

埋立地における重金属の挙動に及ぼす薬剤処理飛灰の影響

福岡大学工学部 学生員○於久弘治

正員 島岡隆行 花嶋正孝

1.はじめに 平成3年10月に改正された「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」は翌年7月4日に施行され、一般廃棄物の焼却にともなって発生する飛灰が特別管理一般廃棄物として扱われることとなった。同時に、飛灰を埋立処分する場合は、飛灰による人の健康または生活環境にかかわる被害が生じるおそれをなくするために、セメント固化や薬剤処理等により安定化、不溶化、無害化をはからねばならないことになった。

一方、埋立廃棄物層においては廃棄物の分解に伴い有機酸や炭酸ガスが発生するなど、処理した飛灰に影響を及ぼす諸現象が多く存在する。そのため無害化処理した飛灰を陸上埋立地に最終処分した後の処理飛灰の挙動を把握しておくことは、環境保全上極めて重要である。筆者らは、大型埋立模型槽にキレート剤、または非キレート剤で処理した飛灰を含む調整ごみを充填し、浸透水及び浸出水中の有害物質（主に、Pb、Cd、Cr⁶⁺などの重金属）の濃度を経時的に把握することによって、埋立処分された処理飛灰の長期安定性を調査している。

2.実験装置（大型埋立模型槽）及び実験方法 図-1に示す大型埋立模型槽を3槽用い、各槽に未処理飛灰（A槽）、キレート処理飛灰（B槽）、非キレート処理飛灰（C槽）を含む調整ごみを充填した。調整ごみの作成に当たっては、焼却灰、処理飛灰、破碎ごみ、都市ごみコンポストを湿润重量比で60:20:15:5の割合で混合した。大型埋立槽の高さ方向8mの部分に、調整ごみを充填した。充填条件を、表-1に示す。大型埋立槽は集水管を常時閉じ、嫌気性埋立構造としている。充填廃棄物の溶出試験は、環境庁告示13号法に準拠した。また、大型埋立槽から採取した浸出水及び浸透水は、ろ液（孔径1μmガラス繊維ろ紙）について分析を行った。pHはガラス電極法で、Cl⁻はモル法（硝酸銀滴定法）で測定し、Pb、Cd、Cr⁶⁺などについては原子吸光光度法、またはICP発光法により分析を行った。

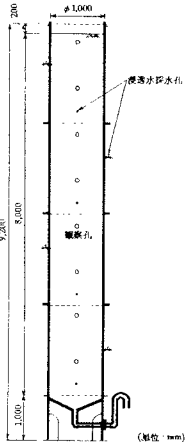


図-1 大型模型槽図

3.実験結果及び考察 3.1 溶出試験による各成分の溶出特性 表-2には溶出試験の結果を示す。まず始めに、原灰（採取してきた飛灰）のpHは12.4と高く、高アルカリ性を示している。一方、原灰をキレート剤、または非キレート剤で処理することによりpHが低下していることが分かる。次に、Cl⁻について見てみる。原灰のCl⁻は13,500mg/Lと他の廃棄物よりも大きな値を示している。未処理や処理飛灰のCl⁻は、原灰のそれより低くなっている。最後に、埋立基準値が定められている有害物質Pb、Cd、Cr⁶⁺の溶出濃度を見てみる。原灰のPb濃度は4.60mg/Lと埋立基準値（0.3mg/L）を大きく上回っているが、未処理飛灰や処理飛灰は、定量限界値となっている。このことから、薬剤処理によりPbの溶出は抑制され、ただ単に水と原灰を混錬するだけでもCl⁻同様、Pbが不溶化していることが分かる。また、不燃物を破碎した破碎ごみのPbは、1.93mg/Lと比較的高い濃度を示している。調整ごみには湿润重量比で15%の破碎ごみを含んでいるが、他の廃棄物からの溶出が少ないために、調整ごみ（A～C槽）のPb濃度は0.06mg/L以下と低く、埋立槽間のPb濃度にあまり差が見られない。Cdはコンポストを除いて不検出となっている。Cr⁶⁺は原灰において0.4mg/Lと比較的高い値を示しているが、他の廃棄物から溶出する様子は見られない。

3.2 埋立廃棄物層における各成分の挙動 図-2には浸出水水質の経時変化を示す。まず、pHについて見てみると、pHは時間の経過とともに低下する傾向にあり、実験期間にわたってA槽（114日目10.2）はB（同7.8）、C槽（同7.4）より高くなっている。また、Cl⁻は溶出しやすく、一般的に反応し難い成分であり、各槽のCl⁻濃度の経時変化は同じ傾向を示すものと考えられ、埋立廃棄物に焼却残渣を多く含むため経過日数114日目に

表-1 充填条件

充 填 条 件	A 槽 ¹⁾	B 槽 ²⁾	C 槽 ³⁾
充填重量	7.24	7.24	7.24
(t)			
乾燥	5.50	5.50	5.55
充填密度	1.15	1.15	1.15
(t/m ³) ⁴⁾			
乾燥	0.88	0.88	0.88

1) 未処理槽、2) キレート処理槽、3) 非キレート処理槽、4) 総体積6.28m³/槽

表-2 溶出試験

成 分	pH	Cl ⁻	Pb	Cd
種 類	(-)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
原 灰	12.4	13,500	4.60	0.01>
未処理 飛灰	11.6	6,725	0.05>	0.01>
キレート処理飛灰	10.7	8,195	0.05>	0.01>
非キレート処理飛灰	9.7	7,695	0.05>	0.01>
焼却灰	11.6	1,007	0.22	0.01>
破碎ごみ	7.5	120	1.93	0.01>
コンポスト	7.6	1,965	0.28	0.01
調整ごみA	11.4	2,075	0.06	0.01>
調整ごみB	10.5	2,320	0.05>	0.01>
調整ごみC	10.4	2,320	0.05>	0.01>
埋立基準値	-	-	0.3	0.3
排水基準値	-	-	0.1	0.1

においてCl濃度は60~80g/lと極めて高い値を示している。次に、埋立基準値が定められているPb、Cdの挙動について検討する。Pbは埋立槽によって異なる傾向を示している。つまり、薬剤処理した飛灰を充填したB、C槽からの浸出水中のPb濃度は、未処理飛灰からの濃度よりも高い傾向にあり、浸出水水質からは飛灰の薬剤処理の効果が見られない。その理由として、A槽のpHに比べてB、C槽のpHは7~8と低いことが考えられる。特に、非キレート剤で処理した飛灰を含むC槽においては、経時的に濃度が上昇している。CdはA槽において流出が確認されなかった。しかし、B、C槽では55日目ごろから流出する傾向にあり、C槽ではPb同様経時的に濃度が上昇している。Cdについても、B、C層のpHが低いことに起因しているものと考えられる。なお、Cr⁶⁺については、実験期間にわたり不検出であった。

ここで、埋立層内部の浸透水水質について見てみる。一例として、114日目における浸透水水質を図-3に示す。pHは表層から深さ1.25mにかけて上昇し、1.25~7.00mではpH9~11を示し、集水管近傍(深さ7.00~8.00m)において急激に低下(Δ pH=1.5~2.0)する特異な現象が認められた。Clは深さ方向に濃度が高くなるが、深さ4m付近で平衡濃度に達し、濃度の上昇が緩慢になっている。次に、Pb濃度の大小関係を比較するとA槽>C槽>B槽の傾向を示し、浸出水水質と異なる傾向が認められる。また、A槽のPb濃度は層位によって埋立基準値(0.3mg/L)を超えているが、深さ8.00m(浸出水)のPb濃度は0.14mg/Lと急激に低くなり、同じ層位において濃度が高くなる傾向を示すB、C槽の濃度を下回っている。この理由として、上述したpHの集水管近傍での低下及びPbが両性金属であることが考えられる。つまり、各槽の集水管近傍でのpH値では、A槽よりもB、C槽の方がPbが溶解しやすい。Cdの浸透水濃度は、飛灰を処理していないA槽が他槽より高いが、各槽とも排水基準値(0.1mg/L)より低い傾向を示している。また、B、C槽の深さ8.00mの濃度は各々0.14mg/L、0.40mg/Lと急激に濃度が高くなっている。集水管近傍におけるPbの濃度変化同様、CdもpHの影響を受けているものと考えられる。

4. おわりに 重金属の挙動はpH、ORP、共存物質など種々の要因に左右され、埋立廃棄物層における重金属の挙動を解明するには、今後かなりの時間を要するものと思われる。本研究において埋立廃棄物層内においては、薬剤処理により飛灰から重金属の溶出が抑制されているものと考えられるが、集水管近傍においてpHが急激に低下するなど特異な現象が確認された。飛灰、または処理飛灰を含まない廃棄物を用いた一連の実験からはこのような現象が見られていない¹⁾ことから、この現象に飛灰が関与しているものと思われる。また、pHが低下することにより埋立廃棄物から重金属が溶出して来るが、溶出試験結果からも分かるように、飛灰のみならず破砕ごみや焼却灰からの溶出も考えられる。今後、浸透水や浸出水中の重金属の挙動を継続的に調査するとともに、集水管近傍におけるpH低下の原因の解明及び飛灰と他の廃棄物を混合埋立することが重金属の流出特性に及ぼす影響等について明らかにしていきたい。

【参考文献】1) (財) 廃棄物研究財団：スリムウエスト推進研究，平成6年度報告書，pp.253，1995.3

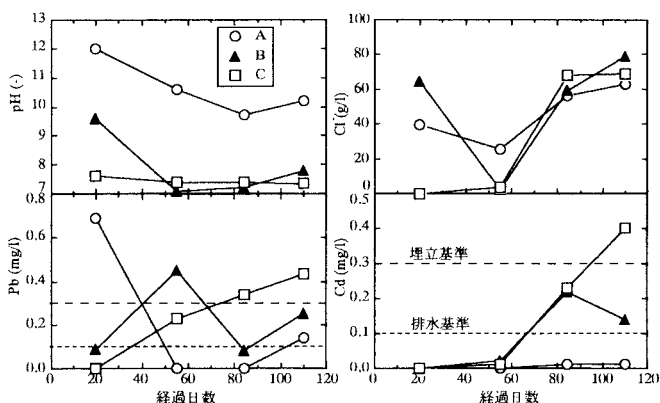


図-2 浸出水の経時変化

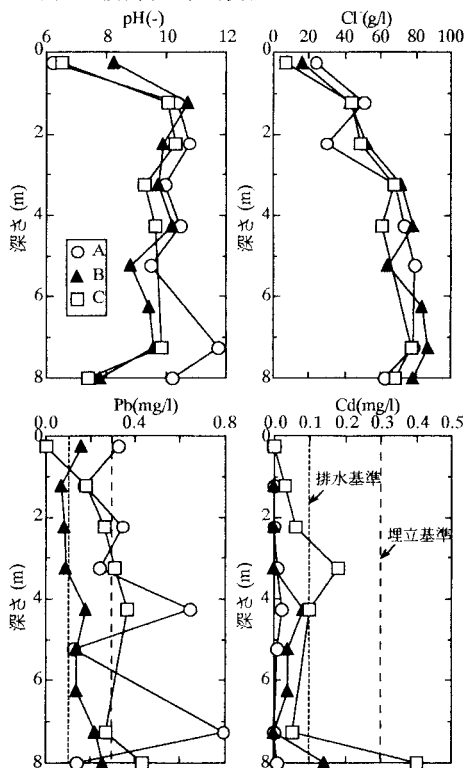


図-3 浸透水の槽内変化(114日目)