

水路急傾斜部に設置した可搬魚道における魚類遡上の調査

Investigation of fish upstream migration on portable fishway installed on steep slope in canal

須藤真弥*・前田滋哉*・高橋直己**

*茨城大学農学部（〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1）

**香川高等専門学校建設環境工学科（〒761-8058 香川県高松市勅使町 355）

SUDO Naoya*, MAEDA Shigeya*, TAKAHASHI Naoki**

*Faculty of Agriculture, Ibaraki University (3-21-1 Chuuo, Ami, Inashiki, Ibaraki, 300-0393)

** National Institute of Technology, Kagawa College (355 Chokushi, Takamatsu, Kagawa, 761-8508)

Abstract

Ensuring the movement route of fish is an important issue in conserving the ecological environment of rural water bodies. A fishway has often been constructed to alleviate the obstacles for fish upstream migration in the head and torrent works, but it is generally large and not considered to be attached or detached. In this study, a portable fishway that can be easily attached to and detached from the waterway and can be manufactured at low cost is installed in the steep slope of an agricultural drainage canal. The field observation was conducted in May, July and September 2019. The underwater camera was used to take pictures of the movement path of fish on the portable fishway. The effectiveness of the portable fishway was analyzed by hydraulic observations inside and outside the fishway. As a result, it was confirmed that Medaka, Yoshinobori, and shrimp were migrating upstream on the fishway. The flow velocity in the fishway decreased to about half of the flow velocity in the steep slope of the waterway.

Key words: portable fishway, agricultural drainage canal, fish, ecological environment

要 旨

魚類の移動経路の確保は、農村水域の生態環境を保全するうえで重要な問題である。魚道は落差工や急流工における魚類の遡上障害を緩和するためにしばしば施工されてきたが、一般に大規模で、着脱することを考慮したものではない。本研究では、魚類遡上の障害となっている農業用排水路の急傾斜部を対象に、水路への着脱が容易で安価に製作可能な可搬魚道を設置し、実際の魚類の魚道利用状況を2019年5月、7月、9月に調査した。水中カメラにより可搬魚道での魚類の移動経路を撮影した。また、魚道内外の水理観測により、可搬魚道の有効性を分析した。その結果、メダカ、ヨシノボリ、エビの遡上を確認した。また、魚道内の流速は水路急傾斜部の流速の約半分にまで低下していた。

キーワード: 可搬魚道, 農業用排水路, 魚類, 生態環境

1. はじめに

農業水路には農業水利施設としての機能があるのと同時に、水田生態系にとって重要な水域ネットワークを形成する役割がある。近年、土地改良法の改正に伴い環境に配慮した事業が実施されてきたが、水路内に急傾斜部のような、水田周辺を生息域としている小型水生動物にとって移動困難な場所が多く存在する。

魚道は魚類の遡上障害を緩和するため、しばしば施工されてきた。しかし、アユやウグイのような遊泳力の高い魚種を対象とした魚道が中心であり、通し回遊性のカジカ属魚類やウキゴリ属魚種などの遊泳力の低い水生生物が利用できていないことが報告されている(下田ら, 2003)。このような問題に対して、傾斜側壁にすることで水際の流れを創出する台形断面魚道などの、多様な水生生物の遡上を考慮した魚道が提案されている(安田, 2013)。

河川内の落差工での設置を想定した魚道は、農業水路に設置する魚道と規模が異なる。幅数メートルの水路に設置できる魚道の構造が検討された事例は少ない。また、コンクリートで施工される従来の魚道は設置するために要する労力や費用が大きく、着脱を想定していないため、単独で水生生物の遡上環境を十分に保全することは難しい(高橋ら, 2017)。一方で可搬魚道は、安価に作製することができること、設置するために専門的な知識が必要としないため農家や地域住民等により必要に応じて着脱できる。そこで本研究では、魚類の移動が阻害されている農業排水路の急傾斜部を対象に、持ち運びや着脱が容易な可搬魚道(高橋ら, 2019)を設置し、その有効性を検証することを目的とする。魚道内外の流速観測、遡上魚種の同定、動画撮影による遡上魚種の遡上経路の分析により、可搬魚道の有効性を検討する。

2. 方法

2.1 調査地

茨城県美浦村興津地区の農業用排水路の急傾斜部を調査地とする(Fig. 1)。急勾配区間の長さは0.74m、水路勾配は22.6°である。この急傾斜部で高速流が発生するため、メダカのような小型水生生物の遡上を阻害していると考えられる。水路は高橋川に合流した後、霞ヶ浦に流入するため、当該水路には霞ヶ浦から魚類が遡上する。そのため調査地上流に魚溜や魚巣といった環境配慮工が存在する。



Fig. 1 調査地の概要

2.2 可搬魚道

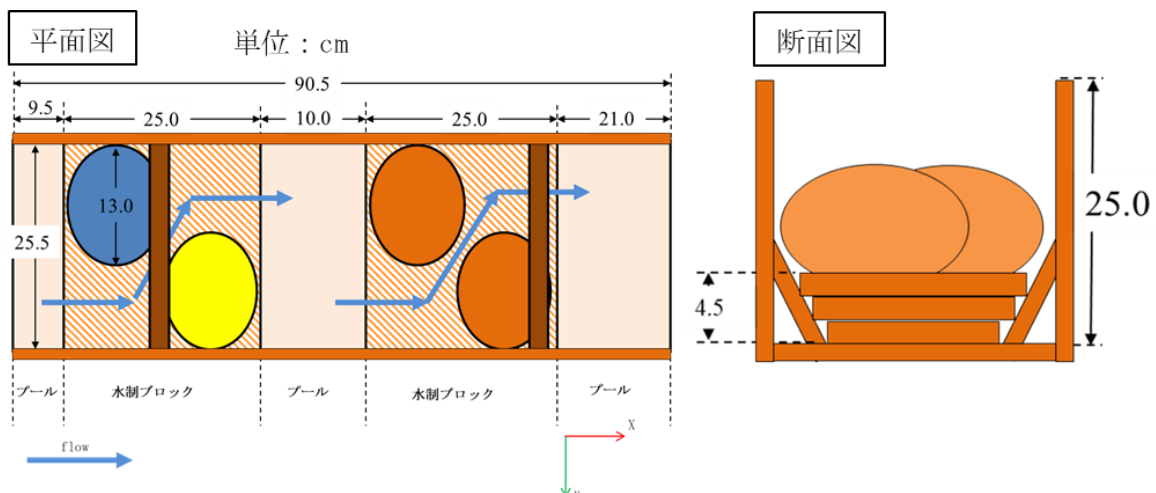


Fig. 2 可搬魚道の概要

高橋ら（高橋ら，2019）により農業水路に適用可能な可搬魚道が提案されており，本研究で利用した可搬魚道もそのうちの1つである（Fig. 2）．魚道は木製で，透水性の水制ブロック（スポンジ製）を設置することで魚道内の流速を低下させるとともに，魚道内断面を台形断面にすることで，小型水生生物でも遡上しやすい構造としている．また，魚道上流端，中央，下流端にプールを設けることで，遡上している個体が休息することを意図している．

本魚道の最大の特徴は，固定用のアンカーなどを使用せず，置くだけで遡上環境を創出できることである．本研究でも魚道の設置は置くだけであり，設置に要した時間は5分程度である．水制ブロックは取り外し可能であり，使用しない期間での清掃，また管理がしやすい．魚道上部に2本の持ち手を付けることで持ち運びやすいようになっている．

2.3 魚類遡上調査

季節ごとの変化をみるため，2019年5月12，13日，7月28，29日，9月10，11日に可搬魚道を水路急傾斜部に設置とした．魚道底部の傾斜角（設置勾配）は，魚道下流端での乱れや魚道の安定性等を考慮し， 8° または 10° とした．魚道を遡上した魚類を採捕するため魚道上流端に定置網を設置した．採捕された魚類を同定し，標準体長を測定した．また，魚道内の水生生物の挙動を把握するため，魚道直上部および下流端水中から動画を撮影した．

2.4 水理観測

水深と流速の観測地点を Fig. 3 に示す．流速は株式会社ケネック製ポータブル3次元電磁流速計を用いて10秒間平均流速を観測した．魚道内では9点，魚道内の主流部と休息場となるプールの中心に測点を設けた．また，水路では，急傾斜部（測点12）を含む6点を配置した．

3. 結果と考察

3.1 遡上魚種

採捕された結果を Table 1 に示す．5月の結果ではメダカが採捕された．メダカの体長は平均で 26.0mm であった．メダカは水田生態系の中で最も小さな魚（端ら，2001）で遊泳力の低い魚とされているため，採捕数が少ないものの，遊泳力が低い遊泳魚でも遡上できる環境が生じていることが分かった．7月，9月の結果では主にヨシ

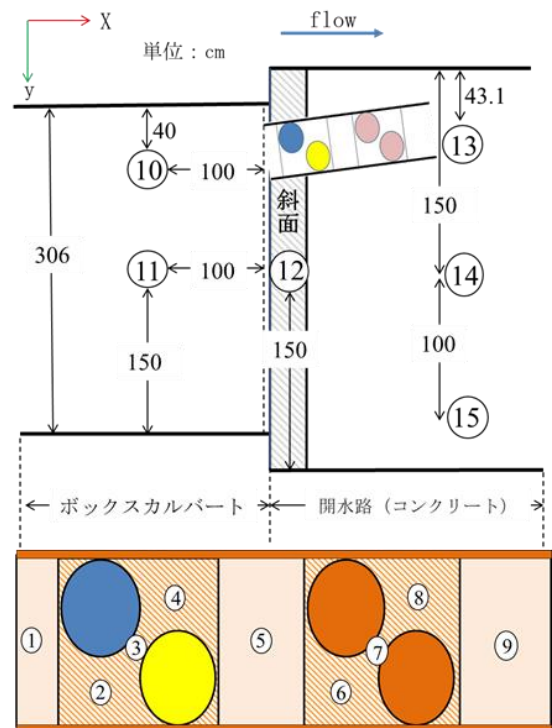


Fig. 3 水理観測点

Table 1 調査日時と魚類の採捕結果

	5月12日 天気：晴れ		5月12日 天気：晴れ		7月28日 天気：雨のち晴れ		7月29日 天気：晴れ		9月10日 天気：晴れ		9月11日 天気：曇り	
開始時間	1201		13:45		11:56		1001		9:35		9:35	
終了時間	13:35		14:36		13:36		11:50		10:45		10:35	
魚種	個体数(匹)	平均体長(mm)	個体数(匹)	平均体長(mm)	個体数(匹)	平均体長(mm)	個体数(匹)	平均体長(mm)	個体数(匹)	平均体長(mm)	個体数(匹)	平均体長(mm)
メダカ	3	25.3	2	27.0	0		0		0		0	
ヨシノボリ	0		0		48	24.0	0		多数	23.3(20匹平均)	11	21.5
エビ	0		0		0		0		3	25.0	0	

ノボリが採捕された。平均体長は 24.0mm, 23.3mm, 21.5mm とどの日でもヨシノボリの稚魚が採捕され、平均体長に大きな差は見られなかった。また、9月の調査結果では甲殻類であるエビが採捕された。この採捕結果より、遊泳魚、底生魚、甲殻類が可搬魚道を利用していることを確認できた。

Table 1 より、各月の2日連続調査において、1日目と2日目の調査で採捕個体数に大きな差がみられる。前日の天候や当日の天候などが、魚類の活性に大きな影響を与えていることが考えられる。今後、水温や水路内流量、天候など、どの環境因子が魚類の活性に影響を及ぼしているかを調査することで、可搬魚道を適切な日に設置するための指針が得られると考える。

3.2 魚類の遡上経路と動き

採捕された魚の遡上経路を Fig. 4, Fig. 5 に示す。Fig. 4 ではメダカとヨシノボリの水制ブロック区間での遡上経路を示す。メダカは下流端プールから上流端プールまで右岸側の水際の流れを使い遡上しているのが確認できた。メダカの動きとしては、水制ブロック区間で止まることなく遡上している個体と、上流水制ブロックの横の水際で定位している個体を確認できた。しかし、定位している個体の中には下流側に戻ってしまう個体も存在した。撮影当日は水が濁っていたため、中央プールで魚が定位しているかどうか確認できなかった。

ヨシノボリは水際だけでなく、魚道主流部でも遡上していた。水制ブロック区間の遡上の挙動としては、泉ら (2010) や宮園ら (2003) が報告しているように、落差の隔壁に吸着後、一気に遡上する様子や、側壁に付きながら遡上をしている様子が確認できた。他に、主流部では吸盤を使い路床に付きながら少しずつ遡上するヨシノボリも確認できた。また、上流水制ブロック区間の下流側水制ブロックの脇に目視で水深の小さい場所が確認でき、ヨシノボリが遡上する際、その場所を避け遡上していた。したがって主流部を遡上するには体高以上の水深が必要と考えられる。

Fig. 5 は下流端プールを下流から上流に向けて撮影したものである。ここでは、ヨシノボリとエビの遡上経路を示す。ヨシノボリは Fig. 4 と同様、水際、主流部どちらでも遡上していた。また、魚道側壁と底面に重ねた板の間にできた空洞（以下、トンネルと呼ぶ）を使用して遡上しているヨシノボリとエビが確認できた。この理由として、トンネル内の流速が小さく、ヨシノボリやエビといった甲殻類でも遡上できる環境が整っていたと思われる。

3.3 経路の選択率



Fig. 4 水制ブロック区間における魚類遡上経路

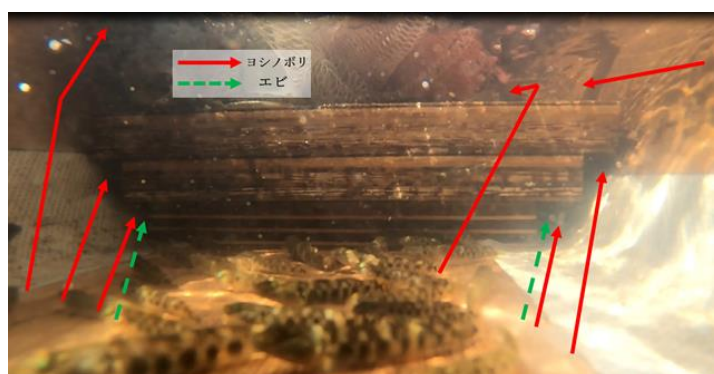


Fig. 5 下流端プールにおける魚類遡上経路

下流端プールにおけるヨシノボリの遡上経路に番号を付けた， Fig. 6 に示す． 15 分 50 秒間の経路の選択率は以下のように定義した．

$$\text{経路の選択率 (\%)} = \frac{\text{当該経路の遡上個体数}}{\text{総遡上個体数}} \times 100$$

経路の選択率を Table 2 に示す．トンネルを遡上する個体の中には少し入った後に出て行ってしまふ個体がいたため， その個体はカウントせず， 確実に遡上したと思われる個体のみをカウントした． 経路番号①， ⑥では押し戻されてくる個体は確認できなかった． 結果として， 経路①では 70.1%と高く， 次に⑥で 12.0%となり， ⑤で 0.7%と低い数値となった．

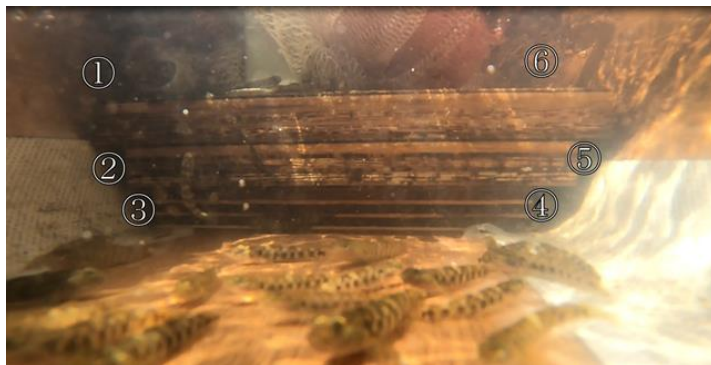


Fig. 6 ヨシノボリの遡上経路番号

Table 2 経路の遡上数と選択率

経路番号	遡上数	経路の選択率 (%)
1	375	70.1
2	39	7.3
3	21	3.9
4	32	6.0
5	4	0.7
6	64	12.0
合計	535	100.0

①の経路で遡上率が高い理由としては， 水が流れ込んでおり， ヨシノボリが遡上経路として識別することが出来たこと， 水制ブロックと側壁の間の流れであり， 水際の水深が確保されていたことが関係していると考えられる．

⑥では， ②や③のようなトンネルの中を遡上していく経路よりも高い遡上率となった． 理由としては流れ込みがあるため， ①の経路と同様に遡上経路として識別できたことであると思われる． 遡上の様子を見ると主流部の中心ではなく， 水制ブロックの横と水際を利用する個体が多く見られた．

経路②～⑤は四方が壁に囲まれている． そのため， 経路①， ⑥よりも流速が小さいと推測され， 遡上しやすい環境だと思われる． しかし， トンネルの選択率が低いことから， ここからの遡上を促進させる場合には遡上経路にある程度の流速が必要であると考えられる．

3.4 流速観測結果

観測した合成流速， 水路内流量， 魚道勾配を Table 3 に示す． 流量は対象地のの上流部で観測したものである． また， Fig. 7 に測点の流速分布を図示する．

魚道内の合成流速は， 7 月 28 日を除くすべての観測日において， 測点 4 で最大となった． しかし， 測点 4 の流速は水路急傾斜部の測点 12 のその半分以下であり， 魚道の流速低減効果が確認された（魚道の設置勾配 10°）． 一方で， 設置勾配が 8°のときは勾配 10°の時に比べ， 流速の低減効果が小さかった． 魚道の設置勾配 2°の

Table 3 魚道での合成流速の観測結果

測点	2019/5/12 定置網なし	2019/5/12 定置網あり	2019/7/28 定置網あり	2019/7/29 定置網あり	2019/9/10 定置網あり	2019/9/10 定置網なし
魚道	1	0.547	0.061	0.152	0.199	0.126
	2	0.467	0.562	0.599	0.539	0.466
	3	0.443	0.415	0.445	0.322	0.425
	4	0.833	0.898	0.699	0.566	0.685
	5	0.024	0.082	0.203	0.092	0.175
	6			0.319	0.355	0.300
	7			0.288	0.309	0.253
	8			0.736	0.510	0.431
	9			0.072	0.078	0.025
水路	10		0.259	0.111	0.309	0.109
	11		0.463	0.596	0.500	0.951
	12		1.425	1.670	1.576	1.768
	13		0.076	0.187	0.218	0.134
	14		0.263	0.637	0.517	0.662
	15		0.434	1.070	0.387	0.197
流量 (m ³ /s)	0.203	0.236	0.243	0.215	0.247	0.274
勾配 (°)	8	8	10	10	10	10

違いで合成流速に最大で 0.300m/s 程度の差があり、これはメダカのような突進速度が 1.00m/s 以下とされる小型水生生物にとっては大きな差だといえる。そのため、可搬魚道の適切な設置角度は今後の検討課題である。

メダカの突進遊泳速度について、泉ら(2018)は、一様流で2cm台のメダカの突進遊泳速度は0.330m/s～0.580m/sとしている。これを本調査結果と比較すると、Fig. 7に示すように、測点2, 4, 8で突進遊泳速度を超えていた。本調査での流速観測地点は限られているため詳細は不明だが、メダカは側壁水際などの低流速部を利用して遡上したと考えられる。

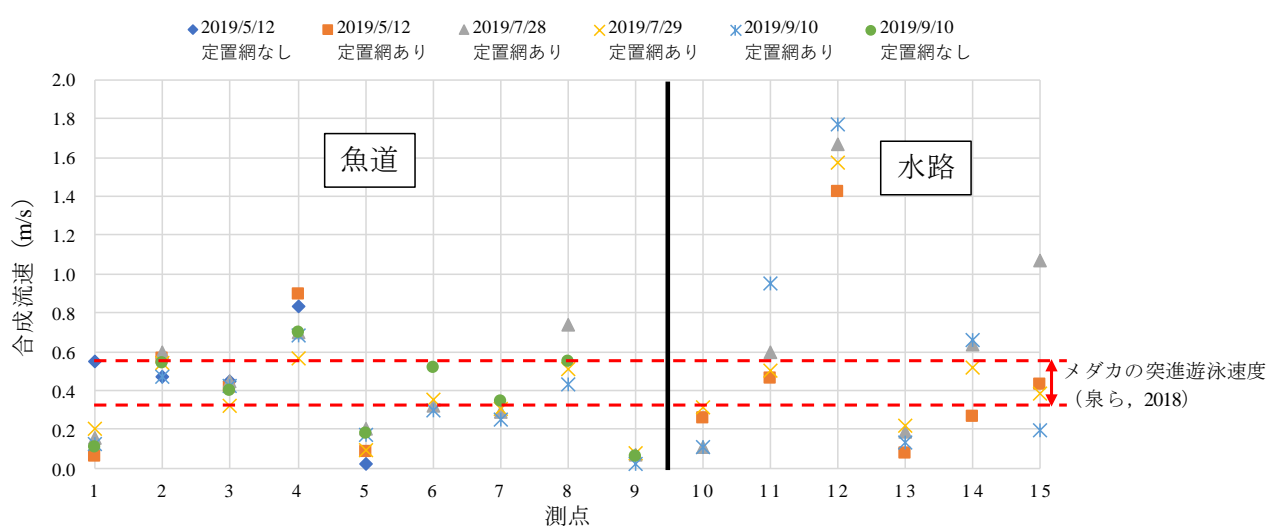


Fig. 7 観測した流速とメダカの突進遊泳速度の比較

4. おわりに

魚類の遡上障害緩和に対する可搬魚道の有効性を評価するため、農業用排水路の急傾斜部に魚道を設置し、魚類の遡上調査と水理観測を行った。その結果メダカ、ヨシノボリ、エビが採捕され、遊泳魚、底生魚、甲殻類が遡上できることを確認した。メダカは水田地帯に生息する小型水制生物の中でも遊泳力の低い魚であるため、本魚道は流速低減効果を発揮したと考えられる。遡上経路として、右岸側の水際の流れを利用する個体が多く見られた。魚道内の流速は、水路急傾斜部の流速の半分以下に低下した。今後は、魚道の設置角度が魚道内流速の低減にどの程度影響するか調べる必要がある。また、魚道内の魚類の休息場、流況をより詳細に把握すること、調査日による採捕数の違いの要因を、流量、水温、濁度、降水量等の環境因子を踏まえて分析する予定である。

引用文献

- 泉完, 清水秀成, 東信行, 丸居篤, 矢田谷健一 (2018) : ミナミメダカの突進速度に関する実験, 農業農村工学会論文集, No.306 (86-1) , pp.II_1-II_7.
- 泉完, 神山公平, 藤原正幸 (2010) : 全面越流型階段式魚道プール内の流況と魚の遊泳行動, 農業農村工学会論文集, No.269, pp.127~135.
- 下田和孝, 中野繁, 小野有五 (2003) : プールタイプ魚道の設置が北海道の通し回遊魚の流程分布に与える効果, 魚類学雑誌, 50 (1) , pp.15-23.
- 高橋直己, 長尾涼平, 林和彦, 多川正 (2017) : V型断面簡易魚道の流況特性と小型水生生物の魚道利用状況, 土木学会論文集 B1 (水工学) Vol. 73, No.4, I_391-I_396.

高橋直己，木下兼人，本津見桜，柳川竜一，多川正（2019）：農業水路における小型水生動物の移動環境創出に
適する魚道構造の検討，第74回農業農村工学会中国四国支部講演会。

端憲二，竹村武士，本間新哉，佐藤政良（2001）：流れにおけるメダカの遊泳行動に関する実験的考察，農土
誌，69（9），pp61-66.

宮園正敏，戸松修（2003）：斜路式魚道における粗石の配置について，砂防学会誌，Vol.56，No.1，pp3-12

安田陽一（2013）：技術者のための魚道ガイドライン - 魚道構造と周辺の流れからわかること - ，コロナ社，
35p.