

研究成果報告書

研 究 題 目		発電所温排水を利用した養殖用水槽内流れの制御に関する基礎研究	実 施 年 度 平成 26 年度
代 表 研 究 者	所 属	大島商船高等専門学校・商船学科	
	氏 名	角田 哲也 印	
<p>1. 研究の目的・背景</p> <p>【本研究の目的】 本研究の最終目標は希少魚介類増産への道筋をつけるために、水産物の増殖手法に流体力学的知見を導入し、基礎研究と水産業の現場作業を結びつけることを目的とする。</p> <p>申請者らはこれまで円形水槽内の流れ場を流れの可視化と数値計算を実施した。その結果、水槽内の流れは水槽のアスペクト比 AR (=水深/水槽半径) により二種類の渦パターンが存在することを明らかにした。さらに、研究パートナーの山口県外海水産試験センターによるアカアマダイを対象とした飼育実験で、一渦対の渦パターンの仔魚生残率 (41%) よりも 二渦対の渦パターンの (76%) 方が約二倍高い結果が得られた。これらの結果を照合することにより、水槽内の流れと仔魚の生残率 (*) の関係を推測できることを明らかにした。* (生残率=生存する魚の個体数/総個体数)</p> <p>ところで、水槽への通気量は異なる仔魚ごとに最適通気量が存在することが経験上知られているが、それを決定するには種苗水槽内の流れ場を把握する必要がある。もし、最適通気量が確定すれば、エアープンプの所要動力の省エネルギー化に繋がる。</p> <p>以上のことをふまえて、本研究では PIV による速度測定から以下のことを明らかにする。</p> <p>(1) 水槽内の流れ場の詳細を把握し、最適通気量を決定する際の基礎的知見を提供する。</p> <p>(2) 水槽底部に沈殿物を排除するために中央に排水口を設置することが多いが、エアーストーンの設置高さによって沈殿物が中央に集積できる流れが存在するか否かを明らかにする。</p> <p>【背景】 種苗生産技術上の最大の問題点は、仔魚 (卵からふ化直後の魚) から稚魚 (仔魚が成長した魚) に成長するまでに、各種の要因により仔魚が多数死ぬことである (初期減耗) つまり種苗生産の鍵はいかに初期減耗を抑制するかである。初期減耗の要因のうち生物学的な要因は、水産学研究者や従事者によってかなり解明されてきている。しかし、種苗水槽に空気を注入 (通気) して酸素濃度を制御する際、流れの滞留や逆流が生じ初期減耗に悪影響を及ぼすことが重要課題であるにもかかわらず、ほぼ手つかず状態であった。</p> <p>申請者らはこの点に着目し水産学の知見に流体力学的視点を導入し、上述した問題を解明する融合研究に着手した。例えば、流体力学の経験値であるアスペクト比 AR (水深/水槽半径) の概念を水産学で利用する種苗水槽の流れに導入することによって新規装置を付加しなくても、水槽の水深変化の変化だけで流れパターンが変化することを実証した。また、本研究結果は水産学研究者が飼育実験によって最適通気量を決定する際の一助となり得る。</p>			

2. 研究成果及び考察（申請時の計画に対する達成度合を織込む）

図1に実験装置および座標系を示す。水槽は、寸法が内径 $2r_i = 390\text{mm}$ 、外径 400mm （厚さ 5mm ）、高さ 590mm の明アクリル樹脂製である。実験は水槽内に導入した空気の流量(通気量) $Q = 50\text{L/min}$ とした。なお、通気量はマスフローコントローラーで厳密に制御した。アスペクト比 $AR (=H/r_i)$ (H は水深, r_i は水槽半径)は 1.0 値にした。エアストーン設置高さを l とする。流速測定には PIV を利用した。今回使用した PIV システムは、可視化レーザー光源は出力が 400mW （日本レーザー製）、解析ソフトは Ditect 製の Flownizer2D および高速度カメラを用いた。なお、トレーサーは比重が 1.01 、平均粒径が 10 ミクロンの球形ガラス粒子を採用した。代表的な実験結果のみを示す。 $Q=50\text{mL/min}$ 、水深 $H=195\text{mm}$ における速度ベクトル図を図2に示す。速度は均一長さベクトル表示で青色から赤色にかけて速度が増加する。底面中央付近の速度ベクトルの方向は図2(a)では上向きになるのに対し、(b)場合は水平になる。

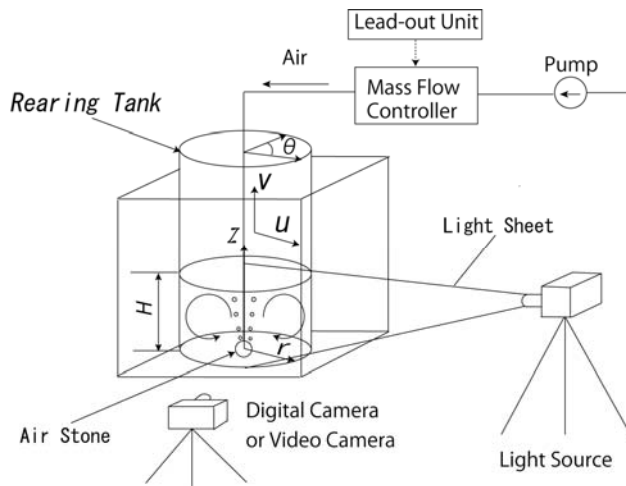


図1. 実験装置の概要および座標系

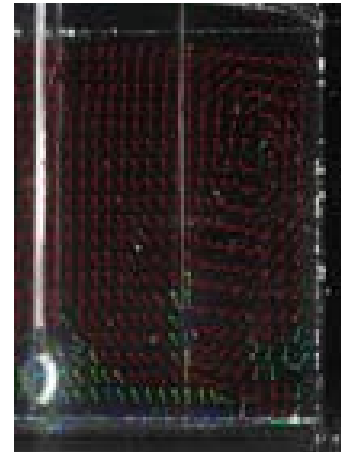


図2(a) $y/l = 0.051$

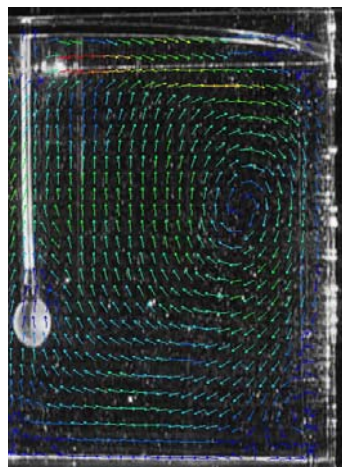


図2(b) $y/l = 0.256$

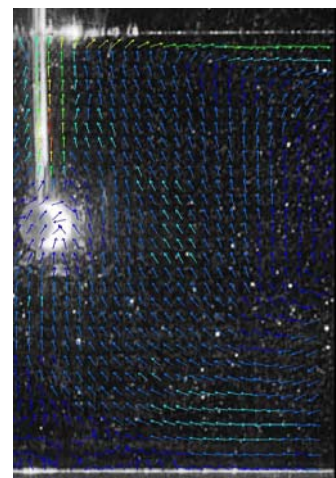


図2(c) $y/l = 0.512$

2. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

費目	計画	実績
設備備品費	0	188,992
消耗品費	230,000	60,571
印刷費	50,000	0
旅費	140,000	88,460
その他	80,000	161,977

(※)

実験を遂行する上で高速度カメラの動画を PC に保存して、計算処理する必要がある。当初は科学研究費または校内研究費で購入する予定であったが、それらの予算を使用するのに数ヶ月を要し、研究遂行上の遅れを招くため、予定外の物品であるパソコン、保護メガネ、インターフェースボード等を早期購入した。特にパソコンの購入については財団に照会、了解済みである。計画と実績に相違点があるが、それは実験および結果を早く学会発表することを最優先したためである。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

関連研究の飼育実験では細長い（AR が大）水槽の生残率が極めて高いことが報告されているが、その一因に本研究で明らかになった大渦の個数の増加が挙げられる。海外では細長い水槽が多用されているが、国内ではあまり使用されていない。このため、希少価値の高い魚介類の少量生産を目的とした種苗生産には本手法は有効と思われる。しかし、水槽の大型化、大量生産を鑑みると、水槽の掃除やメンテナンスに関連して転落事故などが重大な問題が懸念される。このため、水深が浅い水槽でも一渦系の流れ場を二渦系にする技術が必要になる。なお、魚種によって最適通気量が異なることが予想されるが、最適通気量を決定するには水産学の研究者との共同研究が必要である。

本研究から以下の結果が得られた。

(1) 本実験水槽とほぼ同寸法の市販水槽を使用する種苗生産者にとっては、本研究結果を参照して通気量を設定すれば生残率向上の一助となり得る。

(2) 図 2 (b) のように、エアストーンを設置高さをある程度底面から離れた方が底面中央に沿う流れが存在し、水槽底面の沈殿物を集積するには有効であることがわかった。実用化を鑑みると、今後、比重が同じ沈殿物を散布して沈殿物が底面中央に集積可能な通気量とエアストーン設置高さを系統的に調査することが必要である。

実用化の見込みについては水産学研究者の協力が必要であるため、現時点では 50%程度である。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

【論文】

- 1) Tetsuya Sumida ,Shigeaki Shiotani and Wataru Yamazaki : Relationship between Aspect Ratio and Flow Fields in a Rearing Tank,Journal of Aero Aqua Bio-mechanisms, 2015年2月投稿（査読中）.

【講演】

- 1) 角田哲也, 塩谷茂明, 阪倉良孝, 萩原篤志, 北村祐一:機械工学からアプローチした仔魚飼育水槽内流れに関する研究,平成26年度日本水産工学会学術講演会講演論文集,2014年6月1日.
- 2) 角田哲也, 山本健也, 北村祐一:異分野融合研究を題材とした卒業研究実践例-第1報 可視化実験と飼育実験-,平成26年度工学教育研究講演会,2014年8月30日.
- 3) 角田哲也,北村祐一, 塩谷茂明:仔魚飼育水槽内の速度計測の試み,平成26年度日本水産学会秋季大会,2014年9月21日.
- 4) Tetsuya Sumida, Shigeaki Shiotani ; Experimental study of flow field in a larvae rearing tank for marine fish, Proceedings of the Sixth International Symposium on Aero Aqua Bio-mechanisms in Hawaii, ISABMEC , P227-231(2014),Nomenber.
- 5) 角田哲也, 北村祐一, 塩谷茂明, 山崎渉: 円形飼育水槽内流れの速度計測, 平成27年度日本水産学会春季大会, 2015年3月30日.