

無害化処理した都市ごみ焼却灰と低品質発生土の再利用に関する力学・化学的特性評価

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静  
 長崎三菱電テクニカ(株) 非会員 野口博徳 長崎三菱電テクニカ(株) 非会員 梁瀬好康  
 長崎大学大学院 学生員 伊藤智則 長崎大学工学部 学生員 〇村岡昌之

1. 研究の背景と目的

近年の生活様式の変化に伴い、家庭から排出される都市ごみの排出量は増加の一途を辿っており、その約8割が焼却処分されている。この結果発生する焼却灰は年間約750万tにもものぼると言われている<sup>1)</sup>。最終処分場の残容量問題や、ダイオキシン類、重金属類の溶出による環境汚染問題の顕在化により、都市ごみ焼却灰の無害化および再利用化技術の確立が望まれている。一方、有明粘土などの高含水比粘土は低品質な建設発生土として処分する適地の確保が困難な状況であり、処分費用も急騰していることから、その再資源化が緊急の課題となっている。本研究は、ダイオキシン類、有害重金属類を無害化した都市ごみ焼却灰<sup>2)</sup>(以下、エコアッシュ)と有明粘土等低品質建設発生土の混合材における力学的特性と化学的安定性の基礎的評価を行い、軟弱地盤改良材としての利用可能性を検討するものである。

2. 供試材料の鉱物組成

図1に試験に供した有明粘土、蓮池粘土及びエコアッシュのX線回折分析結果を示す。有明粘土及び蓮池粘土は、イライト、ハロイサイトなどの層状粘土鉱物により構成され、エコアッシュは、石英、炭酸カルシウム、塩化ナトリウム及びアノーサイト、ワラストナイトなどの珪酸カルシウム、アルミノ珪酸カルシウムにより構成されている。

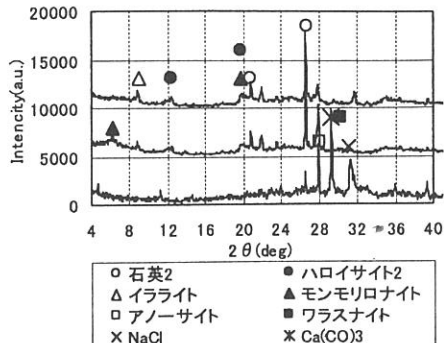


図1 供試体のX線解析結果

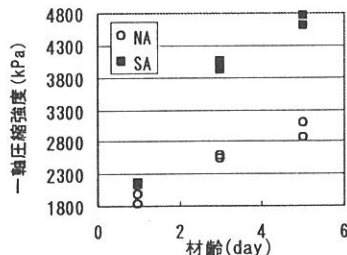


図2 材齢における一軸圧縮強度の試験結果

3. 力学的特性

本研究においては、既存の研究<sup>3)</sup>で最も安定して高い強度を発現した、エコアッシュ：有明粘土=50:50、消石灰添加率5%(いずれも質量比)の配合および長崎産エコアッシュ+有明粘土(NA)、佐賀産エコアッシュ+有明粘土(SA)の2つの組み合わせで供試体を作製し、一軸圧縮強度を測定した。図2に材齢と一軸圧縮強度の関係を示す。材齢1日目において、目標強度である300kPaを大幅に超えており、養生日数の経過によって強度が増加していく事が確認された。今後、より長い材齢で実験を行い、また鉱物組成の変化を分析することにより強度発現機構を解明していく。

4. 化学的安定性

4.1 エコアッシュの安全性

図3に、焼却灰リサイクルシステムの処理フローを示す。粉碎処理によって反応表面積が拡大された焼却灰は、加熱分解および石灰系薬剤への塩素吸着によるダイオキシン類分解処理によりダ

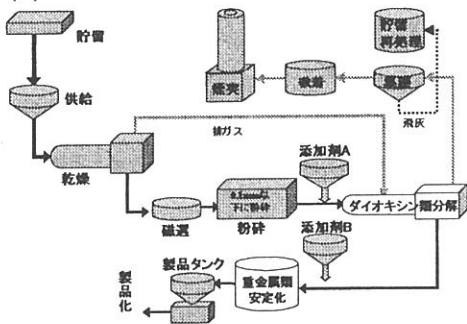


図3 焼却灰無害化システムフロー

表1 ダイオキシン類の無害化

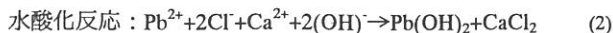
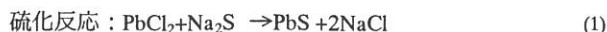
	PCDDs/Fs	Co-PCB	DXNs
焼却灰	1.4	0.009	1.4
EA	N.D.	N.D.	N.D.

・単位 ng/g-TEQ  
 ・N.D.とは定量下限値(0.001ng/g-TEQ)以下

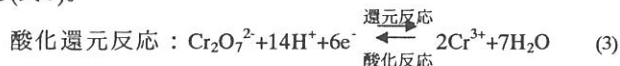
表2 鉛化合物の溶解度積

	(OH) <sub>2</sub>	S	Cl <sub>2</sub>
Pb	19.9	27.47	4.8

イオキシソ類が無害化される。表1に無害化処理工程前後のダイオキシソ類検出結果を示す。その後、硫化系薬剤の添加による硫化反応および石灰系薬剤による水酸化反応により、重金属類の安定化(式1,2)を図り、焼却灰は無害な処理灰として供給される。表2に代表的な重金属類である鉛化合物の溶解度を示す。



焼却灰中の鉛は一般に塩化物として存在すると考えられているが、式1,2に示す反応により得られる鉛化合物はいずれも塩化鉛と比較して低溶解度であり、環境への溶出が低減される事を示している。また、焼成工程において三価クロムから生成される六価クロムは、硫化薬剤による還元作用により再び安定な三価クロムとなる(式3)。



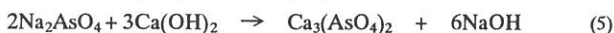
上記の安定化処理によって生成された物質は、長期的に見ても安定な物質であり、表3の値は全て環境基準値<sup>4)</sup>以下である。よってエコアッシュは安全な軟弱地盤改良材であると言える。

#### 4.2 pH

図4に原料および混合材(エコアッシュ+粘土)のpHの関係を示す。粘土元来のpH(有明粘土 pH7.1、蓮池粘土 pH5.8)が、混合後は pH12程度となっており、エコアッシュおよび消石灰の添加により強アルカリ性まで上昇していると考えられる。

#### 4.3 蓮池粘土からの重金属類溶出抑制

表4に混合材の重金属類溶出量を示す。エコアッシュおよび消石灰を混合する事により、蓮池粘土単身で存在した重金属類溶出が抑制され、その値は環境基準値<sup>4)</sup>を下回っている。これは、元来 pH5.8 と弱酸性であり重金属類が溶出し易い状態であった蓮池粘土にエコアッシュおよび消石灰を添加する事により、強アルカリ性になるため、式4,5に示すように、蓮池粘土中の重金属類が水酸化物として不溶化あるいは低溶解度化合物を生成し固定化されたものと考えられる。



上記の水酸化物、低溶解度化合物は、安定化した化合物であり、エコアッシュは土壌由来重金属類の安定化という優れた特性を有する軟弱地盤改良材と言える。

#### 5. まとめ

本研究によりエコアッシュと有明粘土あるいは蓮池粘土の混合材は、軟弱地盤改良材としての利用が力学的に可能である事が明らかになった。重金属類溶出抑制には強アルカリ性となる事による水酸化物あるいは低溶解度化合物の生成が寄与すると考えられ、軟弱地盤改良材としての利用が化学的にも可能である事が明らかになった。今後は、より詳細な強度特性及び強度発現機構を解明していく。

【参考文献】 1) 一般廃棄物の排出及び処理状況等(平成11年度実績)環境省行政資料 2) 菱電テクニカ(株)都市ごみ焼却灰リサイクルシステム資料,1999 3) 長崎大学工学部社会開発工学科卒業論文 H14 無害化したごみ焼却灰の地盤改良材としての力学的・科学的安定性評価 4) 境省環境基準 H14,水質一別表1(<http://www.env.go.jp/kijun/tikat1.html>)

表3 エコアッシュの重金属類溶出量

重金属	溶出量
カドミウム	0.01mg/L以下
鉛	0.01mg/L以下
砒素	0.01mg/L以下
総水銀	0.0005mg/L以下
六価クロム	0.05mg/L以下
セレン	0.01mg/L以下

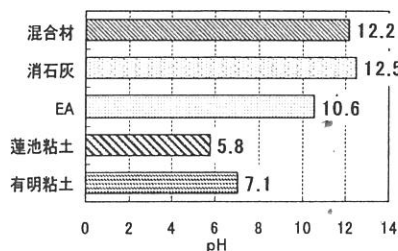


図4 原料及び混合材のpH

表4 混合材の重金属類溶出量

試料	重金属類	
	Pb	As
EA	<0.01	<0.01
有明粘土	<0.01	<0.01
蓮池粘土	0.32	0.02
EA+蓮池粘土+消石灰 材齢14日	<0.01	<0.01
EA+蓮池粘土+消石灰 材齢28日	<0.01	<0.01