

**【課題名：生コンスラッジ廃棄物の燃焼ガスからの有害物質の  
回収への適用性の検討】**

平成25年10月22日

**【プロジェクトリーダー】**

所属：秋田大学工学資源学研究科

氏名：宗像健三 印

## 1. 課題の名称 等

課題番号： 241FT0398  
課題名： 生コンスラッジ廃棄物の燃焼ガスからの有害物質の回収への適用性の検討  
研究責任者氏名： 宗像 健三  
(所属・役職) 秋田大学 工学資源学研究科 環境応用化学専攻・教授  
コーディネータ等または企業の研究開発関係者氏名： 伊藤 慎一  
(所属・役職) 秋田大学 産学連携推進機構 産学連携コーディネータ  
研究開発実施期間： 平成24年10月1日～平成25年9月30日

## 2. 研究開発の概要

上記研究を実施するために、生コンスラッジ、珪藻土の入手を行った。また、これらを用いた、酸性ガスの吸収特性を把握するための実験装置を作成した。腐食性ガスを取り扱うため、実験装置のほとんどの部分はテフロン材による構成とした。本実験装置を用いて、塩化水素の吸収実験を行った。酸性ガス濃度の分析には、四重極質量分析器を用いた。この結果より、生コンスラッジが、塩化水素の吸収に有効であることがわかった。さらに、硫化水素の吸収特性の検討も行った。この結果から、硫化水素の除去についても生コンスラッジは有効に働くことがわかった。

## 3. 実施内容および研究開発成果

### ①目標

本研究で提案する上記の有害ガスの分解回収システムでは、産業廃棄物である生コンスラッジと代表者が属する所属機関の近隣で天然資源として産出されている触媒効果を付加させた天然ゼオライトや珪藻土を組み合わせることにより、安価で効率的な有害ガスの回収材を開発することを目的としている。また、このような回収材を用いて、プロセス試験を行い、化学工学的なデータを所得し、装置設計を可能にすることも目的とする。燃焼ガス中の有害酸性ガスの除去率は、法定の排出規制濃度以下まで、達成できることを目指す。

### ②実施内容

#### (1) 生コンスラッジと天然ゼオライト珪藻土の複合化による酸性ガス除去材の試作

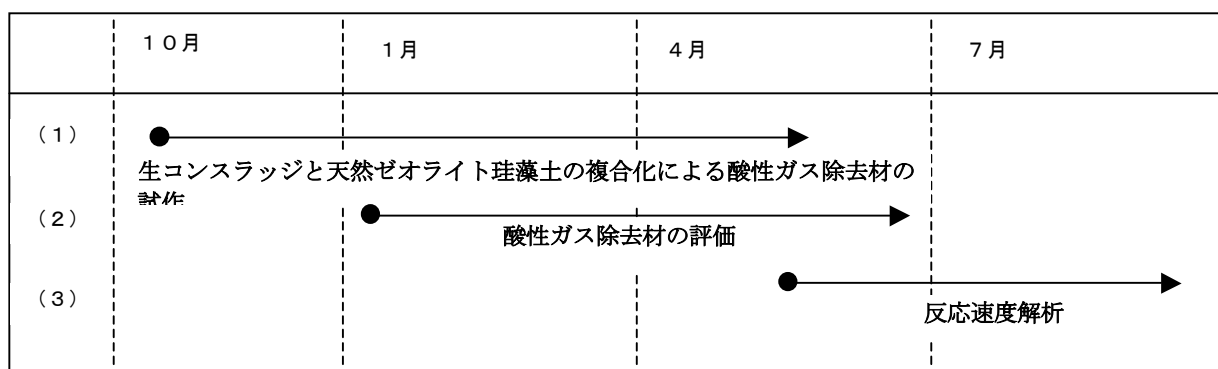
生コンスラッジと天然ゼオライト珪藻土の複合化による酸性ガス除去材の試作を行う。天然ゼオライトや珪藻土に触媒を担持したものと生コンスラッジの固形物の混合比を変えて混合し、様々な粒径に粒状化、熱処理などを加えることで混合粒状体を生成する。得られた多孔質粒状体には、化学組成、比表面積・細孔径分布などの物性評価を行う

#### (2) 酸性ガス除去材の評価

(1)で得られた粒状体の充填層に、NO<sub>x</sub> ガス、塩化水素ガス、硫化水素ガスなどの酸性ガスを導入し、除去性能評価を行う。試験では、流量、温度などの実験変数を変化させる。これにより、処理能力の高い除去材を選定する。

#### (3) 反応速度解析

(2)で選定された除去材について、さらに詳細なプロセス試験を行う。試験では、充填量、流量、温度、処理ガス濃度を系統的に変化させて、運転データを取得し、それらを解析することにより反応速度を定量化し、装置設計支援を可能にする。



上記の(1)については、生コンスラッジと天然ゼオライト珪藻土の調達、ならびに生コンスラッジによる酸性ガスの回収の検討までは実施することができた。また、上記(2)については、塩化水素ガスと硫化水素ガスの回収について検討を行った。上記(3)については、現在検討を進めている。

### ③研究開発成果

以下ではこれまでの成果を項目に分けて説明する。

#### (1) 生コンスラッジ調達

太平洋セメント株式会社の協力を得て、生コンスラッジ調達を行った。実際のコンクリート工場を訪問し、生コンスラッジの状況を視察し、生コンスラッジの提供を受けた。秋田にある工場であったが、生コンスラッジの量は相当なものであり、丘陵地を形成するほどであった。強アルカリ廃棄物であるため、処分することが困難であり、現状では、工場の空き地に保管するしかないということであった。

#### (2) 実験装置の作成

酸化性ガスの実験であるため、ステンレスの配管では、耐久性に問題がことから、テフロン製の配管材料を調達し、ガス流通式の実験装置(図1)を作成した。特に、流量制御系と流量測定系については、腐食性ガスを取り扱うため、耐食性のものを調達する必要があり、かなりの困難があった。最終的には、耐食性ガスに適用可能な流量制御装置と流量測定装置を調達することができた。さらに、硫化水素は、低濃度でもかなりの人体影響があるため、上記のガス流通式実験装置は、フード内に設置する構成とした。また、実験に用いた酸性ガスは、測定系を流通後、高濃度の水酸化ナトリウム水溶液で最終処理する方法をとった。生コンスラッジ試料は、約90℃に設定した乾燥機の中で前処理を行い、余分な水分を除去した。生コンスラッジ粒子の画像を図2に示す。乾燥した生コンスラッジは、荒い紛体であった。この生コンスラッジ粒子を石英製の反応管に充填し、実験に供した。反応管の温度は、電気炉と温度制御装置を用いて制御した。反応管の入口と出口における、酸性ガス濃度は、四重極質量分析装置を用いて測定した。四重極質量分析装置では、酸性ガスの他にも、生成すると考えられるガス成分(水蒸気、二酸化炭素等)についても、同時測定を行った。

#### (3) 実験結果

図3に、200℃における塩化水素の生コンスラッジ試料(254mg)による除去特性を示す。反応管には、1000ppmのHCL/N<sub>2</sub>ガスを100 mL/minの流量で導入した。図に示されるように、実験開始後30分から、HCL/N<sub>2</sub>ガスの破過が始まり、100分後には、反応管出口でのHCL濃度は入り口での濃度と等しくなった。このことから、200℃程度での温度でも、生コンスラッジそのもので、HCLを回収できることがわかった。

図4には、300℃における塩化水素の生コンスラッジ試料(254mg)による除去特性を示す。上記と同様に、反応管には、1000ppmのHCL/N<sub>2</sub>ガスを100 mL/minの流量で導入した。図に示されるように、実験開始後50分から、HCL/N<sub>2</sub>ガスの破過が始まり、200分後には、反応管出口でのHCL濃度は入り口での濃度と等しくなった。このことから、生コンスラッジの運転温度を上昇させることにより、HCLの

回収量を増加できる可能性が示唆された。

図5には、400℃における塩化水素の生コンスラッジ試料(246mg)による除去特性を示す。上記と同様に、反応管には、1000ppmのHCL/N<sub>2</sub>ガスを100 mL/minの流量で導入した。図に示されるように、実験開始後200分から、HCL/N<sub>2</sub>ガスの破過が始まり、320分後には、反応管出口でのHCL濃度は入り口での濃度と等しくなった。これらの結果ら、生コンスラッジの運転温度を上昇させることにより、HCLの回収量を増加できることがわかった。図2(b)には、本実験に使用後の生コンスラッジの画像を示す。反応管から取り出した使用後の生コンスラッジは、粉状であったが、色が茶色に変わっていることがわかる。

図6(a)には、上記の実験で得られた、単位質量当たりのHCLの吸収量を温度の関数として示す。図から、生コンスラッジの運転温度を200℃から400℃に上げることにより、回収容量は約3倍になることがわかる。図7には、単位質量当たりのHCLの吸収量を絶対温度の逆数の関数として示す。図6(b)に示されるように、単位質量当たりのHCLの吸収量は、絶対温度の逆数の指数関数で表現されることがほぼ可能であることが示唆されている。

図7(a)と(b)に、乾燥後の生コンスラッジと400℃で塩化水素吸収後の生コンスラッジのX線回折

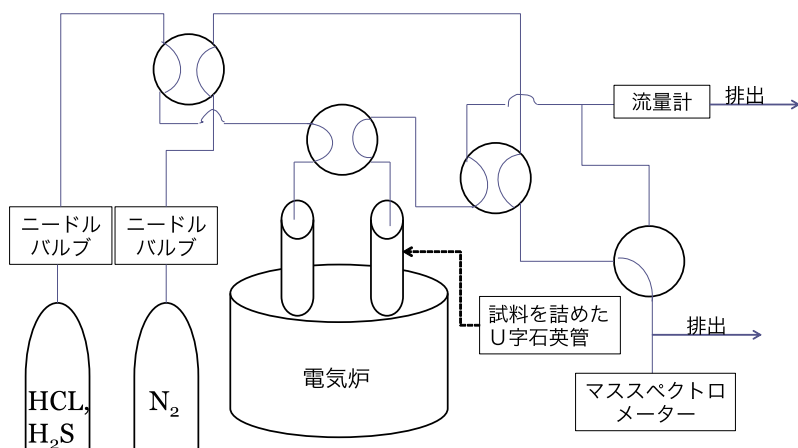


図1 ガス流通式実験装置

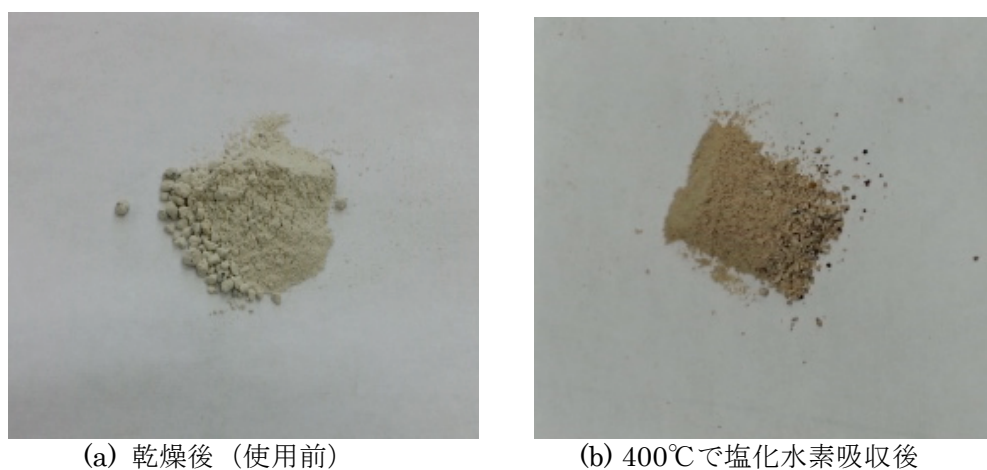


図2 生コンスラッジの外観

による分析結果の比較を示す。図に示されるように、400℃で塩化水素吸収後の生コンスラッジでは、塩化カルシウムに帰属するピークが見られており、塩化水素中の塩素が塩化カルシウムとして、生コンスラッジに固定化されていることがわかる。

硫化水素の生コンスラッジによる吸収実験の結果、硫化水素も生コンスラッジに吸収されることが可能であることがわかった。しかしながら、実験の途中で、硫黄化合物の沈着によるものと考えられる管路の閉塞により反応ガスの流通が阻害されることがわかり、吸収容量を定量化するまでには、至

らなかった。

生コンスラッジと珪藻土の複合化による塩化水素や硫化水素の吸収特性については、現在検討中で

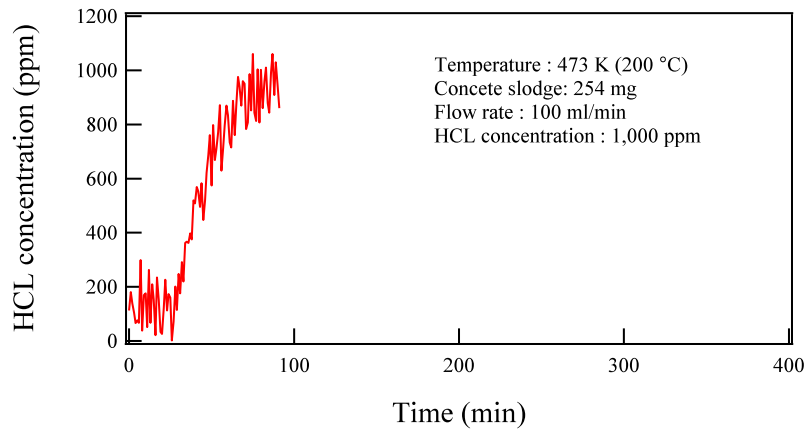


図3 200°Cにおける塩化水素の除去特性

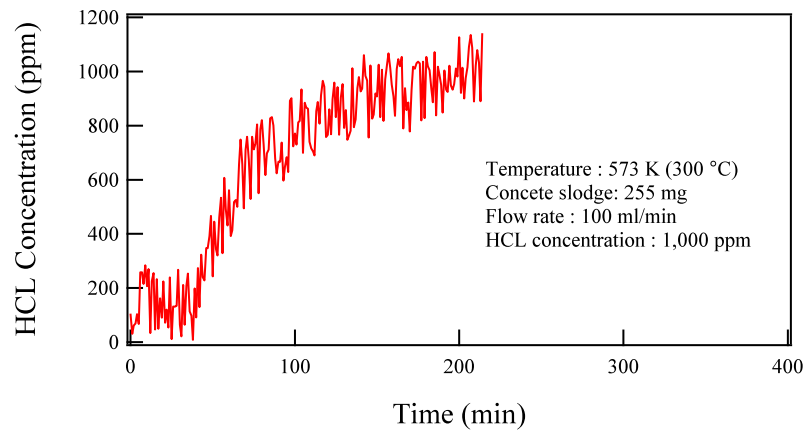


図4 300°Cにおける塩化水素の除去特性

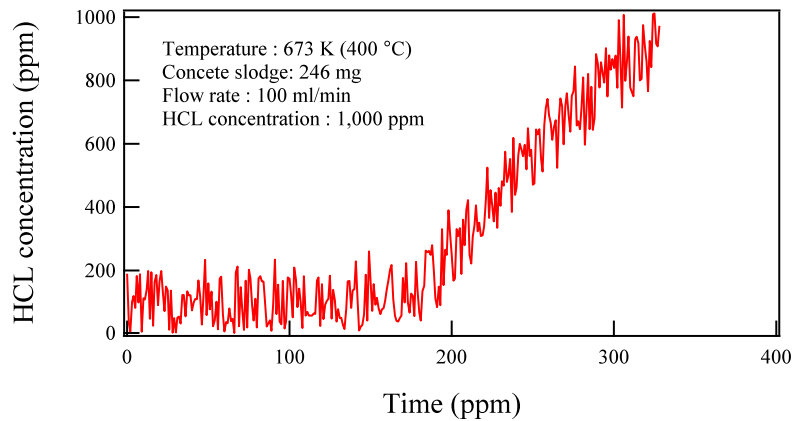
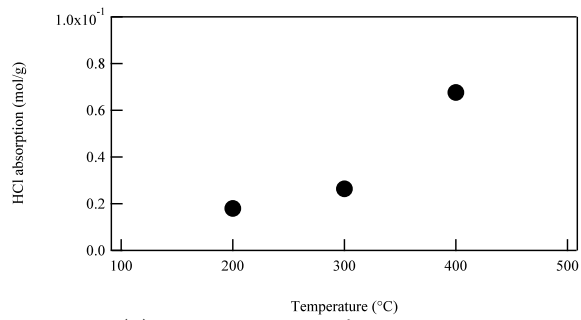
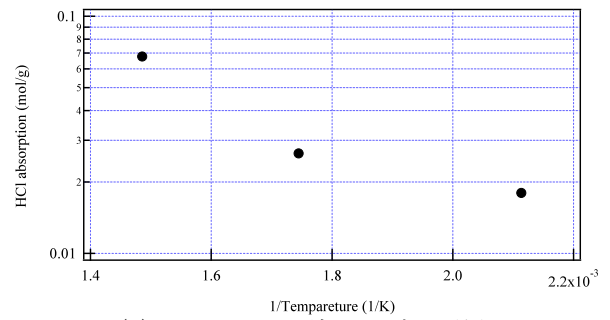


図5 400°Cにおける塩化水素の除去特性

ある。現在得られているデータの数が限られており、反応速度解析は、データの蓄積が進んでから行う予定である。これまでの検討では、特に塩化水素や硫化水素等の酸性ガスが、強い腐食性、人体への大きな危険性を有することから、反応装置の設計、製作、フードの確保などに時間を要した。ただし、生コンスラッジによる、塩化水素や硫化水素の回収が可能であることを実験的に立証した点は、今回の研究の大きい意義である。

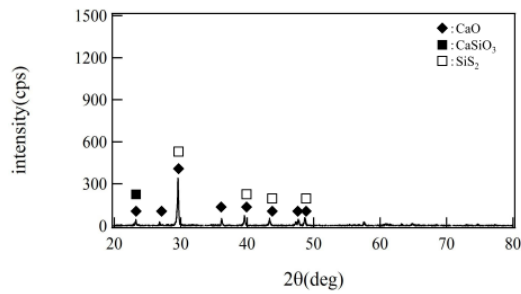


(a) 吸収量 vs 温度

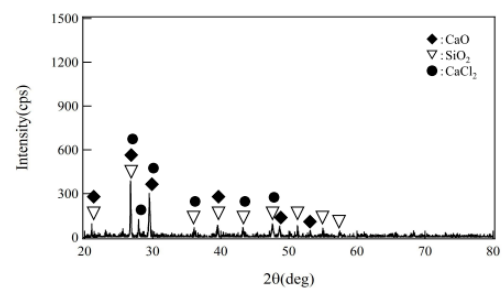


(b) 旧少量 vs 絶対温度の逆数

図6 HClの吸収量



(a) 使用前



(b) 400°Cで塩化水素吸収後

図7 XRDによる解析結果

#### 4. 今後の展開

今後は、より精度の高いデータを積み重ね、定量性のある成果を国際論文雑誌に投稿する予定である。また、本成果を積極的に公開し、企業との共同研究につなげていきたい。

技術移転などの向けた検討としては、スケールアップ試験や数値シミュレーションコードによる設計計算が不可欠になるとと思われる。