

冷凍トビウオから調製した落とし身の加熱ゲル形成能

桑原 浩一^{1*}, 大迫 一史¹, 野中 健¹, 川崎 学², 多比良純一²

Gel forming ability of minced meat made from frozen flying fish

Koichi Kuwahara^{1*}, Kazufumi Osako¹, Takeshi Nonaka¹,
Manabu Kawasaki², Junichi Taira²

トビウオは定置網漁業などにより安定して漁獲されており、大サイズの個体は、鮮魚や塩干品の原料として、また、小サイズの個体は焼きアゴの原料などに利用されている。これらの加工製品の適性は魚体サイズが影響するため、中サイズのトビウオはどちらにも利用されない。一方、長崎県ではまき網や以西底曳網漁業などの漁獲物から冷凍すり身が生産されており、これらの冷凍すり身から生産されるねり製品は、重要な水産加工品となっている。しかし、マイワシ資源の減少や以西底曳網漁業の衰退によりすり身原料魚が不足し、輸入魚や輸入冷凍すり身の依存度が高くなりつつある。

これらの対策として、中サイズのトビウオをすり身原料魚として利用することが考えられる。トビウオが優れた加熱ゲル形成能を有することはすでに報告^{1,2)}されているものの、その魚価はすり身原料魚としてみると比較的高く、すり身の単価は高くなることがトビウオすり身の利用拡大を妨げている大きな要因と思われる。一般的にすり身の製造過程では、ねり製品の物性を向上させる目的で、水晒し処理が行われているが、水晒し処理を行うと当然ながら歩

留りは低くなる。また、水晒し処理の効果は魚種によって異なり、必ずしもゲル形成能を向上させるとは限らないことが、最近明らかにされた³⁻⁵⁾。そこで、安価なトビウオすり身の安定生産を目的として、凍結保管したトビウオから、歩留りを高めるためすり身とは異なる水晒し処理をしない落とし身の状態で利用することを目的として、その加熱ゲル形成能について検討を行った。

実験方法

試料 長崎県生月町近海の定置網で漁獲された水揚げ直後のホソトビウオ (*Cypselurus hiraii*) を平成13年6月(体長:19.0±1.0cm, 体重109±9g)または8月(体長:19.9±0.9, 体重117±15g)に採取した。試料は、クーラーボックス内で上下氷にして搬入した(生鮮魚と称す)。なお、凍結による影響を検討するため、一部は-50℃で凍結後グレーズ処理して、-25℃に1ヶ月間保管した(冷凍魚と称す)。
落とし身およびすり身の調製 生鮮魚または5℃の冷蔵庫中に一夜放置して半解凍状態にした冷凍魚の鱗、

¹ 長崎県総合水産試験場

² 長崎蒲鉾水産加工業協同組合

* Tel:81-95-850-6314. Fax:81-95-850-6365. Email:kuwahara@marinelabo.nagasaki.nagasaki.jp

頭および内臓を除去したのち洗浄し、表面の水分を拭き取り、網ロール式採肉機（備文機械製作所製 NF2D-X 型）で魚肉を採取した。魚肉の一部は、5倍量の水道水で3回水晒しを行ったのち加圧脱水（駒形機械製作所製 KS-1 型）し、肉挽機（南常鉄工製 M-22 型）で処理して水晒し肉とした。予備試験での水晒し処理により3.5%の水溶性タンパク質が除去されたため、処理の異なる魚肉中の筋原繊維タンパク質（Mf）濃度を一定にする目的で、水晒し未処理の魚肉は80.5%、水晒し肉は84.0%に水分を調整し、それぞれに5%のスクロースおよび0.2%の重合リン酸塩を混合したのちポリエチレン袋に密封して、-25℃に1ヶ月間保管した。なお、水晒し未処理の魚肉および水晒し肉に上記添加物を混合したものをそれぞれ、落し身およびすり身と称する。

加熱ゲルの調製 落し身またはすり身を半解凍状態にして細切し、高速カッター（ステファン社製 UM-5 型）で1分間の播潰を3回行った。なお、播潰時に2.5%の食塩を添加し、最後の1分間は減圧下（500 mmHg以下）で行った。肉糊は折径42mmの塩化ビニリデンチューブに充填し、直ちに30~90℃（10℃間隔）で、30あるいは120分間加熱してゲルを調製した。なお、二段加熱ゲルは、30または40℃で所定時間予備加熱したのち、90℃で30分間加熱した。加熱終了後直ちに氷水中で冷却し、室温に戻したのちゲル物性を測定した。

加熱ゲル物性の測定 加熱ゲルを25mm幅の輪切りにし、5mmの球形プランジャーを装着したレオメーター（不動工業製 NRM-2003J 型）で荷台上昇速度を6 cm/minとして、破断強度（gw）および破断凹み（mm）を6回測定しその平均値を示した。また、両者の積をゼリー強度（gw・cm）とした。

加熱ゲルの色調の測定 加熱ゲルを25mm幅の輪切りにし、色彩色差計（ミノルタカメラ製 CR-300A 型）を用いて、切断面の L*、a*、b* 値を測定した。

一般成分の測定 水分は105℃で恒量にして求め、さらに、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 Kjeldal 法⁶⁾で全窒素量を求めたのち、6.25を乗じて算出した。粗脂肪含量は Folch⁷⁾らの方法で求めた。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動（SDS-PAGE）

乳鉢で播り潰した加熱ゲルに、8M 尿素-2% SDS-2%メルカプトエタノール-20mM Tris-HCl 溶液を加えて、沸騰湯中で2分間加熱して反応を停止した。次に、室温で30時間攪拌して溶解したのちに遠心分離（4000rpm, 60分間）し、上澄みを SDS-PAGE に供した。SDS-PAGE は Laemmli 法⁸⁾により、0.1%の SDS を含むアクリルアミド濃度7.5%のスラブゲルを用いて行った。電気泳動後、Coomassie Brilliant Blue で染色し、50%メタノール-7%酢酸水溶液で脱色した。また、分子量マーカーはファルマシア製 SDS-PAGE 用 LMW および HMW マーカーキットを用いた。泳動ゲルはスキャナー（シャープ製 JX-330P）で画像をパーソナルコンピュータに取り込み、電気泳動ゲル画像解析ソフト（ファルマシア製 Image Master II）で各バンドの染色強度を測定し、全てのバンドの総染色強度に対する各バンドの染色強度を相対値（%）として示した。

結果および考察

落し身とすり身の加熱ゲル物性の比較 初めに、生鮮魚から落し身およびすり身を調製し、その加熱ゲル形成能を比較するため、破断強度および破断凹みを Fig. 1 に示す。60℃以外の加熱温度において、すり身の破断強度は落し身よりも高い値を示した。60℃の30分間加熱では、両者の破断強度は近似した値を示し、120分間加熱になると、落し身の方がすり身よりも高い値となった。落し身およびすり身の破断凹みは、30℃加熱または60℃の120分間加熱以外の条

件では、近似した値を示した。破断凹みは、破断強度ほど晒し処理の有無による違いは認められないが、60℃の120分間加熱では破断強度と同様に、落とし身がすり身よりも高い値であった。落とし身またはすり身の90℃30分間加熱ゲル（以下直接加熱ゲルと称す）のゼリー強度は、451または662gw・cmを示し、すり身の方が高い値であった。

次に、冷凍魚から調製した落とし身およびすり身の加熱ゲル形成能を比較するため、破断強度および破断凹みを Fig. 2 に示す。30℃以外の30分間加熱ゲルの破断強度は近似した値を示し、40、60および90℃で120分間加熱したゲルでは、落とし身の方がすり身よりも高い値であった。破断凹みは、破断強度とほぼ

同様な傾向を示し、60℃の120分間加熱では、落とし身の方がすり身よりも高い値であった。

直接加熱ゲルの破断強度を生鮮魚あるいは冷凍魚から調製した場合で比較すると、落とし身ではそれぞれ356あるいは364gw、すり身ではそれぞれ485あるいは354gwを示し、落とし身では原料魚の凍結に関わらず近似した値を示したのに対し、すり身では冷凍魚から調製すると、生鮮魚の73%に低下した。破断凹みは、落とし身およびすり身ともに、原料魚の凍結により、約90%に低下した。同様にしてゼリー強度を比較すると、落とし身およびすり身は、それぞれ88および64%に低下した。落とし身およびすり身ともに、原料魚の凍結によりそれから調製した落とし身および

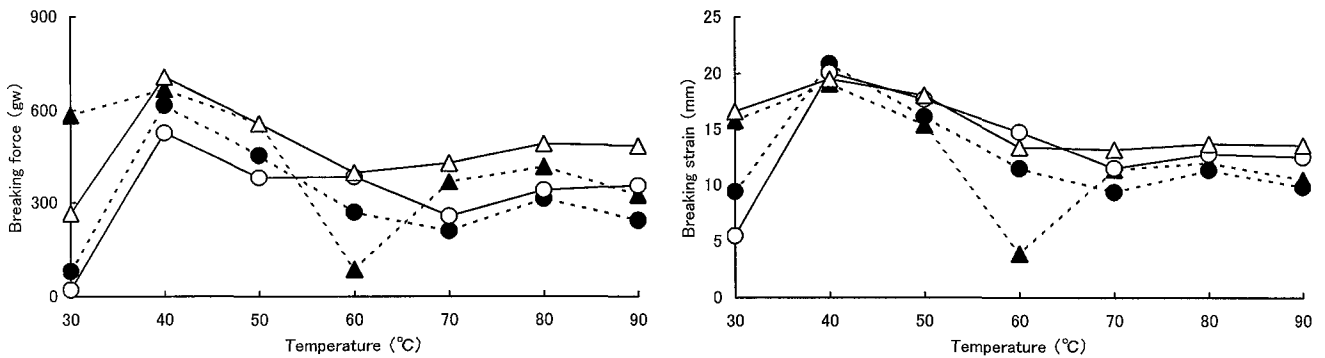


Fig. 1. Comparison of gel forming abilities between frozen minced meat and frozen surimi made from raw flying fish. Frozen minced meat (●, ○) was prepared from unwashed meat and frozen surimi (▲, △) was prepared from meat washed in fresh water. The open and closed symbols represent the thermal gel heating times of 30 min and 120 min, respectively.

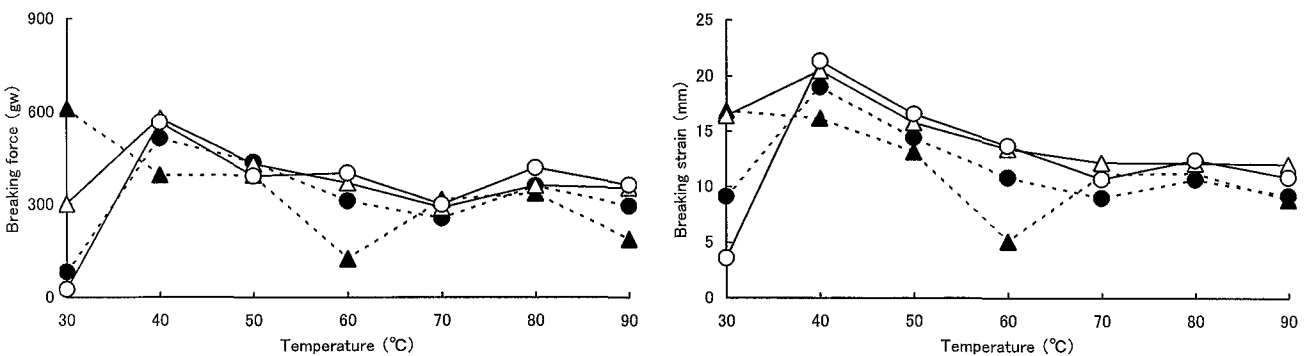


Fig. 2. Comparison of gel forming abilities between frozen minced meat and frozen surimi made from frozen flying fish. The symbols are the same as in Fig. 1.

びすり身のゲル形成能は劣化するものの、原料魚の凍結の影響はすり身に比べて落し身の方が小さいように思われた。

生鮮および冷凍魚のすり身では、原料魚の凍結の有無に関わらず、60℃付近で物性が低下する戻り現象が認められた。冷凍魚のすり身から調製した60℃加熱ゲルのゼリー強度は、30分間加熱の496gw・cmに比べて、120分間加熱では64gw・cmと著しく低下した。一方、冷凍魚の落し身では、30分間加熱では550gw・cm、120分間加熱でも338gw・cmとすり身に比べて明らかに高いゲル形成能を示した。つまり、落し身は60℃での加熱時間が長くなっても、すり身に比べるとゲル物性の劣化が抑えられ、トビウオは水晒しを行わない方が、60℃付近の戻り現象は抑制されると推測された。数種の魚種において、晒し処理により戻り酵素を阻害する物質が除去されることが確認されており³⁻⁵⁾、トビウオにおいても同様の現象が起こっている可能性が示唆された。

原料魚の凍結および水晒し処理の有無に関わらず、いずれの条件においても90℃直接加熱ゲルは、ゼリー強度が約400gw・cm以上、折り曲げ試験⁹⁾が"5"となり、トビウオは優れたすり身原料魚と評価された。本試験の目的である冷凍トビウオから調製した落し身においても、ねり製品原料として十分利用できるゲル形成能を有していることが確認された。

落し身とすり身の加熱ゲルの色調および成分の比較

冷凍魚から調製した落し身またはすり身の加熱ゲ

ルの色調は明らかに異なり、すり身は白色、落し身は赤茶色っぽい色調であり、その白色度を Fig. 3 に示す。落し身は46~63、すり身は52~69を示し、加熱温度や時間に関わらず、落し身から調製した加熱ゲルの白色度は、すり身の場合に比べて低い値であった。

次に、冷凍魚から調製した落し身およびすり身の一般成分を Table 1 に示す。トビウオ肉の脂肪含量は低く、落し身の粗脂肪含量は約1%であった。また、すり身のエキス態窒素量および歩留りは、落し身に比べて、約1/10および3/5程度に減少した。落し身またはすり身から調製した加熱ゲルは、色調やエキス成分含量などが大きく異なるため、それぞれの特徴に応じた製品を検討することで、トビウオねり製品のバリエーションを拡大することが可能と思われる。

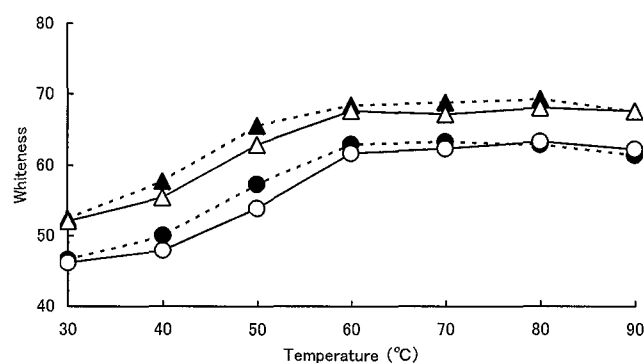


Fig. 3. Changes in whiteness of thermal gel from frozen minced meat and frozen surimi made from frozen flying fish.

The symbols are the same as in Fig. 1.

Table 1. Proximate composition of *otoshimi* and surimi from frozen flying fish

Sample (material)	Date sampled	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Crude ash (%)
<i>Otoshimi</i> [†] (minced meat)	5 June 2001	76.7	17.0	1.1	1.2
	21 August 2001	76.5	17.4	1.2	1.2
Surimi [†] (washed meat)	5 June 2001	80.3	13.6	0.9	0.5
	21 August 2001	80.9	13.5	0.7	0.4

[†]added with 5% sucrose and 0.2% polyphosphate salt

予備加熱がゲル物性に及ぼす影響 次に、落とし身から二段加熱ゲルを調製する際の予備加熱条件を検討した。直接加熱ゲルを対照として、30または40℃で予備加熱を行った二段加熱ゲルの破断強度および破断凹みを Fig. 4 に示す。30分間予備加熱した二段加熱ゲルの破断強度は、40℃の方が30℃よりも高い値を示した。予備加熱時間が長くなるほど、30℃では破断強度は高くなったのに対して、40℃では逆に低くなり、40℃の240分間加熱では対照と近似した値を示した。破断凹みは破断強度と同様な傾向を示し、40℃の240分間加熱になると対照よりも低い値となった。ゼリー強度で比較すると、30および40℃で30分間予備加熱した場合は、それぞれ710および1247gw・cmを示し、40℃の方が高く、30および40℃の60分間予備加熱では、それぞれ950および1033gw・cmの近似した値となり、120あるいは240分間加熱になると30℃の方が高くなった。トビウオの落とし身は、一般的にすり身原料として利用されている魚種と同様に、予備加熱を行うことによりゲル物性が向上する坐り効果を発揮することが明らかとなった。

次に、加熱ゲル中のタンパク質のサブユニット組成を比較するため、SDS-PAGE で解析した。直接加熱ゲルおよび40℃二段加熱ゲルでは、SDS 緩衝液にほぼ100%溶解されたのに対し、30℃二段加熱ゲル

においては溶解しない成分が認められた。HC および HC 分解物を含むとされる X1 成分¹⁰⁻¹²⁾の相対染色強度を Fig. 5 に示す。30℃の予備加熱では、時間が長くなるに従い HC は減少したが、X1 成分は対照と同様な値で、ほとんど変化しなかった。また40℃の予備加熱では、HC は減少し、X1 成分は増加した。高いゲル物性を付与するための坐りの効果については、坐り処理により HC が多量化する現象が見出されており¹²⁻¹⁸⁾、HC の多量化はゲル物性を増大させることが明らかにされている^{12,15,17-20)}。また、HC の多量化がさらに進行すると、SDS 緩衝液に溶解しなくなる^{11,12,21)}。トビウオの落とし身においては前述したように、30℃の予備加熱では HC の低分子化は認められず、SDS 緩衝液に溶解しない成分が認められたため、HC の多量化が起こっていることが推察される。また、予備加熱による影響として、HC の多量化だけでなく、HC の低分子化も同時に起こることが考えられる。トビウオ落とし身の予備加熱においては、30℃では HC の多量化、40℃では HC の低分子化という異なる現象が確認され、トビウオ落とし身から調製した二段加熱ゲルの物性には、HC の多量化と低分子化の二つの現象が、関与していることが推察される。また、トビウオの落とし身に坐り効果を付与するための予備加熱条件は、ゲル物性および HC の状態

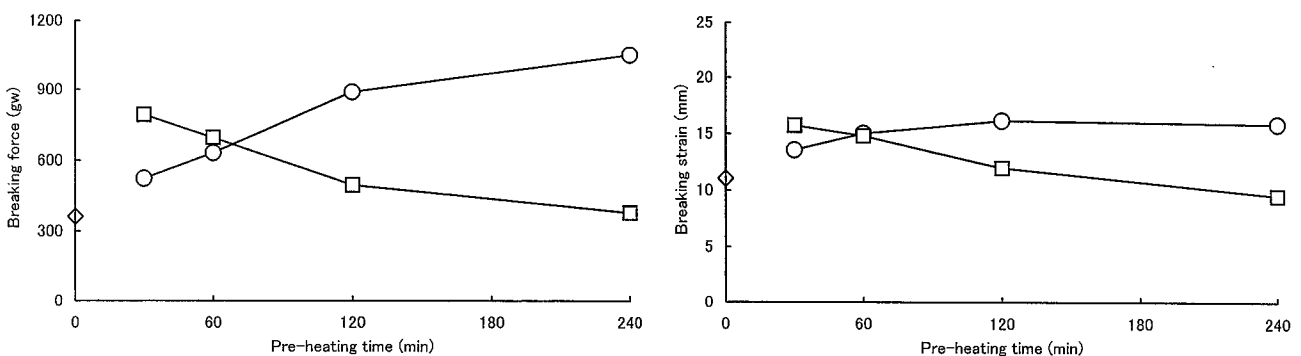


Fig. 4. Changes in breaking force and breaking strain of two-step heated gel of minced meat made from frozen flying fish.

The two-step gel was prepared by heating at 30℃ (○) or 40℃ (□) for 240 min and subsequently heated at 90℃ for 30 min. ◇ (control), directly heated at 90℃ for 30 min.

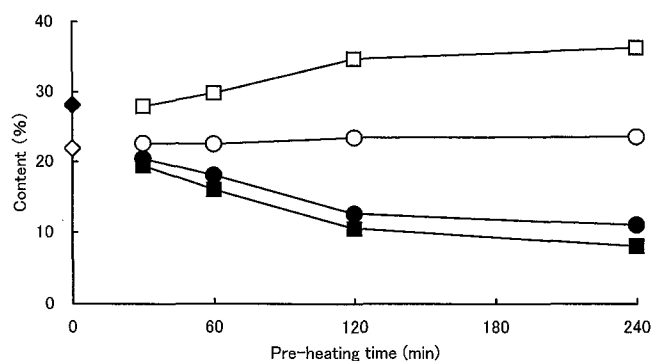


Fig. 5. Changes in myosin heavy chain and X1 component content of two-step heated gel from frozen minced meat of frozen flying fish.

The same samples and symbols as in Fig. 4 were used. The closed and open symbols are the myosin heavy chain and X1 component (migrating between myosin heavy chain and actin) content, respectively.

から考えて、40℃よりも30℃の方が適していると判断された。

これまでの試験は、すり身と比較するため、Mf濃度を一定にする目的で加水を行ったが、実際にトビウオの落とし身を生産する際には加水しない。図示しないが、水分未調整(約77%)および水分を80.5%に調整した落とし身の直接加熱ゲルのゼリー強度は、972および398gw・cmを示し、水分未調整の方が明らかに高い値であった。従って、一般的に利用されているすり身と同様に、擂潰時の加水は可能と思われる。

トビウオ肉は優れた加熱ゲル形成能を有しており、水晒しを行わない落とし身の場合でも、十分な弾力の加熱ゲルを形成することが明らかとなった。また、落とし身においても予備加熱は、ゲル物性を向上させる効果を有し、その温度は40℃よりも30℃の方が適していた。なお、すり身中の脂肪含量が高いと、保存中の脂質の劣化が問題となり、晒し処理は脂質を除去する効果も有している。トビウオから調製した落とし身の粗脂肪含量は、市販されているすり身と同程度であったことから、あえて除去する必要は無い

と判断される。歩留りが高く、エキス成分が豊富な無晒しの落とし身は、中サイズのトビウオに適した加工法と言える。

謝 辞

本報告を取りまとめるにあたり、有益なご助言やご指導をいただいた中央水産研究所福田裕部長に深く感謝の意を表す。

文 献

- 1) 橋木重哉, 黒川孝雄, 日下部重朗. 第6回水産物利用加工試験研究全国連絡会議資料, 水産庁調査研究部, 東京, 1972; 254-256.
- 2) 谷川昭夫. 平成元年度水産物加工原料転換パイロット調査事業報告書, 大日本水産会, 東京, 1990; 45-63.
- 3) 野村 明, 伊藤慶明, 宗圓貴仁, 小島 渥. 土佐湾魚種の戻り発現に及ぼす水晒しの影響. 日水誌 1993; 59: 857-864.
- 4) 野村 明, 伊藤慶明, 八幡光一, 谷脇成幸, 小島 渥. 魚肉水溶性タンパク質画分中のミオシン重鎖分解抑制因子の性質並びに単離精製. 日水誌 2000; 66: 731-736.
- 5) 野村 明. 魚肉の戻り発現型に応じたねり製品製造法の開発. 日水誌 2000; 66: 627-630.
- 6) 菅原 潔, 副島正美. Kjeldal法「蛋白質の定量法」(爪谷郁三, 志村憲助, 中村道徳, 船津勝編) 東京大学出版会, 東京. 1980; 23-73.
- 7) 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.
- 8) Laemmli UK. Cleavage of structural pro-

- teins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 1970; 227: 680-685.
- 9) 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.
- 10) 今野久仁彦, 今村浩二. スケトウダラ肉糊の加温中に生成する150および70kDa成分の同定とその存在状態. *日水誌* 2000; 66: 869-875.
- 11) 船津保浩, 細川 一, 南部正一, 新井健一. スケトウダラ肉糊のゲル形成能とミオシン重鎖の多量化に及ぼすソルビトールの影響. *日水誌* 1993; 59: 1599-1607.
- 12) 沼倉忠弘, 関 伸夫, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 高間浩蔵, 新井健一. 坐りによる肉糊のゲル形成能とミオシンの交差結合反応. *日水誌* 1985; 51: 1559-1565.
- 13) Kimura I, Sugimoto M, Toyoda K, Seki N, Arai K, Fujita T. A study on the cross-linking reaction of myosin in kamaboko "suwari" gels. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1991; 57: 1389-1396.
- 14) 今井千春, 塚正泰之, 杉山雅昭, 峰岸 裕, 志水寛. マイワシおよびスケトウダラ坐り肉中の ϵ -(γ -glutamyl) lysine 架橋量と破断強度との関係に及ぼす坐り温度の影響. *日水誌* 1996; 62: 104-111.
- 15) 佐伯宏樹, 昌子 有, 平田史生, 野中道夫, 新井健一. カツオ, コイおよびスケトウダラの肉糊のゲル化とミオシン重鎖の多量化反応に及ぼすCaCl₂の影響. *日水誌* 1992; 58: 2137-2146.
- 16) 塚正泰之, 志水 寛. マイワシ肉とマサバ肉の坐り特性. *日水誌* 1990; 56: 1105-1112.
- 17) Lee HG, Lanier TC, Hamann DD, Knopp JA. Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols. *J. Food. Sci.* 1997; 62: 20-24.
- 18) Kamath GG, Lanier TC, Foegeding EA, Hamann DD. Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols. *J. Food. Sci.* 1997; 62: 20-24.
- 19) 沼倉忠弘, 木村郁夫, 藤田恭平, 藤田孝夫. スケトウダラ肉糊の坐りに伴うゲル強度とミオシン重鎖の変化の温度依存性. *日水誌* 1990; 56: 2035-2043.
- 20) 関 伸夫, 宇野秀樹, 李 南赫, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 新井健一. スケトウダラ筋肉およびすり身中のトランスグルタミナーゼ活性とミオシンBとの反応. *日水誌* 1990; 56: 125-132.
- 21) 船津保浩, 加藤 登, 新井健一. 乳酸により微酸性化した真イワシ肉糊のゲル形成能とミオシン重鎖の多量化能. *日水誌* 1993; 59: 1093-1098.