

## 低線量放射線のリスクを考える

伴 信彦

東京医療保健大学 東が丘看護学部

放射線による健康影響は確率的影響（がん、遺伝性影響）と確定的影響（組織反応）に大別され、前者にはしきい線量がないとされている。確率的影響のうち遺伝性影響については、これまでヒトに生じたという明確なエビデンスはなく、発がんに比べてリスクは小さいと見積もられている。そこで今回は、放射線発がんに着目して、最近の疫学データを紹介するとともに、LNT（linear non-threshold）モデルの意味合いについて考察する。

### 「100 mSv」の根拠

職業被ばく、医療被ばく、あるいは事故に伴う被ばく等、様々な集団に対する疫学調査が行われているが、広島・長崎の原爆被爆者に対する調査は、現在でも最も信頼性が高いものとみなされている。10万人近い集団を50年以上にわたって追跡しているという規模の大きさに加えて、老若男女あらゆる階層の人が含まれ、全身被ばくであるためすべての部位のがんに関する情報が得られる。とくに近距離被爆者に対して線量がきめ細かく評価されており、最近では腫瘍登録のデータとリンクすることで、がん死亡だけでなくがん罹患もフォローされている。これだけの特徴を兼ね備えた疫学調査は他になく、放射線疫学の分野で重要な情報源となっている。

この原爆被爆者の疫学調査のうち、死亡を指標とした調査は寿命調査（LSS: life-span study）と呼ばれる。2003年に公表された寿命調査第13報において、125 mSv以下のデータに直線型の線量反応を当てはめたとき、傾きはゼロより有意に大きく、100 mSv以下では有意ではないという結果が報告された。「100 mSv以下ではがんの増加が認められていない」と言われるのは、主にこの事実による。ただし、最新の寿命調査第14報では直線の傾きが有意になるのは200 mGy以上、2007年に発表されたがん罹患の解析では150 mGy以上となっている。したがって、「100～200 mSv以上ではがんが有意に増加するが、100 mSv以下でははっきりしない」というのが、より正確な表現である。

### 100 mSv 未満のデータ

それでは100 mSv以下の被ばくによる発がんの証拠が全くないかということ、必ずしもそうではない。小児・胎児については示唆的なデータが存在する。

最も有名なのは、オックスフォード調査（OSCC: Oxford Survey of Childhood Cancers）に代表される症例対照研究で、がんで死亡した小児と健常な小児を比較した結果、前者の方が妊娠期間中に腹部のX線検査（主にX線骨盤計測）を受けていたケースが有意に多かつ

たというものである。当時の骨盤計測による胎児の線量は 10~20 mSv 程度だったと推定されており、100 mSv 以下の被ばくによる発がんのエビデンスとして注目されている。ただし、症例対照研究ではバイアスが生じやすく、エビデンスのレベルとしては原爆被爆者のようなコホート調査に比べて劣る。

また、胸部の X 線透視を繰り返し受けた女性において、乳がんのリスクが高いという報告もある。結核の治療薬としてストレプトマイシンが開発される以前は、人工的に気胸を形成し病巣部の安静を図る肺虚脱療法が盛んに行われ、その一環として頻回の X 線透視が実施された。乳がんの有意な増加が確認されているのは総線量 1 Sv 以上においてであるが、1 回あたりの線量は 10 mSv 程度で、透視の間隔は少なくとも 1 週間以上だったという。この結果は、10 mSv 程度の被ばくが全く無害とは言えないことを示唆する。

最近、若齢で X 線 CT 検査を受けた者を対象とした疫学調査の結果が相次いで報告された。いずれも診療録とがん登録のデータをリンクさせた大規模な解析の結果、CT による数十 mSv の被ばくによって発がんが増加すると結論づけている。しかし、従来の疫学的知見との間に不整合があり、何らかのバイアスの存在、とくに reverse causation（がん化につながる何らかの異常があったために CT 検査を受けたのであって、その逆ではないということ）の可能性が指摘されている。

### LNT モデルの意味合い

放射線防護においては、ヒトの疫学データが重要な位置を占めるが、上述のとおり、100 mSv 以下の発がんについては決定的な証拠が得られていない。それでも、検出できない程度のわずかなリスクが存在するかもしれないため、ICRP は LNT モデルを採用し、中～高線量域の線量反応を低線量域に外挿するというアプローチをとっている。

一方で、生物学的には低線量と高線量で応答が異なることがわかっており、低線量域では線量反応関係が直線的にならないことは十分にあり得る。とくに、組織幹細胞のターンオーバーがあるとすれば、発がんに関しても、しきい線量が存在するかもしれない。しかし仮にそうであったとしても、がんの部位・種類ごとの発症機構の違いや、個体間の感受性差、様々な修飾要因の変動等を考えると、すべての個人・条件に適用可能な単一のしきい線量を見出そうとするのは無理がある。

結局、ICRP Publication 99 が指摘しているように、しきい値を仮定したモデルで不確かさを考慮することは、LNT モデルで線量・線量率効果係数（DDREF: dose and dose-rate effectiveness factor）の値を選択するのと本質的に変わらない。その意味で LNT モデルは、必ずしも低線量の発がんが頻度論的確率事象であることを前提とするものではなく、むしろ低線量影響の変動と情報の不確かさを反映したものと考えられる。放射線防護においては、その点を踏まえて議論することが重要である。