

## 都市ごみ焼却灰からの有用金属の回収

飯野成憲・辰市祐久・小泉裕靖・寺嶋有史・荒井康裕\*

(\*首都大学東京大学院)

\*\*\*\*\*

【要約】清掃工場から排出される、有用金属濃度が高いとされる落じん灰等を粒径別に分離し、元素含有量の違いを調査した。その結果、焼却が進むにつれ揮発する等、焼却過程における元素含有量の違いが確認された。また、元素により、最も濃度が高くなる粒径も異なっていた。現在は多くの清掃工場で落じん灰は焼却主灰と混合され、一部ではセメント原料化が行われているが、これを分離し、かつ、粒径の小さい粒子を選択的に回収することで、Au、Ag、Pd、Cuといった有用金属の他、Cl、Pb、Hg等のセメント原料として不要な元素も回収することが出来る。

\*\*\*\*\*

### 【目的】

家庭等から排出される可燃ごみを焼却する施設として、ストーカー（火格子）式と呼ばれる焼却炉が多く採用されている。可燃ごみはストーカーの乾燥帯、燃焼帯、後燃焼帯を経て大部分が焼却主灰として排出されるが、一部はストーカーの隙間から落下する（図1）。この落下した灰は落じん灰と呼ばれ、焼却主灰と比較してAu、Ag、Cu、Pb、Zn等の有用金属の濃度が高いことが知られている。焼却主灰はセメント資源として有効利用され始めているが、Clや金属含有量が多いとセメント工場の受入量は制限される。産業界における金属資源の選別工程では、粒子の大きさにより分離されることが一般的である。ここでは、焼却主灰からの金属の分離によりセメント資源としての活用や、金属資源のリサイクルを促進するため、焼却灰の粒径による元素含有量の違いについて調査した。

### 【方法】

都内清掃工場から採取した落じん灰、焼却主灰を乾燥後、<0.5mm、0.5-2.0mm、2.0-4.75mm、4.75-9.5mm、>9.5mmの5粒径に篩分け、重量を測定した。釘や石等の破砕が困難な物を分離後、再度重量を測定し、ICP質量分析装置、ICP発光分光分析装置及び蛍光X線分析装置により定量した。なお、Hgのみ底質調査方法により定量した。

### 【結果の概要】

（1）採取箇所の違いによる元素濃度の比較 乾燥帯、燃焼帯、後燃焼帯、及び焼却主灰に含まれる元素濃度を比較したところ、いずれの粒径においても、採取箇所による差は最大で10倍程度であった。落じん灰と焼却主灰を比較すると、Pb、Zn、Sb、Cd等、特に塩化物として比較的沸点の元素は落じん灰に比べて焼却主灰中の濃度が低く、燃焼が進むにつれ揮発しているものと考えられた。また、Pb、Cd、Bi等の低融点の元素は、乾燥帯、燃焼帯、後燃焼帯の順に濃度が低下する傾向が見られ、比較的低温の乾燥帯において融解することで火格子間隙から落下しているものと考えられた。図2より、HgはA工場の集合落じん灰で比較的高濃度であったものの、焼却主灰ではほとんど検出されず、焼却炉の後段の集じん器に移行しているものと考えられた。

（2）粒径の違いによる落じん灰及び焼却主灰の元素濃度の比較 多くの元素において、粒径により濃度が変化し、また、濃度が最も高くなる粒径は、元素の種類により異なっていた。粒径による濃度変化が見られた元素のうち、Alは>9.5mm（図3）、Feは2.0-4.75mm（図4）、Cuは0.5-2.0mm（図5）、Clは<0.5mm（図6）においてそれぞれ最も濃度が高い傾向があった。<0.5mmでは他にCaやSbの濃度が高かった。定量値のばらつきが大きかったものの、0.5-2.0mmではCu以外にB工場の後燃焼帯落じん灰のAu（図7）、Pd、Ag等の貴金属、及びA工場の集合落じん灰のHg（図2）の濃度が比較的高かった。全体として、融点の低い金属では小粒径側、高い金属では大粒径側で最も濃度が高くなった。ただし、Alは融点が低いが大粒径側で濃度が高かった。これは、火格子上で融解して落下したAl粒子が凝集して固結したためと考えられた。元素により濃度分布が異なる原因は、本調査のみでは明らかではないが、酸化還元雰囲気による金属の形態変化や、展延性、粒子表面における化学反応の影響等が考えられる。

（3）焼却灰の処理に関する提案 現在は多くの清掃工場で落じん灰は焼却主灰と混合され埋立処分が行われているが、これを分離し、かつ、粒径の小さい粒子を選択的に回収することで、Au、Ag、Pd、Cuといった有用金属の他、Cl、Pb、Hg等のセメント原料として不要な元素を回収することが出来る。

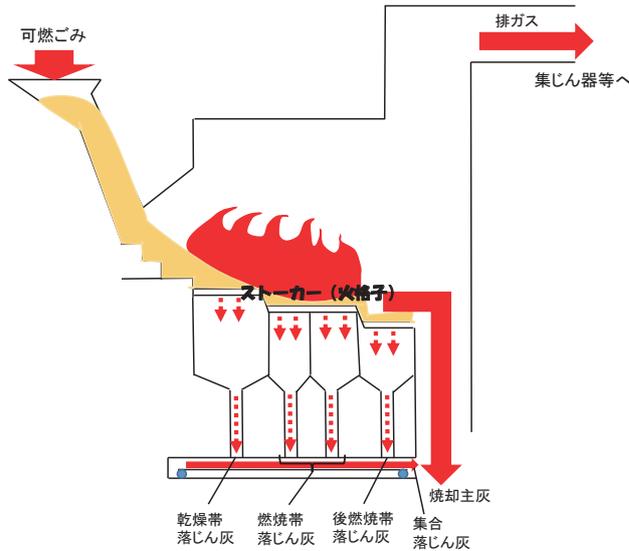


図1 可燃ごみの流れ

- ・可燃ごみは焼却炉に入ると、ストーカー（火格子）上の乾燥帯・燃焼帯・後燃焼帯を通過して、焼却主灰となる。
- ・可燃ごみの一部はストーカーのわずかな隙間から落下する。これを落じん灰と呼んでいる。
- ・乾燥帯・燃焼帯・後燃焼帯のストーカーから落下した落じん灰は、ベルトコンベアーで運ばれる。これらが集まったものを「集合落じん灰」と呼ぶこととする。
- ・集合落じん灰は焼却主灰と一緒に排出される。

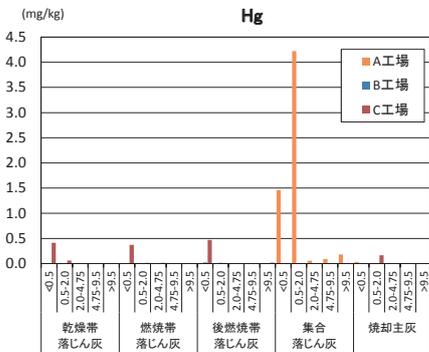


図2 Hgの挙動

- ・集合落じん灰が高濃度
- ・0.5-2.0mmが高濃度

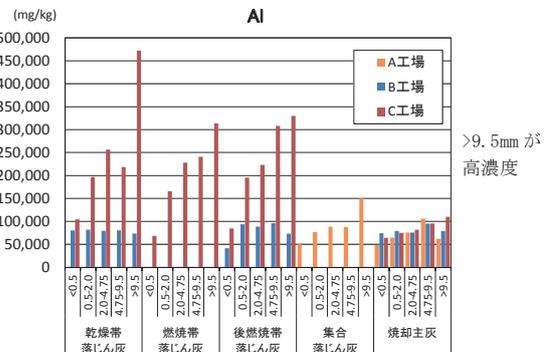


図3 Alの挙動

- ・>9.5mmが高濃度

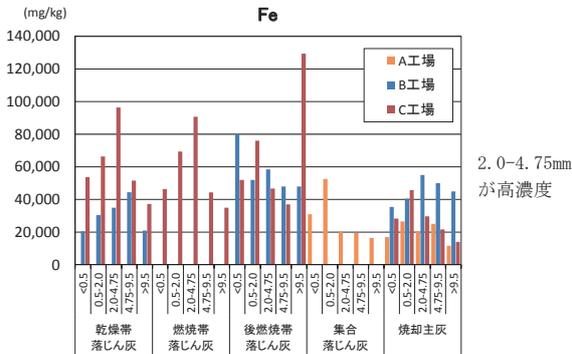


図4 Feの挙動

- ・2.0-4.75mmが高濃度

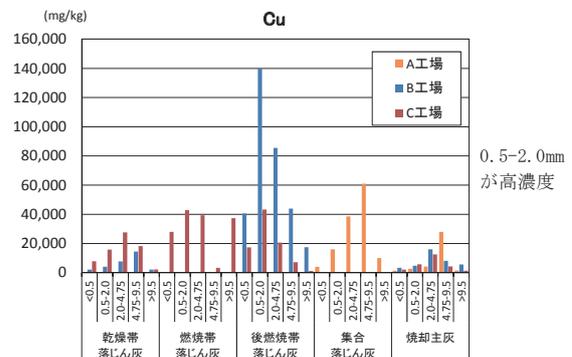


図5 Cuの挙動

- ・0.5-2.0mmが高濃度

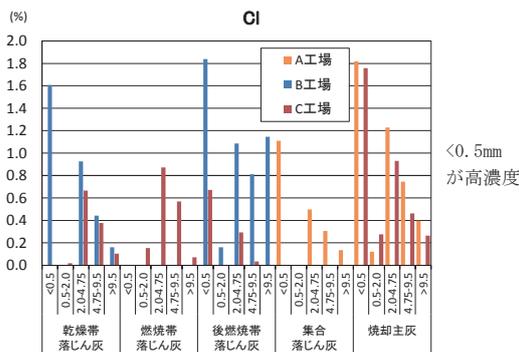


図6 Clの挙動

- ・<0.5mmが高濃度

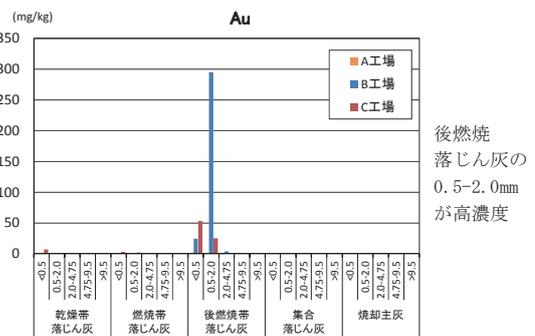


図7 Auの挙動

- ・後燃焼落じん灰の0.5-2.0mmが高濃度