

原爆被爆者に対する放射性降下物による被曝影響の真実

沢田昭二

世界各国の政府は日本を含めて放射線による被曝影響の評価については、原爆から1分以内到達した初期放射線による外部被曝の影響だけに基づいて、残留放射線（1分以後に放射性降下物から、あるいは爆心地に近い地域の誘導放射化物質から放射された放射線）による被曝は無視できるとした放射線影響研究所（放影研）の研究結果に依存している。以下において残留放射線による被曝影響は無視できないこと、被曝は主に内部被曝であることを示す。日本は広島と長崎、ビキニ事件、福島原発事故と放射線被曝影響を重ねており、とりわけ原爆被爆者の放射線被曝影響の真実を明らかにすることは、核実験や原発による放射線被曝防護に寄与することになる。

1. 原爆被爆者に関する疫学研究の問題

米国政府はソ連との間の核戦争において被曝影響を知る必要に迫られ、1947年にトルーマン大統領の指示で原爆傷害調査委員会（Atomic Bomb Casualty Commission, ABCC）を広島と長崎に設置した。日本政府は1950年の国勢調査の付帯調査で全国の被爆者調査を行い、これをそのままABCCに提供し、ABCCはこの中から広島市と長崎市と隣接する町村に戸籍のある人たちをピック・アップして12万人規模の寿命調査集団（Life-Span-Study group, LSS）を設定して放射線影響の疫学研究を始めた。1975年にABCCが閉鎖されて日米共同運営の放影研が発足したがABCCの初期放射線被曝に重点を置く研究設計と研究者体制はそのまま維持されて今日に至っている。

被曝影響の研究には被曝線量の評価が重要で、米国は核兵器爆発実験を行って1957年暫定線量評価（Tentative 1957 Dosimetry, T57D）や1965年暫定線量評価（Tentative 1965 Dosimetry, T65D）をABCCに提供し、ABCCはこれを用いて被爆者を区分し、がんなどの発症率や死亡率の研究を始めた。本来なら被曝影響の研究には、全く原爆放射線に被曝していない非被爆者を比較対照群（コントロール）としなければならないが、ABCCは初期放射線をほとんど浴びていない遠距離被爆者と入市被爆者を比較対照群に選んで研究した。

1977年に東京、広島、長崎で開かれたNGO被爆問題国際シンポジウムの分科会において、放影研の被爆者の被曝者どうしを比較して研究しているのは問題であるという指摘があり、このシンポジウムの日本側代表の一人で病理学者の飯島宗一（広島大学学長（当時））もこの問題を取り上げた。

このシンポジウムの報告を聞いたブレーメン大学教授インゲ・シュミッツ・フォイエルハケが、比較対照群にされた遠距離被爆者（T65Dの9ラド以下）と入市被爆者（NIC）を日本人平均と比較して、彼らもかなり被曝をしていることを図1のように示した¹⁾。

呼吸器系がん死亡の相対リスクは1よりかなり大きい。遠距離被爆者と入市被爆者の女性の乳がん発症の相対リスクはそれぞれ1.5と1.6である。とくに甲状腺がんの発症の相対リスクは遠距離被爆者4.1、入市被爆者2.4となつて、呼吸による放射性降下物吸入被曝の特徴を示している。白血病の発症の相対リスクは遠距離も入市も1.8とかなり高い。入市被爆者の白血病死亡の相対リスクが1より小さくなっているが、シュミッツフォイエルハーケは3ヶ月以内に早期入市した被爆者だけを選ぶと相対リスクは2を越えた。こうしてシュミッツフォイエルハーケは遠距離被爆者と入市被爆者が放射性降下物と誘導放射化物質による相当程度の被曝をしていることを示したが、彼女の貴重な論文は審査で掲載拒否されて、審査のないLetterとして掲載された。

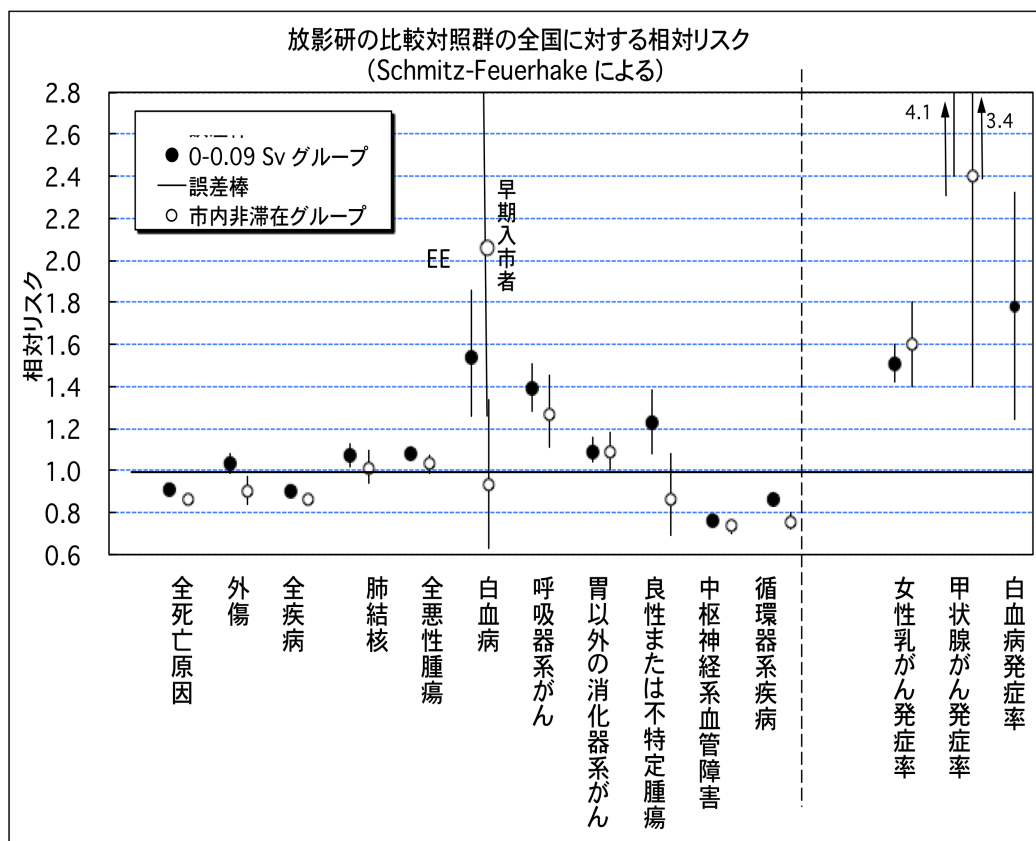


図1 放影研の比較対照群とされた遠距離被爆者と入市被爆者の日本人平均に対する各種死亡率と発症率の相対リスク

2. 原子雲の形成と放射性降下物

原爆の核分裂の連鎖反応は100万分の1秒以内に終わり、原爆容器はまだほとんど元の位置に留まっており、連鎖反応で生成されたガンマ線と中性子線の一部は爆弾容器を通り抜けて大気中に放出された。大気中の原子はガンマ線を吸収して高温・高圧のプラズマ状態になり火球（小さな太陽と呼ばれる）を形成した。そのため連鎖反応で生成さ

れた核分裂生成物、中性子によって誘導放射化された爆弾容器の原子核、核分裂しないで残ったウラン 235 あるいはプルトニウム 239 は火球の中央部分に集中していた。火球が膨張して表面温度が太陽と同じ数千度まで降下した時、可視光線と熱線が大量に放出して被爆者を焼死させ火傷を負わせ、火災を発生させた。火球の急膨張によってその表面につくられたショックフロントと呼ばれる大気の高圧部が火球から離れて、衝撃波となって爆心地に最初に到達した。反射波と遅れてきた衝撃波とが圧力を強めあってマッハ軸と呼ばれる強い衝撃波となって爆心地から外向きに伝播し、大気との圧力差で爆風を作り出し、建造物を分解して倒壊させ、多数の被爆者を建造物の下敷きにして閉じ込め火災で殺害した。火球は急上昇して急冷却し、火球内の放射性物質は微粒子になって、大気中の水分を付着させ水滴の核になって原子雲を形成した。

原子雲の中央部は地上約 1 万メートルの大気圏と成層圏の圏界面と呼ばれる境界面に達し、温度変化がなくなり上昇力が得られなくなっても、上昇の勢いが強いために原子雲の頂上は 1 万数千メートルに達した。この部分の雨滴は大きく成長して重くなったために放射性降雨（「黒い雨」）となって地面まで降下した。そのため放射性降雨は主として原子雲の中央部が通過した地域に降った。原子雲の周辺部の比較的小さい雨滴は圏界面に達して上昇力が得られなくなると、下からの上昇力に押されて水平方向に円盤状に広がった。この周辺部の小さい雨滴は、降下すると水分を蒸発させて元の放射性微粒子になり、原子雲の下に充満し浮遊した。長崎では真っ黒い空に真っ赤な太陽が浮かんでいたという証言が多数ある。しかし被爆者は気づかないで呼吸や飲食で放射性微粒子を体内に摂取して、内部被曝をした。

広島原爆では図 2 に示すように、爆発 1 時間後の米軍機からの写真があり、雲頂は 16 キロメートルの高さに達しているが、水平方向の広がりには原子雲の中心軸から 10 キロメートル以内である。長崎原爆は図 3 に示すように雲仙岳測候所からのスケッチがあり、爆発 40 分後に 30 キロメートル近くまで広がっている。広島原爆は高性能火薬のトリニトロトルエンの爆発威力の 16 キロトン分に対し、長崎原爆は 22 キロトン分と約 1.4 倍大きかったこと、原子雲の雨滴の大きさの分布の違いなどが関係していると考えられる。

日本政府と放影研は、放射性降雨（「黒い雨」）が地中にもたらし、台風などで流されなかった放射性物質からの放射線の測定結果に基づいて、放射性降下物による最大の累積被曝線量は、広島では爆心地から西南西 3～4 km の高須地域の 6 ミグレイ～20 ミグレイ、長崎は爆心地から東方約 3 km の西山地域の 120 ミグレイ～240 ミグレイであるとしている。広島の場合、放射性降雨は爆心地の北西方向に強く降ったが、3 日後の 8 月 9 日に仁科芳雄らが採取した土壌が瓶に保存されていたものを広島大学教授静間清らが測定した結果²⁾では、北西方向では強い放射線は測定されなかった。これは放射性降雨の直後に降って降った強い火災雨が放射性物質を洗い流したためである。火災雨の降らなかった爆心地から西南西 2 km の西大橋東詰めでは高須地域の 20 倍の被曝線量が測定されたが、洪水の後では測定されていない。長崎の西山地域は火災雨の影響はほとんどなかったが、台風による洪水の後に急性症状の発症がかなり減少したという証言がある。

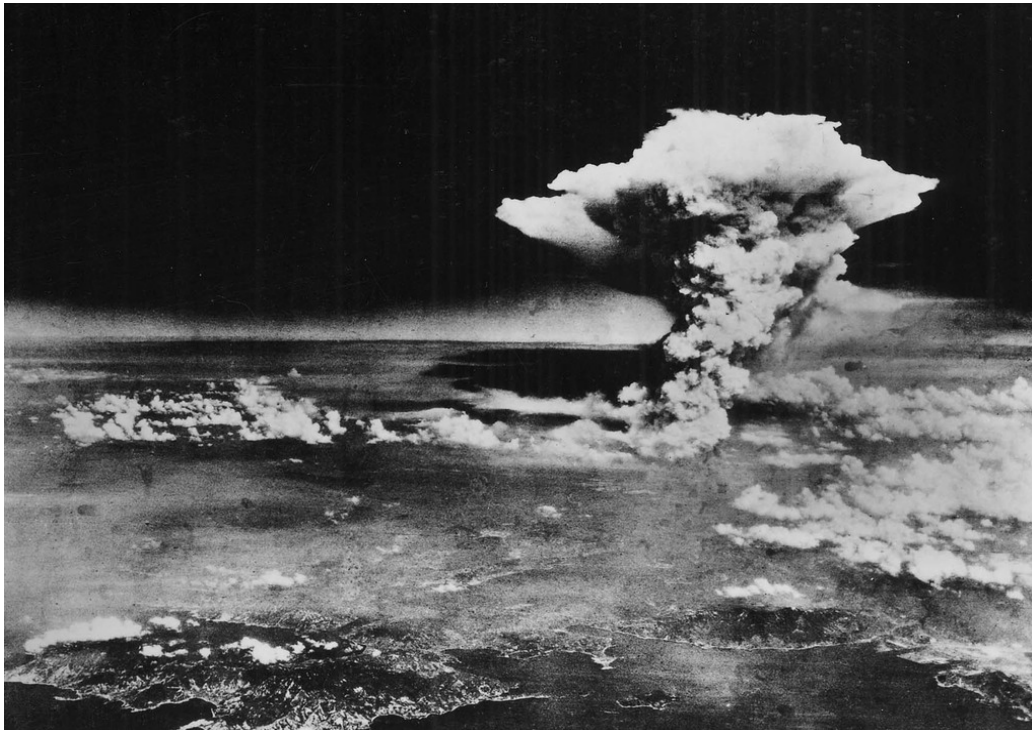


図2. 瀬戸内海上空高度1万mの米軍機から1時間後に撮影された広島原子雲。雲頂と直径は約16 km。1万mの高さの原子雲の広がりはまだ10 km以内。

雲仙岳測候所（爆心地東方45 km）から見た原子雲のスケッチ。午前11時40分。

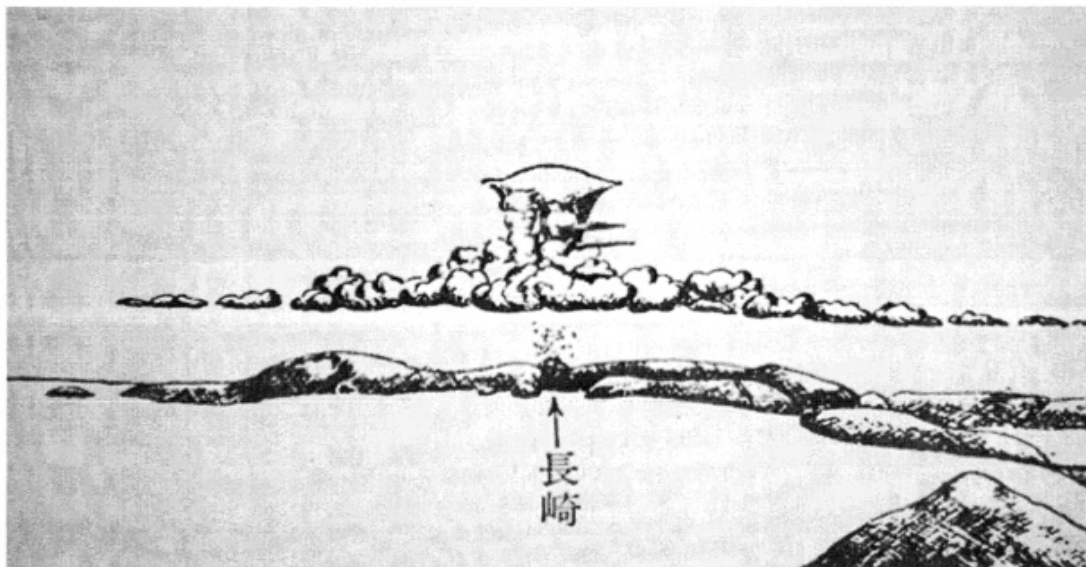


図3 長崎原爆の原子雲の雲仙岳測候所から40分後のスケッチ。水平方向の広がりには広島原爆に較べて3倍以上早く南は28 kmの野母崎、北は30 kmの大村まで達している。

3. 放射性降下物による人体影響と広島原爆の被曝線量

ネバダなどの核実験場における核爆発で生じた放射性降下物による被曝影響については、あらかじめ広い範囲に放射性微粒子を付着させるものを配置して、微粒子からの放射線を測定して、放射性降下物による放射線量の地図が作成されているので外部被曝線量は推定できる。しかし、広島・長崎ではこうした風によって運び去られた放射性微粒子の放射線は測定されていない。

2011 年に放影研の平井裕子らは電子スピン共鳴法を用いて、広島爆心地から 2.75 キロメートル以遠の初期放射線被曝が 0.005 グレイ以下で無視できる遠距離被曝者の臼歯の放射性降下物によるガンマ線による外部被曝線量を求めた³⁾。その結果、爆心地から北西方向の放射性降雨域の 4 人の被曝者よりも多くの被曝をしている遠距離被曝者が、放射性降雨がほとんど降らなかった爆心地の南から東にかけて多くいることがわかった。放射性降下物による被曝ではガンマ線よりもベータ線による影響が数倍大きく、内部被曝を考えると被曝影響がさらに大きくなると予想される。

放射性降下物による放射性微粒子を含む被曝影響を内部被曝も含めて知るには物理学的方法には限界があり、被曝者の間に起こった放射線障害から推定する外はない。そのためには被曝線量と放射線障害の発症率などの関係を知る必要がある。放影研のストラムと水野が広島 LSS 集団の重度脱毛の発症が初期放射線被曝によるとして 1986 年原爆線量評価体系 (Dosimetry System 1986, DS86) の初期放射線被曝との関係を求めている⁴⁾。その結果を図 4 の黒丸●印で示した。動物実験では被曝線量と確定的影響である急性放射線症状の発症率は、「しきい値」があることを除けば正規分布 (体重や身長など最もありふれた分布) であることが確かめられている。ストラムと水野の結果から DS86 を用いて爆心地からの距離による重度脱毛発症率の図を描くと図 5 の黒い◆印になる。初期放射線被曝がほとんどゼロになる 2 キロメートル付近で重度脱毛発症率がほとんどゼロになっているので、ストラムと水野の仮定は大まかには正しいと考えられる。しかし、図 4 で 3 グレイ以上で重度脱毛発症率が増加しないのは不自然である。これは LSS が 1950 年に設定されたため、半致死量 (60 日以内に被曝した人の半数が死亡する被曝線量で約 4 グレイ) 前後の被曝をして 1950 年までの 5 年間を生きることのできなかった被曝者が含まれていないことの表れである。さらに、図 4 の 1 グレイ以下の低線量部分の「しきい値」より低い線量から重度脱毛発症率が早く立ち上がっていることも不自然である。これは放射性降下物による被曝を無視した結果と考えられる。

図 5 に軽度から重度までの全脱毛発症率を赤い□印で示した。図 5 の◆印と□印の開きがほぼ放射性降下物による影響を示していると考えられる。そこでストラム・水野の重度脱毛と初期放射線被曝の関係から出発して、初期放射線被曝だけでなく放射性降下物による被曝影響も含めた全被曝線量と全脱毛発症率の関係を推定した。その結果が図 4 の赤い■印である。■印にも 3 グレイ以上では LSS の高線量被曝者の 5 年間に死亡した被曝者が含まれていない影響が表れている。この 3 グレイ以上の領域を除くと、放影研の京泉ら⁵⁾の免疫機能を除去したマウスに死亡した 5 人の胎児の頭皮を移植して X 線

を照射して脱毛率と被曝線量の関係を求めた図4の赤い○印ときわめてよく一致している。京泉らの脱毛率は頭髮の脱毛した割合で、多数集団の調査による発症率とは異なるが、脱毛率が0%であれば発症率も0%、脱毛率が100%であれば発症率も100%になり、両方が正規分布で表せるとすれば中間領域も含めて一致することは理解できる。そこで3グレイ以下のデータに基づいて全被曝線量の領域での全脱毛発症率を与える正規分布を求めると、平均値(50%の脱毛発症率を与える被曝線量)2.751グレイ、標準偏差が0.794グレイ(分散はその二乗)の正規分布 $N(2.751 \text{ Gy}, (0.794 \text{ Gy})^2)$ を得た⁶⁾。この正規分布を用いてABCCの調査したLSSの広島全脱毛発症率から被曝線量を求めた。例えば図5の爆心地から2キロメートル地点の脱毛発症率は5%であるので、図4の正規分布の赤い曲線から被曝線量は1.4グレイであることがわかる。実際には、広島原爆の2002年原爆放射線線量評価体系(DS02)による初期放射線線量を P 、遮蔽効果のパラメータを c とし、放射性降下物による被曝線量を表す理論式 F を設定して、遮蔽効果と理論式に含まれるパラメータをカイ二乗フィット法によって決定した。その結果を図6に示す⁶⁾。

図6に示されているように、初期放射線による外部被曝線量 cP は爆心地からの距離とともに急速に減少し、爆心地から1.2キロメートルで放射性降下物による被曝線量と同じになり、この距離以遠では放射性降下物による被曝が支配的になる。広島原爆の放射性降下物による被曝線量は爆心地から1.5キロメートル付近で最大値1.5グレイになり、それより遠距離ではゆっくり減少して、爆心地から4キロメートルからデータのある

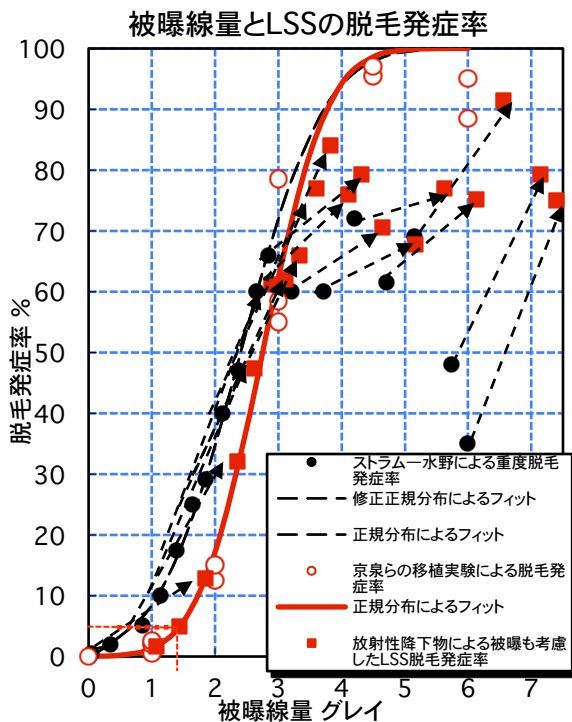


図4 被曝線量と脱毛発症率の関係

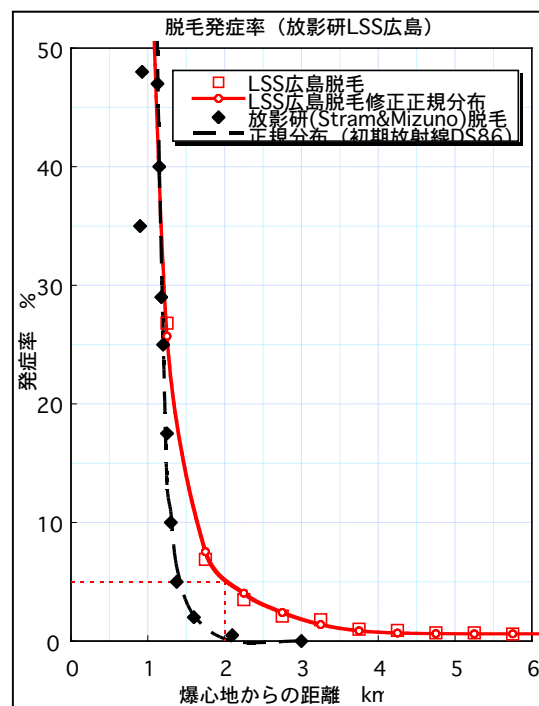


図5 ABCCによる広島の脱毛発症率

る6キロメートルまではほぼ一定値 0.8 グレイになっている。図6に放射性降雨がもたらした放射性物質からの放射線の物理学的測定によって政府や放影研が主張する放射性降下物による被曝線量の最大値を×印で示した。脱毛発症率から求めた被曝線量の値は爆心地から同じ距離の平均値であるが、×印の50倍以上である。

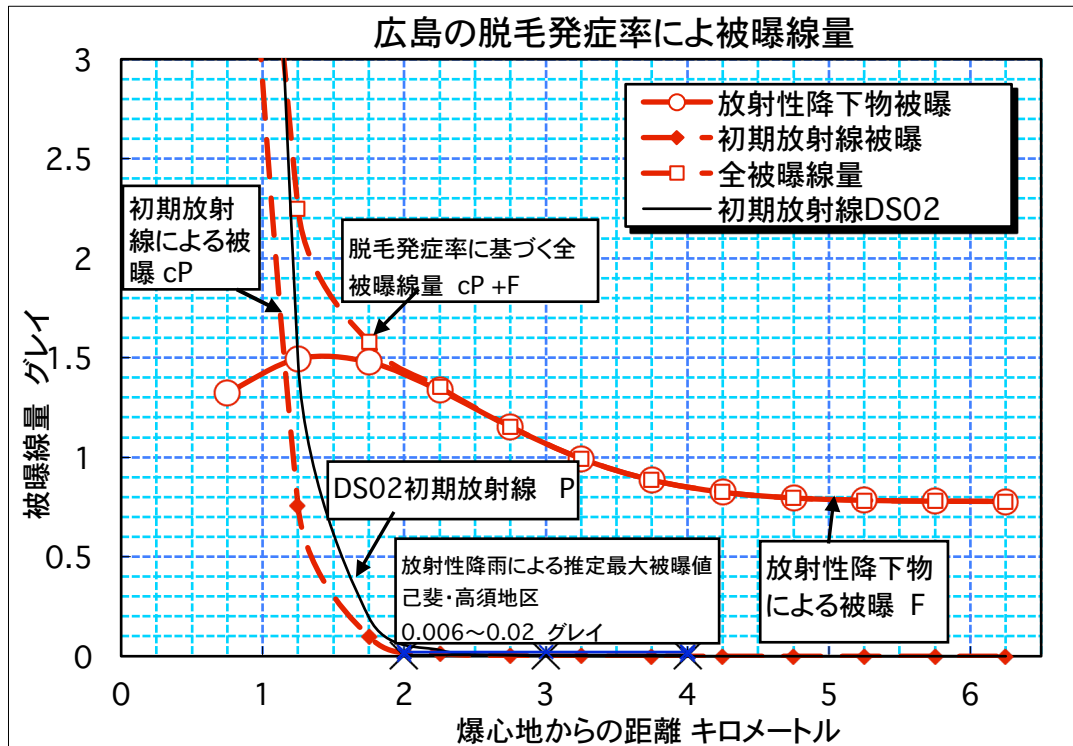


図6 ABCC 調査の全脱毛発症率に基づく広島原爆による放射線被曝線量

5. 放射性降下物による被曝は主として内部被曝である

放射性降下物による被曝影響は内部被曝であることを、急性症状の発症率の比較によって示すことができる。

於保源作の調査⁷⁾の中から、屋内被曝で被曝から3ヶ月以内に爆心地から1キロメートル以内に入らなかった被曝者の脱毛、紫斑、下痢の発症率を比較する。図7に示すように、紫斑の発症率は爆心地からの距離とともに脱毛の発症率とほとんど同じように変化するので脱毛と同じ正規分布を用いる。これに対し下痢の発症率は、爆心地から1 km 以内では脱毛や紫斑がほとんど100%の発症率であるのに対し約30%程度の低い発症率になっている。1 km 以内では主として初期放射線による外部被曝で、初期放射線は透過力が強いために腸壁細胞に到達するが、透過力が強いのは疎らな電離作用をするため、薄い腸壁細胞にほとんど傷害を与えないで通り過ぎてしまう。そのためかなりの高線量でなければ下痢は発症しないために30%程度の発症率になったと考えられる。爆心地から1.2 km 以遠では逆に下痢の発症率が脱毛や紫斑の発症率よりかなり大きくなっ

ている。1.2 キロメートル以遠では初期放射線量は小さいので、放射性降下物による被曝以外には考えられない。放射性降下物による被曝は放射性降下物の微粒子などが呼吸や飲食で体内に取り込まれて腸壁細胞に付着するなどして直近から透過力の弱いベータ線などの集中した内部被曝によって下痢を発症させたと考えられる。

そこで下痢の発症率については、初期放射線による外部被曝線量と下痢の発症率の関係を与える正規分布は脱毛の場合より高線量側にずれた正規分布を用い、放射性降下物による内部被曝と下痢の発症率の関係を与える正規分布は脱毛の場合より低線量側にずれた正規分布を設定して被曝線量を求めた。図7のように脱毛、紫斑、下痢のそれぞれの発症率を再現する曲線を与える被曝線量を求めた結果、図8に示されるようにほぼ一致した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ることができた⁶⁾。3種の急性症状の発症率から求めた被曝線量が一致したことは、脱毛も紫斑も放射性降下物による被曝は下痢と同様に内部被曝であると考えられる。ABCCの脱毛発症率から求めた図6の結果と較べると、放射性降下物による被曝影響のピークの位置は爆心地から1.5キロメートルと同じであるが、その値は1.7 グレイとやや大きくなっている。これはABCC調査の脱毛発症率の値が、於保調査を含めた他の多くの広島における脱毛発症率の調査結果に比べてやや小さめであることを反映している。

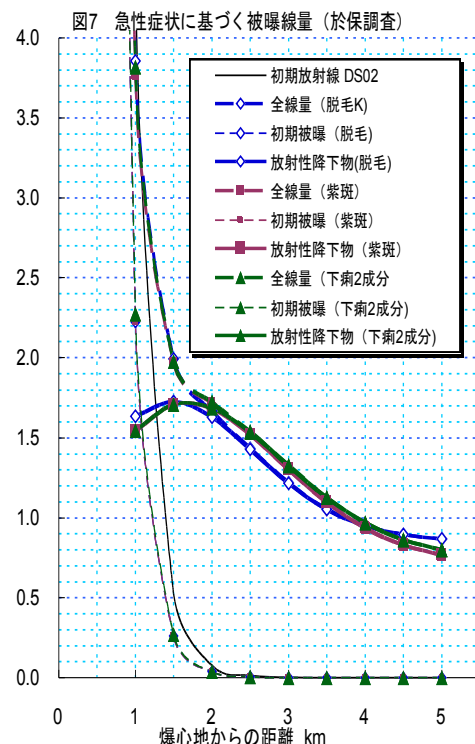
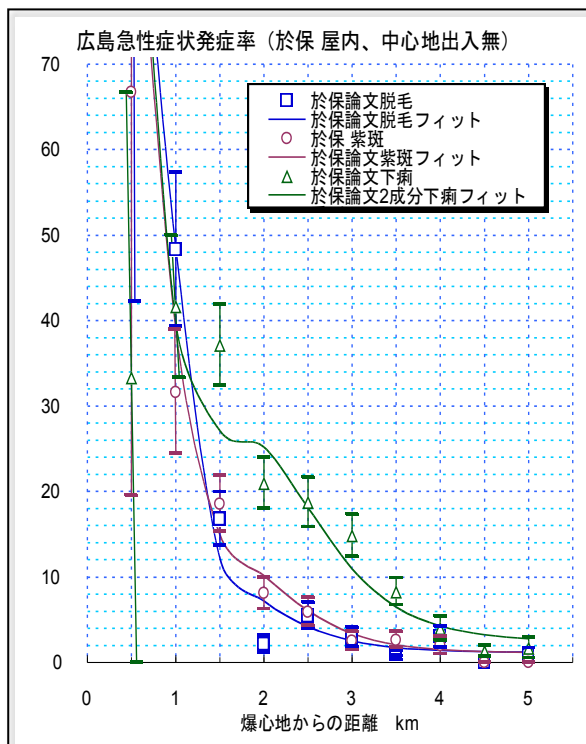


図7. 於保医師による広島の急性症状発症率 図8. 3種の急性症状から求めた被曝線量

6. 長崎原爆の被曝線量

長崎原爆については図9に示すように、爆心地から5キロメートルまでは被爆直後の1945年に長崎医科大学の調来助らがおこなった調査結果の脱毛、紫斑および下痢の発症率を用い、5キロメートルから12キロメートルまでは、1999年から2000年にかけて被爆地域拡大の要求に関連して長崎市と長崎県がおこなった調査結果を長崎市原爆被爆対策部調査課が発刊した『聞いて下さい！私たちの心のいたでー原子爆弾被爆未指定地域証言調査報告書』に記載された脱毛、紫斑および下痢の発症率を用いた。ただし小さなマークで示したように調査した自治体毎に大きなばらつきがあるので、長崎市と長崎県の調査地域のそれぞれについて平均値を求めて5キロメートル以内と同じマークで示した。これらの発症率から広島原爆の場合と同様にして被曝線量を求めた。その結果が図10である。

図10に示されているように広島と同様、爆心地から1.2キロメートルまでは初期放射線被曝が支配的であるが、この距離を越えると放射性降下物による被曝が支配的になる。放射性降下物による被曝のピークは、脱毛は広島と同様に爆心地から1.5キロメートル付近で約1.43グレイ、紫斑と下痢は広島よりやや外側の2キロメートルで約1.6グレイになった。爆心地から4キロメートルを越えると放射性降下物による被曝線量は広島と同様にほぼ一定になり、脱毛と紫斑は一定値約1.2グレイに近づき、下痢は約1.3グレイに近づく。この値は広島の遠距離の一定値0.8グレイの約1.5倍で、長崎原爆の爆発威力が広島原爆の約1.4倍で、それだけ核分裂生成物の量が増えること、また原爆容器の中性子吸収が広島原爆より多く誘導放射化されたために原爆容器の放射性原子核

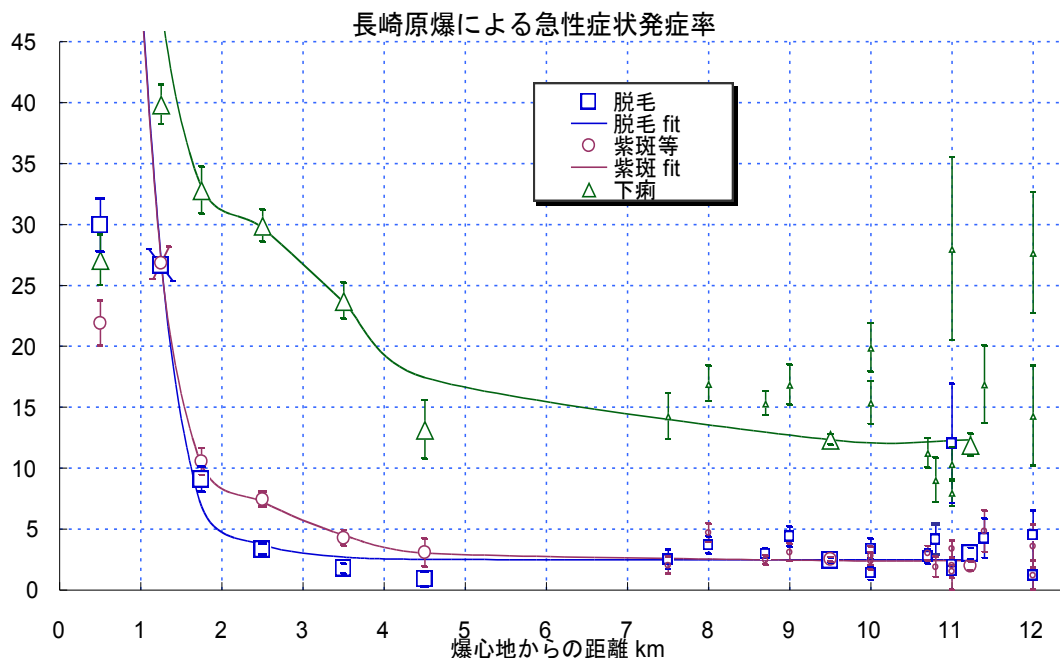


図9 長崎原爆による脱毛、紫斑および下痢の発症率。

が多くなったこと、ウランよりプルトニウムの放射能が強いこと、さらに原子雲の周辺部の広がりやの早さが、長崎原爆は広島原爆の約3倍であったことなどによって説明できる。

長崎原爆の放射性降下物による被曝線量を放射性降雨によってもたらされ、土壤中に残された放射性物質の物理学的測定による最大値とされる西山地域の測定値を図10に×印で示したが、内部被曝によるあらゆる方向の平均的被曝線量がその値の10倍程度となっている。

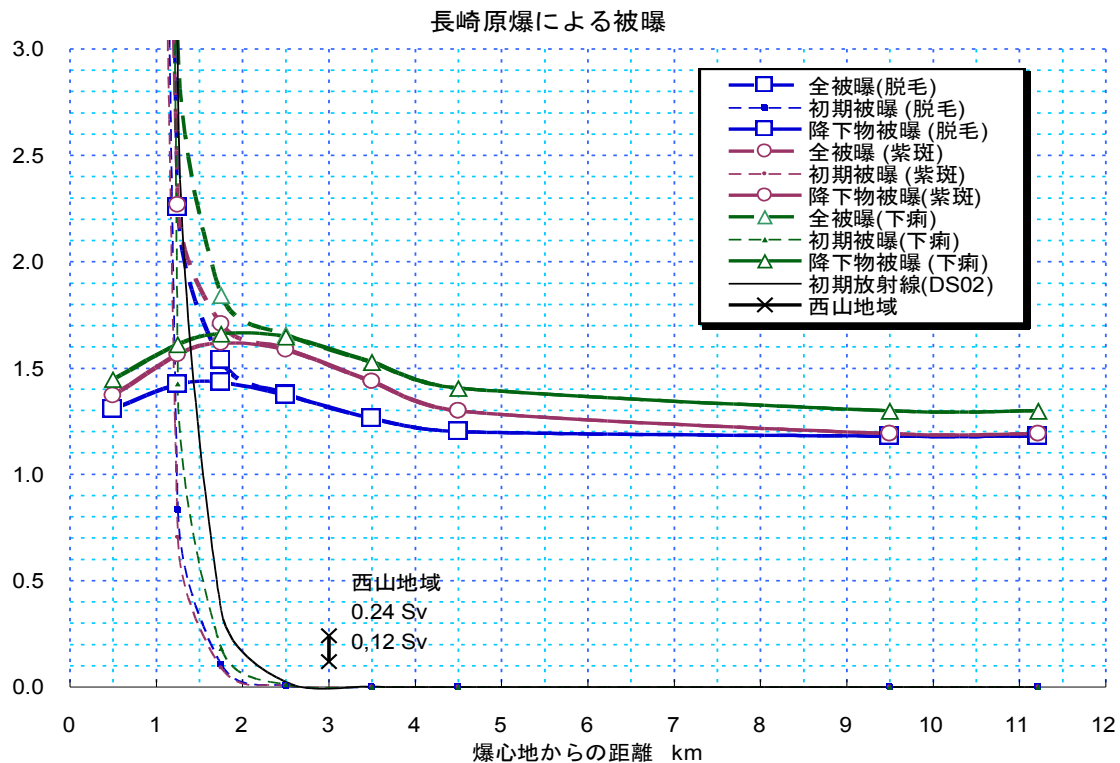


図10 長崎原爆による放射線被曝線量

7. 入市被爆者の被曝線量

於保源作は1957年、広島原爆で直爆を受けなかった人が原爆爆発後何日目に爆心地から1キロメートル以内に入ったかによって、急性症状の発症率がどのように変化したかという貴重な調査を行っている⁷⁾。図11は於保調査の原爆爆発何日後に入市したかの日数によって何らかの急性症状を発症した有症率、脱毛発症率、紫斑発症率、下痢発症率がどのように推移したかを示している。調査数が少ないため発症率のばらつきが大きい、それを補って全体の傾向を掴むために有症率が日数と共に指数関数的に減少するとし、直爆被爆者と同様の被曝線量と

急性症状の発症率の関係を与える正規分布を用いて被曝線量を求めてカイ二乗フィットをした結果が図 11 の曲線で、その曲線を与える被曝線量は図 12 のようにほぼ一致した。下痢については放射性降下物と同じ内部被曝に関する下痢の発症率と被曝線量の関係を与える正規分布を用いた。原爆が投下された当日入市した人は平均 1.8 グレイの被曝をし、被曝影響は 15 日経つと 0.9 グレイと半減し、30 日で 4 分の 1 の約 0.5 グレイになる。入市被爆者の原爆手帳支給は原爆投下 14 日以内におよそ 2 キロメートル以内に入った者とされており、30 日以内としたほうがより適切である。

初期放射線の中性子線を地上の物質の原子核が吸収して誘導放射化したものから放出された放射線による累積外部被曝線量が計算され DS86 に掲載されている。図 12 の左下の部分に爆心地、爆心地から 500 メートルと 1000 メートルに入市して滞在を続けた場合の累積外部被曝線量が示してある。急性症状の発症率から求めた実効被曝線量との大きな開きは、入市被爆者の急性症状も主として内部被曝によって引き起こされたことを示している。

さらに原爆が投下された当日、まだ放射性微粒子が充満している時に入市したり、放射性降下物が建造物内に残っていると滞りして残留放射線を浴びた可能性もある。

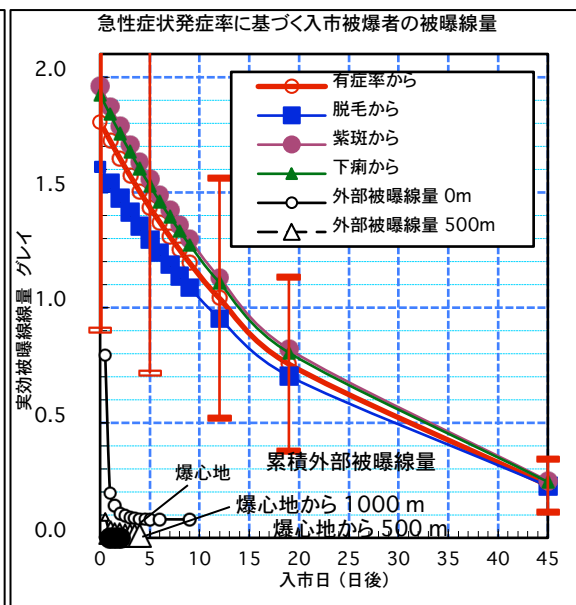
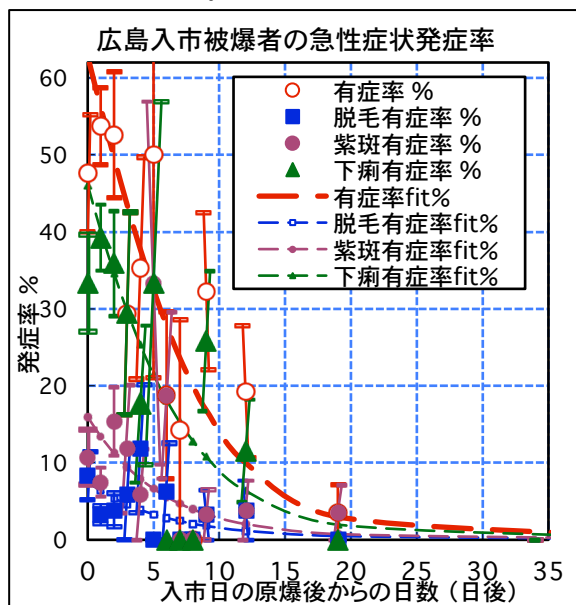


図 11 広島入市被爆者の急性症状発症率 図 12 発症率による入市被爆者の被曝線量

8 おわりに

1990 年代になってから、放影研の疫学研究は遠距離被爆者と入市被爆者を比較対照群とするのを止めて、遠距離被爆者を直爆被爆者に加えて DS86 の原爆初期放射線被曝線量によって区分し、ポワソン回帰分析法を用いて被曝線量とがんなどの各種の放射線障害

の発症率や死亡率と被曝線量の関係を与える回帰直線を求め、初期放射線量がゼロになる回帰直線上の値を非被曝者の発症率や死亡率として相対リスクを求める内部比較法を採用している。しかし確率変数を初期放射線被曝線量に限定し、放射性降下物による被曝影響を無視する限り、正しい放射線被曝影響を求めることはできない。放影研の内部比較法による回帰直線上の被曝線量ゼロの死亡率や発症率の値は、隣接した初期放射線被曝線量が 0.005 グレイ～0 グレイに区分された遠距離被曝者の発症率や死亡率とほとんど同じ値になる。すなわち実質上遠距離被曝者を比較対照群とすることになっている。渡辺らは 1995 年に発表された放影研の第 12 報の初期放射線被曝線量の極低線量群と低線量群の各種がん死亡率を広島県民と岡山県民と比較した⁸⁾。例えば男性の固形がん死亡の対岡山県民の相対リスクは 1.3 前後になっており、がん死亡の増加が被曝線量に比例すると回帰直線を求め、初期放射線被曝がゼロの男性固形がん死亡の相対リスクを求めても約 1.3 になる。固形がん死亡の相対リスクが 1 になる点は、初期放射線被曝がマイナス 0.65 グレイで急性症状発症率から求めた結果とほぼ一致し、放射性降下物による被曝を引き出すためには被曝していない集団との比較の重要性を示している。

最近発表された 2011 年の第 14 報⁹⁾ は、DS86 に替わって DS02 の初期放射線量を用いているが、論文の表 9 に記載された被曝線量が 0.005 グレイ以下の遠距離被曝者の固形がん死亡数は 4,621 人であるが、放射線被曝が原因であるとされた人は僅か 2 人で 0.004%、放射線被曝によるとされる寄与割合は 0 %となっている。これは放影研が ABCC 以来の初期放射線だけによる被曝影響を研究目的としているとすれば当然の結果である。しかし平均値で 1 グレイ程度にもなる放射性降下物による被曝影響を無視していることに変わりなく、残留放射線による被曝影響を受けている被曝者に適用することはできない。

こうした放影研の原爆被曝者についての放射線被曝影響の研究結果を国際放射線防護委員会 (ICRP) や原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) の放射線防護の基準にそのまま採用され、世界各国政府の放射線防護基準に利用されていることは深刻な問題である。放射線防護基準には様々な放射線障害の発症率や死亡率を相対リスクあるいは過剰相対リスクで表して用いている。相対リスクは放射線に被曝している集団の発症率や死亡率を分子にし、被曝していない集団の発症率や死亡率を分母にして割って求め、過剰相対リスクは相対リスクから 1 を差し引いて求める。まったく被曝をしていない集団より遠距離被曝者集団の発症率や死亡率は大きいので、これを分母にすると相対リスクや過剰相対リスクはかなり小さくなる。放影研の第 14 報の表 9 の固形がん死亡について、初期放射線被曝線量 0.005 Gy 以下の遠距離被曝者の場合平均して放射性降下物による内部被曝を約 1 グレイ程度被曝していることがわかったが、まったく被曝をしていないとされて、相対リスクは 1、過剰相対リスク (寄与割合に対応) は 0 とされる。

このように放射線被曝による相対リスクや過剰相対リスクの大幅な過小評価をもたらすとともに、放射性降下物による主要な被曝影響は内部被曝であるから、これを無視すれば、内部被曝の研究に大幅の遅れをもたらす。事実、内部被曝に関する ICRP の理解に

は深刻な問題がある。ICRP は被曝線量が同じであれば外部被曝と内部被曝の影響に違いはないと述べている。しかし、急性症状の下痢についてみてきたように、透過力の強い放射線より、透過力の弱い放射線の方が遥かに下痢の発症を引き起こし易い。ICRP は吸収線量のグレイを線量当量のシーベルトに直すとき用いる生物学的効果比を、ガンマ線とベータ線を同じ1にしている。しかし内部被曝では、明らかにガンマ線とベータ線とでは下痢の発症に関して大きな違いがあり、外部被曝によって定めた生物学的効果比を内部被曝に適用することには問題がある。この問題の弊害は、原発事故で被曝線量を測定しているホール・ボディ・カウンター(WBC)の利用に関しても深刻である。現在福島原発事故で放射性セシウム 137 による被曝が問題になっており、WBC による測定が行われている。セシウム 137 は主にベータ崩壊してバリウム 137 の励起状態になるが、このとき放出されるベータ線は体内でエネルギーを放出してストップする。バリウム 137 の励起状態はガンマ線を放出してバリウム 137 の安定な基底状態になるが、そのとき放出されるガンマ線を WBC によって測定し、セシウム 137 のベータ崩壊の影響を考慮して、ガンマ線の測定結果のグレイを2倍にしてシーベルトに換算するようになっている。しかし、内部被曝においてもベータ線の生物学的効果比を1としてシーベルトに換算することには疑問が残る。

放影研の原爆被爆者のがん死亡の1グレイ当たりの過剰相対リスクは、チェルノブイリ原発事故後のベラルーシの評価に比べて4分の1ないし11分の1の過小評価になっている。遠距離被爆者を実質比較対照群にした放影研の過剰相対リスクの過小評価は2分の1ないし3分の1程度なので、残りの開きはベラルーシのWBCによる被曝線量の過小評価であるとすれば理解できる。

原爆被爆者の被曝影響に関する貴重な調査資料は多数あるが、それを科学的に研究すること、とりわけ遠距離被爆者や入市被爆者に関する資料は、国や放影研が残留放射線による影響は小さいとしてきたために十分な検討をされないままになっている。放影研にも ABCC が調査した多くの資料が眠ったままである。こうした資料から、今日の進歩した科学や医学の立場から放射線に関する人体影響の研究をする科学者の責任は大きい。

文献：

- 1) I. Schmitz-Feuerhake; Health Physics, **44**, 693-695 (1983).
- 2) K. Shizuma, et. al.; **¹³⁷Cs**, Health Physics, **71**, 340-346(1996).
- 3) Y. Hirai, et. al.; J. Radiat. Res., **52**, 600-608(2011).
- 4) D. O. Stram and S. Mizuno; Radiat. Res. **117**, 93-113 (1989).
- 5) S. Kyoizumi, et al.; Radiat. Res., **194**, 11-18 (1998).
- 6) S. Sawada; Study of Social Medicine, **29**, 47-62, (2011).
- 7) G. O-ho; Ijishinpo (in Japanese) 1746, 21-25 (1957).
- 8) T. Watanabe, et. al.; Environ Health Prev Med. 2008;13:264-70.
- 9) K. Ozasa, et al.; Radiat. Res., **177**, 299-243 (2012).