

カワアナゴ (ハゼ亜目魚類) の採卵, 仔魚飼育と発生

道津 喜衛^{*1}, 宮木 廉夫^{*2}, 松尾 敏生^{*3},
小野 幸代^{*4}, 高濱 秀樹^{*4}

Induced Spawning, Larval Rearing and Development of the Sleeper,
Eleotris oxycephala Temminck et Schlegel, Gobioid Fish

Yoshie DOTSU, Kadoo MIYAKI, Toshio MATSUO,
Yukiyo ONO, and Hideki TAKAHAMA

The eight mature sleeper, consisting of 4 males (77~115mmTL) and 4 females (90~108mmTL), were caught from the mouth of the Usuki river in Oita Prefecture, Japan in August and kept in a freshwater aquarium. After one day keeping, spawning was induced by injection of gonadotropic hormone 12 hours after the operation. The larvae, 1.0mmTL, hatched out 11 hours after spawning at 24 . Tow lots of about 30,000 larvae (1.5mmTL), in one day old were transferred 500 l plastics aquaria, Aquarium A and Aquarium B, which were provided with running system of seawater. The larvae were fed with live rotifer, *Brachionus*, fine pellet of formula feed for marine fish culture, live *Artemia* nauplius and frozen copepod as they grew. The larvae in 10 days old grew to 2.4~4.0mmTL, and reduced to 10,000 in number in the Aquarium A and to 1,500 in the Aquarium B. The larvae in 17 day old grew to 2.4~4.0mmTL at 28.5 , and reduced to 3,000 in the Aquarium A and to 300 in the Aquarium B. 41 larvae in 64 days old survived only in the Aquarium A and grew to 11.0~15.0mmTL juveniles. Rearing experiments on newly hatched larvae of over thirty species of gobioid fishes, including this species, had been studied by the present authors. Those experiments suggest that the major factor of the high mortality of this rearing larvae is poor maturity of the oocytes of eggs induced by hormone injection. 41 rearing juveniles (11~15mmTL), in 64 days old were moved to a 60 l aquarium provided with circulatory system of seawater of 5 ‰ salinity. The juveniles mainly were fed with pellet of formula feed, and reared in the circulatory aquarium for 313 days at 23 . Nine breeding fish, consisting of eight males (103~177mmTL, 10.9~62.5gBW) and one female (77mmTL, 4.4gBW) in 395 days old survived. The largest male (177mmTL, 62.5gBW) of them was matured. The embryonic development of the egg, induced by hormone injection, is also described. The egg is adhesive pear shaped, 0.3mm in long axis. It developed until hatching for 11 hours of the incubation period at 24 . The development from the newly hatched larva (1.0mmTL) in floating life to the 86 days old young (27mmTL) in benthic life under rearing condition is described.

Key Words: カワアナゴ, ハゼ亜目魚類 Sleeper, Gobioid fish; 人工採卵 Induced spawning;
仔魚の飼育 Larval rearing, 飼育仔魚の減耗 Mortality of reared larvae;
胚発生 Embryonic development; 仔・稚・幼魚の発生 Developments of larva,
juvenile and young

カワアナゴ *Eleotris oxycephala* Temminck and Schlegel はハゼ亜目, カワアナゴ科カワアナゴ属の全長25cm (標準体長20cm) を超える大型のハゼである。本邦の茨城県から鹿児島県までに産し, 河川の下流, 河口域に棲息する¹⁾。夜

間に活動して小動物を食べる²⁾。本種は神奈川県, 徳島, 高知, 愛媛, 大分, 熊本など各県のレッドデ - タブックの中で絶滅のおそれがある魚として挙げられている。しかし, 他方では鑑賞魚として市販されている例もある。

*1 〒852-8061 長崎市滑石 5-18-5

*2 〒851-2213 長崎市多良町1555-4 長崎県総合水産試験場種苗産産技術センター

*3 〒870-0387 大分市羽田 8-2C

*4 〒870-0022 大分市旦野原700 大分大学教育福祉科学学部生物学教室

これまでの研究経過: 筆者の道津とその協力者らはハゼ亜目魚類(ハゼ類)の中で小卵多産の繁殖を行なう事が知られていた本種の生活史の解明と養殖種苗の生産を目指して³⁾, そのホルモンを用いた人工採卵実験とそれによって得られた卵から孵化した仔魚(孵化仔魚)の飼育実験を行って来た。実験は長崎大学水産学部と同学部付属水産実験所で鹿児島, 熊本, 長崎各県産の供試魚を用いて1978年に3回, 1983年, 1984年, 1988年の各年に2回ずつ行った。採卵実験では毎回数万の孵化仔魚が得られた。しかし, 飼育実験では毎回飼育初期に大量斃死が起きて, 孵化後25日以上生存した仔魚はなかった。それらの実験結果は未発表である。

筆者の松尾・高浜とその協力者らは大分県産の本種の成熟魚を水槽に蓄養して人工採卵実験を行ない, 産卵行動, 胚発生, 孵化仔魚などについて観察した。実験は大分大学教育福祉科学部生物学教室で1992年に1回, 1998年に1回, 2000年に3回, 2001年に1回を実施した。これらの実験結果の一部は既に報告した⁴⁾。

筆者らは2000年に人工採卵実験で得た孵化仔魚の飼育実験を行ない, 仔魚を1年余り育成して成熟魚を得た。ここにその採卵, 飼育, 発生について報告し, 併せて2001年の採卵実験で得た卵の胚発生について述べる。

採卵と孵化仔魚の輸送

採卵: 2000年8月12日に大分県白杵市白杵川下流部の感潮域で釣りによって得たカワアナゴの雄成熟魚5尾(標準体長77~115mmSL, 体重9.0~30.7g BW)と雌成熟魚4尾(90~108mmSL, 14.0~20.7g BW)を大分市にある大分大学教育福祉科学部生物学教室へ運んで上架濾過装置付き110 l容量のプラスチック製採卵用淡水水槽に収容した。雌魚はいずれも腹部が膨れていた。8月13日午後8時頃に成熟, 産卵促進のためにヒト用の胎盤性性腺刺激ホルモン, ゴナトロピン(帝国臓器株式

会社)を各魚に体重1g当たり20IUを背筋注射した。8月14日午前6時頃に水槽底に人工産卵巣として置いていた素焼き土管(長さ30cm, 内径6cm)の内壁一面に受精卵群が産み付けられているのが見られた。それらの卵から同日午後5時頃に数万の仔魚が孵化した。産着卵の中には胚発生途中で発生が止まった卵が混ざっていた。最大の雄(115mmTL)は土管内に留まっ卵を守っており, 最大の雌(108mmTL)は注射時と比べると腹部の膨らみが著しく小さくなっていたので, この雌雄が産卵に関与したと考えた。他の個体の産卵関与については明らかでない。産卵時における産卵水槽の水温は28℃であった。

孵化仔魚の輸送: 8月15日の正午後頃に採卵用水槽内に浮遊していた仔魚をサイホンによつてA, B 2個のポリエチレン袋にそれぞれ約6 lの同水槽の淡水と共に移し入れ, 約4 lの酸素ガスと共に封入した。袋Aの仔魚は最初に移したものであり, 水槽の上部に浮遊していた仔魚が多く含まれており, 袋Bの仔魚はその残りであった。両袋を発泡スチロール箱に収容して, 輸送中の水温上昇を防ぐために氷嚢を同封して自動車です約5時間かけて長崎市多比良町にある長崎県総合水産試験場へ運搬した。同場に到着後直ぐに用意してあった2個の飼育水槽AとBへ水温を調節した袋AとBの仔魚をそれぞれ移し入れた。発送時の水温は25℃, 到着時には25.5℃を示した。水試到着時には仔魚の斃死は見られなかった。水槽A, Bの飼育水は共に水温27.0℃の低塩分海水(塩分11‰)であった。

仔魚の飼育

2000年8月15日(仔魚の日令1)から同年10月17日(日令64)までの仔魚飼育について述べる。飼育水の各種条件についての観測は仔魚日令2~47には午前と午後の2回, 日令48以後は午前か午後の1回行った。測定結果の一部をTable 1に示した。

飼育水槽: 飼育水槽A, Bはともに500 l円形プラスチック

Table 1. Rearing of the larvae hatched from the eggs of induced spawning by hormone injection

| Daily age of larva | Size of larvae in mm | Survival fish | | Food for larvae ²⁾ | Water | | | | |
|--------------------|----------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|---------|------------|---------|-----|------------------------|
| | | Aquarium A | Aquarium B ¹⁾ | | Temp.°C | Salinity ‰ | DO ml/l | PH | Exchange ³⁾ |
| 1 | 1.5 | - | - | none | 25.0 | 0 | - | - | 0 |
| 2 | 1.9-2.1 | 31,000 | 32,000 | none | 27.0 | 11 | 9.4 | 8.0 | 0 |
| 3 | 2.0-2.2 | - | - | R | 27.5 | 13 | 10.6 | 7.9 | 250 |
| 4 | 2.0-2.2 | - | - | R | 27.8 | 21 | 7.0 | 7.9 | 250 |
| 6 | 2.0-2.3 | 26,000 | 25,000 | R | 27.0 | 32 | 12.2 | 7.8 | 250 |
| 8 | 2.0-2.8 | - | - | R | 27.5 | 34 | 11.5 | 7.8 | 500 |
| 10 | 2.2-3.0 | 10,000 | 1,500 | R | 27.0 | 35 | 15.5 | 7.8 | 750 |
| 11 | 2.2-3.0 | 6,000 | - | R | 27.1 | 35 | 15.5 | 7.8 | 750 |
| 14 | 2.4-3.5 | 3,500 | 400 | R | 27.9 | 35 | 12.9 | 8.0 | 750 |
| 17 | 2.4-4.0 | - | 300 | R | 28.2 | 34 | 10.5 | 8.0 | 1,000 |
| 26 | 4.6-5.7 | - | - | R,A,F | 27.8 | 35 | 9.4 | 7.7 | 1,000 |
| 35 | 5.0-7.6 | - | - | R,A,F | 25.1 | 35 | 11.2 | 7.7 | 1,500 |
| 43 | 7.0-9.2 | 200 | 20 | R,A,F | 25.0 | 35 | 8.1 | 7.7 | 2,000 |
| 48 | - | - | finish | R,A,F | 24.3 | 35 | 9.7 | 7.7 | 2,000 |
| 53 | 7.9-13.0 | 53 | - | R,A,F,C | 23.6 | 35 | 8.1 | 7.7 | 2,000 |
| 57 | 9.0-15.0 | 48 | - | R,A,F,C | 22.9 | 35 | 10.8 | 7.7 | 2,000 |
| 61 | 10.0-15.0 | 44 | - | A,F,C | 21.9 | 35 | 11.1 | 7.5 | 2,000 |
| 64 | 11.0-15.0 | 41 | - | A,F,C | 22.3 | 35 | 11.1 | 7.6 | - |

1) Each the breeding Aquarium A and B is 500 liter round plastic aquarium, providing with a system of running seawater for the larval rearing.

2) Foods of the larvae are shown as R, live rotifer *Brachionus*; A, live *Artemia* nauplii; F, fine pellet of formula food for marine fish-culture and C, frozen Copepoda.

3) Exchange volume of seawater of each aquarium is equal. Unit is shown in liter per aquarium per day.

透明水槽 (直径103cm,深さ78cm) を用いた。飼育水は海水の注排水によって流水式にして、排水には飼育仔魚の流失を防止したサイホンを用いた。

飼育水の塩分と換水：最初に述べたこれまでの本種仔魚の飼育実験の結果から、本種の仔魚が広範囲の塩分耐性を持つことが分かっていたので、飼育管理上の利便性を考慮して、飼育水は淡水ではなく、海水を用いた。飼育当初の仔魚日令1, 2では飼育水の塩分は11%であり、換水はしなかつた。日令3から塩分35%の沿岸海水の注排水を始めた。日令3~6における各日の海水注排水量は約500 lであり、日令7~9には1000 lにした。その結果日令9には飼育水の塩分は海水とほぼ等しくなった。日令10~13には1500 l, 日令14~22では2000 lに注排水量を増やした。その後、仔魚への投餌量の増加による飼育水の汚染を防ぐためにさらに注水量を増やして日令23~32では3000 lとし、日令33以後は毎日4000 lにして日令64まで続けた。

水温：飼育水槽AとBを5000 lコンクリート水槽内に並べて置き、コンクリート水槽内に沿岸海水を流して飼育水槽を水浴状態にして夏季の高気温による飼育水の水温上昇を防いで水温の安定を計った。仔魚日令2~30における水温は29~26を示し、日令31~64には水温は次第に22 まで下がった。水温低下に対して加温はしなかつた。

PH：飼育水は換水、投餌、薬剤投与などの影響下で期間中7.5~8.0を示した。

DO：A, B両水槽にはそれぞれ2個のエアストーンを投入してそれぞれ空気と圧縮酸素を送り、飼育水の溶存酸素を飽和状態に保つようにした。期間中のDOは7.0~15.5ml/lを示し、10ml/lを超える日が多かった。

照度：A, B両水槽を窓近くに置き、照明はしなかつた。自然光下の水槽表面における昼間の照度は屋外の天候にしたがって80~500luxの変化を示し、100~300luxの時間帯が長かった。飼育水の汚染防止：飼育水の汚染防止のために上述のように海水の注排水による換水を期間中続けた。併せて、飼育水槽の底、壁面の清掃を随時行った。一方、仔魚日令2~22には海水用底質改良剤、スーパーVI (株式会社ヤクルト) を毎日1回、20~55ppmの濃度になるように飼育水に投入した。また、魚病対策として、日令3~62にニフルスチレン酸ナトリウムを主成分とする水産用ニフラスチン散 (コーキン化学株式会社) を4日間隔で毎回の濃度が300ppmになるように飼育水への投入して、合計16回繰り返した。

餌、飼料：日令2の仔魚から投餌を始めた。日令2~3には微小藻類*Nannochloopsis*を与えて培養したS型シオミズツボワムシ (ワムシ) *Brachionus rotundiformis*を70 µm目合のふるいで濾過したものを飼育水1 mlあたり20~30個体の密度を保つように1日1回与えた。日令4~23には濾過しないワムシを1 mlあたり25~40個体を与え、日令24~62には1 mlあたり15個体の密度で毎日1回与えた。日令23~64には海産魚養殖用の微小配合飼料 (マクロセ - フ1号, 粒径150~250 µm, 日清サイエンス株式会社) を少量ずつ併せて毎日与えた。日令25~34には*Artemia*のノープリウス幼生を飼育水1 mlあたり0.4~0.5個体になるように毎日1回与え、日令35~60には1~2.5個体の密度を保つように与えた。日令51~64に

は台湾産の冷凍カイアシ類 (*Apocyclopos royi*; Yamboo Aquaculture Corp) を少量ずつほぼ毎日併せて与えた。これらの投餌を見ると、日令2~22にはワムシのみ、日令23~24にはワムシと配合飼料、日令25~50にはワムシ、配合飼料、*Artemia*、日令51~60にはワムシ、配合飼料、*Artemia*、冷凍カイアシ類、日令61~64には配合飼料、*Artemia*、冷凍カイアシ類を与えた事になる。それら複数の種類の餌・飼料を与えた各時間帯における仔魚の各餌に対する捕食選択については明らかに出来なかつた。ワムシに対する最初の捕食の確認は日令4であり、*Artemia*に対しては日令27であった。

飼育仔魚の成長と斃死：上述の水槽飼育を始めた8月15日の日令1における仔魚の全長は1.5mmTLになり、孵化時の1.0mmの1.5倍に伸びている。日令2の前期仔魚は1.9~2.1mm TL (A, B両水槽を併せた測定仔魚標本数Nは40)。仔魚が水槽全体に分散する夜間に円筒採集器を用いた柱状採集による標本採集数から推計すると、生存仔魚数SはA水槽31,000, B水槽32,000。日令3には2.2~2.2mmTL (N40) になる。日令4には2.2~2.3mmTL (N40) になり、卵黄を吸収して後期仔魚に変態する。ワムシを捕食している。日令6には2.0~2.3mm (N40) になり、SはA水槽26,000, B水槽25,000。両水槽で仔魚の大量斃死が起きている。日令10には2.2~3.0mmTL (N20), SはA水槽10,000, B水槽1,500。B水槽の減耗が著しい。日令14には2.4~3.5mmTL (N10) になる。SはA水槽3,500, B水槽400。*Artemia*の幼生を捕食している。日令17には2.4~4.0mmTL (N18)。仔魚は水槽の中、下層部に分散して浮遊し、動きが増したために円筒採集器による標本採取が困難になる。目視計数によると、生存仔魚数はA水槽3,000, B水槽300になり、生残率はそれぞれ約10%と約1%になった。日令21には3.2~4.2mmTL (N16) に成長した。日令26には4.6~5.7mm (N9)。日令43には7.0~10.2mmTL (N5), SはA水槽200, B水槽20。大型の仔魚は稚魚へ変態を始める。B水槽では日令48に排水サイホンが故障して仔、稚魚がほとんど死滅した。それ以後はA水槽だけで飼育を行った。日令53には9.0~15.0mmTL (N4)。成長の個体差が目立つ。この現象は筆者らが行った30余種類のハゼの人工採卵から得た仔魚飼育実験 (未報告) で共通して見られ、特に生残率が低い実験例で顕著であった。日令57には9.0~15.0mmTL (N14), S48であった。大型の稚魚は浮遊生活から着底を始める。日令61の稚魚は10.0~15.0mmTL, S44。日令64には11.0~15.0mmTL, S41。着底稚魚はまだ黒色素が少なく、体は半透明である。10月17日に日令64の全飼育稚魚を後述の循環水槽に移して飼育を続けた。飼育仔魚の減耗要因：上述のように、今回の仔魚飼育実験では産着の受精卵の中に胚発生を中止するものが混ざり、孵化仔魚が著しく減耗した。これと同じ現象は始めに述べた筆者らが1978~1988年と1992~2001年に行った本種のホルモンを用いたの人工採卵と孵化仔魚の飼育においても毎回見られた。また、筆者らがこれ迄に行ってきた小卵多産から大卵少産にわたる繁殖を示す他の30余種のハゼ類についての多数回にわたる同様な人工採卵とその孵化仔魚の飼育においてもそれと同じ現象が共通して見られた (未発表)。一方、筆者らが行っ

た他の50余種のハゼについて野外における産卵（天然産卵）について調査した多数の例によると⁵⁾, 産着の受精卵の中に胚発生が途中で止まった卵が混ざる事はほとんど無く, それより孵化した仔魚の飼育では仔魚初期に著しく減耗することなく成育した例が多く見られた。ハゼ類の飼育仔魚の減耗要因については, 仔魚の系統・遺伝的な種特性⁶⁾と併せて飼育技術面からは適正飼料の不足, 疾病, 投餌などによる飼育水の汚染とそれらの複合要因が考えられる。しかし, 今回の仔魚飼育実験における仔魚減耗の主要因を上述の諸事例から産着卵の成熟不足によると推定した。すなわち, 本種と同科に属し, 同じく小卵多産の繁殖をするハゼ *Hypseleotris compressus* の人工採卵, 孵化仔魚の飼育について既に報告したように⁷⁾, 性腺刺激ホルモンによる成熟, 産卵促進によって短絡的に産卵行動が進行した。そのために, 各個の卵母細胞が十分に成熟するのに要する時間が不足して, 卵母細胞の成熟に微妙な差を生じた状態で排卵, 産卵, 受精が行われた。このために産着卵は受精しても, まず成熟が特に不足した卵で胚発生が止まり, 次いで成熟が足りなかった産着卵から孵化した仔魚が卵黄吸収後の仔魚初期に多数減耗し, 成熟した卵（良質卵）から孵化した活力のある少数の仔魚（良質仔魚）のみが生き残って成育したと推定した。しかし, 今回は卵母細胞の成熟についての組織, 細胞学的な検討は行っていない。以上の事から, 本種の種苗量産のためには多量の良質卵を確実に得る人工採卵法の確立が望まれる。なお, 今回の仔魚飼育実験においては, 上述のように, 同じ条件で行ったA, B両水槽の飼育において, 仔魚の減耗に大きな差が見られ, 日令17の仔魚ではB水槽ではA水槽の約10倍の減耗を示した。この要因については, 前記のようにA水槽の仔魚は産卵水槽からサイホンを用いて最初に輸送用袋Aに移したものであり, B水槽の仔魚はその残り仔魚を容れたも袋Bから移したものである。この事から, A水槽には産卵水槽の上部に浮遊していた活力のある仔魚が多く含まれており, B水槽には水槽下部に浮遊していた活力が乏しい仔魚が多く含まれていた事によると考えた。

神奈川県水産総合研究所内水面試験場のHP情報 (<http://www.Agric.pre.Kanagawa.jp./suisouken/naisui/fuka/kawafuka.ktm>) によると, 同場では1997年に本種の種苗生産試験を行った。天然採集魚を育成した親魚が産卵して, 塩ビパイプや石の上に卵を産み付けた。この卵から大量の孵化仔魚を得たが仔魚の育成には失敗した。仔魚の初期飼料として与えたL型シオミズツボウムシが大き過ぎたようであると述べている。

目黒勝介氏（宮内庁侍従職）よりの私信によると。本種の水槽飼育魚はホルモン処理なしでよく産卵し（自然産卵）, 受精卵を水槽底, 側壁に産み付けると言われる。また, 岩田明久氏（京都大学アジア・アフリカ地域研究科研究科）よりの私信によると, 本種は野外では河川の下流域にある石に卵を産み付け（天然産卵）, 親魚がそれを守っていると言われる。これらの産卵における産着卵は人工採卵による卵と比べるとそれぞれ十分に時間を掛けた産卵行動によって産卵, 受精した良質卵であり, それらの卵からは多数の活力ある良質仔魚が得られると思われる。この事から, それらの仔魚の飼

育実験は筆者らの仔魚減耗要因についての上記の推定への支持資料を提供してくれると思われる。

循環水槽を用いた飼育稚魚の成長と成熟

飼育: 2000年10月16日に前述の飼育水槽から循環水槽へ移して飼育を始めた日令64の41尾の稚魚は翌日までに小型個体を主とした約半数が斃死して20尾（日令65, 12~15mmTL）が生き残った。活力の乏しい稚魚が多く混ざっていたと思われる。稚魚の飼育には60 l容量の角型プラスチック水槽（横57cm, 奥行き30cm, 深さ35cm）を用いて空気揚水による底面砂濾過式にした。飼育水は, 開始日には塩分約35‰の海水を用い, 翌日から毎日約5 lの淡水を加えて部分換水を続けて10日後には塩分を約5‰まで下げた。その後は, 稚魚の天然生息場に於ける環境を配慮して同塩分の海水を用いて随時に部分換水を行い, 併せて水槽と濾過砂の清掃を行った。水温は温水器を用いて22~23℃に保った。飼育水にはエアストーン1個を用いて送気した。餌は, 最初の15日間は *Nannochloropsis* を与えて養成した *Artemia* を用いた。その後は次第に台湾産冷凍カイアシ類 (*Apocryopus royi*; Yahoo Agriculture Corp) と海産魚養殖用の配合飼料（マクロセーフ2号, 日清製粉株式会社）を加えてゆき, 1ヶ月後からは配合飼料のみを与えた。成長, 成熟: 飼育稚魚は同年11月8日（日令86）には十数尾が生き残り, 20~30mmTLに成長して幼魚に変態した。幼魚は水槽底に置いた素焼き土管の内, 下部と水槽の隅に潜み, 投餌すると現れる。大型個体は土管内でなわばり行動を示し, 大型個体の攻撃によると思われる小型個体の斃死個体が見られた。翌年2001年3月19日（日令217）には10尾の未成魚が生き残り, 42~74mmTL, 34~59mmSL, 0.7g~4.6BWに成長した。個体間の成長の差が著しい。同年6月23日（日令313）には10尾が残り, 60~143mmTL, 60~115mmSL, 0.2gBWに成長した。8月22日（日令373）に残った9尾は76~174mmTL, 61~135mmSL, 4.2~61.2g。9月13日（日令395）の生き残りは雄8尾（103~177mmTL, 82~140mmSL, 10.9~62.5gBW）, 雌1尾（77mmTL, 63mmSL, 4.4gBW）。雄の最大個体から腹部圧出によって得た精液中には動く精子が見られ, 同魚が生後1年余りの飼育で成熟している事を示していた。他の個体も生殖突起の形態の差異によって雌雄の判別が出来たが, 成熟個体はなく, それらの養成魚を用いた採卵実験は出来なかった。

胚発生と孵化仔魚

採卵実験の中で2001年8月22日に得た受精卵の胚発生と孵化仔魚について光学顕微鏡観察を行い, 併せて約12時間にわたる全発生経過を遊尺顕微鏡（5倍）にカラ - 装置 CCD-Z1（島津製作所）を挿入して記録した。その経過をFigs. 1, 2に示した。

胚発生: 産卵水槽の透明側壁に産み付けられた後に直径約0.3mmの球形をした受精卵は吸水作用によって卵膜が広がり始める（Fig. 1, A）。産卵後約30分後には卵は, 卵膜の外層がめくられて生じたセラチン状の付着房があり, 卵門が開

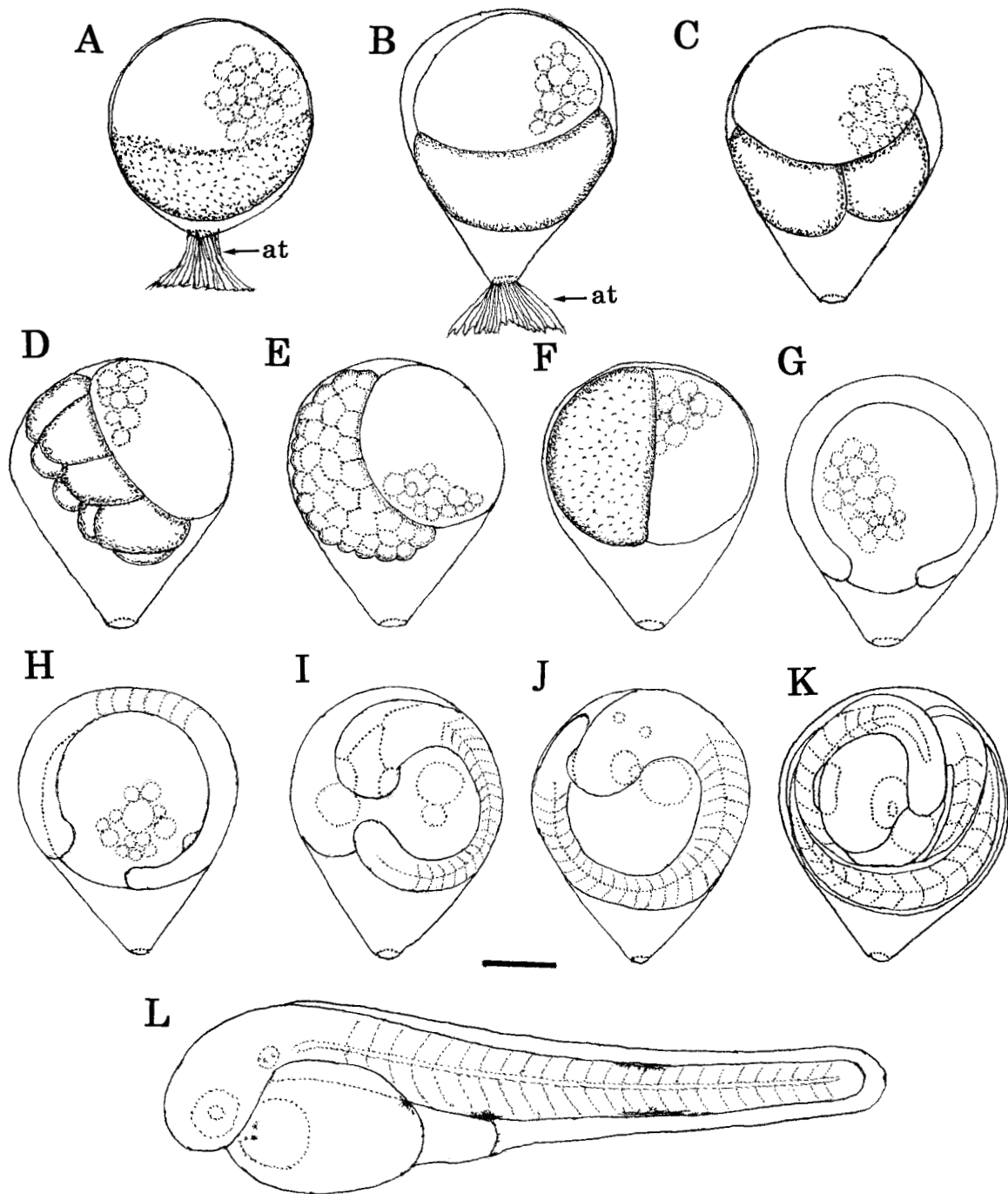


Fig. 1 The embryonic development and newly hatched larva.

A just discharged fertilized egg ; B before cleavage, 30 minutes after discharged at 24 °C ; C 2 cell stage, 40m. after ; D 8 cell, 1 hour after ; E morula, 1h. 40m. ; F blastula, 2h. 30m. ; G C shaped embryo, 4h. 20m. ; H 6 somite embryo, Kupffer's vesicle appeared, 6h. 30m. ; I 5 somite embryo, optic vesicles formed, 9h. 20m. ; J 18 somite embryo moved, 10h., lenses and auditory capsules formed ; K before hatching, 11 h. ; L newly hatched larva, 1.0mmTL. 11h. 30m. after spawning.

Bar, 0.1mm ; at gelatinous adhesive tuft. The tufts are omitted in C~L.

いている卵基部が細く、その対極の先端部が丸い西洋梨形になる。卵割が始まる (Fig. 1, B ~ C)。卵割は基部に僅かに見られる。卵は無色半透明で色素が無い。卵の長径は約0.37mm, 短径約0.29mm。魚卵の中では最小級である^{5, 8, 9)}。発生初期の卵では細胞部は卵基部の方にむかっており、発生

が進むにつれて卵先端部にむかう (Fig. 1, B ~ F)。水温24 °Cで卵割開始後30分を経て桑実期になり、その細胞部と卵黄部との外観上の大きさの比は約1を示し、その値はハゼ類の卵の中では最小級である。ハゼ類の卵の中では大型卵ほどこの値は小さい⁶⁾。油球は発生初期には直径数μmの十数

個が見られるが, 発生が進むに従って次第に大きくなって数が減り, 孵化前には直径約45 μm の1個のみになる。受精後2時間20分を経て胞胚期になり (Fig. 1, F), 4時間20分後にはC型胚体が形成される (Fig. 1, G; Fig. 2)。6時間20分後には6体節期になり, Kupffer氏胞が見られる (Fig. 1, H)。7時間20分後には胚体は伸びて曲がり, その尾部は遊離する。眼杯が現れる (Fig. 1, I)。9時間20分後には胚体の尾部は頭部と重なり, 尾部が動き始める。眼杯に眼球が現れる (Fig. 1, J)。11時間15分頃 (Fig. 1, K) から孵化が始まり, 約30分後には孵化が終わる。孵化は, 胚体の盛んな動きに伴って胚体頭部が接している卵膜先端部に一裂孔が開く。胚体はこの孵化孔から尾部を先に卵膜外に出し, その尾部を激しく動かして頭部を引き出したすようにして孵出する。孵化酵素腺と逆子卵は確認できなかった。筆者らがこれまでに観察した約50種類のハゼの卵では胚体は卵膜先端部に生ずる孵化孔から頭部を先にして孵化している (未発表)。孵化時間約11時間30分 (水温24 $^{\circ}\text{C}$) は魚卵の中では最短級である^{10,11)}。

孵化仔魚: 孵化仔魚 (Fig. 1, L) は全長1.0mm。魚類の孵化仔魚の中では最小級である^{5, 8, 9)}。長径約0.26mmの楕円形をした卵黄を備えてオタマジャクシ形をなし, 多くのハゼ類の孵化仔魚と形態を異にする^{5, 6)}。形状は本種と同じく最小級の卵から孵化するハゼ類仔魚 (例えば, ボウズハゼ¹⁰⁾, タナゴモドキ¹¹⁾ など) に見られる。体高は全長の26%。体は無色半透明。体各部は未発達の状態であり, 眼・耳胞は見られるが, 口・消

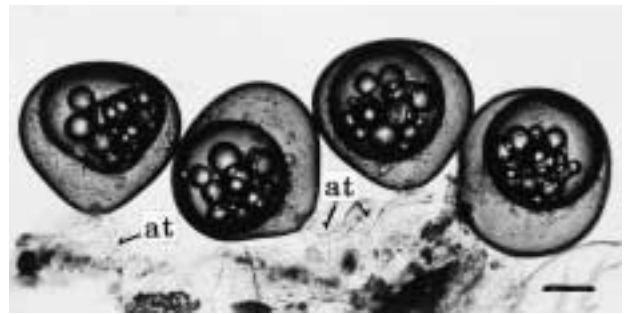


Fig. 2 Eggs, removed from the inner wall of an artificial nest of earthenware pipe, in C-shaped embryo. bar, 0.1mm; at, gelatinous adhesive tuft

化管・胸鰭・鰾は見られない。体節原基数は24。黒色素胞は黄色素胞を伴い, 腹部・尾部・卵黄部にわずかに見られる。孵化仔魚は産卵水槽の全体にわたって広く浮遊しており, 時々尾部を振って上下運動を繰り返す。走光性は示さなかった。

本種の天然産卵の胚発生と孵化仔魚については先に道津・藤田³⁾が報告している。それらと上記の卵, 仔魚との間には形態的に特に差は見られなかった。

飼育仔・稚・幼魚の発生

2000年の飼育実験によって得た仔, 稚魚の発生経過を Figs. 3, 4 に示した。

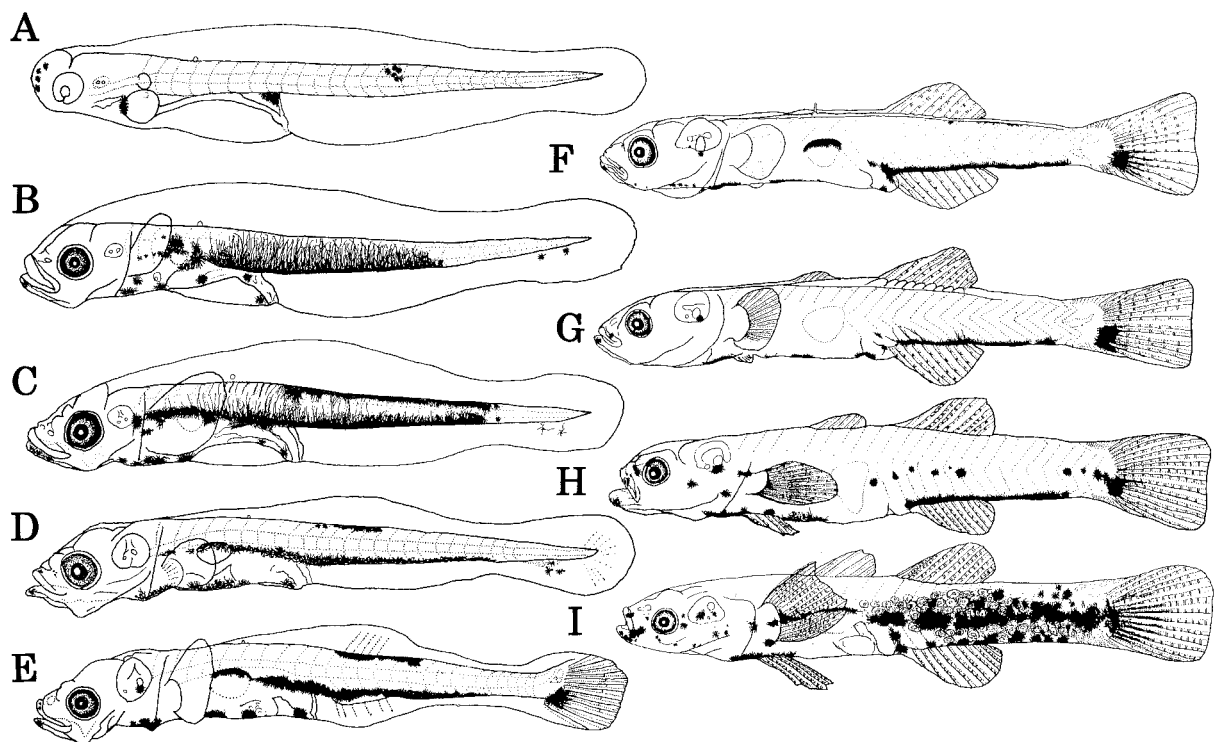


Fig. 3 Developments of larva, juvenile and young in rearing condition.

A prolarva, 2.0mm TL, 2 days old; B postlarva, 2.1mm, 4 days old; C 2.4mm, 8 days; D 3.4mm, 17 days; E 4.2mm, 21 days; F 5.1mm, 26 days; G 7.5mm, 43 days; H last postlarva, 11mm, 53 days; I early juvenile, 13.5mm, 61 days.



Fig. 4 Larva, juvenile and young developments in rearing condition.

A prolarva, 2.0mmTL, 2 days old ; B early postlarva, 2.1mm, 4 days, in the floating life ; C postlarva, 2.4mm, 8 days ; D 2.7mm, 14 days ; E 3.7mm, 21 days ; F 6.6mm, 35 days ; G 8.0mm, 43 days ; H 10.7mm, 53 days, in the last floating life, from fixed specimen ; I juvenile, 13.5mm, 61 days, changing from the floating life to the benthic life ; J late juvenile, 17.0mm, 70 days ; K young, 27.0mm, 86 days.

仔魚：日令2の前期仔魚 (Fig. 3, A ; Fig. 4, A) は全長2.0mmTLになり、孵化仔魚 (Fig. 1, L) の全長1.0mmの2倍に伸びる。卵黄の大部分を吸収して変態が進み、ハゼ類の仔魚らしい形態が整ってくる。体は細長くなり、体高は全長の19%。消化管と胸鰭が見られる。腹部背縁から仔魚鰭膜に微小突起が出ている。頭、卵黄、腹、尾の各部に黄色素胞を伴った黒色素胞が目立つ。日令0から3までの前期仔魚の変態が著しい。日令4, 2.1mmTLの仔魚 (Fig. 3, B ; Fig. 4, B) は卵黄を吸収して後期仔魚期に入る。眼は黒くなり、口と肛門が開く。ワムシを食べている。胸鰭は膜状をなして伸び、鰓が生ずる。黒色素胞は黄色素胞を伴い、樹枝状をなして体腹縁から背方に向かって伸びている。日令8, 2.4mmTLの仔魚 (Fig. 3, C ; Fig. 4, C) では体の背腹両縁に樹枝状をした黒色素胞が連続して並ぶ。日令17, 3.4mmTLの脊索上屈前の仔魚 (Fig. 3, D) では体は側偏して細長い。頭長は全長の12%, 頭高は全長の19%, 眼径は頭長31%。肛門は体の前部で全長の45%の所に開く。腹腔内には鰓の空室が目立つ。腹縁と尾部の背、腹両縁にはそれぞれ一縦列をなして黒色素胞が並ぶ。体節数9 + 15。本仔魚は浮遊生活を送り、その動きが速くなる。日令21, 4.2mmTLの脊索上屈中の仔

魚 (Fig. 3, E ; Fig. 4, E) では尾鰭に13鰭条原基が生じ、第二背鰭に5鰭条が見られる。尾鰭基底部に黒色素胞が目立つ。日令26, 5.1mmTLの脊索上屈後の仔魚 (Fig. 3, F) では臀鰭と第二背鰭にそれぞれ9鰭条が生じる。背縁の黒色素胞は消える。日令43, 7.5mmTLの仔魚 (Fig. 3, G) では腹鰭, 胸鰭, 第一背鰭の形成が進む。日令53, 11.0mmTLの末期仔魚 (Fig. 3, H ; Fig. 4, H) は体巾が増して、体が丸みをおびてくる。第一背鰭に5棘が生ずる。体側に二次性の黒色素胞が現れてくる。

稚魚・幼魚：日令61, 13.5mmTLでは稚魚 (Fig. 3, I ; Fig. 4, I) に変態する。この初期稚魚は日令17の仔魚 (Fig. 3, D) と比べると、眼は相対的に小さくなり、眼径は頭長の20%。各鰭は尾、臀、第二背、腹、胸、第一背鰭の順に鰭棘・条が定数に達して、鰭式はDVI - I, 8 ; AI, 8 ; P₁16 ; P₂16を示す。胸鰭の出現は全鰭の中で一番早い、鰭条が全部揃うのは同鰭が全鰭の中で最も遅い。本稚魚の半透明な体の尾部体側には黒色素胞が増し、鱗の原基が現れる。浮遊生活から着底する。着底後の日令64, 全長14.5mmの稚魚では黒色素胞が体側に広がる。日令70, 17mmTLの末期稚魚 (Fig. 4, J) では体は淡黒褐色を帯びて不透明になる。日令86,

27mmTLで幼魚 (Fig. 4, K) に変態して体は黒褐色になり, 体背部は淡色をなす。

道津・藤田³⁾は野外で採集した全長13mmの着底後の稚魚を報告している。これを今回の飼育実験で得た着底稚魚と比べると全長で約2mm小さい。筆者らが行ったの30種類余りのハゼ類の仔, 稚魚の飼育実験によると (未発表), 浮遊生活から着底に変わる時の飼育稚魚は野外採集の着底稚魚より大きくなる傾向を示した。

謝辞: 本研究にあたりご支援を戴いた当時の長崎県総合水産試験場種苗量産技術開発センター - 所長塚島康生氏に深謝する。

参考文献

- 1) 明仁・坂本勝一・池田祐二・岩田久明, 2000, ハゼ亜目. in 中坊徹次編, 日本産魚類検索全種の同定, 第2版, pp.139-1310, 東海大学出版会, 東京.
- 2) 岩田久明, 2001, カワアナゴ. in 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編, 日本の淡水魚, 改定版, p.553, 山と溪谷社, 東京.
- 3) 道津喜衛・藤田矢郎, 1959, カワアナゴの生態・生活史. 長崎大学水産学部研究報告, (8), 191-195, P1. XVIII.
- 4) 松尾敏生・高濱秀樹, 2001, 飼育条件下で観察されたカワアナゴの求愛産卵行動. 魚類学雑誌, 48(1), 53-67.
- 5) 塩垣優・道津喜衛・森慶一郎, 1988, ハゼ亜目. in 沖山宗雄編, 日本産稚魚図鑑, pp.664-723, 東海大学出版会, 東京.
- 6) 道津喜衛, 魚類稚子の形質と系統, ハゼ亜目. 海洋科学, 11(2), 111-116.
- 7) 道津喜衛・柳昌之・乾輝男, 2000, オーストラリア産ハゼ科魚類 *Hypseleotris compressus* の採卵と仔魚飼育. 長崎大学水産学部研究報告, (81) 43-48.
- 8) C. M. Breder Jr. and D. Rosen, 1966, Modes of reproduction in fishes. The Natural History Press, New York.
- 9) 池田知司・水戸敏, 1986, 卵と孵化仔魚の検索. in 沖山宗雄編, 日本産稚魚図鑑. pp.999-1083, 東海大学出版会, 東京. 213-222.
- 10) 道津喜衛・水戸敏, 1955, ボウズハゼの生活史. 九州大学農学部学芸雑誌. 15(2), 213-222.
- 11) 道津喜衛・鈴木寿之・柳昌之, 1998. タナゴモドキ (ハゼ科魚類) の採卵, 卵内発生, 仔魚. 長崎県生物学会会誌, (49), 15-21.