

マルソウダガツオ(メジカ)の鮮度保持法の検討

松本泰典*, 黒原健朗**, 下元道夫***, 多田昭介***

山口 薫***, 中越竜夫****, 北村和之*****

(受領日: 2011年5月25日)

* 高知工科大学地域連携機構 連携研究センター

〒 782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口 185

** 高知県海洋深層水研究所

〒 781-7101 高知県室戸市室戸岬町字丸山 7156

*** 中土佐町役場水産商工課, **** 中土佐町地域振興公社

〒 789-1301 高知県高岡郡中土佐町久礼 6602 - 2

***** 株式会社泉井鐵工所

〒 781-7103 高知県室戸市浮津 18 番地

E-mail: *matsumoto.yasunori@kochi-tech.ac.jp

要約: 全国の約 40% 以上の水揚げが高知県であるマルソウダガツオ(メジカ)は、高知県内の特産物と成り得る魚介類と考えられる。しかし、現状の取り扱いが鮮度劣化が速い魚であるとされ、宗田節などの加工食品などに用いられ、安価に流通している。一方、水揚げされている地域内では、鮮度の良い状態の内に流通していることから、時期によってはカツオより高値で刺身として販売されている。そこで、本研究では生鮮メジカを高知県の特産物として全国的に展開が図れるかを検証するため、冷却保存法の違いによる鮮度およびヒスタミン含有量の時系列変化を調べた。その結果、鮮度とヒスタミン含有量から生鮮魚として全国に流通するのに必要となる水揚げから少なくとも 24 時間以内では、刺身で食することのできる鮮魚として流通が可能であるというデータを得た。

1. はじめに

高知県が全国の水揚げ量の約 40% を占めるマルソウダガツオ¹⁾は、県内で一般にメジカと呼ばれ宗田節などの加工用材料として主に用いられている²⁻⁶⁾。しかし、その多くを水揚げしている須崎漁港や、釣り漁法にて水揚げしている中土佐町の久礼漁港および上ノ加江漁港周辺の地域では、マルソウダガツオを刺身で食する文化がある⁷⁾。特に若魚のことを新子と言い、この新子が地域内に流通するとカツオの刺身よりも高級品として取り扱われている。

このように、水揚げ場所を拠点とした地域では高価な生鮮魚介類とされているにも関わらず、一般的に流通しているそのほとんどが加工用とされている背景には、マルソウダガツオの「鮮度劣化の速さ」と「刺身で食すると中毒症状を発症する可

能性がある^{7,10)}」と言われていることが挙げられる。サバやマグロと同様にマルソウダガツオのような赤身魚は、体内でアレルギー様食中毒の原因となるヒスタミンに変換されるヒスチジンを大量に含んでいる。しかし、魚介類が新鮮でヒスタミンが大量に含まれていなければ食中毒は起こらないとされており¹⁰⁾、また高知県内で聞かれるマルソウダガツオによる中毒症状がどのようなものであるかについての詳細な報告は見られない。

著者らはマルソウダガツオを刺身で食することのできる流通システムを構築し、高知県の新たな特産物の創出を目的としている^{8,11)}。その取り組みの第一段階として、水揚げ後の保存法の違いによる鮮度の変化を調べることにした。本報ではマルソウダガツオを保存する際の雰囲気下における魚体の ATP 関連物質の挙動⁹⁾と、アレルギー様食

中毒の原因となるヒスタミン含有量の経時変化を実験的に調べた。また、鮮度の指標として知られているK値⁹⁾をATP関連物質から算出し、同様の実験を行ったゴマサバのK値と照らし合わせ、マルソウダガツオの鮮度変化の傾向を考察した。

2. 実験方法

2.1 実験用のマルソウダガツオ

実験に用いたマルソウダガツオは、高知県室戸市の三津大敷組合が大型定置網にて漁獲したものである。定置網で漁獲されたマルソウダガツオは、水揚げされるまでの輸送中、同組合が所有する船内の冷海水で野絞めされ、三津漁港に水揚げされた。そして、著者らが予め用意しておいた海水と砕氷を混合させたもの(以下、海水氷)に、平均重量が216gのマルソウダガツオ254匹を投入して海洋深層水研究所まで搬送した。同研究所にて、重量と尾叉長(図1、図2)を計測し、身質の個体差を出来るだけ小さくするため、尾叉長が25cm以下で外観に傷や変形などが見られない33匹を実験に用いた。

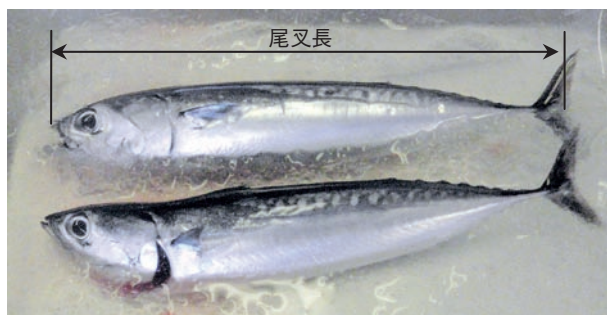


図1 保存実験に用いたマルソウダガツオ

2.2 保存方法

実験での保存はマルソウダガツオが水揚げされてから、市場で最も用いられている海水氷、そして新しい保存方法である塩分濃度が1.0wt.%および3.5wt.%のスラリーアイス¹²⁾の3つの方法とした。海水氷は、搬送時と同様に砕氷と海洋深層水を混合させたものを用いた。1.0wt.%のスラリーアイスについては、高知工科大学が所有する製氷システムにて塩分濃度1.0wt.%のNaCl水溶液から氷充填率(以下、IPF)が30%になるまで製氷した。なお、このときのIPFの調整については、製氷される水溶液の初期塩分濃度 x_0 [wt.%]および製氷中の塩分濃度 x_t [wt.%]との関係¹¹⁾、

$$IPF = 100(1 - x_0/x_t) \quad (1)$$

から製氷を停止する塩分濃度を求め、製氷中の塩分濃度がリニアに計測可能な電磁導電率計(東亜DKK製MBM-162)にて塩分濃度を確認した。3.5wt.%のスラリーアイスは、海洋深層水研究所が取水している海洋深層水を用い、株式会社泉井鐵工所が所有する装置(SUI-2T)にてIPF=30%のスラリーアイスを製氷した。なお、製氷運転の制御については、高知工科大学のときと同様である。そして、製氷された海水氷とスラリーアイス内容を50ℓのクーラーボックスに入れ、4℃に設定された冷蔵庫に保管した。また、保存実験中のそれぞれのクーラーボックス内の上層と下層の温度および冷蔵庫内の温度を把握するため、温度センサー(Onset社製TidviT V2)を設置した。

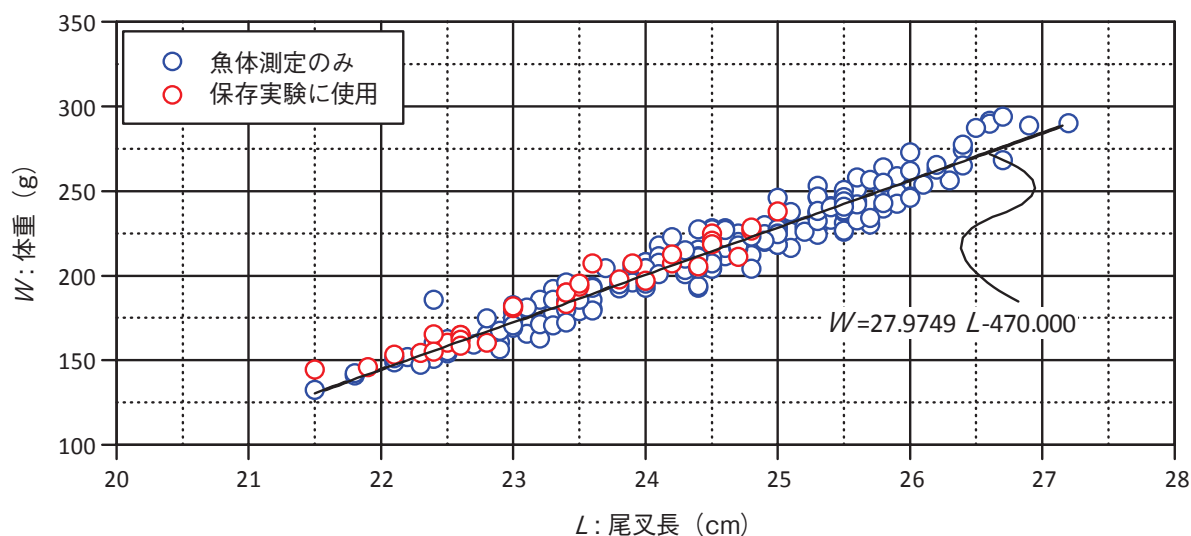


図2 サンプルのマルソウダガツオの尾叉長と体重の関係

2.3 サンプルングおよび分析

ATP 関連物質とヒスタミンを分析するための魚肉のサンプルングについては、3 匹の半身をミキシングしたものを 1 検体とし、サンプルング後に依頼する各分析機関に移送するため、密閉可能なポリエチレン樹脂の袋に入れ、 -35°C の冷凍庫で保管した。

実験用として選んだマルソウダガツオ 33 匹の内の 3 匹については、水揚げ直後の初期データとした。残りの 30 匹については、10 匹単位で海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスに保存した。それぞれに保存した 10 匹の内の 1 匹には温度センサーを肛門から筋肉部に挿入して魚体の中心温度を計測した。そして、24 時間おきに最大 72 時間まで 3 匹ずつサンプルングを行い、初期データ用のサンプルを得たときと同様の方法で検体を保管した。保管したサンプルについては、ATP 関連物質を高知県工業技術センターに、ヒスタミン含有量は高知県食品分析センターにそれぞれ分析を依頼した。

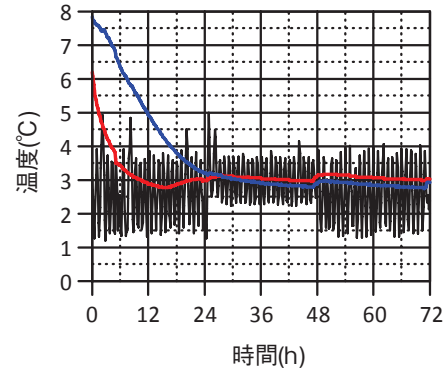
3. 実験結果と考察

3.1 保存実験での雰囲気

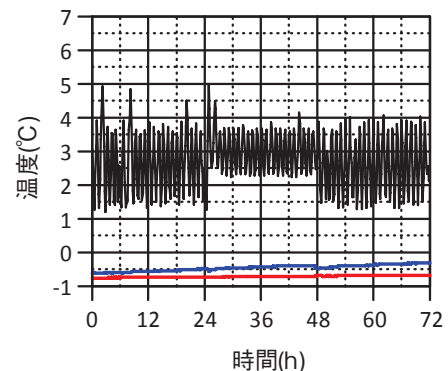
マルソウダガツオを海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスに保存したときの雰囲気と冷蔵庫の温度の時系列を図 3 に示す。

海水氷に着目すると、冷蔵庫の温度は海水氷に比して、変動しながら推移している。これは、冷蔵庫が気流冷蔵方式のため、庫内の空気の温度を制御する冷却機の ON-OFF 操作の影響を受けているからである。一方、海水氷は砕氷と海洋深層水の混合物であることから、外部からの熱の侵入に対して温度の変動が小さい代わりに氷の融解が起こっている。海水氷の上層と下層の温度の変化を比較すると、保存の開始直後に 3°C 程度の差が見られたが、24 時間に近づくにつれ差は小さくなった。そして、24 時間以降はほとんど差異が見られず、約 3°C で推移している。

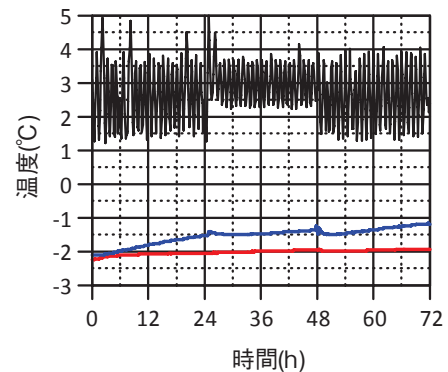
1.0wt.% のスラリーアイスは、保存開始の直後に上層と下層に差異は無く -0.6°C である。そして、時間経過とともに上層についてはほとんど変化が見られないが、下層では徐々に上昇し 72 時間後には -0.4°C になった。この温度の変化の違いについて考察すると、スラリーアイスは $0.1\sim 0.3\text{mm}$ の氷粒子と水溶液が混在した状態のものであるが、氷粒子の密度が水溶液に比して約 1 割



(a) 海水氷



(b) 1.0wt.% のスラリーアイス



(c) 3.5wt.% のスラリーアイス

— 冷蔵庫, — 上層, — 下層

図 3 マルソウダガツオを保存したときの雰囲気の時系列

小さい値のため、水溶液中では氷粒子に浮力が働く。これにより、実験開始のときには、上層から下層に至るまで存在していた氷粒子が時間経過とともに融解され、クーラー内部の氷粒子の減少とともに下層に設置した温度センサー付近の氷粒子が減少した。したがって、下層では外部からの侵入熱量に対し氷粒子の融解量すなわち潜熱のみでは対応できず、顕熱により温度が上昇したものと考えられる。

3.5wt.% のスラリーアイスでは、塩分濃度と凝

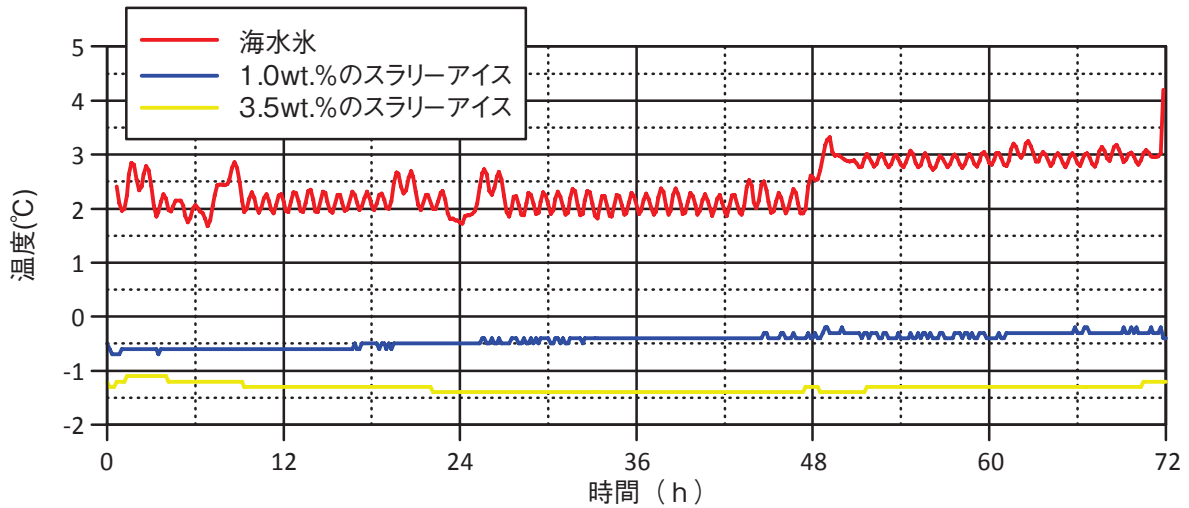


図4 保存されたマルソウダガツオの魚体中心の温度時系列

固点温度の関係から保存の開始温度が1.0wt.%のスラリーアイスよりも更に低い -2.1°C である。その後、1.0wt.%のスラリーアイスと同様の傾向を示し、上層の温度はほとんど変化が見られないが、下層については徐々に上昇し、72時間後には -1.0°C になった。下層での温度上昇が1.0wt.%のスラリーアイスの下層よりも顕著に見られた原因としては、冷蔵庫との温度の差が3.5wt.%のスラリーアイスの方が大きいため、侵入熱量が増したためと考えられる。

海水氷、1.0wt.%のスラリーアイスおよび3.5wt.%のスラリーアイスで保存したマルソウダガツオの魚体中心温度を図4に示す。海水氷には若干の揺らぎがあるものの、海水氷が $1.5\sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 、1.0wt.%のスラリーアイスが $-0.6\sim -0.2^{\circ}\text{C}$ 、3.5wt.%のスラリーアイスが $-1.4\sim -0.1^{\circ}\text{C}$ であり、ほぼクーラー内の下層温度と同じであ

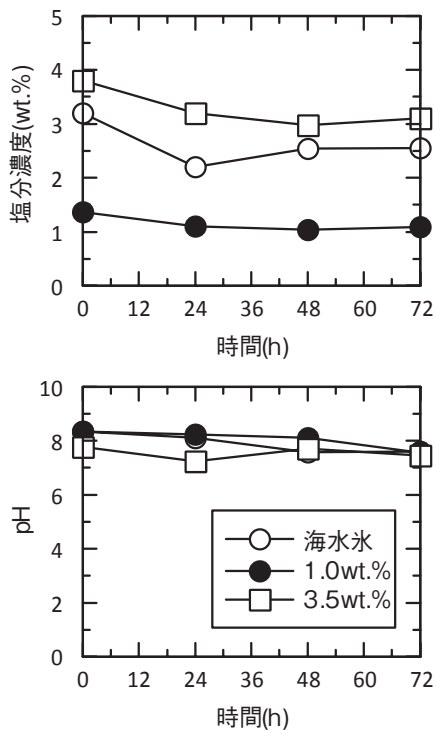
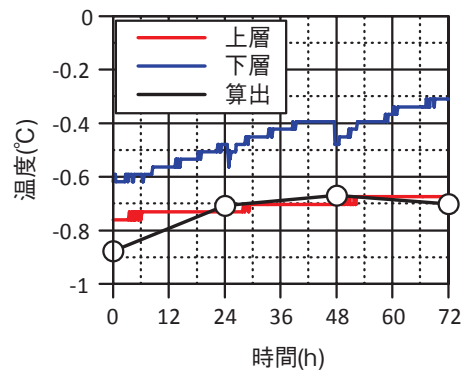
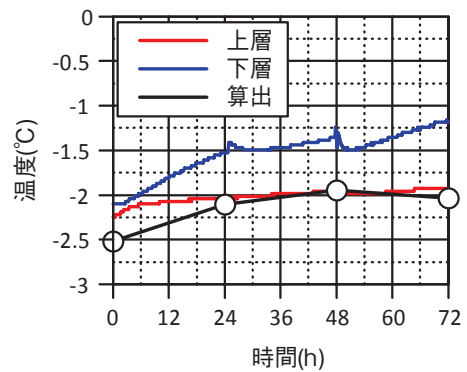


図5 海水氷、1.0wt.%のスラリーアイスおよび3.5wt.%のスラリーアイスの塩分濃度とpHの時系列変化



(a) 1.0wt.%のスラリーアイス



(b) 3.5wt.%のスラリーアイス

図6 スラリーアイスの温度と塩分濃度から算出した温度の時系列

る。

また、ATP 関連物質およびヒスタミン含有量を分析するため、魚肉をサンプリングする際に計測した塩分濃度および pH を図 5 に示す。塩分濃度については、高い順から 3.5wt.% のスラリーアイス、海水氷そして 1.0wt.% のスラリーアイスであることが分かる。塩分濃度 x wt.% と凝固点温度 τ °C には関係があり、

$$\tau = -iK_b \frac{x}{10^2 - x} \frac{10^3}{M} \quad (2)$$

$$\left(\begin{array}{l} i : \text{キルヒホフ係数} \\ K_b : \text{溶媒の係数} \\ M : \text{分子量} \end{array} \right)$$

にて示すことが出来ると知られている¹²⁾ものの、図 4 の温度の時系列では海水氷の温度がプラスの温度帯となっている。これは海水氷が海洋深層水と砕氷を混合したものであるが、氷と海洋深層水の接触面積が小さいため、侵入熱量に対して氷の融解による潜熱量とのバランスが取られていないと考えられる。一方、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスについては、塩分濃度から式 2 を用いて算出した凝固点を実験から得られた温度の時系列にプロットすると図 6 の通りである。なお、キルヒホフ係数、溶媒の係数および分子量については海洋深層水が NaCl 水溶液と同様と見なし、 $i=2$ 、 $K_b=1.86$ 、 $M=58.44$ とした。両塩分濃度のスラリーアイスとも 24 時間以降は、上層と算出した温度が良く一致している。このことから、スラリーアイスについては水溶液に氷粒子が存在した状態であれば、塩分濃度を制御また管理することで温度の調整が可能となる。

pH については海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスとも 7 から 8 で推移し、違いは見られなかった。

3.2 鮮度およびヒスタミン含有量

ATP 関連物質の挙動は、図 7 に示すような含有量の時系列変化が得られた。ATP および ADP については、海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスのいずれも 24 時間後に大きく減少し、その後は安定して推移している。AMP についても、前記の両成分ほど顕著に見られないものの、24 時間後までは減少が見られ、それ以降はほぼ安定している。旨み成分とも言われている IMP は、いずれの保存方法も 24

時間後にピーク値に達し、3.5wt.% が最も高い値を示している。HxR と Hx については、海水氷が最も含有量の上昇が大きい。

これらの傾向を考察すると、ATP、ADP および AMP のグループと、IMP、HxR および Hx のグループに大別することができる。後者のグループに着目したとき、成分の含有量と図 4 の保存温度に相関があるものと考えられる。IMP については、保存温度が最も低い 3.5wt.% のスラリーアイスが 24 時間以降で最も高い値を維持し、次いで 1.0wt.% のスラリーアイス、海水氷となる。また、鮮度劣化の成分であると言える HxR および Hx については、海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスそして 3.5wt.% のスラリーアイスの順で含有量が高い値を示している。このことから、マルソウダガツオは、保存温度が低いほど、旨み成分である IMP の含有量を保持し、鮮度劣化となる HxR および Hx の上昇を抑制するものと考えられる。

ATP 関連物質から算出した K 値を図 8 に示す。なお、本図には別途同様の方法にて保存実験を実施したゴマサバについてもプロットしている。K 値は鮮度の劣化が進むとともに値が大きくなる指標である。本図より保存方法が同じであればマルソウダガツオはゴマサバに比して K 値がほぼ 2 倍の値であるから、水揚げ後はゴマサバのよりも 2 倍の速度で鮮度劣化が進むものと考えられる。海水氷で保存したゴマサバと 3.5wt.% のスラリーアイスが同程度の値を示しながら推移している。

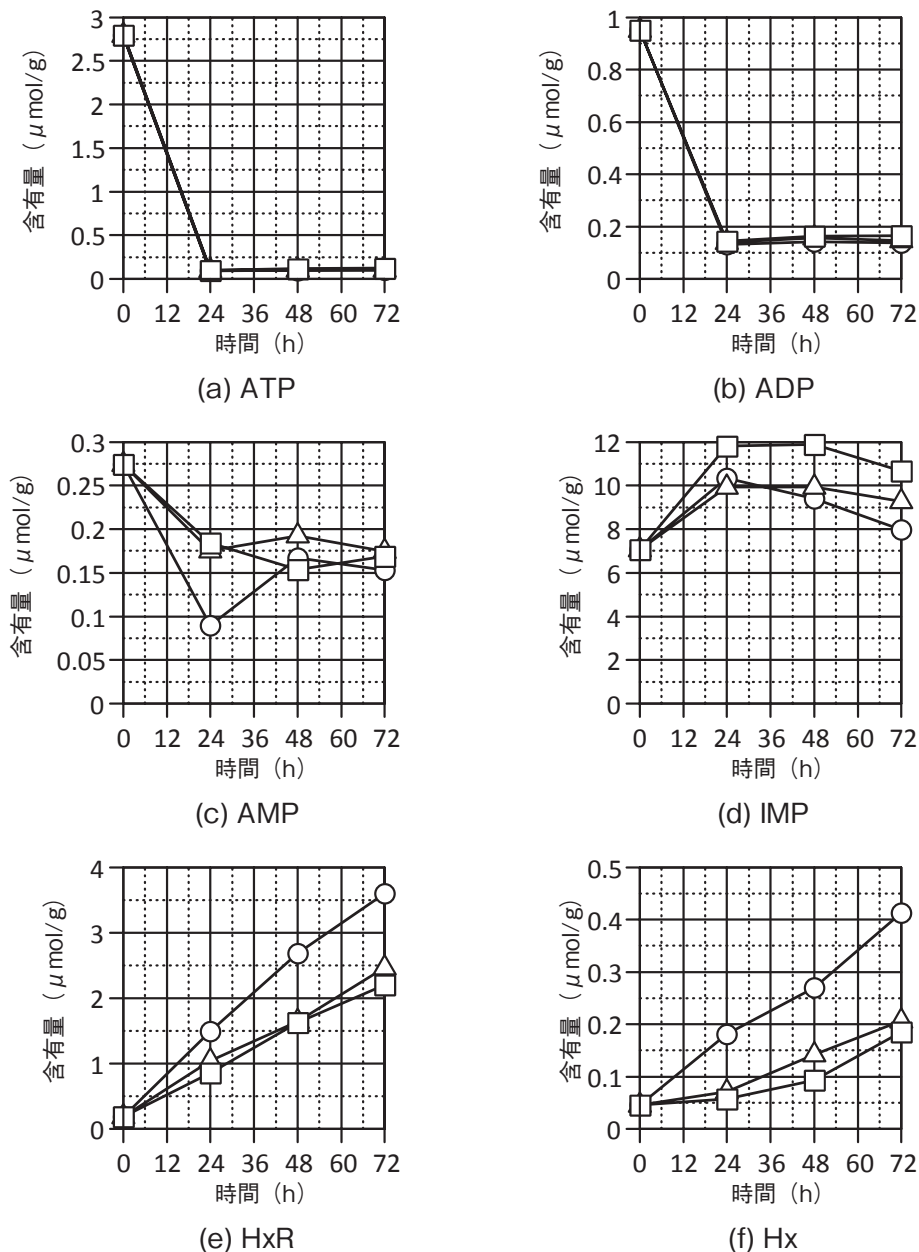
鮮度として刺身で食することのできる流通を考えた場合、旨み成分である IMP の含有量が多く、そして K 値 = 20% 以下がキーワードとなる。それらの要素を鑑みると 24 時間以内であれば海水氷、1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイスの全ての保存方法が適する。また、48 時間以内であれば 1.0wt.% のスラリーアイスおよび 3.5wt.% のスラリーアイス、72 時間以内であれば 3.5wt.% のスラリーアイスが当てはまる。

アレルギー様食中毒の原因となるヒスタミン含

表 1 マルソウダガツオの可食部におけるヒスタミン含有量 (mg/g)

保存	24 時間後	48 時間後	72 時間後
海水氷	<0.01*	<0.01	<0.01
1.0wt.%	<0.01	<0.01	<0.01
3.5wt.%	<0.01	<0.01	<0.01

* 検出限界以下



○海水氷, △1.0wt.%のスラリーアイス, □3.5wt.%のスラリーアイス

図7 マルソウダガツオの保存方法における ATP 関連物質の時系列

有量を示す表1から、いずれの保存方法でもヒスタミンは検出されなかった。

4. おわりに

刺身で食することのできるマルソウダガツオの流通システムの構築を目的に、本報では水揚げ後の保存方法として海水氷、1.0wt.%のスラリーアイスおよび3.5wt.%のスラリーアスの雰囲気下における鮮度の挙動として、ATP 関連物質の時系列変化およびヒスタミン含有量を調べた。そして、ATP 関連物質から K 値を算出し、マルソウ

ダガツオの鮮度の特性を考察した。次項に得られた結果をまとめる。

- (1) ATP 関連物質の内、IMP、HxR および Hx については保存温度と相関が有り、より低温で保存することで鮮度劣化は抑制される。
- (2) マルソウダガツオとゴマサバの K 値の変化を比較したところ、保存方法が同じであればマルソウダガツオはゴマサバの2倍の速さで鮮度が劣化する傾向がある。
- (3) ヒスタミン含有量は、いずれの保存方法でも72時間以内では検出されなかった。

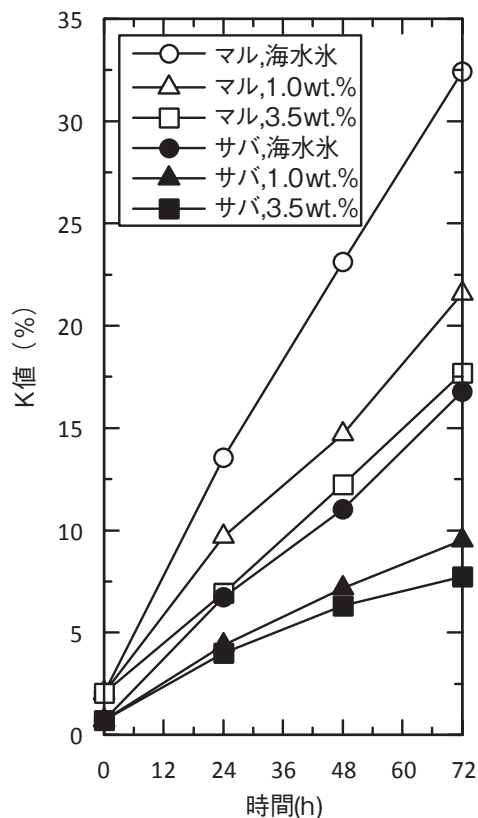


図8 マルソウダガツオおよびゴマサバの保存雰囲気の違いにおけるK値の時系列変化

本報では、大型定置網漁で漁獲後に野絞めされたマルソウダガツオをサンプルに、保存方法の異なる実験を実施した。より鮮度を保持する方法としては、活き絞め、血抜きおよび漁獲直後の急速冷却などの手法がある。今後これらの手法を用いた場合の鮮度との関係を明らかにし、最適な流通システムの構築を目指す。

謝辞

本報は平成22年度高知県産業振興計画地域アクションプラン「スラリーアイスを活用した地域活性化事業（中土佐町）」での取り組みの成果の一部である。

本取り組みのきっかけを頂いた中土佐町町長池田洋光氏および町議（旧中土佐町役場水産商工課課長）林 勇作氏、また実験のフィールドを提供して下さい海洋深層水研究所々長 津嶋貴弘氏には深く感謝申し上げます。そして、ATP 関連物質の分析を行って下さった高知県工業技術センター食品開発課主任研究員 阿部祐子氏にも心より感謝致します。

文献

- (1) 農林水産省, “平成20年漁業・養殖業生産統計年報(2-2大海区都道府県支庁別統計魚種別漁獲量),” <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001069810>, 2008.
- (2) K. Chiba and K. Toshitaka, “Health Benefits and Cultural Role of Sodabushi in Tosashimizu, Kochi,” *Kuroshio Science*, Vol.3, No.1, pp.81-83, 2009.
- (3) 高木 毅, 高屋比呂志, 伊木誠一郎, 池谷幸平, “水産加工品新商品の開発1,” 静岡県水産技術研究所事業報告, Vol.2008, pp.53-54, 2009.
- (4) 船津保浩, 深見克哉, 近藤英裕, 渡辺終五, “マルソウダ魚醤油のもろみから分離した *Staphylococcus nepalensis* による黒作りイカ塩辛の臭気の改良,” *日本水産学会誌*, Vol.71, No.4, pp.611-617, 2005.
- (5) 川崎賢一, 船津保浩, “未利用水産資源の高度利用を目的とした魚醤油の開発,” *日本水産学会誌*, Vol.69, No.5, pp.705-708, 2003.
- (6) 林 勇作ほか編, “土佐のカツオ漁業史,” 高知県中土佐町発行, pp.869, 2001.
- (7) 林 勇作編, “中土佐町関係新聞記事集(平成十九年四月~二十二年二月)” 中土佐町教育委員会発行, pp.31-33, 2010.
- (8) 下元道夫, 多田昭介, 山口 薫, 中越竜夫, 松本泰典, “平成22年度中土佐町「スラリーアイスを活用した地域活性化事業」,” 高知県産業振興計画地域アクションプラン成果報告書, pp.74-84, 2011.
- (9) 山中英明他編, “東京水産大学第21回公開講座魚介類の鮮度と加工・貯蔵,” 成山堂書店発行, pp.1-11, 1995.
- (10) 里見正隆, “ヒスタミン (Histamine),” *日本食品科学工学会誌*, Vol.57, No.8, pp.366, 2010.
- (11) 黒原健朗, 松本泰典, 中越竜夫, 北村和之, 津嶋貴弘, “スラリーアイスを用いたメジカの鮮度保持,” 平成22年度日本水産学会春季大会講演要旨集, pp.230, 2011.
- (12) 松本泰典, 横川 明, 宇野光世, 北村和之, 岩川三和, “NaCl水溶液を用いた氷スラリー製造装置による製氷能力に関する研究,” *Journal of MMIJ*, Vol.124, pp.240-244, 2008.

Study on Methods of Maintaining Freshness of *Frigate mackerel* with Mixed Ice in Sea Water and Slurry Ice

Yasunori Matsumoto*, Kenro Kurohara**, Michio Shimomoto***,
Syousuke Tada***, Kaoru Yamaguchi***, Tatu Nakagoshi****
and Kazuyuki Kitamura*****

(Received : May 25th, 2011)

*Research Organization for Regional Alliances Center for Regional Collaboration,
Kochi University of Technology, 185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami city,
Kochi 782-8502, JAPAN

**Kochi prefectural Deep Seawater laboratory, 7156, Maruyama, Murotomisaki town,
Muroto City, Kochi 781-7101, JAPAN

, *Nakatosa Town Office, 6602-2 Kure, Nakatosa town, Takaoka-gun,
Kochi 789-1301, JAPAN

*****Izui Iron Works Co., Ltd., 18 Ukitsu Muroto city, Kochi 781-7103, JAPAN

E-mail: *matsumoto.yasunori@kochi-tech.ac.jp

Abstract: An annual catch of the *frigate mackerel* off Kochi Prefecture is accounted for about 40 per cent of the total catch of it off the coast of Japan and is the maximum amount in all prefectures. Although the *frigate mackerel* caught in Kochi is mainly used for fish flake, dried bonito and fish sauce as processed foods, the food culture eating the sashimi which consists of very fresh raw *frigate mackerel* has in the local areas of Susaki city and Nakatosa town, Kochi. The fresh slices of raw *frigate mackerel* are very delicious and costly. The authors therefore intend to determine methods of maintaining as fresh *frigate mackerel* as possible to soak in mixed ice in sea water and produced slurry ice from the solution of salt with concentrations below 1.0wt.%. The results of this paper indicate the following: (1) Inosine monophosphate (IMP), Inosine (HxR) and hypoxanthine (Hx) seemed to correlate with the temperature, when the *frigate mackerel* were stored in the range from -1.4 to 3.5 degrees. (2) The speed at which *frigate mackerel* is degraded freshness is twice as fast as southern mackerel.