

無終端水路における連続データを用いた溶存態 N₂O 濃度の変動特性解析

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○草薨真久 非会員 大友渉平
(株)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 宮田直幸
秋田工業高等専門学校 正会員 金主鉉 正会員 増田周平

1. はじめに

下水処理の生物学的処理プロセスからは二酸化炭素やメタン、亜酸化窒素 (N₂O) などの温室効果ガスが排出されている。中でも、N₂O は二酸化炭素の約 265 倍の温室効果を有し、オゾン層破壊物質としても知られている。そのため、排出量の削減が求められているが、その生成メカニズムは完全には解明されていない。とりわけ、実処理場における連続測定データが少ないことに由来する時間変動特性と、環境要因に対する N₂O 生成の応答性には不明な点が多く、削減方策の立案の妨げになっている。

そこで、本研究では N₂O 濃度の変動特性の詳細把握を目的として、処理場において溶存態 N₂O の連続モニタリングを行うとともに、ラボ内で基質及び DO 濃度を設定した N₂O 活性試験も行った。

2. 方法

2.1 連続モニタリング

調査対象施設は大曲処理センターで、計画処理人口 40,890 人、処理能力 16,200 m³/日、流入下水量 9,221 m³/日 (H30 年度実績) である。水処理は沈砂池、最初沈殿池、反応槽(無終端水路)、最終沈殿池、消毒槽から構成される標準活性汚泥法で行われている。反応槽は楕円形で、対角に 2 機の攪拌機が設置されており、表 1 に示すように、それぞれ 2.5 時間稼働・0.5 時間停止のサイクルで運転が行われている。

現地での連続モニタリングは、2019 年の 10 月 12 日から 11 月 29 日まで約一か月半行った。センサーは N₂O wastewater system (Unisense environment Co.) を使用し、水中の溶存態 N₂O 濃度を 10 秒間隔で計測した。データは専用ソフトウェアの PCA3000(JUMO Instrument co.)で解析した。

2.2 N₂O 活性試験

活性試験は 10 月 28 日、11 月 11 日、11 月 18 日および 11 月 22 日に同処理場の活性汚泥を採取して行った。採取した汚泥を研究室に持ち帰り、遠心分離した後、窒素成分を除いた BOD 希釈水で置換したものを試験に供した。これを 1000mL 広口ねじ口びんに 800mL ずつ 3 系に分取し、水温 20℃に設定した恒温槽にセットした¹⁾。各系で曝気流量は 3L/min に設定し、曝気開始から 5 分後に表 2 の条件で試薬を添加して実験を行った。B 系は A 系終了後に同じ容器に亜硝酸カリウム溶液を添加して行った。

試薬添加直後から、0、1、2、5、10、20、30 分に上部からガスを 15mL 採取し真空バイアル瓶に封入した。同時に試薬添加前、3 分および 29 分経過後に活性汚泥混合液を採取し、0.45 μm メンブレンフィルタ

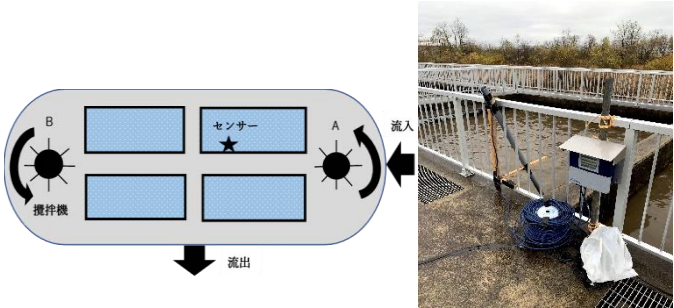


図 1 反応槽のイメージ

表 1 攪拌機の稼働状況

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
A																								
B																								

※8時~9時は8:58~9:00のみ停止

表 2 実験条件

系	NH ₄ -N	NO ₂ -N	CH ₃ COO-C	曝気条件
A	20mg/L	—	—	Air(DO>8.0mg/L)
B	20mg/L	5mg/L	—	Air(DO>8.0mg/L)
C	20mg/L	5mg/L	—	Air&N ₂ (DO=1.0mg/L)
D	—	5mg/L	60mg/L	N ₂ (DO=0mg/L)

キーワード：亜酸化窒素 無終端水路 連続モニタリング N₂O 生成活性試験 好気性脱窒

連絡先：〒011-8511 秋田市飯島文京町 1-1 秋田工業高等専門学校 増田周平 E-mail:masuda@akita-nct.ac.jp

ーを用いてろ過したものを水質サンプルとした。

その後、ガスサンプルは ECD ガスクロマトグラフ (GC-14B、Shimadzu.co)、水質サンプルはイオンクロマトグラフ (CDD-10Asp、SPD-20A、Shimadzu.co) を用いて分析を行った。評価にあたっては、最大濃度に曝気流量を乗じ、MLVSS で除したものを N_2O 生成活性とした。

3. 結果および考察

3.1 溶存態 N_2O 濃度の変動

連続モニタリングの結果を図2に示す。これより、 DN_2O 濃度は早朝 6 時と正午付近の午前中に集中して発生していた。これは中継ポンプからの下水流入が早朝 5 時頃から増加していることと水道使用量の増加にともなう流入量の変動に起因すると考えられる。また、攪拌機の稼働時間と比較してみると流入側の A の攪拌機が稼働しているときに DN_2O 濃度が増加する傾向がみられた。これは攪拌による酸素供給と流入量の増加により、局所的に好気性脱窒が促進されたためと考えられる。さらに、表3に示すように、平均値と最大値の傾向は異なり、平均値は水温の低下と負の相関にあることが伺えた。

3.2 N_2O 生成活性試験

図3に N_2O 生成活性試験の結果の一例を示す。これより、B系よりもC系の排出量が常に高いことから DO が 1.0mg/L の条件では高い DO 条件に比べ、アンモニア酸化細菌による好気性脱窒が促進されることが示唆された。これらの傾向は、全ての活性試験で共通していた。表4に活性試験の結果を示す。これより、本実験で評価した N_2O 生成ポテンシャルとの関係に限れば、実処理場の DN_2O 濃度（最大値・平均値）の間に明確な関係性は見られず、むしろ全体の傾向としては負の相関が伺えた。考えられる理由として、表3に示したように、水温の低下が活性汚泥全体のポテンシャルを低下させた一方で、生物学的硝化脱窒反応のバランスを崩し、 DN_2O の蓄積につながった可能性がある。

4. まとめ

センサーを用いた連続モニタリングにより、実処理場の DN_2O 濃度の変動を解析し、生成活性試験も行っ

た。その結果、実際の N_2O 生成は活性汚泥のポテンシャルよりも、一時的な環境条件の影響を強く受けて変動していることが示唆された。しかし、この結論は N_2O 生成ポテンシャルの定義、すなわち活性試験の実験条件によって変わる可能性も残されている。そのため、今後は実験条件の精査による N_2O 生成ポテンシャルの定義の妥当性評価が必要である。

参考文献

- 1) 大友渉平他、ガストリップ式 N_2O 生成ポテンシャル評価手法に関する基礎的検討、第53回日本水環境学会年会 3-H-09-1 (2019)

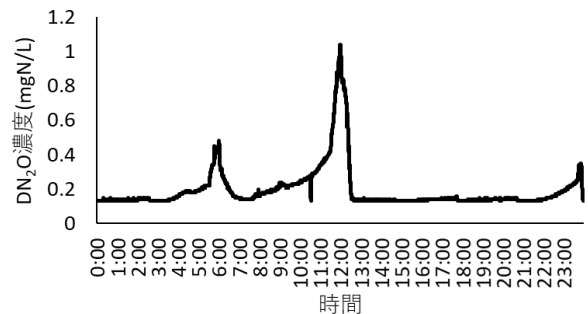


図2 連続モニタリングデータ

表3 連続データの分析結果

日付	10月28日	11月11日	11月18日	11月22日
最大値(mg DN_2O -N/L)	1.04	0.55	0.80	0.97
平均値(mg DN_2O -N/L)	0.19	0.22	0.22	0.29
積分値(mg DN_2O -N/L*sec)	16688	18979	19315	25378
平均水温(°C)	19.1	17.7	16.6	16.1

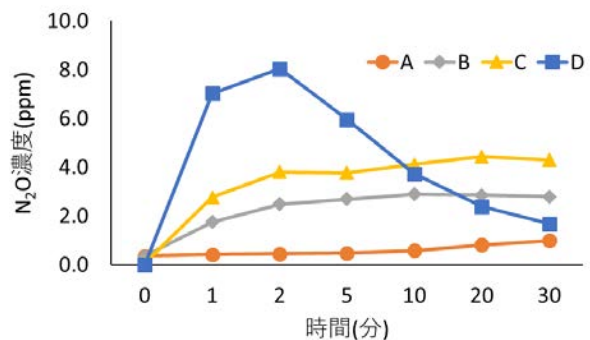


図3 N_2O 濃度の経時変化

表4 活性試験結果

実施日	10月28日	11月11日	11月18日	11月22日
N_2O 生成ポテンシャル $\mu\text{gN/gVSS/h}$	A	127	55	57
	B	509	304	334
	C	873	754	685
	D	1608	1438	1359