

. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）  
分担研究報告書

線量当量率と土壌中放射能濃度の関係に関する研究

研究分担者 齋藤 公明（日本原子力研究開発機構）

研究要旨

本研究は、福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の除染等作業において、作業現場の線量当量率（ここで「線量当量」は「周辺線量当量」を表す）や土壌中放射能濃度といった情報から労働者の身体汚染の程度を推定する方法の開発に反映するため、線量当量率と土壌中放射能濃度の関係の基礎となる情報を得ることを目的とする。

このため、平成 24 年 6 月から 12 月にかけて日本原子力研究開発機構が関係機関との協力のもと福島県内で実施したモニタリング結果のうち、線量当量率と放射性セシウムの沈着密度の関係を整理した。その結果、地上 1 m で観測された自然放射線による寄与を含む線量当量率 1  $\mu\text{Sv/h}$ （平成 24 年 9 月 1 日）は、 $^{134}\text{Cs}$  で 11.5  $\text{Bq/cm}^2$ 、 $^{137}\text{Cs}$  で 16.7  $\text{Bq/cm}^2$  に相当した。これら沈着密度は、緩衝深度を 1.2  $\text{g/cm}^2$  とすると、表層の放射能濃度 9.6  $\text{Bq/g}$ 、13.9  $\text{Bq/g}$  にそれぞれ換算される。ただし、この線量当量率と放射能濃度の関係は、広範囲にわたって汚染された場所での観測に基づくものなので、生活環境の中の汚染区域（特に住民等が行う除染等作業において対象となるような場所）の全てには適用できない。局所的に汚染された箇所については、その箇所をモデル化した計算シミュレーション等によって線量当量率と放射能濃度の関係を別途求めることが望ましい。

研究協力者

三上 智（日本原子力研究開発機構  
福島環境安全センター）

ことを目的とする。

背景

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震と津波により、東京電力（株）福島第一原子力発電所の事故が発生し、その結果、損壊した原子炉から環境中へ大量の放射性物質が放出された。この不測の事態に際し、独立行政法人日本原子力研究開発機構では、関係機関と協力しつつ、事故による影響、なかでも放射性物質による汚染状況を把握すべく様々な活動を展開して

**A. 研究目的**

本研究は、福島第一原子力発電所事故によって環境中に放出された放射性物質の除染等作業において、作業現場の放射線レベル（線量当量率や土壌中放射能濃度）から労働者の身体汚染の程度を推定する方法の開発に反映するため、線量当量率と土壌中放射能濃度の関係の基礎となる情報を得る

きた。このうち、文部科学省からの委託を受けて実施した放射線モニタリング結果は、平成 23 年 6～11 月に実施された「放射性物質の分布状況等に関する調査研究」(以下、「第一次分布状況調査」と記す)、平成 23 年 11 月以降に実施された「福島第一原子力事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」(以下、「第二次分布状況調査」と記す)、さらに平成 24 年度に実施された「福島第一原子力発電所に伴う放射性物質の長期的影響把握手法の確立」(以下、「第三次分布状況調査」と記す)の報告書[1-3]として既に公開されている。これらの調査は、放射性物質の土壌中の沈着量(単位面積当たりの放射能)及び線量当量率の広域にわたる詳細な測定結果に基づく分布マップ及び自然環境中における放射性物質の分布状況の変化モデルの作成を意図したものであるが、ここでは、直近の観測結果をもとに、線量当量率と放射性セシウムの沈着密度(さらにそれを単位質量当たりに換算した放射能濃度)の関係に着目する。

## B. 研究方法

最も直近に実施された第三次分布状況調査をもとに、線量当量率と放射性セシウムの沈着密度の関係を整理する。本調査は、台風期前の平成 24 年 8～9 月、台風期後の平成 24 年 11～12 月の二回に分けて行われた。線量当量率と沈着密度の測定条件をそれぞれ以下に記す。

### (1) 線量当量率の測定

校正済みの線量当量率サーベイメータを使用して地上 1 m 高さの線量当量率を測定する。線量当量率が 30  $\mu\text{Sv/h}$  以下の地域では NaI(Tl)シンチレーション式サーベ

イメータが、30  $\mu\text{Sv/h}$  以上の地域では電離箱式サーベイメータが使用される。なお、分布状況調査では、測定に周辺線量当量率で出力されるサーベイメータを使用した。そのため、本報告書では周辺線量当量を略して線量当量と呼ぶことにする。

測定は、福島第一原子力発電所から 80 km 圏内を 1 km  $\times$  1 km に分割した区画のうち、可住区域で、かつ広く平坦で土壌の攪拌等があまり起こらない場所を各区画につき一箇所選定して行う。測定点数は約 6,500 である。

### (2) 沈着密度の測定

可搬型ゲルマニウム半導体検出器を地上 1 m の高さに設置して、観測されたガンマ線パルス波高スペクトルの分析から放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$  及び  $^{137}\text{Cs}$ ) の土壌への沈着量(土壌単位面積あたりの核種毎の放射能、単位は  $\text{Bq/m}^2$ )を評価する。測定手順は、文部科学省のマニュアル[4]に基づく。また、第二次分布状況調査における放射性セシウムの深度分布の結果を基に、緩衝深度(土壌表層の放射性セシウムの放射能濃度が  $1/e$  になる深さ)は 1.2  $\text{g/cm}^2$  であることを仮定して全データの解析を行う。ここで、 $e$  は自然対数の底として用いられる数学定数(値は約 2.72)である。

測定は、福島第一原子力発電所から 80 km 圏内を 5 km  $\times$  5 km に分割した区画のうち、測定に適した場所を各区画につき一箇所選定して行う。測定点数は約 380 である。

(倫理面への配慮)

本研究は、特定個人を対象とするものではないので人権擁護上の配慮等を特に必要としない。

### C. 研究結果

線量当量率と放射性セシウムの沈着量の両方が同一箇所で測定された地点（373 箇所）について、両者の関係を調べた結果を図 1(台風期前)と図 2(台風期後)に示す。台風期前、台風期後ともに線量当量率とセシウム放射性セシウムの沈着量との間に良い正の相関が確認された。なお、図では、放射性セシウムの物理的半減期を考慮し、台風期

前の測定分については調査期間(平成 24 年 8 月 13 日~9 月 19 日)の中間の期日である平成 24 年 9 月 1 日の値に、台風期後の測定分についても調査期間(平成 24 年 11 月 18 日~12 月 12 日)の中間の期日である平成 24 年 12 月 1 日の値に半減期補正を行なった。

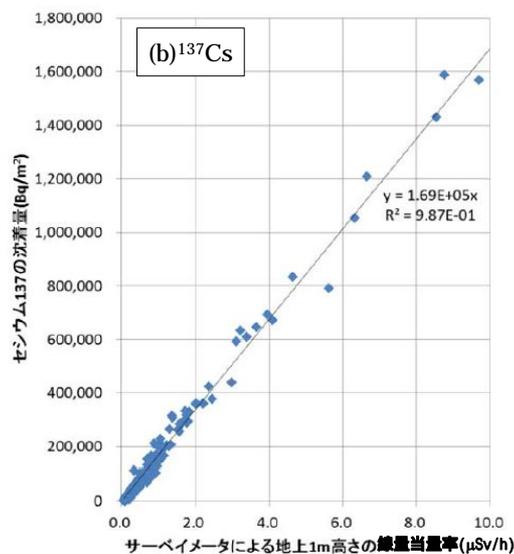
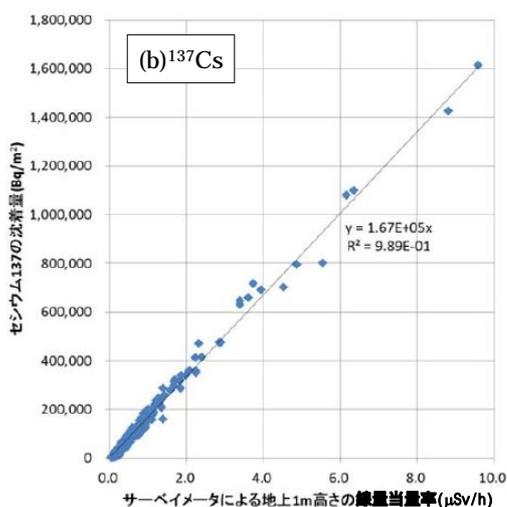
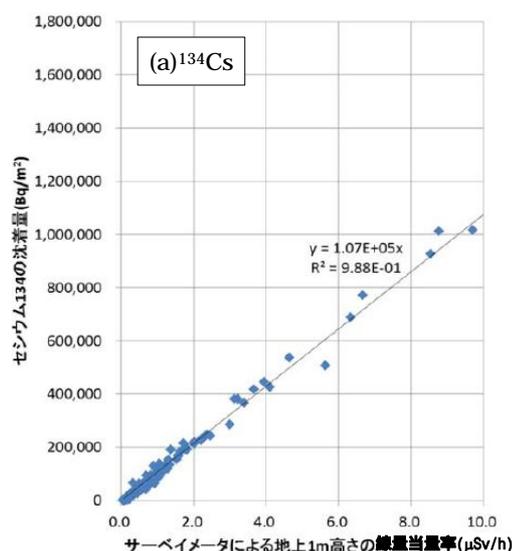
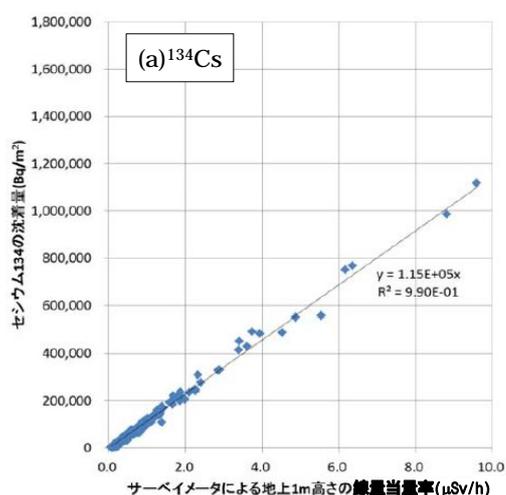


図 1 サーベイメータによる地上 1 m 高さの線量当量率と放射性セシウムの沈着量の関係(測定期間:平成 24 年 8 月 14 日~9 月 7 日) [3]

図 2 サーベイメータによる地上 1 m 高さの線量当量率と放射性セシウムの沈着量の関係(測定期間:平成 24 年 11 月 5 日~12 月 7 日) [3]

## D. 考察

台風期前(図1)と台風期後(図2)で、ウェザリング効果等による線量当量率の減少がほとんど見られなかったので、ここでは台風期前の測定結果で説明する。図1から、地表1mで観測された自然放射線による寄与を含む線量当量率1μSv/hは、平成24年9月1日現在で、<sup>134</sup>Csで11.5 Bq/cm<sup>2</sup>、<sup>137</sup>Csで16.7 Bq/cm<sup>2</sup>、両者の合計で28.2 Bq/cm<sup>2</sup>の沈着密度に相当する。ここで沈着密度A<sub>a</sub>は、

$$A_a = \beta \times A_0$$

A<sub>a</sub>: 沈着密度(Bq/cm<sup>2</sup>)

A<sub>0</sub>: 地表面における放射能濃度(Bq/g)

β: 緩衝深度(g/cm<sup>2</sup>)

と表されるので、緩衝深度βを1.2 g/cm<sup>2</sup>とすると、観測された線量当量率1μSv/hは、<sup>134</sup>Csで9.6 Bq/g、<sup>137</sup>Csで13.9 Bq/g、両者の合計で23.5 Bq/gの地表面における放射能濃度に相当するとそれぞれ換算することができる。ただし、この線量当量率と放射能濃度の関係は、広い範囲にわたって汚染された場所での観測に基づくので、異なる汚染の広がりに対して適用する場合は、補正が必要である。文科省マニュアル[4]の解説Dには、周辺地形の広がり(半径)の関数として観測値の相対変化が与えられているが、最も狭い条件で半径1mであり、生活環境の中で局所的に汚染が見つかる可能性が高い場所、例えば堅樋や側溝等はカバーされない。したがって、このような特定の局所的汚染については、計算シミュレーション等によって線量当量率と放射能濃度の関係を別途評価することが望ましい。本報告書で提示する観測値は、そうした計算シミュレーションの検証に活用できるであ

らう。

## E. 結論

平成24年6月から11月にかけて福島県内で実施されたモニタリング結果のうち、線量当量率と地表の放射性セシウムの放射能濃度の関係を評価した。その結果、地上1mで観測された自然放射線による寄与を含む線量当量率1μSv/h(平成24年9月1日)は、緩衝深度1.2 g/cm<sup>2</sup>とすると、<sup>134</sup>Csで9.6 Bq/g、<sup>137</sup>Csで13.9 Bq/g、両者の合計で23.5 Bq/gの放射能濃度に相当した。ただし、この関係は、広範囲にわたって汚染された場所での観測に基づいたものなので、生活環境の中で局所的に汚染された箇所(例えば堅樋や側溝等)には適用できない。局所的に汚染された箇所については、その汚染箇所をモデル化した計算シミュレーション等によって線量当量率と放射能濃度の関係を別途評価することが望ましい。

## 文献

- [1] 文部科学省;東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に伴い放出された放射性物質の分布状況等に関する調査研究結果、放射線量等分布マップの作成等に関する報告書(第1編)、平成24年3月、[http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5235/24/5253\\_20120615\\_1\\_rev20130701.pdf](http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5235/24/5253_20120615_1_rev20130701.pdf)
- [2] 日本原子力研究科発機機構;平成23年度放射能測定委託事業「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の第二次分布状況等に関する調査研究」成果報告書、平成25年3月、<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/c>

at03/entry02.html

- [3] 日本原子力研究開発機構；平成 24 年度  
放射能測定委託事業「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の長期的影響  
把握手法の確立」成果報告書，  
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/c>  
at03/entry05.html

- [4] 文部科学省；放射能測定法シリーズ 33，  
ゲルマニウム半導体検出器を用いた  
in-situ 測定法，(2008)。

#### **F. 健康危険情報**

該当無し

#### **G. 研究発表**

平成 25 年度 なし

#### **H. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)**

なし