

放射線の健康影響に係る研究調査事業 令和3年度～令和4年度実施総括報告書

研究課題名	個人避難行動及び大気拡散シミュレーションに基づく福島第一原発事故における住民の初期内部被ばく線量推定の精緻化に関する研究
研究期間	令和3年度～令和4年度（2年間）

	氏名	所属機関・職名
主任研究者	栗原 治	量子科学技術研究開発機構・部長
分担研究者		
若手研究者		

1. 研究の概要

福島第一原発事故によって近隣住民が受けた被ばく線量の推計は重要であり、これまでに多くの研究が行われてきた。しかしながら、事故初期の放射性ヨウ素による甲状腺内部被ばく線量については、線量推計の基礎となる人の実測データが限られている。そのため、比較的データ数の多いセシウムを対象としたホールボディカウンタ（WBC）の測定結果や大気拡散シミュレーション（ATDM）を用いる方法が検討されてきた。本研究では、これらの方法の幾つかの課題について検討を行った。

WBC 測定値の解釈では、浪江町の被検者（成人）を対象として行った先行研究を双葉町、大熊町、及び、富岡町の被検者にも拡張し、2011年3月12日15時点の推定滞在場所の当該原発からの距離に応じて2群化し、これらを早期避難群と後期避難群とし、両者のセシウムによる実効線量を比較したところ、当該原発から北に位置する双葉町については浪江町と同様に両群に有意差があったのに対し、南に位置する大熊町及び富岡町については有意差が認められなかった。このことは、1号機建屋の水素爆発に伴い環境中に放出された放射性プルームが WBC 測定値に影響したことを示唆している。しかしながら、浪江町の早期避難群に比較して他自治体ではいずれの群も線量が高く、双葉町の早期避難群の県外避難者については線量が著しく高かったことから、浪江町被検者の WBC 測定終了後に開始された自家用車による一時帰宅による汚染の影響を受けた可能性が考えられた。

ATDM の線量評価の精度検証については、避難行動データの得られた小児甲状腺被ばくスクリーニング検査被検者の ^{131}I 吸入摂取による甲状腺等価線量を計算し、甲状腺残留量から導出した甲状腺等価線量との比較を行った。結論として、ATDM を用いる線量推計は不確実性が大きく、個人を対象とした線量推計に用いることは適当ではないものの、対象地域住民の線量分布を把握するには有効な手段である。

2. 研究期間内に実施した内容

年目／実施年度	実施した内容
1年目	1. ヨウ素 131 以外の短半減期核種による甲状腺線量への寄与の評価
令和3年度	先行研究 ¹⁾ において、浪江町の WBC 被検者（約 1,600 名）のセシウム残留量と避難行動を解析したところ、3月12日15時点の滞在場所が影響することを見出

	<p>した。この結果は、同日の1号機建屋の水素爆発により周辺環境中に放出された放射性プルームによる関与を示唆しており、WSPEEDI-IIによって再現された放射性プルームと同被検者の滞在場所を同時刻で突合した結果からも裏付けられた²⁾。次にWSPEEDI-IIから算出されたWBC被検者に日々の¹³¹I吸入摂取量に対し、これに¹³²Te-¹³²I及び¹³³Iによる線量寄与を補正するためのファクターを炉内インベントリ³⁾から導出した。</p> <p>2. WSPEEDI-IIによる線量推計の精度及び不確かさ評価</p> <p>行動データの得られた小児甲状腺被ばくスクリーニング検査被検者308名に対し、WSPEEDI-IIを用いて¹³¹Iの吸入摂取量及び甲状腺等価線量の計算を行った。実測値(甲状腺残留量)から導出した甲状腺等価線量とオーダーとしては一致することを確認するとともに、新旧のWSPEEDI-II及び空間メッシュの分解能による計算結果の差異について確認した。</p> <p>3. WBCで実測された体内セシウム残留量の解釈</p> <p>先行研究¹⁾を浪江町以外の双葉町、大熊町、富岡町のWBC被検者(成人)にも適用し、1号機建屋の水素爆発による放射性プルームの関与の有無と15日の大量放出による吸入摂取量の地域間の違いを評価するための解析を行った。この結果、福島第一原発の北に位置する浪江町と双葉町については12日の事象の影響があったと考えられた。また、浪江町の早期避難者に比べて他自治体の実効線量が高く、双葉町の早期避難者の内、県外避難者の実効線量が著しく高かったことから、浪江町住民のWBC測定後に開始された自家用車による一時帰宅によって生じた汚染の影響が疑われた。</p>
2年目	WSPEEDI-IIによる線量推計の精度検証を継続した。この結果、個人線量に対する一対一の精度は低いものの、被検者全体の線量分布は屋内防護係数を0.5に設定した場合に最も良好に再現した。同一の屋内防護係数を用いて福島第一原発の近隣住民5,401名の甲状腺等価線量分布を求めたところ、中央値は1.6 mSv、90%累積頻度値は12.3 mSvと算定された。
令和4年度	
3年目	該当なし
令和5年度	

3. 研究終了時に得られた結果・結論

① 研究結果・結論(総括)・成果など

本研究は、福島第一原発事故における住民の初期内部被ばく線量推計における課題であった¹³¹I以外の短半減期核種による線量寄与、大気拡散シミュレーションによる線量推計の精度検証、事故発生から時間が経過したWBC測定によって得られた放射性セシウム体内残留量の解釈等に関して検討を行ったものである。

最初の課題については、WSPEEDI-IIと個人の避難行動データを同一時刻で突合することにより推定された日別の吸入摂取量、及び、炉内インベントリから計算される短半減期核種の放射能比を用い

て線量寄与を試算した。その結果、事故発生翌日の3月12日に吸入摂取が生じたとする¹³¹Iによる甲状腺線量の4割程度の線量寄与が推定された。

二番目の課題については、小児甲状腺被ばくスクリーニング検査被検者の内、避難行動データを有する者について、WSPEEDI-IIの¹³¹I地表高気中時系列濃度マップを用いて吸入摂取量及び甲状腺残留量を計算し、計測値との直接比較を行った。その結果、個人線量に対する一対一の精度は低いものの、被検者全体の線量分布は屋内防護係数を0.5に設定した場合に最も良好に再現した。同一の屋内防護係数を用いて福島第一原発の近隣住民5,401名の甲状腺等価線量分布を求めたところ、中央値は1.6 mSv、90%累積頻度値は12.3 mSvと算定され、これまでに報告された推計値を同等であった。以上の結果を踏まえ、WSPEEDI-IIを用いた線量推計は個人を対象とすることは適当ではないものの、対象地域住民の線量分布の把握及び吸入摂取シナリオの検討には有用であると結論付けた。

三番目の課題については、浪江町、双葉町、大熊町及び富岡町の計4自治体の解析対象者について、WBC測定から得られたセシウム体内残留量と避難行動との関係を調べた。その結果、¹³⁷Cs検出率については、福島第一原発の北側に位置する浪江町と双葉町では、3月12日15時時点の滞在場所によって分類した2グループに有意な差があることが分かった。これは同日に発生した1号機建屋の水素爆発の関与を示唆するという先行研究を補強する結果であるが、自家用車による一時帰宅（2巡目）が開始された同年9月以降にWBC測定が開始された双葉町、大熊町及び富岡町では、浪江町に比べてセシウムの実効線量が高い傾向があり、WBCの偽計数による可能性が考えられた。

② 計画・目標通り実施できなかった事項とその理由

概ね計画通り実施できたため記載なし。

③ 当初の計画で予定した成果以外（以上）に得られた事項

特に当初の計画で予定した以外の成果として特記することはないが、先行研究と本研究を通して次期研究の構想が具体化された。

4. 研究成果の活用方策の提案

本研究をさらに発展させる新たな研究や事業化の提案

本事業の令和5年度からの新たな研究提案が採択された。本提案では、研究代表者らがこれまでに収集または新たに導出した様々な線量関連データのアーカイブを、インテリジェンスデータベース（IDB）として再構築するとともに、研究対象者の内部被ばく線量（吸入）及び外部被ばく線量を、大気拡散シミュレーション等を活用して導出する。これにより、アーカイブの欠点であった汎用性・拡張性及びインタラクティブな解析機能に関して抜本的に解決するとともに、放射性プルームの通過前後における内部被ばく及び外部被ばくの双方の線量の変化を理解することにより、将来の原子力災害における近隣住民の適切な放射線健康管理対策の立案や被災者の線量評価に最適化された行動履歴情報の検討等に資すると考えられる。

引用文献

1. Igarashi Y, Kim E, Hashimoto S, et al. Difference in the cesium body contents of affected area residents depending on the evacuation timepoint following the 2011 Fukushima nuclear disaster. *Health Phys.*, 2020; 119: 733–745.
2. Kim E, Igarashi Y, Hashimoto S, et al. Estimation of the thyroid equivalent doses to residents in areas affected by the 2011 Fukushima nuclear disaster due to inhalation of ^{131}I based on their behavioral data and the latest atmospheric transport and dispersion model simulations. *Health Phys.*, 2022; 122: 313–325.
3. 西原 健司, 岩本 大樹, 須山 賢也. 福島第一原子力発電所の燃料組成評価. *JAEA-Data/Code 2012-018*. 2012.