ババガレイ飼育仔稚魚の形態発育および成長

有 瀧 真 人,^{1*} 田 中 克²

(2002 年 6 月 20 日受付, 2003 年 2 月 17 日受理)

¹日本栽培漁業協会宮古事業場, ²京都大学大学院農学研究科Morphological development and growth of laboratory-reared
slime flounder *Microstomus achne*MASATO ARITAKI^{1*} AND MASARU TANAKA²¹Miyako Station, Japan Sea-Farming Association, Miyako, Iwate 027-0097, ²Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Kyoto 606-8502, Japan

The morphological development and growth of slime flounder, *Microstomus achne*, from newly hatched larva to early juvenile were described for laboratory-reared specimens. The duration of the pelagic larval period was about 85 days after hatching, and that of the metamorphic phase was 40 days under mean water temperature 13.9 (9.2-21.1) °C. The maximum size of metamorphic larvae was about 25 mm TL, having deep-body form, protruded eyes and otic spines. These diagnostic characteristics appeared early at the metamorphic phase and disappeared at settlement and/or completion of metamorphosis, indicating that these morphological characters are adaptive to pelagic life. The larvae hatched at a much larger size, and in a more advanced developmental stage, than those of other coastal flatfish species. They had a long metamorphic phase, and the eye migration was not synchronized with the habitat shift from planktonic to benthic. These observations revealed that slime flounder has a unique early ontogeny characterized by specialized morpho-ecological features for the long duration of its pelagic life stages.

キーワード: ババガレイ, 形態発達, 変態, 浮遊生活期

ババガレイ *Microstomus achne* はババガレイ属 *Microstomus* に属し, 本邦には本種のみが生息している。日本近海における分布は, 太平洋岸でサハリンおよび千島列島南部から駿河湾まで, 日本海側では全域におよび, 黄海や渤海にも生息する。¹⁾ 本種は主に底曳網や底刺網で漁獲され, 三陸地方では成熟時期の雌が“子持ちナメタ”として珍重される。²⁾ 北海道では 1960 年代に 2,000 トン以上の漁獲があったものの, 1980 年代には 50 トン台にまでに減少しており,³⁾ 日本栽培漁業協会(以降日栽協)厚岸事業場⁴⁾や同宮古事業場,⁵⁾ 同能登島事業場⁶⁾では栽培対象種として種苗生産の技術開発も行われてきた。このように漁業的には重要な種であるものの, その個体発生初期における生物学的な知見は卵期⁷⁾を除いて極めて少なく, 日本海の沿岸で採集された標本⁸⁾や飼育魚⁹⁾をもとに卵黄囊仔魚期から屈曲後期仔魚について断片的な記載がなされているのみである。同

属種の *M. pacificus*¹⁰⁻¹⁴⁾や *M. kitt*,^{15,16)} *M. bathybius*^{17,18)}では, 初期生活史について飼育魚や天然海域で採集された仔稚魚を用いて外部形態や成長, 発育ステージなどが報告され, 1 年以上にもおよぶ浮遊生活や巨大仔魚(giant larva)の存在など, 生物学的に興味深い知見が明らかにされている。本研究では, 飼育試験によってふ化直後から稚魚期までの連続したババガレイ仔稚魚を得ることができたので, これらの標本を用いて外部形態の詳細な記載, 成長および体各部の相対的な変化, 並びに若干の行動を明らかにした。また, 上記の結果について天然海域で採集された仔魚やババガレイ属の他魚種および他のカレイ科魚類との比較を行ったので報告する。

材料と方法

本研究には, 日栽協能登島事業場で飼育した仔稚魚を用いた。供試魚は, 石川県能登島周辺海域で漁獲された

* Tel : 81-193-63-8121. Fax : 81-193-64-0134. Email : masato-aritaki@jasfa.or.jp

後、場内で飼育したババガレイ親魚が1996年3月8日に自然産卵した受精卵（平均卵径 $1.63\text{ mm} \pm 0.019$ ）から得た。産卵に関与した親魚は雄雌それぞれ1尾で、雄は全長 35.4 cm 、体重 0.6 kg 、雌は全長 47.1 cm 、体重 1.8 kg であった。受精卵は 9.0°C に調温した水槽でふ化までの13日間を管理した。3月21日にふ化した仔魚 $5,000$ 尾を直ちに円形 0.5 kL ポリエチレン水槽に収容し、飼育を開始した。飼育期間（3月21日～6月19日）中の水温は 9.2°C から 21.1°C まで上昇し、その平均水温は 13.9°C であった。飼育開始期から水槽への注水を行い、ふ化後24日目までは1日当たり全体の50%、25日目から64日目は100%、65日目から飼育終了時までには300%を目安に換水した。飼育水槽内には飼育開始当初から微量の通気を行い、仔稚魚の成長とともに順次増加させた。飼育にはシオミズツボワムシ *Brachionus 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）を餌料として用い、それぞれふ化後3～24日目、6～90日目の期間に与えた。給餌量はワムシが150万個体/日/水槽、アルテミアが20～50万個体/日/水槽であった。餌料の栄養強化は、ワムシにはアクアラン（理研ビタミン社製）、アルテミアにはパワッシュ-A（オリエンタル酵母工業社製）を用いそれぞれ給餌の16時間前に前者は 200 g/kL 、後者は 50 g/kL を添加した。ふ化直後に続いてふ化後5～90日目まで5日間隔で飼育魚のサンプリングを行った。仔稚魚は、5～10%の海水ホルマリンで数日間固定した後、70%エチルアルコールに移して保存した。これらの仔稚魚は、外部形態のスケッチと発育ステージの観察に供するとともに、20尾を目安に全長、体長、卵黄長（卵黄の長径）、肛門前長、頭長、眼径、上顎長、胸鰭長、体高（mm）の測定を行った。外部形態と発育ステージの観察は、アリザリンレッドSで魚体を薄く染色した後に、描画装置付きの実体顕微鏡を用いて行った。発育ステージの区分は有瀧¹⁹⁾に、体各部の測定は卵黄長を除いて沖山²⁰⁾に準じた。ただし、有瀧¹⁹⁾によるマツカワ *Verasper moseri* の記載ではふ化直後に胸鰭が存在しないため、胸鰭原基の有無により卵黄囊仔魚を2段階に区分しているが、本研究のババガレイではふ化直後から胸鰭が存在するため、卵黄囊仔魚を1段階とした。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

仔稚魚の外部形態と行動 1. ステージA（Fig. 1A）：ふ化直後から開口までの卵黄囊仔魚。全長の平均値（標準偏差）は、 $4.57\text{ mm} (\pm 0.07)$ 、筋節数は $44(10+34)$ 。卵黄は無色透明で楕円形を呈し、その長径は全

長の $32.3\% (\pm 1.47)$ を占める。卵黄前端部は吻より後方で瞳と同等の位置にある。卵黄表面は平滑で樹枝状の黒色色素胞（以降色素と称す）が散在する。口および肛門は開いていない。鼻孔の形成が始まる。胸鰭の原基が卵黄囊中央より前方上部に存在する。体表の色素は樹枝状のものが前頭部、眼球前・後方、耳胞、頸部、消化管背面および末端部、胸鰭原基より後方の軀幹背・腹面全域に存在する。膜鰭の色素も体表と同様に樹枝状で、背面に8-10、腹面に6-7個、ほぼ等間隔で見られ、脊索末端部にはおよそ3個並ぶ。眼球前・後端に色素の沈着が認められる。固定後は消失するが、全身に黄色色素胞がまばらに存在する。ふ化直後の仔魚は、腹部を上にして水面直下に存在し強い浮遊性を示すが、卵黄の吸収とともに腹部を下にして遊泳ようになる。このステージでは活発に運動することではなく、水流によって水槽各所に散在する。

2. ステージB（Fig. 1B）：開口から尾鰭の原基が出現するまでの脊索が直線状の仔魚（上屈前仔魚）。全長の平均値は $6.95\text{ mm} (\pm 1.04)$ 、筋節数は $44(10+34)$ 。口および肛門が開く。眼球の色素沈着が完了し、摂餌が始まる。ごく初期には消化管腹面に卵黄が残存する。開口直後の卵黄長は全長の $10.9\% (\pm 5.92)$ を占める。摂餌は卵黄が存在する間は活発ではないが、開口2日後にはワムシを、5日後にはアルテミアを捕食した。開口はふ化後4日目、卵黄の吸収完了と摂餌開始は6日目であった。肛門は、体中央部よりやや前方に開く。胸鰭は発達し、団扇状となる。体表の色素はステージAとはほぼ同様であるが、新たに上・下顎先端部、下顎腹面、鰓蓋と角骨の接合部に顆粒状の色素が、後頭部、喉部、胸鰭基底部、腹部後半腹面に樹枝状の色素が出現する。前ステージで膜鰭背・腹面に存在した樹枝状の色素は拡大し叢状を呈す。開口前後には沈降しやすく、通気を止めると水槽底面に横たわる。摂餌時にはゆるやかなS字状の姿勢をとり、ワムシやアルテミアを捕食する際にはこれを瞬発的に解いて攻撃する。遊泳には主に尾部を細かく振動させて推進力を得る。遊泳能力は貧弱で活発に泳ぐことはない。

3. ステージC（Fig. 1C, C'）：尾鰭の原基出現から脊索末端が屈曲を開始するまでの上屈前仔魚。全長の平均値は $9.52\text{ mm} (\pm 0.61)$ 、筋節数は $48(14+34)$ 。尾鰭原基が尾部腹面に出現する。体高の増加と頭部および両顎の発達が著しい。口裂は大きく斜め上方に向き、下顎の末端は上顎とほぼ同じ位置かわずか後方に突出する。上顎後縁は眼球前縁下に達する。耳胞の上・下部に耳胞棘がそれぞれ1本ずつ存在する。同棘は、飼育20日目に初めて認められた。消化管は回転し太く発達する。胃の形成が始まる。胸鰭は前ステージよりさらに大きく発達し、これを細かく振動させ、能動的に前進、後退、方

向転換を行うようになる。体表上の色素は全体に前ステージより大型になり、新たに間鰓蓋骨下縁、腹部腹面全域に樹枝状および顆粒状の色素が存在する。躯幹背・腹面に存在する樹枝状の色素は、前者が頸部から尾鰭原基の間に6-7個、後者は肛門から尾鰭原基の間に5個の色素群を形成する。膜鰭上の色素も増加とともにその分布は複雑となるが、背・腹面の色素群の個数に変化はない。仔魚は活発に遊泳し、水槽の中層でパッチを形成する。パッチは光の当たる所に作られる傾向があり、弱い趨光性が観察される。

4. ステージ D (Fig. 1D, D') : 脊索末端の上屈開始から終了までの上屈仔魚。全長の平均値は 10.22 mm (± 0.57)。筋節は不明瞭となり計数不能。脊索末端の上屈が始まると同時に下尾軟骨と尾鰭鰭条が形成され始め、膜鰭尾部末端中央が一部湾入する。体背縁および腹縁の外側に背鰭、臀鰭の担鰭骨帯が出現する。前者は頭頂部から尾部末端の上屈部直前まで、後者は消化管後縁から尾骨前端まで連続する。胸鰭基底部下方に腹鰭の原基が出現する。頭部や両顎は発達し角張った顎を有する。消化管の発達に伴い腹部中央の体高が増加する。鼻孔がくびれ始める。膜鰭部を含めた体表上の色素群は前ステージより明瞭になる。担鰭骨帯には躯幹背・腹面に存在する色素群に対応するように色素が上下より出現する。耳胞棘は前ステージより発達し巨大である。

5. ステージ E (Fig. 1E, E') : 脊索末端の上屈終了から、眼球の移動開始までの上屈後仔魚。全長の平均値は 11.90 mm (± 0.90)。脊索末端の上屈は終了するが、尾鰭鰭条は定数に達しない。担鰭骨帯が発達し、背鰭と臀鰭に鰭条が出現する。消化管は下方に垂下し体高の増加が著しい。眼球は若干突出する。躯幹部には体中央の筋節にそって色素が出現する。また、腹腔部および喉部から肛門における体腹面の色素が増加する。膜鰭上の色素は、背鰭、臀鰭ともに明瞭な色素群が認められなくなり、顆粒状の色素が先端から後端まで連続する。さらに、鰭条基部に新たな色素が出現し、一部は躯幹の色素群に対応する。耳胞棘は前ステージと同様に巨大である。

6. ステージ F (Fig. 1F, F') : 眼球の移動開始から背正中線上に達するまでの上屈後仔魚。全長の平均値は 16.93 mm (± 3.03)。左側の眼球が移動し変態が始まる。これとともに眼窩部が窪み、頭部の不相称が確認できる。また、変態の開始とともに眼球の突出が顕著になり、その度合いはこのステージの終期に最も大きくなる。鰭条数は、尾鰭で 20-22、背鰭で 81、臀鰭で 62-65 を数え、ほぼ定数に達する。腹部は著しく膨出する。鼻孔は 2 分し、鼻管が形成される。躯幹背・腹に存在した色素群は退縮するが、担鰭骨帯および背鰭、臀鰭基部の色素群は明瞭となる。担鰭骨帯の色素群は、背部が 6 個、腹部が 5 個の色素帯を形成する。背鰭の色

素群は 10 個、臀鰭の色素群は 7 個存在する。前ステージで背鰭および臀鰭の周縁部に連続した顆粒状色素は、両者とも前半部では周縁に、後半部では次第に鰭基底部に向かってそれぞれ带状に存在する。黄色色素胞が著しく増加し、生時には全身が黄色に染まるように見える。耳胞棘はやや小さくなるが依然確認される。眼の移動とともに身体を斜めにして遊泳するようになる。本ステージ終期には体右側を上にして着底する個体が観察されるが、頻繁に遊泳状態へ戻る。摂餌は遊泳状態で行う。着底はふ化後 63 日目以降、全長 19 mm 前後より始まった。

7. ステージ G (Fig. 1G, G') : 眼球が背正中線上に達してから、胸鰭の再伸張が開始するまでの上屈後仔魚。全長の平均値は 22.27 mm (± 0.92)。左の眼球は背正中線に達するか、わずかに越える。胸鰭は、膜部および基底部で退縮が著しい。胸鰭鰭条が出現し始める。腹鰭に鰭条が出現するものの 4 本で未だ定数に達していない。腹部の膨出はその度合いが弱く、前ステージより体高が低い体型となる。また、眼球の突出も見られなくなる。ステージ F までは全体的に色素分布は貧弱であったが、ステージ G では、有眼側（体右側）の頭部、腹部、躯幹部および担鰭骨帯に顆粒状の色素が出現しほぼ全域を覆う。しかし、躯幹部の背・腹と担鰭骨帯に色素の存在しない部分が見られる。これらはほぼ等間隔に、背面にはおよそ 8 箇所、腹面には 5 箇所存在した。無眼側（体左側）の色素はごく薄く散在する程度。背鰭と臀鰭周縁部の色素帯は拡大し小斑を多数形成する。新たに尾鰭の基部側に横断する色素帯が生ずる。耳胞棘は退縮が著しく、痕跡を残すのみとなる。着底している時間が長くなり通常は底で生活し、着底した状態で摂餌する。遊泳は有眼側を上にして行う。無眼側の筋組織が薄くなり、頭部骨格や色素分布も含め左右の不相称性が顕著となる。

8. ステージ H (Fig. 1H, H') : 退縮した胸鰭の伸張が始まり、各鰭軟条が定数に達する稚魚期以降。測定に用いた稚魚の全長の平均値は 24.98 mm (± 2.52)。左の眼球は、完全に体右側へ移動し、側線が出現する。いったん退縮した胸鰭は再度伸張し、成魚型胸鰭の形成が始まる。胸鰭鰭条は 10 本、腹鰭は 5 本で定数に達し、全ての鰭が完成する。尾鰭条の先端が一部分枝する。有眼側頭部、腹部、躯幹部および担鰭骨帯に多数の小斑が出現し、本種特有の斑紋が形成される。特に体中央部側線上に並ぶ 3 個、背部担鰭骨帯基部周辺の 7 個および腹部担鰭骨帯基部周辺の 5 個の小斑は明瞭である。背鰭と臀鰭基底部に存在した複数の色素群は、小斑となり前者が 11~12 個、後者が 8 個ではほぼ等間隔に存在する。腹部の膨出は益々減少し、成魚と同様の体型となる。水槽の底面ばかりでなく、壁面にも定位できるようにな

Fig. 1. Morphological development of laboratory-reared *Microstomus achne*, showing 8 developmental stages. A) Stage A: newly hatched yolk-sac larva, 4.5 mm TL; B) Stage B: preflexion larva, mouth opened, 5 days, 5.7 mm TL; C) Stage C: preflexion larva, 25 days, 9.5 mm TL; C') Dorsal view of otic spine; D) Stage D: flexion larva, 40 days, 9.8 mm TL; D') Dorsal view of otic spine; E) Stage E: postflexion larva, onset stage of metamorphosis, 45 days, 11.4 mm TL; E') Dorsal view of otic spine; F) Stage F: postflexion larva, early phase of metamorphosis, 60 days, 19.7 mm TL; F') Dorsal view of otic spine; G) Stage G: postflexion larva, late phase of metamorphosis, 75 days, 21.6 mm TL; G') Dorsal view of otic spine; H) Stage H: metamorphosed juvenile, 90 days, 27.2 mm TL; H') Dorsal view of head, absence of otic spine.

る。採集時に刺激を与えると多量の粘液を分泌する。

仔魚の成長と発育 ふ化直後には平均全長(標準偏差)が $4.57(\pm 0.07)$ mm であった仔魚は、10 日後に $6.69(\pm 0.10)$ mm, 20 日後に $8.36(\pm 0.24)$ mm, 30 日後に 9.84

(± 0.48) mm, 50 日後に $13.64(\pm 1.17)$ mm, 70 日後に $21.27(\pm 1.43)$ mm, 90 日後に $26.56(\pm 2.42)$ mm まで成長した (Fig. 2)。

発育ステージはふ化直後に A であったものが、5-20

日目には全て B に, 30 日目には全て C, 40 日目には C (40%) と D (60%), 50 日目には D (5%), E (20%) と F (75%), 60 日目には F, 70 日目には F (70%) と G (30%), 90 日目には全て H となった。发育ステージの

Fig. 2. Growth in total length of laboratory-reared *Microstomus achne*. Open circle and vertical bar represent the mean and SD, respectively ($n=380$).

Fig. 3. Growth in mean total length at each developmental stage in larval and early juvenile periods of *Microstomus achne*, showing intra-developmental stage variations in length and age ($n=380$). ■: stage A, □: stage B, ▲: stage C, △: stage D, ●: stage E, ○: stage F, ◆: stage G, ◇: stage H.

滞留期間で最も短かったのは, 開口前の A で 4 日間, 最も長かったのは変態初期～中期に当たる F の約 40 日間で, 浮遊期間のおよそ半分を占めた (Table 1)。また, 5 日ごとの各发育ステージにおける全長の増加を見ると, 眼の移動が始まるステージ F の中期までは順調に成長しているが, 同ステージの終期および変態が進行するステージ G では成長の停滞が認められた (Fig. 3)。

体各部の相対成長 Fig. 4 に体長, 肛門前長, 頭長, 眼径, 上顎長, 胸鰭長, 体高の全長比 (各部位/全長 $\times 100$) と全長の関係を, Fig. 5 に上記各部位と发育ス

Fig. 4. Relative growth of 7 body parts of laboratory-reared *Microstomus achne*, shown as percentages of total length.

Table 1. Developmental-stage composition (%) of laboratory-reared *Microstomus achne* larvae and juveniles

Stage \ Age*	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
A	100																		
B		100	100	100	100	15													
C						85	100	75	40										
D								25	60	30	5								
E										15	20	5							
F										55	75	95	100	100	70	5	5	5	
G															30	25	15	5	
H																70	80	90	100

Number of specimens used at each age was 20.

* days after hatching.

Fig. 5. Relative body proportions (% TL) at each developmental stage of laboratory-reared *Microstomus achne*. Closed circle and vertical bar represent the mean and SD ($n=380$).

テージの関係を表した。全長と各部位の全長比の関係で変曲点が見られたおよその全長は体長で 10, 15 mm, 肛門前長で 6, 10, 25 mm, 頭長で 10 mm, 眼径で 6, 10, 20, 25 mm, 上顎長で 10, 20, 25 mm, 胸鰭長で 10, 15, 20, 22 mm, 体高で 10, 15, 20, 25 mm であった。また、発育ステージと各部位の全長比の関係でも、体長ではステージ D, F, 肛門前長ではステージ B, D, G, 頭長ではステージ D, 眼径ではステージ B, D, E, F, G, 上顎長ではステージ D, E, F, 胸鰭長ではステージ D, F, G, 体高ではステージ B, F に変曲点の存在が確認された。これらの発育ステージは、開口、脊索末端の屈曲および変態期に相当する。

考 察

天然海域で得られたババガレイ仔魚との比較 ババガレイ属は北大西洋に *Microstomus kitt* が、北部太平洋のベーリング海から北米大陸沿岸に *M. pacificus* と *M. bathybius* が、中部太平洋の海山に *M. shuntovi* が、中国から朝鮮半島および日本近海にババガレイ *M. achne* が分布する。^{21,22)} *M. shuntovi* は、卵および仔稚魚の知見が得られていないものの、他の 4 種については、飼育魚や天然海域で採集された仔稚魚の外部形態、成長等が報告されている。⁸⁻¹⁸⁾ ババガレイは、沖山らが日本海沿

岸域から得た天然魚 5 個体（全長 5.91–9.22 mm）と飼育魚の 1 個体（全長 21.0 mm）を用いて卵黄囊仔魚期から上屈後仔魚期（本報告で区分した発育ステージ B～F）について詳細に記載している。^{8,9)} これらの内、天然魚と今回報告した飼育仔魚の全長、体長、頭長、眼径、体高、肛門前長の測定値を比較した結果、ステージ C の全長と体高およびステージ D の頭長を除いて大きな差は認められなかった（Table 2）。また沖山らは、天然仔魚の形態的な特徴として胴尾部に等間隔に並ぶ色素や膜鰭縁辺に存在する色素叢および巨大な耳胞棘（翼耳骨棘）の発現を指摘している。本研究で用いた飼育仔魚の色素はその出現部位や配列状況が上記天然魚と同様であり、耳胞棘が形成される発育ステージ（ステージ C）および本数も差異は認められなかった。以上のことから今回飼育した仔魚の外部形態は、天然魚とほぼ同じであると判断される。

ババガレイ属の他魚種との比較 先にも述べたように、ババガレイの卵黄囊期から上屈期仔魚は沖山らが外部形態の特徴を明らかにしており、^{8,9)} 本報告の知見を加えて本種仔魚期の外部形態的特徴を整理すると以下の 6 項目に集約される。①上屈前仔魚期から屈曲期仔魚における膜鰭および体幹部背腹に出現する対をなす色素群の存在、②開口から変態中期における咽部、腹部腹面色素の存在、③耳胞棘の発現、④変態期における眼球の突出、⑤屈曲期から変態完了までの著しく膨出した腹部やそれに伴う体高の増加、⑥仔魚の大型化。これらを他のババガレイ属、*M. pacificus*, *M. kitt*, *M. bathybius* の仔魚と比較し、Table 3 に示した。上記 6 項目の内、ババガレイ仔魚期において体幹部および膜鰭上に規則的に配列する色素群は、ババガレイ属 4 種とも見られたが、咽部から腹部腹面の色素は *M. bathybius* には認められず、耳胞棘と変態期における眼球の突出は *M. pacificus* にのみ確認された。変態期の体高はいずれの種も体長の約 40–60% を占め、著しく腹部の膨出した体型を呈した。ババガレイの変態期に当たる発育ステージ F の全長はおよそ 21–23 mm, *M. kitt*, *M. pacificus* ならびに *M. bathybius* の同ステージのサイズも 15–20 mm で大きな差はない。しかし、変態終了サイズは *M. pacificus* と *M. bathybius* が 43–79 mm, 60 mm 以上であるのに対し、ババガレイと *M. kitt* は 22–27 mm, 18 mm と小さかった。更に、*M. kitt* は脊索末端の屈曲とともに変態が開始されるなど、他の 3 種に比較し発育ステージの進行状況にも差が認められる。

このように、ババガレイ属 4 種の外部形態は、ババガレイと *M. pacificus* が最も共通点が多く、*M. bathybius* は他 3 種と特徴の共通する点が少ないことが明らかとなった。Cooper and Chapleau²³⁾ はカレイ科魚類の骨格形態を詳細に観察し、系統分類の再検討を行った。

Table 2. Comparison of relative length of body parts (% TL) between wild and reared B-D stage larvae of *Microstomus achne*

	Stage B			Stage C				Stage D		
	Wild*	Reared		Wild*	Reared		Wild*	Reared		
		Mean	SD		Mean	SD		Mean	SD	
TL (mm)	5.9	6.9	±1.0	7.5	7.6	8.2	9.5	±0.6	9.2	10.2 ±0.5
SL/TL (%)	95.8	96.5	±0.9	96.7	97.9	94.8	96.3	±0.8	95.4	94.9 ±2.3
PAL/TL (%)	35.9	36.4	±1.8	38.5	36.2	41.0	39.2	±1.3	44.0	41.2 ±1.9
HL/TL (%)	13.0	13.7	±2.1	18.8	18.4	17.9	18.6	±1.6	37.4	20.9 ±1.6
ED/TL (%)	4.6	4.9	±0.3	5.9	6.0	5.8	5.5	±0.5	5.5	5.9 ±0.4
BD/TL (%)	9.0	11.4	±2.4	13.2	15.8	14.7	18.9	±2.6	28.7	27.7 ±4.9

TL: total length, SL: standard length, PAL: pre-anal length, HL: head length, ED: eye diameter, BD: body depth

* Data for the wild larvae is after Okiyama and Takahashi.⁸⁾**Table 3.** Summary of the larval characters, pigmentation, otic spine, protruded eye, body depth and size of metamorphosis in the four species of *Microstomus*

	Pigmentation on the body and primordial fin* ¹	Pigment series from gular region to anus	Otic spine	Protruded eye	BD/BL (%)	TL at stage F* ²	TL at stage H* ³
<i>M. achne</i> * ⁴	○	○	○	○	55	21-23 mm	22-27 mm
<i>M. pacificus</i> * ⁵	○	○	○	○	62	15-20 mm	43-79 mm
<i>M. kitt</i> * ⁶	○	○	—	?	42	15 mm	18 mm
<i>M. bathybius</i> * ⁷	○	—	—	?	58	20 mm	>60 mm

○: presence, —: absence, ? : unknown

*¹ Pigment pattern is formed by melanophores located at almost equal intervals along the dorsal and ventral contours of the body and margins of the primordial fin.*² Left eye migrates to the dorsal edge of the head.*³ Metamorphosis is completed.*⁴ Present study*⁵ Data for *M. pacificus* larvae is after Matares *et al.*¹³⁾, Charter and Moser.¹⁴⁾*⁶ Data for *M. kitt* larvae is after Russell¹⁵⁾, Ahlstrom *et al.*¹⁶⁾*⁷ Data for *M. bathybius* larvae is after Richardson¹⁷⁾, Charter and Moser.¹⁸⁾

それらの中で *M. shuntovi* を除くババガレイ属についても比較を行っており、ババガレイは *M. kitt* や *M. pacificus* と近縁で、*M. bathybius* はこれら3種の姉妹群に位置することを明らかにしている。先に述べた初期発育における外部形態の類似性の多寡は、系統発生との関連も示唆しており興味深い。

カレイ科の他魚種との比較 本研究に使用したババガレイの平均卵径は1.63 mm、ふ化仔魚の平均全長は4.6 mmと日本近海に生息するカレイ科魚類の中では大型で、²⁴⁻²⁶⁾ふ化直後から胸鰭が存在し、眼球への色素沈着が認められた。これに対し、マコガレイ *Pseudopleuronectes yokohamae*,²⁷⁾ やマガレイ *P. herzensteini*,^{28,*1)} メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*,²⁹⁾ スマガレイ *Platichthys stellatus*,^{30,*2)} イシガレイ *P. bicoloratus*^{28,31)} の卵径は0.8-1.1 mm、ふ化時の全長は2.7~3.4 mmとババガレイに比べ小型で、ふ化仔魚に胸鰭や眼球への色素沈着は認められない。このようにババガレイは日本産カレイ

イ科魚類の中で大きな卵を産出し、大型で発育が進んだ仔魚でふ化することが特徴といえる。Minami and Tanaka²⁶⁾はカレイ科魚類の卵径と産卵水深について検討し、貧栄養下の沖合では、大卵径で多量の卵黄を持ち、大型の仔魚をふ化させることによって生き残りをはかっていると推論した。ババガレイ属のうち *M. pacificus* は沖合域で産卵することが確認され、¹¹⁾ 三陸沿岸におけるババガレイ産卵場は、沿岸域に形成されるものの、その後の初期発育はより沖合域に進むと考えられている。⁷⁾ これらのことは、ババガレイ属における卵、仔魚の初期発育も沖合域に適応した形質である可能性を示唆している。

今回の観察でババガレイの耳胞棘は上屈前仔魚のステージCから出現し、底生生活の発現するステージGまで見られることを確認した。日本近海に生息するカレイ科仔魚において頭部棘が認められるものには、アブラガレイ *Reinhardtius evermanni*, マツカワ *Verasper moseri*, ホシガレイ *V. variegatus*, ヤナギムシガレイ *Glyptocephalus kitaharai*, ヒレグロ *G. stelleri* が知られてい

*1,2: 有瀧 (未発表)

る。^{8,19,32)} 多くの海産魚類の仔魚では、棘や鰭条の伸張、腸や眼の突出、体高の増加などが確認されており、これらは浮遊に関与する器官であると推察されている。³³⁾ ババガレイにおける耳胞棘や著しい体高の増加は、系統的な関連よりも浮遊適応機構としての意義が指摘されている。^{8,34)} 今回の観察においても耳胞棘と眼球の突出、体高の増加は成長・変態と同調して発現し、変態終了や着底と同時期に消失した。このことは同形質が浮遊機能に関与しているということを強く支持している。

南^{24,26)} はカレイ科魚類における変態サイズと着底場の深浅の関連を検討しており、本研究で得られたババガレイの着底期の平均全長 (22.3 mm) は、アブラガレイ (33.2 mm)、カラスガレイ *R. hippoglossoides* (30–51.0 mm)、アカガレイ *Hippoglossoides dubius* (20.8–26.0 mm)、ウマガレイ *H. elasodon* (28.3–30.0 mm)、ドロガレイ *H. robustus* (27.7 mm)、ヒレグロ (32.0 mm) など日本近海の沖合に生息する種と同様に大形であった。これら沖合生息種の仔魚は長期の浮遊生活を送った後に着底すると推察されており、ババガレイ属で最も大きな仔魚の存在が知られている *M. pacificus* は 1 年以上の浮遊生活を送ることが明らかとなっている。^{11,12)} 本研究においてババガレイの浮遊期はおおよそ 80 日間とごく沿岸域に着底するヒラメ *Paralichthys olivaceus*³⁵⁾ やマコガレイ,²⁷⁾ イシガレイ,³⁶⁾ メイタガレイ,²⁹⁾ マツカワ,¹⁹⁾ ホシガレイ³²⁾ などと比べ 2–4 倍と長く、大形で長期間の浮遊生活を送ることが本種初期生活史における特徴の一つといえる。

カレイ科魚類の着底は変態と同時に進行し、おおむね眼が頭部縁辺に移動する時期に起きる。²⁴⁾ 筆者らの観察によると、これらの変態進行速度はマガレイ,*¹⁾ マコガレイ,²⁷⁾ スマガレイ,*²⁾ マツカワ¹⁹⁾ の変態期間はおおよそ 5 日間、これより比較的緩やかに変態が進行するホシガレイ³²⁾ でも 10 日間前後であった。今回の観察でババガレイの眼の移動はステージ F で生じている。ホシガレイやマツカワでは着底する時間の増加、着底したままでの摂餌などの行動的特性から、同ステージを着底期としてとらえた。^{19,32)} しかし、本種の遊泳・摂餌行動は前述の 2 種とは異なり浮遊期の生活様式を強く残しており、ステージ F を着底期として捉えることはできなかった。また、飼育したババガレイにおけるステージ F の期間はおおよそ 40 日間と他のカレイ科魚類より著しく長い。これらのことから本種の眼の移動は底生生活への移行と同調しておらず、変態期間は長期にわたることが明らかである。

ババガレイ属の *M. pacificus*¹¹⁾ ではババガレイと同様、眼の移動と着底とが連動しておらず、1 年以上に及ぶ長期浮遊生活の大部分を眼の左右不相称で過ごすこと

が示唆されている。*M. pacificus* におけるこれらの形態的・生態的特徴は、湧昇流に対応した加入調整機構など、変態が生息海域の海洋学的性状に規定された結果であると推察されている。³⁴⁾ ババガレイの仔魚は採集尾数が少なく、天然海域における生活史は明らかになっていないが、マガレイやマコガレイ、ホシガレイやマツカワなどごく沿岸に成育場を持つ種と異なった生活様式を有することも考えられ、知見の集積が待たれる。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、多くのご助言をいただいた日本海区水産研究所漁業資源部長 南 卓志博士、日本栽培漁業協会常務理事 古澤 徹氏、同参与 廣瀬慶二博士に心から厚くお礼申し上げる。また、この研究の機会を与えてくださり、計画段階からご協力いただいた日本栽培漁業協会宮古事業場場長 大規観三博士はじめ職員諸氏に深謝する。

文 献

- 1) 坂本一男. カレイ科. 「日本産魚類大図鑑解説」(益田一, 荒賀忠一, 上野輝彌, 吉野哲夫編), 東海出版会, 東京. 1984; 338.
- 2) 井田 齊監修. 宮古の魚類図鑑 (海の主役たち), 宮古市役所, 宮古. 1991; 108.
- 3) 北海道立水産試験場研究員. 漁業生物図鑑北の魚たち (長澤和也, 鳥澤 雅編), ㈱北日本海洋センター, 札幌. 1991; 214–215.
- 4) 高橋 誠. 種苗生産技術の開発 新しい栽培種として期待される魚類ババガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報・平成 3 年度, ㈱日本栽培漁業協会, 東京. 1993; 197–198.
- 5) 岩本明雄. 種苗生産技術の開発 新しい栽培種として期待される魚類ババガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報・平成 3 年度, ㈱日本栽培漁業協会, 東京. 1993; 198–199.
- 6) 有瀧真人. 種苗生産技術の開発 新しい栽培種として期待される魚類ババガレイ. 日本栽培漁業協会事業年報・平成 8 年度, ㈱日本栽培漁業協会, 東京. 1998; 205.
- 7) 石戸芳男, 橋本良治. 東北海区におけるババガレイ卵の分布. 東北水研研報 1993; **55**: 37–51.
- 8) 沖山宗雄, 高橋伊武. 日本産カレイ亜科魚類の幼期. 日水研報告 1976; **27**: 11–34.
- 9) 南卓 志. カレイ目カレイ亜目カレイ科ババガレイ. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988; 951.
- 10) Butler JL. Growth and duration of planktonic phase and a stage based population matrix of Dover sole, *Microstomus pacificus*. *Bulletin of Marine Science* 1996; **58**: 29–43.
- 11) Markle DF, Harris PM, Toole CL. Metamorphosis and an overview of early-life-history stages in Dover sole *Microstomus pacificus*. *Fishery Bulletin* 1992; **90**: 285–301.
- 12) Toole CL. Relationships between otolith microstructure, microchemistry, and early life history events in Dover sole, *Microstomus pacificus*. *Fishery Bulletin* 1993; **91**: 732–753.
- 13) Matares AC, Kendall AW Jr, Blood DM, Vinter BM. Laboratory guide to early life history stages of northeast

- Pacific fishes. NOAA Tech. Rep NMFS 80. Natl. Oceanic Atmos. Adm., Seattle, 1989; 608-609.
- 14) Charter SR, Moser HG. PLEURONECTIDAE: Righteye flounders *Microstomus pacificus*. *The early stages of fishes in the California current region CalCOFI ATLAS* 1996; **33**: 1388-1389.
  - 15) Russell FR. PLEURONECTIDAE: *Microstomus kitt*. *The eggs and planktonic stages of British marine fishes*. Academic Press, London. 1976; 431-437.
  - 16) Ahlstrom EH, Amaoka K, Hensley DA, Moser HG, Sumida BY. Pleuronectiformes: development. In: Moser HG, Richards WJ, Cohen DM, Fahay MP, Kendall AW Jr, Richardson SL (eds) *Ontogeny and systematics of fishes*. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol. Allen Press, Lawrence. 1984; 640-670.
  - 17) Richardson SL. Pelagic eggs and larvae of the deepsea sole, *Embassichthys bathybius* (Pisces: Pleuronectidae), with comments on generic affinities. *Fishery Bulletin U.S.* 1981; **79**: 163-170.
  - 18) Charter SR, Moser HG. PLEURONECTIDAE: Righteye flounders *Embassichthys bathybius*. *The early stages of fishes in the California current region CalCOFI ATLAS* 1996; **33**: 1374-1375.
  - 19) 有瀧真人, 鈴木重則, 渡辺研一. 飼育したマツカワ仔稚魚の形態発育と成長. 日本誌 2000; **66**: 446-453.
  - 20) 沖山宗雄. 凡例 体各部の測定法. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988 : viii.
  - 21) Norman JR. Family 3. PLEURONECTIDAE. *A systematic monograph of the flatfishes (Heterosomata)*. The trustees of the British museum, New York. 1934; 355-362.
  - 22) Borets LA. A new species of flounder, *Microstomus shuntovi* sp. n. (Pleuronectidae), and two rare Flounder species (Bothidae) from seamounts of the Northwestern and Hawaiian ridges. *Journal of Ichthyology* 1983; **23**: 1-6.
  - 23) Cooper JA, Chapleau F. Monophyly and intrarelationships of the family Pleuronectidae (Pleuronectiformes), with a revised classification. *Fishery Bulletin U.S.* 1998; **96**: 686-726.
  - 24) 南 卓志. カレイ科魚類の変態と着底. 「稚魚の自然史千変万化の魚類学」(千田哲資, 南 卓志, 木下 泉編), 北海道大学図書刊行会, 札幌. 2001; 67-81.
  - 25) 南 卓志. 異体類の初期生活史Ⅷ. 海洋と生物 1990; **69**: 299-303.
  - 26) Minami T, Tanaka M. Life history cycles in flatfish from the Northwestern Pacific, with particular reference to their early life histories. *Netherlands Journal of Sea Research* 1992; **29**: 35-48.
  - 27) Fukuhara O. Morphological and functional development of larval and juvenile *Limanda yokohamae* (Pisces: Pleuronectidae) reared in the laboratory. *Marine Biology* 1988; **99**: 271-281.
  - 28) 池田知司. 冬～春季の若狭湾沿岸に出現する無油球卵の同定. 水産増殖 1983; **31**: 81-87.
  - 29) 北島 力, 林田豪介, 安元 進. メイタガレイ仔稚魚の飼育と形態の変化. 魚類学雑誌 1988; **35**: 69-77.
  - 30) 遊佐多津雄. カワガレイ *Platichthys stellatus* の発生について. 北海道区資源調査要報 1954; **9**: 57-60.
  - 31) 南 卓志. イシガレイの初期生活史. 日本誌 1984; **50**: 551-560.
  - 32) 有瀧真人, 太田健吾, 堀田又治, 田中 克. ホシガレイ飼育仔稚魚の形態発育と成長. 日本誌 2001; **67**: 58-66.
  - 33) Moser HG, 1981, Morphological and functional aspects of marine fish larvae. *Marine fish larvae*. University of Washington, America, 1981. 90-131.
  - 34) 沖山宗雄. 変態の多様性とその意義. 「魚類の初期発育」(田中 克編), 恒星社厚生閣, 東京. 1991. 36-46.
  - 35) 高橋庸一. 人工飼育したヒラメ仔稚魚の成長に伴う形態と行動の変化. 水産増殖 1985; **33**: 43-52.
  - 36) 水戸 敏, 鶴川正雄, 樋口正毅. イシガレイの卵発生, ふ化仔魚の飼育および陸上池内における産卵. 南西水研報 1969; **1**: 87-102.