

焼却灰中の存在部位が異なる鉛の溶出特性

九州大学大学院 学生会員 ○大渡 俊典 九州大学大学院 正会員 崎田 省吾
九州大学大学院 正会員 島岡 隆行

1. はじめに

我が国では一般廃棄物の約8割が焼却処分されており、5%程度まで減容化されているが、直接埋立されるものと併せて、平成11年度において1087万トンの廃棄物が埋立処分されている。そのため、我が国での最終処分場の容量不足は依然として課題となっている。本研究では、焼却灰の有効利用のための環境負荷低減化を目的とし、焼却灰溶液中含有する有害重金属、特に鉛の除去を行うため遠心脱水による検討を行った。このときの遠心力と脱水が行われる毛管径の関係を明らかにし、各毛管径に存在する鉛の溶出特性について検討した。また、焼却灰中の鉛の存在部位、存在形態、および溶出特性について検討するために逐次抽出法を行った。

2. 試料および実験内容

実験にはK市の都市ごみ焼却灰を用いた。表-1に、焼却灰の重金属の含有量、最大可能溶出量(Availability試験結果)、溶出試験(環境庁告示46号準拠;JLT46)による重金属の溶出濃度を示す。本研究では鉛の存在形態、溶出特性等を把握するための実験を行った。

2-1. 鉛の存在部位の推定

焼却灰は粒径が均一でなく、また粒子内部に細孔隙を有する等、不均質かつ複雑な構造をしていると考えられる。そこで、粒子間隙、および粒子内部の孔隙に保有されている水分(以下、焼却灰溶液)を脱水することにより、焼却灰中の鉛を除去するため、遠心脱水を行った。ローターに湿潤焼却灰を詰めた遠心管を装填し、100g、300g、1,000g、2,000g、10,000gの5段階の遠心力で90分間遠心脱水を行った。事前に、焼却灰粒子の細孔隙部分を純水で満たすために、液固比2で十分に脱気を行い、飽和させたのち、重力排水させたものを湿潤焼却灰として用いた。また、焼却灰の粒子間隙、および粒子内部の細孔隙を毛管とみなし、毛管力により水分が保持されているものと考え、所定の遠心力で脱水される焼却灰の毛管径を算出した。遠心力と焼却灰溶液の毛管力との釣合いを考え、毛管上昇の式より(1)式を導き、毛管径と焼却灰溶液中の鉛の溶出濃度、溶出量の関係を調べた。

$$d = \frac{2T \cos \theta}{A \rho g G} \dots (1)$$

d: 脱水可能な毛管半径(cm)、T: 表面張力(dyn/cm)、θ: 接触角、A: ローターの半径から計算される係数、ρ: 焼却灰溶液密度(mg/cm³)、g: 重力加速度(cm/s²)、G: 遠心力(×g)

2-2. 各粒径における鉛の化合形態

焼却灰中の鉛化合物の形態を知ることにより、焼却灰中の鉛はより効果的、経済的に脱離できる。本研究では逐次抽出法を行い、焼却灰に含有される鉛の化合形態を求めた¹⁾。図-1に、逐次抽出法の簡潔なフローを示す。逐次抽出法は、試料に対して6段階の抽出操作を行うことにより、焼却灰中に含有される鉛を、「水溶性」、「イオン交換態」、「炭酸塩態」、「酸化物態」、「硫化物態」、「残留物」に分画する。表-2には、この画分における鉛化合物の主な化合形態として推定されるものを示す²⁾。本研究では、焼却灰を分級(<75μm、75~125μm、125~250μm、250~500μm、500μm~1mm、1~2mm)し、粒径別に各抽出画分の鉛の溶出量を求めた。

表-1 焼却灰の性状

| 成分 | 含有量 mg/kg | 最大可能溶出量 mg/kg | 溶出濃度 mg/L |
|----|--------------|------------------|--------------|
| Pb | 874.8 | 117.2 | 0.4 |
| Cr | 76.2 | 5.2 | <0.01 |
| Cd | 21.4 | 13.6 | <0.01 |

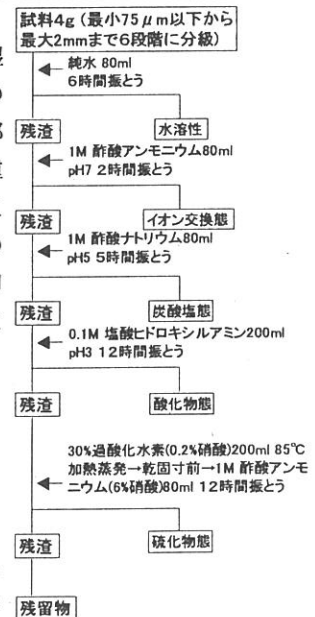


図-1 逐次抽出法のフロー¹⁾

表-2 各抽出画分で推定される主な鉛化合物²⁾

| 画分 | 主な鉛化合物 |
|--------|--|
| 水溶性 | Pb(NO ₃) ₂ 、PbCl ₂ |
| イオン交換態 | PbO、PbSO ₄ 、PbCl ₂ |
| 炭酸塩態 | PbCO ₃ 、Pb |
| 酸化物態 | PbO ₂ |
| 硫化物態 | PbS、PbO ₂ |
| 残留物 | PbS |

3. 実験結果および考察

3-1 鉛の存在部位の推定

(1)式より得られる脱水可能な毛管径と遠心力の関係を図-2に示す。遠心力100~10,000gで200~2 μ mの毛管径に存在している焼却灰溶液を脱水できることがわかる。図-3には、各毛管径の範囲に存在していた焼却灰溶液の脱水量の割合と鉛の濃度、さらに両者から求めた鉛の除去量を示す。遠心力10,000gで全保有水量の77%が脱水されたが、その内の7割以上は300g(65 μ m以上の毛管)で脱水された。また、毛管径が小さくなるほど高濃度の鉛が焼却灰溶液中に存在しており、2~10 μ mの毛管と200 μ m~2cmの毛管に存在する焼却灰溶液とでは濃度が2倍も異なる。しかし、小さい毛管径からは脱水量が少ないため、溶液中の鉛の濃度から除去量を算出すると、2~10 μ mから0.2mg/kgの鉛が除去されるのに対し、200 μ m~2cmからは0.35mg/kgの鉛が除去されており、大きい毛管径から、より多量の鉛が除去されるといえる。しかし、含有量に対する鉛の除去率は0.05%と非常に低い。これは、図-4に示す溶出試験からの鉛の溶出量でも同様である。飛灰について同様の実験がなされたが、含有量に対する飛灰中の鉛の除去率は焼却灰の100倍以上であった³⁾。また、溶出試験における溶出量の割合も飛灰は焼却灰の数十倍であった。飛灰の鉛の含有量は焼却灰の2~3倍であることから、焼却灰と飛灰の鉛の除去率の相違は、単に含有量だけでなく、鉛の化合形態にも依ると考えられる。

3-2 各粒径における鉛の化合形態の推定

図-5に、粒径別の鉛の化合形態の分布を示す。焼却灰は、主に炭酸塩態と5段階の抽出から得られなかった残留物で占められていることがわかる(炭酸塩態は全体の20~50%、残留物は全体の50~70%)。硫化物態(全体の3~5%)、酸化物態(1~2.5%)、イオン交換態(0.7~1%)、水溶性(0.1~0.2%)は非常に割合が低かった。粒径別に見ると、炭酸塩態、硫化物態、イオン交換態、水溶性の鉛は、粒径が小さいほど占める割合が高い。一方、酸化物態、残留物の鉛は粒径が大きいくほど割合が高い。しかし、炭酸塩態や、水溶性(図-4参照)の鉛の溶出量を見ると、75 μ m以下で再び鉛の溶出量が減少していることがわかる。焼却灰中の鉛の含有量は、粒径が小さい方が高い傾向を示したため、これは含有量に依るものではなく、微細な粒子と、より大きな粒子において、粒子の構造が異なるためではないかと推測した。例えば、微細粒子は粒子内部に細孔隙を有さず、比表面積が小さくなっている可能性が考えられる。鉛の存在形態を飛灰と比較した場合、飛灰中の鉛は、含有量の90%が炭酸塩態であり、また水溶性の鉛の割合は1~5%(焼却灰の10~50倍)であったことから、焼却灰は飛灰より鉛の除去が行いにくいことがわかる。

4. まとめ

本研究より、焼却灰中に含有される鉛の存在形態、存在部位および溶出特性について検討した。今後、比表面積、細孔分布を求め、焼却灰の溶出特性等をさらに把握するなど、有効利用が可能な焼却灰を得るための最適な条件を明らかにする予定である。

【参考文献】1)坂井り子他：逐次抽出法による焼却残渣処理物中重金属の長期的溶出挙動の把握，第19回全国都市清掃研究発表会講演論文集，pp.283-285,1998 2)高岡昌輝他：逐次抽出法による飛灰中亜鉛、鉛、銅およびカドミウムの化学形態推定，土木学会論文集，No.685/VII-20,pp.79-90,2001 3)島岡隆行他：遠心脱離法による湿潤飛灰からの重金属溶出特性に関する研究，第12回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp.857-859,2001

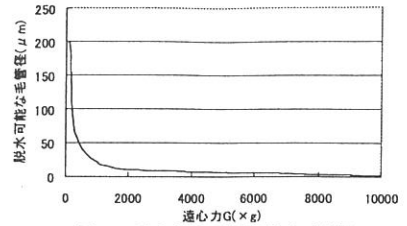


図-2 遠心力別の脱水可能な毛管径

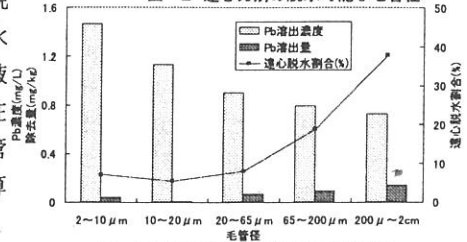


図-3 各毛管径から得られる焼却灰、溶液の割合と鉛の濃度と除去量

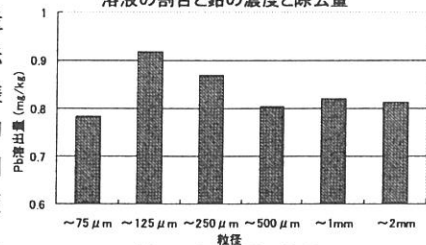


図-4 溶出試験の結果

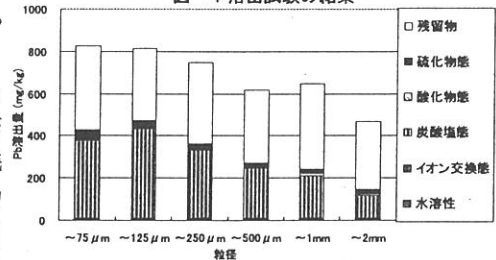


図-5 逐次抽出法の結果