

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（その2）

鹿島建設(株) 正会員 ○河合達司 佐藤 毅
 鹿島建設(株) 正会員 横関康祐 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

焼却灰等の廃棄物の再利用を積極的に推進することは、循環型社会を推進するうえで有効な手段の一つである。しかしながら、廃棄物に含まれている重金属等による周辺環境への長期的な環境影響リスクが計画段階では不明であることが、再利用促進のための大きな課題となっている。筆者らは、廃棄物の再生資材に含まれる重金属等の周辺環境に対する安全性評価方法を確立することを目指し、廃棄物の再生資材からの重金属等の溶出メカニズムの解明とともに長期溶出リスクの評価手法の検討を進めている。昨年、キルン炉型焼却施設から排出された焼却主灰を造粒固化した再生土木資材を用いて、屋外雨水曝露試験による長期安定性試験と乾湿繰返し試験による室内促進試験を比較検討した結果を報告した¹⁾。本検討では、屋外曝露試験を継続した結果とともに重金属等の溶出挙動に関してストーカ炉型焼却施設からの焼却主灰造粒固化物とキルン炉型造粒固化物を比較検討した結果を報告する。

2. 試験に用いた材料

表-1 溶出試験結果 (mg/L)

試験に用いた試料は、概ね発生起源が同じ廃棄物をキルン炉、ストーカ炉と異なる方式の炉で焼却して得られた主灰を各々造粒固化した再生土木資材である。原灰と造粒固化物の重金属等の溶出試験結果を表-1に示す。各々の原灰は鉛や六価クロムが含まれ、キルン炉の原灰のフッ素は土壌溶出量基準を超過していた。このため、硫酸鉄系の不溶化材を2.5%加えて不溶化し、高炉セメントB種を15%加えて造粒固化した。試験には9.5mmふるい通過分の造粒固化物を使用した。

焼却炉	キルン炉		
対象物質	鉛	六価クロム	フッ素
原灰	0.002	<0.005	0.98
造粒固化物	0.004	0.008	0.39
焼却炉	ストーカ炉		
対象物質	鉛	六価クロム	フッ素
原灰	<0.001	0.029	0.42
造粒固化物	0.007	0.010	0.31
土壌溶出量基準	0.01	0.05	0.8

3. 試験方法

造粒固化物が再生利用される環境を雨水に曝露される条件であると想定した。不溶化効果の長期安定性試験として屋外雨水曝露試験に加え、室内試験で重金属等の溶出を促進するため、①屋外曝露の数年分に相当する水量に試料を接触させる、②加温により溶出に寄与する反応の反応速度を促進する、を試みた。

3.1 屋外雨水曝露試験

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。雨水の浸透により生じた浸出水をタンクに貯留した後定期的に回収し、溶出した重金属等の濃度とpHを測定した。重金属等の濃度は、浸出水を0.45μmのメンブレンフィルターでろ過した後、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、pHはpH電極を用いた方法で測定した。

3.2 室内乾湿繰返し試験

蒸留水に硫酸を加えてpH4.0に調整した模擬酸性雨2.5Lに対し、造粒固化物250gを6時間浸漬させた。その後、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残渣を合わせて恒温槽内で18時間乾燥させた。この一連の工程を1サイクルとして、10回繰返した。浸漬に用いた模擬酸性雨はサイクルごとに新しく入れ替えた。浸漬および乾燥は40、60、80℃に制御した恒温槽内で行った。溶出した重金属等の濃度とpHは、上澄み液のろ液を用いて屋外雨水曝露試験と同様の方法で分析した。

キーワード 焼却灰, 再生利用, 環境安全性評価, 重金属, 不溶化, 長期溶出特性

連絡先 〒182-0032 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 TEL 042-489-6651

4. 試験結果

4.1 屋外雨水曝露試験

屋外雨水曝露試験での浸出水中の重金属等の濃度を地下水環境基準に対する倍率として、キルン炉、ストーカ炉ごとに図-1に示す。

屋外曝露試験開始後2.3年経過し、六価クロム、鉛、フッ素のすべてがキルン炉、ストーカ炉ともに地下水環境基準未満を維持した。

キルン炉とストーカ炉での差はほとんどなく、溶出した重金属等の濃度はキルン炉がわずかに高い傾向を示した。

4.2 室内乾湿繰返し試験

乾湿繰返し試験の浸漬後のろ液中の重金属等の濃度から、浸漬ごとの試料100gあたりの重金属等の溶出量(mg)を算出し、10回の乾湿繰返しにより溶出した重金属等の質量を累積溶出量として、キルン炉、ストーカ炉ごとに図-2に示す。なお、屋外曝露試験時の降雨量を基に1年間で試料質量あたりに浸透した雨量を算出し、乾湿繰返し試験での試料質量あたりの浸漬水量から乾湿繰返し1回分は屋外曝露での0.8年に相当するとして年数を換算した。

キルン炉、ストーカ炉ともに、六価クロム、鉛、フッ素は加温により溶出量が増加した。鉛とフッ素は室温に近い温度環境で屋外曝露試験での溶出挙動と一致した。六価クロムは、溶出挙動が屋外曝露試験と一致するには、キルン炉で40~60℃、ストーカ炉で80℃以上の加温が必要であった。キルン炉とストーカ炉では、重金属等の濃度やpHの変化は、キルン炉がより速い傾向を示した。

5. まとめ

屋外雨水曝露試験により、造粒固化物から重金属等の溶出は、キルン炉とストーカ炉ともに2.3年間地下水環境基準未満を維持できることを確認した。乾湿繰返し試験では、鉛とフッ素は室温に近い条件で屋外曝露試験での溶出挙動と一致したが、六価クロムは加温が必要であった。これは、六価クロムの溶出は単純な吸脱着だけではなく、酸化反応などの化学反応が関与した可能性が考えられる。キルン炉とストーカ炉では、主灰の重金属溶出量や不溶化効果に差はなかったが、屋外曝露試験や乾湿繰返し試験では、キルン炉がストーカ炉よりもわずかに重金属等の溶出が速い傾向を示した。

参考文献

1) 佐藤毅他, 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, 土木学会第71回年次学術講演会, p. 379-380,

2016

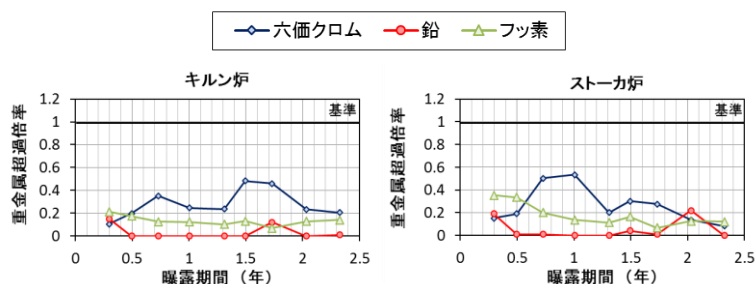


図-1 浸出水中の重金属等濃度(基準倍率)の経時変化

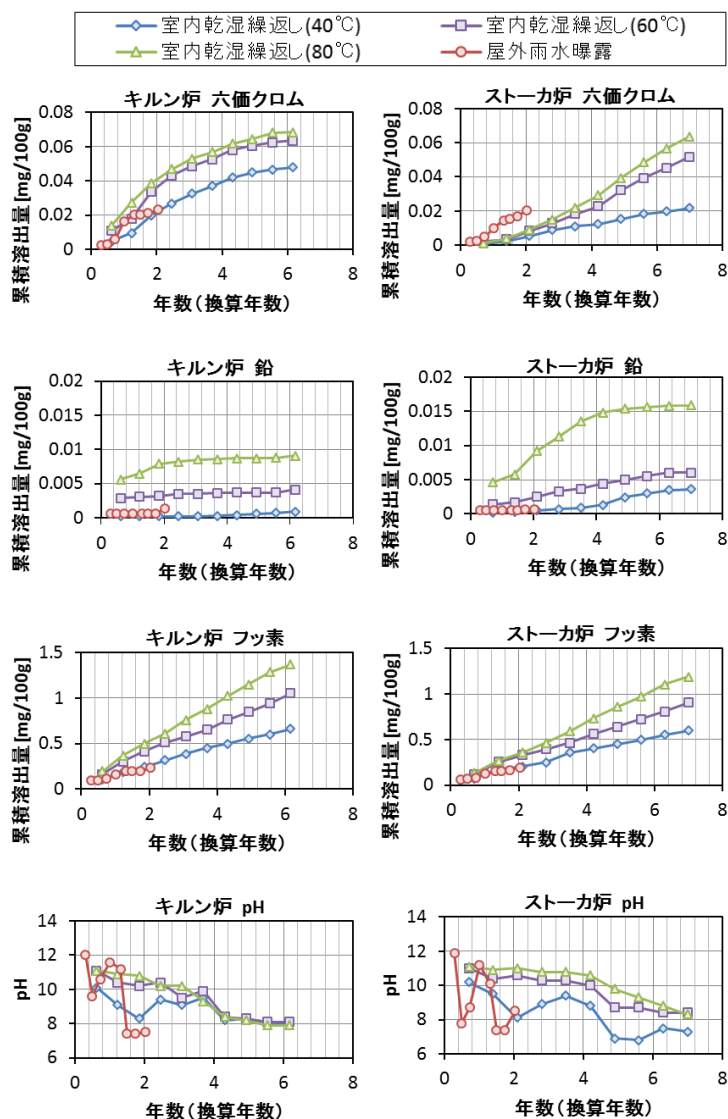


図-2 乾湿繰返し試験と屋外曝露試験との累積溶出量の比較