フィッシュミール製造におけるエネルギー投入量の推定

渡 辺 尚 彦

(1985 年 2 月 18 日受理)

An Estimation of Energy Input in the Manufacture of Fish Meal

Hisahiko WATANABE*

The input of energy and non-energy goods in the manufacture of fish meal was examined. The amount of these goods was then converted into energy input. The estimated energy input for fish meal manufacture was 1,600-2,300 kcal per kilogram of product. Since this value is one half or one third of that for the production of starch or its related products, it can be said that fish meal plant is less energy intensive than other food processing plants. The total energy input, which is the sum of energy input in catching process and that in manufacturing process, was also estimated to be 4,000-17,000 kcal per kilogram of product. This result indicates that the fish meal made of sardine captured near Japan is more energy intensive than the maize which is transported for a long distance from USA as a principal constituent of assorted feed.

水産加工業の中で最も装置産業化の進んでいるフィッシュミール製造プロセスのエネルギーアナリシスを行なった。フィッシュミールに加工される原料は、イワシ・サバ・スケトウダラのような小型の多獲性魚類である。その他に各種加工残滓がフィッシュミールに加工される。また、卸売市場や鮮魚商組合から排出される都市残滓もフィッシュミールの原料となる。本研究では、イワシの全魚体を原料とする工場および都市残滓処理専門の工場を対象として調査し解析した結果を報告する。

方 法

東北地方でイワシの全魚体ミールを製造する A 工場（原料処理量 5,000 トン/月）と、関東地方で都市残滓ミール製造専門の B 工場（原料処理量 2,500 トン/月）を調査対象とした。これらの工場における 2 年間の製品生産量、原料処理量および諸製品の投入量を調査した。

エネルギーアナリシスの手法は別報¹⁾と同様である。すなわち、まず、フィッシュミール製造工場において生産のために投入された電力、石油等エネルギー製品および包装材料、機械、建物等非エネルギー製品の量を調査した。ついでそれらの各製品の投入量をエネルギーに換算した。換算に用いたエネルギー濃度は別報¹⁾と同じ値を用いた。なお、フィッシュミール工場ではフィッシュミールの他に魚油が製品として生産される。価格を比較して魚油もフィッシュミールと同程度の有価物であると

評価できるので、投入エネルギーを単位製品重量あたりに換算する際には、魚油をフィッシュミールと同格の製品として扱い、総投入量を魚油およびフィッシュミールの製品生産量の和で除した。

結果および考察

原料処理量および製品生産量 両工場の原料処理量の月間変動を Fig. 1 に示した。A 工場の原料処理量はイワシの漁期に起因する季節変動が極めて大きい。フィッシュミールの原料が十分に入手できない時期には、A 工場では、他の食品加工の業務を行なっているため、本研究では、A 工場については、原料処理量が 3,000 トン/月を越している 7 月から 1 月迄を解析の対象とした。他方、B 工場の原料処理量は変動が小さく、かつ、安定成長を示している。

製品であるフィッシュミールおよび魚油の生産収率を Fig. 2 に示した。A 工場ではイワシの漁期にはフィッシュミールが原料の 22% 程度生産される。しかし魚油は魚の脂肪含率の季節変動を反映し、11 月を過ぎると大幅に減少している。都市残滓を原料とする B 工場では、フィッシュミール、魚油とも収率はきわめて安定している。フィッシュミールの収率は 20% 程度、魚油は 9% 程度である。

エネルギー製品および非エネルギー製品の投入量 エネルギー製品（電力・重油）の投入量を Fig. 3 に示し

* 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).

Fig. 1. The monthly change of the throughput of raw materials.

Fig. 2. The monthly change of the yield for fish meal and fish oil.

た。電力使用量、重油使用量ともに両工場で変動は小さく、かつ一致している。同図より電力使用量は 30 kWh/t-原料程度、重油使用量は 45 l/t-原料である。原料を 1 トン処理するのに要する電力および重油の使用量を工場の原料処理能力に対してプロットし Fig. 4 に示す。同図において実績値は A 工場および B 工場の実績データであり、設計値は装置設計会社 (C 社) の見積資料によるものである。同図により、この範囲では規模による差異

Fig. 3. The monthly change of electricity and heavy oil consumption per ton of raw material throughput.

Fig. 4. The relation between the energy consumption and the scale of factory. Open keys refer to actual results (1980-1982) and dark keys design values (1972-1974).

のないことがわかる。

非エネルギー産品として水道水および包装資材の使用量を調査した。水道水は 2.5 m³/t-原料、包装資材 (紙袋) は 3.5 kg/t-原料であった。また、工場の建物、機械、設備の形で投入される間接エネルギーは減価償却費に基づいて推定することとした。ただし、新工場の建設費を 9 年間で償却することとし、操業は 1 日 10 時間、月に 25 日とした。その結果、償却費 3,100 円/t-原料を得た。

フィッシュミールの製造工程に投入されるエネルギー前節で得たエネルギー産品および非エネルギー産品の投入量をエネルギーに換算し、Table 1 に示した。同表より、フィッシュミールの生産には、原料魚処理量 1 kg あたり 650 kcal のエネルギー投入のあることがわかる。他方、製品の収率はフィッシュミールが約 20%、魚油が 20~8% である。魚油もフィッシュミールとほぼ同程度の価値を有する製品であるので両者の重量を加えて全

Table 1. The energy input in fish meal manufacture

Item	Amount of use per ton weight of processed raw material	Energy input per ton weight of processed material $\times 10^3$ kcal
Electricity	30 kwh	60.0 (9.2)
Petroleum	45 l	491 (75.4)
Piped water	2.5 m ³	0.95 (0.1)
Packaging material	3.5 kg	10.2 (1.6)
Machinery & equipment	3100 yen	89.0 (13.7)
Total		651 (100.0)

製品とする。すると、製品の収率は 40~28% となる。従って、製品 1 kg 当りのエネルギー投入量は 1,600~2,300 kcal/kg-製品となる。また、この値を、製品の乾量基準に換算すると、製品の水分含率を 7% として、²⁾ 1,700~2,400 kcal/kg-製品乾量となる。

フィッシュミールのエネルギーアナリシスには TANAKA ら^{*1)}の研究があるが、彼らは原料魚の漁獲過程と製造過程を合わせた全過程についての投入エネルギー(全投入エネルギー)だけしか推定していない。全投入エネルギーについては次節で検討する。フィッシュミールの製造過程に投入されるエネルギーを推定した研究は他に見当たらない。フィッシュミール製造プロセスと類似した工程、すなわち、粉碎および乾燥より成る食品製造プロセスとして、デンプンおよびその関連製品の製造がある。CRAFT-LIGHTY ら³⁾によると、製造プロセスにおいて主原料に対して付加される投入エネルギーは、乾燥小麦デンプンでは 4,300 kcal/kg-製品・乾量、噴霧乾燥グルコースでは 4,900 kcal/kg-製品・乾量であった。フィッシュミールの 1,700~2,400 kcal/kg-製品・乾量というエネルギー投入量はこれらの 1/2~1/3 である。食品加工分野の中で装置化が最も進んでいるといわれるデンプン関連プラントと比較しても、フィッシュミールプラントは、エネルギーの効率的利用という点では劣っていないことがわかる。

フィッシュミール生産の全投入エネルギー 前節で得たフィッシュミールの製造過程に投入されるエネルギーに、原料魚の漁獲過程に投入されるエネルギーを加えるとフィッシュミール生産に投入される全エネルギーとなる。フィッシュミールの原料魚は冒頭に述べた通り、多

獲性魚類の全魚体または各種残滓である。イワシ、サバ、スケトウダラの漁獲において漁獲量 1 kg あたりに投入されるエネルギーは、イワシ^{*2)}: 820~2,410 kcal, サバ^{*2)}: 2,400~2,700 kcal, スケトウダラ⁴⁾: 4,000 kcal と推定される。また、フィッシュミール製品の収率が 28~40% なので、製品 1 kg あたり 2.5~3.6 kg の原料魚が必要である。従って、フィッシュミール製品 1 kg の原料魚漁獲に投入されるエネルギーは、2,050~14,400 kcal となる。これに製造過程に投入されるエネルギー 1,600~2,300 kcal を加えると、フィッシュミール製品の生産に要する全投入エネルギーは 3,650~16,700 kcal/kg-製品となる。変動幅がとても大きい、その原因は原料魚の漁獲に要するエネルギーの差異にある。まき網で獲ったイワシのミールと北転船で獲ったスケトウダラのミールでは 7 倍の開きのあることがわかる。

フィッシュミール生産の全投入エネルギーについては、TANAKA ら^{*1)}が産業連関分析手法を用いて 3,107 kcal/kg と推定している。これは本研究での結果の下限に近い値である。しかしながら、産業連関表では漁業についての部門区分が極めて粗く、沿岸漁業、遠洋・沖合漁業、海面養殖業、内水面漁業に分けているだけなので、原料魚の漁獲過程に投入されるエネルギーが結果を大きく左右する本題のような研究には数位の判断以上の参考にはならない。

フィッシュミールの主要な用途は配合飼料である。現在の配合飼料の主体はアメリカから輸入されるトウモロコシ等飼料用穀類である。アメリカにおける飼料用トウモロコシの生産に投入されるエネルギー (1,166 kcal/kg)^{*3)} に、アメリカから日本へのバラ積み貨物船による輸送に投入されるエネルギー (430 kcal/kg)^{*3)} を加えると、1,596 kcal/kg となる。この値は本研究によるフィッシュミールについての推定値の下限の約 1/2 である。つまり、フィッシュミールは、漁獲過程でのエネルギー投入量が最も小さい日本近海産のイワシを原料としても、はるばるアメリカから輸送されるトウモロコシの約 2 倍のエネルギーが投入されていると推定できる。ただし、残滓ミールについては、原料の取得に要するエネルギーを 0 と考えることもできるので、この場合は製造に要するエネルギー (1,600~2,300 kcal/kg-製品) が残滓ミールの全投入エネルギーとなり、アメリカから輸入されるトウモロコシとほぼ等しくなる。

*1) Y. TANAKA and T. UDAGAWA: Energy Analysis of Agriculture Fisheries and Forestry; Miscellaneous Publication of the National Institute of Agricultural Sciences, No. 25 (1981) p. 60.

*2) 渡辺尚彦: 生物資源にかかわるエネルギー利用の高効率化に関する研究 (文部省科学研究費補助金エネルギー特別研究・昭和 59 年度研究成果報告書). 1985, pp. 43-44.

*3) 内田純一: 東京水産大学水産学部卒業論文, 1983, pp. 3-24.

本研究は昭和 56 年度文部省特定研究費の補助を受けた。また、工場の操業実態調査については、東京水産大学小野征一郎助教授のご協力を賜った。記して感謝の意を表す次第である。

文 献

- 1) 渡辺尚彦：日水誌 **51** (9), 1527-1532 (1985).
- 2) 外山健三：水産加工技術(太田冬雄編)，恒星社厚生閣，東京，1980, p. 275.
- 3) A. L. CRAFT LIGHTY, G. A. BEECH, and T. N. EALDEN: *J. Sci. Food Agric.*, **31**, 299-307 (1980).
- 4) 渡辺尚彦・内田純一：日水誌，**50**, 417-423 (1984).