

廃棄物を地盤材料として用いる場合の溶出試験の不確定性に関する研究

福岡大学工学部 学生員 藤野将太

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 山田正太郎 藤川拓朗

1 はじめに 日本では廃棄物を地盤材料として用いる場合、土壌環境基準を厳守する必要がある。そのため、一般的には環告46号法を用いて、廃棄物からの溶出特性を検討している。一方、世界各地では廃棄物の有効利用に際し、様々な溶出試験方法が用いられている。一種類の溶出試験で有害廃棄物の管理に必要な情報を得るのは難しいという指摘も多く、現在、多種多様な廃棄物が地盤材料として検討されており、廃棄物の利用法に応じた溶出試験法が必要と考えられる。そのような背景において、環告46号法は溶出試験の前処理作業において多くの不確定性を含んでいる。そこで本研究では、**図-1**に示すフローチャートに従い、環告46号法の前処理作業において、分析誤差の生じやすい項目について検討するとともに、不確定性の少ない効果的な前処理方法の提案を行う。

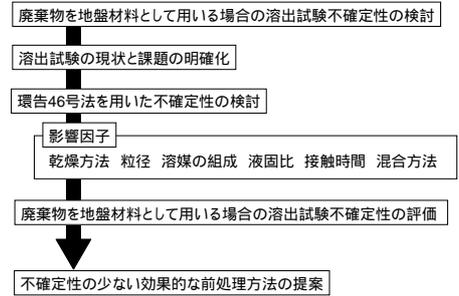


図-1 本研究フローチャート

2 実験概要 本研究では、環告46号法をもとに不確定性について実験的検討を行った。前処理方法は、まず土壌試料を十分に風乾し試料土として用いる。この試料土を2.0mmの篩を通過させ、礫画分を除去した後に50g秤取り内容積1Lのポリエチレン製の容器に入れ、予め塩酸にてpHを5.8~6.3に調整してある純水500mlを添加する。これを常温(おおむね20℃)常圧(おおむね1気圧)で振とう機(あらかじめ振とう回数を毎分約200回に、振とう幅を4cm以上5cm以下に調整したもの)を用いて6時間連続して振とうし、その後10~30分静置する。静置後、3000rpmで20分遠心分離し上澄み液を得、減圧濾過にて0.45μmのメンブランフィルターを通過させたものを検液とする。

溶出試験結果に影響する操作因子として、乾燥方法、粒径、溶媒の組成、液固比、接触時間などが考えられることから、本研究では**表-1**に示すような条件で検討を行った。乾燥方法について、分析業者間で全く異なっている因子であり、風乾状況および場所、乾燥時間などがさまざまである。また、風乾と炉乾では試料の性質が変化するという報告¹⁾もあるため、乾燥方法の違いによる検討を行った(case2~10)。粒径について、通常2.0mm以下と規定されているが、焼却灰を地盤材料などとしての有効利用を考えた場合、それ以上の粒径のものも含まれるため、粒径の違いによる検討を行った(case11)。溶媒の組成について、海外の公定法では酸性雨などを想定した溶媒で行うことが多い。また、重金属によってはpHに依存した溶出傾向を示すものもある²⁾ため、初期pHの違いによる検討を行った(case12~20)。液固比について、通常はL/S=10と規定されている。しかし、溶解度が十分高く、試料中の可溶分全量が常に溶出する場合は、液固比が低くなるほど成分濃度が低くなる傾向を示し、また飽和濃度が低く、試料中に可溶分が十分に存在する場合は成分濃度は一定となり、その成分の溶出量は液固比に依存するとされている³⁾ため、

表-1 実験条件一覧

case	乾燥	粒径	pH	L/S	振とう時間	最終pH	
1	環告46号法	風乾6h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.25
2		なし	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.23
3		風乾12h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	-
4		風乾1day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	-
5		風乾7day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	-
6	乾燥方法の違い	炉乾6h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	-
7		炉乾12h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.86
8		炉乾1day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.81
9		炉乾7day(40)	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.72
10		炉乾7day(100)	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	12.60
11	粒径の違い	風乾6h	<13mm	6	10	6h(静置30min)	12.19
12		風乾6h	<2.0mm	2	10	6h(静置30min)	12.15
13		風乾6h	<2.0mm	3	10	6h(静置30min)	12.58
14		風乾6h	<2.0mm	4	10	6h(静置30min)	12.26
15	初期pHの違い	風乾6h	<2.0mm	5	10	6h(静置30min)	12.25
16		風乾6h	<2.0mm	7	10	6h(静置30min)	12.30
17		風乾6h	<2.0mm	8	10	6h(静置30min)	12.38
18		風乾6h	<2.0mm	9	10	6h(静置30min)	12.45
19		風乾6h	<2.0mm	11	10	6h(静置30min)	12.49
20		風乾6h	<2.0mm	13	10	6h(静置30min)	12.87
21	液固比の違い	風乾6h	<2.0mm	6	2	6h(静置30min)	12.42
22		風乾6h	<2.0mm	6	5	6h(静置30min)	12.48
23		風乾6h	<2.0mm	6	20	6h(静置30min)	12.40
24		風乾6h	<2.0mm	6	100	6h(静置30min)	11.96
25	接触時間の違い	風乾6h	<2.0mm	6	10	1h(静置30min)	12.51
26		風乾6h	<2.0mm	6	10	3h(静置30min)	12.58
27		風乾6h	<2.0mm	6	10	12h(静置30min)	12.95
28		風乾6h	<2.0mm	6	10	24h(静置30min)	13.03
29		風乾6h	<2.0mm	6	10	6h(静置10min)	12.57

液固比の違いによる検討を行った(case21~24)。 接触時間について、振とう時間を通常6時間としているが、一旦溶出した成分が不溶化する現象も報告されている⁴⁾。よって、振とう時間および静置時間の違いによる検討を行った(case25~29)。分析はAl, Mn, Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Crの8種類の重金属について、ICPプラズマ発光分析装置を用いて行った。

3 実験結果および考察 分析した8種類の重金属のうち、特に変化が見られたCu, Zn, Pbについて図に示し考察を行う。

乾燥温度の違いによる影響 図-2に十分に乾燥させた試料および炉乾燥機を用いて乾燥させた試料について分析を行った結果を示す。図中の色枠

で示した部分は基準となる環告46号法試験結果を表している。図より、土壤環境基準が定められているPbに着目すると、乾燥温度が増加することにより、Pbの溶出量は低下する傾向にあることが分かる(20においては0.6ppm以上の濃度を超えたため、今回の計測条件では測定することができなかった)。つまり、試料の乾燥作業において、乾燥時間を短縮するために炉乾燥機を用いることは、Pbの溶出量を過小評価してしまうことになり、非常に危険であると考えられる。

粒径の違いによる影響 図-3に2mm以下と13mm以下に粒径を調整した試料について検討を行った結果を示す。図よりCu, Znにおいては粒径の違いによる影響は見られなかった。

初期pHの違いによる影響 図-4に初期pHの違いによる溶出量の関係を示す。いずれの重金属においても初期pHの違いによる影響は見られなかった。これは、表-1の試料の最終pHからも分かるように、焼却灰は緩衝能を有する材料であるため、pHは全ての条件において高アルカリ性を示す結果となり、溶出量の差に影響を与えていないと考えられる。

液固比の違いによる影響 図-5に液固比の違いによる溶出量の関係を示す。図より、いずれの重金属においてもL/Sの増加に伴い、溶出量は低下する結果をなした。つまり、液固比の調整段階において、正確にL/Sを測りとらなければ、溶出量を過大評価または過小評価してしまう危険性があると考えられる。

振とう時間の違いによる影響 図-6に振とう時間と溶出量の関係を示す。振とう時間1h, 3h, 6hについて検討を行った。Cuについて、振とう時間の変化にほぼ関係なく一定の溶出量が確認できる。またZn及びPbについては、振とう時間が長くなるにつれて、溶出量も増加していった。特に、Pbにおいては変化量が激しいことが確認できる。よって、振とう時間を短縮すると溶出量を過小評価してしまい危険であると考えられる。

4 まとめ 本研究結果より、環告46号法を用いて地盤環境影響を評価する場合、前処理作業の段階において、特に注意が必要である作業を以下に示す。乾燥時間を短縮するために、炉乾燥機を用いることは溶出量の過小評価につながり危険である。液固比の調整段階において、正確にL/Sを測りとらなければ、溶出量を過大評価または過小評価してしまう危険性がある。振とう時間を短縮すると溶出量を過小評価してしまい危険であると考えられる。

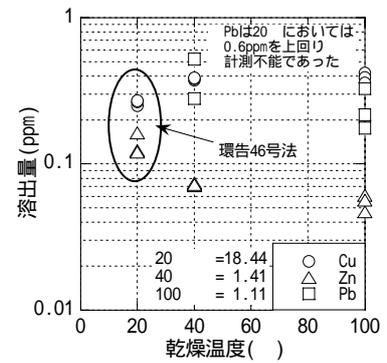


図-2 乾燥温度の違いによる溶出量変化

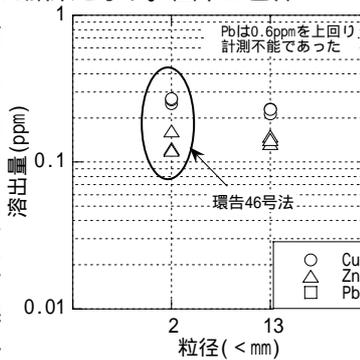


図-3 粒径の違いによる溶出量変化

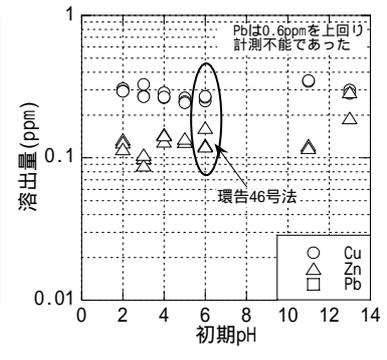


図-4 初期pHの違いによる溶出量変化

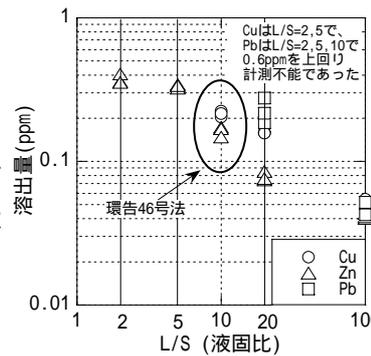


図-5 液固比の違いによる溶出量変化

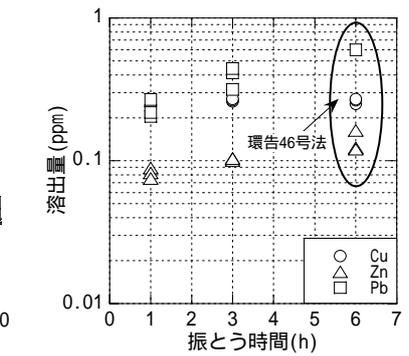


図-6 振とう時間の違いによる溶出量変化

参考文献 1) 林泰弘：セメント系固化材を混合した火山灰質粘性土からの六価クロム溶出に及ぼす試験条件の影響，第7回地盤環境シンポジウム，2006。 2) 貴田昌子、野馬幸生：廃棄物の溶出特性，廃棄物学会誌，Vol.7, No.5, pp.410-421, 1996。 3) 金子栄廣：溶出試験方法の現状と展望，廃棄物学会誌，Vol.3, No.3, pp.182-191, 1992。 4) B. Roger：Comparative Study of Two Selective Extraction Procedures. Readsorption Phenomenon during Mineralization, Environmental Technology Letters, Vol.7, pp.539-546, 1986。 5) 水谷聡：焼却灰の適正処理と有効利用における安全性，廃棄物学会セミナー資料，2000。