# 原料の鮮度及び冷凍・解凍等の諸条件がブリ類及びマダイの品質に及ぼす影響

落合　瞳子・木村　優輝・白板　孝朗※1

The effects of raw material freshness and various conditions such as freezing and thawing on the quality of yellowtail and red sea bream

Toko OCHIAI, Yuki KIMURA, Takao SHIRAITA

キーワード：ブリ(Yellowtail)、マダイ(Red sea bream)、血合肉(Dark muscle)、核酸関連物質(Nucleic acid related compounds)

血合肉の赤色は血中のミオグロビンが関与しており、酸化によるメト化が進行すると鮮赤色が失われて褐色になる。冷凍保存中におけるミオグロビンのメト化抑制法としては 、− 35℃以下の超低温保蔵が有効で冷凍マグロの流通に応用されている。[1-2]また、既報 [3]においては、サバのラウンドを真空包装した状態で保管した場合、− 60℃での保管で血合肉の色が保持されることが確認されている。マグロ肉では K 値 0.8 以下の高鮮度状態で冷凍した場合、− 20℃冷凍保存でもメト化の進行が遅く、− 40℃保存と同等の効果が期待されることが報告されている。[4]しかし、−20℃での流通が一般的なカンパチやブリなどの魚種では、冷凍流通時の血合肉の褐変が早いことが問題となっている。[5-8]

そこで本研究では、鮮度の異なるブリ類及びマダイを用いて各種条件で凍結保存・解凍し、それらの品質について調査した。

## 試験方法

### １．本報告における用語の定義

**ブリ類**

サイズによって呼び名が変わる(地方によりさらに異なる)出世魚のブリについて、大きいサイズから、ブリ(約 4 ~ 10 kg)、イナダ(約 1~2 kg)、ワカシ(1 kg 未満)の総称。

**イワシ類**

マイワシ及びカタクチイワシの総称。

### ２．フィレの冷凍及び解凍条件の検討

**(1) 試料及び試験区**

供試したワカシの鮮度、冷凍条件及び解凍条件を表 1 に示す(全 12 区)。

※1　現在、青森県水産振興課

試料は、体重、尾叉長を測定後、頭、内臓を除去して腹腔内を洗浄し、洗浄後の魚体の水分をペーパータオルで払拭し、三枚におろしてフィレとし真空包装して冷凍した。

**表１　フィレの鮮度、冷凍及び解凍条件の試験区**

| 鮮度 | | 冷凍条件 | | 解凍条件 |
|---|---|---|---|---|
| ①船上処理＊ | | －20℃アルコールブライン | | 流水（－15℃） |
| | × | －30℃ストッカー | × | |
| ②市場購入＊＊ | | －50℃ストッカー | | 緩慢（冷蔵庫で一晩保存） |

①船上処理＊；令和元年 10 月に定置網漁により八戸沖で漁獲直後に船上で延髄切断後、脱血処理し、帰港し当研究所で供試するまでスラリーアイス（八戸市第三魚市場 A 棟製造）で保管したワカシ(372.9 ± 14.0 mm)。

②市場購入＊＊；令和元年 9 月に八戸魚市場で購入し供試したワカシ（359.6 ± 17.3 mm）。

### (2) 分析方法

ア　K 値

背側普通肉から約1 g を採取し、過塩素酸を用いて抽出を行った。核酸関連物質は既報[9]をもとに分析し、そこから下式を基に K 値を算出した。

$$K\text{ 値(mol \%)} = (HxR + Hx / ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + HR) \times 100$$

イ　メト化率

秋田ら[10–11]の方法に準じてメト化率を測定した。つまり、試料 4 g に冷却した蒸留水 20 ml を加えて乳鉢ですりつぶし、この懸濁液を遠心分離(4,000 × g 、4 ℃、10 分間)し、上清を 1N NaOH で pH6.8~7.0 に調整した。生じた沈殿を遠心分離して、メンブレンフィルター(φ 0.45 μm )でろ過した。このろ液の 540 nm 及び 503 nm における吸光度を測定し、尾藤[12]の検量線をもとにした式からメト化率を算出した。1 試料につき 3 回測定して平均値を求めた。

ウ　解凍ドリップ

真空包装前の重量を測定し(A)、各条件で処理し、1、3、5 ヶ月間冷凍後、解凍して余分な水分を払拭し、重量を測定した(B)。解凍ドリップは次式を基に算出した。

$$\text{解凍ドリップ(\%)} = (A-B) / A \times 100$$

## ３．グレーズ処理条件の検討

### (1) 試料及び試験区

供試したイナダの鮮度、冷凍条件及び解凍条件を表 2 に示す(全 6 区)。

試料は、前述の 2 の試験と同様に測定、洗浄してドレスとした。－ 30℃のストッカーで一晩凍結した後、表 2 の試験区のとおりにグレーズ処理して含気包装し、－ 30℃のストッカーで 3 ヶ月保管した。解凍条件は緩慢(冷蔵庫一晩解凍)とした。

表 2　グレーズ処理試験区

| 鮮度 | （冷凍） | | グレーズ液 | （保管） | （解凍） |
|---|---|---|---|---|---|
| ①船上処理＊ | －30℃ | | 1%グルコース溶液 | －30℃ | 緩慢 |
| | ストッカー | × | 1%アスコルビン酸ナトリウム溶液 | ストッカー | （冷蔵庫 |
| ②市場購入＊＊ | （一晩凍結） | | 未処理（水） | （3 カ月） | 一晩） |

①船上処理＊；令和元年 10 月に定置網漁により八戸沖で漁獲直後に船上で延髄切断後、脱血処理し、供試するまでスラリーアイスで保管したイナダ(508.8 ± 63.1 mm)。

②市場購入＊＊；令和元年 9 月に八戸魚市場で購入したイナダ(550.9 ± 13.8 mm)。

### (2)分析方法

ア　K 値

２．(3)アと同様の方法で行った。

イ　メト化率

２．(3)イと同様の方法で行った。

## ４．刺身様形態の冷凍条件の検討

### (1)試料及び試験区

供試した魚種、処理方法及び冷凍保管温度及び解凍方法を表 3 に示す(全 20 区)。

試料は、前述の試験と同様に処理し三枚におろしてフィレとし、皮を除去してからさくに切り出した。調製したさくを表 3 の処理方法に従って調製し、真空包装後、－30℃のストッカーで一晩凍結した後、－20℃または －30℃ストッカーで保管した。解凍は、5℃に設定した恒温機内でエアレーションしながら浸水させ、1 時間解凍した。

表 3　刺身様形態の冷凍試験区

| 試料 | | 処理方法＊＊＊ | | 冷凍保管温度 | 解凍方法 |
|---|---|---|---|---|---|
| イナダ＊ | | ①コンブ+日本酒<br>②ピチットシート | | －20℃ | |
| | × | ③1%アスコルビン酸ナトリウム溶液 | × | | 5℃水浴中 1 時間 |
| マダイ＊＊ | | ④未処理（真空包装のみ） | | －30℃ | |
| | | ⑤1%茶カテキン溶液 | | | |

イナダ＊；令和 2 年 7 月に定置網漁により八戸沖で漁獲直後に船上で延髄切断後、脱血処理し、供試するまでスラリーアイスで保管した(432.3 ± 24.7 mm)。

マダイ＊＊；令和 2 年 7 月に陸奥湾の定置網漁により漁獲後、船上で神経締め及び延髄切断後、脱血処理し、供試するまで下氷で保管した(507.4 ± 60.5 mm)。

処理方法＊＊＊；① 日本酒を湿らせたペーパータオルでコンブ（北海道利尻産）の表面を拭き取ってからさくの片面に接触させて真空包装した。

処理方法　　；② さくをピチットシート（マイルド・低吸収タイプ、昭和電工プラスチックプロダクツ株式会社製）

で包み、冷蔵庫で一晩保存後、ピチットシートを取り除いてから －30℃ストッカーで一晩凍結し、真空包装した。

処理方法　　；③及び⑤ さく重量に対し 5%量の 1%アスコルビン酸ナトリウム溶液または 1%茶カテキン溶液を添加して真空包装した。

### (2) 分析方法

ア　K 値

２. (3)アと同様の方法で行った。

イ　解凍ドリップ

各条件で処理し、2、4、8 ヶ月間冷凍保管後のサンプルについて、２. (3) ウと同様の方法で行った。

ウ　血合肉の色調の測定

色彩色差計(MINOLTA CR−400、測定径 11 mm)で解凍後のさくの血合肉の L*値、a*値及び b*値を測定し、メト化の指標となる a*値と b*値比(a* / b*値)を算出した。[11]また、各解凍後のさくをデジタルカメラ(オリンパス社、TG5RED)で撮影した。

## 結果および考察

### １. フィレの冷凍及び解凍条件の検討

### (1) K 値

0 日目は市場購入ワカシより船上処理ワカシで K 値が低かった(図 1)。5 ヶ月保管後では、船上処理ワカシで K 値が低く、また、保管期間の違い及び冷凍条件に関わらず、解凍条件は緩慢区より流水区で K 値が低かった(図 2、3)。

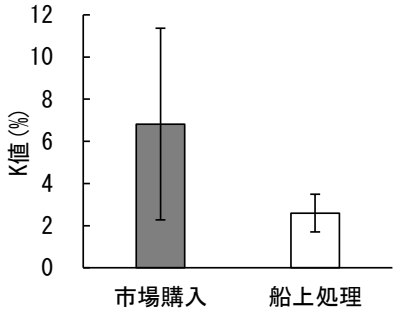



**図 1　原料の K 値の比較**（各 n = 36）

0 日目：市場で購入または船上で処理した当日

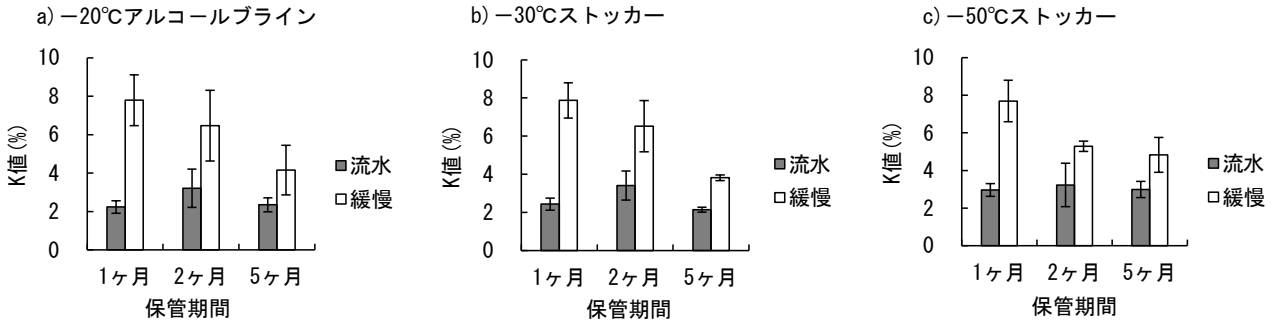



図 2　市場購入ワカシにおける解凍条件の違いによる K 値の比較(各 n = 6)

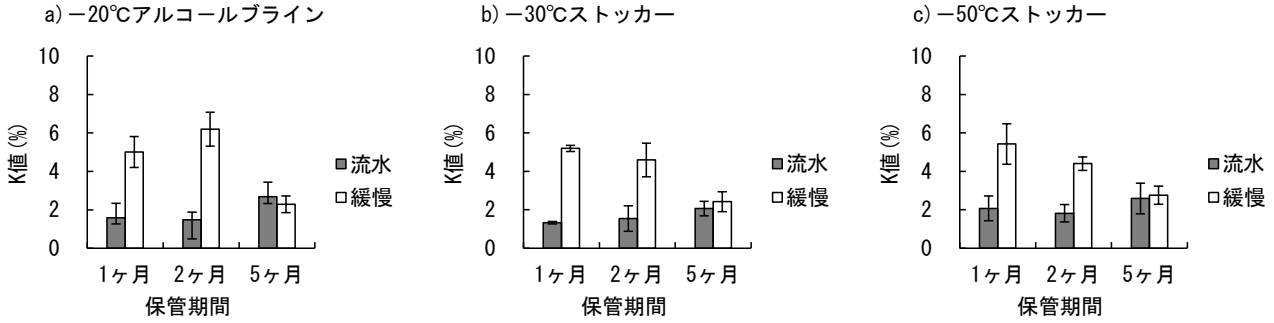



図 3　船上処理ワカシにおける解凍条件の違いによる K 値の比較(各 n = 6)

## (2) メト化率

市場購入ワカシ及び船上処理ワカシともに、保管期間が長くなると冷凍及び解凍方法に関わらず増加傾向だった(図 4 - 5)。

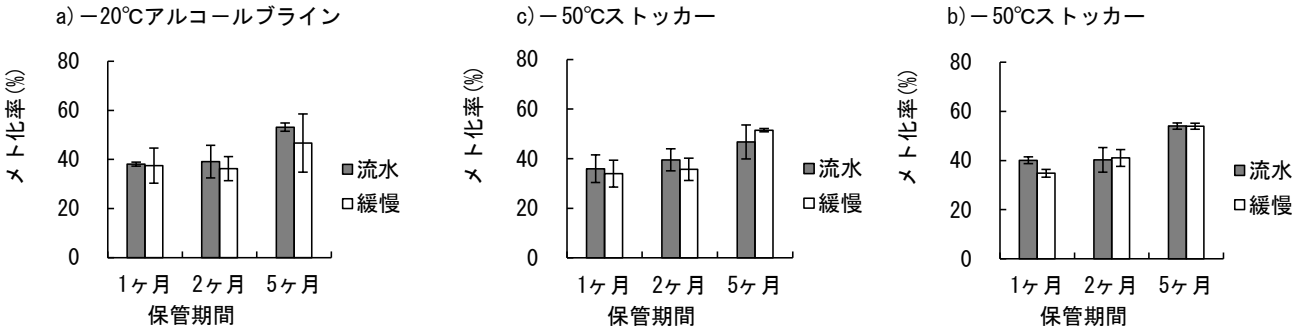



図 4　市場購入ワカシにおける解凍条件の違いによるメト化率の比較(各 n = 6)

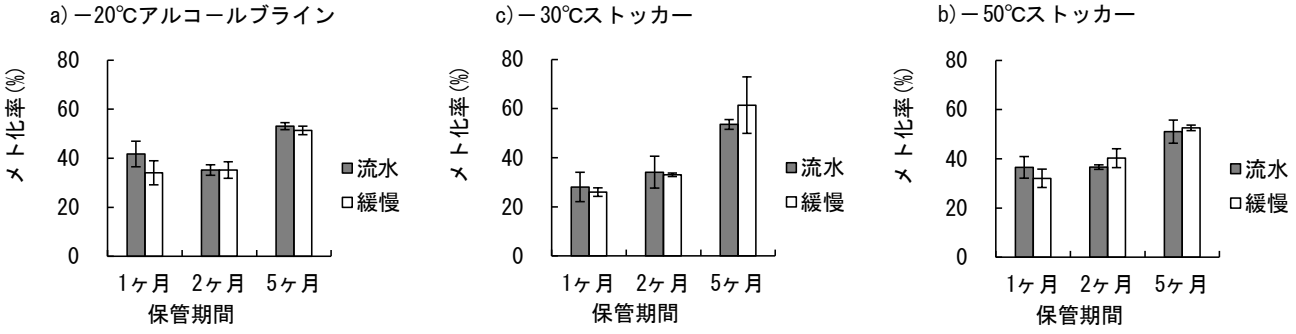



図 5　船上処理ワカシにおける解凍条件の違いによるメト化率の比較(各 n = 6)

### (3) 解凍ドリップ率

市場購入ワカシでは、－20℃アルコールブライン凍結で解凍ドリップ率が最も低かったが、保存期間をとおして船上処理ワカシより解凍ドリップ率が低かった(図 6－7)。高鮮度の冷凍マグロやクジラ肉を急速解凍した場合、解凍硬直を引き起こし多量の解凍ドリップが生成することが知られているため、[12] 船上で処理したワカシでドリップ率が高くなったと考えられた。

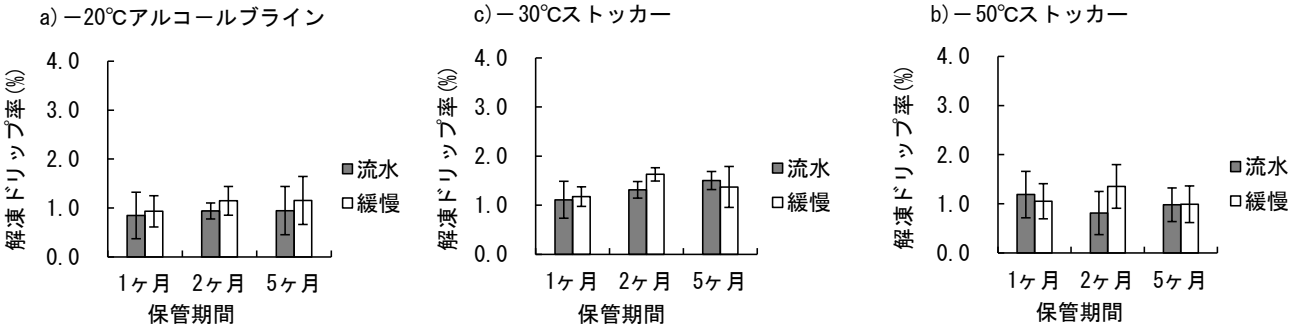



図 6　市場購入ワカシにおける解凍条件の違いによる解凍ドリップ率の比較(各 n = 6)

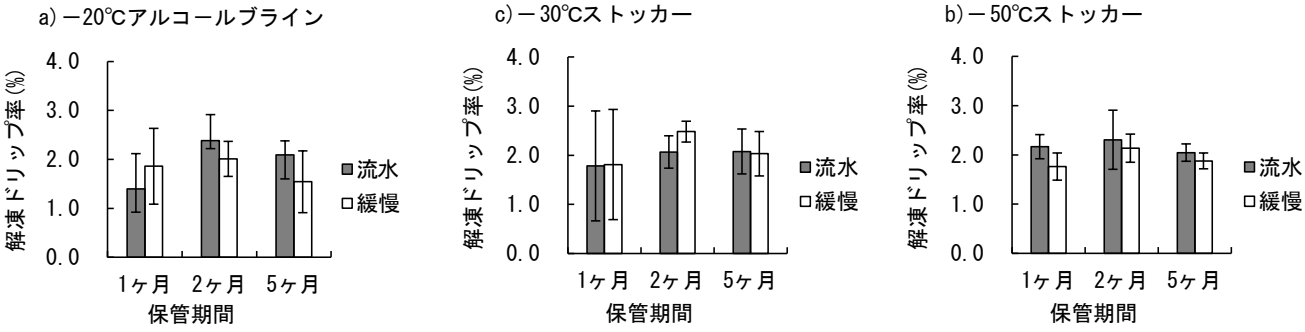



図 7　船上処理ワカシにおける解凍条件の違いによる解凍ドリップ率の比較(各 n = 6)

## 2. グレーズ処理条件の検討

### (1) メト化率

市場購入イナダはグレーズ処理条件に関わらず、－30℃のストッカーで 3 ヶ月保管後のメト化率は約 2 倍に増加したが、船上で処理したイナダは 1%アスコルビン酸ナトリウム溶液区で、3 ヶ月保管後でもメト化率が増加しなかった(図 8)。

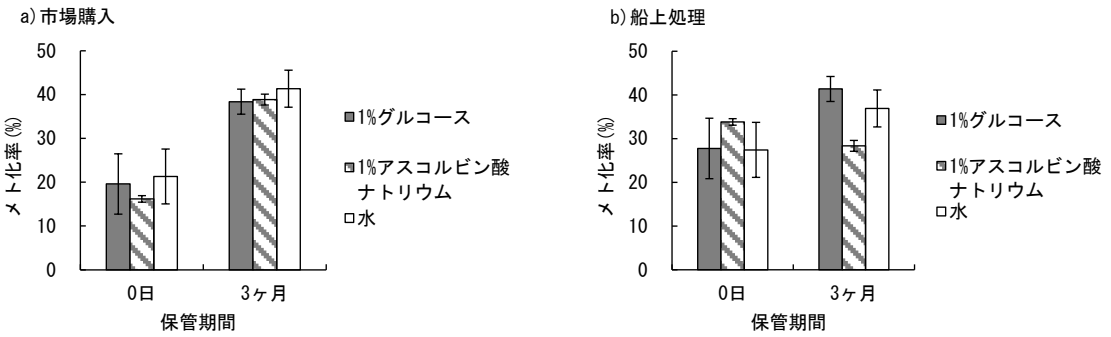



図 8　グレーズ処理条件の違いによる 3 ヶ月保管後のメト化率の比較(各 n = 3)

## 3. 刺身様形態の冷凍及び解凍条件の検討

### (1) 解凍ドリップ率

イナダ及びマダイの解凍ドリップ率を測定した結果、保存期間が長くなると増加傾向だったが、ピチットシート区では保存期間をとおして低かった。瀬戸ら [14]は、魚を冷凍前に脱水シートで適度に脱水することにより、ドリップ量を抑制できることを報告していることから、凍結前にピチットシートにより脱水されたため、解凍ドリップ率が最も低くなったと考えられた(表 4)。

8 ヶ月保管後では、イナダの － 30℃保管及びマダイの－ 20℃保管のコンブ ＋ 日本酒区で最も解凍ドリップ率が高く推移した(図 9 - 10)。解凍後の未処理区ではイナダで 5.4 ± 1.8%、マダイで 8.5 ± 3.3%の重量減少が認められ、ドリップとしてさくから水分が溶出したと考えられた。一方、解凍後のコンブ+日本酒区ではイナダで 7.7 ± 1.9%、マダイで 11.7 ± 4.8%の重量減少が認められ、コンブがさくに含まれる水分を多く吸収したためと考えられた(表 5 - 6)。

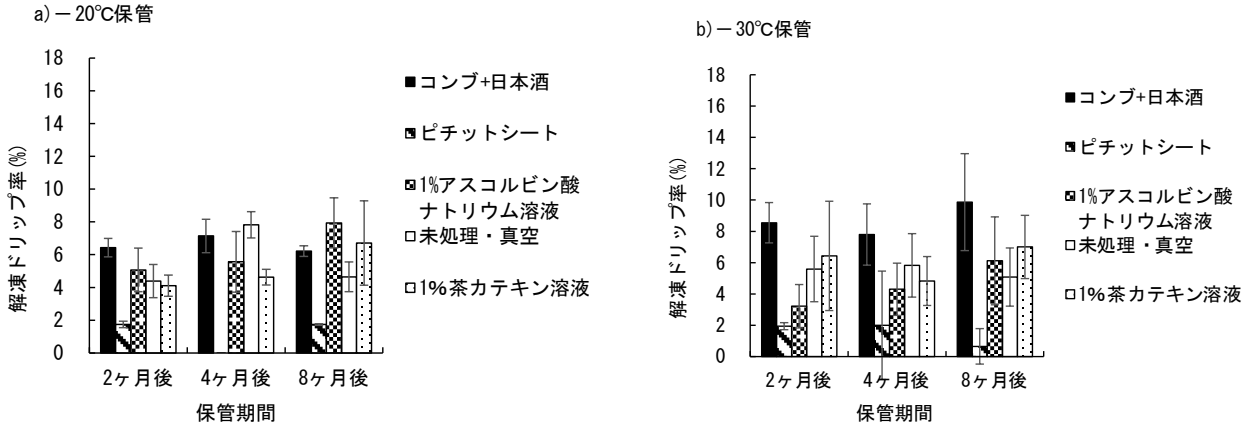



図 9　イナダにおける冷凍処理条件の違いによる解凍ドリップ率の比較(各 n = 3)

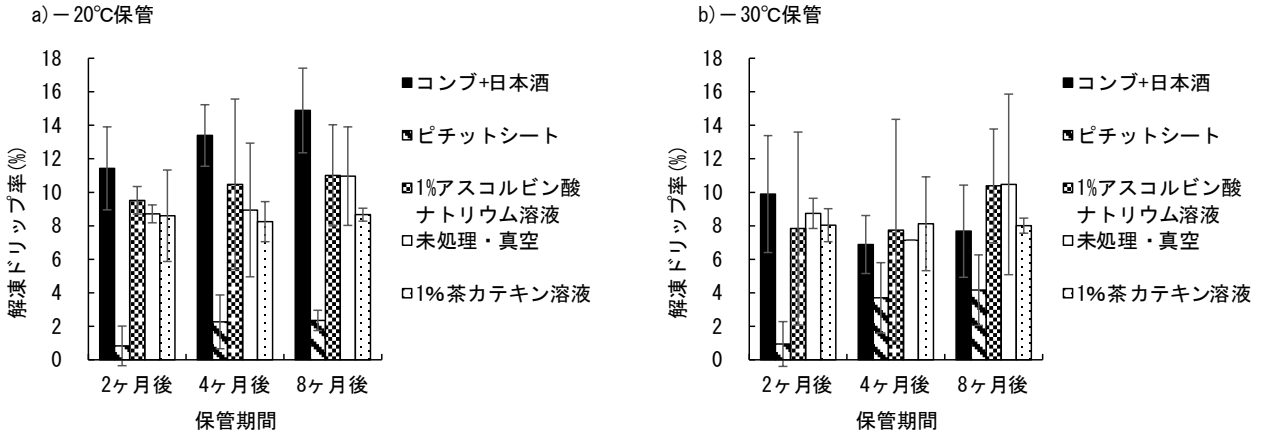



図 10　マダイにおける冷凍処理条件の違いによる解凍ドリップ率の比較(各 n = 3)

表 4　ピチットシートによる脱水率の比較（イナダ : n = 35、マダイ : n = 24）

| 魚種 | 脱水率(%) |
|---|---|
| イナダ | 13.5 ± 2.6 |
| マダイ | 14.9 ± 10.6 |

表 5　イナダにおける解凍後の重量減少率の比較(n = 9)

| 処理方法 | 重量減少率(%) |
|---|---|
| ①コンブ + 日本酒 | 7.7 ± 1.9 |
| ②ピチットシート | 12.7 ± 2.3 |
| ③1%アスコルビン酸ナトリウム溶液 | 5.4 ± 2.2 |
| ④未処理（真空包装のみ） | 5.4 ± 1.8 |
| ⑤1%茶カテキン溶液 | 5.6 ± 2.1 |

表 6　マダイにおける解凍後の重量減少率の比較（試験区 2 及び 4 : n = 6、試験区 1、3 及び 5 : n = 9）

| 処理方法 | 重量減少率(%) |
|---|---|
| ①コンブ + 日本酒 | 11.7 ± 4.8 |
| ②ピチットシート | 12.9 ± 2.3 |
| ③1%アスコルビン酸ナトリウム溶液 | 9.8 ± 4.2 |
| ④未処理（真空包装のみ） | 8.5 ± 3.3 |
| ⑤1%茶カテキン溶液 | 9.3 ± 2.6 |

### (2) 血合肉の色調

ブリ血合肉において、褐変が進行すると a* / b*値が低下することがわかっている。[6]イナダにおける冷凍処理条件の違いによる保管期間中の a* / b*値の違いを図 11 に示した。冷凍条件及び保管温度に関係なく、保管期間が長くなると a* / b*値が低下したが、 −30℃保管に比べ −20℃保管で a*/b*値が低く、血合肉の褐変が進行する傾向だった。−30℃保管の未処理・真空区では、0 日目から 2 ヶ月後の a* / b*値が 4.3 から 2.3 まで低下した。また、− 20℃保管では、2 ヶ月保管後で 1%茶カテキン溶液区の a* / b*値が高く、4 ヶ月保管後では 1%茶カテキン溶液区及びピチットシート区で高かった。−30℃保管では、4 ヶ月保管後で 1%アスコルビン酸ナトリウム溶液区、次いでピチットシート区で a* / b*値が高かったが、8 ヶ月では違いは見られなかった。アスコルビン酸は pH7.0 で強い還元性を示すことが知られており、この還元性を利用して退色防止などの目的で食品にアスコルビン酸ナトリウムとして添加されていることから、ブリ血合肉においても褐変を防止したと考えられた。[15]

マダイでは、冷凍保管後の写真を比較すると、− 20℃より− 30℃で全体的に血合肉の褐変が抑制される傾向だった(表 7)。

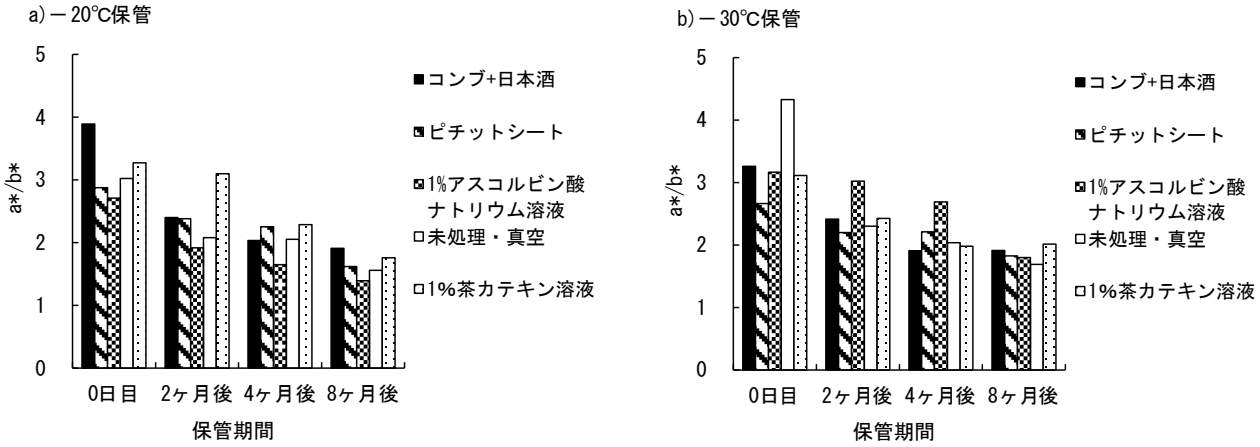
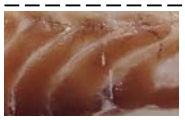



図 11　イナダにおける冷凍処理条件の違いによる保管期間中の a* / b*値の違い（各 n = 3）

表 7　マダイの冷凍処理条件の違いによる 4 ヶ月保管後のさく

| 試験区 | 0日目 | −20℃4ヶ月後 | −30℃4ヶ月後 |
|---|---|---|---|
| コンブ+日本酒 |  |  |  |
| ピチットシート | |  |  |
| 1%アスコルビン酸<br>ナトリウム溶液 | |  |  |
| 未処理・真空 | |  |  |
| 1%茶カテキン溶液 | |  |  |

## 要　約

1. ワカシの漁獲直後に脱血処理を行うことや、冷凍フィレを流水による迅速な解凍を行うことで K 値を低く保つことが可能だった。また、ワカシフィレのメト化率は、保管期間が長くなると冷凍及び解凍方法に関わらず増加傾向だった。
2. イナダドレスを 1%アスコルビン酸ナトリウム溶液でグレーズ処理すると、3 ヶ月保管後でもメト化率が増加しなかった。
3. イナダのさくでは冷凍条件に関係なく保管期間が長くなると、メト化の指標となる a* / b*値が低下し、− 30℃保

管の未処理・真空区では、他の試験区と比較し 0 日目から 2 ヶ月後の a*/b*値の低下が大きかった。また、イナダ及びマダイともに、− 20℃保管に比べ− 30℃保管で、血合肉の褐変が抑制される傾向だった。

4．イナダのさくを凍結前にピチットシートで脱水すると a* / b*値が低くなり、血合肉の褐変抑制効果が示唆された。

## 引用文献


1） 岡崎恵美子．ミオグロビンのメト化．新版食品冷凍技術」(新版食品冷凍技術編集委員会編)社団法人日本冷凍空調学会，東京. 2009; 87−89.

2） 尾藤方道．冷凍マグロ肉の肉食保持に関する研究．東海区水産研究所研究報告. 1976; **84**: 51−113.

3） 松原久，木村郷，竹内萌．サバの品質に及ぼす冷凍保管温度・期間の影響(高鮮度冷凍サバの冷凍保管試験Ⅱ)．青森食品総報. 2014; **5**: 23−32.

4） 橋本周久，渡部終五．マグロ肉の凍結貯蔵中における肉色および保水性の変化．日本水産学会誌. 1983; **49**: 203−206.

5） 井ノ原康太，尾上由季乃，木村郁夫．魚類筋肉ミオグロビンのメト化率測定法の検討．日本水産学会誌. 2015; **81**: 456−464.

6） 井ノ原康太，黒木信介，尾上由季乃，濱田三喜夫，保聖子，木村郁夫．筋肉内 ATP による冷凍カンパチ血合肉の褐変抑制．日本水産学会誌. 2014; **80**: 956−972.

7） 久保久美子，桑原浩一，野口絵理香，谷山茂人，橘勝康，村田昌一．養殖ブリ血合筋の褐変に及ぼす飼料および季節の影響．日本水産学会誌. 2018; **84**: 399−407.

8） 梁佳，肖寧，谷歩，吉田朝美，新井博文，竹下哲史，濱田友貴，村田晶一，谷山茂人，立花勝康．養殖ブリ属(ブリ，カンパチおよびヒラマサ)血合筋の保存中における肉色変化の比較．日本水産学会誌. 2013; **79**: 416−421.

9） 木村郷，鈴木亮，松原久．高鮮度凍結サバの冷凍保管試験．青森食品総研報. 2013; **4**: 13−17.

10） 秋田佳林，竹内萌，寺戸奈保子，木村郷，松原久．クロマグロの冷凍保管条件の検討．青森食品総報. 2015; **6**: 71−76.

11） 森岡克司，大西研司，伊藤慶明．養殖ブリ及びカンパチ血合肉の冷蔵中の褐変現象の比較．日本水産学会誌. 2013; **76**: 1009−1016.

12） 尾藤方通．メトミオグロビンの測定．「水産生物化学食品学実験書」(斉藤恒行編) 恒星社厚生閣 東京. 1974; pp. 278.

13） 村田裕子，萩原光仁，舟橋均，上野久美子，岡崎恵美子，木村郁夫，福田裕．高鮮度冷凍クジラ肉の解凍方法の開発．日本水産学会誌. 2018; **1**: 37−41.

14） 瀬戸美江，藤本健四郎．冷凍イワシの脂質酸化と嗜好に及ぼす脱水シートの影響．日本水産学会誌. 1994; **27**: 2−6.

15） 岡崎尚，前重静彦．蛍光灯照射下における卵豆腐の退職に及ぼす酵素、アスコルビン酸ナトリウムおよび pH の影響．広島県食品工業技術センター研究報告書. 1993; **20**: 19−23.