

タウナギの雄による卵保護と仔稚魚の口内保育

松本清二¹・岩田勝哉²

¹〒634 奈良県橿原市大久保町156 橿原市立畝傍中学校 (電子メール fwge6909@mb.infoweb.or.jp)

²〒640 和歌山市栄谷930 和歌山大学教育学部生物学教室

(1996年1月24日受付; 1996年5月22日改訂; 1996年12月20日受理)

キーワード: タウナギ, 繁殖行動, 父親保護, 卵見張り, 口内保育

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 1997

Seiji Matsumoto* and Katsuya Iwata. 1997. Paternal egg guarding and mouthbrooding in the bubble nest in the swamp-eel, *Monopterus albus*. Japan. J. Ichthyol., 44(1): 35-41.

Abstract Paternal egg guarding and mouthbrooding of larvae and juveniles were observed in the swamp-eel, *Monopterus albus*. In aquaria, the male guarded and cared for eggs in the bubble nest floating inside a plastic tube (5 cm in diameter, 50 cm in length). It was suggested that spawning and fertilization occurred outside the nest tube, and that the male carried the fertilized eggs (ca. 4 mm in diameter) in his mouth and inserted them into the bubble mass. Until the hatching of larvae (7-8 days after spawning), the male frequently added fresh bubbles into the bubble mass. As soon as the larvae (18-21 mm in TL) hatched and emerged from the bubble nest, the male sucked them into his mouth. Fifty juveniles (32-37 mm in TL) and two yolk-sac larvae (22 mm in TL) were released from the mouth of a male collected from a natural habitat. Those juveniles were retrieved by the male, some of them voluntarily returning to the male's mouth. The mouthbrooding male frequently performed pumping behavior (i.e., inflating and deflating the buccopharyngeal cavity), thereby acquiring to take fresh air. Eggs removed from the bubble nest successfully hatched only when directly exposed to aeration. In addition, only about 40% of the hatched larvae survived more than 10 days when they were kept in well-aerated water without the male parent. These suggest that both the bubble nest and mouthbrooding are indispensable for successful development and survival of eggs and larvae in this species, which inhabits swamps and paddy fields.

*Corresponding author: Seiji Matsumoto, Unebi Junior High School, 156 Ookubocho, Kashihara, Nara 634, Japan (e-mail: fwgd6909@mb.infoweb.or.jp)

タウナギ *Monopterus albus* は、雌性先熟性の性転換をする淡水魚であり (Liu, 1944; Liem, 1963, 1968; Okada, 1966; Chan and Phillips, 1967, 1969), また空気呼吸をすることでもよく知られている (Wu and Kung, 1940; Wu and Liu, 1940). しかし、その繁殖生態については、この魚が夜行性であることや水田や沼のような濁った水域に巣穴を掘って生活していることと関係して、Wu and Liu (1942) の報告以外にほとんど知られていない。Wu and Liu (1942) によると、本種は、繁殖期になると雄が水田にU字形の穴を掘り、巣穴内に泡塊を形

成し雌を待つ。放卵放精は巢外で行われ、受精卵は雄によって巣穴内の泡塊中に充填され、孵化するまで雄魚が保護すると報告されている。

筆者らは、奈良県桜井市の水田と水路から採集したタウナギを、塩化ビニール製のパイプを巣穴として用いてガラス水槽内で飼育し、雄親による卵の保護行動を観察した。また、水田で捕獲した1尾の雄が口から多数の仔稚魚を吐き出し、再びそれらを口内で保護する行動が水槽で観察された。これらの観察により得られた、タウナギの繁殖行動に関する新しい知見について報告する。

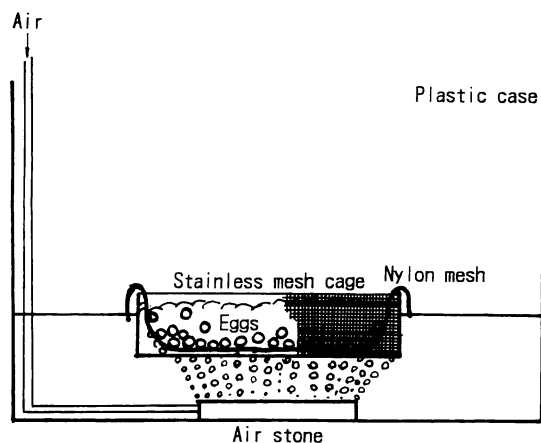


Fig. 1. Apparatus used for incubation of the fertilized eggs removed from the bubble nest.

材料と方法

実験魚 1989年5月から1990年10月にかけて、奈良県桜井市（東経135°50′，北緯34°31′）の水田と水路においてタウナギ56尾（全長24–62 cm，体重11–216 g）を採集し，実験と観察に用いた。

飼育条件 タウナギの繁殖行動や営巣行動を観察するため，採集した56尾を12個のガラス水槽（60×30×36 cm）に1–5尾ずつに分けて飼育した。飼育水槽の底には，約4 cmの厚さに小石（直径約5–7 mm）を敷き，その上に塩化ビニール製の管（直径5 cm，長さ50 cm）を1本入れ，巣穴の代用とした。水深は小石層の表面から約10 cmとし，上部濾過装置により濾過を行い1週間毎に新鮮な水道水と交換した。水温は23–31°Cの範囲に調整し，冬期（10–5月）はヒーターにより加温した。日照時間は，12L12Dまたは16L8D（L，明期；D，暗期）とした。飼料として乾燥オキアミと全長2–3 cmの金魚を与えた。乾燥オキアミは，1水槽あたり1.5–2.0 gを毎日与え，金魚は7–10日毎に3–5尾を与えた。以上の様な飼育条件下で，3回の産卵とその後の親魚による卵の保護行動を2回観察することができた。

人工孵化装置 飼育水槽内で産卵された受精卵を1回目は市販の透明スチロール製孵化箱（10×15×10 cm）に入れ人工孵化を試みた。孵化箱は，水温24–28°Cに調整したガラス製飼育水槽（60×30×36 cm）に入れた。飼育水は，上部濾過装置により循環させ，24時間毎に交換し孵化を試みた。2回目はFig. 1に示す装置を用いた。透明プラスチック製ケース（30×20×20 cm）の底に，エア

ストーン（10×1×1 cm）を置き，その上にステンレススチール製のバスケット（15×10×5 cm，網目0.4 cm）を入れ，さらに，受精卵がバスケットの編み目から抜け落ちないように，バスケットの中にはナイロン製の網（網目0.3 cm）を敷き，その中に受精卵を入れた。水温は26–28°Cに保った。水道水3 lに3 mlの魚病薬「グリーンF」（Shinfuso Pharmaceutical Co., Ltd.）を入れたものを孵化用飼育水とし，孵化が終了するまで24時間毎に交換した。バスケットは，底から約2 cmの高さまで飼育水に浸し，下部から直接気泡が卵にあたるようにエアレーションを行った。

仔稚魚飼育水槽と飼育条件 透明プラスチック製ケース（30×20×20 cm）の底に小石（直径約5–7 mm）を敷きつめ，エアストーン（10×1×1 cm）を置いた。卵黄嚢，胸鰭や正中鰭を持つ仔魚の間は，エアレーションを行ったが，稚魚になり口先を水面に出し（鼻上げ），空気呼吸を行うようになるとエアストーンは取り除いた。飼育水には，チオ硫酸ナトリウム（300 mg/l）を添加した水道水を用い，飼育ケースの底から約1 cmの水深にして飼育した。水換えは1週間に1度行った。水温は25–28°Cに保ち，自然の光周期下で飼育した。稚魚期では，餌としてブラインシュリンプと冷凍赤虫（両方で3–5 g）を一日おきに与えた。

雌雄の識別 外部形態の特徴からタウナギの雌雄を識別することは不可能であるため，生殖腺組織の観察により性を判定した。個体をベンゾカインにより麻酔し，腹部を切開して生殖腺を取り出し，その後ブアン氏液で生殖腺を固定し，パラフィン切片を作りアザンの三重染色を施し組織を観察した。精巣組織または卵巣組織だけが確認されたものを，それぞれ雄・雌と判定した。

結 果

産卵と孵化までの保護

第1回目の産卵 1989年5月に水路で採集した全長45 cm（体重65 g）の雄と思われる1個体と全長30 cm前後（体重30–50 g）の雌と思われる4個体を入れた水槽内で，産卵が観察された。なおこの時の水温は22–28°Cで，光周期は16L8Dであった。

飼育開始当初は5尾とも活発な摂餌が認められたが，6月下旬ごろから水槽内に与えた餌が全て残るようになった。7月10日午前8時，水面上に直径3–5 cm程度の泡塊が4–5個浮かび，水槽の周囲にも幅1 cm程度に泡が付着しているのを発見し



Fig. 2. Paternal care of eggs in a bubble nest (white asterisk) floating at the top of the plastic nesting tube. Before spawning, the male carried small pebbles in his mouth and laid them on the bottom of the nesting tube. Scale bar indicates 10 mm.

た。また、塩化ビニール製パイプ内から、糸を引くように泡が出ており、管を覗いてみると、上部に卵白を泡立てたような細かい泡塊があった (Fig. 2)。管の直径の1/3付近まで泡が浮いており、底部には水槽内の小石が約1.5 cmの厚さで敷きつめられていた。泡巢中の気泡の大きさは、直径1-5 mmであり、指でつぶそうとしても弾力があり崩れなかった。泡塊の中に淡黄色の卵が発見された。ただし、この時点では親魚に刺激を与えないために卵数を正確に数えなかったが50個以上は確認できた。これらの卵や泡塊は前日の午後7時以前にはなかったため、産卵は夜間または早朝に行われたものと思われる。

最も大きな個体が管内におり、方向を変えて両端から交互に鼻上げを行い、口腔に空気を蓄えると管に入り、口から泡を吐き出し泡塊を形成していた。この行動は、孵化が終了するまでの8日間続けられた。その間、この個体は摂食しなかった。同一水槽内に入れておいた他の4個体は、産卵の前日まで同じ管の中に入っていたが、泡巢が確認された時点では全て管外にいた。この中で全長32 cm、体重37 gの個体は、肛門の前方10 cmを中心に体のいたるところにV字形の噛み傷があった。泡巢を発見した時点で、管外にいた個体全てを別の水槽に移した。

孵化は、産卵の8日後の7月18日午前中から始まった。仔魚が、全身をくねらせ泡巢から飛び出し、泡巢の下に次から次へとぶら下がった。仔魚がぶら下がるや否や、巢を保護している親魚が口に入れた(1-5尾/分)。この時点では、この行動を捕食と判断し、孵化開始24時間後に水槽から親魚を入れたまま管を取り出し、仔魚を採取しようとした。しかし、管内から3尾(全長約19 mm)しか採取出来なかった。これらの隔離した仔魚は、前述の仔稚魚飼育水槽で飼育を行った。孵化8日後に卵黄嚢が無くなり、口腔に空気を吸い込み鰓孔から空気を出す空気呼吸を始めた。しかし、この段階まで生存したのは1尾(全長32 mm)だけであった。

巢を保護していた個体(全長45 cm)の生殖腺組織を観察した。すでに、Chan and Phillips (1967)によって報告されているように、生殖腺には結合組織からなる2つのループ状生殖腺薄板があり、その中に多くのシストが形成され、シスト内とその周囲には多数の精細胞と精原細胞が存在していた。卵細胞はまったく発見されず精巢と判断できた。すなわち、泡巢の形成や卵の保護は雄が行っていたことが判明した。

第2回目の産卵 全長47, 45, 43 cmの3尾と一緒に飼育していた水槽で産卵が観察された。水温と光周期は、第1回目の産卵と同じであった。この場合も産卵の約1ヵ月前(1990年1月中旬)から水槽内に餌が残り、全個体が餌を食べなくなった。この頃から、管の中には3尾の中でもっとも小さな個体(全長43 cm)が常時入っており、他の2尾は管外にいたことが多かった。管の内部には、水槽内の小石が敷きつめられていた。しかし、泡巢は、管内はもちろん水槽内のどこにも造られていなかった。

2月10日、全長45 cmの個体は全身にV字型の噛み傷を負っていた。全長47 cmの個体も肛門の前方15 cm程度の部分数カ所に噛み跡がみられた。傷のひどい全長45 cmの個体を、水槽から取り出した。2月12日午前10時に、水槽の一角に卵塊が見つかった。この場合には、前回みられたような泡塊は形成されていなかった。卵は分離沈性卵で直径3.5-3.9 mmであり、全部で457個あった。これらの卵を市販の透明スチロール製孵化箱に入れて人工孵化を試みたが、発眼期(産卵後6日目)まで発生が進んだのは2卵だけであり、他の卵は全て死滅した。

第3回目の産卵 第2回目に産卵したペア(全



Fig. 3. Fertilized demersal eggs (orange yellow) of *Monopterus albus* among bubbles formed by the male. Scale bar indicates 5 mm.

長47 cmと43 cm)が、43日後の3月27日に再び産卵を行った。管内に入ったままの全長43 cmの個体は、最初の産卵の1か月前から2度目の産卵までの2か月間以上摂食しなかった。しかし、管外にいる全長47 cmの個体は、乾燥オキアミを与えると摂食した。3月27日午前9時、第1回目の産卵時に観察されたのと同様な泡が塩化ビニール管から出ているのを見つけた。管の底には、水槽内の小石が敷き詰められていた。この時点で管を取り出し、泡巣を調べたところ110個の受精卵(直径3.5–4.1 mm)が採取できた(Fig. 3)。Fig. 1に示した人工孵化装置を用いてこれらの受精卵の人工孵化を試みた。

産卵から7日後の4月3日午後3時頃から孵化が始まり、約48時間後にはすべての卵の孵化が終了した。その間、初期発生段階で死亡したのは1卵のみであり、孵化率は99%であった。孵化直後の仔魚の大きさは、全長18–21 mmであった。孵化後72時間以内に42尾が死亡し、さらに10日以内に22尾が死亡した。孵化後1ヶ月以上生存したのは45尾だけであり、生存率は41%であった。孵化後、8–10日で全長が27–31 mmになり、胸鰭・正中鰭や卵黄はなくなった。これらの稚魚は、時折鼻上げを行い、空気を摂取した。この段階まで成長した個体は、ほとんど死亡することなく順調に成育した。孵化後18日目で全長31–35 mm、30日目で全長33–37 mmになり、8ヵ月後には全長47–62 mmに達した。

巣を保護していた全長43 cm(体重95 g)の個体を解剖したところ、この場合も精巣が確認された。また全長47 cm(体重135 g)の個体を解剖した結果、卵巣が観察された。

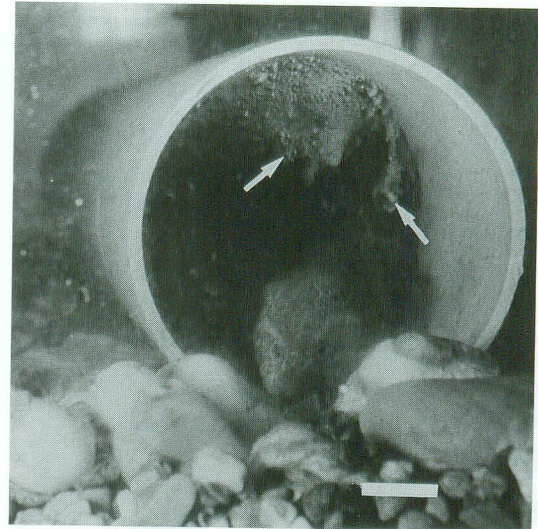


Fig. 4. Preparation of the bubble nest by a solitary male. White arrows indicate small pebbles in the bubble nest. Scale bar indicates 10 mm.

単独飼育雄の営巣行動

1990年3月から全長57 cm(体重158 g)の個体を、ガラス水槽で単独飼育していた(水温25–31°C, 16L8D)。5月下旬ごろから摂食量が著しく低下した。6月15日午後3時、泡巣が塩化ビニール管内に形成されているのを見つけた(前日午後4時の観察時にはなかった)。水槽内の小石が管内に敷かれ、水槽内に敷いてある小石をあたかも卵であるかのように泡巣内に充填する行動が観察された(Fig. 4)。管の中でしばしば方向を変えて両端から交互に鼻上げを行い、口腔に空気を蓄えると管の中に入り、泡を口から吐き出し泡巣を形成した。この動作の合間に、頭部から半分以上体を管外に出し、小石を1–数個を吸い込むように口腔に含むと、巣内に素早くもどっては泡巣内に充填していた。小石は重いので泡巣内にとどまらず垂れ下がり、底に落ちた。このような小石の充填行動と泡巣を維持する行動は7日間も続けられ、この間全く摂食しなかった。これと同様な行動は、1992年5月(水温23–27°C, 12L12D)に全長63 cm(体重216 g)の個体でも観察された。これらの行動がみられた個体を解剖したところ、いずれの場合にも精巣が確認された。

口内保育

1995年7月18日、水田にて全長53 cm(体重

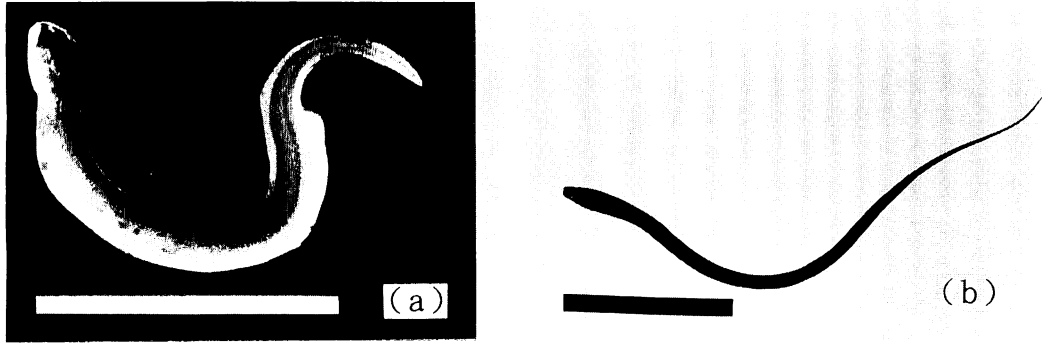


Fig. 5. Larva (a, 22 mm TL) and juvenile (b, 35 mm TL) spit out from the mouth of a male *Monopterus albus* (53 cm TL) caught in a paddy field. Scale bar indicates 10 mm.

130 g) の個体を採取した。その魚を透明スチロール製容器 (30×17×20 cm) の中に入れた瞬間、口から稚魚を吐き出した。稚魚は、最初容器の角で一塊となっていたが、数秒後その塊は崩れ、稚魚はそれぞれ単独で泳ぎだした。親魚は、その塊の方に口を持っていき、稚魚をどんどん吸い込んだ。稚魚の中には、自ら親魚の口へ入ろうとするものもあった。親魚は容器内を捜索するかのように動きまわり、最終的に全ての稚魚を口腔内に納めた。これに要した時間は約2分であった。口腔に稚魚を入れると、親魚は鼻上げを行い、口腔に空気を吸い込み、口腔を拡大したり収縮させるポンピング動作を1-2分毎に10-30数回行った。この行動は通常の空気呼吸とは異なり、口内保育を行っている個体でのみ観察された。親魚の頭部をつかみ稚魚を3度吐き出させたが、3度とも親魚は稚魚を口に回収した。

4度目に、稚魚をすべて吐き出させ個体数を調べた。確認された52尾のうち2尾は卵黄嚢を持つ全長22 mm程度の仔魚であり、背側から肛門まで連なる高さ2 mm程度の正中鰭を持っていた (Fig. 5a)。ただし、胸鰭は既に消失していた。残りの50尾は全長32-37 mmの稚魚であった (Fig. 5b)。親魚の口から出た稚魚は、時々鼻上げを行って空気を吸い込み、鰓穴から空気を出す空気呼吸を行っていた。今回の人工孵化個体の発育による仔魚から稚魚への形態変化と比較すると、これらの2尾の仔魚は孵化後4-6日、稚魚は8-30日であると推定された。

稚魚は、親から離してから2週間後も全て生存していた。しかし、卵黄嚢をもつ2尾の仔魚は、24時間以内に死亡した。親魚の生殖腺を観察すると精巣が見られ、口内保育を行っていたのは雄で

あったことが判明した。

考 察

Wu and Liu (1942)によると、タウナギの雄は繁殖期になるとU字形の巣穴を土中に造り、泡を巣穴に形成して雌を待つ。この際に作られる泡塊は、雌を誘引するためのものであると推定しているが、泡塊のみが存在していた巣穴は調査した20の巣穴の内1つだけであったという。今回の観察においては、単独で飼育していた雄が泡巣を造ることが確認でき、巢外の小石をそこへ充填するのが見られた。この行動は、小石を卵と間違った可能性もある。また、水槽内で観察した繁殖前の行動の特徴として、雄は雌と共に飼育した場合も、単独の場合でも繁殖の約1ヵ月ほど前から摂食しなくなったことや、泡巣が形成される以前から巢内に小石が敷きつめられていたことをあげておく必要がある。ただし、タウナギの生息地では本研究において巣穴に持ち込まれたような小石が多量に存在するとは考えられないので、巢内に小石を持ち込む行動が、野外でのどのような行動に相当するのかは不明である。なお、奈良県内の農業用水路内でも6月に、Wu and Liu (1942)の記載と同様なU字型の巣穴にいた雄魚が発見されているが、その巢内には小石はもちろんのこと泡巣も卵も存在していなかった (松本, 未発表)。

Wu and Liu (1942)はまた、野外観察の結果から放卵放精は巢外で行われ、雄は口を用いて受精卵を巢内に運ぶと推察している。しかし、彼らは野外での雄の求愛行動については言及しておらず、この時期の雄は巢の近くに近寄るすべてのものに噛みつくとだけ記載している。本研究において、産卵を行った雌の腹部には全て多数の噛み痕があつ

いていたが、これは雄による巢の防衛行動の結果ではないかと考えられる。また、雄親が頻繁に空気を吸い込み、新鮮な泡を受精卵が充填されている泡塊に補給するのが観察された。タウナギの卵は直径が4 mm近くもある大型の分離沈性卵であるが、泡塊の中にあるときは巢穴の天井部に浮いており、タイワンキンギョ *Macropodus opercularis* (諸喜田・又吉, 1982) などで知られているように、親魚による泡巢の維持は卵への酸素の供給にとって極めて重要な役割を果たしているものと考えられる。このことは、泡巢から分離した卵が、新鮮な水と空気が直接あたるようにして飼育した場合にのみ、ほぼ100%孵化したことからも裏付けられる。

今回、捕獲した雄魚の口内から仔稚魚が出て来て、雄親がそれらを口内へ回収する行動や、吐き出された仔稚魚が自ら親の口へ入ろうとする行動が初めて観察された。また、筆者らがタウナギの分布状況を探るため奈良県下で聞き取り調査を行っていた際に、田で作業をしていた人から捕獲したタウナギが木綿針のような幼魚を多数、口から吐き出したとの報告も得ている。これらのことからタウナギでは、雄が仔稚魚を口内保育するものと考えられる。孵化直後の仔魚が泡巢から出るや否や雄親はそれらを口内に取り入れる行動が見られたことや、口内保育していた雄親から取り出した個体の中には仔魚段階のものが混ざっていたことから、口内保育は孵化直後から開始されるものと推察される。

孵化直後の仔魚は胸鰭などの鰭褶をもつが、Liem (1981)によると、これらの鰭や卵黄嚢には毛細血管が密に分布し、仔魚の体表全体がいわば鰓としての機能を果たすという。しかし、水中の酸素飽和度が20%以下の場合、水面への接近を妨げると、50分以内に仔魚は死亡すると報告している。本研究において、人工孵化後の仔魚を十分通気した水中に置いてその10日後までの生存率は約40%と低かった。仔魚期では稚魚期のような活発な遊泳能力もなく、空気呼吸器官もまだ未分化なので、水中の酸素分圧が低い環境下ではほとんど生存は不可能であろう。口内保育中の雄は、頻繁に空気呼吸をしていた。タウナギは空気呼吸器官として大きな口・咽頭腔 (buccopharyngeal cavity) を持っており (Liem, 1987)、これを大きく膨らませて空気を長期間保持する機構を発達させている。実際、口内保育中の雄は頻繁に鼻上げを行い、通常の空気呼吸とは異なり、素早く咽頭腔を拡大さ

せたり収縮させるポンピング動作を繰り返し行った。おそらく、この動作は咽頭腔内の空気を更新し、仔稚魚に新鮮な空気を与えるための行動であろう。タウナギの口内保育は単に捕食者からの保護といった機能だけでなく、タウナギの生息地のような空気呼吸が不可欠な環境において、空気呼吸機能が未分化で酸素分圧の欠乏に対して感受性の高い仔魚に対して酸素を供給する機能を果たしているといえる。これらのことによりタウナギは見張型の卵の保護から胚が孵化すると体外運搬型 (桑村, 1987) の口内保育者へと移行する魚であるといえる。

Wu and Liu (1942)は、タウナギの巢内から採集された卵の発生段階が変化に富むこと、繁殖前期に採取した雌の卵巣内に存在する成熟卵の数はせいぜい100程度であるにもかかわらず、巢内から取り出した卵数はその3倍近くもあったことから、一つの繁殖巢内の卵は必ずしも同一の雌から産まれたものとは限らないとしている。本研究においては、雌が一度に450もの産卵を行った例が見られた一方で、雄魚の口内から発見された稚魚の数は50尾程度であったものの、その中には仔魚も混ざっていたことから、一夫多妻性もしくは乱婚性である可能性が高いと考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、協力いただいた兵庫県立水産養護学校永井伸夫氏、明日香村立聖徳中学校山本貞子氏と橿原市立畝傍中学校西田昌代氏の両氏に心よりお礼申しあげる。なお、本研究の一部は文部省科学研究費 (課題番号01917039, 05918007) によって行った。

引用文献

- Chan, S. T. H. and J. G., Phillips. 1967. The structure of the gonad during natural sex reversal in *Monopterus albus* (Pisces: Teleostei). *J. Zool., Lond.*, 151: 129-141.
- Chan, S. T. H. and J. G., Phillips. 1969. The biosynthesis of steroids by the gonads of the ricefield eel *Monopterus albus* at various phases during natural sex reversal. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 2: 619-636.
- 桑村哲生. 1987. 魚類における子の保護の進化と保護者の性. *日本生態学会誌*, 37: 133-148.
- Liem, K. F. 1963. Sex reversal as a natural process in the synbranchiform fish *Monopterus albus*. *Copeia*, 1963: 303-312.
- Liem, K. F. 1968. Geographical and taxonomic variation in the pattern of natural sex reversal in the teleost fish order Synbranchiformes. *J. Zool., Lond.*, 156: 225-238.

- Liem, K. F. 1981. Larvae of air-breathing fishes as counter-current flow devices in hypoxic environments. *Science*, 211: 1177-1179.
- Liem, K. F. 1987. Function design of the air ventilation apparatus and overland excursions by teleosts. *Fieldiana Zool. New Ser.*, 37: 1-29.
- Liu, C. K. 1944. Rudimentary hermaphroditism in the synbranchoid eel, *Monopterus javanensis*. *Sinensia*, 15: 1-8.
- Okada, Y. K. 1966. Observations on the sex reversal in the synbranchoid eel *Fluta albus* (Zuiew). *Proc. Japan Acad.*, 42: 491-496.
- 諸喜田茂充・又吉盛健. 1982. タイワンキンギョの生態と生活史. 琉球大学理学部紀要, (33): 47-59.
- Wu, H. W. and C. C., Kung. 1940. On the accessory respiratory organ of *Monopterus*. *Sinensia*, 11: 59-67.
- Wu, H. W. and C. K., Liu. 1940. The bucco-pharyngeal epithelium as the principal respiratory organ in *Monopterus javanensis*. *Sinensia*, 11: 221-239.
- Wu, H. W. and C. K., Liu, 1942. On the breeding habits and the larval metamorphosis of *Monopterys javanensis* *Sinensia*, 13: 1-13.