

II-456 産業廃棄物の埋立処分場の受け入れ評価のための試験方法の検討

武蔵工業大学 学生会員 細川 能之
（株）鴻池組 正会員 上代真之輔
国立公衆衛生院 正会員 田中 勝

1. はじめに

わが国の都市ごみの多くは、減量化、安定化、無害化のため焼却という中間処理を経て、最終処分として埋立を行っている。ところが、この焼却処理では重金属等有害物質も混入しているため、処分場において有害物質を含有する焼却残渣、及び飛灰を埋め立て処分する事になる。これらは、最終処分場における潜在的な環境汚染源となりうる。現在、産業廃棄物の有害物質の検定方法として「産業廃棄物に含まれる有害物質の検定方法」（環境庁告示13号法）が定められている。ところが、この検定方法は溶出操作に6時間という長時間を要し、最終処分場での事前チェックシステムとして適しておらず、試験の迅速化が望まれている。そこで短時間で有害物質の溶出が可能な超音波照射による溶出試験を検討した。本研究では焼却飛灰を用いて、6時間振とう溶出試験、超音波溶出試験両方法による重金属の溶出の再現性の確認、溶出機構及び溶出特性の分析、さらに超音波溶出試験法の有用性について考察を行った。

2. 試料

A清掃工場とB清掃工場の2号炉、3号炉より採取した飛灰（A、B-1、B-2とする）を試料として用いた。このうちA清掃工場では焼却時に発生するHClを除去するため、炉内にCaCO₃を噴霧している。

3. 試験方法

(1) 灰化による重金属等の含有量の測定

JIS-K102.5.3に従い、試料中のPb、Zn、Cd、Cr、Ca、Na、及びKの含有量を測定した。

(2) 6時間振とう溶出試験

告示13号の検定方法に従い、試料200gと蒸留水2000mlを入れた振とうビンを用いて1試料当たり3個ずつ用意し、振とうを行った。0分、5分、10分、15分、30分、45分、1時間、2時間、4時間、及び6時間ごとに同じビンより試験液を取り、pHとPb、Zn、及び陰イオンの濃度を測定した。

(3) 超音波溶出試験

飛灰15gに150mlの蒸留水を入れたものを、1試料当たり5個ずつ用意し、細胞破砕器を用いて超音波を照射した。照射時間は0秒、5秒、10秒、30秒、60秒、120秒、180秒、240秒、及び300秒の8段階とし、照射後、pHとPb、Zn、及び陰イオンの濃度を測定した。

4. 結果及び考察

(1) 重金属等の含有量（表-1）

灰化した飛灰中の重金属等は、Caを除いて試料による差はほとんど見られなかった。試料AのCaの含有量が多いのはCaCO₃を炉内に吹き込んでいたためと考えられる。

(2) 各試験の重金属（Pb、Zn）の溶出

重金属の代表的な溶出パターンとして、図-1に6時間振とう溶出試験、図-2に超音波溶出試験のものを示す。また、試料別の溶出濃度を表-2に示す。

6時間振とう溶出試験は振とう初期に最大の溶出量となった。それ以降振とう時間が長くなるにつれて溶出量が減少し、2段階の一次反応式*1で近似された。これは、重金属イオンが試料の粒子表面へ吸着されたり、溶液内の他のイオンの影響で塩基性炭酸塩や硫酸塩等の難溶性塩が生成されたためと説明される。

超音波溶出試験では、重金属の溶出量は約60秒で平衡状態に達し、それ以降では、6時間振とう溶

Table.1 Chemical Composition of Fly Ash Samples

sample	element contents (mg/kg)						
	Pb	Zn	Cd	Cr	Ca	Na	k
A	2400	27000	95	210	300000	160	150
B-1	1500	23000	90	240	57000	160	150
B-2	2300	28000	90	280	54000	140	140

Table.2 Concentration of eluted elements

sample	tests	concentration (mg/l)				
		Pb	Zn	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	pH
A	6H*	60{81}	3.0{5.5}	16000	1700	12.1{12.1}
	Sonic**	150	11	16000	2200	12.2
B-1	6H	0.81{31}	0.11{12}	13000	4500	11.8{12.3}
	Sonic	30	8.2	11000	4500	12.0
B-2	6H	0.27{15}	0{2.3}	13000	6200	11.3{11.9}
	Sonic	18	2.6	11000	6200	11.7

* 6 hours shaking elution tests

** Ultra sonic elution tests

{ } maximum concentration

出試験のような減少はみられなかった。これは超音波照射による試料の破砕、分散作用によって、粒子が分解され濾紙を通過する微少な粒子の量が一定となったと考えられる。

超音波溶出試験のPb、Znの溶出量は6時間振とう試験と比べて高く、その最大溶出量に比べてもPbで約1.3倍、Znで約1.2倍となっている。

実験において、濾液内に結晶と見られる膜と沈着物とを確認した。この結晶は、6時間振とう溶出試験においては振とう時間とともに減少し、6時間後にはほとんど見られなかった。超音波溶出試験においては照射時間に関わらず多く見られた。また、濾紙に残る粒子などの比較から超音波溶出試験の方が試験後の粒子が細かくなっていると見られた。

このことから、両試験方法の溶出量の差は、濾紙を通過する炭酸塩、塩化物及び水酸化物の結晶の量の差と考えられる。すなわち、6時間振とう溶出試験では時間の経過につれて結晶が大きく成長し、濾紙に捕捉される量が増え、溶出量が時間とともに減少する。一方、超音波溶出試験では超音波の特徴である破砕、分散作用等により、結晶の成長が妨げられ、濾紙を通過する粒子の量が多くなり、溶出量が増えたと考えられる。

（3）各試験のpHとその影響

両試験方法ともにpHは11～12前後の値をとった。6時間振とう溶出試験では、振とうビン内のCO₂が溶液内へ溶け込んだためpHの低下がみられた。ところが、試料AではCO₂と多量に含まれるCaが反応してCaCO₃を生成し、pHが低下しなかったと考えられる。超音波溶出試験方法では照射時間による変動がみられなかった。これは、空気と試験液との接触が少ないためpHに影響を与えるほどCO₂のとけ込みが生じなかったと考えられる。

（4）各試験の陰イオンとその影響

陰イオン濃度は両試験方法とも時間に関わらず変動しなかった。試料AはCaCO₃の吹き込みにより、排ガス中のHClが飛灰と反応して塩化物が増えたために、塩素イオン濃度高くなった。また、試料Aでは、CaCO₃の吹き込み量だけ単位当たりの飛灰の重量が増加しているため、相対的に試料Bの単位当たりに捕捉されたSO_xの量が多くなり、硫酸イオンの濃度が高くなったと考えられる。このことより、試料Bの重金属は難溶性塩である硫酸塩形態をとるものが多く、試料Aでは硫酸塩より水溶性の塩化物形態をとるものが多いことが、溶出量に影響を与えた可能性がある。

5. まとめ

超音波溶出試験と6時間振とう溶出試験を比較した。両試験方法とも再現性は良好であった。重金属溶出濃度は、6時間振とう溶出試験において2段階の一次反応式で近似され、時間経過とともに溶出量は減少した。一方、超音波溶出試験ではごく短時間で平衡状態に達した。ところが超音波溶出試験の溶出量が6時間振とう溶出試験に比べて高くなっている。このことから、超音波溶出試験は粒子が破壊と分散によってコロイド化され、濾紙を通過する粒子の量を増大させている可能性があることがわかった。したがって、超音波溶出試験方法は、6時間振とう溶出試験と必ずしも同じ溶出現象を測定してはいないが、有害物の迅速溶出試験の方法として評価でき、埋立現場での廃棄物の受け入れ評価として使える事がわかった。今後は、廃棄物の受け入れ基準とその判定方法との両面から試験方法の現場での適用性を検討し、運用面も含めた埋立処分場の適正管理の研究を進めたい。

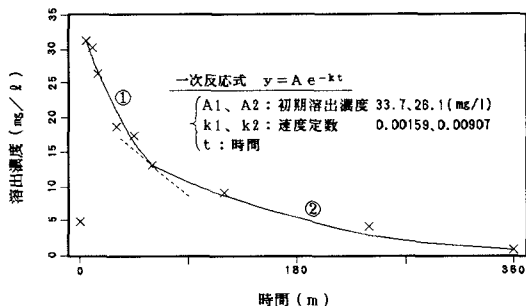


図-1 6時間振とう溶出試験 [×-Pb 試料:B-1]

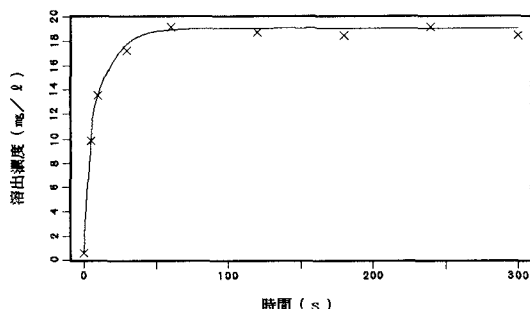


図-2 超音波溶出試験 [×-Pb 試料:B-2]

*1 John A. Roth他：REMOVAL RATE OF ZINC FROM COAL BOTTOM ASH IN AQUEOUS SOLUTION
—Water Res. Vol. 17, No. 9 (1983)