

Ⅶ-21

窒素化合物に汚染された地下水・土壌の浄化プロセスの開発

東北大学 学生員○小甲孝史 東北大学 正会員 熊谷幸博  
東北大学 正会員 福士謙介 東北大学 正会員 大村達夫

1. はじめに

窒素化合物による土壌や地下水の汚染は田畑の肥料の流出に由来するものであり、近年我々の生活環境を脅している。窒素化合物は地表及び土壌中で好気性化合物による酸化を受け、硝酸イオンに変化することが知られている。硝酸イオンはメトヘモグロビン血症を引き起こす原因とされており、水利用の観点から、必ず取り除かなければならない物質の一つである。

硝酸イオンは嫌気性微生物の一種である脱窒菌の生化学的作用で無害な窒素へと変換され大気中へ放出される。脱窒作用を円滑に行うためには脱窒菌が硝酸を代謝する上で必要である栄養塩類、炭素源などが存在することが不可欠である。土壌中に存在する硫酸塩還元菌は脱窒菌と炭素源を取り合う可能性があり、脱窒作用を阻害する恐れがある。そこで、本研究では硫酸塩還元菌と脱窒菌が存在する土壌カラムに硝酸イオンを硫酸塩存在下で通じ、脱窒作用に対する阻害の度合いを調べる事を最終目的とする。本発表では土壌カラム実験のスタートアップ実験を行った結果を発表する。

2. 実験方法

**2.1 実験装置** 本研究では土壌カラムとして二本の亚克力製円筒形反応槽を使用した。反応槽の有効内容量は13.7リットルであり、試料採取用のバルブが装備されている。反応槽の付帯設備としては基質タンク（20リットル）、タイマー制御された基質投入用ペリスタルティックポンプ、発生ガス採取用のガスバッグを備えている。カラム反応槽は摂氏16±1.0度に保たれた恒温室内に設置された。反応槽は粒径2～15mmの川砂利で反応槽容積の約75%まで充填され、間隙比は44%である。反応槽の詳細図を図1に載せる。

**2.2 反応槽操作条件** 基質はタイマーにより制御されたポンプを用い、一日数回基質を投入する半連続運転を行った。基質の組成は表1に挙げた。反応槽は始め、それぞれの基質で満たされ、接種のため仙台市H下水処理場の脱窒槽流下液および澱粉を炭素源として養生した硫酸塩還元菌培養槽内容液を約2.5リッター注入した。24時間放置後、徐々に滞留時間を短くし、最終的に目標滞留時間である約7日になるように接種後約5日で達するように操作した。サンプルは接種より3日後から24時間毎に流出液のみを採取し、分析を行った。二本の反応槽は

それぞれテストカラム（硫酸塩が基質に添加されているもの）およびコントロールカラム（硫酸塩をほとんど基質に含まないもの）と呼ぶ。

**2.3 分析方法** 採取したサンプルの分析は上水試験法に従った。

3. 結果及び考察

図2にコントロールカラムとテストカラム排水の溶存酸素濃度を示す。両方のカラムともスタートアップ時には好気状態であり、徐々に無酸素状態になる傾向が見られた。これは基質中の有機物が好気性微生物の働きにより酸素を消費するために起こるものであり、10日では完全な無酸素状態に達することはなかった。しかし、カラム中では局部的に無酸素状態になっていることは考えられ、嫌気状態でおこる反応である脱窒・硫酸還元が行われる可能性は十分ある。

次に図3に排水中の硝酸性窒素の濃度を示す。硝酸性窒素は数日のラグを置いて、徐々に低下する傾向にあった。この傾向は脱窒により硝酸性窒素が除去されていることを裏付けるものである。テストカラムの硝酸性窒素濃度はわずかにコントロールカラムを上回るが261時間後のデータではコントロールカラムを下回った。このことは141時間から237時間までは硫酸塩還元菌による若干の阻害が見られたが、261時間に置いてはカラムの嫌気度が上昇したため（図2）硝酸と還元された硫黄（S<sup>2-</sup>）の間で化学的な酸化還元反応が起こり、硝酸が窒素に還元された可能性もある。

図4にはテストカラムの硫酸イオン濃度を示した。時間を経る毎に硫酸塩の濃度は減少していることは硫酸塩の還元が順調に進行したことを裏付けるものである。硫酸塩還元菌は絶対嫌気性細菌であり、カラム内の局所的な嫌気度は流出水の溶存酸素濃度がゼロでないにも関わらず、充分であったと考えられる。

4. おわりに

本研究は土壌カラムを用い脱窒過程における硫酸塩還元菌による阻害実験のスタートアップ特性をモニターしたものであり以下の知見を得られた。

- ・硫酸塩が基質に存在することでスタートアップ時に置いては脱窒を著しく阻害することはない。
- ・硫酸除去は溶存酸素濃度が高いとみられる初期か

ら観察され、カラム内では局所的に高度の嫌気度を有するサイトが存在することが推察される。

本研究は長期連続実験のスタートアップ特性を示したものであり、今後は定常状態のデータを発表することを予定している。

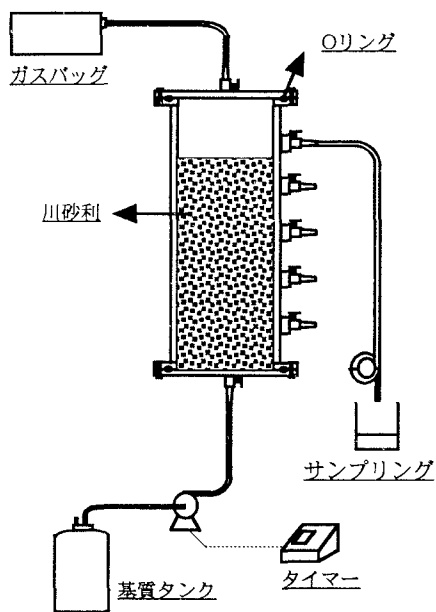


図1 反応槽詳細図

表1 基質の組成

|                                          | 濃度 (mg/ℓ) |           |
|------------------------------------------|-----------|-----------|
|                                          | テストカラム    | コントロールカラム |
| NaNO <sub>3</sub>                        | 303.6     |           |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>          | 25.6      | 0.0       |
| CH <sub>3</sub> COONa                    | 183.0     |           |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>          | 6.58      |           |
| MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O    | 11.25     |           |
| CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O    | 1.0       |           |
| CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O    | 10        |           |
| FeCl <sub>2</sub> · 4.02H <sub>2</sub> O | 0.35      |           |
| MnSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O    | 0.043     |           |

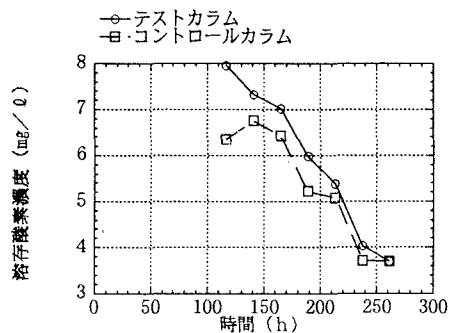


図2 溶存酸素濃度変化

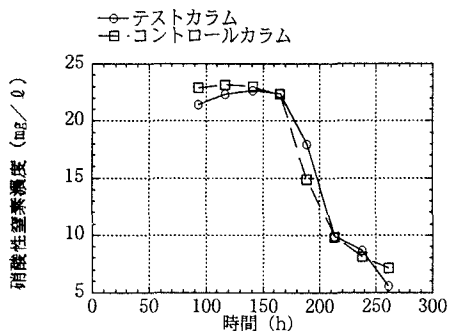


図3 硝酸性窒素濃度変化

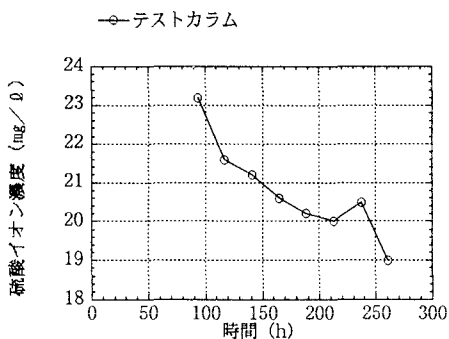


図4 硫酸イオン濃度変化