

放射性降下物質からの放射線の測定から算定したものであるが、これらの地域以外にも同程度あるいは同程度以上の強い降雨のあった地域があったとされている。地形、土壌の性質などを反映して放射線量の測定値には大きなばらつきが生ずる。さらに放射性降下物の中で主要な被曝影響を与えたと推定される放射性微粒子による被曝影響を、これら微粒子が運び去られた後で物理学的に測定することはできない。放射性降雨は広い範囲に降っており、放射性微粒子はさらに広い範囲に降下していると推定されるので、己斐・高須地域、西山・木場地域といった特定地域だけに放射性降下物による被曝影響を限定することは被曝実態とかけ離れている。

これまでのすべての地裁判決はこれら特定地域以外にも放射性降下物の影響があった可能性を認めている。判決が示したように放射性降下物の影響評価は被曝実態に基づくこと、すなわち遠距離被曝者と入市被曝者に実際におこった急性症状の発症率、染色体異常の頻度、がんなどの発症・死亡の過剰相対リスクなどから推測される残留放射線による被曝の評価が重要になる。

被曝者の放射線被曝による各種急性症状の発症率にはさまざまな調査資料があり、すべての結果が初期放射線がほとんど到達しない2km以遠の遠距離においても急性症状が発症していることを示している。特定地域の地中に滲み込んだ放射性物質からの外部被曝のみを認め、放射性降下物によるその他の影響を一切否定する国側の主張は被曝実態からかけ離れている。このような固定観念が初期放射線の到達距離以遠の急性症状は放射線以外に起因性があるという風潮をつくり出し、さまざまな急性症状発症率調査があるにもかかわらず、科学的にこれら調査結果を研究して放射線影響を明らかにすべき努力が損なわれてきたといえよう。

### 3. 放射性降下物による被曝影響の推定

広島における急性症状の発症率調査には、1945年の秋に米陸海軍軍医などが東京帝大医学部の支援を受けて行った合同調査があり、東京帝大も独自に調査結果を発表している。また1957年、広島の於保源作医師は、屋内、屋外の区分に加えて、爆心地周辺の出入り有無の区分をした各種の急性症状発症の調査結果をまとめた論文を『日本医事新報』に発表している。於保論文にはさらに入市被曝者の入市日ごとの各種急性症状の発症率も報告されており、入市被曝者が受けた爆心地周辺における誘導放射化物質による被曝影響を知る上で貴重な基礎資料を提供している。その他、厚生省調査、日本被団協調査など多数の調査がある。

放射線影響研究所(以後放影研)の寿命調査(LSS)集団について、Stram と Mizuno が DS86 に基づく初期放射線量と重度脱毛発症率の関係を明らかにした。また、Preston らは1998年 LSS集団の被曝距離ごとの脱毛発症率を報告した。これらは数万人規模の調査である。

---

の単位。

以下に示すようにこれらの調査結果は初期放射線が到達しない遠距離において放射性降下物による被曝影響が系統的に生じたことを明確に示している。

### 3-1. 被曝線量と急性症状発症率の関係

放影研の Stram と Mizuno による DS86 に基づいた初期放射線被曝線量と重度脱毛の発症率は寿命調査集団 LSS の規模が大きく統計精度が高いので、これを基礎にして被曝者が実際に被曝した被曝線量と急性症状発症率の関係を求める。しかし、DS86 に基づく LSS 集団の初期被曝線量の影響には残留放射線による被曝線量の影響が含まれていることを断っておかなければならない。

Stram と Mizuno が求めた DS86 による初期放射線推定被曝線量と重度脱毛の発症率の関係を図6に示す。図6に示されているように脱毛発症率は、DS86 の推定初期放射線が 0.85 Gy までは緩やかな増加、1Gy 辺りを越えると急増して 2.4 Gy 辺りで発症率は 50% を越える。3 Gy を越えると発症率は増加せず、6 Gy に近づくと減少に転じる。この高線量領域での発症率の停滞、減少は以下の理由によると考えられる。半致死線量が 4 Gy であることを考慮すると、放影研 LSS の初期放射線被曝 3 Gy 以上の調査集団には、高線量被曝にも関わらず 1950 年まで生存できた放射線抵抗力の強い被曝者が多く含まれているために脱毛の発症率が横ばいになったと考えられる。もし LSS に 1950 年までに脱毛を発症して死亡した被曝者を含め、脱毛発症前に死亡した人の存在を考慮すれば、脱毛の発症率は被曝線量の増加に伴って 100% に近づく可能性がある。

Stram と Mizuno らが求めた関係は、放射線感受性の正規分布を示唆している。そこで正規分布グラフにプロットすると 50% までの値は、よい直線関係を示す。したがって脱毛の放射線感受性は正規分布することが明らかになった。動物の放射線による死亡率などが動物実験などを通じて正規分布であることは放射線生物学によって早くから知られている（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 年）18.4 参照）。

脱毛を発症する放射線感受性が正規分布であると仮定して 50% の人が発症する線量を半発症線量と呼び  $D(1/2)$  と表す<sup>2</sup>。以上の考察から Stram と Mizuno が LSS から得た結果は 3 Gy までは平均値 2.404 Gy、標準偏差 1.026 Gy の正規分布  $N(2.404 \text{ Gy}, 1.026 \text{ Gy})$  として表すことができることが分かった。同じ放影研の Kyoizumi らによってマウスにヒトの頭部皮膚組織を移植して X 線を局部照射した場合の脱毛発症率を求めた結果を図に赤丸で示した。こ

<sup>2</sup> 人の身長も正規分布で平均値辺りの身長の人が多く、平均値から離れるほど少なくなるが、平均値より小さい人が 50%、大きい人が 50% である。脱毛発症の放射線感受性も同様に正規分布であるとする、被曝線量の増加に従って脱毛発症の人が増え、半発症線量  $D(1/2)$  に達するとこの線量以下の感受性の高い 50% の人がすでに発症している。 $D(1/2)$  を超えてさらに線量を増やすと発症する人の増加は緩やかになるが、脱毛発症率は 100% に近づいていく。

の場合 (REF Update 7(2)1995) を図に赤丸で示した。この場合も脱毛発症率の線量依存性が正規分布によって表され、4.5 Gy の被曝で発症率が 100 % 近い 95.5 % あるいは 97% まで増加しており、図に示したように半発症線量  $D(1/2) = 2.751$  Gy、標準偏差 0.794 Gy の正規分布  $N(2.751 \text{ Gy}, 0.794 \text{ Gy})$  でフィットできた。

脱毛発症率に正規分布  $N(2.404 \text{ Gy}, 1.026 \text{ Gy})$  を用いると、被曝線量ゼロの発症率は 0.96 % となって、被曝線量がゼロでも脱毛の発症率は厳密にはゼロにならない。そのため必要に応じて、ゼロ線量付近の正規分布を修正した修正正規分布を用いる。このようなことが起こるのは、脱毛の被曝線量と発症率の関係を与える正規分布の標準偏差と半発症線量の値の比が約 0.43 と大きく<sup>3</sup>、放射線感受性には大きな個人差があることがわかる。

Stram と Mizuno の LSS 調査や Kyoizumi らの実験に示されているように急性症状の発症する線量には個人差があり正規分布をしていることがわかる。発症率が 5% になる線量を急性症状発症の「しきい値」とした場合、被曝者に対する脱毛の「しきい値」は約 0.7 Gy である。Stram と Mizuno の結果は初期放射線被曝 3 Gy で 70% の被曝者が脱毛を発症している。このように急性症状発症の放射線感受性の大きく広がった分布を考えると「しきい値」以下でも発症率は小さいが感受性の高い人が脱毛などの急性症状を発症することを示している。裁判で国側が、脱毛の「しきい値」は 3Gy であるとし、この「しきい値」以下では急性症状が一切発症しないと主張するのは明らかに誤りで、この国側の主張を、一般に放射線感受性の高い被曝者が認定申請をしている原爆症認定審査に持ち込むと深刻な過ちを引き起こす。

#### 被曝線量の理論式と $\chi^2$ フィット

以上で述べた被曝線量と脱毛発症率の関係をを用いて急性症状発症率の調査結果から急性症状の発症率と被曝線量との一般的な関係導きだす方法を検討してみたい。

まず、被曝者の実際の被曝線量は初期放射線と放射性降下物による残留放射線が加わったものとして、それぞれは被曝距離の関数として表せるものとする。この関数として、被曝距離と初期放射線量の関係を  $D_1(r) = cP(r)$ 、残留放射線による被曝線量と被曝距離との関係を  $D_2(r) = ar \exp(-r^2/b^2) + d$  を仮定する。ここで  $c$ 、 $a$ 、 $b$ 、 $d$  はそれぞれパラメータで理論値と実測値との間の  $\chi^2$  フィットを最小になるように決められる。 $c$  は初期放射線の遮蔽効果などのパラメータ、 $a$  と  $b$  は放射性降下物による被曝影響の大きさと広がりに関するパラメータ、 $d$  は放射性降下物が距離によらず均等に降下したと仮定してのパラメータである。

この未知パラメータの組にいろいろな値を与えて被曝距離ごとに被曝線量を計算し、被曝線量と発症率の正規分布の関係をを用いて発症率を計算し、理論発症率が総合的に調査発症率を再現できるようにして、被曝実態から被曝影響を引出す。その方法が  $\chi^2$  (カイ二乗) フィットと呼ばれる方法で、被曝線量の理論式とともに付録に示す。さまざまな試行錯誤の後、付録に示した理論式が、現在のところ初期放射線と放射性降下物による被曝影響を最も単純

<sup>3</sup>身長や体重の標準偏差と平均値の比はそれぞれ 0.04 と 0.15 なので、分布を正規分布としても、0 cm や 0 kg 以下の確率は実質無視できる。

に表現するものであることがわかった。以下、こうした方法によって被曝者調査から得られた放射性降下物などによる残留放射線による被曝影響について述べるが、あくまでも得られた被曝影響の数値は半定量的ないし半定性的なものとして捉えるべきものである。しかしそれでも、残留放射線の影響、とりわけ至近外部被曝と内部被曝の影響が無視できないものであることが強く示唆される。

### 3-2. 広島脱毛発症率の解析に基づく放射性降下物による被曝影響 放影研 LSS の脱毛発症率

調査数の最も多い脱毛発症率調査は、放影研の前身であった原爆調査委員会 (ABCC) が 1947 年から約 10 年間におこなったもので、LSS について原爆後 60 日以内の脱毛発症を調査した。1998 年に放影研の Preston らがこの調査結果について報告した中から、LSS の広島の被曝者 58,500 人の脱毛の発症率を図 7 の□印で示す。爆心地から 0.75 km の発症率 100 % は図からはみ出している。3 km 以遠で発症率は 1%前後になっているので、修正正規分布を用いて解析をおこなった。

Preston らが報告した図 7 の□印で示された LSS の発症率に対して、被曝線量を表す理論式と Stram と Mizuno の初期放射線と脱毛発症率から求めた修正正規分布および Kyoizumi らのマウスへの毛髪移植から求めた正規分布正規分布  $N(2.751, 0.794)$  を用いてフィットさせた青い実線および赤い破線で示した曲線は、図 7 からわかるようにいずれもきわめて小さい  $\chi^2$  によって発症率を系統的に再現している。 $\chi^2$  フィットさせたパラメータと求めた被曝線量を図 8 に示した。調査数が多くて統計精度の高い放影研の LSS 集団の脱毛発症率をきわめて小さい  $\chi^2$  の値で再現できたことは、放射性降下物の被曝影響を表す半定量的な理論式の妥当性を示す。図 8 に示されているように、急速に減少する初期放射線による被曝線量と、ピークに達した放射性降下物による被曝線量が爆心地から 1.2 km 付近で交叉し、この地点以遠においては放射性降下物による被曝影響が支配的になる。放射性降下物のピーク値は Stram と Mizuno の脱毛発症率から求めた修正正規分布では 0.94Gy、Kyoizumi らのマウスへの毛髪移植から求めた正規分布では 1.5 Gy になる。爆心地から 4 km 辺りで放射性降下物による被曝影響の減少は止まり、0.6 %の脱毛発症率が 6.5 km まで続くことを反映して、この距離以遠では約 0.15 Gy あるいは 0.78 Gy の一定値をとる。Kyoizumi らのマウスへの毛髪移植をおこなった実験から求めた正規分布の場合  $D(1/2)$  が大きく標準偏差が小さいため、遠距離の発症率の一定値 0.6 %を与える線量は 0.78 Gy とかなり大きな被曝線量を与える。このように遠距離の放射性降下物による被曝線量の数値には、どのような被曝線量と発症率の関係を用いるかで大きな違いが生じ、放射性降下物による被曝影響推定には大きな不確実性が伴う。しかし、その不確実性の範囲内でも、放射線降下物による被曝が遠距離まで続く可能性を示している。

Kyoizumi らのマウスへの毛髪移植の実験では外部被曝線量がはっきりしている一方、被曝者とマウスへの移植との相違の可能性があり、Stram と Mizuno の場合は初期放射線と放

放射性降下物の両方による被曝から DS86 による初期放射線被曝影響を引出したもので、それぞれ考慮すべき問題を含んでいる。さらに外部被曝による実験結果を、内部被曝の影響を受けている可能性のある被曝者にそのまま適用できない。こうした問題は今後の研究の発展を待たねばならない。

#### 広島放影研以外の脱毛調査の解析結果との比較

図9は広島放影研の脱毛発症率についてのさまざまな調査結果をまとめたものである。被曝者の記憶は信頼できないとの主張がある。被曝者によってはそうした記憶の誤りが皆無とは言えないであろうが、当時の被曝者にとって脱毛や紫斑は「次は自分の番か」と「死の前兆」として怖れた忘れ難いものであることを考慮すると、統計学的な集団調査結果は尊重しなければならない。図9に示されているように、1957年に行われた於保調査の2kmと4kmの2地点を除いて調査結果はほぼ一致し、発症率調査全体の信頼性は高いといっている。

図9において、StramとMizunoによる放影研のLSSの◆印で示した初期放射線に対する脱毛発症率と、全被曝影響を反映したPrestonらの放影研のLSSの調査を含むすべての調査による脱毛発症率との間には、1km以遠から約3kmまで系統的な開きがある。この開きが放射性降下物による被曝影響を表していると考えられる<sup>4</sup>。LSS以外の脱毛発症率についても発症率と被曝線量の正規分布の関係を用いて解析すると図9のように、ほぼ重なる曲線によって発症率を再現することができる。これらすべての調査に対する $\chi^2$ フィットから図10のような爆心地から1.2km～1.5kmに被曝線量のピーク値を持つ山型の放射性降下物による被曝影響が得られる。図10に示されているように、すべての調査結果から得られた放射性降下物による被曝影響が爆心地から1.2km～1.5kmで初期放射線による被曝影響を上回っていることが示された。

放影研は疫学調査において、被曝者と比較する非被曝者集団（コントロール集団）として初期放射線による被曝線量が0.005Gy以下の遠距離被曝者を用いていた。この被曝線量0.005GyはDS02に基づく初期放射線推定線量では2.7kmにおける被曝に相当する。この2.7kmで被曝した遠距離被曝者が、ここでの検討によって、いずれの脱毛発症率の調査結果からも放射性降下物によって無視できない程度の被曝影響を受けていること、この数値0.5Gyの不確定性を考慮しても初期放射線被曝の0.005Gyより2桁大きい被曝影響を受けていることがわかった。ABCC-放影研の研究が、放射性降下物の影響を受けている遠距離被曝者をコントロール集団として設定したことは、初期放射線のみ影響を引出す目的に対しては一定の合理的に研究設計されているとしても、放射性降下物による被曝影響を無視した研究結果を放射性降下物の影響を受けている被曝者の被曝影響評価に適用できないことは明らかである。

ここでGyという単位を用いながら、被曝線量としないで被曝影響という表現をしてきた

<sup>4</sup> この最大10%程度の開きを放射性降下物による被曝であるとする、図6に示された被曝線量と発症率の関係から図10の最大約1Gyの放射性降下物の被曝影響が予想される。

理由を述べておく。放射性降下物による影響は、主として、皮膚などに放射性物質が付着した至近外部被曝か、体内に放射性物質を取込んだ内部被曝によるものと考えられ、このような急性一様外部被曝ではない被曝影響に対して、吸収線量のように物理学的に適切な線量単位を定義することは難しい。そこで、ここでは Stram と Mizuno が与えた LSS に対する初期放射線による外部被曝の吸収線量と同等の重度脱毛発症をもたらす実効的被曝線量の意味で用いることとした。

### 3-3. 広島原爆の紫斑と下痢の発症率解析に基づく放射性降下物による被曝影響

脱毛以外の急性症状発症の放射線感受性も正規分布であると仮定して、図 11 に示す於保論文の3ヶ月以内に爆心地から 1 km 以内には入らなかった屋内被曝者の紫斑と下痢の発症率を解析した。図 12 にこれらの発症率から求めた被曝線量推定結果を示す。於保調査の紫斑は図 11 にみられるように脱毛よりもやや低線量で発症するので、半発症線量  $D(r)$  を脱毛の  $D(r)$  の 0.86 倍の 2.043Gy の正規分布  $N(2.043\text{Gy}, 0.872\text{Gy})$  を紫斑の被曝線量-発症率関係として解析すると、図 11 に示す紫斑発症率にきわめてよくフィットする曲線を得た。そのとき紫斑の発症率から得た放射性降下物による被曝影響は図 12 に示したように脱毛から得たものとほとんど一致した。このように脱毛と紫斑という異なる急性症状を放射性降下物による共通した被曝線量によって与えることができたことは、初期放射線のほとんど到達しない遠距離被曝者における急性症状の発症は放射線に起因することを示している。急性症状の下痢は遠距離で高い発症率を示しているので脱毛の 2 分の 1 の被曝線量で発症するとして半発症率を  $D(1/2) = 1.202\text{Gy}$  とし、正規分布  $N(1.202\text{Gy}, 0.613\text{Gy})$  によって解析すると、図 12 の▲印を付した細い実線のように近距離においては脱毛や紫斑などかなり異なった不自然な全被曝線量の結果となる。そこで、下痢の発症率には、放射性降下物による被曝に関する部分と、初期放射線による外部被曝の部分があつて、外部被曝の部分の被曝線量と発症率の関係は脱毛の 1.5 倍の半発症率  $D(1/2) = 3.606\text{Gy}$  の正規分布  $N(3.606\text{Gy}, 1.539)$  を用いて表せるとして解析すると図 12 の△印を付した太い実線となり、他の急性症状による被曝線量とほぼ一致した振る舞いの被曝線量を得る。このことは、下痢については、大きな半発症線量  $D(1/2)$  を持つ初期放射線による外部被曝と、小さな  $D(1/2)$  を持つ残留放射線による内部被曝の 2 種類の放射線起因性が存在し、急性症状の下痢は腸の粘膜の損傷によるものであるから、外部被曝と内部被曝の腸粘膜損傷の機構の大きな違いを示唆していると考えられる。

### 3-4. 急性症状発症率に基づく長崎原爆の放射性降下物による被曝推定

#### 長崎原爆の急性症状発症率調査

長崎においても急性症状発症率について多くの調査があり、初期放射線の到達しない遠距離において急性症状発症の存在をすべての調査が示している。ここでは爆心地から約 5 km までについては1945年におこなわれた長崎医大の調来助らの調査 (<4.5 km) および日米合

同調査 (<5.5 km) を用い、爆心地から 12 km までの遠距離については、長崎市のおこなった長崎市内周辺部 (平均距離 9.5 km) および周辺自治体がおこなった長崎市外周辺部 (平均距離 11.2 km) の爆心地から 12 km 以内の急性症状発症率調査 (『聞いて下さい! 私たちの心のいたで—原子爆弾被爆未指定地域証言調査報告』(2000年発刊)) を用いて解析した。なお、この報告等に基づいて「原子爆弾被爆未指定地域証言調査報告書に関する検討会報告書」(平成13年8月1日、原子爆弾被爆未指定地域証言調査報告書に関する検討会) がまとめられ、遠距離における症状は外傷後ストレス障害 (PTSD) であると結論づけられている。ここでは遠距離には原爆放射線は到達しないと的前提があったことから精神的な影響と考えざるをえなかったのであろう。しかし、集団訴訟の到達点である残留放射線と内部被曝の影響を考えれば、この報告 (『聞いて下さい・・・』) を放射線影響という観点から再考察することには大きな意味があったと思われるが、実行されなかったことは残念である。

長崎原爆の「黒い雨」が強く降った地域は、爆心地の東約 3 km の西山地域から東に南北の幅 2~3 km の帯状に伸びた地域であることが、「黒い雨」が土に滲み込んで土に残ったプルトニウムの測定によって裏付けられている。放射性降下物の主要な被曝影響が放射性降雨であるとすると、この爆心地の東方の地域の急性症状発症率が大きいと予想される。しかし、図 13 に示すように爆心地の東方の飯盛地区は下痢が他の方向と同程度の 14% である外は他の症状発症率はかえって小さい。むしろ放射性降雨がほとんど見られなかった北方から北西方向の時津地区や琴海地区の脱毛や下痢の発症率が、放射性降雨のあった東長崎地区や飯盛地区より大きいことは放射性降雨と同程度あるいはそれ以上に放射性微粒子による被曝影響が大きい可能性を示している。以上のことは放射性降下物の影響が「黒い雨」地域だけでなく、原子雲が東西南北に広がって原子雲の覆った広い地域において方向性にあまり関係なくほぼ一様であったことを示しており、原子雲の下に充満していた放射性微粒子が被曝影響をもたらしたことを裏づけている。

#### 長崎原爆の脱毛発症率に基づく放射性降下物による被曝の推定

広島と同様の被曝線量の理論式と正規分布による被曝線量—発症率の関係を用いて上述の調査の脱毛発症率を解析した。図 14 に示されているように被曝直後におこなわれた長崎医大調査と日米合同調査では爆心地から 3.5 ~ 5.5 km における脱毛発症率は 0~2% であるのに対し、1999 年におこなわれた遠距離における脱毛の発症率は長崎市内周辺部 (4 ~ 12 km) で 2.9%、市外周辺部 (8 ~ 12 km) ではばらつきが大きいが平均値は 3.4% である。1999 年調査は放射性降下物の内部被曝による遅れて発症した脱毛を含んでいるのに対し、長崎医大や日米合同調査は含んでいない可能性がある。 $\chi^2$  フィットにおいては、調査数が多くなるように、長崎市内周辺部 (5,857 人、図の●印) と長崎市外周辺部 (1,211 人、図の○印) それぞれの発症率の平均値を用い、爆心地から 1 km~12 km をまとめて解析した。図 14 に見られるように 3.5 ~ 5.5 km におけるフィットは予想通りよくない。

図 15 は得られた放射性降下物による被曝影響である。爆心地から 3.5 km 以内は広島原爆の場合とほぼ同じであるが、1.25 km におけるピーク値は約 1.3 Gy で広島より 30% 大きい。

これは核分裂生成物が長崎原爆では広島原爆の約 1.37 倍多く生成されたことと符合する。爆心地から 1.5 km 以遠では初期放射線被曝を上回る被曝影響となる点も広島と共通している。5 km を超えると被曝影響は調査が行われた 12 km まで 0.4 Gy の一定値となる。これは広島原爆の 6.5 km までの一定値 0.15 Gy の 2.7 倍である。長崎原爆の放射性降下物の被曝影響では、近距離のピーク値が 広島 の 1.3 倍、遠距離の一定値が 2.7 倍になった理由は、長崎原爆では、核分裂生成物が広島原爆の約 1.37 倍多かったこと、広島原爆の半減期 7 億 400 万年のウラン 235 に対して、約 3 万分の 1 短い半減期 2 万 4, 110 年のプルトニウム 239 が用いられたため、アルファ線とベータ線による内部被曝を助長した可能性、図 3 と図 4 で比較したように長崎の原子雲の広がりの方が大きいため、原子雲の下の放射性微粒子の増加につながった可能性などが考えられる。

以上の急性症状発症率の解析に基づく広島と長崎の放射性降下物による被曝影響の推定は、図 5 に示したように、原子雲の下に放射性微粒子が充満していて、これを皮膚に付着させて至近外部被曝をし、呼吸、飲食などを通じて体内に取込んで内部被曝をしたことを強く示唆する。このことは原爆手帳を持つ被曝者は平均値をとっても相当の放射線被曝をしており、障害を発症していない被曝者も日常的な健康管理が必要であることを示している。

#### 長崎原爆の出血（紫斑）と下痢の発症率に基づく放射性降下物による被曝の推定

図 16 に長崎医大による長崎の爆心地から 4.5 km までの被曝者の脱毛、出血、下痢の発症率調査と長崎市と周辺自治体による爆心地から 12 km までの長崎市周辺部および長崎市外周辺地域の脱毛、紫斑、下痢の発症率の調査結果をまとめて示す。長崎医大調査の出血としたかなりの部分を皮下出血（紫斑）が占めているので、この出血と合同調査および周辺地域の紫斑と結合して  $\chi^2$  フィットをおこなった。長崎医大の出血の発症率は 2~4 km において脱毛の発症率よりかなり大きい一方、合同調査の紫斑発症率は脱毛に比して小さい。そこで出血および紫斑の半発症線量を脱毛と同じであるとして解析した。下痢については広島の場合と同様に、半発症線量を脱毛の 3 分の 1 倍の 0.8013 Gy とした場合と、これを放射性降下物に対する下痢の半発症線量とし初期放射線には脱毛の 1.5 倍の半発症率 3.606 Gy の 2 成分があるとした場合について解析した。これら急性症状発症率の解析に基づいて得られた被曝線量を図 17 にまとめた。出血および紫斑の発症率から得られた放射性降下物による被曝影響のピークは、脱毛のピークが爆心地から 1.3 km で 1.3 Gy であったのに対し、1.5 km で 0.95 Gy のピーク、下痢の発症率からは 1.8 km で 0.65 Gy のピークになった。爆心地から 4 km~12km の遠距離で脱毛、紫斑、下痢の発症率のすべてからほぼ一致した約 0.4 Gy の被曝影響が得られた。広島原爆では脱毛、紫斑、下痢の被曝影響が近距離においてほぼ一致したのに対し、長崎では放射性降下物の被曝影響のピーク値が異なり、ピークの位置がややずれているなどの傾向が見られる。これらの結果についてはさらに解析を続けて明確にしていくとともに、長崎の地形の影響などの可能性についても考察が必要であろう。いずれにしても長崎原爆の急性症状の解析は緒に就いたばかりで、以上の結果についてさらに検討の余地が残されている。しかし、長崎の放射性降下物による被曝影響は広島と同程度、あるいは



は同程度以上で、広範囲におよんでいることは変わらないと推測される。

#### 4. 誘導放射化物質による被曝

1957年於保源作医師は、被曝後何日目に爆心地から1km以内の中心地に入ったかによる急性症状（脱毛、紫斑、咽喉痛、下痢、発熱、など）の発症率の推移を調査した。それを図18に示す。この調査結果による発症率を時間とともに指数関数的に減少するとして解析した。通常、残留放射線は時間のベキ乗で減少するとされるが、環境に残されている誘導放射化物質の量は風雨などの気象学的な流失作用によってベキ乗より速く減少したと考えられるので指数関数的な減少を仮定した。放射性降下物について用いた修正正規分布の被曝線量と急性症状の発症関係を用い、原爆投下当日の入市被曝者の被曝線量および被曝影響が2分の1になる半減日数の2つのパラメータを図18の発症率に $\chi^2$ フィットさせることによって決めた。急性症状の脱毛（■印）、紫斑（●印）、下痢（▲印）のほか、何らかの急性症状の発症率（有症率○印）を脱毛の半発症線量2.404Gyの0.41倍の0.986Gyの半発症線量を用いて解析した。得られたパラメータを用いた誘導放射化物質からの被曝線量の被曝後からの経過を図19に示す。原爆投下当日、爆心地から1km以内に入った入市被曝者の平均的被曝線量は1Gy～1.4Gy、脱毛からの被曝は7.6日で半減するが紫斑は11日、下痢は15日で半減し、何らかの急性症状を発症した有症率からは約16日以上で半減する。脱毛発症率から推定した当日入市の平均被曝線量1.4Gyは爆心地から1.4kmにおける初期放射線被曝に相当する。脱毛から推定した誘導放射化物質による被曝の半減日数は7.6日で2号被曝者健康手帳支給期限の2週間後は0.3～0.4Gyになる。これに対し下痢や何らかの急性症状発症からは当日入市の場合の1km以内出入りの平均被曝線量が約1Gy、被曝の半減日数は約15日で2週間後には0.5～0.6Gyの被曝で、これは爆心地から1.60～1.65kmにおける初期放射線外部被曝に相当する。さらに1ヶ月後に1km以内の中心地に入市した人も0.1～0.3Gyの誘導放射化物質からの残留放射線による被曝影響を平均的に受けていると推定される。

誘導放射化物質からの残留放射線の累積線量の時間経過についてはDS86報告書のVol. 2にGritzner-Woolsonの計算があり、葉佐井教授・静間教授によって解説紹介されている。原爆症認定基準も同じ計算を用いて別表10に爆心地から広島で0.7kmまで、長崎で0.6kmまで滞在時間ごとの外部被曝線量が掲げられている。図19の左下部に物理学的に計算した誘導放射化物質による爆心地、爆心地から0.5kmおよび1kmに滞在を続けたときの累積外部被曝線量がプロットされている。爆心地から0.5km地点に被曝直後から滞在を続けても0.09Gyの積算被曝線量で急性症状の発症率を説明できない。この累積外部被曝線量と急性症状発症率から求めた被曝影響との大きな違いは、残留放射線被曝において皮膚などに附着した至近距離外部被曝と体内摂取による内部被曝が重要であることを示す。