釣獲されたサワラの船上における致死方法の検討

岡本 満,^{1*} 齋藤 寛之^{2a}

(2011 年 5 月 18 日受付, 2011 年 7 月 26 日受理)

¹島根県水産技術センター, ²島根県松江水産事務所Examination of handling procedures of Japanese Spanish mackerel
Scomberomorus niphonius caught by shipboard anglingMITSURU OKAMOTO^{1*} AND HIROYUKI SAITO^{2a}¹Shimane Prefectural Fisheries Technology Center, Hamada, Shimane 697-0051, ²Shimane Prefectural Matsue Regional office of Fisheries Affairs, Matsue, Shimane 690-0011, Japan

We examined the best procedure for the handling of Japanese Spanish mackerel caught by shipboard angling. The mackerel were killed using four different procedures: stabbing the spinal bulb, bleeding out, killing by ice-seawater, and struggled suffocation. Breaking strengths of stabbed spinal bulb samples were greater than those of the other groups, while the extent of muscle tearing was less than those of the other groups. Muscle tearing in the struggled suffocation group was greatest among all groups. However, K values and lactic acid concentrations were independent of the killing method. These results indicated that stabbing the spinal bulb can delay the loss of breaking strength of muscle and prevent muscle tearing.

キーワード：延髄刺殺, サワラ, 破断強度, 身割れ

サワラ *Scomberomorus niphonius* は、日本近海域では瀬戸内海およびその隣接海域に多い¹⁾とされているが、1990 年代から日本海側でも資源量が増加した。島根県における漁獲量（さわら類）も 1996 年の 24 トンから 2000 年の 1084 トンに急増²⁾し、定置網漁業、まき網漁業、釣漁業などで漁獲されるようになった。しかし、島根県では馴染みがない魚であることから単価が低く、付加価値向上が課題となっている。そこで、県内の松江市美保関町福浦地区では、船上処理が比較的容易である釣漁業を対象として、生食向けサワラの一大消費地である岡山市を中心とした岡山県南部への出荷を目指し、延髄刺殺による「活けしめ」による品質向上の取り組みを行うことになったが、サワラの鮮度に及ぼす致死条件の影響が明らかになっていないことから、適正な処理方法の検討と普及が求められている。特にサワラは「身割れ」しやすい魚であることが経験的に知られており、岡山市の消費地市場からも身割れの防止について強い要請がある。このため、一般的な鮮度指標に加え身割れの防止について検討することが、高付加価値化のために重要と考

えられる。

海産魚の鮮度指標に及ぼす致死条件の影響については、ヒラメ,³⁻⁵⁾ 養殖ハマチ,⁶⁾ マアジ,⁷⁻¹⁰⁾ マルアジ,¹¹⁾ マサバ,¹¹⁾ カツオ,^{12,13)} イサキ,¹⁴⁾ メダイ¹⁵⁾などで報告されているが、サワラに関しては詳細な試験は行われていない。また、サワラは活魚で持ち帰ることが困難であるため、釣獲直後に船上で速やかに処理することが必要である。そこで、釣獲したサワラを船上で異なる 4 種の致死方法で処理し、鮮度指標との関係について検討した。

試料および方法

試料 島根県松江市美保湾で漁業協同組合 JF しまね美保関支所所属のサワラ釣漁船によって漁獲されたサワラを、漁獲直後に順次実験に供した。2007 年 10 月 30 日に実施したが供試魚の必要数が確保できなかったため、同年 12 月 11 日に再度実施した。供試魚の体重は 10 月 30 日が 2.7 ± 0.9 kg, 12 月 11 日が 2.2 ± 0.5 kg で有意差が認められず (t -検定, $p > 0.05$)、腹腔内体温は

* Tel : 81-855-22-1720. Fax : 81-855-23-2079. Email : okamoto-mitsuru@pref.shimane.lg.jp

a 現所属：島根県浜田水産事務所 (Shimane Prefectural Hamada Regional office of Fisheries Affairs, Hamada Shimane 697-0041, Japan)

10月30日が $21.3 \pm 0.6^\circ\text{C}$, 12月11日が $16.7 \pm 0.4^\circ\text{C}$ で有意差が認められた (t -検定, $p < 0.01$) ものの平均値の差は 4.6°C であり, 5°C 以内の体温差がもたらす鮮度差についての知見はないことから, 両者の大きさ及び体温差による影響は少ないと判断し両者のデータを併せて用いることにした。10月30日は温度ショック区2尾, 苦悶死区2尾を, 12月11日は延髄刺殺区5尾, 脱血区5尾, 温度ショック区2尾, 苦悶死区3尾の計19尾を供試し, 平均尾叉長は 68.7 ± 5.4 cm, 平均体重は 2.2 ± 0.5 kg だった。漁港から漁場までの所要時間は, いずれの試験日とも約30分だった。供試魚を浸漬した水水温は -1.3°C だった。

致死方法と測定方法 釣獲したサワラを以下の方法で順次致死させた。延髄刺殺と同時に脱血したもの(延髄刺殺区), 脱血したもの(脱血区), 海水に碎水を入れて冷却した水氷に直接入れたもの(温度ショック区), 甲板に20分間放置したもの(苦悶死区)とした。処理には出刃包丁を用い, 延髄刺殺は鰓蓋上部から脊椎骨上部の延髄と脊椎骨下部の腹大動脈を脊椎骨ごと切断することにより, 脱血は鰓基部の入鰓動脈を切断することにより, それぞれ行った。温度ショック区以外の試験区についても, 処理後は速やかに水氷に浸漬した。帰港後は通常の出荷形態に従い箱詰めした。すなわち, 硫酸紙を敷いた発泡スチロール箱に供試魚を重ねないように並べ, 上からパーチをかけ上水を施した。供試魚は研究室に搬入後水蔵し, 経時的に鮮度指標を調査した。鮮度指標としては, 筋肉の破断強度, ATP 関連化合物, K 値, pH, 乳酸量, 身割れの程度を用いた。身割れの程度に関しては, 筆者らによる漁業現場での聴き取り(未発表)で, マアジでは脂質含有量が高いほど身割れしやすいという指摘があることから, 脂質含有量との関係についても検討した。岡山市の消費地市場への流通は漁獲後24時間以内に行われ, 生食向け消費は概ね40時間以内に, 加熱調理向け消費は70時間以内に行われることから, 漁獲後10時間~78時間を貯蔵期間に設定した。なお, 採材は供試魚ごとに致死時間を起点として経時的に行った。

破断強度 Ando *et al.*¹⁶⁾の手法に準じ, 背部筋肉を厚さ1 cm に2片切り出し, レオメーター(サン科学 R-UDJ-DM II, 測定条件プランジャー: 直径10 mm 円形, 試料台速度: 1 mm/sec, クリアランス: 1 mm)で筋繊維に対して平行に肉を破断するのに必要な荷重(g)とした。1片あたり2ヶ所の計4ヶ所を測定し一尾当たりの平均値を求めた。

ATP 関連化合物および K 値 血合筋を除去した背部筋肉2 g を氷冷10%過塩素酸中でホモジナイズし, 遠心分離を2回繰り返して集めた上澄みを pH 7 前後に中和したものを試料とし, 高速液体クロマトグラフ(島津

Fig. 1 Method used to measure muscle tearing in Japanese Spanish mackerel using black writing ink. Sample #1 muscle has many tears. Sample #2 muscle has few tears.

製作所製検出器, SPD-10Avp; 移動相, 100 mM リン酸-トリメチルアンモニウム緩衝液/アセトニトリル=100/1; カラム, 信和化工 STR-ODS II (150 L $\times$ 4.6 mm I.D); 移動相流速, 1 ml/min; カラム温度, 40°C ; 検出波長, 254 nm) で定量分析した。また, 定量した HxR (イノシン), Hx (ヒポキサンチン) の, ATP 関連化合物総量に対する百分率を K 値とした。

pH 背部の普通筋肉4 g に5倍量の蒸留水を加えホモジナイズし, ガラス電極式 pH メーター(堀場製作所 F-8AT)で測定した(12月11日試験分のみ)。

乳酸量 上記の ATP 関連化合物の分析に用いた試料液を適宜希釈し, F-キット L-乳酸(Roche Diagnostics 社製, 輸入販売 J. K. インターナショナル)で定量した。

身割れの程度 測定最終日(致死から102時間後)に, 大泉ら¹⁷⁾の手法を一部改変して測定した。すなわち Fig. 1 のとおり, 肛門部を中心として尾叉長の1/3の半身を切り出し, 身割れ部分を可視化するため切断面に墨汁を塗布して円筒の上に曲げて載せた。目視確認できた身割れ部分の長さを全て測定し, 測定値の合計を切断面の単位面積に換算して身割れの程度とした。

脂質含有量 剥皮したフィレー半分をフードプロセッサーで均質なミンチとし, その20 g から Bligh and Dyer¹⁸⁾に準じ全脂質を抽出し脂質含有量を求めた。

統計処理 統計的有意差の検定は Student の t 検定を用いた。

結 果

供試魚の状況 漁獲されたサワラは激しく暴れたが, 苦悶死区以外では, 各種処理後徐々に暴れが収まっていた。処理から完全停止に至るまでの時間を観察したところ, 延髄刺殺区は5分以内, 脱血区は5~10分, 温

Fig. 2 Changes in breaking strength of the muscle of Spanish mackerel during storage in ice. ◇: stabbing the spinal bulb; △: bleeding out; □: killing by ice-sea-water; ●: struggled suffocation. Data are mean $\pm$ S.D. Asterisks show significant differences from stabbing the spinal bulb (** $p < 0.01$ * $p < 0.05$) (Student's *t*-test).

度ショック区は10～15分、苦悶死区は15～25分だった。また、完全停止に至る時間が長い供試魚ほど、暴れ方が激しい傾向が見られた。全ての供試魚は、帰港時にはほぼ完全硬直に達していた。

破断強度 破断強度の経時変化を Fig. 2 に示す。致死10時間後から78時間後まで一貫して延髄刺殺区が他の試験区よりも高く、10時間後で脱血区と苦悶死区に(各 $p < 0.05$)、30時間後で脱血区($p < 0.01$)と温度ショック区($p < 0.05$)に、54時間後で温度ショック区に($p < 0.05$)、78時間後で脱血区と温度ショック区(各 $p < 0.05$)に対して有意差が認められた。延髄刺殺区を除く3試験区では、30時間後までは温度ショック区と苦悶死区がほぼ同じ値で脱血区が低かったが、54時間後以降はほぼ同じ値となった。

ATP 関連化合物・K 値・pH・乳酸量 ATP 含量、IMP 含量、K 値、pH 及び乳酸量の経時変化を Fig. 3 に示す。

ATP は致死10時間後で全供試魚ともに $0.12 \mu\text{mol/g}$ 以下だった。延髄刺殺区が10時間後で温度ショック区($p < 0.05$)に、54時間後で脱血区($p < 0.01$)と苦悶死区($p < 0.05$)に対してそれぞれ有意に高かった。

IMP は各試験区とも、致死10時間後の平均 $5.5 \mu\text{mol/g}$ から、78時間後の平均 $6.9 \mu\text{mol/g}$ と、経時的に増加傾向を示した。延髄刺殺区が10時間後で温度ショック区($p < 0.05$)に対して、54時間後で脱血区($p < 0.05$)に対してそれぞれ有意に高かった。

K 値は致死10時間後の平均1.7%から経時的に直線的に増加し、78時間後には平均6.7%となったが、試

験区ごとの明瞭な差は認められなかった。

pH は致死10時間後の平均6.4から78時間後の平均6.2まで緩やかに減少した。苦悶死区が他の試験区に対して高めに变化し、54時間後では脱血区に対して、78時間後では脱血区と温度ショック区に対して有意差が認められた($p < 0.05$)。

乳酸量は、致死10時間後では苦悶死区平均 $8.9 \mu\text{mol/g}$ ～脱血区平均 $10.5 \mu\text{mol/g}$ の範囲内だったが、致死78時間後では、苦悶死区平均 $10.8 \mu\text{mol/g}$ ～延髄刺殺区平均 $16.5 \mu\text{mol/g}$ と試験区間の差が大きくなった。しかし、同一試験区内で値のばらつきが非常に大きく試験区ごとの有意差も認められず、経時的な増減も大きかった。なお、54時間後を除いて苦悶死区が他の試験区よりも低い傾向であり、明確ではないが pH の数値と逆相関が見られた。

身割れの程度 身割れの程度を Fig. 4 に示す。試験区ごとのばらつきは大きかったものの、延髄刺殺区が最も低く、次いで、脱血区、温度ショック区の順に高くなり、苦悶死区が最も高かった。

身割れの程度と脂質含有量の関係を Fig. 5 に示す。脂質含有量は2.0%～12.3%とかなり個体差があったが、身割れ程度と脂質含有量の間に明らかな関係は認められなかった。

考 察

船上での観察では、延髄刺殺した試験区の供試魚が最も速やかにけいれんとばたつきが収まりかつ微弱だったのに対して、脱血区、温度ショック区、苦悶死区の順にけいれんとばたつきが収まるまでの時間が長くなりかつ激しい傾向が見られた。なお延髄刺殺区の個体について、安藤¹⁹⁾は通常のメ方であれば約三十分後にけいれんや大きなばたつきといった筋肉の動きが必ず生じるとしているが、今回延髄刺殺したサワラにはほとんど認められなかった。以上から、サワラの場合、延髄刺殺により魚体の苦悶によるけいれんやばたつきを抑制できる効果が期待された。

破断強度について、岡ら⁶⁾は養殖ハマチを用いた試験で、延髄刺殺区の魚肉が最も高く、次いで温度ショック区、苦悶死区の順に高いことを報告している。また、望月、佐藤⁷⁾はマアジを用いた試験で、延髄刺殺区の破断強度が最も高く、次いで温度ショック区、苦悶死区の順に破断強度が高くなったことを報告している。また、Mishima *et al.*¹⁰⁾もマアジを用いた試験で、延髄刺殺区の破断強度が致死直後を除き温度ショック区、苦悶死区より高かったことを報告している。これらの結果は今回の結果と符合しており、以上から延髄刺殺によって破断強度の低下を遅延できる可能性が示唆された。なお、破断強度に及ぼす脱血の影響について、安藤²⁰⁾は回遊性

Fig. 3 Changes in ATP (a), IMP (b), K-value (c), pH (d) and lactic acid concentration the (e) in the muscle of Japanese Spanish mackerel during storage in ice. $\diamond$: stabbing the spinal bulb; $\triangle$: bleeding out; $\square$: killing by ice-seawater; $\bullet$: struggled suffocation. Data are mean $\pm$ S.D. Asterisks show significant differences from stabbing the spinal bulb on ATP and IMP, from struggled suffocation on pH (** $p < 0.01$ * $p < 0.05$) (Student's *t*-test).

の魚種であるブリ, マアジ, シマアジについては脱血による魚肉軟化の遅延効果が認められたが, 底生性の魚種であるマダイ, ヒラメ, メジナについては脱血の遅延効果は認められなかったことを報告している。サバ科に属するサワラは回遊性魚種に該当すると考えられるが, 今

回の試験では脱血区の破断強度が致死 30 時間後までは他の試験区に比べ最も低く変化したことから, 脱血単独による魚肉軟化の遅延効果は認め難かった。一方で, 望月ら⁹⁾はマアジを用いた試験で, 延髄刺殺単独の試験区と延髄刺殺に加えて脱血した試験区の破断強度の間に顕

Fig. 4 Effects of killing procedures on muscle tearing in Japanese Spanish mackerel. ◇: stabbing the spinal bulb; △: bleeding out; □: killing by ice-seawater; ●: struggled suffocation. Data are mean $\pm$ S.D.

Fig. 5 Relation between amount of muscle tearing and lipid concentration in muscle of Japanese Spanish mackerel. ◇: stabbing the spinal bulb; △: bleeding out; □: killing by ice-seawater; ●: struggled suffocation.

著な差が認められなかったことを報告しており、サワラに関して脱血単独の処理が破断強度に及ぼす影響については今後の検討課題である。

ATPは致死10時間後の段階で全ての試験区で1 $\mu\text{mol/g}$ 以下であったことから、致死条件による影響を測る指標にはならなかった。なお、死後ATP含量が1 $\mu\text{mol/g}$ に低下した時点で硬直がほぼ完了するとされている²¹⁾が、今回のサワラは致死後4~6時間で完全硬直に達していたことから、初回測定時におけるATP消失を裏付けていたと考えられた。IMPとK値についても、致死条件による明らかな差は認められなかった。K値については、マサバを用いた試験で延髄刺殺区が温度

ショック区と苦悶死区に対して低めに推移したという報告¹¹⁾があるものの、ヒラメ、³⁻⁵⁾ マアジ^{7,8)}を用いた試験では致死条件による明らかな差が認められなかったことが報告されている。また著者らが行ったメダイを用いた試験¹⁵⁾でも致死条件によるK値の差は認められなかった。なお、IMPが増加傾向を示したのにも関わらず、K値に直線的な増加が認められた理由は、IMP以上にHxRの増加割合が高かったことが原因だった。HxRはIMPの分解により生成するとされているが、²²⁾ 今回IMPとHxRが同時に増加した理由は不明である。

pHについて、福田ら²³⁾はマサバを用いた試験で、即殺直後の7.0~6.5から死後硬直中の12時間後には6.0~5.7まで低下し、以降54時間後まで6.0~5.7の間の値にとどまったことを、畑江ら²⁴⁾は漁獲後26~30時間後のカツオ、トビウオ、マアジ、マコガレイ、キチジを4°Cで14日間貯蔵したところ、いずれの魚種のpHも大きな変化を示さなかったことを報告している。今回のサワラについても、致死10時間後以降のpHはわずかな減少が認められたものの同様に大きな変化を示さなかった。

乳酸量について、岡ら⁶⁾は養殖ハマチを用いた試験で、致死から10時間までは変動が大きいものの、苦悶死区、温度ショック区の順に高く延髄刺殺区が最も低かったが、致死10時間後以降は大きな増減が無くなるとともに致死条件による差がほとんどなくなったことを報告している。雪石ら⁵⁾は天然ヒラメを用いた試験で、乳酸量は致死から12~24時間後までは急増するものの、その後は144時間後まで大きな増減は無かったことを報告している。また、福田ら²²⁾は前述のマサバを用いた試験で、魚肉中のグリコーゲン含量が個体ごとに必ずしも一定ではなく、生成・蓄積する乳酸量が個体ごとに異なることを指摘している。今回のサワラの乳酸量についても著しい増減が認められなかったことから、初回測定の致死10時間後の時点ではほぼ最大値に達していたと考えられる。加えて、生存時のグリコーゲン含量の個体差という要素も加わり、致死10時間後以降では致死条件による違いが明瞭に現れなかった可能性がある。以上から、pHと乳酸量はサワラの致死10時間後以降の鮮度指標としては不適であると考えられた。なお、苦悶死区が他の試験区よりpHが高く乳酸量が低い傾向にあったことから、マサバ、²³⁾ マイワシ、²⁵⁾ ウルメイワシ²⁵⁾など他魚種で報告されているとおり、pHと乳酸量の逆相関が推測された。

魚肉に起こる身割れの原因について、安藤²⁰⁾は筋内膜の構造変化を示唆しているが、ほかに詳細な報告は見あたらない。筆者らによる漁業者からの聴き取りでは、激しい苦悶によって魚体を甲板などに打ち付けることによる物理的な衝撃が身割れの原因であることが指摘され

ている。しかし、今回のサワラでは、甲板での苦悶死よりは軽微であったが、短時間ながら水氷内で苦悶する温度ショック区でも、延髄刺殺区に比べ身割れが大きかった。また、脂質含有量の違いも身割れの程度に影響を及ぼさなかったことから、外部からの物理的な衝撃に加え、筋肉自体の激しい運動による何らかの負荷が身割れの原因であることが推察されたが、詳細な因果関係については今後の検討課題である。

以上の結果から、サワラを釣獲後速やかに延髄刺殺処理することで、筋肉の破断強度の低下を遅延させるとともに、身割れを防止できる可能性が示唆された。なお、前述の岡ら⁶⁾は、テクスチュロメーターで測定した養殖ハマチの魚肉の硬さと官能試験における肉の硬さと歯切れの良さが対応していたことを報告している。本研究では官能試験を実施していないが、サワラについても致死方法と官能的な魚肉の硬さや味との関係を今後検討する必要がある。

謝 辞

本研究の実施に当たり、試験操業を快諾いただいた桜井利弘代表、松本 強氏、吉田俊一氏を始めとする漁業協同組合 JF しまね美保関支所「福浦さわらの会」の皆様にお礼申し上げる。また、試験実施に協力いただいた島根県水産技術センター利用化学グループ内田 浩専門研究員、本稿を取り纏めるに際し有益なご助言を賜った島根県水産技術センター井岡 久利用化学グループ科長、初稿を査読いただいた2名の匿名審査員と担当編集委員の皆様に深く感謝する。

文 献

- 1) 山田梅芳, 時村宗春, 堀川博史, 中坊徹次. 「東シナ海・黄海の魚類誌」東海大学出版会, 秦野. 2007.
- 2) 平成8年～平成13年島根農林水産統計年報, 中国四国農政局島根農政事務所, 松江. 1997～2001.
- 3) 岩本宗昭. 魚類の“生き”の保持に関する研究. 島水試研報 1989; **6**: 1-59.
- 4) 岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久. 天然および養殖ヒラメの死魚硬直の進行の比較. 日水誌 1990; **56**: 101-104.
- 5) 雫石志乃舞, 白坂孝朗, 松原 久, 石川 哲. ヒラメ (*Paralichthys olivaceus*) の取り扱いと鮮度変化の関係. 青森県ふるさと食品研究センター研究報告 2008; **5**: 18-24.
- 6) 岡 弘康, 大野一仁, 二宮順一郎. 養殖ハマチの致死条件と冷蔵中における魚肉の硬さとの関係. 日水誌 1990; **56**: 1673-1678.
- 7) 望月 聡, 佐藤安岐子. マアジ筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響. 日水誌 1994; **60**: 125-130.
- 8) 望月 聡, 前野久美子, 乗田嘉子. 首折りによって致死させたマアジ筋肉の死後変化. 日水誌 1997; **63**: 396-399.
- 9) 望月 聡, 乗田嘉子, 前野久美子. マアジ筋肉の死後変化に及ぼす脱血の影響. 日水誌 1998; **64**: 276-279.
- 10) Mishima T, Nonaka T, Okamoto A, Tsuchimoto M, Ishiya T, Tachibana K, Tsuchimoto M. Influence of storage temperatures and killing procedures on post-mortem changes in the muscle of horse mackerel caught near Nagasaki Prefecture, Japan. *Fish. Sci.* 2005; **71**: 187-194.
- 11) 望月 聡, 佐藤安岐子. マサバ及びマルアジ筋肉の死後変化に対する致死条件の影響. 日水誌 1996; **62**: 453-457.
- 12) 寺山誠人, 山中英明. カツオの品質に及ぼす脱血の効果. 日水誌 2000; **66**: 852-858.
- 13) 寺山誠人. 活けしめ脱血によるカツオなどの品質向上に関する研究. 日水誌 2004; **70**: 678-681.
- 14) 岡本 昭, 濱田友貴, 三浦勝貴, 野中 健, 桑原浩一, 大迫一史, 三嶋敏雄, 橘 勝康. 養殖イサキの死後変化に及ぼす刺殺条件と保存温度の影響. 日水誌 2006; **72**: 918-923.
- 15) 岡本 満, 森脇和也, 清川智之, 藤川裕司. 釣獲されたメダイの鮮度実態と船上における致死方法の検討. 島根水技セ研報 2011; **3**: 47-53.
- 16) Ando M, Toyohara H, Shimizu Y, Sakaguchi M. Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1991; **57**: 1165-1169.
- 17) 大泉 徹, 山新まさみ, 赤羽義章. 蓄養マサバの品質と鮮度保持について. 水産物の利用に関する共同研究 第47集, 兵庫県農林水産技術総合センター, 兵庫. 2007; 27-33.
- 18) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 1959; **37**: 911-917.
- 19) 安藤正史. 特集 養魚の新しい鮮度保持技術とヒント ハマチ・マダイ・ヒラメを用いて実験すると…死後硬直の進行と脊髄破壊による影響. 「養殖」緑書房, 東京. 2000. 8; 57-59.
- 20) 安藤正史. 魚類筋肉の死後における軟化機構に関する研究. 日水誌 1996; **62**: 555-558.
- 21) 渡部終五. 死後硬直と解硬の生化学. 「魚類の死後硬直」(山中英明編)恒星社厚生閣, 東京. 1991; 9-20.
- 22) 内山 均, 江平重男. 核酸関連化合物からみた魚類鮮度化学研究の現状. 日水試 1970; **36**: 977-992.
- 23) 福田 裕, 柞木田善治, 新井健一. マサバの鮮度が筋原繊維タンパク質の冷凍変性に及ぼす影響. 日水誌 1984; **50**: 845-852.
- 24) 畑江敬子, 玉利朱美夏, 宮永邦子, 松本重一郎. 魚肉の物性の魚種間の差および鮮度低下による変化. 日水誌 1985; **51**: 1155-1161.
- 25) 岩本宗昭, 日野佳明, 井岡 久. 多獲性赤身魚の原料特性-II 漁港水揚げ時の pH, 乳酸生成量及び K 値について. 島根県水産試験場事業報告 1980; 183-186.