

福岡県久留米市の素掘りの農業水路におけるドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* の越冬場所

北村淳一^{1,2}・金 銀真¹・中島 淳^{1,3}・高久宏佑^{1,4}・諸澤崇裕^{1,4}

¹ 〒 519-2143 三重県松阪市中万町 1281 NPO 法人流域環境保全ネットワーク

² 〒 514-0061 三重県津市一身田上津部田 3060 三重県総合博物館

³ 〒 818-0135 福岡県太宰府市向佐野 39 福岡県保健環境研究所

⁴ 〒 130-8606 東京都墨田区江東橋 3-3-7 一般財団法人自然環境研究センター

(2020年4月23日受付；2020年10月1日改訂；2020年10月1日受理；2020年12月18日J-STAGE 早期公開)

キーワード：生息環境, 魚類, 分布, 保全, 圃場

魚類学雑誌
Japanese Journal of
Ichthyology

© The Ichthyological Society of Japan 2021

Jyun-ichi Kitamura*, Eun-Jin Kim, Jun Nakajima, Kosuke Takaku and Takahiro Morosawa. 2021. Habitat use of the loach *Misgurnus anguillicaudatus* in a paddy field ditch in wintering. *Japan. J. Ichthyol.*, 68(1): 23-28. DOI: 10.11369/jji.20-012.

Abstract Habitat use of *Misgurnus anguillicaudatus* was surveyed at Tanushimaru, Kurume City, Fukuoka Prefecture, Kyushu Island, Japan, at winter season. The study site was composed as traditional agricultural ditches in parts of the paddy field with some parts of concrete artificial type of the canals. The spatial distribution of *M. anguillicaudatus* in the study area was examined in 36 square frames (1 m × 1 m) located spaced along agricultural pathway for approximately 20 m. Relationships between presence of *M. anguillicaudatus* and several environmental factors was analyzed using the generalized linear model (GLM). Result of the GLM analysis showed that probability of the presence of *M. anguillicaudatus* mainly explained by water depth and the probability increased with increasing water depth.

*Corresponding author: Mie Prefectural Museum, 3060 Isshinden-kouzubeta, Tsu, Mie 514-0061, Japan (e-mail: kitamura@bio.sci.toho-u.ac.jp)

農業水路は、本来増水したときに現れる一時水域や恒久的な浅い湿地に変わる二次的な陸水環境として、様々な生物にとって繁殖・生育のための環境となっている（斉藤ほか，1988；斉藤，1997；片野，1998；藤咲ほか，1999）。近年では多くの農業水路は、圃場整備により護岸と河床が素掘りの土から壊れにくいコンクリートに変わり、さらに、水稻栽培の合理化や維持管理のための技術向上と効率化により、水路断面の崩壊を防ぐため非灌漑期（およそ10月から3月）には水を流さなくなっている。その結果、農家の労働力が軽減され収量が増加し食料の安定供給に寄与したが、圃場における生物多様性の危機が懸念されている。その一方で、農林水産省は生物多様性保全を重視

した農林水産業を強力に推進するため、2007年に農林水産省生物多様性戦略を策定、さらに2012年にはその改定が行なわれ（農林水産省，2012）、農業用水路における生物多様性の保全についても取組みが進んでいる。また、食料・農業・農村基本法においては農業の方針の一つとして「自然環境の保全」が（農林水産省，2019a）、土地改良法においては農地整備の方針において「環境との調和への配慮」が（農林水産省，2019b）、それぞれ明記されるなど、生物多様性保全を視野にいれた農業および圃場整備を推進する方向に転換しつつある。

ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* は、日本の農業水路に生息する代表的な淡水魚類として知られ

る(田中, 1999; 皆川・千賀, 2007; 皆川ほか, 2009). 日本国内で従来1種と認識されていたドジョウは, 近年では形態的, 遺伝的特徴から, 地理的なまとまりを持つ複数の集団に区別されることが明らかとなり, 現在のところドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*, キタドジョウ *Misgurnus* sp. (Clade A), シノビドジョウ *Misgurnus* sp. IR, ヒョウモンドジョウ *Misgurnus* sp. OK の4種として整理されている(中島・内山, 2017). これに伴いほぼ全国的に生息する一般的なドジョウは, 環境省第4次レッドリストの随時見直しによる再評価が行われ, 湿地開発や圃場整備の影響による生息範囲の縮小等の影響により, レッドリスト2018から新たに準絶滅危惧(NT)として掲載され将来的な絶滅危惧種への移行が懸念されている(清水, 2018; 環境省, 2020).

ドジョウの生活環には河川—農業水路—水田間の関係性が重要であり, およそ4-10月の灌漑期に一時水域の農業水路に通水が行われると, 恒久水域の河川や農業水路から遡上が始まり産卵する. さらに水田への取水が行われる6-7月になるとほとんどの個体は農業水路から水田に遡上して産卵することも知られる(田中, 1999; 齊藤, 2001; 皆川・千賀, 2007). 卵は1-3日で全長3.4-4.0 mmで孵化し, ふ化した仔魚は10-40日で全長20-34 mmに達する(久保田・松井, 1954; 久保田ほか, 1965; 宮地ほか, 1976; 皆川・千賀, 2007). 水田内で成長し稚魚になった個体は, 水田に取水後20-40日に主に水尻から農業水路に移動し(皆川・千賀, 2007), 農業水路で生育を続ける(田中, 1999). その後, 通水が止まった冬季には, 恒久水路では水域内に, 水の無くなった農業水路では土壤中に潜って, 水田では水口付近の土壤に潜って塊状になって越冬していることが確認されている(久保田, 1961; 田中, 1999; 中島・内山, 2017). しかし, 冬季にこれら水路内のどのような微細生息場所を利用して越冬しているかについて詳細に調べられた知見は少ない.

本研究では, 恒久的に通水している素掘りの農業水路が残る福岡県久留米市田主丸町において, ドジョウの越冬期における微細生息場所の環境特性を明らかにするための調査を行った.

材料と方法

調査は, 2010年2月13日に福岡県久留米市田主丸町の農業水路において行った(Fig. 1). この

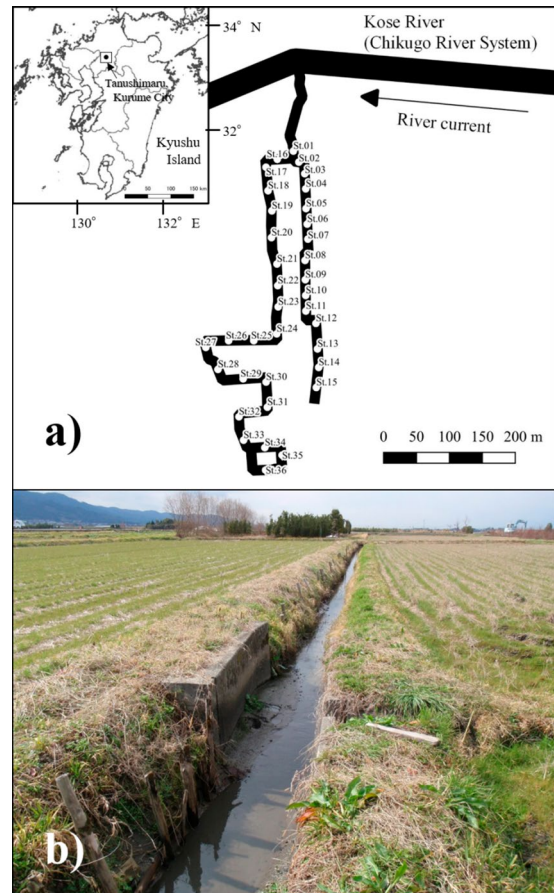


Fig. 1. a) Map with sampling locations; b) photo of the study area.

農業水路は, ほぼ全域にわたり素掘りの土水路が拡がり, 様々な水路幅や水深の地点を有することで多様な水路環境が形成されている. 周辺には灌漑用のため池は存在せず, 灌漑期の水源は上流側に位置する用水路からの導水に頼っている. また, 本農業水路内では年間を通じて水が溜れることはなく, 非灌漑期でも一定の水深を保った恒久水域が一部に形成される. 水路内の魚類相としてはドジョウの他にヒナモロコ *Aphyocypris chinensis*, ギンブナ *Carassius* sp., ドンコ *Odontobutis obscura* が生息している(中島・鬼倉, 2009). なお, 調査を行った農業水路は, その後進められた土地改良事業に伴い区画整理及びコンクリート製水路への付け替えが行われたため, 現在は存在しない.

本調査地内のドジョウの分布様式を明らかにするため, 1 m 四方の方形枠を水路内の岸辺を沿うように約 20 m 間隔で 36 枠設置し, 各枠内においてドジョウの生息状況と物理化学的環境及び植生について調査した. 方形枠内の物理化学環境要因

Table 1. Summary of physicochemical environmental variables in presence and absence sites of *Misgurnus anguillicaudatus*

Continuous variable	Presence sites		Absence sites	
	Median	Range	Median	Range
Water temperature (°C)	10.6	7.6–11.6	10.4	7.2–11.4
Dissolved oxygen (mg/l)	11.6	10.5–14.6	11.4	9.6–14.8
Electric conductivity (ms/cm)	299	197–315	286	194–321
Water depth (cm)	26	14.0–43.4	7.7	2.7–32.0
Ditch width (cm)	90	37–250	71	30–250
Mud thickness (cm)	12	1–28	6	0–48
Turbidity (NTU)	4	2.4–12.2	3.9	2.6–9.6
pH	7.8	7.5–7.9	7.8	7.5–8.2
Categorical variable	No. presence sites		No. absence sites	
Bottom material type				
Mud	9		12	
Sand	3		6	
Gravel	0		4	
Concrete	0		2	
Plant cover				
Present	8		16	
Absent	4		8	
Ditch type				
Soil	11		17	
Soil and concrete	1		3	
Concrete	0		4	
Water flow				
Present	7		18	
Absent	5		6	

として、水温 (°C)、溶存酸素濃度 (mg/l)、電気伝導度 (ms/cm)、水深 (cm)、水路幅 (cm)、泥厚 (cm)、濁度 (NTU)、pH の計 8 項目を計測した (Table 1)。水温と溶存酸素濃度の測定には YSI 95 (YSI Inc. 製) を、電気伝導度、濁度、pH の測定には Waterproof ECTestr 11+ (Oakton Inc. 製)、HI93703 (Hanna Instruments 製)、Waterproof pHTestr 30 (Oakton Inc. 製) をそれぞれ用いた。なお、水深と泥厚については、方形枠内中央の左岸側端、中心部、右岸側端の 3 か所で計測した平均値をデータとし、水温、溶存酸素濃度、電気伝導度、濁度、pH の項目は方形枠内の中心付近 1 か所における計測値をデータとした。泥厚は、TRUSCO ピンポール (全長 1 m、外径 8 mm、重量 460 g; トラスコ中山 (株) 製) を水面から 30 cm 上から落下させて泥に刺さった長さを計測した。さらに定性的なデータとして、優占する河床材質 (泥・砂・小礫・中礫・大礫・コンクリートの 6 区分)、水中・抽水および陸上植物のカバーの有無、護岸形状 (土のみ・土とコンクリート・コンクリートのみの 3

区分)、方形枠内の水の流れの有無の計 4 項目を記録し、解析に加えた。各物理化学環境と植生の計測・記録後、2 人で約 5 分間、たも網により方形枠内の淡水魚類およびドジョウが泥の中において確認できなくなるまで採集した。採集した個体は、水を張った白いバットに遊泳させ、定規とともに写真を撮影後、速やかに採集地点にて放流した。各枠内で採集されたドジョウの個体数は後日写真から計数した。採集された種の同定は中坊 (2013)、中島・内山 (2017) に従った。

ドジョウがどのような環境に出現したのかを明らかにするため、枠内ドジョウの出現の有無を応答変数とし、各環境要因を説明変数として、分布族が二項分布の一般化線形モデル (Generalized linear model: GLM) を用いて解析を行った。測定した物理化学環境のうち、水温、溶存酸素濃度、電気伝導度、濁度、pH、および枠内の水の流れの有無 (Table 1) については、1 日のうちの調査時間の影響を受けたり、データのばらつきが小さくドジョウの在・不在の地点間で大きな違いが見

られなかったりしたことから解析には使用しなかった。そのため、水深、水路幅、泥厚、河床材質、水中・抽水および陸上植物のカバーの有無、護岸形状を解析に使用した。モデル構築にあたり赤池情報量規準 (Akaike's information criterion : AIC) に基づきモデル選択を行った。モデル選択においては、すべての説明変数の組み合わせのモデルを作成し、AIC が低い順位にモデルを並べ、Burnham and Anderson (2002) に従い、AIC の差である Δ AIC が 2 以下のモデルについて妥当性が高いモデルとして結果評価に使用した。なお、本解析においては、サンプルサイズが小さいため、そのような場合に望ましいとされる AICc を使用してモデル選択を行った (Burnham and Anderson, 2002)。解析には統計パッケージ R ver. 4.0.2 (R development core team, 2020) を使用した。

結 果

ドジョウは全 36 枠中 12 枠で合計 64 個体 (全長 : 平均 73.5 \pm 標準偏差 14.0 mm, 範囲 51–110 mm) が捕獲された。枠によって捕獲個体数に偏りがある傾向が見られ、捕獲個体数は 1 個体が 5 枠、2 個体が 2 枠、5 個体が 1 枠、7 個体が 1 枠、12 個体が 2 枠、19 個体が 1 枠であった。

ドジョウの出現に対する環境要因との関係については、GLM を用いたモデル選択による結果、 Δ AIC が 2 以下の上位 3 モデルにおいて、水深がすべてのモデルで選択された (Table 2)。一方、上位 3 モデルのうち水生・抽水・陸上植物カバーの有無と水路幅がそれぞれ 1 モデルで選択された。また、泥厚、河床材質、護岸形状は上位 3 モデルでは選択されなかった。以上のことから、ドジョウの出現に対する環境要因として、水深の相対的重要性が最も高く、次いで、水生・抽水・陸上植

物カバー、水路幅となった。GLM による解析の結果、最も重要であった水深に着目すると、水深 (調査地の範囲 2.7–43.3 cm) が 14.0–43.3 cm (平均 23.7 \pm 標準偏差 9.1, 中央値 26.0 cm) の場所でドジョウが捕獲され、深いほどドジョウの捕獲確率が高い傾向にあった (Fig. 2)。次に重要性が高かった水生・抽水・陸上植物カバーについては、カバー有りでは 8 枠で、カバー無しでは 4 枠でドジョウが出現した。水路幅については、水路幅 (調査地の範囲 30–250 cm) が 37–250 cm (中央値 90 cm) の場所でドジョウが捕獲され、広いほどドジョウの捕獲確率が高い傾向にあった。河床材質についてはモデルで選択されなかったが、泥が 9 枠で、砂が 3 枠でドジョウが出現した。礫やコンクリートの枠ではドジョウは出現しなかった。

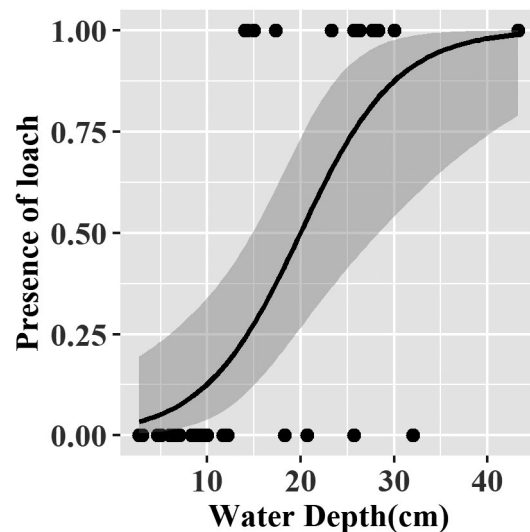


Fig. 2. Relationship between the presence of *Misgurnus anguillicaudatus* and water depth. Predicted probability of presence shown by 95 % confidence interval, calculated from the generalized linear model.

Table 2. Output of generalized linear models investigating environmental factors influencing the presence of *Misgurnus anguillicaudatus* [models are ranked in descending order after the small sample-size correction using Akaike's Information Criterion (AICc)]

ModelNo.**	Environmental variables*							AICc	Δ AICc	Weight
	Intercept	Water depth	Ditch width	Mud thickness	Substrate type	Plant cover	Ditch type			
1	-3.87	0.194						31.6	0	0.282
2	-5.33	0.223				***		32.7	1.15	0.159
3	-3.51	0.234	-0.01					32.8	1.21	0.155

*Water depth, ditch width and mud thickness were continuous variables, remaining variables are categorical.

**After model selection, models with Δ AIC < 2 were adopted.

***+ indicates adopted variable by model selection and positive relationship between presence of *Misgurnus anguillicaudatus* and variable.

考 察

本調査地の一年間恒久的に通水している素掘りの農業水路において、ドジョウは水深が深く（14.0 cm 以上，中央値 26.0 cm），植物カバーがあり，川幅が広く，モデルで選択されなかったものの河床材質が泥や砂の場所で越冬している傾向が明らかとなった。

農業水路で冬季に捕食のために訪れている鳥類のコサギ *Egretta garzetta* とチュウダイサギ *Ardea alba modesta* は，冬季の河口の汽水域において，それぞれ水深が 10 cm 以下と 10–25 cm の場所で魚類を捕食することがわかっている（Takaki and Eguchi, 2008）．本研究で確認されたドジョウが水深の深い場所で越冬することは，サギ類などの鳥類からの捕食回避に寄与している可能性があると考えられる。

また，佐渡島における田中ほか（2011）の研究では，ドジョウが河川よりもため池を越冬場所として選択的に利用している可能性を指摘しており，冬期にはため池のような恒久水域を好むことが示唆される．本調査地の農業水路には，接続するため池は存在しないが，本研究で示された越冬場所の物理環境が，池が一般的に深みに持つ泥質の環境と合致し，冬期でも水深の深く砂泥質の場所が点々と形成されている．そのため，ため池との接続のない農業水路では，ため池に類似した環境が越冬場所として機能していると考えられる。

近年の圃場整備では，農業水路の高耐久化のため，土であった護岸や底がコンクリートに置き換えられている．さらに，護岸保護のため秋と冬の非灌漑期には水路内の水量が少ない状態で維持される場合が多い．そのためコンクリートになった非灌漑期の農業水路では，ほとんどの区間で水深は浅く川幅は一定となり，植物カバーが形成しにくくなった結果，底面に土砂が堆積しても凹凸の差が小さく河床材質が荒くなると考えられる．つまり，コンクリート化された農業水路では，本研究で明らかとなったドジョウが越冬する環境，つまり水深が深く植物カバーがあり川幅が広く河床材質が細かい環境は自然に形成されないこととなる．ため池等の恒久水域との接続のない農業水路では，この様なドジョウの越冬環境の消失が，鹿野ほか（2012）で報告されているような近年の圃場整備後の農業水路や水田におけるドジョウの減少および消失を引き起こしている要因の一つかもしれない．身近な淡水魚でありながら，近年では

絶滅のおそれが高まりつつあるドジョウを農業水路において保全するためには，本研究で明らかとなった越冬地に適した水深が深く植物カバーがあり川幅が広く河床材質が細くなる環境を保全および整備する必要があるだろう．

引用文献

- Burnham K. P. and D. R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer, New York.
- 藤咲雅明・神宮司 寛・水谷正一・後藤 章・渡辺俊介. 1999. 小河川・農業用水路系における魚類の生息と環境構造との関係. 応用生態工学, 2: 53–61.
- 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.
- 環境省. 2020. 別添資料3 環境省レッドリスト 2020, 汽水・淡水魚類: <http://www.env.go.jp/press/files/jp/113667.pdf> (参照 2020-4-19).
- 片野 修. 1998. 水田・農業用水路の魚類群集. 江崎保男・田中哲夫 (編), pp. 67–79. 水辺環境の保全—生物群集の視点から—. 朝倉書店, 東京.
- 久保田善二郎. 1961. ドジョウの生態に関する研究—I 生態的分布. 農水講研報, 11: 141–176.
- 久保田善二郎・久我万千子・岡 政徹・前田達男. 1965. ドジョウの増殖に関する研究—VII 仔魚の放養時期 配合飼料の種類および池の底質が種苗の生産に及ぼす影響について. 水産大学校研報, 14: 59–73.
- 久保田善二郎・松井 魁. 1954. 孵化用水の温度変化がドジョウ卵孵化に及ぼす影響に就いて. 水産講習所研究報告, 3: 209–215.
- 皆川明子・千賀裕太郎. 2007. 水田を繁殖場とする魚類の水田からの脱出に関する研究. 農業農村工学会論文集, 247: 83–91.
- 皆川明子・高木強治・後藤真宏・樽屋啓之. 2009. 早場米生産水田における魚類の移入と移出について. 農業農村工学会論文集, 261: 83–91.
- 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1976. 87. ドジョウ. pp. 241–244. 原色日本淡水魚類図鑑, 保育社, 大阪.
- 中坊徹次. 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 東海大学出版会, 秦野. 2428 pp.
- 中島 淳・鬼倉徳雄. 2009. 野外におけるヒナモロコの成長と利用環境. 魚類学雑誌, 56: 135–143.
- 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. 山と溪谷社, 東京. 224 pp.
- 農林水産省. 2012. 農林水産省生物多様性戦略.

- 農林水産省ホームページ：http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/s_senryaku/pdf/senryaku.pdf (参照 2020-4-19).
- 農林水産省. 2019a. 食料・農業・農村基本法. E-Gov: https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=411AC0000000106 (参照 2020-4-19).
- 農林水産省. 2019b. 土地改良法. E-Gov: https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=324AC0000000195 (参照 2020-4-19).
- R Development Core Team. 2020. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org> (参照 2020-7-20).
- 斉藤憲治. 1997. 淡水魚の繁殖場所としての一時的な水域. 長田芳和・細谷和海 (編), pp. 194-204. 日本の希少淡水魚の現状と系統保存. 緑書房, 東京.
- 斉藤憲治. 2001. ドジョウ. 川那辺浩哉・水野信彦 (編), pp. 382-385. 山溪カラー名鑑 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京.
- 斉藤憲治・片野 修・小泉顕雄. 1988. 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌, 38: 35-47.
- 清水孝昭. 2018. ドジョウ. 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室編, p. 22. 環境省レッドリスト 2018 補遺資料, 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室, 東京.
- Takaki, Y. and K. Eguchi. 2008. Seasonal change and interspecific comparison of foraging behavior in two heron species. *Ornithol. Sci.*, 7: 93-97.
- 田中道明. 1999. 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. 魚類学雑誌, 46: 75-81.
- 田中 亘・鹿野雄一・山下奉海・斉藤 慶・河口洋一・島谷 幸宏. 2011. 佐渡島の河川のドジョウ密度を決定する要因とその保全策への応用. 応用生態工学, 14: 1-9.