

メタン発酵消化液の農地施用が温室効果ガス発生と土中ガス濃度に及ぼす影響 Effects of methane fermentation digested liquid application on GHGs emission and gas concentrations in the agricultural soil

藤川智紀 中村真人 柚山義人

FUJIKAWA Tomonori, NAKAMURA Masato, YUYAMA Yoshito

1. はじめに

バイオマスリサイクル技術の一つであるメタン発酵によって生成されるメタン発酵消化液(以下 消化液)の利活用方法の一つとして、液肥としての農地還元がある。これまでに、消化液を農地に施用すると、亜酸化窒素(N_2O)や二酸化炭素(CO_2)の土壌から大気への発生量(ガスフラックス)が増加することが報告されている。ガスフラックスは土中のガス濃度の変化に影響を受けると考えられるため、消化液施用後の土壌ガス濃度の変化を把握することで、ガス発生量のより正確な予測が可能になると期待される。そこで、消化液施用後の N_2O 、 CO_2 のガスフラックスと土中ガス濃度の変化を明らかにすることを目的に、消化液を用いたコマツナの栽培試験を行った。

2. 試料および方法

2.1 条件の設定および栽培スケジュール 茨城県つくば市内にある農村工学研究所内の畑地圃場で栽培試験を行った。何も施用しない区(無施用区)と、千葉県のコマツナ栽培の施肥基準の2倍量(N , P_2O_5 , K_2O をそれぞれ $24g \cdot m^{-2}$)となる様に、消化液 $7.8L \cdot m^{-2}$ と熔リン $97g \cdot m^{-2}$ を施用する区(消化液区)、同様に硫酸アンモニウム($114g \cdot m^{-2}$)、熔リン($120g \cdot m^{-2}$)、塩化カリウム($74g \cdot m^{-2}$)を施用する区(化成肥料区)の3つの区を設けた。圃場の土壌と消化液の理化学性を表1に示す。各区は $1m \times 1.5m$ の大きさで、消化液区、化成肥料区には、2007年10月15日に所定の量の資材を区内に一様に散布した。消化液区では施用直後に深さ0-10cmの土壌を撈拌した。10月22日(施用7日後)にコマツナを播種した。発芽後、 $160本 \cdot m^{-2}$ となる様に間引きし、12月11日(57日後)に収穫した。

2.2 測定法 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、チャンバ体積と濃度の時間変化からガスフラックスを計算した。測定は1区あたり3点で行った。各区の深さ5、10、20、30、50cmに埋設したガス採取管(各深さ1本)を用いて土中ガスを採取し、ガス濃度を分析した。初期の状態を知るために、10月12日(施用3日前)にガスフラックスと土中ガス濃度の測定を行い、施用0日後の測定値とみなした。分析対象は N_2O と CO_2 である。

3. 結果および考察

3.1 ガスフラックスの変化 消化液区の N_2O のガスフラックスはこれまでの報告同様、消化液施用直後から増加し、施用14

表1 土壌および消化液の理化学性
Table 1 Physical and chemical properties of soil and methane fermentation liquid

土壌 ¹⁾		消化液 ²⁾	
分類	表層腐植質 黒ボク土	TN ($mg \cdot L^{-1}$)	3,100 (うち NH_4^+-N 1,600)
土性	LiC	TC ($mg \cdot L^{-1}$)	6,600
TN ($kg \cdot kg^{-1}$)	0.0034	C/N比	2.1
TC ($kg \cdot kg^{-1}$)	0.045	含水比	22
C/N比	13		

1) 理化学性の測定試料は圃場の深さ0-15cmから採取

2) 消化液は2007年9月7日に山田バイオマスプラントで採取

日後に最大値を示し, 40 日後には無施用区とほぼ同じ大きさに戻った(図 1)。化成肥料区の N_2O のガスフラックスも消化液区同様, 施用後大きくなったが, 消化液よりもピークの時期が遅く, ガスフラックスの最大値も小さかった。ガスフラックスと測定の間隔から算出したガスフラックスの積算(積算発生量)は消化液区で $63\text{mg}N_2O-N\cdot\text{m}^{-2}$, 化成肥料区で $56\text{mg}N_2O-N\cdot\text{m}^{-2}$ であった。それぞれの区の積算発生量と無施用区の積算発生量の差し引きからは, 施用中した資材に含まれる窒素のそれぞれ 0.25% (消化液区), 0.21% (化成肥料区) が亜酸化窒素として土壌から発生したと推測された。一方, 消化液区の CO_2 のガスフラックスは施用後急激に大きくなり, 24 時間以内にピークを示した。ピーク後も消化液区のガスフラックスは全期間にわたって無施用区より大きかった。消化液区の CO_2 ガスフラックスの変化が二段階になった原因として, 消化液に素早く分解する易分解性と分解に時間がかかる難分解性の炭素の両方が含まれる可能性や, 消化液施用によって生じる土壌攪乱や水分量の急激な上昇がガスフラックスに影響した可能性が考えられる。化成肥料区でも施用 30 日以降は無施用区のガスフラックスより大きくなったが, 測定中のコマツナの呼吸が影響していると考えられる。消化液施用 30 日後までに発生した消化液区の CO_2 の積算発生量は $44\text{g}CO_2-C\cdot\text{m}^{-2}$ で, 無施用区との差し引きからは, 30 日間で消化液中に含まれる炭素の 33% が CO_2 として発生したと推測された。

3.2 ガス濃度の変化 消化液区の土中の N_2O , CO_2 濃度分布を図 2 に示す。消化液施用後, 土中の N_2O 濃度は高くなり, ガスフラックスが最大となった 14 日後には, 深さ 5cm の N_2O 濃度が $1500\mu\text{g}N_2O-N\cdot\text{m}^{-3}$ (大気中の N_2O 濃度の約 4.5 倍) で最高となった。その後, N_2O 濃度は低下し, 施用 36 日後には施用前とほぼ同じ濃度となった。消化液施用後の N_2O 濃度の上昇は深さ 50cm まで達した。施用 14 日後のガス濃度分布からは, 深さ方向に N_2O 濃度が低下する傾向が観察され, 浅い部分で生成された N_2O が下方へ拡散移動している可能性が示唆された。一方, CO_2 濃度も, 施用直後深さ 5, 10cm ではわずかに高くなったが, この深さでは炭素を施用していない化成肥料区でも同様の濃度上昇が観察された。このことから, 施用直後の CO_2 濃度上昇の原因として, 資材施用時の土壌攪乱の影響が考えられる。施用 10 日後を過ぎると, 深さ 20cm までの CO_2 濃度はほとんど変化しなかった。20cm より深くの CO_2 濃度は, 施用直後から大きく変化し, 各深さの濃度は時間と共に低下する傾向を示した。同じ測定日で比較すると, この部分の CO_2 濃度は深い程高く, 常に上向きのガス拡散移動が生じていると考えられる。20cm より深くに存在した CO_2 が上方へ拡散移動し, 地表からのガスフラックスの一部となっていると推測される。

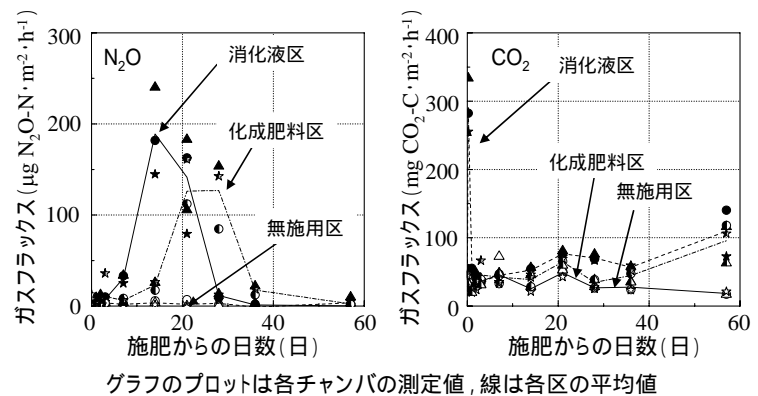


図1 ガスフラックスの変化
Fig.1 Gas efflux from soil surface

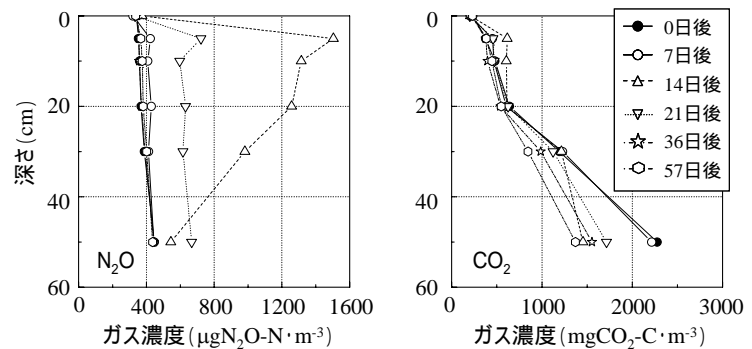


図2 土中ガス濃度の変化
Fig.2 Soil gas concentration distributions