

## 18. 原爆被爆者の抜歯試料からの被曝線量推定

### 1. 緒言

原爆放射線の人体に与える影響を検討する際、従来、T 65D が利用されてきた。ここ数年、線量再評価の問題が取り上げられ、新線量 DS86 が定められた。しかし、実際に個人の被曝線量を推定するには当時の正確な被曝状況が必要であるため推定が困難な場合が多い。放射線照射を受けた歯は、その中に  $\text{CO}_3^{2-}$  ラジカルを誘導するので、電子スピン共鳴測定装置で共鳴信号 (ESR) が測定できる。この原理に基づき、長崎市の爆心地から 2 km 以内で被曝した近距離被爆者を対象に、抜歯試料の組織的な収集と ESR 測定による線量測定を行なった。昭和60年12月に近距離被爆者に歯牙の提供を呼びかけた。約 800 名が歯牙の提供の意志を示した。有効に歯牙を収集するために、歯牙提供集団を設定し、定期的に歯牙提供者の歯の検診をすることにより、その集団を把握しておいた。これは原研放射線部門、歯学部、原研内科との共同研究である。

### 2. 方法及び結果

歯牙収集及び解析手順を図 1 に示した。

(1) 昭和60年12月、1.5km 以内の被爆者 1,368 名、1.5 ~ 2 km の野外被爆者 148 名、西山地区の被爆者 165 名、合計 1,681 名に歯牙の提供協力のアンケートを発送した。アンケートは、歯牙の保管の有無と提供の意志の有無、将来抜歯した際の提供の意志の有無、提供の意志ありの者に対して歯の定期検診を実施すると

いう内容であった。歯牙の提供を協力すると回答した者を、歯牙提供集団とした。

(2) 歯牙提供集団を常に把握するために、集団の歯の検診を 1 年に 1 回実施した。昭和61年 2 月から毎月約 60 名に対して検診通知を出した。歯の検診状況を図 2 に棒グラフで示した。昭和61年 2 月から昭和62年 4 月までに、294 名について検診を実施した。毎月約 60 名の検診を予定していたが、実際に受診した被爆者は 20 ~ 30 名であった。また事情により実施できない月もあった。表 1 に受診者の性・年齢別に受診率を示した。男性の 60 代が最も高く 51.4 % であった。男女共に 70 代は受診率が低かった。高齢になると残存歯牙がなかったり、入院などの理由により検診に応じられないとの返答が多かった。

(3) 検診時抜歯及び郵送による収集状況を図 2 に折れ線で示した。歯牙は、昭和62年 4 月末現在で 95 名より 177 本の提供があった。ESR 法による被曝線量の推定は、歯牙のエナメル質の ESR 信号より求める。収集した歯牙の中には、虫歯などにより、十分なエナメル質が得られないものもあった。収集歯牙のうち測定可能であったのは 76 名、126 本 (71.1 %) であった。測定可能であった試料のうち、近距離は 94 本 (74.6 %)、遠距離 30 本 (23.8 %)、西山地区 2 本 (1.6 %) であった。検診時の抜歯は、73 本あり外見上測定可能な歯牙の 57.9 % にあたる。歯牙の郵送数の昭和61年 2 月分は、昭和60年12月から翌年 2 月までの 3 ヶ月分の合計である。3 月と 4 月は 15 ~ 20

本の歯牙が郵送されており、5月以降はほとんどなかった。歯牙を保管している被爆者からの郵送による提供は53本あり、呼び掛けの初期に集中していた。

(4) 歯牙の ESR 信号測定済の者に対して被爆状況の聴取及び染色体解析のための採血を行なった。昭和61年7月から昭和62年1月の間に面接依頼の通知を出した。54名中47名が面接に応じた。面接では、被爆当時いた場所と遮蔽の状況、医療被曝、職業被曝に関して聴取した。面接者の被爆距離を表2に示した。1.5 km以内の被爆者が34名であった。このうち15名が三菱兵器大橋工場、11名が茂里町工場での被爆者であった。採血後、血液検査も実施した。血液検査の項目は、赤血球数、血色素量、白血球数、血小板の4項目であった。検査値の年齢別平均値を表3に示した。4項目とも正常な範囲であった。検査の結果は、後日、本人に通知した。染色体異常率については現在解析中である。

#### (5) 測定

マイクロ波領域の X バンド (約 9 GHz) 専用の ESR スペクトロメータ (JES-FEXIG : 日本電子製) を用いた。

治療用  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 線照射装置 (RI-107-2 型 : 東芝製) を用いて試料の線量感度の構成を行った。歯牙は水洗後、常温で十分に乾燥した後、エナメル部分を分離し、さらに直径 1 mm 以下の粒状に粉碎して均一化し、測定試料とした。1 個の歯牙について 100 ~ 400 mg のエナメル部分の測定試料が採取可能であった。歯牙ごとに放射線感度 (単位線量あたりの信号強度の増加量) が異なるので、各歯牙の放射線感度校正を行った。ESR 測定と  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 線照射とを交互に 4 ~ 5 回繰り返す、感度校正により、単位線量あたりの信号強度の増加

量を求め、各被爆者の歯牙の ESR 信号強度に対応する  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ 線等価な線量を決めた。

収集した抜歯試料のうち53本 (53名) については ESR の測定が済んでいる。このうち、11名は  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  照射による信号の校正時に線量に応じた信号の伸長が見受けられず、被曝量の算定が不可能であった。他の42名は  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  線による感度校正において ESR 信号強度が照射線量に従って直線的に増加した。ESR 信号強度は組織吸収線量に変換した。

ESR 測定を行った42名の遮蔽状況別の内訳人数は次の通りである。無遮蔽8名、樹木や煉瓦塀の陰3名、木造家屋内10名、鉄骨スレートあるいはトタン葺きの兵器工場内13名、鉄筋コンクリート建造物内3名、西山地区 (原爆のフォールアウトが集中的に降った地域) 2名、不明3名であった。図3~7に遮蔽別の ESR 推定被曝線量と計算値 (T65D および ORNL の Kerr らによる空中組織吸収線量) の比較を示す。図3の○は無遮蔽、◎は樹木あるいは煉瓦塀の陰での被爆である。被爆時、無遮蔽であった者は1名を除いて全て ESR 法による測定線量の方が2倍 (近距離) ~ 5倍 (遠距離) 計算値より高い値を示した。樹木あるいは煉瓦塀の陰での被爆者の ESR 測定線量は計算値より低く、また、無遮蔽の ESR 測定値の 0.28 ~ 0.10 であった。図4には木造の日本家屋内で被爆した者の ESR による測定値を \* で示す。2例を除き、計算線量よりやや低い値を示している。計算値に対する比は平均 0.71 であった。図5には鉄骨スレートあるいはトタン葺きの兵器工場内で被爆した者の ESR による測定値を × で示す。同じ地上距離で被爆していても測定値が4倍異なる場合もあり、ばらつきが大きい。計算値に対する比は平均 0.74 であった。いずれも無遮蔽で被

爆した者の ESR 測定値より低い値であった。図 6 には鉄筋コンクリート建造物内で被爆した者の ESR 測定値を+で示す。計算値の 0.08～0.14 であった。図 7 には、ESR 法による測定被曝線量を遮蔽別（ばらつきが大きい鉄骨スレート等の工場内被爆を除く）に曲線でフィッティングしたものである。測定線量の曲線は被曝距離の増加に従い減少し、遮蔽効果が大きいと考えられるものほど測定線量が低くなっている。また、無遮蔽の場合と、木造の場合は同様な曲線で減少している、すなわち遮蔽物ごとの距離の増加に対する減少率が等しい。これらの 3 曲線を外挿して得た値で各遮蔽係数を比較すると、無遮蔽を 1 として、木造家屋内では 0.3、鉄筋コンクリート建造物内では 0.03～0.06 となった。

### 3. 考察及びまとめ

被爆者の被曝線量を歯牙 ESR 測定から推定するために、抜歯保存者から提供を受けるのは限られていた（42.1%）。我々は、将来、

抜歯したときに、その歯牙を収集するために歯牙提供集団を設定した。その集団を常に把握しておくために、定期的に歯の検診を行なった。この集団からは 1 年 3 ヶ月の間に 73 本（57.9%）収集できた。この集団の設定と歯の検診は歯牙の収集手段として有効であることがわかった。ESR 測定値は計算値に比して高い値を示し、さらに遠距離被爆者ほどそれが顕著であった。遮蔽別 ESR 測定値相互については矛盾がなく、遮蔽が増すごとに測定値は減少していた。ESR で求められた遮蔽係数は、次のようになった。木造家屋は 0.3、鉄筋コンクリート建造物は 0.03～0.06 であった。したがって、歯を用いた ESR による個人線量評価では、試料を直接、生体から得るので、今まで計算では被曝線量の推定が困難であったコンクリート建造物などの重遮蔽物下や、工場などの複雑な遮蔽状況下の被爆者の被曝線量推定に利用できると考えられる。

（三根 真理子）

表 1. 歯の検診状況

性	年 齢	対 象 数	受 診 数	受 診 率
男	50～59	196	81	41.3
	60～69	72	37	51.4
	70～79	68	23	33.8
	計	336	141	42.0
女	50～59	239	96	40.2
	60～69	142	46	32.4
	70～79	51	11	21.6
	計	432	153	35.4

表 2. 面接者の被曝距離

被 曝 距 離	人 数
0～1.5 km	34
1.5～2.0 km	4
そ の 他	9
合 計	47

表 3. 血液検査の結果

年 齢	人 数	赤血球数	血色素量	白血球数	血小板
～49	3	496±37	15.6±1.0	6,567±1,233	24.7±3.6
50～59	18	457±61	14.5±1.8	5,931±1,143	23.6±6.7
60～69	20	489±65	15.1±1.6	6,948±1,624	24.7±6.4
70～	6	501±94	14.8±2.4	6,325±1,800	19.0±7.9
合 計	47	479±67	14.9±1.7	6,454±1,485	23.6±6.7

数値は（平均値）±（標準偏差）を示す。

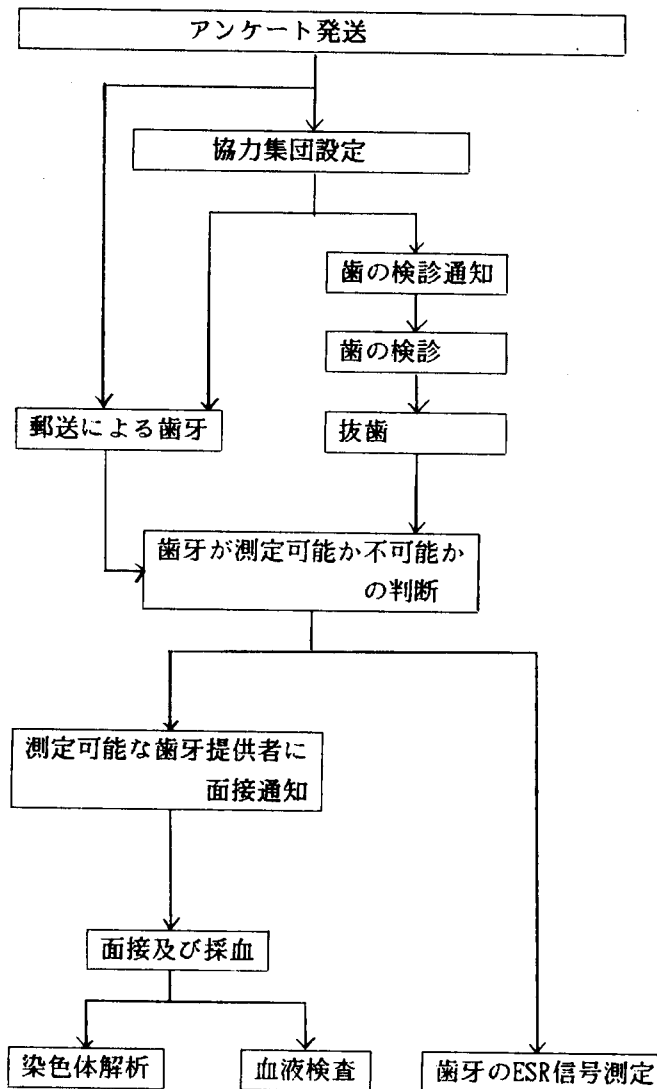


図 1. 歯牙収集及び解析手順

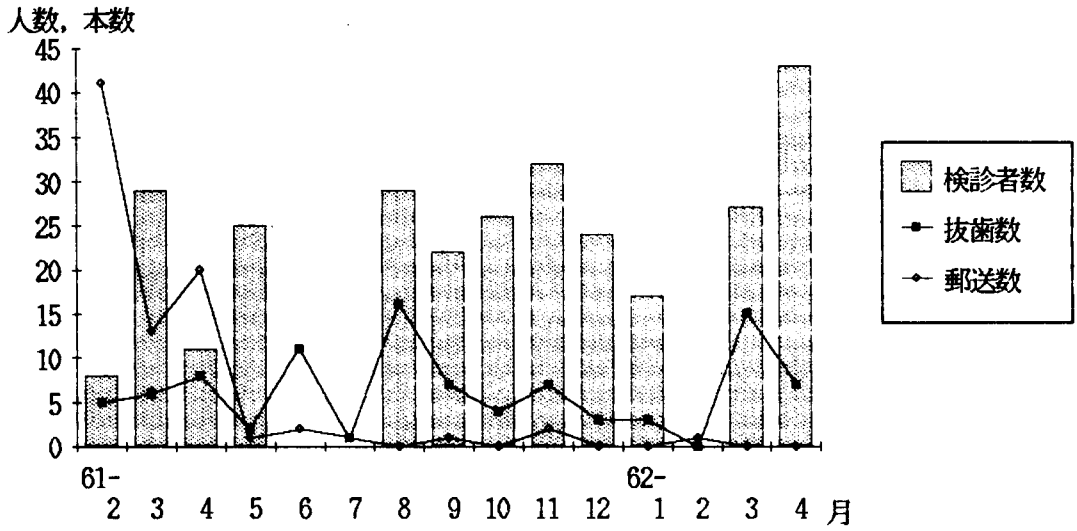


図2. 歯の検診実施数と収集状況

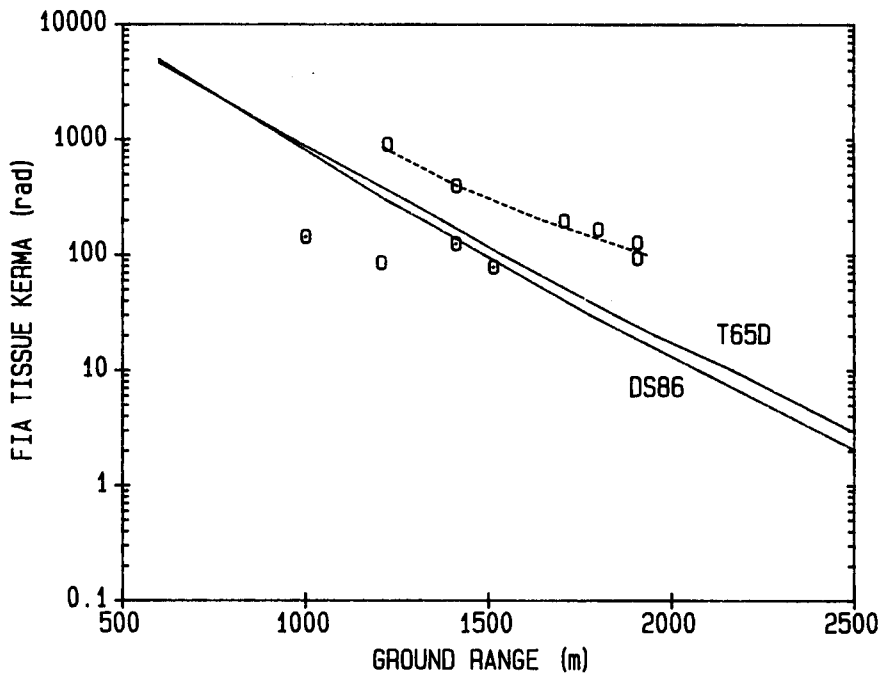


図3. 無遮蔽被爆者のESR法による被曝線量の測定結果と計算による空中組織吸収線量の比較

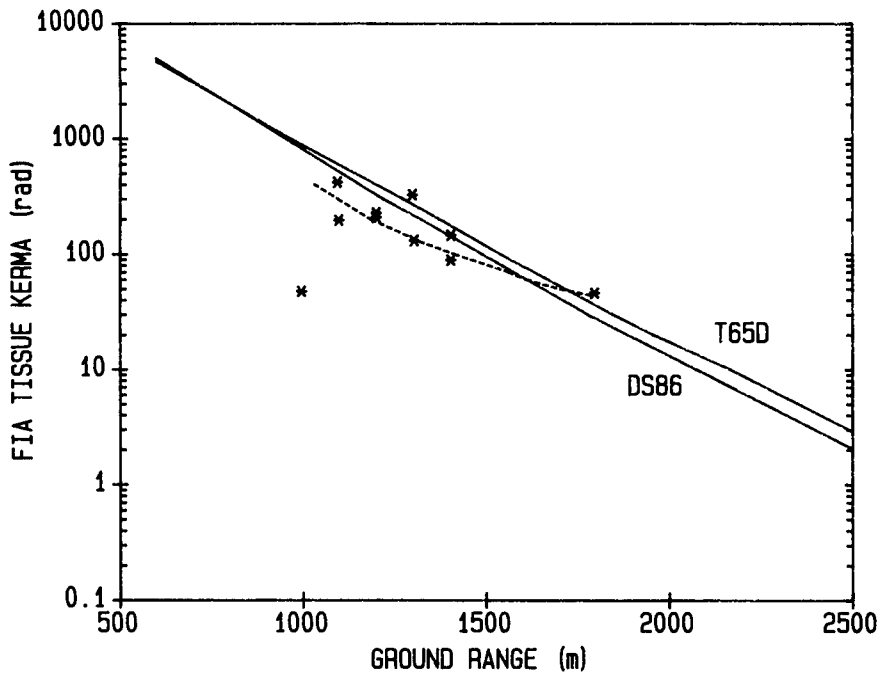


図4. 木造家屋内被爆者のESR法による被曝線量の測定結果と計算による空中組織吸収線量の比較

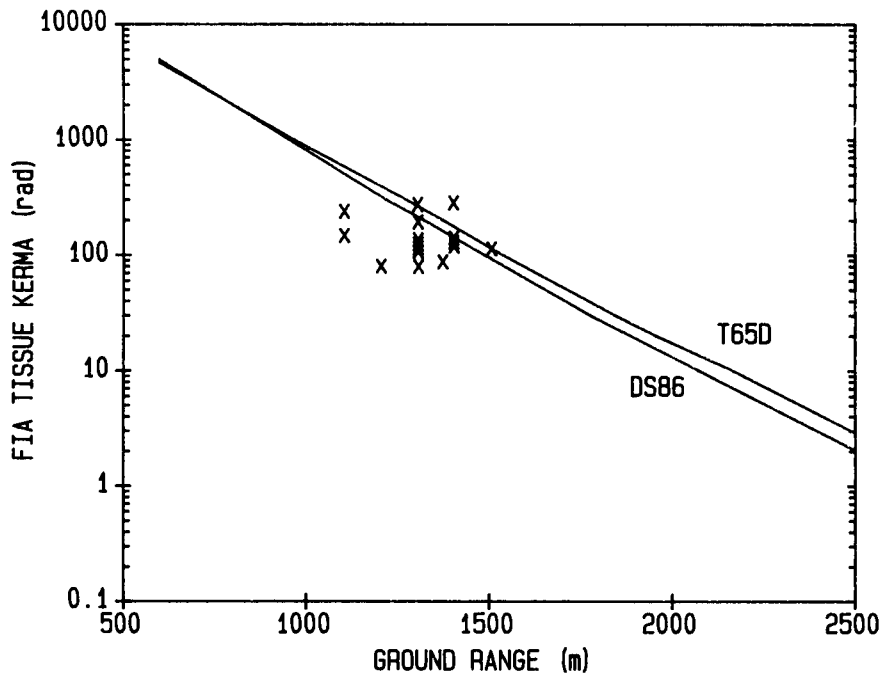


図5. 工場内被爆者のESR法による被曝線量の測定結果と計算による空中組織吸収線量の比較

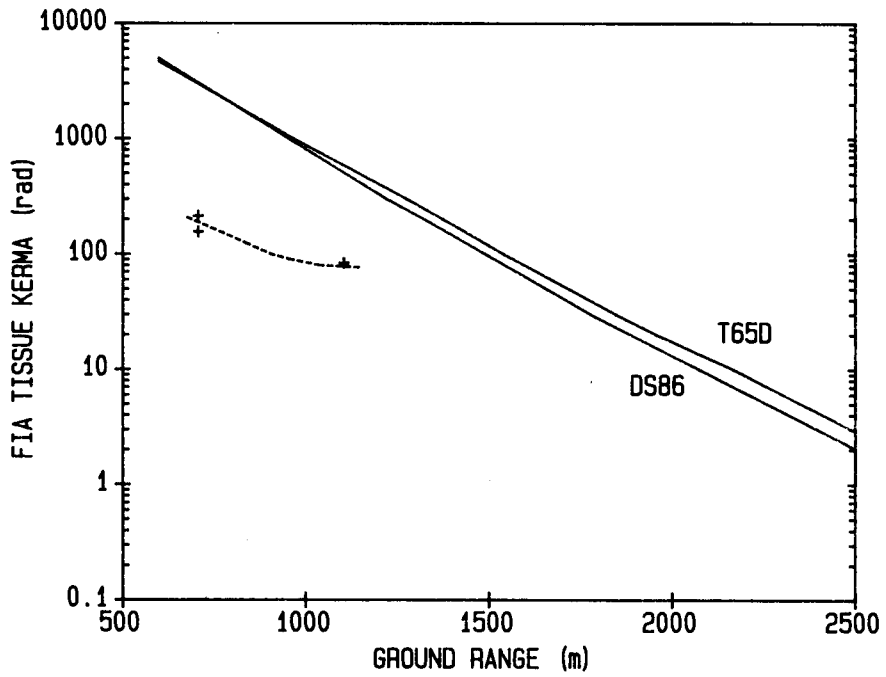


図 6. コンクリート建造物内被爆者の ESR 法による被曝線量の測定結果と計算による空中組織吸収線量の比較

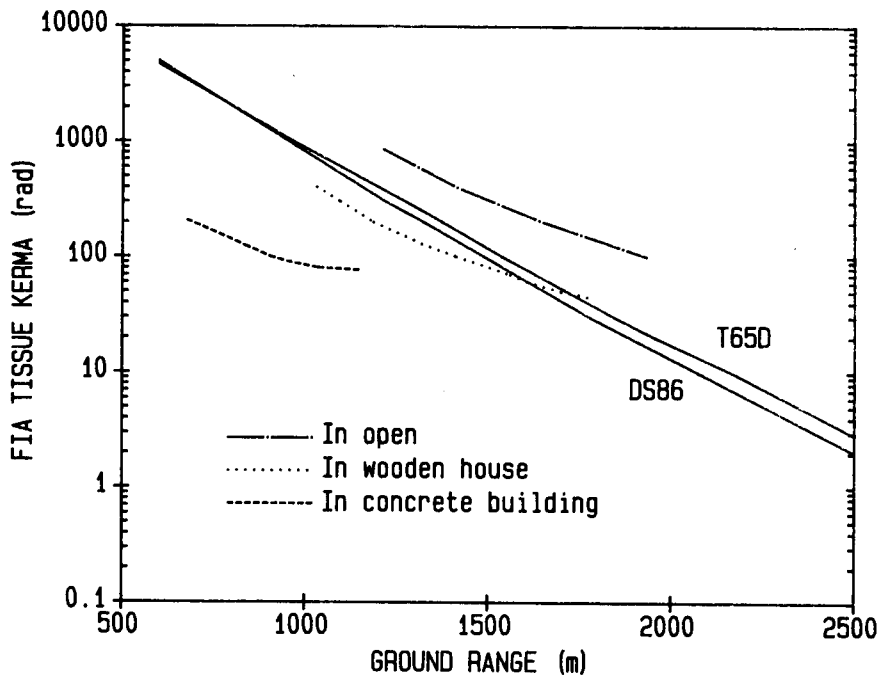


図 7. ESR 線量測定による種々の遮蔽状態における値と計算による空中組織吸収線量の比較