

メタン発酵消化液の長期連用が畑地土壌の窒素収支と土壌炭素蓄積に及ぼす影響  
 Impacts of long-term application of methane fermentation digested slurry  
 on nitrogen cycle and soil carbon accumulation in upland field

○中村真人\*・藤川智紀\*\*・柚山義人\*・山岡賢\*・清水夏樹\*・折立文子\*

NAKAMURA Masato, FUJIKAWA Tomonori, YUYAMA Yoshito,  
 YAMAOKA Masaru, SHIMIZU Natsuki and ORITATE Fumiko

1. はじめに

メタン発酵消化液（以下、「消化液」）を液肥利用することにより、メタン発酵施設の運転コストの削減や肥料資源の有効利用等が図れる。近年、多くの研究が行われ、その肥料効果や施用後短期間での環境影響については説明が進んできているが、中長期的な連用の影響は明らかにされていない。本報では、5年間にわたり消化液を連用したライシメータ試験の結果から、消化液の連用が畑地土壌における窒素収支と土壌炭素蓄積に及ぼす影響について考察する。

2. 試験方法

試験は、茨城県つくば市の農村工学研究所内に設置したモノリスライシメータで行った (Fig.1)。モノリスライシメータは、作物を栽培した条件での地下への窒素溶脱や土壌から発生するガスのフラックスをモニタリングできる試験装置である。ライシメータに充填する土壌として、千葉県多古町の畑地より採取した淡色黒ボク土を用いた。本研究では、8基のライシメータに対して無施肥区(2基)、硫酸アンモニウム(以下、「硫安」)区(2基)、消化液区(2基)、牛ふん堆肥区(1基)、農業集落排水汚泥コンポスト区(1基)を設定した。消化液、堆肥等の成分を Table 1 に示す。なお、用いた消化液は乳牛ふん尿を主成分としたものである。作付けは2005年秋作から2010年夏作までの15作(春作, 夏作: コマツナ, 秋作: ホウレンソウ)で、無施肥区以外の各区には、全窒素ベースで千葉県の施肥基準(ホウレンソウ N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 25-25-25 g/m<sup>2</sup>, コマツナ 12-12-12 g/m<sup>2</sup>)に合わせて各資材を播種の1週間前に全量基肥として施用した。アンモニア揮散を抑制するために、施用後速やかに土壌と混和を行った。試験は2005年10月に開始し、2010年11月に終了し、終了後に深さごとに土壌を採取した。測定項目は、作物への窒素吸収量、窒素の溶脱量、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)発生量および5年間における土壌表層から深さ30cmまでの炭素および窒素量である。蓄積量は、各試験区の土壌の窒素・炭素量から無施肥区の量を差し引いて算定した。

3. 結果および考察

3.1 作物への窒素吸収量

消化液区の窒素吸収量は、全期間を通して硫安区よりもやや少なかった。このことから、連用を行っても、消化液は、硫安に近い肥料効果を持続することが示された (Fig. 2)。硫安区、消化液区、堆肥区、汚泥コンポスト区では、それぞれ、施用した窒素の33%、28%、4.4%、17%が作物に吸収された。

3.2 窒素溶脱量

2006年春作の施肥の影響が出始めてから4年間の窒素溶脱量を Fig. 3 に示す。2年目までは消化液区の溶脱量が硫安区と同等

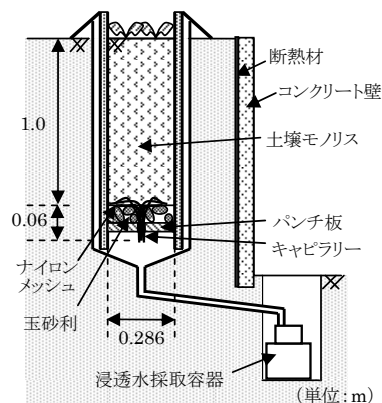


Fig.1 モノリスライシメータ  
 Monolith lysimeter

Table 1 試験に用いた消化液、堆肥等の成分

Composition of digested slurry and composts

	消化液	牛ふん堆肥	汚泥コンポスト
TS	41,300	-	-
含水率	-	47	39
pH	7.7	-	-
T-N	3,390	1.9	3.3
NH <sub>4</sub> -N	1,740	0.06	1.1
NO <sub>3</sub> -N	<0.3	0.03	0.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,230	1.5	3.1
K <sub>2</sub> O	3,870	2.2	0.68
T-C	9,790	38	37

単位: 消化液…mg/L(pHを除く), 堆肥, 汚泥コンポスト…乾物重量%

\*農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering \*\*東京農業大学 Tokyo University of Agriculture

キーワード: 窒素溶脱, 亜酸化窒素, 炭素貯留, 窒素吸収量

であった。しかし、採取土壌の施肥来歴の影響がより小さい3年目以降では、作物への窒素吸収量と同様に、消化液区の窒素溶脱量が硫安区と比較してやや少ない。このことは、作物への窒素吸収量に対する窒素溶脱量は、消化液と硫安ではほぼ同等であることを示唆している。4年間の窒素溶脱量は、硫安区、消化液区、堆肥区、汚泥コンポスト区では、それぞれ、施用した窒素の47%、44%、18%、27%であった。

### 3.3 亜酸化窒素発生量

表層土壌から発生する $N_2O$ に関しては、すべての区において、施肥直後に発生量のピークを迎え、その後施肥前のレベルに戻る傾向があったが、消化液区では他の区に比べて大きなピークが見られ、結果として、発生量が大きくなった。2006年から3年間の平均の $N_2O$ の排出係数をTable 2に示す。消化液を施用した場合、硫安の場合と比較して、 $N_2O$ 排出係数が高いことが明らかとなった。

### 3.4 深さ30cmまでの炭素および窒素量

5年間連用後の深さ30cmまでの表層土壌への窒素と炭素の蓄積量をTable 3に示す。表層土壌に蓄積された窒素は、硫安区、消化液区、堆肥区、汚泥コンポスト区では、それぞれ、施用した窒素の2.0%、11%、51%、39%であり、消化液区では堆肥区等に比べれば蓄積量は少ないが、硫安区よりは多い。消化液由来の窒素には、堆肥等と比べると少ないが、作物への吸収や浸透による溶脱の影響を受けにくい難分解性の有機態窒素が1割程度含まれていることが示された。このことが作物への吸収量が硫安区よりも少ない要因であると考えられる。

一方、消化液由来炭素の表層土壌への蓄積量は、施用した炭素の43%程度であり、連用を行った5年間で $281gC/m^2$ の炭素を蓄積したことになる。この量は5年間の $N_2O$ 発生に伴う温室効果ガス排出量( $CO_2$ 換算)の約2倍の量に相当する。また、5年間連用後の消化液由来炭素の土壌への残存率自体は、堆肥等とほぼ同じ割合であり、消化液に含まれる炭素の分解特性は堆肥由来炭素と同様であることが示唆され、土壌への炭素貯留に伴う地球温暖化緩和効果の算定は、堆肥等と同様に行うことができることが推察された。

### 参考文献

- 1) 中村真人ら：メタン発酵消化液の施用が畑地土壌からの温室効果ガス発生と窒素溶脱に及ぼす影響，農業農村工学会論文集，Vol.77，No.6，pp.17-26，2009

謝辞 本研究は、農林水産省の委託プロジェクト研究「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発（モデル化）(Cm3200)」の成果である。

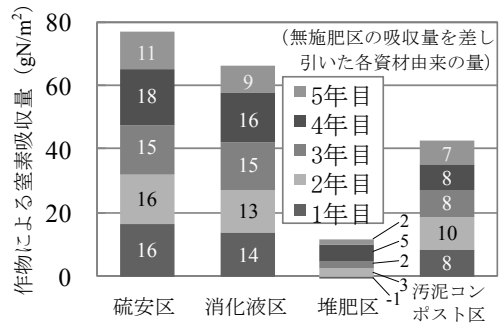


Fig. 2 作物による窒素吸収量（採取土壌の施肥来歴の影響が大きい2005年秋作を除く）  
Nitrogen uptake by crops

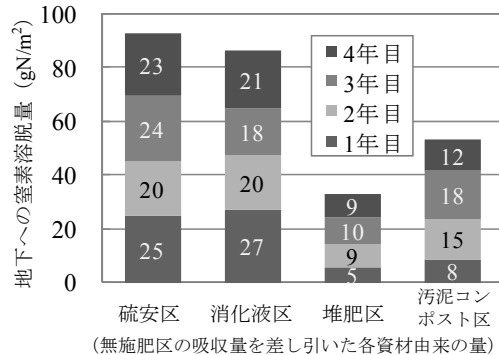


Fig. 3 窒素溶脱量（2006年春作が起点）  
Nitrogen uptake by crops

Table 2 亜酸化窒素排出係数  
 $N_2O$  emission factor

	$N_2O$ 排出係数* (%)
硫安区	0.093
消化液区	0.46
堆肥区	0.14
汚泥コンポスト区	0.20

※施用された窒素あたりの $N_2O$ 発生率

Table 3 5年間連用後の表層土壌（0-30cm）への窒素と炭素の蓄積量  
Nitrogen and carbon accumulation in surface soil after 5 years successive application

	窒素		炭素	
	土壌への蓄積量 (gN/m²)	施用量に対する割合(%)	土壌への蓄積量 (gC/m²)	施用量に対する割合(%)
硫安区	4.8	2.0	-74	-
消化液区	28	11	281	43
堆肥区	126	51	1730	40
汚泥コンポスト区	96	39	1098	38