

飼育下におけるタイワンキンギョの繁殖特性

北川 哲郎*・森下 匠**・根來 央***・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

***近畿大学大学院農学研究科水産学専攻

Reproductive characteristics in captive Paradise fish

Macropodus opercularis

Tetsuro KITAGAWA*, Takumi MORISHITA**, Hiroshi NEGORO***

and Kazumi HOSOYA*,**

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

**Department of Environmental Management, Kinki University, Nakamachi, Nara, 631-8505, Japan

***Program in Fisheries Science, Graduate School of Agriculture, Kinki University, Nakamachi, Nara, 631-8505, Japan

Synopsis

The Paradise fish, *Macropodus opercularis* was categorized as an endangered species in Japan, and migrate from the northern part of Vietnam to the Ryukyu archipelago. As the ecological information on paradise fish was not accumulated fully and the quantities are not sufficient enough to protect it. Reproductive characteristics were clarified by a breeding experiment to establish the artificial breeding technique for protection. The breeding trials were operated both outdoors and in the laboratory. During these trials, spawning was observed only in case of one pair of broodstock fishes. A male and female were reared under stable environments ($25.5 \pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 14 L - 10 D) to research the reproductive cycles. The number of the eggs was counted as in 165 - 356 (286 ± 73 , mean \pm SD) and the diameter of fertilized eggs was measured as in 0.67 ± 0.08 mm (mean \pm SD). Hatching was observed on the next day and the larvae proceeded to feed six days later. Each reproductive behavior was observed once per 20 - 39 days at least. The egg-mass after spawning and pre-larvae under a bubble nest were guarded by a male parent. Protective behavior was also found in females. However it was obstructed by a male who mistakenly perceived it as the enemy's. The larvae leaving from the nest, were eaten by the female parents three days after the hatching and the larvae started to be cannibalized by both parents.

Keywords : Belontiidae; *EX situ* preservation; bubble nest; 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、沖縄県に分布する^{1,2)}。本種は、鰓孔上部に備えた上鰓器官(迷路器官)を用いた空気呼吸が可能であり、水草類の繁茂する水田付近の水路や池沼、湿地帯といった低酸素

や濁水が生じやすい環境によく適応している^{3,4)}。体型は側偏し (Fig. 1)、背鰭および臀鰭の後端部が伸長する、腹鰭前縁の軟条部が伸長するといった特徴をもつ⁵⁾。体色は暗緑色を基調として体側に暗色横帯がならび、鰓蓋部に青緑色の斑紋が存在し、繁殖期には体表面に赤色や青色の色素がまだら状に発現する⁵⁾。体型や体色には顕著な性的二型がみられ、雄は背鰭、臀鰭、尾鰭軟条の伸長が特に著しく、婚姻色が鮮やかになるといっ



Fig. 1. A pair of paradise fish *Macropodus opercularis* in life. Descendant offspring of the second generation at Kinki University. Right, male; Left, female.

た特徴を有する⁵⁾。産卵は雄親魚が作製する直径5 cmほどの浮巢内で行なわれ、産卵後の雄は浮き巢に産みつけられた卵塊や仔魚の保護行動をみせる^{6,7,8)}。本種の生息には豊かな自然を持った止水域が必要とされており、近年、土地開発や河川改修に伴う自然水域の消失によって急激に個体数を減じている^{2,6)}。

本種の分布域である沖縄島、渡嘉敷島、久米島、石垣島は互いに分断しており、加えてそれぞれの個体群規模が小さいため、各生息地における絶滅の危険性は非常に高い。さらに、本種は観賞魚としての人気が高く、業者などによる乱獲が指摘されており⁶⁾、飼育品種の増加に伴う原種保存の必要性が高まっている。そのため本種は、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。また、国外において、台湾の個体群も日本と同様に著しく減少しており、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^{2,9,10)}。

しかし、本種は離島に分布し、自然度の高い地域に生息することから生活環の把握が難しく、保護を進めるうえで不可欠となる生態に関する情報は不足している^{2,10)}。また、本種の生息地となりうる池沼や湿地は年々減少しており^{6,10)}、生息域内保全 (*In situ* Conservation) による手法のみでは個体群の維持が困難な状況になりつつある。そこで本研究では、生息域外保存 (*Ex situ* Preservation) による保護手法に着目し、本種の人工繁殖手法の検討と生息域内保全に向けた繁殖生態に関する知見の集積を目的として、飼育試験を行なった。

材料および方法

試験期間

本研究では、屋外および屋内における繁殖試験、ならびに仔稚魚の飼育試験を行なった。屋外における繁殖飼育は、2009年5月26日から2009年10月22日までの連続150日間、屋内における繁殖試験および仔稚魚飼育試験は、2009年10月23日から2010年8月17日までの期間中に実施した。

供試魚

本研究の供試魚には、2006年に大阪市内の観賞魚店で購入した、原種に近い香港産タイワンキンギョから得られた継代個体を用いた (Fig. 1)。供試魚は、試験開始まで近畿大学農学部キャンパスの共同実験動物飼育棟内に設置した35 lガラス製水槽 (450 × 300 × 300 mm, 以下、35 lガラス製水槽) に収容し、無加温、長日処理 (14 h L - 10 h D) 下で飼育した。

屋外繁殖試験

供試魚として、12個体 (雄4尾:雌8尾, 27.5 - 58.8 mm SL; Table 1) を500 lポリプロピレン製円形タンク (815 × 925 mm; 直径×高さ) に収容し、飼育を開始した。飼育容器内には、泡巢形成の基質として有効とされる発泡スチロール片 (60 × 60 × 30 mm, 以下、フロート) を浮かべた⁹⁾。飼育は無濾過式で行ない、減水がみられた場合には1日以上汲み置きした水道水を給水した。飼育中は海産稚魚用配合飼料 (ニューアル

Table 1. Morphological characteristics of broodstock fish and summary of data on spawning experiments

Outdoor breeding									
Male									
Standard length (mm)	29.5	33.7	36.7	58.8					
Body weight (g)	0.8	1.5	1.5	6.6					
Condition factor (%) ¹	32.2	38.3	30.0	32.3					
Female									
Standard length (mm)	32.0	52.7	47.4	30.3	27.9	27.5	51.4	50.6	
Body weight (g)	0.9	5.9	4.8	1.2	0.8	0.8	4.7	6.5	
Condition factor (%)	26.4	40.0	45.4	41.5	38.3	37.6	34.7	50.2	
Spawning	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total eggs	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indoor breeding									
Tank No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9 ²
Male									
Standard length (mm)	59.3	54.2	49.8	54.5	58.7	49.9	55.7	53.6	58.9
Body weight (g)	7.4	5.7	5.4	6.5	7.3	5.2	6.9	6.4	7.4
Condition factor (%)	35.6	35.7	43.8	40.5	36.0	41.9	39.6	41.6	36.3
Female									
Standard length (mm)	54.7	50.5	51	47	55.7	51.2	44.6	51.8	53.6
Body weight (g)	7.8	5.8	4.9	7.0	7.4	4.6	4.1	5.8	5.6
Condition factor (%)	48.0	45.5	36.7	67.0	42.6	34.4	46.6	42.0	36.2
Breeding period	5	8	15	6	7	116	46	7	150
Spawning	-	+	+	+	-	-	-	+	+
Total eggs	-	327	356	+ ³	-	-	-	286	+ ⁴

*1 $W/L^3 \times 10^3$: W=Body weight (g), L=Standard length (cm).

*2 This pair were used to examine for breeding period.

*3 The number of spawning eggs was not counted for filial cannibalism.

*4 Five times of spawning were observed. The number of spawning was 165-296 (230.5 ± 65.5, mean ± SD).

テック：日清丸紅飼料株式会社，K - 3，以下，配合飼料）を1日2回，10時と17時に飽食量給餌した。また，午後の給餌時にタンク内の水温を測定した。

屋内繁殖試験

屋内における繁殖試験では，供試魚として18個体（雌雄各9尾，27.5 - 58.8 mm SL；Table 1）を用いた。供試魚は，雌雄1尾ずつを1組としてウォーターバス（1200 × 600 × 200 mm，以下，ウォーターバス）内に設置した7 lプラスチック製水槽（300 × 190 × 200 mm，以下，7 l水槽）に収容し，飼育を開始した。親魚を成熟状態に保つため，ウォーターバスには150 Wヒーター（トラスティ 150W；GEX社）による加温処理と20 W白色蛍光灯による長日処理を加えた（20℃以上，14 h L - 10 h D）。飼育環境の設定は Haung

and Cheng (2006) に従った¹¹⁾。飼育容器内には屋外での飼育に用いたものと同様のフロートを浮かべ，小型エアポンプ（N a - 4000；NISSO社）によるエアレーションを施した。また，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日以上曝気を施したもの（以下，曝気水）を用いた。飼育は産卵か雌雄間の闘争，婚姻色の退色をもって終了した。飼育中は配合飼料を1日2回，10時と17時に飽食量給餌した。環境測定は10時と17時の給餌時に水温測定を行ない，代表値とした。試験中に得られた卵は，計数の後デジタルカメラ（μ770SW；OLYMPUS社）を用いて一部を撮影し，画像解析ソフト（ImageJ，1.4.3，Windows，以下，画像解析ソフト）上で卵径を測定した。測定後の卵は，仔稚魚飼育試験の材料として用いた。試験終了後の親魚はすべて35 lガラス製水槽に収容し，試験中と同様の条件で飼育

した。

本種の産卵周期を観察するため、産卵がみられたペアの1組を35 lガラス製水槽に移し、150日間飼育した。飼育中は、親魚の成熟状態を保つために100 Wヒーターと20 W白色蛍光灯を用いて水槽内の環境を一定に保った(25℃以上、14 h L - 10 h D)。水槽の換水は30日に1度、全水量の半分を曝気水と交換した。飼育期間中の給餌と環境測定、得られた卵の処理は繁殖試験と同様に行なった。

仔稚魚飼育試験

繁殖試験によって得られた受精卵を材料として、初期飼育条件の確認と仔稚魚の無給餌飼育試験を行なった。仔稚魚の飼育には7 l水槽を使用し、ウォーターバスに收容して飼育を開始した。飼育水には曝気水を使用し、水生菌の発生を抑えるため1 / 100000濃度になるようにメチレンブルーを添加した。

初期飼育条件の確認については、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。仔稚魚の成長確認のため、仔稚魚の成長に合わせて1 - 7日に1度、水槽から5個体ずつを取り出して5%ホルマリン溶液で固定した。固定した仔稚魚は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)で魚体を撮影し、画像解析ソフトで体長を測定した。体長測定には、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。

仔魚の生残能力を確認するため、無給餌飼育試

験を行った。供試魚には、繁殖試験で採取した受精卵から得られた孵化仔魚を用いた。試験区として、2つの7 l水槽をウォーターバス内に設置し、それぞれ50個体の孵化仔魚を收容した。收容した供試魚は無給餌で飼育し、全個体が斃死するまでの期間を記録した。

結果

屋外で見られた繁殖行動

屋外繁殖試験においては、飼育個体の産卵は確認されなかった。飼育期間中の6月末から9月にかけては雄の婚姻色がよく発色し、成熟状態が保たれていた。9月2日にはフロートの下面に大型の雄個体による泡巣の形成が観察されたが、他個体からの妨害行動が発生し、産卵には至らなかった。その後、フロートの下部を巡った雄個体の激しい闘争が起こり、長時間泡巣を維持できる個体が現れないまま繁殖期の終了を迎えた。

屋内で見られた繁殖行動

屋内繁殖試験では、9組中5組で産卵が観察された。親魚の投入から産卵までに要した期間は6 - 110日で(Table 1)、飼育期間中(2009年10月23日 - 2010年2月9日)の水温は22.5 ± 1.22℃であった。また、雄の激しい求愛行動で雌が傷つき、産卵行動に至らない例が2組みられた。試験終了後に複数組で飼育した親魚は屋外飼育と同様の闘争行動をとり、産卵には至らなかった。

150日間の連続飼育の結果、4度の産卵が認められ、各産卵の間隔は20 - 39日であった。飼育期間中の雄は継続的に泡巣の作製と補修を繰り返

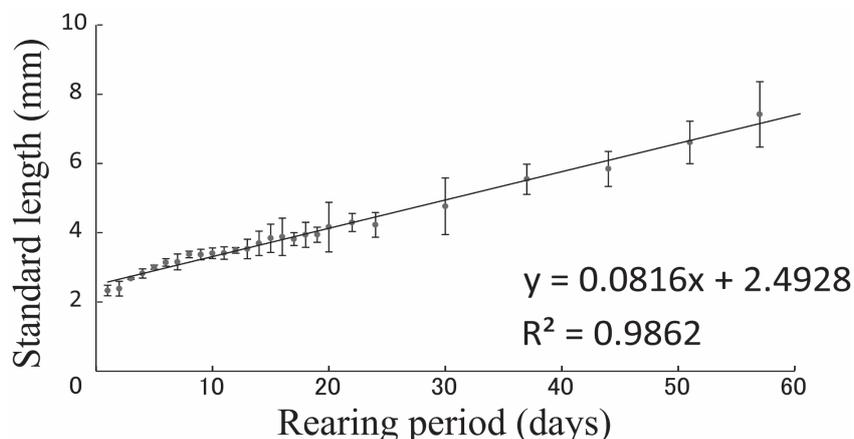


Fig. 2. Growth of the larvae and juveniles: Five individuals per point. Juveniles were bred by nauplius of *Artemia*.

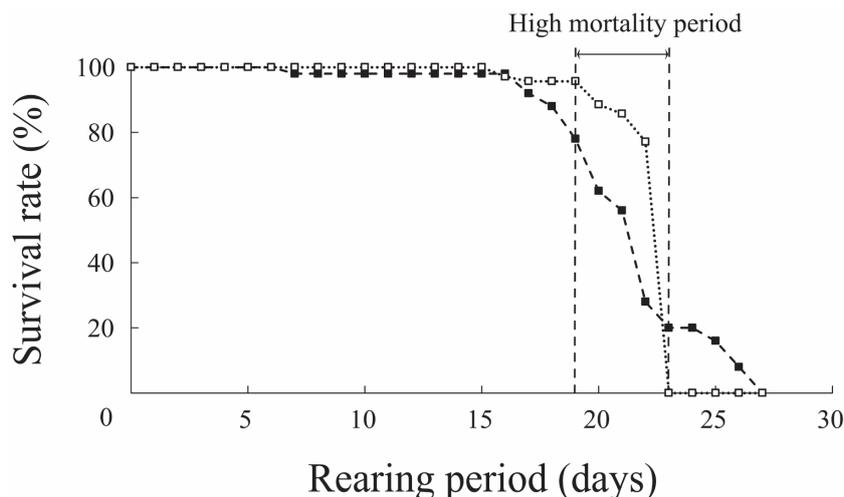


Fig. 3. Survival rate of larvae of the paradise fish after hatching. Larvae were bred without feeding.

□: Tank A, ■: Tank B; Initial individuals were placed by 50, in each tank.

していた。本研究内で確認された産卵数は 165 – 356 粒 (286 ± 73 粒; $n = 4$, 平均値 \pm 標準偏差) であり, 卵径は 0.67 ± 0.08 mm ($n = 17$), 受精卵は粘着性のない浮性卵であった。

産卵後の雄は卵塊の保護を開始し, 泡巣の補修や巣から流出した卵を泡巣に戻すことを盛んに繰り返した。雄の保護行動は卵の孵化後 3 日目まで続いたが, 仔魚が遊泳を開始すると保護を終え, 逆に仔魚の捕食を開始した。泡巣は保護行動の終了と同時に消失した。雌は産卵後, 雄と同じように卵の運搬を行っていたが, 産卵の数時間後には泡巣を保護する雄からの攻撃を受け始めた。攻撃を受けた雌は, 口内に含んだ卵を吐き出さずに呑みこむようになり, 後には積極的に卵や仔魚を捕食するようになった。

仔稚魚の成長と生残能力

受精卵は産卵後 2 日で孵化した。孵化仔魚の大きさは 2.3 ± 0.15 mm ($n = 7$) で, 泡巣の直下に漂っていた。孵化後 3 日目には表層を遊泳し始め, 5 日目からは徐々に中・底層へと遊泳層を広げていた。摂餌は 6 日目に開始したが, 摂餌開始直後は遊泳能力が十分に発達しておらず, 初期餌料として与えたアルテミアの摂食に失敗する個体が多くみられた。すべての個体で摂食が確認されたのは 10 日目であった。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 (Kolmogorov - Smirnov test, $P > 0.05$), 成長率は終始安定していた (Fig. 2)。飼育期間中の水温は 21.2 ± 1.05 °C であった。

無給餌飼育試験においては, 孵化後 19 – 23 日目に大量斃死が生じ, この期間に全体の 80.0 % の個体が斃死した (Fig. 3)。半数致死期は 23 日目であった。飼育期間中に疾病の発生はなく, 斃死個体に外傷などの異常は観察されなかった。試験開始から全個体が斃死した 28 日目までの水温は 22.4 ± 1.52 °C であり, 期間中に急激な水温変動は生じなかった。

考 察

繁殖に適した親魚飼育手法

今回の繁殖試験では, 複数組の親魚を用いた飼育区からは産卵が確認されなかった。複数組による飼育では屋外, 屋内ともに縄張りをめぐった闘争が発生し, 産卵行動が阻害されることが多かった。このことから, 繁殖は雌雄 1 尾ずつで試みる必要があると考えられた。さらに, 飼育試験の開始当初に拒絶反応を示した組み合わせが産卵にいたることはなく, 繁殖行動に際する雌雄間の相性の存在が強く示唆された。加えて, 本種の繁殖には 0.5 m² ほどの水表面積を持った容器が必要とされていたが¹¹⁾, 今回の繁殖試験中では約 0.06 m² の小型容器内でも問題なく繁殖が行なわれていた。これらのことから, 本種の繁殖を行なう際には複数組の親魚から相性の良い組み合わせを選抜し, 雌雄 1 組ずつを小型水槽に収容して繁殖させる手法が効果的であると推察された。また, 産卵後は卵や仔魚に対する食害が発生するため, 親魚と卵は速やかに隔離する必要がある。

好適な初期飼育手法

孵化仔魚における内部栄養から外部栄養への移行期間が長く、安定した成長率を保ったまま稚魚期に到達することから、本種は初期減耗のリスクが少ない種であると考えられた。本研究では初期餌料としてアルテミアを給餌したが、摂食不良で斃死したとみられる個体はなく、タイワンキンギョの初期飼育においては培養の難しいシオミズツボワムシ *Brachinonus plicatilis* といった小型プランクトンは不要であることが示された。しかし一方で、開口時期には個体間における成長差がみられ、開口直後の給餌は差を拡大させる要因となる可能性が高い。本種は縄張り争いなどで激しい闘争行動をみせることが知られており³⁾、成長差によって闘争行動が助長される懸念がある。そのため本種の初期飼育においては、成長差を抑制するため孵化後10日前後からの給餌が望ましいと推察された。

受精卵および孵化仔魚は水面直下に浮遊し、エアレーションによって生じた水流の影響を受けて水槽の四隅に流されるものが多かった。卵や仔魚の過度な集中はミズカビ類の発生などによる大量斃死を誘発し、水流に翻弄されることによる体力消費は仔魚の成長率や生存率を悪化させる原因となる^{12,13)}。そのため本種の初期飼育時には、給気などによって、飼育水槽内に生じる水流を制御することが重要と考えられた。

個体群間における繁殖生態の差異

本研究から得られた繁殖特性について、諸木田・又吉(1982)¹⁴⁾が報告した沖縄産個体と比較したところ、いくつかの点において違いが認められた。人工繁殖を行なう際に留意すべき点として、簡潔に記載する。

沖縄産個体における産卵間隔は3 - 22日であり、産卵数は約838粒と報告されていたが、中国産個体では20 - 39日間隔、産卵数は165 - 356粒(286 ± 73粒)であった。また、諸木田・又吉(1982)では詳細な産卵数が記述されておらず、明確な比較はできなかったが、沖縄産個体の産卵数が多い傾向が見られた。また、卵は沈下性で卵径0.92 mmと報告されていたが、本研究でみられた卵は浮上性で卵径0.67 ± 0.008 mmと、沖縄産と中国産で大きく異なる特性を示した。タイワンキンギョの卵の特徴については中国産個体

と台湾産個体のものがそれぞれ報告されているが、いずれも浮性卵であるとされており、沖縄産個体群の繁殖生態は特殊化している可能性が高い^{3,15,16)}。卵に生じる生態的差異は卵塊の保護行動や孵化仔魚の成長に大きく関係する要因となることから、沖縄産個体群は固有な保全単位でその人工繁殖に際しては、他の地域個体群とは異なる手法が必要であると考えられた。

タイワンキンギョの保存にむけた将来的課題

本研究によって、飼育下におけるタイワンキンギョの繁殖特性および初期飼育に関する知見が蓄積し、本種の安定した人工繁殖に向けた端緒が開かれた。しかし、本種は繁殖特性に地理的変異を有する可能性が高く、人工繁殖手法の確立には複数地域から得られた親魚による情報蓄積が必須である。今後は、本研究とは大きく異なる特性が報告されている沖縄産個体を用いた飼育試験を行ない、繁殖特性を精査していく必要がある。また、異なる個体群における繁殖特性の差異を把握することにより、本種における生息域外保存がどのような単位で実施されるべきかを明確にしていかなければならない。

要 約

タイワンキンギョ *Macropodus opercularis* の生息域外保存に向けて、繁殖試験と初期飼育試験を行なった。繁殖試験は屋外と飼育室内で実施し、屋外では雄4個体と雌8個体、飼育室内では雌雄各9個体をそれぞれ親魚として用いた。産卵は、飼育室内において雌雄1組で飼育した水槽のみで観察された。産卵数は165 - 356粒(286 ± 73粒、平均値 ± 標準偏差)であった。産卵周期を観察するため、産卵した雌雄の1組を一定環境下(水温25.5 ± 0.5℃、日長14 h L - 10 h D)で飼育し続けたところ、20 - 39日間隔で産卵が確認された。受精卵は産卵後2日で孵化し、孵化後6日目で摂餌を開始した。無給餌下における仔魚の半数致死期は孵化後23日目であった。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、中尾遼平氏、森宗智彦氏、朝井俊亘氏をはじめとした近畿大学水圏生

態学研究室の院生諸氏、水辺に親しむ会の山本義彦氏から多くの協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 木村 重 (1973) 中国産鬩魚科魚類之研究. 上海自然科学研究所生物學科, 7 (3), 47-69+pl. 88.
- 4) 坂口總一郎 (1922) 鬩魚 *Macropodus opercularis* に就て. 動物学雑誌, 43, 915-920.
- 5) 渡部正雄 (1946) 朝鮮鮒及び其の近似種に就いて. 資源科学研究所彙報, 9, pp. 9-19.
- 6) 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.
- 7) Waite, Edgar R. (1905) The breeding habits of the Paradise Fish, (*Polycantbus opercularis*, Linnaeus) . Records of the Australian Museum, 6, 1-4.
- 8) 飯田謙二 (1911) 沖縄産鬩魚. 動物学雑誌, 23, 426.
- 9) ESRI (1996) A field guide to the conservation wildlife. Nantou, Taiwan: Endemic species research institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
- 10) 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 一. 沖縄県文化環境部自然保護課, 沖縄県. 561 pp.
- 11) Wen-Bin Haung and Fang-Lin Cheng (2006) Effects of temperature and Floating materials onbreeding by the Paradise fish. Zoological Studies, 45, pp. 475-482.
- 12) 稲葉伝三郎 (1976) 淡水増殖. 稲葉伝三郎 (編), 恒星社恒星閣, 東京都. 483 pp.
- 13) 田中 克・渡邊良朗 (1994) 魚類の初期減耗研究. 日本水産学会監修, 恒星社恒星閣, 東京都. 159 pp.
- 14) 諸喜田茂光・又吉盛建 (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.
- 15) Shun-sen Young (1995) Notes on the early developmental stages of paradise fish (*Macropodus opercularis* (L.)) in captivity. Acta Zool. Taiwanica, 6, 83-89.
- 16) Darrell D. Hall (1967) A qualitative analysis of courtship and reproductive behavior in the Paradise fish, *Macropodus opercularis* (Linnaeus), Department of Zoology, Oklahoma State University, U.S.A., 834-842 + 1 pl.