

重金属汚染土の不溶化における鉄鋼スラグの有効利用

九州大学 学○足立真一 F 落合英俊
正 大嶺聖 学 田尻雄大

1.はじめに

鉄鋼スラグは鉄鋼製造工程において発生する産業副産物である。現在ではこのほとんどが再資源として利用されているが、建設リサイクル法による他の再生材との競争により新たな用途開発が求められている。そこで本研究では排水の処理等に用いられるフェライト法を用いた重金属汚染土の不溶化¹⁾に鉄鋼スラグの利用を試みている。鉄鋼スラグを用いることにより廃棄物の有効利用による環境負荷低減、低コストの画期的な不溶化技術となる。本報告では鉄鋼スラグを用いることによる不溶化効果について明らかにする。

2.鉄鋼スラグのフェライト法への適用方法

鉄鋼スラグは生成の違いで大きく製鋼スラグと高炉スラグに分類され、製鋼スラグは鋼を作る際に発生し、高炉スラグは銑鉄を作る際に発生する副産物である。表1に鉄鋼スラグの主成分の化学組成例を示している。鉄鋼スラグの主成分は石灰 (CaO) やシリカ (SiO₂) であるが、Fe も含有し、高 pH を有している。本研究ではこの鉄鋼スラグが Fe を含有している点、高 pH を有する点の二つに着目し、フェライト法への適用を検討する。適用方法として図1の排水のフェライト化フローにおける Fe²⁺ 添加過程において鉄鋼スラグから溶出する Fe を利用し、アルカリ化の過程において鉄鋼スラグの高 pH を利用するものである。フェライト処理することにより鉛だけでなく、多種の重金属イオンを一括して処理でき、生成されたフェライトが化学的に安定であるため再溶出しにくくなることが考えられる。

表1 鉄鋼スラグの化学組成例

	CaO	SiO ₂	T-Fe	Al ₂ O ₃
鉄鋼スラグ(転炉)	45.8	11	17.4	1.9
高炉スラグ	41.7	33.8	0.4	13.4

鉄鋼スラグ協会ホームページより (%)

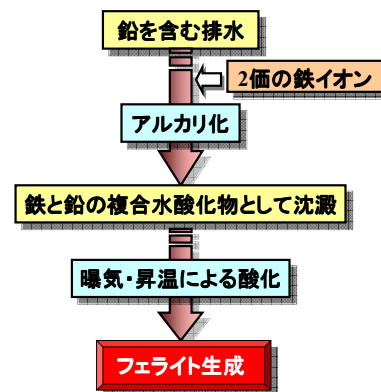


図1 フェライト化フロー

3.模擬汚染土へのスラグ添加による不溶化効果

3.1 実験概要

フェライト法を利用した重金属汚染土の不溶化技術へ鉄鋼スラグを利用した場合の不溶化効果について検討するために、まず鉄鋼スラグから Fe の溶出について pH 値に関して調べた。また模擬汚染土を製作し、そこに鉄鋼スラグを添加・攪拌した場合の不溶化効果についても同様に pH 値に関して調べ、鉄鋼スラグを添加しない場合と比較した。また、鉄鋼スラグを添加した場合の不溶化効果について、攪拌時間を長くした場合と攪拌後、昇温・曝気による酸化した場合についても検討を行った。

3.2 実験方法

対象とするスラグは高炉スラグより Fe を多く含有し、高 pH である製鋼スラグである。また、粒径が 0.2mm 以下と 0.2~2mm の場合の二種類について検討している。スラグからの Fe 溶出実験は蒸留水・水酸化ナトリウム水溶液・塩酸で pH を 1~14 に分布するように調整し、固液比 1:10 で 6 時間攪拌したときの溶出量を調べた。スラグを添加した場合の実験は、鉛の模擬汚染土をカオリン粘土に対して鉛が 300mg/kg-drysoil となるように製作し、そこに製鋼スラグを 150kg/m³ で添加し、含水比 100%程でマグネチックスターラーによって攪拌した。攪拌時間は、まず 6 時間の場合を行い、次に 24 時間場合の二種類で行った。攪拌し終わったスラグ添加処理土を 60℃で炉乾燥させ、乾燥したスラグ添加処理土を 2mm ふるいでふるい、溶出試験を行った。溶出試験は環境庁告示第 46 号に基づいて行い、固液比 1:10 で蒸留水・水酸化ナトリウム水溶液・塩酸により pH1~14 に分布するように調整し、原子吸光光度計により測定した。また、必要場合は濃縮を行い計測している。昇温・曝気による酸化は、攪拌後のスラグ添加処理土の含水比を蒸留水により約 300%にし、エアコンプレッサー・ホットスターラーで 60~65℃に保ちながら攪拌・曝気を 30 分間行い酸化後、60℃で炉乾燥し、2mm ふるいでふるい、溶出試験を環境庁告示第 46 号に基づいて攪拌のみの場合と同様に行った。

4.実験結果と考察

製鋼スラグからのFeの溶出実験から、pH4程度の酸性域では10000ppm程度溶出し、アルカリ域では5~10ppm溶出する結果となった。pHにより溶出量は大きく異なるものの、Feが溶出してくることからフェライト法へのFeの供給源として利用可能であると考えられる。次にスラグを添加し攪拌のみの場合のグラフが図2であり、製鋼スラグを添加していない未処理の溶出量と比較している。6時間攪拌の場合は0.2~2mmの場合は多少の不溶化効果がみられ、0.2mm以下の場合では0.2~2mmの場合より高い不溶化効果がみられるが、環境基準値に至るほどの効果は発揮されていない。しかし、24時間攪拌した場合をみると、どちらの粒径でも不溶化効果が高まっており、0.2mm以下では環境基準値付近まで溶出が抑制されている。これは攪拌時間を長くすることにより製鋼スラグからFeが6時間攪拌よりも溶出してきたことによ

るものと考えられる。また、0.2mm以下の場合の不溶化効果が0.2~2mmの場合より高まっているのは、表面積の違いからFeの溶出量や溶出スピードが異なると考えられ、0.2mm以下の方が0.2~2mmより表面積が大きいため同じ攪拌時間でもよりFeが溶出してきたと考えられる。図3は昇温・曝気による酸化させた場合のグラフであり、0.2~2mmの場合で昇温・曝気することで不溶化効果が高まる結果となったが、0.2mm以下の場合のアルカリ域では逆に不溶化効果が低くなった。図4はpH6~8の中性域における各試料の溶出量を比較したグラフであり、未処理の場合と比較すると24時間攪拌・昇温・曝気による酸化させた場合で鉛の溶出が90%以上抑えられ、中性域においては昇温・曝気による酸化により、攪拌のみの場合より不溶化効果が高くなっていることがわかる。

5.まとめ

製鋼スラグからFeの溶出を確認し、フェライト法を用いた重金属汚染土の不溶化への適用方法として、模擬汚染土に製鋼スラグを添加した。製鋼スラグを添加することで攪拌時間により効果は異なるが環境基準値近くまで溶出を抑えることができた。複合水酸化物よりフェライトの方が、不溶化効果が高い²⁾ことから、スラグを添加するだけでは複合水酸化物で反応が止まっていると考えられるので曝気・昇温により酸化させる実験を行い、0.2mm以下の場合のアルカリ域で溶出量が増えるという結果となったが、中性域で0.2mm以下割以上溶出が抑えられた。また、豊浦砂を添加した場合と比べることで製鋼スラグを添加する効果を示すことができ、フェライト法を用いた重金属汚染土の不溶化へ鉄鋼スラグの利用可能性も示すことができた。今後はスラグの粒径・実験時の模擬汚染土の含水比・攪拌・酸化の方法など実際の土壌を考慮した実験での効果を明らかにする必要がある。

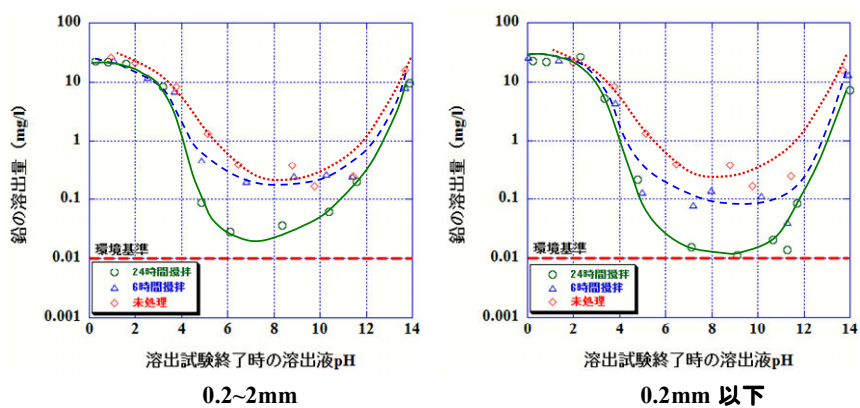


図2 攪拌時間による溶出量比較

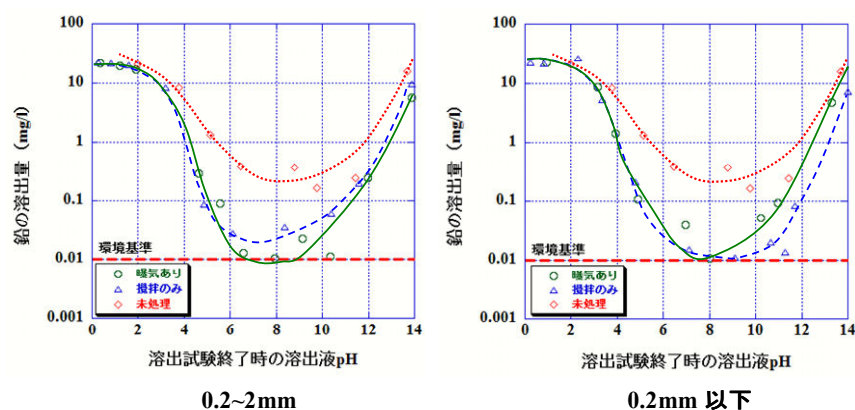


図3 攪拌のみの場合と攪拌後昇温・曝気した場合の溶出量比較

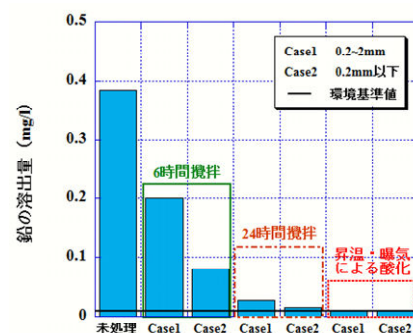


図4 pH6~8の中性域における各試料の溶出量比較

【参考文献】1) 田尻雄大ら フェライト法による重金属汚染土の不溶化効果 第61回年次学術講演会講演概要集 2006・9

2) 小野智史ら フェライト法による鉛汚染土の不溶化効果平成18年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集