

わんど開口部の向きがカワムツの避難行動に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員
九州工業大学大学院 フェロー会員

○武田知秀
秋山壽一郎

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

洪水が発生しても魚が流下しないように避難場所を確保することが望ましい。近年では、魚の避難場所にもなっているわんどを人工的に造成、維持・管理する取り組みが行われつつある¹⁾。しかし、わんど開口部の向きが変化した場合の避難行動については検討されていない。

本研究は開水路内に設置したわんどの開口部の向きおよび流速を変化させ、カワムツ(*Candidia temminckii*)の避難行動に及ぼす影響を解明した。

2. 実験装置および実験条件

図-1 に本実験で用いた開口部の向きが横断(Crosswise)および流下(Downstream)方向のわんどを有する開水路の概要を示す。横断方向長さ $B=0.8\text{m}$ の開水路において流れが一樣となっている上流端から流下方向長さ $L=2\text{m}$ の領域に、開口部の上流端位置が一致するように横断方向長さ $B_w=0.4\text{m}$ 、流下方向長さ $L_w=0.4\text{m}$ のわんどを設置した。流下方向に x 軸、開水路底面から鉛直上向きに y 軸、左岸から右岸への横断方向に z 軸をとる。表-1 に実験条件を示す。わんど開口部の向きを 2 通り、開水路内での最大流速を体長倍流速 $U_m/B_L=6, 8$ および $10(1/s)$ の 3 通りに変化させた合計 6 ケースの実験を行った。ケース名はわんど開口部の向き(Cr, Do)と体長倍流速 $U_m/B_L(6, 8, 10)$ との関係によって命名した。

各ケースにおける水深 $h \approx 0.07\text{m}$ で一定とし、所定の流速で通水する。中心位置 $(x, z)=(0.5\text{m}, 0.2\text{m})$ に設置された高さ 0.2m 、直径 0.2m の円形金網に、平均体長 $\bar{L}=60\text{mm}$ のカワムツ ($N=10$) 尾を挿入する。カワムツが馴致したのを確認した後、円形金網を静かに取り上げ 20 分間遊泳させた。開水路内 ($0\text{m} < x < 2\text{m}$ かつ $0\text{m} < z < 0.8\text{m}$) の様子を水路上部に設置した画素数 1440×1080 、撮影速度 30fps のビデオカメラを用いて撮影した。撮影後、 10s ごとにキャプチャリングした画像を基にカワムツの遊泳位置および魚向 θ を算出した。魚向 θ は x 軸の負の方向を $\theta=0^\circ$ とし、 z 軸の正および負の方向にそれぞれ $0 \sim 180^\circ$ および $0 \sim 180^\circ$ とした。

開水路内の $y/h=0.4$ における流速 3 成分を 3 次元電磁流速計を用いて 0.05s 間隔で 25.6s 計測した。流速測定点はわんど外においては x 軸方向に 0.2m 、 z 軸方向に 0.1m ごと、わんど内においては x 軸方向に 0.1m 、 z 軸方向に 0.1m ごととした。計測後 x, y, z 軸方向の時間平均流速 U, V, W および合成流速 $V_r = \sqrt{U^2 + V^2 + W^2}$ を算出した。

3. 実験結果および考察

(1) 開水路内における流況の比較

図-2 (a), (b) にわんど開口部の向きが異なり、体長倍流速が同一な Cr-8, Do-8 における開水路内の流速ベクトルを示す。図-2 (a) に着目すると、わんど外では $V_r/B_L=8(1/s)$ 程度の流速を示し、わんど内では流速が減少していることがわかる。図-2 (b) に着目すると、 $0 < z/B < 0.5$ の領域では $V_r/B_L=8(1/s)$ 程度の流速を示している。また、わんど内およびわんど開口部より下流側の $0.5 < z/B < 1$ の領域で流速が減少していることがわかる。

以上より、 $0 < z/B < 0.5$ の領域では高速流域、 $0.5 < z/B < 1$ の領域では低速流域となっている。この流況はわんど開口部の向き(Cr, Do)が同一であれば、体長倍流速 U_m/B_L の異なるケースにおいても同様であった。わんど開口部の向きが流下方向であれば、わんど外にも低速流域が発生し、高速流からの避難場所となりう

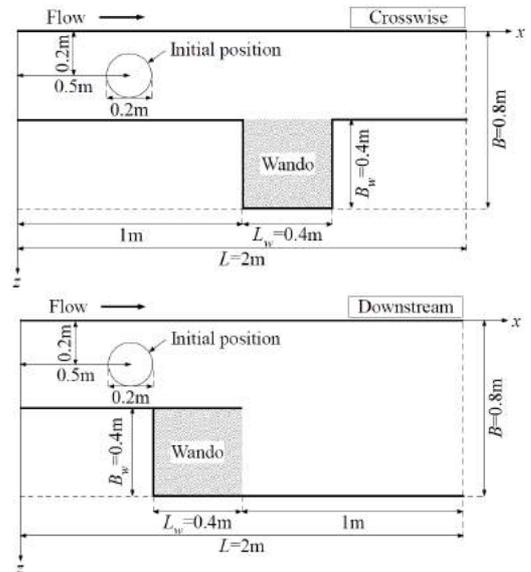


図-1 実験に用いた開水路の概要

表-1 実験条件

Flow velocity $U_m/B_L(1/s)$	Direction of wando opening	
	Crosswise	Downstream
6	Cr-6	Do-6
8	Cr-8	Do-8
10	Cr-10	Do-10

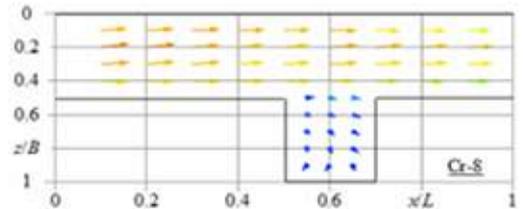


図-2(a) Cr-8

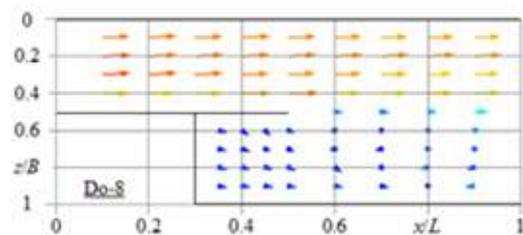


図-2(b) Do-8

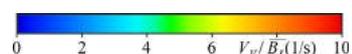


図-2 開水路内の流況

る空間が増加している。したがって、 $0 < z/B < 0.5$ の領域を高速流域、 $0.5 < z/B < 1$ の領域を低速流域と定義する。

(2) カワムツの遊泳位置の比較

図-3(a), (b)にわんど開口部の向きが異なり、体長倍流速が同一な Cr-8, Do-8 における 10s ごとのカワムツの遊泳位置を示す。図-3(a)に着目すると、高速流域の壁面付近および低速流域で遊泳していることがわかる。図-3(b)に着目すると、高速流域では壁面付近でも遊泳しているが、低速流域での遊泳が顕著であることがわかる。

z 軸方向に 0.08m 間隔で区切り、各区間内を遊泳するカワムツの 10s ごとの時間平均尾数 \bar{n}_z を、実験で使用した尾数 N で除した値 \bar{n}_z/N を z 軸方向における遊泳位置の頻度とする。図-4(a), (b)に z 軸方向における遊泳位置の頻度 \bar{n}_z/N をわんど開口部の向き別に示す。図-4(a)に着目すると、ケース間において明瞭な傾向は観察されない。図-4(b)に着目すると、いずれのケースにおいても $0.5 < z/B < 1$ での頻度が大きいことがわかる。したがって、わんど開口部の向きが横断方向であるよりも流下方向である方がカワムツは低速流域を遊泳すると考えられる。

(3) カワムツの低速流域の遊泳率

低速流域を遊泳するカワムツの尾数 n を実験で使用した尾数 N で除した値 n/N を低速流域の遊泳率とする。図-5(a), (b)に 10s ごとの低速流域の遊泳率 n/N をわんど開口部の向き別に示す。図-5(a)に着目すると、経過時間とともに n/N は大きく変動している。これはカワムツが低速流域への出入を繰り返していることを意味している。図-5(b)に着目すると、いずれのケースにおいても経過時間とともに n/N は増加傾向にあり、値の変動が小さい。したがって、カワムツは高速流域から低速流域に移動し、低速流域を遊泳するようになると考えられる。

(4) カワムツの魚向の変化

魚向を 20° ごとに区切り、低速流域を遊泳するカワムツのうち各範囲内の魚向を示す個体の 10s ごとの時間平均尾数 \bar{n}_θ を、低速流域を遊泳するカワムツの 10s ごとの時間平均尾数 \bar{n}_l で除した値を低速流域における魚向頻度 \bar{n}_θ/\bar{n}_l とする。図-6(a), (b)に低速流域における魚向頻度 \bar{n}_θ/\bar{n}_l をわんど開口部の向き別に示す。図-6(a)に着目すると、 $-90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ で頻度が高くなっており、カワムツは上流方向を向いて遊泳していると考えられる。図-6(b)に着目すると、一定方向に魚向が集中していない。したがって、低速流域においてカワムツは魚向を変化させ自由に遊泳していることが示唆される。

4. おわりに

本研究は開水路内に設置したわんどの開口部の向きおよび流速を変化させ、カワムツの避難行動に及ぼす影響を解明し、以下の知見を得た。

わんど開口部を流下方向にすることでわんど外にも低速流域が発生し、高速流からの避難場所となりうる空間が増加する。その結果、わんど開口部の向きが横断方向の場合と比較して、低速流域を遊泳する割合が高くなり、カワムツは魚向を変化させ自由に遊泳することが示唆された。わんど開口部が流下方向である場合の低速流域をより安全な避難場所として利用していると考えられる。

参考文献

1) 松崎浩憲, 玉井信行, 河原能久, 牧野一正, 佐藤康晴, 清川仁: 多摩川人工わんどの特性と維持管理への提言, 河道の水理と河川環境シンポジウム論文集, Vol.1.3, pp.231-236, 1997.

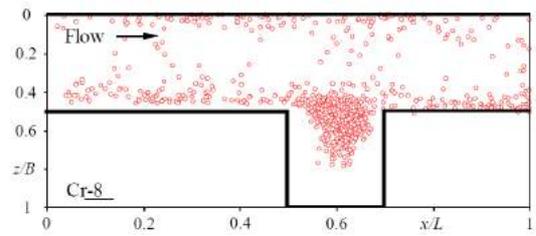


図-3(a) Cr-8

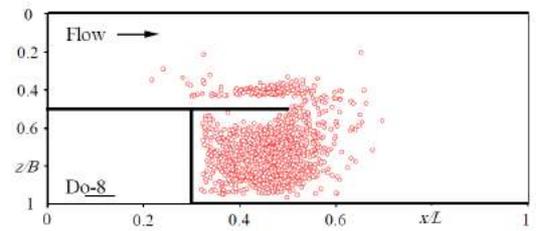


図-3(b) Do-8

図-3 カワムツの遊泳位置

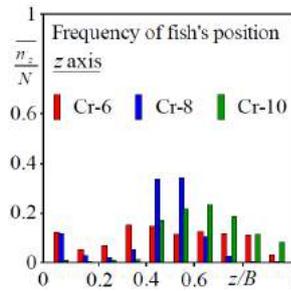


図-4(a) Crosswise

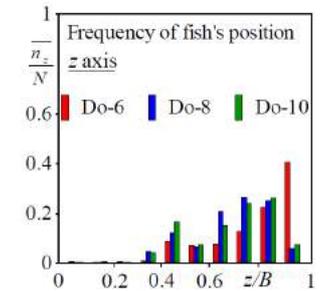


図-4(b) Downstream

図-4 z 軸方向における遊泳位置の頻度

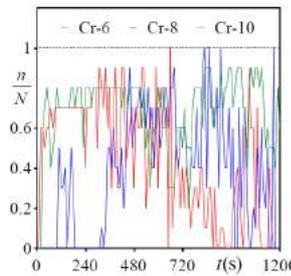


図-5(a) Crosswise

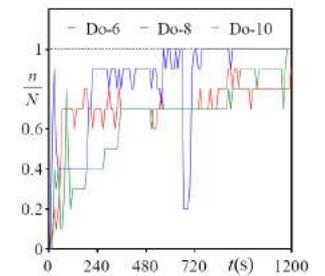


図-5(b) Downstream

図-5 低速流域の遊泳率の時間変化

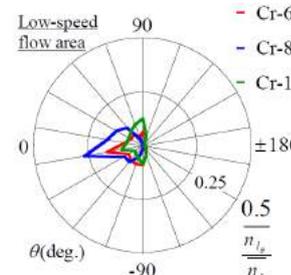


図-6(a) Crosswise

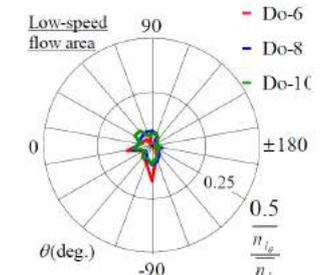


図-6(b) Downstream

図-6(a) 低速流域における魚向頻度