

圃場における N_2O ガス発生経路の $\delta^{15}\text{N}$ を使った推定

Estimating an N_2O gas emission pathway in the field using $\delta^{15}\text{N}$

○登尾浩助¹・溝田智俊²・颯田尚哉²・古賀潔²・向井田善朗²

K. Noborio¹, C. Mizota², N. Satta², K. Koga², and Y. Mukaida²

1. はじめに

温室効果ガスの一つである亜酸化窒素 (N_2O) ガスの発生において、2003 年度では全 N_2O 排出量の内の 57.2% を農業起源が占めている。1990 年度比では -15.4% と順調に減少しているが、農業起源が占める割合は 57~58% 程度と余り変化がない (国立環境研究所, 2005)。特に、家畜排せつ物の管理に起因する発生が多いことが示されている。しかし、家畜ふん尿の農地への還元は、適正な管理を行なえば肥料としての効果が期待できるので、営農面から見ると非常に望ましい家畜排せつ物の処理法であると考えられる。

農地からの N_2O ガスは、アンモニアイオン (NH_4^+) が硝化される酸化過程 (好気性反応) と硝酸イオン (NO_3^-) が脱窒される還元過程 (嫌気性反応) の両方で発生すると考えられている (図-1)。自然環境中には ^{14}N と ^{15}N の二つの安定同位体が存在し、自然の反応過程で同位体分別が生じるので、その自然存在比 ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) が物質により異なる。本研究では、圃場においてはどちらの過程で N_2O ガスが発生しているのかを窒素安定同位体の自然存在比 ($\delta^{15}\text{N}$) を援用して調査したので報告する。

2. 実験方法と材料

岩手県盛岡市近郊で搾乳牛のふん尿を還元している黒ボク土のリードカナリー牧草畑 (約 2 ha) において N_2O ガスフラックスを測定した。2004 年 10 月 26 日 (DOY 300) に搾乳牛の尿を概ね 2 t/ha の割合で

畑全面に散布した。散布された尿の主成分は NH_4^+ であった。ガスフラックスは密閉式チャンバー法により測定した。同時に表層の土壌試料を採取し、土壌中の NH_4^+ と NO_3^- 濃度とそれぞれの $\delta^{15}\text{N}$ を測定した。

土壌表面に密閉式チャンバー (内径 28.5cm、高さ 19cm) を設置した。チャンバー内の空気を 0、15、30 分に採取して、 N_2O ガス濃度をガスクロマトグラフで測定した。ガスフラックスは、De Mello and Hines (1994) の方法により推定した。

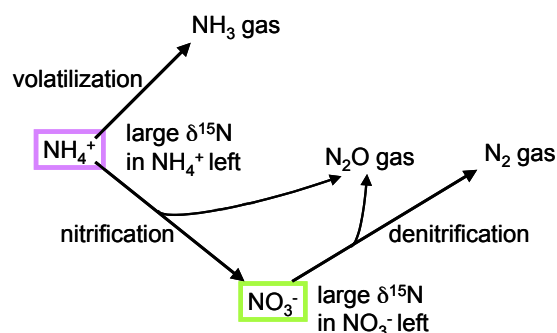


図-1 土壌中の窒素循環

窒素同位体自然存在比 $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$ は、次のように定義される (森田, 2002)。

$$\delta^{15}\text{N} = (\text{R}_{\text{sample}}/\text{R}_{\text{standard}} - 1)1000 \quad (1)$$

ここに、R は $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ である。R_{standard} は空気の N_2 を用い、その値は 0.003663 である。

^{14}N の方が反応に先に使われるので、例えば、 NH_4^+ が揮散や硝化すると反応しなかった NH_4^+ 中には ^{14}N よりも ^{15}N の方がたくさん残ることになり、 $\delta^{15}\text{N}$ 値が大きくなる (図-1)。同様に、 NO_3^- の脱窒には ^{14}N の方が先に使われて、反応しないで残った NO_3^- の

¹ 明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University、² 岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University、家畜糞尿還元、窒素同位体比、黒ボク土

中には ^{15}N がたくさん残るので、結果的に $\delta^{15}\text{N}$ が大きくなる (図-1)。

3. 結果と考察

図-2 を見ると、尿散布直後に土壌中の NH_4^+ 濃度が最大となり、その後時間の経過と共に減少した。一方、 NH_4^+ 中の $\delta^{15}\text{N}$ 値は時間の経過と共に大きくなった。これは、揮散や硝化作用の結果によると考えられる。

ところが図-3 を見ると、尿散布後しばらくの間は NO_3^- 濃度が変化しなかった。この間の NO_3^- 中の $\delta^{15}\text{N}$ 値は減少して、負の値になった。負の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、硝化作用によって新たに NO_3^- が生成されたことを示す。生成された量だけの NO_3^- が地下浸透により表層土壌から溶脱されたと考えられる。

尿散布後、9 日目に急激な N_2O ガスフラックスが生じた (図-2, 3)。この時期には、 NO_3^- 濃度が上昇し、 NO_3^- 中の $\delta^{15}\text{N}$ 値も上昇した。即ち、次々に生成される NO_3^- の脱窒によって急激な N_2O ガスフラックスが生じたと考えられる。この時期の NH_4^+ 濃度の減少と NH_4^+ 中の $\delta^{15}\text{N}$ 値の上昇は、硝化が活発であることを示しているので、その過程で N_2O ガスも多量に生成されたと考えられる。

つまり、尿散布直後の小さな N_2O ガスフラックスは硝化過程から主に生じた。硝化が進んで NO_3^- 濃度が上がる時期 (尿散布後 9 日程度) には、硝化と脱窒の両方の過程から N_2O ガスフラックスが生じた。しかし、降雨後に急激な N_2O ガスフラックスが生じたことから、この時期は脱窒による N_2O ガスの発生が優勢であったと考えられる。

[謝辞] 本研究の一部は、日本学術振興会科研費 (基盤研究 (B) (2) 15380160) からの研究助成で行った。また、データ収集と解析には、岩手大学農学部専攻生であった大出一仁氏と山口洋子氏の協力を得た。深謝致します。

[文献]

De Mello, W.Z., and M.E. Hines. 1994. Application of static and dynamic enclosure for determining dimethyl sulfide and carbonyl sulfide exchange in Sphagnum peatlands: Implications for the magnitude and direction of flux. J. Geophys. Res. 99:14601-14607.

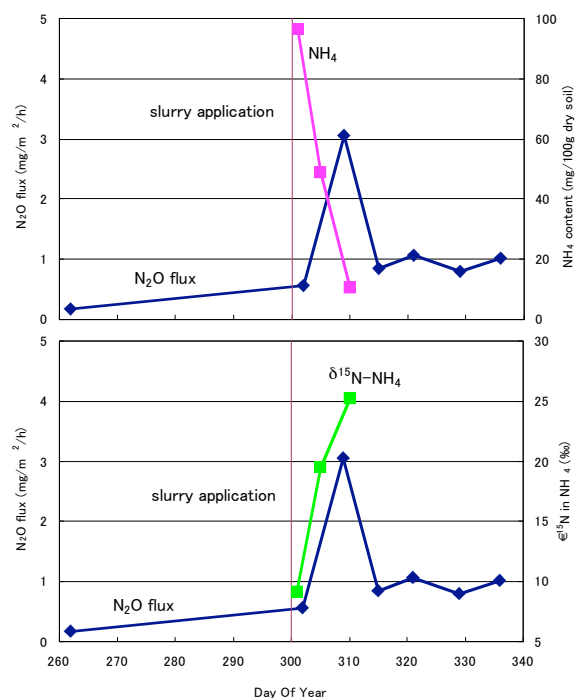


図-2 N_2O ガスフラックスと土壌 NH_4^+ 濃度と $\delta^{15}\text{N}$ の関係

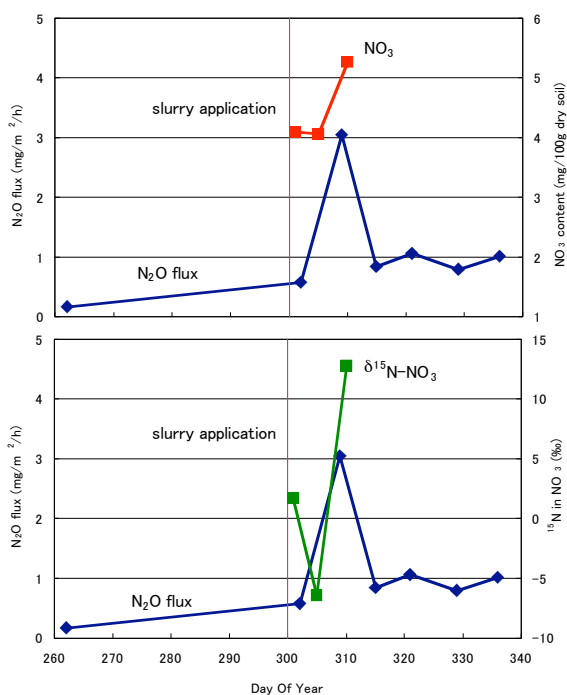


図-3 N_2O ガスフラックスと土壌 NO_3^- 濃度と $\delta^{15}\text{N}$ の関係

(独) 国立環境研究所. 2005. 地球環境研究センター日本の 1990~2003 年度の温室効果ガス排出量データ. <http://www-gio.nies.go.jp/database/db-j.html>
森田明雄. 2002. $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いて窒素の流出起源を知る. pp. 75-94. 長谷川周一 (編). 環境負荷を予測する. ㈱博友社.