

第10章

被曝に伴うガンリスク、第1部：初期の証拠

第10.1節 扱う範囲

本報告書が扱っている新しいリスクモデルの基礎として本委員会が採用している証拠は、ヒト、動物及び細胞に関する数多くの研究に基づいている。この章と次の章においては、そのような証拠のうちの主要なものを概観する。その研究と結果とを簡潔に示すことによって、本委員会がとっている立場を明らかにしたい。この章では、大気圏内核実験禁止条約によって1963年に終了した時期までの状況と、その地球規模の核実験降下物がもたらした影響とを取り扱っている。そして、次の第11章では、原子力発電が、現在までにもたらしている白血病とガンの発生群の証拠から始まっている。紙面の都合により、これらの章は、その根拠の全体についての包括的な概観にはなっていない。本委員会は、この分野に関するより広範な概観を提供することになるであろう、本報告の別冊の準備にとりかかっている。

第10.2節 特異性 (Specificity)

本委員会は、ここまでの議論において示した理由によって、内部被曝がもたらすリスクと外部被曝がもたらすそれとを区別して取り扱うことを決定した。しかしながら、それらのリスク係数が依存している証拠においては、その被曝が外部被曝だけであったり、あるいは内部被曝だけであったりするのは稀なことである。現実世界の状況によって、たいていは両者が混在していることは明白である。もしも内部被曝が外部被曝よりも著しく高いリスクを持っているとすると、内部被曝線量と比べてより高い外部被曝線量を受けた集団に関する研究から推定された外部被曝についてのリスク係数は、純粋に外部被曝だけによってもたらされる同じ線量より、より高い発症率を示すことになる。そして、両者の間の全体的比率について、内部被曝による線量がより高くなるにつれて、このようなくい違いが拡大することは容易に理解できるであろう。例えば、ヒロシマ寿命調査 (LSS) の研究では、他の諸要因もそこで経験されている結果に寄与していると思われるが、そのような効果は、最も低い線量域における超線形的線量応答 (super-linear dose response) や他の形を持つ低線量における高い応答様式として現れている。合衆国が主導したヒロシマ生存者に対する諸々の研究が、原子爆弾が空中で爆発したことを理由にして、その研究集団が受けた被曝にはどのような内部被曝の要素も存在しなかったと一貫して主張していることは興味深いと言えよう：しかしながら、それ以降に行われた測定では、ヒロシマ近辺の土壤にプルトニウムやセシウムの存在が示されている。そして最近になって、ヒロシマ原爆による降下物同位体が、北極からのアイス・コア内に同定されている。これらの発見は、その最も初期の研究において記録されていることであるが、その参照集団においては日本全体と比較して白血病が増加しているという謎を説明することになるだろう。

それにもかかわらず、本委員会は、従来通りのモデルによる外部線量が (ICRP がこれを記述するところでは) 内部被曝の100倍以上になる場合については、外部被曝

のリスク研究として、主として外部被曝の研究であるとして取り扱った。そして、明らかにされる不一致や矛盾のいくつかがそれらの原因を内部被曝に持つかも知れないことを容認することにした。このようなやり方は、外部被曝のリスク係数に対する数値を押し上げる結果をもたらしたが、助言が必要となるような、外部被曝のみの状況における放射線防護の目的に使われることには対しては問題はないだろう。

第10.3節 放射線リスクの基礎的研究

表10.1に示した諸研究は、ICRPモデルが採用しているリスク係数の正当性を立証する主要な研究であり、現行の放射線防護管理体制を決定づけている。これらがほとんど排他独占的に外部被曝リスクに関する研究であり、そして、ヒロシマの研究を除いて、全ての研究が純粋に外部被曝のみを受けた被験者と被曝していない参照集団との比較であることは明白である。これらの諸研究から得られたガンについてのリスク係数は、大方において広く同意を得てきており、したがって本委員会としても、急性的な外部被曝とエンド・ポイントをガンにすることに対しては、これらのリスク係数がひどく不正確であるようなことはないであろうと考えている。

表10.1 ICRPと他の機関によって電離放射線によるリスク係数を決定するのに利用され、ECRRによってはガンと白血病についての外部被曝のリスク係数を決定するのに利用されている研究のまとめ。

研究	人数	線量 (Gy)	形態	参照集団	備考
1. ヒロシマ 寿命調査研究 (life span study)(LSS)	91,000	0-5 高線量	一回 急性	市内「非被曝」	標準的でない集団；参照集団におけるバイアス；晩発性影響が目下進行中
2. 英国関節強直脊椎炎 (ankylosing spondylitis)	14,000	3-4 高線量	急性	平均的集団	X線
3. 頸部(cervical)ガン患者	150,000	高線量	慢性	平均的集団	ラジウムカプセル
4. カナダ透視診断	31,700	0.5-1.2	数回 急性	気分の悪くなった (unwell)参照集団	気分の悪くなった (unwell)集団、X線
5. 出産後の乳房炎 (post partum mastitis)	601	0.6-1.4	数回 急性	治療しなかった乳房 炎	小規模研究、X線
6. マサチューセッツ透視診断	1,700	高線量	数回 急性	平均的集団	大きなばらつき、X線、 小規模研究

ヒロシマ寿命調査における晩発性ガンの影響についての最新のデータは、ガンの発生率が以前のリスク係数による予測を超えて継続していることを示している。ゴフマン(Gofman)によるヒロシマ寿命調査データについての独自の分析、寿命調査の研究集団の一様性に関するスチュアート(Stewart)の発見、及び、参照集団の選択についてのパドマナバン(Padmanabhan)の研究が、寿命調査の研究集団によって与えられるガンのリスク係数には、約20倍の誤差があるであろうことを示唆している。しかしながら、本委員会は、ヒロシマ寿命調査は、外部被曝と内部被曝の両方を被った例外的な集団を基礎にしていて、純粋な外部被曝のみのリスク係数を得るための理想的な基礎ではないと認識している。本委員会によって選択された、生涯の絶対的致死ガンリスクである0.2

シーベルトは、すべての外部被曝研究の再検討を基礎とした決定されたところを表している。

ヒロシマ寿命調査の研究からの最新のデータが、ピアース (Pierce) らによって報告されている(1996)。それによる致死ガンリスク係数としての0.12/シーベルトは、1990年のICRP60によって示された0.05/シーベルトの2倍以上である。寿命調査集団におけるガン発生率が更に増加しているという実例は、その集団では若いときに被ばくした人々の80%が現在も生存中であるという事実とともに、この集団の年齢が上がるにつれてガン発生率が増加することになることを意味している。線量率低減係数(Dose Rate Reduction Factor)として2の値を適用することによって、そのより高い数値の低減に関する議論が進められてきているが、ECRRは、他の外部被曝研究の結果を検討した結果、この線量率低減を取り入れないことに決定した。この保守的な手法は、固形ガンに関するヒロシマ寿命調査データにおける低線量域でのわずかに高くなるリスクについてのピアースとプレストン(Preston)の結果によって支持されている(2000)。本委員会は、将来報告されるであろう死亡率の増加に比例させて、そのリスク係数を大きいものに変更するつもりである。

第10.4節 自然バックグラウンド放射線

本委員会は、様々な自然バックグラウンド放射線被曝における変動とガンや先天的疾患を含むヒトの健康指標に関係する証拠について検討してきた。高レベルのバックグラウンド放射線地域で生活することの健康上の結果を理解することに寄与している主要な研究を、表10.2に示す。

表10.2 自然バックグラウンド放射線の高い地域におけるガンと他の諸影響における変動

調査地域	調査人数	被曝	ガンの増加?	染色体欠損?
1. オーストリア	122	1-4 mGy() 0.1-16 mGy()	予測	あり
2. フィンランド	27	水中ラドン	研究されず	あり
3. アイオワ	111 の町	Ra-226 4 pCi/l 調整	+24% 骨ガン	あり
4. ブラジル	12,000	モナザイト 6.4 mSv/年	なし	あり
5. ケララ、インド	70,000	4 mGy/年	論争中	あり
6. 中国、イェンジャン	70,000	3-4 mGy/年	明らかになし	あり
7. プルターニュー	16,000	線バックグラウンド	+43% (+132% 胃ガン)	未検査
8. アイオワ	28 の町	Ra-226	+68% 以上の肺ガン	あり
9. 日本	全域	線バックグラウンド	+胃ガンと肝臓ガン	研究されず
10. スコットランド	全域	線バックグラウンド +0.15 mGy	+60% より高い白血 病	

数多くの理由のために、これらの研究の結果が放射線被曝がもたらすリスクに関する議論にどのようにすれば情報提供可能となるのかは定かではない。まず第一には、これらの研究の多くにおいては、その集団においては、若い時期からの競合する原因によって、ガンが主要な死因ではなく、概して寿命がより短い第三世界で生活しているこ

とに関連するストレスをこうむっている。これに加えて、長い期間にわたる放射線抵抗性へのその集団の自然選択 (natural selection) は、適切な参照集団を見つける試みを難しくすると考えられるだろう:したがって、ガンを誘発する遺伝子中の病変の修復効率は、参照集団よりも被曝集団において高くなると期待されるだろう。さらに、異なる集団が、異なる部位のガンに対して異なる遺伝的感受性を持っていることを示すかなりの量の証拠によって、バックグラウンド放射線研究から一般的に広く通用するいかなる結論を導くことも不可能になっている。バックグラウンドの高い地域において、人造放射能汚染レベルが関係する地理学上の混乱要因もある。表 10 . 3 には、自然放射線の高い地域における健康指標の混乱させる可能性のある要因をリストされている。

表 10 . 3 自然バックグラウンド研究の解釈上の難しさ

バックグラウンドの高い地域と低い地域とにわたって健康指標を比較することの問題
1. 不利な状態に置かれている集団における競合する死因
2. 健康データの欠如によって発症率を決定することの困難さ
3. 遺伝学的に比較可能な参照集団を見つけることの困難さ
4. 研究集団の彼らの寿命中における誘導応答 (induced responses) の進展
5. 世代を越えた集団における放射線抵抗性についての自然選択
6. 降雨効果による降下物汚染の変動
7. 外部線量の範囲に対する疫学的説得力 (epidemiological strength) の欠如

これらの諸困難にもかかわらず、染色体の変異や切断が、高いレベルの自然バックグラウンド放射線にさらされている人々に見られることは、すべての研究から明らかである。ダウン症の頻発のように、しばしば、これは遺伝的損傷の他の徴候に関連している。ガンは遺伝的損傷のひとつの結果なので、染色体損傷の増加の証拠は、このような損傷の原因がガンの増加の原因でもあるということを示唆することになるだろう。これは一般的な観察結果であるようには見えないが、多くの研究は高レベルのバックグラウンド地域におけるいくつかのガンの発生率の増加を実証してきている。しかしながら、そのような損傷が生じる条件の下で発育してきた集団は、感受性の高い個体が出産前に死亡することによる結果としてのガンに対する抵抗性の進化論的な増加、あるいは、全生涯の長さのいくらかを犠牲にして代謝レベルにおけるガンへの抵抗性の増加すら享受しているのかもしれない。

それらの研究自体に見られる線量の範囲についての疫学的説得力の問題もある。自然放射線 (主に外部ガンマー線) から 1 年間に受ける線量範囲が 1~5 mGy の間であれば、致死ガンについての ICRP リスクモデルによると (ECRR は外部被曝については大いにそれを認めている) 50 年間の累積線量によるガンのうち放射線による部分は、0.6% から 3% に増加することになるが、これを明らかにするのは難しいであろう。

本委員会は、この分野の研究からの証拠は放射線防護目的には有用ではないと結論する。とりわけ、高いバックグラウンド地域にわたってのガン発生率に基づいていたり、低いバックグラウンド地域に住む集団に外挿している議論については、低レベル放射線被曝からの低いリスクの証拠だとして受け入れることはできない。

第10.5節 ガンと地球規模の核実験降下物

全体として、人間活動からの放射性物質汚染の支配的根源は、1945年から1980年の間に世界の様々な地域で行われた、大気圏内核実験の残骸による地球規模での降下物である。総計520回の核爆発が行われ、1952～54年、1957～58年および1961～62年に最も集中的に実験が行われた。これらの実験によって放出された放射性物質の78%は地球全体に広がり、生命を傷つける核分裂生成物や超ウラン物質からの被曝の主要な要因として寄与している。これらの物質は今や世界的な環境汚染物であり、また、生命体内の細胞にもあまねく行きとどいたものになっているが、それらの潜在的な健康影響の研究を目的とした調査はほとんどなされてきていない。その同位体の多くは、生命体によって活用されている元素の周期表グループ上の同種元素である：それゆえ、それらは細胞や組織に取り込まれることになる。

表10.4 ECRRによって検討された降下物によるガンの研究

研究グループ	被曝線量	結果	備考
1. マーシャル諸島住民	外部+ 内部：1-10 Gy	甲状腺ガン、白血病、死産、流産。	200名のみ、参照集団も汚染
2. 合衆国ユタ州の核実験汚染	外部- 内部 1 Gy	+甲状腺 +白血病	線量不明/アリゾナ州が参照集団
3. ユタ州の核実験：モルモン (C. Johnson)	同上	白血病(4倍)、甲状腺(7倍)、乳ガン(1.7倍)、骨ガン(11倍)など	線量不明
4. 合衆国白血病と地球規模の降下物 (V.E. Archer)	内部<NBR	白血病とストロンチウム-90との相関 合衆国の水準	ICRP リスク係数の誤りをはっきりとさせる
5. スカンジナビア：白血病と地球規模の降下物 (Darby ら)	内部<NBR	スカンジナビアにおける小児白血病との低い相関を確認	納得できない解析
6. 英国 白血病と降雨 (Bentham 1995)	内部<NBR	英国における小児白血病と降雨との顕著な相関を確認	研究5.との不一致
7. 合衆国降下物被曝集団 (RPHP: Gould, Sternglass 1995-)	内部<NBR ストロンチウム-90 引用	合衆国における降下物に被曝した赤ん坊の様々なガンの過剰リスク	現在のガンの異常発生は降下物が原因であると予測
8. 合衆国 NAS ガン研究	ネバダの実験からのヨウ素	+甲状腺	
9. 英国とウェールズにおける婦人乳ガン (Busby 1995, 1997)	ストロンチウム-90 1 mSv 累積線量	乳ガンについての集団の影響	乳ガンの異常発生を予測し説明
10. 英国とウェールズにおける全ガン (Busby 1995-2000)	内部 ストロンチウム-90 1 mSv 累積線量	時間経過を追跡した研究で顕著な相関	回帰解析はリスク係数に300倍の誤差を与える

ケネディー・フルシチョフ (Kennedy-Kruschev) の実験禁止で1963年に終結する、重大な大気圏内核実験と降下物による被曝の時代は、そのような内部被曝の健康影響を評価し得る最初の機会だった。しかしながら、ほとんど調査は行われなかったし、

注意を喚起するものであっても、あるいはいかなる結果についても存在を無視するものであっても、研究はほとんど公表されなかった。その降下物が幼児死亡率を増加させたというスターングラス (Sternglass) らによる提唱は、物笑いにされ、攻撃された。このような否定的な風潮は、多分に冷戦政策に関連する秘密主義や統制によるものである。これは世界保健機関 (WHO) と国際原子力機関 (IAEA) との合意の下で 1959 年に制度化され、WHO が放射線影響を調査することを拒否する権限を IAEA に与える効力を持っていた。本委員会は、(最新の声明は再検討されているとしているが) この合意 (Res WHA 12-40, 28.5.59) が今なお効力を有していることに注目しており、チェルノブイリの大惨事による健康影響についての正確な報告が、この合意の結果として抑制されてきているだろうと考えている。

このように核兵器実験がつづいた時期には、ガン研究と放射線生物学の双方の分野において、膨大な研究活動が存在したが、核実験降下物による被曝の結果についての有効な光を当てた報告や研究はわずかである。存在するそれらの研究を表 10.4 にまとめる。

UNSCEAR によると、ICRP モデルを使つての、1955～65 年の期間における北半球での核実験降下物による累積内部被曝線量は、約 0.5 mSv から、高いレベルの降雨が沈着量の増加をもたらしたヨーロッパのある地域における 1～3 mSv までの間で変動している。線量が示している傾向については、1958 年と 1963 年の間に、メガトン級の水素爆弾実験による急激な増加が現れた。内部同位体については、その蓄積の傾向は同様な急激な増加を示し、1965 年にはある一定値に到達したことが示され、その後その傾向は (生物学的減衰と物理的崩壊を通じて) 約 20% ゆっくりと低下し、1999 年の数値まで下がっている。内部被曝線量に対しては、他のより放射能の強い同位体も同時に高い被曝線量をもたらしたが、2つの同位体が支配的であった：半減期が 30 年のセシウム Cs-137 及び半減期が 28 年のストロンチウム Sr-90 である。ICRP を基礎に計算されたその同位体と線量についての詳細は、UNSCEAR1993 と UNSCEAR2000 にまとめられている。被曝の主要な経路については表 10.5 に示す。

表 10.5 世界中の集団に対する降下物による平均預託実効線量の、人・シーベルト単位における、UNSCEAR1993 における計算。線量は ICRP モデルを使って計算されており、内部被曝に様々な荷重を加える ECRR モデルではより高くなる。

期 間	外 部	摂 取	吸 引	総 計
1945 年から無限	2,160,000	27,200,000	440,000	29,800,000

本委員会は、検討してきたそれらの研究からの証拠が、地球規模の核実験降下物への被曝がヒトの健康に著しい影響を及ぼしてきたものであると示唆していると解釈する。この影響は即時的でもあり、その時の小児死亡の原因となり (次章で再検討される問題である) また遅延性のものでもある、被曝と疾病の臨床的発現の間に遅れがあるガンや、白血病、その他の遺伝的原因をもつ疾病の増加を結果としてもたらした。この結論に到達するに際して、本委員会は、1975～85 年の期間に始まった地球規模でのガンの異常発生の原因に関する証拠の不足を痛感させられた。今日医学界においては、ガンは細胞レベルで発現した遺伝的疾患であると広くみなされている。そして初期のそして最近の研究はともに、その疾患の原因が本質的に突然変異誘導物質への環境の被曝であるという考えを支持してきている。ガンの発生率が 1975～1985 年の間に急激に増加し始め

たとして、そしてその疾病は被曝から 15～20 年遅れて発症することを研究が示している
ので、明らかにその異常発生の原因は 1955～1965 年の期間における何らかのガンを生じ
せしめる突然変異誘導物質の環境中への導入でなければならない。その突然変異誘導物
質が核実験降下物がもたらす電離放射線であるとする同定には説得力がある。その上、
降雨量や沈着量に高低のある領域にわたってのガンの発生率における変動は、そのガン
異常発生的主要原因として放射線を指し示している。

たった 2 つのグループだけが、このような可能性を研究してきたことが知られて
いる：米国のグールド (Gould)、マンガーノ (Mangano) およびスターングラスの「放
射線および公衆衛生プロジェクト (RPHP)」、そして英国のバスビーらの「グリーン・オ
ウディット (Green Audit)」グループである。後者は、ストロンチウム Sr-90 同位体への
0.2 mSv から 1 mSv の間の累積的な被曝を受けた類似した集団についての変動を調査す
るために、イングランドとウェールズにおけるガン発生率を使用してきており、その核
実験降下物への被曝における変動が晩発性ガンの発生率と高い相関関係を持っている
($R=0.96$) ことを示すことに成功している。グリーン・オウディットの研究者達は、こ
れが ICRP リスクモデルに 300 倍の誤差があることを実証していると指摘している。両
グループは、そこに物質が濃縮されるようになる、河口や河川の谷間のような降下物同
位体を濃縮する地球物理学的要因の調査に取りかかっており、これらの地域でガンや白
血病の過剰なリスクが一貫して示されていることを明らかにしてきている。RPHP の研
究者達は、降下物中や核施設風下でのストロンチウム Sr-90 によって乳ガンが引き起こさ
れるという証拠を提供してきている。現在、彼らが乳歯内にあるのを測定しているスト
ロンチウム Sr-90 に関連して発ガン率を調査している。

表 10.6 核実験降下物の異なる経路を通じてヒトへの被曝に寄与する主要な同位体、
並びに、ICRP モデルを使用して UNSCEAR によって計算された、それぞれの同位
体からの北半球の温帯地方(北緯 40～50 度)の集団への平均預託実効線量。* 印
は、ECRR が危険性を考慮して荷重した同位体と被曝経路を示す。最後の 2 つの
行は、ICRP と ECRR のモデルに基づいた線量を比較している(上記第 6.9 節参照)。

外部被曝	線量 (μSv)	摂取	線量 (μSv)	吸引	線量 (μSv)
Cs-137	510	Cs-137	280	*Pu, Am	81(24300)
Sb-125	47	*C-14	2600(26000)	*Sr-90	15(4500)
Ru, Rh-106	70	*H-3	48(1440)	*Ru-106	110(5500)
Mn-54	93	*Sr-90	170(51000)	*Ce-144	86(4300)
Zr, Nb-95	207	I-131	79		
Ru-103	20				
Ba, La-140	25				
Ce-144	23				
ICRP 総計	995		3177		292
ECRR 総計	995		78440		38600

(UNSCEAR1993 の表 9 に基づく)

核実験降下物がピークに達して以来、発生している全てのガンにおける増加に加
えて、顕著な増加を示したいくつかの特異な発ガン部位もあった。顕著なそして説明の
つかない増加は、女性の乳ガンおよび男性の前立腺ガンに現れている。これらの疾病は

両方とも放射線によって引き起こされる。本委員会は、スターングラスらによって公表された乳ガンとストロンチウム Sr-90 とを関連づける証拠、および、バスビーによって報告された乳ガン死亡率のコーホート研究 (cohort study) に注目しており、それら双方ともその疾病の最近における増加の原因に関する説得力ある証拠を与えている。前立腺ガンもまた、核実験降下物の傾向にしたがって、ウェールズでおよそ 15 年の後にもっとも高い発生率で現れたことが示されてきている。ローマン (Roman) らによって明らかにされた、内部被曝が測定されている核施設の労働者における過剰な前立腺ガンのリスクは、ICRP によって使用されているリスクモデルには最大で 1000 倍の誤差があることを示している。

国連への 1993 年の報告書の表 11 (表 10.5 として先に与えた) は、核実験の結果としての世界の集団に対する預託実効線量はちょうど 30,000,000 人・シーベルトを少し下回ることを示している。この線量から ICRP の致死ガンリスク係数である 0.05/シーベルトは、世界の集団中にトータルで 1,500,000 人の致死ガンの発生を予測する。より最近の UNSCEAR2000 は、核実験降下物からの預託実効線量についての同様の計算を与えるが、その結果は 1993 年版で与えられたものとは著しく異なる (より小さい)。

表 10.6 (UNSCEAR1993 より) は、関連する主要な同位体の各々による、北半球の温帯地方 (北緯 40 ~ 50 度) での預託実効線量を示している。比較のために、この表は内部放射体からの過剰なリスクを認めている ECRR によって提案されたモデルを使用して計算された総線量も示している。表 10.6 に与えている外部被曝に対する内部同位体の比率を利用した内部被ばくリスクについての ECRR 補正の使用は、上に与えた ICRP 評価値から致死ガンの発生を 60,000,000 人以上にまで増加させることになる。これはおよそ 120,000,000 件のガン診断を意味する。この発症の大部分は、被曝から 50 年以内に生じるだろう。また、それらの予測されたガン増加は、もちろん、十分に明白となる。この計算については第 13 章において立ち返る。

第 10.6 節 小児ガン、小児白血病と地球規模の核実験降下物

核兵器の使用および実験に続く期間において最も驚くべき展開の一つは、子供達の間での白血病と脳腫瘍の急激な増加であった。それらはともに小児ガンの主要なタイプを構成している。1950 年代において小児ガンの初期の増加が非常に著しかったので、政府はそれらが降下物によって引き起こされたのかと問い始めた。そして、ミルクの著しい汚染物質になっていた同位体ストロンチウム Sr-90 に関心が集中した。英国では、医学研究審議会 (Medical Research Council) が、その仮説を検討するように依頼された。リチャード・ドール卿 (Sir Richard Doll) による助言があり、ヒロシマの結果からするとその線量があまりにも低いので、それはあり得ないと報告した。これにもかかわらず、低線量の分娩時の X 線が子供達の間で白血病の増加をもたらすというスチュアートによる同時代の発見が、そのような助言の不確かさを焚きつけ、後産として 1963 年の大気中核実験禁止に至ったのだった。

ダービー (Darby)、ドール (Doll) らによる北欧諸国における小児白血病と降下物についての 1994 年の研究は、低線量の内部放射線は安全であるという論旨を支持するものとしてしばしば引用されてきている。この研究は、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド、およびアイスランド (非常に異なる大きさの人口および核実験降下物への異なる被曝歴を有する国々) からの小児白血病に関するガン登録データを

互いに（時系列の中で）継ぎ合わせた。その研究期間である 1948～88 年における 0～4 歳児の白血病発生率の傾向は、1948～58 年と 1965～1985 年という期間の間では、100,000 人あたり 6 人から 6.5 人へのあまり大きくない増加を明らかに示していたが、それは子供への被曝線量が約 0.5mSv であった 1958～63 年の核実験のピークの期間を一括して扱っており、一般的なやりかたでモデル化されている。しかしながら、その研究を綿密に調べると、その初期の期間はデンマークのガン登録だけからのデータによって代表されていることが明らかになった。1958 年以後は、その 5 カ国から全ての登録データが共に出されていた。したがって、その研究には欠陥がある。1958 年から集められたデータの綿密な調査は、0～4 歳の白血病の増加が 100,000 人あたり約 5 人から 6.5 人へと、約 30% の増加であると示唆している。これはベンサム（Bentham）によって公表されたイングランドおよびウェールズでの、小児白血病死の研究とよく一致する。

被曝した子供における白血病の発生率は、胎内で受けた骨髄線量 0.15 mSv と 0 歳～4 歳の間に受けた 0.8 mSv までの間にある累積線量の結果として、その 5 年の期間にわたって 30% 増加した。これは ICRP のリスク係数（子供に対して、0.0065/シーベルト）にある誤差は、この集団においてこれ以上の過剰死が生じない場合には 3～15 倍であり、もしこの超剰なリスクが彼ら彼女らの生涯を通じて継続するとした場合には、40～200 倍であることを示唆するものである。この点については、その被曝後のおよそ 20 年で、イングランドとウェールズにおける、「すべてのガン」についての規格化した発生率の傾向として、約 30% という同様の比率での増加が生じているということは注目に値する。

合衆国においては、アーチャー（Archer）が核実験降下物による白血病の増加をストロンチウム Sr-90 を通じて調べており、成人で 1.3 mSv、子供で 4 mSv という彼が推定した線量に従って、全ての年齢集団にわたってかなり首尾一貫したおよそ 11% の増加を指し示した。もしこれらの線量が正確であるならば、これはヨーロッパにおける研究よりも、より低い線量でより高い発生率を示唆するものである。ベンサム（Bentham）やハイネス（Haynes）と同じように、アーチャーは降水量の高い、中程度および低い地域と関係した白血病における明瞭な変動を実証することができた。

本委員会は、定期的 X 線診断の開発、1930～40 年の期間における腕時計文字盤へのラジウムの広範な利用、および 1945 年に急激に増加する、核分裂性同位体の地球環境への最初の放出につづいて、英国における小児白血病発生率が、確実に増加していることに注目している。イングランドとウェールズでの 1916～50 年の期間における小児白血病死の傾向は、世界のラジウム生産量についてのデータと相関をもっている。ラジウム文字盤の放射線源からの線量は確定されてきていない。白血病増加の原因について別の可能性を調査するために、そして、結核症を撮影するために 1950～1960 年の間に広く使用された可搬式 X 線システムのデータを得ようとした本委員会の試みは実りあるものではなかった。

第 10.7 節 続く世代における核実験降下物影響の反響

ダービーらによって公表された北欧人における白血病の傾向は、最大の核実験降下物のあった期間である 1958～63 年を通じて発生率が上昇を示している。しかしながら、それらはさらに 1983 年のはじめに 100,000 人あたり 6.5 人から 7.5 人の発生率まで、際だった増加を示している。この階段状の増加は、チェルノブイリ事故に先立って始まっており顕著である。それはほとんどのデータの組の中にはっきりと見ることが可能であ

り、ウェールズおよびスコットランドからのデータの中では 1984 年と 1988 年に中心を持つ 2 つの接近したピークとしてその姿を見せている。これらは、25 年くらい前の、1959 年から 1963 年あるいはその近辺に生まれた両親に原因を持つ遺伝的損傷の世代を超えた反響である可能性がある。

本委員会は、あるひとつの白血病救済団体から得られた小さなデータの組を分析することによって、この仮説をさらに詳しく検討した。これは白血病と診断されたイングランドの子供達の親の生まれた年を記録している。分析は 1960 年頃に生まれた両親の子供達に最も高いリスクがあることを示しており、核実験降下物への彼らの被曝が小児白血病の増加に対するひとつの深刻な要因であろうことを示唆している。英国政府の医学統計局は、1981 年以降に生まれた子供達の親の生まれた年に関する追加的なデータを公開することを拒んできている。

またこの仮説は動物実験からのいくつかの証拠によって支えられている。1963 年にライミング (Luning) とフロレン (Frolen) は、ストロンチウム Sr-90 に被曝したオスのハツカネズミの子孫が、発育不良による胎児死亡として現れた重度の遺伝的損傷を受けたことを示した。遺伝的損傷は、被曝から 2 世代目になる次の世代に引き継がれた。白血病に関しての類似した影響は、白ネズミにストロンチウム Sr-90 を投与し、その子孫の白血病を検査することによって、1962 年に、セツダ (Setsuda) らによって発見された。そのような影響は、ヒトのその疾病において期待されるかも知れない。これについては、第 12 章でさらに議論する。

第 10.8 節 その他の降下物研究：全体的影響

地球規模の集団や風下住民の間における核実験降下物への被曝のリスクを評価するのに使われてきた諸研究は、表 10.4 に列挙されている。これらは、その表の中で言及されている様々な問題、しかし主としてヒロシマの研究で経験されたのと同じ問題（被曝していない対照群を見つけることの困難）を持っている。線量応答関係が線形ではない場合には、これは重要な問題である。それは、低い被曝の参照集団がより高い被ばくをした集団よりガンのより高い発生率を示すかも知れないからである。高線量では細胞は（あるいは胎児は）変異するより殺されてしまうだろう。それにもかかわらず、これらの総ての研究についての考察から浮かび上がる全体像は、その降下物として放出された物質のその量の大きさの故に安心を与えるものではない。たとえ計算された線量とリスク計数が UNSCEAR/ICRP に基づくものであったとしても、予想される致死ガン発生数は全世界で 160 万人と 300 万人との間の過剰なガンである。これは些細な数字ではない。ECRR の修正被曝線量は、6000 万人と 1 億 3000 万人の間の過剰な致死ガンを予測する。あるいは、ヨーロッパにおける 1958～63 年の期間において被曝したそれらの集団の中でおよそ 20～30% のガン発生率の上昇を予測する。この上昇はデータの中に現れている。ECRR もまた 1958 年と 1966 年の間に生まれた人々においてガンが増加するコホート効果 (cohort effect: 訳注、その特異な集団に有意な効果が見られることを指す) を予測しており、そして、彼らの子供達の間においてもリスクが増加すると示唆する証拠（例えば、上で考察した白血病データ）について憂慮している。