

ニジカジカの胚発生と稚仔魚の形態変化

宗原弘幸・三島清吉

Embryonic Development, Larvae and Juvenile of Elkhorn Sculpin, *Alcichthys alcicornis*

Hiroyuki Munehara and Seikichi Mishima

(Received June 22, 1985)

The eggs of *Alcichthys alcicornis* were spawned in tank at the laboratory and reared for the studies of embryonic, larval and juvenile development. This species takes place entosomatic fertilization, and females spawn fertilized eggs after copulation. The eggs are demersal and adhesive, released as a clump forming a thin layer on the bottom of tank. There was no significant difference in embryonic development between this species and other oviparous teleostean species. Hatching occurred between 17 and 18 days after spawning at a mean water temperature of 8.5°C. The newly hatched larvae averaged 4.44 mm in body length (BL). The larvae attained to post-larval stage at 5.80 mm BL, and juvenile stage at 10.2 mm BL. A specific feature of the post-larvae was the appearance of three lines of the melanophores on the caudal part of fin fold. Carotenoid first appeared on the nape at 8.70 mm BL, heavily emerged beyond 12.9 mm BL, and turned up on the back also beyond 15.2 mm BL. Scales on the lateral line were completed by 18.5 mm BL. Three pairs of flaps were observed on the dorsal surface of the head at 37.0 mm BL. External features of adult specimens are almost completed by 52.0 mm BL, yet the tip of the first preopercular was not branched but remained simple.

(Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 3-1-1 Minato, Hakodate 041, Japan)

ニジカジカ, *Alcichthys alcicornis* (Herzenstein) は、カジカ科ニジカジカ属に属する1属1種の沿岸性の種類で、東北地方と北海道沿岸の砂礫底に生息する。本種の生活史については、体長 10 cm 以上の未成魚期に関する形態変化の報告があるものの(渡部, 1958)、胚発生及び稚仔魚の形態については報告されていない。

先に、筆者らは、本種が体内受精種であることを組織学的に確認した(宗原・三島, 1985)。このたびは親魚を水槽内で産卵させて卵および稚仔魚の飼育に成功したので、以下に胚発生過程と稚仔魚期の形態変化について報告する。

材料と方法

親魚は、1984年4月20日北海道噴火湾湾口部の白尻沿岸の水深 10 m 付近において三枚網で漁獲した3個体で、北海道大学水産学部付属白尻実験所1トン容水槽に収容して飼育した。3日に1度イカナゴを飽食量与えて飼育中、1個体(体長 21.1 cm, 体重 289 g)から5

月16日と17日に受精卵を得ることができた。

受精卵は粘着性を帯びており、2回とも水槽底面に1-2層産みつけられていた。そこで、卵を傷つけないように卵塊を剝離した後、それぞれ1lビーカーに収容した。親魚と卵は、実験所前浜より汲み上げた簡易ろ過海水を用いて流水下で飼育した。産卵からふ化までの水温は、平均 8.5°C (4.5-11.5°C) であった。また、胚発生過程を観察する際、卵膜表面の付着物を刷毛で掃いたが、ふ化は、17日目この処理を行った後まもなく始まった。

仔魚は、16.0°Cの恒温槽に設置したポリエチレン製の10l円型容器(直径 25×深さ 20 cm)で飼育し、水槽内には仔魚と餌が均一に分散するようエアリフトを設けた。餌料としては、仔魚の卵黄がほぼ半量吸収された頃からブラインシュリンプ *Artemia salina* 幼生を与えた。また、稚魚期からはチグリオパス *Tigriopus japonicus* を併用し、ふ化後62日目からは潮溜りで採集された小型のヨコエビ類に切り替えた。死卵は正常胚

に損傷を与える恐れがあるため除去しなかったが、死魚は毎日の観察時に必ずサイフォンで除去した。また、3日に1度、約1/3量ずつ換水した。

胚発生過程および稚仔魚の形態変化の観察、測定、作図は第2回目の受精卵を対象とした。卵については生きたまま検鏡したが、仔魚は5%中性ホルマリンで固定して標本とし、稚魚は50 ppm MS-222で麻酔して標本とした。また、体長は吻端から脊椎末端まで、肛門前長は吻端から肛門まで、頭長は同じく吻端から鰓蓋部後端までとし、体高は頭部後端の位置で測定した。

結 果

産卵 第1回目の産卵は、1984年5月16日午前9時に確認された。卵数はおよそ13,500粒であった。発生段階はすでに桑実期に達していたが、死卵とみなされる白濁卵が40%を占め、残りの卵も5月25日に眼胞形成段階で胚発生が停止し、すべて死亡した。

第2回目の産卵は、翌5月17日午前5時に確認された。産卵数はおよそ3,500粒で、正常胚の割合は高く、ほぼ98%であった。

受精卵と胚発生 ニジカジカの産出卵は球形の粘性性を帯びた沈性卵で、卵径は 1.35 ± 0.01 mm ($n=50$)であった。卵黄は明るい黄色を呈し、中央部に顆粒状物質が密集していた。油球は、直径0.25-0.30 mmのもの1個と、0.05 mm以下の小さなもの数個が観察された(Fig. 1A)。

5月17日午前5時に確認した卵の発生過程の概略を述べると、同日午前8時に2細胞期(Fig. 1B)、10時に4細胞期に達し、午後1時には第3卵割が起こり、午後3時には第3卵割と直角な方向に分裂し16細胞期となった。午後8時に桑実初期に達し、その後も分裂を繰り返す(Fig. 1C)、5月19日すなわち産卵後2日目に胞胚期に達した。産卵後3日目で胚盤葉は卵黄径の3分の1を覆い、4日目には胚体が形成され、原口が閉鎖し、眼胞が現れた(Fig. 1D)。5日目で脊索とレンズが分化し、10-13個の筋節が確認された。6日目で尾部が卵黄から遊離し始めた。8日目には眼に黒色素胞が沈着し始め、卵黄中の顆粒状物質は融合して雲状の塊となり、胚体は卵内周を一巡した(Fig. 1E)。12日目で消化管が分化し、胸鰭はすでに形成されて翼状に広がり、卵黄上に赤血球の流動が観察された。13日目に腹部中央に初めて黒色素胞が現われ、15日目には卵黄上と尾部腹側の筋節の下端にも1縦列に点在した。この時点で胚体は卵内周の $1\frac{1}{4}$ 周に達した(Fig. 1F)。

ふ化は、17日目の観察時に卵膜表面の付着物を刷毛で

掃いた約10分後に始まった。卵からふ出した仔魚は、すぐに水面に向かい自由遊泳を開始した。また、エアリフトを停止した静止状態では、仔魚はより明るい水面下に密集することや、夜間懐中電灯の投下光線に集まることから走光性を示すと判断された。卵の大部分は17日目にふ化し、残った卵も18日目にはふ化した。

稚仔魚の形態 ふ化仔魚は体長4.26-4.67 mm、平均 4.44 ± 0.14 mm ($n=10$)で、筋節数は9-10+26-29であった。体は著しく細長くて側扁するが、頭部は相対的に大きく厚みもあって球形に近い。体高は体長の7.0%に、また頭長、肛門前長は20.1%、38.5%に相当した。吻は丸く、すでに開口していた。下顎は大きく、眼の直後から下方に向かい突出しており、上顎よりも長い。黒色素胞は腹膜背面に7-8個、卵黄上に3-5個みられ、尾部腹側では筋節の下縁に沿って40-50個が1縦列に沈着していた(Fig. 1G)。

ふ化後4日目、体長4.85-4.95 mmとなり、卵黄はふ化時の約2分の1にまで吸収された。

ふ化後10日目で体長5.03-5.33 mmとなり、卵黄が僅かに残っている状態で摂餌を開始した。体の伸長が著しく、ふ化時よりさらに細長くなり、体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ6.0%、19.6%、35.6%に減少した。

ふ化後14日目の体長5.80 mmの個体では、脊索末端が上屈し、下尾骨原基が形成された。方骨と角骨の関節部に1対、後頭部に3個の黒色素胞がみられ、脊索末端の下方に等間隔で3本の線状の黒色素胞の列が出現し、また膜鱭には顆粒状の物質が密に分布していた。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ6.2%、18.4%、35.3%であった(Fig. 1H)。

ふ化後20日目の体長6.52 mmの個体では、両顎の先端に小さな黒色素胞が縦に点状に分布し、眼隔部から頂部にかけて8個の黒色素胞がみられた。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ7.5%、19.0%、37.6%であった。

ふ化後27日目の体長7.64 mmの個体では、2枚の下尾骨と15本の尾鰭軟条が形成され、背鰭に3本、臀鰭に2本、胸鰭に10本の鰭条が観察された。体高はさらに高くなり、軀幹部は側扁し、頭部も相対的に大きくなった。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ13.2%、24.1%、42.1%であった。

ふ化後34日目の体長8.70 mmの個体では、黒色素胞は間鰓蓋骨上に2個、咽峡部に3個生じ、さらに胸鰭基部には10数個の黒色素胞が密集し1個の黒色斑を形成した。黄色あるいは赤色のカロチノイド色素胞が後頭

部から頂部にかけて 13 個不規則に分布した。鱗条数は背鱗 8 棘 17 軟条、臀鱗 14 軟条、胸鱗 16 軟条、腹鱗 1 棘 2 軟条で背鱗棘を除き定数に達した。さらに、前鰓蓋骨の後端に三角形の 4 本の棘と 1 対の鼻棘も分化し、体高及び体幅も増し体は円錐形になった。頭部は相対的にさらに大きくなり、縦扁してきた。体長、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ 13.9%、26.7%、43.7% であった (Fig. 1I)。また、この頃から水底に静止することが多くなった。

ふ化後 46 日目の体長 11.05 mm の個体 (以降の記述は麻醉下での観察にもとづく) では、眼隔部から頂部にかけてカロチノイド色素胞が多数出現していた。また、ふ化後 55 日目で体長 10.24 mm に達した個体もほぼ同様な形態を示した。そして、上記 2 個体の鱗条数はいずれも定数に達していた。

ふ化後 62 日目の体長 11.89 mm の個体では眼の直後から第 1 背鱗の直前まで連なる黒色素胞の帯が生じており、第 1 背鱗の第 1 棘から第 3 棘の鱗膜に小さなグアニン色素胞が密集していた。体高と頭長は相対的にさらに大きくなった。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ 22.6%、32.0%、49.3% であった。

同じくふ化後 62 日目の体高 12.85 mm の個体では、黒色素胞の帯はさらに数を増し、体側中央部を走る 1 本の縦帯と、眼を貫いて口端から頂部へ、体側の縦帯から第 1 背鱗中央と第 2 背鱗前端部および第 2 背鱗後端部に向う 4 本の斜帯が新たに現れた。また、頬および眼下部にも黒色素胞が出現し、眼を中心とした放射状の帯をなした。グアニン色素胞も黒色素胞の帯と帯の間や、胸鱗基部、尾鱗基部に生じた。カロチノイド色素胞は頭部全域に分布するようになった。眼上部に 1 対の糸状の皮弁がみられた。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ 24.7%、36.0%、50.0% であった。

ふ化後 68 日目の体長 15.20 mm の個体では、鰓孔後端から体の中央付近まで 18 枚の側線鱗が生じていた。腹鱗を除く鱗膜上に小さな黒色素胞が不規則に点在し、グアニン色素胞も各鱗条に沿って沈着していた。また、黒色素胞の帯に黄色のカロチノイド色素胞が混在するようになった。体高、頭長、肛門前長の相対的な増大は止まり、体長に対する割合は、それぞれ 24.0%、33.8%、52.0% であった。

ふ化後 70 日目の体長 18.50 mm の個体では、側線鱗は尾柄部まで生じて 37 枚となっており、定数に達した。体高、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、それぞれ 24.1%、33.1%、51.2% であった (Fig. 1J)。この頃から体色と体形に大きな変化がみられなくなった。

ふ化後 197 日目の体長 37.0 mm の個体では、後頭部に 2 対の皮弁が認められ、眼上皮弁はふさ状を呈するようになった。ふ化後 227 日目の体長 52.5 mm の個体では、前鰓蓋骨の最上棘の先端は未だ分岐していないが、生殖突起は分化していた。体長、頭長、肛門前長の体長に対する割合は、体長 37.0 mm の個体でそれぞれ 23.8%、33.8%、48.1%、体長 52.5 mm の個体ではそれぞれ 20.2%、36.8%、49.7% であった。

考 察

ニジカジカの卵を近縁と考えられているアナハゼ、アサヒアナハゼのものと比較すると、卵径はアナハゼの 1.6-2.0 mm (藤田, 1957)、アサヒアナハゼの 1.85-1.91 mm (塩垣・道津, 1974) に対して、ニジカジカでは平均 1.35 mm と著しく小さい。一方、1 回に産み出される卵数は、本報告のニジカジカが約 13,500 粒および約 3,500 粒であり、アナハゼの 904 粒 (藤田, 1957)、15-580 粒 (四宮, 1985)、アサヒアナハゼの約 120-570 粒 (塩垣・道津, 1974) と比較して、本種で著しく多い。さらに、アナハゼおよびアサヒアナハゼの卵は、粘着性を有すものの、卵以外の基質には付着することなく団子状の小卵塊を形成する。これに対して、本種の卵は、他物にも付着し、かつ薄層状に産みつけられる点も相違する。卵の粘着性の相違については、組織学的な観察や化学的な解析が必要と思われるが、基質へ薄層状に産みつけられる点は、卵サイズが小さく卵数が多い本種の卵にとって、酸素供給の面で利点になるものと推察される。

卵の形状および卵色については、内部に大きな油球を持ち、顆粒状物質が密集している点で、アナハゼ、ツマグロカジカ、アサヒアナハゼ (藤田, 1957; Kyushin, 1970; 塩垣・道津, 1974) と一致し、卵黄の色もこれらの魚種と著しい相違は認められない。胚発生過程は、多くの卵生硬骨魚卵のそれと大差なく、ふ化した仔魚が直ちに水面に向い、強い走光性を示すことも多くの海産魚類と共通している。また、ふ化は卵膜表面を刷毛で掃いた直後に開始したが、特定のステージに達した胚が物理的な刺激でふ化することは、他魚種でも知られており (片嶋ほか, 1964 a, b)、卵膜にかかる圧力がふ化酵素の分泌を促す刺激になる可能性が考えられる。

ふ化後まもない仔魚には、他のカジカ科の仔魚 (中村, 1934; 藤田, 1957; 服部, 1964; Kyushin, 1968, 1970; 沖山・山岸, 1976; Richardson and Washington, 1980) と比較して、種固有の顕著な特徴は認められないが、体長 5.80 mm 頃から脊索末端の下方に現れる 3 本

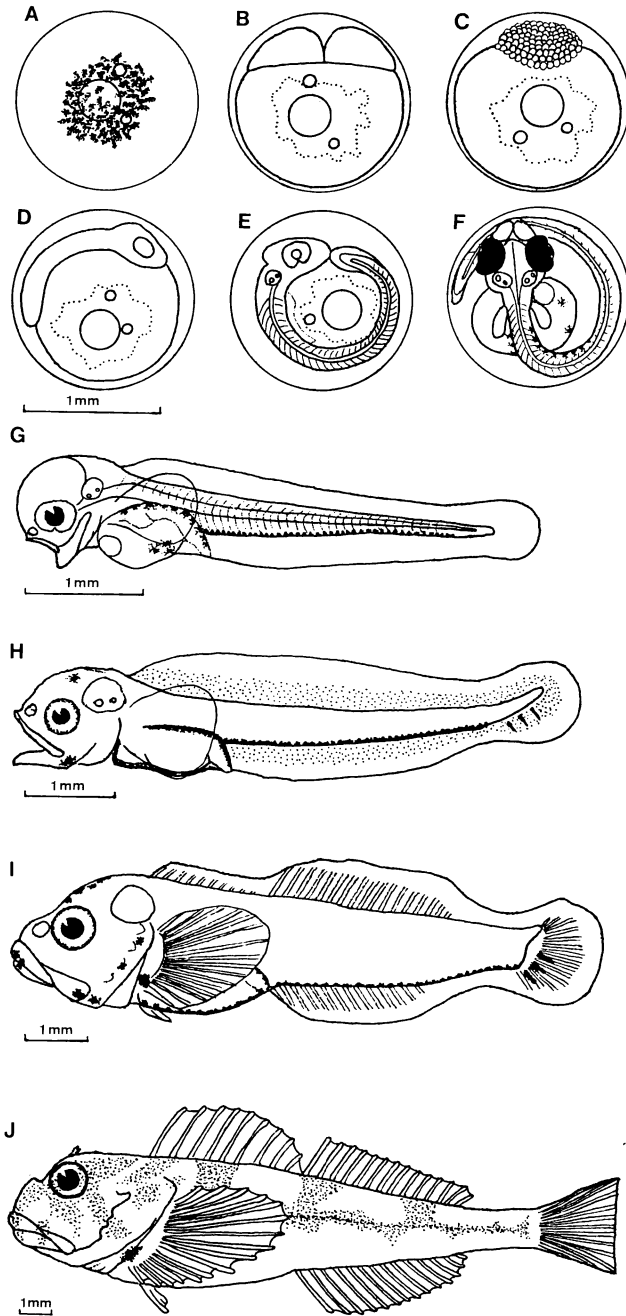


Fig. 1. Embryonic development, larvae and juvenile of *Alcichthys alcicornis*. A, mature ovum in the ovarian cavity. B, 2-cell stage, 3 hrs after discovery of eggs at the bottom of tank. C, morula stage, 24 hrs. D, embryo at first appearance, 100 hrs. E, embryo nearly in full circle, 196 hrs. F, embryo shortly before hatching, 364 hrs. G, larva just hatched, 4.44 mm BL. H, post-larval stage, 5.80 mm BL. I, post-larval stage shortly before juvenile, 8.70 mm BL. J, juvenile, 18.5 mm BL.

の黒色素胞列は特徴的である (Fig. 1H)。

稚魚期における色素としては、胸鰭基部の斑点、両顎先端に生ずる黒色素胞、眼隔部から頂部にかけて点在するカロチノイド色素胞、第1背鰭前端部のグアニン色素胞の帯などが本種の特徴と考えられる。特に、体長12.9 mm 頃から著しくなったカロチノイド色素胞の増加は、本種の稚魚期における重要な識別形質と考えられ、同時期にすでに発現している黒色素胞の分布状態を含め、体長18.5 mm に達する頃には成魚の体色とほぼ同様な状態になる。その他、本種の分類形質である鰭条数、側線鱗数、頭部背面の皮弁は、それぞれ体長10.2 mm, 15.2 mm, 37.0 mm までに形成されるが、前鰓蓋骨最上棘の形状は、生殖突起が分化して体形が成魚(渡部, 1958)に近づく体長52.5 mm においても未だ先端が分岐せず上方に向いたままであった。

以上、ニジカジカの卵および初期発生と他のカジカ科魚類との比較を試みたが、本科魚類における初期生活史の研究は極めて乏しく、十分な検討を行い得なかった。この点については、今後の研究を待たねばならない。

本種の再生産機構については、受精卵が雌のみの水槽から得られたこと、さらに産卵期の卵巣腔内から精子が見出されたこと(宗原・三島, 1985)から、アサヒアナハゼ(塩垣・道津, 1974)、アナハゼ、サラサカジカ(四宮, 1985)と同様に、体内受精型カジカと推定される。また、ニジカジカは、アサヒアナハゼ(塩垣・道津, 1974)、アナハゼ(四宮, 1985)同様に、多回産卵種であることが確認された。1985年の産卵期に、卵巣腔から取り出した受精卵を用いて行った実験は、受精卵の発生が体内では抑制されていて、海中に放卵された直後に開始することを示唆した。これまで、体内受精型カジカの繁殖生態および生殖に関する研究は、四宮(1985)がアサヒアナハゼ、アナハゼ、サラサカジカの3種を対象に、水槽内や野外での交尾行動の観察、また生殖器の解剖や組織学的観察を行い、交尾や交尾後の精子の貯留に適応した特殊な器官や分泌物質の存在を報告している以外に、受精のメカニズムなど興味深い問題は着手されていない。この方面の研究は、カジカ科魚類の進化、系統を論議する上でも重要であり、今後も継続して行う必要がある。

謝 辞

本研究にあたり、論文を御校閲下さった北海道大学水

産学部水産動物学講座矢部 衛博士、また、実験魚の採集と飼育に格別の御便宜を図られた白尻臨海実験所職員の方々及び終始有益な助言を賜った北洋水産研究施設海洋生態部門の大学院生諸氏に深謝の意を表する(北海道大学水産学部北洋水産研究施設業績169号)。

引用文献

- 藤田矢郎, 1957. アナハゼの卵発生と仔魚前期. 九州大学農学部学芸雑誌, 16(1): 111-114, pl.1.
- 服部茂昌, 1964. 黒潮ならびに隣接海域における稚魚の研究. 東海区水産研究所研究報告, (40): 1-158.
- 片嶋一男・浜口 章・竹田文弥・山内幸児, 1964a. クジメふ化稚魚の飼育について. 兵庫県水産試験場事報, 昭和38年度別冊, (1): 1-10.
- 片嶋一男・浜口 章・竹田文弥・山内幸児, 1964b. アイナメふ化稚魚の飼育について. 兵庫県水産試験場事報, 昭和38年度別冊, (1): 11-17.
- Kyushin, K. 1968. The embryonic development and larval stages of *Hemitripterus villosus* (Pallas). Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 18(4): 277-289, pls. 1-2.
- Kyushin, K. 1970. Embryonic development and larvae of *Gymnocanthus herzensteini* Jordan and Starks. Japan. J. Ichthyol., 17(2): 74-79.
- 宗原弘幸・三島清吉, 1985. 組織学的に見たニジカジカの体内受精. 昭和60年度水産学会春季大会講演要旨集, no. 352.
- 中村秀也, 1934. 小湊付近の魚卵及び稚魚1, イダテンカジカ. 水産講習所研究報告, 30(3): 135-140.
- 沖山宗雄・山岸 仁, 1976. 日本海におけるケムシカジカの生活史. 日本海区水産研究所研究報告, (27): 1-10.
- Richardson, S. L. and B. Washington. 1980. Guide to identification of some sculpin (Cottidae) larvae from marine and brackish waters off Oregon and adjacent areas in the Northeast Pacific. NOAA Tech. Rep., 430: 1-56.
- 四宮明彦, 1985. 海産カジカ3種の生殖生理および繁殖生態に関する研究. 北海道大学博士学位論文, 145pp., 22 pls.
- 塩垣 優・道津喜衛, 1974. アサヒアナハゼの産卵. 長崎大学水産学部研究報告, 8: 71-76.
- 渡部正雄, 1958. 日本産カジカ科魚類の研究, 増補改訂版. 角川書店, 東京, 461 pp., 124 pls.

(041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部)