

島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の冷凍耐性と加工試験

岡本 満¹・井岡 久¹

Freezing resistance and process examination of young Japanese Spanish mackerel
Scomberomorus niphonius fish caught off Shimane Prefecture

Mitsuru OKAMOTO and Hisashi IOKA

キーワード： くん製，サゴシ，サワラ，一般成分，鮮度，みりん干し，冷凍耐性

はじめに

筆者ら¹⁾は島根県沖で漁獲量が増加したサワラ *Scomberomorus niphonius* 若齢魚 (以下「サゴシ」) の成分特性と鮮度特性について検討した。その結果，サゴシは成魚よりも低脂肪でタンパク質含量及び筋肉 pH の個体差は小さかった。特に，筋肉 pH は 6.0 以上で安定していた。また，旨味成分のイノシン酸 (IMP) も多く，加工品の原魚に求められる要素のいくつかを満たしていた。島根県沖のサゴシは秋季から春季にまとまって獲れることから，加工原魚とするためには冷凍貯蔵が不可欠である。冷凍方法としては施設の規模や構造に応じて，網などの平面に魚体を置き冷凍する方法 (以下「バラ凍結」) と冷凍パンに魚体を詰めて冷凍する方法 (以下「パン凍結」) があり，パン凍結のほうが冷凍庫のスペースを有効に使えるためコスト面で優れるが，冷凍方法の違いによる品質変化についての知見はない。また，島根県では伝統的にみりん干し²⁾などの調味加工品の生産が盛んであるが，サゴシの加工適性は検討されていない。このため，サゴシの冷凍耐性について調査するとともに，調味加工品の試作を行いその品質に検討を加えた。

試料と方法

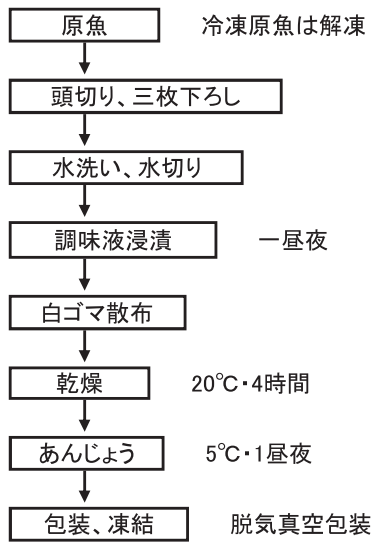
冷凍耐性試験 2009年10月，12月に島根県西部でまき網により漁獲されたサゴシ鮮魚 (平均尾又長±標準偏差 40.2 ± 3.4 cm，平均体重±標準偏差 475 ± 121g) を用いた。15尾単位で-33℃の冷凍庫でエアブラスト凍結したもの (以下「バラ凍結」)，

冷凍パン (56 × 33 × 12 cm) に水道水とともに入れ-33℃で凍結したもの (以下「パン凍結」) の2試験区を設定し，2週間後，6週間後，16週間後に5℃の冷蔵庫中で解凍し，破断強度，pH，加圧ドリップを指標とした冷凍耐性を調査した。また，バラ凍結についてはサゴシと同じ回遊性の赤身魚であり調味加工品の原料として広く普及しているマサバ *Scomber japonicus* (2009年11月 島根県西部まき網産，平均尾又長±標準偏差 25.4 ± 2.0 cm，平均体重±標準偏差 197 ± 50g)，マアジ *Trachurus japonicus* (2009年11月 島根県西部まき網産，平均尾又長±標準偏差 22.3 ± 1.5 cm，平均体重±標準偏差 145 ± 28g) と2週間後と6週間後に比較を行った。

加工試験 2010年10月に島根県西部のまき網で漁獲されたサゴシ鮮魚40尾 (平均尾又長±標準偏差 42.8 ± 3.2 cm，平均体重±標準偏差 588 ± 144g) のうち，20尾を鮮魚のまま原魚とした (以下「生鮮原魚」)。また，残る20尾を-33℃の冷凍庫で約8週間バラ凍結貯蔵したのち5℃の冷蔵庫中で自然解凍して原魚とした (以下「解凍原魚」)。生鮮原魚と解凍原魚はフィレー (皮付き三枚おろし) とし，半身はそのまま成分分析に供し，残る半身を図1の工程によりみりん干し (ソフトタイプ) とくん製 (冷くん) を試作して同様に成分分析に供した。調味方法は水産技術センター所内での試食結果をもとに考案したものを採用した。すなわち，みりん干しは醤油 (6) : ソルビット (7) : 砂糖 (3) : 水 (4) を混合した調味液にフィレーを調味液と同容量になるよう浸漬した。くん製は塩 (1) : 砂糖 (2) の割合に均一に混合したものをフィレーに対し10%相当量を振りかけた。また，くん製には魚に適しているとされるナラ材³⁾ のスモークウッド (進誠産

¹⁾ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

●みりん干し製造工程図



●くん製製造工程図

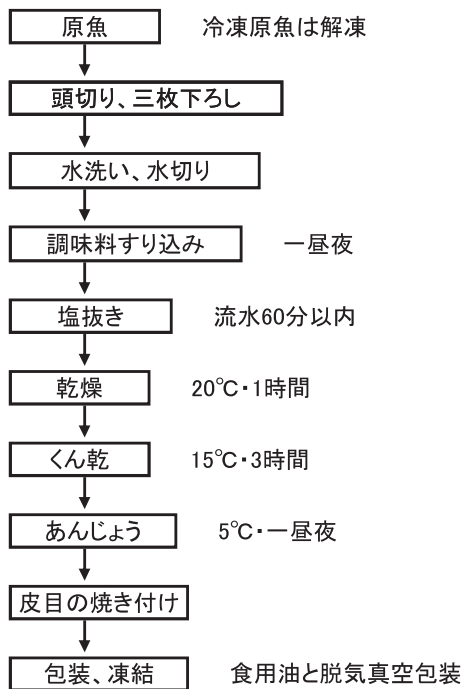


図1. 試作品の加工工程

業)を用いた。原魚と加工品共通の分析項目は一般成分(水分、タンパク質、脂肪、灰分)、イノシン酸、K値とした。また加工品は食塩量を測定し、真空包装・5℃・15日間貯蔵中における一般細菌数、低温細菌数、水分活性の経時変化を調べた。低温細菌は5～7℃で7～10日以内に肉眼で認められる集落を形成する細菌の総称で、食品の品質劣化の原因になりうる⁴⁾ことから調査対象とした。加えて、2010年10月に島根県西部のまき網で漁獲された

サゴシ20尾(平均尾叉長±標準偏差437±38mm, 平均体重±標準偏差634±162g)を-33℃の冷凍庫で約8ヶ月間貯蔵したものを、前述の工程でみりん干しとくん製に加工し、原魚と加工品のATP関連化合物を測定した。

破断強度 背部筋肉を1cmの厚さに切り出し体軸方向にレオメーター(サン科学COMPAC-100II)で測定した。

pH 血合筋を除去した背部筋肉4gに5倍量の蒸留水を加えホモジナイズし、速やかにガラス電極式pHメーター(堀場製作所F-52)で測定した。

加圧ドリップ 半解凍状態の背部筋肉を1cm角に4個切り出し保水紙を敷いたプラスチックシャーレで上下を挟み、約94gの錘を乗せ5℃のインキュベーター内で3時間静置した後における重量の減少分をドリップ量とした。

一般成分 供試魚のフィレ一片身分をフードプロセッサーで均一なミンチとし各分析に供した。水分は110℃常圧加熱乾燥法⁴⁾で、タンパク質はケルダール法⁵⁾で、脂肪はBligh and Dyer⁶⁾に準じたクロロホルム-メタノール混液法で、灰分は600℃直接灰化法⁷⁾で測定した。炭水化物は可食部100g当たりの水分、タンパク質、脂肪、灰分の分析値合計を100から除して算出した。

食塩量 10gを採取しモール法⁸⁾により分析した。

一般生菌数・低温細菌数 「食品衛生検査指針」⁴⁾に従った。すなわち、無菌的に切り出した試料10gに10倍量の滅菌生理食塩水を加えストマッカー(Seward 400T)で破碎したものを検液とし、一般生菌数は標準寒天培地(極東製薬工業)に、低温細菌はCVT寒天培地(日水製薬)に滅菌コンラージ棒により塗抹し所定の条件により培養したのち平板上に現れた集落を計数した。

水分活性 水分活性計(芝浦電子WA-360)で測定した。

ATP関連化合物 血合筋を除去した背部筋肉2gを氷冷した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pH7前後に中和したのち、高速液体クロマトグラフ(島津製作所製 検出器, SPD-10Avp; 移動相, 100mM りん酸-トリメチルアンモニウム緩衝液: アセトニトリル=100:1混合液; カラム, 信和化工STR-ODS II (150L×4.6mm I.D); 移動相流速, 1ml/min; カラム温度, 40℃; 検出波長, 254nm)で定量分析した。また、K値はATP関連化合物総量に対するHxR(イ

ノシン) と Hx (ヒポキサンチン) の合計量の百分率とした。

結果

冷凍耐性試験 バラ凍結およびパン凍結で16週間貯蔵したときの破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化を図2に示した。

破断強度は, バラ凍結, パン凍結とも貯蔵2週間後で大きく低下した。それ以降は貯蔵6週間後まで明らかな変化は認められなかったが, パン凍結のみ16週間後に数値の上昇が認められた。また, バラ凍結とパン凍結の間に明らかな差は認められなかった。pHは, バラ凍結, パン凍結とも漁獲日から冷凍貯蔵期間中は横這い傾向で, バラ凍結とパン凍結の間にも明らかな差は認められなかった。加圧ド

リップは, バラ凍結, パン凍結ともに漁獲日から2週間後にかけて大きく増加し, 2週間後から6週間後にも増加が認められたが, 6週間後から16週間後にかけては横ばい傾向だった。また, 貯蔵期間を通じてバラ凍結とパン凍結に明らかな差は認められなかった。

バラ凍結で貯蔵したサゴシとマサバ, マアジの破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化を図3に示した。破断強度は, 貯蔵期間を通じてマアジがサゴシ, マサバに対して明らかに高く, サゴシは漁獲日にはマサバに対して高かったが, 凍結処理により明らかな差が認められなくなった。また, マサバ, マアジもサゴシと同様に凍結処理の影響を受けて低下したが, 凍結貯蔵期間による変化は認められなかった。pHは, 貯蔵期間を通じてマサバがサゴシとマアジに対して低く, この状態は冷凍貯蔵中も変化し

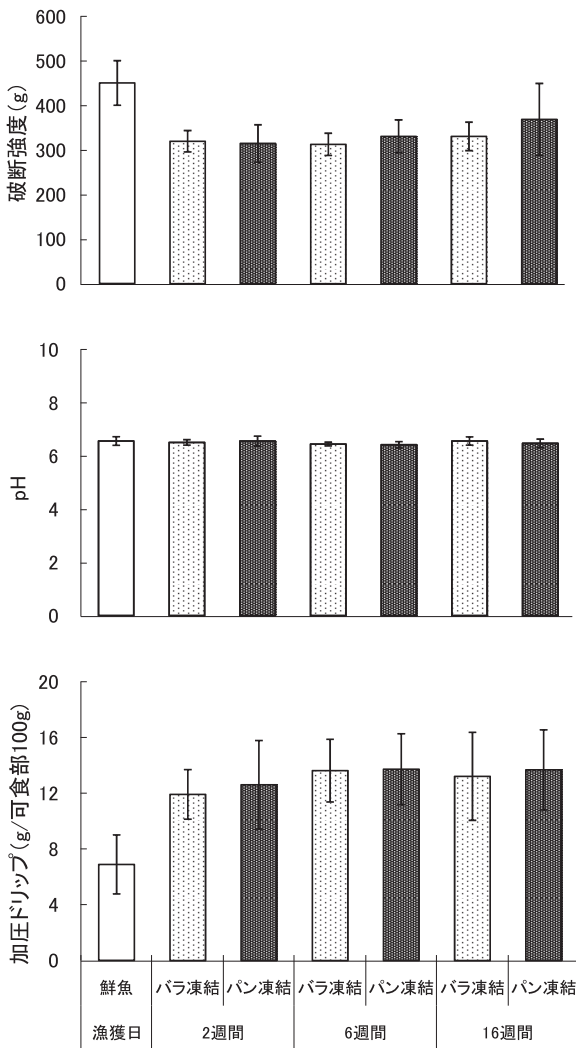


図2. サゴシのバラ凍結とパン凍結における破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

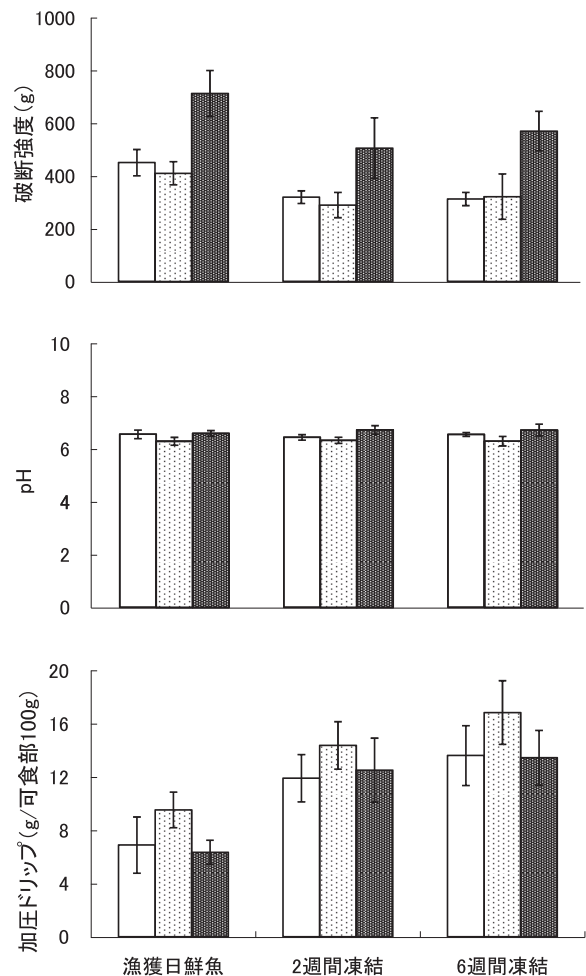


図3. サゴシとマサバ, マアジのバラ凍結における筋肉の破断強度, pH, 加圧ドリップの経時変化 (□: サゴシ (n=15, 破断強度, pHの漁獲日 鮮魚のみ n=20) □: マサバ (n=10) ■: マアジ (n=10). 上下線は標準偏差を示す

なかった。加圧ドリップは、各魚種とも凍結貯蔵の影響により漁獲日から貯蔵2週間後にかけて大きく増加し、貯蔵2週間後から貯蔵6週間後にかけても緩やかに増加した。また、漁獲日から貯蔵6週間後までサゴシ、マアジがマサバに対して明らかに少なかった。

加工試験 サゴシの生鮮原魚、解凍原魚とそれぞれの原魚由来のみりん干し、くん製の一般成分を図4に示した。みりん干し、くん製ともに、解凍原魚を用いた加工品は生鮮原魚を用いたものよりも水分が明らかに少なく、タンパク質、灰分、炭水化物が多かった。

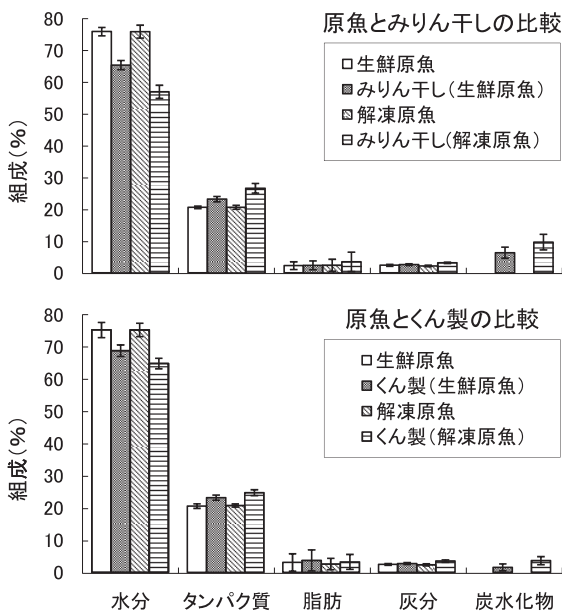


図4. サゴシ生鮮原魚と解凍原魚ごとの加工品との一般成分の比較 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

図5に食塩量を示した。みりん干し、くん製ともに、解凍原魚を用いた加工品が生鮮原魚を用いたものより明らかに食塩量が高かった。

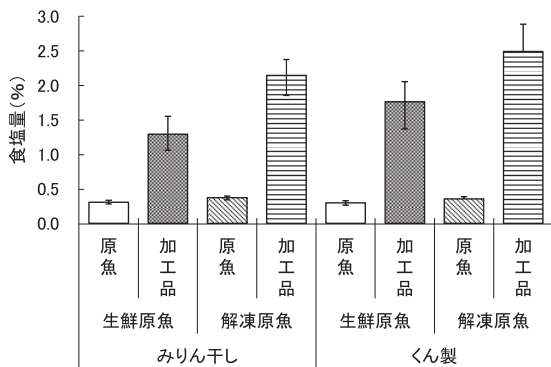


図5. サゴシ生鮮原魚と解凍原魚ごとの加工品との食塩量の比較 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

図6に保存試験結果を示した。一般生菌数、低温細菌数とともに、みりん干しは加工直後の $10^2 \sim 10^3$ cfu/g から経時的に増加し貯蔵15日目には 10^6 cfu/g に達したが、くん製については加工直後の $10 \sim 10^2$ cfu/g から貯蔵15日目においても $10^2 \sim 10^3$ cfu/g にとどまった。水分活性はみりん干し、くん製ともに貯蔵時間を通じて0.92~0.93の範囲でほとんど変化しなかった。

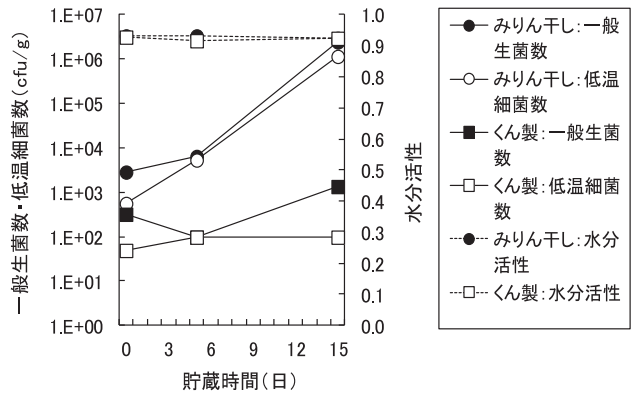


図6. 加工品の一般生菌数、低温細菌数、水分活性の経時変化 (n=2)

図7にイノシン酸 (IMP) 量とK値を示した。みりん干し、くん製ともに原魚に比べ加工品はIMP量が少なくK値が高い結果となった。

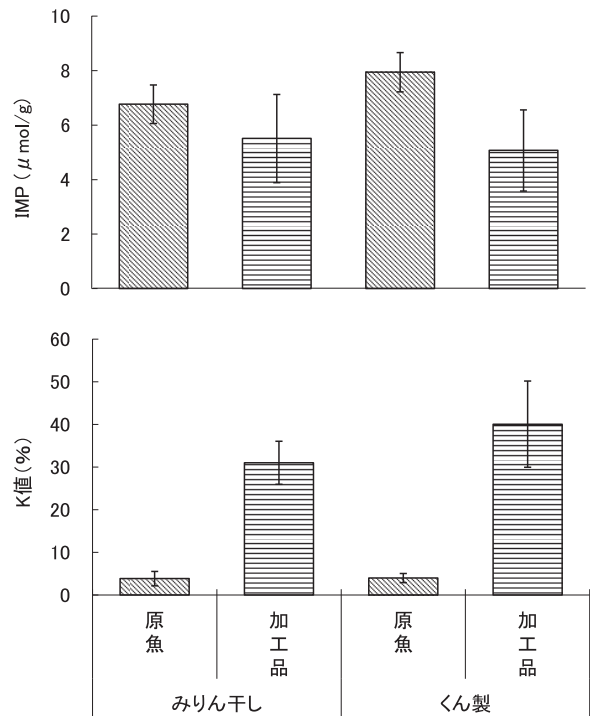


図7. バラ凍結原魚と加工品のイノシン酸 (IMP) とK値 (n=10). 上下線は標準偏差を示す

考察

サゴシの冷凍貯蔵方法について、pH、破断強度、加圧ドリップを指標としてバラ凍結とパン凍結を比較検討したところ、貯蔵6週間後までは明らかな違いが認められなかったが、貯蔵16週間後の破断強度においてはパン凍結のほうが高い値を示した。以上から、加工現場における貯蔵法はコストの面からパン凍結が適当と考えられた。また、破断強度、pH、加圧ドリップを指標とした魚種毎の冷凍耐性の比較では、サゴシはマサバよりも優れマアジよりも劣るという2魚種の間隔的な性質を示した。マサバ、マアジの冷凍原魚はすでに広く加工向けとして普及していることから、サゴシについても加工原魚としての適性に問題ないと考えられた。また、サゴシ、マサバ、マアジともにpHが低いほど加圧ドリップ量が多い傾向が認められ、尾藤^{9,10)}による凍結カツオ肉、凍結マイワシ肉を用いた試験と同様の傾向を示した。福田ら¹¹⁾はマサバ鮮魚を氷蔵した場合のpHが死後12時間以降は6.0～5.7の範囲だったことを報告しているが、筆者ら¹⁾がサゴシ鮮魚を0℃貯蔵した場合のpHは死後12時間以降で6.6～6.0と高めで、サゴシはマサバに比べ保水性が良いことが示唆された。したがって、解凍魚においてもこの差が反映している可能性がある。また尾藤^{9,10)}は、解凍肉のpHと保水性を高めるために、漁獲直後からの低温貯蔵によってpH低下を抑制したのち凍結処理することの有効性を報告しているが、サゴシについても漁獲直後の鮮度管理によって高pHを維持する技術について検討が必要である。

サゴシの生鮮原魚と解凍原魚（バラ凍結）を用いたみりん干しとくん製を加工して成分を比較したところ、生鮮原魚を用いたものより解凍原魚を用いたもののほうが、水分が少なくタンパク質、灰分、炭水化物が高い結果になった。これは凍結原魚の解凍ドリップの流出が大きく影響しているものと推察された。また食塩量についても、解凍原魚のほうが冷凍原魚より多かったが、さんまみりん干しにおいては凍結、解凍により原料に調味液がしみこみやすくなるとされており、²⁾サゴシについても同様な理由が推察された。くん製における調味料についても同様と考えられ、加工工程において生鮮原魚と解凍原魚それぞれに応じた調味配合あるいは調味時間の調整が必要であることが示唆された。また、くん製は同等な水分活性を示したみりん干しよりも細菌の増殖が少なく保存性に優れることが明らかとなった

が、くん煙に含まれる諸成分には強い抗菌、殺菌作用が認められており、¹²⁻¹⁴⁾サゴシのくん製加工においてもその作用が働いているものと考えられた。一方で、処理後のくん煙成分はタンパク質その他の食品成分と化合することで殺菌作用を発揮しなくなり、保存効果は主として製品の水分活性に依存する^{13,14)}ことが知られている。今回の試作品は高水分であることから、水分活性の低下というより真空脱気包装して低温貯蔵したことにより、くん煙時に低減した微生物が増殖しなかったためと推察された。なお、今回の研究におけるくん材はナラを用いたが、他樹種を使用した場合の風味や保存性については今後検討の余地がある。原魚から加工時のIMPの減少とK値の上昇は、加工中の温度管理の影響が示唆された。みりん干しに比べてくん製のIMPが低くK値が高かったことについては、みりん干しは5℃に冷却した調味液に浸漬したのに対して、くん製は20℃程度の水道水による塩抜き工程を入れたことが原因と考えられた。したがって、塩抜きに使用する水を冷却しておくなど、全工程の温度管理の見直しにより改善の余地がある。なお、今般の研究における加工品については「サワラ加工マニュアル」¹⁵⁾にまとめたが、今後は加工業界からのニーズ等に応じて官能試験等による検討も加えつつ調味方法や加工工程の見直しを行い、加工品の高度化を図っていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、平成21～23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の「日本海で急増したサワラを有効利用するための技術開発」として、農林水産技術会議の支援を受け実施した。研究の計画、実施にあたっては、(独)水産総合研究センター中央水産研究所水産物応用開発研究センター村田昌一センター長（現：同センター増養殖研究所特任部長）を始めとする関係機関の皆様にご指導いただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。また、供試魚の確保に配慮いただいた漁業協同組合JFしまねの皆様、測定に協力いただいた島根県水産技術センター大賀悦子氏を始めとする皆様、初稿に有益なご批判を賜った2名の審査員に感謝する。

文献

- 1) 岡本 満, 内田 浩, 井岡 久: 島根県沖で漁獲されたサワラ若齢魚の成分特性と鮮度特性. 島根水技セ研報 5, 1-6 (2013).
- 2) 「全国水産加工品総覧」(福田 裕・山澤正勝・岡崎恵美子監修), 光琳, 東京, pp187-192 (2005).
- 3) 大海 淳: [遊び尽くし] 燻製づくり太鼓判, 創森社, 東京, 1995, p134.
- 4) 「食品衛生検査指針 理化学編」(厚生省生活衛生局監修), 社団法人 日本食品衛生協会, 東京, p717 (1991).
- 5) 魚介類有効成分利用技術開発研究—成分分析マニュアル—, 水産庁研究部研究課 pp382-385 (1988).
- 6) E. G. Bligh and W. J. Dyer: A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917 (1959).
- 7) 魚介類有効成分利用技術開発研究—成分分析マニュアル—, 水産庁研究部研究課 pp389-390 (1988).
- 8) 「食品分析法」(日本食品工業学会食品分析法編集委員会編), 光琳, 東京, 1982, pp372-373.
- 9) 尾藤方通: 凍結カツオ肉の保水性と pH との関係. *日水誌*, 44, 163-169 (1978).
- 10) 尾藤方通: イワシ肉の凍結貯蔵中における NAD, ATP 分解と解凍肉の pH およびドリップ量. *東海水研報*第 103 号, 65-72 (1980).
- 11) 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*, 50, 845-852 (1984).
- 12) 松田敏生: 食品微生物制御の化学, 幸書房, 東京, 1998, pp328-333.
- 13) 野中順三九, 小泉千秋: 食品保蔵学, 恒星社厚生閣, 東京, 1982, p214.
- 14) 「水産食品学」(須山三千三, 鴻巣章二編集), 恒星社厚生閣, 東京, pp234-236 (1987).
- 15) 「サワラ加工マニュアル」(独立行政法人水産総合研究センター 日本海区水産研究所 編集・発行), 2012.