

電解水素注入による原位置独立栄養脱窒法のフィールド試験

早稲田大学 学生会員 ○山田 大貴
早稲田大学 正会員 榊原 豊
株式会社ヤマト 大和環境技術研究所 正会員 小森 正人

1.はじめに

近年、世界各国で硝酸性窒素による地下水汚染問題が顕在化している [1]。幼児や妊婦が硝酸性窒素を摂取した場合、メトヘモグロビン血症を引き起こし、血液中の酸素運搬能力が失われ酸欠になることが知られている[2]。本研究は、硝酸汚染地下水の浄化方法として水素を用いた独立栄養脱窒法に焦点を当てる。本法は、現在一般的な従属栄養脱窒法に比べ、コストを低く抑えられるという特徴がある。本技術を確立するために、これまで地下帯水層に見立てた室内実験装置を用いて、電解水素注入による硝酸性窒素、亜硝酸性窒素の除去試験を行ってきた。その結果、長期間安定した浄化能力が確認された。本研究は、パイロットスケールでのフィールド試験を実施し、現場適用に向けた設計・操作に関わる基礎資料を得ることを目的とする。

2. 実験方法

埼玉県H市を実験対象地として、SPE電極を用いて発生させた水素を模擬帯水層内に注入する試験装置を作製した。図1に実験装置の概略を示す。反応層は長さ2.8m、幅0.7m、深さ1.4mで錆止めを塗布した鉄製の水槽である。幅0.15mの貯水槽を3つ設け、2つは脱窒反応のための水素注入層、1つは有機物酸化と硝化反応のための空気注入層である。また流入端、流出端にはそれぞれ0.4mの貯留層を設け、その他の層には砂礫を充填し、地下帯水層を模した。地下帯水層、貯水槽の仕切りには径5mm の穴を2cm 間隔であけた多孔質版を用いた。流入端の貯留部にくみ上げた地下水を流量307(L/d)で流し、帯水層エリアを通過させ、流出端の貯留部からオーバーフローさせることにより排出している。そのため水深は常に1m となり、HRT=4.2(d)である。水素供給は2段の注入部分で行い、ポンプで循環させている地下水にSPE膜電極電解装置により直接水素溶解させている。2段の水素供給に対しSPE膜電極電解装置は1つであるため、水素供給を電磁弁、タイマーにより2時間間隔で切り替えている。酸素供給は浄化槽用エアポンプから発生させた空気を下流の注入部分に直接供給している。さらにSPE電極の電流値を操作することで、水素供給量を変化させている。硝酸性窒素平均流入濃度9.2(mg-N/L)、流量307(L/d)に対して、SPE膜電極電流値と理論脱窒率は表1のような関係になる。

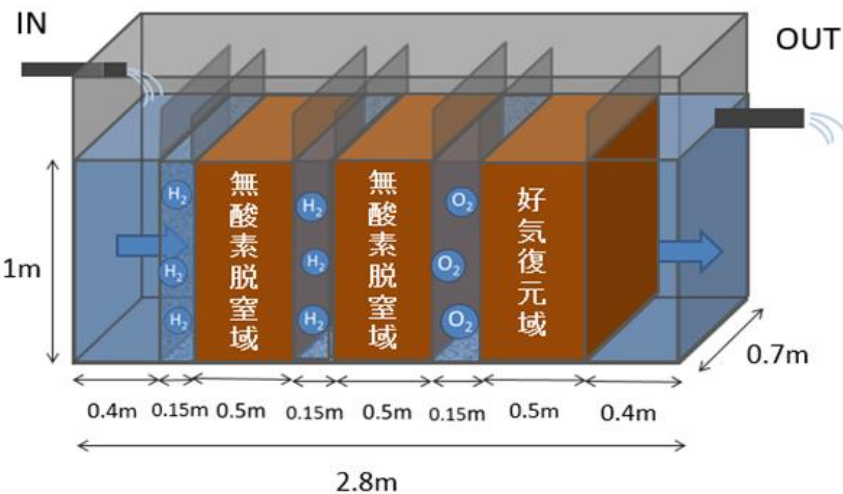


図1 実験装置概略

表1. 電流値と理論脱窒率の関係

SPE電流値	理論脱窒率%
1A	69
2A	138
3A	206
1.5A	100

キーワード：独立栄養脱窒法、硝酸性窒素 連絡先：早稲田大学大学院創造理工学研究科建設工学専攻榊原研究室

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1、sakaki@waseda.jp
VII-29

3. 実験結果

本研究の連続実験はこれまで約300日間継続して行った。硝酸性窒素の濃度変化の結果を図2に示す。最大硝酸性窒素除去率は70.1%、最大水素利用効率は57.5%となった。平均水素利用効率は41.2%であり、改善の必要がある。一方亜硝酸性窒素は全ての地点で検出されなかった。経過日数110日に水素供給層の循環ポンプが漏電するトラブルがあり、循環流量の低いポンプで代用した。その後、流出の硝酸性窒素濃度が上昇した。循環流量の低下により、水素供給の効率が悪化したと考えられる。循環ポンプについて、経過日数248日に元の漏電前の状況と同じに戻したところ、流出濃度が低下した。また、図3に硝酸性窒素濃度の反応槽内位置変化を示す(経過日数156-296)。青い四角で囲った位置は水素、酸素供給層の位置を表している。SPE膜電極の電流値を上げ、水素供給量を増やすにつれて脱窒率は上昇している。また、電流値3A時、水素供給層において硝酸性窒素濃度の大きな低下が見られたが、砂利充填層では上昇している。流入端以外からの水槽内への地下水の流入もしくはポンプを切り替えることで、水槽内での流れに偏流等が生じている可能性がある。

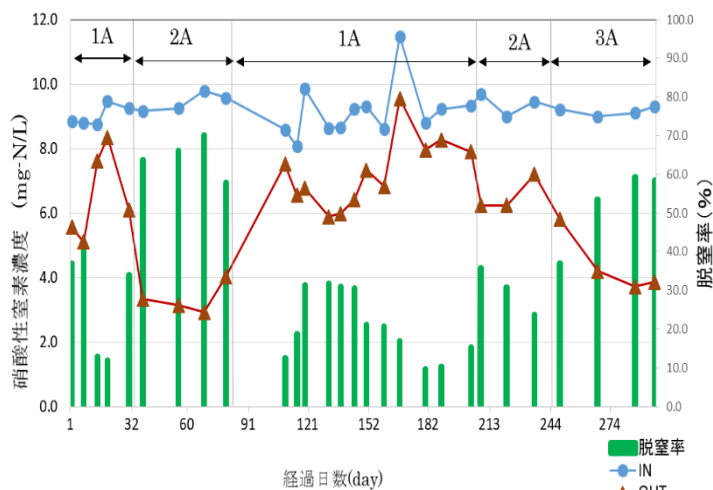


図2 硝酸性窒素濃度の経日変化

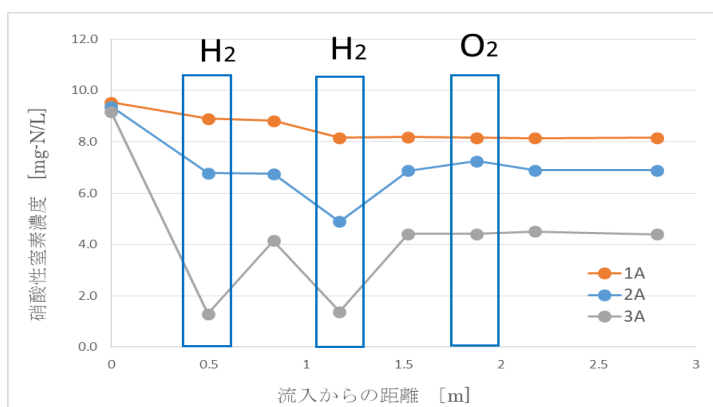


図3 硝酸性窒素濃度の反応槽内位置変化

4. おわりに

フィールド実験において電解水素注入により、硝酸性窒素を最大で約70%除去することができた。今後は、安定した処理性能を長期にわたり継続して示す予定である。また、水素利用効率、脱窒効率の向上について検討する予定である。具体的な改善案としては、水素供給の循環方法を変更することである。現状は水素の循環を同じ槽内で行うという、流れに対して垂直方向の循環であるが、地下水の下流から上流へ流す循環方法に変更する。これにより、水素供給層から帯水層への流れが生じ、また注入水素気泡が帯水層内にトラップすることで大気への散逸が低減され、その結果、脱窒効率が向上すると考えられる。

参考文献

[1]World Health Organization (2011) Nitrate and nitrite in drinking-water.

[2]環境省 水・大気環境局 平成28年度 地下水質測定結果

http://www.env.go.jp/water/report/h29-02/h29-02_full.pdf