

不溶化処理土からの重金属溶出挙動評価

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
 国立環境研究所 正会員 肴倉宏史

1. 目 的

循環型社会を推進するために、重金属等を含有する土や廃棄物も土木資材として積極的に利用することが有効な手段だと考えられる。しかしながら、使用中の再溶出の懸念がそれらの材料に共通の課題となっており、長期の環境安全性を示す評価方法が確立していないことから、積極的には適用されていないのが現状である。そこで筆者らは、実環境下での長期的な溶出挙動の評価事例の蓄積、利用前に短期間で長期溶出リスクを評価できる促進試験方法の確立の両面から検討を行っている。既往の報告¹⁾では、焼却主灰造粒固化物を対象に、雨水曝露試験によって長期的な溶出挙動を把握するとともに、乾湿繰返し試験がその長期溶出挙動を予測するのに有効な手段であることを確認した。本稿では、自然由来重金属等含有土の不溶化土を用いて同様の検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 試験に用いた材料

試験には自然由来の重金属等含有土を使用した。ヒ素の溶出量が基準値を超過しており、マグネシウム系の不溶化材を 30kg/m³ 混合して基準に適合させた。原土と不溶化土の土壤溶出試験および酸性化可能性試験の結果を表-1に示す。セレンとフッ素が原土および不溶化土から検出されたが、他の自然由来重金属類は検出されなかった。また土壤溶出試験の検液の pH [表-1 中の pH(H₂O)] はいずれの試料も中性であり、酸性化可能性試験の結果、pH(H₂O₂)は3.2と酸性を示した。

3. 試験方法

雨水に曝露される環境を想定し、実際の環境下の試験として雨水曝露試験と、室内促進試験として乾湿繰返し試験を実施した(図-1参照)。乾湿繰返し試験では、重金属類の溶出の促進するために、①雨水曝露試験の数年分に相当する水量と接触させることと、②加温によって溶出に寄与する反応を促進することを試みた。

(1) 雨水曝露試験方法：試料 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。雨水により生じた浸出水を3ヶ月毎に回収して 0.45μm のメンブレンフィルターでろ過し、ヒ素とセレン濃度を ICP 質量分析法、フッ素濃度を流れ分析法、pH をガラス電極法で分析した。

(2) 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を用いて6時間浸漬と18時間乾燥を1サイクルとして、計6サイクル行った。浸漬毎に水試料を回収して 0.45μm のメンブレンフィルターでろ過し、ヒ素、セレン、フッ素濃度と pH を雨水曝露試験と同じ方法で分析し、浸漬水はサイクル毎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。

表-1 土壤溶出試験と酸性化可能性試験の結果

項目 [単位]	ヒ素 [mg/L]	セレン [mg/L]	フッ素 [mg/L]	pH(H ₂ O) -	pH(H ₂ O ₂) -
原土	0.016	0.004	0.18	7.5	3.2
不溶化土	<0.001	0.005	0.21	6.7	-

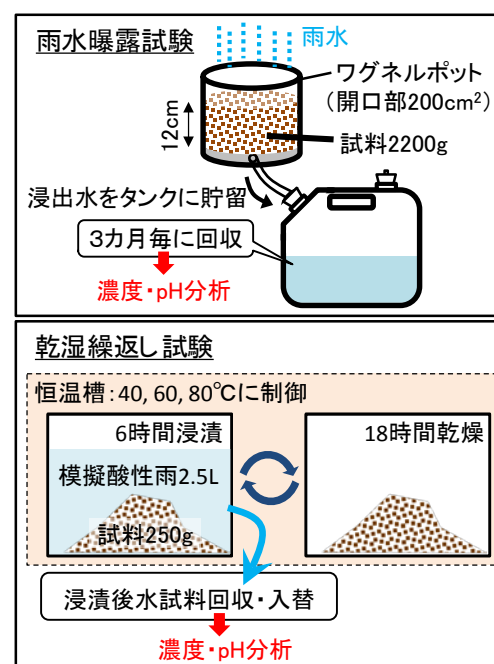
pH(H₂O): 土壤溶出試験の検液の pHpH(H₂O₂): 過酸化水素水を用いる pH 試験方法(地盤工学会)

図-1 試験方法の概要

キーワード 重金属, 不溶化, 雨水曝露試験

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6597

4. 試験結果

図-2 に各元素の雨水曝露試験および乾湿繰返し試験の浸出水の pH と重金属濃度および土 100g あたりの累積溶出量を示す。横軸は液固比であり、2つの試験結果を比較するため、単位質量あたりの土に接触した水量(液固比)との関係で結果を整理した。雨水曝露試験の場合はポットへの降水量と試料重量の比として計算した。雨水曝露試験は試験開始から12ヶ月経過し、液固比 15 までの試験結果を取得した。経過月数(m.)を图中に示す。

図-2(a)に浸出水の pH を示す。雨水曝露試験では採水 2 回目(液固比 5)までは pH6~7 だが、その後低下して pH3.7 程度の酸性となった。また乾湿繰返し試験でも、1 回目の乾湿繰返しに相当する液固比 10 以降で、いずれの温度でも pH3.7 程度の酸性を示した。

図-2(b), (c)にヒ素濃度と累積溶出量を示す。雨水曝露試験でのヒ素濃度は採水 3 回目(液固比 10)以降で増加し、地下水環境基準値の 0.4 倍となった。乾湿繰返し試験では温度が高いほどヒ素濃度が高く、雨水曝露試験とヒ素濃度および累積溶出量が一致するのは 60℃ のケースであった。

図-2(d), (e)にセレン濃度と累積溶出量を示す。雨水曝露試験の浸出水濃度は採水 1 回目(液固比 1.5)の時に基準値の 8 倍となった。一方、乾湿繰返し試験では 1 回目の液固比が 10 であり、液固比 10 未満での溶出挙動は評価できない。累積溶出量は乾湿繰返し試験の 60℃・80℃ のケースと雨水曝露試験は 0.005mg/100g 程度に収束する傾向で一致し、乾湿繰返し試験で 60℃ 以上に加温することで、最終的な環境への放出量が評価できるようになると考えられる。

図-2(f), (g)にフッ素濃度と累積溶出量を示す。雨水曝露試験の浸出水濃度は液固比 10 以降で増加し、環境基準の 1~1.5 倍となった。乾湿繰返し試験ではいずれの温度もフッ素濃度と累積溶出量がともに一致せず、また加温による溶出促進効果も小さいことが明らかとなった。

5. まとめ

雨水曝露試験・乾湿繰返し試験を実施して元素毎に溶出特性を評価し、液固比 15 以下では、乾湿繰返し試験により雨水曝露試験におけるヒ素とセレンの濃度と累積溶出量を概ね予測できた。また加温によって溶出促進効果があり、ヒ素とセレンいずれも加温したケースの方が雨水曝露試験の溶出挙動と一致する結果となった。フッ素に関しては乾湿繰返し試験より雨水曝露試験の方が濃度や累積溶出量が大きく、加温では溶出促進効果が不十分であるため、今後は加温以外の溶出促進条件を検討する予定である。

参考文献

1) 佐藤, 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, 土木学会年次講演会講演概要集, 2016. 9

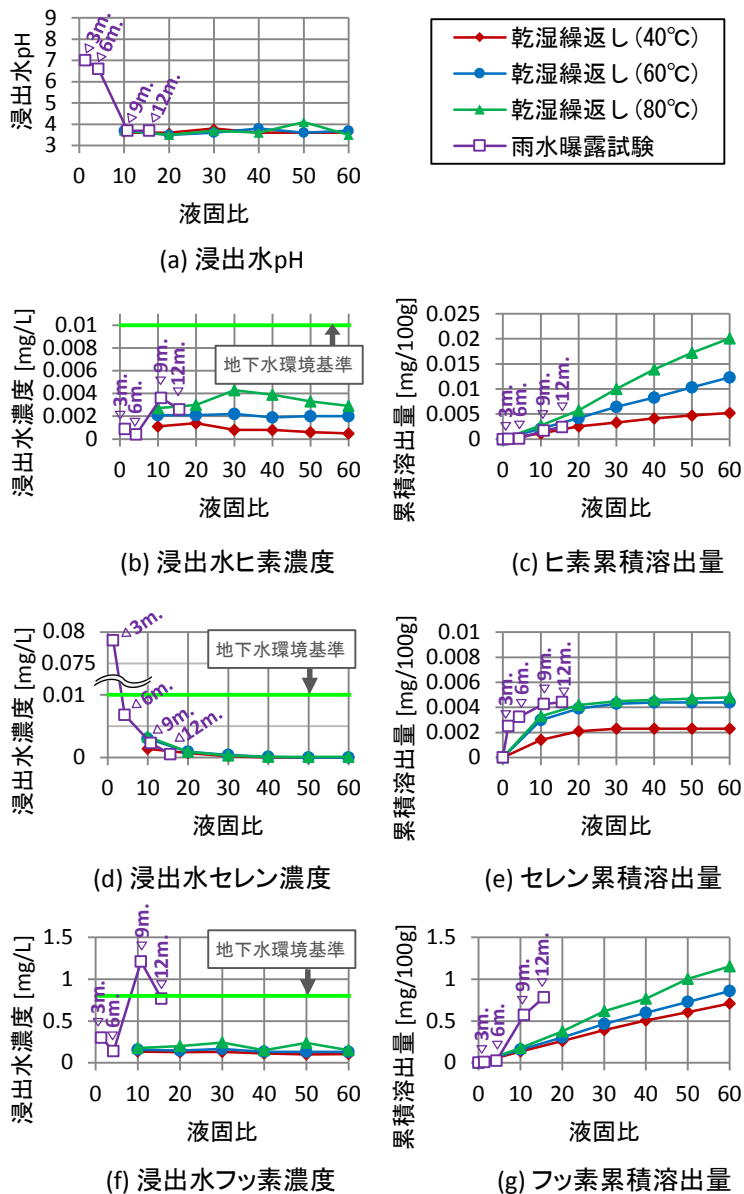


図-2 試験結果