

Anammox を活用する埋立地浸出水の窒素除去

熊本大学工学部 学生会員 宝満 隼人
熊本大学大学院 非会員 Pham Khac Lieu
NET（株） 非会員 小山 登一郎
熊本大学工学部 正会員 古川 憲治

1. はじめに

埋立地浸出水は高濃度のアンモニアを含んでいる。そのまま放流すると水質汚濁や土壤汚染の原因となるため、窒素を除去することが望まれる。代表的な窒素除去プロセスには硝化・脱窒法である硝化液循環硝化脱窒法や A₂O 法があるが、高い T-N 除去率が期待できないのが現状である。またそれらは大量の硝化液循環が必要であるばかりか、硝化槽において大量の酸素供給が必要なためにエネルギーコストが高くなるという欠点がある。それらの欠点を補う新しい処理方法として嫌気性アンモニウム酸化 (Anammox) が注目されている。今回は、この Anammox を利用して窒素除去を行うことにした。Anammox 反応によって窒素除去を行う場合、その前処理として部分亜硝酸化(Partial nitritation)が必要となる。この部分亜硝酸化試験をアクリル繊維性付着固定担体を用いて行った長期安定試験の中でアンモニア酸化細菌と Anammox 菌が共存し一槽でアンモニアを除去できる Single Stage Nitrogen Removal using Anammox and Partial Nitritation(SNAP)法を発見した。

2. 装置及び方法

2.1 実験装置

連続試験を行ったリアクタ全体の模式図を図 1 に示す。リアクタ容量は 5 L で、付着固定化担体にはアクリル繊維製の固定化担体 34g をアルミパイプ枠に伸張して用いた。

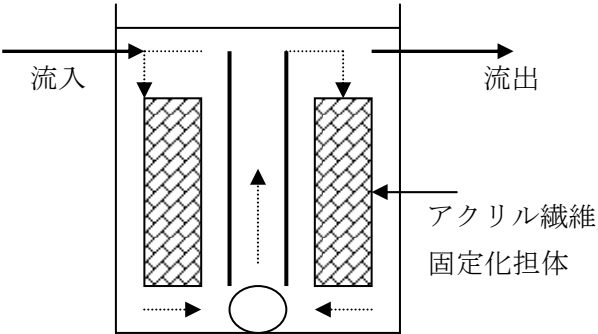


図 1 実験装置模式図

2.2 運転条件

酸素の供給はリアクタ中央底部より 0.5L/min で連続的に供給した。リアクタ内の pH は pH コントローラでリアクタ内水温はサーモスタットを用いてそれぞれ制御した。pH 調整液は NaHCO₃ を 0.5mol/L の濃度で適時自動的に投入した。

2.3 培地

連続亜硝酸化処理実験に用いた流入水培地組成を表 1 に示す。

表 1 培地組成

成分	濃度
NH ₄ Cl	20～500mg NH ₄ -N/L
NaHCO ₃ +KHCO ₃	0.75m mol/L
KH ₂ PO ₄	10mg P/L
CaCl ₂ 7H ₂ O	60mgCa ²⁺ /L
MgSO ₄ 7H ₂ O	30mgMg ²⁺ /L
FeSO ₄ +EDTA	2mgFe ²⁺ /L

3. 理論

3.1 亜硝酸化

亜硝酸化(Nitritation)とは図 2 に示すように硝化過程において亜硝酸酸化細菌の菌数や活性を抑制し NO₃⁻まで酸化させず NO₂⁻を最終生成物として生成することを指す。その利点として一般的な硝化・脱窒法に比べ硝化過程において酸素供給量の約 25%の削減と脱窒過程において必要な電子供与体の投入量を大幅に削減することができる。

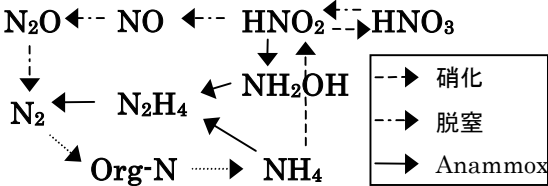
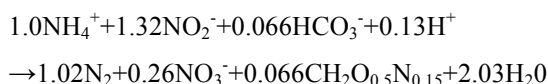


図 2 窒素変換経路

3.2 Anammox (嫌気性アンモニウム酸化)

Anammox は次式に示す NH_4^+ を電子供与体、 NO_2^- を電子受容体とする自栄養の脱窒反応である。



4. 結果及び考察

図 3 に連続実験装置の流入窒素濃度($\text{NH}_4\text{-N}$)及び流出窒素濃度($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$)の経時変化を示す。図 4 に窒素除去率、図 5 に窒素除去速度の経時変化を示す。

実験開始時の $\text{NH}_4\text{-N}$ の流入濃度は 20mg/L 、HRT は 24 時間とし、その後段階的に負荷を上げた。初めは $\text{NH}_4\text{-N}$ のほぼ全量が $\text{NO}_3\text{-N}$ まで酸化されていた。しかし 28 日目に HRT を 12 時間に下げると $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度が低下し $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が上昇した。その後 100 日目あたりから 180 日目にかけて連続的な部分亜硝酸化を達成できたことが図 3 からわかる。180 日目以降窒素除去率、窒素除去速度が上昇した。このころからアクリル繊維性担体に付着した汚泥の内部が赤みを帯びてきた。これはリアクタ内で NH_4^+ と NO_2^- が共存し、付着固定化汚泥内部の無酸素域で Anammox 菌の生息する環境が整ったことに起因する。

今回の実験において、窒素除去率は最大で 85%、窒素除去速度は $0.800\text{kg/m}^3/\text{d}$ を得ることができた。現在も窒素除去率、窒素除去速度が更に高まっており、SNAP 法の優れた窒素除去特性を確認している。

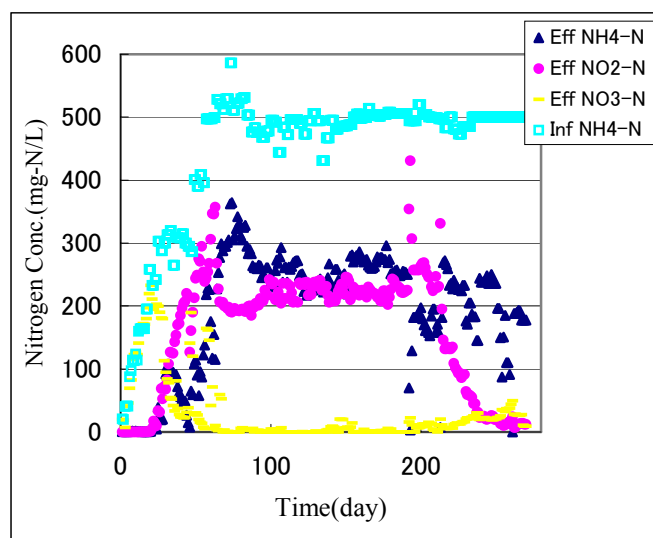


図 3 各態窒素濃度の経時変化

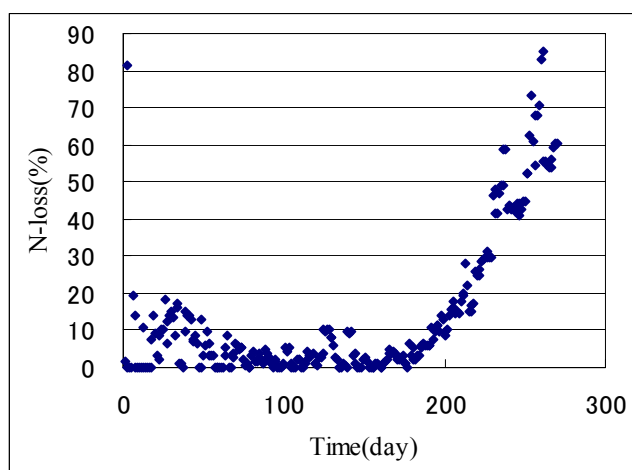


図 4 窒素除去率の経時変化

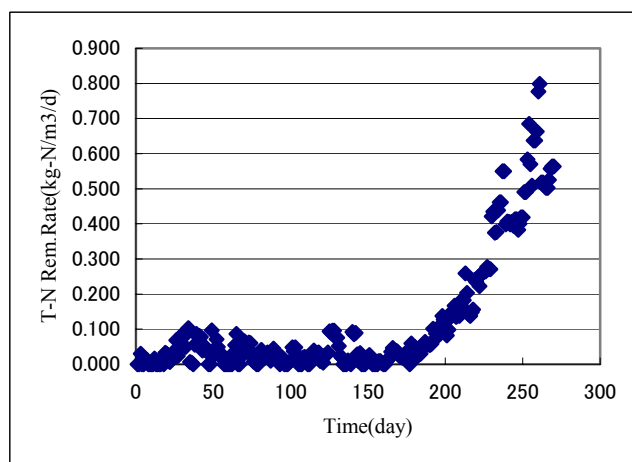


図 5 窒素除去速度の経時変化

5. まとめ

- 1) Anammox に先立つ部分亜硝酸化処理をアクリル繊維性担体を充填したリアクタを用いて、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 容積負荷量 $0.936\text{kg/m}^3/\text{d}$ の条件下で安定して達成できた。
- 2) 運転開始後 180 日後にアンモニア酸化細菌と Anammox 菌の共存する環境が整い SNAP 法が確立できた。
- 3) 確立した SNAP 法で現在までに窒素除去速度は $0.800\text{kg/m}^3/\text{d}$ 、最大窒素除去率 85%を達成することができた。