# 埋立焼却残渣粒子への重金属吸着機構に関する基礎的研究

## 1.はじめに

現在、わが国で進められている循環型社会の形成のた めには、焼却残渣の循環資源としての有効利用や最終処 分場跡地の有効利用が課題となっている。そのためには 焼却残渣における有害物質の一つである重金属の安定化 が重要となる。

本研究では、焼却残渣における重金属の安定化機構の 解明のため、重金属の吸着現象に注目した実験を行っ た。まず、焼却残渣の吸着能力の程度をCEC(陽イオン 交換容量)測定により評価した。次に、埋立焼却残渣に 重金属Pbを人為的な操作により吸着させた後、焼却残渣 粒子に対しX線回折分析、蛍光X線分析を行った。さら に、薄片試料を用いたX線顕微鏡分析によりPbが吸着し ている周辺部位の元素分布を分析し、Pbの吸着状況を検 討した。

# 2.実験概要

## 2 - 1 CEC (陽イオン交換容量) 測定

CEC(陽イオン交換容量)とは、土壌などに交換態として存在する陽イオンの総量のことであり、岩石や鉱物の風化・変質の進行程度を示す指標である。

(0)試料

O清掃工場から排出された焼却残渣と同最終処分場から採取した試料を4分法により2mm以下に篩い分けたものを実験に用いた。

# (1) 測定方法(セミミクロ schollenberger 法)

浸透管に試料2gを充填し、1M酢酸アンモニウム100ml 中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>で交換性陽イオンを交換・浸出した後、80% エタノール70mlで余剰の酢酸アンモニウムを洗浄した。 次いで10%塩化カリウム液100mlでNH<sub>4</sub><sup>+</sup>を浸出し、NH  $_4$ <sup>+</sup>を定量し、吸着NH<sub>4</sub><sup>+</sup>をもってCEC(単位:c-mol/kg) とした。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の定量には、インドフェノール青吸光光 度法を用いた。

## 2-2.重金属吸着試験

(0)試料

試料には、O清掃工場から排出された焼却残渣と同最 終処分場に異なる時期に埋立てられた試料を用いた。以 上の試料をそれぞれ4分法により2mm以上と2mm以下 に篩い分けたものを試験に用いた。

# (1) 重金属吸着試験

重金属を人為的に吸着させることで、焼却残渣中の重 金属の含有量を増加させ、これまでの研究では不明な点 が多かった吸着部位を明らかにすることを目的とした。 試料を純水で洗浄し、300mlコニカルビーカーに入れ、 洗浄後真空乾燥させた試料30gと1000mg/1のPbCl<sub>2</sub>溶液 300mlを加え、2日間放置しPbを吸着させた。これを吸 引濾過し、真空乾燥させた。これらの試料を蛍光X線分 九州大学工学部 学生会員 齊藤啓輔 張瑞娜 正会員 島岡隆行 江藤次郎

析により化合組成分析し、Pbの吸着量を求めた。

## (2)X線分析顕微鏡による元素マッピング

焼却残渣粒子断面における重金属元素の存在部位(分 布状態)の把握、また重金属と共存する元素の把握を目 的として、X線分析顕微鏡(九州大学、堀場製作所XGT-5000)を用いて元素マッピング分析を行った。上記の焼 却残渣粒子に樹脂を含浸させて固化し、厚さ30µmの 研磨薄片試料を作成し、分析に用いた。

(3)X 線回折分析

吸着時の重金属の存在形態を把握することを目的として、X線回折装置(九州大学、リガクXRD-MultiFlex)を用いて焼却残渣中の結晶質成分の同定を行った。上記の試料を、振動ミルを用いて粉末状にしたものを試料とした。

#### (4) 偏光顕微鏡による薄片観察

鉱物はその種類により形・色・劈開などの性質が異なる. 岩石学等においては、岩石の薄片を偏光顕微鏡でその特 徴を観察することにより鉱物組成を決定している。焼却 残渣粒子断面における鉱物の存在を視覚的に把握するた め、偏光顕微鏡を用いた薄片観察を行った。元素マッピン グ分析の際に作成した研磨薄片試料を用いた。

## 3.結果および考察

3-1.CEC 測定

図1はCECと埋立期間の関係を示す。点線は埋立前の 焼却残渣のCECを示している。埋立期間が短い0.5~2 年の焼却残渣のCECは、埋立条件によると推測される 値のばらつきが生じ11.4~23.7c-mol/kgの範囲であっ た。埋立期間が長くなると、焼却残渣のCECは全体的 に高い値をとることが解った。

#### 3-2. 重金属吸着試験

#### (1)重金属の吸着量

表に蛍光X線分析の結果を示す。ただし、これらの値は 揮発性成分および未燃分を除いて100%に規格化した。 Pb吸着無しの試料では、Pb含有量は500~3000pmで あったが、Pb吸着有りの試料では、Pb含有量は6000~ 8000pmと2倍以上の増加が見られた。吸着操作による 塩素含有量の増加は見られておらず、吸着操作後の洗浄 は十分であったことを示唆している。



-927-

## (2)X線分析顕微鏡による元素マッピング

図3、4にSi、Caに富む焼却残渣粒子の元素分布を示 す。Siに富む焼却残渣粒子では、Pb吸着の有無に関わら ず、Pbの濃集はほとんど認められなかった。一方、Caに 富む焼却残渣粒子では、Pb吸着無しの場合は、Pbの濃集 は見られないが、Pb吸着有りの場合は、焼却残渣粒子表 面付近でのPbの濃集が認められた。

# (3)X線回折分析

いずれの試料からも Quart(SiO<sub>2</sub>)、Calcite(CaCO<sub>3</sub>)、 Gehleite(Ca<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>SiO<sub>7</sub>)、Friedel's Salt(3CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaCl<sub>2</sub>-10HO)、Al、Lime(CaO)が検出されたが、Pb化合物は同 定されなかった。2mm以上の粒子においては、原灰より 埋立焼却残渣の方がCalcite のピークは高い傾向を示し た。また、測定結果チャートにおいて、非晶質成分の存 在を示す2 =  $10 \sim 40^{\circ}$ の緩やかな盛り上がりが見られ た。表2のように Pb吸着有りの焼却残渣でも Pbの含有 量は0.6 ~ 0.8%であり、XRDでは含有率が数%以上のも のしか感知されないので、Pb化合物が同定できなかった と推測される。また、本試験では短時間の反応であり、Pb 化合物が結晶化に至らなかったことも、同定 されなかった要因の一つと推測される。

### (4) 偏光顕微鏡による薄片観察

薄片観察により、2mm以上の焼却残渣粒子には、直径数mmの核を成す部分とそれを取り囲む20µm以下の微細粒子が観察された(図5)。核は、ごみ由来のガラス、金属、陶器、鉱物および焼却炉内生成の溶融ガラスなどによってできていると推測できる。微細粒子は、X線顕微鏡分析、XRDおよび屈折率、干渉色等の光学的性質からCalciteを主成分と推測された。このような微細粒子は原灰よりも埋立焼却残渣において顕著に観察された。

#### 4.まとめ

- (1) 埋立年数の増加に伴い、CECの増加傾向が見られた。
- (2)吸着操作により、Pb含有量は500~3000ppmから6000
  ~ 8000ppmまで増加した。
- (3)PbはCaに富む粒子表面に濃集していた。
- (4)上記の結果と、Calciteが埋立焼却残渣粒子周辺部にお いて顕著に見られたことから、Calciteと重金属吸着現 象の因果関係の存在が示唆された。



# 【参考文献】

1)本幡照文:焼却灰の炭酸化に伴う鉛の不溶化に関する研究 2005年 九州大学修士論文

2)黒田吉益,諏訪兼位: 偏光顕微鏡と岩石鉱物 第2版 1983年 共立出版

3)土壤環境分析法編集委員会編:日本土壤肥料学会監修 土壤環境分析法 1997年 博友社