

階段式魚道での礫堆積による流況変化と魚類の行動特性

東洋大学理工学部 学生員 ○向井 健朗
東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之

1. はじめに

魚道の設置は、水生生物の縦断的な移動を円滑にする手段として非常に効果的である。既存する魚道の9割以上を占めると言われている階段式魚道は、魚道内に礫が堆積しやすい特徴がある。このことは、著者らが実施した現地調査でも、魚道内での礫堆積を確認している。これによる魚道機能の低下は提言されているものの、研究事例は少ない。そこで、階段式魚道での礫の堆積量に着目し、魚道内および魚道下流域における流況変化と、それに対する魚類の行動特性を明らかにすることを目的とした。そのために、水理模型実験および実魚を用いた挙動実験を行った。

2. 実験概要

実験ケース一覧を表-1に示す。Run1-2, Run2-2は粒径5~20(mm)の礫を用いて実験を行った。Run2-1, Run2-2の実験に用いた階段式魚道は図-1であり、プール幅 $B=60$ (cm)の全断面階段式魚道である。また、魚道全長170(cm)、プール長 $L=50$ (cm)、隔壁厚 $D=5$ (cm)、プール間落差5(cm)、魚道勾配1/11とした。隔壁は、天端の形状をR型とし、幅 $b=10$ (cm)、深さ $h=2$ (cm)の切り欠きを左岸側のみに設けた。魚の挙動実験は、平均体長 $\overline{BL}=8.3$ (cm)のウグイをウグイ放流域に10尾放流し、30分間流水および水温(18.0±2.0°C)に慣れさせた。その後、30分間の遡上実験を行った。なお、遡上実験は1ケースにつき6回とし、実験には毎回異なるウグイを用いた。また、流速の測定には三次元電磁流速計、水深および礫堆積厚の測定にはポイントゲージを用いた。

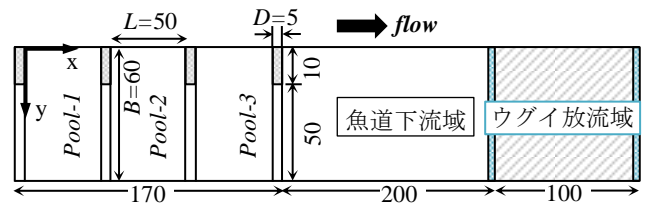
3. 実験結果

(1) 進入率 F_{Er} および遡上率 R_r ¹⁾

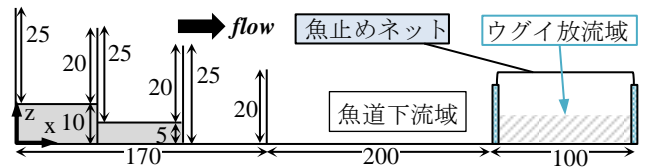
Run 毎の F_{Er} および R_r を図-2に示す。なお、Run1-1, Run1-2は、著者らがこれまでに行った実験の結果であり、比較対象として記載した²⁾。Run2-1の F_{Er} は63.3(%)、 R_r は40.0(%)であり、Run2-2の F_{Er} は41.7(%)、 R_r は6.7(%)であった。よって、Run2-2における魚道内および魚道下流域での礫の堆積は、ウグイの魚道への進入環境に少なからず影響を与えているが、魚道内での遡上環境に特に大きな影響を与えていると考えられる。

表-1 実験ケース一覧

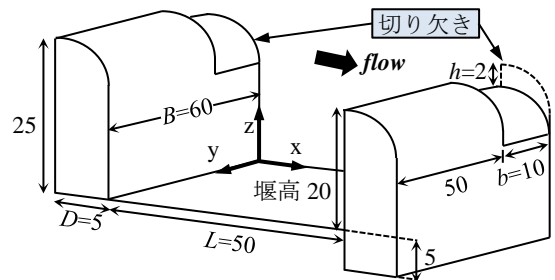
	流量 Q (l/s)	プール		礫の堆積	
		数	堰高(cm)	魚道内	魚道下流域
Run1-1	16.0	5	10	—	—
Run1-2				有	有
Run2-1		3	20	—	—
Run2-2				有	有



a) 魚道平面図 単位：(cm)



b) 魚道縦断面図 単位：(cm)



c) プール拡大図 単位：(cm)

図-1 Run2-1, Run2-2の実験に用いた階段式魚道

(2) 魚道内の流況変化とウグイの遡上行動

上述より、魚道内の流況およびウグイの挙動に着目した。Run 毎の礫がプール体積を占める割合を表-2に示す。これより、Run2-2はRun1-2よりもプール内の礫堆積量が大きいため、 R_r が大きな低下を示したと考えられる。次に、Run2-1において、ウグイが定位した箇所での流速 $V (= \sqrt{u^2 + w^2})$ を図-3に、各隔壁天端における越流流速 V を図-4に示す。なお、図-3中のA~Hはウグイが定位した箇所を表している。Run2-1の魚道内においては、右岸側、左岸側ともに下流プールに向かうにつれて、 V は減少傾向にある。これは、魚道に流

キーワード 階段式魚道, 礫堆積, 進入率, 遡上率

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 TEL049-239-1406

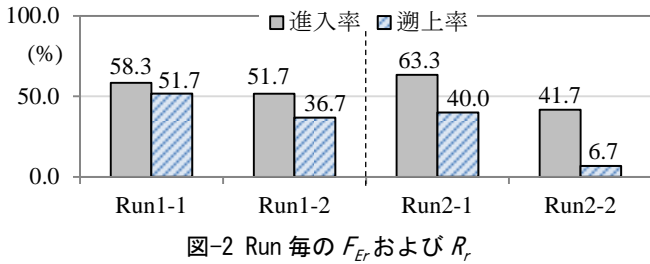
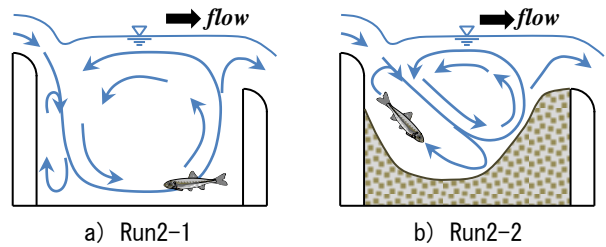
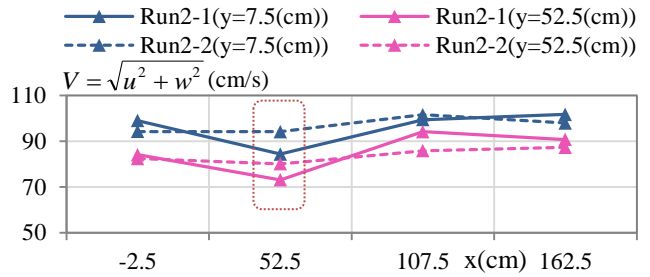
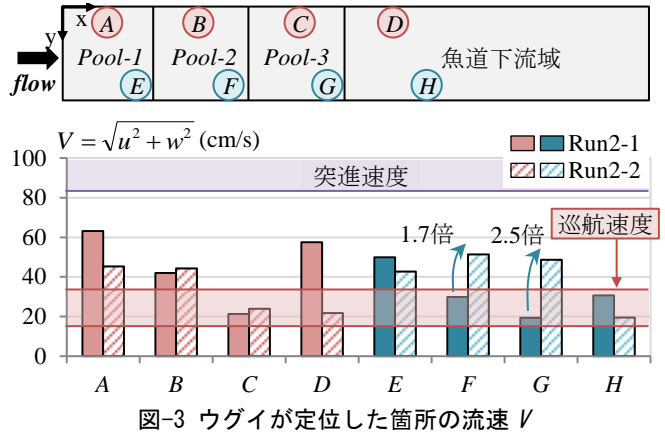


表-2 プール体積に対する礫が堆積した割合

	Pool-1	Pool-2	Pool-3	Pool-4	Pool-5
Run1-2	0.0 (%)	16.2 (%)	21.6 (%)	23.0 (%)	59.2 (%)
Run2-2	34.3 (%)	68.5 (%)	72.4 (%)	-	-

入した流れが、各プール内のプランジングフローによって減勢されていくためだと考えられる。とくに、F~H地点におけるVは20~30(cm/s)程度であり、ここに定位したウグイが再遡上しない場合もあった。なお、プール内の流況とウグイの姿勢を図-5に示しており、Run2-1におけるウグイの主な遊泳深度および定位した深度は、路床から2(cm)の箇所であり(図-5, a)、しばしばプール内を広範囲に遊泳する様子も見られた。

Run2-2のPool-2およびPool-3では、プール体積の70%程度を礫が占めており(表-2)、ウグイの行動可能範囲が著しく縮小したことがわかる。これによるB, C地点での水深に大きな変化はなかったため、流速にも大きな変化は見られなかった。しかし、水深が15(cm)以上浅くなったF地点では1.7倍程度、G地点では2.5倍程度にまでVは増大した。これによって、FおよびG地点でのウグイの定位が困難となり、定位箇所がプール内上流部に遷移した。しかし、遷移後の定位箇所では、規模が縮小されたプランジングフローによって複雑な流れが形成されており、ウグイが下流側を向く頻度(図-5, b)や、横断方向に突発的な移動を行う傾向が増加した。なお、切り欠き上を越流する流速Vは、Run2-1とRun2-2に大きな変化はなく、ともに80~100(cm/s)程度であった(図-4)。しかし、x=52.5(cm)地点のy=7.5(cm), y=52.5(cm)で、ともにRun2-2のVがRun2-1のVを上回っている。これは、Pool-1におけるプランジングフローの規模の縮小が、Pool-1内でのVの減勢効果を小さくしたことが原因であると考えられる。なお、Run2-2の隔壁上でのVは、一般的にウグイの突進速度とされる10~20BL(cm/s)を上回ることではなく、ウグイが全ての隔壁上を通過することは、理論上可能であった。なお、Run2-2におけるウグイの遊泳深度および定位した深度は、路床および礫上から2(cm)の箇所であり、青木らが示した知見¹⁾と同様であった。



4. おわりに

- (1) プール体積の70%程度まで礫が堆積したことにより、ウグイの遡上率がさらに低下したことから、プール内の礫堆積量の増加は、魚道機能の低下により大きな影響を及ぼすと考えられる。
- (2) プール内への礫の堆積は、プール内の水深を浅くし、ウグイが定位する箇所でのVを増大させた。これにより、ウグイは定位箇所を変更したが、変更後の定位箇所では複雑な流れが形成されており、ほとんどのウグイが、定位後の遡上行動には至らなかった。
- (3) プール内への礫の堆積は、プランジングフローの規模の縮小させる。これによって、流速の減勢効果が小さくなり、隔壁上のVが増大する可能性がある。

参考文献

- 1) 青木ら：階段式魚道における礫の堆積が魚類の行動に及ぼす影響について、土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.71, No.4, pp.I_1099-I_1104, 2015
- 2) 向井, 青木：礫が堆積した階段式魚道における魚類の遡上行動, 関東支部第42回技術研究発表会, II-60, 2015