

土壌カラム実験によるメタン発酵消化液由来窒素の動態解明

Estimation of behaviors of nitrogen compounds in methane fermentation digested liquid by soil column experiments

藤川智紀* 中村真人** 中村貴彦* 駒村正治*

FUJIKAWA Tomonori, NAKAMURA Masato, NAKAMURA Takahiko, KOMAMURA Masaharu

1. はじめに

メタン発酵消化液（以下 消化液）の利用方法として、肥料としての農地還元が検討されている。消化液に含まれる窒素化合物は、土壌への施用後、化学・生物学的反応を受けて形態が変化し、さらに水の移動や濃度勾配の影響を受け、土壌中を移動する。農地施用後の消化液由来の窒素化合物の形態変化および移動に関する情報は、より肥料効果が大きく、環境負荷が小さい消化液施用方法を策定する上で有用である。本研究では、土壌の不均一性や気象環境の影響を除くことができる室内カラム実験を行い、消化液施用後の土壌中の硝酸態窒素（ NO_3^- -N）の濃度変化から、土壌水の浸潤に伴う消化液中の窒素化合物の挙動を明らかにすることとした。

2. 実験

実験には千葉県香取郡多古町の畑地圃場、表層 0～20cm から採取された土壌試料を用いた。試料は水分を調整後、2mm 篩を通過させ、アクリルリングで作成したカラムに充填した（図 1）。カラムは内径 5cm で、試料を充填した高さは 41cm である。大型機械の走行などによる圃場の耕盤層を想定し、深さ 16～24cm の乾燥密度を $0.80\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、その他の深さの乾燥密度を $0.70\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ とした。試料充填後、脱イオン水を下方から飽和した。飽和から 12 時間後、排水位を深さ 80cm として、重力排水した。24 時間排水後、窒素 $12\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ に相当する消化液（8.0ml）を試料表層から施用し、表層 2cm を攪拌した（実験 0 日目とする）。消化液は 2008 年 9 月 2 日に千葉県香取市の山田バイオマスプラントにおいて採取した。消化液の理化学性を表 1 に示す。消化液施用より所定の日数経過後、98ml の脱イオン水（50mm に相当）を 4～6 時間掛けて表層から給水し、実験 10 日目にカラムを解体した。カラムは光の影響を除くために、周囲をアルミ箔で覆った。蒸発や揮散を妨げないためにカラム上部は開放した。実験は 20 の恒温室内で行った。

カラム解体後、試料を厚さ 2cm ずつの層に分け、それぞれの層の含水率を求めた。同時に、所定の深さの層か

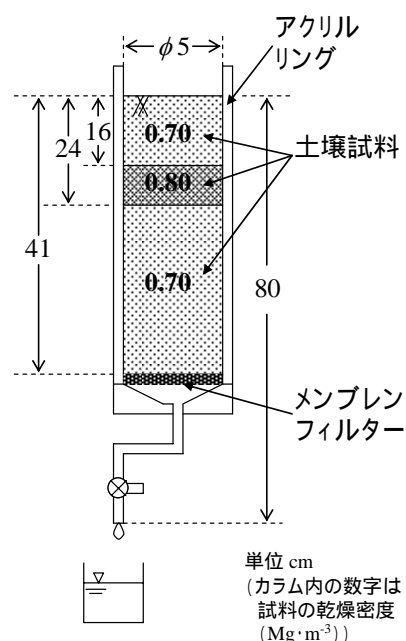


図1 実験カラム模式図
Schematic diagram of soil column

表1 消化液の理化学性
Chemical Properties of methane fermentation digested liquid

原料	牛ふん尿 野菜加工残渣
含水率	96.0 %
全窒素 TN (うち NH_4^+ -N)	$2940 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ($1820 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
全炭素 TC (C/N比)	$6980 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (2.4)

*東京農業大学 Tokyo University of Agriculture, **農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード メタン発酵 硝酸態窒素 カラム試験 窒素溶脱 硝化

ら試料 3g を採取し，脱イオン水 30g を加えて浸透，静置後，上澄み液を濾過した。濾過した溶液中の NO_3^- -N をイオンクロマトグラフで測定した。測定した NO_3^- -N および試料の含水率および乾燥密度から各層に存在する NO_3^- -N 量を計算した。初期条件として，飽和後，24 時間排水した直後に解体した試料の NO_3^- -N も測定し，実験終了時の測定値との差し引きから，実験期間 10 日間の NO_3^- -N 変化量を求めた。消化液の代わりに，窒素 $12\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ に相当する塩化アンモニウム (NH_4Cl : 90mg) または硝酸カリウム (KNO_3 : 170mg) 施用した実験も行い，消化液に含まれる窒素と化成肥料に含まれる窒素の挙動を比較した。

3. 結果および考察

3.1 化成肥料との比較 実験開始より 7 日目に給水を実施した場合の，10 日目の体積含水率分布と NO_3^- -N 変化量の分布を図 2 に示す。表層の含水率が高いのは，各資材施用時の土壌攪拌による土壌の練り返しの影響と考えられる。消化液を施用した場合，水分を含まない化成肥料の施用に比べ，耕盤層の直上（深さ 10~16cm）の水分量が大きくなった。 KNO_3 を施用した場合，表層における NO_3^- -N が著しく増加するのに対し，消化液では NO_3^- -N の増加量は小さく， NH_4Cl では NO_3^- -N の増加は見られなかった。本実験に使用した消化液に含まれる窒素の 60% は NH_4^+ -N，残りは無機態窒素であり， NO_3^- -N をほとんど含まないため，消化液に含まれる窒素化合物は NH_4Cl に比べて硝化を受けやすいことが分かった。消化液に含まれる水分や炭素により硝化反応に関わる微生物が活性化したことが原因と考えられる。2cm より深い部分については，消化液と NH_4Cl の結果はほぼ同じであり， NO_3^- -N の下方移動および溶脱は確認されなかった。

3.2 給水日による比較 実験開始より 1, 4, 7 日目に給水を実施した場合の，10 日目の体積含水率分布と NO_3^- -N 変化量の分布を図 3 に示す。給水日の違いからは体積含水率の変化は見られず，どの場合においても，水分移動はほぼ平衡に達していたと推測される。表層の NO_3^- -N 増加量は給水日が遅いほど小さくなった。給水に伴う急激な水分量の変化によって表層の硝化反応が促進され，給水後の日数が長いほど NO_3^- -N が増加した可能性がある。1 日目に給水を行った場合の 0~6cm の NO_3^- -N 増加量は， $3.8\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ であり，施用した消化液に含まれる窒素の 31%，無機態窒素の 51% であった。本実験の結果から，消化液施用後の降雨や灌漑までの日数が，窒素挙動に影響を与えることが示唆された。今後，排水中の NO_3^- -N や土壌中の NH_4^+ -N を測定することにより，消化液中の窒素の形態変化や移動をさらに詳細に解明できると考えられる。

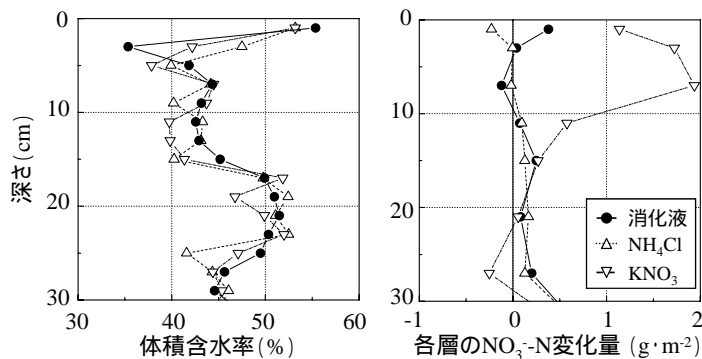


図2 施肥後10日目の水分および NO_3^- -N変化量(実験7日目給水)
Distribution of water and NO_3^- -N content in soil column

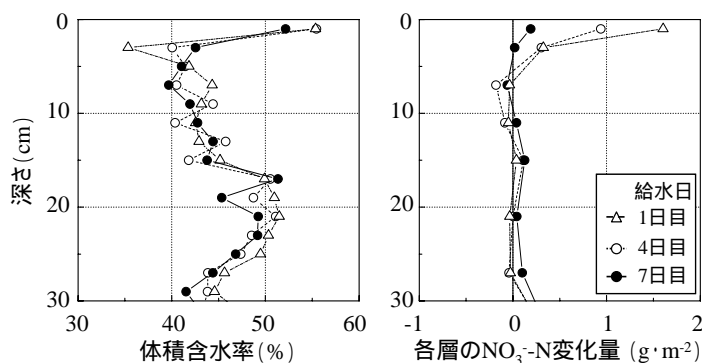


図3 施肥後10日目の水分および NO_3^- -N変化量(消化液施用)
Distribution of water and NO_3^- -N content in soil column