

個人線量の特性に関する調査

平成25年11月

内閣府原子力被災者生活支援チーム

(独)放射線以外総合研究所

(独)日本原子力研究開発機構

7. 生活パターンに応じた

- 各パターンに応じて、個人線量を推計。結果を、航空機モニタリングによる空間線量の測定結果に基づく線量推定と比較。
- 推計された個人線量は、航空機モニタリングによる空間線量の測定結果に基づく線量推定の7分の1から2分の1程度に分布

パターン	滞在時間・場所の設定に際して想定した属性	推定個人線量		
		※ カッコ内は航空機モニタリングによる空間線量に基づく線量推計に対する割合		
		飯舘村	田村市	川内村
①	農業従事者	9. 0mSv/y(53%)	1. 7mSv/y(41%)	4. 5mSv/y(39%)
②	林業従事者	9. 2mSv/y(54%)	データなし	6. 6mSv/y(57%)
③	空間線量率から個人線量に換算する際の換算式	8. 6mSv/y(51%)	0. 8mSv/y(20%)	4. 1mSv/y(36%)
④	通学生	6. 7mSv/y(40%)	0. 7mSv/y(18%)	2. 9mSv/y(26%)
⑤	サラリーマン	4. 6mSv/y(27%)	0. 6mSv/y(14%)	2. 6mSv/y(23%)
⑥	高齢者	5. 3mSv/y(31%)	0. 9mSv/y(22%)	3. 7mSv/y(33%)

※ 航空機モニタリングによる空間線量に基づく線量推計は、飯舘村は居住制限区域、田村市は避難指示解除準備区域、川内村は居住制限区域の平均を使用

1. 調査の概要

1. 調査の目的

- 今後、個人線量計を用いた測定結果(以下「個人線量」という。)をきめ細かく把握していく上で、個人線量測定における科学的な特性を明らかにし、正確な測定に資する基礎データを得る。

2. 調査項目

- ① 福島県内の放射線状況における個人線量計の再現性の確認
 - ファントム(人体が受ける放射線量を定めるための模型)を用いた個人線量の実測値からの確認(福島県内で測定)
 - ファントムの回転照射による確認(実験室で測定)
 - ② 避難区域の生活圏内における個人線量の実測
 - ファントム及び人による個人線量の定点測定(福島県内で測定)
 - ③ 上記②と生活パターンの違いを組み合わせた個人線量の試算事例
 - NHK国民生活時間調査等の統計データを活用した個人線量の試算
- ※個人線量の測定に際しては、同一地点の空間線量もあわせて測定。

3. 測定時期等

- 本年8月初旬から9月中旬にかけて、田村市、川内村、飯舘村の協力を得られた民家、学校、公民館、農地、山林等で個人線量の測定を実施。

4. 調査体制

- 内閣府原子力被災者支援チームが、(独)放射線医学総合研究所及び(独)日本原子力研究開発機構と協同して実施。

(参考)防護量と実用量

防護量

- 人体の各臓器の被ばく感度を加味して、放射線による人への健康影響(人の被ばく線量)を表す量。(専門用語で「実効線量」)
- 測定器を使って直接測定することはできない理論的に計算される量。
- 単位は、Sv(シーベルト)。

個人線量そのものの値を用いて、人の被ばく線量を評価可能。

実用量

- 測定器によって実際に測定できる量
- 単位は、Sv(シーベルト)(1cm線量当量)。

サーベイメータで測定

空間線量

(専門用語で「周辺線量当量」)

- 人体の代わりとなる直径30cmの球(ICRU球)の表面から1cm深さ位置の線量。
- 定点測定による周辺エリアの線量を測定。

個人線量計で測定

個人線量

(専門用語で「個人線量当量」)

- 人体の代わりとなる30cm×30cm×15cmの平板(スラブファントム)の表面から1cm深さ位置の線量。
- 個人線量計の装着により、個人個人の生活パターンの違いを反映。

(注)ここでは、外部被ばくのみを考慮。内部被ばくも含めた個人の被ばく線量については、個人線量計によって測定した外部被ばくによる個人線量に加え、WBC等によって測定した内部被ばく線量の評価が必要。

2. 今回の調査目的

背景

- これまで、個人の被ばく線量の推計にあたっては、定点調査による空間線量の測定結果を用いて、8時間屋外、16時間木造家屋内(低減効果0.4)と、生活パターンを一律として仮定。また、人体の被ばく感度の特性を加味せずに推計。
- 他方、実際に、個人線量計の測定結果である個人線量と、上記の定点測定による線量推定を比較すると、3~5分の1になっている。



今回の調査目的

- 個人線量計による測定結果である個人線量によって、個人の被ばく線量を適切に評価できることを再確認するとともに、
- 個人線量を特徴付ける、生活パターンの違い、人体の被ばく感度の特性による効果を加味することにより、定点測定による線量推定と個人線量がどのように異なるのか調査を行う。

3. 調査方法

1. 生活圏内の様々な地点での個人線量を、①人、②ファントム※、それぞれに実際に個人線量計を装着して測定することで、定量的に把握。

以下の条件で測定を実施。

- (1) 避難指示区域内の線量が異なる飯舘村、川内村、田村市の3地域で、4種類の個人線量計毎に測定を実施。データ数については、統計処理が可能なデータ数(計500データ)を収集。
- (2) 生活圏内の定点としては、山林や田畑、遮蔽効果の異なる住宅、コンクリ建物、学校の内外にて測定を実施。

※ ファントムとは、放射線測定器の性能を評価する際に用いられる人の組成を模擬した模型を言う。本研究においては、人への被ばく線量を正確に評価するため、人が個人線量を実際に付けている状況に加えて、個人線量計の性能を評価する際に用いられる、国際放射線単位測定委員会(ICRU)及びJIS規格に適合した模型に個人線量計を装着して測定を実施。

2. 人の行動(=「定点間の動線」)を生活パターンにより類型化し、定点で得られた個人線量をパターンごとに組み合わせてそれぞれの値を推定。

- (1) 生活パターンごとに、農業従事者、通学生、サラリーマン、高齢者などを仮定。

4. 実測結果①(ファントムによる個人線量の測定)

- 飯舘村、田村市、川内村における様々な土地利用区分において、ファントム上に個人線量計を取り付けて測定を実施。
- 同一の地域・区域であっても、土地利用区分毎に個人線量計の測定結果は異なる。

データ番号	測定場所	区域	サーベイメータでの毎時空間線量測定結果□(ファントム周辺7カ所での平均)[μ Sv/h]	での測定結果		
				測定値平均[mSv]	測定時間[min]	毎時線量換算[μ Sv/h]
飯舘フ①	飯舘村	民家Ⅰ屋内	0.6	0.022	2864	0.452
飯舘フ②		民家Ⅱ屋内(2サンプル平均)	1.06	0.0345	2857	0.7275
飯舘フ③		蕨平公民館屋内	2.26	0.069	2591	1.601
飯舘フ④		蕨平公民館屋外	5.21	0.162	2569	3.791
飯舘フ⑤		飯舘中学校屋内(2サンプル平均)	0.255	0.009	2596	0.207
飯舘フ⑥		飯舘中学校屋外	2.08	0.067	2658	1.521
飯舘フ⑦		山林	3.3	0.106	2823	2.245
飯舘フ⑧		農地	3.27	0.1	2666	2.255
田村フ①	田村市	合子集会所	0.15	0.003	1205	0.124
田村フ②		地見所多目的研修施設	0.13	0.002	1034	0.116
田村フ③		都路中学校屋内	0.1	0.003	1334	0.119
田村フ④		都路中学校屋外	0.14	0.002	1265	0.09
川内フ①	川内村	民家Ⅰ屋内(2サンプル平均)	0.456	0.00735	1486.65	0.297
川内フ②		民家Ⅰ屋外	0.746	0.014	1412	0.484
川内フ③		民家Ⅱ屋内	0.24	0.0046	1437.8	0.193
川内フ④		民家Ⅲ屋内	0.229	0.0039	1295.5	0.182
川内フ⑤		第7区集会所	0.122	0.0025	1321.1	0.111
川内フ⑥		川内中学校屋内	0.073	0.0017	1451.5	0.068
川内フ⑦		川内中学校屋外	0.134	0.0029	1401.8	0.123
川内フ⑧		山林	2.455	0.0363	1250.5	1.742
川内フ⑨		農地	1.224	0.021	1450	0.868

4. 実測結果②(人による個人線量の測定)

- 飯舘村、田村市、川内村における様々な土地利用区分において、人が個人線量計を取り付けて測定を実施。
- 同一の地域・区域・土地利用区分であっても、個人線量計の測定結果は異なる。

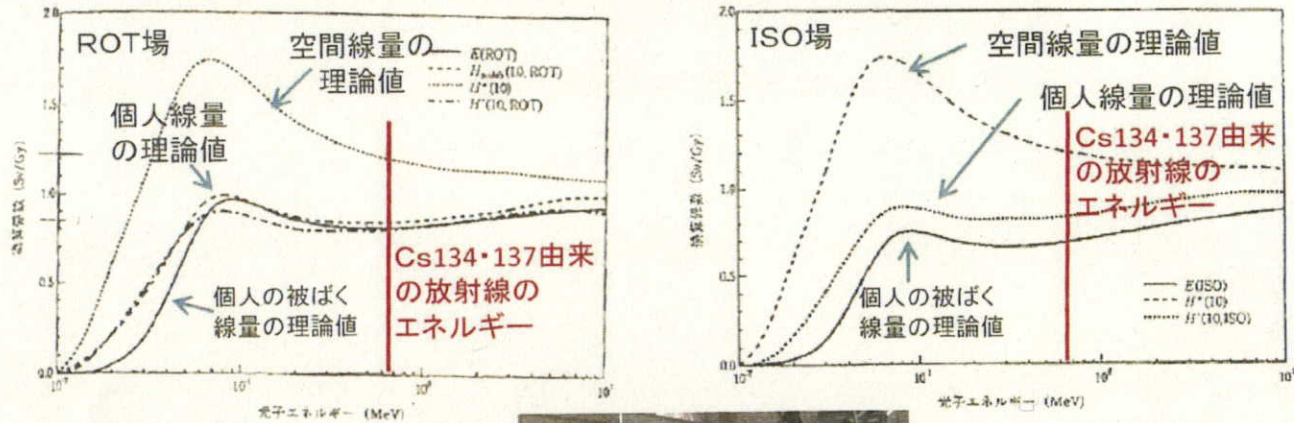
データ番号	測定場所	区域	サーベイメータでの 毎時空間線量測定 結果(ファントム周辺 7カ所での平均) [$\mu\text{Sv/h}$]	測定結果			
				積算線量 [mSv]	測定時間 [min]	毎時線量 換算 [$\mu\text{Sv/h}$]	
飯舘個① 飯舘個② 飯舘個③ 飯舘個④ 飯舘個⑤ 飯舘個⑥ 飯舘個⑦ 飯舘個⑧ 飯舘個⑨ 飯舘個⑩ 飯舘個⑪ 飯舘個⑫ 飯舘個⑬	飯舘村	民家Ⅰ家屋内	居住制限	0.77	0.000452	58	0.47
					0.00072	111	0.39
		民家Ⅱ家屋内	居住制限	1.27	0.000603	50	0.72
					0.000693	50	0.83
		蕨平公民館内	居住制限	2.71	0.001828	52	2.11
					0.001666	54	1.85
		蕨平公民館前庭	居住制限	5.61	0.001729	29	3.58
					0.001787	125	0.86
		飯舘公民館駐車場	居住制限	1.11	0.001972	183	0.65
					0.001888	145	0.78
		飯舘中学校屋内	居住制限	0.27	0.000384	121	0.19
					0.000373	136	0.16
		飯舘中学校校庭	居住制限	2.63	0.000613	23	1.60
0.000444	19				1.40		
飯舘中学校陸上競技場	居住制限	2.7	0.00071	29	1.47		
			0.00117	40	1.76		
飯舘中学校野球場	居住制限	2.83	0.000692	28	1.48		
			0.001113	40	1.67		
農地	居住制限	1.53	0.000871	26	2.01		
			0.000584	22	1.59		
農地Ⅱ	居住制限	3.28	0.001013	26	2.34		
			0.000864	30	1.73		
山林	居住制限	3.42	0.000782	21	2.23		
			0.00065	2	1.95		
田村個①	田村市	都路行政局	白地	0.13	0.00079	21	2.26
					0.000358	10	2.15
田村個②	田村市	合子集会所屋内	白地	0.17	0.000117	4	1.76
					0.000395	10	2.37
					0.000032	20	0.10
					0.000006	4	0.09
					0.000067	32	0.13
					0.000062	32	0.12
田村個③	田村市	合子集会所屋外	白地	0.21	0.00005	18	0.17
					0.000046	18	0.15
田村個④	田村市	地見所多目的研修施設屋内	解除準備	0.14	0.000042	23	0.11
					0.000017	10	0.10
田村個⑤	田村市	地見所多目的研修施設屋外	解除準備	0.2	0.0001	40	0.15
					0.000045	21	0.13
田村個⑥	田村市	都路中学校屋内	白地	0.1	0.00002	16	0.08
					0.000028	25	0.07
田村個⑦	田村市	都路中学校校庭	白地	0.14	0.000042	41	0.06
					0.000066	48	0.08
田村個⑧	田村市	農地	解除準備?	0.42	0.000012	8	0.09
					0.000089	17	0.31
川内個①	川内村	民家Ⅰ屋内	居住制限	0.28	0.000161	22	0.44
					0.00089	25	2.136
川内個②	川内村	民家Ⅰ屋外	居住制限	0.58	0.000177	28	0.38
					0.000241	32	0.45
川内個③	川内村	民家Ⅱ屋内	居住制限	0.4	0.00018	28	0.39
					0.000222	45	0.30
川内個④	川内村	民家Ⅱ屋外	居住制限	0.75	0.000228	45	0.30
					0.000873	100	0.52
川内個⑤	川内村	民家Ⅲ屋内	解除準備?	0.2	0.000085	10	0.51
					0.000172	56	0.18
川内個⑥	川内村	民家Ⅲ屋外	解除準備?	0.33	0.000175	56	0.19
川内個⑦	川内村	第7区集会所屋内	解除準備?	0.12	0.000175	59	0.18
川内個⑧	川内村	第7区集会所屋外	解除準備?	0.16	0.000047	27	0.10
川内個⑨	川内村	川内中学校校舎内	白地	0.1	0.000037	17	0.13
					0.000065	58	0.07
川内個⑩	川内村	五枝澤集会所屋外	解除準備	0.49	0.000064	58	0.07
川内個⑪	川内村	荻集会所屋外	居住制限	1.4	0.000139	29	0.29
川内個⑫	川内村	山林	居住制限	2.22	0.000485	26	1.12
川内個⑬	川内村	農地Ⅰ	居住制限	1.23	0.000527	27	1.17
					0.000284	20	0.85
川内個⑭	川内村	農地Ⅱ	居住制限	1.31	0.000288	20	0.86
川内個⑮	川内村	農地Ⅲ	解除準備?	0.62	0.000133	10	0.80
					0.000202	30	0.40

5. 個人線量が福島においても個人の被ばく線量を測定できることの確認①

＜理論的な考察＞

- 個人線量計は、発電所や医療機関等において作業者が前方から被ばくする事を想定して、人体を模したJIS規格の校正用ファントム(アクリルの直方体等)に取り付けられ、正面の放射線を照射し、指示値が個人の被ばく線量になるよう校正される。
- 他方、左右前後より放射線が飛んでくる状況などにおいても、個人線量計で測る個人線量は、理論的に個人の被ばく線量を精度よく再現。

(参考)放射線のエネルギーによる、個人の被ばく線量、空間線量、個人線量の理論値(ICRP勧告Pub.74より抜粋)。個人線量はどのエネルギーの放射線でも、個人の被ばく線量をより精度よく再現。他方、空間線量は個人の被ばく線量からは保守的に大きな値になっており、およそ個人線量は空間線量の6~7割程度



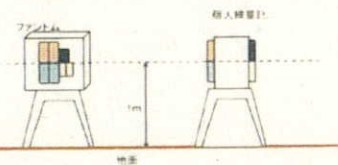
(参考)ファントムに個人線量計を取り付けて正面照射を行っている状況



5. 個人線量が福島においても個人の被ばく線量を測定できることの確認②

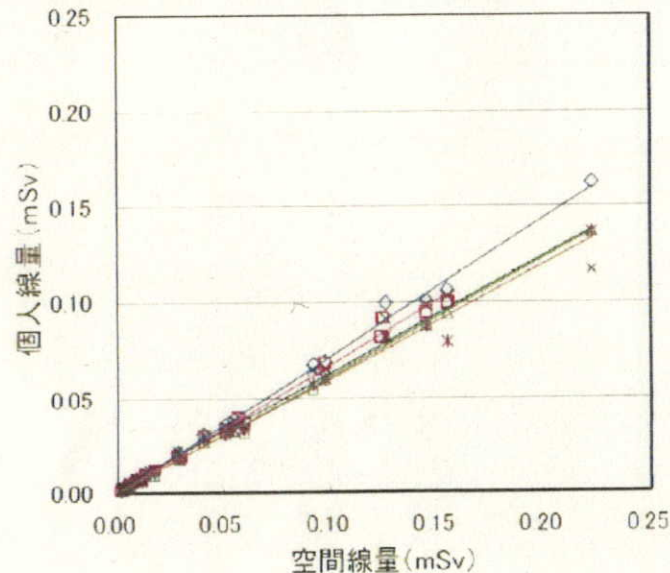
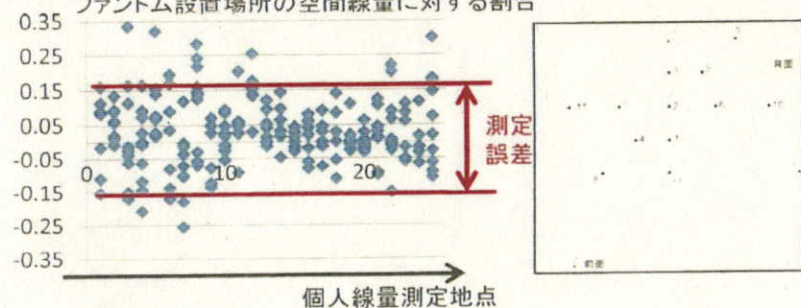
<実測結果>

- 現在の福島では、放射性物質が地面、木や建物に付着していることから、左右前後上下から放射線は飛来。実際、今回個人線量を測定した際に、付近の空間線量の勾配が小さかったこと、ファントムの両側で測定した個人線量が等しかったこと、また、人が活動する際には、様々な方向を向くことが想定されてことから、左右前後 (ROT場) または上下左右前後 (ISO場) から放射線が飛来すると、仮定することは妥当。
- ROT場やISO場における空間線量と個人線量の理論的な比に、実測は整合的。従って、個人線量も個人の被ばく線量を精度よく再現しているものと考えられる。



(参考)ファントムに取り付けて測定した個人線量計の値と周辺の空間線量との比。個人線量は空間線量の約6~7割になっており、理論値をよく再現。

(参考)ファントム設置場所周囲の前後左右上下の10地点空間線量の、ファントム設置場所の空間線量に対する割合



$y = 0.7157x - 0.0001$
 $R^2 = 0.9902$
 $y = 0.6656x - 0.0002$
 $R^2 = 0.9977$
 $y = 0.6301x - 0.0001$
 $R^2 = 0.9958$
 $y = 0.5904x - 0.0001$
 $R^2 = 0.9945$
 $y = 0.6046x - 0.0001$
 $R^2 = 0.9975$

6. 生活パターンの仮定

- 生活パターンを仮定し、飯舘村・田村市・川内村毎に、個人線量の、航空機モニタリングによる空間線量の測定結果に基づく線量推定に対する割合を推計。

パターン	滞在時間、場所	滞在時間・場所の設定に際して想定した属性
①	1年のうち、3～11月の9か月を繁忙期(屋外9時間(田畑)、屋内15時間(木造家屋)、残りの3か月を閑散期(屋外4時間(田畑)、屋内20時間(木造家屋))と仮定し、年間通した農業従事者を想定	農業従事者
②	屋外8時間(山林)、 屋内16時間(木造家屋)	林業従事者
③	屋外8時間(道等)、 屋内16時間(木造)	空間線量率から個人線量に換算する際の換算式
④	屋外6時間(道等屋外)、 屋内18時間(コンクリ建物5時間+木造家屋13時間)	通学生
⑤	屋外2時間、 屋内22時間(コンクリ9時間+木造14時間)	サラリーマン
⑥	屋外1時間、 屋内23時間(木造)	高齢者

※ パターン①⑤⑥は、JAEA実施「平成24年度福島県内における個人線量測定」における農家の屋外滞在時間の一番多い月を参考としてモデル化。

※ パターン②は、「平成23年労働力調査年報」における農林業従事者の平均週就業時間である37.8時間を参考にモデル化

※ パターン④は平成23年4月文部科学省公表「福島県内の学校等の校舎・校庭等の利用判断における暫定的考え方」等に関するQ&Aより、平成23年3月10日以前の生活パターン(校舎内5時間、校庭2時間、通学1時間、屋外3時間、屋内(木造)13時間)を参考にモデル化

(参考) 生活パターンに基づく個人線量推計に用いるデータ。ファントム及び人による測定結果を使用。

	飯舘	田村	川内
木造家屋	民家ⅠとⅡの平均 (飯舘フ①②、飯舘個①②)	合子集会所、地見所多目的研修施設(田村フ①②、田村個②④)	民家Ⅰ～Ⅲの平均 (川内フ①③④、川内個①③⑤)
田畑	農地(飯舘フ⑧、飯舘個⑪⑫)	農地(田村個⑧)	農地Ⅰ～Ⅲの平均 (川内フ⑨、川内個⑬⑭⑮)
山林	山林(飯舘個⑬)	データなし	山林(川内フ⑧、川内個⑫)
学校	飯舘中学校(飯舘フ⑤、飯舘個⑥)	都路中学校(田村フ③、田村個⑥)	川内中学校(川内フ⑥、川内個⑨)
コンクリ建物	飯舘中学校(飯舘フ⑤、飯舘個⑥)	都路中学校・都路行政局 (田村フ③、田村個①⑥)	川内中学校(川内フ⑥、川内個⑨)
屋外	屋外線量の平均 (飯舘フ④⑥⑦⑧、 飯舘個④⑤⑦⑧⑨⑪⑫⑬)	屋外線量の平均 (田村フ④、田村個③⑤⑦⑧)	屋外線量の平均 (川内フ②⑦⑧⑨、川内個②④⑥⑧⑩ ⑪⑫⑬⑭⑮)