

## 酸化マグネシウムの添加による鉛とフッ素の溶出抑制効果

佐賀大学 理工学部 学生員 馬田 脩平 佐賀大学 理工学部 正会員 柴 錦春  
 佐賀大学 低平地研究センター 正会員 日野 剛徳 宇部マテリアルズ(株) 非 西野 伸幸

### 1. はじめに

工場の跡地、採鉱廃棄物等による埋立地に重金属の汚染問題は数多くあり、汚染地盤の浄化、再利用は環境地盤工学の重要な課題の一つである。酸化マグネシウム(MgO)は低アルカリ性、その添加による重金属の不溶化効果が注目されている<sup>1,2)</sup>。またMgOは石灰類に見られるポゾラン反応と同様の作用が長期間にわたって起こり、耐久性のある固化物が生成できる。本研究は溶出試験、タンクリーチング試験を用いて、汚染土から鉛(Pb)とフッ素(F)の溶出にMgOの抑制効果を検討した。

### 2. 試験装置・試料と試験方法

(1)試料 汚染土として有明粘土に硝酸鉛、フッ化水素酸を混合したものをを用いた。添加材としては MgO 以外に高炉セメント B 種(以下セメント)を用いた。MgO の化学成分と粒子密度は表-1 に示す。

表-1 MgO の成分(メーカー公称値)

化学組成 (%)	MgO	82.6
	CaO	0.55
	SiO <sub>2</sub>	0.18
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06
	SO <sub>4</sub>	4.06
	Ig.Loss	11.16
	付着水分	1.29
見掛粒子密度(kN/m <sup>3</sup> )		6.9

(2)溶出試験 環境庁告示 46 号に基づく方法である。使用した溶液は蒸留水に塩酸を加えて pH は 5.8 から 6.3 に調整したものである。固液比 1:10 で混合し、Pb の場合は 1ℓのガラス瓶、F の場合は 1ℓのポリエチレンボトルに入れ、回転数 30 回/分の振とう機にセットし、

瓶・ボトルを上下回転の形で 6 時間攪拌させた。その後、上澄み液を孔径 0.45μm のメンブランフィルターでろ過した溶液中の Pb および F の濃度、pH 等を測定した。MgO の添加量は汚染土乾燥重量の 5%、10%、15%、20%である。

(3)タンクリーチング試験(TLT) 建設省(現、国土交通省)技調発 48 号に基づく方法である。使用した固体の塊は一軸圧縮試験後のものである。2つのパターンの試料を用いた。1つは汚染土に乾燥重量の 9%、13%のセメントで固化したものである。もう1つは MgO とセメントで処理したものである。後者の場合、乾燥重量の 13%のセメントと 5%、10%の MgO を混合した。100g 程度の固体を固液比は 1:10 で pH を 5.8 から 6.3 に調整した蒸留水の溶液に入れ 28 日間放置し、その後、上澄み液をろ過した溶液中の Pb および F の濃度、pH 等を測定した。

### 3. 試験結果

(1)溶出試験 溶出試験によるPb濃度変化を図-1 に示す。まず作製したPb汚染土のPbの濃度は 1.8mg/lであった。MgO の添加によることでその濃度が低下し、MgO15%以上であればPb濃度は環境基準値 0.01mg/lより下まわった。溶出試験およびタンクリーチング試験から得られて溶液のpH値を図-2 に示す。MgOの添加量の増加によりpHは多少増加する傾向があったが、一般的に 8~10 の範囲に収まった。pH

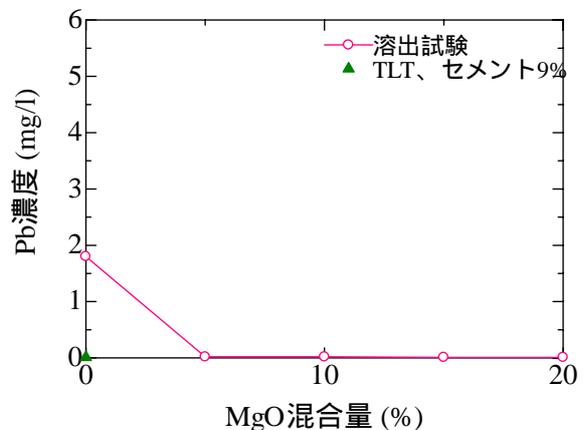


図-1 MgO の添加量に伴う Pb 濃度の変化

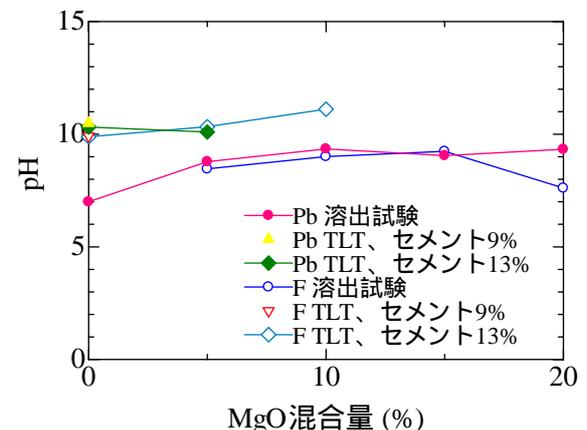


図-2 MgO の添加量に伴う pH の変化

が6~8の土壌ではPbは不溶性有機鉛錯体、あるいは水和酸化鉛錯体等沈殿物を生成する<sup>3)</sup>。MgOの添加により弱アルカリ性環境が形成、不溶性Pb錯体の生成を促進したと考えている。また、図-3に示すように、MgOの添加により溶液の酸化還元電位(ORP)は約200mvから100mvまで低下した。還元条件下のPbの溶出量は酸化条件下のものより少ないとの報告があり<sup>4)</sup>ORPの低下もPb濃度の減少に貢献したと考えられる。

Fの試験結果を図-4に示す。作製したF汚染土の濃度は34mg/lであった。MgOの添加量が10%以上の場合、Fの

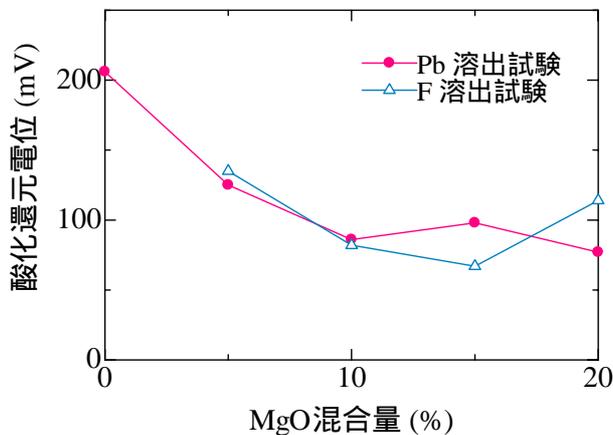


図-3 MgOの添加量に伴うORPの変化

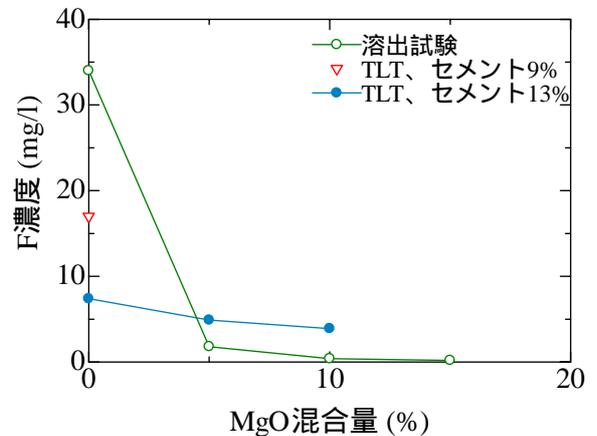


図-4 MgOの添加量に伴うF濃度の変化

濃度は環境基準値0.8mg/lより下回った。MgOの添加によるFの溶出の抑制メカニズムは、弱アルカリ性環境の形成でフッ化マグネシウム(MgOF<sub>2</sub>)と珪フッ化カルシウム(CaSiF<sub>6</sub>)等の不溶性沈殿物の生成と考える。溶液のpH値についてはPbの場合(図-2参照)と同じ程度の傾向を示す。

(2)タンクリーチング試験 汚染土を処理して建設材料として利用することを想定し、この場合の環境への影響を検討するために、タンクリーチング試験を実施した。セメントあるいはセメント+MgOによって処理し、養生一週間の一軸圧縮試験後の塊を用いた試験結果、さらにPbとFの濃度変化はそれぞれ図-1と図-4に示している。まずPbについて、9%のセメントのみの混合によって溶液のpH値は約10になり、Pbの濃度は0.01mg/lになった。セメント中の有害物質と高いpH値は別の環境問題になるかもしれないが、Pbの溶出の観点から、セメントの添加でその溶出を抑制することができることを示している。

Fの場合、セメントのみの添加(9%,13%)でF濃度は減少したが、環境基準値よりもかなり高い数値になっている(図-4参照)。セメント13%の条件でMgOを10%まで添加した場合、F濃度は明確に減少したが、環境基準値よりもまだ高い。タンクリーチング試験の場合、MgOの添加によるF濃度減少のメカニズムは不溶化物質の生成以外に固化作用の影響が考えられる。また、セメントの添加の有無は異なるが、同じMgO添加率の溶出試験とタンクリーチング試験の結果を比較すると、タンクリーチング試験の場合のFの濃度が高い。今後さらにセメントを混合せずにMgO添加量を増加させた試料によるタンクリーチング試験を行い、Fに対してMgO添加の溶出抑制効果とそのメカニズムを検討する予定である。

#### 4.まとめ

PbとFに対する、MgOの添加によるその溶出抑制効果を確認するために、溶出試験およびタンクリーチング試験を用いて検討を行った。MgOの添加によりPbとFの濃度が減少し、抑制効果が確認できた。そのメカニズムは、MgOの添加で弱アルカリ性環境が形成され、不溶性沈殿物質が生成したと考えている。

#### 参考文献:

- 1)下田: 酸化マグネシウムによる石炭灰からの六価クロム溶出抑制効果に関する研究, 平成19年度佐賀大学卒業論文 p52,2008.
- 2)Chai et al. Proc. of International Symposium on Geoenvironmental Eng., Hangzhou, China, pp. 126-131, 2009.
- 3)産業技術総合研究所: 環境報告書, 2006 p.4,2006.
- 4)岡本ら: 第14回地下水、土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2008.