

階段式魚道内の礫堆積量の違いによる流れの変化とウグイの遊泳行動について

東洋大学工学部 学生会員 ○横田 星二
 東洋大学工学部 正会員 青木 宗之

1. はじめに

全国の直轄河川における既設魚道の中でも全面越流型階段式魚道が最も多く、その既設階段式魚道の中には土砂堆積により魚道機能が低下していると報告されている¹⁾。また、青木²⁾は礫上で発生する流れの乱れが魚道機能を低下させることを指摘している。

そこで本研究では、魚道内の礫堆積量に着目し、魚道内の流れとウグイの遊泳行動の関係を明確に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)。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。

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 $BL=7.3\sim 9.5(\text{cm})$

(平均体長 \overline{BL} は $8.5(\text{cm})$) 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、各ケース 3 回、合計 30 尾のウグイを使用した。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。実験時の水温は $17.0\sim 19.3(^{\circ}\text{C})$ 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。流速は 3 次元電磁流速計を、水深および礫堆積厚はポイントゲージを用いて計測した。

3. 実験結果

図-2 に、各ケースにおける遡上率および *pool-2* に滞留した割合と *pool-2* より下流に押し流された割合を示す。Case1 (礫堆積量 35.0%) に比べ、Case2 (礫堆積量 20.0%) は遡上率が 7% 増加した。また、ウグイが *pool-2* に滞留した割合についても、礫が減少した Case2 はキーワード 階段式魚道、礫堆積、定位、滞留、乱れ強度

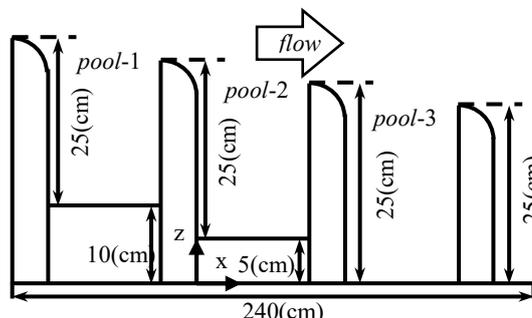


図-1 実験に用いた階段式魚道

表-1 実験ケース一覧

実験ケース	流量(l/s)	プール体積に対する礫堆積量
Case1	16.0(l/s)	35.0%
Case2		20.0%

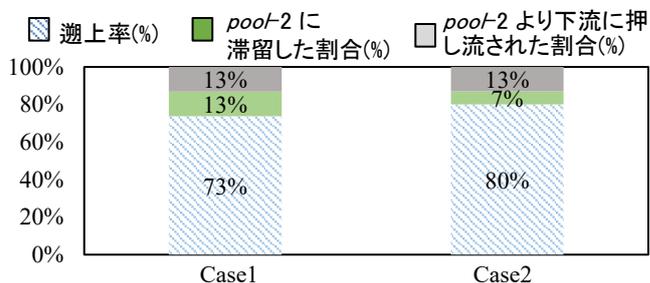


図-2 各ケースにおける遡上率および *pool-2* に滞留した割合と *pool-2* より下流に押し流された割合

Case1 に比べ約 6% 減少した。図-3 に、各ケースにおける遡上成功したウグイの主な遡上経路を示す。両ケースともに落下流が形成されており、ウグイは側壁付近を隔壁形状に沿うように遡上していた。遡上経路に大きな差異がなかったことから、ウグイの定位・滞留した箇所の遊泳行動に着目した。ウグイは $x=35\sim 47.5(\text{cm})$ の範囲で定位・滞留し、その場におけるウグイの遊泳行動を確認すると、Case1 のウグイは水深方向に礫床付近から 5(cm) 程度の範囲を概ね 3 秒の頻度で遊泳していた。一方で、Case2 では、このようなウグイの遊泳行動

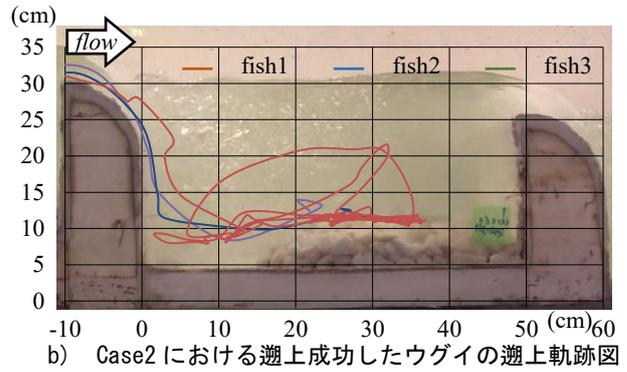
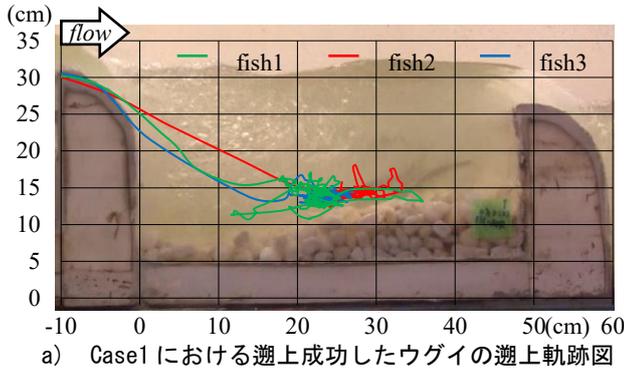


図-3 各ケースにおける遡上成功したウグイの遡上軌跡図

は見られず、礫床付近のみを遊泳していた。そこで、 $(y=2.5(\text{cm}))$ かつ礫床付近における魚道内の合成流速 V を示す。ウグイが定位・滞留した $x=35\sim 47.5(\text{cm})$ の範囲に着目すると、その場の流速は $2\overline{BL}(\text{cm/s})$ 以下を示していた。これは、ウグイが定位・滞留箇所が無理なく遊泳することが可能であったことが分かる。しかし、Case1 ではウグイは定位・滞留した箇所 ($x=35(\text{cm})$) において水深方向に礫床付近から $5(\text{cm})$ 程度の範囲を遊泳していた。そこで、 z 方向の流速 w の時間変化に着目した。図-5 に、各ケースにおけるウグイが定位・滞留した箇所の流速 w の時間変化を示す。Case1 の流速 w の変動は約 2.5 秒周期であり、この変動の周期でウグイが上下方向に遊泳していたと考えられる。しかし、ウグイが定位・滞留した箇所の z 方向の流れの乱れが小さいと、ウグイが上下方向に遊泳する可能性は低いと考えられる。そこで、 z 方向の流れの乱れに着目した。図-6 に、各ケースにおける z 方向の乱れ強度を示す。この結果、Case1 は Case2 に比べ定位・滞留した箇所の乱れ強度が 3 倍程度であった。なので、Case2 と比較し、Case1 は z 方向の流れの乱れが大きく、ウグイが上下方向に遊泳しやすい流れであった。この結果、落下流を認識しにくい状況であったと考える。

4. まとめ

以下に、本実験で得られた知見をまとめる。

- 1) ウグイは、礫堆積量が変化しても礫床付近かつ魚道下流側 ($x=35\sim 47.5(\text{cm})$) で定位・滞留しており、その範囲の流速は、 $2\overline{BL}(\text{cm/s})$ 以下であった。
- 2) Case1 においてウグイは、定位・滞留箇所にて水深方向に礫床付近から $5(\text{cm})$ 程度の範囲を遊泳しており、これは z 方向の流れの変動によるものと考えられ、この流れの変動によりウグイは落下流を認識しにくい状況であったと考えられる。

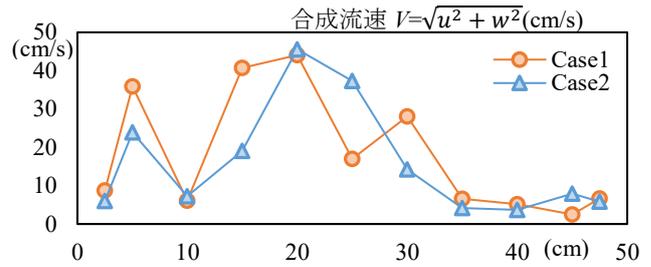


図-4 各ケースの礫床付近の合成流速 $V (y=2.5(\text{cm}))$

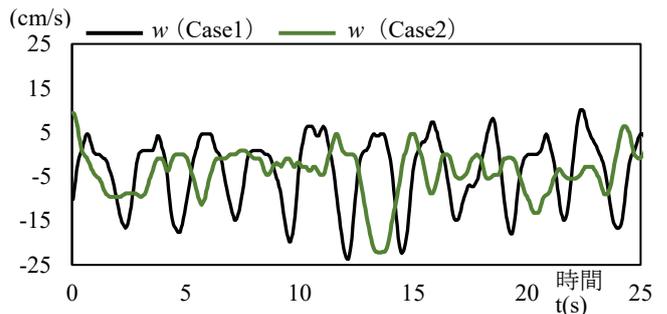


図-5 各ケースにおける流速 w の時間変化

($x=35(\text{cm}), y=2.5(\text{cm})$)

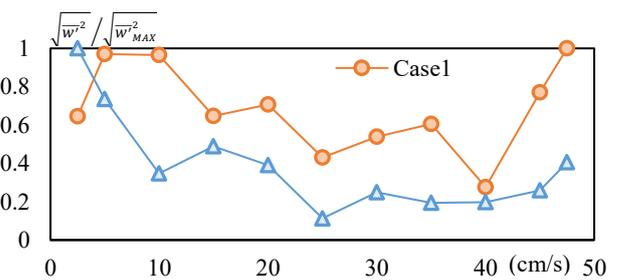


図-6 各ケースにおける z 方向の乱れ強度

($y=2.5(\text{cm}),$ 礫床付近)

参考文献

- 1) 公益財団法人 リバーフロント研究所：直轄河川における既設魚道状況調査に関する報告，pp.66-71，2016。
- 2) 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。

