

横断勾配のある粗石魚道におけるウグイの遡上行動について

東洋大学 理工学部 学生会員 ○吉田 翔平
 東洋大学 理工学部 正会員 青木 宗之
 東洋大学 理工学部 学生会員 齋藤 圭汰

1. はじめに

横断勾配を設けた粗石魚道は、横断面内で水深が一定でなくなるため、断面内に種々の流速、水深を発生させることができる。そのため、遊泳力が強い魚や弱い魚、多種多様な生物にも効果的¹⁾であることが示唆されている。このように、横断勾配を有する魚道機能を明らかにするための研究が行われてきている¹⁾。そこで、本研究では遊泳力の弱い魚に着目し、実際に効果的かどうか検討を行うため、未成魚のウグイを用いて、実験を行った。

2. 実験概要

既往研究と同様の模型魚道（図-1）を用いて、実験を行った。疑似粗石には、高さ 2.5(cm)、直径 5.0(cm)の発泡スチロール半球を用いた。

実験ケースを表-1 に示す。本研究では既往研究²⁾の結果と比較を行うため、図-2 に既往研究の結果（Run-1）も示した。Run1-3 と Run1-5 の遡上率に大きな差があったため、本研究では、その間の流量として、流量 14.7(l/s)（Run2-4）を加え、計 5 パターンで実験を行った。挙動実験には、走流性の強いウグイ（平均体長 $\overline{BL}$ = 5.9(cm)）を用いた。実験方法は、水路下流部をネットで区切った部分にウグイを 30 尾放流し、ウグイを流況や水温に 30 分間慣れさせた。その後、ネットを開放し、無人状態としてウグイの挙動を多機能カメラで撮影をした。なお、既往研究では、撮影時間が 30 分と短く、その後も撮影を続けた結果、遡上率が上昇したため、本研究での撮影時間は 2 時間とした。その後、ウグイの遡上数確認や動画解析を行った。水温は $15.5 \pm 2(^{\circ}\text{C})$ であり、ウグイは実験ごとに異なる個体を用いた。また、流速の測定には電磁流速計を用いた。

3. 実験結果

遡上率 $R_r(\%)$ は次のように定義した。

$$R_r = \frac{F_C}{F_T} \times 100(\%) \quad (1)$$

ここで、 F_C ：遡上に成功した魚の個体数、 F_T ：実験に用いた魚の個体数である。

図-2 に、各ケースにおけるウグイの遡上率を示す。Run1, Run2 とともに、 $Q=2.2(\text{l/s})$ で遡上率が最大となり、 $Q=22.2(\text{l/s})$ で遡上率が最低となった。また、Run1 に比べ Run2 では、 $Q=22.2(\text{l/s})$ のケースを除き遡上率が 20～30(%)

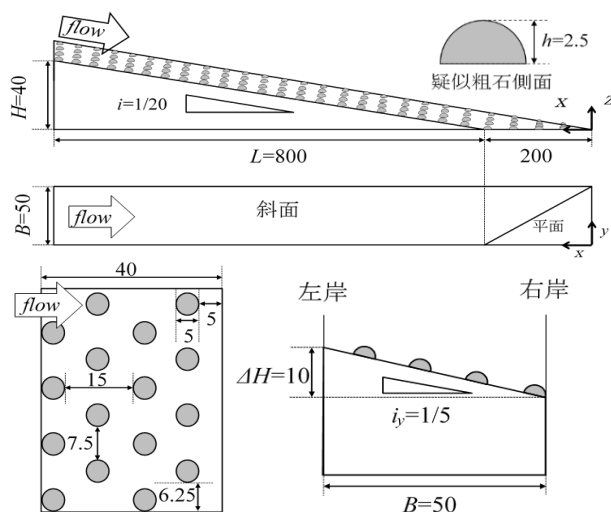


図-1 模型魚道概略図（単位：(cm)（勾配を除く））

表-1 実験ケース一覧

Run	粗石密度 λ_r	魚道勾配 i_x	横断勾配 i_y	流量 $Q (\text{l/s})$	$\overline{BL} (\text{cm})$
1-1	0.16	1/20	1/5	2.2	9.0
1-2				4.7	
1-3				8.8	
1-5				22.2	
2-1				2.2	5.9
2-2				4.7	
2-3				8.8	
2-4				14.7	
2-5				22.2	

遡上率(%) ■ Run2 (2時間計測) □ Run (30分計測)

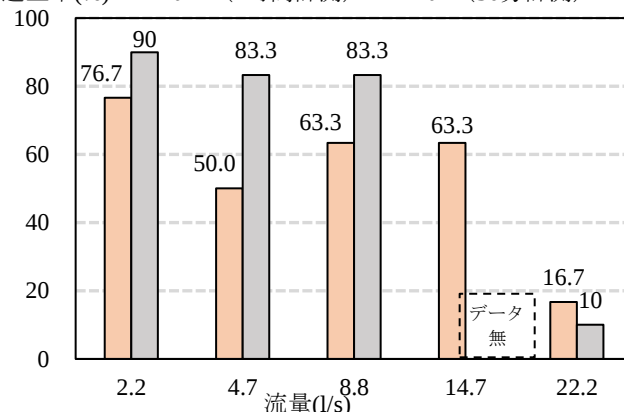


図-2 各ケースにおけるウグイの遡上率

程度低下した。これは、各ケースにおける魚道内の流速の大きさは変化していないものの、試用魚の体長の大きさが異なったためである。Run2 では、Run1 に比べて体

キーワード 横断勾配, 粗石魚道, 遡上率, ウグイ

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 水工学研究室 TEL. 049-239-1406

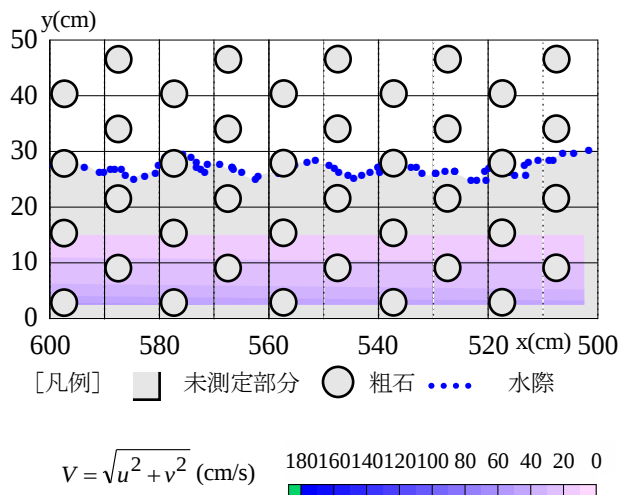
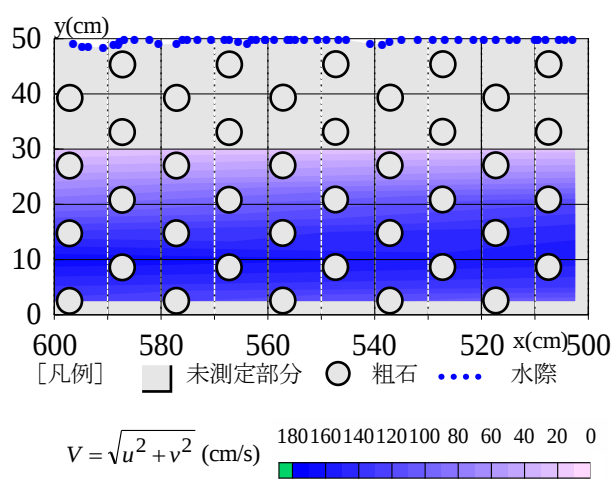
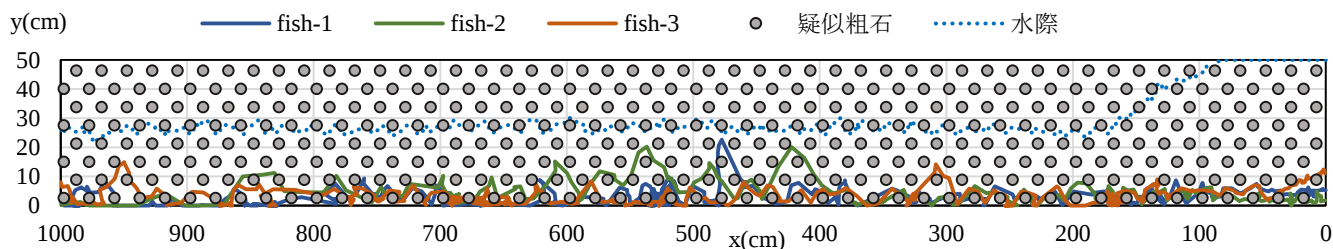
図-3 合成流速 V (cm/s) コンター図 (流量 2.2 (l/s))図-4 合成流速 V (cm/s) コンター図 (流量 22.2 (l/s))

図-5 ウグイの遡上軌跡 (Run2-1)

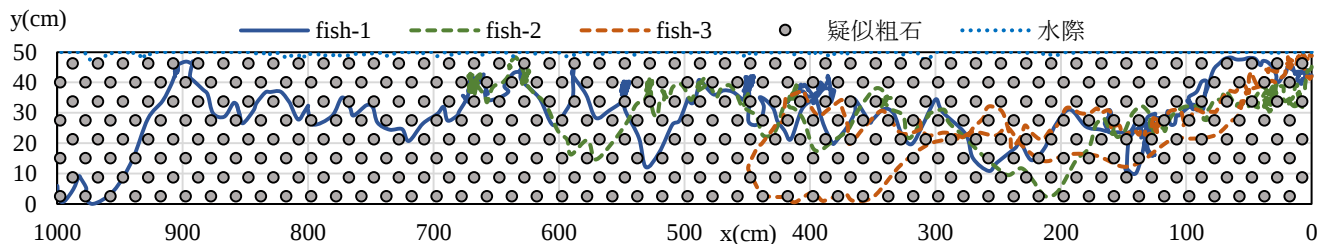


図-6 ウグイの遡上軌跡 (Run2-5)

長が 0.66 倍となり、遊泳能力が低下した。一方で、 $Q=22.2$ (l/s) のとき、Run1-5 に比べ Run2-5 の遡上率は約 7% 上昇した。そこで、魚道内の流速およびウグイの遡上軌跡に着目した。図-3 および図-4 に、魚道内の一部の合成流速 $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ のコンター図を示す。それぞれ、 $Q=2.2$ (l/s) および $Q=22.2$ (l/s) の結果を示している。 $Q=2.2$ (l/s) の場合、Run1 および Run2 におけるウグイの体長を考慮すると、それぞれ $2 \sim 4 \overline{BL}$ 程度 $3 \sim 7 \overline{BL}$ 程度あり、ウグイは無理なく遊泳できる流速である。これに対し $Q=22.2$ (l/s) の場合、Run1 および Run2 においては $2 \sim 15 \overline{BL}$ 程度および $3 \sim 23 \overline{BL}$ 程度であった。魚道内全体で考えれば、数値的にはウグイが遡上できない流速もあることが分かる。図-5 および図-6 は、ウグイの遡上軌跡図であり、Run2-1 ($Q=2.2$ (l/s)) では水深が深く合成流速 V が 40 (cm/s) 程度の箇所をウグイが遡上していることが分かる。その場の流速は、 $6 \sim 8 \overline{BL}$ 程度の流速であり、ウグイが遡上しやすい流速であった。なお、Run1-1 においても Run2-1 と同様の遡上経路であった。Run2-5 ($Q=2.2$ (l/s)) では、水路左岸側をウグイが遡上した。その場の合成流速 V は、Run2-1 と同程度であった。しかし、Run2-5 では魚道内の

流速が約 160 (cm/s) と速く、押し流されてしまうウグイもいた。また、 $x=500 \sim 700$ (cm) 前後まで遡上し、 $y=30 \sim$

40 (cm) 付近で長時間停留してしまい、遡上しきらないウグイもいた。

4. まとめ

横断勾配のある粗石魚道は、体長が小さいウグイを用いても、Run2-1, Run2-2, Run2-3, Run2-4 では 50% 以上の遡上率であったため、遊泳力の弱い魚に対してでも有用であることが推測できる。一方で、流量が大きく流速が速いケースにおける遡上率が低いため、さらなる改善が必要であるといえる。そのため、引き続き実験を行い、検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 柏井条介, 村岡敬子: 多様な魚種を対象とした魚道の遡上実験, 土木技術資料, 第 38 巻, No.2, pp.20-25, 1996.
- 2) 松木越, 青木宗之, 福井吉孝, 櫻井龍太郎: 横断勾配を有する粗石魚道の流れと魚の挙動について, 土木学会論文集 G (環境), Vol.72, No.7, III_411-III_417, 2016.