

# 無害化処理した都市ごみ焼却灰と低品質発生土を用いた多機能地盤材料の開発

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦  
 長崎菱電テクニカ 非会員 野口博徳  
 長崎大学工学部 学生会員 村岡昌之

長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静  
 長崎菱電テクニカ 非会員 梁瀬好康  
 長崎大学大学院 学生会員 日高公大

## 1. 研究の背景と目的

生活様式の変化に伴い、家庭からのごみの排出量は増加の一途を辿っているが、我が国では未だに一般廃棄物の約 7 割が焼却処分され、その焼却灰は年間 750 万 t も発生している<sup>1)</sup>。最終処分場の残容量問題や埋立地からのダイオキシン類、重金属類の溶出による環境汚染問題が指摘されているため、都市ごみ焼却灰の無害化および再利用の実現が望まれている。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であるため、処分適地の確保の困難、処分費用の急騰といった問題を抱えており、その再資源化は緊急の課題である。本研究の目的は、無害化された都市ごみ焼却灰(以下、エコアッシュ：EA)と建設発生土の混合材料の力学特性と化学的安定性の評価を行い、多機能地盤材としての利用可能性を検討することにある。

## 2. 焼却灰リサイクルシステムの処理フロー<sup>2)</sup>

図-1 に焼却灰リサイクルシステムの処理フローを示す。これによりダイオキシン類の分解除去と、重金属類の不溶化による安定処理を図る。本実験は、同様の処理工程を経た長崎と佐賀の 2 つの異なる産地の EA を使用する。

## 3. 力学的特性

### 3.1 実験材料

本実験で用いる EA は、長崎及び佐賀の EA を、建設発生土は有明粘土を使用する。EA および有明粘土の物性値は、表-1、2 に示す。

### 3.2 実験概要

既往研究<sup>3)</sup>により、長崎産および佐賀産の EA と有明粘土の混合材料は軟弱地盤改良材として十分な効果があり、その改良土は一般的な盛土の基準強度を満足することが分かった。そこで、最も安定して高い強度を発揮した EA：有明粘土=50:50、消石灰添加率 5%(いずれも質量比)の配合を基に、表-3 に示す組み合わせで試料を作成し、材齢 1,3,5,7,14,28,42,60 日時の一軸圧縮試験を各材齢につき 3 個の供試体について行う。

### 3.3 供試体

各配合同様に EA、粘土、消石灰を混合・攪拌した後、内径 5cm、高さ 10cm のプラスチック製のモールドに 3 層に分けて入れ突固める。ブリーディングが生じないように振動を与えた後、温度 25℃、湿度 90% の恒温槽において養生を行う。通常は、成型した翌日に脱型を行うが、本実験では、脱型時に強度が弱く崩壊する可能性があるため、材齢 7 日以上 の供試体は 7 日養生時に、材齢 7 日未満の供試体は試験直前に脱型する。

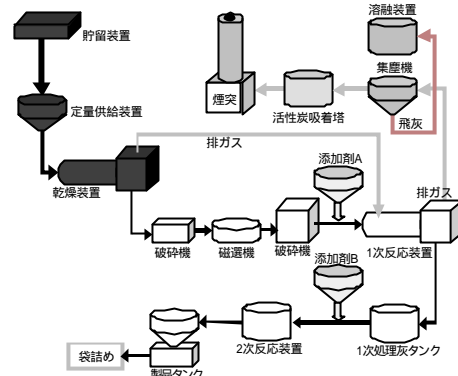


図-1 焼却灰リサイクルシステムの処理フロー

表-1 エコアッシュの物性値

項目	単位	長崎産(N)	佐賀産(S)
土粒子の密度	$s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.75	2.70
粒度分布	砂 (%)	11.97 [29.3]	21.83 [63]
	シルト (%)	56.3 [61.7]	53.17 [31]
	粘土 (%)	32.0 [9]	25.0 [6]
最適含水比	$W_{opt}$ (%)	20.5	28.0
最大乾燥密度	$d_{max}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.506	1.398
有効粘着力	$c'$ (kPa)	71.32	117.9
有効内摩擦角	$\phi'$ (°)	17.64	17

[ ] は昨年度の EA の値

表-2 建設発生土の物性値

項目	単位	有明粘土 (A)
塩分濃度	(mg/kg)	20500
土粒子の密度	$s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.50
自然含水比	$W_n$ (%)	139
液性限界	$W_L$ (%)	125
塑性限界	$W_P$ (%)	45.8
塑性指数	$I_P$	-
粒度分布	砂 (%)	38
	シルト (%)	35
	粘土 (%)	27

キーワード 焼却灰, 発生土, 地盤材料, 一軸圧縮強度, 重金属類

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1 番 14 号 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-819-2611

### 3.4 強度特性

図-2 に今年度と昨年度の一軸圧縮試験結果を示す。値は全て各材齢における試験結果の平均値である。すべてにおいて 300kPa を満足しているが、昨年度は NA が SA よりも強度発現が盛んであり、今年度ではそれらの強度差は小さくなっている。また、今年度は昨年より強度が大きい。

## 4. 化学的特性

### 4.1 X線回折分析結果

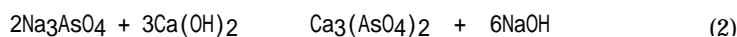
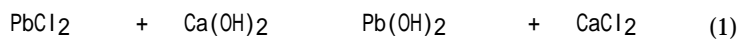
図-3 に X線回折分析の結果を示す。フリーデル氏塩(3CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・CaCl<sub>2</sub>・10H<sub>2</sub>O)と考えられるピークが認められるが、原料単体には見られない。フリーデル氏塩の生成はセメントの強度増加の一要因であると言われており、この現象が EA と有明粘土の配合に生じている。今年度の EA は表-1 に示すように昨年度のものに比べて細粒分が多いために反応面積が増加し、フリーデル氏塩の生成の促進と強度増加が生じたと考えられる。また、昨年度は産地によつての EA の粒度に大きな差があり、強度発現においても NA と SA に差がみられたが、今年度は粒度、強度発現とも大きな差はない。

### 4.2 重金属溶出試験

環境基準値(環衛13号<sup>4)</sup>)以上の重金属を含む蓮池粘土と EA の混合材(質量比 50:50、消石灰 5%添加)について重金属溶出試験を行った。蓮池粘土単体で Pb は基準値の 32 倍、As では 2 倍の溶出が生じたが、EA:蓮池粘土=50:50(消石灰 5%添加)の配合によって重金属溶出が基準値未満に抑えられた。

### 4.3 pH測定試験

蓮池粘土、EA、消石灰、およびそれらの混合材、有明粘土の pH 測定を行った。試験結果を図-4 に示す。蓮池粘土を強アルカリ性の EA および消石灰と配合することによって、強アルカリ性となり、Pb の水酸化物あるいは As の低溶解度化合物を生成する。その化学反応式を式(1)、(2)に示す。



上記の水酸化物、低溶解度化合物は、化学的に安定化した化合物である。また、強アルカリ性である混合材に近年問題となっている酸性雨による土壤汚染抑制効果も期待できる。

## 5. 結論

無害化した都市ごみ焼却灰と発生土を用いた地盤材の力学・化学的特性評価の結果、以下のことが明らかとなった。有明粘土と EA の配合は地盤材として力学的に十分機能するといえる。また、品質管理の向上により、昨年度の EA よりも強度発現度が大きくなっている。有明粘土あるいは蓮池粘土への EA の添加によるフリーデル氏塩の生成により強度が発現する。EA と建設発生土を消石灰と共に混合することで重金属類の溶出を抑制することが可能である。また、pH 調整による土壤の浄化も期待できる。

以上のことから、無害化処理した都市ごみ焼却灰と発生土を用いた混合材は、多様な利点を持つ高機能な地盤改良材であるといえる。

【参考文献】1) 環境省行政資料：一般廃棄物の排出及び処理状況等，1999 2) 棚橋由彦他 3 名：第 37 回地盤工学会研究発表会概要集，336，D-06，pp.667-668，大阪，2002 3) 棚橋由彦：「有明粘土の建設分野における有効利用に関するフォーラム」，佐賀，2001 4) 環境省環境基準：水質 - 別表 1(<http://www.env.go.jp/kijun/tikat1.html>)，2002

表-3 配合ケース

ケース名	エコアッシュ	建設発生土	消石灰配合率
NA	長崎産	有明粘土	5%
SA	佐賀産	有明粘土	5%

消石灰配合率は質量比

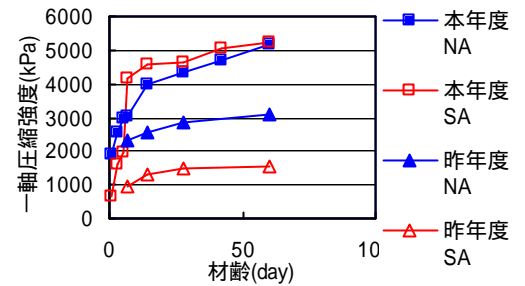


図-2 一軸圧縮試験結果

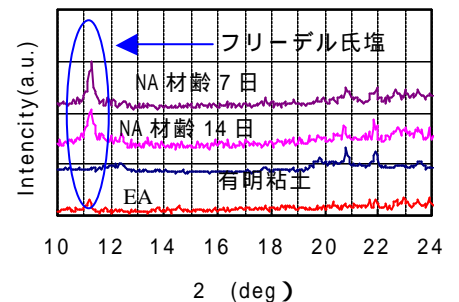


図-3 X線回折分析結果

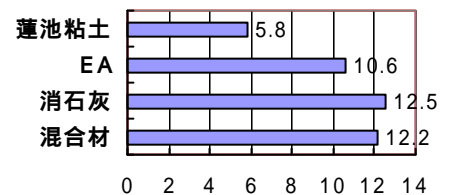


図-4 原料および混合材の pH