

## 浸透圧密を利用した焼却飛灰の洗浄効果に pH が及ぼす影響

早稲田大学 学生会員 山口 洋志  
早稲田大学 正会員 赤木 寛一

### 1. はじめに

一般に廃棄物の焼却処理に伴い発生する焼却飛灰や火力発電所から排出される石炭灰は、埋立て処分される他、コンクリートの骨材や土壌改良材などに有効利用されている。しかし、焼却飛灰、石炭灰の中には、鉛、クロムをはじめとする重金属類が含まれていることもあり、再利用をするにあたり適切な処理が必要となる。近年、環境問題への関心が高まる中、こうした重金属は環境への負荷や人体への悪影響が懸念されている他、最終処分場の残余年数の観点からも焼却灰の処理技術の開発は重要である。ここでは、産業廃棄物焼却場から発生した重金属含有焼却飛灰について浸透圧密技術を適用した洗浄を試みた。洗浄実験にあたっては、浸透水の pH に着目して各種の重金属の洗浄効果について調査した。

### 2. 浸透圧密試験機について

浸透圧密試験とは、今井(1979)の「Development of a new consolidation test procedure using seepage force」により提案された圧密試験方法である。この試験方法は通常の試験方法の適用範囲外である泥水ともいえる浚渫埋立て粘土を対象とした圧密試験方法で、圧密圧力が  $p=10\text{kPa}$  以下の低応力域の圧密特性を求めることが出来る。図 2.1 に試験機の概略を示す。試験機は圧密容器、上流タンク、下流タンク、コンプレッサーからなり、上流タンクには高圧、下流タンクには低圧を作用させ、その圧力差による浸透圧によって試料を脱水圧密する。

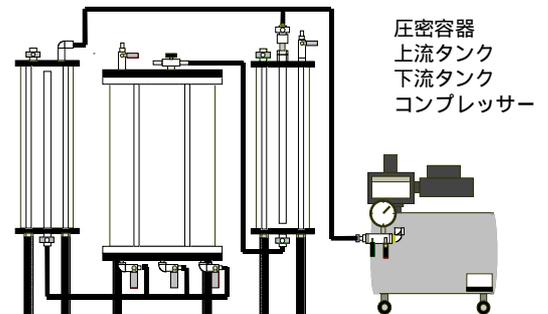


図 2.1 浸透圧密試験機図

### 3. 実験概要

浸透圧密では、浸透力によって供試体を圧密脱水させること、そして、供試体の大部分の間隙水が浸透水(ここでは、pH 調整水)と置換することから、焼却飛灰中に含まれている重金属について、試験前後の試料および排液中のその濃度を溶出試験により調べることにし、その洗浄効果を確認できる。浸透圧密による焼却飛灰の洗浄効果については、従来の研究から、洗浄効率を上げるためには溶液 pH を調整する必要があると示唆された<sup>2)</sup>。本実験では実際

表 3.1 飛灰の溶出試験結果

元素	環境基準 ppm	溶出濃度 ppm
カドミウム	0.01	0
クロム	0.05	0.0837
銅	-	0.0057
鉛	0.01	0.0677
亜鉛	-	0.0487

に産業廃棄物処理場から排出された試料に対して、溶液を酸性、中性、アルカリ性の 3 種類に pH を調整し浸透圧密を行った。試料の基本性状は比重 2.84、pH12.8 であった。ICP を利用した飛灰に含まれる重金属の溶出試験結果を表 3.1 に示す。表 3.1 より、クロム、鉛、亜鉛が高濃度で検出されたため、本実験では主にクロム、鉛の元素に注目し、洗浄効果を調査した。投入試料は焼却飛灰 1500g(乾燥質量)を比重 1.2 の溶液に調整し、硫酸(46%)を用いることで所定の pH 領域とした。その後、試料を飽和させるために 48 時間程度静置する。また、試験前に脱気装置を用い 2 時間脱気を行った。実験では、調整後の試料を圧密容器に投入し、有機系凝集剤を所定量混入した後コンプレッサーにより圧密容器内に圧力をかける。圧密圧力は 40、60、100kPa の 3 種類とし、圧密時間を 6 時間とした。試験終了後は、脱水ケーキからサンプルを採取し溶出試験を行い、下

キーワード 圧密, 洗浄, pH, 飛灰, 重金属

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 TEL 03-5286-3405

流タンク内の排液とともに ICP 分析をおこなった。

#### 4. 実験結果と考察

本実験では、40, 60, 100kPa の 3 種類の圧密圧力における洗浄効果を調べたが、洗浄効果への影響に明確な違いが見られなかった。よって、以下には圧密圧力差 40kPa 時の結果を示す。図 4.1, 4.3 では、各元素での洗浄前、洗浄後を比較した溶出濃度の比較を表し、図 4.2, 4.4 では、除去率(洗浄後減少量/洗浄前存在量)として表している。

##### 4.2.1. クロムの洗浄

図 4.1, 4.2 より、クロムでは pH の低下とともに溶出濃度が増し、除去率が上がっているのがわかる。これは、クロムの酸化還元反応によるものだと考えられる。クロムは、硫酸酸性下で還元剤の存在により、三価クロムに還元されるため中性、酸性領域では徐々にクロムは三価に還元され、除去率が上がったと考えられる。一般に、クロムは、六価、三価の 2 種類が存在し、六価クロムが環境基準の対象となっている。しかし、今回測定したクロムは全クロムであるため、今後、分光光度計等を用いて、流出したクロムについて六価クロムと三価クロムの分離が必要である。

##### 4.2.2. 鉛の洗浄

図 4.3, 4.4 より、鉛では、各 pH 領域で洗浄後の溶出濃度の低下が確認され高い除去率が得られた。鉛は、焼却飛灰中ではおもに酸化鉛として存在している。この物質は、両性元素であるため中性領域以外では、イオン化し溶出する。しかし、今回の結果は中性でも除去率が高くなってしまっているが、これは、図 4.3 を見てもわかるように未洗浄の溶出濃度が低かったため、わずかの洗浄でも高い除去率を示してしまうためである。

#### 5. まとめ

本研究では、pH を調整した焼却飛灰に対して、浸透圧密技術を適用した場合のクロム、鉛の洗浄効果を調査した。その結果、クロムでは、中性から酸性へと pH を下げることにより除去率が上がり、鉛では主にアルカリ性、酸性に pH 調整することにより洗浄効果が確認された。対象元素が溶出しやすい pH に調整し浸透圧密することにより重金属の洗浄効果を増加させることが確認された。

**謝辞：**本研究の実施に当たり、総武開発株のご援助を得たことを付記し、謝意を表する。

#### 6. 参考文献

1)JIS ハンドブック 2002 環境測定 水質, 日本規格協会, 2)大和田他; 浸透圧密を利用した焼却飛灰の洗浄効果について, 土木学会第 58 回年次学術講演会 pp120-121, 2003, 3)末次大輔, 宮田善壽, 小暮敬二; 石炭灰の洗浄効果に及ぼす pH の影響, 土木学会第 58 回年次学術講演会 pp119-120, 2003

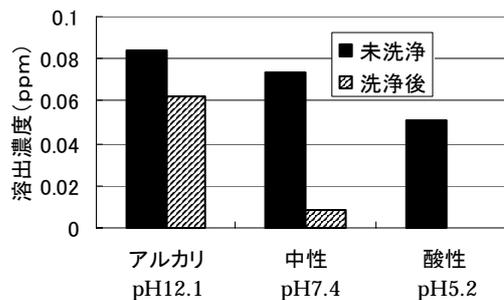


図 4.1 クロムの分析結果

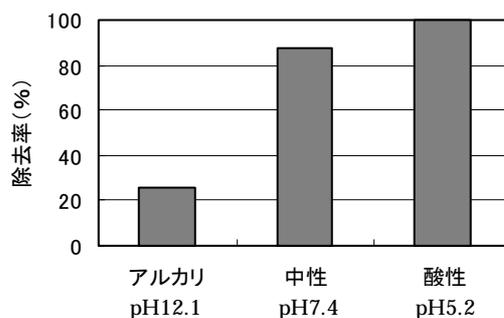


図 4.2 クロムの除去率

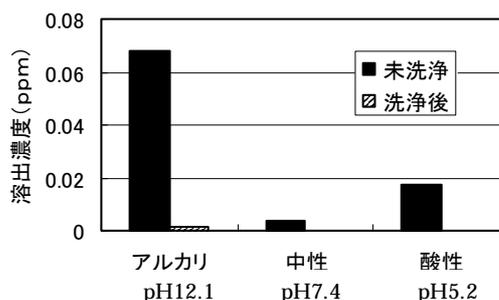


図 4.3 鉛の分析結果

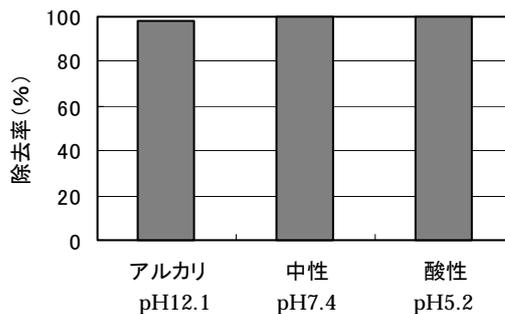


図 4.4 鉛の除去率