

1 背景と目的

Anammox 法は、低コストなアンモニア処理方法として注目されている。従来の硝化脱窒法と比較して、Anammox 法は必要な酸素量が少なく、メタノール等の有機物を使用しないためランニングコストの削減が期待できる。これまでに、大規模な半導体工場排水や下水処理において Anammox 法の適用例があるが、その適用範囲は限定されている。

本研究では、アンモニア脱臭装置における排ガス洗浄水への Anammox 法の適用を目標として、Anammox 細菌の培養を開始した。令和 4 年度の培養では、液体培地のアンモニアは減少した（2 週間で約 1 割の減少、1 日あたりの減少量 2.0 mg/日）ものの、培養開始から 2 カ月以降は PCR 測定による Anammox 細菌由来のバンドが検出されなくなった。この結果から、Anammox 細菌の培養が適切に行われていない可能性が懸念されたため、培養条件を改善し、4 カ月以上の長期培養及びアンモニア処理の効率化を目的として、令和 5 年 8 月から再培養を実施した。

2 方法

2.1 担体及び汚泥量の改善

令和 4 年度の培養において、培養開始時の種菌には県内事業場の排水処理施設から採取した処理水と汚泥を混ぜたものを用いた。これを、培養装置に導入して循環させることで、担体であるフィルター上に排水や汚泥に含まれる細菌を捕集し、増殖を促す手法を採用した。しかし、PCR 測定の結果から、Anammox 細菌が十分に定着しなかったことが確認された。

この問題に対処するため、担体を浄化槽用の 5 mm 角スポンジ（図 1）に変更し、培養開始前に汚泥を担体と混合（図 2）することで、担体への定着促進を図った。培養に使用する汚泥は、令和 4 年度と同じく、県内事業場の排水処理施設で採取（施設内 2 カ所 A, B）したものを用いた。液体培地は、培養初期段階では同事業場の排水を用い、段階的に模擬排水¹⁾に置換して培養した。



図 1 浄化槽用スポンジ



図 2 汚泥と担体の混合物

2.2 培養装置の改善

Anammox 法では反応に亜硝酸を必要とするが、令和 4 年度の培養では、培養槽（4 L）内の亜硝酸不足がしばしば観察された。この問題に対処するため、25 L の外付け培地タンクを設置（図 3）し、定量ポンプによって一定量（4 L/日）の液体培地をタンクから培養槽へ供給し、返送液をタンクに戻す設計としたことで、培養槽内の亜硝酸が急速に枯渇することを防いだ。

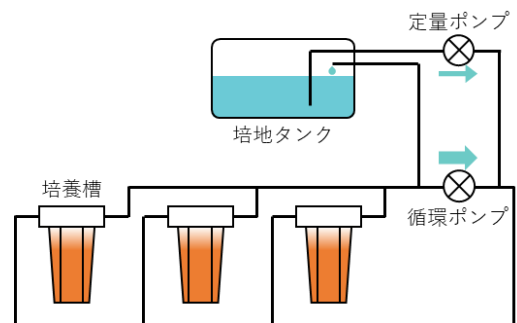


図 3 培養装置略図

2.3 培養状況の確認

培養槽内において、Anammox 細菌の存在を評価するため、1 カ月に 2 回の頻度で担体を採取した。これを、QIAGEN 製 DNeasy PowerWater Kit で DNA を抽出し、Anammox 細菌に特異的に反応するプライマー Amx368f-Amx1480r²⁾ を用いて PCR 測定を実施した。また、1 週間に 1 回の頻度で液体培地を採取し、イオンクロマトグラフ分析装置を用いてアンモニアや亜硝酸の増減を確認した。

3 結果

3.1 PCR 測定による Anammox 細菌の確認

PCR 測定の結果 (図 4)、令和 5 年 8 月から令和 6 年 1 月までの試料から、Anammox 細菌由来のバンドが確認され、培養開始から 5 カ月間は Anammox 細菌を維持できていると判断した。

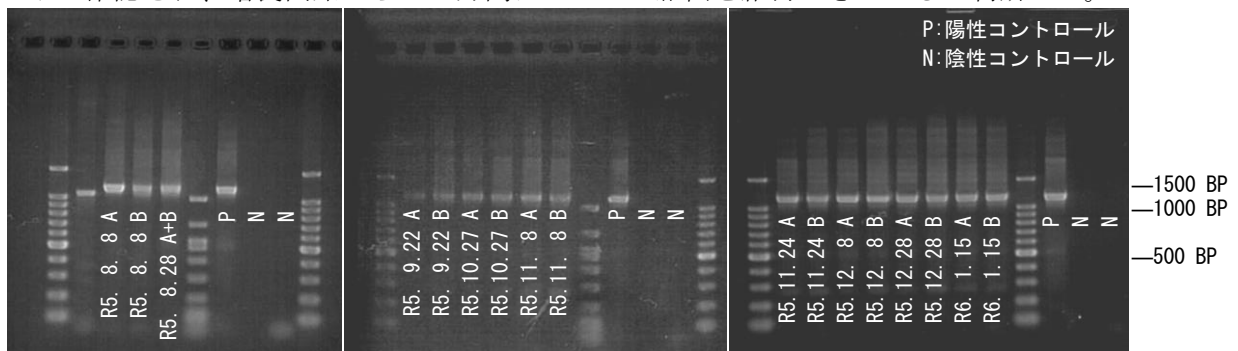


図 4 PCR 測定結果

3.2 液体培地の各態窒素変動

イオンクロマトグラフ分析装置による測定の結果 (図 5)、事業場排水を用いて培養した 80 日目までは、アンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素の濃度に大きな変化は見られなかった。80 日目から 101 日目までは、液体培地をアンモニア及び亜硝酸を含む模擬排水に置換 (1 週間ごとに約 1/4 ずつ) したため、これらの濃度は置換ごとに上昇した。101 日目以降は、2~3 週間に 1 度、培地タンクの液体培地全量を新しい模擬排水に交換した。液体培地の交換後、次の交換までにアンモニア及び亜硝酸の濃度は大幅に減少し、アンモニアの濃度は平均して模擬排水の 1 割程度まで減少していた。この減少量を日あたりの平均値に換算すると、69.2 mg/日であった。

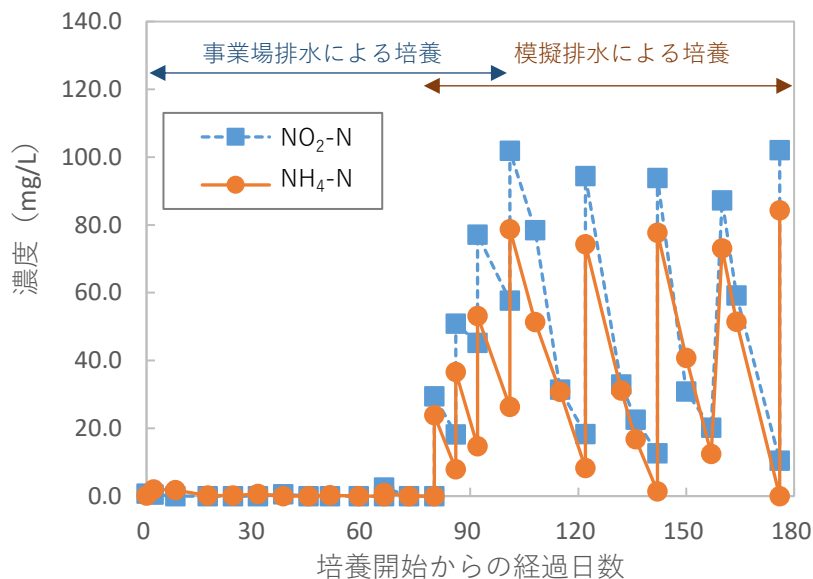


図 5 培養期間中のアンモニア態窒素及び亜硝酸態窒素の濃度

4 まとめ

PCR 測定の結果、Anammox 細菌の培養開始から 5 か月後でも Anammox 細菌由来のバンドが検出されたことから、4 カ月以上の長期培養という目標を達成した。また、培養 101 日目以降において、液体培地のアンモニア態窒素の減少量は、平均して 69.2 mg/日（2～3 週間で約 9 割の減少）であり、これは令和 4 年度の培養における減少量 2.0 mg/日と比較して大きい結果であった。

今後の課題として、アンモニアの消費が Anammox 細菌によるものであることを確認するため、活性試験を予定している。また、培養を継続し、Anammox 細菌を増殖させ、県内事業場の脱臭装置への適用を検討していく。

参考文献

- 1) 張彦隆, 牛啓桂, 李玉友, 2013. 活性汚泥と消化汚泥を用いたAnammoxグラニュールの培養および阻害因子の解析, 土木学会論文集G(環境)69(7), III_515-III_522
- 2) 周勝, 平成23年度河川整備基金助成事業 抽水植物群落における新規窒素循環プロセス：アナモックス反応の役割