

水産物流通における環境負荷の定量化に関する研究

ENVIRONMENTAL LOAD PERTINENT TO PRODUCTION, TRANSPORTATION AND PRESERVATION OF SEA FOOD

芥川 崇*・松本 亨*・井村秀文*

Takashi AKUTAGAWA*, Tohru MATSUMOTO*, Hidefumi IMURA*

ABSTRACT; Although the Japanese diet has been changing, seafood is still important and supplies one third of the protein needs in Japan. The objective of this research is to estimate the energy consumption from the production, transportation, and preservation of sea food, as well as the flow of nitrogen associated with them. The total energy consumption is estimated to be 6.8 million TOE per year, which is equivalent to 1.9% of Japan's total energy consumption. Fishing and fish farming consume 5.8 million TOE, which is equivalent to 85% of total energy consumption. Ocean sea fisheries and farming are more energy efficient than coastal fisheries in terms of energy requirement per unit catch weight. Preservation consumes 450 thousand TOE per year. Sea food requires more energy for preservation than other types of food, and half of the energy for the preservation is used to produce ice. Each year, 197 thousand tons, 98 thousand tons, and 40 thousand tons of nitrogen are brought to Japan by fisheries, sea food imports and fish farming, respectively. The difference between the inflow and outflow of nitrogen to and from Japan is estimated to be 300 thousand tons per year.

KEYWORDS; fisheries and environmental, energy input for sea food, flow of the nitrogen,

1. はじめに

日本人の食生活の変化に従い、動物性蛋白質における肉類のシェアも増加傾向にある。しかし、図1に示されるようにわが国の動物性蛋白質摂取量の約3分の1は依然魚介類からによるものである。

著者らは食料生産活動である農業、畜産業、水産業に着目し、それにともなう環境負荷の分析を行っており、農業と畜産業の生産・輸送・保存・貿易の分析結果は既に報告したところである¹⁾²⁾。本研究では水産業に着目し、以下の二点について研究を行う。第一に、水産物に投入される直接エネルギーを指標として、水産業における環境負荷の評価を試みる。第二に、水産物の輸出入にともなう窒素の流れを評価する。

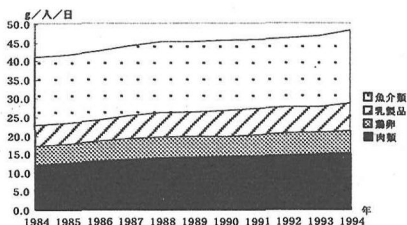


図1 わが国の一人一日当たりの動物性蛋白質摂取量³⁾

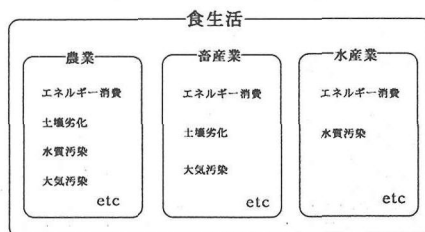


図2 食料生産にともなう発生する環境負荷

*九州大学工学部環境システム工学研究センター

*Institute of Environmental Systems, Faculty of Engineering, Kyushu University

2. 漁業の各過程において発生する環境負荷の定量化

2.1 生産過程

ここでは、水産物の生産過程において投入された直接エネルギー量を漁業と養殖業それぞれについて定量化する。

2.1.1 漁業

分析は漁船規模階層ごとに行う。まず一経営体あたり燃料費データ（表1）にその階層の経営体総数を乗じ、その値に金額エネルギー原単位を乗じて各階層ごとの直接投入エネルギーを算出する。金額エネルギー原単位は漁船の燃料であるA重油の発熱量⁷⁾をその年のA重油価格⁷⁾で除して算出する。なお、漁業での燃料はすべて漁船に使われ、漁船の燃料はすべてA重油とみなす。分析結果を表2の上段に示す。

2.1.2 養殖業

養殖業も漁業と同じく各養殖部門における一経営体あたりの燃料費データ（表1）にその部門の経営体総数を乗じ、その値に金額エネルギー原単位を乗じて算出した。養殖業に使用される燃料は動力船と餌料運搬用機械、その他原動機に使用される。本研究では養殖業に使用された燃料はすべてA重油とみなし計算を行った。結果を表2の下段に示す。

表1に示すように1994年に水産物生産に投入された直接エネルギーは漁業で515万TOE、養殖業で64万TOEとなり、合計580万TOEになる。

漁業の階層別でみると、5トン未満の経営体と500トン以上の経営体が消費したエネルギー量が共に130～140万TOEと大量にエネルギーを消費している。図4は5トン未満の漁船での投入エネルギーと500トン以上での投入エネルギーを比較したものである。図より沿岸漁業に使用される5トン未満の漁船階層で、1994年には20年前の約2倍ものエネルギーが投入されている。この階層における経営体数と漁獲量は年々減少していることから、漁船の老朽化と漁獲量の減少で漁獲物を採るために移動距離が増加したことが投入エネルギーの増加の原因と考えられる。養殖業ではのり養殖に33万TOEのエネルギーが直接投入されており、養殖業全体の50%を占めている。これはのり養殖の経営体数が養殖業のなかで最も多く、そのうえ燃料代も他の養殖業と比べて2～3倍大きいからである。

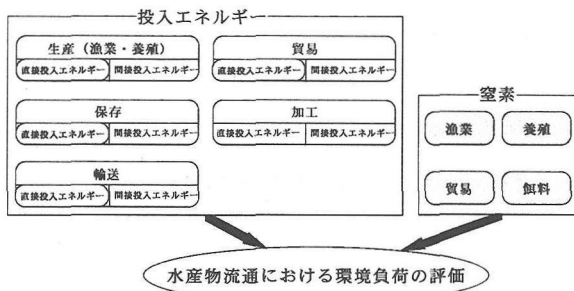


図3 本研究の枠組み

表1 燃料費原単位（1994年）^{4) 5)}

漁・養殖業種類	燃料費 (1000円/経営体)
5T未満	398
5～10T	1,038
10～50T	4,363
50～100T	13,695
100～200T	23,205
200～500T	42,475
500T以上	113,378
大型定置網	1,680
小型定置網	163
のり養殖	921.4
かき養殖	396.9
ぶり養殖	667.7
わかめ養殖	178.3
ほたて養殖	438.8
たい養殖	558.5

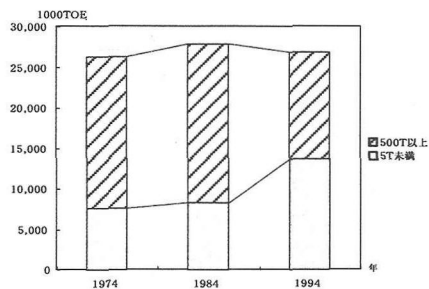


図4 漁船規模による投入エネルギーの変化

表2 生産過程での直接投入エネルギー（1994年）

経営形態	漁									
漁・養殖業種類	5T未満	5～10T	10～50T	50～100T	100～200T	200～500T	500T以上	大型定置網	小型定置網	
全直接投入エネルギー量 (10 ⁶ kcal)	13,723,119	3,978,907	9,702,468	1,773,929	3,474,202	4,787,311	13,160,166	671,489	307,740	

経営形態	養殖業						
漁・養殖業種類	のり養殖	かき養殖	ぶり養殖	わかめ養殖	ほたて養殖	たい養殖	
全直接投入エネルギー量 (10 ⁶ kcal)	3,295,920	631,753	467,709	569,887	932,000	460,365	計 57,936,966

5800×10³ TOE

2.2 輸送過程

ここでは水産物が漁港に水揚げされてから各消費地に届くまでの輸送に投入された直接エネルギーを算出する。輸送方法には陸上輸送と海上輸送の二通りがあるが、海上輸送での輸送量は全体の3.4%しかないので本研究では全部陸上輸送であるものとする。分析手法として、水産物輸送量に1トン当たりの平均輸送距離と1キロ当たりの燃料消費量、燃料の発熱量を乗じる。なお、営業用の小型車は他に比べて輸送量が少ないために計算から除外する。トラック

の1トン当たりの平均輸送距離は水産物だけでなく全輸送貨物1トン当たりの距離を使用する。トラックの輸送量原単位は平成6年度の値を平成6年の値とみなす。結果を表4に示す。

表3 平成6年度トラック輸送量原単位^{a)}

	単位	営業用		自家用	
		普通車	小型車	普通車	小型車
トン当たり平均輸送キロ	km	85.89	31.39	23.25	21.59
1キロ当たり燃料消費量	ガソリン	0.20	0.14	0.16	0.12
	軽油	0.28	0.13	0.22	0.11

表4より水産物の輸送段階で投入されるエネルギーは約38万・TOEとなることがわかる。

表4 輸送過程において投入されるエネルギー（1994年）

	単位	営業用		自家用		計
		普通車	小型車	普通車	小型車	
エネルギー投入量	ガソリン	109,736	—	25,568	17,807	153,111
	軽油	168,263	—	38,504	17,877	224,644
計		277,999	—	64,072	35,684	377,755

2.3 保存過程

ここでは水産物が各消費地に届くまでの保存に投入された直接エネルギーを算出する。水産物の保存には船上、冷凍工場、輸送中の自動車の各段階でエネルギーが投入されるが、船上、自動車での保存には船と自動車の燃料が各々保存のエネルギー源となっているので、ここでの計算においては除外し、冷凍工場でのエネルギーについてのみ算出する。分析手法として冷凍設備能力^{a)}に設備トン当たりの消費電力を乗じ、年間の総消費電力を算出する。冷凍工場は設備規模、保存温度によって消費電力が異なるが、平均でみると年間設備トン当たり100～120kWh消費している

ので、本研究では110kWhとし計算する^{注1)}。以上の手法により算出した値は、食料全体（農産物・水産物・畜産物・冷凍食品）とその他に投入された保存エネルギーなのでこのうちの水産物の分を比例配分して求める。なお冷凍工場には製氷するだけの工場があるが氷はほとんど水産物を冷やすために使われているので^{注2)}、製氷工場で消費された電力はすべて水産物に投入されるものと考え

る。結果を図5に示す。

図より1994年において、食料全体についての年間総消費量84万TOEのうち、約45万TOEが水産物に投入されている。これを水産物1kg当たりに直すと約700kcal/kgになる。他の食料は1kg当たり約360kcal

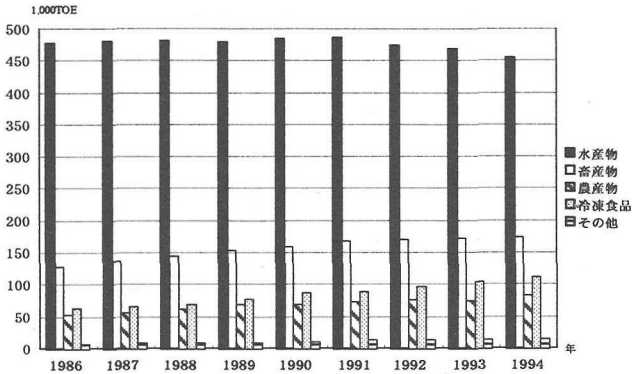


図5 保存過程での投入エネルギー

表5 冷蔵・凍結と製氷の年間投入エネルギー（TOE，1994年）

冷蔵・凍結	製氷
234,044	201,465

であり、水産物の保存には単位重量当たり他の食料の約2倍のエネルギーが必要となる。これは製氷に投入されるエネルギーが大きいことによる。表5に示すように、製氷に投入されるエネルギーは冷蔵・凍結に投入されるエネルギーと比べて差はなく、水産物にとって鮮度が重要であることを表している。

2.4 貿易過程

ここでは、わが国の国際貿易において水産物に投入される直接エネルギーを算出する。輸出国から輸入国までの輸送についての投入エネルギーを算出する。ここで、水産物はすべて貨物船により輸送されるものとする。分析手法として各航海路での輸送貨物量1トン当りに投入されるエネルギー¹⁰⁾に各国(地域)からの輸入量¹¹⁾を乗じて貿易に投じられるエネルギーとする。原単位においてアメリカ合衆国とカナダは北米東岸、西岸の平均値0.075TOE/tonを使用する。なお最近では、水産物については一部、海上貿易をしているが本研究ではその正確な数値をつかむことができなかったため、輸出国が獲った水産物はいったん輸出国に帰港し、それから輸出されるものとする。

表7より1994年にわが国が水産物輸入のために投入したエネルギーは約13万TOEである。これを水産物1kg当りに換算すると約560kcalになる。

3. 漁法・魚種による比較分析

2で述べたように生産・輸送・保存・貿易の各過程において生産過程に投入されたエネルギーが最も大きい。よってここでは水産物の生産を漁法別(遠洋漁業・沖合漁業・沿岸漁業・養殖)、魚種別に比較する。分析手法には2.1で得られた結果を用い、水産物1kg当たりのエネルギー投入量を漁法別に算出し、各漁法における生産量¹²⁾を乗じて漁法別投入エネルギーを算出する。そしてその値を魚種別に分配し、各魚種1kg当たりの投入エネルギーを算出する。

表8は各魚種・漁法別で比較したものである。表より高級魚であるまぐろと低級魚であるいわしの1kg当たりの投入

表6 各航海路の輸送貨物量1トン当たりのエネルギー投入量(1994年)

輸送船就航海路	原単位 TOE/ton
北米西岸	0.05
北米東岸	0.10
欧州航路	0.10
地中海航路	0.09
オセアニア	0.06
南アフリカ	0.09
東アジア	0.01
東南、南、南西アジア	0.05

表7 輸入量とエネルギー消費量(1994年)

国・地域名	輸入量(トン)	エネルギー消費量(TOE)
EC	110,051	11,020
アメリカ合衆国	553,386	39,847
中国	309,070	3,194
タイ	191,600	9,628
大韓民国	199,953	2,066
インドネシア	138,092	6,939
台湾	159,451	1,648
ロシア	186,868	18,712
カナダ	88,760	6,391
インド	54,181	2,722
オーストラリア	19,374	1,220
ノルウェー	225,295	22,560
ニュージーランド	38,527	2,426
合計	2,274,608	128,372

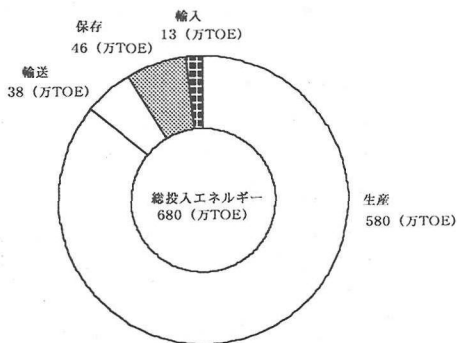


図6 各過程における投入エネルギー(1994年)

表8 魚種別・漁法別直接投入エネルギー

まぐろ(遠洋)			いわし(遠洋)		
	投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)		投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)
1974年	4,479	254	1974年	3,101	114
1984年	6,183	264	1984年	1,436	2,940
1994年	5,596	257	1994年	2,484	648
まぐろ(沖合)			いわし(沖合)		
	投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)		投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)
1974年	5,558	77	1974年	6,167	426
1984年	3,592	83	1984年	5,942	1,062
1994年	4,685	73	1994年	7,010	617
まぐろ(沿岸)			いわし(沿岸)		
	投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)		投入エネルギー (kcal/kg)	漁獲量 (1000トン)
1974年	4,676	16	1974年	5,450	191
1984年	6,193	18	1984年	3,768	512
1994年	13,759	11	1994年	6,085	239

エネルギーはあまり違いがないようにみえる。しかし両方とも遠洋漁業における漁獲量が最も多いのでそれを考慮すると、1994年は遠洋漁業のまぐろには約5,600 kcal/kg、遠洋漁業のいわしには約2,500 kcal/kg となり、まぐろにはいわしの約2倍のエネルギーが投入されている。1994年の沿岸漁業に使用された漁船は約35万隻、沖合・遠洋漁業に使用されたものは約1万5千隻であることから、沿岸漁業は漁獲量のわりにエネルギー消費の面から非効率であるといえる。

図7はぶりを漁法別に比較したものである。ぶりについては養殖の方が他の漁法よりも1kg当たりの直接投入エネルギーは少ない。また、養殖は水産業の中で唯一生産を計画的に行うことができるので、生産量が他の漁法と比べて安定している。

表9は魚介類単位量当たりの直接投入エネルギーと魚介類そのものに含まれるエネルギーを比較したものである。表よりわれわれが日常食べている魚介類にはその魚介類に含まれているエネルギーよりもまぐろ、かつおでは約5倍、ひらめ・かれいに至っては約10倍のエネルギーが投入されていることがわかった。

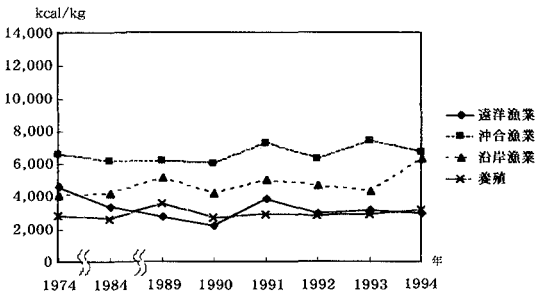


図7 ぶりの漁法別比較

表9 投入エネルギーと魚介類のエネルギーとの比較（1994年）

	投入エネルギー (kcal/kg)	魚介類のエネルギー (kcal/kg)
まぐろ類	5,666	1,080
かつお類	5,969	1,290
さけ・ます	1,863	1,565
いわし類	4,913	1,597
あじ類	4,349	1,440
さば類	3,583	2,390
さんま	3,099	2,400
ぶり類	5,751	2,570
ひらめ・かれい	9,422	970
たい類	9,803	1,110
えび類	10,284	930
かに類	10,434	770
いか類	7,572	760
たこ類	10,339	690

*各漁法の平均で算出。養殖は除外

4. 水産物に含まれる窒素の流れ

国内に流通している水産物に含まれる窒素の流れを分析する。水産物中の窒素含有量は、食糧需給表に示される水産物の蛋白質含有量（水産物1kgあたりに蛋白質0.187kg含有）に漁獲量（または貿易量）を乗じ、窒素・蛋白質換算係数で（水産物の場合は6.25⁽³⁾）で除すことにより求めた。

図8は1994年の水産物に含まれる窒素のフロー図である。図より生産量（漁業と養殖）

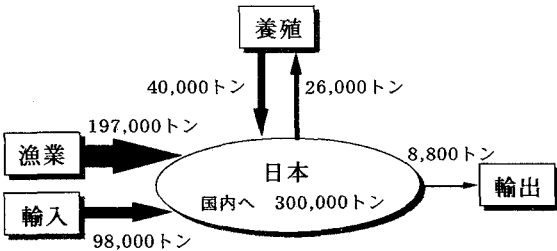


図8 水産物に含まれる窒素の流れ（1994年）

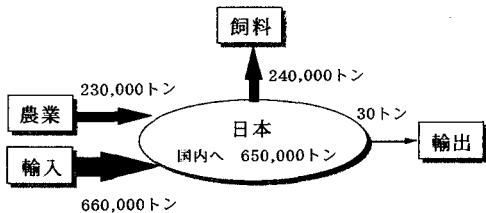


図9 農産物に含まれる窒素の流れ（1994年）



図10 畜産物に含まれる窒素の流れ（1994年）

と輸入量から餌料、輸出量を減じた約30万トンの窒素が国内に貯留すると考えられる。

図9と図10は農産物と畜産物について水産物と同様に算出したものである。これらの図より1994年に農産物では65万トン、畜産物では15万トンの窒素が国内に貯留されている。

5. おわりに

(1) 日本での水産物の各過程における直接投入エネルギーを試算した。1994年にわが国は水産物に680万TOEのエネルギーを直接投入した。これは同年の国内エネルギー総消費量の1.9%に相当する。そのうち生産過程では580万TOE、輸送過程では38万TOE、保存過程では45万TOE、貿易過程では13万TOEのエネルギーが投入されていることがわかった。

(2) 1994年にわが国では水産物1kgを生産するために遠洋のまぐろでは約5,600kcal、遠洋のいわしでは約2,500kcalのエネルギーを直接投入した。このことから高級魚、天然物ほど単位量当りの投入エネルギーは大きいといえる。漁法別では大きな漁船を使って大量に魚を獲る遠洋漁業のほうがエネルギーの観点からは効率的であるといえる。また養殖は直接投入エネルギーが少なく、安定した生産を得ることができる。

(3) 日本は年間約30万トンの窒素を水産物を介して貯留している。農産物では65万トン、畜産物では15万トンであった。

注1) (社) 日本冷凍食品協会へのヒアリングによる

注2) (株) 九州製氷へのヒアリングによる

【参考文献】

- 1) 芥川崇・井村秀文ほか：輸入農産物の国外環境負荷に関する研究，第4回地球環境シンポジウム講演集，pp.217-222，1996
- 2) 水野隆司・井村秀文ほか：農産物生産にともなう環境負荷の定量化に関する研究，第24回環境システム研究論文集，pp461-466，1996
- 3) 農林水産大臣官房調査課：食糧需給表，pp70-71，1995
- 4) 農林水産省統計情報部：漁業経済調査報告（漁家の部），1996
- 5) 農林水産省統計情報部：漁業経済調査報告（企業体の部），1996
- 6) 農林水産省統計情報部：漁業動態統計年報，1996
- 7) 日本エネルギー経済研究所：エネルギー・経済統計要覧，1997
- 8) 物流技術センター：数字でみる物流，pp70，1996
- 9) 日本冷凍食品協会：冷凍食品に関する諸統計，1996
- 10) 八島弘倫・井村秀文ほか：国際物流にともなうエネルギー消費量及びCO₂排出量の評価，第25回環境システム研究論文集掲載中，1997
- 11) 農林水産省統計情報部：ポケット水産統計，1996
- 12) 農林水産省統計情報部：漁業・養殖業生産統計年報，1996
- 13) 科学技術庁資源調査会：日本食品成分表，1996