

## 半閉鎖循環式陸上水槽を用いたヤイトハタの飼育 (環境制御型循環式生物生産技術開発事業)

岩井憲司\*

沖縄県におけるヤイトハタの種苗生産は、1997年(平成9年)に量産が始まり、1998年(平成10年)より海面養殖が行われている。沖縄県栽培漁業センターは、本県のヤイトハタ種苗の供給施設として、2006年(平成18年)より種苗生産事業を実施しており、養殖用種苗の需要に応じている。ヤイトハタは海面の生簀で養殖されることが多いが、その底棲性の生態に着目して陸上水槽で高密度飼育を行う技術開発が実施された(金城ほか, 2006, 2007; 中村ほか, 2007, 2008; 金城ほか; 2008, 2009, 2010)。陸上水槽による飼育は、海面飼育と比べ台風による被害を受けにくく、銅イオン等を用いて水槽管理の対策を講じることが出来る一方、飼育用海水を大量に確保する必要があるため経費が高くなる課題が残る。そこで、飼育用海水の使用量を削減して高密度の陸上飼育を可能にする技術開発に取り組んだ。(独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研と共同で試作製作した、飼育水槽と生物ろ過水槽及び泡沫分離装置により構成する半閉鎖循環式陸上飼育システムを用いてヤイトハタの飼育試験を実施した。(中村ほか, 2013; 城間ほか, 2020)。

一方、ヤイトハタの循環式種苗生産システムとして、飼育水槽とろ過沈殿槽の間に飼育水を循環させることで、飼育水の環境を安定しつつ種苗生産を行う技術が開発された(木村ほか 2017)。循環式の種苗生産は、従来の掛流式の種苗生産に比べて経費を抑えることが可能で、当センターにおいても、その技術を用いた種苗生産を実施し実績を重ねている(木村ほか, 2020; 山内ほか, 2020)。この循環式種苗生産システムと前途した半閉鎖循環式陸上飼育システムの成果を用いて、2020年度(令和2年度)にセンターの既存施設に配管改修を行い、環境制御型循環式生物生産システムの設備を整備した(沖縄県栽培漁業センター業務報告書掲載予定 2022)。環境制御型循環式生物生産システムでは、防疫性と清浄性を備えた生産システムにより健苗性の高い種苗供給を行う計画である。また、種苗生産から中間育成を経て種苗配付まで一貫して循環式の飼育を行う。

今回、施設整備に先立ち循環式によるヤイトハタ種苗の中

間育成期間の状況を調査するため、飼育試験を実施した。なお、飼育に使用した施設は、前進事業「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)」において整備した実用化規模の半閉鎖循環式陸上養殖システムを用いた。

### 材料及び方法

飼育水槽の概要を図1に示す。昨年度ヤイトハタ養殖に使用した50kL円形コンクリート水槽を用いた(岩井, 2021)。循環システムの基本的な構造は変わらないが、いくつかの点を改良した。飼育水の溶存酸素(DO)低下を軽減するため、水槽内壁下部の半周に沿ってユニホースを設置し常時曝気を行った。更に、酸素濃度の高い微細気泡を供給するペンチュリー菅(山内, 2017)を5基設置し、必要に応じて稼働する数を調整した。ペンチュリー菅への圧送は自吸式ポンプ1基(200V, 0.75kW)より行った。ろ過水槽のバッキレターによって発生する泡沫と懸濁物を水面から効率よく排水させるため、ろ過水槽を仕切るフィルターと排水管を設置した。排水の水位レベルを調節できるように、排水管の先端は伸縮継手を用いた。また、昨年度用いた固液分離槽は、除去効果が低いため今回は使用しなかった。

飼育は2019年12月28日から2021年2月26日までの426日間行った。飼育に用いたヤイトハタ種苗は、2019年4月29日に産卵し当センターの循環式種苗生産方法で生産された群で、飼育開始時における平均体長は158.2mm(SD:15.7)平均体重は72.6g(SD:20.5)であった。収容した数は1,910尾である。飼育魚の成長は、無作為に取り上げた50尾の全長と体重を定期的に測定して求めた。測定頻度は、飼育開始から最初の2ヵ月間は1ヵ月毎、その後は2ヵ月毎とした。測定時に形態異常魚の確認も行った。

餌料はマダイEPメジャー飼料(日清丸紅飼料株式会社)を使用した。自動給餌機(餌やり名人: 福仲電機(株))を水槽の側に設置し、一日数回に分けて毎日給餌した。給餌する量は1日あたり飼育総重量の0.5~2.0%の量を目安とし、随

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

時調整した。飼育状況によっては、手まきで給餌しつつ飼育魚を観察した。自動給餌機の周辺にテトロンネットと塩ビパイ

プで作成したシェルターを4基吊り下げて設置した。

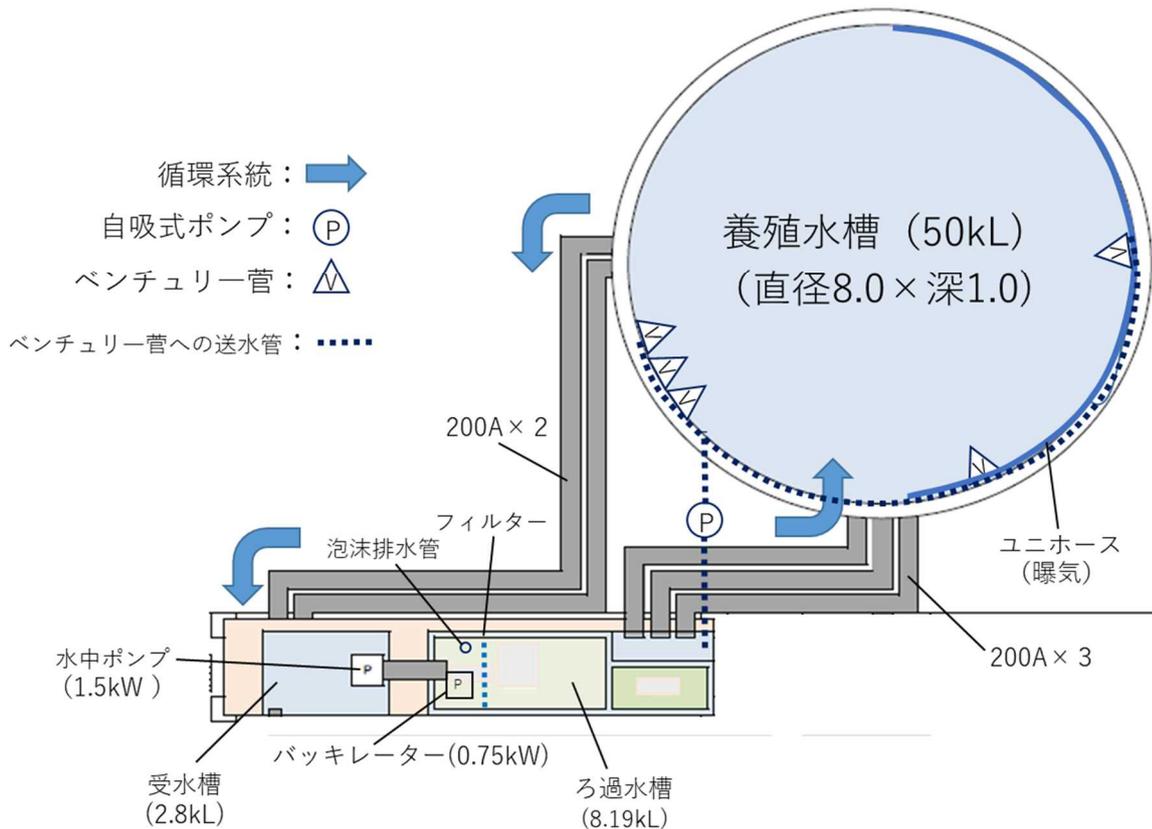


図1 循環システムの概要

ろ材は、昨年度に引き続きポリロピレン製のバイオフロンティア（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。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）にろ材を充填して使用した。飼育期間中、汚れがろ材に堆積して詰りが酷くなったため、2020年8月4日と9月11日の2回に分けてろ材を新しく交換した。新しいろ材は、牡蠣殻（原ガラ）を用いた。メンテナンスの作業性を考慮し、ろ材はプラスチック製のコンテナ（500×350×300mm）に小分けしてろ過水槽に設置した。牡蠣殻は日干しにした後、約3か月前より塩化アンモニウムを添加した海水（塩化アンモニウム45g/海水1kL）で養生させて用いた。塩化アンモニウムは、約2週間毎の頻度で添加した。

飼育水槽の循環率（ろ過水槽を経由する流量の割合）は、飼育に伴って約8回転/日から順次増やし、飼育終了の段階で約22回転/日とした。飼育水槽の換水率（新しい海水を注水する量の割合）は0.1~0.2回転/日を基本として砂ろ過海水を注水したが、水槽の状況によっては0.3~0.4回転/日

に増加させた。

水槽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）にて飼育水中に吊りした銅棒に電流を流し、水中の銅イオン濃度が100~200ppb程度の範囲になるよう維持した。

飼育水の水温、DO、pH、塩分については、マルチ水質計（HQ40d：HACH社）及びpHメーター（HM-30R：東亜ディケーター（株））を用いて毎朝測定した。

2020年1月22日から4月22日までの期間と2021年1月18日から2月12日までの期間、ボイラーによる飼育水の加温を行った。

### 結果及び考察

飼育期間における水温の推移を図2に示す。水温は17.3~32.0℃の範囲で推移した。6月中旬から8月まで30℃を超える日が多く、2021年1月上旬は冷え込みが厳しく20℃を下回る日が続いた。ボイラーを使用した期間は、水温が落ち込む頻度は減り、比較的水温は安定した。

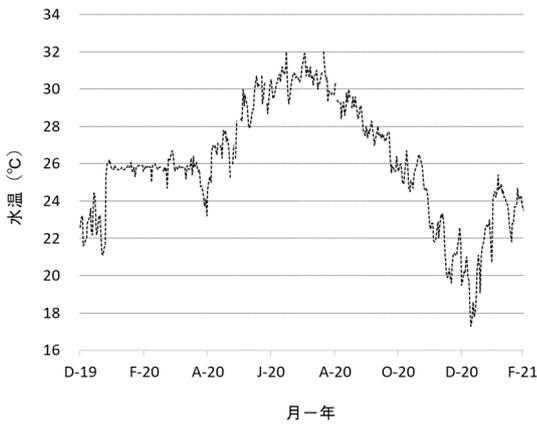


図2 飼育期間における水温の推移

飼育期間における DO の推移を図3に示す。DOは3.35～10.14mg/Lの範囲で推移し、4.0mg/Lを下回る日も数回程度で、酸欠による斃死個体はなかった。飼育水の pHの値は6.60～8.54の範囲であった。

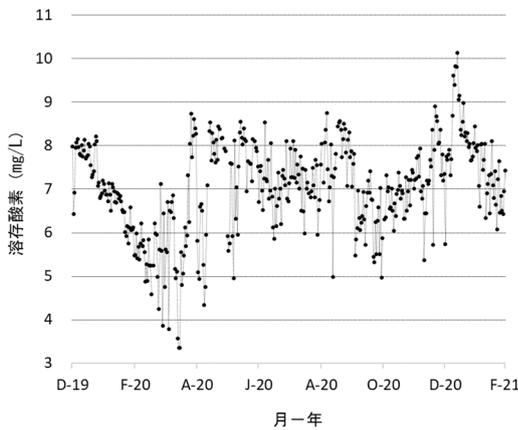


図3 飼育期間における DO の推移

飼育期間における飼育魚の平均体長と平均体重の推移を図4に示す。飼育終了時の平均体長は407.5mm (SD:36.1), 平均体重は1,127.9g (SD:311.1)で、飼育密度は42.5kg/kLとなった。また、飼育期間の増肉係数は1.20, 飼料転換効率は83.25であった。飼育期間中の斃死個体24尾で、生残率は98.7%であった。平均体重が1kgに達したのは飼育を開始して約1年後(363日)、産卵から約1年8ヵ月(日齢608)であった。

9回実施した測定の際に確認された形態異常魚の総数は7尾で、出現率は1.6%であった。形態異常のタイプは、前湾症と短軀症であった(鮫島ほか, 2018)。飼育の後半期間になると飼育魚の成長差が目立つようになり、数は少ないが極端に痩せた魚が散見されるようになった。飼育終了時の測定で肥満度は15.5となり、はじめて16を下回った。

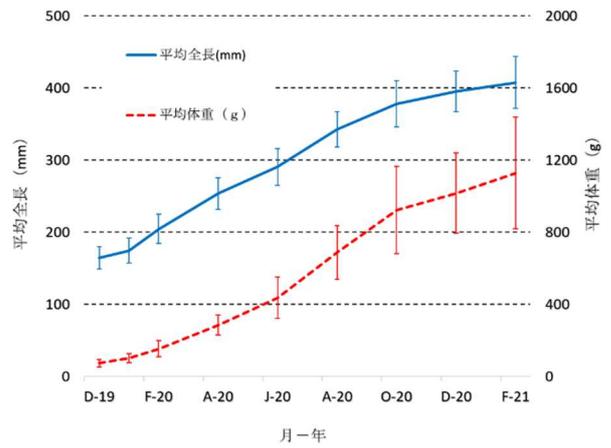


図4 飼育期間における平均体長と平均体重の推移

今回の飼育では DO が急落する頻度も少なく、設備の大きなトラブルも発生せず順調に飼育を行えた。これまで実施されてきた陸上水槽による高密度飼育試験と比べて、今回の飼育における終了時の飼育密度が42.5kg/kLと比較的低い密度環境であったことと、ユニホースによる曝気とペンチュリー菅の増設が DO の低下防止に貢献したためと考えられる。

自動給餌機を用いることで給餌の頻度と量を任意に設定できるようになり、給餌に係る作業が軽減し、飼育魚の状況に合わせた給餌が可能となった。陸上水槽の飼育で自動給餌機を活用することは、作業性と効率性において有効な手段と言える。

今回の飼育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、その換水率は0.1～0.2回転/日を基本とした。これまで完全閉鎖式のシステムで高密度のヤイトハタを陸上水槽で飼育した事例はなく、高密度下では少なくとも1回転/日以上以上の換水率が必要である。今回の換水率は0.1～0.2回転/日と低めに維持できたが、飼育を継続し飼育密度が増加した場合は、換水率を上げる必要が生じるだろう。

飼育期間中の成長は、飼育開始後約1年(産卵から約1年8ヵ月)で平均体重が1kgに達し、概ね良好であった。成長が停滞する低温時期にボイラーによる加温を行ったことが、成長を伸ばせた一因であるとする。飼育期間中、池替えや飼育魚の選別は行わず、同じ水槽で飼育を継続した。その結果、飼育魚の成長差が顕著になり、飼育終了時に肥満度が16を下回った。飼育魚の成長差や偏りを軽減するためには、定期的に飼育魚の選別を行いサイズ毎の群に分けることが必要である。

今回、半閉鎖循環式陸上水槽を用いてヤイトハタ種苗(平

均体長 158.2mm, 平均体重は 72.6g) 1,910 尾を 426 日間飼育した結果, 生残率は 98.7%で, 平均体長 407.5mm, 平均体重 1,127.9g に成長した。自動給餌機の活用で作業の軽減化を図ることができ, 飼育密度が 42.5kg/kL であれば 0.1~0.2 回転/日程度の換水率で飼育出来ることが分かった。システムの大きなトラブルはなかったものの, 循環ポンプの停止, 自動給餌機の不具合, 酸素チューブの閉塞, 停電等が発生しており, 日々の水槽管理が疎かになれば飼育魚に大きな影響を与えることとなるので, 飼育者はその危険性を常に頭に留めておく必要がある。

## 参考文献

- 岩井憲司, 2021: 半閉鎖循環式陸上水槽を用いたヤイトハタの養殖. 平成 31 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書 30, 53-55.
- 金城清昭, 伊差川哲, 野甫英芳, 2006: ヤイトハタの高密度養殖試験-I (ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業). 平成 16 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 124-131.
- 金城清昭, 伊差川哲, 野甫英芳, 2007: ヤイトハタの高密度養殖試験-II (ヤイトハタ等ブランド化推進技術開発事業). 平成 17 年度沖縄県水産試験場事業報告書, 126-136.
- 金城清昭, 仲盛 淳, 鳩間用一, 井上 顕, 福田将 数, 杵山恵子, 仲原英盛, 村本世利朝, 立津政吉, 2008: ヤイトハタ陸上高密度養殖の実用化試験. 平成 18 年度沖縄県栽培漁業センター事業 報告書, 52-55.
- 金城清昭, 仲盛 淳, 鳩間用一, 安井理奈, 岩井憲司, 松久保晃作, 仲原英盛, 立津政吉, 小濱健徳, 2009: ヤイトハタ陸上高密度養殖の実用化試験-II. 平成 19 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, 50-53.
- 金城清昭, 仲盛 淳, 甲斐哲也, 鳩間用一, 安井理奈, 岩井憲司, 仲原英盛, 立津政吉, 小濱健徳, 2010: ヤイトハタ陸上高密度養殖の実用化試験-III. 平成 20 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書, 55-59.
- 木村基文, 山内岬, 岸本和雄, 2017: ナンクロロプシス培養水槽を濾過沈殿槽として利用したヤイトハタの循環式種苗生産. 平成 27 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 76, 126-134.
- 木村基文, 上田美加代, 鮫島翔太, 中村勇次, 勝俣亜生, 2020: 2015 年のヤイトハタ種苗生産と二次飼育. 平成 27 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書 26, 34-36.
- 中村博幸, 知名真智子, 末吉 誠, 須永順平, 2007: ヤイトハタの高密度養殖試験-III (海面養殖推進総合対策事業). 平成 18 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書, 126-130.
- 中村博幸, 知名真智子, 末吉 誠, 須永純平, 2008: 陸上水槽を使用したヤイトハタの高密度養殖試験 (海面養殖推進総合対策事業). 平成 19 年度沖縄県水産海洋研究センター事業報告書 69, 73-75.
- 中村博幸, 上田美加代, 狩俣洋文, 2013: ヤイトハタの超高密度飼育(養殖ハタ類の国際的産地形成推進事業). 平成 25 年度沖縄県栽培漁業センター事業報告書 24, 38.
- 鮫島翔太, 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.
- 山内岬, 木村基文, 2020: 2018 年のヤイトハタ種苗生産と二次飼育 (栽培漁業センター生産事業). 平成 30 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書 29, 23-27.