

放射線の健康影響に係る研究調査事業 令和 5 年度～令和 7 年度 総括報告書

研究課題名	原子力災害時における被災者の個人被ばく線量把握及び健康管理に資するインテリジェンスデータベースの構築
研究期間	令和 5 年度～令和 7 年度（3 年間）

	氏名	所属機関・職名
主任研究者	金 ウンジュ	量子科学技術研究開発機構・主幹研究員
分担研究者		

キーワード	インテリジェンスデータベース(IDB)、初期内部被ばく線量、外部被ばく線量
-------	---------------------------------------

1. 研究成果報告の概要

本研究では、先行研究データを基に解析目的に応じたインテリジェンスデータベース（IDB）の基盤を構築し、内部・外部被ばく線量を統合的に扱う解析環境を整備した。1 年目には、データ構造の最適化と IDB の試作を行い、実測値とシミュレーション結果の比較や避難行動の可視化を可能とするとともに、外部被ばく線量推計手法の妥当性を確認した。2 年目には、外部被ばく線量の個人・集団解析を進め、地域差や避難による線量低減効果を明らかにするとともに、個人情報保護に配慮した IDB 運用手法を検討・改良した。3 年目には、内部・外部被ばく線量の関係性を解析し、外部被ばくが主要な線量寄与である傾向を示すとともに、地域や条件による差異を明らかにした。さらに、個人線量管理用および集団線量推計用からなる普及版 IDB を整備し、個人・集団双方における線量評価・解析および体系的なデータ管理を可能とした。

2. 研究成果報告

2-1 研究開始当初の背景

量子科学技術研究開発機構（以下、量研）では、東電福島第一原発事故による住民の初期内部被ばく線量、とりわけ放射性ヨウ素による甲状腺内部被ばくの推計を継続して実施してきた。しかしながら、主要核種である I-131 を対象とした人の実測データは極めて限られている。そのため、小児甲状腺被ばくスクリーニング検査結果、セシウムを対象とした WBC の測定データ、人の実測データを有する個人の避難行動データ、放射性核種の大気拡散シミュレーションの結果を収集し、これらの情報を活用して線量推計を行ってきた¹⁻⁴⁾が、これらのデータは個人情報を含みかつ膨大なデータ量であるため、第三者による多角的な活解析や再利用には限界がある。そのため、量研だけの研究に留めることなく、第三者の解析利用及び福島原発事故で得られた貴重なデータを長期的に管理・保全する環境を整備することが重要である。

2-2 研究目的

本研究は、先行研究で福島県住民の初期内部被ばく線量推計のために収集・解析された様々な

種類のデータを有機的に統合し、GUI（Graphical User Interface）を介して多角的な解析を行える IDB を作成すること、及び、その成果を踏まえ、将来の原子力災害における被災者の健康調査や疫学調査に適したデータベースの管理・活用法を提案することを目的としている。

2-3 研究期間内に実施した内容（方法など）

・1年目

避難行動データを有する小児甲状腺被ばくスクリーニング検査被検者及び WBC 被検者（約 6,000 名）について、実測値及び大気拡散シミュレーション（WSPEEDI-II^{5,6)}）から推定した被ばく線量及び避難場所の履歴等の関係を任意に抽出した被検者集団（出身自治体、年齢群、性別、測定値、避難パターン等）に対する線量データを可視化できる IDB を複数試作した。また、本研究では初期の内部被ばく線量に加えて、外部被ばく線量についても推計を行い、両線量の関係性を調査するために、外部被ばく線量推計用に新たな計算プログラムを試作し、福島県内避難区域に適用された代表的行動 18 パターン及び UNSCEAR2020/2021 の 37 避難パターンにおける外部被ばく線量を評価した。

・2年目

WBC 被検者（5,426 名）を対象に外部被ばく線量推計用 IDB を試作した。本 IDB では、個人の行動データ、空間線量率マップまたは公開済みの大気拡散シミュレーションから線量を推計しており、屋内遮へい効果や線量低減係数を考慮した外部被ばく線量、地域別・月別の線量分布、避難行動別の線量比較、一時帰宅回数の影響評価、WBC 測定による内部被ばく線量との比較等を実施した。さらに、IDB の運用においては、研究関係者や福島県民健康調査関係者の意見を踏まえ、個人データの取り扱い、IDB のデザイン、必要項目の集約等の懸念事項に配慮した上、IDB 改良版を作成した。

・3年目

既存の IDB を基盤に内部・外部被ばく線量を統合的に推計可能なデータベースを整備し、解析目的に応じて個人線量管理用および集団線量推計用に分類・抽出可能な普及版 IDB を構築した。また、本研究で整備した IDB を用いて外部被ばく線量推計及び内部被ばく線量との関係性について解析を行った。

2-4 研究期間内に得られた成果および考察

・1年目

小児甲状腺スクリーニング被検者（約 300 名）および WBC 被検者（約 5,000 名）を対象とした IDB では、実測値と大気拡散シミュレーションによる推計線量の比較を視覚的に行うとともに、自治体別・年齢群別・体内放射能等による対象者抽出や、シミュレーション条件（バージョン、計算グリッド、移動モデル、屋内防護係数等）を GUI 上で柔軟に変更し、解析結果を即時に更新できる機能を実装、避難行動データの可視化を可能にした。さらに、本研究で新たに試作した外部被ばく線量用計算プログラムの検証では、福島県内避難区域に適用された代表的行動 18 パターンの計算結果が Akahane らの結果⁷⁾と概ね一致することを確認した。加えて、UNSCEAR2020/2021 の 37 避難パターン⁸⁾についても外部被ばく線量の計算を行い、事故後 4 か月間の線量累積傾向を把握した。これにより、初期内部被ばく線量評価に加えて外部被ばく線量の推計が可能となり、両者の関係性を統合的に解析できる基盤が整備された。

・ 2年目

WBC 検査被検者の行動データを用いて試作した外部被ばく線量推計用 IDB により、個人の外部線量推計以外、地域別の集団線量、避難による低減効果等について調べた。その結果、地域別の集団線量では、飯舘村や川俣町の線量は他地域と比べて高く、これは避難時期の違いが要因の一つである可能性が示唆された。また、WBC 検査被検者の外部被ばく線量は全体の 72%が 1mSv 未満、91%が 2mSv 未満であり、殆どの被検者の 3mSv 以下であることが確認された。さらに、避難による線量低減効果は、居住地域に居続けたときの線量(避難無し)と避難行動による線量(避難あり)で比較した結果、地域によって差はあるものの、75 パーセンタイル線量で約半分から 1 桁まで低減したことを確認した。

IDB の運用において、将来的な健康管理用データシステムの在り方やその利活用を考慮し、IDB の使用目的を集団線量管理用と個人線量管理用と分類し、集団線量管理用 IDB では、個人情報削除した上で、地域毎の集団線量、時系列による行動データの分類及び線量分布の抽出・視覚化を可能にする改良版 IDB を作成した。これにより、避難行動を有する WBC 検査被検者の線量分布を基に、WBC 検査を受けていない被検者においてもおおよその内部被ばく線量を把握することが可能となった。

・ 3年目

解析目的に応じて作成した普及版 IDB は、個人線量管理用 IDB 及び集団線量推計用 IDB から構成され、内部・外部被ばく線量を統合的に取り扱えるように整備した。個人線量管理用 IDB では、個人レベルでの内部・外部被ばく線量推計および管理が可能となった。また、集団線量推計用 IDB では、個人情報を含まない形で、地域別、避難行動別、年齢別等の集団単位で線量情報を統合・整備しており、実測値を有しない類似の避難行動をしている集団に対する線量推計が可能とした。例えば、実測値および行動データを有する被検者において、3 月 12 日から 15 日に津島地区に滞在した場合の 75 パーセンタイル値は、内部被ばく線量が約 18 μ Sv、外部被ばく線量が約 1.3 mSv であり、これらの情報を用いることで、同様の避難行動をとった集団の線量推計が可能となる。このように、本 IDB は、個人および集団の内部・外部被ばく線量を統合的に評価・比較できる機能を有し、対象集団ごとの被ばく線量分布の再構築や、複数の評価手法間の比較検証並びに一貫性のある体系的なデータ管理を可能とした。

外部被ばく線量推計では、地域別の外部被ばく線量分布を石川らの結果⁸⁾と比較したところ、福島県民健康調査における外部被ばく線量推計対象者数と比べて被検者数は限られているものの、飯舘村、浪江町、葛尾村および双葉町において概ね類似した分布が確認された。内部・外部被ばく線量の関係性において、内部・外部被ばくの実効線量を比較した結果、外部被ばくによる実効線量が内部被ばくによる線量より高い傾向が認められた。特に、飯舘村・川俣町においては、その差が顕著であり、避難時期の遅れや WBC による測定時期の影響が一因である可能性が示唆された。小児甲状腺スクリーニング検査受検者においても、外部被ばくによる線量が主要な線量寄与であることが示されたが、いわき市では内部被ばくが相対的に高い傾向も認められたが、その要因についてはさらなる解析が必要である。

2-5 当初計画・目標通り実施できなかった事項とその理由

特記すべき事項なし

2-6 当初の計画で予定した成果以外（以上）に得られた事項

特記すべき事項なし

2-7 まとめ

本研究では、先行研究で福島県住民の初期内部被ばく線量推計のために収集・解析された多様なデータを可視化できる IDB を複数試作した。さらに、既存の IDB を基盤として、内部・外部被ばく線量を統合的に推計可能な改良版 IDB を整備するとともに、解析目的に応じた普及版 IDB（個人線量管理用および集団線量推計用）を構築し、内部・外部被ばく線量を統合的に扱える基盤を整備した。これにより、効率的かつ柔軟な線量評価および内部・外部被ばくの統合解析が可能となり、個人・集団双方の線量評価と一貫性のある体系的なデータ管理が実現した。

2-8 引用文献

- 1) Kim E, Kurihara O, Suzuki T. *Screening survey on thyroid exposure for children after the Fukushima Daiichi nuclear power station accident*. NIRS-M-252, 59–66 (2012).
- 2) Kim E, Kurihara O, Kunishima N. *Internal thyroid doses to Fukushima residents —estimation and issues remaining*. J Radiat Res 57: i118–i126; 2016a.
- 3) Kim E, Kurihara O, Kunishima N. *Early intake of radiocesium by residents living near the TEPCO Fukushima Dai-ichi nuclear power plant after the accident. Part 1: Internal doses based on whole-body measurements by NIRS*. Health Phys 115(5): 451–464; 2016b.
- 4) Kim E, Yajima K, Shozo Hashimoto. *Reassessment of internal thyroid doses to 1,080 children examined in a screening survey after the 2011 Fukushima nuclear disaster*. Health Phys 118(1): 36–52; 2020.
- 5) Terada H, Katata G, Chino M. *Atmospheric discharge and dispersion of radionuclides during the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. Part II: Verification of the source term and analysis of regional-scale atmospheric dispersion*. J Environ Radioact 112: 141–154; 2012.
- 6) Terada H, Nagai N, Tsuduki K. *Refinement of source term and atmospheric dispersion simulations of radionuclides during the Fukushima Daiichi nuclear power station accident*. J Environ Radioact 213: 106104; 2020.
- 7) Akahane K, Yonai S, Fukuda S. *NIRS external dose estimation system for Fukushima residents after the Fukushima Dai-ichi NPP accident*. Sci Rep 3:1670; 2013
- 8) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Levels and effects of radiation exposure due to the accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station: implications of information published since the UNSCEAR 2013 Report UNSCEAR 2020/2021 Report Volume II Scientific Annex B* (2021)
- 9) Ishikawa. T et al., *The Fukushima Health Management Survey: estimation of external doses to residents in Fukushima Prefecture*. Sci. Rep. 5, 12712(2015)

倫理面への配慮

本研究で使用する個人の避難行動データの利用については、量研機構及び福島県立医科大学の両機関における臨床研究審査委員会から承認がえられている。(13-011)

3. 研究成果の活用方策の提案

本研究で構築した IDB では、個人および集団の内部・外部被ばく線量を統合的に評価・比較できるから、①福島県民健康調査等における対象集団の被ばく線量分布の再構築および個人の時系列線量評価、②行政・研究機関におけるリスク評価や健康管理施策の検討支援、③線量評価手法の比較検証および標準化等に活用できる。さらに、将来的には、本 IDB に蓄積されたデータ構造および評価アルゴリズムを基盤として、他の原子力事故への応用展開も可能である。

4. 研究成果公表（本研究内容に限る）※下線は主任研究者・分担研究者

論文

1. Kim E. et al. Relationship between the residual cs body contents and individual behaviors among evacuees from municipalities near the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plan. Health Phys 126(3): 141–150; 2024.

学会発表（国際学会）

1. Kim E. et al. *Reconstruction of the internal thyroid dose of affected populations by the 2011 Fukushima nuclear disaster*, 7th International Symposium on the System of Radiation Protection ICRP2023
2. Kim E. and Kurihara O., *Database for assessing early internal doses following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident*, 2025 ARADOS Annual Meeting