

AOB 優占種の異なる汚泥を用いた回分試験による N₂O 生成に与える pH・水温の影響

日本大学大学院 学生会員 ○大塚 将吾, 日本大学理工学部 正会員 吉田 征史,
日本大学理工学部 正会員 齋藤 利晃, 埼玉県環境科学国際センター 正会員 見島 伊織

1. 背景・目的

下水処理におけるアンモニア酸化細菌 (AOB) による亜酸化窒素 (N₂O) 生成に与える影響因子として、亜硝酸性窒素の蓄積¹⁾や溶存酸素 (DO) 濃度の低下²⁾による影響について数多くの報告がある。一方、pH や水温の変動が N₂O 生成に与える影響に関する知見はあまり多くない。我々はこれまで既報^{3),4)}を参考に、pH、水温、曝気風量の条件が異なる 2 つのリアクター運転により、亜硝酸型硝化型と完全硝化型が形成される 2 系の汚泥を培養している。今回は、この 2 つの汚泥と、これらを混合した計 3 種の汚泥を用いることで、細菌叢の相違および、pH・水温の条件を変動させた場合の硝化能や N₂O 生成能へ与える影響について検討した。

2. 実験方法

2-1. 集積を目的としたリアクター運転

図 1 に示すような有効容積 10L の回分式リアクターを 2 つ用いた。リアクター A は AOB 集積を目的として水温 35℃, pH7.9~8.5, 曝気風量 0.5L/min で運転し、リアクター A/N は AOB/NOB 混在を目的として水温 20~25℃ (室温), pH6.8~7.2, 曝気風量 2.0L/min で運転した。両リアクターとも図 2 のように 1 日 4 サイクル、引抜き比 1/2 で運転した。なお、基質には有機物は含まず、流入完了時の NH₄⁺濃度は 59.1mgN/L である。

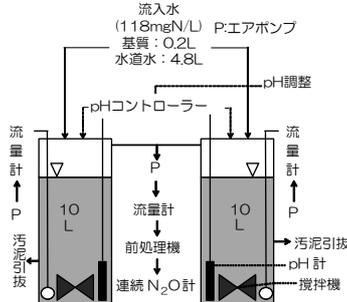


図 1. 回分式リアクター



図 2. 運転工程

2-2. pH・水温を変動させた回分試験

リアクター A, リアクター A/N より採取した汚泥 (A 系, A/N 系) およびこれらを MLSS 比で 1:1 となるよ

うに混合させた系 (MIX 系) の 3 種の汚泥を用い、回分試験を行った。有効容積 0.15L の密閉された実験装置に連続 N₂O 計を接続し、装置上部から吸気し 1 分毎に N₂O ガス濃度を測定した。また、NO₂ 蓄積レベルの統一を目的に A/N 系, MIX 系には常時 20mgN/L 程度の NO₂ を蓄積させるように連続流入を行った。初期基質濃度は NH₄⁺, NO₂⁻とも 20mgN/L, 曝気は N₂ ガス 0.08L/min と屋外空気 0.04L/min, 計 0.12L/min の混合ガスで統一した。pH および水温を制御し、pH6, 7, 8 および水温 15, 25, 35℃ の合計 27 系列の条件で硝化能, N₂O 生成能の相関を観察した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 集積を目的としたリアクター運転

集積培養について、曝気工程終了時の窒素成分の濃度、1 サイクルにおける N₂O 生成量の経日変化を図 3 (リアクター A), 図 4 (リアクター A/N) に示す。リアクター A は高 pH, 高水温, 低曝気風量により NOB の酸化が抑制され、NO₂ が蓄積、NO₃ の検出はわずかであった。このことから AOB が優占化されていると考えられる。一方、リアクター A/N では NH₄⁺を NO₃⁻まで酸化し、NO₂ の蓄積はわずかであり、AOB と NOB が混在していることが示唆された。なお、920 日目~940 日目において NSO190 および NEU プローブを用いて FISH 法により *Nitrosomonas* と *Nitrosospira* を測定した結果、リアクター A における AOB 比率は *Nitrosomonas* が 30~50%, *Nitrosospira* が 50%~70% 程度、リアクター A/N では 90% 以上が *Nitrosospira* であった。また、N₂O 生成量については、

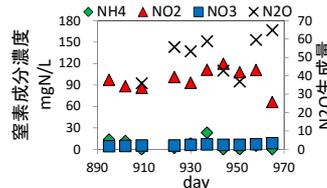


図 3. リアクター A

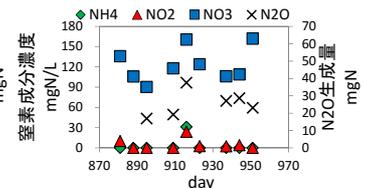


図 4. リアクター A/N

キーワード アンモニア酸化細菌, 亜硝酸酸化細菌, N₂O, 水温, pH

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学 理工学部 土木工学科
Tel 03-3259-0875 E-mail : yoshida.yukihito@nihon-u.ac.jp

リアクターAがリアクターA/Nと比較して2倍程度高いことが観察された。

3-2. pH・水温を変動させた回分試験

950日目～970日目においてリアクターから採取した汚泥を用いて2-2.に示した方法で回分試験を行った結果得られたアンモニア酸化活性 (NH_4^+ 減少速度), 亜硝酸酸化活性 (NO_2^- 生成速度) と N_2O 生成量 (試験時間2時間における) の関係を図5～図10に示す。なお, 図中の数値(6, 7, 8)は実験時に調整したpHの値である。アンモニア酸化活性について

(図5, 図7, 図9), pH6においては3系とも総じてどの水温であっても活性が極めて低い結果となり, pH7と8では水温の増加に伴い活性も増加した。また, 3系とも同一水温においてはpHの増加に伴い活性が高くなったが, A/N系は他の2系と比較してアンモニア酸化活性が低かった。亜硝酸酸化活性(図6, 図8, 図10)は, 概ねどの系においてもpHの増加に伴い低下し, 水温の増加に伴い増加した。なお, A系はどの条件においても最も活性が低かった。 N_2O 生成量について

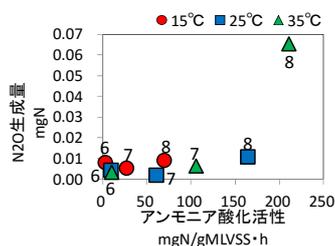


図5. A系

NH_4^+ 酸化活性と N_2O 生成量

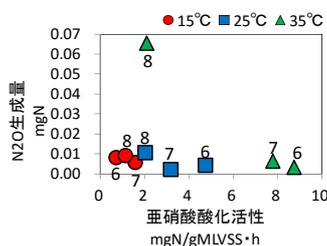


図6. A系

NO_2^- 酸化活性と N_2O 生成量

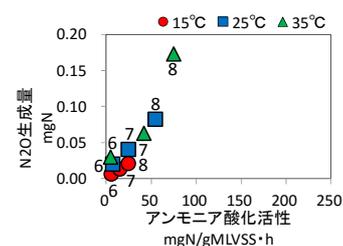


図7. A/N系

NH_4^+ 酸化活性と N_2O 生成量

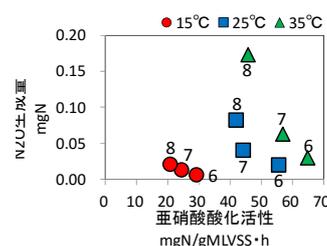


図8. A/N系

NO_2^- 酸化活性と N_2O 生成量

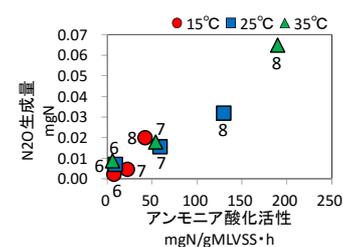


図9. MIX系

NH_4^+ 酸化活性と N_2O 生成量

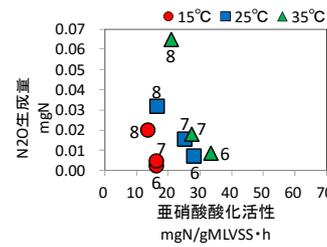


図10. MIX系

NO_2^- 酸化活性と N_2O 生成量

は, pH と水温ともに, 増加するに従い3系とも増加する傾向が観察された。リアクター運転と近いpH・水温の条件(A系pH8, 35°C, A/N系pH7, 25°C)においては(A/N系の NO_2^- 蓄積レベルはリアクター運転と異なるが)A系の N_2O 生成量の方が高い結果であった。また, pH と水温が高い条件ではMIX系の N_2O 生成量はA系とA/N系の平均的な値とは限らず, 特にpH8, 水温35°Cの条件ではA系, A/N系の N_2O 生成量がそれぞれ0.065mgN, 0.173mgNであるのに対して, MIX系も0.065mgNとA/N系の寄与が低下した傾向が観察された。なお, 3系列で比較すると, A/N系は亜硝酸酸化活性が最も高く, アンモニア酸化活性が最も低いにも関わらず N_2O 生成量が最も高かったことから, 汚泥を混合した場合はそれぞれの汚泥のAOBが競合することが考えられる。少し時期は異なるが, 前述の通りA/N系では*Nitrosospira*が*Nitrosomonas*と比べて圧倒的に多いことが確認されていることから, N_2O 生成に対する水温, pHの環境条件の影響は*Nitrosomonas*に比べて*Nitrosospira*の方が高い感受性を持つ可能性が示唆された。

4. まとめ

AOB優占種の異なる2つの汚泥とその混合汚泥を用いてpH・水温を変動させた回分試験により N_2O 生成能を比較した結果, *Nitrosomonas*よりも*Nitrosospira*の方がpH・水温に対して感受性が高い傾向が観察された。今後, リアクターA, A/Nそれぞれの汚泥の*Nitrosomonas*と*Nitrosospira*の細菌数から, 混合時の N_2O 生成における寄与の割合を検討することで, *Nitrosomonas*と*Nitrosospira*のpHや水温に対する感受性の相違を検証する予定である。また, 併せて両汚泥のNOB細菌叢による影響についても検討する予定である。

5. 参考文献

- 1) Anthonisen *et al*, (1976). *Journal WPCF*, **48**(5), pp.835-852.
- 2) Kuai and Verstraete, (1998). *Applied and Environmental Microbiology*, **64**(11), pp.4500-4506.
- 3) Hellinga *et al*, (1998). *Water Science and Technology*, **37**(9), pp.135-142.
- 4) 北尾高嶺, (2003), *生物学的排水処理工学*, コロナ社, pp.160-163.