

節類加工とその残さい処理における熱エネルギーの 所要量と回収量

御木 英昌, 上西 由翁, 西元 諄一

Requirement and Recovery of Thermal Energy for Production of Dried Fish Sticks ("fushi") and Utilization of Wastes Generated*¹

Hidemasa Miki*², Yoshio Kaminishi*², Jun-ichi Nishimoto*²

Keywords : Fish meal, scrap meal, "fushi", heat balance, heat recovery

Abstract

The requirement and recovery of thermal energy were investigated on the production of "fushi" and the utilization of wastes generated.

Based on the yield recovery of products, the thermal energy was estimated as per 1 ton [t] of raw-fish (frozen) on each process.

As results, on the process used fuels, the required amount of thermal energy for smoking and drying of "fushi" was as much as 70%, and its waste heats were estimated about 2,300 and 2,600 kcal/t · raw-fish with mackerel and skipjack, respectively. And then the waste water for thawing of raw fish was as much as 4.133 m³/t · raw-fish, and its waste heat was about 87,450 kcal/t · raw-fish in both fish species. Therefore, the waste amount of thawing water could be saved near to 30% by using the waste heat of a smoking and drying process.

Furthermore, it was suggested that an improved system of the smoking house which saved energy and gave higher efficiency would be necessary to develop.

鹿児島県枕崎市は薩摩半島の南西部に位置し、昔から「かつおのまち」として発展してきたところである。現在の人口は3万人程度でその約半数が漁港地区に集中し、水産業およびその関連の仕事に従事している。なかでも、かつお節などの加工は全国の約24%の生産実績があり、枕崎市の重要な産業になっている。しかし、近年はカツオの魚価低迷が続き漁業者だけでなく水産加工業にも苦しい経営が強いられている。このため、カツオの高度利用および販路拡大を計る一方、水産加工における省エネルギー対策も重要な課題の一つになっている。

そこで本研究では、枕崎市のかつお節などの節加工およびその関連施設での使用エネルギー

* 本研究は昭和62, 63年度文部省科学研究費「総合研究(A), 代表者:石橋貞人(九州大学農学部)」による。

* 鹿児島大学水産学部食糧保蔵学研究室
(Laboratory of Food Preservation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima 890, Japan)

ギーの実態とそれに伴う廃熱（冷熱，温熱）および有価物を含む廃棄物（魚残さい，煮汁）の利用実態を調査し，生産コストの低減をもたらすように各工程および全システムの熱エネルギー収支を検討した。

研究方法

調査地の概要

枕崎市での節類加工業者は約120軒であり，加工用に設置されている釜の総数は398釜である。原料魚（原魚）の年間当たりの処理量（ton 数）は，現在カツオ類 40,000 t/年，サバ類 18,000 t/年程度であり，それから出る残さい（頭，骨，内蔵等）の量はカツオで約 11,000 t/年，サバで約 4,000 t/年程度である。また，節加工の際に出る残留煮汁量は，カツオ煮汁 14,600 m³，サバ煮汁 12,800 m³，合計約 27,400 m³ である。

残さいは，枕崎水産加工業協同組合の残さい処理施設（フィッシュミール* 製造能力 120 t/24 h）に日量 40 t/8 h 程度が搬入され処理されている。フィッシュミール工場では，魚粕の煮熟，乾燥用熱源として蒸気を使用しているが，この蒸気発生用のボイラー燃料として重油 798 kl/年，魚油 491.6 kl/年を使用している。魚油は残さいから分離されたもので，重油と混合（20～30%）して全使用燃料の38%程度が回収魚油でまかなわれている。

一方，節類加工場からの上記煮汁は高濃度の有機物を含有し，水質汚濁の原因とされ，その対策としてメタンガス発酵によるエネルギー回収の事業化が検討されてきた¹⁾。

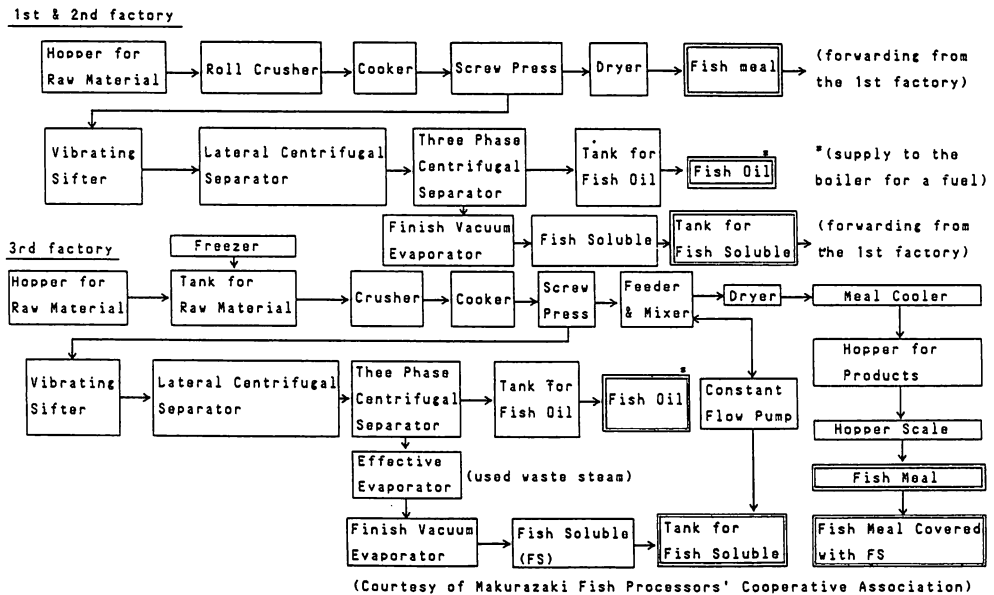


Fig. 1 Manufacturing process of fish meal (scrap meal) from fish wastes generated by making “fushi”.

* スクラップミール (scrap meal) または荒粕

調査方法

枕崎市の水産加工の実態について実地調査を行い、節加工およびその残さい処理の全工程での使用熱量および回収可能な熱量を算出し、原魚 1t 当たりの熱量に換算して全システムについて熱収支を検討した。なお、本研究では、設備および機械類等の電気エネルギーについては調査しなかった。

調査した枕崎水産加工協同組合の残さい処理施設については、フィッシュミール製造に関する工程の概要を Fig. 1 に示した。第三工場は昭和63年 4 月より運転開始のため、実績のある第二工場を対象とした。

結果と考察

節類加工に要する熱エネルギー

1. 製造工程とそれに伴う残さいと廃水量

かつお節の製造工程の概略は Fig. 2 に示すとおりである²⁾。さば節製造工程は原魚処理がかつお節と若干異なり、頭と内臓を取り除いたものまたは頭付きのまま背開きまたは腹開きした物が煮熟工程に送られるが、その他はかつお節と同じである。このような節製造工程において発生する頭、骨、内臓、その他の残さいは、フィッシュミールの原料として回収されて

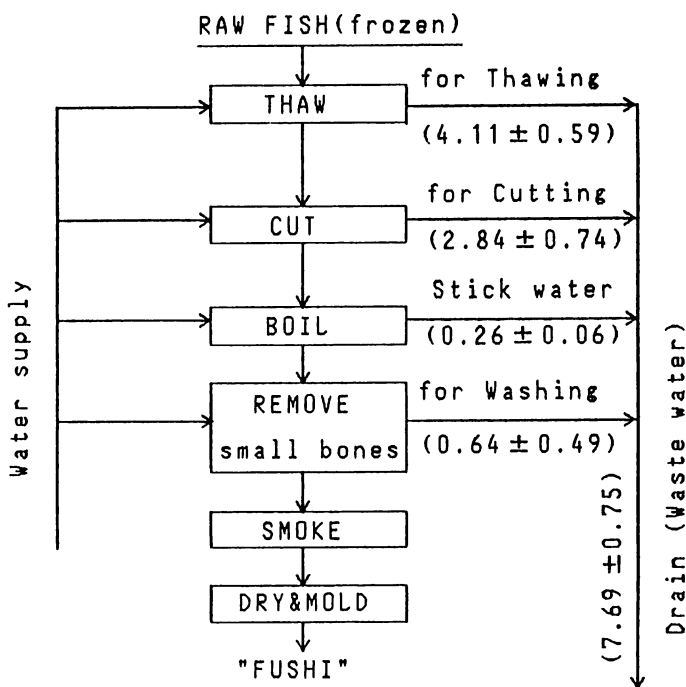


Fig. 2 Flow of process and drain for production of "fushi".

(): the volume of drain ($\text{m}^3/\text{t}\cdot\text{raw-fish}$)¹⁾

SMOKE: "Baikan" (drying and smoking, repeatedly)

いる。枕崎市の節類加工用の原料は、前述のとおりカツオ原魚 40,000 t/年、サバ原魚 18,000 t/年が処理されておりカツオは年間ほぼ平均して処理されている。カツオおよびサバの毎月の原料処理量ならびに残さい処理施設（フィッシュミール工場）での受け入れ量の状況を昭和58年度を例に Table 1 に示した。また、昭和59年度から63年度までの毎年の平均入荷残さい量はカツオ 10,754,043±902,000 kg、サバ4,076,363±811,000 kg であった。かつお節製造工程での処理と廃水（解凍処理，解体処理，煮汁および洗水）の関係とこれらの廃水量を規模別4社（枕崎市）について調べた平均値を Fig. 2 の図中に示した。

Table 1 Arrival quantity of raw fish and its wastes for making "fushi"

| Date | Skipjack | | | Coase fish* | | |
|-----------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|
| | Fish waste [kg] | Raw fish [t] | Waste rate [%] | Fish waste [kg] | Raw fish [t] | Waste rate [%] |
| '82. Dec. | 1,013,755 | 3,755 | 27.0 | 135,617 | 536 | 25.3 |
| '83. Jan. | 658,618 | 2,283 | 28.8 | 160,196 | 747 | 21.4 |
| Feb. | 0,034,340 | 4,094 | 25.3 | 107,986 | 493 | 21.9 |
| Mar. | 923,415 | 3,313 | 27.9 | 350,478 | 1,509 | 23.2 |
| Apr. | 900,554 | 3,997 | 22.6 | 529,756 | 2,415 | 21.9 |
| May. | 996,757 | 3,319 | 29.1 | 461,194 | 2,129 | 21.7 |
| June | 758,278 | 2,350 | 32.3 | 506,540 | 2,351 | 21.5 |
| July | 1,019,066 | 3,176 | 32.1 | 359,980 | 1,621 | 22.2 |
| Aug. | 778,043 | 2,745 | 28.3 | 367,330 | 1,684 | 21.8 |
| Sept. | 973,569 | 3,299 | 29.5 | 233,896 | 1,064 | 22.0 |
| Oct. | 1,132,238 | 3,775 | 30.0 | 239,462 | 1,096 | 21.8 |
| Nov. | 1,199,725 | 4,381 | 27.4 | 170,964 | 779 | 21.9 |
| Total | 11,358,358** | 40,467 | 28.1 | 3,623,347*** | 16,424 | 22.1 |

* Mackerel, mainly.

** 10,754,043±902,000 kg (1984~1988)

*** 4,076,363±811,000 kg ()

2. 使用熱エネルギー

1) 煮熟の所要熱量

生切りにした身（二，三枚卸）の加熱量を計算する。生切り後の歩留まりは、日本食品標準成分表（4訂）³⁾の廃棄率（三枚卸しの場合）の値を参考にカツオ65%，サバ55%とした。両魚種とも比熱を1.0とし、初期温度 10°C から 80°C まで加熱するものとする。

また、煮釜の蒸煮水面からの熱損失を20%と見積もると、原魚 1t 当たりの加熱量は次のようになる。ただし、ボイラー効率を80%とする。

$$\begin{aligned} \text{カツオ} &: 1000 \times 0.65 \times 1.0 \times (80-10) \times 1.2 / 0.8 \\ &= 68,300 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サバ} &: 1000 \times 0.55 \times 1.0 \times (75-5) \times 1.2 / 0.8 \\ &= 57,800 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

2) 焙乾の所要熱量

煮熟カツオの焙乾に必要な所要熱量(q)は、原魚 5t（煮熟カツオ 3.5t）当たりで試算し

た石川⁴⁾の計算例があるので、それを原魚 1 t 当たり換算して用いると次のとおりである。サバの場合は、歩留り上カツオの90%とした。

$$\begin{aligned} \text{カツオ: } q &= q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \\ &= 48,000 + 224,000 + 137,000 + 26,000 \\ &= 435,000 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サバ: } q &= 43,000 + 202,000 + 123,000 + 23,000 \\ &= 391,000 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

ここで、 q_1 =煮熟カツオを 20~80°C まで上げる熱量、 q_2 =水分を約70~28%まで塊(荒節)にするまでの水分蒸発に必要な熱量、 q_3 =焙乾室(2.2×2.2×5.4 m)の壁、床、天井からの熱損失、 q_4 =排気による熱損失

3. 廃熱エネルギー

1) 解凍水の廃熱量

凍結魚の解凍水の廃水量は Fig. 2 より平均で 4.11 m³/t・原魚となっている。解凍は一般にタンク内の静止水の中か、またはそれを換水して行われている。1 t の凍結カツオ(-15°C)を 0°C まで解凍するために必要な熱量を見積もる。なお、解凍に必要な熱負荷軽減のため、水解凍の前に自然放置するとして初期品温(-25°C)を-15°C程度まで昇温した凍結魚を用いるものとした。食品凍結時の正味の冷熱量(q)を算出する近似式⁵⁾を(1)式のように改めて、解凍熱量を求めた。

$$q = W \{ C_2(\theta_b - \theta_a) + f\gamma + (C_1 + C_2)\gamma(\theta_a - \theta_f) \} \quad (1)$$

$$C_1 = X + 0.5Y + 0.35 \quad (2)$$

$$C_2 = 0.5X + 0.5Y + 0.35 \quad (3)$$

ここで、 W [kg] = 原魚の重量、 C_1 [kcal/kg・°C] = 解凍魚の比熱、 C_2 [kcal/kg・°C] = 凍結魚の比熱、 θ_a [°C] = 初期温度、 θ_b [°C] = 解凍終温度、 θ_f = 凍結点、 γ [-] = 凍結率(1 - θ_f/θ)、 f [kcal/kg] = 氷の融解潜熱(80 kcal/kg)。

また、 X [kg/kg]、 Y [kg/kg] は魚肉成分で、水分量(W. B.)、脂質量をそれぞれ表す。

そこで、日本食品標準成分表(四訂)³⁾によりカツオ、サバの水分量(X)をそれぞれ70.4%、62.5%脂質含量(Y)を2.0%、16.5%として、魚体 1 t 当たりの解凍所要熱量を算出した。解凍点 θ_f は回遊性海水魚として、両魚種とも -1.5°C として -15°C(θ)のときの凍結率 $\gamma = 0.90$ とした⁵⁾。

$$\begin{aligned} \text{カツオ: } q &= 1000 \{ 0.712(0 - 15) + 80 \times 0.9 + (1.064 - 0.712)0.9(0 + 15) \} \\ &= 1000(10.7 + 72 + 4.75) \\ &= 87,500 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サバ: } q &= 1000 \{ 0.745(0 + 15) + 80 \times 0.9 + (1.06 - 0.745)0.90(0 + 15) \} \\ &= 1000(11.2 + 72 + 4.25) \\ &= 87,500 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

上記の熱量が解凍廃水とともに排出され現在のところは廃熱になっている。

2) 煮汁の廃熱量

煮熟工程で発生する煮汁の発生状況は、枕崎市の場合、カツオは年間ほぼ平均して処理されているが、サバは漁獲期の影響により3~7月期にその70%が処理されている。このよう

な条件から節加工の残留煮汁量を計算すると前述のとおりカツオ煮汁 14,600 m³, サバ煮汁 12,800 m³, 合計 27,400 m³ となっている。この中に溶解している有機物の総量は約 900 t である¹⁾。

以上のような発生状況から、原魚 1 t 当たりの節加工の残留煮汁を計算するとカツオは 0.365 m³/t・原魚, サバは 0.8 m³/t・原魚となる。

前述のとおり、これらの煮汁が含有する高濃度の有機物をメタン発酵として燃料に変換するための調査研究はすでに行われた¹⁾。この研究結果によれば、メタン発酵の適温 (上限) が 38°C であるため夏場は煮汁とその温度まで冷却する必要があるとされている。

そこで、煮汁の温度は釜から排出後メタン発酵施設まで集荷されてくる温度を 50°C と仮定すると、煮汁を 50°C から 38°C まで冷却する所要熱量は、次のようになる。

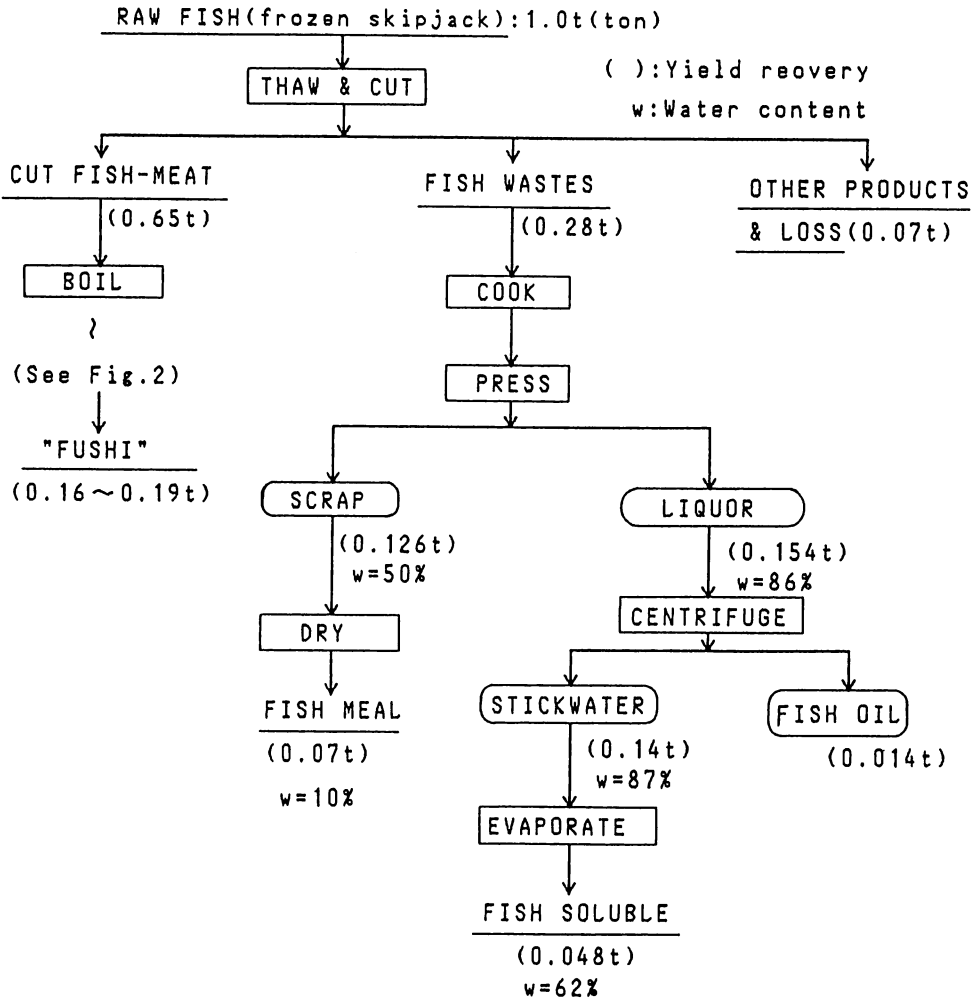


Fig. 3 Flow process and material valance for production of "fushi" and fish meal (scrap meal) from fish wastes generated on the raw fish (skipjack) of 1 ton.

$$\begin{aligned} \text{カツオ} &: 0.365 \times 1000 \times 1.0 \times (50 - 38) \\ &\doteq 4,400 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サバ} &: 0.8 \times 1000 \times 1.0 \times (50 - 38) \\ &\doteq 9,600 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

残さい処理および残留煮汁処理に要する熱エネルギー

節類製造より出る残さいはフィシュミールとして利用されている。

フィシュミール製造工程と物質収支の概略を調査データに基づいて Fig. 3 に示した。

1. 使用熱エネルギー

残さい処理では蒸煮、乾燥および濃縮工程で熱エネルギーを消費するので原魚 1 t 当たりの使用熱量を概算する。

1) 原料 (残さい) の蒸煮熱量

$$\begin{aligned} \text{カツオ} &: 1,000 \times 0.281 \times 1.0 \times (95 - 20) \times 1.05 / 0.8 \\ &\doteq 27,700 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{サバ} &: 1000 \times 0.221 \times 1.0 \times (95 - 20) \times 1.05 / 0.8 \\ &\doteq 21,800 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚} \end{aligned}$$

カツオおよびサバの残さい率を Table 1 よりそれぞれ 0.281, 0.221 とした。残さいの比熱は両魚種とも 1.0 とし、初期品温 20°C, 蒸煮温度 95°C とした。なお、この場合の熱損失を 5% とし、ボイラー効率を 80% とする。

2) 圧縮粕の乾燥熱量

圧縮粕の乾燥工程での使用熱量は、除去水分 1 kg 当たりの使用熱量の文献値⁶⁾に基づいて計算した。

$$\text{カツオ} : 760 \times 450 \times 0.281 \doteq 42,700 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$$

$$\text{サバ} : 760 \times 200 \times 0.221 \doteq 33,600 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$$

ドラム乾燥での除去水分 1 kg 当たりの使用熱量は、熱損失を見込んだ 760 kcal/kg・除去水の値を用いた。

乾燥による除去水分は、Fig. 3 の物質収支に基づいて計算し、残さい 1 t 当たり 200 kg (圧搾粕 450 kg × 脱水率 0.444) とした。

なお、カツオ、サバの残さい率は前述のとおりとした。

3) スチックウォーターの濃縮熱量 (原魚 1 t 当たり)

スティックウォーター (液汁) の濃縮工程における使用熱量は、次のように試算した。

(1) スチックウォーターの水分蒸発量

水分 87% のスティックウォーターを水分 62% のソリュブル (製品) にすると脱水率は 0.66 になるので、原魚 1 t 当たりの水分蒸発量は次のようになる。

$$\text{カツオ} : 500 \text{ kg} \times 0.66 \times 0.281 \doteq 92.7 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$$

$$\text{サバ} : 500 \text{ kg} \times 0.66 \times 0.221 \doteq 72.9 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$$

(2) スチックウォーターの供給量

スティックウォーターの濃縮缶への供給は原魚 1 t 当たり次のようになる。しかし、スティックウォーターの液温は蒸発温度の 60°C に近いとして液温の加熱はないとした。

$$\text{カツオ} : 500 \text{ kg} \times 0.281 \doteq 141.0 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$$

サバ: $500 \text{ kg} \times 0.221 \approx 111.0 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$

(3) スチックウォーター水分の蒸発熱量

減圧した真空濃縮缶内の蒸発温度を 60°C (蒸発潜熱 $565 \text{ kcal/kg} \cdot \text{水}$) とすると、スティックウォーターからの水分蒸発に必要な熱量は次のようになる。なお、加熱に伴う熱損失を5%とし、ボイラー効率を80%とする⁷⁾。

カツオ: $92.7 \times 565 \times 1.05 / 0.8$
 $\approx 68,800 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $72.9 \times 565 \times 1.05 / 0.8$
 $\approx 54,100 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

(4) スチックウォーター蒸発水分の凝縮熱量

また、濃縮缶内で発生した水蒸気を凝縮して除去する必要がある。この蒸発水蒸気のもつ廃熱量は、水分蒸発量に蒸発潜熱を乗じて凝縮熱量として求めた。

カツオ: $92.7 \times 565 \approx 52,400 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $72.9 \times 565 \approx 41,200 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

これらの廃熱量の60%近くは、現在の第三工場 (Fig. 1) の廃熱濃縮缶 (三重効用缶) で回収可能である。

2. 魚油からの熱エネルギー回収

魚残さい1t当たりの魚油の回収量は、Fig. 3より0.05tである。魚油の低位燃焼熱を $9,500 \text{ kcal/kg}$ ⁷⁾ と仮定すると魚油からの回収熱量は次のようになる。なお、ボイラー効率を80%とする。

カツオ: $50 \times 9,500 \times 0.281 \times 0.8 \approx 107,000 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $50 \times 9,500 \times 0.221 \times 0.8 \approx 84,000 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

3. 煮汁のメタン発酵による熱エネルギー回収

メタンガスの発生は鹿児島県工業試験場の測定結果より、 500 ml/g ($0.5 \text{ m}^3/\text{kg}$) 有機物と推定されている¹⁾。また、煮汁の有機物濃度は、カツオ煮汁4.4~5.1% (平均4.8%) サバ煮汁1.5~1.7% (平均1.6%) である。原魚1t当たりの煮汁の発生量は前述の通り年間の原魚の使用量と煮汁の発生量よりカツオは $0.365 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{原魚}$ 、サバは、 $0.8 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{原魚}$ である。

そこでまず、原魚1t当たりの発生する煮汁の比重量を 1000 kg/m^3 とする。

カツオ: $1000 \times 0.365 \times 4.8 / 100 \approx 17.5 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $1000 \times 0.8 \times 1.6 / 100 \approx 12.8 \text{ kg/t} \cdot \text{原魚}$

したがって、メタンガスの発生量は次のようになる。

カツオ: $0.5 \times 17.52 \approx 8.76 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $0.5 \times 12.8 \approx 6.40 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{原魚}$

これらの発生メタンガスを熱量換算すると、次のようになる。ただし、メタンの真発熱量は $8,550 \text{ kcal/Nm}^3$ であるので¹⁾、発熱量は $5,130 \text{ kcal/Nm}^3$ (濃度60v/v%) とした。

カツオ: $8.76 \times 5,130 \approx 45,000 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

サバ: $6.40 \times 5,130 \approx 32,800 \text{ kcal/t} \cdot \text{原魚}$

節加工に要する使用熱量とその回収熱量の熱収支

カツオおよびサバの節加工とそれに伴う残さい処理に要した熱量と回収可能な熱量を実際のデータに基づいて算出し, Table 2 および 3 にそれらの熱収支を示した。その結果, 次のようなことがわかった。

1. カツオおよびサバの節加工および残さい処理に必要な使用燃料の中で占める熱量の割合

Table 2 Requirement and recovery of thermal energy for production of dried skipjack sticks (“Katsuo-bushi”) and utilization of wastes generated (Unit: kcal/t·raw-fish)

| Items | Fuel* | Recovery of energy | Waste heat* | Note |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------------|
| Drain of thawing | — | — | -87,500 | Production of “fushi” |
| Boiling of cut fish-meat | 68,300 (10.6) | — | — | 〃 |
| Smoking of boiled fish-meat | 435,000 (67.7) | — | +26,000 | 〃 |
| Drain of stickwater | — | — | +4,400 | 〃 |
| Cooking of fish waste | 27,700 (4.3) | — | — | Production of fish meal |
| Drying of Scrap | 42,700 (6.7) | — | — | 〃 |
| Evaporating of stickwater | 68,800 (10.7) | — | — | 〃 |
| Waste steam of stickwater | — | — | +52,400 | 〃 |
| Fish oil | — | 107,000 | — | Recovery of fish oil |
| Methane | — | 45,000 | — | Fermentation of stickwater |
| Total | 642,500 (100.0) | 152,000 | — | |

* (): Percentage, %

** +: Waste energy of hot temperature

—: Waste energy of cold temperature

Table 3 Requirement and recovery of thermal energy for production of dried mackerel sticks (“saba-bushi”) and utilization of wastes generated (Unit: kcal/t·raw-fish)

| Items | Fuel* | Recovery of energy | Waste heat* | Note |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------|----------------------------|
| Drain of thawing | — | — | -87,500 | Production of “fushi” |
| Boiling of cut fish-meat | 57,800 (10.4) | — | — | 〃 |
| Smoking of boiled fish-meat | 391,000 (70.0) | — | +23,000 | 〃 |
| Drain of stickwater | — | — | +9,600 | 〃 |
| Cooking of fish waste | 21,800 (4.3) | — | — | Production of fish meal |
| Drying of Scrap | 33,600 (6.0) | — | — | 〃 |
| Evaporating of stickwater | 54,100 (9.7) | — | — | 〃 |
| Waste steam of stickwater | — | — | +41,200 | 〃 |
| Fish oil | — | 84,000 | — | Recovery of fish oil |
| Methane | — | 32,000 | — | Fermentation of stickwater |
| Total | 558,300 (100.0) | 116,000 | — | |

* (): Percentage, %

** +: Waste energy of hot temperature

—: Waste energy of cold temperature

は、煮熟身の焙乾工程で、いずれの魚種も約70%と高かった。

2. 残さい処理施設全工程の総所要熱量（カツオ：約 140,000 kcal/t・原魚，サバ：約 110,000 kcal/t・原魚）は回収可能な代替燃料（残さい魚油＋煮汁＋メタンガス）の発熱量とほぼ同じであった。

3. 解凍廃水による冷熱の廃熱量がカツオ，サバの両魚種とも 87,500 kcal/t・原魚ともっとも大きく、次いで煮熟カツオの焙乾工程の温廃熱量が両魚種とも解凍廃熱量の約30%であった。

この他、残さい処理でのスチックウォーター濃縮工程で発生する蒸発水分による廃熱量（凝縮熱量）の60%近くは新しい設備（第三工場）による廃熱濃縮缶の三重効用缶で回収可能とされる。また、煮汁とともに排出される廃熱は、冬場におけるメタン発酵タンクの保温熱量として利用可能とされる¹⁾。

なお、フィッシュミール製造工程でのエネルギー投入量の推定が渡辺⁸⁾によって最近行なわれており。重油（燃料）使用量は 491×10^3 kcal/t・原魚で、電気使用量は 30 kWh/t・原料としている。Table 2 および 3 に示した残さい処理における燃料使用量を、残さい率（Table 1）より残さい原料 1t 当たりで換算すると渡辺の値と本研究結果はほぼ一致する。

一方、はじめに述べたように本研究では付帯設備電気使用量は含まれていない。そこで、参考のため上記の文献値⁹⁾より原魚 1t 当たりの電気使用量に換算するとカツオは 8.4 kWh/t・原魚，サバでは 6.6 kWh/t・原魚と見積もられた。

要 約

枕崎市におけるカツオおよびサバの節加工とそれに伴う残さい処理（フィッシュミール製造）まで含めた総合的な熱エネルギー収支を原料魚 1t 当たりについて調査し、製品コスト低減化のための熱エネルギー有効利用について検討した。原料魚の年間当たりの全体処理量は過去5年間の平均でカツオ類 40,000 t/年，サバ類 18,000 t/年程度でありそれから出る残さい（頭，骨，内臓等）の全量はカツオ約 11,000 t/年，サバ約 4,000 t/年であった。

これらの原料魚（凍結魚）の節加工から残さい処理までの燃料使用のなかで節加工の焙乾工程での使用熱量が70%と大きく、その廃熱量は約23,000（サバ）および26,000（カツオ）kcal/t・原魚であった。また、原料魚の解凍に多量の廃水量（4.113 m³/t・原魚）と共に廃冷熱量（87,450 kcal/t・原魚）が存在することがわかった。

その結果、焙乾工程の廃熱利用で解凍用水の30%近くが節水可能となるが、節加工ではこのこと等も含めた省エネルギーならびに作業能率を考えた新しいシステムの研究開発が必要となろう。

一方、残さい処理において、その工程のほとんどの燃料を回収魚油で代替可能なことが新しい設備で実証されているが、熱エネルギーの回収量が魚油の半分以下である煮汁発酵のメタン利用も排水処理を含めた問題として解凍廃水の冷熱利用と共に今後の課題と考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり、貴重な資料の提供およびアンケート等の調査に協力頂きました南田敏朗氏（枕崎市水産商工課）、小湊芳洋氏（枕崎水産加工協同組合化成工場）

および関係の方々に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 鹿児島県枕崎市: 枕崎市地域エネルギー開発利用事業化可能性調査報告書 (昭和60年3月), pp. 3-188.
- 2) 西元諄一 (1984): かつを節のできるまで. 水産の研究, **12**, 6-7.
- 3) 科学技術庁資源調査会 (1982): 四訂日本食品標準成分表, pp. 120-144 (大蔵省印刷局, 東京).
- 4) 石川正人 (1972): 鰹節類の焙乾をめぐって. *New Food Industry*, **14**, 6-11.
- 5) 田中和夫, 小嶋秩夫 (1986): “食品冷凍工学”, 改訂版, pp. 142-145 (恒星社厚生閣, 東京).
- 6) J. M. Flink (1977): Energy analysis in dehydration process. *Food Technology*, **31**, 77-84.
- 7) 外山健三・高木 徹・渡辺 武 (1988): 水産油糧学, pp. 1-170 (恒星社厚生閣, 東京).
- 8) 渡辺尚彦 (1985): 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. 日水誌, **51**, 1533-1536.