



# 除染基準 $0.23 \mu\text{Sv/h}$ は 本当に年間 $1 \text{ mSv}$ なのか？

古田 定昭  
*Fruita Sadaaki*

## 1 はじめに

福島第一原子力発電所事故によって放出された放射性物質による追加被ばく線量として、年間  $1 \text{ mSv}$  に相当する空間線量率が、NaI サーベイメータによる測定で1時間当たり  $0.23$  マイクロシーベルト ( $0.23 \mu\text{Sv/h}$ ) であることが示されている<sup>1)</sup>。そしてその根拠として、この数値は自然放射線の全国平均値  $0.04 \mu\text{Sv/h}$  に、事故により追加された被ばく線量として  $1 \text{ mSv/y}$  に相当する追加線量  $0.19 \mu\text{Sv/h}$  を加えたもの、と説明されている<sup>2)</sup>。

現在、この基準に沿って福島県内をはじめ各地で除染計画が立てられ除染が進められている。しかし、除染作業において年間  $1 \text{ mSv}$  の目標達成に苦慮し、結果として住民の帰還を遅らせることになっており、具体的に達成できる目標値へ見直しが必要と新聞等で報道されている。この年間  $1 \text{ mSv}$  に相当する  $0.23 \mu\text{Sv/h}$  の考え方<sup>2)</sup> が環境省から示されているので、この値について科学的な観点から検証を試みた。

## 2 自然放射線による線量

環境省の考え方<sup>2)</sup> によれば、大地からの放射線は  $0.04 \mu\text{Sv/h}$  とされている。この値は文科

省発表の資料<sup>3)</sup> のデータを基に算出され、この文部科学省発表の資料は原子力安全研究協会が平成4(1992)年にとりまとめた生活環境放射線(国民線量の算定)<sup>4)</sup>のデータを基に評価されている。生活環境放射線に掲載されている「表1.1.1大地(大気を含む)の自然放射性核種からの空間放射線(全国ならびに都道府県別)」では、各県の測定結果を集計し全国平均値として  $5.8 \mu\text{R/h}$  という値が記載されている。この値を空気吸収線量の Gy 単位で表すと、両者とも物理量であるため  $1 \text{ R}=8.7 \text{ mGy}$  の関係より  $0.050 \mu\text{Gy/h}$  が得られる。この値を森内ら<sup>\*1</sup>が評価<sup>5)</sup>した自然放射線における等方照射による換算係数  $0.748$  を用いて実効線量で表すと  $0.038 \mu\text{Sv/h}$  となる。この値を丸めて国内の自然放射線の値として  $0.04 \mu\text{Sv/h}$  が用いられている。

放射線防護を学んでいる読者は既にお気づきかと思うが、この値はサーベイメータ等による測定で直接得られる値ではない。人体への影響という観点から、このような調査は全て実効線

<sup>\*1</sup> 森内らは何か所かの実フィールドで得られた測定値を基に、空気の吸収線量から実効線量(引用論文では実効線量当量)への換算係数を算出しており、自然放射線による代表的な値を求めている<sup>5)</sup>。

量で算出評価されている。法令も基本的に実効線量で基準が定められているが、実効線量が直接に測定できないことから外部放射線の測定手法としては、安全側に管理できる、1 cm 線量当量によるものとされている。そのため、Sv 単位の NaI サーベイメータは実効線量を確実に下回らないように測定できる 1 cm 線量当量（周辺線量当量）で校正されており、測定によって得られる値は実効線量ではなく、単位表記は同じ Sv でも実効線量と全く意味の異なる 1 cm 線量当量という実用量である。なお、一般的に<sup>137</sup>Cs や自然放射線の平均的な  $\gamma$  線エネルギーの範囲における数値の大小関係は、等方照射による実効線量 (Sv) < 空気吸収線量 (Gy) < 1 cm 線量当量、の順である<sup>6)</sup>。

以上のことから、この生活環境放射線に記載されている自然放射線の全国平均値をサーベイメータで測定（1 cm 線量当量で測定）するとどれくらいの値になるか、前述の空気吸収線量 0.050  $\mu$ Gy/h を出発点として検討した。ICRP Publ.74 に空気吸収線量（自由空気中空気カーマ）から 1 cm 線量当量（周辺線量当量  $H^*(10)$ ）への換算係数 (Sv/Gy) がエネルギー別に与えられている<sup>6)</sup>。森内らは国連科学委員会が用いている環境被ばくの換算係数は、 $\gamma$  線エネルギーが 0.5 MeV 付近の値であると指摘<sup>5)</sup>しており、環境  $\gamma$  線の平均的なエネルギーとして 0.5 MeV を用いると、ICRP Publ.74 の表から換算係数 (Sv/Gy) として 1.23 が得られる。また、森内らが自然放射線の実測から算出した空気吸収線量から 1 cm 線量当量への換算係数は 1.224 と示されており<sup>5)</sup>、いずれも 1.2 程度の値となっている。これを用いると空気吸収線量の全国平均値が 0.050  $\mu$ Gy/h であるので 1 cm 線量当量では 0.06  $\mu$ Sv/h となる。このような自然放射線における実効線量と 1 cm 線量当量との差については、下らも指摘しており、表記が同じ Sv 単位でも数値が同じなら 1 cm 線量当量は実効線量の 1.64 倍大きい点に注意が必要としている<sup>7)</sup>。

なお、前記の生活環境放射線<sup>3)</sup>では、福島県における自然放射線の平均値が 6.4  $\mu$ R/h となっており、同様な手法で 1 cm 線量当量を算出すると約 0.07  $\mu$ Sv/h となる。また、福島県内にはモナズ石が産出したとの記録がある<sup>8)</sup>ことから、当該付近では大地からの放射線量の高い地域が存在する可能性がある。一般的に環境放射線は地質により変化することから、このような地域性を無視した全国平均を一律に用いることは課題が残る。別途、追加被ばく線量と自然放射線をそれぞれ区別して取り扱う手法を積極的に採用するなどの努力が必要であろう。

### 3 事故による追加線量

事故による追加被ばく線量は 0.19  $\mu$ Sv/h とされている<sup>2)</sup>。その内訳は、年間 1 mSv を 1 日の屋外の滞在時間を 8 時間、残りの 16 時間を屋内で過ごすとして割り振って仮定し、屋内での低減効果を 0.4 として<sup>9)</sup>算出すると、時間当たりでは次式を満足するような 0.19  $\mu$ Sv/h が得られる。

$$(0.19 \mu\text{Sv/h} \times 8 \text{ h} + 0.19 \mu\text{Sv/h} \times 0.4 \times 16 \text{ h}) \times 365 \text{ d/y} = 1 \text{ mSv/y} \quad (1)$$

この事故による追加被ばく線量の年間 1 mSv は、サーベイメータで測定することを前提にしていることから、1 cm 線量当量として扱っていると考えられる。もともと法令による各基準は実効線量による評価が求められているが、直接測定できないことから、外部放射線については「1 cm 線量当量とする。」との記載があり、それに従えば前記のとおりである。しかし、外部放射線の線源が<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs であり、その分布も広範囲に広がっているため、一般公衆に対しては等方照射と仮定できることから、自然放射線の場合と同じように実効線量を評価することは可能である。1 cm 線量当量で 1 mSv が実効線量でどれくらいに相当するかを試算すると、<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Cs のエネルギー範囲 0.6~0.8 MeV

付近の $\gamma$ 線では、空気吸収線量から1 cm線量当量への換算係数としてICRP Publ.74から約1.2、空気吸収線量から実効線量への換算係数として0.69（等方照射）を仮定<sup>6)</sup>すれば、約0.58 mSvが得られる。すなわち<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csのエネルギー付近では、1 cm線量当量で年間1 mSvは、実効線量で0.58 mSvとなり、同じ表記のSv単位でも1.7倍の差があることになる。これより、本来の法令の趣旨から基準である年間1 mSvを実効線量とすれば、サーベイメータで管理すべき追加線量は、0.19  $\mu$ Sv/hの1.7倍の0.32  $\mu$ Sv/hとなる。なお、実際の環境中では<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csからの $\gamma$ 線は散乱され低エネルギーの成分も含まれるため、これを考慮すると実効線量は更に小さくなることが予想される。

一方、この事故による追加線量は、屋内での滞在時間を考慮してその低減効果を利用しているが、個人の行動によっては滞在時間が異なる可能性があること、除染しきれない周辺の樹木による影響や除染後の遠方からの成分など線量の分布に偏りが生じた場合に、低減効果0.4の信頼性など課題が残ることとなる。ちなみに、全ての時間を屋外で過ごしたと仮定すると、年間1 mSvは、(2)式のように0.114  $\mu$ Sv/hとなり、屋内での滞在時間と低減効果を利用した場合と比較して約0.6低くなる。別な言い方をすると、全て屋外に滞在すると仮定した場合が年間1 mSvでも屋内滞在を考慮することにより、年間0.6 mSvの被ばくとなる。

$$1 \text{ mSv/y} \div (365 \text{ d} \times 24 \text{ h/y}) = 0.114 \text{ } \mu\text{Sv/h} \quad (2)$$

これは、偶然ではあるが、前述の1 cm線量当量で1 mSvが実効線量で0.58 mSvに相当する比率と同程度であり、別な言い方をすれば、屋内滞在の低減効果を考慮しなくとも、1 cm線量当量で0.19  $\mu$ Sv/hは、実効線量では年間約1 mSvに相当することになる。このことは、屋内滞在時間の不確実性や低減効果の信頼性に対して、実効線量で見れば年間1 mSvが十分に担保されていることが分かる。

## 4 年間1mSvとして管理すべき値

0.23  $\mu$ Sv/hは自然放射線のバックグラウンド0.04  $\mu$ Sv/hと、事故による追加線量年間1 mSvに相当する0.19  $\mu$ Sv/hを合算したものとされている。しかし、1 cm線量当量で測定するNaIシンチレーションサーベイメータ等を用いた場合には、自然放射線を実効線量の0.04  $\mu$ Sv/hと扱うことは、単位の意味が異なる値を加算していることになり科学的に正確でなく、1 cm線量当量の0.06  $\mu$ Sv/hを用いるべきである。そうすると、自然放射線を含む年間1 mSv（1 cm線量当量）に相当する値は0.25  $\mu$ Sv/h（=0.19+0.06（BG））となり、これがサーベイメータで管理すべき値となる。なお、この値で管理すると屋内滞在での低減効果を考慮しなくとも実効線量で年間1 mSvを担保できる。

一方、法令による各基準は本来実効線量による評価が求められ、一般公衆は等方照射であることから、基準である年間1 mSvは実効線量が適切であり、自然放射線を含んだサーベイメータで管理すべき値は更に大きくなり、0.38  $\mu$ Sv/h（=0.32+0.06（BG））となる。

## 5 まとめ

年間1 mSvに相当する基準値の導出に当たっては、同じSv単位でありながら実効線量と1 cm線量当量の2種類の意味があり、その意味を理解して的確に使い分けることは、一般公衆への説明を考えると煩雑なことかもしれない。しかし、行政として簡便性を優先し放射線の単位に関する正確さを犠牲にしたのであれば、そのことを透明性を持って正確に情報発信すべきであろう。また、自然放射線の取り扱いを過小評価し、結果として年間1 mSvを下回るように除染を進めるとの政治的な判断がされたのであれば、これも同様に情報発信すべきである。

現在、0.23  $\mu$ Sv/hは既に広く用いられ、除染

作業に当たっては、線量の高い地域や森林が多い山間部等ではその達成が困難であるとのニュースを耳にする。除染に従事されている方々や避難をされている方々の苦労を察するとともに、追加線量である年間 1 mSv が本来は実効線量から導出すべきであるが、1 cm 線量当量という余裕を持った実用量で管理され、かつ自然放射線量が過小評価されていることなど、これらのコミュニケーション活動に期待したい。さらに、最終的な目標は年間 1 mSv であるとしても、実行可能な当面の線量目標の設定なども必要であろう。

一方、単位に関しては、原子力災害特別措置法では吸収線量 (Gy) に 1 を乗じて線量当量 (Sv) を得るよう記載され、同様に、環境放射線モニタリング指針では事故直後の第 1 段階モニタリングでは Gy=Sv と扱うとされている。事故直後の通報基準や避難判断など、単位の混乱を避けるため、正確性よりも緊急性を有する事態であれば、このような簡便な取り扱いは有効と思われるが、現在のような環境修復段階において自然放射線レベルや年間 1 mSv などの低い線量を議論する際には、単位が何を意味しているか？ 比較すべきものが適切な単位で議論されているか？ など放射線防護に従事している専門家は意識すべきであり、行政側にもそれに呼応した対応が必要である。

それにしても福島第一原子力発電所事故に関して、環境放射線モニタリング指針に記載されている第 1 段階のモニタリングは、時間的、空間的にどの範囲であったのであろうか？ 今後

の原子力防災を考える上でも検証して整理をしておく必要があるだろう。

#### 参考文献

- 1) 除染特別地域・汚染重点調査地域の指定要件等の要素, 第 1 回安全評価検討委員会・環境回復検討会 合同検討会資料, 平成 23 年 10 月 10 日, 環境省, <http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/g01-mat3.pdf>
- 2) 追加被ばく線量年間 1 ミリシーベルトの考え方, 第 1 回安全評価検討委員会・環境回復検討会 合同検討会資料, 平成 23 年 10 月 10 日, 環境省, <http://www.env.go.jp/jishin/rmp/conf/g01-mat4.pdf>
- 3) 学校において受ける線量の計算方法について, 平成 23 年 8 月 26 日, 文部科学省, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/saigaijohou/syousai/1310974.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/saigaijohou/syousai/1310974.htm)
- 4) 生活環境放射線 (国民線量の算定) 原子力安全協会, 平成 4 年 8 月
- 5) 森内茂, 堤正博, 斎藤公明, 自然放射線における空気吸収線量から実効線量当量への換算係数の評価, 保健物理, **25**, 121-128 (1990)
- 6) Conversion Coefficients for Radiological Protection against External Radiation, ICRP Publication 74, (1996)
- 7) 下道國, 真田哲也, 藤高和信, 湊進, 日本の自然放射線による線量, Isotope News, **706**, 23-32 (2013)
- 8) 福島県石川町歴史民俗資料館ホームページ, <http://www.town.ishikawa.fukushima.jp/admin/material/04.html>
- 9) Planning for Off-site Response to Radiation Accidents in Nuclear Facilities, IAEA-TECDOC-225 (1979)

(日本原子力研究開発機構)