

一般廃棄物焼却主灰を用いた新しい土木資材の提案

福岡大学 学生会員 宮田省吾 坂田智美

福岡大学 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1. はじめに 我が国における一般廃棄物焼却残渣は、最終処分場への埋立処理が義務化されている¹⁾。新しい最終処分場の建設が困難な状況の中、処分場の延命化を図る上で焼却残渣のうち主に排出の大半を占める一般廃棄物焼却主灰(以下、焼却主灰)を有効利用することは重要な課題である。また、今後起こりうる大規模地震により破壊的な被害を受けた被災地の復興作業に伴う土木資材及びセメント不足を考えると、やはり焼却主灰の有効利用は社会的課題である。焼却主灰の材料特性として焼却時に用いられる消石灰の影響による固結力発生により経時的に固化する特徴を持つ材料であることが知られている²⁾。そのため、焼却主灰は地盤改良材料としての有効利用も十分に期待できる。ただし主灰中に含有する Pb や Cl⁻といった重金属類は地盤環境中への溶出が大きな問題となるため、重金属類の溶出抑制が必要不可欠である。一方、土にはこのような重金属類を吸着する効果があることが報告されている³⁾。そこで、本研究では焼却主灰の持つ固化特性と土の吸着特性を利用し、土と焼却主灰を混合させる新しい主灰の利用方法の検討を行った。本報告では 1) 焼却主灰の添加率が一軸圧縮強さに及ぼす影響、2) 物理特性の異なる 2 種類のまさ土による重金属類の吸着特性について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験試料及び供試体作製方法 実験試料には写真-1 に示すように土質材料として 9.5mm 以下に調整した物理特性の異なる 2 種類のまさ土を使用した。なお、固化材として 2013 年 5 月に A 市の焼却施設から採取した焼却主灰を 2mm 以下に調整したものを

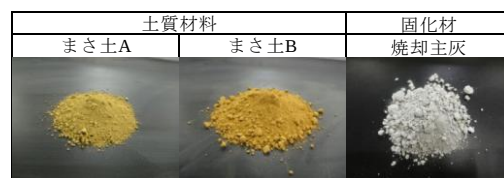


写真-1 実験試料

使用した。図-1 に各試料の粒径加積曲線、図-2 に締固め特性、表-1 に物理特性を示す。まさ土は、細粒分含有率が異なる 2 種類を用いた。表-2 に配合及び養生条件を示す。供試体の作製は、 $w=35\%$ (採取時の含水比)に調整した焼却主灰を最適含水比に調整した各々のまさ土の乾燥重量に対して重量比で添加し、よく混合した。その後、一軸圧縮試験用のモー

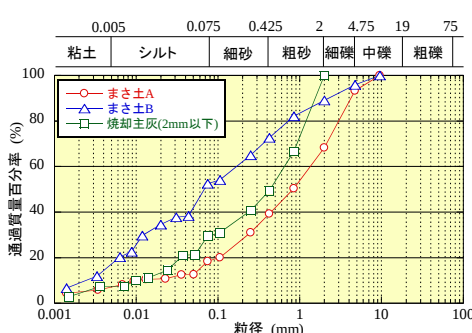


図-1 粒径加積曲線

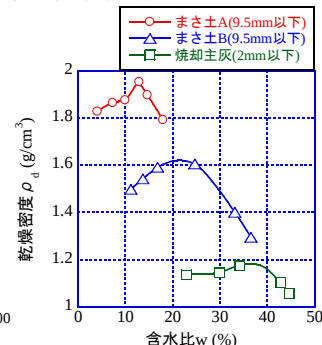


図-2 締固め特性

ルド(直径 $\phi=5\text{cm}$ 、高さ $h=10\text{cm}$)に突き固め層数が 3 層となるように試料を入れ、1.5kg ランマーを用いて落下高さ 20cm、各層 12 回によって突き固めた。なお、突き固め回数は、突固めエネルギー $E_c \approx 550(\text{kJ/m}^3)$ となるように調整している。供試体作製後、ラップで密封して 20°C 一定の恒温槽で 1, 7, 14 日間、気中養生させた。

2-2 改良効果に及ぼす焼却主灰添加率及び養生日数の影響 本検討では灰中に含まれる消石灰系複合物に含有する Ca^{2+} 等の影響によって固結する効果を用いて土質材料を固化改良させることを目的としている。本実験では焼却主灰添加率及び養生日数が一軸圧縮強さに及ぼす影響について検討する。

2-3 改良土からの溶出特性 本検討ではまさ土の吸着特性に着目し、灰中に含有する特に Pb と Cl⁻の溶出濃度低下について検討する。そこで環告 46 号法を用いて、2mm 以下に破碎した固化材料からの溶出特性の検討を行った。表-3 に実験条件を示す。

表-1 物理特性

試料	粒子密度 (g/cm^3)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	細粒分含有率 $F_c(\%)$	A-b法	
					最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	最適含水比 $w_{opt}(\%)$
まさ土A	2.720	72.0	2.0	18.4	1.944	12.74
まさ土B	2.791	85.0	0.3	52.5	1.622	21.44
焼却主灰	2.702	66.0	1.2	29.5	1.177	36.87

表-2 配合及び養生条件

試料	試料の状態	固化材添加率(%)	養生日数 (日)	最大粒径 (mm)
		焼却主灰		
まさ土A まさ土B	最適含水比	0, 5, 10, 15	1, 7, 14	9.5

表-3 実験条件(溶出試験)

試料	固化材添加率(%)	L/S	1回の サンプル数(回)	pH	振とう 時間(h)
	焼却主灰				
まさ土A まさ土B	0, 5, 10, 15	10	2	5.8~6.3	6

3. 結果及び考察

3-1 改良効果に及ぼす焼却主灰添加率及び養生日数の影響

図-3に養生日数 14 日における 2 種類のまさ土を焼却主灰によって改良した供試体の一軸圧縮試験結果を示す。一軸圧縮応力は、土質材料の違いに関係なく焼却主灰の添加率を増加させることによって圧縮変形に伴って大きくなっている。また、供試体の剛性も大きくなっていることがわかる。さらに、いずれのまさ土もピーク強度後の強度低下が大きいこともわかる。

図-4に一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。焼却主灰の添加率及び養生日数の増加に伴って一軸圧縮強さが大きくなる結果となった。特にまさ土 B の一軸圧縮強さは、添加率 15%において養生日数 14 日で $q_u=150\text{kN/m}^2$ 程度を有しており、盛土材や埋め戻し材等への使用が力学的な面から可能であることが明らかとなった⁴⁾。以上の結果から、焼却主灰は添加率及び養生日数の増加等の検討を行い、改良効果を把握することで地盤改良材料として有効利用可能であることが示唆された。ただし使用用途としては、使用目的及び地盤環境に応じた適切な方法を適用する必要がある。

3-2 改良土からの溶出特性 今回の溶出試験を行った全てのケースにおいて Pb の溶出結果は N.D.であった。したがって、Pb は今回用いたまさ土中に吸着されたと考えられる。図-5に pH と養生日数の関係を示す。養生日数の増加に伴う pH 低下が確認できる。Pb は両性金属と知られており、焼却主灰はまさ土と混合することで養生日数の経過に伴う pH の低下はさらに Pb の溶出抑制が期待できることを示している。図-6に各々の土質材料における Cl⁻溶出量と養生日数の関係を示す。養生日数と溶出量の相関性は見られず、ほぼ一定の Cl⁻を溶出する結果となった。また、Cl⁻は焼却主灰添加率増加に伴い大きくなる結果となった。しかし、いずれも塩害を及ぼす Cl⁻の溶出はみられなかった。これらの結果から農作物に影響を及ぼさずに地盤改良材料として有効利用可能であることが示唆された。しかしながら、改良する土質材料によっては Pb や Cl⁻の溶出濃度に差が出る可能性があると思われる。今後、各種土質材料を用いたデータの蓄積が必要不可欠である。

4. まとめ 1) 焼却主灰により改良した土質材料は、焼却主灰添加率増加と養生日数経過によって材料強度が増加することが明らかになった。 2) 焼却主灰は主灰添加率と養生日数をコントロールすることにより地盤改良材料として有効利用可能であることが示唆された。 3) 焼却主灰はまさ土と混合することで養生日数の経過に伴う Pb の溶出抑制が期待できることが示唆された。 4) 焼却主灰の添加率により Cl⁻の溶出量が異なることが分かった。

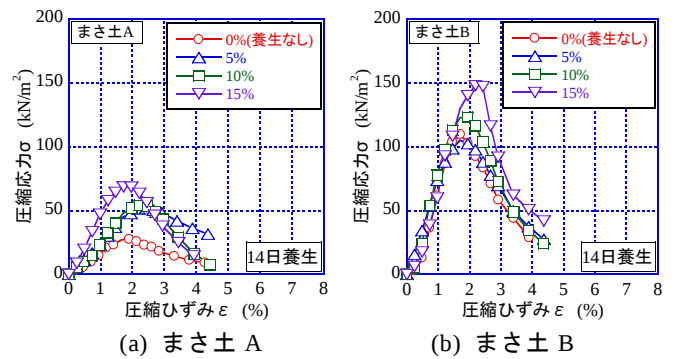


図-3 一軸圧縮試験結果

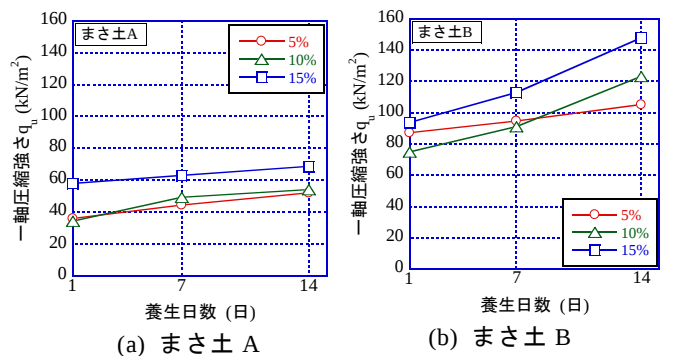


図-4 一軸圧縮強さと養生日数の関係

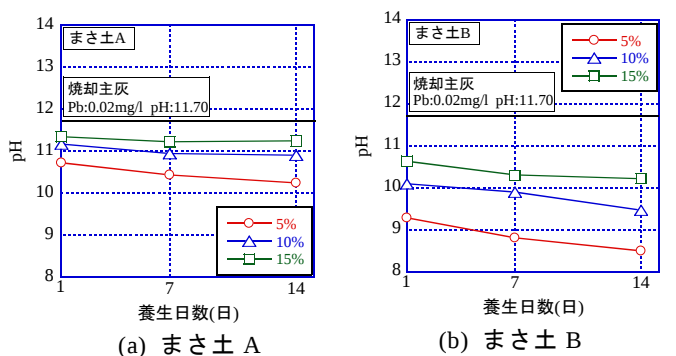


図-5 pH と養生日数の関係

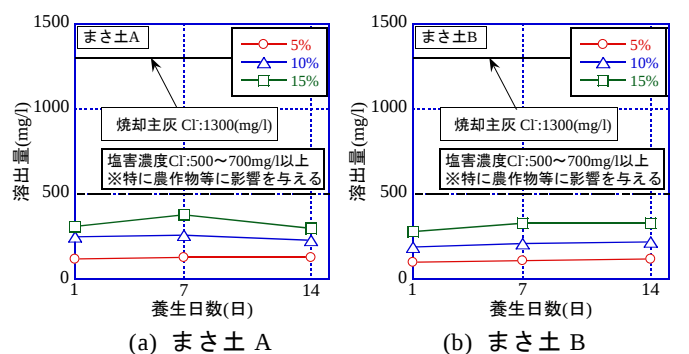


図-6 Cl⁻溶出量と養生日数の関係

【参考文献】 1) 隈本ら：解砕処理焼却灰の地盤材料としての適用性の検討，平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会，pp.453-454, 2010 2) 宮崎ら：一般廃棄物焼却灰のせん断特性に及ぼす固結力の影響，平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会，pp.529-530, 2007. 3) 佐々木ら：九州特殊土の吸着能力と有効拡散係数に関する研究，低平地研究，No.11, August, 2002. 4) 北海道における不良土対策マニュアル(案)(北海道開発局)