

階段式魚道の底面の粗石配置位置の変化がオイカワの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員
九州工業大学大学院 正会員

○緒方亮
鬼束幸樹

九州工業大学大学院 学生会員
九州工業大学大学院 フェロー会員

定地憲人
秋山壽一郎

1. はじめに

河川にダムや堰等が建設されると魚類等の遡上や降下が困難になるため、一般に魚道が併設される。魚の遡上を促進させるためには、魚道内に休憩場所を確保する必要がある。河川において魚に休憩場を提供するものとして粗石が挙げられる。しかし、粗石を有する魚道内の魚の遡上特性を解明した研究はほとんどない。本研究は、階段式魚道における粗石の配置位置が魚の遡上特性に及ぼす影響を比較、検討したものである。

2. 実験装置および実験条件

図-1に示すプール長 $L=0.9\text{m}$ 、プール幅 $B=0.8\text{m}$ 、隔壁厚 $4x=0.2\text{m}$ 、落差 $4y=0.15\text{m}$ 、切欠き幅 $4z=0.16\text{m}$ に設定した階段式魚道を用いて実験を行った。また、流下方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとった。プール底面から切欠き下端までの高さ $H=0.3\text{m}$ とした。水深 $h=0.33\text{m}$ であった。

図-2に示すように、プール底面を上流側と下流側に2等分して、直径 $D=0.1\text{m}$ の球形の粗石を間隔 $d=0.15\text{m}$ で2通りに配置した。表-1に示すように、流量を $Q=1, 3$ および 5 (l/s) とし、計6ケースの実験を行った。

下流から2番目のプールに平均体長 $B_L=70\text{mm}$ のオイカワ (*Opsariichthys platypus*) を $N=20$ 尾放流した。3分間馴致した後、左岸側および水路上部に設置した2台のカメラで30fps, 30分間の撮影を行った。撮影後、オイカワの遊泳位置を10sごとに解析すると共に、下流から3番目のプールへの遡上数をカウントした。また、オイカワの遊泳位置を0.5sごとに解析して、遡上経路を求めた。遡上経路を x, y, z 軸方向にそれぞれ7, 7, 7点のメッシュで構成される点のうち、粗石を配置した点を除いた合計333点において、3次元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 $U(\text{m/s}), V(\text{m/s}), W(\text{m/s})$ から3次元合成流速 $V_v = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2} (\text{m/s})$ を算出した。

3. 実験結果および考察

図-3にプール内の粗石頂部以下 ($y/h=0.25$) における3次元合成流速 V_v を流量 Q が最大および最小である、upQ1, upQ5, doQ1, doQ5 の4ケースについてベクトル表示した。プール全体で見ると、upstream, downstream のどちらのケースも流量 Q が増加すると流速 V_v が速くなっている。しかし、上流側および下流側隔壁や左岸側側壁付近では、流量 Q が増加しても流速 V_v の変化がほとんどない場所が確認できる。ここで、切欠き付近 ($0 \leq x/L \leq 0.5, 0 \leq z/B \leq 0.2$) の範囲に着目すると、どちらのケースも、 $Q=1\text{ (l/s)}$ の時には見られなかった流速の速い場所が $Q=5\text{ (l/s)}$ では発生しているのが確認できる。 $Q=5\text{ (l/s)}$ の場合の $0 \leq x/L \leq 0.5, 0 \leq z/B \leq 0.2$ の範囲を高速領域と定義する。また、upQ5では、他のケースでは存在しなかった、左岸側側壁と粗石の間を循環する流れが確認できる。

遡上率を次式のように定義した。

$$\text{遡上率} = \frac{\text{遡上に成功した尾数 } n_m}{\text{実験に用いた尾数 } N (=20)}$$

図-4に各ケースにおける流量 Q の変化とオイカワの遡上率 n_m/N との関係を示す。ケース downstream では流量が増加するにつれて遡上率が高くなっている。また、ケース upstream では、流量 $Q=3, 5\text{ (l/s)}$ の遡上率が、 $Q=1\text{ (l/s)}$ の場合に比べて高い値を示

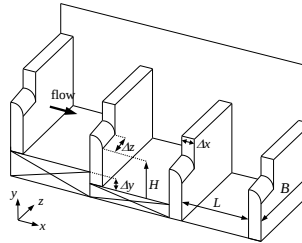


図-1 階段式魚道の概略図

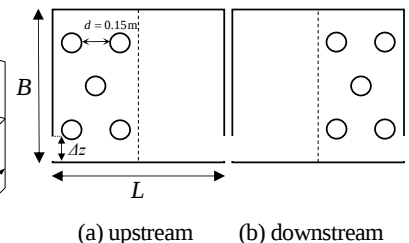


図-2 粗石配置位置

表-1 実験条件

boulders area $Q(\text{l/s})$	1	3	5
upstream	upQ1	upQ3	upQ5
downstream	doQ1	doQ3	doQ5

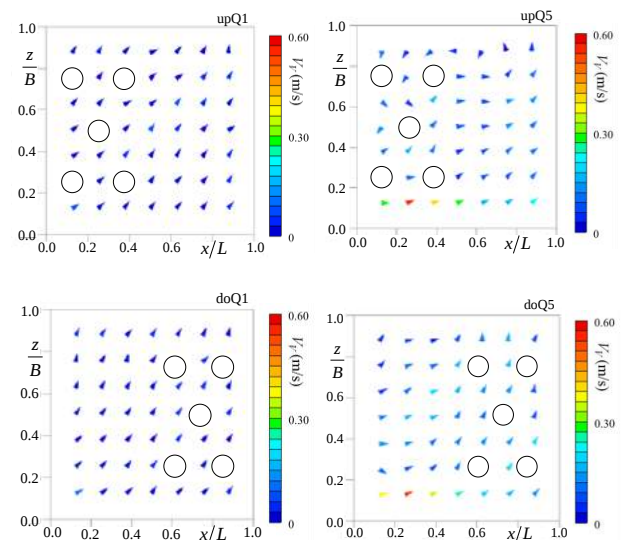


図-3 粗石頂部以下の3次元合成流速ベクトル

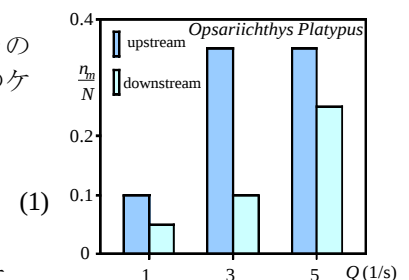


図-4 オイカワの遡上率

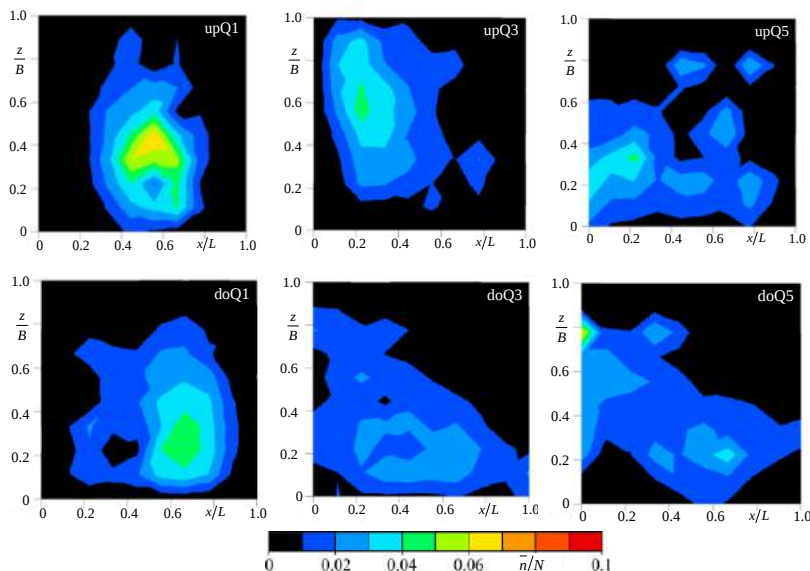


図-5 水平断面(x-z)における存在率コンター

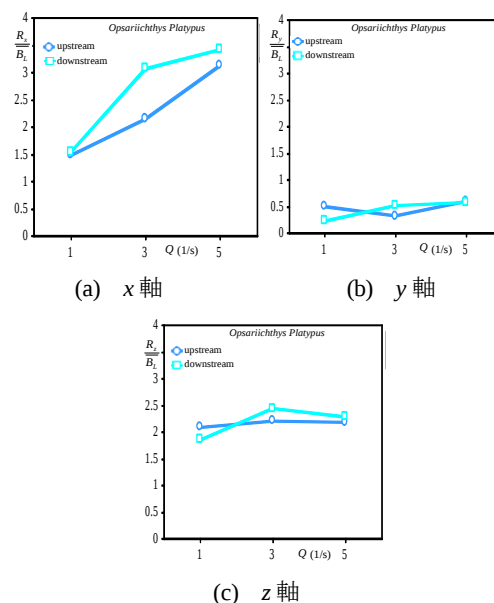


図-6 x, y, z 軸方向の魚群半径

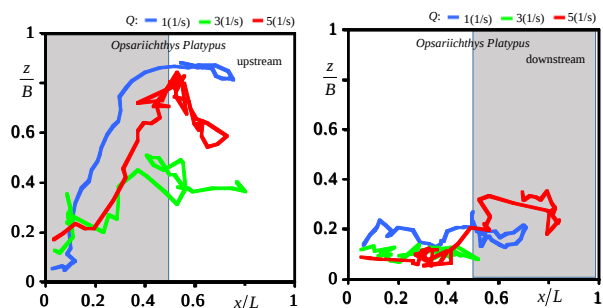


図-7 水平断面(x-z)における遡上経路

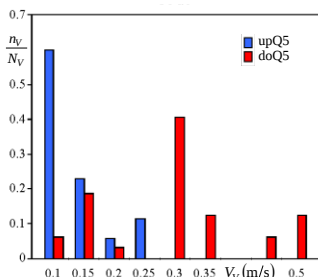


図-8 遡上経路内流速ごとの頻度分布

している。

プール内において流下方向 x に 0.09m, 横断方向 z に 0.08m 間隔でメッシュを区切り, 各メッシュ内の 10s ほどの尾数をカウントし, 時間平均尾数 $\bar{n}$ を算出した。図-5 に各ケースの存在率 $\bar{n}/N$ を, $x-z$ 水平断面に投影したコンターを示した。ケース upstream について, 流量 Q が最小および最大の $Q=1, 5$ (l/s) の場合を比べると, $Q=5$ (l/s) の方が散乱して遊泳しているのが確認できる。

図-6 に各軸方向の魚群半径 R_x, R_y, R_z を平均体長 $\bar{B}_L$ で除した値 $R_x/\bar{B}_L, R_y/\bar{B}_L$ および $R_z/\bar{B}_L$ を示した。 y および z 軸方向に関しては, 流量 Q が変化しても魚群半径に大きな変化は見られないが, x 軸方向に関しては, どちらのケースも流量の増加に伴い, 魚群半径が大きくなる傾向にあり, オイカワが散乱して遊泳していることが確認できる。流量 Q の増加に伴い, x 軸方向に散乱して遊泳することで切欠き付近の高速領域での遊泳が多くなる。そのため, 上流側を認識しやすくなり, 図-3 で示したように流量 Q の大きいケースの方が高い遡上率を示すと考えられる。

図-7 に各ケースの遡上前 20s 間の $x-z$ 水平断面に投影された経路の例を示す。粗石を配置した領域は灰色で示している。ケース upstream は遡上経路が斜めであるのに対し, ケース downstream では右岸側側壁に沿った遡上経路となっている。このことから, オイカワはケース upstream のような上流側の粗石を遡上直前に利用することが分かる。宮園・戸松¹⁾は, イワナが粗石前後を遡上経路として選択していることを解明した。本実

験でも同様の結果が得られた。

オイカワの遡上前 20s 間のデータを 0.5s 間隔で解析した全データ数 $N_v = 40$, 遡上までの 20s 間にオイカワが通過した場所の流速 V_v における各データ数を n_v とした。図-8 に upQ5, doQ5 のケースの遡上経路内における流速ごとの遊泳頻度を示した。upQ5 の方が doQ5 よりも流速 V_v の遅い場所を遊泳していることが確認できる。図-3, 図-7 から, 高速領域の範囲内の遡上経路は doQ5 よりも upQ5 の方が短いことを確認できる。そのため, upQ5 の斜めの遡上経路は, オイカワにとって疲労が蓄積しにくいと言える。

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) プール内において, 流量が増加すると, オイカワはプール長方向に散乱して遊泳する傾向がある。
- (2) オイカワは, 上流側に粗石が配置されていない場合は, プール壁面に沿って遡上している。一方, 上流側に粗石が配置されている場合は粗石間を通り, 斜めに遡上している。そのため, 流速が速い場所での遊泳が少なく, 疲労の蓄積は少ないと考えられる。

参考文献

- 1) 宮園正敏, 戸松修: 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, pp.3-12, 2003.