



放射線の生物学的影響をおさらいしよう

酒井一夫 放射線医学総合研究所放射線防護研究センター

▶ 放射線の生体影響事始め

人間が放射線の存在に気づいたのは、1895年のことでした。W. C. レントゲンによって発見されたX線は、当時の物理学に大きなインパクトを与え、研究者の興味を駆り立てました。一方で、その透過性は診断の分野で強力な道具として用いられ、骨折の診断などに応用されました。キュリー夫人がX線装置を載せた自動車を運転して、第1次世界大戦の戦場を駆け回ったことも記録に残っています。

しかしながら、当時は放射線の障害作用に関する認識が乏しく、かなり無防備な状況で使用されていたようで、X線を取り扱う人々の間に皮膚障害をはじめとするさまざまな障害が認められました（このような障害作用は治療の面に適用され、放射線治療という形で今日に至っています）。

▶ 放射線の生物作用の基礎

細胞は生命活動の基本単位です。個体や組織に対する放射線の影響も、細胞への作用をもとに考えることができます。放射線の生物作用の仕組みに関する研究の結果、その根本にはDNAに対する影響のあることが明らかとなりました。放射線は直接に、あるいは活性酸素種と呼ばれる反応性の高い分子の生成を通してDNAに損傷を与えます。DNAは細胞の中で遺伝情報を担う重要な分子であり、細胞が分裂し増殖するにあたってDNAがきちんと複製され分配されないと、細胞は生命活動を維持することができなくなり、死に至ります。

一方で細胞には、DNA損傷の修復機構が備わっています。大部分の損傷は正確に修復された場合には何事もなく回復しますが、修復の際に誤りが起こると遺伝情報の喪失や変化の原因となり、細胞死や突然変異につながる場合があります（図1）。

▶ 放射線影響の分類 —— 確定的影響と確率的影響

放射線の生体影響は、線量との関係から2つに分類されています。

1) 「しきい値」のある影響(確定的影響)

体内のさまざまな組織、器官を構成する多くの細胞のうち少々が失われても、周囲の細胞が増殖してこれを補うので、問題とはなりません。線量が高くなり、失われた細胞を補うことができなくなったときに、機能や形態が損なわれ、障害として現れるのです。このような障害を「確定的影響」と呼びます。

組織の回復能力を超えて障害が現れ始める線量を「しきい値」あるいは「しきい線量」と呼びます。しきい値までは障害は観察されず、これを超えると急激に障害の頻度と重篤度が高くなります。

長年にわたる経験から、さまざまな障害のしきい値が知られています。例えば、脱毛は3000 mGy、不妊については男性の場合 3500 ~ 6000 mGy、女性の場合 2500 ~ 6000 mGy、造血機能の低下が 500 mGy などです。

2) 「しきい値」がないと仮定されている影響(確率的影響)

多くの細胞が失われて初めて障害が生じる「確定的影響」に対して、たった1個の細胞に起こる変化が原因になりうると考えられている影響を「確率的影響」と呼びます。遺伝的影響とがんがこれに分類されます。

遺伝的影響は、被ばくした人の生殖細胞の遺伝子に変化が生じた結果としてその子供に現れる影響のことを指します(これに対して、被ばくした本人に現れる影響のことを「身体的影響」と呼びます。紛らわしいですが、胎児への影響は胎内にいる“本人”が被ばくしたことによる影響なので、遺伝的影響ではなく、身体的影響に分類されます)。がんは、細胞の増殖に関与する遺伝子に変化が起こり、正常の増殖の制御を逸脱して増殖を続けることによって生ずると考えられています。

確率的影響は、1個の細胞の中の遺伝子の変化が原因になりうること、また、遺伝子の損傷は線量に比例して生じることから、どんなに微量であってもリスクが増加する、すな

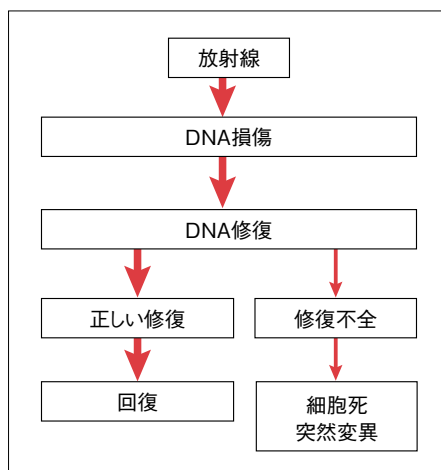


図1 放射線の細胞への作用