

地下水脱窒における HPC ゲルの電子供与体としての利用可能性

前橋工科大学大学院 学生会員 ○長谷川 僚

前橋工科大学大学院 学生会員 唐 文軒

前橋工科大学 正会員 田中 恒夫

1. はじめに

日本では昔から、地下水が私たちの生活を支える水資源として重宝されてきた。しかし近年、農地における過剰施肥や、様々な排水の地下浸透、家畜の排せつ物や廃棄物の不適切処理等により、硝酸性窒素や亜硝酸性窒素等の地下水汚染が進行しており、湖沼等の富栄養化や、飲用した乳幼児の健康被害を引き起こしている。

本研究では、硝酸性窒素等の窒素化合物を地下水中から除去することを目的としており、その方法として従属栄養脱窒法を用い、電子供与体としてヒドロキシプロピルセルロースのゲル(以下 HPC ゲル)を使用することを提案した。さらに、HPC ゲルを地下水中に溶かす方法として電気化学的手法の可能性について検討した。

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。これを電子線で架橋しゲル状にすることで、凍結乾燥した際にハニカム構造を持ち、脱窒細菌の生息の場として期待できる。また溶解速度が遅く過剰溶出の危険性が低いという点からも、脱窒細菌に対する電子供与体として、非常に有効であると考えられる。また、アルカリ性域で溶解しやすいという特徴を持つ。

3. 実験方法

3. 1 モデル帯水層実験

モデル帯水層の寸法は(50×30×10)cm とし、3 つ用意した。それぞれ電子供与体として、帯水層 A では何も使用せず、B ではエタノールを、C では HPC ゲルを使用した。まず帯水層に微生物を固定化するため、下水二次処理水を通水した。次に人工地下水として硝酸カリウムを水道水に溶かし、窒素ガスで脱気し窒素濃度約 20mg/L、DO 濃度 2mg/L 以下にしたものを通水した後、電子供与体となる HPC ゲルを投入した。また、今回 C/N 比=4 とし、同濃度になるようエタノールも調製し添加した。さらに、人工地下水およびエタノールの注入は蠕動ポンプを使用し、地下水の平均でもある 10cm/日で送り込んだ。その後経過時間ごとに、それぞれ流入、中間(A3, B3, C3)、流出(A5, B5, C5)点において TN 濃度や TOC 濃度等を測定した。

3. 2 モデル帯水層の閉塞

モデル帯水層実験について途中 2 回条件の変更を行った。まず 1~95 日間(Run1)では、エタノールを使用した帯水層 B で砂層の閉塞、異臭が生じたため、B を完全に停止し A と C のみで継続して実験を行った。次に 96~641 日間(Run2)では、C で脱窒反応が緩やかになったため、脱窒細菌の活性化を図るため、培地成分として $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ や $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 等を投入し、642~712 日間(Run3)継続して実験を行った。

3. 3 電気化学的手法による HPC ゲルの溶解実験

HPC ゲルがアルカリ性域で溶解しやすい点と、電解液で電気分解を行う際に陰極付近が高いアルカリ性域になることを利用し、電気化学的手法による HPC ゲルの溶解の可能性について検討した。

まず、10cm の立方体の容器に電解液として水道水を投入し、片端に白金電極を 2 本セットした。次に、電極間にモデル帯水層実験後の HPC ゲルを投入し、陰極を外側にして通電した。その後 30 分ごとに TOC 濃度を測定した。

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 Email:t-tanaka@maebashi-it.ac.jp

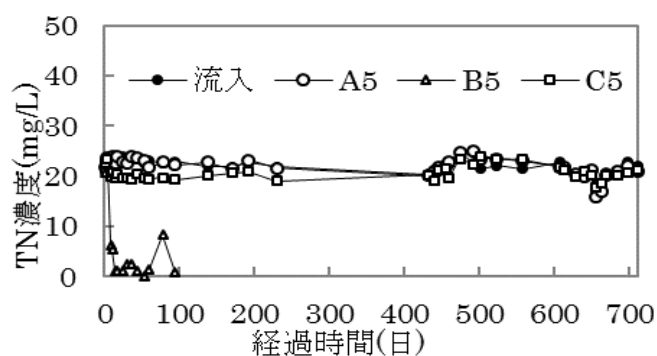


図1 TN 濃度の経日変化

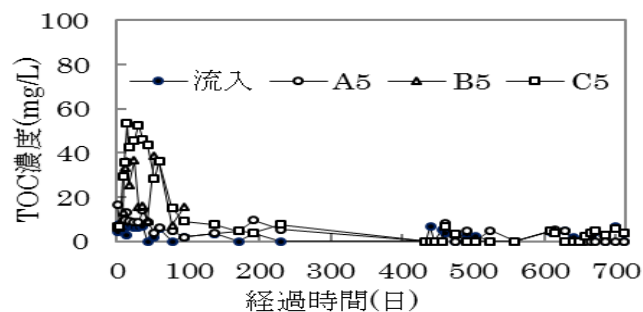


図2 TOC 濃度の経日変化

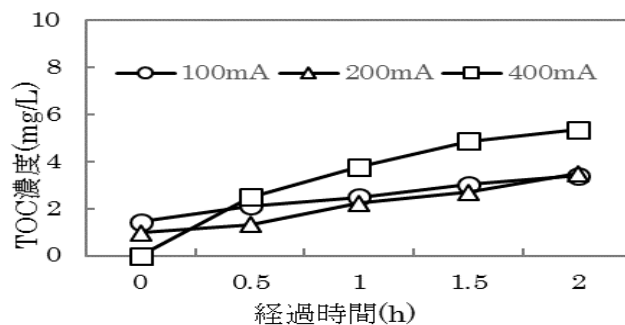


図3 流下方向の TN、TOC 濃度の変化

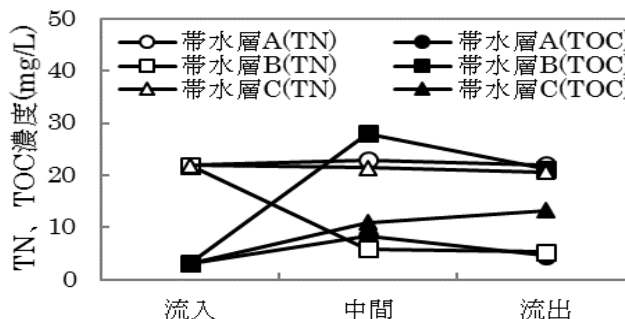


図4 電流量に対する TOC 濃度の経時変化

4. 実験結果および考察

4. 1 モデル帯水層実験

TN, TOC 濃度の変化を図 1, 2 に示す. まず TN 濃度について, Run1 では帯水層 B で約 20mg/L, C で約 5mg/L 濃度が減少しており, 脱窒反応が進行していることがわかる. しかし Run2 では徐々に反応が緩やかになっており, A と C がほぼ同レベルとなっている. 培地成分を投入した Run3 でも大きな濃度変化は見られなかった.

次に TOC 濃度について, Run 1 では帯水層 B で約 20mg/L, C で約 30mg/L 濃度が上昇しており, 投入した電子供与体がよく水に溶解していることがわかる. しかし Run2 では, TN 濃度と同様に帯水層 A と C がほぼ同レベルになっていき, さらに時間が経過した Run3 でも特に変化はなかった.

また, 流下方向の各濃度変化について図 3 に示す. TN 濃度については, 帯水層 B が中間の時点ですでに大きく濃度が減少しており, エタノールが脱窒細菌に利用されやすい形態であることが分かる. TOC 濃度については, A, B で濃度が中間にかけて上昇してから減少するのに対し, C では上昇し続ける. このことから, HPC ゲルが脱窒細菌に利用されにくい形態であり, 中間点であまり使用されず残存していることがわかる.

以上の結果から, まず Run1 を踏まえて帯水層 C の炭素利用効率を計算すると, 全体の 10~15%が脱窒反応に利用されていることがわかった. また, ゲルからの炭素溶出速度が徐々に遅くなっており, すなわち長期間経つとゲル溶解は律速となり, ゲル内部の架橋している部分はほとんど水に溶解しないと考えられる. さらに, 培地成分を新たに投入しても大きな濃度変化は見られず, 電子供与体の量が最も重要であることがわかった.

4. 2 電気化学的手法による HPC ゲルの溶解実験

電流量に対する TOC 濃度の経時変化を図 4 に示す. 時間と電流量に比例し濃度が上昇しており, 溶けにくくなった HPC ゲルは電気化学的手法により溶解することがわかった. しかし, HPC ゲルは高温(約 60℃)になるとその形状を保てないため, 時間および電流量に限界があると考えられる.

5. まとめ

地下水からの硝酸性窒素除去について, HPC ゲルを電子供与体として使用した従属栄養脱窒法は, 二次汚染のないクリーンな脱窒方法として期待できる. また HPC ゲルの溶解速度に関しては, 定期的に電気化学的手法を用いることによって, 人為的に補うことが可能と考えられる.