

階段式魚道における気泡発生位置の変化がオイカワの行動特性に及ぼす影響

九州工業大学工学部 学生会員

○廣中雄太

九州工業大学大学院 正会員

鬼束幸樹

1. はじめに

河川にダムや堰等が建設されると魚類等の遡上や降下が困難になるため、一般に魚道が併設される。魚道内部において魚の遡上を妨げる要因の一つとして気泡が挙げられ¹⁾、魚の取水口への迷入防止にも用いられる。これまで気泡が魚の挙動に及ぼす影響は開水路において研究がなされているが、実際の魚道モデルにおける研究はほとんど行われておらず、魚道モデルに発生した気泡が魚に及ぼす影響の系統的知見は得られていない。本研究は、階段式魚道の底面における気泡の発生位置および発生量を変化させ、オイカワの行動特性に及ぼす影響を検討したものである。

2. 実験装置および実験条件

図-1に示すプール長 $L=0.9\text{m}$ 、プール幅 $B=0.8\text{m}$ 、隔壁厚 $\Delta x=0.2\text{m}$ 、落差 $\Delta y=0.15\text{m}$ 、切欠き幅 $\Delta z=0.16\text{m}$ に設定した階段式魚道を実験に用いた。流下方向に x 軸、鉛直上向きに y 軸、横断方向に z 軸をとる。プール底面から切欠き下端までの高さ $H=0.3\text{m}$ とした。水深 $h=0.33\text{m}$ であった。図-2に示すように、下流から2番目のプールを格子状に4等分の領域に区切り、左岸側上流から時計回りに領域番号を決定した。実験では空気排出量が可変なコンプレッサーを接続した多孔質体を単一の領域の底面に均等に設置し、気泡を任意の量発生させた。表-1に実験条件を示す。気泡の発生位置の変化と共に、気泡の発生量を2.5, 5, 7.5, および $10(\text{l}/(\text{m}^2\text{s}))$ に変化させた計16ケースに気泡の発生量が $0(\text{l}/(\text{m}^2\text{s}))$ の1ケースを加えた計17ケースで実験を行った。ケース名は気泡の発生量と発生位置の組み合わせで決定し、発生量が $0(\text{l}/(\text{m}^2\text{s}))$ のケースはnonとした。また、魚道流量は $Q=10(\text{l}/\text{s})$ で一定に保ち実験を行った。実験魚にオイカワを用いた。下流から2番目のプールに平均体長 $B_L=70\text{mm}$ のオイカワを $N=20$ 尾放流した。3分間の馴致後、左岸側および水路上部に設置した2台のカメラで30fps, 20分間の撮影を行った。撮影後、オイカワの遊泳位置を10sごと解析すると共に、下流から3番目のプールへの遡上数および下流から1番目のプールへの降下数をカウントした。

3. 実験結果および考察

プール内において流下方向 x に 0.09m 、横断方向 z に 0.08m 間隔でメッシュを区切り、各メッシュ内の10sごとの尾数をカウントし、時間平均尾数 $\bar{n}$ を算出した。時間平均尾数 $\bar{n}$ を実験で用いたオイカワの尾数 N で除した値を存在率 $\bar{n}/N$ とし、図-3に各ケースの存在率 $\bar{n}/N$ を水平断面(x - z)に投影したコンターを示した。nonと比較した際に、気泡を発生させたケースでは気泡を発生させた領域での遊泳頻度が減

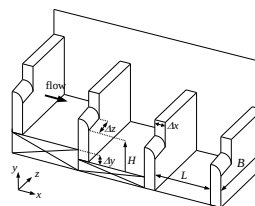


図-1 実験装置

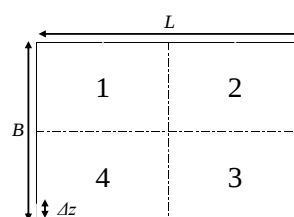
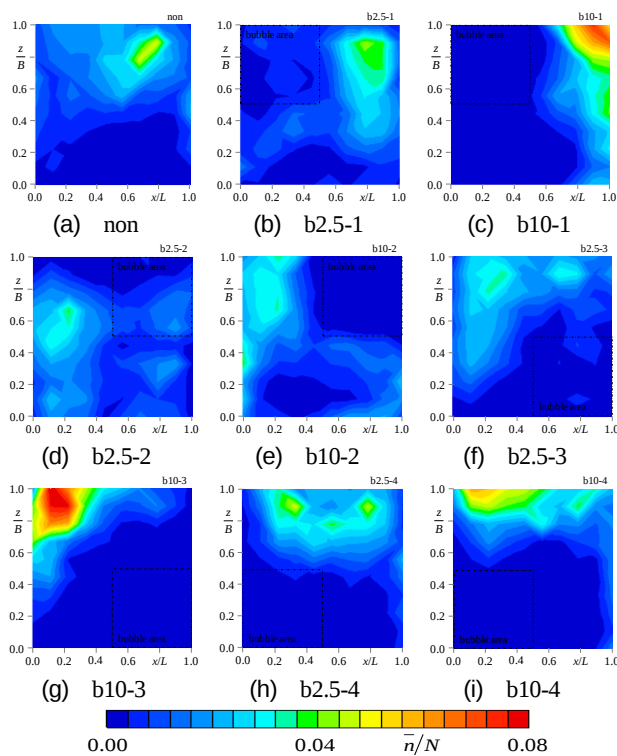
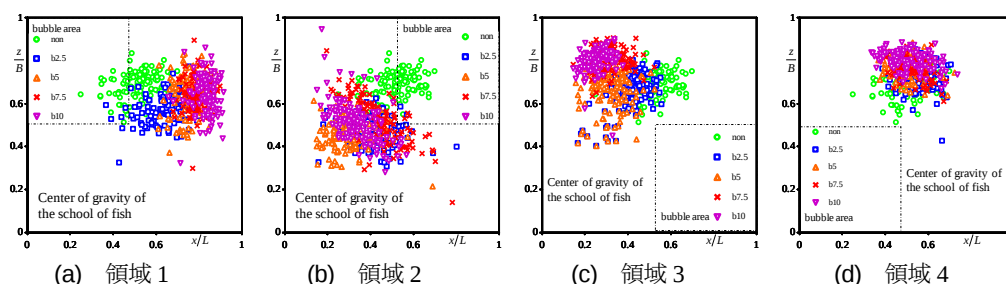


図-2 気泡発生位置

表-1 実験条件

case name		bubble area			
		1	2	3	4
bubble amount ($\text{l}/(\text{m}^2\text{s})$)	0	non			
	2.5	b2.5-1	b5-1	b7.5-1	b10-1
	5	b2.5-2	b5-2	b7.5-2	b10-2
	7.5	b2.5-3	b5-3	b7.5-3	b10-3
	10	b2.5-4	b5-4	b7.5-4	b10-4

図-3 水平断面(x - z)における存在率コンター図-4 水平断面(x - z)における魚群重心

少している。また、気泡発生量が最小と最大のケースを比較した際、いずれの気泡発生位置のケースにおいても気泡発生量が最大のケースの方が気泡発生位置における遊泳頻度が減少していることが確認できる。

図-4 に各気泡発生量のケースの水平断面(x-z)における 10s ごとの魚群の重心位置を気泡発生位置別に示した。いずれの気泡発生位置のケースにおいても non のケースと比べて気泡発生位置から離れた位置で魚群を作る傾向が確認できる。また、気泡発生量の増加に伴い、その傾向が顕著に表れることが確認できる。これはオイカワが気泡を認知した際に忌避したためと推測される。

図-5 に各気泡発生量のケースの水平断面(x-z)における 10s ごとの魚群半径 R をオイカワの平均体長 $\overline{B_L}$ で除した体長倍魚群半径 $R/\overline{B_L}$ の頻度を気泡発生位置別に示した。領域 2 のケースは例外ではあるものの、気泡発生量の増加に伴い体長倍魚群半径 $R/\overline{B_L}$ が小さくなる傾向にある。

遡上した尾数 n_m を実験で用いたオイカワの尾数 N で除した値を遡上率 n_m/N とし、図-6 に遡上率 n_m/N を気泡発生量ごとと気泡発生位置別に示す。気泡発生位置が領域 2 および 3 のケースは遡上率が比較的高い。また、気泡発生位置が領域 2 および 3 のケースでは気泡発生量の増加に伴い遡上率が高くなる傾向が確認できる。これは図-3、図-4 より、気泡発生位置が領域 2 および 3 のケースでは気泡発生量が増加するにつれてオイカワの遊泳位置が上流側切欠き付近に分布し切欠きから降下する水流を認識しやすくなったためと推測される。

降下した尾数 n_d を実験で用いたオイカワの尾数 N で除した値を降下率 n_d/N とし、図-7 に降下率 n_d/N を気泡発生量ごとと気泡発生位置別に示す。領域 3 のケースでは 3 つのケースに比べて降下率が低い。これは図-3、図-4 より、気泡発生位置が領域 3 のケースでは気泡発生量が増加するにつれてオイカワは下流側切欠きから離れた位置を遊泳したためと考えられる。

気泡発生位置を遊泳するオイカワを解析した。鉛直方向の遊泳位置 y/H などのオイカワの尾数 n_v を 10s 間隔でカウントして時間平均尾数 $\overline{n_v}$ を算出し、全尾数 N で除した鉛直方向遊泳頻度 $\overline{n_v}/N$ を求めた。図-8 に気泡発生量ごとの鉛直方向遊泳頻度 $\overline{n_v}/N$ を気泡発生位置別に示した。気泡発生位置ごとに比較した際、顕著な傾向は確認されない。一方、いずれの気泡発生位置においても気泡発生量の増加に伴い、高い位置を遊泳するオイカワの遊泳頻度が増加することが確認できる。

気泡発生位置を遊泳するオイカワについて、頭部と尻尾を結んだ線と x 軸がなす角を鉛直魚向 θ とし、鉛直上向きを $\theta = 90^\circ$ 、鉛直下向きを $\theta = -90^\circ$ として各ケースにおける平均鉛直魚向 $\overline{\theta}$ を算出した。

図-9 に気泡発生量と平均鉛直魚向 $\overline{\theta}$ の関係を気泡発生位置別に示した。いずれの気泡発生位置を比較しても平均鉛直魚向に顕著な傾向は見られない。また、いずれの気泡発生位置においても、気泡発生量の増加に伴い平均鉛直魚向が増加することが確認できる。

4. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) オイカワは気泡が発生した際、気泡から離れた位置で魚群を形成し、さらに気泡発生量が増加するに伴いその傾向が顕著に現れる。
- (2) オイカワは気泡発生領域では気泡発生量が増加するに伴い、高い位置を遊泳し鉛直魚向が増加する。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：魚がのぼりやすい川づくりの手引き，2005。

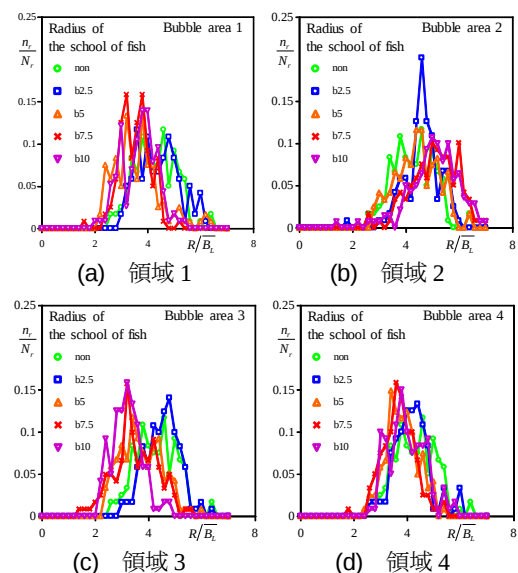


図-5 水平断面(x-z)における体長倍魚群半径

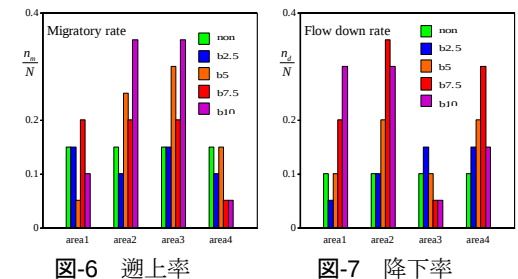


図-6 遡上率

図-7 降下率

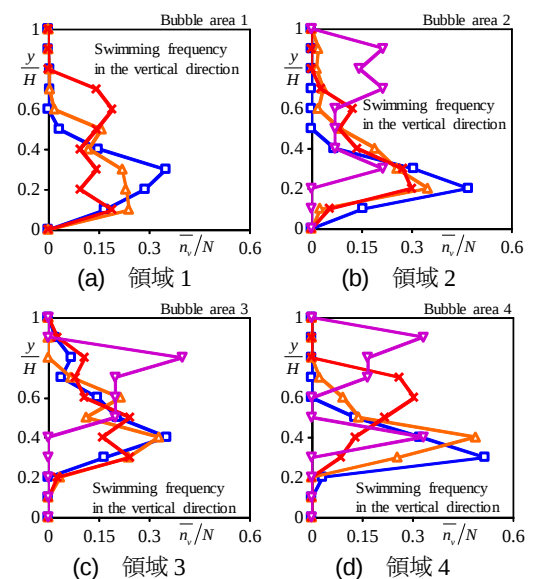


図-8 鉛直方向遊泳頻度

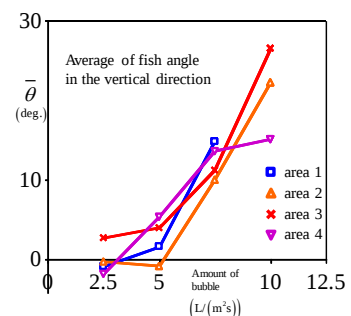


図-9 気泡発生位置内平均鉛直魚向