

SPE 膜電極を用いた水素利用脱窒処理に関する研究—反応槽形式の比較

(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, 化学肥料や各種排水等に由来する硝酸性窒素汚染は世界的規模で顕在化しており, 特に地下水汚染に対しては緊急の対策が求められている。低コスト処理が可能な生物処理の中で水素を電子供与体として利用する独立栄養脱窒法は地下水浄化に適しているが, 水素の安全で効率的な利用方法の確立が前提となる¹⁾。本研究では, 燃料電池等に使用される固体高分子電解質 (Solid-Polymer-Electrolyte 以下, SPE) 膜電極による水電解生成水素を用いて固定床と流動床よりなる生物膜反応槽による合成地下水の脱窒実験を行い, 生物膜反応槽の違いが処理性能に与える影響について調べた。

2. 実験装置および方法

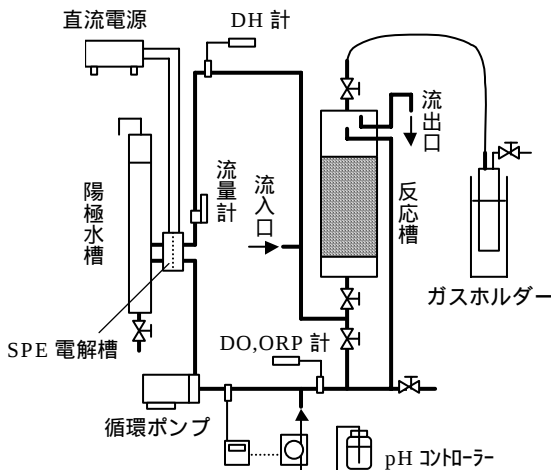


図1 実験装置概略構成図

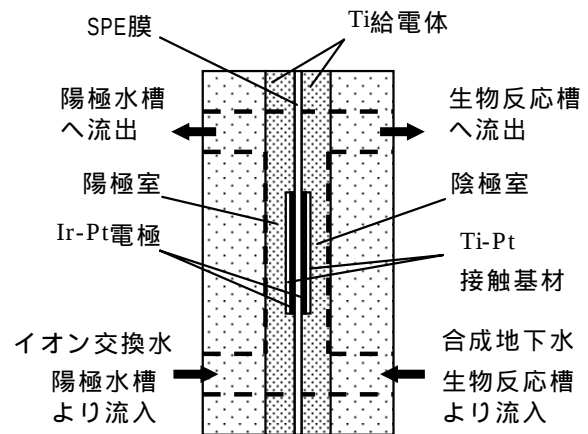


図2 SPE電解槽概略断面図

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、反応槽およ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、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、循環ポンプにより反応槽とSPE電解槽の陰極室を循環して脱窒処理された後、流出口より装置外へ処理水として排出される。微生物担体には、立方体形状のポリビニルアルコール（以下PVA）担体を用いた。PVA担体は含水時に比重が1.02であり水と殆ど同じとなるため、少ないエネルギーで担体を流動化できるという利点がある。

SPE電解槽の構造を図2に示す。SPE膜電極は膜厚0.1mmのSPE膜の両面にIr-Ptを0.5μmの厚さで直接接合したものであり、網状Ti-Pt接触基材と通水スリットを有するTi給電体により挟み込む形で電解槽中に支持されている。陽極で水分子の電気分解により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により水素として供給される。陽極室と陰極室はSPE膜電極自身により隔離されており、陽極で生成した酸素が脱窒反応を阻害することがない。また、陰極では水分子の分解が起こらず、オーム損も小さいことから電解電圧を低くすることが可能である。

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

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

本研究では、同一の実験条件で異なる生物膜反応槽を用いた連続実験を行った。実験条件を表 1 に示す。実験では従来研究室で利用していた実地下水由来の脱窒微生物を反応槽に植種した。連続実験は、槽内を循環しながら反応槽滞留時間 (HRT) が一定となるよう合成地下水を実験装置に供給し、電流を通電することにより開始した。槽内 pH は 1.8N 硫酸により約 6.4 に維持された。実験中は一定期間毎に処理水の水質分析および発生ガスの組成分析を行った。合成地下水は、硝酸ナトリウム、リン酸カリウムおよび炭酸水素ナトリウムを水道水に溶解させることによって調整した。

表 1 実験条件

電流値	0.4	A
反応槽 HRT	1.0	h
槽内 pH	6.4	-
反応槽通水速度	2.3	cm/s
陰極通水速度	2.0	m/s
水温	30	

3. 実験結果および考察

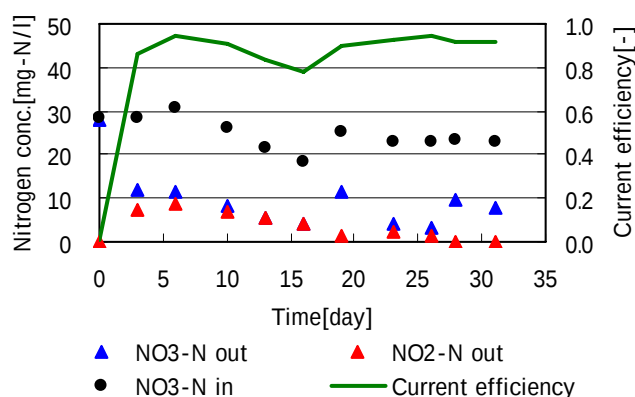


図 3 固定床による処理結果

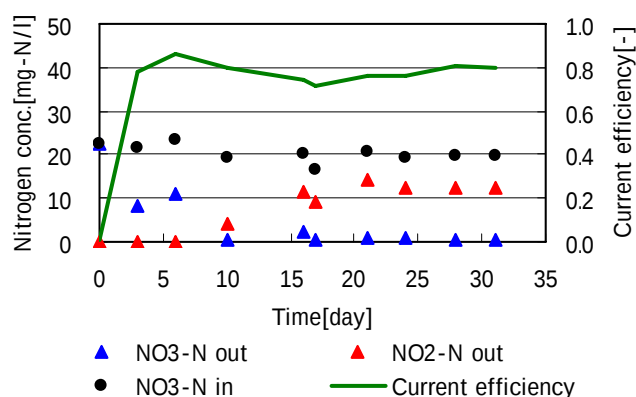


図 4 流動床による処理結果

固定床および流動床共に実験開始 20 日頃より定常状態に達したが、固定床では亜硝酸性窒素の蓄積は起こらず硝酸性窒素が残留したのに対して、流動床では亜硝酸性窒素が蓄積した。実験中、溶存酸素および溶存水素は検出限界 (0.1mg-O₂/l, 0.01mg-H₂/l) 以下であり、電解電圧は約 2.7V と低く一定であった。電流効率 (水素利用効率) は固定床で約 0.9, 流動床で約 0.8 が達成されたが、流動床の電流効率が固定床より低いのは担体の流動化により微小な水素気泡が気相中へと散逸し易いためであると考えられる。発生ガス組成の平均値はこのことを反映しており、固定床では窒素 92%, 水素 6%, 二酸化炭素 2% であり、流動床では窒素 85%, 水素 12%, 二酸化炭素 3% であった。亜酸化窒素は実験中検出限界 (0.03%) 以下であった。以上のことから、固定床は流動床より水素利用効率に優れ亜硝酸性窒素を蓄積させにくいことが示されたが、このような結果となった要因については異なる負荷条件も含めて更に検討が必要であると考えられる。

4. まとめ

SPE 膜電極による水電解生成水素を用いて固定床と流動床 2 つの生物膜反応槽による合成地下水の連続脱窒実験を行った。定常状態における処理性能の違いから、固定床は流動床より亜硝酸性窒素を蓄積させにくく固定床の優位性が示された。しかし、装置の最適な反応槽形式を判断するためには、異なる負荷条件における性能や運転管理方法等についても今後検討が必要である。

参考文献 1) M. Komori and Y. Sakakibara, Wat. Sci. Tech., 58(7), 1441-1446, 2008.