

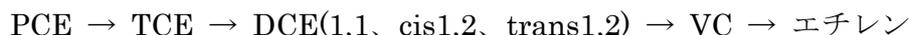
土壌中におけるテトラクロロエチレンの鉄粉及びポリ乳酸による分解

東京大学大学院工学系研究科 学生会員 安田 将広
正会員 栗栖 太 正会員 矢木 修身

1. はじめに

トリクロロエチレン (TCE)、テトラクロロエチレン (PCE)、ジクロロエチレン (DCE)、ビニルクロライド (VC) 等の揮発性有機塩素化合物による土壌・地下水汚染の浄化対策として、土壌ガスの吸引や地下水の揚水といった物理的処理法が一般に用いられている。しかし、これらの方法は低濃度における汚染に対しては浄化効果が低いこと、また分解除去技術でないこと等の問題点が指摘されている。TCE に関しては、バイオレメディエーションによる浄化技術の開発がいろいろと検討されているが、PCE に関しては好氣的な微生物分解を受けないため、バイオレメディエーション技術の活用が困難であるのが現状である。

最近、鉄粉やポリ乳酸 (HRC) を用いた還元的脱塩素化による PCE の分解が注目されている。還元的脱塩素化反応は、嫌気条件下で PCE の塩素が取れ、最終的にエチレンにまで分解される反応であり、下のような経路を経ると考えられている。



また、鉄粉による分解反応は次式のような総括式で表されると考えられている。



HRC は水和に伴って少しずつ乳酸を放出し、それを微生物が消費して水素を放出することで還元力を持つと考えられている。HRC を汚染された帯水層に注入すると、PCE、TCE、及び TCA(1,1,1-トリクロロエタン)等の塩素系溶剤を減少させる効果があると報告されているが、詳細については不明の点が多い。

我々は、PCE 汚染の土壌の浄化に化学的分解とバイオレメディエーション技術の融合が有効と考え、まず鉄粉及び HRC による PCE の分解・除去効果について検討した。

2. 実験方法

供試土壌として、名古屋市内の PCE で汚染された工場敷地内の深度 0~1m から採取した表層土壌を用いた。土壌中における PCE の鉄粉及び HRC の分解能は以下の方法で測定した。すなわち、35mL バイアルビンに湿泥土壌で 8g、純水を 10mL 加え、鉄粉及び HRC を添加した後、テフロンコーティングされたブチルゴム栓を用いアルミシールで密封した。嫌気条件の場合は、ヘッドスペースを窒素置換したのちに PCE を添加した。これらのバイアルビンに 25°C で振とうし、一定時間ごとにヘッドスペースを 50 μ l 採取して GC-FID を用いて PCE 及び分解性生物の分析を行った。PCE は、水飽和溶液(140mg/L)を調製し、またポリ乳酸は米国 REGENESIS 社の Hydrogen Release Compound(HRC)を用いた。鉄粉・HRC はそれぞれ 10mg 添加した。

また、PCE 及び分解生成物の濃度に関しては、気-液-固 3 相間で平衡が成立していると仮定し、気-液平衡濃度に関してはヘンリー定数を用いて計算を行った。固-液平衡濃度については、各物質と水・土壌のみを封入したバイアルを作成し、吸着定数を求めて計算した。

キーワード：テトラクロロエチレン(PCE)、鉄粉、ポリ乳酸、還元的脱塩素化

〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 Tel.03-5841-6263 Fax.03-5841-8528

3. 実験結果および考察

図1に鉄粉およびHRCを添加した場合の嫌気条件におけるPCEの減少を示す。鉄粉では19日後には初期の70%が分解され、HRCでは50%が分解された。鉄粉・HRC無添加の対照系でも30%の分解が認められたが、明らかに鉄粉及びHRCの分解促進効果が認められた。

図2に、鉄粉を添加した場合の、PCEからの分解生成物の変化を示した。5日後にはTCEが最も多く生成され、次いでエチレンの生成が認められた。DCEについては少量であるが2種の異性体が確認された。

図3に、HRCを添加した場合のPCEの生成物の変化を示した。分解に伴いTCE及びDCEの生成が認められたが、エチレンの生成は低かった。以上より、鉄粉では分解速度が速いため、一気に脱塩素化が進行しているのに対し、HRCでは少しずつ脱塩素化が進んでいると考えられた。

図4は、好気条件及び嫌気条件下での分解速度を比較した結果である。嫌気条件は図1と同じデータであるが、鉄粉・HRCの両者共に嫌気条件の方が経過日数が少ないにもかかわらず好気条件下よりも大きく分解されていることが確認できた。このことから、嫌気条件では脱塩素化反応がより促進されることが確認された。

4. まとめ

鉄粉及びHRCによるPCEの脱塩素化反応は、嫌気条件下で促進された。鉄粉及びHRCによる脱塩素化反応速度には、相違が認められた。

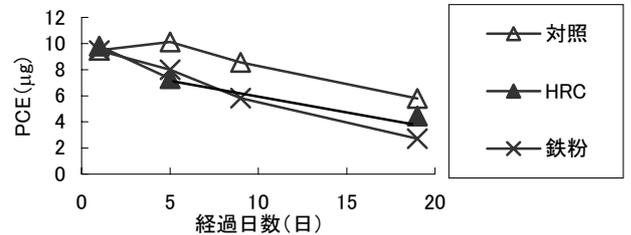


図1 鉄粉およびHRC添加によるPCEの分解

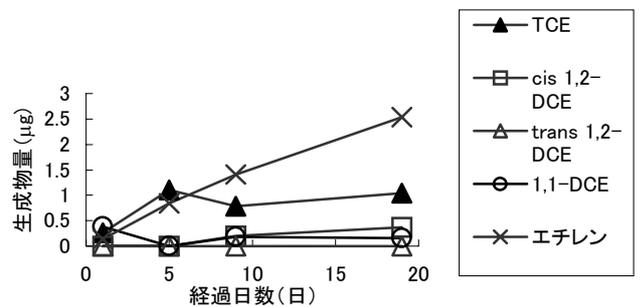


図2 鉄粉添加によるPCE分解生成物の変化

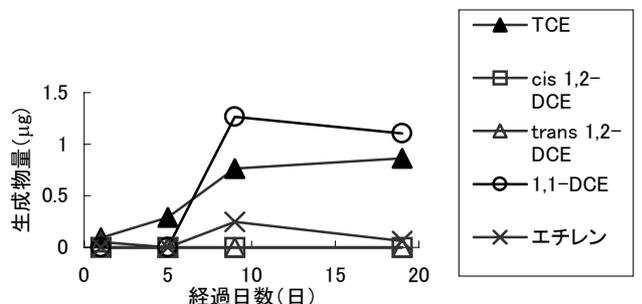


図3 HRC添加によるPCE分解生成物の変化

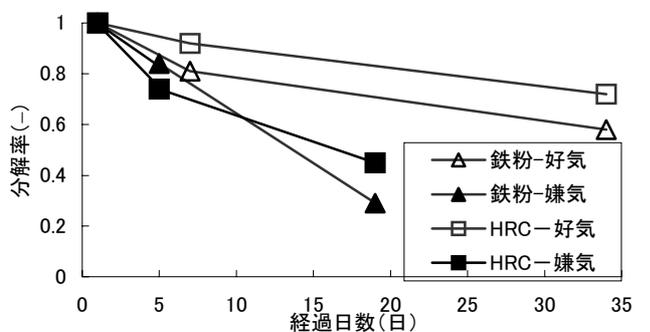


図4 好気および嫌気条件下における鉄粉およびHRCによるPCEの分解割合(1日後を1とする)