

一槽型ハイブリッド窒素除去リアクタの開発

熊本大学工学部 学生会員 早上実花
 熊本大学大学院 非会員 馬永光
 熊本大学大学院 正会員 古川憲治

1. はじめに

現在、アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)を含む排水の窒素除去法として、広く生物学的硝化・脱窒法が用いられている。しかし、この方法は、酸素供給の必要性があるため膨大なエネルギー消費と処理施設拡大の問題を抱えている。そのため、排水中の窒素化合物を低コストで安定して除去できる処理技術の開発が必要とされ、**anammox**(**anaerobic ammonium oxidation**: 嫌気性アンモニア酸化)プロセスが注目されている。この処理法は、生物学的硝化・脱窒プロセスと比較し、酸素供給量の削減が可能なことと有機炭素源の添加が不要なこと等が利点として挙げられる。

さらに、近年では部分亜硝酸化処理と **anammox** 処理を同一槽内で同時に行う一槽型窒素除去法も開発されており、**CANON** 法や **OLAND** 法がその例である。一槽型窒素除去法は、従来の **anammox** プロセスと比較して維持管理の簡易化や処理面積削減の利点があるが、従来の **anammox** プロセスのような高い窒素除去性能は得られていない。

本研究で注目したハイブリッドリアクタとは、一つのリアクタ内に流動床と固定床が存在するリアクタである。当研究室で新たに開発したハイブリッドリアクタでは、攪拌機を用いてリアクタ下部の流動床を機械的に攪拌することでリアクタ内部を均一にすることができる。さらに、リアクタ上部の固定床により汚泥を付着させることで汚泥の流出を防ぐことができるため、リアクタ内の汚泥を高濃度に保持できることが特徴である。このハイブリッドリアクタを **anammox** プロセスに用いた窒素除去実験では、最大窒素除去速度 $20.7 \text{ kg-N/m}^3/\text{day}$ という高い窒素除去性能が得られており、リアクタ構造の優良性が確認されている(特許申請中)。このような特徴を一槽型窒素除去に応用できれば、従来のリアクタと比較してリアクタ内の汚泥を高濃度かつ均一に維持することができ、さらに高い窒素除去性能を得ることができると考えられる。

そこで本研究では、ハイブリッドリアクタを一槽型

窒素除去法に適用した、一槽型ハイブリッド窒素除去リアクタを構築し、その窒素除去特性を評価した。

2. 実験方法

2.1 実験装置

リアクタ模式図を図1に示す。有効容積 7.5 L(流動床 3.0 L、固定床 4.5 L)、内径 60 mm、高さ 600 mm のアクリル製カラム型リアクタを用いた。流動床は、攪拌機を用いて攪拌し、固定床には、微生物担体として、起毛部分及びベース部分が親水性の高いアクリル繊維性パイル織物を、長さ 250 mm、幅 180 mm に成形し、充填した。リアクタ内部の水温は 35°C に設定し、pH は pH コントローラーにより 7.5 となるよう適宜 pH 調整剤($150 \text{ g-Na}_2\text{CO}_3/\text{L}$)を添加することにより制御し運転した。また、汚泥の流出を防ぐ目的で、リアクタの上下 2 箇所に三相分離炉(GSS)を設置した。

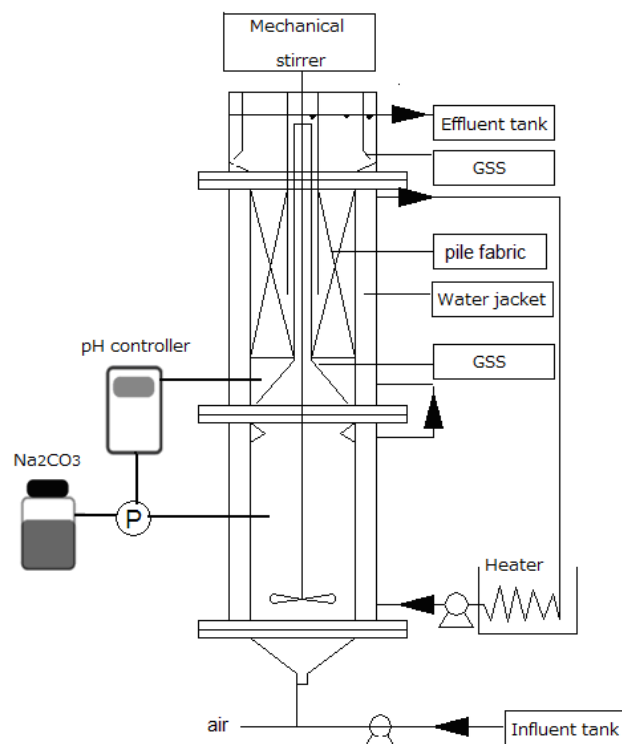


図1 リアクタ模式図

2.2 供試汚泥

本研究では、KSU-1株を主体とした anammox 汚泥を 2,700 mg-MLSS/L、硝化汚泥を 400 mg-MLSS/L 用いた。KSU-1 株は、我々の研究室で地下水を植種源として長期培養された anammox 細菌である。また、硝化汚泥は研究室においてカツオエキス及びペプトンを用いた合成下水により長期間 fill and draw 法にて培養している汚泥である。

2.3 供試排水

表 1 に本研究で用いた供試排水の組成を示す。アンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)源として $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ を主成分とする無機合成排水を用いた。

表 1 無機合成排水の組成

成分	濃度
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	50-800 (mg-N/L)
NaNO_2	0-70(mg-N/L)
KHCO_3	0-500 (mg/L)
KH_2PO_4	162-500 (mg/L)
$\text{EDTA}\cdot 2\text{Na}$	5.0 (mg/L)
$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9.0 (mg/L)

3. 結果及び考察

図 2 に窒素負荷及び窒素除去速度、通気量の経日変化、図 3 に各態窒素濃度の経日変化を示す。本研究では、3つの期間に分けて検討を行った。

期間 A(運転開始から 8 日目)において、anammox 菌が存在することを確認するため、窒素源としてアンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、亜硝酸性窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)をそれぞれ 70 mg-N/L で運転した。その結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_2\text{-N}$ が約 1:1 の割合で除去され、anammox 反応が起きていると確認された(平均窒素負荷 1.0 kg-N/ m^3 /day、平均窒素除去速度 0.54 kg-N/ m^3 /day)。

期間 B(9 日目から 34 日目)および期間 C(35 日目から 95 日目)において、窒素源として $\text{NH}_4\text{-N}$ のみ使い、溶存酸素(DO)を調整するため空気曝気を開始した(0.013-0.48 vvm)。部分亜硝酸化反応において、アンモニア酸化細菌(AOB)が優先となり亜硝酸酸化細菌(NO_B)を選択的に阻害する遊離アンモニア濃度は 0.1-10 mg/L とされている。従って、流出水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が 40 mg-N/L 以上となるよう通気量を調整した。

期間 B において、流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は 83 mg-N/L から 207 mg-N/L まで段階的に増加させ、HRT は 7.2 h から 2.3 h まで短くし、窒素負荷を上昇させ、それに伴い通気量を 0.013 vvm から徐々に増加させた。運転開始から 34 日目には窒素除去速度 1.4 kg-N/ m^3 /day を得た。

期間 C において、流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 260-360 mg-N/L、HRT 2.3h、平均通気量 0.27 vvm とし、安定した運転ができるか検討を行った。その結果、平均窒素負荷 3.1 kg-N/ m^3 /day、平均窒素除去速度 1.7 kg-N/ m^3 /day を得、最大窒素除去速度 2.7 kg-N/ m^3 /day を達成した。今回の実験結果は、これまで報告されている一槽型窒素除去リアクタにおける最大値である。

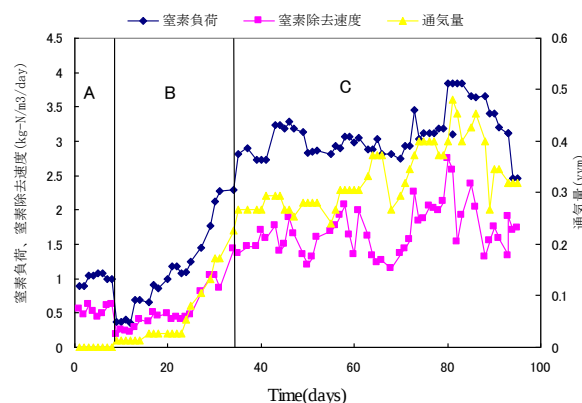


図 2 窒素負荷、窒素除去速度、通気量の経日変化

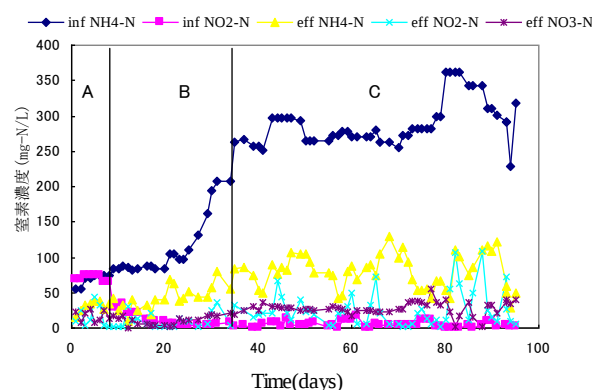


図 3 各態窒素濃度の経日変化

4. 結論

- ・ 窒素負荷 3.8 kg-N/ m^3 /day の条件下で、最大窒素除去速度 2.7 kg-N/ m^3 /day が得られた。
- ・ 平均窒素除去率 53%、最大窒素除去率 71%を達成することができた。