

焼却残渣を埋立処分する固化式処分システムの示方配合に関する研究
～産業廃棄物焼却残渣の固化式処分にに関する基礎的研究（その2）～

安藤ハザマ 正会員 ○青木貴均，三反畑勇
安藤ハザマ 正会員 弘末文紀，秋田宏行，西尾竜文
九州大学 フェロー会員 島岡隆行，正会員 小宮哲平，中山裕文
三友プラントサービス 荒井進，金松雅俊

1. はじめに

一般廃棄物の焼却残渣にセメントと水を混練して高周波振動により締固めて固化処分する「廃棄物固化式処分システム」の，産業廃棄物焼却残渣への適用性について検討している．既報¹⁾で示したように，産業廃棄物の焼却残渣（3種類）をそれぞれセメント添加量10%，15%，20%（乾燥質量比，外割）で固化して重金属類（鉛，フッ素，セレン，ホウ素，六価クロム）の溶出試験を実施したところ，有姿では全てのケースで環境基準値をクリアしたが，2mm粉砕ではセメント添加量が20%でも環境基準値を超過するケースがあった．本稿では，固化式処分にキレート剤を添加することによって重金属の溶出抑制効果が向上するかどうかを室内配合試験の供試体で確認した．

2. 実験概要

（1）試験体の作製

試験には既報¹⁾と同じ3種類の産業廃棄物焼却残渣（10mmふるい下，図-1，表-1）を用いた．産廃灰Sと産廃灰Cは，廃油・廃酸・廃アルカリなどの産業廃棄物全般をロータリーキルン焼却炉で燃焼した焼却灰である．産廃灰Bは流動床ボイラーで燃焼した木質系の灰である．表-2にケース別の供試体作製条件を示す．粉体（産廃灰・高炉セメントB種・石炭灰）の配合割合は乾燥質量比で全ケース一定としたが，水粉体比（全粉体の乾燥質量に対する水の質量比）は事前に実施した各産廃灰の振動締固め試験結果に基づいて乾燥密度が最も高くなる値とした．石炭灰は，形状が球形でベアリング効果によって締固め効果が向上することを期待して10%添加した．キレート剤は，飛灰の安定化処理に用いられているピペラジン系（有機），ジエチルアミン系（有機）および無機系の3種類を個別に0.5%または1.0%添加することとした．供試体の作製は，まず粉体を均一に混合するためにミキサーで空練りしてから，所定量の水とキレート剤を加えて本練りを行った．混練後の試料はモールド（Φ5cm×h10cm）に入れ，テーブルバイブレータを用いた加振により締固め，所定期間封緘養生して脱型し，供試体を得た．

（2）重金属溶出試験

固化体の一軸圧縮強度試験（JIS A 1216），重金属溶出試験（JIS K 0102・2mm粉砕，JIS A 0058・有姿）を行った．一軸圧縮強度試験では，養生日数を28日とし，検体数はN=3とした．重金属溶出試験は一軸圧縮強度試験後の供試体を用いて，養生日数を28日とし，検体数はN=1とした．本稿では，原灰の試験結果が環境基準を超過したフッ素とセレンの2項目の結果について示す．

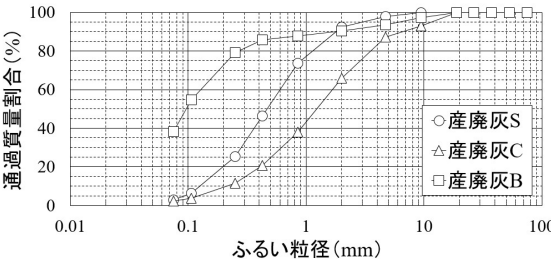


図-1 産廃灰の粒径加積曲線

表-1 産廃灰の蛍光X線分析結果（単位：％）

測定項目	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	ZnO
産廃灰S	3.7	2.2	10.8	14.0	4.3	2.2	0.6	29.4	6.6	15.7	1.6
産廃灰C	1.4	0.6	14.1	21.8	0.9	3.0	0.4	9.7	11.5	8.7	0.2
産廃灰B	1.1	3.1	13.9	40.3	1.0	1.9	4.7	18.1	0.6	5.3	<0.1

表-2 室内配合試験の供試体作製条件

配合条件							混練方法				振動締固め方法	
粉体配合割合(%)			水粉体比(%)			キレート剤添加率(%)	空練り		本練り(水添加後)		載荷条件(kg)	振動時間(sec)
産廃灰	セメント	石炭灰	産廃灰S	産廃灰C	産廃灰B	ピペラジン系，ジエチルアミン系，無機系	回転数(rpm)	練り時間(sec)	回転数(rpm)	練り時間(sec)		
80	10	10	35	38	37	0, 0.5, 1.0	110	30	179	270	0	180

※混練時のバッチ量は3kgで，ミキサーはMS-30/50S(容量30L)を用いた【株式会社 藤愛工業製作所 製】．
※テーブルバイブレータはFREQROL-Z200【三菱電機株式会社 製】．振動数は75Hzで，加振は下面から．
※キレート剤添加率は，産廃灰の乾燥質量割合に対する比率(%)．

キーワード 産業廃棄物，固化式処分，キレート剤，一軸圧縮強度，重金属溶出抑制

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 安藤ハザマ技術研究所先端・環境研究部 TEL029-858-8825

名は産廃灰の種類（S, C, B）とキレート剤の種類（P：ピペラジン系, J：ジエチルアミン系, M：無機系）で示している。産廃灰 S は産廃灰 C に比べて強度が 77 %程度大きい、セメント原料の 1 つである酸化カルシウムの割合が 29.4 %と高く強度発現に寄与するセメントクリンカーが発生しやすいことも影響しているのではないかと考えられる。また、木質系の産廃灰 B は他の産廃灰よりも圧縮強度がかなり大きかった。

(2) フッ素

フッ素の溶出量を図-3（2 mm 粉砕）および図-4（有姿）に示す。2 mm 粉砕では、産廃灰 S は固化処分による効果で溶出量は原灰の 1/3 程度に減少しているが、キレート剤による溶出抑制効果はみられない。産廃灰 C では全ケースが同程度の値で環境基準もわずかに超過しており、固化およびキレート剤の効果が得られなかった。産廃灰 B は、原灰のフッ素溶出量（1.0 mg/L）が産廃灰 C（1.1 mg/L）とほぼ同じであるが、溶出量が若干低下して環境基準（0.8 mg/L）を下回った。これは産廃灰 B の固化強度が産廃灰 C に比べて大きいこと（図-2）に起因していると考えられる。なお、有姿では全ケースが環境基準値以下となったが、2 mm 粉砕と同様にキレート剤の種類・濃度による大きな違いは見られなかった。

(3) セレン

セレンの溶出量を図-5（2 mm 粉砕）および図-6（有姿）に示す。2 mm 粉砕では、産廃灰 S は原灰が定量下限値（0.001 mg/L）以下であるのに対し、固化体で 0.004～0.005 mg/L 検出された。セレンは陰イオンを形成するため、セメント固化によるアルカリ環境下でイオン化が進んで溶出が促進された可能性が示唆される。産廃灰 C は、原灰の溶出（0.035 mg/L）を固化処理によってある程度抑制できているが、全ケースで環境基準（0.01 mg/L）を超過した。産廃灰 B では、無機系キレート剤 1 %のケースを除いて、キレート剤を添加するとわずかに溶出が抑制され、環境基準値を達成した。有姿では、産廃灰 S と産廃灰 B は全ケースで環境基準未満であったが、産廃灰 C はキレート剤を添加したケースで環境基準値を上回るケースもあった。

4. まとめ

固化式処分においてキレート剤添加によるフッ素およびセレンの溶出抑制効果について検討したところ、木質系の産廃灰 B ではわずかにキレート剤の重金属の封じ込め効果が見られたが、産業廃棄物全般系の産廃灰 S 及び C では効果が得られなかった。また、キレート剤の種類や添加量による溶出傾向の違いはほとんど見られなかった。

謝辞：本研究は(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費補助金「震災からの迅速復旧のためのレジリエントな最終処分場の実用化」(3J173001, 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) 青木貴均他：焼却残渣を埋立処分する固化式処分システムの示方配合に関する研究～産業廃棄物焼却残渣の固化式処分に関する基礎的研究～, 第 74 回土木学会年次学術講演会, 2019.08

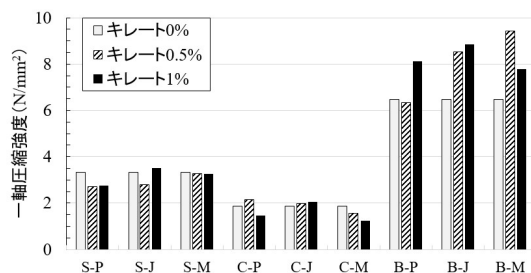


図-2 一軸圧縮強度

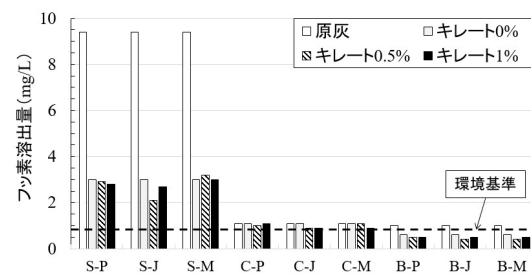


図-3 フッ素溶出量（2mm 粉砕）

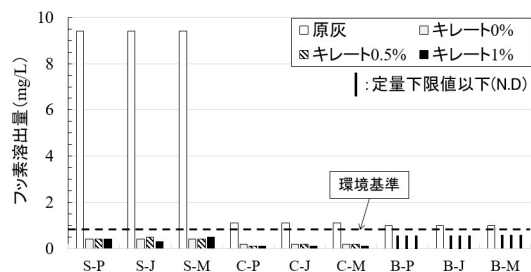


図-4 フッ素溶出量（有姿）

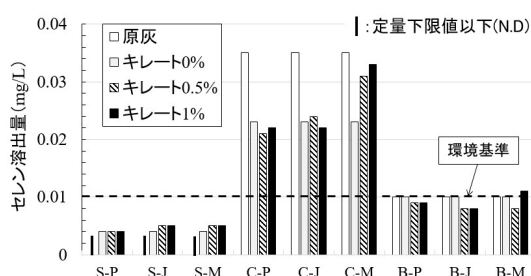


図-5 セレン溶出量（2mm 粉砕）

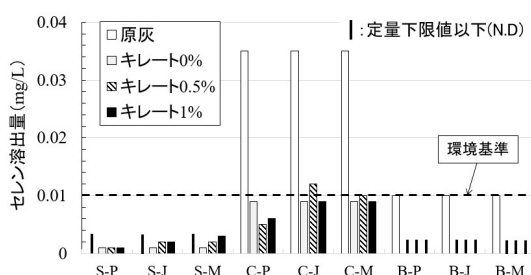


図-6 セレン溶出量（有姿）