

下水道処理後排水が放流される河川環境での N_2O 生成に及ぼす主要因子の解析

東洋大学 大学院 学生会員 ○各務 絢香
 国立環境研究所 非会員 蛭江 美孝
 東洋大学 正会員 山崎 宏史

1. 研究背景

現在、地球温暖化対策の必要性が高まり、さらなる温室効果ガス排出量の削減が求められている。生活排水処理により発生する N_2O は CO_2 と比較し温室効果能が 298 倍と高く、また大気中での寿命が 150 年と長いため、重要な削減対象ガスの 1 つである。

N_2O は微生物による硝化・脱窒反応において副生成物および中間生成物として生成される。これらの硝化・脱窒反応過程において生成される N_2O は NO_2^- の蓄積や DO, pH, C/N 比など様々な環境条件に依存し生成される。下水道等生活排水処理分野における N_2O の発生源は 2 種類に大別される。1 つ目は、下水道終末処理施設内の処理工程における硝化・脱窒反応に伴い直接発生する N_2O である。2 つ目は、下水道終末処理施設から河川へ放流される下水道処理後排水に含まれる窒素源を起源に河川における硝化・脱窒反応に伴い間接発生する N_2O である。下水道処理工程における N_2O の直接発生に関する既往研究は多く存在するが、下水道処理後排水が放流された河川における N_2O の間接発生に関する調査研究事例は少ないため、下水道処理後排水を起源とした河川環境中での N_2O 生成に及ぼす主要因子に関する知見は少ない。そこで本研究では、下水道処理後排水が放流された河川環境中での N_2O 生成に及ぼす主要因子の解析を目的とした。

2. 実験方法

(1) 環境基準点における水質と $D-N_2O$ の調査

まず初めに、河川中での $D-N_2O$ の存在を明らかにするために、埼玉県内 20 カ所の河川、環境基準類型指定 AA~C に該当する環境基準点において、2020 年・2021 年の夏季と冬季に調査を実施した。現場調査項目として、DO, pH, ORP, 水温等の測定を行うと共に、採取したサンプルは直ちに実験室に持ち帰り、JIS02102 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、同時に採取した溶存態ガス分析用サンプルは、現地にて生物活性阻害剤を添加し生物反応を停止させ、実験室に持ち帰った後ヘッドスペース法により N_2O を採取し GC-ECD にて分析を行った。

(2) 下水道処理後排水が放流される河川での水質と $D-N_2O$ の調査

次に 3 つの下水道処理後排水が放流される環境基準（生活環境項目）類型指定 A~C に該当する 3 河川を対象に 2019 年 7 月から 2021 年 12 月まで調査を実施した。下水道終末処理場と河川の特徴は表 1 に示した。

現場調査項目および水質分析方法、 $D-N_2O-N$ 分析方法は前述と同様に行った。

3. 結果および考察

(1) 環境基準点での DO 濃度と $D-N_2O-N$ 濃度の関係

河川環境基準点 AA から C における DO 濃度と $D-N_2O-N$ 濃度を図 1 に示す。この図に示すとおり DO 濃度は AA から C にかけて順に低下する傾向が見られた。また $D-N_2O-N$ 濃度は DO 濃度とは逆に、AA から C にかけて順に高くなった。この結果から、DO 濃度が低く汚濁が進んだ河川では $D-N_2O-N$ が生成され易い河川環境であると考えられる。

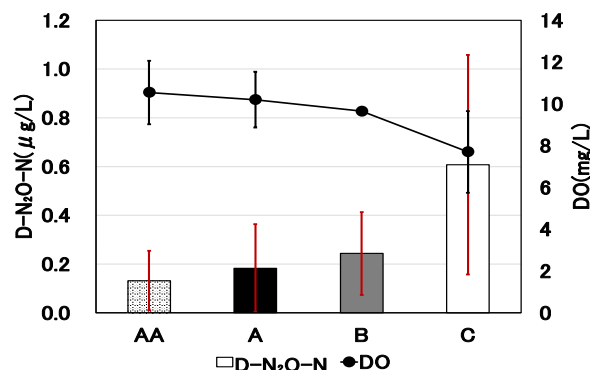


図 1 環境基準点における DO と $D-N_2O-N$

キーワード N_2O , 下水道処理後排水, 環境基準類型指定, 河川環境

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

表 1 本研究で対象とした各下水道終末処理場と河川

下水道終末処理場	処理方式	河川	環境基準
下水道終末処理場A	OD法	河川 α	B
下水道終末処理場B	標準活性汚泥法	河川 β	A
下水道終末処理場C	標準活性汚泥法	河川 γ	C

(2) 下水道処理後排水が放流される河川での調査結果

下水道処理後排水が放流された河川 α, β, γ における調査期間中の DO 濃度, $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度, $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の各水質項目と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係を図 2~4 に示す。

図 2 の DO 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係から, DO 濃度が 5mg/L 付近を下回ると $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度が顕著に高くなる傾向が見られた。特に環境基準類型指定 C である河川 γ は, その傾向が強く図 1 の結果と同様, DO の低下と共に $\text{D-N}_2\text{O}$ が増加する傾向を示した。これらの結果から N_2O 生成は河川環境中の DO 濃度により影響を受けると考えられる。

図 3 の $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係から, 河川 β および γ において正の相関が見られた。一方, 河川 α に放流される下水道処理後排水には年間を通じて $\text{NO}_2\text{-N}$ がほぼ存在しなかったため, 河川 α においては相関を検討できなかった。既往研究から DO 濃度が低濃度であると NO_2 酸化反応が停滞するという現象および NO_2 が蓄積すると $\text{D-N}_2\text{O}$ が生成される現象が報告されている^{1),2)}。DO 濃度が低い傾向にある河川 γ において NO_2 酸化反応が停滞し蓄積しやすい河川環境であるため $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度が高く存在していたと考えられる。

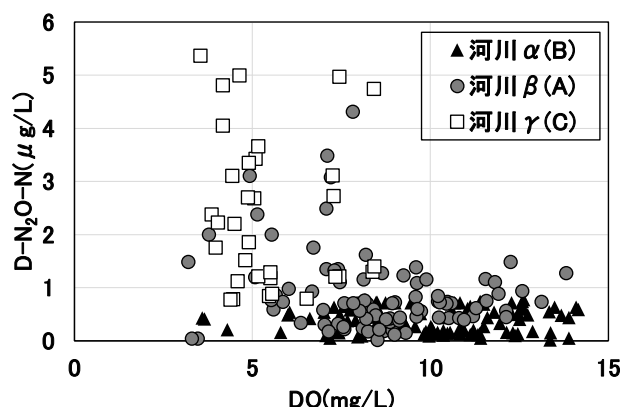
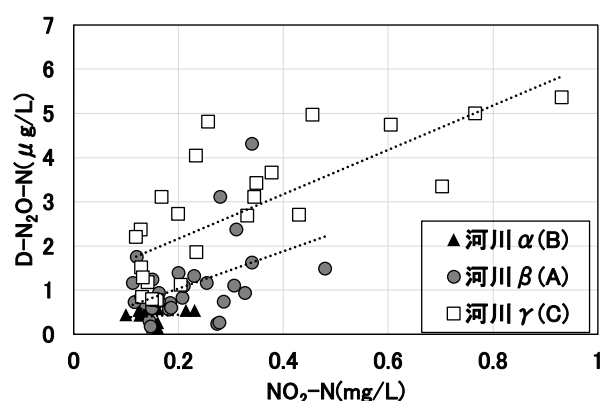
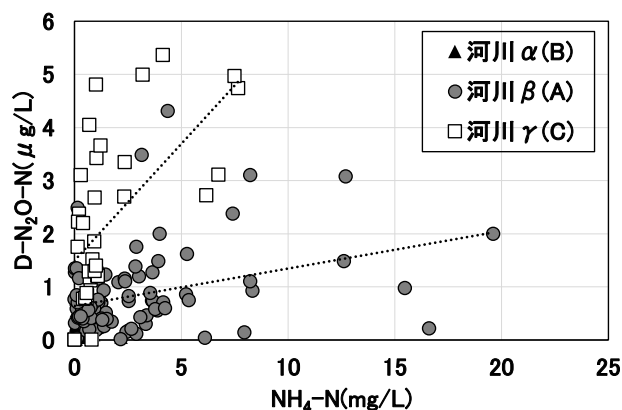
図 4 の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係から, 河川 β および γ において正の相関が見られた。一方, 前述と同様に河川 α は下水道処理後排水に $\text{NH}_4\text{-N}$ が低濃度しか含まれていなかったため, 河川 α においては相関を検討できなかった。河川 γ では起源となる $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が高濃度に存在しなくても DO や $\text{NO}_2\text{-N}$ といった他の $\text{D-N}_2\text{O}$ 濃度が生成されやすい要因が存在する河川環境であったと考えられる。

これらの結果から下水道処理後排水に $\text{NO}_2\text{-N}$ と $\text{NH}_4\text{-N}$ が含まれ, 河川環境中の DO が低い場合に N_2O 生成が進行すると考えられる。

4. まとめ

下水道処理後排水を起源に河川から間接発生する N_2O の主要因子として河川環境中の DO および下水

道処理後排水に含まれる $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ が考えられた。

図 2 DO 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係図 3 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係図 4 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と $\text{D-N}_2\text{O-N}$ 濃度の関係

参考文献

- 1) 稲盛悠平編:最新 環境浄化のための微生物学, 講談社サイエンティフィック, 東京(2008)
- 2) Anderson, et.al.,.: Relative rates of nitric oxide and nitrous oxide production by nitrifiers, denitrifiers, and nitrate respirers, App. Env.Microbio., 1986

謝辞

本研究は環境省環境研究総合推進費(JPMEERF20192002)により実施された。ここに記し謝意を表す。