

【5-1501】 原発事故により放出された大気中微粒子等のばく露評価とリスク評価のための学際研究 (H27-29 106,002 千円)

研究代表者 森口祐一 (東京大学)

1. 研究実施体制

- (1) 大気放出からばく露評価・リスク評価に至る総合解析手法の設計 (東京大学)
- (2) SPM 計のろ紙分析による放射性核種比の再現 (首都大学東京)
- (3) 初期被ばく評価の精緻化のための大気中放射性核種の時空間分布の再現
(国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構)
- (4) 微粒子性状および短寿命核種の寄与を考慮した線量評価の精緻化
(一般社団法人日本保健物理学会)
- (5) 大気拡散・ばく露評価統合モデルの構築 (国立研究開発法人 国立環境研究所)

2. 研究開発目的

本研究では、国内外からの要請や先行研究の進展を踏まえ、大気中での物質の移流・拡散現象の解明、大気中の微粒子等に含まれる成分の分析、放射性物質の性状を考慮した線量評価など、異なる専門分野の研究者の学際的な連携により、各分野の最新の知見を統合した被ばく線量評価手法を構築することによって、事故後初期に放出された物質の吸入に伴う健康リスクのより適正な評価に役立てることを目的とした。

とくに、事故後初期に採取された大気中微粒子試料に含まれる放射性核種の構成比と性状を解明する実験科学的手法と、環境への放出から人への影響に至る過程を記述する大気移流拡散沈着モデル、ばく露モデル、線量評価モデル等の数理的手法の組み合わせにより、初期被ばく線量の不確実性の低減のために求められる知見の集積を目指した。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

東電福島第一原発事故により大気中に放出された放射性物質の移流・拡散・沈着状況を解明する研究は国内外で多く行われてきたが、原発近傍での住民の被ばくの推計への適用に焦点をあてたものはほとんどなかった。本研究では、大気環境常時監視測定局のろ紙上の放射性物質測定という独自の強みを生かして得られる情報、事故後初期のさまざまな測定データ、大気移流拡散沈着モデルおよびばく露評価モデルの計算結果を組み合わせることで、事故後初期の呼吸由来の内部被ばく線量を推計する手法を設計し、実際にこの方法による地域別の線量分布推計が可能であることを示した。

不確実性を考慮しながら、要素を組み合わせることで目的とする結果を導く役割を担ったサブテーマ(1)の成果は、学際性、総合性を求められる環境科学研究の雛形としての意義があるものである。

サブテーマ(2)では、原発事故当時に SPM 計のテープ状ろ紙に捕集された大気浮遊粒子中の原発事故由来の I-129 の濃度を定量する手法を確立し、多数の地点での試料測定に適用した。これによりこれまで不明であった放射性ヨウ素の拡散の様子が明らかとなった。事故当時の大気中 I-131 濃度を I-129 濃度からより正しく復元するための今後の課題を明らかにした。また、原発事故直後の大気中 Cs-137 濃度の東日本での 1 時間毎の空間分布が、各自治体により運営されている大気環境監視網で稼働している自動 SPM 計の使用済みテープ状ろ紙を Ge 検出器で測定することにより明らかになった。これらのデータは、福島原発からの放出率の推定、大気輸送・沈着モデルによるシミュレーション結果の不確実性を少なくするために、大きく貢献すると期待される。

サブテーマ(3)では、サブテーマ(2)で測定された Cs-137 濃度の新たなデータをもとに、東北地方南部や関東地方を中心とした地域での Cs-137 濃度の時空間分布を作成した。また、原発近傍の SPM 地点の双葉と檜葉の新たなデータを解析して、これまでわからなかった原発近傍での放射性物質の動態を初めて明らかにするとともに、これまでに報告した 10 個のプルームを含む合計 19 個のプルームを明らかにした。また、サブテーマ(2)で測定された SPM テープろ紙中の粒子状の I-129 濃度と Cs-137 濃度との比が 3 つのグループに大別されることがわかり、Cs-137 濃度だけではわからなかった大気中の放射性核種の複雑な挙動が、はじめて明らかになった。粒子状の I-129 濃度から変換した粒子状 I-131 濃度と既存の公開された I-131 濃度から、SPM 地点での気体状と粒子状の I-131 濃度を推定する手法を初めて開発し、SPM 地点での I-131 濃度を初めて推定した。さらに、これまでの大気汚染物質シミュレーションモデルの検証では、モデルと観測の差の要因を切り分けることができなかったが、本研究のように単一放出源である Cs-137 の動態に着目することで、モデルの様々な過程に起因する誤差要因を解析することが可能となった。大気汚染物質シミュレーションに関する国内でモデル間相互比較が行われた例はごく限られていたが、本研究を通じて、Cs-137 シミュレーションに関するモデル間相互比較を継続的に行うことが可能となり、得られた知見は大気汚染物質モデルコミュニティにとっても非常に重要なものである。

サブテーマ(4)では、多数の粒子を吸入することを前提として構築されていた従来の体内動態モデルに対して、1 個の粒子を吸入した際の体内動態を確率論的に表現するモデルを開発した。このモデルを使用することによって、内部被ばく線量の確率密度分布（線量の取りうる幅）を評価することができた。吸入粒子数が 1 個の場合、線量分布の幅（不確かさ）は非常に大きいですが、吸入粒子数の増加に伴い、不確かさは減少することがわかった。

サブテーマ(5)では、サブテーマ(2)、(3)における大気濃度の実測データとその解析結果、大気移流拡散沈着モデルおよびばく露評価モデルの計算結果をもとに、複数の方法に基づき呼吸由来の甲状腺等価線量を新たに推計し、高い被ばくを受けた可能性のある日時・地域について、推計結果の不確実性を示した。

(2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

平成 28 年度、平成 29 年度に開催した「分野横断ワークショップ不溶性セシウム粒子研究会」の一部を参加した専門家の了解を得て関係行政機関に公開し、不溶性セシウム粒子の研究動向に関する最新の情報を提供した。平成 29 年 5 月に、福島県内、東京都内、仙台市内の 3 箇所で、SPM ろ紙を提供いただいた地方自治体への経過報告を兼ねて、本研究課題の進捗状況および不溶性粒子に関する研究動向について、地方自治体向けの説明会を開催した。放射性物質で汚染された廃棄物の処理に対する国民からの疑問への対応のため、本課題のサブテーマ 1 による不溶性セシウム粒子に関する研究動向について、個別に情報提供した。事故後初期のモニタリングデータに関して、スペクトル情報を用いた解析は住民の疑問に対応する際に有益であると考えられることから、平成 29 年度原子力災害影響調査等事業放射線健康管理・健康不安対策事業（放射線の健康影響に係る研究調査事業）において、自治体への住民の問い合わせに対して、本研究で得られた成果が活用されるとともに、研究者と一般の住民の間でのコミュニケーションが改善された。その対応の様子を第一回環境創造シンポジウムでのブース展示でデモにより示した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

事故直後の実測データの不足から不確実性が大きいとされてきた I-131 の呼吸摂取由来の内部被ばく量の推計手法・推計結果を提示したことは、放射線健康管理のための重要な知見であり、別途、放射線の健康影響に係る研究調査事業で実施されている住民の被ばく線量の包括的な把握のための調査研究で活用可能な知見を提供するものである。とくに、検討会中間とりまとめで言及されていた「高い被ばくを受けた可能性のある集団の把握」に大きく貢献するものである。

また、本課題は UNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）2017 年白書に Major Japanese research projects and programmes の一つとして記載されていたもので、本課題が計画に沿って進行し、所期の成果を挙げたことで、原発事故影響の科学的解明における国際貢献を果たすことができる。

市民の関心の高い不溶性粒子問題に関して、粒子の数としては少ないが、粒子 1 個あたりの比放射能の大きい不溶性セシウムを吸入したときの線量の取りうる幅とその線量の大きさを吸入する粒子数に応じて一般市民に提示することができる。事故初期に得られた環境モニタリングデータに関して、高バックグラウンド環境であることを考慮して解釈した結果を一般市民に提供することができると考えられる。

4. 委員の指摘及び提言概要

常時監視測定局のSPMろ紙データに代表される膨大な試料・資料を解析し、原発事故直後の微粒子放射性物質濃度の時空間分布やプルームの動態を明らかにした点は評価できる。ただし、不溶性粒子の本態の解明および放射性ヨウ素濃度の定量にはさらに検討を必要とする。また、ばく露評価までは行われたものの（不確実性が伴っているが）、リスク評価という目標については十分に記載されておらず、達成されているとはいえない。

5. 評点

総合評点：B