

マアジ肉のかまぼこ形成能の季節的変動

大迫一史,^{1*} 山口陽,¹ 清原満,¹ 野崎征宣²

(2000年5月1日受付, 2000年9月18日受理)

¹長崎県総合水産試験場, ²長崎大学水産学部

Seasonal Variations in the Kamaboko Gel Forming Ability of Horse Mackerel Meat Paste

Kazufumi Osako,^{1*} Akira Yamaguchi,¹ Mituru Kiyohara,¹ Yukinori Nozaki²¹Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, Nagasaki 851-2213, ²Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852-8521, Japan

The seasonal changes in the kamaboko-forming ability of horse mackerel caught in large quantities by purse seiners between November 1998 and December 1999 offshore from Nagasaki were investigated to clarify the chemical characteristics for utilization as raw materials for fish jelly products. The kamaboko-forming ability of pastes, which were prepared from the meat with no leaching (otoshimi) and with leaching in fresh water or alkaline salt water, was low during and just after breeding from February to June. The paste prepared in this season was characterized by difficult-setting and easy gel weakning. Although meat pastes leached with alkaline salt water and fresh water showed similar setting and disintegrating characteristics, the former alleviated disintegration and enhanced the kamaboko-forming ability of the meat paste when heated at 90°C.

キーワード：マアジ, 加熱ゲル, かまぼこ, ゲル形成能, 季節変動, 落し身, 清水晒, アルカリ塩水晒

長崎地方に水揚げされるマアジは1997年では約9万4千トンであり, 全国の約30%を占め, 重要な産地魚である。本魚は惣菜用, 加工用に利用されており, 一部はねり製品の原料にも周年利用されている。魚類は魚種ごとにかまぼこ形成能に特異性があり, さらに同一魚種でも年齢, 系群, 季節などの違いによってかまぼこ形成特性が異なることが知られている。¹⁾ 魚類のかまぼこ形成能の季節的変動に関する報告は, マアジと同様に多獲性魚種と言われるマイワシ²⁾やマサバ³⁾についてなされている。しかし, 長崎地方産マアジはもとより, 他地域のそれについての報告はみられない。また, マアジは, これら赤身魚とスケトウダラやエソなどの白身魚との中間魚とされており, ねり製品原料としての利用化学的特性を明らかにすることは他魚種とのこれら特性を比較する上での知見になる。

本研究では, 1998年11月から1999年12月に長崎沿岸域で漁獲されたマアジについて周年のかまぼこ形成能を, 落し身, 清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉について調べ, 季節的変動があることを明らかにしたのでここ

に報告する。

実験方法

供試魚 1998年11月から翌年の12月にかけて, 中小型旋網漁船が漁獲し, 長崎港に水揚げされた死後硬直中のマアジ (Horse mackerel *Trachurus japonicus*) のうち, 他のサイズと比較して周年安定して漁獲される「中」サイズとして取引されるものを用いた。供試魚の漁獲場所は, 入手時の聞き取りをもとに Fig. 1 に示した。

魚体サイズの計測および生殖腺指数の算出 15 kg 入りトロ箱から無作為にマアジ20尾を取り出し, 魚体重, 尾叉長および生殖腺重量を計測した。生殖腺指数は次式により算出した。

$$\text{生殖腺指数} = 100 \times \text{生殖腺重量} / \text{魚体重}$$

落し身, 清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉の調製 供試魚はいずれの月も総重量約50 kgを用い, 鱗を取り除き, 粘質物を拭き取ったのち, フィレマシーン (日本フィレスタ製 S-701 型) でフィレーにした。これを網ロー

* Tel : +81-95-850-6314, Fax : +81-95-850-6365, E-mail : ohsako@marinelabo.nagasaki.nagasaki.jp

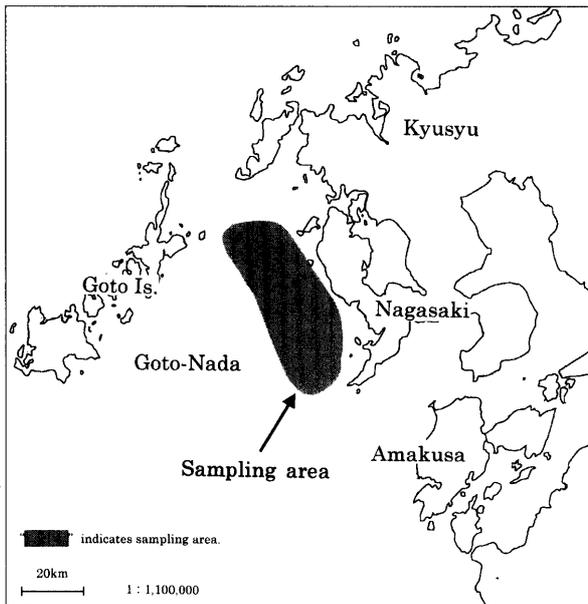


Fig. 1. Sampling area of horse mackerel.

ル式採肉機（備文機械製作所製 NF2D-X 型，孔直径 4 mm）にかけて落とし身を採取した。清水晒は落とし身の 5 倍量の水水道水で 3 回行い，アルカリ塩水晒は，5 倍量の 0.2% 炭酸水素ナトリウム（和光純薬工業製食品添加物用），0.15% 塩化ナトリウム（和光純薬工業製特級）水溶液で行なったのち，5 倍量の 0.3% 塩化ナトリウム水溶液で 2 回行なった。水晒終了後，高速遠心脱水機（ニックリ製 BEM-13S 型）を用いて予備脱水し，さらに加圧脱水機（駒形機械製作所製 KS-1 型）を用いて脱水した。

加熱ゲルの調製 落とし身，清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉を 5℃ の冷蔵庫内でミートチョッパー（南常鉄工業製 M-22 型）を用いて細切り，肉重量に対して 3% の塩化ナトリウムを加え，高速カッター（ステファン社製 UM-5 型）で 3 分間脱気搗潰した。なお，このとき，清水晒肉とアルカリ塩水晒肉は搗り上がり時の水分が 79% になるよう冷水水道水を加水した。搗潰した肉糊は直ちに手回しスタッパー（ディック社製 GL 型）を用いて折り径 42 mm の塩化ビニリデンのケーシングチューブに 100 g を充填したのち，30℃ から 90℃ まで 10℃ 間隔で，それぞれ 20 分間加熱と 2 時間加熱したゲルを調製し，加熱終了後，直ちに氷水で冷却した。

なお，落とし身，清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉の調製の工程および，加熱時までの各工程の品温は 10℃ 以下に保った。

一般成分および pH の測定 水分は，試料 10 g を精秤後，105℃ で恒量にして求めた。試料を 600℃ で灰化後恒量にして粗灰分とした。粗タンパク質含量は Kjeldahl 法⁴⁾で全窒素量を求めたのち 6.25 を乗じて求め

た。粗脂肪含量は Folch ら⁵⁾の方法で求めた。pH は試料 3 g に 10 倍量の脱イオン水を加えて摩砕後，測定した。

加熱ゲル形成能の測定 調製したかまぼこは，レオメーター（不動工業製 NRM-2003J 型）を用いて押し込み試験を行なった。すなわち，厚さ 25 mm 幅に輪切りにした加熱ゲルを，5 mm の球形プランジャー，試料台上昇速度 6 cm/min で測定し，破断したときの荷重を破断応力 (g) および破断時までの距離を破断凹み (mm) とした。また，破断応力と破断凹みの積をゼリー強度 ($g \cdot cm$) とした。折り曲げ試験は西岡⁶⁾の方法に準じて 1~5 の 5 段階で示した。圧出水分率は厚さ 5 mm 幅に輪切りにした加熱ゲルを 1 cm 角に切り，円形濾紙で二重に挟み（内側と外側はそれぞれ ADVANTEC 製 No. 5A および 2，ともに直径 55 mm），遊離水分測定器（中央理化学製）を用いて，10 kg/cm² の圧力で 1 分間加圧後加熱ゲルを取り出し，減じた重量を圧出水分とし，加圧前の重量に対する百分率で示した。また，破断応力，破断凹みおよびゼリー強度は 6 回測定分の平均値を，圧出水分率は 3 回測定分の平均値を結果に示した。

坐り指数および戻り指数は志水ら⁷⁾の方法に従って求めた。前者は 50℃ で 20 分間加熱した加熱ゲルのゼリー強度に対する 40℃ で 2 時間加熱した加熱ゲルのゼリー強度の割合を百分率で表し，後者は 50℃ で 20 分間加熱した加熱ゲルのゼリー強度に対する 60℃ で 2 時間加熱した加熱ゲルのゼリー強度の割合を 1 から減じたものの百分率で表した。

加熱ゲルの色調の測定 厚さ 25 mm 幅に輪切りにした加熱ゲルの切断面について色彩色差計（ミノルタカメラ製 CR-300A 型）でハンター L , a , b 値を求め次式により算出した。

$$\text{ハンター白色度} = 100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$$

結果と考察

供試マアジの性状と組成 漁獲時期別の供試魚の魚体サイズ，生殖腺指数および落とし身の一般成分を Table 1 に示した。魚体サイズのとくに小さかった 1998 年 12 月を除いた各月の供試魚の尾叉長と体重の平均値はそれぞれ 21.4 ± 1.7 cm および 144.0 ± 31.5 g，変動係数はそれぞれ 7.9% および 21.9% であった。

生殖腺指数は 1 月頃から上昇し始め，2~5 月の平均値は 2.1~3.4 と高く，6 月に低下した。また，卵巣は 1 月のものでは卵粒が認められなかったが，2~5 月では認められ，6 月のものでは小さかったが卵粒が残存しているものもあった。九州沿岸域から東シナ海域に棲息するマアジには九州北部群，東シナ海中部群および同南部群の 3 系群があるとされている⁸⁾が，本研究の供試魚は

Table 1. Body size, GSI and general components of sample horse mackerel

Date sampled	Fork length (cm)* ¹	Body weight (g)* ¹	GSI* ^{1,2}	Moisture (%)	Crude lipid (%)	Crude protein (%)	Crude ash (%)
1998/18th Nov.	22.2±0.6	153.6±13.7	0.2±0.2	76.7	3.1	19.8	1.3
16th Dec.	15.9±0.7	59.8± 6.1	0.1±0.1	79.7	1.5	18.6	1.3
1999/13th Jan.	20.1±0.8	111.8±11.1	0.9±0.5	77.6	2.1	19.8	1.5
8th Feb.	23.8±0.7	193.7±18.4	3.4±1.4	76.3	3.5	20.1	1.6
9th Mar.	19.6±0.9	118.1±15.4	2.1±1.2	74.7	6.0	19.3	1.4
6th Apr.	20.4±0.7	127.0±11.1	2.2±1.0	74.3	6.6	19.7	1.3
10th May	20.4±0.8	130.3±16.9	2.1±1.2	70.2	9.9	19.7	1.2
7th Jun.	19.4±0.5	104.9±22.7	0.5±0.6	70.6	8.8	19.4	1.3
6th Jul.	21.6±0.7	147.5±15.1	0.0±0.1	73.1	7.7	19.9	1.3
11th Aug.	20.6±0.5	128.6± 8.8	0.3±0.2	71.8	8.8	19.6	1.3
9th Sep.	22.1±0.6	158.5±15.0	0.0±0.1	73.8	5.2	20.0	1.3
18th Oct.	22.1±0.7	158.2±17.0	0.1±0.2	73.1	5.9	20.3	1.3
5th Nov.	24.6±0.9	197.3±19.0	0.1±0.2	77.1	2.2	20.2	1.4
14th Dec.	21.9±0.6	141.7±12.0	0.7±0.4	75.7	3.1	21.0	1.4

*¹ Mean ± standard deviation. ($n=20$)*² GSI=100×Gonad weight/Body weight.

漁獲場所から推定すると九州北部群のものであると考えられる。また、この系群の産卵期は2月中旬から8月中旬であるとされており、⁸⁾ 本研究の供試魚の生殖腺指数は2~5月に高い値を示していることからこの時期が産卵期であることが窺える。

落とし身の粗脂肪含量は1998年11月から翌年2月にかけて低く、3月から上昇し始め5~8月に高い値を示したのち、冬季に向けて低下する傾向を示した。一般に、魚類の粗脂肪含量は産卵期を中心に大きく変動するとされており、⁹⁾ マイワシ²⁾およびマルソウダ¹⁰⁾の粗脂肪含量は産卵期にかけて上昇したとの報告がある。しかし、マアジの粗脂肪含量は、生殖腺充実期である11~2月、および生殖腺指数が高い2~5月では低く、むしろ産卵期の終了する頃または終了後と思われる5~8月で高い値を示しており、マアジの場合、粗脂肪含量の挙動と産卵期とは無関係に思われた。また、若狭湾のマアジ¹¹⁾は18℃以下の低水温期ではほとんど成長しないことが明らかにされているが、このことが摂餌量と関係あるとすれば、マアジの場合、粗脂肪含量の挙動は産卵などの内的要因よりも、水温や餌料の多寡などの外的要因に支配されていると推定される。水分含量は粗脂肪含量と逆の傾向を示し、両者には強い負の相関 ($y = -0.976x + 78.175$, $r = -0.961$, x : 水分, y : 粗脂肪) が認められた。粗タンパク質含量は魚体が小さかった1998年12月のものが18.6%と低い値を示し、1999年12月のものが21.0%と高い値を示したが、その他の月は19.3%~20.3%と漁獲時期に関わらずほぼ一定の値を示した。黒川¹²⁾は、マイワシでは1~5月にかけて15.3±0.4%から18.3±0.5%と増加するが、産卵期前の多脂肪期および産卵期の高水分の魚肉では粗タンパク質含

量の低下が見られたと報告している。これに比較すると、マアジの粗タンパク質含量は高位で安定しており、タンパク質の量的にはねり製品原料としての高い利用加工適性を有すると言える。粗灰分含量は時期的な変動が見られなかった。

マアジ肉糊の加熱ゲルの性状 落とし身、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉から調製した加熱ゲルのpH、ハンター白色度、水分含量および粗脂肪含量をTable 2に示した。落とし身のpHは6月に若干の低下が認められたがそれを除けば大きな変動は無く、清水晒肉とアルカリ塩水晒肉については落とし身で見られた6月での低下も認められずほぼ一定であった。また、いずれの時期においてもpHは、高い順にアルカリ塩水晒肉、清水晒肉、落とし身であった。

落とし身、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉を30℃で20分間加熱した加熱ゲルのハンター白色度は1998年11月と1999年12月に幾分の違った変動は見られるものの、総体的には冬季から夏季に向けて上昇し、さらに冬季に向けて低下する傾向を示した。マイワシ¹²⁾のハンター白色度は、産卵期の前後で一定の傾向をもった変動をすることが報告されており、このことはマイワシのヘム色素に一定の季節的変動があることに起因しているとされている¹³⁾が、同様のことがマアジにも言える。また、清水晒肉とアルカリ塩水晒肉から調製した加熱ゲルのハンター白色度は漁獲時期にかかわらず近似し、両者とも落とし身から調製した加熱ゲルとの差はほぼ一定であった。予備実験の段階で、30℃で20分間加熱した加熱ゲルのハンター白色度は、搗潰後の肉糊と差は認められなかったため、実験の効率上これを生すり身のハンター白色度に置き換えるが、晒処理を行なつてすり身を

Table 2. The meat pH and Hunter's whiteness, moisture and crude lipid of kamaboko gel from horse mackerel caught offshore from Nagasaki

Date sampled	pH			Hunter's whiteness (heating at 30°C for 20 min)			Hunter's whiteness (heating at 90°C for 2 hours)			Moisture (%)			Crude lipid (%)		
	N.L.*1	F.W.*2	A.S.W.*3	N.L.	F.W.	A.S.W.	N.L.	F.W.	A.S.W.	N.L.	F.W.	A.S.W.	N.L.	F.W.	A.S.W.
1998/18th Nov.	6.39	6.43	6.77	44.4	53.6	52.8	60.2	68.7	67.8	73.9	78.6	78.5	3.1	1.6	1.6
16th Dec.	6.57	6.73	7.01	40.9	46.6	46.5	53.8	58.6	59.3	76.8	77.5	79.2	1.4	1.3	1.0
1999/13th Jan.	6.47	6.78	7.06	42.8	49.9	49.1	56.9	63.8	63.7	74.1	78.9	78.4	2.1	1.7	1.7
8th Feb.	6.18	6.65	6.99	44.7	53.0	51.8	56.1	64.2	62.9	72.8	78.6	79.0	3.4	2.2	1.8
9th Mar.	6.46	6.83	7.08	46.8	53.9	54.6	59.8	65.1	65.5	72.0	78.6	78.4	5.9	3.4	3.6
6th Apr.	6.48	6.81	7.09	49.3	55.7	56.1	58.4	66.2	63.4	71.2	78.6	78.7	6.4	4.0	3.6
10th May	6.34	6.85	7.12	49.8	57.6	57.0	62.7	70.8	69.0	67.8	78.7	78.8	9.6	4.5	4.7
7th Jun.	6.04	6.66	6.84	49.2	55.6	55.7	58.9	66.7	65.5	69.8	78.5	78.8	8.6	3.2	3.2
6th Jul.	6.29	6.75	7.01	51.6	57.2	56.1	62.7	68.7	69.8	70.0	78.3	78.8	7.5	3.2	2.9
11th Aug.	6.30	6.83	7.10	51.6	57.1	56.1	62.7	69.8	68.7	68.6	78.7	78.6	8.5	3.0	3.3
9th Sep.	6.46	6.79	7.03	49.1	55.1	53.9	62.2	71.3	70.7	70.7	78.6	78.7	5.0	1.7	1.9
18th Oct.	6.25	6.62	7.02	49.3	56.2	56.1	59.4	69.0	66.7	69.5	78.8	78.8	5.7	2.0	1.7
5th Nov.	6.43	6.72	7.02	41.7	50.2	48.8	54.8	62.3	61.8	73.7	79.2	79.1	2.1	1.5	1.2
14th Dec.	6.22	6.45	6.75	48.4	56.1	55.7	59.1	66.2	64.9	72.0	79.0	78.9	3.0	2.5	2.3

*1 'N.L.' means no leaching.

*2 'F.W.' means fresh water leaching.

製造する場合は、落とし身のハンター白色度を晒処理前にあらかじめ測定しておき、晒段階で落とし身のハンター白色度に応じた何らかの漂白処理を行えば、周年、同等のハンター白色度のすり身を効率よく製造できると思われる。さらに、落とし身から調製した90°Cで2時間加熱のかまぼこゲルのハンター白色度も同様に季節的変動が認められ、落とし身と清水晒肉、および落とし身とアルカリ塩水晒肉のかまぼこの差は周年ほぼ一定であった。

落とし身から調製したかまぼこの水分含量と粗脂肪含量は落とし身の成分 (Table 1) を反映し、春季から夏季にかけて高く、冬季には低い傾向を示した。清水晒肉とアルカリ塩水晒肉から調製したかまぼこの水分含量は播漬時に水分を調整しているためほぼ一定の79%であり、粗脂肪含量は、同時期の両者には大きな差異が認められなかった。

マアジ肉糊の加熱によるゲル化パターン 産卵期前後のマアジかまぼこ形成能の特性を明らかにするため Fig. 2 に産卵期であると思われる3月、産卵期直後であると思われる6月、産卵後の回復期と思われる9月、生殖腺が発達し始める11月の温度-ゲル化曲線を示した。落とし身、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉ともに、3月と6月の各温度のゼリー強度は、9月と11月のそれよりも低い値を示した。また、3月と6月では水晒の有無による、60°Cと70°Cの戻りの温度帯付近でのゼリー強度と折り曲げ試験の結果に明確な差は認められなかったが、9月と11月ではアルカリ塩水晒肉は他に比べてゼリー強度および折り曲げ試験で若干高い値を示し

た。志水ら⁷⁾の7月に漁獲されたマアジでは水分は82%、pH 6.7~6.9に調整して引っ張り試験によりゲル強度を測定しているため単純比較はできないが、60~70°Cの温度帯で戻っておらず、その温度-ゲル化曲線は本研究結果と大きく相違する。本研究結果では、優れたゲル形成能を有する9~11月の肉においてもこの温度帯でのゼリー強度の低下は確認されており、同じマアジでもそのゲル化特性には地域差があることが推察される。また、他魚種と比較すると、本研究で用いたマアジと漁獲海域が同じであるマイワシ²⁾ではアルカリ塩水晒後、50°Cで20分間加熱したかまぼこの産卵期前のゼリー強度は、最高値で666 g•cmを示すのに対して、産卵期後の最低値では33 g•cmを示している。一方、マアジのゼリー強度は産卵期前の11月のものでは641 g•cmと同程度を示すが、産卵期後の6月では535 g•cmを示し、マイワシほど産卵期後のゼリー強度の低下が顕著ではない。また、坐りの温度帯である40°Cについて比較すると、産卵期前の2月のマイワシアルカリ塩水晒肉では20分および2時間加熱でのゼリー強度はそれぞれ350および440 g•cmであるが、産卵期後の3月のマイワシでは両加熱時間とも200 g•cmにまで低下しほぼ半減するのに対して、マアジアルカリ塩水晒肉では産卵期前の11月では40°Cの20分および2時間加熱で、それぞれ854および889 g•cmであるが産卵期後の6月では596および656 g•cmまでしか低下しない。松宮と望月¹⁴⁾はマアジの粗脂肪含量、グリコーゲンおよび乳酸含量を周年にわたって調べた結果、時期による大きな差

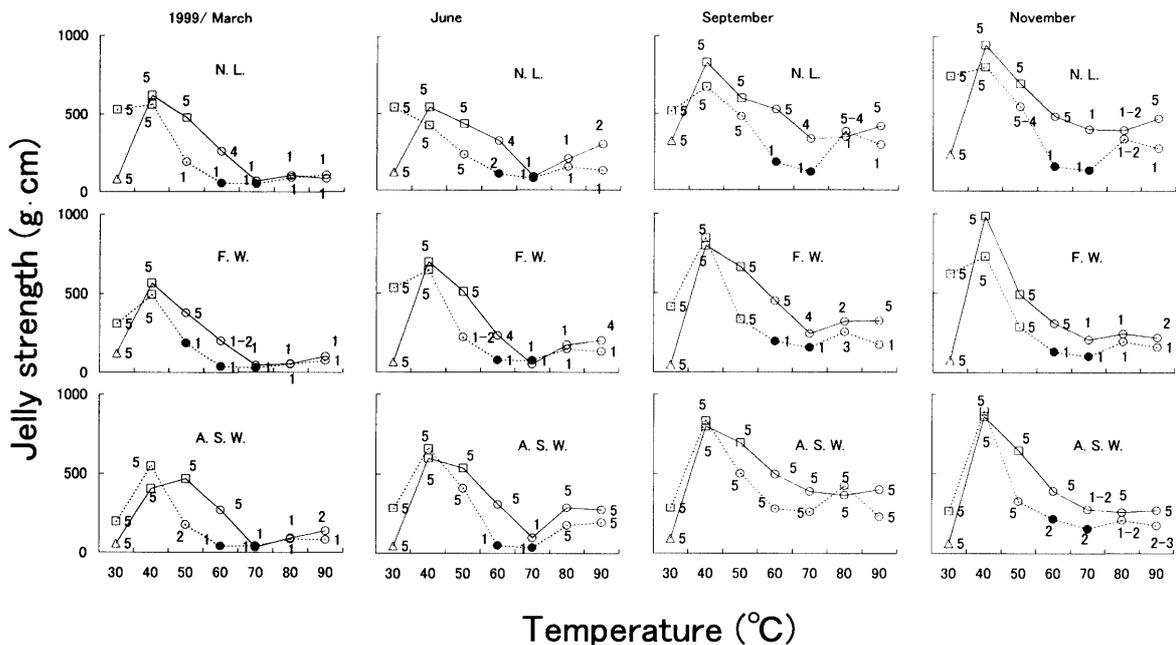


Fig. 2. Temperature-gelation curves of kamaboko gel from horse mackerel caught offshore from Nagasaki. The solid and dotted lines represent the jelly strength of kamaboko gel heated for 20 min and 2 hours, respectively. Numerals show the score for the strength of samples evaluated by the folding test: '1', broken into two parts, and '2', cracked when a 0.5 cm thick disc was folded in half, '3', broken, '4', cracked, and '5', not cracked when the disc was folded into four. Δ , paste; \square , raw jelly; \circ , kamaboko jelly; \bullet , disintegrated gel. 'N.L.', 'F.W.' and 'A.S.W.' mean 'No leaching.', 'Fresh water leaching.', and 'Alkaline salt water leaching.', respectively.

異は無く、産卵期前後での飢餓状態や過剰摂餌は窺えなかったとしている。一方、タラ¹⁵⁾では産卵期後に飢餓状態になり、その後、回復のための過剰摂餌がみられ、この時期のタラは肉質が悪く、身割れを起こすことが知られている。同様の報告例がないので推定の域を出ないが、マイワシ¹²⁾では産卵期後の粗脂肪含量の大きな低下が確認されており、このことが産卵期後の飢餓状態を意味しているのであればタラと同様に過剰摂餌期に肉質の劣化が起こる可能性もあり、これがマアジに比べて明瞭な変動を持つ原因かも知れない。また、マサバ¹⁶⁾が生殖腺充実期にタンパク質溶解度が減少し、筋肉タンパク質の不溶化が生じるのに対して、マアジ¹⁴⁾では若干の溶解度の低下が見られるものの周年約70%以上の高い溶解率を示すという報告もあり、かまぼこ形成能の周年変動がマイワシと比較して小さいマアジは、多獲性回遊魚のなかではねり製品原料適性が高いと言える。

マアジ肉糊の坐りやすさと戻りやすさ Fig. 3に40°Cで20分間加熱のゲルの破断応力、破断凹みおよび圧出水分率と、坐り指数の周年変動を示した。40°Cで20分間加熱したゲルすなわち坐りゲルの破断応力は、1998年12月のものを除き、いずれのかまぼこも11月から翌年の3月にかけて急激に低下し、落とし身では6月まで、晒肉では5月まで低い値を保ち、その後、11月まで一貫した増加傾向を示した。同じ漁獲時期と比較

すると、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉の坐りゲル形成能には顕著な差異が認められなかった。落とし身から調製した坐りゲルの破断凹みは11月から翌年の1月まで一定した高い値を示したのち、7月まで漸減し、8月も同程度の低い値を示した。9月には高い値に転じ、10~12月までは高い値を保った。清水晒肉とアルカリ塩水晒肉は類似した挙動を示し、明瞭な差異は見られなかった。すなわち、魚体の小さかった1998年12月のものを除くと、11月から翌年の1月では高い値を示したのち、3月まで急激に低下した。その後は6月までほぼ一定の値を示し、6月から8月にかけてさらに低下した。8月から9月に増加に転じ、10月から12月にかけてさらに増加した。圧出水分率は、次に述べる90°Cで20分間加熱したかまぼこゲルと比較して低く、明瞭な差異は認められなかった。以上のように、マアジでは産卵期を中心にかまぼこ形成能が低下する傾向が見られた。すなわち、坐りの温度帯である40°Cで加熱したゲルのゼリー強度は、生殖腺が発達し始める11月および12月に増大し、産卵期が終末に近づくにつれてこれらは急激に低下した。マイワシ²⁾とマサバ³⁾でも潜在ゲル形成能が生殖腺充実期に増大し、産卵期後には低下するという同様な報告がなされている。マサバ³⁾ではこの原因として、筋肉のpHの季節的変動の影響が挙げられているが、マイワシ²⁾ではpHの変動は認められず産卵期を中

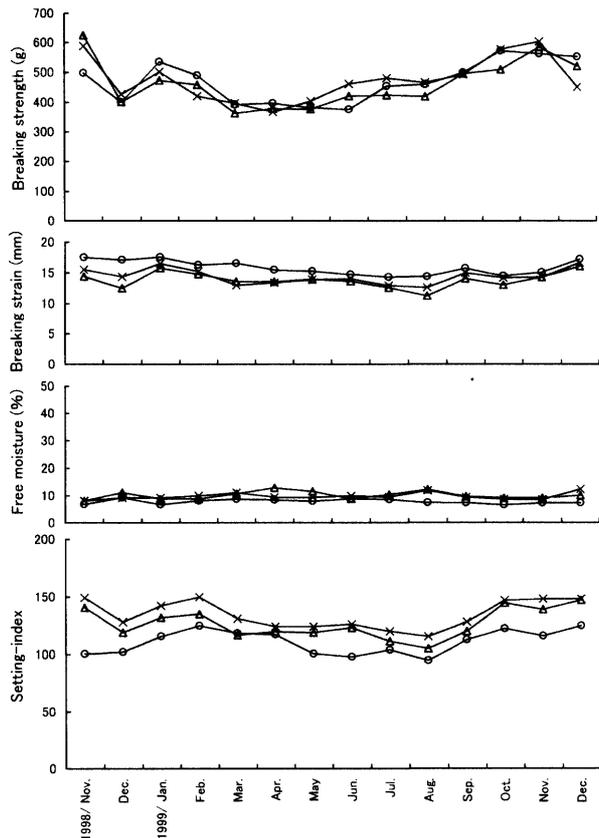


Fig. 3. The seasonal changes in breaking strength, strain, free moisture of kamaboko gel heated at 40°C, and "setting" properties of kamaboko gel from horse mackerel caught offshore from Nagasaki. O, No leaching; x, Fresh water leaching; Δ, Alkaline salt water leaching. The "Setting-index" indicates the percentage of "J.S_{40°C}·2 h/J.S_{50°C}·20 min".

心とする潜在ゲル形成能の変動の原因は特定されていない。本研究で用いたマアジについては後者と同様に pH がかまぼこ形成能の周年変動の原因ではないように思われた。マアジでは、粗脂肪含量の季節的変動がゼリー強度に影響を及ぼしていることも考えられる。すなわち、落とし身ではゼリー強度が低下する3~6月は粗脂肪含量の高い5~8月の範囲に含まれる。一方、これと同様に清水晒肉とアルカリ塩水晒肉においても粗脂肪含量の高い時期は3~8月であり、ゼリー強度が低下する時期と一致する。詳細な結果は示さないが、このことに関連して、市販のマアジ落とし身にアルカリ塩水晒を施し、晒水から回収したマアジの粗脂肪を晒肉に添加し、粗脂肪のかまぼこ形成能に及ぼす影響を調べた。すなわち水分含量を81.4%に調整したアルカリ塩水晒肉に肉重量の3%の食塩を加えて播漬後、さらに0~5%の粗脂肪を加えて40°Cで20分間加熱し、粗脂肪含量がそれぞれ1.1, 2.1, 3.0, 4.9, 5.8%の6種類のかまぼこを得た。これらのゼリー強度はそれぞれ358, 359, 366, 360, 357, 369 g・cmであり、粗脂肪含量が5.8%以下では粗脂肪はゼ

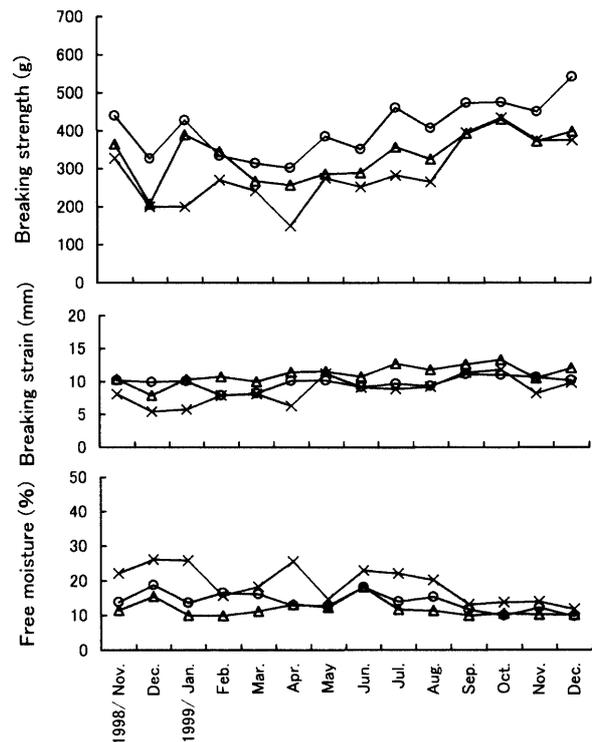


Fig. 4. The seasonal changes in breaking strength, strain and free moisture of kamaboko gel heated at 60°C for 20 min. The symbols are the same as in Fig. 3.

リー強度を低下させる要因ではないことが推察された。

また、坐り指数の季節変動をみると、落とし身のそれは1998年12月を除き、11月から翌年の2月にかけて上昇し、4月まで同程度の高い値を示したのち、8月にかけて低下した。再び9月に上昇して12月まではほぼ一定の値となった。周年を通じて、清水晒、アルカリ塩水晒、落とし身の順に高い傾向が見られたが、清水晒肉とアルカリ塩水晒肉のそれは同様な傾向を示し、1998年12月を除き、11月から2月まで高い値を示し、3月から9月にかけて比較的低い値となり、10月から12月にかけて高い値を示した。また、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉の坐り指数には、落とし身に見られた4月から8月にかけての急激な低下は見られなかった。坐り指数が産卵期前後で変動し、産卵期前は坐りやすく、産卵期後は坐りにくいという結果を得たがこれは黒川のマイワシ²⁾の結果と同様であった。また、坐り指数は明らかに清水晒肉とアルカリ塩水晒肉が落とし身よりも周年高い値を示した。これは、晒処理によって過剰な粗脂肪やかまぼこ形成阻害物質等が取り除かれた結果¹⁷⁾であろう。

戻りの温度帯である60°Cで20分間加熱したかまぼこの破断応力は魚体の小さかった1998年12月を除くと、若干の変動が見られたものの、いずれのかまぼこも1998年11月から翌年4月にかけて低下する傾向を示し、12月にかけて増加傾向を示した (Fig. 4)。すなわ

ち, 戻りの温度帯においても坐りと同様, 産卵期を中心とする周年変動が見られた。また, この傾向は官能的にも明らかで, 戻りの著しい4月頃のゲルは他と比較してゼリー強度の高いアルカリ塩水晒肉においても, 少し強く握ると崩壊してしまうほど脆かったが, それほど戻らない12月頃のゲルは崩壊しなかった。破断凹みは3者肉ともに, 1998年11月から1999年4月に低く, 5月から増加し始めて10月まで増加傾向を示したが, この傾向は清水晒で最も顕著であった。圧出水分率は, 破断応力に呼応した傾向を示し, 破断応力が高い時期には低く, 低い時期には高かった。清水晒肉と比較するとアルカリ塩水晒肉は, 周年を通して, 破断応力および破断凹みが大きい値を示し, 圧出水分率が低い傾向を示した。すなわち, 周年を通して, アルカリ塩水晒肉には清水晒と比較して戻りの低減が認められた。本研究では戻り因子¹⁸⁻²³⁾についての生化学的分析は行っていないが, 何らかの戻り因子の活性に周年変動があり, これらが清水晒よりもアルカリ塩水晒によって効率的に除去されていることが推測される。

また, 戻り指数について, Fig. 2 に示した3月, 6月, 9月および11月の温度-ゲル化曲線から算出した結果をTable 3 に示した。落し身は3月に他の月に比較して若干高い値を示しているが, 産卵期前後での戻り指数の変動は明らかではなかった。これに対して清水晒肉とアルカリ塩水晒肉では, 3月と6月に比較して9月と11月

Table 3. The seasonal changes in the “disintegration” properties of kamaboko gel from horse mackerel caught offshore from Nagasaki

	Disintegration-index* ¹			
	1999/Mar.	Jun.	Sep.	Nov.
N.L.* ²	88.4	75.6	69.4	77.0
F.W.* ³	90.0	85.2	70.6	73.5
A.S.W.* ⁴	91.2	90.6	59.4	66.4

*¹ $(1 - J.S_{-60^{\circ}C-2h} / J.S_{-50^{\circ}C-20min}) \times 100$.

*²⁻⁴ Abbreviations are the same as in Table 2.

が低い値を示しており, 産卵期およびその直後に比較して産卵後の回復期および生殖腺の発達が始まる時期は戻りにくいという結果が得られた。これは, 志水のマサバ³⁾および黒川のマイワシ²⁾の結果と同様であった。また, 同じ漁獲時期で比較すると, 3月と6月では落し身が晒肉に比較して戻り指数が小さく, 9月と11月ではアルカリ塩水晒肉が落し身と清水晒肉に比較して小さいという結果が得られ, 晒処理の有無と戻りやすさとは無関係に思われたが, これは, 晒処理は戻り速度の軽減には役立たないとした志水²⁴⁾の結果と繋がるものであった。

マアジ肉糊のかまぼこゲル形成能 Fig. 5 に, 90°C で20分間および2時間加熱したかまぼこゲルの破断応

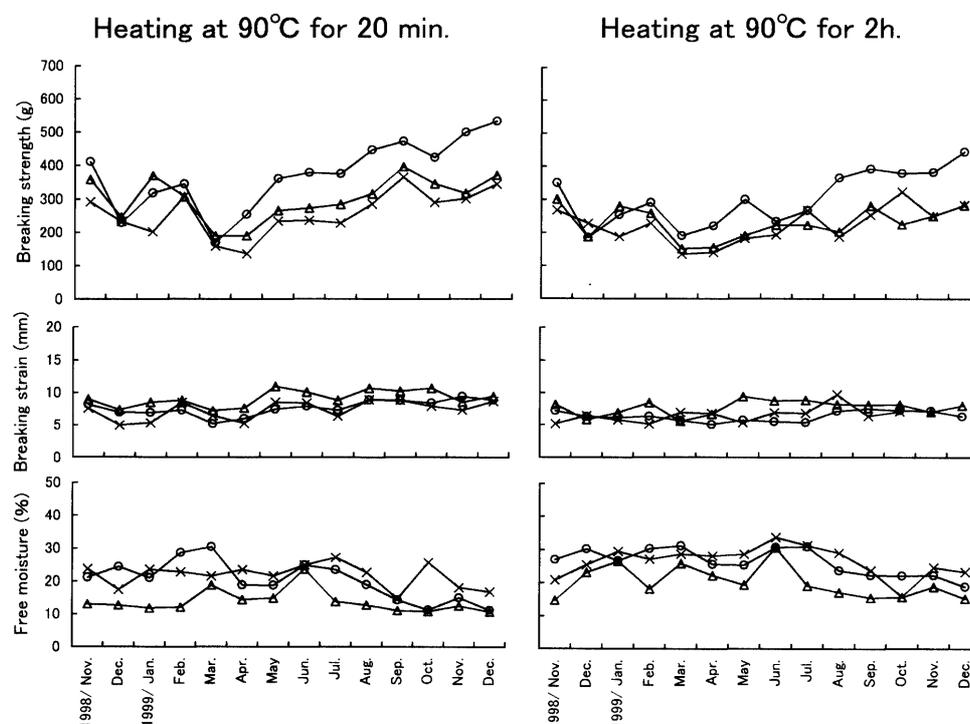


Fig. 5. The seasonal changes in breaking strength, strain and free moisture of kamaboko gel heated at 90°C for 20 min and 2 hours. The symbols are the same as in Fig. 3.

力、凹みおよび圧出水分率を示した。20分間加熱の破断応力は、1998年11月から翌年の1月までは幾分変動が認められるが、3者肉とも2月から3月にかけて急激に低下し、その後9月まで一貫した増加傾向を示した。落とし身の破断応力は10月にやや低下したものの、11月から12月にかけて増加し、清水晒肉とアルカリ塩水晒肉ではともに10月にやや低下したのち、11月から12月にかけてほぼ横這いとなった。また1998年11月から翌年3月までは明瞭でなかったが、4月から12月までは破断応力は常に、落とし身、アルカリ塩水晒肉、清水晒肉の順に高い値を示した。2時間加熱のゲルも総体的に同様の変動を示したが、同時期の20分間加熱のものと比較すると、破断応力が低い4~6月頃のものでは顕著な差は無いが、それ以外の時期では2時間加熱のゲルの値が、20分間加熱のゲルよりも低い値であった。さらに、20分間加熱では、アルカリ塩水晒肉は清水晒肉と比較して周年高い値を示したが、2時間加熱では同程度の値となった。破断凹みは、両加熱温度ともに周年変動は見られなかったが、アルカリ塩水晒肉は落とし身および清水晒肉と比較して、20分間加熱では周年高い値を示し、2時間加熱では3者肉の差は明確でなかった。圧出水分率にも明瞭な季節変動は認められなかったが、両加熱温度とも、周年、アルカリ塩水晒肉の値が落とし身と清水晒肉と比較して低い値を示した。落とし身は水分含量を調整していないため比較を避けるが、清水晒肉およびアルカリ塩水晒肉の40℃加熱ゲル (Fig. 3) と90℃かまぼこゲルの両者を比較すると、坐りの温度帯である40℃で20分間加熱のゲルで、破断応力および破断凹みにおいて、周年同様な値を示し、明瞭な差異は認められない。しかし、90℃で20分間加熱したかまぼこゲル、すなわち調理温度でのかまぼこゲルにおいては、アルカリ塩水晒肉は清水晒肉と比較して周年を通じて破断応力、破断凹みともに大きい値を示し、圧出水分率は低く、弾力があり、しなやかで、保水性の高いゲルとなる。しかしその一方で、90℃で2時間加熱に見られるように、長時間の加熱はアルカリ塩水晒の優位性を損なうものであるため、かまぼこを製造する上で留意する必要がある。一般にアルカリ塩水晒が清水晒と比較してかまぼこ形成能の向上をもたらす場合、その原因として、pHをかまぼこ形成能の高い中性域へ移動することと筋形質タンパク質などのゲル形成阻害物質の除去などが挙げられている¹⁸⁾。マアジの場合、40℃で20分間加熱のゲルには清水晒とアルカリ塩水晒で明瞭な差異がなかったことから、pHの移動がゲルの形成を促進したとは考えにくい。一方、水分含量が一定で、粗脂肪含量も大差がない清水晒肉とアルカリ塩水晒肉の90℃で20分間加熱したかまぼこゲルでは破断応力、破断凹みおよび圧出水分率ともに明瞭な差異が見られたことから、

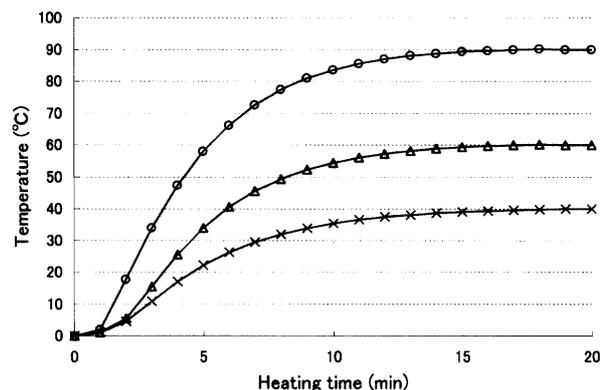


Fig. 6. The changes in temperature of fish meat heated at 40, 60 and 90°C respectively in the water bath. ○, Heated at 90°C; △, Heated at 60°C; ×, Heated at 40°C.

40℃到達時までに一旦形成されたゲルが、清水晒肉では50℃以上の温度帯で何らかのゲル形成阻害物質¹⁹⁾により破壊された可能性も考えられる。Fig. 6に、40℃、60℃および90℃加熱での恒温水槽に肉糊を投入してからの品温変化を示した。各温度ともに目的の品温となるまでに15分程度を要しており、目的温度での滞留時間は20分間加熱では5分、120分間加熱では105分であった。

以上の結果から、マアジを原料としてかまぼこを製造する場合、マイワシのそれ²⁾と比較するとその変動は小さいとはいえ、周年でゲル形成能が変動し、とくに産卵期から産卵期後はいずれの温度帯での加熱においてもゼリー強度が低く、坐りにくく戻りやすいため、他の時期と同等のゲルを得るには酵素製剤の利用や2段階加熱などのゲルの補強が必要であろう。今回はゲル形成能の季節的変動を研究するにとどまったが、これら補強措置の研究が今後の課題である。また、一方で、マアジは塩干品原料として用いられることも多く、塩干品としては粗脂肪含量が高いものの方が好まれる傾向にあるが、産卵期から産卵期後のゲル形成能の低い時期は粗脂肪含量の高い時期に含まれるため、この時期のものは塩干品原料として使用することも方策の一つとして考えられる。晒処理は、マアジにおいて、すり身の色を白くすることと魚臭の除去という点では必要不可欠であるが、清水晒肉とアルカリ塩水晒肉を比較すると、ハンター白色度には差が無いが、物性および保水性ではアルカリ塩水晒肉の方が周年を通して優っており、アルカリ塩水晒はマアジにとって有効な晒法であることが明らかとなった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、適切なお助言、ご指導を頂いた長尾秀明氏 (長崎県対馬支庁農政水産部長)、野中健氏 (長崎県総合水産試験場加工科長) および水産加工開発指導センター諸氏に感謝する。

文 献

- 1) 志水 寛. かまぼこ形成能. 「魚肉ねり製品」(志水 寛編) 恒星社厚生閣, 東京, 1984; 9-24.
- 2) 黒川孝雄. 長崎県沿岸海域で漁獲されたマイワシのかまぼこ原料適性. 日水誌 1983; **49**: 1057-1063.
- 3) 志水 寛. 魚肉タンパク特性. 昭和54年度多獲性赤身魚の高度利用技術開発研究成果の概要, 水産庁研究部研究課, 東京, 1980; 50~57.
- 4) 菅原 潔, 副島正美. Kjeldahl法. 「蛋白質の定量法」(瓜谷郁三, 志村憲助, 中村道徳, 船津 勝編) 東京大学出版会, 東京, 1977; 23-73.
- 5) Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957; **226**: 497-509.
- 6) 西岡不二男. 新しい冷凍すり身品質検査基準と開発. 魚肉ソーセージ 1993; **226**: 1-11.
- 7) 志水 寛, 町田 律, 竹並誠一. 魚肉肉糊のゲル形成特性に見られる魚種特異性. 日水誌 1981; **47**: 95-104.
- 8) 田中 克, 落合 明. アジ類. 「魚類学(下)」恒星社厚生閣, 東京, 1986; 788-803.
- 9) 橋本周久, 豊水正道, 鴻巣章二, 池田静徳. 水産化学. 「新水産ハンドブック」(川島利兵衛, 田中昌一, 塚原博, 野村 稔, 隆島史夫, 豊水正道, 浅田陽治編) 講談社, 東京, 1990; 449-500.
- 10) 盛岡克司, 堺 周平, 竹上千恵, 小島 渥, マルソウダの脂質および脂肪酸組成の季節変動. 日水誌 1999; **65**: 732-738.
- 11) 鈴木智之. マアジの生態学的研究. 日水研報 1973; **24**: 67-76.
- 12) 黒川孝雄. 長崎県の沿岸域で漁獲されたマイワシの一般成分. 日水誌 1983; **49**: 1741-1746.
- 13) 石川宣次, 中村邦典, 藤井 豊, 山野玄三, 杉山豊樹, 篠崎和夫, 飛田 清, 山口安男. マイワシの練り製品化および冷凍すり身化試験—Ⅲ—. 東海水研報 1979; **99**: 31-42.
- 14) 松宮政弘, 望月 篤. マアジにおける一般成分の季節変動. 日大農獣医研報 1996; **53**: 56-61.
- 15) 大竹茂夫. 魚類における“シンドロム”について. *New Food Industry* 1982; **24**: 8-11.
- 16) 松宮政弘, 大竹茂夫. マサバにおけるジアミンオキシダーゼ活性の季節変動と体成分の関連について. 日水誌 1984; **50**: 299-305.
- 17) 西岡不二男. 水晒. 「魚肉ねり製品」(志水 寛編) 恒星社厚生閣, 東京, 1984; 62-73.
- 18) 志水 寛, 西岡不二男. 魚肉アクトミオシンと筋形質たん白混合系の熱凝固特性. 日水誌 1974; **40**: 267-270.
- 19) 岡田 稔. 練り製品の足とその増強. 「魚肉ねり製品」(岡田 稔, 衣巻豊輔, 横関源延編) 恒星社厚生閣, 東京, 1981; 189-212.
- 20) 木下政人. 戻り誘発プロテアーゼ群に関する研究. 日水誌 1998; **64**: 593-596.
- 21) 成田公義, 平岡芳信, 城 敦子, 王 錫昌, 二宮順一郎, 岡 弘康, 中村 治, 伊東慶明. ヒラメ魚肉混合によるシログチおよびマエソ加熱ゲルの戻り抑制効果. 食科工 2000; **47**: 41-45.
- 22) Lanier TC, Lin TS, Hamann OD, Thomas FB. Effects of alkaline protease in minced fish on texture of heat-processing gels. *J. Food Sci.* 1981; **46**: 1643-1645.
- 23) Cao MJ, Hara K, Osatomi K, Tachibana K, Izumi T, Ishihara T. Myofibril-bound serine proteinase (MBP) and its degradation of myofibrillar proteins. *J. Food Sci.* 1999; **64**: 644-647.
- 24) 志水 寛, 吉本晴樹, 清水 亘. かまぼこの足について—Ⅳ “もどり”の現象. 日水誌 1962; **28**: 610-615.