

土中の有機物とアロフェンが及ぼすフライアッシュからの六価クロム溶出特性

九州産業大学 学生会員 佐渡嶋 拓斗
九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

フライアッシュは環境面の安全品質が確保できれば、地盤分野で有効活用される可能性がある。金内ら¹⁾はフライアッシュに火山灰質粘性土(黒ぼくと関東ローム)を混合したフライアッシュ混合体の六価クロムの溶出量が増加する要因として、火山灰質粘性土に含まれているアロフェンが影響していると報告した。

六価クロムは有機物や粘土鉱物に吸着保持されにくい²⁾ため、本研究ではアロフェンに加え、有機物にも着目した。フライアッシュ混合体の液固比バッチ試験から得た平衡定数 K_d と吸脱着関与総量 M_T より、火山灰質粘性土に含まれる有機物(フミン酸、フルボ酸)およびアロフェンがフライアッシュからの六価クロムの溶出に及ぼす影響について考察した。

表-1 試料土と添加材

名称	フライアッシュ	赤ぼく	関東ローム	木節粘土	フミン酸材	フルボ酸材	アロフェン材
略号	(FA)	(AB)	(KR)	(KC)	(FF材)	(AG材)	(AS材)
含水比(%)	0.18	72	88.8	0	20.9	88.3	6.17
フミン酸含有率(%)	-	0.3	0.32	0.05	79.8	8.91	-
フルボ酸含有率(%)	-	0.48	0.63	0	-	1.4	-
アロフェン推定率(%)	-	4.76	22	0.17	-	0.14	50.6

2. 試験試料

表-1 にフライアッシュ、混合する試料土と添加材を示す。火山灰質粘性土はフミン酸とフルボ酸の含有量が関東ロームに一番近く、アロフェンが最も少ない赤ぼく(AB)を使用した。また、比較対照土として、木節粘土(KC)を使用した。フライアッシュや木節粘土の有機物含有量、アロフェン含有量を調整するものとして、フミン酸材(FF 材)、フルボ酸材(AG 材)、アロフェン材(AS)を使用した。なお、フルボ酸材にはフルボ酸とフミン酸が含まれている。表-2 は試料の配合条件を表している。

表-2 対象試料の配合条件

対象試料	配合
FA	フライアッシュのみ
FA+AG材	FAにAG材(36%、71%、107%)を添加
FA+AB	FAに赤ぼく II を100%添加
FA+KC	FAに木節粘土を100%添加
FA+KC(FF材)	KCにFF材(1.2%、2.5%、3.8%)を混合し、FAに100%添加
FA+KC(AS材)	KCにAS材(17%、41%、78%)を混合し、FAに100%添加
FA+KC(AG材)	KCにFF材(27%、75%、180%)を混合し、FAに100%添加

3. 液固比バッチ試験の方法と試験結果

液固比バッチ試験は、試料に超純水を加えて液固比 $L/S=10, 20, 50, 100$ の4段階で行った。得られた検液の Cr^{6+} 溶出濃度 C を吸光光度計を用いて測定した。溶出濃度 C と試料 1kg あたりの液相に存在する Cr^6 と M_L との関係を図-1 に示す。フライアッシュより溶出量が大きいものが点線部より上に、小さいものは下に分布している。有機物やアロフェンを含む赤ぼくはフライアッシュより上にあり、それらを含んでいない木節粘土はフライアッシュより下にあることがわかる。液固比バッチ試験の結果から吸脱着パラメーターを取得する方法³⁾では、 M_L と C は次の線形関係で示される。

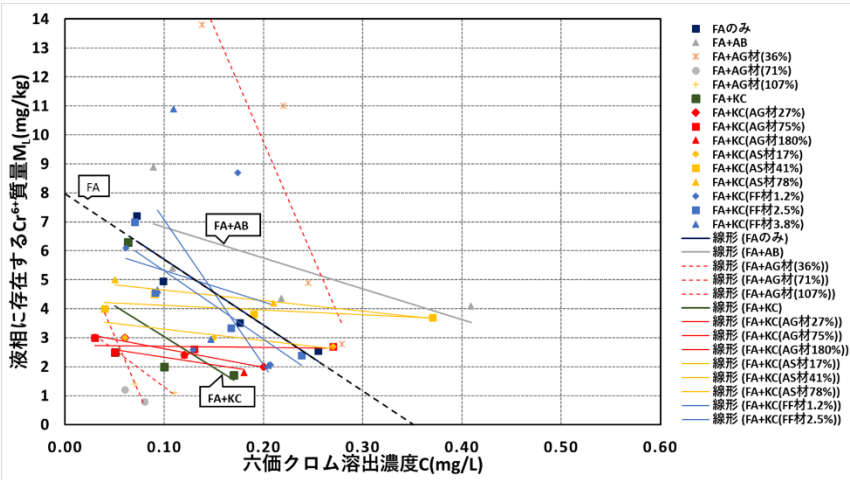


図-1 吸脱着パラメーター

$$M_L = -K_d C + M_T \quad \dots (1)$$

式(1)の傾きが平衡定数 K_d 、切片が吸脱着関与総量 M_T となる。

図-1 より得られた平衡定数 K_d と吸脱着関与総量 M_T の関係を図-2 に示す。フライアッシュ単体よりも K_d が大きく M_T が小さいほど六価クロムの溶出を抑制できていると判断すると、両方を満たすのは図中の黄色で示す範囲である。AG 材の添加率が増えると K_d , M_T ともに小さくなり、フライアッシュに対する AG 材を 71%以上添加した試料は、黄色の範囲内にある。FF 材は添加率が増えると K_d が大きくなるものの、 M_T も大きくなった。また、アロフェンを添加した試料は K_d , M_T ともに小さい。 K_d が小さくなる要因として、アロフェンとフルボ酸の影響が大きいと考えられる。さらに、フライアッシュに赤ぼくを添加した試料より、木節粘土のみを添加した試料の方が、 K_d が大きく M_T が小さいこと、木節粘土にアロフェンや AG 材を添加すると K_d が一気に小さくなることから、六価クロムの溶出量の増加には赤ぼくに含まれるフミン酸・フルボ酸・アロフェンのいずれも影響していると考えられる。

4. フミン酸、フルボ酸、アロフェン含有率と Cr^{6+} の関係

フミン酸、フルボ酸、アロフェンの含有率と Cr^{6+} の溶出量の関係を図-3～図-5 に示す。FF 材を添加した場合にはフミン酸は含有率が大きくなっても溶出量があまり変化していないが、AG 材を添加した場合にはフミン酸の含有率やフルボ酸の含有率が大きくなると Cr^{6+} の溶出量がやや大きくなっている。このことから、有機物でもフミン酸よりもフルボ酸の方がフライアッシュからの Cr^{6+} 溶出に影響を及ぼしていると考えられる。アロフェンは含有率が大きくなると溶出量も増加している。

4. まとめ

フライアッシュと火山灰質粘性土を混合した場合に Cr^{6+} の溶出量が増加する要因として、アロフェン以外にもフルボ酸が影響している可能性が高いと推察される。

参考文献：1) 金内嵩大ら：フライアッシュと火山灰粘性土の混合による六価クロムの溶出挙動，令和元年度土木

学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.359-360、2020.3。 2) 藤原靖：六価クロム，土と基礎，Vol. 50, No. 2, pp. 41-42, 2002. 2。 3) 肴倉宏史ら：「液固比バッチ試験」による汚染物質を保有する材料の吸脱着パラメーター取得法，第 53 回地盤工学研究発表会平成 30 年度発表講演集，pp. 2167-2168, 2018. 7。 4) 間貴春ら：フライアッシュを用いた火山灰質粘性土の盛土用改良材の開発，平成 29 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.277-278, 2018. 3

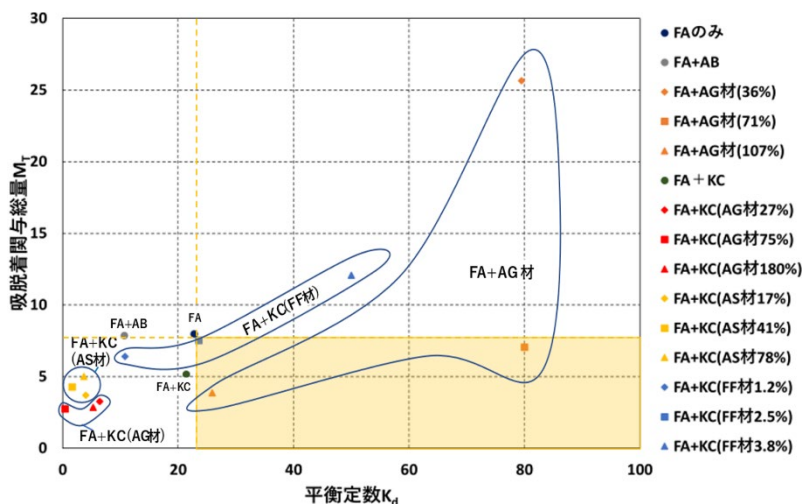


図-2 平衡定数 K_d と吸脱着関与総量 M_T の関係

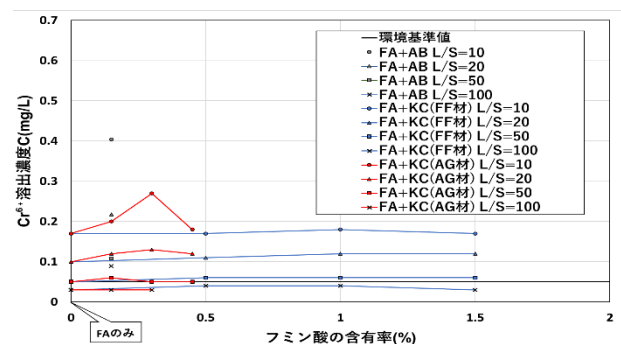


図-3 フミン酸の含有率と Cr^{6+} 溶出量の関係

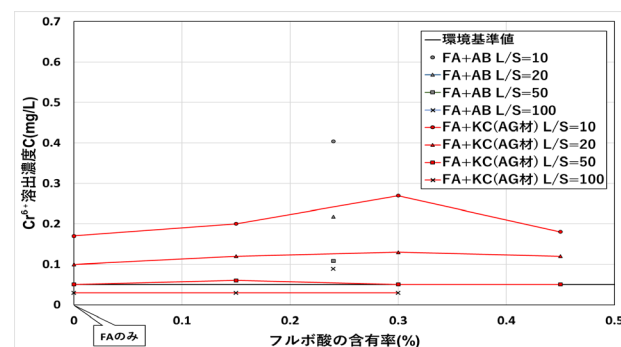


図-4 フルボ酸の含有率と Cr^{6+} 溶出量の関係

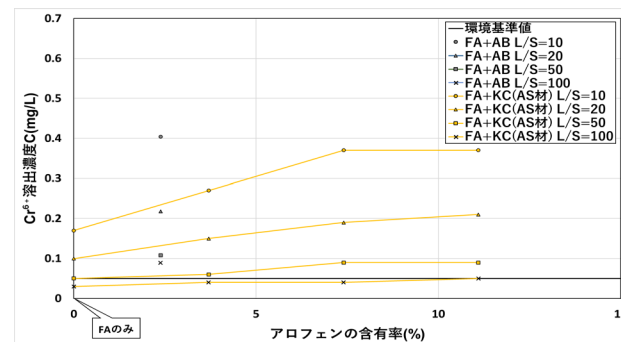


図-5 アロフェンの含有率と Cr^{6+} 溶出量の関係