

透過性地下水浄化壁工法による硝酸性窒素汚染地下水の浄化に関する研究

大成建設 技術研究所 正会員○副島敬道 正会員 伊藤雅子
正会員 今村 聡 正会員 斎藤祐二
岐阜県保健環境研究所 寺尾 宏

緒言

土壌、地下水の高濃度の硝酸性窒素汚染の原因は施肥、畜産排水、生活排水の土壌浸透が挙げられ¹⁾、近年では化学肥料の多量施肥が原因とされる地下水の硝酸性窒素汚染が問題となっている^{2,3,4)}。硝酸性窒素は乳幼児のヘモグロビン血症などを引き起こすため、水道法では飲料水基準として10mg/l以下と定められており、平成11年には地下水についても、水道水と同様の10mg/l以下を指針値として環境基準健康項目に追加された。

水中の硝酸性窒素の除去法には、イオン交換法、逆浸透膜処理法などの物理化学的手法の他に、生物学的手法として、微生物を利用した脱窒方法がある^{5,6)}。これは*Pseudomonas denitrificans*などの従属栄養性脱窒菌が行う呼吸現象を利用した方法で、嫌気条件下において分子状酸素の代わりに、硝酸塩を電子受容体としてエネルギー獲得を可能にするものである。この生物脱窒は窒素酸化物を電子受容体とする還元反応であり、反応が起こるためには還元反応と共役する酸化反応の基質、電子供与体が必要となる。電子供与体には広範な化合物が利用されるが、微生物の好氣的呼吸の基質となるアルコール、酢酸などの有機化合物の多くは脱窒の基質ともなりえることが知られている。

生分解性ポリマーを利用した微生物脱窒法

微生物脱窒には通常、アルコールなど水溶性有機物が使用されるが、これらは水中で拡散するために効果の持続性に欠ける。長期間の有機物の供給を可能にする方法として、生分解性ポリマーを有機物源として使う方法を考案した。生分解性ポリマーは微生物分解や化学的な加水分解により、微生物の利用可能な水溶性有機成分にまで分解されて自然界の炭素循環に取り込まれる物質である。不水溶性の生分解性ポリマーは地下水中に投入しても拡散せず、徐々に分解して微生物が脱窒に利用可能な水溶性の有機物を長期にわたって放出する。さらにこの仕組みを透過性浄化壁工法に取り入れることで、硝酸性窒素汚染地下水の原位置浄化法を考案した。

本研究に置いては、この生分解性ポリマーを利用した透過性浄化壁工法について、硝酸性窒素汚染地下水の原位置浄化法の実現へ向けた各種検討を行った。

微生物脱窒に利用可能な生分解性ポリマーの探査

現在、市場に出荷されている各種生分解性ポリマーについて、微生物脱窒への利用の可能性を検討した。

約120ml容量のバイアル瓶に硝酸性窒素汚染地下水($\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度30ppm)を100ml投入し、有機物として各種生分解性ポリマーをそれぞれ添加した。さらに還元剤として鉄粉を0から500mg添加しバイアル瓶を密閉した後、液層内を窒素ガスでバブリングし、溶存酸素を除去した。培養は30℃または地下水温を想定した15℃の恒温室内で静置培養し、定期的に培養液を採取し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度を測定した。

上記実験によって微生物脱窒がポリカプロラクトン系ポリマー(PCL)とポリ乳酸系ポリマー(PLA)について確認された。ポリ乳酸系ポリマー(PLA)の $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、およびT-N($\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度+ $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度)濃度の時間変化を図-1に示す。PLAを加えたバイアルは鉄粉が添加された場合に脱窒が進行しており、分解機構は加水分解が主であるため、鉄粉の還元状態での溶出に伴い発生する水酸イオンにより加水分解が促進され、微生物脱窒が起きていたものと考えられる。これに対してPCLを加えたバイアルは鉄粉を加えない場合で硝酸濃度が減少しており、好氣的環境下で分解が盛んな微生物分解が主であるために、鉄粉存在下ではポリマー分解が強還元環境やpHの上昇に阻害硝酸性窒素、地下水、生分解性高分子、脱窒、透過性浄化壁

され、脱窒に必要な有機物が供給されないと考える。以上の結果より、PCLは好気環境で、PLAは鉄粉存在下の還元環境で分解が促進されることが判明した。

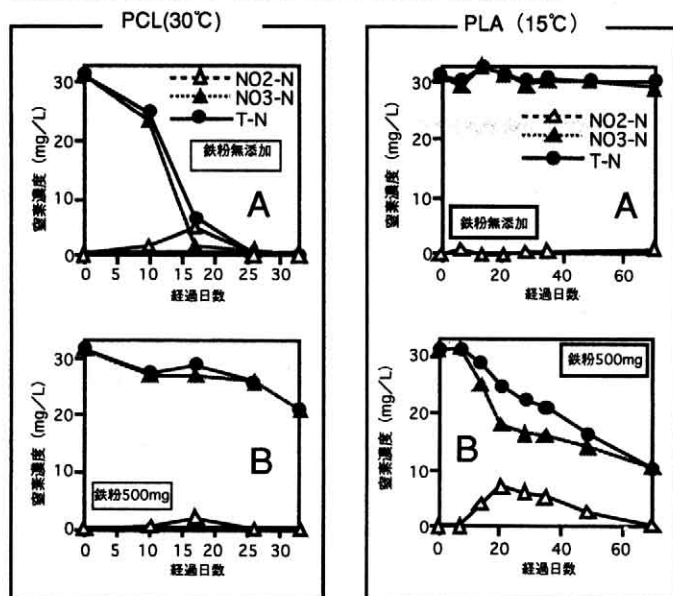


図-1 PCL, PLA脱窒実験NO₃-N, NO₂-N, T-N濃度変化 (30℃, 鉄粉添加量 A:なし, B:500mg)

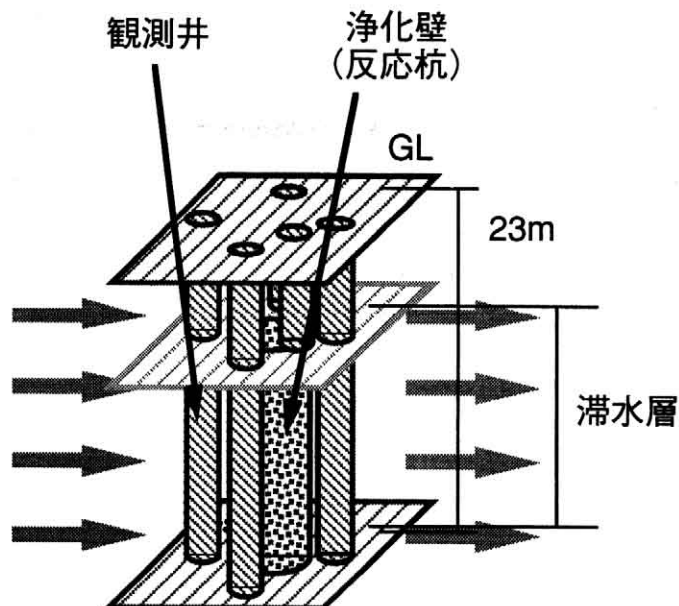


図-2 透過性浄化壁工法による硝酸性窒素汚染水の浄化イメージ

透過性浄化壁工法の実証試験

帯水層地下水の浄化には還元環境下でポリマー分解を行うPLAと還元剤を混合した浄化壁が有効と考え、コラム実験により得られた条件により、帯水層地下水の浄化実証試験を開始した(図-2,3)。

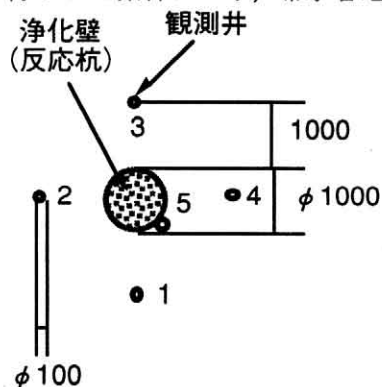


図-3 実証試験反応杭, 観測井水平図

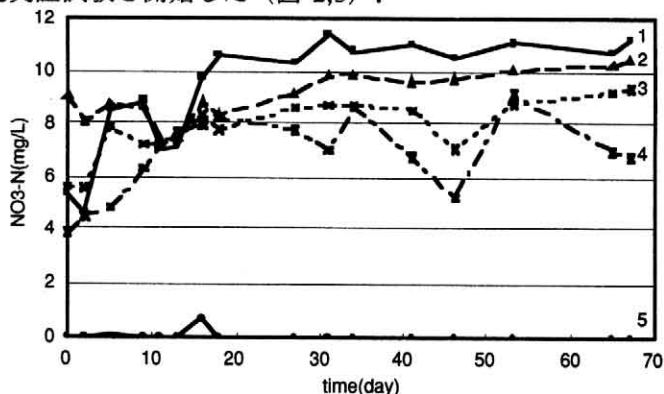


図-4 観測井硝酸性窒素濃度経時変化図

硝酸性窒素濃度は反応杭際の観測井5ではほとんど検出されず、反応杭内で微生物脱窒が起きているものと考えられる。また、観測井4では他の井戸に比べ、硝酸性窒素濃度は低い傾向にあり、反応杭を透過した浄化水が移流してきた事が考えられる。この結果より、生分解性ポリマーを含む透過性浄化壁を滞水層に構築することで硝酸性窒素汚染水の原位置浄化が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 地下水の窒素汚染とその原因に関する基礎的研究：国包章一・眞柄泰基，衛生工学研究論文集，20,121-130,1984
- 2) 環境庁水質保全局水質管理課監修：硝酸性窒素による地下水汚染対策ハンドブック，公害対策研究センター，1993.
- 3) 森 仁：岐阜県保健環境研究所報，第3号，22-26,1995.
- 4) 森 仁，加藤邦夫：岐阜県保健環境研究所報，第4号，5-9,1996.
- 5) 山中健生 著：微生物のエネルギー代謝，学会出版センター，1986.
- 6) 遠矢泰典：下水道協会誌，Vol.7,21-41,1970.