

放射線による内部被曝

沢田昭二



JSA *e* マガジン編集委員会・発行

まえがき

東京電力福島第一原子力発電所の事故による放射線被曝の主要なものは呼吸や飲食を通しての内部被曝である。しかし、放射線影響の研究は核兵器政策と原発推進政策に大きく歪められ、とくに原爆や核実験の放射性降下物と原発事故による被曝影響の研究は十分に行われてこなかった。さらに、被曝影響を示す貴重な資料が隠蔽されてきた。こうした被曝影響の研究の歪みを集中的に受けてきたのが原爆被爆者である。とくに遠距離被爆者や入市被爆者の放射線による被曝影響は無視できるとする日本政府の原爆症認定基準によって、放射線影響に苦しみ続けている多くの被爆者が放置されてきた。

2003 年から始まった原爆症認定集団訴訟は、被爆実態に基づく内部被曝を含めた被曝影響の解明を科学者に求めることになった。被爆者の訴えの背後となっている被爆実態を捉えると、原爆症認定基準の基礎になっている放射線影響研究所の放射線影響の研究が原爆から放出された初期放射線と呼ばれる瞬間的な外部被曝の影響研究に重点を置き、遠距離被爆者と入市被爆者の残留放射線による被曝影響を無視していることが明らかになった。

残留放射線の影響は、放射性降雨によってもたらされた放射性物質の物理学的測定に依拠してきた。しかし、原子雲から降下してきた放射性降下物、とりわけ内部被曝を通じて大きな影響を与えた放射性微粒子は風とともに移動して物理的には測定されていない。それだけでなくこうした放射性微粒子を体内に摂取したことによる内部被曝の影響は物理学的測定では知ることができない。ホール・ボディ・カウンターにも限界がある。

内部被曝の研究では急性症状、晩発性障害、染色体異常など、被曝実態から明らかにする疫学研究が重要になる。私は被爆体験を持っているため「原子雲の下から」リアルに被曝影響を考察できることと、名古屋大学を定年退職した後、統計学の講義をしていたので、被曝実態に基づいて放射線影響を明らかにする疫学研究に取り組むことになった。まだ研究の途上であるが、福島原発事故による放射線被曝には内部被曝が重要であるので、放射線による内部被曝について、本書所収の 3 つの論文を参照されたい。

I 内部被曝の研究の現段階

II 被爆実態に基づく放射線影響の研究—原爆症認定集団訴訟の経験から

III 被爆実態に基づいて残留放射線被曝を評価する—原爆症認定集団訴訟意見書（2009 年 6 月 30 日）

沢田昭二『放射線による内部被曝』目次

まえがき	1
目次	2
I 内部被曝研究の現段階	4
1 放射線の人体影響	4
2 急性放射線症と晩発性障害	6
3 外部被曝と内部被曝	9
4 放射線影響研究所の疫学研究の欠陥と問題点	11
おわりに	15
II 被曝実態に基づく放射線影響の研究	
——原爆症認定集団訴訟の経験から	18
はじめに	18
1 米国の原爆被害隠蔽政策	18
2 国際放射線防護委員会	19
3 A B C C—放射線影響研究所の問題点	19
4 D S 8 6 の原爆残留放射線の線量評価	21
5 原爆症認定訴訟	22
6 射性降下物による被曝影響	24
7 内部被曝と外部被曝	25
8 低線量被曝と晩発性障害	26
おわりに	27
III 被曝実態に基づいて残留放射線被曝を評価する	
——原爆症認定集団訴訟意見書（2009年6月30日）	28
はじめに	28
1 残留放射線影響の系譜	29

2	広島・長崎原爆の放射性降下物による被曝線量は物理学的測定では評価できない	3 0
3	残留放射線被曝の影響評価には被爆実態に基づく生物学的線量評価が不可欠	3 3
4	被曝線量と脱毛発症率の関係	3 4
5	放影研 L S S の広島集団の脱毛発症率と放射性降下物	3 5
6	L S S 広島集団の脱毛発症率から放射性降下物による被曝影響を求める	3 7
7	L S S 以外の広島の脱毛発症率から放射性降下物の評価	4 0
8	3つの異なる急性症状発症率から評価した放射性降下物被曝の比較	4 1
9	長崎原爆の放射性降下物による被曝線量評価	4 5
10	染色体異常の頻度による裏づけ	4 7
11	晩発性障害による被曝影響の推定	4 9
12	ヨーロッパ放射線リスク委員会の「レスボス宣言」	5 5
	おわりに	5 7

付論

	NHKに圧力をかけた原子力ムラ	5 9
1	国際放射線防護委員会の性格	5 9
2	放影研の内部被曝軽視を引き継ぐ I C R P	6 1
3	放影研の疫学研究の問題点と「抗議と要望」	6 2
4	放影研の放射性降下物被曝無視と I C R P の内部被曝軽視	6 3
5	ジャーナリズムの役割	6 3

I 内部被曝研究の現段階

1 放射線の人体影響

ガンマ線（ γ 線）、ベータ線（ β 線）など、放射線の量子（量子化された波の塊で、光子、電子など）は放射性原子核から数千電子ボルト（eV）ないし数百万 eV のエネルギーを持って放出される。これらの放射線量子が体内を通過する時、電磁相互作用によって、水、タンパク質、DNAなど、生体内の分子で原子を結合する役割を担っている電子に吸収されたり、散乱されたりして、電子にエネルギーを渡す。エネルギーを受け取った電子は分子から離脱し、その結果、水や生体分子が壊される。これが放射線による電離作用で、すべての放射線影響の始まりである。

電離作用に必要なエネルギーはせいぜい10 eVであるのに対し、放射線を構成する量子は数千 eVないし数百万 eVのエネルギーを持つので、一個の放射線の量子は、生体組織内で数百ないし数十万カ所の電離作用を引き起こす。可視光線や電波はX線や γ 線と同じ電磁波であるが、その光子は1eVに満たないエネルギーしか持たないので電離作用をせず、非電離性放射線と呼ばれる。

放射線は電離作用によって人体に障害を引き起こすので、物理学的には放射線が人体にどれくらいエネルギーを与えたかで被曝線量を表し、人体組織 1 kg当たり 1 Jouleのエネルギーを放射線から吸収したとき1グレイ（Gy, Gray）の吸収線量という。

しかし、放射線の種類によって人体への障害の程度が異なるので、X線に比べて何倍の影響を与えるかを考慮した生物学的効果比（RBE, Relative Biological Effectiveness）をグレイに乗じた線量当量としてシーベルト（Sv, Sievert）が用いられる。国際放射線防護委員会（ICRP）は γ 線と β 線は外部被曝ではX線と同程度の影響であるとして、RBEを1とし、 α 線のRBEを20としている。今回の福島原発事故による被曝は、1Svの100分の1以下の被曝が問題になっているので1Svの1000分の1のmSv、あるいは100万分の1の μ Svの単位が用いられる。

1mSvの全身被曝をすると全身の約60兆個の細胞1個当たり平均して約500カ所の電離作用を受ける。電離作用を受けても、ほとんどの生体分子は、再びもとの状態に修復される。ところが、きわめて小さい確率で誤った修復や、修復できないことが起こり、損傷が生じる。特に電離作用がDNA分子の2重螺旋の接近した箇所で行くと、切断箇所が誤って接合される確率が大きくなり、染色体異常をつくり出し、次の細胞分裂を不可能にして急性放射線症を引き起こしたり、細胞分裂をしても、染色体異常を持つ細胞を再生して癌細胞につながる。誤った修復の頻度は放射線の電離作用の密度が拘わる。BoozとFeinengedenの研究では1mSvの被曝によって全身の細胞に平均してほぼ1カ所の損傷を生じるとしている¹⁾。100mSvの被曝で細胞死がはじまり、200～500mSvで急性症状の発症が始まる。

放射線によってもっとも深刻な影響を受けるのは染色体である。図1は放射線感受性の強いDNAが γ 線と β 線によって電離作用を受けて2重螺旋が切断される例を示した。染色体は2重螺旋構造と塩基のペアからできていることにより、誤

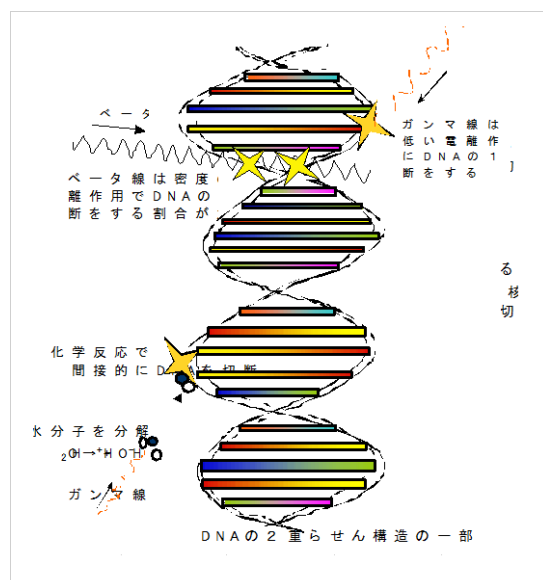


図1 DNA分子に対する放射線の電離作用

修復を防いでいる。放射線の中でも γ 線は、まばらで密度の低い電離作用を起こすので透過力が強い。そのため2本あるDNAの螺旋の鎖のうち1本鎖だけの切断が多く、染色体が損傷を受けても修復されやすい。

一方、 β 線の透過力が弱いのは、密度の高い電離作用を起こしてエネルギーを急速に失うためである。したがって、接近した電離作用によって二重螺旋の2本とも切断して、誤った修復の可能性が高まる。誤った修復が起こると細胞分裂が

不可能になったり、異常な細胞が増えてがん細胞になることも起こる。β線は陽子ほどではないがγ線より密度の高い電離作用を引き起こすので、β線のほうが染色体異常を引き起こす可能性が高く人体影響が大きいといえる。この点でICRPがβ線とγ線についてともにRBE=1としているのは疑問である。透過力の弱いβ線は内部被曝で体内の組織の中で密度の高い電離作用を引き起こすことを無視したICRPの基準を内部被曝に適用することの弊害は深刻である。

放射線の強さについては、放射性原子核が1秒間に何個崩壊して放射線量子を放出したかの回数を表すベクレル (Bq) も用いられ、1kgの物質当たり、あるいは地面の1m²当たりのベクレル数が報告されている。放射性核種ごとに典型的な被曝に対してSvへの換算がICRPによって提示されている。しかし、内部被曝に対しては適切な換算は出来ない。

2 急性放射線症と晩発性障害

放射線被曝による障害は、発症時期によって急性放射線症と晩発性障害とに大別される。体外から放射線を浴びる外部被曝による急性放射線症は一般には1週間から2週間後に発症し、内部被曝の場合には、取り込んだ放射性物質が放出する放射線を浴び続けるので一般的にはさらに遅れて発症する。一方、癌などの晩発性障害は被曝後数年から10年以上を経て発症する。このように放射線影響は一般に被曝からかなり遅れて発症する。このことから「“直ちに”健康に影響が出るレベルではない」と影響がないかのように説明するのはごまかしである。

放射線被曝による急性症状の発症も晩発性障害の発症も個人差が大きい。これを示すため、典型的な急性放射線症である脱毛の発症率と被曝線量の関係を以下のようにして求める。

1947年トルーマン大統領の指示によって、核兵器爆発1分以内に到達する初期放射線の影響を知るために広島と長崎に原爆傷害調査委員会 (Atomic Bomb Casualty Commission, ABCC) が設置された。ABCCは1950年の国勢調査の付帯調査で得られた被爆者リストから広島市と長崎市に籍を置く約13万人で寿命調査 (Life-Span-Study; LSS) 集団をつくった。図2の□印は、ABCCが1950年前後にLSSの脱毛発症率を調査した中の広島の被爆者の脱毛発症率である²⁾。1975年にABCCが閉鎖され日米共同運営の放射線影響研究所 (放影研) になったが、ABCCの初期放射線影響を研究する計画はそのまま引継がれ、1998年、放影研のStramとMizunoは、図2の調査結果から初期放射線のみによる脱毛発症率を求めた³⁾。その結果が図3の●印である。StramとMizunoが用いた「1986年原爆放射線量評価体系 (DS86)」

を用いて図3の●印に対応する初期放射線被曝量を爆心地からの距離にもどすと図2の◆印になる．□印と◆印の間が放射性降下物による脱毛発症率に対応する．動物実験から急性症状の発症率は被曝線量に対して正規分布であることが知ら

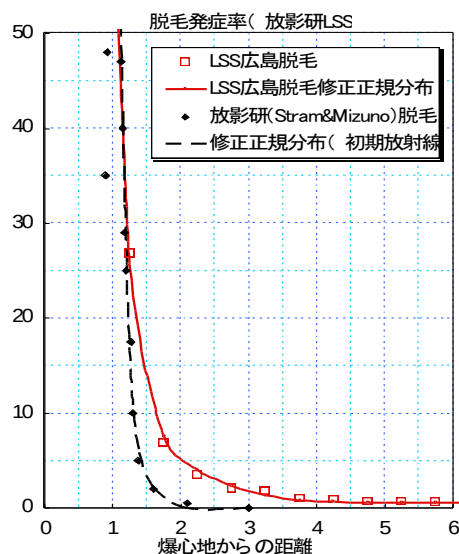


図2 ABCC調査のLSS(広島)集団脱毛発症率

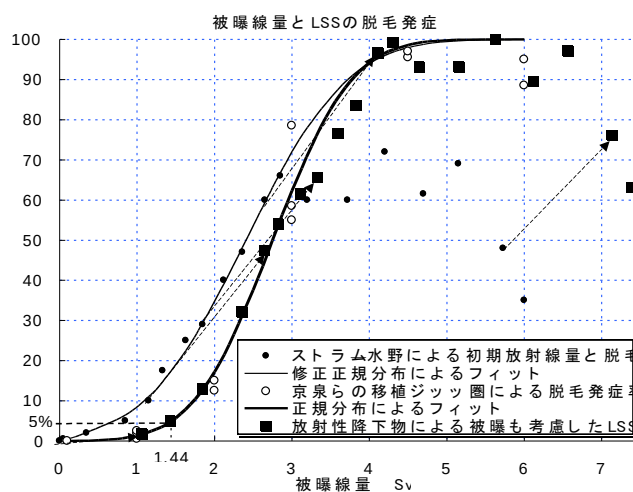


図3 LSS集団の被曝線量と脱毛発症率の関係

れており，被曝線量を増加すれば必ず発症する「確定的障害」で，被曝線量増加によって重篤になり遂に死亡する．図3の○印は，放影研のKyoizumiらが免疫機能を除去したマウスに死亡した胎児の頭皮を移植してX線照射をし，被曝線量と脱毛の発症率の関係を調べたもので⁴⁾，実線はこれを正規分布でフィットさせたものである．●印は低被曝線量での立ち上がりが正規分布より速い．これは放射性降下物による影響を取り込んだためと考えられる．逆に，3Sv以上では横這いになっている．これはLSS集団の重要な欠陥で，この集団には半致死線量約 4Sv以上の被曝をしても1950年まで生存できた被爆者のみ含まれている（この問題はAlice Stewart（欧州放射線リスク委員会（ECRR）の初代会長）が指摘していたことで，晩発性障害の被曝線量の影響の研究にも大きく影響する）ためと，StramとMizunoが初期放射線影響のみを求めるために降下物による発症率を引き過ぎたためである．

図3の実線の正規分布の関係をj用いて図2の□印から，広島原爆による初期放射線被曝線量と放射性降下物による被曝線量を求めた結果が図4の■印である⁵⁾．図3の■印は放射性降下物の影響を含めた被曝線量と図2の□印に対応する脱毛発症率である．図3の●印から■印に向う矢印は，放射性降下物による被曝線量とStramとMizunoが差し引いた発症率を表す．■印も高線量被曝で100%に達しないのは，LSSに高線量被曝でも1950年まで生存できた被爆者のみ含まれている影響

である。

典型的な急性症状の脱毛発症率の正規分布が示しているように、急性症状を発症する線量には個人差があるが、被曝線量が増加すれば細胞死が増加して、遂に

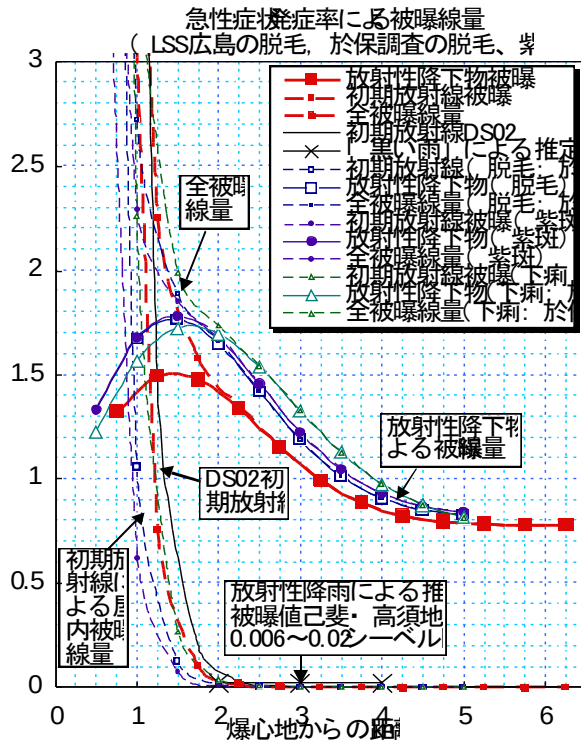


図4 急性放射線症発症率による広島原爆推定被曝線量

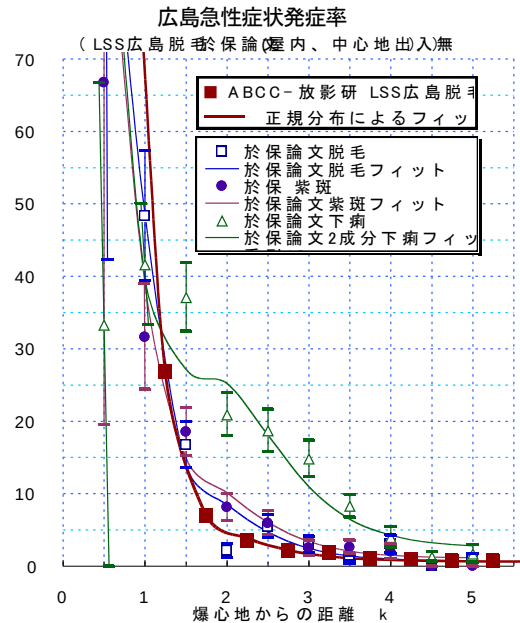


図5 広島原爆による脱毛、紫斑および下痢の爆心地からの距離による発症

は100%の人が発症する「確定的障害」である。そして、被曝線量の増加とともに重篤度が強まり、遂に死亡する。

染色体異常などの損傷が、免疫機能や癌などの発症を抑制する機能を失わせるなど、放射線被曝による数段階の歯止めが失われた場合、かなりの年月を経て障害が発症する。晩発性障害は、被曝しても必ず発症するとは限らないが、被曝線量が増加すれば発症する確率が増加する。そのため「確率的障害」とされる。障害の重篤度は被曝線量によらない。晩発性障害も発症するかどうかは大きな個人差がある。被爆者が原爆症認定申請すると、認定審査会の「御用学者」らは個人差の大きな広がりを見做して、被曝線量分布の平均値で一斉に発症するとして、原爆症の発症の放射線影響の有無を判定する「原因確率」を導入し、機械的に原爆症認定審査を行うという非科学的な基準を作った。さらに、原爆症認定集団訴訟で連敗して安倍晋三首相（当時）指示で厚労省につくられた「原爆症認定の在り方検討会」の委員になった現在国際放射線防護委員会（ICRP）主委員会委員の

仁羽太貫氏は、検討会のまとめに今後も「原因確率」を継続使用するとした。昨年11月27日、丹羽氏は日本物理学会京都支部で講演し、私が検討会で報告したものを参考文献とし挙げている。事実を知っているにもかかわらずこれを反映させない ICRPの手法である。

3 外部被曝と内部被曝

X線と γ 線は生体組織を通過する時、まばらな電離作用をするので、エネルギーを失うまでに相当の距離を通過するため透過力が強い。これに対し、 α 線はきわめて密度の高い電離作用をして、数百万 eVのエネルギーを数十 μ m 走るうちに全部放出するので、透過力はきわめて弱い。 β 線はこの中間で、生体内では通常数 cm 走ってエネルギーを失って止まる。電離作用の密度が大きいと、分子の接近した箇所の切断確率が大きくなり、誤った損傷修復の確率が大きくなる。こうしたことを考慮すると、ICRPが、内部被曝に対して β 線のRBEを1とすることには疑問がある。

この問題を、具体的に於保源作医師⁶⁾が調査した広島の被爆者の爆心地からの距離による急性症状の脱毛、皮下出血による紫斑、下痢の発症率について見よう。図5に示したように脱毛の□印と紫斑の●印は爆心地からの距離とともにほぼ同じような変化をしている。しかし、△印の下痢の発症率は近距離では脱毛や紫斑に比べて小さく、遠距離では数倍大きい。

近距離では初期放射線の γ 線や中性子線による瞬間的な外部被曝が主要な被曝影響を与える。外部被曝では透過力の強い γ 線が腸壁まで到達できる。しかし、到達した γ 線はまばらな電離作用を行って薄い腸壁細胞を通り抜けるので、高線量の γ 線でなければ下痢を発症させない。

一方、遠距離では放射性降下物の放射性微粒子を体内に摂取したことによる内部被曝が主要になる。呼吸や飲食で取込んだ β 線を放出する放射性微粒子が腸壁

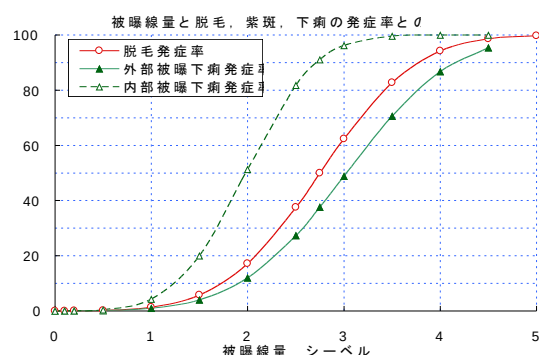


図6 被曝線量と脱毛、紫斑、下痢の発症率の関係

に到達すると、 β 線は密度の高い電離作用を行うので腸壁細胞に損傷を与えて下痢を発症させる。このことを考慮して、図6に示したように、被曝線量と下痢の発症率の関係を、初期放射線の γ 線による外部被曝の場合には脱毛と紫斑に対する正規分布（50%の人が発症する半発症線量を2.75Sv（○印））より高い被曝線量方向にずれた正規分布（50%の人が発症する半発症線量を3.03 Sv（▲印））の曲線によって与え、放射性降下物による内部被曝の場合には脱毛と紫斑の場合より低い被曝線量方向にずれた正規分布（50%の人が発症する半発症線量を1.98Sv（△印））の曲線によって与えると、図4に対応したマークを付した細い曲線で示したように、ほとんど同じ被曝線量によって、図5の細い曲線のように脱毛、紫斑、および下痢の3種の急性症状の発症率を同時に再現できる。こうして放射性降下物による内部被曝の被曝線量と急性症状発症率の関係を求めることができた。こうして得られた結果を、医学的および分子生物学的な研究に基づいて解明する課題が生まれた。

このように障害のしくみが外部被曝と異なる内部被曝をX線やCTスキャンによる外部被曝と比較することは適当でない。

今回の原発事故による拡散した放射性物質は酸化物などの微粒子として飛散していると考えられるが、 $1\mu\text{m}$ 以下の大きさであれば、呼吸で鼻毛などに遮られないで肺胞を経て血液に達して全身を廻る。その際、放射性微粒子が水溶性あるいは油溶性であれば原子あるいは分子レベルに分解し、元素の種類によって特定臓器に蓄積し、集中した被曝を与える。

水溶性・油溶性でない場合には微粒子のまま、あるいは幾つかの微粒子に分解して循環し、体内の特定箇所に着する。 $1\mu\text{m}$ の微粒子でも、原理的には数百億個の放射性原子を含むこともありうるので、微粒子が沈着した周辺の細胞は大量の被曝を継続して死滅する。特に微粒子が多数のウランやプルトニウム原子核を含む場合にはきわめて高密度の電離作用をする α 線を放出するので被曝影響が大きくなる。こうしたことも外部被曝にない内部被曝の特質である。

図3に示されたように放射線の影響は個人差が大きく、標準的な人が発症しなくても、放射線感受性の高い人には影響が現れることを無視してはならない。また、図4に示されたように爆心地から1.2kmまでは初期放射線による外部被曝が主要な影響を与えているが、1.2kmより遠距離では放射性降下物による内部被曝が主要な影響を与えたことがわかる。

これまでの放射性降下物による被曝線量の評価は、「黒い雨」と呼ばれる放射性降雨に含まれて地中に浸透した後、その後の火災雨や台風による洪水で流されな

かった放射性物質が放出した放射線の物理的測定結果にもとづいている。

政府は図4に×印で示した広島爆心地から西方約2kmから4kmの己斐・高須地域における積算被曝線量の0.006Sv～0.02Svのみ認め、その他の地域の放射性降下物は無視してきた。図4に示されるように、被爆者の間に生じた急性症状から推定した値は0.85Svないし1.7Svで、2桁の過小評価である。この過小評価が、ICRPの内部被曝の軽視と、今回の福島原発事故における内部被曝影響の軽視につながっている。

ここで、線量当量の単位のSvを用いてきたが、内部被曝に対する適切な単位が存在しないために、外部被曝と同等な急性症状の発症率を与える内部被曝の影響を表す線量当量の意味で用いている。図4に示された結果は、放射性物質による内部被曝の影響が外部被曝よりもはるかに深刻であることを示している。

広島原爆と同様の結果が、長崎原爆による爆心地から12kmまでの脱毛、紫斑、下痢の3種の急性症状発症率の解析から得られた。ただし、爆心地から12kmでも放射性降下物による被曝線量は1.2Sv～1.3Svで、広島原爆の爆心地から6kmの0.8Svの約1.5倍である。この結果は、原爆の爆発威力が広島の1.4倍であったこと、原爆容器と爆発後の火薬成分などが広島原爆より多くの中性子線によって誘導放射化されたこと、核分裂しなかったプルトニウムの方がウランより放射能が強いことで説明できる。

4 放射線影響研究所の疫学研究の欠陥と問題点

福島原発事故による政府の放射線防護基準は、ICRP、国際原子力機構（IAEA）、国連科学委員会（UNSCAER）などに大きく依存し、これらの国際機関は核兵器国の核政策と原発推進政策によって科学的基盤からずれ、人命よりも政治的で実用性を重視した勧告を発表してきたが、科学的根拠として放影研の疫学研究に大きく依存してきた。しかし放影研はさまざまな問題点を抱え、これらの国際機関もその欠陥を引継いでいる。放影研の欠陥あるいは問題点は

- ① 初期放射線による人体影響に研究の焦点が当てられ、初期放射線被曝0.005Sv以下の遠距離被爆者を実質上非被曝コントロール（比較対照集団）としている
- ② 寿命調査（Life Span Study, LSS）集団には1950年10月1日に生存していた広島市と長崎市在籍被爆者のみ含まれ、それまでに死亡した被爆者は調査対象から除外されている。
- ③ 癌以外の障害の研究を軽視し、遺伝的影響を否定している。

④ 原爆の熱線と爆風の影響を過小評価している。

これら欠陥の帰結は、内部被曝の軽視あるいは研究の大幅な遅れと、晩発性障害のリスクの過小評価となるが、多くの内外の放射線影響の専門家は、こうした問題を深刻に捉えず、今なお放影研の研究を金科玉条としている。

放影研の求めた相対リスクは、放射性降下物による被曝影響を考慮し、真の非被爆者をコントロールに採用した場合より大幅な過小評価になっていることを悪性新生物死亡リスクについて具体的に示す。広島大学原爆放射線医科学研究所(原医研)は、広島県在住の被爆者(被爆者健康管理手帳所持者)のさまざまな障害による死亡率を、被爆者を除く広島県民をコントロールとして比較研究してきた⁷⁾。ここでは、この研究の中から爆心地から 1km 以内、1～1.5km、1.5～2km、2km 以遠の直爆被爆者と広島県民非被爆者の男女別と男女全体について、1968 年から 1972 年の悪性新生物による死亡数と年間死亡率を検討する。原医研のデータを示すと表 1 のようになる。被爆者を除く広島県民をコントロールとして表 1 の悪性新生物死亡率から、爆心地から 1km 以内、1km～1.5km、1.5km～2km、2km 以遠の直爆被爆者、および非被爆者の男性、女性、男女全体について、悪性新生物による相対リスク(被爆者の被曝線量ごとの集団の死亡率を非被爆者の死亡率で除したもの)を求めると表 2 のようになる。表 2 には、DS02 による初期放射線被曝線量、図 4 に示した ABCC の脱毛発症率から求めた放射性降下物による被曝線量、およびこれらを加えた全被曝線量を示した。

放影研は、初期放射線がほとんど到達しない遠距離被爆者の放射性降下物による被曝は無視できるとして、初期放射線被曝のみを考慮しているので、遠距離被爆者を実質上非被曝のコントロールにしている。しかし、表 1 と表 2 に見られるように、爆心地から 2km 以遠の被爆者は爆心地から 1.5km～2km の被爆者より悪性新生物による死亡率が高い。放影研のように遠距離被爆者をコントロールにする過ちを明示するために、爆心地から 2km 以遠の被爆者をコントロールにした相対リスクを「放影研式」として表 2 に示した。また、1 Sv 当たりの悪性新生物による死亡相対リスクの増加を求めて表 2 に示した。

表 2 の相対リスクを全被曝線量にたいして示すと広島県民の非被爆者をコントロールにしたものは図 7 の●印になり、放影研式で 2km 以遠の遠距離被爆者をコントロールにした相対リスクは図 7 の▲印になる。

爆心地から 2km 以遠の遠距離被爆者を、放影研のように放射線をあびていないとしてコントロールとすると、表 1 に示されているように年間死亡率は、爆心地から 2km 以遠の被爆者の方が 1.5km～2km の直爆被爆者よりも男女とも大きいので、爆心地から 1.5km～2km の直爆被爆者相対リスクが表 2 と図 7 の▲印のよう

に 1 以下になるという問題が生ずる. この理由を合理的に説明する必要があるが, どちらの領域においても放射性降下物が主要な被曝影響を与えており, 1.5km~2

表 1 広島大学原医研による広島県被爆者の悪性新生物年間死亡率

		直爆被爆者					被爆者計	非被爆者
		1km 以内	1~1.5km	1.5~2km	2km 以内計	2km 以遠		
男性	1968--72 年観察人年	19,637	42,025	60,505	122,167	75,968	370,343	3,537,580
	悪性新生物死亡数	99	191	210	500	284	1,729	6,700
	年間死亡率	0.504	0.454	0.347	0.409	0.374	0.467	0.189
女性	1968--72 年観察人年	18,968	61,222	172,919	153,109	116,992	421,266	3,884,180
	悪性新生物死亡数	58	170	153	381	276	1,037	5,451
	年間死亡率	0.306	0.278	0.210	0.249	0.230	0.246	0.140
男女合計	1968--72 年観察人年	38,605	103,247	133,424	275,276	192,960	791,609	7,421,760
	悪性新生物死亡数	157	361	363	881	560	2,766	12,151
	年間死亡率	0.407	0.350	0.272	0.320	0.290	0.349	0.164

km では火災による死亡が多いこと, 2km 以遠は広島市の郊外となり, 生活様式が異なるなどの影響も考えられる.

相対リスクの●印と▲印全体をそれぞれ表す回帰直線を求めると図 7 の直線と細い点線となり, この直線の勾配すなわち 1Sv 当たりの相対リスクの増加は表 2 に示すように原医研では男性 0.63, 女性 0.43, 男女全体で 0.53 であるのに対し, 放影研方式では男性 0.21, 女性 0.19, 男女全体で 0.23 となる. すなわち, 真の非

被爆者をコントロールにした場合は遠距離被爆者をコントロールにした場合の、男性で 3 倍，女性で 2.3 倍，全体で 2.3 倍となり，放影研の方式は，悪性新生物による死亡リスクを大幅に過小評価していることになる。

爆心地から 1km 未満の直爆被爆者の大半は，半致死線量の 4 Sv 以上を被曝し，1968 年までに死亡している．図 7 に悪性新生物による相対リスクが被曝線量にしたがって直線で増加するとして，相対リスク全体を表現する回帰直線を求めたが，1 km 以内の直爆被爆者の相対リスクが回帰直線の下になっているのは，放影研の LSS と同様 1968 年までに生存できた放射線抵抗力の強い被爆者が調査対象となったためと考えられる。

表 2 原医研による広島県被爆者の悪性新生物による死亡リスク

		直爆被爆者				非被爆者
		1 km 以内	1 ～ 1.5km	1.5 ～ 2km	2km 以上	
	初期放射線平均被曝線量	1.614	0.77	0.1	0	0
	放射性降下物平均被曝線量	2.27	1.469	1.458	0.85	0
	合計平均被曝線量	3.884	2.239	1.558	0.85	0
男性	相対リスク ERR	2.6667	2.4021	1.8360	1.9788	1
	同上放影研式 ERR	1.3476	1.2139	0.9278	1	－
	1Sv 当たり相対リスクの増加 原医研方式 0.63, 放影研方式 0.21					
女性	過剰相対リスク ERR	2.1857	1.9857	1.5000	1.6857	0
	同上放影研式 ERR	1.2966	1.1780	0.8898	1	－
	1Sv 当たり相対リスクの増加 原医研方式 0.43, 放影研方式 0.19					
男女合計	過剰相対リスク ERR	2.4817	2.1341	1.6585	1.7683	0
	同上放影研式 ERR	1.4034	1.2069	0.9379	1	－
	1Sv 当たり相対リスクの増加 原医研方式 0.53, 放影研方式 0.23					

放影研の疫学調査のコントロールとした LSS の 0.09 Sv 以下の遠距離被爆者と入市被爆者の癌の死亡の日本人平均を基準にした相対リスクが 1 より大きく，乳がん，甲状腺がん，白血病の発症の日本人平均を基準にした相対リスクが 1 より

かなり大きいことを 1983 年最初に指摘したのはブレーメン大学の Inge Schmitz-Feuerhake さんで、彼女は ECRR の現会長である。同時に彼女はドイツ反核医師の会の「チェルノブイリの健康影響-原子炉大災害から 25 年後」を

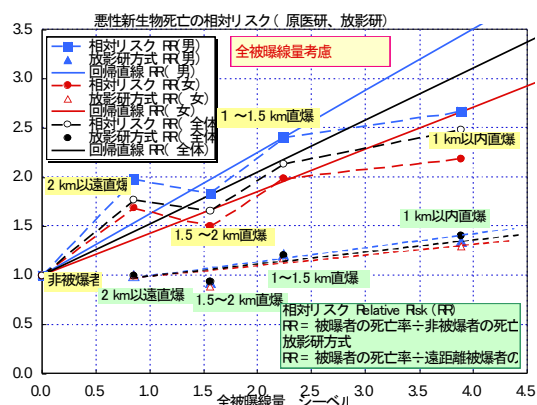


図7 広島に被爆者の悪性新生物の被曝線量による相対リスク (広大原医研)

Sebastian Pflugbeil さんたちとまとめて 2011 年 4 月に発表している。また、LSS の広島被爆者の 0.005 Sv 以下の初期放射線極低線量集団が癌の高いリスクを示すことを T. Watanabe らが 2007 年に見出している。原医研の研究と合せて、放影研の LSS 集団もコントロールとして真の非被爆者を設定して正しく研究を行えば、遠距離被爆者の放射性降下物の内部被曝による晩発性障害の影響についての知見が得られるであろう。

放射線感受性は、急性症状でも晩発性障害についても、細胞分裂を活発におこなっている子供や胎児は数倍大きい。こうした問題についてもさらに研究を進めなければならない。

原医研の研究では、広島県在住被爆者の悪性新生物による死亡率は非被爆者の広島県民よりも高いにもかかわらず、全死因による死亡率は男女とも非被爆者より 9% 低率であることが示されている。これは被爆者が年 2 回の健康診断を国の責任で行ってきたことの反映である⁷⁾。このことは、原発作業員など、今回の放射線によって被曝した福島県や北関東などの人びとに対し、健康管理を国の責任で行うことが必要である。

おわりに

東電の社員について、1 次測定 of 3,726 人の測定では 100mSv 以上は 24 人、5

月 31 日までにホール・ボディ・カウンターを用いた内部被曝の測定を行った 2,367 人中 100mSv を超えた人は 29 人いた。とくに被曝線量が高い ① 30 代社員の外部被曝 88 mSv, 内部被曝 590 mSv, 合計 678 mSv, ② 40 代社員の外部被曝 103 mSv, 内部被曝 540mSv, 合計 643mSv, ③ 50 代社員の外部被曝 35mSv, 内部被曝 300mSv. 合計 335mSv の 3 人は外部被曝に比して内部被曝がかなり大きい。ただし, 測定は γ 線だけで, β 線被曝は含まれていない。ホール・ボディ・カウンターは, セシウム 137- β 崩壊 $\rightarrow$ バリウム 137 励起状態- γ 崩壊 $\rightarrow$ バリウム 137 基底状態と崩壊するガンマ線だけを測定する。内部被曝の場合は β 線の影響の方が γ 線よりはるかに大きく, RBE を 1 として Sv を求めた価に比べて内部被曝線量はさらに大きくなる可能性がある。

福島原発事故調査・検証委員会「中間報告」では, 「放射性物質が固体の塊のまま体内に取り込まれた場合の影響を考える必要性は小さいと思われる」と述べているが, 内部被曝線量推定で重要になる飛散した放射性微粒子の大きさは測定されていない。

ICRP に影響された科学者が福島原発事故による放射線被ばくの影響についてテレビで「直ちに影響はありません」, 「100 mSv 以下ではがんなどが起きるという証拠はありません」と述べ, 政府も ICRP の勧告に従って 20 ミリ Sv 以下の被ばく影響は無視できるかのように述べてきた。これまでも 100 mSv 以下でも癌の発症率が被ばく線量に比例して増加するという研究はあったが, 特に昨年 3 月にカナダのマギー大学のチームが X 線検査・治療を受けた 82,861 人を追跡調査して 10mSv から 40mSv の間の 10mSv 間隔で癌の発症率が 3%ずつ増加するという論文を発表している。ICRP はこうした研究を意図的に無視している。

昨年 12 月 28 日に NHK の「追跡! 真相ファイル 低線量被ばく 揺れる国際基準」は, ICRP が一般には科学的な立場から放射線防護の基準を勧告してきたと考えられているのに対し, 実際には核兵器を製造しているアメリカのエネルギー省や原子力産業の影響を受けて, 政治的な立場からの影響を強く受けてきたことを国民に知らせるものであった。この番組に対し, 日本原子力学会のシニア・ネットワークなど, 「安全神話」で原発を推進してきた人たちが, 放影研が 1980 年代に被曝線量を「原爆放射線 1965 年暫定線量 (T65D)」から DS86 に変更したことを, 時間当たりの被曝を与える線量率の変更だと勘違いの批判をして, NHK 会長宛に「抗議と要望」を提出して圧力をかけている⁸⁾。

東電福島第一原発の事故によって, 市民が放射能汚染のために避難させられ, 福島県と関東北部をはじめ国民の中に原発から自然エネルギーに転換してほしいと願う中で, NHK の番組が, ICRP が核兵器や原発推進勢力の影響を受けて, 科学

的根拠を欠いていると報道したことは、「安全神話」の復活を目論む道を閉ざされてはならないという焦りとして「抗議と要望」に現れたと考えられる。

以上述べたように、放影研の研究や ICRP などの国際組織が内部被曝の問題を軽視し、内部被曝の研究は大きく遅れてしまった。そこで、去る 1 月 27 日に「市民と科学者の内部被曝問題研究会」が発足し、内部被曝の問題の科学的な研究を推進するとともに、市民と共同して研究成果を活かして、内部被曝も含めてた被曝影響から、とりわけ放射線影響が大きい胎児、幼児、子どもの被曝防護に努めなければならない。

独立した原子力安全委員会ないし規制委員会を 4 月に発足させると言いながら、「安全神話」を振りまいてきた専門家を除き、自主・民主・公開の基本原則に基づいて国民の安全に責任を持つ専門家を総結集した強い権限を持つ安全規制委員会と原発事故委員会が立ち上がるかどうか、見通しが立っていない。事故の収拾計画、スポット状汚染地域の放射能のきめ細かい測定と居住環境の調査、被曝した人びとの健康管理、汚染土壌の処理を含めた農業などの安定的再開、海洋と水産物の汚染のきめ細かい測定と公表などを推進することが何よりも必要である。

引用文献

- 1) L. E. Feinendegen and J. Booz, Def Sci J, Vol. 40, 383-388 (1990).
- 2) Preston, D. L., 馬淵清彦, 児玉和紀, 藤田正一郎, 長崎医学会雑誌 73, 251-253 (1998).
- 3) Stram and Mizuno,
- 4) Kyoizumi, S., Suzuki, T., Teraoka, S. & Seyama, T., Radat Res 194, 11-18 (1998).
- 5) S. Sawada, 社会医学研究, 第 29 卷 1 号 (2011).
- 6) 於保源作, 日本医事新報, No. 1746, 21-25 (1957).
- 7) 栗原登ら ; 広大原医研年報 22 号 ; 235-255, 1981.
- 8) DAYS JAPAN VOL. 9, 3 月増刊号 216-217 (2012) .

(日本科学者会議シンポジウム「東日本大震災・
原発災害と私たちの未来」(2012.3.3) 報告原稿)

Ⅱ 被曝実態に基づく放射線影響の研究 ―

―原爆症認定集団訴訟の経験から

はじめに

福島原発事故による放射線被曝は、広島・長崎原爆の放射性降下物による被曝と共通性がある。しかし、放射性降下物による被曝影響の研究は、核兵器国の核政策と原発推進政策によって大きくゆがめられ、また、国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection, 以下、ICRP）や国際原子力機関（IAEA）、国連科学委員会（UNSCEAR）なども本来の役割を果たせず、放射線影響の真実を明らかにすべき科学者が社会的責任を果たせないでいる。

以下において、広島・長崎の原爆被爆者に対する放影研の被曝影響研究の問題点と、これに依拠してきた ICRP などの国際組織とその影響下にある研究者集団の現状を紹介する。

1 米国の原爆被害隠蔽政策

1945 年 9 月日本占領が始まると外国人記者が来日して広島取材を始め、原爆投下 30 日後も「原爆病」によって多くの人が亡くなり続けている悲惨な状況が海外に伝えられた。

マンハッタン計画の副責任者で医学部門の責任者であったトーマス・ファール准将は 9 月 6 日東京で記者会見し、「広島・長崎では、死ぬべきものは死んでしまい、9 月上旬現在において、原爆放射能のために苦しんでいる者は皆無だ」と声明を出した¹⁾。彼は報道によって原爆投下に対する批判が強まることを怖れた。残留放射線による影響を認めると、原爆による傷害が広範囲に及び、長期にわたることになって、核兵器使用の国際人道法上の違反が明白になる。占領軍は 9 月 19 日、原爆被爆に関する報道規制を発令した。この米国政府の政策が、放射線による被害影響の全面的解明を遅らせる出発点になった。

2 国際放射線防護委員会

米国は、1946 年、マンハッタン計画を引き継ぐ原子力委員会（Atomic Energy Commission, 以下, AEC）を設立した。また、医療による X 線被曝よりも、核兵器工場や核爆発実験などによる放射線被曝が重要になったために従来の全米 X 線ラジウム防護委員会に代って全米放射線防護委員会 (National Council on Radiation Protection, NCRP, 以下, NCRP) を設置した。

NCRP の第一委員会は、外部放射線被曝限度に関する委員会で、外部被曝限度を引き下げる結論を 1947 年にまとめ、その報告書を 1953 年に発表した。

NCRP の第二委員会は、放射線内部被曝リスクに関する審議を担当し、オークリッジ研究所の保健物理部長カール・モーガン博士が議長を務めた。しかし、さまざまな放射性物質による内部被曝によって、体内の臓器や組織にどのような影響を与えるかを定めることはきわめて困難で、外部被曝のように被曝線量を体内組織にわたって平均化することにも問題があった。そこで第二委員会の審議は 1951 年に打ち切られた。

NCRP は、AEC の影響下で核兵器に深く関連していた。このことから注意をそらし、国際的に合意された放射線障害のリスクの基準を示すために、1950 年に国際 X 線およびラジウム委員会の名称を変更して ICRP が発足した。ICRP の各委員会の議長は NCRP の委員会議長が兼ねたので ICRP は NCRP の並列組織の性格が強く、核政策による影響を受けている。このことは ICRP と NCRP の内部被曝委員会議長を 20 年間務めたモーガン博士が著書²⁾で述べている。彼は、プルトニウム燃料棒製造のケル・マックギー社で働いていた女性が放射能汚染をし、ケル・マックギー社を訴えた裁判（1979 年）と、ネバダ核実験風下地域住民が米国政府を訴えた裁判（1984 年）で、原告側の証人を務めた。ICRP が、放射線業務従事者に 5 年間 100 mSv の職業被曝線量限度を、科学的根拠もなく勧告しているのは原発や核関連施設への配慮である。

3 ABCC-放射線影響研究所の問題点

米国政府は、原爆放射線による被曝影響について隠蔽政策をとる一方、核兵器を使用した場合の放射線影響を知る必要に迫られた。1947 年、トルーマン大統領の指示によって 原爆傷害調査委員会 (Atomic Bomb Casualty Commission, 以下, ABCC) を広島市と長崎市に設置された。1950 年日本政府は、国勢調査の付帯調査によって原爆被爆者のリストを作成したが、それを被爆者対策に役立てることな

く ABCC に渡した。

ABCC は、そのリストの広島市と長崎市在住被爆者を寿命調査 (Life Span Study, LSS) 集団として死亡原因などの疫学調査を始め、さらに成人健康調査 (Adult Health Study, AHS) 集団を設定して健康調査をはじめた。

ABCC の調査は占領軍の強制的性格をおび、被爆者が障害で苦しんでいても、検査だけで治療しないため被爆者に恐れられ忌避された。

ABCC の研究は、主として原爆爆発後 1 分以内に放出された初期放射線による外部被曝に重点を置いた。放射性降下物と初期放射線の中性子の吸収によって誘導放射化された物質から、原爆爆発 1 分以後に放出された放射線を残留放射線と呼んでいる。ABCC の研究では残留放射線による被曝影響はほとんど無視された。このことは、ABCC の研究目的が核戦争の準備であったことと関連している。

放射線影響の疫学研究には被曝線量の評価が不可欠である。そのため米国は、核実験場に日本家屋を建てて初期放射線の遮蔽効果を調べ、爆心地からの距離ごとの初期放射線被曝線量の評価を行った。これに基づいて、1957 年暫定線量評価 (T57D) や 1965 年暫定線量評価 (T65D) を作成した。これを用いて ABCC は、被爆者を初期放射線の被曝線量ごとに区分し、がんなどの発症率の疫学研究を進めた。

1975 年、ABCC が閉鎖され、日米共同運営の放射線影響研究所 (放影研, Radiation Effects Research Foundation, 以下、放影研) が発足した。しかし、スタッフと初期放射線影響に重点を置く研究計画はそのまま引き継がれた。

ネバダ核実験は長崎型プルトニウム原爆のため、広島原爆の被曝線量と T65D の評価に食違いがあった。その後、原爆放出の放射線の伝搬計算が大型計算機によって可能になり、1986 年原爆放射線線量評価体系 (Dosimetry System 1986, 以下、DS86) がつくられ、疫学研究の線量評価に用いられるようになった。

被爆者の疫学研究では、本来、原爆放射線にまったく被曝していない非被爆者集団をコントロールとして設定して、被爆者と比較しなければならない。ところが ABCC 以来、放影研の疫学研究では、初期放射線被曝を無視できる遠距離被爆者と、原爆の爆発後に市内に入った入市被爆者を比較対照群のコントロールとしてきた。

1983 年、ブレーメン大学のインゲ・シュミッツ-フォイエルヘーケ教授は、放影研の LSS 集団のコントロールの遠距離被爆者集団 (T65D の初期放射線被曝 90 mSv 以下) と入市被爆者集団の各種障害の発症率と死亡率を日本人のそれらの平均と比較して相対リスクを求めた。彼女の研究は、放影研のコントロール集団もかなり被曝していることを初めて科学的に明らかにした重要な指摘であった。し

かし、論文としての掲載は拒否されて、“Health Physics”誌の Letter として発表した³⁾。

4 DS86 の原爆残留放射線の線量評価

DS86 は、広島と長崎の爆心地からの距離ごとの初期放射線のガンマ線と中性子線の線量評価を与えるとともに、残留放射線の第 6 章を設けている。この章には、放射性降雨によってもたらされた放射性物質で、土壌に浸透し、被曝後の火災雨や、台風などの洪水で流失しなかったものから放出した放射線および、初期放射線の中性子によって地上の物質が誘導放射化されて放出する放射線についての測定結果が紹介されている。

第 6 章には、こうした放射性物質が、その後の雨などで流出した可能性を述べている。これは科学者として当然のコメントである。しかし、この測定に基づいて被曝直後から将来にわたって放射性降下物から受ける累積被曝線量の計算結果も記載している。これを放影研も日本政府も放射性降下物による最大の被曝線量であるとして、広島では爆心地から西方 3km～4km の己斐（こい）・高須地域の 6 mSv～20 mSv、長崎では爆心地から東方約 3km の西山地域の 200 mSv であるとしてきた。

厚生省は、被曝者の原爆症認定申請を審査する基準において、これらの数値を「科学的」であるとして、この地域の放射性降下物による被曝線量とし、その他の地域は無視できるとしてきた。2003 年に始まった原爆症認定集団訴訟に連敗しても、厚労省と裁判において国側の証人や意見書を書いた科学者は、今なおこの DS86 の記述にとらわれ続けている。

さらに第 6 章には、長崎の西山地域の被曝者から放出されるセシウム 137 由来のガンマ線（セシウム 137—ベータ崩壊→バリウム 137 励起状態—ガンマ崩壊→バリウム 137 基底状態）を 1969 年と 1981 年にホール・ボディ・カウンターによって測定した結果を内部被曝線量として記述している。セシウム 137 の物理学的半減期は約 30 年であるが、体内に摂取したセシウムは新陳代謝によって排泄され、生物学的半減期約 80 日で半減するので、放射性降下物の直接摂取による内部被曝線量は 24 年後には何十桁も落ちている。測定したのは、測定 1 年以内に作物などを通じて摂取したセシウム 137 であり、2 回の測定によって環境半減期が 7.4 年であることを示しているに過ぎない。しかし、この値から 1945 年から 1985 年までの累積被曝線量を男性 0.1 mSv、女性 0.08 mSv と求めて第 6 章に記述し、放射性降下物による被曝影響をごまかす材料として厚労省などに提供している。

原子雲の中央部からの強い放射性降雨の降雨域は、広島では爆心地から北西方向であることが被爆者からの聞き取り調査によって明らかにされている。しかし、この降雨域の主要部分は、被爆後に発生した爆心地から約 2 km にわたる広島市全域の大火災にともなって生じた激しい火災雨の降雨域と重なっており、放射性物質の大部分は火災雨によって流失している。川や池で魚や蛙が死んで浮いてきたという被爆者の証言は、火災雨の前の強い放射性降雨の影響を伝えている。また、9 月と 10 月に台風が広島を直撃し、大洪水によって多くの橋を流失するなどの大災害を与えたが、洪水は放射性物質の大部分を押し流した。己斐・高須地域は強い放射性降雨域の周辺部に相当し、火災雨が降らなかった地域である。政府の命令で、原爆であることの確認のため仁科芳雄博士らが 8 月 9 日に採取した土壌が保存されている。静間清博士らによるこの土壌の測定から、己斐・高須地域の測定値の 20 倍以上の測定値を得た地点（西大橋東詰め）は、その後の洪水で流失している。

長崎では、広島と異なって、爆心地が長崎市の中心部よりかなり北にずれ、火災域は広島の 4 分の 1 以下であった。そのため放射性降雨によってもたらされた西山地域の放射性物質は火災雨で流失せず、広島の 10 倍以上の値が得られたと考えられる。

5 原爆症認定訴訟

広島・長崎原爆の初期放射線の中性子を吸収して誘導放射化された地上の物質が放出する微量の放射線を測定すると、原爆の中性子線量を推定できる。また、ガンマ線を吸収した結晶を熱し、蓄えていたエネルギーを光として放出させて測定すると、原爆のガンマ線量を推定できる。こうした測定が物理学者によって行われ、DS86 の線量評価との比較が行われていた。1990 年代の終わりに、私は葉佐井博己博士らの測定グループの研究会に加わり、測定結果を総合的に解析した。その結果、広島も長崎も DS86 の線量評価は爆心地から 1.5 km 付近以遠では実測値と較べて系統的に過小評価であることを見出した。この結果を、放影研で開かれた DS86 の線量評価再検討日米合同ワークショップにおいて報告し、日本放射線影響学会でも報告した。

当時、長崎の松谷英子さんの原爆症認定裁判の控訴審と京都の小西建男さんの地裁裁判において DS86 の遠距離の過小評価が争点になっていた。そこで私は、福岡高裁に意見書を提出し、京都地裁で証言を行った。これが、原爆症認定訴訟に関わるきっかけとなった。2000 年に松谷さんの最高裁判決と小西さんの大阪高

裁判決で勝訴が確定した。しかし、松谷さんの被爆距離は爆心地から 2.45 km であるが、さらに遠距離で脱毛などの急性症状が発症している。初期放射線の過小評価を実測値に即して是正しても、こうした発症は説明できない。長崎の爆心地の南方は強い放射性降雨が認められていないので、降雨以外の放射性降下物の影響を考えざるを得ない。

それまでの放射性降下物による被曝影響の評価は物理学的測定だけに頼っていた。しかし物理学的方法には限界がある。放射性降下物による被曝線量の評価には、被爆者の間に起こった急性症状の発症率、がんなどの晩発性障害の発症率や死亡率、染色体異常の頻度などによる生物学的影響に頼らざるを得ない。被爆直後からさまざまな急性放射線症状の発症率調査が行われていたにも関わらず、その調査結果に基づいた原爆の放射線評価の研究がほとんど行われていなかった。

一方、最高裁判決で破れた日本政府は、認定基準に申請疾病の発症原因が原爆放射線被曝に起因する割合を確率的に計算した「原因確率」を導入した。「原因確率」は、放影研の疫学研究があくまで科学的に正しいとして、主として DS86 に基づく初期放射線線量とがんなど各種の障害の発症率の関係から求める。この認定基準では、松谷さんや小西さんも認定申請を却下されるという被爆実態からさらにかけ離れたものであった。

放射線影響による障害の発症には大きな個人差がある（例えば、引用文献 4）の図 3 または 5）の図 2 参照）にもかかわらず、「原因確率」の導入は、個人差を無視して平均値で判断するという統計学の誤用であった。さらに被曝線量を実質上初期放射線のみを考慮しているために、遠距離被爆者や入市被爆者の「原因確率」はゼロになり、原爆症認定申請の却下が続いた。そこで日本原水爆被害者団体協議会（被団協）の呼びかけで、2003 年から原爆症認定集団訴訟が始まり、最終的には札幌から鹿児島までの 17 の地裁に 306 名の被爆者が提訴した。

原告の被爆者は、法廷において思い出すのも苦しい被爆体験の証言を行い、被爆後約 60 年間、障害に苦しみ続けた自らの生涯を語り、核兵器使用の非人道性をあらためて訴えた。科学者と医師と弁護士は、全国弁護団の中に「原因確率批判グループ」を作って、原爆放射線と放射線障害に関する研究成果を裁判に反映させた。高齢化する被爆者を支援する組織も全国的に結成され、第 1 次～第 3 次、地裁と高裁を合わせて現在まで 29 の判決で遠距離被爆者と入市被爆者を含めて勝訴した。2007 年 3 月「原因確率」を廃棄し、遠距離被爆者と入市被爆者も認定する基準の改訂をさせた⁶⁾。

6 放射性降下物による被曝影響

原爆による被曝影響についてはさまざまな調査が行われ、残留放射線による影響も無視できないことが示されている。しかし、米国の核政策に従って、残留放射線による被曝影響を無視する放影研と、日本政府の被爆者政策に影響され、こうした貴重な調査結果があるにもかかわらず、これまで残留放射線の被曝影響を具体的に明らかにする努力はほとんど行われていない。しかし、被爆実態という事実に基づいて科学的に研究すれば、放射性降下物による被曝影響を解明することができ、内部被曝の特質を探る可能性も開ける。

ABCC は 1950 年前後に LSS 集団について、原爆の爆発の瞬間の遮蔽効果や姿勢について詳細に調べるとともに、急性症状発症の調査をしており、放影研のプレストンらが長崎の医学会で脱毛発症率について報告し、1998 年の長崎医学会雑誌に投稿していることがわかった⁷⁾。この脱毛調査も、他の多くの調査と同様に、初期放射線がほとんど到達しない爆心地から 2 km 以遠においても、脱毛の発症を示している。ところが、放影研も厚労省も、また多くの放射線影響学会の主流の科学者も、初期放射線の到達しない遠距離における急性症状は、原爆放射線以外の原因であり、脱毛は精神的ショック、下痢は当時の悪い衛生状態によると今でも主張している。

しかし、当時日本各地の都市は米軍の空襲によって焼け野原になり、多くの人が精神的な衝撃を受けたにもかかわらず、千人・百人規模の脱毛発症は広島と長崎のみである。精神的影響による円形脱毛は放射線による脱毛とは明らかに異なり、爆心地からの距離に応じた減少を放射性降下物による被曝影響以外によって説明することは困難である。

急性症状発症率は、動物実験から被曝線量に対して正規分布することが知られている。放影研の京泉誠之らは、免疫機能を除去したマウスに死亡した胎児の頭皮を移植して X 線照射し、被曝線量と脱毛発症率の関係を求めた。私は、この結果にフィットさせて被曝線量と脱毛発症率の関係を表す正規分布を求め、これを用いて ABCC の調査した脱毛発症率を解析して、広島原爆と長崎原爆の初期放射線による遮蔽効果を考慮した被曝線量と放射性降下物による被曝線量を求めた^{4, 5, 8)}。

放射性降下物による被曝線量は、爆心地から 1.2 km の地点で初期放射線被曝線量と交差し、それより遠距離では放射性降下物による被曝線量が支配的になり、爆心地から 5～6 km では放射性降下物による平均的被曝線量は約 800 mSv の一定値となる。これは厚労省が主張する己斐・高須地域の放射性降下物被曝線量の 40

倍ないし 130 倍である。

長崎市と長崎県が爆心地から 12 km 以内の、原爆手帳を支給されない地域で被爆した人びとを調査した。その脱毛と（皮下出血による）紫斑の発症率から、被曝線量と脱毛発症率の関係を表す同じ正規分布を用いて放射性降下物による平均的被曝線量を求めると、爆心地から 5～12 km まで約 1200 mSv となった。この値は広島放射性降下物による被曝線量の 1.5 倍で、長崎原爆の爆発威力が広島 1.4 倍、爆弾容器の誘導放射化物質の量が長崎原爆の方が多く、核分裂しないで残されたプルトニウム 239 の方がウラン 235 より放射能が強いことなどで説明できる。

以上求めたような放射性降下物による被曝影響を無視した放影研の疫学研究には深刻な問題があり、こうした結果に基づいている ICRP の放射線防護基準を、内部被曝が主要な被曝影響である原発事故の被曝影響の評価に用いることに大きな疑問が生まれるのは当然である。

7 内部被曝と外部被曝

内部被曝の特質の一端は、急性症状の脱毛、皮下出血による紫斑、下痢の発症率の爆心地からの距離依存性を比較すると明らかになる。

脱毛と紫斑の発症率は爆心地からの距離とともにほぼ同じような変化をしている。しかし、下痢の発症率は近距離では脱毛や紫斑に比べて小さく、遠距離では数倍大きい。

近距離では初期放射線のガンマ線や中性子線による瞬間的な外部被曝が主要な被曝影響を与える。外部被曝では透過力の強いガンマ線が腸壁まで到達し、腸壁の細胞に障害を与えて下痢を発症させる。ところが到達したガンマ線はまばらな電離作用を行って薄い腸壁を通り抜けるので、脱毛よりもさらに高線量のガンマ線量でなければ下痢を起こさない。

一方、遠距離では放射性降下物の放射性微粒子を体内摂取した内部被曝が主要になる。内部被曝では、呼吸や飲食で取込んだベータ線を放出する放射性微粒子が腸壁に到達し、密度の高い電離作用を行い腸壁に損傷を与えて下痢を発症させる。こうして、外部被曝では透過力の強い放射線が主要な影響を与え、内部被曝では透過力の弱い放射線が重要になることによって発症率の変化を説明できる。私の研究論文は何度も掲載拒否され、ようやく昨年末に文献8)として日の目を見た。

8 低線量被曝と晩発性障害

放射性降下物による被曝影響を無視する研究の欠陥を具体的に示す。広島大学原爆放射線医科学研究所（原医研）の広島県居住の被爆者の悪性新生物による死亡率を広島県民と比較した研究「昭和 43～47 年における広島県内居住被爆者の死因別死亡統計」⁹⁾に基づいて、直爆被爆者の悪性新生物による 1 年間死亡率と被曝線量の関係を求める。この論文では、爆心地から 1 km 以内、1～1.5 km、1.5～2 km、2～6 km の各区分の直爆被爆者と非被曝の広島県民の悪性新生物による 1 年間の死亡率について、それぞれ 0.407%、0.350%、0.272%、0.290%、0.164%を得ている。

この死亡率から、コントロールの死亡率に対する相対リスク（被爆者の死亡率÷コントロールの死亡率）を求めると、広島県民の非被爆者をコントロールにした場合は 1 km 以内の被爆者は 2.403、1～1.5 km の被爆者は 2.207、1.5～2 km の被爆者は 1.659、2 km 以遠の被爆者は 1.768 となる。放影研のように遠距離被爆者は初期放射線の被曝をしていないとしてこれをコントロールにすると 1 km 以内の被爆者は 1.403、1～1.5 km の被爆者は 1.207、1.5～2 km の被爆者は 0.938 となる。放射線被曝 1 Sv のために悪性新生物によって死亡が増加する相対リスクの増加を、放影研のように初期放射線被曝だけを考慮し、2 km 以遠の被爆者を非被曝集団のコントロールとして計算すると 0.23 になる。

ABCC の調査した脱毛発症率から求めた放射性降下物による被曝も考慮した被曝線量を用い、被爆しない広島県民をコントロールにして 1 Sv 当たりの悪性新生物による相対リスクの増加を求めると 2 倍以上の 0.53 となる。残留放射線による被曝影響を具体的に考慮する必要性は歴然としている。こうした影響を無視した放影研の疫学研究に依存した ICRP の放射線防護基準が信頼できないのは当然である。

被爆者の悪性新生物による死亡率は非被爆者よりも高いにもかかわらず、原医研の研究によれば、爆心地から 1 km 以内の直爆を除く被爆者の全死因による死亡率は男女とも非被爆者より 9%低率である。これは被爆者が年 2 回の健康診断を国の責任で行ってきたことの反映であり、今回の原発事故による放射線によって被曝した原発作業員と福島県および周辺の都道府県の人びとに対し、健康管理を国の責任で行う必要性を示している。

おわりに

放射性降下物や誘導放射化物質による被爆実態に基づいて内部被曝の研究を明らかにできる可能性の一端を示した。放影研以外にも原爆被爆者に関する多くの調査があり、これら被爆実態を示す貴重な資料から、近年急速に発展している分子レベルでの医学的研究と合わせて内部被曝の機構を含む科学的な研究を推進する役割が科学者に求められている。

こうした情勢に対応する一つとして、今年1月「市民と科学者の内部被曝問題研究会」が発足した。被爆直後から多数の原爆被爆者の医療に関わり、内部被曝の研究を行っていた米国の科学者と連携して日本でもっとも早く内部被曝の重要性を指摘されていた被爆医師の肥田舜太郎さんが名誉会長である。核兵器政策や原発推進政策によってゆがめられることなく、日本と世界の市民と科学者が連携して、内部被曝を含む放射線による人体影響の研究が発展することを期待する。

注および引用文献

- 1) 高橋博子著『封印されたヒロシマ・ナガサキ』（凱風社，2008）。
- 2) カール・モーガン，ケン・ピーターソン著，松井，片桐訳『原子力開発の光と影』（昭和堂，2003）。
- 3) Inge Schmitz-Feuerhake, Health Physics, 44, 693-695 (1983)
- 4) 沢田昭二「放射線による内部被曝」『日本の科学者』46(6), 1031-1037 (2011)。
- 5) 沢田昭二「放射線による被曝影響」『科学』81 (9), 918-923 (2011)。
- 6) 原爆症認定集団訴訟・記録集刊行委員会編『原爆症認定集団訴訟たたかいの記録』（日本評論社，2001）。
- 7) D. L. Preston, 馬淵清彦，児玉和紀，藤田正一郎，長崎医学会雑誌 **73**, 251-243 (1998)。
- 8) Shoji. Sawada, Estimation of Residual Nuclear Radiation Effects on Survivors of Hiroshima Atomic Bombing, from Incidence of Acute Radiation Disease, 『社会医学研究』第29巻1号 (2011)。
- 9) 栗原登ら，広大原医研年報 22 号：253-255 (1981)。

（『日本の科学者』2012 年 4 月号掲載）

Ⅲ 被爆実態に基づいて残留放射線被曝を評価する ——原爆症認定集団訴訟意見書（2009 年 6 月 30 日）

はじめに

原爆症認定の訴訟での争点は、原告が放射線被曝をしているかどうかと、その被曝によって認定申請した疾病・障害に放射線起因性があるかどうかとなっている。前者の放射線被曝については、これらの裁判を通じて原告が示した被爆実態を、科学的に解明して裏付けることによって、国側が主張してきた被曝影響の否定ないし過小評価には科学的根拠がないことが明らかになっている。また、後者の疾病・障害が放射線によるかどうかについては医学的に明確になったものは限られており、また被曝線量が推定できても、その疾病や障害が引き起こされるかどうかについては、放射線感受性の個人差がきわめて大きく、きわめて低線量の被曝であっても発症する可能性は否定できず、旧来の「しきい値論」の適用は許されないことがないことが明らかになっている。また、2000 年から 2008 年 3 月まで認定基準に用いられてきた「原因確率」は、その算出基礎となる被曝線量の評価における残留放射線被曝の算出基礎が誤っていることが明らかになり、同時に被曝影響の個人差がきわめて大きいことから、被曝線量を推定できたとしても、「原因確率」によって個人の発症の放射線被曝起因性を判断することは実質上無意味である。

現在では、広島・長崎の原爆爆発 1 分以内に放出された初期放射線の線量については爆心地から 1.2 km 以内の領域では 2002 年線量評価体系（DS02）によってかなりの程度の精度で評価され、初期放射線による誘導放射化物質に関する測定実験によって裏付けられている。他方、爆発 1 分以後に放出された残留放射線については、これまで、初期放射線に比して明らかにされているとはいえなかったが、原爆症認定訴訟においても明らかにされた被爆実態を科学的に解明することによってかなりの程度まで明らかにすることができた。

残留放射線には 2 種類ある。1 つは放射性降下物からであり、他方は中性子によって誘導放射化された物質からである。初期放射線による被曝は瞬間的に身体の外から放射線をあびる外部被曝であるのに対し、残留放射線は、外部被曝とともに、放射性物質を体内に摂取することによって体内で継続的に放射線を浴びる内部被曝が重要になる。この意見書では、主として残留放射線による被曝、とり

わけ内部被曝影響について現時点までにどこまで明らかになったかを報告する。

1 残留放射線評価の系譜

連合国による占領が終わっても日本政府は米国占領軍の原爆被害隠蔽政策に従って、被爆者がもっとも苦しんでいた被爆後の 12 年間、被爆者放置政策をとり続けた。被爆者援護連帯を掲げた原水爆禁止運動が高揚する中で、1956 年に被爆者の全国組織である日本原水爆被害者団体協議会（被団協）が生まれた。その翌年の 1957 年、ようやく原子爆弾被爆者の医療に関する法律（原爆医療法）がつくられ、当時の被爆実態を反映させて残留放射線の影響も認め、原爆爆発時に当時の広島市内または長崎市内にいて直爆を受けた被爆者、原爆投下後 2 週間以内に市内に入った入市被爆者、市内に入らなかったが多数の被爆者の救援に当たった救護被爆者、およびこれらの被爆者の胎児であった人を、それぞれ 1 号から 4 号までの被爆者として被爆者健康手帳を交付し、法的に被爆者を規定した。これら 1 号から 4 号までの被爆者健康手帳を支給する法的被爆者の範囲は、原爆放射線についての線量評価がまだ未確立であった当時は、晩発的障害としては白血病の発症が始まったばかりで、主として放射線による急性症状がどのような被爆者の範囲に起こったかの当時まだ記憶に新しい被爆実態に基づくものであった。その結果、初期放射線の到達しない遠距離被爆者も含められ、また入市被爆者と救護被爆者も放射線影響を受けたと判断されたのである。また、被爆者の障害が原爆放射線によるものであると厚生大臣が認定すれば、医療費を支給する制度が設けられた。1968 年に原爆被爆者特措法が制定され、原爆症と認定された被爆者に医療費のほか特別手当を支給し、放射線影響が認められる疾病の被爆者に健康管理手当を支給する制度がつくられた。これら原爆 2 法が制定された当初は原爆症認定申請した 100%に近い被爆者が認定されていたが、認定基準は年々厳しくなってきた。それは認定基準を A B C C－放影研の疫学調査に依拠するようになり、ABCC の研究の中心課題が原爆の初期放射線影響の解明におかれていたが、核爆発実験による測定などによって 1957 年暫定線量評価（T57D）、1965 年暫定線量評価（T65D）と初期放射線の線量評価の精度が高まるにつれて、初期放射線による被曝に重点が置かれるようになり、1975 年に ABCC が閉鎖されて日米共同運営の放射線影響研究所（放影研）になっても、残留放射線を無視する研究設計は維持され、1986 年線量評価体系（DS86）が策定されて、認定基準に DS86 の初期放射線の線量評価がそのまま採用され、残留放射線は DS86 に基づいて実質無視されるようになった。

2 広島・長崎原爆の放射性降下物による被曝線量は物理学的測定では評価できない

これまで行われてきた放射性降下物の放射線の評価は、放射性降下物の中の降雨に含まれ、地表を流れ去らないで地中にしみ込んだものが放出する放射線の測定に基づいている。しかしこれら測定は、広島全市の大火災に伴う強い降雨の後で採取されたものの測定と、2つの台風による洪水の後に行われた測定である。したがってこれらの測定は、流失しないで残った放射性降下物の一部についての測定に過ぎない。しかし、これまで原爆症認定基準の被曝線量評価においてはこれらの測定結果が採用されて、広島では己斐・高須地域、長崎では西山・木場地域以外の放射性降下物の影響は無視できるとされてきた。

原爆爆発約30分後から原子雲の中央部分（半径約2 km）からは強い放射性降雨が降り始め、原子雲は秒速1 m程度のきわめてゆっくりした速度で北西ないし西北西方向に移動した。図1は原爆投下1時間後に広島の南南東数十キロメートル

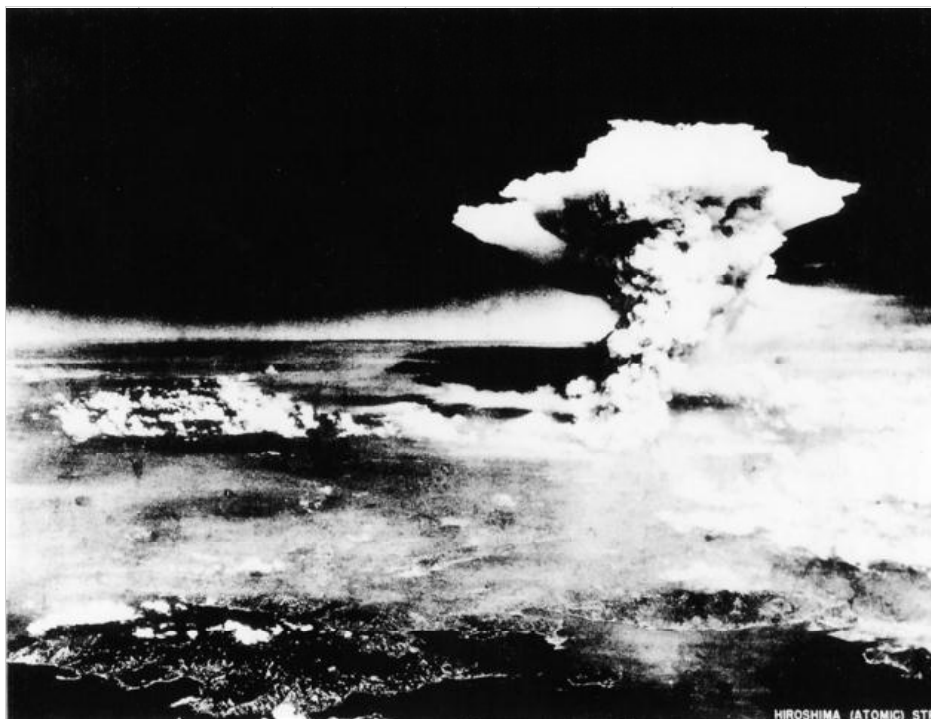


図1 広島原爆の原子雲（米軍機から約1時間後に撮影）

ルの松山市付近上空10 kmにおいて米軍観測機によって撮影された広島原爆である。原子雲の頂上の高度は約15 km、原子雲の広がった範囲はこの時点で半径約10 kmでその後の広がりは十数キロメートルに達したと推定される。原子雲が西

北西にゆっくり移動しているとして矛盾しない．原爆爆発後 2, 3 時間後から広島では爆心地から約 2 km 以内の区域全域で大火災が発生し，その火災に伴う激しい降雨が，放射性降雨のもっとも強かった地域に降り，最初の放射性降雨によってもたらされた放射性物質のかなりの部分を流失させたと考えられる．

広島に投下されたのが原爆であるかどうかを確認する目的で，政府の命に応じて仁科芳雄博士らが，3 日後の 8 月 9 日に広島で土壌を採取し，壇に保存していた．この土壌に含まれていたセシウム 137 から放出されるガンマ線を静岡清教授らが測定して論文に発表している（K. Sizuma, et al, Health Physics,71(3),340-346(1996))．その論文の図を図 2 に示す．図の黒丸が土壌採取地点，それを取り囲む円の大きさが土壌中の放射性原子核セシウム 137 から放出された放射線の強さを表している．丸が付されていないのはセシウム 137 が検出されなかったことを示す．この図には気象学者の増田善信博士の調査による広島の原爆爆発後の，放射性降雨および火災による降雨地域（増田雨域）が示されている．増田雨域の強い降雨域は爆心地から西北西方向であることを示している．最も強い放射線が測定されたのは資料番号 7 の西大橋東詰（現在の観音本町）で，この地点の円はこの図全体からあふれるので 1/20 に縮小されている．この地点は

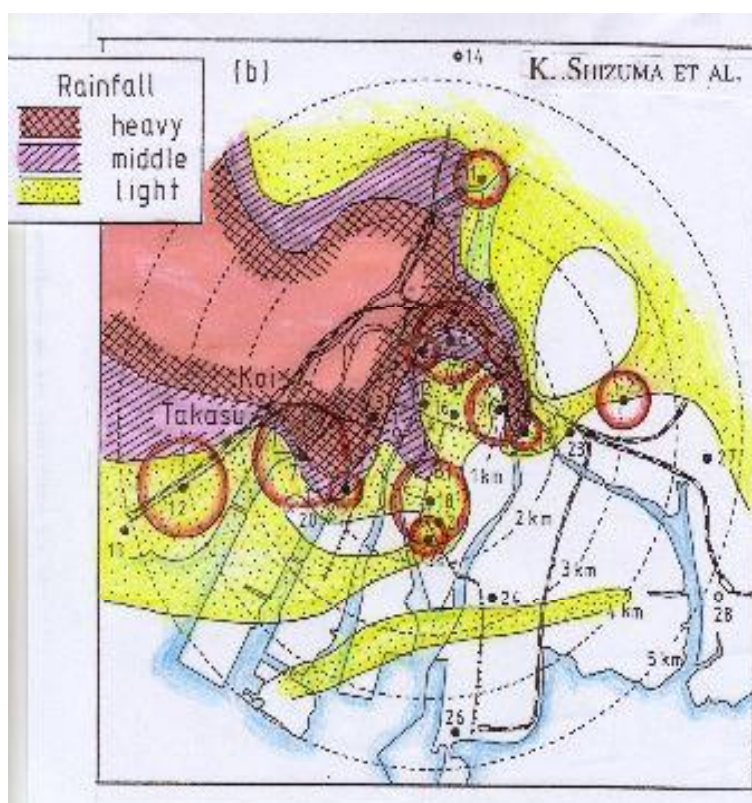


図 2 広島原爆の放射性降雨の増田降雨域と仁科資料測定点と測定値

中雨域に属し、天満川と福島川の合流点の対岸に位置していたために、台風による洪水の影響を受けたためか、台風後の測定では測定されていない。次に放射線が強かった地点は、資料番号 12 の高須におけるもので、この地点は小雨域に属する。高須では、台風後の測定でも仁科資料とほぼ同じ放射線の強さが観測され、この高須地域一帯は己斐・高須地域として、DS86 および厚労省の認定基準における放射性降下物の最も強い地域とされてきた。しかし、中雨値域の西大橋東詰めではその 20 倍以上が測定されたこと、己斐・高須地域は小雨域であり、強雨域でかえって強い放射線が測定されなかったことは、放射性降雨だけを見ても測定されたものが放射性降下物のすべてであるとする事ができないことを示している。元来、降雨が強いほど地表を流失する割合が、地中に浸透する割合よりも大きくなることから、地中に浸透して残留した放射性物質から放射性降雨に含まれた放射性物質の量を推定することには無理がある。

ところで、広島・長崎原爆の放射性降下物は「黒い雨」として放射性降雨のみに焦点が合わせられてきたが、放射性降下物には被爆者が気づいた降灰と、被爆者が気づかなかった目に見えない微粒子があったことを考えなければならない。実際に、砂漠で行われた多くの核爆発実験では放射性降雨はなかったが、原子雲が消失した後に放射性降下物の放射性微粒子が大気中を満ち、この微粒子が風に運ばれていったことが、実験前に広い範囲に配圏に配置された測定装置によっ

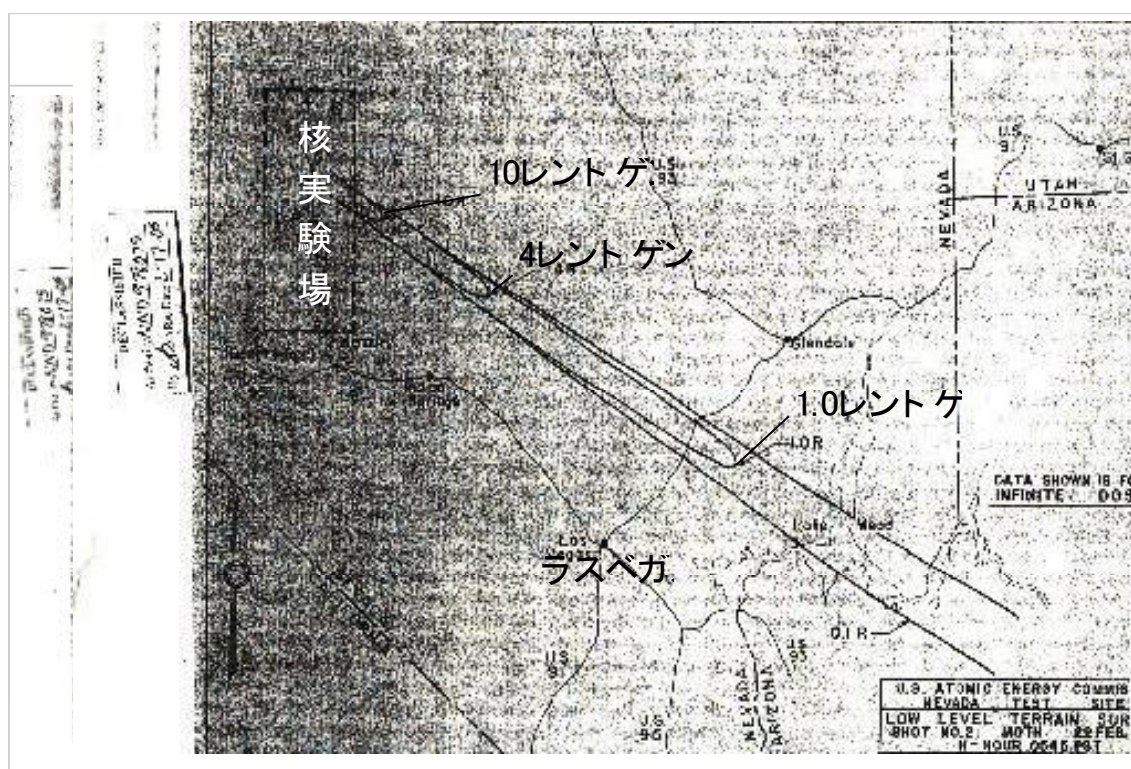


図 3 ネバダ核実験場における原爆爆発実験の放射性降下物の測定地図

て測定されている。図 3 は広島市立大学平和研究所の高橋博子博士が入手した核爆発実験による放射性降下物の測定によって得られた放射線照射線量の地図である。核実験場から百数十キロメートル離れたラスベガスの近くまで 1 レントゲン (R) の照射線量の地域が伸びている。広島と長崎でも原子雲の下の大気を放射性微粒子が充満していて、被爆者の皮膚や衣服に付着して近距離からの外部被曝を続け、また気づかないままこの微粒子を体内に摂取して体内で継続して被曝を続けたが、大気中の微粒子は測定されるずっと以前に風で運び去られたと考えられる。このように放射性降下物による被曝には、外部被曝とともに、放射性微粒子を呼吸や飲食を通じて体内に取り込むことによる内部被曝があるが、こうした内部被曝の物理学的測定は一般には行われておらず、現在では物理学的測定による定量的な評価は困難である。以上のように、物理学的方法によって広島・長崎原爆の放射性降下物による被曝影響評価することには厳しい制約があることがわかる。

3 残留放射線被曝の影響評価には被爆実態に基づく生物学的線量評価が不可欠

原爆被爆者の間に起こった急性放射線症状に関しては、被爆直後からと、その後も多くの調査が行われており、これらのすべての調査結果は、脱毛、紫斑、下痢といった急性症状が爆心地から 2 km 以遠の地域でも発症していることを示している。初期放射線がほとんど到達しない地域にいた被爆者の間に急性症状が系統的に起こっていることは、放射性降下物による被曝によって説明すべきことを示している。残留放射線による影響を総合的に把握するためには、こうした急性症状の調査結果や、晩発性障害のリスク、染色体異常の頻度など、すなわち被爆者の間に被曝によって起こった生物学的影響を、放射線影響研究所（放影研）のように、残留放射線影響は無視できると初めから仮定して出発するのではなく、被爆実態に基づいて研究することが重要である。

被曝と特定の急性症状の発症率の関係を決めれば、初期放射線による外部被曝と、放射性降下物による外部被曝と内部被曝の両方の和の実効的被曝線量を得ることができる。すると、得られた結果から初期放射線による被曝線量を差し引くと放射性降下物だけによる実効的被曝線量が求まる。この生物学的線量評価法は外部被曝と内部被曝の結合した被曝影響の評価を与える。

4 被曝線量と脱毛発症率の関係

放射線被曝による典型的な急性症状としての脱毛の発症率と被曝線量の関係から始める．原爆被爆者の脱毛の発症率と初期放射線による被曝線量の関係についての最初の研究がストラムと水野によって行われた（D.O.Stram and S.Mizuno, Radiation Research 117, 93-113(1989)）．彼らは放影研の前身の原爆傷害調査委員会（ABCC）が 1950 年前後に設定した寿命調査集団（Life-Span-Study,LSS）の広島 58,500 人，長崎 28,132 人の被爆者を調査した原爆爆発 60 日以内の重度脱毛（ $2/3 = 67\%$ 以上）の調査結果を用いた．彼らの結果を図 4 の黒円で示す．この図の横軸は DS86 による初期放射線被曝線量である．図に示されているように，初期放射線被曝線量が 0.85 Gy までは発症率はゆっくり増加し，その後 1 Gy 以上では急激に増加し，2.4 Gy 辺りで 50%に達する．しかし，3 Gy を越えると発症率は増加せず 6Gy に近づく と減少している．こうした高線量領域における発症率の不自然な振舞は，スチュワートら（A.M.Stewart and G.W. Keneal,Health, Physics, 58(6),729-735 (1990),64(5),467-472(1993)）が指摘したように，LSS 集団には，半死

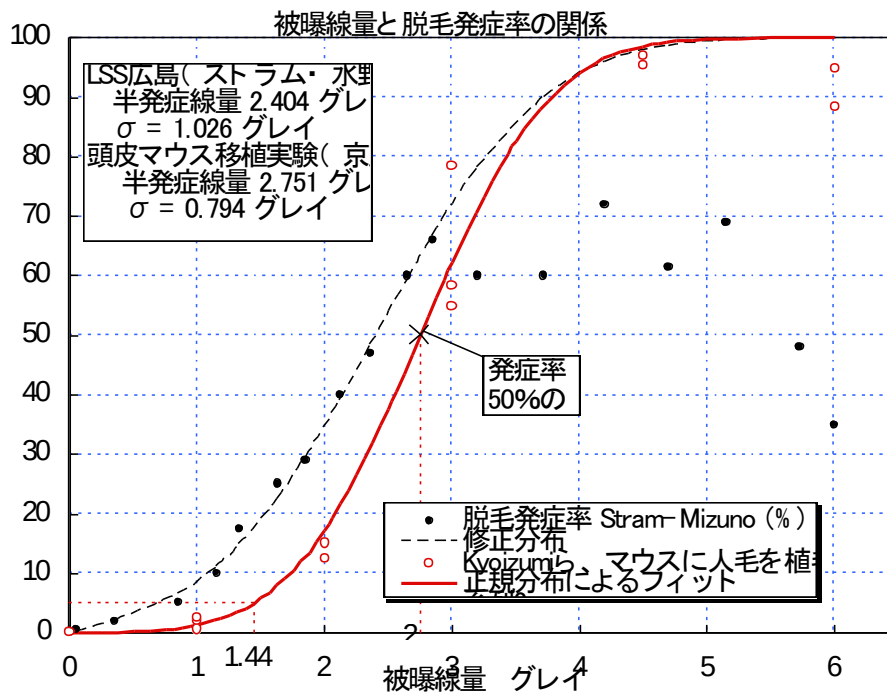


図 4 脱毛発症率と被曝線量の関係

線量付近あるいはそれを越える被曝をしていても 1950 年まで生き残ることができた被爆者だけが含まれているためであるとして説明できる．

同じ放影研の京泉らは (S. Kyoizumi, T. Suzuki, S.Teraoka and T. Seyama, Radiation Research 149, 11-18(1998).), ひとの頭皮を免疫機能を除去したマウスに移植して放射線を照射する実験によって図 4 の白丸で示したような脱毛発症率を得た。図に示されているように、ストラム・水野に較べて、発症率は低線量領域ではきわめてゆっくり増加し、4.5 Gy の被曝線量では 95.5% および 97% とほとんど 100% に達している。動物実験によって発症率や死亡率の線量依存性は正規分布（ガウス分布ともいう）によって表されることが知られている（例えば J. キーファー著，代谷次夫監訳『放射線生物学』シュプリンガー・フェアラーク東京（1993））。そこで、京泉らが与えた発症率を全被曝線量領域にわたって正規分布によって適合させると、図 4 の実線によって示したように、期待値 2.751 Gy, 標準偏差 0.794 Gy の正規分布 $N(2.751 \text{ Gy}, 0.795 \text{ Gy})$ によって表すことができる。この正規分布を以後 KSTS 関係と呼ぶ。図 4 に示したストラム・水野の結果は、脱毛は DS86 の初期放射線による被曝だけによって起こり、放射性降下物による被曝影響はバックグラウンドに含め、LSS の脱毛発症率からバックグラウンド相当分の発症率を差引いた結果であるとして放射性降下物による被曝影響を考慮すると、図 4 の黒丸は高線量と高発症率の方向、すなわち KSTS 関係の方向に移動すると考えられる。事実、後に示すように、KSTS 関係を用いて LSS の元の発症率を解析して得られた放射性降下物による被曝線量を初期放射線被曝線量に加えた全被曝線量によって LSS の広島グループの脱毛発症率は、低線量から 3 Gy までの範囲にわたって KSTS 関係にぴたっと一致する。

以上の考察を踏まえて、KSTS 関係を被曝線量と脱毛発症率の関係であるとし、また、広島県の爆心地から 1 km 以内の発症率のデータは、この距離以内で被爆した人々はほとんど死亡しており、データの統計精度が悪いことに加え、爆心地から 1 km における DS02 の線量評価ではガンマ線と中性子線の合計線量が 4.48 Gy となって、KSTS 関係を用いると脱毛発症率がほとんど 100% になることを考慮して、以下においては除いて解析した。

5 放影研 LSS の広島集団の脱毛発症率と放射性降下物

ABCC-放影研の LSS 集団の脱毛発症率はプレストンら (D.L.Preston, T.Suzuki, K.Kodama, S.Fujita, 『長崎医学会誌』 73, 251-253(1998)) によって広島と長崎の被爆者について被曝距離ごとに区分して発表されている。そのうち 58,500 人の広島県の被爆者の間の爆心地からの距離ごとの区分についての脱毛発症率を四角形□によって図 5 に示す。0.5 km～1.0 km の発症率のデータは 100% でこの図から

はみ出している。図5にはストラム・水野の発症率から、遮蔽効果は無視してDS86の被曝線量と被曝距離の関係を用いて、初期放射線のみによる脱毛発症率を黒い菱形◆で示した。菱形と四角形の開きが放射性降下物による影響を表していると考えられる。遮蔽効果を取り入れると図5の菱形は爆心地側に移動し、四角形との差はいっそう拡大する。

原爆の爆発で地上600mの爆心に生じた火球の中央部分に大量に含まれていた放射性物質は火球が上昇し消滅したときに水分を吸着して水滴をつくり原子雲を形成した。上昇する原子雲が対流圏と成層圏の境界の圏界面に達すると、原子雲の中央部分は圏界面を突き破ってさらに上昇してその雲頂は約15,000mに達し

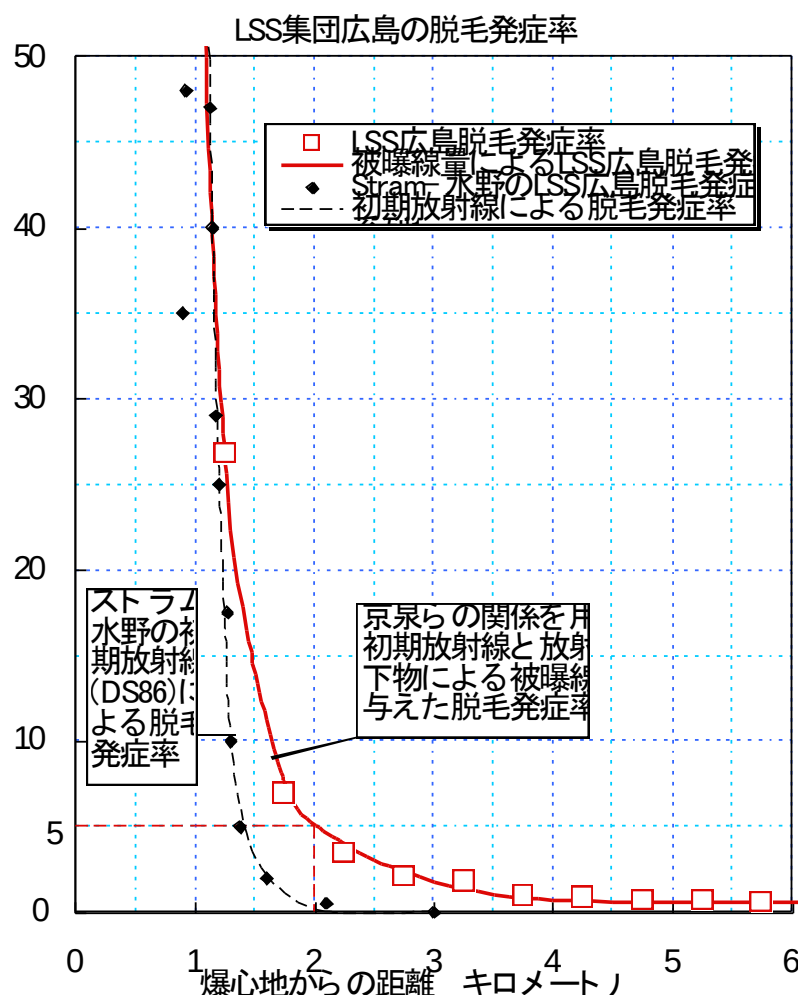


図5 LSS 集団広島脱毛発症率

て、すでに述べたように強い放射性降雨をもたらした。原子雲の周辺部分は圏界面に沿って急速に四方に広がり半径10km～15kmの原子雲の広がりを形成した。

原子雲の円筒形の柱の部分は強い上昇気流が続き、さらに広島市内全域の火災による上昇気流が続いた。原爆が爆発したとき北西に向かって秒速 1m～3 m の風が吹いていたとされるが、原爆爆発約 1 時間後に爆心地から約 70km 南南東の松山市付近上空の米軍機から撮影した原爆の写真では原子雲の移動は顕著でなかったことを示している。広がった原子雲の下には、爆心地付近の上昇気流を補う強い風に乗って、原子雲から降下した小さな水滴が水分を蒸発させて放射性微粒子に戻って充満していたと推定される。この放射性微粒子が体表面や衣服に付着して近距離外部被曝をもたらすとともに、呼吸や飲食を通じて被爆者に内部被曝をもたらしたと考えられる。LSS の調査をはじめとして、方向に依存した急性症状の発症率調査結果は得られていないことから、ここでは同じ被爆距離において、爆心地からの方向については平均した結果についてのみ解析することになる。なお、放射性微粒子は風によって北西方向に移動したことが考えられるが、広島市の北西方向には山が接近していて、この方向では爆心地から 2 km 以遠における被爆者はほとんどいないこと、またこの方向では強い放射性降雨による浮遊放射性微粒子の除去効果も考えられることから、これら複雑な影響すべてを織り込んだ結果であるとしなければならない。

6 LSS 広島集団の脱毛発症率から放射性下降物による被曝影響を求める

図 5 の四角形□で示したプレストンらが発表した LSS 広島集団の爆心地からの距離 r km における脱毛発症率を、KSTS 関係を用いて再現するような被曝線量 $D(r)$ を、初期放射線による被曝線量と放射性降下物による被曝の和によって与える。初期放射線被曝線量は、DS02 のガンマ線と中性子線の線量の和 $P(r)$ に遮蔽効果を表すパラメータ c を乗じた $cP(r)$ によって表し、放射性降下物による被曝線量 $F(r)$ は被曝影響の強さと、被曝影響の広がり、変化しない部分を表すパラメータを含んだ理論式を設定する。爆心地から r km 地点の全被曝線量 $D(r) = cP(r) + F(r)$ を求め、これを KSTS 関係の正規分布の式に代入して距離 r km における脱毛の理論発症率を求め、調査人数を乗じて理論発症者数を求め、LSS 集団の観測発症者数と比較してカイ二乗と呼ばれる統計学的な量を求め、カイ二乗が最小になるようなパラメータの組を求める。こうして得られた理論発症率が図 5 の四角形□を貫いた曲線で、LSS 集団の脱毛発症率をきわめて良い精度で再現している。

上述したようにしてプレストンらが発表した LSS 集団広島被爆者の脱毛発症率を再現するようにして求めたパラメータの組から、全被曝線量 $D(r)$ 、初期放射

線にる被曝線量 $cP(r)$ および放射性降下物による被曝線量 $F(r)$ は図 6 の太い破線, 細い破線, および実線によってあらわせる. さらに DS02 による初期放射線量を細い実線で図 6 に示した. ように放射性降下物による被曝線量は爆心地から離れるにつれて増加しているのは, 爆心地付近は上昇気流が支配的であることを反映させた結果であるが, 1km 未満の脱毛発症率のデータは解析から外されているので不確実性は大きい. 放射性降下物による被曝線量は, 急激に減少する初期放射線による被曝線量と約 1.2 km において交差し, それ以遠では放射性降下物の影響が支配的になることを示している. 放射性降下物による被曝は爆心地から 1.45 km 付近で最大になり, そこを越えるとゆっくり減少をはじめる. 爆心地から 4 km 以遠では放射性降下物による被曝はほとんど一定値 0.79 Gy となる. 図 6 に見られるように, 被爆者の間に起こった典型的な急性症状である脱毛の発症率から,

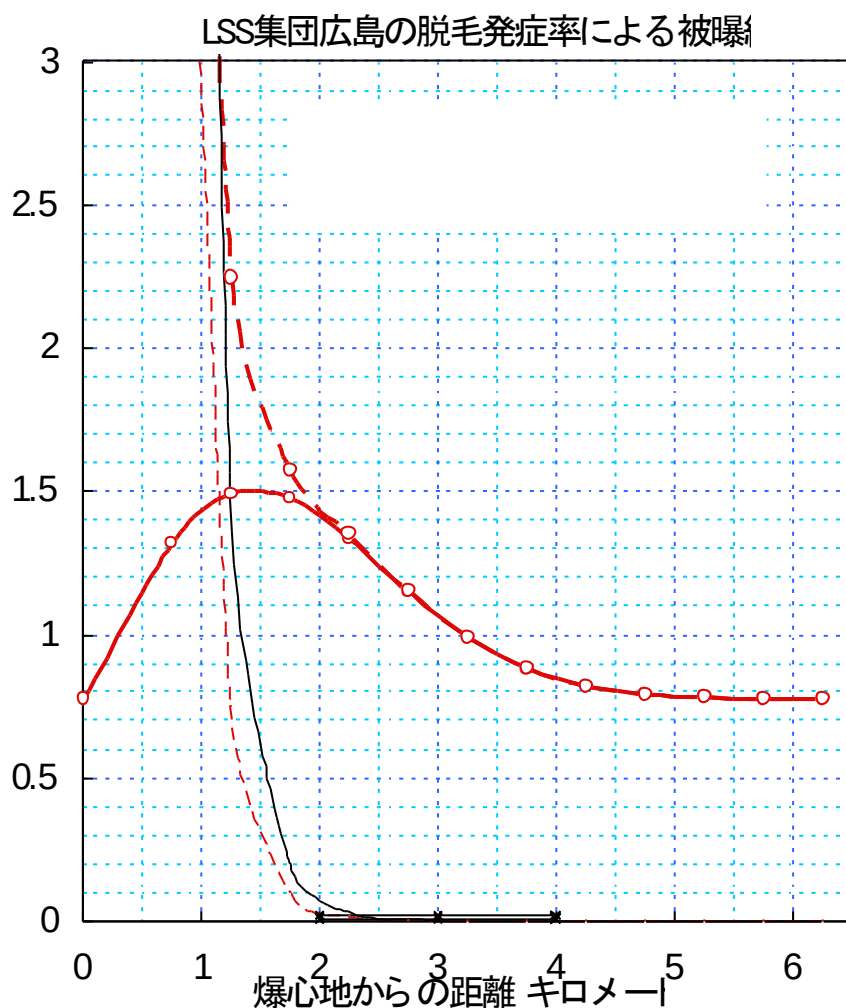


図 6 LSS 集団広島脱毛発症率に基づく広島原爆の放射線被曝

爆心地から約 1.5 km を越えると放射性降下物が主要な放射線被曝をもたらしたことがわかる。例えば爆心地から 2.25 km および 2.75 km の DS02 によるガンマ線の線量は 0.0302 Gy と 0.0053 Gy, であるのに対し (中性子線量は無視できる), 脱毛の発症率 3.5% と 2.1% から推定される被曝線量は 1.34 G および 1.16 Gy となり, DS02 による初期放射線量の 44 倍および 219 倍になる。

得られた結果は, 数式を用いた計算をしなくても次のようにして確かめられる図 5 において爆心地から 2 キロメートル地点の脱毛発症率は約 5% である。図 4 の発症率 5% のところから点線を KSTS 関係を示す正規分布の太い曲線のところまで横に延ばし, 交わったところの被曝線量の 1.44 グレイが 2 キロメートル地点の全被曝線量 $D(r)$ となる。図 6 において, 2 キロメートル地点の DS02 の初期放射線被曝線量の計算値 $P(r) = 0.08$ グレイに遮蔽効果 $c = 0.5$ を乗じると初期放射線による被曝線量は $cP(r) = 0.04$ グレイ, これを全被曝線量 $D(r) = 1.44$ グレイから差引くと放射性降下物による被曝線量は約 $F(r) = 1.4$ グレイとなる。これをすべての被曝距離において行えば, 図 6 の放射性降下物による被曝線量が求められる。

従来の原爆症認定基準に採用されてきた広島爆心地から 2 km ないし 4 km の己斐・高須地域の累積被曝線量 0.006 Gy ないし 0.02 Gy を図 6 の×印で示したが, これらの距離における放射性降下物による被曝線量は 1.4 Gy および 0.85 Gy であるので, 物理学的測定に基づく認定基準に比して 40 倍および 230 倍である。この桁違いの不一致は, 物理学的に測定したものは, 放射性降下物の一部に過ぎない放射性降雨の大部分は地表を流れて流失し, 流失しないで地中に浸透した一部が, 直後の火災雨によっても流失しないで残ったものであること, さらにこれに加えて, 放射性微粒子などの体内への摂取による内部被曝が重要であったことを示している。ここで得られた放射性微粒子による被曝影響は, 爆心地からの方向によらないで被曝距離の同じ被曝についての平均値であることに注目しなければならない。実際には被曝時の広島では, 南東から北西に秒速 1 m~3 m の風によって原子雲が移動しているので, 放射性微粒子による被曝影響も爆心地からの方角によって相違が現れるはずであるので, ここで得られた放射性降下物による被曝影響の結果は, 爆心地からの距離の等しい地域のすべての方向について平均したものである。こうした計算が可能であったことは, 風による放射性微粒子の移動に較べて, 放射性微粒子の分布が原子雲の広がった広範な地域に広がっていたことを示している。放射性微粒子の風による移動の影響は, ABCC-放影研の LSS の広島集団の急性症状発症に関するデータを, 方角ごとに区分したものに再集計することが求められる。

7 LSS 以外の広島の脱毛発症率からの放射性降下物の評価

図 7 は 1945 年の日米合同調査，東京帝国大学，1957 年に発表された於保源作医師による屋内被爆者で 3 ヶ月以内に爆心地から 1 km 以内に入らなかった広島
の直爆被爆者の脱毛の発症率を，LSS の広島集団の発症率と合わせてまとめている．
於保医師の調査の爆心地から 2 km および 4km を除いてすべての発症率の調査結果はよく一致している．LSS 広島集団の 1.75 km から 2.75 km までの発症率は他の調査に較べて系統的にやや小さいが，これは 60 日以内に 67%以上の重度脱毛発症だけを採用したこと，また，病院における初期調査を別に，被調査者が A B C C に対し，できるだけ原爆の影響を控えめに伝えていたことも考えられる．LSS 集団の調査結果の解析と同様に KSTS 関係を用いて図 7 の脱毛発症率の調査

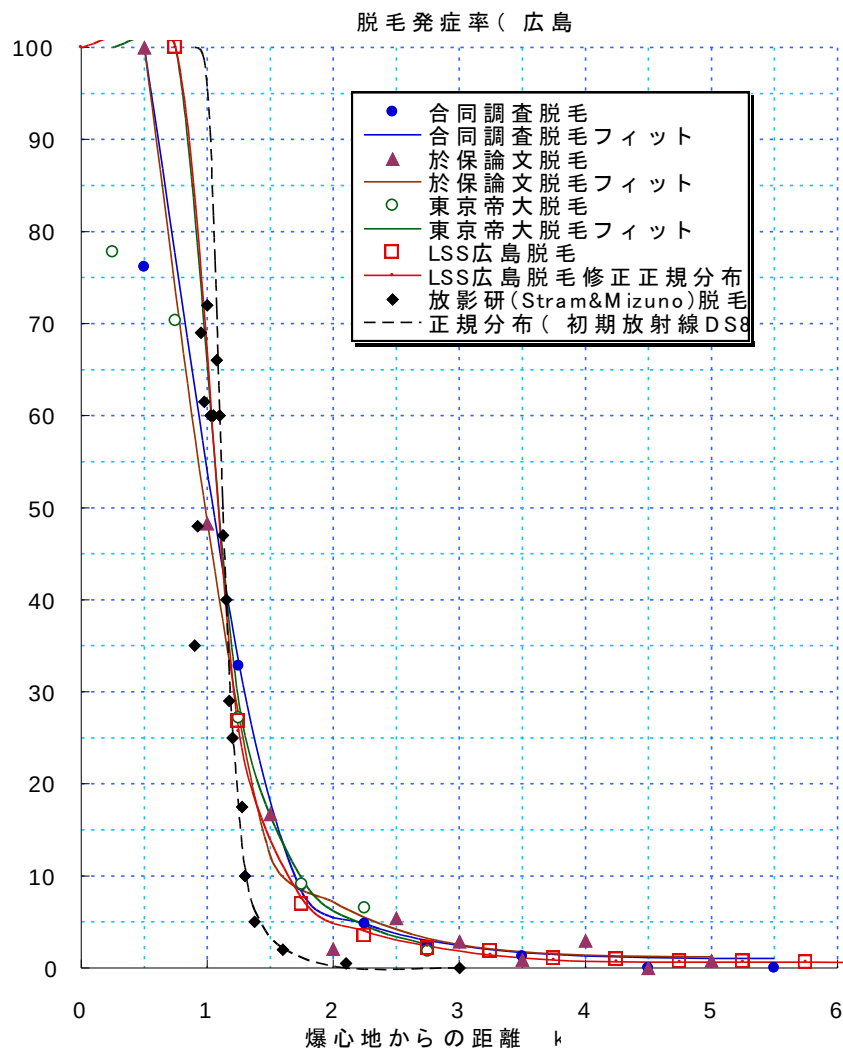


図 7 さまざまな調査による広島原爆による脱毛発症率で説明できる

結果を解析すると、図 7 に示したようにきわめてよく調査結果を再現し、その時求めたパラメータを用いて、全被曝線量 $D(r)$ ，初期放射線による被曝線量 $cP(r)$ ，放射性降下物による被曝線量 $F(r)$ はそれぞれ図 7 に対応したマークを付した図 8 の太い破線，細い破線，太い実線となる．図 7 に示されたように，すべての脱毛

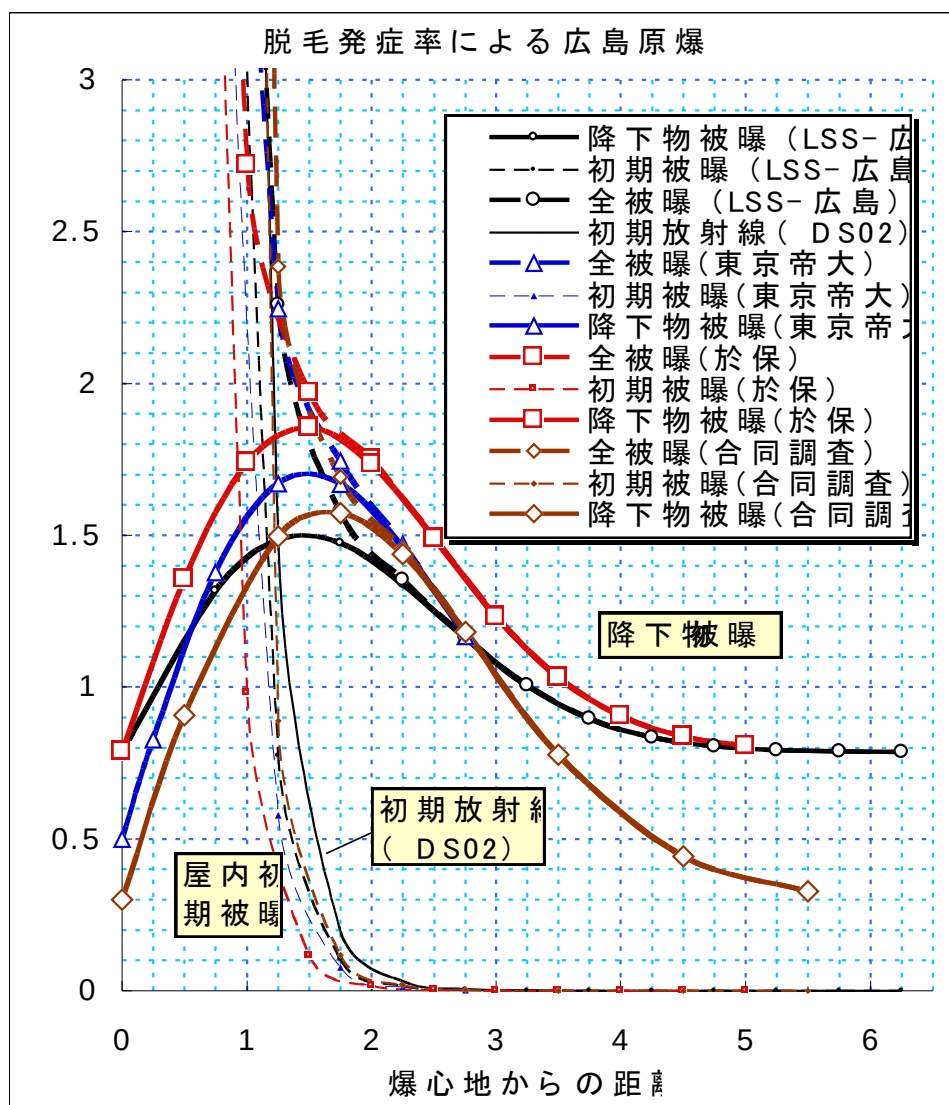


図 8 脱毛発症率に基づく広島原爆による被曝線量評価

発症率調査から、3 km 以遠において日米合同調査が他の調査結果に較べて小さくなっていることを除くと、ほぼ共通の傾向を示している．とくに爆心地から約 1.2 km 以遠では放射性降下物による被曝が初期放射線による被曝を上回ることは LSS 集団の調査から得られた結果と一致していることと、放射性降下物による被曝のピークは 1.4 km～1.8 km で 1.5 Gy～1.85 Gy であること、4 km～5 km 辺りで於

保調査と LSS 集団の調査から得られた結果はほとんど共通の傾向を示している。

8 3つの異なる急性症状発症率から評価した放射性降下物被曝の比較

以下では、脱毛、紫斑、下痢という3種の急性症状の発症率を同じ被曝線量によって説明できるかどうかを検討する。同じ被曝線量によって脱毛と下痢の率が紫斑の発症率と同時に説明できれば、脱毛が被曝による精神的影響の結果であるとか、下痢が悪い衛生状態のためであるとかという説明が成り立たなくなる。ここで解析するのは、於保調査の4通りの区分の中の、屋内被曝で、かつ3ヶ月以内に広島の爆心地から1 km 以内に入らなかった被曝者の場合の脱毛、紫斑、下痢の発症率調査で図8に示した。これは屋外被曝の場合に割合が多い火傷の影響と、爆心地付近の誘導放射化物質による被曝影響の混入を避けるためであり、このような区分を行った調査はほかにはないので於保調査はきわめて貴重なものである。図9の○印で示されているように紫斑の発症率は□印の脱毛の発症率とほぼ重なり、被曝線量と紫斑の発症率の関係は脱毛の場合と同じKSTSの関係を用いる。すなわち被曝線量と紫斑の発症率の関係は、期待値が2.751 Gy、標準偏差0.794 Gyの正規分布を仮定して解析する。

これに対し、△印で示した下痢の発症率は、放射性降下物による影響が重要な、爆心地から1.5 km 以遠では、脱毛や紫斑の発症率よりかなり大きく、その一方で、初期放射線による外部被曝が主要な影響を与える近距離では、下痢の発症率は脱毛や紫斑に較べてむしろ小さい。こうしたことを考慮すると、下痢については、初期放射線被曝についてはKSTS関係より半発症線量は大きい正規分布を用い、放射性降下物による被曝についてはKSTS関係より小さい半発症線量の正規分布を用いる必要がある。正規分布の半発症線量すなわち期待値のまわりの分布の広がりを示す標準偏差は、期待値と同じ倍率でKSTS関係から求められるとして、初期放射線被曝による下痢の発症率は、脱毛の場合の1.1倍の期待値3.026 Gyと標準偏差0.873 Gyの正規分布を用い、放射性降下物による下痢の発症率は、脱毛の場合の0.72倍の期待値1.981 Gy、標準偏差0.572 Gyの正規分布を用いて解析する。於保調査の爆心地から1 kmの脱毛と紫斑を与えようとする初期放射線の遮蔽効果の係数が不自然に小さな値をとることになり、1 kmの調査はLSS集団においてみられた3 Gy以上の領域における発症率の過小評価と同じ影響の可能性があるので、脱毛と紫斑に関しては1 km以内は解析から除外し、遮蔽効果の係数を0.5に固定した。図9に於保調査の脱毛、紫斑および下痢の発症率に適合

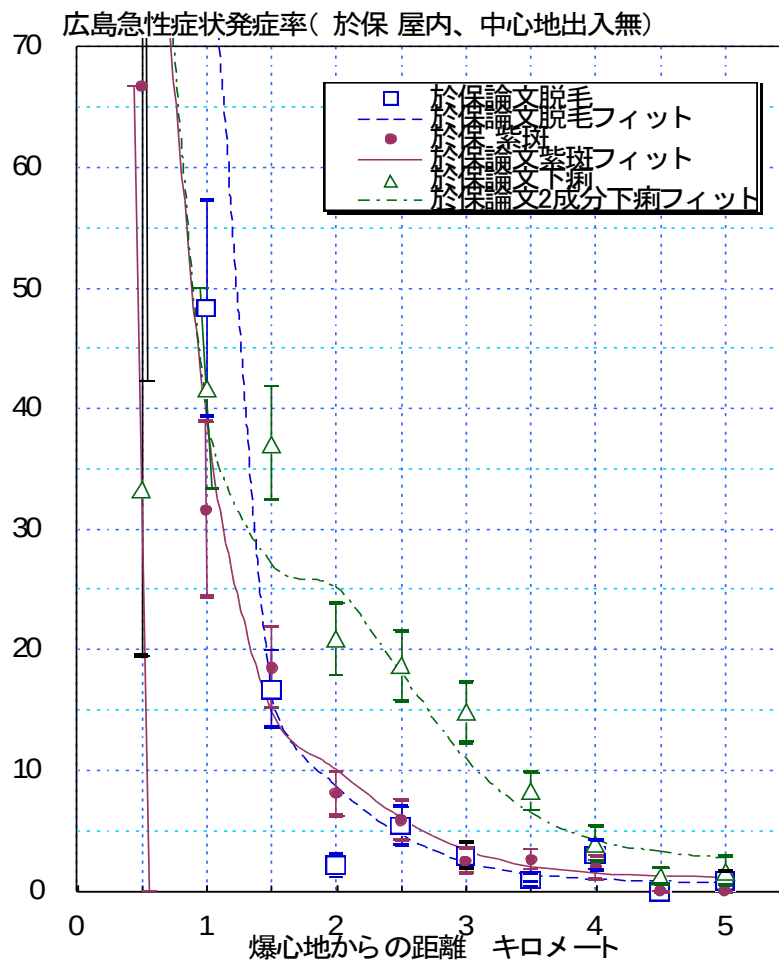


図9 広島原爆による急性症状（脱毛，紫斑，下痢）の発症率

させた発症率曲線を示した．この脱毛，紫斑，下痢のそれぞれの発症率曲線を与えるようにして求めた全被曝線量 $D(r)$ ，初期放射線被曝線量 $cP(r)$ ，降下物による被曝線量 $F(r)$ を，それぞれ□印，○印，△印を付して DS02 に基づく初期放射線量 $P(r)$ とともに図 10 に示す．

図 10 に示されているように 3 種の異なる急性症状発症率からほとんど一致する初期放射線被曝線量と放射性降下物被曝線量が得られたことは，遠距離における急性症状の発症が放射性降下物による被曝であり，決して脱毛が精神的な影響であるとか，下痢が衛生状態の劣悪さによるものではないことを示している．さらに，下痢の発症率と被曝線量との関係を与える正規分布の半発症線量が，初期放射線被曝に対しては脱毛の KSTS 関係よりも大きく，放射性降下物に対しては小さくなっていることは，以下のような外部被曝と内部被曝による下痢の発症機構の相違によって理解される．放射性降下物による内部被曝では，放射性降下物から

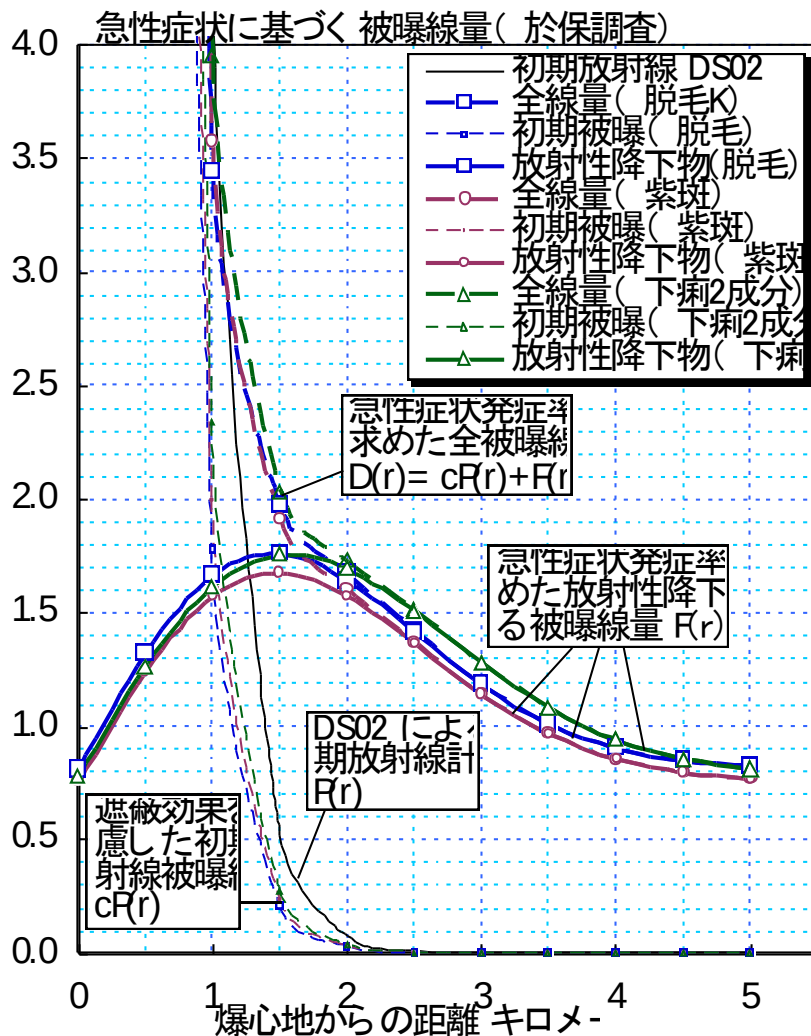


図 10 急性症状発症率に基づく広島原爆による被曝線量

体内に摂取した放射性微粒子や生体物質や組織に特有な親和力を持った核種は腸の内壁に付着して長期間残留するので、これらから放出された透過力の弱い放射線が密度の濃い電離を起こし、薄い腸壁の膜に深刻な障害を与えて下痢を引き起こす。この被曝は微粒子やストロンチウム 90 やセシウム 137 などが一定時間残留して継続的な被曝を与えるので、症状は慢性なものとなる場合もある。これに対し、初期放射線による瞬間的な外部被曝の場合には、透過力の強いガンマ線だけが体外から腸壁まで到達できるが、薄い腸壁の粘膜にはほとんど障害を残さずに透過してしまう。したがって高線量でなければ下痢を発症させない。このように、初期放射線の到達しない遠距離の急性症状は放射線によるものではないと断定する立場ではなく、被曝実態から学ぼうとする謙虚な視点からの研究によって、放射線被曝の内部被曝と外部被曝の機序の相異を知ることができる。

9 長崎原爆の放射性降下物による被曝線量評価

広島原爆の放射性降下物による被曝影響を急性症状の発症率の解析から求める方法は、当然長崎原爆の残留放射線についても適用できる。長崎原爆は、爆発エネルギーが広島原爆の約 1.4 倍であったことから、放射性の核分裂生成物は広島原爆の約 1.4 倍多く、放出された中性子を爆弾容器や機材が広島原爆よりも多く捕獲して多くの放射性の原子核を生成し、さらに核分裂しないで残ったプルトニウム 239 の半減期は 2 万 4 千百年、ウラン 235 の半減期は 7 億 4 百万年であるので、長崎原爆のプルトニウムは広島原爆のウランの約 3 万倍の被曝影響を与える。こうしたことを考慮すると放射性降下物による被曝影響は広島原爆よりも大きいと予想される。

ABCC-放影研の LSS 集団の長崎の被爆者の脱毛発症率の調査結果は、遠距離は爆心地から南の方角の被爆者の調査が中心と考えられる。これについては目下解析中であるが、2 km 付近では広島よりもやや発症率が高いが、6 km 付近では広島とほとんど同じ発症率である。以下の解析では、爆心地から 5 km までの近距離は 1945 年に長崎医科大学の調来助らが行った爆心地から 5km までの急性症状発症率の調査があり、「長崎ニ於ケル原子爆弾災害ノ統計的觀察」第 4 編（『長崎原爆体験—医師の証言—』（東京大学出版会，1962 年）に採掲されている脱毛，紫斑，下痢の調査結果を用い，遠距離は 1999 年に長崎県と長崎市が指定被爆地域拡大のため，爆心地から 12 km 以内に被爆時に居住していた人たちについて調査をした中から，被爆当時長崎市域でなかったために原爆手帳が支給されていない現在の長崎市内の地域（茂木，日見，矢上，石戸，古賀，式見，三重，深堀）の爆心地からの平均距離 9.5 km の人たち 6,977 人の発症率の平均値と，長崎市の周辺地域（香焼，伊王島，時津子々津郷，琴海西海郷，多良見，飯盛田結）の爆心地からの平均距離 11.2 km の人たち 1,378 人の発症率の平均値を求めているのでこれを用いて解析する。これらの解析をした急性症状発症率を図 11 に示す。

広島と同様の方法によって脱毛，紫斑，および下痢の発症率から図 12 に示すような全被曝線量 $D(r)$ ，初期放射線による被曝線量 $cP(r)$ ，放射性降下物による被曝線量 $F(r)$ を得た。図 12 には DS02 による初期放射線量のガンマ線および中性子線の吸収線量の合計 $P(r)$ を細い実線によって示してある。

長崎原爆の放射性降下物の被曝影響は爆心地から 4 km 辺りまでは広島原爆の場合とほぼ同じであるが，そこを越えた一定値の部分の被曝線量が広島原爆に較べて約 1.5 倍大きい。これは長崎原爆の爆発エネルギー，放射性降下物に加わったウラン 235 の約 3 万倍放射能の強いプルトニウム 239，さらに中性子によって誘導放射化され

た原爆機材と容器の量が広島原爆よりもかなり多かったことなどによって予想された通りである。

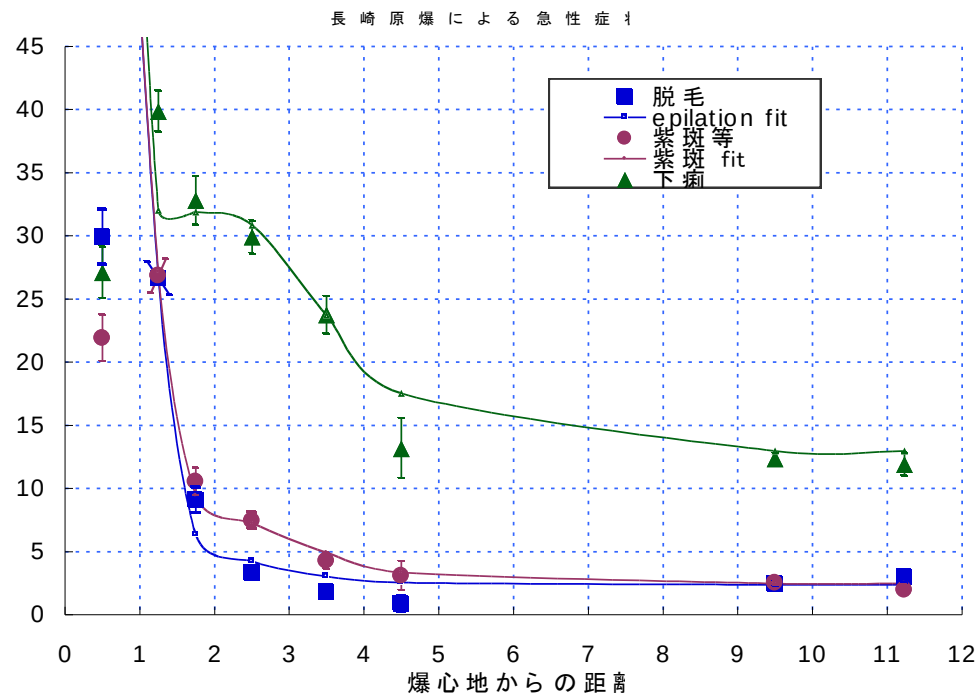


図 11 長崎原爆による急性症状（脱毛，紫斑，下痢）の発症率

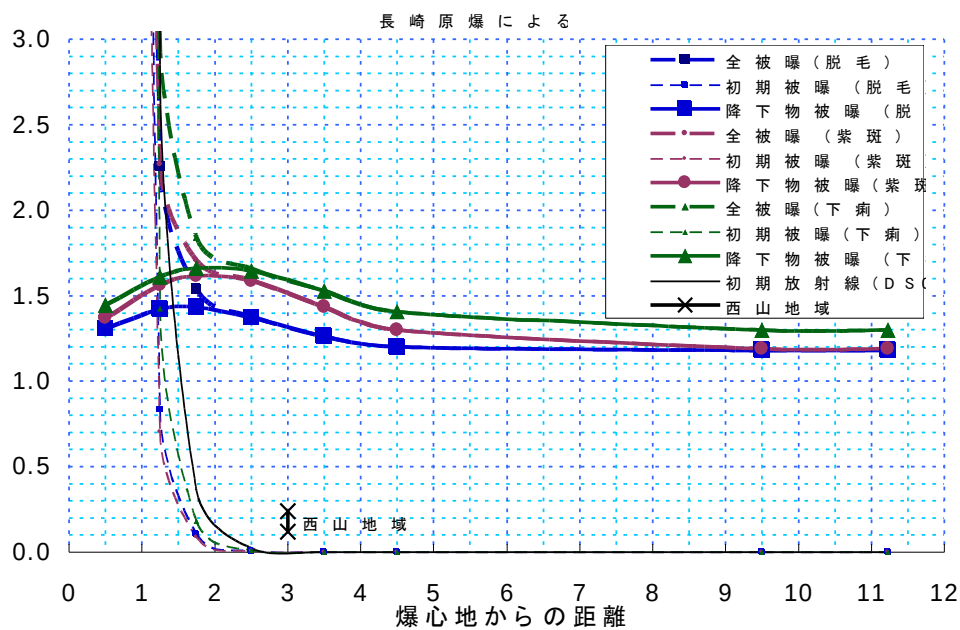


図 12 急性症状発症率に基づく長崎原爆による被曝線量評価

従来の原爆症認定基準に採用されてきた長崎の爆心地から約 3 km の西山地域の累積被曝線量 0.12 Gy ないし 0.24 Gy を図 12 の×印で示したが、この距離における放射性降下物による被曝線量は 1.3 Gy ないし 1.6 Gy であるので、物理学的測定に基づく認定基準に比して 5 倍ないし 13 倍である。この不一致は、物理学的に測定したものは、放射性降下物の一部に過ぎないことと、放射性微粒子などの体内への摂取による内部被曝が重要であった可能性を示している。ここで得られた放射性微粒子による被曝影響は、爆心地からの方向によらないで被曝距離の同じ被曝についての平均値である。被曝時の長崎では、西から東に秒速 3 m の風によって原子雲が移動しているので、放射性微粒子による被曝影響は、長崎でも爆心地からの方角によって相違が現れる可能性がある。

10 染色体異常の頻度による裏づけ

以上の急性症状の発症率調査に基づいて得られた被曝線量の推定は、染色体異常の頻度からも裏付けられる。

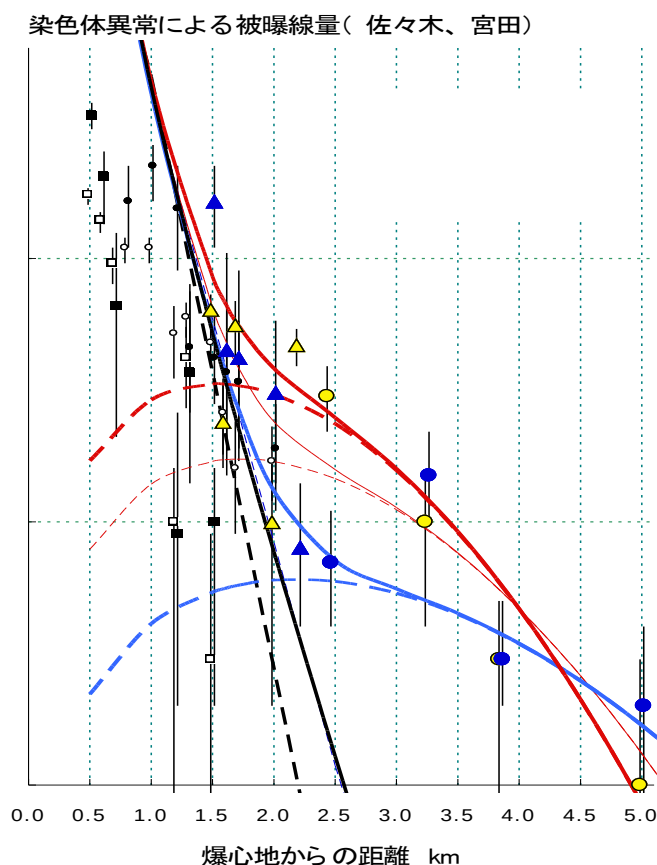


図13 染色体異常の頻度から推定した広島原爆による被曝線量

佐々木と宮田 (Sasaki, M.S. & Miyata, H., Nature 220, 1189-1193 (1968).) は1967年から1年間、東京の日赤中央病院の広島で被爆した被爆者の循環性リンパ球の染色体異常の頻度を研究し、初期放射線が到達しない遠距離被爆者や入市被爆者に染色体異常の増加を認めた。図13は佐々木と宮田が被曝線量と染色体異常の頻度の関係を用いて、爆心地からの距離による被曝線量の変化を求めたものである。縦軸は対数目盛りになっているので初期放射線のT65D（黒い破線）とDS86（黒い実線）の計算値はほぼ直線となる。初期放射線がほとんど到達しない2～5キロメートルの遠距離の被爆者が、放射性降下物による被曝影響を受けていること、遠距離被爆者の中で早期入市した被爆者が入市しなかった被爆者より染色体異常の頻度が高いことを見出している。

信頼性の高い安定型染色体異常（S型）から推定された被曝線量（黄色の三角形と円印）に総合的適合させて得られた赤い曲線からDS86による初期放射線による被曝線量を差引いて求めた放射性降下物による被曝影響を表す赤い破線は1.5 km付近でピーク値約 0.3 Gyを示し、1.6 km付近で初期放射線被曝を上回る被曝影響を示している。

循環性リンパ球の染色体異常から推定した被曝線量は血液幹細胞への被曝を表すので、皮膚などに付着して受ける至近外部被曝や放射性物質を体内摂取したための局所的な内部被曝影響は反映されていないために、染色体異常からの推定被曝線量が急性症状からの推定の約3分の1になった可能性がある。不安定型染色体異常（Qdr型）から推定した被曝線量は安定型からの推定より小さいが、距離による減少の度合いがゆるく爆心地から 5 kmでは安定型より大きい被曝影響を示している。

放影研の染色体異常の頻度の研究は、疫学研究と同様に比較対照群に遠距離被爆者を用いていた。放影研が比較対照群とした遠距離被爆者の染色体異常は、佐々木と宮田が比較対照群とした東京の非被爆者の10倍の頻度を示しており、放影研の比較対照群にも放射性降下物による影響が現れている。

放影研においても染色体異常の研究が行われてきた。1984年におこなわれた欧州放射線生物学学会報告において、ブレーメン大学のシュミッツ・ホイエルヘーケ（I. Schmitz-Feuerhake）とカーボネル（P. Carbonell）は、佐々木と宮田の論文と放影研の阿波ら（Awa et al.）の染色体異常の論文の比較を報告した。佐々木と宮田の論文の 0.01 Gy 以下の早期入市者の染色体異常の頻度は、図 14 の直線で表された世界でコントロール（比較対照群）として用いられている Lloydらの染色体異常頻度の約2倍であり、放影研の阿波らが非被曝のコントロールとしている原爆爆発時に市内にいなかった入市被爆者（NIC, not in the city）お

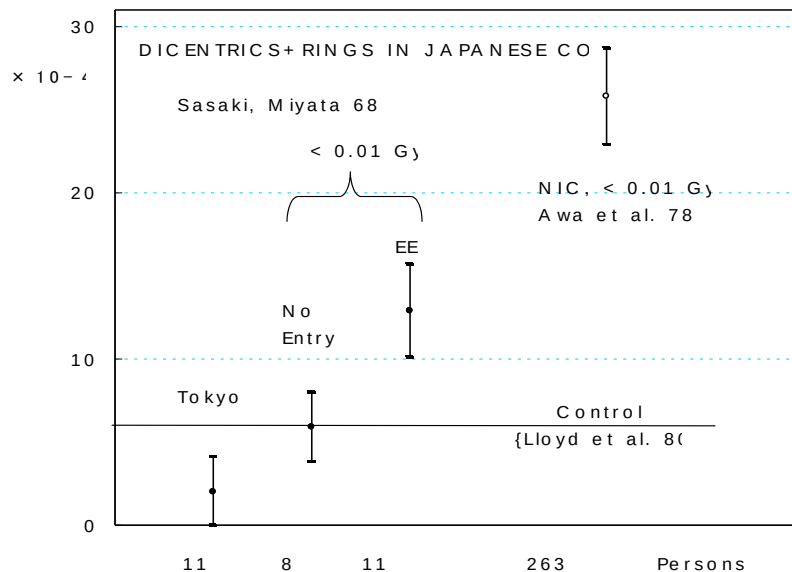


図14 染色体異常のコントロールの異常頻度

よびT65D線量評価で初期放射線被曝 0.01 Gy以下の遠距離被爆者の染色体異常頻度は世界のコントロールの4倍以上の頻度になっていることを指摘している。図12において Tokyo と記された佐々木と宮田がコントロールに用いた非被爆者の染色体異常頻度が世界平均より小さいのは日本の緯度が低いためと考えられる。放影研のコントロールのNICと遠距離被爆者の染色体異常頻度が世界平均より4倍以上、東京の非被爆者の12倍以上大きいことは遠距離被爆者と入市被爆者の残留放射線による被曝影響を示唆している。

1 1 晩発性障害による被曝影響の推定

放影研の疫学研究では従前の外部比較法に代わって、LSSの中で1986年原爆放射線評価体系（DS86）の初期放射線被曝線量0.005 Sv未満の区分（極低線量被爆者）に属する被爆者を原爆放射線による被曝をしていないコントロールとして、がんを含む様々な疾病の発症率と死亡率を比較してリスクを求めている。これに対しては、残留放射線の影響を無視して被爆者どうしを比較しているので、初期放射線に被曝していない遠距離被爆者や入市被爆者に対する残留放射線による被曝影響がわからなくなるという批判が行われてきた。

ドイツのブレーメン大学のシュミッツ・ホイエルヘーケは1982年に放影研の疫

学研において比較対照群になっていた初期放射線の被曝がT65Dによる初期放射線被曝0.09グレイ以下の遠距離被爆者（55,134人）と入市被爆者（26,523人）の

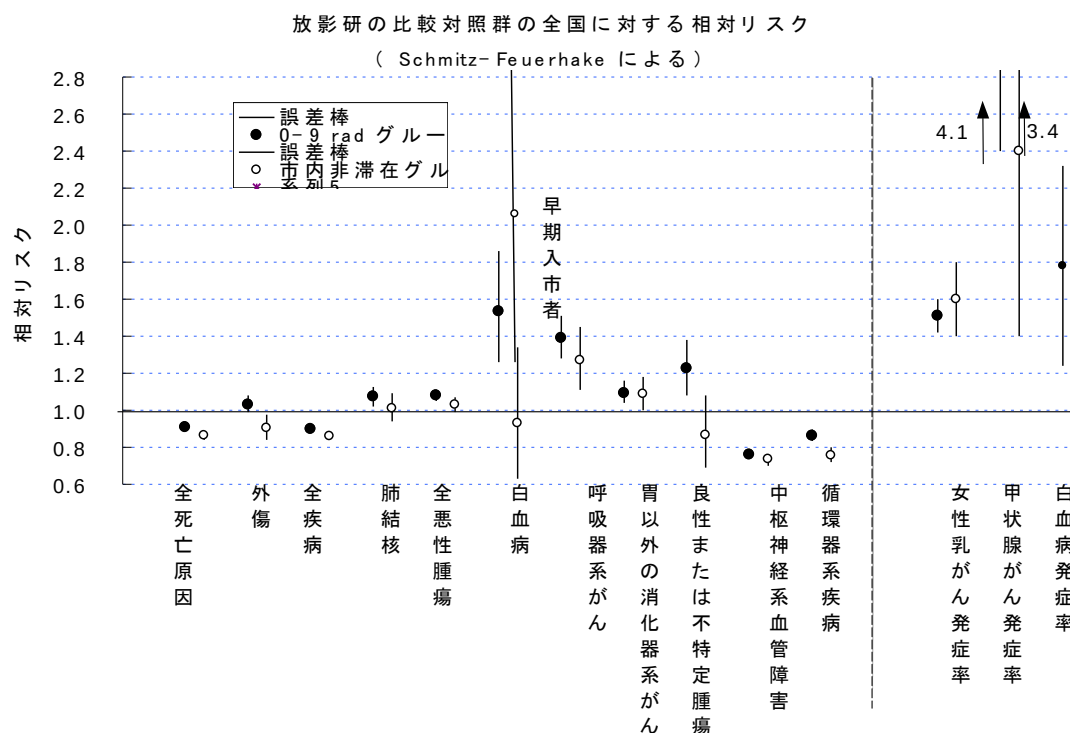


図 15 放影研の LSS の比較対照群（遠距離被爆者よ入市被爆者）の相対リスク

様々な疾病による死亡率や発症率を日本人全体の死亡率や発症率を用いて相対リスクを求めた．その結果を図15に示す．全死因，全疾病などの相対リスクは1より小さく，日本人平均より低いのでむしろ健康であることを示した．この結果は1980年代の初期までは被爆者が定期的健康診断を受け，早期発見が容易で予後のよいがんの場合，発症率が高いが死亡率は低くなっていたことを示している．ところが，放射線による影響の強い白血病や呼吸器系のがんによる死亡率が日本人平均より高く，甲状腺がんの発症率は日本人平均の3.4～4.1倍，白血病の発症率は1.8倍，女性の乳がんの発症率は1.5～1.6倍となることを示した

(Schmitz-Feuerhake, I., Health Phys. 44, 693-695 (1983); Schmitz-Feuerhake, I., & Carbonell, P., Publication SM-266-23. Vienna: IAEA, 45-53 (1983)).

近年の放影研の疫学研究では外部比較法に変わって，DS86による初期放射線被曝線量を確率変数とするポワソン回帰分析によって，DS86による初期放射線推定被曝線量 0.005 Sv以下の区分の集団も含め，比較対照群を設定しない内部比較法によってリスクを求めている．しかし，内部比較法の場合でも，確率変数を初期放

射線とする限り、残留放射線による影響を評価することは不可能で、内部比較法においても実質上、極低線量被爆者を比較対照群とする外部比較法と同じリスクを与えることになるので、残留放射線による影響を無視していることに変わりはない。

最近、渡辺智之ら（Watanabe, T., Miyao, M., Honda, R. and Yamada, Y., *Environ Health Prev Med.*, Vol. 13, No.5 (2008)）は、放影研の寿命調査集団の広島市の被爆者集団（LSS-H）を被曝線量 0～0.005 Sv の極低線量群、被曝線量 0.005 Sv～0.1 Sv の低線量群、被曝線量 0.1 Sv～4.0 Sv の高線量群の 3 つに区分して、さまざまなガンによる男女別の死亡率を、被曝時年齢 0 歳から 34 歳の年齢構成に対応させた広島市の全人口および岡山県の全人口を非曝露群として比較し、標準化死亡比 SMR-H および SMR-0 を求めた。その結果を、付録の表 1 および表 2 に示した。これらの表に示されているように、男女とも放影研の比較対照集団にされた極低線量区分の遠距離被爆者のがん標準化死亡比が、全死因による死亡、全がん、固形がん、男性の肝臓がん、女性の子宮がん、肝臓がんについて、それぞれ有意に 1 より大きくなっている。これは、初期放射線被曝を無視できる遠距離被爆者が放射性降下物による被曝影響を受けたことを示している。男性の肺がん、女性の白血病と胃がん、結腸がんにおいて死亡比が 1 より小さくなった区分がある。これは、これらのがん死亡率が広島市に較べて広島県と岡山県の農村部において大きい可能性があり、広島市の非被爆者集団と広島県全体の比較などによって、生活習慣、社会的環境などを含めて再検討する必要があるが、被爆者は原爆被爆者の援護に関する法律の下でがん検診を定期的に受けており、癌の発症率が高いことがわかっており、そのため死亡比に放射線影響が現れない可能性がある。この点については先に述べたシュミッツ・フォイエールヘーケ教授の示した放影研の LSS の遠距離被爆者と入市被爆者が日本人平均を基準にした、全死因、全疾病、中枢神経系の血管障害、循環系の疾病による相対死亡リスクは 1 以下であるが、乳がんの相対発症リスクは 1.5～1.6、甲状腺がんの相対発症リスクは 3.4～4.1、白血病の相対発症リスクは 1.8 となることを示していることと関連する。すなわち、相対死亡リスクではなく相対発症リスクについて検討する必要がある。

この渡辺らの論文の結果を用いて、がん死亡率の増加が被曝線量に比例するとして放射性降下物による被曝線量を推定することができる。極低線量区分に属する被爆者の初期放射線による被曝線量の平均値は、男女とも 0.0025 Sv である。低線量区分の初期放射線による平均被曝線量は男性が 0.0350 Sv、女性が 0.0328 Sv、高線量区分では初期放射線による平均被曝線量は男性が 0.5616 Sv、女性が 0.5013 Sv である。このように極低線量区分と低線量区分の初期放射線による平均被曝線

量はきわめて接近しているので、両方の区分を1つにまとめた平均値を求める。この平均した標準化死亡比から、高線量区分の標準化死亡比まで直線によって結ぶ。この直線を延長して、標準化死亡比が1の直線と交わる×印のところが、がんの死亡比から原爆による放射線被曝をしていない全広島県民あるいは全岡山県民と同じがんによる死亡率となる点である。すなわち原爆による全被曝影響が0となる点である。この×印の点が多くのがんについて初期放射線被曝線量のマイナスの値になったことは、初期放射線が0の遠距離被曝者はこのマイナスの値だ

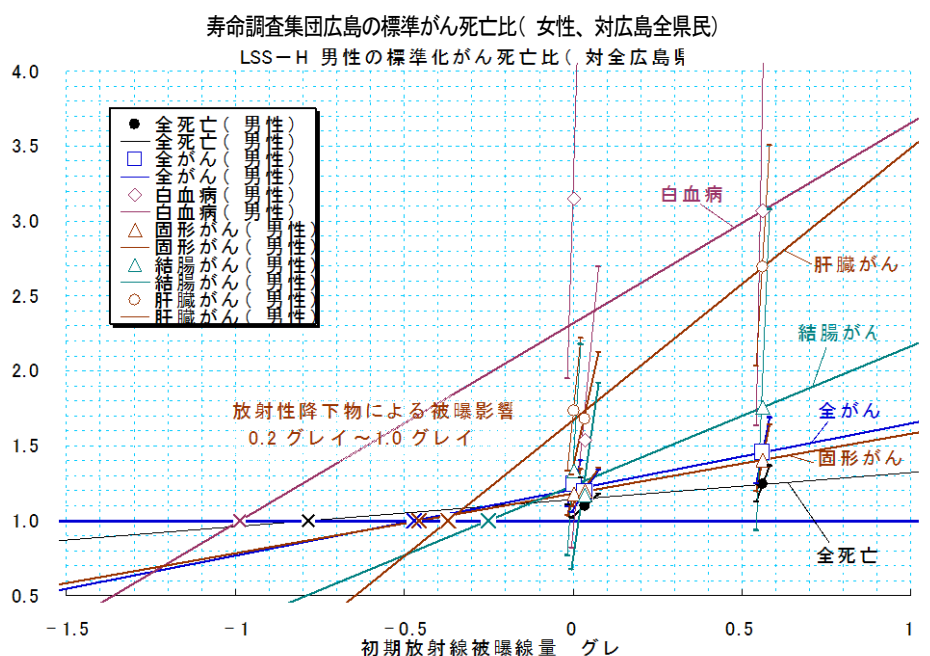


図 16 放影研 LSS-広島・男性の標準化がん死亡比（対広島県民）

け放射性降下物による被曝をしていることになる。図 16 の男性の広島県民と比較した場合では、×印で示したように -1.0 グレイから -0.2 グレイの間で死亡比 1 の直線と交差しているので、遠距離被曝者は 0.2 グレイから 1.0 グレイの放射性降下物による被曝を示している。図 17 の女性の広島県民と比較した場合には、×印は -0.2 グレイから 0 までに集中し、子宮がんだけが -1.6 グレイと飛び離れている。この場合は、遠距離被曝者の放射性降下物による被曝線量は 0～1.6 グレイとなる。図 18 の LSS-H の男性の対岡山県民の場合は、×印は -1.0 グレイから -0.4 グレイにあるので、放射性降下物による被曝線量は 0.4 グレイ～1.0 グレイと予測される。放影研 LSS-H の男性の岡山県民との比較で求めた各種がんの標準化死亡比の直線が標準化比 1 の直線と交わる×印は -1.0 グレイから -0.4 グレイとなるので、放射性降下物の被曝線量は 0.4 グレイ～1.0 グレイとなる。LSS-H

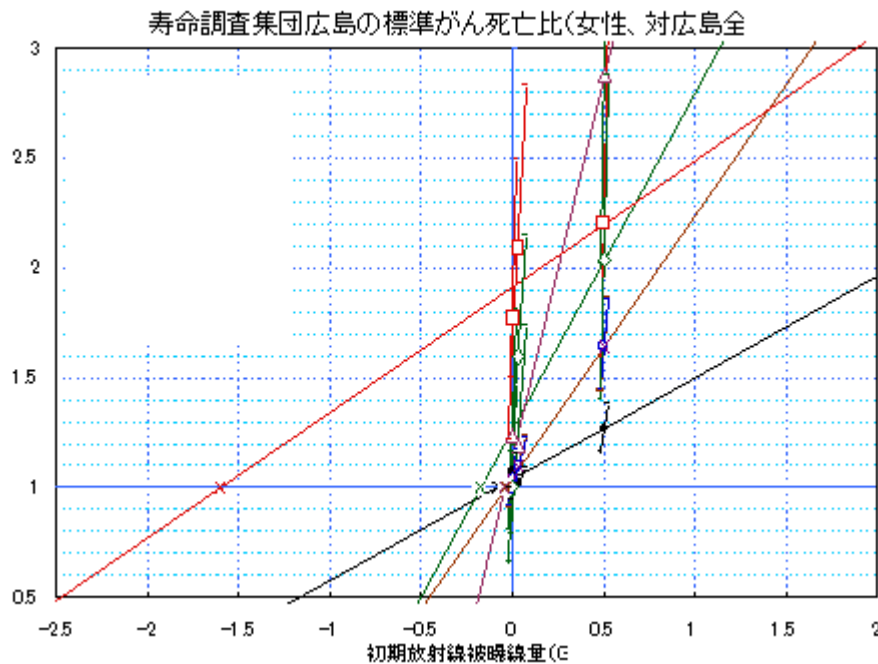


図 17 放影研 LSS-広島・女性の標準化がん死亡比（対広島県民）

の女性の対岡山県民の標準死亡比から求めた直線の×印は図 19 に示すように、子宮がんの -1.6 グレイ以外は -0.25 グレイと 0 の間の値となる。したがって、遠距離被爆者の放射性降下物による被曝線量は 0 から 1.6 グレイの間となる。

このようにがんの種類によって推定される放射性降下物による被曝線量はかなりばらつくが、症例が多く信頼性が高いと考えられる全死亡原因、全がん、固形がんなどの場合は比較的ばらつきが小さく、放射性降下物による被曝線量は、男性の対広島県民の場合 $0.2 \sim 1.0$ グレイ、対岡山県民の場合 $0.4 \sim 1.0$ グレイ、女性の対広島県民の場合 $0.04 \sim 1.6$ グレイ、対岡山県民の場合 $0.07 \sim 1.6$ グレイの範囲に収まる。もっともよくまとまった図 18 の男性の対岡山の場合である。その値 $0.4 \sim 1.0$ グレイは急性症状の発症率から推定した爆心地から $2,000$ m 付近の $0.5 \sim 1.5$ グレイ、 $4,000 \sim 6,000$ m 付近の $0.16 \sim 0.8$ グレイの範囲にきわめてよい一致を示している。この放射性降下物による被曝線量 $0.4 \sim 1.0$ グレイは極低線量区分の初期放射線被曝線量の平均値 0.0025 Sv の 160 倍から 400 倍、低線量区分の初期放射線被曝線量の平均値 0.035 Sv の 11 倍から 29 倍になる。この推定した放射性降下物による被曝影響は、爆心地から $1,380$ m から $1,580$ m の間であびる初期放射線被曝に相当する。

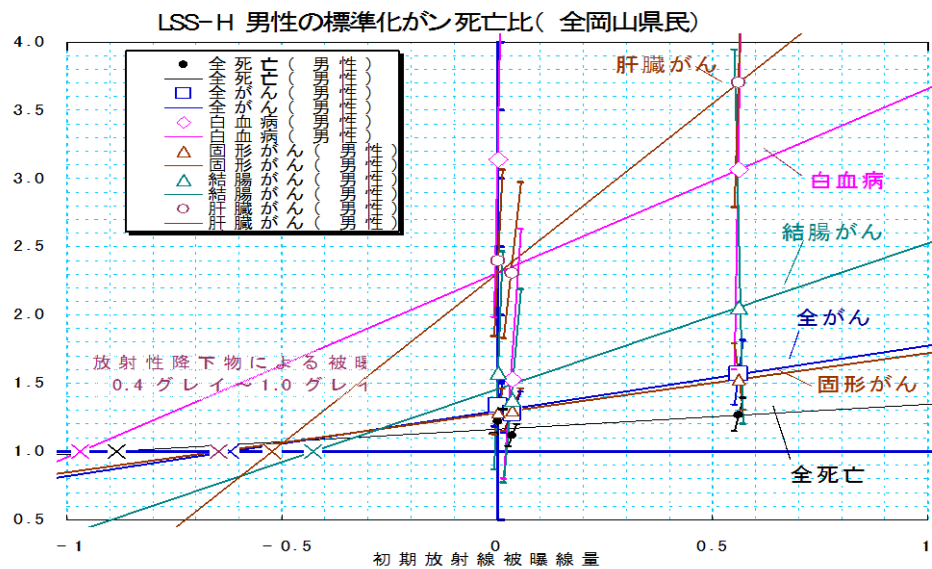


図 18 放影研 LSS-広島・男性の標準化がん死亡比 (対岡山県民)

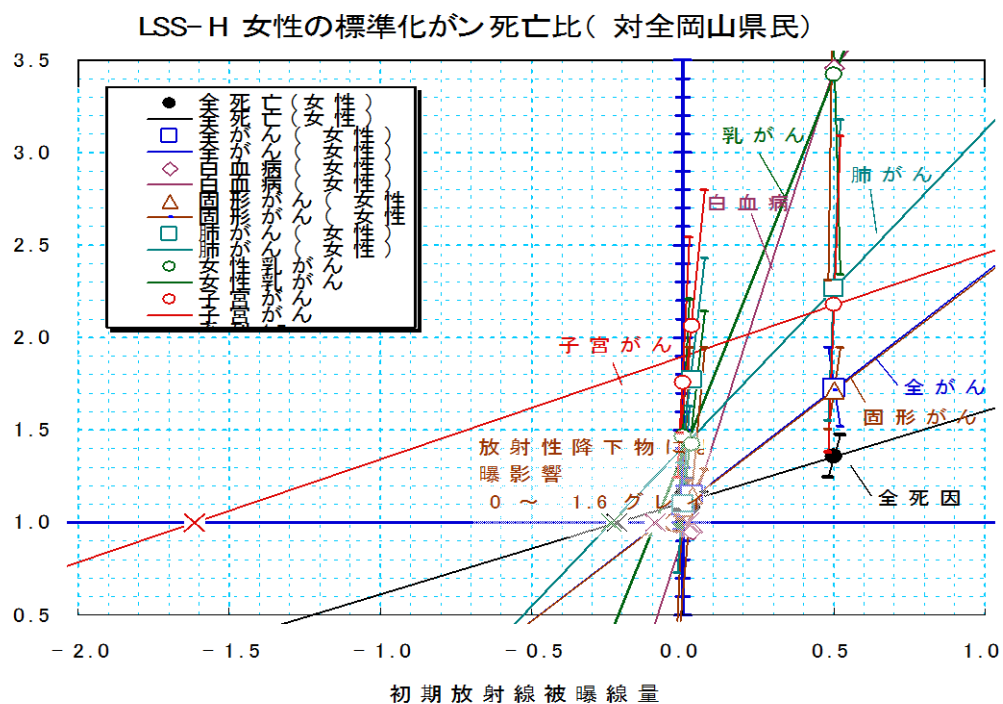


図 19 放影研 LSS-広島・女性の標準化がん死亡比 (対岡山県民)

12 ヨーロッパ放射線リスク委員会の「レスボス宣言」

去る5月5日、6日の両日、欧州放射線リスク委員会（European Committee on Radiation Risk, ECRR）がエーゲ海大学環境学部と共催したECRRレスボス会議がおこなわれた。ECRRは、1997年に欧州議会内の Green Groupが開催したブリュッセル会議の決議をうけて設立された。ECRRの検討課題は、① 放射線被曝リスクを従来の枠組みにとらわれなくて科学的に評価すること、② 放射線リスクの科学的予測モデルを開発すること、③ 政策的勧告の基礎について倫理的・哲学的に分析すること、④ 公衆と環境に対する放射線防護のためにリスクと損害のモデルを示すことであった。

ECRRの初代議長は、低線量被曝の人体影響を最初に確証した故アリス・スチュワート博士、委員にはカナダのロザリー・バーテル博士など、放射線の人体影響の分野で活躍した著名な科学者が名を連ねている。ECRRは1998年から、国際放射線防護委員会（International Commission on Radiological Protection, ICRP）による現行の放射線リスク評価モデルについての検討を開始した。その批判作業の中から、とくに内部被曝の影響を取り入れて、現行のICRPの評価モデルに代わる新しいリスク評価モデルを創り出し、ECRR2003年勧告を発表した。

今回のECRRの国際会議は、エーゲ海の東北端に浮かぶレスボス島のモリボスで開かれたのでレスボス会議と呼ばれる。私がECRRレスボス会議に招待されたのは、広島の被爆者の放射性降下物の残留放射線による内部被曝問題について研究した論文をECRR科学事務局長のバスビー博士が読んだことがきっかけである。

研究報告は、ロシア科学アカデミーのブルラコバ教授の「チェルノブイリ原発の事故による住民と放射線除去作業員の健康に関する否定的結果の評価について：極低線量とナノ科学」に続いて、リトアニアのバンダシェフスキー教授の「チェルノブイリ事故によるベラルーシの汚染状況と非がん疾病」、さらに、現在ECRRの議長でブレーメン大学のインゲ・シュミッツホイエルヘーケ教授の「チェルノブイリ事故の放射性降下物によって汚染された住民にたいするUNSCEAR（原子放射線の影響に関する国連科学委員会）の被曝線量はどの程度信頼できるか？物理学的再構成と生物学的線量評価の比較」と、チェルノブイリ事故による被曝影響の研究報告が続いた。チェルノブイリ事故による被曝影響については、以上も含めてロシア、リトアニア、ベラルーシ、ドイツ、ウクライナ、フィンランドの科学者による12の報告があった。いずれも、被曝した放射線量とがんの発生率などをかなり精度高く調べ、国際放射線防護委員会（ICRP）や放影研の結果とけた違いに合わないという報告が相次いだ。

約30人の会議参加者は、現在放射線防護の国際的基準とされているICRPのモデルを批判する「レスボス宣言」を採択した。その主な内容は次の通りである。

「ICRP は電離放射線被曝に対する危険係数を公表し、その放射線危険係数が連邦政府と各国政府の、放射性廃棄物、核兵器、汚染された土地や物質の取り扱い、自然および技術的に増強された放射性物質、原子力発電所とすべての核燃料サイクルの過程、補償と修復の機構、などに関し、労働者と一般人に対する放射線防護の法律や基準に広く用いられてきた。チェルノブイリ事故は、核分裂生成物の被曝によって起こった不健康の発生量がわかる最も重要でかけがえのない機会を与えており、現行の ICRP の危険率モデルを、とくに胎児、幼児の放射線被曝に適用することが不適切であることを実証してきた。

ICRP の危険率モデルは、事故後の被曝に対しても、内部被曝をもたらす放射性物質に対しても適用できないことに異議がない。ICRP の危険率モデルは、DNA の構造が発見され、ある種の放射性原子核は DNA に化学的親和力有することが発見されるより前に展開されたために、通例 ICRP によって用いられている概念は、このような核種による被曝影響に適用できない。ICRP は、遺伝物質の不安定性、バースタンダー効果あるいは2次的効果のような非標的効果のような新しい発見を、放射線危険率に、とくに結果として起こる一連の疾病について理解する際に、考慮していない。

(中略)

1. ICRP の危険率係数は事実から離れており、これら係数を用いることは放射線危険率を大幅に過小評価になる。
2. ICRP の危険率モデルを放射線の健康影響の予測に用いることは、少なくとも10倍の過ちを導く一方、われわれは、誤りがさらに大きいことを示唆するある種の被曝に関する研究を認識している。
3. 放射線被曝による非がん疾病の発症、とりわけ心臓血管、免疫、中枢神経および生殖器官に対する障害は重大であるが、なお定量化されていない。
4. 責任当局者、放射線被曝を引き起こすことに責任を持つ当局者も、放射線防護の基準を決定し、危険を管理するに際し、もはや現行の ICRP のモデルに依拠しないこと。
5. 責任当局者およびすべての被曝を引き起こすことに責任を持つ当局者は、一般的予防手段を採用すること、および他に利用可能で十分に予防的な危険率モデルが存在しない中で、最近の観察を反映したより正確な危険率に制限を付けている暫定的な ECRR2003 年危険率モデルを、不当に遅滞することなく適用すること。

6. とくに、日本の原爆被爆者、チェルノブイリや他の影響を受けた地域の資料の再検討と被曝した集団における放射性物質に関する独自の監視を含め、多くの歴史的な疫学的研究を再検討することにより、放射性核種に結びついた健康影響の早急な研究を要求する。

7. 人々が被曝した放射線のレベルを知り、その被曝によって潜在的な結果についても正しく情報を与えられることは、個々人に対する人権である。

8. 医学的な研究と他の一般的応用に放射線利用が増大しており、患者への放射線被曝を含まない医学的技術の相当額の公的資金供給による研究を主張する。」

ECRRレスボス会議に出席して、ICRPの内部被曝軽視の勧告に基づく現行の原発の放射性物質の環境放出基準を、内部被曝を重視して抜本的に再検討しなければならないと痛感した。放影研には、残留放射線や内部被曝に関する貴重な調査データの蓄積があるがほとんど生かされていない。ABCC-放影研の果たしてきた役割と責任が問われる。「レスボス宣言」に述べられているように、被爆者の貴重なデータを生かして内部被曝の影響を科学的に明らかにすることは、科学者の全人類に対する社会的責任である。

おわりに

原爆放射線の影響を研究する体制が、核兵器の開発や原子力の産業優先の利用に大きく影響されて、きわめて残念であるが、残留放射線による被曝の全体像は、現在取組まれている原爆症認定訴訟が始まるまで科学的に十分には明らかにされてこなかった。訴訟が取組まれる中で、被爆者の証言に示された被爆実態を科学的に学び取ることを通じ、60年を経てこれまで明らかになってきた広島原爆の放射性降下物による被曝影響に重点を置いて紹介した。

これまで見てきたように、被爆実態を反映した急性症状の発症率調査や染色体異常の頻度の研究、がんなどの晩発性障害の発症率や死亡率の研究を丹念に研究すれば、残留放射線による影響は、放射性微粒子を呼吸や飲食などを通して体内に摂取して、体内で放出された放射線を集中的かつ持続的にあびた内部被曝の影響がきわめて大きく、平均的に見ても、爆心地から1.2～1.5キロメートル以遠では初期放射線被曝よりも放射性降下物による影響が大きいことがわかる。また、於保調査の、爆心地から1キロメートル以内に入った入市被爆者の入市日ごとの急性症状発症率から、被曝線量と急性症状発症率の関係をj用いて放射化物質からの被曝影響を求めると、DS86報告書に記載され、原爆症認定基準に用いられてき

た放射化物質からの外部被曝より桁違いに大きい被曝線量が求まる．これは入市被曝者に対しても内部被曝が深刻な影響を与えたことを示している．

現在の世界の放射線影響研究者の間で、ここで述べたような原爆の残留放射線に関する知見はほとんど知られていない．私は、なぜここで述べたような研究がこれまで行われてこなかったのか不思議に思うにつけ、ABCC-放影研の果たしてきた役割に疑問を感じずにはおれない．真に原爆被曝者の被曝実態を解明しようとする研究体制がつくられ、遠距離被曝者や入市被曝者の被曝影響の研究をおこなっておれば、こうした研究を通じて内部被曝に関する研究はもっと早く大きく発展し、人類の放射線影響についての貴重な知見が得られたと思う．広島・長崎原爆後の核実験や核施設・原発などの事故による放射線被曝の大部分が放射性微粒子による内部被曝であることを考えると、この問題は科学者の全人類に対する社会的責任につながる問題である．

以上示したように、被曝実態から謙虚に学んだ科学研究によって、被曝者健康手帳を支給された被曝者も含む多くの人が原爆放射線による被曝をしていることがわかる．被曝実態が共通である被曝者の平均的放射線被曝線量が推定できたとしても、放射線感受性には脱毛発症率の KSTS 関係に見られるように大きな個人差が存在するので、統計的な平均値を個々人に適用することは、科学的にも正しくない．このことを踏まえれば、現在 90% の被曝者に支給されている健康管理手当をすべての被曝者に支給し、放射線影響が認められる疾病を発症した場合には原爆症と認めるべきであるとする被曝者団体の要求は科学的にも裏付けられるので、法の改定が望まれるが、現行法の枠内でも現実に即した運用が求められる．

(付論)

NHK番組に圧力をかけた原子カムラ

昨年 12 月 28 日にNHKが「追跡！真相ファイル 低線量被ばく 揺らぐ国際基準」という番組を放映しました。これに対して今年 1 月 12 日、「日本原子力学会シニア・ネットワーク連絡会」（会長宅間正夫元東電本店企画部）、「エネルギー問題に発言する会」（代表幹事林勉元日立製作所原子力事業部長）、「エネルギー戦略研究会」（会長金子熊夫元外交官，評論家）の 3 団体の有志 112 名が，この番組に対し，『低線量被ばく 揺らぐ国際基準』への抗議と要望」（以下「抗議と要望」という）をNHK会長宛に提出しました。

ここには，「この報道番組は，期待に反し，数々の論旨のすり替え，事実誤認，不都合な情報隠ぺい，根拠薄弱な問題指摘などにより構築された非常に問題の多い内容」と書かれています。

福島第一原発事故によって多くの人々が放射線に被曝して避難を続け，野田首相の「事故収束宣言」にもかかわらず，放射能の除染の見通しも立たない中，命と暮らしの基盤を奪われ続けています。「抗議と要望」を提出した 3 団体の有志の所属を見ると，人災である今回の原発事故の原因となった「安全神話」を振りまき，原発を推進してきた責任を謙虚に反省しなければならない人たちです。しかし「抗議と要望」には，反省の弁が一言も見当たりません。

1 国際放射線防護委員会の性格

NHKの番組では，国際放射線防護委員会（ICRP）について多くの時間が割かれています。日本政府はこのICRP勧告を福島原発事故による放射線からの防護基準の基礎としています。

ICRPは次の 3 つの状況に対して放射線被曝の「線量限度」を勧告しています。

- 1 計画的に放射線を管理できる平常な状態の「計画被曝状況」では，一般人の「公衆線量限度」を 1 ミリシーベルト／年，「職業被曝線量限度」を 5 年間で 100 ミリシーベルトとする。

2 事故が起こったときなどの非常事態「緊急時被曝状況」では、一般人は 20 ミリシーベルトと 100 ミリシーベルトの間の目安になる線量(日本政府は 20 ミリシーベルトを採用)、人命救助の許容限度の目安は 500~1000 ミリシーベルト/年.

3 事故が起こった後の回復や復旧の時期の「現存被曝状況」では 1 ミリシーベルト/年と 20 ミリシーベルト/年の間に設定.

この ICRP の勧告に対し、ドイツ放射線防護令は一般人に対して ICRP の 5 分の 1 の 0.2 ミリシーベルト/年としています.

ICRP は、放射線を取扱う人に対して 5 年間 100 ミリシーベルトの職業被曝線量限度を勧告しています. 放射線業務従事者は一般に 5 年を経ても引き続き仕事を続けます. 例えば 40 年間働くと累積被曝線量は 800 ミリシーベルトに達し、広島 of 爆心地から 2km 以遠で被曝した原爆被曝者に相当する被曝になってしまうのです.

ICRP は、国際的に合意された放射線障害のリスクの基準を示すために、1950 年に国際 X 線およびラジウム委員会の名称を変更して発足しました. ICRP のほとんどの委員会の議長は全米放射線防護委員会(NCRP)の委員会議長が兼ねたので、ICRP は NCRP の並列組織の性格が強く、米国など核兵器国家の核政策の影響を大きく受けています.

ICRP が核兵器工場や原発推進にかかわる勢力から影響や圧力を受け続けてきたことは、ICRP と NCRP の内部被曝に関する委員会の議長を発足当初から 20 年間務めたカール・モーガン博士が、著書『原子力開発の光と影』に述べています. ICRP が、科学的根拠もなく放射線にかかわる人の職業被曝線量限度の勧告を 5 年間 100 ミリシーベルトにしているのも、モーガン博士が指摘した原発や核産業に向けた便宜の結果といえます.

ICRP は一般には、科学的な立場から放射線防護の基準を勧告してきたと考えられてきました. しかし、今回の NHK の「追跡! 真相ファイル 低線量被ばく 揺れる国際基準」が伝えたように、ICRP は実際には核兵器を製造しているアメリカのエネルギー省や原子力産業の影響を受けて、政治的な立場からの影響を強く受けてきました. ICRP の勧告が核政策や原発推進勢力の圧力によってゆがめられてきた事実を、NHK が直接 ICRP の委員や元委員を取材し、彼らの証言によって裏付けて、広く国民に知らせました.

しかし福島原発事故の深刻な影響が続く中で、原発を推進しようとする人たちにとっては、こうした番組は今後も原発政策を継続させる上で邪魔になります. 「抗議と要望」は、こうした番組を放映させないように圧力をかけているのです.

東電福島第一原発の事故によって、被害にあった国民の中に原発から自然エネルギーに転換してほしいという願いを広げる中で、この番組が、「原発安全神話」の復活を目論む道を閉ざしてはならないという焦りが「抗議と要望」に表れています。彼らがよりどころにしている I C R P 勧告が、科学的根拠に基づくという評価を失うわけにはいかないのです。

2 放影研の内部被曝軽視を引き継ぐ I C R P

放射線影響研究所（放影研）は、広島・長崎の被爆者を調査集団として放射線の人体影響を研究してきました。この放影研は、福島原発事故による放射線被曝と共通性の多い原子雲からの放射性降下物による被曝影響、とくに重要な内部被曝をほとんど無視してきました。放射線防護の基準を勧告する I C R P はこの放影研の研究に基づいています。I C R P が内部被曝を軽視したり無視する根源には、放影研の研究があります。

福島原発事故の放射線による被曝は、当初はヨウ素 131 による内部被曝、現在はセシウム 137 と 134 による内部被曝が問題になってきており、この点で内部被曝研究が遅れていることは大きな問題です。

広島・長崎の原爆投下から 2 年後の 1947 年にトルーマン米大統領の指示で広島と長崎に設置された原爆傷害調査委員会（A B C C）が閉鎖されたのは 75 年。同年から A B C C の研究を引き継いだのが放影研です。

A B C C は 50 年頃に被曝者の脱毛発症率や、放射線被曝による染色体異常の頻度、癌などの晩発性障害の調査を行いました。この調査結果を丹念に研究すると、放射性降下物を体内に取り込むことで起こる、放射性物質による「内部被曝」が重要であることを明らかになります。放影研も I C R P も、こうした内部被曝の重要さを示す研究を、核兵器製造や原発利用に推進している人々の影響を受けて無視してきました。この I C R P の最大の問題である内部被曝の軽視を、欧州放射線リスク委員会（E C R R）は 2003 年勧告や 2010 年勧告で批判してきました。

日本から I C R P に派遣されている委員も、原爆被爆者の中で起こった急性症状、晩発性障害、染色体異常など、事実に基づいて得られた放射性降下物による内部被曝の影響を未だに認めようとしません。NHK の番組はこうした背景を踏まえて、I C R P が核政策や原発政策に影響を受けてきたことを裏付けました。「抗議と要望」はこうしたことには反論しないで、細かいところにクレームをつけて、番組全体が不公正だとすりかえた批判をしています。

3 放影研の疫学研究の問題点と「抗議と要望」

「抗議と要望」は、「1. ICRPの基準関連について」の「(1)論旨の意図的すり替え」において、ICRPの委員の説明が、「線量・線量率効果係数(DDREF)」^(注1)を問題にしたのに、NHKは放射線被曝線量と誤解した。線量が2分の1になった結果、発症のリスクは2倍になったのに、核兵器や原発推進勢力の影響を受けて変更しなかったという番組内容になっている。それは誤りだと述べています。

ところが、放影研の疫学研究では、原爆放射線被曝としては原爆の爆発1分以内の初期放射線被曝しか考慮してきませんでした。初期放射線被曝は、ほとんど瞬間的に身体の外から被曝する外部被曝です。一方の「線量・線量率効果係数」は、低線量で長時間被曝した場合のリスクを考慮する係数です。

「抗議と要望」がいうように、80年代に放影研の報告を受けて「線量・線量率効果係数」をICRPが問題にすることはありません。

80年代の放影研の疫学研究における大きな変化は、主として原爆の中性子線量を過大評価していた「1965年暫定線量推定方式(T65D)」を「1986年線量推定方式(DS86)」に変更したことです。

T65Dは、57年に最初にできたT57Dという暫定的な推定方式を変更したものです。広島原爆と長崎原爆の爆心地からの距離ごとの初期放射線のガンマ線と中性子線の線量を、ネバダ州での核実験などのデータに基づいて米オークリッジ国立研究所が策定しました。

しかし、中性子を吸収した物質の原子核が放射化されて放出する放射線を測定すると、広島原爆の中性子線量は実際にはT65Dの約10分の1、長崎原爆の中性子線量が実際にはT65Dの約6分の1であることがわかりました。つまり初期放射線のガンマ線と合せた初期放射線による被曝線量は、実際には約2分の1になり、被曝線量当たりの癌の発症リスクは約2倍ということになります。

こうした背景を考えると、ICRPの委員がテレビカメラの前で何と言おうと、「抗議と要望」が言うような線量・線量率効果係数の出る幕がないということになります。

「抗議と要望」の提出を承認した112人は、線量・線量率効果係数にこだわり、「原爆のような1度の大量被曝での評価結果を『低線量率・長時間』に適用するためにDDREF値により補正を行うのは常識になっています」と述べています。これは放影研が、初期放射線のみの被曝線量に固執して癌などの疫学調査をして

きたこと、T65DからDS86への線量の変更に際して線量と線質係数は問題になっても、「線量・線量率効果係数」は直接関係がないこと、このふたつを理解していないと考えられます。

4 放影研の放射性降下物被曝無視とICRPの内部被曝軽視

番組では取り上げていませんでしたが、放影研の疫学研究の問題点も指摘しなければなりません。疫学研究ではコントロールと呼ばれる比較対照群の選択がきわめて重要になってきます。ところが、放影研では今なお放射性降下物による影響を無視して実質上遠距離被爆者をコントロールにしています。そのため癌の発症リスクについて大きな過小評価をしているのです。この問題は、放影研の疫学研究の重要な欠陥です。こうした欠陥をもった放影研の研究結果にもとづく、内部被曝を軽視したICRPの放射線防護基準も、福島原発事故による被曝を評価する場合に妥当性を欠くことになります。

5 ジャーナリズムの役割

福島第一原の事故のあと、ICRPに影響された何人かの科学者が繰り返しテレビなどのマスメディアに登場しました。彼らは放射線被曝の影響について「直ちに影響はありません」「100ミリシーベルト以下では癌などになるという証拠はありません」などと繰り返し述べています。政府もICRPの勧告に従って、20ミリシーベルト以下の被曝影響は無視できるかのように述べてきました。

しかし、これまでも100ミリシーベルト以下でも癌の発症率が被曝線量に比例して増加するという研究はありました。特筆すべきは、昨年3月にカナダのマギエ大学のチームが行った追跡調査です。このチームはX線検査・治療を受けた82861人を調査して、10ミリシーベルトから40ミリシーベルトの間の10ミリシーベルト間隔で癌の発症率が3%ずつ増加するという論文を発表しています。

ジャーナリズムが低線量被曝影響についての事実を一般の人々に伝えることは、「科学が誰のためのものか」という視点から重要です。「抗議と要望」のような圧力に屈することなく、NHKだけでなくすべてのジャーナリズムは、科学的な事実を市民に伝える役割を果たしてほしいと思います。

注1) 放射線の生物学的効果は、同一の吸収線量であっても放射線の種類や線量率によって

異なる。放射線の種類による効果の違いを生物学的効果比として吸収線量に掛けたものが線量当量で、その単位がシーベルト、あるいはミリシーベルトなどである。しかし、内部被曝についての研究が進んでいないので、ICRPのシーベルトの算出方法の内部被曝への適用には問題がある。高線量率で短時間に照射したときに得られる生物効果に比べて、線量率を下げて時間をかけて照射すると生物効果は弱くなる。これを線量率効果という。このとき、同じ効果を得るのに要する線量の逆比を線量・線量率効果係数と呼ぶ。

(『DAYS JAPAN』2012 年 4 月増刊号掲載)

著者のプロフィール

著者：沢田昭二（さわだ しょうじ）

1931 年生まれ。理学博士，名古屋大学名誉教授，市民と科学者の内部被曝問題研究会理事長

専門：素粒子物理学，平和学。

著書：『素粒子の複合模型』（共著，岩波書店，1980 年）

『物理数学』（丸善出版，1990 年）

『共同研究広島・長崎原爆被害の実相』（新日本出版社，1990 年）

『核兵器はいらない！』（新日本出版社，2005 年）ほか。

2012 年 6 月 28

日

日本科学者会議 JSA *e* マガジン編集委員

会

The Japan Scientists' Association (JSA)