

SNAP 法を用いた高濃度アンモニア含有排水の窒素除去に関する研究

熊本大学工学部 学生会員 奥田雄太郎

熊本大学大学院 川久保祐貴、喬森、古川憲治

1. はじめに

近年、絶対嫌気性の *anammox* 細菌に想像以上の環境最適能力のあることが明らかとなった。その特性を生かして部分亜硝酸化と *anammox* 反応を一つの槽で行う一槽型アンモニア除去法の開発が進んでいる。これまでに報告された一槽型アンモニア除去法は SBR の *anammox* リアクタに微量の酸素を供給し、アンモニアを除去する CANON(completely autotrophic nitrogen removal over nitrite)⁽¹⁾、硝化活性汚泥を植種とした SBR リアクタを酸素制限条件下で運転し、一槽でアンモニアを除去する OLAND(oxxygen limited autotrophic nitrification-denitrification)⁽²⁾ がある。当研究室では、付着固定化した硝化汚泥内部に *anammox* 菌を形成させアンモニアを一槽で除去する SNAP(single stage nitrogen removal using a*anammox* and partial nitritation)⁽³⁾ を行っている。SNAP 法では付着固定化した硝化活性汚泥の内部に *anammox* 菌の生育条件が創出される。その担体内部から取り出した汚泥の中に *anammox* 菌の存在を確認するとともに、FISH 法で染色した汚泥の共焦点レーザー顕微鏡写真から、汚泥の表層部にアンモニア酸化細菌(AOB)、汚泥内部に *anammox* 菌が棲み分かれていることを確認した。SNAP リアクタによるアンモニアの除去は人工排水ですでに当研究室で検討され、流入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 500mgL^{-1} 、窒素負荷量 $1.0\text{kgm}^{-3}\text{day}^{-1}$ で最大窒素除去速度 $0.83\text{kgm}^{-3}\text{day}^{-1}$ が得られている。

今回この SNAP プロセスを実際の排水処理に適用できるか、都市下水処理場の嫌気性消化脱離液(以下、脱離液と略する)を対象排水とし、SNAP の処理試験を行った。

2. 実験方法

2-1 実験装置

これまでの当研究室での微生物担体を用いての排水処理の研究で、処理温度を 35°C 、槽内 pH を 7.5 に維持することで、亜硝酸酸化細菌(NO_B)の活性を抑

制し、*anammox* 処理に必要な部分亜硝酸化処理が達成できることを明らかにしている。今回の実験ではこの部分亜硝酸化に最適な pH、温度を参考に SNAP リアクタに適用した。今回の実験で用いた SNAP リアクタの模式図を図 1 に示す。リアクタ内部には微生物担体として網目状のアクリル繊維製担体バイオフィクス(BX、NET(株)製)を用いた。これに *anammox* 菌、AOB の順に付着させ生物膜を形成させた。リアクタの容積は 5L で、リアクタ内 DO を

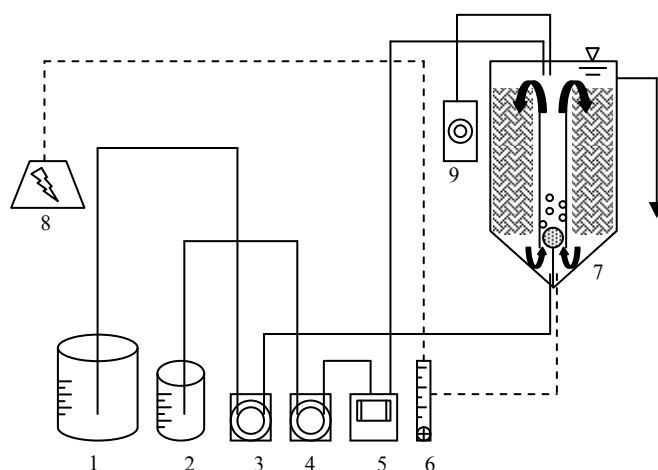


図1 SNAP リアクタの模式図

- (1) 流入水タンク (2) 2M NaHCO_3 溶液 (3) 流入水ポンプ
(4) NaHCO_3 ポンプ (5) pH メーター (6) フローメーター
(7) リアクタ (8) ブロアー (9) ヒーター

表1 嫌気性脱離液の組成

$\text{NH}_4\text{-N}$	600-1100(mg/L)
$\text{NO}_2\text{-N}$	ND
$\text{NO}_3\text{-N}$	ND
BOD	130-170(mg/L)
COD	140-250(mg/L)
pH	7.68-8.59
SS	80-120(mg/L)

2~3mgL⁻¹に保った。生物膜表層ではAOBがDOを消費し、そのため生物膜中層は無酸素ゾーンとなりanammox菌が生育する。対象排水の脱離液には、熊本市下水処理場の嫌気性消化槽からの流出水を遠心分離したものを使用した。脱離液の水質を表1に示す。また脱離液中のSSを除去するため流入ポンプの先端にポリエステル製不織布を装着した。

3 実験結果および考察

3.1 SNAPによる排水処理

人工排水を用いて運転した後、引き続き脱離液を用いて実験を行った。SNAPリアクタによる脱離液の窒素除去挙動を図2に示した。最初の2週間は、原液を流入水として導入し、窒素負荷1kg-Nm⁻³day⁻¹で、平均除去速度0.83kg-Nm⁻³day⁻¹を得た。その後、16日目でNO₂⁻の蓄積250mg-NL⁻¹近く見られSNAPの処理効率が急激に悪化した。50mg/L以上のNO₂⁻はanammox菌に対しては毒性が強いため、原液を10倍希釈し、リアクタの回復に努めた。

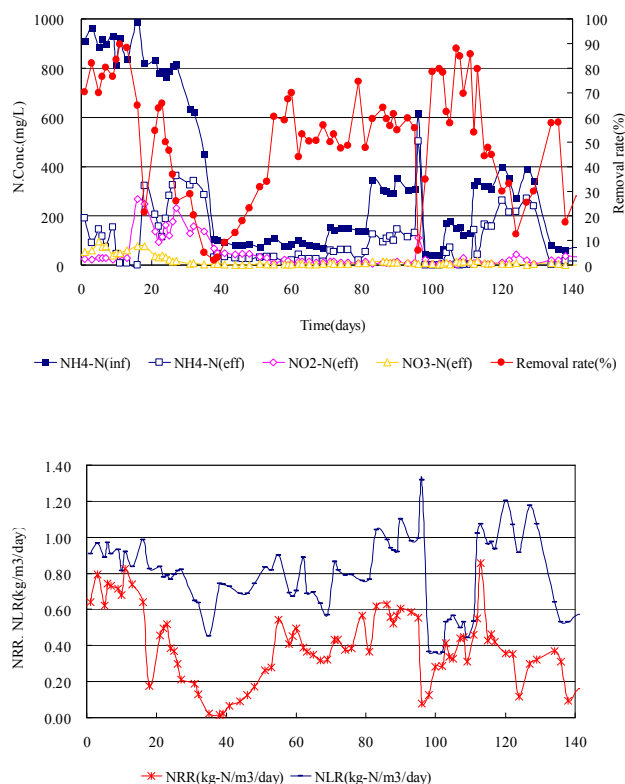


図2 SNAPリアクタによる脱離液の窒素除去

70日目から窒素負荷を少しずつ上げ、83日目に原液2倍希釈で窒素負荷1kg-Nm⁻³day⁻¹、平均除去速度0.6kg-Nm⁻³day⁻¹と安定した窒素除去を確認することができた。その後再び原液を流入水として供給しSNAP処理したが、anammox菌への濃度阻害により、窒素除去率が急激に悪化した。その後も窒素負荷を上げる試みを行ったが、除去率が上がらない状態が続いた。このことから脱離液の流入NH₄⁺-N濃度が300mgL⁻¹付近の高濃度になるとanammox菌の活性が低下し、処理が不安定になることが明らかとなった。

4 まとめ

1. SNAPにより脱離液の窒素除去が可能であることが認められた。実排水導入後、2週間で平均除去率72.7%、最大除去速度0.83kgm⁻³day⁻¹を得た。
2. 原液2倍希釈で窒素負荷1kg-Nm⁻³day⁻¹、平均除去速度0.6kg-Nm⁻³day⁻¹と安定した窒素除去を確認。
3. SNAP処理の低下後、リアクタの回復を図ったが、流入NH₄⁺-N濃度が300mgL⁻¹を超えるとSNAP処理能力が低下した。

5 問題点と今後の課題

今回の実験の結果、SNAPで脱離液の原液を処理するには問題のあることが明らかとなった。人工排水の処理を通してSNAPリアクタ中のanammox菌の活性を十分に高めた後、脱離液の混合比率を段階的に高めることでSNAP法で脱離液からNH₄⁺-N除去できることが十分に可能であると確認できたが、その処理の安定性をいかに高めるかが今後の課題である。加えて、AOBとanammox菌が共存するSNAP汚泥には未だ不透明な部分が多い。このことから、SNAP汚泥独自の最適環境、処理方法なども模索しながら今後の研究につなげたい。

(参考文献)

- (1) Sliemers, A.O. et al.: Wat. Res., 36, 2475-2482 (2002)
- (2) Kuai, L., Verstraete, W.: Appl. Environ. Microbiol., 64, 4500-4506 (1998)
- (3) Lieu, P.: Doctoral Dissertation of Kumamoto University (2006)