

いますが、新聞などでは、「放射性物質漏れ」「放射性物質による汚染」になってきています。

②被曝とは？

被曝は、放射線を身体が受けることによって起こります。放射線（アルファ線、ベータ線、ガンマ線、エックス線など）は大きなエネルギーをもっているので、私たちの体を構成している原子・分子と、相互作用を起すと、その結合を変化させたり破壊したりします。

体の外にある放射性物質からの放射線に被曝することを「外部被曝」といい、呼吸や食べ物といった放射線物質を取り込んで体の中に入った放射性物質から臓器が被曝する場合は「内部被曝」といいます。外部被曝の場合、強い放射能でも、遠くであれば被曝する量、つまり放射線を浴びる量は少なくてすみます。

③ベクレルとシーベルトの違いとは？

ベクレルは、放射能の強さを表す単位です。1896年にウランから出る不思議な放射を発見したフランスの物理学者の名前です。

その後、この不思議な放射を、キュリー夫人が「放射能」と名づけました。人類が放射能の存在を知りはじめてから、まだ100年ちょっとしかたっていないわけです。

1ベクレルの定義は、1秒間に1回の原子核崩壊を起こす放射能の量です。正確ではありませんが、1秒間に1本の放射線を出す程度とってください。詳しくは、第5章とコラム⑭（P214）を参照してください。

一方、シーベルトは、放射線をどれだけ人体が受けたかをあらわす単位です。別のいい方をすれば、身体の組織がどれくらい「害」を受けたかという、被曝の程度をあらわす単位がシーベルト。スウェーデンの放射線防護学者の名前からとられています。

「なぜ、ベクレルとシーベルトの2つの単位を使っているの？ めんどくだな」と思う方もいるでしょう。

放射線をどれくらい出しているかの量（ベクレル）と、放射線をどれくらい浴びているかの量（シーベルト）とは別のものなので、ここは頑張つてその違いを理解してください。

先に、懐中電灯と光のたとえを使いましたが、今度は電球と明るさにたとえましょう。電球の光を出す強さ（ワット）がベクレルだとすれば、机の上の明るさ（ルクス）がシーベルトになります。

外部被曝の場合、その場の空气中を飛び交っている放射線の量（空間線量）を測定器で測ることによって、シーベルトの測定が可能です。

たとえば、測定器の示す値が毎時0.1マイクロシーベルトだったとしましょう。その場所

に1時間いれば0・1マイクロシーベルトの外部被曝です。まる1日そこにじっとしていたら、 $0 \cdot 1 \times 24 \times 2 \cdot 4$ マイクロシーベルトの外部被曝になります。

呼吸や食事などで放射性物質を取り込んだときの内部被曝については、シーベルトを直接測定することはできません。体の中に放射性物質が取り込まれてから、臓器にたまった排泄されたりするプロセスをモデル化して、体内に残留している期間の被曝量を計算で求めることになります（P169～171参照）。

④ミリシーベルト、マイクロシーベルトとは？

ベクレルとシーベルトの2つの単位には、みなさんもかなり馴染んだことでしょうが、ミリシーベルトとマイクロシーベルトを混同しやすいのではないかと思います。

1ミリシーベルトは、1シーベルトの1000分の1。1マイクロシーベルトは、1ミリシーベルトの1000分の1。つまり、100万分の1シーベルトです。

「1マイクロシーベルトの被曝なんて、たいしたことないんだな」と思う人もいるかもしれませんが、それなりの被曝量です。驚かせるわけではありませんが、1マイクロシーベルトの被曝を全身に受けたとすると、人体を構成する60兆個の細胞のうち600億個の細胞でDNAの1本鎖切断が起き、24億個の細胞で2本鎖切断が起きるとされています。

シーベルト単位の被曝をしたらいへんなことになります。1シーベルトの被曝では急性障害の恐れがあり、一度に4シーベルトの被曝をした人間の約半数が死に、6～7シーベルトを一度に浴びたら、ほとんどの人が死ぬといわれています。

1999年秋のJCO事故（茨城県東海村の核燃料加工工場で起きた臨界事故）で亡くなった2人は、一人が18シーベルト、もう一人は10シーベルトくらいの被曝でした。

18シーベルト被曝したAさん（当時35歳）は、血をつくる骨髓細胞だけでなく、皮膚や消化器官の上皮細胞がやられ、当時の日本としては最高レベルの治療をほどこされましたが、細胞が再生されず、体液がどんどん失われていき、亡くなりました。

被曝量は、お金に置き換えると実感しやすい

日本では、「原子炉等規制法」や「放射線障害防止法」という法律によって、原子炉や放射性物質取り扱い施設で働く人々や周辺住民の被曝の限度、つまり線量限度が決められています。線量限度の被曝には、自然被曝や医療被曝（レントゲン検査やCTスキャンなどによる被曝のこと。P88～89参照）は含まれていません。

みなさんのような「一般公衆」に対する線量限度は、外部被曝と内部被曝を合計して、1年

る方もいるかもしれませんが。

しかし、自然放射線ばかりは気にしても仕方ないだろう、と私は思っていますので、「自然放射線の変動内に入る程度の被曝なら、外部被曝にしろ内部被曝にしろ、神経質になることはないでしょう」と、いつもいっています。

そして「ガマン量」の目安が意味をもつためには、外部被曝を正確に測定し、内部被曝についてもきちんと評価できることが必要です。

「100ミリシーベルト以下は大丈夫」ではない！

福島第一原発事故による健康への影響については、一部の専門家は、「100ミリシーベルト以下では健康への影響はありません」と、いつつづけています。

この100ミリシーベルトのように、「ある量を超えなければ安全・ある量を超えると危険」という境界値のことを、「しきい(閾)値」といいます。

被曝による障害の場合、しきい値があると考えられているのは、一度に大量の放射線を浴びたときに起こる急性障害です。

一方、がんやその他の病気があとから引き起こされる晩発性障害では、しきい値はないと私

は考えています。どんなに少ない量でも、放射線には被曝量に応じてそれなりにリスクがある、という考え方です。

「100ミリシーベルト以下は心配無用」という人たちが最大の根拠としているのは、「広島・長崎の被爆生存者を追跡調査したデータ(以下、「広島・長崎データ」)では、100ミリシーベルト以下でがんが発生した証拠がない」ということです。

しかし実際には、100ミリシーベルト以下の被曝リスクは小さくなるので、がんの原因が被曝なのか、タバコや食べ物といったそれ以外の要因によるものなのか、見極めることは容易ではありません。本当は被曝が原因でも、他の要因にまぎれてしまい、はっきりしなくなってしまうのです。

百歩譲って、「100ミリシーベルト以下では健康への影響は観察されていない」が本当だとしても、それは「観察されていない」だけで、けっして「影響がない」わけではないのです。その根拠を、次にお話ししましょう。

「わずかな被曝でもリスクはある」が世界の常識

「広島・長崎データ」を分析すると、被曝量が多くなるにつれて、基本的にまっすぐな線で、



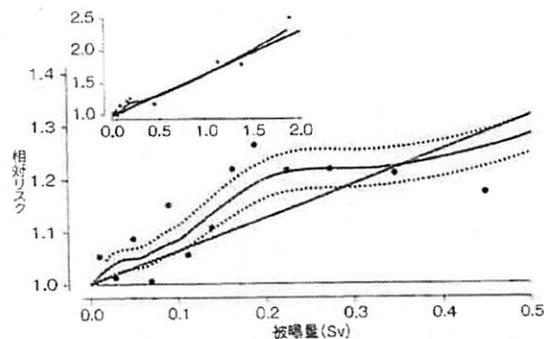
コラム②「広島・長崎データ」とは

「広島・長崎データ」は、放射線被曝と人体への影響に関する比類のないデータです。このデータの強みは、個人別の被曝量がある程度わかっていること、被曝量の範囲が広いこと、全身にほぼ均一な被曝であること、対象者の人数が約12万人と多いこと、年齢や

死ぬ危険度は直線的に高くなることがわかっています。このように、「低線量の被曝でも、がんリスクの増加はゼロにはならず、リスクは被曝線量に応じて直線的に増える」とする説を「直線・しきい値なし仮説」といいます。「直線・しきい値なし仮説」は、ほかの仮説にくらべて、さまざまな批判に耐えられるタフな考え方です。私は、これを支持しています。ICRPでも採択されていますし、アメリカ科学アカデミーや国連放射線影響科学委員会の見解も同じです。「どんなにわずかでも、安全な被曝。などない」という考え方が、世界の主流なのです。

低線量被曝リスクの見積もり

広島・長崎の被曝生存者のガン死追跡データ



50ミリシーベルト以下（0.05シーベルト以下）の影響は、直接的にはわからない。

がんの発生リスクが増えています。50ミリシーベルト以下のデータだけを眺めると、被曝ががんの発生にどう影響するか、直接的にはわかりませんが、データ全体の分析では「被曝量は小さくても、被曝量に比例してがん死リスクが増加する」という考え方がよくあてはまる結果が出ています。少なくとも、「100ミリシーベルト以下になると突然、がん死リスクがゼロになる」という「しきい値説」はあてはまりません。むしろ、100ミリシーベルト以下では直線的なモデルよりもリスクが大きくなる傾向が見られるのです。「広島・長崎データ」のほかに、日本や欧米15カ国の原子力産業で働いて被曝した人たちの調査でも、被曝量が積み重なるにつれて、がん

被害をもたらすような出来事は起こらないはずです。

しかし、たまたま当たりどころが悪い場合には、体のメカニズムに重要な役割をする原子・分子の結合部分のダメージが残ることがあります。それが、被曝影響におけるイニシャルイベント（最初の出来事）です。

放射線被曝が危険だといわれるのは、このとき、生物としての基本的な情報が詰まっているDNAが切断されてしまうことがあるからです。

DNAは細胞の中にあり、長い鎖が2本、らせん状により合わされた「二重らせん構造」をしています。2本の鎖のうち1本が切断された場合には、ほとんど修復されますが、両方が切れてしまうと修復が難しくなります。

生物実験のデータでは、ガンマ線に1ミリシーベルト（1000マイクロシーベルト）被曝すると、4パーセントの細胞でDNAの2本の鎖が切断されることがわかっています（前頁図参照）。また、イニシャルイベントで受けるDNAの損傷の数は、被曝量に比例して増えます。

DNAが修復されなかった細胞や、修復が不完全だった細胞が長いあいだに増えていき、そこにいろいろな傷が重なってタチの悪い細胞になると、がん化する危険性があるのです。

急性障害と晩発性障害の違い

第1章でちよつと触れましたが、放射線被曝による健康被害には、急性障害と晩発性障害があります。この2つを区別するのが被曝影響を考えるうえで「イロハのイ」ですが、しばしば、ごっちゃにされています。

以下、2つの違いについて説明します。

①急性障害（確定的影響）とは？

急性障害は、一度にたくさん放射線を浴びたときに出る症状です。大量の被曝によって多くの細胞が死に、臓器機能が破壊されます。

被曝量がだいたい1シーベルトを超えると、個人差もありますが、しばらくして気分が悪くなり、吐き気・嘔吐がはじまります。

4シーベルトでは、骨髓の造血機能が破壊され、数週間後から2カ月後くらいにかけて約半分の人が死亡します。6シーベルトを超えると、ほとんどの人が死亡します。

旧ソ連が公式に発表したチェルノブイリ原発事故の死者の大部分は、放射線急性障害によるもので、手厚い看護にもかかわらず、事故後10日から3カ月にかけて死亡しました。

急性障害は、ある量以上の被曝を受けなければ起きません。その被曝量のことを前述したように「しきい値」と呼んでいます。逆にいえば、ある量を超えて被曝すると確実に起きるので「確定的影響」ともいわれます。

② 晩発性障害（確率的影響）とは？

被曝して数年から数十年してから現れる障害です。福島事故による放射能汚染で一般の方にとって問題になるのは、がん・白血病、それに遺伝的影響といった晩発性障害です。

なかでももつとも懸念されるのは、子どもや胎児の被曝にともなうがん・白血病です。遺伝的影響とは、親の生殖細胞が被曝して卵や精子に突然変異が生じ、それが子どもに引き継がれて現れる障害です。広島・長崎の原爆被爆者について、当初は遺伝的影響が心配されましたが、これまでの「広島・長崎データ」を見るかぎりでは、それほど大きくないというのが共通認識です。

晩発性障害には、それ以下なら影響が現れない「しきい値」はないと考えられています。つまり、たとえ微量の被曝であろうと、それなりに将来、がんや白血病になる確率が大きくなるので「確率的影響」ともいわれます。

③ 急性障害と晩発性障害の違い

急性障害は、大量の細胞死にともなう臓器機能の喪失の結果です。急性障害の「しきい値」がどのくらいかについては、問題とする臓器によつて違いますが、100ミリシーベルト以下で起きないことは、多くの人に異論がありません。一度に250ミリシーベルトの被曝では、血液検査で白血球の減少などが認められるかもしれません。急性障害は、被曝が大きくなればなるほど、その症状も重篤じゆうとくになります。

一方、晩発性障害は、1個の細胞内での突然変異によつてはじまります。晩発性障害の重篤度、つまり被曝によるがんや白血病の症状の重さは、被曝量とは関係しません。また、被曝がなくても生じるがんや白血病と臨床的には区別できません。つまり放射線被曝は、がんや白血病の発生確率（リスク）を増加させます。

問題は、やがて現れる晩発性障害

すでに述べたように、福島第一原発の事故で大量の放射能が放出されたのは、2011年3月15日のことでした。

「半減期」がすぎても放射能は残っている

放射能は、時間がたつにつれて少しずつ弱まっていき、いずれは放射性物質ではなくなりま

す。この過程で、もとの放射能の量(単位はベクレル)が半分になるまでにかかる期間が「半減期」です。厳密には「物理学的半減期」といいます(くわしくは第4章参照)。

福島第一原発事故による放射能汚染の「主役」のひとつとなっているセシウム137の半減期は、約30年です。30年たつて、放射能の量は半分になります。そして、さらに30年がたつと、半分がさらに半分になって最初の4分の1になります。さらに30年がたつと、最初の8分の1になります。

そんな具合で、最初の8分の1まで減るには90年かかります。つまり、福島の事故によるセシウム137の汚染は、22世紀になつてもまだ残るわけです。

福島第一原発事故で放出されたおもな放射性物質は、ヨウ素131、テルル132、キセノン133、セシウム134と137などですが、半減期の長さは、それぞれで違います。たとえば、ヨウ素131の半減期は8日、セシウム134は2年です。

福島事故でメルトダウンを起こした炉心から揮発し、環境中にまき散らされた放射性ヨウ素やセシウムは、風に乗って流され、雲のように遠くまで飛んでいきました。

それらは、雨が降っていないとジワリジワリと、雨が降っていると一度にドサッと、地面に降りそそぎました。

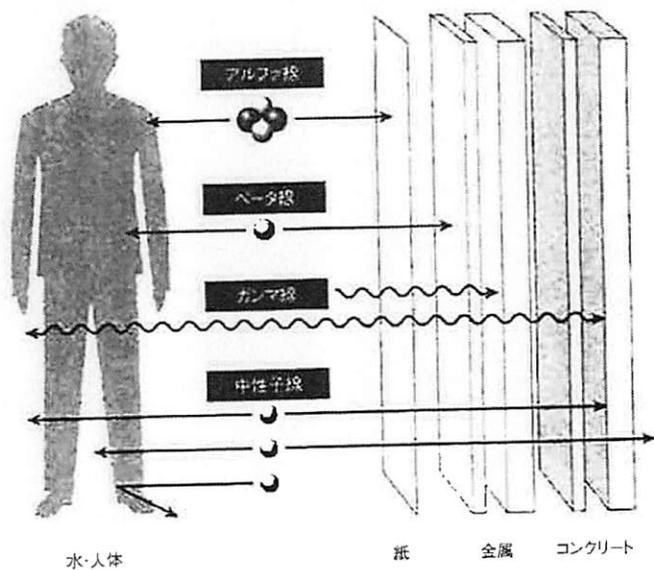
2011年3月下旬、福島県をはじめ関東地方のあちこちで水道水が放射能に汚染され、一時は乳児の摂取が制限されて大騒ぎになりました。これは、放射性ヨウ素やセシウムを含んだ雨が一気に川に流れ込み、その川から水を取り込んでいた水道水に影響を与えたのです。

幸い、水道水の汚染は短期間で収束し、半減期が短いヨウ素131はすでになくなっています。ですが、半減期の長い放射性セシウムは、いまだに土壌にくっついて地表面に残っています。これから長いあいだ、放射能汚染の「主役」として私たちの生活に影響をおよぼすのは、おもに放射性セシウムだといえます。

周囲にひそむ放射能から身を守り、外部被曝をできるだけ少なくするには、次の2つが大切です。

- ①身のまわりの放射線量を測定して汚染レベルを把握する
- ②放射性物質を取り除く(除染)

放射線の種類と貫通力



この章では、外部被曝を減らす基本となる「測定と除染」の方法や注意点についてお話しします。以下に述べることは、福島第一原発からある程度離れている場合についてです。

放射線の種類

放射線にはいくつかの種類があります。おもなものは、アルファ(α)線、ベータ(β)線、ガンマ(γ)線の3つです。

どの放射線も、モノを通り抜ける透過力がありますが、エネルギーの大きさや透過の程度は異なり、人体への影響も違います(図参照)。

・アルファ線……透過力は小さく、空気中では2〜3センチしか進めません。体の中だと20〜30マイクロンで止まりますが、体内に取り込んでしまうとベータ線の20倍の影響を与えたりとわれています。外部被曝は皮膚表面で止まるので、普通は問題になりません。

・ベータ線……大きなエネルギーをもつ電子です。アルファ線より透過力がありますが、空気中では数メートルで止まります。体内での透過力はせいぜい1センチです。体の外から