

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19510097

研究課題名（和文）

地下に漏出した有機溶剤の洗浄剤注入による回収効率と下層への汚染拡散に関する研究

研究課題名（英文）

Study on recovery of transudated organic solvents to subsurface area and their spreading to lower layer by introduction of washing-reagent-injection remediation

研究代表者

稲葉 一穂 (INABA KAZUHO)

独立行政法人国立環境研究所・土壌圏環境研究領域・室長

研究者番号：60176401

研究代表者の専門分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料

キーワード：環境技術、土壌圏現象、洗浄剤注入法、有機溶剤、下方浸透

1. 研究計画の概要

ハイテク工場の貯蔵タンクからの漏出などによる土壌・地下水圏の有機塩素系溶剤汚染の浄化法として、洗浄剤注入法の開発が進んでいる。この方法は、地下に溜まった溶剤を界面活性剤溶液を注入して強制的に移動回収するため、技術の効率のみならず、洗浄剤による新たな環境汚染が懸念される。

これまでの研究において、幾つかの種類の界面活性剤が共存した場合に、トリクロロエチレン原液の空隙への浸透性が著しく増大し、非常に細かな空隙を通過して下方へと移動することが明らかとなった。これは実際の地下において不透水層の表面に滞留した溶剤原液が、微細なクラックなどを經由してさらに下方へと移動するために汚染が拡散する可能性を示している。

本課題では、この界面活性剤が共存した場合に起こる有機塩素系溶剤の下方浸透性の増大現象について、どのような物理・化学的因子が寄与しているのかを実験室レベルで明らかにすることを目的としている。そして、汚染の拡散を引き起こすことなく安全に漏出溶剤を回収できる洗浄剤の選択が行えるような指針を設定することを最終的な目標としている。

2. 研究の進捗状況

(1) 当初の目的については、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンの直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム、セチルトリメチルアンモニウム臭化物、ポリオキシエチレン(23)ラウリルエーテルの各種濃度の水溶液への飽和溶解度を測定すると共に、ガラスビーズ充填

カラムでの下方浸透性の測定を行った。界面活性剤の種類と濃度により、下方浸透可能なビーズサイズが異なることが明らかとなった。特に、直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム添加では、界面活性剤が高濃度になると下方浸透性が減少し、大きな空隙を必要とすることが明らかとなった。また、非イオン性のポリオキシエチレン(23)ラウリルエーテルでは下方浸透に非常に大きな空隙を必要とすることも明らかとなった。界面活性剤の種類と濃度による下方浸透性の差異について、界面活性剤のガラスビーズ界面への吸着性などからの検討を行っている。

(2) 界面活性剤水溶液中での有機塩素系溶剤の化学分解反応について、既に終了した基盤研究（C）(No.15510083)からの継続課題として検討を行った。テトラクロロエチレンとトリクロロエチレンの脱塩素還元分解では、水素化分解と β -脱離の2通りの反応が関与すること、 β -脱離反応の速度は純水中および5種類の界面活性剤水溶液中でそれ程大きな差はなく、全反応速度の大小は水素化分解反応がどの程度上乘せられるかによって決まることが分かった。陰イオン性界面活性剤の直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムおよびドデシル硫酸ナトリウム添加では、この割合が大きいために速度が大きくなっていることが分かった。 β -脱離反応では毒性の低いクロロアセチレン類が生成するが、水素化分解反応では毒性の強いクロロエチレン類が生成することから、洗浄剤を利用した浄化法を利用する場合には、陰イオン性界面活性剤の使用は控えるべきであることが明らかとなった。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

当初からの課題については、高濃度の陽イオン性および非イオン性界面活性剤の簡便な定量法に問題があり、吸着量の測定が当初計画よりも遅れているが、トリクロロエチレン以外の有機塩素系溶剤の下方浸透について、有用なデータの蓄積が進んでいる。また、関連する新たな検討内容として、ミセル生成条件下での有機塩素系溶剤の化学分解速度を測定し、反応機構の詳細な解明を行うことができた。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 当初からの研究課題である下方浸透に関しては、さらに幾つかの有機塩素系溶剤について、ガラスビーズカラムでの観察を行い、下方浸透の量および速度とビーズ空隙サイズ、界面活性剤の種類、濃度との関係を明らかにする。さらにこのような下方浸透性を支配する因子として、界面活性剤のガラスビーズ表面への吸着量を測定する。

(2) 終了課題 (No. 15510083) から継続の有機塩素系溶剤の化学分解に関しては、ほぼ測定は終了している。分解反応で発生する物質の毒性を考慮して、洗浄剤注入法で使用可能な界面活性剤の種類と濃度の設定に向けた準備を行う予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① Ayoub, S. R. A., Inaba, K., Iwasaki, K., Doi, T., Uchiyama, H.: Effect of several surfactants on rates and pathways of reductive dechlorination reaction of three chloroethylenes by zerovalent iron powder, *Environ. Sci.*, **23**, 18-30 (2010).

② Ayoub, S. R. A., Uchiyama, H., Iwasaki, K., Doi, T., Inaba, K.: Effect of several surfactants and high-molecular-weight organic compounds on decomposition of trichloroethylene with zerovalent iron powder, *Environ. Technol.*, **29**, 363-373 (2008).

③ Kong, H. J., Iwasaki, K., Doi, T., Inaba, K.: Changes in solubility and migration behavior of trichloroethylene by addition of several surfactants and high-molecular-weight organic compounds, *Environ. Sci.*, **20**, 477-483 (2007).

[学会発表] (計2件)

① アイヨウブ サメー・内山裕夫・岩崎一弘・土井妙子・稲葉一穂: 鉄粉によるクロロ

エチレン類の脱塩素分解反応の経路と界面活性剤の影響, 第43回日本水環境学会年会, 山口, 平成21年3月; (講演集, 3H-11-4) (2009).

② アイヨウブ サメー・内山裕夫・岩崎一弘・土井妙子・稲葉一穂: 鉄粉によるトリクロロエチレンの分解に及ぼす界面活性剤および高分子量有機化合物の影響, 第42回日本水環境学会年会, 名古屋, 平成20年3月; (講演集, P-B05) (2008).