

フライアッシュと火山灰質粘性土の混合による六価クロムの溶出挙動

九州産業大学 学生会員 金内 嵩大 九州産業大学 正会員 林 泰弘
 西日本技術開発 正会員 赤司かがり 九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

フライアッシュを地盤分野で用いる際は中間処理が義務付けられているため、飛散せず一定の強度を有し、重金属等の溶出量が土壤環境基準以下に改良することが求められる。長岡ら¹⁾は火山灰質粘性土にフライアッシュや固化材を添加した改良土を作製する際、重金属等の溶出対策として不溶化剤を用いたが、対象土により六価クロムの溶出量に違いがあることを示した。本研究ではフライアッシュに火山灰質粘性土を混合した場合の六価クロムの溶出挙動とその要因について考察を行った。

2. 試料

表-1 は試料の概要を示している。フライアッシュ (F 材) は、石炭火力発電所で回収されたものを使用した。環境庁告示第 46 号試験 (環告 46 号試験) で重金属等の溶出量の測定を行った結果、六価クロム (Cr⁶⁺) が 0.3mg/L²⁾ と土壤環境基準の上限値の約 6 倍を示した。対象土とする火山灰質粘性土として、熊本県の赤ぼく、黒ぼく、千葉県の間東ロームを

表-1 試料概要

土の種類	F材	火山灰質粘性土			非火山灰質土	
		赤ぼく	黒ぼく	間東ローム	木節粘土	豊浦珪砂
設定含水比 (%)	0	153.7	99.7	88.8	0	0
Cr ⁶⁺ 溶出量 (mg/L)	0.3	0.014	0.010未満	0.019	0.35	0.010未満
pH	12.3	7.42	7.12	7.58	8.11	6.76
礫分 (%)	-	0	0	0	0	0
砂分 (%)	-	8.8	16.6	35.3	0	99.7
シルト分 (%)	-	19.6	31.3	59.4	23.2	0.3
粘土分 (%)	-	71.6	52.1	5.3	76.8	0
フミン酸含有量 (g/kg)	-	15.7	28	3.2	0.5	-
アロフェン推定量 (g/kg)	-	219	198	220	1.7	-
強熱減量 (%)	-	17.4	21	16.1	12.9	-

使用した。また、比較対照土として非火山灰系の粘土 (木節粘土)、砂 (豊浦珪砂) を使用した。火山灰質粘性土のフミン酸、アロフェンの含有量は非火山灰質土よりかなり高く、粒度は木節粘土と豊浦珪砂の間にある。

3. 六価クロムの溶出特性

F 材の乾燥質量 50g に対し、土を乾燥質量割合 (土量添加率) で 50、150、250% 添加して混合土を作製した。作製後すぐに混合土を風乾し、環告 46 号試験に基づき検液を作製し、吸光光度計 (HACH 社 DR2800) を用いて Cr⁶⁺ 溶出量、ポータブル pH 測定器 (藤原製作所 WM-32EP) を用いて pH を測定した。

図-1 は土量添加率と Cr⁶⁺ 溶出量の関係を示す。黒ぼくや間東ロームを添加した F 材の Cr⁶⁺ 溶出量は木節粘土や豊浦珪砂を添加した場合より高い値を示している。しかし、赤ぼくを 150% 以上添加すると木節粘土や豊浦珪砂を添加した場合よりも低い値を示し土壤環境基準を満たした。pH はどの火山灰質粘性土を添加しても土量添加率 250% で pH ≒ 8 まで低下したが、木節粘土や豊浦珪砂を添加した場合は pH ≒ 12 のままであった。一般に pH が低くなると Cr⁶⁺ の溶出量が下がると言われている³⁾。今回の結果では Cr⁶⁺ の溶出量原因として pH との関係性は見られなかった。

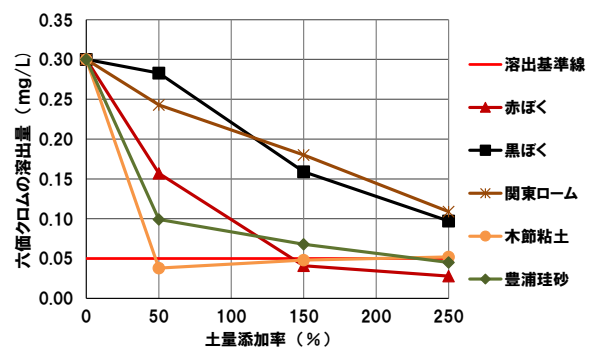


図-1 土量添加率と Cr⁶⁺ 溶出量の関係

土量添加率が増えると相対的に F 材の含有量が減少するため溶出濃度が低下するのは当然であるため、土量添加率と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺ 溶出量で整理したものを図-2 に示す。黒ぼく、間東ロームを添加した場合の Cr⁶⁺ 溶出量は木節粘土や豊浦珪砂を添加した場合よりもかなり高い値を示し、F 材単体と比べても高いことから添加する土によっては F 材に含まれる Cr⁶⁺ の溶出が促進されていると推察される。一方、赤ぼくを添加した場合は木節粘土や豊浦珪砂を添加した場合より Cr⁶⁺ の溶出量が減少している。

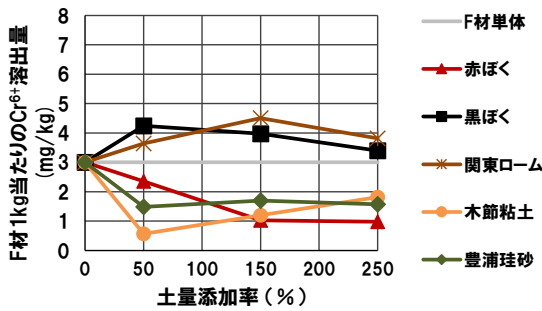


図-2 F材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量変化

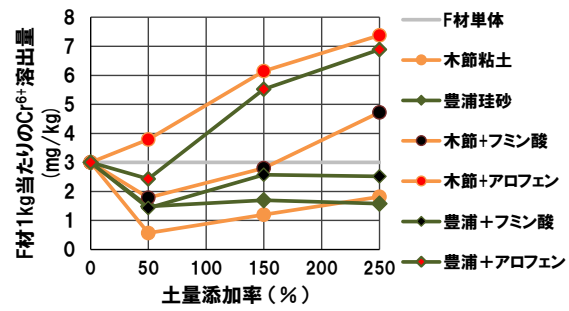


図-3 フミン酸、アロフェンによる Cr⁶⁺溶出量

火山灰質粘性土に含まれるフミン酸やアロフェンが Cr⁶⁺溶出量へ影響を及ぼしていると考え、木節粘土、豊浦珪砂に赤ぼくのフミン酸量(15.7g/kg)または黒ぼくのアロフェン推定量(198g/kg)を添加した試料を作製し、溶出試験を行った。土量添加率と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量の関係を図-3 に示す。フミン酸を添加した試料は、土量添加率が 50% の場合は F 材単体よりも低い値を示しているが、土量添加率が大きい範囲では高い値を示している。アロフェンを添加した試料はフミン酸を添加した試料よりもさらに高い値を示している。また、豊浦珪砂より木節粘土に添加した場合の方が Cr⁶⁺の溶出量が高い値を示している。アロフェンを添加した試料の pH は土量添加率が大きくなるほど低下し、土量添加率が 250% で pH≒9 を示したが、フミン酸を添加した試料の pH は土量添加率 250% で pH≒11 と変化が少ない。

混合土の割合が大きい土量添加率 250% においてアロフェンやフミン酸の添加の影響を検討した。図-4 はアロフェン含有量と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量の関係を示す。アロフェンを添加することで F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量が増加し、火山灰質粘性土よりも人工的にアロフェンを添加した木節粘土や豊浦珪砂の方が高い値を示した。図-5 はフミン酸含有量と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量の関係を示す。人工的にフミン酸を添加した試料と火山灰質粘性土を添加した試料で Cr⁶⁺溶出量に明確な違いはなく、フミン酸が Cr⁶⁺溶出量に及ぼす影響は少ない。これらより、F 材 1kg あたり Cr⁶⁺溶出量はアロフェンの含有量の影響が大きいものの、火山灰質粘性土を添加した場合の Cr⁶⁺溶出量が増えるのには別の要因もあると考えられる。

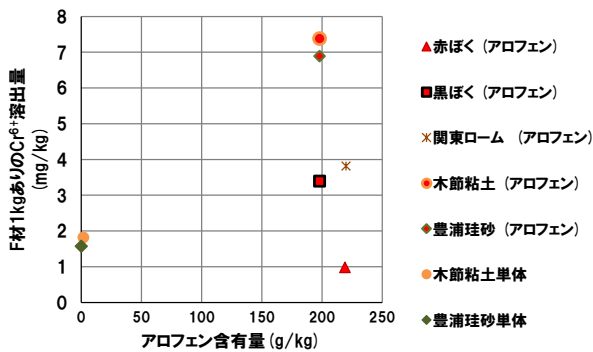


図-4 アロフェン含有量と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量の関係

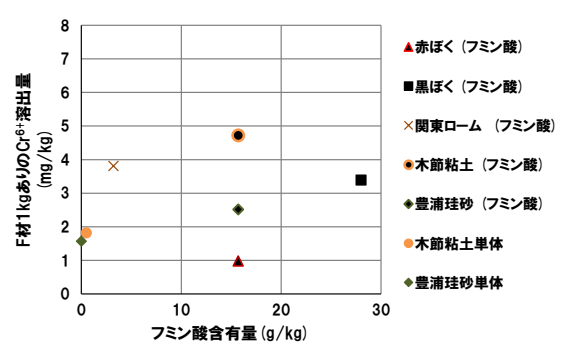


図-5 フミン酸含有量と F 材 1kg あたりの Cr⁶⁺溶出量の関係

4. まとめ

F 材と黒ぼくや関東ロームを混合すると他の土と比べ Cr⁶⁺の溶出量が増加した。これは火山灰質粘性土が含んでいるアロフェンの影響が大きいと考えられるが、それ以外の要因も検討する必要がある。

参考文献: 1) 長岡達也: 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処理、平成 30 年度九州産業大学卒業論文、p. 19、2018. 2 2) 長岡達也ら: 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処理、平成 30 年度土木学会九州支部研究発表会講演概要集、pp. 359-360、2019. 3 3) 江橋俊臣、丸茂克美: 火山灰質土壌の pH 変化による重金属吸着能、第 45 回粘土科学討論会講演要旨集、https://www.jstage.jst.go.jp/article/cssj2/45/0/45_124/_pdf/-char/ja、(2020.1 閲覧)