

メタン発酵消化液，農業集落排水汚泥コンポストを
2年間連用した畑地土壌からの温室効果ガス発生
GHG Emission from Upland Field Applied with Digested Liquid
and Rural Sewage Sludge Compost for two years

中村真人・藤川智紀・柚山義人・山岡賢

Nakamura Masato, Fujikawa Tomonori, Yuyama Yoshito and Yamaoka Masaru

1.はじめに メタン発酵の副産物であるメタン発酵消化液（以下，消化液）は窒素等の肥料成分を多く含む速効性の有機肥料である．一方，農業集落排水汚泥コンポスト（以下，汚泥コンポスト）は農業集落排水汚泥をコンポスト化したもので，速効性肥料成分を含む土壌改良資材として利用されている．これらの資材を連用した畑地からの温室効果ガス（ N_2O, CH_4 ）の発生特性を検討した例はほとんど見られない．そこで，本研究では消化液，汚泥コンポストを2年間連用しているライシメータにおいて，土壌から大気への N_2O および CH_4 のガスフラックスを測定した．また， N_2O および CH_4 の発生特性を詳細に検討するためにインキュベーション試験を行った．

2.方法

2.1 ライシメータ試験 試験は Fig.1 に示す，モノリスライシメータを用いて行った¹⁾．9基のモノリスライシメータを用い，無施肥区（反復数2），化成肥料区（同3），消化液区（同3），汚泥コンポスト区（同1）の計9区を設定した．化成肥料区の窒素肥料としては硫酸アンモニウムを用いた．施用した資材（消化液，汚泥コンポスト）の成分を Table 1 に示す．作付けは2006年春作から2007年秋作までの6作（春作，夏作：コマツナ，秋作：ハウレンソウ）を行った．無施肥区以外の各区には，千葉県施肥基準（ハウレンソウ $N-P_2O_5-K_2O = 25-25-25 g m^{-2}$ ，コマツナ $12-12-12 g m^{-2}$ ）に合わせて各資材を全量基肥として施用した． N_2O, CH_4 のガスフラックスはクローズドチャンバ法を用いて測定した．測定は，施肥直後はほぼ毎日，その他の時期は2週間間隔で行った．また， N_2O の発生過程を推定するために，2006年9月から2007年8月にかけて，表層（0-5cm）土壌のアンモニア態窒素，硝酸態窒素を測定した．

2.2 インキュベーション試験 各資材を土壌に施用した時に N_2O, CH_4 が発生する条件を明らかにするために，容積50mLのバイアル瓶を用いたインキュベーション試験（20）を行った．試験区は，「消化液のみ区」，「土のみ区」，「土+消化液区」，「土+硫酸区」，「土+硫酸+水区」の5種類とした．土は前述のライシメータ表層と同じ土を使用し，量は乾土換算で10gとした．土壌水分は現場の水分状態に合わせた．硫酸アンモニウム，消化液は $25g N m^{-2}$ 相当量を混合した．土と各資材をバイアル瓶に入れた後，混合し，ブチル栓で密閉した．密閉した時点を試験開始とし，1，2，4，7日後のバイアル瓶内空気の N_2O, CH_4 濃度を測定した．

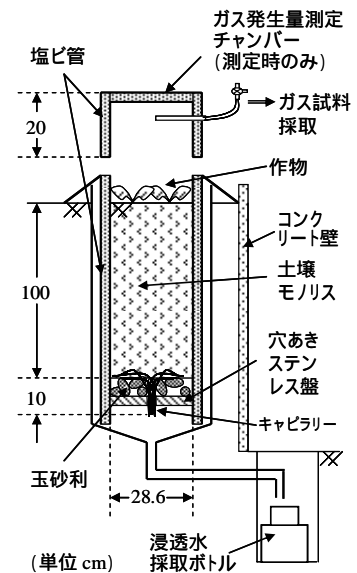


Fig.1 モノリスライシメータ
Monolith lysimeter

Table 1 有機肥料の成分
Composition of organic fertilizers

	メタン発酵消化液	汚泥コンポスト
含水率 (%)	95.7	39.1
T-N	3520	3.79
NH ₄ -N	1750	1.81
NO ₃ -N	0.6未満	0.077
P ₂ O ₅	983	3.28
K ₂ O	3410	0.517
T-C	9,670	36.4

単位：消化液...mg/L，
汚泥コンポスト...乾物重量%

3. 結果及び考察

3.1 ライシメータ試験 測定結果の一例として,2007 年秋作における N_2O フラックスを Fig. 2 に示す. 2 年間で 6 作行ったが, 資材を施用した区では, いずれの作に関しても施肥後一週間にフラックスが大きい傾向があり, 消化液区でその傾向が顕著であった. 6 月から 8 月にかけての高温期には, 汚泥コンポスト区と消化液区の N_2O フラックスが化成肥料区よりも大きくなった. その結果, 2 年間の N_2O 発生量(無施肥区を差し引いた正味の発生量)は消化液区が最も多く, 施肥された N の 0.41% であり, 汚泥コンポスト区では 0.24%, 化成肥料区では 0.11% であった. 各区とも資材の施用により上昇した土壌中の NH_4-N が直後に減少し, NO_3-N が増加したことから, 資材に含まれる NH_4-N が速やかに硝化されたと推測された. この NO_3-N の増加とフラックスが大きい時期とが一致していることから, 観察された N_2O の発生は硝化過程が主であると推察された. 土壌からの CH_4 フラックスを Fig. 3 に示す. 消化液区において, 施用した直後に微量の発生が見られる以外は発生, 吸収の明らかな傾向はみられなかった. 消化液区での発生量は施用した消化液に含まれる炭素の 0.001~0.007% 程度であった.

3.2 インキュベーション試験 バイアル瓶内の N_2O 濃度, CH_4 濃度の推移を Fig.4, Fig.5 に示す. 消化液のみ区, 土のみ区での N_2O 濃度は培養期間を通じてほぼ大気レベル(300ppb)であったのに対し, 土壌と消化液を混合した区では濃度が上昇した. このことから, N_2O は消化液や土そのものからではなく, 消化液が土壌に施用されることにより発生することが確認された. インキュベーション試験においても, ライシメータ試験の結果と同様に土+消化液区での N_2O 発生量は土+硫酸区よりも多かった. 土+硫酸+水区での N_2O 発生量は土+硫酸区よりも多いことから, 消化液施用区での発生量が硫酸施用区よりも多い要因の一つとして消化液の施用による土壌の水分量の増加があることが示唆された. 一方, CH_4 濃度は, 消化液のみ区と土+消化液区での濃度がほぼ同じで時間が経過してもほぼ一定であった. このことから, 消化液を畑地土壌に施用された時に発生する CH_4 は, メタン発酵によって新たに生成されたものではなく, すべて消化液に残存していたものであると考えられる.

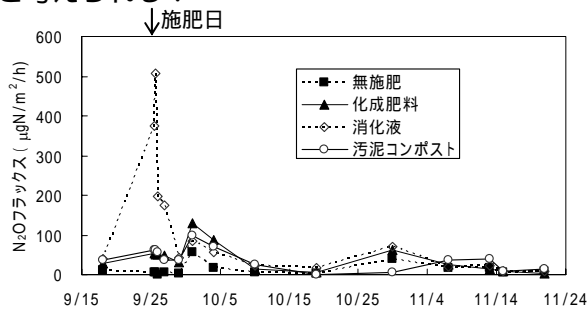


Fig.2 2007 年秋作における N_2O フラックス
N₂O flux during fall in 2007

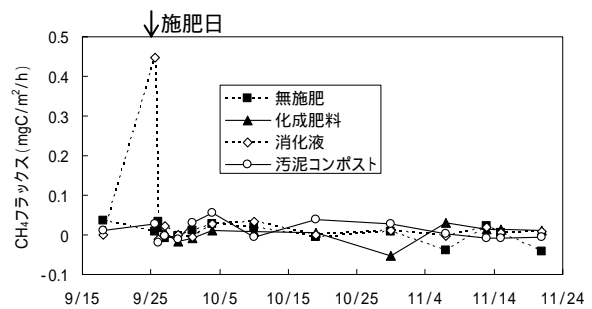


Fig.3 2007 年秋作における CH_4 フラックス
CH₄ flux during fall in 2007

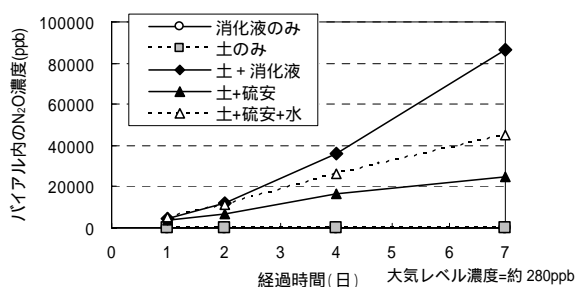


Fig.4 バイアル瓶内の N_2O 濃度の推移
Transition of N_2O concentration in vial container

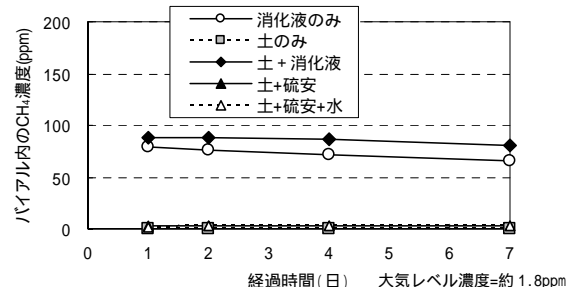


Fig.5 バイアル瓶内の CH_4 濃度の推移
Transition of CH_4 concentration in vial container