



Title	練習船おしよろ丸が各海域で漁獲した魚肉の保管に伴う鮮度低下と品質変化
Author(s)	中村, 哲也; NAKAMURA, Tetsuya; 橋本, 昭彦 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 38(4), 414-422
Issue Date	1987-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23978
Type	departmental bulletin paper
File Information	38(4)_P414-422.pdf



練習船おしよろ丸が各海域で漁獲した魚肉の保管に伴う
鮮度低下と品質変化

中村 哲也*・橋本 昭彦**
増田 紀義*・新井 健一**

Changes in Freshness and Quality of Fish Muscle during
Preservation after Catching on Different
Waters by Oshoro-Maru

Tetsuya NAKAMURA*, Akihiko HASHIMOTO**
Kiyoshi MASUDA*, and Kenichi ARAI**

Abstract

Changes in the freshness and quality of 10 fish species mince, caught by the Oshoro-Maru, HOKKAIDO UNIVERSITY, training ship, on different waters were investigated by measuring the pH, K-value, and myofibrillar ATPase activity during preservation at around 20°C~25°C. It was thus found that a decrease in the pH, an increase in the K-value of the mince, and the inactivation of myofibrillar ATPase in the mince occurred, although the rate change differed considerably from to one another. It was also observed that there is a general trend that fish caught in waters with higher temperatures possessed heat-resistant myofibrillar Ca-ATPase and fish caught in waters with at lower temperature had thermo-unstable myofibrillar Ca-ATPase.

An exception among the fish species from the frigid waters, was the Alaska pollack where an increase in the K-value of its mince from occurred relatively quickly compared to the rate (K_D) of inactivation of myofibrillar Ca-ATPase. On the other hand, the rate of increase in the K-value of Bigeye tuna and Striped marlin mince, both fish caught in tropical waters, proceeded relatively slowly compared to the inactivation rate (K_D) of its myofibrillar Ca-ATPase.

It was surmised therefore that the discrepancy observed in the rates of change in K_D and K-value was caused by a pronounced decrease in the pH in the mince; that is, the pH of the mince from the latter two species rapidly decrease to 6.0, whereas that of the Alaska pollack remained at around 7.0 during preservation until at least 20 h.

魚肉の鮮度及び品質低下が速やかな事はよく知られており¹⁻³⁾、現在それらの保持には氷蔵(生鮮魚)及び凍結(冷凍魚)の技術が広く用いられている。しかしながら多くの場合、漁労作業が完了するまでの間及びその後の加工処理が終了するまでの間に水揚げされた魚は漁場の水温や気温等の影響を受けると考えられるが、特にそれが長時間に及ぶときは、鮮度と品質に及ぼす影響が大きくなる事が懸念される。そこで本研究では1985年から1986年に練習船“おしよろ丸”がいくつ

* 北海道大学水産学部練習船おしよろ丸
(Training Ship Oshoro Maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

** 北海道大学水産学部生物化学講座
(Laboratory of Biochemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

かの海域で漁獲した 10 種類の活魚のミンチ肉を調製し、室温にて放置、ある種のものには恒温器にて保管し、その間に起こる鮮度と品質の変化を pH と K 値（筋肉中における ATP 関連化合物の量的変化^{4,5)}）及び筋原繊維 ATPase 全活性^{6,7)} などから検討し、これらの経時変化の速さと様式や、魚種による相違などを明らかにしようとした。

実験方法

試料 実験に用いた魚類は、表 1 に示した様に 1985～1986 年に漁獲されたものの中の 10 種類で漁獲場所は北部太平洋（寒帯域）、東支那海（温帯域）、インド洋（熱帯域）である。その漁獲方法や漁獲時の状態は同表に示した通りである。

保管試験 活魚 2～3 匹を断頭して殺し、その背肉を採取、ミンチ肉とした後、ラップに包み、20°C～25°C (±2°C) の恒温器中に保管した。続いて一定時間毎にその一部を採取し、以下に示す pH 及び K 値の測定に用いた。また同時に ATPase 活性測定用の試料 20 g を精秤し、20 g の冷グリセリンと充分まぜ合わせ約一晩氷蔵した後、-20°C で保管した。（グリセリン筋とよぶ）グリセリン筋は-20°C の冷蔵庫に保管し、3 ヶ月以内に ATPase 活性の測定に供試した。

pH 及び K 値の測定 K 値の測定にはオリエンタル電気(株)製、鮮度測定器 (KV-101) を使用し、いわゆる酸素センサーと各種酵素を組み合わせた方法で行った。また、pH の測定は東亜電波工業(株)製モデル HM-1K ポータブル pH メータ、電極は同じく GS-185C ニードル形を使用した。

Table 1. List of fish species used for evaluating the freshness and quality of minced muscle.

No.	Fish species (Japanese name)	Date	Fishing ground Temp. °C (air/sea)	Method for catching	Body length/weight cm/kg
1.	<i>Theragra chalcogramma</i> Alaska pollack (Suketoudara)	1986 Apr.	Off Okushiri Is (1.3/00)	trawl	52/1.3
2.	<i>Oncorhynchus nerka</i> Red salmon (Beni-sake)	1985 July	N-Pacific Ocean* (9.7/8.5)	gillnet	54/2.2
3.	<i>Oncorhynchus keta</i> Chum salmon (Shiro-sake)	1985 July	N-Pacific Ocean* (8.8/7.8)	gillnet	52/1.8
4.	<i>Oncorhynchus kisutch</i> Silver salmon (Gin-sake)	1985 July	N-Pacific Ocean* (11.4/11.3)	gillnet	54/2.2
5.	<i>Oncorhynchus gorbuscha</i> Trout (Karafuto-masu)	1985 July	N-Pacific Ocean* (8.9/8.5)	gillnet	47/1.2
6.	<i>Hoplobrotula armata</i> Armored weasel fish (Yoroi-itachiuo)	1985 Nov.	E-China Sea** (14.3/23.1)	trawl	34/0.6
7.	<i>Nibea mitsukurii</i> Nibe croaker (Nibe)	1985 Nov.	E-China Sea** (16.1/23.1)	trawl	42/0.9
8.	<i>Doederleinia berycoides</i> Black throat seaperch (Akamutsu)	1985 Nov.	E-China Sea** (17.9/20.4)	trawl	39/0.7
9.	<i>Teraptras audax</i> Striped marlin (Makajiki)	1985 Nov.	Indian Ocean (27.6/28.5)	long line	184/70
10.	<i>Thunnus obesus</i> Bigeye tunna (Mebachi-maguro)	1985 Dec.	Indian Ocean (27.2/28.2)	long line	132/44

* Northern Pacific Ocean. ** East China Sea.

測定は保管中の魚肉を経時的に取り出し、直接肉中に電極を挿入して pH を測定した。さらに 2~3 g を秤量し、これを乳鉢に移し 10% トリクロール酢酸、5 ml を加えてよくホモジナイズし、その後メチールレッドを指示薬として 10N KOH で中和して抽出液 (S₁) を調製した。この S₁、50 μl に対して予備試薬 (P) (組成はアルカリホスファターゼを主成分としアデノシンデアミナーゼを配合して pH 10.5 のグリシン NaOH 緩衝液に溶解したもの) を 50 μl 加え予備反応槽 (37°C) 中で 15 分間反応させた (S₂)。37°C に保持された反応セル内に基礎反応液とよばれる 0.1 M リン酸緩衝液 (B) を 1.2 ml 入れて密栓する。次に抽出液 (S₁) を 20 μl 注入して安定を持ってから、キサンチンオキシターゼとヌクレオシドホスホリラーゼを配合した測定用試薬 (E₀) 15 μl を注入すると、H_xR、H_x 量に見合った DO の減少 (D₁) が起こる。さらに S₂ を 40 μl 加えると ATP 関連化合物の総量に見合った DO の減少 (D₂) が起こるので次式によって K 値が求められる。

$$K = \frac{D_1}{D_2} \times 100 (\%)$$

ATPase 活性の測定⁶⁾ -20°C に保管したグリセリン筋を 2°C になるまで冷蔵し、0.1 M KCl, 20 mM Tris-maleate (pH 7.5) 溶液を加え、遠心分離して 3 回洗った。続いて沈澱した肉の残さに 30 ml の同上溶液を加えて 18,000 rpm で 1 分間ホモジナイズを 3 回くりかえし、定量的に筋原繊維 (Mf) 懸濁液を得た。Mf はさらに同上溶液で数回洗浄し最終的には 100 ml の 0.1 M KCl, 20 mM Tris-maleate (pH 7) 懸濁液 (タンパク質濃度は 3~5 mg/ml) とした。なお筋肉中に脂肪を多く含む赤身魚などの Mf を調製する場合には、途中でトリトン X-100 を 1% 含む同溶液による洗浄を 2~3 回取り入れた。Mf の各種 ATPase 活性 (Adenosine triphosphatase; EC 3, 6, 1, 3) は以下に示す反応混液中で、25°C における生成無機りん酸を比色定量することにより測定した⁹⁾。またタンパク質濃度はビューレット法¹⁰⁾により定量した。

Ca-ATPase : 5 mM CaCl₂, 500 mM KCl, 50 mM KCl, 25 mM Tris-maleate (pH 7), 1 mM ATP, 0.3~0.5 mg/ml のタンパク濃度

EDTA-ATPase : 上記と同じ組成、ただし CaCl₂ の代わりに 5 mM EDTA を加える。

Mg-ATPase : 2 mM MgCl₂, 0.25 mM CaCl₂, 50 mM KCl, 25 mM Tris-maleate (pH 7), 1 mM ATP, 0.05~0.10 mg/ml のタンパク濃度。

ATPase 比活性は μ mol pi/min · mg の単位で算出されるが、本研究では、この値に 5 g グリセリン筋中に含まれる全 Mf タンパク質量 (mg) をかけた値、すなわち、全 ATPase 活性 (μ mol Pi/min · 5g mince) という値で表した。

実験結果及び考察

寒帯海域で漁獲した魚肉の鮮度と品質 図 1 には、寒帯海域で漁獲したスケトウダラ及び、サケ・マス類のミンチ肉を約 20°C で放置した時の K 値、pH 及び MfATPase 全活性の変化を示した。まず pH の変化であるがスケトウダラではほぼ中性付近 (pH 7.0) を維持しているのに対し、サケ・マス類では、漁獲直後に既に 6.3 前後に低下しており、さらに保管中も低下して、2 時間以後は約 6.0 前後の値になっていた。一方 K 値の方は、スケトウダラではきわめて速やかに上昇し約 8 時間後には 100% に達したが、マスでは約 13 時間経過しないと 100% には達しなかった。またシロサケ、ベニサケ、ギンサケの場合には約 15 時間後でも 60% 付近の値にとどまっていた。次に Mf ATPase 全活性の値であるが、いずれの魚の場合でも、Ca-ATPase (低イオン強度下の値)、Ca-ATPase (高イオン強度下の値)、Mg-ATPase 及び EDTA-ATPase 活性は保管と共に徐々に低下する傾向を示していた。この Mf ATPase の失活については pH 及び魚の種特異性が反映してい

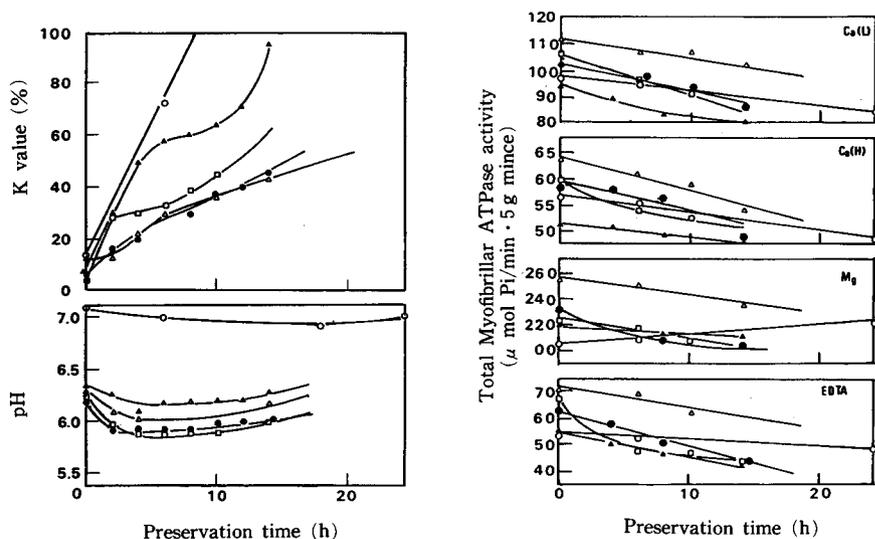


Fig. 1. Changes in K value, pH, and myofibrillar ATPase during preservation of fish mince, just after catching in frigid waters.
 (○); Alaska pollack, (△); Red salmon, (□); Chum salmon, (●); Silver salmon, (▲); Trout. Ca (L); Ca-ATPase (in low salt medium), Ca (H); Ca-ATPase (in high salt medium), Mg; Mg-ATPase, EDTA; EDTA-ATPase.

るのでこれを考慮に入れる必要があるが、考察の中でより詳しく述べる。

以上の結果より、寒帯で漁獲した魚類の筋肉においてはK値は比較的急激に変化するのに対して、Mf ATPase活性は緩慢に変化するので、両者の変化は全く対応していない事実が示された。

なお、pHの変化は極めて緩慢であるが、漁獲直後の変化はサケ・マス類の場合にかなり大きくpH 7.0から6.3に下がっている。スケトウダラは殆ど変化していないと思われた。それ故サケ・マス類の筋肉では、第一回の測定の際にMf ATPaseが多少低下してしまっている可能性がある。

温帯及び熱帯海域で漁獲した魚肉の鮮度と品質 図2には温帯海域で漁獲されたイタチウオ、ニベ、アカムツ及び熱帯海域で漁獲されたマカジキ、メバチのミンチ肉を約25°Cで放置した時のK値、pH及びMf ATPase全活性の変化を示した。まずpHの変化であるが、マカジキ、メバチマグロ、アカムツの場合には死後急速に6.0前後までに低下し、その後保管中は大きく変化しなかった。一方、イタチウオ、ニベの場合には初め急速に6.6付近まで低下し、その後僅かではあるがむしろ上昇する傾向を示した。次にK値の変化であるが、ニベが速やかに増加し10時間後100%に達しているものの、その他の魚種では20時間以上経過しないと100%に達しなかった。その中でも特にマカジキの上昇は遅い傾向にあった。一方Mf ATPase全活性の変化であるが、測定した4種のいずれのATPase活性の場合も、ニベ、イタチウオでは僅かに減少し、アカムツの場合には殆ど変化しない結果を示した。しかしながら、メバチマグロの場合にはいずれも大きく減少していた。

以上の結果を図1の場合と比べると、熱帯及び温帯水域で漁獲した魚肉を25°Cで保管するとき起こる魚肉のK値とpHの変化は、僅かな例外を除いて、寒帯水域の魚肉の場合(20°C)とあまり変わらなかった。一方Mf ATPase全活性は、メバチマグロ及びマカジキを例外として、寒帯水

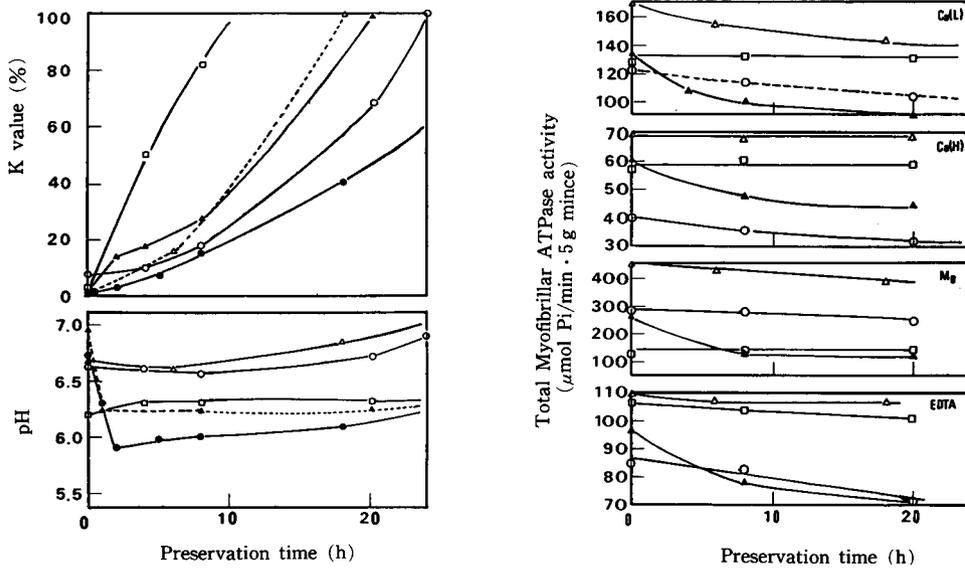


Fig. 2. Changes in K value, pH, and myofibrillar ATPase during preservation of fish mince, just after catching in tropical and subtropical waters.
 (○); Amored weasel fish, (△); Nibe croaker, (□); Black throat seaperch, (●); Striped marlin, (▲); Bigeye tuna.

域の魚肉の方が全体に速やかに進行している事実が示されている。

魚肉の K 値は ATP が ADP, AMP, IMP, H_xR , そして H_x へと、筋肉内で酵素分解される時の組成比の変化をもとにした鮮度判定の指標である。この反応過程は各種の要因、即ち、環境温度^{11,12)}、漁獲方法¹³⁾、及び魚種特異性^{5,7)}により影響を受け、その経時変化が複雑になる事が報じられている。先に槌本ら¹²⁾は、タイ国近海の魚を漁獲後、生けずで疲労を回復させるため 24 時間遊泳させ、その後即殺して種々の温度に放置して K 値の上昇率 (ΔK : %/h) を詳しく比較した。その結果によると、20°C における ΔK は約 2~7、また 25°C における ΔK は約 3~10 の範囲にあると述べている。本研究で得た図 1 及び 2 の結果より ΔK を算出し、その値を表 2 にまとめた。採用した回帰直線¹⁴⁾と相関係数 (γ) は同表中に示した通りである。この結果によると、本研究で検討した魚肉の ΔK 値は 2~10 の範囲 (平均 \pm S.D = 5.0 ± 2.9 , $n=10$) にあり、槌本らの結果¹²⁾とよく一致している。彼らの結果は魚体のまま保管した時の値であり、一方本研究の場合はミンチ肉を保管した時の値であるが、両値にはさほど大きな差がなかった。これは魚肉を貯蔵する時の原材料の処理状態の相違が経時変化に余り影響しない事を示唆している。また寒帯域魚類と亜熱帯域魚類の間の ΔK の値の相違は、あまり大きくない事も示しているように思われた。ただし例外的にスケトウダラの場合は極めて大きな値を示している。

元来、魚肉の K 値は、その中の筋肉のタンパク質の変性度合いを直接表す指標ではなく、その点から魚肉の品質を反映しているかどうか疑わしい。事実、図 1 中のスケトウダラ及び図 2 中のアカムツの場合は、K 値の変化 (増加) が著しく速く起こっているにもかかわらず Mf Ca-ATPase 活性の変化は非常にゆっくりとしており、両値の間に相関は全く認められなかった。そこで本研究では、Mf ATPase 活性を測定し魚肉の品質低下の指標として用いた²⁾。すなわち、図 1 及び図 2 に示した Ca-ATPase 活性 (例として低イオン強度下の値を比べる) の経時変化をみると、寒帯

水域で漁獲した他の魚種の Mf Ca-ATPase は変化し易いにもかかわらず、スケトウダラの変化は例外的に遅く、亜熱帯水域の魚類の Mf の変性の速さに匹敵している。また一般にその変化が遅い熱帯域の魚類の Mf の中ではメバチマグロの Mf のそれは例外的に変化が速いことが示されている。

上記した様な魚種における Mf Ca-ATPase の変性の速さの相違はどのような原因によるものであるかを推定するため、スケトウダラ、シロサケ、及びメバチマグロの Mf の場合を例にとり、Ca-ATPase の経時の変化を一次反応式によって解析し、失活速度定数 (K_D) を求め、結果を表 3 に示した。あてはめた一次反応式の妥当性 (fitness) については相関係数 (r) で示した通りである。さらにまた、表 3 には、比較対照するためにミンチ肉を保管した時と同じ条件 (温度と pH とイオン強度) 下における精製した Mf の Ca-ATPase の K_D の値も示してある。この Mf の K_D は、以前に著者らの中の橋本の報告した論文^{15,16} より抜粋した値である。すなわち参考のため橋本らの元のデータを図 3 として示すが、矢印の所が求める条件下の K_D に該当している。表 3 の結果より、ミンチ肉を保管した時の K_D は、同じ保管条件下の Mf の K_D より常に 3~6 倍安定であることを示す値となるが、3 種の魚種間で比較した K_D の相対値はミンチ肉と Mf のいずれの場合でもよく似ている結果を示した。

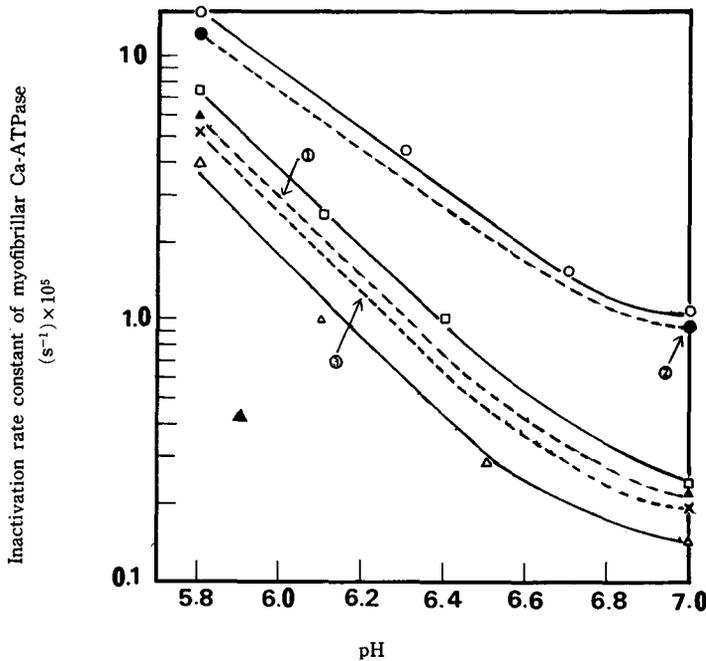


Fig. 3. pH-dependence of the rate (K_D) for inactivation of myofibrillar C_a -ATPase. From a previous paper by one of the authors herein (Refs. 15 and 16), K_D values of Atka mackerel (\circ), Sardine (\square), and Pacific mackerel (\triangle) were referred to by making a plotting against pH used for inactivation. K_D values of Alaska pollack (\bullet) at pH 7.0, Chum salmon (\blacktriangle) at pH 7.0, and Bigeye tuna (\times) at pH 5.8, were measured according to the same method utilized in previous papers. (\circ); Atka mackerel at 20°C, (\square); Sardine at 25°C, (\triangle); Pacific mackerel at 20°C, (\bullet); Aalaska pollack at 20°C and pH 7.0, (\blacktriangle); Chum salmon at 20°C and pH 7.0, (\times); Bigeye tuna at 25°C and pH 5.8.

Table 2. Increasing rate (%/h) of K-value of minced muscle during preservation at 20°C~26°C.

No.	Fish species	Temp (°C)*	ΔK (%/h)**	γ***
1.	Suketoudara	20	10.2	1.000 (2)
2.	Beni-sake	20	2.35	0.983 (6)
3.	Shiro-sake	20	3.37	0.918 (7)
4.	Gin-sake	20	2.65	0.995 (7)
5.	Karafuto-masu	20	5.05	0.952 (8)
6.	Yoroi-itachiuo	23	3.90	0.973 (4)
7.	Nibe	23	5.55	0.980 (3)
8.	Akamutsu	24	9.85	0.994 (3)
9.	Makajiki	26	2.24	0.993 (5)
10.	Mebachi-maguro	25	4.80	0.989 (5)

* Preservation temperature.

** Increasing rate of K-value (ΔK): the slopes of regression lines for the date shown in Figs. 1 and 2.

*** The coefficient (γ) of correlation. (Numbers for evaluations).

Table 3. A comparison of the inactivation rate constant of their Ca-ATPase when myofibril suspension and minced muscle were preserved under identical conditions.

Species	Prservation condition	$K_D (\times 10^{-5})^*$ for preservation of muscle	γ**	$K_D (\times 10^{-5})^{***}$ for preservation of myofibrils
Shiro-sake	pH 6.0, 20°C	0.445	0.999	2.91
Suketoudara	pH 7.0, 20°C	0.160	0.985	0.95
Mebachi-maguro	pH 6.2, 26°C	0.469	0.896	1.21

* Using the data of myofibrillar Ca-ATPase activity (at low salt) shown in Figs. 1 and 2, the first order rate constant (K_D) for inactivation of ATPase was calculated (Ref. 19).

** The coefficient of correlation for the first order kinetics.

*** K_D values of myofibrillar Ca-ATPase under the same condition (pH and temperature) as those for preservation of fish muscle were quoted from the data shown in Fig. 3.

ミンチ肉の K_D が Mf よりも低い値 (変性し難い) を示す理由としては、ミンチ肉の中に含まれる ATP や ADP などの核酸関連物質¹⁷⁾ やその他のエキス成分¹⁸⁾ などが Mf ATPase の失活を抑制し、 K_D を低くする様に働いている可能性が考えられる。また、橋本ら¹⁹⁾ は精製した Mf の Ca-ATPase の温度安定性を魚種間で比較し、寒帯域<温帯域<熱帯域の魚種の順に、それが優れていることを明らかにしたが、さらに赤身魚類のように、pH が低下するような魚肉においては、それが原因となって上記した Mf Ca-ATPase の温度安定性の魚種間にみられた順位に差異が生じ、例えば、スケトウダラ (寒帯性: pH 7.0) の K_D よりもマイワシ (温帯性: pH 5.8) の K_D の方が大きくなる事を見出している¹⁹⁾。表 3 に引用した 3 種の魚類 Mf の K_D は中性における Mf の値であり、メバチ<シロサケ<スケトウダラの順に大きい¹⁹⁾。しかしミンチ肉の K_D はスケトウダラ<シロサケ<メバチマダロの順位に大きく上記とはまったく逆の順になっている。したがって、この原因は漁獲後のメバチマダロの肉質中の条件 (25°C, pH 6.2) がスケトウダラの場合 (20°C, pH

7.0)とは異なり明らかに変性が起こり易い状態にあることに起因していると推定された。その結果として熱帯で漁獲されたメバチマグロのMfタンパク質の方が、寒帯で漁獲されたスケトウダラのそれよりも速やかに変性したと考えられる。

今回の研究は、一定の温度(20~25°C)下にミンチした魚肉を保管した時の鮮度と品質の経時的低下を追跡したものであるが、今後はより多種類の魚肉について、また広い保管温度帯における比較試験を行う必要があると考える。また一方で精製したMfを用いてそのCa-ATPaseの失活に影響を及ぼす各種要因の影響について解析を行い、魚肉及びMfで保管した時の K_D の相違の原因を明らかにしていく事も変性要因を把握するために必要であると考えられる。

要 約

練習船おしよ丸が北方及び南方海域で漁獲したそれぞれ5種類、計10種の活魚からミンチした肉を作り、20°Cから、25°Cにおいて約20h保管した。そしてこの間における魚肉の鮮度と品質の変化を、K値、pH及びMf ATPase全活性を指標として検討した。その結果、魚肉のK値の経時変化とpHの経時変化は魚種による差異はあるものの、漁獲水域の温度の相違との関わりは認められなかった。しかし、ATPase全活性で表されるMfタンパク質の失活速度(K_D)は、魚種による相違もあるが、一般には、寒帯水域で漁獲される魚類の場合に大きく、熱帯水域の魚類では小さい傾向があった。なお、寒帯域魚類の中では、例外として、スケトウダラでは、K値の増加がMfタンパク質の変化に比べて遅かったが、一方熱帯域の魚類の中では、例外的にメバチマグロとカジキではMfタンパク質の変化に比べてK値の増加が遅かった。この原因はおそらくスケトウダラの肉中のpHが7.0前後を保っているのに、後二者(メバチマグロとカジキ)の肉中のpHが6.0まで低下することであると推定した。

おしよ丸小林一等航海士はじめ乗組員の皆様に資料の収集にあたり絶大な援助を頂きました。厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 橋本周久他編(1985). 新水産ハンドブック, VI, 水産化学, 魚肉の死後変化, 477-490, 講談社, 東京.
- 2) 新井健一・山本常治(1986). 冷凍すり身, 78-234, 日本食品経済社, 東京.
- 3) 野中順三九他編(1976). 新版水産食品学, III, 魚貝類の死後変化, 52-75, 恒星社厚生閣, 東京.
- 4) SAITO, T. ARAI, K. and MATSUYOSHI, M. (1959). A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 24, 749-750.
- 5) 内山 均・江平重男・加藤 登(1974). 水産学シリーズ, IV, 魚の品質, 魚類筋肉のヌクレオチドの消長と生鮮度, 81-103, 恒星社厚生閣, 東京.
- 6) 加藤 登・野崎 恒・小松一宮・新井健一(1979). スケトウダラ冷凍すり身の新品質判定法, 日水誌, 45, 1027-1032.
- 7) 橋本昭彦・加藤 登・野崎 恒・新井健一(1985). 塩ざりした魚肉の品質に及ぼす保管温度の影響, 日水誌 51, 847-853.
- 8) 大崎 実・宇津木義雄(1986). 水産学シリーズ(60), 魚の低温貯蔵と品質評価法, 48-59, 恒星社厚生閣, 東京.
- 9) 高橋泰常・関根隆光他編(1962). 生化学の領域における光電比色法各論 2, 13-14, 南江堂, 東京.
- 10) GORNALL, A.G. BARDAWILL, C.S. and DAVID, M.M. (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. biol. chem.* 177, 751-766.
- 11) 御木英昌・西元淳一(1984). 魚類筋肉における鮮度低下および色変の温度依存性による動力学

- 的特性値. 日本誌 50, 281-285.
- 12) 榎本六良・三嶋敏雄・宇津木照洋・北島俊一・矢田殖郎・千田哲資・保田正人 (1986). 異なる海域における種々の魚種の鮮度低下速度とそれに及ぼす棲息水温の影響. 日本誌 52, 1431-1441.
 - 13) 榎本六良・宇津木照洋・三嶋敏雄・北島俊一・矢田殖郎・高木保昌・兼原嘉雄・久野俊行・千田哲資・保田正人 (1985). 熱帯海域における種々のトロール操業条件下で漁獲直後の魚の鮮度. 日本誌 51, 1353-1361.
 - 14) BROOKES, C.J. BETTLY, I.G. and LOXSTON, S.M. (1973). 数学と統計学 (石川馨他訳), 305-326. 東京化学同人, 東京.
 - 15) 橋本昭彦・新井健一 (1978). 数種の魚類の筋原繊維 Ca-ATPase の安定性に及ぼす pH と温度の影響. 日本誌 44, 1389-1393.
 - 16) 橋本昭彦・新井健一 (1985). 各種魚類の筋原繊維 Ca-ATPase の変性速度に及ぼす pH と温度の影響. 日本誌 51, 99-105.
 - 17) 吉岡武也・新井健一 (1986). ミオシン Ca-ATPase の熱変性に及ぼす ATP の保護効果. 日本誌 52, 1829-1836.
 - 18) 大泉 徹・奈良泰信・新井健一 (1984). サバ筋原繊維の熱変性に対するカルボン酸, ソルビトール及びグルタミン酸ナトリウムの保護効果. 日本誌 50, 875-882.
 - 19) 橋本昭彦・小林章良・新井健一 (1982). 魚類筋原繊維 Ca-ATPase 活性の温度安定性と環境適応. 日本誌 48, 671-684.