

静止流体中を2尾で遊泳するアユの遊泳特性に及ぼす濁度の影響

九州工業大学 学生会員 ○上田紗奈江, 赤藤哲瑛
九州工業大学大学院 学生会員 藏本更織
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

河川構造物を建設する際に、濁水などが発生し河川水質に影響を及ぼす。変化した水質においても水生生物が生息可能であることが求められる。そのため、濁度などが魚類の行動特性に及ぼす影響が研究されてきた。しかしながら、我が国の内水面漁業漁獲高の上位である¹⁾アユの行動特性と濁度との関係を研究した例は少なく、明瞭な研究は成されていない。本研究は、静止流体中において2尾で遊泳するアユの遊泳特性に及ぼす濁度の影響を検討したものである。

2. 実験装置および実験条件

実験には平均体長 $\bar{L}_t$ が70mmの養殖アユを用いた。直径1.83mの円形プールの水を墨汁を用いて5段階に濁らせた。円形プールの水深は0.04mとした。表-1に実験条件を示す。ケース名は濁度(turbidity)の頭文字Tと、墨汁を挿入していない水の照度 E_s を100とした場合の照度比をパーセンテージで示している。円形プールの中央に2尾のアユを挿入し、馴致後、プールの上方に設置したビデオカメラでアユが側壁に到達するまでの様子を撮影する。この計測を各照度においてそれぞれ20回(合計100回)行った。撮影後、0.1sごとのアユの遊泳位置を求め、遊泳距離 L 、遊泳速度 V 、個体間距離 D を算出した。

今回使用した墨汁の主成分は膠である。そのため、アユの挙動の変化が濁度ではなく、膠成分によって引き起こされる懸念があるため、同色で主成分が異なる食紅を用いて濁度を変化させて本実験と同様な予備実験を行った。その結果、両者におけるアユの挙動に相違は見られなかった。したがって以下に示す実験結果は膠成分ではなく、濁度による影響と判断される。

3. 実験結果および考察

(1) アユの遊泳行動のモデル化

アユが遊泳軌跡を図-1のようにモデル化する。屈折点と次の屈折点との間の距離を遊泳距離 L 、遊泳速度を V 、屈折角度を θ とした。屈折角度 θ は上部から見て右回転を正、左回転を負とした。

鬼束ら²⁾はアユが静止流体中を2尾で遊泳する場合、遊泳開始から2branchまでは遊泳開始の履歴があると述べた。また、側壁との距離が体長の1倍未満になると遊泳特性が変化することを指摘した。そのため、アユが遊泳開始から3branch以上かつ側壁から体長の1倍以上離れた領域を遊泳する場合を普遍遊泳、アユが側壁から体長の1倍未満の領域を遊泳する場合を側壁遊泳と定義した。本研究においても同様の傾向が見られたため、この定義を採用した。以下の解析では、普遍遊泳のみを対象とする。

(2) 普遍遊泳時の遊泳距離

図-2にアユの遊泳距離 L_{Π} を平均体長 $\bar{L}_t$ で除した値の頻度分布を濁度別に示す。いずれの濁度においても遊泳距離 L_{Π} は、低値が高頻度で高値方向に裾をもつ形状を示している。そこで、次式に示す

表-1 実験条件

	$E_n(\text{lx})$	$E_n/E_s \times 100$	Case name
E_1	70	4	T004
E_2	90	6	T006
E_3	280	20	T020
E_4	530	40	T040
E_5	1510	100	T100

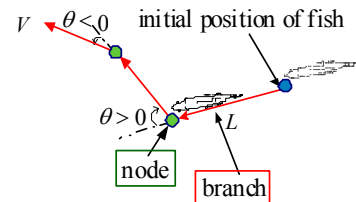


図-1 遊泳距離の頻度分布

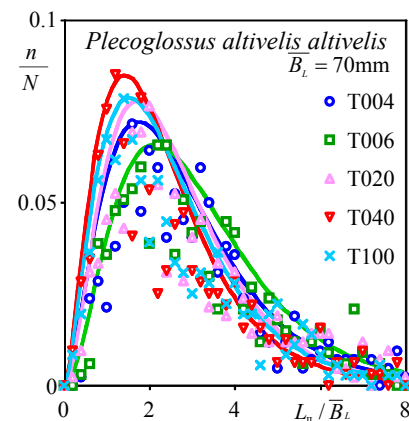


図-2 遊泳距離の頻度分布

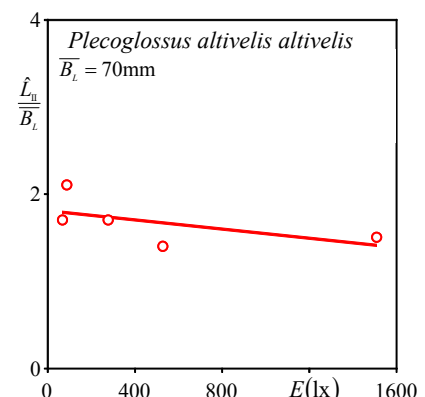


図-3 遊泳距離の最頻値

ガンマ分布を採用し、同図中に曲線で示した。

$$f(L_{II} / \overline{B}_L) = \frac{1}{\Gamma(\lambda)} \alpha^\lambda (L / \overline{B}_L)^{\lambda-1} e^{-\alpha L / \overline{B}_L} \quad (1)$$

$$\Gamma(\lambda) = \int_0^\infty e^{-x} x^{\lambda-1} dx \quad (2)$$

係数 α 、 λ は最小二乗法により算出した。同図より、濁度による遊泳距離の頻度に変化は観測できない。図-3に照度 E と遊泳距離の最頻値 $\hat{L}_{II}$ をアユの平均体長 $\overline{B}_L$ で除した値との関係を示すと共に、両者の関係を直線で示した。同図より、濁度の変化に伴い遊泳距離はほぼ1.9で一定値を示している。したがって、アユの遊泳距離は濁度との相関はなく、体長の1.9倍で一定であるということが言える。

(3) 普遍遊泳時の遊泳速度

図-4にアユの遊泳速度 V_{II} を平均体長 $\overline{B}_L$ で除した値の頻度分布を濁度別に示す。遊泳速度の頻度は低値で高く、高値方向に裾をもつ形状を示すことがわかる。よって、式(1)、(2)に示すガンマ分布を採用し、式(1)中の L_{II} を V_{II} と置き換え、図-4中に曲線で示した。

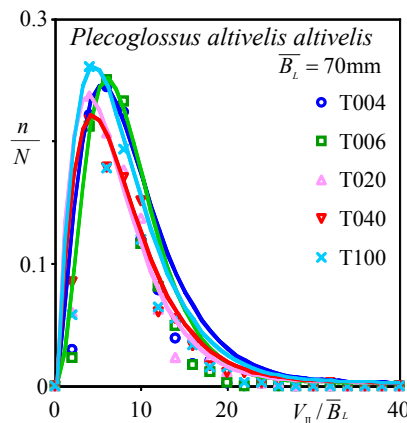


図-4 遊泳速度の頻度分布

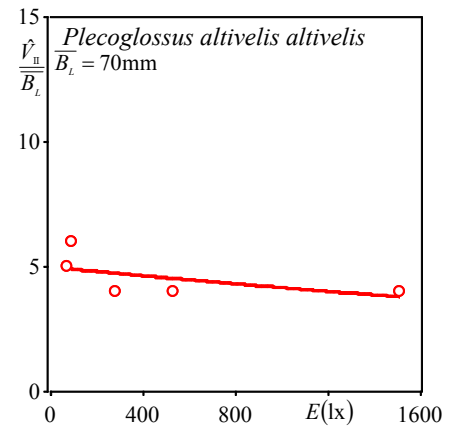


図-5 遊泳速度の最頻値

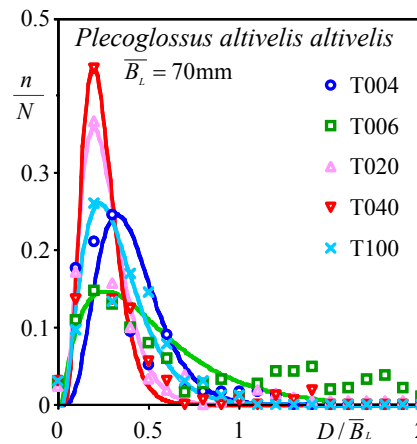


図-6 個体間距離の頻度分布

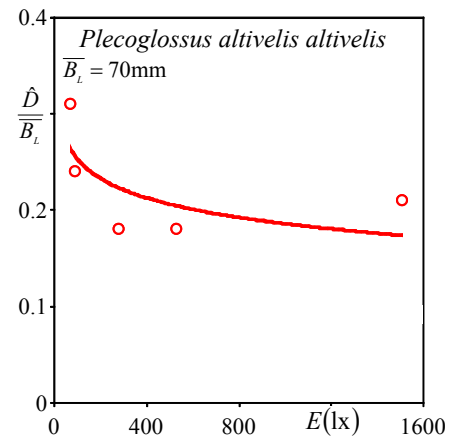


図-7 個体間距離の最頻値

同図より、遊泳速度の頻度に濁度による変化は観察できない。図-5に照度 E と遊泳距離の最頻値 $\hat{V}_{II} / \overline{B}_L$ をアユの平均体長 $\overline{B}_L$ で除した値との関係を示すと共に、両者の関係を直線で示した。同図より、濁度の変化に伴い遊泳速度は体長のほぼ4.5倍で一定値を示している。したがって、アユの遊泳速度と濁度との相関はないと考えられる。

(4) 普遍遊泳時の個体間距離

図-6にアユの個体間距離 D を平均体長 $\overline{B}_L$ で除した値の頻度分布を濁度別に示す。遊泳速度の頻度は低値で高く、高値方向に裾をもつ形状を示すことがわかる。よって、式(1)、(2)に示すガンマ分布を採用し式(1)中の L_{II} を D と置き換え、図-6中に曲線で示した。濁度の増加に伴い最頻値が増加していることが分かる。図-7に照度 E と遊泳距離の最頻値 $\hat{D} / \overline{B}_L$ をアユの平均体長 $\overline{B}_L$ で除した値との関係を示すと共に、両者の関係を対数直線で示した。同図より、濁度の増加に伴い個体間距離は増加すると言える。これは濁度が増すことでアユの視界が悪くなり、2尾が遊泳を共にしなくなったと考えられる。

4. おわりに

本研究では、静止流体中において2尾で遊泳するアユの遊泳特性に及ぼす濁度の影響を実験的に解明した。本研究より得られた知見は以下の通りである。

- (1) アユの普遍遊泳時の遊泳距離は、濁度に関わらず体長の1.9倍で一定値を示す。
- (2) アユの普遍遊泳時の遊泳速度は、体長の4.5倍で一定値を示し、濁度との相関はないことを解明した。
- (3) 濁度の増加に伴いアユの視界が悪化し、普遍遊泳時の個体間距離が増加することを解明した。

参考文献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部生産流通消費統計課：漁業・養殖業生産統計年報，2011。
- 2) 鬼束幸樹，秋山壽一郎，木内大介，高橋康行，飯國洋平：階段式魚道における切り欠き位置が魚の遡上率に及ぼす影響，水工学論文集，第51巻，pp.1279-1284，2007。