

# 廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の溶出特性

福岡大学工学部 学生員 石田博揮  
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

**1 はじめに** 現在、石炭火力発電所から発生する石炭灰の約 85% (年間約 838 万トン) がセメント原料などとして有効利用され、残りの約 150 万トンが埋立処理されている (平成 15 年度)<sup>1)</sup>。また、排出されたごみを処理し、最終的に処分された一般廃棄物焼却灰の量は 809 万トン (平成 16 年度) に上る<sup>2)</sup>。今後は埋立処分場の拡大が難しくなることから、有効利用を拡大していくことが必須の課題である。しかし焼却残渣 (石炭灰及び焼却灰) を有効利用するには環境影響を正しく把握する必要がある。現在の評価手法は、セメント及びセメント固化材を土と配合する場合の六価クロムの分析については国土交通省が通達したタンクリーチング試験で評価されているが、一種類の溶出試験で有害廃棄物の管理に必要な情報を得るのは難しいという指摘が多い<sup>3)</sup>。そのため、複数の溶出試験を行って評価を行うことが肝要である。そこで本研究では焼却残渣を用いた流動化処理土の溶出特性として 成型試料を用いるタンクリーチング試験と、粉末状試料を用いるバッチ試験 (環境庁告示第 46 号法) を行い、**図-1** に示す研究のフローに従って重金属の溶出量の比較を行った結果について報告する。

**2 実験概要** 実験には、主材に九州電力松浦発電所 1 号機産の石炭灰、副材に有明粘土及び A 市焼却処理施設より排出された一般廃棄物焼却灰を用いて流動化処理土を作成<sup>4)</sup>し、処理土の地盤環境影響評価を以下に示す溶出試験法を用い Cu、Fe、Zn、Mn、Pb、Cr ( )、Cd、Al の 8 種類の重金属に着目しバッチ試験及びタンクリーチング試験を行った。供試体の作成は、高炉セメント B 種、水、石炭灰、粘土または焼却灰を攪拌混合させ、流動化処理土の設計基準に準拠し作成した。作成した供試体は、室温 20 一定の恒温室内のもと 7, 28 日間養生させた。

**2-1 バッチ試験** ここでいうバッチ試験とは環境庁告示第 46 号法試験のことを指し、土壤汚染に係る環境基準について調べる方法である。試料土を 2mm 以下の通過させ、その試料を純水に添加する。これを振とう機を用いて振とうし、その後静置する。静置後、遠心分離し上澄み液を採取し、減圧濾過、濃縮後重金属類の溶出量を測定する。

**2-2 タンクリーチング試験** 成型体の廃棄物からの溶出挙動を把握するための試験であり、特に、検体の形状の違いを把握するため、試料を塊状と破砕させたものの 2 種類に分けて検討を行った。**写真-1** に示すように試料を供試体のまま (φ=5cm、h=10cm) と、約 2cm 四方に破砕させたものを用いて、純水に固液比 L/S=10 で充填し、供試体のすべてが水中に没するように水浸させる。容器を密封後、20 の恒温室内に静置する。水浸 28 日後に溶媒水を採取し、重金属の濃度を測定する。

**3 実験条件** 実験ではセメント、水、主材には石炭灰、副材には有明粘土及び 2mm 以下に調整した焼却灰を用いた。**表-1** に示すとおり、セメント量を 50, 75, 100kg、副材の混入率を 0, 25, 50, 75, 100% とした。ここでの副材混入率とは、主材+副材 (有明粘土及び一般廃棄物焼却灰) に対する副材の割合をあらわしたものである。

**4 実験結果及び考察** **表-2** に石炭灰及び焼却灰それぞれ単体での重金属の溶出量を示す。Pb においてはどちらも土壤環境基準値を上回っており、有効利用のためには重金属を抑制する処理が必要であることが伺える。**表-3** は副材に有明粘土を用いた処理土の pH、**表-4** は副材に焼却灰を用いた処理土の pH を示す。表より焼却灰、石炭灰ともに緩衝能を有するため、pH は高アルカリ性を示していることが分かる。

**4-1 流動化処理土の改良効果** **図-2** に廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土のバッチ試験結果、タンクリーチング試験結果を示す。図中には土壤環境基準が定められている Cr, Cd, Pb についてのみ示す。図中の白塗りは流動化処理を施していない試料単体の値を示し、黒塗りが流動化処理を施した処理土を示している。Cd については全て定量下限値以下であった。図より、流動化処理を施すことにより重金属の溶出量を抑制することができる。特に Pb については単体で土壤環境基準値を上回っていたのに対し、タンクリーチング試験では流動化処理を施すことにより土壤環境基準値を下回り、溶出の減少が顕著に見られた。これは、セメントの固結効果により重金属の溶出が抑制されているためと考えられる。

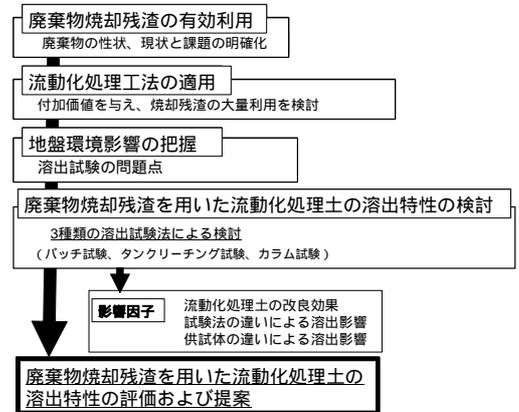
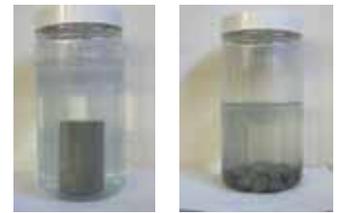


図-1 研究のフロー



a)成型体のまま b)破砕 (φ=5cm,h=10cm) (約 2cm 四方)

写真-1 タンクリーチング試験の供試体条件

表-1 実験条件

セメント量 (kg/m <sup>3</sup> )	主材	副材	有明粘土混入率 (%)	養生日数 (日)
50	石炭灰	有明粘土 または 焼却灰	0	7
75			25	
100			50	
			75	28
			100	

表-2 焼却残渣単体の溶出量と土壤環境基準値

分析した重金属	溶出量 (ppm)		土壤環境基準値 (ppm)	pH	
	石炭灰	焼却灰		石炭灰	焼却灰
Mn	0.00	0.00	-	13.03	12.06
Fe	0.05	0.01	-		
Cu	0.06	0.33	-		
Zn	0.02	0.12	-		
Pb	0.03	0.49	0.01		
Cr ( )	-	-	0.05		
Cd	-	-	0.01		

**4-2 供試体形状の違いが溶出量に与える影響** 国土交通省が定めるタンクリーチング試験は、明確な供試体寸法が規定されていない。試料の表面積が増加すれば溶出量も増加すると考えられるため、供試体形状の違いによる溶出特性を把握しておくことは重要である。そのため本研究では、配合条件は同じとし、供試体形状の違う流動化処理土(成型体及び破碎させたもの)を用いて溶出量の比較を行った。(供試体形状は写真-1を参照)。試験結果を図-3に示す。図より、供試体形状の違いによる溶出量の影響については、ほとんど変化が見られない結果となった。これは、供試体形状が違うにも関わらず、pH がほぼ同じ値を示していることから、破碎させた供試体においてもセメントの固結効果が見られ、溶出量を抑制していると考えられる。以上の結果から、タンクリーチング試験において、供試体形状の違いが溶出量に与える影響は少ないと思われる。

**4-3 試験法の違いが溶出量に与える影響**

前述したように、一種類の溶出試験法のみで、地盤環境影響を把握することは非常に危険である。そのため、本研究では2種類の溶出試験を行い、廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の溶出特性について検討を行った。図-4にバッチ試験による溶出特性を示す。図より、いずれの条件においても、タンクリーチング試験結果と比較して溶出量は増加する結果となった。特にC=50kg/m<sup>3</sup>においては、セメンテーション効果が小さいため焼却灰を混入させることにより、CdとPbについては、環境基準値以上の溶出量が見られた。しかしながら、1m<sup>3</sup>あたりのセメント添加量を増加させることにより、土壤環境基準値以内に重金属の溶出量を抑制させることが可能であると考えられる。C=100kg/m<sup>3</sup>においては、バッチ試験、タンクリーチング試験の溶出量に差異はあまり見られなかった。以上のことから、セメント添加量が少なくセメンテーション効果があまり期待できない処理土を使用する場合は、試験法の違いによる溶出の影響を受けやすいと考えられるため、特に注意が必要であることが明らかとなった。

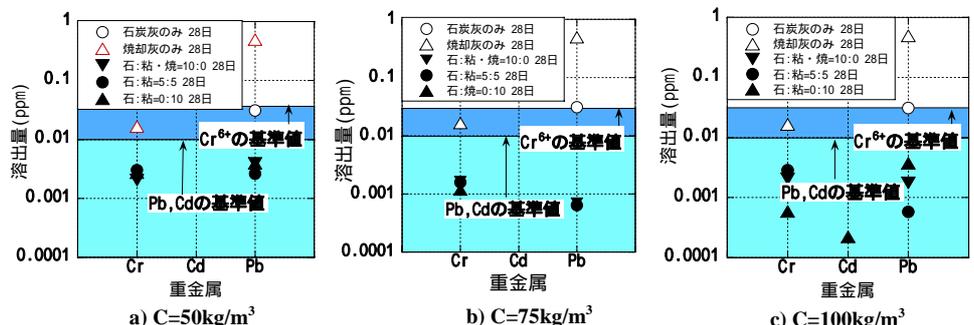
**5 まとめ** タンクリーチング試験において固形試料の大きさが溶出量に与える影響は少ないと考えられる。セメント添加量が少なくセメンテーション効果があまり期待できない処理土を使用する場合は、試験法の違いによる溶出の影響を受けやすいと考えられるため、特に注意が必要である。

**表-3 溶液の pH (副材に有明粘土を用いた場合)**

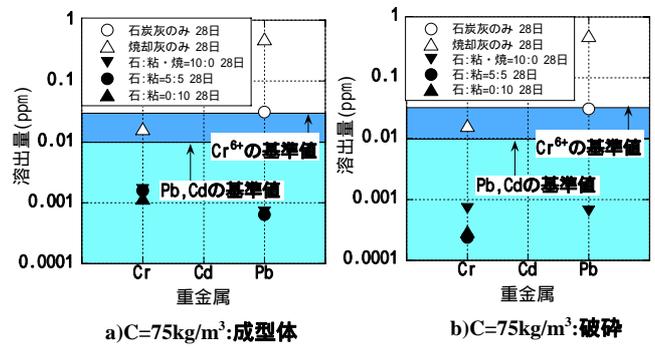
C(kg/m <sup>3</sup> )	条件		試験結果		
	副材混入率(%)	混入率の内訳	pH	pH(塊状)	pH(破碎)
50	0	石炭灰・粘土=10:0	12.65	12.77	12.51
	50	石炭灰・粘土=5:5	12.02	12.37	12.05
	100	石炭灰・粘土=0:10	11.88	12.07	11.66
75	0	石炭灰・粘土=10:0	12.75	12.67	12.51
	50	石炭灰・粘土=5:5	12.29	12.45	12.19
	100	石炭灰・粘土=0:10	11.97	12.15	11.85
100	0	石炭灰・粘土=10:0	12.78	12.96	12.81
	50	石炭灰・粘土=5:5	12.55	11.95	11.69
	100	石炭灰・粘土=0:10	12.28	11.63	11.35

**表-4 溶液の pH (副材に焼却灰を用いた場合)**

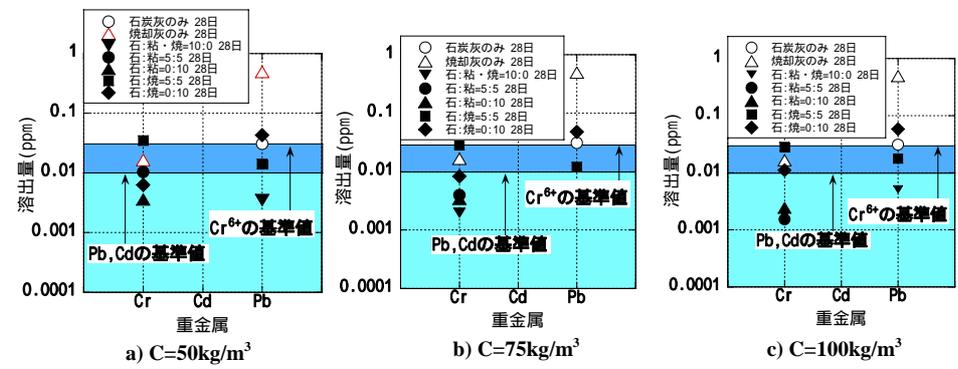
C(kg/m <sup>3</sup> )	条件		試験結果		
	副材混入率(%)	混入率の内訳	pH	pH(塊状)	pH(破碎)
50	0	石炭灰・焼却灰=10:0	12.65	12.77	12.51
	50	石炭灰・焼却灰=5:5	12.36	-	-
	100	石炭灰・焼却灰=0:10	12.43	-	-
75	0	石炭灰・焼却灰=10:0	12.75	12.67	12.51
	50	石炭灰・焼却灰=5:5	12.64	-	-
	100	石炭灰・焼却灰=0:10	12.75	-	-
100	0	石炭灰・焼却灰=10:0	12.78	12.96	12.81
	50	石炭灰・焼却灰=5:5	12.55	-	-
	100	石炭灰・焼却灰=0:10	12.14	-	-



**図-2 流動化処理土の改良効果(タンクリーチング試験結果)**



**図-3 供試体溶出量寸法の違いが溶出量に与える影響 (タンクリーチング試験結果)**



**図-4 バッチ試験による溶出特性**

【参考文献】 1)財団法人石炭エネルギーセンター: <http://www.jcoal.or.jp/coalash/ash01.html> 2)環境省ホームページ:「平成 18 年版循環型社会白書」 <http://www.env.go.jp/policy/hakuso/y/junkan/h18/index.html> 3)酒井伸一ら: 溶出試験の基本的考え方, 廃棄物学会誌, vol.7, No5 pp384 4)大坪孝弘ら: 廃棄物焼却残渣を用いた流動化処理土の力学特性に関する研究, 平成 18 年度西部支部発表会講演概要集掲載予定