リサイクル材の利用環境を考慮した環告 46 号法前処理方法の提案

福岡大学大学院　学生会員　○古谷　仁志
福岡大学工学部　正会員　佐藤　研一
福岡大学工学部　正会員　藤川　拓朗

1.はじめに　現在、我が国において建設資材を初めリサイクル材や廃棄物を用いた二次製品の有効利用を行う場合、環境省が定める土壌環境基準を守らなければならない。日本では、この土壌環境基準を判定するための溶出試験法として環境庁告示第 46 号法試験（以下、環告 46 号法試験）が用いられている。しかしながら環告 46 号法は公定法であるにも関わらず、規定された前処理方法に数多くの不確定な要因を含んでいるため、分析業者間の分析結果に差が生じるという事例も報告されている[1)]。そこで本研究では、これまで前処理方法に不確定な要因を及ぼす因子として乾燥方法、液固比の設定方法、空隙率、容器の設定方向について検討を行ってきた[2)]。今回は振とう容器の材質の影響、粒径の影響、廃棄物の違いによる影響について検討を行った結果について報告を行う。

2.実験概要　実験には環境庁告示 46 号法[3)]を溶出試験モデルとして用いた。溶出試験結果に影響する前処理の操作要因として、乾燥時間、粒径、容器の材質（ガラスまたはポリエチレン）の 3 点に着目し、前処理条件を変えて実験を行った。実験条件を**表-1** に示す。

表-1　実験条件

条件内容	乾燥時間	粒径(mm)	初期 pH	L/S	振とう時間	試料
環告46号法（ベース）	風乾0day	＜2.0	5.8～6.3	10	6h	焼却灰
風乾（絶乾換算）	0day	＜2.0				
		0.85以上2.0未満				
		＜0.85				
	1day	＜2.0				
	7day	＜2.0				
		＜0.85				
		＜0.25				
		＜0.075				
風乾(ガラス)（絶乾換算）	0day	＜2.0				
	1day					
	7day					
風乾（絶乾換算）	0day	＜2.0				石炭灰
	1day					
	3day					
	7day					

2.1 容器の材質の影響　環告 46 号法試験の前処理規定が示す容器は、ガラスもしくは吸着しない容器とされている。一方で、TCLP（米国/カナダ）や Serial Batch（オランダ）ではポリエチレンを用いることとされている。しかしながら、容器の材質にポリエチレンを用いた場合、鉛が容器に吸着する可能性が考えられる。そこで今回、ポリエチレンとガラスの 2 種類の材質を用いて検討を行った。

2.2 廃棄物の違いによる影響　これまでの研究[2)]により、焼却灰の pH は乾燥時間の長短に大きく影響することが分かっている。そこで、今回は石炭灰試料について乾燥時間に伴う pH の変化と溶出特性について検討を行った。

表-2　実験に用いた焼却灰の重金属含有量

	B	Cr	Cd	Pb
含有量 (mg/kg)	333.3	66.7	30	800

表-3　焼却灰及び石炭灰の物理特性

	ρ_s (g/cm^3)	w(%)	最大粒径(mm)
焼却灰	2.306	44.8	9.5
石炭灰	2.297	0.4	0.85

2.3 粒径の影響　環告 46 号法試験の前処理規定では、粒径は 2mm 以下とされている。そこで今回、焼却灰を用いて粒径を 2mm 以下、0.85mm 以下、0.25mm 以下、0.075mm 以下の 4 種類の粒径に変化させて検討を行った。いずれの条件も風乾燥には、試料をバットに薄く敷き均し、通気性のある屋内に静置した。所定の日数乾燥させた後、環告 46 号法の前処理に従い検液を作製した。今回、B, T-Cr, Cr^{6+}, Cd, Pb の 5 元素に着目して分析を行った。なお、分析には ICP プラズマ発光分析装置を用い、Cr^{6+}については、ジフェニルカルバジド吸光光度法を用いて分析を行った。また、今回実験に使用したサンプルは 1 条件あたりポリエチレン容器で行なう際は 3 つ、ガラス容器で行なう際は 2 つとした。

2.4 使用する焼却灰の特性　実験には、清掃工場で排出された一般廃棄物焼却灰および火力発電所より排出される石炭灰（微粉炭燃焼灰）を用いた。**表-2** に焼却灰の重金属含有量(環告 19 号法試験)を示し、**表-3** に試料の物理特性を示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 振とう容器の材質の違いによる影響

図-1 に容器の材質の違いによる pH の関係を示す。図より、焼却灰において材質の違いによる pH の変化は見られなかった。**図-2** にポリエチレンとガラスにおける風乾日数と Pb の溶出濃度の関係を示す。図より、風乾１日で

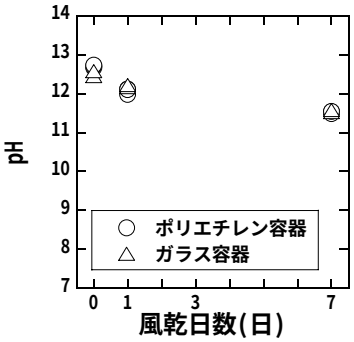

図-1　風乾日数と pH の関係（焼却灰）

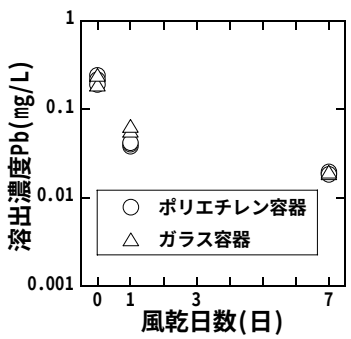

図-2　風乾日数と Pb の溶出濃度の関係

キーワード　環境庁告示第 46 号法、溶出試験、不確定性、一般廃棄物焼却灰、石炭灰
連絡先：　〒814-0180　福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1　福岡大学工学部社会デザイン工学科　TEL：092-871-6631（ext.6481）

は、ガラス容器を用いた Pb 溶出濃度はポリエチレン容器を用いた結果と比べ高い値を示し、結果に差異がみられた。この差は、吸着による有意差であるのか単なる誤差であるのか現段階では特定することが難しいため、今後容器での吸着実験を行い、明らかにしていくことが課題である。

3.2 廃棄物の違いによる影響

図-3 に焼却灰と石炭灰それぞれの風乾日数と pH の関係を示す。図より、焼却灰は風乾日数が増加するにつれpHが低下していることがわかる。これは、焼却灰が炭酸を吸収しやすい性質を持つため、風乾中に大気中の空気と触れ合い中性化が進行したためであると考えられる。一方、石炭灰は風乾時間の長短による pH の変化は見られなかった。**図-4** に焼却灰、**図-5** に石炭灰を用いた風乾日数と溶出濃度の影響を示す。両性元素である Pb は、風乾日数が長くなると、焼却灰では pH の低下により溶出濃度は減少する傾向にある。一方で Cr^{6+}に関しては、風乾日数 0 日では溶出が見られなかったものの、風乾日数の増加に伴い溶出濃度は増加することがわかる。この理由は、pH の低下に伴う酸化還元電位の上昇によるものと考えられる。廃棄物の違いは、風乾中の pH に影響を与え、抽出環境が異なることがわかる。このことから、廃棄物の特性を考慮した風乾日数の設定が必要である。

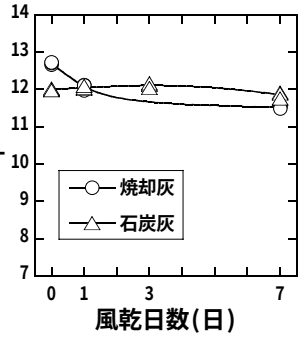

図-3 風乾日数と pH の関係

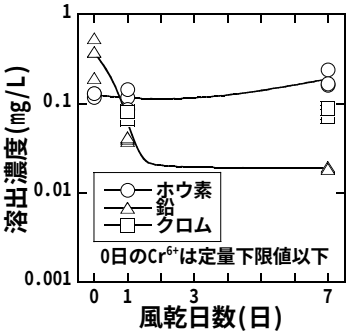

図-4 風乾日数と溶出濃度の関係 (焼却灰)

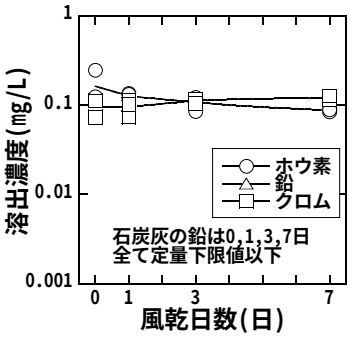

図-5 風乾日数と溶出濃度の関係 (石炭灰)

3.3 粒径の違いによる影響

図-6 に風乾 0 日及び 7 日の pH と粒径の関係を示す。風乾 0 日では粒径が大きくなるにつれて pH はわずかながら減少する傾向を示した。一方、風乾 7 日においては試料粒径が 2mm 以下において、他の粒径と比べ高い pH を示した。これは、焼却灰中のアルカリ成分が 2mm 以下粒径に最も多く含まれていたためと考えられる。**図-7** に風乾 0 日の、**図-8** に風乾 7 日の粒径と溶出濃度の関係をそれぞれ示す。風乾 0 日においては、粒径が大きくなるにつれ pH の低下により B と Cr^{6+}は増加傾向を示し、Pb の変化はあまりみられなかった。風乾 7 日においては粒径が大きくなるに従い、B や Cr^{6+}は減少する傾向を示した。いずれも規定された 2mm 以下を満たしているものの、粒径の分布により溶出濃度が異なることを示している。このことより、廃棄物を用いた再生利用品など、もともと粒状体ではなく固体である試料を破砕する際に、試験者による試験結果の差異をもたらしやすいと考えられる。

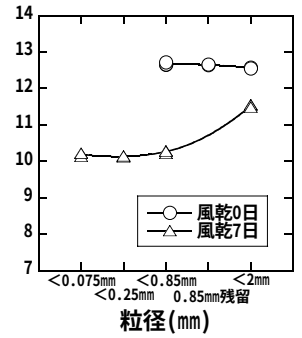

図-6 粒径と pH の関係 (風乾 0 日, 7 日)

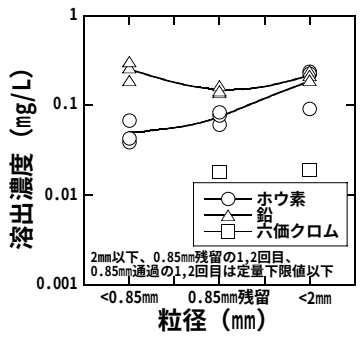

図-7 粒径と溶出濃度の関係 (0 日)

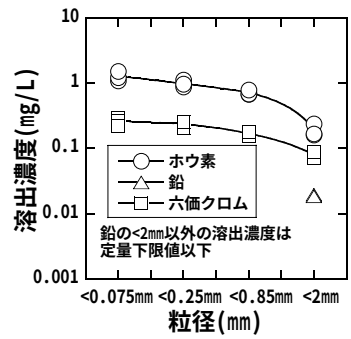

図-8 粒径と溶出濃度の関係 (7 日)

4. まとめ 1）風乾 1 日において、ポリエチレン容器とガラス容器を用いた結果に差異がみられた。今後、容器への吸着実験を行い、更なる検討が必要である。2）廃棄物の違いは、風乾中の pH に影響を与えるため、抽出環境が異なる。そのため、廃棄物の特性を考慮した風乾日数の設定が必要である。3）粒度分布の違いにより溶出濃度が異なるため、試験者による差異をもたらす可能性が大きい。そのため、ばらつきが小さくなるような粒径の規定の改善(あるいは粒径の統一)が望まれる。以上の結果を踏まえ、廃棄物をリサイクルする場合、得られた 46 号法試験の結果だけではなく、実際の利用形態や材料の特性を正確に反映したものかどうかの判断も重要であり、リスクの低減に寄与できると考えられる。

参考文献 1）環境影響試験法の概要と問題点, 地盤工学会誌, Vol.56, No.8, Ser.No.607, pp.12-14, 2008. 2）藤川・佐藤:廃棄物有効利用時における環告 46 号法試験の不確定性と利用法の検討, 第 7 回環境地盤工学シンポジウム, pp.151-pp154, 2007. 3）環境省 HP URL: http://www.env.go.jp/kijun/dojou.html