

最終処分場埋立試料を用いた2種の逐次抽出法（Tessier法と改良BCR法）の比較

○（学）蒔田るみ¹⁾、（正）香村一夫¹⁾、
1)早稲田大学理工学術院

1. はじめに

循環型社会形成推進基本法や家電リサイクル法などが本格施行される以前、廃棄物類は適切な中間処理が施されず埋め立て処分されてきた。これらの廃棄物には多様な金属類が含まれることが予想されるが、処分場から排出される浸出水には金属類がほとんど含まれていない。従って、最終処分場の廃棄物埋立層には多種多様な金属類が残存・濃集しているものと推測される。これを「都市鉱山」として捉え、賦存している有用金属類を回収・備蓄することができれば、資源が逼迫した際の有効な対策となりうると思われる。

廃棄物埋立層内には雨水が浸透し、また微生物の活動により一時的に内部が70℃近い高温になる。これらの事項から、埋め立てられた金属が時間の経過と共に層内を移動することが考えられる。埋立層内の有用金属の濃集ゾーンを特定し、経済的に回収を行うためには、まず層内における金属の溶出・移動のしやすさを把握する必要がある。本稿では、埋立焼却灰中の金属の形態を「Tessierの逐次抽出法」(Tessier et al., 1979)と「改良BCR逐次抽出法」(貫上ほか, 2008)という2種の逐次抽出法により分析し、層内での溶出しやすさについて考察した結果を報告する。さらに、2種の逐次抽出法によるそれぞれの抽出率や抽出画分の割合から比較した結果についても報告する。

2. 分析対象とした処分場および分析試料の概要

分析対象として、産業廃棄物処分場であるT処分場の第2区画およびF処分場の第3・第5区画を対象とした。T処分場は谷埋め方式で、F処分場は水面埋立方式で埋立が行われているのが特徴である。いずれも、焼却灰を中心に雑多な種類の廃棄物が搬入されている。

処分場内で採取したボーリングコア試料から得た焼却灰試料を風乾させ、2mmのふるいを通過したものを実験に供した。表1に各試料の概要を示す。

表1 分析試料の概要

| No | 深度 [m] | 内容物 | No | 深度 [m] | 内容物 |
|------|--------|------------|--------|--------|-----------|
| T3-4 | 2.35 | 廃棄物（焼却灰含む） | F3-3 | 1.00 | 覆土・焼却灰 |
| T3-5 | 2.70 | 廃棄物（焼却灰含む） | F3-4 | 1.50 | 焼却灰 |
| T3-6 | 3.05 | 廃棄物（焼却灰含む） | F3-6 | 1.75 | 焼却灰・汚泥 |
| T4-2 | 3.60 | 廃棄物（焼却灰含む） | F3-7 | 2.75 | 焼却灰 |
| T4-3 | 3.80 | 廃棄物（焼却灰含む） | F5-1-a | 0.60 | 焼却灰 |
| T4-4 | 4.60 | 廃棄物（焼却灰含む） | F5-2-a | 0.80 | 焼却灰・石膏ボード |
| | | | F5-3-a | 0.90 | 焼却灰 |

3. 実験方法

分析試料に対してTessierの逐次抽出法と改良BCR抽出法を実施し、抽出されたそれぞれの画分の金属濃度を、ICP-OES (iCAP-6500) または ICP-MS (Agilent 7700x) で分析した。

3.1 Tessierの逐次抽出法による金属形態分析

以下に示す6つの画分をそれぞれ分析に供した。

水溶性画分：試料1gに純水を10ml加え、室温で6時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

イオン交換態：水溶性画分の残渣を乾燥後、1M酢酸アンモニウム溶液10mlを加え、室温で6時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

炭酸塩画分：イオン交換態の残渣を乾燥後、酢酸でpH5に調整した1M酢酸ナトリウム溶液10mlを入れ、室温で6時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

Fe-Mn酸化物画分：炭酸塩態の残渣を乾燥後、体積で25%酢酸を含む0.2M塩酸ヒドロキシルアミン溶液10mlを入れ、室温で6時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

有機物画分：酸化物態の残渣を乾燥後、0.02M硝酸でpH2に調整した30%過酸化水素水を5ml加え、85℃で2時間振とうする。放冷後、体積で11.1%硝酸を含む1.78M酢酸アンモニウム溶液を加え、室温で2時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

【連絡先】〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学大学院創造理工学研究科 地圏環境学研究室
蒔田 るみ Tel : 090-4097-4723 E-mail : ru3m.momo.makky@ruri.waseda.jp

【キーワード】最終処分場、廃棄物、レアメタル、逐次抽出法

残留物画分：有機物態の残渣を乾燥後、硝酸 10ml と塩酸 5ml を加え、サンドバスによる加熱分解の後に得たる液。

3.2 改良 BCR 逐次抽出法による金属形態分析

以下に示す 6 つの画分をそれぞれ分析に供した。

水溶性画分：試料 0.5g に純水を 20ml 加え、室温で 16 時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

酸可溶性画分：水溶性画分の残渣を乾燥後、0.11M 酢酸 20ml を加え、室温で 16 時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

還元性画分：酸可溶性画分の残渣を乾燥後、硝酸で pH2 に調整した 0.5M 塩酸ヒドロキシルアミン溶液 20ml を加え、室温で 16 時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

酸化性画分：酸化物態の残渣を乾燥後、8.8M 過酸化水素水を 5ml 加え、85℃で数時間加熱する。放冷後、硝酸で pH2 に調整した 1M 酢酸アンモニウム溶液を 25ml 加え、室温で 16 時間振とう後、遠心分離を行い、得られた上澄み液。

残留物画分：Tessier の方法における残留物画分と同様の処理で得られたる液。

なお、改良 BCR 逐次抽出法には、水溶性画分を分画した後、酢酸で中和滴定を行いその上澄みを採取する「中和画分」が存在するが、本実験に用いた試料の懸濁液はいずれも pH10 を下回っていたため実施しなかった。

4. 実験結果

本実験では、比較的含有量の多い金属を ICP-OES で分析している。図より、Al やほとんどの重金属類は総抽出量の半分以上が難溶性である有機物態（酸化性画分）～残留物画分に分類され、層内での移動は起こりにくいものとみられる。一方で、Mn や Zn はどちらの抽出法でも全体のおよそ 50%以上が比較的易溶性の画分に分画され、比較的移動しやすい金属であることが示唆された。また、Cu は T 処分場では 90%以上が有機物態・残留物態（酸化性・残留物）画分に区分され、F 処分場では様々な画分に分画されるといった、処分場によって顕著に異なる存在形態を示した。

また、改良 BCR 逐次抽出法と Tessier の逐次抽出法を比較すると、残留物の画分については改良 BCR 逐次抽出法で相対的に多く、それ以外の画分については Tessier の逐次抽出法で相対的に多く抽出された。この結果は、汚染土壌の Fe, Cu, Cd, Zn を対象とした研究 (He et al., 2013) とも整合性を有する。

ICP-MS による画分ごとの微量金属分析の結果については、口頭発表にて報告する。

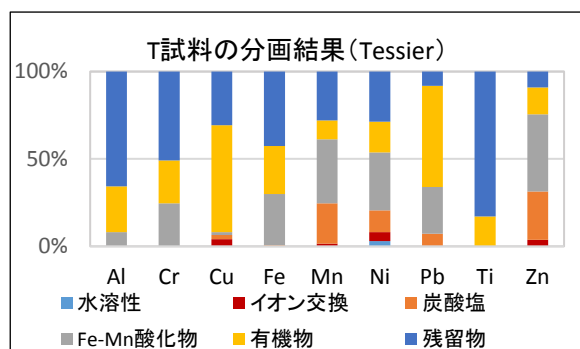


図 1 Tessier の方法による T 処分場試料の分画結果

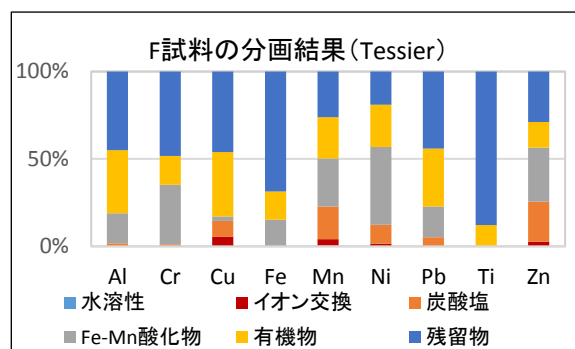


図 2 Tessier の方法による F 処分場試料の分画結果

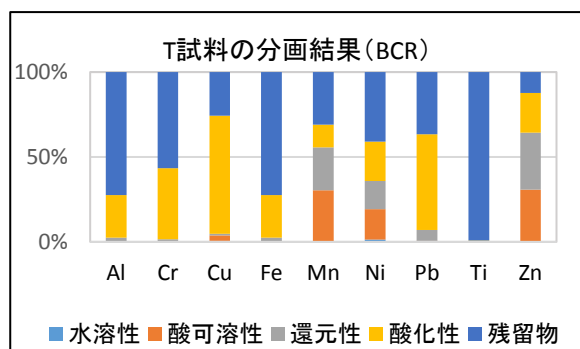


図 3 改良 BCR 法による T 処分場試料の分画結果

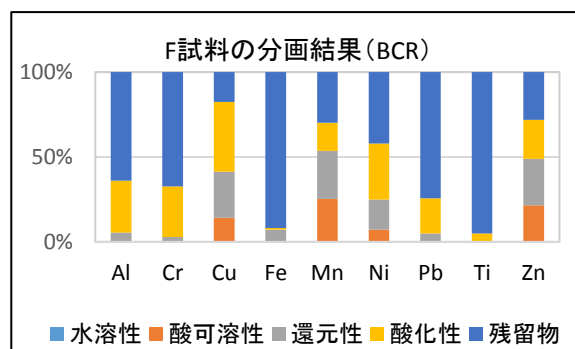


図 4 改良 BCR 法による F 処分場試料の分画結果

参考文献：

A. Tessier, P. G. C. Campbell, and M. Bisson (1979) Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals, Analytical Chemistry Vol. 51, p844-850.

貫上佳則, 毛利光男, 加瀬隆雄 (2008) 改良 BCR 逐次抽出法による汚染土壌中の重金属の形態と溶出特性の評価, 土木学会論文集 G Vol. 64, p304-313.

Q. He, Y. Ren, I. Mohamed, M. Ali, W. Hassan, F. Zeng (2013) Assessment of Trace and Heavy Metal Distribution by Four Sequential Extraction Procedures in a Contaminated Soil, Soil & Water Res. 8, 2013 (2), p71-76.