

広島・長崎原爆放射線量評価体系の変遷と未解決問題

(京大原子炉) 今中哲二

第2回「原爆体験者等健康意識調査報告書」等に関する検討会	参考資料2
平成23年2月24日(木)	

(今中参考人提出資料)

広島・長崎の被爆生存者を対象に放射線影響研究所 (Radiation Effects Research Foundation: RERF) で実施されている疫学的追跡調査は、放射線被曝にともなう長期的な人体影響に関して多くの貴重なデータを提供している<sup>1)</sup>。疫学データに基づいて被曝リスクを求めるためには被曝量の値が必要となるが、被爆者の個人被曝量を評価する方法としては現在、DS02 (Dose System 2002) と呼ばれる放射線量評価システムが採用されている。報告者はDS02策定のWGメンバーとして原爆放射線量評価の問題に関わった。広島・長崎の原爆からすでに63年を経過し、その放射線量評価作業はなかば“考古学”の感もあるが、原爆直後の調査活動を含め、原爆放射線量評価の変遷を振り返ってみるとともに、残されている課題についてまとめてみる。まずは、原爆放射線の分類を表1に示しておく。

1. 原爆直後の放射能調査活動

「新型爆弾」の調査のため理化学研究所の仁科芳雄らが広島に到着したのは原爆2日後の1945年8月8日だった<sup>2)</sup>。その2日後の8月10日には、京都帝大の荒勝文策らのグループと大阪帝大の浅田常三郎らのグループが広島入りしている<sup>3)</sup>。いずれのグループも爆心近辺の土壌や銅などのサンプルから通常以上の放射能を検出し、新型爆弾が原爆であることを確認した。用いられた放射線検出器はLauritzen検電計とGM管だった。長崎では九州帝大の篠原健一らが8月13日に採取した土壌から放射能の増加を確認している<sup>2)</sup>。9月14日には文部省学術研究会議が、被災状況を解明するため「原子爆弾災害調査研究特別委員会」を発足させるなど、当初の調査活動は活発だった。(なお、京大第3次調査団は広島滞在中の9月17日夜に枕崎台風にともなう山津波により11名の殉職者を出した<sup>2)</sup>。)

原爆を落とした米国側にとっても、原爆の威力を調査することは最優先の課題であった。9月2日に降伏文書が調印され連合軍占領統治がはじまると、米軍最初の放射線サーベイチームが9月8日に広島入りし、13日には長崎に入っている。米国海軍医学研究所のPaceらは、ラジウム校正線源付ポータブルGM管により1945年の10~11月に長崎(約900カ所)と広島(約100カ所)の残留放射能を測定している<sup>4)</sup>。彼らの報告によると、爆心地での放射線量は、長崎で72 $\mu$ r/h(10月18日)広島で81 $\mu$ r/h(11月1日)であった。黒い雨地域については長崎西山地区で1080 $\mu$ r/h、広島高須地域で42 $\mu$ r/hであった。米国側調査団は日本側研究者に協力を求めたが、その一方で連合軍総司令部は9月19日にプレスコードは設け、原爆災害の報道や発表を禁止した<sup>5)</sup>。

学術研究会議調査委員会報告の総括編<sup>6)</sup>が出版されたのは1951年のことで、1953年には本編2分冊<sup>3)</sup>が出版された。本編には、広島の電柱碍子中硫

表1 原爆放射線の分類

放射線の種類	有効時間	被曝量への寄与
<初期放射線>		
-即発放射線-		
即発ガンマ線	< $\mu$ sec	中
即発中性子線	< msec	中
即発2次ガンマ線	< 0.1 sec	大
-遅発放射線-		
遅発ガンマ線	< 30sec	大
遅発中性子線	< 10sec	小
遅発2次ガンマ線	< 10sec	小
<残留放射線>		
誘導放射能	< weeks	小?
フォールアウト(黒い雨)	< months	?

黄に(n,p)反応で生じた<sup>32</sup>Pを測定した山崎文男らの報告、熱線による陰影から爆央点を推定した田島英三らの報告など、原爆直後の調査活動について約200編の報告が含まれている。1946年はじめに書かれた原稿の中で中泉正徳は、広島原爆による放射線量として爆心からの距離1000、1500、2000mでそれぞれ325、82、26 r (レントゲン) という推定値を示している<sup>9)</sup>。

## 2. ABCC (現 RERF) の設置と T65D の策定

米国トルーマン大統領は1946年11月、米国学士院(NAS)に対し、広島・長崎での原爆被爆影響を継続的に調査するため原爆傷害調査委員会(Atomic Bomb Casualty Commission: ABCC)の設置を命じた。1947年に広島と長崎にABCCの研究所在設置され、日本側からは厚生省予防衛生研が協力することになった。ABCCの初期の活動で確認された放射線被曝影響は、胎内被爆者小頭症・精神遅滞、白内障、白血病であった。1955年にABCCの研究計画の見直しが行われ、大規模な固定集団を設定して長期の疫学調査を実施することになった<sup>1)</sup>。

1950年の国勢調査で日本政府は原爆被災に関する付帯調査を行っていた。その調査によると被爆者の数は28.4万人で、この中から、広島・長崎に本籍があり、爆心から2.5km以内いた全員4.5万人と2.5~10kmにいた2.8万人の合計7.3万人が調査対象として抽出された。さらに、原爆時に市内にいなかった2.6万人を加えて、約10万人を対象とする寿命調査(Life Span Study: LSS)がはじまった<sup>7)</sup>(その後、本籍が広島・長崎でない被爆者などが追加され、現在のLSS集団の人数は12万人)。追跡開始時点は国勢調査が行われた1950年10月1日で、それ以降の生死が定期的に戸籍で照合され、死亡の場合は死亡診断書により死因確認が行われている(LSS第13報終了時点(~1997.12.31)での生存率は約48%)。

LSSの立ち上げと平行して、被爆者ひとりひとりの個人被曝量を推定しようというICHIBAN計画がはじまった<sup>8)</sup>。ICHIBANには2つの大きな課題があった。そのひとつは、原爆による地上の放射線場を爆心からの距離の関数として定式化し、さらに家屋などによる遮蔽効果を見積もって個人被曝量を推定する手法を開発することであった。もうひとつの課題は、出来上がった線量評価システムを適用すべきLSS集団各被爆者が、原爆時にいた場所と周囲の遮蔽状況に関する情報を収集することであった。

野外放射線場として当初、米空軍のYorkによる計算式(T57D)<sup>9)</sup>が提唱されたが、不確定性が大きいということにより詳細な評価に取り組むことになった。長崎原爆(Fatman)については同型原爆を用いた核実験データが野外放射線場の定式化に用いられた。一方、広島原爆(Little Boy)については同型の核実験がなく、さまざまな模擬実験が試みられた。ネバダ砂漠に500mのタワーを建設し、その上にLittle Boyを模擬した裸の原子炉(HPRR)や<sup>60</sup>Co線源を設置し大気中での放射線伝播の実験が行われた。また、Little Boyレプリカに<sup>252</sup>Cf線源を入れて放射線漏洩が測定された。さらにネバダの砂漠の中に日本家屋が建設され、遮蔽効果を測定する実験が行われた。こうして出来上がった被曝量評価システムがT65D(Tentative 1965 Dose)であった<sup>10)</sup>。

T65Dより以前に、東京大学の斉藤信房は、広島原爆ドームや長崎医大の鉄材中に(n,γ)反応で生成した<sup>60</sup>Coを測定し熱中性子束を推定し<sup>11)</sup>、また、京都大学の東村武信らは、広島・長崎で被爆した屋根瓦の熱蛍光(TL)を用いてガンマ線量が推定できることを報告していた<sup>12)</sup>。放医研の橋詰雅らは、ICHIBAN計画の一環として、広島・長崎に残存していた建造物の煉瓦・タイルを採取しTLを測定するとともに、熱中性子によって鉄筋中に生成した<sup>60</sup>Coを測定し、T65Dに基づくガンマ線量や中性子線量と比較したところよい一致が得られたと報告している<sup>13)</sup>。

ICHIBANネバダ実験と平行してABCCでは、2km以内にいたLSS集団を対象に被爆時状況の聞き取

り調査が進められた。被爆者の多くは日本家屋内にいたが、その家の構造、隣家・長屋の配置などが図面として作成された。1962年までに近距離被爆者を中心に2.8万人の詳細な遮蔽歴が収集された。詳細な遮蔽歴が入手できなかった場合には平均透過係数が適用され、T65Dが完成した1966年時点で、広島・長崎2.5km以内のLSS対象者8.4万人の個人線量が計算された<sup>14)</sup>。

### 3. T65Dの見直しからDS86へ

「T65Dは間違ってるぞ」という記事が1981年5月のScienceに掲載された<sup>15)</sup>。米国核開発の中心であるLANLの研究者が、広島原爆のシミュレーション計算をしてみたらT65Dとは異なる放射線場になるという内容だった。当時、米ソの間では中性子爆弾の開発が行われており、その関連で広島・長崎放射線スペクトルの模擬計算が行われたものと推察された。T65Dは、ネバダ砂漠で行われた核実験やタワー実験に依存していたが、ネバダ砂漠と広島・長崎では気象条件が大きく違っていて、とくに湿度の大きい日本の夏では、大気に含まれる水分中の水素によって中性子線の伝播が妨げられる。また、広島原爆を模擬した裸の原子炉からの中性子スペクトルは、Little Boyに比べエネルギーが大きかった<sup>16)</sup>。

広島・長崎の放射線量を再検討するため、日米合同の線量再評価委員会が設置され、日本側は原子力安全委員会の田島英三、米国側はマンハッタン計画のメンバーでもあったCaltechのChristyが座長を勤めた。1983年から1986年にかけて、最新コンピューター技術を用いた計算や新たなTL測定などが行われ、1986年に新原爆線量評価システムDS86が策定された<sup>17)</sup>。

DS86は、爆発過程で放出される線源スペクトル計算からはじまり、大気・地面系での放射線伝播計算、日本家屋といった構造物での遮蔽計算をへて、人体内臓器の被曝量を求める大規模な計算システムである。図1に示すように、各プロセスはモジュール化され、入替え可能になっている。各被爆者の放射線遮蔽については、日本家屋や長屋をモデル化した3次元モンテカルロ計算により、T65Dの際に用いられた“9パラメータ”や“球面グローブ”データから透過係数を計算する手法が開発された。

T65DからDS86への変更にとまなう無遮蔽地表1mでの放射線量を比較してみると、広島では、中性子線量が約10分の1に減少し、ガンマ線量は2~3.5倍増加した。一方、長崎では、中性子線量が1/2から1/3となり、ガンマ線量は10~30%減少した。

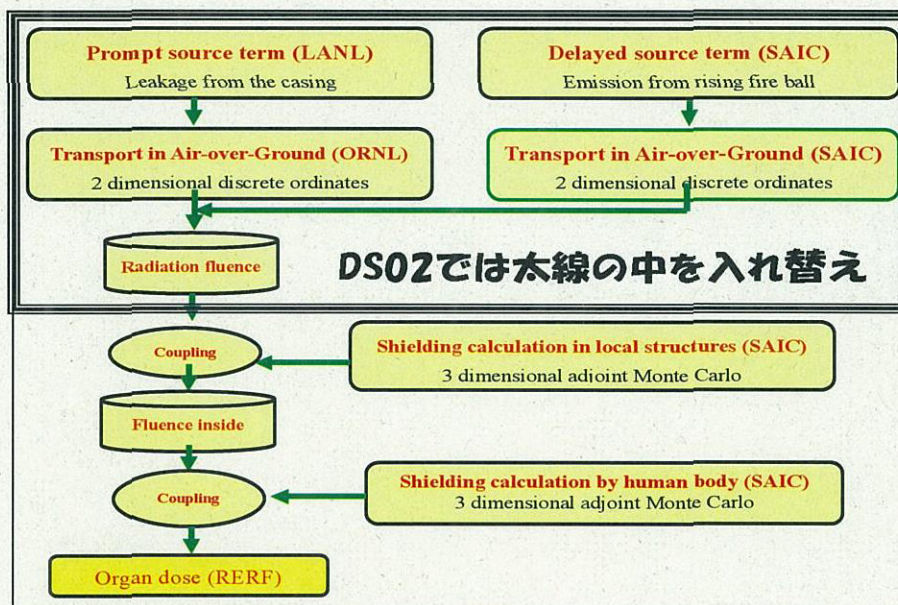


図1. DS86/DS02の計算スキーム