

下水道処理後排水からの脱気による N_2O 排出挙動解析

東洋大学 学生会員 ○各務 絢香
東洋大学 正会員 山崎 宏史

1. はじめに

我が国における温室効果ガス排出量は、IPCC ガイドラインに準拠し算定されているが、その排出係数のデフォルト値は、世界各国で利用することを目的としているため、不確実性が高く、各国の調査研究により、開発することが推奨されている¹⁾。現在、我が国における下水道等生活排水処理施設から処理に伴って直接排出される GHGs 排出量は、日本国内の調査研究により、独自で、精緻な排出係数が開発できているといえる。一方、生活排水の未処理排水および処理後排水が河川に放流された後、水環境中から排出される GHGs を算定する際には、国内に研究事例が少なく、上記 IPCC ガイドラインに記載されたデフォルト値の排出係数を使用している状況である。下水道等において、生活排水に含まれる多くの窒素成分は硝化脱窒反応による除去されるが、未処理排水および処理後排水には硝化後の NO_3-N だけでなく硝化前の NH_4-N や硝化脱窒反応の副次産物である $D-N_2O-N$ が残存している。これらの排水が河川へ放流されることで、排水中に残存する NH_4-N や NO_3-N は、さらなる硝化脱窒反応により、水環境中で N_2O が生成され、脱気により大気中へと排出される。一方、処理水中に残存する $D-N_2O$ は、下水処理後から河川放流前の落差および河川放流後河川流下方向でそれぞれ脱気され、大気中へ排出される。これらの脱気作用は、河川の流速等にも影響されると考えられる。しかし、これら流速や攪拌状況に対する $D-N_2O$ の脱気作用に関する知見は乏しいのが現状である。そこで本研究では、処理後排水に含まれる $D-N_2O$ が下水処理後河川へ放流するまでの落差による脱気および河川に放流した後、河川流下方向での脱気に関する挙動を明らかにし、新たな排出係数の算定方法の検討を行った。

2. 実験方法

(1) 河川調査

本研究では、埼玉県内の下水処理水が放流される一級河川 α , β の2カ所を対象に実施した。河川 α は高度処理が行われている下水処理場 A から処理水が放流され、河川 β は一般処理が行われている下水処理場 B から処理水が放流される。それぞれの河川において月に1~2回程度の調査を行った。この2つの下水処理場は、それぞれ下水処理場の消毒後から河川に放流するまでの間、河川の増水における逆流防止等の理由により落差が設けられている。そこで、まず下水道消毒後と落差後河川放流直前の $D-N_2O-N$ 濃度の比較を行い、落差による脱気作用を調査した。次に、河川流下方向における脱気作用を検討するために、河川の調査を行った。図1は河川 α および河川 β における調査地点で現場調査項目として、DO, pH, ORP, 水温等の測定を行った。直ちに実験室に持ち帰り、採取したサンプルは JIS0102 に準拠し、BOD, SS, T-N, NH_4-N , NO_2-N , NO_3-N 等の水質分析を行った。また排水中に含まれる $D-N_2O-N$ は、現地にて生物活性阻害剤を添加し反応をとめ、研究室に持ち帰った後ヘッドスペース法によりガスを採取し GC-ECD にて分析を行った。



図1 河川 α における調査地点 (上段)
河川 β における調査地点 (下段)

キーワード 下水処理場, 河川, N_2O , 脱気

連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 E-mail : yamazaki058@toyo.jp

(2) モデル試験

現地で採水した下水道処理水を研究室に持ち帰り直ちに、回転数可変のリアクターにより、その流速と初期 D-N₂O-N 濃度に対する D-N₂O 脱気速度の変化を検討した。モデル試験では、回転数を 100rpm (17.3m/min 相当), 300rpm (51.8m/min 相当), 400rpm (69.1m/min 相当) に設定し、5 分間隔で採水を行い D-N₂O-N 濃度の変化を測定した。

3. 結果および考察

(1) 落差による脱気作用

今回対象とした 2 つの下水処理場における消毒後と河川流入直前における、D-N₂O 飽和率の変化を図 2 に示す。ここでの飽和率とは、各水温における D-N₂O-N の飽和濃度に対して、それぞれの排水に含まれる D-N₂O-N 濃度の比率である。図 2 から消毒後、河川流入直前の処理水は、共に D-N₂O は過飽和状態であった。しかし、これらの飽和率は消毒後から河川流入直前までの間に、飽和率は 119%減少した。これらの結果から、下水処理場からの処理水に含まれていた D-N₂O の一部は、河川へ放流されるまでの落差により脱気されたと考えられた。

(2) モデル試験

2 つの下水処理場処理水を対象とした、モデル試験による初期 D-N₂O-N 濃度と流速、脱気速度の関係を図 3 に示す。ここでの脱気速度とは 0~30 分間の

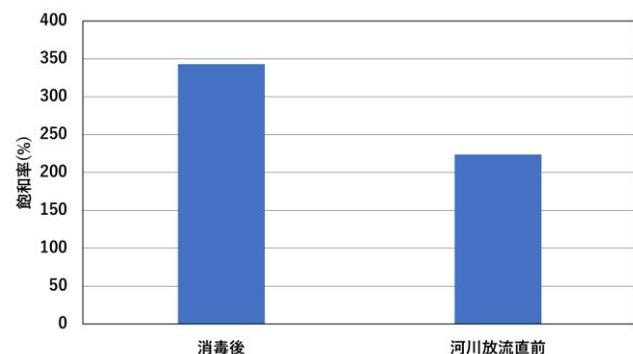


図 2 落差による D-N₂O-N の脱気

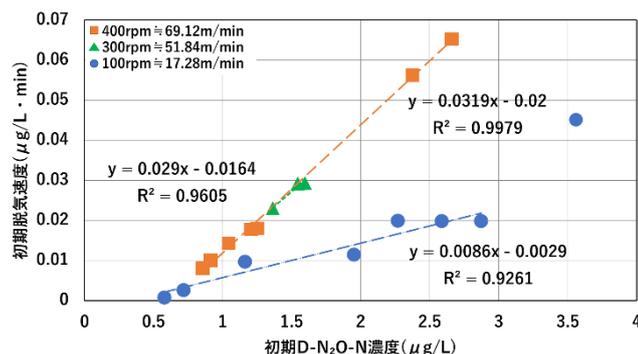


図 3 初期 D-N₂O-N 濃度と流速、脱気速度の関係

D-N₂O-N 濃度の減少から求めた。この図 3 から流速が速く、初期 D-N₂O-N 濃度が高くなる程、脱気速度が速くなる傾向が認められた。これらの結果から、D-N₂O の脱気速度は処理水中に含まれる初期 D-N₂O-N 濃度および河川流速に影響を受けると考えられた。

(3) 河川における調査結果

2020 年 7 月から 2021 年 3 月における河川 α 流下方向の水質および D-N₂O-N 濃度の平均値を図 4 に示す。D-N₂O-N 濃度は、消毒後から河川流入直前にかけて脱気により減少し、さらに河川水が合流することで希釈され減少した。流下方向において NH₄-N は微量であるが減少し、相対的に NO₂₊₃-N は増加していくことから、硝化反応が進行していると考えられ、それに伴い D-N₂O-N 濃度も増加した。しかし、この D-N₂O は河川で生成したものだけでなく、河川放流直前の処理水に含まれる D-N₂O が残存していると考えられた。そのため、今後モデル試験結果と併せて流下方向における処理水の挙動を検討する必要がある。

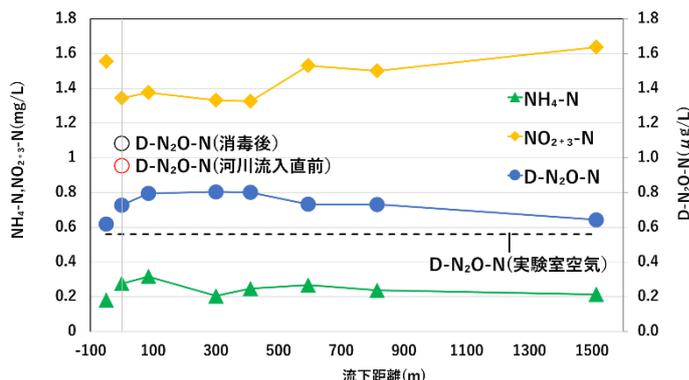


図 4 河川 α における調査結果

4. まとめ

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- 1) 下水処理場の処理水に含まれる D-N₂O は河川へ放流するまでの落差および河川流下方向で脱気する
- 2) 初期 D-N₂O-N 濃度が高く、河川流速が速い程、D-N₂O 脱気速度は速くなる。
- 3) 流下方向において硝化反応が進行し、それに伴い N₂O が生成される。

謝辞

本研究は、環境省環境研究総合推進費 2-1902 の助成を受けたものである。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編 環境省地球環境局総務課脱炭素社会移行推進室監修、日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2018 年