スケトウダラ筋原繊維の保水能と温度安定性に及ぼす 塩化カルシウムの影響^{*1}

佐伯宏樹, 若目田 篤, 尾崎弘忠, 野中道夫, 新井健一

(1986年1月6日受理)

Effect of CaCl_2 on Water-holding Capacity of Alaska Pollack Myofibrils and on Their Thermal Stability

Hiroki Saeki,^{*2} Atsushi Wakameda,^{*2} Hirotada Ozaki,^{*2}
Michio Nonaka,^{*2} and Ken-ichi Arai^{*1}

Alaska pollack myofibrils were suspended or dissolved in the media containing varied concentrations of CaCl_2 and NaCl conferring different ionic strengths, and the water-holding capacity (WHC) of myofibrils and thermal inactivation rate (K_D) of myofibrillar Ca-ATPase were studied.

A large decrease in WHC of myofibrils was found to occur when the ionic strength (I) of medium remained low ($I=0.05-0.10$) and CaCl_2 was further added to the medium at the concentration of less than 15 mM.

When CaCl_2 was added to the myofibrils in the media of various ionic strength, the K_D was increased several times by the addition of CaCl_2 regardless of the ionic strength of the media. After removal of CaCl_2 by dialysis, F-actin was added to the myofibrils with an equal amount of myosin content in it. The K_D was nearly recovered and equal to that of the untreated myofibrils with CaCl_2 .

It was thus suggested that the actin portion in the myofibrils of Alaska pollack was dominantly denatured through the reaction with CaCl_2 .

サバやイワシなどの赤身魚,¹⁾ サメ類²⁾ 及び底ダラ類³⁾ をねり製品原料として利用する際、塩化カルシウム共存下で水晒しを行なうことによって製品の品質が改良される事実が報告されている。しかし、いわゆるこのカルシウム晒し法の効果については、未だ充分な検討がなされておらず確定的な結論が得られていないのが現状である。そこで筆者らは、先にコイの筋原繊維（以下 Mf と略す）を用いて研究を行ない、カルシウム晒しが Mf の保水能と温度安定性に及ぼす影響について検討した。⁴⁾ その結果、水晒し液中の 0.1~0.3% の CaCl_2 はコイ Mf の保水能を低下させ脱水効果を高めること、また、この濃度の CaCl_2 の存在はコイの Mf Ca-ATPase 活性の低下を特に促進するような効果は示さないことを認めた。一方、高いイオン強度下にあるコイ Mf Ca-ATPase 活性は同濃度の CaCl_2 の影響を強く受けて低下し易くなり、安定性が著しく低下する事実を示した。しかし、これらの結果が他の魚種の Mf についても同様に認めら

れるか否かは不明である。そこで、本研究では、ねり製品原料として最も多く用いられるスケトウダラについて、カルシウム晒しが Mf の保水能とタンパク質の安定性に及ぼす影響を検討した。

実験方法

筋原繊維の調製 スケトウダラ *Theragra chalcogramma* の Mf は、新鮮な魚の背筋及び冷凍すり身 (SA 級) から加藤ら⁵⁾ の方法によって調製し、10 mM NaCl , 40 mM Tris-maleate (pH 7.0), 又は、0.16 M NaCl , 40 mM Tris-maleate (pH 7.0) に懸濁した。

アクチンの調製法 コイ *Cyprinus carpio* 背筋のアセトンパウダーから Straub 法によって粗 G アクチンを抽出し、⁶⁾ 0.1 M KCl , 1 mM MgCl_2 , 0.5 mM ATP, 20 mM Tris-HCl (pH 7.5) の条件下で F アクチンとした後、0.6 M KCl , 20 mM Tris-maleate (pH 7.0) に透析して用いた。

^{*1} 本研究の概要は 1985 年 4 月、日本水産学会春季大会において発表した。

^{*2} 大洋漁業(株)大洋研究所 (Taiyo Research Laboratory, Taiyo Fishery Co., Ltd., Tsukishima, Chuo, Tokyo 104, Japan).

^{*3} 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).

CaCl₂ 存在下における Mf タンパク質の保水能の測定 保水能は前報¹⁾の方法に準じて測定した。すなわち, 10 mM NaCl, 40 mM Tris-maleate (pH 7.0) 溶液に懸濁させた Mf に, 所定の終濃度となる様 CaCl₂, 又は対照として NaCl を加えた後, 氷冷して 60 分間保持し, 次に 2100×g で 60 分間遠心分離して Mf を沈殿として集め, その湿重量を測定した。この Mf の湿重量から, 別に定量しておいた Mf タンパク質量を差しひいて便宜的に Mf 中に保持されている水の量, すなわち, Mf の保水量 (以下 Water-holding Capacity; WHC とする) を表わした。なお, 遠心分離した上澄中には全タンパク質量の 1~7% にあたるタンパク質が溶解するので, このタンパク質量 (以下遊離タンパク質量とする) を補正し, 次式によって WHC を求めた。

$$\text{WHC} = (\text{沈殿重量} - \text{全 Mf タンパク質量} - \text{遊離タンパク質量}) / (\text{全 Mf タンパク質量}) = (\text{沈殿中の水分量} / \text{全 Mf タンパク質量}, \text{g/g})$$

なお, 測定時の Mf 懸濁液中のタンパク質濃度は 7~10 mg/ml の範囲とし, 実験操作はすべて 10°C 以下で行った。また, 本実験で用いた濃度の CaCl₂ や NaCl を Mf 懸濁液に加えたときに起こる pH の変化は, 6.6 から 7.0 であったが, 前報¹⁾と同様, WHC の測定値にはほとんど影響を及ぼさないことを予備実験で確かめた。

CaCl₂ 存在下における Mf タンパク質の温度安定性の測定 Mf 懸濁液に CaCl₂ と NaCl を単独で, 又は混合して添加した後, 直ちに 30°C で加熱した。次に経時的にその一部を取り出し, 直ちに氷冷し Mf Ca-ATPase (EC 3, 6, 1, 3) を以下の方法で測定した。すなわち, 0.1 M NaCl, 5 mM CaCl₂, 25 mM Tris-maleate (pH 7.0) 及び 0.2~0.3 mg/ml のタンパク質濃度からなる反応混液に, 1 mM の ATP を加えて 25°C で反応させ, 遊離する無機リン酸を Fiske-Subbarow 法の変法⁷⁾によって比色定量し, 比活性 ($\mu\text{mol Pi/min} \cdot \text{mg of protein}$) を求めた。また, Mf タンパク質の温度安定性⁸⁾は, Mf Ca-ATPase 活性の 30°C における変性速度恒数 (以下 K_D) を次の一次反応式によって算出して検討した。

$$K_D = (\ln C_0 - \ln C_t) \cdot 1/t$$

ここで, C_0 及び C_t は, それぞれ加熱前及び t 秒間加熱後の Ca-ATPase 活性 (加熱前を 1 とした相対値) である。

Mf タンパク質濃度の測定 タンパク質濃度は, 牛血清アルブミン分画 V を標準とし, ビウレット法⁹⁾で比色定量した。

実験結果

Mf の WHC に及ぼす CaCl₂ 及び NaCl の影響 先

ず, 10 mM NaCl, 40 mM Tris-maleate (pH 7.0) 溶液に懸濁したスケトウダラ Mf (鮮魚より調製) に対して, 種々の終濃度の CaCl₂ (0~84 mM) 及び NaCl (0~250 mM) を添加し, Mf の WHC を測定し, 結果を Fig. 1(A) に示した。図中には, 添加した塩のモル濃度及びこれら塩を含んだ溶媒のイオン強度 (以下 I) を計算し, 表示した。また, 比較の為, コイ Mf を用いた同様な実験結果⁴⁾を Fig. 1(B) に示した。これによると, CaCl₂ 又は NaCl によって I が増加すると WHC は減少し, I が 0.10 前後で最小値となり, さらに I が増加すると, それに伴ってやや増加する傾向を示した。そして NaCl の場合は I が 0.15 以上で, また CaCl₂ の場合は I が 0.20 以上で強く膨潤した。そして, NaCl の場合に比べ, 同じ I を付与する CaCl₂ を添加した Mf の WHC が大きく減少した。なお NaCl によって I が 0.25 になると, Mf の一部が溶解し, WHC の測定ができなくなった。以上の結果は, 先に報告したコイ Mf の場合⁴⁾ (Fig. 1(B) に示す) と良く類似していた。しかし, NaCl で I を増加させた場合には, いずれの I においてもスケトウダラ Mf の WHC はコイのそれよりも 12~20% 大きく, 特に 200 mM の NaCl を添加した場合は, 30% 大きな値を示した。一方, CaCl₂ を添加する場合は, $I = 0.06 \sim 0.21$ の範囲で, NaCl 添加の場合とはほぼ等しい値を示した。なお, 塩の添加に伴う WHC の変化量は, スケトウダラのほうがかなり大きいことが示されている。なお, Fig. 1 に示した濃度の CaCl₂ 又は NaCl の添加によって Mf Ca-ATPase の失活は起こらないことを別に確認した。

種々のイオン強度下における Mf の WHC に及ぼす CaCl₂ の影響 次に, Mf に種々の濃度の CaCl₂ を添加し, 増加する I を計算し, さらに NaCl を添加して溶媒の I を 0.05 から 0.20 の間の一定値に保ち, Mf の WHC を測定した。こうして異なる I 下にある Mf の WHC に対する CaCl₂ 濃度の影響を検討し, 両者の関係を Fig. 2 に示した。その結果によると, $I = 0.05, 0.10, 0.15$ 及び 0.20 のいずれの条件下においても, Mf の WHC は CaCl₂ 濃度の増加に伴って比例的に減少する傾向を示した。また, $I = 0.10, 0.15$ 及び 0.20 においては, 添加する CaCl₂ 濃度が 15 mM を越えると Mf の WHC の減少度合いは小さくなり, 0~15 mM の CaCl₂ では急な勾配で, 15 mM 以上では緩い勾配の二段階の直線関係を示した。

Fig. 2 に示した直線の勾配は, その条件下における Mf の CaCl₂ による脱水のされ易さ (本文では以下 Ca の脱水効果と呼ぶ) を表わしている。そこで, 種々の I 下における Ca による Mf の脱水効果 (以下 D とする) を次式に基づいて算定した。

Fig. 1. Effect of CaCl_2 or NaCl concentration on the WHC of Alaska pollack myofibrils.

The water-holding capacity (WHC) of Alaska pollack (A) myofibrils was measured in the presence of various concentrations of CaCl_2 (○) or NaCl (□). The WHC of myofibrils were suspended in a medium containing 10 mM NaCl and 40 mM Tris-maleate (pH 7.0) at protein concentration of 7.0–10.0 mg/ml. After keeping for 60 minutes at 5°C upon addition of CaCl_2 or NaCl to the myofibrils, it was centrifuged at $2100\times g$ for 60 minutes at 10°C. The amount of protein in the supernatant (A), the weight of precipitates (B), and the amount of total myofibrillar protein (C) were measured. The WHC was conventionally expressed as the moisture content in the total myofibrillar protein (D) in the following relation: $\text{WHC} = (B - C - A)/D$, (g/g). In Fig. 1 (B), the WHC of carp myofibrils was also shown.

Fig. 2. Effect of CaCl_2 concentration on the WHC of Alaska pollack myofibrils under the fixed ionic strength.

The ionic strengths of media were fixed to 0.05 (○), 0.10 (△), 0.15 (□) and 0.20 (▽) by mixing the calculated amount of NaCl with various concentrations of CaCl_2 , respectively. The WHC was measured as in Fig. 1.

$$D = (\text{WHC}_b - \text{WHC}_a)/(a - b), \quad (\text{mm}^{-1})$$

ここで、 WHC_a , WHC_b は、 CaCl_2 をそれぞれ a 及び b mM 添加したときの Mf の WHC である。算出

Table 1. The dehydrative effect by CaCl_2 on Alaska pollack myofibrils under various ionic strengths with CaCl_2 .

The adjustment of ionic strength with CaCl_2 and NaCl of the media and the measurement of WHC were conducted as in Fig. 2. The dehydrative effect (D) was defined by the relation, $D = (\text{WHC}_b - \text{WHC}_a)/(a - b)$, where WHC_a and WHC_b are the WHC of myofibrils in the presence of a and b mM of CaCl_2 .

Ionic strength	Dehydrative effect (mm^{-1})	
	CaCl_2 <15 mM	CaCl_2 >15 mM
0.05	0.29	—
0.10	0.17	0.13
0.15	0.13	0.09
0.20	0.36	0.06

した値は Table 1 に示した。その結果によると、 CaCl_2 が 15 mM 以下の場合、 $I=0.05$, 0.10 及び 0.15 における D 値は、それぞれ 0.29, 0.17, 及び 0.13 であり、 I の増加に伴って減少する傾向を示した。しかし、 $I=0.20$ における D 値は 0.36 で著しく高い値を示した。一方、 CaCl_2 が 15 mM 以上になると、 $I=0.10$, 0.15 及び 0.20 における D 値は、それぞれ 0.13, 0.09 及び 0.06 であり、15 mM 以下の値より減少した。これらの

Fig. 3. Effect of CaCl_2 and NaCl concentrations on the rate constants for inactivation of myofibrillar Ca-ATPase under low ionic strength at a fixed temperature.

Alaska pollack myofibrils were suspended in 10 mM (A) or 0.16 M (B) containing 40 mM Tris-maleate (pH 7.0), respectively. Heat treatment of myofibrils was conducted at protein concentration of 2.0–3.0 mg/ml and at 30°C after mixing with various concentrations of CaCl_2 (O) or NaCl (Δ). Total ionic strength of medium was then calculated and shown as I. The inactivation was stopped by cooling in ice water and the loss of ATPase activity was measured as a function of time. The ATPase assay was carried out at 25°C in a reaction medium containing 0.1 M NaCl , 5 mM CaCl_2 , 1 mM ATP and 25 mM Tris-maleate (pH 7.0) and 0.2–0.3 mg/ml of myofibrillar protein. The first order rate constant (K_D) for inactivation of myofibrillar Ca-ATPase was determined.

結果は、先に報告したコイ Mf の場合⁴⁾と良く似た傾向である。ただし、 CaCl_2 が 15 mM 以下の D は、コイにおいては $I=0.05$, 0.10 及び 0.20 ではほとんど同値であったが、スケトウダラでは I の増加に伴い僅かに減少する点が異なっている。しかし、以上に述べたような些細な点を除けば、スケトウダラ Mf の CaCl_2 による保水能の低下は本質的にコイ Mf の場合と同様であり、溶媒の I が小さく、かつまた、 CaCl_2 濃度が 15 mM 以下の条件下で強く起こることを示唆している。

低イオン強度下における Mf タンパク質の温度安定性に及ぼす CaCl_2 の影響 CaCl_2 によって Mf の WHC が減少するとき、Mf タンパク質の安定性に影響が及ぶか否かを検討した。すなわち、スケトウダラ Mf を 10 mM NaCl (pH 7.0) 又は 0.16 M NaCl (pH 7.0) に懸濁させ、これに終濃度が 10–50 mM の CaCl_2 を添加した後、30°C における Mf Ca-ATPase の失活を経時的に測定して K_D を求めた。10 mM NaCl に懸濁した Mf の結果を Fig. 3 (A) に、0.16 M NaCl に懸濁した Mf の結果を Fig. 3 (B) に示した。また同図中には、添加した CaCl_2 濃度と同じ I を付与する NaCl (30–150 mM) を添加した Mf 懸濁液について求めた K_D も同時に示し、比較検討した。その結果、Fig. 3 (A) 及び Fig.

3 (B) のいずれの場合においても、 CaCl_2 及び NaCl の添加量の増加に伴って K_D は比例的に増大する傾向を示したが、 CaCl_2 が K_D に及ぼす影響は、同じ I を付与する NaCl が及ぼす影響よりも大きく、塩濃度 (又は I) と K_D の直線関係の勾配を比較すると、 CaCl_2 のほうが NaCl よりも約 3–5 倍大きかった。この結果は、 CaCl_2 添加による K_D の増加は単なる I の増加に起因するのではなく、Mf タンパク質の熱変性を特に速める何らかの反応結果であることを示唆している。なお、 CaCl_2 の添加によって起こる K_D の増加は極めて急速であり、また結果は図示していないが、その後、経時的に K_D がさらに増加するような傾向は認められなかった。

以上の結果は、先にコイの Mf で得た知見⁴⁾とは明らかに異なっている。すなわち、コイの Mf の場合は、低イオン強度下の Mf の K_D に対する CaCl_2 又は NaCl の及ぼす影響に差は認められず、I が同じであれば両塩の効果は同じであるのに対し、スケトウダラ Mf では差異を生じた。

高イオン強度化における Mf タンパク質の温度安定性に及ぼす CaCl_2 の影響 次に Mf を 0.5 M NaCl (pH 7.0) に溶解した後、さらに CaCl_2 又は NaCl を添加し、Mf Ca-ATPase の K_D に及ぼす影響を調べた。す

Fig. 4. Effect of CaCl_2 or NaCl concentration on the rate constants for inactivation of myofibrillar Ca-ATPase under high ionic strength at a fixed temperature.

Alaska pollack myofibrils were dissolved in a medium containing 0.5 M NaCl and 40 mM Tris-maleate (pH 7.0) and subjected to the heat treatment as described in Fig. 3. The ATPase assay and calculation of K_D were conducted as in Fig. 3. The same symbols as in Fig. 3 were used.

なお、10 mM NaCl (pH 7.0) に懸濁させた Mf を遠心分離によって沈殿として集め、上澄を除去し、新たに 0.5 M NaCl (pH 7.0) を加えて完全に溶解させた後、さらに終濃度が 10~50 mM の CaCl_2 、又は同じ I になるように 30~150 mM の NaCl を添加して、30°C における Mf Ca-ATPase の K_D を求め、結果を Fig. 4 に示した。これによると、高イオン強度下の Mf Ca-ATPase の K_D は、低イオン強度下の場合よりも全体に大きい、 CaCl_2 又は NaCl の添加に伴って K_D が増加する傾向を示す点は同じであった。また、 NaCl の場合に比べて、同じ I を付与する CaCl_2 は Mf Ca-ATPase の K_D を著しく大きくし、低イオン強度下の Mf の場合とはほぼ同じ傾向の影響を示した。ただし、 CaCl_2 濃度と K_D の関係は単純な直線関係とならず、 K_D はやや急激に増加する傾向を示した。しかし、 NaCl 濃度と K_D の直線関係の勾配は、低イオン強度下における Mf の場合とはほぼ等しかった。

CaCl_2 による Mf Ca-ATPase の熱変性に及ぼすアクチンの影響 スケトウダラ Mf に CaCl_2 を添加すると、系の I の高低 (0.01~0.50) に関わりなく Mf Ca-

Fig. 5. Changes in the thermal inactivation rate of myofibrillar Ca-ATPase of Alaska pollack by treatment with CaCl_2 and by addition of F-actin.

To the myofibrils (A) suspension in a medium containing 10 mM NaCl and 40 mM

Tris-maleate (pH 7.0), 30 mM (a final concentration) of CaCl_2 was added (B). After removal of CaCl_2 (C; Δ) by dialysis against 10 mM NaCl and 40 mM Tris-maleate (pH 7.0), F-actin was added in an equal amount of myosin content in myofibrils (D; $\circ$). F-actin was added to the myofibrils without removal of CaCl_2 (E). Thermal inactivation of these myofibrillar Ca-ATPase at 30°C was measured as described in Fig. 3.

ATPase の熱変性速度が大きくなり、温度安定性が低下する結果を示した。しかし、いずれの I においても Mf の Ca-ATPase 比活性値は、 CaCl_2 を添加しただけでは減少することはなかった。従って Mf タンパク質に対する CaCl_2 の作用は、 Ca-ATPase 活性部位の変性を伴わない反応であると推定される。そこで、Mf の温度安定性が CaCl_2 によって低下する原因を調べる目的で、以下の実験を行った。すなわち、10 mM NaCl 溶液 (pH 7.0) に懸濁した Mf に、終濃度で 30 mM の CaCl_2 を添加混合した (ここでは CaCl_2 処理と呼ぶ)。続いて直ちに透析して CaCl_2 を除去し、透析前後における Mf Ca-ATPase の 30°C における熱変性の経時変化を検討した。また、Mf 中のミオシン含量 (60% と見なし¹⁰⁾) にほぼ等しいアクチンを添加して、再び 30°C における熱変性の経時変化を測定した。さらに、対照として、 CaCl_2 を添加後透析せずにそのまま熱変性させた場合、及び CaCl_2 処理後透析することなしに直接アクチンを添加した場合の熱変性の経時変化もそれぞれ測定し、結果を Fig. 5 に示した。この結果によると、いずれの Mf の熱変性も単純な一次反応に従っていた。そして、30 mM CaCl_2 共存下で求めた Mf の K_D (B) は $11.0 \times$

$10^{-4} \cdot \text{S}^{-1}$ であり, この CaCl_2 を透析によって除去した Mf の K_D (C) は $8.5 \times 10^{-4} \cdot \text{S}^{-1}$ となり, ほとんど同じ安定性を示した。またこの結果は, K_D に対する CaCl_2 の影響は不可逆的作用であることを示している。次に, 上記のように CaCl_2 で処理した後透析によって CaCl_2 を除去した Mf にアクチンを添加すると, Mf Ca-ATPase の K_D (D) は $3.7 \times 10^{-4} \cdot \text{S}^{-1}$ となり, CaCl_2 で処理する前の Mf の K_D , すなわち $3.0 \times 10^{-4} \cdot \text{S}^{-1}$ にほぼ回復した。従って以上の事実は, CaCl_2 処理によって Mf タンパク質のアクチンの一部が変性し, ミオシンが解離状態になっている (しかし, ミオシンは変性せずアクチン結合能を維持している) ことを強く示唆している。従来, アクトミオシン中のアクチンの一部が変性しミオシンの一部が解離状態になると, Ca-ATPase の熱反応様式は, 初期に速く後期に遅い二段階の一次反応となることが知られている。^{11,12)} しかし, 本実験の結果には後期の遅い段階の変性が認められなかった。これは, CaCl_2 による Mf 中のアクチンの変性がおそらく極めて速やかに, しかも大きく進行し, そのため大部分のアクトミオシンがミオシンに変化したことによって初期の速い変性だけが認められるようになり, 後期の遅い変性が認められなくなったように考えられる。なお, 添加した CaCl_2 を除去しないでアクチンを添加しても, Mf Ca-ATPase の K_D (E) は, アクチン添加前の K_D (B) とほとんど変わらないので, CaCl_2 が Mf 中のアクチンの変性を促進している要因であることは疑いのない事実である。

考 察

スケトウダラ Mf の保水能 (WHC) に及ぼす塩の影響を調べたところ, CaCl_2 の添加は, NaCl の場合に比べて WHC を大きく低下させるという結果を示したが, このような CaCl_2 と NaCl の脱水効果の相違は, コイの Mf の場合でも同じように認められるものであった。しかし, CaCl_2 の単位濃度 (1 mm) あたりの WHC の変化量を脱水効果 (D) とすると, $I=0.05 \sim 0.20$ の間のいずれの I 下においても, コイよりスケトウダラのほうが, その効果が大きい傾向を示した。このような差異が生じた原因はまだ不明であるが, Mf タンパク質の魚種による特徴を反映しているのかも知れない。

次に, CaCl_2 の添加は Mf タンパク質の温度安定性に影響を及ぼし, それを不安定化するのであるが, コイの Mf タンパク質の場合は, 低イオン強度下における Mf の温度安定性に対しては, CaCl_2 は何ら特別な影響を及ぼさず, 同じ I を付与する NaCl の場合と同じであった。しかし, 高イオン強度下では, CaCl_2 は Mf の温度安定性を著しく低下させ, 同じ I の NaCl の場合よりも明らかに強い影響を及ぼした。⁴⁾ 一方, スケトウダ

ラ Mf の場合は, 高イオン強度下の Mf ばかりでなく, 低イオン強度下の Mf に対してさえも特別な影響を及ぼし, 温度安定性を, 同じ I を付与する NaCl の場合よりもさらに大きく低下させることが明らかになった。なお, この反応は低温 (氷蔵) においてさえも速やかに起こり, CaCl_2 処理直後に認められるのが特徴であった。すなわち, CaCl_2 添加後, 直ちに透析して CaCl_2 を除去しても, Mf の温度安定性は低下したままで, もはや回復しなかった。しかも, この処理中に Mf の Ca-ATPase 比活性が低下することはなく, Mf 中にあるアクチンの一部が変性している可能性が示唆された。そこで, あらかじめ CaCl_2 で処理した後透析して得た Mf にアクチンを添加したところ, Mf の温度安定性は再び高まり, CaCl_2 処理前の Mf の安定性に回復した。従って CaCl_2 は, Mf 中のアクチンに変性を速めるような何らかの作用を及ぼしているものと考えられた。

本研究の結果と先に報じたコイ Mf を用いた研究の結果を考え合わせると, 魚類の Mf の保水能と Mf タンパク質の温度安定性に対する CaCl_2 の影響の度合いは, 魚種ごとにかなり異なることが強く示唆された。従って, 従来から落とし身の晒しに際してしばしば採用されてきた, いわゆるカルシウム晒し法は, 魚種ごとにその適用の条件を検討する必要があることが強調されるに至った。すなわち, 一般に低いイオン強度下の Mf (おそらく落とし身も同じである) は, 加えられた CaCl_2 (15 mm 前後の濃度がその効率が低い) によって脱水され易くなるが, 同時に Mf タンパク質中のアクチンが変性し易くなり, その結果としてミオシンも不安定な状態におかれる。

しかし, この様な反応が起こり易くなるイオン強度 (塩濃度) は魚種によって異なり, 比較的低い I 下でも起こる魚種と, 高い I 下でなければ起こりにくい種類があることが明らかである。

文 献

- 1) 志水 寛, 西岡不二男: 多獲性赤身魚の高度利用技術開発に関する総合報告書, 水産庁研究部, 1982, pp. 170-177.
- 2) 是枝 登: 昭和 56~57 年度未利用魚食用化技術開発研究成果の概要, 水産庁研究部, 1983, pp. 63-74, pp. 194-211.
- 3) 西 紘平, 高橋玄夫, 野俣 洋, 鳥谷部憲男, 中村全良: 昭和 56~57 年度未利用魚食用化技術開発研究成果の概要, 水産庁研究部, 1983, pp. 185-193.
- 4) 佐伯宏樹, 尾崎弘忠, 野中道夫, 若目田篤, 信太茂春, 新井健一: 日水誌, **51**, 1311-1317 (1985).
- 5) 加藤 登, 内山 均, 塚本志郎, 新井健一: 日水誌, **43**, 857-867 (1977).

- 6) 北尾 勝, 関 伸夫, 新井健一: 日水誌, **39**, 1263-1269 (1973).
- 7) 高橋泰常: 生化学の領域における光電比色法, 各論2 (関根隆光, 笹川泰治, 森田繁広, 木村徳次, 倉富一興編), 南江堂, 東京, 1962, pp. 13-14.
- 8) 新井健一, 川村久美子, 林千恵子: 日水誌, **39**, 1077-1085 (1983).
- 9) A. G. Gornall, S. S. Bardwill, and M. M. David: *J. Biol. Chem.*, **177**, 751-766 (1949).
- 10) 丸山工作: 筋収縮の制御, 岩波書店, 東京, 1976, pp. 50.
- 11) 室塚剛志, 新井健一: 日水誌, **42**, 65-70 (1976).
- 12) 室塚剛志, 高士令二, 新井健一: 日水誌, **42**, 57-63 (1976).