

# 気泡がアユおよびカワムツの行動特性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○平野陽一  
 九州工業大学工学部 学生会員 松田直樹, 小菌朋子  
 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

ダムや堰には取水口が設置されるが、放流されたアユやサケなどの稚魚が取水口に迷入し、多くの資源が失われていることが問題となっている。迷入防止の対策として電流、障害物、透過光、気泡幕などを利用した魚の行動制御がこれまで試みられてきた。

中村<sup>1)</sup>は「魚は気泡を嫌う」と述べているが、魚種名を明らかにしていない上、実験的な検討は行っていない。また、鬼束ら<sup>2)</sup>は気泡がオイカワおよびカワムツの遊泳特性に及ぼす影響を観察し、その結果、気泡が両魚種の遊泳特性に与える影響はほとんどないことを示した。しかし、混入させた気泡量が微小であり、実河川における気泡の状態を再現していない。以上のことから、気泡に対する行動特性も魚種によって異なると推測されるが、河川魚について気泡に対する行動特性を検討した研究はほとんどない。本研究は、静止流体中において気泡混入量を系統的に変化させ、アユおよびカワムツの遊泳特性を解明したものである。

## 2. 実験装置および実験条件

直径 1.0m の円形プールに注水し、水深を 0.05m にした。図-1 に示すように、プール中心を原点 O とし、直交する x 軸および z 軸を設定した。気泡が生じる第 2, 3 象限を bubble area と称し、第 1, 4 象限を non-bubble area と称する。bubble area の底面には x 軸および z 軸方向にそれぞれ 25mm 間隔に直径 2.5mm の空気孔が設置されており、気泡が均一に発生するようになっている。

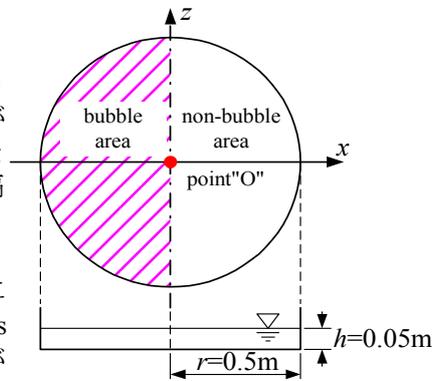


図-1 実験装置の概要

表-1 実験条件

case name	C0	C15	C50	C85
air quantity (ml/(m <sup>2</sup> ·s))	0	1500	5000	8500

円形プールに任意の魚を一尾放流し、魚が馴致したことを確認した後に実験を開始し、プール上部に設置された画素数 1440×1080、撮影速度 30fps のビデオカメラで 180s 間撮影を行った。同様な実験を平均体長  $B_p$  が 70mm のアユ(*Plecoglossus altivelis altivelis*)および平均体長  $B_N$  が 70mm のカワムツ(*Nipponocypris temminckii*)を 30 尾ずつ用いて行った。気泡混入量は表-1 に示すように系統的に変化させた。実験後、供試魚の位置を 0.2s ごとに特定し、得られた位置情報より、遊泳位置、遊泳距離、遊泳速度、屈折角度および供試魚が non-bubble area から bubble area へ進入する際の進入速度を算出した。

## 3. 実験結果および考察

### (1) bubble area 遊泳率

bubble area 遊泳率を次式のように定義する。

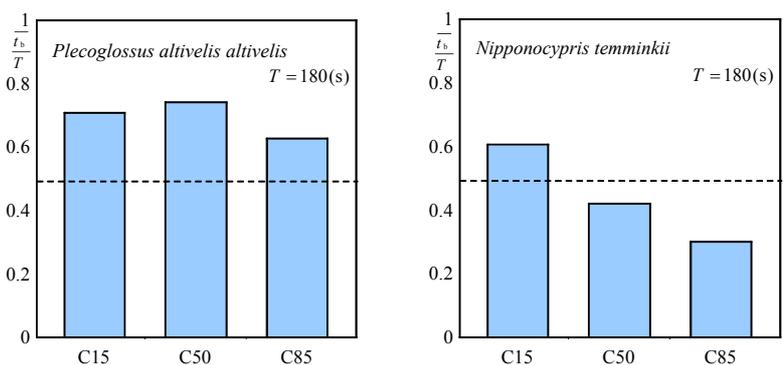
bubble area 遊泳率

$$= \frac{\text{bubble area 遊泳時間 } t_b}{\text{実験時間 } T} \quad (1)$$

図-2(a), (b) に空気量の変化とアユおよびカワムツの bubble area における遊泳率との関係を示す。アユの bubble area 遊泳率は空気量の変化に関わらず高頻度であるが、カワムツの bubble area 遊泳率は空気量の増加に伴い低頻度となっている。したがって、アユは気泡を選好する傾向にあり、カワムツは空気量の増加に伴い気泡を忌避する傾向にあることが判明した。

### (2) 遊泳距離

図-3 にアユの遊泳距離  $D_{pb}$  および  $D_{pn}$  の最頻値  $\hat{D}_{pb}$ ,  $\hat{D}_{pn}$  を平均体長  $\overline{B_p}$  でそれぞれ除した値をケース別に示す。気泡の有無および空気量の変化に関わらず、アユの遊泳距離の最頻値には顕著な変化がみられない。したがって、アユの遊泳距離は、気泡の空気量の変化による影響を受けないことが判明した。図-4 にカワムツ



(a) アユの bubble area 遊泳率の変化 (b) カワムツの bubble area 遊泳率の変化  
 図-2 空気量変化に伴う bubble area 遊泳率の変化

の遊泳距離  $D_{Nb}$  および  $D_{Nn}$  の最頻値  $\hat{D}_{Nb}$ ,  $\hat{D}_{Nn}$  を平均体長  $\overline{B}_N$  でそれぞれ除した値をケース別に示す. 空気量の増加に伴い, bubble area におけるカワムツの遊泳距離の最頻値は増加している. したがって, 空気量の増加に伴い, カワムツは移動距離が増加することが判明した.

### (3) 遊泳速度

図-5 にアユの遊泳速度  $V_{Pb}$  および  $V_{Pn}$  の最頻値  $\hat{V}_{Pb}$ ,  $\hat{V}_{Pn}$  を平均体長  $\overline{B}_P$  でそれぞれ除した値をケース別に示す. 気泡の有無および空気量の変化に関わらず, アユの遊泳速度の最頻値には顕著な変化がみられない. したがって, アユの遊泳速度は, 気泡の空気量の変化による影響を受けないことが判明した. 図-6 にカワムツの遊泳速度  $V_{Nb}$  および  $V_{Nn}$  の最頻値  $\hat{V}_{Nb}$ ,  $\hat{V}_{Nn}$  を平均体長  $\overline{B}_N$  でそれぞれ除した値をケース別に示す. 空気量の増加に伴い, bubble area におけるカワムツの遊泳速度の最頻値は増加している. したがって, 空気量の増加に伴い, カワムツは速い遊泳を行うことが判明した.

### (4) 屈折角度

図-7 にアユの bubble area の屈折角度  $|\theta_{Pb}|$ , non-bubble area の屈折角度  $|\theta_{Pn}|$  の最頻値  $|\hat{\theta}_{Pb}|$ ,  $|\hat{\theta}_{Pn}|$  の値をケース別に示す. 気泡の有無および空気量の変化に関わらず, アユの屈折角度の最頻値には顕著な変化がみられない. したがって, アユの屈折角度は空気量の変化による影響を受けないことが判明した. 図-8 にカワムツ bubble area の屈折角度  $|\theta_{Nb}|$ , non-bubble area の屈折角度  $|\theta_{Nn}|$  の最頻値  $|\hat{\theta}_{Nb}|$ ,  $|\hat{\theta}_{Nn}|$  の値をケース別に示す. 空気量の増加に伴い, 気泡エリアにおけるカワムツの屈折角度は小さくなるのがわかる.

### (5) 進入速度

図-9 にアユの進入速度  $V_{Ep}$ , カワムツの進入速度  $V_{En}$  の最頻値  $\hat{V}_{Ep}$ ,  $\hat{V}_{En}$  を  $\overline{B}_P$  および  $\overline{B}_N$  でそれぞれ除した値をケース別に示す. 空気量の変化に関わらず, アユの進入速度の最頻値はほとんど変化していない. 一方, 空気量の増加に伴い, カワムツの進入速度の最頻値は遅くなっている. したがって, アユの気泡エリアへ進入する速度は, 空気量の変化による影響を受けず, カワムツの気泡エリアへ進入する速度は空気量の増加に伴い減少することが判明した.

## 4. おわりに

本研究は, 静止流体中において気泡混入量を系統的に変化させ, アユおよびカワムツ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) 気泡混入量0~8500 (ml/(m<sup>2</sup>·s))において, アユの遊泳特性は気泡による影響を受けないことが判明した.
- (2) 気泡混入量0~8500 (ml/(m<sup>2</sup>·s))において, 空気量の増加に伴いカワムツの遊泳距離および遊泳速度は増加し, 屈折角度は小さくなることが判明した.
- (3) 気泡混入量0~8500 (ml/(m<sup>2</sup>·s))において, 空気量の増加に伴い, カワムツは気泡を忌避し, 気泡エリアへ進入する速度が減少することが判明した.

### 参考文献

- 1) 中村俊六: 魚道のはなし, 山海堂, 1995.
- 2) 鬼束幸樹, 秋山壽一郎, 渡邊拓也, 飯國洋平, 小林達也: 透過光および気泡が魚の行動特性に及ぼす影響, 水工学論文集, 第52巻, pp.1207-1212, 2008.

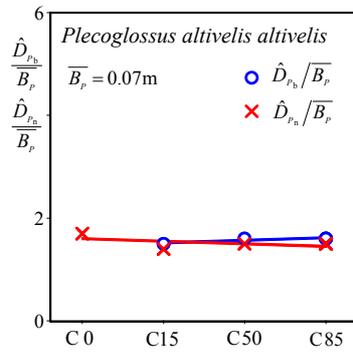


図-3 空気量変化とアユの遊泳距離の最頻値との関係

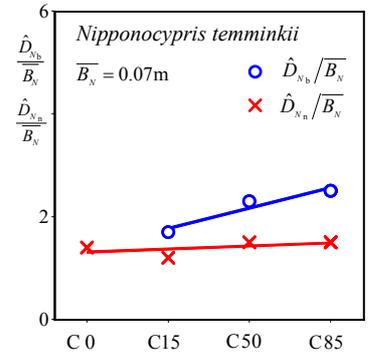


図-4 空気量変化とカワムツの遊泳距離の最頻値との関係

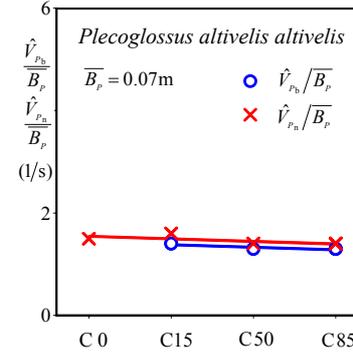


図-5 空気量変化とアユの遊泳速度の最頻値との関係

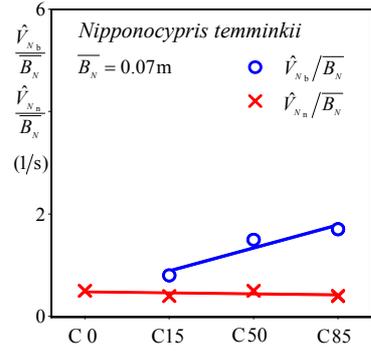


図-6 空気量変化とカワムツの遊泳速度の最頻値との関係

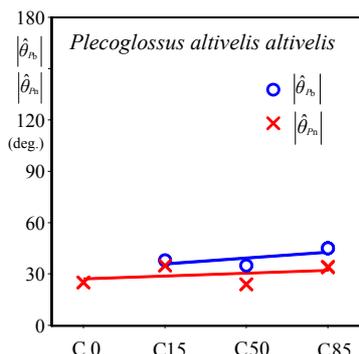


図-7 空気量変化とアユの屈折角度の最頻値との関係

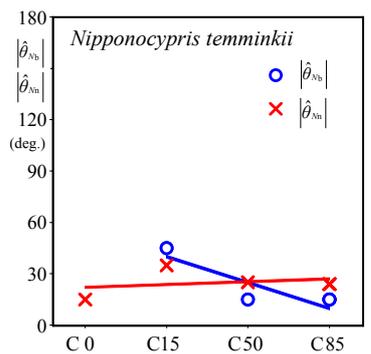


図-8 空気量変化とカワムツの屈折角度の最頻値との関係

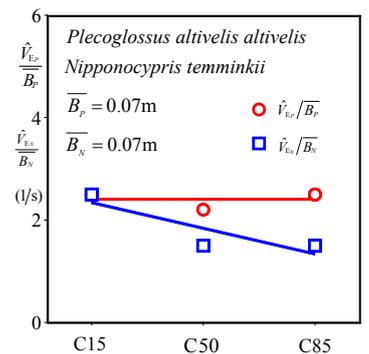


図-9 空気量変化と進入速度の最頻値との関係