

熊本県白川中流域農農地土壤中の浸透に伴う硝酸態窒素の減衰能力の評価

熊本大学工学部 学生会員 ○旗手 聡 熊本大学 正会員 濱 武英

1. 背景と目的

熊本県中央部に位置する白川中流域は阿蘇の火山噴出物が母体となった土壤が広がっており、その透水性の高さが特徴である。また、白川中流域は加藤清正の治水・利水工事により、大規模な水田開発が行われた。透水性の高い土地に灌漑水量の大きい水田開発が行われることで、地下水浸透量は増加し、白川中流域は熊本地域における地下水の主要涵養域となった。地下水の湧水地帯である熊本市などでは豊富な地下水による恩恵を受け、現在では熊本市及び周辺自治体含む 11 市町村、約 100 万人の水道水源として地下水資源を利用している¹⁾。

地下水は表面水の地下浸透を必要とするため、涵養地域の土地利用から影響を受けやすいと考えられる。実際、熊本地域では涵養域における市街地化の進展や減反政策による水田面積の減少により地下水量の減少が発生している。さらに、家畜排泄物や農地における過施肥により硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)汚染などの地下水汚染なども発生²⁾しており、地下水量の確保や地下水質の保全などの地下水の持続的活用は熊本地域の地下水行政における課題となっている。

先程も述べた通り、白川中流域の農地土壤は透水性が高いことが特徴である。透水性が高い土壤は多量の地下水を涵養することができるメリットがある。しかし、地下水質にとっては汚染物質である肥料由来の窒素分が地表に存在する場合、地下水層に容易に流出してしまうというデメリットも考えられる。そこで本研究では、白川中流域の黒ボク土壤について土壤温度を考慮した土壤の窒素除去能力の評価を行った。

2. 研究対象と方法

土壤サンプルの採取地は、白川中流域に位置する熊本県菊陽町下津久礼の水田土壤である。土壤は表層から 30 cm 程度の深さから採取し、実験室内で十分に風乾させた状態で各試験に使用している。

本研究では実際の地下浸透を想定したカラム通水試験と簡易的な窒素除去能力の評価を可能にするバッチ試験の 2 つの方法で窒素除去量の評価を行っている。

(1) カラム通水試験

試験装置の概要図を図 1 に示す。カラム本体とカラムへ流入溶液が入ったタンクは恒温機内に設置している。カラム内への通水はカラム下部からの上向流で行った。また、流入溶液用タンクには外気と接触しないようゴム栓をしている。

カラム内構造は、ガラス製カラム（内径 2.5 cm、高さ 40 cm）の上下面にガラス繊維フィルター（1 μm ）を敷き、カラム内部は上下 5 cm にガラスビーズ（直径 2 mm）を詰め、間の 30 cm に試験土壤を充填した。試験土壤は先程の処理を加えた採取土壤とガラスビーズ（直径 2 cm）を質量比 1 : 3 で混合させたものを作製した。

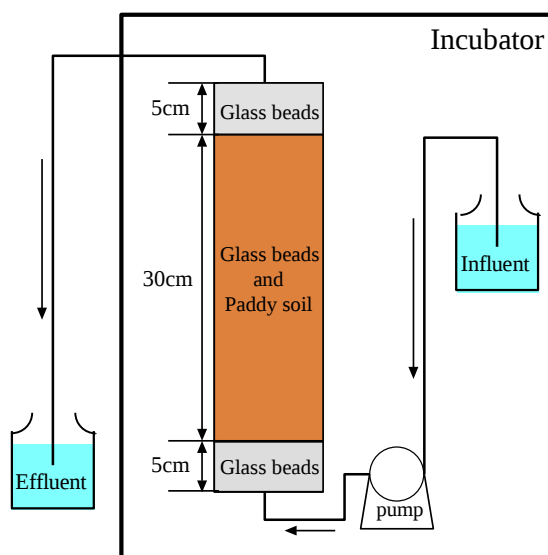


図 1 カラム通水試験概略図

すべての条件で通水速度を 1000 mm/day、カラムは 1 連、暗条件下を揃えて試験を行った。また、カラム内土壤の嫌気的条件を維持するために流入溶液には N_2 曝気を行い、溶液中に溶存酸素が存在しないように処理を行っている。試験開始前には充填時にカラム内に残った空気を排出し、土壤環境を一定にするために前通水を行った。期間は全ての条件において 25℃ 下において 1 週間行い、通水溶液は N_2 曝気を行った超純水を使用し、通水速度は試験と同速度で行った。

試験フローは図 2 に示す。条件 1, 2, 5 では土壤温度、条件 4 と 5 では炭素源の有無が窒素除去能力にどのような変化を与えるかを比較している。

通水後溶液は0.45 μm の PTFE フィルターでろ過を行った上で水質分析を行っている。水質項目としてはアンモニア態窒素($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、亜硝酸態窒素($\text{NO}_2^-\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3^-\text{-N}$)、全有機炭素(TOC)、全窒素(TN)である。

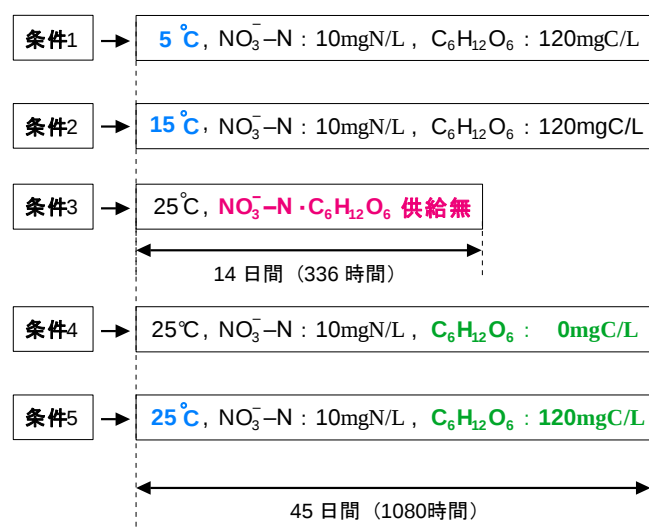


図2 カラム通水試験条件フロー

(2) バッチ試験

バッチ試験は50 mL 遠沈管に風乾土壌2 gと試験溶液20 mLを添加し、 N_2 曝気を行い恒温機内で一定時間浸透を行う。繰り返し回数は3回で行い、浸透時間は6時間、12時間、1日、2日、3日で行う。添加する試験溶液については図の条件1, 2, 4, 5と同条件で行う。

振盪後の溶液はカラム試験と同様に0.45 μm の PTFE フィルターでろ過し、水質分析を行った。

3. 結果

本要旨ではカラム試験の結果のみを示すこととする。図3では条件1, 2, 5の結果を示しており、破線は供給窒素濃度(10 mgN/L)を表している。各温度条件においても $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度は減少していることが分かる。しかし、土壌温度が低下することにより、その減少の程度が変化していることも確認することができる。土壌中の窒素除去は微生物の脱窒反応による影響が大きく³⁾、微生物の活動が抑制される低温下においては窒素除去能力が低下したと考えられる。

表1には各条件における1日当たり、単位面積当たりの窒素除去量(P_{NO_3})と窒素除去率(R_{NO_3})を示している。 P_{NO_3} の値から土壌温度が低下する程、窒素除去能力が低下していることが分かる。窒素除去能力については、圃場における既往研究も存在している。新良らの研究³⁾では冬期(12~2月)の土壌浸透過程における窒素除去量の

算出を行っており、その値は0.12~0.17 $\text{gm}^{-2}\text{d}^{-1}$ である。本試験における窒素除去量の値と比較すると既往研究における値は60~80倍低い値となっている。この差は圃場において流入水は好気条件であることが推測できるが、本カラム試験においては流入水も嫌気条件で実施していることやカラム試験では土壌全体に流入水が浸透させることが可能であることなどが原因として考えられる。

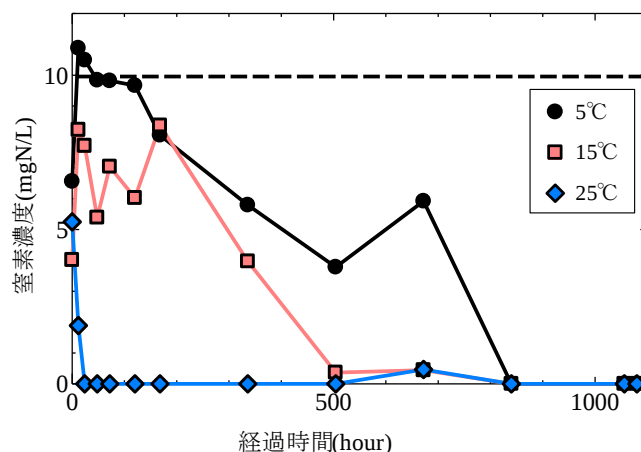


図3 カラム通水試験における $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度変化

表1 条件別窒素除去量と除去率の比較

	条件1 (5°C)	条件2 (15°C)	条件5 (25°C)
除去量 $P_{\text{NO}_3}(\text{gNm}^{-2}\text{d}^{-1})$	6.80	7.34	9.84
除去率 $R_{\text{NO}_3}(\%)$	56.7	75.3	97.2

【参考文献】

- 1) 熊本県, 熊本市, 菊池市, 宇土市, 合志市, 城南町, 富合町, 植木町, 大津町, 菊陽町, 西原村, 御船町, 嘉島町, 益城町, 甲佐町: 熊本地域地下水総合保全計画, pp.2-17, 2008
- 2) 熊本市: 第3次熊本市硝酸態窒素削減計画, pp.1-85, 2015
- 3) 黒田久雄, 田淵俊雄, 高坂快児, 中曽根英雄: 休耕田を活用した窒素除去の持続性と有機物に関する検討, 農業土木学会誌, 68, 9, pp.59-65, 2000
- 4) 新良力也, 渥美和彦: 硝酸性窒素濃度の高い灌漑水を年間湛水した水田の冬期における窒素除去能, 日本土壌肥科学雑誌, 78, 3, pp.299-302, 2007