

海洋性 Anammox 細菌培養系における窒素除去速度の向上に関する検討

熊本大学工学部 学生会員 浦田康平

熊本大学大学院 非会員 友重勇氣 熊本大学大学院 非会員 山城建人

熊本大学研究員 非会員 韋 巧艶 熊本大学工学部 正会員 川越保徳

1. はじめに

近年の窒素やリンなどの栄養塩類が閉鎖性水域などに過剰に流入することで起こる富栄養化問題は、今なお公共用水水質保全上の重要課題である。また、地下水を飲用水源とする地域においては、硝酸性窒素による汚染が世界的な問題となっている等、水環境に対する窒素の負荷は対策を講じるべき喫緊の課題となっている。

環境中への窒素負荷削減にあたっては、窒素を多量、高濃度を含む廃棄物や廃水の排出源対策が重要となるが、特に廃水からの窒素除去技術については、近年発見された嫌気性アンモニウム酸化 (Anammox) 細菌を利用する窒素除去法が注目されている。Anammox を用いる窒素除去法では、アンモニウムイオン (NH_4^+) の一部 (約半量) を亜硝酸イオン (NO_2^-) で酸化するだけでよく、Anammox 細菌の増殖に炭素源を必要としない。すなわち、曝気や炭素源にかかるコストが課題の一つである硝化—脱窒法よりも省エネルギー・省コストに優れた窒素除去技術への応用が期待されている。

一方、これまでの Anammox に関する研究は、主として淡水環境下に生息する Anammox 細菌を対象としてきた。これに対し、最近の知見では海洋環境中にも Anammox 細菌は生息し、地球規模での窒素循環にも大きく寄与していることが明らかになってきている。我々の研究室では、海面埋立型の廃棄物処分場底泥から海洋性 Anammox 細菌 (MAAOB) の培養に成功し¹⁾、現在は海洋性細菌の特性を活用できるような窒素除去法を確立すべく研究を進めている。

本研究では、海洋性 Anammox 細菌培養系における窒素除去能の向上を目的として、反応 (培養) 槽での攪拌および、水理学的滞留時間 (HRT) が窒素除去能の向上に与える影響について検討を行い、知見が得られたので報告する。

2. 研究方法

2.1 実験方法

本実験では容量 0.65L の上向流型のリアクタを使用し、微生物付着担体としてポリエステル製の不織布を用いた (図 1)。植種源には、研究室で培養されている MAAOB バイオマスを用い、培地は MAAOB 用人工海水培地を用いた。培地は窒素ガス曝気にて嫌気状態とし、リアクタは暗幕にて遮光された恒温槽内 (25℃) に設置した。実験は連続培養下で行い、攪拌の有無、および HRT による窒素除去能力への影響を調べた。リアクタの概要、およびその他培養条件については既報に準じた¹⁾。

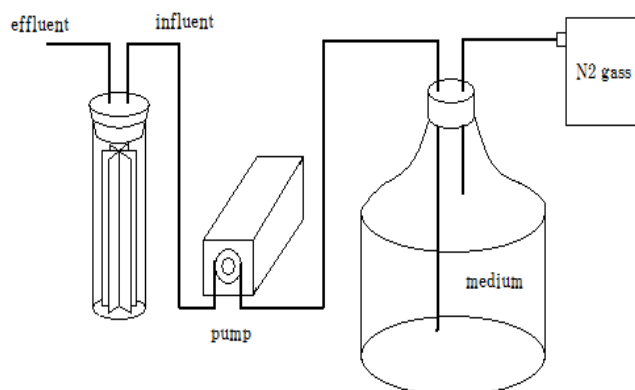


図 1 連続式リアクタの概要

2.2 分析方法

流入水 (培地) と流出水の $\text{NO}_2\text{-N}$ 、および $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は比色法にて測定、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度は Cu-Cd カラム還元法にて測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 攪拌の有無が窒素除去能に与える影響

図 2 に攪拌を行わない状態での、流入水 (培地) と流出水中の総窒素濃度 (T-N) の経時変化を示す。図 2 から明らかなように、培地の T-N が 440 mg/L までは流出水中の T-N 濃度の顕著な上昇は認められず概ね安定した窒素除去が得られていたが、培地中濃度を 480 mg/L に上げた直後から、流出水中 T-N 濃度の急激な上昇がみられた。そこで、培地中 T-N 濃度

を 360 mg/L に引き下げたところ、窒素除去能は速やかに回復し、再び安定した窒素除去が得られた。

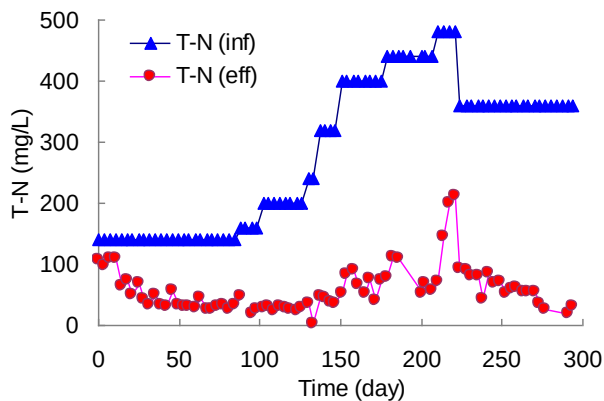


図2 T-N 経時変化 (攪拌無し)

淡水性 Anammox 細菌の培養系においては、高濃度の $\text{NO}_2\text{-N}$ および $\text{NH}_4\text{-N}$ によって毒性影響を受け、窒素除去能が低下することが報告されている。一方、本実験において高い流入水中 T-N 濃度下で窒素除去能が急激に低下した原因については、リアクタ内全体での T-N 濃度による影響というよりもむしろ、リアクタへの培地流入部付近にて局所的な T-N 濃度の上昇が起こり、最も集積度が高いと推定される流入部周辺の Anammox 細菌群がダメージを受けたのではないかと考えた。そこで、リアクタ内に攪拌子を入れ、培地流入部であるリアクタ底部にて緩やかな攪拌を与えながら、再度、培地中 T-N 濃度を段階的に引き上げた。結果を図3に示す。図3から明らかなように、攪拌を加えることにより、培地中 T-N 濃度が 600 mg/L に引き上げても比較的安定で良好な窒素除去を行うことができた。しかしながら、T-N 濃度を 680 mg/L にした後、流出水中 T-N が徐々に上昇し、培地中濃度を 660 mg/L に引き下げても除去能の悪化が続いた。そこで段階的に培地中 T-N 濃度を引き下げたところ、窒素除去能の速やかな回復がみられた。これらの結果から、攪拌による局所的な窒素濃度上昇の軽減は窒素除去能の向上に一定の効果があるものと判断した。

3.2 HRT の変化による除去能への影響

Anammox 細菌培養系においては段階的に窒素負荷 (NLR) を引き上げることでリアクタ内バイオマ

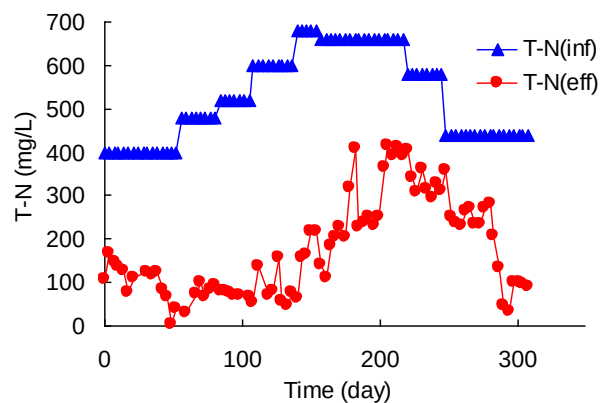


図3 T-N 経時変化 (攪拌あり)

スの増加を促し、窒素除去能の向上を図るが、この際、窒素濃度の上昇、あるいは HRT の短縮がなされる。

ここでは、HRT を段階的に短縮することで窒素負荷を増大させ、窒素除去能の向上を図った。図4に示すように、HRT が 8 時間での NLR $1.8 \text{ kg/m}^3/\text{day}$ において、窒素除去速度 (NRR) $1.4 \text{ kg/m}^3/\text{day}$ が得られた。しかしながら、その後は NRR の若干の低下がみられ、さらに HRT を 6 時間に短縮したところ、NRR の顕著な低下は起こらないものの上昇することもなかった。この結果については引き続き検討が必要ではあるが、外観からリアクタ内でのバイオマスの目詰まりが推定され、これが最も大きな原因と考えられる。以上から、HRT の短縮は、急激な窒素除去速度の低下を招かずに窒素負荷を上げるのに有効な方法である可能性が示された。

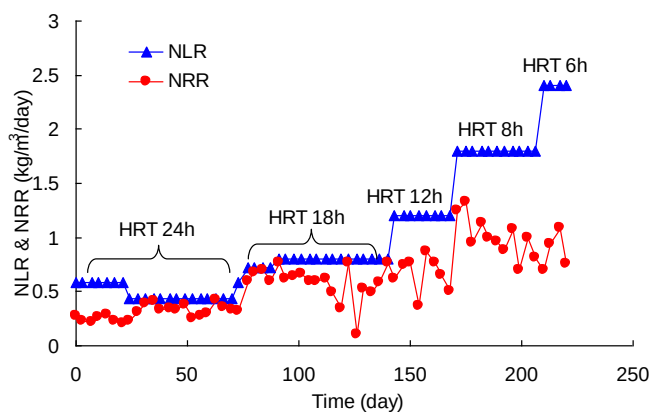


図4 HRT の短縮による NLR と NRR との関係

参考文献

- 1) Kawagoshi Y., et al., Water Sci. Technol., vol61, pp.119-126 (2010)