

# 一般廃棄物焼却残渣セメント固化体の物理化学的性状に及ぼす混和材添加率の影響

九州大学工学部	学生会員	○松尾翼
九州大学大学院	学生会員	村川大亮
九州大学大学院工学研究院	正会員	小宮哲平
	フェロー会員	島岡隆行
安藤ハザマ	正会員	秋田宏之、弘末文紀
	非会員	青木貴均

## 1. はじめに

著者らは、一般廃棄物最終処分場の耐震性の向上、埋立容量消費量の削減、有害物質の溶出抑制、跡地の早期利用及び高度利用を図ることを目的に、石炭灰固化技術である超流体化工法<sup>1)</sup>を応用して一般廃棄物焼却残渣を埋立処分する「廃棄物固化式処分システム」の構築を目指し、一般廃棄物焼却残渣固化体の配合、性状、耐久性に関する研究を行ってきた<sup>2),3),4)</sup>。本研究では、新たに混和材の添加率の異なる焼却残渣固化供試体を作製し、その強度特性、環境安全性及び減容効果を比較し、検討した。

## 2. 方法

(1) 固化供試体の作製 F市R清掃工場で採取した一般廃棄物焼却灰（粒径9.5 mm以下）及びキレート処理された飛灰を試料とした。焼却灰及び飛灰にセメント（高炉セメントB）、水及び混和材（石炭灰フライアッシュ）を添加し、超流体工法により焼却残渣固化供試体を作製した。ここでは、粉体（焼却灰、飛灰、セメント及び混和材）の混合割合を固定した。表-1に固化体の粉体混合割合を示す。固化体A、B及びCは混和材の添加率が異なる。

(2) 固化体の強度特性 固化体の強度特性として、圧縮強度（JIS A 1108）、及び細孔分布（水銀圧入式細孔分布測定法）を測定した。

(3) 固化体の環境安全性 焼却灰、飛灰及び固化体に含まれる重金属の溶出特性を把握するため、含有量試験（JLT19）及び溶出試験（JIS K 0058-1）を行った。焼却灰及び飛灰は粗砕試料、固化体は供試体有姿で溶出試験を行った。また、固化体の雨水浸透抑制効果を考察することを目的に、透水試験（JIS A 1218）を行った。

(4) 固化による減容効果 F市F処分場において、水置換法による現場密度試験（JGS 1612）を実施した。現行の処分場と焼却残渣固化供試体の埋立密度から両者の埋立容量消費量を算出した。この結果を比較し、セメント固化による埋立焼却残渣の減容効果を検討した。

## 3. 試験結果

(1) 固化体の強度特性 図-1に固化体（材齢28日）の圧縮強度と細孔分布を示す。混和材添加率が増加するにつれ圧縮強度も同様に増加する傾向がみられた。コンクリート分野における細孔径50nm以上の細孔割合と圧縮強度に相関性があるという知見<sup>5)</sup>を参考にこれらの細孔径50nm以上における細孔割合と圧縮強度の関係を調べた。次に、図-2に焼却残渣固化供試体の圧縮強度の経時変化

表-1 固化体の粉体混合割合

ケースNo	焼却灰、飛灰及び混和材の混合割合(重量%)			セメント添加率 (%)
	焼却灰	飛灰	混和材	
固化体A	75	25	0	10
固化体B	67	23	10	10
固化体C	60	20	20	10

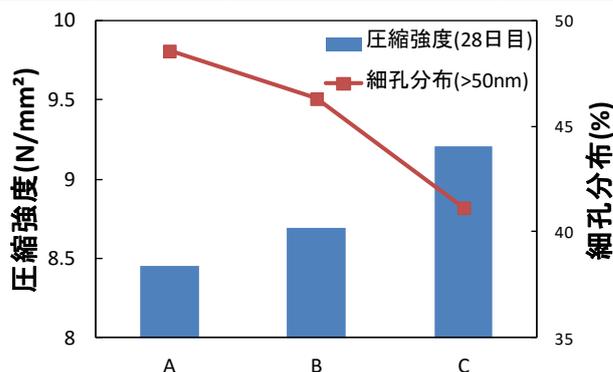


図-1 固化体（28日）の圧縮強度と細孔分布

を示す。混和材添加率が増加するにつれ、経過日数が長くなるとともに圧縮強度の伸び率が増加する傾向がみられた。

(2) 固化体の環境安全性 図-3 に鉛の含有量及び溶出量を示す。焼却残渣の含有量及び溶出量は、固化体中の焼却灰及び飛灰の配合割合から加重平均をとったものである。焼却残渣の溶出量 (0.35, 0.31, 0.28mg/L) に対して、固化体の溶出量 (0.073, 0.051, 0.033mg/L) は約 1/8 ~ 1/5 となり、固化による大幅な溶出抑制効果が確認された。固化体の透水係数を測定したところ、それぞれ  $3.9 \times 10^{-8}$ 、 $1.46 \times 10^{-8}$  及び  $8.1 \times 10^{-9}$  cm/s であった。透水係数が  $10^{-7}$  cm/s の地盤は実質不透水と評価される<sup>6)</sup>。固化式処分場では実質的に雨水の浸透は生じず、浸透水は主に焼却残渣固化盤の表流水になると想定される。

(3) 固化による減容効果 図-4 に現行の処分場と焼却残渣固化供試体の埋立密度から算出した両者の埋立容量消費量を示す。水置換法によって与えられた現行処分場の埋立密度に覆土(20%)を考慮した 80%の値の逆数を現行処分場の埋立容量消費量 (0.98) とし、それに対して、固化体中に含まれる焼却灰及び飛灰のである固化体の埋立容量消費量 (0.75, 0.77, 0.80) は、18.4~23.5%の減容化効果が得られることが確認された。

#### 4. 結論

細孔分布と圧縮強度の相関性が確認され混和材の配合による細孔量の減少が確認できた。セメント添加率や細孔量の調整により所定の強度の固化体の作成が可能と考えられる。

また、固化体の圧縮強度は約 5~15 N/mm<sup>2</sup>であり、混和材の配合により増加することが確認された。また、固化による重金属の大幅な溶出抑制効果が確認され、固化処分の環境安全性の高さが示された。減容効果を得るため、混和材の配合を必要最小限に抑える必要がある。混和材の配合による減容化率の低下は無視できない値であるため、長期強度や長期耐久性を研究し、有用性の検討が必要である。

謝辞：本研究は環境省平成 26 年度環境研究総合推進費補助金「巨大地震に耐えうる環境安全で堅牢な最終処分場の新技術開発に関する研究」（研究代表者：島岡隆行）の助成を受けて実施されたものである。記して謝意を表す。

参考文献：1) (株)安藤・間：超流体工法、<http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/tech/>、2) 村川ら：焼却残渣の最終処分における石炭灰固化技術の適用に関する基礎的研究，土木学会第 70 回年次講演会講演概要集，pp.211-212，2015、3) 村川ら：一般廃棄物焼却残渣のセメント固化による強度特性と環境安全性に関する検討，第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，pp.481-482，2015、4) 島岡ら：巨大地震に耐えうる環境安全で堅牢な最終処分場の新技術開発に関する研究，第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，pp.403-404，2015、5) 内川浩：各種セメントモルタル及びコンクリートの硬化体構造が強度発現性状に及ぼす影響，セメントコンクリート論文集，No.44，pp.330-335，1990、6) 社団法人地盤工学会：土質試験-基本と手引-(第二回改訂版)，p.91，2010

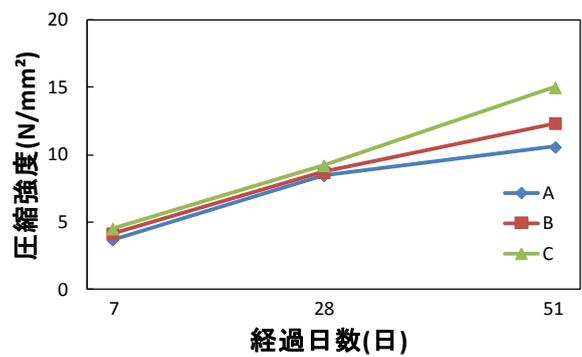


図-2 固化体の圧縮強度の経時変化

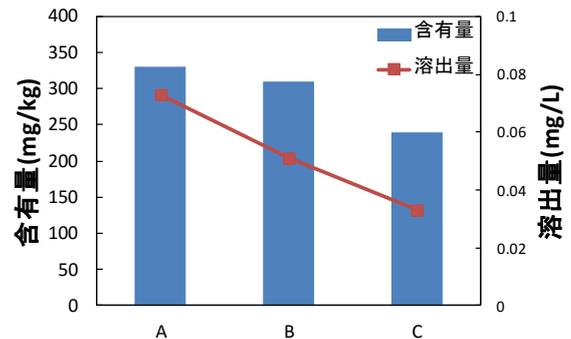


図-3 固化体の鉛含有量と溶出量

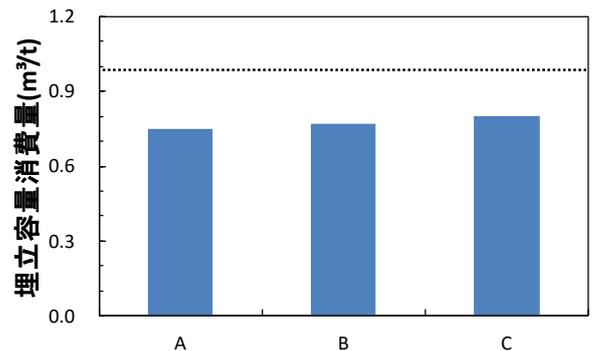


図-4 埋立容量消費量