

グラニューール方式一槽型アナモックスプロセスによる下水嫌気性 MBR 処理水の窒素除去

東北大学 正会員 ○泉田 理玖
 東北大学院 新田 しおり
 東北大学院 正会員 李 玉友

1. はじめに

近年、窒素汚染による富栄養化が進行し、特に下水の水質改善が求められている。そこで、新たな窒素処理法として、アンモニア酸化細菌（AOB）とアナモックス細菌（ANX）の共生により反応が進む一槽型アナモックスプロセスの研究が注目されている。しかし、高濃度の有機物と低濃度のアンモニアを含む排水では制御が困難であると言われているため、一槽型アナモックスプロセスを下水のメインストリームに適用した成功報告はほとんどない。本研究では、新しい省エネルギー型下水処理技術を開発することを目的として、嫌気性 MBR とアナモックス法の適用を想定したグラニューール方式一槽型アナモックスプロセスによる実下水の窒素除去性能について検討した。約 5 ヶ月に及ぶ実験の結果、低濃度のアンモニアを含む有機物処理後の全量実下水に対して、一槽型アナモックスプロセスによる極めて高い窒素除去性能を明らかにした。

2. 実験方法

2.1 供試排水

S 浄化センターにて、嫌気性 MBR による有機物除去後の実下水を処理対象とした。嫌気性 MBR で有機物処理した実下水の平均 COD 濃度は 35 mg L^{-1} 、平均 NH_4^+ 濃度は 33 mg-N L^{-1} 、平均リン濃度は 4.0 mg L^{-1} であった。なお、 NH_4^+ 濃度は 150, 100, 50, 32(NH_4^+ 調整なし) mg-N L^{-1} とし、 NH_4Cl で不足分の NH_4^+ を補充した。

2.2 供試汚泥

本研究室で培養した AOB と ANX が共生するリン晶析アナモックスグラニューール¹⁾ ($\text{MLSS } 3910 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{MLVSS } 1820 \text{ mg L}^{-1}$) を 5.35 L 投入した (図 1)。

2.3 実験装置・条件

本実験で用いた実験装置図を図 2 に示し、連続実験の運転方法を表 1 に示す。反応槽容積 5 L の反応槽を用い、溶存酸素 (DO) は $0 \sim 0.2 \text{ mg L}^{-1}$ 、水温は 25°C 、槽内 pH は 8 以上になるよう調整し、窒素負荷 (NLR) は $0.4 \sim 0.5 \text{ kg-N (m}^3 \text{ d)}^{-1}$ を維持した。また、曝気法には間欠曝気法を用いた。アルカリ源として 125 日目まで (RUN①~RUN④) は NaHCO_3 を用い、126 日目から (RUN⑤) では NaOH を用いた。また、下水への馴致期間を図るため、最初は NH_4^+ 濃度を 150 mg-N L^{-1} の条件で運転を開始し、窒素負荷を一定として NH_4^+ 濃度の低下に伴い HRT を段階的に短縮した。

表 1 連続実験の条件

	RUN1	RUN2	RUN3-①	RUN3-②	RUN4	RUN5
Time [d]	1-34	35-62	63-81	82-97	98-125	126-140
Inf. NH_4^+ [mg-N/L]	150	100	50	50	33	33
排水種類	実下水			人工排水	実下水	実下水
アルカリ源	NaHCO_3					NaOH
HRT[h]	7.2	4.8	2.4	2.4	2	2

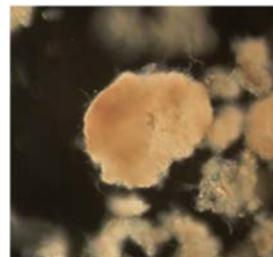


図 1 リン晶析アナモックス
グラニューール

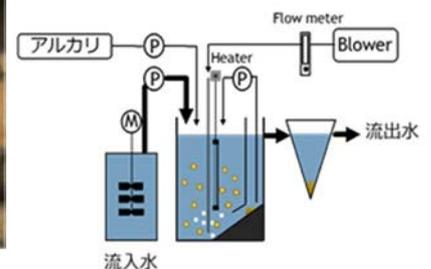


図 2 実験装置図

キーワード アナモックス, 下水, 生物学的窒素処理

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 環境
 保全工学分野 TEL 022-795-7464

3. 結果

3.1 長期的な連続窒素処理性能

各運転条件における水質変化とアナモックスの反応比により算出した窒素処理速度の経日変化を図 3 に示す。RUN① では、曝気量を $0.6 \rightarrow 0.9 \text{ L min}^{-1}$ まで段階的に上昇させた結果、 NH_4^+ は段階的に低下するが NO_2^- は一定であったことから、AOB によって生成した NO_2^- と残留する NH_4^+ を、アナモックス細菌が脱窒に用いる一槽型アナモックスプロセスによる反応が確認できた。その後、実下水に溶かす NH_4^+ 濃度を段階的に低減させ、Inf. NH_4^+ を 50 mg-N L^{-1} (HRT 2.4 h) に設定した結果、窒素除去率 (NRE) は平均 76%、硝化速度 (AOR) は平均 $0.23 \text{ kg-N (m}^3 \text{ d)}^{-1}$ 、窒素処理速度 (NRR) は $0.38 \text{ kg-N (m}^3 \text{ d)}^{-1}$ を確認し、低濃度 NH_4^+ に調製した実下水でも安定した窒素処理性能を得た。98 日目に NH_4^+ 調製を停止し、全量実下水条件に切り替えた結果 (RUN ④、HRT 2 h)、NRE は平均 87%、AOR は平均 $0.20 \text{ kg-N (m}^3 \text{ d)}^{-1}$ 、NRR は $0.34 \text{ kg-N (m}^3 \text{ d)}^{-1}$ を確認し、約 4 週間に渡って、嫌気性 MBR で有機物除去した実下水に対して安定した窒素処理性能を得ることができた。

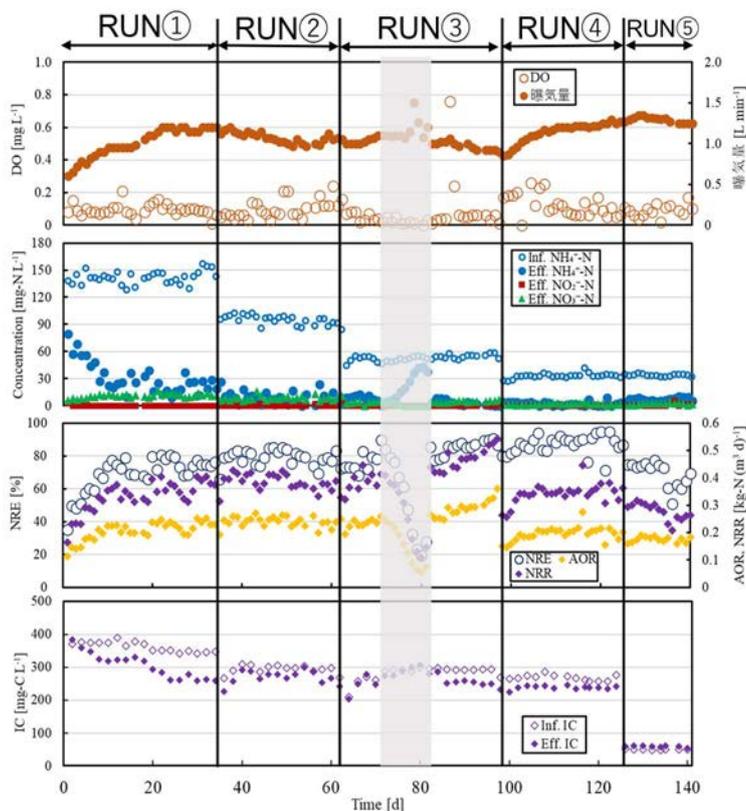


図 3 各運転条件における水質・窒素処理速度の経日変化

3.2 IC(無機炭素)添加が及ぼす影響

RUN⑤ において、アルカリ源を $\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{NaOH}$ に変更した結果、平均 Eff. NH_4^+ 濃度は $2.5 \rightarrow 7.3 \text{ mg-N L}^{-1}$ まで上昇し、 NO_2^- は一定であったことから、IC の添加を停止することで、 NH_4^+ を NO_2^- に酸化する硝化活性が律速することが示された。この RUN⑤ における AOB の活性低下は IC 濃度が低下したためであると考えられる。メインストリーム型の実下水処理において安定した窒素処理性能を得るためには、IC の添加によって、AOB の活性を維持することが重要であると示唆された。

4. 結論

25°C で嫌気性 MBR による有機物除去後の実下水に対して、約 4 週間に渡って、安定で高い窒素除去率 (87%) が得られた。このことから、メインストリーム型の実下水処理において、一槽型アナモックスプロセスによる安定的窒素処理が可能であることが示された。

参考文献 1)Guo *et al.*, *Water Res.*, **187**, 116444, (2020)

謝辞

本研究は環境省の助成を受け、平成 29～令和 2 年度 CO_2 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業(革新的な省エネ・創エネ生活排水処理システムの開発)の一環として行ったものであり、ここに記して感謝致します。