魚類学雑誌 66(2):237–243
DOI: 10.11369/jji.19–012
2019 年 11 月 5 日発行

記録・調査報告　*Note*

琵琶湖流入河川・丁野木川の人工護岸支流における ホンモロコ・ニゴロブナ・在来コイの産卵：産着卵の DNA 種判別にもとづく知見

馬渕浩司・西田一也・吉田　誠

〒 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

（2019 年 4 月 12 日受付；2019 年 6 月 12 日改訂；2019 年 6 月 13 日受理；2019 年 8 月 10 日 J–STAGE 早期公開）

キーワード：ホンモロコ , ニゴロブナ , 在来コイ , 琵琶湖 , 産卵

魚類学雑誌
Japanese Journal of Ichthyology
© The Ichthyological Society of Japan 2019

Kohji Mabuchi*, Kazuya Nishida and Makoto A. Yoshida. 2019. Spawning of *Gnathopogon caerulescens, Carassius buergeri grandoculis*, and Japanese *Cyprinus* species in a revetmented tributary of the Chounogi River flowing into Lake Biwa, as revealed by DNA identification of field-collected eggs. Japan. J. Ichthyol., 66(2): 237–243. DOI: 10.11369/jji.19-012.

Abstract　A total of 351 eggs from 12 egg populations was collected in June 2018 from a revetmented tributary of the Chounogi River, *ca*. 2 km upstream from Lake Biwa. Analysis of 95 of these eggs (sampled about equally from all populations) by a 2 or 3-step DNA identification process resulted in 71 being successfully sorted into the following five taxa: *Gnathopogon caerulescens* (25 eggs), *Carassius buergeri grandoculis* (22), triploid *Carassius* (4), and Japanese (8) and Eurasian (12) species of *Cyprinus*. Of these five taxa, *G. caerulescens*, *C. buergeri grandoculis*, and Japanese *Cyprinus* sp. are thought to migrate upstream to spawn, as they are more commonly found in the lake. Notably, 60% of the collected eggs were attached to the substrata provided by riverside trees (the remaining 40% were attached to vegetation hanging into the stream). Unfortunately, these trees were removed during a river renovation procedure conducted just after this study.

**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)*

ホンモロコ，ニゴロブナは，琵琶湖固有のコイ科の種・亜種である．また，琵琶湖の在来コイは，国外から導入されたコイの遺伝的影響が比較的少なく，日本在来コイの貴重な残存個体群と考えられている（Mabuchi et al., 2005；Mabuchi et al., 2008；馬渕ほか，2010）．これらは，滋賀県の伝統的な食文化を支える食材として利用されてきたが，1980–90 年代以降，漁獲量が激減し，現在では環境省のレッドリスト（環境省，2019）および滋賀県版レッドデータブック（滋賀県生きもの総合調査委員会，2016）に掲載されている．

漁獲量激減の原因としては，オオクチバスなど魚食性外来魚の蔓延とともに，産卵のための回遊を阻害する土地改変や人為的な水位調節が大きな要因と考えられている（藤岡，2013；馬渕・松崎，2017）．これらの魚種はいずれも琵琶湖沖合の深層域で越冬して春に産卵のため接岸する（中村，1969）．ホンモロコは浅い湖岸域や内湖のヨシ帯あるいは流れの緩やかな細流などで産卵し（中村，1969），ニゴロブナと在来コイは水路を通じてより内陸へ侵入し，水田にまで遡上して産卵する傾向がある（細谷，2005）．しかし，1970 年代から始まった湖岸堤の建設や圃場整備などにより，このような産卵回遊は大きく阻害されるようになった．すなわち，湖岸堤や水路・河川に設けられた堰によって，その内側にある内湖や水路の上流・細流への到達が難しくなり，また，圃場整備によって，湖につながる排水路と田面の高低差が大きく

なり，水路から水田への遡上が非常に困難となった．ホンモロコの場合はさらに，湖岸に生えるヤナギのごく浅い水際の根に産卵する傾向があることから（亀甲，2019），繁殖期に琵琶湖の水位を低いレベルに保つ瀬田川洗堰の操作（1992 年から）によって，卵の干出や産卵場所の減少などの大きなダメージを受けたと考えられている（藤岡，2013）．

現在のホンモロコ，ニゴロブナおよびコイが産卵場所として利用できるのは，湖岸堤の本湖側や進入可能な内湖に残された自然ヨシ帯と，湖岸で新たに造成された人工のヨシ帯，および，内湖や琵琶湖本湖に流入する河川および水路に限定されている．しかし，このように限られた場所で，各魚種がいつ，どのような微地形で産卵しているのかについては未解明な部分が多い．ホンモロコについては近年，内湖に流入する河川での産卵が確認され，そこでの産卵生態が明らかになりつつある（亀甲ほか，2014，2019）．コイ・フナ類については，湖岸のヨシ帯における産着卵調査が行われているが（佐藤・西野，2010；亀甲ほか，2012），卵の外見から在来・外来コイ，ニゴロブナ，ギンブナ，ゲンゴロウブナを区別できないため，魚種別の詳細な産卵実態は不明のままである．

そこで著者らは，魚種別の産卵実態を解明するために，2018 年から卵の DNA 種判別を用いた湖岸ヨシ帯の産着卵調査を開始し，同時に湖北地方の琵琶湖流入河川・水路において予備的な産着卵調査を行った．本稿ではこの予備的調査の中からとくに，2018 年の調査シーズン直後に河川の改修工事によって消滅したある産卵場所について報告する．

材料と方法

調査場所は，琵琶湖の北部に流れ込む丁野木川の支流，益田川で，益田町と安養寺町の境界付近の，県道 44 号線と交差する橋から上流に向けて約 80 m の範囲である（Fig. 1）．川幅は約 5 m，水深は膝上ほどで，河畔には大きなヤナギ属（Fig. 2A）やクワ属の樹木が生えており，前者は護岸の破損部から水中まで根が伸び（Fig. 2B），後者は枝が水面まで垂下して流下した植物片などの浮遊物が引っかかっていた．また，ノブドウなどの蔓植物が垂下した部分にも浮遊物が引っかかっていた（Fig. 2C 左）．2018 年の 6 月 1 日，12 日，27 日，29 日にこれらの場所で産着卵を徒手で採集し，

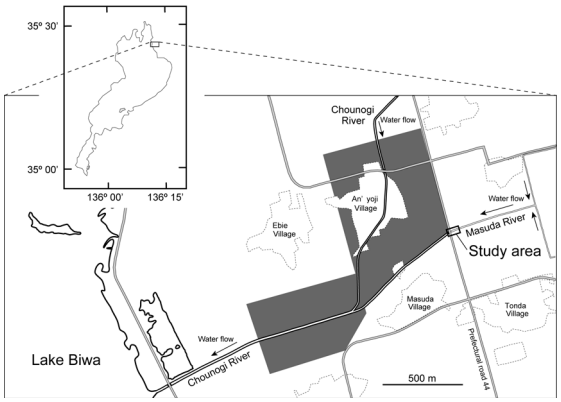

Fig. 1. Location of the study area (indicated by square - for details, see Fig. 4). Shaded areas indicate paddy fields, into which *Carassius buergeri grandoculis* and *Gnathopogon caerulescens* fry have been introduced each year since 2003 and 2017, respectively. Dashed lines demarcate villages. Arrows denote the direction of water flow.

卵群サンプルごとに採集地点の位置を記録した．卵群サンプルは，植物の茎・葉などの付着基質ごと採集し，水を入れた 15 ml のプラスチックチューブに入れて持ち帰ったが，卵数密度が低く，チューブに収容できる基質片では約 10 個に満たない卵しか得られない場合は，採集地点から手の届く範囲の基質から約 10 個の卵を探索し，基質から剥がしてプラスチックチューブに収容した．持ち帰った卵はその日のうちにエタノール固定して－ 30°C で保管し，後日，カネカ簡易 DNA 抽出キット Ver. 2（カネカ）を用いて 1 卵ずつから DNA を抽出した．なお，抽出作業の最初のステップでは Proteinase K（Promega）を添加して消化力を増強した．

各卵群サンプルからそれぞれ 8 個の卵をランダムに選び，1 卵ずつに対して以下のような段階的な DNA 種判別を行った（Fig. 3）．ニゴロブナとギンブナの判別以外は，ミトコンドリア DNA をターゲットとしたアリル特異的プライマーによる PCR 種（属）判別（増幅断片の長さの違いで判別）を行った．最初のステップでは，Mabuchi（2016）の方法により，コイ属，フナ属，タモロコ属，ワタカのいずれの卵であるかを判別した．ついで，コイ属の卵と判定されたものについては，馬渕・西田（2006）の方法により，在来コイか国外からの導入コイかを判別し，フナ属の卵については，Mishina et al.（2014）の方法により，ゲンゴロウブナか，それ以外かを判別した．タモロコ属の卵

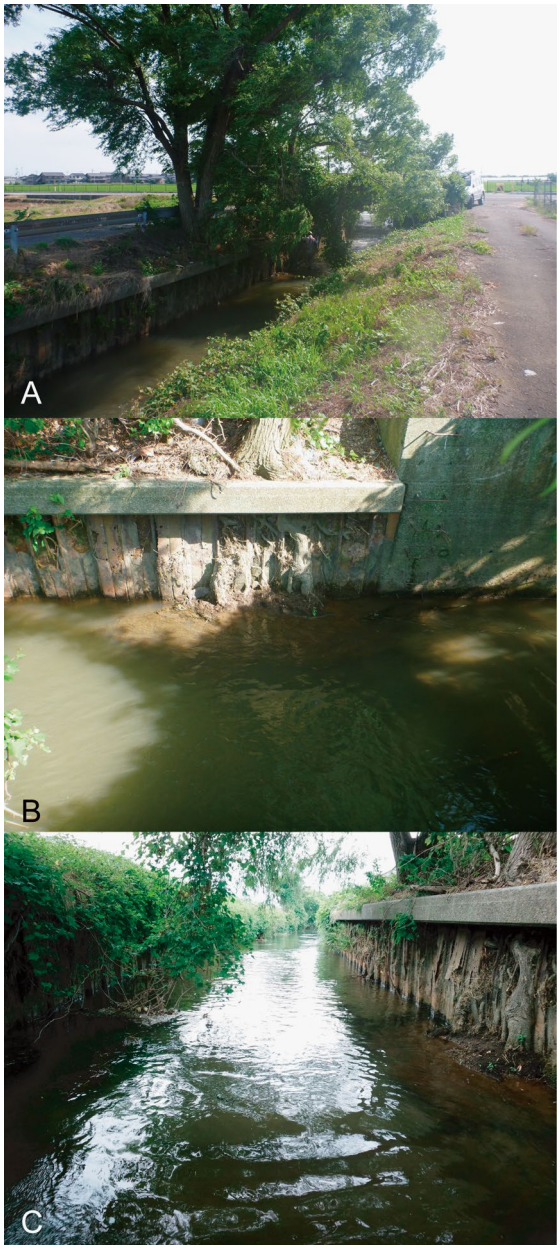

Fig. 2. Photographs of the study area. A, riverside *Salix* trees at Site 1 (viewed from upstream); B, *Salix* tree roots escaping the revetment structure and extending into the water; C, stream environment under *Salix* trees (viewed from downstream), with *Salix* roots (right side) and climbing plants hanging into the stream (left side).

については，最初の属判別の段階で PCR 増幅した DNA 断片についてプライマー Cytb522R（Mabuchi, 2016）を用いてシーケンスし，得られた塩基配列に基づいてホンモロコかタモロコかを判別した．シーケンスサンプルの調製試薬としては BigDye terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit（Thermo Fisher Scientific）を用いた．フナ属卵のうちゲンゴロウブナではないと判定されたものについては，Mishina et al.（2014）を一部改変した方法を用い，マイクロサテライト多型解析によるゲノム倍数性判定に基づいてニゴロブナ（2 倍体）とギンブナ（3 倍体）を判別した．この解析では，以下の 5 つの座位を用いた：J12，GF29，GF1，J58，GF17［このうち GF29 は Yue and Orban（2002）で，J58 は Zheng et al.（1995）で報告されているプライマーで，Mishina et al.（2014）では用いられていない］．これら 5 つの座位を Type-it Microsatellite PCR Kit（QIAGEN）でマルチプレックス増幅した．以上の一連の解析で，PCR 増幅は LifeECO（BioER）または Thermal Cycler Dice Touch（TaKaRa）で行い，ミトコンドリア DNA の増幅断片長の電気泳動解析は 3% アガロースゲル上でサイズマーカーには 100 bp DNA Ladder H3 RTU（NIPPON Genetics）を用いて行った．タモロコ属の塩基配列シーケンスとフナ属のマイクロサテライト多型解析は，ABI PRISM 3130xl Genetic Analyzer（Applied Biosystems）上で行った．後者の解析では，GeneScan 500 LIZ dye Size Standard（Thermo Fisher Scientific）をサイズマーカーに用いた．

結　　果

調査を行った湖北地方では，琵琶湖に近い中小河川や農業水路はコンクリートや鋼矢板を用いた人工護岸（Fig. 2B, C）が施されており，かつ，産卵基質として好まれる浮遊物（中村，1969）が少ないために，産着卵が確認できた場所は限られていた．例外的に，沈水植物が水面付近まで繁茂した場所では産着卵が見られることがあり，また，流路のすぐ近くにヤナギなどの樹木（以下，河畔木）や蔓植物がある場所では，護岸の隙間や破損部から木根が水面・水中まで伸びたり，木の枝や蔓が水面に垂下して浮遊物が引っかかったりして，これらが産卵基質としてよく利用されていた．本稿で報告する丁野木川支流（益田川）の調査地は，老朽化した護岸の改修工事が調査後の 2018 年秋に始まり，河畔木が伐採されて三面コンクリート張りの水路に変えられたが，それまでは上述のような河畔木（Fig. 2A）が存在する産卵場所として貴重な場所であった．

調査を行った 6 月の 4 日間で，合計 12 の卵群サンプル（サンプル名 G235, 236, 237, 238, 263, 264, 265, 341, 342, 343, 364, 365）351 個の卵が採集された．各日に採集された卵群の詳細は Fig. 4 の通り．産着卵が確認・採集できた場所は以下の 4

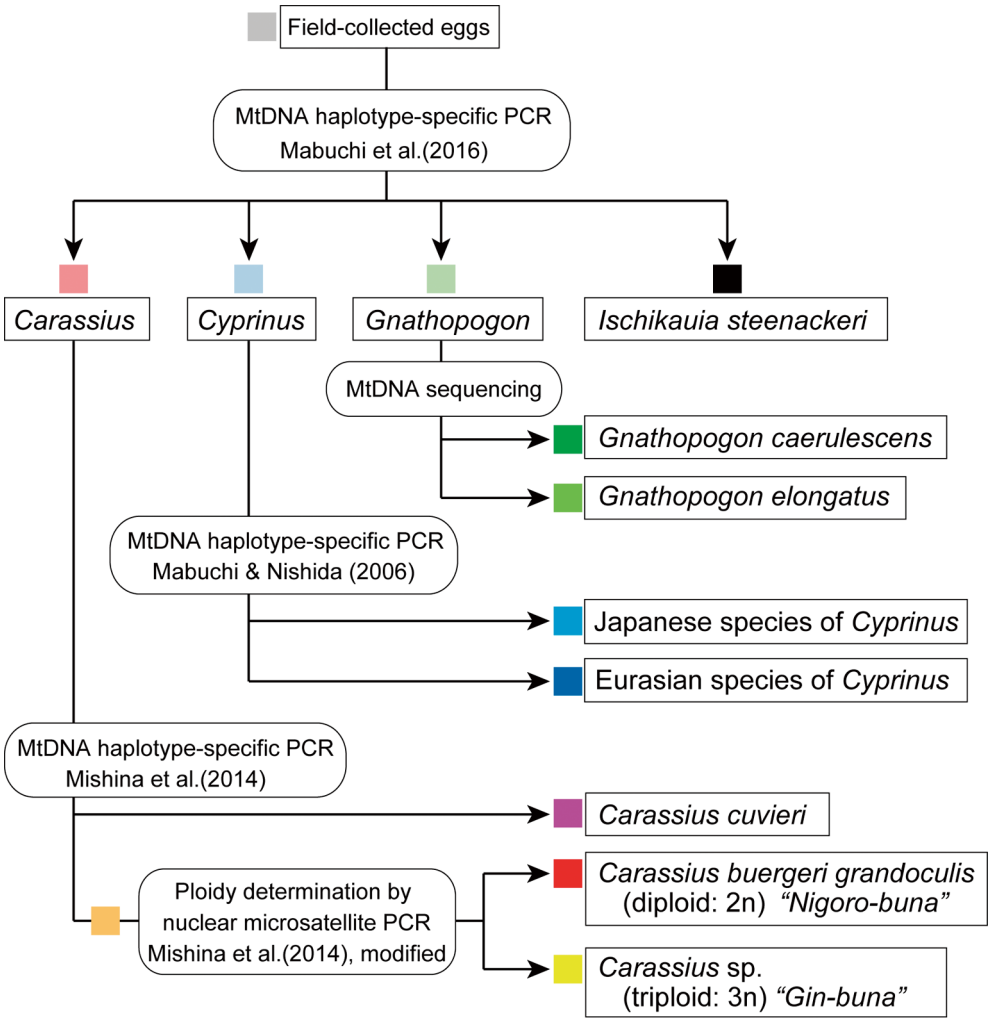

Fig. 3. Flow chart of DNA identification of field-collected eggs. Text within rounded rectangles indicates identification methods performed at each step. Colors of squares correspond to pie chart colors (Fig. 4).

つに大別された：ヤナギ属の河畔木の下（Site 1），下流側（Site 2）および上流側（Site 3）のノブドウの垂下蔓による浮遊物の溜り，クワ属の河畔木の下（Site 4）．ただし，Site 1 のヤナギ属河畔木の枝下には，対岸から伸びたノブドウの蔓が水面に垂下し，浮遊物の溜まっている部分（Fig. 2C 左）が存在した．採集された 351 個の卵のうち 210 個の卵（60%）はヤナギ属またはクワ属の河畔木が提供した産卵基質であった（卵群では次の 6 つ：G235, 236, 237, 263, 364, 365）．

各卵群について 8 個ずつ（G238 のみ 7 個），合計 95 個の卵について DNA 種判別を行ったところ，PCR 増幅の不調により判別が最後まで完了できない事例が各段階で生じた．その結果，属名不明のものが 3 個，フナ属ではあるが種・亜種が不明なものが 4 個，ニゴロブナ（2 倍体）かギンブナ（3 倍体）かが不明のものが 17 個あった．属名が判明した 92 個の卵の内訳は，フナ属が 47 個（51%），コイ属が 20 個（22%），タモロコ属が 25 個（27%）だった．種・亜種判別が最後まで完了した 71 個の卵の種組成は，ホンモロコが 25 個（35%），ニゴロブナが 22 個（31%），ギンブナが 4 個（6%），在来コイが 8 個（11%），導入コイが 12 個（17%）であった．ゲンゴロウブナ，タモロコ，ワタカの卵は検出されなかった．

場所別に整理すると次のようになった（Fig. 4）．すべてのホンモロコ卵はヤナギ属河畔木の下である Site 1 から検出された．一方，フナ属卵の 89% は Site 1 以外の場所から採集され，Site 1 で採集された残り 11% の卵（G264, 341）も，採集された場所はノブドウ垂下蔓の浮遊物溜り（Fig. 2C 左）だった．コイ属卵の 80% は Site 1 のヤナギ属の根

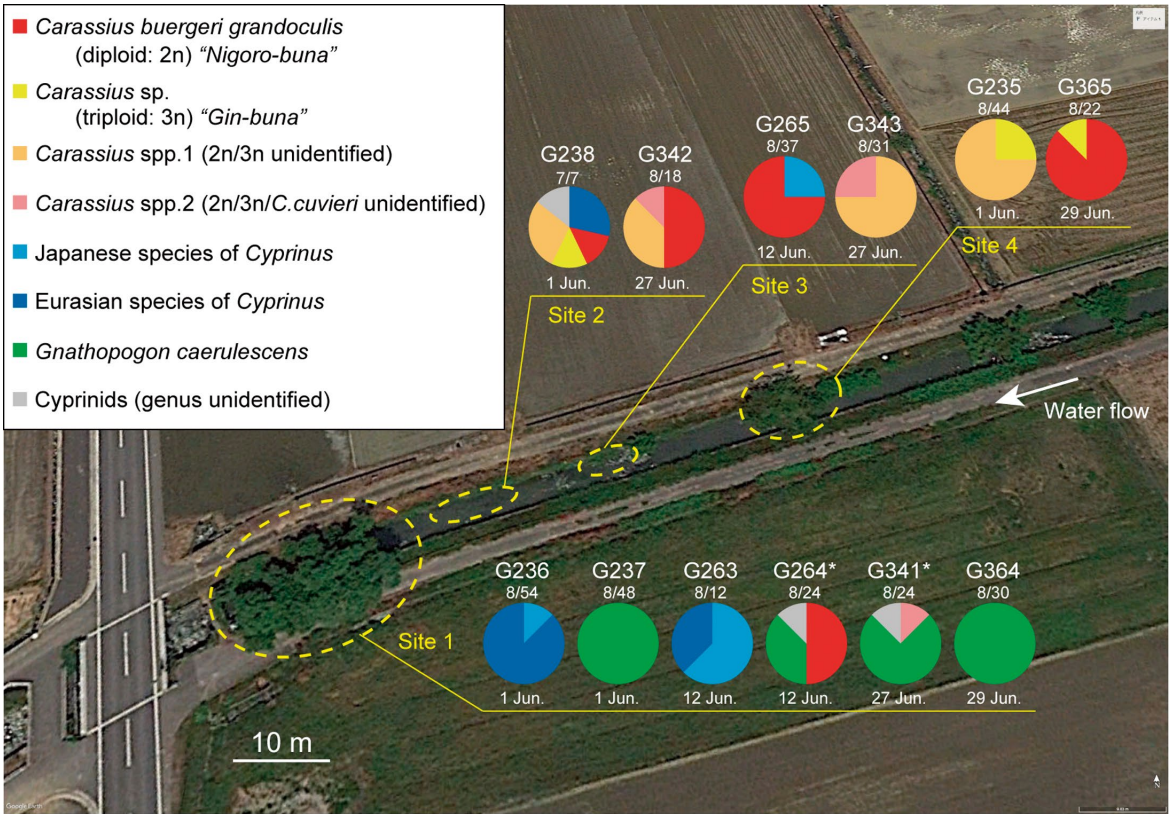

Fig. 4. Species/subspecies compositions of the 12 egg populations marked on the Google aerial view of the study area (original picture taken May 23, 2016: white arrow denotes the direction of water flow). Names of egg populations (Gxxx) and numbers of analyzed/collected eggs listed above each pie chart, with date of collection (in 2018) listed below. Pie charts grouped by egg collection site: Site 1, under the riverside *Salix* trees shown in Fig. 2; Sites 2 and 3, climbing plants hanging into the stream and aggregations of floating material, such as cut grass; Site 4, branches of a riverside *Morus* tree extending down to the stream and aggregations of floating material. Most of the eggs collected from Site 1 were attached to *Salix* tree roots, except those from two populations marked with asterisks (G264 and G341), which were attached to floating material that had accumulated around climbing plants.

（Fig. 2B）から検出された．

考　　察

湖北地方内陸部における遡上産卵　産着卵の DNA 種判別の結果（Fig. 4）から，琵琶湖から約 2 km 上流の本調査地は，ホンモロコ，ニゴロブナ，ギンブナ，および在来・導入系統のコイ（各コイ卵の系統間交雑の程度は不明）によって産卵場所として利用されていることが確認された．このうちホンモロコ，ニゴロブナ，在来コイは，基本的に産卵期前は琵琶湖で生活していると考えられるので，これらは湖から約 2 km も遡上して産卵していたことになる．産卵できる水田が圃場整備により消滅して 30 年以上経過した現在でも，これだけの距離を遡上して産卵するニゴロブナや在来コイが存在することは注目に値する．ただし，ニゴロブナとホンモロコに関しては，以下のように最近の放流種苗に由来する可能性がある．

調査地に隣接する安養寺町在住の漁師の方の話によると，丁野木川に遡上するニゴロブナとホンモロコ は，湖岸堤建設と圃場整備の後に激減した．しかし，水田に稚魚種苗（全長約 2 cm）が放流されるようになって以降，ニゴロブナについては遡上個体が観察・捕獲できるようになったという．人工種苗の放流を行っている滋賀県水産振興協会によると，丁野木川水系ではニゴロブナは 2003 年から，ホンモロコは 2017 年から放流されており，水田からの流下尾数は 2017 年以降，1 シーズンあたりそれぞれ 30–50 万尾，20–40 万尾に上る（中新井，私信）．一方，ニゴロブナやホンモロコは稚魚期を過ごした水田周辺や流下した

内湖周辺へ産卵回帰することが，耳石標識種苗の再捕調査（井出ほか，2014; 亀甲ほか，2015；滋賀県水産振興協会，2015）により指摘されている．

今回両種の卵が検出された場所は，放流が行われている水田に隣接しており（Fig. 1），また上述のように，稚魚放流以前には遡上魚が激減していた．以上を考え合わせると，今回検出されたニゴロブナ・ホンモロコ卵には，放流された稚魚が回帰・産卵したものが多数含まれている可能性がある．

今回調査を行った場所では，ニゴロブナの遡上個体は地元の方に観察・捕獲されており，調査中の我々にも確認できたが，ホンモロコの遡上個体については，地元の方にも認識されておらず，我々も確認できなかった．今回の卵調査によって初めてホンモロコの産卵が確認されたわけだが，親魚の確認が難しい状況でも産卵の事実が確認できたという点で，DNA 卵調査の有効性を端的に示していると言える．

本調査の結果，これまで明白には知られていなかった湖北地方の内陸部におけるホンモロコの産卵場所についてその一端が明らかになった．湖東地方については既に西の湖や伊庭内湖への流入河川で産卵が確認されており，産卵保護のため 4, 5 月の産卵期間中これら河川におけるホンモロコ親魚の採捕が禁止されている（亀甲ほか，2018）．本調査によって湖北地方の内陸部でも産卵が確認されたことから，この地域における保全に向けて検討の糸口が与えられたと言える．

河畔木の価値　琵琶湖に流入する中小の河川・農業水路の下流部は，現在では上述のように人工構造物で護岸されている場合がほとんどであり，水面の浮遊物に産卵するコイ・フナ類にとっての好適な産卵場所はほとんど存在しない．例外的な場所として，垂下した蔓植物に引っかかった浮遊物（本調査では Site 2 や 3 の例）があるが，これらは河畔の除草でなくなる場合がある．一方，河畔木（Fig. 2A）は恒常性の点で優れており，護岸の隙間や破損部から水中に伸びた根（Fig. 2B）や，水面に垂下した枝は，毎年安定して利用できる産卵場所となる（Site 1 や 4 の例）．本調査では，採集された卵の 60% がこのような河畔木により提供される基質に産み付けられていた．

河川に産卵するホンモロコは河床の砂礫で産卵することが知られており（亀甲ほか，2014），産卵基質として別の選択肢があるものの，本調査の結果，すべてのホンモロコ卵はヤナギ属河畔木の下から検出されたことから，ヤナギ属の樹下はやはりホンモロコが好む産卵場所であり，また，コイ属卵の 80% がヤナギ属の根から検出されたことから，コイにも好まれている可能性が高い．以上から，河川・農業水路の河畔木は，ニゴロブナ，コイ，ホンモロコにとって貴重な産卵環境であると評価できる．

遡上魚の産卵基質として，近年ではキンランなど人工的な産卵床の設置も研究されており一定の効果が期待される（大久保，私信）．しかし，河畔木は田園風景を飾る景観上の一要素としても価値があり，この点でも保全の意義がある．日本の伝統的な田園風景を構成する樹木としては，これまで水田の畦畔木が注目されてきたが（落合・高橋，1999），河畔木も同様の価値を持っており，さらには人工護岸が進んだ現在の河川では，本調査のように複数の在来魚類の繁殖場所という生物多様性の保全上（さらには水産上）の価値も持つ．

今回調査を行った場所は，琵琶湖からのホンモロコ，ニゴロブナ，コイの現在における産卵遡上の距離を知る上で貴重な場所であったが，改修工事により，産卵場所を提供していた河畔木はすべて伐採された．湖北地方には，このように産卵場所として機能している可能性のある河畔木が他にも存在するが，護岸構造物が老朽化しており，近い将来の改修工事で伐採される可能性が非常に高い．本報告により，これまで注目されてこなかった河畔木の価値に目が向けられ，老朽化した護岸の改修時にも，保護あるいは再生の配慮がなされるようになることを期待する．

謝　　辞

滋賀県水産振興協会の中新井隆氏と礒田能年氏には稚魚放流事業について，南浜漁業共同組合の藤井恒夫氏には調査地付近の産卵遡上の現状と過去について，滋賀県立大学の大久保卓也氏には，琵琶湖流入水路における人工産卵床実験について貴重な情報をいただいた．滋賀県水産試験場の米田一紀氏には野外での調査を進めるにあたって助言と協力をいただいた．滋賀県琵琶湖環境科学研究センターにはシーケンサーの利用について便宜を図っていただき，高田（遠藤）未来美氏（元順天堂大学）にはマイクロサテライト多型の解析において助言・助力いただいた．ここに感謝の意を表する．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．卵の採集は，滋賀県特別採捕許可（特第 30-74）を得て行った．

引 用 文 献

藤岡康弘．2013．琵琶湖固有（亜）種ホンモロコおよびニゴロブナ・ゲンゴロウブナ激減の現状と回復への課題．魚類学雑誌，60: 57–63．

細谷和海．2005．琵琶湖の淡水魚の回遊様式と内湖の役割．西野麻知子・浜端悦治（編）pp. 118–125．内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全．サンライズ出版，彦根．

井出充彦・亀甲武志・孝橋賢一・中新井隆・根本守仁．2014. 水田を活用したニゴロブナ放流種苗の接岸状況．平成 25 年度滋賀県水産試験場事業報告，27．

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 2019-3-31）．

亀甲武志．2019．ホンモロコ の琵琶湖沿岸での産卵行動．動物行動の映像データベース，データ番 号：momo181229un04b. http://www.momo-p.com/index.php?movieid=momo181229un04b&embed=on（参照 2019-5-24）．

亀甲武志・根本守仁・澤田宣雄・藤岡康弘・甲斐嘉晃．2012．琵琶湖沿岸におけるフナ類およびコイ産着卵の大量干出．魚類学雑誌，59: 84–86．

亀甲武志・西森克浩・石崎大介・吉岡　剛・大前信輔・中村亮一・地村由紀人・窪田雄二・片岡佳孝・根本守仁・岡本晴夫・大植伸之・藤岡康弘．2018．琵琶湖内湖の流入河川におけるホンモロコ産卵保護のための採捕規制．日本水産学会誌，84: 452–455．

亀甲武志・岡本晴夫・氏家宗二・井出充彦．2015．西の湖で放流されたホンモロコの産卵接岸状況．平成 26 年度滋賀県水産試験場事業報告，28．

亀甲武志・岡本晴夫・氏家宗二・石崎大介・臼杵崇広・根本守仁・三枝　仁・甲斐嘉晃・藤岡康弘．2014．琵琶湖内湖の流入河川におけるホンモロコの産卵生態．魚類学雑誌，61: 1–8．

Mabuchi, K. 2016. A method for PCR-based identification of fish eggs attached to vegetation in Lake Biwa, Japan. Conserv. Genet. Resour., 8: 215–217.

馬渕浩司・西田　睦．2006．PCR 法を用いた琵琶湖産野生型コイのミトコンドリア DNA の簡易識別法．水産育種，35: 19–23．

Mabuchi, K., H. Senou and M. Nishida. 2008. Mitochondrial DNA analysis reveals cryptic large-scale invasion of nonnative genotypes of common carp (*Cyprinus carpio*) in Japan. Mol. Ecol., 17: 796–809.

Mabuchi, K., H. Senou, T. Suzuki and M. Nishida. 2005. Discovery of an ancient lineage of *Cyprinus carpio* from Lake Biwa, central Japan, based on mtDNA sequence data, with reference to possible multiple origins of koi. J. Fish Biol., 66: 1516–1528.

馬渕浩司・瀬能　宏・武島弘彦・中井克樹・西田睦．2010．琵琶湖におけるコイの日本在来 mtDNA ハプロタイプの分布．魚類学雑誌，57: 1–12．

馬渕浩司・松崎慎一郎．2017．日本の自然水域のコイ：在来コイの現状と導入コイの脅威．魚類学雑誌，64: 213–218．

Mishina, T., M. Takada, H. Takeshima, M. Nakano, R. Tabata, M. Nishida and K. Watanabe. 2014. Molecular identification of species and ploidy of *Carassius* fishes in Lake Biwa, using mtDNA and microsatellite multiplex PCRs. Ichthyol. Res., 61: 169–175.

中村守純．1969．日本のコイ科魚類．資源科学研究所，東京，455 pp.

落合基継・高橋　強．1999．農村景観構成要素である畦畔木の実態．農業土木学会論文集，199: 151–160．

佐藤祐一・西野麻知子．2010．水位操作がコイ科魚類の産卵に与える影響のモデル解析と対策効果予測．湿地研究，1: 17–31．

滋賀県生きもの総合調査委員会．2016．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．サンライズ出版，彦根，647 pp.

滋賀県水産振興協会．2015．2012 年（平成 24 年）度生産放流事業報告書．滋賀県水産振興協会：http://www.ex.biwa.ne.jp/~fishlake/hokoku/rp12.pdf（参照 2019-3-31）．

Yue, G. H. and L. Orban. 2002. Polymorphic microsatellites from silver crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) and cross-amplification in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Mol. Ecol. Notes, 2: 534–536.

Zheng, W., N.E. Stacey, J. Coffin and C. Strobeck. 1995. Isolation and characterization of microsatellite loci in the goldfish *Carassius auratus*. Mol. Ecol., 4: 791–792.