

マゴチ飼育仔稚魚の形態発育と成長

誌名	千葉県水産総合研究センター研究報告
ISSN	18810594
著者名	牧野,直 藤元,香世 中丸,徹
発行元	千葉県水産総合研究センター
巻/号	1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 63-70
発行年月	2006年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



マゴチ飼育仔稚魚の形態発育と成長

牧野 直・藤元香世・中丸 徹

Morphological Development and Growth of Hatchery-reared Bartailed Flathead *Platycephalus* sp.*

Naoshi MAKINO, Kayo FUJIMOTO and Thoru NAKAMARU

Morphological development and somatic growth were examined for hatchery-reared bartailed flathead, *Platycephalus* sp. from newly-hatched larvae to early stage of juveniles. Six developmental stages (A-F) were recognized based on morphological characteristics.

Stage A) Newly hatched to 2 days old larvae, 1.71-2.55mm in total length (TL), with yolk sac and unopened mouth. Stage B) Three to 14 days old larvae, 2.49-5.70mm TL. On the 3 days after hatching (DAH), the mouth opened. Yolk sacs were absorbed, larvae actively fed on rotifers. On the 5 DAH, head spines began to appear. Stage D) Twenty to 29 days old larvae, 7.6-11.5mm TL. On the 20 DAH, notochord flexion began and was completed by the 29 DAH. Stage E) Twenty-five to 45 days old larvae, 9.4-18.4mm TL. Fin ray counts were completed. Within 40 DAH, larvae moved from a pelagic to benthic habitat. Stage F) Forty-five to 60 days old juveniles, 13.7-44.5mm TL. Squamation began. During those stages, melanophores were densely distributed over the whole body. The flexion points in the relative growth of body parts were concentrated in stages at mouth opening, notochord flexion, completion of fin ray counts and beginning of squamation. These corresponded to behavioral turning phases such as habitat and feeding.

キーワード：マゴチ，飼育，仔稚魚，形態発育，相対成長

はじめに

マゴチ *Platycephalus* sp.* は、宮城県・新潟県以南、インド洋、紅海にかけて沿岸海域の砂泥底に生息するコチ科魚類²⁾であり、日本近海に産するコチ科魚類の中で漁業上最も重要な魚種である。

本種の形態発育については、人工飼育³⁻⁵⁾や天然海域から採集された標本^{4,6,7)}による記載があるが、ふ化直後から稚魚期の初期まで連続して記載した報告は見られない。

健全な海産仔稚魚を育成するためには、発育初期の形態・生理・生態を総合的に理解することが必要であり、連続的な試料の入手が容易な飼育魚で発育過程を詳しく記述することはその不可欠の前提となる。

千葉県では、1994年以来、本種を栽培漁業の対象候補種に選定するために、その種苗生産技術の開発に取り組んでおり、著者らは仔稚魚の初期発育についての知見を蓄積してきた。本報では、飼育したマゴチを用いて、仔魚から稚魚までの連続した外部形態の変化と相対成長について明らかにした。

材料と方法

仔稚魚の飼育 本研究の形態観察には、2004年8月10日から10月9日に千葉県水産研究センターにおいて飼育した仔稚魚を用いた。受精卵には、東京湾で刺網により捕獲した天然親魚を当センターで養成し、その親魚が自然産出したものを使用した。これらの卵をイソジン海水溶液（濃度1/200）に約6分間浸漬した後、

* 本研究の供試魚の親魚は、中坊¹⁾に従いマゴチ *Platycephalus* sp. に同定した。

200lアルテミアふ化槽でふ化後1日まで管理した。およそ10,000尾の仔魚を円型0.5m³黒色ポリタンク水槽に収容し、飼育を開始した。飼育開始当初から紫外線を照射したろ過海水を水槽へ注水し、仔魚収容時に1日当たり全体の40%, ふ化後10日から100%, 30日から飼育終了時までには、300~400%を目安に換水した。飼育開始当初から極微量の通気を行い、仔稚魚の成長とともに順次通気量を増加した。飼育水温は19.7~26.0(平均23.2)であった(図1A)。

飼育には、シオミズツボウムシL型*Brachinonus plicatilis*(以下ワムシ)、アルテミア*Artemia salina*のノープリウス幼生(以下アルテミア)、および市販の配合飼料を餌料として用いた。これらは図1Bに示した餌料系列に従って投与した。

標本の採取と測定 ふ化直後に続いてふ化後1~60日まで1~5日間隔で飼育魚を採取した。採取した仔稚魚は、色素胞の分布を観察後、10%中性ホルマリンで固定し、90%エチルアルコール中に保存した。

万能投影機および実体顕微鏡に付けた接眼マイクロメーターを用いて、これらの固定標本の次の9部位の長さを測定した。

1) 全長, 2) 体長[脊索末端の上屈前は、吻の前端から脊索末端までの直線距離(脊索長), 上屈後は吻の前端から下尾骨と尾鰭骨の関節点までの直線距離(標準体長)], 3) 体高[胸鰭基部での体高], 4) 眼径[右眼の中心を通る水平距離], 5) 上顎長, 6) 前肛門長, [吻の前端から肛門の中心までの長さ], 7) 頭長[吻の前端から鰓蓋を包む鰓膜後縁までの長さ],

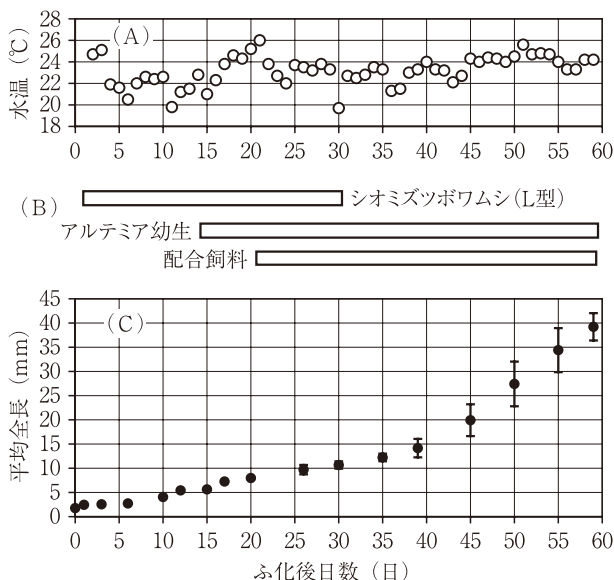


図1 マゴチ飼育仔稚魚の飼育水温(A), 餌料系列(B), 成長(C)

平均値(●)と標準偏差の範囲()を示す(n=10)。

8) 吻長[吻の前端から眼の前縁までの長さ], 9) 卵黄長[卵黄の長径]

仔稚魚の形態の観察および描画は、固定標本をサイアニンブルー((株)長谷川繪雅堂)およびアリザリンレッド染色後に、描画装置付きの実体顕微鏡を用いて行った。描画の方法は、木下⁸⁾に従った。

発育段階の区分はKendall *et al.*⁹⁾, 岩井¹⁰⁾, および中山他¹¹⁾に従い、体各部の測定は卵黄長を除いて沖山¹²⁾に準じた。

頭部棘については、サイアニンブルーまたはアリザリンレッド染色後に、棘を生じる骨要素を観察し、それらの骨要素は沖山¹²⁾に従った。脊椎骨数(尾部棒状骨を含む)の計数は、アリザリンレッド染色または軟X線撮影により行った。

なお、本報文で使用する仔稚魚のふ化後日数はふ化した日を0日とし、その翌日以降1日ずつ加算した。

結 果

仔稚魚の外部形態

1. ステージA: ふ化直後~2日(図2A) ふ化直後から卵黄を吸収し尽くすまでの卵黄嚢仔魚。

全長の平均値(範囲)は、2.1mm(1.7~2.5mm), 筋節数は11+18=29であった。ふ化直後の卵黄は楕円型で大きく、卵黄の長径は全長のほぼ半分を占め、卵黄の前端部は吻とほぼ同位置にあり、前方へ大きく突出しない。油球は卵黄後端下に位置する。口はまだ開かず、肛門は魚体の中央よりやや後方の第11~12筋節下に開口し、膀胱は形成されている。ふ化後1日(以下「○○日」)に胸鰭の原基が、2日に眼球に黒色素胞が現れる。ステージの初め(以下「初期」)には、魚体の頭部、胸部に小型の星状の黒色素胞が散在するが、ステージの終わり(以下「後期」)には前頭部、頭頂、下顎下面、腹腔下面に拡大し、樹枝状の黒色素胞に変わる。油球上には大型の樹枝状の黒色素胞が数個存在する。初期には、樹枝状の黄色素胞は頭部、尾部、仔魚膜鰭背部および卵黄上に見られ、尾部の第14~23筋節の間では帯状に分布する。後期には肛門前後方の仔魚膜鰭に樹枝状の黄色素胞が出現する。ふ化直後の仔魚は、腹部を上または横にして水面直下に浮遊する。後期になると、体軸を水平に保ち腹部を下にして定位する仔魚の割合が増加する。

2. ステージB: 3日~14日(図2B) 卵黄を吸収し尽してから、脊索末端が上屈を開始する直前までの上屈前仔魚。平均全長3.7mm(2.4~5.7mm)。

開口し、卵黄嚢内には卵黄は全く認められない。油球は初期には卵黄嚢内に明らかに残存しているが、後

期には吸収され消失する。眼球の黒色素胞の沈着は完了し、ワムシの摂餌が始まる。胸鰭軟条の形成が開始され、10日には団扇状に大きく発達した胸鰭を活発に動かして遊泳し、ワムシを摂餌する。3日には鼻孔が形成される。消化管は太くなり、肛門に向かって折れ曲がる部分（腸と直腸の境界）にくびれが生じ、9日前後には消化管の回転が始まる。10日には胸鰭基底部下方に腹鰭の原基が出現する。尾部に帯状に分布する黄色素胞と仔魚膜鰭上の黄色素胞は消失する。黒色素胞は、初期には胸鰭、鼻孔周辺部、後頭部、腹腔上面および肛門前後方の仔魚膜鰭上に分布する。6日には吻から眼を横切り胸鰭後方から第20筋節付近に達する黒色素胞列が形成され、特に胸鰭上半では濃密に分布する。このような黒色素胞の分布は発育にともなってほとんど変化しない。7日には、消化管背面に体軸方向がやや長径な楕円形を呈し、腔内にガスが分泌された鰾をもつ仔魚が認められたが、後期には鰾をもつ仔魚は観察されなくなった。背面から観察すると頭部は横に広がり始め、頭部が極めて大きく鰓蓋下縁は次第に突出する。後期には、動きの遅いワムシだけでなく大型で活発に遊泳するアルテミアを与えると、頻繁に摂餌する。

3．ステージC：15日～19日（図2C）脊索末端が上屈を開始してから、終了までの上屈仔魚。平均全長6.40mm（5.35～7.40mm）。

脊索末端の上屈が始まると同時に下尾骨と尾鰭軟条が形成され始め、仔魚膜鰭尾柄部の背腹が一部湾入する。この湾入部分は将来、背鰭と尾鰭および臀鰭と尾鰭の境界となる。15日には背鰭棘部基底と鰭条（5本）の形成が見られ、臀鰭では鰭棘基底が出現し、軟条の形成が進行する。胸鰭軟条の形成は進み、後期には定数（19本）に達する。黒色素胞は新たに頭部背面に現れる。

4．ステージD：20日～29日（図2D）下尾骨が完成し、尾鰭条が定数に達するまでの上屈後仔魚。

平均全長8.8mm（7.6～11.5mm）。尾鰭条が完成されるが、背鰭、臀鰭および腹鰭の各鰭条数は、まだ定数に満たない。20日では、第1背鰭棘条は7本（定数10本）、第2背鰭軟条は8本（定数13本）で両鰭は連なる。臀鰭軟条は8本（定数13本）で第2背鰭と臀鰭は、仔魚膜鰭によって尾鰭と連なる。腹鰭は1棘4軟条（定数1棘5軟）を形成する。頭部はさらに横に広がり縦扁し、眼が頭部背方に移動する。肛門の位置は魚体中央よりやや前方に位置し、鼻孔がくびれ始める。胸鰭は翼状でかなり大きく発達し、口腔には下顎歯が出現する。23日には背鰭と尾鰭の間および臀鰭と尾鰭

の間の仔魚膜鰭が消失し、背鰭と臀鰭は尾鰭から分離し独立する。このころより着底する仔魚が現れ、その体色は極めて黒い。黒色素胞の分布位置はステージCとほぼ同様であるが、その分布は濃密になる。

5．ステージE：25日～45日（図2E）各鰭条が定数に達してから、鱗の形成が始まる直前までの移行仔魚。平均全長12.3mm（9.4～18.4mm）。

各鰭条が定数に達する。背鰭棘（特に第3棘）と腹鰭棘は極めて強大となる。鼻孔は完全に2分される。黒色素胞は、吻端から背鰭第8軟条基底付近下の体背側面にかけて連続的に濃密に分布し、30日には新たに尾柄末端の体側にも塊状に分布するようになる。仔魚は、30日頃までは摂餌時に浮遊、飽食時に着底を交互に繰り返し、40日以後にはほとんどの時間を水槽底や壁面で過ごすようになる。

6．ステージF：45日～60日（図2F）鱗の形成が始まり、仔魚の特徴が消失する稚魚。平均全長30.2mm（13.7～44.5mm）。

初生鱗は、第1背鰭第5棘付近下の側線に沿って出現する。以後側線の背腹方向、頭部および尾部方向に、体表全域に拡がっていく。黒色素胞の分布は、吻端から体背側全面および尾鰭まで拡がる。さらに、黒色横帯が吻端、眼の後方および尾部に、黄色横帯が眼の前後方と胸鰭基底部に形成される。胸鰭では周辺部から黒色素胞が減少して薄れ、淡黄褐色を呈する。これらは成長とともに成魚特有の斑紋となる。

発育ステージはふ化直後にAであったものが、5日には全てB、15日にはC、20日にはD、25日にはDとE、45日にはEとFへ進行し、50日以降は全てFとなった（表1）。

成長 飼育期間中の全長の推移を図1Cに、5日ごとの成長率を図3に示した。ふ化直後の仔魚の平均全長（範囲）は1.7mm（1.7～1.8mm）で、20日までは緩やかな成長を示し、7.9mm（7.6～8.3mm）に達した。20日から35日までは成長はやや停滞したが、それ以降は急速に成長して60日には39.2mm（35.2～43.5mm）に達した。5日ごとの成長率（ $(X + 5 \text{ 日の全長} - X \text{ 日の全長}) / X \text{ 日の全長} \times 100$ ）の推移をみると、ふ化後5日間の成長率は54.5%で最も高かった。このほかの期間の成長率は9.9～49.2%であったが、着底の開始（20～25日）から完了（35～40日）までの期間では、9.9～21.6%と低く、また鱗の形成期（45～55日）以降は急速に低下した。

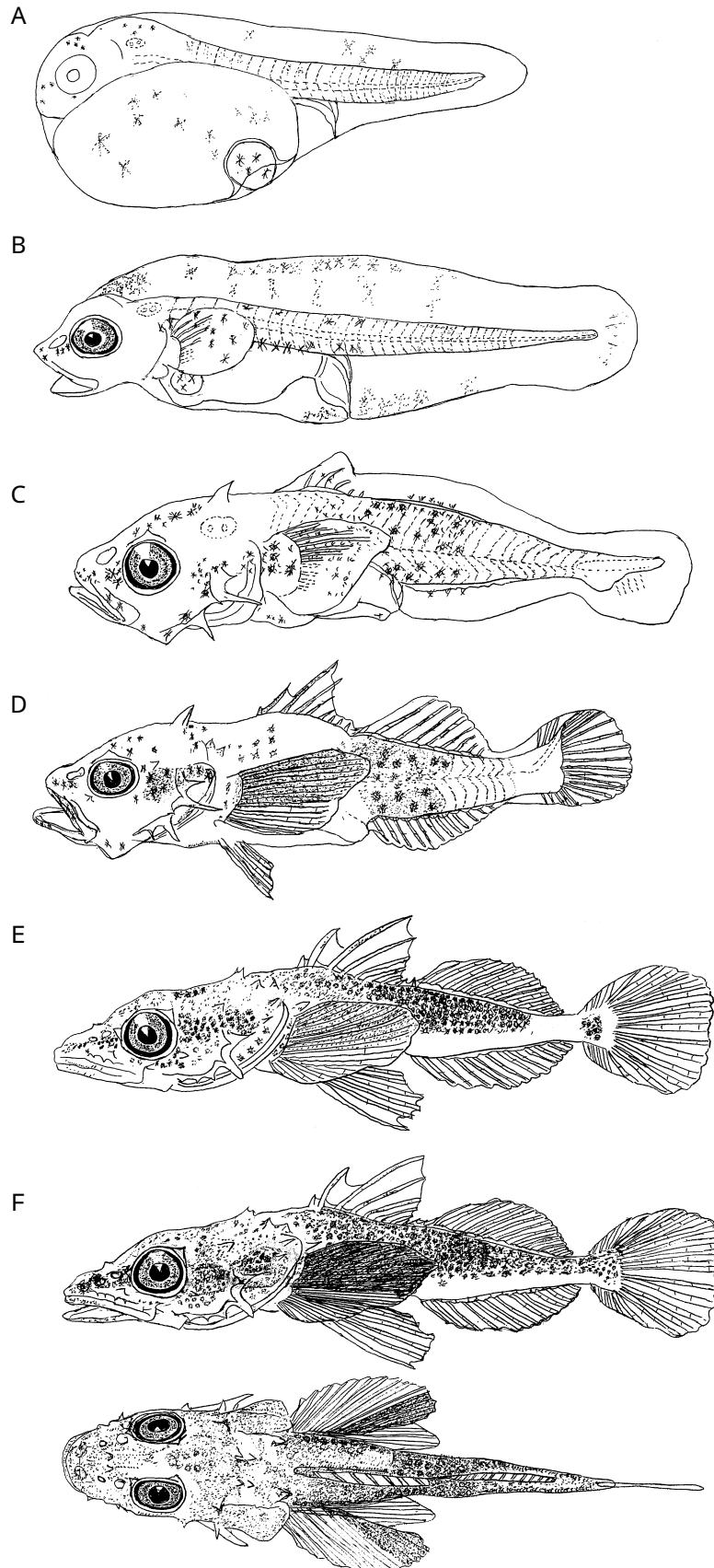


図2 マゴチ飼育仔稚魚の発育段階

A) ステージA: ふ化直後の卵黄嚢仔魚, 全長1.7mm B) ステージB: 上屈前仔魚, 開口, ふ化後3日, 全長 2.5mm C) ステージC: 上屈仔魚, ふ化後15日, 全長5.6mm D) ステージD: 上屈後仔魚, ふ化後20日, 全長8.0mm E) ステージE: 移行仔魚, 各鰭条完成するが, 鱗未形成, ふ化後30日, 全長12.5mm F) ステージF: 稚魚, 鱗形成開始, ふ化後45日, 全長20.9mm 下図は、上図の稚魚の背面図を示す。

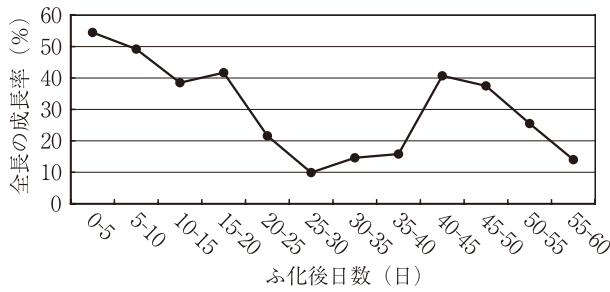


図3 マゴチ飼育仔稚魚の5日ごとの全長の成長率 (n=120)

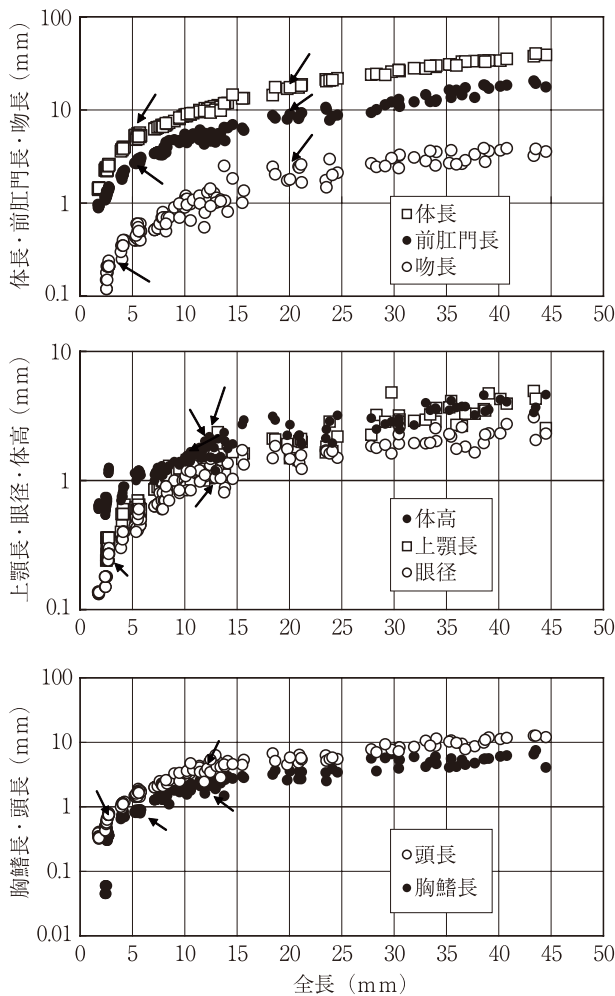


図4 全長に対する体長、前肛門長、吻長、上顎長、眼径、体高、胸鰭長、頭長との関係

→は、変曲点を示す。

体の各部の相対成長 図4に全長と体長、吻長、前肛門長、頭長、眼径、上顎長、胸鰭長、体高との関係を示した。上顎長は全長13mm、頭長および眼径は3、13mm、吻長は3、20mm、胸鰭長は6、13mm、前肛門長および体長は6、20mm、体高は13mmにおいて変曲点が見られた。変曲点は図5に示したように全長3mm、6mm、13mm、20mmに集中する。

頭部棘の発達 図6に観察した頭部棘要素を、表2にその発達過程を示した。まず、5日に頭頂棘、前部前鰓蓋棘（第1棘）および後部前鰓蓋棘（第2、3棘）が出現する。15日には眼後棘、翼耳棘、上部後側頭棘、後部前鰓蓋棘（第1、4棘）、25日以降には鼻棘、眼前棘、上・下部主鰓蓋棘、擬鎖棘、後部前鰓蓋棘（第5棘）、前部鰓蓋棘（第2棘）、上・下眼下棘が形成される。

脊椎骨数 表3に全長39.2mm（35.5～43.5mm）の40尾の脊椎骨数を示した。脊椎骨数は27の個体が90%、28の個体が10%出現した。

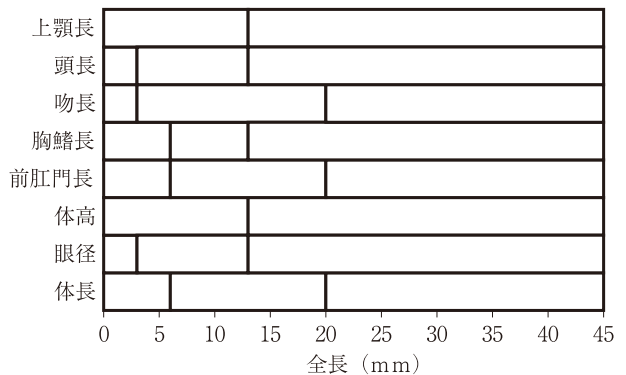


図5 コチ飼育仔稚魚の全長に対する8部分長の成長変曲点

は成長変曲点を示す。

表1 マゴチ飼育仔稚魚の成長に伴う各发育段階の構成比（%、n=130）

发育段階 \ 孵化後日数	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
A	100												
B		100	100										
C				100									
D					100	70							
E						30	100	100	100	20			
F										80	100	100	100

表2 コチ飼育仔稚魚の頭部棘要素の発達過程

ふ化後 日数	鼻棘	眼前棘	眼後棘	翼耳棘	頭頂棘	上部後 側頭棘	下部後 側頭棘	上部主 鰓蓋棘	擬鎖棘	下部主 鰓蓋棘	後部前鰓蓋棘(群) (第1~5棘)					前部前鰓蓋棘 (群) (第1, 2棘)		上部眼 下棘	下部眼 下棘
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	10*	11*	12*	13*	14*	15*	16*	17*	18*	19*
3																			
5					○							○	○			○			
6					○							○	○			○			
8					○							○	○			○			
10					○							○	○			○			
12					○							○	○			○			
14					○							○	○			○			
15			○		○						○	○	○			○			
17			○		○	○					○	○	○			○			
20			○	○	○	○	○				○	○	○	○		○			
26	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
35	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
39	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
45	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
50	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
55	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

1*~19*: 図6で示したコチ飼育仔稚魚の頭部各棘要素の番号を示す。

成魚では, 頭部棘は後部前鰓蓋棘第2棘(番号11), 第3棘(番号12)が残る。

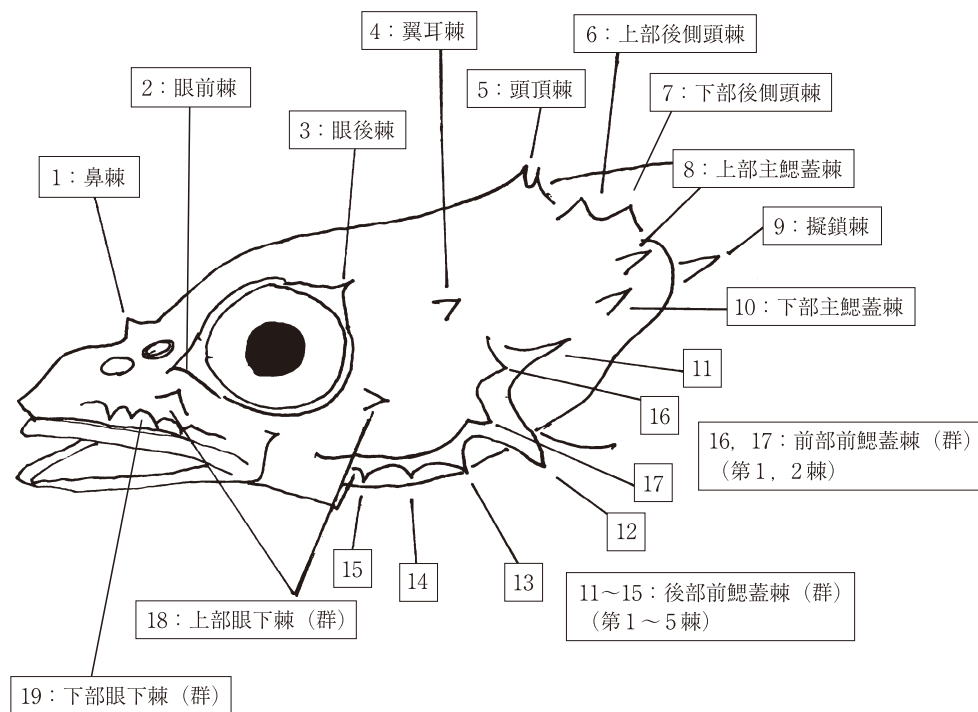


図6 コチ飼育仔稚魚の頭部棘要素

表3 コチ飼育稚魚の脊椎骨数

標本数	40
平均全長(範囲)	39.2(35.5~43.5)
標準偏差	±2.82
脊椎骨数	27 28
頻度(%)	90 10

考 察

成長 着底開始から完了までのステージD, E (20日～40日)では成長が停滞し、鱗の形成開始以降のステージF (45日～55日)では成長率が急速に減少した。変態期に成長が停滞する現象は、ホシガレイ *Verasper variegatus*¹³⁾、ヒラメ *Paralichthys olivaceus*¹⁴⁾、において確認されている。変態期のヒラメは餌料密度と変態サイズの関係から、限られた栄養供給下では発育が体成長に優先されることが推察されており¹⁵⁾、前述した両種の成長の停滞は体構造の急激な変化が成長に優先された結果であると考えられている¹³⁾。マゴチ仔稚魚においても発育が体成長に優先されることが推察される。

相対成長と行動との関係 体各部位の相対成長において、変曲点は全長3mm, 6mm, 13mm, 20mmに集中し、これらは発育ステージでは順にB, C, E, Fに相当する。ステージBにおいて口が開き摂餌が始まり、後期には消化管が回転する。このステージでは摂餌や遊泳等の基本的な機能が整い、全長に対する胸鰭長、頭長、眼径、上顎長および体高の値が著しく増加する。特に、この時期の遊泳行動は、胸鰭軟条の完成によって、それまでの受動的な遊泳から能動的な遊泳になる時期でもある。ステージB (5 - 14日)の成長率は、40～50%と極めて高い値を示す。これは仔魚が活発に水槽の中層を遊泳しアルテミアを飽食する行動とよく一致する。総じて、このステージは摂餌や浮遊・遊泳に關した体の構造や能力が発達する時期であると考ええる。ステージC～Eは尾鰭をはじめとする各鰭の鰭条が形成され、完成する。特に、尾鰭の形成には脊索末端の上屈を伴うため、ステージCの全長6mmで体長—全長に著しい変曲点が現れるものと考ええる。ステージDでは、頭部は縦扁して平たくなり肛門の位置は前方に、眼は頭部背方に移動し、外部観察からは体表面積の増加並びに筋組織の充実が推測される。後期には生活の場も水槽の上中層から底層および水槽底や壁面へと変化を始める。ステージEでは、まだ前のステージと同様に、仔魚は浮遊している時間が多いことから、この時期は底棲生活への移行期と捉えることができる。本格的な底棲生活は、鱗の形成が開始するステージFであると考ええる。

以上のことからマゴチの初期生活期は、大まかにステージA～Dの浮遊期、ステージEの移行期、ステージFの底棲期に大別することが適当であると考ええる。

頭部棘の発達 ステージBの5日から頭頂棘、前部前鰓蓋棘 (第1棘) および後部前鰓蓋棘 (第2, 3棘)

が出現し、以後、眼後棘をはじめとする多くの頭部棘がステージFの60日まで観察された。これらの頭部棘は、成魚では後部前鰓蓋棘 (第2, 3棘)を残し消失する。クロソイ *Sebastes shlegeli*の仔魚¹⁶⁾、クロマグロ *Thunnus thynnus*の仔魚¹⁷⁾の頭部にも多数の棘が発達するが、マゴチ同様に成魚でも一部の棘を残し、大半の棘が消失する。海産魚類では仔稚魚期に表層で浮遊生活をする魚種が多く、それらの中には沈まない工夫として、鰾が発達して体を軽くすることや、棘、付属物を発達させて沈下に対する抵抗を増大させることで、浮遊生活へ適応していると考えられている魚種がいる¹⁰⁾。マゴチの仔稚魚においても頭部棘は同様の役割をもつものと推測される。また、ステージBで観察された鰾の発達も浮遊生活への適応と考えられる。一方、ステージFの底棲生活期に入っても頭部棘の退行は起こらず、観察終了時の60日 (全長39.2mm)まで観察された。飼育実験によって底棲期の稚魚 (平均全長16.9mm)は潜砂能力をもつ¹⁸⁾ことが判明しており、同時期の天然魚も砂地に潜って生活することが推測される。砂敷環境は頭部棘を退行させる要因の一つとすれば、そのような環境で飼育することにより頭部棘の退化過程を観察することが可能であると考えられることから、今後、砂を敷いた飼育実験により頭部棘の退行過程を明らかにする必要がある。

脊椎骨数 マゴチ天然魚の脊椎骨数は、27とされる⁴⁾が、本研究では28の個体が10%出現した。通常よりも脊椎骨数が1個少なくなる例は、飼育したスズキ *Lateolabrax japonicus*稚魚 (平均全長35.2mm)¹¹⁾で報告されている。魚類の脊椎骨数が発生初期の環境諸要因、とりわけ水温によって影響を受けることはよく知られており¹⁹⁾、環境水温がマゴチ仔稚魚の脊椎骨数に与える影響を飼育実験によって解明することは極めて重要と考える。

マゴチは、本県富津地区の漁業者から種苗放流の要望が強いことから、本種の種苗生産技術の確立が期待される。しかし、本種の天然海域での生活史についてはほとんど明らかにされていない。今後、この調査の充実が図られることを切望する。

要 約

- 1) 飼育したマゴチ仔稚魚を用いて発育に伴う外部形態の観察を行うとともに、体の各部位の相対成長の変化、頭部棘要素の発達および脊椎骨数を調べた。
- 2) 本種の発育段階を外部形態の変化からステージA～Fに区分した。行動の変化から、A～Dは浮遊

期，Eは移行期，Fは底棲期に大別した。

- 3) 体各部位の相対成長の変曲点は，開口時（B），脊索末端上屈期（C），鰭条の完成期（E）および鱗の形成開始期（F）に集中した。これらの時期は，生態や摂餌等の行動面で大きな変化が起こる時期に相当した。
- 4) ふ化後5日から頭頂棘，前部前鰓蓋棘（第1棘）および後部前鰓蓋棘（第2，3棘）が出現し，以後，眼後棘をはじめとする多くの頭部棘が飼育を終了した60日まで観察された。
- 5) 平均全長39.2mm（35.5～43.5mm）の40尾の脊椎骨数は，27の個体が90%，28の個体が10%であった。

文 献

- 1) 中坊徹次（1993）：日本産魚類検索—全種の同定—。中坊徹次編，東海大学出版会，東京，pp.535 - 541。
- 2) 青山恒雄・北島忠弘（1963）：東海黄海産コチ類の分布ならびに漁獲量について。西海区水研究業績，157，1 - 9。
- 3) 藤田矢郎・上野雅正（1956）：コチの卵発生と仔魚前期。九大農芸誌，15(4)，513 - 518。
- 4) 小島純一（1988）：日本産稚魚図鑑 沖山宗雄編，東海大学出版会，東京，pp.882 - 829。
- 5) 塚島康生・宮木廉夫（1999）：マゴチ仔稚魚の脊柱，尾骨，腰帯の形成。長崎水試研報，25，19 - 25。
- 6) 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。九大農学部水産学第二教室，pp.vii + 89，pl.86。
- 7) 水戸 敏（1996）：日本海洋プランクトン図鑑 第7巻。魚卵・稚魚。蒼洋社，東京，pp.74，pl.26。
- 8) 木下 泉（1987）：稚仔魚のスケッチの実際。海洋と生物 50(9)，182 - 187。
- 9) Kendall, A.W., Jr., E.H. Ahlstrom and H.G. Moser (1984): Early life history stages of fishes and their characters. p.11-22 in H.G. Moser, W.J. Richards, D.M. Cohen, M.P. Fahay, A.W. Kendall, Jr., and S.L. Richardson, eds. Ontogeny and systematics of fishes. Am. Soc. Ichthyol. Hepertol., Spec. Publ. 1.
- 10) 岩井 保（1991）魚学概論。恒星社厚生閣，東京，pp.ii + 183。
- 11) 中山耕至・木下 泉・青海忠久・中坊徹次・田中 克（1996）：飼育下での中国産および日本産スズキ仔稚魚の形態比較。魚雑，43(1)，13 - 20。
- 12) 沖山宗雄（1988）：凡例，「日本産稚魚図鑑」沖山宗雄編，東海大学出版会，東京，vii, viii。
- 13) 有瀧真人・太田健吾・堀田又治・田中 克（2001）：ホシガレイ飼育仔稚魚の形態発育と成長。日水誌，67(1)，58 - 66。
- 14) 首藤宏幸・畔田正格・池本麗子（1985）：マリーナンランシング計画プログレスポート，ヒラメ・カレイ（1），西海区水研，長崎，25 - 30。
- 15) 田中 克・青海忠久・南 卓志（1995）：変態過程の種内変異と生態的意義—ヒラメの変態体長に見られる変異を例に—。月刊海洋，306，711 - 718。
- 16) 小島純一（1988）：日本産稚魚図鑑 沖山宗雄編，東海大学出版会，東京，pp.785 - 789。
- 17) 西川康夫（1988）：日本産稚魚図鑑 沖山宗雄編，東海大学出版会，東京，pp.623 - 624。
- 18) 中村光治・有江康章・尾田一成（1986）：コチ *Platycephalus indicus* (LINNÉ) の種苗生産技術に関する研究—。昭和59年度福岡県豊前水産試験場研究業務報告，35 - 44。
- 19) Lindesay, C.C. (1988): Factors controlling meristic variation. Pages.197 - 274 in W.S. Hoar and D.J. Randall, eds. Fish physiology. Vol.11 (part B). Academic Press, San Diego.