

原著論文

# 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

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

Spawning period and annual growth of the Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* in the coastal waters along Tottori Prefecture in the Southwestern part of Sea of Japan

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

To investigate the spawning period and annual growth of the Japanese jack mackerel (*Trachurus japonicus*) caught in the coastal waters of Tottori Prefecture in the southwestern part of Sea of Japan (coastal group), the gonadosomatic index (GSI) and annual rings counted in sagittal otoliths were examined. On the basis of the seasonal changes in the GSI of females, the spawning period was estimated to be from May to July and September. The von Bertalanffy growth equations were calculated from the fork length and age at catch, assuming April, June, and September to be the months when age increased. The annual growth rates between age 1 and 5 of the coastal group were higher than those of Japanese jack mackerel caught in the offshore waters of the southwestern part of Sea of Japan (offshore group). This result suggests that the population structure of the coastal group and offshore group could be different. Moreover, the large variation in fork length at age 1 to 2 of the coastal group suggests that this group could consist of multiple schools with different hatching period locations and growth patterns.

キーワード：マアジ, 沿岸群, 沖合群, 成長

2023年5月23日受付 2024年6月12日受理

マアジ *Trachurus japonicus* は、我が国における重要な水産資源であり、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 2023, 依田ら 2023）。両系群とも、東シナ海を主産卵場とする群と日本沿岸の広い海域で産卵する沿岸産卵群とによって構成されており（西田 2006）、特に太平洋系群では資源水準の低い年代に沿岸産卵群の構成割合が高くなることが指摘されている（古藤 1990）。これまで、太平洋系群については、

資源水準の低下（井元ら 2023）に併せて沿岸産卵群の年齢や成長、成熟に関する知見が集積されてきた（阪地 2001, 多賀・山下 2018, Katayama *et al.* 2019, 高村ら 2020, 渡邊ら 2022）。

一方で、日本海が主漁場となる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い。日本海のマアジ資源は、主に沖合域を中心に大中型旋網や中小型旋網によって漁獲されるとともに（依田ら

\*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 厚生労働省福岡労働局福岡中央労働基準監督署安全衛生課

\*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

2023), 沿岸漁業においても定置網や刺網, 釣りなど様々な漁法により漁獲されている。本資源は, 東シナ海の主産卵場から対馬暖流によって5月下旬から6月中旬にかけて供給される当歳魚によって支えられていると考えられてきたが(木所 2004, 木所ら 2005, 志村ら 2009, Takahashi *et al.* 2021), 沿岸の広い海域でも地先産卵群がみられる(木所 2004, 西田 2006, Kanaji *et al.* 2009, 2010)。しかしながら, 地先産卵群を対象とした研究は, 若狭湾における事例(畔田・落合 1962)や新潟県沿岸における事例(西田・長谷川 1994)に限られ知見が局所的である。Kanaji *et al.* (2009, 2010)は, 若狭湾で採集されたマアジ当歳魚の発生時期が周年におよび, その発生海域は多様であることを報告している。この多様な発生海域の一部となっている可能性の高い, 日本海南西部沿岸域におけるマアジの産卵期について親魚の成熟状況から明らかにすることは, 当該水域におけるマアジの資源構造を明らかにする上でも重要である。

現在, マアジ対馬暖流系群の資源は高い水準にあるものの(依田ら 2023), 資源水準が低下した場合には日本海の沿岸産卵群の寄与率が高くなる可能性も想定される(西田 2006)。実際に, 近年の鳥取県の沖合における旋網によるマアジの漁獲量(属地統計)は減少傾向にあり2004年に約49,000トンであったものが2021年には約7,700トンにまで減少した(鳥取県 2022)。一方で, 鳥

取県沿岸におけるマアジの漁獲量は200トン前後で安定して推移している(尾田 2022)。これら, 沖合, 沿岸におけるマアジ漁獲量変動の違いは, 鳥取県を含む日本海南西部海域の沖合と沿岸で漁獲されるマアジの群の違いを反映した結果である可能性も考えられる。

そこで本研究は, 鳥取県沿岸で漁獲されるマアジ(以下, 沿岸群)と, 日本海南西部海域の沖合で旋網により漁獲されるマアジ(以下, 沖合群)の成長様式(Yoda *et al.* 2023)を比較することで, 両群が同一起源であるか否かを検討することを目的に実施した。成長式の年齢起算月を定めるために, 親魚のGSIと沿岸水温から産卵期を推定し, 併せて沖合群や他海域と産卵期の比較も行った。

## 材料と方法

1. 標本の収集および測定 2021年11月から2022年10月にかけて鳥取県の沿岸で漁獲されたマアジを入手し, 557個体を標本とした(表1)。本研究では鳥取県内の定置網で漁獲されたマアジを用いることを基本とし, 定置網の漁獲物が少ない時期は刺網や釣りによって漁獲されたマアジにより標本を補った(図1, 表1)。特に, 1月から3月は定置網が休漁期間となるため刺網で漁獲されたマアジを用いた。標本の収集は各月1回を原則としたが, 産卵盛期と考えられる6月と7月, 1回の確保尾数

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, 尾叉長範囲と個体数

年	月	日	漁獲場所・方法	尾叉長範囲 (mm)	個体数	生殖腺解析に用いた 個体数*2	耳石解析に用いた 個体数*3
2021	11	16	泊・定置網	168-381	54	37	51
		12	16	淀江・刺網	185-281	40	40
2022	1	11	淀江・刺網	270-301	17	15	17
		26	淀江・刺網	293-342	13	13	13
		26	御来屋・刺網	272-305	18	18	18
	3	11	淀江・刺網	240-388	33	33	33
		12	泊・定置網	190-270	16	15	16
	4	13	賀露・刺網	310-358	13	13	13
		5	10	泊・定置網	210-350	44	44
	6	1	泊地先・釣獲試験*1	142-320	32	31	32
			13	泊・定置網	132-366	60	58
		23	泊・定置網	230-325	23	23	23
7		6	泊地先・釣獲試験*1	225-340	34	34	34
		21	泊・定置網	269-322	19	19	19
8	21	賀露・釣り	218-292	20	20	20	
	26	泊・定置網	138-179	10	-	10	
	8	18	淀江・定置網	182-290	50	50	40
9	27	泊・定置網	215-340	30	30	30	
	10	17	泊・定置網	234-345	31	31	31
合計				132-388	557	524	529

\*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。

\*2 生殖腺解析に用いた個体数: 生殖腺が未発達で雌雄の判別が困難であったものは除外した。

\*3 耳石解析に用いた個体数: 横断薄層切片を作成し年齢の査定が困難であったものは除外した。

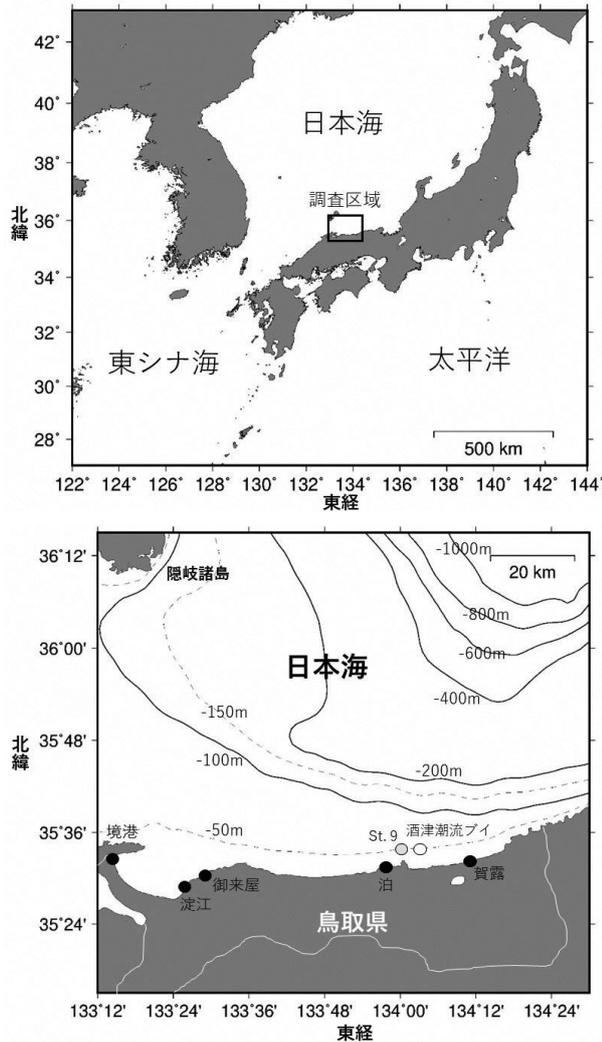


図 1. 調査地点図

上図に広域図を示し、調査区域を下図に拡大した。

が少なかった1月と4月については、複数回の漁獲されたマアジを入手した。また、6月と7月は鳥取県栽培漁業センターによる釣獲試験により標本を追加した。定置網標本は鳥取県漁業協同組合（以下、鳥取県漁協）所属の泊定置網、淀江定置網の漁獲物を用いた。刺網標本は鳥取県漁協の賀露、御来屋、淀江の各支所の漁獲物を用いた。釣りによる標本については、賀露支所の漁獲物を用いるとともに、鳥取県栽培漁業センター所属の漁業調査船「おしどり」による鳥取県泊地先の水深30～40mの沿岸海域で実施した釣獲試験（サビキ釣り）により採集された個体も用いた。

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）、体重（Body weight, BW；0.1g単位）、性別および生殖腺重量（Gonad weight, GW；0.001g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。生殖腺については、目視で雌雄を判別し、未発達で性別の判定が困難であるものは性別不明

とし解析の対象から除外し、雄255個体、雌269個体で合計524個体のマアジの生殖腺重量を測定した（表1）。各個体の成熟の程度を判別するために生殖腺重量指数（Gonadosomatic index, GSI）を以下の式により求めた。

$$GSI=(GW/BW) \times 100$$

産卵期を推定するため、雄については高村ら（2020）が、雄の成熟基準である排精期（Stage IV）のGSIの平均値は1.15と報告していることから、1.15以上の個体を成熟個体とみなした。雌については依田ら（2004）に従いGSIが3以上の個体を成熟個体とみなした。

2. 耳石からの年齢査定 マアジの年齢査定は、多賀・山下（2018）にならい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、右側耳石が破損も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。耳石はポリエステル樹脂低臭気（株式会社エポック）もしくは冷間埋込樹脂（株式会社ストラス）に包埋した。樹脂硬化後に、耳石核をはさむように短軸方向にマイクロカッター（K-111、ホーザン株式会社もしくはMC-201、株式会社マルトー）を用いて切断した。その後、回転砥石（STD-135F、株式会社新興製作所）もしくは小型試料研磨装置（TDP900、メイワフォーシス株式会社）を用いて両面研磨を行い、DP-ペースト1 $\mu$ m（株式会社ストラス）で鏡面仕上げを行った。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、横断薄層切片において確認された不透明帯を年輪として扱った（写真1）。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した。

3. 成長解析 前項により横断薄層切片を作成し、年齢を特定できた529個体について成長解析を行った（表1）。本研究においては、年齢起算月を4月、6月、9月（の各初日）に設定し、それぞれ成長解析を行った。Yoda *et*

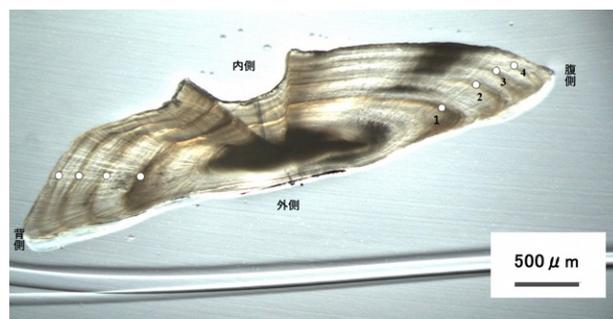


写真1. マアジの耳石の横断薄層切片写真（2022年1月11日に淀江採取、FL290mm 表1）  
白丸は年輪と判定した不透明帯を示す（4帯=4歳魚と判定）。

al. (2023) は沖合群の年齢起算月を4月として計算しており、この知見と比較するために4月を採用した。また、後述する沿岸群の産卵期から、ピークが6月および9月の2回に分かれて認められたことから、6月および9月を年齢起算月として採用した。

年齢については採集時点での満月齢を求め、これを満年齢に加算することで求めた。例えば、6月を年齢起算月とした場合では、9月に年輪数1の個体が採集されたとき、この個体は15ヶ月齢、1.25歳とした。

個体毎の年齢と尾叉長の関係から、五利江 (2001) を参考に、Excel (Microsoft社) のソルバー機能を用いて以下に示した一般的な von Bertalanffy の成長式 (1) および  $t_0$  を推定しない von Bertalanffy の成長式 (2) (Katayama *et al.* 2019) の各パラメーターを非線形最小二乗法により求めた。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ことから (Yoda *et al.* 2014)、成長解析は雌雄を区別せずに行った。

$$L_t = L_\infty [1 - \exp\{-K(t - t_0)\}] \cdots (1)$$

$$L_t = L_\infty [1 - \exp\{-K(t)\}] \cdots (2)$$

$t$ : 年齢

$L_t$ :  $t$  歳時の尾叉長

$L_\infty$ : 最大到達時の尾叉長

$K$ : 成長係数

$t_0$ :  $L_t=0$  とした時の年齢

成長式のあてはまりの良さを検定するために、AIC (赤池情報量基準) を成長式 (1) および (2) についてそれぞれ算出した。

4. 鳥取県沿岸の海水温 マアジの産卵適水温および成長適水温を把握することを目的に、鳥取県沿岸の海水温として鳥取県酒津沖 (図1) に設置された酒津潮流ブイ (設置位置: 北緯 35° 34' 19", 東経 134° 03' 45", 水深 49m, 距岸 5.8km) で観測している表面水温データ (午前9時の観測値) について、2022年の水温を3日間の移動平均値で整理した。

また、鳥取県栽培漁業センターが毎月実施している海洋観測点のうち、酒津潮流ブイの近傍に位置する St.9 (北緯: 35° 34' 00", 東経 134° 00' 00", 水深 50m) における、2022年の水深 30m および 50m の観測水温を下層の水温変化の目安とした。海洋観測は、鳥取県栽培漁業センター所属の漁業調査船おしどりにより行い、水深 30m および 50m の水温観測は CTD (ASTD152, JFE アドバンテック社製) を海中に投入して実施した。

## 結果

1. 沿岸群の産卵期 雌雄別の GSI の季節変化を示した (図2)。雄の GSI の中央値および平均値ともに 2021 年の 11 月から 12 月までは低い値を示したが、2022 年の 1 月

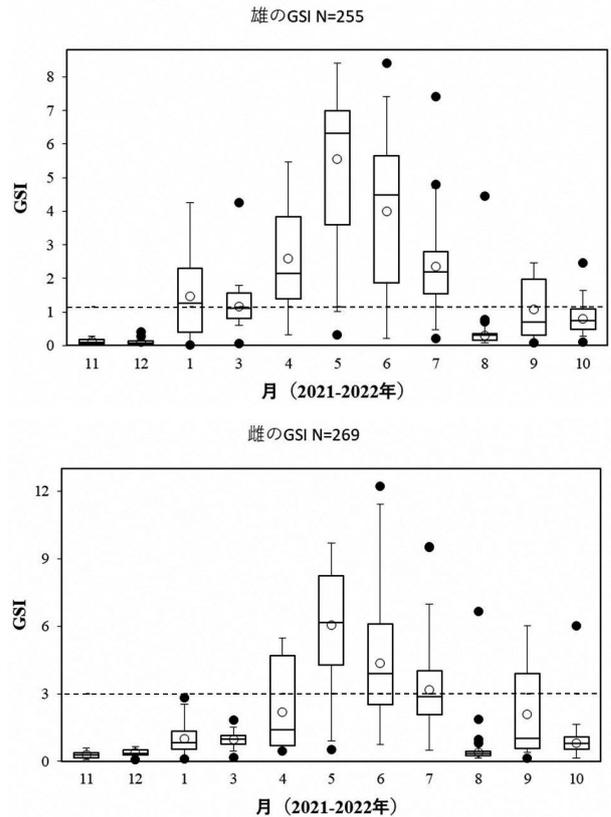


図2. マアジの雌雄別 GSI の季節変化

各月の黒い横棒が中央値を、白丸が平均値を示す。各月の箱の下限が 25 パーセンタイルを上限が 75 パーセンタイルを示し、縦棒の上限は最大値を、下限は最小値を示す。黒丸は外れ値を示す。

点線は GSI の成熟基準を示す。雄: 1.15 (高村ら 2020), 雌: 3 (依田ら 2004)

から7月まで成熟の基準である 1.15 を上回り 8 月に一旦 1.15 を下回ったが 9 月に再び上昇した。その後 GSI は 10 月に入ると低下した。

雌の GSI は 2021 年 11 月から 2022 年 3 月の間は低い値を示したが、4 月から急速に発達し、5 月に入ると多くの個体が成熟の目安である GSI は 3 を上回り、これは 7 月まで継続した。雄と同様に 8 月に一旦大きく低下するものの、9 月に再び上昇した。雌の GSI は雄と同様に 10 月入ると低下した。

雌の GSI の季節変化から、本研究では産卵期は 5 月から 7 月および 9 月の二期とみなし、前半の産卵盛期を 6 月、後半の産卵盛期を 9 月として、それぞれを年齢起算月とした成長解析を行った。

2. 沿岸群の成長 本研究においてマアジの年齢は 0 歳から確認され、最高齢は 7 歳であった。年齢起算月 4 月、6 月、9 月に対応する成長式 (1)、成長式 (2) および各成長式の AIC を求めた (表 2)。なお、成長式 (1) の  $t_0$  の値は、4 月 (-1.61)、6 月 (-1.79)、9 月 (-1.24) であった。AIC の値が、最も小さかったのが成長式 (1) の年

表 2. 年齢起算月ごとの成長式 (1) および成長式 (2) のパラメーターおよび AIC の値

年齢起算月	成長式	成長式のパラメーター			AIC
		$L_{\infty}$	$K$	$t_0$	
4月	(1) 式	347	0.327	-1.61	4795.5
	(2) 式	301	0.918	0	5239.4
6月	(1) 式	348	0.316	-1.79	4796.1
	(2) 式	305	0.866	0	5421.1
9月	(1) 式	343	0.357	-1.24	4855.9
	(2) 式	307	0.777	0	5033.7

年齢起算月 4月の 4795.5であり、次いで小さかったのは成長式 (1) の年齢起算月 6月の 4796.1であった (表 2)。

年齢と尾叉長の散布図と、成長式 (1) および成長式 (2) による成長曲線を図 3 に示した。また、各成長式を用いて満年齢時の尾叉長を推定した結果を表 3 に示した。特に、若齢期 (1歳から2歳) における観測値のばらつきが大きかった (図 3)。

3. 鳥取県沿岸の海水温 2022年の酒津潮流ブイの表面水温は1月から5月中旬まで18°C以下で推移した。表面水温が18°Cを上回ったのは5月下旬からであるが、6月以降の表面水温は急激に上昇し、8月中旬に最高水温 (29°C) を示し、その後水温は低下し12月上旬には18°Cを下回った (図 4)。表面水温がマアジの成長適水温 18°Cを上回る期間は5月下旬から12月上旬までの約6ヶ月間であった。

2022年の下層の水温は、1月から5月上旬および11月から12月はほぼ表面水温と等しく推移した (図 4)。水深 30mの水温は5月25日が16.9°C、6月28日が22.4°C、7月25日が25.8°C、8月23日が27.9°C、9月29日が21.6°Cと表層よりやや低めに推移した。水深 50mの水温は5月25日が16.5°C、6月28日が22.3°C、7月25日が24.1°C、8月23日が24.6°C、9月29日が21.1°Cと7月と8月は水深 30mより低めに推移した。

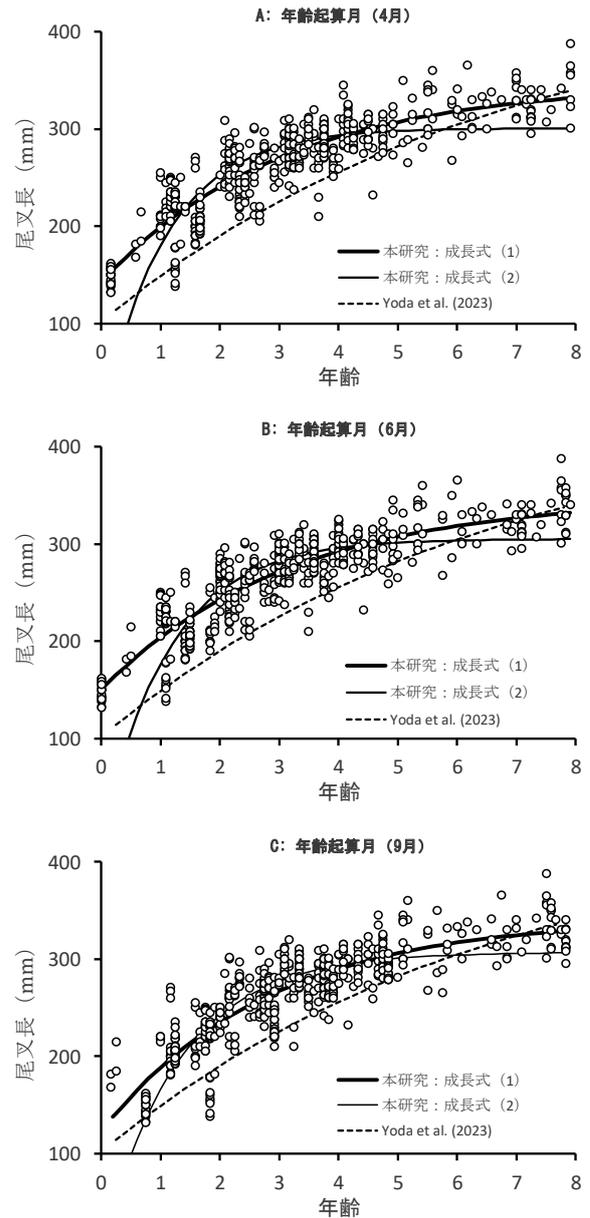


図 3. マアジの年齢と尾叉長の関係から求めた成長式

A: 年齢起算月・4月, B: 年齢起算月・6月, C: 年齢起算月・9月  
参考として、各図に沖合群の成長式 (Yoda et al. 2023) を示した。

表 3. 各成長式から推定した満年齢時の推定尾叉長

年齢起算月	成長式	$t$ の範囲	満年齢時の推定尾叉長 (mm)						
			1	2	3	4	5	6	7
4月	(1) 式	$0.16 \leq t \leq 7.91$	199	240	270	292	307	318	326
	(2) 式		181	256	282	293	298	300	300
6月	(1) 式	$0 \leq t \leq 7.91$	204	246	271	292	307	318	326
	(2) 式		177	251	282	296	301	304	305
9月	(1) 式	$0.16 \leq t \leq 7.83$	188	235	267	290	306	317	325
	(2) 式		166	242	277	293	301	304	306
Yoda et al. (2023)		$0.25 < t < 7.67$	149	190	225	256	282	305	324

本研究と比較のため、最下段に沖合群 (Yoda et al. 2023) の成長式に基づく推定尾叉長を示した。

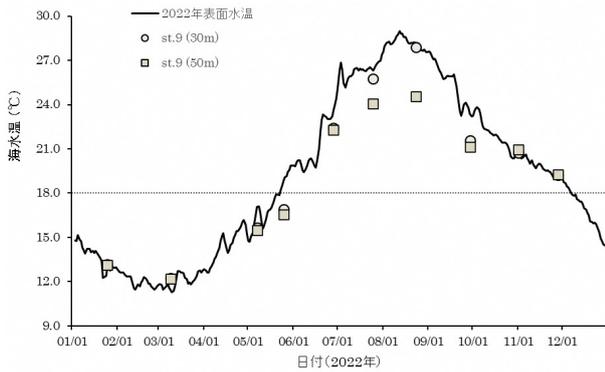


図 4. 2022 年の酒津潮流ブイおよび海洋観測による海水温の季節変化  
マアジ稚魚の成長が停滞する水温(18°C)を黒の点線で示した。

## 考 察

**沿岸群の産卵期** マアジの産卵盛期は、東シナ海では南部海域で1月から2月、中部海域で2月から3月、九州西岸から対馬周辺では4月から5月(堀田・中嶋 1971, 西田 2006), 日本海南西部で5月から9月(Yoda *et al.* 2023), 日本海中部海域の新潟県沿岸では6月から7月(西田・長谷川 1994)と推定されており、季節の進行とともに産卵海域は北東方向に移動する。本研究において雌のGSIの季節変化(図2)から、沿岸群のマアジの主産卵期は5月から7月と考えられ、東シナ海より遅れて産卵が始まり、季節の進行に伴う産卵海域の移動傾向に一致していた。また、9月にも小さなピークがみられ、沿岸群の産卵期は二期ある可能性が考えられた。

マアジの産卵適水温は、飼育されたマアジの満1歳魚では19°C以下では完熟せず、20°Cから23°Cで最も成熟する(落合ら 1983)が、3歳から4歳では産卵適水温は17°Cから18°Cで、これ以上水温が上昇すると卵母細胞が退化したと報告されている(落合ら 1980)。2022年の鳥取県沿岸の表面水温が17°Cに達するのは5月上旬であり、5月下旬には19°Cを上回り、23°Cを上回るのが6月下旬であった(図4)。2022年の下層(水深30mおよび50m)の水温では、6月28日に22°Cに達し、7月25日には25°C近くまで昇温し、8月23日に30m水深で27.9°C、50m水深で24.6°Cに達した後、9月29日には21°Cまで低下した。沿岸群の雌の生殖腺が4月から急激に発達し、5月から7月が産卵期という結果は、水温と成熟の知見と概ね整合した。8月は水温が高すぎて産卵適水温から外れているため、産卵群が沿岸の高水温を避けた結果、一時的にGSIが下がった可能性も考えられる。9月には下層水温の低下により、再び産卵適水温となったため産卵群が沿岸に来遊したと考えられる。

これに対して、沖合群の産卵期は、GSIおよび生殖腺の組織観察の結果から5月から9月であると報告されている(Yoda *et al.* 2023)。Yoda *et al.* (2023)は、マアジをサンプリングした海域(西端を鳥取県浜田沖とし東

端を鳥取県中山沖とする水深200m以浅の海域)の水深50mの水温の季節変化を示しており、8月から11月まで水温は20°Cを超えており10月に21°Cを超え最も水温が高くなったことから9月も産卵適水温の範囲にあった。このように沿岸群の水温は沖合群より早く昇温することから、沿岸群の成熟は沖合群より早まると推察された。

一方、雄については高村ら(2020)の知見に基づき成熟の日安をGSIで1.15とすると、成熟期間は1月から7月まで続き、8月には雌と同様に一旦GSIが低下する(図2)ものの、9月に再びGSIが高まり、成熟期間は雌より長期間に及んだ。相模湾および相模灘のマアジでは、雄は3月から7月に成熟個体の割合が増加するのに対し、雌は4月から6月に成熟個体の割合が増加すると報告されており(高村ら 2020)、雌より雄のほうが早く成熟する傾向にある。このことについて高村ら(2020)は、雄は雌と比較して生殖腺の発達に要するエネルギーおよび期間が短く、繁殖可能期間が長くなるためと考察している。鳥取県沿岸のマアジの雄が雌より成熟が早く始まり長期間に及ぶのも同様の要因であると考えられた。

**年齢と成長** 本研究で確認されたマアジの最高齢は7歳であった(表3, 図3)。既報(西田・長谷川 1994, Yoda *et al.* 2014, 2023)から東シナ海から日本海におけるマアジの最高齢は5歳から7歳で、本研究の結果はこれらの知見の範囲内であった。これに対し、太平洋沿岸では10歳以上の高齢魚が多く確認されており、常磐-房総海域では19歳の個体が確認されている(多賀・山下 2018)。多賀・山下(2018)は、常磐-房総海域で高齢のマアジが確認されたことについて、この海域におけるマアジの漁獲水深(100m)の水温は、1年のほとんどが15°C以下とマアジの適生水温よりかなり低く、このことが低成長、高寿命につながっていると推察している。対して、鳥取県沿岸ではマアジの成長適水温18°C(落合ら 1983)を上回る期間が1年のうち約6ヶ月ありマアジの成長にとって好適な期間が長く、このことは高齢個体が確認されなかった要因の一つになっている可能性が考えられる。

本研究で求めた成長式(1)および(2)の推定尾叉長を沖合群(Yoda *et al.* 2023)と比較したところ、沿岸群のほうが起算月また成長式(1)または(2)に関わらず、1歳から5歳での尾叉長が大きかった(表3, 図3)。尾叉長の観測値も沖合群の成長式(Yoda *et al.* 2023)よりも上側に多く散布した。この理由として、日本海南西部海域において沿岸群は、沖合群とは起源が異なる可能性が考えられた。ただし、年齢と尾叉長の散布図から(図3)、沖合群の成長式(Yoda *et al.* 2023)に近似される個体も認められたことから、沿岸群には沖合群に由来する個体も一定程度含まれると考えられる。

本研究で求めた成長式のうちAICの値が最も小さかつ

たのは、成長式 (1) の年齢起算月 4 月で、次いで小さかったのは成長式 (1) の年齢起算月 6 月であったが、AIC の差は 0.58 とごくわずかであった。しかし、 $t_0$  に着目すると成長式 (1) の年齢起算月 4 月および 6 月ともに -1 を下回っており、生物学的に非現実的な値 (Katayama *et al.* 2019) が推定されるなどこれらの成長式のパラメーターの推定精度は高いとは言えない。渡邊ら (2022) は、太平洋沿岸のマアジの成長を複数の海域で比較し、本研究と同様に熊野灘や常磐-房総海域では  $t_0$  は -1 歳を大きく下回るパラメーターが推定された。この要因として、マアジ仔魚の発生時期、発生場所は多様であり、様々な成長履歴をもつ個体が混在するためと考察している。Kanaji *et al.* (2009) は、本研究の調査海域の東方に位置する日本海中部海域の京都府若狭湾に面した栗田湾で採集されたマアジ稚魚の耳石から、ふ化日査定を行っている。その結果によると、栗田湾のマアジ稚魚のふ化日は周年に及び、これらのマアジ稚魚の発生海域は日本海の沿岸海域であると推定している (Kanaji *et al.* 2009)。また、Kanaji *et al.* (2010) は、若狭湾で採集されたマアジ稚魚には、若狭湾の近くで 4 月から 7 月にかけてふ化し沿岸域に長く留まる群と、若狭湾からかなり遠くの海域で 10 月から翌年の 1 月にかけてふ化し、成長した後に若狭湾の沿岸域に回遊した群が混在すると推定している (Kanaji *et al.* 2010)。

本研究の結果について、満 1 歳から 2 歳の推定尾又長に着目すると、複数の成長式による尾又長の推定値はいずれも沖合群より大きかった (表 3)。なおかつ、若齢期 (満 1 歳から 2 歳) の観測値のばらつきが大きかった (図 3)。このことの要因の一つとして、沿岸域の水温は沖合域より早く変動することが挙げられる。マアジ稚魚の成長率は餌料環境より水温の影響を強く受け、水温が低い年は成長率が低くなることから (Sassa *et al.* 2021)、水温はマアジ稚魚の成長を規定する要因と考えられる。沿岸域 (表層) の水温がマアジの生育適水温である 18°C を上回るのが 5 月下旬から 12 月上旬 (図 4) であるのに対し、沖合域 (水深 50m) の水温が 18°C を上回るのは 7 月から 12 月である (Yoda *et al.* 2023)。東シナ海からマアジ稚魚が日本海南西部に来遊するのが 5 月下旬から 6 月 (木所 2004, 木所ら 2005, 志村ら 2009, Takahashi *et al.* 2021) であることを考慮すると、沿岸域はマアジ稚魚が来遊した時点で成長適水温であるが、沖合域は成長適水温に達するまで約 1 ヶ月遅れる。こうした水温変動の差がマアジの初期成長に差をもたらしている可能性が考えられた。また、Kanaji *et al.* (2009, 2010) では日本海中部沿岸域のマアジは、発生時期、場所や成長様式が多様であることが報告されており、本研究の対象とした日本海南西部の沿岸群も同様に様々な発生時期、成長様式の群が混在する可能性が強く示唆され、このことが若齢期 (1 歳から 2 歳) の推定精度を下げる要因として作用したと考えられた。今後の課題と

して、年齢起算月の仮定を必要としない耳石の輪紋幅を用いたバックカリキュレーション法による成長解析 (柳下ら 2005) を試み、本研究の結果を再検証することが必要である。併せて、沿岸群の加入個体の耳石の日齢解析を行い、ふ化日査定や初期成長の解析を行うことが求められる。

## 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、北島聡博士にはマアジ資源生態に関する貴重な助言をいただいた。鳥取県栽培漁業センターの氏 良介所長 (現鳥取県漁業調整課長)、宮永貴幸所長 (現鳥取市在住) には本研究にご理解とご指導を賜った。同センターの井筒敏彦氏、田中一孝氏、山本春美氏、松田かおり氏、櫻井ひづる氏、村本奈々恵氏にはマアジの魚体測定にご協力いただいた。鳥取県水産試験場の藤岡秀文博士 (現鳥取県水産振興課) には作図や海況情報の面でご協力いただいた。また、鳥取県漁業協同組合の賀露支所、泊支所、御来屋支所、淀江支所にはマアジのサンプリングにご協力いただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- 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.
- 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。水産海洋研究会報, **54**, 47-49.
- 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.
- 堀田秀之・中嶋純子 (1971) 西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究-V。成熟状況からの解析。西海水研報, **39**, 33-50.
- 井元順一・安田十也・渡邊千夏子・木下順二・渡井幹雄・河野悌昌・高橋正知 (2023) 令和 4 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, 38pp. [https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/06/details\\_2022\\_03.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/06/details_2022_03.pdf), 2023 年 7 月 7 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.
- 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.
- 西田 宏 (2006) マアジとマイワシの繁殖生態. 水産総合研究センター研報, 別冊 **4**, 113-118.
- 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・榎田 晋・長谷川泉・睦谷一馬 (1980) マアジの採卵とふ化仔魚の成長について. 栽培技研, **9**, 47-52.
- 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 (2022) 2 沿岸漁業研究事業. 令和4年度鳥取県栽培漁業センター年報, [https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1319764/No2-1-1\(1\).pdf](https://www.pref.tottori.lg.jp/secure/1319764/No2-1-1(1).pdf), 2023年12月1日.
- 阪地英男 (2001) 高知県宿毛湾におけるマアジ(「きあじ」タイプ)の産卵期と成熟年齢. 黒潮の資源海洋研究, **2**, 39-44.
- 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.
- Takahashi M, Sassa C, Kitajima S, Yoda M, Tsukamoto Y (2021) Linking environmental drivers, juvenile growth, and recruitment for Japanese jack mackerel *Trachurus japonicus* in the Sea of Japan. *Fish. Oceanogr.*, **31**, 70-83.
- 高村正造・鈴木勇己・荻原真我・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 (2022) マアジ. 鳥取県令和4年度海洋環境・水産資源レポート, 17-18. <https://www.pref.tottori.lg.jp/item/334156.htm#itemid334156>, 2023年12月1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.
- 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・大下誠二・檜山義明 (2004) 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.
- 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.
- 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 (2023) 令和4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, 50pp. [https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/06/details\\_2022\\_04.pdf](https://abchan.fra.go.jp/wpt/wp-content/uploads/2023/06/details_2022_04.pdf), 2023年7月7日.
- 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.