

全体概要

1. 経緯

平成 23 年 3 月 11 日に発生した太平洋三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波により、東京電力(株)福島第一原子力発電所（以下「福島第一原発」という。）の事故が発生し、その結果、福島第一原発の原子炉施設から環境中へ大量の放射性物質が放出された。

事故状況の全体像を把握して影響評価や対策に資するために、文部科学省からの委託を受けた日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）が多くの大学や研究機関と協力し、平成 23 年 6 月から平成 24 年度の終わりにかけて、「放射性物質の分布状況等に関する調査研究」（第 1 次分布状況等調査）、「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」（第 2 次分布状況等調査）、及び「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」（第 3 次分布状況等調査）を実施した。これらの調査を継承する形で、平成 25 年度には原子力規制庁からの委託を受け「平成 25 年度東京電力(株)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」（平成 25 年度調査）を、その後「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約及び移行モデルの開発」（平成 26 年度調査）、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の分布データの集約」（平成 27 年度調査）を実施した。

一連の調査の中で、1) 放射性物質の土壌沈着量および空間線量率に関する大規模環境測定とマップ化、2) 放射性セシウムの環境中移行メカニズムの調査（平成 26 年度終了）、3) 空間線量率予測モデルの開発、4) 放射線量等分布マップ拡大サイト等を通じたデータの公開を、それぞれ実施してきた。

2. 成果概要

5 年近く継続して実施してきた調査結果からは、福島第一原発事故により放出された放射性セシウムの土壌沈着量分布および空間線量率分布の変化傾向の特徴が明らかになるとともに、その変化を理解するために重要な放射性セシウムの環境中における動態についても知識が蓄積された。

空間線量率は、全般に物理減衰よりも早く減少することが確認されており、その減少傾向は道路上において特に速いこと等が確認された。一方で、森林内での放射性セシウムの動きは遅く、森林内の空間線量率の減少は物理減衰に近いことも確認された。

また、放射性セシウムの環境中での挙動の調査からは、風雨による放射性セシウムの水平方向の移動はごく少ない一方で、大部分の放射性セシウムが土壌表面付近に存在するものの、地中への浸透が徐々に進んでいること等も確認された。

(1) 空間線量率の経時変化

本調査を開始した平成 23 年 6 月と本年度（平成 27 年度）に調査した 80 km 圏内の空間線量率を比較すると、走行サーベイにより測定した道路上の空間線量率は平均で約 5 分の 1 に、サーベイメータで測定した、人による影響が少なく地面の状況変化が小さい平坦地（かく乱の少ない平坦地）上の空間線量率は約 4 分の 1 に減少したことがわかった。この間の物理減衰による空間線量率の減少は 5 分の 2 よりも少し大きいため、いずれの状況においても物理減衰より顕著に速く空間線量率が減少してきたことが確認された。道路上や周囲の人工建造物に沈着した放射性セシウムについては、ウェザリング（降雨による洗い流し等の自然要因による減少効果）により除去されやすいとの知見がチェルノブイリ事故等で得られており、本調査結果についても同様の効果で道路上の空間線量率が速く減少してきたと考えられる。かく乱の少ない平坦地を選んで行った測定においても物理減衰よりも速く空間線量率が減少してきたが、この主な原因は放射性セシウムが地中の深さ方向へ時間とともに浸透して土によるガンマ線の遮蔽効果が増加したことであると評価された。また、除染等が行われたと判断される平坦地との比較からは、除染等により空間線量率がより減少していることも確認された。

道路上やかく乱の少ない平坦地で空間線量率が速く減少する一方で、平成 26 年度に行った森林内での測定では、樹種により多少の傾向も見られるものの、全般に物理減衰に近い割合で空間線量率が減少していることがわかった。これまでの調査からは、森林に沈着した放射性セシウムは森林内で少しずつ移動するものの、森林内から外部への移行は非常に小さいことがわかっており、この結果として空間線量率がほぼ物理減衰と同様の割合で減少してきたと考えられる。

実際の人間の生活の多くは道路上、かく乱の少ない平坦地、森林以外の場所で行われることから、生活環境における空間線量率の情報を取得するために、平成 25 年度から人間が移動サーベイシステムを背負って空間線量率を測定する歩行サーベイを開始した。歩行サーベイにより測定した生活環境における空間線量率は、全体として道路上よりは高く、かく乱の少ない平坦地よりは低いことが確認された。また、生活環境における空間線量率は、狭い範囲でも様々に変化するとともに、この変化は都市地域において特に大きいことが確認された。

空間線量率の経時変化の定量的な相互関係を詳細に把握するため、道路上、かく乱の少ない平坦地、生活環境における空間線量率の測定結果について、近接する測定地点の結果を比較すると、各測定値の間には明確な相関関係が存在することが観察された。また、かく乱の少ない平坦地と道路上の空間線量率の比率を評価すると、平成 23 年から平成 25 年にかけて比率が大きく増加して以降は安定してきていることが確認された。このことは、事故直後には道路上の空間線量率が急激に減少したが、事故 2 年以降は周囲の環境と同様の速さで空間線量率が減少しつつあることを示唆している。

(2) 放射性セシウムの土壌沈着量の経時変化

80 km 圏内の約 400 箇所で継続して行ってきた土壌沈着量測定の結果から、放射性セシウムの土壌沈着量の経時変化を評価すると、かく乱の少ない平坦地においては放射性セシウムの沈着量はほぼ物理減衰と同様の割合で減少してきたことが確認されている。このことは、かく乱の少ない平坦地においては水平方向への放射性セシウムの動きが小さいこと

を示唆している。これは、福島フィールドで試験区画を設定して行った調査で得られた、土砂流出に伴う放射性セシウムの動きが全般に非常に遅いという結果とも一致するものである。ただし、除染やその他の人間活動等のかく乱により、物理減衰よりも速く沈着量が減少している地点も確認されているため、観測された沈着量の合計を評価した場合は、物理減衰よりも速く減少してきていることが確認されている。

放射性セシウムの土壌中深度分布調査からは、放射性セシウムの深度分布や経時変化の特徴が明らかになってきている。事故直後の放射性セシウムの深度分布調査結果からは、チェルノブイリ事故等と同様に、多くの地点で放射能濃度が地中の深さ方向に指数関数的に減少する分布を示すことが確認された。一方で、継続した調査の結果からは、事故直後には一部の地点でしか確認されなかった、特定の深さに放射能濃度の最大値が存在する深度分布の増加が確認されており、平成 27 年度は約 80 の測定地点の 4 割近くがこのような深度分布となっている。

放射性セシウムの地中浸透の指標である実効的な重量緩衝深度の平均値を評価すると、平成 23 年 12 月から平成 27 年 8 月の間に 2 倍以上に増加しており、放射性セシウムが地中へと浸透してきていることが確認された。ただし、放射性セシウムの 90%が含まれる地中の深さを示す 90%深度の平均値は平成 27 年 8 月において 4.1 cm であり、相当量の放射性セシウムは依然として地表面から 5 cm 以内に存在することも確認された。

このような放射性セシウムの地中への浸透は、空間線量率が物理減衰よりも速い割合で減少することの重要な要因と考えられる。

(3) 空間線量率の将来予測

空間線量率の減少傾向が土地利用状況や人間活動により異なることを考慮しつつ、取得してきた多量の空間線量率のデータを統計解析し、この結果に基づき将来の空間線量率の変化傾向を予測するモデルの開発を行った。具体的には、経験的な 2 成分モデルを利用し、80 km 圏内における物理減衰を除いた空間線量率の減少が、速い減衰成分と遅い減衰成分を表す 2 つの指数関数の組み合わせで近似できると想定して予測を行うこととした。この際に、100 m メッシュの平均値として得られる走行サーベイの結果を基本として解析を行ってきた。

環境測定結果の解析の結果、土地利用状況による空間線量率の減少傾向の違いは、主に速い減衰成分の割合で解釈されることが明らかになった。開発したモデルの不確かさ解析及び妥当性検証の結果からは、係数 2 程度（実測値に対して推定値が最大で 2 倍や 2 分の 1 程度であること）の不確かさでの推定が可能であることが示唆された。

(4) 情報発信の取り組み

本調査で取得したモニタリング結果については、「放射線量等分布マップ拡大サイト」に集約し、地域毎に拡大して確認できるかたちで公開してきた。同サイトには、平成 27 年度においても、1 日あたりにして 1,000 件程度のページビューが記録されており、当調査への関心が継続していることが確認された。また、都道府県別で見ると東京都及び福島県とその周辺からのアクセスが多い等の傾向も確認された。