

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）、平成 26 年度は「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）、平成 27 年度及び 28 年度は「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、平成 28 年度調査）をそれぞれ実施した（以下、これらを総称して「分布状況調査」と呼ぶ）。

一連の分布状況調査の中で、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（平成 27 年度終了）、4) 拡大マップ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。これまでに蓄積した調査結果の解析により、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経時変化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の放射性セシウムの環境中動態についても知識が蓄積された。また、ここで得られた知識に基づき福島第一原発から 80 km 圏内の全域を対象に、将来の空間線量率の変化を予測するためのモデルを開発した。さらに、環境調査で得られた大量の環境測定データを、マップ形態ならびに数値情報として公開を継続してきた。平成 28 年度事業においては、異なる方法を用いて測定した空間線量率分布の統合評価を開始した。

歩行サーベイにより得られる空間線量率は人間の生活環境に直接に関係した空間線量率であり、事故の影響評価や放射線防護対策を考える上で適切な情報を与えるデータと考えられる。このことを考慮し、空間線量率の統合評価においては、歩行サーベイによる空間線量率に相当するデータを対象地域全域に対して推定することを目標としている。また、今後の調査の方向として、歩行サーベイに相当する空間線量率分布を高い精度で求められるように、異なる手法を用いた測定を実施しその結果を集約することを一つの重要な目標とする。

以下、今年度を実施した事業で明らかになった主な事項をまとめて紹介する。

(2) 空間線量率の経時変化

分布状況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自然ガンマ線の寄与を差し引いたのちに比較すると、走行サーベイにより測定した道路上の空間線量率は当初の 12%に、サーベイメータで測定した平坦地上の空間線量率は 18%に減少したことがわかった。この間、物理減衰により空間線量率は当初の 37%に減少すると評価されるため、道路上の放射性セシウムに起因する空間線量率は物理減衰のみにより算定される空間線量率の約 3 分の 1 に、平坦地上の空間線量率は約 2 分の 1 に減少したことになる。平坦地上の空間線量率が物理減衰よりも速く減少することの主な原因は、放射性セシウムの地中への浸透によるガンマ線遮蔽効果の増大であることが昨年度までに確認されている。また、道路上の空間線量率がより速く減少するのは、道路やその周辺の物質に付着した放射性セシウムが除去されやすいことによると考えられる。

歩行サーベイにより測定された生活環境に関連した空間線量率は、平均的に定点上の空間線量率よりは低く道路上の空間線量率よりは高いことが観察されてきた。従って、様々な生活環境中における放射性セシウムに起因した空間線量率は、物理減衰に比べて顕著に速く減少してきていることになる。また、歩行サーベイによる空間線量率の平均的な減少傾向は、平坦地よりは道路上の空間線量率の減少に近い傾向を示している。

走行サーベイのデータを区域で分類して解析することにより、空間線量率の減少に対する人間活動の影響が浮き彫りになった。避難指示区域外の空間線量率は区域内に比べて明らかに速く減少してきた。避難指示区域外では道路上の空間線量率が事故直後から速く減少したのに対し、避難指示解除準備区域及び居住制限区域の空間線量率の減少は平成 25 年以降に急激に加速され、平成 28 年には事故直後に対する空間線量率の比率が避難指示区域外と同程度になりそうである。これは、除染を含む人間活動が本格的に始まった地域では、道路上の空間線量率の急速な減少が起きることを示唆している。

無人ヘリを使った福島第一原発から 5 km の範囲の測定においては、全域における空間線量率の平均的な減少は攪乱のない平坦地上と同様の傾向を示すことが明らかにされてきた。今年度、空間線量率分布の変化を地域的に詳細に調べた結果、大きな減少傾向が見られる局所的な地域が複数存在し、これらの地域は除染が行われた地域であることを確認した。今後 5 km 圏内は中間貯蔵施設の設置等により状況が大きく変わっていくことが予想されるため、狭い地域での空間線量率の変化に注目した丁寧な解析が必要になると考えられる。

(3) 土壌沈着量の経時変化

かく乱のない平坦地においては放射性セシウムの沈着量 (Bq/m^2) はほぼ物理減衰に従って減少してきており、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する結果が引き続き得られた。可搬型 Ge 検出器による insitu 測定を開始した平成 24 年 3 月と平成 28 年 9 月との平均沈着量を、除染等が行われたと思われる地点を除いて比較すると、セシウム 134 の沈着量は 19%に、セシウム 137 の沈着量は 80%にそれぞれ減少した。この間、物理減衰によりセシウム 134 は 20%に、セシウム 137 は 90%にそれぞれ減少するので、いずれも物理減衰よりわずかに速く沈着量が減少したことが確認された。一方、全測定地点の 3

割程度において除染等が行われたことが確認されているが、こられの地点も含めるとセシウム 134 沈着量は当初の 13%に、セシウム 137 の沈着量は 58%に減少しており、除染等の影響が沈着量に明確に現れている。

放射性セシウムの土壌中深度分布調査では、地中の深さ方向に指数関数分布をする分布並びに特定の深さに濃度ピークを持つ分布がこれまでと同様に観察された。昨年に比べ地中への放射性セシウムの浸透がさらに進み、浸透の指標となる実効的な重量緩衝深度は $3.13\text{g}/\text{cm}^2$ となった。放射性セシウムの 90%が含まれる地中の深さを示す 90%深度の平均値はまだ 4.2cm であり、平成 28 年 9 月の時点でも地表面から 5 cm 以内の深度にほとんどの放射性セシウムが存在するケースが半分以上を占めた。45 測定地点で採取した土壌試料中の交換性カリウム量、有機炭素量、及び粒径組成の測定を行った。これらの土壌特性と土壌への浸透傾向との比較・解析を行った結果から、交換性カリウム量が放射性セシウムの土壌中分布の経時変化に大きく影響することを示唆する結果が得られた。

(4) 空間線量率の統合評価

分布状況調査では 4 種類の異なる方法を用いて空間線量率の測定を行ってきた。また、分布状況調査外でも航空機モニタリングが行われてきた。異なる方法で得られた空間線量率分布はそれぞれ異なる特徴を有している。それぞれの測定データの特徴を活かしつつ異なる方法で測定された空間線量率分布をベイズ統計手法を用いて統合して、精度と位置分解能の高い空間線量率分布マップを作成するとともに空間線量率の信頼区間を評価する試みを開始した。

今年度は、避難指示区域内を対象にして歩行サーベイ、走行サーベイ及び航空機モニタリングによる空間線量率分布データを統合してマップを作成した。歩行サーベイでは人間の生活に密着した環境における空間線量率データが得られることを考慮し、歩行サーベイを避難指示区域内全域で実施したと想定した場合の空間線量率分布を推定することとした。統合により、航空機モニタリングデータの系統的な偏りが補正されるとともに、地上における測定の高い位置分解能を反映したマップが得られた。さらに、推定したデータと歩行サーベイ実測値を比較することにより、推定が適切に行われたことを検証した。

(5) 情報発信の取り組み

本調査の結果をマップ化して公開してきたマップ拡大サイトへは、平成 28 年度は 1 日あたりにして約 220 件程度のユニークアクセス（同一 IP アドレスからのアクセスを重複せずにカウント）があった。日本国内からのアクセスが約 90%程度であり、都道府県別で見ると東京都、福島県、宮城県、茨城県からのアクセスが多かった。また、地域により訪問元の業種が異なり、東京都からはエネルギー関連、福島県からは公務、茨城からは学術研究の関係者の訪問数が多かった。海域でのモニタリングデータを当サイトで分かりやすい形で閲覧できるようにする等の機能追加を行った。