

「都市ごみ焼却残渣における重金属類の化合物形態と  
無害化・資源化に関する研究」論文要旨

京都大学大学院工学研究科都市環境工学博士後期課程

山本 浩

本論文は、今まで明らかになっていなかった都市ごみ焼却残渣中の重金属類の化合物形態の明確化、無害化処理前後における重金属類の溶出量と化合物形態変化の関係の明確化をめざし、加えて都市ごみ焼却プロセス単独における重金属類の回収方法を新規に提案することを目的とした研究であり、5章からなっている。

第1章では、本研究の背景、ごみ焼却残渣の定義・性状について述べ、本研究の目的と構成を記述した。

第2章では、今まで明らかになっていなかったストーカ式都市ごみ焼却炉から排出される焼却残渣中のPbの化合物形態を、X線吸収微細構造（XAFS）法を用いて明らかにした。ここでは、平衡計算と試薬実験にて焼却炉内で起こりうる反応を想定し、XAFS測定・解析に反映することを試みた。焼却灰含有のPbはPb<sup>(II)</sup>の酸化物形態を主とするが、PbO等の単純酸化物ではなく、非晶質の複合酸化物PbSiO<sub>3</sub>を主に含むことがわかった。また、ボイラ灰、減温塔灰、焼却飛灰の一部も同様に非晶質のPbSiO<sub>3</sub>を含むが、採取時期の違いにより、焼却飛灰は塩化物の単一相となる場合があることを示した。

第3章では、焼却飛灰の無害化方法の一つである液体キレート剤との混練処理において、鉛キレート錯体生成の検証をXAFS法にて行った。液体キレート剤と焼却飛灰の混練処理から鉛キレート錯体が生成することを検証した。また、異なる化合物形態であるPbを含む焼却飛灰でも、液体キレート剤との混練処理によりほぼ同一の鉛キレート錯体が生成することを検証した。

また、焼却、熔融飛灰の加熱処理におけるPb,Cuの溶出挙動と化合物形態を検討した。攪拌流動層加熱飛灰では、Pb,Cu溶出量に大きな影響を与える溶出液pHが12以上と原灰と同等であっても、原灰に比して溶出率が低下した。XAFS法を用いた化合物形態解析により、攪拌流動層加熱飛灰では難溶性の酸化物形態に変化したことを明らかにした。るつぼ加熱処理では、溶出液pHが低下すると原灰に比してPb溶出率が低下したが、溶出液pHが原灰と同等では溶出率は原灰に比して増大する場合があります、その化合物には易溶性の塩化物が一部存在することを示した。以

上の取り組みにより、溶出液pHに依存しない本質的な無害化処理の確立のためには、化合物形態を難溶性化合物へ変化させる処理条件の確立が必要であることを示した。

第4章では、ストーカ式都市ごみ焼却炉から排出される焼却残渣中の重金属類を直接回収・資源化する新しい方法について検討した。火格子下に落下する落じん灰のCu,Zn,Pb含有量は他の焼却残渣と比較して10～100倍以上高いことを明らかにした。火格子気孔率と落じん灰中Cu,Zn,Pb含有量に相関がみられ、火格子気孔率が2～5%の焼却炉にて落じん灰のCu,Zn,Pb含有量が数～10数%であることがわかった。また、落じん灰に含まれる貴金属類Au,Ag含有量は、鉱石と同等以上の品位を有することを明らかにした。通常、落じん灰は焼却灰等と混合されて埋立処分されているが、落じん灰を別途分離回収する簡便なプロセスを追加して回収物を山元還元することにより、焼却プロセス単独にて有償で焼却残渣を資源化できる可能性を示すことができた。XAFS法による落じん灰の化合物形態解析の結果、乾燥帯、燃焼帯から発生した落じん灰中のCu,Zn,Pbは主として金属形態であり、後燃焼帯から発生した落じん灰では金属と酸化物の混合物であることが判明した。第2章では酸化物・塩化物以外の化合物形態を有する焼却残渣は確認されていないことから、ストーカ式焼却炉内における重金属類の酸化還元挙動について新たな知見を見いだすことができた。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の焼却残渣処理技術開発の進むべき方向性を提案し、本論文の統括としている。