

一槽式アナモックスリアクタによる廃水からの連続窒素除去

Continuous Removal of Nitrogen from Wastewater Using a Single-Stage Anammox Reactor

多田羅 昌浩 石川 秀¹⁾ 上野 嘉之Masahiro Tatara, Shu Ishikawa¹⁾ and Yoshiyuki Ueno

嫌気性アンモニア酸化反応（アナモックス）は、従来の硝化脱窒法に代わり、廃水から窒素を除去する新しい技術として注目されている。本研究では、部分亜硝酸化反応とアナモックス反応を同一の反応槽で行う一槽式プロセスについて、固定床式リアクタを使用し、その処理性能の検討を行った。

無機塩類からなる人工廃水を用いて、活性汚泥より一槽式反応を行う微生物群を集積した後、醸造廃水のメタン発酵脱水ろ液を用いた実廃水試験を行った。その結果、窒素負荷：0.19～0.53 kg-N/m³/day で、260日に及ぶ連続処理において、77%以上の窒素除去効率を確認した。16SrRNA遺伝子を標的とした菌叢解析では、リングレース上に生成したバイオフィームの内深部にアナモックス菌、外側にアンモニア酸化細菌が存在することが明らかとなり、このバイオフィーム構造が一槽式での反応を効率化させているものと考察された。

実廃水の全実験期間におけるリアクタパフォーマンスのまとめ

Summary of Reactor Performance on Continuous Nitrogen Removal from Real Wastewater

運転条件			処理水組成 (mg/L)					NRE ^{c)} (%)	NO ₃ -N生成	
HRT (h)	窒素負荷 (kg/m ³ /day)	エアークロウ ^{a)} (ml/L/min)	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	FA ^{b)}	FNA ^{b)}		理論値 ^{d)} (mg/L)	実験値/理論値
72	0.19	3.3	4.8	14	80	0.39	0.0013	79.8	64.7	1.24
45	0.31	5.3	31	13	92	2.51	0.0012	76.6	63.1	1.46
36	0.36	6.7	26	19	78	2.11	0.0017	77.5	60.2	1.30
24	0.53	13.3	29	17	15	2.35	0.0015	88.5	58.6	0.26

a) エアークロウは、DOが0.5 mg/L以下になるように調整

b) フリーアンモニア (FA), フリー亜硝酸 (FNA) は、下記式により算出³⁾。

$$FA = 17/14 * NH_4-N * 10^{pH} / (e^{6.344/(273+35)} + 10^{pH})$$

$$FNA = 46/14 * NO_2-N / (e^{(-2300)/(273+35)} * 10^{pH})$$

c) 窒素除去率 (Nitrogen removal efficiency)

d) NO₃-N生成の理論値は、式(1)より算出

実験期間を通し、約77%以上の窒素除去率を得ることができた。窒素負荷の上昇に伴う窒素除去率の低下は見られず、0.53kg/m³/dayの時の窒素除去率は88.5%であった。硝酸生成が理論値よりも抑えられていることから、従属脱窒による窒素除去も行われていると考えられた。

The anaerobic ammonium oxidation (anammox) process is emerging as an efficient and cost-effective alternative to conventional processes for removing nitrogen from ammonia-rich wastewater. This study examines nitrogen removal efficiency (NRE) using a single-stage packed-bed reactor, in which ring-laced strings were installed as the supporting medium, and microbial composition in the reactor biofilm.

The stability of reactor performance for industrial wastewater was confirmed, demonstrating an NRE of greater than 77% during 260 days of continuous operation with a nitrogen loading rate of between 0.19 and 0.53 kg/m³/day. Pyrotag sequencing analysis of the biofilm revealed a clear abundance of anammox bacteria in the inner part of the biofilm and ammonium-oxidizing bacteria in the outer part.

1) エンジニアリング事業本部 Engineering Division