

## 人工飼育メバル仔稚魚期の器官形成と行動の変化

鈴木 伸洋\*<sup>1</sup>・相田 聡\*<sup>2</sup>

### Organogenesis and Behavioral Changes during Development of Hatchery-reared Black Rockfish, *Sebastes inermis*

Nobuhiro Suzuki\*<sup>1</sup> and Satoshi Aida\*<sup>2</sup>

**Abstract** Organogenesis in hatchery-reared larvae and juveniles of the black rockfish, *Sebastes inermis*, was investigated in relation to behavioral changes in early life stages. The fish were extruded out at an early stage, when the mean body size was 5.64 mm TL, at early January. Newly-extruded larvae possessed free neuromasts on the head and trunk, corresponding to the myomeres. The head canal system was completed its formation significantly earlier than the trunk canal system. External openings of the canal organs in the head were apparently completed by about 17 mm TL at 50 age in day. About 30 mm TL at 90 age in day was attained full development of the lateral line system on the trunk. Behavioral shift at that time was related to the development of the canal organ. It was completed by 50 age in day that fundus gland in the stomach and pyloric caeca and digestive system with the adult type loop structure were differentiated. Morphological transformation from larva to juvenile was apparently completed by about 17 mm TL. The completion of basic juvenile formation behaviorally and physiologically occurred between 17 mm and 35 mm TL at body size.

**Key words:** *Sebastes inermis*, organogenesis, behavioral changes

メバル *Sebastes inermis* Cuvier は、北海道から九州、朝鮮半島にかけて分布する海産魚で、魚礁利用の一本釣あるいは遊魚の対象として重要な磯根資源である。また、いわゆる瀬付き魚として沿岸における一本釣、定置網（建網、桝網）漁業の主要な魚種となっており、人工魚礁等に確実に定着し、地域的な栽培漁業種として有望であることから本種の予備的な種苗生産技術や標識放流などの試験が瀬戸内海を中心とした西日本で実施されてきた（陣之内 1977, 町田 1985, 恵崎・古田 1990 など）。しかし、メバルの生理生態に関する知見は十分とは言えず、藻場における群集生態や限られた地域の成長、成熟などに関する報告があるにすぎない（横川・井口 1992）。

本報告は、メバルの初期養成過程における資源培養および資源管理技術の基礎的資料を得ることを目的として、人工飼育下における本種の仔稚魚期の形態発育、主要感覚器と臓器の分化ならびに発育に伴う水槽内での行

動の変化について調べた。

#### 材料と方法

供試魚は、瀬戸内海産の天然メバルを養成飼育した親魚からの自然産仔魚で、1992および1994年度の種苗生産個体である。飼育は、1 t 容量の FRP 円形水槽を用い、地先の海水を砂濾過した無加温の（92年度は 9.6~12.6°C, 94年度は 10.3~14.1°C）飼育水で成長に従って徐々に換水率を上げるようにして流水式で行った。基本餌料系列は 1~46日齢まではシオミズツボムシと 14日齢からは栄養強化アルテミアのノウプリウス幼生、29日齢からは市販の配合飼料を混合して与え、94年度はこれに 17日齢から天然の動物プランクトン（コペポーダ）も添加して飼育した。自然産仔した親魚の全長は 17.4~21.6 cm で 60日齢までの産仔魚の生残率は 92年度が 53.8%, 94年度は 77.5%であった。飼育密度は、60日齢までは 10,000 個体/m<sup>3</sup>, 61~90日齢までは 1,600 個

1999年 2月26日受理 (Accepted on February 26, 1999)

瀬戸内海区水産研究所業績 A 第 1 号 (Contribution No. A 1 from National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea)

\*<sup>1</sup> 鈴木伸洋: 瀬戸内海区水産研究所 〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 (N. Suzuki: National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan)

\*<sup>2</sup> 相田 聡: 広島県水産試験場 〒737-1207 広島県安芸郡音戸町波多見6-21-1 (S. Aida: Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station, 6-21-1 Hadami, Ondo, Aki, Hiroshima 737-1207, Japan)

体/m<sup>3</sup>であった。外部発育形態の観察とその供試魚の全長の測定は、92年度の種苗から0~100日齢まで実体顕微鏡を用いて生体のままで各日齢毎に5個体で行い、94年度の固定された供試魚の観察結果を補足した。主要感覚器と臓器の分化の観察のための試料は、0~60日齢までは毎日、これ以降は120日齢までは5日毎にそれぞれ10個体を2.25%パラホルム・グルタルアルデヒド液で固定した後、全長を測定し、以下の2つの方法による観察に日齢毎にそれぞれ5個体づつを供試した。組織学的観察には、アルコール系列による脱水後、パラフィンに包埋して約5 $\mu$ mの連続組織切片を作製してメイヤーのヘマトキシリン・エオジン染色を施し、光学顕微鏡を用いて所見をとった。外部器官の観察は、アルコール系列の脱水を経て、第三ブチルアルコールによる凍結乾燥後にイオンスプッターを用いて白金蒸着試料を作製し、日立S-2460NA走査型電子顕微鏡を用いて加速電圧15~25KVで写真撮影を行い解析した。

また、水槽内の行動観察は、92年度の種苗を用いて実験室内に設置した1tの円形黒色ポリカーボネイト水槽2面にそれぞれ0~15日齢までは10,000個体、15~30日齢までは1,000個体、30日齢以降は100個体を収容して上述の基本餌料系列で自然光の条件で飼育しながら7時から20時まで毎日2時間ごとに10分間のビデオ撮影(17時から20時までの撮影には写真暗室用の電球2燈を使用)をして、行動解析した。

## 結 果

### 自然産仔と生残率

1992年から1994年の養成親魚の飼育水温の変化をFig. 1.に示した。平均水温が13°C以下になる12月初旬には腹部が膨満する個体が目立ち始め、外見から雌雄を識別することが可能になった。腹部が十分膨満した5個体を塩ビ管のシェルターを無作為に設置した1t容量のFRP円形水槽にそれぞれ収容してヒラメ用配合飼料を適量与えながら自然水温下で飼育を続けたところ、平均水温が10°C以下になった1月初旬にすべての個体が1回だけの産卵をした。このうち、自然産仔した3個体の親魚の全長は、17.4, 19.7, 21.6 cmで全産仔魚数と浮上仔魚数(浮上率)はそれぞれ12, 180と9, 500(78.0%), 20, 630と17, 750(86.0%), 33, 320と27, 540(82.7%)であった。残りの2個体は未受精卵を排卵した。産仔の様子は、早朝に親魚が水槽底のシェルターの周囲にうづくまるように静止して徐々に産仔が行われ、時折産仔をやめては胸鰭を大きく振って水流をおこして水槽底にパッチ状に集塊をなしていた仔魚に刺激を与えて、仔魚に水槽上部への浮上を促した。このような動作を数回繰り返して20~30分以内で産仔を終了した。産仔あるいは未受精卵を排卵した水槽の表面は半透明乳白色の泡状の物質で覆われていた。

産仔魚の60日齢までの平均全長による成長曲線から成長は順調であったものと考えられた(Fig. 2)。しかし、

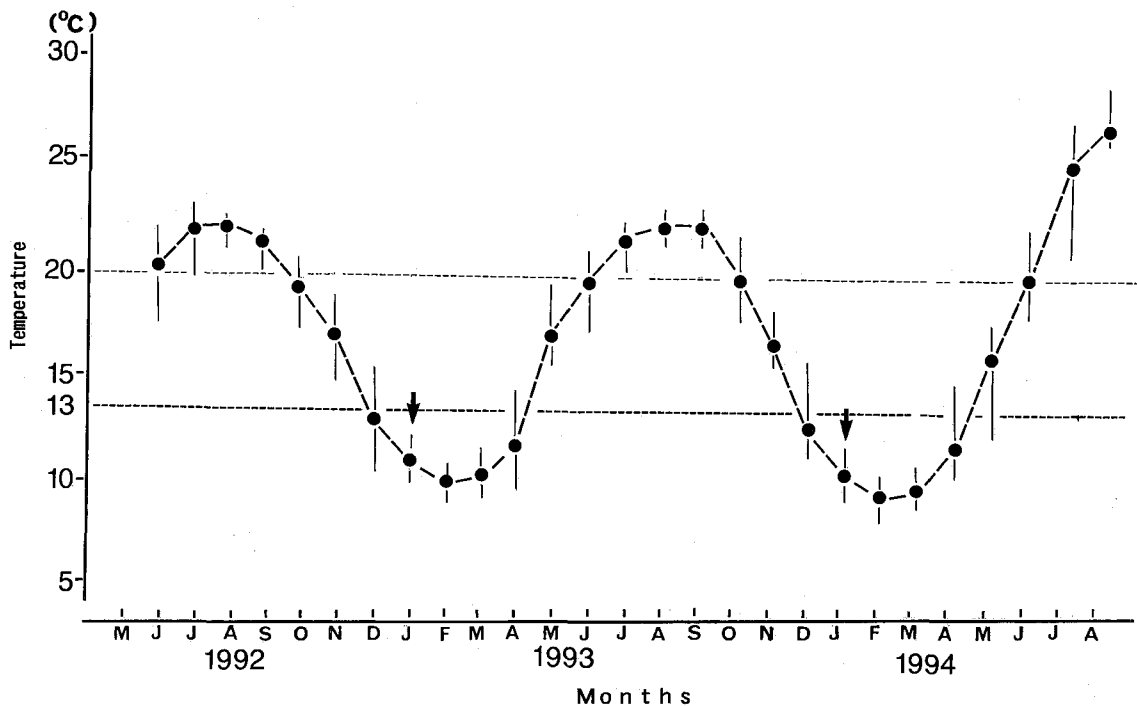


Fig. 1. Water temperature in brood tank of black rockfish. Solid circles with vertical bars and arrows denote mean water temperature with variance and spawning period, respectively.

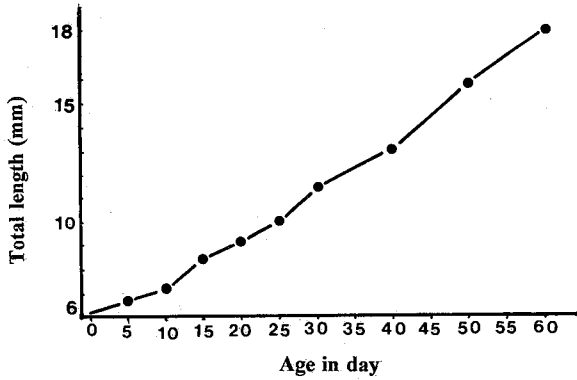


Fig. 2. Growth of hatchery-reared black rockfish. Solid circles indicate mean total length.

生残率は92年度が53.8%, 94年度は77.5%で, 両年度とも20日齢までは非常に高い生残で推移したが, その後30日齢までに死亡個体が増加し, その後は再び死亡個体が減少した (Fig. 3)。

#### 外部発育形態

産仔から稚魚までの発育過程の様子を Fig. 4 に示した。その様子を記述すると次のようであった。

産仔直後仔魚 (Fig. 4A)。全長 5.43–5.74 mm。筋節数 8–9+19=27–28。仔魚は, かなりの遊泳力を持ち, 表層を遊泳するが, 刺激を与えると速やかに水槽底に移動してパッチを形成した。黒色素胞は頭頂部から頸部, 腹腔背面から直腸の背面および尾柄部中央の背, 腹両縁

には約10個が連続的に出現し, これに加えて心臓後方の腹腔腹面にも分布した。卵黄は腹腔内に多く残存し, 1個の油球が心臓後方の腹腔腹面に存在した。眼胞と虹彩は黒化していた。上下の顎はほぼ同長で時折口を大きく開いた。2日齢の個体は, 表層から中層を遊泳してシオミズツボワムシを投与すると興味を示してワムシに近づくが, 摂餌は行わなかった。

4日齢 (Fig. 4B)。全長 5.95–6.61 mm。卵黄はかなり消費され, わずかに腹腔内に残存した。胸鰭は大きくなり, これに伴って遊泳力が増して表層から水槽底まで遊泳層が広がった。ワムシの摂餌は3日齢からみられたが, 4日齢では肛門が開いて腸の蠕動運動が盛んになった。摂餌行動は, 体をS字状に曲げてワムシをにらみながら静止し, つぎに体をいっきに伸ばしてワムシに突進する, いわゆる S-posture 型であった。前段階に比べて血球の赤色化が増して血液流が明瞭になった。

7日齢 (Fig. 4C)。全長 6.45–6.82 mm。下顎が上顎より長くなり, 前段階に比べて口が大きく開き, すべての個体が摂餌していることが認められた。卵黄はほぼ消失したが, 油球は腹腔腹面に小さく残存した。黒色素胞の分布は, 産仔直後のものに加えて吻端上にもみられた。黒色素胞は, 前段階に比べて大きく発達し, 尾柄の黒色素叢上には赤色胞と黄色胞が混存した。

9日齢 (Fig. 4D)。全長 6.87–7.10 mm。尾鰭および胸鰭の鰭条原基が出現した。鰓蓋棘が出現した。大半の

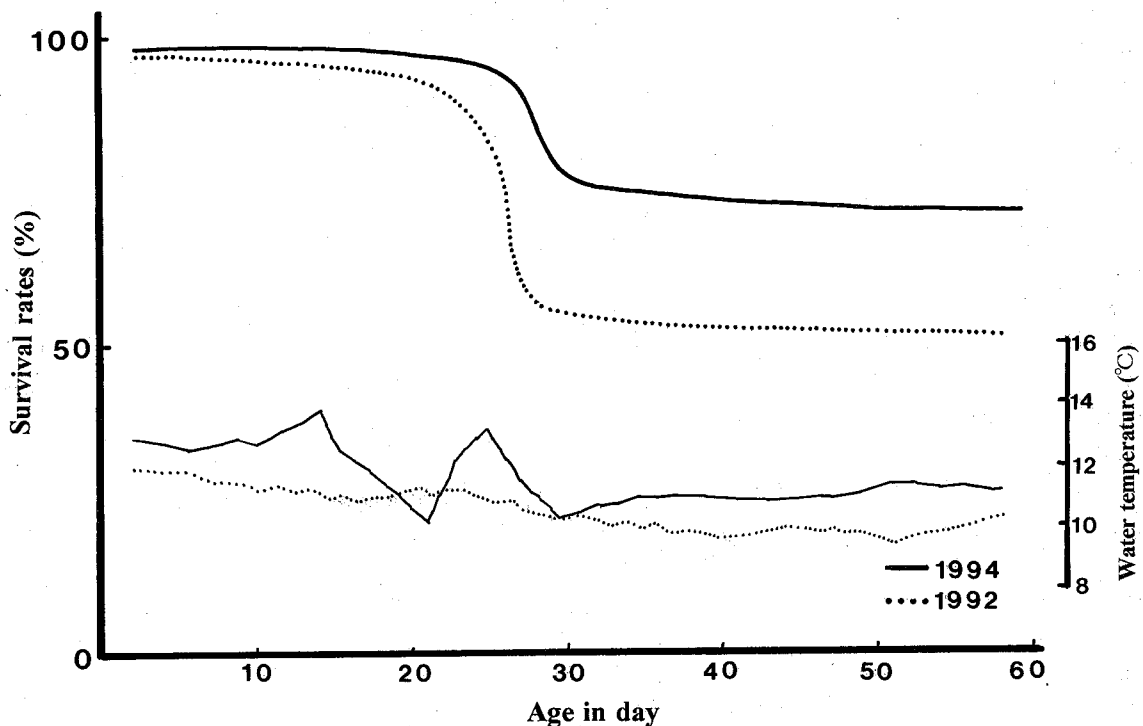


Fig. 3. Survival rates of hatchery-reared black rockfish and water temperature.

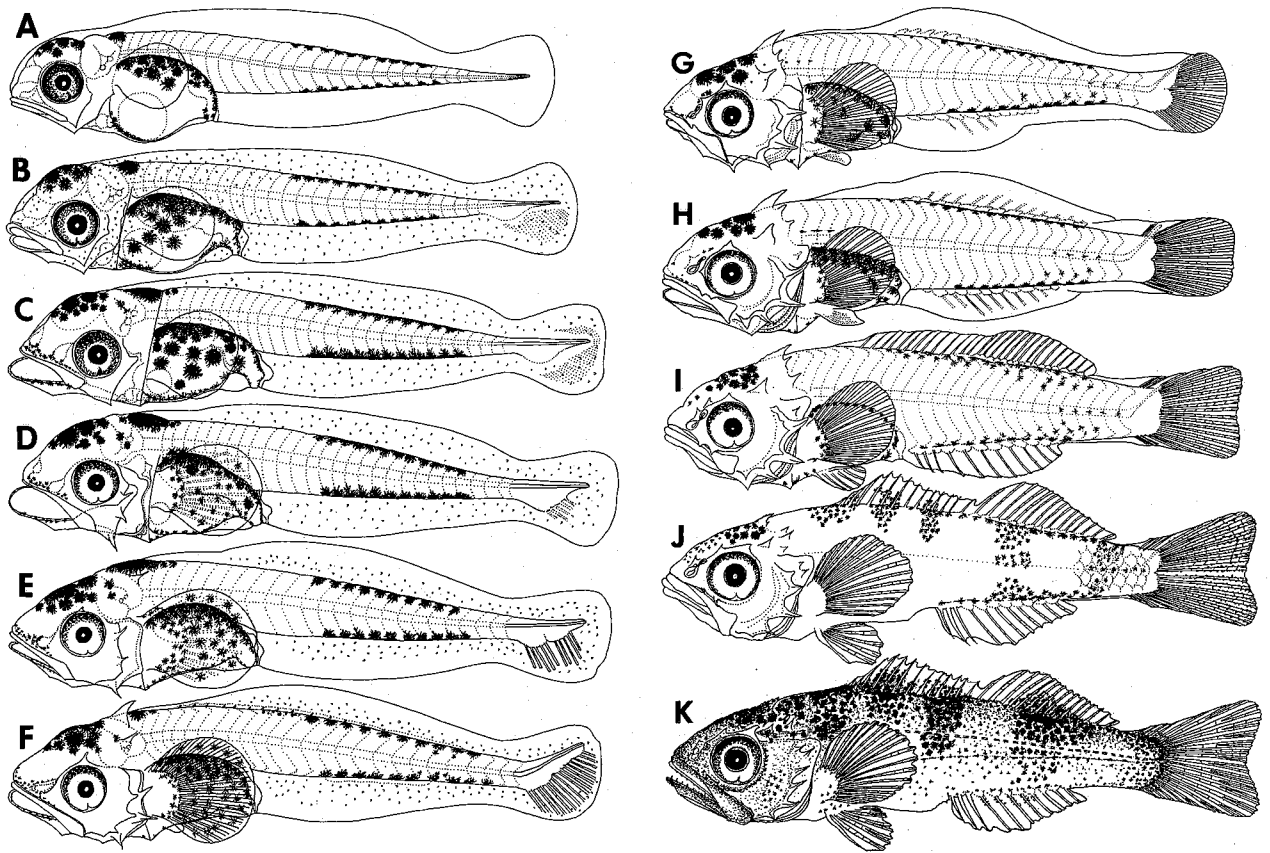


Fig. 4. Development of larvae and juveniles of black rockfish, *Sebastes inermis*. A, Newly extruded larvae, 5.49 mm TL. B, 4 age in day, 6.53 mm TL. C, 7 age in day, 6.73 mm TL. D, 9 age in day, 6.92 mm TL. E, 16 age in day, 7.53 mm TL. F, 20 age in day, 8.36 mm TL. G, 30 age in day, 11.03 mm TL. H, 32 age in day, 12.32 mm TL. I, 40 age in day, 13.24 mm TL. J, 70 age in day, 20.64 mm TL. K, 90 age in day, 29.79 mm TL.

個体の胸鰭膜上に黒色素胞がみられたが、これには個体差があり、存在しない個体もあった。

16日齢 (Fig. 4E)。全長 7.32–7.70 mm。尾鰭鰭条原基が明瞭になった。上下の顎はほぼ同長になった。頭部棘要素では、鰓蓋棘に加えて眼上棘および翼耳棘が出現した。腹腔腹面に残存していた油球は完全に消失した。無給餌ではこの日齢でほぼすべての個体が死亡した。

20日齢 (Fig. 4F)。全長 8.14–9.14 mm。頭部棘要素では、頭頂棘が新たに出現し、前鰓蓋の前後部棘群の要素が分化した。尾柄の脊索末端は上屈を完了し、尾鰭主鰭条数がほぼ定数になった。胸鰭鰭条原基および腹鰭原基が明瞭になった。この時期の個体は、昼間中、底層性が強くなり、胸鰭を体軸に直角に広げて中層で体を平行にして静止する行動がよく観察された。

30日齢 (Fig. 4G)。全長 10.98–11.16 mm。胸鰭主鰭条数がほぼ定数になった。頭部棘要素では、新たに頸棘および下部眼下棘群が出現した。将来臀鰭になる部分の褶鰭が括れてその基底付近から臀鰭鰭条原基が出現した。腹腔壁にはグアニン胞が出現した。この時期の個体は、水槽壁に沿って体を平行にして中層を遊泳したり、

水槽底を突く行動が観察された。

32日齢 (Fig. 4H)。全長 12.32 mm。成長のよい個体では将来背鰭になる部分の褶鰭が括れてその基底付近から背鰭鰭条原基が出現した。頭部棘要素では、上部主鰓蓋棘と下部眼下棘群の原基が出現した。尾鰭が完全に形成された。筋節数の配列は  $10-11+15=25-26$  となり、ほぼ成魚と同じ配列になった。

40日齢 (Fig. 4I)。全長 12.14–13.34 mm。臀鰭鰭条数はほぼ定数になり、第1、第2背鰭が分化した。腹鰭鰭条原基が出現した。尾柄の体側後方に点状の黒色素胞が出現した。この時期の個体は、体軸に対して約45度の角度に胸鰭を広げて頭部を斜め上に向けて中層で静止する本種独特の姿勢をとることが多くなった。

70日齢 (Fig. 4J)。全長 19.87–21.70 mm。各鰭の総鰭条数はほぼ定数になった。頭部棘要素では、新たに後側頭棘群が出現した。尾柄後方に鱗の原基が出現した。点状の体側黒色素胞は尾柄体側後方で背、腹両縁と連絡して横帯斑を形成し、体側前方では第1背鰭鰭膜上に分布を広げて横帯斑を形成した。

90日齢 (Fig. 4K)。全長 24.85–30.12 mm。鱗はほぼ

体側を覆い、黒色素胞が鱗上および腹鰭、第2背鰭鰭膜上にも分布を広げたために体全体が黒ずんでみえた。また、背鰭開始部から尾柄にかけての体背側面に本種独特の4~5個の黒色横帯が明瞭に出現した。顎歯の発達が顕著になった。この時期の個体の頭部棘要素は70日齢と変化はなかった。眼前棘と擬鎖棘が出現することで頭部棘要素が揃うのは100日齢の全長36.96 mm以上の個体からであった。

#### 主要感覚器と臓器の分化

産仔直後の仔魚はすでに胃と腸管、腎臓、肝臓、膵臓、脾臓、造血組織などの主要な臓器が十分に分化していた。鰾壁内にはすでにガスが充填されて、開鰾していた。鰾の後部では毛細血管が密集した卵状体が存在し、さらにその後方の食道と胃との境界部分では鰾が腸管と気道でつながっていた (Fig. 5A, B)。三半規管も十分に分化していた (Fig. 5C)。眼にはレンズが形成され、視色素細胞層はすでに3層構造がはっきり確認できた (Fig. 5D)。網膜には色素が沈着し、視細胞層には多くの錘体細胞に混じって少数の桿体細胞が観察された (Fig. 5E, F)。

消化管は、産仔直後では将来胃になる部分がやや膨らんで腸は肛門直前まで直線的であったが、3日齢までには腹腔内で蛇行し (Fig. 6A, B)、直腸にあたる腸管後方では腸上皮にエオジン好染の顆粒物質が多数認められた

(Fig. 5G)。その後、20~30日齢の消化管では食道、胃、腸管、肛門の分化、また50日齢には幽門垂が分化していることが解剖学的に確認することが可能で (Fig. 6C, D)、組織学的にも成魚同様の6~7本の幽門垂と胃腺が分化していることが認められた (Fig. 7A, B)。産仔直後の仔魚の鼻孔は、すでに開いており、嗅房上皮の遊離表面から直接1本ずつ樹立した多数の繊毛と球状細胞塊から長い繊毛が生えたものおよび半球型の細胞から短い感覚毛が生えた2種類の嗅覚細胞が分布していた (Fig. 8A, B, C)。30日齢の個体では鼻孔の縁辺部上皮が肥厚、中央部上皮が伸長して鼻孔中央付近が括れてきた。また、これに伴い嗅房上皮遊離表面の繊毛細胞および嗅覚細胞は嗅房内に埋没し、嗅覚板が形成を開始した (Fig. 8D)。50日齢には鼻孔が完全に前後に分かれた (Fig. 11A)。100日齢には前鼻孔の縁辺の上皮は著しく伸長してフラップ状に変化した (Fig. 8E)。

産仔直後の仔魚の体表の遊離表面に分布する遊離感丘の出現領域は、頭部では将来顔面神経および舌咽神経系を形成する約11個の感丘が鼻孔、眼胞、耳胞の周囲また、胴体部では迷走神経の体側神経になる約10個の感丘が体正中線上の筋節に沿って脊索末端まで分布していた (Fig. 9A)。遊離感丘の感覚毛は、1本の動毛と数本の不動毛を基本単位として表皮の自由表面に開いた感丘基底面に生えていた (Fig. 9B)。そして、感丘基底面の輪郭

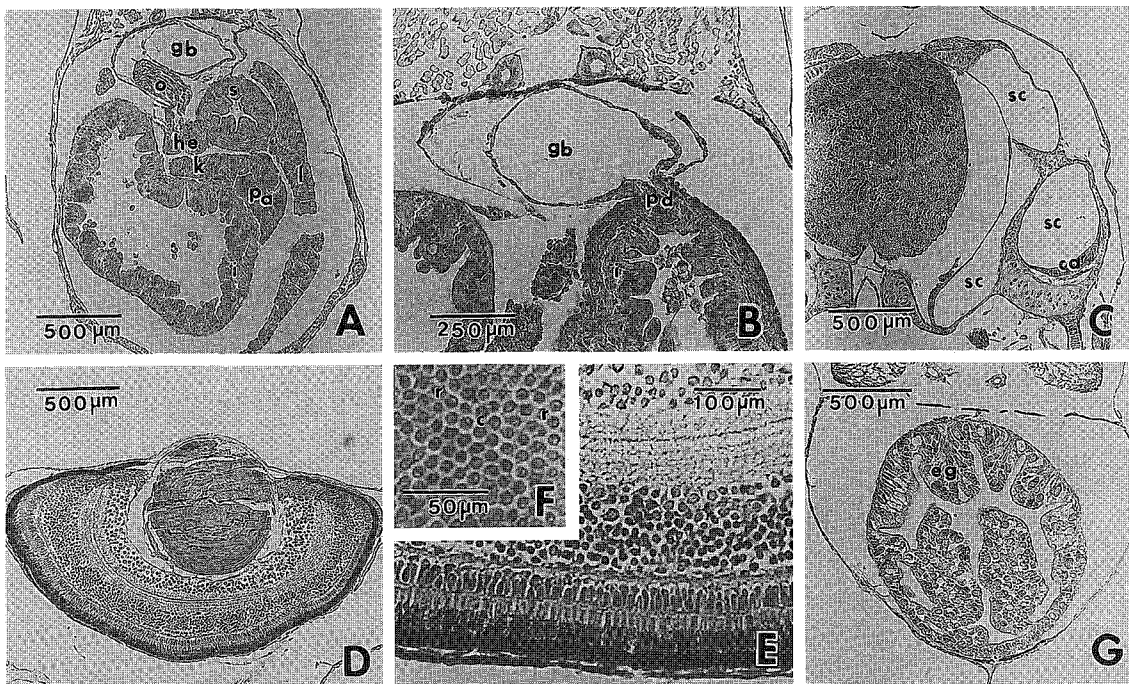


Fig. 5. Light micrographs of sections of middle and posterior parts of the body, the inner ear and the eye in newly-extruded larva. A, transverse section of middle part of the body. gb, gas bladder. he, hematopoietic organ. k, kidney. l, liver. o, oval neticular vessel. pa, pancreas. s, stomach. B, pneumatic duct (pd) of gas bladder. C, transverse section of the inner ear. ca, crista ampullaris. sc, semicircular canal. D, transverse section of the eye. E, enlarged view of retina. F, enlarged view of cone (c) and rod cells (r) in retina. G, posterior part of intestine. eg, eosinophilic granule.

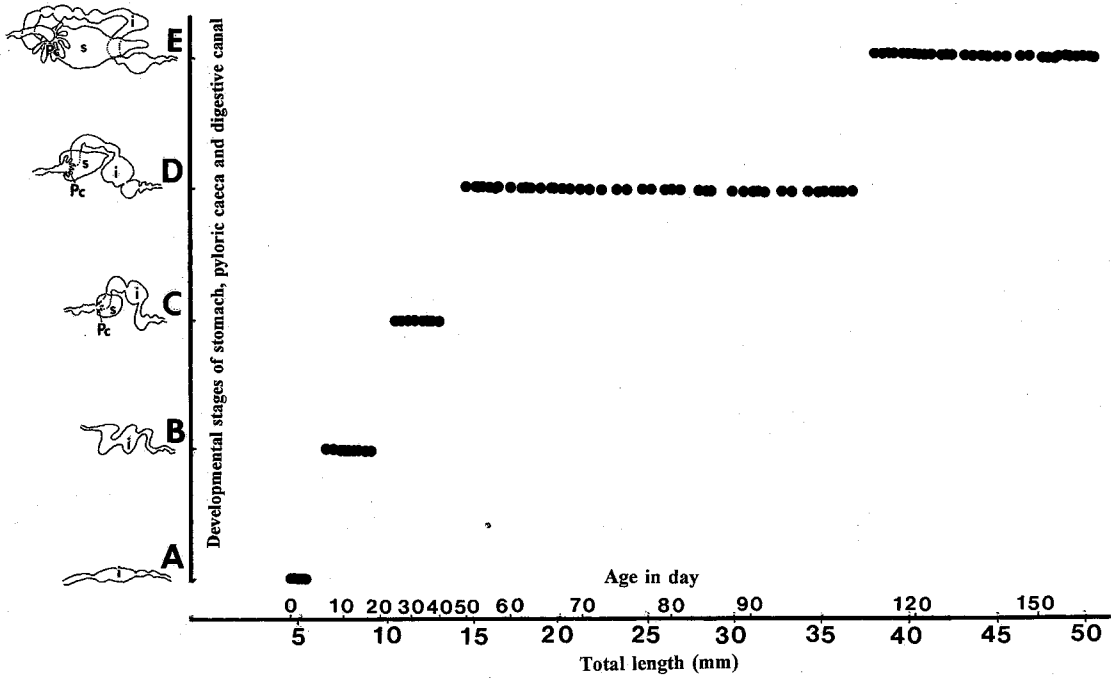


Fig. 6. Relationship between development stages of stomach shape-loop formation of digestive canal, pyloric caeca and total length with growth. For developmental stages described by Harada, 1962. i, intestine. pc, pyloric caeca. s, stomach.

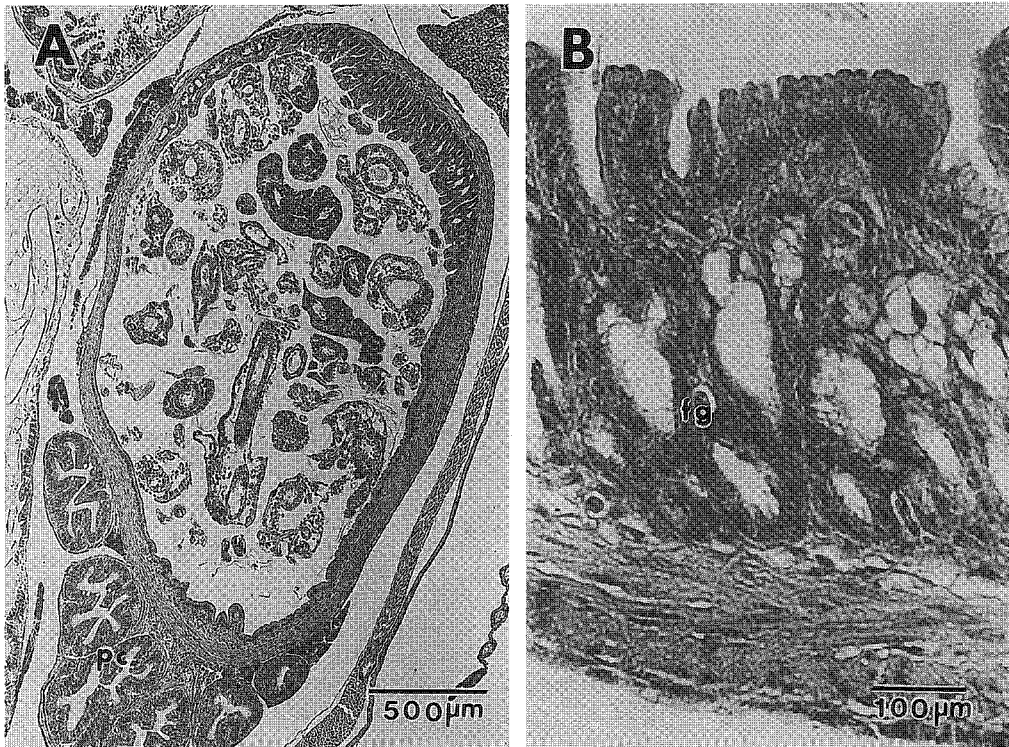


Fig. 7. Light micrographs of sections of stomach on day 50. A, posterior portion of stomach. B, enlarged view of epidermis of stomach. fg, fundus gland.

は体側のものが菱形である (Fig. 9B) のに対して頭部のものはほぼ円形であった (Fig. 9D)。感丘の数および感丘基底面に生えている感覚細胞の数は仔魚の成長に

伴って増加し、その形態も変化した。40日齢の体側正中線上の感丘は、感丘基底面が体の背、腹方向に伸長してその輪郭が長菱形に変化し (Fig. 9C), 感覚細胞の数も

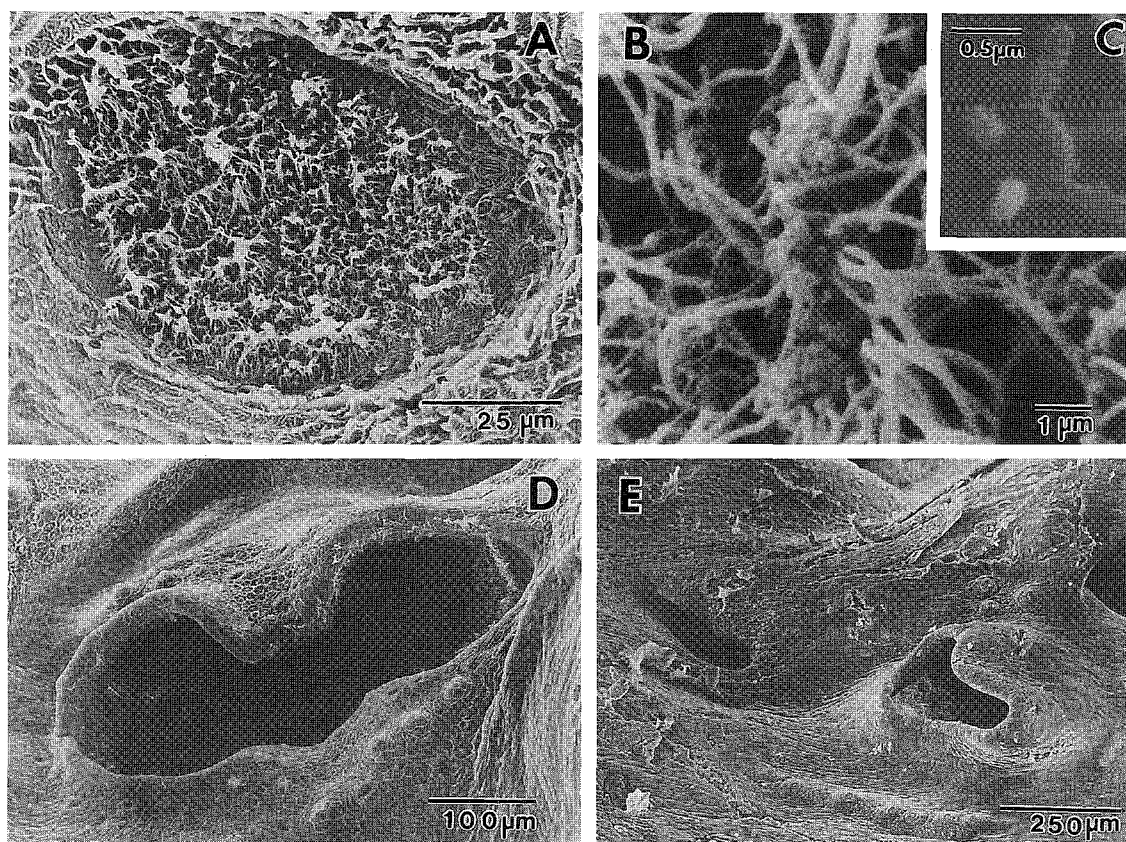


Fig. 8. SEM view of nostrils. A, opening of olfactory pit on day 0. B, enlarged view of olfactory cell having long sensory hairs into olfactory pit on day 0. C, enlarged view of olfactory cell having short sensory hairs into olfactory pit on day 0. D, nostrils on day 30. E, olfactory pit flap of anterior nostril on day 100.

Table 1. Average number of free neuromasts and sensory cells on the left side trunk during growth of *Sebastes inermis*

Age in day	Average number of trunk neuromasts (mean±SD)	Average number of sensory cells (mean±SD)
0	10.3±1.6	19.2±3.5
40	24.7±3.4	35.6±8.3

Average calculated from counts in ten individuals and ten free neuromasts, respectively.

増加したが (Table 1), 頭部に分布する感丘の基底面の輪郭は変化せずその基底面の周囲が盛り上がった (Fig. 9E)。50日齢では, 頭部に孔器が形成され (Fig. 10A), 体側では遊離感丘の感覚毛をゼリー様の物質が覆い, 感丘の感覚毛のクプラへの形態変化が開始された (Fig. 10B)。80日齢では, 筋節毎に体側の正中線上の表皮が背, 腹両面から隆起して感丘を覆い始め, 側線管の形成が開始された (Fig. 10C)。そして, 感丘の感覚毛は完全にゼリー様の物質で覆われ, 基底部に括れをもった板状のクプラに形態変化した (Fig. 10D, E)。90日齢では, 完全に側線が形成され, 体側神経管系が完成した (Fig. 10F)。これに対して, 頭部の鼻孔周囲の感丘はさらに基底面周囲が盛り上がって筒状に変化し, その頂部

では感覚毛が直接露出したままであった (Fig. 10G)。

産仔直後の仔魚の表皮の自由表面には, 微小堤が指紋構造を呈し, 所々に微絨毛が発達していた (Fig. 11A)。70から80日齢になると, 表皮の自由表面の微絨毛は著しく発達し, その数も増加した (Fig. 11B)。この時期に, 仔魚を無造作に網で掬ったり, 乱暴に扱うと皮膚が容易に剥離した。この皮膚を観察したところ, ほとんど表皮が剥がれ落ち (Fig. 11C), 真皮層に鱗の原基が形成されていた (Fig. 11D)。90日齢では, 表皮に初生鱗の未発達な外縁棘が隆起していた (Fig. 11E)。100日齢では, 体側表面を鱗が覆い (Fig. 11F), その鱗の外縁には棘がよく発達していた (Fig. 11G)。

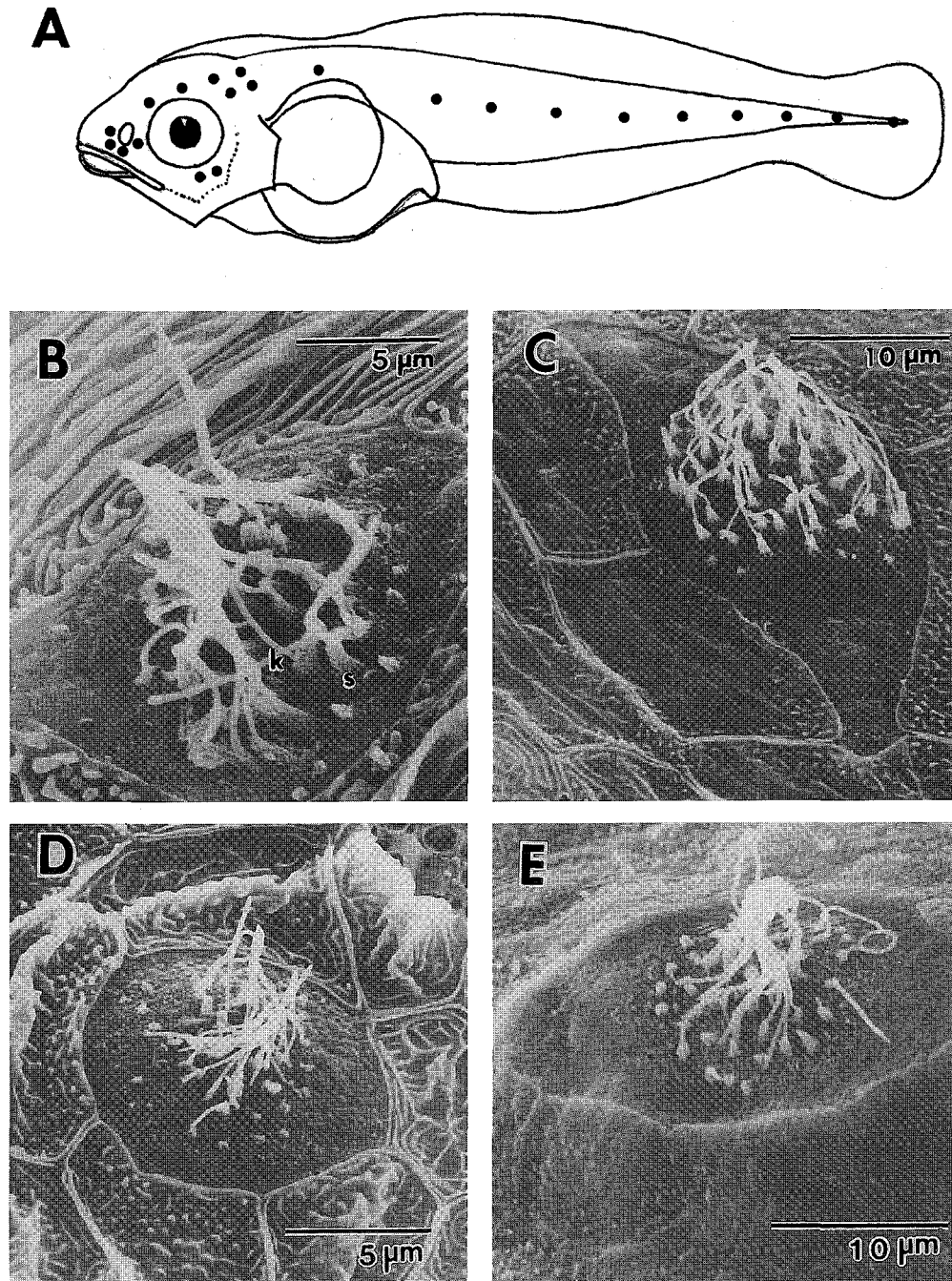


Fig. 9. Distribution of free neuromasts in newly-extruded larva (A) and SEM view of free neuromasts (B-E). B, free neuromast on trunk in newly-extruded larva. C, free neuromast on trunk in 40 age in day. D, free neuromast on the head in newly-extruded larva. E, free neuromast on the head in 40 age in day.

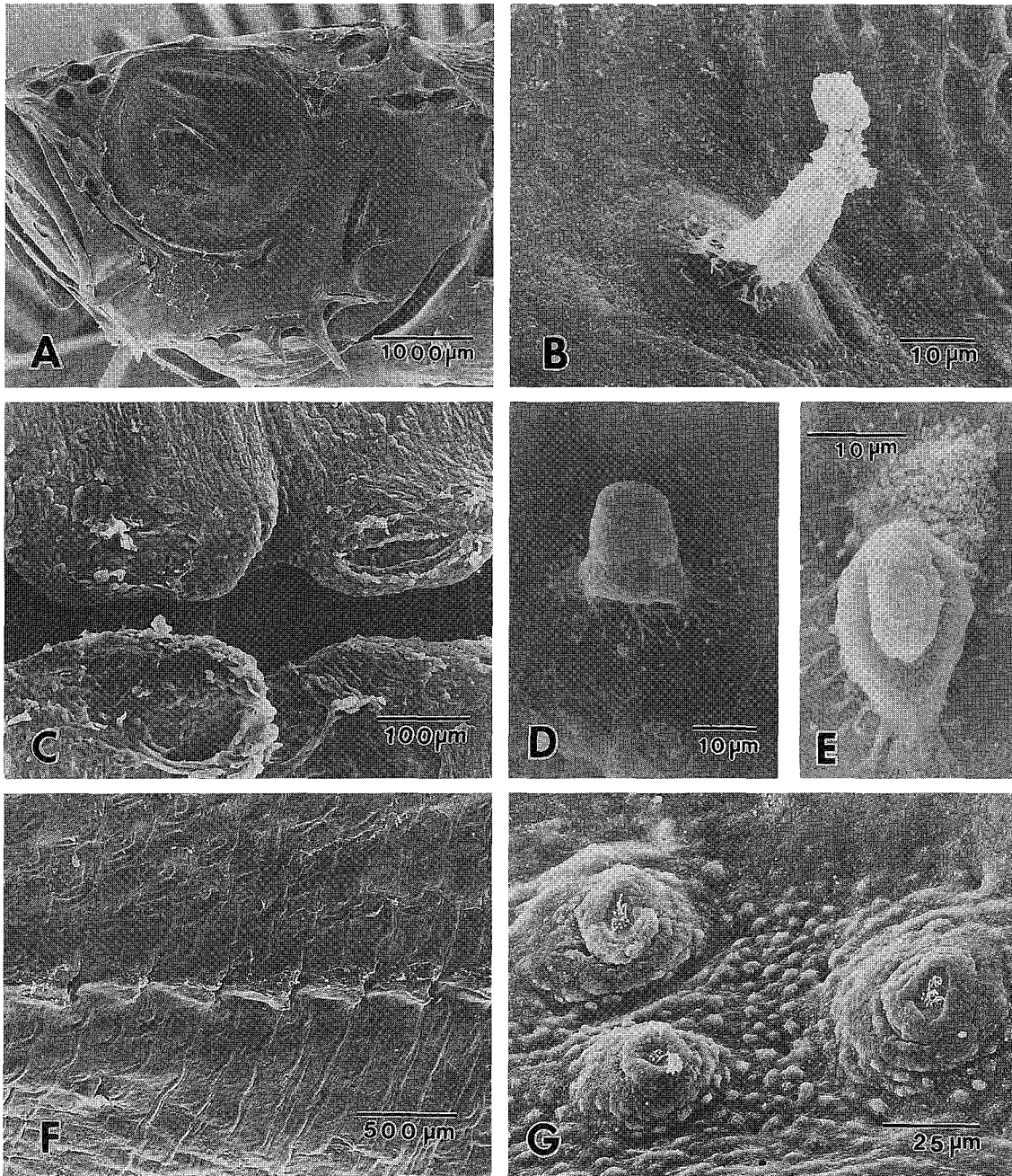
## 考 察

### 自然産仔および生残率と成長

三尾 (1960) は、九州沿岸のメバル生殖腺の成熟について組織学的に検討し、本種は11月に交尾が行われ、12月に体内受精して12月末から1月に胎児が産出されることを報告した。今回の観察では、平均水温が13°C以下になる12月初旬には親魚の腹部が膨満する個体が目立ち

始め、腹部が十分膨満した個体は平均水温が10°C以下になった1月初旬にすべての個体が1回きりの産卵を行ったことから、瀬戸内海においても本種の産仔時期は約1~2カ月の妊娠期間を経て、1月初旬が最盛期と考えられた。また、人工飼育下ではあったが、自然産仔がシェルター近くで行われたことは魚礁や岩礁等の隠れ場所が本種の産卵場に適している可能性を想像させる。生残は、実験を行った兩年とも類似した傾向を示し、20日





**Fig. 10.** SEM view of development of epidermis. A, canal organs on the head in 50 age in day. B, cupula of free neuromast on day 50. C, swollen epidermis around lateral line on day 80. D, E, side (D) and top (E) views of depressed cupula (stick-like shape) of free neuromast on day 80. F, completed lateral line system on day 90. G, free neuromasts sinking into canals around nostril on day 90.

齢までは非常に高い生残で推移したが、これから30日齢までに死亡個体が増加し、その後は再び死亡個体が減少した。20～30日齢は、消化管の解剖学的形態において胃と腸の区別が明瞭になり、幽門垂の原基が分化する時期にあたる。天然では、この時期にコペポダの卵などから *Paracalanus parvus* などのカラヌス類のコペポダイト期の浮遊幼生を中心とした食性に変化する (Harada 1962)。また、今回の実験ではシオミズツボムシとア

ルテミアのみの餌料系列であった92年度よりも天然プランクトンを加えた94年度の方が生残率が高かった。このようなことから推定すると、この時期の死亡個体を少なくするためにはより適正な餌料の選択とその栄養評価が必要になるものと考えられた。今回、上述のように死亡個体が一時的に多く出現したにもかかわらず、ほぼ直線的な成長を示して変曲点は認められなかった。永澤 (1998) は、仙台湾の天然メバル25個体 (体長 5.9–19.4

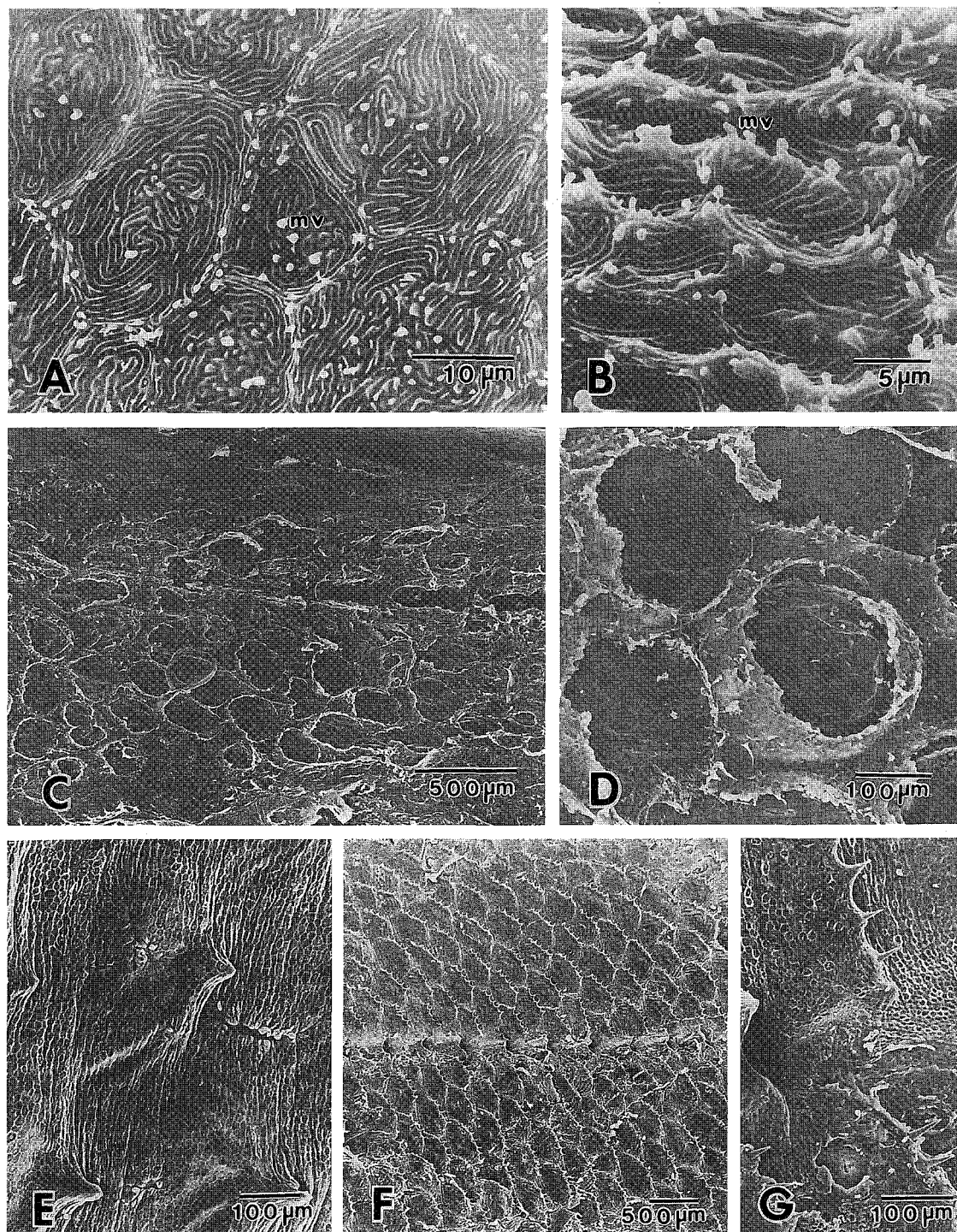


Fig. 11. SEM view of development of body surface. A, epidermal surface on the body in newly-extruded larva. mv, microvillus. B, developed microvilli (mv) on body epidermis in 70 age in day. C, exfoliated epidermis on the body in 70 age in day. D, scale plate in dermis on day 70. E, scale projections on epidermis on day 90. F, trunk fully covered by scales on day 100. G, enlarged view of spiny scale ridges on day 100.

mm) の耳石の解析から仔稚魚期の成長を推定して成長曲線に変曲点が認められず、後屈曲期に入っても成長が遅いとしている。また、同時にクロソイ *S. schlegeli*, ウスメバル *S. tomponi*, キツネメバル *S. vulpes*, ヨロイメバル *S. habbsi* の成長速度 (日間成長量) を求め、メ

バルのそれが他の4種に比べて際立って遅いとし、その原因がこの4種では後屈曲期以降に成長曲線に変曲点が存在してその後の成長がこの点を境に著しく速度が増加するのに対してメバルではこのようなことが認められないことをあげている。そして、初期成長速度が知られて

いるメバル属の種のなかではそれがクロソイで最も大きく、メバルは最も小さいとしている（永澤1998）。

#### 外部発育形態

既往のメバル属仔稚魚の発育段階区分（Richardson and Laroche 1979 および永澤 1993）に基づいて、今回の人工種苗の仔稚魚期の形態発育をこれに対応させると、20日齢（全長 8.14–9.14 mm）が屈曲期仔魚（flexion larva）、30日齢（全長 10.98–11.16 mm）が後屈曲期仔魚（postflexion larva）、70日齢（全長 19.87–21.70 mm）が変態期仔魚（transforming larva）、90日齢（全長 24.85–30.12 mm）が浮遊期稚魚（pelagic juvenile）に相当した。そして、それぞれの発育段階区分時期の発育形態は永澤（1998）の仙台湾の天然メバルのそれに酷似した。永澤（1998）は、稚魚期をすべての鰭条が成魚の定数に達し、稚魚としての色素胞パターンが完成した状態とし、表、中層に分布する場合を浮遊期稚魚（pelagic juvenile）、底層に生息するものを底生稚魚（benthic juvenile）と定義し、両者の間に必ずしも明瞭な形態的差異が認められる訳ではないとした。90日齢の稚魚は完全に側線が形成され、体側神経管系が完成し、稚魚としての色素胞パターンも完成した状態であったが、まだ眼前棘と擬鎖棘の出現が認められなかった。これらの頭部棘要素が揃うのは100日齢の全長 36.96 mm 以上の個体であった。内田・床島（1958）は、3～6月頃に全長 24～60 mm の稚魚が流れ藻について沖合いに出ることを報告した。1994年の瀬戸内海における予備調査で、4月にアマモ場とそれに連続する岩礁域で全長 23.85 mm の稚魚が採集され、6月に流れ藻についていた稚魚のサイズは全長 25.4～55.3 mm であった（未発表）。このようなことから、本報告ではこれらの稚魚を生態的に migrating juvenile あるいは settling young と表現したが、これは永澤（1998）の浮遊あるいは底生稚魚と同義である。Omori et al.（1996）は、水温 14～19°C で人工飼育されたクロソイの形態発育において、本種は全長 17 mm で変態期仔魚となり、32 mm までの間に基本的な稚魚形態が完全になることを報告した。メバルにおいても70日齢（全長 19.87–21.70 mm）の変態期仔魚から90日齢（全長 24.85–30.12 mm）の稚魚期までに稚魚形態が完全になった。初期成長速度の速いクロソイとそれが遅いメバルで稚魚期への変態開始と完了時期が体サイズでほぼ一致していることは、メバル属の仔稚魚の形態進化や系統類縁関係を類推する上で興味あることである。

#### 主要感覚器と臓器の分化ならびに発育に伴う水槽内での行動変化

これらの関係を Table 2. に示した。産仔直後の仔魚

は、その感覚器官の分化の程度から浮遊、水平定位、光の明暗反応、水流、水圧などの感覚機能が備わっているものと推定された。実際、水槽内では表層に分散して浮遊定位し、水流や音に対してはそれから逃避する行動がみられ、逃避行動の多くは水槽の底に集合してパッチを形成するものであった。弱い光に対しては正の走行性を示したが、夜間は水槽の中層から底層に集合して静止した。頭部管器の形成は体側のそれより早く、頭部孔器が完成した個体は、底生性が強く、物陰を好むようになった。そして、胸鰭を広げて頭部を斜め上に向けて中層に静止する本種独特の姿勢が観察された。胃腺や幽門垂が発達するのもこの時期であった。変態期仔魚では表皮の遊離表面に微絨毛が著しく発達し、皮膚の形態的变化が示唆されたが、真皮には鱗の原基が分化していた。鱗が完全に表皮を覆う前のこの時期は表皮の剥離が起り易いと推定され、魚の取り上げなどにあたって乱暴に扱わないことが必要と考えられた。体側の側線管が完成すると平常時は水槽の底層に分散して静止していることが多くなるが、刺激を与えて脅かすと群を形成して遊泳した。このように、本種では管器の形成と成群行動とに相関が認められた。しかし、管器の形成以前に成群行動がみられ、頭部管器の形成後の仔魚の行動にならば変化が認められない魚種もあるとして、これらの関連を疑問視する研究者もいる（川村 1991）。トラフグやキジハタでは、管器（孔器）の発達は行動の変化と関連があることが示唆され（鈴木他 1995, 1996）、Cahn and Shaw（1995）も成群行動の発現と管器形成の時期が一致することから、管器が成群行動となんらかの関係があることを推定している。そして、本種ではこの時期が形態的にも仔魚から稚魚への変態期にあたり、生態的にも浮遊生活から底生性の稚魚生活様式に変化する時期であった。

#### 要 約

人工飼育メバル仔稚魚期の器官形成と行動の変化について観察した。産仔は1月の初旬に行われ、産仔直後の仔魚は胃と腸管、腎臓、肝臓、膵臓、脾臓、造血組織などの主要な臓器と鰾、三半規管、嗅覚細胞、視神経細胞および体の表面には、顔面および舌咽神経、体側迷走神経を構成する体表遊離感丘が十分に分化していた。頭部管器神経系は、体側の側線管器神経系よりも早く形成された。頭部孔器の完成は50日齢の全長 17 mm で、側線管器の形成は90日齢の全長約 30 mm であった。この時期にみられる底生性への移行と管器形成とに相関が認められた。また、胃腺と幽門垂の完全な分化時期も50日齢であった。外部形態からの発育区分では、変態期仔魚は全長約 17 mm であるが、形態的および生理生態的な稚魚への変態は体サイズに依存して全長 17 mm から 35 mm の間に行われた。

**Table 2.** Correlation between organogenesis and behavioral changes during growth of *Sebastes inermis*

Developmental stages	Morphological changes	Age in day	Behavioral changes
preflexion larva	Hatching commence	0	Dispersion on surface water column in daytime
	Eyes deeply pigmentation		
	Mouth opened		
flexion larva	An bladder inflated	4	Aggregation in middle to bottom water column at night
	Inner ear ossified		
	Free neuromasts on the head and the trunk not submerged		
	Anus opened		
	Yolk disappear		
postflexion larva	Lower jaw elongated	7	Active S-strike
	Brain developed		
	First feeding on <i>Artemia nauplii</i>		
transforming larva	Head spines develop	20	Intermittent swimming in middle water column in daytime
	Pectoral and caudal fin rays completed		
	Head spine formation completed		
migrating juvenile	Canal neuromasts appeared in the head region	40	Intermittent swimming in middle water column in daytime
	Canal neuromasts completed in the head region		
	Differentiation of pyloric caecum and gastric gland		
settling young	Free neuromasts with cupula on the trunk submerged	50	Benthic habitat
	Feeding on <i>Cyclops</i> sp. and <i>Moina</i> sp.		
settling young	Scale formation completed	80	Strongly hiding an object
	Preocular and cleithral of head spines appeared		
	Loop formation of digestive canal and full development of pyloric caeca attained to the adult condition		
settling young	Free neuromasts with cupula on the trunk submerged	80	Schooling in the bottom water column in daytime
	Feeding on <i>Cyclops</i> sp. and <i>Moina</i> sp.		
settling young	Scale formation completed	100	Migration in <i>Zostera</i> and <i>Sargassus</i> community
	Preocular and cleithral of head spines appeared		
settling young	Loop formation of digestive canal and full development of pyloric caeca attained to the adult condition	100	Migrating young accompanied with drift seaweed
	Loop formation of digestive canal and full development of pyloric caeca attained to the adult condition		

## 文 献

- Cahn, P. H. and E. Shaw, 1995. A method for studying lateral line cupula bending in juvenile fishes. *Bull. Mar. Sci.*, **15**, 1060-1071.
- 恵崎 撰・古田久典, 1990. 標識放流からみた福岡湾周辺海域におけるメバルの分布移動生態. *福岡水試研報*, **16**, 15-20.
- 陣之内征龍, 1977. メバルの種苗生産試験(予備実験). *山口内海水試報*, **6**, 54-56.
- Harada, E., 1962. A contribution to the biology of the black rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10**(2), 163-217.

- 川村軍蔵, 1991. 発育過程の形態的側面. 1. 感覚器官(田中克編. 魚類の初期発育. 水産学シリーズ83), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 51-52.
- 町田洋一, 1995. 栽培漁業と新養成技術. メバルの種苗生産. *水産の研究*, **4**(5), 56-61.
- 三尾真一, 1960. 九州における沿岸魚類の資源生物学的研究 I. メバルの年齢, 成長および成熟. *九州農学芸誌*, **18**(4), 419-439.
- 永澤 亨, 1993. アカガヤの浮遊期仔稚魚. *魚類学雑誌*, **40**, 87-97.
- 永澤 亨, 1998. 日本海および周辺海域におけるメバル属魚類の初期生活史. 東京大学学位論文, i+ii-1-165.
- Omori, M., Y. Sugawara, and H. Honda, 1996. Morphogenesis

- in hatchery-reared larvae of the black rockfish, *Sebastes schlegeli*, and its relationship to the development of swimming and feeding functions. *Ichthyol. Res.*, **43**(3), 267-282.
- 鈴木伸洋・岡田一宏・神谷直明, 1995. 人工飼育トラフグ仔稚魚期の器官形成と行動の変化. 水産増殖, **43**(4), 461-474.
- 鈴木伸洋・萱野泰久・水戸 鼓, 1996. キジハタ仔稚魚の側線系感覚器の形成過程. 水産増殖, **44**(2), 159-168.
- Richardson, S. L. and W. Laroche, 1979. Development and occurrence of larvae and juveniles of the rockfish, *Sebastes crameri*, *Sebastes pinniger*, and *Sebastes helvomaculatus* (family Scorpanidae) off Oregon. *Fishery Bull. US.*, 1-46.
- 内田恵太郎・床島洋一, 1958. 流れ藻に関する研究・流れ藻に伴う稚仔魚-I. 昭和32年度の津屋崎付近における調査. 日本誌, **24**(5, 6), 411-415.
- 横川浩治・井口政紀, 1992. 播磨灘南部沿岸海域におけるメバルの食性と成熟. 水産増殖, **40**(2), 139-144.