

埋立処分された焼却飛灰処理物の重金属安定性について

福岡大学工学部 正員 宮脇健太郎 正員 島岡 隆行
正員 花嶋 正孝

1. はじめに 一般廃棄物中の可燃物のほとんどが焼却されている現在、埋立地へ搬入される廃棄物は、焼却残渣および不燃物となっている。焼却残渣は、焼却灰および飛灰からなり、飛灰は有害重金属等を多く含有するため、一般的には法律で定められる溶融、セメント固化、薬剤処理および酸抽出などの処理を行った後、埋立地に搬入されている。様々な飛灰処理物の短期的な安定性については、過去にも溶出試験・カラム試験等を用いた様々な検討が行われている。著者らは、一般廃棄物(焼却灰、不燃性破砕ごみ等)と共に埋立られた薬剤処理飛灰の長期安定性について検討するために、大型模型槽を用いた実験を約5年間継続している。重金属の溶出は pH や酸化還元電位(ORP)に依存することから、3年経過時に埋立層内の条件を、嫌気の状態から準好気性状態へと移行した。今回は、模型槽から浸出水への重金属等流出状況について、模型槽の環境条件変更前後を含め、これまでに得られた知見を報告する。

2. 試料および実験条件 実験は、図1に示す内径1m、高さ9.2mの埋立槽を3槽(A,B,C)用いた。埋立槽には、試料採取孔、浸透水採取栓、ガス採取孔を設けた。試料としては、焼却灰、未処理(水湿録のみ)または有機系および無機系薬剤処理飛灰、不燃性破砕ごみ、都市ごみコンポストを用い、これらを混合し作成した調整ごみを充填した。混合割合は、実際の埋立状態を考慮して決定したが、飛灰の影響を見るために実際よりも飛灰の割合を増やしている。焼却灰、飛灰、不燃性破砕ごみ、コンポストを、60%、20%、15%、3%の割合で混合した。埋立槽底部にはぐり石を入れ、ごみ層厚8mとした。充填廃棄物量7.2t(湿潤)、湿潤密度1.15/m³となった。使用した、飛灰の成分分析結果を表1に示す。Pb、Cdの含有量は、一般的な値を示していると考えられる。分析は、各模型槽(A,B,C)の浸出水、浸透水、ガスについて経時的に行っている。模型槽は、実際の埋立地の条件を勘案し、埋立初期には嫌気性状態となるように下部集水管から空気の入らない構造とし、水質安定後(914日)以降下部から空気流入ができる準好気性構造へと変更した。

3. 浸出水水質変化 浸出水pHの経時変化を図2に示す。未処理飛灰をいれたA槽は初期に高い値を示している。薬剤処理飛灰槽では共に、ほぼ中性域で推移した。500日以降は、A槽も含め、ほぼpH8前後の値を示している。1400日前後のpHが低下したがこの時期は、降雨が少ない時期であった。酸化還元電位:ORP(Eh)について図2に示す。変動は大きい、準好気性への移行(914日)後、値が上昇しており、徐々に好気的な環境に変化している。塩素イオン(Cl⁻)について図3に示す。700日以降、飛灰からの塩類の溶出が減少した。Caについて図3に示す。初期に高い値を示していたが、時間経過に伴って、ゆっくりと減少している。Mgについて図3に示す。準好気性への移行直後から溶出が始まり、経時的に濃度が増加している。これは、Na、K、Ca等のアルカリ金属、アルカリ土類金属の溶出が終わり、これらに変わって溶出が始まったものか、槽内のORP(Eh)の変化に伴って、可溶化が進行したとも考えられる。

焼却灰中に多く含まれる有害重金属である、Pb、Cdについて図4に示す。埋立初期から、両元素ともに流出が認められ、徐々に濃度が低下している。準好気状態への移行後、Cdについては、いずれの槽

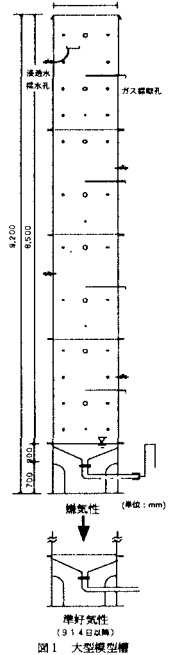


表1 成分分析結果

単位	飛灰	焼却灰	破砕ごみ	コンポスト
Pb mg/kg	1620	2080	7130	137
Cd mg/kg	40.6	24.8	1.5	1.4
Cl g/kg	66	10	1	26
Ca g/kg	155	75	5	83

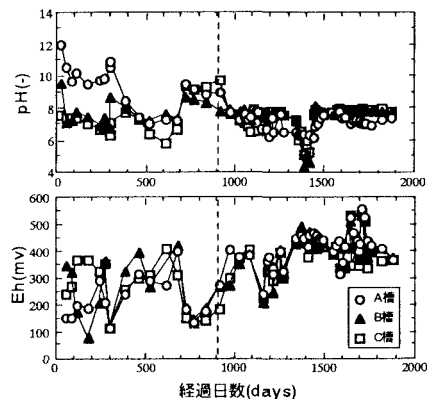


図2 浸出水水質経時変化

においても、1000~1500日には流出濃度が増加している。これは、槽内への空気流入により間隙水の酸化還元電位が変化したことが、影響していると考えられる。また、酸化還元電位が変化することにより溶解特性が変化する Mn の浸出水中濃度を図5に示す。Mn は常に大きく変動していたが、増減の傾向を Cd 濃度変化 (図4参照)と比較すると、やや類似した溶出挙動 (特に9月14日以降)をしていることから、Mn の化合物中に取り込まれている Cd が溶出している可能性が考えられた。なお、各模型槽での累加重金属流出量は、Pb で 51.9~119.6mg, Cd で 113.8~327.1mg となり、含有量を用い溶出率を求めると、Pb で 0.00035~0.00080%, Cd で、0.27~0.086% と非常に低い値であった。

これまで、アルカリ性の強い飛灰を混合して埋立てることにより、飛灰からの pH の影響で不燃性破砕ごみ、焼却灰から重金属が溶出してくることが、廃棄物の混合溶出試験により確かめられている¹⁾。また、重金属溶出は pH に大きく依存するが、それ以外に、共存する無機塩類などの影響も、指摘されている²⁾。そこで、今回は統計学的手法を用いて、浸出水中の重金属および無機塩類濃度の相関関係について検討した。単回帰分析による相関係数を表2に示す。Pb について見ると、A槽では、Ca との相関が大きい。これは、塩類特に Ca が影響するという知見と一致した傾向である。B槽では、Na, K, Ca が、値は低いけれども同程度の相関係数を示している。C槽でも同様の傾向であった。Cd については、A槽ではいずれの元素とも相関が低かった。B槽では、Cl, Na, K, Ca と相関が認められた。C槽でもB槽同様であった。ここでは、未処理飛灰の場合、特に大きな要因が認められないが、処理飛灰では、薬剤によらず、無機塩類との相関が認められる。続いて、これらの元素について、重回帰分析を行い、Pb, Cd への影響の強さを示す標準偏回帰係数を比較した (表3参照)。ほぼ、単回帰分析の相関と一致した結果であったが、Cd について A槽において、硫酸イオンとの標準偏回帰係数が大きく、影響があるという条件となるが、この意味づけについては、検討中である。

謝辞 実験手法・分析等で御協力頂きました栗田工業 (株) 内田敏仁氏、吉田恒行氏に深く感謝いたします。また、本実験を遂行し協力してくれた数多くの4年生、特に本年度卒業生の福田信二、弘川倫久両氏に深く感謝いたします。

表2 Pb, Cdと各成分との相関係数

槽	pH	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Na	K	Ca	Mg	
Pb	A	0.432	-0.115	-0.100	-0.043	0.085	0.125	0.977	-0.222
	B	-0.059	0.063	-0.151	-0.122	0.391	0.479	0.351	-0.250
	C	-0.126	0.353	-0.130	0.183	0.373	0.506	0.527	-0.118
Cd	A	-0.250	0.240	0.359	0.051	0.124	0.029	-0.085	0.272
	B	-0.229	0.691	0.077	-0.518	0.627	0.577	0.534	-0.435
	C	-0.327	0.810	0.138	0.024	0.774	0.827	0.871	-0.350

表3 各成分の標準偏回帰係数

槽	pH	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Na	K	Ca	Mg	
Pb	A	-0.011	0.240	-0.139	-0.115	-0.136	-0.01	0.986	-0.023
	B	-0.232	-1.391	-0.056	-0.144	-0.096	1.019	0.494	-0.121
	C	-0.208	1.181	-0.767	0.072	-3.063	1.391	0.836	-0.006
Cd	A	0.184	0.340	0.314	0.921	0.308	-0.93	-0.224	-0.095
	B	-0.520	0.972	-0.074	-0.139	-0.098	-0.099	-0.201	0.106
	C	-0.077	-0.516	0.404	-0.227	-0.670	1.693	0.438	0.090

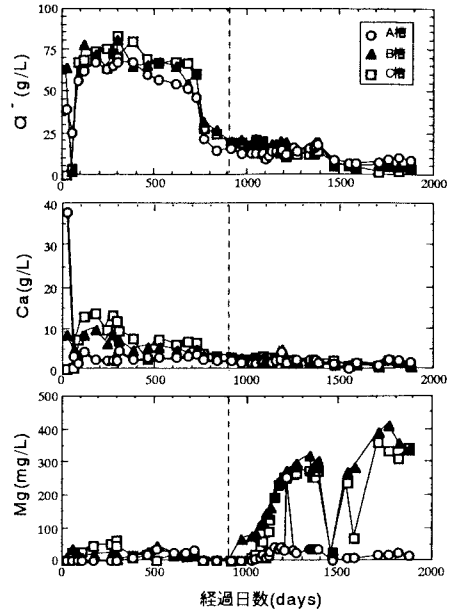


図3 浸出排水水質経時変化 (無機塩類)

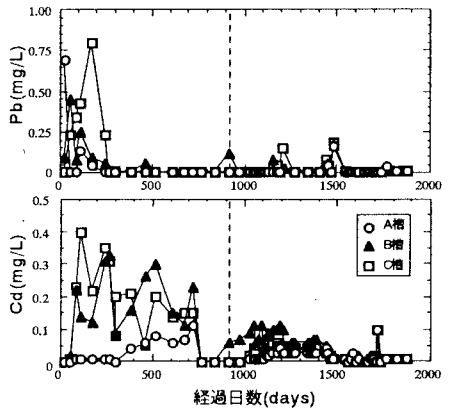


図4 浸出排水水質経時変化 (重金属)

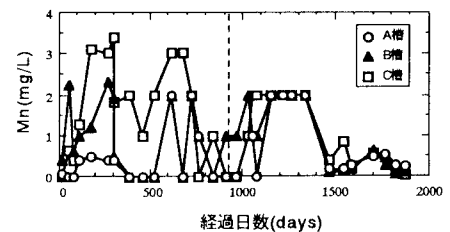


図5 浸出排水水質経時変化 (Mn)

【参考文献】1) 宮脇, 島岡, 花嶋, 内田, 松本, 堀: 処理飛灰の重金属溶出特性に及ぼす埋立廃棄物の影響 土木学会第 53 回年次学術講演会講演論文集 pp134-135 (1998) 2) 宮脇, 島岡, 花嶋, 西垣, 篠原: 焼却飛灰からの重金属(Pb)溶出に及ぼす影響因子, 廃棄物学会第 11 回研究発表会講演論文集, pp1280-1282 (2000)