

Title	Technological Development of an Effective Recycling System for Fly Ash from Municipal Solid Waste Incinerator to be Raw Material in Cement Industry(Abstract_要旨)
Author(s)	Zhu, Fenfen
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2008-09-24
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k14148
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	author

(論文内容の要旨)

本研究では、セメント産業の焼却残渣受入れ容量および将来的な受入れ基準に注目し、焼却残渣をセメント原料として用いることにより、省エネルギー・省コストな廃棄物処理の技術的システムの開発を試みている。基本システムは、飛灰の洗浄と洗浄飛灰の焼成からなる。つまり、ダイオキシン類・重金属類等の有害物質が濃縮されている飛灰を洗浄し、セメント原料化において障害となる塩素を低減させた後、焼却システム内へ戻して処理し、焼成飛灰を含む焼却灰をセメント産業へ持ち込むシステムを考案したものであって、5章からなっている。

第1章は、研究の背景として、日本の廃棄物処理の現状、特に飛灰処理方法に関して概括した後、新たな技術的システムを提案して説明するとともに、本研究の目的を述べている。本システム内での負荷をできるだけ押さえるために飛灰量を削減すること、およびセメント原料に塩素量の基準があるため飛灰中塩素量を削減することが具体的な目的である。

第2章は、飛灰の洗浄プロセスの実験的検討について述べている。飛灰中塩素量および飛灰量の削減のため、様々な種類の飛灰を用いて洗浄パラメータを検討した。まず、予備的試験を行い、いくつかのパラメータの数、範囲を固定した後、本試験により詳細に検討した。飛灰の洗浄回数が飛灰と水との液固比(L/S)や洗浄時間、攪拌強度などに比べて重要であることを明らかにした。二回洗浄条件(L/S=3、洗浄時間5分、攪拌強度150rpm+L/S=3、洗浄時間10分、攪拌強度150rpm)では飛灰中の塩素を最大95.6%除去できることを示した。また飛灰の種類について、酸性ガス中和剤として水酸化カルシウムあるいは炭酸水素ナトリウムが使用された場合を比較検討した。炭酸水素ナトリウムを使用した方が塩素をより削減できることを明らかにした。同様に飛灰量は、炭酸水素ナトリウムを使用した場合が水酸化カルシウムを使用した場合より1/3程度になることを明らかにし、本システムを採用する場合には酸性ガス中和剤として、炭酸水素ナトリウムの使用が望ましいことを示した。

第3章は、飛灰洗浄時の塩素の低減機構をより詳細に解明することを目的に、飛灰中塩素の存在形態に関する分析方法を開発した。本手法は放射光施設を用いたX線吸収端近傍構造分析(XANES: X-ray Absorption Near Edge Structure)とX線回折を組み合わせたものである。X線回折により結晶性物質を同定し、定性的に含まれることを前提に、塩素のK吸収端XANESスペクトルの線形重ね合わせ解析により、各種塩化物の存在割合を同定するというものである。

これまで、他の研究により飛灰中塩素はその溶出挙動が異なることをわかっていたが、形態と合わせて定量的に論じる手法がなかったところ、本手法により形態同定およびその定量化が可能となったため、洗浄過程における塩素の挙動がより詳細に解明された。この手法を用いて第 2 章で行った代表的な実験のサンプルを分析したところ、塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウム、フリーデル氏塩などの割合を把握することができ、それらの割合および量の増減により、洗浄過程における現象を説明することができた。

また、不溶性塩素について検討したところ、洗浄前後の飛灰および洗浄液の乾燥固形物の XANES スペクトルから洗浄時に不溶性塩素の生成が生じている可能性があることがわかり、不溶性塩素は塩化カルシウムに強く関連していることおよび、炭酸水素ナトリウムを使用した飛灰では不溶性塩素が生成しても洗浄操作により削減しやすいことがわかった。

本章で新たに開発された分析手法は複雑系における微量元素の変化機構について一石を投じており、その成果は他の研究分野へも波及すると考えられる。

第 4 章は、洗浄飛灰の焼成プロセスについて、飛灰中塩素量の削減および飛灰量の削減の観点から検討した。実験室内の電気炉を用いて焼成条件のパラメータを検討し、塩素除去に関しては、焼成時間に比べて焼成温度が重要であることを明らかにした。焼成雰囲気に関しては、ほとんど影響がないことを明らかにした。800°Cを境に、塩素量および飛灰量の減少が著しくなった。焼成温度 1000°C、ガス $N_2 90\% + O_2 10\%$ 、加熱時間 2 時間で飛灰中の塩素は最大 95.6% 除去された。洗浄試験と同様に炭酸水素ナトリウムを使用した飛灰の方が塩素除去しやすかった。洗浄プロセスおよび焼成プロセスにおけるマスバランスをまとめ、両プロセスにより飛灰量を最大 72.1% 削減し、塩素を最大 99.8% 除去できることを明らかにした。

第 5 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の展望について述べている。

氏名	朱 芬 芬
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本研究では、セメント産業の焼却残渣受入れ容量および将来的な受入れ基準に注目し、焼却残渣をセメント原料として用いる廃棄物処理の技術的システムにおける塩素の挙動を中心に検討している。以下に本研究で得られたおもな成果を示す。

- 1) 飛灰洗浄プロセスにおいて、様々な種類の飛灰を用いて洗浄パラメータを検討し、洗浄回数が液固比や洗浄時間、攪拌強度などに比べて重要であることを明らかにした。また飛灰の種類について比較検討し、炭酸水素ナトリウムを使用した方が塩素および飛灰をより削減できることを明らかにした。
- 2) 飛灰からの塩素の低減機構をより詳細に解明するため、飛灰中塩素の存在形態に関する分析方法を開発した。本手法は放射光施設を用いた X 線吸収端近傍構造分析と X 線回折および洗浄試験を組み合わせたもので、洗浄過程における塩素の挙動解明を可能とした。この手法により不溶性塩素は塩化カルシウムに強く関連していることがわかった。
- 3) 洗浄飛灰の焼成プロセスにおいては、焼成条件のパラメータを検討し、塩素除去に関しては、焼成時間に比べて焼成温度が重要であることを明らかにした。洗浄プロセスおよび焼成プロセスにおけるマスバランスをまとめ、両プロセスにより飛灰量を最大 72.1%削減し、塩素を最大 99.8%除去できることを明らかにした。

以上、本論文は、廃棄物焼却施設の新たな技術的システムを提案し、そのために必要な要素技術の検討を行ったものである。個々の技術がそれぞれ関連分野におけるこれまでの知見を深めており、また新たに開発された分析手法は複雑系における微量元素の変化機構について一石を投じており、その成果は他の研究分野へも波及すると考えられる。本論文で得られた成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。