

## 放射線の健康影響に係る研究調査事業 令和4年度研究報告書

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4年度研究期間	令和4年4月1日～令和5年2月28日
研究期間	令和4年度 ～ 令和6年度（1年目）

	氏名	所属機関・職名
主任研究者	吉田 浩子	東北大学サイクロトロン・ ラジオアイソトープセンター・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
<p><b>I 研究背景</b></p> <p>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では、ある程度大きくなった放射性セシウム（以下放射性Csという。）を含むハウスダストは集塵するものの、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による低減効果の有無、そしてその効果がある場合どの程度あるのかなど、その長期的な効果はまだ調べられていない。</p> <p><b>II 目的</b></p> <p>大熊町を中心に人の出入りの頻度が異なる木造住家（～10戸）において定期的な掃除機がけを3年間継続して行うことによりハウスダストを集塵し、集塵されたハウスダストを測定し、その経時変化（ハウスダストの低減率）を評価することにより掃除機がけによる除去効果を調べることを目的とする。同時に、住家の換気率や屋外の外気中放射性エアロゾルなども測定し、居住環境、人の居住、出入りなどの人的活動が住家内放射性物質の挙動に与える影響について検討を行う。</p> <p><b>III 研究方法</b></p> <p>大熊町の木造住家10戸（図1）において掃除機で定期的にハウスダストを集塵し、粒径別（&lt;20 μm, 20–63 μm, 63–180 μm, 180–500 μm, 500 μm–1 mm, 1–2 mm, &gt;2 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。調査住家の換気率をトレ</p>

一サーガス (CO<sub>2</sub>)とガスセンサーを用いて評価する。さらに、気密測定機器により住家の隙間がどのくらいあるかを評価する。電気が復旧した2戸において外気中及び屋内の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。床面などに沈着している放射性物質(ダストに付着)の表面汚染密度を測定する。屋外・屋内のγ線スペクトルについて解析を行い直達線/散乱線の分別評価方法を検討する。

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。

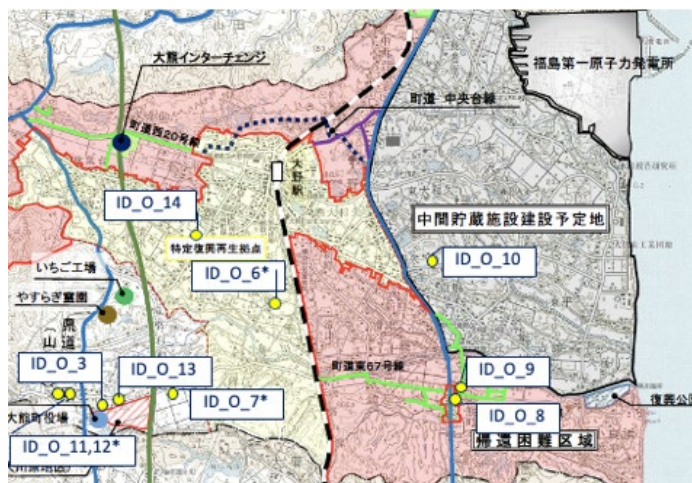


図1 調査住宅の位置 \*:屋外・屋内エアサンプラー配置 (令和4年7月1日時点での解除済み区域と帰還困難区域)

#### IV 研究結果、考察及び今後の研究方針

今年度の研究成果と考察を述べる。

1. 床面積当たりのハウスダスト量 (<20 μm-2 mm) (g/m<sup>2</sup>)は最初の掃除機がけの日から200日あたりまでは掃除機をかけるたびに減少する傾向がいずれの住家でも観察された。200日を超えたあたりで減少傾向は小さくなった。なお、2戸(図1のID\_O\_6とID\_O\_10)においてはハウスダスト量が増える回もあった。この原因として、ヒトの生活活動や動物による持ち込みの影響が示唆される。
2. 床面積当たりのハウスダスト(<2 mm)中 Cs-137 濃度(Bq/m<sup>2</sup>)の経時変化は、1.の床面積当たりのハウスダスト量(g/m<sup>2</sup>)とほぼ同じ傾向を示していた。
3. 重量当たりのハウスダスト(<2 mm)中 Cs-137 濃度(Bq/g)は、前回調査(2016-2019)結果<sup>2)</sup>と同様に小さい粒子ほど高濃度であった。掃除機をかけた回数には関わらず重量当たりのCs-137濃度(<2 mm)はほぼ一定の傾向にあるが、床面積当たりのハウスダスト量が増えたケースでは、重量当たりのCs-137濃度が下がっており、非放射性物質による希釈効果があることが示唆された。
4. ハウスダストの粒径分布は、前回事業での調査(2016-2019)結果<sup>2)</sup>と同等で、63-180μmの粒子が最も多く、続いて20-63μmや180-500μmが多かった。いずれの住家でも掃除の回数ごとにおける粒径分布に差は観察されず、常にほぼ同等であった。このことは掃除機がけによりすべての粒径のハウスダストがほぼ均等に除去されていることを示唆する。粒径ごとの化学的性状解析は放射能測定の後に実施するため、現在進行中である。
5. エアサンプラーを図1で\*印で示したID\_O\_7(令和4年4月開始、現在も継続)、ID\_O\_11及び12(令和4年4月から令和5年2月まで)、ID\_O\_6(令和5年2月開始、現在も継続中)に設置した。屋内の気中粒子濃度(g/m<sup>3</sup>)は、屋外の気中粒子濃度と相関がみられたが、屋内の方が低かった。一方、気中Cs-137濃度(Bq/m<sup>3</sup>)は、屋内外で相関は見られず、屋内外で同等もしくは屋内の方が高い傾向がみられた。気中粒子の粒径分布は、2.1-3.5・3.5-5.2 μmと0.30-0.49・0.49-0.69μm辺りにピークを持つ二峰性の粒径分布であり、既存の研究結果と同様の結果だった。一方、気中Cs-137濃度は、0.49-0.69μmにピークを持つ単峰性の粒径分布を示していた。大気エアロゾルの粗大粒子(1 μm以上の粒子)は、海塩粒子や土壌粒子とされており<sup>3)</sup>、大気中で見られるCs-137粒子の起源は土壌や海塩では

ないことが示唆される。

6. 換気回数は、前回事業での調査（2016–2019）（ $0.40 \pm 0.35$  /h;  $0.02$ – $1.8$  /h）と同等であった。一方、隙間相当面積（C 値）は、最近建てられた一般住家と比較して大きめであった。調査住家に比較的古い住家が多いこと、東日本大震災時に隙間ができた後に修復されていないことが原因と考えられる。

7. スミア法により Cs-137 の表面汚染密度を評価した。住家ごとの表面汚染密度の値の大きさの順は上述 2. で得た床面積当たりのハウスダスト(<2 mm)中 Cs-137 濃度の値の大きさの順と同じであった。

（ID\_O\_10 の値が一番大きく、ID\_O\_7, ID\_O\_11, ID\_O\_13 が低い。）双方とも面積当たりの汚染を反映していると考えられる。調査住家のうち 6 戸では、掃除機がけを開始した 1-2 年前にスミア法による評価を行っており、今回の値と比較した。4 戸では中央値は最大 50%まで減少していた（物理減衰は最大で 4.7%）が、1 戸では変化はなく、2 戸では約 10%増加していた。増加した 2 戸の住家（図 1 の ID\_O\_6 と ID\_O\_10）ではハウスダスト量が増える回もあったことから、ヒトの生活活動あるいは動物によるあらたな Cs-137 の住家内への持ち込みの可能性が示唆される。

8. 除染前の屋外・屋内の  $\gamma$  線スペクトルを用いてアンフォールディング手法による直達線/散乱線の分別評価を検討した結果、この手法により分別が可能であり、屋外に比べ屋内の方が人工核種の散乱線が多い傾向が確認できた。また、線量率が高くなるにつれて人工核種の散乱線比率は低下する傾向があるが、セメン瓦の住家では線量率が低い場合でも屋内の散乱線比率が低下することがわかった。以上の成果に基づいた今後の研究方針を以下に述べる。

引き続き定期的な掃除機がけを実施し、粒径別に分離・秤量しハウスダスト中の Cs-137 を HPGe で測定・定量評価する。これにより、上記 1.～ 4.までの項目について掃除機がけごとの経時変化のより長期の傾向を調べるとともに、様々な要因との関連性について着目して検討を行う。5. の項目についても引き続き、エアサンプラーによるサンプリングを継続して行い、屋外・屋内の気中粒子濃度及び気中 Cs-137 濃度についてより長期の傾向を調べる。6.の項目については令和 4 年度は春と冬に測定を行ったので、令和 5 年度では夏と秋に測定を実施して季節による変動の有無を調べる。7.のスミア法による Cs-137 の表面汚染密度の評価は令和 5 年度後半に再度実施し、さまざまな要因との関連性について着目して検討を行う。8.の項目について、さらに多くの計測例で分別評価を行いどの程度の精度で分別が可能であるか検討を進める。

## V 結論

令和 4 年度の調査結果から、定期的な掃除機がけにより住家内から除去される床面積当たりのハウスダストの量及び Cs-137 濃度は掃除機をかけるたびに減少する傾向がいずれの住家でも観察された。200 日を超えたあたりで減少傾向は小さくなっており、引き続き掃除機がけを行うことにより長期での傾向の変化を調べる必要がある。スミア法による Cs-137 の表面汚染密度の調査を行うことで残留している Cs-137 の評価も行い、掃除機がけにより除去されたハウスダストに付着した Cs-137 だけでなく残留放射能の双方の観点から検討を行う。掃除機がけによる効果は、ヒトの生活活動や動物による持ち込み、換気回数や隙間などさまざまな要因との関連性を考慮しながら検討を進めることが重要である。

## 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. Shinohara, N, Yoshida-Ohuchi, H. Radiocesium contamination in house dust within evacuation areas close to the Fukushima Daiichi nuclear power plant. *Environment International* 2018; 114: 107-114.
3. 浮遊粒子状物質対策検討会編（環境庁大気保全局大気規制課監修）：浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル, 1997; 17-18, 273, 東洋館出版社.