

## 不燃・粗大ごみ処理施設から排出される不燃破碎残渣の安全性評価

資源・廃棄物研究室

09mb-003 大里賢

指導教員 宮脇健太郎

### 1. 背景

現在、不燃ごみ・粗大ごみの処理施設から排出される破碎残渣などの中間処理残渣（不燃破碎残渣）は、全国平均で埋立廃棄物の約 20% 近くを占めている。近年、廃棄物の再資源化が進み、例えば焼却残渣等については、熔融やセメント原料化などにより埋立処分量の減量や資源化が行われている。不燃破碎残渣については、更なる資源化が困難とされている。また、現在我が国の最終処分場の残余年数は 18 年(平成 20 年)<sup>1)</sup>とされ、埋立処分場の残余容量が全国的に減少しており、埋立量削減を目指している。しかし、不燃破碎残渣等の資源化が進まなければ、継続的な埋立量削減は困難になると予想される。将来的に不燃破碎残渣等の資源化を行うためには、環境安全性の把握が重要といえる。有害物質の溶出特性を把握する試験として、廃棄物資源循環学会では、再生製品をメインターゲット(廃棄物も含む)にした各種溶出試験法の規格化を進めている。しかし、焼却残渣に比べ不燃破碎残渣についての研究報告は少ない。再生製品の安全性評価を行う土壤環境基準に関する公定法は画一的なため、環境負荷を評価するには不十分であり、バッチ試験以外の評価試験も行う必要があると考えられている。

### 2. 研究の目的と構成

本研究では、資源化を行うため、不燃破碎残渣の安全性把握を目的に、環境庁告示 46 号試験などの単一バッチ試験に加え、長期的な溶出条件や模擬環境条件での溶出試験を行い、溶出特性や安全性の把握を行った。不燃破碎残渣の形態を考慮し、道路等の路盤材など、建設系リサイクル材や、原料として使用した場合の環境負荷について検討した。

第 1 章では、本研究の背景、現在の一般廃棄物に関する現状、過去の知見、金属の毒性などを整理した。第 2 章では、研究に用いた不燃破碎残渣を排出している市の分別方法をまとめ、実際の不燃破碎残渣に含まれる組成を調査した。その他、本研究に用いる試料の作成方法や採取方法などをまとめた。第 3 章では、不燃破碎残渣の金属含有量試験、バッチ試験(環境庁告示 13 号試験、環境庁告示 46 号試験、環境省告示 19 号試験)を粒径別で行い、溶出特性(金属類の溶出量)の検討を行った。第 4 章では、長期的な環境影響評価を行うために、シリアルバッチ試験と試料に乾湿を繰り返し行う環境曝露促進試験を行い、溶出特性の把握を行った。第 5 章では、模擬環境条件での溶出試験として、pH 依存性試験を行い、pH による溶出特性の検討を行った。第 6 章では、第 1 章から第 5 章までの研究結果をまとめた。

### 3. 試験方法

本研究で行った一部の調査法・試験法を以下に示す。

本研究では東京の多摩地域にある A 市(収集人口 11 万人)から排出される不燃破碎残渣を用い、調査・試験には、採取後 3 週間室温で風乾させて使用した。また、分析は ICP-MS(Agilent 7500)を用いて金属(B、Al、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Cd、Sb、Pb)を測定した。

#### ・組成調査

篩を用いて粒径 <26.5mm、16.0-26.5mm(16.0mm)、9.5-16.0mm(9.5mm)、4.75-9.5mm(4.75mm)の 4 段階に分級し目視にて粒径別に組成調査を行った。

#### ・含有量試験(粒径別)

分級した不燃破碎残渣は粒径(2-4.75mm(2mm)、1-2mm(1mm)、0.5-1mm(0.5mm)、0.25-0.5mm(0.25mm)、0.125mm-0.25mm(0.125mm)、<0.125mm)をそれぞれ 0.125mm 以下に粉碎した。粉碎後 2g 採取し、HNO<sub>3</sub> 5mL を加え、ホットプレートで加熱し酸分解を行った。酸分解後、5B ろ紙を用いて、ろ過を行い、ICP-MS で測定した。

#### ・環境庁告示 13 号試験

分級した不燃破碎残渣(粒径<4.75mm)100 g と純水 1000mL (L/S10)を、6 時間振とう(振とう回数 200rpm)した。振とう後は、孔径 1 $\mu$ m グラスファイバーフィルターでろ過を行い、ICP-MS で測定した。

#### ・土壌溶出試験(環境庁告示 46 号試験：粒径別)

分級した不燃破碎残渣(粒径 2-4.75mm(2mm)、1-2mm(1mm)、0.5-1mm(0.5mm)、0.25-0.5mm(0.25mm)、0.125mm-0.25mm(0.125mm)、<0.125mm)と純水を混合(L/S10)し、6 時間振とう(振とう回数 200rpm)した。振とう後は、孔径 0.45 $\mu$ m メンブレンフィルターでろ過を行い、ICP-MS で測定した。

#### ・シリアルバッチ試験(粒径別)

分級した不燃破碎残渣(粒径 2mm、1mm、0.5mm、0.25mm) 30g と溶媒 300mL を混合(L/S10)し、静置条件で長期間溶出試験を行った。静置に加え、粒径 0.5mm のみ攪拌(200rpm)条件も作成し、溶出傾向の把握を行った。溶媒には、純水と、pH4 に調整した希硝酸(pH4)を用いた。経時的に採水を行い(採水日 1,2,4,8,16,35 日、採水量 75mL(全体の 1/4))、採水後は、新規の溶媒を採水量と同量の 75mL 加えた。採水後は、孔径 0.45 $\mu$ m メンブレンフィルターでろ過を行い、ICP-MS で測定した。

#### ・pH 依存性試験

分級した不燃破碎残渣(粒径 2mm、0.25mm)30g と純水 300mL を混合(L/S10)し、自動滴定装置を用いて、pH4,6,8,10,12 の 5 段階に pH を連続的に調整し、48 時間攪拌した。pH 調整には、1M HNO<sub>3</sub>、(pH4~8)、1M NaOH(pH10~12)を用いた。溶出後は、孔径 0.45 $\mu$ m メンブレンフィルターでろ過を行い、ICP-MS で測定した。

4. 結果及び考察

・組成調査

図1に粒径分布を示す。粒径16.0mmと4.75mmが全体の20%以上を占めていた。不燃破碎残渣は、粒径4.75~26.5mmの大きさが全体の60%を占めている事が分かった。粒径4.75mm以下では、粒径2-4.75mm(2mm)の割合が大きく、道路の路盤材などに使用可能と考えられる、粒径2mm~0.5mmまでの比較的大粒径のものが粒径4.75mm以下の94%を占めていた。図2に粒径の組成結果を示す。不燃破碎残渣は、プラスチック類(硬質、軟質)、石・陶磁器、ガラスの占める割合が大きい。しかし、少量だが、金属やプリント基板なども存在している事が分かった。

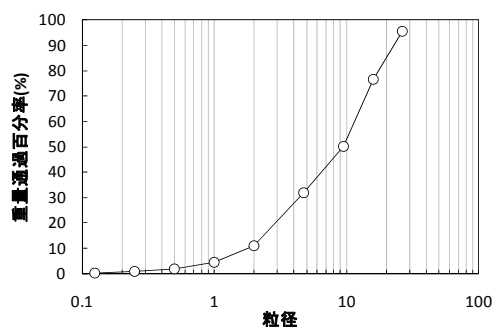


図1 粒径分布

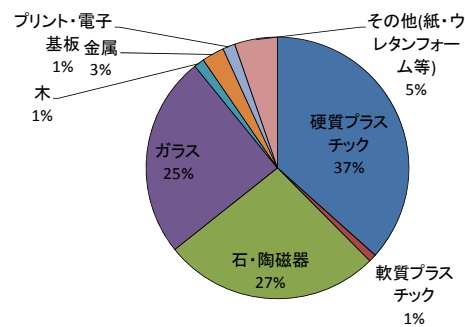


図2 不燃破碎残渣の組成

・含有量試験

表1に不燃破碎残渣の含有量を示す。Pb含有量は粒径2mmが高い値を示した大粒径の部分には、Pbを多く含むプリント基板などが存在している可能性が考えられる。含有する金属類(測定金属)中62~85%はAl,Feが占めていた。

表1 不燃破碎残渣含有量

|    | 2mm    | 1mm    | 0.5mm  | 0.25mm | 0.125mm | <0.125mm |
|----|--------|--------|--------|--------|---------|----------|
| B  | 59.5   | 45.3   | 155    | 249    | 522     | 599      |
| Al | 2990   | 3290   | 4610   | 12800  | 31900   | 30300    |
| Cr | 479    | 393    | 350    | 300    | 235     | 115      |
| Mn | 702    | 535    | 1520   | 1600   | 2350    | 7820     |
| Fe | 5370   | 6030   | 9660   | 14200  | 22600   | 21400    |
| Ni | 486    | 246    | 150    | 484    | 313     | 233      |
| Cu | 127    | 75.0   | 67.0   | 98.7   | 234     | 228.9    |
| Zn | 1240   | 1400   | 1290   | 3600   | 5080    | 6320     |
| As | 6.78   | 1.19   | 3.55   | 5.22   | 7.36    | 7.34     |
| Se | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005  | <0.005   |
| Mo | 35.4   | 27.7   | 35.2   | 28.8   | 27.3    | 12.8     |
| Cd | 2.58   | 3.49   | 14.1   | 17.3   | 26.6    | 30.7     |
| Sb | 2.00   | 0.246  | 0.497  | 0.963  | 2.65    | 3.99     |
| Pb | 1970   | 335    | 937    | 975    | 866     | 848      |

単位:mg/kg

・環境庁告示13号試験

図3に13号試験の溶出量を示す。As、Se、Mo、Cd溶出量は他元素に比べ低く、Al、Fe、Zn溶出量は、他元素に比べ高い値を示した。Pb溶出量は、埋立基準(0.3mg/L)と比較したところ、基準値に近い値を示していた。

・環境庁告示46号試験

図4にPb溶出量を示す。粒径2mmの溶出量が最も高い値を示した。土壤環境基準(0.01mg/L)と比較したところ、粒径2mmのPb溶出量は、基準値の5倍高い値を示していた。

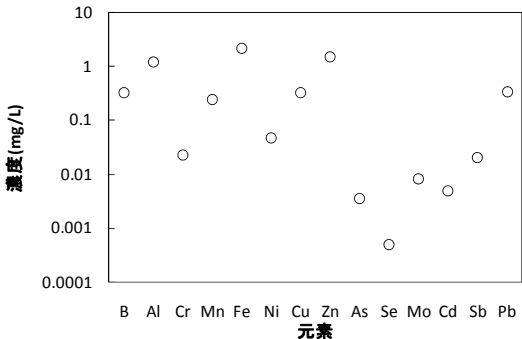


図4-3 13号試験金属溶出量

・シリアルバッチ試験

図5に純水溶出でのPb溶出量を示す。土壤環境基準(0.01mg/L)を本試験の溶出量 mg/kg に換算(0.1mg/kg)し比較したところ、環境基準を超過した。粒径別の溶出量では、粒径2mmが最も高い値を示し、46号試験と同じ傾向を示した。全粒径とも経過日数16~35日にかけ溶出量は増加し、35日以降も溶出量は増加すると予測される。図6にpH4溶媒のPb溶出量を示す。純水溶出(図5)と同様に、粒径2mm溶出量が最も高い値を示した。土壤環境基準(0.1mg/kg)(換算後)と比較すると、粒径2mmの溶出量は、基準値の約4~5倍高い値を示した。

・pH依存性試験

図7にPb溶出量を示す。pH4の条件が最も溶出量は高く、粒径2mmと0.25mmでは7倍の差があった。粒径2mmのpH8,10の条件では含有量の1/4000、粒径0.25mmのpH6の条件では、含有量の1/1800の溶出量となり、含有量と比べほとんど溶出されなかった。しかし、pH条件や粒径の条件に関係なく土壤環境基準を超過していた。

5. まとめ

各種特性化試験の結果より、不燃破碎残渣の溶出特性が明らかとなった。粒径2mm(2~4.75mm)のPb含有量が高い値を示したことから、大粒径にはPbを多く含むプリント基板などが存在していると考えられる。Pb溶出量に関しては、粒径2mmと小粒径の溶出量が高い値を示し、粒径2mmは含有量が高いため、小粒径は表面積が大きくなったため溶出量は高い値を示したと考えられる。また、Pb溶出量は土壤環境基準値を超過する試験が多いことから、不燃破碎残渣を再生製品に用いた場合、未加工のまま使用すると環境負荷が大きくなる可能性が予測される。不燃破碎残渣を再生製品として用いるには、Pb溶出量をどのように抑制するかが課題であると考えられる。

参考文献 1) 環境省 HP より：報道発表資料「一般廃棄物の排出及び処理状況等（平成20年度）について（お知らせ）」<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=12391>

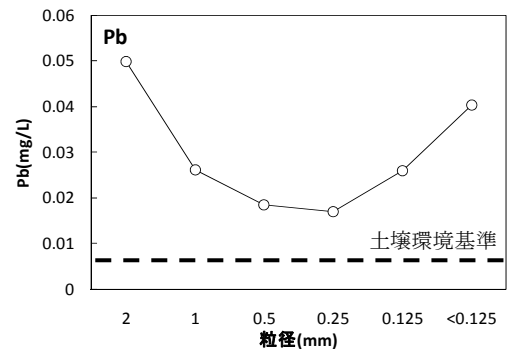


図4 46号試験 Pb 溶出量

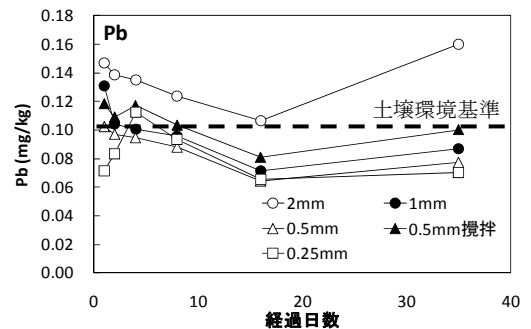


図5 シリアルバッチ(純水)Pb 溶出量

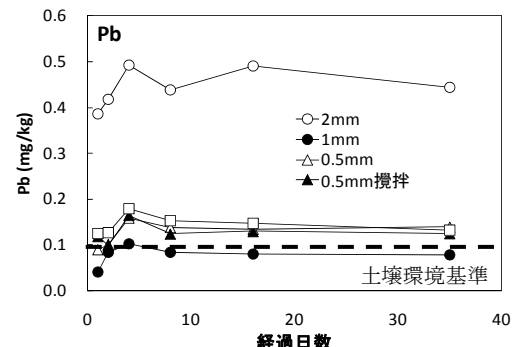


図6 シリアルバッチ( pH4)Pb 溶出量

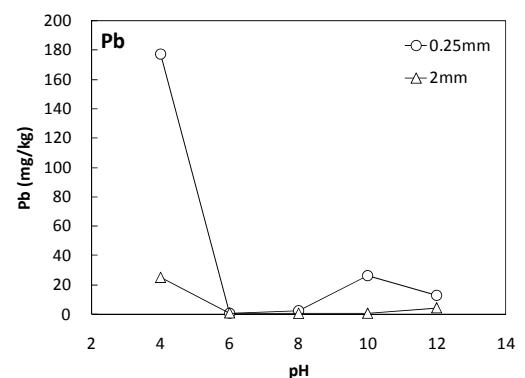


図7 pH 依存性試験 Pb 溶出量