

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

岡本 満¹・森脇和也²・清川智之³・藤川裕司⁴

The freshness actual condition of Japanese butterfish *Hyperoglyphe japonica* by angling and examination of various killing procedures on board of Japanese butterfish

Mitsuru OKAMOTO, Kazuya MORIWAKI, Tomoyuki KIYOKAWA
and Yuji FUJIKAWA

Abstract: We examined the proper procedure of Japanese butterfish on board. Japanese butterfish were killed by six different procedures, i.e, bleeding division (contain group of cutting brain and bleeding, cutting spiral cord and bleeding, bleeding, and leaving in the air for 15 minutes after cutting gill) and non-bleeding division (contain group of dipping in cold sea water (temperature shock) and leaving in the air for 60 minutes (struggled killing)). The a* values of muscle of the struggled killing group was higher than that of the other group. Degrees of bleeding in muscle of bleeding division were less than that of non-bleeding division. These results indicated that a bleeding can keep muscle white. However, breaking strengths and K values were independent of killing procedures. The differences of breaking strengths and K values depended on causes except killing procedures such as temperature management.

キーワード：活けしめ，K値，鮮度保持，脱血，破断強度，メダイ

はじめに

メダイ *Hyperoglyphe japonica* の島根県における2009年の年間漁獲量は326 トンで，県内釣漁業における重要な対象魚種になっている。県内の一部地域では，釣漁業で漁獲されたメダイの付加価値向上を目指して，延髄刺殺と脱血によるいわゆる“活けしめ”が行われるようになった。しかし，死後変化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，適正な致死方法の検討と普及が求められている。海産魚の死後変化に及ぼす致死条件の影響については，ヒラメ^{1,2)}，養殖ハマチ³⁾，マアジ^{4,5)}，マルアジ⁷⁾，マサバ⁷⁾，カツ

オ^{8,9)}，イサキ¹⁰⁾などで報告されているが，メダイに関しては簡易的な試験による知見¹¹⁾はあるものの，詳細な検討は行われていない。

そこで，釣で漁獲されたメダイの鮮度実態を調査するとともに，致死方法との関係を調べた。また，その結果を踏まえ，メダイ釣漁業において漁獲されたメダイを異なる致死方法で処理し，致死方法と鮮度指標との関係について検討した。

試料と方法

鮮度実態調査 2007年2月に大田市仁摩地区のメダイ釣漁船4隻(A, B, C, D)が漁獲した

¹ 漁業生産部 Fisheries Productivity Division

² 現所属：総合調整部 General Coordination Division

³ 現所属：島根県庁しまねブランド推進課 Shimane Brand Promotion Division, Prefectural Shimane Government, Matsue 690-8501, Japan

⁴ 現所属：内水面浅海部 Inland Water Fisheries and Coastal Fisheries Division

メダイを5尾ずつ供試魚とした。研究室への搬入後、側頭部及び鰓蓋内部を観察し、即殺処理がどのようにされているかを確認した。経時的に背部筋肉の a^* 値、破断強度を測定するとともに ATP 関連化合物を定量分析した。

致死条件試験 2007年11月にメダイ釣漁船に乗船し漁獲されたメダイ18尾を、①延髄刺殺・脱血、②脊髓切断・脱血、③脱血、④温度ショック（水氷じめ）、⑤鰓切断後15分間甲板放置、⑥苦悶死（60分間甲板放置）、の6試験区で、試験区①に4尾、他の試験区に各3尾を処理した。試験区は鮮度実態調査と漁業者からの聴き取りを参考に設定した。なお、試験区⑤は、操業の効率化のために漁獲されたメダイの鰓基部のみを切断し甲板に放置したまま次の漁労作業に移る可能性を推測して設定した。

処理には全て出刃包丁を用い、延髄刺殺は延髄位置の側頭部から、脊髓切断は頭部後方の脊髓位置に包丁を差し入れ切断した。脱血は鰓蓋から包丁を差し入れ入鰓動脈を切断した（図1）。温度ショックは漁獲されたメダイをそのまま水氷に浸漬した。いずれも処理後は直ちに水氷に浸漬した。帰港後直ちに下氷を施したクーラーボックスに並べ、実験室に持ち帰り供試魚とした。経時的に背部筋肉の a^* 値、破断強度を測定するとともに ATP 関連化合物を定量分析した。供試魚は下氷をしたクーラーボックスに入れ5℃で貯蔵した。貯蔵中の供試魚体温の平均値と標準偏差は $0.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$ だった。

測定・分析方法 a^* 値は背部筋肉を厚さ1cm

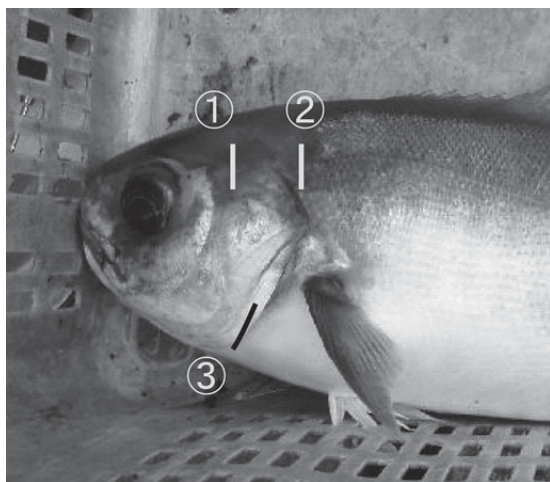


図1. 各処理の位置

①延髄刺殺、②脊髓切断、③脱血

に切り出し、黒色のゴム板の上に乗せ色差計（日本電色 NF333）で4ヶ所を測定し平均値を算出した。破断強度は Ando *et al.*¹²⁾ の手法に準じ、 a^* 値の測定に用いた筋肉をレオメーター（サン科学 R-UDJ-DM II、測定条件 プランジャー：直径10mm円形、試料台速度：毎秒1mm、クリアランス：1mm）で筋繊維に対して垂直方向に測定した。ATP 関連化合物は、血合筋を除去した背部筋肉2gを10%過塩素酸でホモジナイズした後、遠心分離により除タンパクした上澄みを pH7 前後に調整し、高速液体クロマトグラフ（島津製作所 10Avp、分析条件 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、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、装置制御及びデータ処理ソフト：島津製作所 CLASS-VP）で定量分析した。K 値は定量した ATP 関連化合物のうち、イノシン（HxR）およびヒポキサンチン（Hx）の化合物総量に対する百分率として算出した。

また、脱血の効果を確認するため、測定最終日に採材しなかった側の片身をフィラーにして、筋肉の色調を目視確認した。

試験区ごとの比較における統計処理は t-検定を用い、 $p < 0.05$ で有意差ありとした。

結 果

鮮度実態調査 供試魚の概要を表1に示した。外部観察では A 船は全ての個体に延髄切断及び鰓からの脱血が別々に施されていた。B 船と C 船は延髄ではなく頸部の脊椎を切断し脊髓切断と腹大動脈切断による脱血を兼ねていた。D 船は5尾中3尾で刃物は延髄に届いておらず、脱血も施されていなかった。他の2尾は何の処理もされていなかった。全ての供試魚は水揚時には完全硬直に達していた。

a^* 値は漁獲から12時間後、24時間後までは4船ともほぼ同じ数値を示したが、48時間後、72時間後には船間差が大きくなり、96時間後にはふたたび船間差がなくなった（図2）。破断強度は経時的に低下した。A 船が48時間後までは B 船、C 船、D 船に対して有意に高く変化した（図3）。

K 値は漁獲12時間後ではほぼ同じ値だったが、24時間後以降経時的に差が広がり始めた（図4）。有意差は48時間後、72時間後で A 船と D 船の間

表 1. 鮮度実態調査における供試魚の概要

船名	尾叉長 (mm)	体重 (g)	活けしめの有無と方法
A船	429	1,480	延髄刺殺・脱血
	433	1,430	〃
	442	1,350	〃
	448	1,640	〃
	421	1,290	〃
B船	408	1,020	脊髓切断・脱血
	374	830	〃
	418	1,160	〃
	407	1,020	〃
C船	404	950	〃
	390	970	脊髓切断・脱血
	357	800	〃
	398	1,070	〃
	401	1,050	〃
D船	386	910	〃
	396	930	なし
	388	970	なし
	378	850	延髄刺殺*
	382	900	なし
	390	930	延髄刺殺*

*刃物が延髄に達していなかった。

に、96時間後でA船、B船、C船とD船の間に、102時間後でA船とB船、C船、D船の間に、B船、C船とD船の間に認められた。

筋肉の色調は貯蔵期間を通じて、D船がA船、B船、C船に比べて全体的に赤みが強く、部分的な出血も多く見られ、72時間後では鰓や内臓が赤黒く変色し異臭が強かった。

致死条件試験 大田市仁摩漁港を4時35分に出港し14時20分に帰港した。漁場は浜田市三隅町北方沖、試験実施時の表層水温21.7℃、外気温16.2℃だった。供試魚の漁獲時間帯は午前7時15分から10時40分だった。延髄刺殺及び脊髓切断では処理の瞬間に体色が黒変したが、他の処理では黒変しなかった。帰港時には全ての供試魚が完全硬直に達していた。供試魚の概要を表2に示した。a*値について、脱血後速やかに水氷浸漬した試験区(①②③)、脱血することなく水氷浸漬(④)、鰓切断後15分間甲板に放置(⑤)、苦悶死(⑥)それぞれの試験区ごとに比較した(図5)。⑥が、30時間後で①②③に対して、54時間後で⑤に対して、78時間後で①②③、④、⑤に対して、それぞれ有意に高く変化した。

破断強度は、10時間後で⑤が⑥に対して、有意に高かったが、30時間後では延髄刺殺と脱血(①)、脊髓切断と脱血(②)、脱血(③)が鰓切断後15分間放置(⑤)、苦悶死(⑥)よりも有意

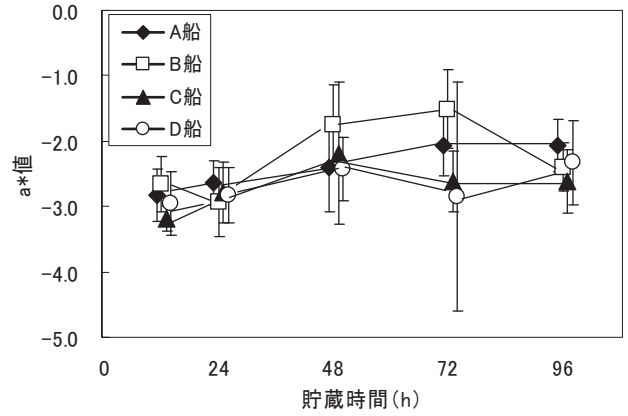


図 2. 鮮度実態調査におけるa*値の経時変化 上下に伸びる線分は標準偏差を示す (n=5)

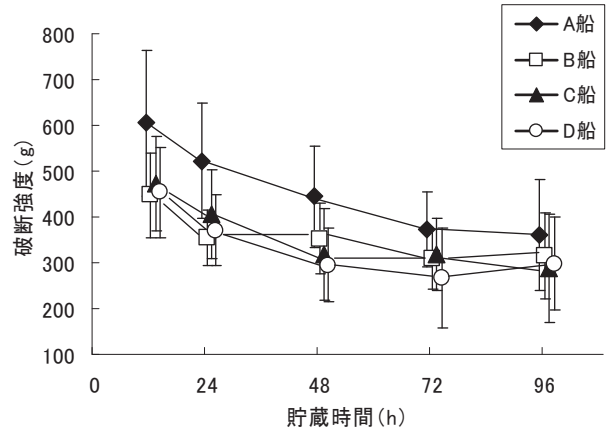


図 3. 鮮度実態調査における破断強度の経時変化 上下に伸びる線分は標準偏差を示す (n=5)

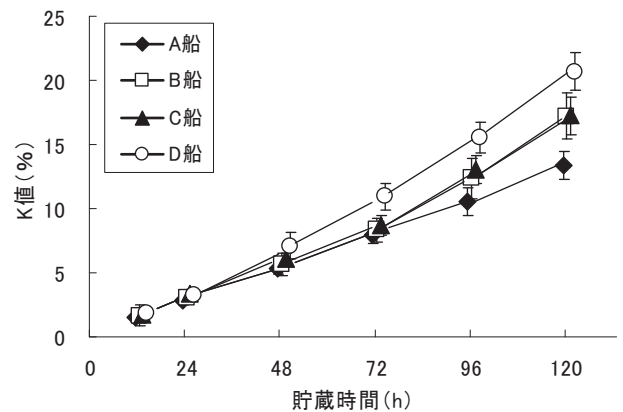


図 4. 鮮度実態調査におけるK値の経時変化 上下に伸びる線分は標準偏差を示す (n=5)

表 2. 致死条件試験における供試魚の概要

試験区	処理方法	供試尾数	尾叉長 (cm)	体重 (kg)	水氷水温 (°C)		魚体温 (°C)	
					浸漬直前	帰港時	漁獲時	帰港時
①	延髄刺殺・脱血	4	47.7~52.9	1.7~2.6				
②	脊髓切断・脱血	3	48.2~50.1	1.8~2.1				
③	脱血	3	46.2~48.6	1.7~2.1	-1.6	-1.0	18.2	-0.7
④	温度ショック	3	47.9~52.8	1.9~2.4			~20.1	~4.0
⑤	鰓切断後15分間放置	3	48.9~52.0	1.9~2.3				
⑥	苦悶死	3	48.7~51.8	2.0~2.2				

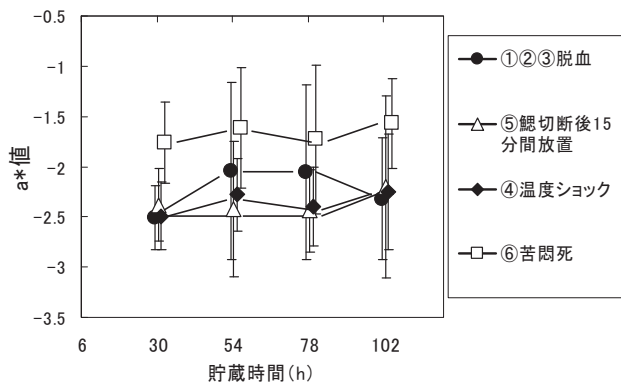


図 5. 致死条件試験における a* 値の経時変化. 脱血の効果を確認するため, 脱血した 3 試験区をまとめ (n=10), 鰓切断後 15 分間放置した試験区 (n=3) と脱血しなかった 2 試験区 (各 n=3) と比較した. 上下に伸びる線分は標準偏差を示す.

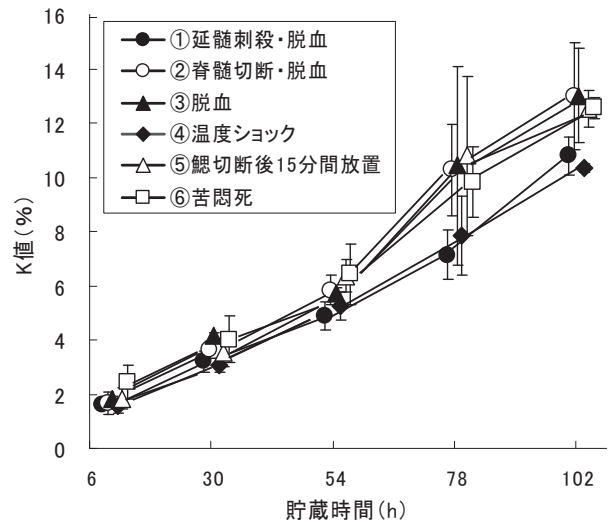


図 7. 致死条件試験における K 値の経時変化. 上下に伸びる線分は標準偏差を示す (n=5)

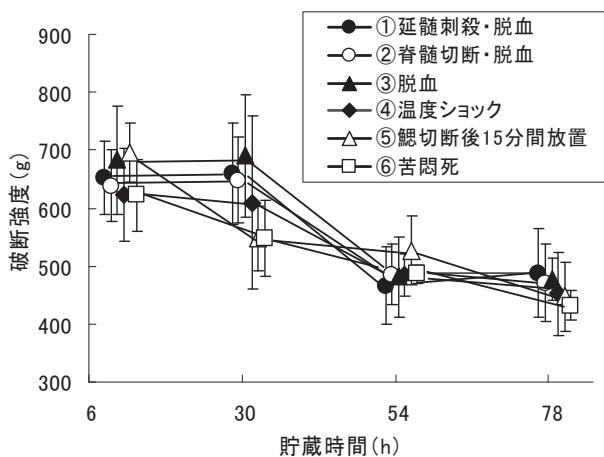


図 6. 致死条件試験における破断強度の経時変化. 上下に伸びる線分は標準偏差を示す (①: n=4, ②~⑥: 各 n=3)

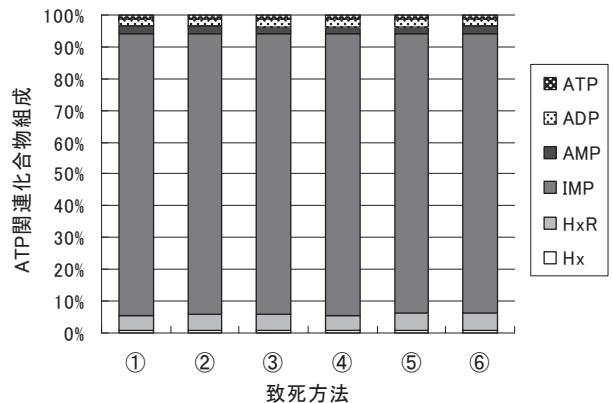


図 8. 致死条件試験における漁獲後 54 時間後における ATP 関連化合物組成
致死方法: ①延髄刺殺・脱血, ②脊髓切断・脱血, ③脱血, ④温度ショック, ⑤鰓切断後 15 分間放置, ⑥苦悶死

に高くなった。54時間後で試験区ごとの有意差はなくなった(図6)。

K値は試験区ごとの有意差は認められなかった(図7)。一般的に鮮魚として消費されると考えられる54時間後のATP関連化合物組成における、

主要な旨み成分であるIMP(イノシン酸)はATP関連化合物中約88%で、試験区ごとの明らかな違いは認められなかった(図8)。IMPの54時間後の蓄積量は4.6~7.8 $\mu\text{mol/g}$ だった。

筋肉の色調の目視確認においては、脱血をした試験区(①, ②, ③, ⑤)では筋肉が均質に白色を帯びていたが、脱血をしなかった試験区(④, ⑥)で腹腔と背骨周辺を中心として、点状出血及び鬱血が認められた(図9)。

鰓や内臓は、苦悶死した個体がやや赤黒く、臭いは他の試験区の供試魚と変わらなかった。

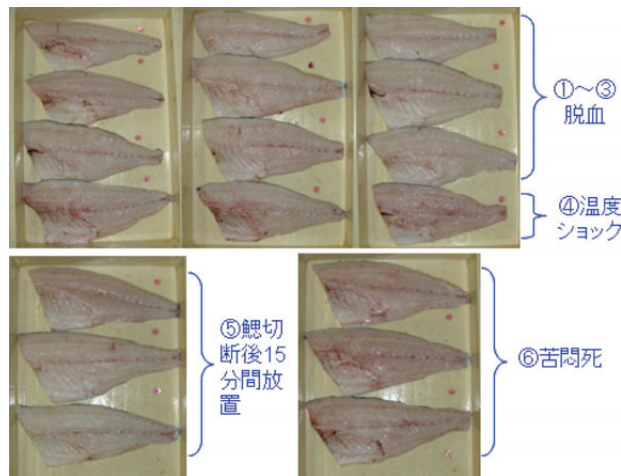


図9. 致死条件試験における筋肉の色調. 脱血処理をしていない試験区④と⑥には点状出血や鬱血が確認された

考 察

鮮度実態調査 鮮度面においてA船が最も優れ、B船、C船が続いてほぼ同等、D船が最も劣っていることが分かった。これは外部観察における活けしめ処理の徹底とほぼ対応していた。すなわち、延髄刺殺と脱血処理が確実にされているメダイほど高鮮度であることが推察された。これは産地市場における各船の評価とも符合していた。

致死条件試験 破断強度は30時間後において一時的に延髄刺殺と脱血処理、脊髄切断と脱血処理、脱血処理の、いわゆる活けしめをした試験区が高くなったが、これら3試験区は脱血処理が共

通していた。脱血処理と破断強度の関係について、安藤¹³⁾は、回遊性の魚種であるブリ、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メダイ、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。生態学上ここでの「回遊性」の反語は「定着性」、「底生性」の反語は「表中層性」に当たると思われるが、メダイがどちらに該当するのかは不明である。一方で望月ら⁵⁾は、延髄刺殺し脱血したマアジの破断強度が、延髄刺殺単独のマアジと顕著な差がなく、その原因が延髄刺殺時の一定量の出血によることを示唆しており、今回の試験においても延髄刺殺による出血が認められた。以上の知見と今回の結果は、脱血処理が破断強度に及ぼす影響を示唆している。また、養殖ハマチ³⁾、マアジ⁴⁾では苦悶死させた個体の破断強度が著しく低下することが報告されているが、今回の試験では苦悶死させた供試魚の破断強度がもっとも低く推移したものの、54時間後にはほぼ同じ値になった。全体として破断強度に及ぼす致死条件の影響が少ないのは、メダイの特性であると考えられた。

K値について、ヒラメ¹⁾、マアジ^{4, 6)}では致死条件による明らかな差は認められなかったこと、イサキでは苦悶死よりも延髄刺殺、温度ショック処理が低かったことが報告されている⁸⁾。また、マアジでは延髄刺殺単独に対して延髄刺殺に加え脱血処理を行うことでK値が低くなったことが報告されている⁵⁾。他魚種での致死条件がK値に明らかな影響を及ぼすという報告は少なく、今回のメダイについても明らかな関係を認めることはできなかった。

一方でヒラメ²⁾、メダイ¹⁴⁾では0℃貯蔵よりも10℃貯蔵の方が、マアジ⁴⁾では0℃貯蔵よりも8℃貯蔵の方が経時的にK値が高く変化することが報告されている。また、底びき網漁業で漁獲されたソウハチ、ニギス、アカムツ、キダイを用いた試験では、漁獲直後の水氷浸漬による予冷処理を加えることにより、従来法の上氷処理に比べてK値が低くなったことが報告されている¹⁵⁾。メダイについて貯蔵温度とK値の関係を検討した報告はないが、鮮度実態調査ではK値に明らかな差が認められ、市場担当者の聴き取りからも漁業者によって温度管理に差がある可能性があったことから、致死条件とともに貯蔵温度がK値に影響を与えることも考えられる。

魚肉の赤みを示す a^* 値に関しては、脱血処理しなかった試験区の中で、苦悶死のみが高い値を示し、温度ショック処理は脱血処理とほぼ同程度の値を示した。寺山、山中⁸⁾はカツオを用いた試験で、温度ショック処理のほうが打撃処理よりも a^* 値が高かったことを報告していることから、致死までの苦悶が長く続くほど筋肉内に血液が回ることが原因と推察されるが、詳細は不明である。一方、目視観察では、明らかに脱血した試験区で筋肉からの出血が少なかった。鰓切断後空气中に放置することで脱血することも分かった。油野、廣田¹⁶⁾はサクラマス、油野、浜田¹⁷⁾は海峡サーモン（青森県の北彩漁業生産組合が海中飼育を行っているドナルドソン系ニジマス）を用いた試験で、活けしめ脱血処理により、筋肉や内臓内の血液を減少させ腐敗の進行や血生臭さを抑えられると推測している。このことは、脱血処理がされていない供試魚の鰓や内臓が赤黒く変色し、異臭を放ったという今回の試験結果と共通している。

以上から、 K 値を低く維持するためには延髄刺殺と温度ショック処理が有効であり、破断強度を高く維持するためには苦悶死を防ぐことが有効であることが示唆された。メダイの品質を維持するためには、脱血処理が最も重要であることが明らかとなった。今回の致死条件調査では、延髄刺殺の優位性が明確に認められなかったものの、 K 値では優位性が示唆されており、延髄刺殺・脱血がメダイの鮮度保持技術の指針になると考える。

今後は、貯蔵温度と鮮度指標の関係について明らかにしていく必要がある。

謝 辞

本報告のデータを取得するにあたり、試験操業を快諾いただいた漁業協同組合 JF しまね仁摩支所の筑後修氏に厚くお礼申し上げる。また、調査に際して多大なご協力をいただいた島根県水産技術センター 大賀悦子職員、島根県浜田水産事務所 石橋茂人主任（現水産庁増殖推進部漁場資源課資源管理調査係長）、本報告をまとめるに当たって有益なご批判、ご助言をいただいた、島根県農林水産部水産課 井岡 久グループリーダー（現水産技術センター漁業生産部利用化学グループ科長）を始め、関係者の皆様に感謝する。

文 献

- 1) 岩本宗昭：魚類の“生き”の保持に関する研究。島水試研報，6，1-59(1989)。
- 2) 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後硬直の進行の比較。日水誌，56，101-104(1990)。
- 3) 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)。
- 4) 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，60，125-130(1994)。
- 5) 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)。
- 6) 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)。
- 7) 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)。
- 8) 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)。
- 9) 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)。
- 10) 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，72，918-923(2006)。
- 11) 清川智之，開内 洋，石原成嗣，井岡 久：釣獲したメダイの高品質化に向けての取り組み。水産物の利用に関する共同研究，45，47-50(2005)。
- 12) M. Ando, H. Toyohara, Y. Shimizu, and M. Sakaguchi: Post-mortem tenderization of fish muscle proceeds independently of resolution of rigor mortis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1165-1169 (1991)。
- 13) 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)。
- 14) 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)。
- 15) 石原成嗣：底びき網漁獲物の鮮度保持技術

- の向上試験. 島水試研報, 13, 45-48(2006).
- 16) 油野 晃, 廣田将仁: サクラマス (*Oncorhynchus masou*) 筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響 (II). 下北ブランド研究開発センター試験研究報告, 4, 53-58, (2005).
- 17) 油野 晃, 浜田勇一郎: 海峡サーモンの活けしめ脱血処理による鮮度保持効果. 下北ブランド研究開発センター試験研究報告, 4, 59-62(2005).