

炎光分光分析法によるセシウム分析の検討とセラミックス複合炭のセシウム吸着性能評価

製品化支援技術グループ 窯業チーム 稲田 博文, 高石 大吾, 佐藤 昌利
材料技術グループ 金属系材料チーム 南 秀明, 門野 純一郎

要 旨

「3.11」により大量の放射性物質が環境中に放出され、福島を中心に環境が汚染された。放射性物質による環境汚染の修復技術の開発が急務である。セシウム吸着能力を有する吸着材評価として、当研究所で保有する分析機器を用いて、水溶液中のセシウム濃度測定を試みた。炎光分光分析法による検討の結果、今回の測定条件ではセシウム濃度が0.1ppm以上の感度を有していることが分かった。セラミックス複合炭のセシウム吸着性能を評価した結果、セシウム吸着率が80%を超えることが明らかとなった。

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震で、原子力発電所も被災し、その結果大量の放射性物質が環境中に放出された。現在、政府・地方自治体、大学・研究機関、民間企業及びNPO等が放射能汚染から一日も早く修復するための技術開発に取り組まれている¹⁾。

セシウムの吸着評価については、問題となっている放射性セシウム137の代替として、非放射性セシウム133で簡易的に評価できる。水溶液中のセシウム133の評価は、ICP-MSで高精度に評価できる。一方、ICP-AESでは感度が低く、当研究所で保有する装置では、測定不可な元素となっていた。

セシウムはナトリウムやカリウムと同じアルカリ金属であることから、原子吸光分析法にて測定が可能である。原子吸光分析法によりセシウム分析をするためには、それに適したホローカソードランプが必要であるが、当研究所では保有していなかったため、ランプを必要としない炎光分光分析法を実施することにした。なお、炎光法はアルカリ金属元素の分析には最適な方法である。

本報告においては、当研究所現有機器を用いて炎光分光分析法による水溶液中のセシウム濃度測定に関する基礎的検討を行ったので報告する。また、一般的に活性炭のセシウム吸着能は低いが、共同研究先企業であるカーボテックの依頼により測定した同社製セラミック複合炭（商品名：粉末活性炭ハイモックス）のセシウム吸着率が高い値を示したので、その結果についても報告する。

2. 炎光分光分析法によるセシウム吸着性能評価

装置は、日本ジャーレル・アッシュ製 AA-8500を用いた。励起源として、空気-アセチレンフレームを使用し、分析線は852.1 nmとした。

2.1 硝酸濃度がセシウム分析線強度に与える影響

吸着用溶液として塩化セシウム溶液を使用することを想定したため、炎光分析をするためには、ろ過後の溶液に酸を加えることが望ましいと考えられる。本実験では添加する酸として、硝酸を選定した。セシウム濃度を固定し、種々濃度の硝酸を加えた溶液の測定を行った結果を以下の図1に示す。

横軸は硝酸濃度、縦軸は強度を示す。セシウム濃度1 ppmにおいて、硝酸を未添加と比較して、硝酸添加試料の強度は大きな値を示した。一方、硝酸濃度の変化に対する強度変化は少ないことが分かった。図1に示す硝酸濃度よりも濃厚な溶液を作製し、炎光分析をした結果、硝酸濃度0.1から2 mol/Lの強度は同程度であった。一方、硝酸濃度を5 mol/Lとした試料は強度が低くなった。硝酸を多量に含むことにより、溶液の粘度が高くなったため生じた物理干渉によるものと考えられる。セシウム濃度0.1 ppmとし、硝酸濃度を同様に変えた溶液の炎光分析を実施した。その結果、セシウム濃度1 ppmと同様の傾向を示した。

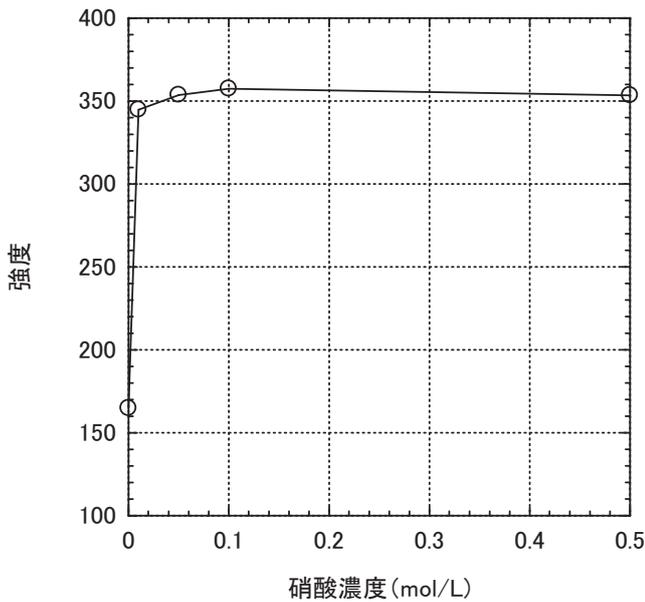


図1 セシウムを1ppm含む各種硝酸濃度に対する、強度変化

2.2 検量線法を用いた定量法の検討

硝酸を0.1 mol/L含み0, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10及び20 ppm (mg/L) セシウム溶液を作製した。セシウムは、和光純薬工業(株)製セシウム標準液 (CsCl, 1000 ppm) を用いて濃度調製を行った。

各種濃度の溶液を測定し、検量線を調べた結果、セシウム濃度が0から1 ppmの範囲では相関係数0.999の値を示し、セシウム濃度が0から5 ppmの範囲では相関係数0.995を示した。なお、5 ppmよりも高い濃度では、相関係数の値が小さくなったことから、検出器の感度を下げて検討した。その結果、2から20 ppmの間で、相関係数0.999を超える値を示した。

2.3 セシウム吸着性能試験条件

セシウム標準液を蒸留水で50 ppmに希釈し、試験溶液とした。遠沈管にセシウム溶液40 mLと評価用試料0.2 gも加え、10分間振とうし、50分間静置した。その後、10分間遠心分離を行い、ろ紙でろ過を行った。ろ液9 mLに1 mol/L硝酸を1 mL加えて分析用溶液を作製し、蛍光法にて定量した。下記の式から分配係数 (K_d) 及び吸着率 (R) を求め、吸着特性を評価した。

$$\text{分配係数 } (K_d) = \{(C_0 - C) / C\} V / m \text{ (mL/g)}$$

$$\text{吸着率 } (R) = \{(C_0 - C) / C\} 100 \text{ (\%)}$$

C_0 : 吸着試験前のセシウム濃度 (50 ppm), C : 吸着試験後のセシウム濃度, V : 試験溶液量 (mL), m : 吸

着材試料の質量 (g)

2.4 セラミック複合炭のセシウム吸着評価

セラミック複合炭のSEM-EDSの結果を図2に示す。同炭化物は、木材を原料とし、粘土系無機粉末と複合後に炭化することに特徴がある。SiのEDS分析の結果から、SEM画像中の粒子は無機粉末であることが分かる。なお、炭素濃度が高いところが炭化物である。

セシウム吸着試験の結果、分配係数が196, 吸着率が81.3%であった。一般的な活性炭のセシウム吸着能は低いですが、いくつかの活性炭にセシウム吸着能があることが報告されている。セシウム吸着能の高い無機質材料として、ゼオライトや粘土などがある。その吸着は、

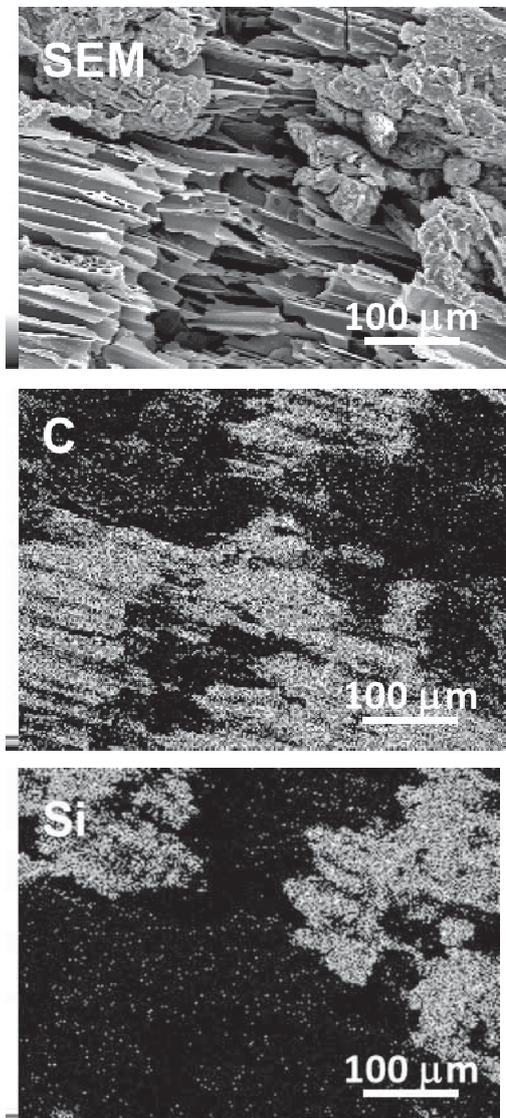


図2 セラミック複合炭のSEM画像と、炭素 (C) 及びケイ素 (Si) 分布

陽イオン交換反応による。セラミック複合炭は粘土由来物質を含むが、炭化時に700℃以上の温度で熱処理されており、粘土由来物質は分解し非晶質化している。今回の実験では、セシウム吸着が炭の部分によるものなのか、粘土由来物質によるものかは明らかではないが、80%程度の吸着率を有する特徴的な性質を有することが明らかとなった。

3. まとめ

当研究所で所有する装置を用いて、炎光分光光度法によるセシウム定量分析を実施した。その結果、セシウム濃度0.1 ppm程度まで測定できることが明らかとなった。

セラミックス複合炭のセシウム吸着能を評価した結果、吸着率が80%を超える興味深い結果が得られた。

参考文献

- 1) 日本原子力学会バックエンド部会：福島第一原子力発電所内汚染水処理技術のための基礎データ収集. (<http://www.nuce-aesj.org>)