

エレクトロレメディエーションによる 6 価クロム汚染土壌浄化法

北大院・地球環境 学生会員 ◦木村智之、田中俊逸

1. 目的

近年、6 価クロムによる土壌汚染が深刻化している。6 価クロムは皮なめし剤やメッキ剤など幅広く使用されているが、その強い酸化力から人体に非常に有害で、発癌性も指摘されており、効果的な浄化法の開発が強く望まれている。土壌の重金属汚染処理法としてエレクトロレメディエーション (Electrokinetic remediation: **EK**) が注目されている。EK 法は、直接土壌中に電位を印加することで発生する動電現象（電気泳動、電気浸透）を用いて、原位置にて汚染物質を除去するものであり、透水性の低い箇所でも利用できるという利点を有する。しかしながら、汚染物質移動後の処理などの課題も多く、この方法のさらなる効率的な改善も要求されている。一方、鉄粉を汚染物質の分解や捕集に用いる方法が報告されている。鉄粉には有害な 6 価クロム($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)を人体に対し無害な 3 価クロム(Cr^{3+})に還元する働きがあり、その機能を利用した還元法が研究されている。鉄を用いた処理法としてはフェライト化も知られており、フェライト化剤による還元能および不溶化能も報告されている。本研究の目的は 6 価クロムに汚染された土壌の修復を目指し、EK 法と土壌中の反応壁として鉄粉またはフェライト化剤を適用することで、土壌中でクロムの還元処理を行い、EK 処理法全体の効率化を目指すものである。

2. 実験方法

＜模擬土壌＞模擬土壌は粘土鉱物であるカオリンを用い、予め含まれる金属類を塩酸処理し取り除き、pH 7.0 に調整した後、乾燥させた。模擬汚染土壌は二クロム酸カリウム水溶液および緩衝溶液を添加し、含水率 30%、土壌 pH 7.0 に調整した。反応壁用の鉄粉は関東化学工業製、フェライト化剤のポリ硫酸第二鉄はラサ工業製を用いた。鉄粉反応壁およびフェライト化剤充填土壌は、鉄濃度が 1000 ppm となるように土壌に添加した。

＜泳動試験＞EK 法による実験には Fig. 1 に示す装置を用いた。泳動槽に陽極槽から中央部までに 6 価クロム濃度 100 ppm の模擬汚染土壌を充填し、残り半分にはフェライト化剤を添加した土壌、あるいはフェライト化剤を添加しない緩衝溶液のみで調製した土壌を配置した。陽極および陰極には Pt/Ti 電極を使用し、定電圧 (20 V) を一定時間印加した。

＜濃度測定＞土壌中のクロムの抽出操作はサンプルに対し塩酸を抽出溶媒とし、振とう後、遠心分離器にて上澄みを分離した。クロム濃度は原子吸光スペクトルにて求めた。また、還元能を調べるため、土壌中の 6 価クロム濃度を上記上澄み溶液に対しジフェニルカルバジド吸光光度法を用いて測定した。

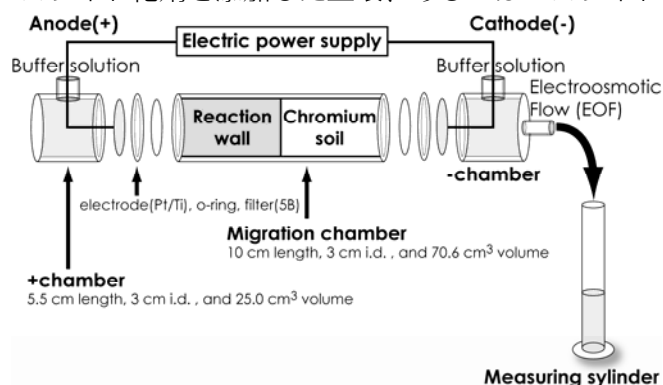


Fig. 1. Schematic diagram of electrokinetic remediation apparatus.

キーワード 界面動電法、土壌、環境修復、クロム、還元法

連絡先 〒060-0810 北海道札幌市北区北十条西5丁目 [北海道大学](http://www.hokudai.ac.jp) [大学院地球環境科学研究科](http://www.ees.hokudai.ac.jp) [生体機能化学講座](http://www.ees.hokudai.ac.jp) TEL&FAX: 011-706-2219, e-mail: tomoto@ees.hokudai.ac.jp

3. 結果と考察

＜クロムの移動挙動＞Fig. 2 は反応壁がない土壤中での電位印加後のクロム濃度分布を示している。横軸は陽極からの相対距離を示しており、電位印加前に0.5-1部分に100 mg/kgの6価クロムが含まれていることを示している。クロム酸イオンは2価の陰イオンであり、電位を印加すると陽極方向に電気泳動する。24時間印加後ではクロムは原位置から0.3-0.6付近に移動していることが確認できる(a)。48時間後では、クロムが陽極槽側である0.2-0.5付近に移動していることが分かる(b)。72時間後では土壤中からクロム濃度はほとんど検出されず、陽極槽からクロム濃度が検出された(c)。いずれの場合も全クロム濃度と6価クロム濃度はほぼ等しく、土壤中では6価クロムとして存在していることが分かる(a-c)。

＜鉄粉反応壁＞Fig. 3 は鉄粉反応壁を0.4-0.5に導入し、電位印加後のクロム濃度分布を示している。クロムの初期濃度および充填位置はFig. 2と同様である。24時間後ではクロムは陽極方向に移動していることが分かる。この時、全クロム濃度と6価クロム濃度はほぼ等しく、クロムの多くは6価クロムとして存在しており、陽極方向に電気泳動によって移動していると考えられる(a)。48時間後では全クロム濃度は0.8付近に高濃度で検出されているが、24時間後の結果と比較して6価クロム濃度の減少が確認できる(b)。これは陽極方向に向かって移動したクロム酸イオンが、鉄粉反応壁部分で6価クロムから3価に還元され、陽イオンとなって陰極方向に向かって泳動したためと考えられる。

＜フェライト化剤反応壁＞Fig. 4 はフェライト化剤であるポリ硫酸第二鉄を添加した土壌を0-0.5に充填し、電位印加後のクロム濃度の分布を示している。24時間後、48時間後ともに全クロム濃度は0.7-0.8付近に多く検出されている。しかしながら、6価クロム濃度は非常に低く、鉄粉反応壁を利用した場合と比較して非常に高い3価クロムへの還元を示している。還元後のクロムが0.7-0.8付近に多く検出されるのは、土壌のアルカリ性による水酸化物沈殿形成によるものと考えられる。

4. まとめ

従来の電位印加による浄化法では、完全に汚染物質を取り除かなければ、返って汚染地域の増大を引き起こす可能性がある。鉄粉反応壁を用いることにより、6価クロムの還元だけでなく、6価クロムを特定の場所への封じ込めることなどにも利用できると考えられる。

5. 参考文献

1) Y.B. Acar, A.N. Alshawabkeh, *Environ. Sci. Technol.* 27 (13) (1993) 2638.

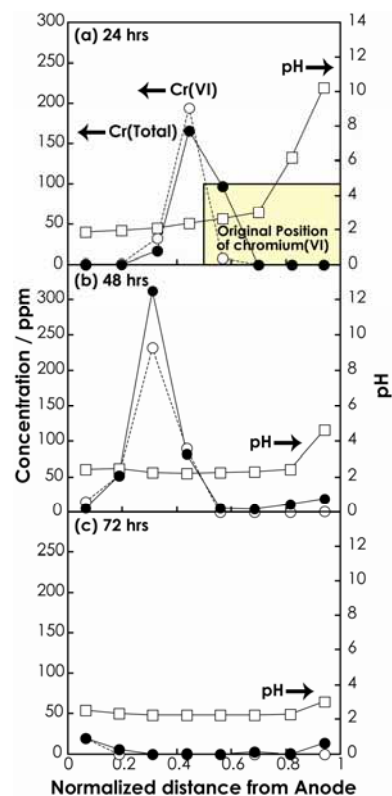


Fig. 2. Removal of chromium(VI) from contaminated soil by Electrokinetic remediation with reaction wall. Applied voltage= 20 V.

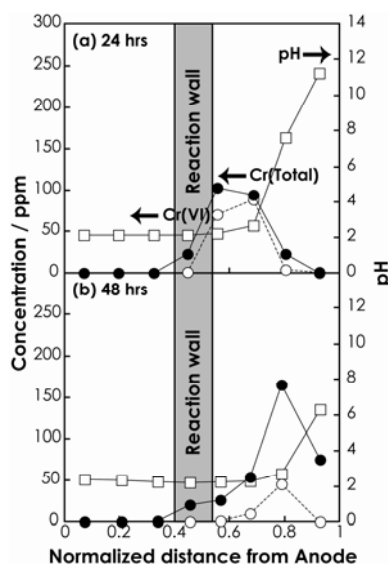


Fig. 3. Reduce of chromium(VI) from contaminated soil by Electrokinetic remediation with reaction wall. [iron]= 1000 ppm, applied voltage= 20 V.

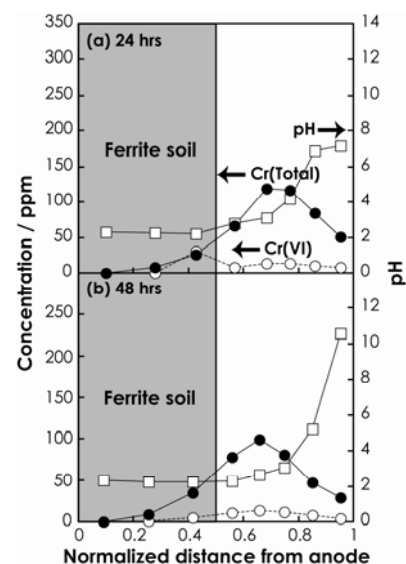


Fig. 4. Reduce of chromium(VI) from contaminated soil by Electrokinetic remediation applied ferri-te soil. [ferrite]= 1000 ppm, applied voltage= 20 V.