

静岡県清水港に棲息するカサゴ *Sebastes marmoratus* の 生態的特性と遺伝的特性

矢富洋道*¹・宮川友則*²・秋葉正史*³

Ecological and Genetic Characteristics of Common Rockfish, *Sebastes marmoratus* in Shimizu harbor, Shizuoka

Hiromichi YATOMI, Tomonori MIYAGAWA and Masashi AKIBA

Abstract

Total length of 187 common rockfishes, *Sebastes marmoratus* collected in Shimizu harbor ranged from 10.5–24.2cm. From the results of total length composition, sex ratio and condition factor, the life cycle of adult fish is divided into two stages: April~September and October~March. In April~September, small individuals appear, males are more abundant and the condition factor increases as a result of active feeding. Therefore, this period is a time of recruitment and individual growth. During October~March, females are more abundant, large individuals with high gonad-somatic index appeared and larvae were produced. This period, therefore, is a time of reproduction.

Data from Shimizu harbor, such as relative growth, growth formulae, age and maturation were compared with the Kyushu and Setonaikai regions. The data on morphology and ecology indicate that there are quantitative and seasonal differences between the sites. However, the results of distinguishing the group clearly were not obtained. In particular, fish from Shimizu were more similar to Kyushu region. Genetic variability of Shimizu fish was compared with that of fish from Megi Island in Kagawa Prefecture, but statistically significant difference was not found. However, it was shown that the uniformity of fish from Hinode wharf was lower than that of fish from Miho marina in Shimizu harbor. From these results, it is apparent that fish from Shimizu harbor and the Kyushu and Setonaikai groups are close relations and there does appear to be genetic exchange between these groups.

緒 言

カサゴ, *Sebastes marmoratus* は、北海道南部から九州に至る各地沿岸域の岩礁地帯に棲息している。夜行性で季節的な深浅移動し、縄張りを持つ習性があることから移動範囲は狭いとされている (カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。

本種が持つ移動範囲の狭さや高い市場性などから、地先型の栽培漁業対象種として、種苗生産も盛んに行われている。日本栽培漁業協会の平成13年度の種苗放流実績によると、全国におけるカサゴ人工種苗の放流数は1194千尾で、その数はトラフグに次いで第9位にランクされている。ま

た、放流箇所は10県166箇所、ヒラメに次ぐ第4位の数である。総放流数の内約80%に当たる種苗が、九州5県と山口県で放流されている (水産庁, (社)日本栽培漁業協会, 2003)。

静岡県では、平成13年に伊豆半島の田子漁業協同組合と安良里漁業協同組合で、12千尾程度の人工種苗が放流されている。県内では一本釣、底延縄、刺網によってほぼ周年にわたり漁獲されている。主要な漁場は、岩礁地帯の多い伊豆半島沿岸域と御前崎や焼津周辺水域である。また、駿河湾および相模湾に面した多くの港湾内では、遊魚者によって釣獲されている。

本種に関する研究は、古くから年齢、成長、成熟、食性などについて進められていた (水江, 1957, 1958a, b, 1959b;

2005年9月14日受理

*1 東海大学海洋学部水産学科 (Department of Fisheries, School of Marine Science and Technology, Tokai University.)

*2 東海大学海洋学研究科 研究生 (Research Student, Graduate School of Marine Science and Technology)

*3 株式会社 西原屋 (Nishibaraya Co., Ltd.)

三尾, 1961; 横田ほか, 1961; 堺, 1974; 有園ほか, 1978; 横川・井口, 1992; 横川ほか, 1992; 林ほか, 1995; 渡邊, 2002) が, 人工種苗生産が盛んになってからは, カサゴの生殖生態研究や放流技術開発に関わる取り組みが目立つようになってきた(水江, 1959a; カサゴ放流技術開発研究会, 1975; 三重県尾鷲水産試験場, 1980; 新聞・辻ヶ堂, 1981; Fujita and Kohda, 1996; Ng et al. 2003). それらの研究では, 主に九州や瀬戸内海地域のカサゴが研究材料として用いられ, 外部形態, 成長量, 生殖腺成熟期などの点で地域差があることが指摘されている. 地域差の要因として, 水温や水深などの生息環境, 餌料環境, 生息密度などの相違とともに, 現在では別種とされるウツカリカサゴ *Sebastiscus tertius* (Barsukov and Chen, 1979) の混入などがあげられている. また, 九州地域と香川県産カサゴの比較では, 両者が別系群である可能性が示唆され, 集団遺伝学的研究による解析が望まれている. こうした背景には, カサゴが極めて定着性の強い魚種であるため生活圏も狭く, 海域や漁場によってその生態に地域差が生じると予測されるためである.

静岡県水産試験場は, 1972年から種苗生産に関わる研究を開始した. 伊豆半島周辺におけるカサゴを用いた研究では, 産仔生態として産仔時期が11~3月, 1回の産出仔魚数は1千~94千尾で平均産仔数が26千尾, 産仔回数は2回で産仔間隔が13~22日間であることや, 仔魚の成長と生残などについて明らかにされている(大上, 1974; 大上ほか, 1978). しかし, 県下でのカサゴの生態に関する知見は未だ十分に蓄積されておらず, 今後, 増殖を行っていく上での基礎的知見を充実する必要がある. そこで, 本研究では清水港内に棲息するカサゴの体長組成, 性比, 肥満度, 胃内容物, 年齢, 成長, 成熟などの生態的特徴と遺伝的特性を調べ, 九州や瀬戸内海地域で得られた結果と比較することで, 本県産カサゴの生物的特徴を明らかにすることを目的とした.

材料および方法

標本個体 研究に用いたカサゴは, 2003年3月から2004年1月の間に, 清水港内の岸壁から釣りによりほぼ毎月採集した. 月別の採集数を Table 1 に示す. 釣り針の到達水深は, 概ね5 m 以浅であった. 港内における採集場所は2箇所で, 港口部の三保マリーナ周辺と港奥部の日之出埠頭周辺である. 標本の総数は187尾で, 雄は104尾, 雌80尾, 雌雄不明3尾であった. 採集後は-30°Cで冷凍保存し, その後の処理に用いた.

これとは別に, 12月に採集した個体の中から, 腹部が肥大した8尾を水槽飼育し, 卵巣卵の観察と測定に用いた. また, それから生まれた仔魚を採取し, 全長を測定した.

遺伝的特性を解析するために, 日之出埠頭で2002年12月と2003年3月に採集した55尾, 三保マリーナで2003年6月と9月に採集した51尾, 香川県女木島で2003年8月に採集した36尾を用いた.

魚体測定 標本個体を解凍して, 全長(TL: 吻端から尾鰭後端), 頭長(HL: 吻端から主鰓蓋骨後端), 体高(BD: 最大体高), 胸鰭長(PL: 胸鰭基部から先端), 上顎長(UL: 前上顎骨前端から主上顎骨後端)を1 mm 単位で, 体重(BW: 湿重量)を0.1 g 単位で測定した. その後, 腹部を切開して胃と生殖腺を調査した.

これらの測定結果を基に, 全長組成, 性比, 肥満度, 全長に対する頭長, 体高, 胸鰭長, 上顎長, 体重の各相対成長を求めた. なお, 肥満度(CF)は, $CF = (BW/TL^3) \times 100$ (BW: 体重, g, TL: 全長, mm) の式で算出し, 性比は, 各月の総個体数で雄と雌の個体数を除して, 頻度にして示した.

胃内容物 噴門部と幽門部付近で切断し摘出した胃は, 胃内容物を含む胃全体の重量と胃内容物の重量を, それぞれ0.1 g 単位で測定した. 餌生物の種類については, 消化が進んでいない内容物について種同定を試みた.

胃内容物組成は, 重量%で表した. また, 摂餌量指数

Table 1 Sample data for *Sebastiscus marmoratus* collected from Shimizu harbor, Shizuoka.

Date of Collection	Fishing area	Number of specimens			
		Male	Female	Unknown	Total
Mar. 2003	Hinode*1	11	8	0	19
Apr. 2003	Hinode	11	3	0	14
Jun. 2003	Hinode & Miho*2	12	9	0	21
Jul. 2003	Hinode	3	3	0	6
Sep. 2003	Miho	16	11	3	27(+3)
Oct. 2003	Hinode	5	2	0	7
Nov. 2003	Hinode & Miho	16	12	0	28
Dec. 2003	Hinode	27	27	0	54
Jan. 2004	Hinode	3	5	0	8
Total		80	104	3	184

*1; Hinode wharf. *2; Miho marina

(FI) は、 $FI = \{SCW / (BW - SCW - GW)\} \times 100$ (SCW; 胃内容物重量 g, BW; 体重 g, GW; 生殖腺重量 g) の式で求めた。

年齢と成長 頭部から耳石(扁平石)を摘出し、原則として左側の耳石を年齢形質として用いた。付着した組織片等を取り除いた耳石は、洗浄して70%アルコール中に保存した。耳石の観察には双眼実体顕微鏡を使用し、輪紋が見えにくい場合には耳石表面を砥石で軽く研磨した。輪紋の読み取り位置を不透明帯の外縁とし、耳石の細く尖った部分を用いて、中心部(F)から後方に、長径に沿って輪紋径(r1, r2..., rn; mm)と耳石径(R; mm)を1/100mm単位で測定した。耳石と計測部位をFig. 1に示す。また、輪紋形成期を推定するため、耳石の先端縁部分に透明帯と不透明帯が形成される状態を観察した(水江, 1958b)。

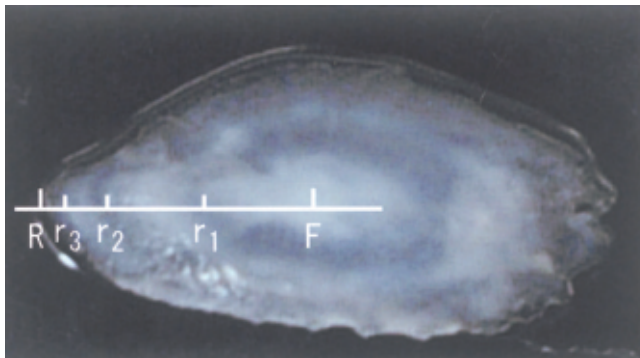


Fig. 1 Sagittal Otolith of *Sebastiscus marmoratus* showing area of measurement.

F: Focus.

R: Otolith radius.

r1~r3: From first to third ring radii.

耳石径と全長との関係の回帰直線式を求め、各輪紋形成時の輪紋径を代入することで各輪紋形成時の全長を算出した。さらに、この計算全長でWalfordの定差図を描いて適合性を検討し、von Bertalanffyの成長式への当てはめを行った。

成熟期と産仔期 卵巣の成熟状態や産仔期を把握するために、生殖腺熟度指数や卵径頻度分布を求め、その上で卵数や産仔回数を推定した。生殖腺熟度指数(GSI)は、 $GSI = (GW/BW) \times 100$ (GW; 生殖腺重量 g, BW; 体重 g) の式で求めた。産仔回数は、 $\text{産仔回数} = (\text{卵数} + \text{胎仔数}) / \text{胎仔数}$ の式で求めた(カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。

卵径測定には、10~3月の間に採取された17尾の卵巣を用いた。卵塊の採取位置として、卵巣の後端(頭部側)から前部・中部・後部を定め、各々から卵塊を採取した。採取した卵塊は重量を測定した後、海水の入ったシャーレ中でかき混ぜて均一に分布させ、マイクロメーターを用いて全ての卵の直径を測定した。

成熟段階の決定には、卵径組成における卵径分布やモー

ド数、肉眼観察による卵巣内の透明卵・発眼卵・胎仔などの有無、輸卵管と排卵孔外部周辺における胎仔の有無などを基準とした。これによって、未成熟期卵巣、成熟前期卵巣、成熟期卵巣、成熟後期卵巣、産仔期卵巣のI~Vの成熟段階に分けた。

遺伝的特性 本研究では、遺伝的特性を把握するためにPCR-RFLP分析法を用いた。PCR増幅領域は、ミトコンドリアDNA(mtDNA)D-loop領域の約850bpである。増幅産物は、多型の出現した制限酵素 *Hinf* I, *Taq* I, *Cfr*13 I, *Mbo* I, *Psh*B I, *Eco*T14 I で処理した。ハプロタイプを決定し、各標本群内のハプロタイプ組成とハプロタイプ多様度を求めた。また、ハプロタイプ組成によって、清水港内の2箇所と香川県女木島の遺伝的組成に差があるかどうかを、モンテカルロシミュレーションを用いて統計学的に検討した(Roff and Bentzen, 1989)。

結果および考察

清水港内における2標本資料の検定 本研究では、清水港の港口部にある三保マリーナと港奥部の日之出埠頭で標本個体を採集した。2標本間におけるデータの分散(F-検定による等分散検定)と平均値の差(t-検定)の検定を行った。検定では、頭長(HL)、体高(BD)、胸鰭長(PL)、上顎長(UL)の各々を全長(TL)で除した値を用い、結果をTable 2に示した。データの分散に差があると判定されたのは、雄の頭長/全長と雌の胸鰭長/全長であった。また、平均値に差があると判定されたのは、雄の上顎長/全長であった。

雌雄を込みにしたデータを用いて、全長と頭長、体高、胸鰭長、上顎長との関係式を求め、回帰係数とy切片について2標本間の差の検定を行った。その結果、全ての関係式で $t_{cal} < t(0.05)$ となって有意な差は認められなかった。また、性の差による違いについては検定を行わなかったが、全長と体重の関係については雌雄で明らかに差がみられた。

以下では、資料数に偏りが生じるために、清水港内の2標本を区別せずに用いた。

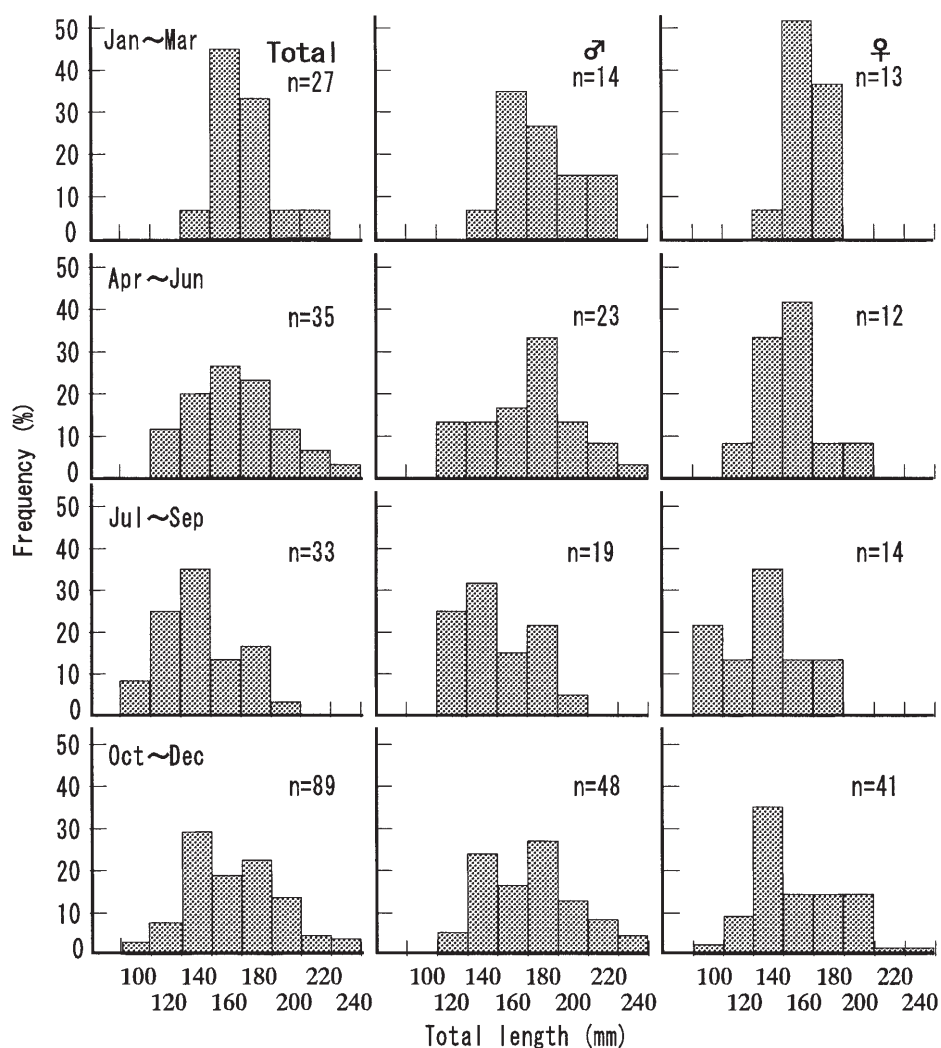
全長組成 清水港内で採集した個体の四半期毎の全長組成を、Fig. 2に示した。全長範囲は、雄が120~242mm、雌が105~234mmであった。4~9月の全長組成は、10~3月に比べ小さい傾向が見られた。雄の四半期別の平均全長(±標準偏差)は、188mm±25.0, 181mm±32.8, 160mm±25.8, 177mm±28.0、雌では173mm±12.7, 164mm±20.3, 148mm±28.9, 167mm±29.2であり、雄が常に大きい傾向を示した。

採集場所と採集方法は周年ほぼ同じであったが、全長組成にはモードの変動や全長範囲の増減が見られた。250mm以上の大型個体が全長組成に現れていないが、その原因は明らかでない。

Table 2 Comparison of data between Hinode wharf and Miho marina in Shimizu harbor.

	Male		Female	
	Hinode	Miho	Hinode	Miho
HL/TL mean value	0.3317	0.3268	0.3305	0.3279
Variance (σ^2)	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
F-test	Fcal=2.6131 > F(0.01)=2.0175 *		Fcal=1.5022 < F(0.01)=2.2398	
t-test	tcal=2.1272 < F(0.01)=2.6521		tcal=0.9382 < F(0.01)=2.6490	
BD/TL mean value	0.2846	0.2866	0.2967	0.2963
Variance (σ^2)	0.0003	0.0002	0.0005	0.0003
F-test	Fcal=1.2804 < F(0.01)=2.0175		Fcal=1.9913 < F(0.01)=2.2494	
t-test	tcal=0.6086 < F(0.01)=2.6322		tcal=0.0987 < F(0.01)=2.6490	
PL/TL mean value	0.2374	0.2386	0.2437	0.2432
Variance (σ^2)	0.0003	0.0002	0.0003	0.0001
F-test	Fcal=1.0944 < F(0.01)=2.0175		Fcal=2.3495 > F(0.01)=2.2494 *	
t-test	tcal=0.3780 < F(0.01)=2.6322		tcal=0.1489 < F(0.01)=2.6597	
UL/TL mean value	0.1618	0.1561	0.1531	0.1523
Variance (σ^2)	0.0060	0.0040	0.0035	0.0051
F-test	Fcal=1.4916 < F(0.01)=2.0175		Fcal=1.4570 < F(0.01)=2.2398	
t-test	tcal=3.8412 > F(0.01)=2.6322 *		tcal=0.5218 < F(0.01)=2.6490	

*: significant.

**Fig. 2** Seasonal changes in size (total length, mm) frequency of *Sebastiscus marmoratus* caught with fishing gear in Shimizu harbor.

駿河湾内の伊豆半島周辺では、清水港内で採集されない全長 250~274mm の個体がエビ刺網で漁獲されていた(大上ほか, 1978)。漁獲物の体長組成については、九州地域や瀬戸内海でも、海域によってかなり差があることが指摘されている。そこでは、その要因として海域による成長の差、漁具の選択性などがあげられていた。一般に、漁具別の漁獲物では、一本釣り、延縄、建網の順に魚体組成が大きくなるといわれている(カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。清水港内の全長組成は、大分県や愛媛県宇和海の一本釣りと鹿児島県の延縄とほぼ同じであり、漁具の選択性により大型個体は採集されなかったと考えられる。

性比 清水港内では雄が多く採集されたが、Fig. 3 のように春季から秋季に雄が多く、冬季には雌が多くなる傾向がみられた。しかし、 χ^2 検定 ($P < 0.05$) の結果では、4 月 ($\chi^2 = 4.58$) を除いて、性比が 1 : 1 であることを否定できなかった。また、全標本の性比 ($\chi^2 = 3.42$) についても、1 : 1 であることを否定できなかった。

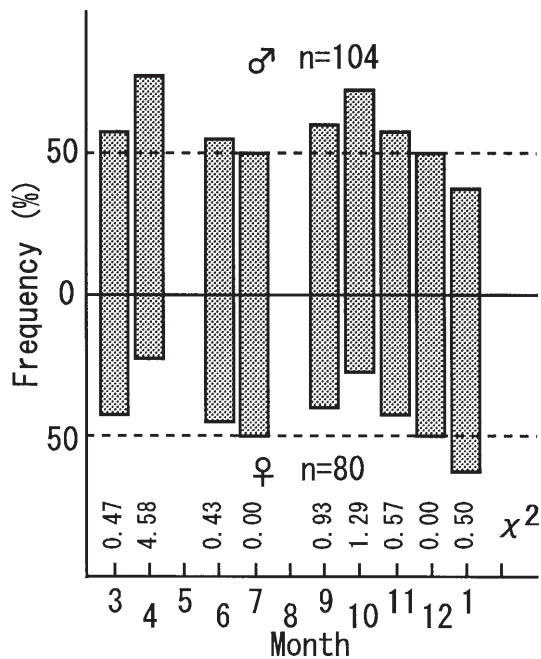


Fig. 3 Monthly changes of sex ratio and result of chi-square test.

地域別に見て、年間を通じて雄が多く出現するのは大分県と宮崎県で、鹿児島県や愛媛県では雌が多く出現していた。また、鹿児島県の場合、夏季に雌雄同比となって冬季に雌が多くなり、清水港内と同じ傾向が見られた。一方、愛媛県宇和海では、夏季には雌が、冬季には雄が多く出現する傾向が見られた(カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。こうした季節変動に見られる地域差について、地域によって雌雄の行動様式が相違するためと考えられている(横川・井口, 1992)。

相対成長 全長と体重との関係以外は、採集場所と雌雄

を区別しないで扱うことにした。

全長 (TL) に対する頭長 (HL)、体高 (BD)、胸鰭長 (PL)、上顎長 (UL) との関係を図 4 に示した。各々の関係は、以下の式で表された。

$$\text{全長}-\text{頭長の関係: } HL = 0.331 \cdot TL - 0.030 (r = 0.97)$$

$$\text{全長}-\text{体高の関係: } BD = 0.294 \cdot TL - 0.073 (r = 0.88)$$

$$\text{全長}-\text{胸鰭長の関係: } PL = 0.209 \cdot TL - 0.526 (r = 0.87)$$

$$\text{全長}-\text{上顎長の関係: } UL = 1.727 \cdot TL - 2.771 (r = 0.94)$$

全長に対するいずれの関係でも高い相関を示した。相関係数が 0.88 となった全長と体高の関係では、全長の増加に伴って体高の変動がやや大きくなる傾向が見られた。しかし、扱った全長範囲内では屈曲点が認められなかった。体高の相対成長係数 0.294 は、香川県の結果と一致していた(横川ほか, 1992)。

雌雄別の全長 (TL) と体重 (BW) の関係を Fig. 5 に示した。各々の関係は、以下の式で表された。

$$\text{雄: } BW = 0.016 \cdot TL^{3.038} (r = 0.98)$$

$$\text{雌: } BW = 0.012 \cdot TL^{3.148} (r = 0.96)$$

全長と体重の関係では、雌雄ともにアロメトリーの成長式によって高い相関が得られた。相対成長係数は、雄 3.038、雌 3.148 となり、雌は雄よりも大きい値であった。それは、雄に比べ、雌の生殖腺が著しく発達するためである。九州地域と愛媛県の標本を総括して得た相対成長係数 2.721 (雌雄不明)(カサゴ放流技術開発研究会, 1975)よりは大きく、山口県日本海の雄 3.133 と雌 3.181 (有菌ほか, 1978)、香川県の 3.164 (雌雄不明)(横川ほか, 1992)より小さい値であった。

肥満度 卵巣が著しく肥大するカサゴについて、肥満度の計算方法として $CF = (BW/SL^3) \times 10^3$ と $CF = \{(BW - GW - SCW)/SL^3\} \times 10^3$ (CF: 肥満度, BW: 体重 g, GW: 生殖腺重量 g, SCW: 胃内容物重量 g, SL: 標準体重 mm) が比較されている(横川ほか, 1992)。その結果によると、季節変動パターンに大きな差はみられていない。本研究では、 $CF = (BW/SL^3) \times 10^3$ の計算式で肥満度を求め、季節変化を図 6 に示した。

全標本の平均肥満度 (±標準偏差) は、雌が 1.823 ± 0.141 、雄は 1.746 ± 0.090 であった。季節変化を見ると、雌の肥満度は 3~4 月の間に急激に低下して、4 月には年間の最低値となった。その後上昇して 7 月には年間の最高値となり、再び 1 月まで漸次低下し続けた。雄の肥満度は 3 月から低下して、7 月には年間の最低値となった。その後上昇して 9 月には年間の最高値となり、以後は増減しながら 12 月まで減少した。概して、雄に比べ雌の肥満度は高く、変動幅も大きかった。

香川県や山口県日本海の肥満度は、一般に春~夏の間に低く、冬季の 1~2 月に年間の最高値となる変化を示し、その変動が雌雄で相違することが明らかにされている。こうした肥満度の季節的变化に対して、雌では特に、生殖腺指数の増減と逆相関の傾向を示すことが指摘されている

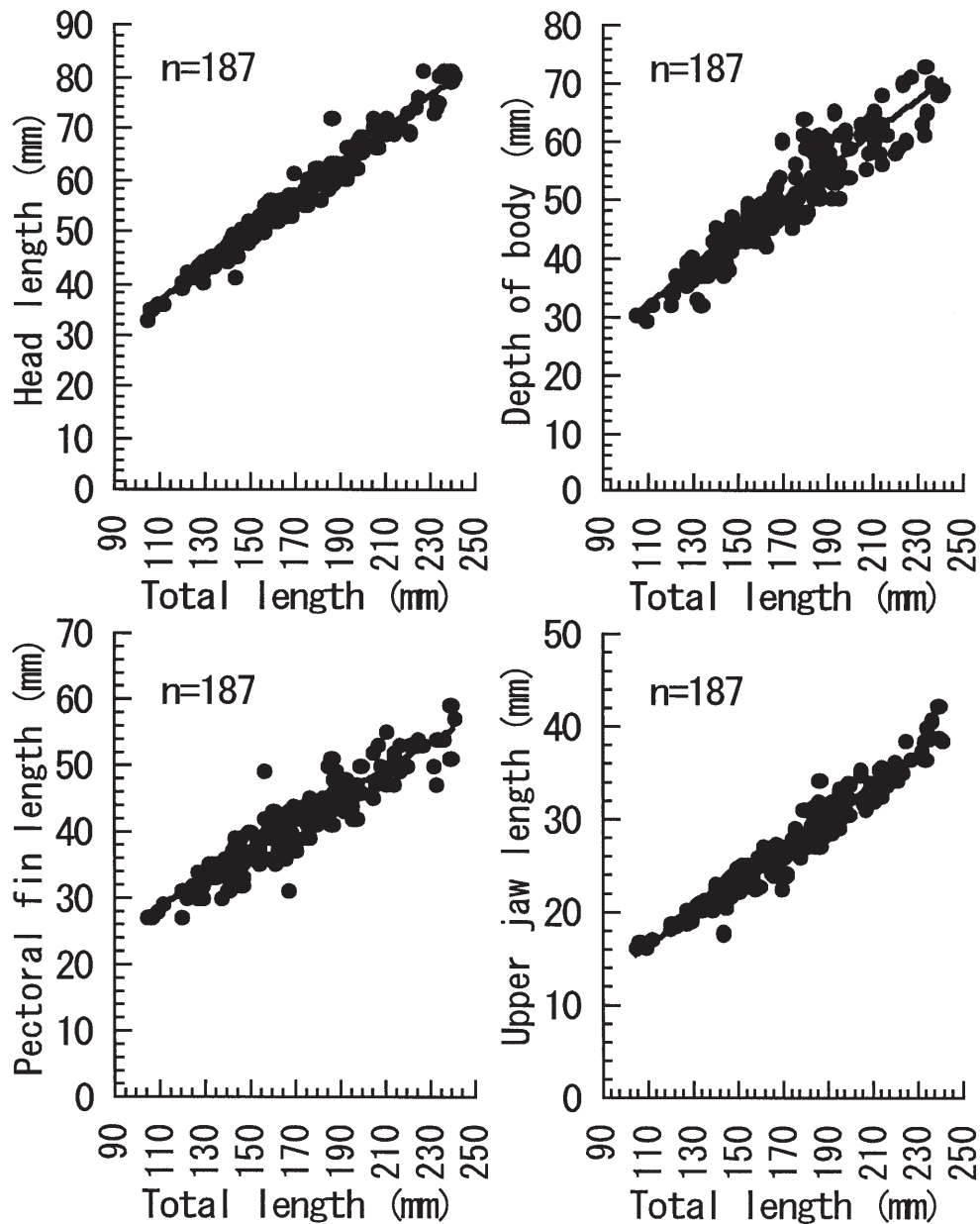


Fig. 4 Relationships between total length and head length, depth of body, pectoral fin length and upper jaw length. Sexes combined.

(有蘭ら, 1978; 横川ほか, 1992)。

清水港で肥満度が高まる期間は、雌が4～7月であり、香川県より1ヶ月、山口県日本海より4ヶ月早くなっていた。雄は7～9月であり、香川県と同時期で、山口県日本海より1ヶ月早くなっていた。そして、両県と清水港とで最も異なる点は、清水港ではその後、雌は1月、雄は12月まで肥満度の減少が続くことである。その原因としては、後述するように、清水港の成熟期が早いことをあげることができる。

胃内容物

1) 餌生物組成 胃内が空の状態や胃内容物の消化が進んだ個体が多く出現したため、ここでは季節や全長の差による違いについては触れず、一括して述べることにした。

餌生物として最も多く出現したのはカニ類で、全体の70.5%を占めていた。次いで多いのが魚類で、全体の12.1%であった。甲殻類としては、他にエビ類、シャコ類、ヤドカリ類などもあり、これらをカニ類と合わせると77.2%となった。その他に、数ミリ大の小礫、海藻や小型のヒトデなども出現した。

一部の未消化な内容物は、ワタリガニ科イシガニ属の1種 *Charybdis* sp, イワガニ科カクレベンケイガニ属の1種 *Parasesarma* sp, テナガエビ科スジエビ属の1種 *Palaemon* sp であることが明らかになった。これらは清水港内で普通に見られる種であった。

清水港の餌生物組成は、多くの地域の結果と類似し、甲殻類が第1優占種であった。カサゴの餌生物には非遊泳性

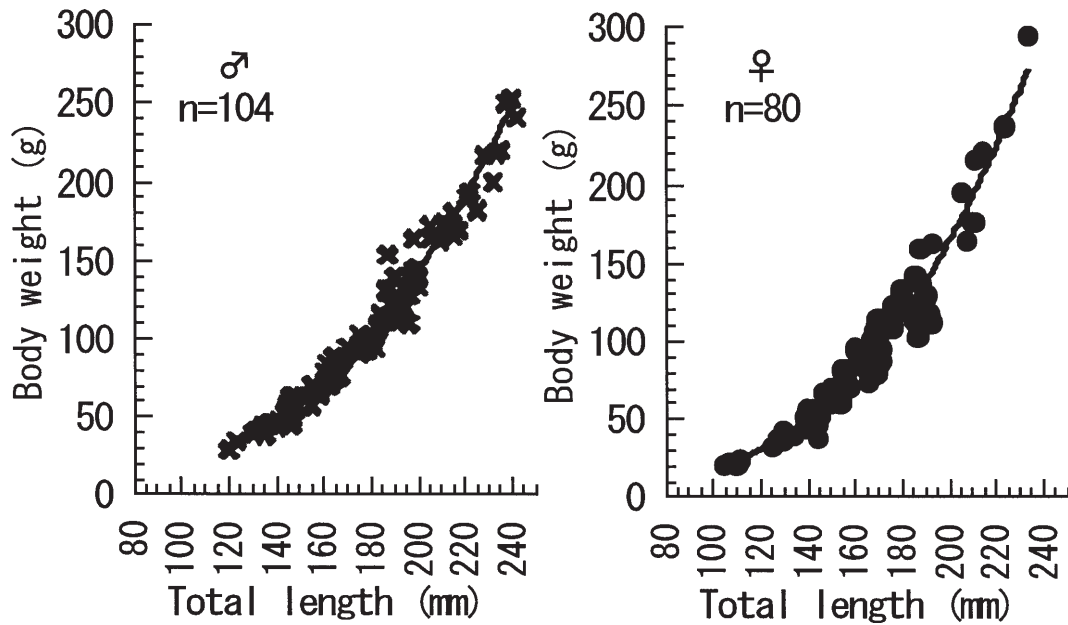


Fig. 5 Relationship between total length and body weight of *Sebastiscus marmoratus*.

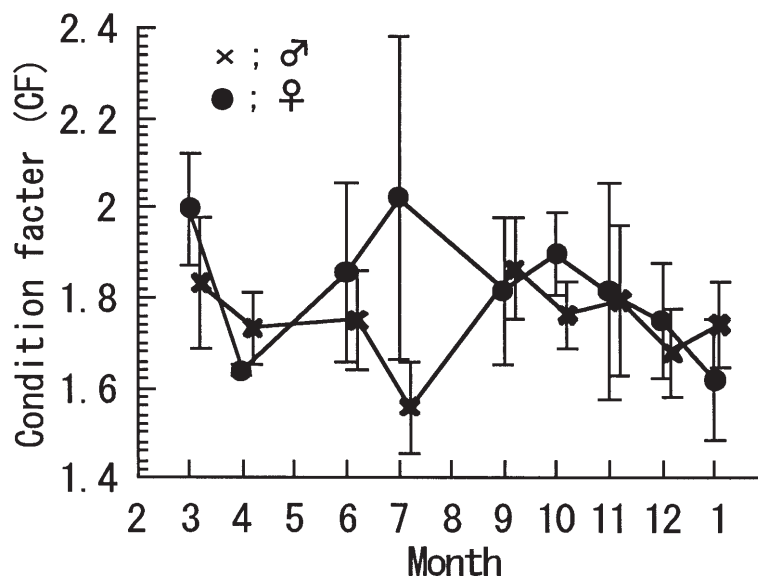


Fig. 6 Monthly changes of condition factor in male and female. Vertical bars indicate standard deviations.

のものが多く、摂餌選択性の幅は広いと報告されている（カサゴ放流技術開発研究会，1975；有菌ほか，1978；横川・井口，1992）。

2) 摂餌量指数 標本全体の空胃率は、雄 59.6%，雌 53.8% であった。また、平均摂餌量指数は、雄 0.46，雌 0.41 で、最大摂餌量指数は、雄 5.29，雌 2.48 であった。清水港における雌雄の年間平均摂餌量指数は、0.4 台の小さな値であるが、香川県で得た 0.5（横川・井口，1992）と同程度の値であった。

Fig. 7 に示すように、月別の摂餌量指数の変動は大きく、季節的な特徴をとらえにくい状態であった。しかし、雌雄ではほぼ同じ傾向を示し、概ね 3～9 月の間は大きく

増減しながら減少的に推移し、9 月以降は低い値で徐々に増加する変化を示した。季節変動における雌雄の違いは、雄では 10 月、雌では 11 月以降に、摂餌活動が低下する点である。

摂餌活動が不活発になる時期が、雌の成熟期や雄の交尾期と一致することが指摘されている（横川・井口，1992）。また、その時期には、摂餌活動と密接な関係のある鰾による発音行動が低下することも指摘されている（Miyagawa and Takemura, 1985）。

年齢と成長

1) 輪紋形成時期と輪紋径 耳石縁辺部における透明帯と不透明帯の月別出現状況を、Fig. 8 に示した。雄では、

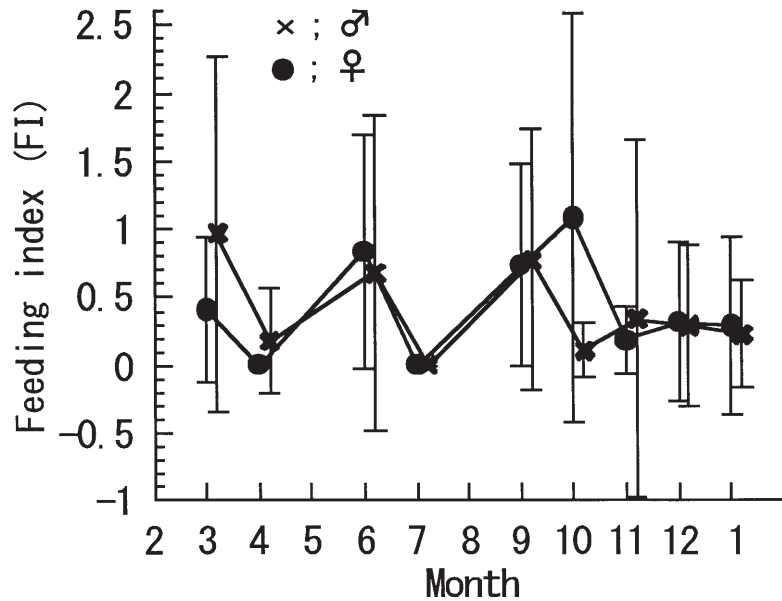


Fig. 7 Monthly changes of feeding index in male and female. Vertical bars indicate standard deviations.

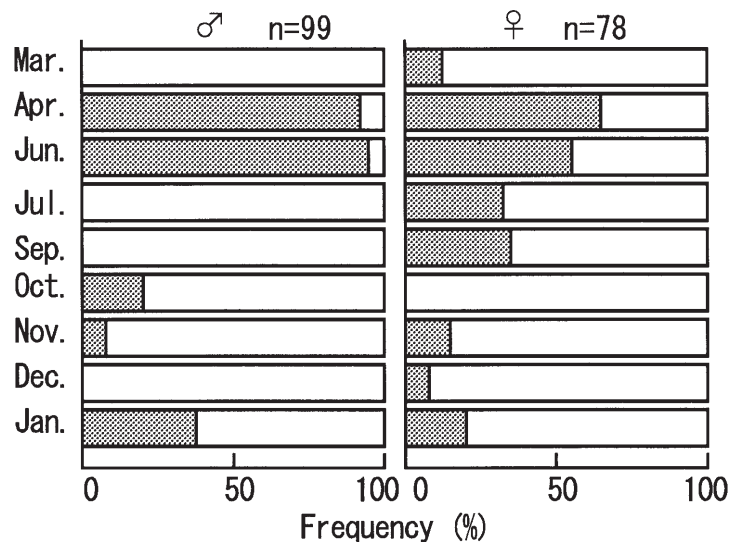


Fig. 8 Monthly changes of proportion of transparent and opaque bands in otolith margin.

■: Opaque zone. □: Transparent zone.

4～6月に不透明帯が90%以上を占め、7～3月に透明帯が67～100%を占めた。一方、雌では4～6月に不透明帯が56～67%を占め、10～3月には透明帯が80～100%を占めた。雌雄における輪紋の出現時期はほぼ一致した。雌では不透明帯がやや長期にわたって出現する傾向が見られた。このことから、透明帯と不透明帯は1年に各々1本ずつ形成されると判断されたので、耳石に見られる輪紋は年周輪であると考えられた。

多くの魚類では、休止帯である透明帯は冬季に形成されるが、カサゴの雄の場合は7～2月頃までに形成され、雌の場合は雄より遅れて、11～4月までに形成されることが、長崎県佐世保の個体で確認されている。また、冬季に

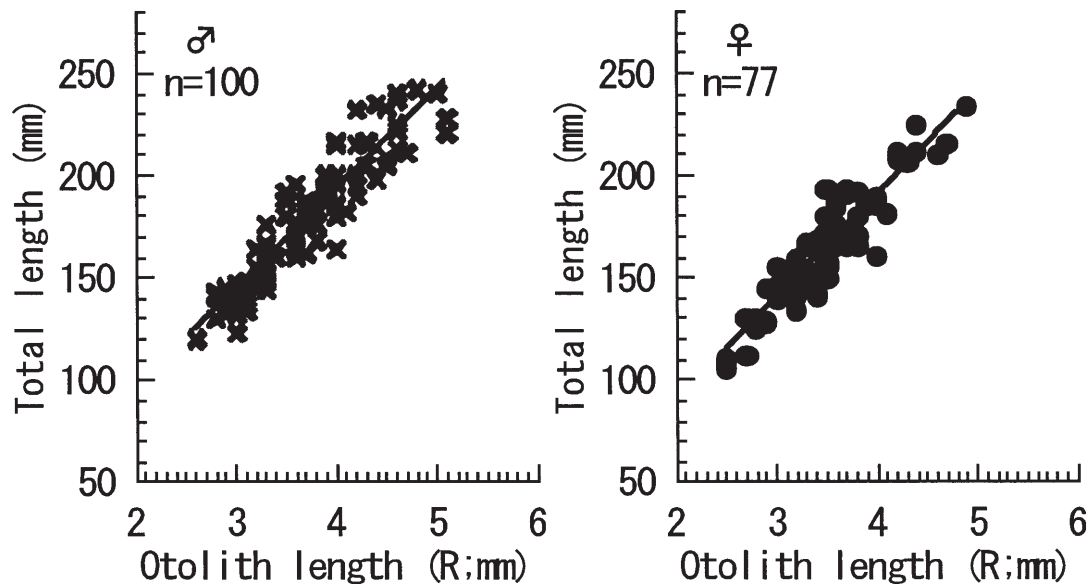
耳石縁辺部が100%透明帯になるとは限らないことも指摘されている(水江, 1958b)。

本研究では、輪紋の読み取り位置を不透明帯の外縁とした。清水港内の個体に見られた不透明帯の形成時期は、長崎県、佐賀県、大分県、宮崎県などの6～8月よりも2ヶ月余り早く、愛媛県の4～8月に近いと考えた(水江, 1958b; カサゴ放流技術開発研究会, 1975; 林ほか, 1995; 渡邊, 2002)。

Fig. 9の全長(TL; mm)と耳石径(R; mm)の関係には正の相関が見られ、以下の関係式を得た。

$$\text{雄: } TL = 48.799 \cdot R - 2.199 \quad (r = 0.857)$$

$$\text{雌: } TL = 50.122 \cdot R - 10.399 \quad (r = 0.853)$$

Fig. 9 Relationships between otolith radius and total length of *Sebastiscus marmoratus*.**Table 3** Mean values and standard deviation of ring formation radii (mm) in otolith of *Sebastiscus marmoratus*.

Sex	Rn* ¹	N* ²	TL* ³	R	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄
Male	1	43	153	3.2±0.31	2.8±0.29			
	2	38	189	3.9±0.43	2.9±0.32	3.7±0.37		
	3	17	212	4.3±0.39	2.8±0.30	3.7±0.38	4.3±0.39	
	4	2	234	4.9±0.35	3.2±0.92	4.0±0.78	4.5±0.35	4.9±0.50
Total		100		Mean	2.9±0.31	3.8±0.38	4.4±0.37	4.9±0.50
Female	1	28	140	3.1±0.33	2.7±0.76			
	2	35	171	3.6±0.36	2.7±0.23	3.3±0.30		
	3	14	188	3.9±0.36	2.6±0.26	3.2±0.34	3.6±0.27	
	4	3	201	4.2±0.66	2.6±0.32	3.3±0.35	3.7±0.50	3.9±0.51
Total		80		Mean	2.7±0.25	3.3±0.31	3.6±0.34	3.9±0.51

*1 Number of annual rings.

*2 Number of specimens.

*3 Average total length (mm) of specimens examined.

各輪紋群における平均輪紋径を、Table 3 に示した。各輪紋径には Lee 現象、反 Lee 現象は認められなかった。

3) **von Bertalanffy の成長式** 平均輪径を上記の全長と耳石径の関係式に代入し、輪紋形成時の全長を求めた。これらの推定全長を基に、Fig. 10 に示した Walford の定差図を作成し、年齢 n 時の全長 L_n (mm) と年齢 $n+1$ 時の全長 L_{n+1} の関係式を得た。

$$\text{雄: } L_{n+1} = 0.728 \cdot L_n + 81.035 \quad (r=0.996)$$

$$\text{雌: } L_{n+1} = 0.643 \cdot L_n + 73.593 \quad (r=0.964)$$

定差図法により、von Bertalanffy の成長曲線式をあてはめた結果、 n 輪形成時の推定全長 L_n は以下の式によって表された。

$$\text{雄: } L_n = 297.9 \{1 - e^{-0.317(n+1.001)}\}$$

$$\text{雌: } L_n = 206.1 \{1 - e^{-0.442(n+1.132)}\}$$

この成長式によって求めた成長曲線を、Fig. 11 に示した。すなわち、雄は満 1 歳で 139.9mm、2 歳で 182.8mm、

3 歳で 214.1mm、4 歳で 236.9mm、5 歳で 253.4mm であり、雌は満 1 歳で 125.8mm、2 歳で 154.5mm、3 歳で 172.9mm、4 歳で 184.8mm、5 歳で 192.4mm であった。このように、1 歳くらいまでは雌雄ともほぼ同程度の成長を示すが、それ以降雌の成長度は鈍り、5 歳では約 61mm の成長差を生じていた。

清水港における成長率を比較するために、九州地域と瀬戸内海で得られた成長方程式を全長による成長率に改めて、Fig. 12 に示した (水江, 1959b; カサゴ放流技術開発研究会, 1975; 有菌ほか, 1978; 横川ほか, 1992)。

一般に成長率には地域差があり、同所でも雌は雄より劣ることが明らかにされている。清水港でも、雌の成長率は雄より劣っていた。雌の成長は、愛媛県宇和海の 2～6 歳の範囲における計算全長とほぼ一致していた。ところが、成長方程式に示された推定最大全長は 206mm となったが、採集した中には最大全長 234mm の雌個体があった。

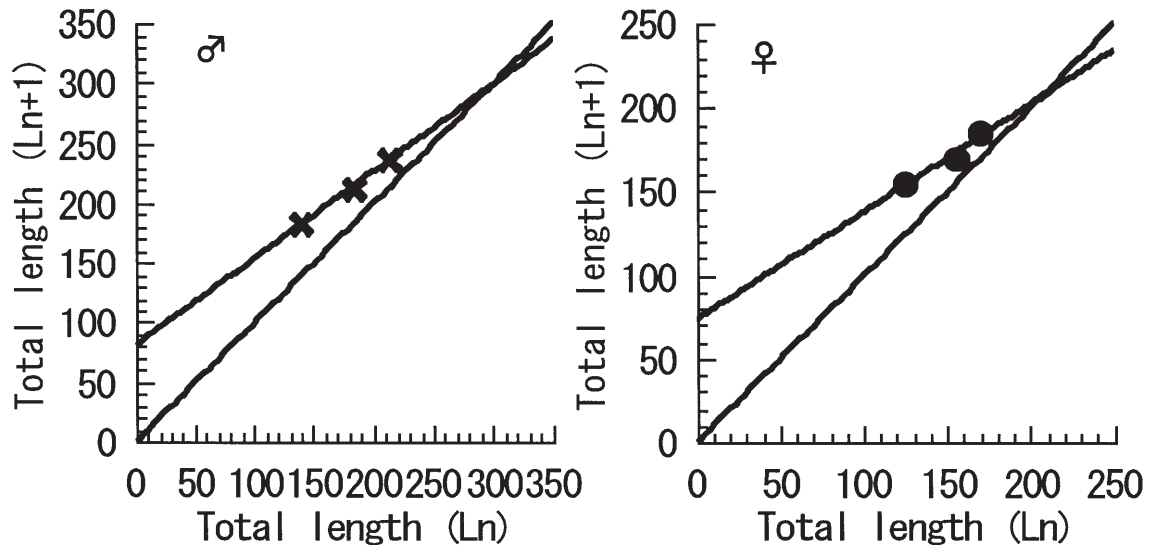


Fig. 10 Walford's growth transformation of back-calculated length.

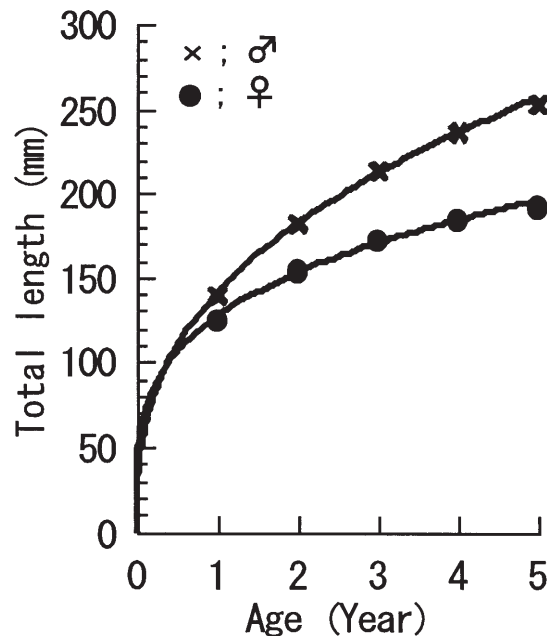


Fig. 11 Estimated growth curve of *Sebastiscus marmoratus* in Shimizu harbor.

このことから、雌の成長率は過少に推定された可能性がある。雄は宇和島の雄よりも成長が速く、宮崎県に近い成長率となった。しかし、清水港の1～5歳の範囲における計算全長は、宮崎県よりも14～21mm小さくなっていた。

生殖腺の成熟と産仔

1) 生殖腺指数 (GSI) 生殖腺の最大重量は、卵巣は46.5g、精巣は3.3gと非常に大きな差があった。この点について、卵胎生魚類は体内受精のため、多量の精子を必要としないからであろうと指摘されている(水江, 1959b; 横川・井口, 1992)。

生殖腺指数の雌雄別月変化を、Fig. 13に示した。雄の生殖腺指数は、3～9月の間0.2以下の低水準で推移したが、10月には年間の最高値 0.8 ± 0.1 となった。その後の

12～3月の間は0.2以下の低い値で推移した。一方、雌の生殖腺指数は、3月に 6.3 ± 1.9 と高い数値を示していたが、4～10月の間は0.5以下の低い値で推移し、11月と12月には年間を通じて最高の値となった。この2ヶ月間の詳細な生殖腺指数は、11月前半 7.3 ± 0.3 、後半 9.2 ± 1.7 と上昇し、さらに12月前半に最高値の 10.5 ± 2.4 となった。しかし、12月後半には 6.4 ± 0.9 とほぼ半減し、1月には 4.2 ± 1.2 となった。

生殖腺指数が高い値となる時期を成熟期とすると、清水港における雄の成熟期は10月と推定された。一方、雌は雄よりも1ヶ月遅い11～12月が成熟期となり、その後3月頃まで成熟した個体が出現する傾向を示した。カサゴの成熟期には雌雄間で差があるが、精巣の成熟期に交尾が行わ

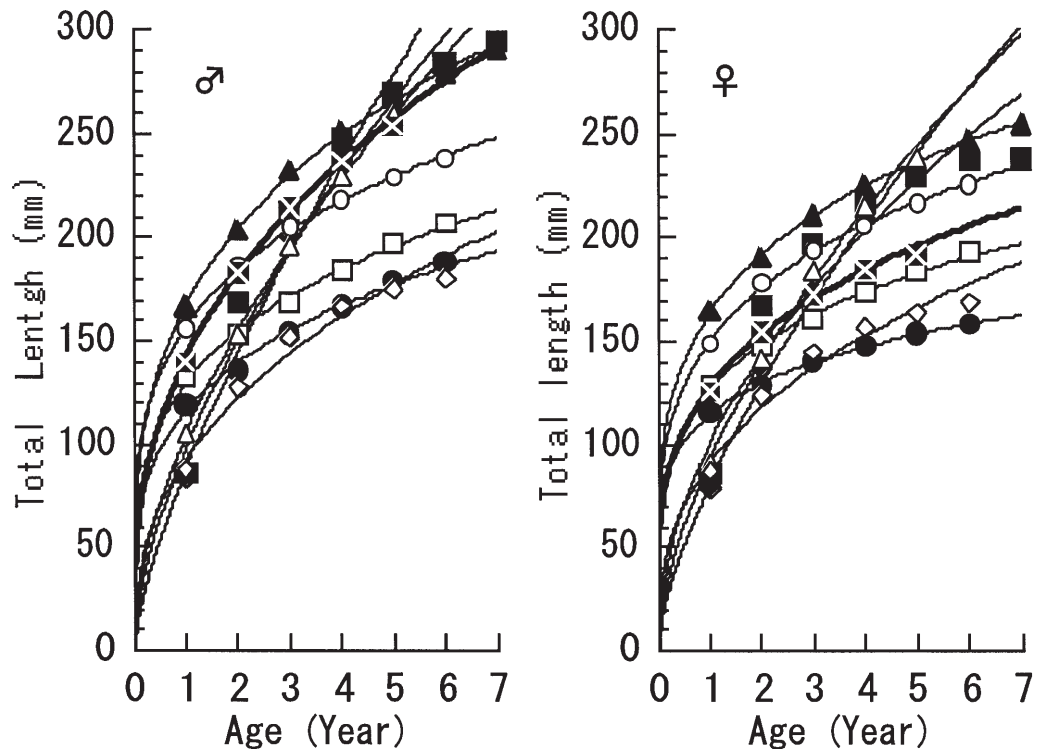


Fig. 12 Comparison of growth curves estimated in *Sebastiscus marmoratus* of each place.

■; Nagasaki, ●; Oita, ▲; Miyazaki, ◆; Kagoshima, □; Uwakai,
○; Kurushima, △; Yamaguchi, ◇; Kagawa, ⊠; Shimizu.

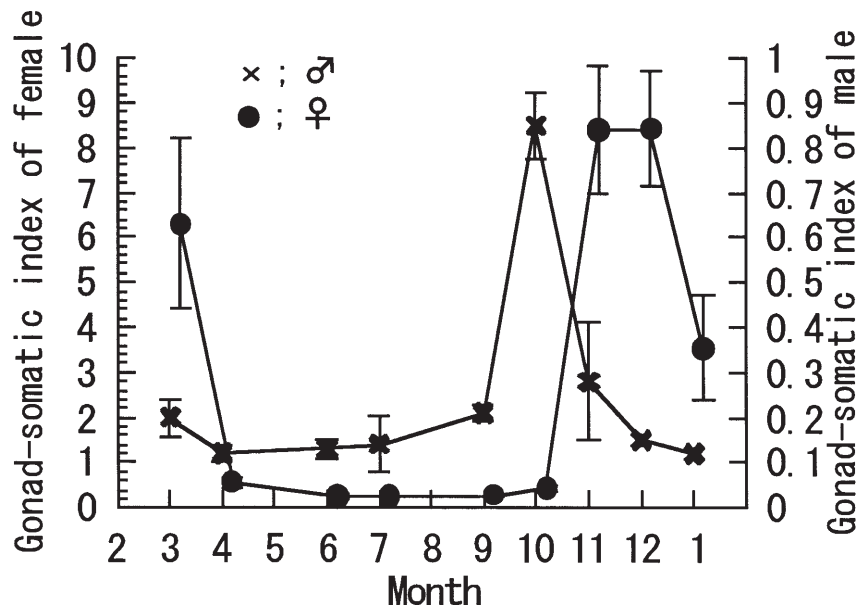


Fig. 13 Monthly changes of gonad-somatic index of *Sebastiscus marmoratus* in Shimizu harbor. Vertical bars indicate standard deviations.

れ、精子は雌の体内に休止状態で蓄えられ、卵巣が成熟した時に活性化されると考えられている (Tsukahara, 1962)。精巣が発達している時期を交尾期とするなら、清水港内では10～11月頃に交尾が行われることになる。そして、成熟個体の出現状況から、清水港内での産仔は11～3月の間に行われると推測された。

これまでの知見によれば、雄の精巣が発達する時期は、長崎県が8～10月、福岡県、大分県、宮崎県、鹿児島県、愛媛県宇和海が10～12月、愛媛県来島海峡、山口県日本海側、香川県が10～3月となっている。一方、雌の卵巣が発達する時期は、九州各地、愛媛県宇和海、山口県日本海が概ね11～4月、愛媛県来島海峡、香川県が12～6月となっている (水江, 1957, 1958a, 1959b; 三尾, 1961; カサゴ放流技術開発研究会, 1975; 有蘭ほか, 1978; 横川・井口, 1992)。これらから、雌雄の成熟期には相当な差があることは明らかである。

清水港における雄の生殖腺指数のピークは、長崎県を除けば比較的成熟期の早い鹿児島県、宮崎県、愛媛県宇和海と一致していた。また、雌の生殖腺指数のピークは、九州地域では比較的成熟期の早い宮崎県よりも、さらに1ヶ月余り早くなっていた。こうした成熟期の相違について、その要因として海況条件の違いが考えられるが、集団間の遺伝的な差と関連づけた報告もある (横川・井口, 1992; 横川ほか, 1992)。

2) 卵径組成と肉眼的観察 卵径組成における最後のモードの位置と発眼卵や胎仔の出現状況などの観察結果より、各卵巣の成熟段階を決定した。5段階に分類した成熟段階について、卵径組成と卵巣外観の写真を、Fig. 14に示した。

〔ステージI; 未成熟期卵巣〕

長楕円形をした卵巣の表面は酒赤色を呈し、重量は5g以下であった。仔魚放出口に近い、卵巣後部から採取した卵巣卵でも分離することはなかった。卵径組成に現れたモードは1つで、平均卵径 (±標準偏差) は $0.11\text{mm} \pm 0.04$ であった。

〔ステージII; 成熟前期卵巣〕

卵巣は肥大して丸みをおび、部分的に酒赤色を呈すがおおむね橙黄か淡黄色を呈した。不透明卵として、肉眼で確認できる大きさの卵が存在した。卵径組成は1つのモードで形成され、平均卵径は $0.26\text{mm} \pm 0.08$ であった。

〔ステージIII; 成熟期卵巣〕

橙黄か淡黄色を呈する卵巣中に、流動的な透明卵と発眼卵が認められた。小型で未成熟な卵は卵巣前部に多く、透明卵と発眼卵は中～後部に認められた。卵径組成には2～3のモードが形成され、透明卵と発眼卵は主に $0.72 \sim 0.76\text{mm}$ のモードに含まれていた。

〔ステージIV; 成熟後期卵巣〕

卵巣表面全体に発眼卵や胎仔が分布し、全体的に灰色を呈していた。卵巣を圧迫すると胎仔が体外に流出したが、

卵巣前部には未発達な不透明卵も認められた。卵径組成には2～3のモードがあったが、モードの数は個体によって異なっていた。また、卵径 0.7mm 以上の卵は認められなかった。卵巣内にある胎仔の全長は $2.9\text{mm} \pm 0.2$ であった。〔ステージV; 産仔期卵巣〕

水槽内で自然産仔した個体をステージVとした。卵巣は張りを失い、酒赤色を増していた。卵巣内には発眼卵や胎仔が認められないが、輸卵管内にはわずかに胎仔が残る個体もあった。卵径組成はステージIIIに類似して2～3のモードが認められるが、小型卵の数が多くなる傾向にあった。産仔された仔魚の全長は、 $3.3\text{mm} \pm 0.2$ であった。

上記の成熟段階に従って、個体ごとに成熟段階を決定した。その上で、採集月別に各成熟段階の個体が出現する割合を、Table 4に示した。

これによると、生殖腺指数が最高値となる11月と12月には、透明卵を有する成熟期卵巣と発眼卵と胎仔を有する成熟後期卵巣とが83～100%を占めていた。また、産仔を終えた卵巣と考えられる産仔期卵巣は12月と1月に出現し、1月には100%を占めた。さらに、3月にも産仔の可能性のある成熟後期卵巣が出現し、67%余りを占めた。このことから、清水港における卵巣の成熟期は11～1月で、産仔期は12～3月頃まで続くと推定され、さらに、胎仔放出の最盛期は12～1月頃であると考えられた。

過去の九州地域や瀬戸内海における報告では、鹿児島県では胎仔を産出する個体は12月から出現し、2月中旬にその出現比率が最高に達していた。大分県では11月に産仔期に入り、1月には産仔後の個体が出現していた。愛媛県宇和海では12～3月が産仔期で、1～2月が産仔の盛期であった。愛媛県来島海峡では、発眼卵が3月に出現して5月に最高となり、他の地域より3～4ヶ月遅れている (カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。これから、清水港における産仔期は、愛媛県来島海峡を除く他の地域とほぼ一致していた。

3) 卵数と産仔回数 17個体の卵巣について、孕卵数を推定した。内1個体の孕卵数は、全長と孕卵数を変数とした等確率楕円 ($x^2=5.99$) による検定で楕円外に分布し、危険率5%で棄却された。Fig. 15には、16個体による全長と孕卵数の関係を示した。

本研究では、卵巣内の卵数、あるいは卵数と胎仔数を合計して孕卵数とした。全長に比例して孕卵数が増加する傾向が伺えたが、同一全長でも孕卵数にはかなりの差がみられた。この原因として、カサゴが多回産卵であること (水江, 1959b) や産仔期が長期間にわたることから、数回の産仔を終えた個体が含まれているためと考えた。そこで、同一全長に対する孕卵数の分布から、破線で示すような3～4の孕卵数の段階があると考えた。各グループが産仔回数の違いをあらわしていると仮定するならば、孕卵数の多い最上段が初産で、他は2、3回目の産仔に関わるグループだと考えることができる。この仮定が正しいなら、産仔

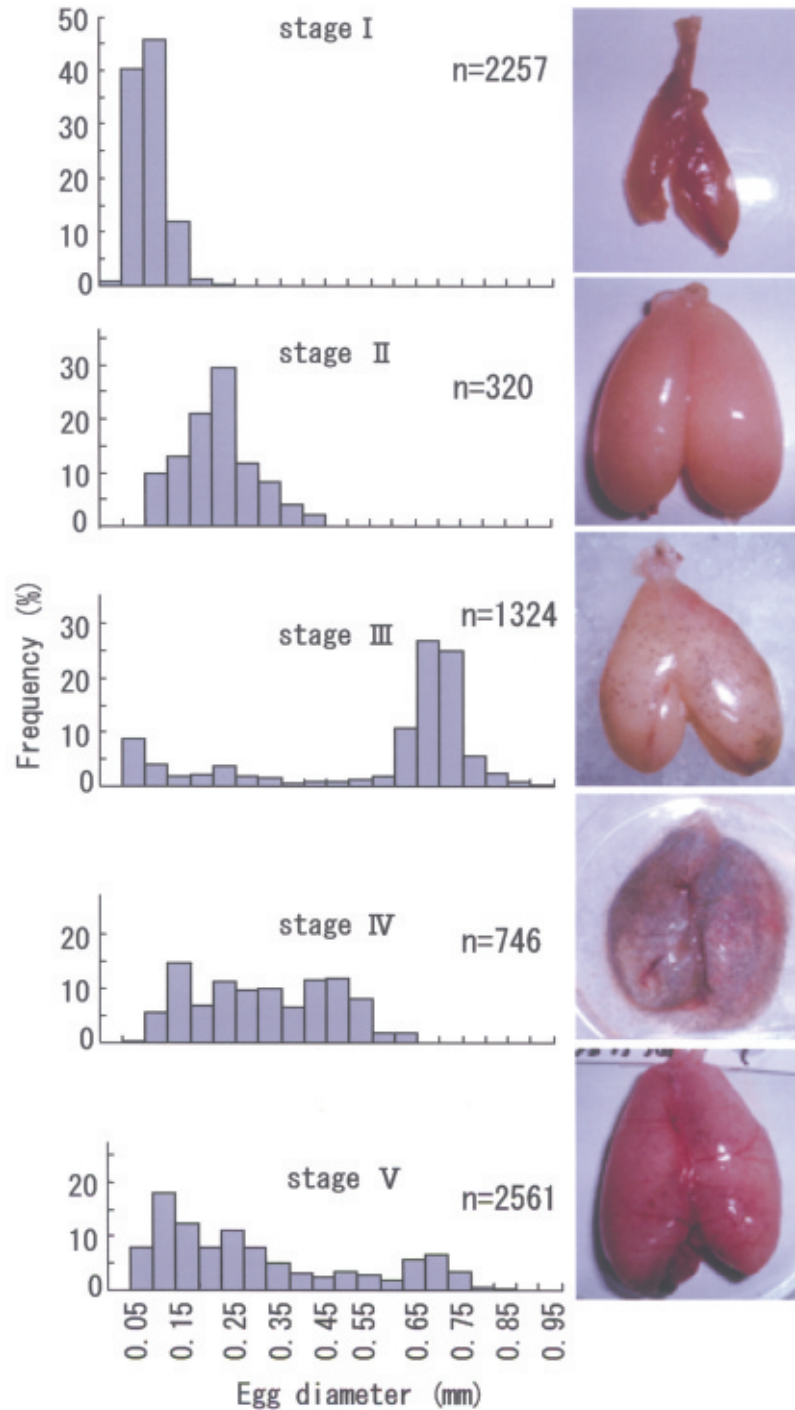


Fig. 14 Egg diameter composition and ovarian condition in each mature stage.

回数は3回余りで、産仔数は回を追って減少することになる。各個体の採集月を見ると、最上段のグループが11月、次が11～12月、11～3月となり、時期的に矛盾を生じなかった。

全個体による全長と孕卵数の関係（実線）から、回帰直線式として以下の式が得られた。

$$E = 86175 \cdot TL - 1198930$$

(TL: 全長 mm, E: 孕卵数, $r = 0.518$, $n = 16$)

この式の相関係数は十分高いとはいえないが、全長に比

例して孕卵数が増加する傾向を示した。過去の宮崎県を中心としてまとめられた初産期の孕卵数の結果によると、全長 171mm で約 4.5 万粒, 195mm で 6.5 万粒, 219mm で 8.5 万粒となっている（カサゴ放流技術開発研究会, 1975）。前述の式で求めた清水港における孕卵数は、各々の全長で約 2.7 万粒, 4.8 万粒, 6.9 万粒となり、1.6～1.8 万粒少ない値となった。一方、先に初産と想定したグループの孕卵数 (Fig. 15, 最上段の破線; $E = (0.12 \times TL - 160) \times 104$, TL: 全長 mm, E: 孕卵数) は、各々の全長で

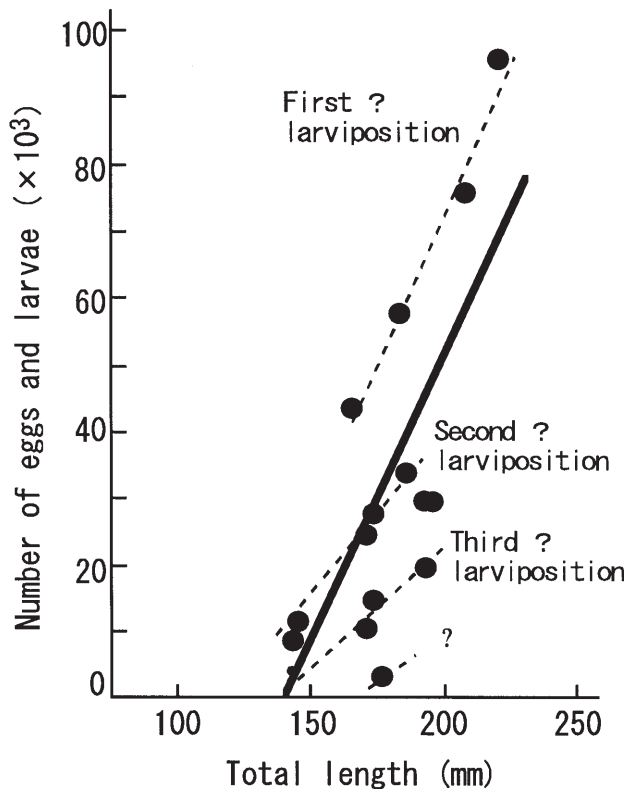
Table 4 Monthly appearance of each mature stage which was decided in egg diameter composition and ovarian condition.

	Mature stage				
	I	II	III	IV	V
Oct.	1(100)* ¹				
Nov.		1(16.7)	3(50.0)	2(33.3)	
Dec.			2(50.0)	1(25.0)	1(25.0)
Jan.					3(100)
Mar.	1(33.3)			2(66.79)	

*1 Composition (%).

約4.5万粒, 7.4万粒, 10.3万粒と見積もられた。

胎子を有する6個体について, 卵巣内の卵数と胎仔数をTable 5に示した。これより, (卵数+胎仔数)/胎仔数の指数(カサゴ放流技術開発研究会, 1975)を求め, これか

**Fig. 15** Relationship between total length and egg number (egg+larvae) of ovary.

ら産仔回数を推定した。その結果, 指数は1.0~3.0となり, 扱った個体が初産だとすると産仔回数は1~3回程度と推定された。過去の知見によると, カサゴは一産仔期に3~4回仔魚を産出するとしている(水江, 1959b; 三尾, 1961; カサゴ放流技術開発研究会, 1975)。これらの結果と, 清水港における産仔回数はほぼ一致すると考えた。しかし, 静岡県養親魚では, 同一個体で3回以上の産仔が観察された例はなく, 産仔間隔は個体によって異なるが, 1回目の産仔から13~22日の間隔をおいて2回目の産仔が観察されたと報告されている(大上ほか, 1978)。

4) 胎子および仔魚の大きさ ステージIVの発育段階にあった卵巣内に出現した胎子と産出直後の仔魚の全長組成を, Fig. 16に示した。成熟段階別の卵径組成でみられるように, ステージIIIで出現した卵径0.7~0.9mmの発眼卵はステージIVでは消出し, それに代わりステージIVの卵巣内には胎子が充満していた。その胎子の全長範囲は2.55~3.25mmで, 平均全長(標準偏差)は2.86mm±0.02であった。そして, 水槽内で産仔された, 産出直後の仔魚の全長範囲は2.55~3.60mmで, 平均全長(±標準偏差)は3.32mm±0.03であった。この結果は, ステージIVから産仔されるまでの期間に, 卵巣中で胎子が平均全長にして約0.5mm成長したことを示している。

卵巣内の胎子の大きさは, 南西海区水産研究所の結果では2.29~3.77mmの範囲である。また, 産出直後の仔魚の大きさは, 南西海区水産研究所では3.8~4.1mm, 鹿児島県では3.5~4.2mm, 静岡県伊豆では3.72~4.26mmの範囲である(カサゴ放流技術開発研究会, 1975; 大上ほか, 1978)。これらの結果に比べ, 清水港の胎子と仔魚は

Table 5 Egg number and fish larva number in ovary, and number of larviposition.

Collected month	Total length (mm)	Body weight (g)	Ovary weight (g)	Number of eggs (A) × 10 ³	Number of larvae (B) × 10 ³	Breeding eggs (A+B) × 10 ³	Number of larvipositions (A+B)/B
Nov.	180	133.5	19.6	23.0	36.5	59.5	1.6
	206	195.4	32.5	20.4	55.8	76.2	1.4
Dec.	167	100.3	16.9	4.6	6.7	11.3	1.7
	196	130.8	9.9	0.4	30.0	30.4	1.0
Mar.	143	55.8	2.2	2.0	1.0	3.0	3.0
	170	113.5	6.8	5.1	10.8	15.9	1.5

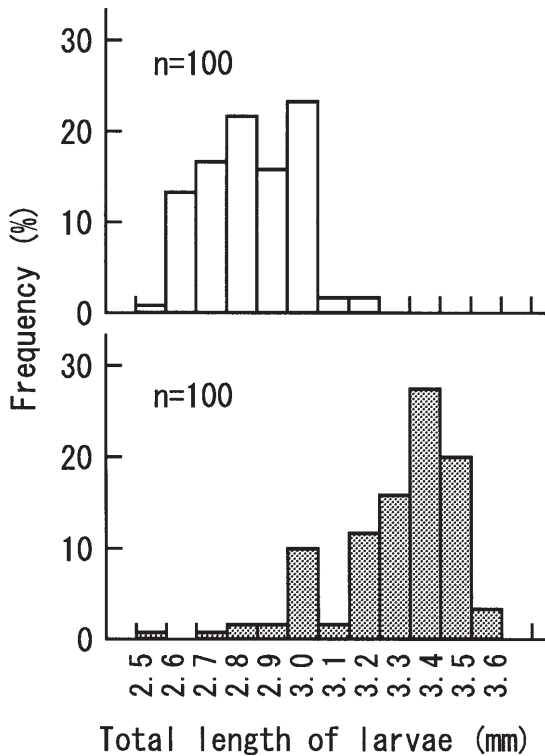


Fig. 16 Comparison of total length compositions between ovarian larvae and newborn larvae.

□: Ovarian larvae. ■: Newborn larvae.

ともに全長がやや小型であった。原因については明らかでないが、本研究では産仔に至るまでの2～5週間を水槽中で飼育したが、その間の飼育環境が好ましくない状況であった可能性もある。これと関連し、静岡県の種苗生産では、人為的な飼育環境が養成親魚の産卵回数や卵発生に影響を与えることを指摘している。また、産出された仔魚の大きさが、産仔期の初期に小さく、後期に大型化する傾向があることを示している（大上ほか, 1978）。

5) 成熟全長と年齢 先に示した雌の von Bertalanffy の成長式が過少に評価されていた可能性があることから、ここでは先ず全長別の生殖腺指数と成熟段階の組成を示し、その上で全長から成熟年齢を推定することにした。

成熟期とされる11～1月に採集された雌43個体について、全長別に生殖腺指数を Fig. 17 に示した。これによると、全長の増加に伴って生殖腺指数は大きくなる傾向が見られ、全長110～150mmの階級では生殖腺指数の平均値が 5.657 ± 3.732 となった。この階級における成熟した最小個体は、全長が128mmでその生殖腺指数は11.0であった。この値は、全長180mm以上の階級の平均値と大差のない値である。また、輪紋数によって、成熟段階がステージIII以上であった個体の割合を示したのが Fig. 18 である。輪紋を1本有する個体では、62.5%がステージIII以上の成熟段階を示した。ステージIIIの卵巣には透明卵や発眼卵が見られることから、産卵に寄与できる個体である。

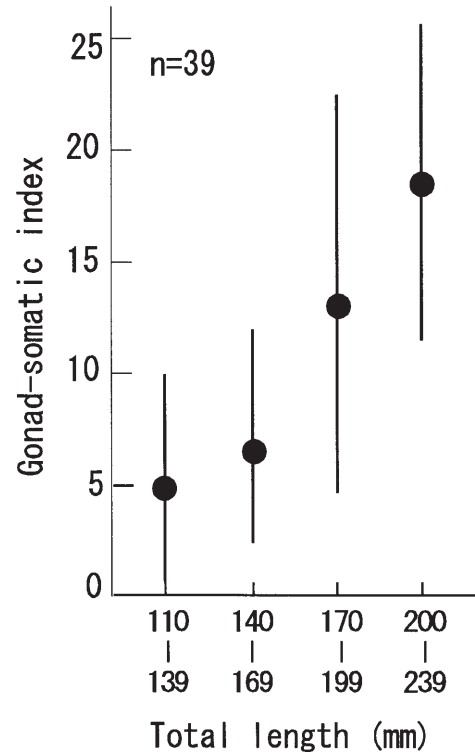


Fig. 17 Relationship between total length and gonad-somatic index. Vertical bars indicate standard deviations.

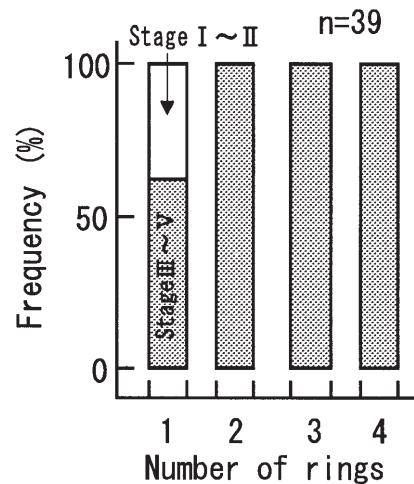


Fig. 18 Change of mature stage composition by number of rings.

輪紋数から1歳と推定された全長139mm個体の生殖腺指数は6.4、全長140mmでは7.4、全長142mmでは7.9、全長143mmでは9.2となり、成熟段階にすると何れもステージIII以上であった。

以上の結果から、清水港内で産仔の可能性のある個体は、全長130mm前後の個体で、先の von Bertalanffy の成長式で得た年齢にすると1～2歳であると推測された。本結果に対して、九州地域のカサゴでは、満1歳でも全長110mm（体長90～100mm）以上に成長しなければ生殖機

能を持たないとしている（カサゴ放流技術開発研究会，1975）。

遺伝的特性 清水港内の日之出埠頭と三保マリーナ，および香川県女木島の標本群について，各々のハプロタイプ組成とハプロタイプ多様度（*h*）を Table 6 に示した。

ハプロタイプ組成では，1 型と 2 型だけで 43% を占めるが，全体では 23 種類のハプロタイプが出現した。標本別には，三保マリーナ 18，日之出埠頭 14，香川県女木島 12 のハプロタイプが出現していた。3 標本群内のハプロタイプ多様度は 0.8121～0.9035 の範囲となり，各集団内に大きな変異があることが明らかとなった。これらの値は，同じメバル亜科のウスメバル 1.00，ドコットメバル 0.93，メ

バル 0.93 よりやや小さいが，天然マダイ 0.889～0.968，天然ヒラメ 0.82～0.93 とほぼ同じ値である（朝日田ほか，1998；矢富・沼知，1998；Higuchi and Kato, 2002）。本結果より集団内の変異が小さいメバル亜科として，クロソイ 0.46，ハツメ 0.69 があることも報告されている（Higuchi and Kato, 2002）。

ハプロタイプ組成によって 3 標本群間の均一性を統計学的に検定し，得られた *P* 値を Table 7 に示した。また，標本群全体では，*P* = 0.3354 を得た。検定の結果，5 % 水準で有意な差は認められず，3 標本群は均一な標本であると判定された。これより，清水港と香川県女木島のカサゴは近縁であり，明確に別集団とするような遺伝的差異は

Table 6 Mitochondrial DNA haplotypes and haplotype diversity in *Sesastiscus marmoratus* collected from three areas.

Haplo-type #	Composite haplotype	Hinode Wharf	Miho Marina	Kagawa P. Megi I	Total
1	AABABA	22 (40.0)	12 (23.5)	7 (19.4)	41 (28.9)
2	BABACA	6 (10.9)	8 (15.7)	6 (16.7)	20 (14.1)
3	AACABB	5 (9.1)	3 (5.9)	8 (22.2)	16 (11.3)
4	AABACA	4 (7.3)	6 (11.8)	1 (2.8)	11 (7.7)
5	AABADA	5 (9.1)	3 (5.9)	2 (5.6)	10 (7.0)
6	AABCB	1 (1.8)	3 (5.9)	4 (11.1)	8 (5.6)
7	AACABA	4 (7.3)	3 (5.9)	1 (2.8)	8 (5.6)
8	AABABB	1 (1.8)	2 (3.9)	3 (8.3)	6 (4.2)
9	BACACA	1 (1.8)	1 (2.0)	1 (2.8)	3 (2.1)
10	AAAABA		2 (3.9)		2 (1.4)
11	AABCBA	2 (3.6)			2 (1.4)
12	BABABA	1 (1.8)	1 (2.0)		2 (1.4)
13	BABADA		1 (2.0)	1 (2.8)	2 (1.4)
14	AACADA	1 (1.8)	1 (2.0)		1 (0.7)
15	AAAABB		1 (2.0)		1 (0.7)
16	AABCAA		1 (2.0)		1 (0.7)
17	AABCAB			1 (2.8)	1 (0.7)
18	AACAAA			1 (2.8)	1 (0.7)
19	AACBBB		1 (2.0)		1 (0.7)
20	AACCBA	1 (1.8)			1 (0.7)
21	ABCABA	1 (1.8)			1 (0.7)
22	BABBCA		1 (2.0)		1 (0.7)
23	BACABA		1 (2.0)		1 (0.7)
No. of samples		55	51	36	142
No. of haplotypes		14	18	12	23
Haplotype diversity		0.8121	0.9035	0.8825	0.8692

Composite designations are as follows: *Hinf* I, *Taq* I, *Cfr* 13 I, *Mbo* I, *Psh*B I, *Eco*T 14 I.

Table 7 Chi-square randomization test (Monte Carlo Technique) of population differentiation based on haplotype frequencies of mtDNA in *Sebastiscus marmoratus*.

	Hinode wharf	Miho marina	Kagawa P. Megi I
Hinode Wharf	—	NS	NS
Miho Marina	0.6845	—	NS
Megi Island	0.0773	0.5908	—

Above the diagonal: p value of chi-square randomization test.
P < 0.05, NS = not significant.

ないと考えた。

一方、日之出埠頭（12・3月採集）と香川県女木島（8月採集）との比較ではかなりの差があり、三保マリーナ（6・9月採集）と女木島との比較では差が少ないことも明らかとなった。この結果は、清水港内の標本間に生じたハプロタイプ組成の差によって説明できる。これとは対称的に、同じ底棲生活をする天然ヒラメでは、青森県から宮城県に至る5集団のアイソザイム分析で、遺伝子頻度がほぼ一定となる結果を得ている（藤尾ほか、1985）。そこでは、集団のすべてがホモ過剰で遺伝子頻度もほぼ一定であることから、遺伝子頻度の異なる多数の小集団が存在し、捕獲時に多くの集団が混獲された可能性がある」と指摘している。本結果のように、同所の標本間にハプロタイプ組成の差や、組成にゆらぎを生じさせる要因として、独立した小集団の存在、偏った集団構成個体の分析、他集団からの移住などが考えられる。行動圏の狭いカサゴでは、小集団が存在する可能性も十分にあるが、分集団の確認や混合の程度などを測定するためには、さらに詳しい調査が望まれる。

結 論

清水港のカサゴについて形態的、生態的、生物学的特性について明らかにし、過去に調査された九州地域、四国外海域と瀬戸内海域、山口県外海域のカサゴと比較した。

その結果、魚体組成は大分県や愛媛県宇和海の一本釣と鹿児島県の延縄と同じで、性比の季節変化は鹿児島県と類似した。全長と体高の関係は香川県と一致したが、全長と体重の関係で得た相対成長係数は、九州地域と愛媛県宇和海よりは大きく、香川県より小さくなっていた。肥満度の季節変化は、九州地域についての調査はなく、香川県や山口県と相違していた。輪紋形成時期は愛媛県宇和海とほぼ同じで、雌の成長も愛媛県宇和海と類似したが、雄の成長は宮崎県と類似した。雌雄の成熟期は、九州地域とほぼ同じであった。そして、産仔回数は3～4回で、初産期には全長170～220mmの個体が4.5万～10.3万の仔魚を生むと推定した。これらの結果から、形態的、生態的特性の点で、清水港のカサゴは九州地域や愛媛県宇和海と類似すると思った。しかし、すべての特性が類似するような特定地域はなかった。

また、香川県や愛媛県瀬戸内海域のカサゴが、九州地域とは別系群である可能性が示唆されているが（横川・井口、1992；横川ほか、1992）、遺伝子レベルで清水港と香川県女木島のカサゴを比較し、両者が完全に独立した集団ではないとする結果が得られた。

行動圏の狭いカサゴでは、生息域の環境や生息密度などの差によって、形態、成長、成熟、産卵などに地域差が生ずる可能性がある。しかし、同じ底棲生活をするタチウオについて調べ、東シナ海、紀伊水道、若狭湾、熊野灘、駿

河湾の成熟と産卵について大差がないとする結果を得て、これらの地域間には親魚や卵・稚仔魚の添加による交流が存在することを示唆していると推察している（宗清・桑原、1988）。カサゴの場合、成魚の移動範囲は、大分県で放流後88～365日の間に8 km移動した記録があるが、多くの事例は遠くても3～2.5 kmで、大部分は1 km以内にとどまるとされている。一方、産仔後の仔魚は、深所に移動して浮遊期を過ごした後底棲生活に移行するが、産仔後80日前後に達する全長17～20 mmが底棲移行の過渡期であるとされている（カサゴ放流技術開発研究会、1975）。カサゴのこうした生態的特徴は、地域集団間の交流を遺伝子レベルで考えた場合、仔魚の貢献度が高いことを暗示させる。ただし、親魚が他の繁殖集団に移動する場合と比べ、集団の遺伝的構造に与える影響は不確実なものになると考えられる。それは、仔魚の移動方向が流れに左右され、さらには到達した場所の環境によって生存率も変わると考えられるからである。こうした仮定が成立するなら、清水港、九州および四国外海域、瀬戸内海域、山口県外海域における集団の遺伝的構造が、必ずしも地理的な位置関係と関連する必要はないと考えられる。今後は、多くの地域から試料を収集し、分子レベルからの解析を行ってきたい。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、東海大学海洋学部水産学科庄司研究室、赤川研究室、矢富研究室および釣魚部の皆様には、標本の提供と採集にご協力いただきました。また、当時本学水産学科学生であった植村和美、江間健太、関口裕子氏には、mtDNAの分析でご協力いただきました。皆様に、心からの感謝の意を表します。

引用文献

- 有園真琴・松浦英喜・大内俊彦・道中和彦（1978）：カサゴの標識技術開発に関する研究。山口外海水試研報，**16**，32-52。
- 朝日田卓・斉藤憲治・山下洋・青沼佳方・小林敬典（1998）：ミトコンドリアDNAの制限酵素切断型分析によるヒラメ天然集団の遺伝的変異。日水試，**64**(3)，377-383。
- Barsukov, V. V. and L. C. Chen (1979): Review of the subgenus *Sebastes* (Sebastes, Scorpaenidae) with a description of a new species. J. Ichthyol., **18**(2), 179-193.
- 土橋靖史・丹羽誠・神谷直明・荒島幸一・堀江克之・辻ヶ堂諦（1996）：栽培漁業化技術開発事業（カサゴ）。平成8年度三重県水産技術センター事業報告，59-62。
- Fujita, H. and M. Kohda (1996): Male mating effort in the viviparous scorpionfish, *Sebastes marmoratus*. Ichthyol. Res., **43**(3), 247-255.
- 藤尾芳久・佐々木信行・佐々木實・小金沢昭光（1985）：ヒラメのイソクエン酸脱水素酵素アイソザイムによる自然集団

- と放流集団との差. 東北水研研報, **47**, 51-57.
- 林周・道津光生・太田雅隆 (1995): 耳石によるカサゴの年齢査定における横断面法と表面法の信頼性の比較. 日水誌, **61**(1), 1-5.
- Higuchi, M. and K. Kato (2002): Sequence variability in the mitochondrial DNA control region of five *Sebastes* species. Fish. Sci., **68**(3), 643-650.
- 平山明 (1983): カサゴ *Sebastes marmoratus* の生態 (予報). 南紀生物, **25**(1), 79-86.
- カサゴ放流技術開発研究会 (1975): カサゴ放流技術開発調査研究報告. 瀬戸内海栽培漁業協会, 神戸, 144pp.
- 三重県尾鷲水産試験場 (1980): 指定調査研究総合助成事業報告書, カサゴ種苗生産技術研究 (総括). 尾鷲水試資料, **77**, 23pp.
- 三尾真一 (1961): 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究 II, カサゴの年齢, 成長および成熟. 九大農学芸誌, **18**(4), 437-449.
- Miyagawa, M. and A. Takemura (1985): Acoustical behavior of the scorpaenoid fish *Sebastes marmoratus*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **52**(3), 411-415.
- 水江一弘 (1957): カサゴの研究-I, 生殖腺熟度の変化について. 長崎大水研報, **5**, 27-29.
- 水江一弘 (1958a): カサゴの研究-II, カサゴ精巣の季節的循環と精子形成について. 長崎大水研報, **6**, 27-37.
- 水江一弘 (1958b): カサゴの研究-III, カサゴの耳石に顕れる輪紋及びカサゴの成長に就いて. 長崎大水研報, **7**, 1-9.
- 水江一弘 (1959a): カサゴの研究-IV, 海産卵胎生硬骨魚類の交接器に就いて. 長崎大水研報, **8**, 80-83.
- 水江一弘 (1959b): カサゴの研究-V, 海産卵胎生硬骨魚類の卵巣の成熟及びその季節循環に関する研究. 長崎大水研報, **8**, 84-109.
- 宗清正廣・桑原昭彦 (1988): 若狭湾西部海域におけるタチウオの成熟と産卵. 日水誌, **54**(8), 1315-1320.
- Ng, W.C., Y. Sadovy and F.C.C. Leung (2003) Mating system of the rockfish, *Sebastes marmoratus* as revealed by DNA fingerprinting. Ichthyol. Res., **50**, 339-348.
- 大上皓久 (1974): カサゴの種苗生産について. 静岡県水産試験場伊豆分場だより, **177**, 5-9.
- 大上皓久・大滝高明・片野登・佐々木正 (1978): カサゴの種苗生産に関する研究-I, 産仔生態について. 静岡水試研報, (12), 37-44.
- Roff, D.A. and P. Bentzen (1989): The statistical analysis of mitochondrial DNA polymorphisms: X^2 and the problem of small samples. Mol. Biol. Evol., **6**, 539-545.
- 堺告久 (1974): 保護水面の効果追跡調査-I, 西淡保護水面に出現する主要魚類の食性について. 兵庫水試研報, (14), 19-24.
- 新聞脩子・辻ヶ堂諦 (1981): カサゴ親魚の生化学的性状と仔魚の活力について. 養殖研報, **2**, 11-20.
- 水産庁, (社)日本栽培漁業協会 (2003): 平成13年栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国), 資料編. 427pp.
- Tsukahara, H. (1962): Studies on habits of coastal fishes in the Amakusa islands. Part 2, Early life history of the rockfish, *Sebastes marmoratus* (Cuvier et Valenciennes). Rec. Oceanogr. Wks. Jap., **6**, 49-55.
- 渡邊庄一 (2002): 長崎県大瀬戸地先および口之津地先におけるカサゴの年齢と成長について. 長崎県水試研報, **28**, 1-7.
- 矢富洋道・沼知健一 (1998): mtDNA D-ループ領域の多型分析による太平洋中区マダイ *Pagrus major* の集団構造. 東海大学紀要海洋学部, **46**, 41-51.
- 横川浩治・井口政紀 (1992): 播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの食性と成熟. 水産増殖, **40**(2), 131-137.
- 横川浩治・井口政紀・山賀賢一 (1992): 播磨灘南部沿岸海域におけるカサゴの年齢, 成長, および肥満度. 水産増殖, **40**(2), 227-234.
- 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二 (1961): 魚類の食性の研究, 南海区水研報, **14**, 1-234.

要 旨

清水港内で採集したカサゴの全長範囲は 10.5~24.2cm であった. 魚体組成, 性比, 肥満度, 摂餌量指数の結果から, 港内における成魚の生活周期が, 4~9月と10~3月に大別された. すなわち, 4~9月は, 小型個体が比較的多く出現し, 雄の比率が高く, 摂餌が活発で肥満度も高い, いわば新規個体の加入と個体の成長が認められる時期であった. 一方, 10~3月は, 大型個体が比較的多く出現し, 雌の比率が高く, 生殖腺指数の高まりと産仔が見られる, いわば再生産に関わる時期であった.

相対成長, 成長式, 年齢, 成熟, 産仔, 孕卵数では, 地域的に数量的な差や時期的なズレが認められたが, 明確に別集団を示唆するような結果は得られなかった. 九州地域や瀬戸内海地域との比較によって, 清水港のカサゴの形態的, 生態的特性は, 九州地域と愛媛県宇和海のカサゴに近いと考えた. また, 香川県女木島との遺伝子組成の比較では, 統計的に有意な差は得られなかった. しかし, 地域集団が存在する可能性も示唆された. こうした結果は, 成魚の狭い行動圏と仔魚の長い浮遊期によって特徴づけられる, カサゴの生態的特性に起因して生じたと推察した.