

[報告] 2023～2024 年の東シナ海周辺で大型まき網により漁獲されたマアジの粗脂肪含量の変動

Variability in crude fat content of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* captured around East China Sea during 2023–2024 by the Japanese purse seine fishery

谷津 明彦¹⁾ 本田 修²⁾ 山崎 吉明³⁾ 石橋 泰史⁴⁾
Akihiko Yatsu Osamu Honda Yoshiaki Yamasaki Taishi Ishibashi

1) 水産情報部 2) 常務理事 3) 松浦駐在所 4) 島根県水産技術センター

要旨：

マアジ対馬暖流系群の粗脂肪含量(%, 脂肪量という)に対する漁獲日(各年1月1日からの日数)・尾叉長・年および海域(対馬・九州西沖・中南部(東海))の影響を明らかにした。使用した試料は、2023～2024年に遠洋旋網により東シナ海(対馬周辺の日本海を含む)で周年に亘り漁獲された2,890個体(尾叉長134～464mm)である。漁獲日と尾叉長を平滑化(スプライン)関数として独立または同時に考慮した場合について、それぞれ年と海域の効果を考慮した一般化加法モデル(GAM)を適用し、AICによりモデル選択を行った。その結果、漁獲日と尾叉長を同時に考慮したモデルがやや優れていた。このモデルによると、年初から脂肪量が増加し、4～6月のピークを経て減少する一方、小型個体ほど脂肪量が多い傾向にあった。但し、九州西沖の5～7月の測定数は少なく、4～6月のピークは不明瞭で、2024年の対馬海域では11～12月に大型で脂肪量の多い個体が見られた。また、年と海域の効果があるモデルより、海域の効果のみのモデルがわずかに優れていた。後者のモデルによる海域別の脂肪量は高い順に対馬、東海、九州西沖で、統計的に有意差があった。

キーワード：報告、マアジ、脂肪量、尾叉長、漁獲日、海域差

1. はじめに

マアジ *Trachurus japonicus* 対馬暖流系群は東シナ海と日本海において最も重要な水産資源の一つで、春夏に北上、秋冬に南下する。¹⁾ 本系群の産卵場は東シナ海南部～日本海北部沿岸で広く分布し、産卵期は南ほど早く、東シナ海中南部海域では主に1～6月、九州西岸海域では11～6月、日本海では5～9月で、産卵親魚は大型魚(尾叉長26cm以上)では11～6月、小型魚(20～26cm)では1～5月にみられる。¹⁻³⁾

主な産卵場である東シナ海南部(台湾北方)と九州西岸(五島列島周辺)からは大量の卵と仔魚が黒潮と対馬暖流によって北東方向に輸送され、一部は日本海に達するとされてきた。⁴⁾ しかし、最近の研究によると、日本海南部の群れは東シナ海から輸送

されたものは少なく、0歳魚は東シナ海南西部と九州西岸の沿岸域に分かれて分布し、日本海と九州西岸では主にそれぞれの海域での産卵群に主に由来すると考えられている。⁵⁻⁷⁾

浮魚類の可食部の粗脂肪含量(%, これ以降は脂肪量とする)は、体サイズ・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。⁸⁻¹³⁾ また、マアジの価格は脂肪の乗り具合に大きく影響されるため、非破壊で迅速に脂肪量を測定できる機器として近赤外分光法が開発された。⁸⁻¹⁰⁾ そこでJAFICは、ポータブル型近赤外分光分析装置(FQA-NIRGUN、シブヤ精機(株)製)により主要魚種の脂肪量を計測し、季節変動・体長の影響に加えて、経年変動や漁法の影響も検討してきた。¹¹⁻¹³⁾ その後、FQA-NIRGUNが製造中止となったため、その後継機を2020年から全

国主要7港（花咲、釧路、石巻、境港、浜田、宿毛、松浦）に順次配置するとともに、島根県水産技術センターとの共同研究として新たな検量線の作成を行い、2022年から実稼働を行った。本報告では、その第一報として、長崎県松浦魚市場で測定したマアジの脂肪量とその変動要因について報告する。

2. 材料と方法

測定した試料は、2023～2024年に遠洋旋網により東シナ海（対馬周辺を含む）で周年に亘り漁獲されたマアジ2,890個体で（表1）。操業位置（図1）の海域は対馬、九州西沖（西沖）、東シナ海中南部（東海）に区分した（図1）。尾叉長は134～464mmで、モードは海域により異なったが、180～250mmが主体であった（図2）。

表1 測定したマアジの年・月・海域別の個体数

海域	西沖	対馬	東海	合計
2023年	640	480	220	1,340
1月				0
2月		30		30
3月	80	30		110
4月	20	100	30	150
5月	10	130	60	200
6月	10	30	60	100
7月	10	50	20	80
8月	100	60	20	180
9月	130	10	20	160
10月	100	40	10	150
11月	110			110
12月	70			70

海域	西沖	対馬	東海	合計
2024年	550	690	310	1,550
1月		80		80
2月	20	90		110
3月	90	100		190
4月	120	50	50	220
5月	10	50	110	170
6月		100	80	180
7月		10	30	40
8月	70	20	30	120
9月	140	20	10	170
10月	90	60		150
11月		60		60
12月	10	50		60

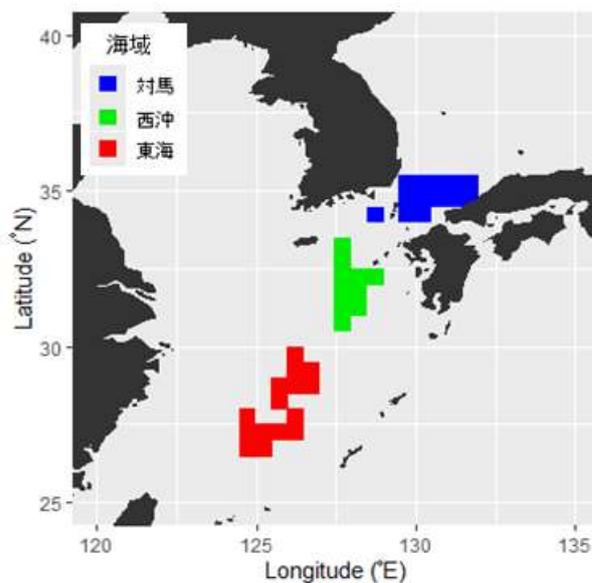


図1 脂肪量を測定したマアジの漁獲位置

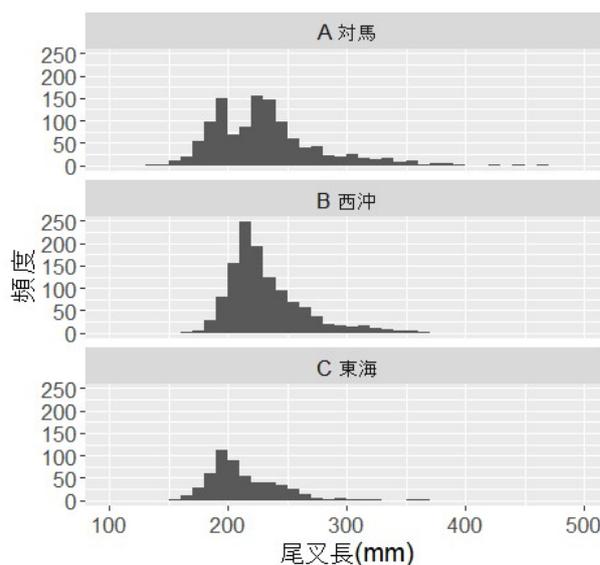


図2 脂肪量を測定したマアジの海域別体長組成

脂肪量の測定は近赤外光分析装置(NIR-SM: Near Infrared Spectro-Meter、(株)オプトメカトロ製 <https://opt-mt.com/products/M011-02.html>)を用いて行い、近赤外分光分析装置による測定結果を脂肪量に変換するための検量線は、JAFICと島根県水産技術センターが共同で開発したものを適用した。試料は、松浦港での測定の数日前～前日に遠洋旋網で漁獲され、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。測定部位は、可食部全体の脂肪量の平均値に相関が高い体の左側の第二背鰭

基部で、測定回数は1回とした。

上述のように、魚類の脂肪量は海域や季節に加えて、年や体長の影響も受けることが知られている。また、脂肪量の季節変動や尾叉長との関係は必ずしも直線的とは考えられない。そのため、統計的解析は平滑化関数（スプライン関数）を使用できる一般化加法モデル（GAM）により行った。GAMモデルは漁獲日と尾叉長のスプライン関数を独立に考慮したもの（モデル1）と漁獲日と尾叉長のスプライン関数を同時に考慮したもの（すなわち交互作用を含むモデル2）を用いた。この交互作用を考慮した理由は、漁獲日により尾叉長の範囲が異なる傾向にあったためである（図5）。実際の分析にはフリーソフトウェア R（ver. 3.3.1）を使用し、変数選択は赤池情報量基準（AIC）によった^{15,16}。

$$\log(\text{脂肪量}) = \text{切片} + s(\text{漁獲日}) + s(\text{尾叉長}) + \sum_{i=202}^{i=2024} \alpha_i \text{年}(i) + \sum_{j=1}^{j=2} \beta_j \text{海域}(j) \quad (\text{モデル1})$$

$$\log(\text{脂肪量}) = \text{切片} + s(\text{漁獲日}, \text{尾叉長}) + \sum_{i=2023}^{i=2024} \alpha_i \text{年}(i) + \sum_{j=1}^{j=2} \beta_j \text{海域}(j) \quad (\text{モデル2})$$

ここで、脂肪量は目的変数、漁獲日は各年の1月1日から漁獲日までの日数、 α と β は係数、年と海域は離散変数（カテゴリカル変数）、 i は年、 j は海域、 s はスプライン関数である。

カテゴリカル変数を含むRによる分析においては、切片を2023年の西沖の係数とし、これを基準に年と海域の効果を推定している。そのため、2024年および他海域の脂肪量は、上式のように、推定された

切片に2024年の α と各海域の係数 β を加算したものとなる。

3. 結果

3.1 脂肪量の変動

はじめに、脂肪量の季節変化を年別・海域別に概観するため、月別平均脂肪量の推移を図3に示した。対馬と東海では、年初から脂肪量が増加し、4~6月のピークを経て減少した一方、西沖では5~7月の測定が少なかったこともあり季節変動は不明瞭であった。なお、2024年の対馬では年末に脂肪量がやや増加した。

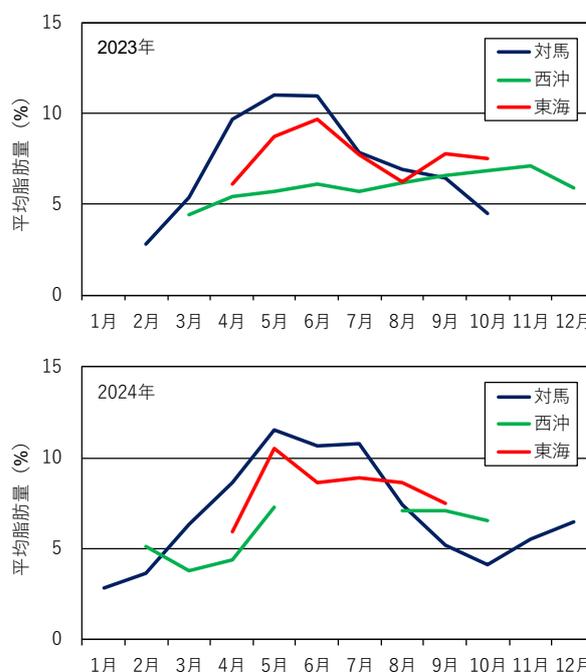


図3 年別・海域別の月別平均脂肪量の推移

次に、個々の試料に基づき尾叉長と脂肪量の間を関数を図4に示した。年や海域により尾叉長の範囲がやや異なり、尾叉長と脂肪量の間にはばらつきが大きいものの負の関係がみられた。また、漁獲日により尾叉長と脂肪量は変動したが、年や海域により変動傾向が異なるように見える（図5, 6）。

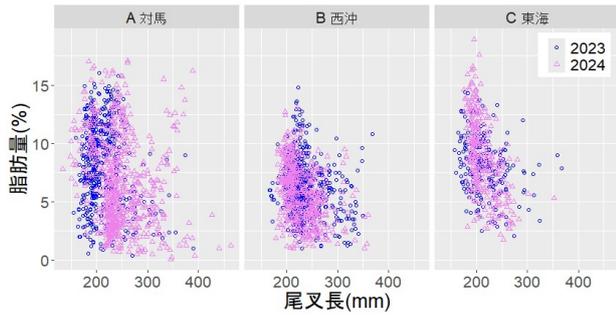


図4 年別・漁法別の尾叉長と脂肪量の関係 各点は個体を表す

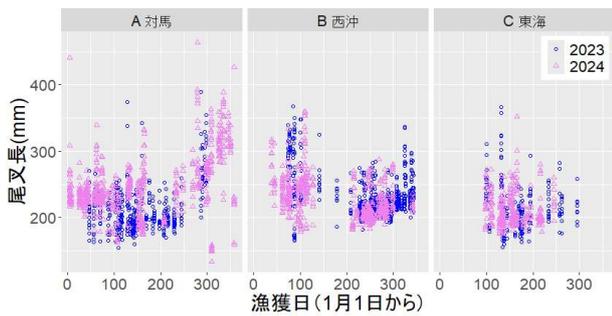


図5 海域別・年別の漁獲日と尾叉長の関係 各点は個体を表す

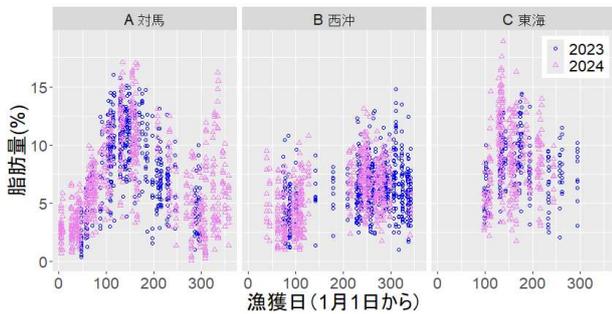


図6 年別・漁法別の漁獲日と脂肪量の関係 各点は個体を表す

3.2 統計的解析結果

最初に、漁獲日と尾叉長の効果を独立に推定したモデル1と同時に考慮したモデル2において、年と海域の効果を考慮しない場合について述べる。モデル2のAICがモデル1より低く、より適切なモデルと考えられた(表2)。また、各モデルとも漁獲日と尾叉長の効果を含むモデルのAICが低く(表2)、これらの影響が重要と考えられた。

次に、モデル2において年と海域の効果を含む場合のモデル選択を行った結果、最もAICが小さいモ

デルでは年の効果はみられず、海域の効果がみられた(表3)。しかし、次にAICが低いモデルはAICが1しか異ならず、年と海域の効果がみられた(表3)。年の効果については今後のデータの蓄積を待つこととした。一方、西沖に比較して対馬と東海の脂肪量が統計的に有意に多かった(表4)。なお、モデル1についても表4と同様な海域差がみられた。

表2 マアジの脂肪量に対する一般化加法モデル1と2の比較(年と海域の効果を考慮しない場合) +-は説明変数の有無を表し、AICが小さいほど良いモデルとされる

モデル1				
切片	s(漁獲日)	s(尾叉長)	自由度	AIC
1.845	+	+	16	7,348
1.853	+	-	10	7,464
1.882	-	+	9	7,851
1.907	-	-	1	8,120
モデル2				
切片	s(漁獲日, 尾叉長)		自由度	AIC
1.835	+		29	7,182
1.907	-		1	8,120

表3 マアジの脂肪量に対する一般化加法モデル2の比較(年と海域の効果を考慮した場合) +-は説明変数の有無を表し、AICが小さいほど良いモデルとされる

切片	年	海域	s(漁獲日, 尾叉長)	自由度	AIC
1.782	-	+	+	31	13,414
1.789	+	+	+	32	13,415
1.907	+	-	+	30	13,510
1.895	-	-	+	29	13,511
1.848	+	+	-	4	14,730
1.794	-	+	-	4	14,782
1.990	-	-	-	3	14,940
1.946	-	-	-	2	14,966

デル1(年と海域の効果は含まない)とモデル2(海域の効果を含む)について、脂肪量に対する尾叉長と漁獲日のスプライン関数を図7と8に示した。いずれの図でも、尾叉長が大きいほど脂肪量が少ないこと、年初から初夏に向けて脂肪量が増加した後、秋季に減少することを示している。しかし、

2024年の対馬海域では11～12月に脂肪量の多い大型魚がみられた（図3～6）。

表4 マアジの脂肪量に対する最適な一般化加法モデル2（年の効果はなく、海域の効果がある）の推定値とその統計的有意水準 切片が西沖を意味し、対馬と東海の脂肪量は西沖に比して β （推定値）多いことを意味する

	推定値	標準誤差	t値	P値
切片（西沖）	1.823	0.013	143.632	<0.001
対馬（ $\beta 1$ ）	0.154	0.019	8.279	<0.001
東海（ $\beta 2$ ）	0.071	0.024	2.924	<0.01

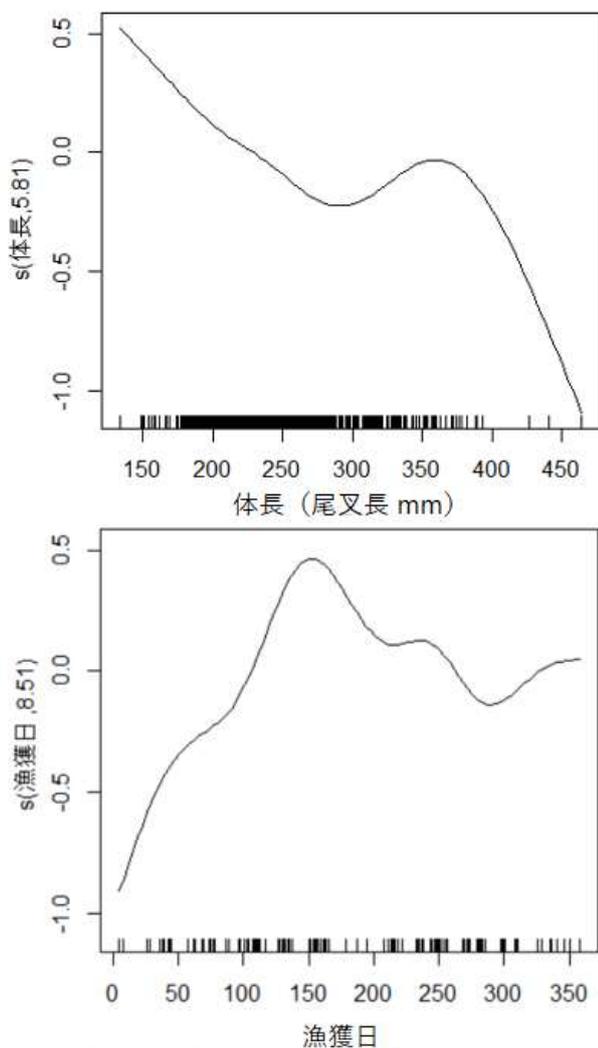


図7 最適なモデル1による脂肪量に対する尾叉長と漁獲日の個別スプライン関数

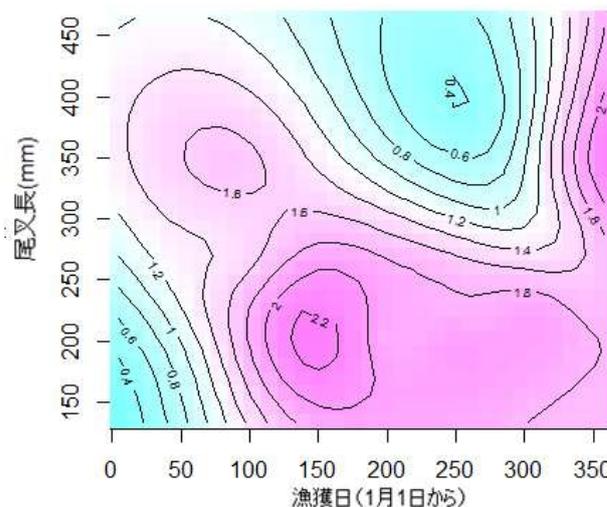


図8 最適なモデル2による脂肪量に対する尾叉長と漁獲日の同時スプライン関数 暖色系は脂肪量が多く、図中の等高線の数値が脂肪量の相対値を表す

4. 考察

はじめに、魚体および海域について検討する。マアジには、体色や生息場所などから俗にキアジ（瀬付き）とクロアジ（回遊型）に分けられ、キアジの旬は5～7月、クロアジの旬は九州では3月、大型のものは冬（1～2月）とされる。¹⁶⁾ 東シナ海では、キアジ（対馬沿岸）は脂の乗りが良く、クロアジ（東シナ海中央部で大中型まき網や底曳網で漁獲）は悪く、シロアジ（長崎沿岸、対馬を除く）では程よい脂の乗りと言われるが、実際の粗脂肪量の分析結果では、対馬沿岸で他海域よりも高く、東シナ海中央部と長崎沿岸の標本間には差がなかった。⁹⁾ これらのことは、脂肪量が西沖海域よりも対馬海域と東海海域で統計的に有意に多かったことと矛盾しない。また、2024年11～12月の対馬海域で脂肪量の多い大型個体がみられたことは、大型のクロアジの旬にほぼ一致する。

次に、脂肪量の季節変動を検討する。長崎県周辺海域の既往研究⁹⁾によると、①長崎県沿岸のマアジの脂肪量は冬に低く（3%以下）、夏（ピーク時に約10%）に向けて上昇し、②この上昇期間には産卵期（2～5月）が含まれるが、他の魚類と異なり産卵

後の脂肪量の極端な低下は見られない。今回の結果は上記の知見とほぼ一致した。一般に、脂肪量の季節変動要因としては、摂餌量・餌種類（質）・繁殖・回遊などがあり、生活年周期に関連すると考えられているが、マアジの脂肪量が産卵期においても増加したことは、繁殖に費やすエネルギーを上回る摂餌活動を行うことが想定される。また、今回の結果では対馬海域を除き大型魚より小型魚の脂肪量が多かったが、この生物学的原因は今後の検討課題である。

5. 謝辞

本報告で使用した試料の測定に便宜を図って頂いた松浦魚市場の関係者各位に感謝します。また、初期の原稿に対して査読とご助言を頂いた漁業情報サービスセンターの酒井光夫博士と渡邊一功博士に感謝します。

参考文献

- 1) 依田真理ほか：令和 5 (2023) 年度マアジ対馬暖流系群の資源評価 FRA-SA2024-AC004. https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_04.pdf
- 2) 依田真理ほか：漁獲統計と生物測定によるマアジ産卵場の推定，水産海洋研究，68，20-26，2004. [69-1723.pdf](https://www.jircas.go.jp/ja/publication/jarq/2022j02)
- 3) Yoda, M. et al.: Age, growth and reproductive cycle of the jack mackerel *Trachurus japonicus* in the Southwestern Sea of Japan, Japan Agricultural Research Quarterly, 57, 175-182, 2023 . <https://www.jircas.go.jp/ja/publication/jarq/2022j02>
- 4) Kasai, A. et al.: Transport and survival processes of eggs and larvae of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the East China Sea, Fisheries Science, 74, 8-18, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01491.x>
- 5) Kanaji, Y., et al.: Multiple cohorts of juvenile jack mackerel *Trachurus japonicus* in waters along the Tsushima Warm Current, Fisheries Research, 95, 139-145, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.08.004>
- 6) Muko, S., et al.: Spatial estimation and yearly trends in abundance-index of jack mackerel (*Trachurus japonicus*) in the East China Sea and Sea of Japan, Fisheries Research, 266, 106781, 2023. [https://doi.org/10.1016/j.fishres.](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106781)
- 7) Fujinami, Y. et al.: Otolith elemental composition indicates differences in the habitat use for larvae and early juveniles of Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) in the waters around Japan, Fisheries Oceanography, 34, e12699, 2025. <https://doi.org/10.1111/fog.12699>
- 8) 鳥本淳司ほか：生・凍結マアジの近赤外分光法による脂肪量の非破壊測定，日本水産学会誌，67，717-722，2001. https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan193/2/67/4/67_4_717/_article/-char/ja/
- 9) 大迫一史：マアジの“肥満度”と美味しさと加工原料適正の関係，漁連だより，131，1-3，2006. <https://www.pref.nagasaki.lg.jp/shared/uploads/2018/11/1543302865.pdf>
- 10) 清川智之・井岡 久：ポータブル型近赤外分光分析装置によるマアジ，アカムツ脂質含有量の非破壊測定とその活用事例，島根県水産技術センター 研究報告，1，11-17，2007. <https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010781733.pdf>
- 11) 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. [83-1_19.pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/suisan193/2/83/1/83_1_19.pdf)
- 12) 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. https://doi.org/10.34423/jsfo.83.2_75

- 13) 谷津明彦ほか：2012～2020年の道東～鹿島灘
で漁獲されたマサバの粗脂肪含量の季節変化・
経年変化および漁法(まき網と定置網)の影響,
JAFIC テクニカルレビュー, 3, 1-7, 2023,
<https://www.jafic.or.jp/technicalreview/974/>
- 14) Woods, S.N.: Generalized additive models: An
introduction with R, Chapman & Hall/CRC,
Boca Raton, 391+xviii pp., 2006.
- 15) 金 明哲: Rによるデータサイエンス(第2版),
森北出版, 336pp., 2017.
- 16) 佐藤魚水(監修): 食材図鑑 魚, 永岡書店,
191pp., 1998.

(2025年3月21日受理、Ser. No. 23)