

魚道入口の向きが魚類の遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員

○増元達郎

九州工業大学大学院 正会員

鬼東幸樹

1. はじめに

河川において魚類が自由な縦断移動をするために、堰やダムに対し魚道の併設が望まれる。各地に設置された魚道は一般的に、主流の流下方向と平行に設置されている。しかし、水田に設置されるような小規模な魚道や落差が大きく直線的に魚道を設置することが困難な場所では、主流と平行に設置されない場合もある¹⁾。魚道入口の向きにより魚道下流域の流況は大きく変化すると予想され、魚類の効率的な遡上・降下に影響を与える重要な要素の一つと考えられる。しかし、魚道入口の方向変化によって生じる流況の変化が魚類の遡上特性に及ぼす影響については明らかにされていない。本研究では、魚道入口の方向変化がオイカワ(*Opsariichthys platypus*)の遡上特性に及ぼす影響を考察した。

2. 実験装置および実験条件

図-1 に示す水路長 2.2m、幅 $B=0.8m$ 、高さ 0.3m の水路を実験に用いた。流下方向に x 軸、 x 軸に直角上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとる。水路右岸側に魚道入口を模した幅 0.2m、切欠き高さ 0.2m のプールを設置し、その方向を流下方向、上流方向、流下方向と垂直の 3 パターンに変化させ、設置位置をそれぞれ開水路始端から 0.5m、0.7m、0.5m とした。また、魚道入口の向きが上流方向のパターンでは、プール下流域に生じる急拡部によって流況変化が発生しないよう、壁を設置し水の流入を防いだ。

以降、魚道入口の向きが流下方向を順方向、上流方向を逆方向、流下方向と垂直を垂直方向と定義する。

表-1 に実験条件を示す。魚道入口の向きを 3 通りに変化させると共に、魚道入口を模したプールから流入する流量をそれぞれ $Q=1, 3, 5$ および $7(l/s)$ の 4 通りに変化させた合計 12 ケースの実験を行った。全ケースにおいて、主流の上流側での流速を体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}=5(1/s)$ 、水深を $h=0.15m$ に固定した。

各ケースで上流端から 1.0m の位置の水路中央に直径 0.25m の円形金網を設置し、平均体長 $\overline{B_L}=70mm$ のオイカワを 10 尾挿入する。オイカワを 5~10s 間ほど馴致させた後に金網を取り上げ、水路上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度 30fps のビデオカメラで 30 分間の撮影を行った。撮影後、10s ごとの魚の遊泳位置を解析した。

$y=0.02m$ において x, z 軸方向にそれぞれ 11, 7 点のメッシュで構成される点のうち、魚道が存在する点を除いた点を、電磁流速計を用いて流速 3 成分を 0.05s 間隔で 25.6s 計測した。計測後、 x, y, z 軸方向の時間平均流速 U, V, W から合成流速 $V_V = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した。なお、流速測定時には開水路にオイカワを放流していない。

3. 実験結果および考察

(1) オイカワの遡上率

ケースごとにオイカワが魚道入口を模したプールに遡上した尾数 n_m を計数し、実験に用いた尾数 $N=10$ で除した遡上率 n_m/N を算出した。図-2 に遡上率 n_m/N と魚道から流入する流量 Q との関係を魚道入口の方向別に示す。

魚道入口の方向別に比較すると逆方向や垂直方向のケースでは、大きい流量になった際に遡上することができていないことに対し、順方向のケースではオイカワは遡上できているとわかる。また、垂直方向のケースのみ、最小流量でオイカワが遡上できていないことがわかる。

(2) 魚道入口-魚群重心間距離

図-3 に 10 秒ごとのオイカワの魚群重心から魚道入口までの距離 d_p を平均体長 $\overline{B_L}$ で除した魚道入口-魚群重心間距離 $(d_p/\overline{B_L})$ と魚道から流入する流量 Q との関係を魚道入口の方向別に示す。

垂直方向のケースについて流量による影響は顕著でないことに対し、順方向および逆方向のケースは流量の増加に伴い、魚道入口と魚群重心との距離が減少することがわかる。また、いずれの流量においても順方向より逆方向が小さい値を示している。これより、順方向と逆方向の場合では、大きい流量であるとより魚道入口に近い位置で遊泳し、逆方向ではその傾向がより顕著であることが分かった。

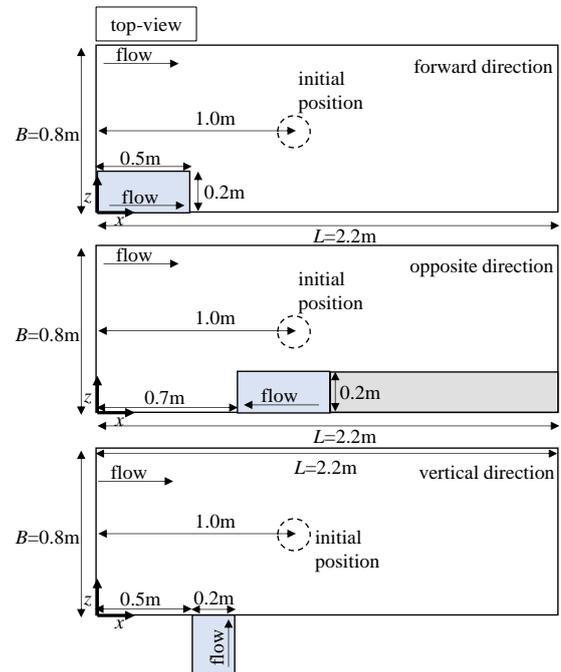


図-1 実験装置

表-1 実験条件

	$Q=1(l/s)$	$Q=3(l/s)$	$Q=5(l/s)$	$Q=7(l/s)$
forward direction	f-1	f-3	f-5	f-7
opposite direction	o-1	o-3	o-5	o-7
vertical direction	v-1	v-3	v-5	v-7

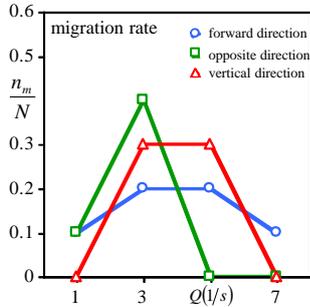


図-2 遡上率

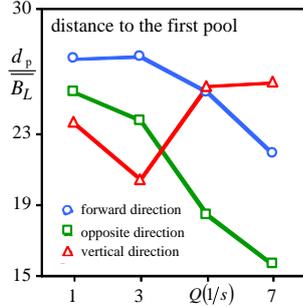


図-3 魚道入口-魚群重心間距離

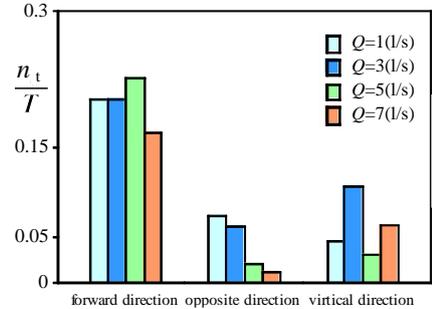


図-4 魚道下流域存在率

(3) 魚道下流域存在率

z 軸方向に 0~0.2m の区間の内、順方向のケースにおいて魚道入口から x 軸方向に 0.6m、逆方向のケースにおいて魚道入口から x 軸方向に -0.6m、垂直方向のケースにおいて魚道入口上流端から x 軸方向に 0.6m の領域を魚道下流域と定義した。オイカワが魚道下流域に存在した尾数を 10s ごとに計数し、実験時間 T で除した魚道下流域存在率 n_t/T を算出した。図-4 に魚道下流域存在率 n_t/T と魚道入口向きとの関係を魚道からの流量ごとに示す。

順方向は他ケースと比べて各流量において高い値をとっていることがわかる。オイカワは遡上する前に魚道下流域に定位しタイミングを伺う様子が多く確認されており、魚道下流域存在率が高いと遡上意欲を持つオイカワが多いと推測できる。このことより、順方向のときは他のケースよりもいずれの流量においても遡上意欲が高いと推測される。また、逆方向では流量が増加するに伴い魚道下流域存在率が減少していることより、遡上意欲を持った魚が減少すると推測できるが、図-3 においては、魚群重心が魚道入口に顕著に近くなると示されている。これは、大きい流量のときオイカワは魚道入口の存在しない左岸側上流付近に移動し速い流れを回避しているためであると考えられる。

(4) 開水路の流況およびオイカワの遡上経路

図-5 に最大流量 $Q=7(l/s)$ の 3 ケース(f-7, o-7, v-7)の水平断面内の 3 次元合成流速 V_v (m/s) をベクトル表示した。また、同図内に遡上前 25s 間のオイカワの遊泳軌跡を示している。

前節で述べたように、いずれのケースにおいてもオイカワは遡上する直前に魚道下流域で定位していることがわかる。魚道入口の方向別にみると、順方向では、遡上したオイカワは右岸側の側壁に沿って魚道入口付近に移動し遡上していることがわかる。また、ほとんどの流況ベクトルが下流側を向いており乱れが少ないことがわかる。このことより、乱れの少ない順方向では魚道入口下流域にオイカワが集まりやすいと考えられる。逆方向では、右岸側や左岸側壁に沿って上流へと移動したオイカワは、遡上する直前に魚道入口下流域で定位していることがわかる。しかし、魚道下流域の流況は大きく乱れており、大きい流量において遡上率が低いことに影響していると考えられる。垂直方向では、オイカワは順方向と同様に右岸側に沿って魚道下流域に移動しているが遡上する直前、側壁から離れた後に遡上することが判明した。これは流況図と照らし合わせるとオイカワは流速ベクトルに沿った動きをしていることがわかる。

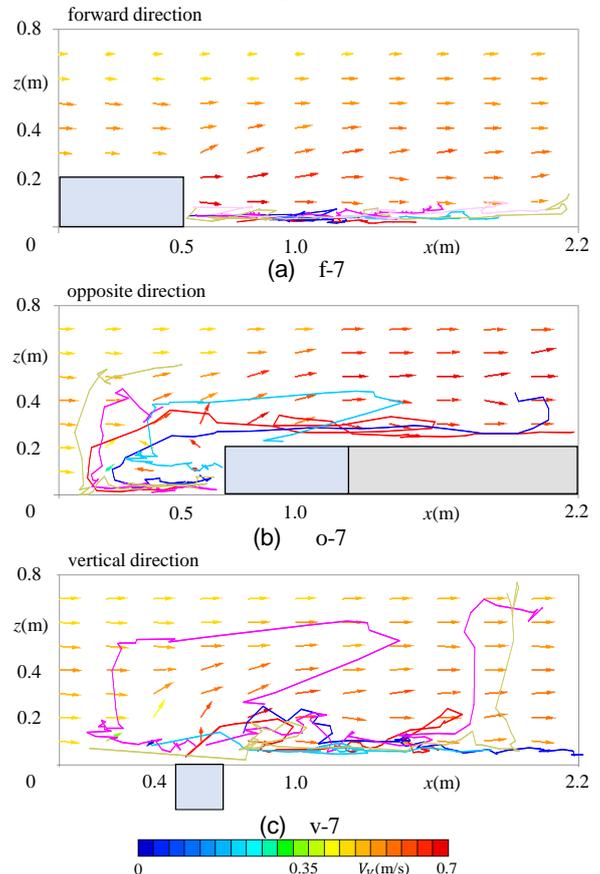


図-5 開水路の流況および遡上経路

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 魚道入口の向きが流下方向の場合、他のケースと比べて流況に乱れが少ないため魚道入口の下流域にオイカワが定位しやすい。このことが、魚道からの流量が大きい場合にもオイカワが遡上することができた要因であると考えられる。
- (2) 魚道入口の向きが上流方向の場合、魚道からの流量が 5(l/s)以上のケースだと遡上しなかった。これは魚道下流域付近の流況が大きく乱れることが原因であり、オイカワはこれを避け魚道入口の存在しない側壁付近に移動していると判明した。
- (3) 魚道入口の向きが流下方向と垂直の場合、オイカワは走流性により流れと逆方向に遊泳するため、遡上する直前に側壁から離れる動きをとることがわかった。

参考文献

1) 安田陽一：水生生物の溯上行動からみた魚道からの流れ，ながれ， vol.33, pp.343-348, 2014.