

# 生物膜電極(BER)法によるテトラクロロエチレンの処理に関する基礎的研究

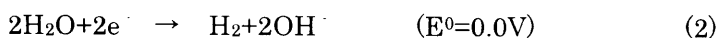
早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 羽田野 祐介  
早稲田大学理工学部 正会員 榊原 豊

## 1.はじめに

現在、PCE等の揮発性有機塩素化合物(VOCs)で汚染された地下水や排水の処理技術として、曝気によるストリッピング、活性炭による吸着除去法などが提案されている。しかし、いずれも汚染物質を安全な物質に変換する無害化技術ではないため根本的な解決策には至っていない。そこで、微生物の有する機能を活用して、有害物質等を分解する新しい技術の開発が期待されている。本研究では、生物膜電極(BER)法を用いることにより、装置内に電解水素及び酸素を供給し、PCEの連続処理実験を行った。

## 2.原理

本法は、微生物を陰極の表面に固定化し、電極への通電によって生ずる電子供与体である水素、及び酸素を供給する生物膜電極リアクターにより構成される。通電により、陰極表面では以下の電極反応が進行すると考えられる。



一方、陽極では以下の反応が進行すると考えられる。



陰極表面に固定化されている微生物は(2)式より生成されるH<sub>2</sub>を電子供与体として、PCEを嫌氣的に脱塩素し、一方、生成物は陽極部で好氣的に分解されとされる。

## 3.実験装置及び実験方法

### 3.1 実験装置の概要

実験装置の概略を図1に示す。装置本体は円筒形で、外側の粒状活性炭(GAC)を充填したステンレス管を陰極部とし、その内側にガラスビーズ(GB)を充填し、Pt/Ti電極を挿入したものを陽極部とした。GACは、陰極部の表面積を広くし、また、微生物を迅速に、しっかりと固定するために用いた。陰極面積と陽極面積はそれぞれ750、250cm<sup>2</sup>であり、装置内の液はリサイクルポンプにより循環させ、完全混合状態を保った。気相部は、PCE溶液を注入後、窒素ガスパーズした。また、供試PCE溶液の揮発等を防ぐため、貯留容器は上下を逆向きにして、液層部とテフロン部分が接するようにした。

### 3.2 実験方法

実験は微生物を固定化するための回分実験と、連続処理を行う連続実験の2ケースで行った。微生物の摂取、及び固定化するために、下水処理場より得た消化汚泥を用いた。回分実験では、1mg/l-PCEと基質(グルコース、酢酸それぞれ200mg/l)を7日に1回注入し、1ヶ月間のPCEの濃度変化、分解状況を見た。連続実験では1mg/l-PCE溶液をI=300μA、HRT=3dの条件で連続供給し、処理水中のPCE濃度等を分析、測定した。微生物を固定化させた槽をR-1とし、生物膜なしで、陰極にGACのみを充填した槽をR-2、GBのみを充填した槽をR-3として、3槽同時に操作した。VOCsの分析にはGC-MS、及びGC-ECDを用い、ヘッドスペース法により測定した。

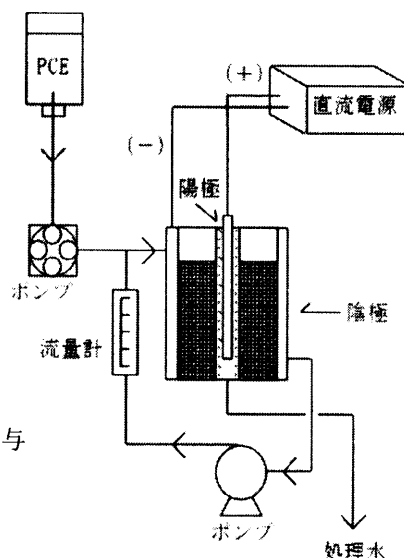


図1 実験装置概略

キーワード：脱塩素、BER、PCE、揮発性有機塩素化合物、水処理

連絡先〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科 tel.03-5286-3902

## 4. 結果と考察

### 4.1 回分実験

表1は、微生物を固定化させる間のPCEの分解成分と、濃度変化を示した。既往研究<sup>1)</sup>より、PCEはPCE→TCE→DCE→VCで示される還元的脱塩素反応により分解が進んでいくことが知られている。本実験では、10日目までは、何も検出されなかったが、25日目には、DCEまで分解が進んでいる。その際、TCEは検出されていないが、これは分析していない間に完全に分解されたか、あるいは揮発や吸着等により検出限度以下に低下したためと考えられる。

### 4.2 連続実験

図2には、R-1におけるPCEの処理結果を示した。実験を行った期間内では、陰極部のPCE濃度は検出下限値程度まで低下した。一方、回分実験で検出されたDCEは中間性生物のTCEと同様に検出されなかった。本実験ではPCE負荷量が $300\mu\text{g/l}$ と低く処理性能をより詳細に評価するためには、より高負荷(低滞留時間)条件で検討する必要がある。R-2、R-3の処理結果をそれぞれ図3、図4に示した。R-1と同様に陰極部のPCE濃度は、流入濃度に比べてかなり低くなり、TCE及びDCEについても同様であった。R-3のPCE濃度がR-1、R-2より高くなったが、これはR-1、R-2内に充填した活性炭の吸着効果によるものと考えられる。また、R-1、R-2のPCE濃度は環境基準値( $0.01\text{mg/l}$ )以下まで低下した。

本研究で用いた装置では陰極部(嫌気部)と陽極部(好気部)を隔離していないこと、また、各電極部の液相から気相への揮発量も無視できないことから、これらの移動量について、今後検討が必要である。

### 5. おわりに

生物膜電極槽を用いてPCE( $1\text{mg/l}$ )の回分、及び連続処理実験を行った。その結果、両実験ともPCE濃度は環境基準値以下まで低下した。しかし、揮発や吸着等が影響していると考えら、今後はより高負荷条件下で槽内の分解過程や移動、吸着過程等について検討する予定である。

### 6. 参考文献

1) 小松, 桃井, 松尾, 花木(1992): 環境工学研究論文集 29, 255-265

表1 回分実験におけるPCEの分解

	1日目	10日目	25日目
PCE	$1\text{mg/l}$	—	$0.018\text{mg/l}$
TCE	—	—	—
DCE	—	—	$0.014\text{mg/l}$

\* —は検出できなかったことを示している。

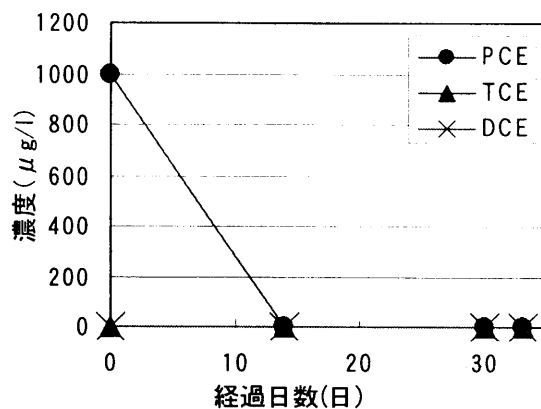


図2 R-1におけるPCEの分解

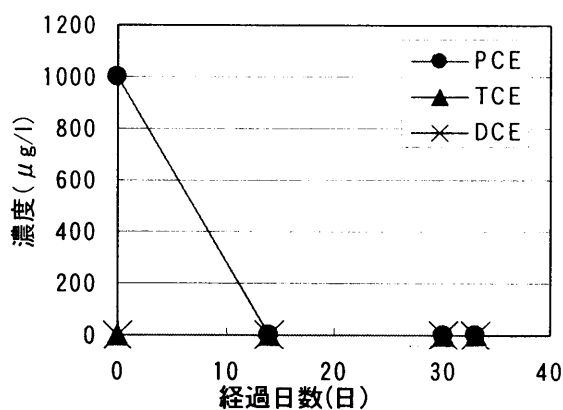


図3 R-2におけるPCEの分解

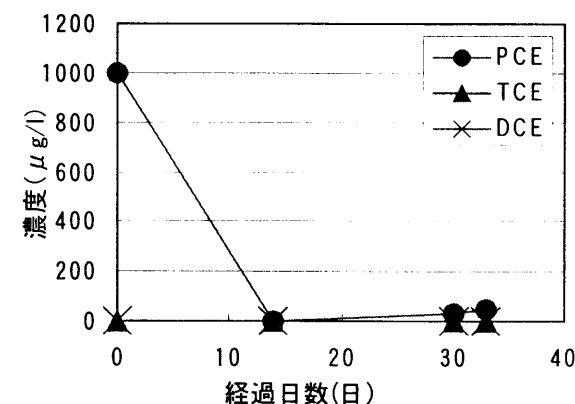


図4 R-3におけるPCEの分解