

空間線量率の高い地域の外干しの洗濯物に関する実態調査

Field Survey on Laundry Hung Outdoors in Areas with High Air Dose Rates

竹崎 泰子* 多屋 淑子*
Yasuko TAKEZAKI Yoshiko TAYA

要 約 本研究は、福島県内の空間線量率の高い地域の住民の健康維持と不安を軽減する対策の一助となることを目的に、外干しの洗濯物に関する実態調査を行い、外干しの洗濯物ならびに長時間外環境に置かれた被服の安心安全を検討した。2014年と2015年の実態調査では、空間線量率 $0.27 \mu\text{Sv/h}$ の小国地区で、被服の外環境への曝露実験を行った。初めに、小国地区内6地点の家屋を任意に選定し、供試被服を6時間外環境に曝露した。次に、1地点の家屋で、曝露時間を最大505時間に変化させ、供試被服を曝露した。これらの供試被服を定量分析した結果、全ての実験地と曝露時間の条件で、放射性セシウムは不検出であった。空間線量率 $0.27 \mu\text{Sv/h}$ 程度であれば、外干しの洗濯物から放射性セシウムは不検出であり、外環境に3週間置いた被服を着用したとしても、身体への影響は考えにくいことがわかった。以上から、外干しの洗濯物と長時間外環境に置かれた被服の安全性を検討することができた。

キーワード：空間線量率の高い地域、福島県、放射性セシウム、外干しの洗濯物、生活の安心安全

Abstract This study conducted a field survey on laundry hung outdoors and it examined the safety of laundry hung outdoors and clothing exposed to an outdoor environment for a prolonged period in areas with high air dose rates in order to keep residents healthy and to allay their concerns. Surveys in 2014 and 2015 exposed clothing to the outdoor environment in Oguni, where the air dose rate was $0.27 \mu\text{Sv/h}$. The clothing was exposed to the outdoor environment for 6 hours in 6 households. Next, clothing in a household was exposed for a maximum of 505 hours. Quantitative analysis of radioactive cesium adhering to clothing did not detect radioactive cesium on clothing in any household or exposure time. Thus, this study was able to examine the safety of laundry hung outdoors and clothing exposed to an outdoor environment for a prolonged period.

Key words : areas with high air dose rates, Fukushima, radioactive cesium, laundry hung outdoors, safety and security in life

1. はじめに

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所の事故（以降、福島原発事故と表記する）から8年以上が経過する現在、空間線量率は低下しているが、放射性セシウムが沈着した土壌の放射能濃度は依然として高い状況にある。このような中で、著者ら

は、空間線量率の高い地域の安心安全な生活支援のために、科学的な根拠に基づく望ましい衣生活の情報提供を目指し、2013年から福島県伊達市霊山町小国地区¹⁾で衣生活に関する実態調査を行ってきた。

調査対象である小国地区は、福島原発から北西約55kmに位置し、花崗岩地質の山林に囲まれた緑の多い地域である。事故当時、 $1.9 \sim 3.8 \mu\text{Sv/h}$ の空間線量率が観測され、Fig. 1に示すように小国地区の一部は2011年6月16日ならびに11月25日に特定避難勧奨地点に指定され^{1) 2)}、その後、2012年3月30

* 人間生活学研究科生活環境学専攻
Graduate School of Human Life Science, Division of Living Environment

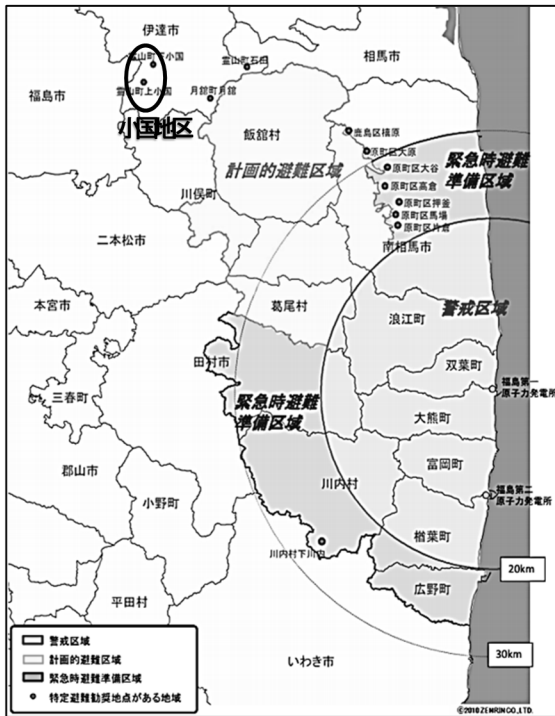


Fig.1 Emergency evacuation preparation areas as of September 30, 2011 [while zones were in effect]⁹²

日に特定避難勧奨地点は解除されている³⁾。福島原発事故の影響は空間線量率だけに留まらず、当時、小国地区の2011年産米は暫定基準値を超え、2012年には作付け制限の対象地となった。このような事故後の状況を受け、小国地区の住民を対象に、2013年に著者らが行ったアンケート調査では、衣生活に対しても不安を抱えている様子が明らかとなった⁴⁾。特に、屋外での洗濯物の自然乾燥（以降、外干しと表記する）に対する不安が強く残っており、調査時点においても外干しを控えている世帯が観察された。また、衣生活上の放射能対策の一つとして、放射性核種を屋内に持ち込まないように作業着などを屋外に長時間置く様子も見受けられた。

一方、放射線防護の観点から被服を調べてみると、原発作業用や医療用の放射線防護服に関する資料や福島原発事故直後の被服の汚染に関する中里氏をはじめとする放射性ヨウ素・セシウム安全対策アドホック委員会被服分析班の報告⁵⁾などが散見するものの、その後の空間線量率の高い地域に暮らす人の日常生活に必要な放射能対策に関する研究はあ

まり見受けられず、中でも、被服の安全性に関する研究は多くはない。

そこで、本研究は、福島原発事故以前の日常生活を取り戻しつつある現状において、住民の健康維持と不安を軽減する方策の一助となることを目的に、外干しの洗濯物に関する実態調査を行った。本稿では、2014年と2015年に小国地区にて行った被服の外環境への曝露実験に基づく、外干しの洗濯物ならびに長時間外環境に置かれた被服の安全性の検討結果を報告する。

なお、本研究は、小国地区自治会の総会で承認され、自治会所属の住民の協力を得て実施した。

2. 方法

本研究では、最初に日常生活における外干しの洗濯物の安全性を検討するため、日常的に利用されている洗濯物の外干し場を対象に、小国地区内6地点にて供試被服を外環境へ曝露し、付着する放射性セシウムの測定と分析を行った。次に、長時間外環境に置かれた被服の安全性を検討するため、外環境への曝露時間に条件を設け、小国地区1地点にて、供試被服を外環境へ曝露し、付着する放射性セシウムの測定と分析を行った。以下にそれぞれの方法を述べる。

2. 1. 外干しの洗濯物に付着する放射性セシウムの測定

1) 実施日

実験は2014年9月20日に実施した。実験地の当日の天候は晴れ、近隣の福島市の最大風速は4.2m/s、平均風速は1.5m/s⁶⁾の風向きのわかる程度に煙がたなびく至軽風であった³⁾。

2) 実験条件

①実験地（実験環境）

実験地は、Fig. 1に示す小国地区内の直線距離約7km範囲に点在する家屋6地点を任意に選定した。小国地区は花崗岩地質の山間に位置し、中心を阿武隈川の支流が流れている。そのため、各実験地は山の麓や河川の近傍に位置する等、それぞれ異なる様相を見せている。Table 1は、各実験地の特徴をまとめたものである。本研究では、Table 1に示すように、日常的に洗濯物の外干しを行う車庫や縁側、バルコニー、軒下に供試被服を設置した。

Table 1 Characteristics of 6 experimental sites

実験地	地表面からの距離	地面の舗装の有無	天井・壁の有無	周辺環境
①車庫	0.70m	あり	天井：あり 壁：3方にあり	裏手に山林がある。すぐ傍に山からの湧き水が流れている。
②縁側	0.75m	あり	天井：あり 壁：1方にあり	周囲を植栽で囲まれている。
③縁側	0.68m	あり	天井：なし 壁：1方にあり	周囲には植栽など何もない。
④バルコニー	4.40m	あり	天井：あり 壁：1方にあり	2階部分に位置している。近くに川が流れている。
⑤軒下	0.83m	あり	天井：なし 壁：1方にあり	近くに植栽がある。
⑥車庫	0.78m	あり	天井：あり 壁：なし	四方には壁がなく、開けている。隣に畑がある。

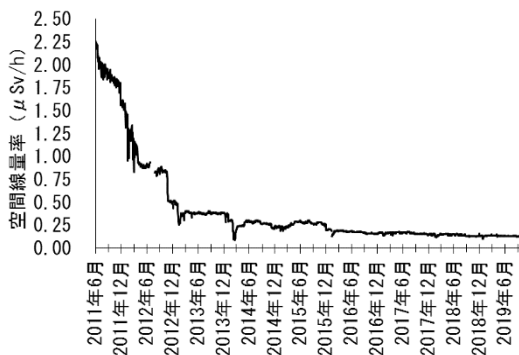
Fig.2 Changes in the air dose rate at the Oguni Fureai Center from June 2011 to September 2019⁴

Table 2 Overview of the test clothing

供試被服	組成	面積	重量
Tシャツ			
	綿100%	4120cm ²	195 g

Table 3 Method of adjustment of the test clothing before exposure to the outside environment

	乾燥状態	湿潤状態
実施地	東京都文京区 日本女子大学	福島県伊達市霊山町 小国地区
洗濯機	渦巻き式小型洗濯機	渦巻き式小型洗濯機
水	水道水（東京都）	水道水（小国地区）
洗剤	使用なし	使用なし
浴比	1 : 8 (供試被服1.2kg : 水10L)	1 : 8 (供試被服1.2kg : 水10L)
手順	①攪拌（10分） ②脱水（5分） ③室内にて自然乾燥	①攪拌（10分） ②脱水（5分）

②空間線量率

当日の実験地周辺の空間線量率は $0.27\mu\text{Sv/h}$ であった。この数値は、実験地の分布範囲内に位置するモニタリングポストの小国ふれあいセンター（現在は小国地区交流会館に名称変更）にて測定されたものである⁷⁾。Fig.2 は、2011 年 6 月から 2019 年 9 月までの小国ふれあいセンターの空間線量率の推移であり、実験実施日の空間線量率は当時の平均的な数値であった。

③外環境への曝露時間

小国地区の 9 月の平均日照時間から日常生活を想定し、供試被服の外環境への曝露時間は 6 時間とした。

3) 供試被服

供試被服は、一般社団法人日本衣料管理協会により 2014 年 12 月から 2015 年 12 月に実施された衣料の使用実態調査⁸⁾を参考に、所持衣服の中で最も使用されている綿 100% の T シャツ（Table 2）を選定した。

4) 実験方法

①供試被服の調整

外干しをする際の洗濯物の乾燥状態ならびに湿潤状態を再現するため、外環境に曝露する前の供試被服の調整は、渦巻き式小型洗濯機と水道水を用いて行った。Table 3 は、調整方法とその概要である。なお、調整の際に放射性セシウムが供試被服に付着しないように、洗濯機と水道水は放射性セシウムが不検出であるものを用いた。調整後、乾燥状態で水分率 7%、湿潤状態で水分率 160% となった供試被服を 1 枚ずつ密閉袋に収納し、各実験地に乾燥状態

と湿潤状態を1枚ずつ配布した。

②供試被服の外環境への曝露と回収

供試被服はハンガーにかけ、互いに接触しないように十分な距離(30cm)を開けて、各実験地に設置した。このとき、ハンガーが落ちないように針金で竿に固定した。6時間外環境へ曝露した後、供試被服を1枚ずつ密閉袋に入れて回収した。

③放射性セシウムの測定と分析

回収した供試被服をマリネリ容器(1.0L)に入れ、供試被服に付着する放射性セシウムをゲルマニウム半導体検出器(Princeton Gamma-Tech 製)を用いて、3時間測定した。3時間の測定で放射性セシウムが不検出であった場合は、ピークが見えた供試被服に限り、測定時間を延長した。測定終了後、スペクトログラムから定量分析を行った。

なお、本研究ではこれらの測定と分析を、特定認定NPO法人ふくしま30年プロジェクトにて、平成2年度版文部科学省マニュアルおよび平成4年度同指針(追補版)に準拠して行った。

④外環境へ曝露した供試被服の着用による身体への影響の評価方法

放射性セシウムが付着した被服の着用による身体への影響および被曝線量の評価基準は定められていないが、中里氏らは、福島原発事故直後の被服の汚染に関する報告⁵⁾の中で、皮膚吸収線量率から実効線量(Sv)を算出し、身体への影響を評価している。そこで、本稿では、中里氏らの評価方法に基づき、外環境へ曝露した供試被服の着用による身体への影響を皮膚表面汚染に伴う実効線量によって評価した。ここで、実効線量の算出は、次の手順で行った。

- (i) 供試被服のセシウム 134 ならびにセシウム 137 の付着量(Bq)から、皮膚表面汚染密度($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$)を算出する。
- (ii) ICRU Report56⁹⁾で与えられている表面汚染密度($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$)あたりの皮膚吸収線量率($\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}$)を用いて、皮膚吸収線量(Gy)を算出する。この際、皮膚吸収線量率はセシウム 134 で $1.000 \times 10^3 (\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot (\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2})^{-1}$ 、セシウム 137 で $1.432 \times 10^3 (\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot (\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2})^{-1}$ である。
- (iii) 皮膚吸収線量に放射線荷重係数と組織加重係数を乗じ、外環境に曝露した供試被服を着用した際に受ける実効線量(Sv)を求める。

2. 長時間外環境へ曝露した被服に付着する放射性セシウムの測定

1) 実施時期

実験は、2015年9月13日から2015年10月11日の30日間実施した。そのとき、近隣の福島市の気象条件を気象庁の公開データから見ると、天候は晴れ15日間・曇り6日間・雨8日間、合計降水量は108.5mm、最大風速は12.7m/s、平均風速は2.5m/s⁶⁾であった。なお、雨天の際には、実験は中断し、供試被服は室内へ保管した。

2) 実験条件

①実験地(実験環境)

実験は、協力の得られたTable1の実験地③にて実施した。さらに、本研究では、地表からの土壌の付着を防ぐため、Fig.3に示すように、家屋2階の軒下にあるガラス戸近傍に供試被服を設置した。



Fig.3 Experimental exposure of the test clothing to the outside environment at experimental site ③ from September 13 to October 11, 2015

②空間線量率

実験実施時期(2015年9月13日～2015年10月11日)における、実験地の近傍に位置する小国ふれあいセンターの空間線量率は0.27～0.28 $\mu\text{Sv/h}$ であった¹⁰⁾。

③外環境への曝露時間

外環境への曝露時間と供試被服に付着する放射性セシウムの関係を捉えるため、外環境への曝露時間は6時間、72時間、144時間、217時間、288時間、360時間、432時間、505時間、672時間の9条件とした。この外環境への曝露時間は、雨天の際に室内へ保管した時間を除いたものである。

3) 供試被服

供試被服は、2. 1の実験と同様である。

4) 実験方法

供試被服の調整方法ならびに外環境への曝露方法、回収方法、供試被服に付着した放射性セシウムの測定と分析方法、外環境へ曝露した供試被服の着用による身体への影響の評価方法は、2. 1の実験方法と同様である。ただし、供試被服は乾燥状態に調整し、外環境への曝露時間は指定の条件とした。

3. 結果

3. 1. 外環境へ曝露した被服の放射性セシウムの付着

Table 4とTable 5は、2. 1, 2. 2それぞれの実験において供試被服に付着した放射性セシウムをゲルマニウム半導体検出器にて測定した結果である。

Table 4を見ると、小国地区内6地点全ての実験地において、一般的な洗濯物の外干しと同じ6時間外環境へ曝露した供試被服から、外環境へ曝露する時の乾燥状態と湿潤状態に関わらず、放射性セシウムは不検出であった。

Table 4 Results of quantitative analysis of cesium adhering to the test clothing in each experimental site where it was exposed for 6 hours at an air dose rate of 0.27 μ Sv/h

実験場所 ※①は地表面からの距離	被服の状態 ※外環境への曝露前	測定時間 (h)	セシウムの付着量					
			Cs-134			Cs-137		
			Activity (Bq)	±Act (Bq)	Err Det.Limit (Bq)	Activity (Bq)	±Act (Bq)	Err Det.Limit (Bq)
① 車庫 (0.7m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.41	N.D.	—	0.43
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.37	N.D.	—	0.42
② 縁側 (0.75m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.38	N.D.	—	0.49
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.38	N.D.	—	0.44
③ 縁側 (0.68m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.32	N.D.	—	0.44
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.43	N.D.	—	0.43
④ バルコニー (4.4m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.41	N.D.	—	0.47
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.34	N.D.	—	0.45
⑤ 軒下 (0.83m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.39	N.D.	—	0.49
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.33	N.D.	—	0.46
⑥ 駐車スペース (0.78m)	乾燥状態	3	N.D.	—	0.40	N.D.	—	0.49
	湿潤状態	3	N.D.	—	0.39	N.D.	—	0.41

次に、Table 5を見ると、実験地③において、外環境への曝露時間を6時間、72時間、144時間、217時間、288時間、360時間、432時間、505時間とした8条件全ての供試被服から、放射性セシウムは不検出であった。ここで、供試被服 E は 0.18Bq, H は 0.44Bq のセシウム 137 が検出されたが、通常計数誤差の3倍以下であったため、不検出とした。

ところで、供試被服中、672時間外環境へ曝露したIは、実験中に一度地面へ落下し、その後に元の設置位置に戻して外環境への曝露を継続した。そのため、供試被服Iは落下による地表面の土壌が付着した汚染例として次項で扱うこととし、Table 5の測定結果からは除外した。

Table 5 Results of quantitative analysis of cesium adhering to the test clothing exposed to an outdoor environment for a prolonged period

供試被服 No.	曝露時間 (h)	測定時間 (h)	セシウムの付着量					
			Cs-134			Cs-137		
			Activity (Bq)	±Act (Bq)	Err Det.Limit (Bq)	Activity (Bq)	±Act (Bq)	Err Det.Limit (Bq)
A	6	3	N.D.	—	0.39	N.D.	—	0.48
B	72	3	N.D.	—	0.41	N.D.	—	0.44
C	144	3	N.D.	—	0.46	N.D.	—	0.44
D	217	3	N.D.	—	0.45	N.D.	—	0.39
E	288	16	N.D.	—	0.14	N.D.	—	0.18
F	360	3	N.D.	—	0.35	N.D.	—	0.41
G	432	3	N.D.	—	0.45	N.D.	—	0.48
H	505	12	N.D.	—	0.16	N.D.	—	0.22

3. 2. 地面に落下して土壌が付着した供試被服の放射性セシウムの付着

供試被服に付着する汚れを観察すると、2. 1の実験では、全実験地で供試被服に汚れの付着は視認できず、2. 2の実験では、供試被服Iを除く一部の供試被服に汚れの付着が視認されたが微量であった。一方、供試被服Iは、実験中に一度地面へ落下したため、右肩と裾の広範囲に土壌汚れの付着が観察できた。Fig. 4は供試被服Iの汚れの様子である。



Fig.4 Material adhering to Test Clothing I visible to the naked eye

Table 6 Estimation of the skin equivalent dose and effective dose for an adult male while wearing Test Clothing I

供試被服No.	I
検出された γ 線放出核種	Cs-137
放射能濃度 (Bq)	2.18
表面汚染密度 ($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$)	5.3×10^{-4}
皮膚等価線量 ($\text{mSv} \cdot \text{y}^{-1}$)	15.8×10^{-4}
実効線量 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$)	14.2×10^{-3}

そこで、供試被服Iを本実験において落下による地表面の土壌が付着した汚染例とし、付着した放射性セシウムをゲルマニウム半導体検出器にて測定した。結果、供試被服Iからはセシウム137が2.18Bq検出された。この結果を受け、地面に落下して地表面の土壌が付着し、放射性セシウムが付着した被服の着用による身体への影響を検討するため、Table 6に供試被服Iの放射性セシウムによる表面汚染密度 ($\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$)、皮膚等価線量 ($\text{mSv} \cdot \text{y}^{-1}$)、実効線量 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$)を算出した。これらは、成人男性が供試被服Iと同程度の放射性セシウムが付着した被服を1日8時間、5日/週着用すると想定し、算出を行った。表面汚染密度を算出するにあたり、Table 2より供試被服の重量は195g、面積は4120 cm^2 とした。供試被服の放射性セシウムの付着量 (Bq) から、供試被服Iのセシウム137の汚染密度 $5.3 \times 10^{-4} \text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ を算出した。これらの汚染密度に基づいて皮膚吸収線量率を用い、皮膚等価線量を算出した。この際、皮膚吸収線量率はICRU Report56で与えられている

Cs-137 の $1.432 \times 10^3 (\text{nGy} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot (\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2})^{-1}$ とし、供試被服を1日8時間、5日/週着用すると想定したところ、供試被服Iのセシウム137の皮膚等価線量は $15.8 \times 10^{-4} \text{mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ となった。最後に、皮膚等価線量に皮膚の組織荷重係数0.01を乗じ、さらに、着用した際に皮膚に接触する面積を全体表面積から頭部と手部の表面積を除いた90%を加味して実効線量を算出した。その結果、供試被服Iの実効線量は $14.2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ であった。

4. 考察

4. 1. 原発事故後3年を経過した時点の外干しの洗濯物の放射性セシウムの検出結果について

福島原発事故から8年以上が経過し、2017年3月末からは帰還困難準備区域の解除も始まり、事故以前の日常生活に戻りつつある。しかし、著者らの調査により、外干しによる洗濯物への放射性物質の付着は事故直後から現在に至り、地域住民が抱えている不安事項の一つであることが明らかとなっている⁴⁾。

ここでは、外環境へ曝露した供試被服の放射性セシウムの付着量を事故直後と3年後で比較することにより、時間経過とともに外干しの洗濯物に付着する放射性セシウムの付着の仕方の変容について考察する。

福島原発事故直後の2011年7月から8月に行われた中里らの調査⁵⁾においては、福島原発から60km以上離れた空間線量率 $0.30 \mu\text{Sv/h}$ の地域で、外干したタオルに大気中に浮遊する放射性セシウムがスポット状に付着していることが報告されている。それから3年経過後の2014年9月の空間線量率 $0.27 \mu\text{Sv/h}$ の小国地区の6か所で行った本研究においては、供試被服を6時間外環境へ曝露した結果、全ての実験地の供試被服から放射性セシウムは不検出であることが観察された。実験当日の空間線量率は福島原発事故直後の中里らによる調査地の空間線量率とほぼ同様であったが、3年後の本研究においては、供試被服から放射性セシウムが不検出であったことは特筆すべきことである。このことは、事故当時は、放射性セシウムが大気中に浮遊し、それが洗濯物に付着したが、事故後の3年経過時には、大気中に浮遊していた放射性セシウムが地表面へ沈着した様子が窺える。したがって、日常生活の洗

濯物の外干しを想定した本研究の6時間程度の条件下では、大気中に浮遊する放射性セシウムが供試被服に検出限界以上に付着することは考えにくく、放射性セシウムを吸着した土壌が風などにより地表から再飛散して供試被服に付着する形態で放射性セシウムが検出されることが予想される。

実験地は、Table 1 に示すように、天井や壁の有無に違いはあるものの、いずれも山林や川に隣接した家屋であり、畑や植栽に囲まれ、外環境へ曝露した供試被服には空気中に飛散する土壌などが付着しやすい環境である。このように風に舞う土壌が付着しやすいと想定される環境においても、供試被服からは放射性セシウムが不検出であった。この時、供試被服への土壌の付着も視認されなかったことも観察した。すなわち、これらの6例が示すように、実験当日の晴天・至軽風という気候条件において、放射性セシウムを吸着した地表面の土壌の飛散はごく微量であり、6時間の外環境への曝露では、供試被服に付着したとしても検出限界内であったといえる。

以上から、福島原発事故後3年が経過した2014年9月時点には、空間線量率 $0.27\mu\text{Sv/h}$ 程度の地域において、洗濯物の外干し場周辺の環境に関わらず、6時間程度の外干しの洗濯物には、大気中に浮遊する放射性セシウムならびに土壌中の放射性セシウムが検出限界以上には付着せず、不検出であったことが示された。

4. 2. 長時間外環境へ曝露した被服の放射性セシウムの検出結果について

本研究では、実験地③にて、外環境への曝露時間を6時間から最大505時間に変化させて供試被服に付着する放射性セシウムをゲルマニウム半導体検出器にて測定した結果、長時間曝露した被服からは放射性セシウムは不検出であった。この結果では外環境への曝露時間と供試被服に付着する放射性セシウムの関係を検討することは困難であるため、Table 5 で不検出と記載した供試被服Eと供試被服Hを見ると、外環境への曝露288時間の供試被服Eで、初めて 0.18Bq のセシウム137が検出され、その後、505時間の供試被服Hにおいても 0.44Bq が検出された。これらの測定値は計測誤差範囲内ではあるが、外環境への曝露が長時間になると供試被服から放射性セシウムが検出され、付着量(Bq)が大き

くなる様子を観察できるものの、さらに、長時間外環境へ曝露した供試被服FとGから放射性セシウムは不検出であった。このように、本研究においては、サンプル数が少なく、データの再現性の点からも明確に示すことはできないが、外環境への曝露時間と供試被服から検出される放射性セシウムの付着量には相関は確認できなかった。

以上から、本研究においては、空間線量率 $0.27\mu\text{Sv/h}$ の外環境に長時間曝露した被服からは放射性セシウムは不検出であり、3週間(505時間)という長時間外環境に置かれた被服であっても着用した際の身体への影響は考えにくいと考える。

4. 3. 地面に落下して土壌が付着した被服の放射性セシウムの検出結果について

2. 2の実験において、供試被服Iは実験中の地面落下によりFig. 4に示すように視認できる土壌が付着した。この時、供試被服Iから検出されたセシウム137は 2.18Bq であった(Table 6)。この数値を用いて、供試被服Iの実効線量を算出すると $14.2 \times 10^{-3}\mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ となり、一般公衆に対する線量限度である $1\text{mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ を大きく下回っていることがわかった。また、供試被服Iに付着する放射性セシウムを上回る付着量(Bq)が確認された被服であっても、一般家庭用洗濯機による洗浄にて放射性物質による汚染を約87%除去できたとの中里氏らの報告⁵⁾もある。以上から、日常生活において、外干しをしている際に地面に落下し、洗濯物に土壌が付着した場合、それを着用した際の身体への影響は考えにくく、また、セシウムが検出されたとしても一般家庭用洗濯機によって洗浄できる程度であると考えられる。

4. 4. 空間線量率の高い地域住民のためのQOL支援

著者らの先の小国地区の衣生活に関するアンケート調査⁴⁾では、福島原発事故後2年が経過した2013年時点においては、約3割が晴天時の洗濯物の乾燥場所を室内としていると回答しており、その理由を問う自由記述欄には、「放射能の数値が高い時には、風が強い日には外に干さないようにしていました」、「肌に直接触れるものは室内に干しています」、「風等で落下すれば地面に置いたままになって高線量を受けるので再洗濯する」という記述が見られた。このアンケート結果から、2013年時点におい

ても洗濯物の外干しに対する不安が継続していたことがわかる。本研究を開始した 2013 年には、すでに福島原発事故直後の被服の汚染に関する報告⁵⁾などがあったものの、アンケート調査を行った地域にはこれらの情報が届いておらず、依然として、地域住民の衣生活に対する漠然とした不安が継続していることが窺えた。

このような状況において、著者らは、空間線量率の高い地域住民のための QOL 支援の一環として、本研究のアンケートや実験結果を対象地域の自治会総会で報告している。そして、それらの情報を元に、住民による安心安全な衣生活への取り組みが行われている。今後、さらに、衣生活上の不安を軽減するために、事故直後の中里氏らの研究結果⁵⁾と本研究の 2014 年と 2015 年時点の実効線量の数値を示し、外干しの洗濯物の着用による身体への影響について、適切な情報提供を行う必要がある。このような取り組みを継続することが、福島県内の空間線量率の高い地域に暮らす住民の QOL 向上に繋がると考える。

5. まとめ

本研究は、福島県内の空間線量率の高い地域の住民の健康維持と不安を軽減する対策の一助となることを目的に、外干しの洗濯物に関する実態調査を行い、外干しの洗濯物ならびに長時間外環境に置かれた被服の安心安全について検討した。実態調査では、福島県伊達市霊山町小国地区にて、被服の外環境への曝露実験を行った。実態調査に基づく外干しの洗濯物ならびに長時間外環境に置かれた被服の安心安全を検討した結果を総括すると以下のようである。

- (1) 福島第一原発から北西 55 km の地域にある 6 地点の家屋にて、供試被服を外環境へ曝露し、付着した放射性セシウムの定量分析を行った。その結果、全ての実験地で、空間線量率 $0.27\mu\text{Sv/h}$ の外環境へ 6 時間曝露した供試被服から、外環境へ曝露する際の乾燥状態と湿潤状態に関わらず、放射性セシウムは不検出であった。空間線量率 $0.27\mu\text{Sv/h}$ 程度の地域であれば、日常生活において洗濯物の外干しによる放射性セシウムの付着は事故当時に比べると顕著に低下し、現在では、検出されない

状況となっていることが明らかとなった。

- (2) 外環境への曝露時間を最大 505 時間に変化させて、供試被服に付着する放射性セシウムを分析した結果、供試被服から放射性セシウムは不検出であった。空間線量率 $0.27\mu\text{Sv/h}$ の外環境に 3 週間 (505 時間) 程度置かれた被服を着用したとしても、身体への影響は考えにくい。
- (3) 本研究において、実験中の地面落下によって土壌が付着した供試被服に付着する放射性セシウムを分析した結果、 2.18Bq の放射性セシウムが検出された。この供試被服を着用した際の実効線量を算出すると $14.2 \times 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{y}^{-1}$ であり、一般公衆に対する実効線量の線量限度を大きく下回った。この例から、日常生活において、外干しをしている際に地面に落下し、洗濯物に土壌が付着した場合、それを着用した際の身体への影響は考えにくい。
- (4) 原発事故から時間が経過し、空間線量率は低下しているものの、地域住民は生活上のさまざまな不安を抱えながら生活している。このような状況下、本研究の実効線量の数値を示し、外干しの洗濯物の着用による身体への影響について、適切な情報提供を行うことは、衣生活に対する不安を軽減し、福島県内の空間線量率の高い地域に暮らす住民の QOL 向上に繋がると考える。

以上、本研究では外干しの洗濯物ならびに長時間外環境に置かれた被服の安全性を確認することができた。

事故から 8 年以上が経過する現在、空間線量率の高い地域では福島原発事故以前の日常生活を取り戻しつつある。このような状況において、本研究は、住民の心身の健康維持と不安を軽減する方策の一助となり、洗濯物の外干しを含む安心安全な衣生活を送るために役立つものと考えられる。

一方で、本研究においては、洗濯物に付着した土壌は微量のために定性評価が困難であり、被服への土壌付着と放射性物質との関係を明確にできなかった。2. 1 の実験地である小国地区の 6 地点において、著者らが 2016 年に家屋周辺の土壌を調査した結果、放射性セシウムが $370 \sim 6822\text{Bq/kg}$ が検出され、依然として高い状況が続いている。このよ

うな状況から、今後も、土壤が被服へ付着した場合の身体への影響を検討していく。

謝辞

最後に、本研究の現地実験は福島県伊達市霊山町小国地区自治会の総会で承認され、住民の協力を得て実施しています。実験に快く協力してくださった小国地区の住民の皆様には深く御礼申し上げます。

また、本研究は日本女子大学特別重点化資金により実施したものである。

脚注

- *1 正式には上小国と下小国に分けられるが、本稿では両者を合わせて『小国地区』と記している。
- *2 「地図（緊急時避難準備区域解除前）」（経済産業省
<http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/8422823/www.meti.go.jp/press/2011/09/20110930015/20110930015-12.pdf>）を加工して作成している。
- *3 ビューフォート風力階級において、風速 0.3～1.5m/s 相当は風力階級 1 とし、「至軽風」と表記される。
- *4 「県内各市町村環境放射能測定結果」（福島県庁
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/kako-monitoring.html>）より、2011 年 6 月から 2019 年 9 月までの小国ふれあいセンターにおける空間線量率を抽出し、グラフを作成している。

引用文献

- 1) 経済産業省：伊達市における特定避難勧奨地点の設定について（2011 年 6 月 30 日）
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20110630nisa-2.pdf>（アクセス：2019/10/15）
- 2) 経済産業省：伊達市における特定避難勧奨地点の設定について（2011 年 11 月 25 日）
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/11125b.pdf>（アクセス：2019/10/15）
- 3) 経済産業省：伊達市における特定避難勧奨地点の解除について（2012 年 12 月 14 日）
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/121214/20121214_04.pdf（アクセス：2019/10/15）
- 4) 多屋淑子，竹崎泰子：アンケート調査にみる空間放射線量の高い地域における衣生活の現状，日本女子大学大学院紀要家政学研究科人間生活学研究科，21 号，197-205（2015）
- 5) 中里一久：東京電力福島第一原子力発電所の事故に起因した放射性物質による汚染被服の解析および除染，日本放射線安全管理学会誌，11 号 2 巻，172-185（2012）
- 6) 気象庁：気象庁.過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>（アクセス：2019/10/15）
- 7) 福島県庁：平成 26 年度 県内各市町村環境放射能測定結果
http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec_file/monitoring/m-2/kakuchihou-kenpoku20140901-30.pdf（アクセス：2019/10/15）
- 8) 日本衣料管理協会：平成 26 年度『衣料の使用実態調査』結果
<http://www.jasta1.or.jp/research/research-report/research-h26.html>（アクセス：2019/10/15）
- 9) International Commission on Radiation Units and Measurements：ICRU Report 56 “Dosimetry of External Beta Rays for Radiation Protection”，Oxford University Press（1997）
- 10) 福島県庁：平成 27 年度 県内各市町村環境放射能測定結果，2015
<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/h27-7houbu.html>（アクセス：2019/10/15）
- 11) 社団法人日本アイソトープ協会：ICRP Publication60 国際放射線防護委員会の 1990 年勧告，社団法人日本アイソトープ協会（1991）

