

低線量放射線被ばくは怖くない～ICRPの仮説 LNT の誤解を解こう～

エネルギー問題に発現する会 放射線問題提言 WG

齋藤 修、若杉 和彦、矢野 隆、西郷 正雄、富樫利男、川合 将義

放射線の被ばくは、“怖い”、“いくら少なくとも危険だ”、“ガンになる” と思っている人が多い。そのために東北産の美味しい食品を避けるように注意し、避難して不自由な生活に耐え、中には離婚までした人が実際にいる。私たち放射線利用に係わっている者にとっては、この実情を悲しく思うと同時に、どうしたら放射線の真実を国民に理解してもらえるか考えている。多くの国民が誤解しているのは、国際放射線防護委員会（ICRP）は、放射線リスクを下げる場合、経済性も含めて合理的に達成できる範囲で低く（ALARA）の精神を重視しているが、低線量被ばく影響の評価においては、放射線防護の立場から“被ばく影響は、被ばくがいくら少なくともある”と“仮定した”-ことを正確に理解していないことである。つまり、前半の“被ばく影響は、被ばくがいくら少なくともある”だけを信じて、後半の“仮定した”を忘れている。ここでは、何故 ICRP がそのような仮定をしたのかを説明する。また、この仮説は 30 年前の研究によるもので、その後の損傷 DNA の修復機能などの研究を考慮して部分的に修正すべきものとして提言する。

“被ばく影響は、被ばくがいくら少なくともある”と仮定したことについて ICRP は基本勧告の中で 100 ミリシーベルト未満の低線量放射線被ばくについて「しきい値なしの直線仮説いわゆる LNT モデルを採用することが放射線防護の予防原則に相応しい科学的な態度である」と表明している。即ち、100 ミリシーベルトより少ない被ばくによる発がんのリスクは、あまりにも小さい（むしろ発がんを抑えるとの説もある）ために、たばこ、偏った食事など他の要因で生み出された活性酸素による発ガンリスクの大きさに埋没して区別できないことが分かっている。しかし、放射線防護においては、被ばく線量に比例していくら少なくとも影響があると考えておく方が安全側であり、それが科学的な態度だとしたのである。この考え方は、機械設計で構造材に安全率を入れて強めに安全設計するのと同様である。また、ICRP が定めた一般人の被ばく限度の年間 1 ミリシーベルトを与える放射線量は、一般的な放射線検出器の検出可能な下限相当という放射線防護上のメリットもあるレベルであって、健康を

損なうレベルではないことも付言する。

しかし、ICRP の仮説「100 ミリシーベルト未満の低線量の領域で、いくら被ばくが少なくても健康に影響がある」は、多くの研究成果により、科学的に適切ではないことが判ってきた。特に福島原発事故後、福島県民の累積総被ばく推定量をもとにがんでの死亡者が何万人も出ると報道したものがあがるが、このような適用は、ICRP 勧告でも述べているように間違いであり、不安を与えるものである。当初、国はセシウム 134 の自然減衰や雨水浸透効果と除染効果による半減を考えて市町村による除染への助成を 5 ミリシーベルト以上で十分としていたのを、2011 年 10 月の佐藤福島県知事と細野大臣との会談で 1 ミリシーベルトまで拡張した。そのために 1 ミリシーベルトが（安全上の）基準と看做されて多数の県外避難を生み、除染事業で長期目標である 1 ミリシーベルト/年への拘りを招いた。これが除染費用を 1 兆円以上に肥大化させたとも言える。そして、国民の放射線被ばくに対する過剰反応とその影響の広がり配慮すると、放射線審議会が最近の研究報告を審査して LNT の問題点を明確にすることを要求したい。以下は、LNT 仮説が科学的に相応しくないことを示すと考えられる主な研究成果である。

① DNA 修復機能

放射線によって損傷を受けた遺伝子はその傷を修復する機能（損傷遺伝子修復機能）を持っている：実生活では活性酸素の攻撃により遺伝子の損傷は毎日数万件以上発生しているが、修復酵素の働きにより殆んど修復されていることはよく知られている。100 ミリシーベルト以下の低線量放射線による損傷は箇所数も少なく、活性酸素による損傷と同様 1 日程度の時間で十分修復される。損傷遺伝子の修復機能の研究で、2015 年 T. リンダール、P. モドリッチ、A. サンジャール 3 博士らにノーベル化学賞が贈られた。リンダール博士の研究は、放射線と同じ電磁波である紫外線に関するものである。又、低線量被ばくすることで、この修復機能が活性化される。これは、適応応答と呼ばれ、放射線によるがん治療でも利用される。

オークリッチ国立研究所の L. ラッセルらは、約 700 万匹のマウスを用いた放射線の低線量照射実験を行い、突然変異発生頻度が高線量率で高いことを示した。

放医研の鶴岡らは、被ばくに起因するがんと自然に発生したがんを遺伝子解析によ

り区別することが可能な特殊な発がんモデルマウスを利用して、低線量率被ばくをした一群に発生したがんのうち、被ばくに起因するがん（髄芽腫）だけの発生率を明らかにすることに成功した。また、総被ばく量が 500 ミリグレイと同じでも高線量率（540 ミリグレイ/分）で多く、低線量率（0.09 ミリグレイ/分）では少ないこと、より低線量率（0.018 ミリグレイ/分）での 100 ミリグレイでは非照射群と同様に髄芽腫が検出されない事を認めた。上記の2つの実験は、遺伝子の修復効果を示すものと解釈されている。（<http://www.qst.go.jp/topics/itemid034-001353.html>）

坂東達は、動物や植物細胞に対する放射線照射の影響として突然変異の発生頻度が、その寿命を考慮して無次元化された時間に対して一本の線で表せることを示した。そして、上述のラッセルらによる低線量照射によるメガマウス実験のデータに基づいて、放射線による変異細胞の発生とアポトーシス（下記②参照）や修復機能による減少を考慮して、変異細胞数の変化について定式化した。この理論をWAM理論と呼ぶ。この式は、放射線量率が高いほど発生頻度は高いこととともに、発生頻度が照射時間に対して飽和することを示した。

② アポトーシス作用

遺伝子損傷が大きい細胞は、生体に有害作用をもたらさないように組み込まれているアポトーシスと言われる細胞自死作用により排除される。2002年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・医学賞が与えられた。

③ 免疫力

生き残ったがんの萌芽細胞は、生体の免疫力により、異端細胞として白血球によって捕食され退治される。免疫力は若いほど強くてがん発生はないが、高齢化して弱くなることでがんになる。2011年にB. A. ボイトラー、J. A. ホフマン、R. スタインマン3博士は、「自然免疫の活性化に関する発見」、および「獲得免疫における樹状細胞とその役割の発見」をしたことで、ノーベル生理学医学賞を授与した。

④ 免疫機能活性効果とホルミシス効果

低線量放射線照射は新陳代謝を促進し、細胞の対放射線抵抗性（免疫機能）を活性化し、ガンの発生を抑制する“ホルミシス効果”が知られている⁶⁾。昔からラジウム温泉などに入浴するのは、その効果を期待したものである。この効果を示す実験例を次に示す。

- ・低線量放射線に対する生物応答：L.E.ファイネンデーゲン、M.ポリコーブ両博士は、低線量放射線により免疫細胞が活性化し、ガン化細胞を抑制してガン化を防止することを詳細に解明している
- ・低線量放射線の作用（電力中央研究所のマウス実験 A）：週に1回1,800ミリグレイの高線量照射を4週間繰り返すと90%の高率で胸腺リンパ腫が発生するが、1.2ミリグレイ/時の低線量放射線を330日間照射し続ける間に上記高線量を照射したマウスには1例もリンパ腫の発生はなかった。
- ・重症自己免疫疾患モデルマウスに対する作用（電力中央研究所のマウス実験 B）：重症自己免疫疾患モデルマウスに0.35ミリグレイ/時および1.2ミリグレイ/時の低線量放射線を照射すると免疫細胞が増加し、組織を攻撃する異常なリンパ球が減少した結果、病態が改善した。1.2ミリグレイ/時照射の方が大きな改善効果が得られた。
- ・ヒトのガン抑制：東北大学坂本名誉教授が人の胸腺リンパ腫治療に低線量放射線照射を行い、ガン抑制効果を得たものがある。100ミリグレイの低線量X線を週に3回全身に照射し、その6時間後に2,000~3,000ミリグレイ放射線を局部に照射する。この2種類の放射線照射を5週間繰り返す。この治療により既に発症しているガン腫瘍が縮小消滅した。これは免疫機能向上によると考えられている。結果として低線量全身照射を行わない高線量放射線治療の場合の胸腺リンパ腫患者の生存率は50%であるのに対して、低線量全身照射を併用した場合の生存率は84%に向上した。

⑤ 細胞内信号伝達メカニズム

京都大学渡邊名誉教授は、細胞内における信号伝達メカニズムについて研究を進め、細胞膜上にある受容体から細胞核に至るリン酸化酵素やがん抑制作用を持つP53タンパク質が介在する信号伝達の経路を特定した。この経路が20~100ミリ

シーベルトの放射線により活性化することを発見し、細胞の適応応答の発現期間と一致するのを確認した。また遺伝子の損傷とともに P53 タンパク質が増殖するとともに信号伝達の経路となることを確認した。

この研究で最近明らかになってきた細胞の適応応答の具体的な分子的メカニズムを解明することができた。

⑥ LNT 仮説の否定

渡邊京大名誉教授は、放射線発ガンの起源はDNA損傷でなく染色体異数化という新起源仮説のもとにLNT仮説を否定している。

フランス科学アカデミーは、疫学および試験管内の実験データでは非直線性を示している。また、微小線量がガンリスクを増加させるという考えは最近の科学的データを考慮していないとして LNT 理論に反対している。

⑦ LNT 仮説から離脱の動き

「低線量放射線応答モデルの安全基準への適用」を標榜する米国原子力学会及び保健物理学会共催の会議が本年(2018年)9月30日から10月3日までワシントンにおいて開催される予定である。これは、米国環境保護庁(EPA)が改訂を検討している放射線安全基準を視野に置いたもので、最近の科学的データおよび経済性を重視する方向へ改訂したいとする EPA の意向のもと学会の意見を明確にしようとするものとみられる。

現在 EPA は、放射線防護の立場で汚染された環境でのがんリスクを推定し、除染レベルを決定するために LNT モデルを用いている。これに関して、EPA の公衆健康サービス事務局主幹の J.J. カルダレッリと B.A. ウルシュが、「LNT は仮説であり、経済的、社会的に損害を与えている。我々は最近の放射線に関する生物学データを用いて考え直したい。」と論説している。LNT モデルは、電離放射線に安全な線量はないことを意味しているが、低線量率被ばくで悪影響は検出されていない。そこで、この論説では、(1)低線量放射線環境では、LNT モデルを使用し続けたいための科学的根拠を提供し、(2)LNT モデルを使用することに科学的なコンセンサスがないことを示し、

- (3) 米国環境保護庁に時代遅れの科学的情報に依存していることを認めさせ、
(4) 規制がLNTと矛盾する最近のデータを真っ当に反映していないことを示して
低線量率低線量ひばくでのLNTモデルの使用を再考すべき時だと論じている。

特に、この論説では、福島からの教訓という章を設けて、LNTモデルの弊害を示している。すなわち、ICRPは、事故後住民が帰還できるレベルについて、年間追加被ばく量が1-20ミリシーベルトの範囲で、合理的に決めるよう勧告している。しかし、福島では、LNTモデルで決められた一般人の被ばく限度で通常時のバックグラウンドに近い1ミリシーベルトに拘って、それ以上の放射線量の地域を除染対象としたために、除染費用が膨大に掛かったこと、放射線リスクを避けるがために例えば原発から20km以内の地域では空間線量率によらず全ての人に避難指示が出て実施されたため、避難とその後の避難生活で死者が1600人以上出てしまったことを教訓として捉えている。

特定非営利活動法人 科学技術社会研究所は 2011 年に出した意見書「低レベル放射線影響についての諸説混沌の実態」の中で、ICRP の LNT 仮説に対する誤解とその影響を説明している。

以上