

リン蓄積細菌の亜酸化窒素生成に及ぼす溶存酸素濃度の影響

日本大学 正会員 齋藤利晃

1. はじめに

温室効果ガスとして知られている亜酸化窒素（以下、 N_2O ）は、排水処理施設において生物学的窒素処理工程で生成することが知られている。我々はこれまで酢酸で培養したポリリン酸蓄積細菌（以下、PAOs）が亜硝酸を好気脱窒することを示してきた^{1),2)}が、その生成物質にも N_2O が含まれる可能性がある。本研究では、PAOsの N_2O 生成能を明らかにする研究の一環として、特に溶存酸素濃度の影響を調べた。

2. 研究方法

2-1. リン蓄積細菌の集積培養方法

ガラス円筒型の回分式反応装置（有効容積4L）を用いて嫌気好気法によりPAOsを集積培養した。酢酸を単独炭素源（150mgC/L）として、リン酸イオン30mgP/Lおよびその他微量栄養素を含む流入水を用い、6時間サイクル（流入10分/嫌気170分/好気130分/沈殿30分/排水10分/待機10分）で運転を行った。設定HRT12時間、SRT10日とした。適宜、反応槽にアリルチオ尿素を投入し、アンモニア酸化を抑制した。

2-2. 回分試験方法

125mLのガラスバイアル中にヘリウムもしくは純酸素を充填して密閉し、嫌気工程終了時に上述の集積培養槽より採取した汚泥40mL、pH緩衝剤であるBis-Tris および設定気相部酸素濃度に応じてヘリウムもしくは純酸素を適量を投入し、即座に攪拌後、亜硝酸を投入して実験の開始とした。振とう機で十分に攪拌し、一定時間後（亜硝酸投入5mgN/L系30分、2mgN/L系15分）、溶存態サンプルの採取と気相部 N_2O の測定を行った。気相部 N_2O の測定は、殺菌剤を投入した後、激しく攪拌して30分以上静置し、気液平衡後の気相部の N_2O を測定することにより行った。また、亜硝酸を投入しないコントロール系を気相部酸素濃度10%で作成し、リン摂取阻害の大きさも同時に測定した。

3. 結果と考察

3-1. 集積培養の結果

図1に、リン酸濃度の経時変化を示す。180日目のリン放出量および摂取量は、培養5日目に比べて共に著しく増加している。また、この時のリン摂取速度は、23（mgP/gVSS・h）であった。MLSS、MLVSSともに50日前後から安定し、VSS/SS比は50%前後で安定した。以上のことから、リン蓄積能を十分に有した汚泥を集積できたと考えた。

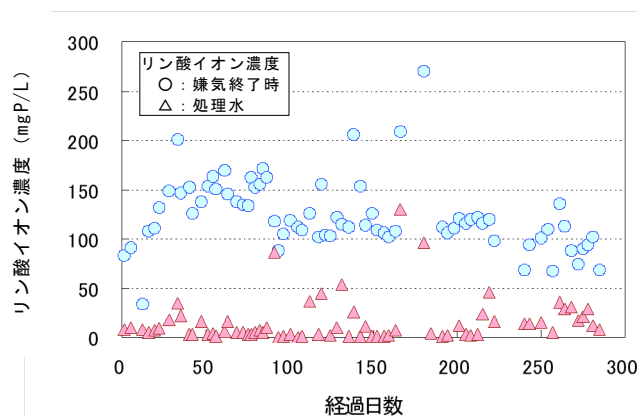


図1 集積培養の経過

(リン酸イオン濃度 ○：嫌気終了時，△：処理水)

3-2. 回分試験の結果

亜硝酸5mgN/L添加系は、図1に示す165～205日に採取した汚泥を、また、亜硝酸2mgN/L添加系は、215日～260日までの汚泥を用い、それぞれ5回ずつ行った。

(1) N_2O 発生量について

図3に、亜硝酸添加濃度5mgN/L及び2mgN/Lについて、5回ずつ行った実験結果から、 N_2O 発生量の平均値を初期気相部酸素濃度毎に分けて示した。図に示されるように、初期部気相部酸素濃度によって N_2O 生成量は異なっていた。酸素濃度0%すなわち無酸素条件下で最も生成量が多く、次いで初期気相部酸素濃度2～17%まで高い生成量を維持しつつ漸減し、43%を超える系において無酸素条件の4分の1以下にまで減少した。また、亜硝酸濃度2mgN/Lにおいても同様の結果が得られた。

(2) 亜硝酸分解量について

図3に、亜硝酸分解量の測定値を示す。初期気相部酸素濃度に対する亜硝酸分解量の関係は、図2に

示したN₂O 生成量と同じ傾向を示し、初期気相部酸素濃度の増加に伴い阻害される傾向を示した。亜硝酸添加濃度2mgN/Lの実験系においても同様の結果であった。

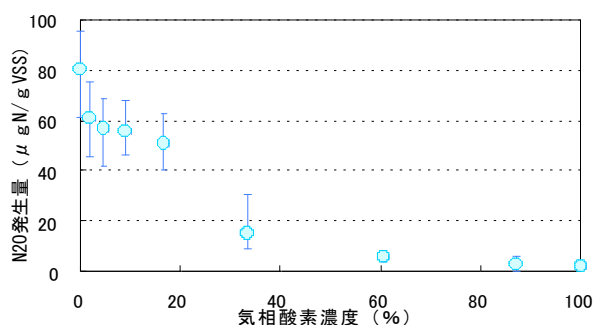


図2 亜硝酸 5 mgN/L系のN₂O生成量 (平均値)

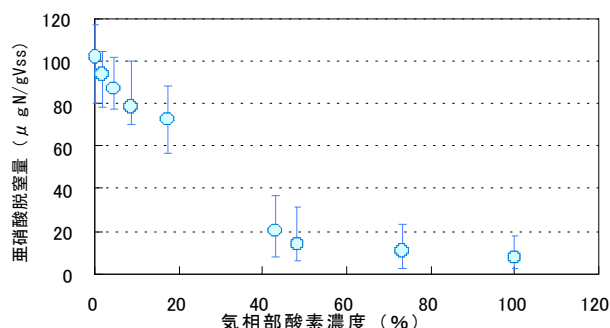


図3 亜硝酸 5 mgN/L系の亜硝酸脱窒量 (平均値)

(3) リン摂取量について

図4に、亜硝酸添加濃度5mgN/L系におけるリン摂取量の測定結果を示す。リン摂取量は、初期気相部酸素濃度が0%~17%まで著しく低く、酸素濃度の増加により阻害が緩和される傾向が観察された。これは、2mgN/L添加系も同様であった。

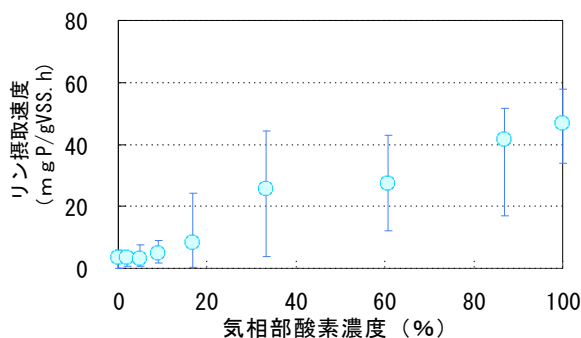


図4 亜硝酸 5 mgN/L系のリン摂取速度 (平均値)

(4) N₂O 転換率について

図5に、亜硝酸添加濃度5mgN/LにおけるN₂O 転換率の結果を示す。転換率とは、N₂O 生成量を亜硝酸分解量で除し百分率で表した値である。多少のばらつきはあるが、初期気相部酸素濃度によらず、およ

そ55~90%にあり、非常に高い値であることが分かった。また、酸素濃度0%の系でも同様の転換率が観察されていることから、酸素によるN₂O分解酵素の阻害による影響ではないことが推察された。

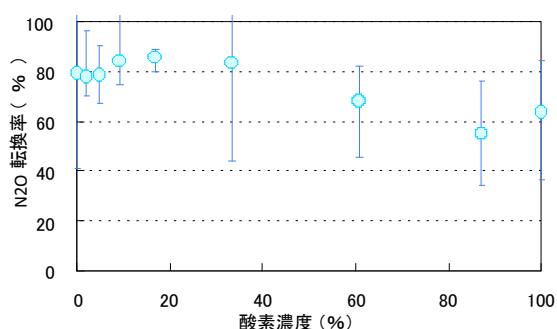


図5 亜硝酸 5 mgN/L系のN₂O転換率 (平均値)

4. まとめ

酢酸を主基質として酸化体窒素の暴露を受けていないリン蓄積能を有する汚泥を培養し、亜硝酸を好気脱窒させたところN₂Oの発生が認められた。リン蓄積細菌が亜硝酸の脱窒とN₂O生成を担っていたと考えられる。本研究で得られたN₂O転換率は55から90%前後という高率であり、かつ、共存酸素の有無や亜硝酸濃度による影響が観察されなかったことから、本研究で使用したリン蓄積細菌は高いN₂O生成ポテンシャルを有していると考えられる。

本研究により、これまで注目されてこなかったリン蓄積細菌もN₂O生成能を有していることが示された。今後、脱窒能力の有無や細菌種による相違を明らかにし、実排水処理施設におけるN₂O生成に対するリン蓄積細菌の寄与を検証する必要があると考えている。

謝辞

本研究は、平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C)21510089)および平成21年度財団法人鹿島学術振興財団の助成金を用いて行われた。

松橋学(現職国土技術政策総合研究所)君には多大なる協力を頂いた。ここに感謝したい。

参考文献

- 1) Saito ら(2008) Journal of Water and Environment 6(1), 65-75
- 2) 齋藤ら(2009)環境工学研究論文集 Vol. 46, pp659-664