

半閉鎖循環式陸上水槽を用いたヤイトハタの養殖 (栽培漁業センター生産事業)

岩井憲司*

低コスト型循環式種苗生産・陸上養殖技術開発事業（平成27～30年度）において整備した半閉鎖循環式陸上養殖水槽（平成28年度整備：以下、循環養殖水槽）を使用して、ヤイトハタの養殖を行う。

材料及び方法

城間ほか（2020）で報告された試験魚2,664尾を循環養殖水槽を用いて2019年4月1日～12月23日まで引き続き養殖した。供試魚は2015年に当センターで生産した人工種苗である。養殖期間中に鮫島ほか（2018）において分類された重度の形態異常魚を取り除く目視選別を複数回行った。

循環養殖水槽の概要を図1に示し、各水槽について説明を以下に示す。養殖水槽：ヤイトハタを養殖する円形コンクリート（容量50kL：直径8m、水深1m）。受水槽：養殖水槽の表層に設置した送水管より送られてくる養殖水を受ける水槽（容量2.8kL：長さ2m、幅1.4m、水深1.3m）。ろ過水槽：養殖の過程で発生する有害物質であるアンモニアを硝化

させるため、ろ材を充填した水槽（容量8.19kL：長さ4.5m、幅1.4m、水深1m）。固液分離槽：飼育水を円筒状の水槽の下部から上部へ回転流で送ることで、養殖の過程で発生する比較的大きな有機物（固形物）を自重で沈殿させる水槽（直径1.2m、水深1.9m）。

ろ材は、ポリロピレン製のバイオフィロンティア（株）フロンティア）及び牡蠣殻（鶏餌料用 約10mmのピース）を用いた。ろ材は、テトロンネット製の籠、若しくはポリエチレン製種もみ用網袋（株）大豊化学工業株式会社）に充填してろ過水槽に敷き詰め前年度から稼働させていたものを継続して使用した。硝化細菌への酸素供給と硝化効率の向上のため、ろ過水槽にはバッキレーター（200V、0.75kW）を備え通気を行った。養殖水槽で発生する大小様々な有機物（ゴミ）のうち、比較的大きな粒子のゴミを除去するため、受水槽の送水管開口に袋状のネットを設けた。このネットの洗浄とサイホンによる受水槽底の掃除を毎日行った。

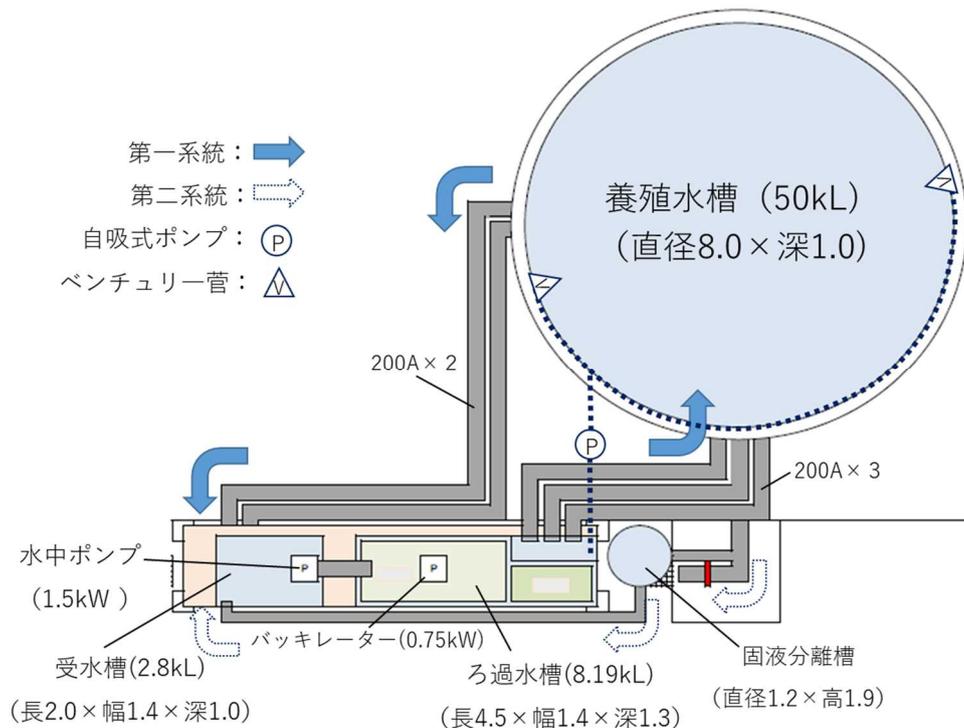


図1 循環養殖水槽の概要

*E-mail : iwaikenj@pref.okinawa.lg.jp

循環養殖水槽における飼育水の流れを図 1 の矢印にて示す。飼育水の循環経路は 2 系統ある。第一系統は基幹となる経路で、飼育水は飼育水槽から送水管（径 200mm×2 管）を通過して受水槽へ送られ、受水槽から水中ポンプ（200V, 1.5kW）を用いてろ過水槽へ揚水する。濾過水槽内のろ材の硝化作用によってアンモニア態窒素等の毒性を低下させた後に送水管（径 200mm×3 管）を通して飼育水槽に循環させている。循環養殖水槽の回転率は、飼育水槽あたり約 8 回転/日とした。第二系統は、養殖水槽の中央底から固液分離槽を通過して受水槽へ送る経路である。第一系統は硝化作用による飼育水の毒性低下、第二系統は有機物の自重による沈殿除去の機能を持つ。それらの系統とは別に、ろ過水槽から自吸式ポンプ 1 基（200V, 0.75kW）により飼育水槽へ圧送する経路を備えた。この経路は、配管の末端にベンチュリー管を備えることで養殖水槽へ酸素供給を行う機能がある。ベンチュリー管は、塩化ビニール樹脂製のパイプ等を加工して用いた（山内, 2017）。なお、循環養殖水槽は完全閉鎖式ではなく、ろ過海水を僅かに注水する半閉鎖式で、その注水量は養殖水槽にあたり約 0.1~0.6 回転/日とした。

ベンチュリー管には、酸素発生装置（株）コフロック）若しくは液体酸素ポンプより供給される酸素をチューブで連結し、酸素濃度の高い微細気泡を発生させて飼育水の溶存酸素濃度（以下、DO）を高めた。このベンチュリー管は 2 基備えた。これらが稼働しても養殖水中の DO が低下する場合は、ベンチュリー管を備えた水中ポンプ（100V, 0.25kW）を養殖水槽に投入して、DO を高めた。水中ポンプから排水された飼育水の一部が再び同じポンプに取水されるように配管を組み合わせ、その配管途中に上記と同様のベンチュリー管を備えた（図 2）。このポンプを用いると、発生した微細気泡が再び取水されて更に細かい微細気泡を生じさせることができるので、効



図 2 ベンチュリー管を備えた水中ポンプ

率的に飼育水の DO を高める効果が期待できる。飼育水の DO に応じて、1~3 台の水中ポンプを水槽中で稼働させた。なお、養殖水槽への空気通気は行わなかった。

水質管理のため銅イオンを飼育水に発生させた。銅イオン発生装置（和光技研社）にて水槽中に吊るした銅棒に電流を流し、水中の銅イオン濃度が 100~200 $\mu\text{g}/\text{L}$ の範囲になるように維持した。水槽が設置されている甲殻類棟の屋根は透明なポリカーボネート製の透明波板であるため、屋内に光が差し込む環境となる。光の影響を抑えるため、養殖水槽の上面に塩ビパイプを用いて枠組みし、ブルーシートで水槽を覆って遮光した。

給餌は全て手撒きで行い、配合餌料のマダイ EP メジャー飼料（日清丸紅飼料株式会社）及び育ち盛り群 GUN（日本農産工業株式会社）を週に 2~3 回の頻度で与えた。給餌量は、週あたり養殖総重量の 1%の量を目安とした。養殖水の水温及び DO は、循環養殖水槽に備え付けの水温計と DO 計（株キッツ）にて毎朝 9 時に測定した。

結果及び考察

水温の推移を図 3 に示す。水温は 21.8~34.3 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で推移した。7 月から 10 月中旬まで 30 $^{\circ}\text{C}$ を超える期間が続いた。



図 3 養殖期間における水温の推移

養殖期間における DO の推移を図 4 に示す。DO は 1.01~10.60 mg/L の範囲で推移したが、給餌した翌日に急落する傾向を繰り返して、日々の変動が激しかった。水温の高い時期は 4.0 mg/L を下回ることが多く、水中ポンプの数を増やして DO の向上に努めたが、6 月 11 日に酸素欠乏状態となり 310 個体が斃死した。キジハタの事例では、DO が 2.0 mg/L 以下まで低下しても死亡することはなく（山本・森田, 2017）、

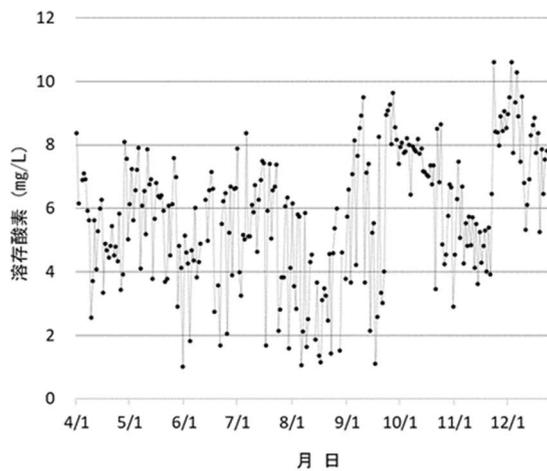


図4 養殖期間における DO の推移

ヤイトハタの養殖においても DO が 2.0mg/L 以下の低酸素環境で死亡した事例は 1 度だけであった。底棲性のハタ類は DO が低下した環境に対して遊泳性の魚類に比べて耐性が高いといえる。しかし、DO の低下は養殖魚の成長不足や餌食いの低下等の影響を与えるので（山本・森田， 2017），DO の低下を防ぐ有効な対策が必要である。給餌を行った翌日の水槽の状況から推察される事例として、低い DO の環境で給餌すると、養殖魚が一旦摂餌した配合飼料を後で吐き出していると疑われる事例が頻繁にみられた。その結果、DO の更なる低下に繋がり、DO 低下の悪循環状態に陥って酸素の欠乏に至ると推察される。給餌の際、後で吐き出す摂餌であるかを見極めることは困難であるため、低酸素状態にならないように DO の動向に留意し、過食を避ける等配慮して飼育することが重要と考えられる。

養殖期間における生残数と飼育密度の推移を図 5 に示す。

生残数は、形態異常個体及び密度調整のため飼育魚を順次間

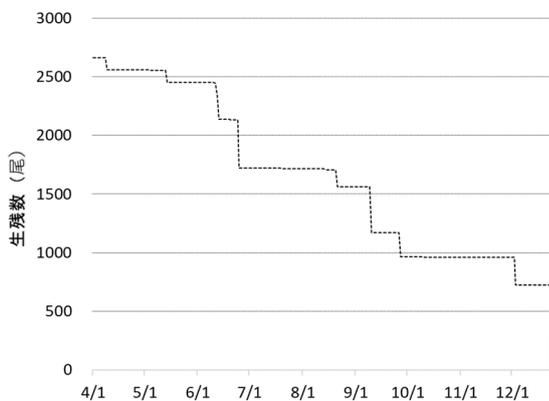


図5 養殖期間における生産数の推移

引いたため断続的に減少している。間引きの実施日と間引き個体数は、4月8日100尾、5月13日100尾、6月24日408尾、8月20日146尾、9月9日391尾、9月26日207尾、12月2日239尾、12月23日722尾で、総数は2,313尾となった。ただし、6月11日310尾の減少は酸欠死によるものである。また、この間の水槽からの飛び出し死亡魚は40個体であった。

飼育密度の値として、5月12日の測定値である平均体重1,673g（平均体長476mm）を基に算出した。飼育密度と水温及びDOの推移を比較すると、飼育密度40kg/kL、水温30℃を下回る10月以降には、DOが4.0mg/L以下に急激に低下する頻度は減少した。水温低下により飽和溶存酸素量は増加し、水温と密度の低下に伴い養殖魚の酸素消費量が減少したためである。飼育密度を下げれば酸素欠乏による死亡のリスクも低減するが、循環養殖水槽の高密度養殖の特性を有効に活用できない。循環養殖水槽による養殖においては、DOを低下させない飼育管理が重要となる。そのためには、酸素供給手法の改善と夏期の高水温対策が必要である。酸素供給手法では、ユニホースを用いた養殖水槽への曝気を取り入れ、ベンチュリー管を増加する等の改善が可能である。夏期の高水温対策では、地下浸透海水を用いた熱交換システムを導入して養殖水温を下げる対策が有効と考えられる。

文 献

鯨島翔太, 城間一仁, 善平綾乃, 木村基文, 上田美加代, 2018: 養殖現場におけるヤイトハタの形態異常魚の出現率. 平成30年度普及に移す技術, 沖縄県農林水産部, 91-92.
 城間一仁, 木村基文, 山内岬, 2020: 低コスト型循環式種苗生産・陸上養殖技術開発事業 (概要). 平成30年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書29, 33-34.
 山内岬, 2017: 硬質塩化ビニル (PVC) 樹脂製気液混合器の作製方法と処理能力. 平成29年度普及に移す技術, 沖縄県農林水産部.
 山本義久, 森田哲男, 2017: 循環式陸上養殖, 緑書房, 東京 94-95.