

一般廃棄物焼却飛灰からの大型遠心分離機を用いたセシウム溶出特性に関する研究

九州大学大学院工学府	学生会員	○澤田 貴矢
九州大学東アジア環境研究機構	非会員	渡邊 優香
九州大学大学院工学研究院	非会員	宋 麗香
九州大学大学院工学研究院	フェロー会員	島岡 隆行

1. はじめに

福島原発事故のために放出された放射性物質により、土壌や田畑、家屋といった地上に存在するものの多くが汚染され、除染が始められている。また、汚染物質を焼却処理した後に発生する放射性物質を含んだ焼却残渣の処分も問題となっている。現状では8,000～100,000 Bq/kgの放射能濃度をもつ廃棄物は搬入先が決まらずに一時保管状態となっており、8,000 Bq/kg以下の放射能濃度の廃棄物でさえも最終処分場周辺の住民からの理解が得られずに一時保管状態となっている²⁾。一時保管状態は通常の最終処分よりも二割ほど多く場所をとるため²⁾、今後を見据えた放射性廃棄物自体の減容化も大きな課題である。本研究では、焼却飛灰に含まれるセシウムの溶出特性を明らかにすること及び減容化を行うことを目的とし、放射性セシウムを含有した一般廃棄物焼却飛灰を実験試料とし、溶出試験（JIS K 0058-1）及び大型遠心分離機を用いたセシウムの溶出特性の調査を行ったものである。なお、前回の報告³⁾から、新たに静置時間の変化に伴う全セシウム溶出量の検討を行った。

2. 実験概要

2-1 実験試料

A市B清掃工場で採取された放射性セシウムを含んだ飛灰（6,431 Bq/kg）を実験に供した。また、2-3節で行った10,000 rpmでの回転継続時間を検討した実験では、放射性セシウムを用いる必要がないためC市D清掃工場からの放射能汚染されていない飛灰を実験に供した。

2-2 攪拌洗浄法

攪拌洗浄法として、溶出量試験（JIS K 0058-1）を行った。質量比で試料1に対して純水10を加えた。攪拌翼を備えた攪拌装置を用いて毎分200回転で6時間攪拌した。攪拌後10～30分静置し、上澄み液を0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過し、ろ液を分析に用いた。また、ろ過残渣を凍結乾燥させたものを放射能濃度の分析に用いた。

2-3 遠心脱離法

新たに提案する放射性セシウムの溶脱方法として遠心脱離試験を行った。遠心脱離試験とは用意したサンプルを沈殿管に充填し、さらに沈殿管をローターに固定する。ローターを回転させ、遠心力によって放射性セシウムを含む飛灰の保有水を脱水する方法である。以下に実験手順を示す。

試料1.0に対し純水0.7を加えた後、一昼夜静置した試料⁴⁾を、沈殿管に約40g充填し、遠心分離機を用いて10,000 rpmで回転させることにより、157 Gの遠心力をかけ、保有水の脱水を行った。回収した飛灰溶液及び、脱水残渣を分析に用いた。

また、10,000 rpmの遠心力で脱水される飛灰溶液の質量と回転継続時間の関係を求めるために、継続的に飛灰の含水率を測定した。含水率と回転継続時間の関係性を図-1に示す。10,000 rpmでの遠心力で脱水可能な飛灰溶液が全量脱水されるのに要する時間は約60分間であった。この結果より、本実験では60分間を回転継続時間とした。

2-4 全セシウムの定量

攪拌洗浄法からの溶出液と遠心脱離法からの飛灰溶液（以下遠心脱離液と表記）中の全セシウム濃度を原子吸光分光光度計（AAS）で分析した。

2-5 ゲルマニウム検出器による放射性セシウム含有量の測定

溶出液、遠心脱離液、脱水残渣を写真-4に示す専用の容器に充填し、ゲルマニウム検出器を用いて各試料の放射性セシウム含有量を測定した。なお、ここでの放射性セシウム含有量とは、Cs-134とCs-137の合計の含有量を示す。

2-6 静置時間の変化に伴う全セシウム溶出量の検討

遠心脱離試験における試料に純水を加えた後に静置する時間を変化させ、その変化が全セシウム溶出量にどれほど影響を与えるかを検討した。なお、静置時間は0, 1, 3, 12, 24時間と設定した。

3. 実験結果と考察

3-1 攪拌洗浄法と遠心脱離法における全セシウム溶出濃度及び放射性セシウム濃度の測定

本節では、溶出量試験と遠心分離試験での全セシウム（放射性セシウムと安定性セシウム両方をあわせたもの）と、放射性セシウムそれぞれの溶出濃度について比較、検討する。まずAASによる全セシウムの分析結果を図-2に示す。全セシウムの溶出量は、攪拌洗浄法のろ液に比べて、遠心分離液の方が約12倍多い結果となった。次に、ゲルマニウム検出器による放射性セシウムの分析結果を図-3に示す。全セシウムの溶出量は攪拌洗浄法からのろ液に比べて、遠心分離液の方が約11倍多く含まれていることが分かった。理由としては、溶出量試験の工程が攪拌、吸引ろ過だけであり、多くの水分が保有されたままであるのに対し、遠心分離試験では遠心力をかけることによって飛灰粒子間隙から溶液が脱離しているためと考えられる。これは攪拌洗浄法の溶出残渣の含水率が64.8%であったのに対し、脱水残渣が15.4%である

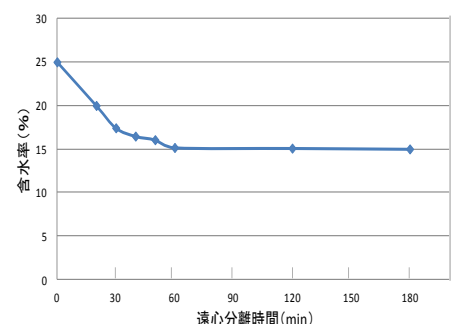


図-1 含水率と遠心分離時間の関係

ことから分かる。遠心脱離残渣内に残留している保有水にセシウム等の元素が含有されており、遠心脱離残渣内の水分に保持された状態となっていたと考えられる。また、残渣中の保有水にも同濃度のセシウムが溶解していたと考えた場合、溶出量試験の残渣には約0.18 mg/L、遠心脱離残渣には0.77 mg/Lのセシウムが含まれていると推察される。

3-2 遠心脱離法による放射性セシウムの回収率

放射能汚染飛灰、遠心脱離残渣、遠心脱離液各々に含まれる放射性セシウム濃度をゲルマニウム検出器を用いて測定した結果に各測定試料の重量を乗じ、各測定試料内に含まれる実際の放射性セシウムの量(Bq)を算出することによって、放射性セシウムの回収率を求めた。その結果を図-4に示す。実験前の飛灰に含まれていた放射性セシウムの58%を遠心分離液へと抽出、回収できた。回収率が58%に留まった原因として、3-1節で述べた理由と同様に、実験後も残渣内に保有されたままとなっている水分によるものと考えられる。今後の研究では、残渣内に残留している水分を少しでも多く抽出することが課題である。また、図-4から本実験での放射性セシウムの収支率(=100×(実験後の放射性セシウム量÷実験前の放射性セシウム量))が得られる。図-4から今回の遠心脱離試験での収支率は91%となり、本実験の精度は比較的高いものであるといえる。

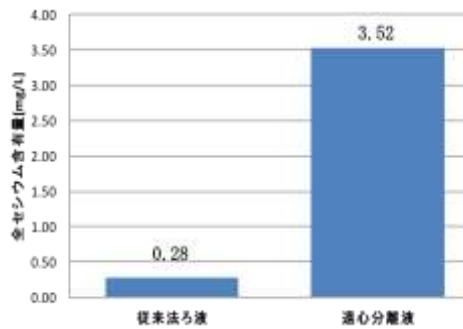


図-2 従来法ろ液と遠心分離液の全セシウム含有量

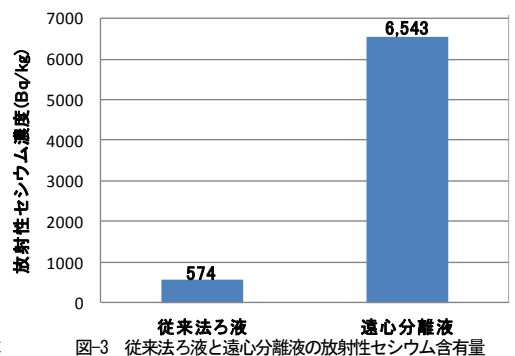


図-3 従来法ろ液と遠心分離液の放射性セシウム含有量

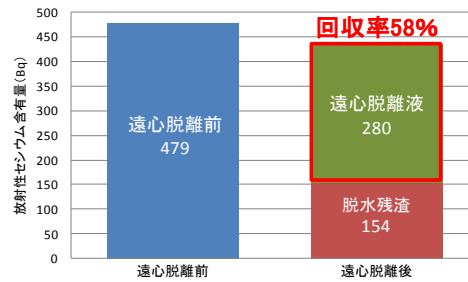


図-4 遠心分離試験前後での放射性セシウム含有量

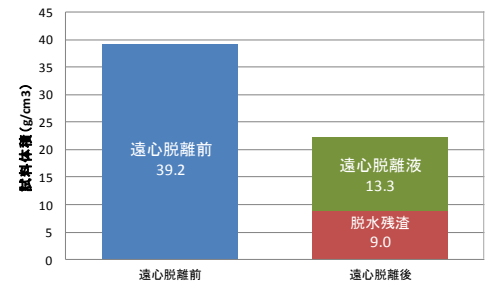


図-5 遠心分離試験前後での体積

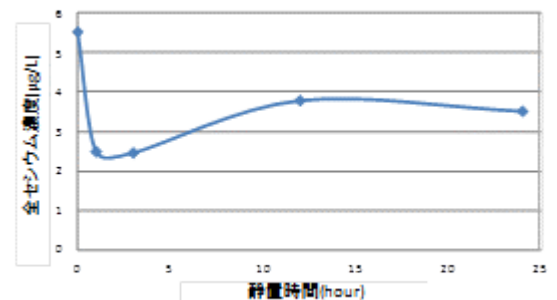


図-6 各静置時間による全セシウム溶出量

3-3 遠心脱離試験前後での減容化について

遠心脱離試験の前後での体積を図-5に示す。遠心脱離試験の減容化率[=100×(遠心分離残渣の体積+遠心分離液の体積)/(実験前飛灰の体積)]は56.9%となった。放射能汚染飛灰の体積が6割以下となったことを示しており、処分場の使用容量の削減に十分に寄与できると考えられる。

3-4 静置時間の変化と全セシウム溶出量の関係

遠心脱離試験における試料に純水を加えた後に静置する時間と、全セシウム溶出量との関係を図-6に示す。静置時間が0時間とした時のセシウム溶出量が最も大きくなった。これは加水してから時間がたつと、空気中の二酸化炭素と反応し炭酸塩を形成することが原因であると考えられる。このことから加水後すぐに遠心脱離を行うことが望ましいと言える。

4. まとめ

攪拌洗浄法(溶出量試験)に比べて遠心脱離法(遠心分離試験)の方が、放射性及び安定性セシウムを高濃度に抽出できることが分かった。また、放射能で汚染された一般廃棄物飛灰中の約6割の放射性セシウムを抽出できた。さらに、遠心脱離試験によって、元の体積の57%まで減容化することができた。また、加水後すぐに遠心脱離を行うことにより、時間をおいた場合に比べて、より多くのセシウムを抽出できることが示唆された。

今後の研究では、遠心脱離における静置時間以外の各種パラメータ(含水率、回転速度、雰囲気中のガス組成など)を変化させることによって、より多くのセシウムを抽出させるとともに、保有水の回収割合を上げたい。また、大型遠心分離機を用いる回収方法でセシウムのみならず重金属等、他の元素の挙動も調査する予定である。

【参考文献】

- 1) 環境省：福島県内の災害廃棄物の処理の方針、平成23年6月23日
- 2) 福島民報：「廃棄物燃却灰保管に黄色信号」「基準値超え」搬出できず容量を圧迫、平成24年10月4日付朝刊
- 3) 澤田、島岡ら：一般焼却飛灰からの大型遠心分離機を用いたセシウム溶出特性に関する研究、第34回全国都市清掃研究・事例発表会 講演論文集、pp. 325-327、2013
- 4) 大渡、島岡ら：焼却灰溶液の保持形態と重金属の溶出機構に関する研究、第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集、pp. 856-858、2002

謝辞

本研究は環境研究総合推進費 K122102「放射性セシウムを含有する焼却残渣の性状把握と効率的かつ安全な処分技術」(研究代表者：島岡隆行)の支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。