

2.5 放射性物質の分布状況変化モデルの作成結果のまとめ及び今後の展開

木名瀬 栄、鳥居 建男、斎藤 公明（原子力機構）

住民の将来設計等に役立てるため、放射性物質の分布状況の詳細調査を実施するとともに、放射性物質の長期的な影響把握が可能な広域な範囲（福島第一原発から 80 km 圏内）の放射性物質の分布状況変化モデルを作成している。さらに、分布状況変化モデルの関連研究として、住民の生活圏に着目した空間線量率や放射性セシウムの沈着量の状況調査を行った。

以下に本成果と今後の課題を記す。

成果

(1) 放射性物質の分布状況の詳細調査

1) 福島第一原発から 80 km 圏内の空間線量率測定及び放射性物質沈着量の測定

- (a) 校正歴の明らかなサーベイメータを用いて 6,500 を越える箇所において平坦地上 1 m 高さの空間線量率を測定して空間線量率マップを作成した。in-situ 測定により約 380 箇所において放射性セシウムの土壌への沈着量を測定して土壌濃度マップを作成した。さらに、空間線量率と放射性セシウムとの相関関係を利用し、in-situ 測定を行なわなかった場所の空間線量率から放射性セシウムの沈着量を評価し、詳細な土壌濃度マップを作成した。いずれも台風期前後（平成 24 年 8 月期及び 11 月期）に 2 回の測定を実施した。
- (b) 平成 24 年 9 月に台風が一つ福島県を通過したものの、この台風がもたらした降雨量はそれ程大きくなかったため、台風期前後でのウェザリング効果等による空間線量率の減少はほとんど観測されなかった。
- (c) 第 1 次分布状況等調査（平成 23 年 6 月期）に比べて第 3 次分布状況等調査の台風期前調査（平成 24 年 8 月期）までに空間線量率が 32%、第 3 次分布状況等調査の台風期後調査（平成 24 年 11 月期）までに 36%それぞれ減少した。物理的減衰及び除染以外の要因により、いずれの調査でも第 1 次分布状況等調査に比べて空間線量率が 7%程度減衰していることが確認された。
- (d) セシウム 137 の沈着量に関して、第 2 次分布状況等調査（平成 23 年 3 月期）から第 3 次分布状況等調査（平成 24 年 8 月期、11 月期）までの間にウェザリング等の効果はほとんど観察されなかった。

2) 走行サーベイを利用した広域における空間線量率分布調査

- (a) 小型で取扱いが容易な KURAMA-II を利用し、北は岩手県から南は神奈川県、千葉県に及び東日本の広い地域にわたり、第 4 次走行サーベイ（台風期前：平成 24 年 8 月期）及び第 5 次走行サーベイ（台風期後：平成 24 年 11 月期）を実施した。測定対象地域を 100 m メッシュに分割してメッシュ内の空間線量率測定値を平均しそのメッシュの代表値として地図上にプロットし、広域の空間線量率マップを作成した。
- (b) 台風期の前後での空間線量率の変化は小さかった。
- (c) 第 1 次走行サーベイ（平成 23 年 6 月期）を基準として、第 2 次走行サーベイ（平成 23 年 12 月期）、第 3 次走行サーベイ（平成 24 年 3 月期）、第 4 次走行サーベイ（平成 24 年 8 月期）、第 5 次走行サーベイ（平成 24 年 11 月期）の空間線量率の減少率を調べた結果、物理的減衰に比べて相当に大きな減少率が観測された。
- (d) 森林地域では空間線量率の減衰が遅く、建物用地では速いことが確認された。

- 3) 無人ヘリコプターを活用した空間線量率、放射性セシウムの沈着量の分布状況の確認
- (a) 福島第一原発から 3 km 圏内において、無人ヘリコプターを用いたモニタリングを実施し、3 km 圏内の福島第一原発敷地外において空間線量率分布及び放射性セシウムの沈着量分布を調査し、面的な分布を明らかにした。
 - (b) 主要な放射線源である原子炉施設から放出されるガンマ線（直達線、散乱線）の影響を評価するため、海側から無人ヘリによる測定を行った結果、施設起因のガンマ線は敷地外では誤差範囲と判断された。
 - (c) 測定の結果、福島第一原発から南側と西側に $19 \mu\text{Sv/h}$ 以上の高線量率地域が広がっていること、また福島第一原発から北西方面に向かって帯状に放射性セシウムの沈着量が高い地域が広がっていることが分かった。
 - (d) 福島第一原発から 3 km 圏内におけるモニタリング結果は、地上で測定可能な地点での測定結果とも良く一致しており、妥当なものと判断された。
 - (e) 阿武隈川、宇多川の河川敷について無人ヘリコプターを用いて放射線測定を行った結果、両河川とも空間線量率は $1 \mu\text{Sv/h}$ 以下であった。
 - (f) 河川敷には、周辺の空間線量率よりもやや高い場所が複数存在していることが分かった。
 - (g) 本モニタリング結果と第 6 次航空機モニタリングの結果と比較したところ、航空機モニタリングでも周辺に比べて空間線量率が若干高いところと一致した。

(2) 放射性物質の分布状況変化モデルの作成

- 1) 分布状況変化モデルの作成に用いるデータ調査を行い、以下のデータを用いることとした。
- (a) 時間連続データ
 - 東京電力株式会社福島第一原子力発電所 20 km 圏内の測定結果
 - 福島県による緊急時環境放射線等モニタリング実施結果
 - (b) 時間離散データ
 - 走行サーベイによる空間線量率（第 1 次:平成 23 年 6 月、第 2 次:平成 23 年 12 月、第 3 次:平成 24 年 3 月）
 - 地上 1 m 高さ測定による空間線量率（第 1 次分布状況等調査:平成 23 年 6 から 7 月、第 2 次分布状況等調査:平成 23 年 11 月から平成 24 年 5 月）
 - (c) 土地利用種別データ
 - 国土数値情報（細分メッシュ）
 - JAXA の「だいち」(ALOS)データを用いた高解像度土地利用土地被覆図
 - 数値地図 50 m メッシュ(標高)データ(国土地理院)。
- 2) 平成 23 年度の測定データは、時間経過とともに指数関数的に減衰する傾向があることから、本調査では 1 成分 1 コンパートメントモデルを用いて検討を進めることとした。
- 3) 放射性セシウムの環境半減期は、以下のデータを対象に評価した。
- (a) 走行サーベイによる空間線量率測定データ
期間（第 1 次:平成 23 年 6 月-第 2 次:平成 23 年 12 月）、期間（第 1 次:平成 23 年 6 月-第 3 次:平成 24 年 3 月）
 - (b) 地上 1 m 高さ測定による空間線量率測定データ
期間（第 1 次分布状況等調査:平成 23 年 6 月から 7 月、第 2 次分布状況等調査:平成 23 年 11 月から平成 24 年 5 月）

4) 環境半減期に影響を与えると考えられる以下の要因について、放射性セシウムの（ln2/環境半減期）の累積頻度分布を調査した。

(a) 土地利用

土地利用種別による環境半減期は、下記3グループに分類する。

- 環境減衰の遅い(常緑樹)
- 速い(水域、都市)
- 中間(その他)

(b) 初期空間線量率階層

第3次分布状況等調査の結果を含め、継続して検討を行う。

(c) 周囲との空間線量率差

放射性セシウムの流れ込みを示唆する結果があったため、継続して検討を行う。

(d) 標高

明確な相関は見られなかった。

(e) 周囲との標高差

対象地点が周囲より標高が高い場合（頂上）は、減衰が速い。

5) 環境減衰のモデル化にふさわしい要因の分類を見出すため、各要因の（ln2/環境半減期）の中央値について有意差検定を行った。ALOSの土地利用種別ではほとんどの土地利用間で有意差がある。

(3) 放射性物質の分布状況変化モデルの関連研究

1) 道路と道路直交方向の空間線量率は、道路中央部で小さくなり、道路の路肩や路側帯部で高くなる。これらの知見は、モデル作成の基盤拡充だけでなく空間線量率分布状況の推定にも役立つと考えられる。

2) 家屋中央の空間線量率と家屋の外壁部における空間線量率の積算値をガラス線量計により測定し、家屋による空間線量率の遮蔽係数を評価する方法の有効性を確認した。

今後の課題

- 分布状況変化モデルの作成に必要な空間線量率及び地表面沈着量のマップ作成を今後も継続して実施する必要がある。その際に、空間線量率に関しては、理想的な平坦地の地上1 m高さにおける空間線量率と、走行サーベイによる空間線量率との間で、経時的減衰傾向が大きく異なることの原因を明確にし、どちらが人間が生活する環境を代表する値であるのかを明らかにするために、歩行サーベイを含めた狭域の詳細な空間線量率測定を大きな規模で行なう必要がある。放射性セシウム沈着量の経時変化を高い精度で明らかにするためには、in-situ測定を用いて信頼のおける測定値を継続して取得することが必要である。
- 平成25年度の分布状況変化モデル完成を目標に、本調査にて得られた第4次走行サーベイ等の測定データを用い、2成分1コンパートメントモデルの検討、放射性物質が高められた地域の特徴把握とモデル化、生活圏における分布状況変化モデルの高度化等を行う必要がある。また、長期予測に適用する分布状況変化モデルについて、新たな測定データ・知見が得られれば、その都度見直しを実施し、さらなる検討を加える。

- 無人ヘリコプターによる福島第一原発から 3 km 圏内での測定や河川流域での測定を行った結果、放射性セシウムの詳細な面的分布が明らかになった。放射性セシウムの経時変化を高い精度で明らかにし、移行を評価して行くためには、土地利用や測定時の環境条件の変化を含めて調査する必要がある。また、阿武隈川等の河川の調査にあたっては、天然核種の変動も含めて調査する必要がある、バックグラウンド放射能の弁別が重要である。これを高い精度で評価するためには、他の手法（地上での詳細調査等）も併用する必要がある。