二種の魚の混合肉糊の坐りとミオシン重鎖の交差結合

西本真一郎, 橋本昭彦, 関伸夫, 新井健一

(1987年11月27日受付)

Setting of Mixed Salted Meat Paste of Two Fish Species in Relation to Cross-linking Reaction of Myosin Heavy Chain

Shin-ichiro Nishimoto,*¹ Akihiko Hashimoto,*¹ Nobuo Seki,*¹ and Ken-ichi Arai*¹

Surimi of Alaska pollack was mixed with mince of chum salmon at various weight ratios. The surimi, mince, and their mixture were ground with 2.5% NaCl to make the salted meat paste and incubated at 25°C or 40°C to induce the setting (SUWARD), respectively. Changes in gel texture (breaking strength and breaking strain) and in protein subunits composition in the gel during incubation were investigated.

Increase in breaking strength of the paste from Alaska pollack occurred readily accompanying with the formation of cross-linked myosin heavy chain ((HC)_n). However, the paste from chum salmon hardly increased breaking strength and (HC)_n. In the case of mixed paste of two different fishes, the increase of breaking strength and the formation of (HC)_n were proceeded in a intermediate rate and extent between those of individual paste.

These results indicated that there is no factor of accelerating the reactions of cross-linking of HC and of gel formation in the paste of Alaska pollack or of inhibiting the same reactions in the paste of chum salmon.

スケトウダラの冷凍すり身に異なる種類の魚肉を混合してねり製品とすれば、単独では得られない物性の製品となる可能性がある。また魚肉中のタンパク質成分以外の各種栄養成分を有効に利用することが期待できるので、著者ら*²は落し身を冷凍すり身と混合した後に塩ずりし、ねり製品とする試みを行っている。

一方、沼倉らは、¹⁻³⁾ スケトウダラの塩ずり肉（肉糊）の坐り過程においてミオシン重鎖（HC）間に交差結合反応が起こり、これがかまぼこの物性に大きな影響を与えることを示した。さらに著者らは、⁴⁾ この反応が肉糊の坐りにおける筋原繊維タンパク質の濃度、NaCl濃度、pHおよび温度などにより強く影響を受けることを明らかにした。

本研究においては、特にシロサケ落し身を用い、肉糊の坐りと加熱に伴うゲル化の過程で起こるミオシンHCの交差結合反応の進行状況とゲルの物性の変化の関係について検討し、スケトウダラすり身の肉糊の場合との相違点を明らかにした。さらに、スケトウダラすり身とサケ落し身を混合した肉糊の坐り反応について検討し、混

合肉糊のゲル化特性について明らかにすることを目的とした。

実験方法

試料 11月下旬に八戸近海で漁獲し、海水タンク中で飼育したシロサケ（chum salmon *Oncorhynchus keta*）を断頭即殺し、全く水晒し処理をしない落し身を調製した。添加物量は砂糖 4%、ソルビトール 4%、および重合リン酸塩は 0.3% であり、さらに少量の 1N NaOH で肉の pH を 7.2 に調整して、供試するまで -20°C で凍結して貯蔵した。本標品の水分量は 70.6%、タンパク質濃度は概算で 187 mg/g 湿重量である。また、スケトウダラ（Alaska pollack *Theragra chalcogramma*）の冷凍すり身は工船巻級を -20°C で約半年間貯蔵したものである。すり身の品質は水分量 75.3%、pH 7.0、タンパク質濃度は概算で 170 mg/g 湿重量である。また添加物量は砂糖 4%、ソルビトール 4%、および重合リン酸塩は 0.2% である。

坐りゲルおよび加熱ゲルの調製 上記したサケ落し身

*1 北海道大学水産学部生物化学教室 (Laboratory of Biochemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

*2 昭和 60 年度魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要（水産庁研究部研究課）pp. 435~448.

およびスケトウダラすり身を完全に解凍しない中に、それぞれ単独に、または種々の重量比で混合して塩ずりに供したが、このとき肉糊中の全タンパク質濃度は一定(150 mg/g 湿重量)になるように調整した。これらをスピードカッター(ナショナル, MK-K7)で約2分間らいかいした後、2.5% NaCl を添加してさらに2~3分間らいかいし肉糊を調製した。すり上りの品温は5~8°C であった。この肉糊の気泡を抜いた後にプラスチック製円筒型容器(直径 3.7 cm, 高さ 2 cm)中に充填し、キャップで密封し25°C または40°C の恒温槽中で加温した。以下この処理を加温、得たゲルを坐りゲルと呼ぶ。また坐りゲルをさらに90°C で20分間加熱したが、この処理を加熱、そして得たゲルを加熱ゲルと呼ぶ。

ゲルの物性の測定 一定温度で加温中、経時的に坐りゲルの一部を取り出し、レオメーター(レオナー RE-3305, 山電株式会社)によって、直径 5 mm の円柱型プランジャーを用い、ゲル(直径 3.7 cm の円柱型, 高さ 2 cm)が破断するまでに加えた荷重と凹みの大きさ

を測定してそれぞれを破断強度(g)および凹み(mm)とした。また加熱ゲルは、坐りゲルよりも破断強度が著しく大きく、その物性を同一条件下では測定できないため、直径 3 mm の円柱型プランジャーを用いて同じく破断強度(g)および凹み(mm)を測定した。

坐りゲルの SDS-尿素溶液に対する可溶化 細砕した坐りゲル 0.4 g を精秤し、7.5 ml の 8 M 尿素-2% SDS-2% 2-メルカプトエタノール-20 mM Tris-HCl (pH 8.0) 溶液を加えて 100°C で2分間加熱後、室温(25~30°C)で20時間攪拌して可溶化させた。これを 10,000×g, 20分間室温で遠心分離し上清液を得た。なお、上清液中のタンパク量は次のようにして求めた。すなわち上清液を水で10倍に希釈した後、等容量の15%トリクロル酢酸溶液を加えて室温で30分間以上放置後、遠心分離して沈殿を得た。沈殿したタンパク質を風乾後 1 N NaOH で可溶化しビウレット法⁵⁾によって比色定量した。次に上清液中のタンパク量をすり身中の全タンパク量に対する割合として表し可溶化率とした。

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法による坐り

Fig. 1. Changes in breaking strength of salted meat paste from mixed mince of two fish species during setting at 25°C and heating.

Surimi of Alaska pollack (170 mg/g) and mince of chum salmon (187 mg/g) were mixed at varied weight ratios and the sum of protein concentration was kept constant at 150 mg/g (wet weight). The mixture was chopped in 2.5% NaCl with a chilled silent cutter for 2~3 min at 8°C or below. The salted meat paste was then stuffed into plastic vessels and incubated at 25°C to induce the setting (setting gel), subsequently heated at 90°C for 20 min (heating gel), and cooled with ice-water at given time intervals. Breaking strength of the product (KAMABOKO like product) was measured with a rheometer equipped with a ϕ 5 mm (for setting gel) or ϕ 3 mm (for heating gel) plunger. Breaking strength was evaluated as load value (g) from the breaking point.

(a) Change in breaking strength of setting gels.

(b) Change in breaking strength of heating gels.

The weight ratios of surimi of Alaska pollack to the mince of chum salmon were 1:0 (○), 2:1 (△), 1:1 (□), 1:2 (▲) and 0:1 (●).

ゲル中のタンパク質成分組成の定量 Weber と Osborn⁶⁾ の方法により 5% ポリアクリルアミドゲルを用いて SDS-電気泳動を行った。染色は Coomassie brilliant blue R によって行い、脱色は 50% メタノール-7% 酢酸で 6~8 時間、その後 7% 酢酸でゲルの背景が透明化するまで暗所で行った。ゲル rod 上で分離した各タンパク質サブユニット成分の染色強度はデンストメーター（島津製作所、CS-910 型）を用いて測定し、640 nm と 700 nm の吸光値の差で表した。なお各タンパク質成分の相対含量はゲル rod 上に見出された全成分の染色強度の合計に対する各成分の染色強度の百分率(%)で表した。

結 果

肉糊の 25°C における破断強度の経時変化 サケ落し身とスケトウダラすり身の肉糊およびこれらを種々の重量比で混合した肉糊を 25°C で加温して生ずる坐りゲルおよび加熱ゲルの破断強度の経時変化を Fig. 1(a), (b) に示した。これによると、まずスケトウダラ肉糊の場合 (○), 坐りゲルの破断強度は時間の進行に伴って急激に増加し 6 時間後に最大値に達した。また加熱ゲルの破断強度もやはり 6 時間後に最大値に達し、坐りの効果が顕著に見られた。一方、サケ落し身の肉糊の場合 (●), 加温 20 時間後まで坐りゲルの破断強度は全く増加しなかった。また加熱ゲルの破断強度にも 25°C の加温の影響は見られなかった。言いかえるとサケ肉糊の破断強度

はあらかじめ 25°C で加温した後に加熱した場合と直ちに 90°C で加熱した場合にほとんど同じであり、坐りに伴う増加は全く認められなかった。

次に混合肉糊の場合は、坐りゲルの破断強度はサケ落し身の配合割合の増加に伴って、その増加速度および最大値が明らかに低下し、両肉糊が単独で示す破断強度の平均値よりも僅かに低い値を示した。また加熱ゲルの破断強度も坐りゲルの場合と同様な傾向を示した。

肉糊の 25°C における凹みの経時変化 サケ落し身とスケトウダラすり身の肉糊および混合肉糊を 25°C で加温して生ずる坐りゲルおよび加熱ゲルの凹みの経時変化を Fig. 2 (a), (b) に示した。これによると、全体として破断強度の経時変化と同様な傾向を示している。すなわちスケトウダラ肉糊の場合は、加温の時間経過に伴い坐りゲルの凹みは急激に増加し 4 時間後に最大値に達し、その後僅かに減少する傾向を示した。また加熱ゲルの凹みもほぼ 4 時間後に最大に達した後、やや減少する点は良く類似していた。一方サケ落し身の肉糊の場合は、坐りゲルの凹みは全く経時的な増加を示さず、また加熱ゲルの凹みにも 25°C の加温による影響は認められなかった。

混合肉糊の場合、坐りゲルの凹みは、サケ落し身の配合割合の増加に伴って、その増加速度および最大値が低下し、両肉糊が単独で示す凹みの平均よりも僅かに低い値を示した。また加熱ゲルの凹みも坐りゲルの場合と同様な傾向を示した。

Fig. 2. Changes in breaking strain of salted meat paste from mixed mince of two fish species during setting at 25°C and heating.

The setting at 25°C and the subsequent heating of salted meat paste were conducted as in Fig. 1. Breaking strain of the product was measured with rheometer equipped with a ϕ 5 mm (for setting gel) or ϕ 3 mm (for heating gel) plunger. Breaking strain was expressed as length of penetration (mm).

(a) Change in breaking strain of setting gels.

(b) Change in breaking strain of heating gels.

Symbols were the same as in Fig. 1.

Fig. 3. Changes in the amount of solubilized protein from salted meat paste with SDS-urea-mercaptoethanol medium during setting at 25°C.

The setting at 25°C of the salted meat paste was conducted as in Fig. 1. The product (each 0.4 g) was solubilized with 7.5 ml of 2% SDS-8 M urea-2% mercaptoethanol-20 mM Tris-HCl (pH 8.0) at 100°C for 2 min, followed by continuous stirring for 24 h at room temperature. After centrifugation at 10,000×g for 20 min, the amount of soluble protein by the biuret method was determined as relative value (%), taking the amount of protein in each salted meat paste before the setting as 100%.

Symbols were the same as in Fig. 1.

25°C におけるゲル化に伴う肉糊中のタンパク質の溶解性と成分組成の経時変化 まず、25°C における各種坐りゲルの SDS-尿素溶液に対する溶解度の経時変化を Fig. 3 に示した。これによると、スケトウダラ単独の肉糊は加温 10 時間後には溶け難くなり 20 時間後には 20% が不溶化した。一方、サケ単独および混合肉糊の場合は不溶化する傾向を全く示さず、加温 20 時間後でもほぼ完全に溶解した。言いかえれば、スケトウダラすり身の肉糊は坐りの進行に伴い SDS-尿素溶液中においてさえ解離しないような強い構造のゲルを形成するが、一方、サケ落し身の肉糊と混合肉糊はいずれも容易に解離して可溶化するような弱い構造のゲルしか形成していないことが示された。

次に上記の各種の坐りゲルから可溶化したタンパク質のサブユニット組成を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法で分析した。すなわち坐りゲル中に含まれているミオシン重鎖 (HC) と HC の多量体と推定される成分 ((HC)_n) および HC より移動度が大きく相対分子量が 170 kd (キロダルトン)、150 kd, および 100 kd に相当する成分の合計量 (<HC) の全成分量に対する比率 (%) を求め、それぞれ Fig. 4(a), (b) および (c) に示した。これによると、まず坐りゲル中の HC 含量はスケトウダラすり身の肉糊が最も多く、サケ落し身の肉糊に最も少なく、また混合肉糊では両肉糊の平均値にな

Fig. 4. Changes in the content of protein components in salted meat paste during setting at 25°C.

The salted meat paste was solubilized as in Fig. 3. The supernatant (30 μg of protein) was applied to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis using 5% polyacrylamide gel. The protein bands on the gels were stained with Coomassie brilliant blue R. The content of each protein band was estimated by quantitative densitometry and expressed as relative intensity (%), taking the sum of densities of bands on the gel as 100%.

- (a) Change in the content of myosin heavy chain (HC).
- (b) Change in the content of cross-linked myosin heavy chain (HC)_n.
- (c) Change in the total content of faster-running components (<HC) than myosin heavy chain.

Symbols were the same as in Fig. 1.

ることが示されている。次にその経時的な変化を見ると、スケトウダラすり身の肉糊中では HC が最も速やかに減少し、(HC) が僅かにまた (HC)_n が多量に増加することを示した。なお、先に述べたようにこの坐りゲルの SDS-尿素溶液に対する溶解性が明らかに減少する事実を考慮すると、この場合はおそらく形成された HC 多量体中に SDS-ゲル中に泳動できない程に巨大化した成分が含まれていると推定される。一方、サケ落し身の肉糊では HC の減少は極めて緩慢であり、(HC)_n はほとんど増加せず、むしろ (HC) が僅かではあるが增加する傾向を示した。この事実はスケトウダラすり身とサケ落し身の肉糊中で起こるタンパク質成分組成の変化の反応様式が明らかに異なり、これが両者のゲルの物性に強く係わっている可能性を示唆している。

次に混合肉糊中の HC の経時変化は、二種の魚の肉糊が単独に示す減少の速度の中間の速さで減少し、また平均的な量に達することを示した。また (HC)_n も両肉糊の示す増加速度の中間の速さで増加してその平均に近い値に達した。(HC) は、量的に少ないが、サケ落し身の肉糊の配合量が増えるに伴って両肉糊の平均以上の値

に達した。これは混合肉糊の坐りゲルおよび加熱ゲルの破断強度と凹みがやはり両肉糊の示す値の平均以下の値を示す事実と良く対応しており、(HC) 成分の形成とゲルの物性の低下とが強く係わっていることを示唆している。

Fig. 4(a) および Fig. 1(a) の結果から、混合肉糊のミオシン HC の交差結合能 (HC の減少速度と減少量の相乗値、 $v_1 \cdot e_1$) およびゲル形成能 (坐りゲルの破断強度の増加速度と増加量の相乗値、 $v_2 \cdot e_2$) を算出した。⁴⁾ また、前報⁴⁾ で報じたスケトウダラの肉糊に加水したときの $v_1 \cdot e_1$ および $v_2 \cdot e_2$ を引用し、それぞれとスケトウダラ肉糊中のタンパク質濃度との関係を Fig. 5(a), (b) に併記した。これによるとスケトウダラすり身の肉糊に対してサケ落し身の肉糊を混合するとき、肉糊の代りに水を混合するときのミオシン HC の交差結合能 ($v_1 \cdot e_1$) とゲル形成能 ($v_2 \cdot e_2$) は、スケトウダラ肉糊のタンパク質濃度が同じであればほぼ一致することが示された。それ故、サケ落し身の肉糊は、スケトウダラ肉糊の上記二種の能力に対し水と同じ程度の減少を起こすだけなので、ゲル形成を阻害する特定の因子を含んでいな

Fig. 5. Comparisons of cross-linking ability of myosin heavy chain and gel-forming ability of salted meat paste from mixed mince of Alaska pollack and chum salmon with those of Alaska pollack and water.

The rate (v_1) and extent (e_1) of decrease in myosin heavy chain and the rate (v_2) and extent (e_2) of increase in breaking strength of salted meat paste from mixed mince of two fish species were calculated from Fig. 4(a) and Fig. 1(a) as described in the previous paper.⁴⁾ The values of ($v_1 \cdot e_1$) and ($v_2 \cdot e_2$) were defined as cross-linking ability of myosin heavy chain and gel-forming ability of salted meat paste. The values of ($v_1 \cdot e_1$) and ($v_2 \cdot e_2$) of salted meat paste from Alaska pollack surimi alone at varied protein concentrations were quoted from the data in the previous paper.⁴⁾

(a) Cross-linking ability ($v_1 \cdot e_1$) of myosin heavy chain of salted meat paste versus weight ratio of Alaska pollack surimi and chum salmon mince (○) or water (Δ).

(b) Gel-forming ability ($v_2 \cdot e_2$) of salted meat paste versus weight ratio of Alaska pollack surimi and chum salmon mince (○) or water (Δ).

Fig. 6. Changes in breaking strength of salted meat paste from mixed mince of two fish species during setting at 40°C and heating.

The setting and the subsequent heating of salted meat paste were conducted as in Fig. 1, except that the salted meat paste was incubated at 40°C. Breaking strength of the product was measured as described in Fig. 1.

(a) Change in breaking strength of setting gels.

(b) Change in breaking strength of heating gels.

Symbols were the same as in Fig. 1.

Fig. 7. Changes in breaking strain of salted meat paste from mixed mince of two fish species during setting at 40°C and heating.

The setting and the subsequent heating of salted meat paste were conducted as in Fig. 6. Breaking strain of the product was measured as described in Fig. 2.

(a) Change in breaking strain of setting gels.

(b) Change in breaking strain of heating gels.

Symbols were the same as in Fig. 1.

いと考えられる。

肉糊の 40°C における破断強度の経時変化 サケ落し身とスケトウダラすり身の肉糊およびこれらの混合肉糊を 40°C で加温して生ずる坐りゲルおよび加熱ゲルの破断強度の経時変化を Fig. 6 (a), (b) に示した。こ

れによると、まずスケトウダラ肉糊の坐りゲルの破断強度は加温 30 分後に最大値に達した後徐々に低下したが、これは 25°C の場合より増加速度が極めて速く、かつ増加量も大きいことを示している。しかし加熱ゲルの破断強度は坐りゲルと同様な傾向を示すが、25°C の場

Fig. 8. Changes in the amount of solubilized protein from salted meat paste with SDS-urea-mercaptoethanol medium during setting at 40°C.

The setting at 40°C of salted meat paste was conducted as in Fig. 6. The solubilization of the product and the determination of the amount of soluble protein in SDS-urea-mercaptoethanol medium were conducted as described in Fig. 3.

Symbols were the same as in Fig. 1.

合よりも低い値であった。一方、サケ落し身の肉糊は 25°C の場合と異なり加温に伴い破断強度が増加して 2 時間後に最大値に達した。しかし加熱ゲルの破断強度は 40°C の加温に関係がなく一定値を示した。それ故、40°C で加温する場合もサケ落し身の肉糊には坐りに伴

うゲルの物性の増強効果は見られなかった。

次に混合肉糊の坐りゲルの破断強度はサケ落し身の配合割合が増加するに伴ってその増加速度と最大値が減少する傾向を示したが、両肉糊がそれぞれに示す速度の中間の速さで増加し、ほぼ平均値に近い値に達した。また加熱ゲルの破断強度も坐りゲルと同様に両肉糊の示す値の平均に近似した。

肉糊の 40°C における凹みの経時変化 サケ落し身とスケトウダラすり身の肉糊およびこれらの混合肉糊を 40°C で加温して生ずる坐りゲルおよび加熱ゲルの凹みの経時変化を Fig. 7 (a), (b) に示した。これによると、スケトウダラ肉糊の坐りゲルの凹みは 25°C の場合よりも急激に増加し 30 分後に最大値に達した後、減少する傾向を示した。しかし加熱ゲルの凹みは坐りゲルと同様な傾向を示すが、25°C の場合よりも僅かに低い値となった。サケ落し身の肉糊の坐りゲルの凹みは加温に伴い速やかに増加し 2 時間後に最大値に達したが、加熱ゲルの凹みは 40°C の加温に関係なく一定値を示した。

次に混合肉糊の坐りゲルの凹みは両肉糊が示した速度のほぼ中間の速度で増加し、平均に近似した値に達した。また加熱ゲルの凹みも両肉糊の平均に近似する値を示した。なお、25°C に比べると 40°C で加温した場合は坐りゲルの方が全体的に高い値を示すが、加熱ゲルの凹みには余り大きな差異がなかった。これらの結果は破断強度の場合と良く似ている。

40°C におけるゲル化に伴う肉糊中タンパク質の溶解性と成分組成の経時変化 40°C における各種坐りゲル

Fig. 9. Changes in the content of protein components in salted meat paste during setting at 40°C. The solubilization of the product was conducted as in Fig. 3. The estimation of the relative intensity of the protein components was conducted as described in Fig. 4.

(a) Change in the content of myosin heavy chain (HC).

(b) Change in the content of cross-linked myosin heavy chain (HC)_n.

(c) Change in the content of faster-running components (<HC) than myosin heavy chain.

Symbols were the same as in Fig. 1.

の SDS-尿素溶液に対する溶解度の経時変化を Fig. 8 に示した。これによると, スケトウダラすり身とサケ落し身の肉糊および混合肉糊の坐りゲルはゲルの物性が相違するにもかかわらず, いずれも 10 時間後に至るまで完全に溶解した。スケトウダラ肉糊の 25°C における坐りゲルは経時的に不溶化したが, 40°C の坐りゲルは溶解し易かった。一方サケ肉糊および混合肉糊の坐りゲルはいずれの温度の場合も溶解し易いのが特徴であった。

次に各種坐りゲルから溶解したタンパク質に含まれている HC, (HC)_n, および (<HC) 量の経時変化を Fig. 9 (a), (b), および (c) に示した。これによると, まず各種坐りゲル中の HC 含量は 25°C の場合と同じである。次にスケトウダラすり身の肉糊中の HC は加温初期に急に減少し 30 分以後にはほぼ一定値に達した。また (HC)_n も加温初期に急増するが 30 分以後に一定値に達し, (<HC) は僅かではあるが緩慢に増加した。これらの結果は 25°C の坐りの場合とは明らかに異なっている。一方, サケ落し身の肉糊中の HC は加温初期にスケトウダラ肉糊の場合よりも顕著に減少し, その減少量も大きかった。しかし (HC)_n は全く増加せずに (<HC) が顕著に増加する点の特徴であった。なお混合肉糊の坐りゲル中の HC は両肉糊の速度の中間の速さで減少し, 平均に近い減少量を示したが, (HC)_n の増加の度合は両肉糊の増加量の平均より明らかに少なく, むしろ HC の大部分は (<HC) となって増加する傾向を示した。すなわち 40°C におけるスケトウダラとサケの肉糊中の HC の経時的な減少の様式は見かけ上良く似ているが, スケトウダラ肉糊中には (HC)_n が生成するのに対してサケ肉糊中には (HC)_n を形成せず (<HC) を形成した。それ故この事実が混合肉糊の破断強度と凹みに対して強く影響をおよぼしている可能性が考えられる。なお, 40°C で加温する場合はその初期に起こる諸変化の速度が大きすぎるため, ミオシン HC の結合能やゲル形成能は算出できなかった。

考 察

スケトウダラ肉糊の坐りゲルおよび加熱ゲルは 8 M 尿素 -2% SDS-2% 2-メルカプトエタノール溶液に可溶化するので, これを SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動に供試し, 坐りゲル中の構成タンパク質成分の組成変化を推定する試みが既になされている。¹⁻³⁾ その結果, 坐りに伴いスケトウダラ肉糊中のミオシン HC が交差結合反応を起こして HC の多量体を形成し, この反応が肉糊のゲルの物性 (破断強度や凹み) の発現と強く係わる事実が示唆されている。

本研究においては, スケトウダラすり身の肉糊とシロサケ落し身の肉糊を 25°C および 40°C で加温したと

き, 両者はそれぞれ異なる坐り反応を起こすことを明らかにした。すなわち, まずスケトウダラすり身の肉糊を 25°C で加温して得られた坐りゲルは SDS-尿素-メルカプトエタノール溶液に対する溶解性が減少する傾向を示した。これは HC 間の結合が SDS-尿素によっても解離せず, 見かけ上, 共有結合の様な極めて強い結合によって巨大なサイズの HC 多量体を形成したことを示唆するものであった。次に 40°C で加温して得られた坐りゲルは同上の SDS-尿素溶液に対して極めて高い溶解性を示した。これは HC 間に形成される結合が SDS-尿素により容易に解離するような弱い種類 (水素結合, 疎水結合など) であることを示唆するものであった。これに対して, シロサケ落し身の肉糊の場合は 25°C では全くゲル化しないが, 40°C においてはゲル化することを示した。しかもこれら坐りゲルの SDS-尿素溶液に対する溶解性はほぼ 100% を保ち, またその中に含まれる HC 多量体の量も多くはなかった。これらのゲルはスケトウダラ肉糊が 40°C で形成するゲルと良く似ており, おそらくミオシン HC 間に結合は起こってはいるものの, それが弱い種類のものであることを示唆している。なおシロサケ落し身の代りにシロサケすり身を使用した場合 (結果は示していない) も同じ結果となった。それ故肉糊のゲル化に際し SDS-尿素-メルカプトエタノール溶液中において解離しないような強い結合がミオシン HC 間に形成され, HC 多量体が大量に見出される場合は, 形成されるゲルの破断強度や凹みは大きい値に達する。一方, HC 間に弱い結合しか形成されず HC 多量体が検出されないときには破断強度や凹みは大きな値に達し得ないと云う関係が考えられる。

本研究の結果より, 肉糊を加温するときミオシン HC 間に強い結合反応が起こり易いタイプの魚種と弱い結合しか形成されないタイプの魚種があることが示された。ただしこの肉糊中の HC 間に起こる結合の相違が生ずる原因は現時点では未だ明らかでない。そこでこれら二種のタイプの魚の肉糊を混合し, 加温してゲル化を行わせたところ, 混合肉糊の破断強度および凹みは, それぞれを単独にゲル化させたときに示す経時変化の中間の速度で進行し, その度合は平均より僅かに低い (25°C の場合) またはそれに近似する (40°C の場合) 値を示した。なお 25°C の場合はゲルの物性が両肉糊の平均より多少劣るが, その理由は次のように考えられる。すなわち既に前報⁴⁾において述べたように, スケトウダラ肉糊の破断強度はタンパク質濃度に強く依存するが, 両者の関係は単純な比例関係ではなく, タンパク質濃度の減少に比べると破断強度の低下の割合が大きい。水や他の添加物によりタンパク質濃度が減少すると破断強度は急激に減少する事実がある。実際に混合した肉糊のゲルの

物性はゲル化能力が強いスケトウダラ肉糊のタンパク質濃度に主に依存する事実が示された。したがって、二種の異なるゲル化能力を示す魚の肉糊を混合すると、そのゲル化に際してはそれぞれが独自の能力でゲル化に寄与するため、二種の肉糊が単独で示す結果から予測できるようなゲルの物性値となる。言いかえると両反応は著しい阻害や促進を受けていないことが明らかに示された。それ故、スケトウダラ肉中にシロサケ肉糊中の HC 間に強い化学結合を形成させるような特定の因子が存在する可能性や、逆にシロサケの肉糊中にはスケトウダラの HC 間の強い結合を阻害する特別な因子が含まれている可能性が極めて少ないと推定される。肉糊中のミオシン HC 間に起こる結合反応の種類や様式の詳細は未だ明らかでないが、魚肉ゲルの物性に大きな影響をおよぼすことが事実であるため、この反応を調節するための研究が今後重要であると考えられる。

本研究は魚介類有効栄養成分利用技術研究開発委託事業（水産庁）の一環として行われた。またシロサケ落し

身およびすり身の製造にあたっては青森県水産物加工研究所の皆様の多大な御援助を得た。ここに記して謝意を表します。

文 献

- 1) 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: 日水誌, **51**, 1559-1565 (1985).
- 2) 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: 日水誌, **53**, 633-639 (1987).
- 3) 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: 日水誌, **53**, 2060-2065 (1987).
- 4) 西本真一郎, 橋本昭彦, 関 伸夫, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫, 新井健一: 日水誌, **53**, 2011-2020 (1987).
- 5) A. G. Gornall, C. T. Bardwill, and M. M. Daviel: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751-756 (1949).
- 6) K. Weber and M. Osborn: *J. Biol. Chem.*, **244**, 4406-4412 (1969).