

焼却主灰の固結化が重金属の溶出に与える影響に関する研究

福岡大学大学院 (学) ○柿木直人 (正) 立藤綾子 (正) 鈴木慎也

1. はじめに

我が国では、廃棄物の埋立量削減と安定化、無害化を目的として焼却処理中心の中間処理が採用されており、最終処分場における焼却残渣の埋立割合は 2018 年時点において約 90%に達している。焼却残渣中には重金属類が高濃度に含有されていることから不溶化処理が義務付けられているが、埋立処理後に浸出水中に Pb が排水基準を超えて検出される事例が発生する等、不溶化処理の安定性が懸念されている。一方、焼却残渣主体の処分場では、埋め立てた焼却灰が固結化し、掘削も困難な程に固い層が形成され、降雨の浸透が亀裂や水みちの一部でのみしか起こらないと報告されており、可溶態 Pb が存在しても流出しない可能性がある。

そこで、本研究では、自然重金属含有岩石・土壌の溶出挙動試験や不溶化処理土の安定性確認試験に用いられているタンクリーチング試験^{1),2)}に着目し、固結化した焼却主灰とその破砕物についてタンクリーチング試験を行い、タンク内の溶液の Pb 及び Zn 濃度等の経時変化を調査し、固結化が重金属類の浸出水中への溶出に与える影響について検討すると共に、溶出要因についても検討した。

2. 実験試料及び実験方法

実験試料は N 埋立地内に 3 年間設置された大型焼却主灰埋立実験槽（準好気性構造）から採取した固結化した焼却主灰を 40×40×40mm に切り出したもの（固形試料）及びそれを金槌等で 10mm 以下に破砕したもの（破砕試料）の 2 種類である（図-1）。

上記 2 種の試料をそれぞれ容量 2L の内蓋付きポリエチレン製容器に入れ、液固比が 10:1 になるように純水約 1L を注入し（図-2）、大気への侵入を防止するために容器を密閉後、20°C の恒温室内に静置した。浸漬後 1、2、3、7、14 及び 28 日後、溶液を孔径 1µm のメンブレンフィルターでろ過し、pH、EC、ORP、重金属濃度及び軽金属濃度等の水質分析に供した（図-2）。すべての条件（試料 2 種×経過日数 6 種＝12 条件）において 3 連で試験を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 塩類の溶出状況

図-3 に Cl 濃度の経時変化を示す。浸漬 3 日間における固形試料の Cl 濃度は溶出試験の 1/2 以下の濃度であったのに対して、破砕試料の濃度は溶出試験とほぼ等しい濃度を示し、固形試料が破砕試料よりも低い値を示した。その後、固形試料及び破砕試料ともに Cl 濃度が上昇し、7 日目及び 14 日目における濃度は、固形試料で溶出試験と同濃度の 1000mg/L 前後及び破砕試料ではその 1.5 倍の 1500mg/L 前後に達した。また、固形試料ではこれらの浸漬期間における濃度の変動が大きかった。しかし、浸漬 28 日目の濃度は固形試料と破砕試料共に 1500mg/L 前後で、両試料に差は見られなかった。また、破砕試料の Cl 濃度は 7 日目及び 14 日目に固形試料において見られた試料間の変動も見られず、一定濃度であった。これらのことから、易溶解性塩類であっても数日間の短い期間であれば固結化によりその溶出が抑制されるが、浸漬時間が長くなると固結化試料中に多く存在する毛管間隙に水が浸透するため、試料全体から溶出が起これ、破砕試料との差が小さくなったのではないかと考えられた。

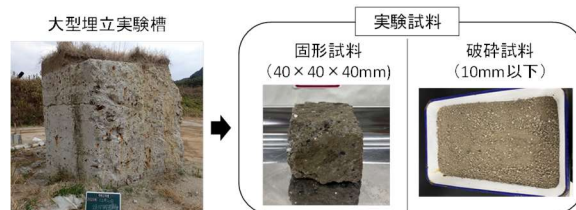


図-1 実験試料

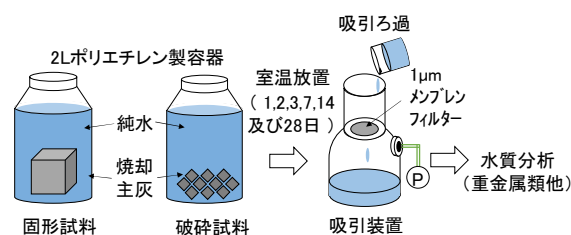


図-2 タンクリーチング試験方法

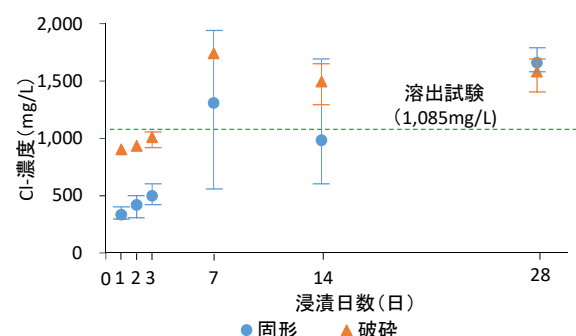


図-3 Cl濃度の経時変化

3.2 Pb 及び Zn の溶出状況

図-4 に Pb 及び Zn 濃度の経時変化を示す。浸漬期間 14 日目までの Pb 及び Zn 濃度は、溶出試験の 1/2 以下の値で推移し、固形試料が破碎試料に比べて概ね低い傾向を示した。また、破碎試料では 7 日目において Pb 及び Zn 濃度に低下が見られ、固形試料のそれらの濃度より低い値を示す等、Pb 及び Zn 濃度共に 14 日間において顕著な上昇傾向は見られなかった。しかし、28 日目では Cl 濃度同様に固形試料と破碎試料の Pb 及び Zn 濃度に差は見られず、調査期間の中で最大値を示し、それらの濃度は溶出試験で得られた濃度とほぼ等しい濃度であった。これらのことから、Pb 及び Zn の溶出は固結化により抑制されるが、浸漬時間が長くなると固形物と水との接触領域が広がるため、その効果は小さくなることがわかった。また、Pb 及び Zn の溶出傾向は Cl と異なることから、水との接触領域の広さ以外の要因が溶出に影響している可能性が考えられる。

3.3 溶出要因

重金属の溶出要因として、水との接触領域の広さ以外に pH や ORP が考えられる。そこで、溶出液の Pb 及び Zn 濃度と Cl 濃度、pH 及び ORP との相関を調査した。その結果、Cl と Pb 及び Zn との相関係数の決定係数はそれぞれ Pb:0.1821、Zn:0.3706 で、Zn において弱い正の相関が見られた (図-5)。次に、pH との相関の決定係数はそれぞれ Pb:0.4154、Zn:0.5798 であり、両金属とも強い正の相関が見られた (図-6)。一方、ORP との相関係数は Pb:0.3517、Zn:0.1617 と、Pb において弱い負の相関が見られ、Zn と異なる傾向を示した (図-7)。この ORP の低下による Pb の溶出傾向は、松田ら³⁾の知見と一致していることから、ORP は Pb の溶出の影響要因と考えられる。

以上のことから、アルカリ成分の溶出により pH が上昇することが Pb 及び Zn の溶出に主に起因し、かつ、ORP も Pb の溶出の影響因子であると考えられる。

4. まとめ

本研究を通して、固結化による重金属の溶出の影響について以下のことが明らかとなった。

- 1) 重金属の溶出は固結化により抑制されるが、水との接触時間が長くなると、その効果は小さくなる。
- 2) Pb の溶出は、水との接触時間が長くなり、焼却灰から多量にアルカリ成分が溶出し、pH が上昇すること及び ORP の低下によって起こる。
- 3) Zn の溶出は pH が上昇することによって起きる。

【参考文献】

- 1) 秦浩司ら：重金属不溶化処理の適用性確認試験手順(案)の作成および不溶化処理土壌の安定性に関する既往研究事例の調査,第 20 回地下水土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集,S3-08,2014.
- 2) 国立研究開発法人土木研究所：自然的原因による重金属汚染の対策技術の開発(1),2010.
- 3) 松田貴ら：キレート処理飛灰中の重金属の安定性に関する研究(その 3),第 29 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集,pp.431-432,2018.

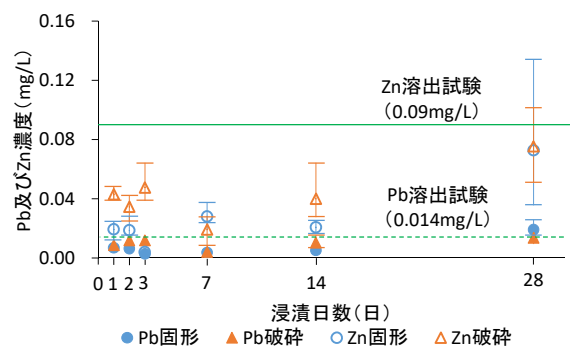


図-4 Pb 及び Zn 濃度の経時変化

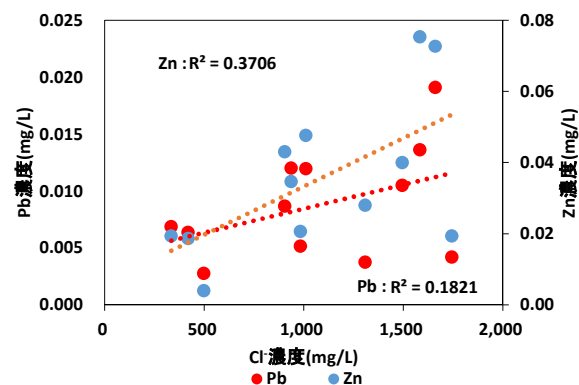


図-5 Pb 及び Zn 濃度と Cl 濃度の関係

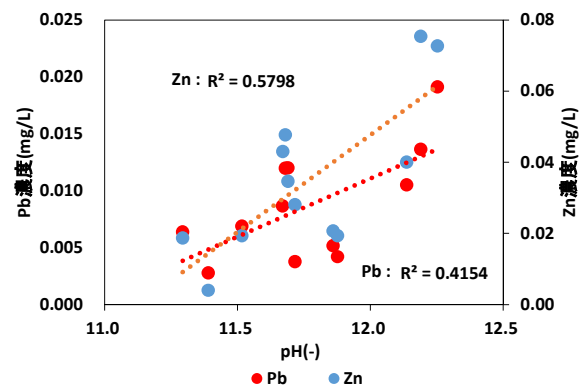


図-6 Pb 及び Zn 濃度と pH の関係

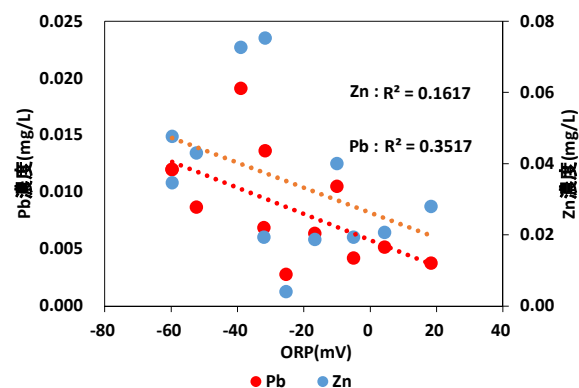


図-7 Pb 及び Zn 濃度と ORP の関係