

マダイ仔魚の鰾の分化

山下 金 義

Differentiation of the Swimbladder Structure in Larvae of the Red Seabream *Pagrus major*

Kaneyoshi Yamashita

(Received June 23, 1981)

Differentiation of the swimbladder was not observed in larvae 24 hours after hatching (TL 2.88~3.06 mm). It was first observed as a germinal swimbladder already protruding upward from the esophageal dorsal wall 48 hours after hatching (TL 2.93~3.30 mm). By 60 hours (TL 3.10~3.40 mm) the swimbladder had a hollow portion inside and its epithelium was thin (6~8 μm) on the dorsal side and thick (10~13 μm) on the ventral side. By 66 hours (TL 3.09~3.50 mm) the swimbladder cavity became larger and longer, and surrounding mesenchymal tissues became evident. In 3 days, the swimbladder cavity became markedly dilated assuming an oval shape with its major axis coinciding with the body axis. In 5 to 6 days (TL 3.30~3.67 mm) gas glands and rete mirabile were formed. In 8 to 9 days (TL 3.60~4.41 mm) blood corpuscles were seen for the first time, in the rete mirabile, and larvae (TL 4.01~4.18 mm) bearing gas in their swimbladder were observed. The pneumatic duct was present between the posterior end of the swimbladder and the esophageal dorsal wall. In 10 to 12 days (TL 3.85~4.72 mm) larvae with a closed or separated esophageal opening of the pneumatic duct and various stages of regression of the duct were seen. In 19 to 22 days (TL 7.8~10.0 mm) the duct had already become rudimentary, attaching to the posterior end of the swimbladder. The gas glands formed complicated folds, occupying the anterior half of the swimbladder.

(Nagasaki Prefectural Institute of Fisheries, Matsugae-cho, Nagasaki 850, Japan)

筆者は、1963年マダイ *Pagrus major* (Temminick et Sohlegel) 仔魚の行動分化との関連において、さらに、1966年鰾の異常膨満現象の原因究明に当り、それぞれ鰾の分化について観察し、その概要を主題に併記して報告した。その後、1968~1973年にわたり観音崎水産生物研究所および長崎県水産試験場増養殖研究所において新たな材料を用いて随時観察を続け、さらに若干の知見を得た。本報は、今回の知見に前2報(山下, 1963, 1966)の知見を加えて、マダイ仔魚の鰾の発達としてとりまとめた。

材料および方法

供試魚 養殖親魚の自然産卵によって得たふ化仔魚をシオミズツボワムシ、天然産コペポダ類およびアルテミア幼生を与えて飼育し、ふ化後1日から22日までの間に、それぞれ健全と見られる飼育魚を経時的に採取して供試した。

実験方法 供試魚の一部はMS 222で麻酔して生体時の鰾について観察し、他は中性ホルマリン・アルコール液で固定後、常法によりパラフィン連続切片標本を作りヘマトキシリン・エオジン染色およびアザン染色を施して組織学的ならびに解剖学的に鰾の形態分化について観察した。なお、飼育に当っては室内8トンコンクリート水槽を用い、径2cmのエアーストーン6個で通気し、ふ化後5日目までは止水、それ以後は流水飼育とした。

結 果

ふ化後24時間(TL 2.88~3.06 mm)。生体および切片標本観察で鰾原基を認めることができなかった。

ふ化後48時間(TL 2.93~3.30 mm)。すでに鰾原基は胃(前駆体)のやや前方の消化管背壁から斜め上方へ膨出した小嚢として見出された。しかし、中空部は認められなかった。鰾原基の上皮細胞は消化管上皮に比べて背

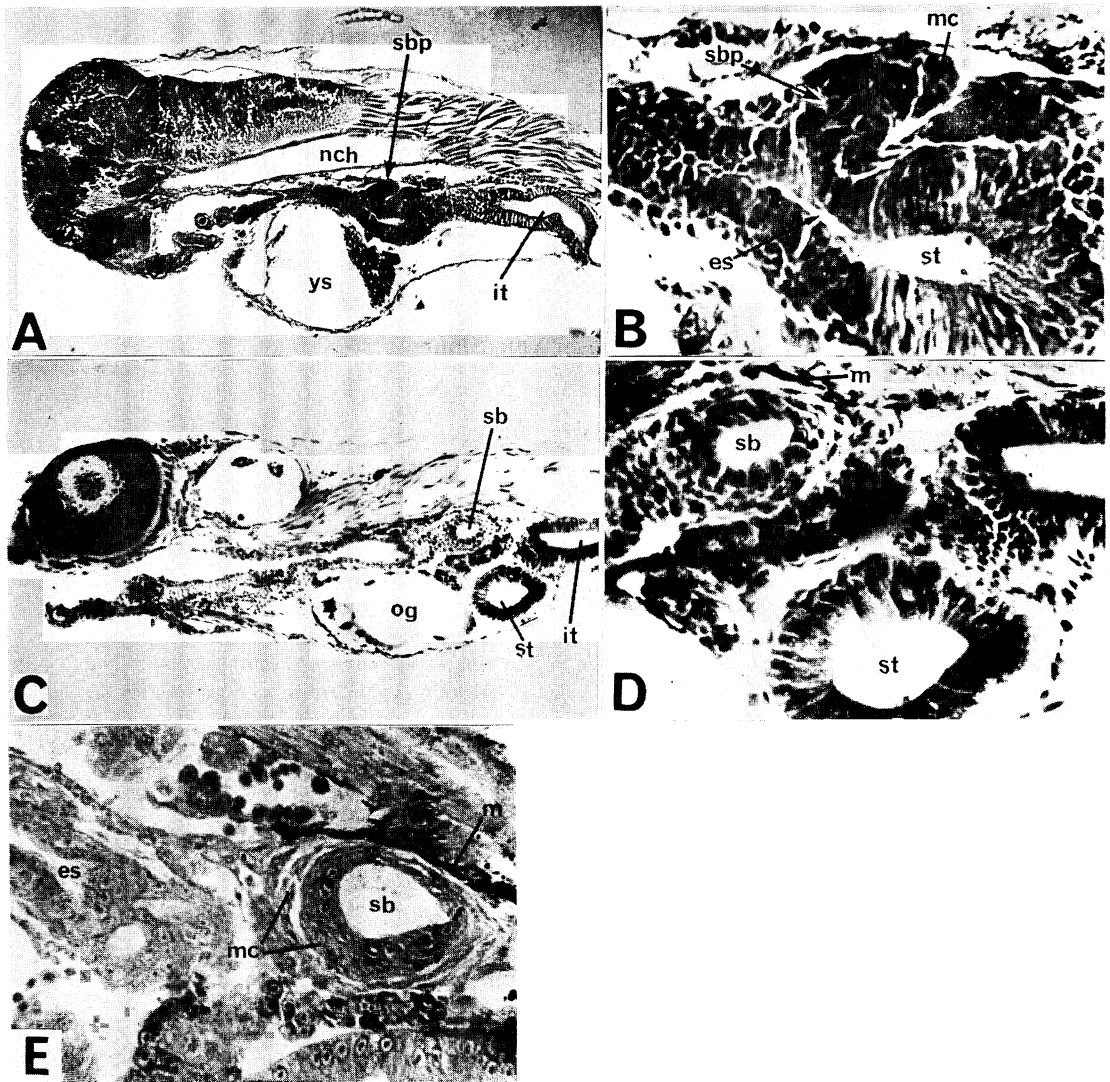


Fig. 1. Longitudinal sections of the swimbladder in larval red seabream *Pagrus major*. A: 48 hrs after hatching. it, intestine; nch, notochord; sbp, swimbladder pouch; ys, yolk sac. $\times 100$. B: Enlargement of rudiment of swimbladder in A. es, esophagus; mc, mesenchyme; st, stomach. $\times 400$. C: 60 hrs after hatching. og, oil globule; sb, swimbladder. $\times 100$. D: Enlargement of swimbladder in C. m, melanophore. $\times 400$. E: 66 hrs after hatching. $\times 400$.

丈がやや低い(9 μm 前後)ことを除けば、両者は形態的に目立った差異は認め難い。鰾原基の周縁には一群の膀胱細胞集団が見出された。この集団は不定形の細胞が密に層積して鰾原基をとりまくように介在するもので幼弱な間葉系の細胞群と思われる (Fig. 1A, B)。

ふ化後 60 時間 (TL 3.10~3.40 mm)。鰾は明瞭に認められるようになる。腔径の測定例では 12 μm 内外であった。鰾上皮は単列する立方状の細胞からなり、エオジンに淡染する原形質のほぼ中央に輪郭の不鮮明な大型核

を認める。鰾上皮の厚みは鰾背側部で 6~8 μm 、腹側部で 10~13 μm を示し、背側と腹側とで上皮の厚みに差が認められた。一方、鰾周囲の間葉組織間隙はふ化後 48 時間に比べて余程疎になり、立方状を呈する細胞が 2~3 層に鰾をとりまく層状の配列を示す。また、これらの細胞のうち鰾背側部においてはすでに細胞の扁平化が現われ、鰾をとりまく細胞集団は明らかに間充織からなる鰾膜としての形状を整える。鰾背面においては黒色素胞の存在が明らかとなる (Fig. 1C, D)。

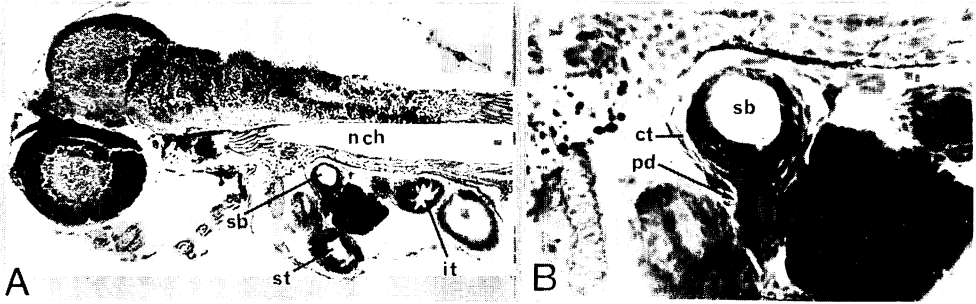


Fig. 2. Longitudinal section of swimbladder in larval *Pagrus major*. A: 3 days after hatching. $\times 90$. B: Enlargement of swimbladder in A. ct, connective tissue; pd, pneumatic duct (other abbreviations as in Fig. 1). $\times 350$.

ふ化後 66 時間 (TL 3.09~3.50 mm). 鰾腔はふ化後 60 時間に比べてさらに長大となる。鰾上皮は背側において扁平化が進み、腹側ではかえって厚みを増し両者の厚みの差は明瞭となる。アザン染色標本によれば、上皮は境界の極めて鮮明な立方状の細胞からなり、そのほぼ中央には核小体の明瞭な円形核を認める。鰾をとりまく組織は明らかに細胞形状の異なる 2 つの集団として観察された。その 1 つは鰾周縁沿いに介在するもので、鰾の腹側では不定形の細胞が密に層積して 1 群の組織塊として認められるが、背方にゆくにつれて層は薄くなり、背側では膜状を呈する。いま 1 つは上記組織のさらに外縁をとりまくもので、これを構成する細胞は細長い紡錘形を呈し互いに連なって鰾の周囲に層状分布する。鰾外膜を形成する結合組織である。鰾背方の黒色素胞は鰾の背側全面を広くおおい一段と明瞭となる (Fig. 1E)。

ふ化後 3 日~4 日 (TL 3.11~3.56 mm). 鰾腔は一層拡張して体軸方向がやや長径となる楕円形を呈し胃のやや前方背面に位置する。鰾腔は単室で隔壁やくびれはない。鰾背側上皮の扁平化はさらに進み腹側上皮との厚みの差は一層明瞭になる。腹側上皮は全体としてエオジンに好染し核は基底部に並ぶ。また、上皮の所々にはエオジンに染まらない明るい部分が認められるようになる。一方、鰾底のほぼ中央より下方に直走する気管が切片標本で明瞭に認められた (Fig. 2A, B)。同時に、生体圧偏標本でも確認された (Fig. 3C)。

ふ化後 5 日~6 日 (TL 3.30~3.67 mm). 鰾腔の拡張は著しく、切片標本の測定例によれば、長径 (頭尾径) は $84 \mu\text{m}$ 内外で、ふ化後 3 日に比べてほぼ 3 倍となる。鰾背側上皮は極く少数の核を認める程度の膜状となる。腹側および左右両側の上皮は厚み $3.0\sim 7.2 \mu\text{m}$ で背側より余程厚いが、ふ化後 3 日 ($14 \mu\text{m}$ 内外) に比べると薄く、鰾壁は全体としてかなり扁平したことを示している。ま

た、鰾の形状にも著しい変化がみられ、ふ化後 3 日のそれと比較して判断すると、このときの鰾は気管開口部を支点に前方にほぼ 90° 屈折した状態とみなされ、ちょうど、ふ化後 3 日の鰾背側部がふ化後 6 日には鰾前部に転位した状態となっている (Fig. 3D)。

このような鰾腔の顕著な拡大にもかかわらず、鰾内にガスを保有する魚はまだ認められない。ところが、これに関連して注意されたことは、ふ化後 6 日の切片標本の中で、鰾内に珪藻 (*Navicula* sp.) および正体不明の異物が見出されたことである。この場合、上皮からはエオジンに染まった粘液様物質の分泌像が認められた。しかし、軽度ではあるが、異物を認めない標本でも分泌像は観察された。

一方、鰾の下方には前後に走る 2 つの細長い索状構造物が見出された。1 つは食道背面付近から鰾外膜層を経て鰾後端部に達し、いま 1 つは鰾後端部付近から鰾底沿いに前方に走るもので、いずれもそれを構成する細胞の性状とその配列状態が酷似しているところから両者は同一構造物で、ガス腺に分布する血管叢原基とみなされる (Fig. 3B)。鰾腹側上皮は層積状となって厚みを増し、その表面には軽い凹凸が生じる。また、上皮全域にわたり多数の空胞が見出され中には 2 つの空胞が互いに融合して長大となり腔状を呈するものもある (Fig. 3D, E)。鰾底下方を前後に走る 2 つの索状組織はいくつかの小管腔を有する血管叢として認められ、2 つの血管叢は鰾後端部において互いに接続しているのが確認されその断面から少なくとも 6 本の小管腔が見出された。奇網血管 (rete mirabile) である (Fig. 4A)。このように、ガス腺と奇網の形成状態から判断すると、この頃、ガス腺の定型がほぼ確立するものと思われる。だが奇網血管内には血球はまだ見出されない。

気管は鰾後端部から後方へ軽い彎曲を示しながら胃や

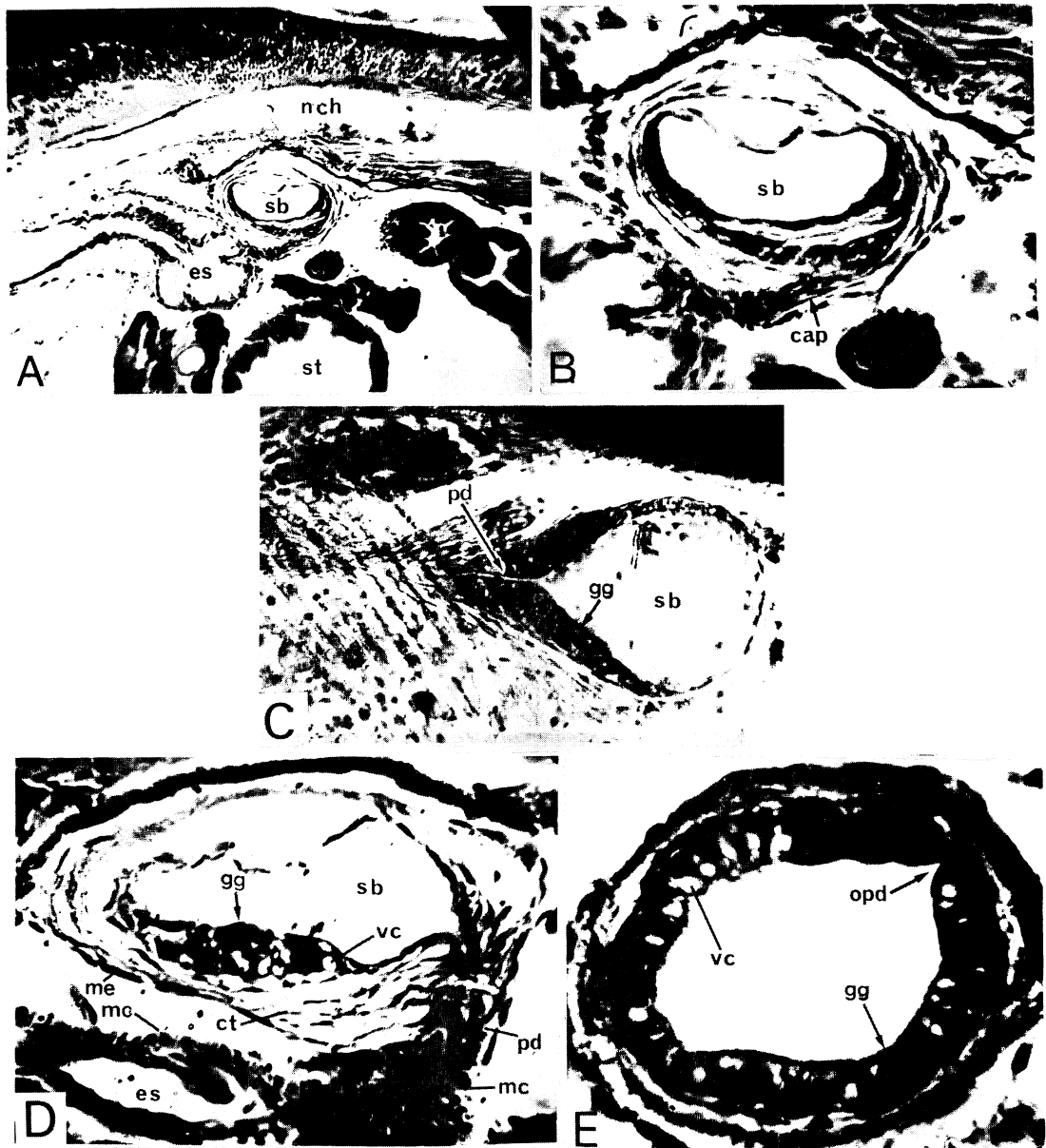


Fig. 3. Photomicrographs showing the swimbladder of larval *Pagrus major*. A: Longitudinal section of the swimbladder 5 days after hatching. $\times 100$. B: Enlargement of the swimbladder in A. cap, capillaries. $\times 400$. C: Stretching of the swimbladder 4 days after hatching. gg, gas gland. $\times 100$. D: Longitudinal section of the swimbladder 6 days after hatching. mc, muscular coat; me, mesenchyme; vc, vacuole. $\times 400$. E: Horizontal-longitudinal section of the swimbladder 6 days after hatching. opd, opening of pneumatic duct (other abbreviations as in Figs. 1 and 2).

や前方の噴門部背壁に開口する (Figs. 3D, 4B). 気管の周囲には核の明瞭な細長い紡錘状の結合繊細胞が同心円状に分布し、それぞれの細胞の先端からは膜構造の結合

繊が連なって鰾を重層状にとりまき外膜層を形成する。これに対し、消化管側の開口部縁辺においては結合繊にかわって、密に層積した筋組織が出現する。これらの筋

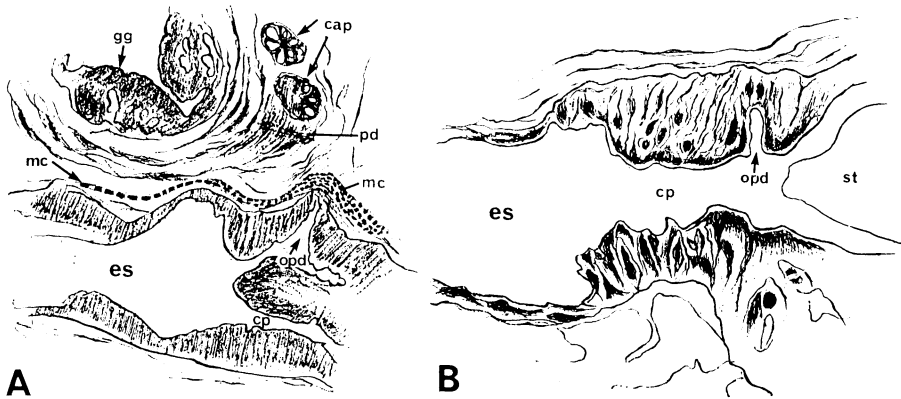


Fig. 4. Diagrammatic drawing showing the pneumatic duct opening of the cardiac portion 6 days after hatching, illustrated through a longitudinal section. A: Drawing shows muscular coat around the opening of the pneumatic duct. cap, capillaries of the rete mirabile; cp, cardiac portion; mc, muscular coat. $\times 200$. B: Drawing shows opening of the pneumatic duct in the cardiac portion. $\times 400$.

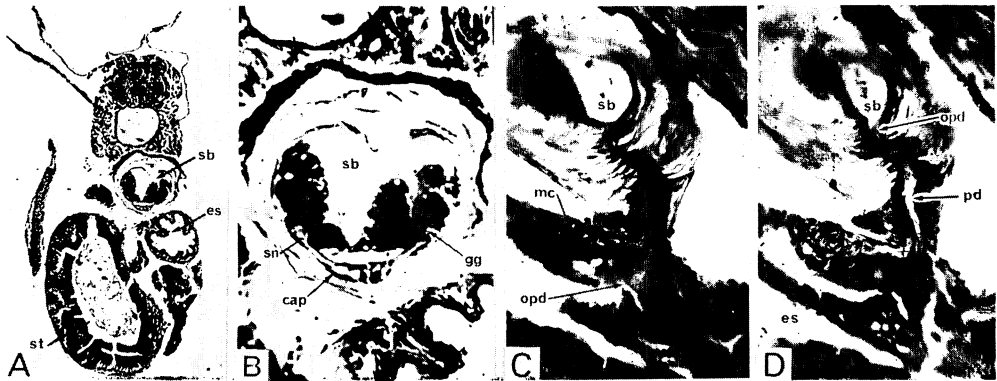


Fig. 5. Photomicrographs showing the swimbladder and pneumatic duct of larval *Pagrus major* 9 days after hatching. A: Cross section through the trunk. $\times 95$. B: Enlargement of the swimbladder in A. sn, sinus. $\times 400$. C: Longitudinal section of the pneumatic duct (opening of pneumatic duct in esophagus side). $\times 250$. D: Longitudinal section of the pneumatic duct (opening of pneumatic duct in swimbladder). Abbreviations as in Figs. 1~3.

組織は食道の外表面に分布する筋肉層(輪走筋)と組織的な連絡を認めた。すなわち、食道外表面で単層配列を示す輪走筋層は噴門部に至って2~3層の層状配列となり開口部周縁では重層する(Fig. 4A)。

ふ化後8日~9日(TL 3.60~4.41 mm)。ガス腺は著しく肥厚し、その表面の凹凸は一層顕著になり局部的に深い褶曲を形成する。鰾底沿いに分布する奇網血管はふ化後6日に比べてかなり増生し鰾後端部の奇網の剖面では9本内外の血管腔が見出された。これらの毛細血管叢は鰾底に接して前方へ走り、それぞれ分岐してガス腺の腔所に連結しているのが観察された。そして、このとき初めて奇網血管内に少数ではあったが血球を認めた。さらに、ふ化後9日に至って、初めて鰾内にガスを保有する

魚が出現した(Fig. 5A, B)。

本研究では、鰾内ガスの有無についての検査方法はもっぱらカバーグラスによる生体圧偏による。その結果、ふ化後8日以前はガス保有魚は全く出現せず、ふ化後9日に至って、検査魚10尾(平均全長3.75 mm)中2尾(全長4.01, 4.18 mm)にガスの保有を認めた。一方、気管はまだ明瞭に開存を認める。気管の走行状態はふ化後6日と比較して目立つ差異は認められないが、鰾側の気管開口部位が多少鰾後端の一方に片寄っているように観察されたが、これは鰾の変位と奇網血管の増生によるものと思われる(Fig. 5C, D)。

ふ化後10日~12日(TL 3.85~4.72 mm)。ガス保有鰾の拡張程度は個体差があるが、概して顕著である。その

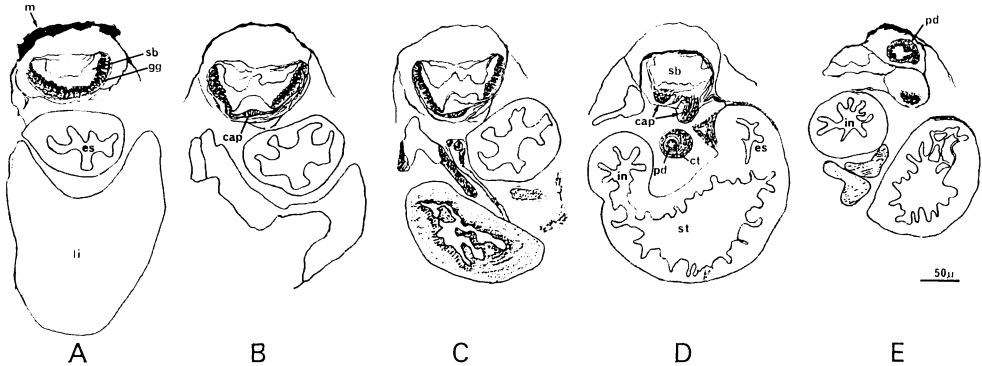


Fig. 6. Diagrammatic drawings showing serial cross sections of the swimbladder in larval *Pagrus major* 10 days after hatching. A: Anterior part of the swimbladder. li, liver. B, C: Middle part. D, E: Posterior parts. Abbreviations as in Figs. 1~3.

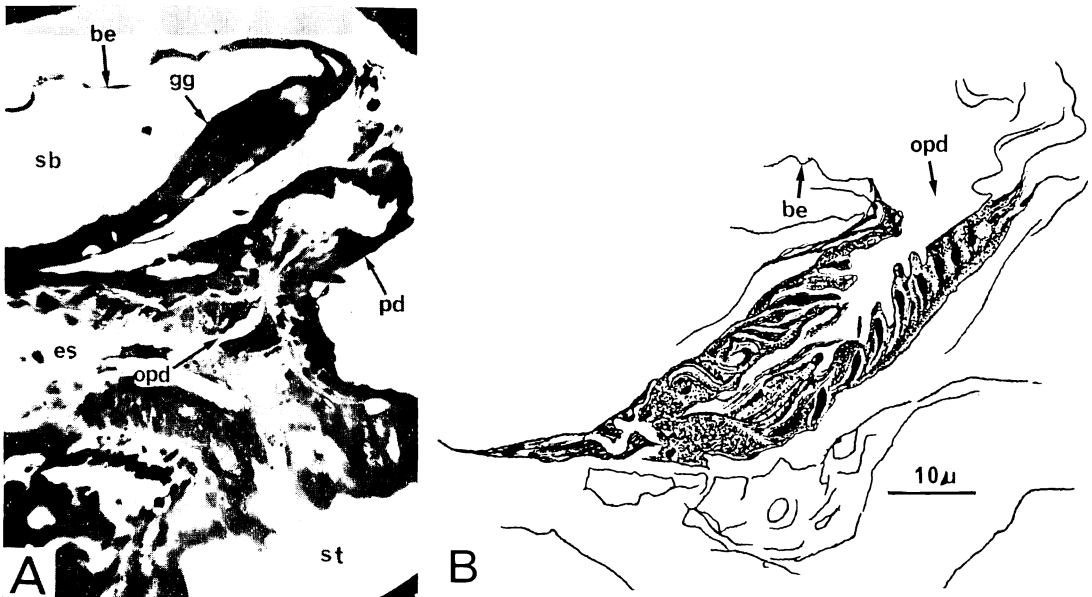


Fig. 7. Longitudinal sections of the pneumatic duct of larval *Pagrus major* 10 days after hatching. A: Swimbladder and closed pneumatic duct. $\times 400$. B: Enlargement of separated pneumatic duct 12 days after hatching. be, bladder epithlium (other abbreviations as in Fig. 1~3).

ために、ガス腺は伸張して凹凸や褶曲を失ない、エオジンに好染した柱状の上皮細胞が鰾前部と左右両側部に単列する極めて単純な配列を示す (Fig. 6A~E).

一方、ガス保有魚の出現頻度はふ化後8日は、0%、9日は20%であったのが(前述)、ふ化後10日には50%となり、さらに、12日には75%に達しガス保有魚数は経日的に増加した。

気管については、ふ化後10日から11日にかけて、消化管開口部の管腔がすでに閉鎖している個体 (Fig. 7A) や噴門部背壁から分離直前とみられる個体など気管退行

の種々の段階が認められた。さらに、ふ化後12日(平均全長4.50mm)の個体では気管が噴門部背壁から完全に分離退行した像が見出された。このとき、開口部の気管上皮は細胞相互の境界が不明瞭となり、その細胞質は比較的強くエオジンに染まり中にヘマトキシリンに濃染した核と染色不鮮明な小顆粒が見出され、明らかに退行変性の徴候がみられた (Fig. 7B)。

ふ化後19日~22日 (TL 7.8~10.0mm)、すでに気管は退行して痕跡的となり鰾後端部に付帯している。ガス腺は極めて複雑な褶曲を形成して鰾のほぼ前半部を占

める。ガス腺は一見多層状に認められるが、核の配列からみると、単列した背の高い柱状上皮が複雑に迂曲して皺襞を形成しているのが判る。奇網は豊富な毛細管を有し1つの束となって鰾前部のガス腺内腔（血液洞 sinuses）に達する（Fig. 8A～F）。ふ化後 22 日では、ガス腺の血液洞内には多量の血球を認めた。しかし、ガス腺の形態については観察例が少ないことと個体によって差異がみられたので、この頃の定型像は明らかでない（Fig. 9A, B）。

考 察

鰾原基の形成 無管鰾魚類 physoclisty の鰾の発生については、すでに多くの魚種で研究がなされている。例えば、コイ科の *Rhodeus amarus* では卵黄保有期（4～5 mm）に鰾原基は腸背面部から分枝し（Moser, 1904）、シクリッド科の *Hemichromis bimaculata* ではふ化後 57 時間に食道背面部より膨出する（McEwen, 1940）。また、トゲウオ類の *Stichling* (*Gasterosteus aculeatus*) やメダカ類の *Zahnkarpfen* (*Girardinus gupii*) ではふ化時点ですでに気管は開存し（Ledebur and Wunder, 1938）、ガス腺と奇網が形成されている（Jacobs, 1938）。インダイ *Oplegnathus fasciatus* では、鰾原基はふ化後 3 日（全長 2.8 mm）に食道末端の背面が膨隆して形成される（福所, 1979）。このように、鰾は比較的早期に発生することが知られている。

マダイについては、最近では隆島ほか（1980）、山根ほか（1980a, b）、および田中・北島（1980）の研究があるが、いずれもふ化後 1 日～2 日に食道背面壁の一部が膨出して形成されるのを観察しており、本研究とほぼ一致した結果となっている。このことから、マダイの鰾原基はふ化後 1 日から 2 日の間に胃（前駆体）のやや前方の消化管背壁の一部が上方へ膨出して形成されるとしてまず間違いのないものと思われる。

ガス線の形成 McEwen（1940）によれば、シクリッド科の *Hemichromis bimaculata* ではふ化後 4 日の後期には鰾上皮に空胞化が起りふ化後 5 日にはこれが上皮全域におよび間もなく鰾腔はガスによって拡張するという。Doroshev and Cornacchia（1979）は striped bass (*Morone saxatilis*) の鰾の組織学的研究において、拡張前のふ化後日の鰾上皮は背側では立方状であるが、腹側では腸上皮の分泌細胞に似た高度に分化した腺状上皮（glandular epithelium）を観察している。

マダイについては、本研究では、ふ化後 60 時間には鰾の背腹上皮に厚みの差が起り、ふ化後 3 日には腹側上皮に空胞化の徴候を認めた。さらにふ化後 6 日以後にお

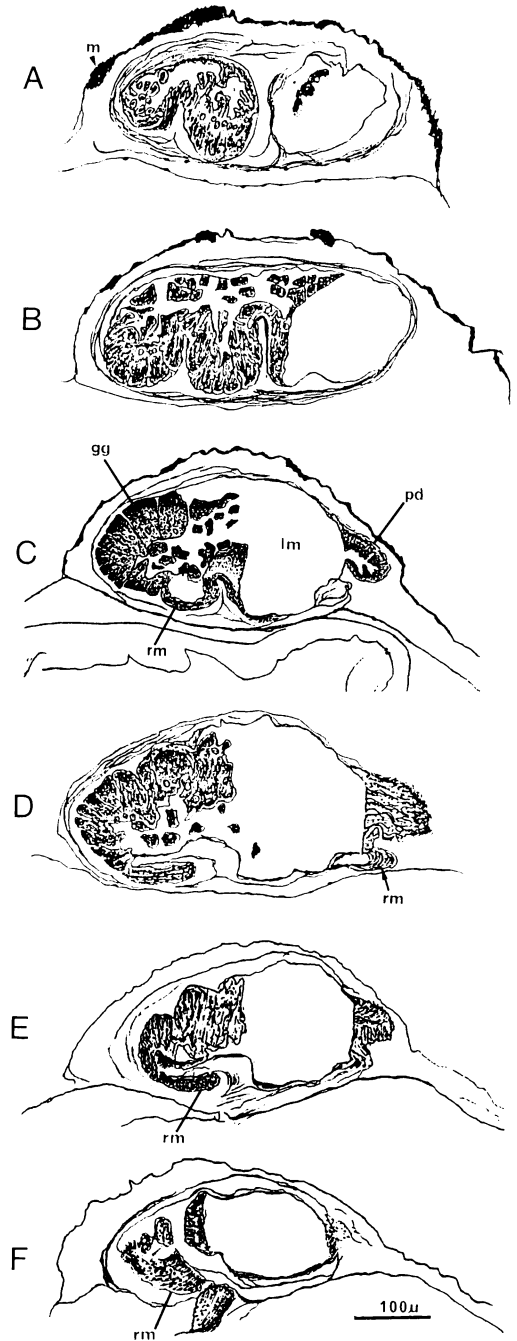


Fig. 8. Diagrammatic drawings showing serial longitudinal sections of the swimbladder in larval *Pagrus major* 19 days after hatching. lm, swimbladder lumen; rm, rete mirabile (other abbreviations as in Figs. 1～3).

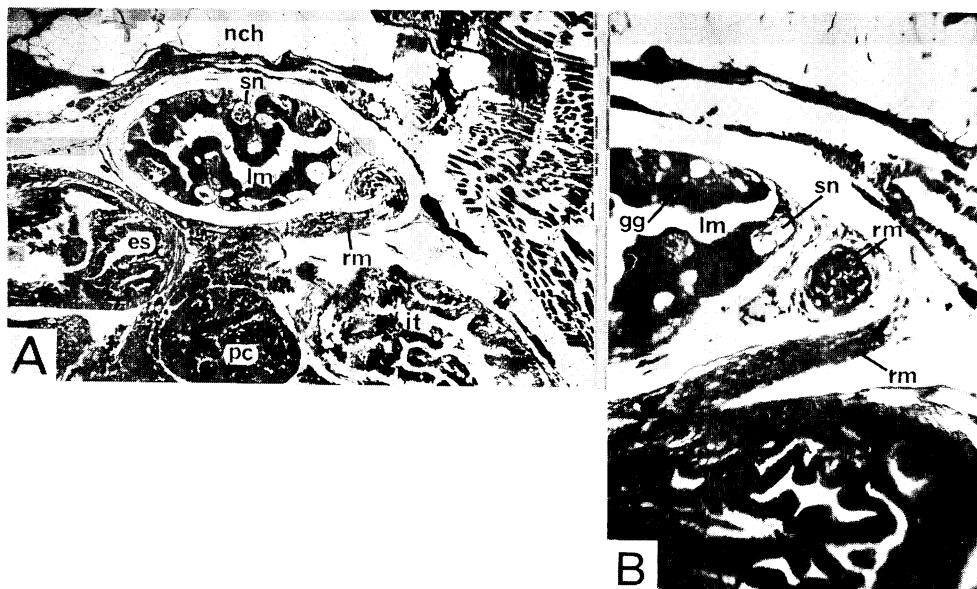


Fig. 9. Photomicrographs showing the swimbladder in larval *Pagrus major* 22 days after hatching. A: Longitudinal section of swimbladder. lm, swimbladder lumen; rm, rete mirabile; sn, sinus. $\times 100$. B: Enlargement of the rete mirabile. $\times 600$.

いては上皮面に凹凸と褶曲が現われ空胞は増生して長大となった。このようなガス腺の分化の過程における上皮細胞の一連の変化については、隆島ほか (1980)、山根ほか (1980a) も、多少の時間的な差はあるが一様に認めている。とくに鰾上皮の空胞については隆島ほか (1980) のいう液胞は本研究の空胞と同一のものと思われる。また、鰾上皮の空胞は他魚種にも見出されている。McEwen (1940) によれば、*H. bimaculata* ではふ化後 96 時間の鰾上皮に空胞化が起ることを観察している。また、尾崎 (1977) によれば、Jacobs (1938) はパーチ *Perca fluviatilis* で、Woodland (1911) はタラ科の *Gadus pollachius* で、それぞれガス腺上皮に空胞を観察している。このことから、鰾上皮の空胞化はマダイに限らず無管鰾魚類のガス腺分化の過程における特徴的な現象と考えられる。本研究では、空胞は相互に融合してガス腺内の所々に腔所が形成され (Fig. 3D, E)、ふ化後 8 日～9 日には奇網の分枝血管と連絡し、中に血球が見出された (Figs. 5B, 6B)。この腔所は Doroshev and Cornacchia (1979) が striped bass で観察した血液洞と同一のものと思われる。だとすれば、鰾上皮の空胞化はガス腺の血液洞形成前駆現象とみなされる。

鰾内ガスの由来 ガス保有魚の出現時期について各研究者の観察結果をみると、本研究ではふ化後 9 日に初めて認め、隆島ほか (1980) の観察と一致しているが、山

根ほか (1980a) はすでにふ化後 4 日に認めている。また、伊勢田ほか (1979) は水温 $18\sim 19^{\circ}\text{C}$ で飼育した場合はふ化後 8 日であったが、 $21\sim 23^{\circ}\text{C}$ ではふ化後 4 日にガス保有魚が出現したと報じ、飼育条件 (主に水温) によりガス保有時期に差が生じることを示唆した。

鰾内ガスの由来については、すでに多くの魚種で研究がなされており、その多くは水面より空気の呑みこみによって鰾の拡張をはかることが知られている。また、Nash et al. (1977) はボラ科の *Mugil cephalus* の仔魚の飼育に当って、通気を増大することにより飼育水の流動や適度の機械的刺激を与えることによって鰾の正常な形成に役立つと報じ、Doroshev and Cornacchia (1979) は striped bass の飼育に当って、初期鰾の拡張様式と気管の役割はなお不明なところが多いとしながらも、強い通気下の飼育条件は鰾の正常な拡張を助長する主なる要因となると述べている。

マダイについては、伊勢田ほか (1979)、隆島ほか (1980)、山根ほか (1980b)、田中・北島 (1980) および北島ほか (1980) は、それぞれの手法で人為的に大気を遮断して飼育試験を行い、いずれも初期の鰾内ガス補給は水面より空気の呑み込みによるという一致した結果を得ている。

一方、天然域におけるマダイ仔魚の鰾の開閉機構についてはあまり知られていないが、天然海域のマダイ仔魚の分布生態について、田中 (1980) の報告によれば、3 mm

台の後期仔魚は産卵およびふ化水深を反映して中層と底層にはほぼ均等に分布する傾向がみられ、その間に日周期的な垂直移動をするという。この報告から判断すると、天然域における開腔期をひかえた仔魚は垂直移動時に大気との接触が示唆されるが、大気と遭遇する機会を失って開腔を果せない仔魚もかなりあることも考えられる。尾崎 (1977) は多くの魚種は空気の呑みこみによる鰾の開腔を肯定しながらも、水面から遠ざけられた仔魚はどのような手段でガスの補給を行うか不明であるとし、水面よりの経口的なガスの補給による鰾開腔が只一の方法でないことを示唆している。

これに関連して、本研究で注意したことは、ふ化後 60 時間から鰾腔の拡張は徐々に進み、ふ化後 3 日と 6 日は急激であるが、いずれも鰾内にはガスは存在していない。要するに、ガス保有以前の鰾腔はどのような機構で拡張するかということである。このことについて山下 (1966) は海水のみこみによるのではないかと推論した。その後、隆島ほか (1980) は山下 (1966) とほぼ同時期 (ふ化後 5 日~7 日) に鰾内に海水様の液体の存在を認め、この液体は海水であろうとしている。この現象が正常か否かの判断は今後の研究を待たねばならないが、ふ化後 3 日~4 日のマダイ仔魚 (TL 3.07~3.45 mm) は摂餌を開始する時期であり、その直前に正常の生理として海水を呑む可能性がある (山下, 1972)。そのさい、呑み込んだ海水の一部は気管を介して鰾内に取り込まれることも考えられる。さらに、この時期の仔魚はそれまでの浮遊姿勢から正常遊泳に移る。鰾の拡張が浮遊から遊泳への移行期と一致していることも興味深いことである。

さて、ふ化後 60 時間頃からの鰾腔の徐々になる拡散については、たとえその拡張が液体の貯溜によるとしてもこの頃の気管は開腔していないので経口的な補給の可能性はない。あるいは、鰾上皮細胞からの滲出液によることも考えられる。

気管の機能と退化 本研究で気管の開存を認めたのはふ化後 3 日であったが、それ以前は特に詳細な観察をしていないのでその間の消息は明らかでない。しかし、隆島ほか (1980)、田中・北島 (1980) ともふ化後 2 日から 3 日に気管は開存すると報じていることから、おそらくそれ以前はまだ気管は組織的に不明瞭で機能していないものと思われる。一方、気管の退化時期については、隆島ほか (1980)、山根ほか (1980a)、および田中・北島 (1980) の観察と同様ふ化後 10 日~12 日に認められ、しかも、気管の閉塞と分離は鰾内にガスの存在を認めた直後に起っている点でも一致している。

本研究で消化管開口部周縁に食道の筋層と連続する重

積状の筋層を観察したが (Fig. 4A)、尾崎 (1974) によれば、Bridge (1891) はナギナタナマズ科の *Notopterus borneensis* の気管食道端に強い括約機構があるのを見ていいる。Guyenot (1909) はコイ科の魚で同じ部位に環状および縦方向の有紋筋層があって食道の筋層と連続しているのを観察している。また、Evan et al. (1929) はウグイの消化管開口部にそれを囲む括約筋をみており、さらに、Kuiper (1915) と Franz (1937) は気管括約筋に迷走神経の分枝と内臓神経が分布していることを報じている。本研究では神経の分布については観察を欠いたので明らかでないが、マダイの開口部の筋層にもこの種の神経支配を受けていることが考えられる。彼らは開口部周縁の括約筋の機能について特にふれていないが、このような自律神経系の支配下にある事実を照合すると、気管開口部の管腔を開閉する調節機構 (消化管のぜん動、分節運動の特化したもの) の存在が予測される。マダイにおいてもこのような機構があり、気管を通じて鰾腔に入る海水またはガス量を調節しているのではあるまいか。さらに、気管の閉塞および開口部の退化にさいしても鰾腔と気管の拡張 (ガスまたは液体いずれの場合でも) が 1 つの刺激となって開口部周縁の筋層に収縮が起り開口部は閉鎖し、ひき続いて気管上皮の退行変性が起って開口部が分離するのではあるまいか。いずれにしても、自律神経系の支配下にあると思われる開口部周縁の筋層は気管開口部の管腔の開閉と分離機構に関与していることが考えられる。

謝 辞

本稿をまとめるに当り、ご校閲をいただいた東京水産大学教授尾崎久雄博士に厚く御礼申し上げ、本研究の発表の機会を与えられた長崎県水産試験場長藤田矢郎博士に謝意を表す。また、鰾の発生に関する数々の貴重な文献を御志贈くださった Universität Hamburg Zoologisches Institut の Dr. Johannes Nendel および University of Notre Dame の Dr. Kenneth R. Olson に心から御礼申し上げる。

引用文献

- Doroshev, S. I. and J. W. Cornacchia. 1979. Initial swimbladder inflation in the larvae of *Tilapia mosambica* and *Morone saxatilis*. *Aquaculture*, 16: 57~66, figs. 1~8.
- 福所邦彦. 1979. イシダイの種苗生産に関する基礎的研究. 長崎県水産試験場論文集 6, 173 pp., p. 44~50.
- 伊勢田引志・石原 勝・隅田征三郎・尾脇満雄・田畑重行. 1979. マダイ人工種苗の奇形防除対策研究一

- II. 熊本県水産試験場報告, (1): 9~7, figs. 1~5.
- Jacobs, W. 1938. Untersuchungen zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. IV. Die erste Gasfüllung der Schwimmblase bei Jungen Seepferdchen. Z. Vergl. Physiol., 25: 379~388, figs. 1~5.
- 北島 力・塚原康生・増村和彦・藤田矢郎・渡辺 武米 康夫. 1980. マダイ仔魚の空気呑み込みと鰾の開腔について. 昭和 55 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 243.
- Ledebur, J. v. and W. Wunder. 1938. Beiträge zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. IV. Beobachtungen an Stichlingen, die ihre Schwimmblase nicht mit Gas füllen konnten. Z. Vergl. Physiol., 25: 149~155, figs. 1~3.
- McEwen, R. S. 1940. The early development of the swim bladder and certain parts in *Hemichromis bimaculata*. J. Morphol., 67 (1): 1~57, figs. 1~40.
- Moser, F. 1904. Beiträge zur Vergleichenden Entwicklungsgeschicht der Schwimmblase. Arch. Mikr. Anat., 63: 532~574, figs. 1~28.
- Nash, C. E. C-M. Kuo, W. D. Madden and C. L. Paulsen. 1977. Swim bladder inflation and survival of *Mugil cephalus* to 50 days. Aquaculture, 12: 89~94, figs. 1~3.
- 尾崎久雄. 1974. 魚類生理学講座(5) 鰾の生理. 緑書房, 東京, 188 pp., 24 figs.
- 隆島史夫・荒井泰晴・野村 稔. 1980. 人工採苗マダイの鰾形成異常について. J. Tokyo Univ. Fish., 67 (1): 67~73, figs. 1~13.
- 田中 克. 1980. 平戸志々伎湾におけるマダイ幼稚仔の移入過程と海水交換について. 沿岸海洋研究ノート, 17 (2): 118~130.
- 田中 克. 北島 力. 1980. マダイ仔魚の鰾気管の開閉に関する組織学的観察. 昭和年 55 度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 244.
- 山根伸一・成原淳一・石橋 制・岩田一夫. 1980a. マダイ仔魚の鰾の分化について. 昭和 55 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 240.
- 山根伸一・成原淳一・古土井成徳・立中義徳. 1980b. マダイ仔魚の最初の鰾内ガスの由来について. 昭和 55 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p. 241.
- 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, figs. 1~43.
- 山下金義. 1966. マダイ養殖の基礎的研究—IV. 稚仔の疾病について (2) 鰾の異常膨満. 日本水産学会誌, 32 (2): 1006~1014, figs. 1~13.
- 山下金義. 1972. マダイ養殖の基礎的研究—V. 開口について. 水産増殖, 19 (2): 55~59, figs. 1~11.

(850 長崎市松ヶ枝町 7-29 長崎県水産試験場)