スジエビ (*Palaemon paucidens*) 筋肉の 冷凍貯蔵中の変化について

西村 公雄*, 河村 幸雄**, 米澤 大造***

*山口女子大学家政学部食物栄養学科

**京都大学食糧科学研究所

***武庫川女子大学家政学部食物学科

Changes of Suziebi (*Palaemon paucidens*) Muscle during Freeze Storage

Kimio NISHIMURA,* Yukio KAWAMURA** and Daizo YONEZAWA***

*Department of Food and Nutrition, Faculty of Home Economics, Yamaguchi
Women's University, Yamaguchi 753

**Research Institute for Food Science, Kyoto University, Uji 611

***Department of Food Science, Faculty of Home Economics, Mukogawa Women's
University, Nishinomiya 663

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 40, 123~128 (1987)

Crude actomyosin was prepared from living suziebi (*Palaemon paucidens*) and some properties of it were investigated by the measurement of actomyosin Ca^{2+} -ATPase activity. The thermo-stability of the Ca^{2+} -ATPase of the crude actomyosin was higher than that of antarctic krill. Two optimum pHs of Ca^{2+} -ATPase activity were observed at alkaline and acidic regions and its pH-stability was highest in neutral region. The addition of about 7 mM CaCl_2 brought about the maximal Ca^{2+} -ATPase activity.

The effect of freezing on actomyosin Ca^{2+} -ATPase activity, solubility in 0.16 M or 0.6 M KCl solution of muscle proteins and myofibril structure was investigated using suziebi muscle. Muscle obtained immediately after catching suziebi was frozen at -20°C and -80°C and stored up to 90 days. Muscle stored at -80°C exhibited no changes, but storage at -20°C gave some effects on muscle: The Ca^{2+} -ATPase activity of muscle homogenate increased to about 130% after 25 day-storage at -20°C . The solubility of muscle proteins in 0.6 M KCl solution and the thermo-stability of Ca^{2+} -ATPase activity gradually decreased. Nevertheless, a micro structure and Z-line of myofibril were not influenced.

These results suggested that the nature of suziebi muscle resembled those of Atka mackerel and Alaska pollack etc. and differed from that of antarctic krill, which was damaged easily by freezing. Thus, it seems possible to use suziebi muscle as food material of good quality.

(Received July 22, 1986)

近年、世界人口の増加に伴い世界的な食糧不足（とくに動物性タンパク質の不足）が心配されている。そこで、問題解決の一環として未利用タンパク質資源の有効利用についてさまざまな研究がなされてきた。たとえば、南極産オキアミは、その莫大な生存量¹⁾²⁾ および良効な栄養価³⁾⁻⁸⁾ の面から非常に有望視されている。しかしながら、その利用に際し、輸送コストが高くつくことや、凍結貯蔵中に生じる品質の劣化²⁾⁹⁾ が大きな問題となっ

ている。

本研究では、未利用タンパク質資源として輸送コストが安価な国内産の淡水産スジエビ (*Palaemon paucidens*) を選びオキアミ食品化への障壁となった凍結による品質の劣化が、形態的にはオキアミに酷似しているスジエビにおいても生じるものであるかどうかについて検討を行った。すなわちスジエビアクトミオシン Ca^{2+} -ATPase を指標としてアクトミオシンの生化学的性質、および凍結貯蔵が筋肉タンパク質へ与える影響を調べた。

* 〒753 山口市桜島 3-2-1

** 〒611 宇治市五ヶ庄

*** 〒663 西宮市池開町 6-46

実験方法

1. 試料

スジエビは、堅田漁業協同組合（滋賀県）より購入し使用するまで水槽中で飼育した。

2. 凍結貯蔵

生きたスジエビから尾部を切り取り、約 5 g を集め秤量後水の蒸発を防ぐためにアルミ箔で包み、さらにクレープでシールした。続けて -20°C または -80°C で、1, 2, 5, 12, 25, 90 日間貯蔵した。

3. 粗アクトミオシンの調製

生あるいは凍結したスジエビ尾部を 25 ml の 0.16 M KCl を含む 15 mM トリス-マレイト緩衝液 (pH 7.5) でホモジナイズし、得られたホモジネートをホモジネート①とした。ホモジネート①を $20,000\times g$ で 10 分間遠心分離を行なった。得られた沈殿に対して上記と同じ操作を 2 度くり返し、得られた上清を合わせて上清①とした。さらに沈殿を 15 ml の 0.6 M KCl を含む 15 mM トリス-マレイト緩衝液 (pH 7.5) でホモジネートし、ホモジネート②とした。ホモジネート②を 0°C で 2 時間攪拌放置後 $20,000\times g$ で 20 分間遠心分離を行なった。得られた上清を上清②とし、10 倍量の冷蒸留水で希釈後 2 時間 0°C で放置した。 $20,000\times g$ で 20 分間遠心分離した後、沈殿を 0.6 M KCl を含む 15 mM トリス-マレイト緩衝液 (pH 7.5) に溶解させ粗アクトミオシン液を調製した。なお、すべての操作は $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ の温度下で行なった。また、ホモジナイズ操作は Hitachi Ace Homogenizer を用いて 2 分間 10,000 rpm でホモジナイズした後、さらにできるだけ均一化するために Nisei Biomixer でホモジナイズした。

4. Ca^{2+} -ATPase 活性の測定

反応混液の組成は 60 mM KCl, 10 mM CaCl_2 , 粗アクトミオシン 0.2~1 mg/ml, 15 M トリス-マレイト緩衝液 (pH 7.5), 10 mM ATP を用いた。反応は 25°C で 5 分間行ない 10% TCA 等量添加によって停止させた後遠心分離 (3,000 rpm, 10 分間) し、上清について遊離する無機リンを比色定量した¹⁰⁾。また、タンパク質量は Lowry らの方法¹¹⁾に準じて定量した。

5. Ca^{2+} -ATPase の K_m 値の pH 依存性

K_m 値の測定に際し Ca^{2+} -ATPase 活性を 4~9 の各 pH 下、以下の条件で検討した。各 pH 条件を得るために 100 mM 酢酸緩衝液 (pH 4 および 5), 100 mM トリス-マレイト緩衝液 (pH 6, 7, 8), 100 mM ホウ酸緩衝液 (pH 9) を用いた。各反応液中の組成は 60 mM KCl, 10 mM CaCl_2 , 粗アクトミオシン 0.2 mg/ml, ATP 濃度を $0\sim 25$ mM とし、反応は Ca^{2+} -ATPase 活性測定と同じようにして行なった。 K_m 値は Lineweaver と Burk¹²⁾

の方法に従って計算した。

6. 0.16 M KCl および 0.6 M KCl 溶液に対するアクトミオシンの溶解性

ホモジネート①中の Ca^{2+} -ATPase 全活性に対する上清①中の Ca^{2+} -ATPase 活性の百分率を 0.16 M KCl 溶液に対するアクトミオシンの溶解度とした。また、ホモジネート②に対する上清②中の Ca^{2+} -ATPase 活性の百分率を 0.6 M KCl 溶液に対するアクトミオシンの溶解度とした。

7. 透過電子顕微鏡観察

生および -80°C または -20°C で貯蔵したスジエビ尾部の筋肉片を 2.5% グルタルアルデヒドを含む 0.1 M リン酸緩衝液 (pH 7.2) で 2 時間固定し、さらに 1% オスミウム酸を含む同緩衝液中 0°C 下で 1 時間放置した。この筋肉片を 20 から 100% 濃度のエタノールに順次浸漬することで脱水を行ないエポン樹脂中に包埋した。得られたブロックから切片を切り出し、酢酸ウラールおよびクエン酸鉛で染色後 Hitachi H-700 H 電子顕微鏡で筋原繊維構造を観察した。

実験結果

1. 粗アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase の温度安定性

生きたスジエビより粗アクトミオシンを調製し、その生化学的性質について検討を行なった。まず粗アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase の温度安定性を調べた。

まず温度平衡を得るために粗アクトミオシンを 0, 15, 25, 30, 37°C の各温度下 pH 7.5 で 3 分間保持した。その後、ひきつづいて 4, 10, 20, 60 分間上述の各温度でインキュベートし Ca^{2+} -ATPase 活性を測定した。なお 0°C , 15°C でインキュベートしたものは、22 時間後での Ca^{2+} -ATPase 活性も検討した。Fig.1 にその結果を示す。

0°C および 15°C でインキュベートすると 60 分後での活性の低下は認められず、22 時間後でさえ開始時の約 70% 以上の活性を保持していた。しかしながら、 25°C および 30°C でインキュベートすると 60 分後ではそれぞれ 50, 97% の活性を消失していた。さらに、 37°C でインキュベートすると、その活性低下は急激で 20 分後にはほとんど活性を保持していなかった。

2. Ca^{2+} -ATPase と K_m 値, pH の関係

粗アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase の活性を pH 4~10 の間で測定した。結果を Fig.2 に示す。その活性は、pH 7.5 で約 $0.76 \mu\text{mol P}_i/\text{min}/\text{mg}$ を示し、pH 5 および pH 9 で約 3 倍の約 $2.10 \mu\text{mol P}_i/\text{min}/\text{mg}$ 前後を示し活性曲線は逆ベル型となった。

次に Ca^{2+} -ATPase の K_m 値の pH 依存性について検討を加えた。すなわち各 pH における粗アクトミオシ

Fig. 1. Thermo-stability of crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase.

Crude actomyosin was incubated in 15 mM Tris-maleate buffer, containing 0.16 M KCl, pH 7.5, for 0 to 60 min or 22 hr at 0, 15, 25, 30 and 37°C after preincubation for 3 min and the activity was measured.

● 0°C; ○ 15°C; ▲ 25°C; △ 30°C; ■ 37°C.

Fig. 2. pH-Dependence of Ca^{2+} -ATPase activity of crude actomyosin.

Crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase activity was determined at 25°C and at various pH ranges.

ン Ca^{2+} -ATPase の K_m 値を Lineweaver と Burk の方法¹²⁾に従って計算した。結果を Fig. 3 に示す。 K_m 値は弱アルカリを極大とするベル型となった。 K_m 値の高い pH 域で、基質である ATP の濃度を十分に上昇させられなかったのが正確な値を示しているかどうか疑問が残るが、最大で約 42 mM を示した。これは pH 5 (K_m 値は約 6 mM), および pH 9 (同, 約 4 mM) での値の約 7 および 11 倍であった。このように K_m 値が pH によって極端に変化することが、活性曲線が逆ベル型とな

Fig. 3. pH-Dependence of K_m value of crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase.

K_m value of crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase at various pH ranges was calculated by equation of Lineweaver-Burk.

Fig. 4. pH-Stability of crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase.

Crude actomyosin was preincubated in 15 mM Tris-maleate buffer, containing 0.6 M KCl at various pHs at 0°C for 60 min, and then the remaining Ca^{2+} -ATPase activity was measured at pH 7.5.

った原因と考えられる。

3. Ca^{2+} -ATPase の pH 安定性

粗アクトミオシンを各 pH で 0°C, 60 分間放置した後 Ca^{2+} -ATPase の残存活性を測定した。Fig. 4 に示すように弱アルカリ (pH 7.5) でその活性は最も安定であり pH 6 以下, pH 9 以上ではすみやかに失活した。

4. Ca^{2+} -ATPase に対する Ca^{2+} 濃度の影響

粗アクトミオシン中の Ca^{2+} を除去するために、最終濃度 1 mM となるように ethylene glycol bis-*N*, *N*', *N*'-tetraacetic acid (EGTA) を加え 0°C で 1 時間保持した。その後 0.6 M KCl を含む 15 mM トリス-マレイト緩衝液 (pH 7.5) に対して 0°C で 7 時間透析を行ない EGTA を除いた。0°C で遠心分離 (20,000 × *g*, 20 分

Fig. 5. Effects of Ca^{2+} concentration on crude actomyosin Ca^{2+} -ATPase.

Crude actomyosin in which Ca^{2+} was removed with 1 mM EGTA was dialyzed against 15 mM Tris-maleate buffer, containing 0.6 M KCl. pH 7.5, at 0°C for 7 hr and centrifuged at $20,000 \times g$ for 20 min. Ca^{2+} -ATPase activity of the resulting supernatant in various concentrations of Ca^{2+} was measured.

Fig. 6. Influence of freeze storage on Ca^{2+} -ATPase activity of muscle homogenates.

Abdomen was stored at -20°C or -80°C and the changes of Ca^{2+} -ATPase activity during the storage were examined.

● -20°C ; ○ -80°C .

間)し、得られた上清を Ca^{2+} -ATPase 酵素液としさまざまな Ca^{2+} 濃度下で活性を測定した。

Fig. 5 に示したように、活性は Ca^{2+} 濃度が 7 mM になるまで上昇を続けた後プラトーに達し、10 mM を越えると若干の減少がみられた。

5. 筋肉タンパク質に与える凍結貯蔵の影響

生きたスジエビから尾部を切り離し、おのおの -20°C および -80°C で 1, 2, 5, 12, 25, 90 日間貯蔵した。各貯蔵後の筋肉ホモジネートの Ca^{2+} -ATPase 活性を測定し、その変化を追跡した。

Fig. 6 に示すように、 -80°C で貯蔵したものは 90 日間の貯蔵でもまったくその活性に変化はみられなかつ

Fig. 7. Influence of freeze storage on Ca^{2+} -ATPase activity soluble in 0.16 M KCl or 0.6 M KCl.

Abdomen was stored at -20°C or -80°C and the changes of Ca^{2+} -ATPase activity soluble in 0.16 M KCl or 0.6 M KCl solution were calculated as described in "Materials and Methods."

● 0.6 M KCl, -20°C ; ○ 0.6 M KCl, -80°C ;
▲ 0.16 M KCl, -20°C ; △ 0.16 M KCl, -80°C .

た。しかし -20°C で保存すると、活性は 12 日目ごろから上昇をはじめ 25 日後で約 30% 増加し、その後活性は一定であった。

6. 0.16 M および 0.6 M KCl 溶液へのアクトミオシンの溶解性

前項と同じ条件下で貯蔵した尾部よりホモジネート①および②、上清①および②を調製し、0.16 M または 0.6 M KCl 溶液に対するアクトミオシンの溶解度の変化を追跡した。

結果を Fig. 7 に示す。まず 0.16 M KCl 溶液に対する溶解性において、 -20°C および -80°C 貯蔵のものいづれにも凍結前には 20% 弱の Ca^{2+} -ATPase 活性が認められたものの、いったん凍結するとほとんど活性を示さなくなった。

0.6 M KCl 溶液に対する溶解性は、 -80°C 貯蔵のものにおいて、まったく変化が認められなかった。一方、 -20°C 貯蔵のものは 90 日間の貯蔵で開始時の約 15% が減少した。

7. 粗アクトミオシンの熱安定性に対する凍結貯蔵の影響

各凍結貯蔵期間後、調製された粗アクトミオシンを 25°C で 10 分間インキュベートしたときの Ca^{2+} -ATPase 残存活性を測定した。Fig. 8 に示すとおり -80°C 貯蔵のものは、まったく変化を認めることはできなかった。しかし、90 日間 -20°C で貯蔵すると開始時の約 20% の安定性が減少した。

8. 透過電子顕微鏡観察

スジエビ筋原繊維構造に与える凍結の影響を -20°C ,

Fig. 8. Influence of freeze storage on the stability of crude actomyosin.

Crude actomyosin prepared from abdomen stored at -20°C or -80°C was kept at 25°C and pH 7.5 in 0.6 M KCl for 10 min and then its ATPase activity was measured.

● -20°C ; ○ -80°C .

Fig. 9. Transmission electron micrographs of myofibrils before or after freeze storage at -20°C or -80°C for 90 days ($\times 5,000$).

A, 0 day; B, -20°C ; C, -80°C .

-80°C 貯蔵のものについて透過電子顕微鏡観察により検討した。Fig. 9 に示すとおり筋原繊維構造の乱れや、Z線の消失等の変化は認められず、凍結貯蔵前後のもので差はなかった。

考 察

一連のオキアミの有効利用に関する研究¹³⁾¹⁴⁾で、著者らは凍結したオキアミ筋肉タンパク質は、凍結した車エビやスケソウダラ、ホッケ等と異なり非常に不安定で変性しやすく、また溶解性も極度に低下していること、および凍結操作そのものがオキアミ筋肉の加熱ゲル形成能を劣化させることを明らかにした。このような品質の劣化がオキアミの食品化にとって大きな障害となっており、現在捕獲高の約 90% が食品素材として用いられず撒餌として消費されている現状を生み出している。

本研究では、形態的にオキアミに酷似しており、また未利用タンパク質の一つである国内産のスジエビにおい

てもオキアミで認められたような劣化が生じるのかどうかについて、アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase 活性を指標にして検討した。

まず、 Ca^{2+} -ATPase の基本的な生化学的性質について調べた。温度安定性において凍結オキアミ筋原繊維 Ca^{2+} -ATPase 活性が安定化剤の非存在下で測定不可能であったことから考えると安定であり、スケソウダラ、ホッケ等のもの¹⁴⁾に類似していた。 Ca^{2+} -ATPase 活性 (Fig. 2) は、中性付近で最低値を示し、酸性、アルカリ性域で上昇した。このように Ca^{2+} -ATPase 活性が一つではなく二つの最適 pH を与えるということは、魚類のみならずホ乳類にも認められ 1940 年代から問題になっていた。殿村¹⁵⁾および渡辺¹⁶⁾は、この現象についてミオシン分子中で ATPase 活性の存在する二つの頭部が、機能的に異なっており、それゆえ、それぞれの ATPase 活性の pH 依存性に差異が生じているためであると説明しているが、その生理的意義等については不明である。この傾向は、中性付近に至適 pH が存在するオキアミのものとは明らかに違っていた。一方、pH 安定性 (Fig. 4) については、オキアミと同様中性付近で最も安定していた。最大活性を与える Ca^{2+} 濃度 (Fig. 5) は、オキアミのものより約 10 倍高く、その値はキハダマグロやスズキ¹⁷⁾に近かった。これらの生化学的性質からスジエビは、形態的にはオキアミに酷似しているにもかかわらず、その性質はかなり異なり良好な加工特性をもつスケソウダラやホッケ等に類似していることが判明した。

-20°C 凍結貯蔵中に生じる Ca^{2+} -ATPase の活性の上昇 (Fig. 6) は、イカ¹⁸⁾のアクトミオシンを -20°C で保存した際にも 0.6 M KCl 溶液への溶解性および粘度低下を伴わないで観察されている。松本ら¹⁸⁾は、その活性上昇は分子構造のゆらぎによるものであろうと述べているが、その詳細は不明である。

0.16 M KCl 溶液で抽出される Ca^{2+} -ATPase 活性は (Fig. 7) 筋肉がいったん凍結されるとほとんど認められなくなる。 Ca^{2+} -ATPase 活性は、アクトミオシンに由来するものであることから、本研究での調製条件下では生スジエビ尾部を用いた場合、アクトミオシンが十分に沈殿しきらないか、あるいは何らかの理由で若干量が溶解しているものと考えられる。ところが、凍結を行なうと“実験方法”に示した遠心分離条件下で十分に沈殿することが示された。これは凍結という操作により、スジエビ筋肉タンパク質に何らかの変化が生じ 0.16 M KCl 溶液に難溶性となったのか、または容易に沈殿するようになったものと考えられる。また、 -20°C 貯蔵の Ca^{2+} -ATPase 活性は、 -80°C 貯蔵のものに比べ 90 日間の保存で約 20% 熱安定性が減少した (Fig. 8)。このことは -20°C で尾部を貯蔵すると、その間に筋肉タンパク質

中に変化が生じていることを示唆している。しかしながら、透過電子顕微鏡観察 (Fig. 9) からは、オキアミ筋肉が -20°C の貯蔵中に Z 線の消失や筋原繊維構造に乱れを生じた¹³⁾のとは対照的に、スジエビ筋肉は凍結貯蔵によって生じたと思われる構造上の乱れや破壊は認められなかった。また、貯蔵中の筋肉タンパク質の変化を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動法 (データは示さない) で追跡したところ、各タンパク質にまったく変化がみられなかった (-20°C , -80°C 貯蔵のいずれでも) ことなどから凍結による変化および -20°C 貯蔵中に生じる変化は、松本ら¹⁸⁾が示唆したように分子内で生じているものであらうと考えられる。

これらの結果から、スジエビは形態的にはオキアミに酷似しているもののその筋肉タンパク質はオキアミのものとは異なり非常に安定で、車エビやスケソウダラ、ホッケ等と同程度の安定性を保持していることが判明した。また、オキアミが凍結操作や凍結貯蔵中に著しい品質劣化を生じたのとは対照的に、凍結操作や凍結貯蔵に対しても安定であることが明らかとなった。とくに -80°C 貯蔵では劣化がほとんど認められなかった。このように Ca^{2+} -ATPase 活性が安定であることは、加熱ゲル形成能の優秀性を示す指標¹⁹⁾となることから、淡水産スジエビはカマボコ等の練り製品の素材として非常に有望であることが示唆された。

要 約

未利用タンパク質源であるスジエビ筋肉タンパク質について、その性質および凍結貯蔵の影響をアクトミオシン Ca^{2+} -ATPase 活性を指標として検討し、形態的に酷似しているオキアミのものと比較考察した。

1) スジエビ粗アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase の生化学的性質を検討した。その温度安定性は、オキアミに比べて非常に高く、 pH 7.5, 15°C で 22 時間保持しても約 70% の活性が残存していた。 Ca^{2+} -ATPase 活性は、中性域より酸性およびアルカリ性域で高く、その pH 安定性は中性で最も高かった。また約 7 mM の Ca^{2+} の添加で、その活性は最大となった。これらの生化学的性質では、オキアミと異なりスケソウダラ、ホッケ等の魚類に類似していた。

2) スジエビ尾部を -20°C および -80°C で貯蔵し、その間に生じる変化を検討した。 -20°C 貯蔵において尾部のホモジネートの Ca^{2+} -ATPase 活性は、25 日目で約 30% 上昇した。また、0.6 M KCl 溶液に対するアク

トミオシンの溶解性および粗アクトミオシン Ca^{2+} -ATPase の温度安定性は、徐々に減少したが、透過電子顕微鏡観察において筋原繊維の構造に変化を認めることはできなかった。このような傾向は、 -20°C 凍結操作および貯蔵により急激な品質の劣化や構造破壊を生じるオキアミとは異なり、凍結貯蔵に対してスジエビが安定であることを示している。一方、 -80°C 貯蔵では貯蔵中の変化は見られなかった。

以上のことより、スジエビはオキアミに形態的には酷似しているものの凍結貯蔵に比較的安定で劣化しにくく、食品素材として有望な性質を保持しうる可能性が示唆された。

文 献

- 1) 衣巻豊輔：食の科学, 11, 74 (1973)
- 2) 木村 進：化学と生物, 13, 432 (1975)
- 3) Burkholder, P.R., Mandelli, E.F. and Centeno, P.: *J. Agric. Food Chem.*, 15, 718 (1967)
- 4) Sidhu, G.S., Montgomery, W.A., Holloway, G.L., Johnson, A.R. and Walker, D.M.: *J. Sci. Food Agric.*, 21, 293 (1970)
- 5) Arai, K., Watanabe, T. and Kinumaki, T.: *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 85, 1 (1976)
- 6) 田村益之輔：New Food Ind., 19, 26 (1977)
- 7) Pfeffer, E. and Becker, K.: *Arch. Fish. Wiss.*, 28, 19 (1977)
- 8) Rehbein, H.: *J. Agric. Food Chem.*, 29, 682 (1981)
- 9) 外山健三：食の科学, 67, 60 (1982)
- 10) 中村道徳, 山崎鏡次, 丸尾文治：農化, 24, 197 (1950)
- 11) Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.*, 193, 265 (1951)
- 12) Lineweaver, H. and Burk, D.: *J. Am. Chem. Soc.*, 56, 658 (1934)
- 13) Nishimura, K., Kawamura, Y., Matoba, T. and Yonezawa, D.: *Agric. Biol. Chem.*, 47, 2881 (1983)
- 14) Nishimura, K., Kawamura, Y., Matoba, T. and Yonezawa, D.: *Bull. Res. Inst. Food Sci. Kyoto Univ.*, 47, 1 (1984)
- 15) Tonomura, Y.: Muscle Proteins, Muscle Contraction, and Cation Transport (1972), Japan Sci. Soc. Press (Tokyo) and University Park Press (Baltimore)
- 16) 渡辺静雄：生化学, 17, 1593 (1985)
- 17) Katoh, N., Uchiyama, H., Tsukamoto, S. and Arai, K.: *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 43, 857 (1977)
- 18) Iguchi, S.M.M., Tsuchiya, T. and Matsumoto, J.J.: *Bull. Jpn. Soc. Sci.*, 47, 1499 (1981)
- 19) 新井健一：New Food Ind., 13, 48 (1971)

(昭和61年7月22日受理)