

静止流体中における水深および体長の変化がカワムツの魚群の挙動に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員 ○小菌朋子
 九州工業大学工学部 学生会員 松田直樹
 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

実河川において生態系を保全するには、魚類等の生息環境や生態特性を把握する必要がある。そのため、魚の遊泳挙動の研究が必要とされている。

鬼束ら¹⁾は2尾よりも3尾で遊泳するアユの方が成群力は強いことを示した。また、兼廣ら²⁾はタイリクバラタナゴの尾数を1, 2, 3, 5と変化させて静止流体中における遊泳挙動を観察した結果、1尾および2尾の場合は各個体の遊泳軌跡および個体間距離が不規則に変化するのに対し、3尾および5尾ではそれらが安定することを示した。しかし、魚の体長を変化させて魚群の挙動を観察する研究はほとんど行われていない。本研究は、魚の体長および水深を系統的に変化させて魚群の遊泳挙動の変化を解明したものである。

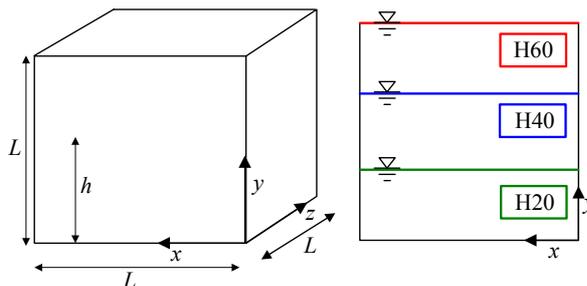


図-1 実験装置の概要

2. 実験装置および実験条件

本実験では、一辺の長さが $L=0.6\text{ m}$ の立方体の水槽を用いた。図-1に示すように、水槽前面の右下を原点とし、水平横断方向に x 軸、鉛直上方向に y 軸、水平縦断方向に z 軸を設定した。表-1に実験条件を示す。水槽の水深 h を $0.2, 0.4, 0.6\text{ m}$ と変化させた。また、各水深において実験魚の平均体長 \overline{BL} を $70, 100, 130\text{ mm}$ と変化させ、合計9ケースの実験を行った。実験にはカワムツ (*Nipponocypris temminckii*) を使用した。水槽に魚を20尾放流し馴致させた後に実験を開始し、水槽横および上部に設置された画素数 1440×1080 、撮影速度 30 fps のビデオカメラ2台で 1200 s 間撮影を行った。実験後、 5 s ごとに魚の腹部をプロットすることで遊泳位置を解析し、魚群重心、重心移動距離および平均魚群半径を算出した。

表-1 実験条件

	\overline{BL} (mm)	water depth (m)		
		0.2	0.4	0.6
small	70	B07-H20	B07-H40	B07-H60
middle	100	B10-H20	B10-H40	B10-H60
large	130	B13-H20	B13-H40	B13-H60

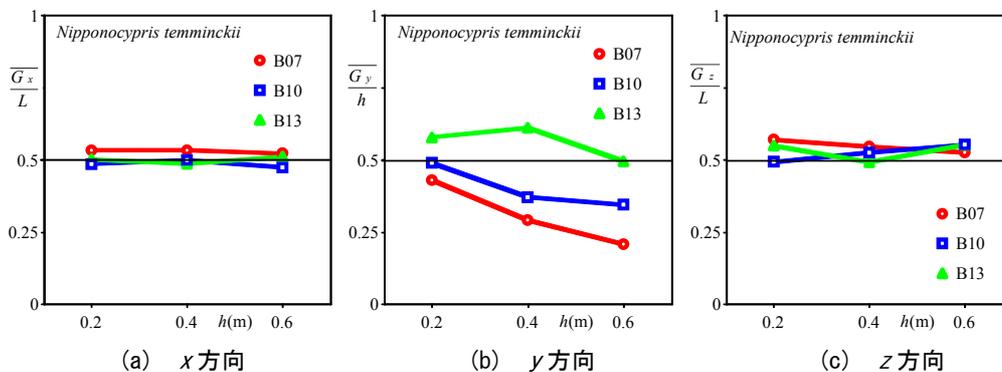


図-2 各ケースにおける魚群重心の平均位置と水深との関係

3. 実験結果および考察

(1) 魚群重心の滞在位置の特性

各ケースにおいて x, y および z 成分に分けて20尾の平均座標を算出した。本研究では、算出した平均座標を魚群重心と定義する。図-2に各軸方向における魚群重心の平均位置 G_x, G_y および G_z を水槽幅 L または水深 h で除したものと水深 h との関係を示す。 x, z 方向については、水深および体長変化に伴う顕著な特徴はみられず、ほぼ水槽中央に位置している。 y 方向については、体長の増加に伴い重心位置が上昇する。また、B07は各水深においてほぼ水槽底面付近を遊泳するが、B13は各水深において水深中央付近で遊泳することが理解される。したがって、水深および体長の増加に伴い魚群重心が鉛直方向に上昇すると判明した。

(2) 魚群重心の総移動距離の特性

図-3に魚群重心の総移動距離 L_G と水深 h との関係を示す。体長の増加に伴い移

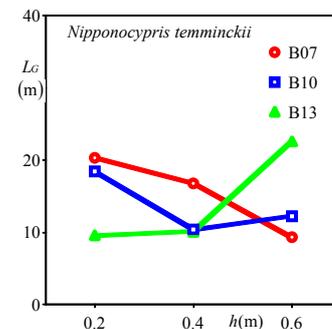


図-3 魚群重心の総移動距離と水深との関係

動距離は減少する。これは、体長の増加に伴い魚群が大きくなり、移動可能範囲が減少するためと考える。また、水深変化に伴う顕著な特徴はみられない。図-4に各平均体長 \overline{BL} における三次元方向の重心移動距離の割合と水深 h との関係を示す。全ケースにおいて、 x 方向と z 方向の移動距離の割合はほぼ等しい。

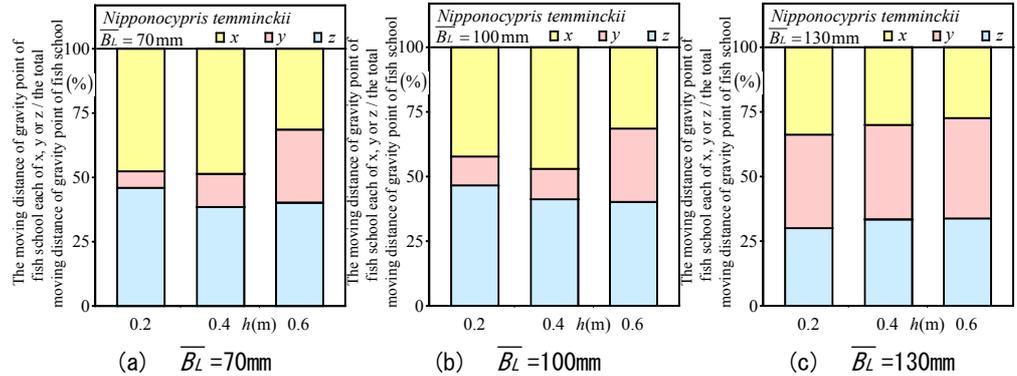


図-4 各平均体長における三次元方向の重心移動距離割合と水深との関係

い。また、水深および体長の増加に伴い y 方向の移動距離が増加する。これは、体長の増加に伴い水平方向への移動範囲が減少し、鉛直方向への移動が増加するためである。したがって、水深および体長の増加に伴い魚群の鉛直方向への移動距離が増加することが判明した。

(3) 平均魚群半径の特性

本研究では、魚群重心と各個体との距離の平均を平均魚群半径と定義する。図-5に平均魚群半径 $\overline{r_g}$ を平均体長 \overline{BL} で除したものと水深 h との関係を示す。 $h=0.2\text{m}$ の場合には、体長の増加に伴い平均魚群半径は減少し、 $h=0.6\text{m}$ の場合には、各体長の魚群半径はほぼ同じ値をとる。これは、 $h=0.2\text{m}$ の場合、体長の増加に伴い移動範囲が減少するため魚群半径は減少し、 $h=0.6\text{m}$ の場合、体長の増加に伴い鉛直方向へ広がるため、魚群半径が増加したためである。図-6に各平均体長 \overline{BL} における魚群半径の縦横比の水平方向成分 α_H および鉛直方向成分 α_V と水深 h との関係を示す。各縦横比は次式のように定義した。

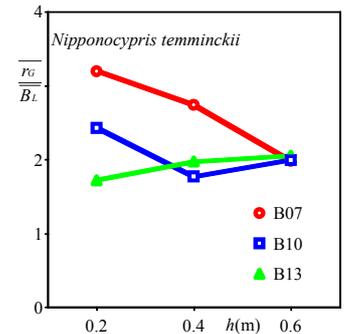


図-5 平均魚群半径と水深との関係

$$\alpha_H = \overline{r_{Gz}} / \overline{r_{Gx}} \quad (1)$$

$$\alpha_V = \overline{r_{Gy}} / \overline{r_{Gx}} \quad (2)$$

水平方向については、魚群はほぼ円形であることがわかる。また、水深および体長に

おける顕著な特徴はみられない。鉛直方向については、水深および体長の増加に伴い魚群は縦方向に広がり、円形に近づくことがわかる。したがって、水深および体長の増加に伴い魚群は水平方向に広がった楕円形から鉛直方向に広がり、三次元方向にほぼ等しい半径を持つ球形へと変形することが判明した。

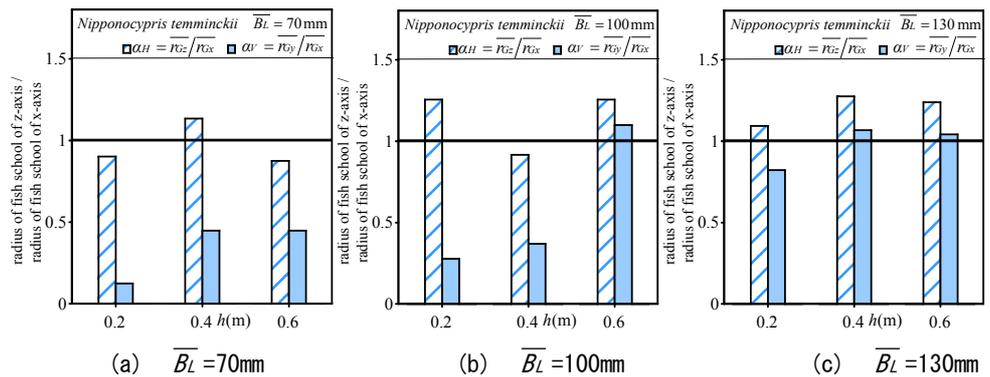


図-6 各平均体長における水平方向および鉛直方向の魚群半径の縦横比と水深との関係

4. おわりに

本研究は、静止流体中において水深および体長を系統的に変化させ、カワムツの魚群の遊泳特性を解明したものである。本研究より得られた知見は以下の通りである。

- (1) 水深および体長の増加に伴い、魚群重心の位置は底面付近から水面方向に上昇することが判明した。
- (2) 水深および体長の増加に伴い、魚群重心の鉛直方向の移動距離は増加することが判明した。
- (3) 水深および体長の増加に伴い、魚群は水平方向に広がった楕円形から三次元方向にほぼ等しい半径を持つ球形へと変形することが判明した。

参考文献

- 1) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 三原和也, 白岡敏, 白杵幸平, 福田拓也: 流速変化がアユの魚群の挙動に及ぼす影響, 水工学論文集, 第56巻, pp.655-660. 2012.
- 2) 兼廣春之, 鈴木誠, 松田皎: タイリクバラタナゴの群サイズによる行動特性, 日本水産学会誌, 第51巻, 2号, pp.1977-1982, 1985.