

福島における外部被ばく 個人線量評価とその意義

石川 徹夫, 宮崎 真
Ishikawa Tetsuo Miyazaki Makoto

1. はじめに

事故後初期は、サーベイメータ、個人線量計、モニタリングポストなどが普及しておらず、福島県民が自身の被ばくの程度を知ることが困難であった。「どのくらいの被ばくをしたのか?」といった不安を持つ方も多かったと考えられる。しかも避難された方は、空間線量率の異なる場所を移動したので、外部被ばく線量の評価は単純ではない。

このような状況を受けて、福島県では県民健康調査・基本調査が開始された。これは、(1) 個人の行動（毎日の居場所）の記録と事故後1日ごとの空間線量率マップとを基に事故後初期の外部被ばく線量を推計し、個人に推計結果を通知すること、及び(2) 県民の全般的な被ばくの程度を把握するとともに、その後の健康管理を検討する上での資料とするということを目的とした調査である。対象者は震災当時、県内に住民票があった約206万人である。この調査により、情報に乏しかった事故後初期（4か月）の外部被ばくに関して、50万人以上の県民の方の線量推計を行い、結果を通知した。また、推計結果を集計することによって、県民全体の事故後初期の外部被ばく線量の実状を把握してきた^{1,2)}。

復興期に入ると、個人線量計やサーベイメータも普及し、住民の希望に応じてこのような測定器を使用することも可能になってきた。また航空機モニタリング、走行サーベイなどが行われるようになり、モニタリングポストも数多く設置され、様々な外部被ばくモニタリングが行われるようになった³⁾。個人線量に関しては、当初は空間線量率と一律に仮定された屋内外滞

在時間を基に評価されることが多かったが、最近では個人線量計を用いて評価することが主流の考え方になりつつある^{4,5)}。

個人線量と空間線量との関連については本誌2015年11月号「Tracer」にも興味深い研究が紹介されているが、本報告では復興期における放射線防護の考え方に照らし合わせて、個人外部被ばく線量を測定する意味合いや問題点を考察してみたい。

2. 個人線量評価の方法

個人線量を評価する方法として、表1のように大きく分けて3つの方法がある。第1は空間線量率と一律に設定した屋内外滞在時間（屋内16時間、屋外8時間）から個人線量を評価するものである⁶⁾。しかし、これは実測した個人線量に比べて過大評価になる傾向にあることが知られている。例として、伊達市における測定結果を表2に示した⁷⁾。これは平成25年7月～平成26年6月までの測定結果に基づいたものである。

屋内で16時間、屋外で8時間過ごすとは仮定すると、よく知られているように0.23 $\mu\text{Sv/h}$ が年間追加線量1 mSvに相当する。しかし、伊達市内で空間線量率の地区平均が約0.23 $\mu\text{Sv/h}$ の住民について、個人線量計測定に基づく年間追加線量は約0.61及び0.66 mSvと評価された（表2の地区A, B）。逆に個人線量計による測定で、年間追加線量が約1 mSvと評価された地区の平均空間線量率は、0.39及び0.54 $\mu\text{Sv/h}$ であった（地区C, D）。また別の調査でも、個人線量計による測定で年間追加線量の平均が0.8 mSvと評価された集団について、集団を構成

表1 個人線量の評価方法と特徴

線量の 推定方法	空間線量率からの評価		個人線量計からの評価
	屋内に16時間、屋外に8時間滞在と一律に仮定	職業、年齢別等で典型的な生活パターンを仮定	
メリット	迅速、簡便	一律に生活パターンを設定するより現実に近く、個人線量の将来予測等には有用	<ul style="list-style-type: none"> 個人が受けた実効線量に近い値を測定できる 線量の経時的変化も測定可能 (D-シャトル等)
デメリット	実測された個人線量に比べて過大評価となる場合が多い	設定した生活パターンから外れる場合には、個人線量との差が生じる (特に高線量地域)	<ul style="list-style-type: none"> 正確な評価のためには常時着用してもらう必要あり 積算型の場合、結果が分かるまでに時間が掛かる
適用事例	迅速に安全側の評価をする (復興初期等)	将来予測 (帰還が予定されている地域等)	コミュニケーションツールとして活用 (復興後期等)

表2 空間線量率、及び個人線量計から評価した年間追加線量の比較

地区	平均空間線量率 (μSv/h)	空間線量率から計算した年間追加線量 (mSv)	個人線量計によって評価した年間追加線量 (mSv)
A	0.238	1.04	0.612
B	0.232	1.009	0.661
C	0.541	2.636	1.014
D	0.385	1.814	1.037

する個々人の自宅周辺における空間線量率の平均値は 0.5 μSv/h であったと報告されている⁸⁾。

第2の方法は、ある程度の生活パターンを職業別に設定して、複数の活動場所で測定された空間線量率と組み合わせることで個人線量を推定する方法である。この方法に関しては、放射線医学総合研究所や日本原子力研究開発機構からの報告がある⁹⁾。この方法は例えば、帰還が予定されている地域の空間線量率を実測、あるいは将来の予測を行い、それに生活パターンを考慮することで、将来帰還したらどの程度の個人線量になるのか、ということを知りたいときに最適な評価方法かもしれない。この方法では、活動パターンが異なる場合に、空間線量率の高さに応じて誤差が大きくなることが予想される。

第3の方法は個人線量計を用いた方法であ

る。個人線量計には、積算型線量計 (ガラスバッジ)、電子式線量計や、1時間ごとの線量を記録できる D-シャトルのようなタイプもある¹⁰⁾。個人線量計は着用して測定した場合、土壤に一樣に Cs が沈着しているジオメトリでは実効線量に近い値を示すことが知られている¹¹⁾。しかしながらデメリットとしては、原則として常に着用しないと正確な評価ができないこと、積算型線量計の場合では結果が出るまでに数か月を要するといった点が挙げられる。

積算型線量計は平成 23 年度から県内の各市町村で測定が始まり¹²⁾、結果を測定した各個人に通知するとともに、地域全体の線量分布を把握するのに使われてきた。D-シャトルは経時的な線量の変化を記録できるという利点を生かして、帰還が始まった地域などで用いられ、住民とのコミュニケーションツールとしての役割も期待されている。また、D-シャトルと GPS を個人に携行してもらい、航空機モニタリングで得られた空間線量率マップと GPS 位置情報から特定・積算された空間線量に対する D-シャトルによる個人線量との比率を評価したり、その比率の場所による違い (屋内、屋外、移動など) を評価したりといった取組みも行われている¹³⁾。

3. ICRP 111 による防護の考え方とその適用に当たっての課題

復興期における放射線防護に関しては、ICRP Publication 111 で防護の考え方が示されている¹⁴⁾。その考え方の1つとして、個人の線量レベルの分布を把握した後に参考レベルを設定し、参考レベルを超えて被ばくする恐れがある人に重点的に対策を講じることが示されている(図1)。ここで図1の横軸は“個人の線量レベル”(原文では Individual dose level)となっている。これをどうやって迅速にかつ精度良く評価するかというのは1つの課題である。すなわち、表1で述べた3つの方法のうち、どの方法を用いて“個人の線量レベル”を評価するかという点である。積算型線量計では結果が出るまでに数か月が必要であるし、住民に確実に身に着けてもらうことが前提となる。一方で、空間線量率からの評価では個人の行動パターンの違いによる推定誤差が生じることを考えなくてはならない。

このほかにも、図1に示したICRPの考え方を実際に現場に適用するに当たっては、幾つかの問題も生じている。例えば、①参考レベル付近のわずかな線量の差(測定誤差に入るような差)でも防護対策を変えるのか、②主として職業中の被ばく(農業、林業など)によって参考レベルを超えるような場合、そのような方に低減を勧める(従事時間を少なくする)ことは果たして合理的か、③地域の中で対策の方法が異なる(“重点的な防護戦略”の恩恵に預かる人とそうでない人が出てくる)ことに対し、不平等感が生まれぬか、といった問題である。このような状況を考えると、前記①~③のような福島の実験から分かった問題点を考慮しつつ、今後の放射線防護の考え方を再検討していく必要があるかもしれない。

またICRPでは、当局によって履行される防護戦略、住民によって履行さ

れる防護戦略を図2のように例示している。そして当局、住民、専門家は、地域フォーラムによって情報共有するものと考えられている。

外部被ばく、内部被ばくモニタリング、及び“被ばくを低減させるために自分自身の生活様式を状況に応じて適用させること”は住民によって履行される防護戦略の中に入っているが、実際にモニタリング結果を理解し、生活様式への適用まで住民自身が考えることは難しいと考えられる。そこで、ICRPが言うところの“地域フォーラム”の機能が重要となってくる。地域フォーラムでは、住民にとってモニタリング結果に対する適切な説明を受けられる機能、そしてモニタリング結果を基に生活様式への適用に関するアドバイスを受けられる機能が必要とされると思われる。

今まで個人モニタリングの結果の説明とし

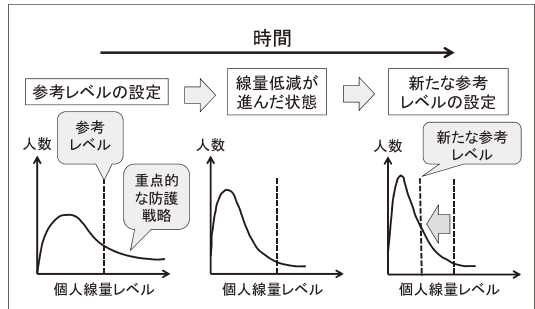


図1 ICRP Pub.111による参考レベルの考え方

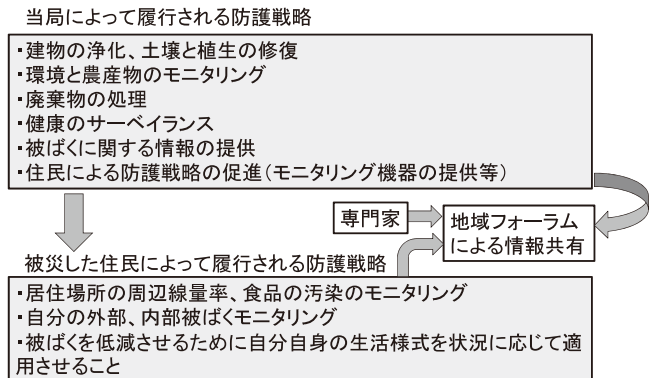


図2 当局、及び住民によって履行される防護戦略

て、“健康影響は考えにくい”といった説明がしばしばなされてきた。それに留まらず個人の生活様式への適用までも含む説明，“当局”が実施している防護戦略の説明，実行可能な低減対策の説明といったことを行える機能を“地域フォーラム”が持っていれば理想的である。このような地域フォーラムで適切な説明が受けられるということが分かれば，測定を希望する方も増えるかもしれないし，正確な測定値が出るように個人線量計をきちんと身につけるといったことにもつながる可能性もある。

4. 個人線量評価の意義

住民の視点から見た個人線量評価の意義を図3にて考察した。個人線量測定が行われた後，前述の“地域フォーラム”の機能により測定に対する十分な説明があれば個人にとっての防護の最適化，低減化対策につながっていくと思われる。

ここで言うところの防護の最適化とは，当人の感じている放射線リスクと震災前の生活に戻ることのバランスをうまく取るといった意味である。これにより，生活の自由度の獲得，例えば今まで外遊びを控えていたが，外遊びをしても大丈夫だと納得できた，山菜取りが趣味だったが，山に近づくのを控えていた，経時的な線量を確認することで，山に入っても大丈夫だと実感できたといったことにつながれば，震災前の生活に近づくための手助けになるのではないかと考えられる。

このように考えると，防護の最適化というのは集団に対して行われる大規模なもの，個別に行われる生活様式に基づくもの，の2種類を考える必要があるかもしれない。個人にとっての防護の最適化というのは，個人によって異なるものであり，最適な“解”を見付ける，あるいは本人がそれを考える手助けをするというの

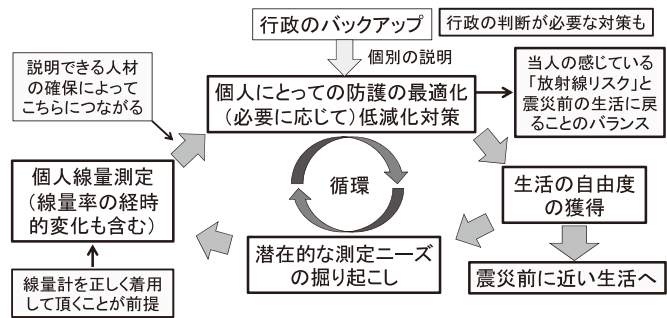


図3 個人にとっての個人線量測定の意味

が専門家の役割であると考えられる。

さらに，潜在的に測定ニーズのある住民を掘り起こして個人線量計による測定を行い，震災前の生活に近づく手助けをするという循環がうまく回っていけば，個人線量計で測定を行う意味が個人にとって見えてくるのではないかと考えられる。そして，またこれが個人にとっての復興につながると考えられる。

この測定ニーズのある住民の掘り起こしというのは，地域ネットワークのつなぎ目（ネットワークのハブ，例えば地元の保健師や町内会の会長などのような立場の方々）となるような方が担うのが適している。このような方が住民との日常的なふれあいの中で，測定を必要としている方，測定を行うことによって生活が自由になりそうな方を見付け，測定の専門家へつなぐ，ということができれば，そのような方が震災前の生活に戻る手助けをできるのではないかと考えている。

5. おわりに

今までも個人線量の評価結果は個人宛てに伝えられてきた。復興期の今，どのようなことに留意して住民に個人線量の評価結果を伝えれば良いか，考えられる点を下記にまとめてみた。

(1) 専門家（行政）から一方的に話す（通知する）のではなく，住民との双方向コミュニケーションが可能な場を設定する（大人数での講演方式から少人数（個別）の相談方式へ）。

(2) 個別の相談の中で、生活様式の違いや現時点での生活範囲の設定などをよく聞き取り、住民のニーズ（何をどこまで知りたいのか）を把握する。住民のニーズは様々であり、健康に影響があるのか否かを把握したい人もいれば、近くの里山に入っても大丈夫かどうかを知りたい人もいる。多様な住民のニーズに耳を傾けることが必要である。ただこのとき、個人では対応できず、行政が関わらなければ解決しないようなニーズも多々あると考えられ、その対応は課題の1つである。

(3) その上で、測定結果を今後の生活に生かして頂けるような説明を心掛ける。すなわち、当人の感じている放射線リスクと、それによる生活上の支障とのバランスを考える手助けをするということが挙げられる。このとき説明者は、当人の生活上の望みを把握せず被ばく線量の低減のみに対話の焦点を合わせるのではなく、生活上のニーズに従ったらどうなるか、それが当人にとってリーズナブルなのかどうか、を考えていただくガイドの役割に徹することが重要である。例えば、野生キノコを食べればCsが体内に取り込まれることを承知の上で、それでも野生キノコを食べたいという人もいるであろう。専門家としては、当人が考えるための情報を提供することが役割であり、全ての人が単純に線量を小さくする方向を望まない場合もあるということは認識するべきではないかと思われる。

(4) 専門家から“地域のつなぎ目（ネットワークのハブ）となるような方”（地元の保健師さん等）への説明、情報共有を行うこと。専門家が個別に住民の相談に応じては全体をカバーするのは難しく、普段から地域の方との交流がある地元の方に情報共有をしておき、測定を必要としているような方を“地域のつなぎ目となるような方”が見付け、それを専門家へつなぐという経路ができればと考えている。

ただ、このような(1)～(4)に留意しつつ結果を伝えるという以前に、個々人が線量計を持

ち、個々人の信頼できるデータがあるということが重要である。このためには線量計の配布時から行政と一体になって、個人線量測定の意味を伝えていく必要があるものと考えられる。

参考文献

- 1) Ishikawa, T., *et al.*, *Sci. Rep.*, **5**, 12712 (2015)
- 2) 福島県立医科大学 放射線医学県民健康管理センター ホームページ, <http://fukushima-mimamori.jp/> (2015年6月30日アクセス)
- 3) 経済産業省ホームページ (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/> (2015年6月30日アクセス)
- 4) 環境省ホームページ (帰還に向けた安全・安心対策に関する基本的考え方), <http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/10/ref04.pdf> (2015年6月30日アクセス)
- 5) 経済産業省ホームページ (原子力災害からの福島復興加速に向けて), http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131220_hontai.pdf (2015年6月30日アクセス)
- 6) 環境省ホームページ (追加被ばく線量年間1ミリシーベルトの考え方), <http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/g01-mat4.pdf> (2015年6月30日アクセス)
- 7) 伊達市ホームページ (だて復興・再生ニュース 22号), <http://www.city.date.fukushima.jp/uploaded/attachment/16650.pdf> (2015年6月30日アクセス)
- 8) Nomura, S., *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, **49**, 1009–1016 (2015)
- 9) 経済産業省ホームページ (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), http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/radioactivity/pdf/20140418_02.pdf (2015年6月30日アクセス)
- 10) 宮崎真ら, *Isotope News*, No.726, 28–32 (2014)
- 11) 平山英夫, *RADIOISOTOPES*, **62**, 335–345 (2013)
- 12) 福島県ホームページ (第6回「県民健康調査」検討委員会資料), <http://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/6485.pdf> (2015年6月30日アクセス)
- 13) Naito, W., *et al.*, *Radiat. Prot. Dosim.*, **163**, 353–361 (2015)
- 14) ICRP, ICRP Publication 111 (2010)

(福島県立医科大学)