

## 粒状活性炭膨張床型反応器を用いた 嫌気条件下におけるテトラクロロエチレン含有廃水の処理

京都大学 正員 越川博元、山口県 津守嘉彦  
神鋼パンテック 尾家俊康、京都大学 正員 津野洋

### 1. 目的

古くから日本では地下水は良好な水資源として広く利用されてきたが、その地下水のテトラクロロエチレン(PCE)などに代表される化学物質による汚染が、現在の大きな環境問題の1つとなっている。

嫌気性処理法は嫌気性微生物の増殖速度が好気性微生物よりも遅い等の短所がある一方で、エアレーションを必要としないため好気性処理よりも省エネルギー的であることやメタンや有機酸等有用物質の回収が期待できる等の長所がある。本研究で取り扱う粒状活性炭膨張床型嫌気性反応器は、粒状活性炭による物理吸着及びそれに付着増殖する嫌気性微生物による生物分解を組み合わせる廃水処理を行う反応器である<sup>1,2)</sup>。本研究では、難生物分解性物質のひとつであるPCEの連続処理実験を粒状活性炭膨張床型嫌気性反応器を使用しておこない、その適用性について検討するとともに分解特性およびメタンガス発生特性の把握を試みた。

### 2. 粒状活性炭膨張床型嫌気性反応器によるテトラクロロエチレンの処理特性とメタンガス生成

連続実験で使用した装置をFig.1に示す。本装置は内径10cm、有効高さ127cm（有効容積10L）の温水ジャケット付きの透明塩化ビニル製のカラム型反応器である。カラムの最下部には網を設置し、その上に粒径9mm～11mmのガラスビーズを敷き詰め、嫌気性微生物を付着させるための担体および吸着剤として平均粒径0.9～1.1mmの粒状活性炭を充填すると同時に以前よりPCEの処理を行っていた同型反応器から採取した、微生物の付着した活性炭により植種をした。反応器の上部から反応器内の液の一部を引き抜きマグネットポンプにより底部に循環し、膨張率が25%となるよう担体の膨潤流動化を行った。反応器内の水温は32～35の範囲になるよう調節した。有機物としてPCEと

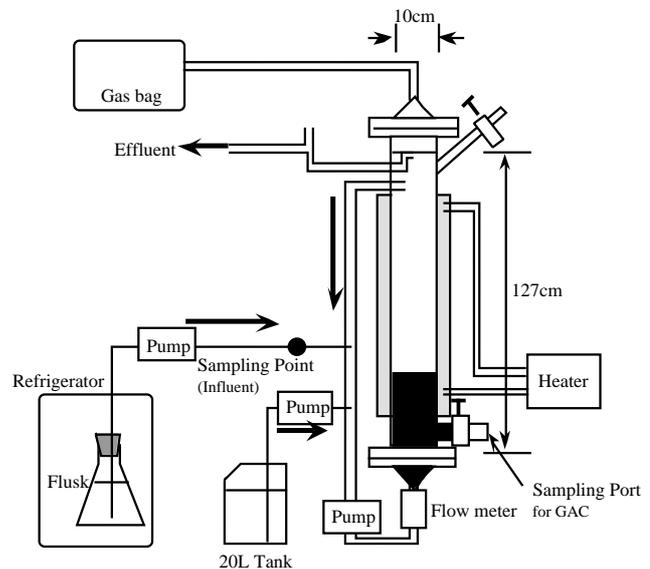


Fig.1 Expanded-Bed GAC Bioreactor

とともにそれへの電子供与体となるエタノール、またビタミン類を三角フラスコに溶解し、これは4下においた。20Lポリタンクに溶解した緩衝液(pH6.8)と栄養塩類、また三角フラスコ中の有機物をそれぞれマイクロチューブポンプを用いて反応器の循環ラインへと供給した。一方、流出水は反応器の上部より、流入した水量に相当する量で得られ、分析に供した。生成したガスは反応器の上部より排出され、排出口に接続したガスバッグによって捕集した。流入水の供給も含めた連続運転は2001年12月20日に開始し、Table1に示す運転条件で行った。Table1に示した流入水のPCE濃度およびCOD<sub>Cr</sub>濃度は本体内への流入濃度であり、PCE及びCOD<sub>Cr</sub>の両者共に定期的におこなった流入水分析の各Runの平均値を示している。

Table 1 Running condition for continuous PCE treatment with Expanded-bed GAC Bioreactor

Run No.	I	II	III	IV
Day	1-68	69-124	125-322	323-400
Flow rate (L/day)	2	2	2	2
H.R.T (day)	5	5	5	5
Influent concentration (mg/L)	PCE 2.0 Ethanol 132 COD <sub>Cr</sub> 440	PCE 2.0 Ethanol 264 COD <sub>Cr</sub> 650	PCE 6.2 Ethanol 264 COD <sub>Cr</sub> 650	PCE 11.5 Ethanol 132 COD <sub>Cr</sub> 450
Influent Loading Rate (mg/(Kg-GAC·day))	PCE 2.7 Ethanol 176 COD <sub>Cr</sub> 587	PCE 2.7 Ethanol 352 COD <sub>Cr</sub> 867	PCE 8.3 Ethanol 352 COD <sub>Cr</sub> 867	PCE 15.3 Ethanol 176 COD <sub>Cr</sub> 600

処理状況を把握するために、初めの1ヶ月間は5日ごと、それ以降は5ないし7日ごとに流出水の採水を行い、それぞれ分析を行った。テトラクロロエチレン(PCE)、トリクロロエチレン(TCE)などの有機塩素化合物はECD-GC(島津)、メタン及び

二酸化炭素は島津赤外線式ガス濃度測定装置CGT-7000をそれぞれ使用し、COD<sub>Cr</sub>などは定法に従った。

キーワード：テトラクロロエチレン、嫌気性処理、粒状活性炭、膨張床型反応器

〒520-0811 大津市由美浜1-2 環境質制御研究センター、Tel:077-527-6223・FAX:077-524-9869

### 3. 結果と考察

流入水・流出水中のPCE濃度をFig.2に示す。充填活性炭当たりのPCE平均負荷率は、RunI（1～68日目）およびRunII（69～124日目）では2.7mg/（kg-GAC・day）、RunIII（125～322日目）では8.3mg/（kg-GAC・day）、及びRunIV（323～400日目）では15.3（mg/（kg-GAC・day））と段階的に増加させた。なお、いずれのRunIにおいても流入水のPCE濃度を増加させることで負荷率を設定した。流出水のPCE濃度は全RunI通じて0.3 μg/L以下であり安定した処理結果を得た。PCE平均負荷率はRunI・IIに対して、RunIIIは3.0倍、RunIVでは5.6倍に相当するが、負荷変動に対する流出水中のPCE濃度に大きな変化は見られなかった。PCEの環境基準が10 μg/L、排水基準が100 μg/Lであることを考えると、本実験期間中では良好な処理が実現できていたと評価できる。

Fig.3に示すように、流出水のCODcrはRunIおよびRunIIにおいては100mg/L前後の値を示すなど、安定していなかったことが伺える。しかしながらRunIIでは溶解性CODcrが減少していったことから、全CODcrの値は反応器内から剥離した嫌気性微生物または付着活性炭の流出によるものと考えられる。RunIIIおよびRunIVでは全CODcr濃度が20mg/L程度であること、溶解性CODcrとの差異が小さいことから、CODについても安定した処理がおこなわれていたことがわかった。

発生したガスのうち、メタンについてその生成速度を示したものがFig.4である。実線はメタノールベースの理論的発生速度、点線はCODcrベースのそれを示した。RunIおよびRunIIの期間は本反応器の運転が安定していなかったことを反映して、メタンガスの発生量も少ない。しかしながら、運転が安定したRunIIIおよびRunIVでは十分なメタンガスの発生が観察された。Fig.4からわかるように、メタンの発生速度はメタノールをベースとした理論値に近い変動を示していることから、生成したメタンは流入水中のメタノールが変換されたものと考えられた。しかしながら、RunIIIではメタノールベースの理論値より多いメタンの生成が見られることから、メタノールからのメタン生成が大きな比重を占めるものの、COD成分からもメタンが得られていると考えられる。今後、本反応器に存在するPCE分解菌およびメタン生成菌についても検討が必要と考えられる。

### 4. 結論

- 1) 流入水PCE濃度を11.5mg/Lとした運転においても流出水中のPCE濃度は高々0.5 μg/L以下であり環境基準値以下の処理成績を得た。またPCE濃度を約5.6倍とした負荷変動に対しても大きな影響は受けなかった。
- 2) 運転が安定したRunIIIおよびRunIVにおける流出水のCODcr濃度は、全CODcrでもおおそ20mg/L以下であり、有機物についても良好な処理がおこなわれていたことがわかった。
- 3) 反応器の安定にともなってメタンの生成速度は高くなり、おおそメタノールベースの理論的メタン生成速度に近い値がRunIIIおよびRunIVの期間で得られた。

### 5. 参考文献

- 1) 津野洋、河村正純、宗宮功、労善根：粒状活性炭流動床型反応器による高濃度フェノール廃水の処理、環境工学研究論文集、Vol.30、p27-38、1993
- 2) 河村正純、津野洋、宗宮功：活性炭流動床型反応器によるペンタクロロフェノール含有廃水の処理、環境工学研究論文集、Vol.32、p129-139、1995

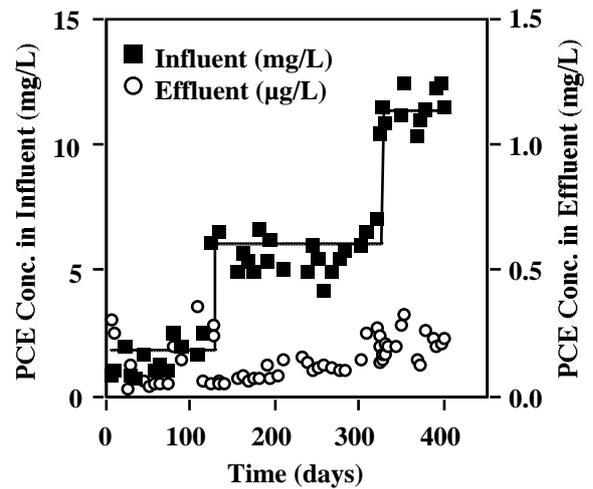


Fig.2 PCE Concentration in Influent and Effluent

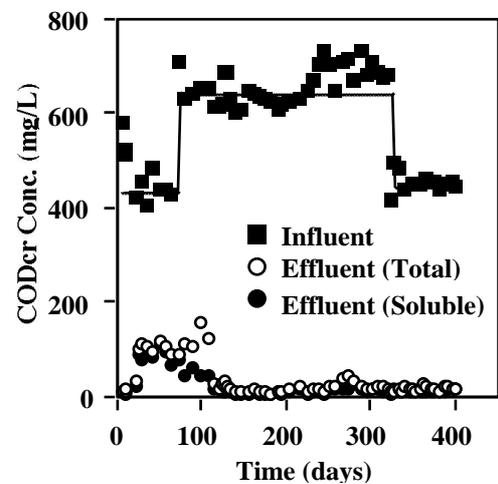


Fig.3 Time Course of CODcr Concentration in Influent and Effluent

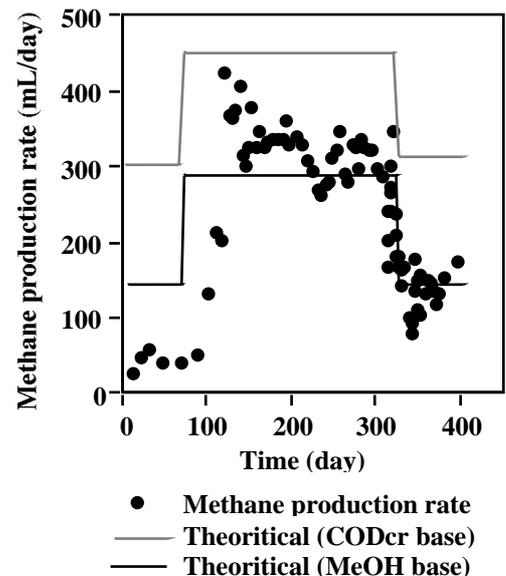


Fig.4 Time Course of Methane Production Rate