ブリ類及びイワシ類における脂質の非破壊計測法及び鮮度保持技術の開発

落合　瞳子・木村　優輝・白板　孝朗※1

Development of non-destructive measurement method for lipids and freshness preservation technology in yellowtail (*Seriola quinqueradiata*), sardines (*Sardinops melanostictus*) and anchovy (*Engraulis japonicus*)

Toko OCHIAI, Yuki KIMURA, Takao SHIRAITA

キーワード：ブリ(Yellowtail)、マイワシ(Sardines)、カタクチイワシ(Anchovy)、脂質(Crude fat)、近赤外分光(Near infrared Spectroscopy)、核酸関連物質(Nucleic Acid-Related compounds)

近年、青森県では、スルメイカやサバ類等の主要魚種が不漁で、漁業者や加工業者は原料調達に苦慮していることから、収益を支える新たな魚種として、漁獲が比較的安定しているブリ類やイワシ類が注目されている。[1)]そこで、ブリ類やイワシ類について、一般成分分析を行い原料の成分の季節変化を把握し、また、魚体を傷つけずに現場で瞬時に脂質を測定する非破壊計測技術の開発及び冷却効率の高いことで注目されているスラリーアイスの活用方法について検討した。

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。

２．一般成分分析

(1)供試魚

ブリ(759.9 ± 56.6 mm)及びイナダ(423.7 ± 74.7 mm)は、令和元年 6 月から 11 月及び令和 2 年 6 月から 11 月に定置網漁により八戸沖または三沢沖で漁獲され、八戸港または三沢港に水揚げされたものを供試した。マイワシ(175.3 ± 16.5 mm)は令和 2 年 7 月から 12 月に旋網漁により北海道沖、三陸沖、八戸沖で漁獲され八戸港に水揚げされたもの、カタクチイワシ(76.7 ± 13.6mm)は令和 2 年 9 月から 11 月に旋網漁により八戸沖で漁獲され八戸港に水揚げされたものを供試した。

※1　現在、青森県水産振興課

(2)分析試料の調製

ブリ及びイナダは体重、尾叉長を測定し、頭、内臓を除去し、腹腔内の洗浄後、ペーパータオルで水分を払拭し、三枚におろしてフィレとし、左半身について図 1 のように胸鰭始点から胸鰭終点までを切り出し、背骨部分から背側と腹側に分割し、皮、腹須骨を除去し、フードプロセッサーでミンチにして均質化したものを試料とした。イワシ類は体重、被燐体長を測定し、頭、内臓を除去し、腹腔内の洗浄後、ペーパータオルで水分を払拭し、背骨及び尾を除去後、フードプロセッサーでミンチにして均質化したものを試料とした。

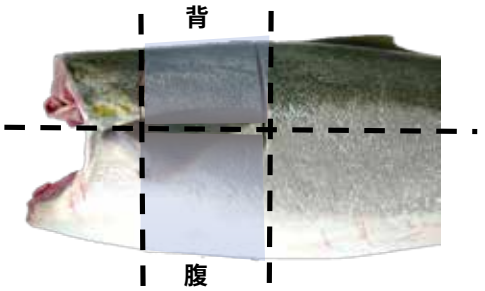


図 1　ブリ及びイナダの一般成分分析部位(薄青色部分)

(3)分析方法

水分は 105 ℃ 常圧加熱乾燥法、脂質は迅速抽出装置(アクタック社、ソクステスト 148)を用いたジエチルエーテル抽出法、タンパク質はケルダール法、灰分は直接灰化法で測定した。[2)]

３．近赤外分光装置による脂質の非破壊計測技術の開発

(1)試料

３.(1)と同一個体のブリ及びマイワシを調製せずに供試した。

(2)脂質の測定方法

ア　近赤外分光装置による測定

２.(2)の分析試料調製前の魚体に対し、ハンディ型近赤外分光装置(相馬光学社、PiPiTORO)を用いて、近赤外スペクトルデータを取得した。測定位置は、図 1 及び 2 のとおりとし、ブリは 9 点、マイワシは 1 点とした。データ解析は多変量解析ソフト(Camo 社、The Unscrambler X 10.5.1)を用いた。脂質含有率を目的変数、取得したスペクトルを説明変数として、スペクトルをサビツキゴレイ法で 2 次微分処理(微分条件：segment saize 12 nm)した後、PLS 回帰分析を行った。

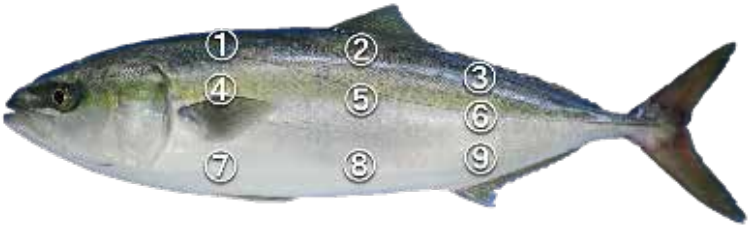


図 2　ブリの近赤外分光装置による測定位置



図 3　マイワシの近赤外分光装置による測定位置

イ　化学分析による測定

２．(2)と同じ調製した試料を用いて**２．(3)**の方法により行った。

４．冷却・鮮度保持試験

(1)試料

イナダ(349.3 ± 10.4 mm)は令和元年 10 月に定置網漁により八戸沖で漁獲されたものを供試した。マイワシ(216.2 ± 9. 1 mm)は令和 2 年 12 月に小型旋網船漁により八戸沖で漁獲され、八戸港に水揚げされたもの、カタクチイワシ(64.6 ± 8.2 mm)は八戸沖で漁獲されたものを供試した。

(2)試験区分

イナダを漁獲直後に船上で延髄切断または尾切断後、脱血処理し、スラリーアイスまたは水氷にいれ、帰港後に下氷で 72 時間保管した(表 1)。イワシ類については、マイワシは八戸港に水揚げされた後、スラリーアイス(八戸市第三魚市場 A 棟製造)または下氷で 48 時間保管し、カタクチイワシは漁獲直後にスラリーアイスまたは水氷で 6 時間保管した(表 2)。

表 1　イナダの冷却・鮮度保持試験の試験区分

試験区分	魚体処理方法	陸揚げ後の保管方法
1	**延髄切断→脱血→スラリー**20%	
2	**尾切断→脱血→スラリー**20%	
3	**未処理→スラリー**20%	**下氷**
4	**未処理→スラリー**30%	
5	**未処理→水氷(海水 ： 氷** = 1 : 1**)**	

表 2　イワシ類の冷却・鮮度保持試験の試験区分

	試験区分	魚体処理方法	陸揚げ後の保管方法
マイワシ	1	陸揚げ後、スラリーアイス	スラリーアイス
	2	陸揚げ後、下氷	下氷
カタクチ	3	漁獲直後、スラリーアイス	スラリーアイス
イワシ	4	漁獲直後、水氷(海水 : 氷 = 1 : 1)	水氷

(3)方法

K 値は背側普通肉から約 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 [3]をもとに分析し、そこから下式を基に K 値を算出した。また、魚用品質状態判別装置(大和製衡社、フィッシュアナライザー)を用いて、同一個体のイナダ及びマイワシの背側の側線より上方の体表に電極を接触させ、2、5、20、50、100kHz の各周波数によるインピーダンス値を測定した(図 4)。インピーダンス値は 1 尾につき 3 回計測し平均して使用し、データ解析は多変量解析ソフト(Camo 社、The Unscrambler X 10.5.1)を用い、K 値を目的変数、インピーダンス値を説明変数として PLS 回帰分析を行った。 [4−6]

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



図 4　イナダ及びマイワシのフィッシュアナライザーによる測定位置

結果及び考察

1．一般成分分析

(1)ブリ類

ブリの脂質は、背側普通肉は 6 月から 10 月にかけて 3.4 ± 3.1%から 0.9 ± 0.4%、腹側普通肉は 6.1 ± 5.4%から 1.8 ± 0.7%に低下した。また、イナダの脂質は、背側普通肉は 6 月から 11 月にかけて 0.9 ± 0.6%から 1.1 ± 0.6%、腹側普通肉は 1.7 ± 1.4%から 2.8 ± 1.9%に増加した(図 5)。水分は、ブリの背側普通肉は 6 月から 10 月にかけて 73.8 ± 3.4%から 76.0 ± 0.7%、腹側普通肉は 72.8 ± 5.1%から 76.0 ± 1.1%に増加した。イナダの背側普通肉は 6 月から 11 月にかけて 74.4 ± 1.0%から 73.3 ± 0.7%、腹側普通肉は 74.4 ± 1.4%から 72.9 ± 1.8%に低下した(図 6)。タンパク質については、ブリは約 21.7%、イナダは約 22.7%、灰分については、ブリ及びイナダともに約 1.3%で、季節による大きな変化は見られなかった(図省略)。

佐藤ら [7]は、養殖ブリの部位別の一般成分の季節変化を調査し、脂質は 10 月初旬から 4 月上旬まで高く、6 月から 9 月まで低い値となることを報告している。志水ら [8]も、1960 年代後半に養殖ブリの一般成分の季節変化を調査し、タンパク質は季節によらずほぼ一定で、脂質と水分の和はほぼ一定となっており、

筋肉中の脂質は 5 月から 9 月が寡脂期、10 月から 3 月からが多脂期であることを報告している。また、ブリは春に産卵する他の多くの魚と同様に、餌量が少なく摂餌活動が低下する冬から生殖腺が発達するため、越冬や成熟・産卵活動のために筋肉中に脂肪を蓄積することから[9]、11 月にかけて脂質が増加し、水分が減少したと考えられた。しかし、本研究におけるブリ類は脂質が低いことや 9 月以降のブリのデータがないことから、今後さらにデータ収集を行う必要があると考えられた。

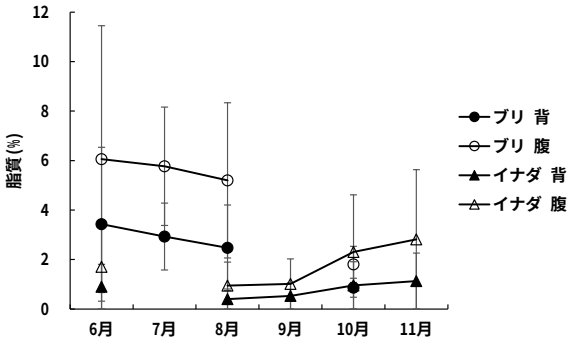


図 5　**ブリ類の脂質の変化(ブリ** n = 31**、イナダ** n = 48**)**

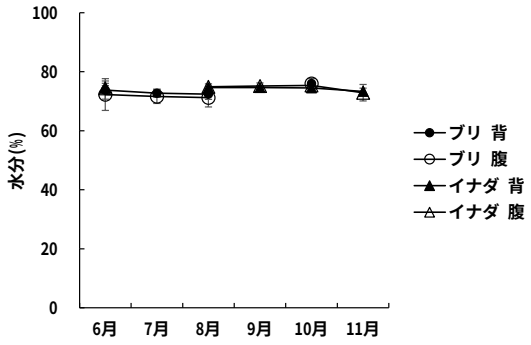


図 6　**ブリ類の水分の変化(ブリ** n = 31**、イナダ** n = 48**)**

(2)イワシ類

マイワシの脂質は、北海道沖のものは 7 月から 10 月にかけて 13.0 ± 2.5%から 17.1 ± 5.7%に増加し、12 月に八戸沖で漁獲されたもので 20.5 ± 5.7%と最も高かった(図 7)。また、マイワシの水分は、北海道沖のものは 7 月から 10 月にかけて 67.2 ± 1.9%から 62.4 ± 5.2%に低下し、12 月に八戸沖で漁獲されたもので 60.7 ± 4.7%と最も低かった(図 8)。タンパク質については、マイワシは約 18.5%、カタクチイワシは約 20.1%、灰分については、マイワシは約 1.5%、カタクチイワシは約 2.2%で、季節による大きな変化は見られなかった(図省略)。佃[10]は、鹿島灘房総沖のマイワシ成魚の可食部の脂質は、春の産卵期以後急速に増加し、9 から 11 月に 20%以上のピークとなり、産卵期に向かって減少し、脂質と水分の関係に高い相関が認められたことを報告している。このことから、12 月にかけてマイワシの脂質が増加し、水分が減少したと考えられた。また、カタクチイワシの脂質は約 0.4%で、魚体サイズが大きいほど脂質が多い傾向だったが、季節による変化は見られなかった(図 9)。カタクチイワシはブリやマイワシのように決まった時期に産卵しないため、脂質量の変化が見られなかったと考えられた。[11]

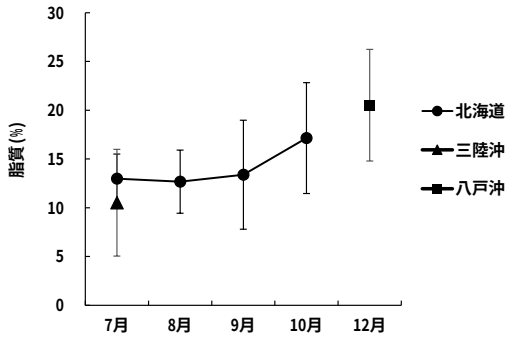


図 7　**マイワシの脂質の変化(**n = 114**)**

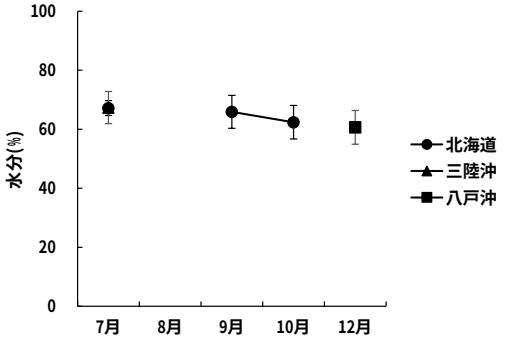


図 8　**マイワシの水分の変化(**n = 114**)**

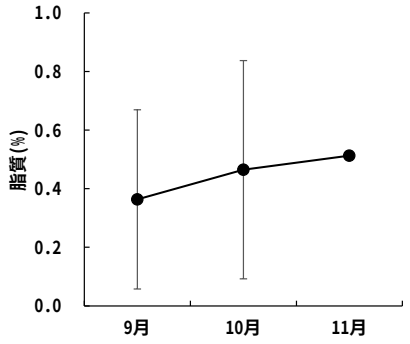


図 9　**カタクチイワシの脂質の変化(**n = 12**)**

２．近赤外分光装置による脂質の非破壊計測技術の開発

(1)ブリ類

検量モデルを作成した結果、近赤外分光装置で計測した部位のうち測定部位⑧において、化学脂質分析値との相関が最も高かったことから、測定部位⑧におけるブリの脂質非破壊計測の可能性があると示唆された(図 10)。ただし、全体的にデータ数が少ないため、今後、特に高脂質側のデータを補填し、解析を進め、より汎用的な非破壊計測技術とする必要がある。

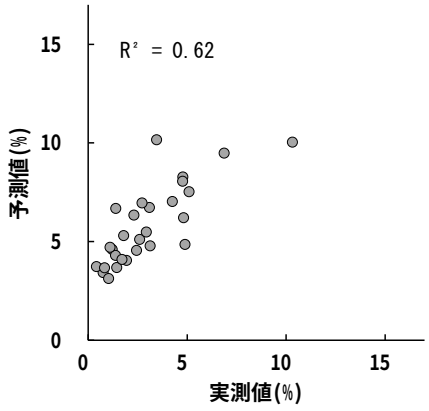


図 10　**測定部位⑧におけるブリ脂質の推定値と実測値の関係(**n = 31**)**

(2)イワシ類

検量モデルを作成した結果、化学脂質分析値と相関が認められたことから、マイワシの脂質非破壊計測の可能性があると示唆された(図 11)。ただし、高脂質側のデータが乏しいことから、データ数を増やして検量モデルを作成することで、より高精度な推定が可能になると考えられた。

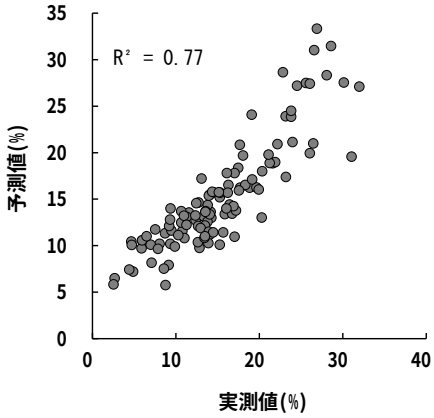


図 11　マイワシ脂質の推定値と実測値の関係(n = 114)

３．冷却・鮮度保持試験

(1)ブリ類

漁獲されたイナダを延髄切断・脱血処理し、陸揚げまでスラリーアイスで保管することにより、72 時間保管後でも未処理で水氷保管したものより K 値が低く推移した(図 12)。効果的な魚体処理条件は、尾を切断すると魚体を傷つけてしまうため、延髄切断後脱血処理し、陸揚げまで 20%濃度のスラリーアイスで保管する方法であると考えられた。

図 13 に各周波数におけるインピーダンス値と K 値の経時変化を示す。インピーダンス値は時間の経過とともに減少傾向で、低い周波数におけるインピーダンス値の変化の方が高い周波数よりも大きかった。

検量モデルを作成した結果、K 値とインピーダンス値に相関が見られたことから(検量モデル作成時の決定係数 R^2: 0.60)、フィッシュアナライザーによるイナダの鮮度非破壊計測が可能であると示唆された。

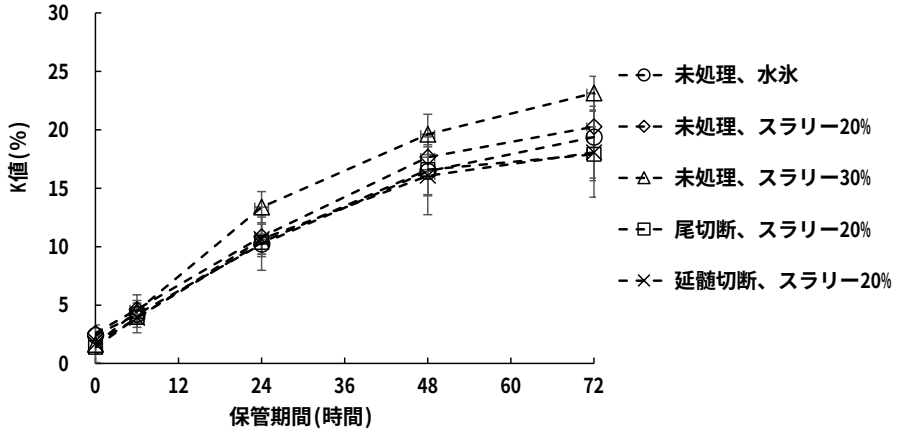


図 12　イナダの保管期間中における K 値の変化(n = 15)

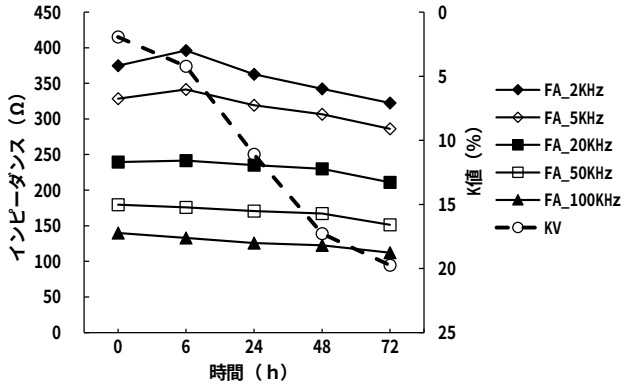


図 13　**イナダにおけるインピーダンス**(Ω)**と** K **値**(KV)**の経時変化**(n = 15)

(2)イワシ類

漁獲直後のカタクチイワシまたは陸揚げ後のマイワシをスラリーアイスで保管することにより、K 値が低く推移し(図 14 - 15)、魚体への氷による物理的な損傷も見られず外観が良好だった(図 16)。図 17 に各周波数におけるインピーダンス値と K 値の経時変化を示す。インピーダンス値は時間の経過とともに減少傾向で、24 時間保管後にかけて K 値が約 10%に達する時点までの減少が大きく、その後は緩やかであった。

検量モデルを作成した結果、K 値とインピーダンス値に相関が見られたことから(検量モデル作成時の決定係数 R^2 : 0.58)、フィッシュアナライザーによるマイワシの鮮度非破壊計測が可能であると示唆された。

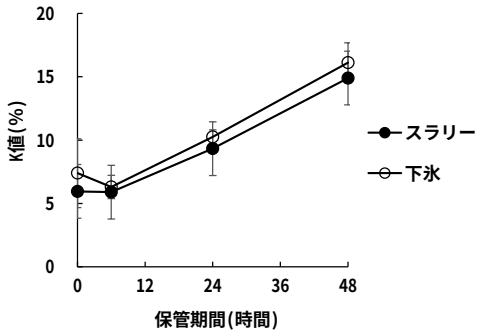


図 14　**マイワシの保管期間中における** K **値の変化**(n = 40)

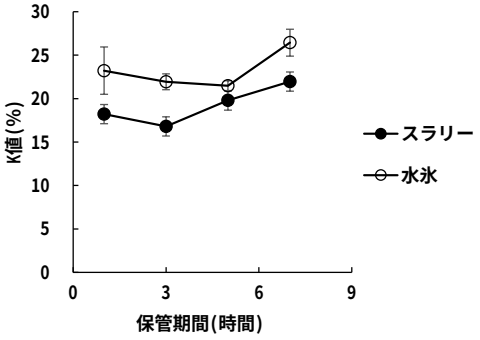


図 15　**カタクチイワシの保管期間中における** K **値の変化**

(n = 120)



図 16　48 **時間保管後のマイワシの比較(左：スラリーアイス、右：下氷)**

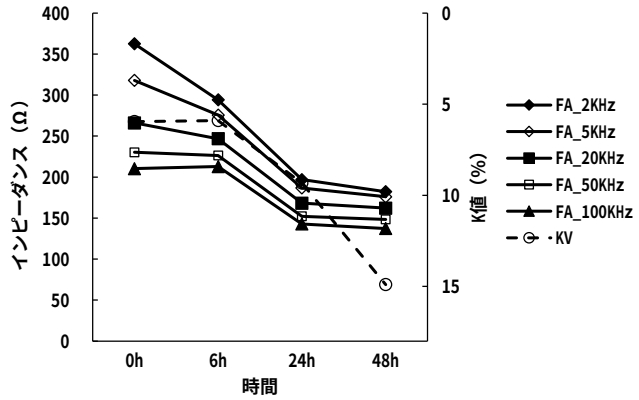


図 17　**マイワシにおけるインピーダンス**(Ω)**と** K **値**(KV)**の経時変化**(n = 5)

要　約

1. 八戸沖(令和元年 6 月から 11 月)で漁獲されたブリの脂質は 6 月から 10 月にかけて低下し、イナダの脂質は 6 月から 11 月にかけて増加した。また、三陸沖、北海道沖、八戸沖(令和 2 年 7 月から 12 月)で漁獲されたマイワシの脂質は、12 月にかけて増加した。八戸沖(令和 2 年 9 月から 11 月)で漁獲されたカタクチイワシの脂質は、魚体サイズが大きいほど多い傾向で、季節による変化は見られなかった。
2. 近赤外分光装置により得られたスペクトルを用いて多変量解析を行い、検量モデルを作成した結果、化学分析による脂質分析値と相関が確認され、ブリ及びマイワシの脂質非破壊計測の可能性が示唆された。
3. 漁獲直後に延髄切断･脱血処理したイナダまたは陸揚げ後のマイワシ及びカタクチイワシをスラリーアイスで保管することにより、K 値が低く推移した。また、マイワシでは魚体への氷による物理的な損傷も見られず外観が良好だった。以上の結果から、スラリーアイスで保管することにより、魚体を傷つけることなく鮮度を保つことが可能であると判断された。
4. イナダ及びマイワシをフィッシュアナライザーで計測したインピーダンス値と保管期間中の K 値を用いて多変量解析を行い、検量モデルを作成した結果、K 値とインピーダンス値に相関が見られたことから、イナダ及びマイワシの鮮度非破壊計測が可能であると示唆された。

引用文献

1) 青森県海面漁業に関する調査結果書. 青森県農林水産部. 2019–2020.
2) 木村優輝, 長根幸人, 竹内萌. 十和田湖ひめますの取り扱いと魚肉成分. 青森食品総研報. 2017; **8**: 48–51.
3) 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.
4) 加藤宏郎, 坂口守彦, 大井康之, 丸尾信, 豊田薫. インピーダンス特性よる魚肉の鮮度判定(第 1 報) . 農業機械学会誌. 2000; **62**: 76–83.
5) 加藤宏郎, 坂口守彦, 大井康之, 丸尾信, 豊田薫. インピーダンス特性よる魚肉の鮮度判定(第 2 報) . 農業機械学会誌. 2000; **62**: 59–69.
6) 石原成嗣, 竹谷万里, 井岡久, 清川智之. インピーダンスによるムシガレイ鮮度の非破壊測定. 島根県水産技術センター研究報告第. 2018; **11**: 1–9.

7) 佐藤公一, 岩本郁夫. 大分県産養殖ブリにおける筋肉一般成分の季節変動. 大分県海洋水産研究センター調査研究報告. 1997; **1**: 1–5.
8) 志水寛, 多田政実, 遠藤金次. ブリ筋肉化学組成の季節変化-I. 日本水産学会誌. 1973; **39**: 993–999.
9) 落合明, 鍋島浩, 楳田晋, 長谷川泉. 産卵期中のブリ生殖腺の成熟と体部粗脂肪の量的変化について. 日本水産学会誌. 1980; **46**: 407–412.
10) 佃信夫. 多獲性赤身魚の脂質. 日本食品工業学会誌. 1980; **27**: 210–219.
11) 服部茂昌. カタクチイワシの産卵の変動と漁況. 水産海洋研究会報. 1966; **8**: 54–60.