

台形断面水路の横断傾斜角がカワムツの遊泳特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員

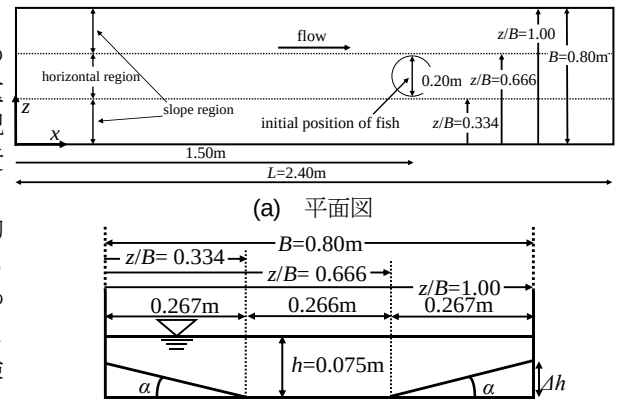
○下江 海斗

九州工業大学大学院 正会員

鬼束 幸樹

1. はじめに

魚類の遡上・降下を促進させるために河川に魚道が設置される。魚道を設置する上で、魚道内の流速、水深および勾配など魚道の諸条件が魚類の遊泳特性に及ぼす影響を把握することは極めて重要である。鬼束ら¹⁾は水路片側に設置した底面の横断方向の勾配および流速を変化させ、横断方向の勾配の増加に伴い最深部付近を遊泳するカワムツ(*Nipponocypris temminckii*)の尾数が増加することを示した。上記のように、水路片側に設置した横断方向の勾配が遊泳魚の遊泳特性に及ぼす影響については解明されつつあるが、台形断面水路の横断傾斜角が魚の遊泳特性に及ぼす影響について明らかではない。本研究では台形断面水路の横断傾斜角および体長倍流速を変化させ、カワムツの遊泳特性に及ぼす影響を検討した。



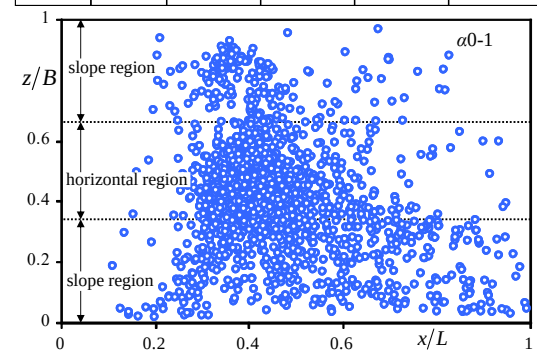
(a) 平面図
(b) 断面図
図-1 実験装置

2. 実験装置および実験条件

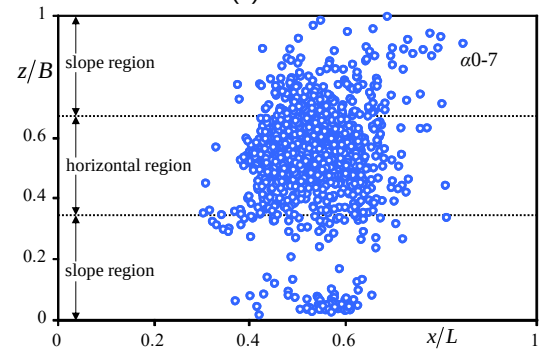
図-1(a), (b)に示す長さ $L=2.40\text{m}$ 、幅 $B=0.80\text{m}$ 、高さ $H=0.30\text{m}$ の水路の両岸に横断方向の斜面を設けた。水路の右岸上流側を原点とし、流下方向に x 軸、横断方向に z 軸をとる。ここに、 $0 \leq z/B \leq 0.334$ および $0.666 \leq z/B \leq 1.00$ の領域を slope region, $0.334 \leq z/B \leq 0.666$ の領域を horizontal region とした。表-1 に実験条件を示す。横断傾斜角を $\alpha=0, 1, 3, 4, 5$ および 7° に変化させ、体長倍流速 $U_m/\overline{B_L}$ を 1, 3, 5 および $7(1/s)$ に変化させた合計 24 ケースの実験を 3 回ずつ行った。 $x=1.5\text{m}$ の位置の水路中央に直径 0.20m の円形金網を設置し、1 ケースあたり平均体長 $\overline{B_L}=59\text{mm}$ のカワムツを 10 尾 $\times$ 3 回($n=30$)投入した。カワムツが馴致したのを確認した後に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 3 分間の撮影を行った。撮影後、3s ごとのカワムツの遊泳位置を解析し、3 回の実験結果の平均値を解析結果とした。

表-1 実験条件

$\alpha(^{\circ})$	$\Delta h(\text{m})$	$U_m/\overline{B_L}(1/s)$			
		1	3	5	7
0	0	$\alpha 0-1$	$\alpha 0-3$	$\alpha 0-5$	$\alpha 0-7$
1	0.005	$\alpha 1-1$	$\alpha 1-3$	$\alpha 1-5$	$\alpha 1-7$
3	0.014	$\alpha 3-1$	$\alpha 3-3$	$\alpha 3-5$	$\alpha 3-7$
4	0.019	$\alpha 4-1$	$\alpha 4-3$	$\alpha 4-5$	$\alpha 4-7$
5	0.023	$\alpha 5-1$	$\alpha 5-3$	$\alpha 5-5$	$\alpha 5-7$
7	0.033	$\alpha 7-1$	$\alpha 7-3$	$\alpha 7-5$	$\alpha 7-7$



(a) $\alpha 0-1$



(b) $\alpha 0-7$

3. 実験結果および考察

(1) カワムツの遊泳位置

図-2(a)~(d)に横断傾斜角 α の最大値および最小値、流速 $U_m/\overline{B_L}$ の最大値および最小値のケースである $\alpha 0-1$, $\alpha 0-7$, $\alpha 7-1$ および $\alpha 7-7$ におけるカワムツの遊泳位置を示す。同一の流速 $U_m/\overline{B_L}$ の $\alpha 0-1$ と $\alpha 7-1$, $\alpha 0-7$ と $\alpha 7-7$ と比較すると、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツは horizontal region を遊泳する傾向があることが分かる。また横断傾斜角 α が最大の $\alpha 7-1$ と $\alpha 7-7$ を比較すると、流速 $U_m/\overline{B_L}$ の増加に伴いカワムツが horizontal region を遊泳する傾向が顕著になることが判明した。

(2) カワムツの slope region 利用率

カワムツの重心の座標が slope region 内にあるデータの数 N_s とし、全データ数 N_{all} で除した値をカワムツの slope region 利用率 $\overline{N_s}/\overline{N_{all}}$ とした。図-3 に横断傾斜角 α とカワムツの slope region 利用率 $\overline{N_s}/\overline{N_{all}}$ との関係流速 $U_m/\overline{B_L}$ 別に示す。全ての流速 $U_m/\overline{B_L}$ において、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツの slope region 利用率 $\overline{N_s}/\overline{N_{all}}$ は減少し、 $\alpha 7-7$ において slope region 利用率 $\overline{N_s}/\overline{N_{all}}$ は最小であった。図-2(a)~(d)および図-3 より、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツは slope region を忌避する傾向が顕著になったと考えられる。また、全ての横断傾斜角 α において、カワムツの slope region 利用率 $\overline{N_s}/\overline{N_{all}}$ は流速 $U_m/\overline{B_L}$ の増加に伴う顕著な傾向は見られなかった。

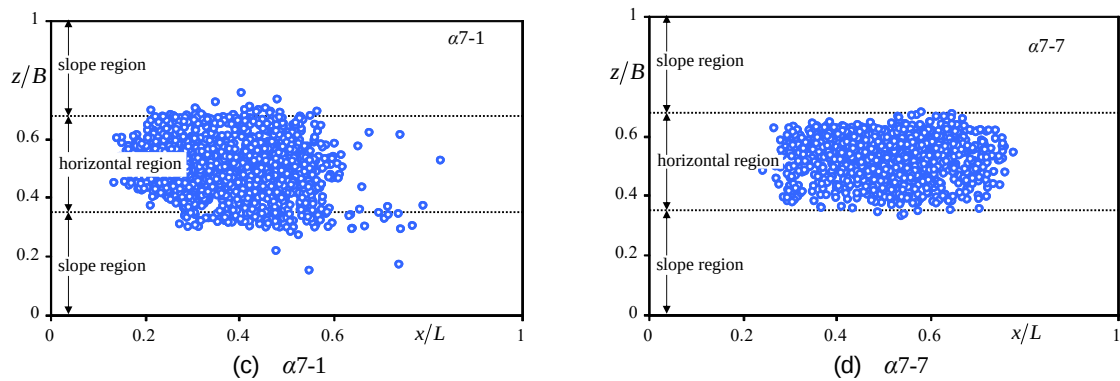


図-2 カワムツの遊泳位置

(3) カワムツの魚群半径

石川²⁾の定義した魚群半径式を2次元に拡張した式(1)を用いてz軸方向の魚群半径を求めた。

$$R_z \equiv \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_{fi} - z_G)^2}{n}} \quad (1)$$

ここに、 R_z 、 z_G 、 z_{fi} 、 n はそれぞれカワムツのz方向の魚群半径、カワムツのz軸方向の魚群重心位置、任意iのカワムツのz座標を示している。カワムツの魚群半径 R_z を平均体長 B_L で除し、体長倍魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ を算出した。図-4に横断傾斜角 α とカワムツのz軸方向の体長倍魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ との関係を流速 U_m/B_L 別に示す。全ての流速 U_m/B_L において、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツの魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ は減少傾向にある。これは、図-3より横断傾斜角 α の増加に伴いslope regionを忌避する傾向があるため、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツの魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ が減少傾向にあると考えられる。また、全ての横断傾斜角 α において、カワムツの魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ は流速 U_m/B_L の増加に伴う顕著な傾向は見られなかった。

(4) カワムツの魚群重心位置

カワムツのz軸方向の魚群重心位置 z_G を幅 B で除し、カワムツの平均魚群重心位置 $\overline{z_G}/B$ を算出した。図-5に横断傾斜角 α とカワムツのz軸方向の魚群重心位置 $\overline{z_G}/B$ との関係を流速 U_m/B_L 別に示す。全ての流速 U_m/B_L において、横断傾斜角 α の増加に伴いカワムツの魚群重心位置 $\overline{z_G}/B$ は概ね増加傾向が見られる。これは、カワムツの魚群半径 $\overline{R_z}/B_L$ と同様に、図-3より横断傾斜角 α の増加に伴いslope regionを忌避する傾向があったためと考えられる。また、全ての横断傾斜角 α において、カワムツの魚群重心位置 $\overline{z_G}/B$ は流速 U_m/B_L の増加に伴う顕著な傾向は見られなかった。

4. おわりに

本研究では、台形断面水路の横断方向斜面の横断傾斜角を0, 1, 3, 4, 5, 7°および体長倍流速を1, 3, 5, 7(1/s)に変化させ、カワムツの遊泳特性に及ぼす影響について検討した。得られた知見を以下に示す。

(1)カワムツは横断傾斜角の増加に伴い水平面を遊泳する傾向があり、流速の増加に伴い水平面を遊泳する傾向が顕著になった。これは横断傾斜角の増加に伴い、カワムツが斜面を忌避したことを示している。

(2)カワムツの斜面遊泳率および横断方向の魚群半径は横断傾斜角の増加に伴い減少し、横断傾斜角が7°および体長倍流速が7(1/s)のケースで最小であった。また、カワムツのz軸方向の魚群重心位置は横断傾斜角の増加に伴い概ね増加傾向があり、横断傾斜角が5°および体長倍流速が5(1/s)のケースで最大であった。

参考文献

- 1) 鬼東ら：開水路底面の横断勾配がカワムツの遊泳特性に及ぼす影響，土木学会論文集 G(環境), Vol.74, No.7, pp.III_477-III_483, 2018.
- 2) 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, Vol.6, pp.101-106, 2000.

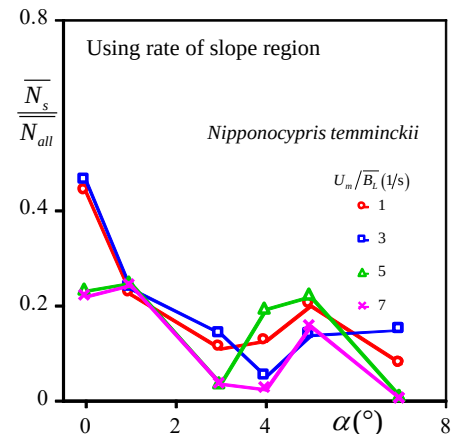


図-3 カワムツの slope region 利用率

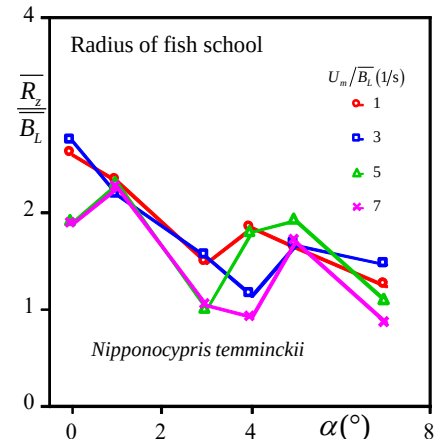


図-4 カワムツの魚群半径

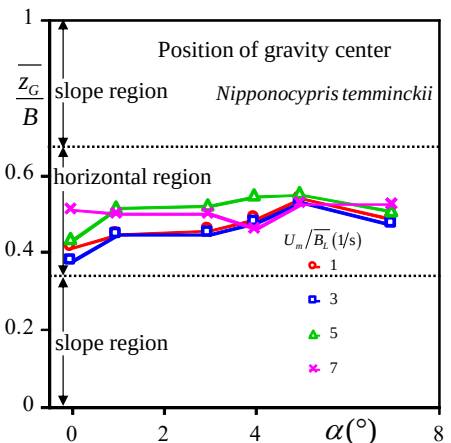


図-5 カワムツの魚群重心位置