

オンサイト安定化促進技術を用いた一般廃棄物焼却主灰の盛土材料としての検討

福岡大学工学部 学生会員 長谷川 遼 平川 裕也
 福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣
 (株)フジタ 正会員 久保田 洋 繁泉 恒河 増田 圭司

1. はじめに 年間約 400 万トン発生する一般廃棄物焼却主灰¹⁾(以下、焼却主灰)は最終処分場にて埋立処理されている。処分場の新規建設が困難になってきている社会の趨勢を鑑みると、今後は循環型社会に相応しい循環資源戦略が必要である。焼却主灰は高濃度の重金属類を含有するため、土工材料として有効利用する際は、環境安全面から重金属類を不溶化させる必要がある。そこで本研究では、オンサイト(発生現場)において、短期間で不溶化が可能な散水洗浄と炭酸化処理を併用した安定化処理技術を用いた焼却主灰の土工資材化の検討を行っている。本報告では、散水洗浄及び炭酸化処理(安定化処理)を施した焼却主灰の盛土材料としての適用性について検討した結果について報告する。

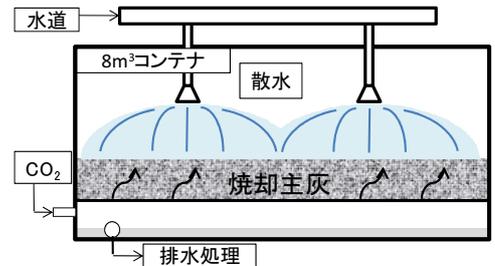


図-1 散水洗浄及び炭酸化処理の様子

表-1 不溶化処理条件

日数(日)	供試灰量(t)	充填高(cm)	充填密度(g/cm³)	散水強度(mm/日)	通気(L/min)	液固比(L/kg)	排水量/供給量
1	2.3	24~29	1.2~1.4	280	70(6h)	0.74	96%

2. 実験概要

2-1 実験試料及び不溶化方法

実験試料には、図-1 に示す 8m³ コンテナ内に清掃工場で排出された焼却主灰を充填し、表-1 に示す条件において散水洗浄及び炭酸化処理を行ったものを用いた。

表-2 不溶化処理した焼却主灰の重金属含有量

項目	単位	Pb	Cr(VI)	As	Se	F	B	Hg	Cd
土壤含有量基準	mg/kg	150	250	150	150	4,000	4,000	15	150
焼却主灰		160	5	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	160	77	n.d.(<0.02)	n.d.(<5.0)

また、表-2 に示す安定化処理した焼却主灰の重金属類含有量に着目すると、今回用いた焼却主灰からは、基準値を上回る鉛(以下、Pb)の含有量が見られたため、これらを低減する必要がある。そこで2種類の副資材(赤土及び黒土)に着目し、これらを添加することでPbの含有量の低減を図った。また、焼却主灰は炭酸化処理を施すことによって六価クロム(以下、Cr(VI))の溶出濃度が増加する可能性があること²⁾を考慮し、本研究では鉄系不溶化材を添加するパターンについても検討を行った。表-3 に本検討で用いた試料の物理特性、図-2 に粒径加積曲線を示す。

表-3 物理特性

試料	処理条件	粒子密度 ρ _s (g/cm³)	細粒分含有率 (%)
焼却主灰	散水洗浄+炭酸化	2.450	21.2
赤土	-	2.567	91.0
黒土	-	2.427	78.7

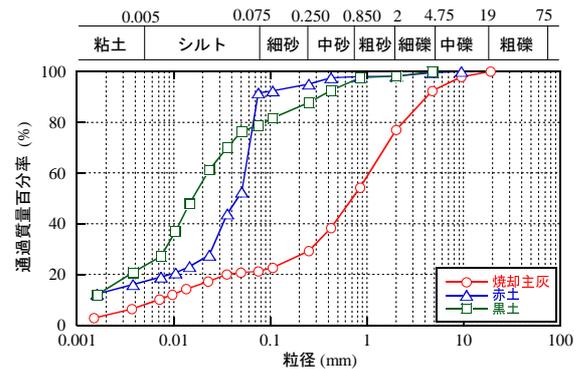


図-2 粒径加積曲線

2-2 コーン貫入試験による盛土材料としての検討

本検討では、散水洗浄及び炭酸化処理を施した焼却主灰の盛土材としての適用性を把握するために、コーン貫入試験(JIS A 1228)を行った。実験条件を表-4 に示す。表中の添加率とは、焼却主灰の乾燥質量に対する副資材の重量比を意味している。

表-4 実験条件(コーン貫入試験)

試料	添加材	添加率 (%)	A-a法	
			最適含水比 W _{opt} (%)	最大乾燥密度 ρ _{damx} (g/cm³)
焼却主灰	-	-	28.9	1.255
	鉄系不溶化材	5	25.5	1.179
	赤土	50	42.7	1.169
		100	47.0	1.070
	黒土	50	36.6	1.215
		100	36.4	1.173
赤土	-	-	72.3	0.879
黒土	-	-	46.4	1.058

3. 実験結果及び考察 表-5 に副資材を焼却主灰の乾燥質量に対して 50%添加した際の重金属類含有量を示す。Pbの含有量に着目すると副資材を添加することにより含有量が基準値以下まで低下することが示された。したがって、焼却主灰に副資材を添加することにより、焼却主灰に含まれる重金属類の含有量を効果的に削減できることが明らかとなった。

次に、焼却主灰及び副資材と不溶化材を添加した締固め曲線を図-3 に示す。副資材の種類に

関わらず、いずれの条件においても添加率の増加に伴い、最大乾燥密度は低下し、最適含水比は増加する結果となった。これは、いずれの副資材も、焼却主灰に比べて細粒分含有率が高いため、締固め特性が低下したためだと考えられる。図-4 に各副資材を混合した焼却主灰のコーン貫入試験結果を示す。図中の点線は副資材単体のコーン指数を表している。いずれの副資材においても添加率の増加に伴い、コーン指数が低下していることがわかる。これは、締固め試験結果により得られた最大乾燥密度が副資材の添加率の増加に伴い減少していることが要因として考えられる。また、副資材単体でのコーン指数においても、黒土の方が赤土に比べて高いコーン指数が得られた要因として同様のことが考えられる。

図-5 に鉄系不溶化材を添加したコーン貫入試験結果を示す。鉄系不溶化材添加率 5% の場合、添加率 0% に比べてコーン指数が僅かに低下したが、不溶化材を添加しても、コーン指数には大きな影響を与えないことが示された。

一般的に盛土材として求められる一軸圧縮強さは $q_u=98\text{kN/m}^2$ であり³⁾、また、コーン指数は一軸圧縮強さの約 5 倍⁴⁾ に相当することが報告されている。そこで、本検討で用いた試料のコーン指数に着目すると、最も低いコーン指数値を示した赤土添加率 100% においても一軸圧縮強さに換算した強度が約 2180kN/m^2 に相当する。よって、盛土材に必要な強度を十分に満たしており、力学面においては、盛土材としての利用が可能であることが示唆された。今後の課題として、副資材や不溶化材を添加した際の溶出特性の把握を行う必要がある。

4. まとめ 焼却主灰の重金属類含有量は、副資材を添加させることで効果的に低下させることが可能である。また、力学面においては、副資材及び鉄系不溶化材を添加することで焼却主灰のコーン指数は低下する傾向が見られたが、いずれの添加率においても盛土材として必要な強度を十分に満たしていることが示唆された。

表-5 副資材添加時の重金属類含有量

項目	単位	土壌含有量基準	単体			副資材(添加率)	
			焼却主灰	赤土	黒土	赤土(50%)	黒土(50%)
Pb	mg/kg	150	160	n.d.(<5.0)	8	86	90
Cr(VI)		250	5	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	5	n.d.(<5.0)
As		150	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)
Se		150	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)
F		4,000	160	130	140	140	130
B		4,000	77	n.d.(<5.0)	6	49	49
Hg		15	n.d.(<0.02)	n.d.(<0.02)	0.03	n.d.(<0.029)	n.d.(<0.029)
Cd		150	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)	n.d.(<5.0)

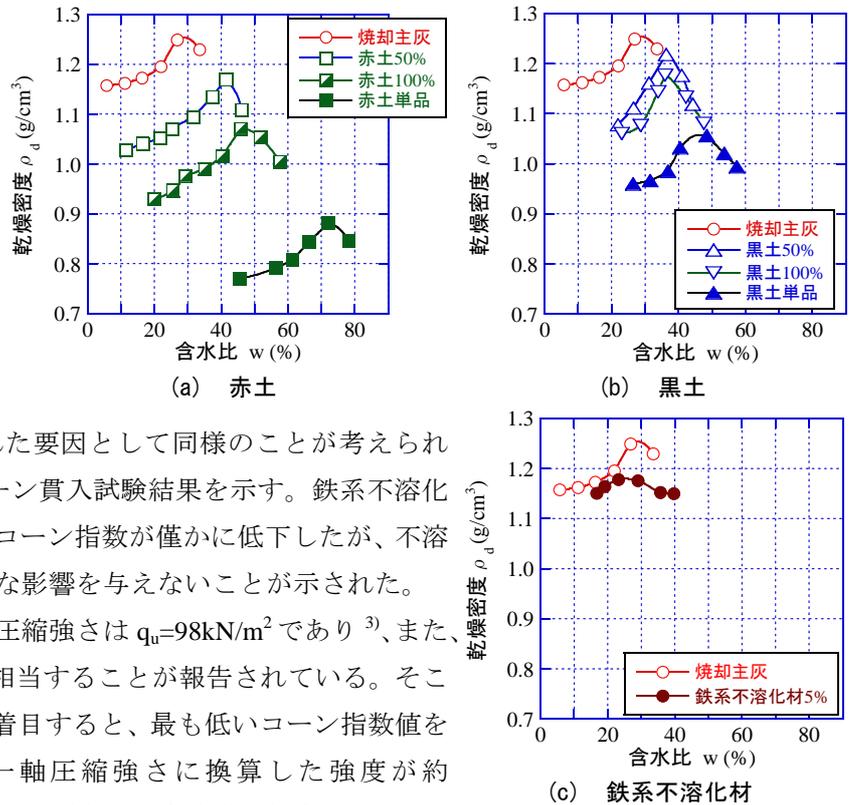


図-3 締固め試験結果

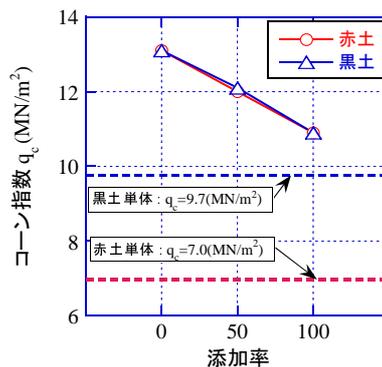


図-4 コーン貫入試験結果 (副資材)

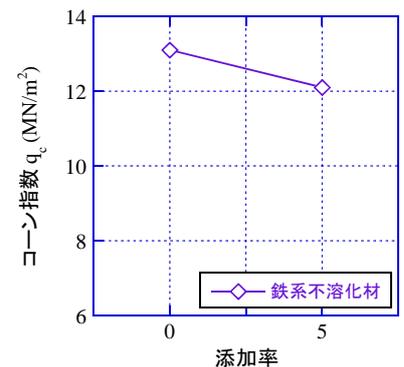


図-5 コーン貫入試験結果 (鉄系不溶化材)

いずれの添加率においても盛土材として必要な強度を十分に満たしていることが示唆された。

【参考文献】 1) 環境省:一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成 26 年度)について, <http://www.env.go.jp/press/102117.html>. 2) K. Pillay, H. von Blottniz, J. Petersen : Ageing of chromium(III)-bearing slag and its relation to the atmospheric oxidation of solid chromium(III)-oxide in the presence of calcium oxide, Chemosphere, 52, 1771-1779, 2003. 3) 公益社団法人 日本下水道協会:「下水汚泥の建設資材利用マニュアル」, pp.20, 2001. 4) 佐藤ら:「改良土のコーン指数と一軸圧縮強度の比較事例」, 全地連「技術フォーラム 2012」新潟, No. 44.