



トカラ列島中之島におけるドジョウの初記録

中島 淳¹・野一色麻人²・橋口康之³

Author & Article Info

¹ 福岡県保健環境研究所 (太宰府市)

nakajima@fihes.pref.fukuoka.jp (corresponding author)

² (敦賀市)³ 大阪医科大学医学部生物学教室 (高槻市)

Received 26 January 2021

Revised 01 February 2021

Accepted 01 February 2021

Published 02 February 2021

DOI 10.34583/ichthy.5.0_1

Jun Nakajima, Asato Noishiki and Yasuyuki Hashiguchi. 2021. First record of *Misgurnus anguillicaudatus* (Cobitidae) from Nakano-shima Island, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture, Japan. *Ichthy, Natural History of Fishes of Japan*, 5: 1–5.

Abstract

The Oriental Weather Loach, *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor, 1842) (Cypriniformes: Cobitidae), is recorded from Nakano-shima Island, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture, Japan. This represents the first record of the genus *Misgurnus* from this island. Both morphological characteristics and sequence of the mtDNA control region of this individual were consistent with the Japanese lineage of *M. anguillicaudatus*. The present study provides meristic data and a color photograph of this voucher specimen.

コイ目ドジョウ科 (Cypriniformes: Cobitidae) のドジョウ属 *Misgurnus* は、現在 8 有効種と 3 学名未決定種が知られている (Kottelat, 2012; 細谷, 2013; 中島・内山, 2017). このうちドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor, 1842) は、主に泥底の止水環境に生息する純淡水魚類で、日本列島および中国大陸に広く分布する (Kottelat, 2012; 中島・内山, 2017; 細谷, 2019). 本種は食用魚類として利用され、古い時代から人為的な移出入が頻繁に行われてきたこともあり、その自然分布域の実態については明らかではない (清水, 2014; 中島・内山, 2017).

従来、日本国内にはドジョウ属魚類として外来種のカラドジョウ *Misgurnus dabryanus* を除くと、ドジョウ 1 種が分布すると考えられてきた (細谷, 2013). しかし、近年の遺伝学・形態学・生態学などの諸分野の進展により、日本産ドジョウには分類学的に区別すべき複数種を含む

ことが明らかとなった (Morishima et al., 2008; 小出水ほか, 2009; 清水ほか, 2011; 清水, 2014; 中島・内山, 2017; Okada et al., 2017; Okada and Kitagawa, 2018; 細谷, 2019). その分類学的研究は遅れているものの、現状では遺伝的・形態的特徴からドジョウ *M. anguillicaudatus*, キタドジョウ *M. sp.* (Clade A), シノビドジョウ *M. sp.* IR, ヒョウモンドジョウ *M. sp.* OK の 1 有効種と 3 学名未決定種に仮に区別・整理されている (中島・内山, 2017; 中島, 2018a; 細谷, 2019; 環境省, 2020). また、このうちドジョウについては、中国大陸産と日本列島産の間では遺伝的特徴のみならず、形態的特徴にも明確な違いがあることが報告されている (吉郷, 2007; 松井・中島, 2020).

大隅諸島より南に連なる琉球列島においては、島嶼であることから陸水系があまり発達せず基本的に純淡水魚類の種数は少ないが、ドジョウ属については大隅諸島からトカラ列島、奄美群島、沖縄諸島、大東諸島、宮古諸島、八重山諸島に至る全域において分布記録がある (吉郷, 2014). このうち奄美群島や西表島から記録されているものはシノビドジョウとして、沖縄島や与那国島から記録されているものはヒョウモンドジョウとして、いずれも学名未決定ではあるものの遺伝的・形態的にドジョウと区別できるものとして扱われている (清水ほか, 2011; 鹿野ほか, 2012; 中島・内山, 2017; 中島, 2018a, b, c). 琉球列島のうちトカラ列島については、宝島 (蒲原, 1955; 吉郷・田村, 2006) および平島 (中村, 1970) におけるドジョウの記録があるが、いずれも遺伝的・形態的な精査に基づく同定は行われていない。また、トカラ列島で最大の中之島 (面積約 34.4 km²) からはドジョウを含むドジョウ属の採集記録がこれまでにないようである (中村, 1970).

著者の一人、野一色は 2018 年に中之島で実施した調査においてドジョウ属の採集を行った。著者らはこの個体について形態とミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列の特徴から精査を行い、これをドジョウと同定した。その結果とともに中之島からのドジョウ属魚類の新分布記録としてここに報告する。



Fig. 1. Fresh specimen of *Misgurnus anguillicaudatus* collected from Nakano-shima Island, Tokara Islands, Kagoshima Prefecture (KMNH VR 100307).

材料と方法

採集は2018年5月3日に著者の一人、野一色がタモ網で行った。採集した場所は中之島の東部に位置する御池(29°51'10.6"N, 129°53'02.2"E)で、岸際の植生域で採集した。合計3個体が採集されたが、採集個体はいずれも標準体長60 mm以下の幼魚で、今回は得られた個体のうち最大個体である1個体を以下の研究に用いた。

個体は生かしたまま実験室に持ち帰り、クローブオイルを用いて麻酔をかけた後に右腹鰭を切除し、無水エタノール固定標本として後の遺伝子解析に用いた。また、本体は10%中性ホルマリン液で固定後、保存液を70%エタノール液に置換して形態計測に用いた。標本の計数および計測方法はKottelat and Freyhof (2007), 中島・内山 (2017) に従い、各鰭条数、標準体長、頭長、体高、背鰭前長、肛門前長、吻長、眼径、眼間幅、第1-3口髭長を、また松井・中島 (2020) に従い腹鰭基部-臀鰭基部間の投影長(X)、臀鰭基底後端部-尾鰭基部間の投影長(Y)を、それぞれデジタルノギスを用いて0.1 mmの単位で計測した。なお、本標本は北九州市立自然史・歴史博物館登録標本とした(KMNH VR 100307)。

ゲノムDNAの抽出は前述した右腹鰭から、Wizard® Genomic DNA Purification Kit (Promega)を用いて行なった。その後、PCR法によりミトコンドリアDNA(mtDNA)調節領域(control region)とその周辺領域(tRNA-Proの一部、

tRNA-Phe, 12S rRNAの一部)を含む1085塩基対を増幅した。PCRに使用したプライマーは、Forward (231F): 5'-TTGTAATCCGAAGATCGGAG-3'およびReverse (1366R): 5'-CATGCAAGTCTCCGCAAA-3'である(Morishima et al., 2008)。PCRは95°C, 2分間の加熱を行った後、95°C: 30秒, 52-55°C: 30秒, 72°C: 1分のサイクルを35回繰り返し、最後に72°Cで5分間の伸長反応を行った。PCRにおけるDNAポリメラーゼにはMightyAmp™ DNA Polymerase (Takara Bio)を使用した。PCR増幅産物の精製にはAgencourt AMPure XP(ベックマン・コールター株式会社)を使用した。精製した各増幅産物について、PCR時と同じプライマーおよびBigDye Terminator v3.1 (Life Technologies)を用いてサイクルシーケンシング反応を行い、ABI 3130xl DNA analyzer (Applied Biosystems)により塩基配列を決定した。得られた塩基配列データは日本DNAデータベース(DDBJ)に登録した(Table 1)。

次に本研究で塩基配列を決定した1個体、および公開されているドジョウ属8種9系統、外群としてアユモドキ科の一種*Leptobotia elongata*、フクドジョウ属の一種*Barbatula barbatula*の塩基配列データを用いて(Table 1)、遺伝子系統樹を作成した。系統樹の推定には最尤法を使用した。まず、BIC (Bayesian Information Criterion)を基準に最適な塩基置換モデルを決定し、選択されたモデル(T92+I model)に基づき、最尤法による系統推定を实

Table 1. Localities and GenBank accession numbers for the material analyzed in the present study.

Species	Locality	Accession No.	Reference
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Japan: Nakano-shima Is., Tokara Isls, Kagoshima	LC600318	present study
<i>M. anguillicaudatus</i> (Japan)	Japan: Fukutsu, Fukuoka	LC415010	Hashiguchi and Nakajima (unpubl.)
<i>M. anguillicaudatus</i> (China)	China: East Tiaoxi R., Zhejiang	AB645739	Kano et al. (2012)
<i>M. dabryanus</i>	China: Huangshan, Anhui	DQ105316	Tang et al. (2006)
<i>M. fossilis</i>	Croatia: unknown	GU583685	Jakovlic et al. (unpubl.)
<i>M. mohoity</i>	China: Haerbin, Heilongjiang	DQ105309	Tang et al. (2006)
<i>M. nikolskyi</i>	China: Amur R., Neha, Heilongjiang	AB242171	Saitoh et al. (2006)
<i>M. sp.</i> (Clade A)	Japan: Mutsu, Aomori	LC494591	Hata et al. (2020)
<i>M. sp.</i> IR	Japan: Okinoerabu Is., Amami Isls., Kagoshima	LC415023	Hashiguchi and Nakajima (unpubl.)
<i>M. sp.</i> OK	Japan: Yonaguni Is., Yaeyama Isls., Okinawa	LC415024	Hashiguchi and Nakajima (unpubl.)
<i>Leptobotia elongata</i>	China: Luzhou, Sichuan	AY600875	Tang et al. (2006)
<i>Barbatula barbatula</i>	Europe: Lake Constance	AY833831	Barluenga and Meyer (2005)

Definitions of *M. sp.* (Clade A), *M. sp.* IR, and *M. sp.* OK are according to Nakajima and Uchiyama (2017).

行した。系統樹の各分岐の信頼性は 1,000 回のブートストラップにより評価した。モデル選択および系統推定には MEGA X (Kumar et al., 2018) を使用した。

以上の形態的・遺伝的特徴に基づいて、中島・内山 (2017) に従い種の同定を行った。

結果

Misgurnus anguillicaudatus (Cantor, 1842)

ドジョウ

(Fig. 1)

標本 KMNH VR 100307, オス, 標準体長 58.0 mm, 鹿児島県十島村トカラ列島中之島, タモ網, 2018 年 5 月 3 日, 野一色麻人 採集。

記載 調査標本の計数形質および各部の計測値を Table 2 に示す。体は細長く円筒形でわずかに側扁する。側線管はない。頭部はやや細く、吻はやや長い。眼はやや大きい。尾柄にはやや発達した膜鰭があるが、尾柄高は体高および尾鰭幅をこえない。口は小さく、下口唇は 2 対の髭状になる。上口唇には 3 対の口髭があり、第 1 口髭は吻端、第 2 口髭は口唇後方、第 3 口髭は口唇後端部にある。いずれの口髭長も眼径をこえ、第 2 口髭が眼径の約 1.5 倍、第 3 口髭が眼径の約 2.1 倍。体表はごく細かい鱗で覆われるが、厚い粘液の下にある。胸鰭付け根の骨質盤は未発達で、丸く、斧状。胸鰭は第 1 分枝軟条が最も長く、最も太い。背鰭は体の中央よりもやや後方に位置し、最後位にある第 6 分枝軟条は根本から分岐する。尾鰭は円形でやや大きく、後端は顕著に丸い。

色彩 体および尾柄部は黄色みを帯びた灰白色で、眼から吻端に向かうやや不明瞭な細い暗色縦帯を有する。体側には目立つ斑紋はなく、体背部と体側部に不明瞭な暗色斑紋列を有する。尾鰭基部の上部にごく小さな暗色斑を有する。背鰭には中央部から先端部にかけて不規則な暗色斑紋がある。尾鰭には全体に不規則な暗色斑紋がある。胸鰭、腹鰭、尻鰭に模様はない。

遺伝子系統樹 作成した遺伝子系統樹を Fig. 2 に示す。調査標本のミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列は、ドジョウの日本在来系統ともっとも類似した。アラインメントされた領域の 948 bp では 4 塩基を除いてすべて一致しており、その塩基配列の一致度は 99.6% であった。

考察

現在国内ではドジョウ属魚類として外来種のカラドジョウ、在来種のドジョウ、キタドジョウ、シノビドジョウ、ヒョウモンドジョウの合計 5 種が確認されている (中島・内山, 2017)。本研究での調査標本は骨室盤が斧状であること (キタドジョウでは骨質盤がシャモジ状、カラド

ジョウでは棒状)、第 2 口髭長が眼径の約 1.5 倍で特に長くないこと (カラドジョウでは同約 4-5 倍、ヒョウモンドジョウでは同約 3-4 倍で長い)、体側全体に斑紋がないこと (ヒョウモンドジョウでは体側全体に斑紋がある)、背鰭最後位の分枝軟条は基部から分岐すること (シノビドジョウでは分岐しない)、尾鰭後縁は丸いこと (シノビドジョウでは後縁中央がやや突出する傾向がある) などの形態的特徴をもち、これらの特徴は中島・内山 (2017) によるドジョウに一致する。さらにドジョウは中国大陸産と日本列島産において形態的に区別され、腹鰭基部 - 臀鰭起部間長 (X) と臀鰭基底後端部 - 尾鰭基底部間長 (Y) のそれぞれの投影長に基づく指標 Y/X は、中国大陸系統では 1.1 以下に対して日本在来系統では 1.0 以上であること、背鰭分枝軟条数は中国大陸系統では 6-8 (モードは 7) に対して日本在来系統では 6-7 (モードは 6) であることが報告されている (松井・中島, 2020)。今回調査した個体の Y/X は 1.2、背鰭分枝軟条数は 6 であり、日本在来系統のドジョウに一致する。また、ドジョウ属魚類ではミトコンドリア DNA の *cytb* 領域や調節領域の塩基配列が種判別マーカーとして有効であることが知られている (Perdices et al., 2012; 中島・内山, 2017)。今回調査した個体のミトコンドリア DNA 調節領域の塩基配列の特徴は、日本在来系統のドジョウにほぼ一致した。以上のことから、今回初めて確認されたトカラ列島中之島産ドジョウ属は、形態的・遺伝的特徴からドジョウ *M. anguillicaudatus* の日本在来系統

Table 2. Counts and morphometric measurements of *Misgurnus anguillicaudatus* from Nakano-shima Island.

	KMNH VR 100307
Standard length (mm)	58.0
Counts	
Dorsal fin	iii+6
Anal fin	iii+5
Pectoral fin	i+10
Pelvic fin	ii+5
Caudal fin	8+8
Measurements as % standard length	
Head length	17.8
Body depth	11.0
Predorsal length	56.6
Preanal length	70.0
Depth of caudal peduncle	10.0
Measurements as % head length	
Snout length	34.0
Eye diameter	16.5
Inorbital width	21.4
Rostral barbel	13.3
Maxillary barbel	14.5
Mandibular barbel	20.8
Length of X	8.6
Length of Y	10.7

X, the projected length from the insertion point of the pelvic fin to the anterior edge of the anal fin base; Y, the projected length from the posterior edge of the anal fin base to the base of the caudal fin. See also Matsui and Nakajima (2020).

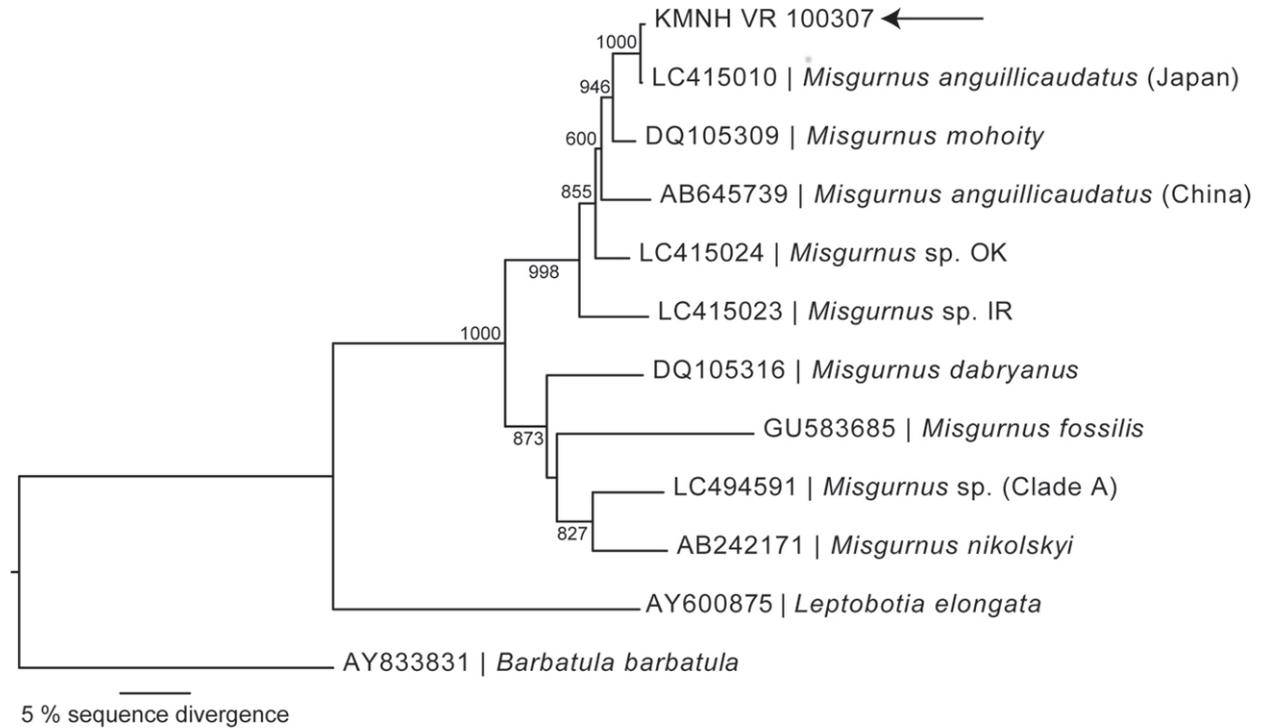


Fig. 2. Maximum likelihood phylogram based on the mtDNA control region sequences of species of *Misgurnus* and two outgroups. The individual collected from Nakano-shima Island is indicated by an arrow. Numbers on each branch show the bootstrap values with 1,000 replicates.

に同定される。

日本本土と琉球列島の生物相には大きな違いがあり、そのもっとも重要な地理的境界線の一つがトカラ列島悪石島と小宝島に位置するトカラ海峡を境界とする渡瀬線である (Hikida et al., 1992; 戸田ほか, 2003)。琉球列島におけるドジョウ属魚類の自然分布の実態については不明な点が多いが、少なくとも現時点では奄美群島にはシノビドジョウが、八重山諸島 (与那国島) にはヒョウモンドジョウが自然分布するものと考えられている (中島, 2018b, c)。このことから、悪石島より北に位置する中之島において得られた日本在来系統の本個体は、自然分布していたものである可能性もゼロではない。しかしながら、ドジョウは人為的な移出入が古くから盛んであり、本研究の結果のみではその在来性の判定は困難である。また、中村 (1970) は島民からの聞き取り情報を交えた自らの現地調査結果に基づいて、中之島にはドジョウが生息しないことを明記しており、比較的最近になって本土から持ち込まれた外来集団である可能性もある。今後より詳細な遺伝子解析を用いた調査を実施することで、今回報告した中之島産ドジョウの由来を明らかにすることができると考えられる。

謝辞

標本登録にご協力いただいた日比野友亮博士 (北九州市立自然史・歴史博物館)、塩基配列データ登録にご協力いただいた国立遺伝学研究所日本 DNA データバンク (DDBJ)、文献類の入手にご協力いただいた吉郷英範氏 (中

外テクノス株式会社)、遠藤広光博士 (高知大学)、渡辺勝敏博士 (京都大学)、中之島での調査に同行いただいた岡野良祐氏 (守口市)、稲岡悠輔氏 (名古屋市)、藤野勇馬氏 (表具屋ふじの) にこの場を借りてお礼申し上げる。

引用文献

- Barluenga, M. and A. Meyer. 2005. Old fish in a young lake: stone loach (Pisces: *Barbatula barbatula*) populations in Lake Constance are genetically isolated by distance. *Molecular Ecology*, 14: 1229–1239. (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-294X.2005.02468.x>)
- 旗 薫・小池花苗・丹野夕輝・中島 淳. 2020. 宮城県で確認されたドジョウ (クレード A) (コイ目ドジョウ科) 雄個体の遺伝的・形態的特徴. 伊豆沼・内沼研究報告, 14: 15–32. (https://www.jstage.jst.go.jp/article/izu/14/0/14_15/_pdf-char/ja)
- Hikida, T., H. Ota and M. Toyama. 1992. Herpetofauna of an encounter zone of Oriental and Palearctic elements: amphibians and reptiles of the Tokara group and adjacent islands in the northern Ryukyus, Japan. *Biological Magazine Okinawa*, 30: 29–43.
- 細谷和海. 2013. ドジョウ科, pp. 328–334, 1819–1822. 中坊徹次 (編) 日本産魚類検索 全種の同定. 第3版. 東海大学出版会, 秦野.
- 細谷和海. 2019. 山溪ハンディ図鑑. 増補改訂. 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京. 560 pp.
- 蒲原稔治. 1955. トカラの魚. 高知大学学術研究報告, 4 (5): 1–11.
- 環境省. 2020. 環境省レッドリスト 2020. <http://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf> (9 Jan. 2021).
- 鹿野雄一・中島 淳・水谷 宏・仲里裕子・仲里長浩・揖 善継・黄 亮亮・西田 伸・橋口康之. 2012. 西表島におけるドジョウの危機的生息状況と遺伝的特異性. *魚類学雑誌*, 59: 37–43.
- 小出水規行・竹村武士・渡部恵司・森 淳. 2009. ミトコンドリア DNA によるドジョウの遺伝特性—チトクローム b 遺伝子の塩基配列による系統解析—. *農業農村工学会論文集*, 77: 7–16. (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsidre/77/1/77_1_7/_pdf-char/ja)
- Kottelat, M. 2012. *Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei)*. *The Raffles Bulletin of Zoology, Supplement*, 26:1–199. (https://lcnhm.nus.edu.sg/app/uploads/2017/06/Conspectus_cobitidum.pdf)

- Kottelat, M. and J. Freyhof. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol and Freyhof, Berlin. 646 pp.
- Kumar, S., G. Stecher, M. Li, C. Knyaz and K. Tamura. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547–1549. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5967553/>)
- 松井彰子・中島 淳. 2020. 大阪府におけるドジョウの在来および外来系統の分布と形態的特徴にもとづく系統判別法の検討. 大阪市立自然史博物館研究報告, 74: 1–15. (https://omnh.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=1448&item_no=1&attribute_id=22&file_no=1)
- Morishima, K., Y. Nakamura-Shiokawa, E. Bando, Y. J. Li, A. Boroń, M. M. R. Khan and K. Arai. 2008. Cryptic clonal lineages and genetic diversity in the loach *Misgurnus anguillicaudatus* (Teleostei: Cobitidae) inferred from nuclear and mitochondrial DNA analyses. *Genetica*, 132: 159–171.
- 中島 淳. 2018a. ドジョウ科, pp.110–115. 中坊徹次(編) 小学館の図鑑Z 日本魚類館, 小学館, 東京.
- 中島 淳. 2018b. シノビドジョウ, p. 23. 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室(編) 環境省レッドリスト 2018 補遺資料. 環境省, 東京.
- 中島 淳. 2018c. ヒョウモンドジョウ, p. 23. 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室(編) 環境省レッドリスト 2018 補遺資料. 環境省, 東京.
- 中島 淳・内山りゅう. 2017. 日本のドジョウ 形態・生態・文化と図鑑. 文一総合出版, 東京. 223 pp.
- 中村伸一. 1970. トカラ列島・中之島の自然. 十島村立中之島小学校, 十島村. 188 pp.
- Okada, R., T. Inui, Y. Iguchi, T. Kitagawa, K. Takata and T. Kitagawa. 2017. Molecular and morphological analyses revealed a cryptic species of dojo loach *Misgurnus anguillicaudatus* (Cypriniformes: Cobitidae) in Japan. *Journal of Fish Biology*, 91: 989–996.
- Okada, R. and T. Kitagawa. 2018. Possibility of habitat segregation between two sympatric species of Japanese dojo loach in the Naka-ikemi Wetland, Fukui Prefecture, Japan. *Ichthyological Research*, doi: 10.1007/s10228-018-0618-7 (Jan. 2018), 65: 412–416 (July 2018).
- Perdices, A., V. Vasil'ev and E. Vasil'eva. 2012. Molecular phylogeny and intraspecific structure of loaches (genera *Cobitis* and *Misgurnus*) from the Far East region of Russia and some conclusions on their systematics. *Ichthyological Research*, 59: 113–123.
- Saitoh, K., T. Sado, R. L. Mayden, N. Hanzawa, K. Nakamura, M. Nishida and M. Miya. 2006. Mitogenomic evolution and interrelationships of the Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): the first evidence toward resolution of higher-level relationships of the world's largest freshwater fish clade based on 59 whole mitogenome sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 63: 826–841.
- 清水孝昭. 2014. ドジョウ: 資源利用と攪乱. 魚類学雑誌, 61: 36–40.
- 清水孝昭・鈴木寿之・高木基裕・大迫尚晴. 2011. 沖縄島と西表島より得られたドジョウの形態的・遺伝的特徴. 日本生物地理学会会報, 66: 141–153.
- Tang, Q., H. Liu, R. Mayden and B. Xiong. 2006. Comparison of evolutionary rates in the mitochondrial DNA cytochrome *b* gene and control region and their implications for phylogeny of the Cobitoidea (Teleostei: Cypriniformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39: 347–357. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1055790305002605/pdf?md5=88bbc55e07e2cd930a3b484331c9796c&pid=1-s2.0-S1055790305002605-main.pdf>)
- 戸田 守・諸喜田茂充・西田 睦. 2003. 琉球列島の生物相の歴史的成り立ち, pp. 25–32. 西田 睦・鹿谷法一・諸喜田茂充(編) 琉球列島の陸水生物. 東海大学出版会, 東京.
- 吉郷英範. 2007. 山口県東部で採集された外来の可能性があるドジョウ属(コイ目ドジョウ科). 比婆科学, 223: 7–20.
- 吉郷英範. 2014. 琉球列島産陸水性魚類相および文献目録. *Fauna Ryukyuana*, 9: 1–153. (http://ir.lib.u-ryukyu.ac.jp/bitstream/20.500.12000/38625/1/FR9-2_Yoshigou.pdf)
- 吉郷英範・田村常雄. 2006. トカラ列島宝島(鹿児島県: 琉球列島)で確認された陸水性動物. 比婆科学, 218: 1–15.