

重金属等を含む焼却主灰造粒固化物の長期溶出挙動評価

鹿島建設(株) 正会員 ○佐藤 毅 河合達司 フェロー会員 川端淳一
東北大学 正会員 皆川 浩 久田 真

1. 目的

循環型社会の実現のため、焼却灰等の廃棄物の再利用を積極的に推進することが望まれているが、実際に再利用された事例は多いとは言えない。その理由の一つとして、廃棄物に重金属などが含まれている場合の周辺環境への長期的な環境影響リスクが挙げられる。筆者らはこうした材料の再生利用には、長期溶出リスクの評価手法の確立と評価事例の積み重ねが重要と考え、以下の観点で試験手法について検討を進めている。

- ・長期溶出挙動を利用前に短期的に評価できる手法（促進試験）の確立。
- ・現場条件に近い環境下での長期的な溶出挙動を評価できる手法（長期安定性試験）の確立。

本検討では、促進試験により長期溶出挙動を評価すべく、重金属等を含む焼却主灰造粒固化物に対して、模擬酸性雨を用いた乾湿繰返しによる促進試験と、実環境下における長期安定性試験を実施し、促進試験の重金属溶出量が長期安定性試験における溶出量を予測できるかを検証した。

2. 試験概要

2.1 試験に用いた材料

試験に用いた試料は鉛や六価クロム、フッ素を含む焼却主灰である。高炉 B 種セメントを 15%、硫酸鉄系の不溶化材を 2.5%の割合で添加して造粒固化処理した。原灰と処理後の溶出試験結果を表-1 に示す。試料は 9.5mm ふるい通過分を使用した。

2.2 試験方法

雨水に曝露される環境を想定し、乾湿繰返し試験による促進試験と雨水曝露試験による長期安定性試験を実施した（図-1）。

(1) 乾湿繰返し試験方法

蒸留水に硫酸を添加して pH4.0 に調整した模擬酸性雨 2.5L に試料 250g を 6 時間浸漬させる工程と上澄み液を除去して残った試料と上澄み液を 0.45μm のメンブレンフィルターでろ過して残った試料を合わせて恒温槽内で 18 時間乾燥させる工程を 1 サイクルとして、10 サイクル行った。浸漬および乾燥は 40, 60, 80℃ に制御した恒温槽内で行った。上澄み液をろ過した後のろ液中の鉛を ICP 質量分析法、六価クロムを吸光光度法、フッ素を流れ分析法で分析した。模擬酸性雨はサイクル毎に新しく入れ替えた。

(2) 雨水曝露試験方法

焼却主灰造粒固化物 2200g を開口部面積 200cm² のワグネルポットに充填し、屋外に設置した。定期的に雨水により生じた浸透水を回収し、浸透水中の重金属濃度を乾湿繰返し試験と同様の方法で分析した。

表-1 原灰と処理後の溶出試験結果

対象物質 [単位]	Cr(VI) [mg/L]	Pb [mg/L]	F [mg/L]
処理前	<0.005	0.002	0.98
処理後	0.008	0.004	0.30
環境基準	0.05	0.01	0.8

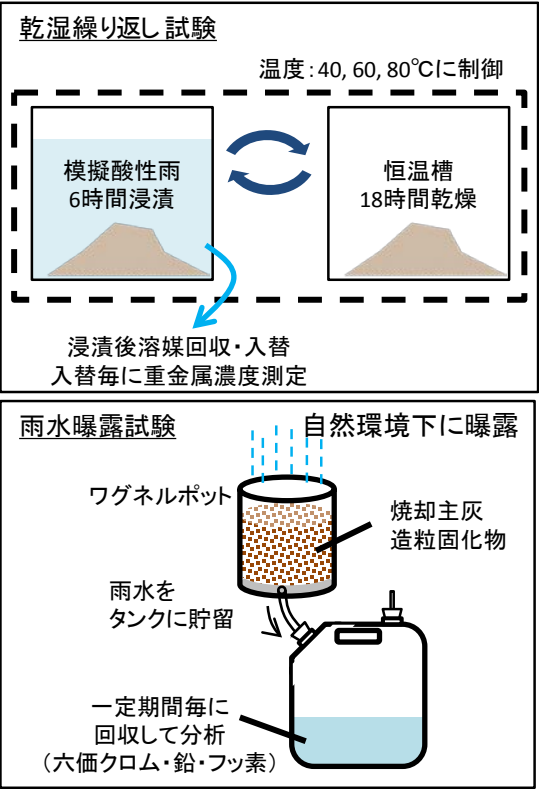


図-1 試験方法の概要

キーワード 重金属 廃棄物 リサイクル

〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 岩盤・地下水グループ TEL042-489-6597

3. 試験結果

図-2 に試験結果を示す。縦軸は試料 100g から溶出した対象物質重量の積算値（積算溶出量）を示す。横軸は経過時間を示し、乾湿繰返し試験では換算年数、雨水曝露試験では経過年数を示す。換算年数は次のように求めた。雨水曝露試験を実施した東京都調布市の気象データでは年間降水量はおよそ 1800mm であり¹⁾、試料との固液比は、 $[\text{降水量}] \times [\text{ワグネルポット開口部面積}] / [\text{試料重量}]$ より 16 となる。乾湿繰返し試験における浸漬 1 回あたりの固液比は 10 となるため、1 回の浸漬で 0.62 年分相当の模擬酸性雨と接触したこととなる。よって 1 サイクルを 0.62 年分としてサイクル数を年数に換算した。その結果、乾湿繰返し試験における溶出量は、六価クロムの場合は 80℃、フッ素や鉛の場合は 40℃の試験で雨水曝露試験と同等の溶出量を示す結果が得られた。また高温になるほど溶出量は増大するが、その度合いは対象物質によって異なった。

図-3 に乾湿繰返し試験における換算年数が 1 年相当を経過した時の溶出量を、雨水曝露試験における溶出量との比で示す。六価クロムの溶出値は乾湿繰返し試験の方が低めに出る傾向があり、加温によって雨水曝露試験の溶出値に近づく結果となった。一方フッ素では雨水曝露試験と乾湿繰返し試験の結果が比較的近い値を示しており、また加温による影響は比較的小さかった。鉛の場合は、40℃では溶出量が低くなったが、加温に伴って溶出量が急激に増加する傾向が見られ、80℃では雨水曝露試験の結果を大幅に超過した。

この理由として、フッ素は拡散等の物理的な溶出機構が支配的であるため、温度の影響は比較的小さいのに対し、六価クロムは拡散に加えて酸化による生成などの化学反応の影響が大きいと考えられる。長期的に緩慢に進行する化学変化を短期間で再現するためには、加温による化学反応速度の促進などが必要であると考えられる。なお、鉛の場合は、加温によって雨水曝露試験よりも過剰な溶出が確認された。これは通常の自然環境の温度条件ではほとんど分解されない水酸化鉛や炭酸鉛等が、高温での加温により大幅に分解が促進された可能性が考えられる。したがって、促進試験での加温の必要性は対象物質ごとにより異なるため、各々最適な温度条件を見極めて評価する必要がある。

4. まとめ

模擬酸性雨を用いて乾湿繰返し試験を行う促進試験と、1 年間の屋外暴露による長期安定性試験の結果と比較した結果、促進試験が、固化物からの溶出挙動を再現し長期の溶出特性を予測するのに有効な手段であると考えられた。また対象物質によりその特性は異なり、六価クロムについては常温での促進試験では長期安定性試験よりも溶出量が低かったが、加温することにより再現性を高めることができた。これは不溶化効果のメカニズムに起因するとも考えられ、今後より詳細な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/>

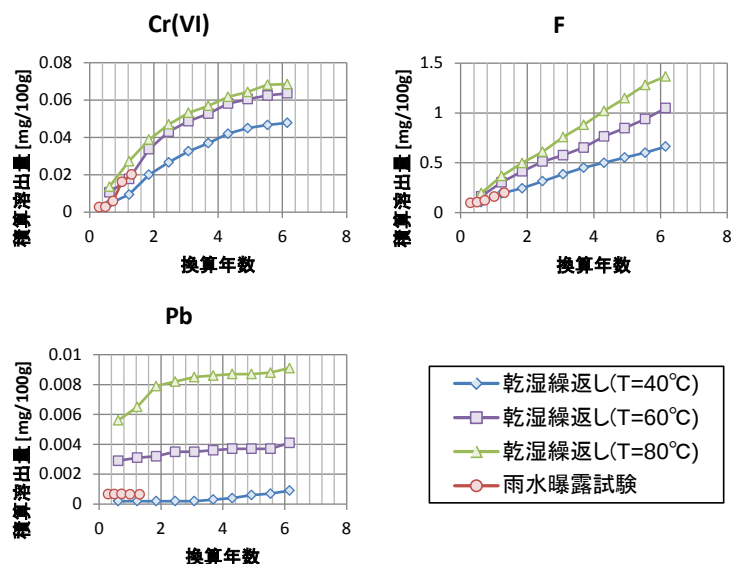


図-2 試験結果

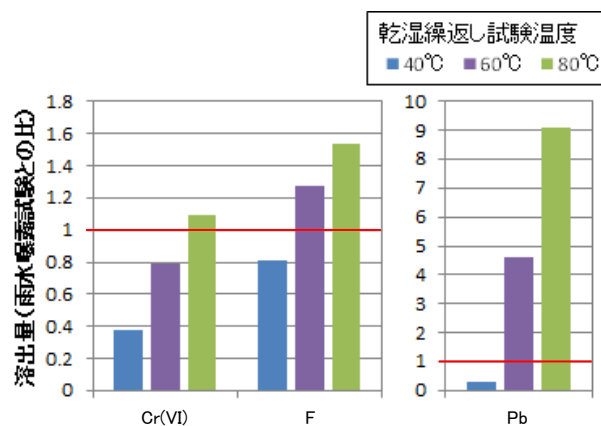


図-3 換算年数 1 年経過後における溶出量
(雨水曝露試験との比)