

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	大熊町など福島第一原発に近い地域の住家における掃除による屋内放射性物質の低減効果
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	吉田 浩子	東北大学 先端量子ビーム科学研究センター・研究教授
分担研究者		
若手研究者		

キーワード	福島第一原発、住家屋内、掃除、放射性セシウム、低減効果、ハウスダスト
-------	------------------------------------

本年度研究成果
I 研究背景 避難指示区域及び特定復興再生拠点区域での解除とともに、帰還・あらたに居住する住民の増加が予想されるなか、住民がもっとも長い時間を過ごす住家内の汚染の状況及びその変化を把握することは重要である。同時に、屋内に残存する放射性物質を効果的に低減する具体的な方策を知ることは住民にとって生活再建のための大きな関心事である。平成 28～30 年度の原子力災害影響調査等事業で実施した「住家内汚染の包括的研究及びこれによる内部被ばく線量評価」において、1 回だけの掃除機がけにより、放射性セシウム（以下放射性 Cs という。）を含むハウスダストはある程度大きくなったものは集塵されるものの、床表面などに付着した放射性 Cs は残存したままであることを示したり。一方、令和 3 年度事業「被ばく線量に影響を及ぼす住家内外の要因に関わる研究」での調査結果では、避難指示が解除された飯舘村及び南相馬市小高区の住家で居住（帰還）している住家のほうが表面汚染密度の値が明らかに低くなるという傾向が示された。住民が日常的に行う掃除機を用いた繰り返し集塵による屋内残存放射性 Cs の低減効果の有無や、その長期的な効果はまだ調べられていない。 II 目的 大熊町を中心にヒトの出入り及びヒトの活動の頻度が異なる木造住家（最多で 10 戸）において定期的な掃除機がけを最長で 3 年間継続して行うことによりハウスダストを集塵する。集塵されたハウスダストに含まれる放射性 Cs を測定し、その経時変化を評価することにより定期的な繰り返し掃除機がけによる屋内残存放射性 Cs の低減効果を調べることを目的とする。同時に、住家の換気率や外気中及び屋内の気中放射性エアロゾルなども測定し、あらたな放射性 Cs の屋内への入り込みがどの程度あるのか、また、居住環境、ヒトの居住、出入りなどのヒトの活動が住家内放射性 Cs の挙動に与える影響について検討を行う。

III 研究方法

大熊町の木造住家のべ 10 戸（図 1）においてコードレススティック型掃除機を用いて定期的にハウスダストを集塵し、粒径別（ $<20\text{ }\mu\text{m}$, $20\text{--}63\text{ }\mu\text{m}$, $63\text{--}180\text{ }\mu\text{m}$, $180\text{--}500\text{ }\mu\text{m}$, $500\text{ }\mu\text{m}\text{--}1\text{ mm}$, $1\text{--}2\text{ mm}$, $>2\text{ mm}$ ）に分離した後秤量し、ハウスダスト中の Cs-137 をゲルマニウム半導体検出器(HPGe) で測定・定量評価する。換気率をトレーサーガス法（CO₂減衰）により評価する。電気が復旧した住戸において外気中及び屋内の気中放射性エアロゾルをエアサンプラーにより継続的に捕集する。スミア法により放射性 Cs の表面汚染密度を評価する。アンフォールディングを行う。

本研究は、東北大学大学院薬学研究科ヒトを対象とする研究に関する倫理委員会にて令和4年3月31日に承認を受けた手法により実施した。

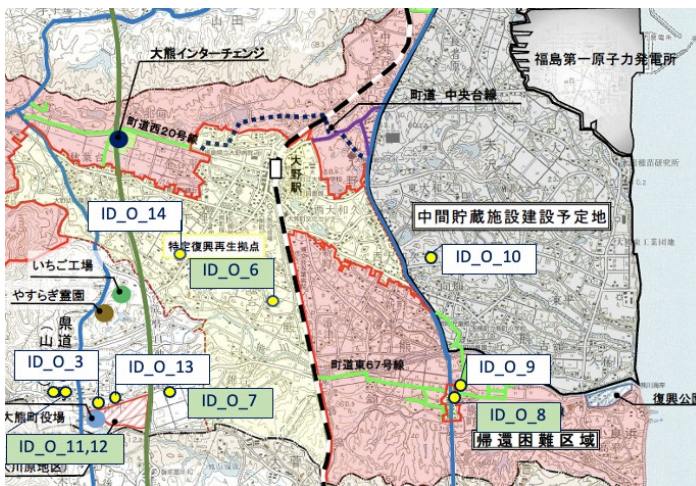


図1. 調査住宅の位置 屋外・屋内エアサンプラー配置住家

IV 研究結果、考察及び今後の研究方針

1. 繰り返し掃除機がけにより、床面積当たりのハウスダスト量は調査したのべ 10 戸のうち 7 戸で減少傾向が観察された。(10 戸のうち 2 戸は短期で調査が終了したため傾向の把握ができなかった。) 初期値のハウスダスト量が高い住家ほど減少が速い。減少が速くない住家は、ヒトの出入りが多い時期があり、その際に外からコールドダストの持ち込みがありハウスダスト量が増えたためと考えられる。粒径ごとのハウスダストを化学的性状により水溶性・塩酸溶性・残渣の 3 つに分けそれぞれ Cs-137 の測定を行った。この実測値を用いてハウスダストの経口摂取による内部被ばく線量(大人の Cs-137 による預託実効線量)を DCAL (ORNL/TM-2001/190, 2006) により算出した。ハウスダスト量の減少に伴い預託実効線量は減少する。

2. 掃除機がけにより除去されたハウスダスト中の重量当たりの Cs-137 濃度は、のべ 10 戸調査のうち 7 戸で減少傾向が観察され、換気に伴って入ってくるコールドダストによる希釈効果を示唆している。重量当たりのハウスダストで Cs-137 濃度が減少すると預託実効線量は減少する。しかし、1.の傾向と比較して 2.における減少度は小さい。この原因として、事故直後に家の中に入り込んだ放射性物質がハウスダストに付着してさまざまな隙間に残留しており、それらが徐々に室内に出て来ていることによることが推定される。一番減少速度が速い住家では、毎日ヒトの活動があり、コールドダスト持ち込みによる希釈効果が大きいことが示唆された。調査した 10 戸において Cs-137 濃度には大きな差がある。

3. 電気が復旧したのべ 4 戸において外気中及び屋内の気中放射性エアロゾルをエアサンプラーにより継続的に捕集し、屋外・屋内の Cs-137 を評価した。気中浮遊粒子の Cs-137 濃度は、屋外・屋内とも変動が大きく、相関は見られず、屋内外が同等もしくは屋内の方が高いこともあった。Cs-137 屋内濃度は、平均で屋外濃度の 0.87 倍±0.27 倍であった。また、調査期間中に一定の変化傾向は見られなかった。気中 Cs 濃度は、0.49-0.69 μm にピークを持つ単峰性の粒径分布を示していた。粗大粒子

は、海塩粒子や土壌粒子とされており²⁾、気中で見られた Cs の起源は海塩や土壌ではないことが示唆される。

4. スミア法による放射性 Cs の表面汚染密度の経時変化を調べた。住家ごとの表面汚染密度の分布の中央値の大きさの順は上述 2. で得た重量当たりのハウスダスト中 Cs-137 濃度の値の大きさの順と同じであった。スミアの採取箇所は主にタンスなどの家具の上（住民が掃除していないところ）であり事故直後に家屋内に入り込んだ放射性物質の残存物を観察している。一方、掃除機がけで観察している対象はヒトの活動が大きく影響する床の上のダストであるが、双方で傾向が同じということは、床の上のダスト中の放射性 Cs を支配しているのは事故直後に家屋内に入り込み残留している放射性物質であることを示唆すると考えられる。

5. 床面積当たりの Cs-137 濃度が最も高い住家と最も低い住家について、エアサンプラーによる測定値から屋外気中浮遊粒子の Cs-137 濃度を 1 mBq/m^3 とし、換気回数実測値を用いて無人の家屋における室内沈着量をストークスの式を用いて推定した。前者の住家では、少なくともこの 2 年間に採取したハウスダスト中の Cs-137 濃度に対して、外気の寄与はきわめて小さい (0.058%) ことが示されたが、一方、後者の住家では平均で 33.3% が外気からの寄与と考えられた。

6. アンフォールディング手法による γ 線スペクトルの解析を行い、除染前後の屋外・屋内の散乱線成分/直達線成分 (S/D) の比率に差があることが示した。この知見を含めて除染前後の屋内と屋外での放射線量の変化の違いは協力住民への説明に有用である。一方、屋根にあらたな放射性物質集積因子が観察される住家の S/D の比率に、集積が観察されない住家との差は認められなかった。

以上の成果に基づいた今後の研究方針を以下に述べる。

屋内で測定された気中 Cs-137 濃度の由来はあらたに屋外から入り込んだ Cs-137 のほかに既築住家屋内に残存している Cs-137 の付着したハウスダストである可能性が考えられる。このことを確認するために、新築の家での屋外・屋内の Cs-137 を測定し、外気からのあらたな放射性 Cs の屋内への入り込みと沈着に、新築の家と既築戸建住家で違いがあるのか、新築の家と既築戸建住家での比較検討を行うことが必要である。また、新築の家にあらたな放射性 Cs の屋内への入り込みと沈着が生じると、積算して屋内の放射性 Cs は増えてくる可能性がある。新築の家屋内での気中浮遊粒子及び沈着の状況を調べることも必要である。

V 結論

掃除機を用いた繰り返し集塵により、床面積当たりのハウスダスト量は調査したのべ 10 戸のうち 7 戸で減少傾向が観察された。初期値のハウスダスト量が高い住家ほど減少が速い。減少が速くない住家は、ヒトの出入りが多い時期（コールドダストの持ち込み）があったことと関係している。ハウスダストの経口摂取による預託実効線量はハウスダスト量の減少に伴い減少する。ハウスダスト量とともに重量当たりのハウスダスト中 Cs-137 濃度が減少すると預託実効線量はさらに減少するが、床面積当たりのハウスダスト量の減少の速さに比べて、重量当たりのハウスダストの中 Cs-137 濃度は減少度が小さいことがわかった。この原因として、事故直後に家の中に入り込んだ放射性物質がハウスダストに付着してさまざまな隙間に残留しており、それらが徐々に室内に出て来ていることによることが推定される。一番減少速度が速い住家では、毎日ヒトの活動があり、コールドダスト持ち込みによる希釈効果が大きいことが示唆された。エアサンプラーにより捕集した気中浮遊粒子の Cs-137 濃度は、屋外・屋内とも変動が大きく、両者に相関は見られなかった。Cs-137 屋内濃度は、平均で屋外濃度の 0.87 ± 0.27 倍であった。調査期間中に一定の変化傾向は見られなかった。エアサンプラーによる測定値から屋外気中浮遊粒子の Cs-137 濃度を 1 mBq/m^3 とし、換気回数実測値を用いて無人の

家屋における室内沈着量をストークスの式を用いて推定した結果、床面積当たりの Cs-137 濃度が低い住家では、平均で 33.3%が外気からの寄与と考えられる。しかし、屋内で測定された気中 Cs-137 濃度の由来はあらたに屋外から入り込んだ Cs-137 のほかに既築住家屋内に残存している Cs-137 の付着したハウスダストである可能性が考えられる。このことを確認するために、新築の家での屋外・屋内の気中 Cs-137 を測定する調査がさらに必要である。

引用文献

- 1) Yoshida-Ohuchi H, Shinohara N. Estimated internal exposure doses due to indoor radiocaesium contamination in residential houses after the Fukushima nuclear accident
Sci. Rep. 2020; 10: 17212.
- 2) Whitby KT. 1978; The physical characteristics of sulfur aerosols. In Sulfur in the Atmosphere (pp. 135-159). Pergamon.