

焼却灰試料中の放射性ストロンチウムの 簡易測定法に関する検討

山本 貴士^{1*}、塙 章²、竹内 幸生¹、滝上 英孝¹、大迫 政浩¹、貴田 晶子³

¹ 独立行政法人国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

² 株式会社同位体研究所 (〒230-0045 横浜市鶴見区末広町1-1-40 横浜市産学共同研究センター)

³ 愛媛大学農学部 (〒790-8566 愛媛県松山市樽味3-5-7)

Study on the Simplified Measurement Method for Radiostrontium in Incineration Ash Samples

Takashi YAMAMOTO^{1*}, Akira HANAWA², Yukio TAKEUCHI¹, Hidetaka TAKIGAMI¹,
Masahiro OSAKO¹, and Akiko KIDA³

¹Center for Material Cycles and Waste Management Research, National Institute for Environmental Studies
(16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan)

²Isotope Research Institute, Inc. (1-1-40 Suehiro, Tsurumi, Yokohama 230-0045 Japan)

³Ehime University (3-5-7 Tarumi, Matsuyama, Ehime 790-8566 Japan)

Summary

An examination of simplified measurement method using selective absorption material (Rad Disk Strontium) for radiostrontium in incineration ash samples was carried out. Extraction of strontium from ash samples can be performed using concentrated nitric acid by soaking overnight. Due to coexisting elements such as Ca, Ba, and Pb, recovery of Sr by Rad Disk Strontium (3M Company) was poor without removing of these coexistence elements. It was found that coexistence elements were effectively removed by alkaline coprecipitation and chromate coprecipitation procedures, and recovery of Sr improved to 75 - 80%. Because the measurement results of ⁹⁰Sr obtained by this method were consistent with the results obtained by the official method, radiostrontium in ash samples can be determined by this simplified measurement method. Detection limit of ⁹⁰Sr was approximately 4 Bq/kg, when 5 g of ash samples was analyzed.

Key Words: Radiostrontium, Incineration ash, Simplified measurement method

1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所事故により様々な放射性物質が環境中に放出された。旧原子力安全・保安院の試算によると、大気への放出量が比較的多いとされる放射性核種は、¹³³Xe(半減期 5.25 日)が 1.1×10^{19} Bq、¹³¹I(同 8.02 日)が 1.6×10^{17} Bq、¹³²Te(同 3.20 日)が 8.8×10^{16} Bq、¹³³I(同 20.8 時間)が 4.2×10^{16} Bq、¹³⁴Cs(同 2.07 年)が 1.8×10^{16} Bq、¹³⁷Cs(同 30.2 年)が 1.5×10^{16} Bq 等である¹⁾。同年5月

頃より東日本各地で焼却灰等から高濃度の放射性物質が検出される事例が報告されるようになり²⁾、それらの適正な処理が問題となった。このような状況に対処するために同年8月に成立した放射性物質汚染対処特措法では、これらの放射性核種のうち、被ばく防止の観点から放出量が多く半減期の長い¹³⁴Csと¹³⁷Csを対象としている。

事故後3年以上が経過し、事故由来放射性物質汚染廃棄物を適正に処理処分する上で重要なのは、長寿命の放射性核

*Corresponding author: TEL: 029-850-2547, FAX: 029-850-2840, E-mail: tyama@nies.go.jp

種の濃度や廃棄物処理過程での分配といった挙動の把握であろう。例えば、 ^{90}Sr の半減期は28.8年と ^{137}Cs にほぼ等しい。また、Srはアルカリ土類金属であることから、仮に無視できない量が生体内に取り込まれると骨に蓄積し、長期間にわたり内部被ばくを受ける可能性がある。 ^{90}Sr の大気への放出量は $1.4 \times 10^{14} \text{ Bq}^{-1}$ と放射性Csの100分の1程度であり、土壌への沈着量は ^{137}Cs の1000分の1程度と見積もられている³⁾。しかし、放射性Srは放射性Csに比較して土壌への分配係数が低く、土壌・地下水中で移動性も有しており、福島第一原子力発電所近傍の高線量に汚染された地域等での被ばく評価においては、考慮すべきかどうか検討することも必要であろう。なお、 ^{89}Sr の大気への放出量は $2.0 \times 10^{15} \text{ Bq}$ と ^{90}Sr よりも大きい、半減期が50.5日と短いため現時点では重要性は低いと考えられる。一方で、 ^{90}Sr は測定が困難な核種でもある。 ^{90}Sr はβ崩壊により ^{90}Y (半減期64.1時間)となり、 ^{90}Y もβ崩壊により ^{90}Zr (安定)となるが、いずれの過程からもγ線は放出されない。従って、放射性Csの測定に広く用いられるγ線スペクトロメトリーでは ^{90}Sr を検出できず、放射化学分析により ^{90}Sr を分離した後にβ線計数装置で測定するのが定法である。国内で一般的に用いられる放射性Sr分析法⁴⁾は、煩雑で2週間程度の時間を要する方法である。このように、被ばくの観点からは特措法の対象外であり、また放射性Srの分析は困難であるためか、廃棄物分野での放射性Srの測定事例は少ない。環境省の第13回災害廃棄物安全評価検討会に福島県内の一般廃棄物焼却施設で2012年2月に実施した調査の結果が報告されており、飛灰からは 9.7 Bq/kg (^{89}Sr と ^{90}Sr の和)、主灰から 13.9 Bq/kg (同)の放射性Srが検出され、排ガスからは不検出であった⁵⁾。しかし、前述の通り ^{90}Sr について高線量地域等で考慮すべきかどうかを判断していくためにも、その挙動について知見を集積していく必要があり、そのために簡易、迅速な測定法の整備が求められている。

近年、放射化学分析の代わりに、Srを選択的に吸着する材料を用いた固相抽出により放射性Srを簡易・迅速に測定する方法が開発されており^{6,7)}、環境分野での適用例が増えつつある^{8,9)}。また、最近では、 ^{90}Sr の濃度をβ線計数によらずに直接誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)を用いて求める方法も開発されており、Takagaiらは選択吸着材を充填したカラムを用いた試料濃縮デバイスをICP-MSと組み合わせたシステムを開発し、福島第一原子力発電所付近の土壌中の ^{90}Sr の測定に適用している¹⁰⁾。しかし、このような選択吸着材を用いた簡易測定法を廃棄物関連試料、特に廃棄物処理過程で放射性Srが濃縮される可能性が高い焼却灰試料のような特異的な性質をもつ試料について、適用した事例はほとんどみられない。焼却灰試料に適用する場合、共存元素による妨害の除去が課題になると考えられる。よって、本研究においては、焼却灰試料からのSrの抽出方法及び共存元素の除去方法について検討を行った結果、共存元素を適切に除去できる有効

な前処理方法を確立した。

2. 方法

(1) 試料及び試薬

焼却灰試料として、2012年12月に福島県内の一般廃棄物焼却施設で採取した飛灰及び主灰を使用した。文部科学省法⁴⁾による ^{90}Sr の測定値は、飛灰が $11.0 \pm 1.2 \text{ Bq/kg}$ (採取日換算、湿重量ベース)、主灰が $9.2 \pm 1.1 \text{ Bq/kg}$ (同)である。

Srの選択吸着固相として、米3M社のEmpore Rad Disk Strontium (以下、Rad Disk Sr)を使用した。Rad Disk Srは、吸引ろ過器に取り付け、メタノール5 mLを緩やかに通液してコンディショニングし、続けて2 mol/L硝酸20 mLを約50 mL/分の流速で通液して洗浄した後、乾燥させずに直ちに使用した。硝酸、塩酸、水酸化ナトリウム、クロム酸等の試薬類は、いずれも市販の特級のものを使用した。純水は、純水製造装置で製造したものを使用した。

(2) 放射性Srの抽出方法の検討

試料5 gに濃硝酸50 mLを添加し、常温で静置して抽出を行った (以下、静置浸漬抽出と称する)。抽出時間は3、18、44時間とした。抽出液はろ紙(No.5 C)でろ過した後純水で100 mLに定容し、純水で100倍または10000倍に希釈して元素濃度を定量した。抽出方法の検討、また以下の処理方法の検討では、飛灰と主灰それぞれ2試料ずつ併行分析を行った。

(3) 共存元素による妨害の把握及び妨害除去のための処理方法の検討

a) 共存元素による妨害の把握

試料5 gを精秤し、濃硝酸50 mLを加え約18時間静置浸漬抽出した。これを孔径 $0.45 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過した。ろ過後の抽出液に硝酸濃度が2 mol/Lとなるように硝酸を加え、コンディショニング、洗浄済みのRad Disk Srに試料溶液を約50 mL/分の流速で通液して吸着させた。Rad Disk Sr通過前後の試料溶液について、純水で希釈して元素濃度を定量した。また、試料通液後のRad Disk Srは、2 mol/Lの硝酸20 mLを約50 mL/分の流速で通液して洗浄した後、洗浄液が中性になるまで純水を通液して洗浄し、洗浄終了後の時刻を ^{90}Y の成長開始点として記録した。Rad Disk Srに回収された核種のβ線を測定した。

b) キレートディスクによる処理

試料5 gを精秤し、濃硝酸50 mLを加え静置浸漬抽出した。抽出液をろ過後、純水で100 mLに定容した。これに水酸化ナトリウムを加えてpHを2.4～2.7に調整し、孔径 $0.2 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過した。これを、キレートディスク(米3M社、Empore Chelating)に通液した。さらにこれをRad Disk Srに通液した。以上の各段階の試料溶液について、純水で希釈して元素濃度を定量した。また、Rad Disk

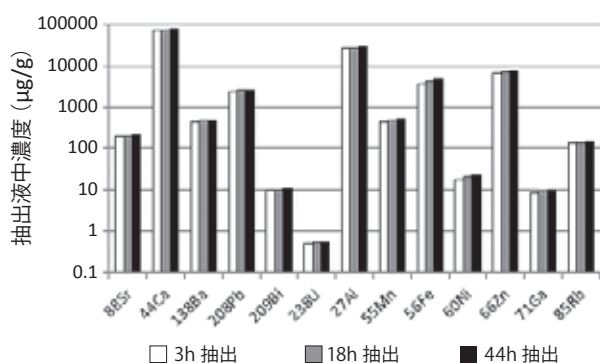


図1 静置浸漬抽出による飛灰抽出液中の各元素濃度

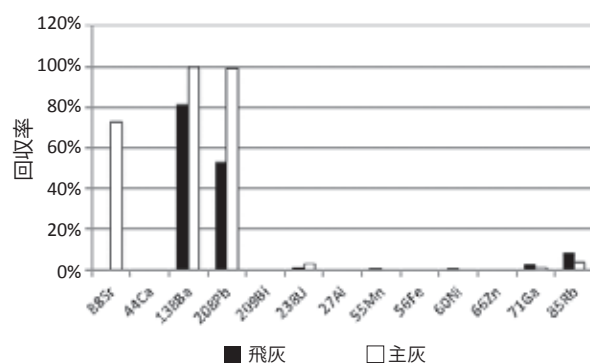


図2 未処理の抽出液を通過した際の各元素のRad Disk Srによる回収率

Srに回収された核種のβ線を測定した。

c) アルカリ共沈法による処理

試料5gを精秤し、濃硝酸50mLを加え18時間静置浸漬抽出を行った。抽出液をろ過後、水酸化ナトリウムを加えpHを9～10に調整し、12時間静置した。これを孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過した。ろ液に硝酸濃度が2mol/Lとなるように硝酸を加え、Rad Disk Srに通液した。以上の各段階の試料溶液について、純水で希釈して元素濃度を定量した。また、Rad Disk Srに回収された核種のβ線を測定した。

d) クロム酸共沈法による処理

試料5gを精秤し、濃硝酸50mLを加え18時間静置浸漬抽出を行った。抽出液を孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過した。これに水酸化ナトリウムを加えてpHを9～10に調整し、12時間静置した。これを孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過した。これにクロム酸を添加し、沈殿が生成するまでホットプレートで加熱濃縮した。沈殿生成後放冷し、孔径0.45μmのメンブランフィルターでろ過した。これに硝酸濃度が2mol/Lとなるように硝酸を加え、Rad Disk Srに通液した。以上の各段階の試料溶液について、純水で希釈して元素濃度を定量した。また、Rad Disk Srに回収された核種のβ線を測定した。

(3) 元素濃度の定量及びβ線の測定

元素の定量には、ICP-MS(サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社、XSERIES 2)を使用した。Al、Ca、Mn、Ni、Fe、Zn、Ga、Rb、Sr、Ba、Pb、Bi、Uの13元素を定量対象とした。

β線の測定には、低バックグラウンドα/β放射線自動計測システム(米CANBERRA社、Series 5 XLB)を使用した。測定時間は60分、フローガスの種類と供給圧はPRガス、0.07MPaとした。測定は回収直後と2週間後(または1週間後)の2回行い、結果は試料採取日時点の試料重量当たりの⁹⁰Srの放射能(Bq/kg)に換算して示した。

3. 結果及び考察

(1) 焼却灰試料からの抽出方法の検討

図1に飛灰の静置浸漬抽出による抽出液中の各元素濃度を示す。抽出時間が長時間となっても各元素濃度は大幅には増加しないことから、作業性を考慮し、以後の検討においては抽出時間を18時間(一晚)とした。

(2) 共存元素による妨害の把握及び妨害除去のための処理方法の検討

a) 共存元素による妨害の把握

図1に示した通り、飛灰抽出液中には、CaやAlが安定Sr(⁸⁸Sr)の100倍以上、ZnやFe、Pbが10倍以上、BaやMnも2倍以上の濃度で存在している。Rad Disk SrでのSr回収におけるCaによる阻害について、3M社の技術資料ではディスク当たりのCa負荷量が500mgまでは阻害は起きないとしている。今回の検討では焼却灰試料の供試量を5gとしており、抽出液中のCa量は同社のいう吸着阻害の起きない範囲内である。このため、共存元素の除去処理を行わずにRad Disk SrでのSrの回収を試みた。図2に各元素のRad Disk Srによる回収率を示す。飛灰ではPbやBaが53～81%回収されているが、Srは回収されていない。一方、主灰ではBa、Pbは99%が回収されたが、Srは73%が回収されるに留まった。また、²³⁸Uもわずかに回収されている。²³⁸Uが回収された場合、β線を放出する娘核種が継続的に生じることから、β線測定値の信頼性は低くなる。Rad Disk Srのβ線測定結果を表1に示したが、飛灰で19.2Bq/kg、主灰で19.0Bq/kgという値が得られた。しかしながら、飛灰では安定SrがRad Disk Srに吸着されていないこと、主灰ではPbやU等他のβ線放出核種がRad Disk Srに吸着していることから、この結果はSr以外のβ線放出核種を検出したものであると考えられた。

b) キレートディスクによる処理

キレートディスクは重金属類を回収するために用いられていることから、これを用いたPb除去の可能性について検討した。

表1 未処理の抽出液を通過した Rad Disk Sr のβ線測定結果

* 未分析

種別	試料		測定値 (Bq/kg)		定量下限 (Bq/kg)	期待値 (Bq/kg) 2 週間後
	No.	重量 (g)	回収直後	2 週間後		
飛灰	1	5.2	17.0	NA*	4.1	33.5
	2	4.6	21.4	NA	4.6	42.2
	平均	4.9	19.2	—	4.4	37.9
主灰	1	4.9	20.9	NA	4.3	41.2
	2	4.7	17.1	NA	4.5	33.7
	平均	4.8	19.0	—	4.4	37.5

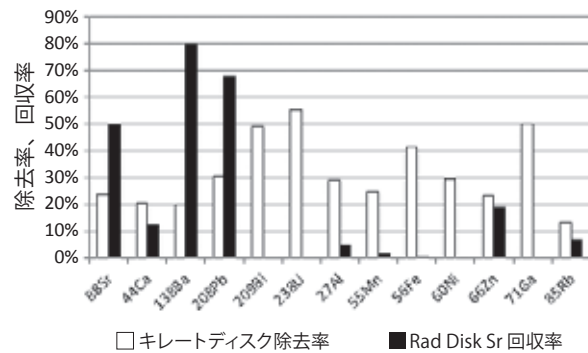
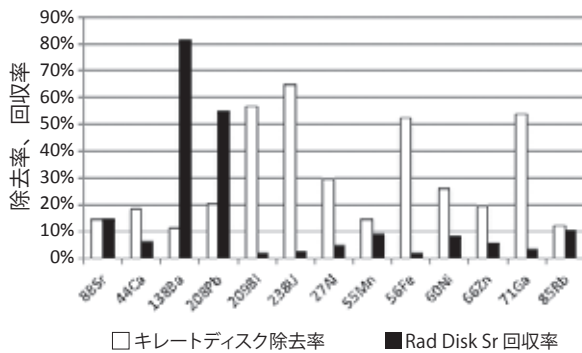


図3 各元素のキレートディスクによる除去率と Rad Disk Sr による回収率 (左: 飛灰、右: 主灰)

表2 キレートディスク処理後の試料溶液を通過した Rad Disk Sr のβ線測定結果

種別	試料		測定値 (Bq/kg)		定量下限 (Bq/kg)	期待値 (Bq/kg) 2 週間後
	No.	重量 (g)	回収直後	2 週間後		
飛灰	1	4.9	8.1	108	4.3	15.9
	2	4.7	13.7	123	4.5	27.1
	平均	4.8	10.9	115	4.4	21.5
主灰	1	4.5	12.9	18.6	4.7	25.4
	2	4.8	12.2	16.4	4.4	24.0
	平均	4.6	12.5	17.5	4.6	24.7

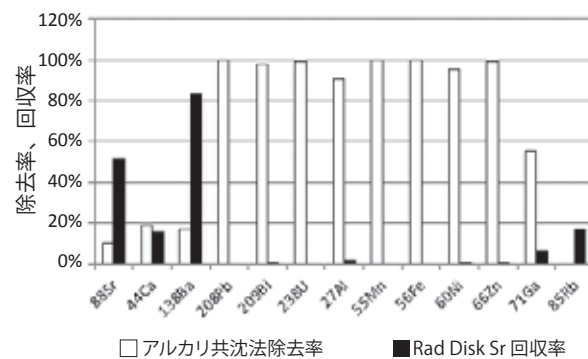
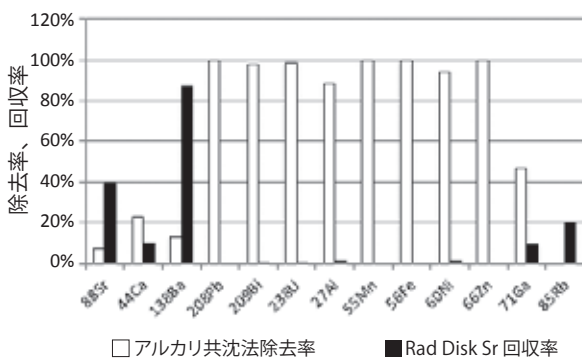


図4 各元素のアルカリ共沈法による除去率と Rad Disk Sr による回収率 (左: 飛灰、右: 主灰)

各元素のキレートディスクによる除去率とそれに続く Rad Disk Sr による回収率について、図 3 に示した。3 M 社の推奨条件に準じたキレートディスク処理による Pb や Bi、Ba 等の妨害元素の除去率は 20 ～ 50 % 程度であり、十分な除去効果があるといえない。また、キレートディスク処理後の Sr の Rad Disk Sr での回収率は飛灰で 15 %、主灰で 50 % であり、これも十分ではない。一方で Pb の Rad Disk Sr での回収率は飛灰で 55 %、主灰で 68 % であり、Rad Disk Sr の β 線測定の際に放射性 Pb による妨害が生じることが示唆された。さらに、飛灰では ^{238}U の吸着が確認された。以上の検討から、キレートディスクのみの使用では妨害元素の除去は不十分であり、追加的な処理が必要であるものと考えられた。Rad Disk Sr の β 線測定結果を表 2 に示す。回収直後の Rad Disk Sr の測定では、飛灰で 10.9 Bq/kg、主灰で 12.5 Bq/kg という結果を得た。測定値は公定法とほぼ同等であったが、安定 Sr の回収率を考慮すると、この値は放射性 Pb 等の他の β 線放出核種を含んだ結果であると判断すべきである。さらに、2 週間後の測定では、飛灰 115 Bq/kg、主灰 17.5 Bq/kg となり、 ^{90}Sr からの ^{90}Y の生成を踏まえた期待値と大幅な相違が生じている（期待値：飛灰 21.5 Bq/kg、主灰 24.7 Bq/kg）。このことから、飛灰では Rad Disk Sr 上に放射性 Sr 以外の核種（U 等）が存在し、時間経過とともに娘核種が生成されたものと推測される。また、主灰では ^{238}U の吸着がなかったことから、放射性 Pb 等の短半減期核種が吸着されていた可能性がある。

c) アルカリ共沈法による処理

妨害元素の除去方法としてアルカリ共沈法による処理を適用したところ、Al、Mn、Fe、Ni、Co、Zn、Pb、Bi、U 等について 88 ～ 100 % と高い除去率が得られた（図 4）。 β 線放出核種である Pb、U は特に入念な除去が必要な妨害元素であるが、いずれも 99 % と高い除去率を得た。アルカリ共沈法による処理過程での Sr の損失率は、飛灰で 7.4 %、主灰で 10 % であった。アルカリ共沈法による処理後の Rad Disk Sr での Sr 回収率は、飛灰で 40 %、主灰で 51 % であった。一方で、Ba は Rad Disk Sr でほぼ全量が吸着されている。Rad Disk Sr における Sr 回収を阻害する元素として、同族元素である Ca 及び Ba、イオン半

径の近い Pb が挙げられるが、Pb についてはアルカリ共沈法で 99 % 除去されたことから、Ca 及び Ba が Sr の回収を阻害している可能性がある。Rad Disk Sr の β 線測定結果を表 3 に示す。回収直後の Rad Disk Sr の測定では、飛灰で 15.9 Bq/kg、主灰で 12.6 Bq/kg という結果を得た。また、処理後 2 週間での測定では、飛灰 19.6 Bq/kg、主灰が 14.6 Bq/kg となり、期待値よりも低い値を示した（期待値：飛灰 31.4 Bq/kg、主灰 24.8 Bq/kg）。 ^{214}Pb （半減期 26.8 分）や ^{214}Bi （同 19.9 分）等の短半減期核種が存在する場合、Rad Disk Sr 吸着直後よりも 2 週間後の測定値は減少するため、このような短半減期の β 線放出核種が依然共存することが示唆された。

d) クロム酸共沈法による処理

アルカリ共沈法による処理で主要な妨害元素について高い除去率が得られたが、Ba が十分に除去できずに Rad Disk Sr での Sr 回収の阻害要因となっていた。Ba の除去方法として、クロム酸共沈法による処理を追加したところ、Ba の除去率は飛灰で 64 %、主灰で 55 % となった（図 5）。アルカリ共沈法及びクロム酸共沈法による処理を通じた Sr の損失率は、飛灰で 11 %、主灰で 13 % であった。また、Rad Disk Sr での Sr 回収率は飛灰で 75 %、主灰で 81 % と、クロム酸共沈法の追加による回収率向上が確認できた。Rad Disk Sr の β 線測定結果を表 4 に示す。吸着直後の Rad Disk Sr の測定では、放射性 Sr 換算で飛灰 10.0 Bq/kg、主灰 6.8 Bq/kg という結果を得た。また、処理後 1 週間での測定では、飛灰 16.0 Bq/kg、主灰が 12.3 Bq/kg となり、期待値に近い値を示した（期待値：飛灰 18.3 Bq/kg、主灰 12.4 Bq/kg）。このことから、アルカリ共沈法及びクロム酸共沈法により処理した後に Rad Disk Sr により回収することで、放射性 Sr は共存元素による妨害を受けずに測定できることが示された。

4. まとめ

選択吸着材を使用した放射性 Sr の簡易測定法の焼却灰試料への適用に向けた検討を行い、以下の結論を得た。

- ① 焼却灰試料からの放射性 Sr の抽出方法として、濃硝酸を用いた静置浸漬抽出が適用できる。

表 3 アルカリ共沈法による処理後の試料溶液を通液した Rad Disk Sr の β 線測定結果

種別	試料		測定値 (Bq/kg)		定量下限 (Bq/kg)	期待値 (Bq/kg)
	No.	重量 (g)	回収直後	2 週間後		
飛灰	1	4.8	16.1	18.3	4.4	31.9
	2	5.1	15.7	20.9	4.1	30.9
	平均	5.0	15.9	19.6	4.3	31.4
主灰	1	4.8	12.9	15.1	4.4	25.4
	2	5.0	12.3	14.1	4.3	24.2
	平均	4.9	12.6	14.6	4.3	24.8

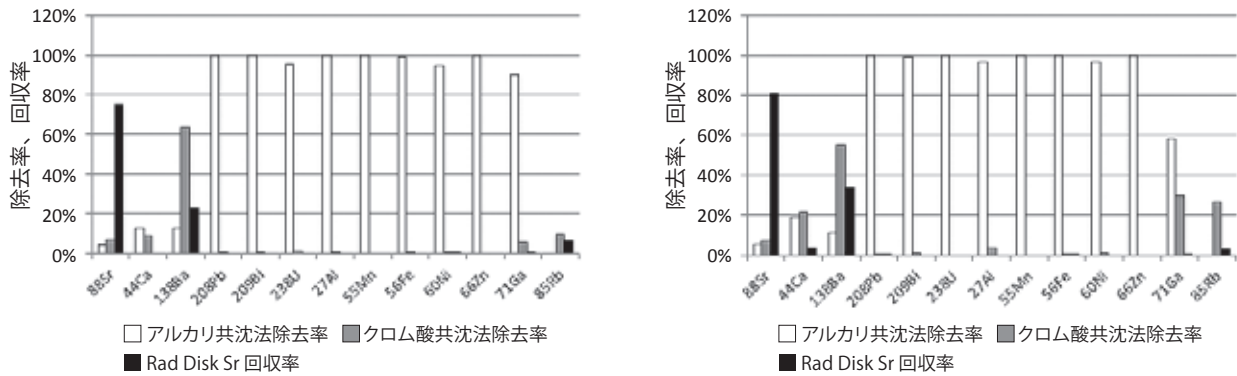


図5 各元素のアルカリ共沈法及びクロム酸共沈法による除去率と Rad Disk Sr による回収率 (左:飛灰、右:主灰)

表4 アルカリ共沈法及びクロム酸共沈法による処理後の試料溶液を通液した Rad Disk Sr の β 線測定結果

種別	試料		測定値 (Bq/kg)		定量下限	期待値 (Bq/kg)
	No.	重量 (g)	回収直後	1 週間後	(Bq/kg)	1 週間後
飛灰	1	5.2	8.1	13.3	4.1	15.0
	2	4.8	11.8	18.7	4.4	21.7
	平均	5.0	10.0	16.0	4.3	18.3
主灰	1	5.0	5.6	11.3	4.2	10.3
	2	4.7	7.9	13.3	4.4	14.6
	平均	4.9	6.8	12.3	4.3	12.4

②抽出液には Sr の固相への吸着阻害する共存元素が多く含まれ、そのままでは Sr はほとんど回収されず、吸着前に何らかの方法による除去が必要。

③キレートディスクは妨害元素の除去にはほとんど効果がない。

④アルカリ共沈法による処理により Pb や U 等の妨害元素 (β 線放出核種) を効率よく除去可能であるが、Rad Disk Sr での Sr の回収において Ba や Ca 等が回収を阻害し、Sr の回収率は 40 ~ 50% の低値に留まる。

⑤アルカリ共沈法による処理後にクロム酸共沈法による処理を行うことで、60% 程度の Ba を除去可能であり、Rad Disk Sr での Sr 回収率を 75 ~ 80% に向上できた。 ^{90}Sr の測定値も公定法の測定値と近い値を示し、この方法で焼却灰試料の測定が可能であることが示された。

⑥焼却灰試料の供試量を 5 g とした場合の定量限界は約 4 Bq/kg であった。

謝 辞

本研究は、国立環境研究所の環境省委託費研究「放射性物質に汚染された廃棄物及び土壌等の安全かつ効率的な処理処分等技術・システムの確立等に関する調査研究」及び廃棄物資源循環学会の環境省委託業務「平成 25 年度廃棄物関連

試料の放射能分析方法に関する調査委託業務」により実施したものです。厚く御礼申し上げます。また、本研究の一部は第 3 回環境放射能除染研究発表会において発表しました。

参 考 文 献

- 1) 経済産業省報道発表：東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る 1 号機、2 号機及び 3 号機の炉心の状態に関する評価について。平成 23 年 6 月 6 日 (平成 23 年 10 月 20 日一部訂正)、<http://www.meti.go.jp/press/2011/10/20111020001/20111020001.html> (2014 年 9 月 26 日閲覧)
- 2) 国立環境研究所：放射性物質の挙動からみた適正な廃棄物処理処分 (技術資料第四版)。平成 26 年 4 月 14 日改訂版、http://www.nies.go.jp/shinsai/techrepo_r4_140414_all.pdf (2014 年 9 月 26 日閲覧)
- 3) 文部科学省報道発表：文部科学省による、①ガンマ線放出核種の分析結果、及び②ストロンチウム 89、90 の分析結果 (第 2 次分布状況調査) について。平成 24 年 9 月 12 日、http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/7000/6213/24/6213_20120912_rev20130701.pdf (2014 年 9 月 26 日閲覧)
- 4) 文部科学省：放射能測定法シリーズ 2 - 放射性ストロンチウム

- チウム分析法。平成 15 年 7 月
- 5) 環境省：福島県内の焼却施設における放射性ストロンチウム及びプルトニウムの核種分析の結果について。第 13 回災害廃棄物安全評価検討会参考資料 4, http://www.env.go.jp/jishin/attach/haikihyouka_kentokai/13-mat_6.pdf (2014 年 9 月 26 日閲覧)
 - 6) E. P. Horwitz, M. L. Dietz, D. E. Fisher: Separation and preconcentration of strontium from biological, environmental, and nuclear waste samples by extraction chromatography using crown ether. *Anal. Chem.*, **63**, 522-525 (1991)
 - 7) DOE Method RP515, Rapid determination of radiostrontium using EmporeTM Strontium RAD Disks. (1997)
 - 8) L. L. Smith, K. A. Orlandini, J. S. Alvarado, K. M. Hoffmann, D. C. Seely, R. T. Channon: Application of EmporeTM strontium Rad disks to the analysis of radiostrontium in environmental water samples. *Radiochim. Acta*, **73**, 165-170 (1996)
 - 9) J. J. Harrison, A. Zawadzki, R. Chisari, H. K. Y. Wong: Separation and measurement of thorium, plutonium, americium, uranium, and strontium in environmental matrices. *J. Environ. Radioactive*, **102**, 896-900 (2011)
 - 10) Y. Takagai, M. Furukawa, Y. Kameo, K. Suzuki: Sequential Inductively coupled plasma quadrupole mass-spectrometric quantification of radioactive strontium-90 incorporating cascade separation steps for radioactive contamination rapid survey. *Anal. Methods*, **6**, 355-362 (2014)
- 2014 年 10 月 14 日受付
2014 年 11 月 19 日受理

和 文 要 約

選択吸着材 (Rad Disk Strontium) を用いた放射性 Sr の簡易測定法の焼却灰試料への適用に向けた検討を行った。試料からの Sr の抽出方法として、濃硝酸を用いた静置浸漬抽出が適用可能であった。抽出液に含まれる Ca や Ba、Pb 等の共存元素による妨害により、そのまま Rad Disk Sr に通液した場合、Sr はほとんど回収されなかった。共存元素の除去方法として、アルカリ共沈法とクロム酸共沈法を組み合わせた処理が有効であり、Rad Disk Strontium での Sr 回収率を 75 ~ 80 % に向上できた。この方法での ⁹⁰Sr の測定値は公定法の結果に近い値を示し、焼却灰試料の測定が可能であることが示された。焼却灰試料の供試量を 5 g とした場合の定量限界は約 4 Bq/kg であった。

