

電解水素/酸素を用いた原位置脱窒法の浄化性能に及ぼす地下水流速の影響

早稲田大学大学院 創造理工学研究科 学生会員 ○古川 照哲
 葉 聖
 学生会員 内藤 克貴
 正会員 榊原 豊

1. はじめに

安全な飲料水を確保するためには、主要な水源である地下水の保全が重要である。しかしながら、近年、硝酸性窒素による地下水汚染問題が世界各地で顕在化しており、汚染地下水の浄化法として様々な生物学的脱窒法が研究されている。

本研究では環境負荷が小さく自然エネルギーを利用可能な原位置脱窒法の開発を目的として、電解水素および酸素を模擬帯水層内に直接注入する自栄養脱窒法の処理性能について実験的検討を行った。すなわち、実験室規模の模擬帯水層を用い、合成地下水を異なる流量で連続供給し、地下水流速が帯水層内および流出水の水質にどのように影響するかについて実験的検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

図1に示す実験室規模の帯水層(縦25mm×横2000mm×高さ800mm)内に直径2mmのガラスビーズを充填させて、サンプルポート6、15のすぐ下の底部から電解水素および酸素を帯水層に直接注入した。また、硝酸性窒素濃度15(mg-N/L)に調整した合成地下水を帯水層の左端より連続供給した。表1に実験条件を示した。測定項目は、硝酸等のイオン濃度、濁度色度、DO、pH、TOC等である。

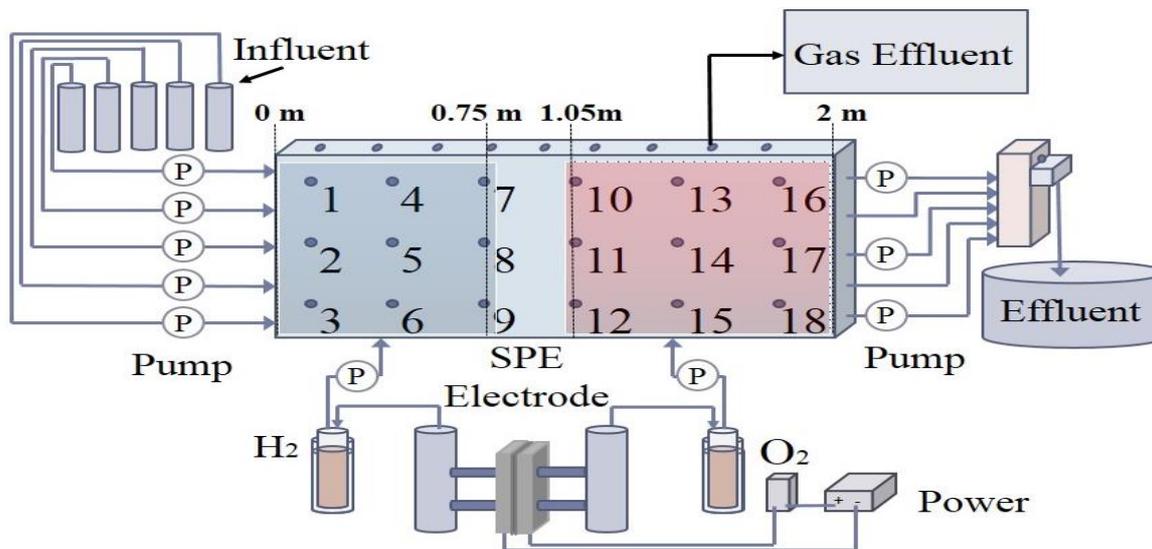


図1、実験装置概略図¹⁾

表1、実験条件

| Run No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 流速(m/d) | 0.3 | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 2.4 | 1.8 | 1.2 | 0.6 | 0.3 |
| 流量(L/d) | 6.0 | 12.0 | 24.0 | 36.0 | 48.0 | 36.0 | 24.0 | 12.0 | 6.0 |
| HRT(d) | 2.67 | 1.34 | 0.68 | 0.45 | 0.33 | 0.45 | 0.68 | 1.34 | 2.67 |
| 水素注入量(mL/d) | 590 | 1080 | 1800 | 2250 | 2500 | 2580 | 1800 | 1120 | 670 |
| 酸素注入量(mL/d) | 220 | 430 | 860 | 940 | 1050 | 1130 | 790 | 480 | 250 |

キーワード 脱窒、原位置脱窒処理、流速変化

連絡先 東京都新宿区大久保 3-4-1 51-16-11 早稲田大学 榊原研究室

3. 実験結果及び考察

図2に硝酸性窒素濃度変化、図3に亜硝酸性窒素濃度変化、表2に脱窒処理前後の水質変化をそれぞれ示した。

硝酸性窒素濃度は、0m~0.75m 区間において、硝酸性窒素の値が下がっていったが、0.75m~2m 区間ではあまり変化しなかった。これは、0.75m 地点の前である 0.45m 地点から水素の供給を行ったことにより、0m~0.75m 区間において脱窒反応が進行したことによると考えられる。また、0.75m~2m 区間において、流速が上がるにつれて硝酸性窒素濃度は増加する傾向にあった。これは流速の増加により、帯水層内の地下水滞留時間が減少し、脱窒反応量が減少したことによると考えられる。

亜硝酸性窒素濃度は硝酸性窒素濃度に比べて低濃度であるが、脱窒反応が進行している 0.75m 地点、1.05m 地点において流速変動時に一時的に上昇する傾向にあった。しかしながら、亜硝酸性窒素は酸素注入区間で硝化され、流出水中にはまったく検出されなかった。

水質基準と脱窒処理後の水質を比較する(表2)と、流速が 2.4m/d における硝酸・亜硝酸 (NO_x) が水質基準を満たしていない。また、図2より、流速が 1.8m/d のときでも何度か水質基準を満たしていない場合がある。したがって、本実験条件下では 1.2m/d 以下で確実に水質基準を達成できると考えられる。

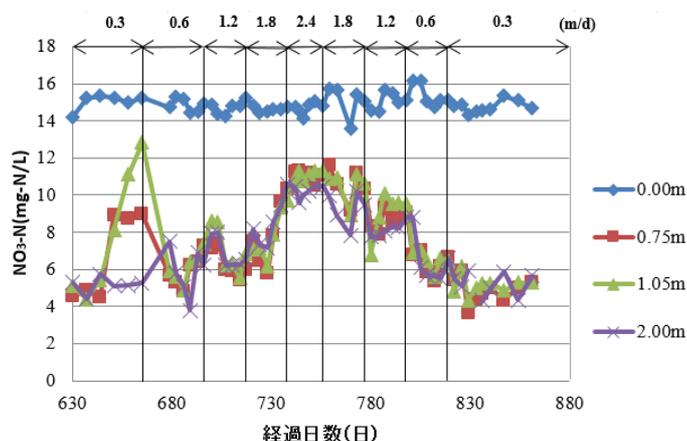


図2、硝酸性窒素濃度変化

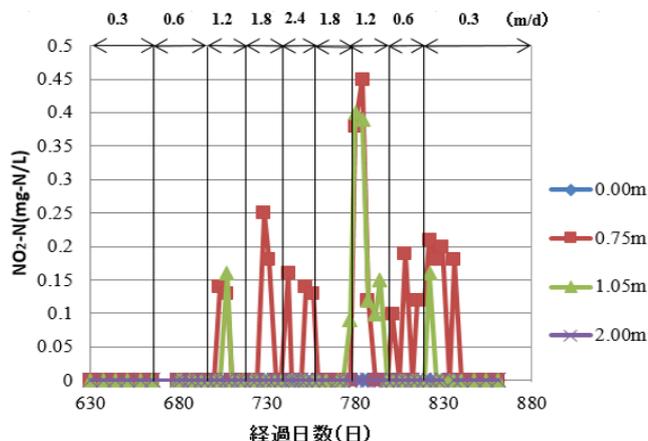


図3、亜硝酸性窒素濃度変化

表2、脱窒処理前後の各種水質変化

| | 水質基準 | 流入(0.00m) | 流出(2.00m) | | | | |
|-------------------|------------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 0.3m/d | 0.6m/d | 1.2m/d | 1.8m/d | 2.4m/d |
| NO ₃ - | | 14.9 | 5.2 | 6.1 | 7.5 | 8.9 | 10.2 |
| NO ₂ - | 0.04mg-N/L | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO _x - | 10mg-N/L | 14.9 | 5.2 | 6.1 | 7.5 | 8.9 | 10.2 |
| 濁度 | 2 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.1 |
| 色度 | 5 | 6.3 | 1.2 | 1.6 | 1.7 | 2.4 | 2.3 |
| TOC | 3mg/L | 2.1 | 1.7 | 2.0 | 1.2 | 1.5 | 1.7 |
| pH | 5.8~8.6 | 6.7 | 6.8 | 6.9 | 7.0 | 7.0 | 6.9 |
| DO | | 7.5 | 18.7 | 17.1 | 17.4 | 17.3 | 15.5 |

4. おわりに

地下水流速を増加させると、流出水の硝酸濃度は上昇した。また、流速変動時に水素注入ゾーンで亜硝酸が一時的に上昇する傾向がみられた。しかしながら、酸素注入ゾーンで亜硝酸が硝酸に酸化され流出水中の亜硝酸は殆ど検出されなかった。本実験条件下では地下水流速が 1.2m/d 以下であると水質基準以下になった。

参考文献

1) Ye et al. : 土木学会論文集 Ser.G (環境研究)、69 (7)、99-104 (2013)