

有機高分子ゲルを外部電子供与体とした原位置脱窒浄化法

前橋工科大学 学生会員 ○長谷川 僚
 前橋工科大学研究協力員 唐 文軒
 前橋工科大学 正会員 田中 恒夫

1. はじめに

地下水は昔より、私たちの生活を支える貴重な水資源として広く利用されてきた。しかし近年、硝酸塩による地下水汚染の問題が顕在化している。原因としては、農地における過剰な施肥や工業排水の地下浸透、家畜の排泄物や廃棄物の不適切な処理などが挙げられる。地下水を飲用に供した場合は人の健康への影響が懸念されるため、その水質浄化は必須である。

本研究は、有機高分子ゲルを外部電子供与体とした原位置脱窒法を新たに提案し、その可能性について実験的に検討した。ここでは、有機高分子としてヒドロキシプロピルセルロースのゲル（HPC ゲル）を選択した。

2. HPC ゲル

HPC は、セルロースの水酸基を酸化プロピレンでエーテル化することで得られる、水溶性のセルロース誘導体である。HPC ペーストを電子線（EB）で架橋したゲルは、凍結乾燥時にはハニカム構造を持ち、微生物の生息の場として期待できる。また、HPC ゲルからの TOC 成分の溶出速度が非常に遅く、二次汚染の問題もないことから、脱窒細菌の電子供与体として最適と考えられる。

3. 実験装置

帯水層をモデル化した実験装置（モデル帯水槽）を用いて連続脱窒実験を行った。モデル帯水層は長さ：50cm、高さ：30cm、高さ：10cm で、その中に標準砂を充填した。標準砂を多孔質板で押さえて砂層を構築した。砂層の間隙率は約 50%とした。また、モデル帯水層にはサンプリング管を 3 本（A1、A3、A5 など）設けた。本研究では、モデル帯水層は 3 セット（帯水層 A～C）用意した。帯水層 A は対照装置（電子供与体の供給なし）、帯水層 B は電子供与体としてエタノール、帯水層 C は電子供与体として HPC ゲルを用いた。

4. 実験方法

4.1 人工地下水

人工地下水は、大学実験室の水道水と硝酸カリウムを用いて作製した。窒素濃度は、硝酸性窒素として 20mg/L 付近とした。人工地下水は、それを窒素ガスで曝気し DO 濃度を下げた後からモデル帯水槽に供給した。供給量は、砂層における流速が 10cm/day 程度となるように、蠕動ポンプを用いて 1 日当たり 1.5L とした。

4.2 電子供与体

帯水層 B には上記のとおり、電子供与体としてエタノールを供給した。エタノールは、C/N 比が 4 となるように蠕動ポンプを用いて供給した。また、帯水層 C には HPC ゲルを流入側に充填した。同様に、C/N 比が 4 となるように、0.5cm×0.5cm×30cm の HPC ゲル（EB 強度：20kGy）を 14 本充填した。

4.3 微生物の固定

砂層への脱窒細菌の固定化を目的とし、下水二次処理水を 2 週間通水した。下水二次処理水は、標準活性汚泥法を採用している終末処理場の最終沈殿池より採水した。その供給量は 1.5L/日とし、下水二次処理水通水後、

キーワード HPC ゲル、炭素源、硝酸塩汚染地下水、原位置浄化法

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学社会環境工学科 TEL：027-265-7363

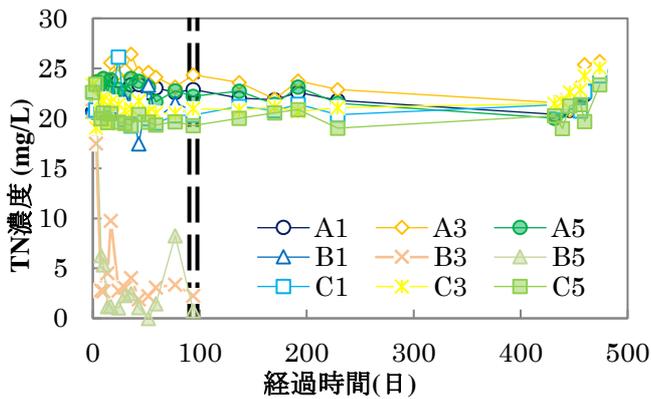


図1 TN濃度の経日変化

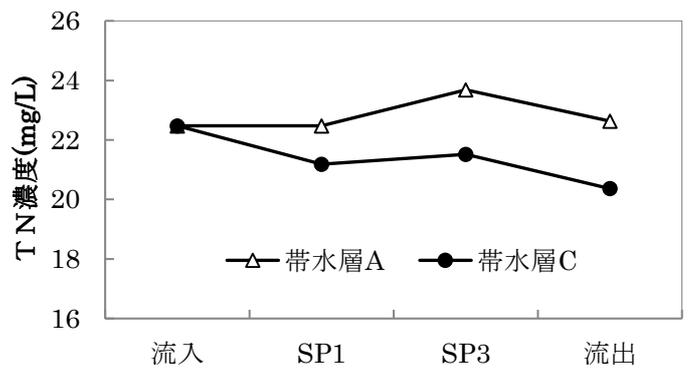


図2 流下方向のTN濃度の変化

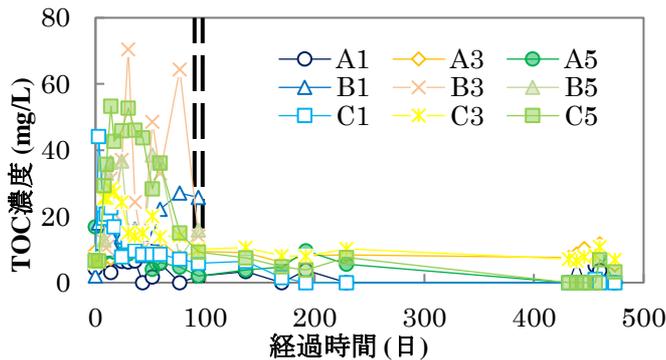


図3 TOC濃度の経日変化

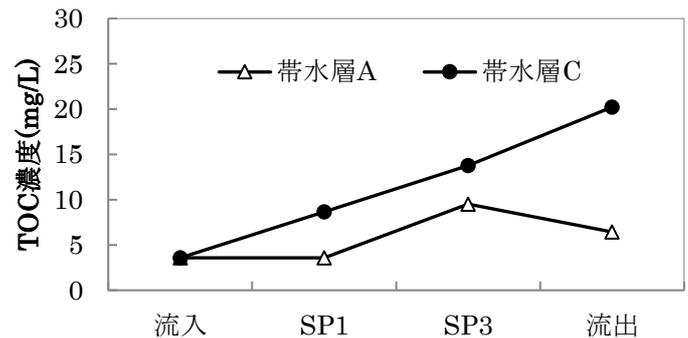


図4 流下方向のTOC濃度の変化

人工地下水を再度通水して砂層を洗浄し、その後ゲルなどを充填して実験を開始した。

5. 結果および考察

5.1 窒素濃度の変化

TN濃度の経日変化を図1に示す。対照の帯水層Aについて、実験を通してTN濃度は何れの位置においてもほぼ同じレベルで、大きな変化はなかった。脱窒反応の進行は確認できなかった。

一方、帯水層Bについては、流出TN濃度は実験を開始してから2週間後には5mg/L以下となり、砂層において脱窒反応の発現が確認できた。しかしながら、1ヵ月後には実験装置から悪臭が発生し、砂層の閉塞や変色、および流出水の腐敗など二次汚染が確認できた。さらに、3ヵ月(94日)後になると、地下水位の異常上昇が確認できたため、帯水層Bについては人工地下水の供給を停止した。

帯水層Cについては、実験を開始してから3ヵ月後まで流出入TN濃度の差は3~6mg/Lと明確であった。これは、HPCゲルから溶出したTOC成分が脱窒細菌に利用され、硝酸塩還元反応が進行したためと考えられる。それ以降は、流出入TN濃度差は0~3mg/L(図2)とやや減少した。帯水層Bにおける脱窒効率と比較すると低い、実験を開始してから1年半以上経過しても二次汚染などの問題は一切認められなかった。

5.2 TOC濃度の変化

TOC濃度の経日変化を図3に示す。炭素源を添加した帯水層B、Cにおいて、砂層におけるTOC濃度は実験を開始した直後に大きく変化した。C/N比を4と大きく設定したことにより、微生物に利用されなかったエタノールやHPCゲル溶出TOC成分が地下水中に残存したためと考えられる。帯水層Cに関しては、3ヶ月以降、砂層におけるTOC濃度は大きく減少し、流出入TOC濃度差は10数mg/L程度となった(図4)。上記のとおり、3ヶ月以降、帯水層Cにおける脱窒効率は低下しているが、これはHPCゲルからのTOC成分溶出速度の低下によるものと考えられる。今後は、HPCゲルからのTOC成分の溶出を促進する必要がある。