

階段式魚道内の礫堆積量の違いとウグイの遊泳行動について

東洋大学理工学部 学生会員 ○横田 星二
 東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之
 東洋大学理工学部 非会員 森 勇輝, 石川 慧頼
 東洋大学大学院 学生会員 齊藤 圭汰

1. はじめに

魚道とは、魚類および甲殻類の移動を改善する構造物である¹⁾。なかでも、階段式魚道が最も多い¹⁾。階段式魚道は、流量変動の対応が難しく、プール内に土砂や礫も堆積しやすい²⁾。その結果、礫上で流れの乱れが発生し、魚道機能が低下することが指摘された³⁾。

そこで本研究では、プール内の礫堆積量に着目し、魚がスムーズに遡上できるか否かを検討することを目的とした。そのために、水理実験および実魚を用いた挙動実験を行った。

2. 実験概要

実験には、魚道幅 60(cm)、プール長 50(cm)、隔壁厚さ 10(cm)、プール間落差 5(cm)、魚道勾配 1/12 の階段式魚道を用いた。(図-1)。なお、隔壁形状は、剥離現象を抑制するため、R 型とした。表-1 に、実験ケースを示す。魚道床は、礫および滑面とした。各プール内には、代表粒径 $d_{60}=15(\text{mm})$ の中礫をプール体積 (高さ 20(cm)、プール長 50(cm)、幅 60(cm)) に対して 35% および 20% 敷き詰めた。その後、実験流量を 120 分間通水させ、礫堆積が安定している状態で実験を行った。

実魚には、体長 $BL=7.3\sim9.5(\text{cm})$ (平均体長 $\overline{BL}$ は 8.5(cm)) のウグイを用いた。なお、1 回の実験につき 10 尾のウグイを用いた。実験方法は、pool-2 に魚止めネットを設置し、その場でウグイを 5 分間流水および水温に馴れさせた。その後、設置した魚止めネットを外し、ビデオカメラでウグイの遊泳行動を 30 分間撮影した。なお、実験時の水温は 17.0~19.3(°C)であった。

水理実験では、流速、水深および礫堆積厚を計測した。流速の計測には、3 次元電磁流速計を用いた。サンプリング周波数を 20(Hz)とし、512 個のデータを単純平均して時間平均流速を算出した。水深および礫堆積厚の計測には、ポイントゲージを用いた。

3. 実験結果

図-2 に、各ケースの遡上率を示す。Case1, Case2 ともに、礫上に平板を設置して魚道床を滑面にしたケー

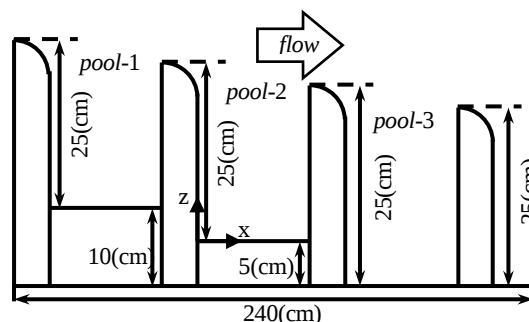


図-1 実験に用いた階段式魚道

表-1 実験ケース

	流量(l/s)	礫	魚道床
Case1-1	16.0(l/s)	35.0%	礫
Case1-2			滑面
Case2-1		20.0%	礫
Case2-2			滑面

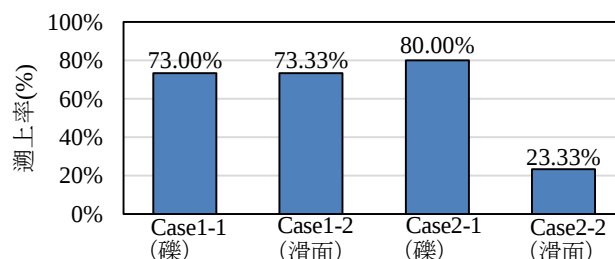


図-2 各ケースの遡上率

スで、魚道床が礫に比べ、遡上率が低下した。特に、Case2 においては平板設置時に遡上率が 56.67(%)低下した。なお、各ケースで遡上率が異なっているものの、各ケースにおけるウグイの遡上経路に差異はなく、プール内では礫床または平板付近をウグイが遊泳し、遡上時には側壁付近で隔壁形状に沿うようにして遡上した。しかし、各ケースでウグイが滞留箇所や定位所に差異が見られた。魚道床が礫のとき (Case1-1, Case2-1)、ウグイは主にプール中央よりやや下流側 ($x=25(\text{cm})\sim40(\text{cm})$) の礫床から 2(cm)程度上の箇所において、Case1-1 では上流側へ頭を向けて遊泳し、Case2-1 では下流側へ頭を向けて遊泳していた。一方、魚道床が滑面のとき (Case1-2, Case2-2)、ウグイは主にプール下

キーワード 階段式魚道, 礫堆積, 定位, 滞留

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL. 049-239-1406

流側 ($x=30(\text{cm})\sim 45(\text{cm})$) の平板から $2(\text{cm})$ 程度上の箇所を遊泳していた。ここで、魚道床の違いによるウグイの遊泳行動の違いを確認するために、平板設置時に遡上率が $56.67(\%)$ 低下した Case2 における流速ベクトル図およびウグイが主に定位または滞留した箇所を図-3 に示す。Case2 で、ウグイが主に定位または滞留した箇所 ($x=25(\text{cm})\sim 45(\text{cm})$, 魚道床より $2(\text{cm})$ 程度上) での合成流速 $V (= \sqrt{u^2 + w^2})$ に着目すると、魚道床が礫の Case2-1 では $2\sim 4BL(\text{cm/s})$, 平板を設置した Case2-2 ではプール内の平板付近のほとんどで $5BL(\text{cm/s})$ 以上の流速 V が形成されていた。そのため、ウグイの遡上率が低下したと考えられる。一方、Case2-1 ではプール中央より上流側で $5BL(\text{cm/s})$ 以上の流速 V が形成されていたが、ウグイが定位または滞留した箇所は、プール中央よりやや下流側の $2\sim 4BL(\text{cm/s})$ の流速 V の箇所であったため、ウグイはプール内で比較的流速 V が小さい箇所を選んで定位または滞留した可能性が考えられる。さらに、Case2-1 でウグイが主に定位および滞留した箇所の流れの向きは上流を向いており、ウグイが頭を下流へ向けて定位または滞留したため、落下流が認識できず遡上経路を認識しにくくなっていた可能性が考えられる。そこで、ウグイがプール内で定位または滞留していた時間について確認した。

図-4 に、各ケースの遡上に成功したウグイが pool-2 に存在した時間を示す。魚道床の違いでウグイの遡上率の差が大きかった Case2 において、Case2-2 でウグイの pool-2 における平均存在時間は $311(\text{s})$, Case2-1 では $418(\text{s})$ と大きな差はなかった。また、ウグイが pool-2 に存在した最大時間も、Case2-1 では $1,333(\text{s})$, Case2-2 では $1,243(\text{s})$ と概ね同じ時間であった。

遡上時間のことを踏まえると、本実験結果ではウグイの遡上には落下流の形成範囲や魚道床の流速 V の大きさが影響していることが示された。

4. まとめ

1) 礫の堆積量にかかわらず、魚道床に平板を設置し滑面にすると、ウグイの遡上率は低下した。その要因として、平板付近全体で合成流速 V が $5BL(\text{cm/s})$ 以上であったため、遡上が困難であった可能性が考えられる。

2) 礫の堆積堆積形状によって、プールの下流側で流れの向きが上流を向いている箇所が生じ、その箇所が礫床付近でも比較的流速が小さな箇所でもあったため、

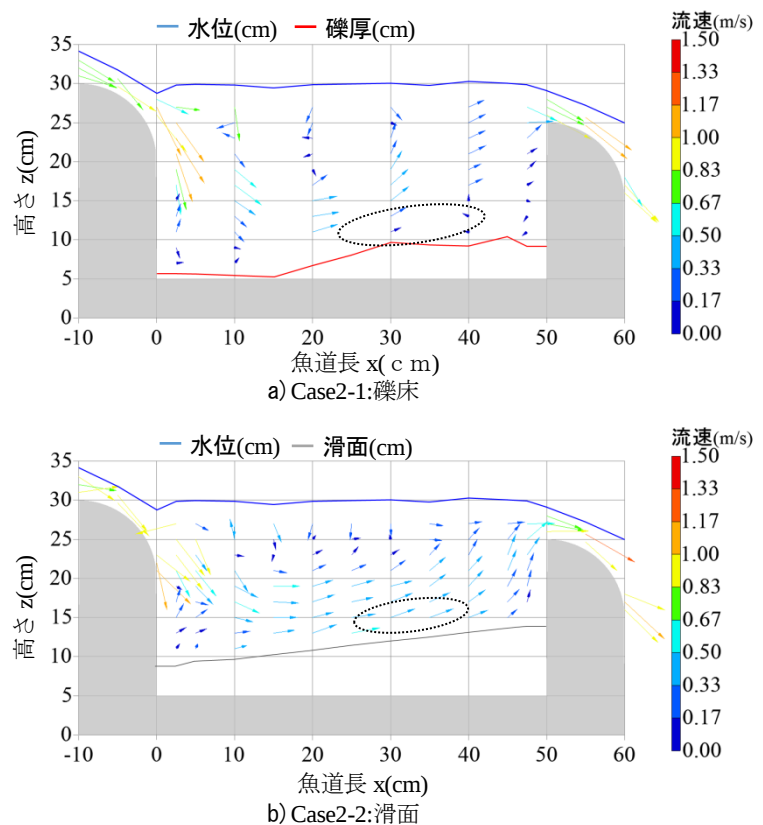


図-3 流速ベクトル図およびウグイの存在箇所 ($y=2.5(\text{cm})$)

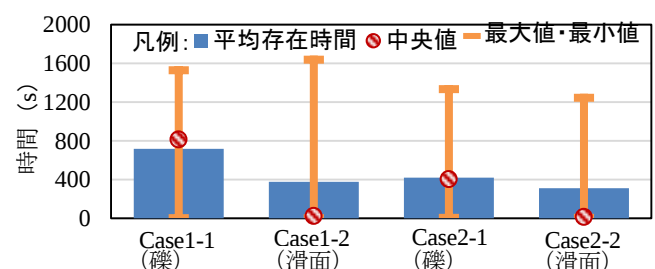


図-4 遡上に成功したウグイが pool-2 に存在した時間

ウグイは頭を下流に向けてそこに定位または滞留した。

以上のことから、礫が堆積した階段式魚道に平板を設置して魚道床を滑面にしても遡上率は向上されなかったが、ウグイが落下流を認識しやすいような礫堆積形状を創り出すことで、遡上率は向上する可能性が考えられる。

参考文献

- 1) 中村俊六：魚道のはなし，pp.2-89，1995。
- 2) 本間久枝，阿部彦七，水山高久：スリット魚道，全断面魚道の流れに関する研究，砂防学会誌，Vol.45(No.6)，pp.25-31，1993。
- 3) 青木宗之：礫堆積時における階段式魚道内の流れとウグイの遊泳行動特性について，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.73，No.4，pp.I_403-I_408，2017。