

## 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

長岡技術科学大学大学院 ○(学)濱口威真, (正)高橋優信, (正)川上周司, (正)山口隆司  
 サンコーコンサルタント株式会社 倉部美彩子  
 長岡工業高等専門学校 (正)荒木信夫  
 大成建設株式会社 森 正人, (正)川又 睦

### 1.はじめに

水族館において水生生物(魚類, 無脊椎動物等)の生育環境である水槽内の水質管理は最も重要である。特に、水槽内では、排泄物や残餌から発生する窒素成分が水生生物にとって有害となるため管理が必要となる。水槽内に蓄積する窒素態の多くは、既存のろ過装置において硝化が生じるため硝酸態窒素の形態で存在する。水質維持には、新鮮な海水交換による希釈が多く行われており、1日あたり全水量の5~10%という莫大な水量が必要となる。希釈水の削減可能な水処理システムの開発は、海水代の低減とともに温度調整のための熱交換エネルギーの削減も期待できることから、維持管理コストの削減可能な方法として求められている。

そこで、本研究では、飼育水中に蓄積する硝酸態窒素の除去を目的とした生物学的脱窒システムの開発を行った。実験は、上向流嫌気性汚泥床(UASB)型の脱窒リアクターに硝酸態窒素を塩分環境下で連続供給させ、HRT短縮に伴う硝酸態窒素除去性能の評価を行った。また、保持汚泥の微生物菌叢解析により脱窒に関する微生物の調査を行った。

### 2.実験方法

#### 2.1 脱窒リアクター

図1は脱窒リアクターの概要図を示す。脱窒リアクターは、上向流嫌気性汚泥床(UASB)法とし、容積2L、高さ1mの円柱状カラムを用いた。植種汚泥は、海水の塩分濃度3%の環境下で馴養した脱窒汚泥と塩分に馴養されていない下水および糖蜜の中温メタン発酵グラニューール汚泥との混合汚泥を用いた。

#### 2.2 連続処理実験

高塩分含有廃水は、海洋水族館における飼育水を想定し、人工海水および硝酸ナトリウムを用い、塩濃度

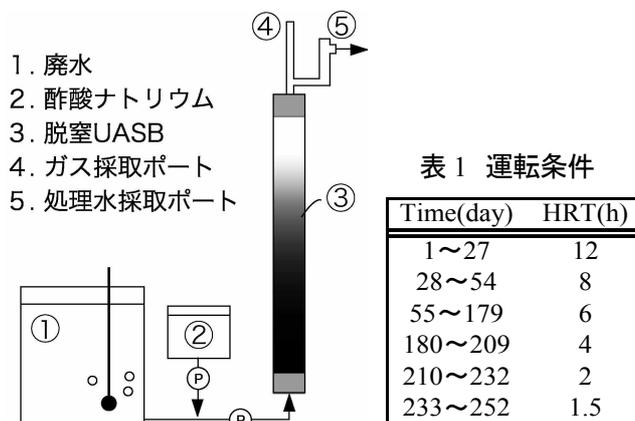


図1 脱窒リアクターの概要図

3%, 硝酸態窒素濃度 40 mg-N/L となるよう調整した。また、水槽内には、溶存酸素濃度(DO)が6 mg/L以上となるようエアレーションを行った。脱窒反応に必要な電子供与体には酢酸ナトリウムを用い、gC/gN=3となるようにポンプにて添加した。

水質分析方法は、pHおよび酸化還元電位(ORP)にガラス電極法(HM-30R, TOA RM-12 P), DOには蛍光法(HACH HQ30d)を使用した。また、硝酸態窒素(カドミウム還元法)および亜硝酸態窒素(ジアゾ化法)には紫外線吸光度分析計(HACH製 DR2000)を使用した。

表1に運転条件を示す。脱窒汚泥の馴養には、基質の塩濃度を段階的に1%ずつ上昇させ、約1ヶ月を要した。HRTは、汚泥の馴養後、12時間から1.5時間まで段階的に短縮した。また、カラム内の設定温度は25℃とした。

#### 2.3 菌叢解析

本リアクター内に存在する細菌群の優占種を評価するために、運転77日目および230日目にリアクター下部より採取した汚泥サンプルに対して、16S rRNA遺伝子を標的としたクローニングを行った(Primer EUB 338f/UNIV 1500r)。クローニングによって得られ

キーワード 窒素除去, 高塩分, UASB

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

水圏土壌環境制御研究室 TEL 0258-47-1611(内線 6646) E-mail:thama@stn.nagaokaku.ac.jp

たクローンは, greengenes の BLAST 解析を用いて近縁種の特定期および分類を行った

### 3.実験結果および考察

#### 3.1 連続処理実験

図2は運転条件と窒素濃度の経日変化を示す。全期間における処理水の酸化還元電位(ORP)の平均値は  $-350 \pm 86 \text{ mV}$ , 溶存酸素濃度(DO)の平均値は  $0.4 \pm 0.2 \text{ mg/L}$  であった(Fig.2 (a))。また, 生成ガス中に占める窒素ガスの割合は, 全試験期間の平均で  $97 \pm 1\%$  であった。このことから, リアクター内において, 脱窒が生じる無酸素および嫌気的環境を維持していたことが示唆された。

処理水における硝酸態窒素濃度は, システム安定時に  $0 \sim 3 \text{ mg-N/L}$  (除去率  $90\%$  以上) を達成した。硝酸態窒素は, HRT の変更直後や有機物添加ポンプに不調のあった運転 62~69 日目, 218~223 日目において上昇し, 脱窒反応の中間代謝物である亜硝酸態窒素の蓄積を確認した(Fig.2 (b),(c))。これは, 電子供与体の不足により脱窒反応が十分に進行しなかったことが考えられる。しかし, 運転の継続により処理水中の硝酸態窒素濃度は低下し, 亜硝酸態窒素の蓄積も確認されなくなった。本運転では, HRT 2 時間において処理水の硝酸態窒素除去率平均  $99 \pm 1\%$  (平均  $0.5 \pm 0.6 \text{ mgN/L}$ ) を達成した。

#### 3.2 菌叢解析

図3は門レベルでの菌叢解析結果を示す。運転 77 日目に最も多く存在したのは *Proteobacteria* 門に近縁な細菌で, そのうち *Betaproteobacteria* 綱に属する *Thauera* 属と *Gammaproteobacteria* 綱に属する *Marinobacter* 属が最も多く存在することを確認した。 *Thauera* 属は酢酸資化性脱窒細菌, *Marinobacter* 属は海洋性(好塩性)脱窒細菌である。それぞれが全体に占める割合は,  $22\%$ ,  $5\%$  であり, 全体の  $27\%$  を脱窒菌が優先していた。

運転 230 日目に行った菌叢解析においては, 海洋性である *Marinobacter* 属が優占するものと考えられたが, *Marinobacter* 属の存在は確認できなかった。230 日目において脱窒菌と見られる細菌は *Thauera* 属のみであり, 全体の  $70\%$  を占めていた。本実験において, 全菌叢に占める耐塩性および好塩性と見られる細菌の割合は  $78\%$  であった。菌叢解析の結果, 塩分環境に適応した脱窒細菌が優占していることを確認でき, 脱窒リアクターとして馴養が進んでいたことが推察された。

### 4.結論

本研究において得られた知見を以下に示す。

- 1) システム安定時における硝酸態窒素除去率は,  $90\%$  以上の良好な処理性能を達成した。特に, HRT 2 時間においては, 硝酸態窒素除去率は平均  $99 \pm 1\%$  であった。
  - 2) 運転 77 日目の菌叢は *Thauera* 属および *Marinobacter* 属が優占し, 230 日目には *Thauera* 属が  $70\%$  以上を占めていた。これより, 塩分環境に適応した脱窒細菌が優占していることを確認でき, 脱窒リアクターとして馴養が進んでいたことが推察された。
- 以上の結果より, 本リアクターは海水から硝酸態窒素を除去可能であり, 希釈水の削減可能な脱窒リアクターとして適用可能であることが期待できる。

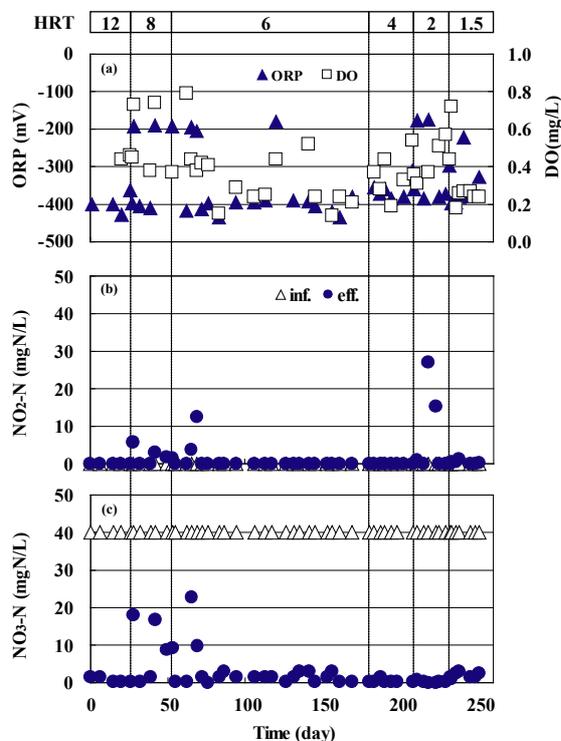


図2 運転状況と窒素濃度の経日変化  
(a)ORP および DO, (b)亜硝酸態窒素濃度  
(c)硝酸態窒素濃度

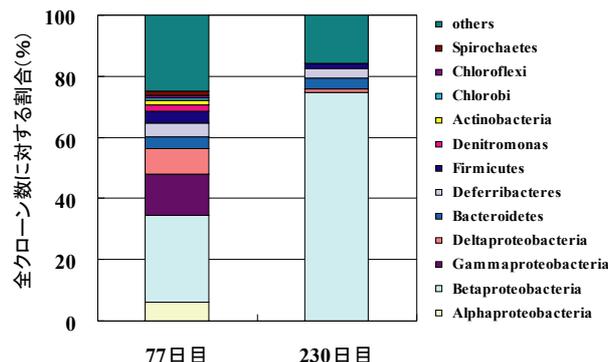


図3 門レベルでの菌叢解析結果