

埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究(第4報)

— 酸・アルカリによる重金属の溶出について —

丹野 幹雄 清水 典徳

要 旨

環境庁告示による溶出実験に引き続いて、都市ごみ焼却処理施設の電気集じん灰について、酸およびアルカリ添加の、ジャーテスターを用いた溶出実験を行い、それらに含有する重金属の溶出性を検討した。その結果、環境庁告示による方法では全く溶出しない元素でも、溶出溶媒のpHが違えば溶出するようになることが明確になった。しかし、Pbなど5項目すべて、溶出後のpH値が10付近のものは最も溶出しにくいこと、また、Cd、ZnあるいはPbの含有率の高い試料では、溶出溶媒のほぼpH値10を境にpHのわずかな違いによっても溶出率は大きく増加することなどが認められた。

1 はじめに

埼玉県内のすべての都市ごみ焼却処理施設(45施設)のEPダストについて、環境庁告示による溶出実験を行い、Cdなど重金属の溶出液中濃度や溶出率は、溶出液のpHと密接な関係があることなどを第3報¹⁾で報告した。

環境庁告示13号²⁾による溶出実験では、溶出溶媒がほぼpH7の蒸留水を用いる方法である。しかし、埋立地内部は複雑であり、種々のpH状態にあることが予想される。こうした視点から、EPダストがpHの違いでどのような溶出状況を示すかをみるために、第3報で実施した試料のなかから、重金属濃度差の大きいもの、あるいは溶出率の著しく異なるものなど4種類の特徴ある試料を選定し、それらの酸およびアルカリによる溶出性を検討した。

2 実験方法

2・1 実験試料について

実験に用いた試料は、第3報¹⁾で対象としたもののなかから、告示13号による溶出実験結果を基に、10試料を選定した。その際、特に有害性が高く、また、溶出し易いCdとPbに着目して表1に示した4区分として分類した。なお、それらの区分および試料の内容については、それぞれ表1、2に示した。対象とした施

設には表1に示すように流動床式焼却炉のものが2施設、熔融熱分解方式のものが1施設含まれている。表2において、CdやPbは相対的に表1の分類に即した含有濃度や溶出率の値になっているが、他の項目の区分けに関しては全く考慮していない。しかしZnやCuなどの項目では、CdあるいはPbと高い相関関係がある³⁾ため、ある程度表1の分類に当てはまるものがある。例えば、ZnのB区分とC区分のデータの差などに顕著に認められる。

2・2 試料の調整

採取した試料は、十分混合した後、第3報¹⁾で行った方法と同様にして調整した。

2・3 実験項目

実施した項目は、第3報で行った4項目(Cd、Pb、Zn、Cu)にCrを加えて5項目とした。なお、重量減少率を求めるため、溶出後の試料の乾燥重量を測定した。

2・4 分析方法

当実験はバッチ振とう実験とカラム浸漬実験の中間の方法ともいべき攪拌による溶出方法で行った。溶出操作はジャーテスター(IWAKI,MODEL JT-6)を用いて、図1のフローシートに従って、また、溶出液の定量は、JIS-K0102⁴⁾の方法により行った。

表1 実験試料の区分および施設の概要

区分	No	内 容	規 模 (トン/日)	燃焼方式	集じん方式	塩化水素対策	備 考
A	1	Cd, Pbともに含有濃度* ¹⁾ が高く、溶出率* ²⁾ が低いもの	300	全	EP	湿式, NaOH	
	2	Cd, Pbともに含有濃度* ¹⁾ が高く、溶出率* ²⁾ が低いもの	120	准	MC・EP	なし	
	3	Cd, Pbともに含有濃度* ¹⁾ が高く、溶出率* ²⁾ が低いもの	90	機バ	MC・EP	なし	
B	1	Cd, Pbともに含有濃度が低く、溶出率も低いもの	120	准	MC・EP	なし	流動床式
	2	Cd, Pbともに含有濃度が低く、溶出率も低いもの	80	准	EP	なし	流動床式
	3	Cd, Pbともに含有濃度が低く、溶出率も低いもの	120	全	EP	乾式, CaCO ₃	流動床式
C	1	Cdの含有濃度が特に高く、溶出率も高いもの	90	准	MC・EP	乾式, 薬品なし	
	2	Cdの含有濃度が特に高く、溶出率も高いもの	180	全	MC・EP	乾式, Ca(OH) ₂	
D	1	Pbの含有濃度が特に高く、溶出率も高いもの	100	准	EP	乾式, Ca(OH) ₂	
	2	Pbの含有濃度が特に高く、溶出率も高いもの	150	全	MC・EP	乾式, CaCO ₃	熔融熱分解式

注) *, *3): 対象とした試料のなかで、相対的に評価したもの。
 *2): 環境庁告示13号による溶出実験結果から求めたもの。
 全: 全連続燃焼式, 准: 准連続燃焼式, 機バ: 機械化バッチ式
 EP: 電気集じん器, MC: マルチサイクロン
 乾式: 乾式処理法, 湿式: 湿式アルカリ洗浄法

表2 実験試料の分析測定値および環境庁告示13号による溶出率

No (区分)	Cd			Pb			Zn			Cu			Cr			溶出液 pH
	含有濃度 mg/kg	溶出液濃度 mg/l	溶出率 %	含有濃度 %	溶出液濃度 mg/l	溶出率 %	含有濃度 %	溶出液濃度 mg/l	溶出率 %	含有濃度 mg/kg	溶出液濃度 mg/l	溶出率 %	含有濃度 mg/kg	溶出液濃度 mg/l	溶出率 %	
A-1	230	0051	022	11	005以下	000	18	000	000	1400	000	000	390	001	003	93
-2	210	035 ^x	167	10	005以下	001	096	000	000	1800	000	000	200	003	015	92
-3	150	015	100	076	005以下	001	098	000	000	1300	000	000	190	002	011	92
B-1	80	0051	064	0085	005以下	007	049	002	000	510	000	000	96	003	031	102
-2	21	0001以下	005	023	005以下	002	057	000	000	1800	000	000	200	000	000	110
-3	19	0001以下	005	013	005以下	004	049	002	000	5200	000	000	120	000	000	110
C-1	330	25 ^x	758	10	49 ^x	049	11	370	336	2400	025	010	200	000	000	66
-2	390	20 ^x	513	12	46 ^x	038	21	550	262	2300	019	008	300	000	000	66
D-1	110	0001以下	001	043	150 ^x	348	069	17	025	1100	007	006	150	000	000	122
-2	110	0001以下	001	15	180 ^x	120	19	11	006	8100	009	001	150	008	053	116

注) 0001以下は0001および005以下は005として溶出率を算出する。
 また、溶出率は小数第2位(第3位を四捨五入)まで求める。
 x: 産業廃棄物の埋立処分に係る判定基準値(Cd=0.3mg/l, Pb=3mg/l)を超えているもの。

なお、pHの設定値は3、5、7、10および12とし、このほか、pH無制御(酸またはアルカリ無添加)の1区分を設けた。

3 結果および考察

3.1 pH無制御における溶出液のpHについて

環境庁告示13号による溶出実験での溶出液のpHは表2に示したが、これらのpHと当実験とのそれを比

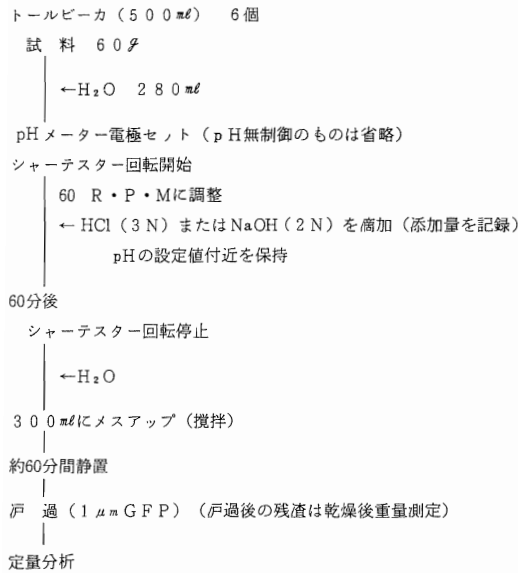


図1 溶出実験操作のフローシート

較してみると、No.A-2では、pH値の差が1.4で中性側に、No.B-3では逆に1.2アルカリ側になったほかはpH値の差が0.2-0.6の範囲にあって、pHに関しては告示13号による溶出操作とさほど違いはなかった。

なお、ジャーテスターを使った実験の際に、試験的にNo.D-1の試料 (告示13号による溶出実験のpHは12.2)について、この試料の入ったビーカーに蒸留水を加え、ジャーテスターの回転開始の数10秒後 (試料全体が水と混和したとき)、30分後および溶出操作終了時の60分後の3度pHを測定したが、その値はそれぞれ12.54、12.60、および12.60であった。pHに関しては、この試料に限らず、攪拌後間もなく平衡に達するものが多いと推定される。

告示13号による方法であるが、こういったpHについて、田中ら⁵⁾は時間を変化させた実験を行っている。その結果によると、5分間振とうのものと6時間のものとのpHの差は、試料によってはやや異なるものの極めて少なく、容易にpHは一定になることを示している。

3・2 酸およびアルカリの滴加量

塩酸(3N)および水酸化ナトリウム(2N)のpH設定値における添加量を図2に示した。試料No.A-1では、中性-酸性側のみならずアルカリ側も、他の試料と比

べて試薬の添加量が多く、かなり目立っている。なお、この実験において、No.A-1以外の多くの試料でもpH3あるいは5の測定値では、ジャーテスターの回転開始初期にはpHの上昇速度が早く、したがって、酸の滴加量も多かったが、20-30分経過した後、かなり少なくなった。

また、図2から、試薬添加量のパターンは、No.B-2とB-3、次にNo.A-2、A-3、B-3並びにNo.C-1とC-2、さらに、No.D-1とD-2といったそれぞれの組合せで良く似ている。これらは一般に、試料中の硫酸塩、炭酸塩あるいは塩化物等の塩類の組成が良く似ているためと考えられる。

3・3 溶出率に及ぼすpHの影響

表1に示した区分A-Dの10試料の酸およびアルカリ滴加による溶出実験を行い、あらかじめ定量分析してある含有濃度により溶出率を求め、これに対するpHの影響を図3-6に示した。また、溶出後の試料の重量減少率も同図にそれぞれ示した。なお、溶出率の計算に関係することで、告示13号による溶出実験の場合、試料は溶出溶媒の10W/V%であるが、当実験では

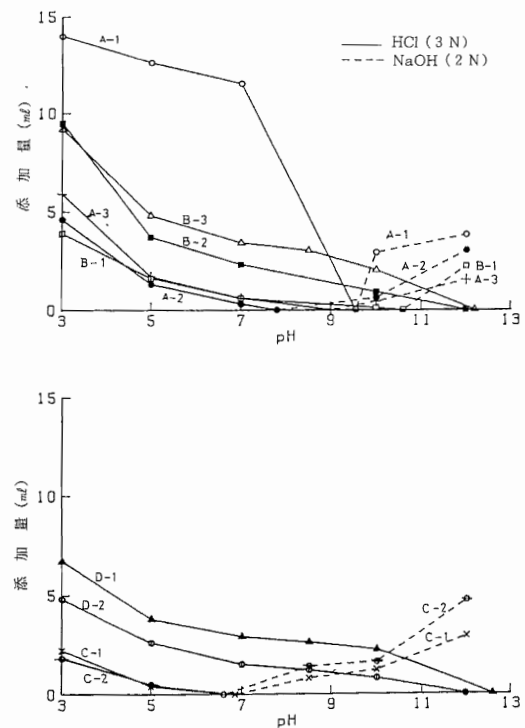
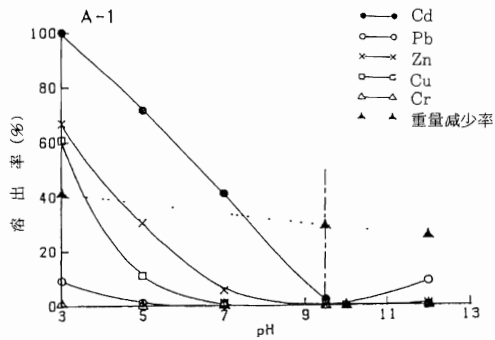


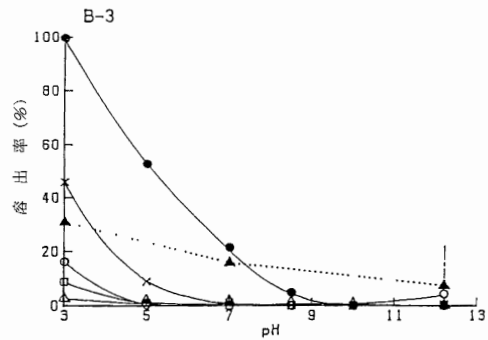
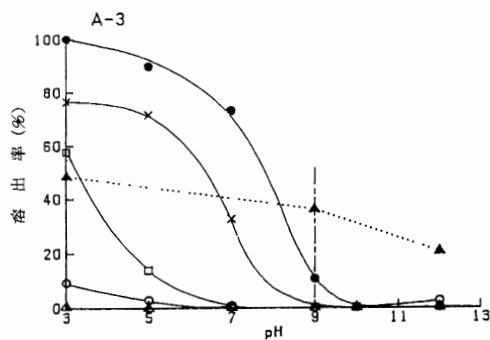
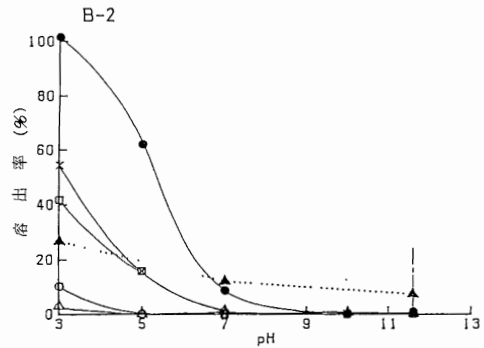
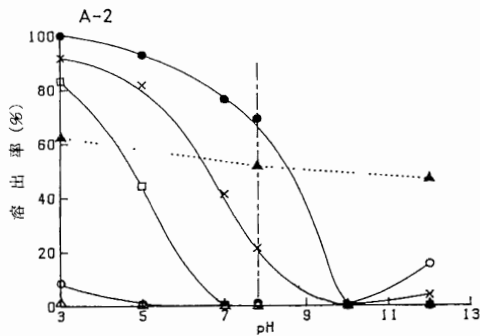
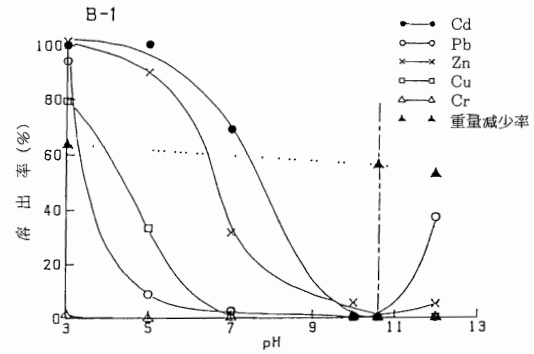
図2 設定pH値に対する酸・アルカリの添加量

2W/V%であり、5倍の差がある。

図3-6を全般的にみると、区分に関係なくどの試料も、また、Cdなど実施したどの項目でもすべて溶出率は、pH値がほぼ10を境に酸性側およびアルカリ側に曲線で上昇している。酸性側ではCdとZnの溶出率が急上昇し、またアルカリ性側ではPbの上昇が顕著である。



しかし、Crでは溶出率は低く、目立った変化は認められない。また、酸性側ではCd、Znに続いてCu、Pbの順に溶出率が低い傾向にある。これは富沢ら⁶⁾の攪拌による溶出実験結果とほぼ同様なものであった。ただし、試料No.B-1のPbの場合のように、強酸および強アルカリ性で溶出率が急激に上昇する他の試料にみられない特異なパターンを示すものがある。しかし、

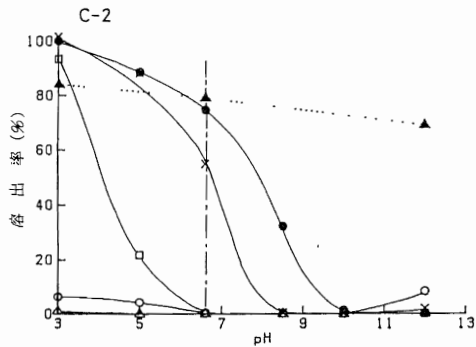
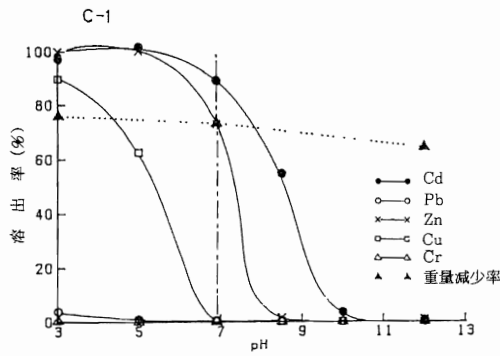


注) 垂直の一点破線はpH無制御における溶出後のpH値を示す

注) 垂直の一点破線は図3のものと同じ

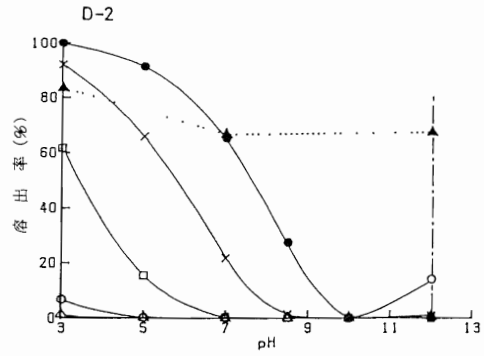
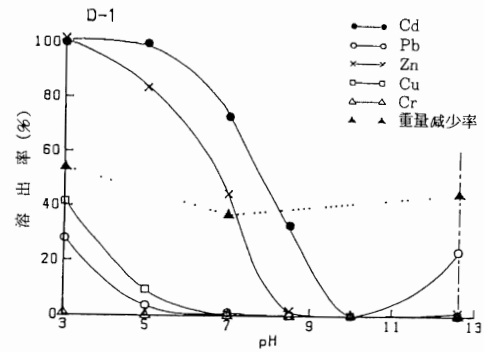
図3 A区分の溶出率におよぼすpHの影響

図4 B区分の溶出率におよぼすpHの影響



(注) 垂直の一点破線は図3のものと同じ

図5 C区分の溶出率におよぼすpHの影響



(注) 垂直の一点破線は図3のものと同じ

図6 D区分の溶出率におよぼすpHの影響

このようにpH値3と12で溶出率が極端に高いものでも、前述の最も重金属の溶出しにくいpH値10付近では、やはり溶出率は極めて低い。

主として不燃ごみと焼却残渣を埋め立てている一般廃棄物埋立処分場から発生する浸出水のpHは、例えば、小林らの調査⁷⁾では、最大値7.9、最小値6.0、平均値7.2(n=18)という結果がある。仮に埋め立てを想定し、当実験の溶出液を浸出水とみなした場合、浸出水の平均値付近のpH約7が目ざされる。

図3-6から、当実験のpH値約7を保持した溶媒での溶出率をみると、NaB-2およびB-3を除く他の8試料では、CdとZn、特にCdのそれが際立って高いことがわかる。その値の最高はNaC-1の92.4%であった。なお、NaB-2、B-3の試料は、ともにCd、PbおよびZnの含有濃度が低い上に、pH無制御の場合のpHが強アルカリ性のほか、重量減少率も他の試料と比べて全体的にかなり低いといった違いがある。また、pH値7-5の範囲の溶出率が全体に低いといったパターンを示している。

こうした特徴のある試料は、ともに流動床炉の型式のもので、試料の元素の組成や結合状態などが他のものと異なっているためと考えられる。これら2試料とともにB区分としたNaB-1は、実験後の結果として図のパターンがかなり違っている。なお、NaB-1は、図2の酸・アルカリの添加量にもみられるように、溶出率とpHの関係ではむしろA区分に入るとされる。

また、図3-4から、pH無制御の場合の各区分の特徴をみると、NaA-1とA-3では、Cd、Pbの溶出率が低く、表1の区分どおりであるが、NaA-2の場合は、告示13号による溶出液のpH値9.2(表2)よりやや酸性寄り(pH値7.8)に移行しており、そのためCdの溶出率が69%と高い値になったとみられる。B区分では、NaB-3で告示13号によるもの(pH値11.0)より強アルカリ側(pH値12.2)になったが、やはりその分だけPbの溶出率は上昇している。なお、図4において、NaB-1が他の2試料と異ったパターンを示すのは、前述のように、焼却炉の型式の違いによるものと推定される。

次に、図5-6のCおよびD区分では、pH無制御のときの溶出率は、ともに表1の区分の内容どおりであり、C区分ではCdが、また、D区分ではPbが高い溶出率を示している。しかし、pH値10付近でのこれらの溶出率は、他の区分のものと同様に極めて低い。なお、CdあるいはPbの特に含有濃度の高いこれらの区分では、pH値10を境に溶出率は急上昇する曲線となるため、pHのわずかの違いでも、溶出率の差として大きく影響する。

4 まとめ

埼玉県内の都市ごみ焼却処理施設から排出されるEPダストについて、酸・アルカリによる溶出実験を行い、Cdなど有害な重金属の溶出性を検討し、次のような知見を得た。

- (1) 環境庁告示13号による溶出実験では全く溶出しない元素も、溶出溶媒のpHが変われば溶出するようになることが明確になった。しかし、Pbなど5項目の溶出液のpH値10付近が最も溶出しにくい領域であり、溶出率の値も極めて低いことがわかった。なお、これは告示13号による溶出実験の結果でも、ほぼ同様であることを示していた。
- (2) 流動床炉から排出されるEPダストは、どの項目も、また、どの溶出液のpHでも、他の型式のものに比較して、溶出率が低いと同時に溶出後の試料の重量減少率も低いといった傾向がみられた。なお、これらの試料の重金属の含有濃度も極めて低いが、こうした特徴については今後検討する必要があると思われる。
- (3) CdあるいはPbの含有濃度が高い試料では、溶出溶媒のpH値10付近を境に、特に酸性側においてpHのわずかの違いでも溶出率が增大する。
- (4) 一般廃棄物埋立処分場における浸出水のpHの平均値が約7という調査例がある。当溶出実験のpH値7の場合は、流動床炉の2施設を除き、特にCdとZnの溶出率は極めて高いものが多かった。したがって、こうした中性の浸出水の生ずる処分場であっても、それらの重金属が容易に溶出することを示唆している。

以上、第3報から第4報にわたって、埼玉県下の市町村等のごみ焼却場から排出されるEPダストについて、重金属の溶出実験結果をまとめてきたが、前回の

第1報で明らかとなった重金属の含有率の場合と同様、重金属の溶出においてもやはり施設間で大きな差があることが明確になった。

集じん灰のうち排出量の大半を占めるEPダストは、通常では、どの施設から排出されたものでも同じ廃棄物（同一の性状）として扱われているが、これらの処理・処分に関しては、重金属の含有率、溶出状況、あるいは排出量などを考慮した何らかの評価を行い、個々の施設に即した対応が重要と思われる。

文 献

- 1) 丹野幹雄, 清水典徳: 埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究(第3報), 水による重金属の溶出について, 埼玉県公害センター研究報告, [14] 118,123,1987.
- 2) 「産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」(環境庁告示13号, 昭和48年2月)
- 3) 丹野幹雄, 清水典徳: 埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究(第1報), 重金属成分濃度について, 埼玉県公害センター年報, [13], 104-109,1986.
- 4) 日本工業標準調査会編: 工場排水試験方法(JIS-K0102,1981)
- 5) 田中 勝ら: 廃棄物の処理・処分に伴う水銀等の環境影響に関する研究, 環境保全研究成果集, [1], 11-6, (昭和60年度)
- 6) 富沢 敏ら: 都市ごみ焼却工場電気集塵機からの灰の化学成分と溶出特性, 日本化学会誌, 7,948, 1979.
- 7) 小林哲也ら: 一般廃棄物埋立処分場浸出水の金属量調査, 新潟県衛生公害研究所年報, 1 (1),122, 1985.