

室内カラム試験によるメタン発酵消化液の環境影響の評価 Environmental assessments of application of methane fermentation digested slurry 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

肥料の様な化合物を含む資材を土壌に混合した場合、含まれる化合物は土壌中で化学・生物学的反応を受けて形態が変化し、さらに降雨や灌漑に伴う水の移動や場所による濃度の違いにより土壌中を移動する。特に肥料の三要素の一つである窒素を含む窒素化合物は農地土壌に多量に施用されるが、施用後の窒素化合物も土壌中で化学・生物学的反応や移動の影響を受け、その一部が作物に吸収されて肥料効果を発揮する。しかし別の一部は硝酸態窒素 (NO_3^- -N) となって地下水へ移動 (溶脱) し、水質汚染の原因物質となり、また別の一部は亜酸化窒素 (N_2O) やアンモニアとなって大気へ放出 (揮散) され、地球温暖化や酸性雨の原因物質となる危険性がある。肥料としての利用が期待されるメタン発酵消化液 (以下、消化液) についても、その肥料効果や環境負荷を評価するために、含まれる窒素化合物が土壌中でどのように変化、移動するかを明らかにする試みが、圃場やライシメータ、実験室内で行われている。

本報では、土壌物理学の分野で用いられる「土壌カラム」と呼ばれる円筒状の装置を用いた室内モデル試験 (以下 カラム試験) により、消化液施用後の窒素化合物の変化や移動を解析する試みについて紹介する。

2. カラム試験とは

通常、内径 5~20cm 程度のアクリル製または塩ビ製の円筒 (カラム) に、攪乱および篩分けした土壌試料を充填したものを用いる。カラムの高さは 10cm~50cm が一般的であり、試験後、カラムを解体し内部の土壌を採取することを想定し、高さ 2~5cm 程度のリングを重ねてカラムを作成することが多い。底部は単に閉じている場合もあるが、水で満たした排水チューブを接続したフィルタを用いることにより、地下水位の影響を再現することも可能である。排水チューブや底にあげた排水口からは土壌からの排水を採取することができる。上部は土壌表面への施肥や給水のために開放されていることが多く、上に容器 (チャンバ) を被せることにより、地表から発生するガスを捕集し、その量 (ガスフラックス) を測定することも可能である。

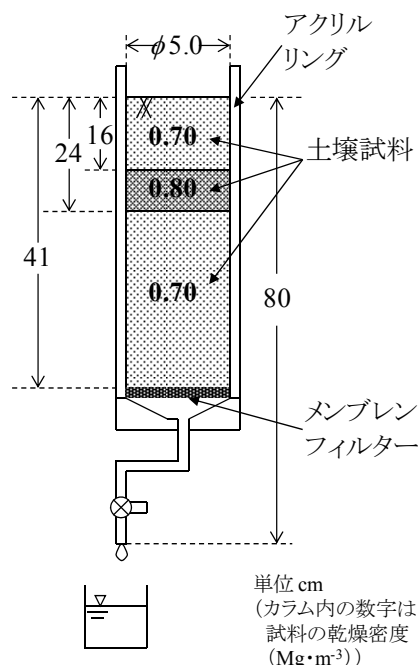


図1 実験カラム模式図
Schematic diagram of soil column

*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 カラム試験 窒素溶脱 温室効果ガス

カラムに所定の密度で土壌試料を充填した後、降雨や灌漑を再現するために、上部から水もしくは溶液を浸透させる。カラムの任意の深さに水分計や EC 計などの各種センサーを挿入することにより、土壌中の水分量や溶液濃度の変化を経時的に測定することができる。また、ある時間が経過した後に、あらかじめカラムに空けておいた試料採取口やカラム解体後のリングから各高さの土壌を採取することにより、その時間の化合物の深さ方向の分布を測定することができる。

カラム試験の長所として、再現性が高いこと、注目する条件（例えば施肥量や土壌の水分量など）以外の環境を揃えることができること、用いる土壌の量が少なく済むこと、環境への汚染物質の排出が抑制できることなどが挙げられる。このため、現場では試験が難しい、環境負荷が未知の物質や極端に濃度の高い（低い）物質を用いる試験、設定する条件が多い試験などでは有利となる。一方、短所として、不均一性が物質の移動や反応に大きな影響を与える現場を再現できないことや、小さいカラムでは作物栽培が難しいこと、地下水位を深く設定できないことなどが挙げられる。

3. カラム試験による NO_3^- -N の測定例

3.1 化成肥料との比較 図 1 に示した内径 5.0cm、高さ 41cm のカラムに、千葉県香取郡多古町の畑地の表層 0~20cm で採取した土壌試料を充填した。窒素 12g m^{-2} に相当する消化液 (8.0ml) を深さ 0~2cm の表層土壌に混合し、7 日後に 50mm に相当する給水を行った。給水より 3 日後 (消化液施用後 10 日目) にカラムを解体して、各深さの土壌試料を採取し NO_3^- -N 量を測定した。試験前後の各深さの NO_3^- -N の増加量 (NO_3^- -N 変化量) について、同じ窒素量を含む NH_4Cl を施用した試験の結果と比較すると、消化液を施用した土壌で表層に NO_3^- -N が蓄積することが分かった (図 2(a))。土壌との混合の際に、消化液に含まれる水分によって塊状の構造ができ、硝化によって生じた NO_3^- -N が一部地表で蓄積したと考えられる。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、地下への NO_3^- -N の溶脱の特性もほぼ同様であることが示唆された。

3.2 給水日による比較 上記の条件で、給水の時期を消化液施用後 1, 4, 7 日目と変えた試験を行った。表層の NO_3^- -N 蓄積は給水日が遅いほど小さいことから、給水後の日数が長いほど NO_3^- -N が増加する可能性が示された。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。本試験の結果から、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。これらの結果を基により肥料効果の大きい施用方法の検討を進めたいと考えている。

参考文献 1) 藤川ら：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，農業農村工学会大会講演会講演要旨集，2009，pp.826-827

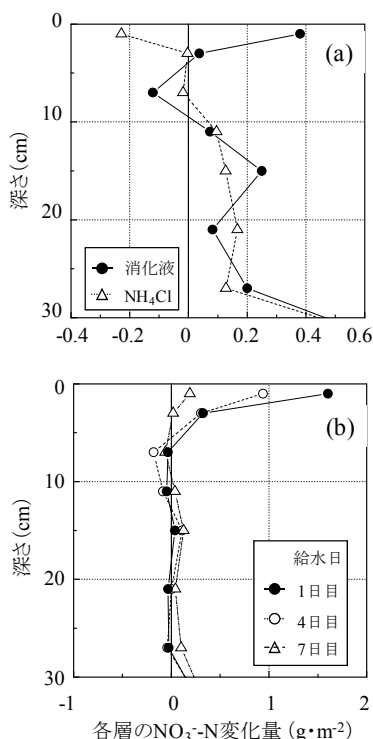


図2 NO_3^- -N 変化量の分布
(a) 化成肥料との比較 (b) 給水日による比較
Change in accumulated NO_3^- -N in each soil layer