

地下水透過型浄化壁を用いた水素ガス利用脱窒処理に関する研究

早稲田大学大学院理工学研究科

学生会員 ○鈴木 康祐

正会員 土居 達矢

正会員 榊原 豊

1. はじめに

窒素肥料の施肥や家畜排泄物の土壌還元などにより、地下水中の硝酸性窒素濃度は年々上昇傾向にある。このような汚染地下水の浄化技術として、生物学的原位置脱窒法が提案されている^{1),2)}。脱窒処理には独立栄養菌あるいは従属栄養菌を利用する2種類があり、従属栄養菌による脱窒処理は比較的に高速処理が可能であるが、有機物の添加による二次汚染や微生物の過剰増殖による土壌閉塞が指摘されている²⁾。一方、独立栄養菌を用いた脱窒処理は、微生物増殖速度が小さく閉塞問題は比較的起こりにくいと考えられる。

本研究は水素ガス利用による原位置脱窒処理実験を行い、処理水質及び脱窒性能の長期安定性について検討した。また、従属栄養菌を用いる場合も含め、微生物増殖あるいは土壌閉塞が処理性能に与える影響を簡便に評価、解析するための方法について検討した。

2. 実験装置及び方法

1) 長期連続実験

帯水層に水素を供給し、原位置脱窒実験を長期間(約800日)行った。図1に実験装置の概略を示す。帯水層は標準砂を充填して作製し、また帯水層流入端から5~25[cm]部分に平均粒径1[mm]の川砂を充填して透過壁を構築した。実験は硝酸性窒素濃度を約25[mg-N/L]、栄養塩類として0.1[mg-P/L]に調整した人工地下水をHRT=28[day]で供給した。また、水素ガスは200[ml/d]で透過壁下部より直接注入し、流入、流出端での硝酸性及び亜硝酸性窒素濃度、DO濃度、pH及び水温を測定した。

2) 閉塞実験

透過壁内の微生物増殖あるいは土壌閉塞の影響について検討するために2つの透過壁を作製し、従属栄養脱窒処理及び水素を利用した脱窒処理実験を行った。実験装置の概略を図2に示す。装置本体はアクリルパイプ製で平均粒径0.1[mm]の標準砂を約180[mm]充填し、損失水頭を読み取れるようにした。供試地下水として、従属栄養脱窒が生ずる透過壁Aには約50[mg-C/L]でエタノールを添加し、また独立栄養脱窒が生ずる透過壁Bでは水素を溶存させた。実験はHRT=11[h]、室温15~25[°C]で行った。

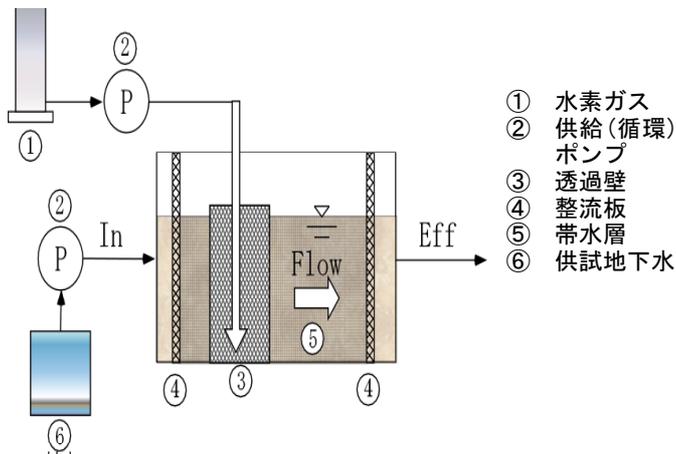


図1 水素ガス利用脱窒処理装置

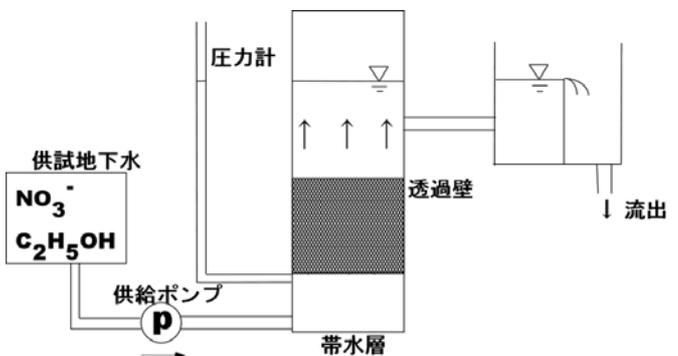


図2 閉塞実験装置

キーワード：硝酸性窒素、水素、従属栄養菌、脱窒、透過壁、土壌閉塞

連絡先：〒169-8555 新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部社会環境工学科 Tel：03-5286-3902

3. 実験結果及び考察

1) 長期脱窒性能

図3に約800日間連続運転した場合の結果を示した。図より、透過壁によって硝酸性窒素が除去され、亜硝酸性窒素の蓄積は見られなかった。また、DOも低下した。したがって、水素注入型透過壁を用いた原位置脱窒処理が長期間可能であることがわかる。しかしながら、処理水中の硝酸性窒素濃度には周期的な変動が見られ、脱窒効率が時間と共に変化した。この原因については不明であるが、透過壁内に部分的な閉塞が生じ、水素/地下水間の気液接触効率の低下あるいは偏流が生じたことによると思われる。

2) 閉塞実験及び解析

図4及び図5に従属栄養脱窒処理及び水素ガス利用脱窒処理の結果を示す。エタノールを供給した透過壁A(図4)では壁内に微生物塊が付着しているのが観察され、また損失水頭は実験開始6日後には10[cm]程度まで上昇した。一方、透過壁Bについては顕著な微生物増殖や損失水頭の上昇は見られなかった。

図6は測定された損失水頭から、(1)式の Kozeny-Carman 式に従って透過壁内の空隙率を逆解析した結果である。

$$J_v = \frac{1}{k_c \cdot S_0} \cdot \frac{\varepsilon_0}{(1 - \varepsilon_0)^2} \cdot \frac{\Delta P}{\mu L} \quad \dots (1)$$

ここで、 $J_v=400[\text{m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ 、 $k_c=5$ 、 $S_0=60 [\text{m}^2/\text{m}^2]$ 、 $\varepsilon_0=34[\%]$ 、 $\mu=1.01 \times 10^{-3} [\text{g} / (\text{cm} \cdot \text{s})]$ 、 $L=9 [\text{cm}]$ とした。

図6より、透過壁Aについては6日目以降、空隙率が初期状態から4~10[%]減少していることがわかる。今後は損失水頭変化と透過壁内の微生物増殖量及び閉塞との関係、並びにこれらが脱窒効率に及ぼす影響について、トレーサー試験も含めて解析を行う予定である。

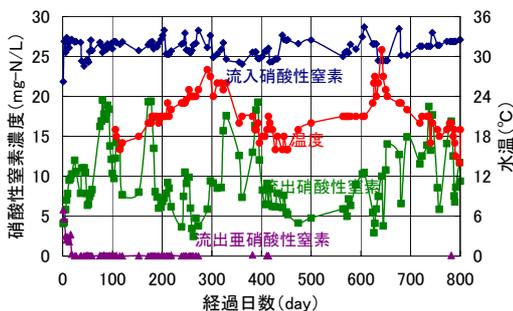


図3 水素ガス利用脱窒処理結果

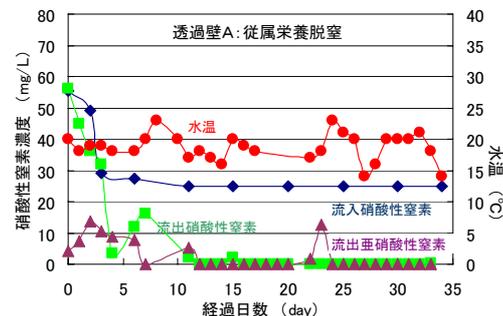


図4 閉塞実験結果（従属栄養脱窒）

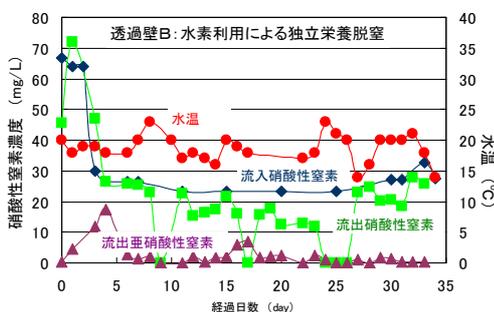


図5 閉塞実験結果（水素利用脱窒）

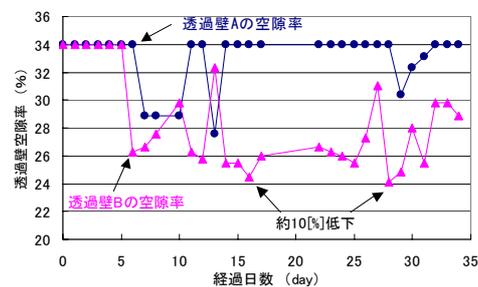


図6 透過壁空隙率の変化

4. まとめ

水素ガスを用いた脱窒透過壁によって硝酸性窒素を長期間除去できたが、処理水質は周期的に変動する傾向が見られた。また透過壁内の損失水頭から微生物増殖による空隙率変化を逆解析した。今後は透過壁内の微生物増殖量及び土壌閉塞と長期脱窒性能との関係を解析する予定である。

[参考文献] 1)土居, 榊原: 環境工学論文集, 第41巻, pp.119~126 (2004)

2)M. A. Gomez et al. : Journal of Hazardous Materials, B80, pp.69~80 (2000)