

アイソトポマー比を用いた水田入水時における一酸化二窒素生成、放出過程の解析 Analysis of production and emission processes of nitrous oxide at the beginning of flood irrigation by isotopomer ratios

矢野 翠^{1*}, 豊田 栄¹, 常田 岳志², 林 健太郎², 長谷川 利弘², 木庭 啓介³, 吉田 尚弘¹

YANO, Midori^{1*}, TOYODA, Sakae¹, TOKIDA, Takeshi², Kentaro Hayashi², Toshihiro Hasegawa², KOBA, Keisuke³, YOSHIDA, Naohiro¹

¹ 東京工業大学, ² 農業環境技術研究所, ³ 東京農工大学

¹Tokyo Institute of Technology, ²NIAES, ³Tokyo University of Agriculture and Technology

1. はじめに

農地土壌は、地球温暖化および成層圏オゾンの減少に関与する微量気体である一酸化二窒素 (N_2O) の、最大の人為放出源である。 N_2O は微生物による硝化プロセスにおけるヒドロキシルアミン酸化と、脱窒の中間過程である亜硝酸還元によって生成され、 N_2 への還元により消費される。水田では、中干しや収穫に伴う落水または春先の入水により土壌から大気へ N_2O が放出される。灌漑開始時に放出される N_2O は、脱窒に由来すると考えられるが、土壌内部における N_2O の生成、消費過程や表層への輸送過程については十分には解明されていない。

本研究では、灌漑開始時に土壌から放出される N_2O に対する脱窒の寄与および土壌内部の N_2O の輸送過程をアイソトポマー比 (バルクの窒素、酸素同位体比を表す $^{15}N^{bulk}$ 、 ^{18}O および分子内窒素同位体比の偏りを表す ^{15}N site preference: SP) の解析により明らかにすることを目的とした。 N_2O のアイソトポマー比は、上記のような微生物の代謝に関する情報を提供する有用なパラメータであることが示唆されている。また、土壌水分量の空間的なばらつきを利用して、入水時における土壌中 N_2O の生成、消長を経時的に把握することを試みた。

2. 観測方法

茨城県つくばみらい市の灰色低地土の水田の計 8 地点において、2011 年 4 月 20 日の給水開始から 7 日後にクローズドチャンバー法により N_2O フラックスを測定した。また、チャンバー内のガスおよび外気の N_2O 濃度およびアイソトポマー比から、土壌由来のガスと外気の混合を仮定して土壌から放出された N_2O のアイソトポマー比を算出した。上記観測地点のうち 6 地点でシリコンチューブを用いた土壌内ガス採取装置により深度 10 cm の土壌内ガスを採取し、 N_2O 濃度およびアイソトポマー比を測定した。また、1 地点で自動化クローズドチャンバーによる N_2O フラックスの連続測定を 2 時間間隔で行った。各地点の深度 0-10 cm の土壌を 10% KCl 溶液で抽出し無機態窒素濃度を測定した。また、WFPS (water filled pore space; 土壌間隙のうち水で占められた割合) を体積含水率と間隙率から算出した。

3. 結果と考察

給水開始後、水田の作土では難透水層である耕盤 (13-16 cm 深) 上に水が溜まり徐々に水位が上昇した。 N_2O 放出量は、地下水位が 1 cm 深の地点で比較的多かった (80-217 μ gN/m²/h)。一方、地表面が水で覆われた水深 1-5 cm の地点では N_2O 放出量は少なく (6-60 μ gN/m²/h)、土壌内ガス中の N_2O 濃度は非常に高い地点が見られた (134-160ppm)。土壌から放出された N_2O と土壌内ガス中の N_2O は近似したアイソトポマー比を示したが、水深 5cm の地点では土壌から放出された N_2O は土壌内ガスと比較してやや高い値を示した。地下水位が 1 cm 深の地点の N_2O のアイソトポマー比は、純粋培養実験において脱窒により生成される N_2O の推定値に近い値であった。一方、水深 1-5 cm の地点では、土壌内部および土壌から放出された N_2O のアイソトポマー比は地下水位が 1 cm 深の地点と比較して高い傾向にあった。これは脱窒により一部の N_2O が消費され、残留する N_2O のアイソトポマー比が同位体分別により増加したためと考えられた。WFPS が低く土壌が乾燥している地点の土壌内の N_2O 濃度およびアイソトポマー比は外気と近似していた。

これらのことから、 N_2O は WFPS の増加とともに比較的浅い深度において脱窒により生成され、地下水位の上昇によって移流により追い出される効果や分子拡散によって大気へ放出されたと考えられた。地表面が水で覆われると、溶存する N_2O が大気へ拡散しにくくなるために N_2O 放出量は減少し、土壌内に蓄積したと考えられた。また、生成された N_2O の一部は嫌気的な環境下において N_2 への還元により消費され、その残りが蓄積したものと考えられた。

キーワード: 一酸化二窒素, 脱窒, アイソトポマー

Keywords: Nitrous oxide, Denitrification, Isotopomer