

マダイ稚仔魚の形態学的研究—Ⅳ.

幼期の外部形態と成長

福 原 修

Morphological Studies of Larva of Red Sea Bream-IV.

Morphological Development and Early Growth

Osamu FUKUHARA

Morphological development and early growth of larval red sea bream, *Pagrus major*, are described from a series of specimens reared under laboratory conditions. Morphological features during larvae to juveniles were illustrated. Transit from larva to juvenile was occurred on larva attaining about 8.0mm in standard length. Pronounced difference was not observed for the transit phase between the wild and reared specimens.

The relationship between standard length and total length for larval and juvenile stages is described by the equation $SL=0.726TL+0.827$ ($r=0.997$, $n=1076$). Growth equation of larvae and juveniles during 40 days after hatching is $Y=2.629 \times e^{0.0489x}$, where Y is total length in mm, and X is age in days after hatching.

A drastic changes were occurred on morphological characters, development in the external organs such as scales, fins and bands as well as behaviours in swimming and feeding when the larvae transformed from post-larvae to juvenile stage, about 8.0mm SL length.

The comprehensive changes of the development in the morphological and behavioural characters were interpreted as indicating the change their life pattern.

マダイ、*Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL) の幼期における形態を明らかにし、初期生活史の解明や人工種苗の増養殖への利用に際して必要な生物学的基礎知見を得ることを目的として、これまでに鱭、鱗および斑紋の発生と発達について観察してきた(福原1976a, b, 1978)。そして外部諸器官と稚仔魚の行動は、相互に関連しながら発達していることを明らかにし、これらの外的変化や行動の発達をもつ生態学的意味についても若干の知見と考察を加えてきた(FUKUHARA 1977, 福原・岸田1980)。

本種の形態については、卵・仔魚期を中心に古くから多くの研究がある(岸上1916, 神谷1922, 梶山・西岡1930, 庄島1958, 水戸1963, 福原1969, 古賀1973)。これらのうち卵内発生以外につ

いては、種々の条件上連続採取した標本でないため不明な点も少なくない。特に稚魚期、幼魚期についての知見は乏しい。

本報では幼期の外部形態および室内飼育による幼期の成長と各発育段階、特に稚魚移行期における形態変化と内部および外部諸器官の発達との関連について報告する。

材 料 と 方 法

形態観察に供した標本は、1981年と1982年に室内で飼育して得たものである。飼育方法と条件については、福原(1974)とほぼ同じである。標本の固定には、標準体長(以下体長という)約10mmまでは5%, それ以上は10%のホルマリン溶液を使用した。ホルマリン固定による収縮は本記載では考慮していない。観察、記録には描画装置付実体顕微鏡および光学顕微鏡をそれぞれ用いた。また必要に応じて Arizarin Red-S による染色を行った。

成長および計測学的観察に供した標本は、1980~1983年の5月から7月にかけて17°~26℃の水温範囲で500ℓおよび1,000ℓ水槽を用いて飼育した。飼育方法および標本の測定は前報(福原1974, 1976 a)に準じた。

結 果

外部形態の変化

卵期、仔魚期についてはすでに多くの報告があるのでここではその詳述はさげ、若干の知見の追加にとどめる。

卵期; 卵は油球1個を有する球形で卵径は、0.66~1.03mmの範囲(N=4986, 自然産出卵)にある。卵内発生は、水戸(1963), 福原(1969), 古賀(1973), 水享協(1974)に詳しい。ふ化適性水温、塩分は比較的広い(APOSTOLOPOULOS 1976)。

ふ化仔魚; ふ化直後の大きさは、全長 2.01 ± 0.06 mm, 体長 1.93 ± 0.06 mm(生時測定, n=55)。油球1個を後端に有する卵黄をもち、口は開いていない。水温20℃前後ではふ化後2日目に開口し、3日目に卵黄が吸収される(福原1974)。

後期仔魚期—幼魚期; 形態変化のうち既報で鱭、鱗および斑紋の形成について述べたのでここではその他の形質を中心に発育に伴う外部形態の変化を記載する。Fig. 1 に示したそれぞれの発育期は次のように特徴づけられる。

A, 仔魚膜外縁は背鱭、臀鱭付近で隆起し、尾柄部でその幅は狭くなる。肛門直前の仔魚膜は残存している。胸鱭は基部が大きく円形状を呈する。背、臀鱭に基底が出現し鱭条原基が数本認められる。尾鱭にはすでに軟条が出現し、分節している。脊索末端部は上屈、突出している。黒色素胞は、頭頂部、腹部部、体側背、腹両側に散在する。鼻孔は1対形成され、両顎はほぼ眼球前端部に達し小歯が認められる。

B, 各鱭は形成されつつあり、鱭条は末だ定数に達していない。不對鱭は尾柄前方でお互いに

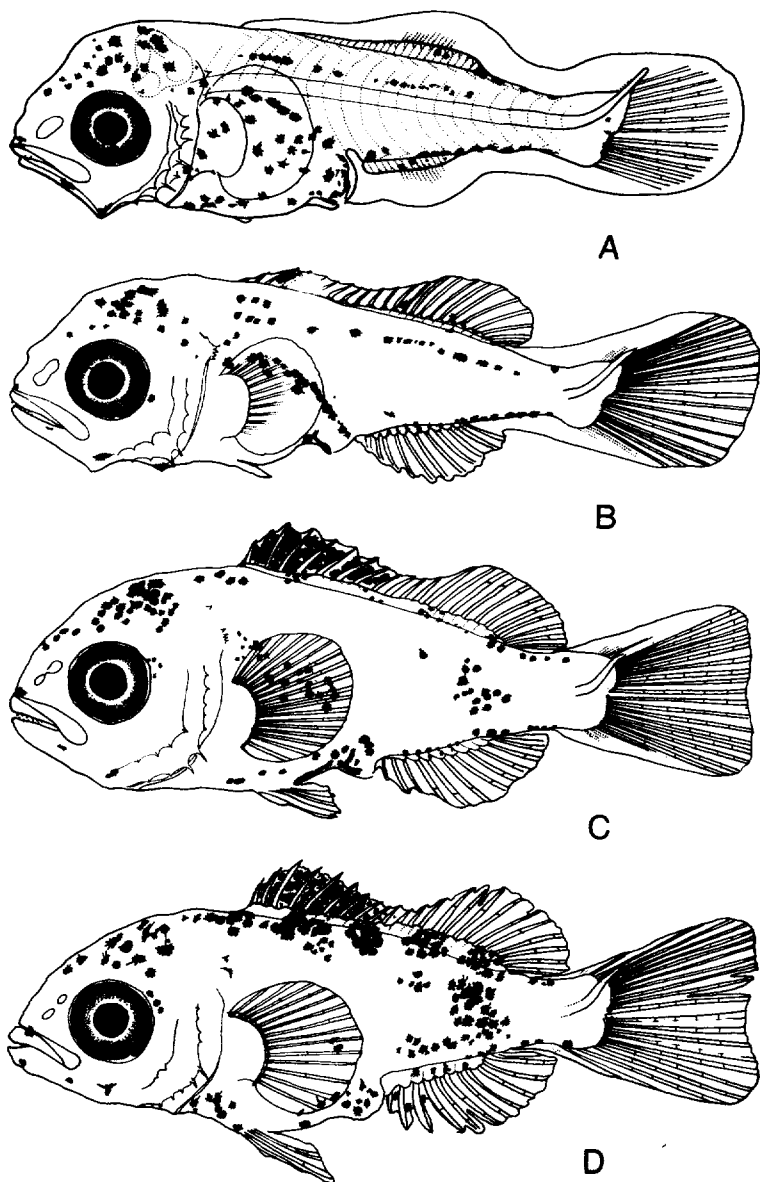


Fig. 1-1 *Pagrus major*. A, B, larval stage; A, base of the dorsal and anal fins are present, fan-shaped pectoral fin without ray and the caudal fin with rays are seen, length 5.6 mm SL, 6.5 mm TL; B, fin rays are found in the unpaired fins and pectoral fin, length 6.5 mm SL, 7.4 mm TL; C, D, juvenile stage; C, all fins formed, melanophores concentrate at spinous portion of the dorsal fin and cephalic area, caudal margin truncated, length, 7.6 mm SL, 9.2 mm TL; D, melanophores increase in dorsal surface and vertical of the dorsal and anal fins end, length 8.3 mm SL, 10.2 mm TL.

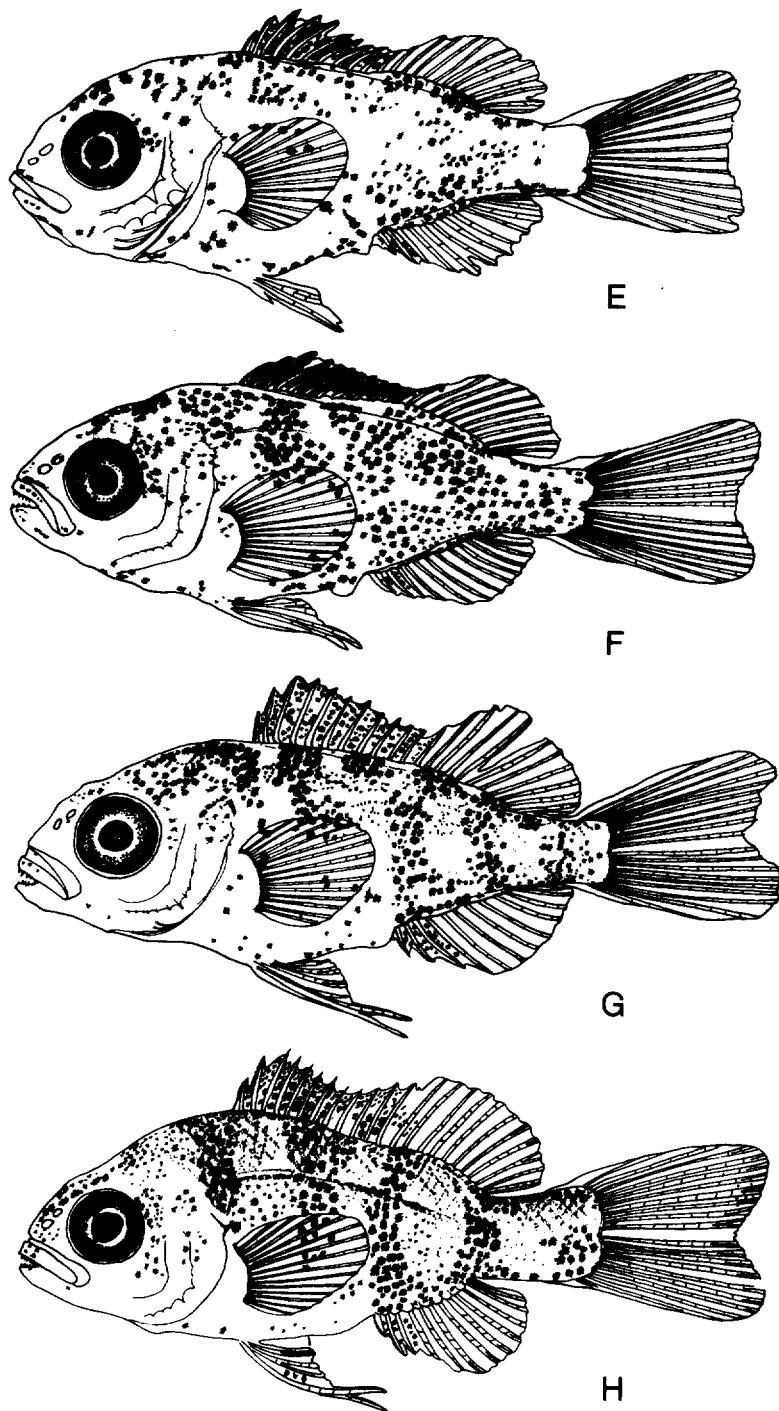


Fig. 1-2 (continued) *Pagrus major*. Melanophores increase in lateral surface of body as they grow (E-H), caudal margin emarginated (E, F) and furcated, outer soft-ray of the pelvic fin elongate (G, H); E, 8.9 mm SL, 11.0 mm TL; F, 10.2 mm SL, 13.3 mm TL; G, 11.8mm SL, 14.8 mm TL; H, 14.1 mm SL, 18.1 mm TL.

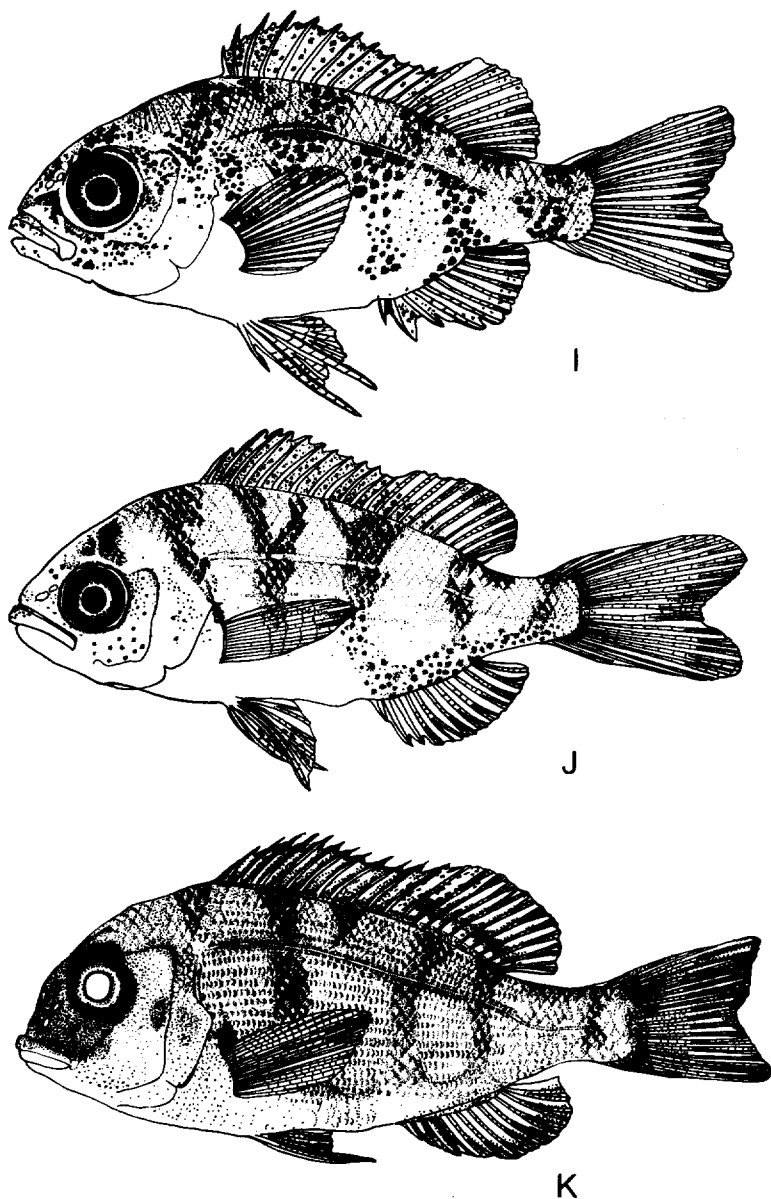


Fig. 1-3 (continued) *Pagrus major*. Five stripes are distinguished and lateral line are clear (I-K). Relative body lengths are adult form. I, 19.1 mm SL, 23.0 mm TL; J, 30.8 mm SL, 37.8 mm TL; K, 46.1 mm SL, 58.3 mm TL.

連続している。肛門直前の仔魚膜は消失し、腹鰭が出現する。黒色々素の発達は前期と大きな変化はないが、背鰭々条膜部の前方（第3，4棘条付近）の色素が目立つ。鼻孔は瓢形を呈する。

C, 各鰭の鱗条は完成し、稚魚期に入る。尾鰭外縁は截形になる。黒色々素は、頭頂部、腹部、尾柄前方の背鰭、臀鰭後端を結ぶ線上付近に多く分布する。また前期に出現した背鰭棘条部の色素は更にその範囲と密度を増す。

D, 各鱗の分節は更に進む, 胸鱗の縁部は肛門部よりやや短い。脊索末端は, 未だわずかに突出している。黒色素胞は, 尾柄前方に出現したものがその数を増し帯状になると共に背側に新たに4群が認められる。臀鱗棘部, 尾鱗基部に数胞の色素が出現する。鼻孔は2対になる。

E, 尾鱗外縁は彎入形を呈する。前期に出現した体側上の黒色々素は, その範囲を中心部へと拡げ, 臀鱗基底周辺で多い。

F, 各鱗軟条はすべて分節している。腹鱗の最外軟条は他よりやや長くなる。黒色々素は数を増し, 不明瞭であるが横帯を形成しつつある。軀幹前方で側線が認められる。

G, 腹鱗の最外軟条の伸長が目立つ。また, その軟条の1部は分枝している。体側の横帯は前期より明瞭となり, その形成位置は庄島(1958), 福原(1978)と同様である。

H, 胸鱗を除く各鱗の軟条は分枝している。黒色々素は, 吻部, 鰓蓋上および各鱗軟条膜にも増えてくる。側線は更に形成が進むと共に体側, 背側の鱗には色素胞の沈着がみられる。

I, 体形は成魚に似てくる。鰓蓋骨の棘は退化してくる。黒色々素胞は更に発達し, 腹部を除く体表全面に及ぶ。特に頭部は急に発達してくる。

J, 胸鱗の軟条も分枝している。腹鱗の最外軟条の突出は前期ほど著しくない。体表の黒色々素胞は発達し, 横帯は前期より不明瞭になる。

K, 体の形は成魚とほとんど変わらず, 側線も完成する。体側の黒色々素胞は更に発達し, 各鱗々膜部にも多く分布する。横帯は更に不明瞭になるが, 胸鱗基部下端の色素胞群は特徴的である。

以上の各発育期を形態的に発育段階として区分した場合, 後期仔魚期(**B**)から稚魚期(**C**)への変化が幼期の形態変化の中で最も著しい。この時期に連続した仔魚膜が各鱗に分化し, 量的にも質的にも大きく変化し, 魚としての基本体形を整えてくる。更に, 成魚としての体形が整ってくる**J**あるいは**K**期への変化もまた新しい発育段階としてとらえることができる。

成長および比成長

室内飼育して得た全長30mmまでの標本について全長と体長および前肛門長(吻端部から肛門開口部)の関係を Fig. 2 に示した。本種の全長と体長の関係については森(1980)が全長12mmまでの天然標本について $TL = 1.225 SL - 0.939$ なる関係式を得ている。

Fig. 3 に1980年から83年にかけて水温17°~26°Cで500~1,000ℓ水槽を使用して飼育した稚仔魚のふ化当日から40日目までの成長を指数曲線にあてはめ示した。 $Y = 2.629 \times e^{0.0489 \cdot X}$ から猪子(1982)に従がい日成長率(rb)を求めると, $e^{0.0489} - 1 = 0.050$ となり約5%ずつ1日に成長することになる。

発育過程における体の比成長の変化は, 形態的生態的にも著しく変化する時期としばしば時を同じくする。本種についてはすでに上顎長比に関して代田(1978)が, 体高比に関して KOHNO *et al.* (1983) がそれぞれ報告している。それによると上顎比曲線は全長7~8mmの間に明瞭な屈折点があり, 稚魚への移行期に相当している。また, 体高・脊索長比は脊索長6.50mm以後は比較的一定した値を示し, 遊泳様式が変化する時期と一致するという。本報では, 前肛門長(頭部, 軀幹部)と尾部の比率の変化を内部器官と遊泳器官の機能的発達の質的变化の指標としてとらえ観察した(Fig. 4)。ふ化仔魚の前肛門長は全長の50%以上, すなわち肛門部は中央よりやや後

マダイ幼期の形態と初期成長

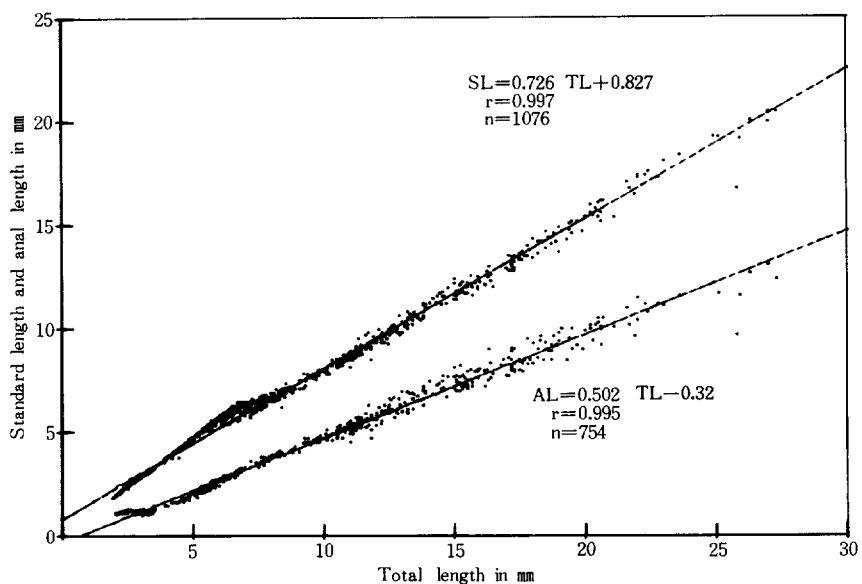


Fig. 2 Standard length and anal length measured from the tip of snout to the anus plotted against total length in larval and juvenile *Pagrus major* reared in the laboratory.

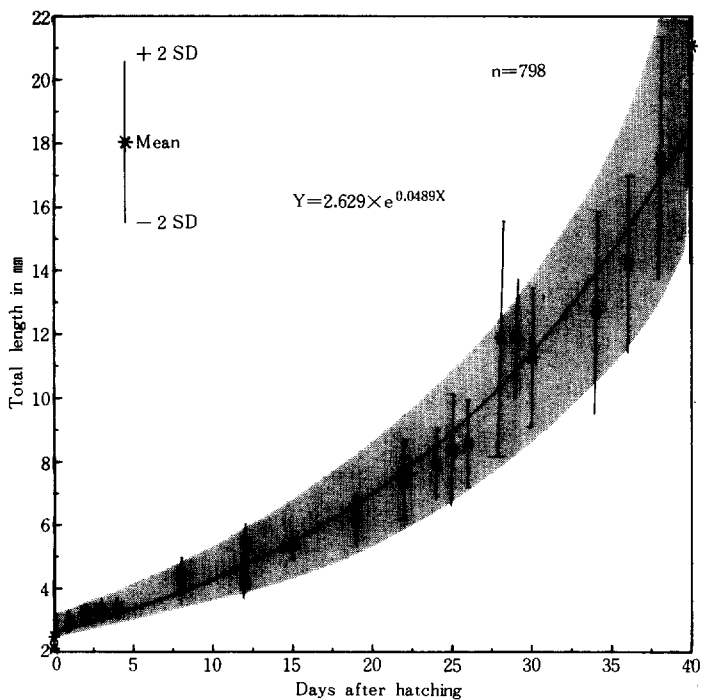


Fig. 3 Growth in length of *Pagrus major* reared in the tanks capaciting 500l and 1m³ under laboratory conditions. Ambient water temperature ranged from 17° to 24°C. Shadow area was drawn freehand.

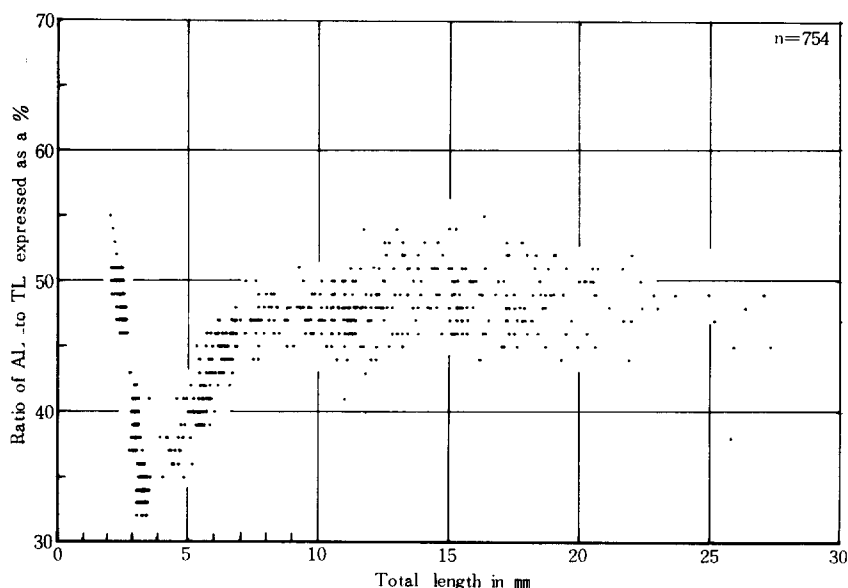


Fig. 4 Percent anal length to total length plotted against total length in larval and juvenile *Pagrus major*. Remarkable decline is seen until yolk absorption, then the ratio increase with larval growth until fish attains about 8.0 mm, commencing morphological transit from larva to juvenile.

方に位置するが、卵黄、油球の吸収に伴い全長約3.5mmまで急激に低下する。そして外部から栄養を摂取する様になると再び増加し、全長8.0mm前後までこの傾向が続き、それ以後は50%前後で一定した値を示している。

考 察

ふ化仔魚が稚魚に達する大きさは、発育段階の区分や各発育段階における生物学的特性を知る上で重要である。また、初期生活史の中で卵黄吸収期のつぎに起る生理的変換期として生態的にも重要な意味をもつ。

天然標本について庄島(1958)、水戸(1966)はそれぞれ全長9.2mm(付図72からの推定体長7.63mm)の稚魚個体を報告している。本報でも全長9.2mm、体長7.6mmの稚魚個体を観察しているので、天然魚、飼育魚いずれも稚魚への移行が全長約9mm、体長約8mmで起り时期的には大きな差はないと考えられる。また尾鰭の円形から截形への変化が起る時期は、稚魚に移行する時期と外部形質の中で最もよく符合しており指標的特徴といえる。更に、計測形質についても特に双方に大きな差異は認められていない(北島1978)。仔魚から稚魚への移行に伴う外部器官の発達と生活様式との関連についてはすでに若干の考察を行った(福原1976 a, b, 1978)。すなわち各鰭条形成で規定される仔魚から稚魚への発育段階の変化は、鰭の分化だけでなく鱗や斑紋の形成を伴っている。そして鰭、鱗および斑紋の機能的役割や飼育中の行動などから判断すると生活様

式もまた新しい段階を迎えていると思われる。

魚の成長過程で、体の部分比が変化する時期が鱗の出現時期、化骨期および生殖腺の成熟期に起り、生活様式にも変化が生じることが示唆されている（白石・内田1957, 徳田1979）。前述した様に上顎長の比成長を調べた代田（1978）は全長7～8mmの後期仔魚から稚魚への移行期に明瞭な屈折点があることを述べ、この時期が生態的にも大きな変化が起るのであろうと推測している。

今回観察した前肛門長の全長に対する比についてもその屈折点が明瞭に現われ、摂餌様式の変化、あるいは内部外部諸器官の発達と深く関連していることが推測される。栄養を主として卵黄に依存する期間及び生物餌料を摂食する期間は比成長の変動がきわめて大きい。このことは、この時期が白石・内田（1957）が鮭で観察した様に形態的、生理的に不安定であることを意味している。しかしながら、この時期を過ぎ飼育水槽内で死餌の給餌が可能になる全長8mm以後になると値は一定してくる。屋外の約10,000㎡の育成池での摂餌生態を観察した大野他（1983）によると稚魚移行後は摂取餌料の大きさや種類に変化が生じてくることから飼育条件下だけの現象ではなく、稚魚期への移行を境にマダイの摂餌様式が新しい段階に達したと理解される。更に内部器官についてみると、骨化は全長6.0mm頃始まり9.0mm前後には最後の椎体が形成され種としての定型を示すようになる（松岡1982）。また、消化系の発達を観察した田中（1971, 1975）によれば、後期仔魚期まで分化の著しかった消化系は稚魚への移行にともない幽門垂の分化で指標化されるように成魚の基本型をととのえるという。これらのことに前述した鱗、斑紋の形成が稚魚期移行後まもなく完了していることや同じ時期に遊泳機能が充実してくることを考えると前肛門長の全長に対する比がほぼ一定化する全長約8mm以後は単なる時期的一致ではなく既に論議した様に外部および内部形態が関連しながら総合的に変化し、環境適応性を形成しつつ生活様式の変化を可能にしていると考えられる。

終りにあたり本研究の実施に終始援助いただいた増殖部第2研究室、野上和彦室長に感謝いたします。また資料の統計処理については内海資源部、石岡清英技官および増殖部、梅沢敏技官に懇切なる指導をいただいたことを記して謝意を表す。

摘 要

室内飼育して得たマダイ標本を用いて後期仔魚から幼魚までの外部形態の変化を明らかにした。後期仔魚から稚魚への移行は体長約8.0mmまでにはほぼ完了する。また稚魚移行期の大きさについては天然魚とほぼ同じと考えられた。

ふ化仔魚から全長30mmまでの稚仔魚における全長（TL）、標準体長（SL）と前肛門長（AL）の関係は、それぞれ $SL=0.726TL+0.827$ ($r=0.997$)、 $AL=0.502TL-0.32$ ($r=0.995$) で示された。

水温17°～24℃で飼育した稚仔魚のふ化から40日間の成長曲線は $Y=2.629 \times e^{0.0489x}$ （Y；全長mm，X；ふ化後日数）で表わされ、日成長率は約5%であった。

全長に対する前肛門長比は全長8.0mm前後までは大きく変化し、それ以後は約50%で一定した

値を示した。この比成長の屈折点は、稚仔魚の生理的および形態的な発育段階の変化と符合するだけでなく、生活様式の移り変りをよく反映していると考えられる。

文 献

- APOSTOLOPOULOS, J. S. 1976: Combined effect of temperature and salinity of the hatching rate, hatching time and total body length of the newly hatched larvae of the Japanese red sea bream *Pagrus major*. *La mer*, 14(1), 23-30.
- 猪子嘉生1982: スズキ種苗生産における成長と生残の比較。昭和55年度栽培漁業技術開発事業、種苗量産技術開発事業報告書、広島県水産試験場、15—24.
- 神谷尚志1922: 瀬戸内海ニ於ケル浮性魚卵並ニ其稚仔、(ニ)たい科 Sparidae. 水講試報, 18 (3), 32—35.
- 梶山英二・西岡丑三1930: 鯛「ラーバ」飼育完成に就て。水産研究誌, 25 (2), 15—19.
- 岸上鎌吉1916: タヒ類の発生及成長。水産学会報, 3 (3), 185—199.
- 北島力1978: マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究。長崎水試論文集, (5), 92pp.
- 福原 修1969: マダイの卵発生と初期における形態の変化についての観察。水産増殖, 17 (2), 71—76.
- 福原 修1974: 初期の飢餓がマダイ仔魚の生残り、成長および発育に及ぼす影響について。本誌, (7), 19—29.
- 福原 修1976 a: マダイ稚仔魚の形態学的研究—I, 鱗の形成について。本誌, (9), 1—11.
- 福原 修1976 b: マダイ稚仔魚の形態学的研究—II, 初生鱗の発生と生長。本誌, (9), 13—18.
- FUKUHARA, O. 1977: Biological characters in early stages of some marine fishes on their seed production. UJNR Aquaculture Panel 7th Joint Meeting. 16pp.
- 福原 修1978: マダイ稚仔魚の形態学的研究—III, 斑紋の形成。本誌, (11), 1—8.
- 福原 修・岸田達1980: マダイ稚仔魚期における二、三の行動。本誌, (12), 9—20.
- 古賀文洋1973: マダイの卵発生について。福岡福岡水試研業報, 昭46, 217—224.
- KOHNO, H., Y. TAKI, Y. OGASAWARA, Y. SHIROJO, M. TAKETOMI and M. INOUE 1983: Development of swimming functions in larval *Pagrus major*. *Japan. J. Ichthyol.*, 30(1), 47—60.
- 水戸 敏1963: 日本近海に出現する浮游性魚卵—III. スズキ亜目。魚雑, 11 (1/2), 39—64.
- 水戸 敏1966: 日本海洋プランクトン図鑑, 第7巻魚卵稚魚。蒼洋社, 東京, 74pp.
- 松岡正信1982: マダイの脊柱と尾骨の発達。魚雑, 29 (3), 285—294.
- 森慶一郎1980: 油谷湾における浮遊期、底生生活初期のマダイの生態。西水研報, (54), 59—78.
- 大野 淳・日高俊次・武智昭彦1983: 粗放的育成池におけるマダイ仔稚魚の摂餌。協会研究資料 No.24, 日本栽培漁業協会, 38—55.
- 代田昭彦1978: 魚類稚仔期の口径に関する研究—III, 魚類の上顎比曲線と形態的・生態的变化。日水誌, 44 (11), 1179—1182.
- 白石芳一・内田 至1957: 鮭 *Oncorhynchus keta* (W.) 仔魚期の卵黄吸収に伴う諸形質の変化について。魚雑, 5 (3—6), 85—92.
- 庄島洋一1958: マダイ *Chrysophrys major* TEMMINCK et SCHLEGEL. 日本産魚類の稚魚期の研究, 第1集, 九大農学部水産学第二教室, 72.
- 日本水産写真資料協会1974: 日本の水産, 鯛186pp.
- 田中 克1971: 仔魚の消化系の構造と機能に関する研究—III, 後期仔魚の消化系の発達。魚雑, 18 (4), 164—174.
- 田中 克1975: I. 稚魚の消化系, 1. 消化器官。稚魚の摂餌と発育, 水産学シリーズ8, 日本水産学会編, 7—23.
- 徳田御稔1979: 進化学入門。紀伊国屋書店, 東京, 188pp.