

SPE 水電解生成水素を用いた流動床生物膜反応器による合成地下水の脱窒処理

(株)ヤマト 大和環境技術研究所 正会員 ○小森正人, 早稲田大学理工学術院 正会員 榊原 豊

1. はじめに

現在, 化学肥料や畜産廃棄物等により, 地下水中の硝酸性窒素汚染が世界的規模で顕在化している。水素を電子供与体として生物学的に硝酸性窒素を窒素ガスにまで無害化する技術は, 低コストで簡易な除去技術であるものの, 安定した脱窒反応を維持しながら除去速度を向上させることが課題である。本研究では, 固体高分子電解質膜 (Solid Polymer Electrolyte Membrane 以下, SPE 膜) 電極による水の電気分解により生成した水素 (SPE 水電解生成水素) を用いて流動床生物膜反応器による合成地下水の脱窒実験を行い, 処理性能の安定性や脱窒速度について検討を行った。

2. 実験装置

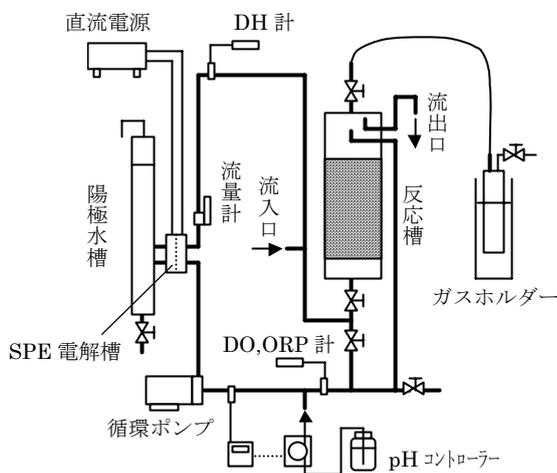


図 1 実験装置全体概略

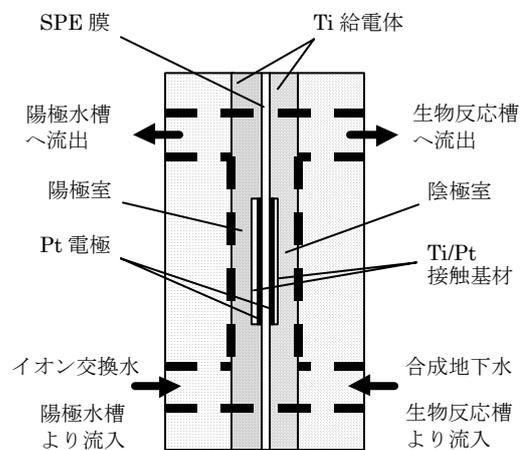


図 2 SPE 電解槽概略断面図

実験装置の全体構成を図 1 に示す。装置は, 直流電源, 陽極水槽, SPE 電解槽, 循環ポンプ, 生物反応槽及びガスホルダー等から構成されており, これに pH コントローラー, 流量計, 各種水質計が付設されている。合成地下水はチューブポンプで流入口より装置配管内へと供給され, 循環ポンプにより生物反応槽と SPE 電解槽の陰極室を循環した後, 流出口より装置外へ処理水として排出される。生物反応槽中の微生物担体には, $80\mu\text{m}$ 程度の細孔を持つ 10mm 角のポリビニルアルコールキューブ (以下 PVA キューブ) を 1000 個 (充填時容積 2.2L) 用いた。PVA キューブは含水時に比重が水と殆ど同じとなるため, 非常に少ないエネルギーで担体を流動化させることが可能となる。

SPE 電解槽の構造を図 2 に示す。電極は膜厚 0.1mm の SPE 膜の両面に電極として Pt を $0.5\mu\text{m}$ の厚さで直接接合したものであり, これを網状 Ti/Pt 接触基材及び Ti 給電体が通水可能な構造で支持している。陽極室と陰極室は SPE 膜電極により隔離されている。陽極水槽はカチオンによる障害を防止するためイオン交換水が充填されており, 陽極で水の電気分解に生じた水素イオンは膜を透過し, 陰極で電子を受け取ることで水素として供給される。

キーワード : SPE 膜電極, 硝酸性窒素, 脱窒, 水素, 生物膜, 流動床

連絡先 : 〒371-0844 群馬県前橋市古市町 118 番地 Tel 027-290-1865 Fax 027-290-1897

3. 実験方法

実験は連続操作で行い、槽内を一定流量で循環しながら、生物反応槽の HRT が一定となるよう所定流量で合成地下水を実験装置に供給し、電流を SPE 電解槽に通電することにより実験を開始した。実験中は、槽内 pH を約 6.5 に維持しながら、電流値及び反応槽 HRT を変化させ、一定期間毎に水質分析及びガス分析を行った。PVA キューブは、約 110 日間固定床として同様の通電脱窒実験に使用されていたものを水道水で十分に洗浄して用いた。合成地下水は水道水と硝酸ナトリウムを用いて調整し、硝酸性窒素濃度は 20mg-N/L とした。

表 1 操作条件

電流値	A	0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.6
反応槽 HRT	h	1.0, 0.5
反応槽 pH	—	6.5
循環流量	m ³ /h	1.5
反応槽線速度	cm/s	2.3
陰極面線速度	m/s	2.0
水温	℃	30~32

4. 実験結果及び考察

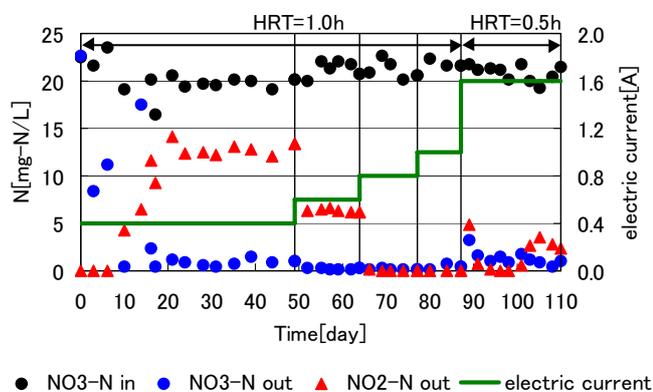


図 3 窒素濃度経日変化

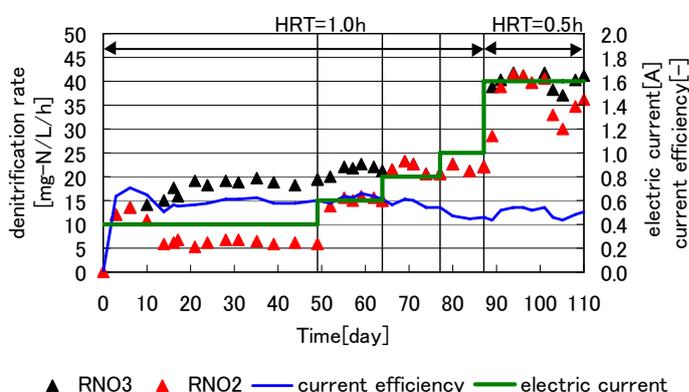


図 4 脱窒速度，電流効率経日変化

図 3 から分かるように、実験開始 20 日頃より定常状態に達し安定した処理結果となった。脱窒速度及び電流効率は、脱窒反応が亜硝酸性窒素を介する 2 段階逐次反応と仮定して算出した。HRT=1.0h では 0.4A が脱窒反応に必要な当量電流値であるが、亜硝酸性窒素を 0.05mg-N/L 以下まで処理するためには、当量電流値の 2 倍である 0.8A を必要とした。この時、脱窒速度 23mg-N/L/h が達成された。また図 4 より明らかのように、電流値の増大に伴い亜硝酸性窒素除去速度 (RNO2) が増大していることから、本実験条件においては、亜硝酸性窒素除去速度が水素供給速度に影響されていることが分かった。そこで、87 日目より HRT=0.5h とし、当量電流値の 2 倍の 1.6A を通電した。この場合においても同様の処理結果が得られたが、100 日目頃より、硫化水素臭が顕著になり、脱窒処理が不安定となったことから、硫酸還元菌による阻害と考え、110 日の時点で実験を中止した。これは、この条件では合成地下水の溶存酸素を窒素ガスで置換しており、槽内 ORP が -580mV 程度まで低下したためであると考えられる。HRT=0.5h における脱窒速度は約 40mg-N/L/h であった。なお、実験期間中電圧は 2.6~3.3V と低電圧を維持した。

5. まとめ

本脱窒装置により、硝酸性窒素濃度 20mg-N/L の合成地下水を、亜硝酸性窒素が蓄積することなく、低エネルギーで高速安定処理することが可能であった。脱窒速度は約 40mg-N/L/h が達成された。しかし、水素利用効率 (電流効率) の向上や硫酸還元菌の発生抑制については、今後検討すべき課題であると考えられる。

参考文献 1) 小森正人, 榊原 豊 用水と廃水 vol.47 No.8 P60~68 (2005)