

琵琶湖南湖の南部で得られたビワマス成熟雄の記録

馬淵浩司¹・西田一也¹・吉田 誠¹・桑原雅之²¹ 〒 520–0022 滋賀県大津市柳が崎 5–34 国立環境研究所琵琶湖分室² 〒 525–0001 草津市下物町 1091 滋賀県立琵琶湖博物館

(2020年1月13日受付；2020年3月4日改訂；2020年3月5日受理；2020年5月19日J-STAGE 早期公開)

キーワード：ビワマス, 琵琶湖, 南湖, 遡上

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2020

Kohji Mabuchi*, Kazuya Nishida, Makoto A. Yoshida and Masayuki Kuwahara. 2020. Southernmost record of the Biwa salmon *Oncorhynchus masou* subsp. from Lake Biwa, Japan. Japan. J. Ichthyol., 67(2): 215–222. DOI: 10.11369/jji.20–001.**Abstract** A single mature migrating male (371 mm SL) Biwa salmon (*Oncorhynchus masou* subsp.), collected on 11 December 2019 off the mouth of the Yanagawa River, feeding the South Basin of Lake Biwa, Japan, represents the southernmost record of that subspecies from Lake Biwa and first specimen-based record from the South Basin. Together with anecdotal evidence, the record indicates that *O. masou* subsp. likely utilized South Basin feeder streams as spawning grounds before the latter were artificially revetmented.

*Corresponding author: NIES Lake Biwa Branch Office, National Institute for Environmental Studies, 5–34 Yanagasaki, Otsu, Shiga 520–0022, Japan (e-mail: mabuchi.koji@nies.go.jp)

ビワマス *Oncorhynchus masou* subsp. は、自然分布が琵琶湖とその流入河川に限られるサケ科の琵琶湖固有亜種である (Kimura, 1990). 古くは 10 世紀後半の「延喜式」に近江国の産物として記述がみられ (川那部, 2000), 現在に至るまで琵琶湖の水産重要種である. 農林水産統計によると, 漁獲量は 1895 年から第二次世界大戦前の 1940 年までは, 年平均約 80 t が維持されていた. 戦後の 1949 年以降は単発的に多い年はあるものの, 1950 年代には減少し, 1960 年以降現在まで年平均約 27 t となっている (桑原, 2013). 滋賀県漁業調整規則による資源保護や, 明治 16 年にまで遡る増殖事業 (遡上魚からの採卵と稚魚の放流) が現在も行われているが (桑原, 2013), 環境省版レッドリストでは「準絶滅危惧 (NT)」に (環境省, 2019), 滋賀県レッドデータブック 2015 年版では「要注目種」に指定されている (藤岡, 2016a).

本亜種の産卵は 10–12 月に流入河川で行われ (盛期は 11 月: 尾田ほか, 2008), 1–5 月に浮上した後 (尾田, 2011, 2014), 稚魚は河川内で成長し, 5–6 月頃の降雨による増水をきっかけに湖に降るとされている (藤岡・伏木, 1988). 降湖後沖合で 3–5 年間過ごした後, 繁殖のため河川に遡上するが (2 年で成熟し湖内生活 1 年で遡上するものも存在する) (藤岡, 1990), 母川回帰性はそれほど強くない (Amano et al., 2018). 河川への遡上は産卵直前の秋に行うもの (晩期遡上群) が主であるが, 少数ながら 6–7 月の早期に遡上するもの (早期遡上群) が存在し (以上まとめて降湖型), さらに, 湖に降らずに性成熟する雄 (河川残留型) の存在も知られている (藤岡・伏木, 1988; 桑原・井口, 1994, 2007). 降湖型の場合, 河川での繁殖後, 親魚は雌雄とも死亡する (藤岡, 2016b).

琵琶湖は, 広く深い北湖 (616 km², 平均水深

43 m, 最大水深 104 m) と, 狭く浅い南湖 (58 km², 平均水深 4 m, 最大水深 7 m, ただし砂利採取や浚渫跡地では最大 14 m) から成る. ビワマスの主な生息域は, 周年 15°C 以下となる北湖の水温躍層 (水深 10 m 前後) 以深だが, 産卵期には 20°C 近い表層の水温帯でも遊泳することがある (Kamimura and Mitsunaga, 2014). 非繁殖期である 6–10 月の琵琶湖の水深 0–10 m は水温が 20°C を超えることから, この水深範囲に収まる南湖はこの時期にはビワマスの生息に適さない. しかし, 産卵期を含む 11–5 月には琵琶湖全域が 20°C 以下となり生息域が広がると考えられており (藤岡, 2016b), 南湖にも広がると考えられる. 環境省 (2009) は, 「南湖においてビワマスが生息しているという文献はないが (中略), 平成 19 年 11 月に南湖に設置した定置網に (北湖で放流した) 標識放流魚が 3 個体, そうでない個体が 10 個体かかっていた事例がある」と滋賀県水産試験場へのヒアリング結果として記載しており, 本亜種の冬季の南湖における分布例を報告している. また, 川那部 (2000) は, ビワマスの現在の琵琶湖内における分布は北湖に限られるとした上で, 与謝蕪村が 1777 年に残した句 (瀬田降りて志賀の夕日や江鮭) を根拠に, この時代には南湖にも棲んでおり漁獲されていたと推察している.

一方, 現在, ビワマスの遡上が確認されている (遡上親魚や産卵床の学術的報告や一般報道がある) 主な河川は, 琵琶湖の北湖に流入する河川にほぼ限られている (Fig. 1A). 文献上の遡上記録は北湖の流入河川に限られているが (尾田, 2010; 尾田・淀, 2016, 2017; 水野ほか, 2017), 南湖においては 2010 年の 11 月に西岸中央部に流入する小河川の大宮川 (Fig. 1A, B の 14) において, 河口から 900 m の地点で斃死した成魚が確認され, 「ビワマスが 60 年振りに南湖に戻る」と新聞報道された. これは, 「昔から大宮川にはビワマスが遡上していた」という聞き取り調査の結果に基づいて, 市民団体「びわますを琵琶湖のシンボルに育てる会」が 2006 年から 5 年間, 滋賀県北部の高島市にある滋賀県漁業協同組合連合会高島事業場から入手した 3000 尾の稚魚を毎年 3 月に大宮川へ放流した結果と考えられており, 現在でも時々, 河口部のエリに成魚がかかると伝聞されている (西岡, 2019).

本報告では, この大宮川からさらに約 4 km 南下した南湖の南部に流入する柳川の河口沖 (Fig. 1B) のエリで 2019 年 12 月 11 日にビワマス降湖

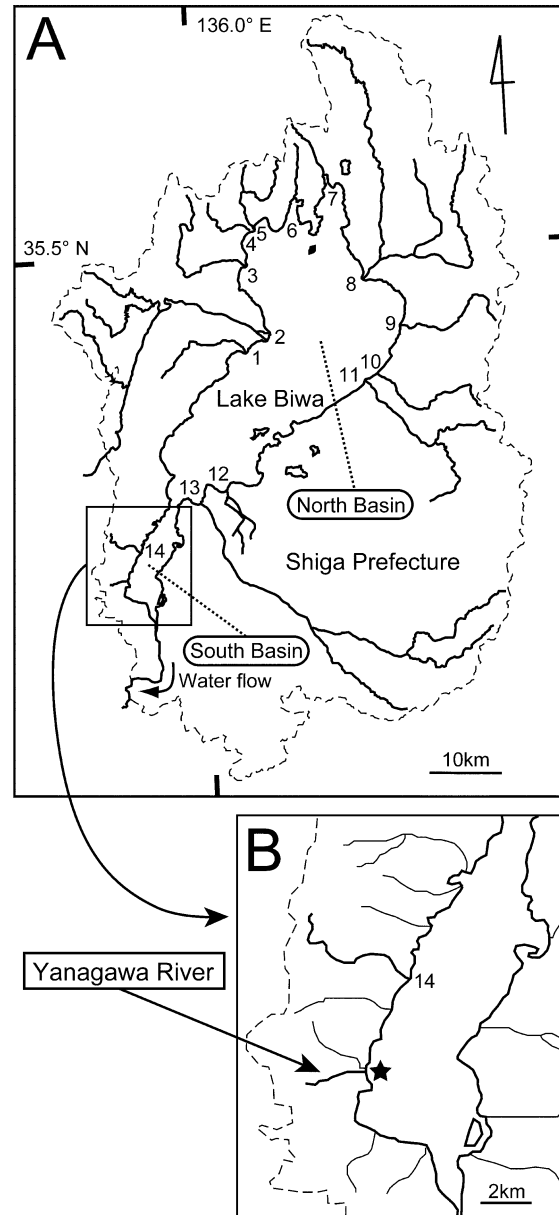


Fig. 1. Map showing the collection site (star) of *Oncorhynchus masou* subsp. in the South Basin of Lake Biwa. A) Map of Lake Biwa, showing the South Basin and 14 inflowing rivers with confirmed Biwa salmon runs in the last 15 years: 1) Takashima-kamo, 2) Ado, 3) Ishida, 4) Momose, 5) Chinai, 6) Oura, 7) Shiozu-okawa, 8) Ane, 9) Amano, 10) Seri, 11) Inukami (Oda, 2010; Oda and Yodo, 2016, 2017), 12) Yanomune (Mizuno *et al.*, 2017), 13) Yasu (Sankei West, 2016), and 14) Omiya (Nishioka, 2019) Rivers. B) Enlarged map of the South Basin and inflowing rivers. A broken line indicates the border of Shiga Prefecture, roughly coincident with the Lake Biwa watershed. The only natural exit (Seta River) from the lake is at the southernmost end of the South Basin.

型の成熟魚 1 個体が漁獲されたことを受け、その標本を記載し、この場所でこのような個体が採集された意義について若干の考察を行った。

使用した標本は、琵琶湖博物館 (LBM) に登録、保管した。学名は Kimura (1990) に、標本の計数・測定方法は中坊 (2013) に従った。亜種同定の際には、非常によく似た近縁亜種であるサツキマス (アマゴ) *Oncorhynchus masou ishikawai* との区別をつけるため、複数の形態形質にもとづく判別関数を用いた解析と、ミトコンドリア (mt) DNA の塩基配列を用いた解析を行った。生殖腺を解剖により摘出して雌雄を判別し、0.1 g 単位で重さを計量した。体重は 1 g 単位で計量し、生殖腺指数は、生殖腺重量 / 体重 × 100 により算出した。判別関数は、桑原・井口 (1994) が、同じ琵琶湖水系内に分布するアマゴとの区別を行うため、サツキマス標本の計測値も用いて開発したもので、 $Y=0.35X_1-0.65X_2-0.83X_3-1.75X_4+34.64$ と表される。ここで、 X_1 は幽門垂数、 X_2 は上部横列鱗数、 X_3 は下部横列鱗数、 X_4 は腹鰭条数であり、 Y が正の値をとるとビワマスと判定される。一方、mtDNA の解析では、ビワマスに特異的な塩基の置換が 9 箇所見いだされている約 950 bp の領域 (ATPase6 から CO III までの領域に含まれる) を解析対象とした (Oohara and Okazaki, 1996)。腹鰭の一部を採取してエタノール原液で固定し、カネカ簡易 DNA 抽出キット Ver. 2 (カネカ) を用いて全 DNA を抽出した。PCR 法による対象領域の増幅は基本的に Oohara and Okazaki (1996) に従い、4 種類のプライマー (PO1, PO2, P11, P12) を用いて ABI PRISM 3130xl Genetic Analyzer (Applied Biosystems) 上でシーケンスを行った。得られた塩基配列は DDBJ に登録し (アクセッション番号: LC527423)、Web 上で BLAST 検索を行った。

Oncorhynchus masou subsp.

ビワマス (Fig. 2)

標本 LBM-1210057817 (魚体), LBM-1210057818 (摘出内臓)。全長 421 mm, 標準体長 371 mm, 体重 750 g, 降湖型の成熟雄, 滋賀県大津市柳が崎柳川河口地先の琵琶湖・南湖 (35.029956°N, 135.873814°E), 鶴飼広之, エリ, 2019 年 12 月 11 日。

形態の記載 背鰭鱗条数 14; 臀鰭鱗条数 15; 胸鰭鱗条数 14; 腹鰭鱗条数 9; 側線鱗数 128; 側線上方横列鱗数 22; 側線下方横列鱗数 23; 鰓耙数 8+12; 鰓条骨数 11; 幽門垂数 65。

体各部測定値の標準体長に対する割合 (%) : 体高 25.3, 頭長 26.8, 吻長 9.3, 眼窩径 4.0, 両眼間隔 8.1, 上顎長 17.1, 尾柄高 9.2, 背鰭基底長 12.3, 背鰭最長軟条長 11.9, 臀鰭基底長 13.0, 臀鰭最長軟条長 9.8, 胸鰭長 15.4, 腹鰭最長軟条長 14.8。

体は細長で側扁する。頭部は短く吻端は丸みを帯びるが、上顎の先端は鈎状に曲がる。上顎骨は長く、その後端は眼窩の後縁よりはるか後方に達する。上顎の歯は 1 列で前方のものほど大きい。主鰓蓋骨の後縁は弧状で、後端部はやや山型。側線は前方部でやや背方に向かうもののほぼ直線状で、体側の中央部を縦走する。背鰭は、起点が吻端と尾鰭基底部との中央に位置し、外縁は截断状で第 5 軟条が最長。臀鰭は、起点が背鰭の起点と尾鰭基底部との中央に位置し、第 4 軟条が最長。腹鰭は、起点が背鰭基底の中央下に位置し、軟条の先端は肛門に達せず、第 3 軟条が最長。尾鰭後縁の切れ込みは深い。

生鮮時の体色・模様 頭部と口腔内は黒色。背部は暗色で体側の側線上方までに小黒点が散在する。体側全体には緑色の雲状紋があり、緑色紋の間は桃色で全体としてランダムな横縞模様となる。背鰭と脂鰭は緑色を帯び小黒点が散在する。胸鰭・腹鰭は黒色。臀鰭は暗褐色。尾鰭は緑色を帯び上下葉の縁辺部寄りに小黒点が散在する (Fig. 2A)。

ミトコンドリア DNA 標本から得られた 921 bp の塩基配列 (アクセッション番号: LC527423) は、Oohara and Okazaki (1996) と Kuwahara et al. (2012) によって報告されているビワマスの塩基配列 (それぞれアクセッション番号 D63335, AB690379) の対応する領域と 100% 一致した。Kuwahara et al. (2012) によると、得られた配列と一致するハプロタイプ (Hap-4) はビワマスから検出される最も主要なハプロタイプである。

分布 自然分布域は琵琶湖と琵琶湖北湖の流入河川 (荒賀, 1998; 藤岡, 2016a, b) とされている場合が多いが、これは主要な生息域についての記述と考えられる。南湖や南湖中部の流入河川 (大宮川) からの報告例 (環境省, 2009; 西岡, 2019) もあり、本報告は近年における南湖水域からの報告の 3 例目、標本が保管されているものとしてはおそらく初めての報告である。

備考 本標本は、側扁した体の背側後方に脂鰭が存在し、他の鰭には軟条のみが存在して棘条がないこと、口が大きくて両顎に歯があること等で



Fig. 2. Specimen of Biwa salmon *Oncorhynchus masou* subsp., LBM-1210057817 (specimen lacking internal organs; internal organs registered as LBM-1210057818), 371 mm SL, collected off Yanagawa River mouth, South Basin, Lake Biwa, Shiga Prefecture, Japan. A) Fresh specimen, B) specimen with fins erect, and C) excised testes (preserved).

サケ科に同定された(荒賀, 1998). さらに, 頭部も側扁して, 鋤骨・口蓋骨の歯帯は小字型であり, 体の背面に黒点が散在して尾鱗の黒点は上下葉の縁辺部寄りにある一方で, 頭部背面には小黒点が認められないことから, 細谷(2013)の検索からサクラマス *Oncorhynchus masou masou*, サツキマス, ビワマスのいずれかであると判定された. 採集された水域が琵琶湖であることと, 全長が20cm以上ありながら体側に朱点がないことで細谷(2013)のビワマスに最もよく合致するが, 琵琶湖の流入河川にはビワマスの他にサツキマスも分布する(加藤, 1978). そこで, 桑原・井口(1994)の判別式を用いて, 体側朱点の有無以外の形態形質から亜種を判別した. 得られた値は正の値(Y

= 8.25) をとり, ビワマスと判定された.

本標本は, 以上の形態学的な証拠と, ミトコンドリア DNA の塩基配列が既出のビワマスのそれと 100% 一致したことから, ビワマスと同定してほぼ間違いないと考えられる. なお, 近年の琵琶湖と流入河川では, 種苗放流された非在来アマゴとビワマスとの間の交雑個体が核 DNA の解析により検出されているが, このような個体は形態的にサツキマス(アマゴ)と判定でき, 湖内で採集される形態的にビワマスと判断される個体には, ほとんど交雑の痕跡がないとされている(Kuwahara et al., 2012, 2019).

本標本の性別は, 精巢の存在(Fig. 2C)から雄と判断でき, さらに, 生殖腺指数が3.47と高い

ことから、雄の成熟個体と判断された。また、体色には桃色の横縞模様があり、上下の顎が湾曲して「鼻曲がり」状態となっていることから、体側のパーマークで特徴付けられる河川残留型の早熟雄（桑原・井口，1994）ではなく、降湖型の成熟雄（藤岡，2016b）であると判断された。

琵琶湖の北湖に流入する4河川で降湖型の体サイズを調べた尾田ほか（2011）によると、回帰親魚の平均標準体長は（河川間や）雌雄間で差はなく（雄，41.4±6.6；雌，41.2±5.4），4 cm ほどのサイズクラスの中では雌雄とも37–41 cm クラスが最も個体数が多かった。本標本の標準体長（37.1 cm）は、このサイズクラスに含まれるので、遡上時の体サイズとしては平均的と判断された。また、ビワマスの体長は0+（1年目の秋）でおおよそ12 cm（藤岡，2016b），1+で20–35 cm，2+で30–45 cm，3+で35–50 cm，4+で40–55 cm，5+で50–60 cmであることから（田中，2011），本標本の年齢は2+もしくは3+である可能性が高いと考えられた。

本標本は、一般的なサイズの降湖型の成熟雄が、冬季の琵琶湖南湖（Fig. 1B）の南部水域に分布していた証拠である点で注目に値する。琵琶湖の南湖は浅く、夏季の水温は底層でも本亜種の生息適温を越えている。したがって、この個体も非繁殖期の夏季には、本亜種の大部分の個体と同様、北湖の低水温層で生活していたと考えられる。晩秋から水温が低下したことにより、北湖から南湖に移動することが可能となったのだろう。既に上で紹介しているが、滋賀県水産試験場が、平成17年の6月に北湖の中心部で標識稚魚を2万尾放流した結果、平成19年11月に南湖の定置網に標識放流魚が3個体かかっていた事例（環境省，2009）がある。これらの個体がいつ南湖に移動したかは不明だが、北湖から冬季の南湖への移動の実例と言えるだろう。本標本の個体が南湖の流入河川で生まれて母川回帰した可能性については、ビワマスの母川回帰性はそれほど強くないことが耳石の微量元素組成と安定同位体比の解析から明らかにされていることから（Amano et al., 2018）評価が難しい。しかし、本個体は生殖腺が発達して外部形態的にも成熟雄の二次性徴を現している点から、繁殖のための遡上河川を探すうちに、おそらく北湖から南湖の南部にまで到達したと推察される。

ビワマスが冬季の南湖に移動する要因としては、冬季の水温が、本亜種の生息適温まで低下する点

がもっとも重要だろう。南湖の水温データとしては、水文水質データベース（国土交通省，2019）のそれが利用可能だが、例えば、大宮川河口と柳川河口の中間点付近である唐崎沖（35.050278°N，135.877222°E）のデータ（水深0.5 mで月1回の採水）のうち、2009–2018年の10年間分の水温を参考にすると、11月から5月までは概ね20°Cを下回り、とくに12–4月はほぼ15°C以下の生息適温にまで低下する。本標本が12月11日に採集されていることと整合的であり、水温条件的には毎年12月には南湖に進入可能になるといえるのだ。

既に紹介したように、川那部（2000）は、与謝蕪村が1777年に残した句（瀬田降りて志賀の夕日や江鮭）を根拠に、この時代には南湖にもビワマスが棲んでおり漁獲されていたと推察している。著者によるこの句の解釈を詳しく読むと、ここで詠まれているのは、句から感じ取られる色彩イメージから考えて、「青さびた体色に点々と紅色の斑点が散らばっている」状態の個体、換言すると河川遡上直前の降湖型の個体であると推定されている。そうだとすると、本報告の標本と、捕獲された時期、場所（南湖）、および生活史上のステージが同じになり、解釈的には非常に納得できる。

南湖流入河川の産卵場所としての有効性 本標本の存在により、現在の冬季の南湖にも、河川遡上前のビワマスの繁殖個体が分布することが証明されたが、このような個体が遡上する可能性のある南湖の流入河川は、次世代を生み出すという意味での産卵場所として有効だろうか？そもそも現在の南湖流入河川は、川岸や河床の人工構造物化により産卵に適した底質が広く消失しており、また、河川横断物の構築によりほとんどの川で遡上が阻害されている。しかし、これらの問題は、人による改善が比較的可能なものであり、これらの改善により有効な産卵場が復活するのであれば、保全再生は潜在的には実現可能な問題となる。一方、南湖流入河川の産卵場所としての有効性には、これらの問題の他に、改善が難しい次の3つの問題、1) 河川規模の問題、2) 河川水温の問題、3) 南湖水温の問題も存在する。以下にこれらの問題を順に検討し、続いて、水温の問題に密接に関わる湖底湧水の問題と地球温暖化の問題について触れ、最後に南湖の流入河川においてビワマスの産卵環境を復活させる試みの潜在的意義について考察する。

1) 河川規模の問題：南湖周辺には、ある程度詳細な場所情報とともにビワマスの産卵が確認・

報告されている北湖周辺の河川 (Fig. 1A) のような大規模な流入河川は存在しない。しかし、藤岡 (2019) によると、東近江市や野洲市 (どちらも北湖沿岸) などの水田地帯では、小河川での遡上・産卵が観察されており、また、中川ほか (2014) では、長浜市 (北湖沿岸) の農業水路でのビワマス幼魚の採集事例が報告されていて、併せて、付近の水路では親魚の遡上が見られるという聞き取り調査の結果も報告されている。これらのことから、南湖に流入する小河川でも、河川の規模的には遡上の可能性は十分にあると考えられる。

2) 河川水温の問題：南湖の流入河川は、受精卵の発生・浮上についても、水温条件的には問題なさそうである。ビワマスの受精卵の発生には 17°C 以下の、浮上には 13°C 以下の水温が適温とされている (片岡, 2010)。滋賀県の主な河川の水温については、県による水質モニタリングの河川水質調査結果 (滋賀県, 2018) から、2008–2013 年度の毎月 1 回の流心採水のデータが利用可能であり、これをもとに柳川 (新柳川橋: $35.030870^{\circ}\text{N}$, $135.866671^{\circ}\text{E}$) の水温を検討してみると、12 月から 3 月にかけては概ね 13°C を下回っており、6 年間分を平均すると各月の水温としては 12 月が 10.8°C 、1 月は 6.9°C 、2 月は 8.2°C 、3 月は 11.2°C となっている。ビワマスの受精卵が孵化し、浮上に至るまでの日数は積算水温で $776^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ であるという知見があるので (藤岡, 1991)、各月の平均水温値に日数を乗ずる単純試算をすると、12 月の半ばに受精した卵は 3 月末には浮上する計算になる。

3) 南湖水温の問題：南湖の流入河川で生まれたビワマスが 3 月末に浮上後、北湖のものと同様に 5 月に湖に降るとすると、湖中では生息適温 (15°C) よりやや高い水温を経験することになる。上で用いた唐崎沖表層の水温データでは、どの年でも 5 月は 15°C を上回り、10 年分の平均では 18.7°C となる。より沖合の唐崎沖中央 ($35.046548^{\circ}\text{N}$, $135.895872^{\circ}\text{E}$: 水深約 4 m) の底層 (底から 0.5 m 上) でも状況は似ているが、早めにここまでたどり着けば水温条件的には比較的ましかもしれない。この地点の底層水温データとしては、滋賀県の環境白書のページ (滋賀県, 2018) から、2011–2017 年度の毎月 2 回測定のもので利用できるが、平均した水温は、4 月の後半で 14.2°C 、5 月の前半で 17.5°C 、同月の後半で 19.5°C となる。6 月になって 20°C を超える前に、この比較的低温の底層を通過して北湖までたどり着ければ、南湖流入河川で生まれたビワマスが次世代

につながると思われる。

南湖の水温条件としては、湖中における地下水の湧出も考慮に入れる必要がある。南湖も含めて琵琶湖の沿岸や湖底では、各所で地下水の湧出が知られており、古来より漁業者の話として、魚がよく集まるところには湧水が存在することが知られている (小林, 2003)。一般的に浅層地下水の水温はその場所の年平均気温より $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ ぐらい高いが (江口, 1961)、南湖に接する大津市の年平均気温は 14.9°C なので (1981–2010 年の平均: 気象庁, 2020)、現在の南湖の地下水水温は $16\text{--}17^{\circ}\text{C}$ ぐらいと推察される。また、夏の南湖への地下水の流入量は河川水のその約 70% に相当すると推定されており、かつ、湧水 flux の多い領域は比叡山麓と並行して西岸側の南北に連なっている (高橋ほか, 2004)。流入河川から南湖に流下したビワマスは、このような湧水地域を回廊的 (あるいは飛石的?) に伝って北湖へ移動できる可能性があり、さらには、このような場所で、ある程度生育することも可能かもしれない。

ビワマスは受精から浮上までに比較的低い温度条件を必要とするため、地球温暖化の影響が危惧されている (尾田, 2011, 2014)。上述のように、南湖に流入する小河川の繁殖に関しては、現在、受精卵の発生と流下に関する温度条件はクリアしているものの、降湖時期の南湖の水温はすでに適温よりやや高めの状態にあるので、南湖流入河川の産卵場所としての潜在的有効性は現時点でも明白ではない。今後、気候の温暖化が進行するとますます繁殖場所としては適さなくなると考えられるが、上述した湖底の湧水が、ビワマスの北上ルート・避難場所として機能し、温暖化の影響を多少なりとも緩和するかもしれない。湖底湧水がビワマスの分布に与える影響については実証的な調査が必要だが、これを解明することは、本亜種の南湖における現状の理解に役立つだけでなく、その未来の予測にも有意義だろう。

ビワマスの南湖流入河川における産卵がたとえ無効なものであったとしても、その遡上や産卵を助ける形で河川環境を改善することは無駄ではない。そのような働きかけは、アユやホンモロコなど他の魚種の遡上や産卵にも好影響をもたらすと考えられるからである。ビワマスは市民の関心を引きやすい魚種であることから、環境アイコン (佐藤, 2008) として、市民との協働による河川の自然環境の改善を目指すための有効な看板となりうる点は留意すべきだろう [実際、北湖の流入河川

で行われている「家棟川・童子川・中ノ池川にビワマスに戻すプロジェクト」(水野ほか, 2017)では良好な成果が上がっている。上述のように、現在の南湖流入河川は、川岸や河床の人工構造物化により産卵に適した底質が広く消失しており、また、河川横断物の構築によりほとんどの川で遡上が阻害されている。今回の標本をきっかけに、ビワマスの遡上・産卵について注目が集まり、そのことによって南湖と流入小河川の環境について人々の関心が高まって、自然環境の再生と保全につながることを期待したい。

謝 辞

本研究を行うにあたり、大津市漁業協同組合代表理事の鶴飼広之氏には、エリで漁獲された本標本とそれに関する貴重な情報を提供いただいた。また、滋賀県水産試験場の酒井明久氏には琵琶湖のエリ漁業者を紹介いただいた。この場を借りてお礼を申し上げる。本研究の一部は、地方創生推進交付金「琵琶湖モデル・水環境ビジネス推進プロジェクト」の援助を受けた。

引用文献

- Amano, Y., M. Kuwahara, T. Takahashi, K. Shirai, K. Yamane, T. Kawakami, K. Yokouchi, H. Amakawa, and T. Otake. 2018. Low-fidelity homing behaviour of Biwa salmon *Oncorhynchus* sp. landlocked in Lake Biwa as inferred from otolith elemental and Sr isotopic compositions. *Fish. Sci.*, 84: 799–813.
- 荒賀忠一. 1998. サケ科. 中坊徹次・望月賢二(編), pp. 45–51. 日本動物大百科 第6巻 魚類. 平凡社, 東京.
- 江口弘. 1961. 地下水の水温について. 魚と卵, 86: 1–3.
- 藤岡康弘. 1990. ビワマス 湖に生きるサケ. 魚と卵, 159: 25–38.
- 藤岡康弘. 1991. ビワマスの形態ならびに生理・生態に関する研究. 滋賀県醒井養鱒場研究報告, 3: 1–112.
- 藤岡康弘. 2016a. ビワマス. 滋賀県生きもの総合調査委員会(編), p. 565. 滋賀県で大切にすべき野生生物 滋賀県レッドデータブック 2015年版. 滋賀県自然環境保全課, 滋賀県.
- 藤岡康弘. 2016b. サケ科魚類のプロファイル-14 ビワマス. *SALMON 情報*, 10: 49–52.
- 藤岡康弘. 2019. マス類. 大久保卓也(編), pp. 27–28. 水田地域における生態系保全のための技術指針. 滋賀県立大学環境科学部, 彦根.
- 藤岡康弘・伏木省三. 1988. ビワマス幼魚の降河と銀毛化. *日本水産学会誌*, 54: 1889–1897.
- 細谷和海. 2013. サケ科. 中坊徹次(編), pp. 362–367, 1833–1835. 日本産魚類検索 全種の同定第三版. 東海大学出版会, 秦野.
- Kamimura, H., and Y. Mitsunaga. 2014. Temporal and spatial distributions of Biwa Salmon *Oncorhynchus masou* subsp. by ultrasonic telemetry in Lake Biwa, Japan. *Fish. Sci.*, 80: 951–961.
- 環境省. 2009. 中央環境審議会水環境部会第20回会合配布資料2-2, 水生生物の保全に係る水質環境基準の類型指定について(第3次報告), 琵琶湖: https://www.env.go.jp/council/09water/y090-20/mat02_2-14.pdf. (参照 2020-1-9).
- 環境省. 2019. 環境省レッドリスト 2019. 環境省: <http://www.env.go.jp/press/files/jp/110615.pdf>. (参照 2019-12-30).
- 片岡佳孝. 2010. ビワマス受精卵のふ化および浮上におよぼす水温の影響. 平成20年度滋賀県水産試験場事業報告: 159–160.
- 加藤文男. 1978. 琵琶湖水系に生息するアマゴとビワマスについて. *魚類学雑誌*, 25: 197–204.
- 川那部浩哉. 2000. 魚々食紀 古来, 日本人は魚をどう食べてきたか. 平凡社, 東京. 214 pp.
- Kimura, S. 1990. On the type specimens of *Salmo macrostoma*, *Oncorhynchus ishikawae* and *O. rhodurus*. *Bull. Inst. Zool., Academia Sinica*, 29, Supplement: 1–16.
- 気象庁. 2020. 過去の気象データ検索, 大津平年値(年・月ごとの値) https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/nml_amd_ym.php?prec_no=60&block_no=0586&year=&month=&day=&view=. (参照 2020-2-9).
- 小林正雄. 2003. X-4 地下水流入. 琵琶湖流域研究会(編), pp. 217–231. 琵琶湖流域を読む 下. サンライズ出版, 彦根.
- 国土交通省. 2019. 水文水質データベース. <http://www1.river.go.jp/>. (参照 2020-1-8).
- 桑原雅之. 2013. ビワマス: その利用と保全. *魚類学雑誌*, 60: 63–67.
- 桑原雅之・井口恵一朗. 1994. ビワマスにおける河川残留型成熟雄の存在. *魚類学雑誌*, 40: 495–497.
- 桑原雅之・井口恵一朗. 2007. ビワマスにおける早期遡上群の存在. *魚類学雑誌*, 54: 15–20.
- Kuwahara, M., H. Takahashi, T. Kikko, S. Kurumi and K. Iguchi. 2012. Introgression of *Oncorhynchus masou* subsp. (Biwa salmon) genome into lake-run *O. m. ishikawae* (Amago salmon) introduced into Lake Biwa, Japan. *Ichthyol. Res.*, 59: 195–201.
- Kuwahara, M., H. Takahashi, T. Kikko, S. Kurumi and K. Iguchi. 2019. Trace of outbreeding between Biwa salmon (*Oncorhynchus masou* subsp.) and amago (*O. m. ishikawae*) detected from the upper reaches of inlet streams within Lake Biwa water system, Japan. *Ichthyol.*

- Res., 66: 67–78.
- 水野敏明・東善広・井関明子・北井剛・小島永裕・三井香代子・大久保卓也・永田貴丸・佐藤祐一. 2017. 在来魚の保全・再生に向けた流域管理に関する研究. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書, 13: 28–46.
- 中坊徹次. 2013. 魚類概説 第三版. 中坊徹次(編), pp. 3–30. 日本産魚類検索 全種の同定. 東海大学出版会, 秦野.
- 中川雅博・浅香智也・鈴木誉士. 2014. 滋賀県湖北地域の農業水路で採集された琵琶湖固有種ビワマス. 南紀生物, 56: 47–48.
- 西岡信夫. 2019. 「びわますを琵琶湖のシンボルに育てる会」の活動. 新琵琶湖学を拓く情報誌びわはく, 3: 10.
- 尾田昌紀. 2010. 琵琶湖流入河川におけるビワマスの産卵床分布. 日本水産学会誌, 76: 213–215.
- 尾田昌紀. 2011. 琵琶湖流入河川姉川におけるビワマスの産卵と稚魚の浮上—温暖化に伴う河川水温上昇の影響解析—. 応用生態工学, 13: 149–154.
- 尾田昌紀. 2014. 琵琶湖流入河川知内川におけるビワマスの産卵生態および稚魚の浮上について. 応用生態工学, 16: 65–76.
- 尾田昌紀・秋葉健司・山本俊昭. 2008. 琵琶湖流入河川におけるビワマス *Oncorhynchus masou* subsp. の自然再生産について. 陸水生物学報, 23: 1–6.
- 尾田昌紀・岸野底・原田泰志. 2011. 琵琶湖流入河川におけるビワマス遡上親魚の体サイズ. 魚類学雑誌, 58: 171–175.
- 尾田昌紀・淀 太我. 2016. 2015年の琵琶湖流入河川におけるビワマス産卵床の流程分布. 水産増殖, 64: 339–345.
- 尾田昌紀・淀 太我. 2017. 産卵床の増減からみたビワマス資源への遊漁の影響評価. 魚類学雑誌, 64: 19–24.
- Oohara I. and T. Okazaki. 1996. Genetic relationship among three subspecies of *Oncorhynchus masou* determined by mitochondrial DNA sequence analysis. Zool Sci., 13: 189–198.
- 産経 WEST. 2016. 数十年ぶり? 野洲川, 杣川にビワマスが遡上 滋賀・甲賀. (2016.11.11) <https://www.sankei.com/west/news/161111/wst1611110057-n1.html>. (参照 2019-12-30).
- 佐藤哲. 2008. 環境アイコンとしての野生生物と地域社会: アイコン化のプロセスと生態系サービスに関する科学の役割. 環境社会学研究, 14: 70–85.
- 滋賀県. 2018. 環境白書のページ. <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/kankyou/11319.html>. (参照 2020-2-8).
- 滋賀県. 2018. 水質モニタリング 河川水質調査結果. <https://www.pref.shiga.lg.jp/ippan/kankyoshizen/biwako/13114.html>. (参照 2020-2-8).
- 高橋扶・津本佳那・小林正雄. 2004. 琵琶湖南湖の湖底湧出地下水の flux 分布と湧出量. 日本陸水学雑誌・近畿支部会 第15回研究発表会講演要旨. <http://limnology-wjpn.sakura.ne.jp/15/15-32-Takahashi.pdf>. (参照 2020-2-17).
- 田中秀具. 2011. 琵琶湖におけるビワマスの資源構造に関する研究. 滋賀県水産試験場研究報告. 54: 7–61.