

スケトウダラ冷凍すり身製造におけるエネルギー所要量

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	渡辺, 尚彦 高井, 陸雄 長谷川, 浩
巻/号	48巻7号
掲載ページ	p. 941-944
発行年月	1982年7月

スケトウダラ冷凍すり身製造におけるエネルギー所要量*1

渡辺尚彦・高井陸雄・長谷川 浩

(1981年11月10日受理)

Energy Use in the Manufacture of Frozen Surimi

Hisahiko WATANABE*2, Rikuo TAKAI*2, and Hiroshi HASEGAWA*2

A study was made of energy use in the manufacture of frozen surimi. The amounts of utilities and other materials used were examined in two factories located in eastern Hokkaido. The use of energy equivalent of expenditure on capital equipment was also examined. By use of these data, the primary energy input to frozen surimi product was estimated to be 7.5 GJ t^{-1} surimi product; 36% of the energy is used in the surimi manufacturing process, 27% in the freezing process, 21% in effluent treatment and 16% in packaging. It was shown that a considerable amount of energy was used for freezing and space heating. The cost of additives was the predominant factor and was approximately 30% of the total cost.

加工度が高く処理量の多い、水産加工の典型例とみられる練製品製造をとり上げ、水産加工におけるエネルギー消費構造を検討したい。練製品*3は、漁獲→冷凍すり身(一次加工)→練製品(二次加工)→消費 という流れを通るが、本稿では冷凍すり身製造についての検討結果を報告する。

調査および推定方法

調査対象 北海道東部地区の代表的な2つのスケトウダラ冷凍すり身工場(A工場およびB工場)を調査対象とした。A工場は大規模級の工場で2級品を中心に日産約50トンの製品を12月~3月に集中して生産している。B工場は中小規模級の工場で特級・1級品を中心に日産約15トンの製品を通年生産している。A工場はスケトウダラの漁獲量が少ない時期にはサケ・マス等の加工など手広く行なう兼業工場であるがB工場は冷凍すり身専業工場である。

調査方法 調査は工場での操業に立ち会い電気、水道等の使用量をチェックする立ち会い調査と各工場の操業日誌を過去数年間にわたり閲覧して行なう書類調査とを併用した。立ち会い調査は1980年12月に行なった。

所要エネルギーの推定方法 冷凍すり身製造工程のフローシートをFig. 1Aに示した。冷凍すり身工場は原料

魚から冷凍すり身製品を生産し魚卵原料とフィッシュミール原料とを副産物として産出する。

一般にエネルギー分析においては、投入エネルギーの副産物への配分が問題とされる。²⁾しかし、冷凍すり身製造におけるこれらの副産物は、冷凍すり身の製造に必要な前処理工程で原料魚から分離された後、何ら手を加えずに魚卵加工あるいはフィッシュミール工場へ渡される。従って、冷凍すり身工場に投入されたエネルギーをこれらの副産物に配分する必要はない。他方、廃棄物であるスカムおよび余剰汚泥は、負の価値を有する副産物であり、工場から搬出された後、海洋・地中への投棄あるいは焼却などの処理が必要である。この処理に要するエネルギーも冷凍すり身製品への投入エネルギーの一部として計上すべきものである。しかし工場外における処理に要するエネルギーについてデータが得られなかったため無視し、廃棄物については、工場内での処理に要するエネルギーのみを計上した。

また、原料魚に投入されているエネルギーが現在は不明であるので、本研究では、原料魚を冷凍すり身製品に変換するために付加される投入エネルギーを検討の対象とした。

Fig. 1Aに示した冷凍すり身製造工程の各要素は、前処理工程、すり身製造工程、凍結工程、包装工程、廃水

*1 水産加工におけるエネルギー消費構造の検討—I (An Energy Analysis of the Manufacture of Fisheries Products-I).

*2 東京水産大学食品工学科 (Department of Food Technology and Engineering, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato, Tokyo 108, Japan).

*3 練製品の原料には通常スケトウダラを主とした冷凍すり身とグチなどの生原料とが使われる。両者の混合比は製品によりさまざまであり、冷凍すり身を全く使わないものもある。

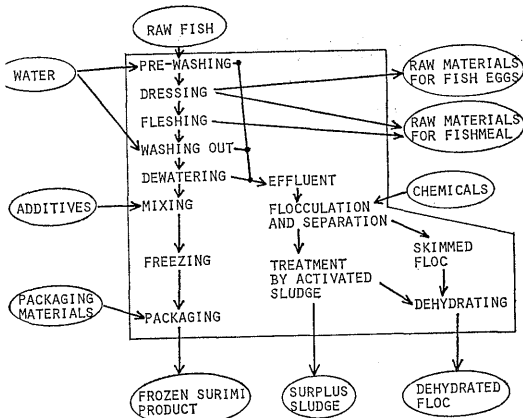


Fig. 1A. A flow sheet of the frozen surimi manufacture.

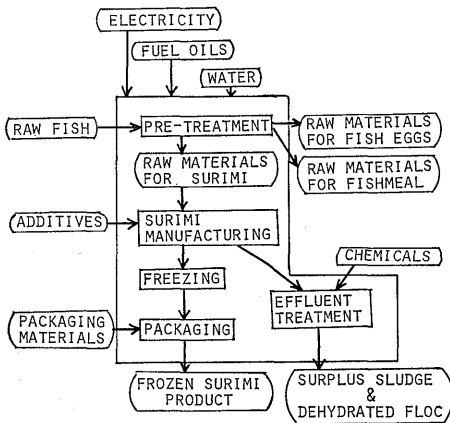


Fig. 1B. A simplified flow diagram of the frozen surimi manufacture.

処理工程の5工程に大別できる (Fig. 1B 参照)。更に、前処理工程はすり身製造工程と一体なので後者に含めることができ、また、包装工程は手作業による単純な箱詰め作業なので、包装資材の間接エネルギー投入だけを考慮しさえすれば作業工程として無視できる。そこで、冷凍すり身工場の内部を、すり身製造工程、冷凍工程、* 廃水処理工程の3工程に分けて、それぞれの直接・間接エネルギー投入量を推定することにしよう。

実際、工場においては、電力積算計や水量計の設置数が極めて少なく、かつ配線・配管が入り組んでおり、上記の3工程での各々の電力、水道使用量を計器から直接読み取ることが不可能であった。そこで、立ち会い調査における各装置・機器類の操作時間、定格電流、側溝排水流量などの測定値を基に、1日の使用量を各工程に配分する比率を定め、更に調査日の運転状況を平均的な操業実態であると仮定し、過去の月別使用量について電気量、水道量の各工程毎の使用量を推定した。

機械設備に投入された間接エネルギーの算定は、機械設備の一年間の減価償却額にエネルギー集中度を乗じて行なった。

結果および考察

スケトウダラ冷凍すり身製品1トンあたりに要する(原料魚に付加する)電力、石油およびその他の諸資材の使用量推定値を Table 1 の第3欄に示した。この推定根拠を以下に説明する。

ユーティリティおよび諸資材投入量

電力 各工程毎の電力使用量を Fig. 2A および Fig. 2B に示した。すり身製造工程は A, B 工場とも一定 (約

Table 1. Energy inputs in the manufacture of one ton of frozen surimi product

		Amount of use	Primary energy inputs (MJ/t-Product)		Price (¥/t-Product)
Surimi Manufacturing process	Electricity	30 kWh	251	2667 (36%)	450
	Fuel oils	20 l	788		1200
	Piped water	10-30 t	300		3200
	Additive	52 kg	522		13000
	Depreciation	¥6,200	806		6200
Cooling & freezing process	Electricity	200 kWh	1680	2046 (27%)	3000
	Piped water	1 t	15		160
	Depreciation	¥2,700	351		2700
Effluent treatment	Electricity	50-100 kWh	629	1572 (21%)	1100
	Fuel oils	10 l	394		600
	Piped water	1 t	15		160
	Chemicals	0.3 kg	27		70
	Depreciation	¥3,900	507		3900
Packaging materials		24 kg	1200 (16%)		6200 (15%)
Total			7485 (100%)		41900 (100%)

* すり身の凍結工程と冷凍すり身の保冷工程とは別種のものであるが、本研究では両者を分離し得なかったため、合わせて冷凍工程とした。

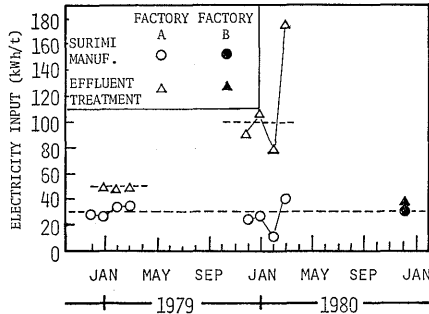


Fig. 2A. The amount of use of electricity for the manufacture of one ton of surimi product in the surimi manufacturing process and in the effluent treatment.

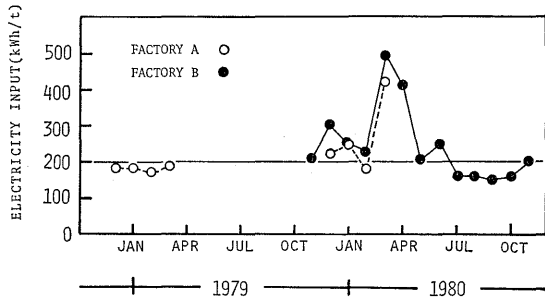


Fig. 2B. The amount of use of electricity for the manufacture of one ton of surimi product in the freezing process.

30 kWh/t) しているが、冷凍および廃水処理工程は2倍以上の大きなバラツキを示している。冷凍工程にみられるバラツキは一時的なものとみて、平均 200 kWh/t を投入量とした。他方、廃水処理工程の所要電力量の挙動は不安定で平均値を求めるのが難しいが 50~100 kWh/t とした。

石油類 石油類の使用は、すり身製造工程での暖房用灯油、廃水処理工程でスカムの加熱脱水に用いる重油ならびに車輛用軽油である。車輛用軽油はわずかなので無視し、前2者について月別の使用量を Fig. 3 に示した。廃水処理工程で用いる重油は両工場とも同じ挙動を示し、季節変動はなく漸増傾向にある。灯油使用量は当然のことながら季節変動が大きく、また工場間の差異も大きい。年々使用量が増加しているが、最近の年間平均として 20 l/t を用いた。

上水道 すり身製造工程における水道使用量を Fig. 4 に示した。A工場では水晒し排水を循環利用し水使用量の節減を図っていた。他方、B工場では前処理段階での魚体洗浄に多量の水が使われていた。平均して 20 t/t と見積った。冷凍工程および廃水処理工程での水使用量はともに 1 t/t 程度であった。

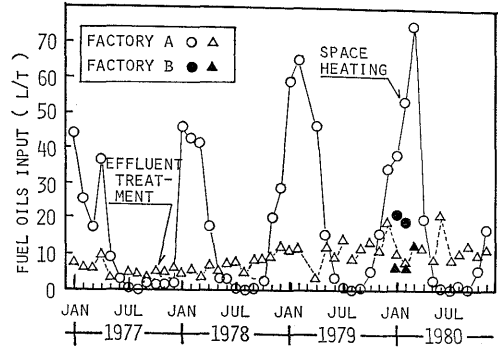


Fig. 3. The amount of use of fuel oils for the manufacture of one ton of surimi product.

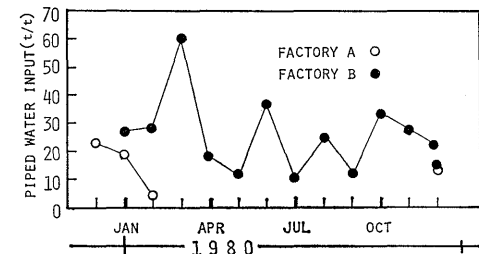


Fig. 4. The amount of use of piped water for the manufacture of one ton of surimi product.

すり身用添加物 典型的な使用例として、砂糖 5%、リン酸塩 0.2% を採用し、使用量を 52 kg/t とした。

廃水処理用薬剤 A工場での一次処理(加圧浮上処理)の実績では製品 1 トンあたり苛性ソーダ 0.12 kg、高分子凝集剤 0.012 kg、硫酸バンド 0.13 kg が使用されていた。そこで薬剤投入量を 0.3 kg/t と見積った。

機械設備 機械設備は、B工場から提供を受けたデータをもとに各工程毎の減価償却費を算出した。これらには建物、構築物、車輛、機械装置が含まれている。一般に古い工場では、長年にわたる操業の間に機械装置の改廃や増設が重なり、資料も逸散して減価償却の見積りが困難になる。幸いB工場は2年前に工場移転を行なったばかりで最新の資料を得ることができた。

包装資材 冷凍すり身 20 kg 入り用段ボール箱の1箱の重量(470 kg)から算定した。

エネルギー換算

上述により算定した電力・水道等使用量および資材・機械設備等投入量を一次エネルギー投入量に換算し、メガジュール (MJ) 単位で Table 1 第4欄に示した。エネルギー換算は次のように行なった。即ち、直接エネルギーはエネルギー換算率(後出)により換算した。資材・機械設備等の形で投入される間接エネルギーは資源調査会による産業連関表を用いたエネルギー分析¹⁾から得ら

れたエネルギー原単位あるいはエネルギー集中度を参考にして換算率を決定し換算した。

電力 水力発電量を考慮した値である 2000 kcal/kWh を用いた。¹⁾

石油類 原油と同じ 9,400 kcal/l を用いた。²⁾

上水道 英国の場合に 9 MJ/t という報告がある。³⁾ 資源調査会の資料⁴⁾ では工業用水として 1.2 MJ/t または 4.3 MJ/t が使われているが上水道についての数値がない。産業連関表(昭和 49 年延長表)では上水道についての総投入エネルギーを 32.32×10^{12} kcal と見積っている。⁵⁾ これを昭和 48 年度の上水道給水有効水量⁶⁾ 5.95×10^8 m³ で除すると 22.7 MJ/t となる。中間をとってここでは 15 MJ/t を採用した。

添加物 資源調査会の資料⁴⁾ ではエネルギー原単位はペニシリン 1033 MJ/kg, 苛性ソーダ 27 MJ/kg, 砂糖 9 MJ/kg である。別に農薬については 90 MJ/kg とされている。^{*} リン酸塩は砂糖との価格比から 36 MJ/kg と推定できる。これらの値から、廃水処理用薬剤として 90 MJ/kg を用いた。

機械設備 産業連関表に基づく産業機械の全エネルギー集中度は 20.5 kcal/円 である。⁷⁾ 木谷^{*}は農業用機械の値として 30.8 kcal/円 を用いている。ここでは 30 kcal/円 を用いて換算した。

包装資材 資源調査会の資料では上質紙が 97.6MJ/kg 更紙が 54 MJ/kg である。ここでは 50 MJ/kg を用いた。

エネルギー所要量の比較

Table 1 第 4 欄に示した、冷凍すり身製品を 1 トン生産するために原料魚に付加される一次エネルギーの工程毎の構成を見てみよう。全体で 7.5 GJ を要しており、すり身製造工程に 36%、冷凍工程に 27%、廃水処理工程に 21%、包装資材に 16% である。工程として単純でありながら包装資材の占める割合の大きいのが目立つ。また、各工程の内訳をみると冷凍工程の電力が全体の 22% という大きな割合を占めている。更にすり身製造工程の中では暖房用の石油が大きい。Table 1 に示した値は年間平均であり、冬期の使用量はこの 2~3 倍にも達し、冷凍工程の全量にも匹敵する値となる。エネルギー

Table 2. Price list

Electricity	: ¥15/kWh
Fuel oils	: ¥60/l
Piped water	: ¥160/t
Sucrose	: ¥250/kg
Other additives	: ¥258/kg
Packaging materials:	¥800-100/kg

一経済的には暖房方法の工夫が第一といえよう。これに反し、すり身製造工程で問題となっている水道水量はエネルギー的には比重の軽いことがわかる。廃水処理工程では電力が最も大きい、これは主に活性汚泥槽の空気吹込用ブロワに消費されている。風の強い地方では廃水処理用の空気吹込に風車を利用することが考慮されるべきであろう。

価格による比較

工場の経営を支配するのは価格であるから、製品 1 トンあたりに投入されるエネルギーおよび資材を価格換算して比較を行なった (Table 1 第 5 欄)。用いた単価は Table 2 に示した。価格構成をみるとすり身工程の比重が増大し全体の 60% を占め、他方、冷凍および廃水処理工程はともに 14% に減少する。すり身工程の中で特に目立つのは添加物(砂糖)であり、添加物と包装材を合わせただけで驚くことに全体の 46% にも達する。またエネルギー比較で注目された暖房用石油は価格比較では目立たない存在と化している。

本研究の遂行にあたり有益なご助言を賜った東大農学部橋本周久教授に深謝する。本研究の経費の一部は昭和 55 年度文部省科学研究費によった。

文 献

- 1) 科学技術庁資源調査会編: 衣食住のライフサイクルエネルギー, 大蔵省印刷局, 東京, 1979, pp. 29-392.
- 2) A. L. CRAFTS-LIGHTY, G. A. BEECH, and T. N. EALDEN: *J. Sci. Food Agric.*, **31**, 299-307 (1980).
- 3) 大竹千代子編: 日本環境図譜, 共立出版, 東京, 1978, p. 275.

* 木谷 収: 日本食品工業学会第 23 回大会特別講演集, 1976 年, pp. 1-7.