糖類とカルボン酸塩を含むスケトウダラ冷凍すり身の 坐りゲル形成能

山本 康博, 南部 正一, 新井 健一

(1991 年 10 月 17 日受付)

Gel Forming Ability of Walleye Pollack Frozen Surimi Containing Sugar and Carboxylic Acid Salt

Yasuhiro Yamamoto,*¹ Shoichi Nanbu,*¹ and Ken-ichi Arai*²

A new type of frozen surimi was prepared from walleye pollack upon addition of 5% sorbitol, 4% sucrose, 0.05% Ca-citrate, 0.05% Ca-lactate, 0.1% NaHCO₃, and 0.3% Na-polyphosphate. By investigating myofibrillar Ca-ATPase total activity of surimi and setting-gel-forming ability along with cross-linking ability of myosin heavy chain of salt-ground meat from the same surimi, the quality of such frozen surimi was compared with that of standard frozen surimi, which contained 5% sorbitol, 4% sucrose, and 0.3% Na-polyphosphate.

The results showed that the rate of setting-gel formation together with that of cross-linking of myosin heavy chain were both enhanced in the case of salt-ground meat from the new type of surimi, while the mass in quality together with the quantity of myofibrillar protein in both types of surimi were practically identical.

It is thus evident that the quality of frozen surimi was considerably improved with the aid of new additives such as carboxylic acid salt, as mentioned above.

多くの糖類が、魚類の筋原線維 (Mf) タンパク質の冷凍変性を防止することは、Ca-ATPase 活性の変化を指標として、既に報じられている。^{1,2)} また、ある種のアミノ酸やカルボン酸類も同じ作用を持つことが、Mf 懸濁液を対象とした実験の結果示された。³⁾ なお、糖類に関しては凍結貯蔵中における冷凍すり身の品質を安定化させるのに有効であることも確かめられた。⁴⁾ しかしながら、冷凍すり身に添加された糖類は、凍結貯蔵ばかりでなく塩すり後の肉糊のゲル化に関してもなんらかの影響を及ぼすと推定される。これはアミノ酸やカルボン酸類に関しても同様であるように思われる。また、最近、カルシウム塩が魚類肉糊のゲル化を強める事実も見いだされた。^{5,6)}

そこで、本研究では、上記した成果を基にして、肉糊のゲル化能を強め、また冷凍すり身の品質の安定化作用を持つと考えられるカルボン酸のカルシウム塩を冷凍すり身に添加し、Mf の Ca-ATPase 全活性,⁷⁾ 坐りに伴うゲル化、ミオシン重鎖 (HC) の多量化反応⁸⁾ を品質の指標とし、添加した化合物の品質へ及ぼす影響を検討した。

実験方法

冷凍すり身の調製 網走近海で漁獲されたスケトウダラ walleye pollack *Theragra chalcogramma* から常法によって冷凍すり身を調製した。通常 (標準) のすり身には 5% ソルビトール、4% 砂糖、および 0.3% の重合リン酸塩を添加したが、著者らが考案した新タイプのすり身には、この他に 0.05% クエン酸カルシウム (4 水和物)、0.05% 乳酸カルシウム (5 水和物) と 0.10% の炭酸水素ナトリウム (いずれも魚肉落とし身に対する添加割合) を添加した。これらの冷凍すり身を -25°C で約 6 ヶ月間保存した後、使用した。

冷凍すり身の水分と pH の測定 冷凍すり身の水分量の測定は、恒温乾燥法 (105°C) により、pH はすり身 5 g を 45 ml の水でホモジナイズした後、ガラス電極で測定した。その結果、通常のすり身ではそれぞれ 74.8% および 7.25、新しいタイプのものでは 74.8% および 7.59 であった。

冷凍すり身の Mf Ca-ATPase 全活性の測定 加藤らの方法⁷⁾ に準じ、細砕した冷凍すり身 5 g を精秤し、30

*¹ 東和化成工業株式会社 (Towa Chemical Industry Co., Ltd., Nakagawara, Fuji, Shizuoka 417, Japan).

*² 北海道大学水産学部食品学科生物化学講座 (Laboratory of Biochemistry, Department of Food Science, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

ml の 0.16 M KCl-40 mM Tris-maleate (pH 7.5) および 0.15 ml の 20% Triton X-100 を加え、冷却しながら 1 分間ずつ 6 回ホモジナイズを繰り返した。6,000×g で 10 分間遠心分離して沈殿を集め、0.16 M KCl-40 mM Tris-maleate (pH 7.5) を加えて攪拌し、遠心分離する操作を数回繰り返して洗浄した。沈殿をガラス製ハンドホモジナイザーを用いて同上溶液に対して均質に懸濁させ、全量を 100 ml として、筋原線維 (Mf) 懸濁液とした。なお、この懸濁液のタンパク質濃度はビウレット法⁹⁾により比色定量した。また、Ca-ATPase (EC 3.6.1.3) は、5 mM CaCl₂, 0.1 または 0.5 M KCl, 25 mM Tris-maleate (pH 7.0), 1 mM ATP および 0.2~0.3 mg/ml Mf の反応混液中で 25°C で反応させて、生成した無機リン酸を比色定量¹⁰⁾して、比活性 ($\mu\text{mol Pi}/\text{min}\cdot\text{mg}$ タンパク質) を求めた。

かまぼこゲルの調製 冷凍すり身が完全に解凍しないうちに細切り、終濃度で 2.5% の NaCl を添加してスピードカッター (ナショナル MK-K7) を用い、4°C で 5 分間らいかいし、肉糊を調製した。¹¹⁾ 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、10~30°C の間の種々の温度で坐らせ、経時的に取り出した坐りゲル、およびこれをさらに 90°C で 20 分間加熱して得た坐り-加熱ゲルを調製し以下の実験に供した。

かまぼこゲルの物性測定 坐り、および坐り-加熱ゲルの物性は、レオメーター (山電株式会社, レオナー RE-3305) を使用し、坐りゲルの場合は直径 5 mm, 坐り-加熱ゲルの場合は直径 3 mm の円柱型プランジャーで、破断強度 (g) と凹み (mm) を測定した。

SDS-尿素混合液による坐りゲルの可溶化と可溶化率の測定 細砕した坐りゲル 0.4 g を精秤し、7.5 ml の 2% SDS-8 M 尿素-2% 2-メルカプトエタノール-20 mM Tris-HCl (pH 8.0) 溶液を加えて攪拌し、100°C で 2 分間の加熱後、室温で約 20 時間攪拌し、可溶化した。可溶化率の測定は、上記の可溶化溶液を 20,000×g で 30 分間遠心分離した上清液を水で 10 倍に希釈し、その一定量に等容量の 15% トリクロロ酢酸を加えて、室温に 30 分間以上放置し、遠心分離してタンパク質を沈殿させた。沈殿したタンパク質を風乾後、1N NaOH に溶解し、ビウレット法により比色定量した。そして塩すり直後の肉糊から可溶化したタンパク質量に対する相対値 (%) を求めて可溶化率とした。¹²⁾

SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動による坐りゲル中の Mf タンパク質組成の検討 SDS-尿素混合溶液に可溶化した坐りゲル中のタンパク質組成を Weber と Osborn¹³⁾ の方法により、5% ポリアクリルアミドゲルを用いた SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-

PAGE と略す) 法により定量した。泳動ゲル上のタンパク質の染色は Coomassie Brilliant Blue R を用いて行い、脱色は 50% メタノール-7% 酢酸溶液を用いて約 7 時間、続いて 7% 酢酸でゲルの背景が透明化するまで行った。泳動ゲル上の筋原線維タンパク質成分の含量は、デンストメーター (島津製作所, CS-910 型) を用いて 640 と 700 nm の吸光値の差として測定し、各成分の染色強度の合計値に対する相対染色強度 (%) で表した。なお、泳動ゲル上の全染色強度が減少する場合は、泳動ゲル中に進入できないような大きなサイズのマリオシン HC 多量体が生成したためとみなして、その量を計算で求めた (この成分を以下 (HC_n) と表す)。また、坐りゲルが SDS-尿素混合溶液に溶解しない場合は、この成分は特に巨大化したマリオシン HC 多量体と見なした (この成分を (HC_n') と表す)。これらの成分量をも加えて全染色強度を補正し、泳動ゲル上の各成分含量 (%) を求めた。⁸⁾

結果および考察

冷凍すり身の Mf Ca-ATPase 全活性 まず 9% の糖類と 0.3% の重合リン酸塩を含む通常の冷凍すり身 (標準タイプ) と同じ量の糖類と重合リン酸塩の他に 0.1% のカルボン酸カルシウムと 0.1% の炭酸水素ナトリウムを含む新タイプの冷凍すり身 (新タイプと呼ぶ) の品質を比べるため、加藤らが報じた方法⁷⁾によって Mf Ca-ATPase 全活性を測定し、その結果を Table 1 に示した。これによると標準と新タイプの冷凍すり身の Mf Ca-ATPase 比活性値は、その活性を 0.1 および 0.5 M KCl 存在下のいずれの条件下で測定してもほとんど変

Table 1. Myofibrillar Ca-ATPase activity of standard and new types of frozen surimi

Mf Ca-ATPase Total Activity $\mu\text{mol Pi release/min}\cdot 5\text{ g surimi}$			
Type of surimi	KCl(M) for ATPase assay		Mf protein mg/5 g surimi
	0.5	0.1	
Standard	45.7 (0.064)	150 (0.21)	714
New	46.8 (0.065)	150 (0.21)	717

The standard type of frozen surimi was prepared by the ordinary method, i.e. mixed with 5% sorbitol, 4% sucrose, and 0.3% Na-polyphosphate. A new type of frozen surimi was prepared basically in the same manner but was mixed with 5% sorbitol, 4% sucrose, 0.05% Ca-citrate, 0.05% Ca-lactate, 0.1% NaHCO₃, and 0.3% Na-polyphosphate.

A quantitative determination of myofibrillar Ca-ATPase total activity was made by the method of N. Katoh (Ref. 7). Numbers in parenthesis represent the Ca-ATPase specific activity in $\mu\text{mol Pi release}/\text{min}\cdot\text{mg}$ of protein.

わらなかった。また、Mf タンパク質量もほぼ同じであるから Mf Ca-ATPase 全活性も近似している。したがって、これら2種の冷凍すり身は、その主要成分であるミオシンに関しては、量的ばかりでなく、質的にも差異

がないと判断される。

冷凍すり身の坐りゲル形成能 標準タイプと新タイプの冷凍すり身を塩すりした肉糊を 10, 20, 25, および 30 °C で 24 時間にわたって坐らせた坐りゲルと、これをさ

Fig. 1. Change in breaking strength of gels formed by setting and setting-heating from salt-ground meat.

The standard type and a new type of frozen surimi as in Table 1 were employed in this assay. Surimi was chopped with 2.5% NaCl in a chilled speed cutter (National MK K7) for 5 min at 10°C or below. The salt-ground meat was stuffed into a plastic vessel with a cover and incubated at 10, 20, 25, or 30°C to prepare a setting gel (A). It was subsequently heated at 90°C for 20 min to prepare a setting-heating gel (B). After cooling the gels with ice-water for 30 min, breaking strength (g) was measured with a rheometer equipped with a ϕ 5 mm plunger for the setting gel and a ϕ 3 mm plunger for the setting-heating gel.

(a, c) Standard type, (b, d) new type.

Temperatures for setting were 10 (○), 20 (△), 25 (□), and 30°C (●).

Fig. 2. Change in breaking strain of gels formed by setting and setting-heating from salt-ground meat.

From two types of frozen surimi, a setting gel (a, b) and a setting-heating gel (c, d) were prepared, and the breaking strain of the gels was measured as in Fig. 1.

(a, c) Standard type, (b, d) new type.

Temperatures for setting were 10 (○), 20 (△), 25 (□), and 30°C (●).

らに 90°C で 30 分間加熱した坐り-加熱ゲルの破断強度を Fig. 1 (A, B) に、凹みを Fig. 2 に示した。Fig. 1 によると、坐りゲル (a, b) および坐り-加熱ゲル (c, d) の破断強度は坐りの初期に急激に増加し、ほぼ 6 時間後に最大値に達すること、また温度が高いほど破断強度の増加の速度と度合いが大きくなる傾向を示すこと、さらに、90°C 加熱によって大幅な破断強度の増加が起こり、いわゆる坐りの効果が発揮されることなどが認められた。ただし、同じ条件下で比較すると、新タイプのすり身から作った坐りゲルおよび坐り-加熱ゲルは標準タイプから作ったものよりも高い破断強度に達すること、さらに新タイプのすり身から作った坐り-加熱ゲルの破断強度の増加速度は 10°C では標準タイプのそれよりむしろ遅いが、20°C では明らかに速くなり、25°C ではより速やかに最大値に達した後減少すること、しかし 30°C ではむしろ増加しにくくなることなどが示されている。

次に Fig. 2 によると、坐りゲルと坐り-加熱ゲルの凹みは、破断強度の場合と同様に、坐り初期に大きく増加して最大値に達すること、温度が高いほど速やかに増加する傾向を示すこと、また 90°C で加熱すると僅かであるがいずれも増加し、坐りの効果が認められることなどが示されている。なお、新タイプの冷凍すり身から作った肉糊の凹みは、同じ条件下で標準タイプのすり身から作ったものよりも、僅かであるが高い値となるが、20°C

以上では一旦増加した後やや減少する傾向を示す点では、破断強度の変化と似ている。

坐りゲルの SDS-尿素混合液による可溶化 標準タイプと新タイプのすり身から作った坐りゲルの SDS-尿素混合液に対する可溶化率を測定し、その結果を Fig. 3 に示した。これによると、標準タイプのすり身から作った坐りゲルの場合には、10°C と 30°C で坐らせたものは 24 時間後に至るまで良く可溶化するが、20 と 25°C で坐らせたものは坐りが 12 時間以上に及ぶと不溶化し、可溶化率が減少する傾向を示した。これに対して新タイプのすり身から作った坐りゲルでは、10°C で坐らせたものは 24 時間後まで良く可溶化するものの 20°C で坐らせたものは 6 時間後から、また 25°C の場合では 3 時間後から可溶化率が低下することが示され、ミオシン重鎖の多量化反応が進行していることを強く示唆した。しかし、30°C で坐らせたものは、20~25°C のものよりもむしろ可溶化し易く、6 時間以後に不溶化した、その程度は 25°C のものよりも少なかった。すなわち、どちらのすり身の場合でも、坐りゲルの可溶化率の低下は、10~25°C の間では高温になるにつれて大きく起こったが、30°C では 25°C のものより可溶化し易く、さらに、ここには示さないが、40°C では完全に可溶化した。この事実は 25°C 以下と 30°C 以上で形成される坐りゲルが質的に異なる構造体であることを示唆している。¹⁴⁾ な

Fig. 3. Change in solubility of myofibrillar protein of salt-ground meat into an SDS-urea-mercaptoethanol medium during setting.

The setting of the salt-ground meat was made as in Fig. 1. The product (0.4 g) was solubilized with 7.5 ml of 2% SDS-8 M urea-2% mercaptoethanol-20 mM Tris-HCl (pH 8.0) buffer at 100°C for 2 min, and then was stirred for 24 h at room temperature. After centrifugation at 20,000×g for 30 min, the amount of soluble protein in the supernatant was determined by the biuret method, and solubility was expressed as a relative value (%) taking the amount of soluble protein of each meat before the setting as 100%.

(a) Standard type, (b) new type.

Temperatures for setting were 10 (○), 20 (△), 25 (□), and 30°C (●).

お、坐りゲルの可溶化率は坐り加熱ゲルのそれと同じであることが既に知られている。^{8,14)}

坐りゲル中の Mf タンパク質サブユニット組成 次に Fig. 1~3 に示した坐りゲル中の Mf タンパク質サブユニット組成を、沼倉らが先に提案した SDS-PAGE を用いた方法¹³⁾によって解析し、その結果を Fig. 4 (A) と (B) に示した。まず Fig. 4 (A) には、標準タイプのすり身から作った肉糊を 10°C (a, b), 20°C (c, d), 25°C (e, f), そして 30°C (g, h) で坐らせて得た坐りゲル中のミオシン HC とその多量体成分である (HC_n), (HC_{n'}) および (HC_{n''}) を (a), (c), (e), (g) に、またアクチン (トロポミオシンを含む), X₁ 成分 (ミオシン HC とアクチンの中間に泳動する未同定成分), および X₂ 成分 (アクチンよりも泳動し易い未同定成分) を (b), (d), (f), (h) に示した。これによると、いずれの温度で坐らせた場合も、その初期にミオシン HC が急激に減少してその後、最小値に達するが、それに伴って初めに (HC_n) が、続いて (HC_{n'}) が増加した後減少し、最後に (HC_{n''}) が増加するが、アクチン成分と X₁ および X₂ 成分はほとんど変化しないことが示されている。また、温度が高いほど、ミオシン HC の多量化反応が速く進み、(HC_n), (HC_{n'}) および (HC_{n''}) が生成するまでの時間が短く、かつ生成

量も多い傾向を示した。ただし 30°C におけるミオシン HC の多量体の生成量は 25°C の場合よりも少ないが、この傾向は 40°C 以上になるとより低下し (ここには図示しない), このことはおそらく 30°C 以上のときの坐り反応の特徴の 1 つであるように思われる。⁸⁾

一方, Fig. 4 (B) には、新タイプのすり身から作った肉糊を、10°C (a, b), 20°C (c, d), 25°C (e, f), 30°C (g, h) で加熱したときの坐りゲル中の Mf タンパク質サブユニット成分の変化を示した。これによると、各成分の変化の傾向は、標準タイプのすり身を使用した場合 (A) と似ており、温度が高いほどミオシン HC の減少は大きく、また、(HC_n) と (HC_{n'}) が順次生成し、最後に (HC_{n''}) が生成する反応が速くなった。ただし、30°C では、25°C の場合よりも (HC_n) と (HC_{n'}) の生成は速いが、(HC_{n''}) の生成はかなり遅くなっている。これも 30°C 以上の坐りにおいて認められる変化の特徴であるかもしれないが、この成分が多量に生成するときはむしろ破断強度が減少する傾向を示した。一方、アクチン成分、X₁ および X₂ 成分には大きな変化が認められなかった。

新タイプのすり身から作った坐りゲルを、標準タイプのそれと比べると、前者では上記の一連の変化が速く起こるのが特徴であり、特に 20~30°C におけるミオシン

HC の減少, それに伴う (HC_n) と (HC_n') の生成, その減少に伴う (HC_n'') の生成が起こる時間は, いずれもかなり短く, ミオシン HC の多量化反応が著しく速くなっていた。

また, 塩ずり直後の肉糊中のミオシン HC 含量は, 塩ずり前のすり身に比べ, 標準タイプのすり身を用いた場合でも塩ずり中にやや減少 (2~3% ほど) して, ミオシン HC の多量体を形成していると推定されるが, 新タイプのすり身の肉糊の方がさらに 5% ほど低く, 代わって (HC_n) 量が多くなっている。したがって, 新タイプのすり身に添加されたカルボン酸カルシウムや炭酸水素ナトリウムのいずれかの成分が, 塩ずり中にも肉糊中のミオシン HC の多量化反応を促進し, 破断強度などゲル物性に寄与していることは明らかである。

次に Fig. 4 に示した坐りゲル中の Mf タンパク質のサブユニットの変化は, 沼倉らの報告⁸⁾と同様に, 坐りゲルおよび坐り-加熱のゲル物性 (Fig. 1B) の変化と良く対応している。まず標準タイプのすり身から作った肉糊を坐らせるとミオシン HC が減ってその多量体が生成するが, これはゲル物性 (特に破断強度) の変化と関連し, たとえば温度の高いほうが破断強度がより速く増

加するが, これは (HC_n) の増加速度が大きくなるのに対応している。また, 新タイプのすり身から作った肉糊の場合も同じく (HC_n) の生成の速さが, その破断強度の増加速度に対応し, 一般に温度が高いほうが, 両者の増加が速いことを示している。ただし, 坐り-加熱ゲルの破断強度の最大値はむしろ (HC_n') の生成量と対応しており, その量が多いほど高い値を示す傾向があり, これは, 標準タイプのすり身から作った場合も同じであった。また一旦増加した破断強度がその後減少するのは (HC_n'') が生成増加するのと良く対応し, ミオシン HC の多量化反応が進行してその多量体が巨大化し過ぎることがゲル物性の劣化につながると推定されている。⁸⁾ すなわち, 一旦増加した破断強度が減少するのは, 20°C では 12 時間後, 25°C では 6 時間後であるが, いずれもある程度の量の (HC_n'') が生成したときである。また, 10°C では 24 時間後になっても (HC_n'') は生成せず (HC_n') の生成量も僅かであるが, 実際にこの坐り-加熱ゲルの破断強度は一方的に増加する段階にあり最大値には達していない。この対応は, 標準タイプのすり身を使用した坐り-加熱ゲルの場合にも見られ, ここでは (HC_n'') は生成しないか, 生成してもその量は少ないが,

Fig. 4 (A)

Fig. 4 (B)

Fig. 4. Change in subunit composition of myofibrillar protein of salt-ground meat during setting.

From two types of surimi, the setting gels were prepared as in Fig. 1. The setting gels were solubilized into an SDS-urea medium as in Fig. 3. The soluble protein (20 μ g) was applied to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis using a 5% polyacrylamide gel. The protein on the gel rod was stained with Coomassie Brilliant Blue R. The content of each protein component was estimated by quantitative densitometry and expressed as relative intensity (%), taking the sum of densities of all components as 100%. Components too large to migrate into the gel rod and those insoluble into the SDS-urea buffer were added to the total content.

(○): Myosin heavy chain (HC).

(●): Actin+tropomyosin (A+TM).

(△): Components migrating between HC and actin (X_1).

(▲): Components migrating faster than tropomyosin (X_2).

(□): Cross-linked myosin heavy chain (HC_n), migrating into 5% polyacrylamide gel.

(◇): Components corresponding to cross-linked myosin heavy chain too large to migrate into a 5% polyacrylamide gel (HC_n').

(▽): Components corresponding to cross-linked myosin heavy chain insolubilized into the SDS-urea buffer (HC_n'').

(A) Standard type, (B) new type.

Temperatures for the setting were 10 (a, b), 20 (c, d), 25 (e, f), and 30°C (g, h).

このとき破断強度は単調に増加するかまたはその値を保っている。

以上述べたように、標準タイプと新タイプの冷凍すり身から作った2種の肉糊の坐りゲル形成能と、それに伴

うミオシンHCの多量化能は明らかに相違している。また、坐りゲルと坐り-加熱ゲル中のMfタンパク質のサブユニット組成はほとんど同じであり、85~90°C、20分の加熱中に変化しないことが既に知られている。¹⁴⁾ した

がって新タイプのすり身から得た坐り-加熱ゲルのゲル物性がすり身中の添加物によって著しく増強されるのは、10~25°Cの低温下の坐り過程でおこるミオシンHCの多量化反応に対してカルボン酸カルシウムと炭酸水素ナトリウムが影響を及ぼした結果であると判断することが出来る。なお、同じ冷凍すり身を原料とした肉糊の高温下(40°C以上)におけるゲル形成能は現在検討中であるが、結果は別に報ずる。

本研究の結果は、冷凍すり身に添加される各種の添加物はすり身の凍結貯蔵における品質保持^{4,16)}ばかりでなく、これを原料として製造するかまぼこゲルの品質に対しても、肉糊の坐りの工程で起こる各種の反応に制御を介して、大きな影響を及ぼす可能性があることを示している。これは糖類^{*1}や重合リン酸塩^{*2}の場合でも同じであることが知られている。また、本実験では糖としてソルビトールと砂糖、またカルボン酸カルシウムとしてはクエン酸カルシウムと乳酸カルシウム、その他に炭酸水素ナトリウムを添加しているので、この中のどの成分がすり身の品質改良のために大きな効力を発揮するかを確定する研究が必要である。ただし、含まれている糖類の種類と量は同じであり、また、新タイプのすり身のpH(7.59)は標準タイプのそれ(7.25)より炭酸水素ナトリウムの添加により、高い値であるものの、この範囲ではゲル形成能やミオシンHCの多量化能に大きく影響しないと考えられる¹²⁾ことから、おそらくはカルボン酸カルシウムが上記したゲル形成能やミオシンHCの多量化能の変化に最も関与しているものと考えている。

文 献

- 1) 松本行司, 大泉 徹, 新井健一: コイ筋原繊維タンパク質の冷凍変性に及ぼす糖の保護効果. 日水誌, 51, 833-839 (1985).
- 2) 松本行司, 新井健一: 筋原繊維タンパク質とソルビトールなど添加物の濃度が冷凍変性に及ぼす影響. 日水誌, 53, 2195-2199 (1987).
- 3) 松本行司, 新井健一: コイ筋原繊維タンパク質の冷凍変性に対するカルボン酸類と糖類の協同保護効果. 日水誌, 53, 2187-2193 (1987).
- 4) 川島孝省, 新井健一, 斎藤恒行: 魚類筋肉構成タンパク質に関する研究—X スケトウグラ冷凍すり身中のアクトミオシン含量について. 日水誌, 39, 525-532 (1973).
- 5) 佐伯宏樹, 尾崎弘忠, 野中道夫, 関 伸夫, 新井健一: スケトウグラ塩ずりみの坐りにおけるミオシン重鎖交差結合反応に及ぼす塩化カルシウムの影響. 日水誌, 54, 259-264 (1988).
- 6) 佐伯宏樹, 若目田 龍, 市原泰幸, 笹本泰彦: スケトウグラすり身中に含まれる蛋白質架橋因子の溶出に及ぼすCaCl₂の影響. 日水誌, 55, 1867 (1989).
- 7) 加藤 登, 野崎 恒, 小松一宮, 新井健一: スケトウグラ冷凍すり身の新品質判定法. 冷凍すり身の筋原線維ATPase活性とかまぼこ形成能の関係. 日水誌, 45, 1027-1032 (1989).
- 8) 沼倉忠弘, 木村郁夫, 豊田恭平, 藤田孝夫: スケトウグ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, 56, 2035-2043 (1990).
- 9) A. G. Gornall, C. J. Bardawill, and M. M. David: Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.*, 177, 751-766 (1949).
- 10) G. Gomori: A modification of the colorimetric phosphorus determination for use with the photoelectric colorimeter. *J. Lab. Clin. Med.*, 27, 955-960 (1942).
- 11) 李 南綺, 関 伸夫, 加藤 登, 中川則和, 照井正三郎, 新井健一: イトヨリダイの肉糊のゲル形成能とミオシン重鎖の交差結合能. 日水誌, 56, 329-336 (1990).
- 12) 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: スケトウグラ肉糊の坐り中に起るミオシン重鎖とゲル強度の変化に影響する要因. 日水誌, 53, 2011-2020 (1987).
- 13) K. Weber and M. Osborn: Reliability of molecular weight determinations by dodecyl sulfate-polyacrylamide-gel electrophoresis. *J. Biol. Chem.*, 244, 4406-4412 (1969).
- 14) 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とミオシンの交差結合反応. 日水誌, 51, 1559-1565 (1985).
- 15) 熊沢徳之, 大寄良孝, 岩見史郎, 松本行司, 新井健一: コイ筋原繊維タンパク質の冷凍変性に対するピロリン酸塩と糖の協同保護効果. 日水誌, 56, 105-113 (1990).

*1 新井健一, 関 伸夫: 昭和 62 年度魚介類有効栄養成分利用技術研究成果の概要, 1987, p. 1042.

*2 松川雅仁, 新井健一: 平成 2 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 p. 221. (日水誌投稿受理)