

都市ごみ処理施設の運転条件等の変動下における  
飛灰中重金属の化学形態と溶出特性の関係性  
Relationships of chemical states and leaching properties of heavy metals in  
fly ash under various operating conditions of the municipal solid waste  
incinerator

原田 浩希<sup>a</sup>, 高岡 昌輝<sup>b</sup>  
Hiroki Harada<sup>a</sup>, Masaki Takaoka<sup>b</sup>

<sup>a</sup>日立造船株式会社, <sup>b</sup>京都大学  
<sup>a</sup>Hitachi Zosen Corporation, <sup>b</sup>Kyoto University

都市ごみ処理施設で飛灰を定期的に採取して、含有する鉛の化学形態を XAFS により測定し、濃度や溶出特性の変動との関係性を調べた。その結果、原灰中鉛の形態は採取時期によって変化しており、塩化鉛(II)の構成割合と溶出濃度は対応した。しかし水や薬剤を添加した場合、いずれの飛灰も酷似した形態に変わっており、溶出特性の変動については含有する重金属の形態以外に影響を与える因子があることがわかった。

**キーワード：** 都市ごみ処理施設、飛灰、重金属

**背景と研究目的：**

都市ごみ処理施設において発生する焼却飛灰あるいは溶融飛灰（以下、飛灰）は、特別管理一般廃棄物として飛散防止や薬剤処理等の措置を施すことが義務付けられており、その一つとして液体キレート等の重金属固定用薬剤を添加して混練する方法が採られている。通常、都市ごみ処理施設におけるごみ質や運転条件等は刻々と変動しており、それに伴って飛灰中重金属濃度や溶出特性（主に重金属固定薬剤に対する特性）も変化する。本研究では、特に飛灰処理において溶出の問題となりやすい鉛に着目し、その化学形態からこれらの現象の関係性を考察することを目的とした。

**実験：**

ガス化溶融炉タイプの都市ごみ処理施設において、発生飛灰に薬剤を添加して混練する処理設備の上部にある飛灰貯留槽の出口にて、原灰を約 1 ヶ月間にわたって定期的に採取した。それらの飛灰の中から代表的なものを 7 検体選び出し XAFS 測定に供した。

XAFS 測定は、SPring-8 ビームライン BL14B2 にて実施し、入射光のエネルギーを鉛の L3 吸収端の前後で変化させて XANES スペクトルを得た。なお、予備的な分析により試料中の鉛の濃度がおおよそ数千 mg/kg 以下であったのため、多素子 SSD を用いる蛍光法により測定を実施した。

取得したスペクトルの形状を精査し形態の変化の有無を確認すると共に、複数の標準物質のスペクトルを用いてパターンフィットを行った。またそれらの結果を鉛含有量、原灰の溶出値（環告 13 号に準拠した溶出試験）、重金属抑制薬剤の適正添加量などとの関係について考察した。

**結果および考察：**

XANES の解析結果および溶出特性に関するデータを表に示す。吸収端の立ち上がり部分からつながる最初のピークの頂点のエネルギー位置を解析（XANES の微分スペクトルが 0 となるエネルギー位置とした）すると、13051～13056 eV の間で経時的に振れており、また各飛灰の XANES

表 各飛灰の XANES 解析結果および溶出特性

試料No.	-	1	2	3	4	5	6	7	
採取開始後経過日数	day	1	12	13	15	17	23	27	
XANESデータ	ピークトップ	eV	13054.8	13053.5	13052.1	13055.9	13050.8	13055.6	13051.8
	塩化鉛(II)	%	65	64	68	53	74	52	71
	三塩基性硫酸鉛	%	35	36	32	47	26	48	29
	R	-	0.005	0.008	0.009	0.006	0.012	0.006	0.011
他の実験データ	鉛含有濃度	mg/kg	2172	2284	2200	2042	2776	2052	3323
	原灰の溶出濃度	mg/L	76	99	100	50	110	39	130
	処理灰の溶出濃度1(1%添加)	mg/L	1.2	36	67	16	29	3.7	43
	処理灰の溶出濃度2(3%添加)	mg/L	0.13	13	26	6.7	9.4	2.2	14
	薬剤の適正添加比	%	2.3	7.0	7.2	6.0	7.3	4.4	6.5

スペクトルの形状は採取日ごとに変化していたことから、飛灰中鉛の形態は採取日ごとに施設の運転状況の変動を受けていることがわかった。

次にこれらのスペクトルに対し、比較的類似度の高かった標準スペクトルとして塩化鉛(II)と三塩基性硫酸鉛のものを用いてパターンフィットを行い各物質の構成割合を算出すると、特に原灰の鉛溶出濃度と塩化鉛(II)との間に高い相関関係が認められた。飛灰中鉛の水への溶解は、鉛の化合物の中でも溶解度の高い塩化鉛(II)の生成割合により説明されることがわかった。

しかしながら、以上のような原灰の化学形態に関する知見は、薬剤と水を添加して処理した処理灰の溶出濃度および薬剤の適正添加比とは一定の傾向が見出せなかった。そこで、たとえばNo.1とNo.3の各飛灰に20wt%の水を添加して混練した処理灰、20wt%の水と3wt%の薬剤を添加して混練した処理灰をそれぞれ作成してXANESスペクトルを測定した(図)。その結果、水のみを添加して混練した時点で形態は大きく変化し、さらにNo.1とNo.3は酷似していずれも四酸化三鉛に近いスペクトルとなった。また水と薬剤の両方を同時に添加して混練すると、No.1とNo.3のいずれの場合もほぼ同じスペクトルの形状となったが、最終的な鉛の形態は今回準備した標準試料からは推察できなかった。

以上の結果から、原飛灰中の鉛の形態は異なっている、一旦水が添加されて四酸化三鉛様の形態に変化し、その後の薬剤添加による形態の変化の挙動は同様であると考えられた。したがって、今回試験に供した複数の飛灰の水や薬剤による混練処理に対する特性の相違は、原灰中の鉛の形態、水と薬剤を添加した後の形態とは別の影響因子によって説明されることがわかった。

#### 今後の課題：

今後、飛灰中の共存物質に着目し、特に薬剤と重金属の反応性の観点から鉛以外の元素や他物質の溶出特性への影響について検討を重ねる必要がある。

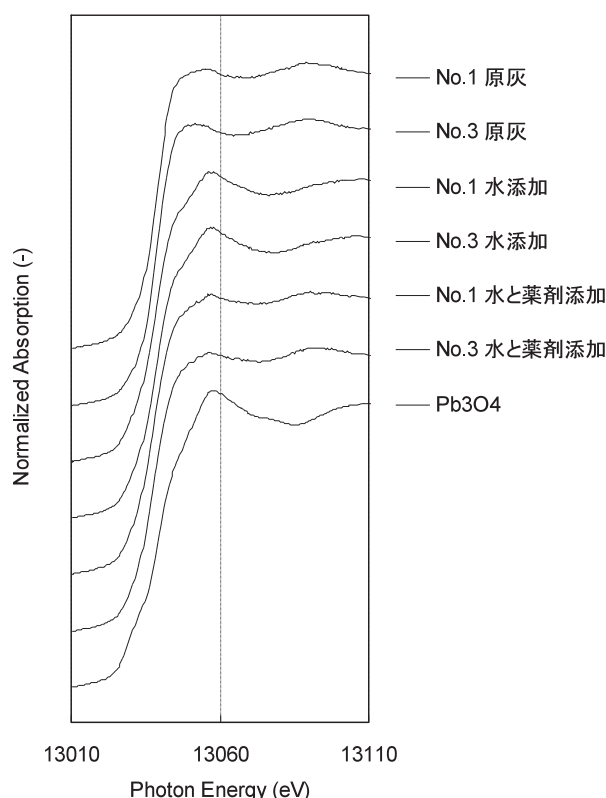


図 原灰および処理灰の XANES スペクトル