

## 低レベル放射線の健康影響

2009年6月作成

日本原子力学会

保健物理・環境科学部会

放射線による健康影響は、放射線防護の観点から、大きく2つに分類することができる。「確定的影響」と「確率的影響」と呼ばれるものである。前者は、ある放射線の量（以下線量という）を超えて被ばくしなければ発生しないような影響である。この線量（「しきい線量」と呼ばれる）を超えて高線量を受ければ、ほとんどの人に影響が発生し、被ばくの線量が大きくなるとともに、現れる障害の程度が重くなる特徴がある。確定的影響には、不妊、造血能の低下（リンパ球の減少）、皮膚の障害、脱毛、胃腸管の障害、神経障害などがあるが、それぞれのしきい線量は障害の種類によって異なる。これらの障害のうち最も低いと考えられるしきい線量はおよそ100 mGy（ミリグレイと読む）（注1）である。

後者の「確率的影響」には、がんの発症と被ばくした個人の子孫に生じる遺伝性影響がある。その影響は、その発生する確率が、被ばくした線量とともに増える点が特徴的である。確率的影響は、被ばくした全ての人に必ず発生するわけではないので、その確率を評価するには、人数の大きな集団を用いて調査しなければならない。確率的影響のリスク評価を行うために、約12万人の広島・長崎の原爆被爆者集団、チェルノブイリ事故の被災者集団、医療上の被ばくを受けた患者の集団等の追跡調査から得られた疫学データが用いられている。<sup>1) 2)</sup> これまでに主に固形がんの発症に関するデータが詳細に解析され、この結果が軸となり、安全裕度をもって放射線防護のさまざまな基準が整備されている。遺伝性影響の発生については、原爆被爆者や放射線治療を受けた集団の子孫において、統計学的に有意な増加は認められていない。しかし、動物実験の結果では遺伝性影響の増加が報告されているため、そのリスクも安全基準の策定の上で十分に考慮されている。

低レベル放射線の健康影響を考える場合、実効線量で100 mSv（ミリシーベルトと読む）（注2）以下の線量ではがんや遺伝性影響といった確率的影響だけが対象となる。低レベル放射線によるがんのリスクを評価する場合は、主に広島・長崎の原爆被爆者集団の疫学調査の結果を用いているが、線量とがん発生の関係はおよそ100 mSv以上では、ほぼ直線的に線量とともにリスクが上昇することが明らかである。しかし、100 mSvより低い線量では、直線的にリスクが上昇するかどうかは明らかでない。また原爆のように短い時間に高い線量を受ける場合に対して、低い線量を長時間にわたって受ける場合（低線量率の被ばく）の方が、被ばくした総線量が同じでも影響のリスクは低くなるような傾向が、実験動物や培養細胞の実験研究で明らかになっている。低線量や低線量率で効果が低くなる程度を示す値として線量・線量率効果係数（DDREF）が用いられる。例えばDDREFが2である場合は、低線量・低線量率のリスク係数（単位線量当たりのリスク）が高線量での値の2分の1であることを示す。国際放射線防護委員会（ICRP）では、低線量の放射線被ばくのリスクを推定する場合、このような科学的な情報をもとに、放射線による確率的影響は、線量と反

応が比例するしきい値なしの直線モデル（LNTモデル）を放射線防護の目的に採用し、その最新の主勧告であるICRP2007年勧告<sup>3)</sup>においてもLNTモデルの利用の妥当性を説明している。この勧告では、これまでの広島・長崎の原爆被爆者集団などの調査研究の結果をもとに、このLNTを用い、DDREFの値を2として推定したリスク係数を1 Svあたり5.5%(成人のみの集団では4.1%)であるとしている。例えばICRPの公衆の1年間の線量限度である1mSvを10万人の集団が受けた場合、生涯で約5人ががんで死亡すると推定されることを示している。現在の我が国の放射線障害防止に関する法令の基準はICRP1990年勧告<sup>4)</sup>の基準に準拠しているが、2007年勧告では1990年勧告で示されたリスク係数と大きな変化はないとし、線量限度など主要な基準値は変更されなかった。

低レベルの放射線のリスクを推定する場合にLNTモデルを用いることの是非の議論がある。フランスの科学アカデミーと医学アカデミーは共同でまとめた報告書<sup>5)</sup>で放射線によるがんのリスクに実質的なしきい値があると主張している。それによると、放射線生物学の研究成果から、損傷を受けた細胞の排除される機構があることや、疫学においても白血病の発症する頻度と線量が直線関係ではではないことなどから、100 mSv以下の線量域では、LNTモデルを適用することはリスクを過大評価することになるとして、しきい値の存在を示唆した。それに対して米国国立アカデミーのBEIR（電離放射線の生物学的影響に関する委員会）VII報告書<sup>6)</sup>では、どんなに低い線量でもDNAの損傷が生じ、それは確率的に突然変異とがんに関連することから、リスクと線量の関係はLNTで記述できるとして、フランス科学・医学アカデミーと相反する結論を示している。これら議論を踏まえた上で、ICRPは、リスク管理の実用的な目的のために、DDREFの判断した値とLNTモデルを組み合わせ採用することが妥当であると考えている。

最近の原爆被爆者、放射線治療患者やチェルノブイリ事故処理作業員などの健康影響調査研究では、がんだけでなく、心臓疾患、脳卒中、消化器疾患、及び呼吸器疾患などのがん以外の疾患についても線量とともに増えることが報告されているが、その発生の機構についてはまだ説明が難しい。ICRP2007年勧告ではこのがん以外の疾患のリスク増加については、約500 mSvにしきい値があるとしても矛盾がないとし、現時点では低レベル放射線の被ばくによるリスクの推定に含めないと判断している。

胎児の胎内被ばくについて、ICRPは実際の目的から、100 mGyをはるかに下回る線量での被ばく後の奇形発生リスクはないと判断している。出生前の最も敏感な時期（受胎後8-15週間）に被ばくした後の重篤な精神的遅滞の誘発に関する原爆生存者データから、この影響が発現するためのしきい線量は最低300mGyであり、それ以下の線量ではリスクは存在しないとしている。

## 参考文献

- 1) UNSCEAR 2000 年報告書、電離放射線の線源と影響, 2000.
- 2) UNSCEAR 2006 年報告書 , 電離放射線の影響, 2008.
- 3) ICRP Publication 103:ICRP2007 年勧告, 2007.
- 4) ICR Publication 60:ICRP1990 年勧告, 1991.
- 5) フランス科学アカデミー:「低線量電離放射線の発がん影響評価と線量効果関係」、2004
- 6) 米国科学アカデミー、BEIR-VII 報告書「低レベルの電離放射線の被ばくからの健康影響」, 2006

## 注 1

mGy は、ミリグレイと読み、放射線を受けたエネルギーの量を表す吸収線量の単位である。物質や人体組織に放射線が照射した場合、1kg 当たり 1 J のエネルギーが与えられた場合の吸収線量が 1 Gy であり、その千分の一の場合 1 mGy である。

## 注 2

実効線量とは、放射線防護の目的で用いる被ばく線量である。同じ吸収線量を被ばくする場合でも、全身に受ける場合と一部の臓器に受ける場合ではリスクが異なる。そこで、実効線量は、それぞれの器官・組織に受けた線量を放射線による主のがんや遺伝性影響の起こりやすさで重み付けをして加算することにより、全身での総合的ながんのリスクに対応した線量を示している。全身にガンマー線や X 線が 1 mGy 当たれば、実効線量もおおよそ 1 mSv と考えればよい。単位は Sv (シーベルトと読む) を用い、1 Sv の千分の一である 1 mSv (ミリシーベルトと読む) が良く用いられる。UNSCEAR の報告書では自然の放射線により一般の人が受ける実効線量は、世界の平均値として 2.4 mSv であると報告されている。実効線量(単位: Sv や mSv)は、がんや遺伝性影響のような確率的影響に関連する被ばく線量を評価する場合に用い、確定的影響に関連する被ばく線量を示す場合は吸収線量(単位: Gy や mGy)が用いられる。