

[報告] 2017 年、2018 年および 2020 年の石巻付近（北上期）と房

総常磐海域（越冬期）におけるマイワシ粗脂肪量の検討

Variability in crude fat contents of Japanese sardine captured near Ishinomaki during May-June and those captured in the Boso/Joban area during January-March, 2017, 2018 and 2020

谷津 明彦¹⁾ 高橋 清孝²⁾ 藤井 棕子¹⁾ 渡邊 一功¹⁾ 本田 修³⁾
Akihiko Yatsu Kiyotaka Takahashi Ryoko Fujii Kazuyoshi Watanabe Osamu Honda

1) 水産情報部 2) 東北出張所 2) 常務理事

要旨：

2017 年、2018 年、2020 年におけるマイワシ太平洋系群の石巻付近（北上期、5～6 月）と房総常磐海域（越冬期、1～3 月）の粗脂肪量の変動を検討した。北上期の粗脂肪量は、まき網と定置網で漁獲された 366 個体（被鱗体長 15～24cm）を JAFIC が近赤外分光分析法により測定した。越冬期の粗脂肪量は、まき網で漁獲され比重法で測定した 520 個体（同 11～24cm）の、千葉県による公表データを用いた。一般化線形モデルによる解析の結果、北上期・越冬期とも体長と漁獲日と年が説明変数として選択され、2018 年と 2020 年は、2017 年より粗脂肪量が少なかった。また、北上期の粗脂肪量は、まき網による値が定置網の値より統計的に高かった。しかし、北上期・越冬期とも、同年同海域同漁法における体長と粗脂肪量の関係は、漁獲した船や定置網により変動が大きかった。これらの結果についてマイワシの資源量と回遊群との関係を考察した。

キーワード：報告、マイワシ、粗脂肪量、体長、漁獲日、回遊

1. はじめに

マイワシ *Sardinops melanostictus* 太平洋系群は我が国において最も重要な水産資源の一つであり、近年の資源管理や卓越年級群の発生などにより資源量と漁獲量が増大している。¹⁾ 本報告の目的は、北上期に石巻市の沿岸で定置網、沖合でまき網により漁獲されたマイワシと越冬期に房総常磐海域でまき網により漁獲されたマイワシについて粗脂肪含量（%、これ以降は脂肪量という）を比較し、脂肪量の変動要因と回遊様式との関係を検討することである。

マイワシ太平洋系群の 0 歳魚の分布・回遊は、生育初期の海流による移送のされ方によって大きく 2 つの様式に分けられる。²⁾ すなわち、①主に 11～6 月の黒潮周辺で発生し、仔稚魚は沿岸域への流れにとりこまれて本邦太平洋沿岸域で成長し、沿岸漁場

でシラス～幼魚期から漁獲対象となるもの（沿岸加入群）、および②産卵期後期（3～5 月）に関東近海で発生した後、仔稚魚は黒潮や黒潮続流によって東方へ移送され、本邦近海から東経 165～170 度の黒潮親潮移行域（混合域）で成長し、夏季の索餌期を道東～千島列島東方沖の亜寒帯域で過ごし、秋冬季に南下して漁場に参加するもの（沖合加入群）である。両加入群は資源量水準にかかわらず認められ、沿岸と沖合のいずれの加入群になるかは、産卵場周辺の海況条件によって偶然に決まると考えられている。¹⁾

1 歳以上では、①黒潮周辺で越冬、産卵後、夏秋季に黒潮周辺の沿岸域で滞留あるいは小規模な索餌回遊を行うもの（沿岸回遊群）、および②北方へ索餌回遊するもの（沖合回遊群）がある。¹⁾ 沖合回遊群の分布範囲は資源量が多いほど拡大し、2011 年以降は三陸北部～道東以北～東経 170 度付近に分布して

いる。¹⁾

浮魚類の可食部の脂肪量は体長・漁場・季節・年などにより変動し、「魚の旬」の指標として利用され、ブランド品としての価値を左右するほか、資源変動にも影響するとされている。³⁻⁵⁾ JAFIC は、非破壊で瞬時に測定が可能な近赤外分光分析法により主要魚種の脂肪量を計測してきた。⁴⁻⁵⁾ なお、茨城県により本報告と同機器により測定されたマイワシの脂肪量が 2017 年以降について公表されており、実際の数値とは±2%程度の誤差があるとされている。⁶⁾

2. 材料と方法

2.1 石巻周辺海域における北上期（5～6月）

JAFIC が測定した試料は、まき網と定置網により 2017 年、2018 年、2020 年の北上期である 5～6 月に漁獲され、石巻市場に水揚げされた 366 個体である（表 1）。なお、まき網漁場はマイワシの回遊に従って季節的に変化するため、まき網の試料は、石巻近傍（北緯 38 度台、東経 141～142 度台）で漁獲されたものを用いた。測定試料の体長（被鱗体長）は 15～24cm で、モードは 19cm（まき網）と 20cm（定置網）にあり、類似していた（図 1）。これらの体長組成および年齢と体長の関係¹⁾ から、マイワシ試料の年齢は 1～3 歳以上と考えられる。試料は水揚げ前夜～当日早朝に得られたものであり、漁獲後は水氷によりほぼ一定温度に保たれていたと考えられる。

表 1 JAFIC が 5～6 月に脂肪量を測定したマイワシの漁法別月別標本数

	まき網	定置網	計
2017年	72	57	129
2018年	76	81	157
2020年	50	30	80
計	198	168	366

脂肪量の測定は、ポータブル型近赤外分光分析装置 (FQA-NIRGUN、シブヤ精機(株)社製) を用いて行い、校正方法などは本装置のユーザーズ・マニュアル

に従った。測定部位は肛門付近の体側部とし、1 回の測定におけるスキャン回数は 3 回とし、外れ値が生じた場合は値が安定するまで測定を繰り返した。

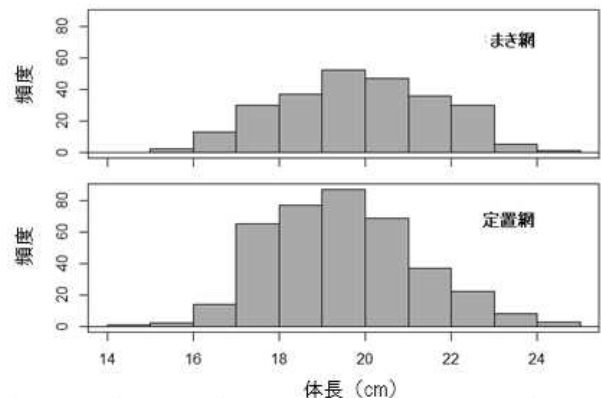


図 1 JAFIC が 5～6 月に脂肪量を測定したマイワシの漁法別体長組成

2.2 房総常磐海域における越冬期（1～3月）

北上期と比較するため、石巻付近の試料が得られたのと同じ年において、房総常磐海域で越冬期（1～3月）にまき網により漁獲され、千葉県が比重法を用いて測定したマイワシ 520 個体の脂肪量などのデータを使用した。⁷⁾ 試料の体長は 11～24cm で、モードは 18cm（2017 年）、16cm（2018 年）、14cm と 19cm（2020 年）にあった（図 2）。この体長組成および年齢と体長の関係¹⁾ から、マイワシ試料の年齢は 0～3 歳以上と考えられるが、0 歳の割合は低いと思われる。

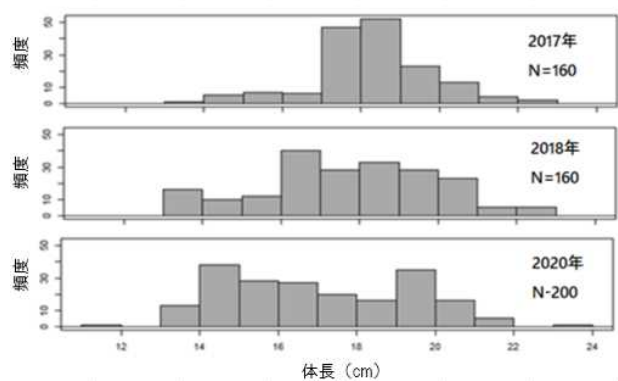


図 2 1～3 月にまき網により漁獲され千葉県が脂肪量を測定したマイワシの体長組成

2.3 統計的分析

統計学的分析にはフリーソフトウェア R (ver. 3.3.1)を用いた。Rによる一般化線形モデル(GLM、下式)と赤池情報量基準(AIC)による変数選択は金⁸⁾に従った。

脂肪量 ~ (体長 * 経過日数 + as.factor(漁法) + as.factor(年))

ここで、目的変数は脂肪量、説明変数は体長、経過日数(各年の1月1日から漁獲日までの日数)、漁法、年であり、「as.factor」は離散的(カテゴリカル)変数、「*」は交互作用を含む体長と経過日数の効果を意味する。なお、今回の場合における交互作用とは、脂肪量に対する体長の効果が経過日数の値により異なることを意味する。

3. 結果

3.1 石巻周辺海域における北上期(5~6月)

定置網とまき網の両漁法による試料が得られた2017年、2018年、2020年では、定置網よりもまき網により漁獲されたマイワシの脂肪量が多い傾向が見られ、2018年には体長と脂肪量の間には体長が大きいほど脂肪量が多い傾向が見られた(図3)。

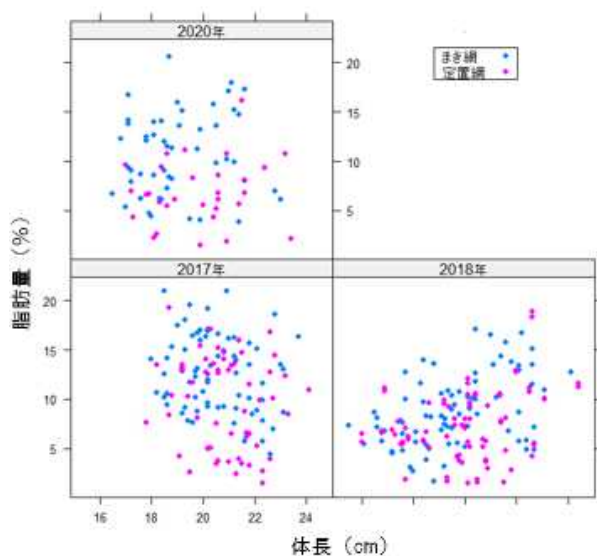


図3 5~6月の石巻付近における年別漁法別のマイワシの体長と脂肪量の関係

AICにより最適と判断された一般化線形モデルの説明変数は、体長、経過日数(漁獲日)、漁法および年であり、体長と経過日数の交互作用を含むモデルは選択されなかった(表2)。すなわち、今回検討した範囲において、①体長が大きいほど脂肪量が多いこと、②経過日数が多い(5~6月で漁獲日が遅い)ほど体長が大きく脂肪量が多いこと、③定置網よりもまき網で漁獲されたマイワシの脂肪量が多いこと、④2017年に比して2018年と2020年の脂肪量が少ないことが明らかとなった(表2)。

表2 5~6月の石巻付近における最適な一般化線形モデルの切片と係数の推定値とその統計的有意水準

	推定値	標準誤差	t値	有意水準
切片(2017年)	-5.615	3.095	-1.814	0.07
体長	0.266	0.114	2.343	0.02
経過日数	0.083	0.014	6.123	<0.001
2018年	-2.386	0.457	-5.216	<0.001
2020年	-2.272	0.545	-4.167	<0.001
漁法*	-2.561	0.390	-6.563	<0.001

*まき網に対する定置網の値

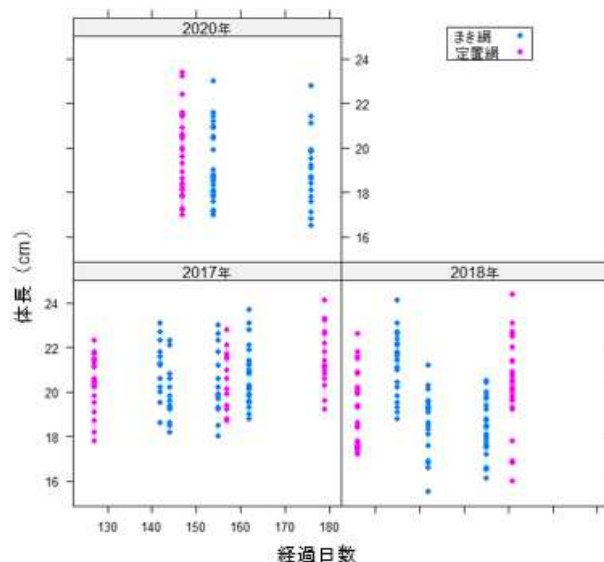


図4 5~6月の石巻付近における漁法別の経過日数と体長の関係

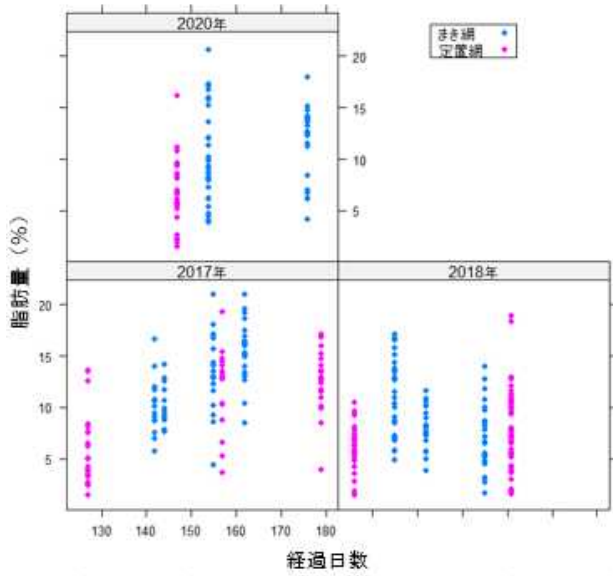


図5 5～6月の石巻付近における漁法別の経過日数と脂肪量の関係

但し、定置網毎およびまき網船毎に体長と脂肪量の関係を検討したところ、体長に比して必ずしも定置網の方がまき網より脂肪量が少ないわけではなかった(図6)。具体的には、定置網の緑色で示した試料はまき網と同様な脂肪量であった。また、まき網でも試料により若干異なる関係を示した。このように、両漁法において、体長と脂肪量の関係が異なる群れが混在していた。

3.2 房総常磐海域における越冬期(1～3月)

石巻付近の試料が得られたのと同じ年(2017年、2018年、2020年)の越冬期でも、体長と脂肪量の間には体長が大きいほど脂肪量が多い傾向が見られた(図7)。

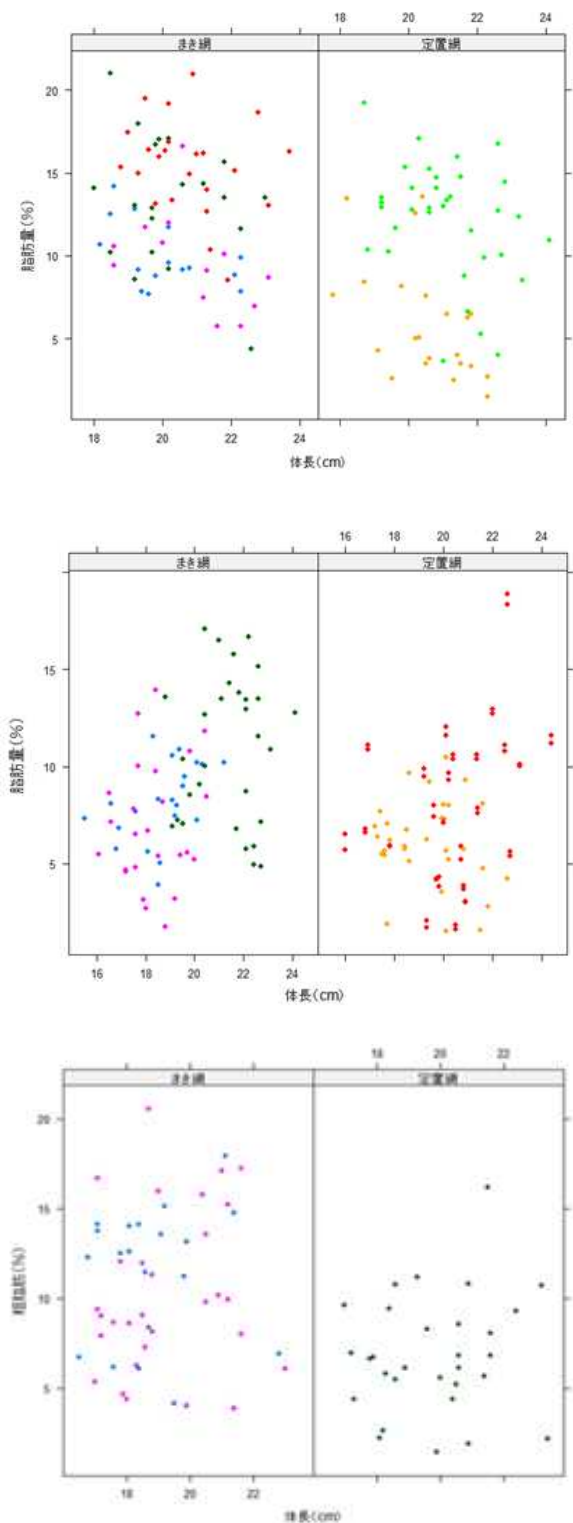


図6 2017年(上)、2018年(中)、2020年(下)の5～6月の石巻付近における漁法別・船別・定置網別の体長と脂肪量の関係 各まき網漁船と各定置網による値は異なる色で示した

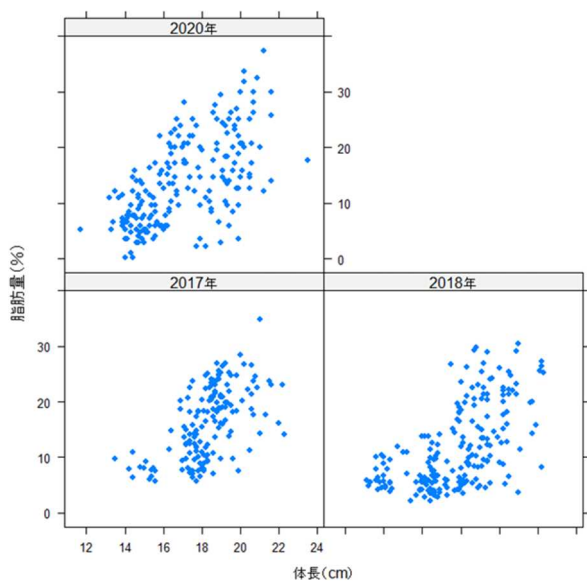


図7 1～3月の房総常磐海域においてまき網により漁獲された年別のマイワシの体長と脂肪量の関係

表3 2017年、2018年、2020年の越冬期に漁獲されたマイワシの脂肪量に対する最適な一般化線形モデルの切片と係数の推定値とその統計的有意水準

	推定値	標準誤差	t値	有意水準
切片 (2017年)	-15.630	4.758	-3.285	<0.001
体長	2.056	0.253	8.142	<0.001
経過日数	0.022	0.083	0.261	0.79
体長*経過日数	-0.008	0.005	-1.792	0.07
2018年	-3.067	0.564	-5.442	<0.001
2020年	-0.946	0.562	-1.684	0.09

体長*経過日数は交互作用を表す

AICにより最適と判断された一般化線形モデルの説明変数は、体長、経過日数（漁獲日）、および年で、体長と経過日数の交互作用を含むモデルが選択された（表3）。すなわち、今回検討した範囲において、①体長が大きいほど脂肪量が多いこと、②経過日数が多い（1～3月で漁獲日が遅い）ほど脂肪量が多いこと、③2017年に比して2018年と2020年の脂肪量が少ないこと、④体長と経過日数の間には交互作用があること（表3）が明らかとなった。

但し、まき網船毎に体長と脂肪量の関係を検討し

たところ、船毎に異なっていた（一例として2018年の場合を図8に示す）。

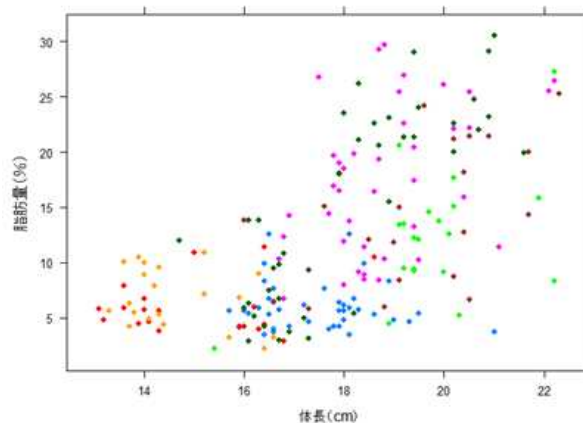


図8 2018年1～3月における船別の体長と脂肪量の関係 まき網10隻を異なる色で示した

4. 考察

はじめに、北上期・越冬期とも2018年と2020年の脂肪量が2017年より低かったことについて検討する。北上期では2017年に比して2018年と2020年の脂肪量は同程度少なかったが（表2）、越冬期では2018年が2020年よりも著しく少なかった（表3）。しかし、船毎にみると、北上期・越冬期ともに体長と脂肪量の関係が異なる群れが混在していた（図6、8）。従って、北上期・越冬期とも2018年と2020年の脂肪量が2017年より少なかったと思われるものの、その程度は、測定した試料における脂肪量が比較的多い群れと少ない群れの割合に影響された可能性がある。そのため、より多くのデータを蓄積し、体長と脂肪量の関係が異なる群れの地理的分布特性などについて分析が望まれる。

次に、マイワシ太平洋系群の年齢別平均体重や1歳魚の成熟率が近年低下する傾向が見られること¹⁾との関連について検討する。資源量の増加と共に成長や成熟などが悪化することは密度効果として知られており、今回検討した脂肪量の年変動にも整合している。また、森本⁹⁾によると、1970年代のマイワシ太平洋系群の資源増大期から1980年代の高水準

期において、夏季の3歳魚の消化管周りの脂肪重量や全長19cm以上の筋肉の脂質含有率が1980年代中頃に最低値を記録したことから、マイワシ太平洋系群の資源量増大による餌の競合が原因と考えられている。但し、近年で最大となった2020年の資源量は約400万トンであり、1980年代の資源量(1,251~1,954万トン)の1/4~1/3に過ぎない。¹⁾しかし、近年の地球温暖化や海洋熱波現象^{10, 11)}によりマイワシの生活域における餌生物量が低下あるいは季節的なズレが生じた可能性や、近年の資源量(2013~2019年の452~681万トン)が1980年代(30~193万トン)の2倍以上に増大したマサバ太平洋系群¹²⁾との生態的競合の可能性も考えられる。

最後に、マイワシ太平洋系群の回遊との関係について検討する。0歳魚について、川端ほか²⁾は2004~2009年に北西太平洋で行われた各種調査船調査や既往の知見に基づき、沖合加入群の亜寒帯水域での体成長率は、水温の高い本州沿岸域に分布する沿岸加入群と同程度であり、その原因として亜寒帯水域は沿岸域よりも低水温であるがカイアシ類など餌密度が高いためとしている。また、Yasuda *et al.*¹³⁾は2015~2017年に能登半島沖(沖合域)と対馬海域(沿岸域)で得られたマイワシ対馬暖流系群の未成魚について脂質分析などを行った結果、①沖合域のマイワシは沿岸域より体が大きく脂質を多く含んでいたこと、②その原因として沖合域では脂質の多い動物プランクトンを捕食したことと、水温が低いことを挙げている。

マイワシ太平洋系群の餌も動物プランクトンに加え成魚は植物プランクトン(珪藻)も捕食する。¹⁾そのため、太平洋においても沖合加入群や沖合回遊群は、日本海の沖合域で見られたのと同様の生息環境を経験したと思われる。また、石巻周辺でまき網(沖合)で漁獲されたマイワシの脂肪量が定置網(沿岸)で得られたマイワシより多いという本報告の結果と整合している。

本報告では、越冬期に0歳魚と推定される体長14cm前後の脂肪量は10%未満の個体が大部分であり(図7)、船別にみた場合、14cm前後の体長にお

いても脂肪量が異なっていた(図8)。越冬期は北上期に比して餌環境は悪いと思われるため、越冬期の0歳魚に認められた体長と脂肪量の関係に船毎に変動が見られた原因として、沿岸加入群と沖合加入群が房総常磐海域に混在することを示唆している。0歳魚の回遊経路と脂肪量の蓄積の関係についても、より多くのデータを蓄積して検討が望まれる。

本報告の北上期に脂肪量を測定したマイワシは、体長から見て1歳魚以上と考えられるため、沿岸回遊群と沖合回遊群¹⁾と比較する。近年の高い資源量水準にあつては、1歳魚以上も5~7月には沿岸からはるか沖合(東経170度付近)まで分布している。¹⁾そのため、石巻付近の定置網で漁獲されたマイワシは主に沿岸回遊群、まき網で漁獲されたものは主に沖合回遊群を含む可能性が高い。しかし、越冬期の房総常磐海域においても体長と脂肪量の関係が異なる群れが存在していたため、これらの群れが北上したとも考えられる。沿岸加入群と沿岸回遊群および沖合加入群と沖合回遊群との関係は明らかではないため、越冬期から北上期に至る回遊パターンと脂肪量蓄積の関係については今後の検討課題である。

本報告で使用したポータブル型近赤外分光分析装置(FQA-NIRGUN)はすでに生産を終了している。そのため、JAFICでは2021年度から新たなポータブル型近赤外分光分析装置を導入し、その測定結果を主要魚種について検討する予定である。

4. 謝辞

本報告で使用した試料の測定に便宜を図っていただいた石巻市場の関係者各位並びに千葉県が測定したデータの使用を許可(2021年12月10日)して下さった千葉県に感謝します。

参考文献

- 1) 古市 生ほか: 令和2(2020)年度マイワシ太平洋系群の資源評価 FRA-SA2020-SC01-1. <http://www.abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202001.pdf>
- 2) 川端 淳ほか: 北西太平洋におけるマイワシ0

- ～1 歳魚の季節的分布回遊, 平成 21 年度資源評価調査成果報告書・第 59 回サンマ等小型浮魚資源研究会議報告, 189-194, 2011.
- 3) 中神正康・石川 哲: 2006-2008 年における八戸沖漁場のマサバ, ゴマサバ脂肪含有量, 第 58 回サンマ等小型浮魚資源研究協議会報告, 196-202, 2010.
- 4) 谷津明彦ほか: 2012-2017 年の道東から鹿島灘にかけての海域で漁獲されたマサバの粗脂肪含量と肥満度の季節変化と経年変動, 水産海洋研究, 83, 19-27, 2019.
- 5) 谷津明彦ほか: 2012-2017 年秋季の北日本近海におけるサンマ大型魚の可食部の粗脂肪含量と来遊量の経年変動, 水産海洋研究, 83, 75-86, 2019.
- 6) 茨城県: マイワシ・サバ類粗脂肪測定結果, 2021/11/29.
<https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/suishi/kaiyu/sabasoshibo.html>
- 7) 千葉県: 多獲性魚の粗脂肪量情報, 2021/11/29.
<https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-suisan/suisan/suisan/takakuseigyo/index.html#kako>
- 8) 金 明哲: R によるデータサイエンス(第 2 版), 森北出版, 2017.
- 9) 森本晴之: 日本産マイワシにおける繁殖特性の時空間変化とその個体群動態への影響. 水産海洋研究, 74(特集号), 35-45, 2010.
- 10) 谷津明彦: 地球温暖化と水産資源管理～持続的な水産資源の利用に向けて～, 2021/11/29.
<https://www.gef.or.jp/globalnet201907/globalnet201907-10/>
- 11) 海洋研究開発機構・北海道大学: 北海道・東北沖で海洋熱波が頻発していることが明らかにー海洋熱波とブリの漁獲量にも関連性ー, 2021/11/29.
http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20210114/
- 12) 由上龍嗣ほか: 令和 2 (2020) 年度マサバ太平洋系群の資源評価 FRA-SA2020-SC06-1.
<http://abchan.fra.go.jp/digests2020/details/202005.pdf>
- 13) Yasuda, T. *et al.*: Cold offshore area provides a favorable feeding ground with lipid-rich foods for juvenile Japanese sardine. *Fisheries Oceanography*, 30, 455-470, 2021.
(2022 年 2 月 15 日受理、Ser. No. 2)