

# 放射線量を読み解き、人体への健康影響を理解する

## From radiation measurements to health risk assessment

松田 尚樹

Naoki MATSUDA

長崎大学原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野

Department of Radiation Biology and Protection, Atomic Bomb Disease Institute, Nagasaki University

何にしてもそうだが、大雑把に測ることは簡単である。放射線も同じことで、線量計のスイッチさえ入れれば、数値は自動的に出てくる。ちゃんと測定器の校正さえしていれば、それなりに信頼できる値が得られる。時定数などあまり気にせず10に合わせておけばいい。細かく測ろうとすると他に検討すべきパラメータは山ほどあるが、それは測定屋のお仕事である。

原子力・放射線災害医療に携わる者にとって重要なのは、その測定値が何を意味するのか理解するということだ。これは簡単ではない。その場その場で判断することなので、普遍的な答えはない。ポイントは、判断するプロセスを誤らないことである。今回の教育講演では、この判断するプロセス、すなわち放射線被ばくによる健康リスクアセスメントの流れについて語ってみた。

### 放射線の測定（モニタリング）

外部被ばくに関わる主な測定メニューは、空間線量率、表面汚染、被ばく線量の3つである。国民皆個人被ばく線量計着用制度があれば、被ばく線量（個人線量当量、単位はSv）を簡単に知ることができるが、幸いにしてそんな物騒な世の中ではないので、職業被ばく状況以外で個人被ばく線量計を着用することはない。なので、原子力・放射線災害の場合の多くは空間線量率（周辺線量当量率、1cm線量当量率、単位はSv/h）や表面汚染（放射能密度、単位はBq/cm<sup>2</sup>）から被ばく線量（実効線量、単位はSv）を計算することになる。どれかがわかれば、なんとかなる。自分が何を計っているのかを知っていればいい。

内部被ばくの場合には、経口摂取の場合は飲食物中の放射能濃度と摂取量、吸入摂取の場合は空气中放射能濃度と呼吸量がわかれば、体内放射能（単位はBq/body）を計算上推定することができる。ホールボディカウンタ（WBC）は、この体内放射能を体外から直接測定するものである。ただ体内から体外に透過してくる放射線、つまりγ線とX線しか測れない。一方、尿に排出された放射能を測定するのも有用な手段である。ただ、いずれの方法にしても、事故直後にWBC測定や尿採取と放射能測定を行うことは難しい場合が多い。そのため、測定日の体内放射能や尿中の放射能を、摂取日の体内放射能に逆算してやる必要がある。その後、預託実効線量（70歳または被ばく開始50年間の総被ばく線量、単位はSv）を計算する。こちらはある程度プロ技で、医療スタッフが直接関わることは少ないかもしれない。事故後の動線、飲食の記憶、尿の採取、鼻

doi: 10.24680/msj.7.1\_24

腔スミア採取、など、後の線量評価につながり得る情報をできる限り多く得てもらえればありがたい。

### 被ばく線量評価

教育講演では、次のようなシナリオにおける被ばく線量の計算を行った。

①搬送されてきた患者の体表面から GM サーベイで 100,000 cpm(測定上限、アラームが鳴り続けます) の放射線が検出された。汚染部位は 10 cm×10 cm、汚染核種は  $^{137}\text{Cs}$  であった。GM サーベイによる 1,000 cpm は  $4\text{Bq}/\text{cm}^2$  の放射能密度に相当し、 $^{137}\text{Cs}$  の実効線量率定数は  $0.0779[\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}\cdot\text{h}]$  とする。この患者から 25 cm の距離で 3 時間連続して処置を行った場合の外部被ばくによる健康リスクは？

②原子力発電所事故後の放射性物質のフォールアウトを含む雨で頭髮が濡れてしまった。GM サーベイメータでは頭部に 10,000 cpm の汚染が検出された。

原子炉から放出された放射性核種は、 $^{131}\text{I}$ (80%)、 $^{134}\text{Cs}$ (10%)、 $^{137}\text{Cs}$ (10%)、頭皮の吸収線量率  $[(\text{nGy}/\text{h})/(\text{Bq}/\text{cm}^2)]$  は、 $^{131}\text{I}$  が 1.319、 $^{134}\text{Cs}$  が 1.000、 $^{137}\text{Cs}$  が 1.432、脱毛のしきい線量は 4 Gy である。脱毛のリスクはどの程度か？ いつまでに洗髪をしなければならないか？

③ WBC 検査で体内から 200,000 Bq の  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が検出された。汚染した野菜を 1 週間前に食べたようだ。摂取 1 週間後の成人の体内残留率は  $^{134}\text{Cs}$  が 0.863、 $^{137}\text{Cs}$  が 0.869、経口摂取の預託実効線量係数 (Sv/Bq) は  $^{134}\text{Cs}$  が  $1.9\times 10^{-8}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  が  $1.3\times 10^{-8}$  である。内部被ばく線量による健康リスクは？

④尿から 100 Bq/L の  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  が検出された。汚染した野菜を 1 週間前に食べたようだ。1 日当たりの尿量は 1.5 L、摂取 1 週間後の成人の体内残留率は  $^{134}\text{Cs}$  が  $7.7\times 10^{-3}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  が  $7.8\times 10^{-3}$ 、経口摂取の預託実効線量係数は③と同様。内部被ばく線量による健康リスクは？

### 健康リスクアセスメント

すべての測定値を被ばく線量に変換することができれば、あとはその線量をもって健康リスクを推定する。まず簡単なのは確定的影響のしきい線量を超えるか否かである。Sv は確率的影響のリスクに対して用いるべき単位なので、ここでは Gy を使う。シナリオ②は、脱毛という確定的影響の可能性の有無を評価しているが、得られた頭皮の吸収線量は  $1.3\mu\text{Gy}/\text{日}$  で、しきい線量をはるかに下回る。よって脱毛のリスクは考えなくてよいということになる。他のシナリオではまず確率的影響のリスクを評価する。結果として得られるのはシナリオ順に①  $0.4\mu\text{Sv}$ 、③  $7.4\text{mSv}$ 、④  $0.64\text{mSv}$  である。これらの線量に当てるモノサシとして、規制上の基準値が使えれば、決して環境影響の境界線を示すものでないにせよ、理解は得やすいだろう。という意味では、①と④は、不要な被ばくではあるものの、通常の放射線施設より一般公衆が受ける線量の上限値を下回っており、法的にも、また健康影響的にも無視できる。③ではその理屈は使えない。ただ、いかなる確定的影響のしきい線量も超えない。また、同じ人間でも放射線業務従事者の線量限度 (100 mSv/5 年、いかなる 1 年も 50 mSv を超えない) は大きく下回る。さらに、発がんリスクが有意になるのは 100 mSv 以上である。ということは、この被ばくが故に健康影響が出るとは考えにくい。とは言え、嫌なものは嫌である。私の場合もそうだ。勘案すべきは心理的な影響である。リスクアセスメントの結果をいかに伝えて、受け止め方をよく聞いて、心理的負担を軽くするか。この線量域で最も重要なのは次の局面、すなわちリスクコミュニケーションということになる。これこそまさしく心のケアであり、放射線看護の専門家の皆さんにお任せしたい。