



Title	廃棄物からの長期的重金属溶出に関する研究
Author(s)	土手, 裕; 関戸, 知雄
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 廃棄物 . 3-7
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 107-110
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1343
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-7_p107-110.pdf



3-7 廃棄物からの長期的重金属溶出に関する研究

○土手 裕 (宮崎大学)、関戸知雄 (宮崎大学)

1. はじめに

都市ごみや産業廃棄物の処理残渣（焼却灰、焼却飛灰、資源化残渣など）は有害な重金属を含んだまま、大部分が埋立処分されている。埋立処分場において重金属溶出の問題は顕在化してはいないが、潜在的に有害物が含有した土地は、たとえ埋立地が閉鎖されたとしても未来への負の遺産となる可能性がある。このため、将来における重金属溶出挙動を予測することが、継続的な廃棄物処理を行うために必要である。重金属の溶出は、基本的にはpHに依存する。現在の有機物をほとんど含まない最終処分場で埋立物が低pH水に曝露される機会は、酸性雨の浸透が最も可能性が高い。日本における酸性雨のpHの平均が 4.77 と低下していて、pH3 以下の地点は観測されなかったものの、pH4 以下の地点が日本全体の 5%を占めるという状況にある¹⁾。そのため、本研究ではpH 4 以下を含むpH範囲での重金属溶出挙動を明らかにするために、酸性溶媒を用いた反復溶出試験を行った。

2 実験方法

1) 試料

表 1 に示す 6 試料を対象とした。焼却飛灰 A は一般廃棄物焼却施設からのものである。焼却灰 A は一般廃棄物焼却施設からのものである。埋立ごみは、主に焼却灰を埋め立てている一般廃棄物最終処分場（埋立開始 1991 年 4 月）から 2005 年 1 月に採取してきたものである。カッコの中は採取したときの埋立深さを表している。なお、シュレッターダストはカーシュレッターダストである。

試料中の重金属濃度も表 1 に示す。これらを乳鉢で粉碎して 250 μ m のふるいを通過したものを溶出試験に用

表 1 重金属濃度 (mg/kg)

いた。ただし、シュレッターダストについては孔径 1 mm のふるいを通過したものを同様に粉碎して用いた。

試料名	Pb	Cd	Cu	Zn
焼却飛灰 A	510	20	173	210
キレート処理焼却飛灰 A	410	16	179	2,060
焼却灰 A	153	3.3	287	579
埋立ごみ (1 m)	240	4.5	751	935
埋立ごみ (3 m)	161	2.1	524	695
シュレッターダスト	6,090	31	3,280	23,600

2) 溶出試験

ポリ瓶に試料を 5g と溶媒（適宜濃度を調整した硝酸溶液）500ml を入れ（液固比 100）、これを 150rpm で 24 時間連続振とうし、1 μ m のメンブランフィルターで固液分離した。このろ液を検液とし重金属を測定した。ろ紙上に残った固形分をポリ瓶に入れ、硝酸溶液で上記の条件度で振とうを行なう操作を繰り返した。重金属は原子吸光光度計（HITACHI, Z-5200）で測定を行った。

3 実験結果と考察

1) 重金属濃度と pH の変化

pH と重金属の溶出濃度の変化を図 1～図 6 に示す。ただし、溶出濃度は、最大溶出濃度で除して無次元化している。全体として、pH が中性以下で重金属の溶出が見られた。シュレッダーダストは焼却灰や焼却飛灰と異なり、初期 pH が低いため、これらよりも少ない酸で溶出が開始した。また、埋立ごみは焼却灰や焼却飛灰と比較して少ない酸の量で pH が低下し、埋立深さは 1 m の方が 3 m より少ない酸の量で pH が減少した。主に焼却灰からなる埋立ごみの pH 低下が低い酸添加量で生じていることから、焼却灰は埋め立てられることでバッファーが低下すると言える。その理由としては、降雨による洗い出しに加えて、処分場で大気と接することによるエージング効果（大気中の炭酸ガスによる中和）によると思われる。

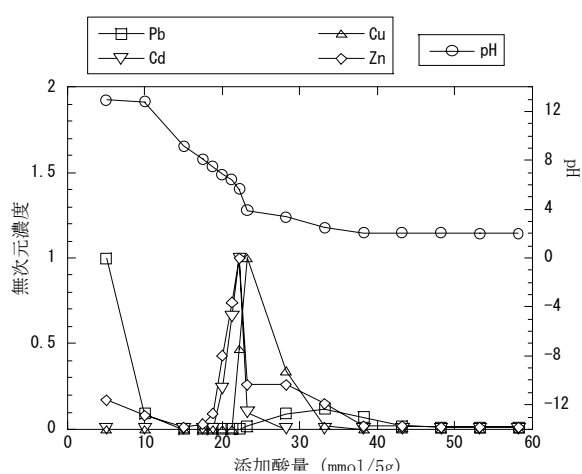


図 1 pH と溶出濃度 (焼却飛灰 A)

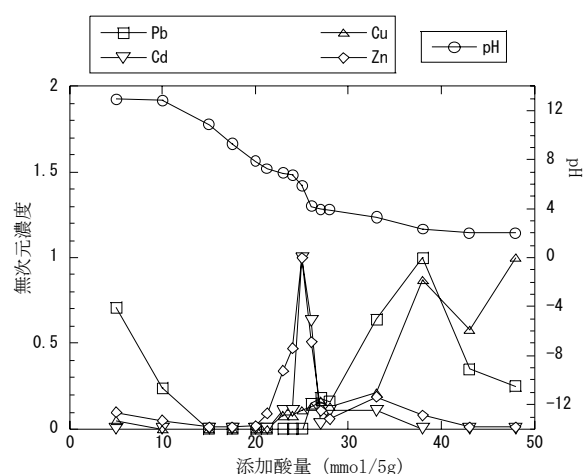


図 2 pH と溶出濃度 (キレート焼却飛灰 A)

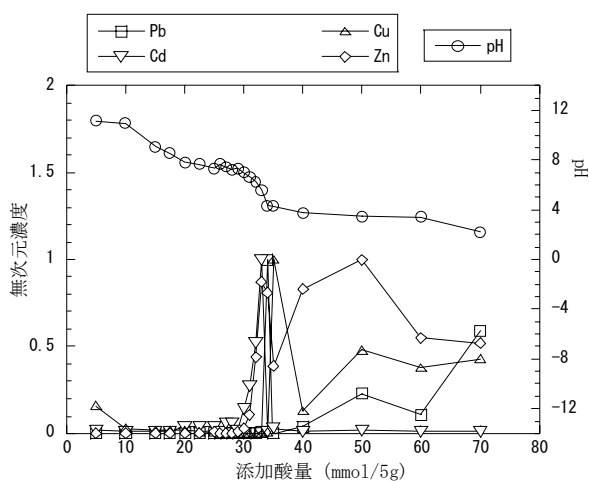


図 3 pH と溶出濃度 (焼却灰 A)

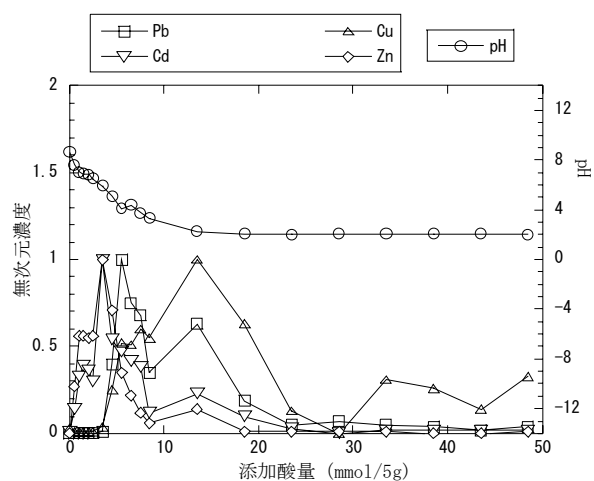


図 4 pH と溶出濃度 (シュレッダーダスト)

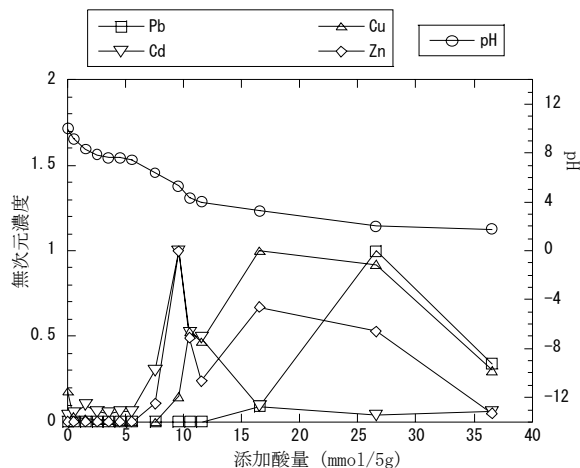


図5 pHと溶出濃度（埋立ごみ（1 m））

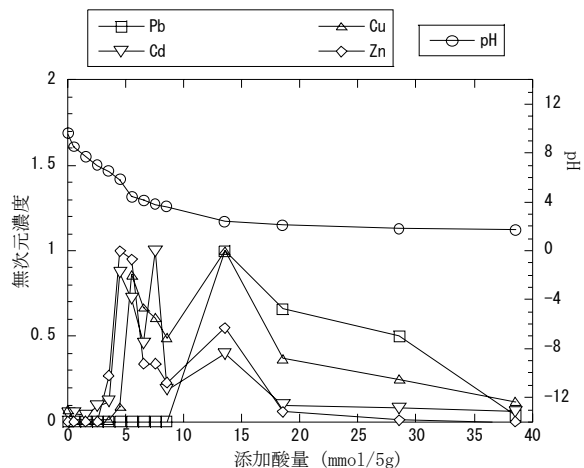


図6 pHと溶出濃度（埋立ごみ（3 m））

2) 重金属の溶出ピーク pH

重金属溶出濃度のピークでの pH を表 2 に示す。試料間で多少のばらつきはあるものの、試料によらず重金属ごとに一定の pH でピークを示し、鉛と銅については pH 4.3 以下、カドミウム及び亜鉛は pH 6 程度でピーク

が見られた。特に、鉛については、焼却灰 A、シュレッダーダスト以外は pH 2.5 程度と非常に低く、実質上は溶出しないと考えられる。

焼却灰、焼却飛灰 A とキレート処理焼却飛灰 A の間には違いがないことから、キレート処理は低 pH での溶出抑制には寄与しないことがわかった。埋立ごみは深さ 1 m と 3 m では、3 m の方が溶出ピークの pH が高くなる傾向が見られた。

試料名	Pb	Cd	Cu	Zn
焼却飛灰 A	2.5	5.6	3.9	5.6
キレート処理飛灰 A	2.3	5.9	2.3, 2.0	5.9
焼却灰 A	4.3	5.6	4.3	5.6, 3.5
埋立 1 m	2	5.3	3.2	5.3, 3.2
埋立 3 m	2.4	5.8, 3.8, 2.4	4.4, 2.4	5.8, 2.4
シュレッダーダスト	4.1, 2.3	6.0, 2.3	3.8, 2.3	6.0, 2.3

3) 低 pH での溶出メカニズム

pH が 5 以下でも重金属は溶出し続けている。その理由として、①溶解性の重金属が拡散律速で溶出している、②試料の骨格が酸により崩壊し、そのため骨格中に捕らえられていた重金属が溶出している、の二つが考えられる。ここでは、拡散律速であるか否かを検討した。

重金属が拡散律速で溶出している場合は、溶出フラックス J は時間を t とすると $t^{-1/2}$ に比例する²⁾。 i 番目の溶出実験までの累積溶出率 M_i と i 番目の溶出実験におけるフラックス J_i の間には以下の関係がある。

$$J_i \propto (M_i - M_{i-1}) / (t_i - t_{i-1}) \quad (1)$$

本実験では、サンプリング間隔は 1 日と見なして良いので、式 (1) は、次式になる。

$$J_i \propto (M_i - M_{i-1}) \quad (2)$$

また、時間 t はサンプリング回数 i に比例すると考えると、 $i^{-1/2}$ と J_i との間には比例関係が成り立つ。

$i^{-1/2}$ と J_i をプロットした一例を図7に示す。ただし、両対数を取っているので、拡散律速の場合、傾きが1の直線になる。図中の点線は傾きが1の直線である。銅のようにかなりの期間傾き1で変化している場合もあれば、亜鉛のようにほとんどの期間傾き1でない場合、鉛のようにある期間だけ傾き1である場合がある。これはシュレッダーダスト以外の試料でも同様であり、また試料が変われば金属の変化の仕方も異なり、一般的な結論は導けなかった。その原因の一つは、溶出液pHが一定ではないことが考えられ、実験上の工夫が必要である。

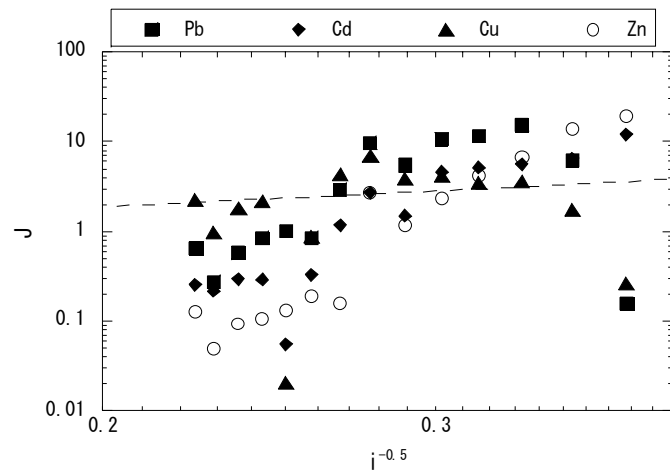


図7 JとI(シュレッダーダスト)

4 おわりに

重金属の溶出ピークは、廃棄物の種類によらず、金属によって一定のpHで溶出ピークが見られることがわかった。特に鉛については、大半の廃棄物でピーク出現pHがpH2.5程度と非常に低く、実質上は溶出しないと考えられる。重金属の長期的な溶出を考える上で、pHの予測が重要であるが、実際に埋め立てられた試料では、pHバッファーが下がっていることから、酸性雨以外の中和効果、例えば空気中の炭酸ガスを考慮する必要があると、考えられる。

なお、本発表は、第16回廃棄物学会研究発表会で発表したものである。

<引用文献>

1) 環境省ホームページ：「酸性雨対策調査総合取りまとめ報告書」

http://www.env.go.jp/press/file_view.php3?serial=5718&hou_id=5052

2) 肴倉宏史、水谷聡、田崎智宏、貴田晶子、大迫政浩、酒井伸一、利用形状に応じた拡散溶出試験による廃棄物熔融スラグの長期的溶出量評価、廃棄物学会論文集、Vol. 14、No. 4、pp. 200-209、2003