

硝化細菌叢及び亜酸化窒素生成能に及ぼす攪拌工程における一酸化窒素曝露の影響

日本大学 学生会員 ○赤城 大史 日本大学 正会員 齋藤 利晃 日本大学 正会員 小沼 晋

1. 背景と目的

現在、地球温暖化が全世界で問題となっており、その原因物質である温室効果ガスの削減が求められている。下水道事業から排出される温室効果ガスの一種である亜酸化窒素 (N_2O) は、 CO_2 の約 300 倍の温室効果があり、また水処理過程から発生する温室効果ガスの約 10% を占めていることから、削減効果は大きいとされている。下水処理過程では、アンモニア酸化細菌 (AOB) の亜硝酸脱窒が主な N_2O 生成経路であるとされていることから、AOB の亜硝酸脱窒を抑制することが N_2O 排出抑制につながると考えられる。一方、AOB が亜硝酸脱窒を行う際には N_2O とともに一酸化窒素 (NO) も生成されることが知られており、また NO にはアンモニア酸化活性を上昇させるという報告がある^[1]ことから、AOB による亜硝酸脱窒は NO 生成のために行っている可能性がある。すなわち、NO を外部から添加すれば亜硝酸脱窒が抑制され、ひいては N_2O 生成抑制につながるのではないかと考えられる。そこで本研究では、NO 曝露を攪拌時に行い、順次、NO 曝露量を変更して NO 添加による硝化細菌叢の遷移が硝化性能及び N_2O 生成に与える影響を調べた。

2. 実験方法

実験には有効容積 4L の回分式反応槽を用い、アンモニア態窒素 30mgN/L を含む無機栄養塩を HRT15h で流入させ、SRT40d、1 サイクル 3h (曝気 2h、沈殿 0.5h、排水 5min、攪拌 24min、待機 1min)、 $pH=7.05 \pm 0.05$ 、水温 $=20 \pm 2^\circ$ に制御して硝化汚泥を培養した。系の安定を確認したのち、概ね 21 日毎に運転条件を変化させた (表 1)^[2]。窒素曝露と NO 曝露はすべて攪拌工程中に限定して行った。試料として液体とガスを採取し、前者は NH_4^+ 、 NO_2^- 及び NO_3^- 濃度を液体クロマトグラフィーで測定し、後者は N_2O 濃度を GC/ECD にて測定した。

表 1 攪拌工程における通気ガスの種類と量

運転条件の名称	窒素ガス	NO ガス (200ppm)
通常 I	なし	なし
通常 II	70ml/min	なし
攪拌 NO-I	70ml/min	20ml/min
攪拌 NO-II	50ml/min	40ml/min
攪拌 NO-III	なし	90ml/min
通常 III	90ml/min	なし

硝化細菌の解析は、7 日毎に採取した汚泥を用い、FISH 法により行った。この系において AOB は主に *Nitrosospira* 属と *Nitrosomonas* 属の 2 系統で構成されていることから、AOB 全体を染色させる Nso190 及び *Nitrosomonas* 属のみを染色させる NEU の 2 種類のプローブを使用した。NOB (亜硝酸酸化細菌) は主に *Nitrobacter* 属、*Nitrococcus* 属、*Nitrospina* 属、*Nitrospira* 属で構成されており、それぞれに対応するプローブとして NIT3-R、Ntcoc-mix-F、Ntspn-mix-F、Ntspa-mix-F の 4 種類を使用した。

3. 実験結果と考察

AOB の比率と細菌数の経日変化を図 1 に示す。細菌数も *Nitrosospira* 属が多く、通常 I から通常 II では水温トラブルもあり減少し、攪拌 NO-I でさらに減少したが再び NO-II、攪拌 NO-III、通常 III では上昇した。曝露強度が弱い攪拌 NO-I で *Nitrosospira* 属が減少したのに対し、曝露強度が高い攪拌 NO-III 逆に増加する傾向がみられた。また細菌数の変化からもわかる通り、比率は *Nitrosospira* 属が実験全体を通して優占していたことが確認された。

NOB の比率と細菌数の経日変化を図 2 に示す。NOB は *Nitrospina* 属と *Nitrospira* 属が優占化していたことから、*Nitrobacter* 属と *Nitrococcus* 属の考察は割愛させていただく。初めに、細菌数の変化を見ていくと、*Nitrospina* 属は通常 I の末端で起こった水温低下で大きく減少し、その後攪拌 NO-I ではさらに減少した。しかし、攪拌 NO-II 以降は徐々に上昇していった。*Nitrospira* 属は水温低下で大きく減少したが、その後攪拌 NO-I では上昇、NO-II ではさらに上昇したが、攪拌 NO-III で減少し、通常 III ではさらに減少した。比率は実験全体を通して *Nitrospina* 属と *Nitrospira* 属が優占していた。通常 I、II では両者は拮抗していたが、攪拌 NO-I、NO-II では *Nitrospira* 属が増加し、占める割合は 70% を超えるまで高くなった。しかし、攪拌 NO-III から徐々に *Nitrospira* 属が減少する一方、*Nitrospina* 属が増加し、通常 III では *Nitrospina* 属が優占化した。曝露強度が弱い攪拌 NO-I で *Nitrospira* 属の細菌数は多く優占化していたが、曝露強度が高い攪拌 NO-III では *Nitrospina* 属の細菌数が増加し優占化する傾向がみられた。逆に増加する傾向がみられた。これらの結果から、NO 曝露量の相違が硝化細菌叢に及ぼす影響が異なるこ

キーワード 亜酸化窒素、一酸化窒素、硝化、下水処理、FISH 法、硝化細菌叢

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 3 号館 3 階 TEL 03-3259-0672

とが示唆された。

NO 曝露による硝化細菌叢の遷移が硝化及び N_2O 生成に与えた影響を検討した。図 3 にアンモニア酸化速度及び亜硝酸酸化速度、 N_2O 転換率の変化を示した。アンモニア酸化速度は、曝露量の違いによって大きく値が変動した。亜硝酸酸化速度も変動はしたもののアンモニア酸化速度の変動よりは小さかった。転換率は大きく変動し、攪拌 NO-I と攪拌 NO-II の後半に急激な増減がみられた。この原因として、*Nitrosospira* 属の細菌数の増減が関与していると考えられた。転換率と *Nitrosospira* 属の細菌数には正の相関がみられた (図 4)。NO 曝露は、通常 II の水温トラブルによる硝化立ち上がり時の過剰なアンモニア酸化速度を抑制する効果がある一方で、曝露量を増やすことにより *Nitrosospira* の細菌数が増加し、それに伴って N_2O 排出を促進してしまうことが示唆された。また、NO 曝露による硝化細菌叢の遷移が硝化にもたらした影響は明らかにできなかった。

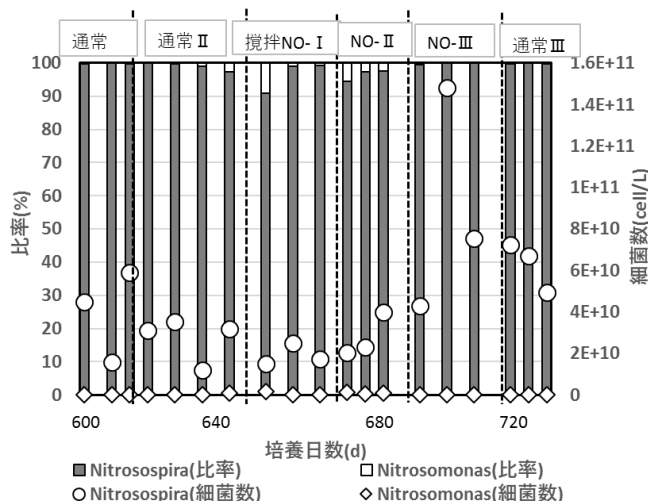


図1 AOBの比率と細菌数の変化

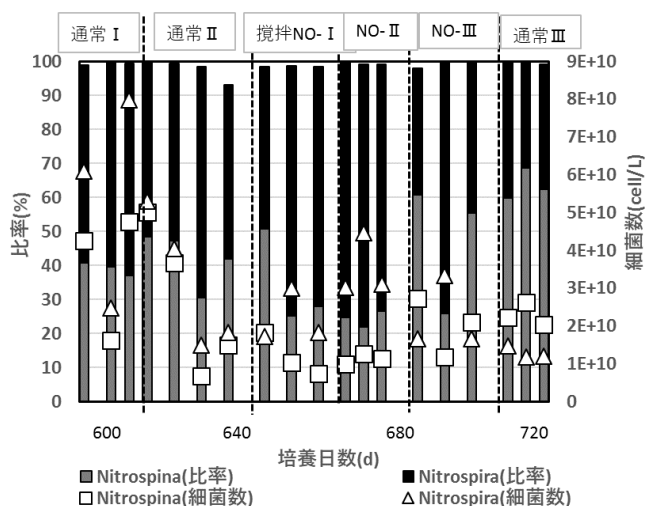


図2 NOBの比率と細菌数の変化

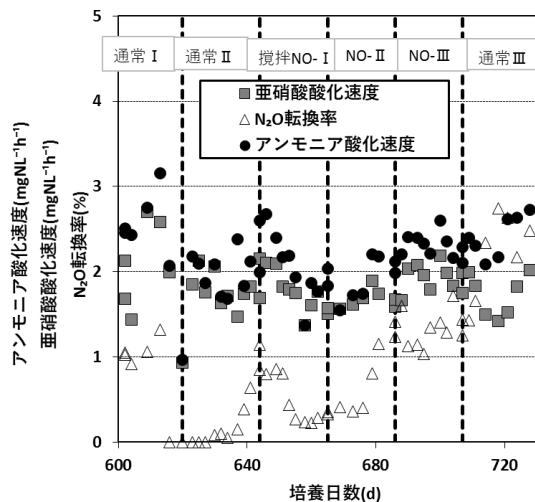


図3 アンモニア酸化速度、亜硝酸酸化速度、 N_2O 転換率の変化

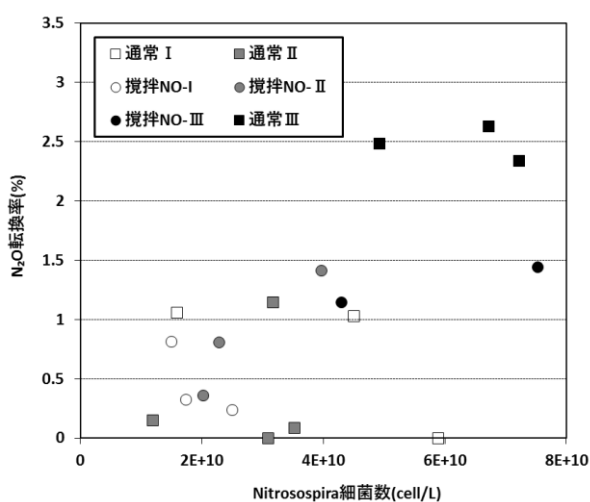


図4 N_2O 転換率と *Nitrosospira* 属の関係

4. 結論

攪拌工程に NO ガスを強制通気し、順次通気量を増大させることで、硝化細菌叢に及ぼす影響を調べたところ、AOB では *Nitrosospira* 属の細菌数に影響を与え、NOB では、*Nitrospina* 属と *Nitrospira* 属の比率と細菌数ともに影響を与えることが観察された。また、曝露量で比率や細菌数の増減に与える効果が異なることから、NO 曝露量の違いが細菌叢に異なる効果を与えうることが示唆された。NO 曝露によって遷移した硝化細菌叢が硝化に与える影響は明らかにすることができなかったが、 N_2O 生成能に関しては、NO 曝露量の相違で N_2O 転換率に与える効果も異なり、*Nitrosospira* の増加によるアンモニア酸化を抑制し、 N_2O 生成抑制につながる可能性があることが示唆された。

5. 参考文献

- [1] Zart 他 (2000) *Antonie van Leeuwenhoek*, Vol. 77, 49–55
- [2] 赤城他 (2017) 第 51 回日本水環境学会年会講演要旨集, 351