

TENTATIVE 1965 RADIATION DOSE ESTIMATION  
FOR ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T65D)の推定

HIROSHIMA AND NAGASAKI

広島・長崎

ROY C. MILTON, Ph.D.

TAKAO SHOHOJI, M.S. 正法地孝雄



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所—原爆傷害調査委員会

JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE

## TECHNICAL REPORT SERIES

### 業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

ABCC業績報告書は、ABCCの日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

TENTATIVE 1965 RADIATION DOSE ESTIMATION  
FOR ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T65D)の推定

HIROSHIMA AND NAGASAKI

広島・長崎

ROY C. MILTON, Ph.D.

TAKAO SHOHOJI, M.S. 正法地孝雄

*Department of Statistics*

統計部

*Approved 承認 25 January 1968*



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

A Cooperative Research Agency of  
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
and  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFARE  
with funds provided by  
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH  
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

広島および長崎

米国学士院 - 学術会議と厚生省国立予防衛生研究所  
との日米共同調査研究機関

米国原子力委員会、厚生省国立予防衛生研究所および米国公衆衛生局の研究費による

# CONTENTS

## 目 次

Introduction 緒 言 .....	1
Air Dose 空気線量 .....	2
Epicenter 爆 央.....	4
Shielding Configuration 遮蔽状態 .....	7
Attenuation by Shielding 遮蔽による減弱 .....	9
Reliability of Individual Dose Estimates 各線量推定値の信頼性 .....	10
Residual Radiation 残留放射線 .....	11
Use of T65D at ABCC ABCCにおけるT65Dの使用 .....	11
Summary 要 約.....	12
References 参考文献 .....	13
Appendix 付 録	
The "9-parameter Formulae" for the evaluation of Radiation Exposure in Japanese Dwelling Houses 日本式住宅内における放射線被曝の評価に用いる「9-パラメーター方式」 .....	42
 Table 1. Coefficients of air dose equations and epicenter coordinates 表 空気線量方程式の係数および爆央の座標 .....	2
2. Comparison of air dose curves 空気線量曲線の比較 .....	4
3. T65D air dose values, Hiroshima T65D 空気線量値, 広島 .....	5
4. T65D air dose values, Nagasaki T65D 空気線量値, 長崎 .....	6
5. Average gamma dose, T57D and T65D, by distance — Hiroshima 平均ガンマ線量 (T57D および T65D), 距離別—広島 .....	23
6. Average gamma dose, T57D and T65D, by distance — Nagasaki 平均ガンマ線量 (T57D および T65D), 距離別—長崎 .....	25
7. Average neutron dose, T57D and T65D, by distance — Hiroshima 平均中性子線量 (T57D および T65D), 距離別—広島 .....	27
8. Average neutron dose, T57D and T65D, by distance — Nagasaki 平均中性子線量 (T57D および T65D), 距離別—長崎 .....	29
9. Average total dose, T57D and T65D, by distance — Hiroshima 平均総線量 (T57D および T65D), 距離別—広島 .....	31
10. Average total dose, T57D and T65D, by distance — Nagasaki 平均総線量 (T57D および T65D), 距離別—長崎 .....	33
11. Distribution of transmission factors — Hiroshima 透過係数の分布—広島 .....	35

12. Distribution of transmission factors — Nagasaki 透過係数の分布—長崎 .....	36
13. Status of T65D calculation 15 August 1967 T65D 計算の状況, 1967年8月15日現在 .....	37
14. Status of T65D calculation for ME200 and ST100, 15 August 1967 ME 200 と ST 100 標本の T65D 計算の状況, 1967年8月15日現在 .....	37
15. Distribution of ME200 and ST100 samples by T65D T65D に基づく ME 200 および ST 100 の分布 .....	38
16. Distribution of ME200 sample, neutron and gamma, T65D T65D の中性子線およびガンマ線に基づく ME 200 の分布 .....	40
17. Distribution of ST100 sample, neutron and gamma, T65D T65D の中性子線およびガンマ線に基づく ST 100 の分布 .....	41
Figure 1. Comparison of air dose curves, neutron, Hiroshima 図 空気線量曲線の比較, 中性子線, 広島 .....	15
2. Comparison of air dose curves, neutron, Nagasaki 空気線量曲線の比較, 中性子線, 長崎 .....	15
3. Comparison of air dose curves, gamma, Hiroshima 空気線量曲線の比較, ガンマ線, 広島 .....	16
4. Comparison of air dose curves, gamma, Nagasaki 空気線量曲線の比較, ガンマ線, 長崎 .....	16
5. Comparison of Air dose curves, total dose, Hiroshima 空気線量曲線の比較, 総線量, 広島 .....	17
6. Comparison of air dose curves, total dose, Nagasaki 空気線量曲線の比較, 総線量, 長崎 .....	17
7. Comparison, average neutron dose, Hiroshima 平均中性子線量の比較図, 広島 .....	18
8. Comparison, average neutron dose, Nagasaki 平均中性子線量の比較図, 長崎 .....	18
9. Comparison, average gamma dose, Hiroshima 平均ガンマ線量の比較図, 広島 .....	19
10. Comparison, average gamma dose, Nagasaki 平均ガンマ線量の比較図, 長崎 .....	19
11. Comparison, average total dose, Hiroshima 平均総線量の比較図, 広島 .....	20
12. Comparison, average total dose, Nagasaki 平均総線量の比較図, 長崎 .....	20
13. Density map, location of subjects, Hiroshima 対象者の原爆時の位置の分布地図, 広島 .....	21
14. Density map, location of subjects, Nagasaki 対象者の原爆時の位置の分布地図, 長崎 .....	22

# TENTATIVE 1965 RADIATION DOSE ESTIMATION FOR ATOMIC BOMB SURVIVORS

HIROSHIMA AND NAGASAKI

## 原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T65D)の推定

広島・長崎

### INTRODUCTION

Studies on the late effects of instantaneous whole-body irradiation in survivors of the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki require the best possible estimates of the radiation (gamma and neutron) dose\* received by survivors. Since 1956, the Health Physics Division, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), has conducted research designed to provide the basis for estimating the doses actually received by survivors individually, and since 1963 the Japanese National Institute of Radiological Sciences (JNIRS) has also advised ABCC on dosimetry and undertaken independent research in this area. The principal objective of these efforts has been to estimate the air dose at various distances from the hypocenter and the transmission (or attenuation) factors resulting from various shielding configurations.

Arakawa<sup>1</sup> has described the general approach to estimation developed by the ORNL group, and also the shielding histories obtained at ABCC in accordance with that approach. Since the T57D system there described was instituted, important advances have been made which have led to the new T65D system of dose estimates:

The air dose curves of York,<sup>2</sup> which for the Hiroshima and Nagasaki bombs were indirectly obtained, have been replaced by estimates based on field experiments plus a review of all pertinent data.<sup>3</sup>

The ORNL group has developed a more sophisticated "9-parameter" procedure<sup>4</sup> for estimating the individual transmission factors to be applied to the air dose for persons exposed in typical Japanese houses.

A spherical coordinate projector (globe)<sup>5</sup> developed at ORNL proved especially useful in evaluating the effects of partial shielding afforded by features of terrain and adjacent structures. This device was introduced at ABCC in 1960 and by 1961 was being routinely applied to the special shielding situations presented by irregularities of terrain, and by adjacent walls, buildings, etc.

### 緒言

広島および長崎の原子爆弾で放射線を瞬間的に全身に受けた被爆生存者の後発性影響に関する調査を行なうには、被爆者が受けた放射線(γ線および中性子線)量\*をできるだけ正確に推定する必要がある。1956年以来、米国のOak Ridge National Laboratory (ORNL)保健物理部では、各被爆者が実際に受けた線量を推定するための基礎資料を求めるために研究が続けられており、1963年以来、日本の放射線医学総合研究所(放医研)も線量測定に関してABCCに助言を行なうとともに、独自の立場でこの分野の研究を行なっている。これらの調査の主要目的は爆心地からの各距離における空気線量(または空中線量)ならびに種々の遮蔽物の形状・配置による透過率(または減弱率)を推定することにあつた。

Arakawa<sup>1</sup>は、ORNLの研究者によって開発された全般的な推定方法、ならびにその方法に基づいてABCCで入手した遮蔽歴について報告した。同報告に述べられているT57D方式の設定以来、著しい進捗が見られ、新しい線量推定法としてT65D方式が得られた。

広島および長崎の原爆について間接的に推定されたYorkの空気線量曲線<sup>2</sup>に代わって、野外実験ならびにすべての関係資料<sup>3</sup>の検討に基づく推定値が使用されている。

ORNLの研究者らは、典型的な日本建築の家屋内で被爆した各被爆者に対する空気線量の透過率を推定するための複雑な「9パラメーター」方式<sup>4</sup>を開発した。

ORNLで開発された球面座標投影機(グローブ)<sup>5</sup>は、地形や付近の構築物による部分的遮蔽の効果を評価するのに特に有効であつた。この装置は1960年にABCCにもたらされ、1961年までに地形の凹凸や隣接の壁、建物などによって生じる特別な遮蔽状態に対して通常作業として使用されるに至つた。

\* Radiation dose is the amount of energy absorbed per unit mass within a substance.  
放射線の線量とはある物質中におけるその単位質量あたりに吸収されるエネルギーである。

**AIR DOSE**

The air dose equation employed in the T65D calculations is given by Ritchie and Hurst.<sup>2</sup> It was verified empirically at weapons tests that both the gamma and neutron doses decrease with distance according to the equation:

$$D(R) = \frac{G_0 \exp(-R/L)}{R^2}$$

where D(R) is the dose in rad\* at a slant distance of R meters, L is the relaxation length in meters for the appropriate air density and for the type and spectrum of radiation, and G<sub>0</sub> is a normalizing coefficient which depends on the particular type of weapon, its yield, and the type of radiation. The constants of this equation and the coordinates of the epicenter (burst point) used to calculate the T65D estimates are given in Table 1, together with values derived from York's curves for air dose vs ground distance, the coordinates used in calculating the T57D estimates, and values of the coefficients derived at ABCC from the JNIRS data.<sup>6</sup>

**空気線量**

T65Dの計算に用いられている空気線量方程式は、RitchieおよびHurstによって得られたものである。<sup>2</sup> この方程式によるとガンマ線量および中性子線量は爆心地からの距離が遠くなるに従って減少するが、これは核兵器実験によって確認されている。

ただし、D(R)は、原爆の炸裂点からの直線距離Rメートルのところにおける線量(rad単位)\*、Lは該当の空気密度ならびに放射線の種類およびスペクトルに対する弛緩距離(m単位)であり、G<sub>0</sub>は資料を標準化するための係数で、爆弾の型、収量、および放射線の種類と関係がある。表1には、T65D推定値の計算に用いられたこの方程式の定数と爆央(炸裂点)の座標、ならびにYork曲線によって得た地上距離に対する空気線量の値、T57D推定値の計算に用いられた座標、およびABCCが放医研<sup>6</sup>の資料に基づいて得た係数を示す。

TABLE 1 COEFFICIENTS OF THE AIR DOSE EQUATIONS AND EPICENTER COORDINATES USED TO CALCULATE RADIATION DOSE FOR ATOMIC BOMB SURVIVORS

表1 空気線量方程式の係数および原子爆弾被爆者に関する放射線量の推計に用いられた爆央の座標

Parameter パラメーター	T65D		JNIRS 放医研		T57D	
	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎
Epicenter Height 高さ m	577	507	590	500	580	490
Burst Point Abscissa 横座標	744.285	1293.656	744.28	1293.63	744.31	1293.61
Ordinate 縦座標	1261.697	1065.966	1261.70	1065.95	1261.72	1065.92
Relaxation length (L) Neutrons 中性子線	198	198	193	225	218	218
Gamma rays ガンマ線	250	350	256	323	346	346
Extrapolated G <sub>0</sub> at burst point Neutrons 中性子線	8.70 × 10 <sup>10</sup>	1.30 × 10 <sup>10</sup>	8.62 × 10 <sup>10</sup>	1.06 × 10 <sup>10</sup>	8.64 × 10 <sup>10</sup>	1.25 × 10 <sup>10</sup>
Gamma rays ガンマ線	3.45 × 10 <sup>10</sup>	2.75 × 10 <sup>10</sup>	3.38 × 10 <sup>10</sup>	3.30 × 10 <sup>10</sup>	2.16 × 10 <sup>10</sup>	2.68 × 10 <sup>10</sup>
Reference 参考文献	(3, 11, 12)		(6, 9, 13, 24)		(3, 9, 13, 25)	

T65D epicenter estimates have been in effect at ABCC since April 1966.

T65D方式の炸裂点の推定値はABCCで1966年4月以来使用している。

Reference maps: US AMS series L902, 138353, Hiroshima (August 1945); and US AMS series L902, 138449, Nagasaki (September 1946).

参照地図: 広島では1945年8月づけ米軍AMS L902集, 第138353号; 長崎では1946年9月づけ米軍AMS L902集, 第138449号。

Unfortunately, the coordinate system of the maps used at ABCC gives distances in yards. Therefore to obtain the slant distance R, in meters, the procedure is as follows:

Let the epicenter coordinates be X<sub>c</sub>(East-West), Y<sub>c</sub>(North-South), and the height of burst be H<sub>c</sub> (in meters above sea level). Let the survivor's location at the time of the bomb (ATB) (i.e. the exact location) be given by X, Y, and H (altitude above sea level in meters).

あいにく、ABCCで使用した地図の座標では距離はヤード単位になっている。したがって爆央からの直線距離をメートル単位で出すためには、次のような方法を用いる。

爆央座標を X<sub>c</sub>(東西)および Y<sub>c</sub>(南北)、また炸裂点の高さを H<sub>c</sub>(海拔、m単位)とし、爆発時の被爆者の位置(すなわち実際にいた位置)を X, Y, および H(海拔、m単位)で表わすとすれば、

\* 1 rad is equivalent to energy absorption of 100 ergs per gram of material irradiated at the point of interest, i.e., the unit for energy absorption.  
1ラッドは問題の点における照射を受ける物質1gあたり、100エルグのエネルギー吸収に等しい。すなわち、ラッドは吸収エネルギーという意味の単位である。

Then the ground distance,  $d$ , in meters is given by: 地上距離  $d$  (m 単位) は:

$$d = 0.9144 \sqrt{(X - X_c)^2 + (Y - Y_c)^2}$$

and the slant distance,  $R$ , in meters is: となり, また炸裂点からの直線距離  $R$  (m 単位) は:

$$R = \sqrt{d^2 + (H - H_c)^2}$$

It is apparent that, where the topography is uneven, care should be taken that ground distance is not used as a measure of air dose. The change in air dose corresponding to a change in elevation of a subject is illustrated for Nagasaki in the following table:

Elevation of subject above that of hypocenter 爆心地の高さを基準にした対象者の位置の高さ	0 m	50	100	150
Slant distance at ground distance 1000 m 地上距離1000 mにおける直線距離 .....	1121 m	1099	1080	1062
Total air dose in rad 総空気線量 (rad) .....	925	1025	1127	1228

となる。地形が平坦でない場合は、地上距離を空気線量の尺度として使用しないよう注意する必要があることは明白である。長崎の場合、対象者の位置の高さが変化することにつれて起こる空気線量の変化を、次の表に示す。

The present procedures apply strictly only to survivors within 2 or 3 meters of the ground, and at slant distances greater than about 2 relaxation lengths (2L) from the epicenter (the latter category includes all survivors since height of burst is about 2L).

この方法は、被爆者の位置が地上 2, 3 m 以内であり、直線距離が爆心からの弛緩距離の約 2 倍 (2L) より大きい場合に限り適用される (炸裂点の高さは約 2L であるから、被爆者は全員後者の範疇に含まれる)。

The air dose curves calculated from the parameters given by Auxier et al.<sup>3</sup> and used in the T65D system are shown graphically in Figures 1-12, and in abbreviated form in Table 2, in comparison with the T57D (York) curves, and those derived by fitting equations to the JNIRS data points. The T65D (ORNL) curves for Nagasaki are nearly the same as the T57D, and the JNIRS points<sup>6</sup> for gamma ray dose fall quite close to the T65D curves. The two JNIRS points for neutron air dose are about 17% and 42%, respectively, above the T65D neutron dose curves, but the neutron dose is a small component of the total in Nagasaki.

Auxier ら<sup>3</sup> が得たパラメーターの値を用いて、T65D 方式によって計算された空気線量曲線と、T57D (York) の空気線量曲線および放医研の資料に適用して得た曲線との比較を、グラフで図 1-6 に示し、表 2 でこれらを簡単にまとめた。長崎の場合、T65D (ORNL) 曲線は T57D とほとんど同じであり、放医研の  $\gamma$  線量値<sup>6</sup> は T65D 曲線にかなり近い。放医研によって求められた 2 つの中性子線量点は、T65D 中性子線量曲線よりもそれぞれ約 17% および 42% ほど高いが、長崎では中性子線量は総線量からみればわずかなものである。

For Hiroshima, the T65D curves are lower than the T57D (York) curves by an amount varying from one to three times "the probable error" stated for York's data. The JNIRS points are within 20% of the new ORNL curves, which is within the stated estimate of the range of error for the ORNL determination.<sup>3</sup> Since the JNIRS method depends on completely independent data, the agreement is satisfying. Higashimura et al also made measurements on the thermoluminescence of roof tiles in

広島の場合、T65D 曲線は、York の資料に関する報告で述べられている「確率誤差」の 1-3 倍の量だけ T57D (York) 曲線よりも低い。放医研で求められた点は新しい ORNL 曲線の 20% 以内であり、これは報告された ORNL 測定値の推定誤差の範囲内である。<sup>3</sup> 放医研で使用した方法は、全く独自の資料に基づくものであるから、結果の一致をみたことは満足に値する。東村らも広島・長崎両市における屋根瓦の熱ルミネッセンスについて測定を



TABLE 2 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES AT 500 m INTERVALS

表2 500m間隔での空気線量曲線の比較

Ground distance 地上距離 (m)	Gamma rays ガンマ線 (rad)				Neutrons 中性子線 (rad)					Total 合計 (rad)				
	T57D (York)	T65D	T65D 50*	JNIRS T57D† T65D	T57D (York)	T65D	T65D 50*	JNIRS T57D† T65D	T57D (York)	T65D	T65D 50*	JNIRS T57D† T65D		
<b>Hiroshima 広島</b>														
0	12000	10300		9690 1.16	18000	14200		11700 1.27	40000	24500		21400 1.22		
500	4030	2790		2760 1.44	4390	3160		2620 1.39	8420	5950		5380 1.42		
1000	572	256		269 2.24	321	192		156 1.68	893	448		425 2.00		
1500	80.0	21.6		24.0 3.71	20.9	10.1		7.8 2.08	100	31.7		31.8 3.19		
2000	12.1	1.9		2.3 6.29	1.4	0.5		0.4 2.59	13.5	2.4		2.7 5.47		
<b>Nagasaki 長崎</b>														
0	27000	25100	35700	28000 1.08	5500	3910	6190	4600 1.41	32500	29000	41900	32600 1.12		
500	7230	7090	8650	7390 1.02	1030	703	926	915 1.46	8260	7790	9580	8310 1.06		
1000	865	889	983	829 0.97	61.0	35.9	41.7	58.9 1.70	926	925	1030	888 1.00		
1500	113	119	127	98.7 0.95	3.6	1.7	1.9	3.8 2.07	117	121	129	102 0.96		
2000	16.5	17.8	18.6	13.1 0.93	0.2	0.1	0.1	0.3 2.56	16.7	17.9	18.7	13.4 0.93		

\*Elevation of subject above that of hypocenter (m).

爆心地の高度を基準にした対象者の高さ(m).

†Calculated using numbers with more significant places than those shown.

示された数値よりも多くの有効数字を用いて算出した。

the two cities.<sup>7,8</sup> Their results are also in agreement with the new ORNL gamma ray curves, rather than with those of York.

Tables 3 and 4 give the T65D air dose values for each city corresponding to ground distance from the hypocenter at the elevation of the hypocenter.

In recent analyses at ABCC a distance cut at 1400 m has often been used, corresponding to about 178 rad (total dose) on the York curves for Hiroshima, and to 186 rad for Nagasaki. The T65D curves suggest that the two cities should not be divided in the same way and that 1200 m for Hiroshima corresponds to about 1400 m in Nagasaki. Of course, distance alone, or even distance within shielding category, provides only a rough approximation of the dose received by the individual, and it is expected that definitive analyses will in the future be based on the T65D values.

## EPICENTER

The estimated coordinates of the epicenter are also tentative, despite considerable efforts at ORNL and ABCC to provide "definitive" estimates. The measurements of Nagaoka for both cities, previously utilized by Woodbury and Mizuki, and Arakawa and Nagaoka;<sup>9</sup> and by Hubbell, et al<sup>10</sup> have been reworked at ABCC<sup>11,12</sup> by

行なった.<sup>7,8</sup> その結果も, York の線量曲線よりむしろ ORNL の新しいγ線量曲線と一致するものである。

表3および表4は, 広島・長崎それぞれの爆心地の高さにおいて, 爆心地からの地上距離に応じて変化するT65D空気線量値を示す。

ABCCにおける最近の解析では標本の組み分けの際1400mの地上距離がしばしば用いられているが, この場合の総線量はYork曲線によれば広島では約178rad, 長崎では186radになる。T65D曲線の結果からは, 両市を同じ距離規準で組み分けすべきでないこと, また広島の上距離1200mにおける線量は長崎では地上距離約1400mの線量に相当することが示唆される。もちろん, 距離のみ, あるいは遮蔽物を考慮に入れた距離によっても, 各被爆者が受けた線量の概略の値が得られる。将来はT65Dの値に基づいて明確な解析が行なわれることが期待される。

## 爆 央

ORNLおよびABCCでは相当な努力を払って「確定的な」爆央の推定値を出そうとしたにもかかわらず, まだ爆央の推定座標は暫定的なものである。Woodburyおよび水木, Arakawaおよび長岡,<sup>9</sup> ならびにHubbellら<sup>10</sup>が用いた長岡の両市に関する測定値は, 両市について標準的な方法を用いてABCCで改訂が加えられている。<sup>11,12</sup>

TABLE 3 T65D AIR DOSE VALUES, HIROSHIMA

表3 T65D 空気線量値、広島

Ground distance from ground zero 爆心地からの地上距離					Slant distance from epicenter 爆央からの直線距離				
Ground distance 地上距離 m	Slant distance 直線距離 m	Gamma ガンマ線 rad	Neutron 中性子線 rad	Total 総線量 rad	Slant distance 直線距離 m	Ground distance 地上距離 m	Gamma ガンマ線 rad	Neutron 中性子線 rad	Total 総線量 rad
0.0	577.0	10306.6	14176.6	24483.2	600.0	164.5	8693.8	11672.7	20366.5
100.0	585.6	9667.7	13178.1	22845.8	700.0	396.3	4281.5	5175.3	9456.9
200.0	610.7	8041.5	10676.4	18717.9	800.0	554.1	2197.3	2391.2	4588.5
300.0	650.3	6050.8	7705.7	13756.5	900.0	690.7	1163.8	1140.2	2304.0
400.0	702.1	4220.7	5090.6	9311.3	1000.0	816.7	631.9	557.3	1189.2
500.0	763.5	2791.7	3156.8	5948.5	1100.0	936.5	350.1	278.0	628.0
550.0	797.1	2238.6	2443.5	4682.1	1150.0	994.8	262.2	197.6	459.8
600.0	832.4	1782.6	1874.9	3657.6	1200.0	1052.2	197.2	141.0	338.1
650.0	869.2	1411.7	1428.6	2840.3	1250.0	1108.9	148.8	100.9	249.7
700.0	907.2	1113.2	1082.4	2195.6	1300.0	1164.9	112.6	72.5	185.1
750.0	946.3	874.9	816.5	1691.3	1350.0	1220.5	85.5	52.2	137.7
800.0	986.4	685.9	613.7	1299.5	1400.0	1275.6	65.1	37.7	102.8
850.0	1027.3	536.7	460.0	996.6	1450.0	1330.3	49.7	27.3	77.0
900.0	1069.1	419.4	344.0	763.4	1500.0	1384.6	38.0	19.8	57.8
950.0	1111.5	327.4	256.9	584.3	1550.0	1438.6	29.1	14.4	43.6
1000.0	1154.5	255.5	191.6	447.1	1600.0	1492.3	22.4	10.5	32.9
1050.0	1198.1	199.3	142.8	342.1	1650.0	1545.8	17.2	7.7	24.9
1100.0	1242.1	155.5	106.3	261.8	1700.0	1599.1	13.3	5.6	18.9
1150.0	1286.6	121.3	79.2	200.4	1750.0	1652.1	10.3	4.1	14.4
1200.0	1331.5	94.6	58.9	153.6	1800.0	1705.0	7.9	3.0	11.0
1250.0	1376.7	73.9	43.9	117.7	1850.0	1757.7	6.2	2.2	8.4
1300.0	1422.3	57.7	32.6	90.3	1900.0	1810.3	4.8	1.6	6.4
1350.0	1468.1	45.1	24.3	69.4	1950.0	1862.7	3.7	1.2	4.9
1400.0	1514.2	35.2	18.1	53.3	2000.0	1915.0	2.9	0.9	3.8
1450.0	1560.6	27.6	13.5	41.0	2050.0	1967.1	2.3	0.7	2.9
1500.0	1607.1	21.6	10.1	31.6	2100.0	2019.2	1.8	0.5	2.2
1550.0	1653.9	16.9	7.5	24.4	2150.0	2071.1	1.4	0.4	1.7
1600.0	1700.9	13.2	5.6	18.8	2200.0	2123.0	1.1	0.3	1.3
1650.0	1748.0	10.4	4.2	14.6	2250.0	2174.8	0.8	0.2	1.0
1700.0	1795.3	8.1	3.1	11.3	2300.0	2226.4	0.7	0.1	0.8
1750.0	1842.7	6.4	2.3	8.7	2350.0	2278.1	0.5	0.1	0.6
1800.0	1890.2	5.0	1.7	6.8	2400.0	2329.6	0.4	0.1	0.5
1850.0	1937.9	4.0	1.3	5.3	2450.0	2381.1	0.3	0.1	0.4
1900.0	1985.7	3.1	1.0	4.1	2500.0	2432.5	0.3	0.0	0.3
1950.0	2033.6	2.4	0.7	3.2	2550.0	2483.9	0.2	0.0	0.2
2000.0	2081.6	1.9	0.5	2.5	2600.0	2535.2	0.2	0.0	0.2
2100.0	2177.8	1.2	0.3	1.5	2700.0	2637.6	0.1	0.0	0.1
2200.0	2274.4	0.7	0.2	0.9	2800.0	2739.9	0.1	0.0	0.1
2300.0	2371.3	0.5	0.1	0.6	2900.0	2842.0	0.0	0.0	0.0
2400.0	2468.4	0.3	0.1	0.3	3000.0	2944.0	0.0	0.0	0.0
2500.0	2565.7	0.2	0.0	0.2	3100.0	3045.8	0.0	0.0	0.0
2600.0	2663.3	0.1	0.0	0.1	3200.0	3147.6	0.0	0.0	0.0
2700.0	2761.0	0.1	0.0	0.1	3300.0	3249.2	0.0	0.0	0.0
2800.0	2858.8	0.0	0.0	0.1	3400.0	3350.7	0.0	0.0	0.0
2900.0	2956.8	0.0	0.0	0.0	3500.0	3452.1	0.0	0.0	0.0
3000.0	3055.0	0.0	0.0	0.0	3600.0	3553.5	0.0	0.0	0.0

TABLE 4 T65D AIR DOSE VALUES, NAGASAKI

表 4 T 65 D 空気線量値, 長崎

Ground distance from ground zero 爆心地からの地上距離					Slant distance from epicenter 爆央からの直線距離				
Ground distance 地上距離 m	Slant distance 直線距離 m	Gamma ガンマ線 rad	Neutron 中性子線 rad	Total 総線量 rad	Slant distance 直線距離 m	Ground Distance 地上距離 m	Gamma ガンマ線 rad	Neutron 中性子線 rad	Total 総線量 rad
0.0	507.0	25131.0	3907.2	29038.3	600.0	320.9	13757.1	1744.2	15501.3
100.0	516.8	23524.2	3579.9	27104.1	700.0	482.6	7595.3	773.3	8368.7
200.0	545.0	19508.3	2790.4	22298.6	800.0	618.8	4370.0	357.3	4727.3
300.0	589.1	14721.5	1911.6	16633.1	900.0	743.6	2594.7	170.4	2765.1
400.0	645.8	10418.8	1194.7	11613.5	1000.0	861.9	1579.4	83.3	1662.7
500.0	712.1	7091.1	703.1	7794.2	1100.0	976.2	980.9	41.5	1022.4
550.0	748.0	5798.4	531.3	6329.7	1150.0	1032.2	778.0	29.5	807.5
600.0	785.5	4723.9	398.7	5122.6	1200.0	1087.6	619.4	21.1	640.4
650.0	824.3	3839.1	297.6	4136.7	1250.0	1142.6	494.8	15.1	509.9
700.0	864.3	3115.3	221.2	3336.5	1300.0	1197.1	396.6	10.8	407.4
750.0	905.3	2526.0	163.9	2690.0	1350.0	1251.2	318.8	7.8	326.6
800.0	947.1	2047.8	121.3	2169.0	1400.0	1305.0	257.0	5.6	262.6
850.0	989.7	1660.4	89.5	1750.0	1450.0	1358.5	207.7	4.1	211.8
900.0	1033.0	1347.0	66.1	1413.1	1500.0	1411.7	168.2	3.0	171.2
950.0	1076.8	1093.6	48.7	1142.4	1550.0	1464.7	136.6	2.2	138.7
1000.0	1121.2	888.7	35.9	924.7	1600.0	1517.5	111.1	1.6	112.7
1050.0	1166.0	723.0	26.5	749.5	1650.0	1570.2	90.6	1.1	91.7
1100.0	1211.2	588.8	19.5	608.3	1700.0	1622.6	74.0	0.8	74.8
1150.0	1256.8	480.1	14.4	494.5	1750.0	1674.9	60.5	0.6	61.1
1200.0	1302.7	391.9	10.6	402.5	1800.0	1727.1	49.6	0.5	50.0
1250.0	1348.9	320.3	7.9	328.2	1850.0	1779.2	40.7	0.3	41.0
1300.0	1395.4	262.1	5.8	267.9	1900.0	1831.1	33.4	0.2	33.7
1350.0	1442.1	214.8	4.3	219.1	1950.0	1882.9	27.5	0.2	27.7
1400.0	1489.0	176.2	3.2	179.4	2000.0	1934.7	22.7	0.1	22.8
1450.0	1536.1	144.7	2.4	147.1	2050.0	1986.3	18.7	0.1	18.8
1500.0	1583.4	119.0	1.7	120.7	2100.0	2037.9	15.5	0.1	15.5
1550.0	1630.8	97.9	1.3	99.2	2150.0	2089.4	12.8	0.1	12.8
1600.0	1678.4	80.7	1.0	81.7	2200.0	2140.8	10.6	0.0	10.6
1650.0	1726.1	66.6	0.7	67.3	2250.0	2192.1	8.8	0.0	8.8
1700.0	1774.0	55.0	0.5	55.5	2300.0	2243.4	7.3	0.0	7.3
1750.0	1822.0	45.4	0.4	45.8	2350.0	2294.7	6.0	0.0	6.1
1800.0	1870.0	37.6	0.3	37.9	2400.0	2345.8	5.0	0.0	5.0
1850.0	1918.2	31.1	0.2	31.4	2450.0	2397.0	4.2	0.0	4.2
1900.0	1966.5	25.8	0.2	26.0	2500.0	2448.1	3.5	0.0	3.5
1950.0	2014.8	21.4	0.1	21.5	2550.0	2499.1	2.9	0.0	2.9
2000.0	2063.3	17.8	0.1	17.9	2600.0	2550.1	2.4	0.0	2.4
2100.0	2160.3	12.3	0.1	12.3	2700.0	2652.0	1.7	0.0	1.7
2200.0	2257.7	8.5	0.0	8.6	2800.0	2753.7	1.2	0.0	1.2
2300.0	2355.2	5.9	0.0	5.9	2900.0	2855.3	0.8	0.0	0.8
2400.0	2453.0	4.1	0.0	4.1	3000.0	2956.8	0.6	0.0	0.6
2500.0	2550.9	2.9	0.0	2.9	3100.0	3058.3	0.4	0.0	0.4
2600.0	2649.0	2.0	0.0	2.0	3200.0	3159.6	0.3	0.0	0.3
2700.0	2747.2	1.4	0.0	1.4	3300.0	3260.8	0.2	0.0	0.2
2800.0	2845.5	1.0	0.0	1.0	3400.0	3362.0	0.1	0.0	0.1
2900.0	2944.0	0.7	0.0	0.7	3500.0	3463.1	0.1	0.0	0.1
3000.0	3042.5	0.5	0.0	0.5	3600.0	3564.1	0.1	0.0	0.1

means of standard procedures for both cities. The hypocenter is estimated by minimizing the weighted sum of squares of perpendicular distances from average thermal ray shadow angles to the assumed hypocenter, where weights are the number of measurements made at each location. Height is estimated from average elevation shadows and the previously obtained hypocenter coordinates. In Table I these revised estimates are compared with those of Woodbury and Mizuki<sup>9</sup> for Hiroshima and those for Nagasaki<sup>10</sup> which were used at ABCC before April 1966.

There exist several early Japanese reports on epicenter estimates.<sup>13</sup> The ORNL group is including these in a review of the entire subject, from which recommendations for further changes may emanate.<sup>14</sup>

### SHIELDING CONFIGURATION

Shielding histories have been obtained at ABCC since 1951 in Nagasaki and 1954 in Hiroshima, with changes in content being made from time to time in accordance with the development of estimation procedures at ORNL. In Nagasaki shielding histories have been sought for all ST 100, PE 86, and HE 39 subjects exposed within 2000 m, and for those in the major programs of earlier years (ME 55, PE 18, etc.) exposed within 2200 m. In Hiroshima the inquiry has been similarly structured but because the larger volume of cases led to a prolongation of effort, in 1965 the critical boundary of 2000 m was reduced to 1600 m, so that the 1600-2000 m distance group was never completely exhausted. Furthermore, the total air dose in Hiroshima at 1600 m according to the revised estimate (18.8 rad), is almost equal to that in Nagasaki at 2000 m (17.9 rad). A recent summary of shielding histories available in both cities shows:

Project 研究課題	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Total 合計
ST 100	15462	5922	21384
ME 200	6225	2608	8833
MEY	9237	3314	12551
PE 86	428	103	531
Other その他	4381	2309	6690
Total 合計	20271	8334	28605

IBM 01674

These counts represent 91% and 83% of the ME 200 subjects in Hiroshima and Nagasaki, respectively, and 72% and 87% of all ST 100 subjects within 2000 m.

熱線による影の平均角度から仮定された真の爆央までの垂直距離の重みのかかった平方和を最小にするようにして爆央は推定されている。ここで重みは各測定地点での測定個数である。また高さは、高さの影の平均角度およびすでに推定された爆央の座標から推定される。表1ではこれらの改訂推定値と、1966年4月までABCCで使用されていたWoodburyおよび水木<sup>9</sup>の広島爆央推定値と、別途に求められていた長崎推定値<sup>10</sup>との比較ができる。

爆央の推定に関しては、初期において日本人科学者の報告がいくつかある。<sup>13</sup> ORNLではこれらの資料を含めてこの問題全体の検討を行なっており、<sup>14</sup> この結果さらに変更を加える必要があるかどうかについて勧告が出されるかもしれない。

### 遮蔽状態

ABCCにおいては、長崎では1951年以来、広島では1954年以来、被爆者の遮蔽歴の調査を行なっているが、ORNLで推定方法が開発されるにつれて調査項目にはその都度変更が加えられている。長崎では、ST 100, PE 86, およびHE 39対象者で2000 m未満で被爆した者で遮蔽歴収集可能な被爆者全員、ならびに初期の主要研究計画の対象者 (ME 55, PE 18などの対象者) で2200 m未満の被爆者については遮蔽歴が収集されている。広島でも同様な調査が行なわれたが、対象者数が多いため調査期間が長びき、1965年には対象範囲を2000 mから1600 mに縮小したので、1600-2000 mの間で被爆した全員については完全に調査を行なっていない。なお、広島で1600 mにおける改訂総推定空気線量(18.8 rad)は、長崎における2000 mでのそれ(17.9 rad)にほぼ等しい。両市で入手されている最近の遮蔽歴の概要は次のとおりである。

これらの数は、広島・長崎のME 200対象者のそれぞれ91%および83%に相当し、ST 100対象者で2000 m以内被爆者全員の72%および87%である。

Not all individual shielding configurations fit the ORNL models with equal nicety, and as a practical matter it was decided, during the visit of the ORNL liaison representative in 1966 (J.S. Cheka), that estimates would be made for as many individual subjects as possible on the basis of existing technical information despite that adaptability of the formula for transmission factors differs.<sup>12</sup> In relation to the three well-defined methods of estimating the transmission factors the following classes were defined:

Class 1 Method applies as intended

Class 2 Method applies with minor exceptions for which approximate adjustments can be made

Class 3 No shielding history available but Master Sample Questionnaire data<sup>15</sup> may be used to give a rough estimate

Class 4 No present method applies

Priority was given to classes 1 and 2 in the dose calculation. By 15 August 1967 the calculation of T65D estimates had progressed to the following point:

Shielding Histories 遮蔽歴	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Total 計
Total available 入手されたものの総数.....	20271	8334	28605
Dose calculated 線量計算が行われたもの.....	19575	6894	26469
Calculation pending and impossible 計算未完了または不可能のもの	696	1440	2136
ST 100 < 2000 m Lacking shielding histories 2000 m未満のST 100遮蔽歴のないもの.....	5956	886	6842

Most of the 5956 Hiroshima cases lacking shielding histories were exposed in light construction or in the open and not shielded, fall into Class 3, and were included in the calculations made by 15 August 1967 (Table 13).

Figures 13 and 14 are density maps of exact location ATB for subjects whose T65D estimates had been made by 31 August 1966. Average whole body doses for fixed distance are given in Tables 5-10 for the 83,998 subjects with T65D estimates. Distributions of the transmission factors used to estimate T65D are given in Tables 11 and 12.

For subjects designated as Class 3, estimates are made as follows:

100% of the corresponding air dose is assigned to all who were in the open and unshielded ATB;

For all subjects who were totally shielded by Japanese houses, or by similar light structures, whose exact

各対象者の遮蔽物の形状、配置がことごとく ORNL 模型と同じ程度の正確性で適合しないので、実際には1966年に ORNL 連絡代表 (J. S. Cheka) が来訪した際、この問題が討議され、遮蔽物による放射線の透過係数を求める公式の適応度が多少異なつたとしても、現在の技術的資料をもとにできるだけ多くの対象者について線量推定を行なうことが決定された。<sup>12</sup> 透過係数を推定する3つの方法に対して、次のような分類が行なわれた。

第1級 条件どおりに方法が適用できるもの。

第2級 わずかな条件を除いて方法が適用できるもの。ただし、この不適応条件に対してはほぼ適確な調整を行なうことが可能なもの。

第3級 遮蔽歴は入手されていないが、基本標本質問票の資料<sup>15</sup>を用いて概略の推定値が得られるもの。

第4級 現行の方法が適用できないもの。

線量計算では、第1および第2級を優先的に扱った。T65D 推定値の計算は1967年8月15日現在で次のところまで進捗した。

広島の対象者で遮蔽歴のない5956例のほとんどは軽構造建築物内または戸外で無遮蔽状態で被爆したもので第3級に属するが、これらは1967年8月15日現在の計算に含まれた(表13)。

図13および14は、1966年8月31日までに T65D 推定が行なわれた対象者の原爆時における位置を示す分布図である。T65D 推定値の計算されている83,998人の対象者における一定距離での平均全身被曝線量は表5-10に示す。T65D 推定値の計算に用いられた透過係数の分布は、表11および12に示す。

第3級に指定された対象者についての線量推定は次のようにして行なう。

原爆時屋外にいて遮蔽物のないところで被爆した者全員については該当する空気線量を100%割り当てる。

日本家屋または同様な軽構造建築物によって完全に遮蔽されたが、正確な遮蔽物形状配置は不明であり、その被

shielding configuration is unknown, and who were at distances within 1600 m in Hiroshima or within 2000 m in Nagasaki, average transmission values<sup>16</sup> are used. These have been derived from a representative sample for whom the nine parameter method was applied. These average values are

Radiation 放射線	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎
Gamma rays ガンマ線	0.904	0.813
Neutrons 中性子線	0.316	0.351

Air dose is assigned to all who were beyond 1600 m in Hiroshima or beyond 2000 m in Nagasaki.

### ATTENUATION BY SHIELDING

Gamma rays and neutrons differ in their penetration, and shielding materials in their penetrability. For individuals in the open, unshielded on all sides, the best estimate of the dose received is the air dose. But an individual shielded on one side by a heavy wall will receive the full air dose less some fraction screened out by the wall. The subject in a house, itself shielded by other houses, may receive only a small fraction of the air dose at that distance, depending on numerous characteristics of his shielding configuration.

A spherical coordinate projector (the "globe") was developed at ORNL to evaluate transmission values for these shielding situations. It consists of a sphere of transparent plastic, with latitude and longitude lines inscribed on the surface at 10° intervals, and a small bulb approximating a point source of light at the center. When placed in a scale model of the shielding configuration so that its center represents the subject, the axis is pointed in the direction of the radiation source, and its projection on portions of the model shows what part of the incoming radiation was intercepted by the shield. By the use of the experimentally determined angular distribution function of radiation from an exploding nuclear weapon, in conjunction with the measurements made with the globe, the fraction of intercepted radiation can be determined. When the transmission factor of the shield is known, the fraction of total radiation (air dose) reaching the subject can be computed. For example, if  $y_1$  is the fraction of radiation intercepted,  $T$  is the transmission factor of the shield, and  $y_2$  is the fraction of total radiation which is not blocked, then:

$$D = (T \cdot y_1 + y_2) \times D_{\text{air}}$$

爆距離が広島では1600m以内、長崎では2000m以内であった者全員については、平均透過係数の値<sup>16</sup>を用いる。これらの対象者は、9パラメーター方式を適用した代表的標本から得られたものであり、これらの平均値は次のとおりである。

広島で1600m以遠、長崎では2000m以遠の被爆者全員に対して空気線量を割り当てる。

### 遮蔽による減弱

ガンマ線および中性子線の透過率には差があり、また遮蔽物の材質の透過性にも差がある。屋外にいて、どの方向からも遮蔽されなかった者については、最も正確な被曝線量の推定値は空気線量である。しかし厚い壁によって一方が遮蔽された者は、総空気線量から壁によって遮断された部分を差し引いたものとなる。ほかの家屋によって遮蔽された家屋内で被爆した者は、いろいろの遮蔽物の形状配置に応じて、その距離における空気線量のうちわずかな線量だけを受けるかもしれない。

これらの遮蔽状態における透過率を評価するために、ORNLでは球面座標投影機(通称:グローブ)の開発が行なわれた。グローブは透明なプラスチックの球体から成るもので、その表面には10度間隔に縦および横に線が刻まれ、中心には点光源に近似した小電球がはめてある。遮蔽物の形状配置を縮尺模型にして、グローブの中心が対象者の位置に相当するようにして、軸を放射線源の方向に向け、模型の各部分に投影すると、入射するどの方向からの放射線がどの程度遮蔽物によって遮断されるかがわかる。核兵器の爆発によって生じる放射線を実験的に測定した角度分布表の関数と、グローブによる測定値とを併用することによって、遮断された部分の放射線量が測定できる。遮蔽物の透過係数がわかっておれば、総放射線量(空気線量)のどの程度の量が対象者に達するかが計算できる。たとえば、 $y_1$ を遮断された放射線の部分とし、 $T$ を遮蔽物の透過率、また $y_2$ を総放射線のうち、遮断されない部分とすれば、

where  $D$  is the attenuated dose at the point of interest and  $D_{\text{air}}$  is the air dose at that location. The application of this technique at ABCC is described in a memo by Okamoto.<sup>5</sup>

Because the globe was impractical for the typical survivor located in a Japanese dwelling ATB, methods of approximation were developed in conjunction with Operation BREN (Bare Reactor Experiment Nevada) in 1962, and checked against measurements made of weapons radiation in 1957-58. Radiation within houses constructed to simulate the penetrability of Japanese houses was monitored by dosimeters systematically placed within and near these houses, which were of different sizes and orientations relative to one another. The resulting observations were subjected to analysis by the method of multiple linear regression.<sup>4</sup> Of 23 factors chosen for study, 9 appeared to carry the significant information when investigated by means of a stepwise linear regression program that first selects the variable most highly correlated with the dependent variable, then the one that increases the multiple correlation coefficient by the largest amount, and so on, testing after the addition of each variable to see whether the information added makes a significant contribution. The nine factors which were selected by this analysis, separately for neutrons and gamma rays are as follows: floor number, slant penetration, internal front walls, internal lateral walls, front shield, front shield size, lateral shield, height above floor, and distance from an unshielded window in the direction of the burst point. There are separate equations for neutrons and gamma rays (*Appendix*). The result of the calculation is a decimal fraction that may be applied directly to the air dose at that distance to yield the individual estimate. Cheka et al<sup>4</sup> reports that 50% of such regression estimates were within an error of 6% of the observed values, and 90% within an error of 17% of the observed values.

## RELIABILITY OF INDIVIDUAL DOSE ESTIMATES

When individual dose estimates are used, it should be borne in mind that there may be an accumulation of relatively small errors at each stage in the collection of shielding histories and the numerical estimation, and it is not possible at present to give a quantitative evaluation of either the accuracy or precision of the final estimates.

The accuracy of individual dose estimates has been a matter of concern in recent years, and the memorandum of Milton and Archer<sup>17</sup> should be consulted by those interested in this aspect of the dosimetry for A-bomb survivors. They list known or suspected sources of error as:

この場合、 $D$ は観測点における減弱した放射線量であり、 $D_{\text{air}}$ はその地点における空気線量である。ABCCにおけるこの技法の適用法については、岡本<sup>5</sup>の覚書に述べてある。

原爆時、日本家屋内にいた典型的な被爆者の場合はこのグローブの使用は実用的でなかったため、1962年のBREN (Bare Reactor Experiment Nevada) 実験計画を利用して近似法を開発し、1957-58年の核兵器実験から得た測定値との照合を行なった。透過率が日本家屋の材質に類似するように造られた種々の大きさの家屋をいろいろと方向の組み合わせを変えて配置し、それらの家屋内またはその付近に系統的に線量計を設置して、それら家屋内の線量測定を行なった。観察結果は多重線形回帰法によって解析を行なった。<sup>4</sup> 段階的線型回帰法によって、まず従属変数と最も相関性の強い変数を選定し、次に重相関係数を最大に増加させる変数を選定し、追加された変数が有意な貢献をなすかどうかを調べるため、変数を1つ加えるごとに検定を行ないながら、この操作を漸次くり返した。この方法によって調べると、調査のために選定された23の要因のうち、有意な変数が9つあった。この解析により、中性子線およびガンマ線別に選定されたこの9つの要因は、次のとおりである。すなわち、被曝した建物内における階層数、直線透過距離、前方の内壁、側方の内壁、前方遮蔽、前方遮蔽の大きさ、側方遮蔽、床上の高さ、および爆発方向にある遮蔽されない窓からの距離である。中性子線およびガンマ線については、それぞれ方程式がある(付録参照)。計算の結果は小数であるが、これは各被爆者の推定値を出すために、その距離における空気線量に直接適用することができる。Chekaら<sup>4</sup>は、そのような回帰推定値の50%は6%以内の誤差であり、90%は17%以内の誤差であったと報告している。

## 各線量推定値の信頼性

個々の線量推定値を使用する場合は、遮蔽歴の収集や数値推定の各段階において、比較的小きな誤差が累積するかもしれないし、また現在では最終推定値の正確性あるいは精度の量的評価を示すことは不可能であるということを経験する必要がある。

個々の線量推定値の正確性は近年重要な問題となっており、原爆被爆者に関する線量推定の分野に関心を持つ人々は、Milton および Archer<sup>17</sup>の覚書を参照すべきである。かれらは既知の誤差源、またはその可能性あるものとして、次のものを指摘している。

- 1 Coordinates of location ATB
- 2 Coordinates and height of epicenter
- 3 Functional form of air dose equations
- 4 Parameters of air dose equations
- 5 Shielding histories
- 6 Method of estimating transmission factor (9-parameter, globe, use of air dose for unshielded exposure in the open)

and point out that little statistical information is available with which these individual components of error may be assessed. No overall estimation of the error of individual dose estimates is possible without such knowledge.

## RESIDUAL RADIATION

The problems of residual radiation have been dealt with by the Japan Science Promotion Society,<sup>13</sup> Pace and Smith,<sup>18</sup> Arakawa<sup>1,19</sup> and Shono.<sup>20,22</sup> (The reports by Shono should be read in conjunction with a memorandum by Arakawa.<sup>23</sup> A report on an independent study by Hashizume et al of JNIRS is scheduled to be published soon.)

## USE OF T65D AT ABCC

The T65D estimates, and related information utilized in deriving them, will be stored on a master tape from which information may be drawn by specifying individuals of interest. In addition, an extract of the information (neutron, gamma, and total dose, plus reliability information and method of estimation) will be added to such major tape files as those for ST100 and ME200. Tables 13-15 provides T65D dose distributions for exposed members of the ME200 and ST100 samples, and for all subjects for whom dose estimates have been completed thus far. Tables 16 and 17 show the distribution of the ME200 and ST100 samples for neutrons and gamma rays by T65D.

Although the calculations are complete for the ST100 sample, this is not true of the PE86, in utero mortality, and F<sub>1</sub> samples.

In using the T65D estimates analysts are urged to consider several factors:

The likelihood of obtaining a shielding history is a function of survival in the period of interview, mortality rates being especially high for those lacking histories.

- 1 原爆時の被曝地点の座標
- 2 爆央の座標および高度
- 3 空気線量方程式の関数の形
- 4 空気線量方程式のパラメーター
- 5 遮蔽歴
- 6 透過要因の推定法 (9パラメーター, グローブ, 戸外での無遮蔽被曝に対する空気線量の利用)

なお、かれらはこれら各誤差の構成要素を評価できる統計学的資料がほとんどないことも指摘している。こうした知識なくしては、個々の線量推定値の誤差を総合的に評価することは今のところ不可能である。

## 残留放射線

残留放射線の問題は、日本学術振興会,<sup>13</sup> Pace および Smith<sup>18</sup> ならびに Arakawa によって初期の業績報告書<sup>1,19</sup> に述べられており、また庄野<sup>20-22</sup> によっても報告がなされている。庄野の報告書は Arakawa の覚書<sup>23</sup> とあわせて読むべきである。近いうちに、独自の研究を行なっている放医研の橋詰による報告が出る予定である。

## ABCCにおけるT65Dの使用

T65D 推定値および、それらを得るために利用された関連資料は、資料処理課の磁気テープに収録し、対象者を選定することにより、それらに関する資料が抽出できるようにしておく。さらに、寿命調査および成人健康調査標本 (ST100 および ME200) に関するテープのように主要な調査には、資料として必要なものの1部 (中性子線量, ガンマ線量および総線量, ならびに資料の信頼性および推定法) を追加する。表13-15は、ME200標本およびST100標本中の被曝者全員、ならびに現在までに線量推定が完了している対象者の全員についてのT65D分布を示す。表16および17は、ME200標本およびST100標本のガンマ線と中性子線のT65Dの分布を示す。

ST100については計算が完了しているが、PE86、胎内被曝児死亡および原爆被曝者の子孫の諸標本については未完了である。

解析者は、T65D 推定値を使用する場合は、次の各要因を考慮に入れる必要のあることを強調する。すなわち:

遮蔽歴が入手できる可能性は面接期間中に対象者が生存していたことと関係がある。遮蔽歴のない者の死亡率は特に高い。



With full realization of the above, use should be made of the reliability ratings placed by shielding technicians on their interviews.

Much of the value of the dose estimates will be lost unless dose is handled as a quantitative variable rather than as a means of establishing rough groupings of cases of differing dose-levels, as was done with distance.

Although no one should expect RBE estimates to be within easy reach, the neutron and gamma ray components deserve separate scrutiny, especially when relationships to total dose seem established. Further, RBE may be a function of dose.

Because of the great change in the air dose curves for Hiroshima, the dose-cuts formerly used, e.g., 1400 m in each city, are no longer serviceable. In principle, one should not combine the data on the two cities prior to examining the data for each city separately, because differences in the spectrum of radiation argue for separate study before data on the two cities are combined.

Some doses of doubtful validity have resulted from the calculations, doubtful because they exceed reasonable upper limits of human tolerance (over 1000 rad).

The Department of Statistics expects to develop computer programs to facilitate the search for dose-specific relationships and the evaluation of such relationships. When grouping by dose it is necessary to make the grouping in accordance to an appropriate criterion after effecting some type of conversion.

No method is presently available for utilizing the shielding history information for a fraction of the proximally exposed survivors (e.g., in ME200 dose estimates are not available for 27% of Nagasaki and 9% of Hiroshima survivors exposed within 2000 m).

## SUMMARY

*TENTATIVE 1965 RADIATION DOSE ESTIMATION FOR ATOMIC BOMB SURVIVORS, HIROSHIMA-NAGASAKI (TR 1-68)* Presented in this report is a comprehensive description as of 15 August 1967 on the latest 1965 tentative exposure dose (T 65 D), considered to be the best dose estimates to date, and also a comparison between this dose and the 1957 tentative exposure dose (T 57 D). The location of the burst point was tentatively determined by ABCC to

前項をじゅうぶんに認識した上で、遮蔽技術員が面接の結果定めた遮蔽歴の信頼度を使用すべきである。

線量は、距離の場合のように、線量値の異なる例を大まかに分類する方法よりも量変数として扱わなければ、推定線量の価値の多くは失われる。

RBEの推定が容易に得られると思ってはならないが、中性子線およびガンマ線は別個に詳細に検討すべきである。特に総線量との関係が存在するように見受けられる時点にきているので必要である。なお、RBEは線量の関数となるかもしれない。

広島の空気線量曲線には大きい変動が生じたので、以前使用された線量距離区分、すなわち、両市において1400mはもはや利用できない。放射線のスペクトルに差があるので、両市の資料を組み合わせる前に別々に検討したほうがよいと考えられるので、原則として、資料を別々に調べる前に、両市の資料を組み合わせるべきではない。

計算の結果、若干の線量値の有効性に疑問がある。この疑問はそれらの値が人間について妥当と考えられる許容線量の上限界を越えるからである(1000 rad以上)。

統計部では、線量との特殊関係についての研究および、すでに確立されていると思われるそれらの相互関係の評価を行なう計算プログラムの開発に従事している。線量を用いて組み分けするときには何らかの変換を行なったあと適当な規準に従って組み分けをする必要がある。

近距離被爆者の一部、特に重遮蔽の被爆者について遮蔽歴資料を利用する方法は現在のところない(たとえば、ME 200の場合、2000m以内での被爆者のうち長崎では27%、広島では9%の者についての線量推定値は得られていない)。

## 要約

原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T 65 D)の推定、広島・長崎 (TR 1-68) この報告書では、今日までに得られた推定被曝線量の中で最良のものであると考えられている最新の1965年暫定被曝線量(T 65 D)の1967年8月15日現在での総合報告と、以前使用されていた1957年暫定被曝線量(T 57 D)との比較が行なわれている。各被爆者の

make possible the estimations for T65D of the respective survivors. The air dose estimate for both cities by type of radiation are given in ground distances from 0-3000 m, and tables presenting the average exposure dose estimates (T57D and T65D) in 50 m bands are provided. Further, the distribution of ABCC samples by T65D estimates are also shown.

A considerable amount of information is necessary to estimate the individual exposure dose, but at present this information is incomplete. Therefore, the T65D estimates being used at ABCC are not final, and as soon as new information becomes available, they must be revised. Instructions on the actual application of T65D are provided.

T65D を推定するために ABCC で使用する炸裂点の位置が暫定的に定められた。地上距離 0 m から 3000 m までの両市の空気推定線量を各放射線別に検討し、地表距離 50 m ごとの平均推定被曝線量 (T57D および T65D) を製表した。また、T65D の推定された ABCC 標本についても表にまとめた。

各被爆者の被曝線量を推定するには、相当な情報が必要であるが、現在のところまだ完全ではない。したがって、現在 ABCC で使用されているこの線量推定値 T65D は、最終的なものではなく、さらに新しい情報が入手されしだい改訂しなければならない。実際にこの暫定的な T65D を使用するにあたっての注意事項も記述した。

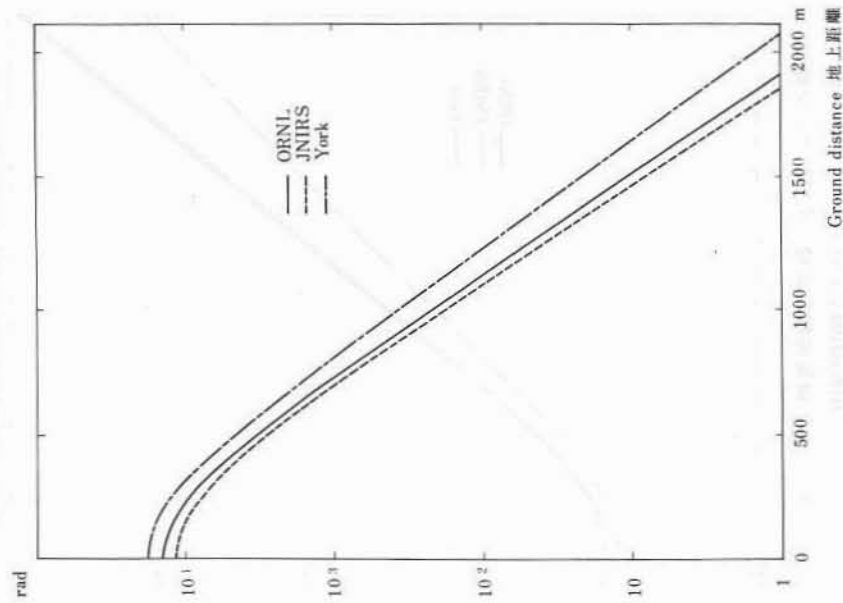
## REFERENCES

### 参考文献

1. ARAKAWA ET: Radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. New Eng J Med 263:488-93, 1960. ABCC TR 14-59  
(広島および長崎被爆生存者に関する放射線量測定)
2. RITCHIE RH, HURST GS: Penetration of weapons radiation. Application to the Hiroshima-Nagasaki studies. Health Phys 1:390-404, 1959; ABCC TR 26-59  
(核兵器放射線の透過性 - 広島・長崎調査への応用)
3. AUXIER JA, CHEKA JS, et al: Free-field radiation-dose distributions from the Hiroshima and Nagasaki bombings. Health Phys 12:425-9, 1966  
(広島および長崎の原爆投下による無遮蔽放射線量分布)
4. CHEKA JS, SANDERS FW, et al: Distribution of weapons radiation in Japanese residential structures. USAEC Report CEX-62.11, 1965  
(日本住宅における核兵器放射線の分布)
5. OKAMOTO Y: Memorandum for the record, Subject: Technique of globe operation, 1 April 1966. Department of Statistics files  
(記録用覚書、主題: グローブ作業の技法, 1966年4月1日)
6. HASHIZUME T, MARUYAMA T, et al: Estimation of the air dose from the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. Health Phys 13:149-61, 1967; ABCC TR 7-67  
(広島・長崎の原爆による空中線量の推定)
7. HIGASHIMURA T, ICHIKAWA Y, SIDEI T: Dosimetry of atomic bomb radiation in Hiroshima by thermoluminescence of roof tiles. Science 139:1284-85, 1963  
(屋根瓦の熱ルミネッセンスによる広島原爆放射線の線量測定)
8. ICHIKAWA Y, HIGASHIMURA T, SIDEI T: Thermoluminescence dosimetry of gamma rays from atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. Health Phys 12:395-405, 1966  
(広島・長崎の原爆によるガンマ線の熱ルミネッセンス線量測定)
9. a) ARAKAWA ET, NAGAOKA S: Determination of the burst point of the Hiroshima atomic bomb: Dosimetric significance. Hiroshima Igaku 14:109-26, 1961; ABCC TR 12-59  
(広島における原子爆弾の炸裂点の決定 - 線量測定から見た意義)  
b) WOODBURY LA, MIZUKI M: The location of the hypocenter and epicenter of the atomic bomb in Hiroshima. Hiroshima Igaku 14:127-31, 1961; ABCC TR 12-59  
(広島における爆心地点と炸裂点の位置)
10. HUBBELL HH, ARAKAWA ET, et al: The burst points of the atomic bombs in Japan. Part 1. A redetermination for Nagasaki from shadows on stones. ABCC TR 5-66  
(日本における原子爆弾の炸裂点。第1部。石上の影による長崎の炸裂点の再評価)

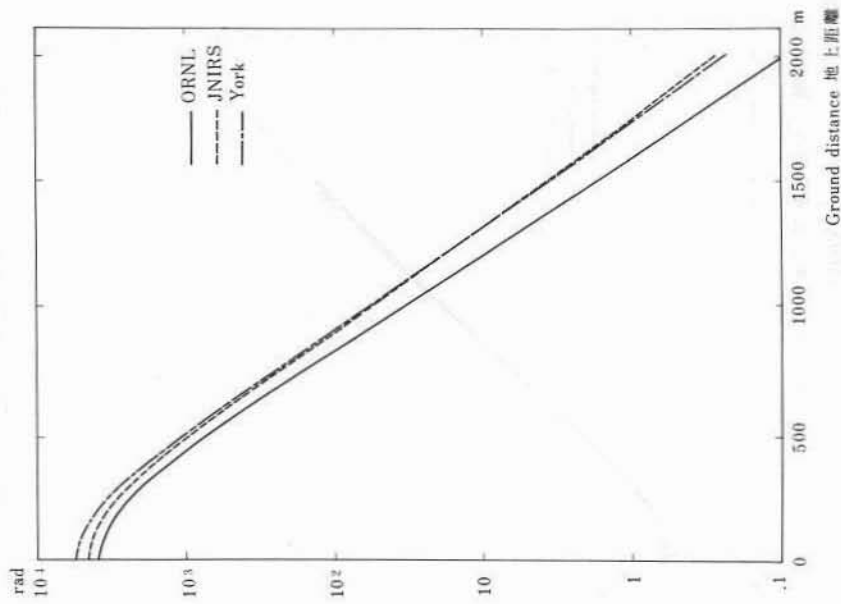
11. SHOHOJI T: Memorandum for the record, Subject: Locations of hypocenters and height of burst, 28 July 1966. Department of Statistics files  
(記録用覚書. 主題: 爆心地の位置および炸裂点の高さ)
12. MILTON RC: Memorandum to Dr. Darling: The dosimetry program at ABCC-1966, 3 May 1966. Department of Statistics files  
(Dr. Darling への覚書. ABCC - 1966年における線量測定計画)
13. 日本学術会議原子爆弾災害調査報告書刊行委員会編: 原子爆弾災害調査報告集. 東京, 日本学術振興会, 第一分冊, 1953.  
(Collection of Investigation Reports on the Atomic Bomb Disaster. Tokyo, Nihon Gakujutsu Shinko Kai, Vol. 1, 1953)
14. HUBBELI. HH, JONES TD, CHEKA JS: The burst points of the atomic bombs in Japan. Part 2. Reevaluation of all available data and final recommended values. ABCC TR 2-69  
(日本における原子爆弾の炸裂点. 第2部. 入手できるすべての資料の再評価および使用すべき最終値)
15. ISHIDA M, BEEBE GW: Research plan for joint JNIIH-ABCC study of life-span of A-bomb survivors. ABCC TR 4-59  
(国立予防衛生研究所とABCCが共同で実施する原爆被爆者の寿命に関する研究企画書)
16. SHOHOJI T: Memorandum for the record: Average transmission factors for Class III cases, 31 August 1966. Department of Statistics files  
(記録用覚書. 主題: 第3分類に属する者に関する平均透過係数)
17. ARCHER PG, MILTON RC: Memorandum for the record: Accuracy of current dose estimation procedures, 9 May 1966. Department of Statistics files  
(記録用覚書. 主題: 現行の線量推定法の正確性について)
18. PACE N, SMITH RE: Measurement of the residual radiation intensity at the Hiroshima and Nagasaki atomic bomb sites. ABCC TR 26-59  
(広島および長崎の原子爆弾被爆地域における残留放射能の強さの測定)
19. ARAKAWA ET: Residual radiation in Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 2-62  
(広島および長崎における残留放射能)
20. 庄野直美: 広島・長崎の原子爆弾による物理的被害; 放射線量を中心にして. 広島医学 12(11/12): 1041-51, 1959  
(SHONO N: Physical effects of the A-bombs in Hiroshima and Nagasaki; mainly radiation dosage. Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass)
21. 広島原爆障害研究会: 広島における原爆傷害の実態: 広島原爆の物理的効果. 日本医師会雑誌 39: 674-82, 882-8, 1958  
(Hiroshima Atomic Bomb Casualty Research Group: Atomic bomb casualties in Hiroshima - Physical effects of atomic bomb. Nippon Ishikai Zasshi-J Jap Med Ass)
22. 庄野直美: 広島・長崎原爆の物理学的考察. 3. 残留放射線について, 広島医学 20(2, 3), 別刊号 20(1): 75-91, 1967  
(SHONO N: On residual radiation. Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass. Supplement)
23. ARAKAWA ET: Comments on N. Shono's report - 14 June 1959, Symposium of Late Effects of A-bomb. Memorandum to G.W. Beebe, 25 June 1959. Department of Statistics Files  
(庄野の報告についての所感)
24. 長岡省吾: 長崎における原子爆弾炸裂点ならびに爆心点決定について. 第2回原子爆弾後障害研究会講演集. 昭和35年, 長崎, 長崎原子爆弾後障害研究会. 1962. pp 12-14  
(NAGAOKA S: Determination of the burst point and hypocenter of the atomic bomb, Nagasaki. Late A-bomb Effects Research Meeting Papers (2nd), Nagasaki Late A-bomb Effects Research Society)
25. WRIGHT TGA: Definition of the Hiroshima and Nagasaki hypocenters. Memorandum to W.W. Sutow, 16 June 1952. Department of Statistics (Nagasaki) Files.  
(広島および長崎の爆心の正当性)

FIGURE 1 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
HIROSHIMA, NEUTRONS  
図1 空気線量曲線の比較, 広島, 中性子線



The ORNL curves were drawn from values from Table 1; York's curves were made available in graphic form by ORNL.  
ORNL 曲線は表 1 の値を基にして描いた。 York 曲線は ORNL によってグラフ化された。

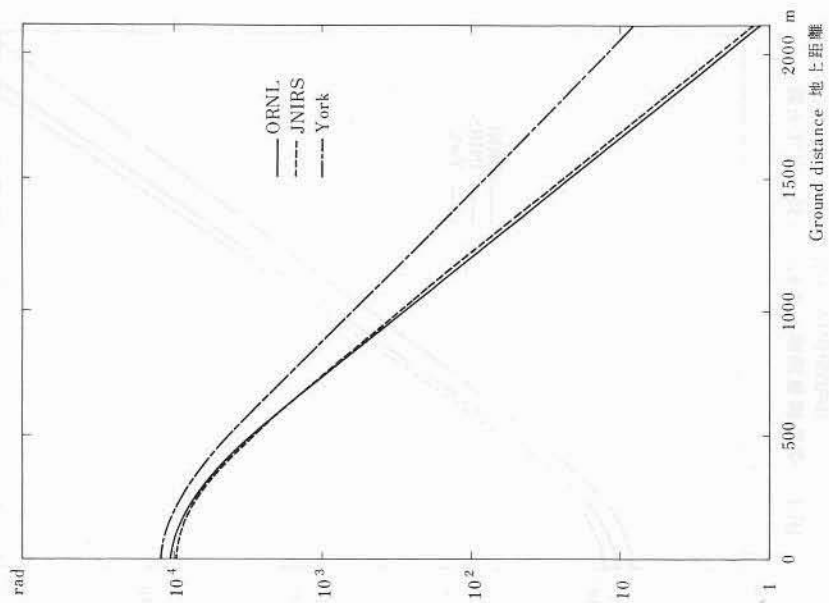
FIGURE 2 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
NAGASAKI, NEUTRONS  
図2 空気線量曲線の比較, 長崎, 中性子線



The ORNL curves were drawn from values from Table 1; York's curves were made available in graphic form by ORNL.  
ORNL 曲線は表 1 の値を基にして描いた。 York 曲線は ORNL によってグラフ化された。

FIGURE 3 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
HIROSHIMA, GAMMA RAYS

図3 空気線量曲線の比較, 広島, ガンマ線



\*The ORNL curves were drawn from values from Table I;  
ORNL 曲線は表 1 の値を基にして描いた。

York's curves were made available in graphic form by ORNL  
York 曲線は ORNL に よって グラフ 化 され た。

FIGURE 4 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
NAGASAKI, GAMMA RAYS

図4 空気線量曲線の比較, 長崎, ガンマ線

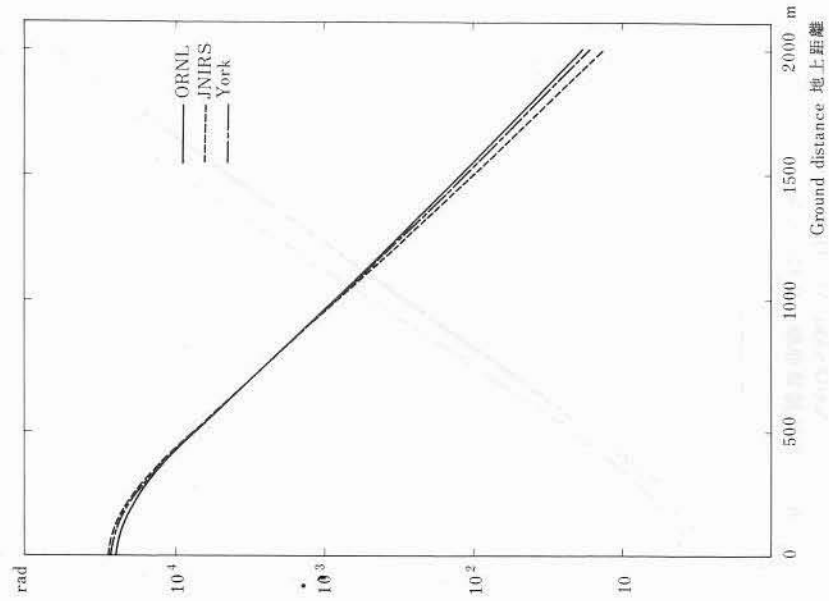
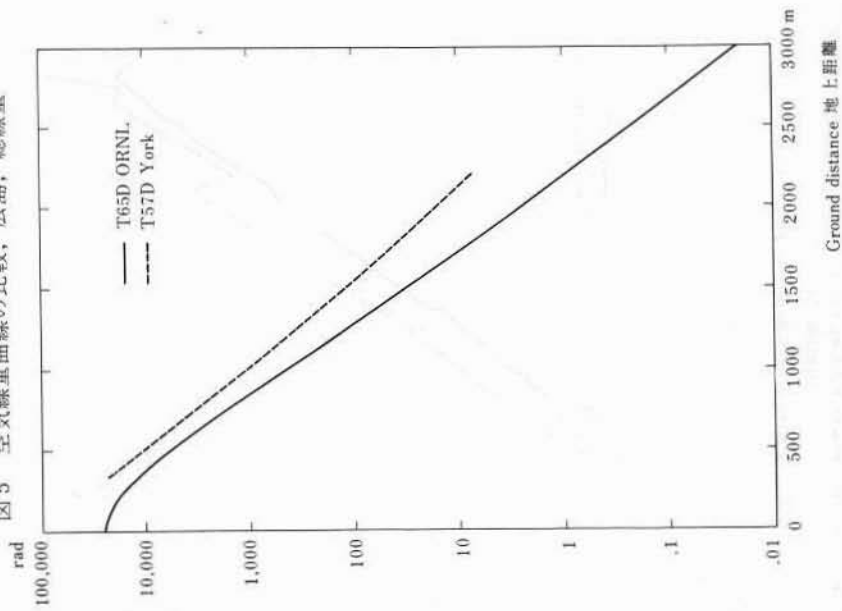


FIGURE 5 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
HIROSHIMA, TOTAL DOSE

図5 空気線量曲線の比較, 広島, 総線量



\*The ORNL curves were drawn from values from Table I;  
ORNL 曲線は表 1 の値を基にして描いた。

York's curves were made available in graphic form by ORNL.  
York 曲線は ORNL によってグラフ化された。

FIGURE 6 COMPARISON OF AIR DOSE CURVES  
NAGASAKI, TOTAL DOSE

図6 空気線量曲線の比較, 長崎, 総線量

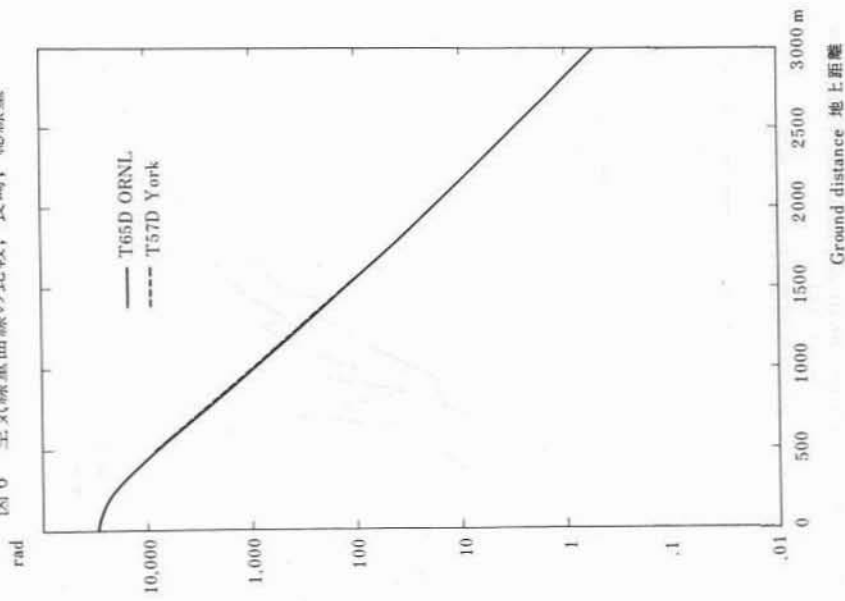


FIGURE 7 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE NEUTRON DOSE  
HIROSHIMA

図7 平均中性子線量の比較図, 広島

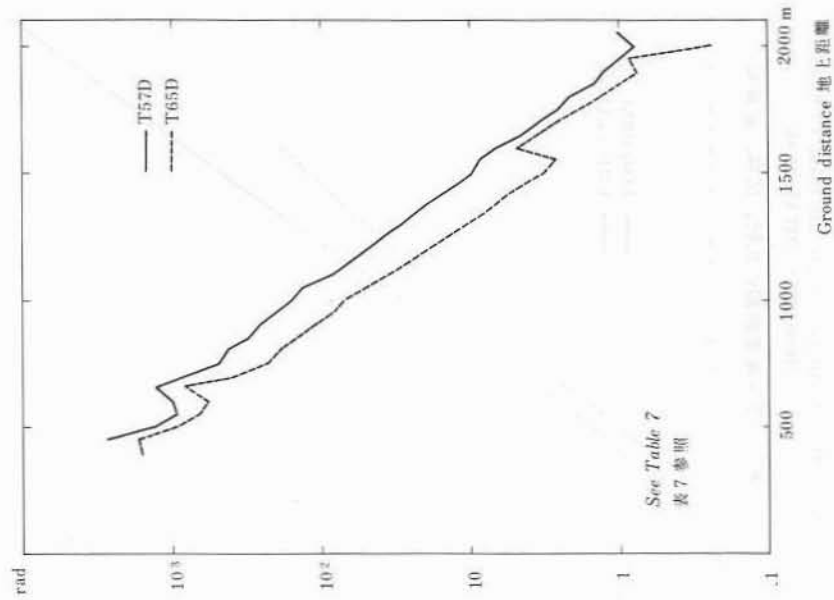


FIGURE 8 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE NEUTRON DOSE  
NAGASAKI

図8 平均中性子線量の比較図, 長崎

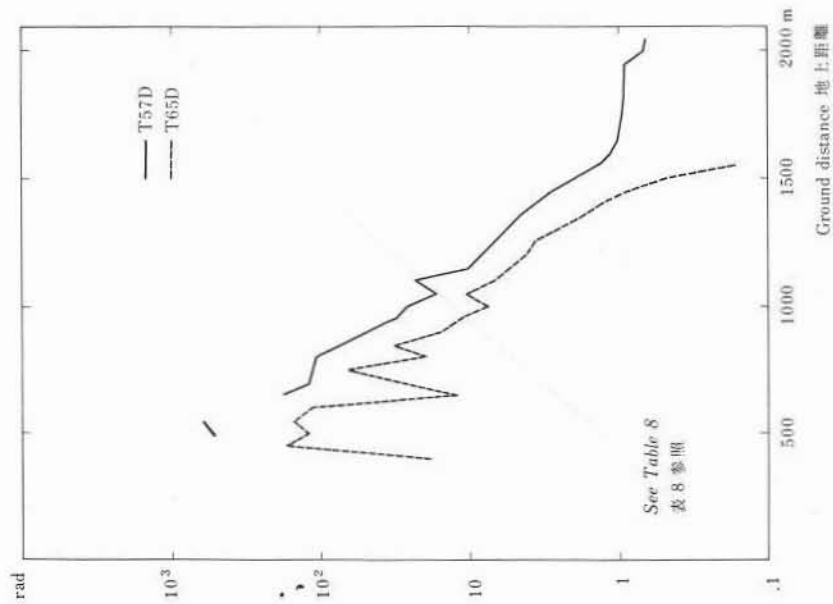


FIGURE 10 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE GAMMA DOSE  
NAGASAKI

図10 平均ガンマ線量の比較図, 長崎

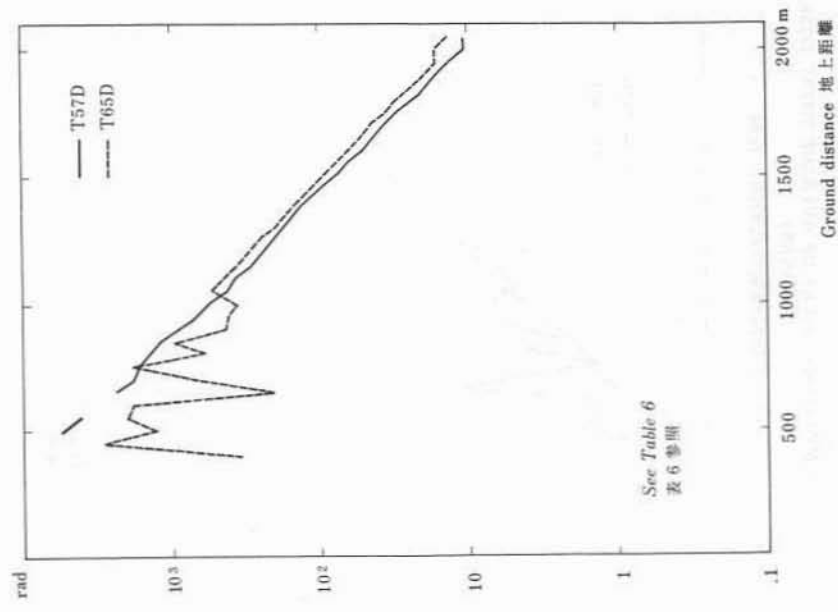


FIGURE 9 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE GAMMA DOSE  
HIROSHIMA

図9 平均ガンマ線量の比較図, 広島

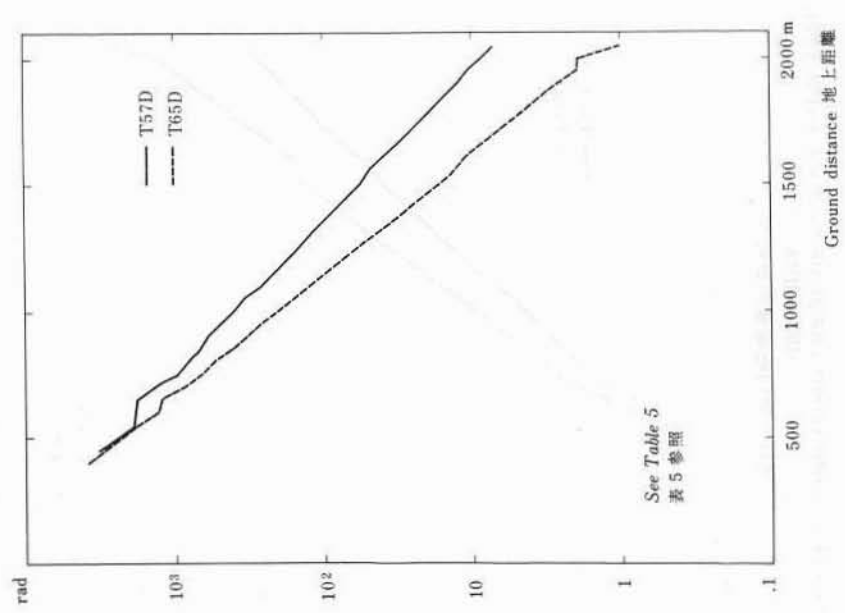




FIGURE 11 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE TOTAL DOSE  
HIROSHIMA

図11 平均総線量の比較図, 広島

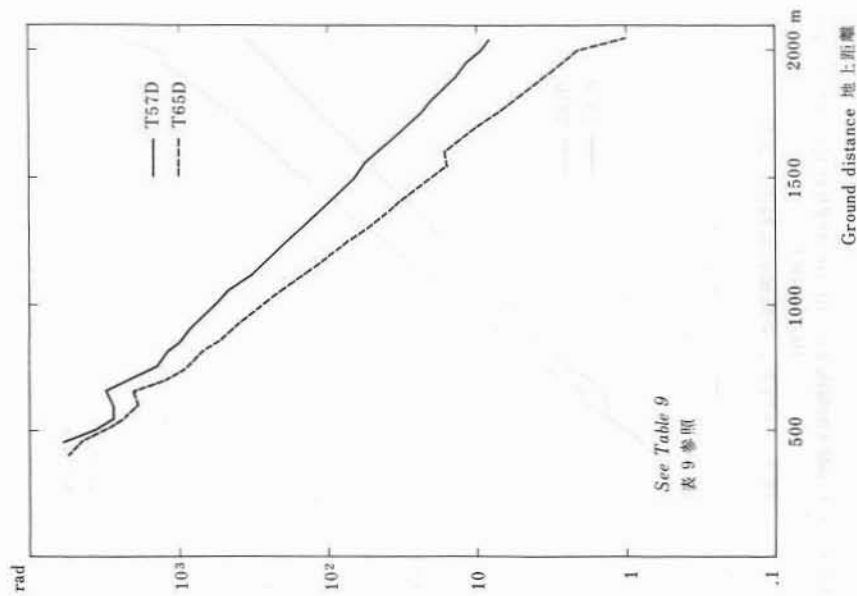


FIGURE 12 COMPARISON FIGURE OF AVERAGE TOTAL DOSE  
NAGASAKI

図12 平均総線量の比較図, 長崎

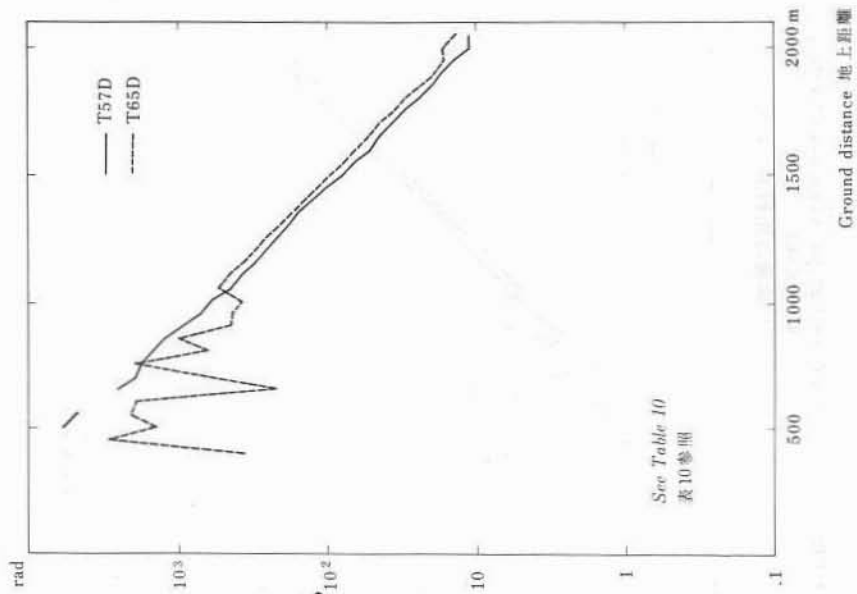
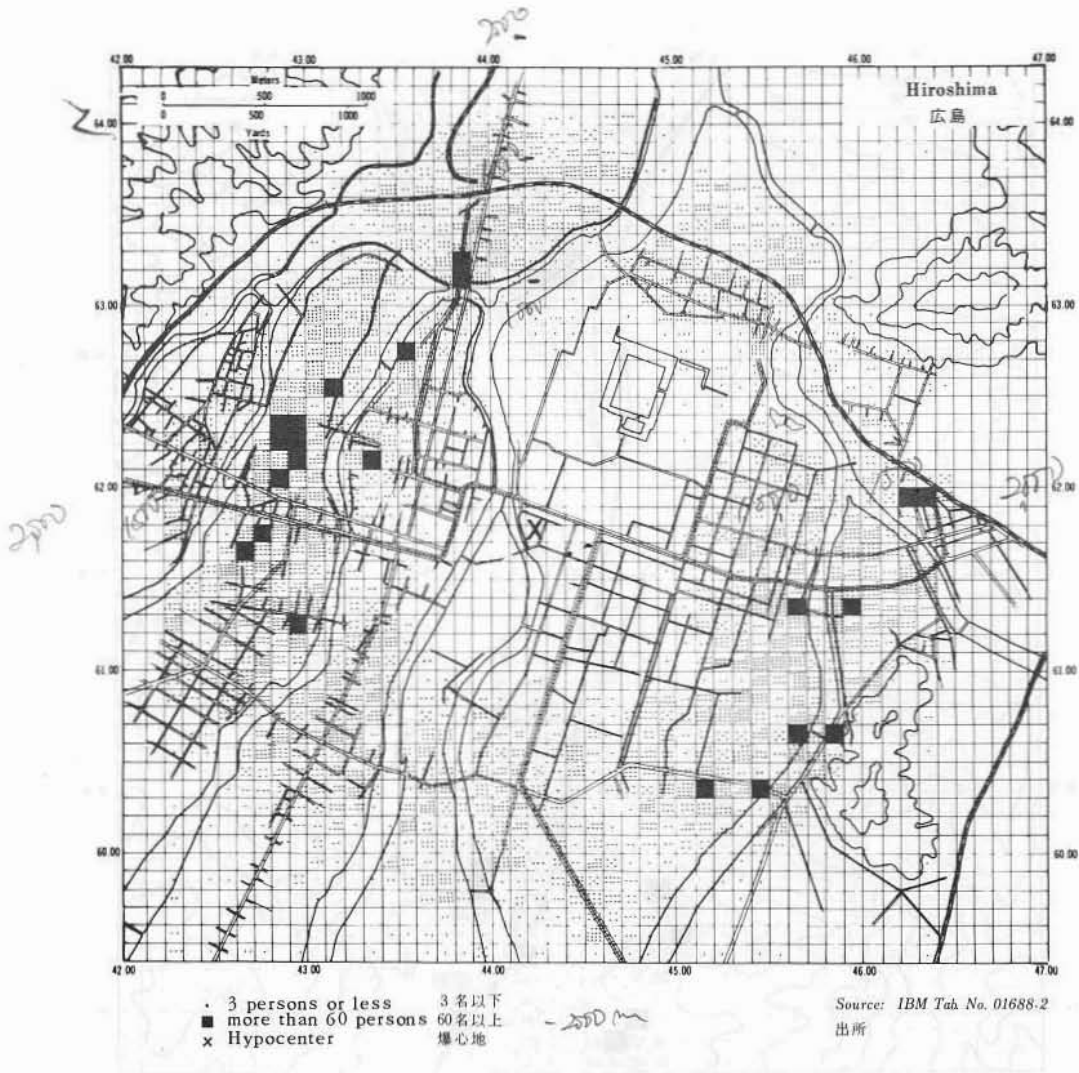


FIGURE 13 THE DENSITY MAP OF LOCATION ATB FOR SUBJECTS WHOSE T65D ESTIMATE HAD BEEN CALCULATED BY 31 AUGUST 1966

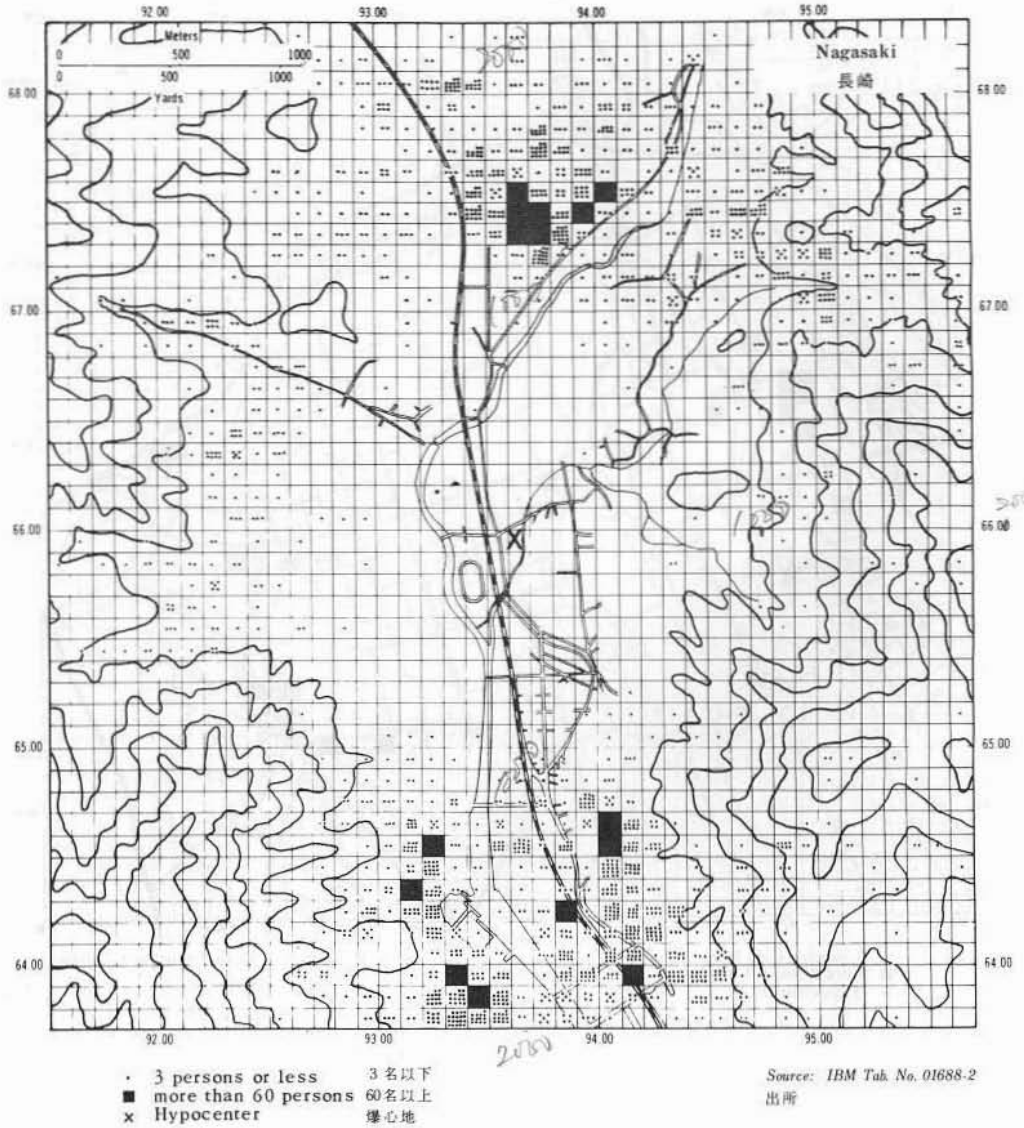
表13 1966年8月31日までにT65D推定値の計算が行なわれている対象者についての  
原爆時の正確な位置の分布地図



Coordinates are those of US Army Map of Hiroshima, Series AMS L902, No. 138,449, dated September 1946.  
座標は、1946年9月づけの米国陸軍広島地図、AMS-L902集、第138,449号に基づく。

FIGURE 14 THE DENSITY MAP OF LOCATION ATB FOR SUBJECTS WHOSE T65D ESTIMATE HAD BEEN CALCULATED BY 31 AUGUST 1966

図14 1966年8月31日までにT65D推定値の計算が行なわれている対象者についての原爆時の正確な位置の分布地図



Coordinates are those of the US Army Map of Nagasaki Series AMS L902, No. 138,353, dated August 1945.

座標は、1945年8月づけの米国陸軍長崎地図、AMS-L902集、第138,353号に基づく。

TABLE 5 AVERAGE GAMMA DOSE, T57D AND T65D, BY DISTANCE - HIROSHIMA\*  
表5 平均ガンマ線量(T57DおよびT65D), 距離別一広島\*

Ground distance 地上距離 m	T57D			Total 合計			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Glove application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用		
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
<400	3	4630.33	521.45	1	4594.00	.00	3	4630.33	521.45	1	4594.00	.00	1	1278.00	.00	3	1326.33	45.61
400-449	2	3814.00	8.48	1	3418.00	.00	2	3814.00	8.48	1	3418.00	.00	2	1037.33	183.22	2	1184.50	96.87
450-499	1	3264.00	.00	5	2924.00	320.07	5	2924.00	320.07	5	2924.00	320.07	5	589.28	81.28	4	2800.50	186.86
500-549	1	2366.00	.00	6	2301.50	161.92	6	2301.50	161.92	1	2461.00	.00	6	500.21	64.85	5	2269.60	158.56
550-599	1	1836.00	.00	5	1808.40	126.69	5	1808.40	126.69	2	1775.00	234.75	5	376.96	52.78	3	1830.67	51.85
600-649	9	1830.89	108.04	10	1307.80	78.98	10	1307.80	78.98	5	1275.60	81.56	10	286.28	36.62	3	1326.33	45.61
650-699	8	1794.13	543.03	12	1204.92	179.96	12	1204.92	179.96	4	1270.00	198.66	12	233.04	33.81	2	1184.50	96.87
700-749	24	1389.67	350.32	37	868.97	109.89	37	868.97	109.89	5	977.80	70.33	37	733.50	145.43	8	877.38	28.31
750-799	89	947.53	188.94	100	646.97	87.08	100	646.97	87.08	1	124.00	.00	100	589.28	81.28	16	712.56	39.46
800-849	91	813.69	179.58	107	525.73	70.93	107	525.73	70.93	3	449.67	310.65	107	500.21	64.85	12	551.00	37.73
850-899	154	678.33	122.15	192	411.73	45.50	192	411.73	45.50	9	459.67	39.04	192	376.96	52.78	23	441.43	28.44
900-949	312	589.54	121.04	391	328.46	38.18	391	328.46	38.18	19	371.68	24.51	391	286.28	36.62	30	331.80	22.54
950-999	437	481.55	93.17	436	259.23	31.49	436	259.23	31.49	10	295.60	25.55	436	233.04	33.81	43	262.72	20.72
1000-1049	381	399.22	79.62	571	200.17	24.61	571	200.17	24.61	58	219.33	31.03	571	180.53	19.78	61	200.66	14.03
1050-1099	562	344.31	80.43	631	159.01	19.90	631	159.01	19.90	49	181.92	12.46	631	140.06	17.98	61	159.69	12.44
1100-1149	613	256.26	55.02	736	120.79	15.77	736	120.79	15.77	32	141.97	10.15	736	106.18	21.63	86	124.69	8.25
1150-1199	672	217.16	43.97	908	94.93	11.54	908	94.93	11.54	55	105.47	8.03	908	82.78	10.59	127	95.50	6.47
1200-1249	948	175.76	36.76	1042	74.48	9.04	1042	74.48	9.04	47	83.74	5.93	1042	66.65	9.08	117	74.79	5.30
1250-1299	882	146.28	28.78	1181	57.58	6.72	1181	57.58	6.72	55	65.69	4.33	1181	50.34	7.12	172	58.10	4.03
1300-1349	1007	120.45	23.47	1274	44.92	5.29	1274	44.92	5.29	50	50.20	3.63	1274	40.27	5.05	156	45.43	3.47
1350-1399	1099	100.17	19.95	1374	34.66	4.44	1374	34.66	4.44	68	38.41	2.71	1374	30.41	4.34	160	35.68	2.34

\*Based on calculations completed by 15 August 1967  
1967年8月15日現在完了している計算

TABLE 5 表5 続き

Ground distance 地上距離 m	T65D																	
	Total 合計			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用					
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差			
1400-1449	1211	79.98	16.35	1364	27.48	3.31	77	30.40	2.80	898	27.72	3.14	221	25.26	3.72	168	27.81	2.00
1450-1499	1265	67.68	15.36	1566	21.70	2.77	186	24.47	1.57	982	21.81	2.52	198	18.66	2.84	200	21.55	1.56
1500-1549	991	55.63	12.64	1405	16.64	2.22	124	18.97	1.46	866	16.83	1.81	192	13.79	2.42	223	17.07	1.34
1550-1599	1196	49.44	12.08	1694	13.21	1.60	355	14.21	.93	866	13.17	1.58	151	11.00	1.83	322	13.24	.91
1600-1649	1080	41.47	10.45	1980	11.71	.86	3	13.00	.00	9	10.00	1.41	3	9.00	1.73	1965	11.72	.84
1650-1699	665	32.38	6.84	1403	9.06	.74				7	8.00	.81	1	6.00	.00	1395	9.06	.73
1700-1749	802	26.30	6.63	1733	7.11	.67	3	7.00	.00	8	6.75	.70	3	5.00	1.00	1719	7.11	.66
1750-1799	763	22.18	5.76	1790	5.57	.50	3	5.33	.57	4	4.50	.57	1	3.00	.00	1782	5.58	.48
1800-1849	687	18.85	4.45	1684	4.30	.48	2	4.00	.00	2	3.50	.70	3	3.67	.57	1677	4.30	.48
1850-1899	599	15.26	3.78	1684	3.40	.48				4	2.75	.50				1680	3.40	.48
1900-1949	344	12.65	3.44	1687	2.74	.43				8	2.00	.00				1679	2.74	.43
1950-1999	392	10.92	2.60	1570	1.98	.14	1	1.00	.00	4	1.50	.57	1	1.00	.00	1564	1.98	.10
2000-2049	224	8.63	2.00	1417	1.94	.22				1	1.00	.00				1416	1.74	.22
2050-2099	100	7.22	1.91	1212	1.06	.22				1	1.00	.00	1	.00	.00	1210	1.06	.22
2100-2149	277	2.53	2.47	1488	1.00	.00				1	.00	.00				1487	1.00	.00
2150-2199				1175	1.00	.00										1175	1.00	.00
2200-2249				1625	.03	.14										1625	.03	.14
2250-2299				1328	.02	.10				1	.00	.00				1327	.02	.10
2300+				27176	.00	.00	4	.00	.00	6	.00	.00				27166	.00	.00
Total 計	17887			64004			1225			9842			2064			50873		

IBM 01824, 01688

TABLE 6 AVERAGE GAMMA DOSE, T57D AND T65D, BY DISTANCE - NAGASAKI\*

表6 平均ガンマ線量(T57DおよびT65D), 距離別一長崎\*

Ground distance 地上距離 m	T57D			T65D			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用		
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
<400	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00
400-499	3	345.00	597.55	3	345.00	597.55	3	345.00	597.55	3	345.00	597.55	3	345.00	597.55	3	345.00	597.55
450-499	6	2727.50	2862.25	6	2727.50	2862.25	6	2727.50	2862.25	6	2727.50	2862.25	6	2727.50	2862.25	6	2727.50	2862.25
500-549	1	5451.00	.00	1	5451.00	.00	1	5451.00	.00	1	5451.00	.00	1	5451.00	.00	1	5451.00	.00
550-599	4	4250.00	1490.52	4	4250.00	1490.52	4	4250.00	1490.52	4	4250.00	1490.52	4	4250.00	1490.52	4	4250.00	1490.52
600-649	16	1812.69	2142.71	16	1812.69	2142.71	16	1812.69	2142.71	16	1812.69	2142.71	16	1812.69	2142.71	16	1812.69	2142.71
650-699	8	2361.88	386.86	8	2361.88	386.86	8	2361.88	386.86	8	2361.88	386.86	8	2361.88	386.86	8	2361.88	386.86
700-749	2	1804.00	.00	2	1804.00	.00	2	1804.00	.00	2	1804.00	.00	2	1804.00	.00	2	1804.00	.00
750-799	5	1661.40	173.11	5	1661.40	173.11	5	1661.40	173.11	5	1661.40	173.11	5	1661.40	173.11	5	1661.40	173.11
800-849	6	1403.33	605.75	6	1403.33	605.75	6	1403.33	605.75	6	1403.33	605.75	6	1403.33	605.75	6	1403.33	605.75
850-899	10	1200.70	193.59	10	1200.70	193.59	10	1200.70	193.59	10	1200.70	193.59	10	1200.70	193.59	10	1200.70	193.59
900-949	13	885.15	161.28	13	885.15	161.28	13	885.15	161.28	13	885.15	161.28	13	885.15	161.28	13	885.15	161.28
950-999	35	672.06	155.23	35	672.06	155.23	35	672.06	155.23	35	672.06	155.23	35	672.06	155.23	35	672.06	155.23
1000-1049	38	576.66	113.82	38	576.66	113.82	38	576.66	113.82	38	576.66	113.82	38	576.66	113.82	38	576.66	113.82
1050-1099	60	424.35	118.02	60	424.35	118.02	60	424.35	118.02	60	424.35	118.02	60	424.35	118.02	60	424.35	118.02
1100-1149	115	373.13	61.25	115	373.13	61.25	115	373.13	61.25	115	373.13	61.25	115	373.13	61.25	115	373.13	61.25
1150-1199	149	294.78	70.50	149	294.78	70.50	149	294.78	70.50	149	294.78	70.50	149	294.78	70.50	149	294.78	70.50
1200-1249	227	244.02	44.52	227	244.02	44.52	227	244.02	44.52	227	244.02	44.52	227	244.02	44.52	227	244.02	44.52
1250-1299	345	205.31	44.67	345	205.31	44.67	345	205.31	44.67	345	205.31	44.67	345	205.31	44.67	345	205.31	44.67
1300-1349	334	176.90	34.72	334	176.90	34.72	334	176.90	34.72	334	176.90	34.72	334	176.90	34.72	334	176.90	34.72
1350-1399	361	152.02	24.99	361	152.02	24.99	361	152.02	24.99	361	152.02	24.99	361	152.02	24.99	361	152.02	24.99
1400-1449	277	123.09	24.97	277	123.09	24.97	277	123.09	24.97	277	123.09	24.97	277	123.09	24.97	277	123.09	24.97
1450-1499	278	100.69	20.02	278	100.69	20.02	278	100.69	20.02	278	100.69	20.02	278	100.69	20.02	278	100.69	20.02

\*Based on calculation completed by 15 August 1967  
1967年8月15日現在完了している計算

TABLE 6 表6続き

Ground distance 地上距離 m	T57D			T65D			9-parameter 9-パラメータ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用					
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Total 合計			Air dose alone 空気線量のみ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用					
				Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差			
1500-1549	287	77.28	19.82	401	94.27	11.71	139	101.96	8.10	179	89.84	11.29	48	91.65	14.66	35	90.06	3.20
1550-1599	385	64.50	13.75	370	77.33	12.01	56	93.11	8.90	254	74.89	8.76	33	73.09	19.48	27	72.74	5.34
1600-1649	299	51.49	10.07	415	65.27	8.95	71	74.96	5.63	273	63.25	8.26	39	64.26	10.00	32	62.25	3.77
1650-1699	267	43.67	8.81	406	53.48	7.92	58	62.59	4.97	296	51.95	7.31	30	52.90	9.03	22	50.91	3.08
1700-1749	329	36.14	7.63	366	45.56	6.44	104	51.63	3.36	219	42.99	5.77	25	44.80	6.86	18	42.78	3.09
1750-1799	189	30.69	5.71	306	36.04	6.44	72	42.44	2.53	158	34.51	4.80	35	31.09	10.68	41	34.88	3.37
1800-1849	249	23.60	5.40	285	30.12	4.22	83	34.17	2.01	148	28.11	3.79	23	30.30	4.77	31	28.71	1.88
1850-1899	266	19.19	4.30	425	23.97	4.08	61	29.16	1.76	245	23.44	3.23	62	20.95	5.25	52	23.96	2.40
1900-1949	254	16.57	12.59	446	19.59	3.41	39	24.00	2.03	301	19.35	2.84	69	18.12	4.86	37	19.57	1.26
1950-1999	289	13.68	2.80	406	16.63	2.35	50	19.60	1.45	217	16.12	2.10	46	15.24	1.98	93	16.94	2.11
2000-2049	149	10.45	2.81	458	16.77	1.18	1	13.00	.00	1	13.00	.00	1	9.00	.00	653	13.73	.93
2050-2099	71	10.56	11.89	655	13.72	.97	1	9.00	.00	1	9.00	.00	1	9.00	.00	348	11.49	.78
2100-2149	72	7.94	1.78	348	11.49	.78	543	9.53	.62	355	8.04	.52	543	9.53	.62	355	8.04	.52
2150-2199							653	6.72	.44	694	5.53	.51	653	6.72	.44	694	5.53	.51
2200-2249							578	4.64	.47	588	4.00	.00	578	4.64	.47	588	4.00	.00
2250-2299							468	3.11	.30	7566	.74	1.03	468	3.11	.30	7566	.74	1.03
2300-2349							19994			1831			881			13538		
2350-2399																		
2400-2449																		
2450-2499																		
2500+																		
Total 計	5374			19994			1831			3744			881			13538		

IBM 01824, 01688

TABLE 7 AVERAGE NEUTRON DOSE, T57D AND T65D, BY DISTANCE - HIROSHIMA\*  
 表7 平均中性子線量(T57DおよびT65D), 距離別一広島\*

Ground distance 地上距離 m	T57D					T65D					Average transmission 平均透過率使用							
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Total 合計		Air dose alone 空気線量のみ		g-parameter g-パラメータ		Globe application グローブ使用		Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	
				Number 例数	Mean 平均値 rad	Number 例数	Mean 平均値 rad	Number 例数	Mean 平均値 rad	Number 例数	Mean 平均値 rad							
<400	3	3218.67	2089.85	1	5613.00	.00								2	2021.50	368.40		
400-449	2	1608.00	4.24											2	1608.00	4.24		
450-499	5	1698.40	1283.82	1	3991.00	.00								4	1125.25	87.12		
500-549	1	1263.00	.00	6	925.33	123.11								5	882.40	71.55		
550-599	1	925.00	.00	5	662.60	68.82								3	687.00	22.71		
600-649	9	987.11	333.59	10	565.70	362.64	1	1465.00	.00					1	941.00	.00		
650-699	8	1282.63	809.70	12	801.33	404.46	3	1297.00	148.20	4	613.50	326.03	3	814.33	358.03	2	414.00	39.59
700-749	24	813.79	463.50	37	374.97	244.58	5	930.20	78.25	20	246.55	60.35	4	491.50	159.97	8	290.75	10.91
750-799	89	478.39	217.89	100	220.60	99.35	1	71.00	.00	65	177.28	30.61	18	378.67	136.97	16	228.13	14.84
800-849	91	422.69	200.65	107	187.85	100.86	3	386.00	291.90	73	148.04	42.61	19	321.74	104.54	12	168.50	13.62
850-899	154	305.11	111.54	192	140.96	78.04	9	383.67	38.29	136	11.02	36.16	24	227.04	79.37	23	129.65	9.68
900-949	312	257.69	114.32	391	110.08	59.37	19	298.21	23.24	281	88.09	27.55	61	161.41	53.61	30	92.57	7.55
950-999	437	193.28	74.45	436	81.92	40.92	10	228.00	23.45	314	67.93	19.92	69	131.71	46.31	43	70.23	6.67
1000-1049	381	154.10	65.34	571	69.27	40.13	58	160.33	25.23	359	49.30	13.25	93	101.65	28.71	61	50.87	4.22
1050-1099	562	131.77	63.30	631	49.07	28.83	49	128.18	10.43	444	37.88	12.79	77	71.42	22.39	61	38.77	3.61
1100-1149	613	82.46	34.56	736	33.52	17.79	32	95.66	7.84	524	27.29	6.80	94	51.39	18.02	86	28.79	2.39
1150-1199	672	64.77	25.11	908	25.91	13.77	55	66.98	6.14	603	20.76	6.29	123	37.97	11.43	127	20.85	1.79
1200-1249	948	48.57	20.50	1042	19.19	10.21	47	50.91	4.26	725	15.50	5.01	153	29.80	9.36	117	15.44	1.38
1250-1299	882	37.55	14.82	1181	13.53	7.21	55	38.02	2.90	805	11.02	3.08	149	20.52	6.84	172	11.35	1.00
1300-1349	1007	28.54	10.63	1274	10.33	5.37	50	27.58	2.33	881	8.44	2.74	187	16.27	4.91	156	8.31	.88
1350-1399	1099	22.26	8.66	1374	7.57	4.12	68	19.96	1.54	932	6.01	1.97	214	11.45	3.93	160	6.20	.64

\*Based on calculations completed by 15 August 1967  
 1967年8月15日現在完了している計算



TABLE 7 表7 続き

Ground distance 地上距離 m	T57D			Total 合計			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Ckobe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用		
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
1400-1449	1211	16.20	6.45	1364	5.85	3.45	77	15.09	1.66	898	4.41	1.45	221	9.52	3.28	168	4.51	.50
1450-1499	1265	12.76	5.82	1566	4.61	3.00	186	11.53	.91	982	3.27	1.22	198	6.18	2.17	200	3.20	.40
1500-1549	991	9.54	4.27	1405	3.15	2.06	124	8.44	.86	866	2.27	.89	192	4.59	1.59	223	2.35	.46
1550-1599	1196	8.56	4.14	1694	2.65	1.88	355	5.89	.61	866	1.54	.64	151	3.46	1.18	322	1.67	.58
1600-1649	1080	6.66	3.31	1980	4.71	.63	3	5.67	.57	9	1.33	1.00	3	2.67	1.52	1965	4.72	.58
1650-1699	665	4.52	1.94	1403	3.46	.53				7	.57	.52	1	2.00	.00	1395	3.47	.48
1700-1749	802	3.39	1.56	1733	2.59	.50	3	2.33	.57	8	.50	.52	3	1.33	.57	1719	2.60	.47
1750-1799	763	2.51	1.35	1790	1.89	.31	3	2.00	.00	4	.00	.00	1	.00	.00	1782	1.90	.30
1800-1849	687	2.13	.97	1684	1.35	.47	2	1.00	.00	2	.00	.00	3	.67	.57	1677	1.35	.46
1850-1899	599	1.44	.71	1684	.97	.14				4	.00	.00				1680	.97	.14
1900-1949	344	1.29	.97	1687	.76	.42				8	.00	.00				1679	.77	.41
1950-1999	392	1.04	.54	1570	.85	.36	1	.00	.00	4	.00	.00	1	.00	.00	1564	.85	.34
2000-2049	224	.79	.53	1417	.24	.42				1	.00	.00				1416	.24	.42
2050-2099	100	1.02	6.07	1212	.00	.00				1	.00	.00	1	.00	.00	1210	.00	.00
2100-2149	277	.10	.64	1488	.00	.00				1	.00	.00				1487	.00	.00
2150-2199					.00	.00										1175	.00	.00
2200-2249					.00	.00										1625	.00	.00
2250-2299					.00	.00				1	.00	.00				1327	.00	.00
2300+					.00	.00	4	.00	.00	6	.00	.00				27166	.00	.00
Total 計	17887			64004			1225			9842			2064			50873		

IBM 01827, 01688

TABLE 8 AVERAGE NEUTRON DOSE, T57D AND T65D, BY DISTANCE—NAGASAKI\*

表8 平均中性子線量(T57DおよびT65D), 距離別—長崎\*

Ground distance 地上距離 m	T57D			T65D			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用		
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
<400	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00
400-449	3	18.67	32.33	3	18.67	32.33	3	18.67	32.33	3	18.67	32.33	3	18.67	32.33	3	18.67	32.33
450-499	6	174.83	294.99	6	174.83	294.99	1	712.00	.00	4	.75	1.50	4	.75	1.50	1	334.00	.00
500-549	5	121.40	271.45	5	121.40	271.45	1	607.00	.00	4	.00	.00	5	151.60	225.34	5	151.60	225.34
550-599	4	620.00	95.56	4	620.00	95.56	2	370.50	74.24	5	212.60	79.39	9	.89	1.36	9	.89	1.36
600-649	8	175.13	17.77	8	175.13	17.77	1	286.00	.00	4	62.00	.00	28	.50	1.31	28	.50	1.31
650-699	2	118.00	.00	2	118.00	.00	1	204.00	.00	2	66.00	18.38	16	9.56	31.92	16	9.56	31.92
700-749	5	112.20	34.91	5	112.20	34.91	2	145.00	4.24	4	35.25	5.90	3	48.67	3.78	3	48.67	3.78
750-799	6	104.33	50.03	6	104.33	50.03	4	56.50	27.03	4	56.50	27.03	11	4.73	15.67	11	4.73	15.67
800-849	10	70.40	26.27	10	70.40	26.27	6	78.33	4.71	10	30.60	10.16	8	.00	.00	2	27.50	3.53
850-899	13	48.77	20.12	13	48.77	20.12	4	66.50	2.88	6	19.67	2.24	35	8.29	17.79	1	22.00	.00
900-949	35	30.94	12.72	35	30.94	12.72	10	42.40	4.11	21	15.14	8.68	52	3.73	9.65	3	14.67	.57
950-999	38	25.97	10.67	38	25.97	10.67	7	29.86	4.14	31	10.42	2.69	42	1.14	4.29	4	11.75	1.25
1000-1049	60	16.68	7.06	60	16.68	7.06	15	23.47	2.47	49	7.06	1.80	10	7.60	7.02	6	8.33	.50
1050-1099	115	23.04	93.32	115	23.04	93.32	10	18.50	1.64	126	5.66	2.04	20	8.95	5.81	11	5.09	.30
1100-1149	149	10.35	4.41	149	10.35	4.41	25	12.44	1.55	116	3.74	1.14	21	7.67	4.35	23	4.26	.68
1150-1199	227	8.16	2.80	227	8.16	2.80	54	8.17	1.26	139	2.78	1.02	20	5.50	1.98	24	2.83	.37
1200-1249	345	6.94	2.76	345	6.94	2.76	178	5.92	.80	222	1.83	.90	35	4.46	1.51	15	2.07	.24
1250-1299	334	5.76	2.01	334	5.76	2.01	205	4.40	.53	190	1.23	.45	29	2.76	1.18	64	1.02	.10
1300-1349	361	4.78	1.62	361	4.78	1.62	221	3.03	.45	276	.81	.50	30	2.10	.65	18	1.00	.00
1350-1399	277	3.63	1.36	277	3.63	1.36	180	2.09	.28	119	.37	.52	27	1.56	.64	54	.44	.50
1400-1449	278	2.85	1.02	278	2.85	1.02	176	1.51	.50	130	.16	.40	44	.91	.41	16	.00	.00
1450-1499	287	1.96	1.01	287	1.96	1.01	139	1.04	.17	179	.04	.20	48	.75	.43	35	.00	.00

\*Based on calculation completed by 15 August 1967

1967年8月15日現在完了している計算

TABLE 8 表8続き

Ground distance 地上距離 m	T57D					T65D					Average transmission 平均透過率使用								
	Number 例数		Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Total 合計	Air dose alone 空気線量のみ		9-parameter 9-パラメータ		Globe application グローブ使用		Number 例数		Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数		Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
	Number 例数	SD 標準偏差	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差		
1550-1599	385	.56	1.38	.17	370	56	.95	.22	254	.01	.00	33	.24	.42	27	.00	.00		
1600-1649	299	.33	1.12	.02	415	71	.07	.24	273	.00	.00	39	.05	.22	32	.00	.00		
1650-1699	267	.20	1.03	.00	406	58	.02	.10	296	.00	.00	30	.00	.00	22	.00	.00		
1700-1749	329	.17	.97	.01	366	104	.02	.10	219	.00	.00	25	.00	.00	18	.00	.00		
1750-1799	189	.22	.95	.00	306	72	.00	.00	158	.00	.00	35	.00	.00	41	.00	.00		
1800-1849	249	.34	.93	.00	285	83	.00	.00	148	.00	.00	23	.00	.00	31	.00	.00		
1850-1899	266	.28	.92	.00	420	61	.00	.00	245	.00	.00	62	.00	.00	52	.00	.00		
1900-1949	254	.28	.92	.00	446	39	.00	.00	301	.00	.00	69	.00	.00	37	.00	.00		
1950-1999	289	.33	.90	.00	406	50	.00	.00	217	.00	.00	46	.00	.00	93	.00	.00		
2000-2049	149	.47	.68	.00	458				1	.00	.00				457				
2050-2099	71	.47	.65	.00	655				1	.00	.00	1	.00	.00	653	.00	.00		
2100-2149	72	.48	.63	.00	348										348	.00	.00		
2150-2199				.00	543										543	.00	.00		
2200-2249				.00	355										355	.00	.00		
2250-2299				.00	653										653	.00	.00		
2300-2349				.00	694										694	.00	.00		
2350-2399				.00	578										578	.00	.00		
2400-2449				.00	588										588	.00	.00		
2450-2499				.00	468										468	.00	.00		
2500+				.00	7566										7566	.00	.00		
Total 計	5374				19994	1831			3744			881			13538				

IBM 01824, 01688



TABLE 9 表9 続き

Ground distance 地上距離 m	T57D											T65D													
	Number			Mean			SD			Total			Air dose alone			9-parameter			Globe application			Average transmission			
	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	例数	平均値	標準偏差	
1600-1649	1080	48.13	13.61	1980	16.42	1.37	3	18.67	.57	9	11.33	1.93	3	11.67	3.21	1965	16.44	1.32							
1650-1699	665	36.90	8.62	1403	12.51	1.19				7	8.57	.78	1	8.00	.00	1395	12.53	1.15							
1700-1749	802	29.68	8.02	1733	9.70	1.07	3	9.33	.57	8	7.25	1.03	3	6.33	1.52	1719	9.72	1.05							
1750-1799	763	24.68	7.01	1790	7.47	.69	3	7.33	.57	4	4.50	.57	1	3.00	.00	1782	7.47	.67							
1800-1849	687	20.97	5.32	1684	5.65	.94	2	5.00	.00	2	3.50	.70	3	4.33	1.15	1677	5.66	.94							
1850-1899	599	16.70	4.39	1684	4.37	.53				4	2.75	.50				1680	4.37	.52							
1900-1949	344	13.94	3.95	1687	3.50	.84				8	2.00	.00				1679	3.51	.83							
1950-1999	392	11.96	3.08	1570	2.82	.42	1	1.00	.00	4	1.50	.57	1	1.00	.00	1564	2.83	.41							
2000-2049	224	9.42	2.28	1417	2.18	.51				1	1.00	.00				1416	2.18	.51							
2050-2099	100	8.24	6.27	1212	1.06	.22				1	1.00	.00	1	.00	.00	1210	1.06	.22							
2100-2149	277	2.64	2.65	1488	1.00	.00				1	.00	.00				1487	1.00	.00							
2150-2199				1175	1.00	.00										1175	1.00	.00							
2200-2249				1625	.03	.14										1625	.03	.14							
2250-2299				28504	.00	.10	4	.00	.00	1	.00	.00				1327	.02	.10							
2300+				27176	.00	.00	4	.00	.00	6	.00	.00				27106	.00	.00							
Total 計	17887			64004			1225			9842			2064			50873									

TABLE 10 AVERAGE TOTAL DOSE, T57D AND T65D, BY DISTANCE - NAGASAKI \*

表10 平均総線量 (T57D および T65D), 距離別—長崎 \*

Ground distance 地上距離 m	T57D			T65D			Air dose alone 空気線量のみ			9-parameter 9-パラメータ			Globe application グローブ使用			Average transmission 平均透過率使用		
	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差	Number 例数	Mean 平均値 rad	SD 標準偏差
<400	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00	17	.00	.00
400-449	3	363.67	629.88	3	363.67	629.88	3	363.67	629.88	3	363.67	629.88	3	363.67	629.88	3	363.67	629.88
450-499	6	2902.33	839.20	6	2902.33	839.20	6	2902.33	839.20	1	9871.00	.00	4	4.50	9.00	1	7525.00	.00
500-549	5	1398.60	3127.36	5	1398.60	3127.36	1	6993.00	.00	5	2117.40	2966.20	4	.00	.00	5	2117.40	2966.20
550-599	4	4870.00	1505.47	4	4870.00	1505.47	2	4786.00	797.61	9	11.11	16.72	9	11.11	16.72	9	11.11	16.72
600-649	8	2524.50	396.92	8	2524.50	396.92	1	4016.00	.00	4	2478.00	.00	28	6.39	16.09	16	185.25	645.40
650-699	2	1922.00	.00	2	1922.00	.00	1	3149.00	.00	2	2490.00	60.81	16	185.25	645.40	1	2721.00	.00
700-749	5	1773.60	201.82	9	1922.41	328.25	2	2466.50	53.03	4	1675.75	31.14	4	1759.25	325.58	3	1888.67	93.38
750-799	6	1507.67	650.90	16	626.94	852.74	6	1594.50	71.43	4	1759.25	325.58	11	127.82	423.92	1	1588.00	.00
800-849	10	1271.10	218.31	26	979.85	692.23	6	1594.50	71.43	10	1333.30	254.78	8	1.38	2.87	2	1282.50	106.77
850-899	13	933.92	180.66	46	442.37	571.10	4	1427.75	39.55	6	1002.00	81.21	35	214.74	441.16	1	1110.00	.00
900-949	35	703.00	166.19	86	422.16	454.47	10	1031.20	72.21	21	837.19	141.63	52	114.00	291.93	3	828.33	32.12
950-999	38	602.63	123.88	84	370.19	352.41	7	813.86	86.38	31	667.00	64.16	42	43.90	161.01	4	719.50	53.56
1000-1049	60	441.03	123.83	80	532.91	150.57	15	694.33	57.29	49	529.27	56.82	10	285.60	253.05	6	571.33	18.88
1050-1099	115	384.87	69.73	167	450.86	89.55	10	590.70	37.71	126	452.04	55.17	20	383.10	184.20	11	433.45	15.58
1100-1149	149	305.13	74.39	185	368.02	77.01	25	455.24	37.30	116	356.78	42.81	21	318.48	169.33	23	375.13	27.06
1150-1199	227	252.18	46.81	237	306.78	39.39	54	344.13	36.28	139	294.94	33.86	20	299.00	40.86	24	297.79	19.22
1200-1249	345	212.25	47.01	450	257.68	32.65	178	279.37	24.14	222	241.18	28.66	35	254.57	36.31	15	251.73	17.34
1250-1299	334	182.66	36.52	488	209.78	28.81	205	228.97	18.46	190	197.32	22.07	29	180.31	59.44	64	198.67	9.42
1300-1349	361	156.86	26.52	545	170.08	23.62	221	188.24	16.13	276	157.99	17.74	30	154.77	34.17	18	158.11	13.63

\*Based on calculations completed by 15 August 1967  
1967年8月15日現在完了している計算



TABLE 11 DISTRIBUTION OF TRANSMISSION FACTORS — HIROSHIMA, 15 AUGUST 1967

表11 透過係数の分布—広島, 1967年8月15日現在

Transmission factor values 透過係数	Gamma rays ガンマ線				Neutrons 中性子線					
	T57D †	T65D			T57D †	T65D				
		Total 合計	9-par 9パラメータ	Globe グローブ		Other* その他	Total 合計	9-par 9パラメータ	Globe グローブ	Other* その他
.000-.049										
.050-.099										
.100-.149						4		3	1	
.150-.199						110	75	2	33	
.200-.249	3				1	2810	2031	16	763	
.250-.299	11				3493	4142	2973	39	1130	
.300-.349	37	2		1	1	457	6357	2825	94	3438
.350-.399	148	2		2	1631	1857	1057	133	667	
.400-.449	338				4286	915	407	184	324	
.450-.499	766	1		1	2388	579	132	251	196	
.500-.549	1274	1		1	1334	534	82	263	189	
.550-.599	2047	53		18	35	484	426	62	224	140
.600-.649	3282	166		48	118	89	300	42	168	90
.650-.699	2578	460		270	190	49	309	44	155	110
.700-.749	2035	702	7	503	192	29	224	28	117	79
.750-.799	1310	955	310	433	212	16	210	28	106	76
.800-.849	414	3582	2330	252	1000	3	220	29	98	93
.850-.899	14	4182	2749	204	1229		213	18	96	999
.900-.949	8	5971	2243	204	3524	5	311	7	75	229
.950-.999		2226	1281	127	818		110	1	40	69
1.000-1.049		45165	558		44607		44373	1		44372
1.050-1.099		152	106		46					
1.100-1.149		204	130		74					
1.150-1.199		65	44		21					
1.200-1.249		86	64		22					
1.250-1.299		29	20		9					
1.300-1.349										
1.350-1.399										
1.400-1.449										
1.450-1.499										
1.500+										
Total 計	14265	64004	9842	2064	52098	14265	64004	9842	2064	52098

IBM 01824

\*Otherwise estimated, chiefly cases lacking shielding histories.

他の方法で推定された例、主として遮蔽歴のないもの

†T57D cases for whom 9-parameter transmission values could also be calculated for T65D.

これらのT57D例は、9-パラメータ透過係数の計算も可能であり、それによりT65Dの得られたもの



TABLE 12 DISTRIBUTION OF TRANSMISSION FACTORS — NAGASAKI, 15 AUGUST 1967

表12 透過係数の分布—長崎, 1967年8月15日現在

Transmission factor values 透過係数	Gamma rays ガンマ線					Neutrons 中性子線				
	T57D†	T65D				T57D†	T65D			
		Total 合計	9-par 9-パラメータ	Globe グループ	Other* その他		Total 合計	9-par 9-パラメータ	Globe グループ	Other* その他
.000-.049		235		235		235		235		
.050-.099						1		1		
.100-.149		2		2		2	1	1		
.150-.199						15	9	1	5	
.200-.249					25	426	389		37	
.250-.299		1		1	354	810	716	11	83	
.300-.349		1		1	9	1308	1192	16	100	
.350-.399					641	1403	710	23	670	
.400-.449	24	5		5	1067	394	326	46	22	
.450-.499	327	4		4	725	188	112	65	11	
.500-.549	348	1			536	132	71	51	10	
.550-.599	495	2			237	109	50	52	7	
.600-.649	581	25	4	17	4	52	99	41	44	14
.650-.699	534	236	154	63	19	23	76	33	40	3
.700-.749	640	930	705	143	82	25	71	28	33	10
.750-.799	528	1135	952	88	95	20	77	18	50	9
.800-.849	215	1762	989	67	706		69	22	39	8
.850-.899	24	605	499	67	39	2	69	15	45	9
.900-.949		1169	206	72	891		950	9	66	875
.950-.999		150	26	116	8		66	2	62	2
1.000-1.049		13506	12		13494		13494			13494
1.050-1.099		166	145		21					
1.100-1.149		46	41		5					
1.150-1.199		11	9		2					
1.200-1.249		2	2							
1.250-1.299										
1.300-1.349										
1.350-1.399										
1.400-1.449										
1.450-1.499										
1.500+										
Total 計	3716	19994	3744	881	15369	3716	19994	3744	881	15369

IBM 01824

\*Otherwise estimated, chiefly cases lacking shielding histories.

他の方法で推定された例。主として遮蔽歴のないもの。

†T57D cases for whom 9-parameter transmission values could also be calculated for T65D.

これらのT57D例は、9-パラメータ透過係数の計算も可能であり、それによりT65Dの得られたもの。

TABLE 13 STATUS OF T65D CALCULATION, 15 AUGUST 1967

表13 T65D計算の状況、1967年8月15日現在

Category 区分		Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Total 合計
Male 男	.....	26348	8597	34945
Female 女	.....	37656	11397	49053
Dose estimation 線量推定の分類	Class 1 第1級	12180	4204	16384
	Class 2 第2級	7395	2690	10085
	Class 3 第3級	44429	13100	57529
Sample 標本分類	PE 86 .....	389	88	477
	ST 100 .....	52889	17056	69945
	Male 男 .....	21877	7353	29230
	Female 女 .....	31012	9703	40715
	ME 200 .....	9681	3839	13520
	Male 男 .....	3685	1646	5331
	Female 女 .....	5996	2193	8189
	Other ST 100 (ME Y) その他 .....	43208	13217	56425
	Male 男 .....	18192	5707	23899
	Female 女 .....	25016	7510	32526
Reserve 予備群	.....	3526	1399	4925
Other その他	.....	7200	1451	8651
Total 計	.....	64004	19994	83998

TABLE 14 STATUS OF T65D CALCULATION FOR ME 200 AND ST 100, 15 AUGUST 1967

表14 ME 200とST 100標本のT65D計算の状況、1967年8月15日現在

T65D	Ground distance 地上距離									Total 合計		
	<1000 m			1000-1599 m			1600+m			Total		
	T65D Yes 完了	Total No 未完成	計	T65D Yes 完了	Total No 未完成	計	T65D Yes 完了	Total No 未完成	計	T65D Yes 完了	Total No 未完成	計
Hiroshima 広島												
ME 200*	597	274	871	3928	303	4231	1724	22	1746	6249	599	6848
Male 男	260	104	364	1480	142	1622	635	3	638	2375	249	2624
Female 女	337	170	507	2448	161	2609	1089	19	1108	3874	350	4224
ST 100	633	291	924	9427	751	10178	42829	186	43015	52889	1228	54117
Male 男	281	106	387	3725	364	4089	17871	53	17924	21877	523	22400
Female 女	352	185	537	5702	387	6089	24958	133	25091	31012	705	31717
Nagasaki 長崎												
ME 200*	108	144	252	1605	623	2228	567	78	645	2280	845	3125
Male 男	43	59	102	692	287	979	238	38	276	973	384	1357
Female 女	65	85	150	913	336	1249	329	40	369	1307	461	1768
ST 100	184	221	405	2625	963	3588	14247	446	14693	17056	1630	18686
Male 男	68	93	161	1189	476	1665	6096	208	6304	7353	777	8130
Female 女	116	128	244	1436	487	1923	8151	238	8389	9703	853	10556

\*Exposure group 1 and 2 only.

第1および第2被爆群のみである。

TABLE 15 DISTRIBUTION OF ME200 AND ST100 SAMPLES BY T65D

表15 T65Dに基づくME200およびST100の分布

T65D rad	Total 総線量			Gamma ガンマ線			Neutron 中性子線		
	ME200	ST100	All* 全対象者	ME200	ST100	All 全対象者	ME200	ST100	All 全対象者
Hiroshima 広島									
0-9	4440	39226	44549	4716	40734	46592	6900	48328	56806
10-19	1030	5062	6660	977	4345	5683	943	2013	2857
20-29	535	1803	2440	625	1856	2504	464	802	1251
30-39	439	1236	1670	475	1161	1598	289	431	665
40-49	389	834	1181	363	797	1133	211	283	480
50-59	276	640	912	288	634	877	159	203	327
60-69	251	556	750	233	444	675	118	147	255
70-79	199	393	578	187	409	614	92	117	232
80-89	147	326	492	156	281	412	80	90	177
90-99	140	286	417	138	252	409	63	74	136
100-149	518	887	1394	484	768	1201	178	199	419
150-199	322	480	748	320	411	722	68	75	169
200-259	265	350	586	246	281	517	40	44	88
260-299	128	144	263	87	106	228	14	16	33
300-399	232	269	551	206	217	430	28	30	48
400-499	151	163	331	65	67	153	9	10	18
500-599	61	63	140	34	40	83	4	4	7
600-699	48	49	92	30	31	64	4	4	5
700-799	27	33	80	17	19	38	1	2	3
800-899	20	21	42	6	6	15	4	4	6
900+	63	68	128	28	30	56	12	13	22
Sub total 小計	9681	52889	64004	9681	52889	64004	9681	52889	64004
Unknown 不明	599	1228	1889	599	1228	1889	599	1228	1889
Total 合計	10280	54117	65893	10280	54117	65893	10280	54117	65893

\*Doses were calculated for ST100, master sample reserve <2500 m, and all ABCC subjects with shielding histories. Doses have not yet been estimated for PE86, in utero mortality  $F_1$ , subjects without shielding histories, and subjects whose parents are not in the ST100 or Master Sample Reserve portion <2500 m.

線量計算は、ST100標本のみならず、基本標本予備群で2500m以内の者、およびその他のABCC調査対象者で遮蔽歴のある全員についても行なわれた。現在のところ、PE86(胎内被爆)、 $F_1$ 死亡率調査標本など、遮蔽歴のない者、および両親がST100標本または2500m以内の基本標本予備群に含まれていない者については、線量推定はまだ行なわれていない。

TABLE 15 表15続き

T65D rad 総線量	Total 合計			Gamma ガンマ線			Neutron 中性子線		
	ME 200	ST 100	All 全対象者	ME 200	ST 100	All 全対象者	ME 200	ST 100	All 全対象者
	Nagasaki 長崎								
0-9	1645	10716	11420	1645	10716	11420	3713	16900	19761
10-19	133	1898	2339	133	1898	2339	71	85	118
20-29	123	552	763	123	553	765	26	32	44
30-39	92	344	469	92	343	467	9	10	18
40-49	71	311	418	71	311	418	8	10	14
50-59	63	295	391	63	295	391	5	6	6
60-69	57	269	348	57	270	349	1	2	7
70-79	64	195	272	64	194	271	1	2	5
80-89	52	161	217	53	163	219	0	1	3
90-99	51	149	198	51	163	215	0	0	1
100-149	329	575	849	335	569	843	1	2	5
150-199	308	474	671	310	482	681	0	0	0
200-259	316	437	626	318	433	620	1	2	2
260-299	144	179	266	146	178	270	1	1	4
300-399	169	218	310	164	214	300	1	2	2
400-499	101	130	195	97	125	191	1	1	1
500-599	28	41	62	28	41	60	0	0	1
600-699	19	21	38	18	20	38	0	0	1
700-799	27	32	38	27	32	37	0	0	1
800-899	8	9	18	8	9	19	0	0	0
900+	39	50	86	36	47	81	0	0	0
Sub total 小計	3839	17056	19994	3839	17056	19994	3839	17050	19994
Unknown 不明	845	1630	1893	845	1630	1893	845	1630	1893
Total 合計	4684	18686	21887	4684	18686	21887	4684	18686	21887

IBM 1824-1

TABLE 16 DISTRIBUTION OF ME200 SAMPLE, NEUTRON AND GAMMA, BY T65D

表16 T65Dの中性子線およびガンマ線に基づくME200の分布

Gamma ガンマ線 rad	Total 合計	Neutron 中性子線 rad											Unknown 不明
		0	1-4	5-9	10-39	40-69	70-119	120-179	180-239	240-339	340-449	450-649	
<b>Hiroshima 広島</b>													
Total 計	10277	3590	2094	1214	1695	488	327	136	53	35	17	29	599
0	3462	3462											
1-4	659	126	533										
5-9	595	2	593										
10-39	2075		968	874	233								
40-69	884			340	542	2							
70-119	717				604	104	9						
120-179	445				295	90	55	5					
180-239	302				21	203	31	47					
240-339	258					88	124	20	23	3			
340-449	136					1	92	15	6	19	3		
450-649	85						16	44	6	7	8	4	
650+	60							5	18	6	6	25	
Unknown 不明	599												599
<b>Nagasaki 長崎</b>													
Total 計	4684	2425	973	315	106	14	1	1	1	2	1		845
0	1640	1640											
1-4	2	2											
5-9	3	3											
10-39	348	345	3										
40-69	191	191											
70-119	276	186	90										
120-179	406	58	348										
180-239	345		324	21									
240-339	335		154	180	1								
340-449	135		53	63	19								
450-649	79		1	48	30								
650+	79			3	56	14	1	1	1	2	1		
Unknown 不明	845												845

TABLE 17 DISTRIBUTION OF ST 100 SAMPLE, NEUTRON AND GAMMA, BY T65D

表17 T 65D の中性子線およびガンマ線に基づく ST 100 の分布

Gamma ガンマ線 rad	Neutron 中性子線 rad													Unknown 不明
	Total 合計	0	1-4	5-9	10-39	40-69	70-119	120-179	180-239	240-339	340-499	450-649	650+	
<b>Hiroshima 広島</b>														
Total 計	54115	32842	11981	3503	3245	633	385	150	58	40	17	33		1228
0	28174	28174												
1-4	8784	4664	4120											
5-9	3777	4	3773											
10-39	7359		4088	2727	544									
40-69	1877			776	1099	2								
70-119	1332				1152	168	12							
120-179	632				427	119	81	5						
180-239	362				23	245	38	56						
240-339	290					98	141	22	25	4				
340-449	142					1	97	15	6	20	3			
450-649	93						16	47	7	10	8	5		
650+	65							5	20	6	6	28		
Unknown不明														1228
<b>Nagasaki 長崎</b>														
Total 計	18686	14981	1521	398	127	18	3	2	1	4	1			1630
0	4687	4687												
1-4	3960	3960												
5-9	2069	2069												
10-39	2794	2790	4											
40-69	876	873	3											
70-119	738	513	224	1										
120-179	631	89	542											
180-239	501		473	28										
240-339	429		208	220	1									
340-449	172		66	80	26									
450-649	103		1	65	37									
650+	96			4	63	18	3	2	1	4	1			
Unknown不明														1630

IBM 01876

APPENDIX

付 録

THE "9-PARAMETER FORMULAE" FOR THE EVALUATION OF RADIATION EXPOSURE IN JAPANESE DWELLING HOUSES

Measurements of radiation from an unshielded reactor (BREN) and from exploding weapons were made in radiation analogs of Japanese houses by means of systematically placed dosimeters. The results of these measurements were analyzed by the method of multiple linear regression.<sup>4</sup> The analysis yielded formulae which evaluated the neutron and gamma radiation reaching the measured points in terms of air dose at the location. They comprised terms including some or all of the following nine parameters:

- FN - Floor number
- SP - Slant penetration in feet
- IFW - Number of internal front walls
- ILW - Number of internal lateral walls
- FS - Presence of a shielding structure in front
- FSS - Size of FS, if present
- LS - Presence of a lateral shielding structure
- US - Distance from any unshielded window in the direction of the epicenter, in 5ft zones
- HF - Height above floor in yds.\*

The formulae are as follows:

For neutrons in both cities:

$$D/D_{\text{air}} = 0.333 + 1.597e^{-(US+HF)} - 0.0332 FS + 0.0266 LS + 0.675e^{-SP} + 0.0118 FN - 0.0116 ILW + 0.0456e^{-FS} - 0.00855 IFW$$

For gamma rays when subject is behind an open window:

Hiroshima

$$D/D_{\text{air}} = 0.788 + 1.803e^{-(US+HF)} + 0.165e^{-SP} + 0.0241 US + 0.0615 FN - 0.0257 SP - 0.00347 FS$$

Nagasaki

$$D/D_{\text{air}} = 0.684 + 2.203e^{-(US+HF)} + 0.202e^{-SP} + 0.0294 US + 0.0504 FN - 0.00210 SP - 0.00284 FS$$

日本式住宅内における放射線被曝の評価に用いる「9-パラメーター方式」

放射線透過の類似した構造から成る日本式家屋内で、系統的に配置された線量計によって、無遮蔽原子炉 (BREN) および核兵器爆発により放射線の測定が行なわれた。これらの測定値は多重線形回帰法によって解析を行なった。<sup>4</sup> その解析の結果、各測定点における空気線量をもとに、それらの測定点に達する中性子線およびガンマ線の割合を評価する公式が得られた。それらは、次の9つのパラメーターのうちのいくつか、またはすべてを含んでいる。

- FN - 階層数
- SP - 直線透過距離 (フィート単位)
- IFW - 内部前壁数
- ILW - 内部側壁数
- FS - 前方遮蔽建築物の有無
- FSS - 前方遮蔽建築物の大きさ
- LS - 側方遮蔽建築物の有無
- US - 爆心方向にある遮蔽されていない窓からの距離 (5フィート区分)
- HF - 床上の高さ (ヤード単位)\*

公式は次のとおりである:

両市における中性子の場合:

(1)

対象者が開放された窓の内側にいる場合のガンマ線量は:

広島では

長崎では

(2)

(3)

\* Erroneously stated to be feet by Cheka et al.<sup>4</sup>

Cheka ら<sup>4</sup>の報告ではフィートとして述べられているが、これは誤りで示されている値はヤード単位である。

For gamma rays when subject is not behind a window:

対象者が窓の内側にいなかった場合のガンマ線は、

Hiroshima

広島では

$$D/D_{\text{air}} = 0.709 + 0.281e^{-SP} + 0.109e^{-FS} + 0.0498e^{-IFW} + 0.0615 FN - 0.00257 SP - 0.00347 FS \quad (4)$$

Nagasaki

長崎では

$$D/D_{\text{air}} = 0.587 + 0.344e^{-SP} + 0.133e^{-FS} + 0.0609e^{-IFW} + 0.0504 FN - 0.00210 SP - 0.00284 FS \quad (5)$$

The gamma-ray formulae differ in the two cities because of spectral differences in the gamma radiation. When used in the calculation of dose, the formulae are modified to accommodate metric units. The permissible ranges of the independent variables are defined where limits exist.

ガンマ線の公式は、そのスペクトルに差があるため、広島と長崎とでは異なる。これらの公式は、線量計算に用いられる場合は、m単位で行なえるよう修正されている。限界がある場合は、個々の変数の許容範囲を示した。