

メタン発酵消化液を施用した畑地からの一酸化二窒素の発生特性  
 N<sub>2</sub>O emissions from Upland Field Treated with Digestate from Methane Fermentation

○中村真人\*・藤川智紀\*\*・山岡賢\*\*\*・折立文子\*

NAKAMURA Masato, FUJIKAWA Tomonori, YAMAOKA Masaru and ORITATE Fumiko

### 1. はじめに

一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) は農地土壌から発生する温室効果ガスであり、窒素化合物を土壌に施用すると、N<sub>2</sub>O の土壌からの発生量が増加することが知られている。その発生過程は、好気的な条件でアンモニア態窒素 (NH<sub>4</sub>-N) が硝酸態窒素 (NO<sub>3</sub>-N) に硝化される過程と嫌気的な条件で NO<sub>3</sub>-N が脱窒される過程があり、土壌中での N<sub>2</sub>O 発生を制御する要因として、投入窒素の種類と量、土壌水分等がある。また、窒素化合物を土壌に施用することにより発生量が増加するガスとして、N<sub>2</sub>O の他に一酸化窒素 (NO) があるが、土壌水分量により N<sub>2</sub>O と NO の発生比率が異なり、土壌が相対的に湿るほど N<sub>2</sub>O の発生比率が大きくなる (鶴田、2000)。メタン発酵消化液 (消化液) の成分を考えると、その窒素形態は約半分が NH<sub>4</sub>-N、残りが有機態窒素であり、また、水分が多い。一方、一般的な化成肥料の成分である硫酸アンモニウム (硫安) の窒素形態は NH<sub>4</sub>-N が 100% で、水分を含有しない。そのため、両者を施用した圃場を比較すると、窒素の組成、水分状態が大きく異なり、発生特性が異なる可能性がある。そこで本研究では、日本の畑地の代表的な土壌である黒ボク土の畑地圃場において、消化液、硫酸アンモニウムをそれぞれ施用し、作物を栽培した条件での N<sub>2</sub>O 発生特性の比較を行った。

### 2. 方法

千葉県香取郡多古町の畑地圃場 (表層多腐食質黒ボク土) を試験圃場とし、コマツナの栽培を行い、施肥から収穫までの土壌からの N<sub>2</sub>O フラックスを測定した。試験に用いた消化液は、乳牛ふん尿を主成分とする消化液であり、その成分を **Table 1** に示す。試験区は、無施肥区、硫安区、消化液 1 倍区、消化液 2 倍区、消化液 3 倍区、消化液 4 倍区を設定した。消化液 1 倍区とは、窒素施用量を全窒素基準で千葉県の施肥基準 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 12-12-12 g/m<sup>2</sup>) に合うように施用した試験区であり、消化液 2 倍区、消化液 3 倍区、消化液 4 倍区は、それぞれ消化液 1 倍区の 2、3、4 倍量の窒素、リン酸、カリを施用したことを示す。2008 年 5 月 22 日に消化液、硫安等の資材を施肥し、施用後すぐに土壌表層 10cm の土壌と施用した資材を移植ごてで混和した。混和作業は無施肥区においても同様に行った。5 月 28 日にコマツナの播種を行い、硫安区のコマツナが標準的な大きさになった 6 月 25 日に全試験区の収穫を行った。N<sub>2</sub>O ガスフラックスの測定は、クローズドチャンバ法を用いて行った。硫安、消化液を施用した試験区の N<sub>2</sub>O 発生量から無施肥区の発生量を差し引いた値を各資材由来のガス発生量とし、施用した窒素に対する各資材由来の N<sub>2</sub>O 発生率を算定した。また、施肥から収穫までの 34 日間に 216mm の降雨が観測された。

### 3. 結果および考察

各試験区のアンモニア態窒素施用量とコマツナの乾物収量の関係を **Fig.1** に示す。施用資材の違いに関係なく、施用したアンモニア態窒素量が多いほど収量が多かった。このことから、消化液の施肥設計時にはアンモニア態窒素を基準とすることが望ましいと言える。

**Table 1** メタン発酵消化液の成分  
Composition of digestate

含水率 (%)	95.9
T-N (mg/L)	3,740
NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	2,670
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	<0.03
T-P (mg/L)	807
T-K (mg/L)	2,890

\*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO、\*\*東京農業大学 Tokyo University of Agriculture、\*\*\*琉球大学 University of Ryukyus キーワード: 一酸化二窒素, メタン発酵, 肥料, 資源循環, 黒ボク土

N<sub>2</sub>O フラックスを Fig.2 に示す。N<sub>2</sub>O フラックスは、消化液区、硫安区とも施肥後 1 週間程度でピークを迎え、その後、施肥前のレベルに戻る傾向があった。土壌中の NH<sub>4</sub>-N が減少し、NO<sub>3</sub>-N が増加したことから、本研究における N<sub>2</sub>O の発生は硝化過程であると推察された。施用した窒素に対する N<sub>2</sub>O 発生率は、硫安区、消化液 1 倍区、同 2 倍区、同 3 倍区、同 4 倍区でそれぞれ 0.10% (NH<sub>4</sub>-N あたり 0.10%)、0.093% (同 0.13%)、0.15% (同 0.21%)、0.14% (同 0.20%)、0.27% (同 0.37%) であった。

窒素施用量と施用した窒素に対する各資材由来の N<sub>2</sub>O 発生率の関係を Fig.3 に示す。消化液施用量が多くなるにつれて、施用窒素のうち N<sub>2</sub>O として発生する割合が高まる傾向が見られた。土壌水分が相対的に多いほど N<sub>2</sub>O の発生比率が高まることから知られている。消化液区の土壌水分は硫安区よりも相対的に多いことにより、N<sub>2</sub>O の発生比率が高まったと考えられる。

Akiyama et al. (2006) は、文献レビューにより日本における農地における施肥窒素あたりの N<sub>2</sub>O 発生率の平均値を示している。それによると、黒ボク土を含む排水性のよい畑地圃場からの N<sub>2</sub>O 発生量は施肥された窒素の 0.32±0.49% であり、本研究では消化液施用区で、N<sub>2</sub>O 発生率が高い場合でもその値を下回っていた。以上より、消化液を施用した試験区の N<sub>2</sub>O 発生量は硫安区よりやや多いが、既存の観測データと比較して、その値が極端に多いということはないと言える。

参考文献

鶴田治雄 (2000) : 日本土壤肥料学雑誌 71(4), 554-564,

Akiyama et al. (2006): Soil Science and Plant Nutrition., 52, 774-787

謝辞 本研究は、農林水産省農林水産技術会議事務局の委託事業「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発 (バイオマス利用モデルの構築・実証・評価)」の成果である。ここに記して、謝意を表します。

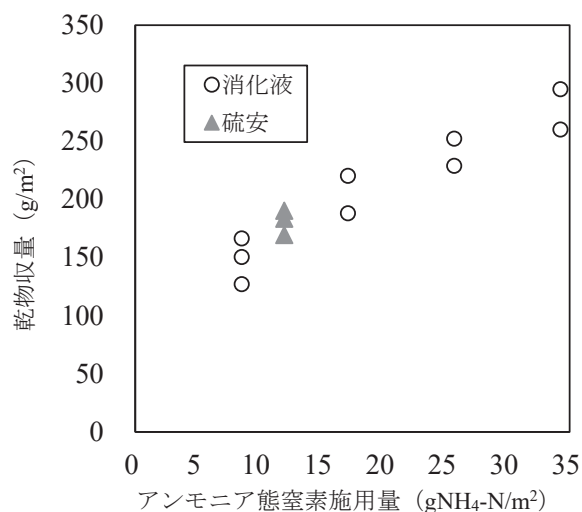


Fig. 1 アンモニア態窒素施用量と乾物収量の関係  
Relationship between NH<sub>4</sub>-N application rate and crop yield

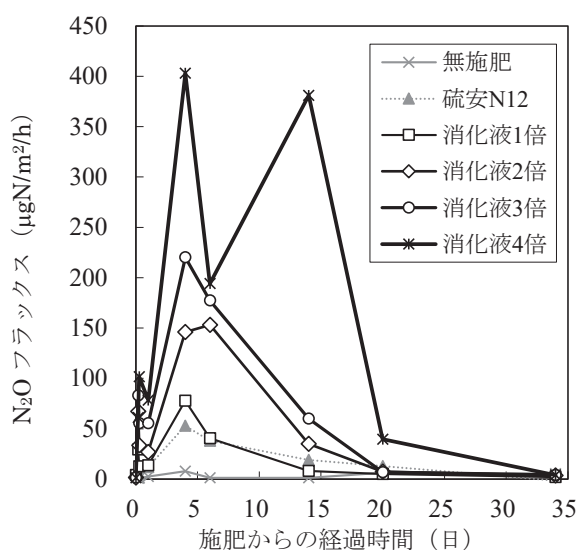


Fig. 2 N<sub>2</sub>O フラックス  
N<sub>2</sub>O flux

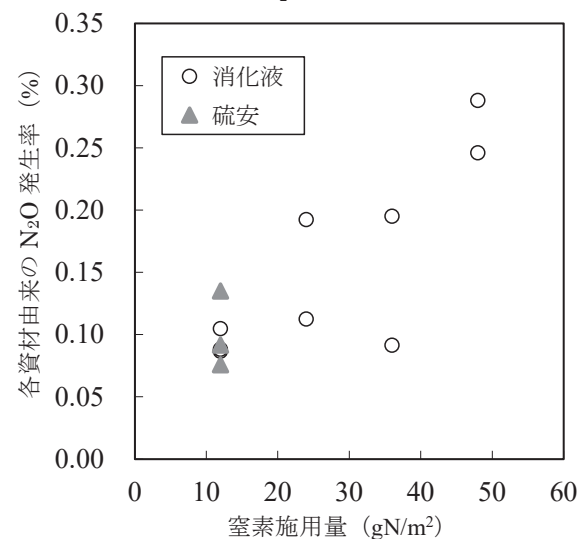


Fig. 3 窒素施用量と施用した窒素に対する各資材由来の N<sub>2</sub>O 発生率の関係  
Relationship between N application rate and N<sub>2</sub>O emission ratio to treated N