

粗石付き魚道の機能増進策について

東洋大学大学院 学生員 ○松木 越
 東洋大学 正会員 青木 宗之
 東洋大学 正会員 福井 吉孝
 東洋大学 非会員 二宮 健 東洋大学 非会員 青木 亮介

1. はじめに

我々が行った模型実験により、全断面粗石付き魚道
 が、魚の遡上に対して効果を発揮することが分かった。
 しかし、流速が大きくなる（流量が大きくなる）とそ
 の効果は小さくなった。そこで、流速が大きい場合を
 想定し、模型魚道や粗石の形状を変化させた模型実験
 を行い、魚道の機能増進策について検討した。

2. 挙動実験概要

まず、図-1のような模型魚道（魚道 A）を用い、Run
 毎に流量 Q を変化させて挙動実験を行った。魚道内
 の粗石の配置方法には、流速低減効果の高い、千鳥配
 列を用いた。実験にはアユと同等の走流性を持つウ
 グイを用いた。その平均体長は、9.1cmであった。実
 験ケースを表-1 に示す。

はじめに、ネットで区切った水路下流部にウグイを
 入れ、流況や水温に慣らす時間を 30 分間設ける。そ
 の後、ネットを解放し、ウグイの挙動を高解像度カメ
 ラで 30 分間撮影、最後に、遡上数を確認する。

また、流速の測定には電磁流速計を用いた。

3. 挙動実験結果

遡上率 $R_r(\%)$ は、次のように定義し求めた。

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

ここで、 F_C ：遡上に成功した魚の個体数、 F_T ：実験
 に使用した魚の個体数である。

挙動実験の結果を図-2 に示す。流量が 4.7l/s (Run1-
 3) のとき、最大の遡上率となった。しかし、それ以上
 流量 Q が増加すると遡上率は次第に低下し、22.2l/s
 (Run1-6) のとき遡上率は 10%を下回った。このとき、
 遡上しなかった多くのウグイは 4m 付近まで遡上する
 が、そこから下流方向へ押し流されてしまった。

4. ウグイの遊泳能力

魚の遊泳速度には、巡航速度と、突進速度がある。

キーワード 粗石付き魚道、遡上、ウグイ、巡航速度、突進速度

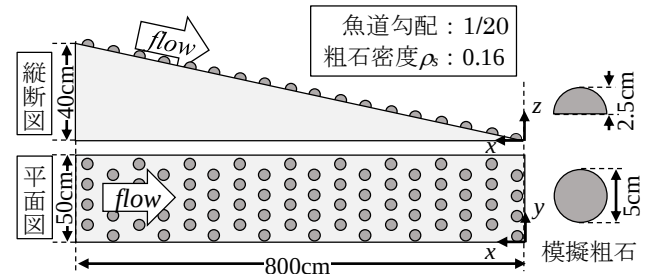


図-1 魚道 A と粗石の概略図

表-1 実験 Case1（魚道 1 を使用）概要

Run	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
流量 Q (l/s)	2.2	3.5	4.7	13.5	14.7	22.2

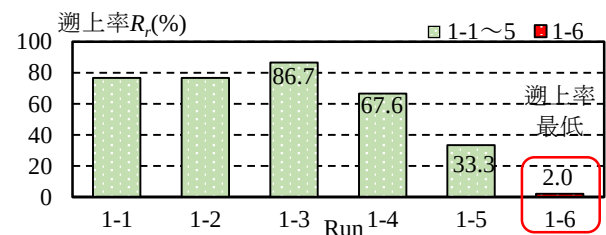


図-2 Case1 の遡上率

個体差はあるが、一般に、ウグイの巡航速度は体長の
 2～4 倍、突進速度は体長の 10～20 倍の値にそれぞれ
 速度の単位(cm/s)をもたせたものとされている。今回、
 実験に用いたウグイの体長は 9.1cm であるから、巡航
 速度と突進速度はそれぞれ、18.2～36.4、91.0～
 182.0(cm/s)となる。また、巡航速度は長時間の持続が
 可能だが、突進速度の持続時間は 1～5 秒である²⁾。

ここで、魚道内の流速は、速い場所で約 100cm/s で
 あるから、この突進速度を 5 秒間発揮すると、約 400cm
 遡上することができるということになる。しかし、魚
 道延長が 8m のこの模型水路では、一気に遡上するこ
 とは困難であるので、休憩をとる必要がある。

5. 魚道機能増進策の検討

遡上率が一番低かった流量 22.2l/s に対して、魚道中

中央（下流から 4m）に休息場となるようにフラット部分（50cm）を設けた魚道 B（図-3）を用いて、再度同様の手順でウグイの挙動実験を行った。また、フラット部分の粗石高さ増分 h (cm) を Run 毎に変化させて、一番効率的なフラット部の構造について検討した。実験ケースを表-2 に示す。

Case2 の実験結果を図-4 に示す。魚道 A では遡上困難であった流量 22.2l/s に対して、フラット部分を設けることにより、魚道延長が 50cm 伸びたのにも関わらず、遡上率は上昇した。この内、粗石の高さが 6.5cm (Run2-3) のとき遡上率が最大となった。この時ウグイは、フラット部分とその上流側 30cm ($x=400\sim480$) の範囲で休憩した後、再度遡上していった。（図-5）

また、Run1-6 と Run2-3, Run2-5 の遡上したウグイが選好した点の流速 u ($z=2\text{cm}$) と、その点における遊泳速度 u_r を図-6 に示す。流速はフラット部分 ($x=400\sim450$) とその上流側で低下しており、それに伴い、遊泳速度が 100cm/s 以下になった。その結果、Run1-6 と比べて、遡上に対する負担が軽減され、遡上率が上昇したと考える。

しかし、粗石の高さを増加させると、魚道中央まで遡上してきた後、フラット部分上流 $x=450\sim480\text{cm}$ で遊泳し、時間内に上流端まで遡上しきれないウグイが現れた。実験時間を 1 時間に延長した場合でも、同様に残留するウグイが存在した。このとき、フラット部分の粗石高さを大きくしたことにより、上流側で水深の上昇（10cm 程度）、50cm/s までの流速の低下が起きていた。

6. まとめ

流量が 22.2l/s と大きいケースでも、中央にフラット部分を設けることにより、流速が低下した点で休憩が可能となり、遡上が容易になった。さらに、フラット部分の粗石高さを上げると流速低減効果が大きくなり、遡上率が上がった。

しかし、粗石高さを 6.5cm より高く上げると、流速が遅い領域がフラット部分とその上流 30cm の辺りまで広がり、ウグイの遡上意欲が削がれ、容易に遡上しなくなる。よって、魚道中央のフラット部に高さ 6.5cm の粗石を配置した構造 (Run2-3) が、最も遡上を助ける効果が高いことが分かった。

参考文献

1)青木宗之, 他:間伐材を用いた杭水制の水理特性と魚の生

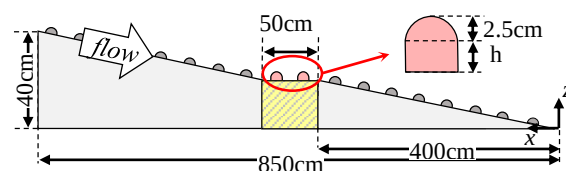


図-3 魚道 B とフラット部分の粗石の概略図

表-2 実験 Case2 概要

Run	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
流量 Q (l/s)	22.2				
フラット粗石高さ増分 h (cm)	0	2	4	6	8

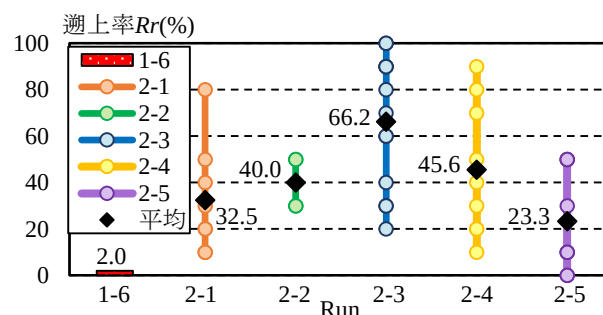


図-4 Case2 の各実験時と平均の遡上率

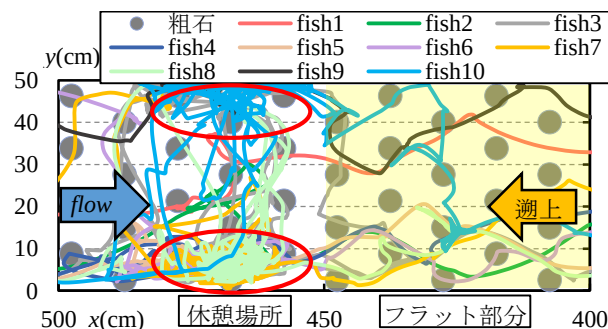


図-5 ウグイの軌跡 (Run2-3) (遡上率 100%)

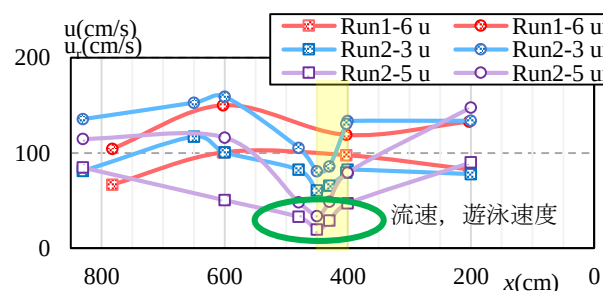


図-6 流速と遊泳速度の関係

息について, 環境システム研究論文集, 第 37 巻, pp.19-28, 2009

2)泉完, 他:河川流下水を用いたスタミナトンネルによるウグイの突進速度について, 農業土木学会論文集, No.244, pp.171-178, 2006