

千鳥状に配置した遮蔽物がカワムツの遊泳特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生員 ○福田拓也 白岡敏
白杵幸平 三原和也
九州工業大学大学院 正会員 鬼束幸樹
九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎

1. はじめに

河川には様々な魚類が生息している．阿蘇ら¹⁾は、水制を設置した水路において金魚を用いた実験を行い、洪水時に金魚は流速が遅い水制の前後に退避するという結果を得た．高水ら²⁾は、実河川および実験水路において、間伐材を用いた杭水制内が魚の生息場に適していること、杭水制が流速を低減させる効果を持つという結果を得た．本研究では、開水路に遮蔽物を設置し、遮蔽物間距離を遮蔽物幅で除したアスペクト比を2倍、3倍、5倍、7倍、10倍と変化させたとき、カワムツ(*Nipponocypris temminckii*)の遊泳特性に与える影響を求めた．

2. 実験条件

図-1に示す長さ4.0m、幅0.8m、高さ0.25mの水路を実験に用いた．水路の両岸に、横断方向幅0.15m、厚さ0.015m、高さ0.15mの遮蔽物を交互に設置した．一例としてアスペクト比が5倍(C5)の場合を図に示す．流下方向に x 軸、 x 軸に直角上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとる．平均体長 $\overline{B_L}=60\text{mm}$ のカワムツを実験に用いた．実験条件は表-1に示すように、遮蔽物幅と遮蔽物間距離のアスペクト比が2, 3, 5, 7, 10倍の5ケース、体長倍流速を2, 4, 8倍の3ケースに設定し、合計15ケースとした．各ケースで水路の下流端から0.25mの位置に直径0.25mの円形金網を設置し、1尾のカワムツを挿入する．挿入後5～10秒間馴致した後に金網を取り上げ、水路上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度30Hzのビデオカメラで撮影を開始する．撮影は1分間行い、上記の実験を各ケースで50回、合計750回行った．

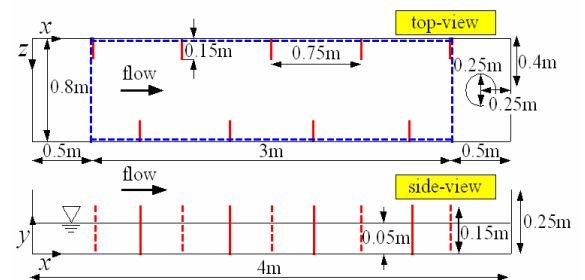


図-1 実験水路の模式図

表-1 実験条件

case name	Aspect Ratio	$U_m / \overline{B_L}$
C2-2	2	2
C2-4		4
C2-8		8
C3-2	3	2
C3-4		4
C3-8		8
C5-2	5	2
C5-4		4
C5-8		8
C7-2	7	2
C7-4		4
C7-8		8
C10-2	10	2
C10-4		4
C10-8		8

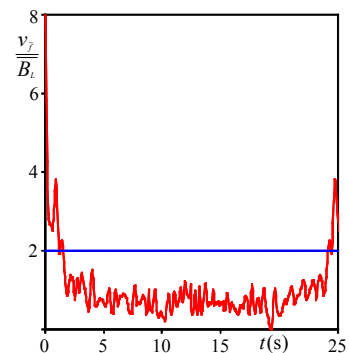


図-2 対地速度の時間変化

3. 解析結果および考察

(1) 休憩の定義

本実験よりカワムツが主流から遮蔽物背後に退避し、再び主流に戻って遊泳する行為を繰り返す傾向が確認できた．そこで、遮蔽物背後におけるカワムツの挙動を調査した．図-2にカワムツが遮蔽物背後に進入してから遮蔽物背後を離脱するまでの体長倍遊泳速度 $v_f / \overline{B_L}$ の時系列の一例を示す．図より、カワムツの対地速度は遮蔽物背後に侵入後、著しく低下していることがわかる．一般に、魚の巡航速度は体長の約2倍以上³⁾と言われており、遮蔽物背後でのカワムツの対地速度はおおよそ巡航速度以下であることがわかる．したがって、本実験ではカワムツの対地速度が体長の2倍以下の場合を休憩と定義した．

(2) カワムツの休憩中の特性

カワムツは主流から時折遮蔽物背後に進入して休憩し、再び主流に戻って遊泳する行為を繰り返す．そこで、図-3(a)にアスペクト比と総休憩時間 t_r を実験時間 T で除した値との関係を示す．アスペクト比が2および3の場合に例外があるものの、流速の増加に伴い総休憩時間が増加する傾向にある．一方、アスペクト比が増加すると、全ての流速において総休憩時間が長くなる．

図-3(b)にアスペクト比と遮蔽物背後に侵入した回数の平均値 $\overline{n_a}$ を実験時間 T で除した値との関係を示す。単位時間当たりの遮蔽物背後へ進入した回数はアスペクト比には大きな影響を受けず、流速の増加に伴い増加する。これは、流速が増加すると遊泳中に疲労が蓄積されるため、低流速域である遮蔽物背後に進入して休憩していることを意味する。

カワムツは遮蔽物背後に進入しても、高速で遊泳する場合は休憩しているとはいえない。そのため、遮蔽物背後に進入した後に複数回休憩する場合がある。図-3(c)にアスペクト比と平均総休憩回数の平均値 $\overline{n_b}$ を実験時間 T で除した値との関係を示す。アスペクト比の増加に伴い休憩回数が増加している。これはアスペクト比が増加すると、遮蔽物背後に進入した後に複数回の遊泳と休憩を繰り返していることを表す。また、流速の増加に伴い休憩回数が増加する。これは、流速が増加すると疲労が蓄積されるために休憩が必要になるためである。

(3) カワムツの主流遊泳時の特性

カワムツは主流での遊泳と遮蔽物背後での休憩を繰り返しながら遡上する。そこで、遊泳開始地点と遊泳終了となる水路始端との間の距離を総遊泳時間で除した平均遡上速度の平均値 $\overline{V_{fu}}$ を算出し、流速との関係を図-4(a)に示した。全てのアスペクト比において平均遡上速度が流速の増加と共に低下している。また、アスペクト比の増加に伴い平均遡上速度が低下している。これらは図-3(c)に示されたように、アスペクト比の増加に伴い遮蔽物背後で複数回の休憩と遊泳を繰り返しているため、平均遡上速度が低下したものと考えられる。カワムツは遮蔽物背後で休憩した後に主流を遊泳し、再び別の遮蔽物背後に進入して休憩をする。そこで、休憩間の遊泳距離の平均値 $\overline{L_{fr}}$ を算出し、図-4(b)に流速との関係を示した。アスペクト比の増加に伴い休憩間遊泳距離は増加する。これは、図-3(a)に示されたように、アスペクト比の増加に伴い総休憩時間が増加するので、休憩中に十分に疲労が回復するため、休憩後の遊泳距離が増加したものと考えられる。

4. おわりに

本研究は、遮蔽物間距離と流速を系統的に変化させてカワムツの遊泳特性に与える影響を求めたものである。得られた知見は以下の通りである。

- (1) カワムツは遮蔽物間距離の増加に伴い、遮蔽物背後の休憩場所において休憩回数が増加する。これは、遮蔽物間距離が増加すると、次の休憩場所までの遊泳距離が増加するため、複数回休憩することが原因と考えられる。
- (2) カワムツは体長倍流速の増加に伴い、遮蔽物背後へ進入する回数が増加し、遡上速度は低下する。これは、流速が増加すると疲労が蓄積され、その後カワムツが遮蔽物背後に侵入して休憩することが原因と考えられる。

参考文献

- 1) 阿蘇修一ら：中小河川における洪水時の魚類の退避場所に関する研究，福岡大学工学部卒業論文，2004。
- 2) 高水克哉ら：杭水制内外の流れと魚の挙動，土木学会水工学論文集，第51巻，pp.1273-1278，2007。
- 3) 中村俊六：魚道のはなし，山海堂，1995。

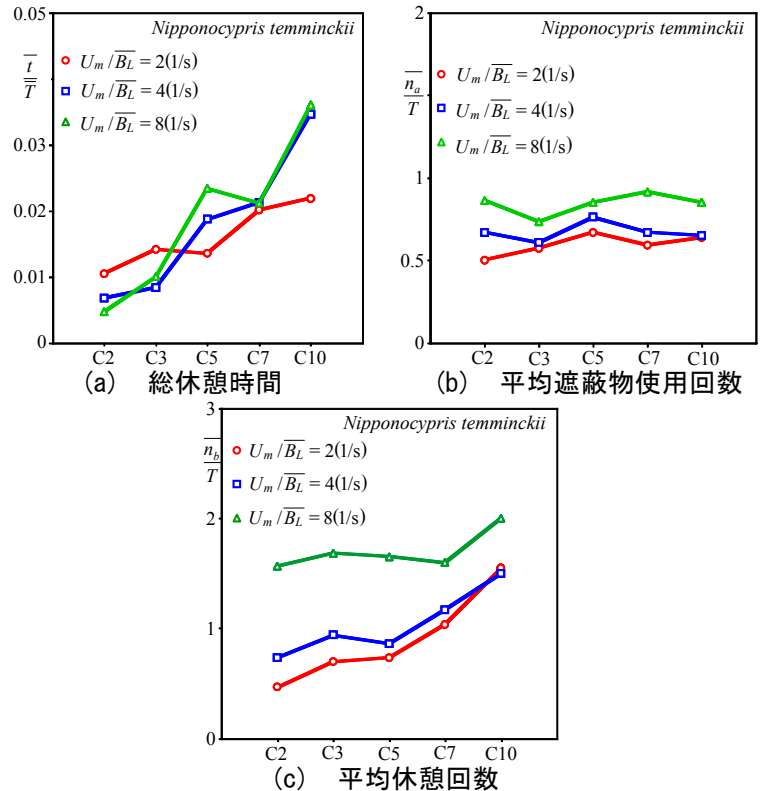


図-3 カワムツの休憩特性の変化

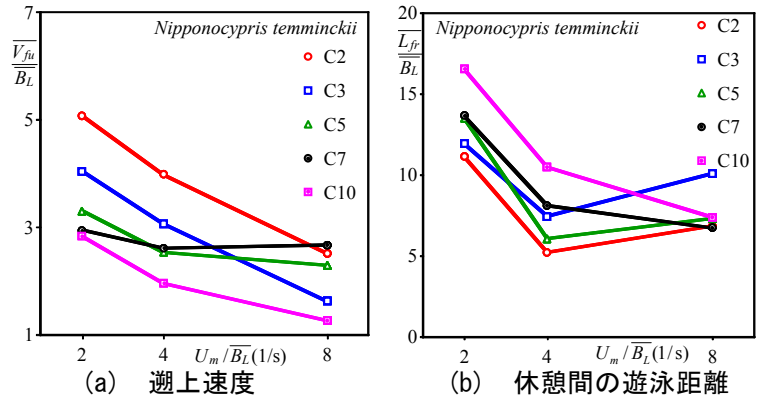


図-4 カワムツの遊泳特性の変化