

放射線低線量長期被ばくのリスク

高エネルギー加速器研究機構 川合 将義

2011年3月の原発事故後、避難指示の放射線線量率を巡って議論があった。ICRPは、年間追加被ばく20-100ミリシーベルトの適当なレベルだと勧告している。しかし、内閣府参与の涙の会見もあって、最低の20ミリシーベルトに決まった。そして、原発から20kmの避難準備区域に加えて10km広げた30km以内と上記線量率を上回る地域に避難指示が出された。その際に家畜や犬猫などの持ち出しは許されず、多くが家畜小屋に放置されて餓死することになった。これまで、広島・長崎原爆被ばく者の疫学調査の結果から100ミリシーベルト当たりのリスクは、0.5%とICRPは評価している。これは、瞬間的な被ばくの話である。人には、「損傷したDNAの修復」に加えて、修復エラーした細胞が自死する「アポトーシス」とさらに生き残った異端分子であるがん細胞を捕殺する「免疫」機能が備わっている。そのため低線量被ばくの影響は緩いことが想像される。そこで今回、これらの防御機能を考慮して、低線量率じわじわ被ばくの100ミリシーベルトのリスクがどんなものか評価した。なお、上記の3種の防御機能の研究には、以下に示すようにどれもノーベル賞が授与されていて、学術的に確定している。: 2002年にS. ブレナー, R. ホルビッツ, J. サルストンの3博士に器官の発生とアポトーシスの遺伝制御研究でノーベル生理学医学賞が、2011年にB. A. ボイトラー, J. A. ホフマン, R. スタインマンの3博士に自然免疫の活性化に関する発見と獲得免疫における樹状細胞とその役割の発見したことでノーベル生理学医学賞が、2015年にT. リンダール, P. モドリッチとA. サンカーの3博士に損傷DNA修復機能の研究でノーベル化学賞が授与された。

経緯

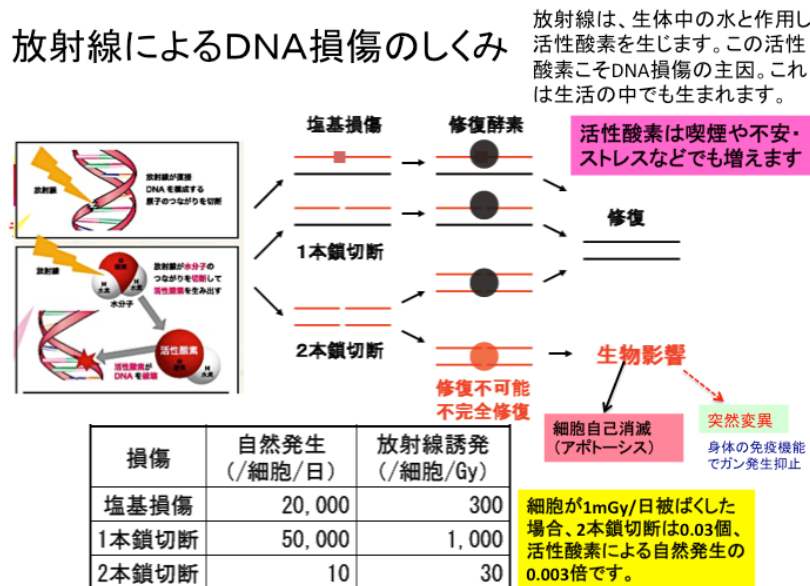
筆者は、これまで広島・長崎の原爆被災者の疫学データに基づいて放射線被ばく評価を行い、1ミリシーベルトのリスクとして 4.5×10^{-7} /年を報告してきた(放射線1ミリシーベルト—そのリスクの科学的説明、Energy Review 2015-6, pp. 16-19)。それに対して、長期間被ばくしたらどうなるかという質問から、100ミリシーベルトについても評価しろとの意見が寄せられていた。これらの人が求めるのは、低線量率での長期間のいわゆるじわじわ被ばくである。筆者は、医者でもなければ放射線生物学者でもないの、そうした人が報告しているデータを精査して、評価するしかない。そのためには、何が利用できるか考えてみた。そのデータは、意外と身近にあった。以下にそれを紹介する。

評価方法

生命の誕生は、海洋の形成とグリーンランド見つかった古い堆積岩の中の炭素同位体比を証拠に38億年前と言われている。その生物は、熱水噴出口で見つかる嫌気性の細菌であったと考えられている。35億年前になると炭酸同化作用での光合成により自ら栄養（澱粉）を作り出し、それを酸素呼吸で活用できるシアノバクテリアが生まれた。酸素は、エネルギー効率から考えると非常にすぐれた元素である。これを利用することで、生物は単細胞から多細胞に、さらに植物や動物に進化した。一方、酸素は生物にとって、非常に高い毒性を持つ。そのため、生物は進化の過程で活性酸素に対する防御能力も高めてきた。それが、損傷DNAの修復機構であり、アポトーシスや免疫もそうである。そのような能力があることで人の自然発ガンは抑えられている。それでも、死因の30%を占めている。結局、このがん死亡率こそ、人のがん抑制効果も反映したものであることに気付いた。そして、がんの基になるものの自然発生量と放射線による発生量の比から推定できると。

評価結果

放射線被ばく影響も、細胞中の水と放射線の反応で生み出される活性酸素が主因になる。特に発ガンに結びつくのが、DNAの2重鎖切断である。そこで、生活で1日当たり生み出される量と比べてみる。放射線は、宇宙船において浴びる1日1ミリシーベルトを仮定する。基礎になるDNA 2重鎖切断のデータは、産業医大・放射線衛生学講座「放射線学入門」に基づくもので、自然発生は10本/細胞/日で、放射線は0.03本/細胞/mSv/日である（第1図参照）。自然発



近藤宗平「人は放射線になぜ弱いのか」>> 産業医大・放射線衛生学講座「放射線学入門」より

第1図 放射線と自然発生におけるDNAの損傷

生は一生継続くもので、その結果の自然がん死亡率は30%である。また、放射線による2重鎖切断数が自然発生0.003倍なので、放射線影響の死亡率は、0.09%と評価できた。

そこで、年間100ミリシーベルトをじわじわと生涯に渡って受けた場合の死亡率を計算すると $0.09 \times (100/365) = 0.025\%$ となる。一方、広島・長崎の原爆被災者の疫学データに基づく瞬時被ばくのリスクは、ICRPにより 0.5%と評価されているので、じわじわ被ばくの死亡率は100ミリシーベルト瞬時ひばくの20分の1という事が分かる。さらに、そのリスク係数を評価してみる。基礎とするデータは、平成30年の人口1億2600万人、死亡者数137万人である。左記死亡者のうち100mSv/年じわじわ被ばくによる死亡者は0.025%だから、その死亡者数は343人と評価できる。この年の交通事故の死者3532人に比べて10分の1である。さらに、人口10万人当たりになると0.27人であって、リスク係数は、その相対割合の 2.7×10^{-6} と算出できる。とにかく、最近の交通事故に比べてもリスクの低いことが分かる。このように、我々はDNAの修復機能や免疫などの防御機能によってしっかり守られていると言える。

あとがき

上記の評価を容認できれば、避難指示の基準は100ミリシーベルト/年で良かったと言えよう。図2に事故1ヶ月後の放射線の空間線量率を示す。この図において実際に避難指示が出たのは、概ね30kmの円周内と黄色で示した部分であるが、100ミリシーベルト以上とした場合、赤色で示した部分だけで収まることになる。このことが分かれば、住民避難も少なく済み、さらに牛馬を始めとした家畜も無駄死にさせずに済んだ。また、避難に伴う自然荒廃も限られて、福島が早く復興できていたものと思われる。そして、1兆円を越える除染費用の多くは、真に福島のため

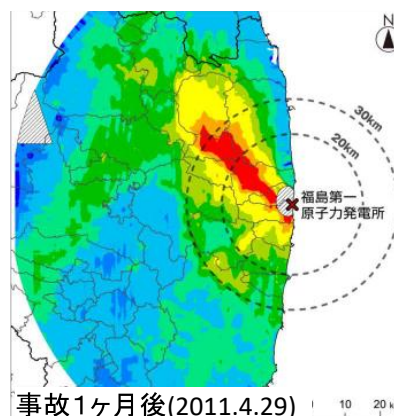


図2 事故1ヶ月後の空間線量率。年間100ミリシーベルト超えは赤色地域のみ

めに役立ただろう。さらに、大量に残された除染廃棄物の処分問題も軽減できた。こうした事態を再び招かないためにも、じわじわ被ばくのリスクを正しく認識して頂きたい。

なお、上記に参照したデータに絡んで、放射線は0.04本/細胞/mSv/日(NCRP)とDNA損傷の自然発生量が100万-1万個/細胞/日であることが、環境省が編纂した「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料」に載っていて、今回参照したデータと矛盾するものでないことも報告する。
(平成31年1月31日、3月4日修正)