

畜産廃棄物発酵消化液を投入した水田土壌中の窒素形態変化

Fate of Fermentation Manure Liquid Nitrogen in Paddy Soil

中村公人*, 櫻井伸治*, 三野 徹*

Kimihito Nakamura, Shinji Sakurai, and Toru Mitsuno

1. はじめに 家畜糞尿の処理法としてメタン発酵技術は非常に有効であり, 処理と同時にバイオガスエネルギー利用が可能であるため, その注目度は高い. その中で, 京都府八木町では, 先進的にメタン発酵施設を運営し, 畜産廃棄物及び食品残渣の処理を行っている. しかしながら, 発酵過程で有機物・窒素・リン・その他塩類を多量に含む発酵消化液が副生成され, これを高度処理後, 排出している現状にある. 適正な循環型社会を構築するためには, 発酵消化液の還元が不可欠であり, コメ・畑作物の肥料としての利用(農地への還元)が模索されている. 消化液(以下, 液肥)を肥料として農地に投入したときの液肥中に含まれる窒素の形態変化, 特に, 多量に含まれる有機態窒素の無機化速度を把握することは, 液肥投入の時期と量の決定にとって不可欠である. そこで, 液肥を水田土壌に与えたときの窒素形態変化を把握するため, 不飽和状態・飽和状態の2種類の異なる水分条件下の土壌について基礎実験を行った.

2. 実験概要 (1)不飽和土壌実験 八木町の試験水田圃場において, 2003年10月9日に採土を行った. 採土深さは, 0~10cm, 15~25cm, 30~40cmをそれぞれ第1, 2, 3層とした. それぞれの採土深

Table 1 21倍希釈液肥の窒素成分 (mg L⁻¹)
Nitrogen concentrations of liquid manure (dilution ratio=21)

	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N
Unsaturated soil	166.8	39.9	0.062	0.025
Saturated soil	91.3	62.9	0.023	0.019

さの土壌について, 容量225mLのガラス瓶に風乾土50gを入れ, 水分飽和度が80%になるように, 液肥の希釈液を加えた. 希釈率は, 試験圃場での実際の投入時の希釈率を参考に21倍(Table 1)とした(LM). また, 対照実験として, 同様の水分飽和度になるように, 蒸留水を添加した場合(NF), 化学肥料を想定して硫酸アンモニウム溶液を20mgN 100g⁻¹添加した場合(CF)についても行った. これを約25の恒温暗所に静置して, 所定の時間経過後(0, 2, 7, 14, 21, 28日後)に窒素成分を主とした土壌化学分析を行った. TN, NH₄-Nは, 土壌をKCl溶液で抽出しており, 土壌水中の水溶態と土壌粒子に吸着している吸着態の合計値が得られる. 分析に供した試料水は, 0.45μmのメンブレンフィルタを通過したものであるため, 懸濁態の成分は除去されていると考えた. また, 懸濁態成分も含んだ土壌に含まれる全窒素・全炭素濃度も測定した.

(2)飽和土壌実験 同圃場から, 同年12月10日に試料土を採取した. 深さ0~10cm, 10~20cm, 20~30cmを第1, 2, 3層とした. 風乾土55gを同様のガラス瓶に入れ, 水分飽和度100%になるように, 21倍希釈した液肥を添加した(LM). さらに, 70mLの蒸留水を加えて, 反応が均一になるように攪拌した後, 約25の恒温暗所に静置した. 対照実験として, 蒸留水を添加した場合(NF), 硝酸カリウム溶液を20mgN100g⁻¹添加した場合(CF)についても行った. 分析日は静置後0, 2, 7, 11, 19, 30日後とした. 分析項目は上記と同様である. なお, 両実験とも, それぞれ2連行い, 結果には平均値を用いた.

* 京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Keywords: 家畜糞尿, 窒素, 水田土壌

3. 結果と考察

不飽和条件下での第1層の土壤における、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ($\text{NH}_4\text{-N}$ (Total))、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、全無機態窒素 (Inorg-N)、フィルタ通過全窒素 (TN)、懸濁態も含む全窒素 (Total N)、全炭素 (Total C) の経時変化を Fig.1 に示す。CF での $\text{NH}_4\text{-N}$ の低下、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の上昇から、第1層の土壤の

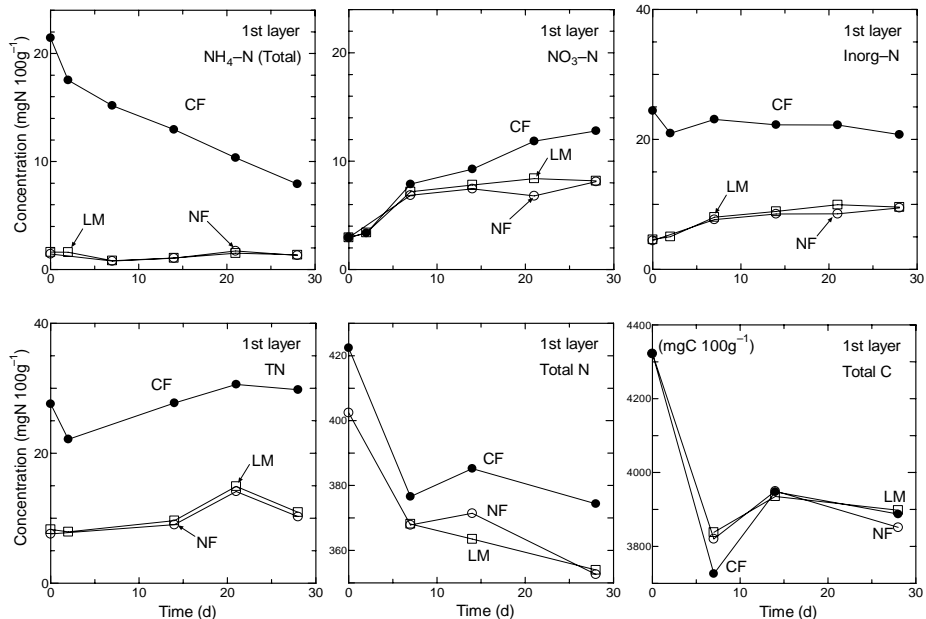


Fig.1 不飽和土壤実験における濃度変化 (LM: 液肥, NF: 蒸留水, CF: 硫安) Batch test results using unsaturated soil (LM: liquid manure, NF: water, CF: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)

硝化能が高いことが確認された。LM, NF の場合, TN, Inorg-N, $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加, また $\text{NH}_4\text{-N}$ はほとんど変化しなかったことから, 液肥成分の懸濁態成分はゆっくりと分解・無機化し, その後速やかに硝化されることが推察される。Total N の低下は揮発もしくは土壤内の部分的還元領域での脱窒 (Total C の低下) が考えられるが, 支配的な形態変化は, 分解・無機化・硝化である。

飽和条件下での第1層の土壤における $\text{NH}_4\text{-N}$ (Total), TN, Total N, Total C の経時変化を Fig.2 に示す。CF の場合に, TN, Total N が即座に低下しており, 与えた $\text{NO}_3\text{-N}$ の脱窒が生じていることが推察される。

これに伴う Total C の低下も見られ, 土壤に脱窒能 (LM: 液肥, NF: 蒸留水, CF: 硝酸カリ) があることが確認された。LM の場合, 実験開始 11 日目以降, Total N が低下していることから, 脱窒もしくは揮発が生じていることがわかる。また, TN が 11 日目まで増加し, その後低下しており, $\text{NH}_4\text{-N}$ もほぼ同様に変化していることから, 11 日目まで懸濁態窒素の分解, それに続く無機化が支配的であり, 11 日目以降には脱窒もしくは揮発が支配的となることが推察される。

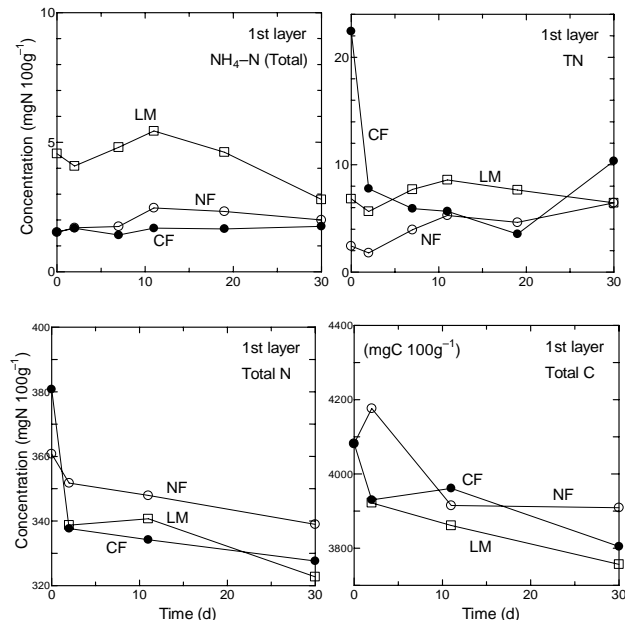


Fig.2 飽和土壤実験における濃度変化 (LM: 液肥, NF: 蒸留水, CF: 硝酸カリ) Batch test results using saturated soil

4. おわりに 中干し期や非灌漑期に土壤中に残留している液肥成分は, 比較的上層で分解・無機化・硝化が生じることが予測できる。また, 圃場では液肥は用水と混合投入されるが, 投入後は液肥中の分解, 無機化が生じて徐々に作物吸収される形態になり, 約 10 日経過後にその量がピークになることが推測できる。液肥施用の場合, 施肥設計においては以上のような窒素形態変化を考慮しなければならない。(謝辞: 京都府八木町の調査ご協力に感謝申し上げます)