

## キハダの人工ふ化・飼育における仔魚の形態変化\*

森 慶一郎・上柳昭治・西川康夫  
(遠洋水産研究所)

### The development of artificially fertilized and reared larvae of the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*

Keiichiro MORI, Shoji UEYANAGI and Yasuo NISHIKAWA  
(Far Seas Fisheries Research Laboratory)

#### Synopsis

The results of experiments carried out during the summer of 1970 on the artificial fertilization, hatching, and subsequent rearing of yellowfin tuna larvae are presented, with emphasis on the description of the development from hatching through the pre- and post-larval stages. The primary objective of this study is to verify identifications made in the past on larvae collected from the sea.

On July 26, 1970, two mature yellowfin tuna were captured in a purse seine set in Kumonada waters (off Kii Peninsula). The fish yielded 1.27 million ripe eggs, whose diameters ranged between 0.90 and 1.04 mm with a mode at 0.98 mm. The eggs were fertilized on the seiner and transferred to a laboratory about 5 hours after fertilization.

Hatching occurred in 24 to 38 hours in water temperature approximately 26°C. The newly hatched larvae were about 2.7 mm total length. (Fig. 3).

Rearing was carried out in 1/2- and 1-ton capacity plastic tanks, as well as in larger, circular 15- and 35-ton tanks. The water was aerated, but not circulated, and its temperature ranged between 25° and 28°C. during the rearing period. The larvae absorbed their yolk sac 3 days after hatching and began to feed. They were fed oyster larvae, rotifers and planktonic copepods, in that order, and all were found acceptable. Growth of the larvae during the first 8 days after hatching is shown in Figure 1. Mortality was heavy at hatching, the fifth to sixth day (Fig. 2), and after the 13th day. The longest-lived larvae were reared for 20 days after hatching and were 8.5 mm. total length.

Development of the larvae is shown in Figs. 3-11. Yellow pigment spots on the finfold was conspicuous in the prelarval stage (Figs. 4 and 5). Red pigment spots appeared on the ventral edge of the trunk on the third day after hatching and persisted through the postlarval stage. Small black pigment spots [appeared along the ventral edge of the trunk in the prelarval stage and disappeared in the postlarval stage 10 days after hatching (Fig. 10). The black pigment spots on the dorsal and ventral edges of the trunk in the advanced postlarval stage (Fig. 11) resembled the characteristic juvenile pigmentation.

The pigment patterns of the reared larvae—absence of black pigment spots on the dorsal

---

\* 1971年7月10日受理 遠洋水産研究所業績 第63号

and ventral edges of the trunk, presence of red pigment spots on the mid-ventral edge of the trunk, and presence of black pigment spots on the tip of the lower jaw—agree with past descriptions of this species.

マグロ類の初期生態・生活史研究における基礎的問題である種の同定は、従来一般的には、採集仔稚魚の成長シリーズについて、最も大きな（種の特徴の現われ始めた）ものについてまづ種同定を行ない、これを出発点として以下順次成長段階の低いものの同定基準をつくって行くという方法により行なわれているが、この方法で得た結果を検証するために、直接的な研究手段として、マグロ類の人工授精や仔稚魚の飼育の可能性が探求されて来た。

すでに船上でのメバチの人工授精の試みがなされ (KUME 1962), ヤイト (HOUDE & RICHARDS 1969) やカツオ, ソウダカツオ等について天然採集卵からの仔魚飼育が 1969 年からマイアミで進められている。\*

日本近海に夏季来遊するマグロ類についても、キハダの採卵と人工授精の可能性が確かめられ (森 1970), 1970年の夏に、熊野灘で小型旋網船で漁獲されたキハダから、1回熟卵が採取され、人工ふ化と短期間の仔魚飼育が行なわれた。

このキハダの人工ふ化・仔魚飼育試験は、水産庁・遠洋水産研究所が中心となり、近畿大学、東海大学、静岡県水産試験場、三重県尾鷲水産試験場、長崎県水産試験場との協同研究として 1970 年より始められた“マグロ類養殖技術開発企業化試験”の一部をなすものであり\*\*、キハダを材料としてマグロ類の初期生態(成長、摂餌、減耗率等)を明らかにし、また養殖技術の開発を行なうことを目的として進められている。\*

初年度の試験の経緯については別に詳細報告されている (水産庁 1970, 原田他 1971, 上柳 1971) ので、本報では、人工ふ化・仔魚飼育経過の概要を記し、特に、冒頭に述べた研究課題に関連して、キハダの初期発育段階における形態変化を中心に記述し、考察を行なった。

## 1. 材料と試験経過

夏季日本近海に来遊するカツオ、マグロ類を対象に、熊野灘水域で三重県小型旋網船による操業が行なわれ

Table 1. Records of artificial fertilization

Fish	Body length* cm	Body weight* kg	Ovary weight* g	Maturity condition of ovary	No. of eggs collected (a)
A	150	60	1800	Ovary enlarged. Almost all eggs nearly transparent; some free from tissue	$\times 1000$ 420
B	150	60	1400	Nearly same as A	855
C	—	—	2000	Ovary fairly enlarged. Eggs not transparent.	?
* Estimated.					1275

\* Dr. William J. RICHARDS (NMFS, Tropical Atlantic Biological Laboratory, Miami) からの通信による。

\*\* キハダの人工ふ化・仔稚魚飼育の他に、日本近海に来遊するクロマグロ幼魚(ヨコワ)の養殖試験も行なわれている (水産庁調査研究部 1970, 上柳 1971)。

ている(森 1970)。これらの旋網船で漁獲されるキハダの成熟魚から完熟卵の採取と人工授精を行ない、受精卵を基地(尾鷲水試)に輸送し、一部は尾鷲水試で、他は白浜の近大水産研究所、静岡水試伊豆分場に移送して、受精卵のふ化、ふ化仔魚の飼育試験を行なうことを計画した。

#### 採卵と授精

1970年7月12日より8月4日までの間、旋網船7ヶ統に研究員が採卵のために乗船した。この間延出漁日数は110日に達したが、同年漁期のキハダの不漁を反映して有漁日は26日に過ぎなかった。この間に1回熟卵採取の機会に遭遇した(第1表)。7月26日夕刻、三重県三木崎沖南々西約27哩の漁場で三洋丸船団(三重県桃取港所属、清水満太郎氏所有第1、第2三洋丸19.5トン)が漁獲したキハダ26尾中に熟卵を持った魚体3尾が認められたので、この成熟魚3尾から採卵を行なった。採卵直後乾導法により授精を行なった(20時30分)。受精時の水温は26.2°C、海水比重は1.0255であった。第1表に示した魚体Cから採取した卵は、全卵が授精時に沈下し、未だ完熟には達していなかったと思われる。受精卵はポリエチレン袋に収容し、酸素を封入し、防熱箱あるいは海水槽に浸ける等して水温変化を防ぎながら尾鷲の基地に輸送した(到着時の水温26.0°C)。27日午前1時過ぎ(受精後約5時間)に尾鷲水試に到着後、浮上卵数、沈下卵数を調べた。第1表に示したように、開封時までの受精卵の生存率はA、B個体でそれぞれ81%、67%であり、卵の発生段階は桑実期に達していた。なお、A個体について卵巣腔内に残存していた熟卵の卵径測定値は0.90~1.04mmの範囲で、モードは0.98mmにみられた。

#### 卵発生およびふ化

以下の記述は、尾鷲水試においてふ化飼育した約1万粒の卵についての観察によるものである。

ふ化、飼育水槽(容量1トン)の水はグリーンウォーターを少量加えた沿岸水で塩素量17.954%、収容時水温26.1°Cで、その後ふ化に至る間の水温の変化は0.3°Cの範囲であった。卵の収容時には授精後7時間を経過し、前述のように卵はすでに桑実期に達していたが、この時期の卵は比重が小さく、比重1.0228の沿

of yellowfin tuna.

No. of viable eggs at time of fertilization (b)	No. of viable eggs 5 hours after fertilization (c)	Survival of eggs (c/b)	Stage of development of eggs 5 hrs after fertilization
420 ×1000	340 ×1000	81 %	morula
850	570	67	morula
0	0	0	—
1270	910		

岸水中においても表面に浮上しようとする力が強く、各卵は水槽表面に油球を頂点として一層に浮かび、死卵以外については中層に浮遊又は器底に沈下する等の現象は観察されなかった。授精後約17時間頃までに胚体の輪かくが明瞭となり、19時間後にはすでに筋節も明瞭となって眼胞も形成、心臓の拍動も開始されていた。20時間後頃から卵内仔魚の微動がみられ23時間後にはyolk sac表面に微小な黒色素胞が観察されるように

なった。胚体が明瞭となり始めた 17 時間後頃から卵は浮力を失ない、徐々に水槽底に向って沈降するのが観察され、20 時間後までにはほとんど全ての卵が器底に沈下した。この現象は 近大白浜実験場でふ化した卵についてもほぼ同じ時刻に観察されている。受精より約 24 時間で最初のふ化仔魚が観察され、他の卵の大部分もこれに続いてふ化した。ひき続き 38 時間頃まで少数ながらふ化が続いた。近大白浜実験場においても 27 日 20 時 40 分頃（授精後 24 時間）からふ化が始まり、ふ化終了は翌朝に及んだ。ふ化仔魚は全長約 2.7 mm であった。また、卵の収容後ふ化までの沈下・へい死卵、正常発生卵についての卵径測定結果から、卵径の小さい卵ほど発生の初期にへい死沈下する傾向がうかがわれた。

ふ化を試みた約 1 万粒の卵から得られたふ化仔魚は推定約 3500 尾であった。

なお、ふ化率の正確な推定のために、100 粒の卵を小型容器に収容し、尾鷲湾内の水（比重 1.0212, CI 16.411%）と尾鷲沖約 5 マイルの地点で採取した海水（比重 1.02425, CI 18.428）を用いて、1 回、比較試験を行なった（水温 26°C）結果、ふ化率は前者で 27% に達したのに対し、後者では 3% と低い値を示した。

#### 仔魚の飼育経過

ふ化仔魚の飼育は尾鷲水試、近大白浜実験場、静岡水試伊豆分場（伊豆分場の場合は尾鷲水試でふ化したふ化後 2 日目の仔魚を輸送して飼育が行なわれた）の 3ヶ所に分けて行なわれた。飼育には 0.5 トンから 15 トン、35 トンに及ぶ大、小のタンクが飼育槽として用いられ、いずれも飼育水は止水で通気を行ない、白浜実験場ではふ化後 15~17 日から流水式にかえて飼育が行なわれた。初期餌料としてカキのふ化幼生、シオミズツボワムシを用い、ふ化後 8 日目から白浜実験場では数種の海産コペポダを投与した。伊豆分場ではふ化後 8 日目に、尾鷲水試では 9 日目に生存仔魚が無くなり飼育が中止されたが、白浜実験場では最長 20 日間飼育出来た。

個々の飼育例ごとに環境条件も違い飼育経過も異っているが、白浜実験場における飼育状況については別途報告されている（原田他 1971）ので、以下、尾鷲水試における仔魚飼育経過について記す。

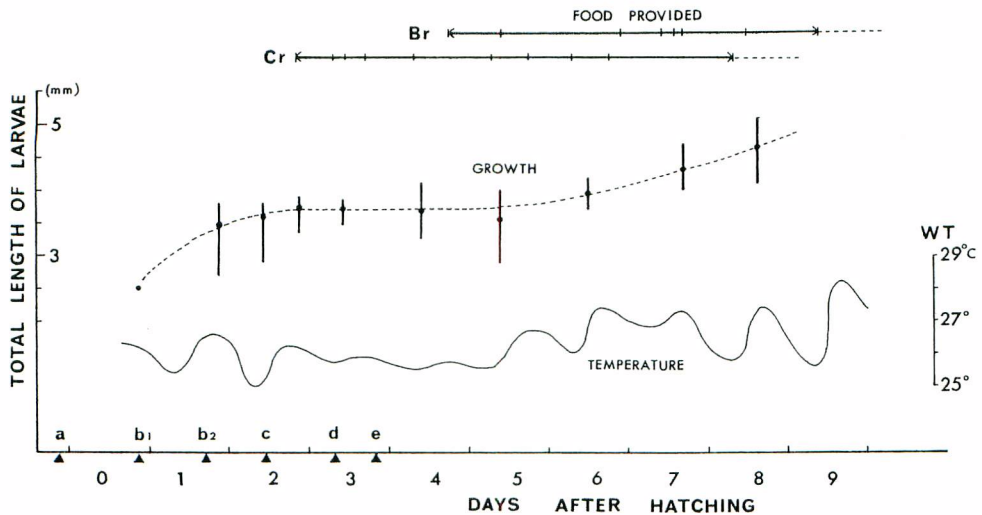


Fig. 1. Rearing record of yellowfin tuna larvae during the first 9 days after hatching (growth in length, food, water temperature)  
Legends: Cr...trochophore larva of *Crassostrea nippona*, Br...*Brachionus plicatilis*; a...fertilization, b<sub>1</sub>...begin to hatch out, b<sub>2</sub>...cease hatching, c...opening of mouth, d...begin to feed, e...absorption of oil globule; vertical lines along the growth curve...size range of larvae in length

前項に述べたように、飼育槽として1トン水槽を用い、約1万粒の卵についてふ化を行ない、得られた仔魚約3,500尾についてひき続き飼育を行なった。飼育水は止水とし、ごく弱い送気を行なった。

第1図はふ化直後からふ化後9日目にへい死するまでの仔魚の成長およびその間における投与餌料、水温の変化を示したものである。また、飼育期間中の仔魚の減耗については第2図に示した。同図には対象区として設定した無投餌区(30 l 水槽中に浮かせた1 l ビーカーに100尾の仔魚を収容)の仔魚の減耗状況をも併せて示した。

ふ化直後の仔魚は全長 2.7 mm 前後で、油球を上を仰向けの姿勢で浮遊している。ふ化後 21 時間で仔魚は全長 3.4 mm に達し、ピペットを近づけると逃避行動を示す等外部からの刺戟には反応するが通常は頭を下にした姿勢で水中に懸垂、静止している。ふ化後 28 時間で肛門が開き、眼球にも黒色素が認められた。ふ化後 35 時間で仔魚は開口し断続的な運動を始めたのでイワガキの幼生を飼育水 1 cc 当り 3 ケの割合で投餌したが、摂餌行動はみられなかった。ふ化後 3 日目には油球を完全に吸収し、動きも活発となり、正位遊泳を始め、規則的な動きに加え急激な運動が見られるようになった。この頃よりイワガキのふ化幼生を摂餌しているのが確認されたのでカキ幼生を 5~10 個体/cc 程度投餌し、4 日目からこれに加えてシオミズツボムシを 0.2~0.3 個体/cc 投餌したところ、仔魚のワムシの摂餌状況は良好であったが、4 日目~5 日目にかけて仔魚の多数へい死がみられた。この多数へい死の時期は第2図に示したように、無投餌区の仔魚の急激な減少の時期と一致しており、油球吸収後の仔魚の摂餌に問題があった(飼育水の悪変を恐れて投餌量を控え目にしたために、索餌能力の未だ充分に発達していない仔魚に対して餌の密度が低すぎたため

か)と考えられる。イワガキふ化幼生、シオミズツボムシとも仔魚の摂餌は良好で、両者間で選択性については顕著な相違はみられなかった。この時期の仔魚の全長は平均 3.7 mm 程度、大きいもので 4.0 mm に達した。ふ化後 6 日目頃、飼育槽の水質が悪化し、仔魚数も 300 尾に減少した。ひき続きシオミズツボムシを 0.1~0.3 個体/cc 程度の投餌を行ない、仔魚の摂餌も良好であったが、仔魚数が少なくなったので、7 日目より仔魚を 1 トン水槽から沿岸水 200 l を入れた 0.5 トン水槽に移した。この水槽換えの時点での残り仔魚数は 85 尾であった。その後 8 日~9 日目にかけて、珪藻類が繁殖したこともあって、飼育水の濁りが進み、水質は極度に悪化し、仔魚はふ化後 9 日目で全てへい死したので、飼育実験を中止した。

以上が尾鯨水試での飼育経過であるが、近大白浜実験場では、前述のように、ふ化後 20 日間飼育出来、全長 8.5 mm 程度まで仔魚の成長がみられた。なお、仔魚の減耗は、ふ化後 1 週間位までが大きく、その中でもとくにふ化時とふ化後 5~6 日前後が顕著であった。また、13 日以降にふたたび減耗が顕著となった。

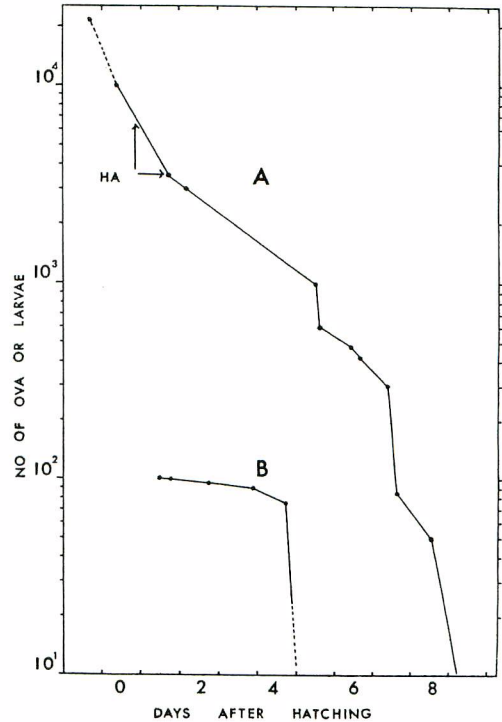


Fig. 2. Survival record of yellowfin tuna larvae reared under laboratory condition during the first 9 days after hatching.  
 A...record in a 1-ton capacity rearing tank  
 B...record under non-feeding condition  
 HA...period from beginning to end of hatching

## 2. 仔魚の形態

ふ化直後より 18 日目までの飼育仔魚の形態について以下に述べるが、観察し得た仔魚の行動についても附記した。

各成長段階を表わすべく図示した標本の No.1~No.7 は尾鰭水試で飼育したもので、標本 No.8 と No.9 は近大白浜実験場で飼育したものであり、No.1~No.7 については、ステージ毎にそれぞれ 10 尾程度（少いもので 5 尾、多いもので 20 尾）の固定仔魚標本のうちから選んだものである。

なお、各標本の魚体各部の計測値を附表 1 に示した。

### 1) ふ化直後：標本 No.1, 全長 2.3 mm (Fig. 3)。標本固定：7月27日 23時

ふ化直後の仔魚は全長 2.7 mm 前後で、体制は未発達である。体は細長く、巾の広い仔魚膜が発達している。仔魚膜は頭部に始まり、背側では肛門の直上附近で最大の高まりを示し、尾端を一周して yolk-sac に達する。Yolk-sac は大きく、やや側扁した卵円形で、長径が仔魚全長の約 44% を占め、頭部先端よりもやや前方に突出する。油球は yolk-sac の後下方部に位置し、yolk-sac はこれをおおっていない。肛門は yolk-sac のやや後方、魚体の中央よりもやや前方、第 12 筋節下に位置する。頭部はまだ小さく、頭長は全長の 20% に達しない。耳胞は明瞭にみとめられる。

色素胞形成は全体として未発達で、生時には全身透明に近い。眼にはまだ黒色素が発達しておらず透明である。収縮した微小な黒色素胞が頭部、卵黄上、腸管上に疎に存在するほか、腹部体側の前方、腸管屈曲部附近の筋節腹面および尾部腹面にも数点存在する。背側膜鱗中にも始部附近に 1 点の黒色素胞がある。

この段階の仔魚は油球を上にして仰臥姿勢で水面附近を浮遊している。

### 2) ふ化翌日：標本 No.2, 全長 3.3 mm (Fig. 4)。標本固定：7月28日 18時30分

体は伸長し、卵黄の吸収が急激に進み（長径で全長の 10% に縮小）、頭部と腹部が明瞭になる。油球も縮小し、卵黄に全く包みこまれる。肛門はその位置を前進させ、体の約 1/3 附近、第 8 番目の筋節下にある。口部は未発達で骨格の分化はみとめられない。心臓はやや膨みをもった一本の管状の構造を示す。膜鱗は、前記の仔魚に比べて背側前方でその高さを増し、また尾柄部において背、腹とも低くなる他、厚みを増し、皮下腔の顕著な発達がみられる。胸鱗原基はまだみとめられない。

黒色素胞は樹枝状のものが、額部、眼前部、卵黄表面にあり、腸管上では特に屈曲部附近に集中している。膜鱗中の黒色素胞はみとめられなくなり、体側筋節上では、体中央部附近腹面に 1 点と尾柄部附近の腹面に大、小各 1 点ある。眼は未だ黒化していない。ふ化直後の仔魚にはみとめられなかった黄色素胞が膜鱗中に 3 ケ所顕著に発達している。これらは金属光沢を有する鮮黄色の顆粒の集合としてみとめられ、肉眼でも明瞭に観察出来る。

この時期の仔魚は、送気による水流のある水槽では頭を下にして浮遊しており、止水の場合は、静止状態では徐々に沈降して行くが、間隔をおいた瞬間的な上向きの游泳動作でこれを補う。いずれの場合も仔魚はこれに近づけるピペット先端に対して逃避行動を示す等外部刺激に反応する。

### 3) ふ化後 2 日：標本 No.3, 全長 3.6 mm (Fig. 5)。標本固定：7月29日 10時10分

体は更に伸長し、頭部の割合が大きくなって全長の 15% に達し、卵黄・油球の吸収も進んでいるほか著しい形態上の変化がみとめられる。

まず、顎が形成され口が開いたほか心臓と腸管にそれぞれ縊れが生じ、腸は屈曲している。胸鱗は透明な膜状であるがすでに pectoral bud の段階は過ぎており体側からは遊離している。皮下腔は体の前部ではなお顕著であるが、前日の標本に比べてやや退縮の傾向がうかがわれる。体側表面に neuromast が左側に 4 ケ、右側に 5 ケみとめられる (Fig. 5) が、透明なため側面からは観察しにくい。

眼はすでに完全に黒化している。頭部では樹枝状の黒色素胞がその数を増し、頭頂部、前額部、吻、眼後部

にそれぞれ黒色素胞群がある。咽頭部背面にも黒色素胞が発現し、これと接続した腸管背面でも黒色素胞が数を増している。(卵黄上にも黒色素胞がみられるが、油球上にはみとめられない)。尾部腹面の黒色素胞のうち、尾端近くにはいずれの個体でも例外なく大小2ケの黒色素胞があるが、肛門と尾柄の間の黒色素胞は個体によって微弱な1点を有するものと全く無いものがある。黄色素胞は更に発達し、第2筋節背側のものは上方に向って拡張して背側膜鱗縁辺に達している。体中央背側膜鱗中の黄色素叢は下方に向って拡大し体部と連絡して杯状となっている。腹側膜鱗中の黄色素胞も大きくなった。新たに肛門附近と体中央部腹面にも各1ケの黄色素胞群が発現している。

この時期の仔魚は、通常は頭を下にして浮遊しているが、時折自発的にまた、他の仔魚の動きに触発されて間歇的な短時間の水平方向の游泳動作を繰り返す。昼間は動きも活潑であるが、夜間は自発的な運動はあまり行わず頭を下にした姿勢のまま浮遊している。

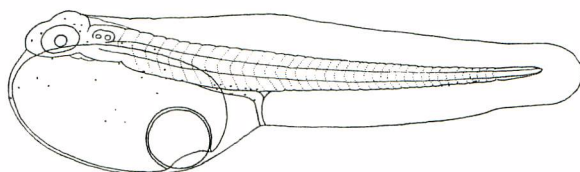


Fig. 3. Specimen No. 1.

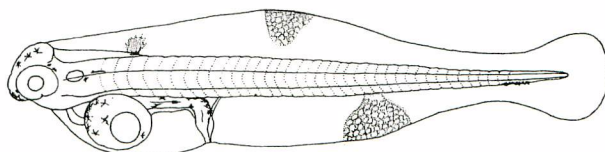


Fig. 4. Specimen No. 2.

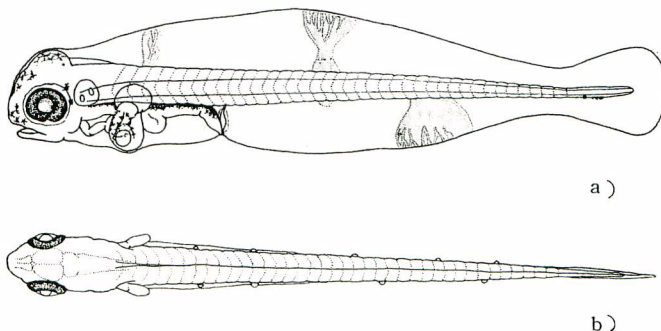


Fig. 5. Specimen No. 3.

Fig. 3-5. Prelarval stages of *Thunnus albacares*

Fig. 3. Specimen No. 1, just after hatching, T.L. 2.3 mm.

Fig. 4. Specimen No. 2, 20 hrs., T.L. 3.3 mm.

Fig. 5. Specimen No. 3, 38 hrs., T.L. 3.6 mm.

4) ふ化後3日：標本 No. 4, 全長 3.4 mm (Fig. 6)。標本固定：7月30日10時05分

卵黄はすでに吸収され、油球も少くとも外見上はみとめられない。前日の標本に比べて頭部における変化が著しい。上顎では主上顎骨の輪廓が明瞭となり吻端が円みを失なって鋭角をなしている。下顎は著しく伸長し

その先端は上顎先端より前方に突出している。下顎においても後下角が角ばり下顎諸骨の形成、分化が推定されるとともに前鰓蓋骨、主鰓蓋骨が形成されているが、前鰓蓋骨後縁の棘化は未だみられない。鎖骨がみとめられるようになり、腹腔と囲心腔の境界が明瞭となった。軀幹部はその前方部分で特に厚みを増している。

前日の標本では顕著であった頭部における黒色素胞の退縮が著しい。頭頂部、前額部、吻端附近、眼後部にあったものは全て消失し、わずかに眼の上方と眼前部に各1個、樹枝状の微かな黒色素胞の存在がみられるのみである。尾部腹面の黒色素胞については前日の標本とはほぼ同様であり、尾端部を除く前方では、黒色素胞が全く無い個体もあるが、多くは1~2個の微小な黒色素胞がみとめられる。

咽頭部、腹膜上の黒色素胞形成は進んでいる。黄色素胞は背側膜鱗中に僅かに痕跡を残して全て消失している。また、黒色素胞とは別に、尾部腹面上に肛門の直後方から尾柄部までの間に1列に並んだ赤橙色の色素胞(20ヶ以上)がみとめられる。赤色素胞はホルマリンに固定すると消失するので、これは固定前の観察によるものである。

この時期の仔魚について、摂餌を始めたことが確認された。

5) ふ化後5日：標本 No.5, 全長 3.4 mm (Fig. 7)。標本固定：8月1日夕刻

全体の体形は前述のふ化後3日目のものと大差はないが、以下のような形態変化がみられる。

下顎は更に発達して後方に伸びている。軀幹部前方では更に厚みを増しており、これと併せて腹腔も大きくなっているので体の前方部分における体高の増大がみられる。胸鱗が体側正中線となす角度が変化し、斜め上向きからむしろ体軸に垂直に近くなっている。背側膜鱗は始部附近で低くなっている。

頭部における黒色素胞の退縮は続き、吻部と頭頂部にごく微小な1点を残すのみとなった。一方、下顎先端部(内側)に黒色素胞が出現(個体によって数も1ヶから数ヶ、形状も変化がある)している。尾部腹面の黒色素胞は尾端附近のものを除いて1~3ヶある。

6) ふ化後7日：標本 No.6, 全長 4.3 mm (Fig. 8)。標本固定：8月3日朝

頭部の割合は、前記の標本に比べて更に増大している(全長の2割強)。眼径は頭長の4.4割を占める。前鰓蓋骨後縁の棘化が始まり、微小な1棘が生じている。背側膜鱗始部は第1筋節の位置まで後退した。

頭部の色素胞形成について、吻の黒色素胞は全く消失し、一方、額部から頭頂部にかけて数点の黒色素胞群が再び出現している。下顎先端の黒色素胞は調べた12尾中全くこれを欠く1尾を除き他の個体は1~3点を有し、しかも先端の内側の左右各側に1個づつほぼ左右対称に配列している個体が多くみられた。ほとんどの個体が尾部末端附近に1~4点の黒色素胞を有し、これより前方の腹面、肛門までの間にある黒色素胞が前述の標本に比べてやや数を増し、多くは2~3点、最高5点を算えるが、また全く黒色素胞を欠く個体もある。

7) ふ化後8日：標本 No.7, 全長 3.3 mm\* (Fig.9)。標本固定：8月4日16時

はじめに記したように、尾鰭水試で飼育出来た仔魚として最も成長段階の進んだものである。前記の標本とは以下のような形態変化がみとめられる。

上顎が発達し、両顎の先端がほぼ等しくなっている。前額部は急峻となり、主上顎骨は後方に伸長して後端が眼球中央よりやや後方の位置に達している。前鰓蓋骨後縁の棘は更に伸長し、また新たに1棘が加わった。背側膜鱗の始点は第4筋節附近まで後退している。肛門前方の腹側膜鱗も著しく縮小している。

色素胞形成については前記の標本と余り変っていないが、頭頂部の黒色素胞が増加し、一方尾部腹面の黒色素胞については体内に陥入して外から見難くなるものがみられ、前記の標本に比べてその数を減じている。尾端附近を除き尾部腹面に全く黒色素胞がみられない個体もある。腹膜上の黒色素胞形成は前記の標本に続いて顕著である。

\* 図示標本は固定の影響で体軸方向に縮小しており、そのため全長も前記の標本より小さい値を示している。



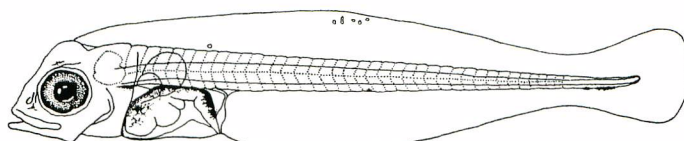


Fig. 6. Specimen No. 4.

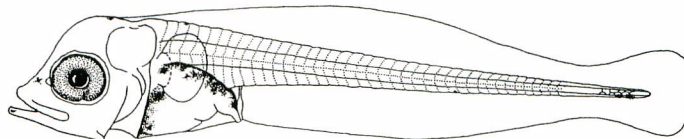


Fig. 7. Specimen No. 5.

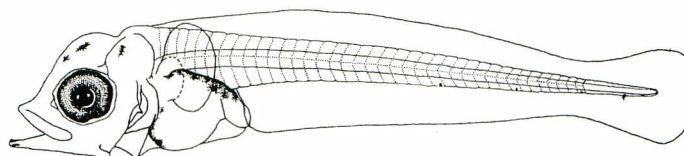


Fig. 8. Specimen No. 6.

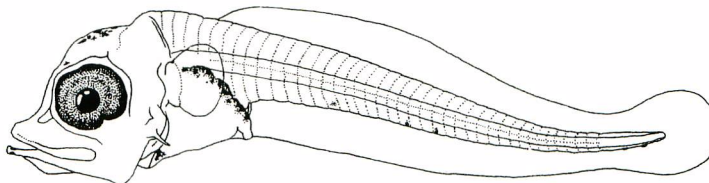


Fig. 9. Specimen No. 7.

Fig. 6-9. Early postlarval stages of *Thunnus albacares*

Fig. 6. Specimen No. 4, 3 days after hatching, T.L. 3.4 mm.

Fig. 7. Specimen No. 5, 5 days, T.L. 3.4 mm.

Fig. 8. Specimen No. 6, 7 days, T.L. 4.3 mm.

Fig. 9. Specimen No. 7, 8 day days, T.L. 3.3 mm.

8) ふ化後10日：標本 No.8, 全長 5.5 mm\* (Fig. 10)。標本固定：8月6日

頭部の割合が前記の標本に比べて更に大きくなるとともに体長も急激に増大し、肛門の位置はやや後退（第10筋節附近）、また頭部の棘化、鰭の分化・形成開始等の形態変化がみとめられる。

頭部において鼻孔は中程がくびれて2分する徴候を示し、両顎には円錐歯が発達、前鰓蓋骨縁の棘は5ケにふえ棘列の基部が鋸歯状となり、翼耳骨後縁にも1棘が生じている。背側膜鰭前方には第1背鰭棘が生じはじめ、第2背鰭の鰭条原基も発現している。脊索終端部下面に尾下骨の形成が始まり尾鰭の鰭条原基が発現、腹側膜鰭中にも臀鰭の鰭条原基が生じている。胸鰭はまだ透明な膜状であるが、鎖骨接合部後方に腹鰭原基が発現している。肛門前方の腹側膜鰭は痕跡的に残っている。

頭部では黒色素胞形成が進み、脳、頬、鰓蓋骨上、吻端附近、に色素胞が分布している。腹膜上の黒色素叢も顕著になったが、軀幹部、尾部の体側には黒色素胞はみとめられず、尾部腹面の黒色素胞は尾部末端附近を除き全く消失している。

なお、飼育中の観察によって、ふ化後11日には背鰭に黒色素胞の出現した個体もみとめられた（原田他1971）。

\* ホルマリン固定約50日後測定した値であり、近大白浜実験場で固定時に測定した値は標本 No.8の場合全長 6.3 mm、標本 No.9の場合全長 8.5 mm と報告されている（原田他 1971）。

9) ふ化後18日：標本 No.9, 全長 7.8 mm\* (Fig. 11)。標本固定：8月16日

頭部は大きく全長の36%を占め、体高(腹鰭起部における)は体長の3割を超える。

前上顎骨が発達し吻は前方に突出、前額部の角度は鋭くなっている。口裂が大きく、両顎の歯生も発達し、前鰓蓋骨縁の棘も顕著となっている。鼻孔は未だ2分していない。

垂直鰭の分化、各鰭の鰭条形成が進み、特に第1背鰭と尾鰭は完成が間近く、尾鰭は叉状を呈し始めている。膜鰭は背側では第1背鰭と第2背鰭の間、尾鰭前方、腹側でも尾鰭前方で退縮して陥入し各鰭の境界が明瞭となっている。肛門前方の膜鰭は全く消失している。胸鰭はその基部では厚さを増したがまだ膜状である。腹鰭は伸長しすでに定数に達した棘、条を具えている。

黒色素胞形成が進み、上下顎先端部に色素胞が増え、眼前部、下顎後端附近にも発現している。前脳部に痕跡的に黒色素胞が出現している。第1背鰭膜に黒色素胞が密に分布しているが、その他の鰭には色素胞は出現していない。また第1背鰭基部と臀鰭基部に色素胞の出現がみられる。

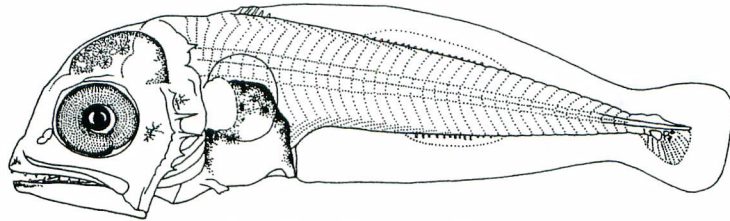


Fig. 10. Specimen No. 8.

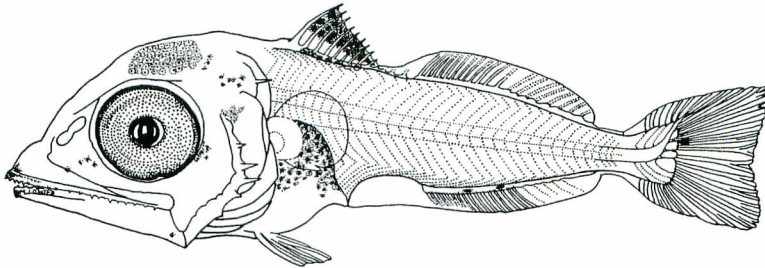


Fig. 11. Specimen No. 9.

Fig. 10-11. Postlarval stages of *Thunnus albacares*

Fig. 10. Specimen No. 8, 10 days after hatching, T. L. 5.5 mm.

Fig. 11. Specimen No. 9, 18 days, T. L. 7.8 mm.

### 3. 考 察

はじめに述べたように、このキハダ仔魚飼育試験に期待するところの一つは、天然採集仔稚魚に関する従来の同定結果を検証することにあつた。

キハダと想定されている仔魚(全長約4mm以上の後期仔魚)の形態的特徴(マグロ類の後期仔魚期に共通したものを除く)は、以下のようである(上柳1966, 1969, MATSUMOTO *et al.* MS)。

- 1) 軀幹部から尾部にかけての体側表面に黒色素胞が出現しない。
- 2) 赤色素胞が尾部腹面に出現するが、背側には出現しないか、出現してもその位置は尾柄部に限られる。
- 3) 全長4.5mm程度から黒色素胞が下顎先端部に出現する。
- 4) 標本が特に変形していない場合、頭部のプロフィールにおいて、眼の中心部が吻端より明らかに高い位置にある。

\* 前頁の欄外註を参照。

これらの形質に関して、今回の飼育仔魚について検討してみると、

1) の形質について：ふ化直後から8日目頃までの仔魚について、尾部腹面に微小な黒色素胞の存在がみとめられたが、これらの黒色素胞は、ふ化後6~7日位を発達の頂点として急激に退縮、消失の傾向がみられた。ふ化後10日目の標本では全く黒色素胞がみとめられなかった。なおふ化後18日目の標本で第1背鰭や臀鰭の基部に色素胞形成がみられたが、これは後述するように後期仔魚期でなく稚魚期の形質である。

2) の形質について：今回の飼育仔魚について、観察例は多くはなかったが、この特徴は明らかに認められ、原田他(1971)も同様な観察結果を報告している。

3) の形質について：ふ化後5日目位から例外なくみとめられた。

4) の形質について：図示したように、飼育仔魚のプロフィールの形状はこれに合致している。

1) の形質は、マグロ類仔魚のうちキハダとビンナガに特徴的なものであり、2)~4) の形質はキハダをビンナガと区別する種の特徴と想定されたものであるが、仔魚飼育試験に基づく以上の検討結果から、従来の想定(上柳1966, 1969)が妥当であること、即ち、1)~4) の形質をキハダ後期仔魚の同定形質として用いて差支えないと考えられる。なお、キハダ仔魚の同定基準として1)~4) の形質を適用するに当たって、以下のような問題が考えられる。

飼育環境下にあるものは、天然のものと成長に伴う形態変化にかなりな差異を生ずることは考えられるところであり、特に色素胞形成においてそれが顕著に現れるように思われる。

a) 前述のふ化後18日目の仔魚標本は、体型、鰭の形成、前鰓蓋骨縁の棘化の程度等、天然に採集される同大の仔魚とほとんど相違はみられないが、天然のものでは、全長10mm以下の仔魚では黒色素胞が発現しない部分である体側や前脳部に、この標本では色素胞形成(稚魚期の色素胞形成)がみとめられた。

b) 天然に採集されるキハダ仔魚では、全長4mm程度(Fig. 8の標本の発育段階に相当)以下のものでは下顎先端部に黒色素胞の発現はみられないようであるが、飼育仔魚については前述のようであり、a) のことも合せて飼育環境下では黒色素胞の発現が早いように考えられる。

c) 上記のa)、b)とは見掛け上逆の現象であるが、尾部腹面の黒色素胞の形成と消失過程に関して、天然で採集されるキハダ仔魚については全長4mm以上のものでは尾部腹面には黒色素胞が全くみとめられないことから、飼育環境下ではこの黒色素胞の消失過程がおくれている疑いが持たれる。

メバチ仔魚の特徴とされている形質が、後期仔魚期を通じて尾部腹面に黒色素胞が出現することにある(MATSUMOTO 1962, 上柳 1966)ので、上記の点は、このメバチ仔魚との識別に関連する問題として、更に検討する必要がある。

記載標本 No.1~9 は、飼育環境下で大体正常に発育したと推定される仔魚であり、標本 No. 5(ふ化後5日)から No. 7(ふ化後8日)にかけては飼育環境下の影響で発育が若干おそいとみられることまた、標本 No. 8 と No. 9 がそれぞれの時期について1尾づつしか得られていなくて標本と同時期のものを代表し得ているか、等に問題があるが、キハダの仔魚期の成長過程の概略は、これらの標本のシリーズから想定出来るように考えられる。

以上、後期仔魚期の形態を中心に考察を行なって来た。前期仔魚期については、今回の試験では、胚体期とともに詳細な観察を行ない得なかったが、既往の報告を参照して若干言及する。

マグロ属(*Thunnus*) 魚類について、人工授精により後期仔魚期まで飼育出来たのはこれが始めてであるが、マグロ類やマグロ近縁種の天然採集卵より前期仔魚期(卵黄吸収まで)の飼育例として、クロマグロ(SANZO 1932, PADOA 1956)、ビンナガ(SANZO 1933, PADOA 1956)、ヤイト(HOUDE & RICHARDS 1969)、ヤイト(DELSMAN 1926, 1931)、ソウダガツオ(水戸 1961)等の報告がある。

天然採集卵による方法であるため、後期仔魚期まで飼育出来た HOUDE & RICHARDS (1969) の例を除き、種の同定に関して問題が残されているが、何れもマグロ類或いは近縁種のものと考えてよいように思われる。

これらの報告に記された前期仔魚期の形態、特に色素胞形成についてみると、黄色色素胞の頭部、直腸部、膜鰭中への出現と消失、黒色素胞の頭部、体側への出現(背面から腹面への移動)消失——腹膜の黒色素胞は

消失することなく発達を続けて後期仔魚期に移行——が、共通的に前期仔魚期の色素形成の特徴としてみとめられる。また、種間の相違に関して、水戸(1961)も述べているように、仔魚の膜鱗中の黄色色素胞形成について種間でパターン相違がみとめられるようであり、この形質がマグロ類の前期仔魚期における種の同定の有力な手がかりになる可能性が考えられる。

DELSMAN (1926) がグルクマ (*Scomber kanagurta* = *Rastrelliger kanagurta*) として記載し後に (1931) ヤイト (*Thynnus thunnina* = *Euthynnus affinis*) と訂正した卵および仔魚は、今回の飼育キハダの卵、仔魚と形態、色素胞の分布状態とも酷似している。この標本が採集された水域は、マグロ類のうちキハダ、コンナガ、メバチの産卵が考えられる水域であるが、上記のように黄色色素胞の形成パターンが種に特徴的なものであるならば、DELSMAN ('26, '31) の報告した卵、仔魚がヤイトでなくキハダのそれである可能性が考えられる。

終に、この研究のために種々御協力をいただいた三重県尾鷲水産試験場前場長河村高知氏はじめ場員の方々、貴重な飼育仔魚標本を貸与していただいた近畿大学水産研究所原田輝雄博士に、またキハダの熟卵採集のため快く御協力をいただいた三重県小型旋網船団：三洋丸、甚昇丸、正徳丸、政吉丸、第三協和丸、双葉丸、光洋丸の方々に心から御礼申上げる。また、この報告のために有益な御批判や示唆をいただいた須田明博士、文献閲読についてお世話いただいた Mr. W. L. KLAWE, Mrs. H. NISHIMURA, マグロ類の仔魚飼育試験について情報を提供された Dr. W. J. RICHARDS, 英文抄録作成に御助力いただいた Mr. T. OTSU, Mr. W. M. MATSUMOTO, 図表の作成に協力された土井禎子氏に深謝の意を表する。

#### 参 考 文 献

- 1) DELSMAN, H. C. 1926: Fish eggs and larvae from the Java Sea, 9. *Scomber kanagurta* C. V. *Treubia*, 8 (3-4): 395-399.
- 2) —, 1931: Fish eggs and larvae from the Java Sea, 18. The genus *Cybiium* with remarks on a few other Scombridae. *Ibid.*, 13 (3-4): 401-410.
- 3) 原田輝雄他, 1971: キハダの人工ふ化と仔魚飼育について。近大農学部紀要 (4): 145-151.
- 4) HOUDE, H. D. and W. J. RICHARDS, 1969: Rearing larval tunas in the laboratory. *Comm. Fish. Rev.* 31 (12): 32-34.
- 5) KUME, S. 1962: A note on the artificial fertilization of bigeye tuna, *Parathunnus mebachi* (KISHINOUE). 南水研報 (15): 79-84.
- 6) MATSUMOTO, W. M. 1962: Identification of larvae of four species of tuna from the Indo-Pacific region I. *Dana Rept.* 55: 1-16.
- 7) —, S. JONES, W. L. KLAWE, W. L. RICHARDS, S. UEYANAGI, and E. H. AHLSTROM, MS: On the clarification of certain aspects of larval tuna identification particularly in the Genus *Thunnus*.
- 8) 水戸 敏, 1961: 日本近海に出現する浮游性魚卵—II. アカマンボウ目, マトウダイ目, ポラ亜目, サバ亜目, アジ亜目およびイボダイ目。九大農芸誌, 18 (4): 451-466.
- 9) 森慶一郎, 1970: 日本近海太平洋側におけるマグロ類、とくにキハダ (*Thunnus albacares*) の産卵についての一考察。遠洋水研報. (3): 215-228.
- 10) PADOA, E. 1956: Uova, larve e stadi giovanili di Teleostei; Scombriformes. Fauna e Flora del Golfo di Napoli, Monogra., 38: 471-507.
- 11) SANZO, L. 1932: Uova e primi stadi larvali di tonno (*Orcynus thynnus* Ltkn.). *R. Comitato Talassografico Italiano, Mem.* 189: 16pp.
- 12) —, 1933: Uova e primi stadi larvali di alalonga (*Orcynus germo* Ltkn.). *Ibid.*, 198: 9pp.

- 13) 水産庁調査研究部, 1970: 昭和 45 年度マグロ養殖技術開発企業化試験 一中間報告一.
- 14) 上柳昭治, 1966: マグロ類仔魚の赤色素胞とその仔魚同定上の効用について, 南水研報 (24): 41-48.
- 15) 一, 1969: インド・太平洋におけるマグロ類仔稚魚の分布——ビンナガ産卵域の推定を中心とした検討——. 遠洋水研報 (2): 177-256.
- 16) 一, 1971: 〈増養殖研究〉かつおまぐろ年鑑 '71。水産新潮社: 476-493.

Appendix table 1. Measurements for the specimens described and figured. Reared larvae of yellowfin tuna,  
*Thunnus albacares*

Specimen No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elapsed time after hatching	0	2 hrs	38 hrs	3 days	5 days	7 days	8 days	10 days	18 days
Measurements in mm.									
Total length	2.30	3.30	3.60	3.40	3.40	4.30	3.30	5.5	7.8
Standard length	2.23	3.18	3.45	3.25	3.20	4.15	3.10	5.3	6.8
Head length*	0.43	0.45	0.55	0.60	0.70	0.90	0.80	1.76	2.8
Snout length					0.20	0.25		0.55	0.95
Diam. eye	0.17	0.23	0.22	0.27	0.32	0.37	0.37	0.65	1.05
Diam. orbit					0.35			0.7	1.1
Upper jaw length							0.45	0.95	1.75
Diam. yolk sac	1.00	0.34	0.16						
Diam. oil globule	0.25	0.15	0.07						
Body height at ventral origin								1.5	2.1
Body height at anal origin					0.25	0.35		0.7	1.05
Snout to 1st dorsal								2.15	3.1
Snout to anal origin								3.15	4.25
Snout to anus		1.20	1.10		1.20	1.45	1.20	2.2	3.4
Pectoral fin length				0.32	0.30	0.48		0.6	0.9
1st dorsal finray length									0.8
Pelvic finray length									0.9
Counts:									
Myomeres	12+27	8+29	8+30	8+31	9+30	9+30			

\* Before development of the operculum, the distance from the most anterior part of the head to the most posterior part of auditory vesicle.