

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

長岡技術科学大学 学生会員 ○(学)小野心也 (学)浜口威真 (正)山口隆司 (正)川上 周司 (正)高橋 優信
大成建設株式会社 (正)川又 睦 森 正人 長岡工業高等専門学校 (正)荒木信夫

1. はじめに

従来、海洋水族館における飼育水からの窒素除去方法は、新鮮な海水による入替や希釈が一般的である。その水量は莫大であり、例えば希釈による維持管理には1日あたり全水量の5~10%の希釈水が要求される。そのため希釈水量の低減が可能な、更には希釈が不要な窒素除去技術の開発が求められている。希釈水量を低減することは、飼育水温度維持のための熱交換エネルギーの低減、海水の取水・運搬費用や入替後の廃水処理費用の削減に繋がり、極めて経済的でおかつ二酸化炭素排出量の削減も可能となる。

そこで本研究では、飼育水である高濃度塩分含有廃水からの連続的な生物学的窒素除去を目的とし、硝化 DHS (Down-flow Hanging Sponge) 槽と脱窒 UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) 槽を飼育水槽に組み合わせた完全循環型(無希釈型)の窒素除去システムを開発した。実験では、飼育水の窒素態濃度を塩化アンモニウム添加により作成した人工海水をシステムに連続供給させ、硝化および脱窒特性を調査し、開発システムの適用可能性について検討した。

2. 実験方法

2.1 実験装置

図1は実験装置の概要図を示す。実験装置は、水生生物の飼育を想定した水槽 200 L、脱窒 UASB 槽 10 L および硝化 DHS 槽 34 L(スポンジ容積 18 L)で構成した。処理フローについて、水槽内の飼育水は硝化 DHS 槽、脱窒 UASB 槽に平行で流入させた。硝化 DHS 槽の処理水は再度水槽内に返送した。脱窒 UASB 槽の処理水は残存有機物の除去・DO(溶存酸素濃度)の回復・SS(浮遊物質)のトラップを図り硝化 DHS 槽へ流入させた。植種汚泥として、硝化 DHS 槽には活性汚泥を用い、脱窒 UASB 槽には塩濃度 3.0%の人工海水で馴

養した脱窒汚泥とメタン発酵グラニューール汚泥、産業廃水処理汚泥の混合汚泥を用いた。

表1は、運転条件を示す。運転 RUN は、1~5 段階とし、HRT(水理的滞留時間)や水槽の曝気条件を変更して行った。硝化 DHS 槽の HRT は、0.09 hr(そのときの水槽の HRT は 1hr)に設定した。脱窒 UASB 槽の HRT は、処理水量増加による水槽内の硝酸態窒素濃度の低下を狙い 5.0 hr(処理水量 48 L/日)から段階的に短縮させた。水槽内の DO 供給はエアレーションポンプを用いて曝気を行った。RUN 3,4 の曝気条件は、硝化 DHS 槽単独での硝化性能と酸素供給能の確認を目的としている。なお、運転温度は 25℃に制御した。

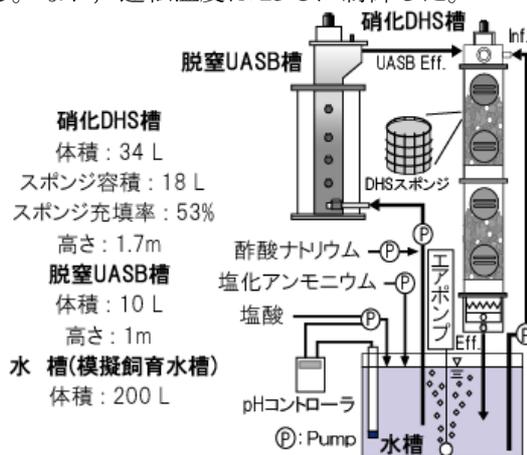


図1 実験装置
表1 運転条件

RUN	1	2	3	4	5
日数(日)	1-33	34-69	70-80	81-84	85-113
HRT (処理水量)	DHS 0.09 hr (4800 L/日)				
	UASB 5.0 hr (48 L/日)	2.5 hr (96 L/日)	1.2 hr (200 L/日)		
曝気	有り		無し		有り

2.2 基質組成

飼育水の塩濃度は、海水の塩濃度を想定し 3.0%に調整した。また、アンモニア態窒素濃度は、魚体 3 kg/m³ から発生するアンモニア態窒素の相当量を想定した塩化アンモニウム負荷 1.24mg-N/L/日とした。水槽内の pH は、塩酸を用いて 8.0 となるように調整をした。脱

キーワード 窒素除去, 硝化・脱窒, UASB, DHS, 塩分含有廃水

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系

水圏土壌環境制御工学研究室 TEL 0258-47-1611(内線 6646) E-mail:slin0622@yahoo.co.jp

室 UASB 槽における脱窒反応に必要な電子供与体には酢酸ナトリウム(C/N=3.0)を用いた。

2.3 菌叢解析

菌叢解析は脱窒 UASB 槽内から採泥した RUN 2 汚泥(運転 60 日目)について, greengenes の BLAST 解析を行い槽内細菌群の優占種を特定した。

3. 実験結果

3.1 硝化 DHS 槽の硝化性能

図 2 (A)は, 飼育水中のアンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素濃度の経日変化を示す。飼育水のアンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素の平均濃度は, それぞれ $0.1 (\pm 0.3)$ mg-N/L, $0.02 (\pm 0.02)$ mg-N/L であり, それら窒素態の飼育水中への顕著な蓄積は確認されなかった。

飼育水の DO については, 曝気状態であった RUN 1,2,5 と無曝気状態であった RUN 3,4 では, 共に $7.4 (\pm 0.2)$ mg/L となり差は見られなかった。RUN 3,4 のアンモニア態窒素濃度については, RUN 変更直後の 70 日目に水槽内のアンモニア態窒素濃度が 2.1 mg-N/L となった。アンモニア態窒素濃度が上昇した理由は, 脱窒 UASB 槽処理水から 4.4 mg-N/L のアンモニア態窒素が検出されたためだと考えられる。それ以降のアンモニア態窒素濃度は $0.1 \sim 0.2$ mg-N/L となった。RUN 3,4 の水槽内の亜硝酸態窒素濃度は, $0.00 \sim 0.02$ mg-N/L となり亜硝酸態窒素の蓄積は確認されなかった。

3.2 脱窒 UASB 槽の脱窒性能

図 2 (B)は飼育水中の硝酸態窒素濃度の経日変化を示す。脱窒性能評価は, 脱窒 UASB 槽が流入窒素態の 95%を脱窒する場合の各 HRT 条件における硝酸態窒素の理論収束濃度を求めて, 実濃度との比較を行った。

まず, RUN 1(HRT 5 hr)の理論収束濃度は, 硝酸態窒素濃度が 5.4 mg-N/L となる。33 日目に飼育水の硝酸態窒素濃度は, 4.4 mg-N/L となり理論収束濃度以下まで低下した。

RUN 2,3 (HRT 2.5 hr)の理論収束濃度は, 硝酸態窒素濃度が 2.7 mg-N/L となる。80 日目の飼育水の硝酸態窒素濃度は 1.8 mg-N/L となり理論収束濃度以下まで低下した。

RUN 4,5(HRT 1.2 hr)は, 処理水量の増加に伴い水槽内の DO が脱窒 UASB 槽に多く供給された。そのため有機物が酸素によって消費され脱窒 UASB 槽の ORP が上昇した。そこで, 実験開始 94 日目(RUN 5)から酸

素消費分の有機物を考慮し, 有機物添加量を C/N=5.0 とした。RUN 4,5(HRT 1.2 hr)では硝酸態窒素濃度が 1.3 mg-N/L となる。103 日目に飼育水に硝酸態窒素の蓄積が確認されなくなった(検出限界 0.1 mg-N/L)。各 RUN における理論収束濃度以下の低下は硝化 DHS 槽のスポンジ内部が嫌気的環境になっておりスポンジ内部で脱窒反応が生じたためだと考えられる。

3.3 菌叢解析結果

脱窒 UASB 槽内の菌叢解析の結果, *Proteobacteria* 門に属する細菌が全体の 62%を占めていた。脱窒細菌は β -*proteobacteria* 綱の *Thaera* 属が 20%と最も多く存在し, γ -*proteobacteria* 綱の *Marinobacter* 属, *Pseudomonas* 属がそれぞれ 2%, 1%存在していた。酢酸資化性脱窒細菌として知られる *Thauera* 属は好塩性細菌ではないが, 細菌が塩分環境に順応できたことや, 脱窒 UASB 槽が汚泥を高濃度に保持することが可能なため良好な性能が得られたのだと考えられる。

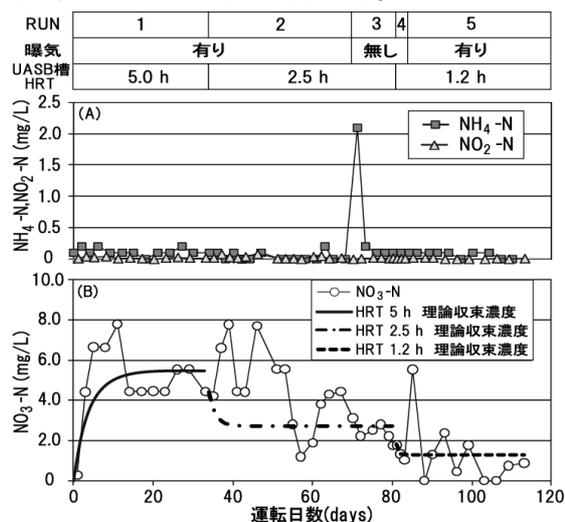


図 2 窒素濃度の経日変化

(A)アンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素 (B)硝酸態窒素
4. まとめ

- (1)水槽内におけるアンモニア態窒素, 亜硝酸態窒素の平均濃度はそれぞれ $0.1 (\pm 0.3)$ mg-N/L, $0.02 (\pm 0.02)$ mg-N/L であり, DHS 槽を硝化槽として用いることができた。
- (2)脱窒 UASB 槽において硝酸態窒素の除去が可能であり, HRT を 1.2 hr まで短縮することができた。また, 脱窒 UASB 槽内には酢酸資化性脱窒細菌として知られている *Thauera* 属が全体の 20%を占めていた。
- (3)硝化 DHS 槽と脱窒 UASB 槽により海水程度(塩濃度 3%)の塩分含有条件下での窒素成分の除去が可能であった。