

## 焼却残渣のセメント固化における重金属による固化阻害に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○中村和喜  
九州大学大学院 フェロー会員 島岡隆行  
" 正会員 小宮哲平  
安藤ハザマ 正会員 弘末文紀, 三反畑勇, 青木貴均

### 1. はじめに

我が国の一般廃棄物最終処分場における埋立廃棄物の約8割が焼却残渣（焼却灰及び飛灰）である現状<sup>1)</sup>を踏まえ、著者らは焼却残渣の特性を生かしつつ、埋立容量の消費の抑制、環境安全性の向上、埋立地の早期安定化を図る「廃棄物固化式処分システム」<sup>2)</sup>の構築を目指している。具体的には、石炭灰固化技術<sup>3)</sup>を応用し、焼却残渣にセメント等を添加し、高周波振動を与えて締固め、固化盤を形成しながら埋立てるものである。検討の中で、使用する焼却残渣によってセメント固化体の強度の発現に差異が生じることが確認され、その原因として重金属溶出量または含有量が高いことが考えられた。本研究では、セメント固化体の強度発現に影響を及ぼす要因を明らかにすることを目的に、焼却残渣に含まれる重金属によるセメント固化の阻害に注目し、異なる清掃工場の焼却残渣を用いて作製した焼却残渣固化体の一軸圧縮強度と重金属の溶出量及び含有量の関係の把握を試みた。

### 2. 試料および方法

(1) 試料 F市R清掃工場、F市S清掃工場、O市N清掃工場、K市N清掃工場(以下、それぞれFR、FS、ON、KN)から排出された焼却灰(湿灰)から粗雑物を除去したもの(以下、焼却灰)、及びそれぞれの工場から排出されたキレート処理済み飛灰から粗雑物を除去したもの(以下、飛灰)を試料とした。表1にそれぞれの灰の採取時の含水比及び採取方法を示す。

(2) 焼却残渣固化体の作製方法及び一軸圧縮試験 焼却灰と飛灰を乾燥質量比3:1で混合したもの(以下、焼却残渣)に、焼却残渣乾燥質量比10%の高炉セメントB種、並びに含水比が30%となるように水道水を加水、混練し、内径Φ5cm、高さ10cmの円筒型枠に混練物を入れ、小型テーブルバイブレータ(エクセン製TV500×500)を用いて振動数75Hz、振幅約0.5mmで3分間振動締固めを行った。その後、28日間、20℃環境下で封緘養生を行い、脱型後、一軸圧縮試験を行った。なお、一軸圧縮強度の開発目標値は5N/mm<sup>2</sup>としている。

(3) 焼却残渣の溶出試験 各工場の焼却灰及び飛灰に対し、環境省告示13号溶出試験を行った。溶出液の重金属濃度はICP-OES(ICP-OES 720, Agilent technology)を用いて分析した。

(4) 焼却残渣の含有量試験 各工場の焼却灰及び飛灰に対して、XRF(蛍光X線分析)を行い、重金属含有量を求めた。

### 3. 結果及び考察

#### 3-1 焼却残渣固化体の一軸圧縮強度と焼却残渣の重金属溶出濃度の関係

図1に焼却残渣からの溶出濃度の差異が特に大きかった3種類の重金属について、焼却残渣固化体の一軸圧縮強度(材齢28日)と焼却残渣の重金属溶出濃度の関係を示す。横軸に示す焼却残渣の重金属溶出濃度は、焼却灰と飛灰の重金属溶出濃度を固化体作製時の配合比3:1で重み付き平均をとったものである。3種類の重金属全てにおいて、重金

表1 焼却残渣の含水比及び採取方法<sup>4)</sup>

試料名	含水比 (%)		備考
	焼却灰	飛灰	
FR	27.4	23.3	清掃工場で10mmふるい下を採取
FS	28.3	39.3	清掃工場で40mmふるい下を採取 飛灰はピット内の冷却水に水没していたため含水比が高い。
ON	41.0	13.0	清掃工場でのふるい処理は行わず、 配合前に粗粒分を手で取り除いた。
KN	29.7	0.7	焼却灰は清掃工場で10mmふるい下を採取 飛灰は塊状のものをハンマーで砕いて使用

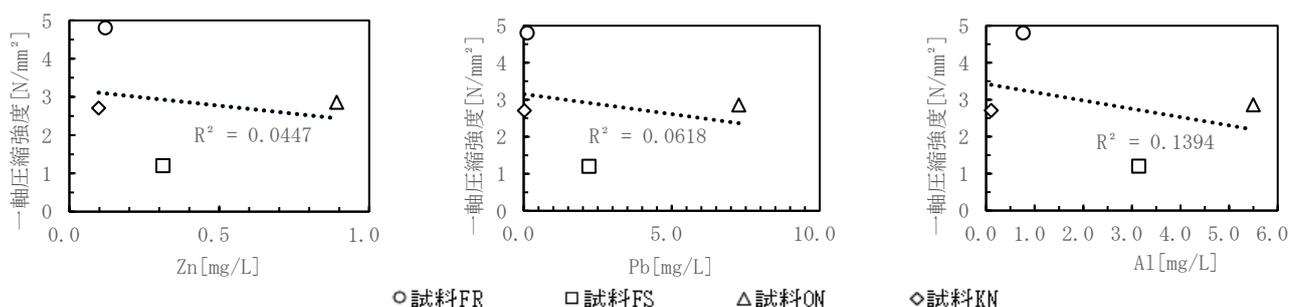


図1 各重金属の焼却残渣固化体の一軸圧縮強度(28日強度)と重金属の溶出濃度の関係

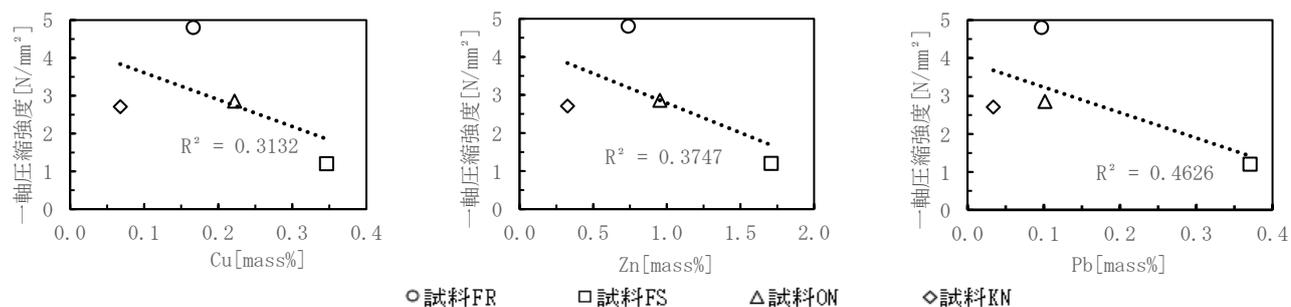


図2 各重金属の焼却残渣固化体の一軸圧縮強度(28日強度)と重金属含有量の関係

属の溶出濃度が高いほど、一軸圧縮強度が低下する傾向が見られた。試料FSのセメント固化体の強度は他の固化体に比べて著しく小さい。試料FSにおいては、焼却灰におけるアルミニウムの溶出濃度、飛灰における亜鉛及び鉛の溶出濃度が著しく高いことが確認された。また、試料ONについて、焼却灰におけるアルミニウムの溶出濃度及び飛灰における鉛の溶出濃度が他の試料に比べ、高いことが確認された。

### 3-2 焼却残渣固化体の一軸圧縮強度と焼却残渣の重金属含有量の関係

図2に焼却残渣の重金属含有量の差異が大きかった3種類の重金属について、焼却残渣固化体の材齢28日目での一軸圧縮強度と焼却残渣の重金属含有量の関係を示す。横軸の焼却残渣の重金属含有量は焼却灰と飛灰の重金属含有量を固化体作製時の配合比3:1で重み付き平均をとった値である。3種類全ての重金属について、重金属含有量が高いほど一軸圧縮強度が低下する傾向が見られた。また、図1と図2の決定係数(R<sup>2</sup>値)の比較から、一軸圧縮強度は重金属溶出濃度よりも重金属含有量に依存する傾向が大きいと考えられた。重金属の含有量においては、試料FSの焼却灰における銅の含有量が多いこと。また、試料FSの飛灰における亜鉛及び鉛の含有量が非常に高いことが確認された。

## 4. まとめ

焼却残渣の重金属溶出濃度が高いほど、また焼却残渣の重金属含有量が多いほど、焼却残渣固化体の強度が低くなる傾向が示された。また、強度は焼却残渣の重金属溶出濃度よりも重金属含有量との相関が高いことが示された。本研究ではどの重金属が焼却残渣固化体の強度発現を阻害しているかの特定には至っていない。そのため、焼却残渣に含まれる重金属が焼却残渣固化体の強度発現を阻害するメカニズムを明らかにする必要がある。今後、焼却残渣および焼却残渣固化体について、XRD(X線回折分析)による重金属の化合形態等の分析や、SEM-EDX(エネルギー分散型X線分光法)による構造、元素の存在位置、元素組成を明らかにする分析を実施する予定である。

【参考文献】 1) 環境省: 平成27年度一般廃棄物処理実態調査結果, 2017 2) 島岡隆行: 焼却残渣を埋め立てる固化式処分システムの開発について, 都市清掃, 第69巻, 第333号, pp. 419-425, 2016 3) (株)安藤・間: 超流体工法, <http://www.ad-hzm.co.jp/service/ashcrete/tech/>. 4) 島岡隆行: 海面埋立処分における焼却残渣等の固化式処分工法の適用の検討, 令和元年度環境保全対策調査報告書, 3章, 2節.