

第5章 総合考察

魚類の商品価値を決定する大きな要因として鮮度の保持をすることがあげられるが、本論では ATP などエネルギー関連物質の消長や破断強度、硬直指数を鮮度指標として検討した。

死後の筋肉の初期変化のうち、死後硬直は最も顕著に観察されるものの1つである。死後硬直は物理的には筋肉が伸展性、弾性を失って硬直性を示す現象であるが、魚類の死後硬直は畜肉に比較して極めて早くおこることや死後変化が品質の評価と密接につながっていることから死後変化を遅延させる技術が求められていた。

魚類の死後変化の差異が顕著に現れる条件について、魚種^{48,73,76)} 保存温度^{45,48,49,52,55,93,98)} 致死方法^{52-54,56,61,62,93,98)} 飼育温度⁶⁴⁻⁶⁷⁾ 養殖と天然^{47,75)}があげられる。今回の研究は死後変化を遅延させる条件についてマアジとイサキを対象として検討した。

その結果、マアジ、イサキの適切な致死保存条件は、脊髄破壊方法を用いた致死を行い、保存24時間までは10℃で保存することが最も死後硬直を遅延させる方法であり、ほぼ魚体が完全硬直となった後は氷蔵を行うことでK値の上昇を抑制する二段階の保存が最適であることが考えられた。本方法を漁業の生産、流通現場で実証することで、本県産マアジやイサキの死後変化を遅延させることができ、良好な鮮度を保持した魚類を生産者から消費者へ提供する手段になると思われる。

本研究により死後硬直の遅延する条件は把握できたが、各条件が死後硬直にどう関わっているのかはそれぞれの条件ごとにいくつかの研究がある。

植本らは下記に述べるようにこれら条件における死後硬直遅延のメカニズムについて、魚類普通筋の組織の観点から研究している。

Jabarsyahら¹⁰²⁾はイサキを含む25種の魚類普通筋を構成する筋タイプを識別し、筋タイプが死後硬直（筋収縮率）の進行にどのように関与するか検討した。この結果からイサキの普通筋は酸処理でATPase活性が失活する白筋のサブタイプⅡaと酸処理で活性を保持した白筋のサブタイプⅡb およびアルカリ処理で安定するピンク筋から構成されていた。この普通筋の構成パターンを有するイサキはピンク筋が介在しない養殖マダイやシロサバフグ、ピンク筋は介在するが白筋サブタイプの介在が異なるカワハギと比較して、筋収縮率の上昇が最も早かった。よって、イサキは天然魚の中でも死後変化の早い魚種の1つと考えられる。

さらにYadaら⁷⁶⁾はこの魚類普通筋に存在するピンク筋について、魚類の鮮度指標となるK値の上昇への影響を与えるものとして検討した。これは水温28℃の海域に生息する12魚種（沖縄県、サキシマ島）と水温17℃の海域に生息する15魚種（長崎県）、合計27種の試料魚について、普通筋中のピンク筋の介在割合を調査し、ピンク筋介在割合と保存温度32℃におけるK値の上昇割合（ ΔK_{32} ）との関係を示した。両者の関係には正の相関が認められ、背部普通筋のピンク筋の介在は魚類の死後のK値変化を早めると考えられた。その原因としてピンク筋の介在する5'-IMP分解酵素活性の違いを推察し、5'-IMP分解酵素活性はピンク筋の介在割合と ΔK_{32} は正の相関を認めた。¹⁰³⁾

このことから5'-IMP分解酵素活性が同一生息水温における魚種のK値変化の差異に影響を及ぼすと考えた。

そこで今回の研究の第2章で対象とした天然マアジと第4章で対象とした天然イサキについて比較した。背随破壊し10℃保存を行った両種において、ATPの消費、K値の上昇は明らかにイサキがマアジよりも早かった。Yadaら^{76,103)}の結果によるとイサキとマアジ普通筋におけるピンク筋の介在割合、5'-IMP分解活性を比較すると、両者ともイサキがマアジに比較して高く、同様に ΔK_{32} もイサキがマアジに比較して高く、死後変化の早いのはイサキである今回の結果と一致した。

天然魚と養殖魚の死後変化の差異については、岩本らがマダイ¹⁰⁴⁾やヒラメ⁴⁷⁾について報告している。養殖マダイは天然マダイに比較して死後変化が早くその差異は明瞭であったがヒラメについて差異は認められなかったとしているが未だに養殖と天然の死後変化の差異の原因については十分に考察されていない。

Leeらは⁷³⁾天然マダイと養殖マダイの筋収縮の進行は養殖魚が天然魚よりも早かったことを報告した。この差異の原因について、Jabarsyahら¹⁰⁵⁾は天然と養殖マダイの筋タイプを調査した。その結果、天然マダイの普通筋が白筋サブタイプIIaで構成されているのに対し、養殖マダイが普通筋の部位によって白筋で構成されている部位とピンク筋が存在する部位が混在していることを示した。養殖マダイ普通筋中のピンク筋の介在割合が大きいことから天然魚よりも養殖魚の死後変化が早いことが予想された。

橘ら^{101,106)}は養殖および天然マダイの筋原繊維のZ線の切れやすさを比較検討し、両種の違いを普通筋のZ線を中心とした微細構造の変化と組織細胞の化学的变化を顕微鏡観察により判定している。その結果、養殖マダイの筋原線維のZ線が即殺直後より切れやすく

その変化の進行が速く、普通筋細胞内小器官の Mg^{2+} -ATPase について天然魚が養殖魚よりも安定であったことを報告した。

イサキの場合もマダイと同様、天然魚と養殖魚を比較した場合、死後変化は養殖魚の方が天然魚に比較して早かったが、マダイの場合^{73,104)}と比較して天然と養殖の死後変化が明瞭ではなかった。天然と養殖の死後変化の差異についてはピンク筋の介在およびアクトミオシンの性質が考えられるが、天然のマダイにピンク筋の介在が認められないのに比べ、イサキは天然魚にもピンク筋の介在が認められることから天然魚であっても比較的死後変化が早く、養殖魚とピンク筋の介在割合がマダイの場合ほど差がないと考えられる。

今後、養殖イサキ普通筋を構成するピンク筋の介在や 5'-IMP 分解酵素活性を分析することで天然と養殖イサキの死後変化の差異のメカニズムが明瞭になることが推察される。

飼育温度の違いについては Tsuchimoto ら⁶⁴⁾は黄海から熱帯海域にかけて 82 魚種を採集し、即殺後、32 度に保存し、この保存温度における K 値の上昇割合 (ΔK_{32}) を比較し、低水温海域魚種ほど死後の生鮮度低下速度が速いことを報告した。また、10℃と 30℃で飼育したコイについて、 ΔK_{32} は 10℃飼育コイが 30℃飼育コイに比べて高く、ATP+ADP+AMP の三合計値低下速度も速いという知見を得た。¹⁰⁰⁾この結果は先の生息水温の異なる各海域の魚種間に認められた結果とよく一致しており、生息水温の違いが死後変化の差異に強く影響していることが示唆された。

しかし、第 3 章の結果は環境水温 15℃の冬期群の養殖イサキが環境水温 25℃の夏期群よりも ATP 含量の減少、IMP の上昇、乳酸の上昇、グリコーゲンの現象は遅かった。この逆転現象はコイでも確

認められており、三嶋¹⁰⁷⁾は水温 10℃及び 30℃で飼育し、棲息水温に馴化させたコイを即殺後、氷蔵、10℃、20℃、32℃に保存して、経時的に ATP 含量を測定した時、32℃保存では 10℃飼育が 30℃飼育より ATP の消費が早く、氷蔵、10℃、20℃の各保存温度では逆に 10℃飼育が遅くなる現象がみられたと述べている。さらに黄海（海水温度 9℃）と東シナ海の先島諸島（海水温度 28℃）で漁獲した 6 種について、ATP 含量を検討した結果、30℃保存では先島諸島産の魚が、0～15℃保存では黄海産の魚が ATP の経時変化が遅延したことを観察している。また、20℃保存では両者の差異が一部の魚種を除き認められなかった。

養殖イサキの場合、夏期採集群が冬期採集群に比較して保存温度が 0～20℃における死後変化が早かったことは環境水温の影響と考えられる。ただし、夏期と冬期の温度差が約 10℃であることやイサキはコイとは異なり生息適応水温が狭いため明瞭な差異が出なかったものと推察された。

飼育温度については Abe ら、⁶⁵⁾ Watabe ら、⁶⁶⁾ Hwang ら⁶⁷⁾によって死後変化に生息温度が影響することが報告されている。Hwang ら⁶⁷⁾は同様に 10℃と 30℃に馴化したコイを 0、10℃に貯蔵したところ、死後硬直の進行は低温馴化魚が遅く、20℃貯蔵では高温馴化魚が遅かったことを観察し、この原因として、保存温度が 0、10℃のときは筋小胞体の Ca^{2+} 取り込み能、20℃では筋原線維 Mg^{2+} -ATPase の活性の差異によるものと推察している。

また、植本ら、⁶⁴⁾三嶋¹⁰⁷⁾は先の実験において、海産魚では南方の魚類が、コイでは 30℃飼育魚が、ATP 含量が多いことを観察している。今回、イサキについても夏期養殖群の ATP 含量が多かった。

活魚の状態では背部普通筋中の ATP 含量は環境水温が異なると変化し、高温期には高くなることが考えられる。イサキの生息範囲は漁場から判断して 25℃前後と推察される。^{16,96,97,108)} 今回の実験での設定である 15℃はイサキにとって低い温度帯であり活動は鈍くなっていることが考えられる。

致死条件は脊髄破壊が最も死後変化を遅延させる点から有効であった。この有効性についてはいくつかの研究がなされているが、今回、致死方法として脊髄破壊について ATP 含量の変化、乳酸の増大、K 値変化、破断強度を示し、その評価を具体的に示した。

脊髄破壊が死後変化をなぜ抑制するのかという問題については次のように考えられる。哺乳動物の骨格筋の収縮および弛緩は神経からの刺激によって筋細胞膜が脱分極し、その刺激が筋小胞体に伝わって Ca^{2+} が放出される。その結果、細胞内 Ca^{2+} 濃度が上昇し、ATP の化学エネルギーを利用して筋肉が収縮する。¹⁰⁹⁾ このため魚類における脊髄破壊は脊髄内の末梢神経を破壊することで破壊後の電気刺激を遮断することが考えられる。Ando ら⁶¹⁾ は同様に脊髄破壊による末梢神経への電氣的な刺激の消失が筋細胞の収縮を停止させたと推論し、山中ら*は脊髄破壊処理が遅延性けいれんを防止したことを報告したが具体的に魚類に及ぼす原因については今後検討しなければならない課題である。

今回の研究については、魚類の死後変化を最も遅延させる方法と

*山中英明，潮秀樹，陳慧，大島敏明；マダイにおける遅延性けいれんの発生と脊髄破壊による防止。平成 14 年度日本水産学会講演要旨集 P.163

して、脊髄破壊の有効性を述べた。しかし、この方法は実行するにあたり技術の習得や手間がかかるため、ブランド化するために魚の取り扱いを厳密に定める場合は非常に有効である一方、全ての漁獲物に適用できるわけではない。従来、漁獲された魚は延髄破壊による致死法が一般的であったが、今回の結果では、温度ショックによる致死は、ATP関連物質の経時変化、K値、死後硬直から見て延髄破壊とほぼ同等の効果があることがわかった。この結果は、一時的に多量に水揚げされる魚やまき網等多獲性魚類の致死法には有効であることが推察され、漁獲時からの冷却のシステムを考える上で重要なことである。

さて、序論で述べたように、消費者の食に対する要求は近年、さらに多様化し、高級志向の傾向にあり、水産物についても漁獲から流通まで一貫して高品質であることが求められ、ブランド化の取り組みもなされている。

マアジは生鮮魚から加工原料まで広く利用されて、消費者にもなじみの深いわが国漁業の中でも重要な魚種のひとつである。TAC対象魚で資源管理されているが、現在において資源的にはマイワシのように危機的状況にある種ではない。¹¹⁰⁾長崎県で水揚げされるマアジを漁業者は総体的に漁場と漁法でそれぞれ「シロアジ」「クロアジ」「キアジ」と称している。すなわち五島灘及び長崎沿岸海域で中小型旋網漁業によって漁獲されるものを「シロアジ」、東シナ海で大中型旋網漁業によって漁獲されるものを「クロアジ」、同海域で以西底曳網によって漁獲されるものは「シロアジ」と「クロアジ」、対馬沿岸で中小型旋網漁業によって漁獲されるものを「キアジ」とされている。¹¹¹⁾大迫らは¹¹²⁾このように分類したマアジを季節ごとに体

成分と色調の変動について調査した。市場の評価は伝統的に「シロアジ」が「クロアジ」よりも高いが旨さの指標として考えてよい粗脂肪含量は「キアジ」は3種の中で最も高かったが「シロアジ」「クロアジ」は大きな差はなかったとしている。これは種そのもののもつ成分よりその後の取り扱いが市場の評価を決定づける要因になっていることを示唆している。

品質保持のための技術はそれぞれの漁法にあわせた取り扱いと消費者の嗜好性を考慮する必要がある。流通の立場からはコストと顧客に望まれる鮮度や「食べごろ」を考慮しながら、活魚と冷蔵での輸送の二つの方法を組み合わせて活魚を流通させている。¹¹³⁾

第2章でマアジの死後変化について一般的には死後変化を遅らせるために最も良い条件は、脊髄破壊と血抜きをした後に約24時間後まで10℃で保存し、その後は0℃で保存する方法であると述べた。しかしながら、前述したようにマアジの漁法については各地区で大きく異なっている。たとえば長崎県の野母三和漁業協同組合の一本釣りの場合は漁場が遠くとも根拠地から20マイル程度で半日で帰港できる距離にあり、漁獲物を生かして活魚センター等へ運搬することも容易である。活魚水槽で蓄養されたマアジは活魚車で長崎魚市場を中継して、もしくは直接、九州一円に運搬される。

中小型まき網は日没前後に出航、もしくは漁場に到着し操業する。¹¹⁴⁾翌朝、地元の魚市場や漁協へ水揚げされる。漁獲物は早いものでは2~3時間、遅いものは7~8時間、運搬船に積載されることになる。大中型まき網は漁場が遠いため漁獲して水揚げされるまでに1~2日かかる。以西底曳網は数時間の曳網後、冷却、水水で箱立てして運搬船で出荷するため漁獲から水揚げまで2~4日経過し

ている。漁法の違いによって水揚げ段階で品質が異なっていることが推察される。

次に消費者の嗜好を考慮する必要がある。関西と関東の味の嗜好は一般的には関西圏が歯ごたえ重視、関東圏は旨み重視とされているように消費者の嗜好に合わせた供給を生産者側が考える必要がある。物性を長く維持できる技術が開発されれば、「食べごろ」感の延長や輸送コストの低減化、商品保持の期間の延長が図られる。原則的には消費市場へ到着したときに完全死後硬直の開始前が望ましい。この2点を考慮して沿岸で漁獲されるマアジの取り扱いについて考察する。野中¹¹⁵⁾は商標登録した魚である「野母んあじ」を延髓刺殺後、神経破壊処理し、航空便を利用して東京都内への輸送試験を行った。刺殺処理12時間後の東京における官能試験では高評価を得た。このように商標登録するような魚については個別に丁寧な取り扱いをすることが必要であり、その結果として単価の向上に結びついている。¹¹⁶⁾

筆者ら^{117,118)}はこの死後変化を遅延させる技術について、トレーサビリティシステムモデルの開発に応用した。現在、水産物のトレーサビリティについては平成13年にBSEが発生したことを契機として、原材料等の偽装表示問題や残留農薬問題など食品の安全性にかかる問題が多発しており、食品業界に対する消費者の信頼は大きく揺らいだ。このため食品の生産、流通に関する履歴情報を消費者が追跡できるトレーサビリティシステムの導入が日本産牛肉について開始されたが、水産物においてこのシステムの導入は、宮城県産カキ^{119,120)}や養殖魚^{121,122)}を対象として実施された例はあるもののモデルや生産履歴の開示にとどまっているのが現状である。

魚の鮮度、品質にかかる問題は単に新鮮で旨いという消費者の評価だけではなく、安全・安心や生産、流通まで含まれたなかで検討していく必要がある。養殖魚については生産過程の中で鮮度の観点から品質の良好な魚をつくることが可能であることも示唆された。

以上のことから、本研究結果は魚類の鮮度保持の観点から水産物の品質向上、流通上の取り扱い、ブランド化のための基礎データとして貢献できるものと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり，当初より終始，御懇篤なる御指導および御校閲をいただいた長崎大学大学院生産科学研究科 橋勝康教授に心より感謝し，厚く御礼申し上げます。また，本論文を取りまとめるにあたり，御助言，御校閲の労を賜った長崎大学大学院生産科学研究科 原研治教授，荒川修教授に厚く御礼申し上げます。

本論文のとりまとめにあたり，常に適切な御助言と御指導を賜りました長崎大学水産学部濱田友貴助教授，新井博文助教授に心より感謝します。

本研究において労を惜しまず多大なご助力をいただいた三浦勝貴氏（現キューピー株式会社），デイシー・アロヨ・モラ氏および長崎大学水産学部栄養学研究室の皆様にも厚く御礼申し上げます。

また，本研究および学位取得の機会を与えて頂くとともにご理解とご便宜をいただいた小坂安廣氏（元長崎県総合水産試験場長），濱口博彦氏（長崎県総合水産試験場長），原修氏（元長崎県総合水産試験場次長），野中健氏（元水産加工開発指導センター所長）および長崎県総合水産試験場水産加工開発指導センターの村田昌一所長，桑原浩一主任研究員，大迫一史主任研究員，後藤孝二主事に心より感謝します。

参考文献

- 1) 農林水産省. 平成16年度食糧需給表. 東京(2006)
- 2) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第42次長崎農林水産統計年報(水産編). (1996)
- 3) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第52次長崎農林水産統計年報(水産編). (2006)
- 4) 水産庁編. 水産白書平成18年版. (2006)
- 5) 総務省. 平成16年度家計調査年報. 東京(2006)
- 6) 社団法人大日本水産会. 水産物を中心とした消費に関する調査. 東京. (2005)
- 7) 農林水産省. 平成15年度第3回食料品調査モニター調査. 東京. (2005)
- 8) 長崎県総合水産試験場. ICタグを利用した養殖魚履歴表示システムの開発事業報告書. (2006)
- 9) 北海道. 道産水産物トレーサビリティ導入検討予備調査事業報告書. (2003)
- 10) 柴崎賀広. こだわりの水産加工品ー平成「長崎俵物」の取り組みー. 地域漁業研究,45,(3),149-159(2004)
- 11) 長崎県水産部. 平成16年度長崎県水産白書. (2005)
- 12) 望月聡. 里海ー西瀬戸からの発信ー関アジ・関サバを科学する. 瀬戸内海,35,18-21(2003)
- 13) 九州農政局長崎統計情報事務所. 平成16年長崎県漁業の動き. (2006)
- 14) 落合明, 田中克. 新版魚類学(下). 788-797,恒星社厚生閣. 東京

(1986)

15) 山中英明. ブランド魚とトレーサビリティ. 海洋水産エンジニアリング, **44**,42-61(2005)

16) 落合明, 田中克. 新版魚類学(下). 672-674, 恒星社厚生閣, 東京 (1986)

17) 波積真理. 水産物ブランド化の現状と展望. ていち, **107**,16-36 (2005)

18) 田坂行男. ハマチ養殖産地にみるブランド確立条件の解明. 中央水研研報, **13**,37-70(1999)

19) 多屋勝雄. 水産物の流通と安全・安心. 漁業経済研究, **48**(2),1-11 (2003)

20) 高鳥直樹. 水産物におけるHACCP. 漁業経済研究, **48**(2),33-49 (2003)

21) 藤田純一. HACCPの現状と課題. HACCPと水産食品(藤井建夫, 山中英明編). 9-24, 恒星社厚生閣, 東京(2000)

22) 丹羽弘吉. ノルウエーが食品の安全・安心対策を目指した水産物の「トレーサビリティシステム」の構築と実施. 漁業経済研究, **48**(2),51-67(2003)

23) 田中瑞乃. 水産物から始まったEUの食品トレーサビリティ「TraceFish」. 養殖, **42**,22-25(2006)

24) 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. 日水誌, **36**,977-992(1970)

25) 太田静行. 水産物の鮮度保持. 筑波書房, 東京(1990)

26) 橘裕. 魚類の流通改善と品質判定への展望. 魚の低温貯蔵と品質評価法(小泉千秋編). 13-23, 恒星社厚生閣, 東京(1986)

- 27) Saito T., Arai K. and Matsuyoshi M. A new method for estimating the freshness of fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **24**, 749-750(1959)
- 28) 小林宏, 内山均. 魚類鮮度の簡易判定法. 東海区水研報, **61**, 21-26, (1972)
- 29) 榎本六良, 三嶋敏雄, 宇津木照洋, 北島俊一, 矢田殖郎, 保田正人. 動揺の激しい船内でのATP関連化合物の分離定量法—逆送分配カラムによる高速液体カラムクロマトグラフィー法. 日水誌, **51**, 1363-1369(1985)
- 30) Karube L., Matsuoka H., Suzuki S., Watanabe E. and Toyama K.. Determination of fish freshness with an enzyme sensor system. *J. Agric. Food Chem.*, **32**, 314-319(1984)
- 31) 宇田文昭, 内山均. 簡易カラムクロマトグラフィーと比色法によるK値の測定. 魚の低温貯蔵と品質評価法(小泉千秋編). 24-35, 恒星社厚生閣, 東京(1986)
- 32) 大橋実, 宇津木義雄. 酵素センサーと酵素を用いたK値の迅速測定システム, 魚の低温貯蔵と品質評価法(小泉千秋編). 48-59, 恒星社厚生閣, 東京(1986)
- 33) 内山均, 江平重男, 小林宏, 清水亘. 揮発性塩基, トリメチルアミン, ATP関連化合物の魚類鮮度判定法としての測定意義. 日水誌, **36**, 177-187(1970)
- 34) Ohashi, E., Okamoto M., Ozawa A., Fujita T. Characterization of common squid using several freshness indicators. *J. Food sci.*, **56**, 161-163(1991)
- 35) Yokoyama Y., Takahashi S., Sakaguchi M., Kawai F., Kawanomori. Postmortem changes of ATP and its related compounds and fish indices

in spear squid *Doryteuthis bleekeri* muscles. *Fish. Sci.*, **60**, 583-587(1994)

36) 松本美鈴, 山中英明. クルマエビ筋肉の死後変化に及ぼす抗菌剤クロラムフェニコールの影響. *日水誌*, **57**(12), 2291-2297(1991)

37) 山中英明. 高速液体クロマトグラフ. 魚介類の鮮度判定と品質保持(渡邊悦生編). 9-19, 恒星社厚生閣, 東京(1995)

38) Kawashima K., Yamanaka H., Effect of storage temperatures on the post-mortem biochemical changes in scallop adductor muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **58**(11), 2175-2180(1992)

39) Yokoyama Y., Sakaguchi M., Kawai F., Kanamori M. Effects of storage temperature on postmortem changes of ATP and its related compounds and freshness indices in Oyster tissues. *Fish. Sci.*, **60**, 217-223(1994)

40) Watanabe H., Yamanaka H., Yamakawa H. Post-mortem biochemical changes in the muscle of disk abalone during storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **58**(11), 2081-2088(1992)

41) 渡部終五. タンパク質. 水産利用化学(鴻巣章二, 橋本周久編). 40-74, (1992)

42) 野口栄三郎. 魚の鮮度に関する研究, 特に魚肉の死後硬直現象とその判定法について. *日水研報*, **5**, 1-61(1957)

43) 尾藤方通, 山田金次郎, 三雲泰子, 天野慶之. *東海区水研報*, **109**, 89-96(1983)

44) Cutting C.L. Immediate postmortem changes in trawled fish. *Ann. Rep. Food Invest. Board*. **1938**, 39-40(1939)

45) 岩本宗昭, 井岡久, 斉藤素子, 山中英明. マダイの死後硬直と

貯蔵温度との関係. 日水誌,51,443-446(1985).

46) 斉藤恒行, 新井健一. 水産動物筋肉中の有機燐酸化合物に関する研究-Ⅲ コイ筋肉中のadenosine polyphosphateに及ぼす貯蔵温度の影響. 日水誌,22,569-573(1957)

47) 岩本宗昭, 山中英明, 渡部終五, 橋本周久. 天然及び養殖ヒラメの死後硬直の進行の比較. 日水誌,56,101-104(1990)

48) 岩本宗昭, 山中英明, 阿部宏喜, 渡部終五, 橋本周久. 二,三海産魚における死後硬直の進行と貯蔵温度の影響. 日水誌,56,93-99(1990)

49) Iwamoto M., Yamanaka H., Watabe S., Hashimoto K. Effect of storage temperature on rigor-mortis and ATP degradation in plaice *Paralichthys olivaceus* muscle. *J. Food Sci.*, 52,1514-1517(1987)

50) Watabe S., Ushio H., Iwamoto M., Kamal M., Ioka H., Hashimoto K. Rigor-mortis progress of sardine and mackerel in association with ATP degradation and lactate accumulation. *Nippon Suisan Gakkaishi*,55,1833-1839(1989)

51) 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,56,1673-1678(1990)

52) 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,60,125-430(1994)

53) 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,64,276-279(1998)

54) 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,63,396-399(1997)

55) 望月聡, 上野洋子, 佐藤公一, 樋田宣英. マサバ筋肉の死後変

- 化に及ぼす致死後の貯蔵温度の影響. 日水誌, **65**, 495-500(1999)
- 56) 望月聡, 佐藤安岐子. マサバおよ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, **62**, 453-457(1996)
- 57) 門上洋一. 養魚の新しい鮮度保持技術とヒント 一過的な低温ショック法で魚を安楽死させる(低温ショックによる魚の活め方法). 養殖. **37**, 49-52(2000)
- 58) 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, **66**, 852-858(2000)
- 59) 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, **70**, 678-681(2004)
- 60) 寺山誠人. 脱血による養殖魚の高品質化. 養殖. **42**, 22-25(2005)
- 61) Ando M., Banno A., Haitani M., Hirai H., Nakagawa T., Makinodan Y. Influence on post mortem rigor of fish body and muscular ATP consumption by the destruction of spinal cord in several fishes. *Fish. Sci.*, **62**, 796-799(1996)
- 62) Nakayama T., Toyoda T., Ooi A. Delay in rigor mortis of red sea-bream observation by spinal cord destruction. *Fish. Sci.*, **62**, 478-482(1996)
- 63) Nakayama T. Goto E., Ooi A. Observation of characteristic muscle structure related to delay in red sea-bream rigor mortis by spinal cord destruction. *Fish. Sci.*, **62**, 977-984(1996)
- 64) Tsuchimoto M., Misima T., Utsugi T., Kitajima S., Yada S., Senta T., Yasuda M. The speed of lowering in freshness of fishes in several waters and the effect of the habitat temperature on the speed. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **52**, 1431-1441(1986)

- 65) Abe H., Okuma E. Rigor-mortis progress of carp acclimated to different water temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **57**, 2095-2100 (1991)
- 66) Watabe S., Hwang G-C., Ushio H., Hashimoto K. Changes in rigor-mortis progress of carp induced by temperature acclimation. *Agric. Biol. Chem.* **54**, 219-221(1990)
- 67) Hwang G-C, Ushio H., Watabe S., Hashimoto K., Iwamoto M. The effect of thermal acclimation of rigor mortis progress of carp stored at different temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi*. **57**, 541-548(1991)
- 68) 渡部終五. 硬直に伴う筋肉の生化学的变化. 魚類の死後硬直(山中英明編). 9-20, 恒星社厚生閣, 東京(1991)
- 69) Locker R.H., Hagyard C. J. A cold shortening effect in beef muscle. *J. Sci. Food Agr.*, **14**, 787-793(1963)
- 70) Cassens R. G., Newbold R. P. Effect of temperature on the time course of rigor mortis ox muscle, *J. Food Sci.*, **32**, 269-272(1967)
- 71) Honikel K. O., Roncales P., Hamm R. The influence of temperature on shortening and rigor onset in beef muscle. *Meat Sci.*, **8**, 221-241(1983)
- 72) 植本六良. 運動飼育. 魚類の死後硬直(山中英明編). 50-61, 恒星社厚生閣, 東京(1991)
- 73) Lee K.H., Tsuchimoto M., Onishi T., Wu Z-H., Jabarsyaha A., Mishima T., Tachibana K. Differences in progress of rigor mortis between cultured red sea bream and cultured japanese flounder. *Fish. Sci.*, **64**, 309-313(1998)
- 74) Lee K.H., Tsuchimoto M., Yada O., Mishima T., Jabarsyaha A.,

- Wang Q., Gomez Apablaza P.A., Tachibana K. The influence of characteristics of actomyosin on the difference of rigor mortis progress between cultured red sea bream and japanese flounder. *Fish.Sci.* **65**, 642-647(1999)
- 75) Wang Q, Tsuchimoto M, YADA O, Lee K.H., Jabarsyaha A., Gomez Apablaza P.A., Mishima T, Tachibana K. The influence of characteristics of actomyosin on the difference of rigor mortis progress between cultured and wild red sea bream. *Fish. Sci.*, **65**, 648-654(1999)
- 76) Yada O, Tsuchimoto M, Jabarsyaha A., Wang Q., Gomez Apablaza P.A., Tachibana K. Influence of interposition of pink muscle fiber into dorsal ordinary muscle on increase ingrate of K-value in various fish species. *Fish. Sci.*, **67**, 675-681(2001)
- 77) Yada O., Tsuchimoto M., Wang Q., Gomez Apablaza P.A., Jabarsyah A., Tachibana K. Differences of muscle fiber type and temporal change of K-value among parts toward depth of dorsal muscle in carp(cultured). *Fish. Sci.*, **66**,147-152(2000)
- 78) Yada O, Tsuchimoto M, Tsuchimoto M, Wang Q., Gomez Apablaza P.A., Jabarsyah A., Tachibana K. Influence of interposition of Pink muscle fiber into dorsal ordinary muscle on increasing rate of K-value in carp (cultured). 長崎大学水産学部研究報告. **83**,5-12(2002)
- 79) Yada O, Tsuchimoto M, Tsuchimoto M, Wang Q., Gomez Apablaza P.A., Tachibana K. Influence of interposition of pink muscle fiber into dorsal ordinary muscle on temporal change of K-value in cultured carp. *Fish. Sci.*, **68**, 1129-1137 (2002)

- 80) Tsuchimoto M, Gomez Apablaza P.A., Tsuchimoto M, Wang Q., Tachibana K. Comparison of 5'-inosine monophosphate and p-nitrophenyl phosphate degrading activities among red, pink, and white muscle fibers of cultured carp. *Fish. Sci.*, **71**, 205-212(2005)
- 81) 渡部終五, 系井史朗. 細胞小器官ミトコンドリアの生物活性. 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術(中添純一・山中英明編). 11-22, 恒星社厚生閣, 東京(2004)
- 82) Shimamoto J., Hiratuka S., Hasegawa K., Sato M. Rapid nondestructive determination of fat content in frozen skip jack using a portable near infrared spectrophotometer. *Fish. Sci.*, **69**, 856-860(2003)
- 83) 蔦本淳司, 長谷川薫, 井手圭, 河野澄夫. 生・凍結マアジの近赤外分光法による脂肪量の非破壊測定. *日水誌*, **67**, 717-722(2001)
- 84) 濱田(佐藤)奈保子, 大熊廣一, 渡邊悦生. K値を用いる魚肉の生可食限界の推定に関する理論的考察. *日食工誌*, **51**, 495-504(2004)
- 85) 安崎友季子, 滝口明秀, 小林正三. 底曳網漁獲ヒラメの鮮度と蓄養による高品質保持. 水産物の品質・鮮度とその高度保持技術(中添純一・山中英明編). 133-139, 恒星社厚生閣, 東京(2004)
- 86) 原田和弘. 日本海西部沖合底びき網漁獲物における急速冷却の鮮度保持効果. *日水誌*, **72**(3), 440-446(2006)
- 87) Ehira S, Uchiyama H, Uda F, Matsumiya H. A rapid method for determination of the acid-soluble nucleotides in fish muscle by concave gradient elution. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **36**, 491-496(1970)
- 88) Wahlefeld AW. UV-method with L-Lactate and NAD. In Bergmeyer HU(ed.) *Method of Enzymatic Analysis*. Academic Press, New York, 126-133, 266-270(1963)

- 89) Iwamoto M. Yamanaka H, Abe H, Ushio H, Watabe S, Hashimoto K. ATP and creatine phosphate breakdown in spiked plaice muscle during storage and activities of some enzymes involved. *J. Food. Sci.*, **53**, 1662-1665(1988)
- 90) 田中武夫. 流通上県と市場価格. 魚類の死後硬直(中添純一・山中英明編). 103-116,恒星社厚生閣,東京(1991)
- 91) 山中英明. 魚介類の死後変化と品質. 日水誌,**68**,5-14(2002)
- 92) 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,**62**,555-558(1996)
- 93) 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.*, **71**, 187-194(2005)
- 94) 山本常治, 野口栄三郎. 漁獲物の鮮度保持に関する研究XW魚の死後硬直に及ぼす放置温度の影響. 日本海区水産研究所報告,**13**, 119-125(1964)
- 95) 岩本宗昭. 致死条件と貯蔵温度. 魚類の死後硬直(山中英明編). 74-82,恒星社厚生閣,東京(1991)
- 96) 川口和宏, 久納洋一, 田北徹. 五島灘北部海域におけるイサキの卵と仔魚の分布. 日水誌,**61**,832-837(1995)
- 97) 森川晃, 関山博史, 岡本昭. 五島列島北部海域におけるイサキの漁獲量と年齢組成. 長崎県水産試験場研究報告,**20**,41-46(1994)
- 98) 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, 橋勝康. 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,72, 918-923(2006)
- 99) 藤井暢三. 生化学実験法. 南江堂. 東京(1949)
- 100) Tsuchimoto M, Tanaka N, Uesugi Y, Misima T, Tachibana K, Yada S, Senta T, Yasuda M. The influence of rearing water temperature on the relative thermostability of myofibrillar Ca^{2+} -ATPase and on the lowering speed of freshness in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 54, 117-122(1988)
- 101) 橋勝康, 槌本六良, 三嶋敏雄. 養殖マダイと天然マダイの氷蔵中における普通筋の微細構造と細胞化学的 Mg^{2+} -ATPase活性の変化. 日水誌,59,721-727(1993)
- 102) Jabarsyah A., Tsuchimoto M., Kozuru Y., Misima T., Yada O., Tachibana K. The influence of pink muscle fiber in ordinary muscle of fishes on the rigor mortis progress. *Fish. Sci.*, 65,472-477(1999)
- 103) Yada O., Tsuchimoto M., Wang Q., Apablaza P.A.G., Jabarsyah A., Tachibana K. Influence of interposition of pink muscle fiber into dorsal ordinary muscle on 5'-IMP degrading activity in various fish species. *Fish. Sci.*, 67,948-955(2001)
- 104) 岩本宗昭, 山中英明. 天然ならびに養殖マダイにおける死後硬直の顕著な差異. 日水誌,52,275-279(1986)
- 105) Jabarsyah A., Tsuchimoto M., Kozuru Y., Misima T., Yada O., Tachibana K. Discrimination of muscle fiber types in ordinary muscle by actomyosin ATPase activity and its comparison among various fishes and muscle parts. *Fish. Sci.*, 65,291-299(1999)
- 106) 橋勝康, 土居達也, 槌本六良, 三嶋敏雄, 小倉理一, 松清恵一, 保田正人. 養殖マダイの肉質に対する遊泳運動の効果. 日水誌,54,

677-681(1988)

107) 三嶋敏雄. 低水温環境下に生息する魚類における筋原繊維 ATPaseの適応機構に関する研究. 博士論文,長崎大学,長崎(1990)

108) 渡辺健一, 岡崎孝博. 徳島県牟岐大島周辺におけるイサキの成熟及び産卵期. 日水誌,66,631-638(2000)

109) Ebashi S., Endo M. Calcium and muscle contraction. *Prog. Biophys.Mol.Biol.* 18, 123-183(1968)

110) 水産庁増殖推進部, 独立行政法人水産総合研究センター. 平成17年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価ダイジェスト(要約)版). 東京(2005)

111) 大迫一史. マアジの水産加工原料適性に関する研究. 博士論文,長崎大学,長崎(2001)

112) Osako K., Yamaguchi A., Kurokawa T., Kuwahara K., Saito.H. Nozaki Y. Chemical components and color of horse mackerel caught in different areas. *Fish. Sci.* 68,587-594(2002)

113) 井上広滋. 活魚ビジネスにおける魚肉軟化問題. 日水誌,66, 912-913(2000)

114) 長崎県総合水産試験場. 長崎県の漁具・漁法. 143-151,長崎(2002)

115) 野中健. マアジ鮮度保持試験. 平成12年度長崎県総合水産試験場事業報告. 106-109(2001)

116) 長崎県水産部. 平成14年度長崎県水産白書. 64-66. 長崎県(2005)

117) 堀江貴雄, 田口喜祥, 高田純司, 岡本昭. ICタグを利用した養殖魚履歴表示システムの開発-ICタグ装着機の開発-. 長崎県工業技術センター研究報告,34, 9-11(2004)

- 118) 社団法人食品需給研究センター．宮城県産カキのトレーサビリティシステム開発・実証検討事業報告書(2003)
- 119) 酒井純．宮城県産カキのトレーサビリティシステム．漁業経済研究．48, 69-81(2003)
- 120) 出村雅晴．水産物トレーサビリティの現状と課題．調査と情報．農林中金総合研究所,9, 4-8(2004)
- 121) 出村雅晴．魚類養殖の現状からトレーサビリティを考える．農林金融,700-711(2005)