

一般廃棄物焼却灰からの金属回収のための粒径別特性の把握と回収手法の検討

九州大学 学生会員 ○田中 龍吾、Amirhomayoun Saffarzadeh、フェロ-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 4200 万トンにもおよび、そのうち約 8 割は全国 1200 を超える焼却施設で処理され、焼却灰と飛灰を生ずる。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、分級された焼却灰の各粒径区分に対し、蛍光 X 線分析を行ない元素組成を把握するとともに、複数の溶媒を用いた金属抽出実験を行ない金属回収手法について検討した。

2. 研究手法

2-1. 実験試料

K 工場、S 工場の二つの清掃工場（どちらも焼却炉はストーカ式）で発生した焼却灰を試料とした。焼却灰には落じん灰（焼却灰のうち燃焼の初期～中期段階でストーカの隙間から落下するもの）と主灰（焼却灰のうち燃焼の最終段階で生成されるもの）があり、両者を分けて試料とした。図 1 にストーカ炉における落じん灰と主灰の別を示す。

2-2. 試料の分級および元素含有率分析

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、それぞれに対して蛍光 X 線分析 (XRF) を行ない、元素含有率を把握した。

2-3. 金属抽出実験

特開 2003-275707「廃棄物中の重金属の抽出・安定化法」²⁾に基づいて実験を行った。この技術の概要は「アルカリ性下でチオ硫酸イオンとアンモニウムイオンとを含む水溶液で廃棄物を処理することにより、廃棄物中の重金属を抽出する方法」であり、亜鉛、

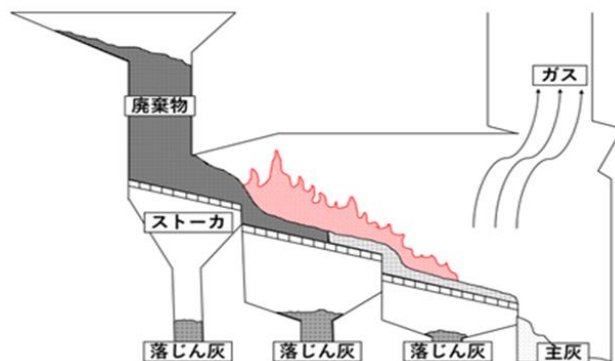


図 1 ストーカ炉における落じん灰と主灰

表 1 試料一覧

	各粒径区分 (mm)	K工場		S工場	
		落じん灰	主灰	落じん灰	主灰
質量割合(%)	4~	11.9	53.4	6.4	24.4
	2~4	34	13.3	57.1	23.5
	1~2	26.3	10.4	22	22
	0.5~1	14.2	7.9	9.4	11.8
	~0.5	13.6	15.1	5.1	18.3

銅、鉛、カドミウムを選択的に回収できるという特徴がある。まず以下の(A)~(H)の 8 種類の溶媒を用意した。

- (A) 純水
- (B) $1\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (C) $2\text{M}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (D) $2\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + 1\text{M}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (E) $1\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{M}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (F) $1\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + 1\text{M}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (G) $2\text{M}(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{M}\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- (H) $1\text{M}\text{HCl}$

その後、50ml の三角フラスコに試料(今回は S 工場落じん灰 2~4mm とした)1g と、溶媒 10ml を入れ、大気下で 6 時間震盪攪拌を行い、その後 $0.45\ \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過し、ろ液中の金属濃度を誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP-OES)で定量し、各金属の溶出率を求めた。

3. 結果および考察

3-1. 落じん灰と主灰の元素含有率の比較

表 1 に各資料の粒径区分別質量割合を示す。K 工場および S 工場の試料において、XRF 分析によって各元素の含有率を定量した。図 2 に S 工場の落じん

灰および主灰の元素含有率を示す。K 工場、S 工場ともに同様の傾向を示し、落じん灰に鉛、銅、亜鉛が特に多く含まれていた。鉛と亜鉛が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が考えられる。落じん灰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⁾。また、需要が高いが可採年数が少なく、落じん灰に特に多く含まれていることがわかった鉛、銅、亜鉛の3元素を回収する手法について実験、考察を行った。

3-2. 金属抽出実験

図3に各溶媒による主要金属5種の溶出率およびろ液のpHを示す。A液を用いた場合、焼却灰に含まれるCaOなどが溶出したことでpHは比較的高い値を示し、金属分はほとんど溶出しなかった。B液を用いた場合、アンミン錯体を形成するCu、Znは溶出したが、Pbは溶出しなかった。C液を用いた場合は、いずれも溶出しなかった。D~G液を用いた場合、pHはほとんど同じ値で、溶出する金属も同じであった。H液を用いた場合はアルカリ分が中和されて酸性を呈し、選択性なく金属が溶出した。以上の結果から、Pbの回収率が高く、Zn、Cuの回収率も他の浸出液による結果と遜色なく、PbとCuに関してはH液による溶出率を上回り、アルミニウムや鉄など他の金属の浸出も見られないF液(1M(NH₄)₂S₂O₃ + 1MNa₂S₂O₃)が最適であると考えられた。

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。また、落じん灰からこれら三元素の金属を回収する際に用いる溶媒としては、本研究で対象とした溶媒の中では1M(NH₄)₂S₂O₃ + 1MNa₂S₂O₃の混合液が最も有効であると考えられた。

今後の課題としては、該当溶媒を用い、溶出させた金属を資源として利用するために析出させる手法の検討などが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 広吉直樹：廃棄物中の重金属の抽出・安定化法、特開2003-275707, 2003
- 2) 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

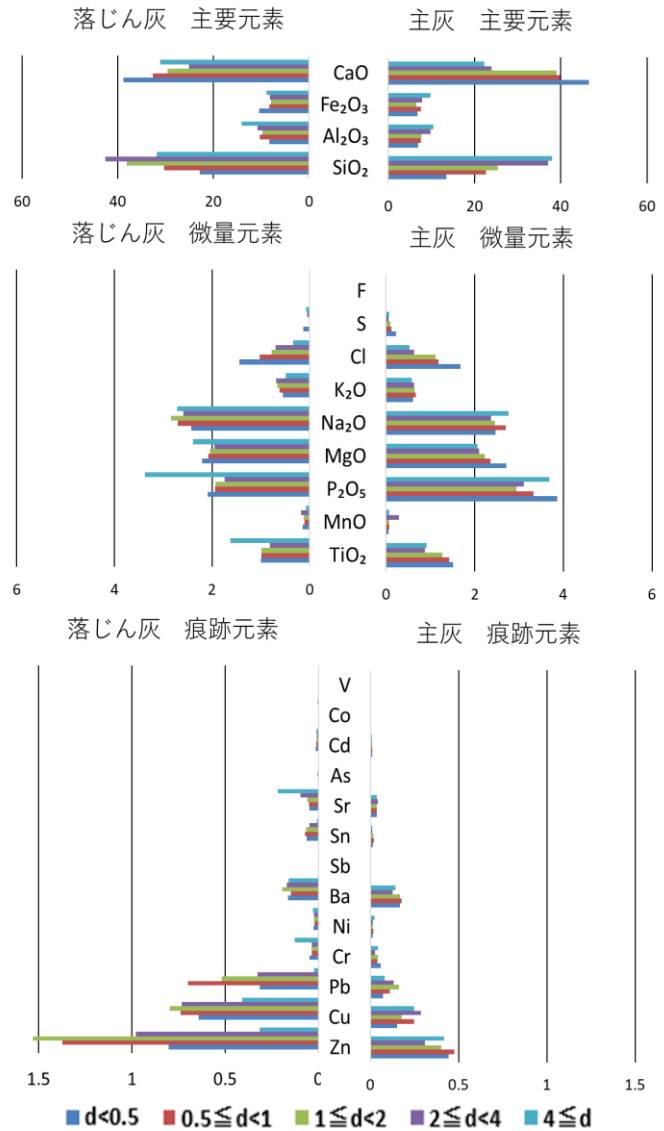


図2 落じん灰と主灰の元素含有率 (S工場)

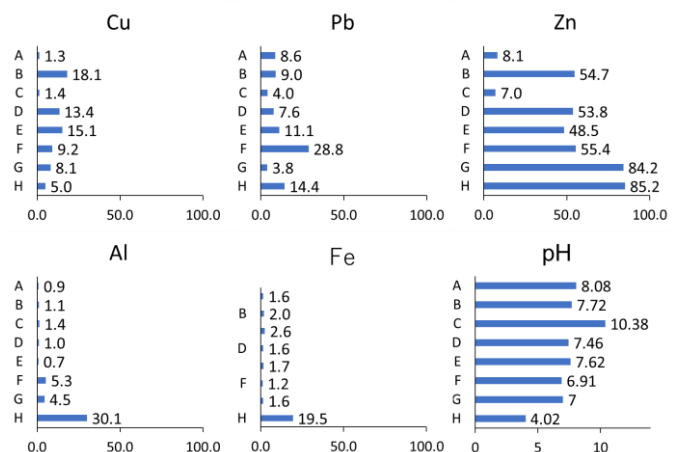


図3 各金属の溶出率およびろ液のpH