

都市下水処理場嫌気性消化脱離液への Anammox プロセスの適用

熊本大学工学部 学生会員 金城 弘典

熊本大学大学院自然科学研究科 川久保 祐貴、喬 森、古川 憲治

1. はじめに

近年、東京湾や伊勢湾といった閉鎖性水域ではさまざまな汚濁物質を含む排水による富栄養化やそれに伴う赤潮などの環境問題が生じている。そのような環境汚染の主な原因物質は一般的な排水処理では十分に除去することのできない窒素やリンであり、平成 13 年からの第 5 次総量規制により、COD に加え窒素、リンも規制対象に追加され排出基準の強化が図られている。

現在、高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ を含む排水からの窒素除去法として生物学的硝化・脱窒プロセスが用いられているが、このプロセスはコスト面など多くの問題を抱えている。そのため窒素化合物を適切に除去できる低コスト・低環境負荷の高度処理技術の開発と導入が課題となっている。そこで、近年注目されている窒素除去技術が部分亜硝酸化と Anammox 反応を組み合わせた処理プロセスである。

Anammox プロセスは嫌気性条件化で $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_2\text{-N}$ を基質とし、直接窒素ガスに変換して排水から窒素を除去する方法で、従来の硝化・脱窒法と比べ部分亜硝酸化工程において酸素供給量が少なくすむだけではなく、Anammox 菌が独立栄養細菌であるため Anammox 反応において有機炭素源の添加が必要ないという利点がある。さらに、Anammox 菌の生育速度が遅いため余剰汚泥の発生量が少ないという利点もある。

本研究では、都市下水処理場嫌気性消化脱離液に含まれる高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ に対して、Anammox プロセスを適用することを目的にベンチスケールの実験装置で実験的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

部分亜硝酸化処理には、容積 5.3L の曝気槽を用い、温度を 35℃、pH を 7.5 に制御し運転した。Anammox 処理には、容積 2.6L の上向流カラム型リアクタを用い、リアクタ内部が 30℃程度になるようにウォータージャ

ケットを用いて制御した。また、微生物担体として菊花状に成形したポリエステル製のスポンジ（体積 720cm³）を用いた。図 - 1 に部分亜硝酸化処理、Anammox 処理の実験装置の模式図を示した。

2.2 供試汚泥と供試排水

部分亜硝酸化処理には、アクリル製のフリンジ糸（バイオフリンジ：NET(株)製）を装着した部分亜硝酸化リアクタからはく離させた硝化活性汚泥を汚泥濃度 5.0g-MLSS/L となるよう、リアクタに投入した。また、Anammox 処理には、研究室で培養している Anammox 菌を汚泥濃度 3.0g-MLSS/L となるようにリアクタ内に投入し、スポンジ担体に付着固定化させた。

供試排水には、熊本市 A 下水処理場の嫌気性消化脱離液を用いた。表 - 1 に脱離液の組成を示す。

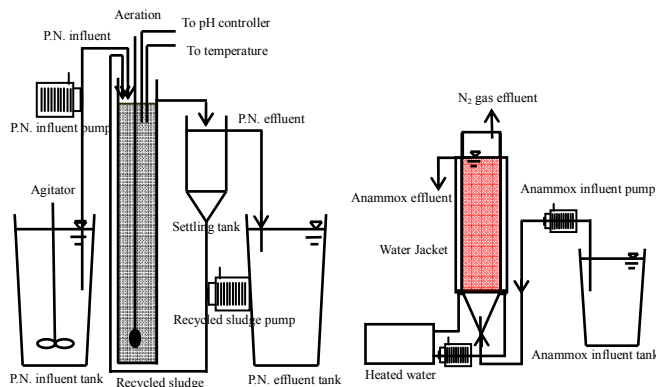


図 - 1 部分亜硝酸化処理、Anammox リアクタの模式図

表 - 1 嫌気性消化脱離液の組成

成分	範囲
$\text{NH}_4\text{-N}$	400~1100 mg/L
$\text{NO}_2\text{-N}$	ND
$\text{NO}_3\text{-N}$	ND
BOD	109~255 mg/L
SS	70 mg/L
pH	7.22~9.38

3. 結果および考察

3.1 部分亜硝酸化処理

10.8L のリアクタを用いて部分亜硝酸化処理を行った以前の研究では温度を 35°C 、pH を 7.5 に制御することによって遊離アンモニア濃度を $0.1\sim 10\text{mg/L}$ の範囲に制御でき、亜硝酸化細菌が抑制され部分亜硝酸化処理が達成された。本研究においても、先に述べた条件でリアクタを運転することによって亜硝酸化細菌のはたらきを抑制することができ、平均窒素負荷 $3.09\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ で安定した部分亜硝酸化処理を行うことができた。また、BOD の平均除去率はおおよそ 50% 程度であった。図 - 2 に各態窒素濃度の経日変化のグラフを示した。

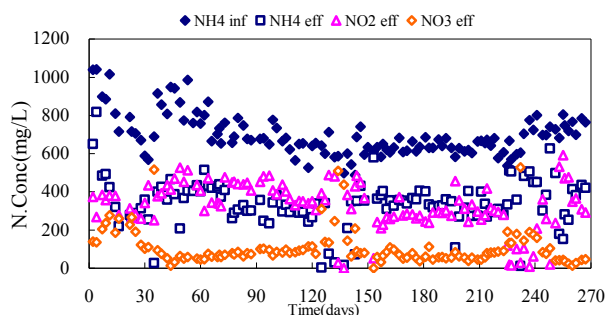


図 - 2 各態窒素濃度の経日変化

3.2 Anammox 処理

本研究では、部分亜硝酸化処理で Anammox 処理に対して良好な流入水を得ることができた 73 日目以降に Anammox 処理の窒素除去能について検討を行った。Anammox 処理においては最初、部分亜硝酸化処理水を 6 倍希釈し、段階的に窒素負荷と濃度を上げていった。122 日目以降は 2~1.2 倍希釈した脱離液の処理となっている。267 日目までに、最大窒素除去率 83%、最大窒素負荷 $3.49\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ 、最大窒素除去速度 $2.57\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ を達成できた。部分亜硝酸化処理での BOD 除去率、SS 除去率はそれぞれおおよそ 50%、60% 程度と高くなかったが、Anammox 処理にはそれほど影響を及ぼさなかった。図 - 3 に T-N 除去率の経日変化を、図 - 4 に窒素除去速度と窒素負荷の経日変化のグラフをそれぞれ示した。

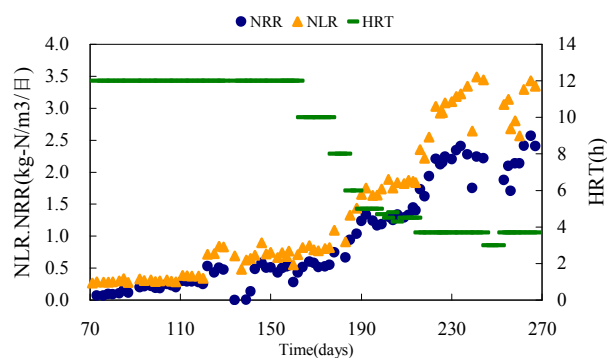


図 - 3 窒素除去速度、窒素負荷、HRT の経日変化

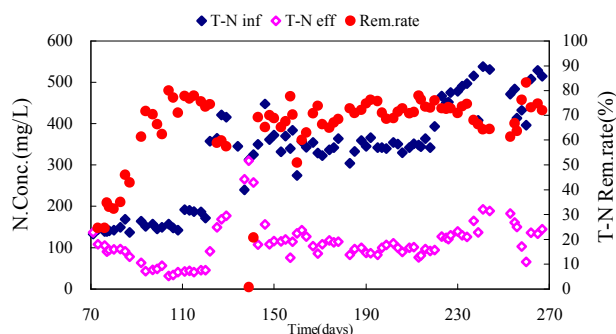


図 - 4 T-N 除去率の経日変化

4. 結論

- ・部分亜硝酸化処理を平均窒素負荷 $3.09\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ で長期間安定して行うことができた。
- ・ $\text{NO}_2\text{-N}/\text{NH}_4\text{-N}$ 比がおおよそ 1.3 の、Anammox 処理への流入水に適した部分亜硝酸化処理水を得ることができた。
- ・Anammox 処理では、最大窒素負荷 $3.49\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ 、最大窒素除去速度 $2.57\text{kg-N/m}^3/\text{d}$ 、平均窒素除去率 65.3%、最大窒素除去率 83.3% を達成することができた。