

回転式ストーカ主灰の排出地域の違いが力学・溶出特性に与える影響

福岡大学大学院
福岡大学工学部
(株) 神鋼ソリューション

学生会員
正会員
正会員

○大塚 祐磨
佐藤 研一
谷田 克義

藤川 拓朗
藤田 淳

古賀 千佳嗣
細田 博之

1. はじめに 筆者らはこれまで、階段式ストーカ炉から排出される一般廃棄物焼却主灰（以後、焼却主灰）を路盤材や盛土材等の土木資材として有効利用する検討を行っている¹⁾。これまでの結果より、焼却灰は排出地域の違いにより物理・力学特性が異なる傾向があることが分かっている。その中で今回は、回転式ストーカ炉から排出される焼却主灰（回転式ストーカ主灰）の有効利用に着目した。回転式ストーカ炉は、炉体の回転によりごみを効率的に混合し攪拌しながら燃焼する方式であり、処理性能、発電効率、耐久性に優れている点の特徴²⁾である。しかしながら、比較的新しい焼却処理方式であることから、排出された焼却主灰の特性についてはデータが少ないのが現状である。そこで本報では、回転式ストーカ炉から排出された2つの地域の焼却主灰に着目し、排出地域の違いが力学・溶出特性に与える影響について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料 実験には、A市およびB市の焼却処理施設（いずれも回転式ストーカ炉）から採取した、焼却主灰（19mm以下に篩分けしたもの）を用いた。表-1にそれぞれの焼却処理施設の概要を示す。A市は可燃ごみとし尿汚泥が処理対象になっているのに対し、B市は可燃ごみに加え、不燃ごみを細かく砕いた、不燃ごみ破碎残渣も焼却処理されている。また、一般ごみには、A市では布類が含まれており、B市では貝殻類が含まれるなど、それぞれの地域の特色が見てとれる。

2-2 実験方法 焼却主灰の力学特性を明らかにするために本研究では、まず焼却主灰の物理組成、密度試験、粒度試験、締固め試験を実施した。また、焼却主灰の路盤材への適応性を評価するために修正 CBR 試験を実施した。物理組成は、目開き 75 μ m のふるいで水洗い・乾燥後、磁選、目視による選別で灰分、鉄含有物、ガラス類、陶器類に選別をした。密度試験は、土粒子の密度試験(JIS A 1202)に準じて行ったが、従来の湯せん法で脱気を行うと、熱により焼却主灰に含まれる Al や Ca 成分の化学反応が促進される可能性がある³⁾ことを考慮し、真空脱気法を採用した。締固め試験は、JIS A 1210に基づき E-b 法により行った。また、環告 46 号試験及び環告 19 号試験を実施し、焼却主灰の溶出特性について把握を行った。

3. 実験結果

3-1 回転式ストーカ主灰の力学特性

1) 物理組成 図-1(a), (b)に焼却主灰の物理選別の結果を示す。A市の焼却主灰はB市に比べ、灰分及びガラス類の割合が高いことが示された。一方、B市の焼却主灰は灰分やガラス類が少ない分、鉄含有物や陶器類の割合が高い結果となった。これらの違いは、B市の焼却主灰に不燃ごみ破碎残渣が含まれていることが影響していると考えられる。

2) 焼却主灰の粒子密度 図-2にA市、B市の焼却主灰の粒子密度及び階段式ストーカ炉で排出された他都市の焼却主灰の粒子密度を併せて示す。焼却主灰の粒子密度は、回転式ストーカ炉のA市とB市で僅かに差が見られるが、階段式ストーカ式（C市～H市）に

表-1 焼却処理概要

	A市	B市
処理方式	回転式ストーカ炉	回転式ストーカ炉
処理対象	一般ごみ（燃えるごみ） 可燃粗大ごみ破碎残渣 し尿汚泥	一般ごみ（燃えるごみ） 可燃粗大ごみ破碎残渣 不燃ごみ破碎残渣
一般ごみ内容	生ごみ、布類、革製品、 木くず、ゴム、ラップ、 ビニール、紙おむつ	生ごみ、革製品、履物、 ゴム、貝殻類、ビニール、 紙おむつ、プラスチック類

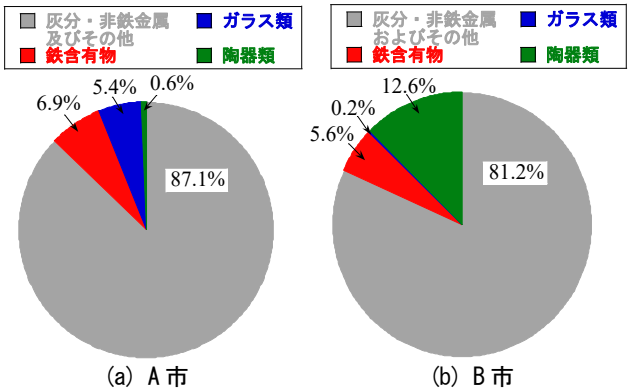


図-1 灰の物理組成

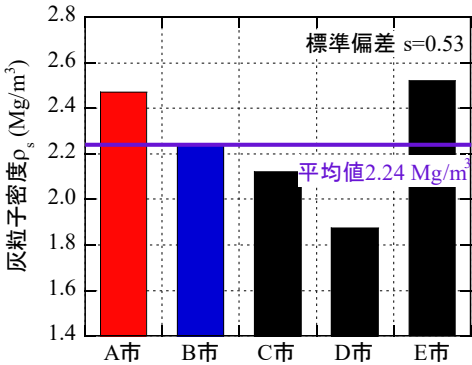


図-2 回転式及び階段式ストーカ炉から排出される焼却灰の粒子密度

キーワード 回転式ストーカ炉、焼却主灰、修正 CBR、溶出試験、路盤材
連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈八丁目 19 番 1 号 TEL 092-871-6631(内線 6481)

おいてもばらつきが見られることが分かる。また、A市とB市の焼却主灰の粒子密度は、階段式ストーカ主灰の平均値と比べても大きな差は見られないことから、焼却処理方式が粒子密度に与える影響は小さいと考えられる。

3) 粒度分布 図-3にA市、B市それぞれの焼却主灰の粒径加積曲線を示す。A市の灰は比較的、細粒分が多く、B市の灰は比較的、粗粒分が多い傾向を示した。これらの結果から、焼却主灰の粒度分布は、排出場所によって異なることが明らかになった。また、これらの差異は焼却炉で処理対象となる廃棄物の違いによるものと考えられる。

4) 締固め特性及び修正CBR 図-4に締固め試験結果を示す。A市とB市の締固め曲線に着目すると、焼却主灰の最適含水比及び最大乾燥密度には差が見られ、締固め曲線の形状も異なる傾向が見られた。これはA市とB市の焼却主灰の粒度分布の違いが影響していると考えられる。またA市の焼却主灰の方が、破碎性が高いガラス類⁴⁾が多く含まれており、それらが締固め時に破碎して、締固め特性に影響を与えた可能性も考えられる。

次に、修正 CBR 試験の結果に着目すると、95%修正 CBR は、図-5に示すように、A市が

47%、B市が 53%であった。路盤材の場合、材料の適用基準⁵⁾は下層路盤材で修正CBR30%以上、上層路盤材では修正 CBR80%以上であることを踏まえると、いずれの焼却主灰も下層路盤材として十分な性能を有することが分かる。

3-2 回転式ストーカ主灰の溶出特性 焼却主灰は鉛等の重金属の溶出濃度が高いことから、実際に有効利用する際は、炭酸化処理や薬剤処理などの不溶化対策を施す必要がある。ここでは排出地域の異なる焼却主灰の溶出特性（溶出量・含有量）を把握するため、不溶化対策を行っていない焼却主灰を用いて考察を行っている。表-2に環告46号試験結果を示す。いずれの焼却主灰も pH はアルカリ性を呈しており、鉛(Pb)およびホウ素(B)についてはA市とB市で溶出濃度に差が見られることが分かる。特にB市については、いずれの重金属等も土壤環境基準を満足していることが分かる。これらの差が生じた要因については今後さらに調査が必要ではあるが、現段階では処理対象物の影響によるものと考えられる。

4. まとめ 1) 焼却処理対象となる廃棄物や一般ごみの内容は排出地域によって異なり、その違いが回転式ストーカ主灰の力学特性に影響を及ぼす因子となっていることが示唆された。2) 排出地域に関わらず、回転式ストーカ主灰は、下層路盤材としての材料規定を十分に満足することが明らかとなった。3) 焼却主灰の重金属溶出特性は排出地域で違いが見られ、焼却処理対象となる廃棄物や一般ごみの内容が、溶出特性にも影響を及ぼすことが示唆された。

参考文献 1) 永山ら：清掃工場の廃ガス及び 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) 株式会社神鋼環境ソリューション HP：ストーカ式焼却炉，https://www.kobelco-eco.co.jp/product/waste_treatment/grate_type_incinerator.html. 3) 土居ら：一般廃棄物焼却灰の土質特性の経時変化，土木学会論文集，No.659，pp.103-112，2000. 4) 宮竹ら：流動床式ガス化炉から排出される不燃物の路盤材への適用，令和2年度土木学会西部支部研究発表会，pp.413-414，2021. 5) 地盤工学会：土質試験 基本と手引き 第三回改訂版，p.91，2022.

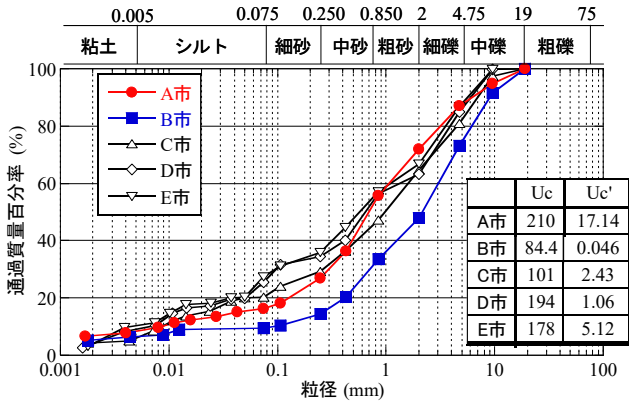


図-3 粒径加積曲線

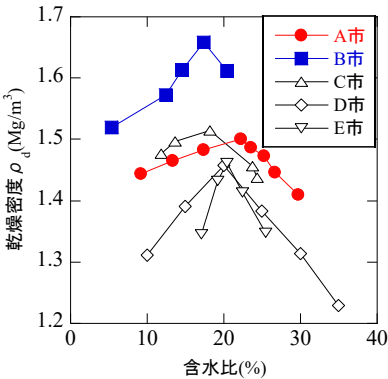


図-4 締固め曲線

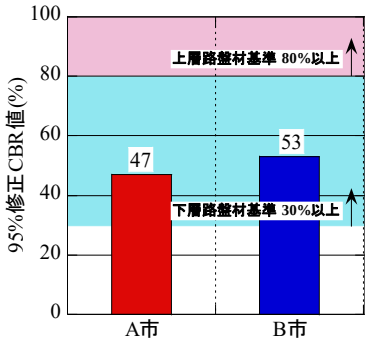


図-5 95%修正 CBR 値

表-2 環告 46 号試験結果

試料名	pH	Cd (mg/L)	Pb (mg/L)	Cr(VI) (mg/L)	B (mg/L)
A市 N=1	11.7	N.D.	0.05	N.D.	0.06
A市 N=2	11.8	N.D.	0.07	N.D.	0.06
A市 N=3	11.8	N.D.	0.27	N.D.	0.07
B市 N=1	11.7	N.D.	0.01	0.03	0.81
B市 N=2	11.7	N.D.	N.D.	0.03	0.81
B市 N=3	11.8	N.D.	N.D.	0.03	0.83
土壤環境基準		0.003以下	0.01以下	0.05以下	1.00以下
定量下限値		0.01	0.01	0.05	0.01