

富山県氷見市万尾川および保護池における絶滅危惧種 イタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* の産卵母貝適性

西尾正輝¹・川上僚介²・川本朋慶^{2,3}

¹ 〒 935-8686 富山県氷見市鞍川 1060 氷見市教育委員会

² 〒 935-0113 富山県氷見市惣領 1927 NPO 法人 Bio クラブ

³ 〒 130-8606 東京都墨田区江東橋 3 丁目 3 番 7 号 自然環境研究センター

(2018年4月10日受付；2018年10月16日改訂；2018年10月19日受理；2018年12月14日J-STAGE 早期公開)

キーワード：イシガイ, ろ水, 流水環境, 止水環境, 天然記念物, 保全

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2019

Masaki Nishio*, Ryosuke Kawakami and Tomonori Kawamoto. 2019. Host mussel suitability for the endangered Itasenpara bitterling *Acheilognathus longipinnis* (Cyprinidae, Acheilognathinae) in the Moo River and a conservation pond in Himi, Toyama, Japan. *J. Ichthyol.*, 66(1): 7-13. DOI: 10.11369/jji.18-018.

Abstract The Itasenpara bitterling *Acheilognathus longipinnis* is a small cyprinid fish belonging to the Acheilognathinae, a subfamily that has an unusual symbiotic spawning relationship with freshwater mussels. During the spawning period, mature males select a mussel to accommodate spawning of a female. Because females possess short ovipositors for inserting their eggs inside the suprabranchial cavity of the host mussel via the exhalant siphon, the pattern of mussel utilization by spawning Itasenpara bitterling was investigated in the Moo River and a conservation pond (Himi City, Toyama Prefecture, Japan), so as to clarify the most preferred mussel size. In the Moo River (lotic environment), *Nodularia douglasiae nipponensis* (38.8% of total 747 individuals) was the major host of *A. longipinnis* larvae, there being no obvious size preference, possibly because neither eggs nor larvae of *A. longipinnis* could be readily ejected from the host in the lotic environment. By contrast, in the conservation pond (lentic environment), where *N. d. nipponensis* (24.3% of total 136 individuals) was again the main host of *A. longipinnis* larvae, a tendency to prefer smaller-sized mussels was apparent, due to the ease of ejection of eggs and larvae of *A. longipinnis* from larger-sized hosts (shell length >66 mm) in the lentic environment. Accordingly, differences in host mussel suitability are suggested as being related to habitat differences.

*Corresponding author: The Board of Education, Himi City, 1060 Kurakawa, Himi, Toyama 935-8686, Japan (e-mail: masaki.nishio@city.himi.lg.jp)

コイ科タナゴ亜科 (Cyprinidae, Acheilognathinae) に属する純淡水魚類は、生きた淡水二枚貝内の体内に卵を産み込む特徴的な繁殖生態を有する。二枚貝の体内に産みこまれたタナゴ類の卵は、卵膜によって胚を保護する必要性が低いため、個体発生のごく初期に未熟な状態で孵化する (Aldridge, 1999)。さらに、秋に産卵するタナゴ類の仔魚は、体をくねらせる蛆虫様の運動を行い (中村, 1969)、前期仔魚は表皮上に鱗状の突起物を有することが報告されている (福原ほか, 1982; 鈴木・日比谷, 1985)。これらは、二枚貝からの仔

魚の吐き出しを防ぐ適応形質であると考えられている (中村, 1969; 鈴木・日比谷, 1985)。

イタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* は秋に産卵する日本固有のタナゴ類で、国指定天然記念物 (1974年, 文化庁)、国内希少野生動植物種 (1995年, 環境省) に指定されるとともに、レッドリストにおいて絶滅危惧 IA 類 (環境省, 2018) に分類されており、もっとも絶滅が危惧される淡水魚類の 1 種である。本種は、淀川水系、木曾川水系および富山県氷見市の万尾川水系および仏生寺川水系にのみ生息し、各生息地において、自治

体、水族館、企業や市民団体を中心に保護増殖や野生復帰のための事業が実施されている（森，2011；西尾，2011；小俣ほか，2011；上原，2011，2016，2017，2018；池谷ほか，2012）。イタセンパラの生息地の1つである富山県氷見市では、地域個体群の保存と将来の野生復帰を目指して保護池の造成とそこでの増殖個体の研究や遺伝的管理が継続的に実施されている（北村・西尾，2010；山崎ほか，2010；Kitanishi et al., 2013；Yamazaki et al., 2014；馬場ほか，2016）。

富山県氷見市万尾川において、イタセンパラの生活史や繁殖生態および繁殖行動についての報告があるものの（西尾ほか，2012，2017；Nishio et al., 2015，2017），イタセンパラが利用する産卵母貝の殻長については、58.0–68.0 mm のイシガイ *Nodularia douglasiae nipponensis* 6 個体を利用していたという断片的な報告に留まっている（Kitamura et al., 2009）。一方、淀川水系においては、イタセンパラが利用する産卵母貝に関して、人工保護池において 40.0–79.0 mm のイシガイのうち 50.0–69.0 mm のみを産卵母貝として利用すること（宮下，1984），室内水槽においては、高頻度でイシガイを利用すること（上原，2007）が明らかとなっているが、いずれの報告も止水環境において得られたものである。また、木曽川水系においては、殻長 35.0–64.9 mm のイシガイ科二枚貝を利用することが報告されている（中村，1969）。これに対して、西尾ほか（2017）は、氷見市万尾川におけるイタセンパラの繁殖行動の観察結果から、雄が繁殖期に 0.1–19.2 cm/s の流速および 10.0–34.0 cm の水深を示す微環境に生息するイシガイを産卵母貝として選択的に利用することを報告している。これらのことから、イタセンパラが産卵に利用するイシガイのサイズを明らかにするには、流速や水深といった環境条件の違いを考慮する必要がある。

そこで本研究では、本種の繁殖期に流水環境となる富山県氷見市万尾川と、止水環境となる氷見市惣領のイタセンパラ保護池（以下、保護池）において、イタセンパラが産卵に利用するイシガイのサイズを明らかにすることに併せて、流速や水深といった物理的環境の違いがイタセンパラの産卵母貝の適性に与える影響を検討した。

材料と方法

調査地 調査は富山県氷見市において、万尾川およびイタセンパラの生息域外保全のために

2014年に造成された保護池で行われた。万尾川での調査は、2016年11月22，24，25および30日の4日間、保護池での調査は2017年12月24日の1日間実施された。なお、イタセンパラの産卵期は9–10月であることから（Nishio et al., 2015），本調査はイタセンパラの産卵に影響を与えないものと判断した。

万尾川は、水田用水路として利用されている小規模河川である。川幅は5mほどであり、灌漑期には水田に水を引くために、河川各所に設置されている水門が閉じることにより水位が高くなり、止水環境となる（Nishio et al., 2017）。一方、イタセンパラの産卵期となる9–10月には、非灌漑期となり、水門が開くことにより水位が低くなり、流水環境となる（Nishio et al., 2016，2017）。調査区の河床は砂であり、イタセンパラの他に、在来魚種としてミナミアカヒレタビラ *Acheilognathus tabira jordani*，ヤリタナゴ *Tanakia lanceolata*，タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*，およびナマズ *Silurus asotus* 等が生息し、国外外来魚種ではオオクチバス *Micropterus salmoides*，カムルチー *Channa argus* およびタイリクバラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* が生息している。また、イタセンパラの産卵母貝としてイシガイとタガイ *Sinanodonta japonica* が生息しているが、タガイはごくわずかししか生息していない。

保護池は、大池1基および小池4基の計5つの池から構成されており（氷見市教育委員会，2014），本調査は大池（面積約1100 m²）にて実施した。池は約30 cmの浅場と約1 mの深場から構成されており、年間を通して止水環境が維持され、岸は植生で覆われ底質は泥である（氷見市教育委員会，2014）。池にはイタセンパラのほかにも、万尾川に生息するミナミアカヒレタビラ，ヤリタナゴおよびタモロコ等が生息しており、イタセンパラの産卵母貝としてイシガイが生息している。

なお、一連の調査にあたっては、日本魚類学会の「研究材料として魚類を使用する際のガイドライン」を遵守し、イタセンパラが国指定天然記念物（文化財保護法）および国内希少野生動植物種（種の保存法）であることから、文化庁および環境省から許可を得て実施した。

産卵に利用する二枚貝類の調査 イタセンパラの産卵に利用される二枚貝のサイズを明らかにするために、万尾川上流部において、長さ50 m×川幅5 m間のイシガイを徒手採集した。採集されたイシガイは、生きたまま貝開器を用いてイシガイ

に負担をかけないように 5 mm 程度開き、イシガイ内のイタセンパラ孵化仔魚の有無を確認した。その後、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイと孵化仔魚を保有しないイシガイをそれぞれ最大 100 個体ずつランダムに選定し、殻長を計測した。計測後、すべてのイシガイは採集された区間へすみやかに放流した。さらに、物理環境因子として、水深 (cm) および流速 (cm/sec) を計測した。水深および流速は、50 m 区間に 5 m 毎の横断線を設け、両岸際および中央部の 3 か所にて計測した。なお、流速は、電磁微流速計 VE20 (株式会社ケネック) を用いて水面から 60% の深さにおける流速を測定した。

保護池においては、長さ 30 m × 幅 9 m 間のイシガイを徒手採集した。採集されたイシガイは、万尾川の調査と同様の方法を用いてイタセンパラの孵化仔魚の有無を確認し、殻長を計測した。計測後、すべてのイシガイは保護池へすみやかに放流した。水深および流速は、30 m 区間に 3 m 毎の横断線を設け、両岸および中央部の 3 か所にて、万尾川の調査と同様の方法を用いて計測した。なお、万尾川および保護池にはイタセンパラ以外に秋季に産卵し、秋季から冬季の間を貝内で過ごすタナゴ類のカネヒラ *Acheilognathus rhombeus* やゼニタナゴ *Acheilognathus typus* が生息しないため、孵化仔魚はイタセンパラのものと判断した (Kitamura et al., 2009)。

データ解析 万尾川および保護池において、イタセンパラが産卵に利用するイシガイのサイズを明らかにするために、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイおよび保有しないイシガイの殻長について、Kolmogorov-Smirnov 検定により頻度分布の差異を検定した。加えて、両調査地におけるイタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイの個体数の割合 (以下、産卵率) の差異について χ^2 検定を用いて検定した。次に、流水環境と止水環境において利用されるイシガイのサイズの違いを明らかにするために、両調査地にて計測に用いたすべてのイシガイの殻長およびイタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイの殻長、さらに物理環境因子である水深 ($n = 33$) および流速 ($n = 33$) の値を用いて、それぞれ Kolmogorov-Smirnov 検定を行った。加えて、イタセンパラが産卵に利用するイシガイのサイズを予測するために、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイの出現・非出現について分類木解析 (CHAID) を行った (Kass, 1980)。なお、分類木解析には、イシガイの殻長

を説明変量として用いた。上記全ての解析には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics 19 を使用し、有意水準を 5% とした。

結 果

万尾川では、250 m² の調査区で合計 747 個体のイシガイが採集され、そのほとんどが底質表層付近で確認された。そのうちイタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイは 290 個体 (38.8%) であり、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイと孵化仔魚を保有しないイシガイの殻長の頻度分布に有意な差異は認められなかった ($D = 1.06, P = 0.21$; Fig. 1A)。本調査区では、イシガイ以外の二枚貝は採集されなかった。

保護池では、270 m² の調査区で合計 136 個体のイシガイが採集されたが、万尾川のように、底質表層付近で採集されず、底質から深さ約 5 cm の場所で採集された。イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイは 33 個体 (24.3%) であり、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイと孵化仔魚を保有しないイシガイの殻長の頻度分布に有意な差異が認められた ($D = 2.08, P < 0.001$; Fig. 1B)。本調査区でも、イシガイ以外の二枚貝は採集されなかった。

万尾川と保護池において採集されたイシガイの殻長の頻度分布には有意な差異が認められなかった ($D = 1.23, P = 0.10$; Table 1)。一方で、両調査地において、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイの殻長の頻度分布を比較したところ、有意な差が認められた ($D = 2.03, P < 0.001$)。また、両調査地における産卵率を比較したところ、産卵率に有意な差が認められた ($\chi^2 = 9.89, df = 1, P < 0.01$)。

物理環境要因を調査区間で比較したところ、万尾川は保護池と比較して、水深は浅く、流速は大きかった ($D \geq 3.69, P < 0.001$; Table 1)。

分類木解析では、万尾川において、イタセンパラの孵化仔魚を保有する変数としてイシガイの殻長は採用されなかった。一方、保護池においては、イタセンパラの孵化仔魚を保有する変数としてイシガイの殻長が採用され、66.1 mm 以下の殻長で孵化仔魚を保有すると予測された (Fig. 2)。

考 察

本研究において、流水環境である万尾川と止水環境である保護池では、イタセンパラが産卵に利

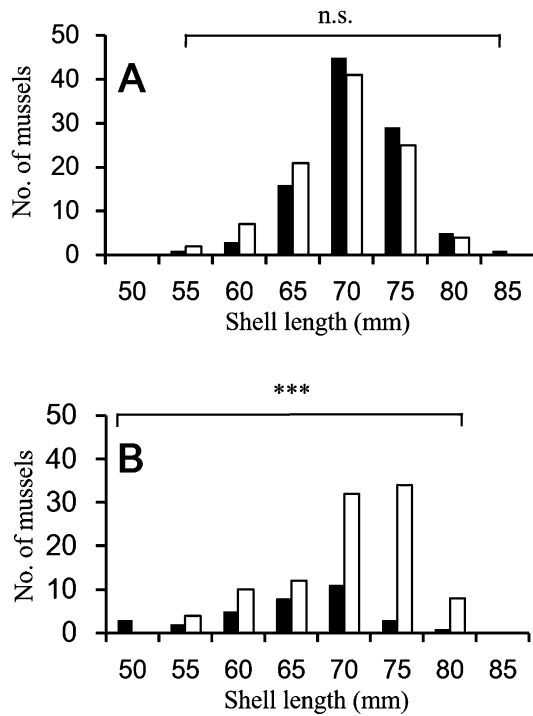


Fig. 1. Shell length frequency distribution of *Nodularia douglasiae nipponensis*. Black and white bars indicate *N. d. nipponensis* with and without larvae of *Acheilognathus longipinnis*, respectively, in the (A) Moo River and (B) conservation pond. *** significant difference found, Kolmogorov-Smirnov test, $P < 0.001$. n.s. : not significant.

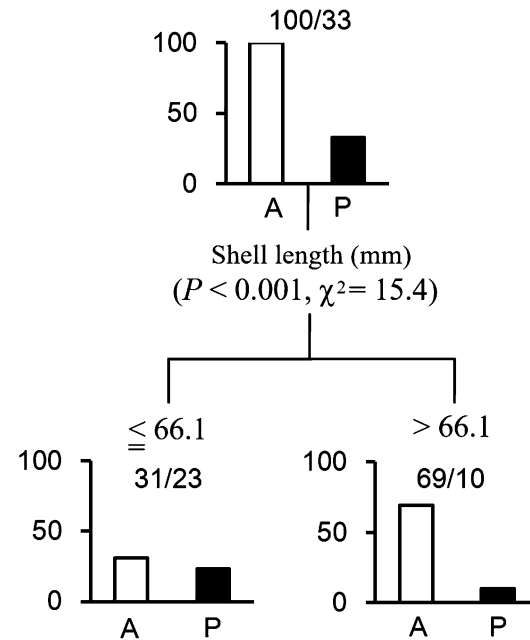


Fig. 2. Classification tree model for predicting presence/absence of *Acheilognathus longipinnis* larvae in *Nodularia douglasiae nipponensis* in the conservation pond. Number of *N. d. nipponensis* with and without *A. longipinnis* larvae at each node indicated in each box; larval presence (P) and absence (A) represented by solid and open columns, respectively; y-axis of each graph indicates number of *N. d. nipponensis*; splitting criteria indicated on tree branches.

用するイシガイのサイズに違いが認められ、その要因として、水深や流速といった物理的環境が大きく起因していることが示唆された。

保護池においては、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイと孵化仔魚を保有しないイシガイの殻長の頻度分布に有意な差異が認められ、イタセンパラは殻長 50 mm 階級の小型のイシガイを全て選択し、75 mm および 80 mm 階級の大型のイシガイをほとんど選択しなかった (Fig. 1B)。さらに、分類木解析では、66.1 mm 以下のサイズのイシガイがイタセンパラの孵化仔魚を保有すると予測された (Fig. 2)。これらのことから、保護池において、イタセンパラは比較的小型のイシガイに産卵していたことが明らかとなった。殻長の大きいイシガイでは、ろ水頻度が高くなり (Mills and Reynolds, 2002)、卵や仔魚の吐き出しのリスクが高くなる (Reichard et al., 2007)。保護池において大型のイシガイに孵化仔魚が確認されなかった理由として、大型のイシガイほど卵が吐き出されやすいためと考えられた。

一方、万尾川においては、イタセンパラの孵化仔魚を保有するイシガイと保有しないイシガイの殻長分布に有意な差が認められなかった。さらに分類木解析では、イタセンパラの孵化仔魚を保有する変数としてイシガイの殻長が採用されなかった。これらのことから、万尾川に生息するイタセンパラには産卵に利用するイシガイのサイズに傾向が認められないことが明らかとなった。一般に、流水環境は止水環境と比べて溶存酸素濃度が高く (Nairn and Mitsch, 2000)、産卵期に流水環境が形成される万尾川でも止水環境の保護池とは対照的に溶存酸素濃度が高くなる (万尾川：9–10月, 10.4–12.5 mg/l; 保護池：9月, 3.8–4.8 mg/l; 西尾・川上, 未発表)。ヨーロッパタナゴ *Rhodeus sericeus* の卵を保有する二枚貝は、高い溶存酸素濃度下 (14.1–14.5 mg/l) において、低い溶存酸素濃度下 (6.0–7.0 mg/l) よりも二枚貝からの卵の吐き出しが抑制される (Mills and Reynolds, 2004)。万尾川においてイタセンパラが利用するイシガイのサイズに傾向が認められない理由には、溶存酸

Table 1. General description of *Nodularia douglasiae nipponensis* associated with *Acheilognathus longipinnis* larvae, and environmental variables in the study areas

| | Moo River (250 m ²) | Conservation pond (270 m ²) | Kolmogorov-Smirnov test | |
|--|---------------------------------|---|-------------------------|---------|
| | | | D | P |
| <i>N. d. nipponensis</i> | | | | |
| Number of individuals | 747 [290] | 136 [33] | | |
| Shell length (mm) | 67.6 ± 4.8 (54.3–80.2) | 66.5 ± 6.8 (45.8–78.1) | 1.23 | 0.10 |
| Length (mm) of shells occupied by <i>A. longipinnis</i> larvae | 68.2 ± 4.7 (54.3–80.2) | 62.8 ± 7.7 (45.8–75.1) | 2.03 | < 0.001 |
| Environmental variables | | | | |
| Water depth (cm) | 12.5 ± 10.0 (4.0–50.0) | 34.0 ± 6.2 (22.0–45.0) | 3.69 | < 0.001 |
| Current velocity (cm/sec) | 11.8 ± 5.3 (1.5–30.3) | 0.7 ± 0.3 (0.2–1.3) | 4.06 | < 0.001 |
| Sediment material | Fine sand | Mud | – | – |

Data include mean and standard deviations (range). Numbers in square brackets indicate number of *N. d. nipponensis* occupied by *A. longipinnis* larvae.

素濃度や流速が大きいことにより、比較的大型のイシガイであっても、呼吸や採餌のためにろ水頻度を高くする必要が無く、卵の吐き出しが抑えられていた可能性がある。

万尾川では産卵率が38.8%であり、保護池の24.3%と比較して有意に高かった。万尾川ではイタセンパラの産卵期に浅い流水環境が形成され、浮遊土砂が滞留しにくい環境となる (Nishio et al., 2016)。イシガイ類は濁度が高くなると、水管を開く時間が短くなるが (Ellis, 1936)、流水環境下での万尾川では保護池よりも濁度が低くなるため、水管を開く時間が比較的長く、それがイタセンパラの高い産卵率に寄与した可能性がある。さらに、本研究における万尾川での産卵率は、過去に実施された調査での値に比べ最も高かった。これまでの調査では、産卵率は1.5–25.8%と調査区により大きく異なっていた (Kitamura et al., 2009; 西尾ほか, 2012; Nishio et al., 2015)。産卵率が1.5%と低い調査区は、20–30 cmの浅場のみで構成されていたが (Kitamura et al., 2009)、一方、25.8%と高い調査区は、水深24cm以下の浅場から51cm以上の深場で構成されていた (Nishio et al., 2015)。イタセンパラは産卵期になると、浅場において単独で繁殖行動を行う個体と、深場で群れを形成し採餌および繁殖待機を行う個体が確認されている (西尾ほか, 2017)。万尾川では、産卵場所として

機能する浅場と、餌場および待機場として機能する深場が隣接することが (Table 1)、イタセンパラの産卵環境として適していたのかもしれない。これらのことから、万尾川では、イタセンパラの産卵期の流水環境が、濁度の減少および多様な水深や流速を示す微生息場所の形成を促進し、イタセンパラの産卵率の上昇に寄与したものと考えられる。

一方、保護池における産卵率は24.3%であり、過去の万尾川における調査 (Nishio et al., 2015) の25.8%とほぼ同程度であった。保護池はイタセンパラが産卵に利用しやすい約30 cmの浅場 (Nishio et al., 2015; 西尾ほか, 2017) が広く造成されるとともに、保護池内に生息するミナミアカヒレタビラやヤリタナゴの越冬場所として、約1 mの深場も造成されている (氷見市教育委員会, 2014)。保護池の産卵率が過去の万尾川と同様であった要因の1つとして、浅場と深場が隣接していることが挙げられる。一方で、保護池における産卵率は、本研究における万尾川の産卵率と比較して低かった。保護池では、イシガイが底質表層付近に定位していなかったことから、柔泥という柔らかな底質環境において、自重によりイシガイが泥中に埋没し、物理的にイタセンパラがイシガイを利用できなかった可能性がある。

保護池の調査結果から、保護池はイタセンパラ

を絶滅の危機から一時的に回避させる場としての機能は十分に果たしているといえる。一方で、環境改善のための柔泥を除去する取り組みも必要であることが示唆された。保護池は池の構造上、万尾川の非灌漑期に起こる柔泥を押し流すような適度な攪乱を起こすことはできない。この問題点は、冬期間に池干しを行って泥を除去する対策が有効である（坂田ほか, 2014）。また、池干し後に環境が更新されることで、二枚貝類の再生産率は高くなり、タナゴ類の成長や繁殖が順調に行われることから（Matsuba et al., 2008）、保護池の環境の更新を目的とし、冬季に浅場が干上がる程度に水を抜くことが、イタセンパラおよびイシガイの生息域外保全の観点から必要となる。

近年、イタセンパラの増殖を目的として、殻長を考慮せずに多くのイシガイが野外生息地から捕獲されている。イシガイは生育に適した餌環境を人工的に創出・維持できないことが人工増殖の障壁となり、天然個体群の乱獲にも繋がっている（前畑, 1997；荒井, 2006；Kurth et al., 2007）。イタセンパラ保護池のほとんどは止水環境であることから、イタセンパラの増殖に際し、利用頻度の高かった殻長 66 mm 以下のイシガイを用い、利用頻度の低かった殻長 66 mm を超えるイシガイを野外生息地から捕獲しないことが、イタセンパラの増殖およびイシガイの資源維持のために重要である。

謝 辞

本研究は「天然記念物イタセンパラ再生事業」として、国宝重要文化財保存整備費補助金（文化庁）、文化財保存整備費補助金（富山県）により実施された。本論文を改訂するにあたり、2名の匿名の校閲者には大変有益な助言をいただいた。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Aldridge, D. C. 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. *J. Fish Biol.*, 54: 138–151.
- 荒井 寛. 2006. 淡水産二枚貝の小型水槽内での繁殖と成長. *動物園水族館雑誌*, 47: 31–38.
- 馬場幸大・西尾正輝・山崎裕治. 2016. 小規模水槽におけるイタセンパラの成長および生残に影響を及ぼす環境要因. *保全生態学研究*, 21: 61–66.
- Ellis, M. M. 1936. Erosion silt as a factor in aquatic environments. *Ecology*, 17: 29–42.
- 氷見市教育委員会. 2014. 天然記念物イタセンパラ保存整備事業報告書. 氷見市教育委員会, 氷見. 71 pp.
- 福原修一・長田芳和・前川 渉. 1982. 日本産タナゴ亜科魚類の前期仔魚表皮に見られる鱗状突起. *魚類学雑誌*, 29: 232–236.
- 池谷幸樹・佐川志朗・大原健一. 2012. イタセンパ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.
- 環境省. 2018. 【汽水・淡水魚類】環境省レッドリスト 2018: https://www.env.go.jp/nature/kisho/hozen/redlist/RL2018_5_180604.pdf (参照 2018-6-17).
- Kass, G. V. 1980. An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data. *Applied Statistics*, 29: 119–127.
- Kitamura, J., JN. Negishi, M. Nishio, S. Sagawa, J. Akino and S. Aoki. 2009. Host mussel utilization of the Itasenpara bitterling (*Acheilognathus longipinnis*) in the Moo River in Himi, Japan. *Ichthyol. Res.*, 56: 296–300.
- 北村淳一・西尾正輝. 2010. 富山県氷見市保存池におけるイタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* の繁殖生態と生活史. *魚類学雑誌*, 57: 35–42.
- Kitanishi, S., M. Nishio, S. Sagawa, K. Uehara, R. Ogawa, T. Yokoyama, K. Ikeya and K. Edo. 2013. Strong population genetic structure and its implications for the conservation and management of the endangered Itasenpara bitterling. *Conserv. Genet.*, 14: 901–906.
- Kurth, J., C. Loftin, J. Zydlewski and J. Rhymer. 2007. PIT tags increase effectiveness of freshwater mussel recaptures. *J. North Am. Benthol. Soc.*, 26: 253–260.
- 前畑政善. 1997. 水族館における希少淡水魚の保存と今後の課題. 長田芳和・細谷和海（編）, pp 205–217. *日本の希少淡水魚の現状と系統保存*. 緑書房, 東京.
- Matsuba, H., S. Kimura, Y. Tsujii, Y. Takano and Y. Kanoh. 2008. The mystery of *Ike-Boshi*: draining and drying a pond—new insights into ancient wisdom of water management. *Bull. Reg. Res. Inst. Osaka Univ. Econ. Law*, 1: 17–34.
- Mills, S. C. and J. D. Reynolds. 2002. Mussel ventilation rates as a proximate cue for host selection by bitterling, *Rhodeus sericeus*. *Oecologia*, 131: 473–478.
- Mills, S. C. and J. D. Reynolds. 2004. The importance of species interactions in conservation: the endangered European bitterling *Rhodeus sericeus* and its freshwater mussel hosts. *Anim. Conserv.*, 7: 257–263.
- 宮下敏夫. 1984. イタセンパラ人工増殖試験の現状と問題点. *淡水魚*, 10: 79–84.
- 森 誠一. 2011. 濃尾平野のイタセンパラの実態と今後. 日本魚類学会自然保護委員会（編）, pp. 163–178. *絶体絶命の淡水魚イタセンパラ：希少種と川の再生に向けて*. 東海大学出版会, 秦野.
- Nairn, R. W. and W. J. Mitsch. 2000. Phosphorus removal

- in created wetland ponds receiving river overflow. *Ecol. Eng.*, 14: 107–126.
- 中村守純. 1969. イタセンパラ. 「日本のコイ科魚類」. 資源科学研究所, 東京. pp. 56–65.
- 西尾正輝. 2011. 氷見の宝「イタセンパラ」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), pp. 199–217. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 秦野.
- Nishio, M., K. Edo and Y. Yamazaki. 2017. Paddy management for potential conservation of endangered Itasenpara bitterling via zooplankton abundance. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 247: 166–171.
- Nishio, M., T. Kawamoto, R. Kawakami, K. Edo and Y. Yamazaki. 2015. Life history and reproductive ecology of the endangered Itasenpara bitterling *Acheilognathus longipinnis* (Cyprinidae) in the Himi region, central Japan. *J. Fish Biol.*, 87: 616–633.
- 西尾正輝・川本朋慶・川上僚介・秦 康之・江戸謙顕・山崎裕治. 2017. 富山県氷見市万尾川に生息する絶滅危惧種イタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* の繁殖期における微生物場所利用. *魚類学雑誌*, 64: 25–30.
- 西尾正輝・タハ ソリマン・山崎裕治. 2012. 富山県氷見市万尾川におけるイタセンパラの出現と産卵場所. *魚類学雑誌*, 59: 147–153.
- Nishio, M., H. Tanaka, D. Tanaka, R. Kawakami, K. Edo and Y. Yamazaki. 2016. Managing water levels in rice paddies to conserve the Itasenpara Host Mussel, *Unio douglasiae nipponensis*. *J. Shellfish Res.*, 35: 1–7.
- 小俣 篤・上原一彦・小川力也. 2011. 淀川水系におけるイタセンパラの保全と野生復帰に向けて: イタセンパラの再導入の試行. 日本魚類学会自然保護委員会 (編), pp. 138–158. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 秦野.
- Reichard, M., H. Liu and C. Smith. 2007. The co-evolutionary relationship between bitterling fishes and freshwater mussels: insights from interspecific comparisons. *Evol. Ecol. Res.*, 9: 239–259.
- 坂田伊織・岡田龍也・杉本智嗣・須山敬之・柳沢豊・岸野泰恵・松永賢一・北川忠生. 2014. センサネットワークによるニッポンバラタナゴの生息環境のモニタリングシステムの構築. 近畿大学農学部紀要, 47: 77–85.
- 鈴木伸洋・日比谷 京. 1985. タナゴ類仔魚の表皮上に見られる突起物. *魚類学雑誌*, 32: 335–344.
- 上原一彦. 2007. イタセンパラの増殖方法に関する研究. 博士学位論文. 近畿大学, 奈良.
- 上原一彦. 2011. 系統保存と野生復帰への展望. 日本魚類学会自然保護委員会 (編), pp. 118–132. 絶体絶命の淡水魚イタセンパラ: 希少種と川の再生に向けて. 東海大学出版会, 秦野.
- 上原一彦. 2016. イタセンパラ: 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), pp. 67–85. 淡水魚保全の挑戦: 水辺のにぎわいを取り戻す理論と実践. 東海大学出版部, 平塚.
- 上原一彦. 2017. 多様な主体による生物多様性保全に向けて—イタセンネットを例に—. *地域自然史と保全*, 39: 43–46.
- 上原一彦. 2018. 琵琶湖淀川流域における生物多様性の保全・活用事例と課題. *季刊 政策・経営研究*, 1: 36–44.
- 山崎裕治・中村友美・西尾正輝・上原一彦. 2010. 富山県および大阪府に生息するイタセンパラ集団の遺伝的構造. *魚類学雑誌*, 57: 143–148.
- Yamazaki, Y., T. Nakamura, M. Sasaki, S. Nakano and M. Nishio. 2014. Decreasing genetic diversity in wild and captive populations of endangered Itasenpara bitterling (*Acheilognathus longipinnis*) in the Himi region, central Japan, and recommendations for conservation. *Conserv. Genet.*, 15: 921–932.