

下水処理場における N_2O 生成量と N_2O 生成ポテンシャルの関係性評価

秋田工業高等専門学校 学生会員 ○齋藤優多 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 正会員 岡野邦宏 秋田工業高等専門学校 正会員 増田周平

1. はじめに

下水処理プロセスからは、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素 (N_2O) 等の温室効果ガスが排出されるため、近年ではその排出量の削減が求められている。中でも N_2O は二酸化炭素の約 298 倍の温室効果ポテンシャルを有し、加えてオゾン層を破壊する性質も有する上に、生成メカニズムも未解明である。 N_2O 生成メカニズムの解明にあたっては、特定の条件下における N_2O 生成量、すなわち N_2O 生成ポテンシャルによる評価が有効と考えられるが、その評価手法は確立されていない。

そこで本研究では、下水処理場の水質及び溶存態 N_2O 濃度を定期的に測定するとともに、室内実験から得られる活性汚泥の N_2O 生成ポテンシャルを定量し、両者の関係性を明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 方法

2.1 定期調査

調査対象施設は無終端水路によって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 9,480 (m^3 /日) (H29 年度実績) である。水処理は、沈砂池、最初沈殿池、反応槽、最終沈殿池、消毒槽の工程で行われている。

現地調査は 2018 年の 9 月 4 日から 11 月 20 日まで 1 週間間隔で計 12 回、水サンプルとガスサンプルを採取し、あわせて水温の測定も行った。これらのサンプルより NH_4-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N および DN_2O 濃度を測定した。 DN_2O 分析に供するサンプルは、反応槽の流出部から汚泥混合液を採取し、60mL シリンジで 25mL 上澄み汚泥を採取した。さらに 25mL の空気を採取して蓋をし、シリンジを 1 分間振り混合させた後、気相部分から 15mL を抜き取り 10mL 真空バイアル瓶に採取した。無機態窒素は 10A-*vp* (Shimadzu. co) で分析し、 DN_2O は ECD ガスクロマトグラフ GC-14B (Shimadzu. co) を用いて分析の上、オストワルド溶解度係数に基づき算出した。

2.2 N_2O 生成ポテンシャル試験

10 月 11 日と 11 月 21 日に同処理場の活性汚泥を採取し、 N_2O 生成ポテンシャル試験を行った。採取した汚泥を蒸留水で 5 回置換洗浄し、N 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 500mL ずつ 4 系に分取し、処理場と同様の水温条件に設定した恒温槽にセットした。3 系は空気、1 系は窒素を用いて曝気し、曝気開始から 5 分後に各系に表 1 の条件で試薬を添加した¹⁾。

試薬添加直後から 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 分にそれぞれの系上部からガスを 15mL 採取し、10mL 真空バイアル瓶に封入した。すべての系のガスサンプルの採取が終了次第、それぞれの系から活性汚泥をシリンジで採取し、0.45 μ m メンブレンフィルターを用いてろ過したものを水サンプルとした。その後、各サンプルを 2.1 と同様の機器を用いて無機態窒素濃度の分析を行った。

評価にあたっては、実測濃度の最大値に、流量を乗じ、MLVSS で除したものを N_2O 生成ポテンシャルとした。

3. 結果および考察

3.1 定期調査における DN_2O 濃度と各要素の相関関係

定期調査の結果を図 1 に示す。これより、 DN_2O 濃度は 9 月 11 日、9 月 25 日、10 月 9 日、11 月 20 日において 32 μ gN/L~144 μ gN/L と高濃度であった。一方で、それ以外の観測値は概して低く、平均値で 1.95 μ gN/L であった。水質の傾向は全体として NO_3 の蓄積は見られず、 NH_4 濃度は 0.1mgN/L~16 mgN/L と大きな幅があったことから、硝化反応の進行にばらつきがあったことが伺える。

表 1 実験条件

系	NH_4-N	NO_2-N	CH_3COONa	曝気条件
	20mg/L	5mg/L	60mg/L	
A	○	—	—	Air
B	—	○	—	Air
C	○	○	—	Air
D	—	○	○	N_2

キーワード: 下水処理プロセス 亜酸化窒素 生成ポテンシャル 溶存態 N_2O

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

また、DN₂O と水質、気温、降水量の関係性を評価するため単回帰分析を行った。その結果、NH₄、NO₂、NO₃、気温、降水量との相関係数はそれぞれ-0.58、0.99、0.503、0.083、-0.05 となった。特に NH₄、NO₂、NO₃ には強い相関がみられたため N₂O の生成は生物学的硝化脱窒反応の影響を強く受けていたことが推察された。なお、気温、降水量との間で相関は見られなかった。

3.2 N₂O 生成ポテンシャル試験と実測値の比較検討

表 2 に N₂O 生成ポテンシャル試験実施日の直近日における定期調査の分析結果を示す。これより、10 月は 11 月よりも DN₂O 濃度、NO_x濃度が高く、NH₄濃度が低い傾向にあった。また、表 3 に N₂O 生成ポテンシャル試験の結果を示す。なお表 3 には 10 月の生成ポテンシャルを 11 月の生成ポテンシャルで除した変動比と、A 系を基準とした各系の生成比をあわせて示した。これより、全系において N₂O 生成ポテンシャルは 10 月において高かった。生成比に関して、10 月は B 系が低く、C 系と D 系で高かった。それに対し、11 月も同じ傾向ではあるものの、D 系の値が卓越していた。また、変動比については A 系と C 系で高く、B 系と D 系で低かった。

これより、処理場の DN₂O 濃度が高かった 10 月において、A~D 系全ての N₂O 生成ポテンシャルも同様に高かったことから、長期調査とポテンシャル試験の結果には量的な整合性が見られた。さらに、10 月と 11 月とも生成比は A 系と B 系で低く、C 系と D 系で高かった。したがって、いずれの月においても、アンモニア酸化細菌による好気的な NO₂還元と、従属栄養細菌の脱窒による N₂O 生成が促進していたと考えられる。その上で、10 月の DN₂O 濃度が卓越した理由としては、これらの反応が NO₂ および

NO₃ の蓄積により促進され、特に変動比の高かった C 系（好気的 NO₂還元）の生成経路が強く関与していたためと推察された。

4. まとめ

実処理場における定期調査に基づく DN₂O 測定値と、N₂O 生成ポテンシャル試験の値を比較検討することで、N₂O 生成メカニズムについて検討した。その結果、両者の量的関係性には一定の整合性が見られ、実処理場の水質と N₂O 生成ポテンシャル試験の結果に基づき、N₂O の生成メカニズムを明らかにできる可能性が示された。

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 N₂O 生成ポテンシャルの解析、水環境学会誌 vol. 37, No. 6, pp219-227 (2014)

表 2 ポテンシャル試験直近の長期調査結果

調査項目	10月9日	11月20日
水温 (°C)	20.9	18
DN ₂ O (μgN/L)	144.3	85.51
NH ₄ (mgN/L)	0.1	13.82
NO ₂ (mgN/L)	0.71	0.44
NO ₃ (mgN/L)	0.74	0.42

表 3 ポテンシャル試験結果

調査項目	10月11日	生成比	11月21日	生成比	変動比	
水温	21	—	16.8	—	—	
N ₂ O生成 μgN/gVSS/h	A	72.73	1	26.65	1	2.73
	B	13.86	0.19	10.42	0.39	1.33
	C	214.87	2.95	62.28	2.34	3.45
	D	440.97	6.06	292.39	10.97	1.51

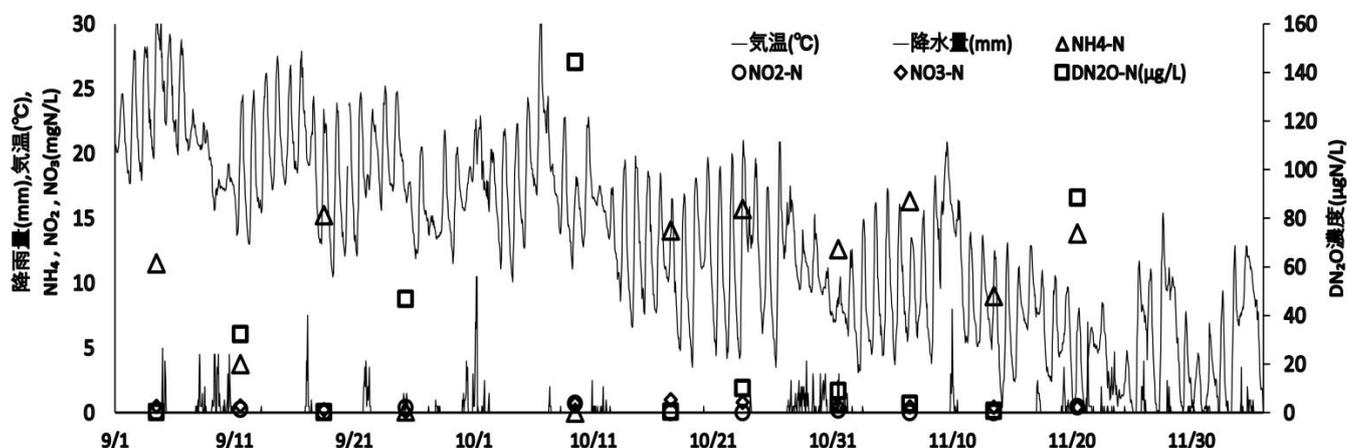


図 1 反応槽の DN₂O 濃度、水質及び日平均気温と合計降水量