

五島灘とその周辺海域におけるマアジの年齢，成長および成熟

水田 浩二，山本 憲一，末廣 喜彦

Age, Growth, and reproductive characteristics of Jack Mackerel *Trachurus japonicus* in the Coastal Areas of Goto Islands and Adjacent Waters

Koji Mizuta, Kenichi Yamamoto, Nobuhiko Suehiro

To examine the reproduction and growth of jack mackerel caught in the waters adjacent to the Goto-nada, the fork length of specimens randomly sampled monthly from 1995 to 2000 were measured. Additionally, body weight, gonad weight and otolith ring measurements were made for some of the specimens.

There were no remarkable differences in the fork-length for each month among years. The age composition each year was dominated by 0- and 1-year-old fish. Using a growth equation, the average fork length at each age was calculated as 180 mm at 1 year, 247 mm at 2 years, 293 mm at 3 years, and 324 mm at 4 years. Fish more than 2 years old spawned from January to May (mostly in February or March), while 1-year-old fish spawned from February to May (mostly in March).

In comparison to specimens sampled from 1955 through 1969, when the fish were more abundant, current jack mackerel grow faster and spawn earlier than in the past.

マアジ *Trachurus japonicus* は，暖海性の回遊魚であり日本周辺に広く分布する¹⁾。本種は，漁獲可能量（以下，TACと略記する）制度の対象種として1997年より漁獲量規制が行われている。TACは，生物学的許容漁獲量（以下，ABCと略記する）や社会・経済的条件を参考に設定されるが，ABCには客観性のある科学的根拠が必要である。また，精度の高いABCを算定するためには成長や成熟などの生物学的特性の知見が必要である。しかしこれらの特性は資源変動に伴って変化することが知られており^{2,3,4)}，資源水準や環境変化に応じて見直す必要がある。

東シナ海・九州沿岸におけるマアジの成長は，耳石を用いた三淵ら⁵⁾と中嶋⁶⁾，鱗による三谷・井田⁷⁾の報告がある。また，成熟に関しては三淵ら⁵⁾，堀田・中嶋⁸⁾，大下⁹⁾が報告している。しかし，大下⁹⁾

を除きこれらは1950～1960年代の標本魚に基づいて調べられている。その当時，東シナ海・日本海南西域における大中型まき網漁業の漁獲量は20～30万トンであった¹⁰⁾が，最近では5万トン以下に落ち込んでいる（西海区水産研究所資料）。従って，最近では1950～1960年代と比べて資源水準が低下していると判断されることから，当該海域におけるマアジの生物学的特性の見直しが求められている。

東シナ海から九州沿岸に分布するマアジは，東シナ海南部群，東シナ海中部群および九州北部群の3系群に分けられている¹¹⁾。長崎県の中小型まき網漁船は主に五島灘とその周辺の沿岸域を漁場としており，ここで漁獲されるマアジは九州北部群に相当する。

本報告では，五島灘とその周辺で漁獲された標本魚に基づく最新の成長と成熟に関する研究結果を述

べ、既往知見と比較した上で成長・成熟変化の要因を検討する。

材料と方法

材料は、中小型まき網が五島灘とその周辺海域 (Fig. 1) で漁獲し長崎魚市場に水揚げしたマアジを使用した。1999年1月～2000年8月に原則として毎月標本を購入して、尾叉長、体重、生殖腺重量を測定した後、耳石 (*sagittae*) を採取した (ただし高齢魚のサンプルを得るため2000年11月の耳石標本も一部使用した)。尾叉長等の測定および耳石の採取個体数は総計でそれぞれ4,616尾、768尾であった。耳石はキシレンを入れたホログラスに沈めて、デジタルマイクロスコープVH-P40 (KEYENCE製) を使用し、落射光線下40倍で計測した。耳石の計測は中嶋⁶⁾に準拠し、耳石半径 (R) は核から長軸縁辺まで、輪紋半径 (r_n) は核から各々の不透明帯の外縁までとした (Fig. 2)。また、生殖腺指数 (Gonad Somatic Index, 以下 GSI と略記する) を次式により求め、GSI の月変化から、産卵期を検討した。

$$GSI = (\text{生殖腺重量 } g / \text{体重 } g) \times 100 \quad (1)$$

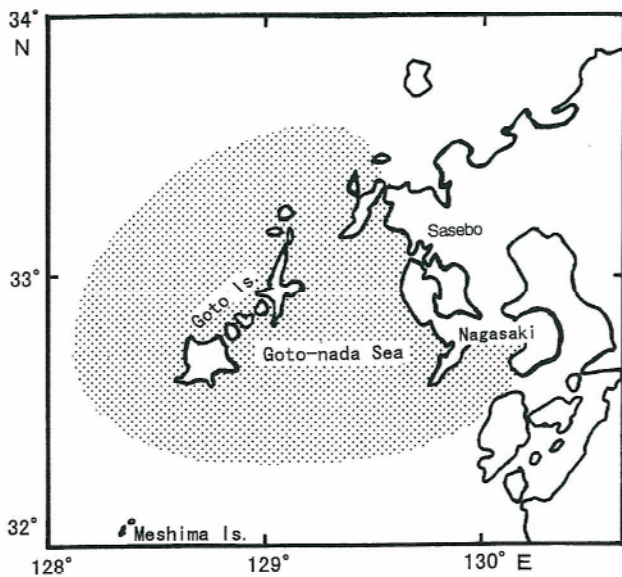


Fig. 1. Map showing the research area. The dotted area shows the fishing ground of jack mackerels sampled.

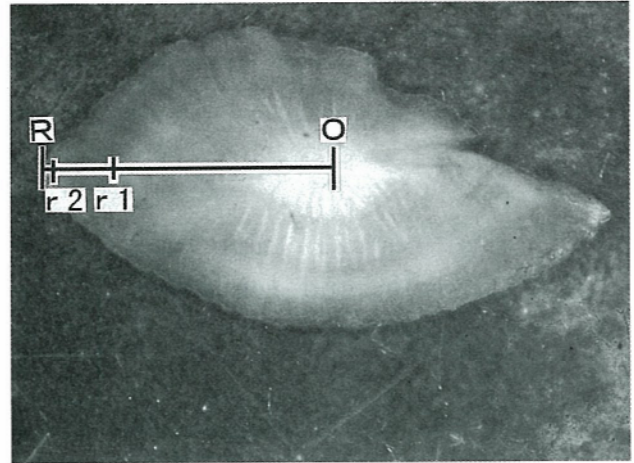


Fig. 2. A jack mackerel otolith. O: nucleus; r_1 : 1-year annulus; r_2 : 2-year annulus; R: otolith radius.

結 果

耳石による年齢査定 耳石半径 (R: mm) と尾叉長 (FL: mm) の関係を Fig. 3 に示す。耳石半径と

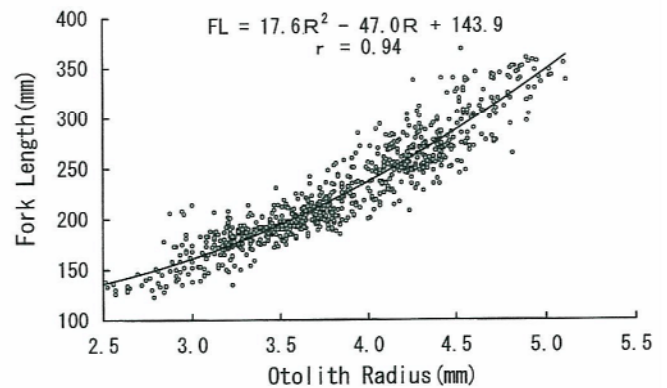


Fig. 3. Relationship between otolith radius and fork length. R: Otolith radius; FL: Fork length; r: correlation coefficient.

尾叉長には以下の2次式で示される関係が得られた。

$$FL = 17.6R^2 - 47.0R + 143.9 (r=0.94, n=768) \quad (2)$$

輪紋の形成時期を検討するため、縁辺成長率 (Marginal Growth Index, 以下 MGI と略記する) を次式により求め、月別推移を Fig. 4 に示す。

$$MGI = \{(R - r_n) / (r_n - r_{n-1})\} \times 100 \quad (n \geq 1, 2, 3, \dots, r_0 = 0) \quad (3)$$

r_n, r_{n-1} : 輪紋半径 (mm)

R: 耳石半径 (mm)

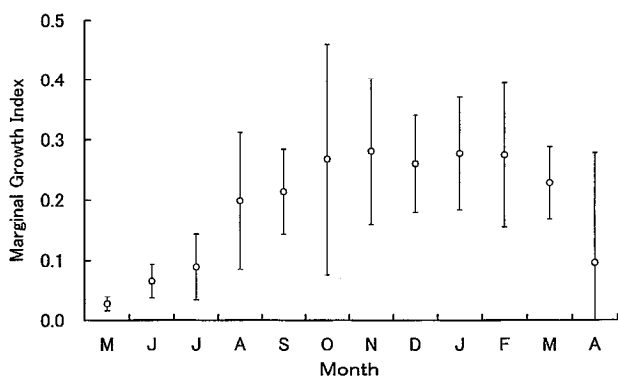


Fig. 4. Monthly changes in the marginal growth index (MGI) of otolith.

Circles and bars indicate the mean and standard deviation, respectively.

MGIは，5月には最低値を示し，その後6～9月には増加し，10～2月までは高い値を示したが，3月から減少した。MGIは輪紋形成の完了直後に最小となり，直前に最大となる¹²⁾。MGIは3～5月に急減していることから (Fig. 4)，輪紋は3～5月に年1回形成されると判断された。なお，この時期は後述のように産卵期にあたることから，輪紋数はほぼ満年齢を表していると判断される。

輪紋半径と計算尾叉長 次に，各個体の輪紋数と輪紋半径から，年齢別に平均輪紋半径を求め，Table 1 に示した。年齢間での各輪紋半径の差は小さく，中嶋⁶⁾および西田・長谷川¹³⁾の結果同様，Lee現象は認められなかった（4歳魚は個体数が2と少ないため検討から除外した）。各年齢の輪紋半径の代表値は，1～3歳魚では4歳魚の輪紋半径の値を除いた平均値とした。輪紋形成時の尾叉長は(2)式より， FL_1 :

180 (mm), FL_2 : 247 (mm), FL_3 : 293 (mm), FL_4 : 324 (mm) であった。

次に，計算尾叉長を Walford の定差図に当てはめた結果，以下の直線回帰式と極限尾叉長が求められ，

$$FL_{t+1} = 0.682 FL_t + 124 \quad (t : \text{年齢}) \quad (4)$$

$$FL_{\infty} = 391$$

更に(4)式を von Bertalanffy の成長式に当てはめた結果，

$$FL_t = 391 [1 - e^{-0.383(t+0.611)}] \quad (5)$$

が得られた。また，尾叉長 (FL : mm) と体重 (Bw : g) の関係式は

$$Bw = 0.011 FL^{3.083} \quad (r = 0.99) \quad (6)$$

であった。

GSIの月変化 GSIの平均値の月変化を Fig. 5 に示す。GSIの平均値は雌雄ともに7～11月は1未満の低い値であったが，12月に1を越えて以降，急激に上昇し，3月にはピークの4近くを示した後，4・5月は2前後，そして6月には1未満に下降した。次に魚体の大きさによるGSIの差異を検討するために，生殖腺が発達する12～6月の期間中について，月別の尾叉長とGSIの関係を Fig. 6 に示す。Fig. 6 よりGSIは尾叉長が大きいほど高い値を示す傾向がみられた。大下⁹⁾は本種の卵巣の組織学的検討を行った結果，GSIが4以上の個体は，成熟期の卵母細胞を有し，産卵直前であることを報告している。そこで，GSIが4以上を成熟個体とする

Table 1. Radii of successive otolith rings by ring groups of jack mackerel in Goto-nada sea

Age group	n	Radius of otolith in mm			
		r 1	r 2	r 3	r 4
1	459	3.27 ± 0.22			
2	81	3.31 ± 0.23	4.15 ± 0.28		
3	70	3.33 ± 0.19	4.11 ± 0.25	4.64 ± 0.25	
4	2	3.73 ± 0.05	4.34 ± 0.11	4.77 ± 0.06	4.99 ± 0.01
Mean	612	3.28 ± 0.22	4.14 ± 0.27	4.64 ± 0.25	4.99 ± 0.01

と、成熟個体の出現は尾叉長240mm（ほぼ満2歳魚）以上では1～5月（ピークは2～3月）、尾叉長190～210mm（ほぼ満1歳魚）では2～5月（ピークは3月）、そして190mm（ほぼ満1歳魚）未満では皆無であった。

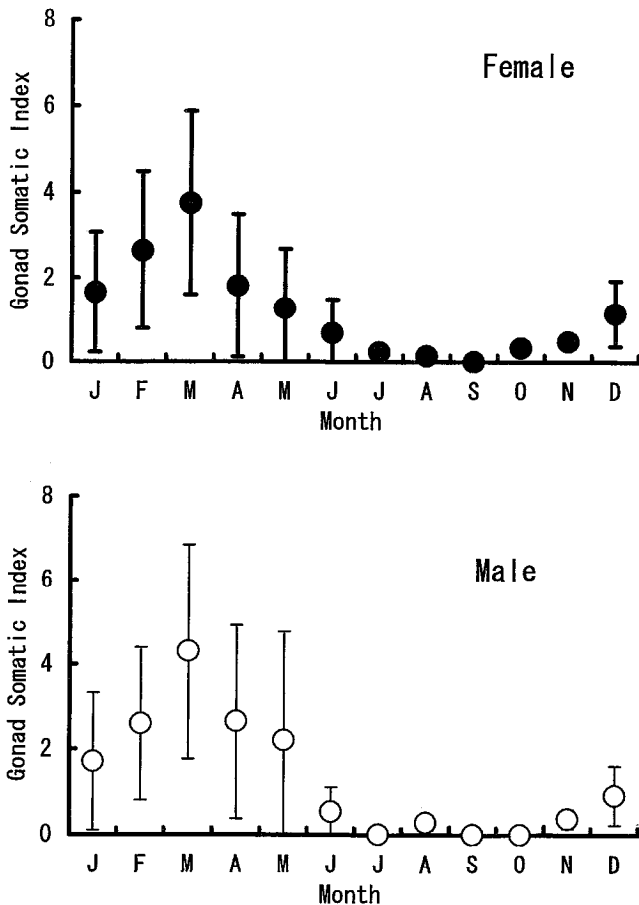


Fig. 5. Monthly changes in the gonad somatic index (GSI) for the jack mackerels sampled in 1999 and 2000. ●(Female) and △(Male) represent the mean. Heavy bars (Female) and fine bars (Male) represent the standard deviation.

考 察

尾叉長組成と年齢 1995年6月～2000年12月における月別の尾叉長組成を Fig. 7 に示す。耳石による年齢査定を行った1999年6月～2000年5月を例に、年齢と尾叉長組成との対応関係をみてみると、6月に110mmモードの群は全て0歳魚であり、その後この

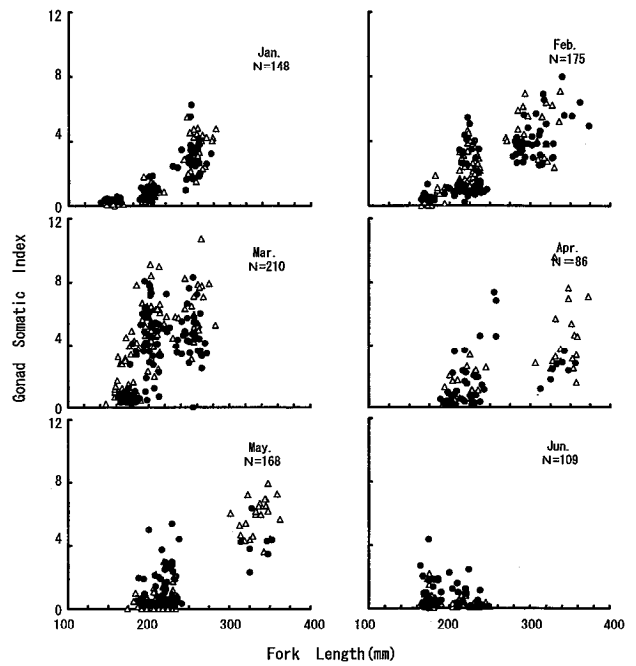


Fig. 6. Relationship between the fork length and the gonadosomatic index (GSI) for the jack mackerels sampled from December 1999 to June 2000. ● : Female, △ : Male.

群は成長して、3月には満1歳魚の180mmモードの群へと成長した。また、6月に210mmモードの群はほとんど1歳魚であり、この群は9月には230mmモードの群へと成長し、その後、漁獲比率の低下に伴いモードはやや不明瞭になる。ところで、各年において同月の尾叉長組成を比較すると、モードには大きな差異が認められない。よって、今回得られた年齢と成長の関係は近年の平均的な値として位置付けられる。更に当海域での漁獲の主体は0～1歳魚であり、2歳以上の漁獲比率は低いことが明らかになった。

既往知見との比較を行うため、年齢と尾叉長との関係を整理して Fig. 8 に示す。本研究による本種の成長は、中嶋⁶⁾が調べた時期の九州北部群より良い結果を示した。また、和歌山県沿岸¹⁴⁾の群と概ね一致し、東シナ海中部群⁶⁾より幾分良く、新潟県沿岸¹³⁾の群を大きく上回っていた。

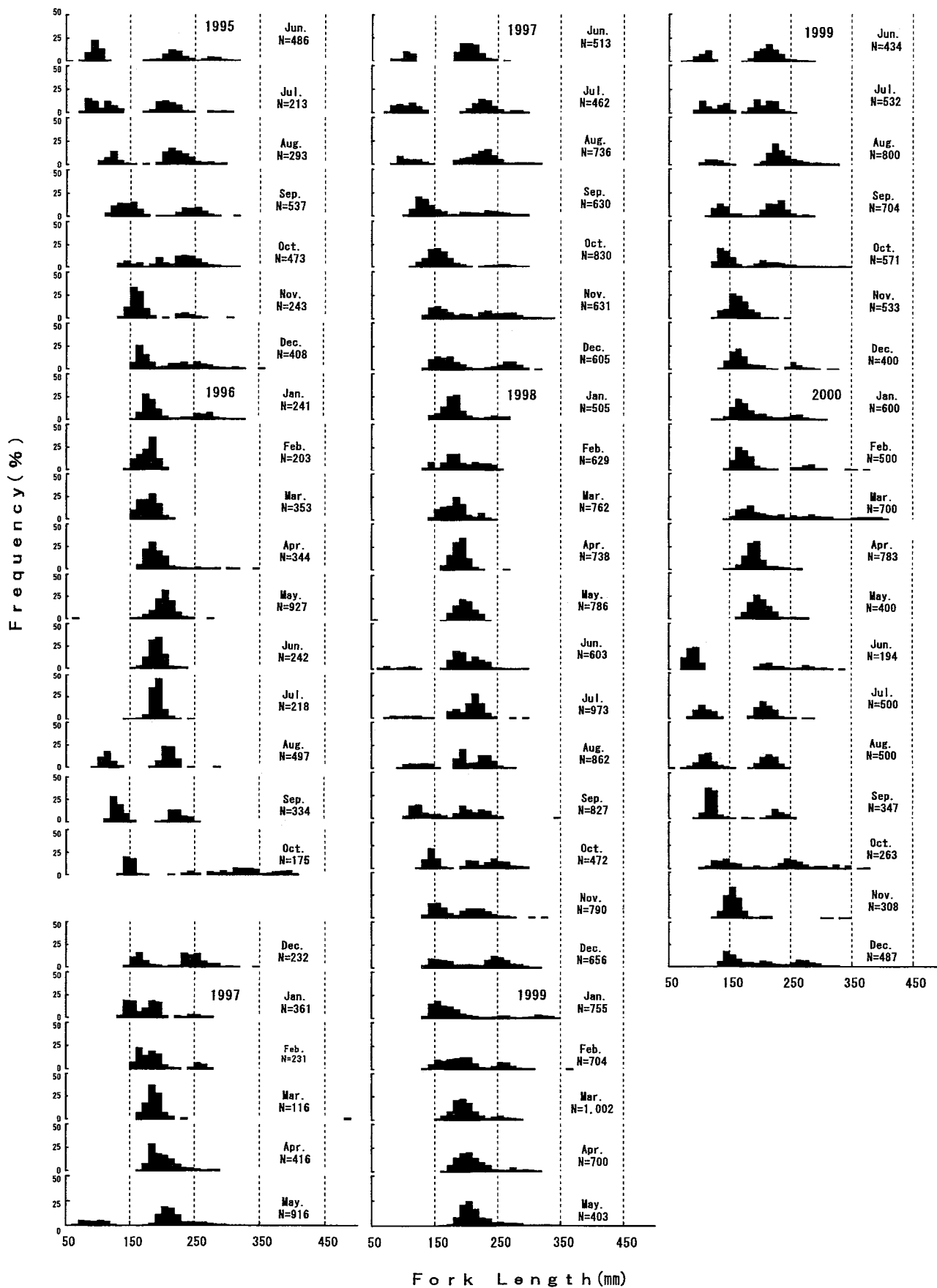


Fig. 7. Monthly changes in the fork length composition for the jack mackerels sampled from June 1995 to May 2000.

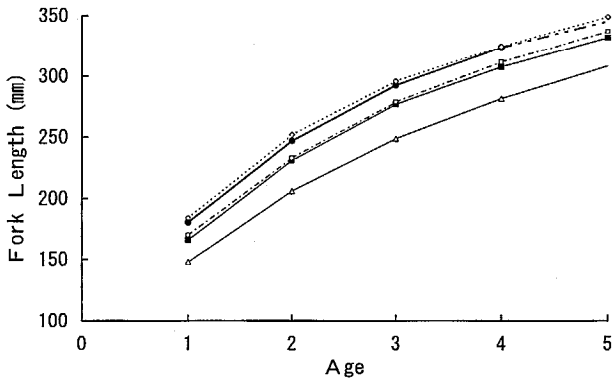


Fig. 8. Comparison of the growth curves determined by the different authors.
 ●: Goto-nada sea (present study), ■: northern Kyusyu(Nakashima 1982), □:central East China Sea (Nakashima 1982), △:Niigata(Nishida and Hasegawa 1994),◇:Wakayama (Sakamoto *et al.*1986)

産卵期と成熟年齢 本研究における年齢別の産卵期を、大下⁹⁾に準拠して検討する。Fig. 6より、満2歳以上即ち尾叉長240mm以上では、成熟個体は1～5月に出現しており、特に2～3月の出現比率が高かった。一方、満1歳魚の尾叉長190mm未満では成熟個体の出現は皆無であった。また、満1歳魚の尾叉長190～210mmでは成熟個体の出現率は3月には高かったが、その他の月では低かった。満2歳魚以上の群は満1歳魚群より産卵に参与する個体の割合が高く、産卵期間が長いと考えられた。上記およびGSIの経月変化 (Fig. 5) より、本種の産卵期は1～5月、産卵盛期は2～3月と推測された。また、大下⁹⁾の報告からは、北緯30°以北から九州沿岸における本種の産卵期は1～6月、産卵盛期は2～3月と判断され、産卵期および産卵盛期は本研究の結果と概ね一致した。一方、堀田・中嶋⁸⁾は卵巣重量の経月変化により、九州北部群の産卵盛期は4～5月と報告している。本研究および大下⁹⁾では産卵期の指標としてGSIを使用しており、単純比較はできないが、近年の産卵盛期は堀田・中嶋⁸⁾が報告し

た1955～1969年当時より、1～2ヶ月の早期化が考えられた。

成長・産卵生態の変化要因 成長量および産卵期の変化には関連が考えられるが、ここでは各々の変化を水温の面から検討する。長崎県男女群島女島沿岸における旬平均水温*は、本研究対象期間 (1995～2000年)、中嶋⁶⁾そして堀田・中嶋⁸⁾の研究対象期間 (1955～1969年) に関してもデータが完備されている。ここでは、水温変動の指標には女島沿岸での観測値を使用することにして、以後の検討を行う。本種は暖海性の回遊魚であり¹⁾、西田・長谷川¹³⁾は成長停滞の要因の1つとして低水温を挙げている。そこで、女島沿岸の1～12月における旬別平均水温を本研究対象期間と中嶋⁶⁾そして堀田・中嶋⁸⁾の研究対象期間とに分けて計算し、Fig. 9に示す。各旬を通じて、

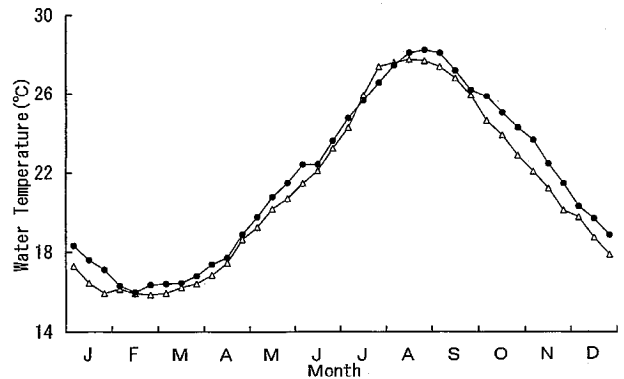


Fig. 9. Seasonal changes in coastal water temperature at Meshima Island. ●: Average of 1995-2000, △: Average of 1955-1969.

本研究対象期間の旬別平均水温は、中嶋⁶⁾のそれより概ね高かった。また、年間積算水温 (旬平均水温にその旬の日数 (例えば10日) を掛けた値を旬ごとに求めて、これらの値を足し合わせて算出) は、本研究対象期間では7,921℃、中嶋⁶⁾の研究対象期間では7,701℃であり、本研究対象期間の方が高かった。また、魚類の成熟・産卵に及ぼす主な環境要因の1

* 西日本海況旬報

つとして，水温が挙げられる¹⁵⁾。Fig. 9より，産卵期である1～5月の旬別平均水温は，本研究対象期間の方が堀田・中嶋⁸⁾のそれより，0.1～1.2℃高かった。以上のことから，成長量の増加および産卵期早期化の要因として，高水温の影響が考えられるが，詳細は今後の検討課題としたい。

本研究対象期間の本種の資源水準は中嶋⁶⁾の頃よりも低く，密度効果^{2,3,4)}の作用により，成長量および産卵期が変化した可能性も考えらる。このことも今後の検討課題としたい。

謝 辞

本研究を行うに当たり，指導と助言をして頂いた西海区水産研究所浮魚生態研究室の小西芳信室長および同研究所資源評価研究室の檜山義明室長並びに大下誠二研究員に深謝する。

文 献

- 1) 落合 明・田中 克：新版魚類学(下)，恒星社厚生閣，東京，1986；788-803.
- 2) 三尾真一・浜田律子・篠原富美子，東シナ海・黄海における主要底魚類の成長および成熟の経年変化に関する研究。西水研研報，1975；47：51-95.
- 3) 和田時夫：親潮域で回遊範囲と成長速度。マイワシの資源変動と生態変化(渡邊良朗・和田時夫編)，恒星社厚生閣，東京，1998；27-34.
- 4) 檜山義明：対馬暖流域での回遊範囲と成長速度。マイワシの資源変動と生態変化(渡邊良朗・和田時夫編)，恒星社厚生閣，東京，1998；35-44.
- 5) 三淵英弘・岸本源治・塩見元昌・相川広秋：マアジの年齢，成長および成熟。第4輯(漁業資源編)対馬暖流開発調査報告書，1958；133-144.
- 6) 中嶋純子：西日本海域におけるマアジの成長と年

齢について。西水研研報，1982；57：47-57.

- 7) 三谷文夫・井田悦子：マアジの成長と年齢。日水誌，1964；30(12)：968-997.
- 8) 堀田秀之・中嶋純子：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，西水研研報，1971；39：33-50.
- 9) 大下誠二：東シナ海におけるマアジの成熟特性に関する研究。西海ブロック漁海況研報，2000；8：27-33.
- 10) 浜田律子・竹下貢二：東シナ海および日本海南西海域におけるマアジ資源Ⅱ。年級変動と親仔関係。資源調査研究連絡(西海水研)，1984；75：23-29.
- 11) 堀田秀之・真子渺・小川信次・岸川周三・中嶋純子：西日本海域におけるマアジの群構造に関する研究-IV。形態的形質からの解析，西水研研報，1970；38：123-129.
- 12) 林 泰行：東シナ海産アカアマダイの成長に関する研究-I。日水誌，1976；42(11)：1237-1242.
- 13) 西田 宏・長谷川誠三：新潟沿岸におけるマアジ産卵群の年齢と成長。日水研研報，1994；44：73-80.
- 14) 阪本俊雄・武田保幸・竹内淳一：沿岸重要漁業資源の管理に関する研究(概報)，和歌山水試事報，1986；43-52.
- 15) 川本信之：魚類生理，恒星社厚生閣，東京，1977；245-286.