

放射線の健康影響に係る研究調査事業 令和6年度年度報告書

研究課題名	原子力事故後の居住環境における室内外の物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究
令和6年度研究期間	令和6年4月1日～令和7年2月28日
研究期間	令和4年度～令和6年度（3年目）

	氏名	所属機関・職名
主任研究者	高原 省五	日本原子力研究開発機構原子力安全・防災研究所安全研究センターリスク評価・防災研究グループ・グループリーダー
分担研究者		
若手研究者		

キーワード	原子力事故、住民被ばく線量、再浮遊、屋内退避、被ばく低減効果
-------	--------------------------------

本年度研究成果
<p>I 研究背景</p> <p>家屋の内外を含む居住環境における放射線被ばくは、原子力事故後の初期から長期間にわたって汚染地域での住民生活を管理するために必要不可欠な情報の一つである。特に、福島事故の経験を経て、原子力防災分野においては、事故後初期に自宅への屋内退避が防災計画の主軸の一つとして位置付けられている。また、福島事故後に避難指示を受けた地域についても、避難指示の解除が進み帰還した住民の日常生活が開始されようとしている。このような社会的な背景を踏まえると、事故後初期において屋内退避をした場合にどのくらいの被ばくが想定されるのか（または、どのくらいの被ばく低減効果が見込まれるか）ということと、帰還後の生活においてどのくらいの被ばくが想定されるのかという情報は、原子力防災計画や帰還後の住民に対する放射線防護対策を策定する国・自治体や住民にとって重要な情報である。</p> <p>II 目的</p> <p>本研究では、上記のような研究背景のもとで、①事故後の初期における屋内退避時における住民被ばく線量の評価と、②事故後の長期における帰還後の居住環境での被ばく線量評価を実施することを目的とする。</p> <p>III 研究方法</p> <p>令和6年度は、目的①に関連して、1) 屋内退避に関する情報提供資料の作成を実施した。また、目的②に関連して、1) 床材・行動別の室内再浮遊係数を評価するとともに、2) 各サイトにおける事故後初期の屋内退避時における被ばく線量評価を実施した。</p> <p>目的①-1) の作業では、国・自治体・住民に向けての屋内退避に関する情報を提供する資料を作成</p>

した。資料には、令和5年度に評価した屋内退避による被ばく低減係数（事故シナリオごと、国内のサイトごと）と当グループの有する屋内退避に関する知見（原子力規制庁受託及び内閣府受託）を組み合わせて、屋内退避の被ばく低減効果の依存性及び屋内退避時の行動に関する知見を整理した。

目的②-1) に関して、室内床面に沈着した放射性物質の再浮遊による被ばくを評価するためのモデルを開発した。室内再浮遊係数は粒径、床材、床面からの高さ、人の室内における行動により生じる風速場等の条件によって異なることが考えられるため、本研究ではこれらの条件ごとに室内再浮遊係数を実家屋内における実験によって求めた。また、目的②-2) に関して、実験的に得られた室内再浮遊係数を用いて、室内再浮遊放射性物質による吸入被ばく線量評価モデルを開発した。開発したモデルを用いて、事故発生から1年間自宅を離れて再度居住開始した場合の被ばく線量評価を行い、屋外グランドシャイン等の居住環境下における総被ばく線量に対する室内再浮遊による被ばく線量の寄与割合を評価した。

IV 研究結果、考察及び今後の研究方針

目的①-1) の作業では、サイトごと及び事故シナリオごとに被ばく低減係数を評価した。その結果、実効線量で評価した場合の被ばく低減係数は、早期大規模放出、後期大規模放出及び福島事故相当の事故シナリオでは0.4~0.6であり、管理放出及び新規規制基準を踏まえた事故シナリオでは0.6~0.7であった。甲状腺等価線量で評価した場合の被ばく低減係数は、事故シナリオによらず0.4~0.6であった。事故シナリオ間の被ばく低減係数の違いは主に希ガス核種からの寄与割合に依存していることが示され、希ガス核種からの寄与が大きい事故シナリオほど被ばく低減係数が大きくなった。また、被ばく低減係数は風速によって大きく変動し、サイト内外での風速変動により約20~50%異なることが示された。これらの成果をとりまとめて学会発表¹⁾、報告書²⁾及び査読付論文³⁾として公開した。屋内退避に関する情報を提供する資料では、上記の情報に加えて、住宅の広さや気密性能による被ばく低減係数の違い、屋内退避の低減効果を高くするための行動を整理して記載した。また、作成した資料を利用して、アウトリーチ活動を実施した^{4,5)}。

目的②-1) の作業では、室内再浮遊係数を実験的に評価した。この際に、粒径、床材、床面からの高さ及び人の室内における行動による室内再浮遊係数の変動を評価できるように実験を設計した。この結果、室内再浮遊係数は、 $1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ の範囲で変動した。室内再浮遊に関する先行研究では、本研究とは異なり試験チャンバーでの評価結果として $1.0 \times 10^{-8} \sim 7.2 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ の範囲が報告されており、本研究の成果と同程度であることを確認できた。このようにして実験的に評価した室内再浮遊係数を用いてコンパートメントモデルを開発した。

目的②-2) の作業では、上記で開発したコンパートメントモデルを用いて住民帰還後の被ばく線量評価を行った。事故後に一定期間避難した後、帰還して通常生活を送った場合の被ばく線量を評価した。評価では、避難期間に加え、自宅の換気率を変化させた。その結果、避難期間の長期化と換気率の増大によって室内再浮遊の影響が大きくなることがわかった。例えば、換気率を毎時1.0回として避難期間を1年とした場合、室内再浮遊を考慮すると室内の放射性物質からの被ばく線量の割合が再浮遊を考慮しない場合と比べて約20%増大した。さらに、避難期間1年として、ダストピックアップ率95%として床の清掃を行った場合、清掃しない場合に比べて被ばく線量が約5%に低減することがわかった。帰還後から継続して清掃することによって、室内再浮遊による被ばく線量は全体の線量と比較して、大きく低減できることを示した。これらの成果を取りまとめて学会発表を行った^{6,7)}。

V 結論

令和6年度に計画していた作業は、滞りなく完遂した。これにより、事故シナリオやサイト間の気象条件の違いを考慮して屋内退避による被ばく低減係数を評価し、その結果をもとにして、国・自治体・住民に向けての屋内退避に関する情報を提供する資料を作成した。また、室内再浮遊係数を実験的に評価し、事故影響評価のためのコンパートメントモデルを開発した。さらに、開発したモデルを用いて、事故発生から1年間自宅を離れて再度居住開始した場合の被ばく線量評価を行い、屋外グラウンドシャイン等の居住環境下における総被ばく線量に対する室内再浮遊による被ばく線量の寄与割合を評価した。

引用文献

- 1) 廣内淳, 渡邊正敏, 林奈穂, 長久保梓, 松井康人, 米田稔, 高原省五, 原子力事故後の居住環境における物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究その 4—原子力事故初期時の屋内退避による低減効果の評価—, 日本原子力学会 2024 秋の大会, 2024 年 9 月 11-13 日..
- 2) 廣内淳, 渡邊正敏, 林奈穂, 長久保梓, 高原省五, 各事故シナリオにおける原子力サイトごとの被ばく線量と屋内退避時の被ばく低減係数の評価, JAEA-Research 2024-015
- 3) Jun Hirouchi, Masatoshi Watanabe, Naho Hayashi, Azusa Nagakubo, Shogo Takahara, Effects of different accident scenarios and sites on the reduction factor used for expressing sheltering effectiveness, J. Radiol. Prot. 45, 011506.
- 4) 高原省五, 原子力災害時の屋内退避に関する考察について—被ばく線量シミュレーションの結果より—, 令和 6 年度鳥取県原子力防災講演会, 2024 年 12 月 10 日.
- 5) 高原省五, 福島第一原子力発電所事故の教訓—原子力災害時の対応について—, 令和 6 年度ラジエーションカレッジセミナー, 2025 年 1 月 28 日.
- 6) 長久保梓, 林奈穂, 廣内淳, 松井康人, 米田稔, 高原省五, 原子力事故後の居住環境における物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究その 5—室内粒子再浮遊係数の実験を基にした評価, 日本原子力学会 2024 秋の大会, 2024 年 9 月 11-13 日..
- 7) 林奈穂, 長久保梓, 廣内淳, 松井康人, 米田稔, 高原省五, 原子力事故後の居住環境における物質移行を考慮した住民の被ばく線量評価に関する研究その 6—室内再浮遊粒子を考慮した室内滞在時の被ばく線量評価, 日本原子力学会 2024 秋の大会, 2024 年 9 月 11-13 日..