

(VII-6) 生物膜電極を用いた脱窒処理の高速化に関する基礎的検討

群馬大学工学部 学生員 井原 一馬 群馬大学工学部 正 員 榊原 豊
群馬大学工学部 中山 俊之 群馬大学工学部 正 員 渡辺 智秀
群馬大学工学部 正 員 黒田 正和

1. はじめに

硝酸イオンによる地下水汚染が顕在化している。硝酸イオンは人体や稲作等に悪影響を及ぼすため、汚染された地下水が使用できなくなった例も報告されている¹⁾。汚染地下水の浄化法については種々検討されているが、簡易水道の取水井等を考えると、処理操作が平易で、装置構造が簡単かつコンパクトな浄化法が求められる。生物膜電極を用いた脱窒処理法は、陰極表面に脱窒菌を固定化し、通電によって生じる電解水素を脱窒反応の水素供与体として利用する方法である。本法は硝酸イオンが無害な窒素ガスに還元除去されることの他に、装置構造や処理操作が簡単である等の特長を有している²⁾。

本研究は生物膜電極を多段化した装置を用い、硝酸イオン汚染地下水の高速脱窒処理について、実験的検討を行った。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を図1に示す。処理槽本体は陰極部と陽極部からなり、両電極部はスポンジで隔ててある。生物膜電極を陰極部に3枚浸漬し、供試地下水は陰極部を通過後、陽極部より流出させた。陰極はステンレス及びチタン電極を用い、陽極は不活性の金属電極を用いた。生物膜電極表面は微生物を安定して保持するためウレタンを付着させ、そのマトリックス内に脱窒菌を固定化した。

装置内の全液容積は1L、陰極部（脱窒部）は0.6Lである。また、陰極部にはCO₂ガスを注入(0.5mL/min)し、脱窒反応に伴うpHの上昇を抑えた。

実験は先ず、土壌より集積した脱窒菌をアルギン酸ナトリウムで電極上に固定化した後、人工地下水を連続供給した。処理操作条件を表1に、また、供給地下水の組成を表2に示す。実験初期の20日間は流量を2.3L/day（陰極部HRT=6.3hr；以下陰極部）とし、続いて10L/day（HRT=1.4hr）にした。電流値は6mA～48mAまで徐々に上げ、流入硝酸イオン濃度は22mg-N/Lから17mg-N/Lに変化させた。サンプリングは流入・陰極部・流出の3点で行い、NO₃⁻-N及びNO₂⁻-N濃度、pH、ORP、DOを測定した。形態別窒素の測定は、イオンクロマトグラフィーを用いて行った。

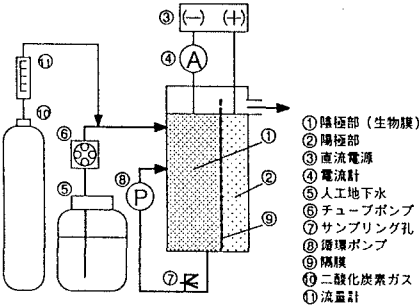


図1 実験装置図

表1 実験条件

flow (L/day)	HRT (hr)	current (mA)	NO ₃ ⁻ (mg-N/L)
2.3	6.3	6	22
2.3	6.3	12	22
2.3	6.3	24	22
10	1.4	24	17
10	1.4	48	17

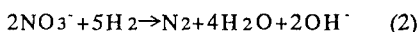
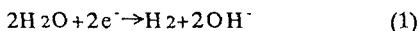
表2 供給地下水の組成

NaNO ₃	22→17 mg-N/L
NaHCO ₃	420 mg/L
K ₂ HPO ₄	1.76 //
KH ₂ PO ₄	2.08 //
NaCl	0.96 //
MgSO ₄ ·7H ₂ O	4.00 //
CaCl ₂	1.12 //
FeCl ₃ ·6H ₂ O	1.92 //
(NH ₄) ₂ CO ₃	2.40 //

3. 実験結果及び考察

生物膜電極の脱窒処理結果を図2に示す。処理開始20日後には、24mAの電流条件で約1 mg NO₃⁻-N除去/hrの脱窒処理が行われ、亜硝酸イオンも検出されず安定した処理が行われた。

陰極からの水素生成及び脱窒反応が次式に従うと仮定すると、



化学量論から計算される硝酸除去速度は1mAの通電に対して0.1×I mg NO₃⁻-N除去/hrとなる。

図2の滞留時間1.4hrの条件において、脱窒速度は24 mAで約2 mg NO₃⁻-N除去/hr、48 mAで約3 mg NO₃⁻-N除去/hrであった。これらの値は化学量論値の60～80％に相当する。即ち、図の条件では滞留時間が短いほど脱窒効率が高くなっており、これは装置内流速の増加につれ陰極部と陽極部の混合が少なくなったため、陰極部の溶存酸素（DO）が抑えられたことが一因と考えられる。なお、装置内の陰極部の硝酸イオン濃度は流出水より1～3 mg-N/Lほど低い値であった。

図3はpH、ORP、DOの経時変化を示したものである。装置内の陰極部及び流出水のpHはCO₂の注入により、中性付近に維持された。ORPは装置内で若干低くなっていたが、流入水と流出水の間には大きな変化は見られなかった。DOは高流量条件において、装置内で3～4 mg/Lに抑えられ、流出水では陽極からの酸素供給によりDOは8 mg/L前後となった。なお、流出水中のSO₄²⁻、Cl⁻濃度は、流入水の濃度とほぼ同じであった。

4. まとめ

生物膜電極を用いた硝酸イオンの高速処理について実験的検討を行った。その結果、生物膜電極を多段化し、被処理水を陰極部から陽極部へと通過させることにより、処理時間が大略1時間前後の高速処理が可能であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 寺尾 宏：水環境学会誌, 19, 956-960(1996)
- 2) Y. Sakakibara and M. Kuroda: Biotechnol. & Bioeng., 42, 535-537(1993)

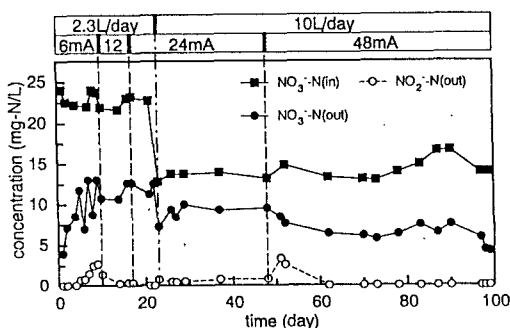


図2 窒素濃度の経時変化

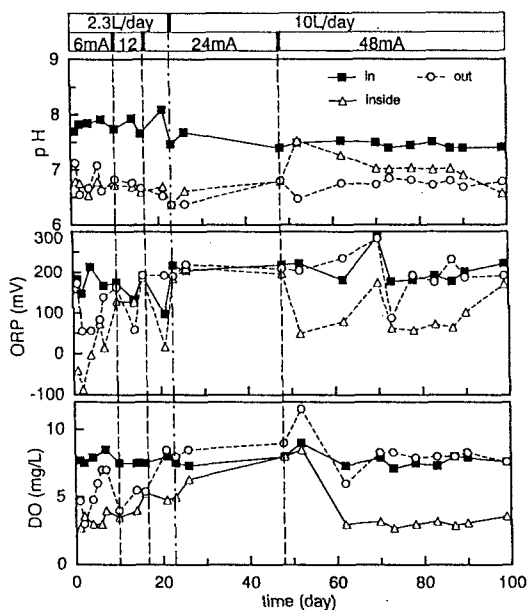


図3 pH, ORP, DOの経時変化