

施設園芸ハウスにおける湛水時の亜酸化窒素発生要因に関する研究

高知大学大学院 学生会員 ○貞松 篤志

高知大学農学部 正会員 藤原 拓

高知大学農学部 正会員 大年 邦雄

1. はじめに

亜酸化窒素(N_2O)は温室効果ポテンシャルが CO_2 の約 300 倍あり、大気中の寿命も 120 年と長く、オゾン層破壊物質でもあることから注目されている¹⁾。 N_2O の発生源としては、海洋、土壌などの自然起源に由来するものと、農耕地、バイオマス燃焼、自動車の排出ガスといった人為起源に由来するものがある。その中でも農耕地の窒素施肥による N_2O の発生割合は、全体としては 2 割程度であるが、人為的起源で見ると 4~5 割にも相当する²⁾。 N_2O は硝化反応の副産物として、または脱窒反応の中間体として生成されることが知られている。

本研究の調査地である施設園芸ハウスにおいて、畑地土壌の除塩と病気の予防を目的に行われている湛水の直後に硝酸性窒素が急激に増加し、その後減少することが明らかになっている。このことから硝化もしくは脱窒反応が生じ、 N_2O が発生している可能性が高いと考えられた。そこで本研究では、湛水時の N_2O 発生量および水質を調査し、湛水という条件下での N_2O 発生要因の検討を目的とする。

2. 調査方法

調査は、感潮河川近傍に位置する施設園芸ハウスを挟む 2 カ所の調査井戸 B.P.1 (河川側) および B.P.2 (内陸側) で実施した。調査ハウスでは、2006 年 7 月末までナスが栽培されていた。湛水は、8 月 3 日に水が供給され、4 日にも再湛水が行われた。6 日まで水が溜まった状態であり、降雨時を除いて乾燥状態であった。調査期間は 8 月 2 日から 8 月 31 日とし、13 日までは毎日実施した。その後は現場の状況に合わせて、徐々に調査頻度を拡大した。各調査井戸において T.P.-2.0m の深度で採水を行い、ヘッドスペース法を用いて溶存 N_2O 濃度は測定するとともに、各水質項目を測定した。また、各調査井戸周辺における N_2O ガスフラックスをチャンバー法により測定した。湛水直後は大きな水質変動があると予想されたため、8 月 4 日と 5 日は 1 日 2 回調査を実施した (8 月 5 日夜は B.P.1 のみ)。また、 N_2O ガスフラックスの測定については、8 月 9 日から実施した。

3. 結果および考察

図 1 に、B.P.1 における溶存 N_2O 濃度および N_2O ガスフラックスの経時変化を示しているが、B.P.1 では湛水期間中に溶存 N_2O 濃度が急激に上昇したことがわかる。8 月 4 日夜に溶存 N_2O 濃度が $171 \mu\text{gN/L}$ と最大値を示し、8 月 5 日朝に一度濃度が減少したが、同日夜に再びピークを示した。長谷川ら³⁾は、高濃度の硝酸態窒素汚染を受けた農業水系を対象として調査を実施し、溶存 N_2O 濃度は地下水 $0 \sim 28.2 \mu\text{gN/L}$ 、水田 $0 \sim 100 \mu\text{gN/L}$ 、小河川 $7 \sim 407 \mu\text{gN/L}$ の範囲で観測されたことを報告している。このうち $407 \mu\text{gN/L}$ と高濃度であったのは TOC が $150 \sim 200 \text{mgC/L}$ と汚濁の著しい状態であった小河川であり、これを除けば今回の測定値 $171 \mu\text{gN/L}$ は非常に大きな値であるといえる。また湛水後の 8 月 6 日~9 日にかけても溶存 N_2O 濃度が上昇した。

N_2O ガスフラックスは、8 月 10 日に最大値 $171 \mu\text{gN/m}^2/\text{min}$ を示した。長谷川ら³⁾の測定値は、水田 $0.03 \sim 2.6 \mu\text{gN/m}^2/\text{min}$ 、小河川 $4 \sim 943 \mu\text{gN/m}^2/\text{min}$ であった。上記の小河川での測定値 $943 \mu\text{gN/m}^2/\text{min}$ を除けば、水田の値と比較してみても、 N_2O ガスフラックスも大きな値であると判断される。

図 2 には B.P.2 における溶存 N_2O 濃度および N_2O ガスフラックスの経時変化を示しているが、溶存 N_2O 濃度は $38 \sim 88 \mu\text{gN/L}$ の範囲で推移し、全体的に高い値を示したものの、湛水による大きな濃度変動は見られなかった。一方、 N_2O ガスフラックスについては、ほとんど検出されなかった。

湛水により、溶存 N_2O 濃度および N_2O ガスフラックスに大きな変動がみられた B.P.1 における N_2O 発生要因の検討を試みた。図 3 に $\text{NO}_3^- - \text{N}$ および DO 濃度の経時変化を、図 4 に Cl^- 、 Mg^{2+} および Ca^{2+} 濃度の経時

変化を示す。溶存 N_2O 濃度ピークは湛水期間中（8月4日夜と5日夜）と湛水後（8月6日～9日）に観察されたが、まず8月4日夜のピークについて検討する。図3より、DO値は8月3日に5mg/L近くまで上昇し、その後8月5日朝まで2mg/L以上と好気的な状態であった。 NO_3^- -N濃度も8月4日夜に90mg/Lと環境基準を9倍超過した値を示した。図4より、8月4日を含む湛水期間中は、肥料成分である Mg^{2+} および Ca^{2+} 濃度のみが上昇し、 Cl^- 濃度は概ね一定であったことから、河川からの塩水侵入はなく、地表面からの肥料成分の浸透にともない、急激な水質変化が生じたと考えられる。これらのことから、地表面もしくは土壌中で硝化反応が生じ、副産物として発生した N_2O が地下水まで浸透した結果、溶存 N_2O 濃度が高くなったと考えられる。8月5日夜の溶存 N_2O 濃度ピークについても同様の傾向がみられた。湛水後の8月6日～9日にも溶存 N_2O 濃度が上昇したが、DO値は1mg/L以下であり、嫌気的狀態にあったことが図3より示されている。また図4より NO_3^- -N濃度が28mg/Lから18mg/Lへとやや減少している。以上より、この期間中の溶存 N_2O 濃度の増加は、脱窒反応過程の中間体として発生した N_2O によるものと考えられる。

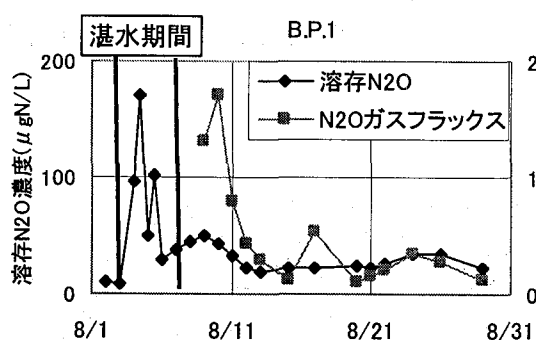


図1. B.P.1における溶存 N_2O 濃度および N_2O ガスフラックスの経時変化

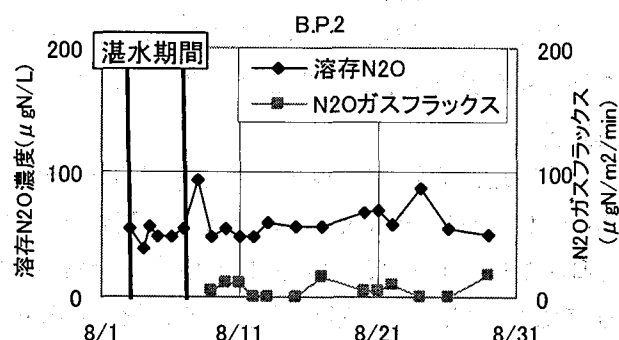


図2. B.P.2における溶存 N_2O 濃度および N_2O ガスフラックスの経時変化

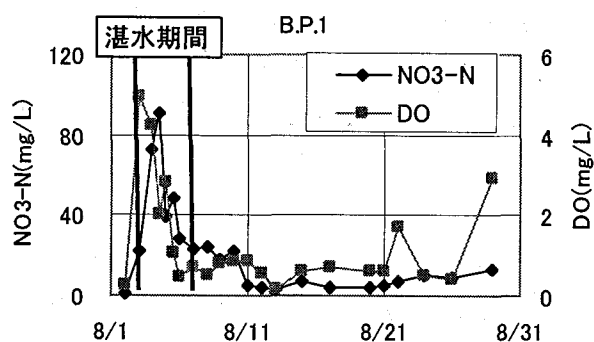


図3. B.P.1における NO_3^- -NおよびDOの経時変化

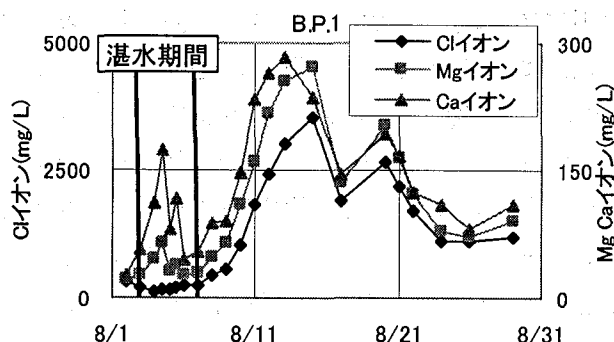


図4. B.P.1における Cl^- 、 Mg^{2+} および Ca^{2+} の経時変化

4. まとめ

本調査における湛水時の N_2O の主要な発生要因は、地表面もしくは土壌中で生じた硝化反応であることが示された。また、地下水における脱窒反応にともなう N_2O の発生もみられたが、硝化反応と比べるとその影響は小さいものであった。

参考文献

- 1) 南澤 究・犬伏 和之：水環境学会誌，29(2)，67-71，2006
- 2) 鶴田 治雄：日本土壌肥科学雑誌，71(4)，554-564，2000
- 3) 長谷川 聖・花木 啓祐・松尾 友・日高 伸：水環境学会誌，21(10)，676-682，1998

謝辞：本研究の実施に際して、科学研究費補助金（若手研究(B)）16710049 および高知大学年度計画実施経費（環食同源プロジェクト）の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。