

VII—43

酸素利用速度試験を用いた亜酸化窒素発生特性の解析

東北大学工学部

学生員○弘中祐樹 増田周平

東北大学大学院工学研究科 正 員 山田一裕 西村修

1. はじめに

近年、地球温暖化が問題となってきた。その原因として CO_2 や亜酸化窒素 (N_2O : Nitrous Oxide) などの温室効果ガスの増加が挙げられる。亜酸化窒素は大気中濃度が低いものの、寿命が 120 年と長く、100 年を単位としてみた場合の温室効果のポテンシャルは CO_2 の約 300 倍である。また、オゾン層破壊を起こすことから地球温暖化への影響が懸念されている。

IPCC によると下水処理自体での転換率は与えられていないが、下水由来の窒素が自然環境中で分解される時の転換率の範囲は 0.2~2% で標準値を 1% としている¹⁾。したがって、 N_2O 転換率をより低減した窒素除去技術の開発を行う必要がある。

窒素除去を行う排水処理の方法は数多くあるが、高度処理が可能であり、1 つの処理反応槽を時間区分によりばつ気槽、脱窒槽、沈殿槽として利用できる回分式活性汚泥法は設備が簡単で運転労力が極めて少ないことから比較的小規模施設で普及している。しかし、この回分式活性汚泥法では、運転条件の変化により硝化、脱窒が十分行われず N_2O が大量に生成されるという問題が起こる。この問題の解決のため、これまで嫌気好気時間配分比、HRT、SRT、pH、DO などを変えて、 N_2O の生成を抑制し硝化、脱窒をスムーズに行うシステムを構築する実験がなされてきた。しかし、まだこれらの問題は解決に至っていない。その原因として N_2O の生成メカニズムが解明されていないことが挙げられる。

そこで本研究では、 N_2O の発生は嫌気や無酸素工程より好気工程において多いことから好気工程に着目し、酸素利用速度試験によって活性汚泥の持つアンモニア酸化や亜硝酸酸化能力を評価し、それらと N_2O 発生との関係を検討した。

2. 実験方法

a) 酸素利用速度試験を用いた硝化活性の測定法

実下水処理場から採取してきた活性汚泥を洗浄希釈した後、下水試験法に従い酸素利用速度試験²⁾を行った。その酸素利用速度試験前後の水質の窒素変化量を測定することで、酸素利用速度試験中に消費されてい

る酸素が硝化に使われているかを判断した。

b) 亜硝酸酸化活性と N_2O 発生との関係の解析

a) で確立した硝化活性測定法を行う時の条件を変えて、亜硝酸酸化活性および 10 分間の DN_2O の変化を測定した。その結果から亜硝酸酸化活性と N_2O 発生との関係について解析を行った。 DN_2O の測定にはヘッドスペース法を用いた。

c) アンモニア酸化活性と N_2O 発生との関係の解析

豚舎排水処理を目的としたバッチ試験を行った。実験条件は回分式間欠ばつ気活性汚泥法を用いて、1 日 24 時間 1 サイクルで運転し、無酸素工程 9 時間、好気工程 11 時間、沈殿・排出・流入 4 時間とした。実験装置は恒温水槽 25℃ の中に設置した。COD/MLSS 負荷は 0.4mg-COD/mg-MLSS・日である。MLSS は 3670mg/l であった。

d) 分析方法・供試排水

水質分析は $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DO および pH について行い、これらは下水試験方法に従った。また、アンモニア酸化活性は a) で確立した硝化活性測定法を用いた。表 1 に豚舎排水の水質を示す。

表 1 豚舎排水の水質

分析項目	mg/l	分析項目	mg/l
COD _{Cr}	9133	DT-P	114
D-COD _{Cr}	6877	$\text{NH}_4\text{-N}$	1710
T-N	2105	$\text{NO}_2\text{-N}$	2.78
DT-N	1790	$\text{NO}_3\text{-N}$	9.54
T-P	147	$\text{PO}_4\text{-P}$	166.4

3. 実験結果及び考察

a) 酸素利用速度試験を用いた硝化活性の測定

酸素利用速度試験中の窒素変化量を測定し、それを基に推定した硝化による消費酸素量 (A) と、実際の消費酸素量 (B) を比較した。その結果を表 2 に示す。

この結果、測定中に消費される酸素が硝化によって使用されていたことが証明された。このことから酸素利用速度試験を用いて硝化活性を測定することが可能であると判断した。

表2 測定結果と推定値の酸素量の比較

添加基質	A	B	A/B
NH ₄ -N	0.985	0.96	1.026
NH ₄ -N+NO ₂ -N	1.067	1.02	1.046
NO ₂ -N	0.246	0.23	1.071

A: 推定した硝化による消費酸素量 (mg/l)

B: 実際の消費酸素量 (mg/l)

b) 亜硝酸酸化活性と N₂O 発生量の解析

初期亜硝酸濃度を 0~40mg/l と初期亜硝酸濃度を 4mg/l として pH5, 6, 7, DO2, 6mg/l および有機物濃度 0, 35mg-c/l と条件を変化させて、亜硝酸酸化活性を測定した。それらの亜硝酸酸化活性と DN₂O-N 発生量の関係を図1に示す。

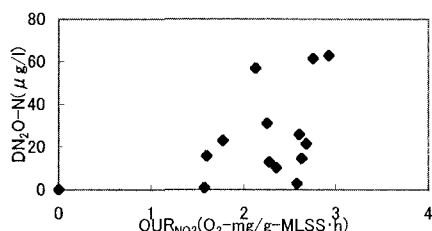


図1 亜硝酸酸化活性と N₂O 発生量

亜硝酸をめぐって亜硝酸酸化細菌と脱窒細菌が競合することで、亜硝酸酸化活性が高まると N₂O 発生量が小さくなると予想していたが、結果として亜硝酸酸化活性と N₂O 発生量に相関は見られなかった。

c) アンモニア酸化活性と N₂O 発生量の関係の解析

図2にアンモニア酸化活性、DN₂O-N, DO の経時変化を、図3に示す。アンモニア酸化活性は無酸素工程を経て活性が大きく落ちる。好気工程に入ると大きく増加するが一度減少する。その後は好気工程最後まで増加する。この後、沈殿工程が入ることで活性が低下し、回分式活性汚泥法におけるアンモニア酸化活性は1サイクルでこのような増減を繰り返していると考えられる。

好気工程3時間目でアンモニア酸化活性が大きく増加し、DN₂O-N 濃度も増加した。この時 DO も急激な増加を示した。DO の増加は有機物が少なくなったために、それによる酸素消費が減少した結果と考えられる。アンモニア酸化活性の増加は好気工程に入ることによって活性を取り戻したものと考えられる。ここでは従属栄養細菌によるアンモニア酸化および好気脱窒が起こっている

のではないかと考えた。すなわち DN₂O-N の増加は従属栄養細菌による好気脱窒によるものと考えた。5時間目でアンモニア酸化活性が減少した。これは3時間目の時は従属栄養細菌とアンモニア酸化細菌による酸素の競合だったが、図3から NO₃-N の増加が認められることから亜硝酸酸化細菌も交えた3者による酸素の競合が起こり、アンモニア酸化活性が減少したと考えた。DN₂O-N の一時的な低下としては DO の増加により従属栄養細菌による好気脱窒が進まなくなったと考えた。5時間以降アンモニア酸化活性、DO, DN₂O-N が増加している。これは独立栄養細菌の活性の増加によると考えられ、図3から NO₂-N の蓄積も認められ、独立栄養細菌による好気脱窒で DN₂O-N が増加していると考えられる。

これらの結果からアンモニア酸化活性は N₂O 発生特性を解析する上で有用な指標となるといえる。

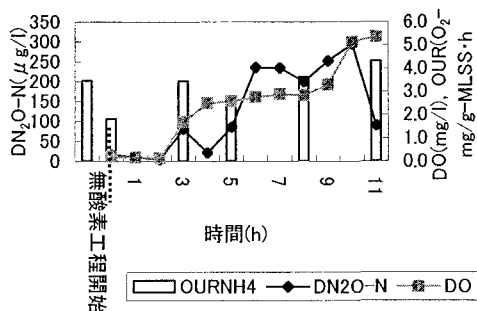


図2 アンモニア酸化活性, DN₂O-N, DO の経時変化

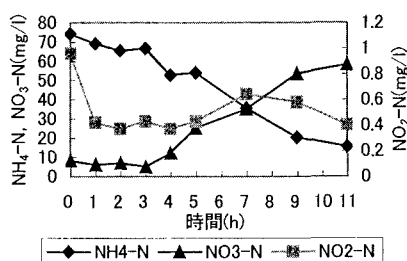


図3 無機態窒素の経時変化

参考文献

- 1) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Reference Manual, Section 4.5.4
- 2) (社) 日本下水道協会, 下水道試験方法, 上巻, pp.274-275, 1997