

一般廃棄物焼却残渣の有効利用を考えたセメント系改良土の溶出特性

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 福岡大学工学部 学生員 鶴木昌宏
 福岡大学工学部 正会員 宮脇健太郎 福岡大学大学院 学生員 本村明教

1 はじめに 現在、我が国では、最終処分場確保の問題から処分場の延命化が求められている。廃棄物の焼却により生じる焼却残渣（焼却灰、溶融スラグ）を、有効利用できれば処分場の延命化を図ることができる。そこで、有効利用の一つの方法として、焼却残渣のセメント系改良土の副材としての利用を考えた。しかし、焼却残渣を含むセメント系改良土は、セメント中の六価クロム Cr^{6+} や、焼却残渣中の両性金属である Pb などの重金属の溶出が懸念される。そこで本研究では、焼却残渣を副材としたセメント系改良土における、周辺地盤の環境影響負荷の解明を目的として、各種溶出試験を行った。特に、改良土の置かれる環境を重視し通常の溶出試験に加えタンクリーチング試験および、溶媒の違いによる溶出特性の検討などを行った。これらの結果から、セメント系改良土を用いた焼却残渣の有効利用法における安全性について検討評価を行う。

2 試料・実験概要

2-1 試料 今回、実験に用いた供試体は、セメント系改良土である気泡混合処理土を用いた。気泡混合処理土は、軽量性、流動性のほか、配合条件によっては強度調整が可能であり、付加価値の高い処理土であり、盛土や裏込め材として利用できる。供試体の試料として主材は有明粘土、海砂を用い、副材には、焼却灰、溶融スラグ（有瓷、粉碎）を用いた。セメント固化剤は、化学耐久性に優れた高炉セメント（B 種）を使用した。この供試体作成について、別報²⁾で報告しているので省略する。

2-2 供試体 気泡混合処理土及びセメント改良土の配合は、主材：副材とセメント量の比（土：セメント比）を 1.0、目標密度を $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ とした。品質管理を考えフロー値を $180 \pm 20\text{mm}$ になるように設定し、調整含水比により配合を決定している。供試体作成条件については表-1 に示す。寸法については、 $\phi 5 \times h 10$ (cm) とする。様々な作成条件で供試体を作成し、比較検討を行う。

2-3 試験方法 各供試体作成条件による溶出特性を把握するために環境省告示第 46 号法とタンクリーチング試験を行った。

(a) 環境省告示第 46 号法（以下、環告 46 号）

環境省より通達されており、汚染土壌など溶出する有害物質を測定するための試験方法である。本研究では、焼却残渣を使用したセメント系改良土を 2 次製品と考え重金属の溶出量を把握するために環告 46 号に準じて実験を行った。図-1 に溶出試験の手順としてフローチャートの表記している。

(b) タンクリーチング試験（以下、TL 試験）

TL 試験は、施工後の品質管理などの際に確保した試料を塊状まま溶媒に 28 日間浸漬し、水中に溶出する重金属の濃度を測定するものである。環告 46 号とは、浸とうしない点や粒径を調整しないところで異なる。本研究では、TL 試験を土中にあるセメント改良土の固化体が施工現場周辺地盤に与える影響を想定して実験を行った。

2-4 試料の溶出特性 測定項目は、Zn、Cd、Fe、Cr、Cu、Pb の 6 種類である。Zn、Cd、Fe、Cr は定量下限値以下であったため表記していない。セメント固化処理による影響を比較するために、表-2 に各試料の溶出試験結果を示す。高炉セメント、有明粘土、海砂からは、重金属類の溶出は確認されなかった。しかし、高炉セメントは石灰石を原料として使用しているため強いアルカリ性を示している。焼却灰からは Cu と及び、土壤環境基準を超える Pb の溶出がみられた。スラグにおいては、その状態の違いによって溶出特性が異なっている。有瓷スラグでは、溶出が抑えられているものの、粉碎スラグでは Cu の溶出が見られる。これは、粉碎することによってガラス質の結晶中に閉じ込められていた重金属が溶出したものと考えられる。供試体作成に上記の試料を使用する。一般的にセメントを固化剤に使用すると六価クロムの溶出が懸念される。しかし、今回は高炉セメントを使用したので、六価クロムの溶出は抑えられていると思われる。

表-1 供試体作成条件

主材	副材	混入率 (%)	養生日数	養生方法
有明粘土	焼却灰	0	0	気中
	スラグ	75	28	水中
海砂	焼却灰	100	56	気中

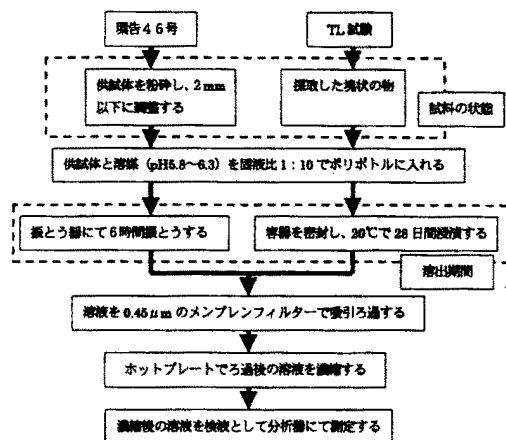


図-1 実験のフローチャート

表-2 各試料の溶出特性 (mg/l)

	Cu	Pb	pH
高炉セメント	N. D	N. D	11.92
有明粘土	N. D	N. D	8.30
海砂	N. D	N. D	7.65
焼却灰	0.06	0.02	9.89
有瓷スラグ	N. D	N. D	9.89
粉碎スラグ	0.03	N. D	10.54
土壤環境基準	—	0.01	

3 実験結果及び考察

3-1 焼却残渣の混入物率が溶出特性に及ぼす影響

改良土の主材に有明粘土、副材に焼却灰、スラグを用いた溶出特性を図-2、図-3に示す。副材に焼却灰を用いた場合、混入率増加によりpHは増加し、それに伴いCu、Pbの溶出量は増加する。副材にスラグを使用した場合は、Pbの溶出量はN.Dであった。これは、スラグのPb含有量が少ないためと考えられる。Cuに関しては、混入率増加により溶出量は増加している。焼却灰、スラグともに各試料単体での溶出試験よりも溶出量が増加しているのは、セメント添加による高アルカリ性状態のためと考えられ、重金属の溶出はpHが大きく依存している。

3-2 固化処理が溶出特性に及ぼす影響

セメント固化処理後の焼却残渣の溶出特性を調べるために図-4、図-5、図-6に各副材による溶出試験結果を示す。ここで焼却残渣単体を処理前とし、気泡混合処理土を処理後とした。また、処理後の試料として焼却灰の混入率は100%、28日気中養生のものを使用した。結果より、どの焼却残渣も処理後のpHが高くなっている。これは、固化材にセメントを用いているためである。溶出特性においてCuは、処理後溶出量が減少している。これは固化処理により重金属が固結されているためと思われる。一方Pbは、強アルカリ状態ではpHの増加とともに溶解量が増加する傾向にある。しかし図-6に示す有姿スラグのPbの溶出は、処理後でも定量下限値以下である。これは、有姿スラグの結晶が重金属を閉じ込めており、Pbの溶出はほとんどないことを示している。以上のことから、固化処理は重金属の溶出を抑えることが可能であるが、固化体中で土質材料を添加するなどのpH調整を行わなければ、Pbなどの両性金属が溶出する恐れがある。

3-4 養生方法の違いによる影響 養生方法の違いによる溶出特性を把握するため、水中養生と気中養生を行った。結果を図-7に示す。試験に用いる試料の配合は、焼却灰100%のものを用いた。Cuの溶出及びpHは養生方法を変えても大きな変化は見られなかった。

3-5 溶媒の違いによる影響

溶媒の違いによる溶出特性を表-3に示す。溶媒に海水を使用した場合、pHが下がっているのが分かる。これは、海水のアルカリ緩衝作用のためであり、それによってCu、Pbの溶出量が減少している。

3-5 固化体で存在する処理土の溶出 実験の溶出特性を図-8に示す。副材に焼却灰を使用し、混入率100%、28日間気中養生を行った供試体を検体とした。環告46号では、Cu、Pbともに溶出がみられる。TL試験では、Cuの溶出がみられるがPbの溶出はなくpHも環告46号よりも低い値を示している。これは、溶媒に接する供試体の表面積が粉体状にした環告46号の方が大きいためと考えられる。焼却灰を用いた固化体が存在する場合、重金属の溶出を抑制する効果が考えられる。

4 まとめ ① 焼却残渣を気泡混合処理することにより、重金属溶出を抑制することが可能である。しかし、固化材にセメントを使用するため、固体中ではアルカリ性になる。そのために、両性金属の溶出を抑えるために土質材料を添加しpH処理が必要である。また、今回の実験では高炉セメントの使用によりCr⁶⁺の溶出はなかった。

② 養生方法は、溶出特性に大きな影響を与えないと考えられる。

③ 海水にはアルカリ緩衝作用がありpHを低下させ、それにより両性金属の溶出を抑制することが可能である。

④ 焼却残渣を気泡混合処理することにより、重金属の溶出を抑制することが可能であることが分かった。これにより、焼却残渣を気泡混合処理土の副材として再利用することが環境影響上、可能なことが今回の実験で分かった。

参考文献 1) 高橋 茂:「セメントに含まれる微量成分の環境への影響」、セメントコンクリート、No640 pp.20'29、2000

2) 佐藤研一、後藤勇樹、大神彦彦、本村明教:「気泡混合処理した一般廃棄物焼却残渣の力学特性」、平成13年土木学会西部支部研究発表会、投稿中

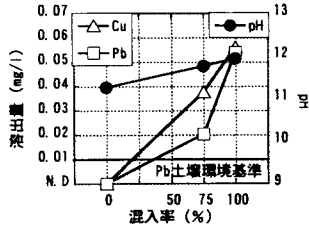


図-2 焼却灰の混入率による影響

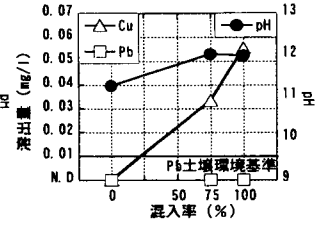


図-3 スラグの混入率による影響

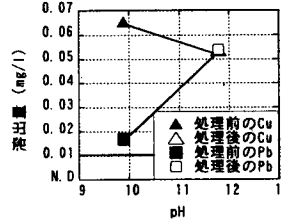


図-4 処理による溶出特性(焼却灰)

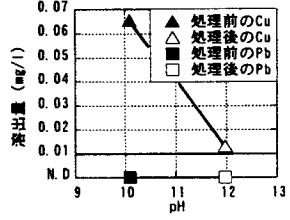


図-5 処理による溶出特性(有姿スラグ)

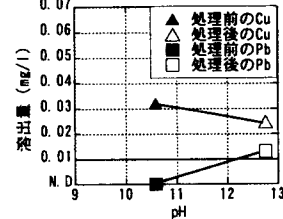


図-6 処理による溶出特性(有姿スラグ)

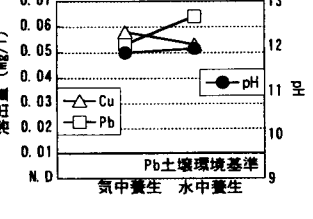


図-7 養生方法の違い

表-3 溶媒の影響 (mg/l)

溶媒	混入率	Cu	Pb	pH
焼却灰	0	N.D	N.D	11.26
	75	0.04	0.02	11.26
	100	0.05	0.05	11.94
海水	0	N.D	N.D	9.39
	75	0.03	N.D	10.39
	100	0.03	0.02	10.94

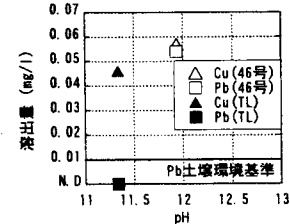


図-8 試験方法による溶出特性