

## 電気浸透法とフェライト法による重金属汚染土の不溶化に関する基礎的考察

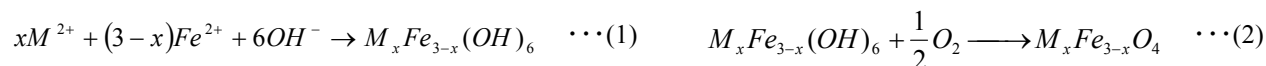
九州大学大学院 学○田尻雄大 F 落合英俊  
正 大嶺聖 学 小野智史

### 1.はじめに

現在、重金属汚染土を浄化または不溶化させるための様々な技術が開発されている。本研究では排水の処理等に用いられるフェライト法を重金属汚染土に適用し、磁気分離を用いることにより重金属の浄化を目的としている<sup>1)</sup>。これには、フェライト法を適用する前に地盤内の重金属を一箇所に濃縮することにより効率的に浄化を行うことができると考えられ、本報告ではこれまでいくつかの研究が行われている電気浸透法に注目し汚染土中に二価の鉄イオン $\text{Fe}^{2+}$ を添加した状態で電気浸透法における陰極側への重金属イオンの濃縮効果、さらに陰極側での汚染土の溶出抑制効果を明らかにする。

### 2.電気浸透法とフェライト法の併用に関する考え方

電気浸透法は土中に電極を挿入し、直流電流を通じることにより生じる導電現象により汚染物質を電極側に濃縮させ除去を行う手法である。電気浸透法では汚染物質の移動と共に間隙水の電気分解も同時に生じる。陽極で発生する水素イオン $\text{H}^+$ は土中 pH を低下させ土粒子と陽イオンの解離に好都合であるが、陰極で発生する水酸化物イオン $\text{OH}^-$ は移動してきた陽イオンと反応し水酸化物として沈殿し除去ができなくなる<sup>2)</sup>。このように電気浸透法においては陰極側のアルカリ化が問題点の一つであるがフェライト法には以下の式のように  $\text{OH}^-$  と  $\text{Fe}^{2+}$  を必要とする<sup>3)</sup>。



このようなことから土中に  $\text{Fe}^{2+}$  が存在するとすれば電気浸透法を適用することによって土中の重金属イオンと  $\text{Fe}^{2+}$  は陰極側に移動・濃縮され、陰極より供給される  $\text{OH}^-$  により複合水酸化物として沈殿し、高温( $60 \pm 1^\circ\text{C}$ )での酸化を行うことによってさらに溶出を低減し、磁気分離によって除去できる可能性のあるフェライトになると考えられる。

### 3.実験方法

試料はカオリン粘土に硝酸鉛水溶液を添加し鉛の含有量が  $300\text{mg/kg}$  としたものを模擬汚染土とした。さらにこの模擬汚染土に  $2\text{Fe}^{2+}/\text{Pb}^{2+}=20$  となるように第一硫酸鉄 $\text{FeSO}_4$ を加えた。この  $\text{FeSO}_4$  の添加はフェライト法に必要な  $\text{Fe}^{2+}$  の供給だけでなく土の pH を低下させることによって土粒子と  $\text{Pb}^{2+}$  を解離させる脱離剤としての役割を担っている。その後模擬汚染土はよく練り混ぜたのちに  $\omega=50\%$  に調整し  $4 \times 2 \times 12\text{cm}$  の供試体を作成して図-2 の様な装置に充填した。この  $\text{FeSO}_4$  の添加はフェライト法に必要な  $\text{Fe}^{2+}$  の供給だけでなく土粒子と  $\text{Pb}^{2+}$  を解離させる脱離剤としての役割を想定した。なお陰極側のタンクはアルカリ化を促進するために 1% の  $\text{NaOH}$  水溶液で満たした。模擬汚染土には  $3\text{V/cm}$  の電圧を印加し 240 時間の通電を行った。通電後陽極側より模擬汚染土を 5 つのセクションに等分し、それぞれのセクションの pH、酸化還元電位 $\text{ORP}$ 、鉄と鉛の含有量を測定した。さらにフェライト化の条件がそうと想定しているセクション5については試料を風乾させた後溶媒の pH を変化させてバッチ試験を行い、フェライト特有の不溶化効果を検討した。

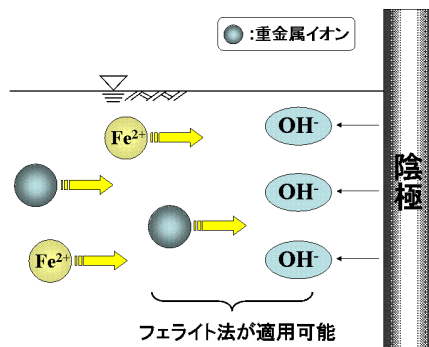


図-1 電気浸透法の模式図

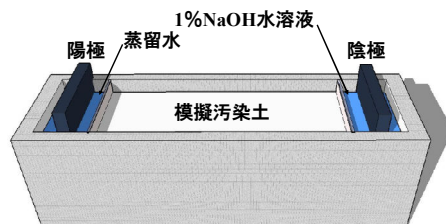


図-2 実験装置図

#### 4.実験結果と考察

図3は通電後の各セクションの pH と ORP であるが 1～4 のセクションでは酸性を保っておりセクション 5 だけがアルカリ性となっている。1～4 のセクションにおいて酸性を保っていたことより  $Pb^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$  共に土粒子に吸着されずに電気浸透が行えたものと考えられる。また図4は通電後の各セクションの鉛、鉄それぞれの含有量であるが、どちらも 1～4 のセクションでは初期の含有量より減少し、 $Pb^{2+}$ ・ $Fe^{2+}$  はセクション 5 に移動し濃縮されていることがわかる。図4のように  $Fe^{2+}$  においてはセクション 5 での濃縮が顕著に見られるが  $Pb^{2+}$  では初期含有量の 1.6 倍程度の含有量しか濃縮されていない。つまり電気浸透において  $Fe^{2+}$  は効率よく移動できたが  $Pb^{2+}$  において効率の良い移動ができなかったことを示している。この原因としては  $Fe^{2+}$  が  $Pb^{2+}$  に比べ土中に多く存在していたことや  $Fe^{2+}$  の添加によって  $Pb^{2+}$  の移動に何らかの影響を与えたものと考えられる。今回の実験においてはフェライト化を行う際に必要な高温での酸化の工程を行っていないため、セクション 5 においては鉄と鉛の複合水酸化物まで処理されたことになる。ただしこの複合水酸化物は非常に酸化されやすいものでありここで簡便的に複合水酸化物と称しているが実際は室温程度で大気中の酸素や土中の溶存酸素によって酸化されたものと考えられる。図5は通電後のセクション 5 における不溶化効果を示したものである。通電前の模擬汚染土も同様に示す。セクション 5 においては通電により  $Pb^{2+}$  が濃縮され含有量が増大したため pH が 1～2 の強酸性下では溶出量が增大しているが、それ以外の領域においては非常に高い不溶化効果を発揮していることがわかる。特に弱酸性域やアルカリ性域においては初期汚染土に比べて大きいところで 1/100 程度まで溶出が抑制された。

#### 5.まとめ

今回  $Pb^{2+}$ ・ $Fe^{2+}$  を添加した理想的な模擬汚染土を用い、高温での酸化過程を省略して実験を行ったところ陰極側以外においては初期の  $Pb^{2+}$  の含有量と通電後の含有量に大きな差が見られなかったが、陰極側に濃縮された  $Pb^{2+}$  は  $Fe^{2+}$ ・ $OH^-$  の存在によって複合水酸化物とすることができ、弱酸性域からアルカリ性域において効果的に溶出を抑制させることができた。しかしながら汚染土全体の溶出を抑制させるためには、電気浸透法による陰極側への濃縮効果を向上させる必要がある。今回の実験において  $Pb^{2+}$  の陰極側への濃縮が顕著に見られなかった理由としては土中に多大な  $Fe^{2+}$  が存在し  $Pb^{2+}$  の移動を阻害したことが主な原因と考えられる。今後は陰極側において高温 ( $60 \pm 1^\circ C$ ) での酸化を行うことにより、複合水酸化物をフェライトとすることで更なる溶出抑制効果の向上や、磁気分離が適用できる状態にあるのかなど追加の実験を行う必要がある。

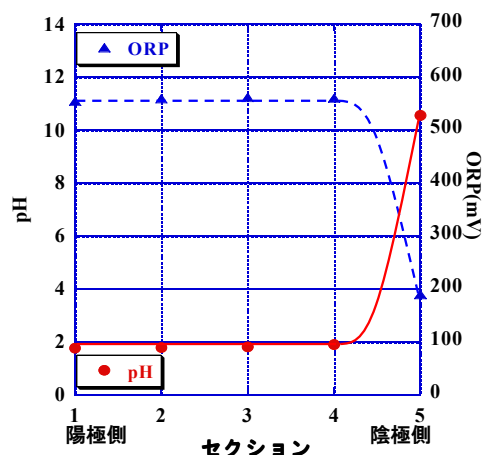


図-3 通電後のpH・ORP

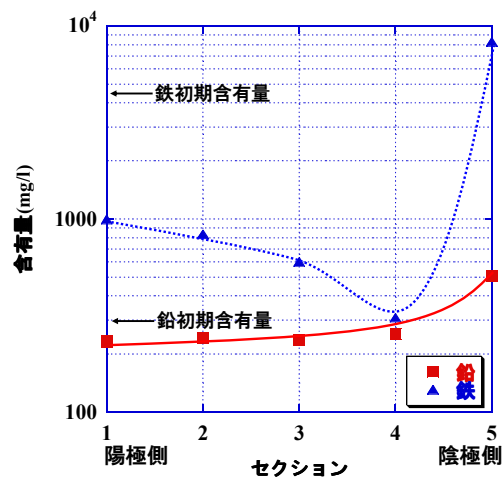


図-4 通電後の鉄・鉛の含有量

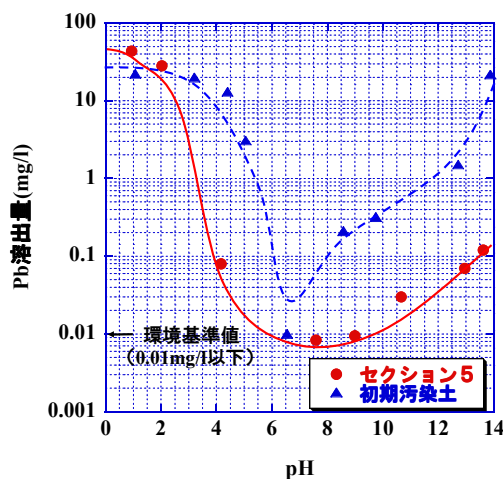


図-5 セクション5における不溶化効果

- 【参考文献】 1) 田尻雄大：「磁気分離による重金属汚染土の浄化に関する基礎的実験」第41回地盤工学研究発表会 2006-7  
 2) 和田信一郎：「電気泳動・電気浸透による有機無機複合汚染土壌の浄化技術の基礎付け」H11-13年度科学研究費補助金研究成果報告書 2002 3) 岡本祥一：「セラミックス」11 No3 pp124-241 水処理への磁気応用 1976