

階段式魚道の底面における粗石の配置が魚の遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員 ○有須田朋子
九州工業大学大学院 学生会員 角田裕香
九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹
九州工業大学大学院 フェロー会員 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。ところが、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の仕方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 $L = 0.7\text{m}$ 、プール幅 $B = 0.6\text{m}$ 、隔壁厚 $\Delta x = 0.15\text{m}$ 、落差 $\Delta y = 0.15\text{m}$ 、切欠き幅 $\Delta z = 0.12\text{m}$ に設定してある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。

図-2に示すように、階段式魚道のプール底面に直径 $D = 0.1\text{m}$ の球を配列した。表-1に示すように、流量を一定($Q = 7\text{l/s}$)とし、粗石の間隔 d を5, 10, 15および20cmの4通りに変化させて合計4ケースの実験を行った。また、粗石の最上部を $y = 0$ としている。

下流から2番目のプールに平均体長 $\overline{B_L} = 80\text{mm}$ のオイカワ(*Zacco platypus*)を $N = 20$ 尾放流した。3分程度馴致した後、側壁および水路上部に設置した2台のカメラで30fps, 20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、遡上数をカウントした。 x , y , z 軸方向にそれぞれ7, 5, 7点のメッシュで構成される合計245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 , V , W から3次元合成流速 $V_v = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した。

3. 実験結果および考察

図-3に粗石の間隔とオイカワの遡上率との関係を示す。粗石の間隔が広がるにつれて遡上率が高くなっている。

図-4にプール内における3次元合成流速 V_v を、I10およびI20についてベクトル表示した。粗石の間隔に関わらず上流側切欠きからの落下流がプール底面付近まで潜りこみ、下流側隔壁に衝突することで左岸側水面付近に上昇し、循環流を形成していることが確認される。

図-5に $y/h = 0.1$ における水平断面($x-z$)の3次元合成流速 V_v を、I10およびI20についてコンター表示した。いずれのケースにおいても、右岸側側壁付近の流速が速いことがわかる。また、水平断面内の全域で間隔が狭い場合に比べて、間隔が広い場合の方が流速が遅い。

図-6にオイカワの瞬間遊泳位置を、各5例ずつ色分けして示した。粗石の間隔が狭い場合は、右岸側に発生する高速な落下流を避けて遊泳している。また、粗石の間

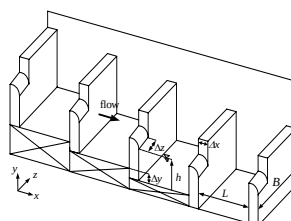


図-1 階段式魚道の概略図

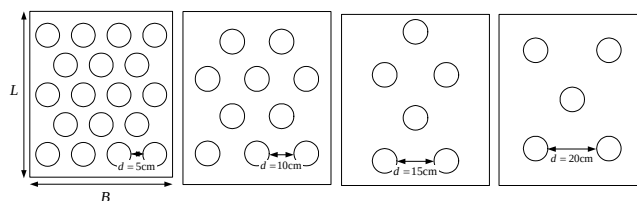


図-2 粗石の配置図

表-1 実験条件	
an interval of boulders(cm)	Case name
5	I5
10	I10
15	I15
20	I20

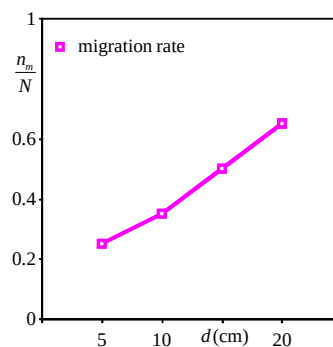


図-3 オイカワの遡上率

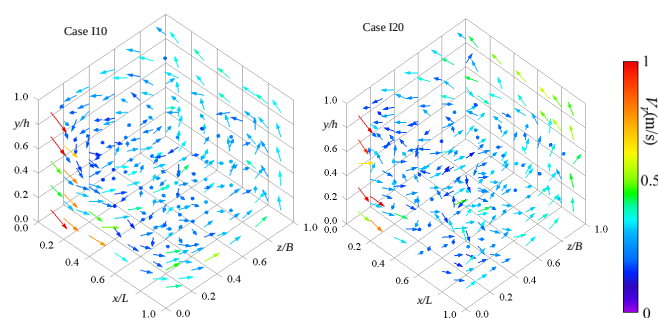


図-4 3次元合成流速ベクトル

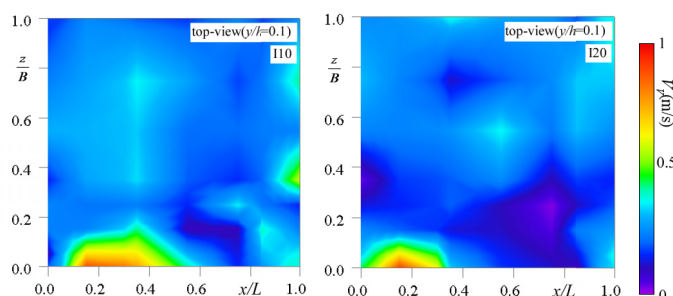


図-5 $y/h = 0.1$ における水平断面内の流速コンター

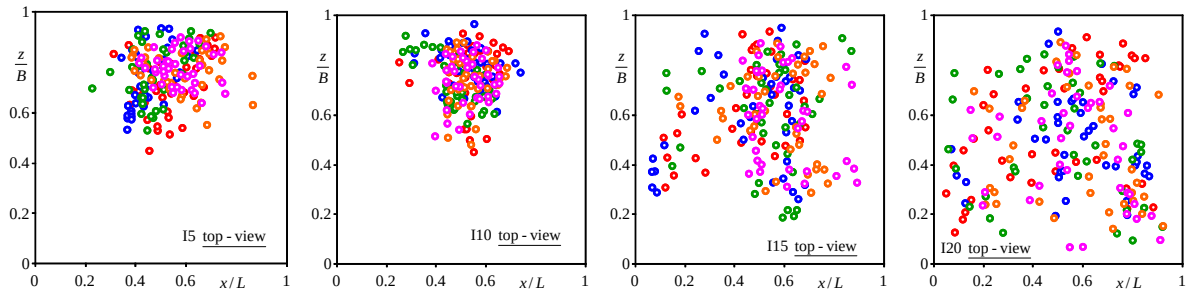


図-6 水平断面($x-z$)における瞬間遊泳位置

隔が広がるにつれて散乱して遊泳している。

図-7 に各軸方向の魚群半径を平均体長 $\bar{B}_L$ で除した値 $R_x/\bar{B}_L$, $R_y/\bar{B}_L$ および $R_z/\bar{B}_L$ の頻度分布を示した。粗石の間隔が広がるにつれて魚群半径が増加する傾向にあり、オイカワが散乱して遊泳していることが確認できる。

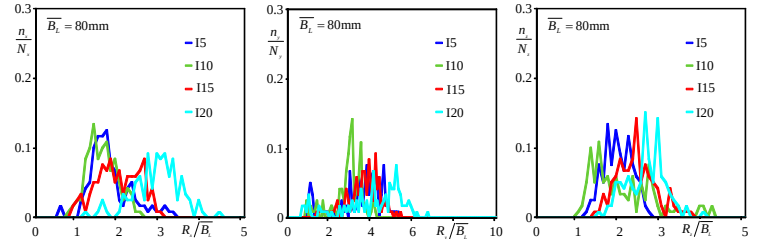


図-7 各軸方向における魚群半径の頻度分布

図-8 にプール内における $y/h < 0$ の存在確率の時間平均値 $\bar{n}_s/\bar{N}_s$ を示した。粗石の間隔が広がるにつ

れて、 $y/h < 0$ における存在率が増加する傾向にある。図-5 より、底面付近では粗石の間隔が広がるにつれて流速が減速されるため、遊泳による疲労を回避するために粗石間の空隙を選択的に遊泳したと考えられる。

図-9 に遡上前の 20s 間における水平断面($x-z$)の遡上経路を示した。粗石の間隔が狭い場合においては、プールの壁面に沿って遡上している。一方、粗石の間隔が広い場合においては、粗石間の空隙を休憩場所として活用して遡上している。したがって、粗石の間隔が広い場合においては疲労が蓄積されにくく、遡上に成功する個体が増加したと考えられる。

宮園・戸松¹⁾らは、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。図-10 に遡上した個体が遡上する際に、上流側切欠きによる高速流域を通過した時間を示した。高速流域を、水平断面において $z/B = 0 \sim 0.12$, $x/L = 0 \sim 1$ の領域と定義し、その領域を通過した時間を測定した。粗石の間隔が広がるにつれて、高速流域の通過時間が短くなっている。そのため、粗石の間隔が広い場合は、粗石間の空隙を利用して高速流域を通過する時間が短く、疲労が蓄積されにくい。したがって、粗石の間隔が広い場合の方が遡上率が高くなったと考えられる。

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、粗石の間隔が広がるにつれて、オイカワの遊泳位置は水平方向および鉛直方向に広がっている。また、粗石の間隔が広がるにつれて、流速が遅い粗石間の空隙を選択して遊泳する傾向にあることが判明した。

(2) オイカワは、粗石の間隔が狭い場合においては、プール壁面に沿って遡上している。一方、間隔が広い場合においては粗石間の空隙を利用して遡上している。また、粗石の間隔が広くなるにつれて、高速流域を通過する時間が短くなっている。以上の要因より、間隔が広い場合の方が疲労が蓄積されにくく、遡上率が高くなったと考えられる。

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.

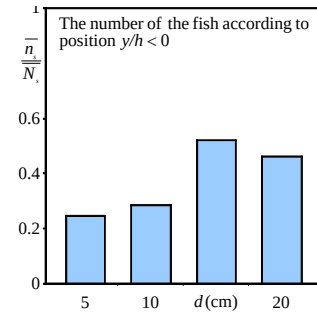


図-8 粗石の間隔と y 軸方向の遊泳位置の関係

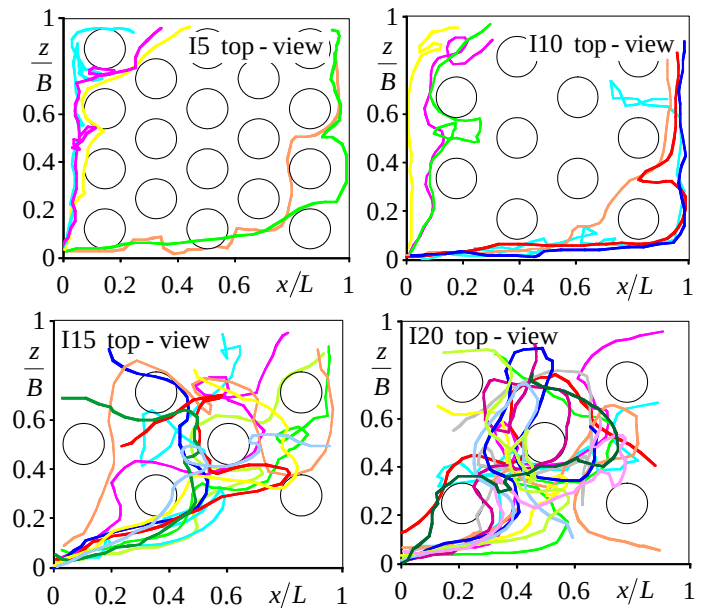


図-9 水平断面($x-z$)における遡上経路

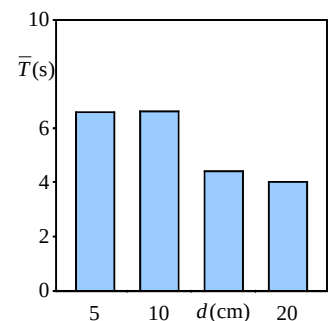


図-10 高速流域の通過時間