

焼却灰の炭酸化処理に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員

同 上 正会員

○李 政準

崎田 省吾 島岡 隆行

1. はじめに

平成 12 年 6 月に制定された循環型社会形成推進基本法では、マテリアルリサイクルの促進を大きな柱の 1 つとして掲げており、その実現をめざし、各方面で様々な取り組みがなされつつある。しかし一方で、一般廃棄物の最終処分量は約 1,051 万トン（平成 12 年度実績）にのぼり、最終処分場の残余容量不足はより深刻さを増している。埋立廃棄物の約半分を占める一般廃棄物焼却灰を循環資源として有効利用することは、循環型社会の実現にとって不可欠であり、早急な対策が社会から要請されている。本研究では、焼却灰の環境安全な有効利用を目的とし、焼却灰の炭酸化処理による鉛の不溶化促進のための炭酸ガスの最大に吸収されるための条件と鉛の溶出特性を検討した。

2. 焼却灰充填カラムによる炭酸ガス通気実験

2.1 試料 本研究では、都市ごみ焼却工場から排出された焼却灰のうち、13mm ふるいを通過したものを試料として用いた。試料の成分試験、および溶出試験（JLT46）結果を表-1 に示す。Pb については、土壌環境基準（<0.01）を満足していなかった。

2.2 実験方法

本研究で用いた実験装置を図-1 に示す。まず、焼却灰を絶乾(110℃)させ、所定の含水率¹⁾に調整した後、十分に混合して、内径 26mm、長さ 300mm のガラス製カラムに乾燥質量で 75g 充填し、2 本を直列につなげた。そこに、所定の炭酸ガス濃度（清掃工場の実排ガス中の炭酸ガス濃度である 6～10%）となるように窒素ガスで調整した混合ガスを通気した。含水率、通気ガス中の炭酸ガス濃度、および通気流量等の実験条件を表-2 に示す。表中で、炭酸ガス流入量に対し Run1 では 0.21～0.26mmol-CO₂/g-dry ash・hr で、Run2 では 0.53～0.90mmol-CO₂/g-dry ash・hr で、Run3 では 0.37mmol-CO₂/g-dry ash・hr でカラムへ通気させたものである。このような流量は清野ら²⁾の 1.79 mmol-CO₂/g-dry ash・hr より少ないが、宮脇ら³⁾の 0.03 mmol-CO₂/g-dry ash・hr より高い流量である。通気開始後、経時的に流入部と流出部からガスをサンプリングしてガスクロマトグラフ（GC-8A, (株)島津製作所製）を用いて炭酸ガス濃度を測定した。また、所定の時間経過後、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、P-アルカリ度、Na、Al、K、Ca、Pb、Cd である。Run1 は、実験開始から約 8.6 時間後にカラム流出部における炭酸ガス濃度が流入部濃度と等しくなった後も、その倍の時間（15 時間）通気し続けた。一方、Run2 では、カラム流出部における炭酸ガス濃度が流入部濃度と等しくなったら（約 2.0～2.3 時間後）速やかにカラム内部の試料を取り出し、溶出試験を行った。

表-1 試料の成分試験および
溶出試験結果

元素	成分試験 (mg/kg)	溶出試験 (mg/L)
pH	—	12.6
Na	11700	181
Al	59500	0.950
K	92500	92.9
Ca	218000	712
Cd	11	<0.01
Pb	455	0.22

表-2 実験条件

Run	No.	含水率 (%)	流量 (mL/min)	流入 CO ₂ 濃度 (%)	CO ₂ 流入量*
1	(a)	7.5	116	12.0	0.23
	(b)	18.8	113		0.22
	(c)	26.7	103		0.21
	(d)	28.5	130		0.26
2	(a)	0.0	430	11.3	0.81
	(b)	5.8	480		0.90
	(c)	11.8	283		0.53
	(d)	16.1	399		0.75
3		17.8	361	6.2	0.37

* : (mmol-CO₂/g-dry ash・hr)

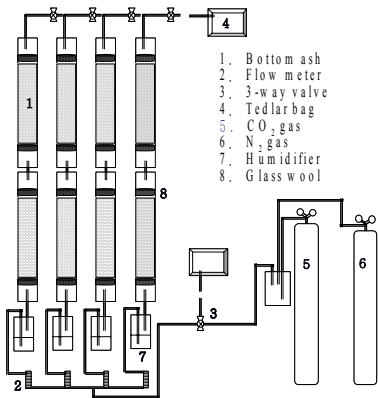


図-1 炭酸ガス吸収装置図

[キーワード] 焼却灰，炭酸化，鉛，不溶化，含水率

[連絡先] 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学大学院工学研究院附属環境システム科学研究センター
TEL：092-642-4092，FAX：092-642-3848，E-Mail：lee@ies.kyushu-u.ac.jp

3. 結果および考察

3.1 炭酸ガス吸収速度に及ぼす含水率、流量の影響

炭酸ガス吸収速度は、カラム流入部と流出部の炭酸ガス濃度経時変化から焼却灰の炭酸ガス吸収量を差分的に算出し、実験開始から炭酸ガス吸収終了時までの時間で除すことによって算出した。図-2には、炭酸ガス吸収速度と含水率の関係を示す。Run1では含水率が高くなるにつれて炭酸ガス吸収速度が低下することが分かる。これは、焼却灰による炭酸ガス吸収は、まず、焼却灰粒子表面の水分に炭酸ガスが溶解し、その後、粒子表面に存在する物質が炭酸化されることによると考えられる。したがって、含水率が高くなるほど焼却灰表面の水分によって形成される水膜厚が厚くなり、その結果、焼却灰による炭酸ガス吸収が妨げられたと考えられる。また、Run2においても同様の傾向が認められたが、含水率0%では炭酸ガス吸収速度が小さくなったため、炭酸化に影響を与える最適な含水率は、Run2の場合、約5%前後であったと推測される。

また、Run1とRun2の結果を比較すると、最大炭酸ガス吸収量で約2倍程度、Run2の方が大きくなっていった。このことより、炭酸ガス吸収に影響を与える要因として、含水率に加え、炭酸ガス通気流量も関与していると考えられる。含水率のほぼ等しいRun1(b)、Run2(d)、Run3の炭酸ガス吸収速度と通気流量の関係を図-3に示す。通気流量が増加するほど炭酸ガス吸収速度も増加していることが分かる。なお、各Runにおける最大吸収速度は0.16～0.19mmol-CO₂/g-dry ash・hrの範囲であった。

3.2 炭酸化における鉛溶出濃度と炭酸ガス吸収量の関係

それぞれの結果を比較すると、低炭酸ガス流量で約15時間かけたRun1では土壌環境基準を満足したが、高流量で約2.5時間通気したRun2では、鉛溶出濃度が土壌環境基準を下回ることはなかった。

このことを確認するために、Run3では、全体で7時間の通気時間中、炭酸ガス吸収がまだ終わってない1.1時間後、吸収がほぼ終了した3時間後、さらに4時間通気し続けた3つの試料について、溶出試験(JLT46)を行った。図-4に、PbおよびP-アルカリ度と通気時間の関係を示す。炭酸ガスの吸収がほぼ終了した3時間経過以降も、アルカリ度、Pb溶出濃度は低下し続けた。また、pHも7.0時間後に9.63まで下がった。したがって、炭酸ガスの吸収によって、水溶性鉛が直ちに炭酸化されて不溶化するというよりはむしろ、それらの間にはある程度の時間遅れが生じる、すなわち、炭酸ガス吸収に加え、その後の不溶化反応が別に生じていることが示唆された。

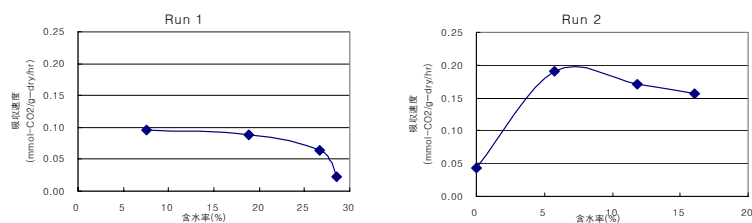


図-2 炭酸ガス吸収速度に及ぼす含水率の影響

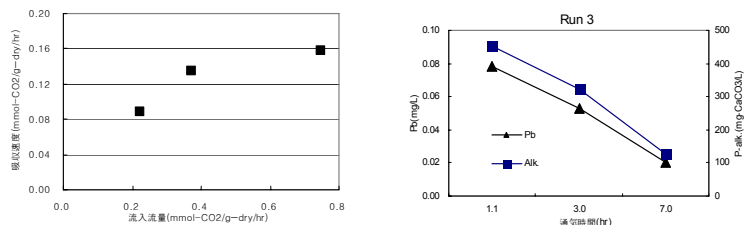


図-3 流入流量における吸収速度

図-4 溶出濃度と通気時間との関係

4. まとめ

本研究より得られた結論を以下に示す。(1) 焼却灰による炭酸ガス吸収には最適な含水率が存在することが示唆された。本研究の場合、約10%前後であった。(2) 炭酸ガス吸収に影響を与える要因として、含水率に加え、炭酸ガス通気流量も関与していると考えられる。(3) 炭酸ガスの吸収によって、水溶性鉛が直ちに炭酸化して不溶化するというよりはむしろ、ある程度の時間遅れが生じることが示唆された。今後は、炭酸ガス吸収と鉛の不溶化に時間のずれが生じる原因を解明し、実用化への基礎データとする予定である。

【参考文献】1) 野馬幸生ら：高アルカリ飛灰の炭酸化と処理飛灰の溶出特性，廃棄物学会論文誌，Vol. 8，NO. 4，pp. 129-137，(1997)。

2) 清野 昭則ら：炭酸ガス中和前処理における焼却灰からの重金属溶出抑制に関する研究，第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集，pp 497-499，(1999)。

3) 宮脇健太郎ら：炭酸ガス吸収による焼却灰埋立層浸出液 pH の低下に関する研究，環境工学研究論文集，第32巻，pp. 417-423，(1995)。