

## 微量放射線はそんなに有害か？

原爆放射能医学研究所 澤田 昭三

## チェルノブイリと原医研

1986年4月26日にチェルノブイリ原子力発電所の事故が発生した時、おそらく、わが研究所のスタッフは一種の緊張感をおぼえたにちがいない。そして、いずれ近い将来、この事故と深いかわりができるのではないかと予想したはずである。実は、事故から一週間後には日本全国で大量の放射性降下物（フォールアウト）が検出され、広島でも大気中のフォールアウトの量が5月中旬ごろまで高値を示し、これは明らかに8,000km離れたチェルノブイリからジェット気流に乗ってフォールアウトが飛来してきたもので、事故直後から深い関係ができていたわけである。あれからすでに4年半を経過し、放射線誘発がんの中でもっとも潜伏期間が短い白血病の発生がほつほつ報告されるころである。そのためかどうか、最近、原医研スタッフとチェルノブイリ関係者との間で交流が活発となり、研究所にもわかに忙しくなってきた。今のところ、原医研に來た原発事故被曝（ばく）者の体内残留放射能をホールボディ・カウンターで測ってみても高値を示さないし、医学的な諸検査でも異常は認められていない。しかし将来、検査を受ける人が増えれば、異常を示す人が現れるかもしれない。

事故被曝者に同行して來た医師や研究者と議論することがある。放射線障害の研究でもっとも大事なことは被曝線量と放射線影響の関係を明らかにすることであり、広島・長崎の原爆では45年たった今でもまだ被曝線量

に問題があるため、正確な線量・効果関係を求めることがむづかしい、ことなどを論文やデータを示しながら話している。特に放射性降下物による内部及び外部被曝線量の推定は時間、場所、食べ物などによって大幅に変わるので大変であるが、できるだけ早く被曝線量を決定しておかないと、時間が経過するにつれて医療放射線からの被曝線量が無視できなくなることを強調しておいた。広島・長崎では今、フォールアウトと共に降った雨、すなわち“黒い雨”による被曝線量を染色体異常などを指標とした生物学的線量計を使って推定しようとしているが、過去45年間に受けた医療被曝が大きなノイズとなって正確な線量推定を困難にしていることを話したら、「ソビエトではその心配はまったくいらぬ。かく言う私はまだ一度も胃のX線検査などを受けたことがない」という返事だった。その人の年齢からすれば、日本なら当然、胃集団検診の対象者になっているはずなのに、国が違えば医療行為もかなり異なるようである。

## 放射線とタバコ

医学部や歯学部で放射線基礎医学の講義を担当していると、学生の放射線に対する恐怖心があまりにも大きいのに驚くことがある。彼らは臨床の講座に入局すればいやおうなくX線を使った診療行為に毎日従事しなくてはならないし、また今日の医療はX線なしでは成り立たないことくらいは知っているはずなのに。これはおそらく原爆都市にある大学の

ためかも知れない。医学部や歯学部の学生でさえこんな状態だから一般の人が放射線を恐がるのも無理はない。まったく見も知らぬ、しかもかなり遠方の四国や関西の人から電話がかかってくることもある。「自分は最近、胸のX線写真をたくさんとられているので白血病になったためか、体がだるくて仕方がない。いったい、何回ぐらいレントゲン検査を受けたら白血病になるのか教えてもらいたい」。おそらく、この人は結核か何かで定期的なX線検査が必要だったのだろう。中には「自分は“医療被曝 Q and A”を読んで勉強しているが」と前置きして胸部X線検査の危険性についてきびしく迫ってくる人もいた。この本は放射線科の医師や技師を対象にして書かれたもので、一般人には理解するのが困難であるし、簡単には入手できないはずである。この点をただすと、主治医から教えてもらって購入したということだった。白血病など、いわゆる放射線の確率的影響には一般に「しきい線量」はないとされているので、理論的にはたとえわずかな放射線でも被曝すれば有害ということになる。胸部X線検査一回分の被曝線量は皮膚線量にして約1シーベルト、これは一年間の自然放射線量とほぼ同じである。これが有害であるとは考えられないが、本当のところは誰にもわからない。しかし、このような回答では質問者は納得してくれないので、もっと身近な例をあげて説明することになっている。アメリカの疫学者の計算によれば、一回の胸部X線検査による白血病死の可能性は $2 \times 10^{-7}$ （つまり1,000万人に2人）で、これと同等の危険率を示すタバコの量は1.5本であるとされている。したがって、一日に20本入りタバコを一箱吸う人は一日に胸部X線検査を13回受けているという計算になる。どんなにX線検査が好きでも一日にこれだけたくさん受ける人はいないでしょうと言えば電話は直ちに切れる。胸部検

査の場合はこの程度の話で終わるが、一番困るのが、妊娠を知らずに胃のX線透視検査を受けた人が、子供を生むべきかどうか、という極めて切実な問題を質問してくるときがある。幸い「10日規定」を知っている人が多くなったためか、最近はこの種の質問は非常に少なくなった。一回の胃X線検査では皮膚線量にして約50シーベルト（昔の単位なら5レム）を被曝するが、これが受精後2～8週の器官形成期の胎児に照射された場合はかなり危険だろうということが予想される。胎児期に原爆に被曝した人には極度の知恵遅れが多発していることを考えるとなおさらである。

#### 放射線ホルミシス

最近、イギリスのオックスフォードに本部がある国際放射線防護委員会（ICRP）では、原子力発電所や医療用あるいは研究用の放射線施設で働いている放射線業務従事者の被曝線量限度を現行の年間50シーベルト（5年間なら250）から5年間で100シーベルト（年間平均20）を超えないようにすることを勧告する案をまとめ、近々、世界各国に通知することになっている。これは現行の被曝線量限度の約3分の1に相当する。この基準が適用されると、放射線業務従事者が仮に2年間続けて年間50シーベルトを被曝したとすると、以後の3年間は放射線業務に従事できなくなる。なぜ、このように被曝線量限度を引き下げることにしたのか。ICRPが広島・長崎の原爆被爆者について放射線の影響を再評価した結果、低線量放射線の危険性は最新の勧告が出された1977年当時に考えられていたものより約3倍高いことがわかったためである。日本の政府はもちろんのこと世界の多くの国ではICRP勧告が出されるたびに放射線の取扱いに関する法令の改正を行っており、近々さらにきびしくなることが予想される。ところが、これだけ権威のあるICRPが数

年前から放射線ホルミシスに関する研究論文に関心を持ちはじめたから話がややこしくなってきた。放射線ホルミシスの定義は国際的に必ずしも合意があるわけではないが、要するに低線量放射線の有益効果とか生物刺激効果、あるいは適応修復効果などと呼ばれている現象である。ホルミシス (hormesis) とは、多量のときは毒性を示す物質や作用源が少量のときは生体に刺激効果を与えるという意味で、ホルモン (hormone) と同じ語源である。つまり、放射線ホルミシスとは少量の放射線なら、むしろ有益だということで、われわれが今まで考えてもみなかった現象のことをいう。私自身がずっと以前に聞いた話で、マウスに放射線照射すると寿命の短縮 (がんによる死亡などを含んでいない) がおこるが、年をとったマウスに放射線を照射すると、むしろ延命効果が見られたという実験結果がある。その理由は放射線照射によって代謝が活性化されたためではないかという説明がなされていたが、これが放射線の刺激効果あるいは有益効果というのであれば話がわからないこともない。

ところが今年の10月下旬、仙台市で開催された第33回日本放射線影響学会の特別講演で、広島原爆被爆者にも放射線ホルミシスを示すデータがある、と報告されたので無関心ではおれなくなった。彼は外国から招待された speaker で、放射線影響研究所 (放影研) から公表されたデータのうち、広島における1950-1978年の間の白血病を除く他のすべてのがんによって死んだ被爆者の頻度と被爆線量との関係を示す図 (H. Kato, et al., Health Physics, 52, 645-652, 1987) を使って、被爆線量が6.9 $\mu$ Sv/Grayでは非被爆者群よりも死亡率が低くなっていることを指摘し、これは明らかに放射線ホルミシスであると話した。確かに平均値は低下しているが、それには大きな平均誤差がついており、また対照群の選

び方によっては6.9 $\mu$ Sv/Grayにおける平均死亡率の方が高くなる可能性もある。それに6.9 $\mu$ Sv/Grayより線量が若干前後するだけで死亡率が対照群より上昇することがあるので決して放射線ホルミシスではないと放影研の人たちは反論していた。原爆被爆者の場合は非被爆者に比べて定期検診で種々の疾病を早期に発見しかつ十分な治療が行われているので、非被爆者とは単純には比較できない。一方、中国の広東省には自然放射線の量が他地区より3倍くらい高い地区があることが昔から知られている。中国政府では、この地区と対照地区の住民約6万人に対して健康調査を10数年前から続けている。今までの報告では、自然放射線量の高い地区における発がん率は対照地区よりもむしろ低い傾向にある。では本当に低線量では発がん抑制効果があるのだろうか、もしそれが事実なら放射線による発がんには、「しきい線量 (threshold dose)」があるはずである。つまり、この線量以下なら安全だという線量である。これは今までの概念とまったく相反する。もしICRPがこのような報告を容認すれば、線量限度はむしろ緩和される方向にいく可能性がある。

実際、低線量の放射線が人にとって有害かどうかを判定するためには大規模な疫学的研究を行わなくてはならぬ。今までにそんな研究はどこにもない。ならば、大量の動物や培養細胞を使った低線量照射実験のデータがあるかと問われるとはなはだ心もとない。なお低線量という概念は人によって違い、ある人は50 $\mu$ Sv/Gray以下をいい、また他の人は10 $\mu$ Sv/Grayまたは5 $\mu$ Sv/Gray以下のことを言っている。マウスや細胞を使った発がん実験、あるいは致死効果実験でも10 $\mu$ Sv/Gray以下の線量域で線量・効果関係を正確に求めることは大変むづかしい。たいていの場合、高線量域から線量“0”における値にむかって「えい！」とばかりに外挿している。このため、

線量0から10<sup>2</sup>グレイぐらいまでの範囲で一体どのようなことがおこっているのかよくわかっていない。したがって、放射線ホルミシスがこの辺りの線量でおこっているといわれても誰も反論ができない。一方、数<sup>2</sup>グレイの放射線を照射しただけでホルミシス効果を実験的に検出することはもっとむつかしい。ところが最近、大変巧妙な実験方法が開発され、今は多くの人がそれと類似の方法で実験を行っている。最初に発表された論文では、人の末梢血リンパ球に0.5~1<sup>2</sup>グレイの低線量X線を照射し、34時間後に150<sup>2</sup>グレイ照射して染色体異常（主として chromatid deletion）を指標）の頻度を調べたところ、150<sup>2</sup>グレイ単独照射に比べて低線量で前照射した場合は異常頻度が約半分だったことが報告された。その後、前照射に用いる放射線をトリチウム・ベータ線にかえても、あるいは過酸化水素（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）を使ってもX線150<sup>2</sup>グレイ単独照射に比べて染色体異常の頻度が明らかに低かった。さらに、ベータ線で前照射した後、X線にかえてプレオマイシンやマイトマイシンCのような制がん剤を使っても、前照射することによって染色体異常が低下することがわかった。このような結果を最初に報告した人はホルミシスという言葉を使わずに、適応修復（adaptive response）が低線量照射で誘発されたと説明している。その理由は、低線量前照射後にDNA修復に必要な poly（ADP-ribose） polymerase の阻害剤である3-aminobenzamide を2mM 加えると適応修復がおさえられて前照射の効果は完全に消失すること、また蛋白合成阻害剤の cycloheximide（10<sup>2</sup>μg/ml）を加えても同様に適応修復が抑制されることがわかったからである。これらのことから低線量前照射によって修復酵素が新しく合成されるのではないかと考えられている。なお、人のリンパ球を使って染色体における適応修復をみるためには PHA を

加えることが必須条件であることが最近わかった。以上のように、染色体レベルでは放射線ホルミシスと思われるような現象が見出されているが、細胞の生存率を指標にした場合はまったく報告されていない。

このような少線量照射を前もってやっていた方がよいということをもうすを使った実験で確認し、さらに人にもそれを適用して多くの成果をあげているところがある。東北大学の放射線科では独自にこの方法を開発し、がんの放射線療法に利用している。すなわち、がん患者の全身をまず10<sup>2</sup>グレイ照射して、その人の免疫能を高めておいて、その後1日2グレイを合計30回照射（60グレイ）という通常の放射線療法を行っている。この方法でがんの治療成績がぐんと上昇して全国から多数の問い合わせがあるらしいが、この方法を開発した人の話では、すべてのがんに効果があると言っているわけではないし、これが放射線ホルミシスだといわれるのも迷惑だということである。しかし、この研究がきっかけとなって、マウスやラットに対する低線量全身照射の研究が各地で行われており、がんの転移が抑制されること、脾細胞の幼若化反応が亢進されること、マウスのLD<sub>50</sub>値が上昇すること、などが報告されている。今後、この種の研究はさらに増すものと思われるが、多くの研究に電力会社関係の人が共同研究者として参加しているのは少々気になることである。

一般に放射線の照射はかなり微量でも正確に照射することは物理的に可能であるが、問題は生物側が微量の放射線の変化に比例して正確に反応するかどうかである。生きている生物体内の変化によって微量放射線に対する反応がかわってくる可能性もあるので、あるいは有益な効果が現れるかも知れない。既成の概念にとらわれずに放射線ホルミシスという現象を正確に把握しておくことも意義があるのではないだろうか。