

フェライト法と磁気分離を用いた重金属汚染土の不溶化及び浄化効果

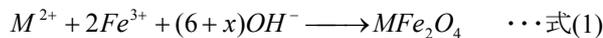
九州大学大学院 学○田尻雄大 F 落合英俊
正 大嶺聖 学 足立真一

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。本研究では重金属を含む排水の処理等に広く用いられているフェライト法¹⁾に着目し、重金属汚染土への適用を提案している。これにより本研究ではフェライトの持つ特性より不溶化効果、さらに磁気分離による浄化効果の二点から重金属汚染土にアプローチできると考えている。またフェライト化の手法として一般的に用いられている加熱・酸化を必要とする酸化法ではなくこれらの過程を必要としない共沈法によるフェライト化を用いることで、より簡便な処理が可能であると考えられる。今回はフェライト法を鉛による模擬汚染土に適用した場合の不溶化効果、さらに超伝導マグネットを用いた磁気分離による浄化効果について有効な知見が得られたので報告する。

2.フェライト法の概要

フェライト法は主に重金属を含む排水の処理に用いられ、鉄が有する共沈作用によって水溶液中の重金属イオンをスピネル結晶内に取り込みながら沈殿させる手法でありフェライト法によって得られる亜鉄酸塩を総称してフェライトという。フェライト法は基本的に次のような式で表される²⁾。



ここで式(1)のMはフェライト法によって処理できる重金属を表している。また、対象とする重金属が鉄のときはFe₃O₄と表され、特にこの場合の亜鉄酸塩をマグネタイトと称する。フェライトの特長として、多種の重金属イオンを同一の過程により一括して処理できる、重金属はフェライト結晶内に取り込まれ化学的に安定である、フェライトは強磁性を示し磁気分離によって容易に除去できるといったことが挙げられる。また、本研究ではこのフェライト法を重金属汚染土に適用し、フェライトの特長である化学的に安定といったことから重金属の不溶化効果、さらに含有量基準を超過している場合は強磁性を有するフェライト生成物を磁気分離によって除去できるのではないかと考える。

3.フェライト処理土及びマグネタイト添加による不溶化効果

3.1 実験方法

実験ではカオリン粘土に鉛溶液を加え鉛の含有量を300mg/kg-drysoilとし、pH5.82としたものを模擬汚染土とした。さらに図-1に示す通り、第一・第二硫酸鉄によりII価とIII価の鉄イオンを模擬汚染土に添加した後に水酸化ナトリウムでアルカリ化を行う共沈法によってフェライト処理を施したものをフェライト処理土とした。なお今回の実験においては鉄と鉛のmol比が80となるように硫酸第一・第二鉄を添加した。さらに模擬汚染土にフェライト処理土と同量の鉄を用いて別に生成したマグネタイトを添加したものをマグネタイト混合土とした。これらの試料は環境庁告示第46号に準じてバッチ試験を行い、溶出特性については溶媒のpHを塩酸・水酸化ナトリウム水溶液を用いて変化させ各試料の溶出特性を評価する。

3.2 実験結果

図-2に溶出試験結果を示す。鉛は両性金属であるため酸性域で溶出し中性域に近づくにつれ析出し、溶出量が低減するがアルカリ域で再溶出する。マグネタイト処理土は環境基準値(0.01mg/l)を満足しなかったが、全ての領域において未処理土より溶出量が低減された。これはマグネタイトが鉄粉と同様に重金属を吸着するいわゆる凝集剤の役割をしたためと考えられる。さらにフェライト処理土はマグネタイト処理土よりもすべての領域において溶出量は低減されており、中性域においては環境基準値を下回る結果となった。これより鉛がスピネルフェライト結晶内にとりこまれ、安定な形態となりこのような溶出特性を示したものと考えられる。

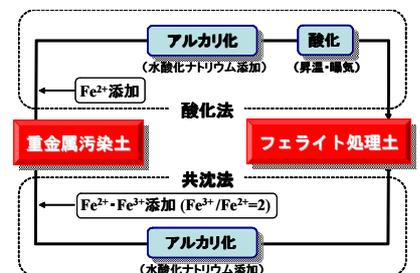


図-1 フェライト化フロー

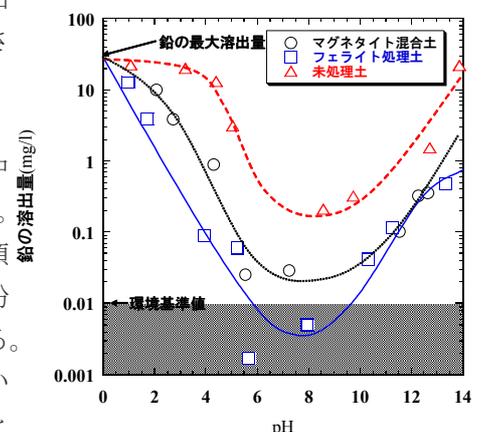


図-2 各試料の不溶化特性

4.超伝導マグネットを用いたフェライト処理土及びマグネタイト処理土の磁気分離実験

4.1 実験方法

模擬汚染土(鉛の含有量 1000mg/kg-drysoil)に鉛と鉄の mol 比が 80 となるようにマグネタイトを添加したものを case-1 とする。模擬汚染土に鉛と鉄の mol 比が 20 となるようにマグネタイトを添加し、その後鉛と鉄の mol 比が 60 となるように第一・第二硫酸鉄を添加し、先の実験と同様に共沈法によってフェライト化したものを case-2 とする。同様に表-1 に示すように試料を作製した。つまり case-1 はマグネタイト混合土で case-4 はフェライト処理土である。各試料は懸濁状にし、図-3 に示すような磁気分離装置によって磁気分離を行う。

今回実験で用いた超伝導マグネットによる磁気分離では比較的広い磁場を得られることや磁場の大きさを自由に変化ができるので大量処理が可能である。分離装置のステンレスフィルタの周りには超伝導マグネットより非常に強い磁場が発生しており磁性を持つもの、つまり土中のフェライト及びマグネタイトはステンレスフィルタに吸着され、そのほかのものは通過し、浄化するという仕組みになっている。なお磁気分離を行った試料は 1mol の塩酸を用いて鉛の含有量を測定する。

4.2 実験結果

図-5 に磁気分離後の各試料の鉛の含有量を示す。これより case-1~case-3 においては環境基準値を下回るほどの浄化効果が見られた。特に case-1 においては 99% 近くの鉛を除去することができた。これは土中に添加したマグネタイトが鉛を吸着し、そのままフィルタに捕捉されたためである³⁾。また case-4 においても環境基準値は満たさなかったが 70% の鉛を除去でき、フェライト処理・マグネタイト添加により効果的に鉛を浄化が可能であることを確認した。

また図-4 は各試料の通過率を表したものである。ここで通過率とは初期の試料の乾燥重量とフィルタ通過後の乾燥重量の百分率を通過率として表したものであり、磁気分離の効率を表すものである。これより各試料とも 70% 程度の値を示しており、比較的効率よく磁気分離を行えたものと考えられる。ここでフェライト処理土である case-4 はマグネタイト処理土 case-1 よりも鉛の除去・通過率ともに下回る結果を得た。これはフェライト処理の過程においてフェライトが土粒子を吸着したことが原因と考えられる。

5.まとめ

今回はフェライト処理土・マグネタイト混合土の不溶化特性及び磁気分離による浄化実験について報告を行った。不溶化特性についてはフェライト処理土、マグネタイト混合土ともに不溶化効果が得られることを確認したが不溶化技術としてはフェライト処理土のほうが優れた結果を示した。また超伝導マグネットを用いた磁気分離実験において土中でフェライト化を行ったフェライト処理土は 70% 程度の鉛を浄化することができた。さらにマグネタイトを添加することにより浄化効果が高まることが示された。しかしながらフェライト化の過程においてフェライトが土粒子まで吸着していると考えられ、フェライト処理だけの浄化の効率を高めるにはこのフェライトと土粒子の吸着を防ぐ必要がある。

【参考文献】1)内野和博、小笠原武史:フェライト生成法による水溶液中の重金属イオンの除去 「川崎製鉄技報」Vol.12,No.4 1980
2) 岡本祥一:「セラミックス」11 No3 pp124-241 水処理への磁気応用 1976 3) 三浦俊彦;鉄粉を利用した六価クロム汚染土の洗浄無害化技術の開発 「大林組技術研究所報」No.69 2005

表-1 磁気分離実験条件

試料名	鉛含有量 (mg/kg-drysoil)	含水比 (%)	鉛:鉄(マグネタイト):鉄(フェライト) [mol比]
case-1	1000	5285	1:80:0(マグネタイト混合土)
case-2	1000	5323	1:60:20(マグネタイト混合土+フェライト処理土)
case-3	1000	3353	1:40:40(マグネタイト混合土+フェライト処理土)
case-4	1000	4631	1:0:80(フェライト処理土)

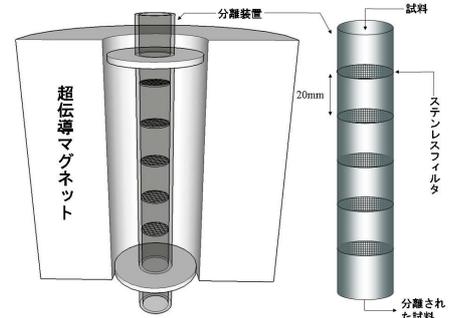


図-3 磁気分離実験装置

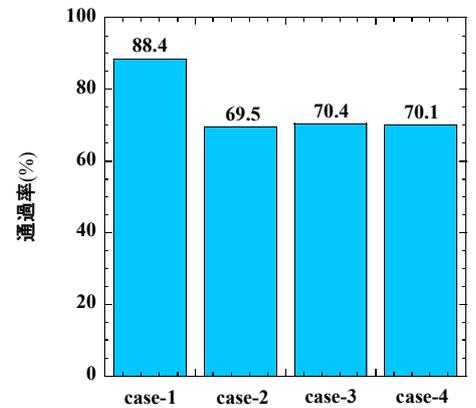


図-4 各ケースの通過率

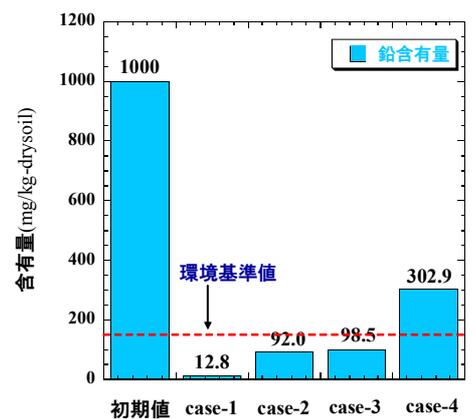


図-5 磁気分離後の鉛含有量