

B-28 鉄粉と嫌気性集積培養菌を用いたテトラクロロエチレン汚染土壌の浄化

長岡技術科学大学 ○佐野 亘
同上 小松 俊哉
同上 桃井 清至

1. はじめに

テトラクロロエチレン(PCE)、トリクロロエチレン(TCE)等の塩化エチレン類(CAH)による土壌・地下水汚染が全国規模で確認されており、調査が進むにつれて汚染サイト数は増加している。これに対して、本研究室では塩化エチレン類を還元的脱塩素反応により無害なエチレン(ETY)、エタン(ETA)に転換する嫌気性集積培養菌を有しており、CAH汚染土壌へ添加することで土壌浄化が可能である¹⁾。しかし土壌に吸着されている汚染物質が土壌間隙中に溶出することにより分解されるため浄化処理は長期に渡り、添加エレクトロンドナー(一般的には有機物)は多くならざるを得ない。

そこで本研究では還元的脱塩素反応の直接のエレクトロンドナーと考えられている水素が、鉄粉と水との反応によって発生することに着目した²⁾。鉄粉添加による水素の発生とその嫌気性集積培養菌への利用を検討し、汚染土壌の浄化への適用を試みた。

2. 実験試料と方法

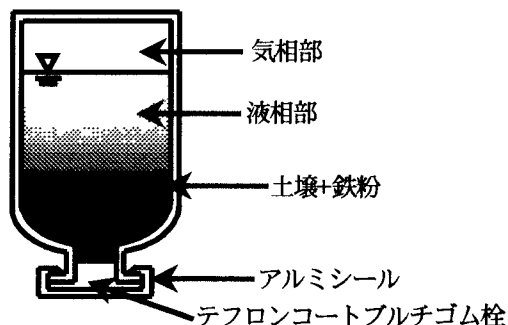
2.1 実験試料

供試土壌として非汚染土壌の砂質土壌と粘性土壌の2種類を用いた。pH、含水率、強熱減量は砂質土壌が7.16、9~10%、1.7~1.8%、粘性土壌は5.29、34.3%、9.1%であった。微生物源としては、25℃で培養液の20%のfill&drawを行って得られた嫌気性集積培養菌を用いた。その集積系はエタノール(100mgCOD/l)をエレクトロンドナーとして、PCE(20mg/l)を7日間程度で完全にエチレンまで転換する能力を持ち、菌体濃度は約50mgVSS/lあった。鉄粉はアトマイズ鉄粉、2種類の還元鉄粉の3種類を用いた。

2.2 実験方法

(1) 各種鉄粉を用いた土壌分解実験

図1に示した容量68mlのバイアル瓶に、湿重で20gの土壌と5mlの集積培養液、35mlの無機培地、鉄粉2g/kgを添加し、窒素ガスバージ後、テフロンライナー付ブチルゴム栓とアルミシールを用いて密封した後PCE溶液0.26μl(PCE濃度21mg/kg)を注入し、25℃で静置した。3種類の鉄粉を用い2連で、また同条件で砂質土壌、粘性土壌について行った。比較のため、鉄粉を添加しない対照系も同時に行った。



(2) 鉄粉量を変化させた土壌分解実験

(1)とほぼ同じ実験条件で、添加鉄粉は(1)で最も効果的であった1種類の還元鉄粉のみとし、鉄粉添加量 図1 実験用バイアル
を砂質土壌については4、8、16g/kgの3系列2連で、粘性土壌については4、8、16、32g/kgの4系列2連で行った。

3. 実験結果および考察

3. 1 各種鉄粉を用いた土壌分解実験

用いた鉄粉によって転換程度に差が観られ、1種類の還元鉄粉を用いた場合に最も転換が進んだ。砂質土壌での転換結果を図2に、粘性土壌での結果を図3に示す(液相部濃度から換算)。砂質土壌を用いた系では実験開始からPCEは転換され、7日でcis-1, 2-ジクロロエチレン(DCE)、塩化ビニル(VC)、エチレン(ETY)が検出され、32日後には殆どがETYへ転換された。一方、粘性土壌を用いた系では7日目までにPCEは大半がDCEへと転換され、若干ETYも検出されたが、それ以降は転換がほぼ停止した。なお、対照系では、砂質土壌の場合はDCEまでは転換したが、粘性土壌では転換は観られなかった。図4にpH変動を示す。砂質土壌では7.5~7.6という集積培養菌の活性の至適範囲(6.6~7.8程度)内で保たれていたが、粘性土壌では6.3~6.6であったことから、転換が進行しなかった一要因として低pHが考えられる。

以上のことから、砂質土壌において実験開始から32日目までにPCEはほぼ完全に無害化されたことになり、本集積培養菌において、鉄粉をエレクトロドナーとすることにより汚染土壌の浄化に有効であることがわかった。また砂質土壌、粘性土壌のどちらの系においても鉄粉量が2g/kgではpHが殆ど変化せず、土壌のpH値に大きく依存すると思われる。よって最適な鉄粉量の検討が必要と考えられた。

3. 2 鉄粉量を変化させた土壌分解実験

砂質土壌への添加鉄粉濃度4g/kg、16g/kgの結果を図5、6に、粘性土壌への添加鉄粉濃度4g/kg、16g/kgの結果を図7、8に示す。またこれらの系のpH変動を図9に示す。砂質土壌の系では鉄粉添加濃度4g/kgと8g/kgに、粘性土壌の系では鉄粉添加濃度4g/kgと8g/kg、16g/kgと32g/kgに大きな差が観られなかったため代表的な結果として示した。砂質土壌の系ではいずれも実験開始7日後にはPCEは全て転換され、DCE、VC、ETYが検出され、さらに14日後にはほぼ同様に、若干DCE、VCが残存しているもののETYの比率が最も高い結果となった。また、実験時期は異なるが、鉄粉添加濃度2g/kg(図2)と比較して転換が早かった。pH値は鉄粉濃度4g/kgに関しては実験初期から14日後までpH7.2~7.6と集積培養菌活性の至適範囲内に保たれていたが、鉄粉濃度16g/kgでは変化が大き

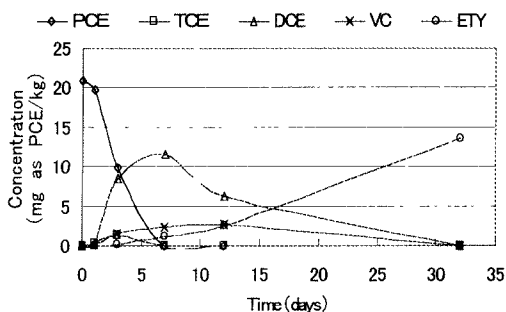


図2 還元鉄粉1添加による砂質土壌中でのPCE転換

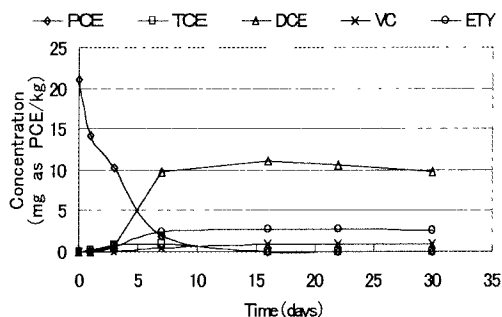


図3 還元鉄粉1添加による粘性土壌中でのPCE転換

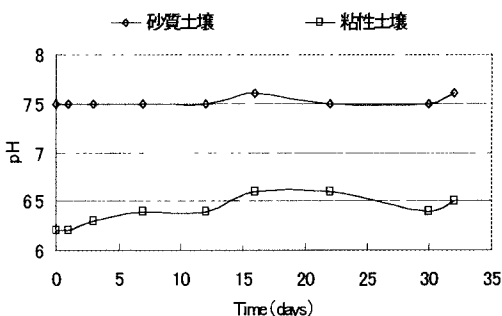


図4 pH変動

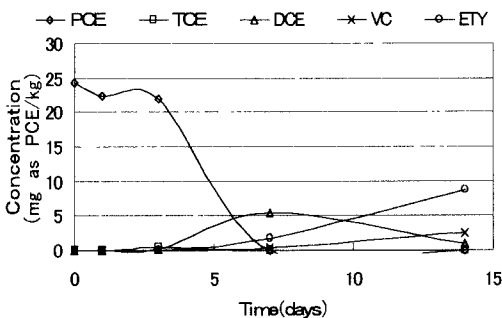


図5 鉄粉添加濃度4g/kgによる砂質土壌中でのPCE転換

く、7日後には pH8.3 と至適範囲外の pH 値を示した。このように鉄粉添加量を変化させたことによって pH 変動に大きな違いが観られたが、PCE 転換に関しては、鉄粉濃度が多くなるにつれて PCE から DCE 等への転換が早くなったが、14 日後の段階では ETY への転換量に大きな差は観られなかった。

粘性土壌の系では砂質土壌の系と同様に実験開始から 7 日後には殆ど PCE は転換された。しかし、鉄粉濃度 16mg/kg では、大部分が ETY まで転換し、若干 VC が残存したのみであったが、鉄粉濃度 4g/kg では ETY は僅かしか検出されなかった。pH 値に関しては 4、16g/kg のどちらの系も実験開始直後には低 pH であったが、徐々に上昇し集積培養菌の活性の至適範囲内となった。特に鉄粉濃度 16g/kg ではほぼ至適範囲内に保たれていた。以上から、粘性土壌に対しても、pH が集積培養菌活性の至適範囲内に保たれていれば浄化可能であることが示された。

4. まとめ

本研究では鉄粉と集積培養菌を用いた CAH 汚染土壌の浄化について検討した。鉄粉添加量が 2g/kg においては pH は殆ど上昇せず、土壌の pH に依存するため中性土壌である砂質土壌に対しては鉄粉添加量が 2g/kg で効果を示した。また酸性土壌である粘性土壌においても、鉄粉添加量を操作し pH を集積培養菌の活性の至適範囲内を保つことによって浄化可能であった。今後は pH の影響のみならず、鉄粉の投与段階、鉄粉と土壌の性状との関連性等についても更に検討していく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 小松、土肥、桃井：嫌気性集積培養菌を用いたテトラクロロエチレン汚染土壌の修復、水環境学会誌、23、42-47 (2000)
- 2) 伊藤、三ツ谷、須藤、井上、千田：鉄粉によるトリクロロエチレン分解の検討、用水と廃水、40、987-992 (1998)

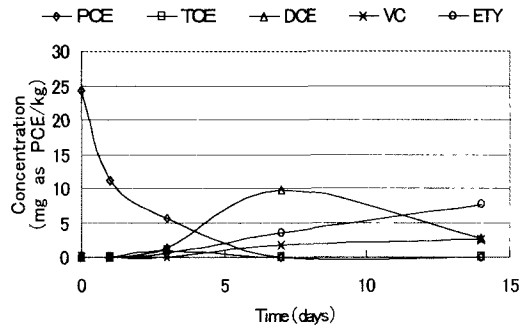


図6 鉄粉添加濃度16g/kgによる砂質土壌中でのPCE転換

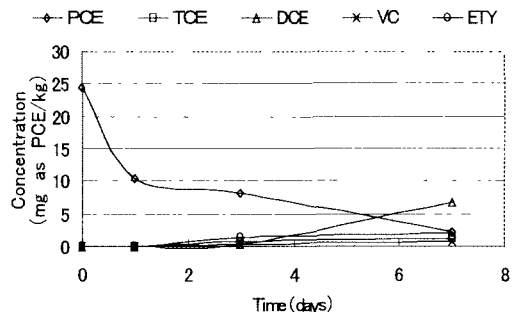


図7 鉄粉添加濃度4g/kgによる粘性土壌中でのPCE転換

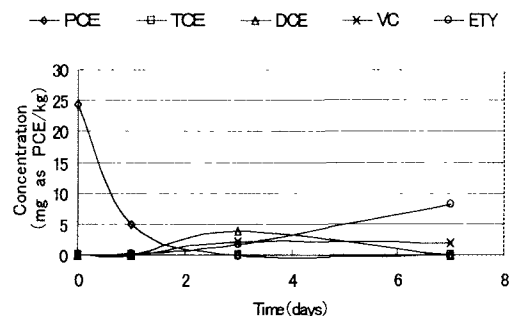


図8 鉄粉添加濃度16g/kgによる粘性土壌中でのPCE転換

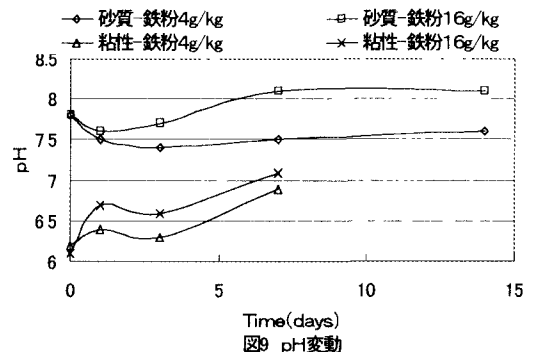


図9 pH変動