

異なるメタン発酵消化液を施用した水田土壌試料における窒素形態の経時変化

Nitrogen transformation in paddy soil after application of different digested liquid from methane fermentation

○東 望*, 飯田 俊彰**, 岡島賢治***

Nozomu AZUMA*, Toshiaki IIDA**, Kenji OKAJIMA***

1. はじめに 農村でのバイオマス利活用技術の一つとしてメタン発酵が世界的に注目されている。メタン発酵プロセスでは、有機物や栄養塩類を多量に含むメタン発酵消化液が副生成される。消化液は高度処理されているのが現状であるが、資源循環の観点から化学肥料の代替として農地還元する手法が模索されている。日本においては、面積から考えて、水田への消化液の施用が進めば、農地還元が大きく促進されるものと期待されている。

消化液に多量に含まれる有機態窒素の含有率はメタン発酵の原料によって変化するため、農地への施用時期や量を決定するためには、さまざまな有機態窒素含有率の消化液について施用後の窒素成分の挙動を把握しておくことが必要である。特に有機態窒素の無機化にかかる時間を把握することは大変重要である。そこで本研究では、異なる3ヶ所で副生成された消化液を、異なる時期に採取した水田土壌試料2種に添加し、湛水および土壌中の各態窒素濃度の経時変化を測定した。

2. 方法 水田土壌試料には、山形大学農学部附属やまがたフィールド科学センター水田試験地で2008年10月および2010年5月に深さ0~10cmから採土し、2mmふるいにかけての土壌を用いた。消化液には熊本県山鹿市、北海道鹿追町、京都府南丹市の3ヶ所で副生成された有機態窒素含有率の異なるものを用いた(**Table 1**)。容量250mlのPP容器に風乾土50gを入れ、全窒素量が約5mgNとなるよう3種の消化液をそれぞれ添加し、湛水深が5.4cmとなるよう蒸留水を添加した後、攪拌した。それぞれの有機態窒素含有率からこれらを少区(山鹿市)、中区(鹿追町)、多区(南丹市)と呼ぶ。また、蒸留水のみを添加した蒸留区を作成した。これらを約25℃の恒温暗所に静置し、所定の時間経過後に湛水中および土壌中の各態窒素成分を分析した。本研究では、

窒素は**Fig. 1**に示した形態で存在しているとみなした。湛水中には溶存態窒素のみ存在しているとみなし、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、溶存態全窒素(DTN)濃度について分析した。土壌中の NH_4^+ 、溶存態全窒素(DTN)濃度については0.02 mol/LのKCl溶液で抽出した試料を、 NO_3^- 濃度については蒸留水で抽出した試料を分析した。溶存態窒素の分析の際には試料を孔径0.45 μmのメンブレンフィルタでろ過したため、懸濁態の成分は除去されている。また、土壌中の有機態窒素(Org-N(固体))、および

Table 1 供試した消化液の窒素成分
Nitrogen concentrations of digested liquid from methane fermentation

	山鹿市	鹿追町	南丹市
T-N [mg/L]	2356	3524	3115
$\text{NH}_4\text{-N}$ 率 [%]	77.7	73.4	68.3
Org-N率 [%]	22.3	26.6	31.7
DON率 [%]	11.2	1.6	4.9

原料	生ゴミ 牛ふん尿 豚ふん尿	牛ふん尿 稲わら	農産加工物残さ 牛ふん尿 豚ふん尿
----	---------------------	-------------	-------------------------

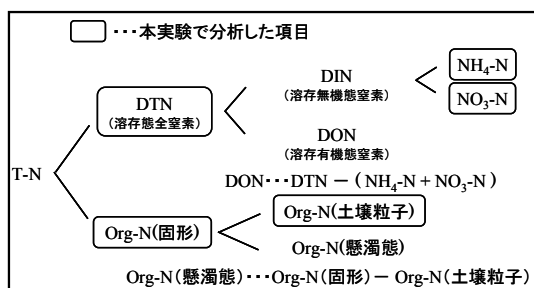


Fig. 1 土壌中の窒素形態
N formation in soil

*栗田工業株式会社 Kurita Water Industries Ltd. **東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo ***三重大学生物資源学部 Faculty of Bioresources, Mie University キーワード：メタン発酵消化液、窒素、水田土壌

び供試土壤に始めから含まれていた有機態窒素(Org-N(土壤粒子))は0.02 mol/LのKCl溶液で抽出された残りの土壤試料を、40℃で12時間真空乾燥して分析した。溶存有機態窒素(DON)、消化液の懸濁態中の有機態窒素(Org-N(懸濁態))はFig. 1に示した計算式より算出した。実験は各区でそれぞれ2反復行った。実験中の室温、水温を熱電対を用いて、土壤の酸化還元電位を白金電極法により12時間おきに測定した。

3. 結果と考察

各消化液区の各態窒素量から、蒸留区の値を引いた値を消化液由来の窒素量とし、その結果をFig. 2に示す。土壤は実験開始後13日目までは酸化状態、その後は還元状態であった。土壤が酸化状態の間、T-Nは全ての区でほとんど変化せず、有機態窒素の無機化によって無機態窒素が増加したと考えられた。DONは、全ての区で添加後速やかに無機化されたが、

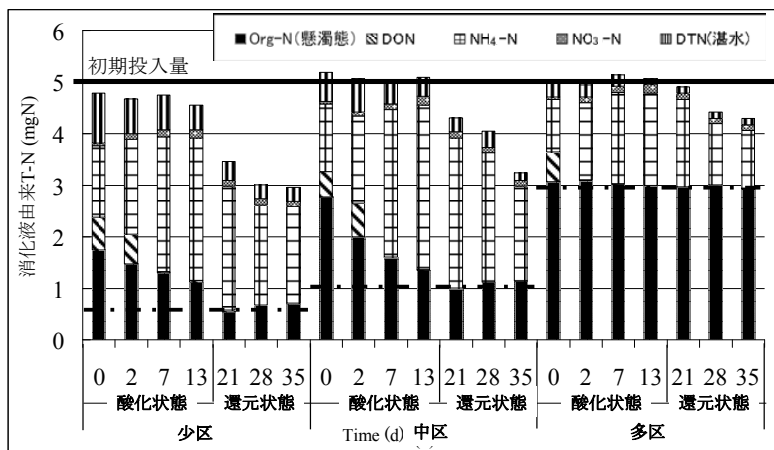


Fig. 2 試験容器内の消化液由来の窒素量
The amounts of N attributed to the digested liquid in sample vessels

Org-N(懸濁態)は少区、中区と比べ、多区ではほとんど減少しなかった。これは、多区の消化液の原料に難分解性である木片等の農産加工物残さが多く含まれていたためであると考えられた。一方、土壤が還元状態の期間には、全ての区で有機態窒素量がほぼ変化しておらず、T-N、NH₄-N量が減少していたことから、NH₄-Nが速やかに硝化され、その後脱窒されることによって、N₂ガスとして系外に放出されたと推測された。

以上より、消化液由来の有機態窒素の無機化には酸化還元電位の影響が大きいと推測されたため、鹿追町の消化液を用い、消化液と共に土壤に添加する蒸留水(脱気区)、蒸留水(蒸留区)、曝気水(曝気区)を用いて土壤の酸化還元状態を変え、追加実験を行った。Fig. 3に土壤中のNH₄-N濃度の変化を示す。脱気区、蒸留区、曝気区のNH₄-N濃度のピークはそれぞれ添加後6, 8, 12日目であり、これは各区の土壤が酸化状態から還元状態へと推移した時期とほぼ一致した。また、ピーク値の大きさは、ピークに達するまでの時間が長いほど大きかった。ここから、添加後の土壤が酸化状態である時間が長いほど、より多くの有機態窒素が分解され、無機化量が多くなることが示唆された。

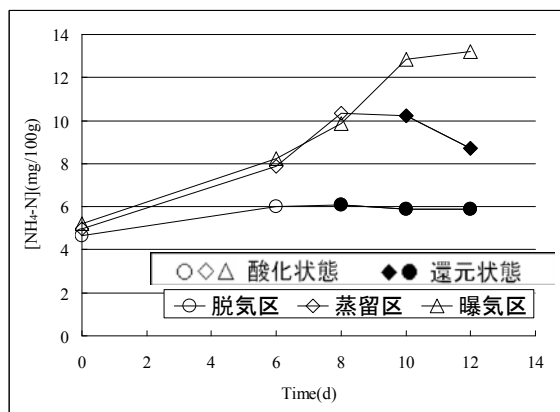


Fig. 3 土壤中のNH₄-N濃度変化
Changes in the NH₄-N concentration in soil

4. 結論

本研究により、湛水した水田土壤試料中に添加した消化液に含まれる有機態窒素の無機化量は、全有機態窒素量ではなく分解されやすい有機態窒素量に関係することが示された。また、無機化量のピーク値は、土壤が酸化状態から還元状態に至るまでの時間が長いほど大きくなることが示唆された。したがって、現場での実用化を考える際、異なる消化液に対してはそれぞれに適した異なる施肥体系が必要であることが示された。