

フェライト法による重金属汚染土の不溶化効果

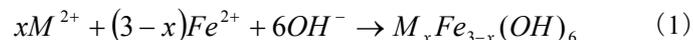
九州大学工学部 学○田尻 雄大
九州大学大学院 F 落合 英俊
九州大学大学院 正 大嶺 聖

1.はじめに

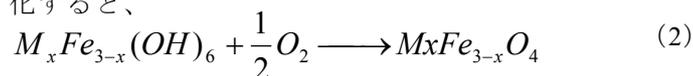
重金属イオンは土粒子に非常に強く吸着されるので容易に除去することは難しく、特に透水性の悪い土盤での重金属汚染物質の除去はまだ有効な技術がなくその技術の確立が求められている。これまで難透水性の土にも適用可能とされる電気浸透を用いた浄化技術が研究されてきたが、陰極側でアルカリ状態となり、汚染物質イオンが沈殿するために完全に重金属を除去することが困難であった。本報告では重金属を含む廃水の処理で使用されているフェライト法¹⁾²⁾を汚染土に適用し、その物理化学特性と不溶化特性について明らかにする。

2.フェライト法と電気浸透法の適用に関する考え方

Fe²⁺イオンはアルカリ下で水酸化物として沈殿する際に



の反応で周りの金属イオン (M) を結晶内に取り込み複合酸化物として沈殿する。この複合酸化物を高温 (>60℃) で空気酸化すると、



の反応を経てフェライトとなる。フェライトは強い磁性を保持しており磁気分離によって容易に除去が可能である。このようにフェライト化を行うには Fe²⁺イオンと水酸化物イオンが必要である。そこで次の実験により電気浸透法を用いた場合にフェライト法が適用できる条件（鉄イオンの形態や水酸化物イオンの量）であるかを検討した。

鉄の含有量が 5mg/kg、含水比 50%としたカオリン粘土を 2cm×4cm×13cm に形成したものを供試体とした。これに図 2 のように 2V/cm 電圧を与え 24 時間通電を行った。また供試体は陽極側より 5 つのセクションに分け、通電後各セクションの pH と酸化還元電位 (Eh) を測定した。図 3 は実験結果である。鉄が水溶液中でイオンの状態で存在する場合と水和酸化鉄として沈殿する場合の区分は図中の破線で示される。陰極側では水の電気分解により水酸化物イオンが発生しアルカリ性となっておりフェライト法を適用するのに好条件となっている。しかし陰極側に移動してきた鉄イオンは Fe³⁺の形態で水酸化物イオンと化合し、水酸化物を形成しているのがわかる。図 3 より鉄を 2 価の状態にするには pH を高くする必要がありと考えられる。今回の実験では通電時間が短かったことより、長時間の通電によって陰極側の強アルカリ化を図り、陰極付近でフェライト法を適用できるような条件が作られると考える。

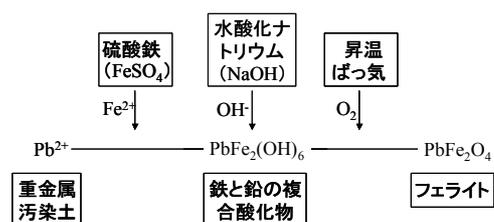


図 1 フェライト生成のフローチャート

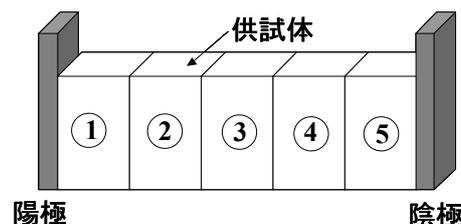


図 2 実験装置

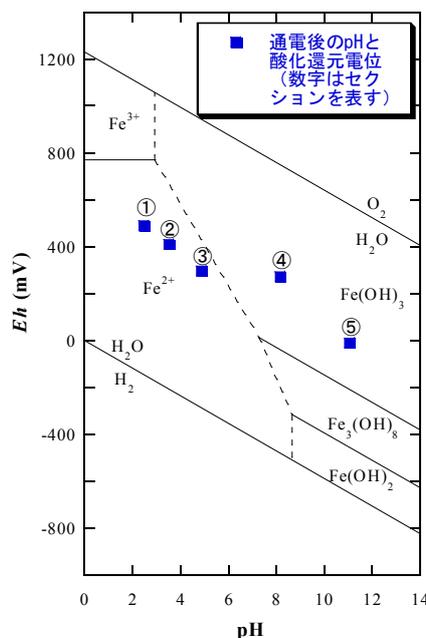


図 3 水和酸化鉄に対する Eh-pH 関係

キーワード 重金属汚染土 フェライト法 不溶化

福岡市東区箱崎 6-10-1【九州大学工学部 4 号館（水工）】 Tell:092-642-3286 FAX:092-642-3285

3. フェライト処理土の物理化学特性

実験ではカオリン 10g に 1000mg/l の Pb^{2+} を 10ml 加え模擬汚染土とした（鉛の含有量 1g/kg）。模擬汚染土に 0.2mol/l の硫酸鉄($FeSO_4$)水溶液を加え、鉄と鉛の複合水酸化物 [$PbFe_2(OH)_6$] を生成した。さらに図 1 のような手法でフェライト化($PbFe_2O_4$)を行った。汚染土は鉄と鉛の mol 比を 40 に調節した。このように汚染土にフェライト処理を行ったところ処理土は図 4 のような強い磁性を示した。また図 5 はカオリン、フェライト処理土およびフェライト生成物を X 線回折の結果である。これより今回の実験によるフェライト処理土は、理想的なフェライト

($PbFe_2O_4$) だけで形成されておらず実際は様々な鉄と鉛の化合物で形成されていることがわかる。この原因としては、フェライトが形成される際の過程の酸化機構は非常に複雑であり溶存する酸素の量、温度、pH などによって違う酸化機構をたどり様々な鉄と鉛の化合物を形成したためと考えられる。

4. フェライトの不溶化特性

フェライト不溶化特性を評価するため、3 と同様の条件で複合水酸化物、フェライトまでそれぞれ処理を行った。その後塩酸で pH を調整し、液固比を 10 : 1 とした後、環境庁告示 46 号に準じたバッチ試験を行い原子光光度計で上澄みの Pb^{2+} イオンの濃度を測定した。図 6 は 3 つの試料における pH を変化した場合の Pb^{2+} イオンの濃度である。このようにアルカリ領域では鉛が両性金属であるため、汚染土は溶出量が増加しているが、鉄と鉛の複合水酸化物、フェライト化処理土は原子光光度計の測定範囲を下回り、ほとんど Pb^{2+} イオンは検出されなかった。さらに酸性域でも複合水酸化物、フェライトともに汚染土の溶出量を大きく下回ったが、環境基準値を下回るほどの不溶化効果は見られなかった。ただ、今回はかなり Pb^{2+} イオン濃度が高い条件下で実験を行ったので実際はもっと溶出が抑えられると考えられる。このように汚染土にフェライト法を適用した場合、高い不溶化効果を発揮した。

5. まとめ

電気浸透による陰極側のアルカリ化ではフェライト法の適用に値する程の条件には至らなかった。今後さらに長時間の通電を行なう必要があると考える。また、フェライト法を重金属汚染土に用いると、重金属イオンの溶出がかなり低減され、特にアルカリ性の条件の下では溶出量が環境基準値を下回る値であったことより不溶化技術としても利用できる可能性があることを示した。今後、純粋なフェライト ($PbFe_2O_4$) を生成する手法を検討するとともに、磁気分離を適用することによるフェライトの除去を行う予定である。

【参考文献】 1) 岡本祥一：『セラミックス』11 No3pp124-241 水処理への磁気応用 1976 2) 田尻雄大・落合英俊・大嶺聖：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 回地盤工学研究会講演集（印刷中）

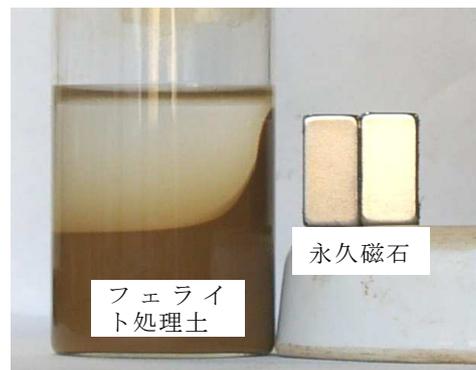


図 4 磁気力によって引き寄せられる様子

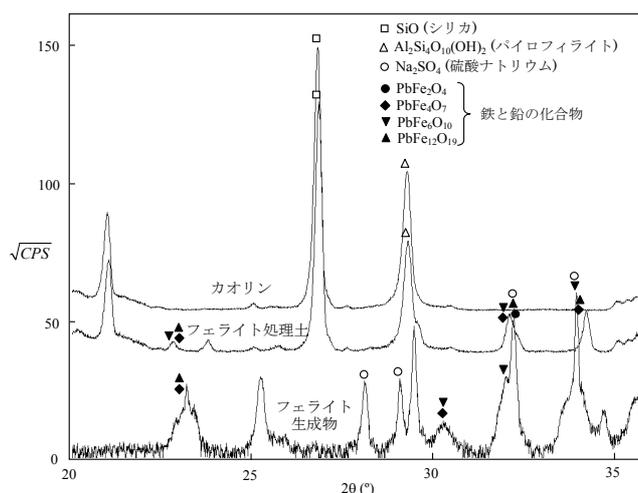


図 5 各試料の X 線回折結果

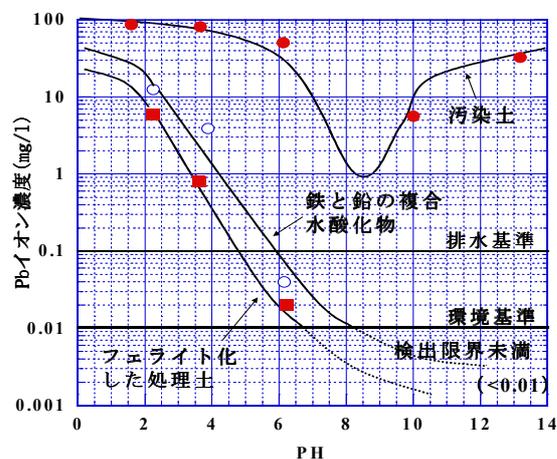


図 6 pH の変化による溶出量の違い