

農村地帯の小河川における亜酸化窒素の実態調査

秋田工業高等専門学校 正会員 ○増田周平 非会員 芳賀望美, 村上いくみ
東北大・工 非会員 丸尾知佳子, 東北大・院 正会員 西村 修

1 はじめに

亜酸化窒素 (N_2O) は強力な温室効果を持つガスであり, その温室効果ポテンシャルは CO_2 の約 300 倍と高く, 削減が必要である. N_2O の主要な発生源として, 農業における施肥が指摘されており, IPCC によれば N_2O 全発生量の約 4 割が農地から発生している. 一方で, 施肥された窒素の約 4 割は作物に利用されずに損失するという報告がある. そのため, 自然環境水中に流出した窒素成分は, 生物学的硝化・脱窒作用により, N_2O に変化した後大気へ放出 (Indirect Emission) している可能性が高い. しかし, N_2O の Indirect Emission に関する知見は乏しく, N_2O 循環の把握における不確実性の一因となっている¹⁾.

以上をふまえ, 本研究では秋田県八郎湖東部に位置する農村地帯の 2 つの小河川を対象として, N_2O の発生特性に関する調査を行った. その結果を基に, 流下方向の N_2O の挙動, および水質と N_2O の関係について検討した.

2 調査方法

2-1 対象河川

本調査で対象とした馬踏川 (ばふみがわ), 豊川 (とよかわ) の河川図を図 1 に示す. いずれの河川も, 秋田市の北部に位置し, 東部から八郎湖調整池に流入する 2 級河川であり, 流域において水稻農業が盛んに行われている. 河川総延長は, 馬踏川で 13.22km, 豊川で 13.1km と, ほぼ同じである. また, 馬踏川は豊川に比べて汚濁が進んでいる. 特に河口部の汚濁は深刻であり, 毎年ア

オコが発生している. なお, 馬踏川流域の上流部には, 産業廃棄物処理場や油田などがあり, それらの排水が流入している. 一方, 豊川は比較的清澄な河川であるが, 中流において農業集落排水施設の排水が流入している.

2-2 調査方法

調査は, 2010 年 5 月から 11 月にかけて, 降雨のない日に実施した. 豊川においては 5 月 21 日, 6 月 9 日, 7 月 22 日, 8 月 22 日, 11 月 24 日に実施した. また, 馬踏川においては, 7 月 22 日, 8 月 22 日, 11 月 24 日に実施した. 調査はいずれも 10 時から 16 時の間に実施した.

図 1 に調査地点をあわせて示す. 豊川・馬踏川いずれにおいても, 流下方向の変化について検討するため, 調査地点は, 上流・中流・下流にそれぞれ設定した. 豊川においては, 上流域として本川の上流および 2 つのため池の 3 か所, 中流域として農業排水処理施設の排水が流入する前後とその周辺の 3 か所, 下流域として河口に 1 か所の計 7 か所を設定した. また, 馬踏川においては, 上流・中流・下流域で各 1 か所ずつを設定した.

2-3 分析項目および方法

水質は, 採取した水サンプルについて, TOC, T-N, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ を測定した. 現場では, DO, pH, ORP, 水温を測定した. TOC は TOC5000A (島津製作所), T-N, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は DR-800 (Hach.co), DO, pH, ORP, 水温は簡易センサーをそれぞれ用いて分析を行った.

N_2O はガス態 (GN_2O) および溶存態 (DN_2O) で評価した. GN_2O は, クローズドチャンバー法により単位面積当たりの発生速度で評価した. チャンバーは, 塩ビ製で直径 30cm, 高さ 15cm の円筒状であり, 周囲には発泡スチロールの浮きを取り付けてある. 測定の際には, チャンバーを水面に浮かべ, 開始直後と 10 分後のチャンバー内空気を採取した. GN_2O 発生速度は, GN_2O の濃度変化, チャンバー内の空気相体積, 底面積および気温を考慮して算出した. DN_2O は, ヘッドスペース法により測定した. 全容積 70 ml のバイアル瓶に試料水 28 mL を採

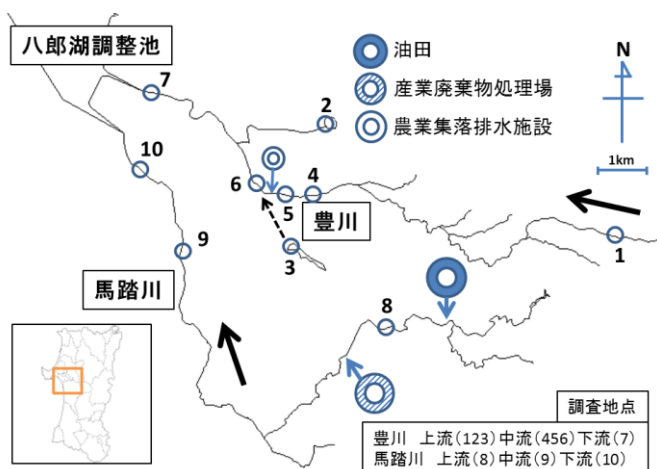


図 1 豊川および馬踏川流域と調査地点

キーワード: 地球温暖化, N_2O , 小河川, 溶存態, チャンバー法, ヘッドスペース法

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環境都市工学科 増田周平 E-mail: masuda@akita-nct.jp

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）2mL を添加し、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℃・1 日とした。N₂O の分析は、いずれも ECD ガスクロマトグラフ（島津製作所）を使用した。

3 結果および考察

豊川および馬踏川における流下方向の DN₂O および T-N 変化を図 2 に示す。これより、豊川に比べて馬踏川においては、DN₂O が流下方向に増加する傾向にあった。一方、T-N 濃度は、豊川では下流において増加したのに対し、馬踏川では中流で増加し、その後下流では減少した。なお、馬踏川の T-N 濃度が下流にかけて減少する傾向は、2006 年から 2008 年の灌漑期にかけて行われた調査（未発表）でも観測され、馬踏川における特徴と考えられる。

DN₂O 濃度が流下方向に変動する主な要因は、生物学的硝化・脱窒作用を受けるためと考えられるが、その傾向は豊川と馬踏川で異なった。その要因として、以下のことが考えられる。まず、比較的清澄な豊川においては、上流から中流にかけて T-N 濃度が低く、下流において栄養塩の流入にともない、下流では窒素濃度が上昇したと考えられる。そのため、硝化・脱窒反応にともなう N₂O の生成はほとんど起こらなかったと推察される。なお、中流域における農業集落排水施設排水の流入前後で、水質・DN₂O 濃度に差は見られなかった。一方、馬踏川においては、上流から中流にかけて人為的排出源からの汚濁が流入し、中流域において窒素濃度が上昇したと考えられる。さらに、それにともない、上流から中流にかけて DN₂O の増加が比較的大きかったと推察される。

また、図 3 には、豊川および馬踏川の下流における DN₂O 濃度を示す。これより、馬踏川の DN₂O は、豊川と比較して高い傾向にあった。ここで、馬踏川は豊川に比べて汚濁が進んでおり、例えば 8/22 の調査では、NH₄⁺-N は 0.17mg/L、NO₂⁻-N は 0.052mg/L、NO₃⁻-N は 0.7mg/L と、いずれも豊川の値（NH₄⁺-N は 0.01mg/L、NO₂⁻-N は 0.007mg/L、NO₃⁻-N は 0.5mg/L）を大きく上回っており、アオコの発生も認められた。また、馬踏川河口では長年にわたり夏季にアオコが発生していることから、アオコ由来の有機物が底泥に蓄積している可能性が高い。そのため、底層における豊富な有機物と嫌気的環境の形成により、N₂O が生成されたと推察される。

さらに、馬踏川中流 (9/18) および豊川下流 (5/21, 8/24)

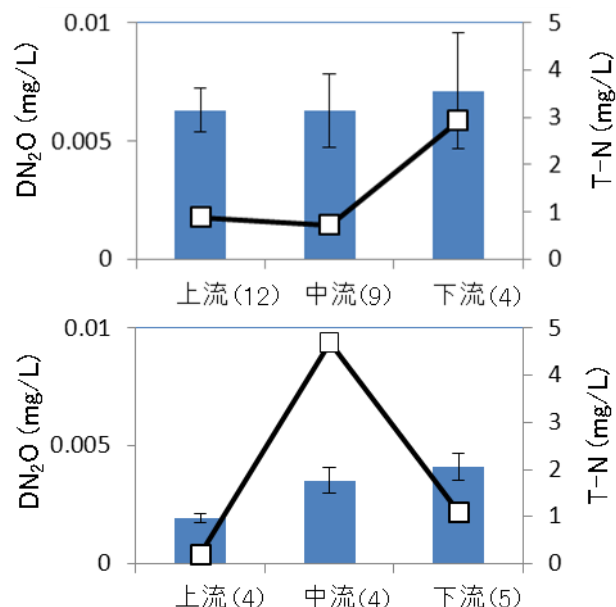


図 2 豊川（上）および馬踏川（下）における流下方向の DN₂O および T-N 変化。カッコ数字はサンプル数。エラーバーは標準誤差。豊川は 4 回の調査の平均値、馬踏川は 11 月 24 日の調査地。

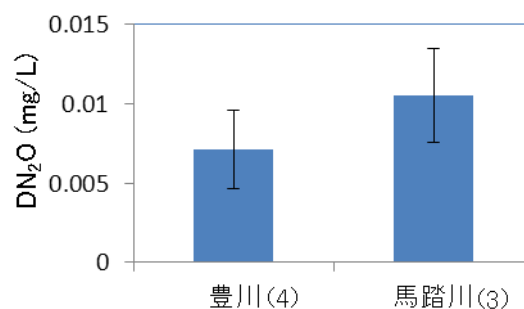


図 3 豊川および馬踏川の下流における DN₂O 濃度。カッコ数字はサンプル数。サンプルは異なる日に採取したもの。エラーバーは標準誤差。

において GN₂O を調査した。その結果、馬踏川中流においては 0.072 (μmol/m²/min)、豊川下流においては 0.016 (μmol/m²/min) であり、発生速度は DN₂O 同様に、馬踏川において高い傾向が見られた。

4 まとめ

本調査では、秋田県八郎湖調整池水系の馬踏川および豊川において、N₂O の実態調査を実施した。その結果、上流において点源負荷が流入する馬踏川において、DN₂O は流下方向に増加していた。また、下流における DN₂O 濃度は馬踏川において高い傾向にあった。これより、富栄養化の進行は、N₂O の発生を促進する可能性が示された。今後は流域特性、季節変動、底泥での生成などの影響について検討する予定である。

5 参考文献

- 1) 楊 宗興、森林集水域の生物地球化学-水質形成と流出-, 水環境学会誌, Vol. 27, No. 9, pp. 2-8, 2004