

## 木曾川イタセンバラ生息域外保全の実践とこれから

\*池谷幸樹<sup>1</sup>・山崎裕治<sup>2</sup>・大原健一<sup>3</sup>・久保禎子<sup>4</sup>

### Practice and future of ex situ conservation of endangered Deep Bodied Bitterling in the Kiso River, Japan

\* Koki Ikeya<sup>1</sup>, Yuji Yamazaki<sup>2</sup>, Kenichi Ohara<sup>3</sup> and Teiko Kubo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>World Freshwater Aquarium Aquatotto Gifu  
1453 Kawashimakasada, Kakamigahara, Gifu, 501-6021, Japan

<sup>2</sup>Faculty of Science, University of Toyama  
3190 Gofuku, Toyama City, Toyama, 930-8555, Japan

<sup>3</sup>Gifu Prefectural Research Institute for Fisheries and Aquatic Environments  
Kawashimakasada, Kakamigahara, Gifu 501-6021, Japan

<sup>4</sup>Ichinomiya Bisai Museum of History and Folklore  
211 Shitamachi, Ichinomiya City, Aichi, 494-0006, Japan

\* E-mail: k-ikeya@aquatotto.co.jp

**Abstract** Ten years have passed since the start of ex situ conservation of endangered Deep Bodied Bitterling *Acheilognathus longipinnis* in the Kiso River, and the organizational changes and conservation activities of related organizations were summarized in a time series during that period, success factors were considered, and remaining issues were extracted. As of 2020, the conservation activities of the deep bodied bitterling, which started from the ex situ conservation as a starting point, have progressed to in situ conservation, dissemination and enlightenment, research, and the critical situation of this species has been avoided at all. We emphasized genetic management in ex situ conservation, and planned and practiced individual exchange between

multiple facilities based on genetic diversity at the time of introduction of the founder, and worked on breeding in captivity. As a result, we maintained a breeding group that was genetically equivalent to wild groups, and supplemented a part of the breeding group in October 2018. The establishment (breeding) of released bitterlings has not been confirmed by subsequent monitoring, but the relevant organizations gained valuable experience and knowledge. As the conservation of this species is advanced, research also progressed, and ecological knowledge of this species as a floodplain fish species was obtained.

**Key words** Deep Bodied Bitterling, ex situ conservation, flood plain, genetic diversity, supplementation

### はじめに

イタセンバラ *Acheilognathus longipinnis* は淀川水系、濃尾平野、富山平野の3地域に不連続に分布する我が国固有のコイ科タナゴ亜科に属する小型の淡水魚で、絶滅のおそれが高くて高い種の一つであり、昭和49年に文化財保護法に基づく国の天然記念物に、平成7年には「絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律」に基づく「国内希少野生動植物種」に指定された。本種は毎年5月頃、前年の秋に産卵された二枚貝から仔魚が泳ぎ出し、その後夏にかけて急速に成長し、秋には成魚となり繁殖してまもなく死亡する (図1)。タナゴ類の中では唯一の一年魚であり、その一生の大半 (約7~8ヶ月間) を二枚貝の中で過ごす (北村・内山 2020)。そのことから個体数の年変動が激しく、1年でも繁殖が滞れば次世代を残せずに直ちに絶滅してしまう恐れがあり、短い寿命が各地域で絶滅の危機に瀕している原因の一つと考えられる。

また、前述の3地域に生息する個体群は、ミトコンドリアDNAとマイクロサテライトDNAを指標とした遺伝的類縁関係の解析によると、それぞれ異なる遺伝子組成を持つことが報告されている (岡崎ほか 2006, Kitanishi et al. 2013, Yamazaki et al. 2020)。3地域における生息状況や対策は様々であり、淀川水系では絶滅に瀕する危機

<sup>1</sup> 世界淡水魚園水族館アクア・トト ぎふ  
501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町1453

<sup>2</sup> 富山大学学術研究部理学系  
930-8555 富山県富山市五福3190

<sup>3</sup> 岐阜県水産研究所  
501-6021 岐阜県各務原市川島笠田町官有地無番地

<sup>4</sup> 一宮市尾西歴史民俗資料館  
494-0006 愛知県一宮市起字下町211番地

\* E-mail: k-ikeya@aquatotto.co.jp

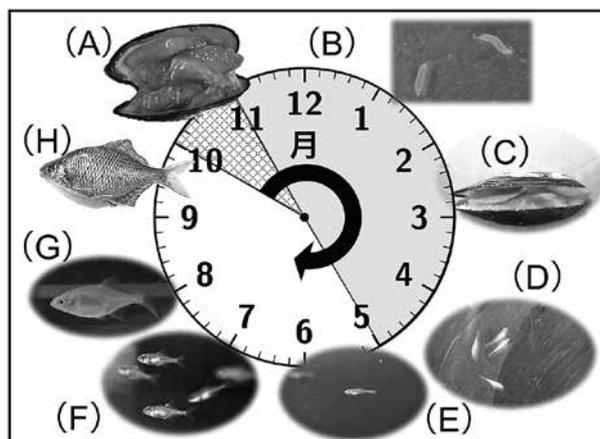


図1. 飼育(域外保全)下におけるイタセンバラの生活史。1年(12ヶ月)のうち本種の卵発生・成長・繁殖時期を示したイメージ図。繁殖期のピークは10月(網掛け部分)。半年以上の長い期間(灰色部分)を二枚貝の鰓の中で過ごす。(A) 二枚貝類の鰓上腔に産卵された卵 (B) 蛆虫運動を行う仔魚。貝内で発生を休止して越冬 (C) 越冬(休止)後、発生を再開する仔魚 (D) 発眼し、卵黄を吸収 (E) 二枚貝から泳出したばかりの仔魚(全長約8mm) (F) 稚魚(全長約15mm)動物プランクトンを食べる (G) 幼魚(全長約25mm) 附着藻類を食べる (H) 成魚(全長約70mmメス)産卵管が伸長。

が4度あったとされ、一度目は太古から主要な生息地と考えられていた巨椋池(京都府)の消滅(1941年)、二度目は高度経済成長期の水質汚濁等による危機、そして三度目は建設省(当時)の大規模河川改修によるもの、四度目の危機は大規模河川改修後の水位変動のほとんどなくなった水域に出現した外来種(主に水草や魚類)の影響であるとしている(上原 2016)。何度も絶滅の危機を乗り越えてきた淀川水系ではあったが4度目の危機を自然回復で脱することはできず、2009年と2011年に行政主導による本種の再導入を行い、2013年には淀川城北ワンド群での市民による放流式を行った(上原 2016)。また、富山平野では1950年代の記録を最後に一度は絶滅したと考えられていた。しかし、1989年に再発見されてから、氷見市教育委員会を中心に地域の保全活動が活発になり、保護池を造成するなど最悪の事態に備えつつ、生息地のモニタリングを継続している。さらには小学校を中心に郷土学習・環境学習を展開している(西尾 2011)。

一方、濃尾平野のイタセンバラは、かつては広く分布していたと考えられ、中村(1969)によれば岐阜県大垣市の水路やため池などには1950年頃までは多数生息し、その後急激に減少したとされている。建設省(当時)の1994年の「河川水辺の国勢調査」で確認されたのを最後に報告はなく(森 2011)、環境庁(当時)や国土交通省

のその後の調査でも報告はされていなかった。岐阜県レッドデータブック2001でも絶滅危惧I類に指定され、絶滅状態に近いと記されており(岐阜県健康福祉環境部自然環境森林課 2001)、2000年頃には絶滅、もしくはそれに近い状態と考えられていた。しかし、2005年に木曽川中下流域にて再発見され、その後生息域外保全(以下域外保全)が開始された(池谷ほか 2012)。

本報告は2010年に岐阜県各務原市にある世界淡水魚園水族館にて木曽川のイタセンバラの域外保全を開始してから10年が経過し、保全に関わる当事者でもある筆者らが備忘録的にまとめたメモワールである。さらには域外保全を開始することになった経緯を記した池谷ほか(2012)の続報であり、今後の希少生物の保全の一助となることを期待し、失敗や課題をありのまま記述した。

## 木曽川イタセンバラ保全の歩み

### 1. 木曽川イタセンバラ生息域外保全検討会と木曽川イタセンバラ保護協議会

2005年9月に、木曽川中流域の左岸で、世界淡水魚園水族館の飼育スタッフが本種を再発見した。それから4年が経過した2009年に環境省中部地方環境事務所(以下環境省)が主体となり「イタセンバラ生息域外保全検討会」(以下域外検討会)が組織され(図2)、翌年2010年5月にファウンダーを捕獲し水族館にて域外保全を開始した(表1)。世界淡水魚園水族館はそれまでに、大阪府立環境農林水産総合研究所の生物多様性センター(旧水生生物センター)より淀川水系産のイタセンバラを譲り受け飼育繁殖させた経験があったので、稚魚として導入したファウンダーを育て成熟させ再生産させることはそれ程難しくはなかった。発足した域外検討会には有識者としてイタセンバラ、淡水生二枚貝(イシガイ類)の専門家が参加していたことから様々な助言を得ることもでき、翌年2011年5月には無事に122個体の飼育下第1世代(F1)を得ることができた(表2)。その後も順調に毎年累代繁殖に成功し、域外検討会での次なる課題は、累代繁殖させているイタセンバラの“質”を落とさずに数を増やすことであった。ここでいう質とは遺伝的に野生集団と遜色ない状態を指す。具体的には世代を重ねるごとに低下することが避けられない本種の遺伝的多様性を可能な限り維持し、近親交配・家魚化(飼育への遺伝的適応)を避けることであり、その先の野生復帰(放流)を想定して500尾、1000尾といった単位で種苗を用意することである。域外検討会は年に2回のペースで開

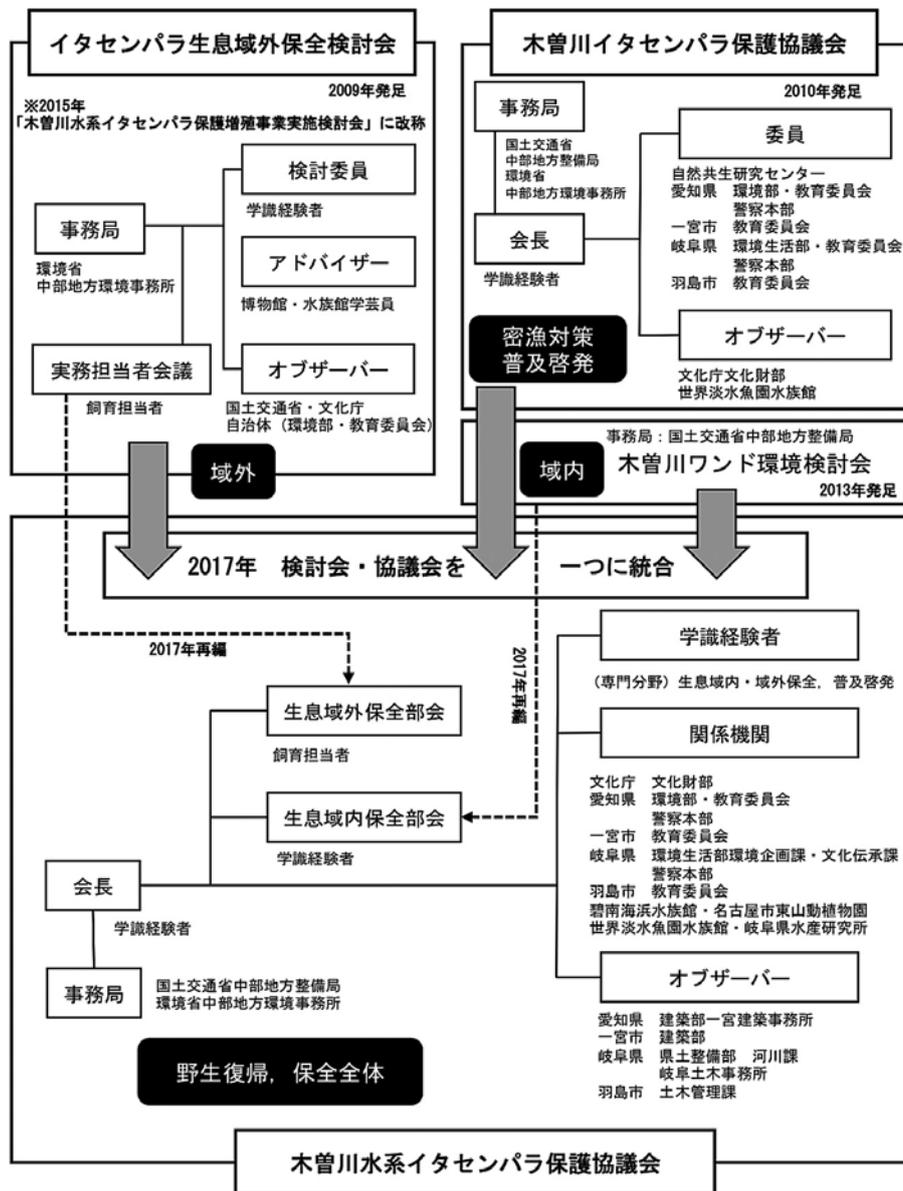


図2. 木曾川イタセンバラの保全組織形態.

催されたが、ただ飼育するのではなく、“野生復帰（放流）に資する個体の維持管理”という高いレベルでの飼育技術が必要なことから、各飼育施設（世界淡水魚園水族館、碧南海浜水族館、東山動物園、岐阜県水産研究所）の担当者を集めた勉強会的な側面を持った「実務担当者会議」を2013年度より環境省主体で年に2～3回開催し、技術を担当者間で共有した（図2、表1）。また、域外検討会とは別に国土交通省中部地方整備局（以下国交省）および環境省が主体となり、主に密漁対策と普及啓発を目的とした「木曾川イタセンバラ保護協議会（以下協議会）」を2010年3月に発足した（図2、表1）。毎年イタセンバラの泳出期には地域住民が参加するパトロールを行い（過去12回開催、延べ参加人数525名）、婚姻色の見られる秋

を中心に勉強会を開催し（過去10回開催、延べ参加人数550名）、普及啓発に注力していった。2013年に国交省ではイタセンバラが生息する木曾川中下流域においてワンド環境を改善していくために「木曾川ワンド環境検討会（以下ワンド検討会）」を立ち上げ、木曾川イタセンバラの生息域内保全を進めていった（図2、表1）。域外検討会は2015年に「木曾川水系イタセンバラ保護増殖事業実施検討会」（以下保護増検討会）と改称し、域外保全を中心に進めながらも野生復帰（放流）をより具体的に検討していく場となった。それぞれの組織の目的は、保護増検討会が域外保全、ワンド検討会が域内保全、協議会が普及啓発と密漁対策であり（図2）、各組織で一定の成果が挙げられた。

表1. 濃尾平野の歴史およびイタセンバラにまつわる出来事.

年代	事象	概要
7000年前	濃尾平野は海	縄文海進時期には濃尾平野の奥まで海
1500年前	濃尾平野完成	濃尾平野と木曾三川の原形ができる
1608~	御囲堤	木曾川左岸犬山から弥富までの延長48kmを築堤 愛知県側の洪水被害は減少
1753~	宝暦治水	岐阜県側(美濃地方)の複数の流れ(河川)を整理
1887~	明治治水	オランダ人技師ヨハネス・デ・レーケの計画に基づいて木曾三川分流工事が行われた
1950		各地でタイリクバラタナゴが増加(中村 1969)
	高度経済成長期	木曾川中下流域で砂利採取が行われる イタセンバラの生息記録が少なくなる
1990	河床低下が顕著	1994年建設省(当時)の調査で揖斐川でイタセンバラを確認(森 2011)
2000	濃尾平野では絶滅?	イタセンバラの生息記録なし(岐阜県健康福祉環境部自然環境森林課 2001)
2005	木曾川で再発見	木曾川中流域でイタセンバラ2尾捕獲, 写真撮影後放流
2009	木曾川で密漁事件	木曾川でイタセンバラを捕獲し不正取引していた人物が逮捕
2009	イタセンバラ生息域外保全検討会発足	世界淡水魚園水族館での飼育累代繁殖の準備を進める
2010	生息域外保全開始	世界淡水魚園水族館に木曾川からファウンダー68個体を導入
2010	木曾川イタセンバラ保護協議会発足	現地パトロールと普及啓発を目的とした勉強会を毎年開催
2013	実務担当者会議発足	飼育施設の実務担当者が集まり協議
2013	親魚ネットワーク構築	4施設(世界淡水魚園水族館 碧南海浜水族館, 東山動植物園, 岐阜県水産研究所)による飼育ネットワーク構築
2013	木曾川ワンド環境検討会発足	木曾川中下流域のワンド環境の改善が目的, 国土交通省中部地方整備局が事務局
2015	木曾川水系イタセンバラ保護増殖事業実施検討会に改称	イタセンバラ生息域外保全検討会から改称, 野生復帰を視野.
2015	木曾川水系イタセンバラ放流ガイドライン策定	木曾川への再導入だけでなく, 長良川や揖斐川への放流も想定され策定
2017	野生復帰実施計画策定	試験導入の目的, 実施場所, 手順と方法, 実施工程を協議
2017	木曾川水系イタセンバラ保護協議会発足	木曾川イタセンバラ保護協議会・木曾川水系イタセンバラ保護増殖事業実施検討会・木曾川ワンド環境検討会を統合, 生息域内・域外の保全を協議する場として発足
2018	イタセンバラ確認数過去最大	イタセンバラ確認数(稚魚・成魚ともに)が調査開始(2007年)以降で最大
2018	木曾川への野生復帰	試験導入として小規模に実施
	現在	

表2. 各年の生息域外保全施設数(親魚ネットワーク施設数)と繁殖個体数およびファウンダー導入数. 繁殖個体数は全施設の合計.

繁殖年	域外保全施設数 (親魚ネットワーク数)	繁殖個体数 (世代)	ファウンダー (野生個体) 導入数
2010	1 (—)	—	68
2011	2 (2)	122 (F1)	—
2012	3 (3)	47 (F2)	—
2013	4 (4)	106 (F3)	—
2014	5 (4)	206 (F4)	—
2015	5 (4)	616 (F5)	—
2016	5 (4)	1586 (F6)	10
2017	5 (4)	1592 (F7)	18
2018	5 (4)	744 (F8)	123
2019	5 (5)	2037 (F9)	13
2020	5 (5)	917 (F10)	—

日本魚類学会の定めた「生物多様性の保全をめざした魚類の放流ガイドライン」によれば, 保全・自然復元のための野生復帰(放流)は大きく3つのタイプに分けることができ, (1) 再導入re-introduction: ある種がもともと自然分布し, 絶滅してしまったところに, 放流により集団を復元させようとする事. (2) 補強re-inforcement / supplementation: 現存の集団に同種の個体を加えるこ

と. (3) 保全的導入conservation / benign introductions: 保全の目的で, もとの分布域外の適切な生息場所に, ある種を定着させようとする事とある(日本魚類学会 2005).

木曾川にはイタセンバラが現存することから, いよいよ野生復帰の中でも上記放流ガイドラインにある「補強」について検討する場が必要となった. そのような背景から三つの組織は一つに統合され, 協議会は名前の通り, イタセンバラの保全全体を協議する場として2017年12月に「木曾川水系イタセンバラ保護協議会」と改称(木曾川を木曾川水系に)・再編(委員やオブザーバーの変更)され, 木曾川だけでなく, 長良川や揖斐川も保全の対象エリアとして範囲を拡げ活動することとなった. さらに協議会では, 近い将来に環境省の野生復帰計画を実践することも想定して協議が進められた.

保護増検討会(=域外検討会)は, 2017年12月に協議会に統合されるまで木曾川のイタセンバラ保全の中心的役割を果たした. 域外保全を起点に始まったイタセンバラの保全活動は, 域外でイタセンバラが順調に増殖するとともに活発化した. “よもやの際の保険(種苗)”が担

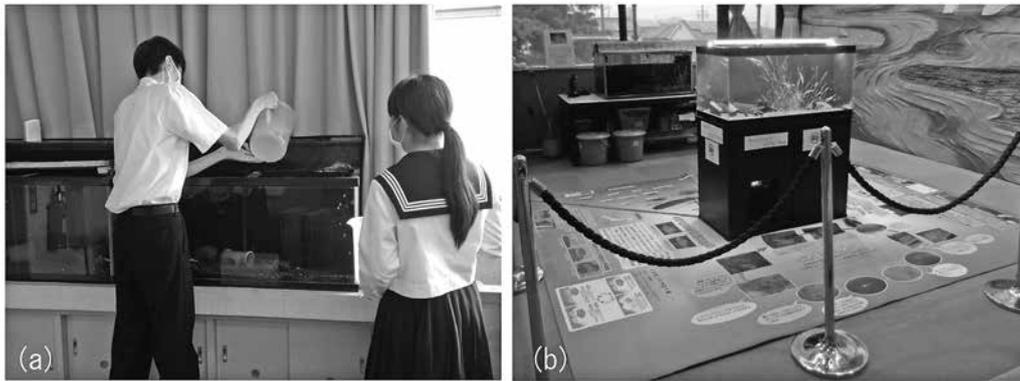


図3. イタセンバラ水槽展示。(a) 生物部の生徒が日々の飼育管理を行っている(愛知県立一宮高等学校)。(b) 木曾川の畔にある歴史民俗資料館では普及啓発にいち早く理解を示し活動当初より飼育展示を継続している(一宮市尾西歴史民俗資料館)。

保されたことは、大胆な生息場所の整備(域内保全)を促進し、近隣の学校や資料館、銀行のロビー等での生きたイタセンバラの水槽展示(2015年8月から2020年9月までに最大16か所、述べ展示回数71回)を可能とした(図3)。一年魚であるため毎年個体を配布することになるが、飼育経験者が各配布先を分担してアドバイザーとなりアフターケアを行っている。

域外保全が軌道に乗り累代繁殖が安定してくると、保護増検討会は普及啓発や木曾川のイタセンバラ生息地の整備(樹木伐採、浚渫、盤下げ、ワンド再生等)について協議する時間が増えてきたため一定の役割を終え、濃尾平野のイタセンバラ保全は新たな局面を迎えることになる。ただし保護増検討会の分科会であった実務担当者会議は、協議会の中の“生息域外保全部会”として位置付けられ、これまで通り飼育の実務担当者の協議の場として機能している(図2)。それと対応して生息域内保全部会も発足し、それまでのワンド検討会を再編し生息環境の改善を進めている。そして域内・域外両部会の進捗・課題を擦り合わせ、協議する場が協議会となった(図2)。

## 2. 生息域内の状況

### 2-1) 域外保全と域内保全の評価

域外保全は人の飼育管理下にあることから本種の繁殖が成功したか否かは翌年の5月頃に二枚貝から泳出する仔魚数を数えることで可能であり、例年との比較、他の飼育施設との比較等、評価し対策を練ることが可能である。また、繁殖させるイタセンバラの“質”についても、体組織の一部より抽出したDNAを遺伝解析することでタイムラグはあるものの評価することが可能である。つまり、域外保全は生産数やDNA分析の結果から各飼育施設の飼育技量が客観的指標をもとに評価されてしまう

ごまかしの効かない事業である(当初そのために飼育業務を拒まれる施設が多かった)。一方で、域内保全はそれに比べると非常に評価が難しい。イタセンバラが生息する一級河川である木曾川中下流域の生息範囲(河口から26~42km)は広大で(約11km<sup>2</sup>)、大小合わせて100以上あるワンドやタマリを中心にイタセンバラの稚魚や成魚が分布する(ここで言うワンドとは自然にできた細長く入り組んだ内湾であり、タマリはそのワンドの本川開口部に土砂が堆積し、平常水位時には本川と切り離され孤立した小池のことである。淀川水系で呼ばれる水制をもとにできたワンドとは異なる)。そのすべてのワンドやタマリを生息調査することは大変な労力を要し、短期間ですべての生息地を調べることは人員確保や調査の質の維持、危機管理面からも困難であることから調査日程のずれが生じる。調査日が異なると調査条件が大きく異なることも多く、同日でも午前と午後で水温や風は大きく変化する。稚魚の移動、あるいは調査する者の稚魚の見つけ易さにも影響があるため、イタセンバラを見つけれなかったからといってそこに生息していないことにはならない。イタセンバラは秋に二枚貝に産卵し、卵から孵化した仔魚は二枚貝の鰓の中で冬に一旦発生を休止した後、春先に発生を再び開始する(図1)。発生開始後の環境水の水温を積算した積算温度が一定であるために、貝内の仔魚の成長速度は春先の生息場所の水温に大きく影響を受ける。一方で稚魚調査を行う5~6月には、ワンドの奥と本川との合流部では水温は異なり、本川から切り離された浅いタマリでは数日快晴が続けば水温は急激に上昇し、本川との表層水温差が10℃以上になることもしばしば起こる。そうなると二枚貝の中のイタセンバラの仔魚の発生は急速に進み、他の生息場所よりも早く泳出することから、成長が早く、遊泳力が増すため稚



図4. ワンド・タマリの劣化過程. 吹き出しの中は写真点線部の横断面を图示. ワンド・タマリを白線で囲む. 高度経済成長期の砂利採取等に伴う河床低下に起因して樹林化。(※)増水時に冠水する陸域(写真提供: 永山滋也).

魚を見つけ難くなる. 反対に, 他よりも水温が低く発生が遅ければ二枚貝から泳出しないため, 稚魚を確認できない. 成魚の調査も同様に, 生息地が広範囲過ぎるが故に調査は一年に一度, 特定の場所の特定の瞬間の調査となり, 生息を確認できなくてもいないことの証明にはならない. これに天候や出水などの気象条件もイタセンバラの移動に影響を及ぼすため, 同条件で比較することもできず生息実態把握は困難を極める.

## 2-2) イタセンバラ生息地の遷移

大河川での難しい調査ではあったものの, 2007年に(独) 土木研究所自然共生研究センター主体で始まったイタセンバラの泳出期稚魚調査は, 調査の主体が環境省や国交省に代わっても現在(2020年)まで継続され, “ある時期のある場所にイタセンバラが〇〇尾いた” という事実の蓄積がなされ, 何にもわからなかった木曾川の生息域内における本種の実態が少しずつではあるが明らかになってきた.

発見の偶然性は否めないが, イタセンバラの稚魚がたくさん確認される場所は毎年同じではなく, 木曾川河道内を移動した. イタセンバラの稚魚がたくさん確認されるワンドやタマリ, あるいは本川中洲の浅瀬などで数年は確認され続けたが, やがてイタセンバラの稚魚は減少し, 最後には姿を消す. これはイタセンバラ(あるいは母貝となる二枚貝)にとっての生息環境が恒久的でなく

変化することを意味し, 反対に大規模出水等がきっかけとなり新たに生息場所が創出されることもあり, 条件が揃うと二枚貝もイタセンバラの稚魚も急増した. 木曾川のイタセンバラは新たに創出される生息地と変化して無くなる生息地のバランス, そしてそれぞれの生息地の集団規模が生息流域全体の集団の大きさを決めているメタ個体群として存在していることがわかる.

河口から26~42kmの範囲にある木曾川中下流域では, 本川水際に沿って土砂の堆積による自然堤防状の微高地が生じ, ワンドやタマリと本川との連結を絶ってしまう. そのためワンドやタマリは出水による攪乱効果を得られなくなり, 安定した陸域に成立した河畔林(主にカワヤナギ *Salix gilgiana* やエノキ *Celtis sinensis*) や灌木が水面を覆い, 過剰に供給された落葉落枝が分解されることで, 好気性の水生生物が棲めない貧酸素水域にやがて変化してしまう(図4). そのままでは消えてしまう生息地としての「寿命」を延ばすため, あるいは新たな生息場所創出のために, 河川管理者である国交省は大規模な樹木伐採や浚渫工事, あるいは小規模出水でも攪乱効果があるように, 周辺の土砂を除去して地盤のレベルを下げ, 浸水し易くする(盤下げ)工事を, 2009年より一部のエリアで試験的に開始し, 2013年からは計画的に広範囲で行っている. 今ではそれらの工事が木曾川のイタセンバラ生息地の維持において重要な役割を果たしている.

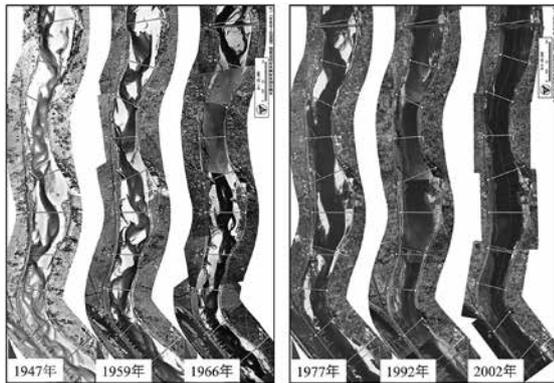


図5. 航空写真から見る木曾川の変遷。(写真提供：木曾川上流河川事務所) 1960年代まで砂州が広がり、流路が常に変わることで樹林化は起きていなかった。その後、河床低下により流路は固定され、高水敷の樹林化が顕著になる。

### 2-3) 生息地悪化の要因

1960年代までの木曾川中下流域には砂州が広がり、出水の度に流路が変わるため樹木は根付かず砂州は絶えず更新されていた(図5)。萱場・根岸(2011)によると、木曾川中流域では1955年頃より砂利採取が始まったとされ、1980年以降河床低下が進み、高水敷(増水時に冠水する陸域)は相対的に高くなり、洪水時の掃流力(水の流れる土砂を運ぶ力)が低下したことから、さらに流水中の微細土砂の堆積を促進してきたとしている。そのために植生基盤ができ、植物が侵入し拡大し易くなり樹林化を引き起こしたとしている。すでに樹林化するモードに入った低平地(水位変動の影響を受けやすい環境下にある平地)が広がる河道では、自然の営力による砂州と流路の変動や樹林地の破壊はほぼ期待できないため(永山ら 2015)、本種の生息場所を保全していく上で、国交省の取り組みは欠かせないものとなりつつある。

### 2-4) 氾濫原への適応

濃尾平野はもともと大氾濫原であり、多数の流れが暴れ川となり大水害を何度ももたらしてきた。イタセンバラは、その大規模な氾濫(攪乱)によって絶えず更新される環境下で適応・進化を遂げた“氾濫原魚種”と言える。氾濫原に適応した魚だからこそ治水に成功し氾濫(攪乱)しなくなった濃尾平野(木曾三川)からは徐々に姿を消し、辛うじて木曾川中下流域の堤外地(堤防に挟まれた河道内)に“ミニ氾濫原”とでも言うべき氾濫(攪乱)の起きる場所が僅かに残っていることで奇跡的に現存していると筆者らは考えるようになった。後述するが、この仮説は、2018年のイタセンバラ生息調査の結果と現存する本種の遺伝子を調べ過去の個体群動態を推察した集



図6. イタセンバラ稚魚の群れ(2018年6月, 木曾川)。調査員がイタセンバラの稚魚に囲まれた。

団履歴解析の結果(Yamazaki et al. 2020)からも支持される。

### 2-5) 2018年の大出水

2018年は過去最大規模の出水が4月と7月にあり、その規模はイタセンバラの生息地を攪乱するには十分であった。その年の5, 6月のイタセンバラ泳出期稚魚調査では稚魚確認数が例年数百尾のところを過去最多の3万尾を超えた(図6)。また秋の成魚調査では、例年本種が全く捕獲されない場所の方が多く、捕獲されても数尾のところを、地引網一曳きで80尾以上が捕獲された場所があった。さらにこれまで未確認であったのに新たに本種が捕獲された場所が15か所増えた。この年はどこを調査してもイタセンバラが捕獲され、2005年のイタセンバラ再発見後、生息実態の掴めない木曾川において筆者らが初めてイタセンバラが増えた実感した年であった。4月25日の出水は、この時期にしては非常に大きく、4月の出水としては国交省観測史上(1974年より観測)過去最高水位を記録した規模であり(今渡観測所にて氾濫注意水位5.50mを超え6.41mを記録)、本種生息場所全域が激流と化した。これにより5~7月にイタセンバラ稚魚を捕食するオオクチバス*Micropterus salmoides*やブルーギル*Lepomis macrochirus*、カムルチー*Channa argus*といった安定水域を好む外来種が大幅に減少し、出水後に二枚貝から泳出する仔魚・稚魚の初期減耗が減ったからイタセンバラが増えたのではないかと著者らは考察している。さらに9月の成魚調査で驚嘆したのは、どの生息地においても前述の外来種が姿を消し(1尾も捕獲されない場所がほとんどであった)、イタセンバラを含む在来種(ゼ



図7. 木曽川下流域の様子 (a) 2018年7月8日の出水時 (b) 平常水位時 (写真提供: 永山滋也). 木曽川水系流域は伊勢湾台風並みと言われた台風7号と停滞する梅雨前線の影響で記録的な豪雨に見舞われ, 中下流域では氾濫注意水位を超過した.

ゼラ *Biwia zezera*, ニゴイ *Hemibarbus barbus*, コウライモロコ *Squalidus chankaensis tsuchigae*等) で溢れ返った. こんなことは筆者らが木曽川を調査するようになってから初めてのことであった. 2018年7月の出水は, 伊勢湾台風並みと言われた台風7号と停滞する梅雨前線の影響で記録的な豪雨となったことから, 中下流域でも氾濫注意水位を超過した (犬山観測所にて氾濫注意水位9.20mを超え10.24mを記録) (図7). その結果, 安定した止水域では爆発的に増殖するオオクチバスやブルーギルは逃げ場を失ったようである. その一方, もともと氾濫原で適応・進化した在来種は氾濫 (出水) をやり過ごす術を持っており, イタセンバラに至ってはむしろ新たな生息地を求めて広範囲に分散していたことは生態学的にも非常に興味深い.

#### 2-6) 過去の治水工事で集団サイズ変動

正確な年代を特定できないものの, Yamazaki et al. (2020) は木曽川のイタセンバラの有効集団サイズが劇的に縮小し始めたのはおよそ40年前からと400年前からの二つの可能性を示唆している. 前者であれば高度経済成長後の最近の減少であり, 後者であるとする, 濃尾平野の歴史的現象と驚くほどに一致する (表1). 濃尾平野が氾濫原であったことは先に述べたが, この地に住む

人々にとっては水害 (氾濫) をもたらす暴れ川をどのように治水するかは重要課題であった. 約400年前 (1608年) から木曽川の左岸犬山から弥富までの延長48kmに亘って築堤するという大規模治水工事が行われ (世に言う「御囲堤」), 尾張 (現在の愛知県) 側は氾濫しなくなり, 尾張側に多数あった分流も閉ざされたと記録されている (建設省中部地方建設局木曽川上流工事事務所 1969; 三島 1984; 表1, 図8a). しかし, その反対に美濃 (現在の岐阜県) 側の氾濫頻度は増し, 被害も甚大であったため, 約270年前 (1753年) から, 網目状に入り乱れていた複数の流れを整理し, 下流へ流れやすく治水した (宝暦治水) (建設省中部地方建設局木曽川上流工事事務所 1969; 三島 1984; 表1, 図8b). そして約140年前 (1887年) から始まった明治治水により, 複雑な細流・分流は現在の木曽川, 長良川, 揖斐川のそれぞれに統合され, さらにこの三川を分流し (三川分流工事) 今の状態になった (建設省中部地方建設局木曽川上流工事事務所1969; 表1, 図8c). これらの大規模治水工事は水害 (氾濫) を防ぐために長い年月をかけて段階的に行われてきたのだが, それに合わせて濃尾平野のイタセンバラの有効集団サイズが劇的に縮小しているかもしれないという仮説 (Yamazaki et al. 2020) は, これまで比較的最近の事象である高度経済成長を集団サイズ縮小の主要因と考えていた筆者らに新たな視点をもたらしてくれた.

仮説とはいえ, イタセンバラの氾濫原への適応に感心するとともに, 上記治水工事が行われる以前は水害の度に多くの人命が失われていたことから, 歴史的にもその時代の英知をかけた治水と生物多様性を保全することの対立構造が浮き彫りになり, これからの人と自然との関わり方を考える上で重要な示唆を得た.

### 3. 野生復帰実施計画の策定

環境省は, 域内集団が残存していた木曽川だけでなく長良川や揖斐川への放流も想定して域外保全が軌道に乗り始めた2015年度に「木曽川水系イタセンバラ放流ガイドライン」 (以下ガイドライン) を策定した. ガイドラインは「生物多様性の保全をめざした魚類の放流ガイドライン」 (日本魚類学会 2005) に則り, 淀川水系や富山平野の保全状況に鑑みて, また, 濃尾平野・木曽三川の歴史を踏まえた上で将来を見据えて作成されている.

さらに協議会では, 2017年度に野生復帰実施計画の策定に向けて検討を開始した. 域外保全と域内保全が両輪の輪として順調に進み始め, 関係者 (特に行政機関) は次なる成果を求め協議会での議論も熱を帯びた. ガイド

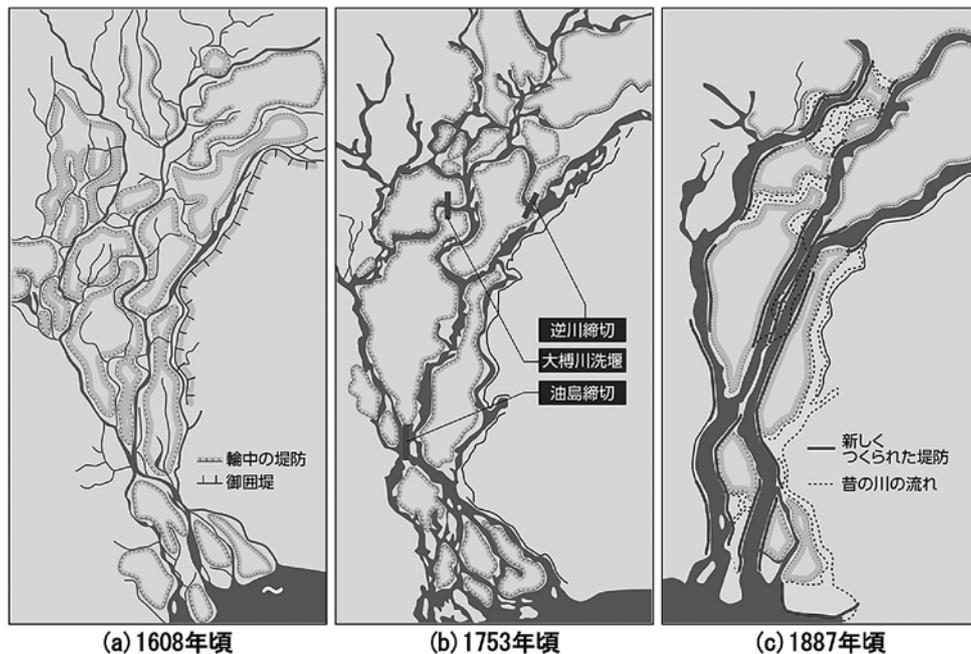


図8. 濃尾平野治水の歴史。(河川イメージ図提供：木曾川上流河川事務所) 濃尾平野はもともと大氾濫原であり、木曾三川(木曾川・長良川・揖斐川)は網目状に流れる自然河川であった。およそ400年前から大規模な治水工事が段階的に行われ、三川を分流し、現在の状態になった。これにより洪水被害は大幅に減った反面、イタセンバラやイシガイ類の生息地は減少した可能性がある。

ラインが策定され、野外池での導入も成功し、環境省も域外保全に手応えを感じていた。一方、国交省も域内の環境改善の効果が表れ始め、取り組みに自信を深めていた。わかりやすく残っている課題(イベント)は野生復帰(補強)であった。域外保全を開始する際、筆者らがしきりに環境省等に働きかけても野生個体を捕獲することに非常に慎重で、なかなか採捕に関する許可(文化財保護法と種の保存法上の手続き)が下りなかった。野生復帰(補強)こそ慎重さが求められるが、開始時とは反対に、むしろ環境省・国交省の方が一日も早い野生復帰(補強)を望んだ。それ程までに環境省や国交省が“前のめり”になったことこそ、域外保全から地道に進めてきたこの活動の大きな成果と捉えている。通常であれば、緊急性の無い野生復帰(補強)は関係者の自己満足を満たすための放流イベントと何ら変わりが無いため異論を挟むところである。しかし関係機関(特に国や地方自治体)の担当者は頻繁に代わり、それまでの経緯や状況把握・人間関係構築に少なくとも1年はかかることや、イタセンバラの野生復帰(補強)に伴う手続きには時間を要することなどを考慮すると、真に危機的な状況下で行われる本放流の前に様々な検証ができるのは大きなメリットでもあるので、“試験導入”という位置づけでの野生復帰(補強)実施が関係者の総意として決断された。

2017年度の域外保全状況等も踏まえて1年かけて実施計画を練り、試験導入の目的、実施する場所、手順と方法、実施工程を協議し、最も早くて翌年度(2018年度)秋に実施する方向で進められた。

#### 4. 野生復帰(補強)

本章2節でも述べたように2018年度の木曾川的环境は例年と大きく異なり、過去にない大出水の影響でイタセンバラの生息確認数が最大の年であった。そのため、ますますイタセンバラを放流しなければならない“積極的な理由”は無くなり、“試験”としての意味合いが強まった。

自然相手では様々なことが想定外に起こるもので、放流場所として選定していた2か所のタマリのうち本川に近い1か所に野生のイタセンバラが出水時に本川から入り込んでしまった。後に放流効果が検証できないため、そのタマリへの導入は諦め、より閉鎖的な1か所のみを試験導入となった。2018年10月3日に放流場所は非公開で、4施設(世界淡水魚園水族館、東山動物園、岐阜県水産研究所、野外実験池)から合計80尾(オス40尾、メス40尾)の成魚を、ガイドラインに準拠し慎重に放流した。その際用いた個体は域外保全下では大きめのサイズ(全長70-80mm)であった。多くの魚類の放流事業において、“魚体をそのまま川や海に解き放つ”行為が見受け

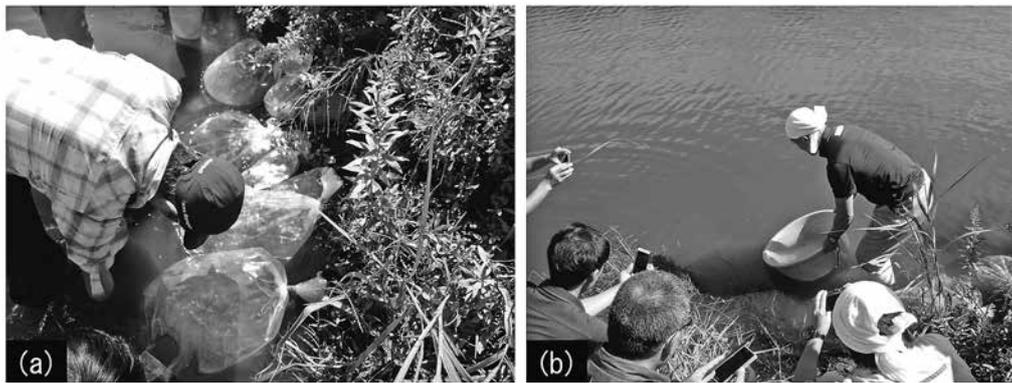


図9. (a)放流場所に浮かべられたイタセンバラ(酸素パック). 30分以上をかけて水温合わせを行った. (b) イタセンバラを放流する様子. 飼育水と放流場所の水をゆっくりと混ぜ合わせ, イタセンバラを環境水に馴染らし放流を行った.

られるが, 水族館の水槽に魚を導入する際に, 絶対には行わない. それは魚類にとって水温や水質の急激な変化が生死を分けるからであり, 放流先の水温・水質にできる限り緩やかに馴致することで放流魚の歩留まりは大幅に改善されるからである. 何千・何万個体を放流する水産放流事業と異なり, 希少種の場合は放流個体数が限られ, 歩留まりを何よりも優先する必要がある. 今回の野生復帰(補強)では, ガイドラインの“放流の手順”の中でも環境への馴致に最も神経を使った. 各施設から透明ポリ袋の酸素パックで持ち寄ったイタセンバラは, 網で取り上げることなく, 放流直前までポリ袋越しに観察し個体の擦れや病気のチェックを行い, 30分以上かけて水温合わせを行った(図9a). その後, 放流場所の環境水をタライに酌み, その水と袋内の水(飼育水)を15分以上かけて混ぜ合わせ, イタセンバラを徐々に環境水に慣れさせ放流した. 放流魚の環境水への馴致は, 日頃魚類の扱いに慣れている水族館が携わっていることから非常に手際よく行われた(図9b).

その後, 産卵期を確実に終えた12月に放流場所の二枚貝を調査したが, 残念ながら見つけれられた二枚貝はタガイ属の一種2個体のみであり, その中にイタセンバラの産卵は確認されなかった. さらに翌年の5月から6月にかけて3回行われた泳出期の稚魚調査でも, イタセンバラの稚魚は確認されなかった. 一方, 同じタナゴ類であるカネヒラ*Acheilognathus rhombeus*やタイリクバラタナゴ*Rhodeus ocellatus ocellatus*の稚魚は確認されたことから, タナゴ類が生息できる環境であることは間違いない. しかし, 本川から野生のイタセンバラが侵入し難く, 野生復帰(補強)後のモニタリングが容易であるということは, 裏を返せば少々の出水では氾濫(攪乱)が起き難い閉鎖環境であり, 底泥の劣化が進み母貝となる二枚貝が

少ないことが, イタセンバラが繁殖できなかった主要因と考えられた.

放流場所の選定や, 秋の台風時期の野生復帰(補強)を計画していたため日程が天候に左右された点(出水の度に実施が延期され本種の繁殖期を過ぎてしまう可能性があった)を除いて, 野生復帰(補強)は実施計画通りに運び, “試験導入”の目的が概ね達成された. 本種が野生絶滅あるいはそれに近い状況になり, 試験ではなく本番として野生復帰(再導入)しなければならない日に備え, 関者機関が代え難い経験を積んだことは大きな成果と言えよう.

## 生息域外保全の実践

### 1. 複数施設での分散飼育および親魚ネットワーク

水族館の水槽飼育であれば飼育管理する個体数に自ずと限界があるため, 継代飼育による遺伝的多様性の低下や近交劣化は避けられない. ましてや雄が縄張りをつくりペア繁殖するイタセンバラは, 同一水槽で多数飼育していても限られた個体の遺伝子しか次世代に残らない. また基本的には年魚であるため, 毎年世代交代を行わなければ命を繋げないことから, 寿命の長い魚種に比べて近親交配が急速に進むことが予想される. また, 水族館の狭い水槽飼育下で懸念される問題として, 家魚化(飼育への遺伝的適応)がある. 飼育下では飼育者が水槽の上から覗き込んだ場合に, 警戒心が強く逃げようとパニックを起こす個体は, 水槽壁面に衝突して死亡することもあり, 常にビクビクして餌食いも悪く, 繁殖に至らないことが多い. しかし, 野生下においてその性質は, 危機をいち早く察知して鳥などの捕食者から逃れられる可能性が高い. このように飼育下と野生下では生存・繁殖

に有利に働く行動や性質が異なり、飼育下で繁殖を繰り返すと野生下で不利となるような淘汰が働く可能性がある。その他にも人が手厚く管理する飼育下では、捕食圧、病気（微生物・ウイルス等による）や寄生虫への感染も抑制され、他種との競争もなく、種内の配偶者をめぐる競争も限られることから自然淘汰は緩和され、何の対策も講じなければ温室育ちの家魚になってしまう。

そして、これらの問題は飼育する集団の大きさ（サイズ）によって影響が異なる。Frankham et al. (2002)によれば、小さな集団では遺伝的多様性を喪失し、近交弱勢を生じるが家魚化は小さく、反対に大きな集団では遺伝的多様性を維持し、近交弱勢は緩やかにしか進まないが、家魚化の作用は大きいとしている。そのことから集団を分断して小さな分集団を複数つくり、その分集団同士で複数世代を重ねた後に個体を交換することで、家魚化を低減し、同じ集団サイズの一つの大集団よりも複数集団全体として大きな遺伝的多様性を維持することが可能となり、近交係数も低く抑えることができるとしている (Margan et al. 1998, Frankham et al. 2002)。

筆者らは、Frankham et al. (2002) の提唱する方法をイタセンバラで実践することを域外保全開始時より計画していたため、2010年に世界淡水魚園水族館にファウンダーを導入後、毎年繁殖した個体を他施設へ分譲し、2013年には4つの施設（世界淡水魚園水族館、碧南海浜水族館、東山動植物園、岐阜県水産研究所）で分散飼育を行い、親魚を交換するイタセンバラ親魚ネットワークを構築した（表2）。

## 2. 遺伝的管理

前節の親魚ネットワークを活用した個体交換は闇雲に行っているわけではなく、Frankham et al. (2002) の理論を実践しながら、それを検証するために、並行して飼育個体の鱗組織からDNAを抽出し、マイクロサテライトDNAマーカーを用いて集団遺伝学的解析を毎年行っている。Yamazaki et al. (2017) は域外保全開始時(2010年)から2014年までのサンプルを用いて、木曾川の域外保全集団の存続可能性分析 (PVA) を行っており、そのシミュレーション結果から複数施設での飼育と個体交換が、集団サイズや遺伝的多様性の維持に重要であることを指摘している。これらのことから生息域外保全部会では遺伝的多様性の指標として平均ヘテロ接合体度と血縁度を評価した上で施設間の個体交換を計画し、一部施設で極端な近親交配が確認された場合や、木曾川野生集団と遺伝的類似性が非常に低くなった場合、木曾川からの新た

なファウンダー導入を行っている。ただし個体管理ができる哺乳類や鳥類と異なり、“群れ管理”が基本となる魚類（イタセンバラ）では必ずしも理論通りに繁殖をコントロールできない部分もあった。家魚化を防ぐためにも各飼育施設の飼育環境が多様である方が様々な環境で生存できる遺伝子を残すことができるわけだが、その環境の違いはイタセンバラの成長にも影響を及ぼし、個体交換して繁殖させようとする、この体サイズの違いが弊害となることもある。野生復帰（放流）を想定して各施設ではできるだけ自然環境に近づけるため屋外に設置した水槽で粗放的な飼育を行い、水温や水質は成り行き任せで給餌もほとんど行わない。この粗放飼育の条件（水温や水質、飼育水が井水か水道水か、底床や水槽容量等）は各施設で大きく異なる。その結果、施設間で二枚貝から泳出する時期、さらに泳出直後の初期餌料（浮遊プランクトン）の量、成長期の代謝や餌となる付着珪藻の量にも違いが生じるため、結果として秋の繁殖期にイタセンバラの体サイズは施設間で大きく異なる年もある。オスが縄張りをつくりメスを誘導する繁殖様式のイタセンバラでは、著しい体格差があると小さなオスは狭い水槽飼育下では縄張りをつくれぬ。一方、淀川水系の本種で確認されているようなスニーキング行動（小川 2011）は飼育下の木曾川イタセンバラではこれまで確認されていないが、小さな個体もスニーカーとして繁殖に参加している可能性がある。また、小さな個体はその年には繁殖に参加せずに翌年の繁殖期に越年個体として繁殖参加している可能性もあり、これは複数世代が一度の繁殖に参加することになり、遺伝的多様性を維持する上で推奨されている (Frankham et al. 2002)。今後は小さな個体の繁殖への寄与率（スニーカーあるいは越年個体として）を明らかにする必要がある。それにより、施設間の成長差を親魚ネットワークとして許容するのか、あるいは配合餌料を給餌してでも体サイズを揃える必要があるのかなど飼育管理方針を立てることができる。それまでは小さな個体の繁殖への寄与率は低いものとして考え、親魚交換の効果を最大限発揮できる（交換した個体の多くが遺伝子を残せる）ように可能な限り施設間で体サイズを揃え、交換個体も含めて多くの親魚によるランダム交配が行われるよう配慮しなければならない。著しく成長不良な場合には交換時の雌雄も明白でないため、極端な成長差が生じる事態は避けるべきであろう。飼育面積の小さな施設では、夏の成長期に成長が芳しくない場合、世界淡水魚園水族館で実績のあるコウガイモ *Vallisneria denseserrulata* やクロモ *Hydrilla verticillata* を繁茂させ、イ



図10. コウガイモが繁茂する屋外飼育水槽（世界淡水魚園水族館）。繁茂したコウガイモはイタセンバラの隠れ場所となり、さらに葉の表面には珪藻類が付着し、イタセンバラに多量の餌を提供する。

タセンバラの餌となる珪藻等の付着藻類が付着する表面積を立体的に増やす方法などで今後は対応していく必要がある（図10）。これら抽水植物は日当たりさえ良ければ繁茂し、付着藻類の基質となるだけでなく、イタセンバラの隠れ場所を提供し、夏季には表層を覆い水底に日陰をつくり、水温上昇を緩和してくれる点からも推奨される。

2017年まで親魚交換は毎年行われていたが、Frankham et al. (2002) の理論と比較して個体交換が高頻度に（毎年）行われていることが遺伝管理上懸念される点である。もしも全施設が各施設で繁殖した個体を均等割りして他施設に分配し、同じ数、同じ割合で繁殖に取り組んだ場合、交換した個体がすべて繁殖に寄与したならば、全施設で似たような遺伝的特徴を持つことになり、小規模の複数集団で飼育していても大集団で飼育していることと同じになる。しかし、実際は各施設で遺伝的特徴が異なったので（山崎 未発表）、遺伝的多様性が低下して血縁度が上昇している施設では、個体を交換しても導入した個体の一部の遺伝子しか次世代に残していない、あるいは全く残していない可能性がある。また、交換しても前述の体サイズの問題から同施設生まれの個体同士で交配し、遺伝子は残せても他施設生まれの個体と上手く交配できていない可能性も否定できない。家魚化の作用が毎年（一世代ごとに）個体交換した場合にどう影響するのかも不明である。前述のスニーカーや越年個体の寄与率と合わせて、個体交換の“頻度”についてはその効果を検証し、交換前の捕獲や移動のストレスが繁殖に及ぼす影響も懸念されることから、個体交換の方法については今後も検討を重ねていく必要がある。

実際、木曽川のワンドやタマリも土砂の堆積や樹林化

により孤立し分断され、他の生息場所のイタセンバラと遺伝子交流が絶たれることは常である。それが一度大きな出水が起こると、本川あるいは隣のワンドやタマリと繋がり、孤立していた集団同士がシャッフルされることから、親魚交換は木曽川での出水効果を人為的に起こしていると考えられることもできる。

### 3. 産卵母貝の飼育管理

イタセンバラの飼育と同等、あるいはそれ以上に域外保全で重要なのが産卵母貝となるタテボシガイ *Nodularia nipponensis*（以前は東海地区ではイシガイに分類されていた）の飼育管理である。イシガイ類は珪藻などの浮遊プランクトンを餌料とし、その餌料プランクトンを常時給餌することが難しいため、水槽で高密度に長期間飼育することができない。現在はイタセンバラの生息地ではないところから野生のタテボシガイを必要最低限の数を採捕し、産卵母貝として使用している。タテボシガイの採捕についてはタテボシガイがいなくならないように、生息数をモニタリングしながら同じ場所から採捕し続けずにローテーションを組むなど細心の注意をもって臨んではいるものの、将来的には生息域外保全全部でタテボシガイを増殖することを目指す必要がある。

前章で述べた氾濫原環境への適応はイタセンバラよりもむしろ移動能力の低いイシガイ類の方が顕著であり、氾濫しなくなった現在の濃尾平野ではイシガイ類が生存できる環境は激減し、産卵母貝の減少がイタセンバラ減少の最たる理由だと考えている。そのことは全域外保全施設が止水環境であり、健康なイシガイ類さえイタセンバラの繁殖期に用意することができれば継代飼育できていることから示唆される。

域外保全を開始した当初はタテボシガイを水槽に地撒きしていたため、貝は自由に這いまわり、イタセンバラが産卵し易い角度に水管を伸ばす貝は限られていた。そのため複数のイタセンバラが特定のタテボシガイに集中して産卵し、貝はイタセンバラが本来産み付ける外鰓だけでなく内鰓も卵で塞がれ過産卵で死亡することが多かった。その後、木曽川ではタテボシガイ1個体の鰓の中にそれほど多くの仔魚は残らず（平均8.7個体、最大25個体）産卵されても多くが吐き出されている可能性が示唆された（北村ほか 未発表）。このことから、水槽飼育下ではタテボシガイがイタセンバラの卵を自力で吐き出せない程に最初から衰弱している可能性があることと、複数のイタセンバラによる過産卵が、結果的にイタセンバラの産卵数に対して仔魚泳出数が少ない原因と考えられ

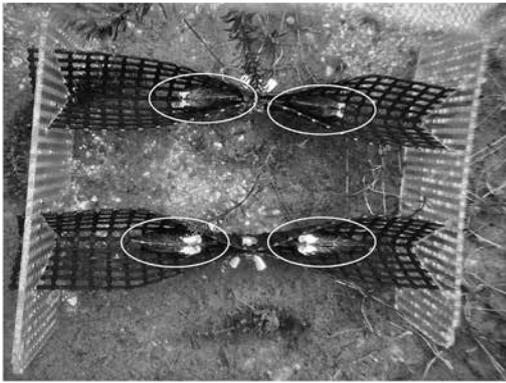


図11. 水管が上を向くようにタテボシガイをセットできるV字型設置台。セットしたタテボシガイ（丸囲い）は数日で交換し、イタセンバラによる過産卵を防ぐ。

た。当初、野外で採捕したタテボシガイに同じタナゴ類のカネヒラやタイリクバラタナゴが産卵している可能性があったため、水槽への混入を懸念し（混ざると簡単には排除できず、やがてイタセンバラとの間に餌や繁殖時の産卵母貝を巡る競合が生じるため）、採捕後一か月以上養生して他のタナゴ類の稚魚が泳出しないか観察していた。ところが、その養生期間に貝が痩せて弱ることが、イタセンバラ産卵後に被産卵貝が死亡する原因であることが判明した。そのため2016年からは、それまで一度も他のタナゴ類の泳出を確認していない場所から採捕したタテボシガイに限り、採捕後ただちにイタセンバラに産卵させた。そして過産卵を防ぐためにタテボシガイを水槽に入れる際は、V字型の設置台にイタセンバラが産卵し易いように水管を上に向けて、同時に4個体セットし（図11）、数日で取り上げ別水槽に移し管理している。これらの工夫により、秋の繁殖期から春の泳出期までにイタセンバラに産卵された母貝の死亡は、ほとんどなくなった。

タナゴ類の繁殖方法としてイシガイ類を使わない人工授精法もあるが、野生復帰（放流）を前提としている以上、親となる雌雄を人為的に選ぶことは遺伝的な偏りを生じる可能性があることから採用していない。またイタセンバラの母貝を選ぶ行動にも淘汰は働き、二枚貝の水管には光受容器があり、イタセンバラが二枚貝の真上を横切ると殻を閉じてしまうため、蝶番の方から水管にそっと近づかないと産卵に成功しない（上原 2011）。一方、弱った二枚貝は光刺激にも鈍感で殻を閉じないため容易に産卵することができるが、やがて死亡するので子孫を残せない。つまり、イタセンバラが匂いや水管の反応等から活きの良い二枚貝を選択することが、その後の再生

産に大きく影響することから、母貝を選ぶ過程を踏まない人工授精は避けるべきであろう。

#### 4. 新規ファウンダーの導入

本章2節で述べたように域外保全集団の遺伝子のモニタリングは2010年のファウンダー導入後毎年行われ、各施設集団が繁殖し世代が代わる度に平均ヘテロ接合度（遺伝的多様性）と平均血縁度を算出し、ファウンダーとの比較、他集団との比較を行った。その結果、2015年の飼育下第5世代（F5）の平均ヘテロ接合度が全施設で若干低下したことや血縁度が上昇した施設が複数あったことから近親交配の進行が懸念され（山崎 未発表）、翌年に野生から再びファウンダーを導入することが検討された。木曾川での稚魚の泳出確認数が例年と変わらなければファウンダーを採捕し域外保全に導入することを、検討会（実務担当者会議）で決定した。

翌2016年の泳出期稚魚調査では例年並みにイタセンバラの稚魚が確認されたことから、2016年に新たに木曾川から新規のファウンダーを10個体採捕し、域外保全施設の中で最も飼育面積が広く（75m<sup>2</sup>×2面）、飼育個体数が多い岐阜県水産研究所へ導入し、翌2017年にも同所へ18個体を導入した。2018年は木曾川で稚魚確認数が3万尾を超えたことから、採捕数を大幅に増やし、同研究所へ28個体、世界淡水魚園水族館に35個体、碧南海浜水族館に40個体の計123個体を導入し、これまでの飼育下第8世代（F8）と混ぜて繁殖親魚として活用した（表2）。新規ファウンダーを数多く導入しても導入個体のうち何個体も実際に再生産に貢献するかは前述したようにコントロールできないため、次の世代の遺伝子を分析して推察する他ない。各施設の飼育下第8世代（F8）の遺伝子解析の結果からは、その年（2018年）の木曾川の野生集団と遺伝的多様性と平均血縁度において同等か、世界淡水魚園水族館と岐阜県水産研究所の飼育集団の遺伝的多様性は野生集団よりも高く、平均血縁度は低い結果であった（山崎 未発表）。

新規ファウンダーの導入については泳出期の稚魚を採捕するため、採捕個体の中に誤同定した他のタナゴ類（カネヒラ、タイリクバラタナゴ）が含まれる可能性があり継代飼育個体への混入が懸念される。そのため確実に同定できるサイズまで育てた後、他の域外保全施設に分配するために、受け入れ施設では継代飼育個体とは別に管理する必要がある。さらに確実に繁殖に参加させるためにも秋の繁殖期までに大きく成長させる必要があることなど、受け入れ施設の負担があまりにも大きい。これら

のことは今後改善しなければならないものの、新規ファウンダーの導入は域外保全集団を放流種苗として適切に管理していく上で重要な手段といえる。

#### 5. 飼育下第10世代 (F10)

域外保全を開始した2010年から10年が経過した2020年に、各域外保全施設では飼育下第10世代 (F10) 目のイタセンパラが二枚貝から泳出した。10年を振り返れば、施設によっては繁殖が上手くいかず、他施設からの親魚補充で繁殖に取り組み、翌春の繁殖仔魚を得る年もあった。それでも親魚ネットワーク全体を一つの集団としてみれば、遺伝的多様性や血縁度に関しては木曾川野生集団と同等(あるいはそれ以上)と評価され(山崎 未発表)、個体数も岐阜県水産研究所の池では年変動はあるものの毎年500個体以上を、水槽飼育である世界淡水魚園水族館、碧南海浜水族館、東山動物園の3施設の合計で300~500個体を繁殖させていることから、域外保全個体全数として約1000個体を備えられるようになった(表2)。

一方、親魚ネットワークとは別に域外保全の取り組みの中で、タテボシガイ等のイシガイ類の定着を事前に確認している約600m<sup>2</sup>の野外池(非公開)への放流を2014年秋に行っており、そのファウンダーは木曾川からではなく、飼育下第4世代 (F4) 30個体を導入し、その後の動向をモニタリングした。この池では基本的に親魚の交換や繁殖期前の二枚貝の導入も行わず、池の環境収容力に任せるところ、泳出稚魚の確認数は池への導入後5世代目 (F9) で1000尾を超えるまで増加したが、その一方で遺伝的多様性は急速に低下し、平均血縁度は大きく上昇した(山崎 未発表)。このことから個体交換の重要性を再認識し、2019年度より野外池も親魚ネットワークの1施設として機能するよう個体交換を行うこととしている。

#### おわりに

他の希少魚類にも当てはまることだが、域外保全を開始する際の一番の課題は、協力を惜しまない飼育施設を見つけることである。生態知見の少ない希少種をある程度まとまった個体数で飼育するとなると、その種もしくは近縁種の飼育経験のある施設・人材が不可欠であり、域外保全から始まった本事業の中で水族館が果たした役割は大きい。国や自治体等の他の組織では、2、3年で担当者が代わってしまい引き継ぎもままならないが、水族館は運営している限り、前年までの経緯や課題を経験とし

て関係者に説明することで事業の持続性を担保している。さらに、水槽で希少魚類の泳ぐ姿を展示することにより、同時に普及啓発も兼ねることができる。域外保全施設を探す際は、その地域の水族館を飼育施設の第一候補に検討することを推奨する。

環境省では2020年2月10日に国内希少野生動植物種として新たに63種を追加指定し、計356種となった。その中で魚類はセボシタビラ *Acheilognathus tabira nakamurae* やカワバタモロコ *Hemigrammocypris rasborella* など3種が追加指定され、イタセンパラも含めてすでに10種が指定されている。この先も指定種が増えることは間違いなく、各種で域外保全を行うならば、もはや全国の水族館等の飼育施設を活用する以外に手立てはないであろう(池谷 2016)。

また、保全遺伝学的にはFrankham et al. (2002) の理論を魚類で実践し、域外保全において飼育継代10世代の遺伝子の変化を継続してモニタリングした例は少ないと考えられ、それは年魚であるイタセンパラだからこそ得られた結果である。個体管理をする哺乳類や鳥類などとは異なり、“群れ管理”を行う生物における実証例であることから、特に遺伝的管理については魚類だけでなく他の希少生物においても参考になる点も多いのではないかと考える。

さらには、全体を通じて保全が軌道に乗り出したことで関係機関にゆとりが生まれ、調査・研究面でも大きく前進した(Yamazaki et al. 2017, Yamazaki et al. 2020など)。域外保全開始時にはまったく不明であった木曾川での本種の生態の理解が深まることにより、更に効率よく生息場所の改善ができるなど相乗効果が生まれたことも特筆すべき点である。筆者らが10年前に思い描いた机上論は、期待していた以上の成果をもたらした。

一方で筆者らは域外保全の限界も感じている。木曾川で捕獲される野生のイタセンパラの成魚は全長100mmを超える個体も珍しくない。どの域外保全施設も飼育面積は限られ、面積に依存する付着珪藻等の餌資源が限られることから、本種の成長に密度効果が顕著に表れる。これまで可能な限り多くのイタセンパラを生産しようとしてきたので体サイズは野生集団に比べて明らかに小さかった(全長50-70mm)。低密度で飼育すれば全長は野生魚に近づけることが可能であると考えられ、現に岐阜県水産研究所や世界淡水魚園水族館では一部の個体が全長100mm近くまで成長することもあった。しかし、背肉の厚みを計測した体幅は飼育下と野生下で全く異なり、野生のイタセンパラの体幅は、個体差はあるものの10mm

を超えることもある。飼育下で本種に配合餌料を頻繁に給餌しても、一時的にお腹を膨張させることはできても背肉の成長はコントロールできなかつた。筋肉質な背肉は氾濫時に激流の中でも力強く遊泳できることを連想させ、付着珪藻等の餌資源量だけでなく、時に流れに逆らっても移動する“遊泳（運動）”も体幅の成長には重要であると考えられる。

前章2節で、本種の飼育下における親魚交換は、木曾川において出水時に生じるワンド間の個体交流を遺伝的側面で再現していると述べた。しかし、河川で起こる氾濫・出水といったダイナミックな自然現象は飼育下で何一つ再現できない。各施設での粗放飼育は飼育下における“粗放”であり、木曾川の自然と比較した場合、それは安定した止水環境であり、家魚化は避けられない。域外保全集団の遺伝的多様性が高く、血縁度が低く維持できていても、時折、野生集団を一部でも導入することが、今後も必要である。それと同時に飼育下では世代を重ねるごとに野生の特徴を失う（飼育環境に適応し変化していく）という共通認識を域外保全に関わる者は持つ必要がある。

前述した濃尾平野の治水の歴史に連動した本種の集団サイズ変動の仮説や、2018年の大出水後の考察から、自然の川の営力（氾濫や攪乱）を上手く活用し治水に取り入れることで、氾濫原生物（在来種）の復元と外来種（オオクチバスやブルーギルなど）の駆除を同時に達成させることができるかもしれないと一縷の望みを抱いている。閉鎖水域（ため池等）ならば落水して上記外来種の駆除が可能だが、大規模河川における駆除は困難を極める。各地で見られる在来種＝劣勢、外来種＝優勢の構図を覆すヒントがそこにあるのではないかと期待する。

最近の全国規模で頻発する洪水被害を受けて、国交省も強固な堤防で出水を河道内に閉じ込める“氾濫させない治水”から“計画的に氾濫させる流域治水”へと転換を進めている（国土交通省水管理・国土保全局 2020）。この氾濫を許容する治水方針は、氾濫原再生と対立せず、むしろ後押しするもので、計画的に進めることができれば生物多様性保全に大きく貢献すると考えられる。このような新たな取り組みに挑戦していくためにも、当面の間、域外保全という保険は必須であり、やがて保険を必要としない程に濃尾平野がイタセンパラで溢れ返ることを願って筆を擱く。

## 謝 辞

本事業の主体である環境省中部地方環境事務所野生生

物課の皆様、国土交通省中部地方整備局河川環境課および同整備局木曾川上流河川事務所の皆様には、保全事業遂行に当たり指揮および調整を行っていただいた。中部地方整備局河川環境課の野村三奈氏には作図に当たりご協力をいただいた。㈱建設環境研究所の武山直史氏、加藤雅之氏には裏方で事業遂行に奔走していただいた。また、木曾川水系イタセンパラ保護協議会委員の皆様には協議会を通じて多くのご助言をいただいた。岐阜協立大学の森誠一氏、大阪府立環境農林水産総合研究所生物多様性センターの上原一彦氏、三重県総合博物館の北村淳一氏、岐阜大学地域環境変動適応研究センターの永山滋也氏、氷見市教育委員会生涯学習課の西尾正輝氏には数多くの有用な情報提供とご支援をいただいた。世界淡水魚園水族館飼育スタッフ一同には日頃の飼育管理を担っていただいた。以上の方々に深甚なる謝意を表す。

## 摘 要

木曾川イタセンパラの生息域外保全開始後10年が経過し、その間の組織変遷および関係機関の保全活動を時系列的にまとめ、成功要因を考察し、残された課題を抽出した。2020年現在、生息域外保全を起点に始まった木曾川イタセンパラの保全活動は生息域内保全や普及啓発、調査・研究にまで広がりを見せ、本種の危機的な状況は一先ず回避されている。

生息域外保全において遺伝的管理を重視し、ファウンダー導入時の遺伝的多様性をもとに、その低下を忌避するため複数施設間での個体交換を計画・実践し、飼育累代繁殖に取り組んだ。その結果、木曾川野生集団と遺伝的に同等な飼育集団を維持し、2018年10月には野生復帰（試験導入）を行った。放流個体の定着（繁殖）は野生復帰（補強）後のモニタリングで確認されていないが、真に危機的な状況を前に関係機関が貴重な経験・知見を得た。本種の保全が進むにつれ、研究も進展し、本種の氾濫原魚種としての生態学的知見が得られた。

キーワード イタセンパラ、生息域外保全、氾濫原、遺伝的多様性、補強

## 引用文献

- Frankham R, Ballou JD, Briscoe DA (2002) *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press, Cambridge, 439 p.
- 岐阜県健康福祉環境部自然環境森林課 (2001) 岐阜県の絶滅のおそれのある野生生物－岐阜県レッドデータ

- ブッカー, (財) 岐阜県公衆衛生検査センター, 岐阜, pp.160-162.
- 池谷幸樹 (2016) 野生復帰を目指した生息域外保全: 水族館の役割と限界. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・森 誠一 (責任編集) 淡水魚保全の挑戦: 水辺のにぎわいを取り戻す理念と実践. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 217-234.
- 池谷幸樹・佐川志朗・大原健一 (2012) イタセンバラの野生復帰を見据えた生息域外保全への取り組み. 野生復帰, 2:121-128.
- 萱場祐一・根岸淳二郎 (2011) イタセンバラを守る要石: 二枚貝からみた氾濫原の劣化機構. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・前畑政義 (責任編集) 絶体絶命の淡水魚イタセンバラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 179-192.
- 建設省中部地方建設局木曾川上流工事事務所 (1969) 木曾川の治水史を語る. 建設省中部地方建設局木曾川上流工事事務所, 岐阜, 454 p.
- 北村淳一・内山りゅう (2020) 日本のタナゴ:生態・保全・文化と図鑑. 山と溪谷社, 東京, pp. 146-153.
- Kitanishi S, Nishio M, Sagawa S, Uehara K, Ogawa R, Yokoyama T, Ikeya K, Edo K (2013) Strong population genetic structure and its implications for the conservation and management of the endangered Itasenpara bitterling. *Conservation Genetics*, 14:901-906.
- 国土交通省水管理・国土保全局 (2020) 気候変動を踏まえた「流域治水」への転換—氾濫を未然に防ぐための事前防災対策の加速化— 地域防災, 33:14-19.
- Margan SH, Nurthen RK, Montgomery ME, Woodworth LM, Lowe EH, Briscoe DA, Frankham R (1998) Single large or several small? Population fragmentation in the captive management of endangered species. *Zoo Biology*, 17: 467-480.
- 三島秀文 (1984) 近世 尾張平野の変遷史 全二編. 東海地方史学協会, 愛知, 176 p.
- 森 誠一 (2011) 濃尾平野のイタセンバラの実態と今後. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・前畑政義 (責任編集) 絶体絶命の淡水魚イタセンバラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 163-178.
- 永山滋也・原田守啓・萱場祐一 (2015) 高水敷掘削による氾濫原の再生は可能か? ~自然堤防帯を例として ~. 応用生態工学, 17(2):67-77.
- 中村守純 (1969) 日本のコイ科魚類. 資源科学研究所, 東京, 455 p.
- 日本魚類学会 (2005) 生物多様性の保全を目指した魚類の放流ガイドライン (放流ガイドライン, 2005). 魚類学雑誌, 52:81-82.
- 西尾正輝 (2011) 氷見の宝「イタセンバラ」保護への取り組み: 行政・市民・小学校での連携活動. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・前畑政義 (責任編集) 絶体絶命の淡水魚イタセンバラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 199-217.
- 小川力也 (2011) 氾濫原の季節変化に適応した生態と生活史. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・前畑政義 (責任編集) 絶体絶命の淡水魚イタセンバラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 20-47.
- 岡崎登志夫・渡辺昌和・稲村 修・北川忠生・田部雅昭・長田芳和 (2006) ミトコンドリアDNAによるイタセンバラ地域集団の遺伝的類縁関係. *DNA多型*, 14:276-280.
- 上原一彦 (2011) 秋産卵と二枚貝の中の進化適応. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・前畑政義 (責任編集) 絶体絶命の淡水魚イタセンバラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 48-66.
- 上原一彦 (2016) イタセンバラ: 生息地再生と野生復帰プロジェクト. 日本魚類学会自然保護委員会 (編)・渡辺勝敏・森 誠一 (責任編集) 淡水魚保全の挑戦: 水辺のにぎわいを取り戻す理念と実践. 東海大学出版会, 神奈川, pp. 67-85.
- Yamazaki Y, Ikeya K, Goto K, Chimura Y (2017) Population viability analysis predicts decreasing genetic diversity in ex situ populations of the Itasenpara bitterling *Acheilognathus longipinnis* from the Kiso River, Japan. *Ichthyological Research*, 64:54-63.
- Yamazaki Y, Uehara K, Ikeya K, Nishio M (2020) Interpopulational and intrapopulational genetic diversity of the endangered Itasenpara bitterling (*Acheilognathus longipinnis*) with reference to its demographic history. *Conservation Genetics*, 21:55-64.