

石炭灰を建設材料として利用する際の Cr^{6+} の溶出・浸出量に関する検討

佐賀大学 理工学部 学生員 ○松尾 龍
 同 理工学部 学生員 江口 仁志
 同 低平地研究センター 正会員 柴 錦春

1. はじめに

産業廃棄物は近年増加しており、その処理・処分は

深刻な問題である。主に電力事業から出るフライアッシュ（以下、石炭灰と記す）もその一つ

である。石炭灰を建設材料（盛土材、地盤改良材等）として再利用する際に、重金属等の有害物質が溶出する恐れがある。本研究は、コラム浸透試験、バッチ溶出試験、タンクリーチング試験で、石炭灰及び、石炭灰・セメント・有明粘土の混合体から溶出する Cr^{6+} の溶出量及び、その変化を検討した。

2. 試験材料

本研究に使用した石炭灰の成分は測定しなかったが、同じ銘柄の成分を表1に示す¹⁾。粘土試料は、佐賀県川副町から採取した有明粘土で、その物性値を表2に示す。セメントは、ポルトランドセメント（US10）を使用した。

3. Cr^{6+} の溶出量を検討する試験方法

Cr^{6+} の溶出量を測定する試験として、水と石炭灰混合体からの溶出量を測定するバッチ溶出試験、土構造物からの溶出量を測定するコラム浸透試験と、タンクリーチング試験がある。本研究では、この3つの試験方法を用いて、総合的に検討を行った。コラム浸透試験、バッチ溶出試験の試験パターンを表3に示す。

(1) コラム浸透試験：直径15cm、高さ30cmのコラム浸透試験機に、高さ2cmの締固めた試料をセットし、上部から蒸留水を浸透させ、浸出液を採取し、 Cr^{6+} の濃度変化を測定する。

(2) バッチ溶出試験：環境庁告示第46号に基づくバッチ溶出試験を行った。使用した固液比は1:10で、溶液の攪拌については、回転数30回/分の装置を用いて2日間溶液を攪拌した。使用した容器は1Lのガラス瓶であった。溶液の Cr^{6+} 、pH値を測定した。

(3) タンクリーチング試験：建設省技調発第48号に基づく試験で、数個の塊状試料を用いて、固液比1:10で蒸留水中に浸漬させ、室温20℃で28日間静置、溶液を取り出し Cr^{6+} 濃度を測定する。

4. 試験結果及び比較検討

(1) バッチ溶出試験とタンクリーチング試験結果：溶液中の Cr^{6+} の濃度と、石炭灰混合率の関係を図1に、溶液のpH値を図2に示す。図1中の実線は Cr^{6+} の環境基準値（0.05mg/l）である。これらの図から次のことがわかる。①石炭灰の混合率の増加に伴い、pH値が高くなり、溶液中の Cr^{6+} 濃

表1 石炭灰の成分 (%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	SO_3
62.6	26.6	5.8	1.4	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3

表2 粘土の物性

W_L (%)	W_p (%)	粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂礫分 (%)
116.60	57.46	31.0	67.8	1.2

表3 試験パターン

石炭灰:粘土 (混合比)	コラム浸透試験	バッチ溶出試験
	セメント添加率 (%)	
100:0	2, 5	0, 2, 5
80:20	2, 5	0, 2, 5
60:40	2, 5	0, 2, 5
40:60		0, 2, 5
20:80		0, 2, 5

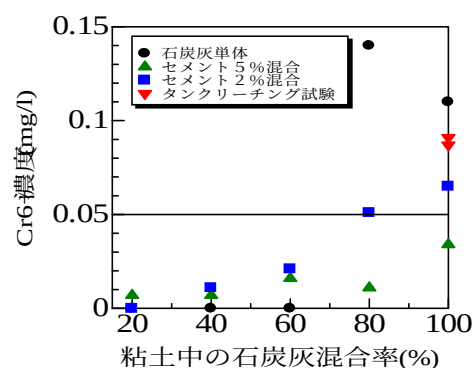
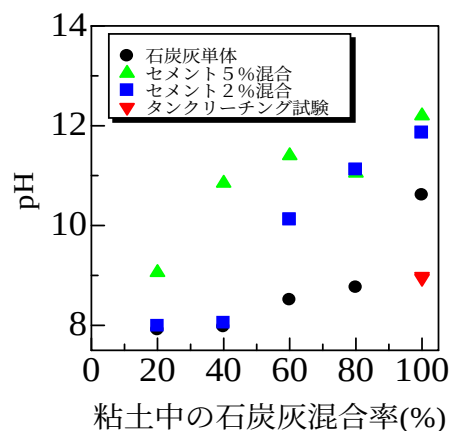
図1 Cr^{6+} 濃度変化

図2 溶液のpHの変化

度が増加する。これは、石炭灰と有明粘土との相互反応によって、有明粘土が溶液中の Cr^{6+} を Cr^{3+} に変化させ、粘土表面に吸着したと考える。有明粘土の、 Cr^{6+} を Cr^{3+} に変化・吸着する能力は、溶液のpH値に依存し、pH値が低い程、吸着能力が高い²⁾。②セメントの混合によって、 Cr^{6+} 濃度は低下した。石炭灰単体に5%セメント添加した場合、環境基準値をクリアできる。しかし、セメントの混合で、溶液のpH値は高くなる傾向を示し、環境に悪影響を与える恐れがある。また、セメント混合によって Cr^{6+} 濃度が減少するメカニズムは固結作用と考える。③タンクリーチング試験結果と溶出試験結果を比較すると、タンクリーチング試験の Cr^{6+} 濃度は低い。タンクリーチング試験では、攪拌せず試料を静置するためと考える。

(2) コラム浸透試験結果

Cr^{6+} の浸出量の変化： Cr^{6+} の浸出量を図3、図4に示す。図中の間隙体積数（以下Nと記す）は、溶出した溶液の量を、それぞれの試料の間隙体積で割ったものである。図3より、 Cr^{6+} 濃度は、Nの増加に伴って減少する傾向を示している。また、セメントの混合により、Nの増加に伴い Cr^{6+} 濃度の減少速度が速まった。これは、時間の経過に伴うセメントの固結作用であると考えられる。バッチ溶出試験の場合、セメント量の増加によって、 Cr^{6+} 濃度が低下したが、コラム試験の場合、セメント5%混合した場合は、セメント2%混合の場合より若干ではあるが、 Cr^{6+} 濃度が高い。その原因は不明である。石炭灰単体のN=4まで、セメント2%、5%混合の約N=2まで、 Cr^{6+} 濃度はバッチ溶出試験結果より高い。この結果から、石炭灰単体または、セメント2%、5%を混合し、盛土材として利用する際、浸出液が地盤環境に悪影響を及ぼす可能性がある。図4は、石炭灰に有明粘土20%を混合した場合の試験結果である。コラム浸透試験の Cr^{6+} 濃度の最大値は、バッチ溶出試験（セメントなし）の結果と近い。有明粘土を20%混合すると、 Cr^{6+} 濃度を抑える効果が高い。 Cr^{6+} 浸出液の量が少なく、pH値の測定が困難であったので、代わりにORPを測定した。石炭灰+セメント2%、5%+粘土20%における浸出液のORP値の変化を図5に示す。Nの増加に伴い、ORP値が減少（酸化能力低下）し、蒸留水のORP値に近づいていることが分かる。

5. まとめ

本研究では、バッチ溶出試験、タンクリーチング試験、コラム浸透試験を用いて、石炭灰及び石炭灰と有明粘土、セメントの混合体からの Cr^{6+} の溶出・浸出量を検討した。試験した条件で、多くの場合、コラム浸透試験での Cr^{6+} 濃度は、バッチ溶出試験とタンクリーチング試験の結果より高いことを明らかにした。また、3種の試験結果を総合的に検討すると、石炭灰単体、または、石炭灰+セメント2%、5%を建設材料として利用する場合、 Cr^{6+} 濃度は環境基準値を超える可能性がある。本試験結果により、石炭灰を建設材料として再利用する際、溶出・浸出する Cr^{6+} 濃度のみを抑制しようとするならば、20%以上の有明粘土、ポルトランドセメント2%、5%を混合させて使用することがよいと考えている。

<参考文献> 1) 石炭灰ハンドブック：日本フライアッシュ協会 2) Chai, J.-C., Miura, N. and Onizuka K. (2004). Adsorption characteristics of Ariake clays to chromium and the effect of pH-value. Proc. 9th Australia New Zealand conference on Geomechanics. Auckland, pp.467-472.

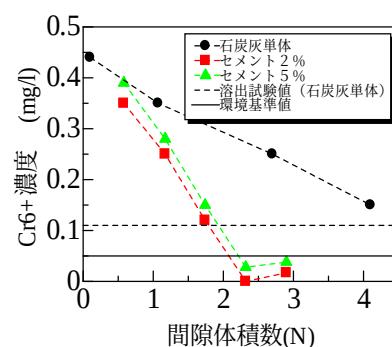


図3 石炭灰単体の
 Cr^{6+} 濃度変化

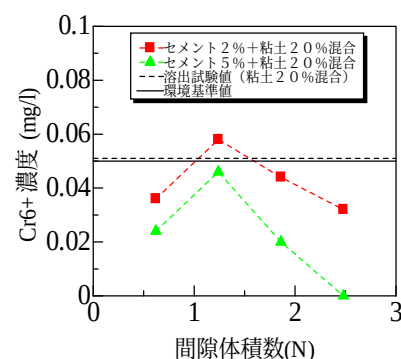


図4 粘土20%混合した
場合の Cr^{6+} 濃度変化

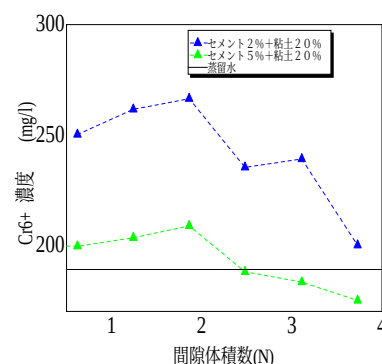


図5 浸出液のORP変化