

金属及びレアメタル回収の観点からの分級された一般廃棄物焼却灰の物理化学的特性

九州大学工学部 学生会員 ○田中 龍吾
九州大学大学院 正会員 Amirhomayoun Saffarzadeh
〃 フェロー会員 島岡 隆行

1. はじめに

我が国における年間の一般廃棄物の発生量は 3500 万トンにもおよび、そのうち約 75%は全国 1200 を超える焼却施設で処理されている。焼却処理後に焼却灰と飛灰が発生する。焼却灰には主に鉱物やガラスなどの不燃性物質、銅や亜鉛などの卑金属、金や銀などの貴金属が含まれる。これらを回収し、再利用することができると、本来処分されるだけの焼却灰に経済的価値を生み、環境への負担を軽減することができる。しかしながら、焼却灰の詳細な特性や金属分布の関係性についてまだ解明されていない部分が多く存在している。本研究では焼却灰からの金属回収に着目し、ふるい分けされた各粒径区分に対し、蛍光 X 線分析や走査電子顕微鏡による観察を行うことで、様々な相を特定し、各粒径区分における焼却灰の物理的、化学的特性を把握することを目指した。

2. 研究手法

2-1. 実験試料

表 1 に試料の一覧と各試料の粒径区分別乾燥質量割合を示す。二つの工場（Y 工場、K 工場と称す）で発生した主灰（焼却灰のうち燃焼の最終段階で生成されるもの）、落じん灰（焼却灰のうち燃焼の初期～中期段階でストーカーの隙間から落下するもの）を用いた（図 1 参照）。

2-2. 分析方法

試料から不燃物(金属、ガラス、岩石など)を除去し、4mm, 2mm, 1mm, 0.5mm のふるいを用いて 5 つの粒径区分に分け、それぞれに対して、以下の分析を行った。

- ・ 蛍光 X 線分析 (XRF)
- ・ 走査電子顕微鏡 (SEM)
- ・ エネルギー分散型 X 線分光分析 (EDX)

XRF により元素含有率、SEM-EDX により金属の存在形態を分析した。

3. 結果および考察

1) 主灰と落じん灰の元素含有率の比較

主灰と落じん灰の両者を得ることができた K 工場の試料において、図 2 および図 3 にそれぞれ落じん灰 (K-A) および主灰 (K-B) の元素含有率を示す。落じん灰に鉛、亜鉛が特に多く含まれる理由として、低融点であるため、燃焼の比較的初期段階で融解し、火格子の隙間から落下したこと¹⁾が考えられる。落じん灰(K-A)において本来融点の低いアルミニウムの濃度が低いのは、融点の高い酸化アルミニウムとして存在していることが原因と考えられる。

2) 粒径の違いによる元素濃度の比較

飯野¹⁾は、融点の低い金属は小粒径側、融点の高い金属は大粒径側で最も元素含有率が高くなることを示したが、本研究では元素による同様の規則性は見られなかった。現時点でこのような結果になった原因を明らかにすることはできていないが、酸化還元雰囲気による金属の形態変化や、展延性、粒子表面の化学反応の影響などが考えられる。

3) 金属の回収可能性について

表 1 試料一覧

Y「Y工場 主灰」					
サンプル名	4mm～	2mm～4mm	1mm～2mm	0.5mm～1mm	～0.5mm
各粒径区分の割合(%)	13.87	19.19	21.14	19.5	31.91
K-A「K工場 落じん灰」					
サンプル名	4mm～	2mm～4mm	1mm～2mm	0.5mm～1mm	～0.5mm
各粒径区分の割合(%)	11.94	33.95	26.32	14.16	13.64
K-B「K工場 主灰」					
サンプル名	4mm～	2mm～4mm	1mm～2mm	0.5mm～1mm	～0.5mm
各粒径区分の割合(%)	53.44	13.26	10.36	7.88	15.06

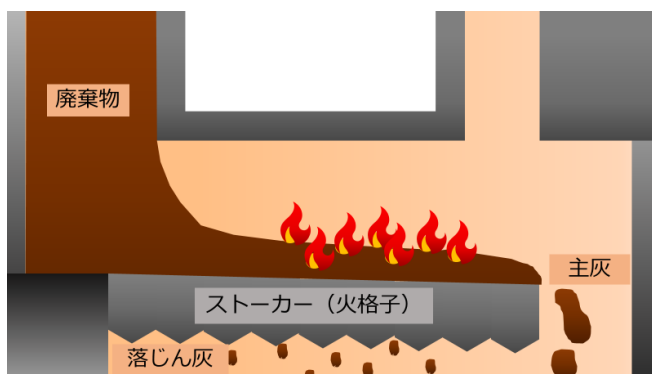


図 1 焼却炉における主灰と落じん灰

以上の分析で検出された亜鉛、鉛、銅は 1 kg あたり 377 円, 265 円, 1109 円(2021 年 12 月 27 日現在)²⁾と、比較的安価であるため、回収効率を高めるには絶対量の確保が重要となる。

図 5 に亜鉛、鉛、銅の落じん灰、主灰中の含有率を示した。落じん灰と主灰の発生質量比は約 1:8 であることから、含有率比(落じん灰における含有率を主灰における含有率で除したもの)が約 56 である鉛は、焼却灰全体含有量の約 88%が落じん灰に集中しているということになるので、落じん灰からのみ回収することで効率を高められると考えられる。対して、亜鉛、銅の含有率比は 8 を下回っており、それぞれ焼却灰全体含有量の 25%、19%程度にとどまっているため落じん灰から優先的に回収しつつも、量を確保するため、焼却灰からも回収するのがよいと考えられる。

4) SEM-EDX による金属の化合形態の把握

図 4 に Y 工場の主灰の粒子を対象に行なった SEM-EDX データを示す。ここでは銅が多く見られた箇所を示す。銅は鉄との合金や、ケイ素との化合物や、硫黄との化合物の形態で存在していることがわかる。今後、SEM-EDX による金属の化合形態の分析を進め、金属の回収手法の検討を行なう予定である。

4. まとめ

落じん灰は主灰に比べて鉛、亜鉛および銅の含有率が高く、これら三元素の金属の回収にあたって落じん灰を分離回収することがよいと考えられた。しかし、落じん灰の発生割合が少ないことを踏まえると、鉛の回収は分離回収された落じん灰から、亜鉛および銅の回収は落じん灰を分離回収せずに焼却灰(落じん灰および主灰)から行なうことにより採算性が高くなると考えられた。

今後の課題としては、より多くのサンプルの分析、回収手法の検討、回収事業の経済性についての検討などが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 飯野成憲：都市ごみ焼却灰からの有用金属の回収, 東京都環境科学研究所年報, 2016
- 2) 世界経済のネタ帳：金属価格,
<https://ecodb.net/commodity/metal/> (2022 年 12 月 27 日閲覧)

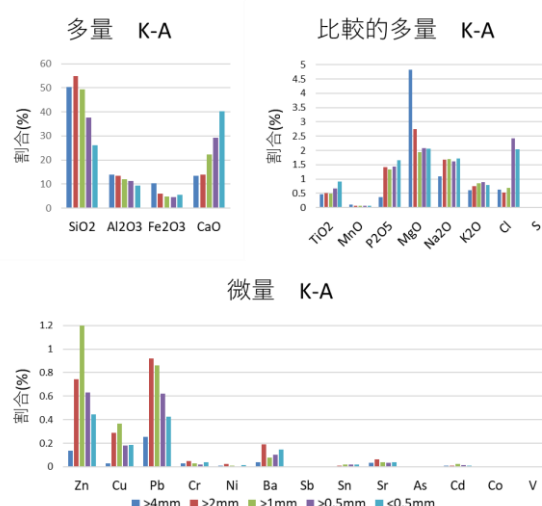


図 2 落じん灰 KK-A の元素含有率

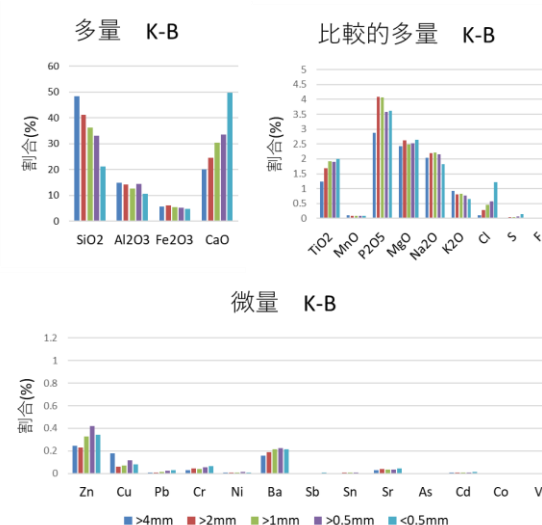


図 3 主灰 K-B の元素含有率

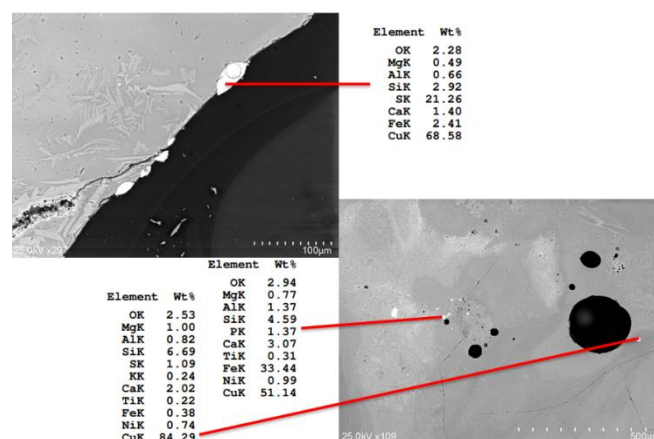


図 4 焼却灰 YS SEM-EDX データ

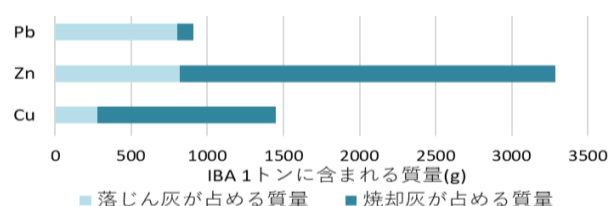


図 5 K 工場の焼却灰 1 トン当たりの含有量