

## 硝酸塩汚染地下水の脱窒浄化における有機高分子ゲルの電子供与体としての有効性

前橋工科大学大学院 学生会員 ○程 其安  
前橋工科大学工学部 非会員 高橋 冴子  
前橋工科大学工学部 正会員 田中 恒夫

### 1. はじめに

土壌、地下水の硝酸性窒素汚染は人間活動と深く関係している。硝酸性窒素による地下水汚染の主な原因は、農業生産に不可欠な肥料や工場で発生する排水などの土壌への浸透が考えられている<sup>1)</sup>。生活用水における地下水依存率は全国平均で20%程度、地域によっては50%以上を地下水に依存している。地下水を飲用に供した場合は、人の健康への直接的な影響が懸念されるので、脱窒浄化対策が必要と考えられる。

本研究では、外部から電子供与体を添加する方式の原位置脱窒処理技術について検討した。硝酸塩汚染地下水を揚水せずに土着脱窒細菌を使用して浄化するには、脱窒細菌への電子供与体の供給が必要となる。外部電子供与体として、ここではヒドロキシプロピルセルロース (HPC) ゲル (有機炭素を含む高分子ゲル) を用いた。模擬帯水層を構築して連続実験を行い、HPC ゲル充填の効果について詳細に検討した。

### 2. HPC ゲルの特徴

HPC はセルロースを水酸化ナトリウムで処理した後、エーテル化剤と反応させて得られる水溶性のセルロース誘導体である。日本では食品添加物や医薬品添加剤・原料として認められている、人に対して毒性のない物質である。

HPC は水溶性の有機高分子物質であるが、そのペーストに一定の線量で電子線 (EB) などを照射すると架橋反応が起こりゲル化する。ゲル化の割合は、HPC 濃度や EB 照射時間によって大きく変化することがわかっている。また、HPC ゲルを凍結乾燥させた状態では、ハニカム構造が一樣に形成される。

### 3. 実験装置と方法

#### 3. 1 HPC ゲルの製作

脱窒実験に用いた HPC ゲルは、その粉末と蒸留水を調合してペースト状にして真空パックし、パック詰め状態で EB を照射して調製した。HPC 濃度と電子線はそれぞれ 30%, 20kGy とした。EB 照射の後、完成したゲルを蒸留水に約 48 時間浸漬して洗浄し、凍結乾燥させた。

#### 3. 2 モデル帯水層および装置

土壌に浸透した水はその場に留まることはほとんどなく、一部は地上へ蒸発するが、飽和状態になって土粒子の間をゆっくり移動する。地下水の流速は一般に、数センチから数メートルとされている<sup>1)</sup>。本研究では、この地下水の流動をモデル化 (モデル帯水層を構築) し、人工硝酸塩汚染地下水を用いて連続実験を行った。

連続実験に用いたモデル帯水層 (実験装置) を図 1 に示す。実験装置は透明アクリル製で、その中に標準砂を充填してモデル帯水層を構築した。標準砂はアクリル多孔板とステンレスメッシュも用いて押さえた (図 1)。帯水層の大きさは、長さ: 500mm、幅: 100mm、高さ: 300mm である。帯水層内には試料採取用のサンプリング管を 4 本 (液体用: 3 本、気体用: 1 本) 挿入した。試料サンプリングは、流入) また、流入側には有機物供給と試料サンプリングを目的とした細管を設けた。高分子ゲルは流入側に、アクリル多孔板とステンレスメッシュで押さえる形で充填した。人工地下水は蠕動ポンプを用いて供給した。

#### 3. 3 実験方法

図 1 に示したモデル帯水層を 3 セット (A、B、C) 作製した。帯水層 A は電子供与体無添加の対照用、帯水層 B

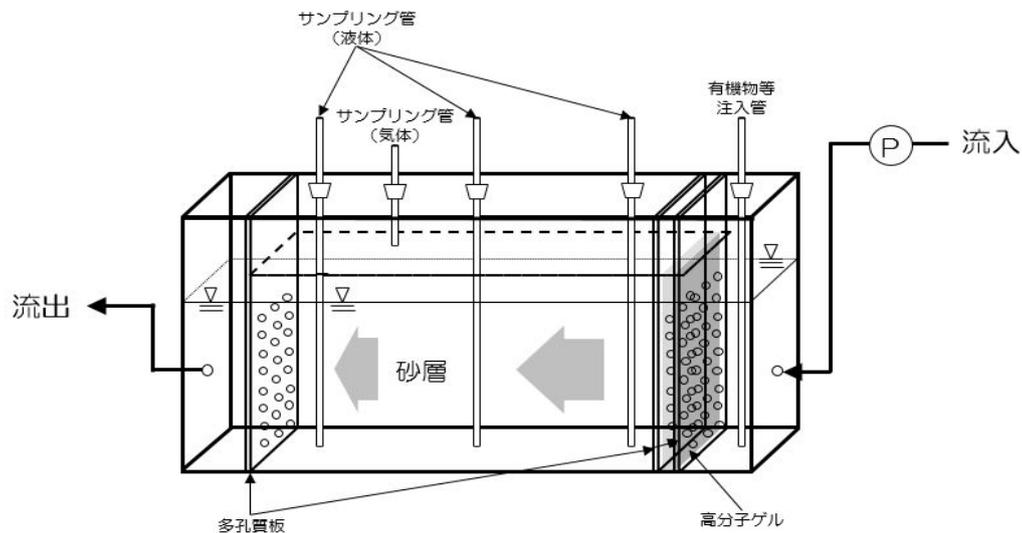


図1 連続実験に用いたモデル帯水層

には電子供与体としてエタノールを添加、および帯水層 C には高分子ゲルを充填した。連続実験に先立ち、下水二次処理水を2週間通水して砂層に微生物を固定化した。人工地下水(硝酸性窒素濃度:約20mg-N/L)は、帯水層における流速が10cm/dとなるように供給した。なお、人工地下水は、そのDO濃度を脱気により2mg/L以下にしてから供給した。また、エタノール供給量とゲル充填量は、C/N比を4として決定した。

#### 4. 実験結果と考察

##### 4. 1 全窒素(TN)濃度の変化

帯水層におけるTN濃度の変化を図2に示す。HPCゲルを充填した帯水層Cにおいて、流出TN濃度は流出のそれより一貫して5mg/L程度低かった。これは、ゲル溶出したHPCが細菌に利用されて脱窒反応が進行したためと考えられる。エタノールを添加した帯水層Bについては、硝酸性窒素は流下の過程でほぼ全量除去された。生物学的脱窒における外部電子供与体としてエタノールは極めて有効であることが確認された。しかしながら、流入側の水頭が上昇し、帯水層の閉塞が認められた。なお、帯水層Aに関しては、TN濃度の変化は認められなかった。

##### 4. 2 全有機炭素(TOC)濃度の変化

帯水層におけるTOC濃度の変化を図3に示す。エタノール添加とゲル充填を行った帯水層B、Cにおいて、TOC濃度の上昇が認められた。流入C/N比を高めに設定したことにより、供給した有機物の一部が微生物に利用されなかったためと考えられる。特に、帯水層で除去された窒素量に対する残存TOC量の比より、ゲルより溶出したHPCの微生物による利用効率は低いことがわかった。

#### 参考文献

- 1) 環境省水環境部地下水・地盤環境室監修:硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引、公害研究対策センター(2002)。

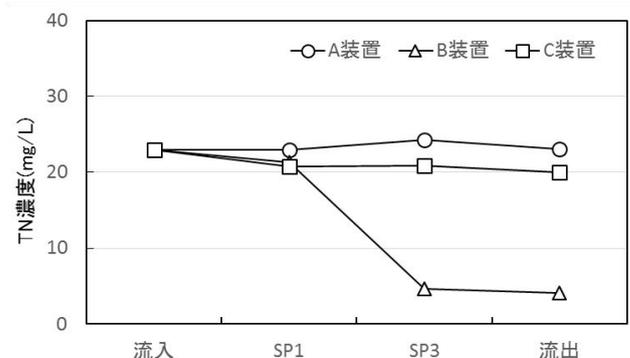


図2 帯水層におけるTN濃度の変化

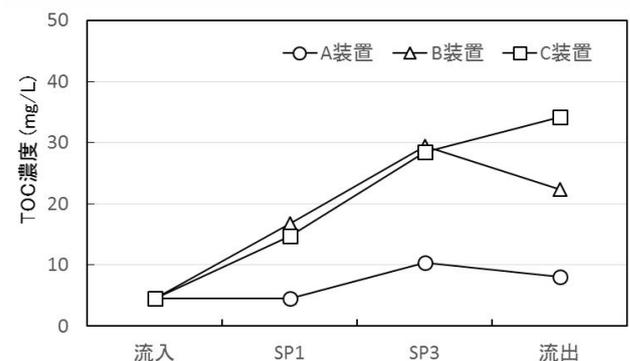


図3 帯水層におけるTOC濃度の変化