ブリ類及びマイワシにおける脂質及び脂肪酸の季節変化、脂質の非破壊計測法の開発

落合　瞳子・木村　優輝

Seasonal changes lipids and fatty acids in yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) and sardine (*Sardinops melanostictus*), development of non-destructive measurement method for lipids.

Toko OCHIAI, Yuki KIMURA

キーワード：ブリ(Yellowtail)、マイワシ(Sardine)、脂質(Crude fat)、近赤外分光(Near infrared Spectroscopy)、EPA(Eicosapentaenoic acid)、DHA(Docosahexaenoic acid)

近年、青森県では、スルメイカやサバ類、サケ等の主要魚種が不漁で、漁業者や加工事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マイワシが注目されている。[1)]また、魚の脂質には必須脂肪酸の一つであるエイコサペンタエン酸 (EPA) 及びドコサヘキサエン酸 (DHA)などの n-3 系高度不飽和脂肪酸が含まれており、動脈硬化等の予防効果や中性脂肪を減少させるなど機能性成分として注目されている。[2)] 前報 [3)]では、ブリ類及びマイワシの脂質含有量の季節変化の把握及び脂質の非破壊計測技術の開発について検討した。本報では、脂質含有量だけでなく EPA 及び DHA 量の季節変化を把握し、また、前報に続き脂質の非破壊計測技術の開発について検討した。

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 ~ 3kg)の総称。

２．脂質分析

（１）供試魚

ブリ (741.7 ± 29.5 mm) 及びイナダ (526.3 ± 83.3 mm) は、令和 3 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用いた。マイワシ (179.1 ± 16.4 mm) は令和 3 年 7 月から 12 月に旋網漁により三陸沖、北海道沖または八戸沖で漁獲され八戸港に水揚げされたものを用いた。

（2）分析試料の調製

ブリ類は体重、尾叉長を測定し、頭、内臓を除去し、腹腔内を洗浄後、ペーパータオルで水分を払拭し、三枚におろしてフィレーとした。フィレーの左半身を図 1 のように胸鰭始点から胸鰭終点までを切り出した部位とし、皮、腹須骨を除去し、背骨部分から背側と腹側に分割し、それぞれ分析試料とした。

マイワシは体重、被燐体長を測定し、頭、内臓を除去し、腹腔内を洗浄後、ペーパータオルで水分を払拭し、背骨及び尾を除去したものを分析試料とした。

ブリ類およびマイワシの分析試料は、真空包装後、分析時まで－60℃で冷凍保管した。分析直前に魚肉を凍結状態のまま破砕機でミンチにして均質化したものを供した。

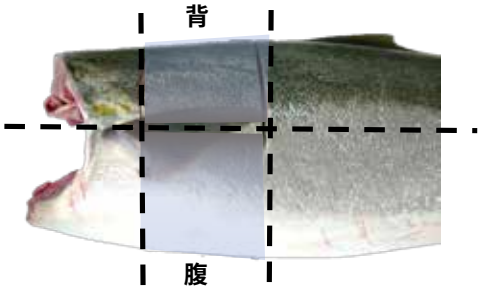


図 1　ブリ及びイナダの脂質及び脂肪酸分析部位(薄青色部分)

（3）分析方法

脂質抽出は Bligh-Dyer 法に準じたクロロホルム-メタノール(2：1 v/v)法で全脂質を定量した。脂肪酸量は、抽出した脂質に内部標準物質を加えて 2 mol/L 水酸化ナトリウム-メタノールでけん化後、得られた脂肪酸を三ふっ化ほう素メタノール試薬でメチルエステル化してガスクロマトグラフ装置 (GC-2014、島津製作所) により測定した。カラムは 30 m × 0.25 mm × 0.20 μm の Omegawax250 キャピラリーカラム (Supelco、Bellfote、Pennsylvania) を用いた。注入口温度 250℃、FID 検出器温度 260℃で、キャリアーガスはヘリウムを用いた。カラム温度は初期温度 50℃で 2 分間保持した後、4℃/分で 220℃まで昇温して 15 分間保持させた。内部標準物質にはトリコサン酸を用いた。EPA・DHA 標準品を上記と同様に処理して測定し、得られた検量線を用いて内部標準法により脂肪酸量を定量した。

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

２．(1）と同一個体のイナダ及びマイワシを供試した。

（2）脂質の測定方法

ア　近赤外分光装置による測定

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、イナダは 2 点、マイワシは 1 点とし（図 2，3)、測定波長範囲は 900～1000 nm とした。データ解析には、多変量解析ソフト（Camo 社、The Unscrambler X 10.5.1）を用いた。スペクトルの前処理として、サビツキゴレイ法で 2 次微分処理(微分条件：segment size 7 nm) を行った。また、**２．(3)** の脂質分析で得られ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た PLS 回帰分析を行い、検量

線の作成を行った。なお、イナダの検量線の作成は、令和 3 年 6 月から 11 月に漁獲された 47 尾のうち 32 尾を用いて行い、残りの 15 尾を検量線の評価に用いた。マイワシの検量線の作成は、令和 2 年 7 月から令和 3 年 12 月に漁獲された 194 尾のうち 130 尾を用いて行い、残りの 64 尾を検量線の評価に用いた。



図 2　イナダ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

結果及び考察

1．脂質

（1）ブリ類

ブリの魚肉 100g に対する脂質含有量は、背側普通肉は 6 月から 7 月にかけて 3.6 ± 1.7g / 100 g から 4.6 ± 3.6g/100g、腹側普通肉は 5.1 ± 2.9 g / 100 g から 8.0 ± 5.3 g / 100 g に増加した。また、イナダの脂質含有量は、背側普通肉は 6 月から 9 月にかけて 2.4 ± 0.9 g / 100 g から 0.9 ± 0.2 g / 10 0g、腹側普通肉は 3.7 ± 1.4 g / 100 g から 1.4 ± 0.6 g / 100 g に低下し、その後 11 月にかけて、背側普通肉は 2.4 ± 1.3g/100g、腹側普通肉は 4.3 ± 2.4 g / 100 g に増加した(図 4)。

佐藤ら [4]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 [5]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、筋肉中の脂質は 5 月から 9 月が寡脂期、10 月から 3 月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。[6]これらのことから、イナダの脂質含有量は 11 月にかけて増加したと考えられた。また、前報では、ブリの脂質含有量は 6 月から 10 月にかけて低下したが、今回は 6 月から 7 月にかけて増加しており、異なる傾向を示した。

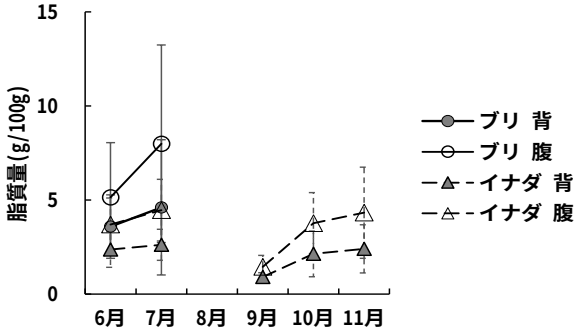


図 4　ブリ類の脂質の変化(ブリ n = 20、イナダ n = 47)

（2）マイワシ

マイワシの脂質含有量は、7 月に三陸沖で漁獲されたもので 13.2 ± 3.7 g / 100 g、10 月に北海道沖で漁獲

されたもので 16.4 ± 4.9 g / 100 g、12 月に八戸沖で漁獲されたもので 18.0 ± 6.5 g / 100 g と最も高くなり(図 5)、前報と同様の傾向を示した。

マイワシの脂質含有量の季節的変動については、産卵時期との関連性が強く、冬期の産卵準備群や春期の産卵群は脂質含有量が低いことが報告されている。[7, 8]また、佃[9]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 月から 11 月にかけて 20 g / 100 g 以上のピークとなり、産卵期に向かって減少することを報告しており、今回の結果も同様の傾向を示した。

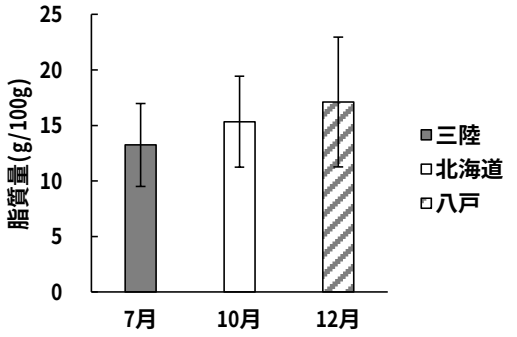


図 5　**マイワシの脂質の変化**(n = 96)

２．脂肪酸(EPA **及び** DHA)

（1）ブリ類

ブリの魚肉 100 g に対する EPA 含有量は大きな変化は見られなかった。ブリの魚肉 100 g に対する DHA 含有量は、6 月から 7 月にかけて、背側普通肉は 725.1 ± 236.0 mg / 100 g から 392.8 ± 246.6 mg / 100 g、腹側普通肉は 1230.1 ± 485.8 mg / 100 g から 678.0 ± 392.0 mg / 100g に低下した(図 6)。イナダの魚肉 100g に対する EPA 含有量は、6 月及び 7 月では変化は見られなかったが、9 月から 11 月にかけて、背側普通肉は 61.6 ± 22.2 mg / 100 g から 225.2 ± 166.1 mg / 100 g、腹側普通肉は 119.8 ± 76.2 mg / 100 g から 459.0 ± 215.0 mg / 100 g に増加した。イナダの魚肉 100 g に対する DHA 含有量は、6 月から 7 月にかけて、背側普通肉は 295.6 ± 81.9 mg / 100 g から 801.2 ± 176.9 mg / 100 g、腹側普通肉は 424.1 ± 109.1 mg / 100 g から 1206.3 ± 282.7 mg / 100 g に増加し、また、9 月から 11 月にかけて、背側普通肉は 472.5 ± 75.5mg/100g から 953.6 ± 464.5 mg/100g、腹側普通肉は 762.7 ± 417.1mg/100g から 1586.3 ± 830.4 mg / 100 g に増加した(図 7)。

脂質含有量は同一魚種でも季節等により変動することが知られている。[10][11]今回の結果からは、ブリ類においても EPA 含量及び DHA 含量が季節により変動することに加え、その変動の傾向は同一魚種、同一漁場であっても、サイズによって異なることが確認できた。

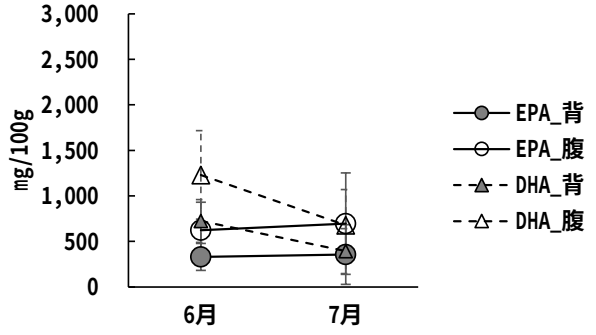


図 6　**ブリの脂肪酸量の変化(ブリ** n = 20)

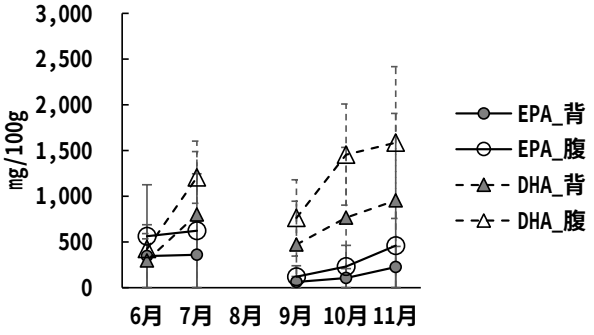


図 7　**イナダの脂肪酸量の変化(イナダ** n = 47)

（2）マイワシ

マイワシの魚肉 100g に対する EPA 含有量は大きな変化は見られなかった(図 8)。イワシの魚肉 100g に対する DHA 含有量は、7 月に三陸沖で漁獲されたもので 1993.7 ± 1045.6mg/100g、10 月に北海道沖で漁獲されたもので 2877.0 ± 1308.5 mg / 100 g、12 月に八戸沖で漁獲されたもので 3859.2 ± 1415.1 mg / 100 g であった(図 9)。

大鶴 [12] らは、秋に漁獲されたマイワシより春に漁獲されたマイワシで DHA 量が多くなる結果を得たことを報告しているが、今回の結果では 7 月より 12 月で DHA 量が多く含まれ、異なる傾向を示した。

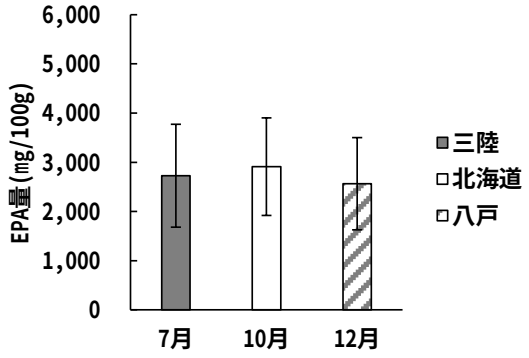


図 8　マイワシの EPA 量の変化(n = 78)

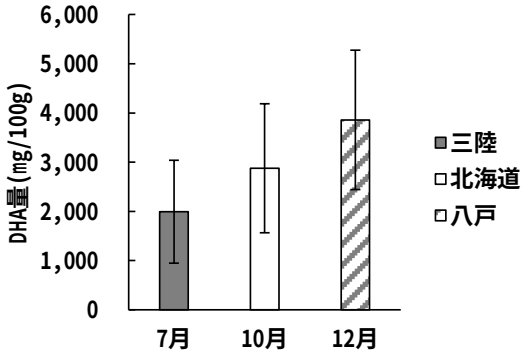


図 9　マイワシの DHA 量の変化(n = 78)

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）イナダ

検量線を作成した結果、測定部位①において背側普通肉の化学分析値との相関が最も高く、相関係数 R は 0.75、標準誤差は 0.73、最適因子数は 2 であった。検量線を未知試料で評価した際の相関係数 R は 0.56、標準誤差は 0.90、最適因子数は 2 であった (図 10)。ただし、全体的にデータ数が少なく、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。

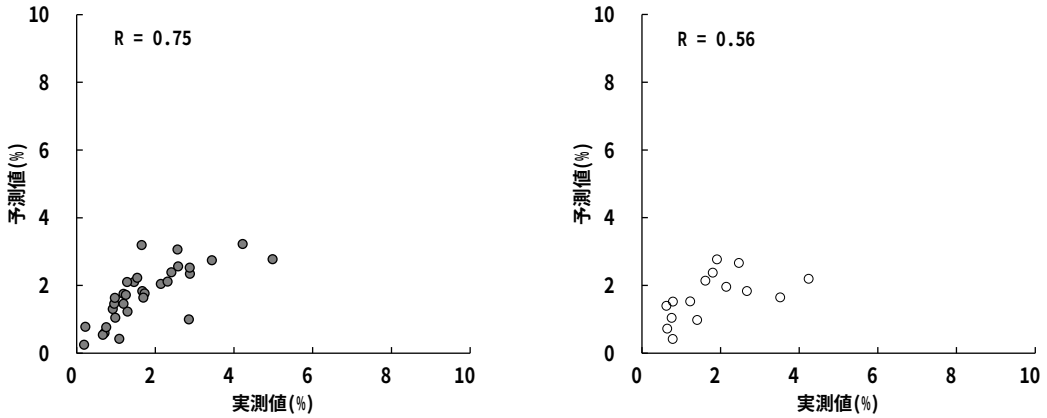


図 10　測定部位①におけるイナダ脂質の予測値と実測値の関係

左：検量モデル作成時(n = 32)、右：評価時(n = 15)

（2）マイワシ

検量線を作成した結果、化学分析値との相関が確認され、相関係数 R は 0.86、標準誤差は 3.17、最適因子数は 2 であった。検量線を未知試料で評価した際の相関係数 R は 0.90、標準誤差は 2.52、最適因子

数は 2 であった (図 11)。この結果から、近赤外分光法により脂質含有量の予測が高精度で可能であることが示された。今後、低脂質側および高脂質側のデータ数を増やして検量線を作成することで、より高精度な予測が可能になると考えられた。

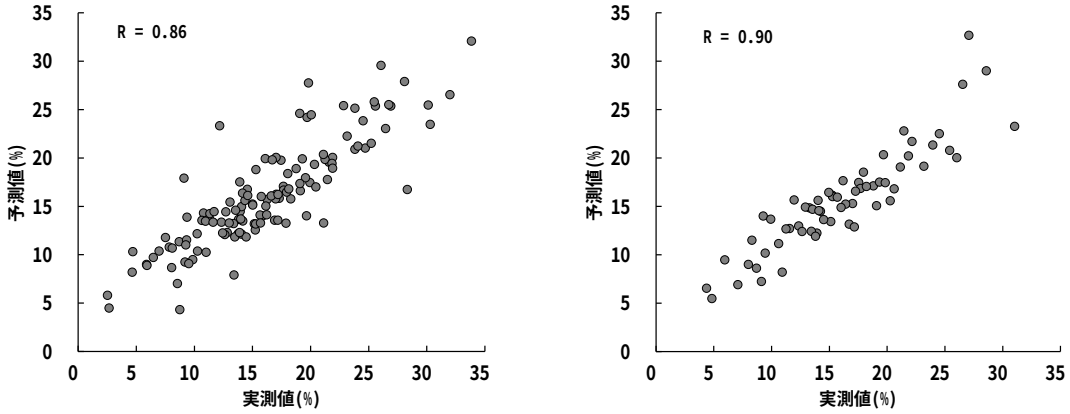


図 11　マイワシ脂質の予測値と実測値の関係

左：検量モデル作成時(n = 130)、右：評価時(n = 64)

要　約

1. 八戸沖または三沢沖 (令和 3 年 6 月及び 7 月) で漁獲されたブリの脂質含有量は 6 月から 7 月にかけて増加し、八戸沖または三沢沖 (令和 3 年 6 月から 11 月) で漁獲されたイナダの脂質含有量は 6 月から 9 月にかけて低下し、その後 11 月にかけて増加した。また、三陸沖、北海道沖、八戸沖(令和 3 年 7 月から 12 月)で漁獲されたマイワシの脂質含有量は、12 月にかけて増加した。
2. ブリの魚肉 100g に対する EPA 含有量は大きな変化は見られず、DHA 含有量は 6 月から 7 月にかけて増加した。イナダの魚肉 100 g に対する EPA 含有量及び DHA 含有量は 9 月から 11 月にかけて増加した。また、マイワシの魚肉 100 g に対する EPA 含有量は大きな変化は見られず、DHA 含有量は 7 月から 12 月にかけて増加した。
3. 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、検量線を作成し、未知試料で評価した結果、化学分析による脂質分析値と相関が確認され、イナダでは非破壊計測の可能性が示唆され、マイワシでは、高精度な非破壊計測が可能であることが示された。

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) 青木隆子, 菅原龍幸. 魚類の栄養成分について–一般成分, 無機質,遊離アミノ酸, コレステロール含量, 脂肪酸組成, EPA および DHA 含量について–. 日本食生活学会誌. 2000; **10**: 26–35.
3) 落合瞳子, 木村優輝, 白板孝朗. 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. 青森食品総研報. 2020; **13**: 1–10.
4) 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.

5) 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.
6) 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.
7) 平本紀久雄. 千葉水試研究報告. 1981; **39**: 35–39.
8) 高橋豊雄, 安枝俊雄. 水産原料. 恒星社厚生閣. 東京. 1968. pp. 51-64.
9) 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.
10)Hayasi, K. and Takagi, T. Seasonal Variation in Lipids and Fatty Acids of Sardine, *Sardinops melanosticta*. *Hokkaido Univ*. 1977; **28**: 83–94.
11)斎藤衛郎, 小畠義樹, 田ケ谷研一, 吉田武雄, 山崎英也, 西出英一, 印南敏. 魚類脂質の脂肪酸組成. 栄養学雑誌. 1985; **43**: 301–318.
12)大鶴勝, 藤井美由紀, 石永正隆, 鬼頭誠. 魚の脂肪酸組成–山口県近海産魚の脂肪酸組成–. 日本水産学会誌. 1984; **58**: 35–42.