

一般廃棄物焼却灰の有効利用時における溶出試験不確定性の検討 -その 1-

福岡大学 正会員 ○藤川 拓朗
福岡大学 正会員 佐藤 研一

1. 目的 現在、日本で廃棄物を地盤材料として用いる場合、土壤環境基準を厳守する必要がある。そのため、一般的には環境庁告示第 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。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、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¹⁾という指摘も多い。したがって、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。一方、現行で最も多く利用されている環境庁告示第 46 号法では、例えば溶出試験の前処理作業において、風乾時間や風乾方法において多くの不確定な要素を含んでいる。そこで本研究では、環境庁告示第 46 号法の前処理作業において、明確な規定が示されていない項目について検討し、不確定性の小さい前処理方法の提案を行った。実験では、溶出試験の分析結果に影響を与えと考えられる 6 つの操作因子（風乾方法、試料粒径、初期 pH、液固比、振とう時間、混合方法）に着目し、その影響について検討を行った。今回は、風乾方法、初期 pH に着目し、その影響について得られた結果について報告する。

2. 実験概要 実験には、A 市焼却処理施設より採取した一般廃棄物焼却灰を用いた。表-1 に試料の物理特性、表-1 に試料の化学組成、図-1 に試料の粒径加積曲線をそれぞれ示す。この焼却灰を用いて、溶出試験（環告 46 号法）の不確定性について実験的検討を行った。前処理方法は、環境省が示す環告 46 号法に準拠して行い、特に不確定要素が高いと考えられる 2 つの操作因子について検討を行った。各操作因子については、以下の通りである。

乾燥方法について 環告 46 号法では、試料の風乾作業において、乾燥方法では、温度・日数などの明確な規定が定まっていない。この点は分析業者間においても風乾方法が全く異なる重要な因子であり、風乾状況および場所、乾燥時間等方法は様々であると考えられる。また、風乾と炉乾では試料の性質が変化するという報告^{2), 3)}もされている。そこで、本研究では、風乾時間 0h, 3h, 6h, 24h, 7 日、炉乾 6h, 12h, 24h, 7 日（炉乾温度 110℃）に設定し、風乾時間及び乾燥方法の違いによる検討を行った(表-2 Case1～10 参照)。

初期 pH について 環告 46 号法では、純水を用いて溶媒の pH を 5.8～6.3 に調整して前処理を行うことを規定している。しかし、海外の公定法では酸性雨などを想定した溶媒（pH=4）で行うことが多い。また、純水については、他の化学物質を含まないため、得られた溶出液の組成が試料の性状を直接反映するという特徴がある。しかし、緩衝能がないため、実際には起こりえないような極端に高いあるいは低い pH を示すという問題⁴⁾も指摘されている。アルカリ性の

廃棄物に対しては、振とう開始後速やかに pH が上昇し、重金属類の溶出を抑制してしまい、過小評価につながるという指摘や重金属によっては pH に依存した溶出傾向を示す問題⁵⁾等があるため、初期 pH の違いによる影響を把握しておくことが必要である。実験では、溶媒の初期 pH を pH 2～5 については純水と塩酸を用いて調整し、pH 7～13 については純水と水酸化ナトリウムを用いて調整を行い、合計 pH 2～13 までの 12 段階に分けて、初期 pH の

キーワード 一般廃棄物焼却灰, 有効利用, 溶出試験 (環告 46 号法), 前処理, 不確定性

連絡先 〒814-0180 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

表-1 焼却灰の物理特性

土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	含水比 w (%)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	lg-Loss (%)
2.38	35.7	20.9	1.8	12.5

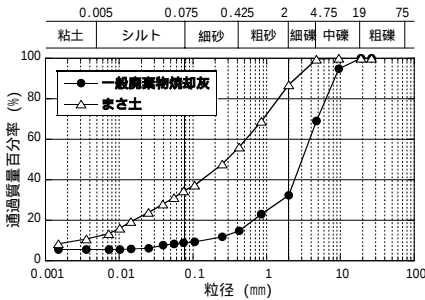


図-1 試料の粒径加積曲線

表-2 実験条件

Case	乾燥	粒径	pH	L/S	振とう時間	振とう方向
1	なし	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
2	風乾3h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
3	風乾6h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
4	風乾1day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
5	風乾7day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
6	炉乾6h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
7	炉乾12h	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
8	炉乾1day	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
9	炉乾7day(40℃)	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
10	炉乾7day(100℃)	<2.0mm	6	10	6h(静置30min)	横振とう
11	風乾	<2.0mm	2	10	6h(静置30min)	横振とう
12	風乾	<2.0mm	3	10	6h(静置30min)	横振とう
13	風乾	<2.0mm	4	10	6h(静置30min)	横振とう
14	風乾	<2.0mm	5	10	6h(静置30min)	横振とう
15	風乾	<2.0mm	7	10	6h(静置30min)	横振とう
16	風乾	<2.0mm	8	10	6h(静置30min)	横振とう
17	風乾	<2.0mm	9	10	6h(静置30min)	横振とう
18	風乾	<2.0mm	11	10	6h(静置30min)	横振とう
19	風乾	<2.0mm	13	10	6h(静置30min)	横振とう

違いが与える溶出濃度の検討を行った(表-2 Case 11~19 参照)。

3. 実験結果 考察では、土壤環境基準の定められている重金属のうち、Cd、Pb、Cr について考察を行う。

乾燥方法の違いによる影響 図-2 に乾燥日数と pH の関係、図-3 に乾燥日数と含水比の関係、図-4 に風乾日数と溶出濃度の関係、図-5 に炉乾日数と溶出濃度の関係をそれぞれ示す。なお、試料のサンプリング回数は3回行い、図中に示す各条件におけるプロットのばらつきは、試験結果のばらつきを示している。図-2 より、pH の変動に着目した場合、風乾、炉乾ともに初期に pH がアルカリ側に増加し、それ以降は中性側に減少する傾向にあることが分かる。特に、風乾常態では pH の変動が炉乾状態と比べて大きく、日数の増加に伴い著しく低下していることが分かる。また図-3 より、炉乾状態と比べ、風乾状態では含水比の低下に日数を要するた

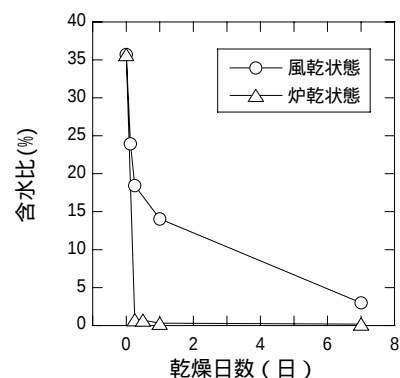
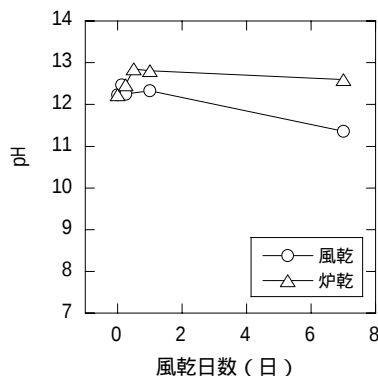


図-2 乾燥方法の違いによる pH の変動

図-3 含水比の変化

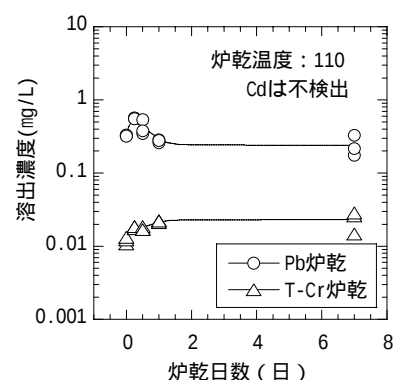
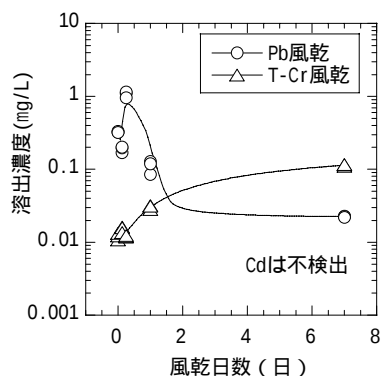


図-4 風乾日数と溶出濃度の関係

図-5 炉乾日数と溶出濃度の関係

め、この間に大気中の CO_2 と反応し、炭酸化が進むことが pH の変動からも考えられる。風乾状態における溶出濃度(図-4)は、pH の影響を如実に示しており、両性金属である Pb は、風乾日数の増加にともない一端増加するものの溶出濃度は減少する傾向を示している。一方、T-Cr については、風乾日数の増加に伴い溶出濃度は増加する結果となった。この結果に対し、炉乾燥器を用いた場合でも同様な傾向は見られたが(図-5) Pb に関しては風乾方法と比べて溶出濃度を高く見積もり T-Cr に関しては低く見積もる結果となった。しかしながら、実際の埋立地盤を考えた場合、110 という条件での前処理方法は非現実的であると考えられる。以上の結果より、風乾処理作業において長期間の風乾は、水分の蒸発や廃棄物の吸湿、有害物質の吸着・脱着等が懸念されるとともに、炭酸化を生じさせ Pb の溶出濃度を低く、T-Cr の溶出濃度を高く見積もってしまうことが分かる。そのため、風乾は比較的早期に終了させるとともに、絶乾状態に換算して L/S の調整を行うことが好ましい。

初期 pH の違いによる影響 図-6 に初期 pH の違いによる溶出濃度の関係を示す。焼却灰は緩衝能を有する材料であるため、最終的な pH (最終 pH とは、濾過処理後の pH を指す) は全ての条件において高アルカリ性を示す結果となった。しかしながら、初期 pH が 7~10 付近において、最終 pH は高アルカリ性を示すものの、Pb 溶出濃度は比較的低い値を示す結果となった。これは、中性領域で溶出しにくい Pb の特徴を反映していると言える。また、色枠で示す 46 号法試験で定めている初期 pH(5.8~6.3)の範囲においては、Pb、T-Cr ともに溶出濃度が高いことから、溶出濃度を安全側で判断していると考えられる。

4. まとめ 長期間の風乾は、炭酸化を生じさせ Pb の溶出濃度を低く、T-Cr の溶出濃度を高く見積もってしまうため、比較的早期に風乾を終了させることが好ましい。環告 46 号法が定める初期 pH (5.8~6.3) においては、溶出濃度を安全側で判断していると考えられる。今後は、実地盤を想定した pH や緩衝能を有した溶媒水等を用いた検討も重要である。

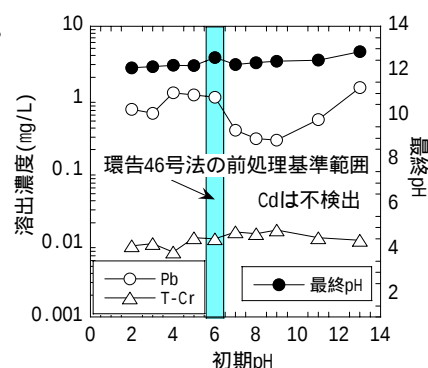


図-6 初期 pH の違いによる影響

参考文献 1) 廃棄物学会：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、2002. 2) 林泰弘：セメント系固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. 3) 川口正人他：前処理を変化させたセメント系固材材料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. 4) 酒井伸一：溶出試験の基本的考え方、廃棄物学会誌、Vol.7, No.5, pp.383-393、1996. 5) 金子栄廣：溶出試験の現状と展望、廃棄物学会誌、Vol.3, No.3, pp.182-192、1992.