

# 水田域魚類の遊泳速度に着目した可搬魚道内流況の分析と内部構造の改良 Analysis of the flow in a portable fishway focusing on the swimming speed of paddy fishes and improvement of the internal structure

○小林 圭\*, 高橋 直己\*\*, 柳川 竜一\*\*, 多川 正\*\*, 中田 和義\*\*\*

○Kobayashi, K. , Takahashi, N. , Yanagawa, R. , Tagawa, T. , Nakata, K.

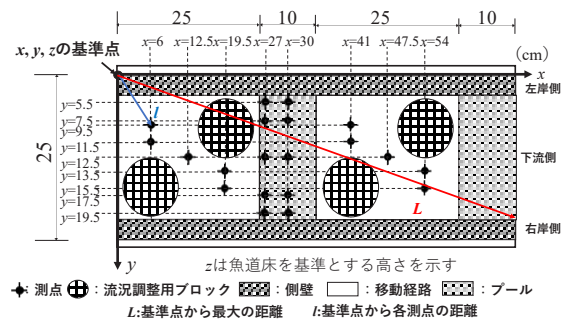
**1. はじめに** 水田は魚類にとっての重要な生息環境である。しかし、圃場整備が進み、落差部などの移動障害箇所が複数存在するようになり、生息域が分断された。高橋らはそのような生息環境の断点を修復するために、水生動物の移動環境を創出できる可搬式の魚道（以降、可搬魚道と称す）を開発しており、遊泳力の小さな魚種が遡上できることが確認されている<sup>1)</sup>。生息環境の断点を修復するために設置される魚道の機能は、遡上個体数や遡上率によって評価される場合が多い。一方で遡上のし易さ、すなわち魚類が過大な負荷を負うことなく遡上できているかという視点も重要である。しかしこの可搬魚道に関しては、遡上のし易さに関する評価・検討は十分に行われていない。そこで本研究では、遡上行動における負荷の観点から分析・評価・構造改良を行い、魚道内の遡上・休憩において負荷の少ない流れを創出することが可能かを検証した。

**2. 研究方法** 本研究では、魚道設置角 $\theta$ が $7^\circ$ および $15^\circ$ の条件における室内実験結果について、水田域魚類の遊泳速度に基づく流速分布の分析・評価を行った。その後、魚道内部構造の改良により休憩可能な区間を拡張し、流速分布をもとに改良の効果を評価した。

**1) 遊泳速度** 可搬魚道の構造を **Fig.1** に示す。ここでは移動経路部での遊泳には突進速度、プール部での休憩には臨界遊泳速度を指標とする。遊泳力が低いミナミメダカ (*Oryzias latipes*) の場合、突進速度は  $14 \sim 24$  Body Length (以降 BL と表す) /s, 臨界遊泳速度は  $5.5$  BL/s と報告されている<sup>2)3)</sup>。

**2) 実験条件** **Table 1** に示す実験条件を遊泳速度に基づく流速分布の分析・評価対象とする。既往研究<sup>1)</sup>で対象とした遡上障害箇所での実験条件を Case 1 とした。より急角度での運用を想定し、 $\theta$  をおよそ2倍の $\theta=15^\circ$ に変更した条件を Case 2 とした。流れを抑制するために、魚道1ユニット (70 cm) あたりの流況調整用ブロック数  $n$  を6個に増加させた条件を Case 3 とした。

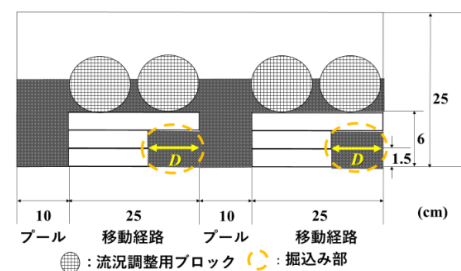
**3) 可搬魚道内部構造の改良** 改良前の流況を維持しつつ、休憩可能な区間を拡張するために、**Fig.2** のように木板3枚で構成されている隔壁の下段と中段の長さを短くした (以降、掘込みの深さを  $D$  とする)。**Fig.1** に示す測点の流速を3次元電磁流速計 (KENEK VP3500) で、掘



**Fig.1** 魚道平面図 ( $n=4$ ) と流速の測点  
Plane view of the proposed fishway

**Table 1** 実験条件  
Experimental conditions

	流量 $Q$ (L/s)	魚道設置角度 $\theta$ ( $^\circ$ )	流況調整用ブロック $n$ (個)
Case 1	3.7	7	4
Case 2	3.7	15	4
Case 3	3.7	15	6



**Fig.2** 魚道縦断面図 (改良後の隔壁構造)  
Longitudinal section of the proposed fishway

\*岡山大学 大学院環境生命科学研究科 (Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University) \*\*国立高専機構 香川高等専門学校 (National Institute of Technology, Kagawa College) \*\*\*岡山大学学術研究院 環境生命科学学域 (Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University) キーワード: 遊泳速度, 魚道, 生態系保全

込み部 (Fig.2の黄色の範囲) の流速をピトー管 (管径4 mm, 長さ380 mm) で測定した。

### 3. 研究結果

1) 魚道内流速分布の分析・評価 Fig.3に移動経路部の合成流速 $v$  ( $xyz$ の流速成分を合成した値) の分布を示す。横軸の $I/L$ は、Fig.1に示す座標原点を基点とする各測点の相対的な位置を示す値である。縦軸の $v/v_{BSS}$ は、 $v$ を体長2.0 cm台のミナミメダカの突進速度 $v_{BSS}$  (58 cm/s) で除した値である。Fig.3よりCase 1, Case 3では $v/v_{BSS} \leq 1.0$ の測点が多い。Case 3では、 $n$ を増やすことで $\theta=15^\circ$ でも $v$ を低減し、 $\theta=7^\circ$ と同様な流れの創出ができると考えられる。以上よりCase 1, Case 3の移動経路部では、ミナミメダカの突進速度 (58 cm/s) 以下の流速値に抑えられており、遊泳力の低いミナミメダカでも遡上可能で負荷の少ない流れが創出できている。Fig.4にプール部の $v$ の分布を示す。縦軸には、 $v$ を体長2.4 cmのミナミメダカの臨界遊泳速度 $v_{CSS}$  (12 cm/s) で除した値 $v/v_{CSS}$ を示している。Fig.4より、Case 1では $v/v_{CSS}=1.0$ 前後の測点が多い。一方で、Case 2では最大で基準値 (12 cm/s) の9倍 (およそ100 cm/s) の $v$ が発生しておりミナミメダカのように遊泳力の低い水生動物は休憩が困難であると考えられる。Case 3では、下層 ( $z=1.5$  cm, 3.5 cm) において $v/v_{CSS}=1.0$ 付近に $v$ が集まっている。以上よりCase 1, Case 3 (下層) において遊泳力の低いミナミメダカでも臨界遊泳速度 (12 cm/s) と同等程度の流速値に抑えられており、遊泳力の低いミナミメダカでも負荷が少ない状態で休憩できる流れが創出できている。

2) 改良型魚道の流速特性 Fig.5に掘込みによる $v$ の変化を示す。 $\theta=15^\circ$ の条件にて、隔壁構造を $D=10$  cmにすることで $v_{max}$ ,  $v_{ave}$ が減少した。また、掘込み部の $v$ は、 $D=10$  cmの条件で25 cm/s以下であった。以上より $D=10$  cmの隔壁構造を用いることで改良前の流況を維持しつつ、緩やかな流れの空間を拡張できると考えられる。

4. まとめ 本研究ではミナミメダカの遊泳速度を指標として、複数の魚道内流速分布を遡上行動における負荷の観点から評価・分析し、可搬魚道の内部構造を改良した。Case 1 ( $\theta=7^\circ$ ,  $n=4$ ) では、遡上行動への負荷が少なく、遊泳力が小さな魚種が休憩可能な流速範囲であることが示唆された。Case 3 ( $\theta=15^\circ$ ,  $n=6$ ) では、 $n$ の増加により遊泳力が小さな魚種でも移動経路部は遡上行動において負荷が少なく、プール部の下層 ( $z=1.5$  cm, 3.5 cm) で負荷が少ない状態で休憩できる流れの創出できることが明らかとなった。以上より、既往研究<sup>1)</sup>の約2倍の $\theta$ で運用した場合でも、流況調整用ブロック数 $n$ を増加し、 $D=10$  cmの隔壁構造を用いることで遊泳力の低い魚種でも負荷が少ない状態で休憩可能な流れの創出できることが明らかとなった。そのため、この構造を採用することで、可搬魚道の適用範囲を拡張できると考えられる。

### 参考文献

1)高橋ら：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，2019。 2)泉ら：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 17，2018。 3)清水ら：ミナミメダカの臨界遊泳速度に関する実験，農業農村工学会論文集，No. 302(84-2)，pp. II 11-II 18，2016。

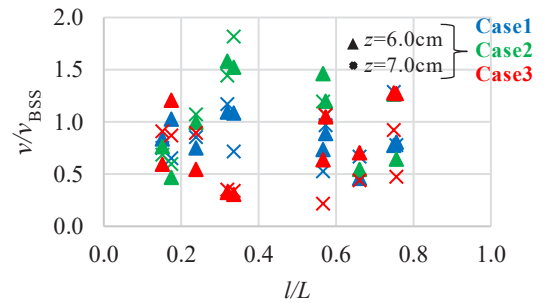


Fig.3 移動経路部における流速分布  
Flow velocity distribution in the migration path

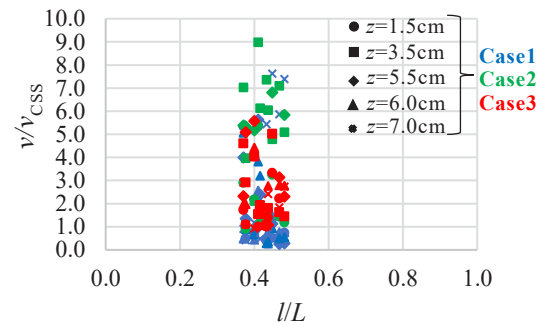


Fig.4 プール部における流速分布  
Flow velocity distribution in the pool

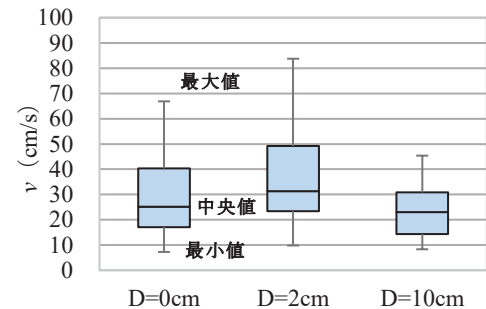


Fig.5 掘込みによる流速分布の変化  
Change in velocity distribution due to digging