

京都大学工学部 学生員 吉川 克彦
京都大学工学部 正 員 寺島 泰
京都大学工学部 正 員 浦辺 真郎

1. はじめに

現在、都市ごみの全国発生量は日量約10万トン弱に達しており、このうち約65%が焼却処理されている。焼却処理は短時間に安定化、減容化が可能であるという点で有効であり、全国的にこの方向に進んでいるが、多様な廃棄物の燃焼に伴う排ガス中の NO_x 、塩化水素、重金属、その他多くの化学物質の除去、発生制御、環境影響の解明などの問題がなお、検討課題として指摘されている。

本研究では特に重金属に注目し、都市ごみ焼却過程における重金属の挙動を把握して、発生制御、除去等における基礎的知見を得ることを目的に、以下の室内実験を行なった。

2. 実験及び結果

2-1 実験方法

試料に都市ごみの主成分である紙、厨芥、プラスチック（各200℃1時間熱分解を行なって減量し、微粉細したもの、含有重金属量は表-1に示す）を用い、図-1に示す電気炉（長430mm、径260mm、石英管長650mm、 $\phi 43mm$ ）で、ガス流量を0.5 ℓ/min に固定し、温度、加熱時間、雰囲気等の諸条件を変えて処理を行なった。処理前と処理後の試料中の重金属量を測定（JISK0097硝酸法）し、次式によって揮散率を算定した。

$$\text{揮散率}(\%) = 100 - \frac{\text{処理後の試料中重金属量}(\mu g)}{\text{処理前の試料中重金属量}(\mu g)} \times 100$$

2-2 実験結果と考察

i) 加熱時間の影響； air 雰囲気下において見ると、概ね時間経過とともに揮散率は上昇している（図-2）が、800℃では10分、600℃では20分の付近で揮散率が低下している例がいくつか見られる。この原因としては、何らかの物理的、化学的重金属再沈着反応が起っているものと考えられる。

表-1 試料中重金属量 (μg /試料 g)

試料	Cd	Pb	Zn	Cu	Mn
紙	0.742	29.8	327.8	100.8	137.5
厨 芥	1.199	20.9	196.2	32.5	153.4
プラスチック	0.502	7.98	43.6	32.5	16.4

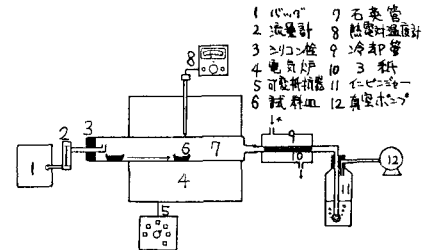


図-1 実験装置図

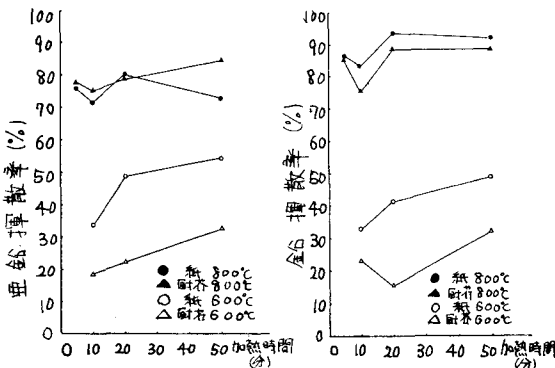


図-2 加熱時間と重金属揮散率

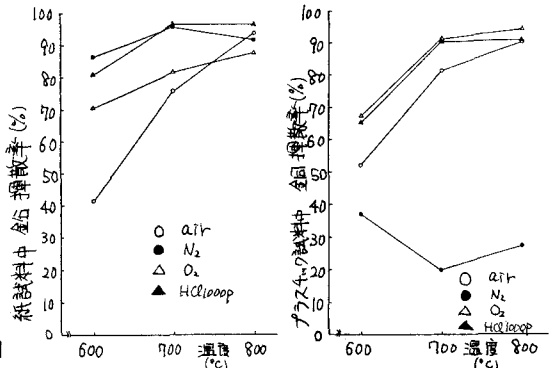


図-3 雰囲気気体と重金属揮散率

ii) 雰囲気気体の影響; 雰囲気気体はair, O_2 , N_2 , HCL/1000ppmを含むair(以下HCL/1000P)の4種類取り上げた。airは通常の焼却炉、 N_2 は熱分解炉、HCL/1000Pは都市ごみ中にPVCが含まれる場合の焼却炉、それぞれにおける重金属揮散の状態を調べるためのものである。

3種の試料につき5種類の重金属揮散率を比較(図-3), 検討すると、 N_2 雰囲気下ではair雰囲気下と比べて概して高い値を示したが、特に亜鉛の揮散率が高く、銅のそれは逆に低いという顕著な傾向が見られる。HCL/1000Pの揮散率は全般的に高くなっており、air, O_2 各雰囲気下の揮散率は、よく似た傾向にある。

N_2 , HCL/1000P各雰囲気下では、重金属はそれぞれ単体、塩化物として揮散する割合が高くなると推定される。このこと、亜鉛単体の融点が低く(420℃)、銅単体の融点が高い(1083℃)ことから、 N_2 雰囲気下での亜鉛の揮散率が高く、銅の揮散率が低いことが説明される。また、各重金属の塩化物の融点が低い(320℃~650℃)ことにより、HCL/1000P雰囲気下での各重金属の揮散率が高くなったと考えられる。

iii) 温度と残存率の回帰式; 試料別に、各実験温度と重金属残存率との関係を最小2乗法により回帰直線として求め図-4に示す。これら回帰直線の相関係数は0.7~0.8以上であり、厨芥についてはいずれも0.9以上の高い相関を示した。これによると、紙-プラスチック-厨芥の順に含有金属は揮散しやすいと言える。

また、横軸に重金属化合物の融点、沸点を付記したが、酸化物よりも塩化物、単体の融点、沸点が低くなっていることがわかる。

iv) 焼却処理と熱分解処理の比較; 熱分解炉の炉温を600℃、焼却炉のそれを800℃と仮定して、600℃ N_2 雰囲気と800℃air雰囲気で重金属揮散状況を比較した。(図-5; 800℃ N_2 雰囲気下の結果も比較のため付加。) これによると、厨芥におけるCdを除けば、600℃ N_2 雰囲気下における重金属揮散率が低くなっている。従って、公害防止の観点からすると、熱分解処理が有利であると結論される。

2-3 結論

以上の実験結果の結論は以下の通りである。

a, 温度が高いほど、また加熱時間が長いほど重金属揮散率は高くなる。ただし、時間経過途中で一時、揮散率が低下するものも見られる。 b, 銅を除く各重金属はair雰囲気下よりも N_2 雰囲気下での揮散率が高くなる。銅では逆の傾向がある。 c, HCL/1000P雰囲気下では、各重金属とも揮散率が高くなる傾向がある。 d, 都市ごみ構成成分の紙、プラスチック、厨芥中の重金属は記載の順で揮散しやすい。 e, 上記b, c, dの起因するところは、重金属の化合物形態とその融点の違いであると推測される。 f, 試料別の温度と重金属残存率の回帰式はその相関係数からみてかなり信頼できるものである。 g, 600℃熱分解処理と800℃焼却処理とを比較した場合、前者の方が重金属揮散率を低く抑えることができる。

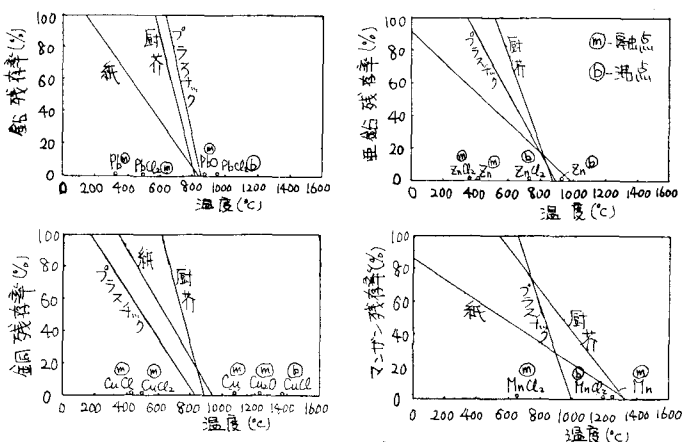


図-4 温度と重金属残存率との回帰直線

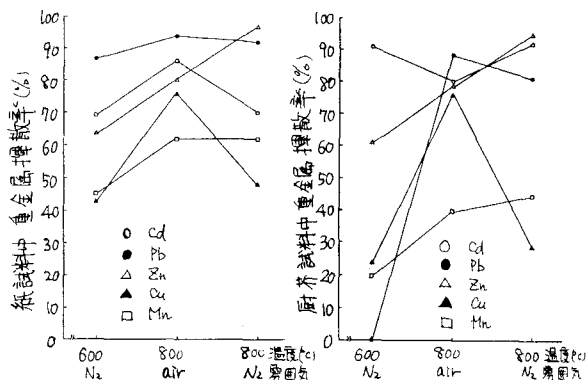


図-5 焼却法と熱分解法との比較