

立教大学学術推進特別重点資金 (立教 S F R)
東日本大震災・復興支援関連研究 (共同研究型)
2013 年度研究【経過・成果】報告書

研究代表者	所属・職名		氏名			
	理学部・教授		村田 次郎 印			
研究課題	災害復興の為の環境放射能調査とその新規計測法の開発					
研究組織	所属機関・部局・職名		氏名			
	立教大学理学部・教授 立教大学理学部・教授		家城和夫 栗田和好			
研究期間	2011 年度		～ 2013 年度			
研究経費	2011 年度		2012 年度		2013 年度	総計
	(上段: 支出金額)	2,997 千円	3,000 千円	2,998 千円	8,996 千円	
	(下段: 採択金額)	3,000 千円	3,000 千円	3,000 千円	9,000 千円	

研究の概要 (200～300 字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

福島第一原発の事故により環境中に大量放出された放射能を効率よく、かつ高い信頼性で定量評価する方法を新たに開発し、今次の災害復興計画に貢献する事を目的とする。事故により主として福島県内に降下した高濃度放射性物質の組成・密度を明らかにする為、放射線計測により核種の識別と放射能強度の測定が求められている。本プロジェクトでは、実際の測定を通じた「環境放射線」の調査と、特に原子炉中で生成され、環境への降下により住民への深刻な影響が懸念されている核種である放射性ストロンチウムを効率よく同定する「放射能測定」方法の新規開発の二つの学問分野をカバーする。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[福島第一原発事故] [環境放射能] [放射性ストロンチウム]

研究【経過・成果】の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

本研究は環境放射線の調査と放射能測定の二つの目的を掲げて進められた。我々は2011年3月の東日本大震災での東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、まず、関東へのフォールアウト以前より放射線汚染を懸念して活動を開始してきた。その初期活動の主なものは

1. 池袋周辺での放射線モニタリング。
2. 福島県内の住民・自衛隊・警察等のスクリーニング、子供の甲状腺検査。
3. 福島県内での放射性土壌の予備調査。
4. 除染に向けた洗浄方法の研究。
5. 学内原発事故問題研究会の開催、及びガンマ線土壌検査方法の確立
6. 放射線に関する学内講演会の主催

等が挙げられる。本研究は、このような初動活動の中で2011年度より採択となり、上記に加え本格的な活動を開始する事となった。その柱は、申請以前に進めていたパイロットスタディの本格的な実施、及び、長期的視点で必要となる、放射性ストロンチウムの定量評価方法の技術開発である。

初年度であった2011年度には本研究では主として学内外の空間線量・土壌及び水中放射能濃度の評価、そして文部科学省管轄の福島県内大規模土壌調査のパイロット調査、現場活動と分析などを実施した。この調査結果は文部科学省より2011年に公表されているが、この活動自身の記録はRADIOISOTOPE紙に、「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う土壌汚染に関する文部科学省大規模調査プロジェクトに関する資料」という形で、116ページの特集号として2013年に出版・発表された。

これらの環境計測に関連する初期活動は学術研究と言うよりは既存技術を直接適用する形での貢献であった。本研究では、既存技術では実現の出来ない環境計測を可能にすべく、新たな計測技術開発をスタートさせた。それが、放射性ストロンチウムの物理的・非破壊計測技術の新規開発、である。文部科学省管轄の大規模土壌調査への貢献とは別に、今後、予想されるニーズに備えるため、放射性ストロンチウムの簡便な計測方法の開発を行った。放射性ストロンチウムはβ崩壊に伴ってエネルギーの定まったガンマ線を殆ど放出しない為、大規模土壌調査で活躍したガンマ線分析方法を用いる事が出来ない。その一方で、生物学的な影響は放射性セシウムよりむしろ大きく、その定量評価への社会的ニーズは少なくない。しかし、現状では放射化学的手法に頼らざるを得ず、放射性セシウムで得られたほどの詳しい放射能汚染情報が整備されていない。

本研究では、この状況を打破すべく、放射化学的手法を用いない、物理的計測方法の開発を進めた。放射性ストロンチウムはガンマ線を放出しない為、この欠点を逆手に取った、ガンマ線アンチコインシデンス法という計測手法を試み、これのテストを行った。アンチコインシデンス用のガンマ線検出無機シンチレータとベータ線検出用プラスチックシンチレータでサンプルを取り囲み、イベント毎に各検出器の出力を計測するシステムを開発して計測を行った。2011年度にはこの方法が有効である事を原理的に確認する事が出来た。すなわち、大量の放射性セシウムの中から放射性ストロンチウム起源のベータ線をそれと同定して検出する事に成功しており、その結果は日本物理学会等にて学術成果として公表されている。

2012年度にはこの方法の実用化の為に必要な、定量評価の確立を目指した開発を進めた。初年度に開発した、放射性セシウム起源のベータ線放出事象を抑制する、ガンマ線アンチコインシデンス計測法は有効である事は確認されていたが、2012年度に至って問題が生じた。この方法で抑制できる、ベータ線とガンマ線をほぼ同時に放出するCs-134は、半減期が2年程度であり物理的に存在比が減少してきた。つまり、ガンマ線抑制の強みが相対的に減少し、この手法で抑制出来ないCs-137を制御する必要が新たに生じたのである。そこで、今後も有用な計測方法とすべく、測定方法を根本的に見直し、形状のはっきりしないベータ線スペクトルではあるが、ベータ線計測のエネルギー分解能を向上させる事にした。ガンマ線抑制が有効である場合には必ずしも必要でなかった開発要素であるが、この向上により、エネルギースペクトルの微妙な形状の情報を用いたストロンチウム、セシウムの分離が数学的な統計処理によって可能となると考えたのである。この為、ベータ線エネルギー分解能向上の徹底的な追求とバックグラウンド抑制を迫及した結果、当初アイデアのガンマ線抑制に頼ることなく、エネルギースペクトルだけからストロンチウムの寄与を定量的に評価する事に成功した。少なくとも、ストロンチウムの放射能濃度絶対値ではなく、セシウムに対する相対濃度に関しては定量評価は出来る様になった。

研究【経過・成果】の概要 つづき

2013 年度には、これらの成果を受けて、放射能濃度の絶対値を計測出来るよう、そして直ちに実用化出来るよう、最終的な校正開発を行った。その為、新たに多くの土壌サンプルを現地で採取し、それらをこの研究による方法で実測した結果と、同サンプルを化学分析を外部委託した結果と比較する事で、信頼性を確認する事とした。放射性セシウムと放射性ストロンチウムの存在比は場所によって 100 倍以上の変動があり、その原因はまだわかっていない。そこで、なるべく化学的性質の異なると思われるサンプル、空間放射線線量率の異なる地点で採取されたサンプルを集める事とした。2011 年度、即ち初年度に土壌サンプルを採取していたが、これは物理計測法の開発を進めるためのサンプルとしては利用できたが、実際に我々の開発した方法を定量的に性能評価するには不足していた。そこで、年度開始早々に、飯館村周辺を含む地域に入り、土壌サンプルを採取した。採取したサンプルは、放射化学分析と我々の物理計測の相関を見る為に主として使用されるため、持ち帰った後に数週間をかけて乾燥処理した後に、特殊なミキサーを用いた攪拌、均質化の処理を行った。これらの操作は、非密封放射線源の取り扱いを行う放射線管理区域である立教大学の放射化学実験室にて汚染に注意して行った。同一サンプルを同じ二つの U-8 容器に分け、ゲルマニウム検出器を用いてガンマ線分析を行い、セシウムの放射能濃度を計測した。その上で、一方を新潟県環境分析センターに送付し、三つの強度の異なるサンプルを放射化学分析依頼した。その為、我々も新潟の環境分析センターに行き、作業を行うと共に情報交換を行った。福島由来の強い放射能を持った土壌サンプルの分析は新潟県環境分析センターでも初めての事であり、十分に協議した上で作業した。この分析にはほぼ三か月間を要し、我々の持つ土壌サンプルがもつ、放射性ストロンチウムの放射能濃度を決定する事が出来た。

サンプルの準備、化学分析と並行して、シンチレータを用いたベータ線検出器系の性能評価の為、表面標準線源を購入して絶対値校正、厚み・遮蔽補正などを行った。これによって、それまで未知のパラメータであって計算で評価していたこれらの量を、実測で確定させることが出来る様になった。容器をエネルギー損失の少ない薄いキャップのものに変更するなどの様々な改良を経て、ベータ線検出器系の建設を完了させることが出来た。この校正結果を元に、土壌中でのクーロン多重散乱と自己吸収の効果を考慮した微視的なモンテカルロ・シミュレーションの計算コードを開発し、得られた校正データを再現できるまで最適化を行い、90%程度の信頼性で測定を再現できるものを完成させた。こうして得られたデータを用いて、圧倒的な放射性セシウムのバックグラウンドの中から、有意に放射性ストロンチウム起源の高いエネルギーを持つベータ線の計数を行える技術が確立した。

そこで、この研究の総まとめとして、2013 年度に新たに採取し、環境分析センターに依頼して化学分析された複数のサンプルに対して我々の物理計測を実行した。その結果、見事な相関が観測され、この研究で開発した物理計測装置が化学分析の結果と比例した結果を得る事が確認された。SFR による高価な化学分析へのサポートと、我々のベータ線計測技術、シミュレーション技術、統計解析技術が全て組み合わせられて達成された成果である。

この結果は 2013 年 7 月の第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会での口頭発表とそれに伴う論文として公表され、活発な議論を生むと共に若手優秀発表賞を受賞した。また、計測方法の技術的側面についても、原子核物理学の最大の国際会議であり 2013 年 6 月にイタリアで開催される International Nuclear Physics Conference (INPC2013)にて国際的に発表し、国際誌に会議抄録として公表された。この成果は、立教大学より 2014 年 4 月中に報道発表の予定である。

SFR の支援によってスタートした震災復興のこの研究は、技術開発の段階を完了させる事が出来たと言える。2013 年度には野生動物への蓄積状況についての応用計測を開始した。また、生命科学分野の研究者やフランス IRSN(フランス放射線防護原子力安全研究所)と連携して応用計測と環境への影響の研究へと発展しつつある。

最後に、研究期間終了後ではあるが、放射線計測技術に関する専門誌である Nuclear Instruments and Methods 誌に技術論文を早々に投稿し、本研究を締めくくる事としたい。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

・ S. Saiba, J. Murata et. al.

「Nondestructive measurement of environmental radioactive strontium」

EPJ Web of Conferences, Volume 66, 10014 (2014)

<http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/20146610014>

・ S. Saiba, J. Murata et. al.

「Development of nondestructive measuring technique of environmental radioactive strontium」

JPS. Conf. Proc., 1, 019003 (2014)

<http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.1.019003>

・ 東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う土壌汚染に関する文部科学省大規模調査プロジェクトに関する資料

RADIOISOTOPE, Vol. 62. Num. 10, 703-818 (2013)

・ 立教大学放射線作業従事者教育訓練の講演・環境放射線 2013/4/9 村田次郎

・ International Nuclear Physics Conference (INPG2013) 「Nondestructive measurement of environmental radioactive strontium」 2-7 June, Firenze, Italy, S. Saiba, J. Murata et. al.

・ 日本アイソトープ協会主催 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会 「原発事故災害復興支援の為に放射性ストロンチウム非破壊検出法の開発 Development of nondestructive measurement of radioactive strontium for restoration from Fukushima nuclear power plant accident」 2013 年 7 月、田沼良介、村田次郎他。 若手優秀講演賞受賞

・ 日本物理学会 2013 年秋季大会 高知大学 2013/9/20-23

「原発事故災害復興支援の為に放射性ストロンチウム非破壊検出法の開発 II」

齋場俊太郎、村田次郎他