

飼育下における沖縄産タイワンキンギョの繁殖特性

北川 哲郎*・小田 優花**・細谷 和海*.**

* 近畿大学大学院農学研究科環境管理学専攻

** 近畿大学農学部環境管理学科

Reproductive characteristics of captive paradise fish *Macropodus opercularis* from Okinawa, Japan

Tetsuro KITAGAWA*, Yuka ODA** and Kazumi HOSOYA*.**

*Program in Environmental Management, Graduate School of Agriculture,
Kinki University, 3327-204 Nakamachi, Nara 631-8505, Japan

**Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture,
Kinki University, 3327-204 Nakamachi, Nara 631-8505, Japan

Synopsis

The paradise fish, *Macropodus opercularis* is distributed from the northern part of Vietnam to the Ryukyu Archipelago, and categorized as an endangered species in Japan. The endemism of the Okinawan population was not proven, even though Okinawa is isolated from the mainland of East and Southeast Asia. Furthermore, the ecological information was not fully investigated and the quantities are not sufficient enough to protect it. To elucidate the local variation in paradise fish, reproductive characteristics of the Okinawan fish population were examined in the laboratory. During the trials, a pair of broodstock were reared under constant environments ($25 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$, 14 h L - 10 h D). Each reproductive behavior was observed once per four to ten days at least. The number of the fertilized eggs was counted as being 319 - 581. Hatching was observed two days later, and then the larvae proceeded to feed six days after hatching. The newly hatched larvae drifted beneath the water surface, or fell down on the bottom of the tank. The fertilized eggs were large, and buoyancy was tenuous, if compared with the case of typical *M. opercularis* from the mainland China. The egg-mass after spawning and pre-larvae under a bubble nest were guarded by a single male parent. Protective behavior was also found in females. However, female was often attacked by the male if they were mistakenly perceived as enemy by himself. In this experiment, the filial cannibalism was not observed as far as each broodstock is concerned.

Key words : Belontiidae; *EX situ* preservation; local population; seedling production

はじめに

タイワンキンギョ *Macropodus opercularis* は、スズキ目ゴクラクギョ科に属する純淡水魚で、中国の福建省以南、海南島、紅頭嶼、台湾、ラオス北東部、ベトナム北部、日本に分布している^{1,2)}。我が国においては、琉球列島の沖縄島、渡嘉敷島、久米島、石垣島に分布するが^{3,4)}、生息環境

の劣化や観賞魚としての乱獲などにより急激に個体数を減じ、環境省版および沖縄県版レッドデータブックのいずれにおいても最も危急度の高い絶滅危惧 IA 類に指定されている^{4,5)}。さらに、台湾の個体群も日本と同様に著しく減少し、台湾野生動物保護法の指定生物にも選定されるなど、各地で早急な保護対策が求められている^{4,6)}。他方で、沖縄県に生息する個体群については、旧来よ

り台湾もしくは中国からの導入起源とする説が唱えられており^{3,7)}、保護対象としての位置づけは不明瞭である。本種を保護するためには適切な保全単位の設定が前提となるが、これまで沖縄個体群の固有性に着目した研究は行なわれておらず、東南アジアに広がる低湿地帯ないし台湾の個体群を比較対象とした生態的特性の解明が急務となっている。

渡部 (1946) は台湾と沖縄で得られた野生個体、北川ら (2011) は香港から得られた継代個体を用いて本種の繁殖特性を調査し、近縁のチョウセンブナ *M. ocellatus* と同様かやや小型の、強い浮力を有する受精卵を産することを示した^{8,9)}。さらに、中国本土産ならびに台湾産個体は、いずれも浮性卵を産すると報告されている^{1,10,11)}。一方で、諸喜田・又吉 (1982) は、沖縄個体群の受精卵はチョウセンブナよりも大きく、さらに泡巢による浮力の補助が失われた受精卵は浮力が不足して沈降すると述べている¹²⁾。日本を除く東アジア、東南アジア諸国と沖縄の個体群間については繁殖特性になんらかの差異が生じている可能性が高いが、先行研究において両集団の比較は行なわれていない。変異を生じる要因を特定するためには、統一された飼育環境での飼育実験による検証が不可欠である。本報では、北川ら (2011) とほぼ同様の条件下⁹⁾ における沖縄産タイワンキ

ンギョの繁殖行動ならびに初期生態を詳細に観察し、香港産個体にみられた特性および既往情報との比較によって、本種の繁殖特性における地域特異性を調査した。

材料および方法

供試魚

本研究の供試魚には、2011年9月に沖縄県中頭郡嘉手納町内を流れる比謝川で採集したタイワンキンギョ雌雄各1尾 (♀: 43.4 mm; 3.0 g, ♂: 54.5 mm; 4.7 g) を用いた (Fig. 1)。供試魚は、採集日から実験開始した2012年7月まで42 l ガラス製水槽 (450×300×300 mm, 以下, 42 l 水槽) 内に収容し、小分けにした状態で飼育した。飼育中は、親魚の成熟を促すため150 W ヒーター (トラスティ 150W: GEX 社, 以下, ヒーター) による加温処理と20 W 白色蛍光灯による長日処理を施した (25±0.5°C, 14 h L-10 h D)。

繁殖実験

供試魚は、ウォーターバス (1200×600×200 mm, 以下, ウォーターバス) 内に設置した42 l 水槽に収容し、実験を開始した。親魚を安定した成熟状態に保つため、ウォーターバス内にはヒー



Fig. 1. A pair of paradise fish *Macropodus opercularis* from Kadena Town, Okinawa Prefecture, Japan. Upper: male, 5.5 cm SL; Lower: female, 4.3 cm SL, collected in September, 2011.

ターと循環冷却式クーラー（ZC500E：ゼンスイ社、以下、クーラー）による調温処理と20 W白色蛍光灯による長日処理を施した（ $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、14 h L-10 h D）。飼育環境の設定ならびに給餌条件は北川ら（2011）に従った⁹⁾。飼育容器内には、泡巣作成の基質となる発泡スチロール片（ $60 \times 60 \times 30$ mm）を浮かべ、小型エアポンプ（Na-4000：NISSO社）によるエアレーションを加えた。飼育水には水道水をチオ硫酸ナトリウム・五水和物で中和し、1日以上曝気を加えたもの（以下、曝気水）を用いた。実験中に得られた受精卵は、計数の後デジタルカメラ（ $\mu 770\text{SW}$ ：OLYMPUS社）を用いて一部を撮影し、画像解析ソフト（Image J, 1.4.3, Windows, 以下、画像解析ソフト）上で卵径の測定に供した。測定後の卵は、初期飼育実験の材料として用いた。

本種の産卵周期を観察するため、産卵がみられた際には、水槽の表層部分を強く攪拌することで泡巣を破壊し、受精卵を取り除いて再び産卵行動に移るまでの期間を調査した。ただし、5回目の産卵時には受精卵を取り除くことはせず、卵ならびに仔稚魚が残された状態における両親魚の行動を観察した。

初期飼育実験

繁殖実験によって得られた受精卵を材料として、初期飼育条件ならびに初期成長に関する基礎的な特性の確認を行なった。受精卵は7 lプラスチック製水槽（ $300 \times 190 \times 200$ mm）に収容し、親魚と同様の環境に設定したウォーターバス内で飼育を開始した。飼育水には曝気水を使用し、水生菌の発生を抑えるため0.0001 %濃度になるようにメチレンブルーを添加した。

飼育実験は、採卵60日後まで行なった。飼育中の仔稚魚には、初期餌料としてふ化直後のアルテミア *Artemia franciscana* のノープリウス幼生を1日2回、10時と17時に飽食量を給餌した。仔稚魚の成長を確認するため、1-10日に1度、水槽から3-5個体ずつを取り出し、5 %ホルマリン溶液で固定した。固定した仔稚魚は、1週間以上保存した後に左体側面を双眼実態顕微鏡に接続したデジタルカメラ（CAMEDIA C-5060 Wide Zoom：OLYMPUS社）で撮影し、画像解析ソフトを用いて体長を測定した。体長測定に際しては、脊索末端の屈曲までは脊索長（NL）、脊

椎の屈曲以降は標準体長（SL）を用いた。

結 果

親魚の繁殖行動

親魚の投入から産卵までに要した期間は4日間、初回の産卵から4-10日間隔で合計5回の産卵が観察された。産卵後の雄親は雌親に対する攻撃行動をとり、雌親の泡巣への接近を強く拒んだ。初回産卵時において、泡巣の作成から産卵までに要した期間は約2日間であった。産卵後に泡巣を破壊した際には、雄親は即座に泡巣を再生させ雌親への攻撃を中止した。受精卵を取り除かずに飼育観察を継続した結果、雄親による泡巣の補修行動ならびに仔魚に対する保護行動は、仔魚が泡巣から自発的に泳出し始める産卵後5日目に観察されなくなった。しかし、泡巣の消失後においても縄張りは維持され、雌親への攻撃は産卵後10日目まで続いた。保護行動の終了後には、雄親は仔稚魚に対する一切の反応を示さなくなった。また、実験期間中の雌親は、雄親からの攻撃を避けるため主に底層を遊泳し、泡巣から孵化仔魚が流失してきた際には仔魚を口に含んでやや上方へと吐き出す消極的な保護行動をとった。

本実験において、親魚による受精卵ならびに仔稚魚の捕食は観察されなかった。ただし、産卵後24日目に水槽内を遊泳する仔稚魚が突如として激減したことから、仔稚魚は発育の進行に伴って親魚に捕食対象と認識され、食害を受けた可能性がある。

受精卵の特徴

受精卵を回収した4回の産卵で確認された産卵数は319-581粒（ 472.3 ± 110.9 粒；平均値 \pm 標準偏差）で、受精卵の卵径は 0.91 ± 0.13 mm（ $n=21$ ）であった（Table 1）。泡巣から分離した受精卵は、基本的に粘着性のない浮性卵であったが、受精卵の 11.1 ± 10.1 %は水槽の中層部に中性浮力を保った状態で浮遊し、さらに約 26.5 ± 19.5 %の受精卵は底面まで沈下した。浮遊状態を保った受精卵と沈下した受精卵には、いずれも正常な孵化・発育が認められた。

仔稚魚の初期成長

受精卵は産卵後2日で孵化した。孵化仔魚の大

Table 1. Comparison of reproductive characteristics between two populations of *Macropodus opercularis*

	Okinawa	Hong Kong ^{*1}
Number of eggs ^{*2}	472 ± 110	286 ± 73
Internesting intervals (days)	4 – 10	20 – 39
Diameter of eggs (mm) ^{*2}	0.91 ± 0.13	0.67 ± 0.08
Body Length of Newly-hatched larvae (mm) ^{*2}	2.4 ± 0.23	2.3 ± 0.15
Buoyancy of eggs	pelagic / demersal	pelagic

^{*1} Kitagawa *et al.* (2011).

^{*2} Mean ± SD

きさは 2.4 ± 0.23 mm ($n=5$) であった。孵化仔魚の多くは水面直下に漂っていたが、一部の個体は水槽の壁面や底面に添うようにして浮遊あるいは着底していた。水面直下を浮遊する仔魚は、3–20 個体が一塊となって浮遊していたが、一部に死卵ないし斃死体に生じた水カビ類の菌糸に絡め取られて死亡する例が見られた。孵化仔魚は、孵化後3日目からわずかに遊泳を開始し、5日目には遊泳力を増して水槽の中層部や壁面沿いに多く見られるようになった。摂餌は6日目に開始した。60日間の飼育中、仔稚魚の初期成長に際だった変曲点は認められず、成長率は終始安定してい

た (Kolmogorov-Smirnov test, $P > 0.05$; Fig. 2)。

考 察

沖縄産タイワンキンギョの繁殖生態

沖縄産タイワンキンギョの受精卵は香港産の個体よりもはるかに大きく (Kruskal-Wallis test, $P < 0.01$; Table 1), 両集団には近縁のチョウセンブナとの間に見られる差異よりも大きな違いが認められた¹³⁾。北川ら (2012) は、チョウセンブナが北限に分布するゴクラクギョ科魚類である

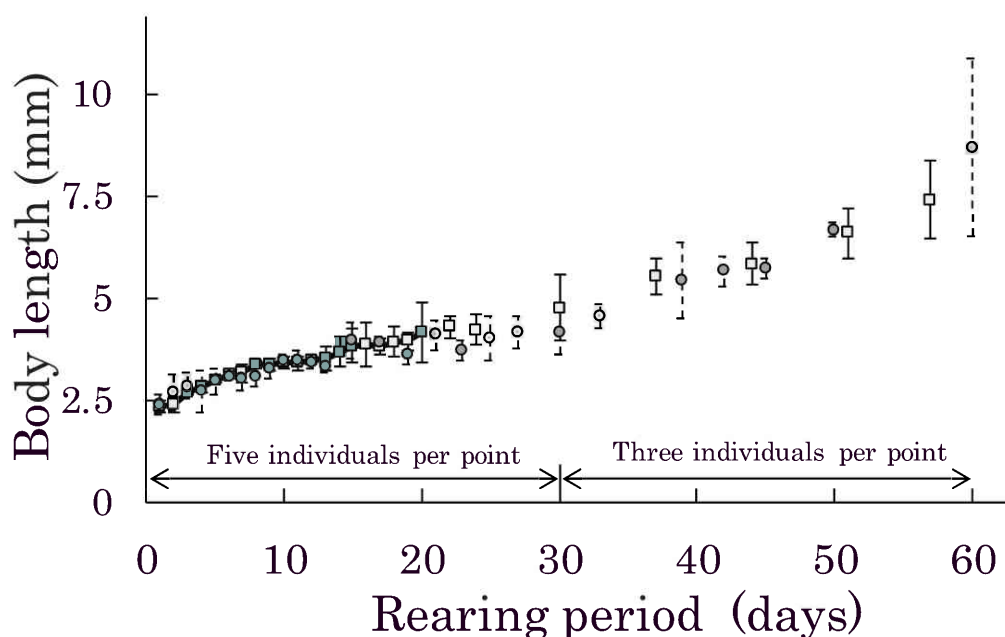


Fig. 2. Growth of the larvae and juveniles of *Macropodus opercularis*. Juveniles bred by *Artemia* nauplii. ○ : Okinawan population, □ : Hong Kong population (Cited from Kitagawa *et al.*, 2011).

ことに着目し、本科における冷涼な環境への適応様式として大卵化の傾向が生じる可能性を示唆している¹³⁾。しかし、沖縄県は、タイワンキンギョの分布北限にあたるものの気候区分としては亜熱帯域に属しており、受精卵ならびに仔稚魚期における低水温耐性獲得を目的とした大卵化とは考えづらい。他方で、高緯度地域への進出によって環境水温の季節的変動が増大することから、沖縄県における本種の繁殖適期は、本種が広く分布する東南アジア地域よりも短いと予想される。そこで、本種の産卵記録を見ると、卵数は香港産個体と比較して若干多産傾向にあり (Kruskal-Wallis test, $P=0.05$)、さらに産卵の間隔が短くなる傾向が認められる (Table 1)。以上により、タイワンキンギョ沖縄個体群は、南方地域の個体群と比較して短い期間のうちに繁殖を完了する必要があり、繁殖コストを集中させた結果として、大卵化、産卵間隔の短縮、産卵数の増大が生じたのではないかと推察された。また、北川ら (2011) は、飼育下における本種の繁殖に際して、親魚による受精卵および仔稚魚の捕食が頻繁に観察されることを報告しているが⁹⁾、本研究においては受精卵ならびに孵化仔魚に対する捕食行動は認められなかった。とりわけ、泡巣消失以降の期間中、両親魚とも仔魚に特段の興味を示さなかったことから、沖縄個体群においては、受精卵ないし孵化仔魚に対する捕食行動は顕著ではないことが示唆された。ただし、孵化後 24 日目に著しい仔稚魚の減少が観察されていることから、発育の進んだ仔稚魚を対象とした捕食行動が生じる可能性は否定できない。

本研究で得られた受精卵の形状は、諸喜田・又吉 (1982) が報告した数値とほぼ一致していた¹²⁾。一方で、初期飼育実験においては、沖縄個体群の受精卵は他地域の個体群のものに比べて著しく浮力が弱いことが確認された。諸喜田・又吉 (1982) は、沈下する受精卵は発生を停止すると述べており、質の劣る卵が沈下することを示唆しているが¹²⁾、本研究においては受精卵の浮遊状態にかかわらず正常な発生ならびに初期成長が観察され、受精卵の沈下は卵質の劣化に基づく事象ではないと判断された。沈下が生じる要因は本研究では明らかとされなかったが、受精卵の沈下は沖縄個体群に見られる繁殖特性の 1 つと考えられた。加えて、孵化仔魚にも受精卵と同じく大型

化の傾向が見られたが、約 60 日間の初期飼育実験においては、香港産個体とほぼ同様の初期成長が示され、個体群間における差異は認められなかった (Fig. 2)。

沖縄産タイワンキンギョの保護

本研究において、沖縄産タイワンキンギョの繁殖生態には東南アジア地域に分布する個体群と異なる特性が認められ、我が国に分布する個体群が自然分布によるものであることが強く示唆された。本個体群が自然分布であるならば、琉球列島に生息する純淡水魚類の起源推定における重要な生物地理学的証拠になり得る。さらに、本種の繁殖特性に認められた地域差は、将来的な種分化を暗示する重要な知見と言え、沖縄個体群の保護対象としての重要性を示している。

生物の保護に際しては、一般に生息域内保全 (*In situ* conservation) と生息域外保存 (*Ex situ* preservation) の達成が重要とされている^{14, 15)}。しかし、琉球列島における本種の生息実態は調査されず、とりわけ沖縄島を除く島嶼においては、詳細な分布の実態すら明らかとされていない^{3, 4)}。そのため、本種の生息域内においては、生息実態調査によって保全対象とすべき水域を設定し、明確な管理単位のもとに保護区画を設けていくことが急務と考えられる。また、本稿において繁殖特性に地域差が認められたことから、本種の生息域外保存に際しては供試個体の採集地を考慮した情報の選定が求められる。さらに、保護対象としての沖縄個体群の位置づけをより明確にするため、本群が有する遺伝情報や繁殖特性の変化に伴う形態形質の変異に関する解剖学的研究を展開し、分類学的な検証を進めていく必要がある。

要 約

保全対象としての位置づけが曖昧なままにされている絶滅危惧沖縄産タイワンキンギョ *Macropodus opercularis* の固有性の一端を明らかにするため、飼育下における繁殖実験と初期飼育実験による繁殖特性調査を実施した。産卵数は 319–581 粒 (472 ± 110 粒, 平均値 \pm 標準偏差) で、受精卵には水面直下を浮遊するものと底層まで沈降するものの両方が認められた。産卵周期は、一定環境下 (水温 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 日長 14 h L–

10 h D) において4-10日間隔であった。受精卵は産卵後2日で孵化し、仔魚は孵化後6日目に摂餌を開始した。本研究で得られた結果を他地域産個体から得られた知見と比較したところ、沖縄個体群には、大卵化、産卵間隔の短縮、産卵数の増大などの傾向が認められた。沖縄個体群の繁殖特性は地方分化の産物であり、琉球列島に分布する個体群については独自の保全単位を設定し、保護策を講じていく必要があると考えられた。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、中尾遼平氏をはじめとした近畿大学水圏生態学研究室所属の学生諸氏には、飼育管理に際して多大な協力を得た。また、供試魚の採集においては、同学環境政策学研究室の前潟光弘准教授、水圏生態学研究室の川瀬成吾氏の助力を得た。ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 木村 重 (1973) 中国産闘魚科魚類之研究. 上海自然科学研究所生物學科, 7 (3), 47-69 + pl. 88.
- 2) 前畑政善 (2001) タイワンキンギョ. 日本の淡水魚. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編・監修, 山と溪谷社, 東京, pp. 468-469.
- 3) 立原一憲 (2005) 琉球列島にすむ魚. 希少淡水魚の現在と未来. 片野 修・森 誠一 編・監修, 信山社, 東京, pp. 295-310.
- 4) 瀬能 宏 (2003) タイワンキンギョ. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 レッドデータブック 4 汽水・淡水魚類. 環境省自然環境局野生生物課 編, 財団法人 自然環境研究センター, 東京, pp. 54-55.
- 5) 沖縄県 (2005) 改訂・沖縄県の絶滅のおそれのある野生生物 (動物編) —レッドデータおきなわ—. 沖縄県文化環境部自然保護課, 沖縄県. 561 pp.
- 6) ESRI (1996) A field guide to the conservation wildlife. Nantou, Taiwan: Endemic species research institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
- 7) 佐久間巧・宮本拓海 (2005) レッドリストに記載される理由とは タイワンキンギョ. 外来水生生物事典. 柏書房株式会社, 東京. 206 pp.
- 8) 渡部正雄 (1946) 朝鮮鮡の生活史に就いて (2). 採集と飼育, 8 (12), 225-229+2 pls.
- 9) 北川哲郎・森下 匠・根來 央・細谷和海 (2011) 飼育下におけるタイワンキンギョの繁殖特性. 近畿大学農学部紀要, 44, 55-61.
- 10) Young, S. S. (1995) Notes on the early developmental stages of paradise fish (*Macropodus opercularis* (L.)) in captivity. Acta Zool. Taiwanica, 6, 83-89.
- 11) Hall, D. D. (1967) A qualitative analysis of courtship and reproductive behavior in the Paradise fish, *Macropodus opercularis* (L.), Department of Zoology, Oklahoma State University, U.S.A., 834-842+1 pl.
- 12) 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.
- 13) 北川哲郎・森下 匠・細谷和海 (2012) 飼育下におけるチョウセンブナへの繁殖特性. 近畿大学農学部紀要, 45, 129-134.
- 14) WRI, IUCN and UNEP (1992) Global biodiversity strategy, vi+244 pp.
- 15) Hosoya, K. (2008) Circumstance of protection for threatened freshwater fishes in Japan. Kor. Jour. Ichthyol., 20, 133-138.