正会員

Ο

Ο Ο

開水路底面に設置した粗石の横断方向間隔がオイカワの遊泳特性に及ぼす影響

九州工業大学	学生会員	
	1	

○橋本将直

九州工業大学大学院

```
鬼束幸樹
```

1. はじめに

魚の遡上・降下を促進するために魚道が設置される。魚道にお いて高い遡上率を達成するために様々な工夫がされており、魚道 内に粗石を設置することで流れを減勢させる手法がある.魚はそ の体長相当分の長さしか流れを認識できない¹⁾ため, 粗石の配置に よって生じる粗石周辺の流れの変化が魚の遊泳に及ぼす影響は大 きいと考えられる.しかし、粗石の横断方向間隔を変化させた際 の魚の行動特性は解明されていない.本研究では開水路底面に設 置した粗石の横断方向間隔の変化が、オイカワの遊泳特性に及ぼ す影響を検討した.

2. 実験装置および実験条件

図-1 に示す水路長 3.0m, 幅 B=0.8m, 高さ 0.3m の水路を実験に 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.開水路始端から流下方向に 0.6m より L=2.1m の範囲に おいて、白色に塗装した発泡スチロール球を配置した. 粗石を配 置した領域を boulders area, boulders area の上流側および下流側を それぞれ upstream area, downstream area とした. 表-1 に実験条件 を示す. 河床に配置した粗石の流下方向の配置間隔 d.を 0.1m, 粗 石粒径 D を 0.08m で固定し, 粗石の横断方向の配置間隔 d_z を 0.04, 0.07 および 0.1m の 3 通りに変化させると共に upstream area におけ る流速をそれぞれ体長倍流速 U_m/B_L =1, 3, 5 および 6(1/s)の4通 りに変化させた合計12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,発泡スチロール球は冠水状態であっ た.実験には平均体長 $\overline{B_L}$ =60mmのオイカワ180尾を用意し,実験 結果に偏りがないように順番に使用した.水路の下流端から 0.35m の位置の水路中央に直径 0.1mの円形金網を設置し、1 尾のオイカ ワを挿入した.オイカワを 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 1440×1080, 撮影速度 30fps のビデオカ メラで boulders area を 90s 間撮影した. 上記の実験を各ケースで 15回,合計180回行い,撮影後,0.5sごとの魚の遊泳位置を解析 した. 横断方向の配置間隔 d, が 0.04, 0.07, 0.1m の順に x, y, z 軸方向にそれぞれ 23, 1, 13 点, 23, 1, 11 点, 23, 1, 9 点のメ ッシュで構成される点のうち,粗石が存在する点を除いた合計239, 203, 167 点を, 電磁流速計を用いて 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(a)-(c)に体長倍流速 U_m/B_L が最大のケース(C4-6, C7-6, C10-6)のy=0.06mの高さにおける水平断面内の3次元合成流速 V_v(m/s)をベクトル表示した.図-2より横断方向間隔の増加に伴い 粗石間の流速が低下することが分かる.

upstream area に到達したオイカワの尾数 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と定義した. 図-3に体長倍流速 U_m/<u>B</u>L とオイカワの到達率 n_r/N との関係を示す. C4 のケースでは体長倍流速の増加による到達率に顕著な傾向は見 られない.一方, C7, 10 では体長倍流速の増加に伴い, 到達率が減少していること が分かる.次に C4,7 および 10 のケース間で比較すると、いずれの体長倍流速に おいても横断方向間隔の増加に伴い、到達率が増加した.以上より、横断方向間隔 の増加に伴い、オイカワの到達率が増加することが分かった.

図-4に体長倍流速U_m/B_Lが最大のケース(C4-6, C7-6, C10-6)の遊泳位置を示す. 図-4(a)-(c)を比較すると、C4、7では、オイカワは側壁付近を集中して遊泳し ているのに対し、横断方向間隔が大きいC10では、オイカワは粗石背後の粗石 直下流を集中して遊泳している.



図-2 開水路水平断面内の流況 $(y=0.06m, U_m/B_L = 6(1/s))$







オイカワが最も下流側の粗石より上流側の領域 ($0 \le x \le 1.8$ m)を遊泳している場合を粗石に侵入したと判断した. 粗石に侵入したオイカワの尾数 n_e を0.5sごとにカウントして時間平均侵入尾数 $\overline{n_e}$ を算出し,実験に用いたオイカワの尾数Nで除すことでオイカワの粗石侵入率 $\overline{n_e}/N$ を求めた. 図-5に体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ とオイカワの粗石侵入率 $\overline{n_e}/N$ との関係を示す.最小体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ =1(1/s)では,横断方向間隔に関わらず粗石侵入率は高い値を示した.C10では体長倍流速の増加による粗石侵入率に顕著な傾向は見られなかったが,横断方向間隔が小さいケースほど粗石侵入率が減少した.以上より,流速の増加に伴い,横断方向間隔が小さいケースでは粗石間の流速が速いため粗石侵入率が低下し,横断方向間隔が大きいケースでは粗石間の流速が遅いため粗石侵入率は高い値をとったと考えられる.

底面から粗石頂部までの高さy=0.08m以下において粗石を 流下方向に投影した領域をオイカワが遊泳する場合を粗石 を利用したと判断した.粗石を利用したオイカワの尾数 n_b をカウントして時間平均利用尾数 $\overline{n_b}$ を算出し,実験に用い たオイカワの尾数Nで除すことでオイカワの粗石利用率 $\overline{n_b}/N$ を求めた.図-6に体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ とオイカワの粗石 利用率 $\overline{n_b}/N$ との関係を示す.C4、7および10のいずれのケ ースにおいても、体長倍流速の増加による粗石利用率に顕著 な傾向は見られなかった.次にC4、7および10のケース間で 比較すると、いずれの体長倍流速においても粗石利用率は C4、7では同程度の値であったのに対し、C10ではC4、7よ り高い値を示した.図-2から横断方向間隔が大きいケース では粗石間の流速が遅いことが確認されており、オイカ ワは粗石背後の粗石直下流を集中して遊泳しているために 粗石利用率が高くなったと示唆される.



頭部と尻尾を結んだ線とx軸とが成す角度の絶対値を水平 図-7 水平断面における魚向 平均遊泳距離 断面における魚向 $|\theta_T|$ と定義し、上流向きが $|\theta_T|=0^\circ$ 、下流向きが $|\theta_T|=180^\circ$ とした。図-7(a)-(c)に体長倍流速 U_m/B_L ごとのオイカワの水平断面における魚向 $|\theta_T|$ の頻度分布 $\overline{n_{\theta T}}/N$ を横断方向間隔別に示す。C4、7および10のいず れのケースにおいても、体長倍流速の増加に伴い $|\theta_T|=10^\circ$ の魚向頻度が増加した。次にC4、7および10のケース間 で比較すると、いずれの体長倍流速においてもC10ではC4、7と比較して $|\theta_T|=10^\circ$ の魚向頻度が減少し、 $|\theta_T|=20-50^\circ$ の頻度が増加した。以上より、図-6においてC10のケースでは粗石利用率が高いため、オイカワは横断方向に粗 石背後の通過を繰り返し、C4、7のケースよりもやや大きい $|\theta_T|=20-50^\circ$ の魚向頻度が増加したと考えられる。

upstream areaに到達したオイカワの平均遊泳距離 $\overline{d_r}$ を平均体長 $\overline{B_L}$ で除すことで到達魚の体長倍遊泳距離 $\overline{d_r}/\overline{B_L}$ を求めた.図-8に体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ と到達魚の体長倍遊泳距離 $\overline{d_r}/\overline{B_L}$ との関係を示す.C4のケースでは体長倍流 速の増加による体長倍遊泳距離に顕著な傾向は見られない.一方,C7,10では体長倍流速の増加によって体長倍 遊泳距離が増加していることが分かる.次にC4,7および10のケース間で比較すると,C10の体長倍遊泳距離は C10-1で例外があるものの,いずれの体長倍流速においてもC4,7よりも高い値を示した.図-6よりC10のケー スでは粗石利用率が高いため,オイカワは横断方向に粗石背後の通過を繰り返し,平均遊泳距離が大きくなった 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.

横断方向間隔が大きいケースでは粗石間の流速が遅いため、オイカワの侵入率、粗石利用率においてそれぞれ高い値を示した.また、横断方向間隔が大きいケースでは粗石利用率が高くなるため、オイカワは横断方向に粗石 背後の通過を繰り返し、平均遊泳距離が大きくなった.

参考文献

1) 中村俊六:魚道のはなし、山海堂、1995.