

カラム溶出実験による焼却灰からの重金属溶出特性の検討

広島大学大学院 学生員 ○黒川 岳司
広島大学工学部 正 員 山口登志子
広島大学工学部 正 員 福島 武彦

1. はじめに

埋立地層内における焼却灰からの重金属溶出特性の把握を目的として、実際の埋立地との対応を考慮した不飽和流れでのカラム溶出実験と、併せてバッチ溶出実験を行い、比較・検討した。さらに重金属溶出の現象を化学的な沈殿・溶解反応として、化学平衡論による考察も加えた。

2. 実験方法

(1)供試試料：全連続式ストーカ炉の一般廃棄物焼却プラントからの焼却灰を用いた。この焼却灰の重金属およびその他共存物質の含有量を表1に示す。

(2)バッチ溶出実験：環境庁告示13号法（以下、告示法）と、成分溶出のpHとの関連性を把握するためにpH依存性試験を行った。pH依存性試験の方法は、硝酸を用いて段階的に適当な硝酸濃度となるように溶媒を調整し、それぞれの溶媒に試料を固液比10となるように混合し、それぞれを2時間振とうした。

(3)フロー溶出実験：散水方法として、連続散水および間欠散水の2種類のカラム溶出実験を行った。いずれの実験もカラムは内径5.0cmのものをを用い、これに焼却灰を密度1.10g/cm³、高さ30cmとなるように充填した。散布水はイオン交換水とした。連続散水カラム実験では、散水強度（降雨強度）978mm/dayで、12日間定常散水し、浸出水を24時間毎受け取り、各分析に供した。このとき、カラム上下端は開放しておいた。間欠散水カラム実験は、できるだけ自然降雨に近くなるように、14日毎に800mLを24時間かけて散水（散水強度：173mm/day）し、これを182日間継続し、浸出水を経時的に分析した。また、間欠散水カラム実験ではさらに埋立条件として、上下端を開放したカラム（準好気性埋立）と、実験前にカラム内を窒素置換し、実験中は上下端とも空気に侵入を防いだカラム（嫌気性埋立）とを用いた。また、これらの実験は25℃の一定温度の下で行った。

3. 結果および考察

図1にpH依存性試験の実験結果の一部を示す。Na、KおよびClの溶出濃度はpHの変化に対して影響は小さい。CaとSO₄には明らかなpH依存性が見られ、特にCaはその傾向が顕著であった。図2に重金属(Pb, Zn)について、告示法およびpH依存性試験の結果を示す。また、これらのバッチ実験では溶出液中での現象は数時間の振とうで、金属水酸化物などの沈殿・溶解反応において平衡に達していると考えられる。この平衡関係は溶解度積や錯体生成定数に支配されるが、これらの関係を表す溶解度曲線を図中に示した。PbとZnは両性金属であるため、高アルカリ領域で再び溶解度が増すはずである。しかし、Pbでは、高アルカリ域での溶出性の増加はなく、酸性域においてもその増加は小さいため、中性から弱アルカリ性においては実験値の方が溶出濃度が高く、酸性域では逆に実験値の方が低い。Znに関してはpHが弱アルカリ域から離れるにつれ実験値と理論値との差が大きくなった。このように両者があまり一致しない原因の一つに、焼却灰中にはCl

表1 焼却灰の各成分含有量

単位：mg/kg-dry	
Cd	4.07
Pb	440
Zn	1620
Mn	460
Fe	26400
Ca	206000
Na	13600
K	10300
S	<1.0
SO ₄	3890
強熱減量	94900

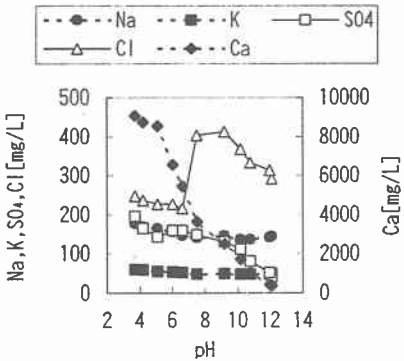


図1 pH依存性試験の結果

など易溶性物質が多く、それら共存イオンの影響が考えられる。この影響を除くためにイオン強度という共存イオンの指標を用いる“活量”の概念の導入し、溶解度曲線の補正を試みた。ここでは代表的な化学種として Na, K, Ca, Cl, SO_4 の溶出濃度から、イオン強度、活量係数を求めた。補正により、Pb においては、実験値との整合性がよくなる。しかし、Zn は補正することにより整合性がさらに低下した。

図3には、連続散水のカラム溶出実験における浸出水の pH および Pb, Zn 濃度の経時変化を示す。pH は通水に伴って徐々に低下した。Pb 濃度も通水初期が最も高く、通水に伴って徐々に低下した。これに対し、Zn 濃度は実験期間中ほぼ一定であった。

図4に各溶出実験の実験結果の関係を示す。ここでは比較のために、固液比（単位湿潤試料当たりの接触水量：mL/g-wet），つまり通水溶媒の総量/被通水試料を横軸にとり、単位乾燥試料当りの成分の流出量（mg/kg-dry）累積値を縦軸にとった。

Zn の溶出量は、連続散水カラム実験<間欠散水カラム実験<バッチ実験（告示法）の順となった。Pb は Zn とほぼ逆の結果となった。また、間欠散水カラム実験では、いずれも準好気性より嫌気性の方が溶出量が高くなった。これらの結果は、試料の溶媒との接触における、そのときの速度と量の差により生じたと考察される。間欠散水の方が連続散水より散水速度の差から接触時間としては前者が2倍以上となる。嫌気性の方が層内の含水率が若干高かったため、その分、間欠の間に接触する水量が多くなる。バッチ実験では飽和状態であるため、層内が不飽和となっているフロー実験に比べて、実質の固液比は高くなる。これらの理由により、Zn の結果は説明がつく。逆に Pb がこれらでは説明できない原因は、Pb の焼却灰中での存在形態にあると思われる。つまり、図2、3の結果から Pb は比較的溶け易い形態となっていることが推測される。そのような化学形態では水との反応は即座に起こる。したがって、水の接触時間には影響を受けず、接触量のみに影響される。そう考えれば、接触時間は異なるが接触量（固液比）は等しい2種のフロー溶出実験では流出量が等しくなる。また、バッチ実験では溶媒の更新がないため、溶出した金属が再度不溶化し、告示法の結果の方が溶出量が低くなったと考えられる。

4. おわりに

焼却灰からの重金属の溶出は金属水酸化物の沈殿・溶解反応による説明では不十分であるが、Pb はその理論値より多く、Zn はそれより少なく溶出するという特性を示すことが判った。またこのことは、共沈や有機物または他のイオンとの錯体形成なども起こっていることを示唆している。これを原因として告示法による溶出試験では、Pb において危険側の結果を与える可能性もあり、これらの解明が今後の課題である。

〔謝辞〕 本研究の一部は平成8年度ウエスコ土木技術振興基金の交付を受けて行われました。ここに謝意を表します。

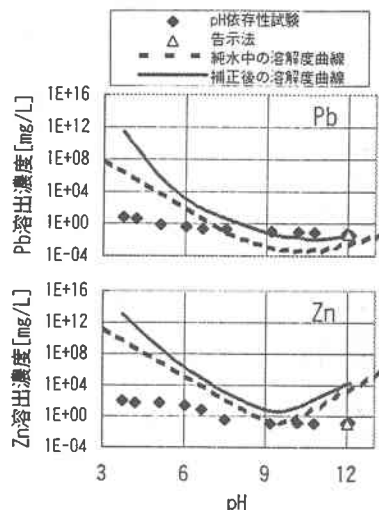


図2 Pb, Zn の溶出濃度と pH の関係

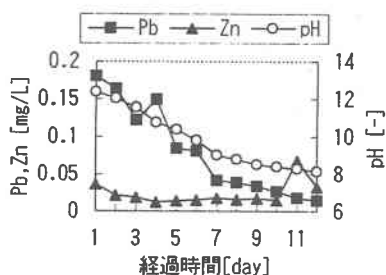


図3 pH および Pb, Zn 濃度の経時変化

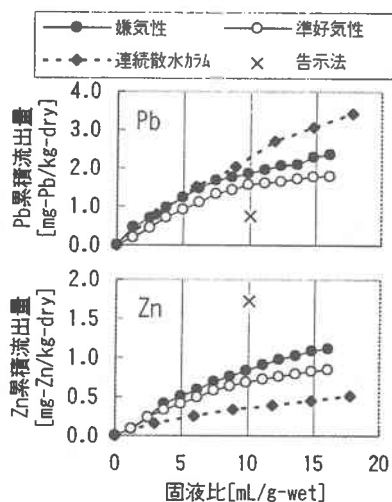


図4 各溶出実験結果の比較