

潜孔の設置位置がアユの遡上特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○松田孝一郎
 大明株式会社 NCN 通信事業本部 寺島大輔
 九州工業大学大学院 正会員 鬼東幸樹
 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

潜孔を利用する魚の遡上特性について研究が開始されているが、潜孔について適切な形状や設置位置等を記載した文献は存在しない。中村¹⁾は遡上時間を短縮するには切欠きは直線的に配置するべきと述べているが、潜孔の配置位置については言及していない。本研究は潜孔を隔壁の片側または交互に設置し、潜孔内流速を系統的に変化させてアユの遡上特性について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 $L_x=0.9\text{m}$ 、魚道幅 $B=0.8\text{m}$ の 3 つのプールを隔壁厚 $\Delta x=0.2\text{m}$ 、落差 $\Delta y=0.15\text{m}$ で連結させた木製の階段式魚道を実験に用いた。潜孔高 L_{yo} および潜孔幅 L_{yo} をそれぞれ 0.1m の正方形とした。ここで、潜孔、隔壁およびプール番号は下流から上流に向かって昇順と定義する。第 2 隔壁において、第 2 プールの底面および右岸側壁に接する水平な潜孔を設置した。第 3 隔壁においては、右岸側または左岸側に潜孔を設置することで片側潜孔(one-side orifice)または交互潜孔(alternate orifice)を再現した。表-1 に実験条件を示す。2 種類の潜孔配置において、潜孔内流速をアユの平均体長 $\bar{B}_L=70\text{mm}$ の 3 倍、5 倍、7 倍、10 倍の 4 通りに変化させた合計 8 ケースの実験を行った。第 1 プールに平均体長 $\bar{B}_L$ のアユ $N=20$ 尾を挿入し、流水を開始した。第 2 プールを対象として、側壁および水路上部に設置した 1080×810 の画素数を有する 2 台のビデオカメラで 30 分間の撮影を 30Hz で行った。 x 、 y 、 z 軸方向にそれぞれ 7、7、6 のメッシュで構成される合計 294 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。

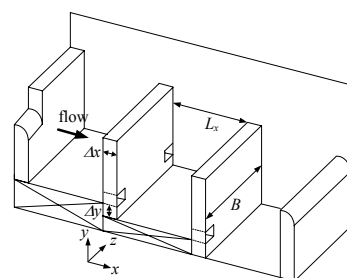


図-1 実験に用いた魚道の概略図

表-1 実験条件

$U_m/\bar{B}_L(1/s)$	3	5	7	10
alternate orifice	alt3	alt5	alt7	alt10
one-side orifice	one3	one5	one7	one10

3. 実験結果および考察

(1) 流況の概要

図-2 に潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ が 10 の場合の $y/L_y=0.28$ の水平面内の流速ベクトルを示す。交互潜孔の場合は第 2 隔壁の潜孔から流下した流れが下流隔壁に衝突した後に右岸側に向きを変え、その後、第 1 潜孔に流入する。片側潜孔の場合は第 2 潜孔を通過した流れが流速を維持したまま第 1 潜孔を通過し、この高速流に誘発されてプール内に循環流が生じている。

(2) 連続遡上率、連続遡上挑戦率、連続遡上成功率

図-3 に連続遡上率 $=n_2/n_1$ と潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ との関係を示す。ここに、 n_1 は第 1 遡上を行なった尾数、 n_2 は第 2 遡上を行なった尾数である。片側潜孔の連続遡上率 n_2/n_1 は交互潜孔の値よりも大きい。交互潜孔の連続遡上率 n_2/n_1 は潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ の増加に伴い増加する。これは、流速の増加に伴い遡上欲が増すためである。一方、片側潜孔の連続遡上率 n_2/n_1 は潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ が 5 を越えると減少する。

図-4 に連続遡上挑戦率 $=k/m_1$ と潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ との関係を示す。ここに、 k は第 2 遡上を試みた尾数である。片側潜孔の方が常に連続遡上挑戦率 k/m_1 が高い。これは、交互潜孔では第 1 潜孔を遡上した後に高速流に遭遇しないが、片側潜孔では高速流に遭遇するために、遡上に挑戦する率が高くなったと考えられる。また、両潜孔状態において潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ の増加に伴い k/m_1 が増加している。これは、潜孔内流速の増加に伴いアユの遡上欲が誘発されるこ

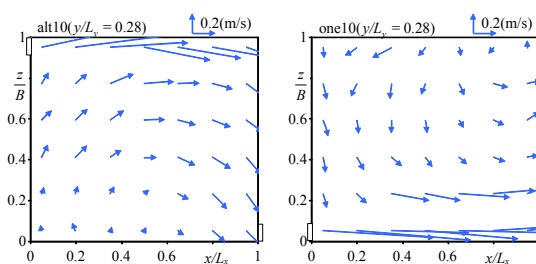


図-2 水平面内流速ベクトル

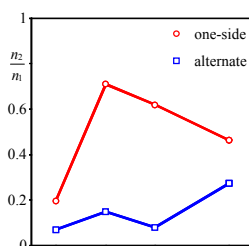


図-3 連続遡上率

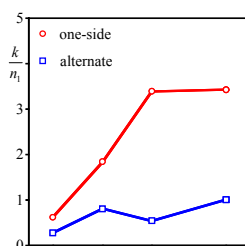


図-4 連続遡上挑戦率

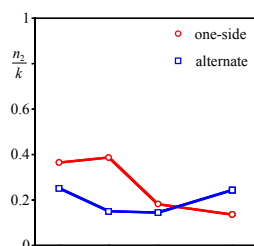


図-5 連続遡上成功率

とが原因である。

図-5 に連続遡上成功率 $=n_2/k$ と潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ との関係を示す。このことから、片側潜孔では潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ の増加に伴い連続遡上を試みる尾数は増加するものの(図-4)、連続遡上成功率が減少するために(図-5)、連続遡上率が低下したと考えられる(図-3)。

(3) 連続遡上間隔

図-6 に第1遡上を行なった時間から第2遡上を行うまでの時間、すなわち、連続遡上間隔とその平均値を示す。交互潜孔の場合は連続遡上間隔が比較的長く、10s 以下はほとんど観察されないが、片側潜孔では10s 以下が数多く観察される。中村¹⁾は交互切欠きよりも片側切欠きの方が連続遡上間隔が減少することを指摘したが、潜孔を用いた場合も同様の傾向が見られることがわかった。

(4) 連続遡上間の遊泳軌跡

図-7 に遊泳軌跡を示す。片側潜孔、交互潜孔共に鉛直方向の遊泳範囲に関しては $y/L_y < 0.4$ である。交互潜孔ではいずれの潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ でも横断面内を比較的均等に遊泳している。片側潜孔ではいずれの潜孔内流速 $U_m/\bar{B}_L$ でも第2隔壁の潜孔から第3隔壁の潜孔へ比較的直線的に遊泳している。したがって、片側潜孔の方が第1遡上を行なった後、プール内であまり遊泳することなく第3プールに遡上していることがわかる。

(5) プール内におけるアユの魚向

図-8 に魚向 θ_f から流向 θ_w を減じた $\theta_f - \theta_w$ の頻度分布を示す。

$\theta_f - \theta_w$ は片側潜孔では 0° 付近で最大を示し、交互潜孔では $0 \sim 40^\circ$ で最大を示す。したがって、片側潜孔ではアユは流れに向かって遊泳しており、強い正の向流性を示している。交互潜孔ではこの傾向が低下する。これは、第1遡上直後、交互潜孔では高速流を発見できないが、片側潜孔では右岸側に沿って流下する高速流を発見できるため、引き続き遡上しようとして遊泳することが原因である。

(6) アユの遊泳速度

魚の遊泳速度には巡航速度 V_{JC} と突進速度 V_{JB} がある¹⁾。連続遡上を行う間におけるアユの遊泳速度を巡航速度以下($V_f < V_{JC}$)、巡航速度と突進速度との中間($V_{JC} < V_f < V_{JB}$)および突進速度以上($V_{JB} < V_f$)に分類して図-9 に示す。巡航速度以下の頻度は、交互潜孔では2~4割を占めるが片側潜孔では1割以下である。一方、突進速度以上の頻度は交互潜孔よりも片側潜孔の方が高い。これは、片側潜孔の場合、第1遡上を行なった後に、そのまま突進速度を維持したまま第2遡上を試みる魚が多いこと、およびその傾向が流速の増加に伴い顕著なることを意味する。

以上のように、片側潜孔の場合は突進速度を維持する時間が長くなる。突進速度は1秒から数秒しか維持できない。そのため、図-5 に示したように片側潜孔の連続遡上成功率が低下したと考えられる。一方、交互潜孔の連続遡上成功率について変化が少ないのは、巡航速度程度となりプール内で休憩してから遡上を試みる魚が多いためであると考えられる。

4. おわりに

本研究は潜孔を隔壁の片側または交互に設置し、潜孔内流速を系統的に変化させてアユの遡上特性について検討したものである。得られた知見を以下に示す。

- (1) 片側潜孔および交互潜孔の両者において流速の増加に伴い連続遡上挑戦率は増加する。これは、流速の増加に伴いアユの遡上欲が増すことが原因である。
- (2) 片側潜孔の連続遡上成功率は交互潜孔よりも低いが遡上挑戦率が高いため、連続遡上率は流速に関わらず片側潜孔の方が高い。
- (3) 遡上率の向上および速やかにアユを遡上させるには交互潜孔よりも片側潜孔の方が適切である。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。

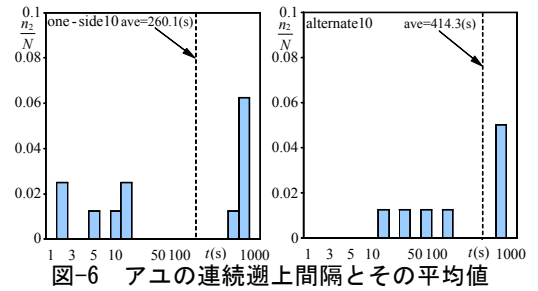


図-6 アユの連続遡上間隔とその平均値

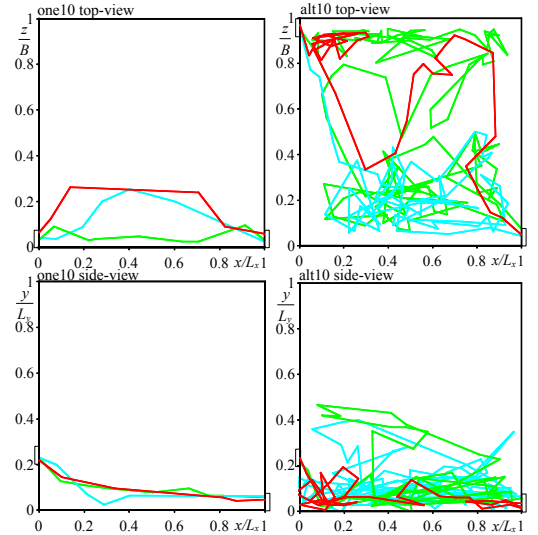


図-7 アユの遊泳軌跡

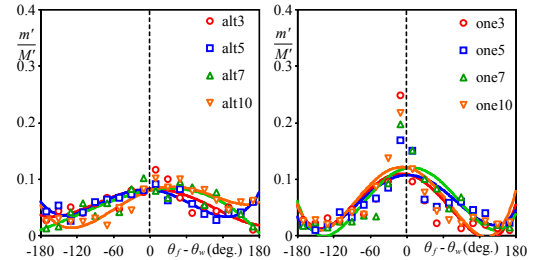


図-8 流向とアユの魚向の差の頻度分布

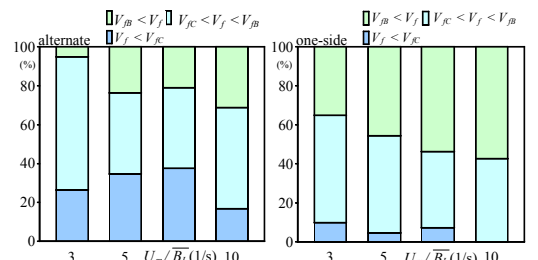


図-9 アユの遊泳速度、巡航速度および突進速度と流速との関係