

概要版

平成26年4月18日
(独)放射線医学総合研究所
(独)日本原子力研究開発機構

「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査」について

避難された住民の方々の帰還後に想定される個人被ばく線量の把握に資するため、内閣府原子力被災者生活支援チームからの依頼に基づき平成25年8月から(独)放射線医学総合研究所と(独)日本原子力研究開発機構は共同で、避難指示解除準備区域および居住制限区域内の代表的な生活場所において、1)空間線量と個人線量の関係を実測・実験的に明らかにするとともに、2)帰還後を想定した代表的な生活パターンにおける個人線量レベルの推定を試みました。その結果、

- ・ 今回の調査区域(山間部)においては、空間線量に一定の定数(0.7)を乗ずることによって個人線量(大人)を適切に推定することができること
- ・ 生活の場における空間線量率と、そこでの生活パターン(時間)を仮定することで、おおよその年間被ばく線量を推定することが可能であること

などがわかりました。

なお、4.(3)の個々の推定値は、調査地点の測定値と仮定した生活パターンを用いた推定であり、川内村、田村市都路町、飯館村の代表値を示すものではなく、また実測値ではありません。推定は平成25年9月時点の空間線量率をもとにしており、その後の除染の状況や現在の空間線量率を反映したものではありません。

1. 調査の背景と目的

東京電力(株)福島第一原子力発電所における事故に係る避難指示区域の見直しおよび避難指示区域の解除に合わせて、「帰還後の住民の被ばく線量の評価は、空間線量率から推定される被ばく線量ではなく、個人線量を用いることを基本とすべきある。」との方針が原子力規制委員会より示されました¹⁾。

帰還後の個人線量は個人が線量計を携行することにより実測できますが、帰還後に想定される住民の個人線量を帰還前に把握するためには何らかの手法による推定が必要です。空間線量率から生活パターン等を考慮した実際的な個人線量を推定することができれば、帰還前の評価がより正確になる上、帰還後も、個人が線量計を携行する負担を軽減できる可能性があります。

そこで本調査では、避難指示解除準備区域および居住制限区域内の代表的な生活場所において個人線量計を用いた実測と評価を行い、空間線量と個人線量の関係について実測・実験的に明らかにするとともに、帰還後に想定される代表的な生活パターンにおける個人線量レベルの推定を試みることを主な目的としました。

2. 調査の内容

(1) 調査地域

空間線量率の違いを加味して、田村市、川内村および飯館村内の合計 28 地域（居住区域、避難指示解除準備区域、居住制限区域）において調査を実施しました。具体的な場所は、各自治体と調整・相談の上決定しました。事前調査を平成 25 年 8 月に実施し、本調査を平成 25 年 9 月に実施しました。

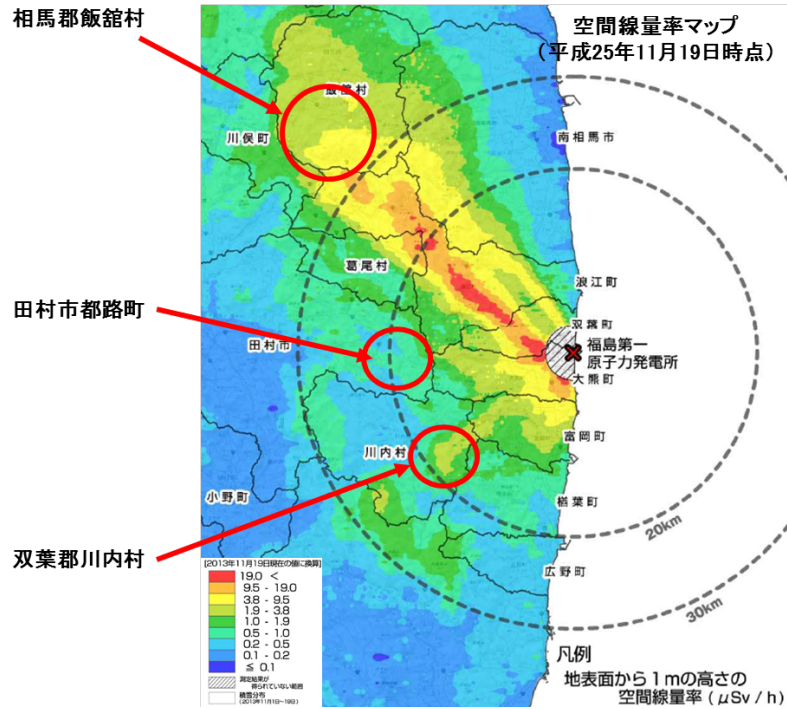


図 1. 調査対象地区全体図（航空機サーベイ結果を示す地図に記入。航空機サーベイ結果の地図は原子力規制委員会モニタリング情報のウェブページ²⁾から許可を受けて転載。）

URL : http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/9000/8909/24/362_20140307.pdf

(2) 調査項目

調査地域内の代表的な生活場所として、住居（民家）、屋内の職場（学校、公民館等）、屋外の職場（農地、山林）を選定し、現場の状況に応じて下記の調査を実施しました。

- ① サーベイメータによる空間線量率の測定：
 - ・屋内および屋外の複数点の空間線量率（歩行サーベイを含む）
 - ・調査対象地点周辺の道路等の空間線量率（自動車による走行サーベイを含む）
- ② 個人線量計による個人線量の測定：
 - ・屋内および屋外に設置した人体模擬物質（ファントム）に取り付けた個人線量計による個人線量（図 2）
 - ・調査員が着用する個人線量計による個人線量（作業や移動時ごとの積算線量を解析）
- ③ その他の測定と試験：
 - ・屋内外の代表的なポイントにおけるガンマ線の波高分布
 - ・ガンマ線標準照射場（実験室）を用いた個人線量計の特性試験



図2. ファントム（P-40）に取り付けた個人線量計

3. 調査の結果

(1) 空間線量と個人線量の関係について

個人線量計による測定は、実際に調査員が着用する方法と個人線量計の校正用のファントムに取り付ける方法の2通りの方法で実施しました。

① 調査員が着用した個人線量計による結果

調査員が調査時に着用した個人線量計で測定された値から算出した個人線量の積算値（縦軸）と、空間線量率から算出される推定積算空間線量（横軸）の相関を図3に示します。積算値を算出するために必要な滞在時間は、行動記録に基づいており、測定データ点は、さまざまな場所で取得したもので構成されています。

個人線量計が示す積算個人線量（縦軸）は、矢印で示した1例を除き、空間線量率から推定される積算空間線量（横軸）よりも低くなりました。推定積算空間線量に対する実測積算個人線量の比は調査員(B)を除き、0.7となり、場所の違い等によるばらつきも含めて良い相関を示しており、今回の調査区域（山間部）においては、両者の関係は以下の様に表すことができると考えられます。

(標準的な体型の成人男性が着用した個人線量計で実測した積算個人線量)

$$= 0.7 \times (\text{空間線量率から推定される積算空間線量})$$

調査員(B)は他の調査員に比べ体格が良く、体によるガンマ線の遮蔽効果が他者よりも大きいため、個人線量計の読み値が約10%小さくなったと考えられます

② ファントムに取り付けた個人線量計による結果

校正用ファントムの両面に取り付けた数種類の個人線量計の指示値の平均値と、ファントム設置場所の空間線量率から推定した空間線量の積算値の相関を図4に示します。屋内外や除染の実施状況による放射線状況の違いによるばらつきはありますが、良い相関が見られました。その傾きは線量計の種類による若干の違いはあるものの、0.6~0.7の範囲にありました。上記①の調査員が着用した線量計と同じ型式の個人線

量計の指示値は、空間線量の積算値の0.66倍でした。これは、調査員が着用して実測した場合の結果と良く一致しており、今回の調査区域（山間部）においては、以下の関係が成り立つと考えられます。

$$\begin{aligned} & (\text{ファントムに取り付けた個人線量計で実測した積算個人線量}) \\ & = 0.7 \times (\text{空間線量率から推定される積算空間線量}) \end{aligned}$$

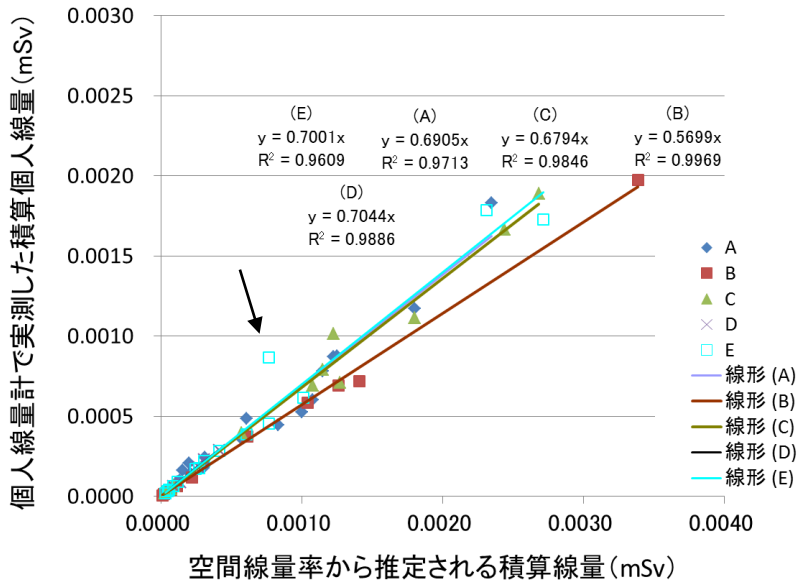


図3. 各調査員（A-E）が着用した個人線量計から求めた積算個人線量（縦軸）と、行動記録と実測した空間線量率から推定した積算空間線量（横軸）との相関

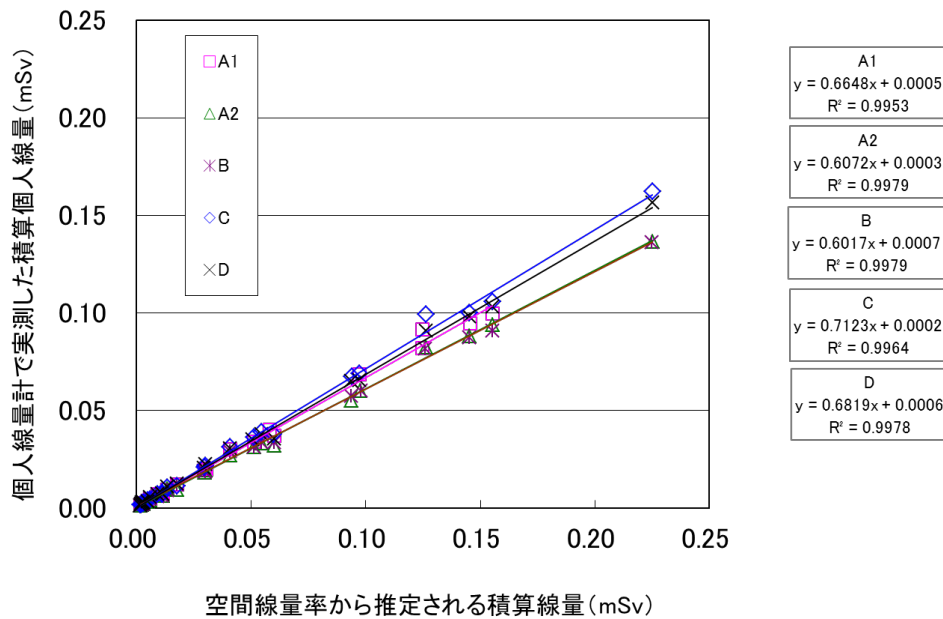


図4. ファントムに取り付けた個人線量計（A1～D）から求めた積算個人線量（縦軸）と、空間線量率から推定した積算空間線量（横軸）との相関

(2) 個人線量計の特性について

ファントムを設置した場所で測定したガンマ線波高分布を解析することにより、個人線量計の読取値が実効線量を過小評価することなく適切に評価していることが確認されました。また、セシウム 137 のγ線照射設備を用いて照射実験を行うことにより、個人線量計の機種ごとの特徴が明らかになるとともに、個人線量計の指示値は実効線量の良い尺度になることが実験的に確認されました。

4. 代表的な生活パターンにおける個人線量レベルの推定

福島原発事故により避難した方々が、避難指示解除準備区域並びに居住制限区域に帰還した場合に、残存した放射性物質により追加被ばくする年間の個人被ばく線量を、一定の仮定のもとに空間線量率を用いて推定しました。

(1) 推定に用いた数値及び仮定

① 空間線量率

- ・ NaI サーベイメータを用いて実測した屋内と屋外の空間線量率 ($H^*(10)$)
当該地域の平均値を用い、不確定さは標準偏差
- ・ 通勤時の自家用車内の空間線量率は車内での実測値（一部既存の走行サーベイデータを使用）

② 生活パターン

- ・ データブック国民生活時間調査 2010 年（NHK 放送文化研究所編）³⁾を参照し、農林業者、教職員、事務職員、無職者について下記の時間割を使用。

	家屋内*	屋外作業	屋内作業	通勤*
無職者	22.93 hr	1.07 hr	0 hr	0 hr
農林業者	17.52 hr	6.27 hr	0 hr	0.18 hr
教職員・事務職員	15.35 hr	0.48 hr	7.28 hr	0.85 hr

*この2つの時間は実際の通勤時間に応じて変化するものとする。

- ・ 1日の合計時間が24時間と異なる場合は、合計時間が24時間になるように各項目の時間を規格化。
- ・ 通勤時間はデータブックの値ではなく、調査の際に走行した時間を使用。
- ・ 通勤時間がデータブックの値と異なる場合は、その差分を自宅滞在時間で調整。
- ・ 農林業者と無職者の屋内作業の場所は自宅とし、教職員と事務職員の屋内作業の場所は職場（教職員は学校、事務職は公共施設）とした。
- ・ 不確かさ：最も寄与が大きいと思われる生活パターンとそれに付随する滞在時間について、NHK データベース記載の各行動時間についての平均値に対する標準偏差を使用。

③ 積算空間線量から積算個人線量への換算

- ・ 個人としては標準的な体型の成人男性を想定し、上述の調査結果3(1)の通り、換算係数として0.7を使用。
- ・ 不確かさ：実測した空間線量率と個人被ばく線量計の実測値の分布の広がり（半

値幅：10%) を使用。

④ 事故前から存在したバックグラウンド

- ・一般的に利用されている値である $0.04 \mu\text{Sv/h}$ を使用。

(2) 追加個人被ばく線量の計算

図5に示す考え方にに基づき、モデルケースにおける年間個人線量レベルを推定しました。追加被ばくを計算するために利用する空間線量率はバックグラウンドを差し引いています。

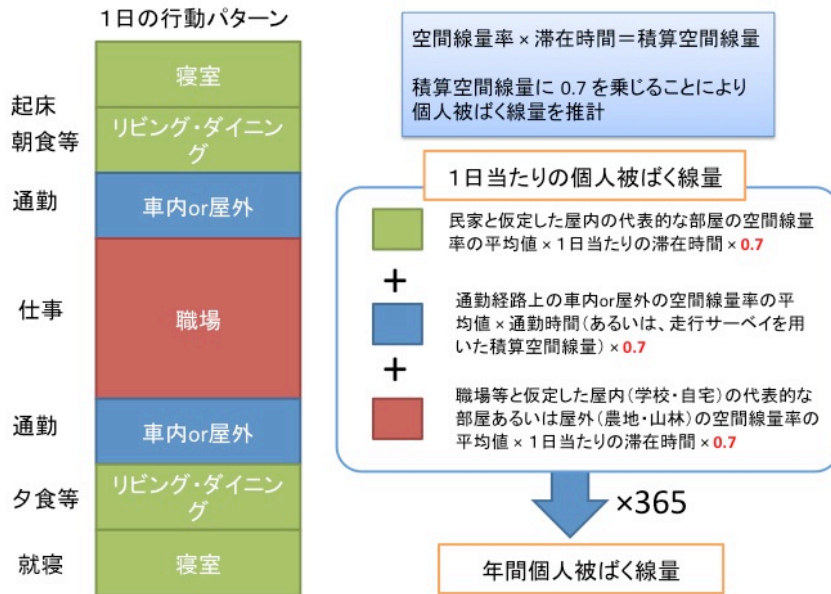


図5. 生活パターンを仮定した年間個人被ばく線量の推定方法

(3) 推定の結果

川内村、田村市都路町、飯舘村のそれぞれについて、職業として、農業、林業、教職員、事務職員、高齢者（無職）を想定した場合の年間の個人被ばく線量の推定値の幅を整理すると以下ようになります。

これらの値は、調査地点の測定値と仮定した生活パターンを用いた推定であり、川内村、田村市都路町、飯舘村の代表値を示すものではなく、また実測値ではありません。推定は平成25年9月時点の空間線量率をもとにしており、その後の除染の状況や現在の空間線量率を反映したものではありません。

川内村

A氏：1.8～5.5 mSv（農業：3.5、林業：5.5、教職員：1.8、高齢者：2.1）

C氏：1.1～4.8 mSv（農業：1.7、林業：4.8、教職員：1.1、高齢者：1.1）

田村市都路町

A氏：0.6～2.3 mSv（農業：0.9、林業：2.3、事務職員：0.6、高齢者：0.6）

B氏：0.7～1.2 mSv（農業：1.2、教職員：0.7、高齢者：0.8）

飯舘村

- A 氏： 3.8～8.8 mSv （農業：7.1、林業：8.8、教職員：3.8、高齢者：4.9）
B 氏： 5.8～10.7 mSv （農業：10.7、林業：10.7、教職員：5.8、高齢者：7.9）
C 氏： 11.2～17.0 mSv （農業：16.8、林業：17.0、教職員：11.2、高齢者：16.6）

ここでは、同一人物が異なる職業（行動）の場合を別々に推定しており、それぞれの程度の線量を受けるか、いわば行動による線量の比較が可能となっています。例えば川内村の A 氏が農業、林業、教職員、高齢者という代表的な行動をとる場合の年間被ばく線量の推定値は、1.8～5.5 mSv の範囲で、職業ごとに異なりました。

以下のような特徴が明らかになりました。

- ・ いずれの場合も林業のケースが最も高い被ばく線量を示し、最も低いのは教職員または事務職員である。これは、未除染、除染済みにもかかわらず山林の空間線量率が比較的高めであること、教職員又は事務職員の職場として想定した学校はコンクリート建屋で屋内の空間線量率が低かったことが主な原因。
- ・ 川内村では、20 km 圏外に住居と職場がある教職員と高齢者（C 氏）で最も低い被ばく線量を示した。居住制限区域に住居している場合でも職場が 20 km 圏外の場合は線量が低くなった（A 氏）。
- ・ 田村市都路町は、林業を想定した場合も含めて、いずれも低い値であり、値に大きな広がりはない。A、B 氏共に 1 mSv を超える値を示すのは、山林部に入った場合。
- ・ 飯舘村は、対象地区がすべて居住制限区域であり、推定値は行動の範囲によって大きく異なる。C 氏の場合は調査対象地区で最も空間線量率が高い公民館を自宅に想定しており、殆どの時間を屋内で過ごす高齢者であっても、他のケースの農業や林業に匹敵する推定値となった。

以上より、生活の場における空間線量率をもとに、そこでの生活パターン（時間）を仮定することで、おおよその年間個人線量レベルを推定することが可能になりました。

田村市都路町のように全体の放射線レベルの低い地区では、年間被ばく線量は行動によって大きく変わることはないと思われます。一方、飯舘村の様に、今回の調査時点では未除染であり放射線レベルの高い地区の測定値をもとに推定した結果では、どの様な行動をとるかで、年間被ばく線量に大きな違いが見られました。これは、行動に十分注意することによる被ばく線量の低減効果が大きいことを示しているとも言えます。

謝辞

今回の調査に際しては、田村市役所、都路行政局、川内村役場、飯舘村役場の方々、また測定のために自宅やその農地をご提供いただいた住民の方々に多大な協力をいただきました。ここに改めまして感謝の意を表します。

実施体制

本調査は、内閣府原子力被災者生活支援チームが、(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に依頼して実施したものである。

本調査において、避難指示解除準備区域・居住制限区域内の代表的な生活場所における個人線量計を用いた実測および空間線量と個人線量の関係の解析については、両者で行った。その他、(独)放射線医学総合研究所は帰還後想定される社会生活パターンにおける個人線量の推定を、(独)日本原子力研究開発機構は個人線量計の特性の調査をそれぞれ担当している。

お問い合わせ先

- ・ 調査員着用による個人線量、社会生活パターンにおける個人線量の推定：
(独)放射線医学総合研究所 企画部広報課 (043-206-3026、info@nirs.go.jp)
- ・ ファントム装着による個人線量、個人線量計の特性：
(独)日本原子力研究開発機構 福島事業管理部総務課 (024-524-1060)

参考資料

- 1) 原子力規制委員会、第4回帰還に向けた安全・安心対策に関する検討チーム、
平成25年11月11日
http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/kan_kentou/20131111.html
- 2) 原子力規制委員会、福島県及びその近隣県における航空機モニタリングの測定結果について、平成26年3月7日
http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/9000/8909/24/362_20140307.pdf
- 3) NHK放送文化研究所(編)、データブック国民生活時間調査2010年、NHK出版(2011)

関連情報

「避難指示区域及び避難指示が解除された区域における放射線量について」

<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/radioactivity/index.html>