

〔報告〕

埋立処分場浸出水のアナモックス反応による脱窒素処理について

辰市 祐久 加藤 正広* 山口 信吾* 和田橋 勝** 茂木 敏***

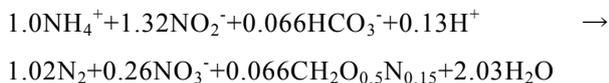
(*中防管理事務所 **環境計測センター ***現・東京都環境局廃棄物対策部)

1 はじめに

東京都の海面埋立処分場の浸出水には 500mg/l 程度の高濃度のアンモニア性窒素(NH₄-N)が含まれるため、生物化学的な硝化脱窒素処理で窒素を除去している。こうした硝化脱窒素処理ではアンモニアを硝酸イオンに酸化するためのばっきに大きな動力費が必要であり、また埋め立て完了後から長期間経過し浸出液の BOD が低下しているため、脱窒処理には水素供与体としてメタノールを必要としている。

最近、下水汚泥の消化処理工程から排出される脱ろ液中の高濃度アンモニアや排水中のアンモニアを処理する方法として、アナモックス反応を適用した窒素処理方法^{1)~4)}が注目されている。

アナモックス反応はデルフト工科大学から次のような反応式⁵⁾が示されている。



この反応では好気性槽でアンモニア濃度の半分程度を亜硝酸に硝化し、次の嫌気性槽ではメタノールを使うことなく、アンモニアと亜硝酸から脱窒素を起こすことが可能なため、経済的な効果が高いと見られている。

東京都の海面埋立処分場からの浸出水は元々海域を囲った埋め立て地から浸出してくるため、高濃度の塩類が含有され、フミン質を多く含む水質となっている。これまでのアナモックス反応を適応した脱窒素処理は、合成排水を用いるか、下水の消化処理工程からの排水が主で、海面埋立処分場からの浸出水を用いてアナモックス菌を培養した例はほとんどみられなかった。東京都の埋立処分場浸出水は高濃度のアンモニア性窒素が今後数十年継続して排出されると予想さ

れるので、廃水処理にこの方式を適用することで高い経済効果を得られると推測される。今回は埋立処分場浸出水を用いてアナモックス菌を培養し、脱窒素処理ができるかを調査した。

2 調査方法

(1) 処理用廃水

実験に供する廃水は、東京都の海面埋立処分場 3 カ所から集められた浸出水を 1 日 11,500m³ 処理能力の第 3 排水処理場の原水槽より採水した。原水の NH₄-N 濃度は 450~500 mg/L 程度を示していた。

(2) 実験方法

平成 23 年 5 月より図 1 のように培養容器として 2 つの 10L ビーカーを用い、信頼性を高めるため同じ装置を 2 系統設置した。培養容器には滞留時間が 24 時間程度になるように埋立処分場浸出水を供給した。当初から、NO₂-N 濃度が高濃度であると生物阻害を生ずる可能性があるため、低い濃度から開始した。供給した原水は浸出水を水道水で NH₄-N 濃度が 100mg/L 程度になるよう希釈し、NO₂-N 濃度が 100mg/L になるように亜硝酸ナトリウムを添加した。また、リン濃度が 5mg/L になるよう KH₂PO₄ を添加した。廃水処理の種汚泥として、第 3 排水処理場の返送汚泥 1 L を処理開始当初に添加した。培養容器内の菌体を安定的に維持させるため、球形 PEG 担体 (径 4mm) を容器容量の 20%(v/v) 分加え、スターラーで攪拌して使用した。容器内は鑑賞魚用ヒーターで 30℃ に温度調節し、容器上部をアルミホイルで覆って溶存酸素濃度が 0.2mg/l 以下になるように設定した。

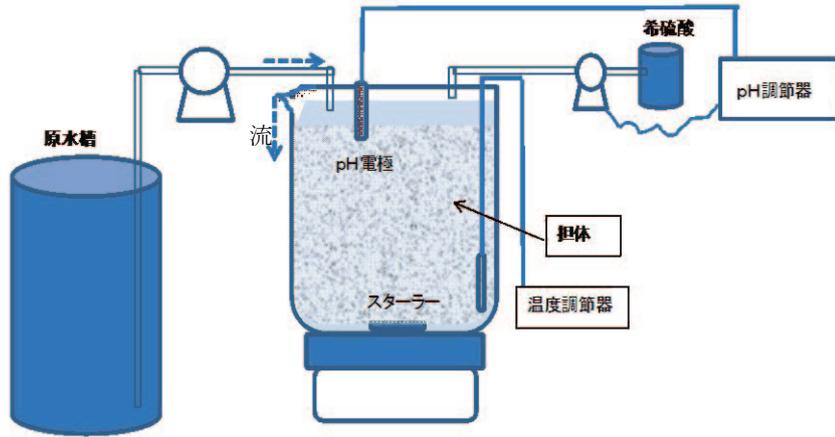


図1 脱窒素菌培養槽の模式図

また、容器内の溶液 pH が 7.7 に保持されるように、pH 調節装置を用いて希硫酸を自動注入した。なお、原水の NH₄-N と NO₂-N 濃度はアナモックス反応が認められた時点から 200mg/l 以上になるまで徐々に上昇させていった。

原水及び流出水の NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N 濃度をイオンクロマトグラフで定期的に（1回/週）分析し、NH₄-N、NO₂-N 濃度の減少の状況を測定した。

3 調査結果

(1) 原水及び流出水の窒素成分濃度の変化

①および②槽の窒素成分濃度の変化を図2、図3に示した。

図2,図3より3ヶ月経過してから各槽ともアナモックス反応が認められ、NH₄-N 濃度と NO₂-N 濃度が低下した。実廃水を利用したアナモックス反応槽の立ち上げについての例は少なく、アナモックス菌の倍加時間が 1.8 ~ 11 日^{5), 6)} と小さいと言われているが、担体を用いる

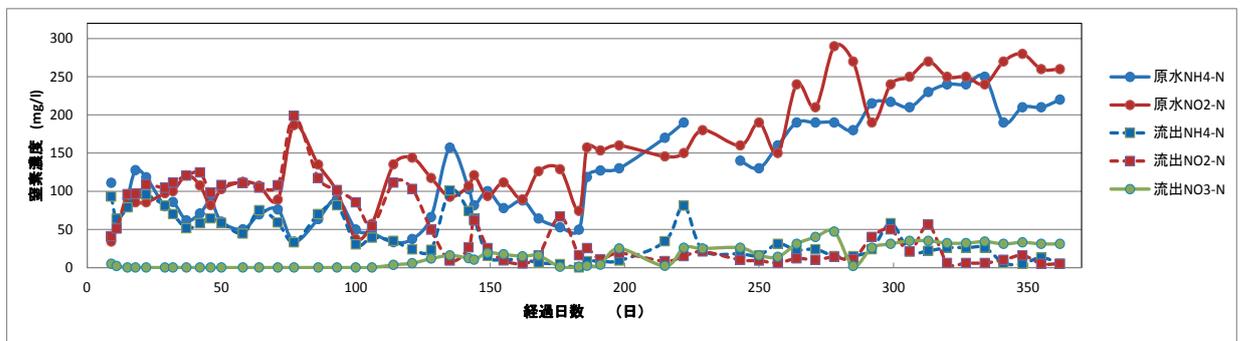


図2 ①槽の窒素成分濃度の変化

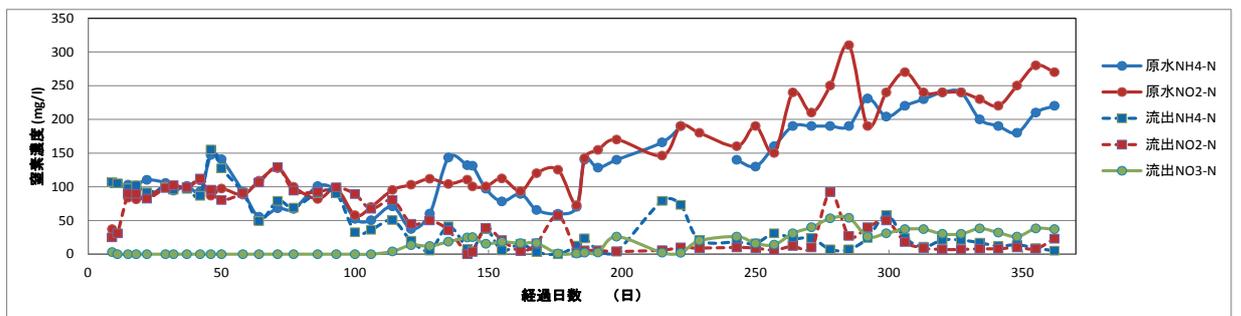


図3 ②槽の窒素成分濃度の変化

ことで菌体が槽内に維持されたものと考えられる。

アナモックス菌による $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量に対する $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 生成量の比は 1:1.32:0.26 になると報告⁵⁾ されているが、320 日経過後の窒素収支は①槽で 1:(1.2~1.4):(0.14~0.17)、②槽で 1:(1.2~1.4):(0.16~0.21)であり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の生成が多少低い傾向が見られたが、これは菌種が文献のものとは異なることも考えられる。

反応が進むにつれて各槽とも茶褐色の菌体が担体に付着し、槽内の透明度も低くなった。余剰の汚泥とみられる菌体が時々槽より流出したため、実槽では沈殿槽が必要とみられた。

2ヶ月経過した時期に原水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が低下し、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度がやや上昇した。原水槽で原水を調整後、窒素ガスで曝気し脱窒素を行っているが、わずかに残った酸素で一部硝化が起こったものと考えられる。

(2) 脱窒素の処理速度

単位容量当たりの脱窒素速度は、320 日後に①槽で $0.30 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 、②槽 $0.35 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ を越えていた。下水汚泥処理水では $1 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 以上¹⁾ が可能とされ、供給水量を増加させ、容積窒素負荷を高めることによって更に処理速度を上げることができると考えられる。

4 おわりに

海面埋立処分場からの浸出水を用いて、担体を添加した脱窒素槽でアナモックス菌の培養を行ったところ、3ヶ月程度からアナモックス反応が見られるようになった。現在の単位容量当たりの脱窒素速度は $0.30 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 以上を示している。

今後、脱窒素槽に供給する水量を増加させて脱窒素速度を更に上げるとともに、脱窒素の前段階である亜硝酸型の硝化プロセスの実験を進め、硝化槽と脱窒素槽を連結させた連続実験を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 日本下水道事業団 技術評価委員会:アナモックス反応を利用した窒素除去技術の評価に関する報告書(平成 22 年 3 月)
- 2) 古川憲次: Anammox のパワーに魅せられて、用水と廃水 54(4),pp.40-45,(2011)

3) 木村裕哉,井坂和一ら: 包括固定化担体を用いた亜硝酸型硝化・アナモックスプロセスによる汚泥脱水ろ液中の窒素処理、下水道協会誌 47(576),pp.156-165(2010)

4) 今城 麗, 安井英齊ら: 活性汚泥からの ANAMMOX 微生物の集積培養、水環境会誌 27(6),pp.413-418(2004)

5) M.Strous,J.J.Heijnen,J.G.Kuenen,M.S.M.Jetten: The sequencing batch reactor as a powerful tool for the study of slowly growing anaerobic ammonium-oxidizing microorganisms,Appl Microbiol Biotechnol, 50(5),pp.589-596(1998)

6) K.Isaka,YDate,T.Sumino:Growth characteristic of anaerobic ammonium- oxidizing bacteria in an anaerobic biological filtrated reactor. Appl Microbiol Biotechnol,70,pp.47-52 (2006)