

伊勢湾におけるサワラの脂肪含量の変動特性

笹木大地・館 洋

Characteristic variation in muscle lipid content of *Scomberomorus niphonius* in Ise Bay

DAICHI SASAKI AND HIROSHI TACHI

キーワード：サワラ，脂肪含量，肥満度，資源豊度

三重県でサワラ *Scomberomorus niphonius* は主に伊勢湾や伊勢湾口域で漁獲される重要資源である。漁獲量は 2011 年以降に増加し (Fig. 1)，サワラを利用する漁業者や流通業者も増えている。漁獲の大部分は一本釣りと流し刺し網であり，主な漁期は 7 月から 11 月である。このほか熊野灘の定置網漁業でも漁獲されている。

漁獲量の全国的な増加に伴い (Fig. 1)，山形県の「庄内おぼこサワラ」，福岡県の「藍の鱈」，静岡県「波乗り鱈」，岡山県の「朝干のさわら」など全国各地でサワラのブランド化が進んでいる。三重県においてもサワラの主産地である鳥羽地域でブランド化の取組が行われている。鳥羽市の離島 (答志島，菅島) に水揚げされる魚体重が 2.1–4.0 kg の範囲にあるサワラのうち，一本釣りで漁獲された脂肪含量 10% 以上の個体を「答志島トロさわら」として出荷している。なお，マアジ，マサバ，ゴマサバなどの魚類において，脂肪含量 10% 以上は脂の乗りが良いとされており (道根 2009；石原・渡辺 2013；吉田・山内 2014；井上・岡田 2016)，サワラについてもこれらの魚類と同様に脂肪含量 10% 以上をブランドの基準として用いている。ブランドの対象期間は 10 月から翌年の 1–2 月で漁獲状況や漁獲物の脂肪含量に応じて終了時期は決

定される。

三重県水産研究所では，ブランド化を科学的根拠に基づいて支援するため，2016 年以降，主に市場調査で脂肪含量の測定を継続して行っている。これまでに伊勢湾におけるサワラの脂肪含量の季節変化についての研究事例は報告されていなかったが，本研究において若干の知見が得られたので報告する。さらに，2019 年は 2017 年，2018 年に比べ脂肪含量が低く，ブランドの基準である 10% に満たない個体の割合が多かったため，その理由について，サワラの資源状態や成長，餌料生物であるイワシ類の漁獲量も含めて考察した。

方法

魚体測定

2016 年 9 月から 2020 年 3 月にかけて，鳥羽磯部漁業協同組合 (以下，鳥羽磯部漁協) 和具浦支所および答志集約市場において市場調査を実施した。測定項目は尾叉長，脂肪含量とし，一部の個体から年齢査定のための鱗を採取した。体重は 0.1 kg 単位の市場重量とした。市場における銘柄は和具浦支所の銘柄分けに従い，1.0 kg 未満を「サゴシ」，1.0–1.5 kg を「小」，1.6–2.0 kg を「中」，2.1–2.9 kg を「大」，3.0–4.7 kg を「特大」，4.8 kg 以上を「特々大」とした。和具浦支所では「小」を，答志集約市場では「中」と「小」を 2 尾まとめて計量するため，調査時の尾叉長と目測により 1 尾の体重に補正した。また，市場調査に加え鳥羽磯部漁協から買取調査も行い，体重は 5g 単位の電子秤を用いて測定した。測定項目には生殖腺重量を追加し，年齢査定に用いる耳石を摘出した。さらに年齢，成熟の把握のために旅館等から提供される頭部および生殖腺サンプルも用いた。

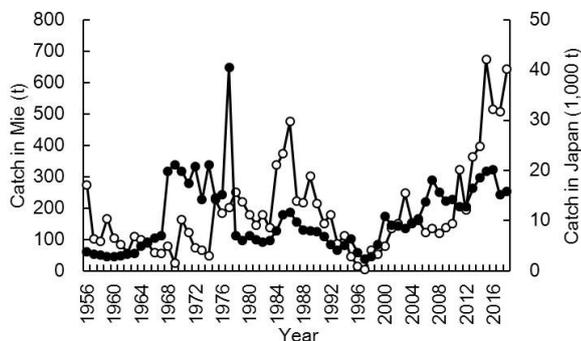


Fig. 1. Annual change in catch of “sawara-rui” in Japan.
Open circle: Mie Prefecture, solid circle: total catch in Japan

脂肪含量の測定

脂肪含量の測定には魚用品質状態判別装置 (フィッシ

ユアナライザ™Pro : 大和製衡株式会社, 以下, フィッシュアナライザ) を用いた。取扱説明書 (https://www.yamato-scale.co.jp/content/wp-content/uploads/2019/07/prdman_00294_20180302095503_JP.pdf) にしたがって, 測定部位は第 2 背鰭始部直下の側線やや上方に電極の後端が位置する場所とした。また, 取扱説明書によると, 鮮度状態が脂肪含量計測の値に影響するため, 前日の漁獲物は解析から除外し, 当日に漁獲されたもののみを用いた。また, 鮮度のばらつきが大きい流し刺し網のデータも解析から除外し, 一本釣りで漁獲されたもののみを用いた。なお, 本研究で用いたフィッシュアナライザの測定モードは, 鳥羽磯部漁協から買い上げたサワラの脂肪含量をソックスレー法 (堤・平田 1996) により測定し, 得られた検量線に基づいて作成したものであり, 他海域のものとは仕様の異なる設計となっている (未発表資料)。

生殖腺熟度指数と肥満度の算出

一般的な魚種の生殖腺熟度指数には, 生殖腺重量 G (g) を体重 B (kg) で除した GSI (gonad somatic index) が用いられるが, 本研究では胃内容物重量の影響および頭部サンプルにおける体重データが欠落していることから,

(1) 式により生殖腺重量と尾叉長 F (cm) を用いて GI (gonad index) を算出した。なお, 頭部サンプルの尾叉長は, 笹木ほか (2018) による頭長と尾叉長の関係式から算出した推計値を用いた。

$$GI = (G / F^3) \times 10,000 \quad (1)$$

脂肪含量と肥満度 C には関係性が確認されることがあるため (五十川ほか 2008), (2) 式より市場調査で得られた尾叉長 F (cm) と体重 B (kg) を用いて肥満度を算出した。なお, 市場調査と買取調査では, 体重の測定方法が異なるため, 肥満度の算出は測定数が多い市場調査のデータのみを用いた。

$$C = (B / F^3) \times 1,000 \quad (2)$$

サワラの成長

サワラの脂肪含量と成長の関係について考察するため, 2017 年から 2019 年の 11 月と 12 月の尾叉長と年齢および銘柄の関係を整理して, 年級群の体サイズについて検討した。なお, 年齢査定は笹木・岡田 (2019) に従って, 鱗で行い, 一部では耳石を併用した。0-1 歳時における成長について検討するため, 尾叉長 75 cm 未満の 0 歳魚と 1 歳魚のみを結果に用いた。

サワラおよびイワシ類の漁獲量

サワラの脂肪含量が年により異なる要因を考察するために, サワラの漁獲量および餌料生物であるイワシ類の漁獲量データを使用した。サワラの漁獲量の情報として, 2003 年から 2019 年における鳥羽磯部漁協の一本釣りおよび流し刺し網の漁獲量, サワラ流し刺し網漁業の漁獲成績報告書, 2012 年から 2019 年の和具浦支所の一本釣り漁業の銘柄別漁獲量を用いた。

サワラは主にカタクチイワシやイカナゴなどの魚類を捕食するとされており (石田・片町 2019), 伊勢湾では主にマイワシとカタクチイワシを捕食している (未発表資料)。伊勢湾で漁獲されるイワシ類のほとんどは機船船びき網漁業によるもので, その大部分が白子漁港および白塚漁港に水揚げされる。そこで両港における 2003 年から 2019 年のマイワシとカタクチイワシの合計漁獲量を本研究に用いた。

結果

サワラの脂肪含量

サワラの月別脂肪含量の平均値, 最小値, 最大値, 測定数を Table 1 に示す。サワラの脂肪含量の季節変化を Fig. 2 に示す。脂肪含量は 4 月から 7 月にかけて他の時期より低く, 8 月に上昇する傾向が見られた。その後 9 月から翌年 3 月までは高い水準となり, 4 月から 5 月に急激に低下した。答志島トロさわらの主要なブランド期間となる 10 月から 12 月の脂肪含量を年別に比較すると 2016 年, 2017 年に比べ, 2018 年は低く, 2019 年はさらに低かった。特に 2019 年は脂肪含量が高くなる 9 月から 12 月にかけても平均でブランドの基準である 10% を超えず, 前 3 年に比べ脂肪含量は低かった。加えて, 1 月から 3 月にかけても, 2018 年に比べ, 2019 年は低く, 2020 年はさらに低かった。銘柄による脂肪含量の季節変化に違いは見られず, いずれの銘柄も全体の傾向と同様であった。

月別の生殖腺熟度指数

2016 年 9 月から 2020 年 3 月における生殖腺熟度指数の雌雄別の月別変化を Fig. 3 に示す。オスでは 3 月から 7 月にかけて高い値を示した。メスでは 4 月から 5 月に高い値を示し, 平均値はそれぞれ 6.6, 4.1 であり, 篠原 (1991) が示したメスの成熟の目安である 4 を超えた。また, 6 月は平均値が 1.7 と低下したものの, 18% の個体で 4 を超える値を示した。

Table 1. Monthly change in muscle lipid content of *Scomberomorus niphonius*

Year	Month	Average (%)
2016	Sep	16.1 (12–19, 6)
	Oct	15.7 (12–21, 10)
	Nov	11.4 (2–15, 50)
	Dec	13.3 (8–17, 10)
2017	Jun	2.7 (1–17, 53)
	Jul	2.5 (1–12, 115)
	Aug	6.4 (1–15, 115)
	Sep	10.8 (1–24, 323)
	Oct	15.8 (5–25, 65)
	Nov	11.9 (2–28, 66)
	Dec	12.0 (1–24, 137)
2018	Jan	10.0 (1–20, 115)
	Feb	12.8 (2–21, 51)
	Mar	11.1 (4–18, 23)
	Apr	4.4 (1–9, 15)
	May	2.9 (1–10, 71)
	Jun	3.3 (1–18, 317)
	Jul	4.0 (1–15, 82)
	Aug	10.3 (1–22, 226)
	Sep	9.9 (1–19, 370)
	Oct	9.6 (1–20, 109)
	Nov	10.8 (1–22, 483)
	Dec	10.3 (1–22, 423)
2019	Jan	9.7 (1–21, 242)
	Feb	9.4 (1–21, 97)
	Mar	9.1 (1–18, 106)
	Apr	7.0 (1–18, 131)
	May	2.1 (1–10, 165)
	Jun	1.9 (1–11, 399)
	Jul	3.6 (1–21, 800)
	Aug	6.4 (1–18, 496)
	Sep	7.7 (1–20, 523)
	Oct	8.8 (1–19, 614)
	Nov	9.3 (1–20, 539)
	Dec	7.7 (1–22, 422)
2020	Jan	6.8 (1–19, 286)
	Feb	7.2 (1–19, 311)
	Mar	7.6 (1–17, 17)

Figures in parenthesis represent min-max and sample size.

サワラの肥満度

サワラの肥満度の季節変化を Fig. 4 に示す。市場調査による尾叉長と体重から求めた肥満度は、すべての期間において平均値が 6–8 の範囲にあり、月別では 3 月および 4 月に高かった。年間通じてデータが揃っている 2018

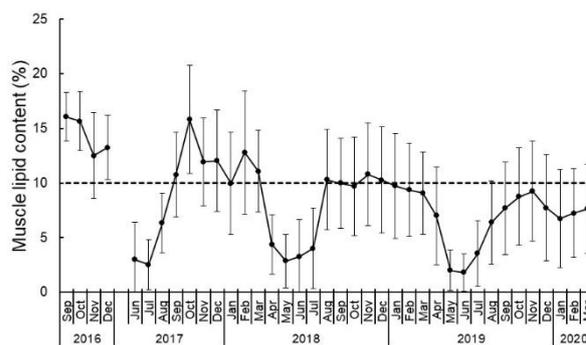


Fig. 2. Monthly change in muscle lipid content of *Scomberomorus niphonius*. Data are shown as mean \pm SD (n = 6-800).

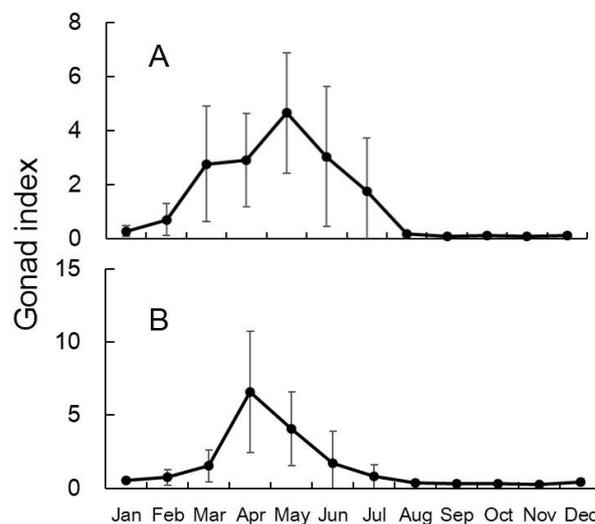


Fig. 3. Monthly change in gonad index of *Scomberomorus niphonius*. A: male (n=8-48), B: female (n=11-55). Data are shown as mean \pm SD.

年と 2019 年においては、5 月に肥満度が低下し、7 月から 8 月にかけてやや上昇した後、9 月以降は 12 月にかけて低下した。10 月から 12 月の肥満度を年別に比較すると 2017 年に比べ、2018 年は低く、2019 年はさらに低かった。さらに、1 月から 3 月にかけても 2018 年に比べ、2019 年は低く、2020 年はさらに低かった。

脂肪含量、肥満度、生殖腺熟度指数の関係性

年別月別の肥満度と脂肪含量の関係を Fig. 5 に示した。肥満度と脂肪含量の月別平均値には弱い正の相関が見られた (Fig. 5A : R=0.3688, P>0.1)。体重には生殖腺重量が含まれており、産卵期は生殖腺が発達し体重が増加することから、伊勢湾におけるサワラの産卵期である 4 月か

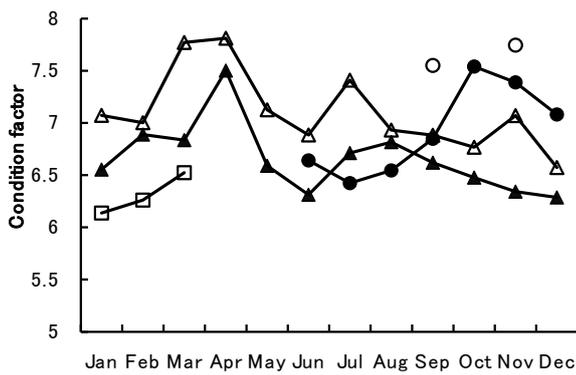


Fig. 4. Monthly changes in condition factor of *Scomberomorus niphonius*. ○: 2016, ●: 2017, △: 2018, ▲: 2019, □: 2020.

ら7月(笹木ほか 2018; 笹木・岡田 2019)を除外すると、肥満度と脂肪含量の間には強い正の相関が見られた(Fig. 5B: $R=0.7482, P<0.01$)。10月から12月における脂肪含量と肥満度は2017年から2019年にかけていずれも低下しており共通した傾向がみられた(Figs. 2, 4)。また、脂肪含量が低い4月から7月のうち、オスはすべての期間、メスでは4月から5月にかけて生殖腺熟度指数は高い値となり(Fig. 3)、6月も一部の個体で高い値を示した。生殖腺熟度指数が低下した8月以降では脂肪含量は増加した(Fig. 2)。

肥満度と脂肪含量の関係について、個体ごとのばらつきがみられたため、代表として2019年12月25日の測定結果をFig. 6に示す。個体ごとの肥満度と脂肪含量の間には正の相関が見られた(Fig. 6: $R=0.5154, P<0.01$)。しかし、肥満度5.5-7.0の範囲において、脂肪含量は1-17%

まで広範囲に出現し、近似式から大きく外れる個体がみられた。

サワラの漁獲量

2003年から2019年における鳥羽磯部漁協の一本釣りと流し刺し網の合計漁獲量をFig. 7に示す。2010年までは100トン前後で、その後増加に転じ、2011年から2014年は146トンから266トンの間で推移し、2015年に急増し537トンとなった。その後、高水準で推移し、2019年は628トンで集計開始以来最高値を記録した。

2012年から2019年の和具浦支所の一本釣りの主漁期である6月から12月の年別銘柄別漁獲量をFig. 8に、年別月別銘柄別漁獲量をFig. 9にそれぞれ示す。2015年と2019年は全体の漁獲量が多く、銘柄別では「小」と「中」がほかの年と比較して突出して多かった。2012年から2018年は「大」が最多であったが、2019年は「中」が最多の82トンであり、「大」の53トンを大きく上回った。「サゴシ」は2014年と2018年に多く9月から12月で10トン以上が漁獲された。また、5月から7月にも、2015年は9トン、2019年は1トン漁獲されたが、この2年以外ではほとんど漁獲されなかった。「小」は2015年の6、7月を中心に12月まで、2019年の7月から9月を中心に12月まで多く漁獲された。「中」は2015年の9月から10月と2019年の8月から12月にかけて毎月10トン以上まとまって漁獲され、特に2019年の9月は27トンときわめて多く漁獲された。

イワシ類の漁獲量

伊勢湾(白子漁港および白塚漁港)におけるマイワシ

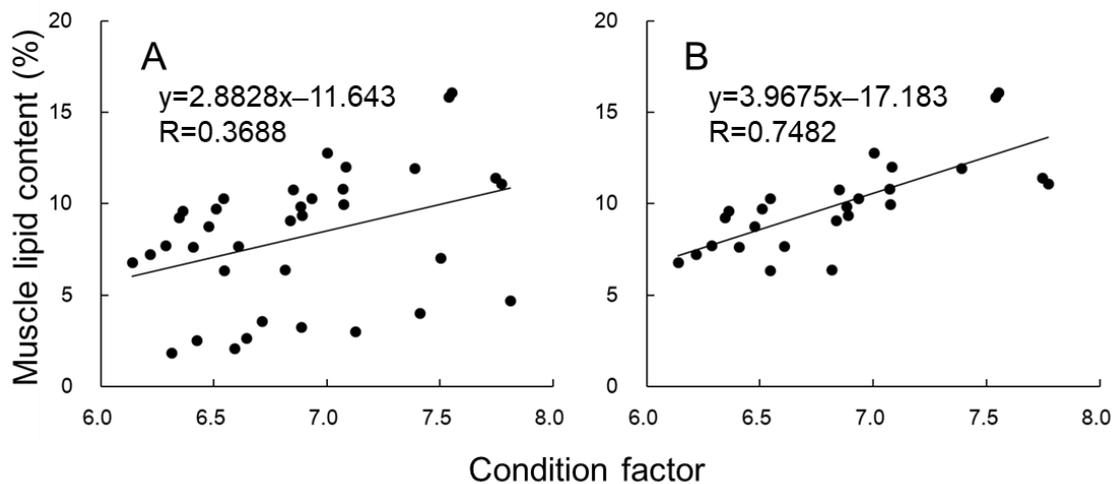


Fig. 5. Relationship between condition factor and muscle lipid content in *Scomberomorus niphonius*. A: Data of all the period (Jan-Dec); B: except spawning seasons (Apr-Jul).

とカタクチイワシの合計漁獲量の推移を Fig. 10 に示す。漁獲量は 2007 年まではおおむね 10,000 トン前後であつ

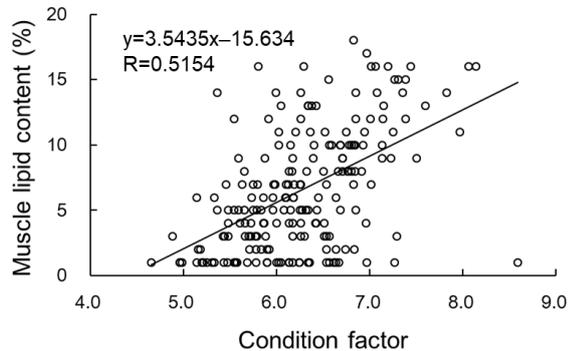


Fig. 6. Relationship between condition factor and muscle lipid content in *Scomberomorus niphonius* on 25 Dec 2019.

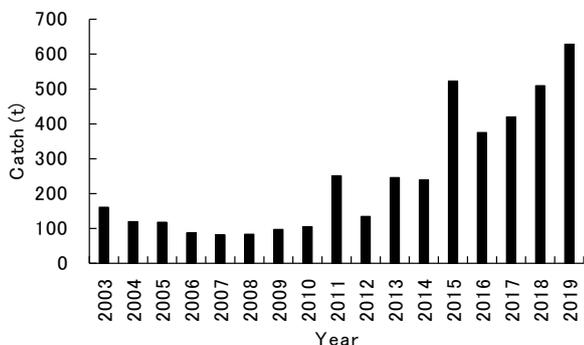


Fig. 7. Total catch of *Scomberomorus niphonius* by line fishing and draft net in Toba-isobe fisheries cooperative.

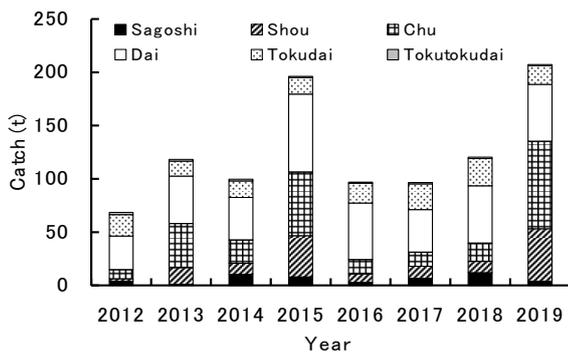


Fig. 8. Total catch of *Scomberomorus niphonius* by line fishing in Wagu-ura, Toba-isobe fisheries cooperative, Toshi-jima Is., in Toba (Jun-Dec). Data are shown by degree of body weight (sagoshi ; < 1.0 kg, shou ; 1.0–1.5 kg, chu ; 1.6–2.0 kg, dai ; 2.1–2.9 kg, tokudai ; 3.0–4.7 kg, tokutokudai ; 4.8 kg ≤)

たが、その後 2013 年にかけて増加した。2014 年以降はマイワシのまとまった漁獲量がみられるようになり、イワシ類の漁獲量は 20,000 トン以上となった。サワラの脂肪含量の測定を開始した 2016 年以降のイワシ類の漁獲量は 2016 年が 28,338 トン、2017 年が 25,784 トン、2018 年が 24,387 トンとおおむね 25,000 トンで推移したが、2019 年には 17,866 トンと大きく減少した。

サワラの体サイズと年齢

2017 年から 2019 年の 11 月と 12 月における尾叉長と年齢の関係を Fig. 11 に示す。市場調査の結果から「小」の尾叉長範囲は主に 50–60 cm 台前半であり、「中」では 60cm 台、「大」では 70cm 前後であった。2017 年は「小」に該当する 65cm 未満のすべてが 0 歳魚、2018 年はほとんどが 0 歳魚でわずかに 1 歳魚が混じっていたのに対し、2019 年は尾叉長 55 cm 以上の大部分が 1 歳魚であり、2017 年、2018 年ではほとんど見られなかった 65cm 未満の 1 歳魚が出現した。

考 察

脂肪含量と産卵の関係

本研究により脂肪含量を測定した 2017 年から 2019 年において、伊勢湾周辺海域のサワラの脂肪含量は 4 月から 7 月に低く、生殖腺熟度指数が高くなる時期（4 月から 7 月）および産卵期（4 月から 7 月：笹木ほか 2018；笹木・岡田 2019）とおおむね一致した (Figs. 2, 3)。脂質を産卵のエネルギーに使用すると考えられている魚類にはマサバ (吉満ほか 2018)、ゴマサバ (五十川ほか 2008；吉田・山内 2014)、ブリ (落合ほか 1980) などが知られており、これらの魚類では産卵期に脂肪含量は低下する。サワラについてもこれらの魚類と同様に脂質を産卵のエネルギーに使用するため、産卵期に脂肪含量が低下すると考えられた。さらに、サワラは産卵後である 8 月以降に急激に脂肪含量が高くなることがわかった (Fig. 2)。産卵期の後に脂肪含量が高くなる魚類にはマサバ (吉満ほか 2018)、ゴマサバ (五十川ほか 2008)、カタクチイワシ (池田 1987) などが知られている。以上のことから、サワラもこれらの魚類と同様に産卵期の前後に脂肪含量が大きく変化すると考えられた。

脂肪含量と肥満度の関係

サワラの月別脂肪含量と肥満度の平均値の間には、産卵期を除くと強い正の相関がみられたが、個体ごとでは

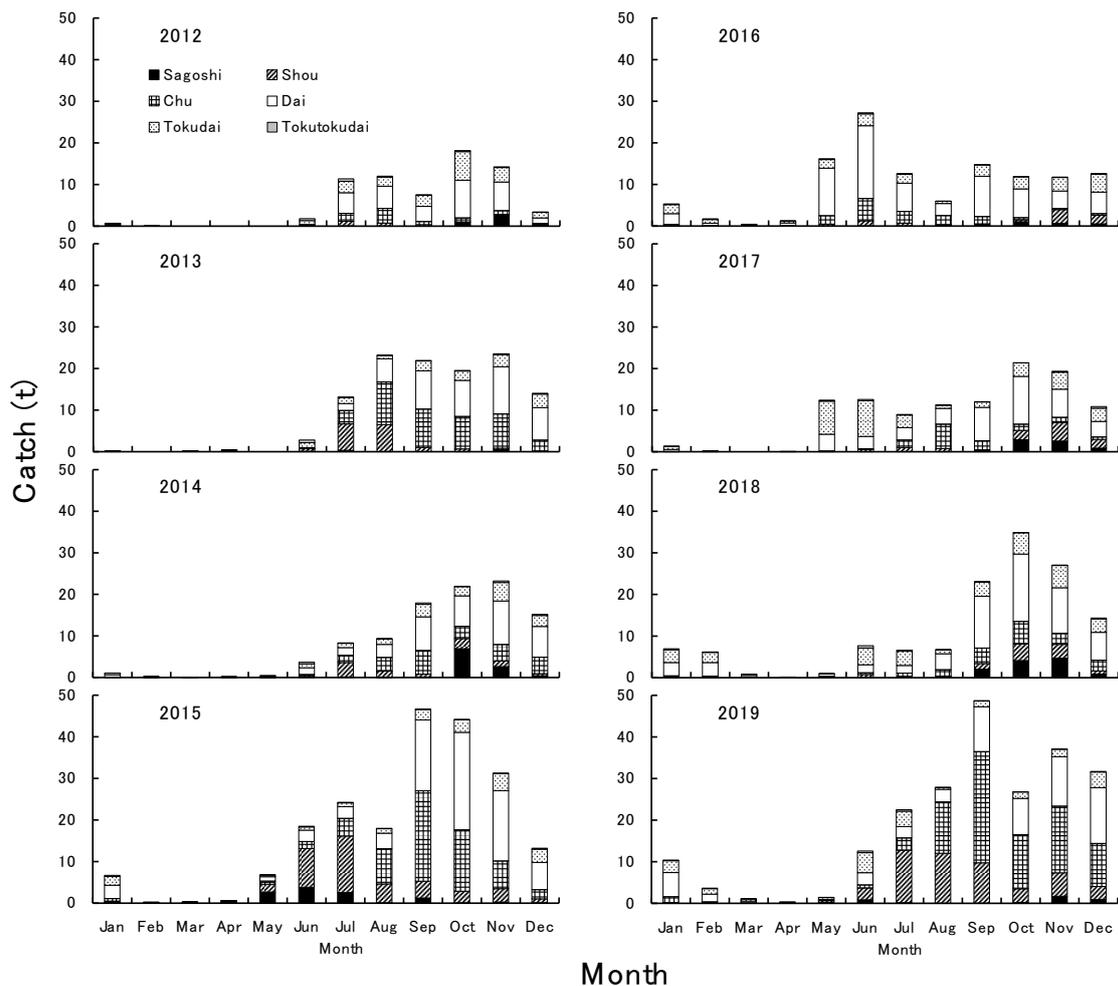


Fig. 9. Total monthly catch of *Scomberomorus niphonius* by line fishing in Wagu-ura, Toba-isobe fisheries cooperative, Toshi-jima Is., in Toba. Data are shown by degree of body weight (sagoshi ; < 1.0 kg, shou ; 1.0–1.5 kg, chu ; 1.6–2.0 kg, dai ; 2.1–2.9 kg, tokudai ; 3.0–4.7 kg, tokutokudai ; 4.8 kg ≤)

相関関係はやや低下し、同じ肥満度でも脂肪含量には大きなばらつきが見られた (Figs. 5B, 6)。このことから、外観から脂肪含量の高低を判断することは難しいと考えられ、確実に脂肪含量が高い個体をブランド魚である「答志島トロさわら」として流通させるには、すべての個体の脂肪含量を測定することが望ましく、ブランド力の維持・向上のためには不可欠であると考えられた。

2019年の脂肪含量が低かった要因

10月から12月におけるサワラの脂肪含量の測定データのうち、測定個体が少ない2016年を除いた2017年から2019年の月別平均値はすべての月で2017年が最も高く、2019年が最も低かった (Table 1, Fig. 2)。サワラは伊勢湾では主にマイワシとカタクチイワシを捕食しており (未発表資料)、伊勢湾におけるイワシ類の漁獲時期 (6

月から12月) とサワラの盛漁期 (7月から11月) はおおむね一致する。サワラの漁獲量が増加した2015年以降は、伊勢湾のイワシ類も豊漁となったが、2019年はサワラが2003年以降で最高の漁獲量であったのに対し、イワシ類では17,866トンと直近4年 (2015年から2018年) 平均の25,577トンから大きく減少した (Figs. 7, 10)。このことから2019年のサワラの脂肪含量が低かった理由の一つとして、サワラが多かったことと、イワシ類が少なかったことによる餌不足が影響した可能性が考えられた。和具浦支所におけるサワラの銘柄別漁獲量では、2019年は例年漁獲主体となる「大」の割合が低く、「中」、「小」が多く漁獲された (Figs. 8, 9)。盛漁期 (7月から11月) は1歳魚が漁獲主体と考えられており (笹木ほか投稿中)、2019年の1歳魚、すなわち2018年級群は1歳時に「大」まで成長する個体が少なく、他の年級群に比べ成長が劣

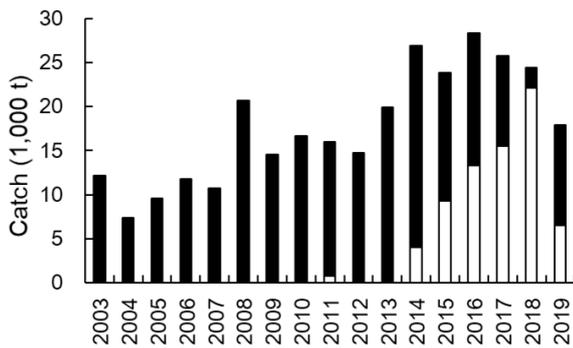


Fig. 10. Total catch of *Sardinops melanostictus* and *Engraulis japonica* by boat seine in Suzuka-shi fisheries cooperative and Shiratsuka fisheries cooperative. Open bars: *S. melanostictus*, closed bars: *E. japonica*.

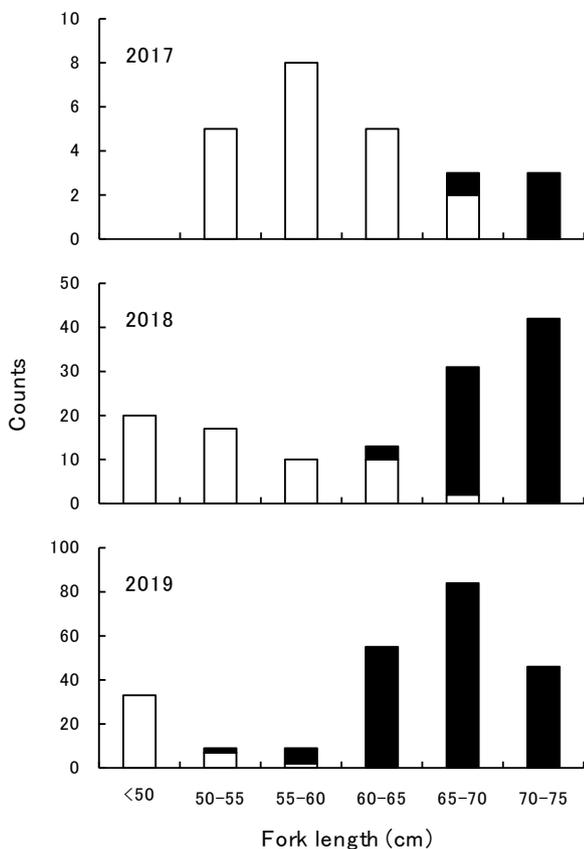


Fig. 11. Total number of *Scomberomorus niphonius* by degrees of fork length and age catch in Ise Bay, in Nov and Dec. Open bars: 0-year-old, closed bars: 1-year-old.

ったと推察される。このことは11月と12月の年齢査定結果からからも支持される (Fig. 11)。2018年級群は0歳時に「サゴシ」として、1歳時に「中」および「小」として多く漁獲されたことおよび1歳時の漁獲量が非常に多

いことが2014年級群と酷似している。これらの共通性から2018年級群は、年級豊度が高い可能性が示唆されている2014年級群 (笹木・岡田 2019) と同様に年級豊度が高いと考えられた。以上のことから2019年は、2018年級群を中心としたサワラ資源が多かったことに加え、餌料生物としてのイワシ類が少なかったことが低成長につながり、成長に使うだけの栄養が足りない状況の中では脂肪を蓄えることができず、結果として脂肪含量が低くなったと考えられた。

本研究の調査期間は短く現段階ではデータ不足であることから、継続してデータを収集していくことがブランド力の維持・向上には不可欠である。また、餌料生物としてのイワシ類の脂肪含量をはじめとする餌の「質」についても検討の余地は残されている。引き続き、成長、年齢、回遊などの基本的な生物情報や脂肪含量のデータを入手することが必要である。さらに、ブランド力の向上や持続的な資源の利用方法については、引き続き検討していく必要がある。

要 約

鳥羽地域におけるサワラのブランド化の取組みを支援するため、2016年以降に脂肪含量を測定した結果、脂肪含量は9月から翌年3月に高く、4月から7月に低くなる傾向がみられた。月別の脂肪含量と肥満度の平均値の間には、産卵期を除くと強い正の相関がみられた。しかし、肥満度と脂肪含量の間には個体別のばらつきが大きいため、ブランド力の維持・向上には全ての個体について脂肪含量を測定する必要があると考えられた。2015年と2019年は漁獲量が突出して多く、前年生まれである2014年級群および2018年級群は年級豊度が高い可能性が示唆され、他の年級群に比べ魚体が小さかった。また、2019年は他の年に比べ脂肪含量が低く、2018年級群の年級豊度が高かったことや伊勢湾において餌料生物のイワシ類が少なかったことが影響した可能性が考えられた。

謝 辞

市場での測定および標本の収集等において、鳥羽磯部漁業協同組合をはじめとする漁業関係者の皆様には多大なるご協力をいただいた。潮風の宿 山七様には頭部サンプルを提供いただいた。元三重県水産研究所の井上美佐氏 (現三重県伊勢農林水産事務所) および岡田誠氏 (現三重県伊勢農林水産事務所)、三重県伊勢農林水産事務所の西窪大輔氏および田路拓人氏、三重県水産研究所の森

真弓氏, 山根りか氏, 谷水静香氏には測定補助や標本の作成, 漁獲量データの入力などに多大なる協力をいただいた。また, 2名の査読者からは貴重なご意見を多数頂戴した。この場をお借りして感謝申し上げます。

なお, 本研究の一部は資源・漁獲情報ネットワーク構築事業により実施された。

文 献

- 五十川章子・山岡耕作・森岡克司 (2008) : 清水さばの脂質含量と生態形質の季節変動—旬の解明の一考察—。日水誌, **74** (2), 207–121.
- 池田文雄 (1987) : 東京湾におけるカタクチイワシ粗脂肪量と体長・肥満度の関係。神奈川水試研報, **8**, 27–30.
- 井上美佐・岡田 誠 (2016) : 熊野灘産ゴマサバにおける脂肪含量の季節変化。三重水研報, **25**, 95–99.
- 石田 実・片町太輔 (2019) : 平成 30 (2018) 年度サワラ瀬戸内海系群の資源評価。平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価(魚種別系群別資源評価・TAC 種以外) 第 3 分冊, 1724–1759.
- 石原幸雄・渡辺文雄 (2013) : 鳥取県沖合で漁獲されるハタハタの脂肪含量と脂肪酸組成。日水誌, **79** (2), 229–231.
- 道根 淳 (2009) : 島根県の水産業とブランド化への取組み。日本海水学会誌, **63** (3), 125–129.
- 落合 明・鍋島 浩・榎田 晋・長谷川泉 (1980) : 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。日水誌, **46** (4), 407–412.
- 笹木大地・岡田 誠 (2019) : 三重県で漁獲されたサワラの年齢査定。黒潮の資源海洋研究, **20**, 99–104.
- 笹木大地・岡田 誠・津本欣吾 (2018) : 三重県におけるサワラの年齢と成長。黒潮の資源海洋研究, **19**, 55–58.
- 篠原基之 (1991) : 瀬戸内海東部におけるサワラの産卵と成熟について。岡山水試報告, **6**, 28–34.
- 堤 忠一・平田芳明 (1996) : 脂質。日本食品工学会 新・食品分析法編集委員会 (編), pp 45–55. 新・食品分析法, 光琳, 東京.
- 吉田 彰・山内 悟 (2014) : 小型近赤外測定機により測定した静岡県近海におけるゴマサバ成魚の脂肪含量。静岡水技研報, **46**, 109–112.
- 吉満友野・加藤正人・小林正三 (2018) : 銚子漁港に水揚げされたマサバにおける脂質含量の季節変動と生殖腺の発達の関係性。日水誌, **84** (6), 1017–1024.