

# 可搬式ガンマカメラと遮蔽土壌リモナイトによる原発事故後の環境 $\gamma$ 線低減に関する研究

## Decontamination after Nuclear Accident with a portable Gamma-camera and a Shielding Soil "Limonite"

水野義之<sup>1</sup>・服部友紀<sup>2</sup>・上坂りさ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>京都女子大学現代社会学部・<sup>2</sup>京都大学大学院農学研究科

**要旨(Abstract)** ; 福島原発事故後の土壌汚染の特徴は、放射性セシウムが広範囲に非一様分布しているため、空間線量率は周辺半径数百メートル全域の放射線影響を考慮しなければならないことである。このため現状では除染効率の改善が容易ではなく、社会的困難に逢着している。そこで本研究では可搬性の高い簡易型ガンマカメラを開発し、 $\gamma$ 線の飛来方向を確認しつつ、リモナイト等遮蔽性土壌を組み合わせた環境 $\gamma$ 線低減方法を開発したので、その研究成果と実施報告を行う。

テーマ：土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード：除染、原発事故、ガンマカメラ、遮蔽性土壌、リモナイト

**Key words: decontamination, nuclear accident, portable gamma camera, shielding soil, limonite**

### 1. はじめに

福島原発事故後の土壌汚染の特徴は、放射性セシウムが広範囲かつ非一様に分布していることである。例えばセシウム 137 の 662keV・ $\gamma$ 線の場合、空中の平均自由行程は 107 m もあるため、この汚染状況においてはどの場所の空間線量率も、その周辺の半径約数百メートル全域からの放射線影響を考慮しなければならない。

しかし現状の多くの除染作業では、家屋・施設等の周辺を一律に表土除去している。このため大量の汚染土壌が発生し、その置き場に困る等の社会的困難に逢着している。

そこで本研究では、まず可搬性の高い簡易型ガンマカメラを開発し、実際に $\gamma$ 線の飛来方向が可視化できることを確認した。またリモナイト等遮蔽性土壌の物理的効果を解明し、これらの研究成果を組み合わせた環境 $\gamma$ 線低減方法を提言する。

### 2. 開発研究の方法と結果

#### (1) 簡易型ガンマカメラの開発

ガンマ線の飛来方向の可視化装置は一般にガンマカメラと呼ばれ、実用化もされている。しかしながら、例えば医療現場で使われるガン

マカメラは大型で据え付け式であり、汚染地域での利用は困難である。福島原発事故以降、本研究と同様の動機からガンマカメラが新規に開発されている。しかしこれらは高性能であるが高額なのが現状である。例えば三菱重工と JAXA のもの[1]は 2500 万円、日立製作所開発のものは 3000 万円とされる。

本研究では、以下の機能仕様をガンマカメラの新規開発目標とした。1) 十分な角度分解能、2) 十分なエネルギー分解能 (134Cs と 137Cs を分離)、3) 高線量率下で背景ガンマ線を遮蔽可能、4) 安価 (100 万円以下)、5) 持ち運び可能、6) 室温での動作、7) 簡便 (特別な知識・装置が不要) で一般市民も使える。などである。

#### (2) 簡易ガンマカメラの有効性確認

我々は 25mm 立方の CsI(Tl)結晶・プリアンプ一体型検出器とその鉛シールドの形状を工夫することで、上記要求を満たすガンマカメラを開発した。その有効性は次の実験で確認した。福島第 1 原発から 27km 地点のある集落では、空間線量率・土壌汚染度の詳細な対データマップが得られていた。その中で空間線量率は高い

が土壤汚染度の低い地点で本ガンマカメラを用い、ガンマ線の方向分布測定を行った。この解析の結果、その場所では崖からの放射線が強いことが突き止められ、本ガンマカメラの実用可能性が示唆された[2, 3]。

### (3) 遮蔽性土壤の有効性原理の解明

除染のための表土除去法では、大量の汚染土壤が発生し、その処理は社会的に困難である。空間線量率を下げる方法の一つは、覆土である。実際に汚染地域では、褐鉄鉱（リモナイト）粉末を厚さ2cm程度撒くだけで、その場所の空間線量率が顕著に下がることが知られていた。

この事象を解明するため、実験室でリモナイト層によるガンマ線遮蔽効果を測定した。またこの測定結果を説明する数学公式を導き、予測結果を汚染地域での実証実験で立証した。

この原理は単純である。ある地点での空間線量率は、その地点周辺の半径数百メートルに及ぶ全地点からの放射線による被曝効果の積分である。従って遠方からの $\gamma$ 線は、実質的に斜めにその地点に到達することになり、従って薄い遮蔽層（薄い覆土）でも有効な場合がある。本研究ではこれを計算するための一般的積分公式を導き、これを使ってどの場所のどの程度の遮蔽で効果があるか予測可能になった[3]。

### 3. 簡易ガンマカメラと遮蔽性土壤の活用法

コンプトンカメラ方式のガンマカメラは、当初は宇宙天体からの $\gamma$ 線の方向特定に開発された。これは汚染地域の場合は、ホットスポットの特定に対応する。しかしこれは現状で、汚染度合の濃淡を知る目的には有効性が高くないことが指摘され、工夫が必要とされる。

しかし本研究で開発した簡易ガンマカメラは、原理も構造も極めて単純であり、視野角の平均の放射能濃度をいかなる状況であっても的確に知ることができる。しかしその欠点は、多数回の測定を必要とすることである（これは安価であることの裏返しである）。

そこで本簡易型ガンマカメラは次の使い方が考えられる。1) 民家の実生活の居住空間で外部被曝を減らすことを目的とする。2) 滞在時間が長い場所に本ガンマカメラを設置し、ガンマ線の飛来方向を測定し強度を比較する。3) 最大強度の方向が特定できたら、その方向に前進し、その場所で方向を再測定し、より詳細な分布を得る。4) これを繰り返して空間方向分布を得る。5) 減らしたい場所付近を除染または遮蔽した場合の効果を計算で予測する（例えばリモナイト等の遮蔽性土壤による遮蔽効果を確認する）。7) この予測計算と実測を繰り返して環境 $\gamma$ 線を低減する。

この方法は実際に福島市内の民家で試行中である。その結果について現況報告を行う。

### 4. まとめ

本研究では簡易ガンマカメラを開発し、遮蔽性土壤（リモナイト）を併用して、原発事故後の環境 $\gamma$ 線低減方法に関する研究を行い、一定の結果を得た。またこの結果を基礎として、実際の生活空間で外部被曝を減らす方法を提言した。

今後はこの方法で実際にどの程度低減できるかを様々な場合に予測し、実践的に低減効率を上げることが課題である。

#### 参考文献

- [1] 高橋忠幸、武田伸一郎、渡辺伸「コンプトンカメラで放射性物質の飛散状況を可視化する」、日本物理学会誌 68 卷(2013 年)6 号 382 頁.
- [2] 服部友紀『高指向性ガンマカメラ開発による環境  $\gamma$  線測定の最適化に関する研究』、京都女子大学卒業論文、2013 年 1 月.
- [3] Y.Hattori and Y.Mizuno, "Development of a Gamma-Camera to Locate Radioactivity for Effective Decontamination of Ground after Nuclear Accident"; L.Uesaka and Y.Mizuno, "New Method for Radiation Shield of Cesium Isotopes Spread over an Infinitely Extended Land after Nuclear Accident", in Proceedings of 12th Asia Pacific Physics Conference, July 14-19, 2013.