

開水路側壁に設置した遮蔽板の高さがオイカワの休憩特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○橋本将直

九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹

1. はじめに

河川に横断構造物が設置されると魚類の縦断移動が困難になるため、魚道が併設される。魚は遊泳速度が体長倍流速で 2~4(1/s)の維持速度を越えると普通筋が使われ疲労が蓄積されるため、しばしば休憩が必要となる。そのため、アイスハーバー型魚道やデニール式魚道など、魚の休憩場所を確保した魚道が提案されている。水制やそれに類する魚の休憩場所の利用形態に関する研究がいくつか存在するが、遮蔽物の高さを系統的に変化させた時の流況変化が、魚の休憩行動に及ぼす影響に関する研究はほとんど存在しない。本研究では、開水路側壁に設置した遮蔽板の高さ変化がオイカワの休憩特性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験装置および実験条件

図-1 に示す水路長 3.0m, 幅 $B=0.6m$, 高さ 0.3m の開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。開水路始端から 0.3m より流下方向に $L=2.4m$ の範囲において、水路の右岸に、厚さ 0.01m, 横断方向幅 $B_s=0.15m$ の遮蔽板を流下方向の間隔 $d_x=0.5m$ で設置した。遮蔽板を配置した領域を spur dike area, spur dike area の上流側および下流側をそれぞれ upstream area, downstream area と命名した。表-1 に実験条件を示す。設置した遮蔽板の高さ H_s をオイカワの平均体高 B_H で除した体高倍遮蔽板高さ H_s/B_H を 1.5, 3, 4.5 および 6 倍の 4 通りに変化させると共に体長倍流速 U_m/B_L を 1, 3, 5 および 7(1/s) の 4 通りに変化させた合計 16 ケースの実験を行った。全ケースにおいて水深はほぼ $h=0.12m$ であり、遮蔽板は冠水状態であった。平均体長 $B_L=60mm$, 平均体高 $B_H=15mm$ のオイカワ 240 尾を用意し、実験結果に偏りがでないように順番に使用した。水路下流端から 0.35m 上流の水路中央に直径 0.1m の円形金網を設置し、1 尾のオイカワを挿入した。挿入後 10s 間馴致した後に金網を取り上げ、水路上部に設置した画素数 1440x1080, 撮影速度 30fps のビデオカメラで spur dike area を 90s 間撮影した。上記の実験を各ケースで 15 回, 合計 240 回行い、撮影後、0.5s ごとの魚の遊泳位置を解析した。 x, y, z 軸方向に 55, 5, 1 点のメッシュで構成される点のうち、体高倍遮蔽板高さ H_s/B_H が 1.5, 3, 4.5, 6 において遮蔽板が存在する点を除いたそれぞれ合計 271, 267, 263, 259 点において、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。

3. 実験結果および考察

図-2 に体長倍流速 U_m/B_L が最大のケースの $z=0.075m$ における鉛直断面内の 3 次元合成流速 V_V (m/s) をベクトル表示した。いずれの遮蔽板高さ H_s/B_H においても、遮蔽板を流下方向に投影した領域で流速が低下している。また、遮蔽板高さの増加に伴い、遮蔽板背後の低流速域が増加した。

upstream area に到達した尾数 n_r を実験に用いたオイカワの尾数 $N=15$ で除した値を到達率 n_r/N と定義する。図-3 に体長倍流速 U_m/B_L とオイカワの到達率 n_r/N との関係を遮蔽板高さ H_s/B_H のケース別に示した。いずれの遮蔽板高さにおいても体長倍流速の変化による到達率の顕著な変化は確認されない。ケース間で比較すると、遮蔽板高さの増加に伴い到達率が増加傾向にある。これは図-2 より、遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板背後の低流速域が増加し、オイカワが休憩しながら遊泳できるためと考えられる。以上より、体長倍流速の変化に関わらず、遮蔽板高さが増加するとオイカワの到達率 n_r/N が増加することが判明した。

遮蔽板を流下方向に投影したときに遮蔽板が存在する領域にオイカワが遊泳する場合を遮蔽板を利用したと定義した。遮蔽板を利用したオイカワの尾数 n_s を 0.5s ごとにカウントして時間平均尾数 \bar{n}_s を算出し、全尾数 N で除したオイカワの遮蔽板利用率 \bar{n}_s/N を求めた。図-4 に体長倍流速 U_m/B_L とオイカワの遮蔽板利用率 \bar{n}_s/N との関係を遮蔽板高さ H_s/B_H のケース別に示した。いずれの遮蔽板高さにおいても体長倍流速の増加に伴う遮蔽板利用率の変化は明確には確認されない。ケース間で比較すると、遮蔽板高さの増加に伴いオイカワの遮蔽板利用率が増加することがわかる。以上より、遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板背後の低流速域が増加するために、オイカワの遮蔽板利用率が増加することが判明した。

オイカワの遮蔽板利用時間 t_s を遮蔽板を利用した回数 N_s で除してオイカワの一回の遮蔽板利用時間 t_s/N_s を求めた。図-5 に体長倍流速 U_m/B_L と一回の遮蔽板利用時間 t_s/N_s との関係を遮蔽板高さ H_s/B_H 別に示す。いずれの遮蔽板高さにおいても体長倍流速の増加による顕著な傾向は見られない。ケース間で比較すると、遮蔽板高さの増

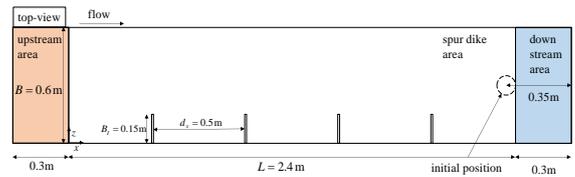


図-1 実験装置

表-1 実験条件

case name	spur dike height H_s/B_H	spur dike interval(m) x direction d_x	U_m/B_L (1/s)
C1.5-1	1.5	0.5	1
C1.5-3			3
C1.5-5			5
C1.5-7			7
C3-1	3		1
C3-3			3
C3-5			5
C3-7			7
C4.5-1	4.5		1
C4.5-3			3
C4.5-5			5
C4.5-7			7
C6-1	6		1
C6-3			3
C6-5			5
C6-7			7

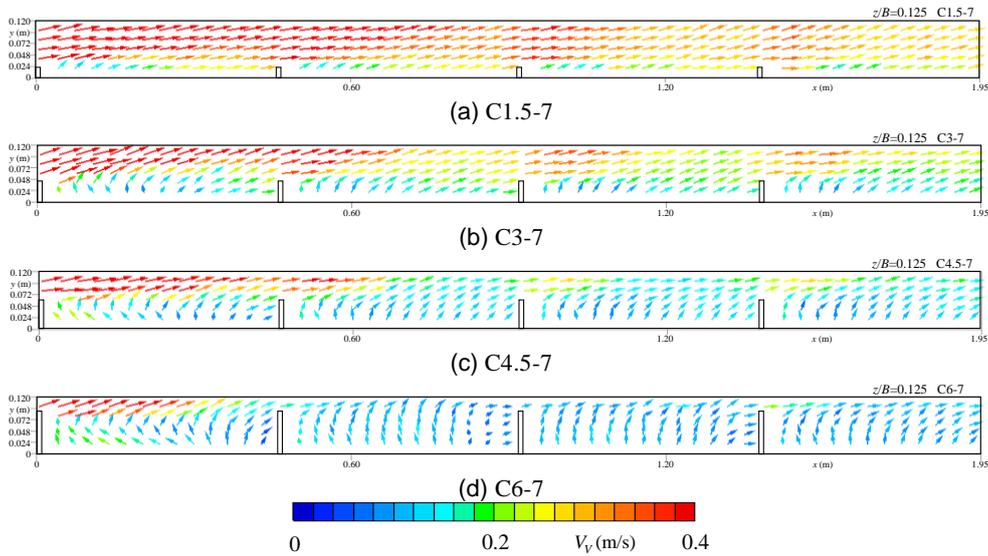


図-2 開水路鉛直断面内の流況 ($U_m/B_L = 7(1/s)$, $z/B = 0.125$)

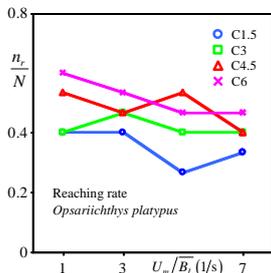


図-3 オイカワの到達率

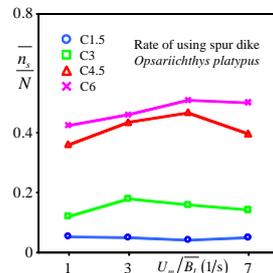


図-4 オイカワの遮蔽板利用率

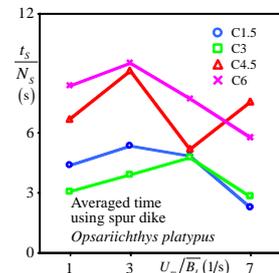
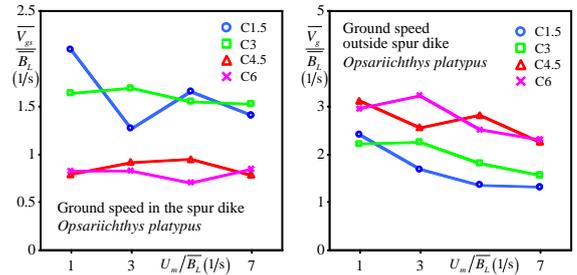


図-5 オイカワの一回の遮蔽板利用時間

加に伴い、一回の遮蔽板利用時間は増加傾向を示した。以上より、遮蔽板高さの増加に伴い、オイカワは遮蔽板背後に長く滞在することが判明した。

遮蔽板を流下方向に投影した領域を遊泳するオイカワの平均対地速度 \bar{v}_{gs} を平均体長 B_L で除して遮蔽板投影領域内の平均体長倍対地速度 \bar{v}_{gs}/B_L を求めた。同時に、遮蔽板を流下方向に投影した領域以外を遊泳するオイカワの平均対地速度 \bar{v}_g を平均体長 B_L で除して遮蔽板投影領域外の平均体長倍対地速度 \bar{v}_g/B_L を求めた。図-6(a)に体長倍流速 U_m/B_L と遮蔽板投影領域内の平均体長倍対地速度 \bar{v}_{gs}/B_L との関係を遮蔽板高さ H_s/B_H 別に示す。いずれの遮蔽板高さにおいても体長倍流速の増加による遮蔽板投影領域内の平均対地速度に顕著な傾向は見られない。ケース間で比較すると、いずれの体長倍流速においても遮蔽板高さの高い C4.5, 6 のケースでは遮蔽板高さの低い C1.5, 3 のケースと比較して、遮蔽板投影領域内の平均対地速度は低い値を示している。図-5 より遮蔽板高さの増加に伴い、遮蔽板背後の低流速域に長く滞在するオイカワの尾数が増加するため、遮蔽板投影領域内の平均対地速度が減少したと考えられる。図-6(b)に体長倍流速 U_m/B_L と遮蔽板投影領域外の平均体長倍対地速度 \bar{v}_g/B_L との関係を遮蔽板高さ H_s/B_H 別に示す。いずれの遮蔽板高さにおいても体長倍流速の増加に伴い、遮蔽板投影領域外の平均対地速度は減少傾向にある。ケース間で比較すると、遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板投影領域外での平均対地速度は増加傾向を示した。図-6(a)より遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板投影領域内で平均対地速度が減少するため、オイカワは疲労回復することができ、遮蔽板投影領域外で力強く遊泳するために遮蔽板投影領域外の平均対地速度が増加したと考えられる。



(a) 遮蔽板投影領域内 (b) 遮蔽板投影領域外
図-6 遮蔽板投影領域内外におけるオイカワの対地速度

4. おわりに
本研究で得られた結論を以下に示す。
(1) 遮蔽板高さの増加に伴い上流まで到達するオイカワの尾数、オイカワの遮蔽板利用率が増加する。これは遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板背後の低流速域が増加するためである。
(2) 遮蔽板高さの増加に伴いオイカワの遮蔽板投影領域外の平均対地速度は増加する。これは遮蔽板高さの高いケースでは、オイカワが遮蔽板背後の低流速域に長時間滞在することができ、疲労が回復するためである。

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 遮蔽板高さの増加に伴い上流まで到達するオイカワの尾数、オイカワの遮蔽板利用率が増加する。これは遮蔽板高さの増加に伴い遮蔽板背後の低流速域が増加するためである。
- (2) 遮蔽板高さの増加に伴いオイカワの遮蔽板投影領域外の平均対地速度は増加する。これは遮蔽板高さの高いケースでは、オイカワが遮蔽板背後の低流速域に長時間滞在することができ、疲労が回復するためである。

参考文献

1) Webb, P.W.: Hydrodynamics and energetics of fish propulsion, *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, Vol.190, pp.1-159, 1975.