

静水環境下における河床材料に対するウグイの選好性

東洋大学理工学部 正会員 ○新田 将之
元東洋大学理工学部 非会員 阿部 憲
元東洋大学理工学部 非会員 金子 昌平
東洋大学理工学部 正会員 青木 宗之

1. はじめに

河川環境を定量的に把握するための評価手法の1つにPHABSIM¹⁾がある。PHABSIMは、ある河川の対象区間を小区画（セル）に分割し、それぞれの小区間にて収集した、水深、流速、河床材料などの変数ごとに魚の選好曲線を作成し、魚類の生息場を評価する手法である。既往研究では、この選好曲線を作成する際、河床材料を考慮せずに流速や水深に着目したもの³⁾が多く、さらに河床材料を用いた選好曲線には河床材料の粒径が示されていない²⁾等の課題がある。

魚類の生息場をより適切に評価するには、これまで検討されてこなかった河床材料に着目し、魚類が選好する河床材料の粒径を明らかにする必要がある。

本研究では、静水環境および流水環境にて実魚を用いた実験を行った。本報ではウグイの基本的な性質を明らかにするため、静水環境に着目し、ウグイの河床材料に対する選好性を検討した結果を報告する。

2. 実験概要

図1に、静水環境の観察対象エリア概略図を示す。観察対象エリアを4つ（A、B、C、D）に等分し、それぞれのエリアに河床材料を敷き詰めた。河床材料には、滑面（平板）、粗砂（代表粒径 $d_{60}=1.5(\text{mm})$ ）、中礫（代表粒径 $d_{60}=7(\text{mm})$ ）、粗礫（代表粒径 $d_{60}=23(\text{mm})$ ）を用いた。表1に静水環境の実験ケースを示す。また、本研究では魚の平面的な動きをみるため、水深は魚が最低限遊泳できる $5(\text{cm})$ に設定した。実魚には、体長 $7.4\sim10.4(\text{cm})$ （平均体長 $\overline{BL}=8.0(\text{cm})$ ）のウグイを用いた。実験方法は、観察対象エリアの中心に直径 $26.5(\text{cm})$ の円形ネットを設置し、3尾のウグイを放流して、 $300(\text{s})$ 間水温に馴れさせた。その後、ネットを外し上方からビデオカメラでウグイの遊泳行動を $300(\text{s})$ 間撮影した。これを各ケース10回行った。実験水温は $19.0\sim20.7(^{\circ}\text{C})$ 、照度は $420(\text{lx})$ 程度であった。

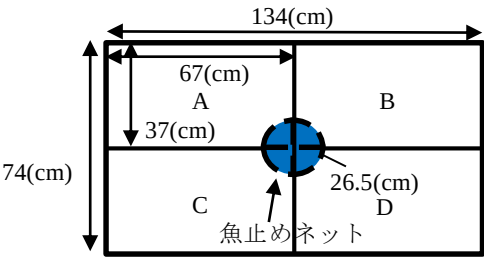


図1 観察対象エリア概略図

表1 静水環境の実験ケース

実験ケース	エリア			
	A	B	C	D
Case1-1	滑面	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$
Case1-2	滑面	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$
Case1-3	滑面	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$
Case1-4	滑面	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$
Case1-5	滑面	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$
Case1-6	滑面	粗礫 $d_{60}=23\text{mm}$	中礫 $d_{60}=7\text{mm}$	粗砂 $d_{60}=1.5\text{mm}$

表2 Friedman 検定による統計解析結果

	Casa1-1	Casa1-2	Casa1-3	Casa1-4	Casa1-5	Casa1-6
滑面-粗砂	$p\geq0.05$	$p<0.05$	$p\geq0.05$	$p\geq0.05$	$p\geq0.05$	$p\geq0.05$
滑面-中礫	$p<0.05$	$p\geq0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$
滑面-粗礫	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$
粗砂-中礫	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$
粗砂-粗礫	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$	$p<0.05$
中礫-粗礫	$p\geq0.05$	$p<0.05$	$p\geq0.05$	$p<0.05$	$p\geq0.05$	$p\geq0.05$

□：有意差なし ■：有意差あり

3. 実験結果

各ケースにおいて、観察対象エリア内のウグイの存在位置を $0.1(\text{s})$ ごとに解析した。次に、各ケースでウグイの存在時間を河床材料ごとに算出した。なお、各ケースの河床材料間におけるウグイの存在時間に有意な差があるかFriedman 検定を用いて確認した（表2）。各ケースにおいて、有意差が生じている河床材料の組み合わせは全ケースで概ね同じ傾向を示した。また、各ケースの存在時間に着目すると、どのケースも滑面・

粗砂に比べ中礫・粗礫の存在時間が多く示されたため、ケース間に有意な差がないと考えケース全体の結果で考えた。図2に、ウグイの河床材料ごとののべ存在時間を示す。ウグイは滑面・粗砂に比べ中礫・粗礫に多く存在しており、滑面・粗砂と中礫・粗礫はそれぞれ同程度存在していたことが分かった。次に、ウグイの遊泳特性をみるために、加速度(α)に着目し、ウグイの加速度の頻度割合を算出した(図3)。ウグイの加速度の値が中心に近づくほどウグイがその場に留る、または等速直線運動で遊泳することを表しており、滑面・粗砂と比べ中礫・粗礫では全体の約35%の頻度で留まるか等速直線運動で遊泳していたことが分かった。さらに、ウグイの遊泳行動を判別するため、ウグイの速度 u_f を用いたウグイの速さの頻度割合を算出した(図4)。速度 u_f が0に近づくほど、遊泳速度が遅いことを表しており、中礫・粗礫の多くのウグイは0~2(cm/s)の速さで遊泳していた。これは、ウグイがその場に留まることが示唆された。また、ウグイの河床材料に対する選好性を定量的に表現するために Jacobs の選好度指数⁴⁾を用いた。以下に計算式を示す。

$$D = \frac{r - p}{r + p - 2rp} \quad (1)$$

(1)式において、 D ：ウグイの河床材料に対する選好度、 r ：ウグイの総存在時間に対する、対象となる河床材料の存在時間の割合、 p ：観察対象エリアに対する、対象となる河床材料が占める割合である。選好度指数 D はそれぞれの河床材料に対する選好度の高さを相対的に表す指数であり、値は-1から+1で算出される。数値が大きいほど選好度が高いことを意味している。図5がその結果である。滑面・粗砂では負の値、中礫・粗礫では正の値が算出され、粗砂と中礫の間で選好性が変化していることが示唆された。

4. まとめ

ウグイは、中礫・粗礫の選好度が高く、その場で留まって遊泳している傾向があった。また、その選好度は中礫と粗礫で同程度であった。従って、ウグイは、滑面・粗砂に比べて中礫・粗礫を好んで遊泳することが示唆され、その選好度は粗砂と中礫の間で変化することが推測された。今後は、中礫と粗砂の間の粒径でより細かに実験するとともに、流水環境における実験結果と比較・分析することで、流速を考慮したうえで河床材料に対する選好性を把握していく必要がある。

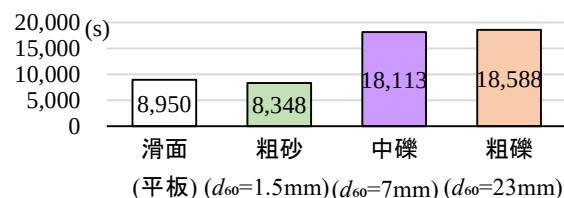


図2 ウグイののべ存在時間

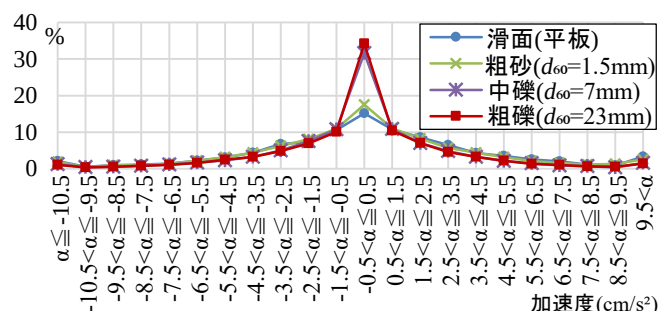


図3 ウグイの加速度の頻度割合

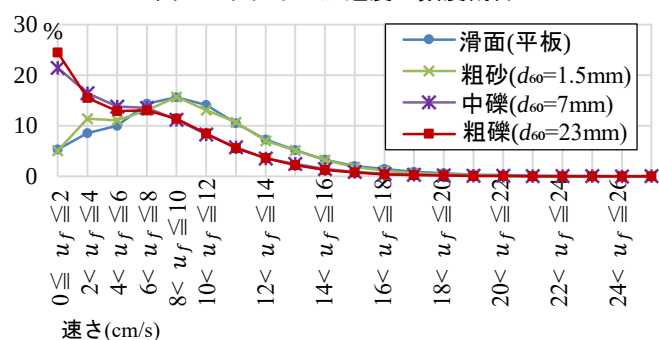


図4 ウグイの速さの頻度割合

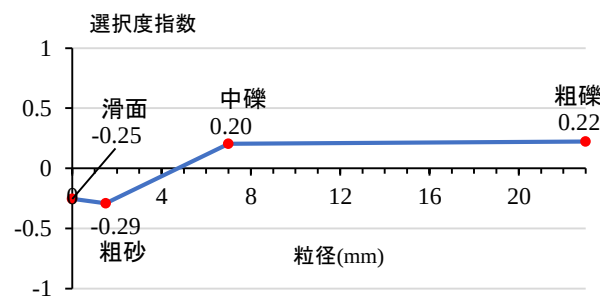


図5 選好度指数と粒径の関係図

参考文献

- 1) アメリカ合衆国内務省 国立生物研究所 原著者・発行 中村 俊六, テリーワドゥル 訳: IFIM 入門, 財団法人リバーフロント整備センター, 1999
- 2) 川本泰生ら: IFIM における魚の選好曲線の河川間の互換性に関する検討, 環境工学研究論文集, 36, 271-276, 1999
- 3) 鬼束幸樹ら: ウグイ, オイカワおよびカワムツの流速に関する選好曲線の提案, 環境システム研究論文, 38, 53-61, 2010.
- 4) 角道弘文ら: 河川での子供の親水活動における流れ場の選好性分析, 農業農村工学会論文集, 77 巻, No.259, pp.1~6, 2009.