

海水魚の飼育水槽における脱窒システムの実証実験

大成建設（株）	技術センター	正会員	○川又 睦
	エンジニアリング本部		森 正人
長岡技術科学大学			濱口威真
		正会員	山口隆司

1. はじめに

時代が求める水族館のあり方を追及し、来館者および経営者の双方に喜ばれる水族館を提供するのが、水族館プロジェクトに携わる者の責務である。そのキーワードは、「集客力のある展示」と「事業費の低減」であり、本稿は後者に寄与する水族館水処理設備のランニングコスト低減技術に関するものである。水族館の水処理技術において、海水の補給量および廃水量の削減技術は経済的かつ環境負荷低減の観点から、飼育水中の窒素成分を除去する脱窒システムは重要な技術となる。しかしながら、この脱窒システムは養殖や水族館の水処理技術においていまだ十分に確立されていないのが現状である。

本稿では、エプソン品川アクアスタジアムのバックヤード水槽に脱窒システムを導入して実証実験をしたのでその結果について報告する。

2. 目 的

海水魚飼育水の処理設備のランニングコストを低減するための一方策として補給水の低減は重要である。そのためには海水を排水せずに循環して再利用する必要がある。飼育水中の生物に悪影響を及ぼす硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）を効率良く除去することが課題となる。水族館設備では通常砂ろ過等により硝化処理はすでに効率良く行われているが、蓄積した硝酸を除去する脱窒処理はほとんど行われていない。

本研究では微生物（脱窒菌）を利用した脱窒システムの研究開発の一環として実際に海水魚を飼育している水槽にプロトタイプの脱窒システムを導入してその性能を実証することを目的とした。

3. 方 法

3.1 実験条件の設定

本研究では、すでに実験室内における人工海水を用いた予備実験（2～6 L 規模のカラム、400 L 規模の水槽を用いた脱窒実験）結果¹⁻⁶⁾を参考にして最適実験条件を設定した。図-1 に示すように、水槽（1 m^3 ）に対し、脱窒菌（グラニュール）を投入した脱窒槽（10 L）を併設し、1 日あたり魚体重の約 1%（約 10 g）の餌を与え、約 2 か月間の連続運転を行った。実験に供した飼育水中の初期 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は約 20 mg-N/L であった。そこで脱窒処理目標として最終 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を 5 mg-N/L 以下に設定した。この値は海水魚の水環境としては非常に良好な環境である。供試魚には脱窒菌の生育適温を考慮してタカサゴを選定し、投入量は約 1 kg / m^3 （約 250 g × 4 尾）とした。なお、実験中の飼育水は水温 25℃、pH8.0 に調節した。

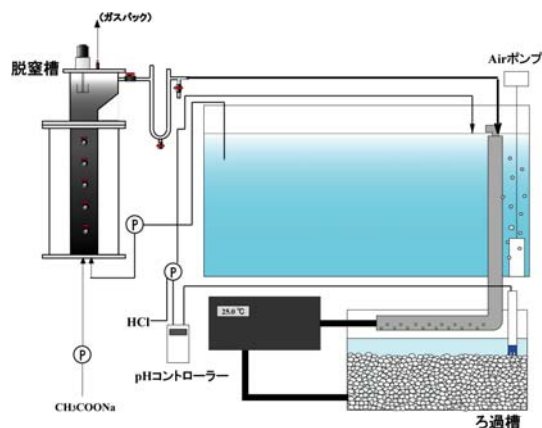


図-1 実験装置

3.2 脱窒の処理条件

脱窒槽（10 L）には予め海水で馴養した脱窒菌グラニュールを充填した。事前検討結果¹⁻⁶⁾より、水理学的滞留時間（HRT）は 2.5 時間とし、一日あたり飼育水量（1 m^3 ）の 9.6% を処理した。また、電子供与体として酢酸ナトリウムを使用し、炭素と窒素の比率（C/N）は 3 に調整した。

キーワード 水族館、水処理、硝酸態窒素、脱窒菌、グラニュール、酢酸ナトリウム

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

3.3 水質分析

$\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を把握するために、脱窒処理水（脱窒槽出口）および飼育水中（脱窒槽入口）の $\text{NO}_3\text{-N}$ 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としてイオンクロマトグラフィー（HPLC）による分析の2つの分析法を併用した。その他、アンモニア態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）、亜硝酸態窒素（ $\text{NO}_2\text{-N}$ ）、酸化還元電位（ORP）、溶存酸素（DO）、塩濃度（%）、pH、水温を測定した。

3.4 脱窒菌の菌相解析^{1, 4-6)}

菌相解析は実験開始時（0日目）および終了時（58日目）に脱窒槽からサンプリングした汚泥よりDNAを抽出してバクテリアを標的とした菌相解析により優占種の特定を試みた。

4. 結果および考察

$\text{NO}_3\text{-N}$ の経日変化を図-2に示す。飼育水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の初期濃度は 20mg-N/L であったが徐々に減少し、 2.1mg-N/L まで減少した。したがって、目標値である 5mg-N/L 以下の水質を達成することができた。この結果から、脱窒は実験開始直後から機能していることが分かり、窒素除去率は95%以上であった。なお、飼育水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}$ は各々 0.01mg-N/L 以下であった。

飼育水の水温（ 25°C ）、pH（8.0）、塩濃度（3.3%）に大きな変化はなかった。DOは 6mg/L 以上であった。脱窒処理水のORPは $-278 \pm 44\text{mV}$ で脱窒菌の活性に必要な嫌気条件を維持できていた。また、遺伝子解析により、複数の脱窒菌が検出され、その中でも酢酸を利用する *Thauera* 属が優占していることが分かった^{1, 4-6)}。さらに複数の脱窒菌の優占率は、実験開始時には28%であったが、実験終了時（58日目）には70%まで増大していた。

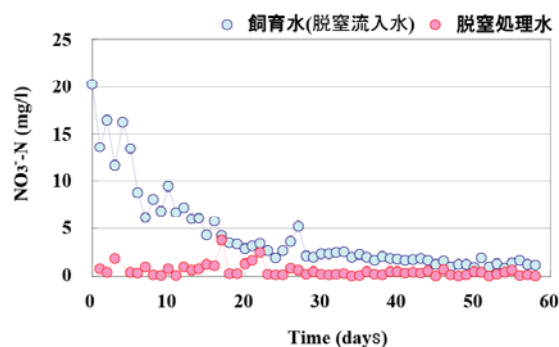


図-2 硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の推移

5. まとめ

供試魚は2か月間順調に成育を続け、脱窒システムの導入により実験開始時に約 20mg-N/L あった飼育水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ を 2.1mg-N/L まで低減・維持することができた。本システムの脱窒性能を検証することができた。

謝 辞

本実証実験はエプソン品川アクアスタジアムのバックヤード水槽にて実施した。その際、供試魚の飼育や給餌に関してはエプソン品川アクアスタジアムの三浦晴彦氏、水野晋吉氏ならびに坪井邦生氏に多大なご協力をいただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 倉部美彩子ら：高濃度塩分含有廃水を対象とした脱窒リアクターにおける連続処理実験，第44回日本水環境学会年会，p269，2010。
- 2) 濱口威真ら：固定床硝化脱窒プロセスにおける高塩分条件下での廃水処理特性，第44回日本水環境学会年会，p87，2010。
- 3) 小野心也ら：高塩分濃度含有廃水からの生物学的窒素除去，第44回日本水環境学会年会，p268，2010。
- 4) 小野心也ら：海洋水族館における高塩分濃度含有廃水からの生物学的窒素除去技術の開発，第65回土木学会年次学術講演会，pp101-102，2010。
- 5) 濱口威真ら：高濃度塩分環境下における生物学的脱窒システムの開発，第65回土木学会年次学術講演会，pp103-104，2010。
- 6) 濱口威真ら：海洋生物飼育水を対象とした循環型窒素除去システムの開発，環境工学研究論文集，47，pp297-303，2010。