

複数の水制を有する開水路における魚の遊泳行動について

東洋大学大学院 学生員 ○菊池 裕太
 東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之
 東洋大学理工学部 正会員 福井 吉孝

1. はじめに

水制は、流速低減効果および流向制御機能を有しているの
 で、河岸の浸食を防ぐ護岸構造物として多く利用されている。
 加えて、水制によって多様な流れが形成され、近年では、
 水生生物に対しての良好な成育環境を創出するための
 設置事例もある¹⁾。

そこで、開水路中に水制を設置することにより生じ
 る流れに対する魚類の遊泳行動に着目した。本研究の
 目的は、水制がある場での流れとそれに対する魚の遊
 泳行動特性を明確にすることである。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

表-1 に、実験ケース一覧を示す。実験は、水制設置
 間隔および水制設置位置を変化させ、計 4 ケース行っ
 た。図-1 に、実験区間外略図を示す。実験には、幅
 $B=30(\text{cm})$ 、勾配 $i=1/500$ の矩形断面水路を用いた。水制
 を有する場合の基本的な魚の遊泳行動を把握するため、
 高さ d 、長さ l 、幅 b の模擬水制（コンクリートブロ
 ック（図-1））を用い、水制設置間隔 $D(\text{cm})$ と水制長 $l(\text{cm})$
 の比 D/l を変化させた。 D/l は、実河川において 2~3 の
 範囲のものが半数以上を占めている²⁾ ことから、Run2
 は、 D/l を 2.5 とし、模擬水制を 8 基設置した。また、
 Run3 は D/l が Run2 の 2 倍の 5.0 とし、模擬水制を 4 基
 設置した。Run4 は、左右岸に 2 基ずつ水制を設置し、
 D/l は 12.5 とした。なお、実験区間は $x=0\sim 200(\text{cm})$ であ
 り、Run2~Run4 は、全て非越流状態である。

実験魚には、強い遊泳力および走流性を持つウグイを
 用いた。実験方法は、放流区間で 30 分間流況および水
 温に馴致させた後、ウグイの遊泳行動を 30 分間ビデオ
 カメラ撮影し、実験終了とした。また、ウグイの群遊性
 を考慮し、1 回の実験につき 5 尾のウグイを使用し、各
 ケースで 5 回行った。なお、実験に使用したウグイの
 平均体長は $\overline{BL}=5.9\pm 0.3(\text{cm})$ であり、一度使用したウグ
 イは、再度使用していない。水面付近の照度は 200 ± 50
 (lx) 、水温は $17.0\pm 2.0(^{\circ}\text{C})$ であった。流速は、二次元電磁
 流速計を用いて測定し、水深方向の測定位置は、魚の遊

表-1 実験ケース一覧

	Run1	Run2	Run3	Run4
流量 $Q(\text{l/s})$	4.4			
水制長 $l(\text{cm})$	-	10	50	8
水制設置間隔 $D(\text{cm})$	-	25	50	100
水制設置間隔/水制長 D/l	-	2.5	5	12.5

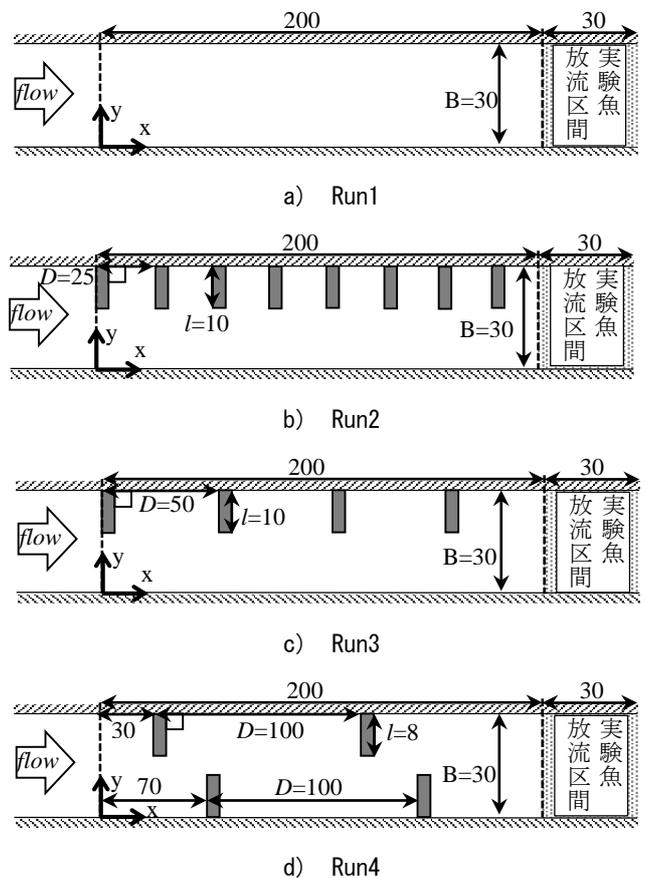


図-1 実験区間概略図 (単位 : cm)

泳行動をふまえ、 $z=2(\text{cm})$ (河床から 2(cm)) とした。

3. 実験結果

図-2 に、各ケースにおける実験区間に進入したウグイが
 示した遊泳軌跡、 uv ベクトルおよび流速コンター図を示す。
 なお、流速コンターは流速 u および流速 v の合成流速であ
 る。Run1 では、主流部に比べ流速が低減し、ウグイの遡
 上に適した流速域 ($4\sim 5\overline{BL}(\text{cm/s})$ 程度) が形成されてい
 る側壁 ($y=0, 30(\text{cm})$) 付近をほぼ全ての個体が遡上し

キーワード 水制, ウグイ, 遊泳行動

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

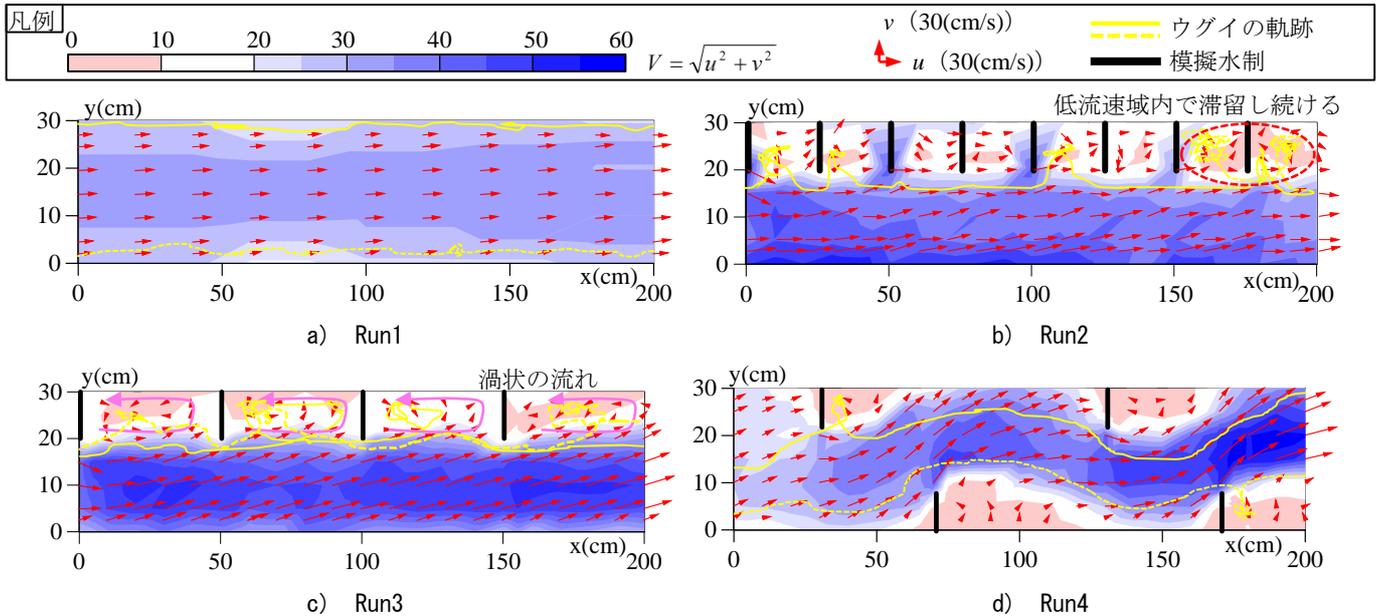


図-2 各ケースにおけるウグイの遊泳軌跡, uvベクトルおよび流速コンター図 (z=2(cm))

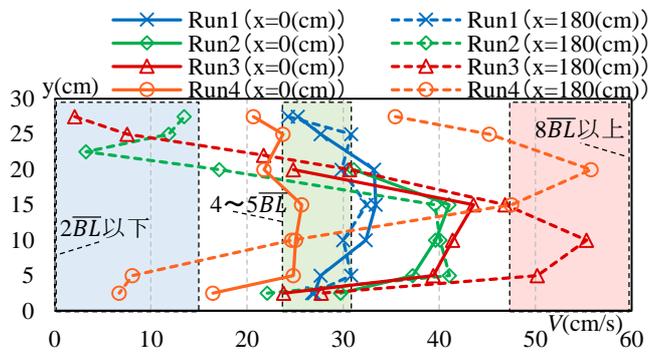


図-3 各ケースにおける横断方向流速分布図 (z=2(cm))

た(走流性, 側壁選好性)(図-3). Run2~Run4においては, 水制後背部の流速が, 主流部に比べ大きく低減していることがわかる. Run2では, ウグイは, 右岸側に形成される高流速域(8BL(cm/s)程度)を遡上することが困難であったため, 左岸側に設置した模擬水制後背部に形成された低流速域(2BL(cm/s)程度以下)へ進入し, 遡上を試みる様子が確認できた. しかし, 低流速域に進入したウグイは, 頭を流下方向に向け, その場に滞留し, 再遡上しなかった個体が5割程度, 遡上できたものは4割程度であった. そこで, 水制設置間隔の違いがウグイの挙動にどのような変化を与えるか確認するため, $D/l=5.0$ の実験を試みた(Run3). このとき, 低流速域に進入したウグイは, Run2と同様に頭を流下方向に向け滞留したが, しばらくすると再遡上し, 8割の個体が遡上できた. ここで, Run2およびRun3の流速について着目すると, 図-3に示した横断方向流速分布において, $x=180(\text{cm})$, $y=20(\text{cm})$ 付近での流速 V が, Run2ではウグイの遡上に適した流速(4~5BL(cm/s)程度)以下の

ため, ウグイが再遡上することをやめ滞留し, Run3では, 4~5BL(cm/s)程度の流速域が形成されているため, 再遡上したと考えられる. 兩岸に模擬水制を設置したRun4では, ほぼ全てのウグイが水制によって偏向した流れ(図-2 d)に対し走流性を発揮して遡上した. このとき, 一気に遡上することが難しいため, 流速が低減している水制後背部で滞留した. 滞留したウグイは, 頭を流下方向に向けることはなく, 再遡上した. これは, 一度休憩をした後, 再遡上のタイミングを図っていると考えられる. なお, ウグイが遡上した場所の流速域は, いずれのケースにおいても4~5BL(cm/s)程度であった. これは松木ら³⁾が示した結果と同程度であった.

4. まとめ

ウグイは, 水制後背部に生じる2BL(cm/s)程度以下の低流速域に侵入すると, その場で滞留し, 主流部との境界部に形成される4~5BL(cm/s)の流速に反応し, 再遡上したが, Run2では流速が低減されすぎたため, 5割程度の個体が再遡上しなかった($D/l=2.5$). これは, D/l を5.0に変化させることで, 再遡上が可能となった. また, ウグイが遡上した場所は, 4~5BL(cm/s)程度の流速域が多かった.

参考文献

- 1) 福留ら: 淵環境を回復した低水路水制の設計とその環境機能の評価, 水工学論文集, 第54巻 pp.1267-1272, 2010.
- 2) 秋草ら: 水制に関する研究, 土木研究所報告, 第107号-6, pp.67-72, 1960.
- 3) 松木ら: 全断面粗石付魚道の機能増進および修復について, 土木学会論文集 B1(水工学)Vol.71, No.4, I_1105-1110, 2015.