

# 硫黄脱窒菌を利用した硝酸性窒素汚染の原位置浄化

武蔵工業大学	学生会員	野村 栄治
同上	正会員	末政 直晃
同上	正会員	長岡 裕
同上	学生会員	石井 智子

## 1. はじめに

一般に地下水は水質が良好で、水道水源として盛んに利用されているが、近年、硝酸性窒素による汚染が各地で報告されている。主な硝酸性窒素の供給源は、農業系（有機・無機肥料、植物残渣）、畜産系（畜産廃棄物の農地還元、畜舎排水の地下浸透）、生活排水や工場排水の地下浸透などが挙げられ、特に、農用地の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<sup>1)</sup>。原位置での対策は、Hunter<sup>2)</sup>が提唱した脱窒バリア、電解水素の供給による脱窒処理法<sup>3)</sup>、分解性有機物を用いた透過性浄化壁工法<sup>4)</sup>などが検討されている。

## 2. 目的

本研究では、広域な硝酸性窒素汚染の原位置浄化として透過性浄化壁(以下、浄化壁)の構築を考えた場合に、自然現象に最も近い処理法である生物学的脱窒処理の利用を考えた。微生物が脱窒活動を行うには、有機物等の電子供与体の添加が考えられるが、脱窒に使われなかった余剰有機物が二次汚染を引き起こすことや、有機物量が高い場合に温暖化ガスの一つである亜酸化窒素の発生割合も高くなる傾向があると指摘されている<sup>5)</sup>。そこで、有機物の添加することのない固体硫黄と、独立性栄養生物である硫黄脱窒菌の利用について、室内カラム試験を行った。その結果から浄化壁に適用が可能であるか検討した。

## 3. 方法

反応槽は、内径 7.4 cm 高さ 130cm のアクリル樹脂製円筒である固定床下向流式ろ過装置を使用し、ろ過塔の底部に担体を支持する網を設けた(図-1)。カラム内に固体硫黄と中和のための石灰石を充填した。固体硫黄の粒径を変え、2条件での実験を行った。ふるいわけ試験を行い、平均粒径が 5mm、14mm の硫黄、平均粒径 6.2mm の石灰石を使用した。硫黄と石灰石の配合比率を 1:1 とし、60cm 充填した。長谷川らの研究<sup>6)</sup>で、中和反応において石灰石の配合比率の違いによる影響は殆ど見受けられないとの報告により、本実験では同率比で配合した。

流入基質には有機物を加えず、硝酸カリウム(KNO<sub>3</sub>)のみを用いた。基質 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度を 400mg/l とし、カラム内にて水道水により 20 倍に希釈され、初期の硝酸性窒素濃度を 20mg/l となるように水道水と薬液タンクからのポンプにより汲み上げた。カラム内は、武蔵野台地における関東ロームの地下水の流速<sup>7)</sup>となるよう流量約 360cm<sup>3</sup>/h に設定し、水温はヒーターを使い 20℃ と一定になるようにした。

硫黄脱窒菌は、有明処理場の活性汚泥を用い 3 週間カラム内にて循環し培養させた後、測定を開始した。測定箇所は図-1 に示した 5 点であり、最上部を流入水、最下部を処理水とした。

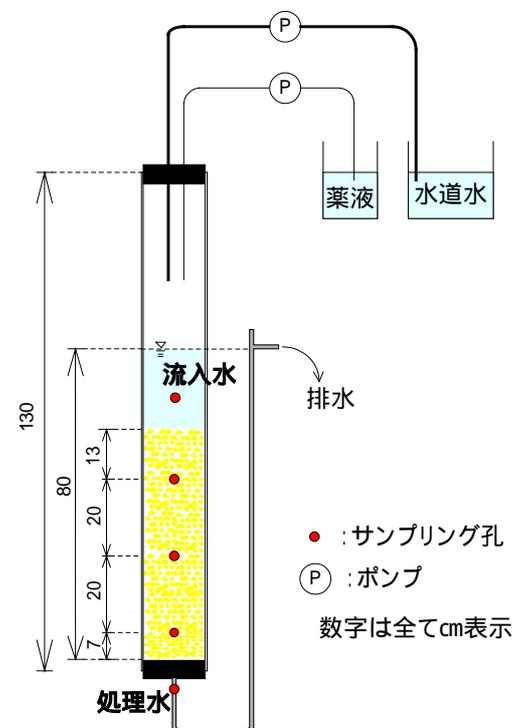


図-1 カラム試験概略図

キーワード 地下水 汚染 原位置浄化

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤環境工学研究室 Tel & Fax 03-5707-2202

#### 4. 結果および考察

硫黄粒径 5mm と石灰石を充填したカラム試験の測定開始から 9 日目の  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , TOC, DO の濃度および pH の測定結果を図- 2 に, 硫黄粒径 14mm と石灰石を充填したカラムでの測定開始から 9 日目の  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , TOC, DO の濃度および pH の測定結果を図- 3 に示す.

どちらの条件においても DO 濃度が, 0 mg/l に近づくと  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の減少が見られた. これは, 硫黄脱窒菌が硝酸塩の分子状酸素の代わりに溶存酸素を電子受容体としたためであり, 嫌気状態においてのみ硝酸性窒素を除去していると考えられる. 実際の地下水では一般に溶存酸素は低いため, 硝酸性窒素の除去効果は上がると考えられるが, 浄化壁に適用した際, 浄化壁内部で嫌気状態となり硝酸性窒素を十分除去できるだけのシステムを構築する必要がある. カラム内での pH の値は変化が少なく平均して 7 程度となった. TOC 濃度は少しばらつきがあるがどちらの条件でも濃度は低い値となった. このことから, 余剰有機物による二次汚染を起こす心配はない.

また, 硝酸性窒素の除去の効率を比較するために, 異なる硫黄の粒径での測定結果および式 1 よりそれぞれの反応速度定数  $k$  を算出した.

$$C_{out} = C_{in} \cdot e^{-k\tau} \quad (1)$$

ここで,  $C_{out}$ : 処理後の硝酸性窒素の濃度,  $C_{in}$ : 脱窒が始まる地点での硝酸性窒素濃度,  $\tau$ : 充填層内で原水の滞留時間 (h) である. その結果, 平均粒径 5mm では  $k=0.076$  (1/h), 平均粒径 14mm では  $k=0.038$  となった. 浄化壁に適用した際, 平均粒径の大きい硫黄より, 小さい硫黄のほうが除去効果は高く, 平均粒径 5mm の硫黄における初期の硝酸性窒素濃度 20mg/l としたとき, 76cm 以上の浄化壁を構築すれば環境基準値 10mg/l を下回ることが計算から分かる.

以上のことから, 溶存酸素が低い地下水の場合において, 硫黄脱窒菌を利用した透過性浄化壁での硝酸性窒素の浄化を行うシステムの構築が考えられる.

##### <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, 公害研究センター平成 14 年 3 月 25 日
- 2) W.J.Hunter, Use of Vegetable Oil in a Pilot-Scale Denitrifying Biobarrier, Bioremediation of Metals and Inorganic compound, May 1, 1999, pp47-52
- 3) 榎原 豊, 水素を用いた硝酸汚染地下水の原位置 (In Situ) 脱窒法の開発, 平成 8 年度・平成 9 年度科学研究費補助金 (基礎研究 (C))(2) 研究成果報告書, 平成 10 年 3 月
- 4) 例えば 副島敬道 伊藤雅子 今村聡 寺尾宏 斎藤祐二, 透過性浄化工法を利用した硝酸性窒素汚染地下水浄化に関する研究, 第 35 回地盤工学研究発表会, 2000 年 6 月, pp.2531 ~ 2532
- 5) 長谷川聖 花木啓祐 松尾友矩 日高伸, 高濃度硝酸性窒素流のある水田および小河川における亜酸化窒素の生成と分解, 水環境学会誌, Vol.21, No10, 1998, pp676-682
- 6) 長谷川聖 花木啓祐 松尾友矩, 土壌中の硫黄脱窒過程における硝酸態窒素除去及び亜酸化窒素生成の評価, 環境工学研究論文集, Vol.36, 1999, pp465-476
- 7) 建設産業調査会, 改定地下水ハンドブック, 平成 10 年 8 月 1 日, p.36

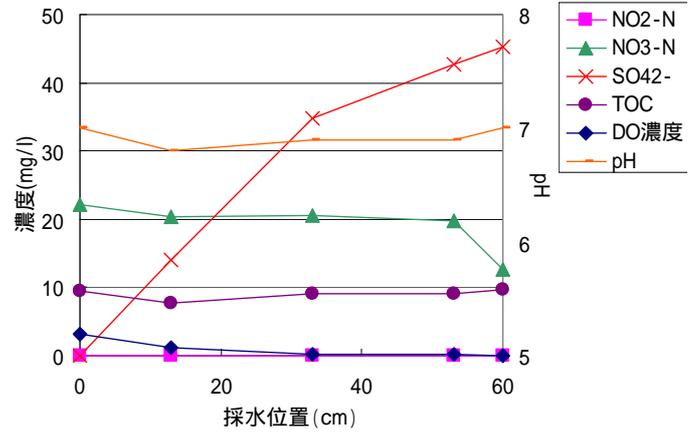


図- 2 平均粒径 5mm の固体硫黄での 9 日目の測定結果

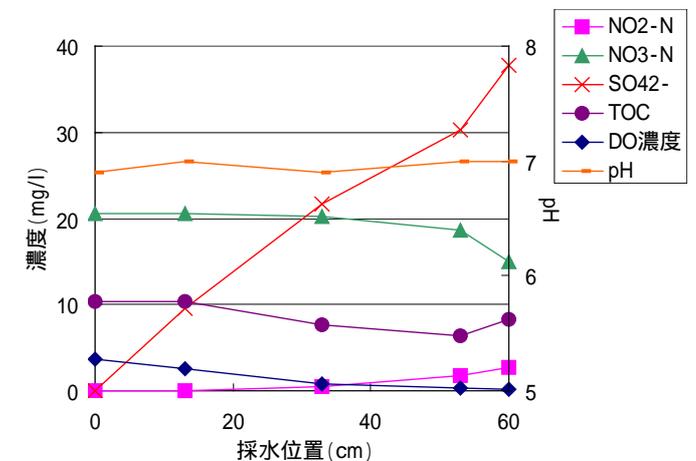


図- 3 平均粒径 14mm の固体硫黄での 9 日目の測定結果