

フライアッシュを地盤材料として利用するための不溶化处理

九州産業大学 学生会員 長岡 達也
九州電力 正会員 春口 雅寛
九州産業大学 正会員 松尾 雄治

九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州電力 正会員 陣内 久雄

1. はじめに

有害重金属を含有するフライアッシュは特別管理一般廃棄物に指定されており、直接埋立て処分ができないため、セメント固化、薬剤処理等による中間処理（溶出防止）が義務づけられている。間ら¹⁾は火山灰質粘性土の安定処理において、フライアッシュ単体で改良した場合に比べ、石灰系固化材やセメント系固化材が少量でも入ると pH が上昇し、六価クロム、フッ素の溶出量が増加した結果を示している。本研究ではフライアッシュに不溶化材を添加し、含有する六価クロムを不溶化处理することで地盤材料として有効利用することを目指し、固化材の混合が溶出抑制効果にもたらす影響を検討した。

2. フライアッシュの特性

対象試料は表 1 に示す九州電力（株）の石炭火力発電所で回収されたフライアッシュ（F 材）である。環境庁告示第 46 号試験（環告 46 号試験）を実施し、溶出量が比較的多いとされる六価クロム、フッ素を対象として簡易測定器で溶出量を測定した結果、六価クロムは土壤環境基準に対して約 6 倍の溶出量を検出されたが、フッ素は検出限界以下（土壤環境基準以下）であったため、対象重金属を六価クロムに絞ることにした。

表 1 フライアッシュの特性

自然含水比(%)	0.18
土粒子密度 (g/cm ³)	2.139
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.24
最適含水比 (%)	25.5
pH	12.3
Eh(mV)	20
六価クロム溶出量 (mg/L)	0.3
フッ素溶出量 (mg/L)	検出限界以下

3. 不溶化方法

不溶化試験の流れを図 1 に示す。STEP-1 では含水比 40%に調整したフライアッシュに不溶化材を添加した。STEP-2 では STEP-1 で六価クロムの溶出を抑制できたフライアッシュと固化材を混合した。養生条件はパターン 1 とパターン 2 に分けられる。実験当初は 20℃恒温庫で 1 日養生後、1 週間風乾していたが、途中で風乾作業を 40℃恒温庫での 1 日乾燥に切り替えた。

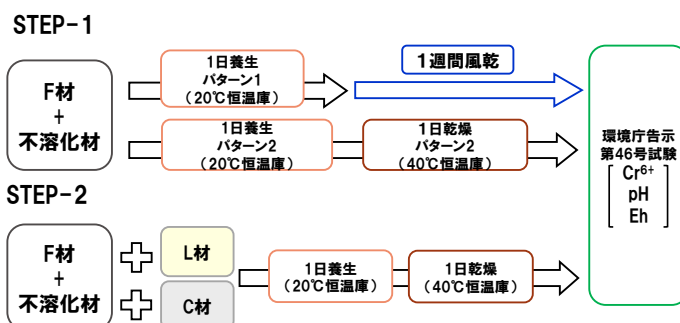


図 1 不溶化試験の流れ

不溶化材は六価クロムなどの重金属不溶化効

果が高いとされる多硫化カルシウム (CaSx 材)²⁾、ポリシリカ鉄剤 (PSI 材)²⁾、硫酸アルミニウム (ASO 材)、Mg 系固化材 (Mg 材) とした。ASO 材は水溶液にして使用した。Mg 材は重金属不溶化に実績がある固化材である。STEP-2 で使用する固化材は石灰系固化材 (L 材)¹⁾、セメント系固化材 (C 材)¹⁾ を使用した。不溶化处理した材料を環告 46 号試験に基づき検液を作製し、簡易測定器で六価クロム溶出量を測定した。同時に pH、酸化還元電位 (Eh) も測定した。

4. F 材、LF 材、CF 材の六価クロム不溶化

STEP-1 の F 材における不溶化材添加率と六価クロム溶出量の関係を図 2 に示す。CaSx 材では少量の添加でも六価クロムの溶出量が急激に低下した。ASO 材では添加率 4.5%～6.5%で急激に溶出量が低下した。Mg 材では添加率 0～1%での溶出抑制効果が著しいが、徐々に溶出量の減少が緩やかになった。PSI 材では添加率の増加に従ってほぼ一定の割合で溶出量が減少した。土壤環境基準を満たす最低添加率は表 3 の結果が得られた。

STEP-2 では表 3 の添加率で不溶化した F 材に C 材、L 材を配合した。CF 材の六価クロム溶出量を図 3 に示す。F 材の構成比 (F 材比) とは、LF 材もしくは CF 材における F 材の比率である。CF 材では、PSI 材は F 材比=0.2、CaSx 材、ASO 材は F 材比=0.2、0.8、Mg 材に関しては F 材比=0.2~0.8 で土壌環境基準を超えて溶出した。C 材の六価クロム溶出量は土壌環境基準以下だったが、C 材と配合することで pH が上昇し、溶出量が増加する傾向があるということがわかった。

LF 材の六価クロム溶出量を図 4 に示す。LF 材は F 材比=0.8 の Mg 材のみが六価クロムの溶出量を満足できた。残りの F 材比の不溶化試験は現在実験中である。

5. 経済性の評価

表 3 に示した各不溶化材の必要添加率と単価を考慮すると、経済的な順に、CaSx 材、Mg 材、PSI 材、ASO 材であった。フライアッシュは利用せずに廃棄する場合には処分費が必要となる。この分を不溶化処理の費用に充てられることを考慮すると CaSx 材のみが有効な不溶化材であるといえる。しかし、STEP-2 の CF 材では溶出する傾向にあったため、添加率を再検討する必要がある。Mg 材については固化作用もあることから不溶化材兼固化材として利用するとすると強度、経済面で許容範囲内に抑えられることが期待できるので検討する必要がある。

6. まとめ

STEP1 の F 材単体での不溶化はできたがコスト面で評価すると CaSx 材のみが条件達成した。Mg 材は不溶化できることがわかったので、STEP2 の固化材枠で使用した時、C 材、L 材とのコスト面での比較を検討する必要がある。STEP2 は不溶化済みの F 材に C 材、L 材を配合した時、F 材比によって六価クロムの溶出抑制にばらつきがあることがわかった。残りの不溶化試験は現在実験中であり、発表会で報告する。参考文献：1) 間ら：フライアッシュを用いた火山灰質粘性土の盛土改良材の開発、平成 29 年度九州産業大学=卒業論文 p.92、2018. 2) 江川ら：重金属を多量に含有するばいじんからの溶出量抑制に関する検討、平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp.283-284、2017.3

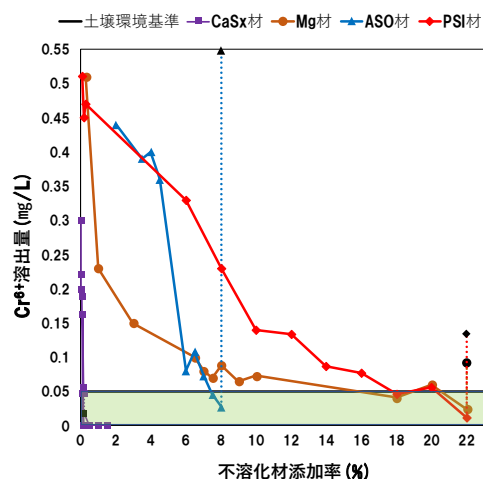


図 2 六価クロム溶出量

表 3 STEP-1 の不溶化材添加率

不溶化材	添加率 (%)
CaSx 材	0.2
PSI 材	22
Mg 材	22
ASO 材	8

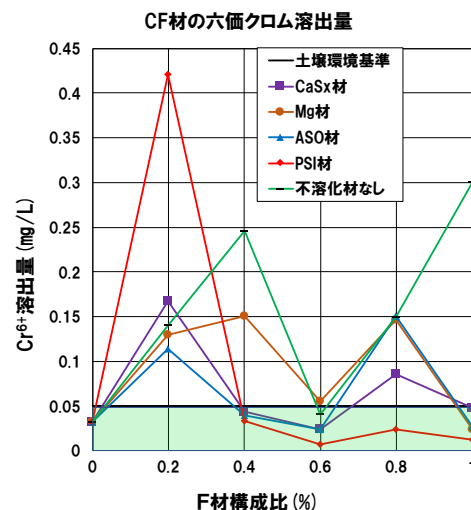


図 3 CF 材の六価クロム溶出量

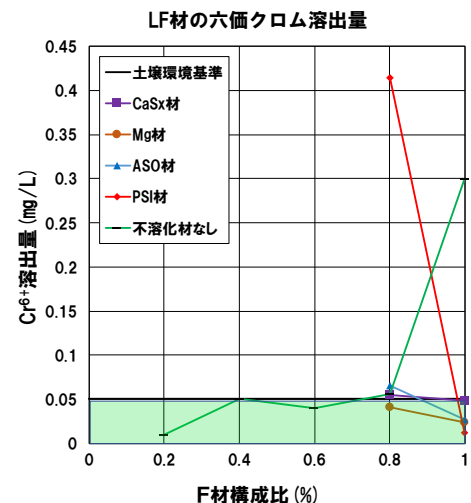


図 4 LF 材の六価クロム溶出量