

一般廃棄物焼却主灰中の鉛の含有量試験値低下に関する実験的検討

福岡大学工学部
福岡大学工学部
国立環境研究所

学生会員
正会員
正会員

松園 直人
佐藤 研一
肴倉 宏史

大原 史稔
藤川 拓朗
ベク スンギ

古賀 千佳嗣

1. はじめに

一般廃棄物焼却主灰（以後、主灰）は、種々の重金属等を含有していることから、有効利用にあたっては適切な不溶化处理などの対策が求められる。主灰の中でも特に取り扱いが問題となっているのが鉛であり、これまでの研究により、主灰中の鉛は、炭酸化処理等の不溶化处理を施すことで土壤環境基準値以下まで溶出濃度を低下させることが明らかとなっている¹⁾²⁾。しかしながら、鉛の含有量については非常にばらつきが多く、土壤汚染対策法の含有量基準を超過するものも存在しており、有効利用を行っていく上での大きな課題となっている。このような背景を踏まえ、筆者らは、主灰中に含まれる鉛の含有量試験値を低下させることに主眼を置き、研究に取り組んでいる。本報告では、鉛の含有量試験値を低下させるために、①粒径選別による含有量低下方法、②天然材料等との混合（希釈）による含有量低下方法、③エアテーブルを用いた比重差選別による含有量低下方法について検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

実験には清掃工場（ストーカ炉）から排出される主灰（湿灰）を用いた。主灰の粒度分布と物理組成は図-1及び図-2に示すとおりであり、灰分と非鉄金属類等を多く含み、鉄、ガラス類、陶器は3%以下であることが分かる。表-1は、主灰の環告19号試験（含有量試験）結果を示しており、Pb（鉛）について含有量基準を超えていることが分かる。そのため、主灰を路盤材や盛土材等の地盤材料として有効利用するためには、鉛の含有量を150 mg/kg以下まで抑えることが望まれている。本研究では、鉛の含有量を低減させるために、以下の3つの検討を行った。

- (1) 粒径選別による含有量低下方法 主灰の篩分けを行い、各篩に留まった主灰の鉛の含有量を把握し、含有量の高い粒径を取り除く手法の検討を行った。なお、2 mm以上の篩に留まった主灰については、粒径の影響について把握すべく、有姿の状態と2 mm以下に粉碎した状態で含有量試験を実施した。
- (2) 天然材料等との混合（希釈）による含有量低下方法 主灰中の鉛の含有量を低下させるべく、表-2に示す置換条件（内割り）において良質な天然材料（まさ土）や再生骨材（RM-25）と混合し、含有量基準を満足する置換率の検討を行った。
- (3) エアテーブルを用いた比重差選別による含有量低下方法

エアテーブル³⁾は、図-3に示すように、テーブルの下部から空気送り込み、空気速度、振動数、サイドスロープ角、エンドスロープ角等を調整し、対象試料を低密度粒子と高密度粒子に比重差選別する装置である。この装置を用いて主灰を4段階（低密度側から高密度側にかけて、①、②、③、④と表記する）に比重差選別し、各段階における鉛の含有量について調査を行った。実験条件は、表-3に示すとおりであり、実際の排出形態に近づけるべく19 mm以下の焼却灰を使用した。含水比については、乾燥状態と最適含水比状態の2種類で検討を行った。

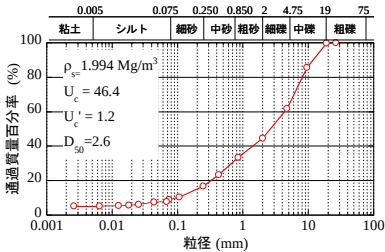


図-1 主灰の粒度分布

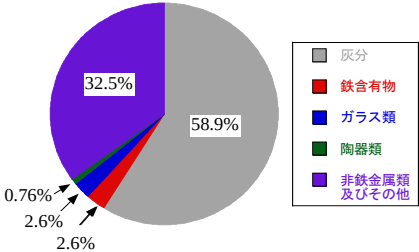


図-2 主灰の物理組成

表-1 環告 19 号試験結果

試料	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr(VI) (mg/kg)	As (mg/kg)	F (mg/kg)	B (mg/kg)
主灰	3.8	760	1.7	1.7	220	100
土壤環境基準	150	150	250	150	4000	4000

表-2 混合材との置換による実験条件

主材	混合材料 (置換材料)	置換率 (%)
主灰	まさ土 RM-25	0
		25
		50
		75
		100

表-3 エアテーブルの実験条件

	Case1	Case2	Case3	Case4
最大粒径 (mm)	19			
含水比 (%)	4	19		
空気速度 (m/s)	2	2	2.5	1.5
エンドスロープ角 (°)	11			
サイドスロープ角 (°)	4			
振動数 (Hz)	7.5			

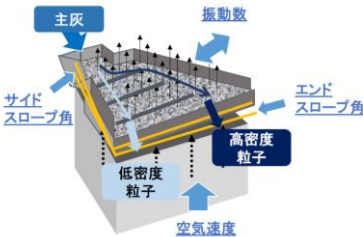


図-3 エアテーブルの構造³⁾

3. 実験結果及び考察

3-1 粒径選別による含有量低下方法

の組成ごとの鉛の含有量試験値を示す。主灰中の鉛は、灰や非鉄金属及びその他（以後、その他）に多く含有されており、鉄、ガラス、陶器の鉛含有率は低いことが分かる。よって、灰やその他に含まれる鉛を効率的に取り除くことが重要である。また、図-5は、主灰の粒径ごとの鉛の含有量試験値を示したものであり、粒径が大きいものに比べ細かいほど鉛の含有量試験値が高くなることが分かる。これは、比表面積の増加による影響をはじめ、粒子径の小さい灰分において鉛の含有量試験値が考えられる。今回使用した主灰においては、いずれの試験値も基準値を超える結果となった。また、主灰の試験値が増加することも確認された。

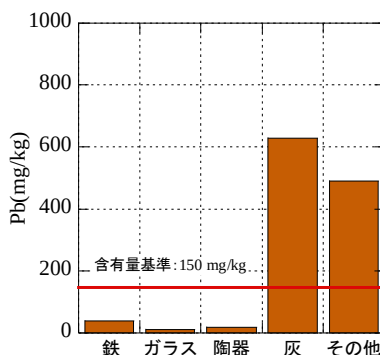


図-4 組成ごとの Pb 含有量試験値

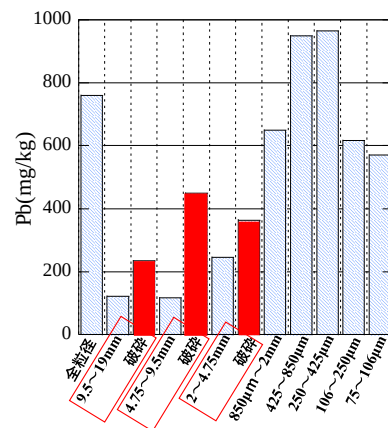


図-5 粒径ごとの Pb 含有量試験値

3-2 天然材料等との混合(希釈)による含有量試験値低下方法 図-6に天然材料等

(まさ土やRM-25)の添加率と鉛含有量試験値の関係を示す。天然材料等の増加に伴い鉛の含有量試験値は低下する傾向にあることが分かる。今回の条件においては、添加率(置換率)85%において含有量基準を満足する結果が得られた。また、まさ土とRM-25による材料の違いが含有量試験値の低下に及ぼす影響は小さいと考えられる。

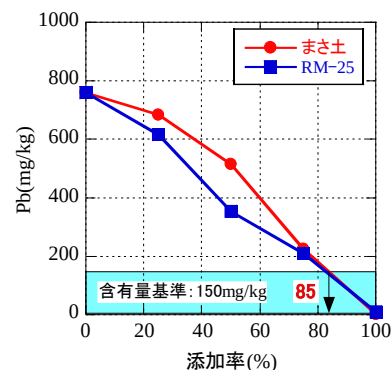


図-6 添加率と Pb 含有量試験値の関係

3-3 エアテーブルを用いた比重差選別による含有

量低下方法 図-7に比重差選別条件と湿潤密度の関係を示す。いずれも低密度領域の①において湿潤密度が高くなる傾向を示したものの、それ以外は、概ね②の湿潤密度が低く、③、④の順にしたがって湿潤密度が高くなる傾向が見られた。また、今回の条件設定においては、主灰の含水比や空気量が比重差選別に与える影響はあまり見られないことが分かる。図-8は各比重差選別条件における鉛の含有量試験値についてまとめた結果である。鉛の含有量基準以下までの選別はできなかったも

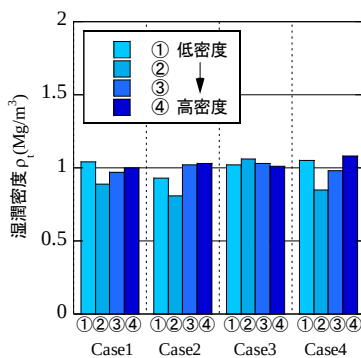


図-7 比重差選別条件と
湿潤密度の関係

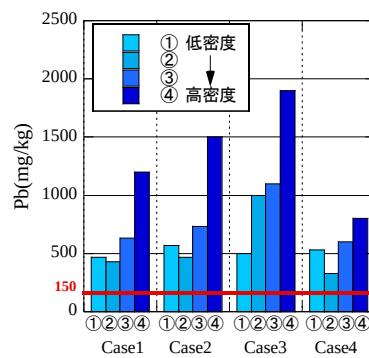


図-8 比重差選別条件と
含有量試験値の関係

4. まとめ

1) 鉛の含有量試験値は、主灰の粒径が小さいほど高い傾向にあり、これは比表面積の増加と灰分等に鉛を多く含有していることによるものと考えられる。2) 主灰の鉛含有量試験値は、良質な材料と混合（置換）させることで低下する。ただし、良質な材料の置換率を極力減らすために、主灰の含有量をコントロールできる置換材等の検討が必要である。3) 比重差選別により、低密度粒子側の鉛の含有量試験値は低いことが明らかとなった。

【参考文献】 1) 永山陽裕・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣・久保田 洋・繁泉恒河・高地春菜・肴倉宏史：清掃工場の排ガス及びCO2により炭酸化処理を施した一般廃棄物焼却主灰の地盤材料特性と長期安定性，第14回地盤改良シンポジウム論文集，pp.377-380, 2020. 2) 藤川拓朗・佐藤研一・藤川拓朗・古賀千佳嗣・久保田 洋・繁泉恒河・高地春菜・肴倉宏史：炭酸化処理を施した一般廃棄物焼却灰（乾灰・湿灰）の路盤材利用に関する考察，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会，III-332, 2021. 3) 飯野成憲・辰市祐久・肴倉宏史：都市ごみ焼却主灰のエアテーブル選別における含水率の影響，第31回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿，D5-7P, pp.313-314, 2020.