

短 報

# 日本海南西部鳥取県沿岸で漁獲されるマアジの バックカリキュレーション法による成長解析

尾田昌紀\*1,\*6・武田真依\*2,\*4・末岡結衣\*2,\*5・表健一郎\*3・太田太郎\*2

Growth analysis of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* in the coastal waters along Tottori Prefecture in the southwestern part of Sea of Japan using a back-calculation method

Masanori ODA, Mai TAKEDA, Yui SUEOKA, Kenichiro OMOTE and Taro OHTA

The growth of Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) caught in the coastal waters off Tottori Prefecture, located in the southwestern Sea of Japan (coastal group), was analyzed using a back-calculation method based on annual ring radii in otoliths. The estimated fork lengths were found to differ slightly from those previously reported. Compared to the offshore group, the coastal group exhibited faster growth between ages 1 and 6, with a particularly large difference observed up to age 1. The estimated fork length at age 1 was 149 mm for the offshore group and 179 mm for the coastal group. This difference is likely attributable to the earlier seasonal warming of coastal waters as compared to offshore waters in early summer, when juvenile Japanese jack mackerels migrate into the Sea of Japan from the East China Sea. Additionally, the density-dependent effects associated with the recent decline in Japanese jack mackerels abundance in the southwestern part of the Sea of Japan may have contributed to the current observation.

キーワード：マアジ, 沿岸群, 成長解析, 耳石輪紋径  
2025年4月7日受付 2025年10月14日受理

我が国における重要な水産資源の一種であるマアジ *Trachurus japonicus* は、太平洋系群と対馬暖流系群とに分けて資源評価が行われている（井元ら 2024, 依田ら 2024）。日本海で漁獲されるマアジは、対馬暖流系群に属し、日本海で生まれた個体も含まれるが、その多くが

東シナ海で生れ初夏（5月下旬から6月）に日本海に來遊したものと考えられている（木所 2004, 志村ら 2009）。太平洋系群は、東シナ海を産卵場とする群と本州中部以南の地先で産卵する群から構成されることが知られている（井元ら 2024）。太平洋系群では、資源水準が低下し

- 
- \*1 鳥取県栽培漁業センター  
〒689-0602 鳥取県東伯郡湯梨浜町石脇 1166  
Tottori prefectural fish farming center, Ishiwaki 1166, Yurihama, Tohaku-gun, Tottori 689-0602, Japan  
E-mail: oda-m@pref.tottori.lg.jp
- \*2 公立鳥取環境大学環境学部環境学科
- \*3 マリノリサーチ株式会社
- \*4 現所属 厚生労働省労働基準局安全衛生部労働衛生課産業保健支援室
- \*5 現所属 水産庁漁政部水産経営課
- \*6 現所属 鳥取県水産試験場

た年代に沿岸産卵群の割合が高くなることが知られている（古藤 1990）。近年、太平洋系群は資源水準が低下しているため（井元ら 2024）、沿岸産卵群の年齢や成長、成熟に関する研究が精力的に行われてきた（多賀・山下 2018, Katayama *et al.* 2019, 高村ら 2020, 渡邊ら 2022）。一方で、日本海における沿岸産卵群に関する知見は局所的（畔田・落合 1962, 西田・長谷川 1994, Kanaji *et al.* 2009, 2010）であり、対馬暖流系群では沿岸産卵群が資源に果たしている役割が明らかではなかった。

このような中、尾田ら（2024）は、日本海南西部鳥取県の沿岸漁業によって漁獲されたマアジ（以下、沿岸群）と、日本海南西部の沖合海域において旋網によって漁獲されたマアジ（以下、沖合群）の成長について既報（Yoda *et al.* 2023）との比較を行った。それによると、両群の成長様式は異なっており沖合群と沿岸群は起源が異なる可能性が示唆された（尾田ら 2024）。しかし、沿岸群は様々な発生時期の個体が混在するため、年齢起算月を仮定して、各個体の実年齢に基づき成長解析を行った場合（以下、実年齢法と記す）（松石 2022）、パラメーターの推定精度の低下といった課題が生じることが指摘された（尾田ら 2024）。この課題を解決するためには、年齢起算月の仮定を必要としない耳石輪紋径から輪紋形成時の尾叉長をバックカリキュレーションする方法（以下、バックカリキュレーション法と記す）による成長解析（柳下ら 2005, 太田ら 2021）が有効であると考えられる。本研究の目的は、尾田ら（2024）で年齢査定に用いた耳石薄層切片の輪紋径を測定し、バックカリキュレーション法による成長解析を行うことで、前報（尾田ら 2024）の実年齢法による成長式の検証することである。その結果に基づき、沖合群（Yoda *et al.* 2023）と沿岸群の成長比較を改めて実施した。

## 材料および方法

前報（尾田ら 2024）では二つの機関（マリノリサーチ株式会社、公立鳥取環境大学）により異なる装置を用いて耳石横断薄層切片を作成した。しかし、横断薄層切片から耳石の輪紋径を読み取る場合、耳石の切断面の歪みや耳石切片の厚みの違い等により読み取り値に誤差が生じることが懸念されるため、前報（尾田ら 2024）で成長解析に用いた耳石薄層切片のうち、マリノリサーチ株式会社で作成した切片のみを対象として耳石の輪紋径を測定した。耳石輪紋径の読取りに用いた標本は、2022年1月から7月にかけて鳥取県の沿岸漁業で漁獲されたマアジおよび鳥取県栽培漁業センター漁業調査船「おしどり」による釣獲試験により採集したマアジの合計 244 個体である（表 1, 図 1）。入手したマアジは、鳥取県栽培漁業センターに氷冷で持ち帰り実験室において尾叉長（Fork length, FL; mm 単位）を測定した後、全ての個体から耳石（扁平石）を摘出し、

水洗した後に乾燥して保管した。

マアジの年齢査定は、多賀・山下（2018）になら以下の方法で横断薄層切片を作成した。耳石は原則として右側耳石を用いることとし、右側耳石が破損若しくは摘出できなかった個体については左側耳石を切片作成に用いた。耳石は冷間埋込樹脂（株式会社ストル

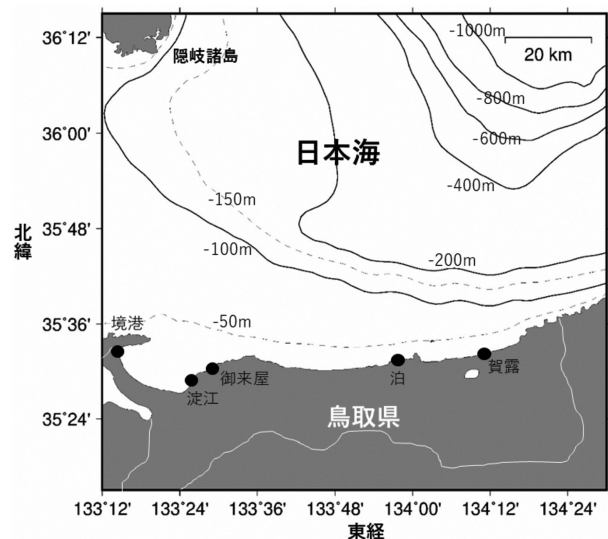


図 1. 調査地点図

尾田ら（2024）の図 1. 下図を改変

表 1. 鳥取県沿岸域におけるマアジの漁獲日、漁獲場所・方法、尾叉長範囲と耳石解析に用いた個体数

年	月	日	漁獲の場所と方法	尾叉長範囲 (mm)	耳石解析に用いた標本数
2022	1	11	淀江の刺網	270 - 301	17
		26	淀江の刺網	293 - 342	13
		26	御来屋の刺網	272 - 305	18
	3	11	淀江の刺網	240 - 388	33
	4	12	泊の定置網	190 - 270	16
		13	賀露の刺網	310 - 358	13
	6	1	釣獲試験	142 - 320	32
		13	泊の定置網	132 - 366	15
		23	泊の定置網	230 - 325	23
	7	6	釣獲試験	225 - 340	34
		21	賀露の釣り	218 - 292	20
		26	泊の定置網	138 - 179	10
合計				132 - 388	244

\* 1 釣獲試験：鳥取県栽培漁業センターの漁業調査船「おしどり」による釣獲試験

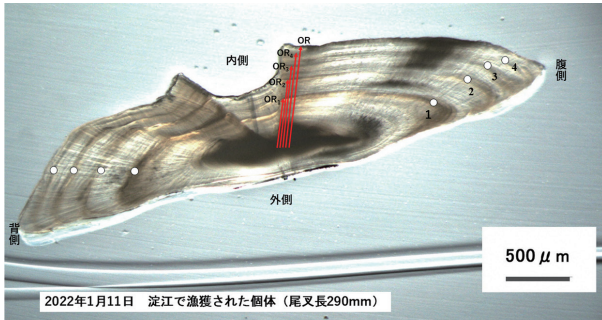


写真1. マアジの耳石の横断薄層切片写真 (2022年1月11日に淀江採集,  $FL$ 290mm 表1)

白丸は年輪と判定した不透明帯を示す (4帯=4歳魚と判定)。赤色矢印は耳石核からの輪紋径計測方向を示す尾田ら (2024) の写真1.を改変

アス) に包埋した。樹脂硬化後に、耳石核をはさむようにマイクロカッター (MC-201, 株式会社マルトー) を用いて切断した。その後、小型試料研磨装置 (TDP900, メイワフォーシス株式会社) を用いて両面研磨を行い、耐水研磨紙 (三共理化学株式会社 #800~#2000) で研磨仕上げを行った。切片の厚みは0.3~0.5mmの範囲に仕上げ、生物顕微鏡で観察し顕微鏡に接続した顕微鏡用デジタルカメラ (ARTCAM-500MI-USB3-T2 株式会社アートレイおよびWRAYCAM-NOA2000 株式会社レイマー) で撮影を行った。マアジの耳石横断面には透明帯と不透明帯が交互に出現し、不透明帯は年に1本産卵期に形成されることが明らかになっている (Yoda *et al.* 2014)。本研究においても同様に、確認された不透明帯を年輪として扱った。各標本の年齢査定を行うため、耳石横断面に出現した年輪数を計数するとともに、耳石写真を用いて耳石核から短軸方向 (内側) に耳石半径 ( $OR$ ) および各年輪までの距離 ( $OR_i$ ) を解析ソフト Image J (Rasband 1997-2012) を用いて0.01mm単位で測定した (写真1)。

尾叉長 ( $FL$ ) と耳石半径 ( $OR$ ) の関係を回帰分析により求めた (式1)。

$$FL = aOR + b \quad (\text{式1})$$

$FL$ : 尾叉長

$OR$ : 耳石半径

$a$ : 回帰式により求めた傾き

$b$ : 回帰式により求めたy切片

さらに、各個体の輪紋径 ( $OR_i$ ) の値より Fraser-Lee 法 (渡邊 1997) により、輪紋形成時の尾叉長 ( $FL_i$ ) を求めた (式2)。また、補足的に Dahl-Lea 法 (Ricker 1975) による輪紋形成時の尾叉長を求める手法も併用した。Dahl-Lea 法は、式2について  $b=0$  とする計算式となる。

$$FL_i = \{(FL - b) / OR\} OR_i + b \quad (\text{式2})$$

$FL_i$ : 各輪紋形成時の尾叉長

$OR_i$ :  $i$  番目 (歳時) の輪紋径

$FL$ : 尾叉長

$OR$ : 耳石半径

$b$ : (式1) により求めたy切片の値

(式2) から求めた各輪紋形成時の尾叉長をもとに、五利江 (2021) を参考に Excel (Microsoft社) のソルバー機能を用いて以下に示した von Bertalanffy の成長式 (式3) の各パラメーターを非線形最小二乗法によって求めた。なお、マアジは雌雄で成長差がないことが明らかになっているため (Yoda *et al.* 2014), 成長解析は雌雄を区別せずに行った。

$$L_t = L_\infty [1 - \exp\{-K(t - t_0)\}] \quad (\text{式3})$$

$t$ : 年齢

$L_t$ :  $t$  歳時の尾叉長

$L_\infty$ : 最大到達時の尾叉長 (漸近尾叉長)

$K$ : 成長係数

$t_0$ :  $L_t=0$  とした時の年齢

沿岸群の成長式 (式3) について本研究と前報 (尾田ら 2024) の差を検定するため、F検定 (赤嶺 2007) に基づくモデル比較を行った。沿岸群の主産卵期が5月から7月であることから (尾田ら 2024), 年輪形成月は6月とするのが妥当と考えられたため、前報 (尾田ら 2024) の成長式については、年齢起算月6月の成長式 (1) と比較を行った。

## 結果

漁獲時におけるマアジの尾叉長と耳石半径の関係は以下の (式1) のとおり示され、決定係数は0.812と高かった。

$$FL = 258OR + 45.9 \quad (R^2 = 0.812) \quad (\text{式1})$$

(式1) から求めた  $b$  を用いて、(式2) により各個体のバックカリキュレーションを行い輪紋形成時の尾叉長を推定した (図2)。図2には、Dahl-Lea 法、前報 (尾田ら 2024) および沖合群 (Yoda *et al.* 2023) の成長式も併せて図示した。推定した尾叉長から求めた成長式 (式3) は下記のように示された。本研究の成長式は前報 (尾田ら 2024) の年齢起算月6月の成長式との間に統計的な有意差が認められた ( $F=65.7$ ,  $df=(3, 1251)$ ,  $p<0.05$ )。なお、サンプル数は尾田ら (2024) の年齢起算月6月が529、本研究が728であった。

$$L_t = 337[1 - \exp\{-0.342(t + 1.22)\}] \quad (\text{式3})$$

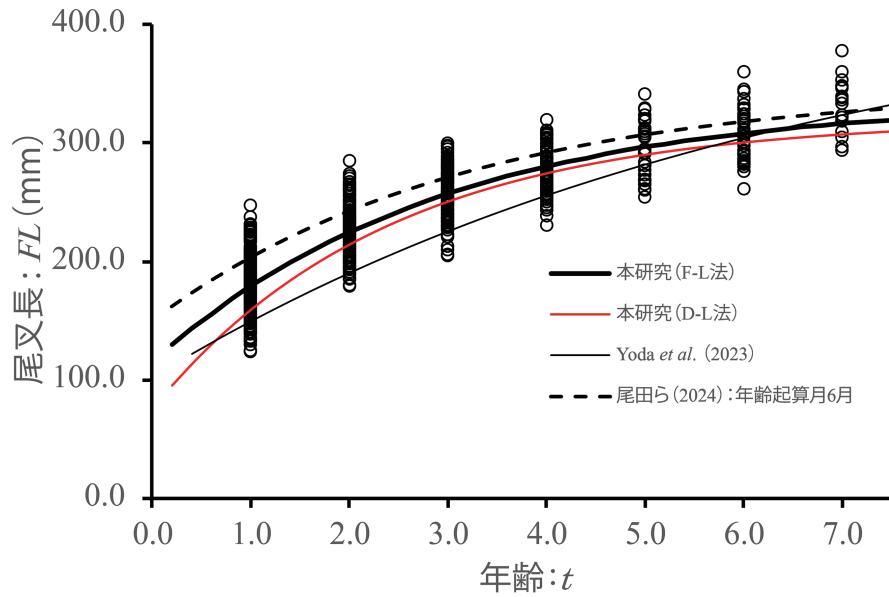


図 2. バックカリキュレーション法から求めたマアジ沿岸群の成長式

太い実線：本研究（Fraser-Lee 法）の成長式  
 赤い実線：本研究（Dahl-Lea 法）の成長式  
 点線：尾田ら（2024）のうち、年輪形成月に近い年齢起算月 6 月の成長式（1）  
 細い実線：Yoda *et al.* (2023) の成長式  
 白丸：本研究（Fraser-Lee 法）による満年齢時の推定尾又長

表 2. 日本海南西部におけるマアジの満年齢時の推定尾又長

年齢起算月	満年齢時の推定尾又長 (mm)							参照
	1	2	3	4	5	6	7	
4 月	199	240	270	292	307	318	326	尾田ら (2024)
6 月	204	243	271	292	307	318	326	
9 月	188	235	267	290	306	317	325	
—	179	225	257	280	296	308	316	本研究 (F-L 法)
4 月	149	190	225	256	282	305	324	Yoda <i>et al.</i> (2023)

前報（尾田ら 2024）では、実年齢法により満年齢時の尾又長を推定しており、年齢起算月を 4 月、6 月、9 月の 3 パターンを仮定した。なお、一般的な von Bertalanffy の成長式で比較を行うため、尾田ら（2024）の成長式（2）による推定尾又長は省略した。本研究の推定尾又長は、Fraser-Lee 法によるバックカリキュレーションの推定値を示した

（式 3）から求めた満年齢時の推定尾又長を表 2 に示した。表 2 には前報（尾田ら 2024）および沖合群（Yoda *et al.* 2023）との比較のため、これらの推定尾又長も併せて示した。前報（尾田ら 2024）で推定値のばらつきの大きかった満 1 歳に着目すると本研究による推定尾又長は 179mm で、前報の年齢起算月 9 月の 188mm が最も近い値を示した。満 1 歳から 7 歳までは前報（尾田ら 2024）より小さな値を示したが大きな乖離は見られなかった。沖合群（Yoda *et al.* 2023）との比較では、満 1 歳から 6 歳までは沿岸群のほうが推定尾又長が大きく、この傾向は前報（尾田ら 2024）と同様であったが、満 7

歳では沖合群の推定尾又長が大きかった。また、Dahl-Lea 法でも Fraser-Lee 法と同様の傾向がみられた。

### 考 察

沿岸群の成長様式を、耳石輪紋径に基づくバックカリキュレーション法と実年齢法による前報（尾田ら 2024）とで比較したところ、バックカリキュレーション法のほうが小型にずれしており F 検定では有意差が確認された。しかし、満年齢時の推定尾又長に大きな乖離はみられず、前報で報告された沖合群より沿岸群のほうが成長は良い

という結果はFraser-Lee法, Dahl-Lea法ともに同様であった。渡邊(1997)はFraser-Lee法についての欠点として、バックカリキュレーションで得られた体長が実際の体長より小さい値となるLee現象があることを指摘している。前報(尾田ら2024)と比べ、本研究の成長式が小さいほうにずれており成長式間で有意差が検出されたのはLee現象の影響である可能性が考えられる。この他、バックカリキュレーション法による成長解析の課題として、輪紋径の判読誤差があること、高齢魚ではそれが複数年累積されることが挙げられる。耳石による年齢査定が表面観察法から横断薄層切片法に移行することにより(片山2021)、耳石の切断面の傾きや歪みが読み取り精度に影響を与えることは材料と方法で述べたとおりである。一方で、尾田ら(2024)の成長式は、いずれの式も $t_0$ が-1を下回りパラメーターの推定精度は高いとは言えない。そのため実年齢法、バックカリキュレーション法ともにそれぞれ長所、短所があり様々な手法を用いて多面的に検証することに意義があると考えられる。

また、本研究で求めた $L_{\infty}$ は337mmであったのに対し、沖合群(Yoda *et al.* 2023)は445mmと大きな乖離がみられた。これは、沿岸群( $K=0.342$ )は若齢期に早く成長するのに対し、沖合群( $K=0.149$ )はゆっくりと成長するため理論上の漸近尾又長が大きく推定されるためと考えられる。両群ともに確認されている最高齢は7歳であり、沖合群が沿岸群より高齢になることは確認されていない。

沿岸群の満1歳の推定尾又長は179mmと、沖合群の149mmよりかなり大きかった。また、上述したように6歳までの成長は沿岸群のほうが沖合群より良かった。このことは、前報(尾田ら2024)で指摘したように東シナ海からマアジ稚魚が日本海南西部に來遊する5月下旬から6月(木所2004, 木所ら2005, 志村ら2009)の海水温が、沖合より沿岸のほうが早く昇温し、マアジの成長適水温 $18^{\circ}\text{C}$ (落合ら1983)に早く達することが要因の一つと考えられる。海水温は、日本海におけるマアジ稚魚の成長を規定する要因であることが知られている(Sassa *et al.* 2021)。沿岸群は、東シナ海産卵群が対馬暖流によって沿岸地先に供給される群と、5月から7月を主産卵期とする沿岸産卵群が混合した集団と考えられており(尾田ら2024)、東シナ海から供給される群の成長は沿岸群全体の成長の良否に寄与していると考えられる。

本研究および尾田ら(2024)による沿岸群とYoda *et al.* (2023)による沖合群の成長差は、調査時期の資源状態の差に由来している可能性も否めない。現在、マアジ対馬暖流系群の資源状態は良好と評価されているものの(依田ら2024)、東シナ海と日本海南西海域では状況が異なっている。鳥取県の境漁港は、日本海南西海域で旋網によって漁獲されたマアジ(沖合群)の水揚げ港の拠点となっている(図1)。境港におけるマアジの漁獲量(属

地統計)は、2014年に37,196トンであったが、その後減少し続け2021年には7,742トンと10,000トンを割込むまで減少し低水準のまま推移している(鳥取県2023)。沖合群(Yoda *et al.* 2023)のサンプリングは2016年4月から2017年5月にかけて行われている。この時期にサンプリングされた個体の最高齢が7歳であったことを考慮すると、2010年から2017年にかけて発生したマアジが対象となっており、この期間の境港におけるマアジの漁獲量は18,555から37,196トンと高水準で推移していた。一方、本研究のサンプリングは2022年に行われており、サンプリングされた個体の最高齢が7歳であったことを考慮すると、2016年から2022年に発生したマアジが対象となっており、漁獲量が20,369トンから7,742トンに急減した時期にあたる(鳥取県2023)。漁獲量の変動が、資源量の変動を反映していた場合、日本海南西海域のマアジ資源量減少による密度効果(松宮2000)によってマアジの成長が良くなった可能性が考えられる。沿岸群、沖合群の成長差を検討するためには、同一発生時期での比較が必要である。

## 謝 辞

本研究を進めるうえで、国立研究開発法人水産研究・教育機構長崎庁舎の高橋素光博士、依田真理博士、北島 聡博士、増淵隆仁博士にはマアジ資源生態に関する貴重な助言をいただいた。

## 文 献

- 赤嶺達郎(2007)2・5 成長曲線の当てはめ。「水産資源解析の基礎」、恒星社厚生閣、東京、pp. 28-32。
- 畔田正格・落合 明(1962)若狭湾産マアジの系群に関する研究。日水誌, **28**, 967-978。
- 五利江重昭(2001)MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定。水産増殖, **49**, 519-527。
- 井元順一・安田十也・渡井幹雄・日野晴彦・木下順二・河野悌昌・高橋正知(2024)令和5年度マアジ太平洋系群の資源評価。水産庁・水産・研究教育機構、東京、55p. [http://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details\\_2023\\_03.pdf](http://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_03.pdf), 2025年3月25日。
- Kanaji Y, Watanabe Y, Kawamura T, Xie S, Yamashita Y, Sassa C, Tsukamoto Y (2009) Multiple cohorts of juvenile jack mackerel *Trachurus japonicus* in waters along the Tsushima Warm Current. *Fish. Res.*, **95**, 139-145。
- Kanaji Y, Kishida M, Watanabe Y, Kawamura T, Xie S, Yamashita Y, Sassa C, Tsukamoto Y (2010) Variations in otolith patterns, size and body morphometrics of jack mackerel *Trachurus japonicus* juveniles. *J. Fish Biol.*, **77**, 1325-1342。

- 片山知史 (2021) 3-2. 耳石を用いた年輪査定. 「耳石が語る魚の正しい立ち - 雄弁な小骨の生態学」, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 30-33.
- Katayama S, Yamada H, Onodera K, Masuda Y (2019) Age and growth from Oita and Miyagi Prefectures of Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus*. *Fish. Sci.*, **85**, 475-481.
- 木所英昭 (2004) 日本海沿岸へのマアジの加入過程. 「マアジの産卵と加入機構 - 東シナ海から日本沿岸へ -」 (原 一郎・東海正編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 83-91.
- 木所英昭・安木 茂・志村 健・加藤 修 (2005) 日本海南西部におけるマアジの加入前の分布様式と対馬暖流の関係. 水産総合研究センター研報, **14**, 1-6.
- 古藤 力 (1990) 太平洋沿岸におけるマアジ資源の動向について. 水産海洋研究, **54**, 47-49.
- 松石 隆 (2022) 3.3 成長. 「水産資源学」, 海文堂出版, 東京, pp. 56-65.
- 松宮義晴 (2000) 4-3 漁業と自然増加のバランス. 「魚をとりながら増やす」, 成文堂書店, 東京, pp. 103-106.
- 西田 宏・長谷川誠三 (1994) 新潟沿岸におけるマアジ産卵群の年齢と成長. 日水研報, **44**, 73-80.
- 落合 明・睦谷一馬・榎田 晋 (1983) 養殖1歳マアジの成長, 成熟および人工産卵について. 日水誌, **49**, 541-545.
- 尾田昌紀・武田真依・末岡結衣・表健一郎・太田太郎 (2024) 日本海南西部鳥取県沿岸で漁獲されるマアジの産卵期と成長. 水産技術, **17**, 1-8.
- 太田太郎・大西智元・別役 龍・三輪拓也 (2021) 鳥取県沿岸域に分布するスズキの資源生物学的基礎情報について. 地域イノベーション研究, **8**, 34-39. <https://www.kankyo-u.ac.jp/f/introduction/research/innovation/business-report/2020/06.pdf>, 2025年3月23日
- Rasband W. S. (1997-2012) ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, <http://imagej.nih.gov/ij/>.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, **191**, 1-382.
- Sassa C, Kitajima S, Takahashi M (2021) Interannual variations in diet of Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) juveniles in the southwestern Sea of Japan in relation to recent growth rate. *Fish. Oceanogr.*, **30**, 772-786.
- 志村 健・大下誠二・寺門弘悦・田 永軍 (2009) 日本海南西海域における中層トロールと面積密度法を用いたマアジ当歳魚の現存量推定手法の開発. 日水誌, **75**, 1042-1050.
- 多賀 真・山下 洋 (2018) 常磐南部～房総海域で漁獲されるマアジの年齢と成長, 成熟. 水産海洋研究, **82**, 167-175.
- 高村正造・鈴木勇己・萩原真我・古市 生・渡邊千夏子 (2020) 資源低水準期における相模湾および相模灘で漁獲されるマアジの成熟特性. 水産海洋研究, **84**, 79-88.
- 鳥取県 (2023) マアジ. 鳥取県令和5年度海洋環境・水産資源レポート, 17-18. <https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/334156/2023anyual2.pdf>, 2025年3月23日.
- 渡邊千夏子・後藤直登・武田崇史・岡田 誠・長谷川淳 (2022) 太平洋沿岸域に分布するマアジの成長の海域差. 水産海洋研究, **86**, 123-131.
- 渡邊良朗 (1997) 2. 年齢形質の有効性検討. 「水産動物の成長解析」 (赤嶺達郎・麦谷泰雄編) 恒星社厚生閣, 東京, pp. 17-27.
- 柳下直己・大木 繁・山崎 淳 (2005) 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長および年齢組成. 日水誌, **71**, 138-145.
- 依田真理・佐々千由紀・高橋素光・向草世香・黒田啓行・藤波裕樹 (2024) 令和5年度マアジ対馬暖流系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価. 水産庁・水産・研究教育機構, 東京, 54p. [http://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details\\_2023\\_04.pdf](http://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2024/03/details_2023_04.pdf), 2025年3月25日.
- Yoda M, Shiraishi T, Yukami R, Ohshimo S (2014) Age and maturation of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the East China Sea. *Fish. Sci.*, **80**, 61-68.
- Yoda M, Tanaka S, Takahashi M (2023) Age, growth, and reproductive cycle of the Jack Mackerel *Trachurus japonicus* in the Southwestern Sea of Japan. *JARQ.*, **57**, 175-182.