

無終端水路における亜酸化窒素の変動特性解析

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○大越駿 非会員 大友渉平 正会員 増田周平
株式会社県南環境保全センター 非会員 西鳥羽一也 秋田県立大学 非会員 高階史章 非会員 岡野邦宏

1. はじめに

下水処理事業においては、二酸化炭素、メタンおよび亜酸化窒素(N₂O)等の温室効果ガスが排出されることが知られている。中でも、N₂O は生物学的硝化脱窒反応にともない生成し、温室効果は二酸化炭素の約 298 倍と高く、オゾン層を破壊する物質であるため、排出量を削減させる必要がある。

排水処理法の中でも、オキシデーションディッチ法に代表される無終端水路を用いた処理法は、低負荷のため汚泥発生量が少なく、安定した処理ができるという特徴を有する。一方で、窒素除去の過程で N₂O を生成する可能性があるものの、無終端水路由来の N₂O の生成メカニズムや季節および日間における変動特性は不明である。

そこで本研究では、無終端水路で処理を行う下水処理場において N₂O の季節変動、時間変動、反応槽内の濃度分布、N₂O の生成ポテンシャルを明らかにすることを目的として調査を行った。

2. 方法

2.1 下水処理場の概要

調査対象は、無終端水路で処理を行っている大曲処理センターで、計画処理人口46,300（人）、流入下水量8,902（m³/日）（H28年度実績）である。水処理工程は、沈砂池、最初沈殿池、反応槽（無終端水路）、最終沈殿池、消毒槽からなる。反応槽では、2台の縦軸型攪拌機を3時間毎に交替させ処理している。H28年度のデータより、MLSSは1700～2600mg/L、SRTは10～20日程度、窒素除去率は46.7%～86.4%で運転が行われていた。

2.2 調査方法

調査は平成 28 年の 4 月 21 日、7 月 20 日、11 月 29 日のいずれも 9 時～14 時に行った。まず、4 月と 7 月の調査において、攪拌機切り替え後の水質の変動を明らかにするため、9 時、9 時 30 分、10 時、11 時、12 時、12 時 30 分、13 時、14 時において、図 1 に示した反応槽内の同一地点（午前は地点⑥、午後は地点③）を対象に水サン

ルの採取を行った。また、全ての調査において、11 時と 14 時に反応槽を①～⑥の地点に分け、4 月は①、③、④、⑥地点のみ、7 月と 11 月は①～⑥地点でサンプルを採取した。水サンプルからは、水温・DO・pH・TOC・DOC・T-N・NH₄-N・NO₂-N・NO₃-N・溶存態 N₂O(DN₂O)を測定した。T-N は TN-100(Mitsubishi Chem. co.)、無機態窒素は 10A-vp（Shimadzu.co）、TOC は TOC-L(CSH)(Shimadzu.co)、N₂O は ECD ガスクロマトグラフ GC-14B（Shimadzu.co）を用いて分析した。

2.3 N₂O 生成活性試験¹⁾

7 月と 11 月において、活性汚泥の N₂O 生成活性試験を行った。前処理として、活性汚泥を 3 分間遠心分離し、上澄みを BOD 希釈水に置換し、破碎して混合した。それらを 4 系に分取し、3 系を空気で、1 系を窒素で曝気した。その後、表 1 に示すような条件となる様に試薬を添加し、60mL シリンジに 25mL 採取し蓋をした。その後、20℃の恒温で 150rpm で振とうさせ、1 時間後に窒素ガス 25mL を封入し、1 分間振ってから気相のガスを 15mL 採取し、N₂O 濃度を分析した。また、試験水は 0.45μm のフィルターを使用してろ液を採取し、分析に供した。分析値より、初期状態と 1 時間後の DN₂O を算出し、増加量を MLSS で除し、N₂O 生成活性として評価した。

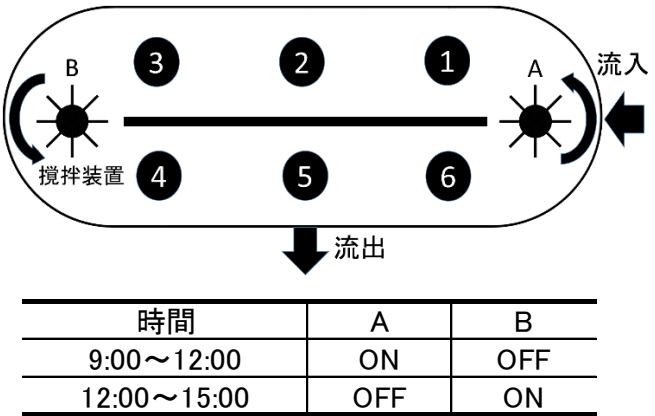


図 1 反応槽内採水地点

3. 結果及び考察

3.1 反応槽の同一地点での水質

4月および7月の9時～11時、12時～14時におけるDO, TOC, DOC, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の結果より、反応槽の同一地点での水質は攪拌機切り替わり後遅くとも約1時間で安定すると考えられた。

3.2 反応槽内の濃度分布・変動特性

表2に、反応槽内①～⑥地点における水質の平均濃度を示す。これより、各調査日の平均 DN_2O 濃度は、4月および11月において高かった。また、平均 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は7月、平均 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度は4月および11月、平均 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は4月で高く、硝化が進行し、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度が高い時に DN_2O 濃度も高い傾向にあった。

反応槽①～⑥における水質の変化は、4月・7月・11月の11時、14時ともにDOC, TOC, T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度はほぼ一定であったのに対し、DO, DN_2O の濃度は変動する傾向がみられた。図2より、 DN_2O の高かった11月においては、反応槽内のDO濃度は攪拌直後に増加し、その後減少していく傾向が見られた。さらに、 DN_2O 濃度は11時では⑥地点、14時では①地点で濃度が最大となり、DO濃度が低い地点において、 DN_2O 濃度が高い傾向にあった。

3.3 N_2O 生成活性試験

図3に N_2O 生成活性試験の結果を示す。これより、7月においてはA系とD系では N_2O は生成しなかったのに対し、11月においては N_2O の生成が見られ、特にA系での発生が顕著であった。また、B, C系は7月、11月ともに生成が確認された。したがって、 N_2O の生成が促進されていた11月においては、 NH_4 を必要とするアンモニア酸化細菌の活性が特に高く、これらの好気性脱窒による影響で N_2O の発生が促進されていたと考えられる²⁾。さらに、11月においてはD系でも N_2O の生成が見られたことから、従属栄養細菌の脱窒の経路による N_2O の生成も起こっていたと考えられる。

4. まとめ

反応槽内の DN_2O 濃度は、4月および11月において高く、7月において低かった。さらに、反応槽内の DN_2O 濃度はDO濃度が低い時に高かった。

同時に行った N_2O 生成活性試験の結果より、 N_2O の発生が促進されている状況においては、主に NH_4 の好気性脱窒による経路で N_2O が発生していると考えられた。

参考文献

- 1) 見島伊織他, 実下水処理施設における硝化プロセスの N_2O 生成ポテンシャルの解析, 水環境学会誌, Vol.37, No.6, pp219-227, (2014)
- 2) 増田周平他, 水処理工程における N_2O の発生特性, 用水と廃水, vol.52, No.3, pp.41-55, (2010)

表1 N_2O 生成活性試験条件

系	NH_4	NO_2	CH_3COONa	air
	mgN/L	mgN/L	mg/L	—
A	20	—	—	○
B	—	5	—	○
C	20	5	—	○
D	—	5	60	×

表2 反応槽内水質

		水温	DO	DOC	T-N	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	DN_2O
		℃	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L
4月	AM	14.9	0.7	5.2	8.8	0.5	0.7	2.3	47.3
	PM	15.1	0.6	5.8	7.5	2.0	0.4	1.4	149.7
7月	AM	22.1	0.4	6.2	12.7	8.8	N.D.	N.D.	1.3
	PM	22.6	0.4	6.6	11.9	11.0	N.D.	N.D.	1.0
11月	AM	15.2	0.7	4.7	3.8	1.2	1.5	N.D.	303.4
	PM	15.3	0.5	5.2	6.0	3.1	0.2	N.D.	61.3

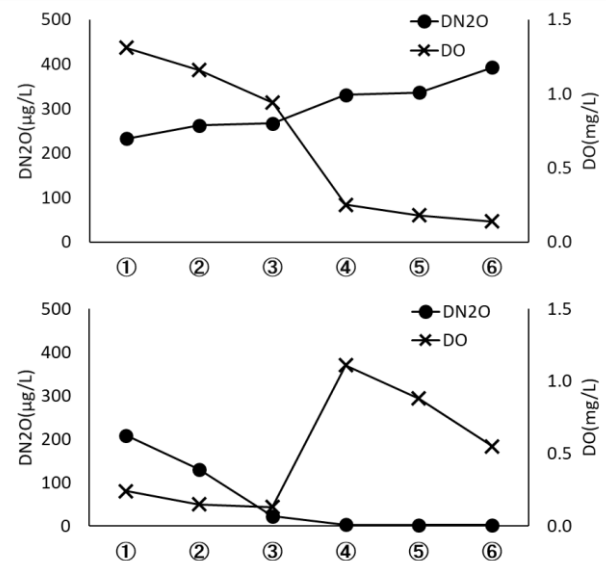


図2 反応槽内のDOおよび DN_2O 濃度（11月）
（上：11時，下：14時）

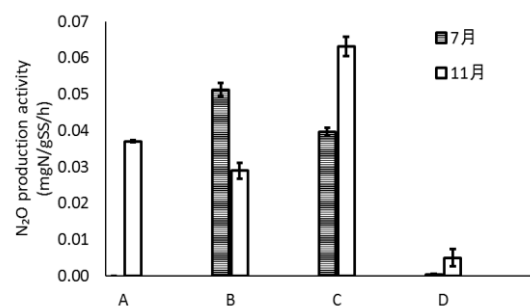


図3 N_2O 生成活性試験