

海水魚飼育水槽における閉鎖循環式水処理システムの実証試験

大成建設株式会社 正会員 〇川又 睦, 日下 潤

横浜 MM 研究所 森 正人

長岡技術科学大学 古川 斐人, 中村 明靖, 山口 隆司

1. はじめに

内陸型水族館の水処理の基本は、飼育水中の懸濁物質 (SS)、排泄物や残渣由来の有害成分であるアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) をろ過装置により除去し、その処理水を循環して再利用することである。

現状は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は砂ろ過槽 (硝化菌) 等により処理して亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) や硝酸態窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) に変換・除去している (硝化処理)。しかしながら、砂ろ過槽は容積が大きく重量もあることからコンパクトな装置が求められている。

一方、一般に水族館ではこの硝化処理では除去されない有害成分である $\text{NO}_2^-\text{-N}$ や $\text{NO}_3^-\text{-N}$ を含む飼育水の 5~10% を毎日排水し、同量の新鮮海水を補給して対処している (希釈処理)。したがって、ランニングコストや環境負荷を低減するためにはこの飼育廃水を処理して循環再利用することが必須である。

本研究では、上記 2 つの課題を解決するために新たに開発した脱窒および硝化システムの閉鎖循環式水処理システムとしての性能を評価したので報告する。

2. 目的

本研究では海水魚の飼育水槽において、まずグラニュール担体を用いる USB (Upflow Sludge Blanket) を利用して開発した生物学的脱窒システムの長期性能を検証し、その後スポンジ担体を用いる DHS (Down-flow Hanging Sponge) を利用して開発した硝化システムの導入と短期性能を検証することを目的とした。

3. 方法

3.1 脱窒システム (USB 型) の実証試験

本実証試験では、種々検討した結果¹⁾に基づき、砂ろ過槽 (硝化槽, 200L 容)、殺菌・脱色装置 (低オゾン発生)、温度制御装置 (25°C) が付属している飼育水槽 (3,000L 海水) にグラニュール (約 15L) を充填した USB 型脱窒槽 (30L 容) を設置した (図-1, 写真-1)。飼育水槽中の魚体密度 (熱帯魚) は約 1 kg/m^3 とし、給餌量は乾燥重量で約 10g/日とした。脱窒槽へは砂ろ過槽から飼育水を直接流入させるとともに、脱窒反応に必要な電子供与体として酢酸ナトリウムを用いて C/N 比=3 で供給した。なお、脱窒槽の水理学的滞留時間 (HRT) は 2.5h (処理量: 300L/日) で、水槽内の pH は塩酸により 8.0 に自動制御し、連続運転 (2010 年 10 月~2014 年 3 月) を行った。

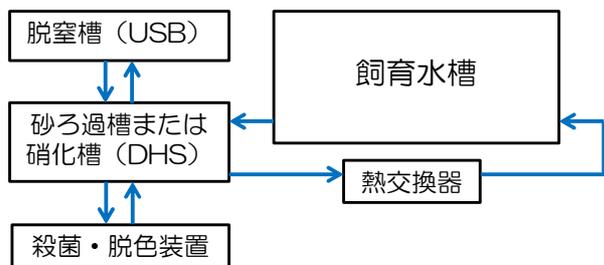


図-1 システムフロー



写真-1 USB 型脱窒槽

キーワード 水族館, 脱窒, USB, グラニュール, DHS, 閉鎖循環式

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7226

3.2 硝化システム (DHS 型) の実証試験

本実証試験では、種々検討した結果²⁾に基づき、脱窒槽を設置した同じ水槽に砂ろ過槽 (200L 容) の代替として DHS 型硝化槽 (28L 容, スポンジ量: 約 14L, スポンジ大きさ: $\phi 33 \text{ mm} \times 33 \text{ mm}$) を適用し 2013 年 7 月から実験を開始した (図-1, 写真-2)。最初は DHS 型硝化槽 2 台と砂ろ過槽を併用し、徐々にろ過材の砂を取り除き、実験開始 4 か月後より DHS 型硝化槽は 1 台のみの運転とした。なお、餌料由来の SS を考慮して物理ろ過槽 ($50 \mu\text{m}$ フィルター) を DHS 槽の後段に設置した。運転条件としては、飼育水全量 (3,000L/h) が 1 時間で DHS 型硝化槽を通過する流量とした (HRT: 0.01~0.02h)。

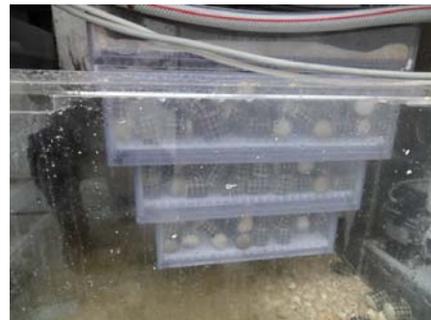


写真-2 DHS 型硝化槽

3.3 水質分析

水質分析は、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の経時変化を把握するために、脱窒槽の前後 (入口, 出口)、硝化槽の前後 (入口=飼育水, 出口) を分析した。測定には簡易吸光分析法 (HACH) による分析, ならびに高精度分析法をとしてイオンクロマトグラフィーによる分析の 2 つの分析法を併用した。その他、全有機炭素 (TOC)、酸化還元電位 (ORP)、リン酸態リン ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、塩濃度 (%), pH, 水温等をモニタリングした。

4. 結果および考察

4.1 脱窒性能評価

本脱窒システムは 2010 年 10 月から導入した。導入前は、約 2 か月間で $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は約 30 mg-N/L にまで上昇した。しかしながら、本システム設置後は脱窒性能が顕著に発現され、窒素除去率は約 90%であった。

脱窒槽の前後 (入口, 出口) の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ について直近 1 年間の推移を図-2 に示す。図-2 に示したように、このシステムを適用することで、水槽飼育水の $\text{NO}_3^-\text{-N}$ が数 mg-N/L まで減少して安定することが分かった。

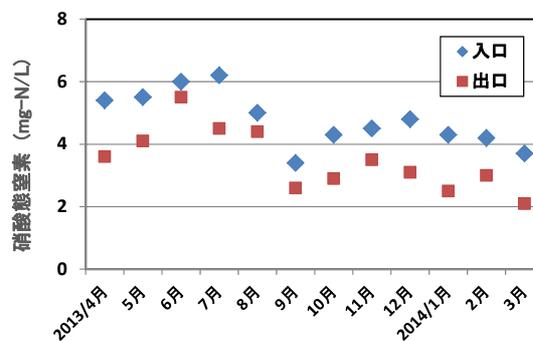


図-2 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) の推移

飼育水中の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ および $\text{NO}_2^-\text{-N}$ は各々概ね 0.01 mg-N/L 以下であった。また、TOC は $2.2 \sim 25 \text{ mg-C/L}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ は $2.3 \sim 5.1 \text{ mg-C/L}$ であった。なお、脱窒処理水の ORP は $-300 \sim -400 \text{ mV}$ の範囲で変動したが、脱窒菌の活性に必要な嫌気条件は維持していた。

4.2 硝化性能評価

砂ろ過槽に代わり DHS 型硝化槽 (2 台稼動: 2013 年 7 月~10 月, 1 台稼動: 2013 年 11 月~) を導入した後の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は 0.01 mg-N/L 以下であった。このことから短期間 (8 か月間) ではあるが、DHS 型硝化槽が砂ろ過槽と同等の硝化性能を有することが分かった。DHS 型硝化槽の容量および重量は砂ろ過槽の約 1/10 となり、装置のコンパクト化を達成することができた。

5. まとめ

本研究では開発した脱窒システムと硝化システムを海水魚飼育水槽に適用し、それぞれの性能を検証した。また、これらのシステムが生物に影響を及ぼさないことを確認した。ここに閉鎖循環式水処理システムを構築することができた。脱窒システムについては実際の水族館にもすでに導入済で現在も稼働している。硝化システムについては今後も実験を継続して長期的な性能を検証する予定である。

参考文献

- 1) 川又睦ら: 水族館水処理における脱窒システムの開発, 大成建設技術センター報, 44, pp53.1-53.7, 2011.
- 2) 古川斐文ら: 海洋生物飼育水を対象とした新規補給水低減循環システムの性能評価, 土木学会第 68 回年次講演会, pp131-132, 2013.