

# メタン発酵消化液の施用による土壌からの温室効果ガス発生

## Estimation of greenhouse gas emissions in a soil applied with methane digested liquid

藤川智紀 中村真人 柚山義人

FUJIKAWA Tomonori, NAKAMURA Masato, YUYAMA Yoshito

### 1. はじめに

バイオマス資源を利活用する技術の一つに、家畜ふん尿や生ゴミを発酵させメタンガスを得るメタン発酵がある。以前から研究が進められてきた技術であるが、普及のためには副産物として生成されるメタン発酵消化液（以下、消化液）の利用方法を確立する必要がある。消化液には窒素やリンなどの植物生育に有用な成分が多く残存しているため、圃場へ施用した場合、肥料や土壌改良材としての効果を有することが期待される。これまで、栽培試験により消化液の肥料効果が明らかになってきているが、メタン発酵技術を総合的に評価し、より望ましい資源循環システムを構築する立場からは、消化液の農地への施用が環境へ与える負荷についても検証する必要がある。

本研究では、消化液の施用に伴う環境負荷のうち土壌からの温室効果ガスの発生に注目し、消化液の施用が土壌からの温室効果ガス発生量に与える影響を明らかにすることを目的に現場試験を行った。

### 2. 試料および方法

**2.1 試験圃場および消化液の施用** 試験は茨城県つくば市の農村工学研究所内の畑地圃場で行った。圃場内に、長さ 27m の 2 本の直線を 4m 間隔で平行に引き、それぞれを消化液区、無施肥区とした（図 1）。それぞれの直線上に 3m 間隔で 10 点の測定点（1 辺 0.5m の正方形、面積  $0.25\text{m}^2$ ）を配置した。消化液区には、各測定点の土壌表面に、消化液  $3.1 \times 10^{-3}\text{m}^3$ （窒素  $25\text{g m}^{-2}$ 、炭素  $81\text{g m}^{-2}$  に相当）を散布し、できるだけ消化液が均等に行き渡るように表層約 10cm の土壌を撈拌した。圃場の初期状態を知るために、耕耘後の 2006 年 10 月 10 日に消化液区で 1 回目の測定を行った（試験開始 0 日目）。10 月 13 日（3 日目）に消化液区に消化液を施用し、12 月 4 日（55 日目）まで試験を続けた。

**2.2 測定** 測定項目は、各測定点における地表からの温室効果ガス発生量（ガスフラックス）、および土壌物理性のうち表層土壌中のガス挙動に関係があると考えられる、ガス拡散係数、乾燥密度、気相率、体積含水率である。代表的な温室効果ガスである亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ )、メタン ( $\text{CH}_4$ )、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) のガスフラックスをクロードチャンバ法で測定した。地表にチャンバ（内径 28.6cm、高さ 20cm）を設置してから 0 分、20 分、40 分後のチャンバ内のガス濃度を測定し、濃度の時間変化からガスフラックスを計算した。土壌中のガス拡散移動の指標であるガス拡散係数を非定常法で測定した。測定では拡散ガスとして酸素 ( $\text{O}_2$ ) を用い、得られた土壌試料の  $\text{O}_2$  拡散係数と大気中の  $\text{O}_2$  の拡散係数との比から相対拡散係数を算出した。乾燥密度、体積含水率は炉乾法で測定し、その結果と別途測定した土粒子密度から

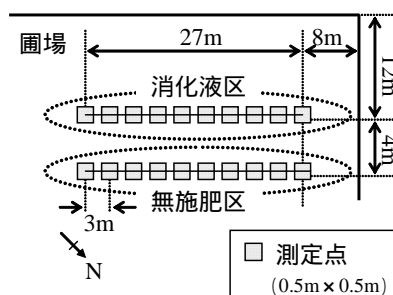


図1 試験区の概要

Fig.1 Location of test sections in the field

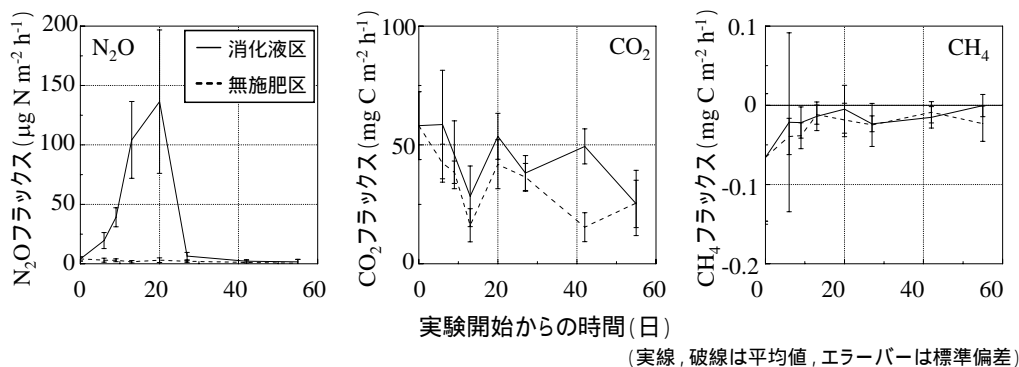


図2 消化液施用後の温室効果ガス発生量変化

Fig.2 Measured greenhouse gas emissions since methane digested liquid application

気相率を計算した。各土壌物理性の測定には深さ 0~5cm から不攪乱状態で採取した 100cc コアサンプラー試料を用いた。土壌試料はガスフラックスを測定した直後に測定点内で、ガスフラックス測定に影響を与えない場所から採取した。

### 3. 結果および考察

**3.1 温室効果ガスフラックスの変化** 消化液施用後、消化液区では無施肥区に比べて、 $N_2O$ 、 $CO_2$  のガスフラックスが大きくなった(図 2)。消化液区の  $N_2O$  フラックスは消化液施用直後から増加し、試験開始から 20 日目(施肥後 17 日)にピークを示し、その後 40 日を過ぎると無施肥区との違いがほとんどなくなった。これに対し、消化液区の  $CO_2$  フラックスは全試験期間にわたって無施肥区より大きかった。 $CH_4$  フラックスはどちらの区においても 0 より小さく、土壌中に  $CH_4$  が吸収されていることが確認された。 $CH_4$  吸収のフラックスは消化液区の方が小さくなった。ガスフラックスの測定値と測定の時間間隔から各ガスの累積のガス発生量を見積もったところ、施肥後 52 日間の消化液区における累積ガス発生量は  $N_2O$  が  $45.0 \pm 1.10 mg N m^{-2}$ 、 $CO_2$  が  $57.7 \pm 1.02 g C m^{-2}$ 、 $CH_4$  が  $-22.9 \pm 18.1 mg C m^{-2}$  となった。消化液区と無施肥区の累積ガス発生量の差より、施用した消化液に含まれる窒素の 0.17% が  $N_2O$  として、炭素の 22% が  $CO_2$  として大気に放出され、消化液の施用による土壌の  $CH_4$  吸収量の低下は消化液に含まれる炭素の 0.0088% であり影響はない、と推測された。

**3.2 表層土壌の物理性の変化** 表層土壌の乾燥密度はどちらの区においても時間とともに小さくなった(図 3)。同じ測定日の乾燥密度を比較すると消化液区の方が大きかった。この原因として、消化液の施用時、土壌の水分量が多くなり、直後の攪拌の際に消化液区の土壌がより密な構造に変化したことが考えられる。また、体積含水率は全期間にわたり、消化液区の方が無施肥区より大きく、逆に気相率は消化液区の方が小さくなった。消化液施用時、水分量が高い状態で攪拌すると、保水性が上がる一方で、ガスの移動する気相が小さくなること、物理性の変化は約 2 ヶ月維持されることが示された。ガス拡散移動の指標である相対拡散係数も気相率と同様の傾向を示し、消化液区(平均値 0.127~0.220)の方が無施肥区(0.161~0.235)よりも小さく、この傾向も期間中継続した。

### 4. 今後の課題

消化液施用によるガスフラックス変化や土壌の物理性変化の継続期間を明らかにする。栽培条件下においても同様の効果があるかどうかを確認する。

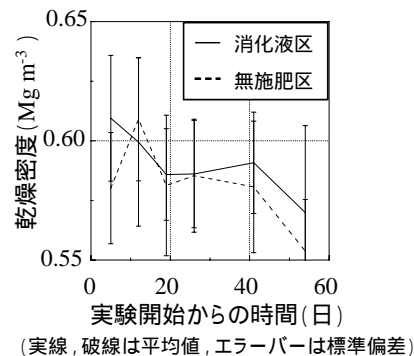


図3 乾燥密度の変化

Fig.3 Measured bulk density of surface soils since methane digested liquid application