

溶存態成分を含める亜酸化窒素の挙動に着目した下水処理場における通日調査

秋田工業高等専門学校 正会員 ○大友渉平 正会員 増田周平 学生会員 千種将史
東北大学・院 正会員 丸尾知佳子 正会員 西村 修

1. はじめに

下水処理場の水処理工程から発生する温室効果ガスの一つに亜酸化窒素(N_2O)がある。 N_2O は温室効果が CO_2 の約300倍と高く、オゾン層破壊物質の一つでもあるため、発生特性を解析し、発生量抑制につなげることが必要である。

現在の我が国では、下水道事業由来の温室効果ガス発生量の算定を行う場合、直接発生するガス態のみを対象としているが、 N_2O は水に溶けやすく、処理水に溶存して系外に排出される可能性が指摘されている。また、下水処理場の処理工程や処理状況の違いによって温室効果ガスの発生特性が異なるため、多数の処理場における調査・解析を基にした、より緻密な算定条件の細分化が必要である。

そこで本研究では、疑似嫌気好気活性汚泥法により下水処理を行っているA浄化センターの水処理工程を通日調査することにより、発生する N_2O のガス態・溶存態の挙動を時間毎に解析し、その特性について考察した。

2. 方法

2.1 下水処理場諸元

A浄化センターは計画処理人口71,700(人)、流入下水水量27,000($\text{m}^3/\text{日}$)(H24実績)であり、水処理工程は沈砂池、最初沈殿池、反応槽、最終沈殿池、消毒槽からなる。反応槽を流下方向で4つに区切ると、第一・第二タンクは弱曝気の無酸素槽、第三・第四タンクは好気槽になっており、標準活性汚泥法と比べ汚泥返送率を高くすることで、硝化脱窒反応を促進する疑似嫌気好気活性汚泥法で窒素処理を行っている。

2.2 調査方法

調査は2014年9月、12月にA浄化センターで行い、時間毎に反応槽の第三・第四タンク後端と処理水放流地点直前からガスサンプルと水サンプルを採取した。ガスサンプルは大気開放したチャンバーを水面に浮かべ採取し、水サンプルはバケツで直接採取した。サンプルの採取は夜間を除く2時間毎で、一日目は13時・15時・17

時、二日目は9時・11時・13時に行った。採取したガスサンプルからガス態 N_2O (GN_2O)濃度、水サンプルからは DN_2O およびTOC、T-N、T-P、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の濃度を測定した。また、第三・第四タンクから各4箇所ずつガス流量を計測することで曝気量の比を算出し、 GN_2O 発生量算出時に使用した。

N_2O 濃度はECDガスクロマトグラフを用いて測定した。 GN_2O は採取したガスサンプルを直接装置に注入し測定した。 DN_2O は60mlシリンジに試料水22mlを採取し、微生物による反応を防ぐために殺菌剤(5%ヒビテン液)3mlを添加、さらにアルゴンガスを25ml封入した後、ヘッドスペース法を用いて測定した。なお、気液平衡の条件は 20°C ・1時間以上である。水質はTOC-LCSH(Shimadzu)、オートアナライザーAA-IIおよびQuAAtro2-HR(BLTEC)を用いて測定した。

3. 結果および考察

図1に9月、12月における反応槽と処理水の DN_2O 濃度経時変化を示す。これより、12月における反応槽と処理水の DN_2O 濃度はどの時間においても概ね9月に比べ高い値を示した。ここで、 N_2O の発生メカニズムは硝化、脱窒両方の反応条件に依存するため複雑であり、前駆物質である $\text{NO}_2\text{-N}$ や $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ などの無機態窒素の挙動を評価することが重要である¹⁾。

図2に各調査地点における DN_2O 濃度と $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の相関図を示す。既往の研究では DN_2O 濃度は $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度と相関がみられる場合が多く²⁾、本研究においても同様に各調査地点において相関がみられ、第三タンクでは $R^2=0.89$ と決定係数が高かった。

次に、図3に9月、12月の反応槽における一日目、二日目の平均無機態窒素濃度を示す。これより、9月の一日目と二日目はいずれも流下方向に進むにつれて $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加していることから、十分に脱窒反応が進行せず、主に硝化反応由来の DN_2O が発生したと推察される。12月の二日目は9月と同様に $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度が増加しているため、主に硝化反応由来の DN_2O が発生した

キーワード: 温室効果ガス 下水処理場 疑似嫌気好気法 亜酸化窒素 溶存態

連絡先: 〒011-0923 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

が、一日目の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はいずれも値が低かったため、硝化・脱窒反応由来の DN_2O が発生したと推察される。以上の発生要因の違いが DN_2O 濃度に影響し、図1の9月、12月における反応槽と処理水の DN_2O 濃度経時変化が示すとおり、12月における第三タンクの一日目、二日目が $40.80\mu\text{g/l}$ 、 $18.30\mu\text{g/l}$ と、 DN_2O の日平均濃度において差が生じたと推察される。また、前駆物質である $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度も、硝化脱窒反応が進んでいたと推察される12月の1日目において、他と比べて高い値であった。

図4に9月、12月における N_2O 成分毎の発生量経時変化を示す。既往の研究において水処理工程で発生する GN_2O のほとんどが反応槽由来となっている³⁾ため、測定した GN_2O の発生量はA浄化センター水処理工程における全 GN_2O 発生量とほぼ同程度とし、測定した GN_2O と処理水を介した DN_2O の発生量を合わせて全 N_2O 発生量とした。これより9月に比べ12月のほうが GN_2O 、 DN_2O ともに高い値を示し、 GN_2O はどの時間においても概ね10倍以上の値を示した。また、全 N_2O に占める DN_2O の発生量成分割合は、HRTを考慮して GN_2O 発生量と2時間後の DN_2O 発生量を使って算出した場合、9月が26%、12月が14%となった。9月と12月で差が生じたのは、 GN_2O 発生量が DN_2O 発生量と比べて差が大きかったことが影響している。反応槽における平均水温は9月が 25.3°C 、12月が 18.5°C で、そのときの大気平衡濃度はそれぞれ $0.202\mu\text{g/l}$ 、 $0.257\mu\text{g/l}$ であり、 DN_2O はいずれも過飽和状態である。そのため、 N_2O 発生量が増えると、過飽和状態の DN_2O はガス化されやすく、 GN_2O の増える割合が相対的に大きくなったと推察される。

4. まとめ

疑似嫌気好気活性汚泥法で下水処理を行っているA浄化センターでは、9月に比べて12月のほうが DN_2O 濃度、全 N_2O 発生量ともに高い値を示し、全 N_2O 発生量に占める DN_2O 発生量の値は通日平均で9月が26%、12月が14%となった。また、反応槽と処理水において DN_2O 濃度と $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度に相関がみられた。

5. 参考文献

- 1) 増田周平, 西村修: 水処理工程における N_2O の発生特性, 用水と廃水, 52(3), 41-54, 2010.
- 2) 増田周平, 京野貴文, 李玉友, 西村修: 嫌気好気活性汚泥法を行う下水処理場における冬季 $\text{CH}_4\cdot\text{N}_2\text{O}$ の発生特性, 用水と廃水, 52(11), 53-61, 2010.
- 3) 増田周平, 佐野慈, 李玉友, 西村修: 下水処理水に

含まれるメタンおよび亜酸化窒素の排出量に占める溶存態成分の割合, 用水と廃水, 55(3), 53-61, 2013.

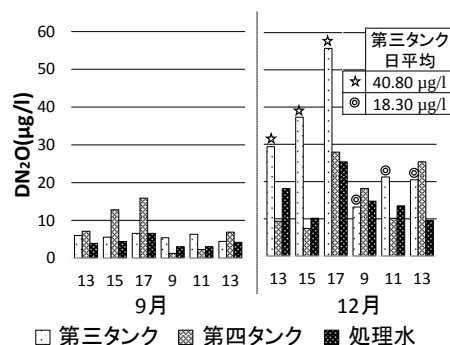


図1 9月、12月における反応槽と処理水の DN_2O 濃度経時変化

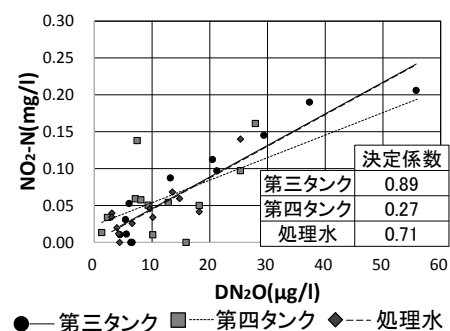


図2 各調査地点における DN_2O 濃度と $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度の相関図

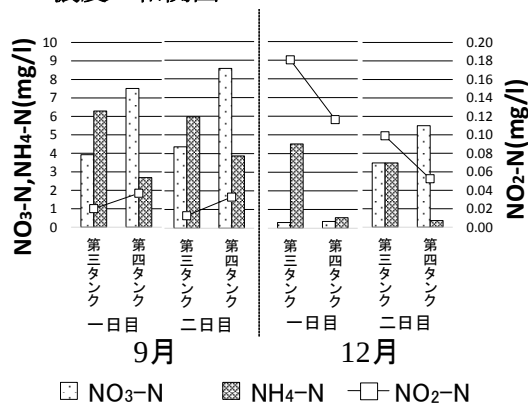


図3 9月、12月の反応槽における一日目、二日目の平均無機態窒素濃度

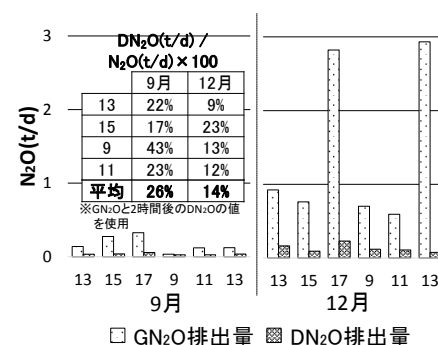


図4 9月、12月における N_2O 成分毎の発生量経時変化