

海洋性 Anammox 細菌集積リアクタにおける窒素除去性能の向上に関する基礎的研究

熊本大学工学部 学生会員 友重勇気 熊本大学工学部 学生会員 糸満尚貴
 熊本大学大学院 正会員 川越保徳 熊本大学大学院 非会員 佐藤宇鉦

1. はじめに

Anammox (嫌気性アンモニア酸化) 細菌は、アンモニアを電子供与体、亜硝酸を電子受容体としてエネルギーを得るユニークな代謝系を有する細菌である。1997 年にその存在が報告されて以降、有機炭素原を必要としないこと、およびアンモニアの酸化に必要な酸素量を削減できることから、従来の硝化脱窒法に比べ、低コストで省エネルギー・省スペース型の窒素除去技術への利用が期待されている。

淡水性 Anammox 細菌については、すでに多くの基礎研究、実用化研究の報告事例があり、実プラントの試験運転段階までに至っている一方、海水性 Anammox 細菌については、いまだ集積培養についての基礎的な知見さえも乏しい。我々の研究室では、海面埋立処分場の底泥からの海洋性 Anammox 細菌の培養系を確立することに成功し¹⁾、現在、その高濃度化と培養条件等に関する基礎的な知見の収集を進めている。本研究では、培養温度による Anammox 細菌および Anammox 活性への影響と、窒素負荷向上に向けたリアクタ形状の検討について知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 海洋性 Anammox 細菌

本実験では、我々の研究室で馴養、培養されている海面埋立処分場底泥を植種源とする海洋性 Anammox 細菌を使用した。

2.2 海洋性 Anammox リアクタに及ぼす温度の影響

図-1 に示す有効容積 1.0 L 容の上向流型リアクタ (第1リアクタ) 等の実験装置を恒温器内に設置し、5~30℃の範囲で温度を段階的に変化させ窒素除去能への影響を調べた。培地には表-1 に示す人工海水に Anammox 細菌培養用の微量成分¹⁾を加えたものを用い、亜硝酸とアンモニア濃度はともに 170mg/L、水理学的滞留時間 (HRT) 24h で、窒素負荷を 0.34kg/m³/day に固定して連続培養を行った。

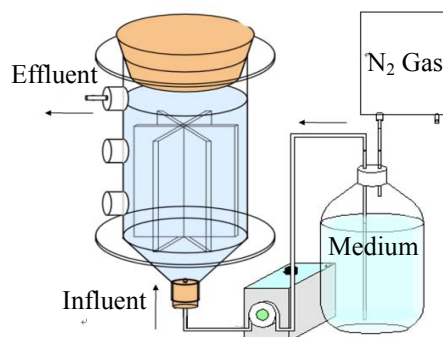


図.1 温度影響検討用リアクタ模式図

表-1 人工海水組成

NaCl	30g/L	SrCl ₂ ·6H ₂ O	20mg/L
MgSO ₄ ·7H ₂ O	6g/L	KCl	700mg/L
MgCl ₂ ·6H ₂ O	5g/L	K ₂ HPO ₄	54mg/L
NaBr	100mg/L	(NH ₄) ₂ SO ₄	40mg-N/L
H ₃ BO	20mg/L	NaNO ₂	40mg-N/L
NaF	2mg/L	CaCl ₂ ·2H ₂ O	1g/L
KHCO ₃	0.5g/L	KI	0.08mg/L

2.2 リアクタ形状の変更と窒素負荷向上の検討

本実験では、図-2 に示す 0.65 L 容のリアクタを 2 機用意し、すでに上向流型リアクタにて培養されていた海洋性 Anammox 細菌を不織布とともに各リアクタ内に移した。一方のリアクタ (第2リアクタ) では表-1 の人工海水を用いて HRT は 18 時間とし、もう一方 (第3リアクタ) では市販されている人工海水 (SEALIFE ; (株) マリンテック社) を用いて HRT を 24 時間として各々連続培養を行った。

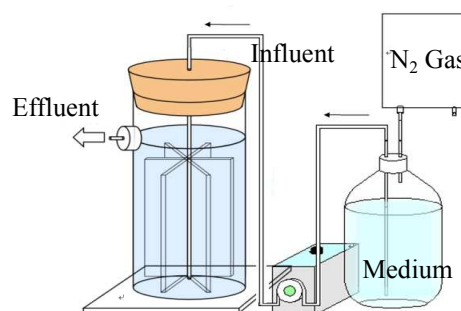


図-2 海洋性 Anammox 細菌集積化用リアクタ模式図

3. 結果および考察

3.1 海洋性 Anammox リアクタにおける温度の影響

図-3 に、リアクタ温度と窒素負荷 (NLR)、および窒素除去速度 (NRR) の関係を示す。25℃、15℃、10℃、5℃と段階的に温度を下げていくのに伴って、窒素除去速度も段階的に変化することが確認された。25℃では $0.25\sim0.3\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ であった窒素除去速度は15℃～10℃では $0.15\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ まで低下し、10℃～5℃では $0.05\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ にまで低下することが明らかになった。そこで、温度を10℃に上げたところ、窒素除去能は速やかに回復し、除去速度も温度の上昇に伴って向上した。これらの結果から、海洋性 Anammox 細菌による窒素除去能は、温度による影響を温度変化に対して敏感に応答し、温度による影響を受けやすいことが示唆された。一方で、10℃以下の低温下での窒素除去能の低下は一時的なものにとどまり、温度を上昇させることで速やかに回復させることが明らかとなった。

3.2 海洋性 Anammox 細菌の高濃度集積化と窒素除去能の向上

これまで、図-1 の様な上向流型リアクタでは目詰まりが頻繁に起こり、Anammox 活性が一時的に低下するトラブルが多く発生した。この様なトラブルが起こると、活性を回復するのに時間を要し、安定した窒素負荷向上を目指す上で問題となった。そこで本研究では、リアクタを図-2 に示した形状に変更し、さらにリアクタ内温度の均一化するため、リアクタを恒温水槽内に設置し、海洋性 Anammox 細菌の高濃度集積化と窒素除去能の向上に関する検討を行った。図-4(a), (b)に、各々、第2リアクタ、第3リアクタにおける NLR, NRR および窒素除去率を示す。リアクタの変更後、約50日間はNRRの低下が見られたが、その後、第2リアクタでは180日目、第3リアクタでは120日目には窒素除去率が75%以上に回復した。それ以降は安定した窒素除去能が得られ、窒素負荷 $0.6\text{kg}/\text{m}^3/\text{day}$ までは、流入液中窒素濃度の上昇による窒素除去能の低下は認められておらず、現在、さらなる窒素除去速度の向上に向け実験を継続している。

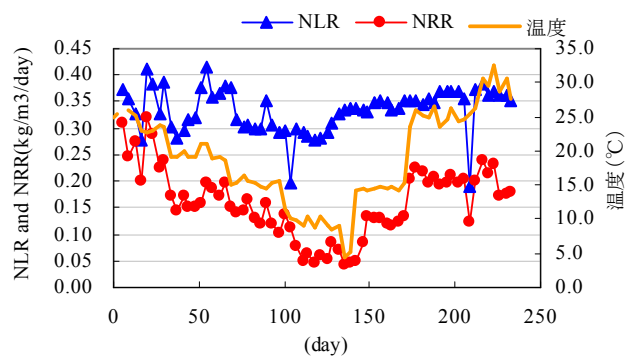
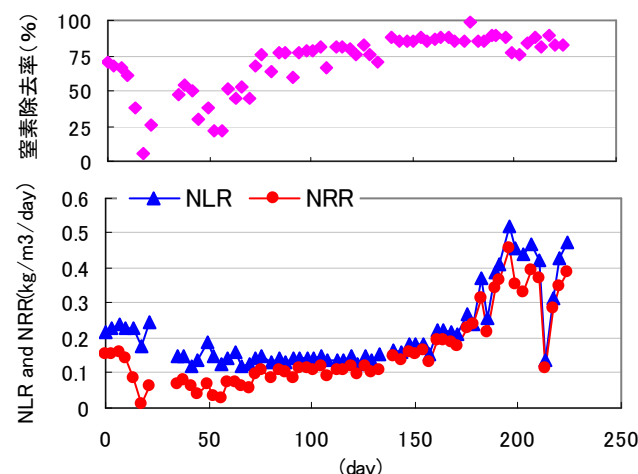
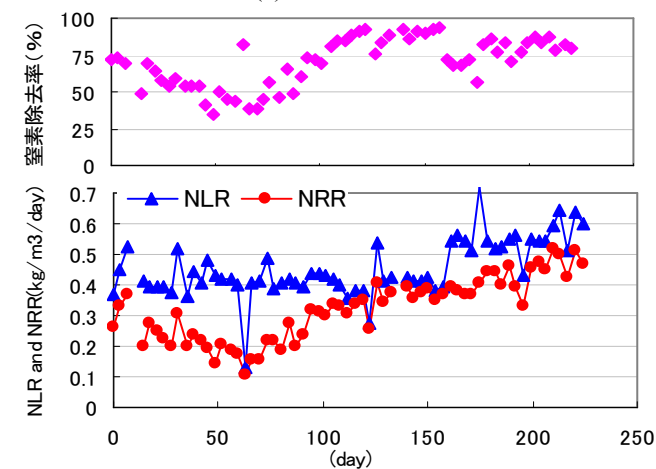


図-3 温度による窒素除去能への影響



(a) 第2リアクタ



(b) 第3リアクタ

図.4 リアクタ変更後の NLR, NRR, 窒素除去率

4. まとめ

- 1) 温度によって比較的速やかに窒素除去能の応答が見られることが分かった。
- 2) リアクタ形状等の改良により、流入液中窒素濃度 $200\text{mg}/\text{L}$ 以上で安定した窒素除去能が得られた。

参考文献

- 1) Kawagoshi Y. et al., J. Biosc. Bioeng., 107, pp.61 (2009)