

## おわりに

科学の歴史は 恐いほど確実に われわれが観察する事実が  
ときには われわれがみたいと思っていることによって  
決定づけられることを われわれに教えてくれる

JN トンプソン Jr と RC ウッドラフ

Nature, 274, 317-321, 1978.

2011年3月11日の福島第一原発事故は、1945年8月6、9日の米国による広島、長崎への原爆投下とともに、わが国の歴史にとって永久に記憶されるべき「悪夢の核の記念日」となった。今日のように、日常生活のあらゆる場面での電化が進み、電気に依存しなければ全く生活が成り立たなくなっている現状では、私たちは、国土の一部を放射能で汚染された状態で、好むと好まざるとにかかわらず、少なくとも当分の間はある程度は原発に依存した生活を続けざるを得ないだろう。そういうことを考えると、放射線の健康への影響を正しく理解し、放射線を正しく恐がり、過剰に恐れられないだけの知識を国民の一人ひとりが身につけることが必要なのではなからうか。

私が第一部第3章で解説した国際原子力機関（IAEA）やWHOあるいは国連科学委員会（UNSCEAR）などの国連傘下の多くの国際機関および被災当事国の科学者が協力して作成したチェルノブイリ原発事故の健康への影響に関する調査研究の報告書によると、放射線が原因であることが明らかなのは現段階では①事故発生時に現場にいた原発の従業員および事故発生後に現場での緊急作業に加わった人員が曝露された致死量を含む高線量の被ばくによる急性および晩発性（進行中）の放射線障害と、②事故により放出された放射性ヨウ素 131 を摂取した小児たちに発生した甲状腺がんだけである。これらのほかに、多くの事故処理作業員や汚染地域の住民たちにみられた放射線被ばくとの因果関係が確認できない健康障害の大部分は放射線以外の原因によると考えられ、これが精神医学的影響としてチェルノブイリ事故が一般公衆へ与えた影響の最大の衝撃であったと結論した。

国際放射線防護委員会（ICRP）だけでなく、この作業を行った国連科学委員会（UNSCEAR）、国際原子力機関（IAEA）は、放射線の医学利用を含む原子力の平和利用を円滑に進めるために、世界中から放射線に関するあらゆる最新の研究情報を収集、整理し、公衆が過剰の放射線を被ばくすることのないように、絶えず規制のための最適線量レベルを検討し、できるだけ最新情報に基づいて「安全サイドに」重点をおいた放射線防護および規制に心がけている。そのような立場から放射線防護の指針として採用されているのが LNT モデルである。

それでも、このような IAEA および国連傘下の多くの国際機関の結論に対して、異論を唱えるグループがあることも指摘しておかなければならない。核戦争を医療関係者の立場から防止する活動

を行っている核戦争防止国際医師会議（International Physicians for the Prevention of Nuclear War：IPPNW）や原子力に批判的な専門家が集まって、既存のLNTモデルに基づく放射線防護は放射線リスクの知見を適切に反映していないとして激しく批判している放射線防護ドイツ放射線防護協会（Gesellschaft für Strahlenschutz：GFS）あるいは欧州放射線リスク委員会（European Committee on Radiation Risk：ECRR）のような内部被ばくによる健康障害を過大に喧伝する激しい反核グループの人たちは、私が本書で紹介したチェルノブイリフォーラムやWHOあるいはUNSCEARの報告書に対しても極めて批判的である。

このように、チェルノブイリ事故の健康影響についての理解の仕方も、立場の違いによって大きく異なるが、私の理解では、その違いの主な原因は次のようなことであろうと思われる。すなわち、私が本書の執筆に当たって採用した国連傘下のグループの報告書では、チェルノブイリ事故の健康影響に関する研究情報の中から放射線の生物影響研究の基本である線量反応がみられるかどうか、あるいは適切な対照群との比較がなされているかどうかを重視して放射線の影響かどうかを判断しているのに対して、これに反発するグループは線量反応には関係なく、原発事故に付随して発生したすべての健康影響を放射線の影響としていることであるようにみえる。私は、一人の放射線科学者として、自分にいちばん納得できる解析方法がとられている前者の研究情報が、より信頼できると考えて本書に採用したと理解していただきたい。その解析方法とはどういうことかを再確認する意味で、もう一度、第一部第2章「私のチェルノブイリ訪問記」の最後のほうに書いたことをここに繰り返しておきたい。

ここで私が科学的な手続きによって評価された情報とっているのは、第一に、被ばく者集団についてだけでなく、それと比較できる対照集団（被ばく者集団と人種、生活様式および年齢構成ができるだけ一致した被ばくしていない別の集団）についても、同じ方法あるいは判定基準で調査が行われていること、第二に、それら両方の集団について調査個体数が十分に大きく、何人調べた中で何人の奇形あるいは特定の疾患の患者がみつかったかがはっきりしていること、そして第三に、それら2つの調査集団における患者の発生率について統計学的な評価（有意性の検定）が行われていること等の条件を満たした情報をいいます。広島・長崎の原爆被爆者についての放射線の影響調査は、これらの条件を満たしているだけでなく、各個人の被ばく線量についての情報まで得られているので、人に及ぼす放射線の影響評価に関して世界で最も信頼度の高い情報と考えられているのです。

すなわち、私が第二部第1章で指摘した「バックグラウンド（対照群）」との比較である。このような方法論がとられるのは、人における発生異常や免疫疾患あるいはがんを含むさまざまな健康障害は、遺伝的素因、食事や喫煙等の日常の生活習慣を含むさまざまな要因（交絡因子）が複雑にからみあって生じるので、そこに新たにごく低いレベルの放射線が加わった場合に、その影響を検出／判定するのは非常に難しいからである。もちろん、原爆被爆者の集団でそれらの条件のすべてが揃っているわけではないが（この問題については第二部第4章で考察した）、少なくとも同じ地

域で、同じ時期に、原爆被爆者とよく似た生活をしている非被爆者集団を対照群として、さまざまな疾患やがんによる死亡率を比較するという方法論がとられている。しかし、実際問題としては、そのような条件を揃えて調査研究することは難しい場合が多いので、事故発生後に観察されたあらゆる種類の症例を事故と結びつけて報告する研究論文も少なくない。すなわち、対照群のデータがあいまいな論文ということになる。それをどう評価するかという問題である。特に、論文審査のあまり厳しくない旧ソ連圏内の論文にはそういう傾向がみられるので、IAEA や WHO あるいは UNSCEAR ではそういう線量反応関係がはっきりせず、厳密な対照群との比較がなされていない情報は放射線の影響とは判断しない方針をとっているようである。これが世の中で、新聞やメディアに現れる情報に混乱がみられる原因になっているように思われる。チェルノブイリ原発事故後に観察された被災者の健康への影響に寄与したと思われるさまざまな要因を模式的にまとめたのが第一部第3章の図 1.3.2 である。この図をもう一度じっくりとみておいていただきたい。

以上に述べたように、国連傘下の各機関の報告は放射線の影響を過少に評価していると主張するこれらの反核グループとは反対に、私が本書の第二部第5章で紹介した「放射線ホルミシス」の研究に熱心なグループは、国際ホルミシス学会を組織して低線量および低用量の化学物質の生物への影響に関する研究を促進することを目的として『Low Dose』という機関誌を発行し、低線量放射線は有害どころか、生体に有益な効果を与えていると主張して、LNT モデルは低線量域では放射線のリスクを過大に評価しているとして批判している。

このように、低線量放射線の人体への影響についての理解の仕方は、それぞれの研究者あるいは団体が、上に述べた国際機関の解析に準拠するグループと反核グループ、低線量放射線は有益とするグループの3つのうちのどの立場に立つかによって大きく異なる。わが国内の研究者や組織にも、そういう3つの立場があり得ることを念頭において、それらの人たちの報告を聞いたり、読みだりすることが大切である。

いずれにしても、交絡因子（遺伝要因、環境要因、生活習慣など）の影響が大きい人の発がんリスクについては、人の疫学調査研究だけで低線量放射線の影響を明らかにするのは極めて困難で、結局、実験動物での実験で、多くの方々を納得させるだけのデータを示すことによってしかこの問題は解決できないのではなかろうか。その可能性を示唆するいくつかの実験例を第二部第5章で紹介した。

読者の中にもさまざまな見解をお持ちの方がおられるであろうが、本書では、私がこれまでに歩んで来た放射線科学者としての視点で、私がいちばん受け入れられると考える情報を整理して、読者の前に提供したということである。いずれにしても、実に厄介なこの問題の解決は次世代の研究者に委ねられることになる。その際、本書を次世代の研究者による議論のたたき台として利用していただければ幸いである。

チェルノブイリ原発事故の後で現地およびヨーロッパで起こったことは福島第一原発事故後のわが国にもあてはまる問題であり、その意味でも放射線のリスクについての考え方をできるだけ多く

の方が共有される状況をつくりだすように努めることが大切ではないかと私は考えている。好むと好まざるとに関わらず、われわれ日本国民はこれまで原発を受け入れ、それから得られる利益を享受してきた。しかし、政府、企業、およびすべての国民を含め、国全体として万一の事態に対する備えを十分にしていなかったように思う。

平時では、いわば国際規約であるICRPの年間1ミリシーベルトの線量限度を守ってさえいれば、国や企業としても何とか大過なくやってくることができた。そして、緊急事態の発生を想定した「事故現場」における対応についてはある程度の対策と訓練が行われていたようであるが、広く一般市民を巻き込むような事故を想定した対策や訓練はほとんど行われていなかったのではなからうか。その対策とは、つまるところ、放射線のリスクとは何か、そのリスクの性質と大きさはどの程度のものか、そして緊急事態（原発事故）が発生した際に、放射線のリスクとそのリスクを避けるために避難することによって生じる別のリスクとのバランスをどう考えるか、といった問題について、日頃からしっかりと考える習慣を身につけておかねばならないということではなからうか。いずれにしても、今回は、そのような準備も対策もほとんどとられていなかったため、社会の混乱も大きく、世間が騒げば騒ぐほど、被災者の間では精神的不安が増大し、準臨床的な慢性的ストレス症状が広がる可能性がないとはいえない。したがって、今後は精神医学や心療内科および心理学を含む幅広い領域の医療の専門家の参加を得て、福島原発周辺の被災者のこころのケアに万全の対策を講ずる必要がある。

次に、本書の第二部で深く考察した放射線防護の指針としてのLNTモデルについて言及しておきたい。第二部第3章のはじめに引用したように、ICRPは2007年の勧告で「LNTモデルは生物学的真実として世界的に受け入れられているのではなく、むしろわれわれが極低線量の被ばくによどの程度のリスクが伴うのかを実際に知らないため、被ばくによる不必要なリスクを避けることも目的とした公共政策のための慎重な判断であると考えられている」と述べ、さらに「疫学的研究の手段として集団実効線量を用いることは意図されておらず、リスク予測にこの線量を用いるのは不適切である。（中略）特に、大集団に対する微量の被ばくがもたらす集団実効線量に基づくがん死亡数を計算するのは合理的でなく、避けるべきである。集団実効線量に基づくそのような計算は、意図されたことがなく、生物学的にも統計学的にも非常に不確かであり、推定値が本来の文脈を離れて引用されるといふ繰り返されるべきでないような多くの警告が予想される。このような計算はこの防護量の誤った使用方法である」と述べている。すなわち、LNTモデルはあくまでも放射線防護の公共政策のための判断であって、生物学的真理でもなければリスク予測をするためのものでもない。それでも、科学者の中には、いまなおDNA損傷（突然変異）の線量反応の直線性とLNTモデルとを同一視して、高線量域の発がんリスクを低線量域に外挿して集団実効線量から被ばく集団の過剰発がん数を推定し、低線量放射線の危険性を強調している方がおられるようである。そういう方はもう一度ICRPの2007年勧告に目を通していただきたい。

LNTモデルについては、第二部第3節で、放射線発がんのメカニズムは突然変異誘発の線量反

応だけで説明できるほど単純なものではないことを示す多くの例証について考察した。また、第二部第4章では、原爆被爆者にみられる固形がんの線量反応の直線性は必ずしもがんの標的細胞に誘発される突然変異の直線性を反映するものではなく、原爆被爆者集団の遺伝的あるいは発がんリスクに影響を与える環境要因の多様性を反映するという生物学的論拠をあげた。その結果は、必然的に、被ばく者集団の中にはかなりのサイズの放射線発がんに対する感受性の高いリスクグループが存在することを示唆することになり、この集団をどのようにして検出するかが今後の研究課題であることを指摘した。そして、第5章では低線量放射線への被ばくによる適応応答の放射線防護学的意義について考察した。将来、この領域の研究が大きく進展すれば、低線量域に発がんリスクに関する「しきい値」が見つかるかもしれない。しかし、そのことを多くの科学者が認めるようになるまではLNTモデルは放射線防護の指針としての役割をもち続けることになるであろう。しかし、その場合には、LNTモデルは生物学的真実を反映しているものではないことをしっかりと認識して、このモデルをドグマティックに主張することは避け、必要に応じて、「放射線によるリスク」と「発生した放射線のリスクを避けることによって発生する他のリスク」とのバランスを考えて物事を判断するだけの柔軟性をもっておくことが必要であろう。

次に、すでに前著で論じたことでもあるので、重複をさけるために、本書では全く触れなかったが、私たち人間を含むすべての生物は、生殖細胞でも体細胞でも細胞世代あたり約 $10^{-5} \sim 10^{-7}$  [その頻度は遺伝子の種類、特に遺伝子の大きさ（遺伝子を構成する核酸塩基の数）によって大きな幅がある] の頻度で突然変異を自然発生していることが知られている。したがって、がんの標的となる幹細胞には加齢とともに自然発生の突然変異が蓄積していると考えられる。1927年にHJ マラーがはじめて放射線で突然変異が誘発されることを発見した当時は、自然に発生する突然変異は大部分が自然界に存在する放射線によって誘発されるのだらうと仮定して、自然放射線量を計算してみたところ、自然放射線（現在では世界平均で約2.4 mSv）は自然に発生する突然変異の1000分の1にしか当たらないことがわかった。すなわち、それだけの突然変異が、自然放射線とは関係のない別のしくみで発生していることになる。現在の知識に照らしてみれば、それらの突然変異の中にはDNA複製の過程で確率的に一定の頻度で発生する複製エラーによる突然変異や、自然界に存在する紫外線や放射線あるいは環境化学物質によって誘発されるものもあるだろうが、恐らく、それに加えて細胞が外界から栄養分を取り入れ、それを代謝し、ミトコンドリアでエネルギーをつくりだすときに発生する活性酸素（フリーラジカル）による遺伝子変異がかなり含まれると多くの研究者が考えるようになっている。したがって、人間は長く生きるほど、そのような突然変異を自らの体細胞に蓄積していくことになる。これが老化の原因であり、老化に伴うがん発生の原因となっているというのが、多くの老化研究者やがん研究者および分子生物学研究者の現在の考え方である。これら加齢とともに体細胞に蓄積する「バックグラウンド」の突然変異の量にくらべて、ごく低いレベルの放射線によって加算される突然変異の量は非常に少ないであろうというのが、ごく低線量の放射線の影響をそれほど心配する必要がないと私が考えるもう一つの理由である。この問題

について詳しくは第一部第4章のはじめに紹介した佐渡敏彦、福島昭治、甲斐倫明・編著『放射線および環境化学物質による発がん—本当に微量でも危険なのか？』（医療科学社、2005）の第5章「発がんとは自然突然変異」を参照していただきたい。

本書の「はじめに」に私は基本的には原発に反対であると書き、その理由を原発の絶対安全を信じていないし、事故は起こり得るし、起こったときにどういうことになるかは想像がついているからだと言った。その想像とはどういうことかを本書の最後にもう少し具体的に書き加えておきたい。

私は、これまで述べてきたような理由から、多くの反核あるいは反原発運動家のように、ごく低いレベルの放射線が人体に対して心配しなければならないほどの有害な影響を与えるとは考えていない。それでも私が原子力発電に賛成できないのは、事故はいつか起こり得るし、起こったときには、現在の日本でみられるように、メディアはあらゆる情報を集めてセンセーショナルに危険性を報道するし、一般市民の放射線に対する過剰なまでの不安や恐れは広がり、社会は混乱し、被災者の間にそのことに起因するさまざまな健康障害が発生する可能性が考えられるだけでなく、汚染除去に関わる解決が困難なさまざまな難題（どのレベルまで除染するのか、除染した土砂をどこに保管するのかなど）や風評被害とそれらに対する対策あるいは補償問題等々に関して、国論は乱れ、政府はその対応に苦慮して、不手際な対応を繰り返し、あげくの果てに国家としての機能および財政が疲弊し、国家経営の破綻を招くことになりかねないと恐れるからである。チェルノブイリ原発事故はその危険性をわれわれに警告しているように私には思われる。