

円形水槽における水質改善と生体展示安定化に関する研究

大淀川学習館
技師 濱田 洋輔

大淀川学習館
学習指導員 藤原 章生

【要 約】

本研究では、大淀川学習館（以下、当館とする）サカナのへやに設置している2台の円形水槽の水質改善を行い、展示できる生体の数・種類を増やしつつ、長期的に飼育展示することを目的に、機材及びろ過システムの改善を行いながら、定期的に水質検査を実施し、数値の推移を観察した。結果、水質については、本研究にあたって設定した最低基準値を満たすまで改善するとともに、展示生体の種類を増やすことができた。しかし、目標基準値（水生生物の棲む環境に適した値）までは、水質を改善することはできなかった。今後は、本研究の成果を踏まえ、引き続き水質改善に取り組んでいきたい。

はじめに

当館のサカナのへやでは、平成28年度より2台の円形水槽での生体展示を行っており、現在は日向灘以南の水生生物を展示する水槽「あたたかい海」（以下、円形水槽①とする）、日向灘沖の水生生物を展示する水槽「宮崎の海」（以下、円形水槽②とする）をコンセプトに常設展示を行っている。しかし、機材・ろ材の経年劣化及びろ過システムが十分に機能しておらず、水質の安定及び生体の維持が困難な状況であるが、来館者からは「展示生体数・種類を増やしてほしい」との声を頂いている。

したがって、本研究では、円形水槽2台の機材・ろ過システムを見直し、改善することで、水質改善を図り、展示生体の数・種類を増やしつつ生体展示の安定化を行うことを目的とした。

第一章 研究計画

1-1 研究日程

研究日程は表1の通りである。

表1. 日程表

月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
実施内容	機材・ろ過システムの課題整理・改善計画・機材購入		機材・ろ過システムの改善		水質検査・生体導入				水質検査結果をグラフ化

1-2 研究方法

(1) 機材・ろ過システムの課題と改善

既存の機材・ろ過槽内の構造の課題を踏まえ、機材・ろ過システムを改善することとした。

(2) 水質検査

水質の変化を見るために、円形水槽①、②の水質検査を週に1度行った。測定項目は NO_2^- ⁱ、 NO_3^- ⁱⁱ、 pH ⁱⁱⁱとし、目標基準値、最低基準値、測定用具は表2の通りである。なお、研究を行うにあたり、水槽の水はそのまま使い、必要に応じて最低限の水替えを行うことで対応することとした。

表2. 水質検査時の基準値（最低基準値は測定試薬の基準値、目標基準値は水産用水基準をベースに設定）

項目	NO_2^-	NO_3^-	pH
目標基準値	0.197mg/ℓ以下	31mg/ℓ以下	7.8-8.4
最低基準値	0.8mg/ℓ以下	100mg/ℓ以下	6.8以上
測定用具	亜硝酸測定試薬	簡易水質測定器 (チューブ型)	pH測定シート

※ pH 、 NO_2^- 、 NO_3^- の目標基準値（表2）は、水産用水基準を参考に基準値を設定した。なお、水質の基準に環境基準があるが、人間の健康保護及び生活環境保全を基準としており、水生生物の生育に適した環境かを判断する本研究において水産用水基準を採用した。

(3) 生体導入

水質の状況に応じて、水生生物を飼育する最低基準値に達したら、円形水槽①にはスズメダイの仲間を導入することとした。その理由は、スズメダイの仲間は水質の変化に強く、更に数を多く入れると縄張りをつくりにくく、他の生体と混泳しやすい特徴をもつためである。円形水槽②については、容易に手に入り、水質に強く、攻撃性の少ないスジエビモドキをテストフィッシュとして用いることとした。なお、研究を始める段階での展示生体は、円形水槽①は1種2頭（ヒメツバメウオのみ）、円形水槽②は0種0頭である。

第二章 機材・ろ過システムの改善

2-1 水質及び機材・ろ過システムの現状と課題

(1) 水質

令和3年5月時点で、飼育水槽の水質、水替え用海水の水質（表3）を測定した。円形水槽①、②の水質は NO_3^- 、 pH が最低基準値すら満たしていない。 NO_2^- 、 NO_3^- 、 pH が基準値を超えた場合、主に水替えによって水質改善を図るが、水替え用の海水自体が NO_3^- 、 pH の基準値を超えてしまっていることが課題となった。

表3. 円形水槽①、②、水替え用海水の水質（R3.5/9）

項目	NO_2^-	NO_3^-	pH
円形水槽①	0.072	250	6.4
円形水槽②	0.102	250	6.4
水替え用海水	0.042	100	6.8

ⁱ NO_2^- は亜硝酸イオンであり、主にアンモニウムイオンが硝化細菌（亜硝酸菌）に分解されて発生すること。毒性が強い。水産用水基準では、淡水域は亜硝酸態窒素が0.03mg/ℓ以下（亜硝酸イオンは0.098mg/ℓ以下）が望ましいとされている。

ⁱⁱ NO_3^- は硝酸イオンであり、主にアンモニウムイオンや亜硝酸イオンが硝化細菌（硝酸菌）により分解された際に発生する。毒性はアンモニア、亜硝酸より弱い。水産用水基準では、淡水域は硝酸態窒素が9mg/ℓ以下（硝酸イオンは39.8mg/ℓ以下）であることが望ましいとされている。今回使用したパックテストでは、20mg/ℓが注意、40mg/ℓが危険となっていた。

ⁱⁱⁱ pH は水の水素イオン濃度を示す尺度であり、水産用水基準では、海域では7.8-8.4が望ましいとされている。

当館で使用している海水は、委託業者から比較的安価で購入しており、他の委託業者から海水を購入するとなると、コストが掛かるため難しい。また、水替えのために人工海水を作るとなると、円形水槽①、②の合計水量（12000程度）の1/3の4000ℓを水替えの度に作製しなければならないため、現実的ではない。したがって、現在の委託業者は変更せず、機材・ろ過システムを見直すことで水質を改善し、生体を維持する方向で研究を行った。

(2) 機材・ろ過システム

円形水槽①、②の課題はア、イの通りである。写真1、2は令和3年5月時点のろ過槽、機材であるが、構造が見て分かりづらいため、図1、2に示した。物理ろ過をろ過綿で行い、生物ろ過をリング材で行っている。殺菌灯については、円形水槽①の展示生体は、円形水槽②の展示生体よりも病気になるやすい種類が多いため、病原菌や寄生虫（幼生）を除去するために設置している。

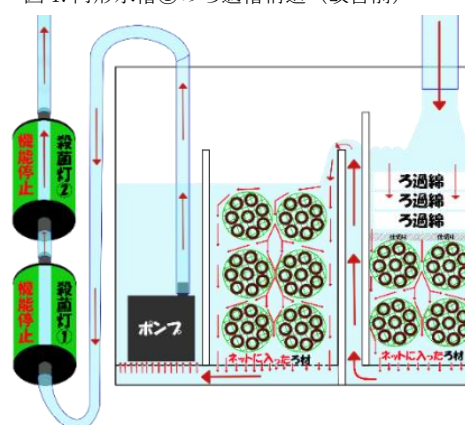
ア 円形水槽①

- ① ろ材がネットの中に入っており、ネットの目にゴミが詰まりやすい（海水がろ材を通らなくなると、バクテリアでのろ過が機能しなくなる。結果、 NO_3^- や NO_2^- が増加し、pHが酸性に傾く）。
- ② 殺菌灯が設置してあるが、劣化により機能していない（展示生体が病気にかかりやすくなる）。

写真1. 円形水槽①のろ過槽（改善前）



図1. 円形水槽①のろ過槽構造（改善前）



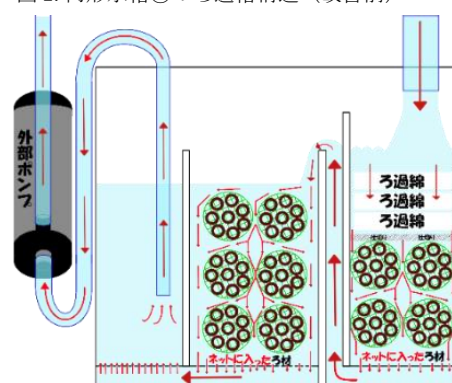
イ 円形水槽②

- ① ろ材がネットの中に入っており、ネットの目にゴミが詰まりやすい（海水がろ材を通らなくなると、バクテリアでのろ過が機能しなくなる。結果、 NO_3^- や NO_2^- が増加し、pHが酸性に傾く）。

写真2. 円形水槽②のろ過槽（改善前）



図2. 円形水槽②のろ過槽構造（改善前）



2-2 機材・ろ過システムの改善

2-1の現状を踏まえ、①亜硝酸値の上昇を防ぐ、②硝酸値を下げる、③pHをアルカリ性に傾けるという課題を解決すべく、機材・ろ過システムを(1)、(2)のようにそれぞれ改善した。

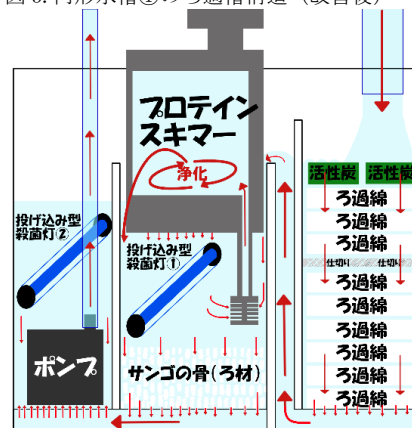
(1) 円形水槽①

- ① 活性炭と、ろ過綿の層を厚めに設置（物理ろ過を強化し、より汚れを吸着できる）。
- ② ろ材をサンゴの骨に変更し、ネットに入れずに設置した（サンゴの骨は生物ろ過機能を補うだけでなく、骨が溶けて出た炭酸イオンが水素イオンと結合し、水質の酸性化を防ぐ）。
- ③ プロテインスキマーを設置（生体の糞尿が NO_2^- や NO_3^- に分解される前に、タンパク質の状態で除去することができる）。
- ④ 投げ込み殺菌灯を2つ設置（生体の病気を未然に防ぐ）。

写真 3. 円形水槽①のろ過槽（改善後）



図 3. 円形水槽①のろ過槽構造（改善後）



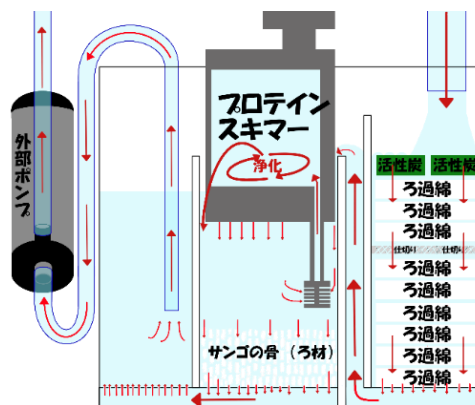
(2) 円形水槽②

- ① 活性炭と、ろ過綿の層を厚めに設置（物理ろ過を強化し、より汚れを吸着できる）。
- ② ろ材をサンゴの骨に変更し、ネットに入れずに設置（サンゴの骨は生物ろ過機能を補うだけでなく、骨が溶けて出た炭酸イオンが水素イオンと結合し、水質の酸性化を防ぐ）。
- ③ プロテインスキマーを設置（生体の糞尿が NO_2^- や NO_3^- に分解される前に、タンパク質の状態で除去することができる）。

写真 4. 円形水槽②のろ過槽（改善後）



図 4. 円形水槽②のろ過槽構造（改善後）



第三章 水質検査

水質の安定化を図るべく、8月から12月まで水質検査を行った。8月9日が機材・ろ過システムを変更する前の値であり、8月11日より機材・ろ過システムを改善した後の経過を(1)(2)に示した。

(1) 円形水槽①

表 4. 円形水槽①の NO_2^- の推移



8月9日をスタートとし、8月11日より機材・ろ過システムを改善した。8月17日に水質が最低基準値を満たしたため、後日8月31日にスズメダイの仲間を13頭導入した。その後、9月5日には新生体(6cm、13cm、15cm程度の海水魚)を3頭導入して様子を見た。

NO_2^- については、9月15日にプロテインスキマーが不具合により停止して値が上がったが、その後は0.2mg/l以下で落ち着いている(表4)。

NO_3^- については、飼育水の初期値が250mg/lだったが、機材・ろ過システムの改善後、50mg/l以下を記録する日もあった。しかし、目標基準値の31mg/l以下にはならなかった(表5)。

pHは、 NO_3^- が31mg/l以上含まれていることもあり、目標基準値を満たすことはできなかったが、7.2まで数値をあげることができた(表6)。

表 5. 円形水槽①の NO_3^- の推移

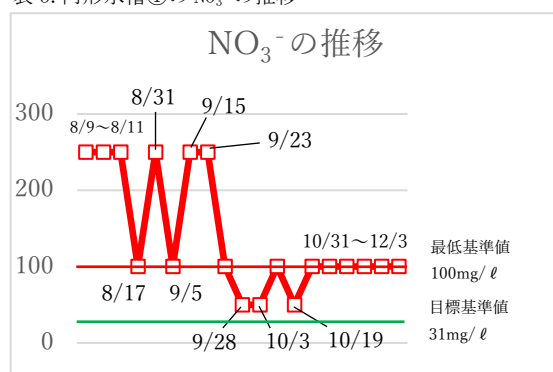


表 6. 円形水槽①の pH の推移

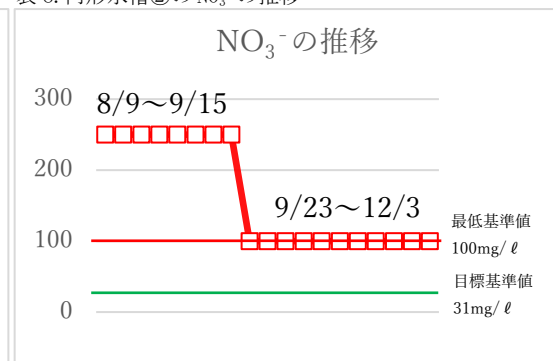


(2) 円形水槽②

表 7. 円形水槽②の NO_2^- の推移



表 8. 円形水槽②の NO_3^- の推移



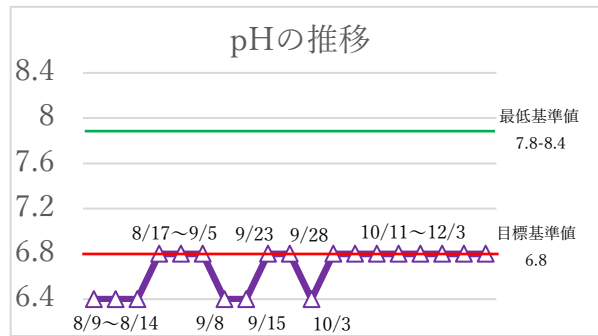
8月9日をスタートとし、8月14日より機材・ろ過システムを改善した。8月17日より水質が最低基準値を満たしたため、スジエビモドキを20頭導入した。その後、8月31日には追加でギンユゴイ、ギンポの仲間を計13頭導入して様子を見た。

NO_2^- については、9月15日にプロテインスキマーが不具合により停止して値が上がったが、その後は0.2mg/l以下で落ち着いている（前頁表7）。

NO_3^- については、水槽の初期値が250mg/lだったが、機材・ろ過システムの改善後は、最終的に100mg/lで安定した。しかし、目標基準値の31mg/l以下になることはなかった（前頁表8）。

pHは、 NO_3^- が31mg/l以上含まれていることもあり、目標基準値を満たすことはできず、pHも6.8まで上がったものの、酸性寄りの値が続いた（表9）。

表9. 円形水槽②のpHの推移



おわりに

今回の研究で、 NO_2^- や NO_3^- の数値を下げ、pHを少しアルカリ性側に傾けることはできたが、目標基準値を満たすことはできなかった。もし目標基準値を目指す場合は、水槽を立ち上げる段階で低い値を記録する海水を使用することが望ましい。

展示生体の種類・数については、円形水槽①（写真5）が1種2頭から7種20頭（すべて魚類）、円形水槽②（写真6）が0種0頭から5種17頭（4種15頭は魚類、1種2頭は甲殻類）の展示に成功した。水の透明度も増し、展示生体も大型化したため、来館者からは「綺麗になった」、「見ごたえがある」との声を頂いている。今後も長期的に生体を飼育展示し、来館者の要望に応えられるような水槽を目指しつつ、業務に励みたい。

写真5. 円形水槽①(R3. 12/15)



写真6. 円形水槽②(R3. 12/15)



引用文献・参考文献・参考資料リスト

- 1) 島津製作所 濃度換算表, <https://www.an.shimadzu.co.jp> (参照日: 2021. 8. 9)
- 2) 神畑養魚株式会社, https://www.kamihata.co.jp/kaido/k_0201.html (参照日: 2021. 7. 21)
- 3) アクアハーミット 海水魚の混泳, <https://www.aquahermit.com/marintankmate> (参照日: 2021. 8. 11)
- 4) アクアリウム情報サイト「トピカ」 海水魚の混泳, <https://tropica.jp/2018/12/24/post-25204/> (参照日: 2021. 8. 9)
- 5) 株式会社日本総合科学 HP 日本水産資源保護協会「水産用水基準」(2018年版)平成30年, https://www.ntsc.co.jp/guidelines/guideline_06.html (参照日: 2021. 8. 9)
- 6) 高橋正征, 『水産用水基準』, 公益社団法人日本水産資源保護協会, 2005