

開水路内の円柱群に対する魚の応答

東洋大学大学院	学生員	○染井	香栄
東洋大学大学院	学生員	小原	誠
東洋大学大学院	学生員	青木	宗之
東洋大学理工学部	正会員	福井	吉孝

1.はじめに

杭水制に着目し、杭水制による流れの変化に対する魚の行動を明確に把握することを目的とし、魚の遊泳可能領域を円柱群設置箇所をネットによって区切り、魚の杭水制に対する反応を模型実験から評価する。

2.実験概要

実験に使用した水路を図-1、実験ケースを表-1に示す。観測領域は $0.8 \times 2.0(\text{m}^2)$ であり、水路右岸側に直径 $d=0.5(\text{cm})$ の木製円柱を模擬杭水制として設置した。河床勾配は $1/500$ であり、平均水深は $10(\text{cm})$ とした。また、円柱を水路右岸側 $0.1 \times 2.0(\text{m}^2)$ に設置し、配列は円柱設置面積が等しい場合、整列配列に比べ、水制機能の高い千鳥配列で行った。円柱設置間隔は横断方向 $s=4.0(\text{cm})$ 、縦断方向 $l=4.0(\text{cm})$ である。

魚の挙動実験は、観測領域範囲内の下流部からウグイを 10 匹放流し、流水に馴れさせた後に、ウグイの挙動をビデオカメラで 30 分間撮影した。

3.流速と魚の移動速度の関係

ウグイの遊泳は流れによって支配されるため、流れの変化に対するウグイの応答を流速とウグイの存在割合、ウグイの移動速度に着目する。

図-2 における円柱なしの円柱群内とは、水路右岸側を示す。Run 1,5(円柱なし)において側壁部(左岸、及び右岸側)に遊泳可能領域全体の約 60(%)以上ウグイは存在している。したがって、ウグイには側壁選好性があることを再確認した¹⁾。Run 2において、円柱を設置することにより側壁部のウグイの存在割合が増加している。Run 5,6(流量 $Q=28(\text{l/s})$)では、円柱群を設置することにより円柱群内のウグイの存在割合が増加する。

流量 $Q=12(\text{l/s})$ は、Run 2 でも遊泳可能領域全体の流速が $20(\text{cm/s})$ 以内であり、流量 $Q=28(\text{l/s})$ においては、Run 6 の円柱群内のみ $20(\text{cm/s})$ 以下の流速が存在する(図-3)。

次に、ウグイの移動速度に着目すると、ウグイの約 94(%)がその場の流速値に関わらず $20(\text{cm/s})$ 以下の見かけのウグイの移動速度であり、約 72(%)が絶対速度 $20(\text{cm/s})$ 以下でウグイは遊泳している。つまり、体長(平均体長 $BL=5.0(\text{cm})$)の 4 倍の速度で遊泳し、この速度で遊泳することを好むことが分かった(図-4)。

なお、図-4 において u : その場の流速(cm/s)、 u_r : 見かけのウグイの移動速度(cm/s)、 u_m : ウグイの絶対速度

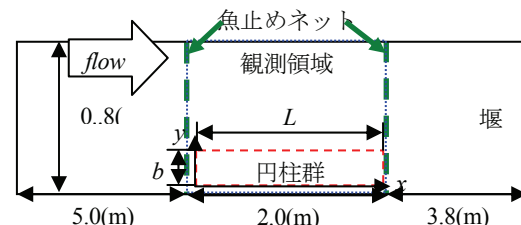


図-1 水路図

表-1 実験ケース一覧表

	配列	流量 $Q(\text{l/s})$	水温 ($^{\circ}\text{C}$)	平均体長 $BL(\text{cm})$
Run1	円柱なし	12	16.2	5.0
Run2	千鳥	12	16.2	5.0
Run3	千鳥	12	9.6	5.0
Run4	千鳥	12	16.2	8.0
Run5	円柱なし	28	16.2	5.0
Run6	千鳥	28	16.2	5.0
Run7	千鳥	28	9.6	5.0
Run8	千鳥	28	16.2	8.0

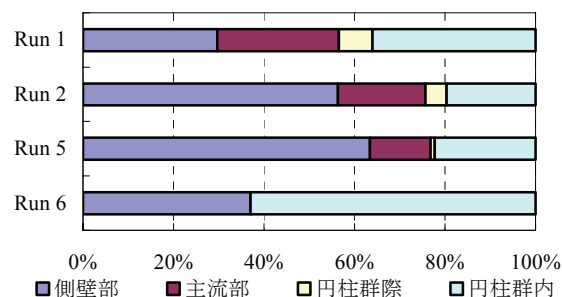
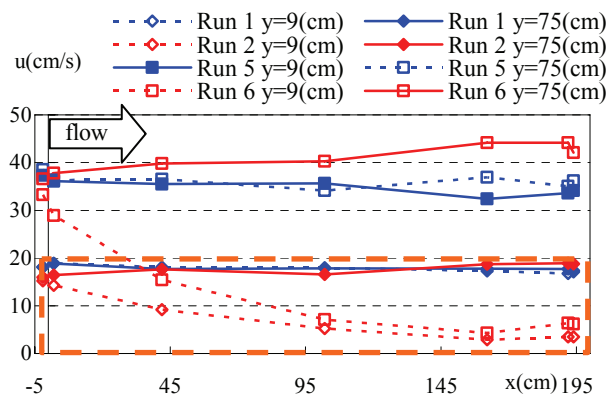


図-2 ウグイの存在割合

図-3 円柱群内($y=9(\text{cm})$)・側壁部($y=75(\text{cm})$)の縦断方向流速変化

キーワード 杭水制, ウグイ, 水温, 体長

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学工学部 TEL:049-239-1404 E-mail:gd0800157@toyonet.toyo.ac.jp

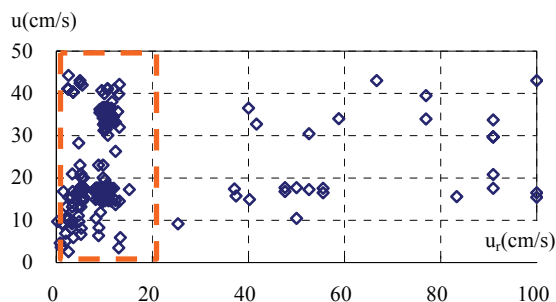
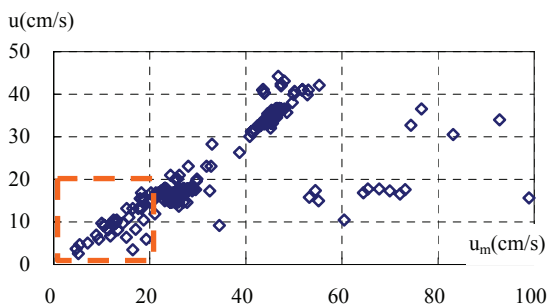
a) 流速 u と見かけのウグイの移動速度 u_r b) 流速 u とウグイの絶対速度 u_m

図-4 流速とウグイの速度の関係

($u_m = u + u_r$)(cm/s), である。

したがって, Run 2 は遊泳可能領域全体が 20(cm/s)以下(図-4)で遊泳に適した流速であるため, ウグイの行動特性である側壁選好性を示し, 遊泳可能領域内で一番多くウグイは側壁部に存在した. Run 6 では, 円柱群内のみ流速が 20(cm/s)以内であるため遊泳に適しており多くのウグイが円柱群を選好した.

遊泳可能領域全体の流速が 20(cm/s)以上であれば, 円柱群内を設置することにより 20(cm/s)以下の流速になり, ウグイの遊泳にとって最適な空間を提供することができる。

4. 水温の違いと魚の行動特性

魚類は, 水温が $11 \pm 1^\circ\text{C}$ 以下になると遊泳意欲が極端に低下する²⁾. 今回, 水温 16.2, 9.6($^\circ\text{C}$)で検討する(図-5).

すると, Run 3, 7(水温 9.6($^\circ\text{C}$))において, 約 60(%)以上の魚が円柱群内に存在した. また, Run 3(流量 $Q=12(\text{l/s})$)において遊泳可能領域全体が遊泳に適した流速 20(cm/s)以下(図-4)であるにも関わらず, Run 2, 6(水温 16.2($^\circ\text{C}$))に比べ約 3 倍以上円柱群内のウグイの存在割合が増加している. したがって, 遊泳可能領域内で流速の遅い円柱群を選好することから, 水温が低下すると遊泳意欲が低下したためと考えられる。

5. 体長の違いと魚の行動特性

体長の違いによる魚の遊泳能力の差異を検討するために, 平均体長 5.0, 8.0(cm)で実験を行った。

図-6 より, ウグイの存在割合は, Run 4 において, 主流部が Run 2 に比べ主流部の割合が増加し. Run 8 において, Run 6 と同様, ウグイの存在割合は円柱群内が高い。

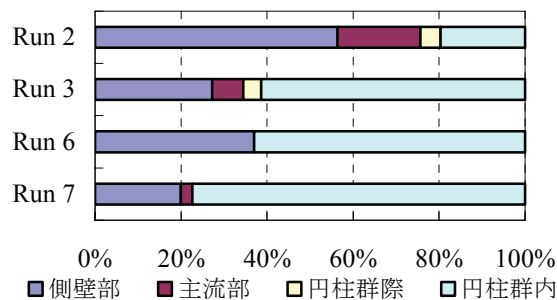
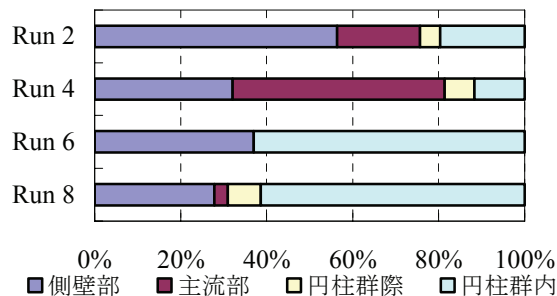
図-5 水温 16.2, 9.6($^\circ\text{C}$)のウグイの存在割合

図-6 体長 BL=5.0, 8.0(cm)のウグイの存在割合

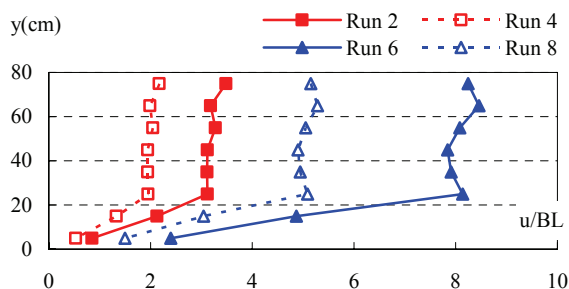


図-7 体長とその場の流速との関係

遊泳に適した流速は 20(cm/s)であり, 平均体長 $BL=5.0(\text{cm})$ の 4 倍の値を示す(図-4). 図-7 において, その場の流速がウグイの体長の何倍であるのか(u/BL)を x 軸に示し, ウグイの行動特性を評価する. u/BL が小さくなると, ウグイは遊泳意欲を発揮し, 遊泳可能領域全域にウグイは存在する. そして大きくなると遊泳意欲が低下し, 遊泳可能領域内の遅い箇所を選好する。

6. まとめ

(1) 魚は, どの流速に対しても 20(cm/s)以下の速度で遊泳するため, 流速 20(cm/s)の箇所を選好する. (2) 水温 $11 \pm 1^\circ\text{C}$ 以下であれば, 遊泳意欲が低下する. (3) 体長の大小に関わらず, 遊泳可能領域内の流速と体長の比が高くなると流速が遅い箇所を選好する. (4) 円柱群を設置することにより, ウグイにとって遊泳に適した空間を提供することができる。

参考文献

1) 高水, 栗原: 杭水制内外の流れと魚の挙動, 水工学論文集, 第 51 巻, pp.1273-1278, 2007, 2) 鈴木興道: 魚道の設計に資する淡水魚類の耐久遊泳速度, 土木学会論文集, No.622/VII-11, pp.107-115, 1999