

淡水性アナモックス細菌を用いた一槽型アナモックス MBR の最適化

広島大学大学院 非会員 倉塚 恒

広島大学大学院 正会員 金田一智規

広島大学大学院 正会員 尾崎 則篤

広島大学大学院 正会員 大橋 晶良

1.はじめに

アナモックス細菌は、アンモニアと亜硝酸から窒素ガスを生成する細菌であり、新たな生物学的窒素除去法として注目されている。一槽型リアクターではアナモックス細菌よりも亜硝酸酸化細菌(NOB)の亜硝酸に対する基質親和性が高いため、NOB がリアクター内に優占的に増殖しやすいといった問題点がある。一方で、淡水性アナモックス細菌の亜硝酸に対する基質親和性はNOB よりも高いという報告もあり、条件次第では一槽型アナモックスリアクターが確立できる可能性がある。また、アナモックス細菌はアンモニア酸化細菌(AOB)やNOBと比較して増殖速度が遅く、菌体量の確保が困難であるといった問題もあげられる。これらの問題点を解決する方法として、膜分離技術が挙げられる。膜分離技術を導入した Membrane bioreactor (MBR) を用いることで菌体の完全保持が可能となり、増殖速度の遅さを補完できる。さらに、反応槽内の完全混合により、槽内亜硝酸濃度と槽内 DO 濃度を低濃度かつ均一に保つことができれば、NOB 活性の抑制が可能となる。先行研究⁽¹⁾で、海洋性アナモックス細菌を用いた一槽型アナモックス MBR では、亜硝酸に対する基質親和性の違いを利用することで、窒素負荷 $0.76 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ において、窒素除去速度 $0.67 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ を達成した。しかし、海洋性アナモックス細菌を用いた一槽型 MBR は塩分含有排水にしか適用できないのが問題であった。そこで本研究では、一槽型アナモックス MBR のコンセプトを利用し、淡水性アナモックス細菌を用いた一槽型アナモックス MBR の高速窒素除去プロセスの確立を目的とした。

2.実験方法

実験には、流入アンモニア濃度が 50 mg-N L^{-1} の Run1 と流入アンモニア濃度が 100 mg-N L^{-1} の Run2 の 2 系列で行った (図 1)。膜はポリエチレン製の中空糸膜(三菱レイヨン社製)、膜孔径 $0.03 \mu\text{m}$ 、膜面積 0.18 m^2 のものを使用した。膜透過フラックスはファウリングが進行しにくい 0.05 m day^{-1} を採用し、流量は 9.0 L day^{-1} とした。リアクターの有効容積は 640 mL 、HRT は 1.7 h とした。基質として人工無機培地を作成し、pH を $7.1\text{-}7.5$ に調整した。リアクターの運転温度は 37°C とした。植種源として研究室内で培養中の up-flow 型アナモックスリアクター内のバイオマスを 25.4 g-wet 植種した。運転 14 日までの運転初期は窒素ガスをワンパスで供給し、気泡による膜表面の物理洗浄を行うとともに槽内を混合状態に保った。Run1 では運転開始初期にはアナモックス MBR として運転し、初期基質濃度はアンモニア 50 mg-N L^{-1} 、亜硝酸 50 mg-N L^{-1} とした。アナモックス活性が確認できた後、基質の窒素成分をアンモニア 50 mg-N L^{-1} のみに変更し、空気を供給することで亜硝酸型硝化を誘導した。空気供給量は 50 mL min^{-1} から徐々に増やしていき、溶存酸素濃度 (DO) をモニタリングしながら空気

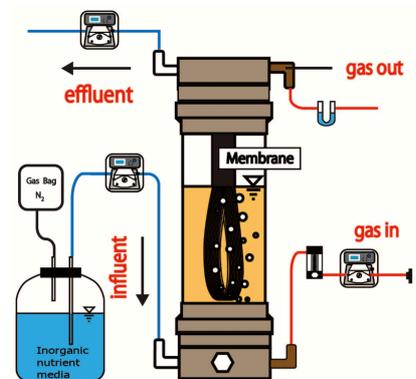


図 1 リアクター概要図

キーワード (アンモニア酸化細菌, 亜硝酸化細菌, 溶存酸素濃度)

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

供給量の変化に伴う各態窒素濃度のモニタリングを行った。空気を供給することで亜硝酸型硝化へ誘導した。空気供給量は 50 mL min^{-1} から徐々に増やしていき、溶存酸素濃度 (DO) をモニタリングしながら空気供給量の変化に伴う各態窒素濃度のモニタリングを行った。Run2 でも Run1 と同様に、運転開始初期にはアナモックス MBR として運転し、初期基質濃度はアンモニア 100 mg-N L^{-1} 、亜硝酸 100 mg-N L^{-1} とした。その後、空気を供給することで亜硝酸型硝化を誘導した。

3. 実験結果と考察

Run1 では、運転 1 日目から、アナモックス反応が確認され、2 日目以降は安定した窒素除去が行われるようになった。空気供給開始後（一槽化後）の運転 20 日目には、AOB によるアンモニア酸化が確認された（図 2）。運転 37 日目には供給空気量 90 mL min^{-1} において、窒素除去率 80% を維持しつつ、窒素除去速度 $0.58 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ を達成した。この時の窒素負荷 $0.72 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ であった。その後、供給空気量を 10 mL min^{-1} ずつ上昇させたが、窒素除去率、窒素除去速度どちらも下がったため（図 3 中の矢印）、44 日目に供給空気量を 90 mL min^{-1} に戻した（図 3 中の点線矢印）。45 日目には再び窒素除去率が 80% を超え、窒素負荷 $0.69 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ において窒素除去速度 $0.55 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ を達成した。一槽型アナモックスリアクターでは窒素負荷 $3.0 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ において $1.8 \text{ kg-N m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ 程度の窒素除去速度を示したという報告⁽²⁾もあり、今後、負荷を上げることにより窒素除去速度を上げていくことが必要であると考えられる。窒素除去率 80% を維持しつつ安定的な窒素除去プロセスを実現できた要因として、既往の知見より槽内亜硝酸濃度を 1.0 mg-N L^{-1} 未満かつ DO を 0.2 mg L^{-1} 程度を維持できれば、亜硝酸酸化活性がほとんど見られないことが確認されており⁽¹⁾、本実験系でも適切な DO を維持できたため、安定的な一槽型処理プロセスを実現することができたと考えられる。したがって、淡水性アナモックス細菌を用いた場合でも、DO 濃度の制御を適切に行うことができれば一槽型アナモックス MBR の達成が可能であるということが分かった。Run2 では、流入アンモニア濃度 100 mg-N L^{-1} で運転を行い、Run1 で得られた結果をもとに DO 濃度を 0.2 mg L^{-1} で維持しつつ、全窒素除去率 73% のとき窒素負荷 $1.38 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ において最高窒素除去速度 $1.01 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ を達成した。

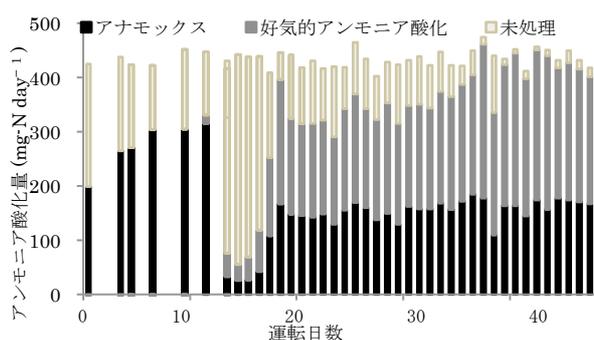


図 2 アンモニア酸化の寄与度

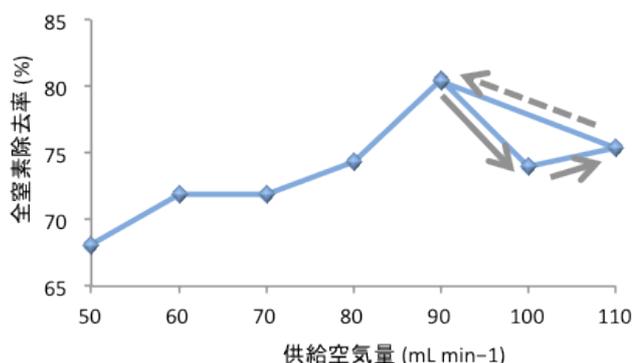


図 3 供給空気量と全窒素除去率の関係

4. まとめ

本研究では、基質濃度アンモニア 50 mg-N L^{-1} に対して供給空気量 90 mL min^{-1} で槽内 DO 濃度を 0.2 mg L^{-1} 程度を維持することで、全窒素除去率 80% を維持しつつ、窒素負荷 $0.72 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ において最高窒素除去速度 $0.58 \text{ kg m}^{-3} \text{ day}^{-1}$ を達成した。

参考文献

- (1) 後藤ら, (2015) 第 49 回日本水環境学会年会講演集, 590.
- (2) Pynaert et al., (2004) Environ. Sci. Technol. Vol. 38, pp. 1228-1235.