結論

1. 1990年から1994年までの研究成果

1990年のICRP勧告の発表以来、分子遺伝学および細胞生物学における基礎研究では大きな進歩があった。

・基礎データ

a) しきい値なしの直線外挿法は、放射線による発がんは確率現象であって1個の細胞中に起こる一つの出来事であってもがん発生の原因になるという仮定に基づいている。この仮定のもとでは、線量が減少すると、現象の特性や過酷さは変わらず、ただ現象の数だけが減ることになる。その結果、どんな線量でも、たとえどんなに少ない線量であっても、線量に比例したリスクを伴うことになる。しかしながら、1989年以降に行われた研究、とりわけ分子生物学における研究からはこのような考えに反する証拠が得られている。

b) 高線量率で高線量の照射の場合に起こる分子レベルの現象は、低線量率で低線量の場合に起こるものとは質的に異なる。したがって単純な外挿は正当化されない。その上一般的に線量率の影響は、これまで十分には考慮されてこなかったが、低線量の場合においても線量率の影響は非常に重要である。

c) 細胞はすべて非常に精巧な機構をもっており、放射線や化学物質や、正常な代謝作用の酸化過程で生じる化学物質によって生じるDNAの損傷を絶えず修復している。このDNAの修復に関与する酵素としては約40種のものが知られており、そのあるものは本来的に存在するものであり、他のものは修復すべきDNAの損傷によって誘発されるものである。後者は高線量率の場合に誘発されるもので、間違いを起こしがちな修復の主な原因であり、したがって発がんの恐れがある突然変異の主たる原因となるものである。

低線量率では、比較的少数のDNA損傷を修復するのに十分な酵素が存在するので修復は有効である。しかし高線量率では修復はあまり有効ではなく、そのわけは同量の酵素が限られた短時間内に多数の損傷に急いで対応しなければならないからである。

d) これとは別に、細胞の死に関連する現象があり、それは1000mSvを越える線量

で現れる。非増殖組織の細胞は分裂中の細胞に比べてより効果的に損傷を修復する。けれども1000mSv程度の大きさを越える線量になると、細胞死がきっかけになって、生き残った細胞（複数）が分裂サイクルに入るようになる。

e) 発がんに関する機構は非常に複雑なものであり、それにはいくつもの遺伝子変化や細胞間の相互作用の乱れ、および生体免疫作用の効能喪失が関係する。これらの現象は各種がんの性質によって異なり、例えば白血病と固形がんでは異なっている。

したがって、しきい値なしの直線関係をもっぱら採用することは単純化が過ぎ、批判の余地がある。

f) 動物実験では、がんの種類によって種々の大きさの線量のところに実際上のしきい値が認められる。つまりそれ以下では放射線発がんのリスクは、ゼロではないにしても無視できる。そして低線量の場合でさえ、がん発生に対して線量率の影響が認められる。これに関連してヒトの場合には200mSv(20rem)以下の線量ではこれまで発がんが観察されていないことに注目すべきである。

g) 最近進められている研究では、低線量の放射線を予め当てておくと、その後を受けた高線量による有害な影響が軽減されることがわかった。

・疫学データ

a) どの疫学調査でも（広島と長崎の生存者に対する調査を含めて）200mSv以下の線量では発がん効果は見いだされていない。とくに自然放射線（ラドンを含めて）の高い地域におけるがんの頻度に関する調査においてもそのことがいえる。したがってこの程度の線量による影響の可能性は極めて低いにちがいない。そして低線量率の場合には400mSvを越える線量で初めて白血病の発生増加が認められ、1000mSvを越える線量で初めて固形腫瘍の増加が認められている。

b) したがって広島長崎の結果を優先的に参考にすることは、それらが高線量率であったことを考えると疑問である。

他のいくつかの調査では、高線量の場合にみられる影響は一般に、広島長崎のデータに基づいて実際に提案され計算されたリスク係数から予測される影響に比べて低い。このことは恐らく照射が分割されるか低線量率に関係して、発がんの効果が増したためであろう。

c) ICRPが1990年に発がんのリスク係数の改訂のために採用した基本原則については、以下のコメントをすることができる。

1) しきい値なしの直線関係の採用に関しては審議が必要である。いくつかの疫学データ、とくにアルファ線に関しては実際的なしきい値の存在が示唆されているが、それは、DNA損傷の修復によることか、あるいはがんの潜伏期間が平均余命よりも長くなるためであろう。

さらに疫学データの示すところでは、あらゆる線量と線量率に対してただ一つの低減係数を用いることは不適當である。なぜなら、比較的低い線量においてさえ線量率の影響が観察されるからである。

2) 広島長崎においてがん死亡の増加が後になって現れる点については、それがとくに消化管のがんであることに注目する必要がある。強直性脊椎炎のために放射線治療を受けた患者に対する調査ではそのような増加は観察されていない。この違いはもしかすると、広島長崎での放射線が極めて高い線量率であったこと、あるいは日本人の独特の性状とくに栄養状態のせいであったのかもしれない。

3) 広島長崎に対して行われた線量再評価は、とくに中性子に関して議論の余地がある。広島での中性子線量は1986年になされた評価値よりも高かったと今では考えられている。そこで、線量決定の見直しがなされるとすれば、発がん効果の再評価が問題になってくる。

4) 若年層が放射線に対してより高い感受性をもつことは明かであるが、被ばく時の年齢が高いほど感受性は低くなる。

5) 余命期間中の悪性腫瘍の増加予測に当たって係数一定の相乗モデルを用いることには問題がある。事実、新しいデータとくに若い対象者（広島長崎の生存者および放射線治療を受けたことのある子供たち）に関するデータでは、15年以上経過すると発がんの余剰発生に著しい減少がみられる。この減少はまた、被ばくした大人の対象者についても認められる。

2. 勧告

1989年において当アカデミーはこの問題についてつぎのとおり結論している。すなわち「全体として現行の基準はすでによく作られていると思われ、これらを変更すべき科学的根拠はなく、数年ののちには低線量の影響に関するデータがま

とまる（ものと考えられる）」。

しかしアカデミーはかねてから、全就労期間にわたる全線量が1000mSvを越えないことの必要性を主張してきた。この線量は長期間にわたって一様に分配されるものとする。積算線量はほぼ10年間隔で定期的にチェックされるべきである。

そこで当アカデミーは、1994年に提起された問題に答えるため、1989年から1994年までに発表された数多くの研究、とくに分子遺伝学と疫学に関する研究を詳細に検討した。この検討に基づき、かつこの問題の科学的側面に限って、以下のように結論することができる：

1) フランスの公衆に対する線量限度として、これを1mSv/年(100mrem/年)に下げる議論を是認するような科学的根拠は存在しない。

2) フランスの作業者に対する現行の基準を下げることを支持する最近の明白な科学的データは存在しない。したがって1989年報告の結論は変わらず、とりわけ、1000mSvという生涯線量と、10年ごとにチェックして被ばく歴が目標にかなうものであることを確かめるという結論は変わらない。

3) 分子生物学の新しい成果によって、発がんの可能性をもつ永続的なゲノムの損傷が引き起こされるプロセスは、低線量と高線量の場合では大いに異なり、また低線量率と高線量率でも大いに異なるという考えが出てきた。この相違は主にDNA損傷の修復機構が二つの状況下で同一でないためである。最近の疫学データはこの結論と完全に一致する。

4) 医学的検査は、自然放射線に次いで国民の被ばくの二番目に大きな原因であり、他の原因よりもはるかに大きい。したがって、国民線量を相当量減らすためには、放射線診断の際に受ける線量、とりわけ若年層の線量を減らすよう努力すべきである。

5) 電離放射線の生物学的影響の仕組み、ヒトのゲノムに対する放射線の影響を知るための敏感な検出法、および低線量放射線に関する疫学に関して、現在および将来なされる研究を奨励すべきいくつかのもっともな理由がある。

6) われわれグループのうち少数の委員は、この勧告の第(1)項に全面的に賛成し、ICRPの新提案にある公衆の線量限度の引き下げは受け入れ難いとしながらも、フランスだけが他の諸国と異なった立場に立つことは好ましくないと考えている。

作業者に対する基準に関しては、その少数派の委員は勧告の第(2)項に賛成しない。彼らは生涯線量を1000mSvとする提案には賛成したが、5年間に受ける線量が100mSvを越えないことを確かめるために、職場を移ってゆく人たちのことも含めて、個人個人の追跡調査を行うことが望ましいと考えている。

以上の二つの理由から、少数派のなかの何人かはICRPが（公衆と作業者に対して）提案したすべての線量限度を（防護上の措置として）受け入れ、しかし、将来の放射線生物学と放射線医療の進歩に合わせて、公衆に対して提案された基準を上方に改訂する可能性を認めるのが好ましいと考えている。

最後に、少数派のなかの他の人たちの中には、作業者に対するICRPの提案のみを考慮すべきであって、したがって勧告の第(1)項は支持すると主張している人もいる。

年間線量限度 (mSv)

	作業者	公衆
現行勧告 (ICRP 26)	50	5*
ICRP 60	5年間に100 (1年に50を越えない 条件で年平均20)	1
フランス科学アカデミーの提案	50**	5
一作業者については積算線量が全就労期間にわたって1000mSvを越えず、かつ年間線量が50mSvを越えないように勧告する		

注： ICRP 26 では推定損失（リスク）は1Sv当たり 1.25×10^{-2}
ICRP 60 では作業者では 5.6×10^{-2} 、公衆では 7.3×10^{-2}

*このほかに、医療被ばくによる線量（平均1mSv/年）および自然放射線による線量（フランスでは地域によって1.5から6mSv/年の範囲にあるが平均して2.5mSv/年）が加わる。