

第6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・長崎の原爆被爆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一定の確率でがんになりますが、体に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、原爆被爆者の調査で調べられています。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。

この章では放射線とがんの関係についてみていきます。

広島・長崎の原爆被爆者の調査

広島・長崎の原爆被爆者の中から早い時期に白血病の患者が出ました。そのほかの人に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一定の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確率（リスクと呼びます）が高まります。

広島や長崎では、原爆被爆者が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の健康状況を追跡調査することにより、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リスクがどの程度増えるかが分かります。

線量が高くなるほど、がんのリスクが高まると考えられますが、調査の結果もそれを裏づけています。原爆被爆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、原爆被爆者ら 12 万人を対象に、1950 年代からこのような疫学調査を行ってきました。その結果、およそ 100 ミリシーベルト以上の放射線を受けた場合は、線量が高くなるにしたがって、がんのリスクが少しずつ増えていることがはっきりしたのです^{参考 1}。一方、およそ 100 ミリシーベルト以下の被ばくでは、がんリスクの増加があったとしても、統計的なばらつきが大きいため、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ませんでした。

◎白血病

広島・長崎の調査によると、高線量の場合、被ばく線量が高くなるにつれて白血病のリスクが高まることが分かりました。白血病のリスク増加は被ばく後 5 年

から10年くらいのときにピークを迎え、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リスク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、線量が高くなるにしたがって増加しています。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リスク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も、放射線の影響が関係します。

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、線量にしたがってがんのリスクが増加していました。また、これらのがんのリスク増加は、被ばく後10年目ぐらいから始まり、現在も続いています。

◎放射線との関係がみられないがん

膵臓がん、子宮頸がんなどでは、原爆の放射線によるリスク増加は今のところ認められていません。

◎放射線の量とがんのリスク

受けた放射線の量とがんのリスクの関係を「線量反応関係」といいます。

広島・長崎の原爆被爆者についてのがんの罹患率や死亡率の調査では、全ての固形がんの合計で見ると、約100ミリシーベルト以上の高線量では線量の増加とがんリスク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ミリシーベルトあたり固形がん全体のリスクが自然発生（被ばくがない場合）に比べて、男女平均で約50%増えました。このことは、100ミリシーベルトの放射線被ばくで約5%増え、自然発生と放射線によるがんリスクを合計すれば、自然発生と比べて約1.05倍になることを意味します（図6-1参照）。

固形がんの中で、線量との関連が強い女性乳がん、肺がんについてみると、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あたりがんのリスクは自然発生に比べ約1.1倍増えています。この場合、結果として、乳がんリスクは、自然発生と放射線による増加分を合計すれば、1,000ミリシーベルトの放射線で約2.1倍になります。肺がんは1,000ミリシーベルトあたり自然発生の約80%増えています。つまり、自然発生と放射線による増加分を合計すれば1,000ミリシーベルトで約1.8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。

- ・線量の低い範囲では、リスクは線量の増加に応じて直線的に増加
- ・線量が高い範囲では、リスクは線量の2乗に比例して増加

また、白血病のリスクは線量だけでなく、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、自然発生と比べて約3.1倍の増加がみられました。

自然発生の2倍や3倍という、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のは通常受けることのない大量の線量で、日本人が医療診断で受ける一人当たり年平均3.87ミリシーベルトの約250倍に相当します。

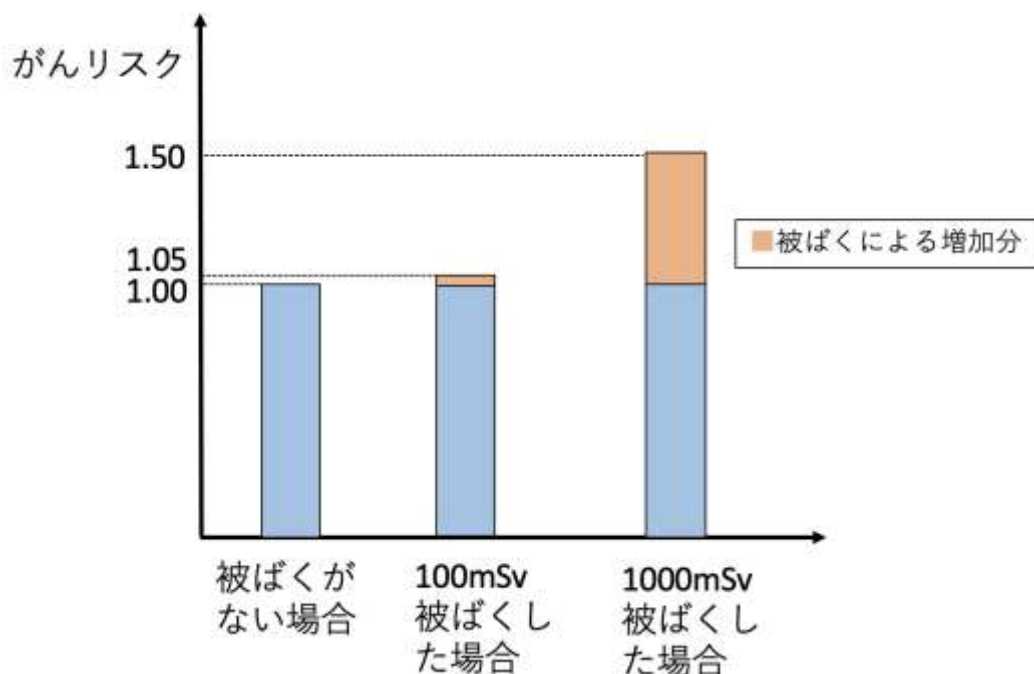


図6-1. がんリスク増加の概念図

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、あらわれる影響の程度が異なります。ゆっくり受けたほうが影響は小さいのです。

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分間という短時間で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かけた場合は、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るため、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らうと考えられています。

低線量の放射線の影響

広島・長崎の原爆被爆者の調査でも、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 100 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が、放射線の影響について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、安全のためにがんや遺伝的障害についてはしきい値がないと仮定して、放射線の防護基準を検討しています^{参考2}。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十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ることはできます。したがって、しきい値はない、という少しでも安全になるような仮定をしているわけです。

放射線によるがん発病への道のり

放射線は遺伝子に変化を起こす原因の 1 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、数十分から数時間の間にもとに戻ります。

しかし、放射線の量が多く、遺伝子の損傷が同時にたくさん起きた場合は、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 DNA という非常に長い分子の上に存在し、DNA は 2 本の長い鎖がねじれあ
った構造をしています (DNA の構造については第 3 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 本鎖の切断が多数箇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。

参考資料 (第 6 章)

- 参考 1. 原爆放射線の人体影響 第 2 版 放射線被曝者医療国際協力推進協議会
編 (文光堂)
- 参考 2. 国際放射線防護委員会、「国際放射線防護委員会の 2007 年勧告」、
ICRP Publication 103