

礫が堆積した階段式魚道内の流れとウグイの遡上および滞留行動について

東洋大学大学院 学生員 ○齋藤 圭汰
東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之
東洋大学大学院 学生員 坂間 睦美
東洋大学理工学部 非会員 芦刈 晃司

1. はじめに

階段式魚道は、流量変動に対して水位および流速が激変しやすい。また、プール内に礫や土砂が堆積しやすいという特徴がある^{1),2)}。これにより、魚類の遡上率が低下することが分かっている。しかし、礫堆積が魚類の遊泳行動に及ぼす影響の具体的な原因については明らかになっていない。

そこで本研究では、礫が堆積した階段式魚道内の流れが魚類の遊泳行動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、水理実験および実魚を用いた挙動実験を行った。

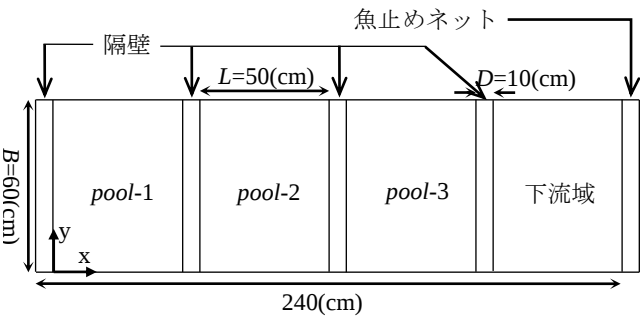
2. 実験概要

図-1 に、本実験に用いた階段式魚道を示す。水路幅 60(cm)の矩形断面水路に、魚道幅 $B=60(\text{cm})$ 、プール長 $L=50(\text{cm})$ 、隔壁厚さ $D=10(\text{cm})$ の全断面階段式魚道を設置した。魚道勾配は、プール間落差を 5(cm)とすることで、1/12 とした。隔壁形状は、隔壁の下流側で剥離が生じないように、R 型とした。なお、プールは 3 つ設けており、上流側から *pool-1* とした。

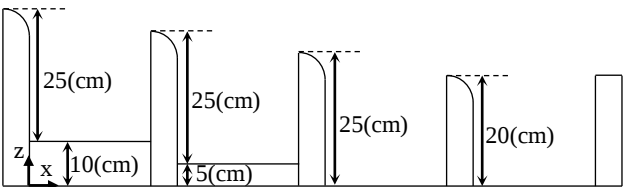
表-1 に、実験ケースを示す。流量を $Q=8.0(\text{l/s})$ とし、礫の有無による魚類の遊泳行動の比較検討を行った。なお、礫が堆積しているケースは、全プールに粒径 15 ～25(mm)の礫を敷き詰めた状態で 120 分間通水させ、礫の堆積状態を安定させてから実験を行った。

(a) 実魚を用いた挙動実験

実験に用いた魚は、体長 $BL=7.5\sim10.3(\text{cm})$ (平均体長 $\overline{BL}=8.75(\text{cm})$) のウグイである。1 回の実験につき 30 尾のウグイを使用し、実験ケース毎に異なる個体を使用した。実験方法は、魚止めネットを *pool-3* の上下流に設置し、そこでウグイを 30 分間流水および水温に馴れさせる。その後、魚止めネットをはずし、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、実験水温は 16.5(℃)である。



(a) 平面図



(b) 縦断面図

図-1 階段式魚道概略図

表-1 実験ケース一覧

実験ケース	流量 $Q(\text{l/s})$	礫の有無
Case1-1	8.0	無
Case1-2		有

(a) 水理実験

水理実験では、水深、礫堆積厚および流速を計測した。水深、礫堆積厚の計測はポイントゲージ、流速は 3 次元電磁流速計を用いた。流速は、サンプリング周波数を 20(Hz)として 512 個のデータを計測し、単純平均した。なお、本研究では、流れの回転の強さを示す渦度 ω_x が、魚の遊泳行動と関係があると考え、流れの評価の指標のひとつとした。

3. 実験結果

(a) 実魚を用いた挙動実験

図-2 に、流量 $Q=8.0(\text{l/s})$ における遡上に成功したウグイが各プール内を遊泳していた平均時間(s)を示す。上流域 (*pool-1* の上流側) まで遡上したウグイが遡上に要

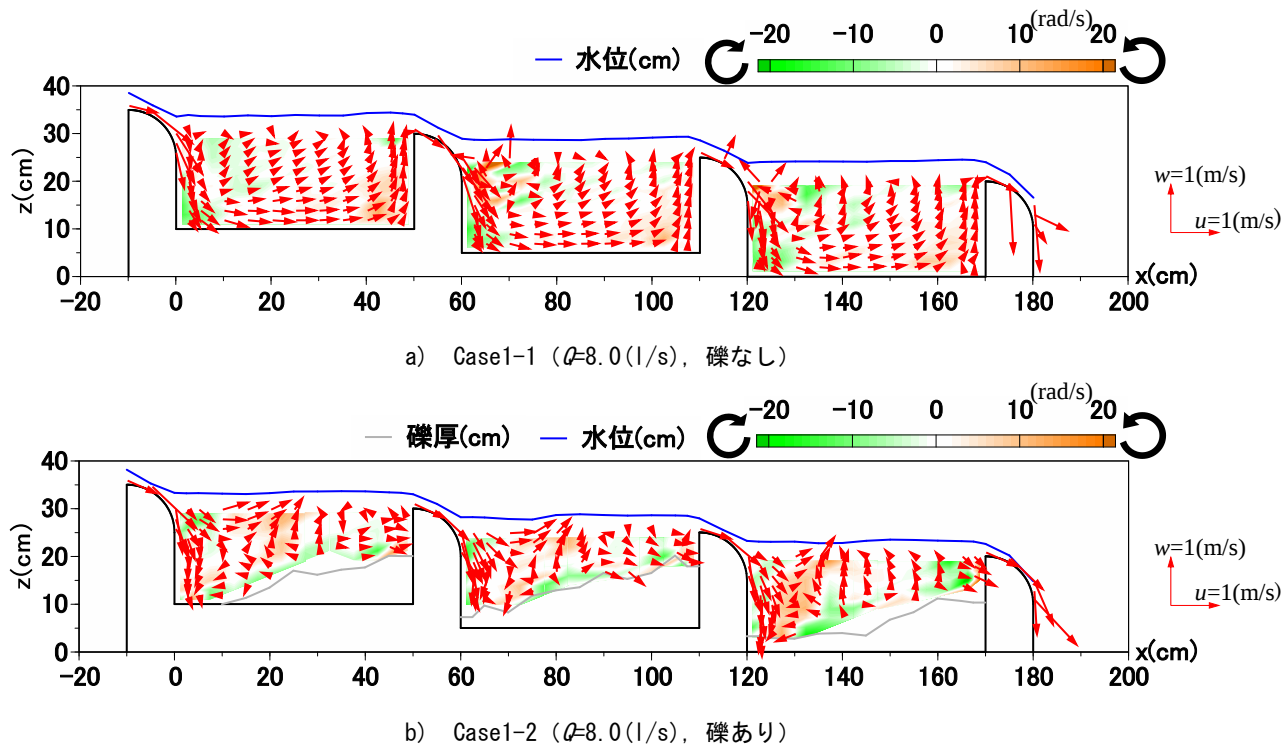
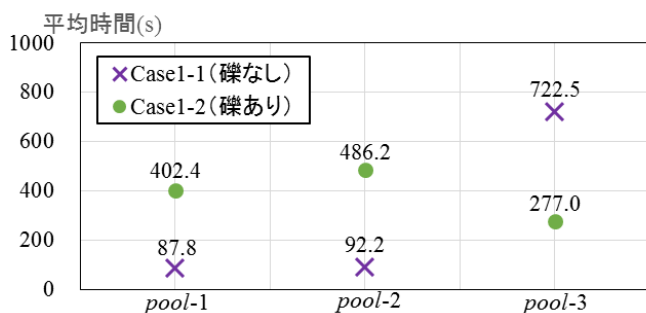
図-3 uw ベクトルおよび渦度 ω_y ($y=2.5$ (cm))

図-2 ウグイが各プール内を遊泳していた平均時間

した時間をみるため、平均した。なお、各ケースのウグイの遡上個体数は、13尾 (Case1-1)、5尾 (Case1-2) である。Case1-1 では、遡上個体数が多く、pool-3 では 700(s) 程度滞留した。しかし、遡上行動へ移ると、pool-2, pool-1 でそれぞれ 90(s) 程度滞留後に上流域まで遡上した。一方で、礫が堆積している Case1-2 では、pool-3 での滞留時間が 250(s) 程度であった。その後は pool-1 と pool-2 で 90(s) 程度滞留した後に遡上し、Case1-1 とは異なる結果を示した。プール内に礫があることによって、魚が留まりやすくなったと考えられる。

(b) 水理実験

図-3 に、 $y=2.5$ (cm) での uw ベクトルおよび渦度 ω_y を示す。 uw ベクトルと渦度 ω_y から、Case1-1 ではプール全体に魚が遡上しやすい落下流が形成されていることがわかる。一方で、Case1-2 でも落下流は形成されてい

るが、その領域が 5~8 割程度縮小している。よって、礫が堆積している場合には、ウグイが隔壁からの流れ込みを認識することが困難となり、遡上率 R_r が低くなったことが考えられる。また、滞留箇所の渦度 ω_y は、礫のない Case1-1 では 10(rad/s) の大きさであった。一方で、礫のある Case1-2 では、概ね ± 1 (rad/s) 程度であり、ほとんど回転がなかった。ウグイの主な遡上経路および滞留箇所の流向が一定ではなかったことや、渦度 ω_y が正の値 (反時計回り) を強く示さなかったことが、遡上率 R_r の低下へとつながったと考えられる。

4. まとめ

礫の堆積がない場合には、プール内で大きな落下流が形成された。遡上に成功したウグイは、各プールで 90(s) 程度休むことで、隔壁を遡上することが可能であったと考えられる。一方で、礫が堆積している場合には、落下流が縮小し、礫床付近の回転はほとんど生じていなかった。よって、ウグイが落下流を認識することが困難となり、遡上に成功した個体数が少なくなってしまうと考えられる。

参考文献

- 1) 本間ら: 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
- 2) 青木: 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