

浸透速度が湛水土壌の脱窒特性に及ぼす影響

Effect of Infiltration Rate on Denitrification in a Pondered Soil Column

渡部 慧子*, 中村 公人*, 濱 武英*, 川島 茂人*

WATANABE Satoko, NAKAMURA Kimihito, HAMA Takehide, KAWASHIMA Shigeto

1. はじめに 農耕地からの硝酸態窒素流出による地下水汚染や閉鎖性水域の富栄養化が問題となっている。この対策として排水路の堰上げが琵琶湖湖岸水田地域において検討されている。つまり、排水路堰上げによって、圃場内地下水位が上昇、浸透速度が低下することで脱窒特性が変化し、硝酸態窒素の脱窒量が増加する効果を期待しているわけである。しかし、これまで硝酸態窒素の脱窒量を浸透速度と関連付けた研究例は少なく、多くの場合脱窒速度は培養試験のように流れのない条件下で求められてきた。本研究では浸透速度が脱窒速度に及ぼす影響を検証するために浸透速度が異なる脱窒過程の室内カラム実験を行った。

2. 実験概要 土壌は京都府南丹市の水田から2006年12月に採取し、25°Cの恒温で保存した。実験では4.5mm篩通過土を供試土壌とした。カラムは内径10.5cm、厚さ0.53cm、高さ5cmの亚克力製円筒を8個積み重ねる構造とし、上下の支持部分を合わせて全長約60cmとした。カラム下側には直径5mmのガラスビーズを詰め、0.25mmメッシュの金網を介して土壌を充填した。充填土壌高さは40cmである。実験装置の概要をFig.1に示す。

カラム下部に接続した下側ホースからカラム内に蒸留水を加えながら均質になるように土壌を充填した。また、土壌 Eh 測定計（藤原製作所製、FV-437Eh）および土壌水採取器（大起理化製、DIK-301B）を土壌表面上端から2.5cm、17.5cm、32.5cmの深さに設置した。カラムは2本用意した。

その後、土壌表面に蒸留水を2cm湛水させ、浸透速度をカラムごとに変えるために、流出口高さを土壌表面（基準面）から40cm（湛水面と流出口の水位差（ ΔH ）42cm、HIGHと表記）と0cm（ $\Delta H=2$ cm、LOWと表記）にそれぞれ設定し、蒸留水を湛水面から1日間流入させた。蒸留水の流入には微量定量ポンプ（アドバンテック製、AP-2250）を用い、湛水深が2cm一定になるように、土壌表面より2cm高さに余水を排水させる穴を設けた。また、土壌充填部分のカラム側面にアルミホイルを巻き、遮光条件とした。

流出量が安定した後、蒸留水流入から硝酸カリウム（ KNO_3 ）溶液（20mgN/L）流入に切り替えて実験開始とした。さらに、開始7日後からは炭素を供給するために KNO_3 +メタノール（ CH_3OH ）溶液（それぞれ20mgN/L、95.6mgC/L）流入に切り替えた。流出口からの採水間隔は流出速度に応じて約2時間~12時間とした。また、3深度の土壌水を1~3日間隔で採水した。採水

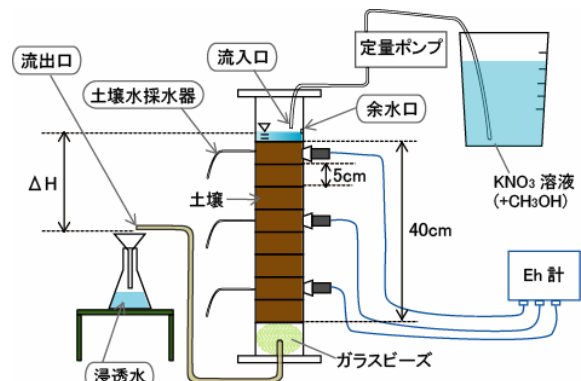


Fig.1 カラム実験の概要
Schematic of soil column experiment

*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Keywords：脱窒，浸透速度，水田土壌

した流出水と土壌水ともに 0.2 μ m フィルタ通過試料の NO₃-N, NO₂-N およびその他の各種イオン濃度を測定した。また、浸透水はこれらに加え、TOC を光触媒酸化チタン酸化法によって測定した。

3. 結果と考察 Fig.2 に浸透水中の NO₃-N 濃度の経時変化を示す。初期残留 NO₃-N による影響がなくなり（約 3 日後）、メタノールを添加するまでの間、浸透水中の NO₃-N 濃度は HIGH と LOW で差がみられ、LOW の場合、15mgN/L と濃度低下がみられた。ここで、脱窒速度 De を以下の収支式から求めた。

$$De = I - O + S_1 - S_2 \quad (1)$$

De は脱窒速度、 I はポンプによる流入 NO₃-N 量、 O は浸透流出 NO₃-N 量、 $S_1 - S_2$ はある期間の土壌内 NO₃-N 量変化を日単位に換算した量であり、単位はすべて gN/day である。流入速度は流出速度と等しいと仮定した。Fig.3 に脱窒速度の経時変化を示す。メタノール添加前は LOW の場合に脱窒速度が大きく、メタノール添加後 2 日目に脱窒速度は HIGH, LOW ともに上昇したが、条件による違いは小さかった。12 日目以降は、両カラムともに浸透速度が大きく減少したため脱窒速度は低下した。

脱窒速度は流入 NO₃-N 量 I に依存するため、この影響を除くために、 I に対する De を脱窒率 $Dr(\%)$ と定義した。

$$Dr = Dr / I \times 100 \quad (2)$$

浸透速度と脱窒率の関係を Fig.4 に示した。Fig.4 中の直線は、メタノール添加前での浸透速度と脱窒率の関係を近似したものである。炭素源が制限されているメタノール添加前の脱窒率は浸透速度の低下によって上昇することがわかる。ただし、この傾向が見られた浸透速度は 100mm/day 以上と実際の水田で生じる値より大きい。炭素源が十分存在するメタノール添加後は、流入 NO₃-N に加えて、土壌内に貯留されていた NO₃-N が脱窒された結果、脱窒率は 100% を超え、浸透速度が 300mm/day 以上の場合を除いて浸透速度による違いは確認できなかった。炭素源が十分であれば、実際の水田において浸透速度による脱窒率の制御はできないものと考えられる。

4. おわりに 浸透速度の低下による脱窒率の上昇が見られた浸透速度は 100~450mm/day の範囲であり、実際の水田土壌で生じる浸透速度を大きく上回っている。したがって、炭素源制限下かつ 100mm/day 以下の浸透速度条件下での検討が必要である。

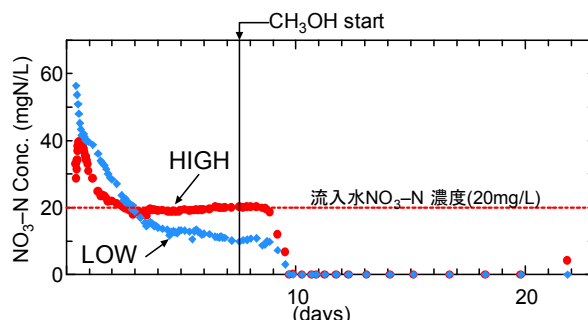


Fig.2 浸透水中の NO₃-N 濃度の経時変化
Changes in NO₃-N concentration of leachates

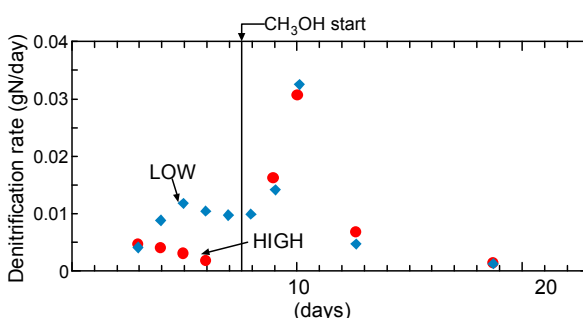


Fig.3 脱窒速度 De の経時変化
Changes in denitrification rate De

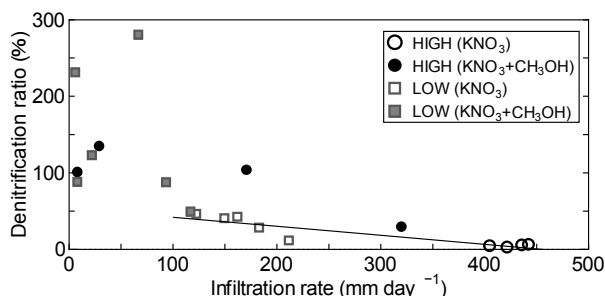


Fig.4 浸透速度に対する脱窒率変化

Relationship between De and infiltration rate