



## 第5章 放射線とがんの関係

放射線を大量に受けるとがんになる率が増すことは、広島・長崎の原爆被ばく者の調査や動物実験を重ねるうちに明らかになってきました。私たちは普通の生活をしていてもある確率でがんになりますが、たくさんの放射線を受けた場合はその率が高まります。放射線の量とがんの増え方の関係については、原爆被ばく者の調査でよく調べられています。ただしこれは瞬時に放射線を受けた場合のもので、同じ量の放射線でもゆっくり受けた方が影響はかなり少なくなります。

### 広島・長崎の調査結果

広島・長崎の原爆被ばく者の中から早い時期に白血病の患者が出ました。そのほかの人もいわゆるがん年齢になったとき、被ばくしなかった人たちよりも高い率でがんになっています。私たちは普通の生活をしていてもある確率でがんになりますが、広島・長崎の場合のように大量の放射線を受けると、ふつうの人よりもがんになる率がわずかですが高まります。

広島や長崎では、被ばくしたときに爆心地からどのくらいの距離にいたかなどによって、どのくらいの量の放射線を受けたかが推定できます。そして、これらの人のその後を追跡することにより、どのくらいの線量を受けると、被ばくしていない人に比べてがんの発生がどの程度増えるかが分かります。

常識的には線量が高くなるほど、がんの発生率が高まると考えられます。調査の結果もそれを裏づけています。原爆被ばく者の健康影響を日米共同で種々の側面から調査している放射線影響研究所では、原爆被ばく者12万人を対象に、1950年からこのような追跡調査を行ってきました。その結果、200ミリシーベルト以上の放射線を受けた場合は、線量が増えるにしたがってがんになる人が増えていることがはっきりしたのです。※

※ 下線部の記載につきましては、本書発行（最終改訂：2000年11月）以降に以下の新たな知見が得られております。広島や長崎で原子爆弾に起因する放射線を受けた方々の追跡調査の結果からは、100mSvを超える被ばく線量では被ばく量とその影響の発生率との間に比例性があると認められております。一方、100mSv以下の被ばく線量では、がんリスクが見込まれるものの、統計的な不確かさが大きく、疫学的手法によってがん等の確率的影響のリスクを直接明らかにすることはできない、とされています。

詳細は原子力安全委員会のホームページ「低線量放射線の健康影響について」  
(<http://www.nsc.go.jp/info/20110526.html>) をご参照ください。

## 白血病

広島・長崎の調査によると、高線量の場合被ばく線量が多くなるにつれて白血病の発生率が高まることが分かりました。白血病の発生率は被ばく後5年から10年くらいのときが最も高く、その後時間の経過とともに低くなっています。また被ばく時の年齢が若い人ほど白血病になる率が高くなっています。

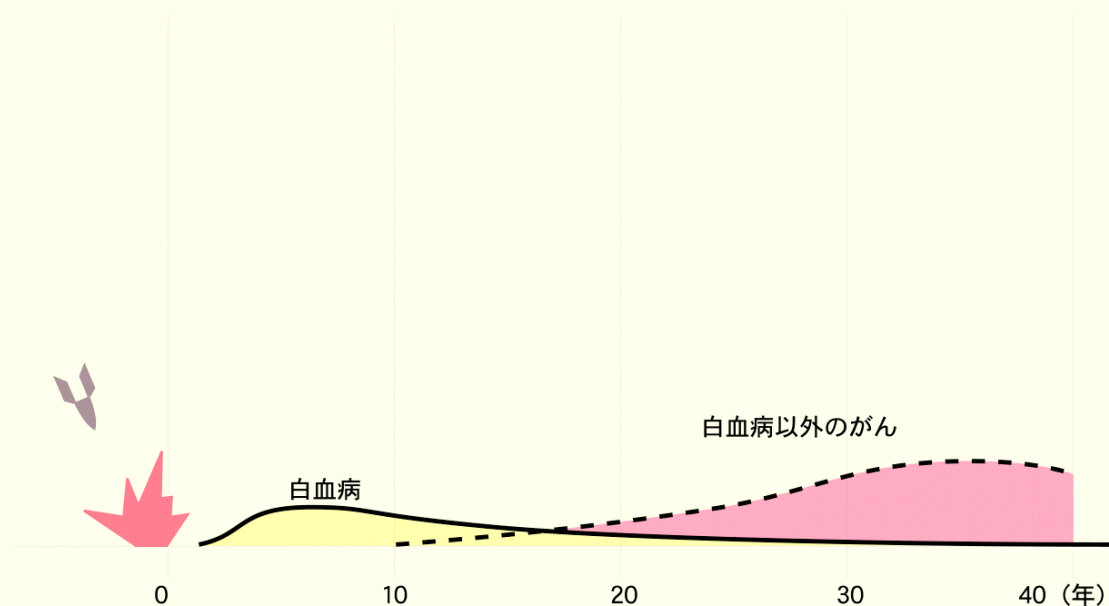
白血病の中でも急性リンパ性白血病、急性骨髄性白血病、慢性骨髄性白血病は、線量に比例して増加しています。一方、慢性リンパ性白血病と成人T細胞白血病には線量との関係はみられていません。

## 放射線との関係がみられるがん

白血病以外のいわゆる固形がんと呼ばれるがんについては、放射線との関係はどうなっているのでしょうか。

広島・長崎の調査では、乳がん、甲状腺がん、消化器（食道、結腸、胃、肝臓）がん、肺がん、卵巣がん、皮膚がん、膀胱がんなどについて、高線量の場合、線量に比例してがん発生が増加しています。また、これらのがんの増加は、被ばく後10年目ぐらいから始まり、現在も続いています。

### 原爆放射線誘発がん発生の時間的経過



## ◎放射線との関係がみられないがん

膵臓がん、胆嚢がん、直腸がん、子宮がん、骨肉腫などでは、原爆の放射線による発生の増加は認められていません。

## ◎放射線の量とがんの発生率

放射線をたくさん受けた人が、少し受けた人たちよりがんの発生率が高い場合、線量反応関係があるとといいます。

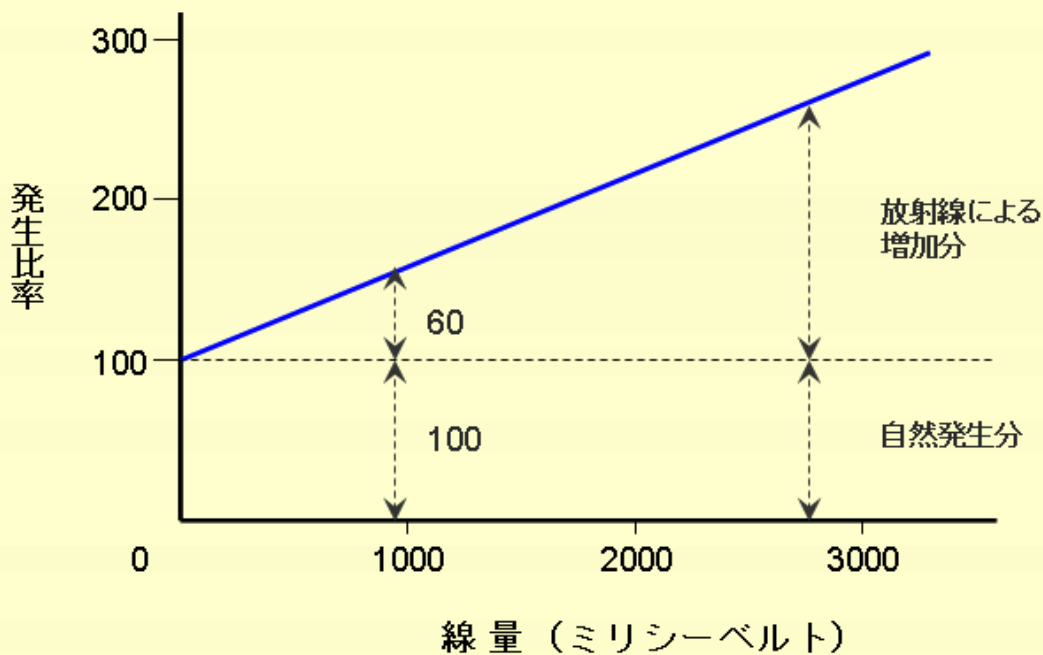
広島・長崎の原爆被ばく者についてのがん発生率調査では、全部の固形がんの合計でみると、200ミリシーベルト以上の高線量では線量の増加とがん発生率の増加が比例的な関係にあります。※これはいわゆる直線的な線量反応関係であり、線量が1,000ミリシーベルトの場合、がんの増加発生率は自然発生率の60パーセントの大きさでした。

※ 下線部の記載につきましては、本書発行（最終改訂：2000年11月）以降に以下の新たな知見が得られております。

広島や長崎で原子爆弾に起因する放射線を受けた方々の追跡調査の結果からは、100mSvを超える被ばく線量では被ばく量とその影響の発生率との間に比例性があると認められております。一方、100mSv以下の被ばく線量では、がんリスクが見込まれるものの、統計的な不確かさが大きく、疫学的手法によってがん等の確率的影響のリスクを直接明らかにすることはできない、とされています。

詳細は原子力安全委員会のホームページ「低線量放射線の健康影響について」  
(<http://www.nsc.go.jp/info/20110526.html>) をご参照ください。

### 放射線の量とがん発生の関係（全固形がん）



UNSCEAR 1993報告

固形がんの中で、線量との関連が強い乳がん、肺がんについてみると次の通りです。乳がんは他のがんよりも感受性が高く、1,000ミリシーベルトの線量で増加発生する分が自然発生の1.6倍となります。この場合結果として、合計の発生数が自然発生の2.6倍になります。肺がんは1,000ミリシーベルトで増加発生は自然発生と同じです。つまり合計で2倍となります。

白血病は、前に述べたように線量が多くなると発生率が高くなりますが、その関係は次の通りです。

- ・線量の低い場合は、発生率は線量の増加に応じて直線的に増加。
- ・線量が高い場合は、発生率は線量の2乗に比例して増加。

また発生率は線量だけでなく、被ばくしたときの年齢、被ばく後の経過年数によって大きく異なりますが、平均すると1,000ミリシーベルトで、自然発生率の4.4倍の増加がみられました。

これを被ばく時の年齢別にみると、20歳以上で被ばくした人の平均が3.7倍であるのに対して、20歳未満が6.1倍であり、若い人の方に多く発生しています。

自然発生の2倍だとか3倍というのと、これは大変だと思われるかもしれませんが、ここで述べた1,000ミリシーベルトという線量は通常受けることのないような大量の線量であり、心配する必要はありません。ちなみに、日本の医療診断の被ばく線量が1人当たり年平均2.25ミリシーベルトであることを思い出していただければ、その大きさが分かると思います。

1000 ミリシーベルトの被ばくによるがん発生比率

単位(%)

	全がん	乳がん	肺がん
自然発生	100	100	100
増加分	60	160	100
合計発生	160	260	200

## 急激な被ばくと緩やかな被ばく

同じ量の放射線でも、急激に受けた場合（急照射という）と少しずつ時間をかけ緩やかに受けた場合（緩照射という）とでは、あらわれる影響の度合いが異なります。ゆっくり受けたほうが影響が小さいのです。

この現象は動物実験ではっきり認められます。例えば、実験動物に3,000ミリシーベルトを1分間という短時間に一度にかけた場合と、1日当たり10ミリシーベルトずつ300日にわたって合計3,000ミリシーベルトかけた場合とでは、同じ3,000ミリシーベルトでもがんになる率は異なります。毎日少しずつ放射線を受けた場合は、一度にかけたのに比べて3分の1～10分の1くらいしかがんになりません。

これは少しずつ時間をかけてあてた場合は、いったん細胞の遺伝子が傷ついても、細胞が本来もっている修復機能によって元通りに回復させる余裕があり、一度に大量の放射線をあてた場合よりもがんになる率が少なくなるのだろうと考えられています。

## 低線量の放射線の影響

広島・長崎の原爆被ばく者の調査でも、前に述べたように低線量ではがんが余分に発生したというような明確な結果は出ていません。それでは放射線とがんの関係では200ミリシーベルトがしきい値で、それ以下ではがんは起きないといえるのでしょうか。※

一般的に、生物に対する毒物の作用にはしきい値があり、しきい値以下の量ではその効果があらわれないことが認められています。放射線とがんの発生の場合にはどうでしょうか。毒物と同じことがいえるかどうかについては、諸説あって今のところ明確になっていません。

国際放射線防護委員会（ICRP）は、がんや遺伝的障害についてはしきい値がないと安全側に仮定して、放射線の防護基準を検討しています。その考え方は次のようなものです。

すでに述べたように、がん化の始まりは細胞の中にある遺伝子に起こった変化です。これが数年あるいは数10年という潜伏期を経て、がん細胞に変化する可能性があります。放射線は遺伝子を変化させる作用があるので、低い線量では極めて低い確率と思われませんが、がんを誘発する原因になり得ると考えられないこともありませ

※ 下線部の記載につきましては、本書発行（最終改訂：2000年11月）以降に以下の新たな知見が得られております。広島や長崎で原子爆弾に起因する放射線を受けた方々の追跡調査の結果からは、100mSvを超える被ばく線量では被ばく量とその影響の発生率との間に比例性があると認められております。一方、100mSv以下の被ばく線量では、がんリスクが見込まれるものの、統計的な不確かさが大きく、疫学的手法によってがん等の確率的影響のリスクを直接明らかにすることはできない、とされています。

詳細は原子力安全委員会のホームページ「低線量放射線の健康影響について」

(<http://www.nsc.go.jp/info/20110526.html>) をご参照ください。

ん。したがって、しきい値はない、という安全側の仮定をしているわけです。このことに関しては第14章でもう一度詳しく説明します。

### 放射線によるがん発病への道のり

放射線も遺伝子に変化を起こすものの一つです。これまでの説明と多少重複するかもしれませんが、この点についてもう少し細かくみてみましょう。

放射線が遺伝子にあたると、遺伝子を構成している原子と原子の間の結合をはずす作用が働きます。これを遺伝子の損傷と呼んでいます。しかし、この遺伝子の損傷は比較的短時間に修復されます。この修復を正しく行うのが細胞の中にある修復酵素の働きです。放射線の量が少ないときは修復も問題なく行われ、数10分から数時間の間にもとに戻ります。

しかし放射線の量が大きく、遺伝子の損傷がたくさん同時に起きた場合は、影響が出てくることも考えられます。全部の損傷が正しく修復されず、なかには間違って修復されるものが出てくる可能性もあります。

遺伝子は非常に長い分子で2本の鎖で連結されています。(遺伝子の構造については第6章参照)一方の鎖だけの切断の場合は正しく修復できるような仕組みができています。2本鎖の切断も1カ所だけならば問題ありません。しかし2本鎖の切断が多数カ所同時に発生すると、ある部分が遺伝子全体のつながりから外れてしまったり、あるいはもとと逆につながれたりといった間違いが起こります。

そのようなことが起こると、細胞の死滅や機能の変化が起こります。そしてごくまれですががん遺伝子ができたり、がん抑制遺伝子の損傷が起こったりする可能性があるわけです。通常私たちが受けている程度の放射線ならば全然問題ありませんが、大量の放射線を受けると影響が出てくるのが考えられるわけです。