

階段式魚道における潜孔位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	○松田孝一郎
九州工業大学大学院	学生会員	森悠輔, 関強志
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。現在、日本では階段式魚道が最も多く設置されている¹⁾。階段式魚道には、越流部の隔壁に切り欠きと潜孔が設けられているものが存在する。切り欠きと潜孔を有する魚道を用いて、魚道内の水理特性と魚の遡上行動との関係は幾分研究されている。泉ら²⁾は既設のアイスハーバー型魚道でビデオカメラによる撮影と流速測定を行い、潜孔内において魚は底面隅角部を選好し、遊泳していることを示した。

しかし、既設の魚道や既往の研究において潜孔は上流側プールの底面の側壁に摺り付けるように設置されているものがほとんどである。そこで本研究では、階段式魚道の潜孔位置を上流側プールの底面の右岸側または底面の中央に設置し、さらに潜孔内流速を系統的に変化させてオイカワの遡上実験を行い、遡上率に及ぼす潜孔位置および潜孔内流速の影響を解明した。

2. 実験結果および実験条件

図-1 に示すプール長 $L_x=0.9\text{m}$ 、魚道幅 $B=0.8\text{m}$ の3つのプールを、落差 $\Delta y=0.15\text{m}$ 、隔壁厚 $\Delta x=0.2\text{m}$ で連結させた潜孔式魚道を実験に用いた。流下方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとる。

平均体長 $\overline{B_L}=7.0\text{cm}$ のオイカワ 50 尾を用い、一辺 10cm の潜

孔を上流側プールの底面の右岸側または中央に設置し、さらに潜孔内流速をオイカワの平均体長 $\overline{B_L}$ の3倍、5倍、7倍に変化させた6ケースの実験を行った。実験条件を表-1に示す。ケース名は潜孔位置と潜孔内流速を示し、潜孔位置は Br が右岸底部、Bc が中央底部であり、例えば、Br3 は潜孔位置が右岸底部、潜孔内流速が平均体長の3倍を意味する。側壁および水路上部にそれぞれ設置したビデオカメラを用いて、オイカワ 50 尾の挙動を 30Hz で 30 分間撮影した。得られた画像から遡上時間および遊泳位置を抽出し、解析を行った。

底面付近と潜孔の位置における水平断面 ($x-z$) で x 軸、 z 軸にそれぞれ 6, 7 のメッシュで構成される合計 84 点において、3 次元電磁流速計を用いて瞬間流速 U_m を 0.05s 間隔で 25.6s 計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 遡上率

図-2 に、潜孔内流速に対する遡上率 n/N の変化を潜孔位置ごとに示す。ここで、遡上率を算出した時、遡上し

表-1 実験条件

	$U_m/\overline{B_L}=3$	$U_m/\overline{B_L}=5$	$U_m/\overline{B_L}=7$
Right	Br3	Br5	Br7
Center	Bc3	Bc5	Bc7

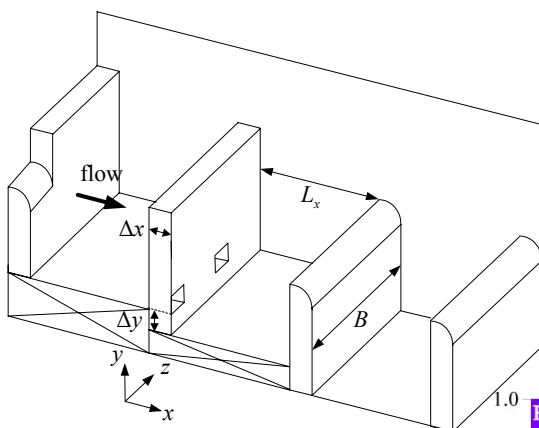


図-1 実験に用いた魚道の概略図

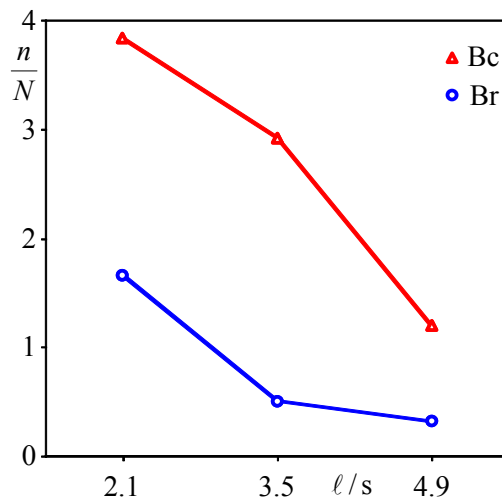


図-2 遡上率

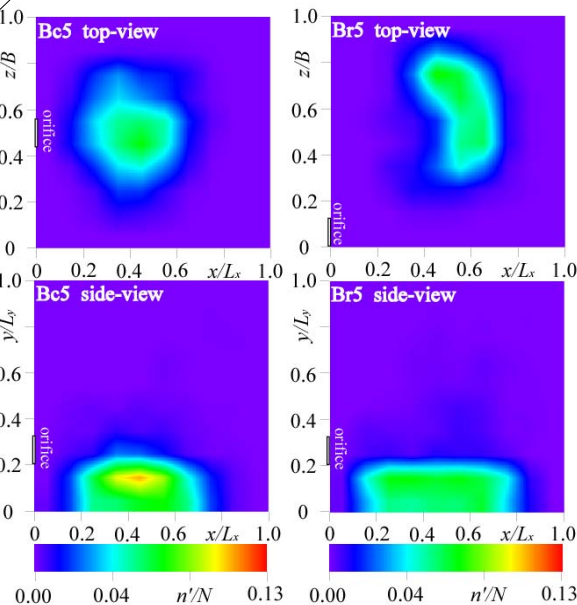


図-3 休憩場所のコンター

た魚をすべてカウントしており、さらに降下した後再び遡上した魚もカウントしているため、遡上率の値が1を超えているものも存在する。潜孔内流速の増加に伴い、遡上率は低下していることがわかる。またすべての潜孔内流速において、潜孔位置が中央の場合、遡上率が高い。したがって、オイカワの遡上に最適な潜孔位置は、上流側プールの底面中央であると考えられる。以下では、潜孔位置による遡上率の変化について検討する。

(2) オイカワの休憩場所

図-3に、潜孔位置を変化させた場合、遡上率の変化が最も顕著に見られる潜孔内流速 $U_m/B_L = 5$ における休憩場所 n'/N のコンターを示す。潜孔位置の変化に関わらず、オイカワの休憩場所は鉛直断面($x-y$)内では底面付近、水平断面($x-z$)では中央付近であることがわかる。そのため、潜孔位置が右岸側より中央の時のほうが、休憩場所から潜孔までの距離が近いことにより遡上が容易になったと考えられる。

(3) 魚道内の流速

図-4に、図-3と同ケースにおける魚の休憩場所付近($y/L_y = 0.07, 0.21$)の時の水平断面($x-z$)における流速ベクトルを示す。図-4を図-3と比較すると、魚は底面付近の比較的流速の遅い位置で休憩していることがわかる。

(4) 時間変化による遡上率の変化

図-5に図-3と同ケースにおける6秒ごとの遡上数を実験に用いたオイカワの尾数($N=50$)で除した値の時間変化を示す。なお、 t は時刻である。Bc5では6秒間に2尾以上のオイカワが遡上しているケースが頻繁に見られた。また遡上が頻繁に行われている中に、遡上が連続して行われている時間帯と遡上が行われていない時間帯とがある。ある魚が遡上を開始すると、他の魚がつられて遡上を開始する特性を追従性と呼ぶ¹⁾。オイカワは追従性を持っており、ある魚が遡上するとそれに誘発されて遡上することがわかった。そこで、潜孔の入口を魚の吻端が通過してから1秒以内に次の魚の吻端が通過したものを連続遡上と定義する。連続遡上は潜孔位置が右岸側より中央の時のほうが比較的多く見られることがわかる。したがって、潜孔位置が底面中央の時、オイカワは比較的強く追従性を示すことが解明された。

4. おわりに

本研究は階段式魚道の潜孔位置を上流側プールの底面の右岸側または底面の中央に設置し、それぞれ潜孔内流速を魚の平均体長 B_L の3倍、5倍、7倍と変化させてオイカワの遡上実験を行い、遡上率に及ぼす潜孔位置および潜孔内流速の影響を解明した。その結果、以下のような知見が得られた。

- (1) 潜孔内流速が増加するにつれて遡上数が減少することが確認された。オイカワの遡上に最適な潜孔位置は、上流側プールの底面中央であり、休憩位置が潜孔に近いほど遡上率は高くなることが判明した。オイカワは底面の比較的流速の遅い場所で休憩していることがわかった。
- (2) オイカワには他の魚の遡上行動につられて遡上を開始する追従性があることが判明した。潜孔位置が右岸側より中央にある時のほうが追従性は比較的多く見られた。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。
- 2) 泉完，高屋大介，工藤明，東信行：赤石第2頭首工のアイスハーバー型魚道隔壁における魚類の遡上行動，水工学論文集，第47巻，pp.763-768，2003。

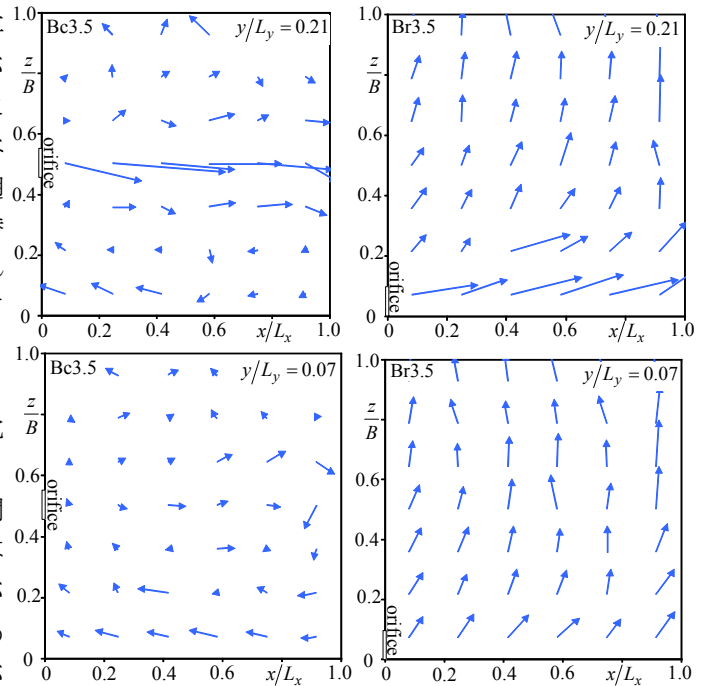


図-4 魚道内の流速ベクトル

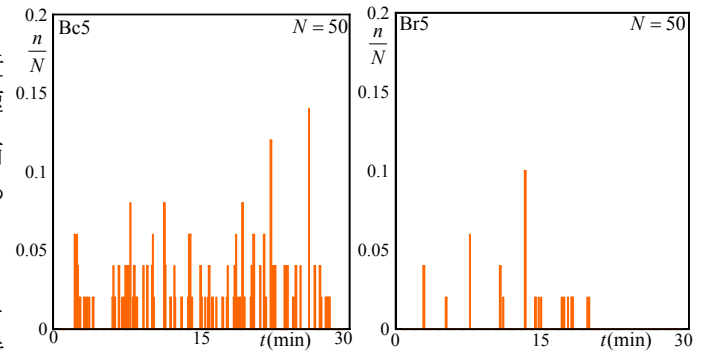


図-5 6秒ごとの遡上率変化