

(33) 焼却飛灰およびキレート処理飛灰中の鉛の化学結合状態

山本 浩^{1*}・名越 正泰²・横山 隆³・高岡 昌輝⁴・武田 信生⁴

¹JFE技研株式会社 エネルギー環境システム研究部 (〒211-0855神奈川県川崎市川崎区南渡田町1-1)

²JFEスチール株式会社 スチール研究所分析・物性研究部 (〒712-8511広島県福山市鋼管町1)

³JFEエンジニアリング株式会社 環境技術部 (〒230-8611神奈川県横浜市鶴見区末広町2-1)

⁴京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 (〒606-8501京都府京都市左京区吉田本町)

* E-mail: h-yamamoto@jfe-rd.co.jp

飛灰と液体キレート剤の混練過程における鉛キレート錯体の生成の検証を、X線吸収微細構造法 (X-ray Absorption Fine Structure; XAFS) の活用にて試みた。市販の液体キレート剤と塩化鉛水溶液から調製した沈殿物は、ジチオカルバミン酸カリウムと塩化鉛水溶液から調製した鉛キレート錯体と同一の化合物形態を有し、市販の液体キレート剤は Pb^{2+} イオンと鉛キレート錯体を形成することを確認した。この鉛キレート錯体と飛灰混練物中のPbのXANES, EXAFSスペクトル形状が一致したことより、液体キレート剤と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、飛灰中のPbの化合物形態が異なる場合でも、液体キレート剤との混練処理により同一の鉛キレート錯体が生成することが判明した。

Key Words : XAFS, Fly ash, Pb, chelating complex, kneaded

1. はじめに

都市ごみの焼却処理により、都市ごみに含まれる重金属類の一部は飛灰に移行する。焼却飛灰は、特別管理一般廃棄物に指定されており、最終処分の前に厚生大臣の指定する方法にしたがって安定化処理を施すことが法律により定められている¹⁾。その安定化処理の方法の一つに薬剤処理法があり、飛灰と薬剤との混練処理にて飛灰中の重金属類を安定化する方法である。この薬剤の一つにジチオカルバミン酸基を有する液体キレート剤があり、このジチオカルバミン酸基が飛灰中の重金属類とキレート錯体を形成し、重金属類が安定化するとされている²⁾。

この液体キレート剤と飛灰中の重金属類の反応は原理的には上述のように説明されるが、液体キレート剤にはSが含有されており、たとえば、このSと飛灰中のPbが低溶解度積 (3×10^{-28}) ³⁾の硫化鉛 PbS を生成することで、飛灰中のPbが安定化されている可能性も考えられる。水溶液系において、鉛キレート錯体に起因する318nmの可視吸収スペクトルの存在を確認することで上述のキレート錯体形成の検証がなされている⁴⁾。しかし、飛灰と液

体キレート剤との混練処理は、水分率20~30%にて実施される。この水分率は水溶液系の実験と比較して低く、このため混練処理において重金属類のキレート錯体が生成する反応は進みにくいと推測される。このような飛灰の混練処理過程においてもキレート錯体が形成するのかどうかの直接的な検証が必要であると考えられる。

ところが、この飛灰と液体キレート剤との混練処理により、キレート錯体が生成することを直接的に解析、検証した例はない。これは、飛灰に含まれるPbをはじめとする重金属類の含有量が1%以下と微量であるために、XRD等の一般的な化合物形態解析の手法が適用できないためである。

近年微量元素の化合物形態解析が可能な方法として、放射光用電子蓄積リングから得られる高輝度X線を用いたX線吸収微細構造法 (X-ray Absorption Fine Structure; XAFS) が用いられてつつある⁵⁻⁹⁾。本研究では、この放射光XAFS法を活用し、キレート処理飛灰中の微量のPbの化合物形態解析を実施することで、飛灰と液体キレート剤の混練過程における鉛キレート錯体の生成の検証を試みた。

2. 実験方法

(1) 試料

国内の全連続式ストーカ式ごみ焼却炉（300t/day・炉）A、B工場から採取した飛灰A、Bを供試試料とした。飛灰A、Bの成分含有量の分析結果を表-1に示す。本報告にて実験、測定の対象としたPbの含有量は、飛灰Aで1.0%（1000mg/kg）、飛灰Bで0.30%（300mg/kg）であった。

A工場における排ガス中の酸性ガス処理は、苛性ソーダ水溶液を噴霧する湿式洗煙設備にて実施されている。飛灰はその湿式洗煙設備の前段に設置されている電気集じん機にて捕集される。したがって、A工場の飛灰には酸性ガス除去のために吹き込まれた消石灰は含まれない。また、B工場における排ガス中の酸性ガス処理は、バグフィルター前にて消石灰スラリー吹き込みの半乾式排ガス処理がなされており、飛灰はバグフィルタで捕集される。いずれの飛灰の採取も、電気集じん機あるいはバグフィルタから排出された直後のコンベア上あるいはシュート部で実施した。

飛灰の混練処理に供したジエチルジチオカルバミン酸カリウムは、ジエチルアミン、水酸化カリウム、イオン交換水をフラスコ内で混合し、二硫化炭素を滴下して合成し、40%水溶液の濃度に調製して試験に供した。液体キレート剤Aは市販の製品（40%水溶液）を使用した。それぞれの分子構造例を表-2に示す。ジエチルジチオカルバミン酸カリウムはその分子構造内に窒素原子Nを1個有する構造であり、液体キレート剤AではNが10～20個含有される。

(2) 実験方法

a) 水溶液系における鉛キレート錯体の調製

塩化鉛 $PbCl_2$ （関東化学 試薬特級）2.0gを秤量後、蒸留水200ml入りの500mlビーカー中に加え、スターラーで室温、1時間攪拌して溶解した。次に、この水溶液にジチオカルバミン酸カリウム、あるいは液体キレート剤A

を20g添加して同様に室温、1時間マグネチックスターラーで攪拌した。攪拌後に1時間静置し、沈殿物を孔径 $1\mu m$ のGFB濾紙にて濾過分離により沈殿物を回収して測定に供した。以下、ジエチルジチオカルバミン酸カリウムから得た鉛キレート錯体をDDTC-Pb、液体キレート剤Aから得た沈殿物をChelate-Pbと称する。

b) 飛灰と液体キレート剤との混練処理

飛灰の混練処理方法は、飛灰A、Bをそれぞれ30g秤量し、50mlビーカーに入れた後にジチオカルバミン酸カリウム、あるいは液体キレート剤Aを適正添加量、蒸留水は飛灰重量の20wt%を加え、金属ヘラで10分間混練処理して得た混練物を室温下で乾燥させて処理飛灰A、Bとした。飛灰に対する液体キレート剤の適正添加量は、既報⁹⁾により飛灰中の鉛含有濃度1000mg/kgに対して飛灰重量の1wt%と設定した。実際の液体キレート剤Aの添加量は、Pb含有量1000mg/kgの飛灰Aには液体キレート剤Aを飛灰重量の10wt%、Pb含有量300mg/kgの飛灰Bには液体キレート剤Aを飛灰重量の3.0wt%を添加した。

(3) 分析方法

飛灰の成分含有量分析は、原子吸光（サーモエレクトロン社製 SOLAAR S4 Mk2）あるいはICP-MS（サーモエレクトロン製VG PQ ExCell）にて実施した。

放射光XAFS測定に供した飛灰A、Bと処理飛灰A、Bは、1日以上風乾後にIR用錠剤成型器にてペレット状に成形し、ポリエチレン袋に封入した。ジエチルジチオカルバミン酸カリウムと塩化物水溶液から調製した鉛キレート錯体DDTC-Pbと、市販の液体キレート剤Aと塩化物水溶液から調製した沈殿物Chelate-Pbは1日以上風乾しても湿潤状態であったため、スコッチテープ上に塗布後、さらに別途スコッチテープで挟み込んで封入した。試薬標準試料は、スペクトルのS/N比がもっとも良好になる量を窒化硼素（BN）粉末と混合し、IR用錠剤成型器にてペレット状に成形し、ポリエチレン袋に封入した。

放射光XAFS測定は、兵庫県播磨科学公園都市にある

表-1 飛灰A、Bの化学組成

unit: wt%										
Sample	Ca	Si	Al	Na	K	Cl	Pb	Zn	Cd	Cu
Fly ash A	15	7.5	5.8	5.1	3.9	11	1.0	3.2	0.048	0.15
Fly ash B	28	4.3	2.4	2.7	2.3	24	0.30	1.1	0.014	0.068

表-2 DDTC、Chelate Aの分子構造

Chelate agent	Molecular structure
Potassium Diethyldithiocarbamate	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 \\ \quad \diagdown \\ \quad \text{N} - \text{CS}_2\text{K} \\ \quad \diagup \\ \text{CH}_3\text{CH}_2 \end{array}$
Chelate A	$\begin{array}{ccccccc} \text{HN} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{N} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{N} \cdots - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{N} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{NH} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \\ \text{CS}_2\text{Na or K} \quad \text{CS}_2\text{Na or K} \quad \quad \quad \text{CS}_2\text{Na or K} \quad \text{CS}_2\text{Na or K} \end{array}$

(財) 高輝度光科学研究センターの高輝度放射光施設 Spring-8 のビームライン BL01B1 にて実施した。測定器は、Si(111) 結晶モノクロメータとライトル検出器を用いた。大気雰囲気中で測定を行い、飛灰試料は蛍光法、試薬標準試料は透過法で行った。測定光子エネルギー範囲は、飛灰 A、B に Br が 500mg/kg 含有され、約 13500eV にて Br の吸収端が存在するため、Pb の L_3 吸収端 13060eV を含む 12900～13400eV とした。測定の際には、試料を測定器の試料フォルダにスコッチテープで固定した。

標準試料には、飛灰中に存在する可能性が考えられた試薬化合物を用いた。Pb は、PbO、PbCl₂、PbCO₃、PbSO₄、PbS、Pb (関東化学製 試薬特級) を用いた。

得られたスペクトルは、解析ソフトウェア REX2000 Ver. 2.3.3 (株式会社リガク) を用いた。XANES スペクトルは 13020～13140eV の範囲にてバックグラウンド補正、規格化処理を実施した。EXAFS スペクトルは、13080～13400eV の光子エネルギー範囲にて、この光子エネルギーを波数 k に変換し、スペクトルが含む振動成分を EXAFS 関数 $\chi(k)$ として抽出した。さらに、① EXAFS 関数 χ が波数 k の増加に伴い減衰する現象の補正、② EXAFS 関数 χ のピーク分離を良好にするために、EXAFS 関数 $\chi(k)$ に k^3 を乗じて重み付き EXAFS 関数 $\chi(k) \cdot k^3$ を用いて解析を実施した^{10, 11)}。

これらの処理にて得られた XANES、EXAFS スペクトルより、標準物質の XANES、EXAFS スペクトルとその形状を指紋的に比較する⁵⁻⁸⁾ ことで各飛灰、処理飛灰中の Pb の化合物形態を推定した。また、EXAFS 関数 χ は、Pb 周囲の最近接原子の種類と距離に関する情報を含んでいる。波数 $k=3.0 \sim 10 \text{ \AA}^{-1}$ (飛灰試料は $3.0 \sim 8.0 \text{ \AA}^{-1}$) 領域の EXAFS データをフーリエ変換することで XAFS 動径構造関数 $\phi(R)$ を得た¹⁰⁾。XAFS スペクトル形状の比較から Pb と S が結合していると考えられた試料については、Pb-S 結合を局所構造の観点から考察する目的で、Pb と最近接 S の配位数と結合距離を以下の方法で推定した。EXAFS スペクトルをフーリエ変換して得られた XAFS 動径分布関数の $R(\text{\AA})=1.7 \sim 2.7$ の範囲をフーリエ逆変換して得た最小自乗法でカーブフィッティングすることで構造パラメータである Pb 周囲の Pb-S 結合距離 $R_{\text{Pb-S}}$ 、S 配位数 $N_{\text{Pb-S}}$ を推定した。このカーブフィッティング結果の確からしさを示す尺度として R 因子¹⁰⁾ があり、1) 式で示される。ここで、 χ_{obs} は実測値、 χ_{calc} は計算値を示す。

$$R = \frac{\sum (k^n \chi_{\text{obs}} - k^n \chi_{\text{calc}})^2}{\sum (k^n \chi_{\text{obs}})^2} \quad (1)$$

3. 結果および考察

(1) 鉛キレート錯体と液体キレート剤 A と塩化鉛水溶液から得た沈殿物の XAFS 解析

ジチオカルバミン酸基を有するジチオカルバミン酸塩は、種々の二価金属イオンとキレート錯体を形成することが知られている⁹⁾。その中の一つとして、ジエチルジチオカルバミン酸カリウムが挙げられる。まず始めに、このジエチルジチオカルバミン酸カリウム水溶液と塩化鉛水溶液から鉛キレート錯体 DDTC-Pb を調製した。次に、同様にジチオカルバミン酸基を有すると想定される市販の液体キレート剤 A と塩化鉛水溶液から調製した沈殿物 Chelate-Pb と、上述の DDTC-Pb の Pb 周囲の局所構造を XAFS 法にて解析・比較することで、市販の液体キレート剤 A が鉛キレート錯体を形成しうるかどうかの検証を試みた。XAFS 法にて得られた DDTC-Pb や Chelate-Pb のスペクトルの解析・比較においては、それぞれの XANES、EXAFS スペクトルを指紋的に標準試料のスペクトルと比較する⁵⁻⁸⁾ ことで、Pb 化合物種の判別を試みた。

両者の XANES、EXAFS スペクトル測定結果を図-1、2 に示す。ジエチルジチオカルバミン酸カリウムと塩化鉛水溶液から調製した鉛キレート錯体 DDTC-Pb のスペクトル形状と、市販の液体キレート剤 A と塩化鉛水溶液から調製

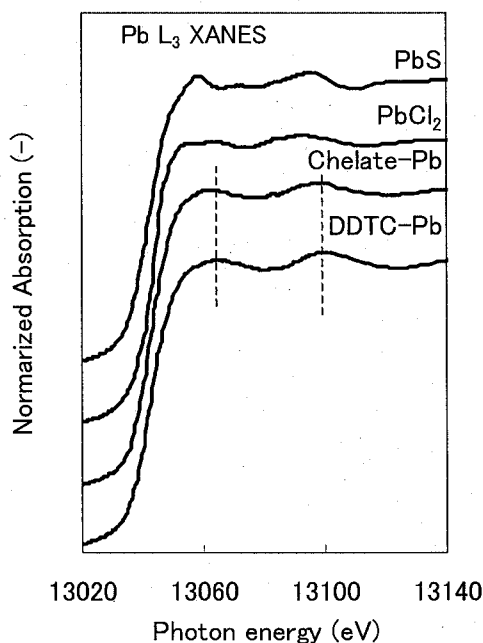


図-1 DDTC-Pb、Chelate-Pb と PbCl₂、PbS 標準試料の Pb L_3 edge XANES スペクトル

した沈殿物Chelate-PbのXANESスペクトルを比較すると、13064, 13102eV付近のピーク位置がほぼ一致した。XANESスペクトルよりさらに高エネルギー領域のEXAFSスペクトルにおいても、 $k=4.0, 5.3, 6.7, 8.2$ 付近のピーク位

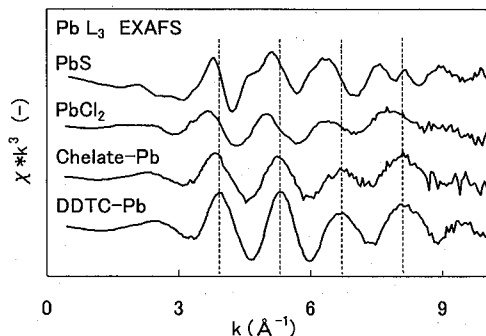


図-2 DDTC-Pb、Chelate-Pb と $PbCl_2$, PbS 標準試料の $Pb L_3$ edge EXAFS スペクトル

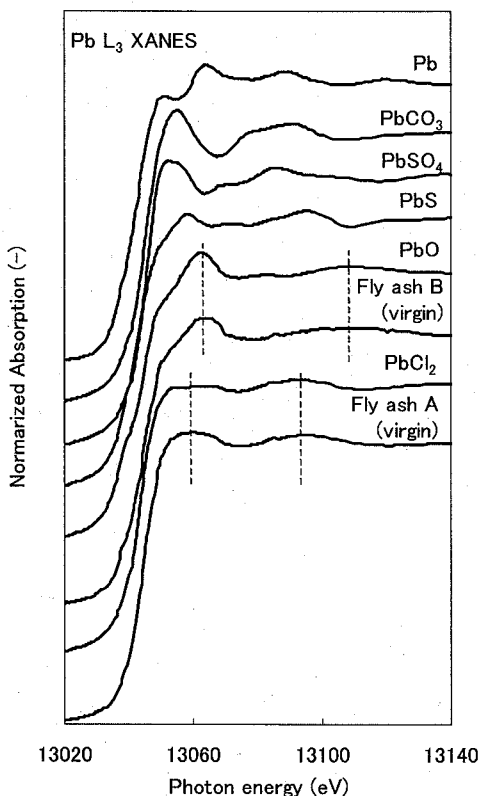


図-3 飛灰 A, B と Pb 化合物標準試料の $Pb L_3$ edge XANES スペクトル

置がほぼ一致した。一方、出発物質である $PbCl_2$ のスペクトルはXANESスペクトルにて13060, 13095eV付近にピークが存在し、EXAFSスペクトルでもDDTC-Pb, Chelate-Pbのピーク位置とは異なった。

ここで、ジエチルジチオカルバミン酸カリウムや市販の液体キレート剤AはSを含むことから PbS の生成が考えられたが、 PbS のスペクトルはXANESスペクトルにて13061, 13096eV付近にピークを有し、これともピーク位置が異なった。EXAFSスペクトルの比較でも、 PbS は $k=3.8, 4.6, 5.1, 6.4, 7.6, 8.2$ 付近にピークを有し、やはりDDTC-Pb, Chelate-PbのEXAFSスペクトルと形状が異なった。このことより、市販の液体キレート剤と塩化鉛水溶液から得られた沈殿物は鉛キレート錯体であることを確認した。

(2) 飛灰原灰、飛灰混練処理物のXAFS解析

飛灰A, Bの $Pb L_3$ XANES, EXAFSスペクトルを図-3, 4に示す。 $k=8.5$ 付近よりノイズが顕著に見られるため、今

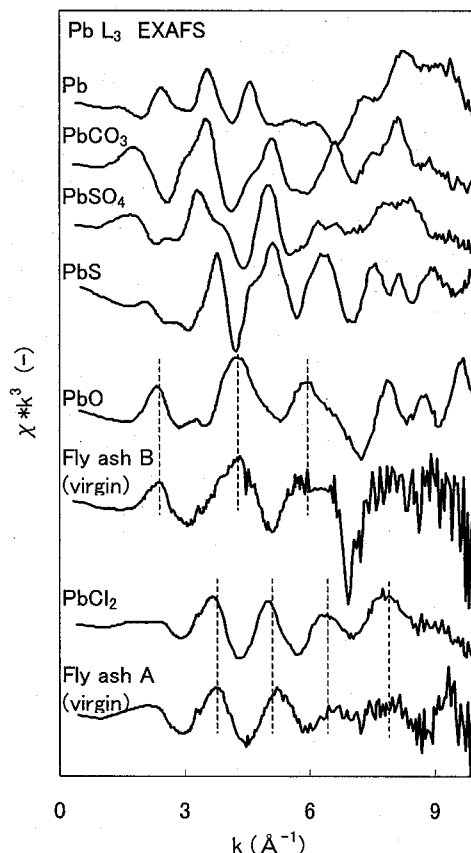


図-4 飛灰 A, B と Pb 化合物標準試料の $Pb L_3$ edge EXAFS スペクトル

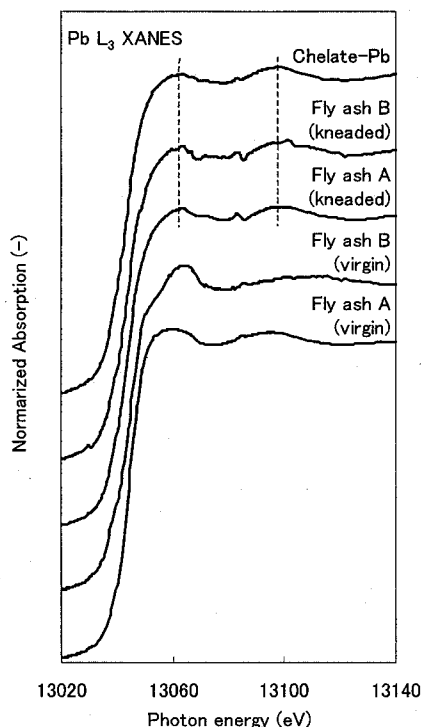


図-5 飛灰原灰 A、B、混練飛灰 A、B と Chelate-Pb の Pb L3 edge XANES スペクトル

回の測定条件では高エネルギー領域での良好なEXAFSスペクトルを獲得することが困難であることにより、飛灰 A、B、あるいは処理飛灰 A、B の測定スペクトルから抽出して比較する EXAFS 振動は $k=8.0$ までの範囲とした。

飛灰 A のスペクトルは 13060、13095 eV 付近にピークが存在し、EXAFS スペクトルも同様に標準試料 $PbCl_2$ のピーク位置がほぼ一致した。このことより、飛灰 A 中の Pb の化合物形態は $PbCl_2$ が主である可能性が高いと考えられた。また、飛灰 B のスペクトルは 13064、13109 eV 付近にピークが存在し、EXAFS スペクトルも同様に標準試料 PbO の XANES スペクトルのピーク位置とほぼ一致した、飛灰 B 中の Pb の化合物形態は PbO が主である可能性が高いと考えられた。

都市ごみ焼却施設にて発生する飛灰において、発生場所や排ガス処理方法等が異なると、Pb の化合物形態が異なることは、既報^{7, 8)}でも報告されている。化合物形態が異なる理由の一つに、排ガス処理方式や飛灰を捕集する際の集じん設備方式が異なることが挙げられる。今回用いた飛灰 A、B も、飛灰 A は消石灰吹き込み無しの電気集じん機にて捕集されているが、飛灰 B は消石灰スラリー吹き込み有りのバグフィルタにて捕集されており、捕集された際の雰囲気温度、ガス組成や酸性ガス除去助剤

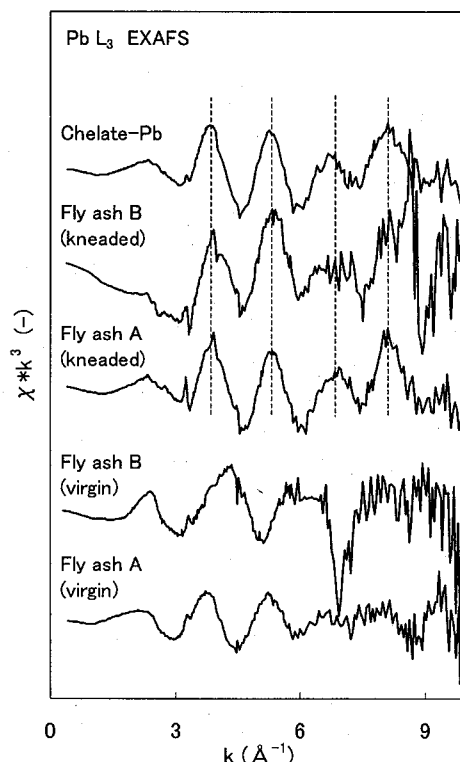


図-6 飛灰原灰 A、B、混練飛灰 A、B と Chelate-Pb の Pb L3 edge EXAFS スペクトル

(消石灰)の有無等が、Pb の化合物形態の違いに影響を与えていると推測された。

市販の液体キレート剤 A と混練した処理飛灰 A、B の Pb L₃ XANES, EXAFS スペクトルを図-5, 6 に示す。処理飛灰 A、B はいずれも、XANES, EXAFS スペクトル共に、処理前の飛灰の塩化物、あるいは酸化物形態から変化して、液体キレート剤 A と塩化鉛水溶液から調製して得た鉛キレート錯体の XANES, EXAFS スペクトルとピーク位置がほぼ一致した。

図-7 に、図-6 の EXAFS スペクトルをフーリエ変換して得られた動径構造関数 $\phi(R)$ を示す。ここで、 $R(\text{\AA}) = 2.3$ 付近のピークは、最近接原子との結合距離に関する情報を含む。このピーク位置が、DDTC-Pb, Chelate-Pb, Fly ash A, B (kneaded) にて一致し、 PbS とは異なることは、図-3, 5 の XANES スペクトル形状比較の結果と矛盾しない。ただ、図-7 の動径構造関数は、Pb 周囲に存在する最近接原子以外の複数の原子による後方散乱振幅と位相シフトを含むため、実際の結合距離より 0.2~0.5 $\text{\AA}$ 短いところにピークが位置する。そのため、その影響を補正して図-7 の動径構造関数をフーリエ逆変換し、最小自乗法でカーブフィッティングして得られた構造パラメータを表-3 に示す。このとき、後方散乱振幅と位相シフト量

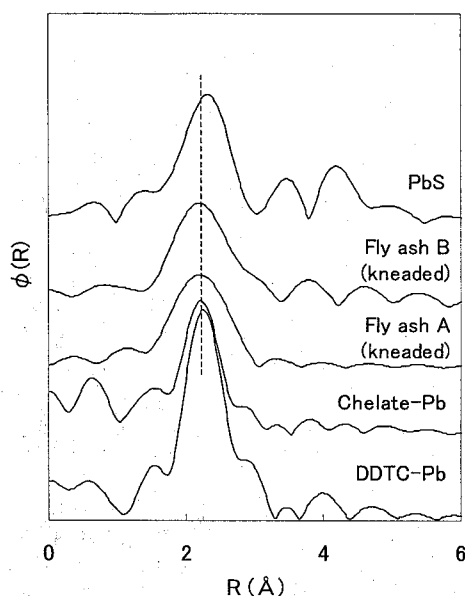


図-7 DDTC-Pb、Chelate-Pb、混練飛灰 A、B と標準試料 PbS の EXAFS スペクトルのフーリエ変換結果

表-3 混練飛灰 A、B、Chelate-Pb、DDTC-Pb と標準試料 PbS のカーブフィッティング結果

Sample	$R_{\text{Pb-S}}(\text{\AA})$	$N_{\text{Pb-S}}$	$R(\%)$
Fly ash A(kneaded)	2.76	4.0	3.3
Fly ash B(kneaded)	2.77	4.1	3.2
Chelate-Pb	2.78	4.3	4.3
DDTC-Pb	2.77	4.5	4.7
PbS	3.00	6.0	3.8

は、McKaleの理論値¹⁰⁾を用い、構造が既知のPbSを標準物質として実測データより決定した値を用いた。

上記カーブフィッティングの確からしさを示す尺度のR因子(2-(3)参照)¹⁰⁾はいずれも数%と良好な収束結果であることを確認した。Pbとその第一近接原子であるSとの間の距離を示す $R_{\text{Pb-S}}$ は、液体キレート剤Aと塩化物水溶液から調製した沈殿物Chelate-Pb、処理飛灰A、Bいずれも約2.76~2.78Åと、ジエチルジチオカルバミン酸カリウムと塩化物水溶液から調製した鉛キレート錯体DDTC-Pbの2.8Å¹²⁾と一致した。また、液体キレート剤Aと塩化物水溶液から調製した沈殿物Chelate-Pb、処理飛灰A、BのPb周囲のS配位数 $N_{\text{Pb-S}}$ は4.0~4.5と、ほぼ鉛キレート錯体の4.0¹²⁾と一致した。したがって、処理飛灰A、B中のPb周囲の局所構造はChelate-Pb、DDTC-Pb中のPbの局所構造ときわめて近いと考えられた。不溶性のPbSのPb-S原子間距離は3.0Å、Pb周囲のS配位数が6である¹³⁾ため、混練飛灰中のPbの局所構造は、PbS中のPbとは異なると推測された。

以上の結果により、飛灰A、Bに含有される鉛と液体キレート剤との反応からの鉛キレート錯体形成を検証できたと考えられた。

4. まとめ

ジチオカルバミン酸カリウムと塩化鉛水溶液から調製した鉛キレート錯体、市販の液体キレート剤と塩化鉛水溶液から調製した沈殿物と液体キレート剤と飛灰の混練物のXAFS解析より、以下のことが判明した。

- ① 市販の液体キレート剤Aと塩化鉛水溶液から調製した鉛キレート錯体と飛灰混練物中のPbのXAFSスペクトル形状が一致したこと、PbのS配位数やPb-S結合距離がほぼ一致したことより、液体キレート剤と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できた。
- ② 飛灰中のPbの化合物形態が異なる飛灰A、Bいずれも鉛キレート錯体の生成が確認できたことより、異なる化合物形態のPbを含む飛灰でも、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が判明した。

謝辞：本報告のXAFSデータは、(財)高輝度光科学研究センターにおけるSPring-8共用ビームライン利用研究課題(2000B0580-NX-np)にて、宇留賀朋哉博士のご協力のもとで実施しました。この場を借りまして感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 廃棄物研究財団編：特別管理一般廃棄物ばいじん処理マニュアル；化学工業日報社、pp.31-44, 1993
- 2) W. M. Gibson: The Radiochemistry of Lead, Subcommittee on Radiochemistry National Academy of Sciences—National Research Council, pp.57-58, 1961
- 3) 日本分析化学会編：分析化学実験ハンドブック, pp.390, 1987
- 4) 井田巖、古賀三紀子、須藤雅弘、中原啓介；高分子系液体キレート剤と重金属の反応機構；第17回全国都市清掃研究発表会講演論文集, pp.208-210, 1996
- 5) 山本浩、中原啓介、名越正泰、秋山肇；飛灰の液体キレート剤による鉛安定化機構、第11回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 892-894, 2000
- 6) A.Manceau, M.C.Boisset, G.Sarret, J.L.Hazemann, M.Mench, P.Cambier and R.Prost: Direct Determination of Lead Speciation in

Contaminated Soils by EXAFS Spectroscopy, Environ. Sci. Technol., Vol.30, pp.1540-1552, 1996

- 7) 高岡昌輝, 武田信生, 田中庸裕, 山本孝: X線吸収微細構造 (XAFS) による飛灰中の銅, 鉛, 亜鉛, アンチモンの存在状態の同定, 第12回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp. 875-877, 2001
- 8) M.Takaoka, T.Yamamoto, T.Tanaka, N. Takeda, K.Oshita, T.Uruga: Direct Speciation of Lead, Zinc and Antimony in fly Ash from Waste Treatment Facilities by XAFS spectroscopy, Physica Scripta, Vol.T115, pp.943-945, 2005
- 9) 中原啓介, 山本浩, 品川拓也, 名越正泰, 藤沢能成, 宮地常晴: 液体キレート剤による飛灰の有害金属安定化処理, NKK技報, No. 173, pp. 1-7, 2001
- 10) 西畑保雄, 前田裕宣: EXAFS解析の諸問題について, 放射光, Vol. 10, No. 1, pp. 45-52, 1997
- 11) 宇田川康夫: X線吸収微細構造-XAFSの測定と解析一, 学会出版センター, pp. 47, 1993
- 12) H.Iwasaki and H.Hagiwara: The crystal structure of lead(II) diethyldithiocarbamate, Acta Cryst., B28, pp.507-513, 1972
- 13) 化学大事典編集委員会編: 化学大事典9, pp. 670, 1964

(2006. 5. 26受付)

The Chemical States of Virgin and Kneaded Ash with Chelating Agent

Hiroshi YAMAMOTO¹, Masayasu NAGOSHI¹, Takashi YOKOYAMA³,
Masaki TAKAOKA⁴ and Nobuo TAKEDA⁴

¹ JFE R&D Corporation

² JFE Steel Corporation

³ JFE Engineering Corporation

⁴ Dept. of Urban & Environmental Engineering, Kyoto University

The changes of chemical states for Pb in virgin and kneaded fly ash with chelating agent were investigated by using XAFS spectroscopy at beam line BL01B1 in SPring-8. The precipitate prepared from a chelating agent of marketing and a lead chloride solution has the same chemical state as the lead chelate complex which prepared from potassium diethyldithiocarbamate and lead chloride solution. Thus it was confirmed that the chelating agent was able to form a lead chelate complex with Pb²⁺ ion. The chemical form of the lead chelate complex and Pb in kneaded fly ash were the same chemical state by XANES and EXAFS spectra, thus it was verified that the kneading process of fly ash with chelating agent was able to form lead chelate complex. Even when the chemical state of Pb in a fly ash differed, it became clear that the same lead chelate complex generated by kneading processing with a chelating agent.