

琵琶湖の堅田内湖に生息するツチフキの繁殖期

中島 淳¹⁾・中川 雅博²⁾

Spawning season of the Chinese false gudgeon, *Abbottina rivularis*,
in Katada Naiko, Lake Biwa

Jun NAKAJIMA¹⁾ and Masahiro NAKAGAWA²⁾

Abstract

The reproductive cycle of *Abbottina rivularis* was investigated at Katada Naiko on the shore of Lake Biwa in Shiga Prefecture, Japan. By casting net sampling, specimens were collected every season from August 2001 through June 2005. Of the 37 female specimens collected from November through May, 34 were mature. The females collected between late February and mid-April exhibited a large body size and high gonadosomatic index (GSI). Of the 31 male specimens collected from October through May, 30 were mature. All the males collected between February and May had pearl organs on their pectoral fins, and some males collected between March and May exhibited a large body size and high GSI. These results suggest that at Katada Naiko, the reproductive cycle of *A. rivularis* occurs over 1.5 months from late February through mid-April.

Key words : *Cyprinidae*, *Gobioninae*, GSI, Reproductive season, Secondary growth character

はじめに

ツチフキ *Abbottina rivularis* は、日本の本州中部以西、朝鮮半島および中国東北部からタイにかけて広く分布するコイ科カマツカ亜科の底棲魚類である(内田, 1939; 青柳, 1957; 中村, 1969; Vidthayanon and Kottelat, 1995; 細谷, 2001)。国内における本種の自然分布域については不明な点が多く、琵琶湖における本種が在来種であるか否かについても意見がわかれている(内田, 1939; 青柳, 1957; 中村, 1969; 細谷, 2001)。本種は、主に平野部の流れのないクレークやため池などの止水域に生息するため、人為的な環境の改変による影響を受けやすい。そのため、京都府(絶滅寸前種)、奈良県(情報不足種)、大阪府(絶滅危惧類)、岡山県(危急種)など自然分布域である近畿地方・中国地方の各県において生息数の減少からレッドリストに掲載されている(大阪府, 2000; 京都府, 2002; 岡山県,

2003; 奈良県, 2006)。日本における本種の生態的研究は、九州産個体群の産卵習性に関する記載(塚原, 1954)と、関東の移入個体群における仔魚の形態変化と生活史の概要に関する簡単な記載(中村, 1969)があるのみで、その生活史については不明な点が多い。また、琵琶湖周辺水域や近畿地方の個体群の生活史やその生態的特性についてはほとんど知見がない。今後、本種の保全を行う上でその生活史に関する知見の蓄積はきわめて重要であると考えられる。

そこで本研究では、ツチフキの生活史解明の一環として、滋賀県大津市の堅田内湖における本種の体サイズ組成、肥満指数、生殖腺指数の季節変化、および雌の抱卵数、雄の二次性徴の出現時期を明らかにする。また、この結果をもとに、堅田内湖産個体群が有する繁殖期の特性について検討する。

¹⁾九州大学水産実験所 〒811-3304 福岡県福津市津屋崎2506 Fishery Research Laboratory, Kyushu University; Tsuyazaki 2506, Fukutsu-shi, Fukuoka, 811-3304, Japan

²⁾大阪信愛女学院短期大学人間環境学科 〒538-0053 大阪市鶴見区鶴見6-2-28 Department of Human and Environmental Science, Osaka Shin-Ai College, Tsurumi 6-2-28, Tsurumi-ku, Osaka-shi, Osaka, 538-0053, Japan

調査場所と方法

調査場所

採集を行った滋賀県大津市の堅田内湖は、琵琶湖の南湖西岸の真野川と天神川の間位置する。この内湖は住宅地と田畑に隣接する数本の排水路から家庭排水が流入し、富栄養化が進行している。表面積は小さく0.1 km²に満たない。本稿では既報(中川, 2005)にしたがい、水路でつながった4つの水面を大きい順にA池, B池, C池およびD池とする(Fig. 1)。主な流入水路はA池に注ぐ3本(図の左側矢印)があり、いずれもコンクリート護岸が施されている。琵琶湖への流出は3箇所あり、それぞれA池から堅田港と堅田漁港を介する2つの水路, C池からの1つの水路である。採集はC池の東岸(135°55'70"E, 35°07'15"N, 海拔高度89 m)で行った。

流出箇所の3水路すべてが堰により琵琶湖と隔離された閉鎖系であるため、琵琶湖の水位に関わらず、採集地の水深はおおむね82 cmと一定である。C池から流出する水路の一部は2002年に親水・レクリエーション機能を持たせた環境共生型公園として整備され、C池の東岸の一部は2005年9月以降に舗装道路として埋め立てられた。また、当地では温排水の流入など繁殖時期に影響を及ぼしうる人為的な水温変動は認められなかった。

調査時期と方法

採集調査は、2001年8月から2005年6月にかけて行った。ツチフキの出現時期を明らかにするために、2001年8月から2002年8月の1年間は季節に偏りなく年間112回の採集を行った。つぎに、解析用の標本数を増やすため、2002年9月から2005年6月まで計49回の採集を補足的に行った。採集は投網(目合10 mm × 10 mm)を用いて定量的に行った。採集時刻は、21:00 - 24:00の夜間とし、約20分間かけて投網を7投した。採集した個体はすべて10%中性ホルマリンで固定し持ち帰った。持ち

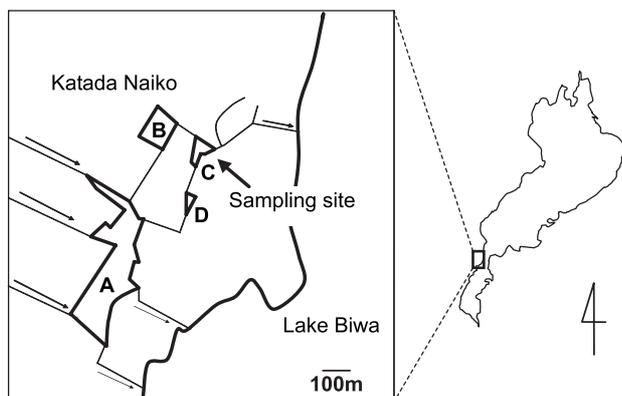


Fig.1 Sampling site of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko, Lake Biwa.

帰った標本は、雌雄別に標準体長(BL)をデジタルノギスにより1 mm単位で計測した。また、生殖腺を除いた体重(BW)および生殖腺重量(GW)をデジタル重量計により0.1 g単位で測定した。雌雄の判別は、生殖腺と二次性徴の観察により行い、この2つの方法でも判定できない個体は、雌雄不明とした。また、これらの作業とあわせて雌雄の生殖腺の外観を肉眼で観察し、熟度の指標となる色や卵粒について記録した。

得られた結果をもとに、まず雌雄で採集数に差があるか否かを²検定により判定した。ついで、雌雄で体サイズに差があるか否かをMann-WhitneyのU検定により判定した。雌雄の判別が出来た個体について、以下の式を用いて肥満指数(CF (1))および生殖腺指数(GSI (2))を求め、その季節変化を調べた。

$$CF = (BW/BL^3) \cdot 10^5 \quad (1)$$

$$GSI = (GW/BW) \cdot 10^2 \quad (2)$$

つぎに、雌個体のうちGSI値が10をこえた個体については、体重と抱卵数の関係を調べた。卵数の計測は、右卵巣を鋭利なピンセットで個々の卵粒に分離し、方眼紙をしいたガラスシャーレ上に広げ全数を計数することによって行った。また、雄個体の大型個体について、繁殖時期の指標となる胸鱗に見られる追星の有無の季節変化を調べた。有無の判定には、追星の数よりも隆起の程度を重視するため、触診により、表皮細胞の肥厚・突出化が顕著で、外面の角質化が進行した個体は追星が「有」とし、その逆の現象を示す個体は追星が「無」と判定した。

結 果

出現時期と雌雄比

2001年8月から2002年の8月の1年間における採集個体数の季節変化をFig. 2に示す。10月中旬から4月下旬には多くの個体が採集されたが、5月から7月にはまったく採集されず、8月と9月に採集された個体もきわめて少なかった。また、2001年8月から2005年6月の調査期間中に、雌37個体、雄31個体、雌雄不明の未成魚1個体の計69個体が採集された。調査期間を通して採集された個体の雌雄比には、有意差は認められなかった($\chi^2 = 0.27, p = 0.61$)。

雌雄の体サイズ組成

採集されたツチフキ雌雄の年間の体長変化と体重変化をそれぞれFig. 3とFig. 4に示す。2個体以上採集された月のうち、雌の平均体長は3月に最高値(平均±標準誤差; 72.0 ± 3.0 mm, n = 7)を示し、雄の平均体長も3月に最高値(76.0 ± 6.4 mm, n = 4)を示した。平均体重も体長とほぼ同時期に高数値を記録し、雌の平均体重は3月に最高値(9.3 ± 1.4 g, n = 7)を示し、雄の平均

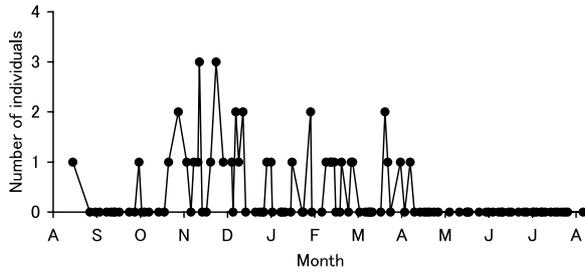


Fig. 2 Number of specimen of at *Abbottina rivularis* each sampling date in Katada Naiko from 2001 to 2002

体重は2月に最高値 (10.1 ± 1.0 g, n = 2) を示した .

個別別に見ると、雌の最大個体は、2002年3月17日に採集された74 mm (10.1 g) の個体で、2005年3月20日の74 mm (10.0 g) の個体、2003年4月14日の74 mm (9.9 g) の個体がそれに続いた。雄の最大個体は、4月 (2002年4月12日) に採集された87 mm (15.6 g) の個体で、2002年3月9日の82 mm (13.3 g) の個体、2004年1月11日の80 mm (11.9 g) の個体がそれに続いた。

一方、雌の最小個体は2005年6月20日に採集された38 mm (1.3 g) の個体で、同日の39 mm (1.2 g) の個体、2002年5月1日の45 mm (2.1 g) の個体がそれに続いた。雄の最小個体は、2005年6月18日に採集された35 mm (1.1 g) の個体で、2002年5月1日の54 mm (3.0 g) の個体、2004年5月2日の60 mm (9.7 g) の個体がそれに続いた。雌雄の判別ができない未成魚は2005年6月20日の1個体 (30 mm, 0.6 g) のみであった。大型の上位5個体は1月から4月に、小型の上位6個体は5月から6月に採集された。すなわち、冬季から初春に大型個体が出現し、4月に個体数が減少し、梅雨時期に小型個体が出現する傾向が認められた。

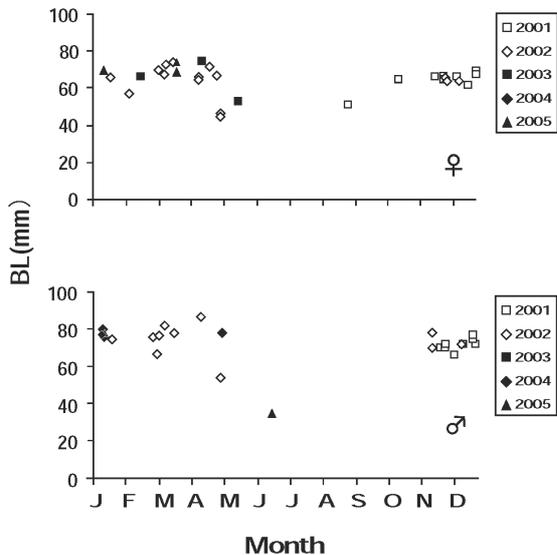


Fig.3 Seasonal change in the body length (BL) of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko (mm).

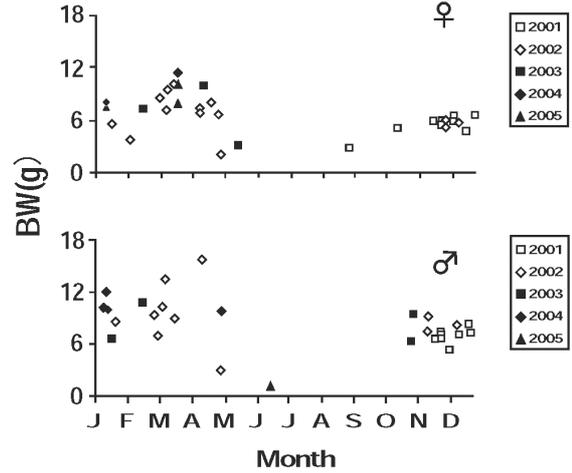


Fig.4 Seasonal change in the body weight (BW) of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko (g).

また、雌雄の判別ができた雌37個体と雄31個体について体サイズを比較したところ、平均体長・体重で雌 (64.2 ± 9.5 mm; 6.2 ± 2.5 g) は雄 (72.4 ± 9.3 mm; 8.4 ± 2.8 g) よりも有意に小さかった (Mann-Whitney's U test, p < 0.01) .

肥満指数 (CF) と生殖腺指数 (GSI)

供試材料のCFとGSIの変化をそれぞれFig. 5とFig. 6に示す。雌CFは10月から翌年の1月にかけて、約1.9前後の低い値を示した後に上昇し、2月から5月にかけて約2.1前後と高い値を示した。雄CFもほぼ同様で、10月から翌年の2月にかけて、約2.0前後と低い値を示した後に上昇し、2月から4月にかけて約2.2前後の高い値を示し、5月には低下した。

雌GSIは2月以降に上昇し、3月に最高値 (19.3 ± 5.5 ,

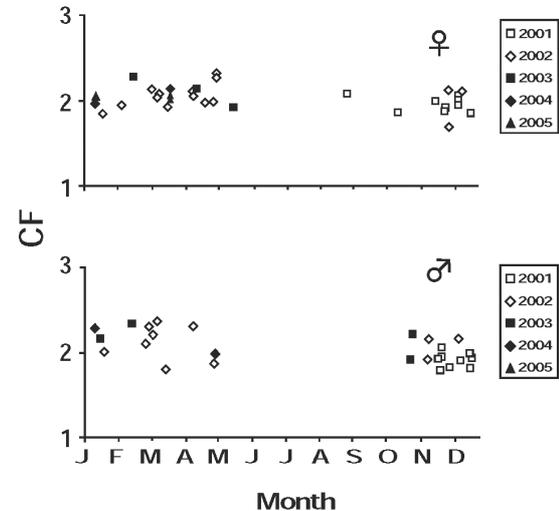


Fig. 5 Seasonal change in the CF of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko.

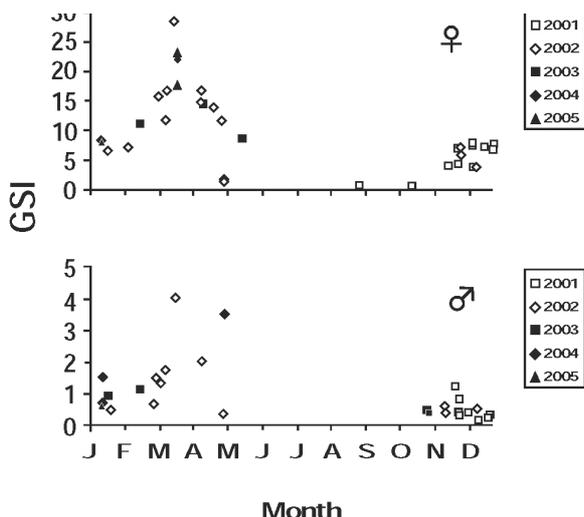


Fig.6 Seasonal change in the GSI of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko.

n = 7) を示した後、4月以降に下降した。とりわけ、3月上旬から4月中旬の1.5ヶ月は、雌のGSIが15をこえる高い値を示した (Fig. 6)。卵巣の外観は採集された季節で明瞭に異なり、11月から1月の晩秋から冬季に採集した個体では乳白色を呈して明瞭な卵粒が認められなかったが、2月以降に採集した個体では顕著に肥大し、橙色の卵粒で満たされていた。一方、雄のGSIは1月から5月にかけて1.0を超え、3月に最高値を示した (2.2 ± 1.3 , n = 4)。ただし、雄のGSIは雌のGSIほど明瞭なピークは認められなかった (Fig. 6)。精巣の外観は採集された季節でわずかに異なり、10月から12月にかけて採集した個体では透明感のある白色を呈してヒモ状であったものが、1月から2月に採集した個体では白色を帯び、わずかに肥大していた。個別別にみると、雌のGSIの最高値は、2002年3月17日に採集された体長74 mmの個体の28.5であった。また、雄のGSIの最高値は、2002年3月18日に採集された体長78 mmの個体の4.1であった。

抱卵数

雌のGSIが10をこえたのは13個体で、いずれも2月下旬から4月下旬に採集した個体であった。これらの個体を用いて調査した、魚体重と右卵巣の卵数の関係をFig. 7に示す。調査した13個体 (体長平均, 70.4 ± 3.5 mm; 体重平均, 8.5 ± 1.5 g) の右卵巣の卵数の平均は 1380.8 ± 247.3 粒であった。体重X gと右卵巣の卵数Y 粒の間には $Y = 106.5X + 470.6$ の関係式が得られた。卵粒は大小様々なものから構成されており、供試個体のすべてで成熟卵とみられる直径0.9 - 1.0 mmの大型の卵粒を含んでいた。

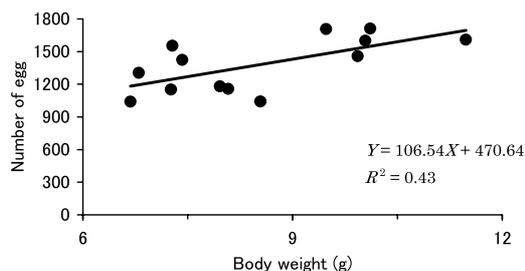


Fig.7 Relationship between body weight and number of eggs in right ovary of *Abbottina rivularis* in Katada Naiko.

雄胸鱗の追星

胸鱗前縁追星の有無の季節変化をFig. 8に示す。10月 (n = 1), 11月 (n = 8), 12月 (n = 6), 1月 (n = 6) の標本にはいずれも明瞭な追星は認められなかった。一方、2月 (n = 2), 3月 (n = 4), 4月 (n = 1), 5月 (n = 2) の標本には、5月の1個体を除き、大きく隆起した明瞭な追星が認められた。

考 察

堅田内湖でのツチフキの出現と繁殖期の特性

本調査では、ツチフキは10月から4月に出現数が多く、5月から9月にかけてきわめて少なかった。本種の生息場所の季節的な変化についてはこれまで全く報告がないが、10月以降に大型の個体が採集されはじめることから、堅田内湖では季節により生息場所を変えている可能性が高い。採集された個体は、雌個体のほうが雄個体よりも若干多かったものの、雌と雄の出現頻度に有意差は認められなかった。雌雄比に関する報告は、雌のほうがやや多く見受けられるという中村 (1969) の私見があり、この点についてはさらに調査が必要であると考えられる。また、体長について雄は雌よりも有意に大型であり、生殖腺を除いた体重についても同様の結果が得られた。体サイズに関して、中村 (1969) は雄が雌よりも大型に

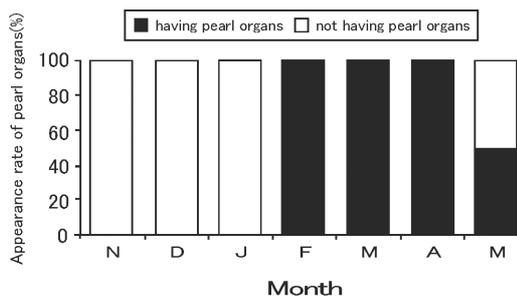


Fig.8 Seasonal change in the appearance rate of male pearl organs on *Abbottina rivularis* in Katada Naiko.

なると報告しており、今回の結果と一致する。本種の雄が雌よりも大型になる理由については、雄が産卵期に縄張りを作るという本種の産卵生態と関係が深いものと考えられる。

肥満指数 (CF) は、雌雄とも冬に上昇する傾向を示した。産卵期に備えた肥満度の上昇が冬季に認められることから、ツチフキには明瞭な越冬状態がなく、冬季も摂餌を行っていることが強く示唆される。

生殖腺指数 (GSI) は、雌では2月下旬から4月上旬に、雄では1月から5月に高い値を示した。また、生殖腺の目視観察からは、卵巣では2月下旬から4月にかけて橙色を帯びた明瞭な卵粒を確認でき、精巣では2月から5月にかけて白化の程度が顕著になった。雌GSI値が15を超え、明瞭な卵粒が確認された期間を繁殖期とすると、堅田内湖での繁殖期は2月下旬から4月上旬に集中すると考えられる。本種の繁殖期については、福岡県柳川市周辺で3月上旬から5月上旬 (塚原, 1954)、東京付近で3月下旬から6月上旬 (中村, 1969) という報告がある。これらのことから、九州北部と関東のほぼ中間に位置するにもかかわらず、堅田内湖ではツチフキの繁殖期がこれら2地域よりも早く短い可能性が高い。しかしながら、これらの過去の報告は生殖腺の季節変化の観察に基づいた記載ではないため、堅田内湖における本種の繁殖時期が早く短いことが固有の現象であるかどうかについては、今後国内他地域の本種集団におけるさらなる調査検討が必要である。

本研究では、右卵巣の平均卵数は大小約1380粒であった。左右の卵巣の大きさには明瞭な差はみられなかったことから (著者ら, 未発表)、一腹の卵数は平均して2700粒から2800粒程度であると考えられる。卵数に関する報告は、中村 (1969) が体長73.8 mmの個体について調べ、卵巣内に大小2115粒の卵があったとする報告があるのみである。

追星は、一般に繁殖期の成熟個体に出現する軟骨様の隆起物であり、本種では雄の成熟個体で胸鰭前縁や頭部側部・下部に棘上の明瞭な追星が現れることが知られている (Kimura and Tao, 1937; 小林, 1937)。また、追星の出現時期は産卵開始時期と密接にかかわっているとされる (Kimura and Tao, 1937)。本研究では、胸鰭前縁に明瞭な追星が2月にほぼ同期的に出現し、それ以降5月まで、採集された雄個体のほぼすべてで認められた (Fig. 8)。Kimura and Tao (1937) は、中国の長江下流域周辺の太湖で得られた本種の胸鰭に出現する追星を時系列で詳細に調査し、その出現が12月頃から始まるものの、個体によりばらつきが大きく同期的でないことを明らかにした。これらのことから、太湖産ツチフキと比較して、堅田内湖産ツチフキの追星の出現は同期的に一斉にはじまることが明らかとなった。

堅田内湖の環境変化とツチフキ個体群の今後の動向

堅田内湖はごく最近まで、国や県の干拓事業の影響を受けず、また外来種による生態系の破壊を免れた数少ない内湖であったため、「内湖の生態系復元モデル地」として注目されている (美濃部・桑村, 2001)。しかしながら、近年、公園整備による池と水路の一部埋め立てや (中川, 2005)、2004年以降は侵略的外来種であるブルーギル *Lepomis macrochirus* やオオクチバス *Micropterus salmoides* の個体数急増による優占種の交替が起こっており (Nakagawa, 2006a)、これらはいずれもツチフキ個体群の減少要因となる可能性が高い。現在の堅田内湖は、堰により琵琶湖と断断された閉鎖水域であり、琵琶湖からの新規の個体群移入がない。本種の寿命は1年から2年とされ (中村, 1969)、今回明らかになったように、堅田内湖における本種の繁殖期は比較的短期に集中する傾向がある。したがって、繁殖期までにその環境が整わず、一度繁殖に失敗することがあれば、その個体数は急激に減少するものと思われる。また、2004年以降にフナ類に変わって、最優占種になったブルーギルとオオクチバスは、本種と同様に池底にすり鉢状の産卵床をつくることから、産卵場所をめくり競合関係になる可能性が高く、さらに、後者は直接的な捕食 (Nakagawa, 2006b) によりツチフキ個体数の減少要因となる。以上のことから、堅田内湖におけるツチフキ個体群は今後減少する可能性がある。

なお、現在までのところ、琵琶湖における本種集団については移入種であるとする説が主流である (中村, 1969; 松田ほか, 1980)。しかしながら、同一水系である淀川水系に自然分布することは確実と考えられており (内田, 1939; 青柳, 1957; 中村, 1969)、濃尾平野以西を自然分布域とする説もあることから (細谷, 2001)、詳細な遺伝学的調査が行われていない現状では移入種と断定することは難しい。琵琶湖に産する本種が在来魚種である可能性も残るため、堅田内湖における本種の個体群動態には今後も注意する必要がある。

謝 辞

近畿大学農学部研究員の鈴木誉士博士には、琵琶湖周辺水域の魚類相に関して貴重なご意見をいただいた。ここに記して御礼を申し上げます。

文 献

- 青柳兵司 (1957) 日本列島産淡水魚類総説 大修館 東京 272 p.
 細谷和海 (2001) ツチフキ. 川那部浩哉・水野信彦・細谷和海 (編), 日本の淡水魚改訂版. 山と溪谷社, 東京, 316.
 Kimura, S. and Tao, Y. (1937) Notes on the nupital

- coloration and pearl organs in Chinese fresh-water fishes. The Journal of the Shanghai Science Institute, 6, 277-318.
- 小林久雄 (1937) 鯉科魚類数種の追星に就て. 植物及動物, 5, 35-37.
- 京都府 (2002) 京都府レッドデータブック2002. 京都府企画環境部環境企画課, 京都, 935 p.
- 松田尚一・前畑政善・秋山廣光・松田征也・桑原雅之 (1980) 湖国びわ湖の魚たち. 第一法規出版, 東京, 189 p.
- 美濃部 博・桑村邦彦 (2001) 琵琶湖周辺の内湖における魚類相の変化と生息環境分析 在来種の繁殖・生息の場としての生態的機能の復元に向けて. 応用生態工学, 4, 27-38.
- 中川雅博 (2005) 2004年の滋賀県堅田内湖に発生したボタンウキクサの繁茂状況. 関西自然保護機構会誌, 27, 53-56.
- Nakagawa, M. (2006a) Disruption in the distribution of fish fauna simultaneous with the increase of introduced bluegill and largemouth bass in a lagoon of Lake Biwa, Japan. In Odada, E. O., Olago, D. O., Ochola, W., Ntiba, M., Wandiga, S., Gichuki, N. and Oyieke, H. (eds.), Proceedings of the 11th World Lake Conference Volume 2. Nairobi, 236-241.
- Nakagawa, M. (2006b) Feeding habits of introduced largemouth bass around Lake Biwa and in ponds without mesopredators in Japan. In Odada, E. O., Olago, D. O., Ochola, W., Ntiba, M., Wandiga, S., Gichuki, N. and Oyieke, H. (eds.), Proceedings of the 11th World Lake Conference Volume 2. Nairobi, 242-247.
- 中村守純 (1969) 日本のコイ科魚類. 財団法人資源科学研究所, 東京, xiv + 455 p.
- 奈良県 (2006) 大切にしたい奈良県の野生動植物: 奈良県版レッドデータブック. 奈良県農林部自然保全課, 奈良, 143 p.
- 岡山県 (2003) 岡山県版レッドデータブック 絶滅のおそれのある野生生物. 財団法人岡山県環境事業団, 岡山, 465 p.
- 大阪府 (2000) 大阪府における保護上重要な野生生物 大阪府レッドデータブック. 大阪府環境農林水産部緑の環境整備室, 大阪, 442 p.
- 塚原 博 (1954) ツチフキの産卵習性. 魚類学雑誌, 3, 139-143.
- 内田恵太郎 (1939) 朝鮮魚類誌. 朝鮮総督府水産試験場, 釜山, xlvii + 458 p.
- Vidhayanon, C. and Kottelat, M. (1995) First record of *Abbottina rivularis* (Cyprinidae: Gobioninae) from the Mekong basin Japanese Journal of Ichthyology 41, 463-465.

(2006年8月8日受付)

(2006年12月28日受理)