖隆・藤森康澄・清水晋・三浦汀介 (2006) イカ漁業のLCIと環境負荷, 環境科学会誌, 19 (1), p15-24.
- 5) 海上技術安全研究所 (2002) 総合報告書, 2 (2), p129-133.
- 6) 渡邊一仁 (2006) LCA法による漁業の環境影響評価, 北海道大学博士論文, p7-54.
- 7) 南亘・安井邦洋・中野勝行・金熙濬 (2004) まぐろ消費に伴う大気汚染物質LCI, 日水誌, 70(4), p548-554.
- 8) 山川卓 (2004) TAC制度の理論と実践Ⅲ, 日水誌 70 (4), pp629.