

## 日常生活と放射線

### ——被ばく線量の考え方——

山崎 享子\*

#### 1. はじめに

原爆の被爆の歴史を持つ日本は、もともと放射線や放射能に対して他国よりも意識が強く向けられてきたといっても過言ではない。原爆の投下で、その破壊力や放射能の脅威に日本中が恐怖と絶望に陥ったが、戦後は、原子力と放射線の平和利用を目的とした研究が進み、多くの恩恵ももたらした。原子力発電は日本の電力供給の約1/4を担うまでに成長し、放射線は、医療現場では不可欠なツールのひとつとして今日の診断と治療に役立てられている。

一方で、放射線は言うならば「両刃の剣」として知られてきた。多くの恩恵を受けている一方で、東西冷戦時に凌ぎを削って行われた核実験での被ばくや、近年では核燃料加工施設内での臨界事故など、重大な事故も起こった。放射線が人々に不安や恐怖をもたらす一つの要因としては、被ばくをしてもすぐに目に見えるような変化は現れず、数か月後から数年後、あるいは数十年後にその重篤な影響が出るところにもある。

3月に起きた東日本大震災による原子力発電所の事故で、我々は再び放射線の脅威に直面することになった。人の感覚器では知覚不能な放射性物質が空気中に漂っているという現実が、多くの人々をパニックに陥れた。戦後、飛躍的に進んだ研究によって膨大な量の知見が蓄積されてきたにもかかわらず、錯綜した情報による誤解や曲解が風評被害を呼び、2次的な被害も今なお多く見受けられる。

このような現状を踏まえ、本稿では、日常生活と放射線という観点から放射線を知り、被ばく線量をどのようにとらえるかを考える。

#### 2. 放射線と放射能

##### 2-1, 放射線とは何か

放射線は、広義には光や電波としてよく知られている電磁波と同義に扱われる<sup>1)</sup>。しかし私たちが日常「放射線」というとき、そのほとんどは放射線のうちでも波長が短くてエネルギーレベルの高い「電離放射線」を指していることが多い。電離放射線は、「電離」という作用を持つ放射線のことで、放射線はこの作用の有無によって、「電離放射線」と「非電離放射線」に分けることができる。電

離とは、分子(原子)が放射線のエネルギーを受けて電子を放出したり、あるいは逆に電子を得たりする作用のことをいう。

電離作用を持たない非電離放射線には、我々の日常になじみの深い、電波やマイクロ波、赤外線、可視光線、紫外線の長波長域といったものが含まれる。一方、電離放射線にはX線、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、中性子線などが含まれる。電磁波には分類されない粒子線も電離作用を持つことから、電離放射線を電磁波放射線と粒子放射線として分類することもできる。

放射線の単位はその特徴を量的にどのようにとらえるかでいくつもの単位があるが、そのひとつに等価線量と実効線量というものがある。等価線量は、人体の各組織、臓器が放射線照射を受けるとき、放射線ごとの生物学的効果を勘案した放射線量をいう。一方、実効線量は、各組織、臓器の等価線量を、それらの放射線の感受性の指標である組織荷重係数で重みづけしたものの総和であり、人体全体の放射線リスクを総合的に表現することができる単位である。いずれも単位シーベルト(Sv)を用いて表す。

##### 2-2, 放射能とは何か

放射能は、放射性同位元素が崩壊する割合で定義される。放射線は、その崩壊時に放出される線である。通常、放射能は放射線を放出する能力のことを指すが、広義に解釈した場合には、その能力をもつ物体そのものを指すこともある。単位はベクレル(Bq)を用いる。1Bqは、1秒当たり1崩壊起こることを意味している。

放射線と放射能の違いはよく、光に例えられる。光源の光の強さはワットやカンデラなどであらわされるが、光源に対して照射面の明るさ(ルクス)は距離の2乗に反比例して減弱するので、光源から離れるほど光は弱くなる。ここでいう光源(電球)が放射性物質(放射線源)で、光が照射される面で計測される照度が放射線の実効線量である。放射能が強くても、線源から離れていれば光と同様に距離の2乗に反比例して弱くなる。

\*理工学部 生体医工学科

### 3. 放射線量と人体への影響

#### 3-1, 確定的影響と確率的影響

電離放射線の持つ電離作用は、物質には様々な影響を及ぼす。その特性を利用して、日常生活では食物の殺菌や農作物の殺虫、医療現場では放射線治療やエックス線撮影など、人々はこれまで様々な場面で数多くの恩恵を受けてきた。しかし大量に不適切に照射された場合には生体に悪影響を及ぼす。放射線感受性は成人に比べて胎児や小児のほうが高く、また、分裂中の細胞の放射線感受性は著しく高くなることも知られている<sup>3)</sup>。

放射線障害の考え方には2通りある。一つは確定的影響または決定論的影響と呼ばれているもので、短時間で被ばくした線量が閾値を超えると被爆直後から影響が現れ、線量の増加とともに影響の重篤度が急激に増大する。閾値は約100mSvといわれており、放射線を受けて死亡した細胞の数で決定づけられる。逆に言えば、被ばくしたことにより死亡した細胞があったとしても、その数が少ない場合は、正常に機能している生存細胞の代償により個体の障害として表出しない。しかし、被ばくの線量が増大し、死亡細胞数もそれに伴って増加すると、正常細胞が機能を代償できなくなり、障害として現れる。確定的影響は、被ばく線量を制限することによって確実に発現を防止できるものである。

一方、被ばく時の線量が、上記でいうところの閾値以下の場合でも、極めて少数の細胞が、遺伝子レベルで微小な影響を受けている場合がある。個体の障害として目に見える影響が現れなかったとしても、その個体に発がんや遺伝的影響として潜在し、のちにその影響が表出する可能性がある。この場合は被ばく線量が増えるとその影響発現の確率が増加するため、確率的影響と呼ばれる。被ばく線量と発がんの確率の関係は直線的に増加すると

考えられている。

#### 3-2, 部分被ばくと全身被ばく

一度に大量に被ばくし、確定的影響が現れる場合でも、部分被ばくと全身被ばくではその影響が大きく異なる。図1には被ばく範囲による影響の違いを示した。たとえば、7000mSvを全身に被ばくした場合、被爆直後に100%死亡する。しかし、皮膚の一部に被ばくした場合は、10000mSvでも急性潰瘍のみられるのみの場合もある。全身に3000mSvを被ばくした場合約50%の人が死亡するが、皮膚の5000mSvの被曝は、紅斑が現れるのみで被爆直後の死亡には至らない。また、全身に被ばくした場合には、造血細胞のある骨髄が遺伝子レベルで影響を受けるため白血病などの発症が予想されるが、赤色骨髄のない細い骨の部位（手のひらや足の甲など）に被ばくした場合は、その心配はない。被ばく量が確定的影響の閾値である100mSv以下の時は、全身被ばくの場合も被爆直後の変化は見られない。

### 4. 日常生活における放射線被ばく量

図1に被ばく量とその影響を示した。もともと、自然放射線という形で私たちは日常的に小さいながら被ばくを受けている。自然放射線の線源は土壌や空気、食物、宇宙線などで、日本での被ばく量は年間平均1.5mSvほどになる。土壌の条件（埋蔵している鉱物）や標高によっても影響を受けることから、世界平均では2.4mSv、高いところでは10.2mSv（ラムサール：イラン）、35mSv（ガラバリ：ブラジル）という地域もある。

自然放射線の他に、私たちが日常生活で被ばくを受ける可能性が高いのは、医療現場である。歯のX線撮影では一回0.01mSv、胸部X線では0.05mSvだが、同じX線でもCT検査では5~12mSvにもなる。

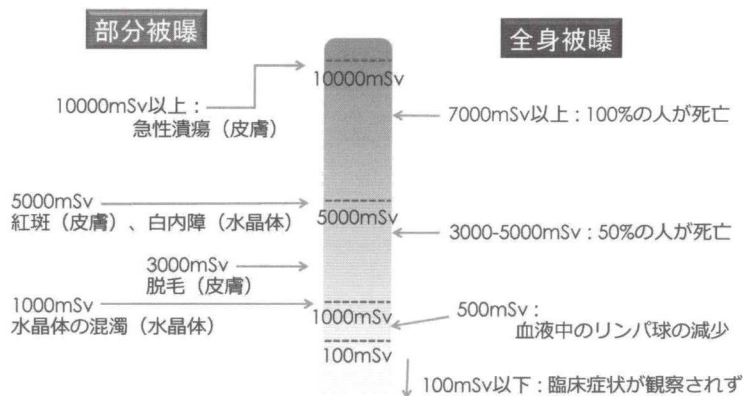


図1 部分被ばくと全身被ばくの比較



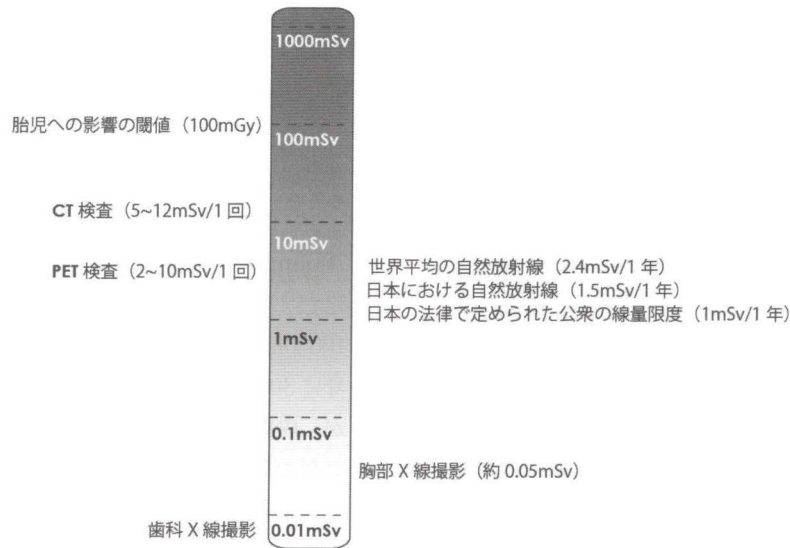


図2 被ばく量とその影響

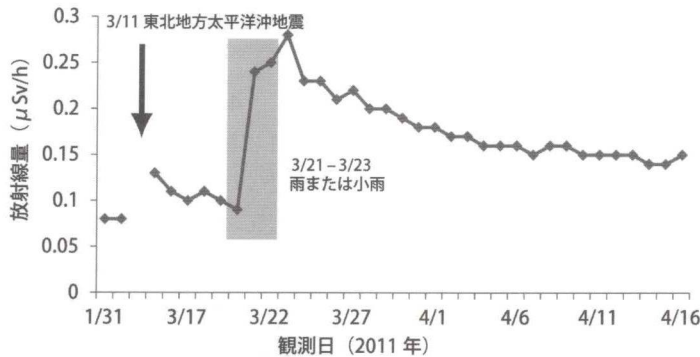


図3 東京における放射線量の推移

(「放射線・原子力教育機関有志による全国放射線モニタリング<sup>5)</sup>」より改変)

また、飛行機による移動も放射線の被ばくを伴う。たとえば、東京とニューヨーク間の往復では、総計で0.2mSvにもなり、前述の歯や胸部のX線撮影より高い被ばく量となる。喫煙でも被ばくすることが知られており、一日20本喫煙する人の一年間の肺の被ばく量は、約0.2mSvである。

### 5. 都心部における震災後の線量の変化

3月11日の震災以降、生活空間中の空間線量が話題に上ることが激増した。多くの公的機関で放射線量を継続的に計測し、データを公開するようになった。図3は、そうした機関の一つがまとめたデータ<sup>5)</sup>をもとに作成した、東京の放射線量の推移である。横軸には日付、縦軸に計測された放射線量を示している。グラフに示した放射線量はアスファルト上、約1メートルで計測された。東北地

方太平洋沖地震が起こった時点を矢印で示した。その1日後に原子力発電所の水素爆発が起こっている。震災前の1月および2月の放射線量がおよそ1時間当たり0.07μSvであったのに対し、爆発現場の福島から200km以上離れた東京でも、爆発直後から急激に上昇し、放射線量の値が震災前の2倍を示した。ところがその後、3月21から25日ごろにかけて急激に線量が上昇している個所がみられた。上昇している期間の前半は計測地点で雨が降り、上空にあった放射性物質の粒子が雨とともに降下したことが原因と考えられている。

福島から遠く離れた都心部でも放射線量が増加したことで、我々の生活に多くの不安をもたらした。しかし、計測された放射線量と我々になじみの深い胸部X線の放射線量とを比較してみると、たとえば図3の最大値である0.3μSv/hの環境下で生活するとき、丸一日その環境に

さらされたとすると7.2  $\mu$ Svとなる。胸部X線撮影で被ばくする線量0.6mSvに達するにはその環境下で80日以上も生活しなければならない。実際に生活することを考えると、外部で放射線に暴露されている時間はこれよりずっと少なく、また大気中の放射線は気流により拡散されるので、胸部X線と同等になるまでにさらに時間がかかる。さらに、累積でほぼ同じ線量を被ばくしたとしても、人の体にもともと備わっている修復機能のおかげで、微量の放射線によって現れた軽微な異常は次々と修復されるので、一度に被ばくするより、その影響はずっと少ない。

東京で計測された放射線量は、その後徐々に低下して、7月の時点では震災前とほぼ同じ値を示しており、現在では被爆の影響はほとんど心配ないと言ってよい。

## 6. 内部被ばくと預託実効線量

被ばくで注意しなければならないのは、内部被ばくがあるという点である。外部被ばくの場合は、放射線が人体を通過する際に組織や細胞、遺伝子などを傷つけることが問題となるが、内部被ばくの場合は、摂取された放射性物質が生体内にとどまり、放射線の影響を受け続けるという点が、さらに付加される。たとえば、放射線の中でもエネルギーレベルの高い $\alpha$ 線は、紙一枚で遮蔽することができるので、外部被ばくの場合にはほとんど問題とされない。しかし、体内に $\alpha$ 線を放出する放射性物質が入った場合、これと生体を遮断するものがないので、生体はその影響を直接受けることになる。さらに、生体外に簡単に排出されない放射性物質だった場合には、その影響を長い時間かけて受け続けてしまう。また、放射性物質の半減期が長いものである場合にも、その影響がいつまでも続く。

このように、内部被ばくを考える場合には、放射性物質の原子核崩壊に定義される物理学的半減期と、物質が生体外に排出されることで定義される生物学的半減期を考える必要がある。しかしながら、これらをとらえるためには、生体内での放射性物質の濃度を継時的に追跡する必要があり、そのこと自体が非常に困難を極める。そこで、内部被ばくの場合には、摂取した放射性物質の量とそれによって影響を受ける線量の大きさをあらかじめ係数化した、実効線量計数を用いて算出する<sup>4)</sup>。通常計算には、今後50年間で受ける線量として算出するが、子どもや乳幼児に対しては、摂取時から70歳までに受ける量を想定して算出する。

このようにして算出された預託実効線量は、たとえば、

セシウム137を2000Bq摂取したとすると、預託実効線量は50年間で6  $\mu$ Sv、同じセシウムでもセシウム134の場合は2000Bqの摂取で38  $\mu$ Svとなる。また、人体がもともと持っているカリウム40も放射性物質の一つで、この放射性物質による内部被ばくは1年間で170  $\mu$ Svになる。

## 7. おわりに

福島原発事故ははまだ終息せず、事態の収拾に向けた具体策が出たものの、その道のりはあまりに長い。この事故がもたらした世界への影響も大きく、たとえばヨーロッパ各国ではスイスやドイツの原発建設計画の廃止に始まり、脱原発へ動きが近隣諸国に広がった。フランスの電力の8割を原子力が担っていることは有名な話だが、実際には自国のエネルギーの確保というだけでなく、近隣諸国にその電力を供給することで、国家の重要な財源のひとつとなっていたことから、国民の原子力に対する考え方は肯定的な意見も多かった。しかし、日本での原発事故以降、フランスでも原発を否定する意見が急激に増加し、同国の6月の世論調査<sup>6)</sup>では、回答者の80%近くが原発に頼るべきではないと考えている結果が出ている。

今日我々は、膨大な量の電力に頼りながら毎日生活している。エネルギーの産生効率の良い原子力発電はそんな膨大な需要を解決する素晴らしい発電技術だったに違いない。エネルギーに限らず、X線撮影やがん治療など、放射線はそれまで考えられなかった、多くの夢のような技術を可能にした。しかし、その夢が終わった今、我々は新たな現実と向き合っており、電力だけではなく、放射線との付き合いかた全体を考えなおさなければいけないのかもしれない。

## 参考文献

- 1) 工藤久明：原子力教科書 放射線利用, p.2, オーム社, 東京 (2011)
- 2) 小佐古敏荘, 笹本宣雄：原子力教科書 放射線遮蔽, p.4, オーム社, 東京 (2010)
- 3) 町田和彦, 岩井英明：21世紀の予防医学・公衆衛生学, p52, 杏林書院, 東京 (2008)
- 4) 日本アイソトープ協会(編)：ICRP Publ.42, ICRPが使用している主な概念と量の用語解説, 丸善, 東京 (1986)
- 5) 放射線・原子力教育関係者有志による全国環境放射線モニタリング：  
[http://www.geocities.jp/environmental\\_radiation/](http://www.geocities.jp/environmental_radiation/)
- 6) Sondage-Les Français pour une sortie progressive du nucléaire, le Journal du Dimanche, France (2011.6.3)