

焼却灰有効利用のための炭酸化処理による鉛溶出の低減

九州大学工学部 学生会員○本幡 照文 九州大学大学院 正会員 崎田 省吾
九州大学大学院 学生会員 中野 彰子 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行

1. はじめに

近年のごみ問題を解決する手段として、3R (Reduce, Reuse, Recycle) やサーマルリサイクルなどが挙げられる。また最終処分場の残余容量の減少に伴い、焼却灰の有効利用が求められている。その場合は長期的に汚濁物質の溶出を低減させること、つまり不溶化が有効利用先での環境安全性を確保する上で極めて重要である。

本研究では、焼却灰の環境安全なりサイクルの促進を目的として、炭酸化 (Carbonation) による焼却灰中の重金属の安定化を目的に、焼却灰充填カラムを用いた炭酸ガス (CO₂ ガス) 通気実験を行い、鉛の溶出特性を検討した。さらに、炭酸化は土壌化の1つの要素であるため、焼却灰土壌化の風化指標についても考察した。

2. 試料及び実験方法

2-1. 試料

本研究では、K市都市ごみ清掃工場より排出された焼却灰のうち、10mmふるいを通過したものを試料として用いた。含有量試験、環境省告示第46号法に準拠した溶出試験 (JLT46) の結果を表-1に示す。重金属では、Pbの溶出濃度が土壌汚染に係る環境基準0.01mg/lを超過している。

2-2. 実験方法

本研究で用いた実験装置を図-1に示す。含水率を30%に調整し、十分に混合した試料100gを、内径26mm、長さ300mmのガラス製カラムに充填密度が1.0g/cm³になるように7本充填した。カラムには、表-2に示す割合で混合したCO₂-N₂混合ガスを所定の流量で通気した。

その際、実験途中における試料の含水率を一定に保つため、十分に水中ばっ気した混合ガスを通気させた。通気開始後、1, 3, 6, 9, 12, 18, 24時間後に、それぞれ1本ずつカラムを外して充填試料を取り出し、含水率の測定、および溶出試験 (JLT46) を行った。測定・分析項目は、pH、EC、ORP、アルカリ度、Ca、Na、Pb、Alである。また、Pbの溶出量に与えるpHの影響を調べるために、CO₂ガス濃度が10%の試料について同様の実験を行い、3, 15時間後の試料についてpH4, 6, 8, 10, 12でpH依存性試験を行った。さらに、炭酸化による焼却灰の風化の程度を検討するために、溶出試験後のろ過残渣について蛍光X線分析装置 (島津製作所, EDX-800) を用いて珪ばん比 (SiO₂/Al₂O₃) を測定した。

3. 実験結果及び考察

Pb溶出濃度の経時変化を図-3に示す。CO₂ガスが0%においては特に溶出濃度の減少は認められなかったのに対し、CO₂ガスを5%混合した場合は3時間後に、10%混合した場合は6時間後に、それぞれ土壌汚染に係る環境基準0.01mg/lを下回り、炭酸化によるPbの不溶化が確認された。CO₂ガス濃度が5%の方が10%よりも早く不溶化したことより、不溶化のための最適な通気濃度等の条件の存在が示唆され、今後、検討する必要がある。

実験期間中のpHの変化を図-4に、アルカリ度とpHの関係を図-5に示す。pHについてはCO₂ガス濃度5%、10%とも、時間が

表-1 焼却灰の性状

成分	含有量 (mg/kg)	溶出濃度 (mg/l)
Ca	156000	577
Na	26000	520
Pb	875	0.4
T-Cr	94	<0.05
Cd	26	<0.01
含水率	18.30%	

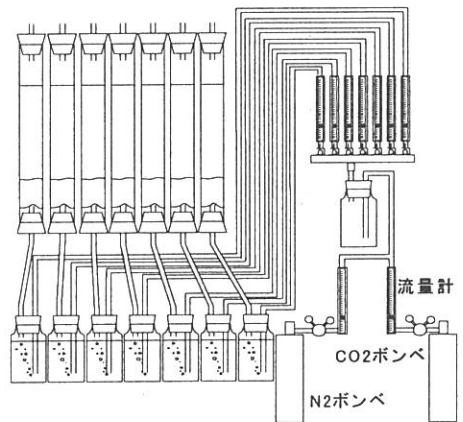


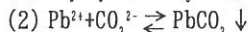
図-1 実験装置全体図

表-2 カラム1本当たりの通気量

ガス組成(%)	総通気量 (L/min)	CO ₂ ガスの通気量 (L/min)
N ₂ :100	0.7	0
N ₂ :95, CO ₂ :5	0.7	0.035
N ₂ :90, CO ₂ :10	0.7	0.07

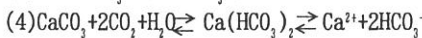
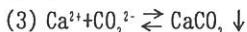
経過するにしたがって減少し、24時間後にはそれぞれ10.4、9.3となった。アルカリ度については、CO₂ガス濃度が0%の場合はpH、アルカリ度ともにほぼ一定であったのに対して、5%、10%は同じ傾向を示して減少した。

このPbの炭酸化による不溶化は、主として次のように進行しているものと考えられる。



すなわち、CO₂ガスが焼却灰粒子表面の付着水に溶解し、生成した炭酸イオンによってPbCO₃が生成し、同時にアルカリ度が消費される。

ここで、焼却からの主たる陽性イオンであるCaの溶出濃度の経時変化を図-6に示す。CO₂ガスが0%の場合はほぼ一定であったのに対し、5%、10%では、実験期間中増加を続けた。この現象は、以下のように推測できる。



すなわち、実験開始初期のCa溶出濃度の減少は、Ca²⁺と(1)より生じた炭酸イオンとのCaCO₃の生成によるためと考えられる。CaCO₃は難溶解性であるが、(4)より、過剰のCO₂ガスによって重炭酸カルシウム

が生成し、再溶解する。したがって、一度減少したCa溶出濃度が、再び増加しはじめたものと考えられる。

次に、実験開始後15時間後の試料について行ったpH依存性試験結果を図-7に示す。このグラフではpH6を除いて、各pHで溶出量が減少していた。よってpH以外の要因による不溶化の可能性が示唆された。

最後に、CO₂濃度10%のろ過残渣について、風化指標の1つである珪ばん比(SiO₂/Al₂O₃)と経過時間の関係を図-8に示す。図より、CO₂ガスの通気による珪ばん比の大きな変化は認められなかった。よって、今回はSiやAlは現象に関係ない事が推測される。

4. まとめ

本研究によって、焼却灰についてもCO₂ガスの通気によってPb溶出濃度が大幅に減少することが示された。今後は、不溶化に関与すると思われる他の元素の収支を正確に把握し、X線回折などを用いて化合物の変化を確認する予定である。

【参考文献】

- 1) Takayuki Shimaoka et al.: Mechanisms for the aging-induced reduction of lead solubility in scrubber residues from municipal solid waste combustion, Waste Management & Research, 20, pp.90-98, 2002
- 2) 大羽裕、永塚鎮男: 土壌生成分類学、養賢堂、1988

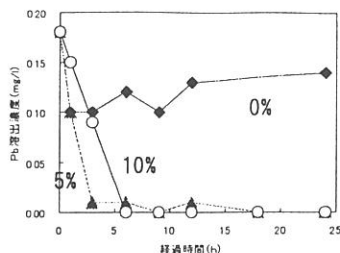


図-3 Pb溶出濃度の経時変化

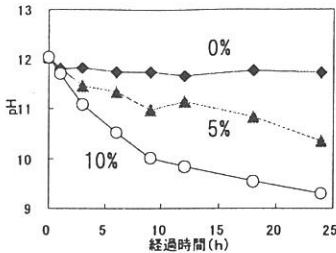


図-4 pHの経時変化

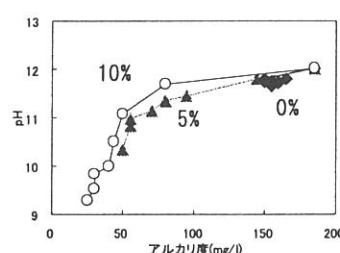


図-5 アルカリ度とpHの関係

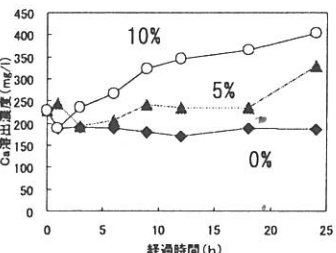


図-6 Ca溶出濃度の経時変化

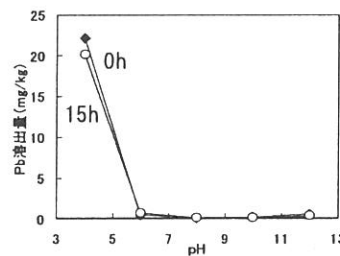


図-7 pH依存性試験結果 (CO₂: 10%)

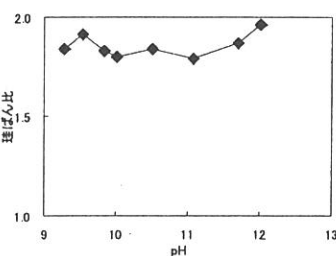


図-8 珪ばん比と経過時間 (CO₂: 10%)