

マアジの卵発生と初期発育

落合 明・睦谷一馬・榎田 晋

Development of Eggs, Larvae and Juveniles of Jack Mackerel, *Trachurus japonicus*

Akira Ochiai, Kazuma Mutsutani and Susumu Umeda

(Received September 10, 1981)

Morphological development of jack mackerel, *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel) is described from 196 specimens reared from eggs to juveniles in the laboratory at Tosa City, Japan. The egg is spherical in shape, and of moderate size, 0.87~0.90 mm in mode. It is characterized by a light brownish oil globule, 0.17~0.22 mm in diameter, and a narrow perivitelline space. During the late stages of embryonic development, the oil globule becomes situated rather close to the head, and on hatching is immediately under the forward part of the head. Hatching takes place about 40 hours after fertilization at water temperatures 20~22°C.

The newly hatched larvae are 2.3~2.5 mm in total length, with 18~21 (8~10+10+11) myomeres. The most characteristic feature of the larvae is the extension of the anterior end of the yolk sac beyond the anterior margin of the head. On the 4th day after hatching the body reaches approximately 3 mm in length, and the yolk material has been absorbed.

During the early postlarval stage, the caudal rays, the base of 2nd dorsal and anal fins begin to develop, the body attaining a length of about 6 mm. The preopercular spines appear for the first time in the 7th day when the larvae reach about 3.4 mm in length, and increase in size and number during larval development. During the late postlarval stage, the body is elongated to approximately 13 mm in length. The 1st dorsal and pelvic fins are becoming evident at the end of this stage, the 29th day after hatching.

Soon after reaching the early juvenile stage, the preopercular spines become less conspicuous and have almost disappeared at the end of this stage. Small scutes developed along the lateral line can be observed in individuals as small as 19 mm in length. Both the scutes and body scales are well developed in individuals longer than 26.5 mm in length. At the late juvenile stage, complete number of rays is present in the pectoral and caudal fins. The juveniles attain about 55 mm in length at the end of this stage, about 60 days after hatching.

(Department of Cultural Fisheries, Faculty of Agriculture, Kochi University, Nangoku 783, Japan)

神谷(1916)は館山湾湾口部から6月9日と7月8日に採捕したマアジの受精卵と前期仔魚と見なされるものにつき、初期発生と形態的特性を記述したが、その後この種の研究はイワシやサバ・ブリなどの沿岸性表層魚に比して著しく遅れている。その原因は、天然の産卵場が限られていて多数の完熟魚を得ることが容易でなかったためである。

内田ほか(1958)は初めて本種の後期仔魚や稚魚の形態の概要を明らかにしたが、天然からの採集資料に基づくため幼生全期にわたる十分な知見が得られていない。

著者らは1980年に養成マアジ *Trachurus japonicus* (Temminck et Schlegel)を親魚としてそれからの種苗生産に成功したので(落合ほか, 1980), 繼続的に発育の過程を観察することができた。ここでは、これらの資料によって卵から稚魚末期にいたるまでの発育の概要や発育段階区分とその生態的意義について考察したので、それらをとりまとめて報告する。

材料と方法

採卵用の親魚は、高知県幡多郡大月町古満目の日本裁

培養業協会古満目事業場で養成された満3歳魚25尾からなる。これら親魚を1980年4月18日15時30分から17時30分の間にオイゲノール5,000倍希釈液に入れて麻酔したのち、帝国臓器K.K.製ゴナドトロピンを0.6%・NaCl液に溶かし、1尾あたり200MUを体側筋に注射した。注射した供試魚をただちに陸上の10トン水槽に収容し、水温20~22°Cに保って産卵させた。受精卵は採卵ネットで回収し、ふ化水槽に移してふ化させ、その間の卵発生を観察した。

一方、満4歳の養成マアジ20尾から同様な方法で採卵し、1980年4月18日にふ化した約2万尾の仔魚を1トンのパンライト水槽で3日間飼育した。その後はクロレラ海水を入れた15トン水槽で46日間、4トン水槽の2面を使って7日間、さらに3.6m×3.6m×1.8mの海面イケスに移して長期にわたり養成した。この間の餌料はふ化後4日目からシオミズツボワムシ、19日目からシオダマリミジンコ、28日目からタマミジンコ、32日目からイワシシラス、46日目からアミ、54日目からマイワシとマサバのミンチとアミの混合物を与えた。なお、水槽および海面イケスでの飼育期間中（4月18日から6月17日）の水温は19~24°Cである。

形態の観察は前期仔魚期に3回、後期仔魚期に9回、稚魚期には9回にわたって1回につき数尾ずつ行ったので、使用尾数は前期仔魚で19尾、後期仔魚で42尾、稚魚で61尾の計122尾であった。なお、相対成長で参考のため使用した全長55~118mmの若魚は74尾である。全長を測定したのち10%ホルマリンで固定し、固定後に体各部を測定した。相対成長に基づいて成長屈折時の全長を求め、体の収縮率を勘案して生体時の全長に換算した。なお、鱗条や鱗および脊椎骨の数を算定するため、4%KOHで魚体を処理しアリザリンレッドSで染色した。

結果

卵発生 受精卵は球形で1個の白茶色の油球（径0.17~0.22mm）をそなえ、卵黄は透明でその表面は粗に亀裂する。受精後数時間経過したと思われる卵の径は0.75~0.95mmで、そのモードは0.87~0.90mmである。卵腔は狭い。4月20日4時20分に4細胞期にあることが認められた卵は5時0分に16細胞期、5時40分に64細胞期、9時15分に桑実期に達したのち、同日の13時40分には胚環、20時15分には眼胞および体節が形成された。4月21日18時20分には胚体が卵黄の周囲3/4を囲み、心臓が拍動しており、耳胞が形成された。同日20時0分にいっせいにふ化が始まっ

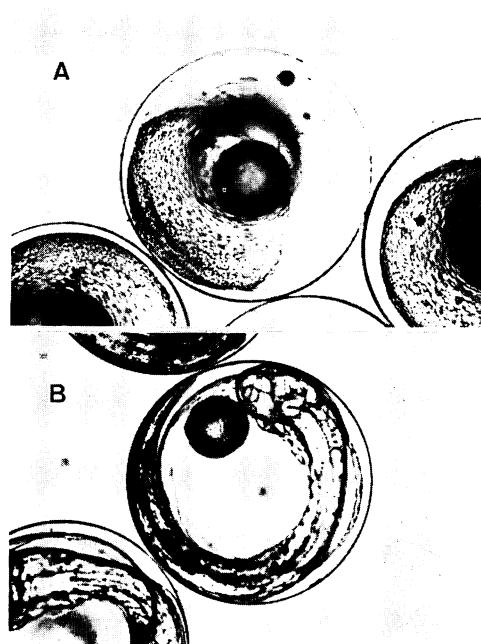


Fig. 1. Developing eggs of jack mackerel, *Trachurus japonicus*. A: Early embryonic period. B: Late period immediately before hatching.

た（Fig. 1）。

仔魚の形態 ふ化直後の仔魚は全長2.3~2.5mm（平均2.4mm）、ホルマリン固定でも2.3~2.5(2.4)mm（Fig. 2A）。卵黄は頭部の腹面にあって大きく、楕円体で長径0.97~1.06mm、短径0.45~0.58mm、その表面には不規則な泡状亀裂がある。卵黄の先端部に径0.22~0.27mmの油球1個がある。口や肛門は開口せず、腸は脊索の下をそれと平行して走ったのち、直角に曲って腹方に向かう。樹枝状の黒色素胞が体の背側正中線上に1列に排列する。黄色素胞は腸の末端部付近の体表や卵黄の腹面に散在する。筋節数は8~10+10~11=18~21。ふ化後2日目には全長2.7~2.8(2.7)mm、ホルマリン固定で2.7~2.8(2.7)mm。卵黄はやや縮小して径0.63~0.73mm×0.43~0.45mm、油球は径0.13~0.22mm。樹枝状黒色素胞は体の背側正中線に等間隔に排列するほか、黒色素胞が体側中央部、肛門付近、油球上に散在する。筋節数は10~11+10~11=20~22。

ふ化後3日目には全長2.7~3.1(2.9mm)、ホルマリン固定で2.6~2.9(2.8)mm。卵黄(0.47~0.53)×0.18~0.25mm)や油球(0.10~0.16mm)はさらに収縮してふ化直後の約1/2になる。眼は円形で径0.20~0.22mm、中心部を除いて前半部が薄く黒化する。肛門は体のほぼ中央部を開く。黒色素胞は増加して吻端にも出現する。筋節

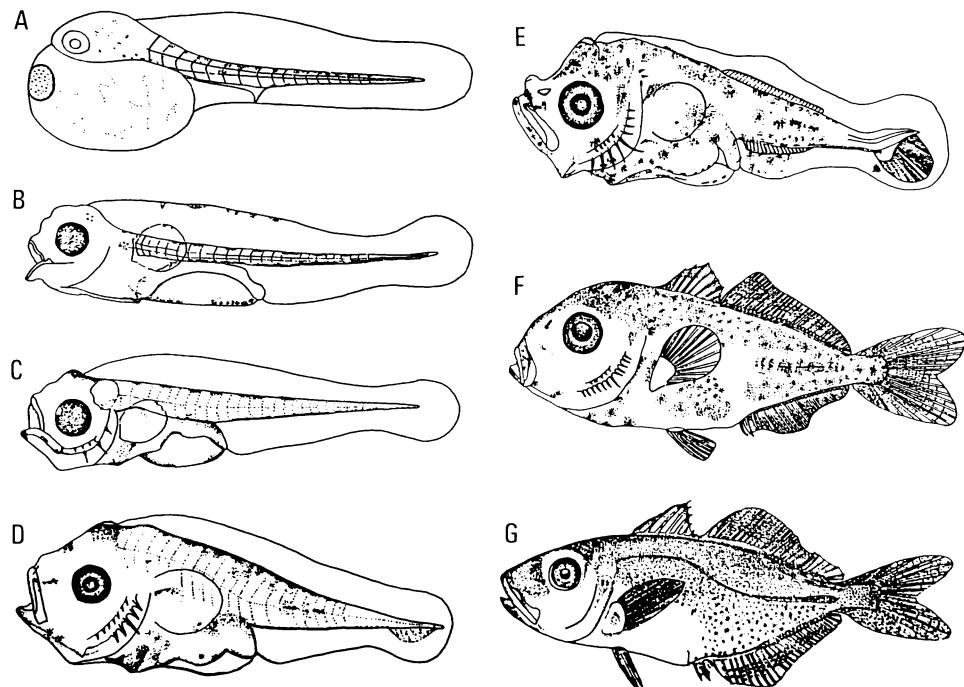


Fig. 2. Larval development of jack mackerel. A: Newly hatched, total length 2.4 mm. B: 5th day after hatching, 2.9 mm. C: 10th day, 3.7 mm. D: 15th day, 4.8 mm. E: 20th day, 5.4 mm. F: 30th day, 14.7 mm. G: 41st day, 26.0 mm.

数は $10+12+11+13=21\sim25$ 。ふ化後 5 日目には全長 $3.0\sim3.2$ (3.1) mm, ホルマリン固定で $2.8\sim3.0$ (2.9) mm。卵黄や油球は退縮して肉眼で認められない (Fig. 2B)。眼は完全に黒くなり、口は開いて斜位、下顎は上顎よりもやや長い、胸鰓はうちわ形、体の背側正中線上に等間隔に並ぶ樹枝状黒色素胞群は 7~8 個で大きい。筋節数は、 $12+12\sim13=24\sim25$ 。

ふ化後 7 日目では全長 $3.2\sim3.8$ (3.4) mm, ホルマリン固定で $3.0\sim3.4$ (3.2) mm。鰓が形成され、前鰓蓋骨に弱くて短い 2 本の棘が出現する。10 日目には全長 $3.7\sim4.5$ (4.1) mm, ホルマリン固定で $3.1\sim3.9$ (3.5) mm。上顎の先端近くに数本の小歯がある。後頭部の背側正中線上に小さな骨質隆起線がある。前鰓蓋骨棘は数をまして、内縁に 4 棘、外縁に $1+1$ (隅角部) $+1\sim4$ 棘となるが、とくに外縁の棘は長くて鋭い (Fig. 2C)。体の背側正中線上の樹枝状黒色素胞群は大きくなり $6\sim12$ 個となる。筋節数は $12+12\sim13=24\sim25$ 。

15 日目には全長 $4.8\sim5.7$ (5.3) mm, ホルマリン固定で $4.4\sim5.1$ (4.8) mm。頭と体高が著しく大きくなる (Fig. 2D)。後頭部の骨質隆起線は小さい、肩部に 1 本の小棘がある。前鰓蓋骨棘はさらに発達し、内縁で $4\sim7$ 棘、

外縁で $1\sim2+1+1\sim2$ 棘、脊索後端部の腹方に尾鰓の原基が認められる。腸管は右まわりに 1 回半回転する。20 日目には全長 $6.0\sim6.9$ (6.4) mm, ホルマリン固定で $5.4\sim6.7$ (6.1) mm。頭部の背縁が著しく波状に曲り、後頭部の骨質隆起線はやや高い。肩部の小棘は 2~3 本。眼前部に 1 個の鼻孔が開く (Fig. 2E)。前鰓蓋骨の外縁棘はさらに伸長し、その数も $3\sim4+1+4\sim5$ 棘となる。第 2 背鰓や臀鰓の原基が出現し、尾鰓は背方に曲った脊椎末端部の下後方に位置して 16 本の不分枝軟条で支えられる。黒色素胞群は体各部で数を増すが、とくに頭部背面に多く、体部の背側正中線上のものは小さくなり 1 列状の配置が不明瞭となる。

25 日目には全長 $8.0\sim9.4$ (8.7) mm, ホルマリン固定で $7.8\sim8.3$ (8.1) mm。鼻孔の中央部にくびれがある。後頭部の骨質隆起線は低く、肩部の小棘は 2~3 本。前鰓蓋骨棘は内縁で 6 棘、外縁で $3+1+5$ 棘。膜鰓はほとんど消失し僅かに尾柄部に残る程度となり、各鰓が発達しだす。背鰓が 2 基に分かれて鰓条が分化し、第 1 背鰓には 7 棘がある。尾鰓は後縁が載形、軟条はすべて不分枝で 17 本。臀鰓には前方に 3 棘が、胸鰓には軟条が、腹鰓にも原基が出現する。

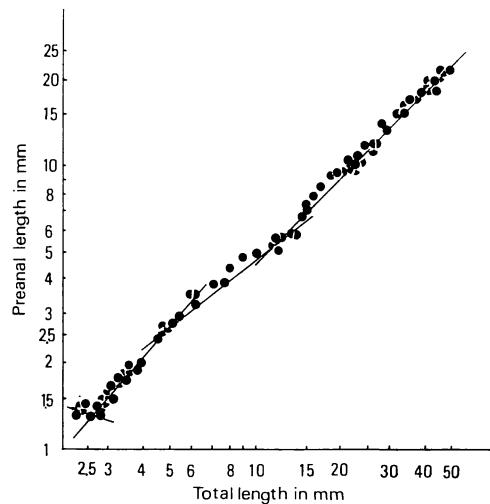
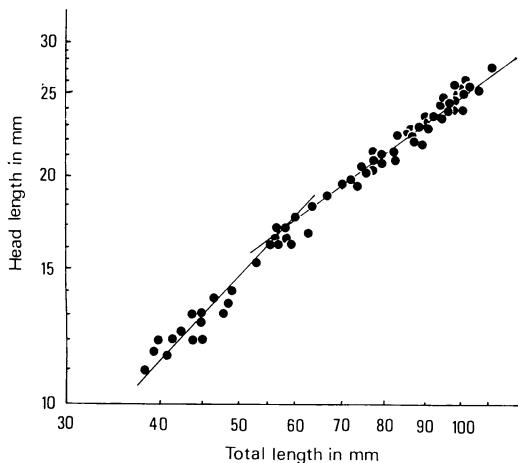
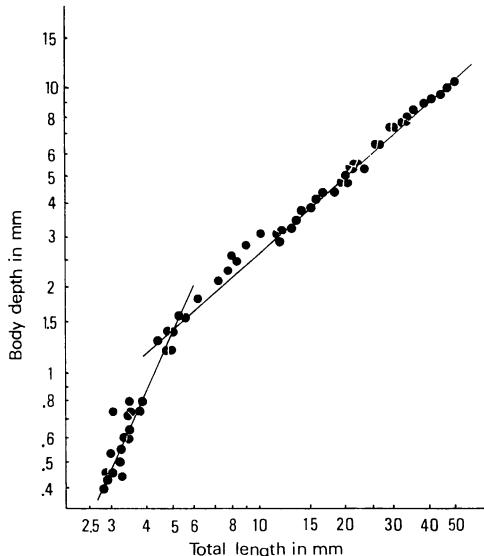
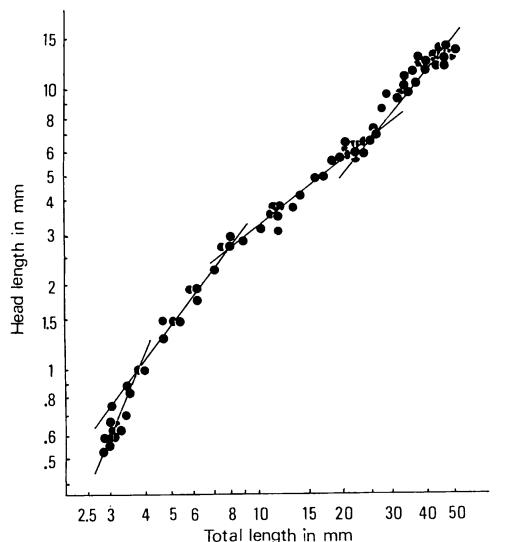


Fig. 3. Growth inflection as it effects change in relative head length in jack mackerel.

稚魚の形態 30日目にはすでに稚魚となり全長は13.0~17.0(14.6)mm, ホルマリン固定で10.2~15.0(12.1)mm。頭部背縁は弧状を呈し、骨質隆起縁は消失する。鼻孔は大小2つに分かれる(Fig. 2F)。上顎には多数の歯があるが、下顎には歯がない。肩部の小棘は3~4本。前鰓蓋骨の棘はやや退縮するが、その数は内縁で6~7棘、外縁で4~5+1+6~8棘である。背鰭VIII-I, 30~32、臀鰭III-27~28、胸鰭15~18、腹鰭I, 5で胸鰭を除きそれぞれ定数に達する。膜鰭は完全に消失する。尾鰭は叉状となり、軟条はすべて不分枝で17本。肛門は体の中央より僅かに前方に開く。黒色素胞群は体各部のほか背鰭、臀鰭および尾鰭の鰭膜上にも発達する。また、眼の後方や腹部などが銀白色となる。脊椎骨数は

Fig. 4. Growth inflection as it effects change in relative body depth and preanal length in jack mackerel.

24~25個。

成長にともない肩部の小棘、前鰓蓋骨棘、鰓、鱗および下顎などに変化が現われる。肩部の小棘は全長18~23mmで0~2本、25mm以上ですべて消失する。前鰓蓋骨棘は全長18~22mm(ホルマリン固定で16~20mm)でまず内縁の棘が減少して4本となり、22~28mm(20~26mm)で著しく減少して内縁0~4棘、外縁で1~2+1+3~4棘となる。全長30mm前後では内縁棘は消失てしまい、外縁棘も痕跡程度となり、35mm以上では全く消失する。臀鰭は全長30mm前後で膜の消失によって前の2棘だけが遊離する。尾鰭条は全長21

mm 以下では 5(不分枝) + 7(分枝) + 5(不分枝) 本, 21~23 mm で 4+9+4 本, 28 mm 未満で 2+13+2 本, 29 mm 以上で 1+15+1 本となり, 尾鰭の形も 30 mm で深い叉状となる。胸鰓条は全長 26.5 mm (25 mm) 以下では 19~22 本, 26.5~30 mm (25~30 mm) で 22~24 本で, 上方部の軟条が下方部のそれより長いが, 胸鰓先端部の外縁はなお丸味を帶びている。30 mm 以上では 25 本(定数)となり, 胸鰓先端部も鋸く尖る。

稜鱗は他の鱗にさきがけて全長 19 mm (ホルマリン固定で 17 mm) で尾柄部から軀幹部中央にかけて出現し, 20 mm (18 mm) 以上では側線全域に見られる。26.5 mm (25 mm) 以上ではそれぞれに 1 個の小孔が開く。体表上の鱗は全長 23 mm (21 mm) 前後で尾柄部付近と側線中央部下方に出現した後, 26.5 mm (25 mm) 以上では体表の全域に発達する。全長 22.5 mm (21 mm) になると下顎の先端部に歯が現われる。全長 26 mm のふ化後 41 日のものでは体型や鰓, 鱗などマアジの特徴がほぼ整う (Fig. 2G)。

相対成長 全長に対する頭長, 体高および肛門前長の相対成長では, 仔稚魚期を通じてそれぞれ 1~4 個の成長屈折点が認められる。頭長と全長では, 全長(ホルマリン固定) 4 mm, 8 mm, 25 mm, および 55 mm で成長屈折する (Fig. 3)。全長と頭長の百分率は全長 4 mm 以下で平均 21.1 ± 2.4 であるが, その後は急増して 8 mm 前後で平均 34.7 ± 1.4 と最高になる。以後やや低下して全長 55 mm まであまり変らず (28~30), 全長 55 mm 以後はさらに低下して全長 100 mm まで 24.7 ± 0.6 となる。体高と全長の相対成長では全長 5 mm で屈折し (Fig. 4), 全長に対する体高の百分率は屈折点より前で平均 17.5 ± 2.6 , 後で平均 24.8 ± 2.3 である。

肛門前長と全長では成長屈折点は全長 2.6 mm, 5 mm および 12 mm に認められる (Fig. 4)。全長に対する肛門前長の百分率は, 全長 2.6 mm 以下で 58.3 ± 1.3 , 2.6~5 mm で 50.9 ± 2.4 , 5~12 mm では 53.9 ± 2.4 , 12 mm 以上では 46.5 ± 2.1 である。

ホルマリン固定での成長屈折点 (2.6 mm, 4 mm, 5 mm, 8 mm, 12 mm, 25 mm, 55 mm) を生体に換算すると, それぞれ 2.6 mm, 4.5 mm, 5.5 mm, 9 mm, 14 mm, 26.5 mm, 55 mm となる。

論 議

ここで得られたマアジ卵や仔稚魚の一般的な形態は, 神谷 (1916) が天然の受精卵をふ化させて得た前期仔魚や内田ほか (1958), 庄島 (1962), 水戸 (1966) らの仔稚魚とよく似ているばかりでなく, 大西洋産 *Trachurus*

trachurus (Linnaeus) (Russell, 1976) や東部太平洋産 *T. symmetricus* (Ayres) (Ahlstrom and Ball, 1954) とも, 外形, 後頭部の骨質隆起線, 肩部の棘, 前鰓蓋骨棘, 黒色素胞群の発達状態などで近似している。

前鰓蓋骨棘について内田ほか (1958) は全長 5 mm 前後で最もよく発達し, それ以後は退行するとしている。しかし, 本研究によれば後縁の隅角部とその付近の棘は, このころよく伸長しているが, 棘数は内縁・外縁とともにそれ以後に増えて全長 12 mm ごろが最も多い。庄島 (1962) も隅角部上部の棘は全長 11~14 mm で, 同下部の棘は 13~20 mm で多いとしている。Schnakenbeck (1931) によれば, *T. trachurus* でも後期仔魚では大きなものほど棘数が多いということであり, この点で本研究の観察と一致している。尾部棒状骨の上届は *T. trachurus* では全長 6 mm で始まるが, 日本のマアジは 5 mm 前後からであり, この点で著者らと内田ほか (1958) の観察は一致している。稜鱗が側線の全域に発達する全長は内田ほか (1958) によると 23 mm であり, 19.5 mm では側線の後半部だけにあるという。しかし, 今回の観察では 19 mm すでに側線の後半部に出現し, 20 mm では完全に全域に見られた。

仔魚期における体表の黒色素胞は, 庄島 (1962) が指摘したようにマアジではマルアジ *Decapterus maruadsi* (Temminck et Schlegel) より早く出現し, 全体として発達状態がよかった。水戸 (1966) はマアジとマルアジの仔魚では体背側正中線付近の黒色素胞群の排列状態が異なり, 後者では正中線をはさんで 2 列に, 前者では正中線上に 1 列に配列するとしている。この特徴は今回のマアジ仔魚でも全長 5.7 mm 未満では明らかに見られたが, 6 mm 前後からその近傍に黒色素胞が発達していくので急に不明瞭になる。

成長屈折点は形態や生活史上の急激な変化を反映するといわれている。マアジでも 2.6 mm, 5 mm 前後, 14 mm, 26.5 mm, 55 mm の屈折点は, 特徴的な形質が発現または完成する前後に相当する。Ahlstrom and Ball (1954) によれば *T. symmetricus* では標準体長と頭長, 体高, 前肛門長の関係で 4.2 mm または 4.5 mm で変化が起こっているが, これを全長に換算すると 4.4 mm, 4.9 mm となる。

本研究によって得られた知見を基にすると, マアジの初期の発育段階は前期仔魚期, 後期仔魚 1 期, 同 2 期, 稚魚前期, 同後期に区分される。前期仔魚期はふ化直後から眼が黒化し, 卵黄が肉眼的に見えなくなるまでの期間で, 全長は 3 mm 未満である。後期仔魚期はその後胸鰓と尾鰓を除く各鰓の鰓条が定数に達するまでの期間

で、全長は 3 mm から 13 mm 未満である。後期仔魚 1 期は尾鰭条が形成されだし、第 2 背鰭と臀鰭の原基が出現するまでの期間であり、全長は 6 mm 未満である。後期仔魚期は胸鰭と尾鰭を除く各鰭の鰭条が定数に達するまでの期間で、全長は 13 mm 未満である。

稚魚期は各鰭が定型となり、定数の鰭条で支えられるようになる期間で、全長は 13 mm から 55 mm 未満である。稚魚前期は前鰓蓋骨棘がほぼ消失し、臀鰭の前 2 棘がそれに続く 1 棘から遊離するまでの時期で、稜鱗や体表の鱗が完成し、全長は 30 mm 近くなる。稚魚後期には胸鰭や尾鰭がそれぞれ定数の鰭条で支えられ、その形状も幼型から成型に変わって本格的な稚魚となる。全長は 30 mm から 55 mm の範囲にある。

後期仔魚 1 期と 2 期では消化管の長さや餌の種類、大きさなどが異なる。小笠（1970）によれば全長に対する腸長の割合は、全長 2~5 mm の範囲では成長とともにその比が 0.26 から 0.38 まで直線的に増加するが、5~25 mm では 0.40 前後に安定しており、全長 5 mm 付近で消化機構に質的な変化が現われるとしている。全長 3 mm 前後の天然マアジ仔魚では体長範囲が 0.10~0.20 × 0.07 mm の lauplius 幼生を、全長 6 mm の仔魚では 0.60×0.20 mm の橈脚類の幼生を主食とする（横田、1961）。今回の飼育実験でも全長 3 mm ぐらいからシオミズツボワムシを摂餌したが、7 mm 前後でシオダマリミジンコを摂餌したが、前者の全長は 0.2 mm 以下、後者のそれは 0.28~0.73 mm である。この事実を総合すると 1 期には 0.2 mm 以下の小型プランクトンを、2 期にはそれ以上の中型プランクトンを主餌とし、この間に食性の転換がなされる。

稚魚期を 2 分する全長 30 mm にはすべての鰭が完成して運動能力が高まる。梶原（1957）によれば尾叉長 30 mm より小さい稚魚は、運動能力が低くて外敵の攻撃をうけても逃避せず灯火をあてると体を鉤状に曲げて静止するが、30~45 mm（尾叉長）の稚魚では行動力がやや発達するという。小達（1962）は昼間採集される稚魚は全長 30 mm 以下のものが圧倒的に多いが、夜間には大型稚魚が多く採集され、その原因として昼間は大型稚魚の運動が活発で入網しないのか、またはサンマやマサバのように大型のマアジ稚魚も昼夜移動をする可能性があるとしている。いずれにしても 30 mm 前後を境にして行動様式に差があるため、水槽内でも 30 mm 以上の稚魚は昼間タモ網でくうのが非常に困難であった。

稚魚期後期に運動速度が高まることと関連して魚食性が強まる。小笠（1970）によれば幽門垂は全長 14 mm 付近で分化したが、全長 21 mm 付近で腸が 2 回転する

ようになり、このころからカタクチイワシを橈脚類とともに食べる体制ができるという。今回の実験でも平均全長 30 mm ごろからミジンコ類以外にイワシシラスを、50 mm ごろからマイワシとマサバおよびアミの等量混合したミンチを食べるようになって成長が著しくなった。つまり、稚魚後期には肉食性が加わってプランクトンと肉食をかねた成魚の食性に転換する。

なお、ここで全長 55 mm 以上を若魚としたのは、頭が相対的に小さくなつて成型に近づいたためである。長崎市場では尾叉長 5~6 mm ごろから 15 cm ぐらいの銘柄をマメ（アジ）またはトウマゴ、スーパーと呼ぶが（中嶋・堀田、1976），若魚から分布域が沖合に拡大し群行動性が高まって漁獲の対象となる。

マアジの成長段階の時間的経過は環境条件によって差があろうが、今回の飼育実験から、前期仔魚期はふ化後から平均して 4 日目まで、後期仔魚 1 期は 5 日~19 日目、同 2 期は 20 日~29 日目、稚魚前期は 30 日~45 日目、同後期は 46 日~60 日目と推定された。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、養成マアジ親魚の提供をうけ、ふ化産卵のため陸上水槽を使用させていただいた日本栽培漁業協会古満日事業場長谷川泉主任、および飼育に協力された高知大学海洋生物教育研究センター奥田哲男技官に心より感謝する。

引 用 文 献

- Ahlstrom, E. H. and O. P. Ball. 1954. Description of eggs and larvae of jack mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. U.S. Dept. Interior, Fish. Wildlife Service, Fish. Bull., 97: 209~245, figs. 1~28.
- 梶原 武. 1957. 若年マアジの生態学的研究—I. 長崎大学水産学部研究報告, (5): 13~22, fig. 1.
- 神谷尚志. 1916. 館山湾口に於ける浮性魚卵並に其稚兒—マアジ. 水産講習所試験報告, 11 (5): 46~51, pl. 1.
- 水戸 敏. 1966. 日本海洋プランクトン図鑑. 7 卷. 魚卵・稚魚. 蒼洋社, 東京, 74 pp., 26 pls.
- 中嶋純子・堀田秀之. 1976. 東シナ海におけるマアジ銘柄区分とその変遷. 西海区水産研究所研究報告, (48): 23~34, figs. 1~5.
- 落合 明・榎田 晋・長谷川泉・睦谷一馬. 1980. マアジの採卵とふ化仔魚の成長について. 栽培漁業技術開発研究, 9 (2): 47~52, figs. 1~7.
- 小達 繁. 1962. 東北海区における稚魚の研究. II, アジ科 (Carangidae). 東北海区水産研究所研究報告, (20): 94~105, figs. 1~8.

- 小笠悦二. 1970. マアジ稚仔魚の摂餌生態—I. 西海区水産研究所研究報告, (38): 79~86, figs. 1~6.
- Russell, F. S. 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press, London, xv+524 pp., 137 figs.
- Schnakenbeck, W. 1931. Carangidae. Rep. Danish Oceanogr. Exped. 1908~1910 Medit. adjac. seas, 2 (Biol.), A. 14: 1~20., figs. 1~19.
- 庄島洋一. 1962. クラゲに伴うアジ科 Carangidae の稚仔魚について. 西海区水産研究所研究報告, (27): 49~58, figs. 1~3, pl. 1.

内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津喜衛. 1958. 日本産魚類の稚魚期の研究. 第1集. 九州大学農学部水産学第二教室, 福岡, viii+89 pp., 86 pls.

横田淹雄. 1961. 魚類の食性の研究—幼稚魚の食性について. 南海区水産研究所研究報告, (14): 41~152, figs. 1~120.

(落合・睦谷: 783 南国市物部乙 200 高知大学農学部栽培漁業学科; 槙田: 781-04 土佐市宇佐町宇佐 3159-5 高知大学海洋生物教育研究センター)