

## マダイの種苗生産に関する生物学的研究—I

## 側線器官の発達とそれに伴う行動の変化

岡本 亮・松永 浩昌・船江 克美・久岡 実

Biological studies on the mass production of juvenile red sea bream *Chrysophrys major* TEMMINK et SCHLEGEL —I.

Development of lateral-line organs and its bearing on behavioral changes

Ryo OKAMOTO, Hiroaki MATSUNAGA

Katsumi FUNAE and Minoru HISAOKA

It has been required to establish techniques to produce juveniles of red sea bream, one of the commercially important marine fishes, in the extensive scales, through culturing the fish at different stages suitable to the ecological features. The formation of lateral line organs of the fish is examined in order to understand changes of the behaviors of the fish through the development in the early life.

The materials are larvae reared from the eggs artificially fertilized in Nansei Regional Fisheries Research Laboratory in June 1980.

Larvae immediately after hatching had eight to 13 (mean, 10.4, N = 140) neuromasts on both sides of the trunk. The neuromasts measured 30-50  $\mu\text{m}$  in width and 20-30  $\mu\text{m}$  in height, and the cupulae attaching to neuromasts 15-20  $\mu\text{m}$  in width and 90-100  $\mu\text{m}$  in length. The neuromasts-cupulae are similar in fundamental structures to those described for the gobiid *Tridentiger trionocephalus*, the congrid *Rynchocymba nystromi*, the percid *Perca fluviatilis*, etc. While larvae with five neuromasts-cupulae on each side were most frequently encountered (48% of the total specimens examined), the number of the neuromasts-cupulae was not always equal to both sides of an individual, and eight different patterns, either symmetrical or asymmetrical, were observed in the distribution of the organs.

The developmental process of the lateral-line system can be divided into the following three stages: 1) differentiation of the neuromast from the placode and formation of the cupulae; 2) rapid increase in number of the neuromasts-cupulae; 3) formation of the lateral line canal and completion of the lateral line system. The first stage corresponds to the prelarval stage, at which larvae show a simple vertical movement repeating slow sinking by their own weight and

surfacing by the vigorous movement of their tail part. Since the surfacing is considered essential for their survival, the sense of the neuromasts-cupulae system seems to play an important part for their survival, supplementing the senses of the eyes and other organs which are then not well developed. The second stage is so-called metamorphosing stage at which the most drastic change in their life history occur in the ecology as well as morphology of the fish. The third stage is a period when the morphological and ecological features specific to *C. major* are acquired. The lateral line system were completed about two months after hatching.

It is to be noted that the neuromasts differentiated in advance of the formation of other organs such as eyes fins, scales and teeth.

近年、マダイをはじめとする海産魚類の種苗生産技術が著しく進展し、経年的な減少傾向の著しいマダイ資源の培養・回復を目的に、日本栽培漁業協会や各県機関による人工生産種苗の共同放流事業がなされるようになり、種苗の生産が企業としても成立し得る段階にまで到達している。

しかしながら、一方、稚仔魚飼育期間中に見られる大量への死の原因は今日なお、解明されていないし、放流に際して種苗のサイズ（発育段階）や適応性の違いが、その後の効果判定を困難にしており、これらは対象魚種の発生ならびに発育段階による生理・生態的特異性、つまり生物学的知見の不充分さによるところも少なくないと考えられる。

こうしたことから筆者らは、各発育段階に適合した飼育の在り方を探索し、合理的な種苗生産技術を確立する目的で、稚仔魚の発育や各器官形成と、それに伴う生態変化の特性などを逐次明らかにしたいと考えている。

魚類側線器官の機能に関しては、HOFER<sup>1)</sup>が *Esox lucius* で、体側の遊離感丘が水流に感応することを証明して以来、我が国でも数多くの研究者によって注目されるようになった。稚仔魚の側線系分布、構造などについても、佐藤<sup>2)</sup>、道津<sup>3,4)</sup>、疋田<sup>5)</sup>、IWAI<sup>6,7,8)</sup>、森ら<sup>9)</sup>、DISLER and SMIRNOV<sup>10)</sup>等の記載があり、特に佐藤<sup>2)</sup>は、コイ *Cyprinus carpio* について、DISLER and SMIRNOV<sup>10)</sup>は *Perca fluviatilis* 及び *Gymnocephalus cernua* (共にスズキの類) について、placode からの感丘分化、頂体の形成、遊離感丘への移行など、器官発達の側面から詳細な報告を行っている。

しかしながら、マダイ稚仔魚の側線器官 lateral line organ に関しては、岸上<sup>11)</sup>、山下<sup>12)</sup>等によって感丘・頂体の数が記載されているのみで、その発達経過や、それと行動、生態などとの関わりなどについてはふれていない。筆者らは人工授精を起点とするマダイ稚仔魚を飼育観察するとともに、その間に見られる側線器官の形成、発達と、稚仔魚の生態との関係について検討吟味を加え、2, 3の知見を得たので報告する。

本研究を遂行するにあたり、研究開始以来終始適切な助言と指導を頂き、原稿校閲の労を賜わった東京水産大学教授小笠原義光博士に深謝するとともに、組織標本の作成に当って、種々ご協力頂いた、当水研石岡宏子主任研究官に厚くお礼申し上げる。

## 材 料 と 方 法

### 1. 供試魚

試験に用いた稚仔は、海面生簀網で飼育した3歳親魚(♀全長34cm, 体重880gと♂32cm, 730g)から搾出, 人工授精した卵を, 当研究所の室内1トン容 polycarbonate 水槽でふ化させ, 飼育したものである。

飼育期間中の餌料はマガキ *Crassostrea gigas* 幼生(ふ化後2日~8日), シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis* (2日~30日), シオダマリミジンコ *Tigriopus japonicus* (10日~40日)などで, ふ化後1ヶ月目からは, 冷凍アミ *Neomysis intermedia* と生鮮魚貝肉のミンチを投与した。またこの間の環境条件は, 特定の試験区を除き, 水温20.0~22.6℃, 塩分28.9~30.8%, 溶存酸素量4.9~5.5ml/l, 照度(昼間)2500~5000 Lux の範囲にあった。また, 換水量は当初, 100l/日(4日~8日)から, 200l/日(9日~20日), 魚肉への切替え時以後は1000l/日と次第に大きくし, 溶存酸素量の低下と給餌その他による飼育水の悪化を防いだ。

### 2. 観察方法

飼育期間中, 発育段階毎に, 適宜稚仔魚を抽出し, そのまま生体観察あるいは, methylen blue で生体染色して観察した(主として位相差顕微鏡使用)。また, 必要に応じて10% neutral formaline, Bouin's solution などで固定し, formaline 固定標本は実体顕微鏡下で解剖針を用いて表皮を剝離し, 感丘・頂体の形態, 大きさ, 配列などの点について精査するとともに, Bouin's sol. 固定標本は常法に従って preparete (Mayer's haemalum 染色)を作成し, 使用した。

## 結 果

### 1. 稚仔魚期における側線器官の形成部位と構造

Fig. 1 にふ化後1日目及びふ化後1ヶ月目の仔魚にみられる感丘 neuromast, 頂体 cupula の形成部位を示した。

マダイの場合, 軀幹部には頭部から尾部へ向けて, 鱗の下を走る側線管 lateral line canal が存在し, 鱗を貫いた小孔で体表に連絡している。また, 頭部には, 上眼窩管 supraorbital canal, 下眼窩管 suborbital canal, 下顎管 mandiblar canal 及び側頭骨上管 supratemporal canal などが認められる。

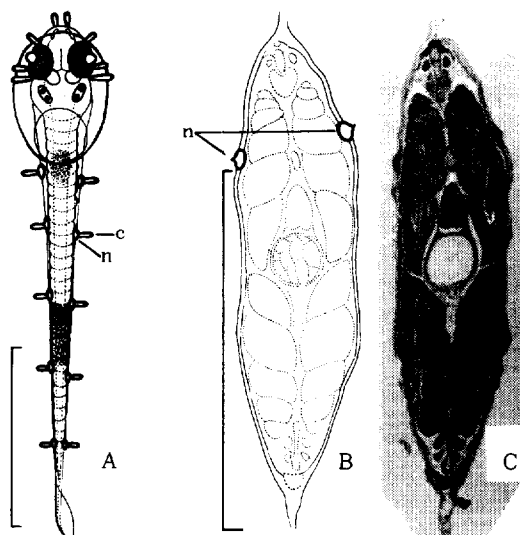


Fig. 1 Position of neuromasts-cupulae formed on the body of larval *Chrysophrys major*.

A: 1 day after hatching (dorsal view).

B, C: 20 days after hatching (sectional view).

N, neuromast; C, cupula.

Scale bar indicates 1 mm.

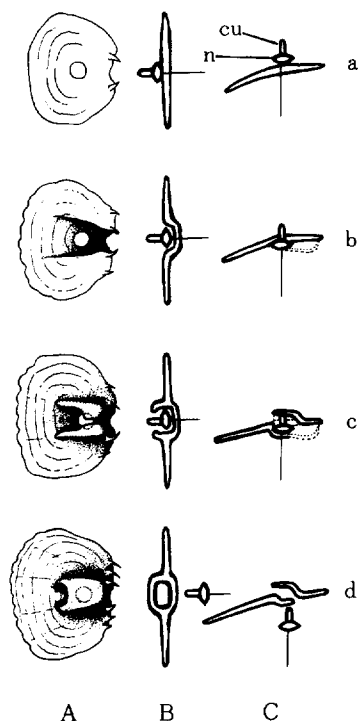


Fig. 2 Formation of lateral line scales and sinking of neuromasts.

A: Dorsal view.

B: Sectional view.

C: Side view.

n, neuromast; cu, cupula.

a: Larval membrane disappears, neuromasts attach directly to corium. Lateral line scales appear.

b: Part of lateral line scales sink and make a hollow.

c: Two rooves are formed over the hollow.

d: Two rooves combine with together and the tubes of lateral line scales are completed. Neuromass sink further.

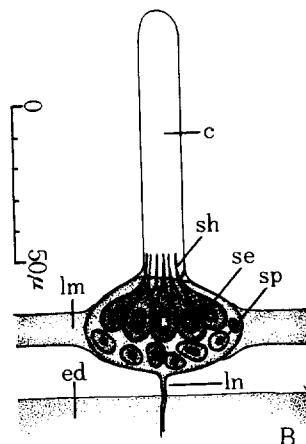
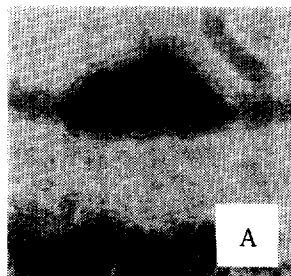


Fig. 3 Neuromast and cupula of *Chrysophrys major* at a larval stage.

A: Neuromast supported by larval membrane.

B: Diagrammatic drawing of the neuromast and cupula.

c, cupula;

sh, sensory hair;

se, sensory cell;

sp, supporting cell;

ln, lateral line nerve;

lm, larval membrane;

ep, epidermis.

Fig. 1 に示すように、側線神経の先端に開く感丘・頂体は、最初仔魚膜によって支持されているが、仔魚膜の消失とともに次第に表皮側へ引き寄せられ、ついには側線鱗を貫通して、側線孔の内側へ定着する。この経過については Fig. 2 に示した。すなわち、表皮にまで引き寄せられた感丘・頂体は、真皮に由来する初生側線鱗の表層に位置するようになる (Fig. 2-a)。やがて、その側線鱗の後方、基板方向に凹みができ (Fig. 2-b)、その凹みの両側から、鱗の一部が盛り上って融合し (Fig. 2-c)、管、側線孔が形成される (Fig. 2-d)。一方、感丘・頂体は、Fig. 2-a~d に示すように、次第に位置を移動して、側線鱗の下方、筋肉側に至り、その先端を側線孔の直下に対面させ定着する。

ふ化後3日目の感丘・頂体の構造を Fig. 3-A に示した。これらの器官はいずれも仔魚膜によって支持されている。また、この時期の感丘・頂体は、体表外の環境水と直接に接触しており、位相差顕微鏡を用いると、感丘のみでなく、頂体も鮮明に観察される。したがって、これらを計測し、頂体を加えて模式化したものが Fig. 3-B である。頂体は透明であり、図の如く、体軸へ対して常に垂直になっているのではなく、曲がったり、あるいは変形していることさえあるし、感丘・頂体の大きさも、出現の部位あるいは時期などによって多少異なる。ふ化後3日目に仔魚の体側にみられる感丘の幅は30~50 $\mu\text{m}$ 、高さ20~30 $\mu\text{m}$ 、頂体の幅は15~20 $\mu\text{m}$ 、長さ90~100 $\mu\text{m}$ であった。

2. 側線器官（感丘・頂体）の分布様式

軀幹部に形成される感丘と頂体数を Table 1 に、分布様式（型）を Fig. 4 に示した。

1尾の仔魚に形成される感丘・頂体数は一様でなく、個体によって8個から13個の範囲にわたり、その平均値は、10.4個であった。また、形成分布様式は、左右同数の場合においても、必ずしも“対”をなさない。検鏡した140尾中、感丘・頂体が8個（1尾）及び13個（1尾）の仔魚もあったが、大略、左5：右4（以下9-1型とする）、左4：右5（9-r）、左6：右4（10-1）、左5：右5（10-e）、左4：右6（10-r）、左6：右5（11-1）、左5：右6（11-r）、及び左6：右6（12-e）の8型式に分類することが可能である。また、この数及び分布様式について、更に成長の進んだ仔魚（ふ化後4~5日）を調べた場合にも上述の8型式が存在している。

Fig. 4 に示すように、最も多発する型式は、10個の左右同数型（10-e型）であり（48%）、総計が偶数の場合でも左右不相称型の多発する点は興味深い。また、総計が奇数の場合、左側多数型と右側多数型は、ほぼ半分ずつの割合となっている。

Table 1. Number of neuromasts-cupulae on the trunk of *C. major* at the prelarval stage, 2 days after hatching.

Number of neuromasts-cupulae	Type		
	l	e	r
9	1-5 : r-4 6	_____	1-4 : r-5 8
10	1-6 : r-4 1	1-5 : r-5 69	1-4 : r-6 2
11	1-6 : r-5 14	_____	1-5 : r-6 16
12	_____	1-6 : r-6 22	_____

l: More neuromasts-cupulae on left side than on right side  
 r: More neuromasts-cupulae on right side than on left side  
 e: Number of neuromasts-cupulae equal on both sides

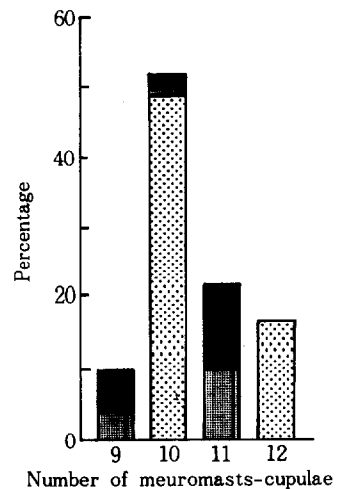
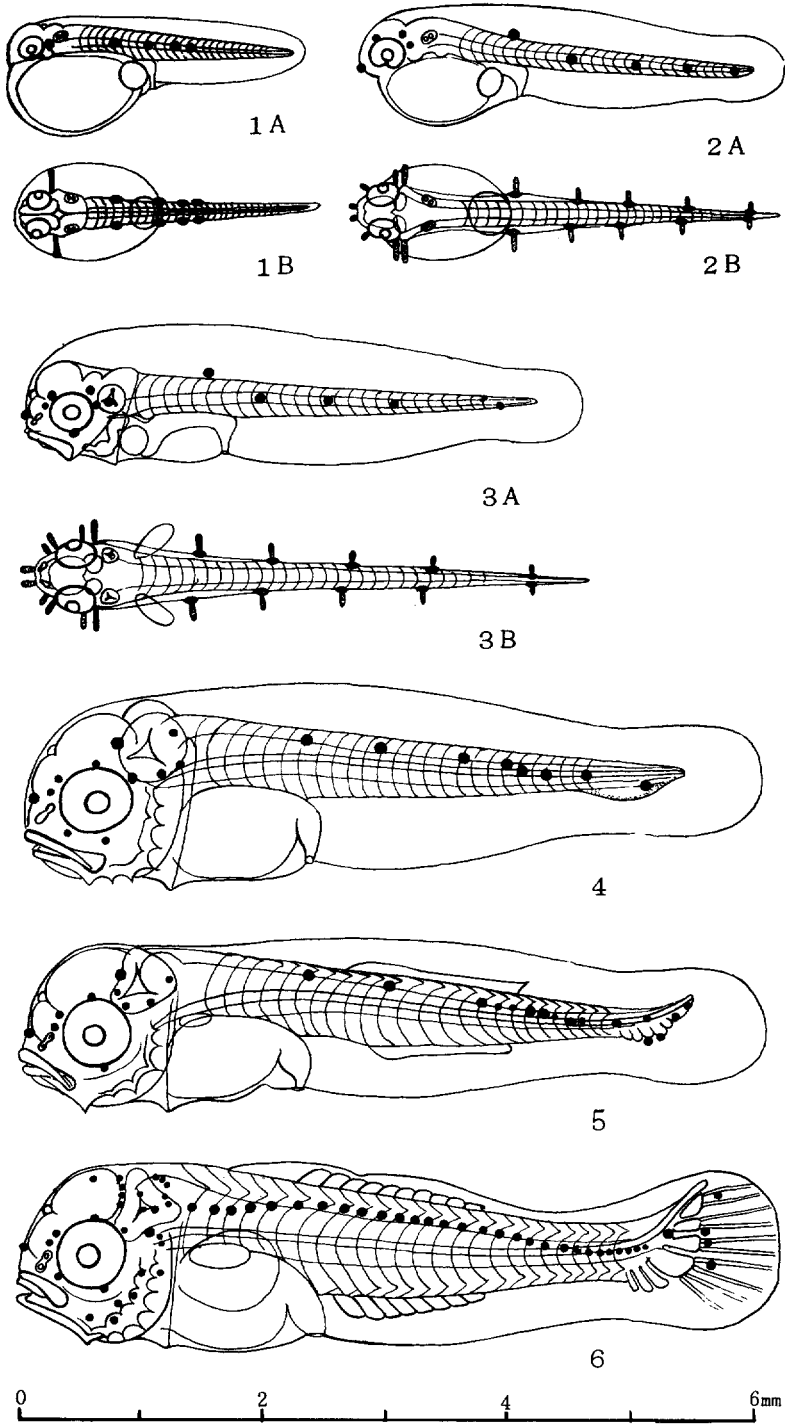


Fig. 4 Distribution of neuromasts and cupulae on the side of the trunk of larval *Chrysophrys major*.

A ■ More neuromasts-cupulae on left side than on right side  
 B ■ More neuromasts-cupulae on right side than on left side  
 C ▨ Number of neuromasts-cupulae equal on both sides



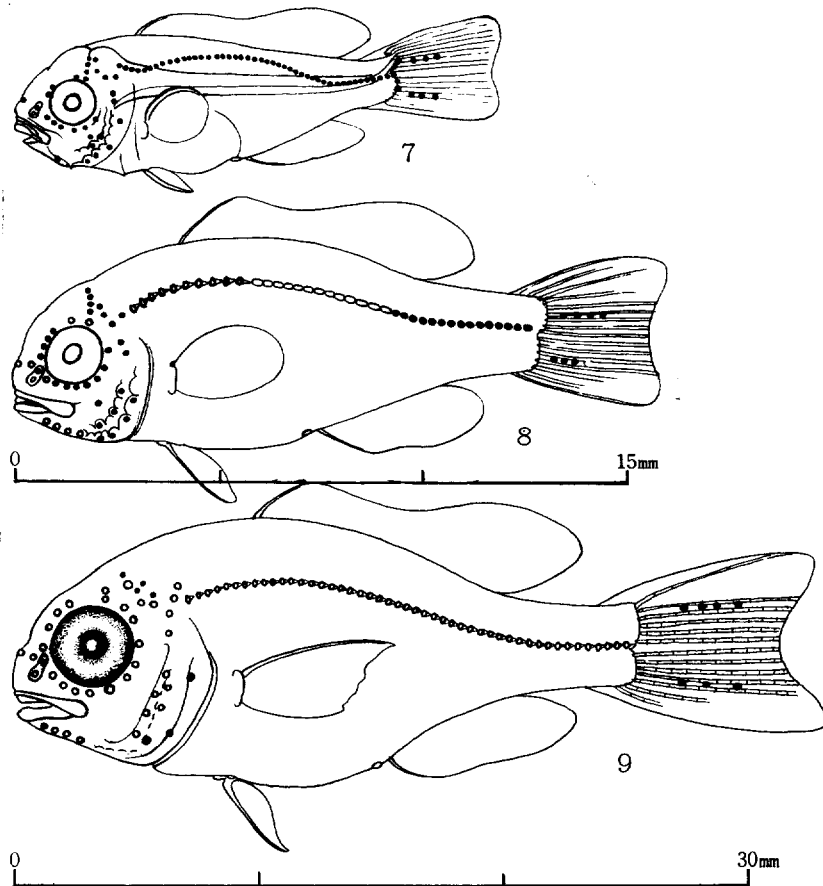


Fig. 5 Development of *Chrysophrys major* and its lateral line organs.

1: Immediately after hatching (A: Dorsal view. B: Side view.), differentiation of neuromasts from placode and formation of cupulae. 2: 1 day after hatching. 3: 3-4 days after hatching. 4: 12-13 days after hatching. 5: 15-17 days after hatching. 6: 20-22 days after hatching, remarkable increase in number of neuromasts and cupulae. 7: 25-30 days after hatching. 8: 35-40 days after hatching. 9: 50-60 days after hatching, completion of lateral line organs.

### 3. 成長に伴う側線器官の発達と行動の変化

稚仔魚の成長に伴う側線器官の発達と、他の器官形成や行動変化との関係は次のように対比される (Fig. 5-1~9)

ふ化後の日数	側線器官の発達	他の器官形成と行動の変化
ふ化直後	<p>頭部、耳胞前方に顕著な1対の感丘が存在し、頂体が形成されている。また、軀幹部背面からは分化過程にある4対の placodes の肥厚と、分化した感丘の間には、これらを連結する神経繊維が確認される (Fig. 5-1)</p>	<p>全長1.9~2.1mmで大きな卵黄囊 yolk sac と油球 oil globule を持ち、これを上側にして水面に浮遊している。時どき尾柄を激しく振動させるが、極めて瞬間的で、静止時間の方がはるかに長い。心臓の搏動数は96~102回/分で、口はまだ開いていない。</p>
1	<p>placodes の分化は、更に進み、頭部に5対 (このうち1対は背面から観察されない)、軀幹部に8~13個 (必ずしも対を形成しない) の感丘・頂体が確認されるが、頭部では、最初に形成された耳胞前方の1対が最も大きく、鼻孔前部の頂体は、短くて太い。また、軀幹部の第4~5筋節に形成される1対は、脊索よりも稍々上方に、尾端部の1対は下方に、他の感丘は脊索線上に配列される。(Fig. 5-2)</p>	<p>卵黄、油球ともにかかり吸収され、このため仔魚は頭を下にして水面近くに懸垂状態となる。その後、経時的に自重で沈降し、ほぼ一定の水深まで下ると、突然、尾柄を激しく振動させて水面にまで復帰する。この時期の仔魚は終日この行動を反復する。沈降復帰の行動は、開口、正位姿勢での遊泳が始まるまで続き、自重の増大に伴って、その沈降幅は次第に大きくなる。</p>
3 4	<p>上眼窩線部位及び耳胞部位に新たに感丘を分化するが、背面からの観察では、頭部に存在するすべての頂体を確認することはできなかった。この時期、軀幹部での顕著な変化はなく、一般に尾部方向へ行くに従って頂体が小型化する傾向が見られる。(Fig. 5-3)</p>	<p>卵黄吸収が更に進み、油球は完全に肝臓へ取り込まれる。顎骨、鰓弓、心臓などの分化が顕著になるとともに、口と肛門、鰓孔などが開き、胸鰭が発達して正位姿勢での遊泳が始まる。また、この時期より、微弱な索餌様の行動が観察される。</p>
12 13	<p>これまで、ほぼ脊索線上に在った感丘が、脊椎上端付近にまで上昇し、尾部 (尾鰭形成部位) に新たな感丘が現われる。また、軀幹部最前の感丘1対は、軀幹部の肥大に伴って、相対的に位置を下げ、他の感丘とほぼ1列になる。(Fig. 5-4)</p>	<p>体高・体幅の増加が始まり、前鰓蓋骨前縁に小棘、口腔内に小歯、咽頭歯などが現れ、耳胞が大型化する。一方、脊索末端下部は、尾鰭の形成を示唆する不透明なふくらみを生ずる。この時期の仔魚は光に対して極めて鋭敏な反応を示す。</p>
15 17	<p>尾部脊索線上に分化過程にある小型の感丘3個 (片側) が認められ、尾下骨形成部位には4個の顕著な感丘ができる。(Fig. 5-5)</p>	<p>仔魚の脊索末端が上昇 (湾曲) して、その部位に尾下骨の原基が形成されるとともに、背鰭、臀鰭など原基の基底が働き始める。</p>
20 22	<p>この頃より、頭部感丘の配列が急激に複雑となる。すなわち、耳胞付近、後頭管系とその前方上・下眼窩管系、及び鰓蓋表面、眼面神経舌顎板上などに新たな感丘を形成する。一方、軀幹部では、ほぼ各筋節毎に感丘ができ、側線の形成位置を明確に示すようになるが、これらの感丘は、形成過程にあるため、大きさは甚だ不均一である。また、それまで、尾下骨先端に存在していた4個の感丘が、形成の始まった尾鰭軟条部位へと移動する。(Fig. 5-6)</p>	<p>体高・体幅が更に増大し、脊索末端 (尾柄) の湾曲上昇がほぼ終了、不對鰭には軟条が形成される。また、上下両顎には、犬歯型の鋭い歯牙が形成される他、鰓板・鰓耙の発達や筋節の形態変化が著しく、仔魚型から稚魚型への移行時期であることを示している。また、この頃の稚仔魚は、盛んに摂餌をすることは勿論、他の稚仔魚が接近すると、それを回避し、あるいは攻撃する行動を示すようになるなど、生態的にも著しく変化する。</p>



この復帰運動がなされぬ限り、仔魚は沈降をし続けて、ついには海底へ至り、へい死するはずである。従って、ある一定の水深にまで沈降すると、そのことを感知して復帰運動を起す反復運動こそが、マダイの仔魚にとって最初の生態的行動ということが出来よう。

一方、Fig. 1 及び Fig. 5-1~6 に示したように、この時期の仔魚に見られる体表の感丘と頂体は、その発現部位、形態、大きさなどからみて、成魚のそれとは比較にならない程に顕著であり、特徴的であって、このことは、視覚その他の感覚器官が、未だ充分に発達していないこの発育段階における、沈降と復帰の反復運動にとっても、何らかの形で関与している事が考えられた。

しかしながら、従来、側線器の機能については、短距離からであれば、時として不動物体、例えば水槽壁などの認知が可能であるとしても、通常は、水中で動く餌、敵、仲間などの存在を離れた所から、水の動揺によって感知する (DIJKGRAAF<sup>16)</sup>) という遠方触覚的な認識の仕方が一般的であり、音波、音圧その他の受容器としては、Fundulus (PARKER), Gobiusniger (DIJKGRAAF), (羽生<sup>17)</sup>) などのように否定的な報告が多い。従ってもし、この反復運動を、これまでにいわれているように、側線器形成との関係において把えようとするならば、沈降した仔魚が、復帰運動を開始するその水深で、(1)そこに plankton あるいは他の懸濁物、仔魚などが存在 (接近) し、それを感知した。(2)その層に表層とは異なる何等かの水流があった。(3)そこまで沈降した段階で、水槽壁を感知した、などとしなければならないが、飼育してみると実際には、飼育水が濾過海水のみである場合も、その飼育水にクロレラあるいはワムシが混入されている場合も、ともにこの行動が観察され、顕著な差が見られないので(1)ではないと考えられる。また、1トン水槽の中にネットを張ってふ化仔魚を收容した場合、止水、流水何れの区においても、沈降と復帰の行動を繰り返す点に変わりはないし、ともに止水とした場合、50ℓ容ビーカーも1トン容水槽も、その沈降深度 (復帰行動開始水深) には、特に差異が見られないことから、(2)でも(3)でもない。つまり、物体の存在や流れの有無とは関わりないと考えざるを得ない。とすれば、水面下わずかに10~20cmとはいえ、この微細で脆弱な仔魚にとって、8~15mmHg という水圧変化 (1~2%相当の加圧) との関係性が無視出来ないと考えられる。

卵からふ出したマダイ仔魚は、まずこのような形で環境との関係を持つが、一般に生物が、その発育過程において、外部形態の変化と内部器官の発達とを一致させ、それが生活範囲の拡大と多様化を保障していることについては、古くから知られている。マダイ仔魚の場合、成長に伴う側線系器官の形成発達と行動生態変化の側面からみると、Table 3 に示すように、3回の大きな転機を経て完成する。その第1段階は、placode からの感丘分化や頂体の形成は認められるものの、他の諸器官は未分化で卵黄嚢を抱えており、行動としては単純な沈降と復帰運動のみ行なう仔魚前期。第2段階は、各部位の感丘・頂体が次第に増え、尾鰭原基の形成が始まるふ化後12~13日から、頭部の感丘群が一層複雑となり、側線上の感丘が著しく増えて、一部では鱗と感丘の接触が始まるふ化後30日頃まで、と巾広いが、その中心は20日前後の後期仔魚期。(この時期は、側線形成の側面ばかりでなく、他の形態・生態ともに生活史の中で最も変化の激しい時期である)。第3段階は、頭部には未だ若干の露出感丘を残し、体側の側線鱗はほぼ完成して、各鰭の棘条及び軟条が、“種”の特徴となる固有の数に達し、マダイに特有の色素や横帯が鮮明となって、行動も次第に成魚型へ

Table 2. Number of neuromasts-cupulae in eight teleosts.

Authors	Species		Number of neuromasts-cupulae
	Japanese name	Scientific name	
DOTSU (1955)	Kumohaze	<i>Gobius fuscus</i>	3pairs +1
HIKITA (1956)	Koi	<i>Cyprinus carpio</i>	about 30 pairs
DOTSU (1958)	Masagohaze	<i>Acentrogobius masago</i>	8pairs
IWAI (1963)	Shimahaze	<i>Tridentiger trignocephalus</i>	7pairs
IWAI (1963)	Isoginpo	<i>Blennius yatabei</i>	5pairs
IWAI (1964)	Medaka	<i>Oryzias latipes</i>	8pairs
MORI (1971)	Kihadamaguro	<i>Thunnus albacora</i>	4pairs +1
KISHINOUE (1915)	Madai	<i>Chrysophrys major</i>	7pairs
YAMASHITA (1963)	Madai	<i>Chrysophrys major</i>	9-10pairs

ればならないし、存在するとすれば、その小孔は何時、どのようにして塞がれるのか、これらの点に関しては、更に詳細な検討を加える必要がある。

Table 2 に示すように、感丘・頂体の数は、“種”によってかなり異なることが知られているが、発現分布様式については、例えばマダイ仔魚についても、「体の前端より側線中央線に沿って、細長い漏斗状の連なり7対」(岸上<sup>11)</sup>)あるいは「9~10対のクブラの存在」(山下<sup>12)</sup>)などと、仔魚の軀幹部において、ほぼ完全な“対”をなすものと考えられて来た。しかしながら、筆者らの観察結果では、Table 1 及び Fig. 4 に示したように、この時期のマダイ仔魚軀幹部に形成される感丘・頂体の数は、8個から13個の範囲にわたり(この変異は、脊椎骨数、鰭条数などの計数形質(meristic character)と同様に、環境要因によって、若干の変動をすることが予察され、その詳細については検討中である)、平均形成数は10.4個で、分布様式に関しては、必ずしも“対”をなさないし、過多、過少を除き、9個から12個の範囲で、8種の型に類型化することが可能であった。

### 側線器官の形成・発達と生態の変化

浮性卵からふ化する仔魚には、沈性卵からふ化する仔魚よりも、感丘の形成時期が早いものも多く、とくに眼の形成が遅い仔魚では、感丘の形成時期が早く(IWAI<sup>11)</sup>)、これは視覚が不十分なことに対する補償的な現象ともうけとられるという(IWAI<sup>15)</sup>)。典型的な浮性卵魚種であるマダイの場合、ふ化直後の仔魚は、諸器官が未分化の状態で、前述のように、大きな卵黄嚢と油球を持ち、これを上側にして水面に浮遊している(Fig. 5-1)。時折、瞬間的にビリビリッと尾柄を振動させるが、未だこれは特に生態の意味を持つ運動であるとは考えられない。

ふ化後、経時的に卵黄・油球の吸収が進むと、徐々に魚体の比重が増大するために、静止、浮遊のバランスがくずれて、次第に頭部を下に向け、水面近くに懸垂状態となり、ついには自重で沈降するようになる。この沈降速度はゆるく、当初は10~20cmの水深まで沈むのに3~5分かかかるが、ある水深にまで沈降すると、突然、尾柄を激しく振動させて水面にまで復帰する。ゆるやかな沈降と敏捷な復帰、この反復運動は、油球の吸収度合に比例して、次第にその巾を拡大しながら、仔魚の口と肛門が開き、胸鰭が形成されて、正位姿勢での遊泳が始まるまで続くが、いうまでもなく、

の形成期，行動は単純反復的（沈降↔復帰）。②感丘・頂体の急激な増加期，形態・生態ともに生活史の中で最も変化が著しい（変態期）。③感丘・頂体の管器への分化，移行，側線器官の完成期，形態・生態ともに“種”の特徴を示す。

5 マダイの場合，側線器官は，ふ化後約2ヶ月で完成するが，この間，眼，鰭，鱗，歯牙など，新たな器官の形成に先行して，そこには常に新たな感丘が形成されている。

## 文 献

- 1) HOFER, B., 1908: Studien über die Hautsinnesorgan der Fischen. Ber. Kgl. Bayer. Biol. Versuchsstation Munchen, 1, 115—164.
- 2) 佐藤光雄, 1955: コイの側線系感覚器の発生. 魚類学雑誌, 4, 105—112.
- 3) 道津喜衛, 1955: クモハゼの生活史. 九大農学部学芸雑誌, 15(1), 77—86.
- 4) 道津喜衛, 1958: マサゴハゼの生活史. 九大農学部学芸雑誌, 16(3), 359—370.
- 5) 疋田豊治, 1956: 北海道における鯉の解剖と発生について. 北海道水産孵化場報告, (11), 65—95.
- 6) IWAI, T., 1963: Sensory cupulae found in newly hatched larvae of *Blennioides yatabei* JORDAN et SNYDER. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29(6), 503—506.
- 7) IWAI, T., 1963: Development of lateral line cupulae in the gobioid fish, *Tridentiger trignocephalus* (GILL). Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., (4), 1—20.
- 8) IWAI, T., 1964: Development of cupulae in free neuromasts of the Japanese medaka, *Oryzias latipes* (TEMMINCK et SCHLEGEL). Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., (5), 31—37.
- 9) 森慶一郎, 上柳昭治, 西川康夫, 1971: キハダの人工ふ化・飼育における仔魚の形態変化. 遠洋水研研報, (5), 219—232.
- 10) DISLER, N. N. and S. A. SMIRNOV, 1977: Sensory organs of the lateral line canal system in two pericids and their importance in behavior. J. Fish. Res. Board Can., 34, 1492—1503.
- 11) 岸上鎌吉, 1915: タイ類の発生及成長. 水産学会報, 1(3), 185—199.
- 12) 山下金義, 1963: マダイ養殖の基礎的研究 I. 稚仔の行動について. 水産増殖, 11(4), 189—210.
- 13) 勝木保次, 1951: 魚類の側線系からみた聴覚機構. 科学, 21, 306—309.
- 14) IWAI, T., 1968: Structure and development of lateral line cupulae in teleost larvae. In "Lateral line detectors" (ed. P. H. CAHN), 27—44. Indiana Univ. Press.
- 15) 岩井保, 1972: 仔魚の摂食について. うみ, 10(2), 71—82.
- 16) DIJKGAFF, S., 1934: Untersuchungen über die Funktion der Seiten-Organ an Fischen. Z. Vergl. Physioll., 20, 162—214.
- 17) 羽生功, 1977: 側線器官. 魚類生理 (川本信之編), 519—534. 恒星社厚生閣.

Table 3. Development of lateral line organs, formation of other organs and changes in the mode of life in the early life history of *Chrysophrys major*.

Days after hatching	Stage	Lateral line organs	Other organs and mode of life
0-2	Prelarva	Differentiation of neuromasts from placode and formation of cupulae	Existence of yolk and oil globule. Repeated vertical movement "sinking and floating"
20-22	Postlarva	Remarkable increase of neuromasts and cupulae, indicating the position of lateral line	Remarkable changes in morphological and ecological aspects (metamorphosis)
50-60	Juvenile	Formation of lateral line canal and completion of lateral line organs	Attainment of numbers of spines and soft rays to characteristic to the species and gradually behave as the adult fish

と移行する時期である。

このようにマダイの場合、ふ化後約2ヶ月で側線器官がほぼ完成し、それに伴って遊泳、索餌、攻撃、逃避などの行動も次第に成魚型へ移行するが、この過程において、ふ化後3～4日目には、開口、正位姿勢での遊泳に先立って、上眼窩部位へ1対の感丘・頂体が発現し (Fig. 5-3)、ふ化後12～13日、尾鰭形成以前に、その位置に新たな感丘が形成され (Fig. 5-4)、ふ化後25～30日には側線鱗の形成に先行して、軀幹部の感丘が必要数 (将来の側線鱗数分) 準備されている (Fig. 5-7)。つまり、眼、鰭、鱗、歯牙など、新たな器官形成に先行して、常にそこには新たな感丘が形成されていて、次に起る現象、例えば鰭の発生、鱗の形成などを示唆している点は興味深い。

## 摘 要

マダイの稚仔魚期における、側線器官の形成・発達と生態変化との関係を明らかにするために、人工授精を起点とするマダイ稚仔魚を飼育観察し、次の結果を得た。

1 ふ化後間もないマダイ仔魚の体側に形成される側線器は、感丘の巾30～50 $\mu\text{m}$ 、高さ20～30 $\mu\text{m}$ 。頂体の巾15～20 $\mu\text{m}$ 、長さ90～100 $\mu\text{m}$ で、その基本形態は、これまでに報告されたシマハゼ、ギンアナゴ、スズキの類などの場合と特に変わらない。

2 マダイ仔魚の軀幹部に形成される感丘・頂体の数は、8個から13個の範囲にわたり、平均形成数は、10.4個である。また、その分布様式は、左右必ずしも“対”をなさず、8種の型に類型することが可能であり、計数形質と似た側面が伺われる。

3 ふ化後1日目から、正位姿勢での遊泳を始めるまでの前期仔魚期に見られる沈降↔復帰の反復運動 (仔魚の生残に重要な働きをしていると思われる) にとって、この時期に形成されている側線器の関与が無視出来ないものと考えられた。

4 成長に伴う、側線器官の形成・発達と、行動 (生態) 変化との側面からみると、仔魚期から稚魚期への移行は、次に示す3回の転機を経て完成するに至る。①placode からの感丘分化と頂体