

廃棄物の有効利用に伴う環告 46 号法の前処理方法の提案

福岡大学工学部 学生員 ○ 笠井逸人

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 藤川拓朗

1. はじめに 現在我が国では、廃棄物を処理・管理するに当たっては、土壤環境基準を満たさなければならない。日本では環境庁告示第 46 号法試験(以下環告 46 号法)によって判定されている。この試験法は、土壤汚染対策法やリサイクル二次製品の安全性の判定など、有害物質の挙動を事前に評価する方法として、重要な役割を担っている¹⁾。しかし、この試験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。そのため、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。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 号法を用いて重金属の分析を行うにあたり、不確定性の少ない前処理方法の検討を行った。また将来的に、安定化処理を施した廃棄物を利用する上で廃棄物の利用範囲・利用量を拡大させるためにも実際の利用に応じた前処理方法の検討についても言及した。

2. 実験概要 溶出試験モデルは環告 46 号法試験とし、不確定な要素を含むと考えられる前処理操作因子に着目した。分析結果に影響すると考えられる前処理の操作因子として、a)乾燥方法、b)液固比、c)空隙率、d)振とう容器の設置方向に着目した。また実際の利用に応じた検討については、e)乾燥時間²⁾³⁾、f)粒径の違いに着目した。分析対象元素は B, Pb, Cr⁶⁺, Cd の 4 元素とし、1 case に対して 3 検体の検液を作製し、どの程度の誤差が生じるのかを調べた。分析には ICP プラズマ発光分析装置を用い、Cr⁶⁺はジフェニルカルバジド吸光光度法により分析を行った。実験条件を**表-1**に示す。

a) 乾燥方法 環告 46 号法の前処理規定には乾燥方法は設定されていない。そのため、実験では乾燥方法の違いに着目し、曝露乾燥、炉乾燥、恒温乾燥の 3 ケ所で乾燥を行い分析結果に与える影響について検討を行った。

b) 液固比の設定方法 環告 46 号法の前処理方法において、規定の液固比

(L/S=10)は湿潤状態、つまり見かけの試料 50(g)として考えられているため、試料質量を少なく見積もっていると考えられる。そこで予め試料の含水比を求め、試料を絶乾状態に換算し、正確な液固比に補正した状態と比較した場合は溶出結果にどれだけ差が生じるかについて検討を行った。

c) 振とう容器の設置方向 振とう回数や振とう幅は設定されているが、振とう容器の設置方向については定められていない。設置方向の違いが与える影響について調べるため、縦及び横の 2 種類の実験を行い検討した。

d) 空隙率 容器内に占める空気割合を空隙率と定義する。環告 46 号法では使用容器の指定はないため、空隙率が攪拌に伴い溶媒に影響を与えるのではないかと考え、空隙率を 72.5(%)、45(%)、17.5(%)の 3 つに設定し検討を行った。

e) 乾燥時間 環告 46 号法の規定では明確な乾燥時間は設定されていない。乾燥時間の影響について検討するため乾燥時間を 0h、6h、12h、24h、2 日、3 日、7 日の計 7 ケースに設定し、溶出にどのような影響を与えるのか調べた。

f) 粒径 前処理に設定されている粒径は 2 mm 以下であるが、焼却灰には 2 mm 以下に破碎させることが難しい鉄やアルミ、陶器、ガラスなどが混入されている。将来的に焼却灰の有効利用を考えた場合、これらの試料も含めた意味での安全性が重要となると考えられる。そのため、粒径を 2, 9, 13 mm 以下の 3 種類での検討を行った。

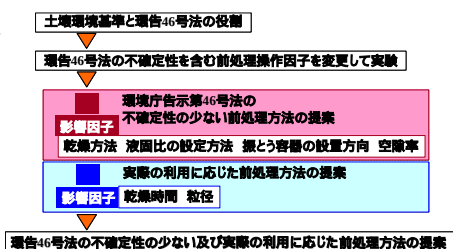


図-1 研究のフローチャート

表-1 実験条件

case	条件内容	乾燥	時間	液固比 補正	粒径 (mm)	振とう 方向	空隙率 (%)	初期 pH	L/S	振とう 時間
1	環告46号法	暴露	24h	なし	<20	横	72.5	6	10	6h
2			6h							
3			12h							
4		炉乾	24h	なし	<20	横	72.5	6	10	6h
5			2day							
6			3day							
7			7day							
8	乾燥方法		6h							
9			12h							
10			24h	なし	横	72.5	6	10	6h	
11			2day							
12			3day							
13			7day		<20					
14		恒温	6h							
15			12h							
16			24h							
17			2day	あり	横	72.5	6	10	6h	
18			3day							
19			7day							
20	空隙率	暴露	24h	なし	<20	横	45.0 17.5	6	10	6h
21							72.5 45.0 17.5			
22	容器の設置方向	暴露	24h	なし	<20	縦	45.0 17.5	6	10	6h
23										
24										
25	乾燥時間		0h	なし						
26			6h							
27			12h			横	72.5	6	10	6h
28			24h							
29			2day							
30			3day							
31		暴露	7day		<20					
32			0h							
33			6h							
34			12h							
35			24h	あり	横	72.5	6	10	6h	
36			2day							
37			3day							
38			7day							
39	粒径	暴露	24h	なし	<90 ≤13	横	72.5	6	10	6h
40										

3. 実験結果及び考察 図-2 に乾燥場所の違いによる Cr^{6+} の溶出濃度の影響を示す。一般的な風乾の溶出挙動と比べて、炉乾は分析結果を低く見積もる溶出挙動を示し、恒温は風乾と同じ挙動を示し分析結果に差は見られなかった。この結果より、風乾はある程度の温度変化では溶出に影響を受けないと考えられる。また、炉乾の状態は非現実的であると共に、酸化還元電位 (Eh) を低下させてしまうため、危険性を過小評価してしまう恐れがあり好ましくない。図-3 に液固比の設定条件の違いによる影響を示す。いずれの重金属においても、液固比を補正(絶乾試料 50[g]に対して溶媒 500[ml])させた分析結果の方が大きい値を示した。これは補正することにより試料質量が増加したためであると考えられる。よって、従来の前処理方法で液固比を設定することは危険性の過小評価に繋がると考えられる。図-4 に空隙率の影響を示す。図より、空隙率が増加すると攪拌中に溶媒に溶け込む空気量が増えるため pH が変動し、Pb や B は溶出濃度を減少させ Cr^{6+} の溶出濃度は増加する傾向にあることが分かる。従って、僅かではあるがいずれの重金属においても空隙率の違いは溶出濃度に影響を及ぼすことが分かる。図-5 に容器の設置方向の影響を示す。図より、どの元素も縦向きの分析結果のほうが大きい値を示したのは、横向きよりも縦向きのほうの最終 pH が高い値を示し、溶出し易い状態であったと考えられる。これは横向きの方が容器内の水面積が大きく、空気とよく触れ合い炭酸化された影響であると考えられる。図-6 に乾燥時間の影響を示す。乾燥日数を増加させると炭酸化により pH が中性領域に移行するため、 Cr^{6+} は乾燥日数に伴って溶出濃度は増加し Pb は溶出濃度が減少する傾向が見られる。これにより乾燥時間の長短は分析結果に多大な影響を与え、廃棄物の利用場所などに応じての設定が必要であると考えられる。図-7 に粒径の違いが分析結果に与える影響を示す。粒径が変わると pH も変わり溶出濃度が変動するという結果が得られた。よって 2 mm 以下だけではなく、破碎させることが難しいものが存在する 13 mm 以下などの大きな粒径を含んだ試料の両方の危険性を評価するべきであると考えられる。

図-2 に乾燥場所の違いによる Cr^{6+} の溶出濃度の影響を示す。一般的な風乾の溶出挙動と比べて、炉乾は分析結果を低く見積もる溶出挙動を示し、恒温は風乾と同じ挙動を示し分析結果に差は見られなかった。この結果より、風乾はある程度の温度変化では溶出に影響を受けないと考えられる。また、炉乾の状態は非現実的であると共に、酸化還元電位 (Eh) を低下させてしまうため、危険性を過小評価してしまう恐れがあり好ましくない。図-3 に液固比の設定条件の違いによる影響を示す。いずれの重金属においても、液固比を補正(絶乾試料 50[g]に対して溶媒 500[ml])させた分析結果の方が大きい値を示した。これは補正することにより試料質量が増加したためであると考えられる。よって、従来の前処理方法で液固比を設定することは危険性の過小評価に繋がると考えられる。図-4 に空隙率の影響を示す。図より、空隙率が増加すると攪拌中に溶媒に溶け込む空気量が増えるため pH が変動し、Pb や B は溶出濃度を減少させ Cr^{6+} の溶出濃度は増加する傾向にあることが分かる。従って、僅かではあるがいずれの重金属においても空隙率の違いは溶出濃度に影響を及ぼすことが分かる。図-5 に容器の設置方向の影響を示す。図より、どの元素も縦向きの分析結果のほうが大きい値を示したのは、横向きよりも縦向きのほうの最終 pH が高い値を示し、溶出し易い状態であったと考えられる。これは横向きの方が容器内の水面積が大きく、空気とよく触れ合い炭酸化された影響であると考えられる。図-6 に乾燥時間の影響を示す。乾燥日数を増加させると炭酸化により pH が中性領域に移行するため、 Cr^{6+} は乾燥日数に伴って溶出濃度は増加し Pb は溶出濃度が減少する傾向が見られる。これにより乾燥時間の長短は分析結果に多大な影響を与え、廃棄物の利用場所などに応じての設定が必要であると考えられる。図-7 に粒径の違いが分析結果に与える影響を示す。粒径が変わると pH も変わり溶出濃度が変動するという結果が得られた。よって 2 mm 以下だけではなく、破碎させることが難しいものが存在する 13 mm 以下などの大きな粒径を含んだ試料の両方の危険性を評価するべきであると考えられる。

4. まとめ 本研究のまとめとして、廃棄物を有効利用する際の不確定性の少ない環告 46 号法の前処理方法を表-2 にまとめている。

参考文献

- 金子栄廣：溶出試験の現状と展望，廃棄物学会誌，vol.3 ,No3 pp.182-192, 1992.
- 川口正人他：前処理を変化させたセメント系固化材改良土の六価クロム溶出特性，第 37 回地盤工学研究発表会，pp.2367-2368, 2002.
- 藤川拓朗他：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.151-154, 2007.

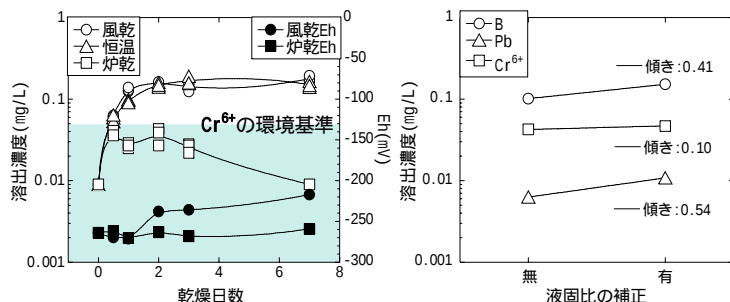


図-2 乾燥場所の影響

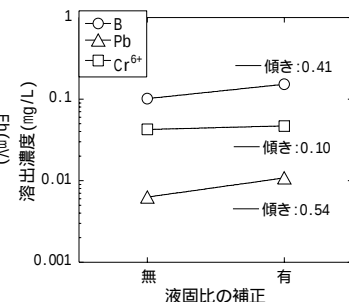


図-3 液固比の設定方法の影響

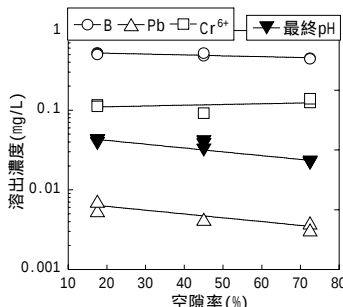


図-4 空隙率の影響

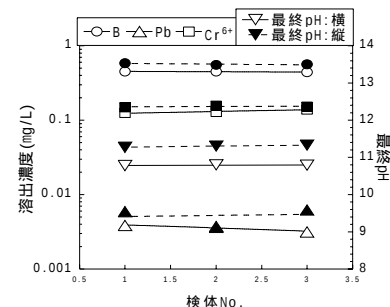


図-5 振とう容器の設置方向の影響

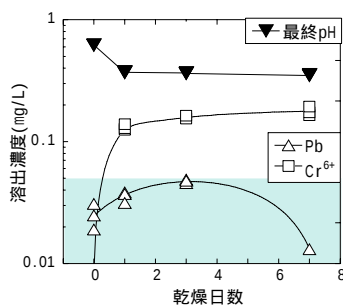


図-6 乾燥時間の影響

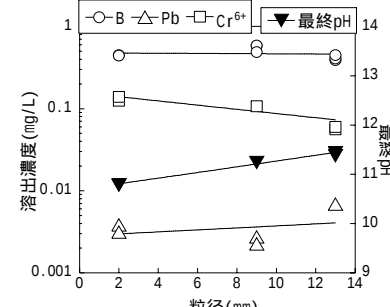


図-7 粒径の影響

表-2 提案する環告 46 号法の前処理方法

1) 環告46号法の不確定性を少ない前処理方法			
操作因子	提案する前処理方法	詳細	理由
a) 乾燥方法	風乾	場所：指定なし 温度：気温程度	炉乾燥は非現実的
b) L/Sの設定方法	液固比の補正あり	試料含水比：w=0(%)より 絶乾状態に換算	補正なしでは過小評価に繋がる
c) 空隙率	小さい方が好ましい	容器内の空気が多いと 僅かだが炭酸化される	空気との接触を最小限に抑える
d) 容器の設置方向	縦向き	容器を立てた状態で 振とうを行う	炭酸化を抑える 溶出濃度を安定
2) 環告46号法の廃棄物の有効利用に伴う前処理方法			
操作因子	提案する前処理方法	詳細	理由
e) 乾燥時間	使用目的・適用箇所に 応じての設定	浅層かつ通気性のある場所 風乾日数7日 深層かつ通気性のない場所 風乾日数1日	炭酸化の影響を考慮
f) 試料粒径	2mm以下、13mm以下	大きな粒径が持つ危険性 も含めて評価すべき	元素による影響の違い