

開水路に設置した遮蔽板および尾数変化がカワムツの休憩特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○白岡敏
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 学生会員 平野陽一
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

現在、河川には様々な魚類が生息している。石川¹⁾は水路片側に2つの水制を設置してウグイを10尾放流し、静水状態では水制間に滞在しないが流水状態では頻繁に滞在することを示した。福井ら²⁾はヘチマロンを水路両壁に交互配置して稚アユを放流し、ヘチマロン下流側に発生する低速域で休憩することを示した。しかし、尾数を変化させ、魚の休憩特性の変化の詳細を解析した研究は少ない。本研究は、開水路に4枚の遮蔽板を設置し、尾数と流速を系統的に変化させてカワムツ(*Nipponocypris temminckii*)の遊泳特性の変化を検討したものである。

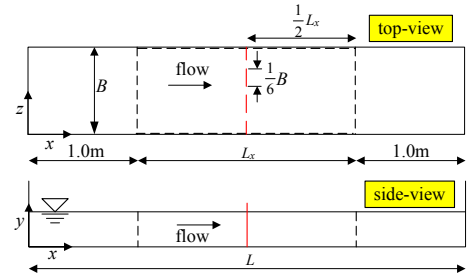


図-1 実験装置

表-1 実験条件

Number of fish	$U_m / B_L (1/s)$			
	2	4	7	10
1	C1-02	C1-04	C1-07	C1-10
3	C3-02	C3-04	C3-07	C3-10
5	C5-02	C5-04	C5-07	C5-10

2. 実験条件

図-1 に示す開水路を実験に用いた。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。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、カワムツを挿入する。挿入後 $5 \sim 10$ 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 30fps 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30回、合計360回行った。流速測定は 80×15 点の格子で構成される計1200点において、3次元電磁流速計を用い、 0.05s 間隔で 25.6s 行った。

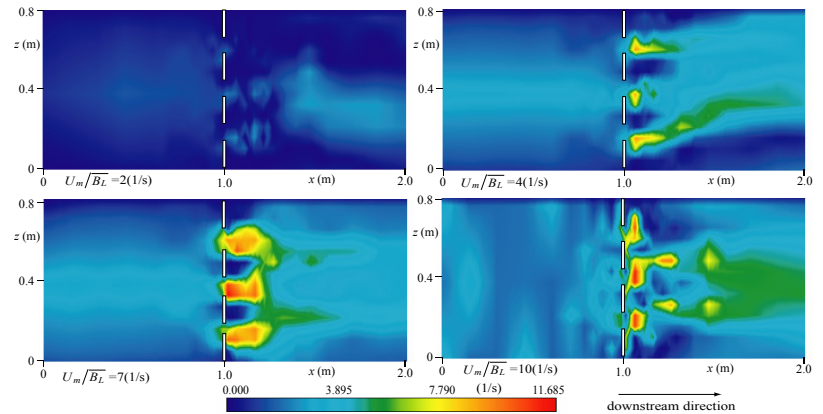


図-2 各ケースにおける流速コンター

3. 解析結果および考察

(1) 休憩可能エリアと休憩の定義

図-2 に各ケースに流速コンターを示す。いずれの流速においても遮蔽板間の狭窄部から下流側に高速域が、遮蔽板下流側に低速域が発生していることが理解される。魚は血合筋のみを使用して、疲労の蓄積のない維持速度 V_{fc} 以下の状態で休憩すると考えられる。一般に維持速度 V_{fc} は次式で与えられる³⁾。

$$\frac{V_{fc}}{\overline{B_L}} = 2 \sim 4 \quad (1)$$

そこで、流速が体長倍流速で2以下の領域を「休憩可能エリア」と定義し、図-3 に各ケースにおける休憩可能エリアを示す。全てのケースにおいて遮蔽板下流側と上流側が休憩可能エリアとなっている。また、流速の増加に伴い休憩可能エリアが減少し、高速域が増加することも理解される。ここで、魚が休憩可能エリア内を遊泳していても、高速で遊泳している場合は休憩しているとは認定できない。そのため、カワムツが休憩可能エリアに進入し、かつ、遊泳速度が体長倍流速で2以下の状態を本研究では「休憩」と定義する。

(2) 休憩可能エリアの利用特性

図-4 に各ケースにおける実験時間 T に対する平均休憩可能エリア滞在時間 $\overline{t_{ra}}$ の割合と体長倍流速 $U_m / \overline{B_L}$ との関係を示す。流速の増加に伴い滞在時間は増加する。これは流速の増加により、流されないよう休憩可能エリアに退避することが原因である。また、C1 が C3、C5 のケースと比べて高い値をとる傾向がある。これは休憩

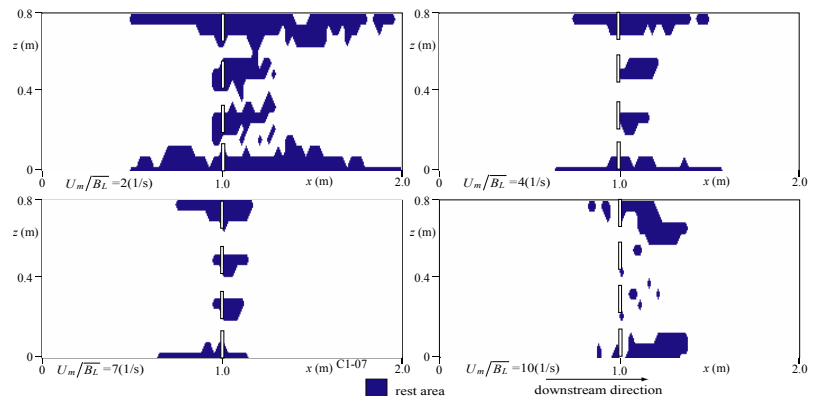


図-3 各ケースにおける休憩可能エリア

可能エリアに退避することより魚群形成維持を優先していることを示している。

図-5 に各ケースにおける 1 ケースあたりの平均休憩可能エリア進入回数 $\overline{N_{ra}}$ と体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ との関係を示す。流速が 4 倍の場合、狭窄部下流側での流速は 6~7 倍となり、魚の維持速度を超える。このため、魚が休憩可能エリアを利用し、高速域を部分的に避けて遡上を行った。下流側に流されることなく遡上に成功するケースが多いため、休憩可能エリアの利用回数が約 1 回となる。また、体長倍流速 7, 10 の場合においても魚は同様の行動をとるが休憩可能エリア進入回数は増加傾向にある。これは、狭窄部下流側での流速が 10 倍を超え、遡上に失敗し下流側に流され、再び遡上を行うケースが増加したためである。また、流速が 2 倍の場合、魚は上記のような行動を行わず狭窄部付近を横断しながら遊泳するため、高値となった。

図-6 (a), (b), (c) に各ケースにおける平均休憩可能エリア滞在時間 $\overline{t_{ra}}$ に対する平均休憩時間 $\overline{t_r}$ の割合と体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ との関係を示す。全てのケースにおいて休憩可能エリアに滞在した場合 5 割以上の割合で休憩していることが理解される。また、流速の増加に伴い、休憩時間は増加する。これは、流速の増加に伴い疲労が蓄積するためである。また、尾数による顕著な変化はみられなかった。

(3) 休憩可能エリアの分類と利用比較

本研究では側壁に接している遮蔽板により発生した休憩可能エリアを Outside Rest Area (以下 OR Area), 中央部分に存在するものを Inside Rest Area (以下 IR Area) と定義する。図-7 (a), (b), (c) に休憩可能エリアへの総進入回数に対する OR Area および IR Area への進入回数の割合と体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ との関係を示す。体長倍流速 2 において例外があるものの全てのケースにおいて OR Area への進入回数の割合が大きい。これは壁面遊泳を行ったカワムツが OR Area を利用し、IR Area を利用しないためである。

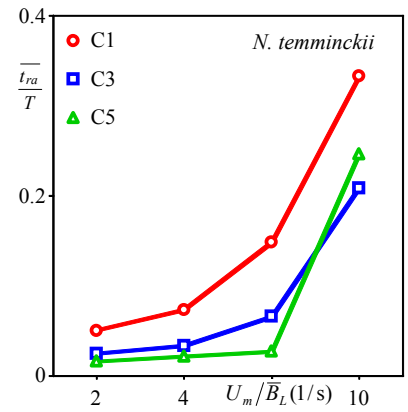


図-4 休憩可能エリアの平均滞在時間の割合と流速との関係

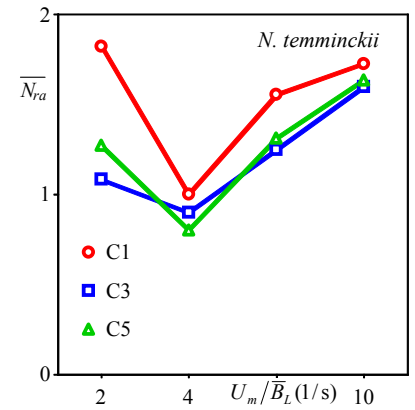


図-5 1 ケースあたりの平均休憩可能エリア進入回数と流速との関係

4. おわりに

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- (1) カワムツは遮蔽物裏に発生した低速域を利用する。
- (2) カワムツは流速の増加に伴い、休憩時間が増加する。これは疲労が蓄積することが原因である。

- (3) カワムツは水路中央に発生した低速域より壁面に接した低速域を利用する傾向がある。

参考文献

- 1) 石川雅昭: ウグイの魚群行動特性に関する実験的研究, 河川技術に関する論文集, 第6巻, pp.101-106, 2000.
- 2) 福井吉孝, 関谷明, 下村充, 田剛: アユの迷入防止装置の計画・設計について, 河川技術論文集, 第9巻, pp.439-444, 2003.
- 3) 中村俊六: 魚道のはなし, 山海堂, 1995.

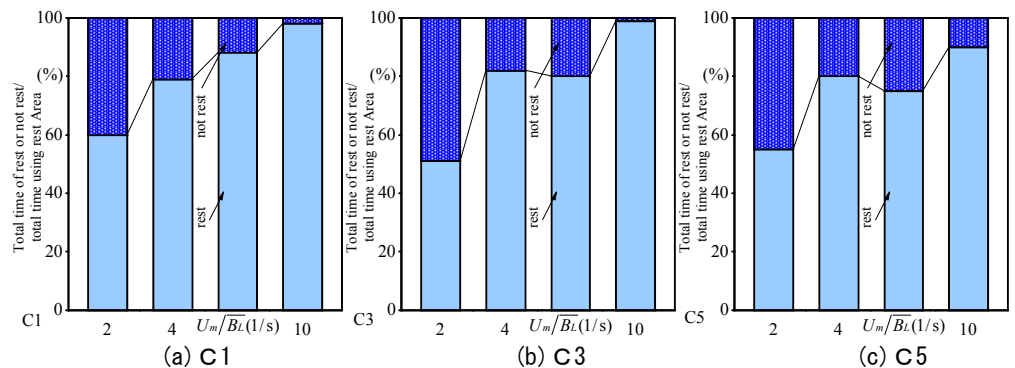


図-6 各ケースにおける総休憩可能エリア滞在時間に対する休憩・非休憩時間の割合

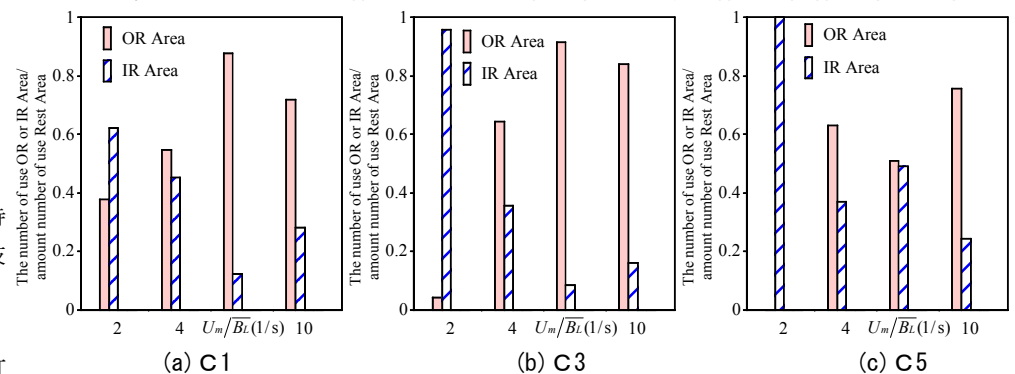


図-7 各ケースにおける OR Area と IR Area の進入回数割合