

**LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS**

原爆被爆生存者における白血病

**1 GENERAL OBSERVATIONS**

1 一般的観察

ROBERT D. LANGE, M.D., WILLIAM C. MOLONEY, M.D., AND  
TOKUSO YAMAWAKI

**LEUKEMIA IN SURVIVORS OF ATOMIC BOMBING**

原爆被爆生存者における白血病

WILLIAM C. MOLONEY, M.D.

**CYTOLOGIC AND BIOCHEMICAL STUDIES ON THE GRANULOCYTES  
IN EARLY LEUKEMIA AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS**

原爆被爆者における白血病初期の顆粒球に関する細胞学および生化学的研究

WILLIAM C. MOLONEY, M.D. AND ROBERT D. LANGE, M.D.

**LEUKEMOGENIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION  
ON ATOMIC BOMB SURVIVORS IN HIROSHIMA CITY**

広島市の原爆被爆生存者における電離放射線の白血病発生効果

WILLIAM C. MOLONEY, M.D. AND MARVIN A. KASTENBAUM, M.D.



**EDITOR'S NOTE**  
**編集者の言葉**

The ABCC Bilingual Technical Report series began in 1959. In order that manuscripts which have never been published or are available only in one language may be made a matter of record for reference purposes, the 1959 series is being kept open and items will be added from time to time.

1959年から日英両文によるA B C C業績報告書の作成を開始した。これまでに発表されなかった原稿，又は一方の国語だけで作成されたものも，参考用記録とするために1959年度集の中に随時追加される。

**THE ABCC TECHNICAL REPORT SERIES**  
**A B C C 業績報告集**

The ABCC Technical Reports provide a focal reference for the work of the Atomic Bomb Casualty Commission. They provide the authorized bilingual statements required to meet the needs of both Japanese and American components of the staff, consultants, advisory councils, and affiliated governmental and private organizations. The reports are designed to facilitate discussion of work in progress preparatory to publication, to record the results of studies of limited interest unsuitable for publication, to furnish data of general reference value, and to register the finished work of the Commission. As they are not for bibliographic reference, copies of Technical Reports are numbered and distribution is limited to the staff of the Commission and to allied scientific groups.

この業績報告書は、A B C Cの今後の活動に対して重点的の参考資料を提供しようとするものであって、A B C C職員・顧問・協議会・政府及び民間の関係諸団体等の要求に応ずるための記録である。これは、実施中で未発表の研究の検討に役立たせ、学問的に興味が限定せられていて発表に適しない研究の成果を収録し、或は広く参考になるような資料を提供し、又A B C Cにおいて完成せられた業績を記録するために計画されたものである。論文は文献としての引用を目的とするものではないから、この業績報告書各冊には一連番号を付してA B C C職員及び関係方面にのみ配布する。

## LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆生存者における白血病

### 1 GENERAL OBSERVATIONS

#### 1 一般的観察

ROBERT D. LANGE, M.D., WILLIAM C. MOLONEY, M.D. AND  
TOKUSO YAMAWAKI<sup>1</sup>

(Originally published 1954 既発表)

## LEUKEMIA IN SURVIVORS OF ATOMIC BOMBING

原爆被爆生存者における白血病

WILLIAM C. MOLONEY, M.D.<sup>1</sup>

(Originally published 1955 既発表)

## CYTOLOGIC AND BIOCHEMICAL STUDIES ON THE GRANULOCYTES IN EARLY LEUKEMIA AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆者における白血病初期の顆粒球に関する細胞学的および生化学的研究

WILLIAM C. MOLONEY, M.D. AND ROBERT D. LANGE,<sup>1</sup> M.D.

(Originally published 1954 既発表)

## LEUKEMOGENIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON ATOMIC BOMB SURVIVORS IN HIROSHIMA CITY

広島市の原爆被爆生存者における電離放射線の白血病発生効果

WILLIAM C. MOLONEY, M.D.<sup>1</sup>, AND MARVIN A. KASTENBAUM, M.D.<sup>2</sup>

(Originally published 1954 既発表)

From the Departments of Medicine<sup>1</sup> and Statistics<sup>2</sup>

臨床部<sup>1</sup> および統計部<sup>2</sup>



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
Hiroshima - Nagasaki, Japan

A Research Agency of the  
U.S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
under a grant from  
U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION

administered in cooperation with the  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH & WELFARE

原爆傷害調査委員会  
広島 - 長崎

厚生省国立予防衛生研究所  
と共同運営される

米国学士院 - 学術会議の在日調査研究機関  
(米国原子力委員会研究費に依る)

TABLE OF CONTENTS  
目次

LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS 1 GENERAL OBSERVATIONS  
原爆被爆生存者における白血病 一般的観察

	<i>Page</i>
METHODS AND MATERIALS 材料および方法	1
RESULTS OF STUDIES 調査結果	3
DISCUSSION 考按	13
SUMMARY AND CONCLUSIONS 総括および結論	15
REFERENCES 参考文献	16

LEUKEMIA IN SURVIVORS OF ATOMIC BOMBING  
原爆被爆生存者における白血病

RESULTS OF OBSERVATIONS 観察の結果	1
Rate of Occurrence 発生率	1
Date of Onset 発病時期	2
Type of Leukemia 白血病の病型	2
HEMATOLOGIC FEATURES OF EARLY LEUKEMIA IN SURVIVORS 被爆生存者における初期白血病の血液学的特徴	3
BIOCHEMICAL STUDIES ON SEPARATED LEUKOCYTES 白血球を分離して行なった生化学的検査	3
DISCUSSION 考按	4
SUMMARY AND CONCLUSIONS 総括および結論	6
REFERENCES 参考文献	7

CYTOLOGIC AND BIOCHEMICAL STUDIES ON THE GRANULOCYTES IN EARLY LEUKEMIA  
AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆者における白血病初期の顆粒球に関する細胞学および生化学的研究

COMMENT	2
知見	
DISCUSSION	10
考按	
SUMMARY	10
総括	
REFERENCES	11
参考文献	

LEUKEMOGENIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON ATOMIC BOMB SURVIVORS IN  
HIROSHIMA CITY

広島市の原爆被爆生存者における電離放射線の白血病発生効果

REFERENCES	2
参考文献	

LIST OF TABLES AND FIGURES  
挿入図表一覧表

LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS 1 GENERAL OBSERVATIONS  
原爆被爆生存者における白血病 一般的観察

	<i>Page</i>
Table 1. Cases of Leukemia in Hiroshima City and Prefecture by Age and Exposure Distance 表 広島市と広島県における年齢別被爆距離別白血病例数	5
2. Cases of Leukemia in Nagasaki City and Prefecture by Age and Exposure Distance 長崎市と長崎県における年齢別被爆距離別白血病例数	6
3. Population of Hiroshima City in October 1950 by Age and Sex 1950年10月における広島市の年齢別および性別人口	9
4. Type of Leukemia Related to Distance from Hypocenter, Radiation Complaints, and Sex 爆心地からの距離, 放射線症状および性別白血病病型	10
Figure 1. Distribution of Leukemia Cases by Distance from the Hypocenter Compared to Population of Survivors in Hiroshima City and Prefecture 白血病例の爆心地からの距離別分布および広島市と広島県における被爆生存者数との比較	4
2. Distribution of Leukemia Cases by Distance from the Hypocenter Compared to Population of Survivors in Nagasaki City and Prefecture 白血病例の爆心地からの距離別分布および長崎市と長崎県における被爆生存者数との比較	4
3. Combined data on Cases of Leukemia in Hiroshima and Nagasaki Cities and Prefectures 広島・長崎両市および広島・長崎両県における白血病例についての総合資料	8
4. Distribution of Exposed and Nonexposed Cases by Age and Sex 被爆者例と非被爆者例の年齢別および性別分布	8
5. Types of Leukemia Occurring in One Hundred and Twenty-four Exposed and Nonexposed Individuals 124名の被爆者と非被爆に発生した白血病の病型	9
6. Distribution of Exposed and Nonexposed Cases by Year of Onset. In Two Cases, the Date of Onset was not Known 被爆者および非被爆者症例の発病年度別分布 2例で発病年月日が不明である	10

LEUKEMIA IN SURVIVORS OF ATOMIC BOMBING  
原爆被爆生存者における白血病

Table 1.	Population of Survivors in Hiroshima and Nagasaki Cities and Prefectures with the Distribution of 92 Verified Cases of Leukemia (1948 to 1954)	1
表	広島および長崎両市と両県における被爆生存者数ならびに診断確定の白血病92例の分布 (1948年~1954年)	
2.	Occurrence of Leukemia in Hiroshima City Survivors in Relation to Distance from the Hypocenter and Severity of Radiation Complaints	2
	爆心地からの距離別および放射線症状の強度別に見た広島市被爆生存者の白血病発生	
3.	Distribution of Cases of Leukemia in Survivors, by Year of Onset	3
	被爆生存者における白血病症例の発病年度別分布	
4.	Types of Leukemia in Survivors	4
	被爆生存者における白血病の病型	

CYTOLOGIC AND BIOCHEMICAL STUDIES ON THE GRANULOCYTES IN EARLY LEUKEMIA  
AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS

原爆被爆者における白血病初期の顆粒球に関する細胞学および生化学的研究

	Page
Table 1. General and Radiation Data on Four Cases of Preclinical Myelogenous Leukemia. Some of These Cases Showed Cataract 表 臨床症状発現前の骨髄性白血病4例における一般並びに被爆関係資料(白内障を認めるものあり)	3
2. Case No. 1, S.Y., M.F. No. [REDACTED]. Male, Age 54. Exposed 400 Meters. Hematological and Biochemical Data 症例1 (S. Y. - ABCC基本名簿番号第 [REDACTED] 号一男, 54才, 被爆距離 400m) の血液学および生化学的所見	4
3. Case No. 2, K.M., M.F. No. [REDACTED]. Female, Age 61. Exposed 1390 Meters. Hematological and Biochemical Data 症例2 (K. M. - ABCC基本名簿番号第 [REDACTED] 号一女, 61才, 被爆距離1390m) の血液学および生化学的所見	5
4. Case No. 3, K.S., M.F. No. [REDACTED]. Male, Age 52. Exposed 650 Meters. Hematological and Biochemical Data 症例3 (K. S. - ABCC基本名簿番号第 [REDACTED] 号一男, 52才, 被爆距離 650m) の血液学および生化学的所見	6
5. Case No. 4, I.H., M.F. No. [REDACTED]. Male, Age 39. Exposed 1170 Meters. Hematological and Biochemical Data 症例4 (I. H. - ABCC基本名簿番号第 [REDACTED] 号一男, 39才, 被爆距離1170m) の血液学および生化学的所見	

Figure 1. Absolute Basophil Counts per cubic millimeter In Normal Japanese, Cases of Myelogenous Leukemia and Polycythemia Vera Absolute Number of Basophils Per Cubic Millimeter 図 正常日本人, 骨髄性白血病患者および真性多血球血症患者における $1\text{mm}^3$ 当りの好塩基球絶対数	8
2. Range and Means of Leukocyte Alkaline Phosphatase in Normal Japanese Cases of Myelogenous Leukemia and Polycythemia Vera Alkaline Phosphatase Expressed as mg P Liberated Per Hour Per $10^{10}$ Leukocytes 正常日本人, 骨髄性白血病患者および真性多血球血症患者における白血球アルカリ性フォスファターゼ値の巾と平均値 白血球 $10^{10}$ からの1時間当り燐遊離量をmg単位で表わしたアルカリ性フォスファターゼ	

LEUKEMOGENIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION ON ATOMIC BOMB SURVIVORS  
IN HIROSHIMA CITY

広島市の原爆被爆生存者における電離放射線の白血病発生効果

	Page
Table 1. Incidence of Leukemia in the Hiroshima Survivors Related to Distance from the Hypocenter and the Presence of Severe Radiation Complaints 表 爆心地からの距離および強度の放射線症状の有無別の広島被爆生存者における白血病発生率	2



# LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS

## I. GENERAL OBSERVATIONS

### 原爆被爆生存者における白血病

#### I 一般 的 観 察

ROBERT D. LANGE, WILLIAM C. MOLONEY, and TOKUSO YAMAWAKI.\*

Leukemogenesis induced by repeated exposures to x-ray and other forms of radiation energy has long been recognized in man and in experimental animals.<sup>1-3</sup> The explosion of the atomic bombs in Japan exposed two large human populations to single brief but massive doses of ionizing irradiation and subsequently a marked increase in leukemia among survivors was reported.<sup>4,5</sup> The present study consists of a review of all cases of leukemia referred to the Atomic Bomb Casualty Commission from 1948 to April 1952 together with thirty-nine new cases, bringing the total to seventy-five established cases of leukemia occurring in atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki up to January 1, 1953.

#### METHODS AND MATERIALS

In the five year period from 1948 through 1952, one hundred and fifty cases of leukemia were investigated by the Atomic Bomb Casualty Commission. Of these, twenty-six cases were excluded because of failure to meet the criteria of adequate clinical and radiation data with blood smears, bone marrow smears, or autopsy material available for study by the authors.

The sources of the leukemia cases were as follows:

1. Patients encountered during routine medical and hematologic surveys of atomic bomb survivors. Ten such cases have been discovered: four during a hematologic survey of nine hundred epilated Hiroshima survivors originally studied in 1947-1948 by Snell, Neel, and Ishibashi, and by Yamasowa in 1949,<sup>6,7</sup> and six during the medical survey of

X線およびその他の放射線エネルギーの反復照射によって人間および実験動物に白血病が誘発されるということは以前から認められている<sup>1-3</sup>。日本において原子爆弾の爆発によって2つの大きな人口集団が、短時間内に大量の電離放射線の1回照射を受けた。その後、被爆生存者には著明な白血球増加が報告された<sup>4,5</sup>。本調査では1948年から1952年4月まで原爆傷害調査委員会に紹介された全白血病症例、および新しい症例39例について検討が行なわれた。これによって1953年1月1日までに広島および長崎の原爆被爆生存者に発生した白血病の確実な総数は75例になった。

#### 材料および方法

1948年から1952年までの5年間に原爆傷害調査委員会は白血病150例を調査した。この中の26例は、著者等が血液塗抹標本、骨髓塗抹標本または剖検材料を検討した結果、臨床基準および原爆時の条件を十分満足しなかったため除外した。

白血病例は次のようにして求められた。

1. 被爆生存者に対する医学的および血液学的調査において発見した患者。この方法によって発見した患者は10名である。すなわち、脱毛を経験した広島被爆生存者900名について血液学的調査が、最初1947年から1948年にかけてSnell, NeelおよびIshibashiによって行なわれ、次いで1949年に山俣によって行なわれているが、その研究で4例発見され<sup>6,7</sup>、更に広島およ

Blood. Vol. IX 574-585, 1954

\* Atomic Bomb Casualty Commission  
原爆傷害調査委員会

two thousand five hundred and eighty adult survivors in Hiroshima and Nagasaki.\*

2. Patients referred to the Atomic Bomb Casualty Commission by local physicians or visited by Commission doctors in Hiroshima and Nagasaki hospitals.

3. Cases discovered through death certificates. Only those cases in which there was adequate clinical and radiation history with blood and bone marrow smears available for study by the authors were included.

In all, one hundred and twenty-four cases of leukemia were studied, seventy-five among exposed and forty-nine in nonexposed individuals. The term "exposed", as used in this report, is applied to anyone present in the cities of Hiroshima and Nagasaki during the atomic bombings. Exposure is further qualified by the factors of distance from the hypocenter,\* shielding, and a history of the presence or absence of complaints indicative of radiation sickness following the bombing.

The same methods of study were used for both the nonexposed and exposed groups. Information concerning the nonexposed cases is included in this report; however, the data are not used in a comparative analysis because of the differences in the two groups in regard to age and sex.

An estimation of the surviving population presents many difficulties mainly because movements of survivors to and from the cities makes the determination of the number of survivors conjectural. In 1949 the Commission carried out a radiation census in an attempt to determine the numbers, age, sex, and distance from the hypocenter of the survivors residing in the cities of Hiroshima and Nagasaki, from which it was determined that there were 98,265 survivors in Hiroshima and 96,962 survivors in Nagasaki. In 1950, during the Japanese National Census, a questionnaire was included concerning survivors and figures were

び長崎の成人被爆生存者2580名の医学的調査で6例を発見した<sup>3)</sup>。

2. 地元の医師が原爆傷害調査委員会に紹介した患者、あるいは委員会の医師が広島および長崎の病院で診察した患者。

3. 死亡診断書に基づいて発見した患者。十分な臨床記録と被爆歴があり、且つ血液および骨髄塗抹標本の検討ができた患者のみを本調査に含めた。

白血病例合計124例を調査したが、その中の75例は被爆者。49例は非被爆者であった。本書で使用する「被爆者」という用語は、原爆時に広島または長崎市の何れかにいたすべての人に用いる。被爆状態は、爆心地\*からの距離、遮蔽状態および被爆後における放射線疾患の主訴の有無に関する既往歴などの因子によって確認した。

非被爆者および被爆者両群に対しては同一調査方法を用いた。非被爆者の白血病例に関する資料もここに示した。しかしながら、年齢別および性別構成について両群の間に差があるので、この資料は比較解析には使用しなかった。

被爆生存者数の推定値には多くの問題があり、これは主として両市の被爆生存者の転出、転入があるため被爆生存者数は推測に過ぎないことに由来する。1949年に原爆傷害調査委員会は、広島・長崎両市に居住する被爆生存者の数、年齢、性別分布、および爆心地からの距離を決定する目的で被爆者人口調査を実施し、この調査の結果、被爆生存者数は広島で98,265名、長崎で96,962名であると認められた。1950年、国勢調査の時に被爆生存者に関する附帯調査を行ない、この調査から広島・長崎両市と両県のみならず、日本全国に居住する被爆者の数を得た。本書で報告する白血病例

\* The hypocenter is that point on the ground immediately below the bomb burst.

爆心地とは、原子爆弾爆発点直下の地上の点である。

obtained from this census as to the number of survivors not only in the cities and prefectures of Hiroshima and Nagasaki but also for survivors residing in other parts of Japan. Since the leukemia cases reported in this study were encountered not only in the cities of Hiroshima and Nagasaki but also in the prefectures, an attempt has been made to calculate the combined city-prefecture survivor population. Since the total number, age, and sex of survivors in the prefectures were known but not the distance from the hypocenter, the figures for the cities in each age and sex category were expanded to include the prefectural survivors (see tables 1 and 2). This calculation presupposes that survivors moved out of the city to the prefecture in the same relative proportions for age, sex, and distance, a supposition which, of course, may not be correct. However, until further and more accurate information is obtained, these population estimates are the only ones available.

#### RESULTS OF STUDIES

**Sex:** Of the seventy-five exposed cases of leukemia as shown in figures 1, 2, and 3, there were thirty-eight males and thirty-seven females; of the forty-nine nonexposed cases there were thirty-one males and eighteen females. As shown in tables 1 and 2, in certain age groups there were relatively marked differences in the numbers of males and females. However, a statistical analysis of the Hiroshima data showed no influence of sex on the occurrence of leukemia among the atomic bomb survivors of that city. This is of some importance since twenty of the twenty-four cases of leukemia following radiation exposure reported up until 1942 occurred in males.<sup>1</sup> This was undoubtedly due to the increased occupational exposure of males since the present study shows no sex difference in the occurrence of leukemia following the exposure to radiation.

**Age:** An analysis of the age influence on the leukemogenic effect of radiation has hitherto not been possible since all of the prior cases of leukemia, in which radiation has been implicated, have occurred in adults and were in the nature of an occupational hazard.<sup>1-3</sup> The age at death or the

は広島・長崎両市のみならず、両県内地域で発見した者もあるから、市と県の被爆生存者数を加えて計算することを試みた。両県における被爆生存者の総数、年齢別、および性別構成は判明しているが、爆心地からの距離が不明であるから、両市の各年齢別および性別区分に両県の被爆生存者をそれぞれ入れるようにした(表1および表2を参照)。この計算では、被爆生存者の市から県への移動が各年齢別、性別、および被爆距離別区分において同一の相対的比率で行なわれたと仮定しているが、この仮定は勿論正しくないかも知れない。しかしながら、今後さらに正確な資料を入手するまでは、この人口推定数が利用し得る唯一のものである。

#### 調査結果

**性別:** 図1, 2および3に示す如く、被爆者白血病75例の中で38例が男性、37例が女性であった。非被爆者白血病49例の中で31例が男性、18例が女性であった。表1および表2に示す如く、特定の年齢群では男性と女性の白血病例数に比較的著明な差があった。しかしながら、広島を資料を統計的に解析した結果では広島市の被爆生存者における白血病発生に対して性の影響を認めなかった。これはかなり重要なことである。その理由は1942年までに報告された放射線照射後の白血病24例の中の20例が男性に発生しているからである<sup>1</sup>。本調査では被爆後の白血病発生に性差を示していないので、男性が職業上放射線を受けることが多いために前記の事実が生じたことは疑いが無い。

**年齢:** 従来の白血病例で放射線に関連しているものは、すべて成人に発生し、且つ職業上の危険といった性質のものであったから、放射線の白血病発生効果に対する年齢の影響を解析することは今までは不可能であった<sup>1-3</sup>。本調査の症例における死亡時年齢、ある

Fig. 1.—Distribution of leukemia cases by distance from the hypocenter compared to population of survivors in Hiroshima City and Prefecture.

図1 白血病例の爆心地からの距離別分布および広島市と広島県における被爆生存者数との比較

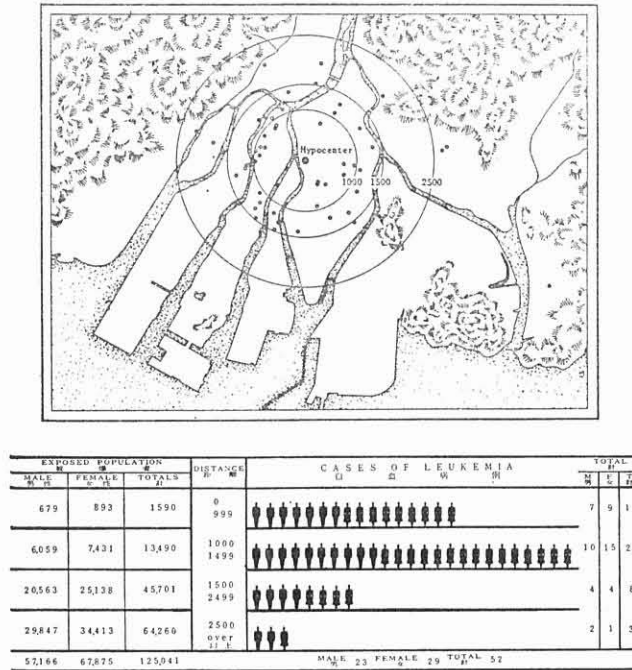


Fig. 2.—Distribution of leukemia cases by distance from the hypocenter compared to population of survivors in Nagasaki City and Prefecture.

図2 白血病例の爆心地からの距離別分布および長崎市と長崎県における被爆生存者数との比較

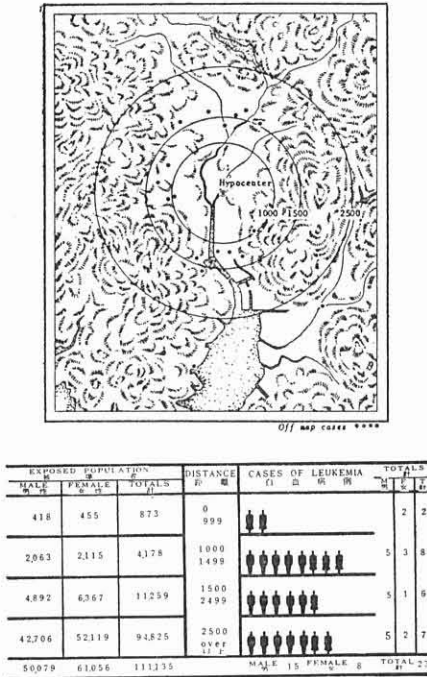


Table 1.—Cases of Leukemia in Hiroshima City and Prefecture by Age and Exposure Distance

表1 広島市と広島県における年齢別被爆距離別白血病例数

Date of birth 出生年	Distance from hypocenter in meters 爆心地からの距離 (m)								Total 計	
	0~999		1000~1499		1500~2499		Over 2500 2500以上			
	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数
Male 男性										
1941~1945.....	39	1	528		2,257		3,843	1	6,667	2
1936~1940.....	32		406	1	1,826	1	2,946		5,210	2
1926~1935.....	157	1	1,424	4	5,117		7,343		14,041	5
1916~1925.....	91	3	662		2,063	2	2,863		5,679	5
1896~1915.....	273	1	2,020	4	5,808	1	8,160		16,261	6
1895 & before ... 以前	105	1	1,019	1	3,492		4,692	1	9,308	3
Total..... 計	697	7	6,059	10	20,563	4	29,847	2	57,166	23
Female 女性										
1941~1945.....	39		569	4	2,290	1	3,687		6,579	5
1936~1940.....	29	1	378	1	1,734		2,998		5,139	2
1926~1935.....	340	3	1,645	3	5,321		6,854		14,160	6
1916~1925.....	239	3	1,454	2	4,313	2	5,935		11,941	7
1896~1915.....	184	1	2,386	4	7,808		9,633	1	20,011	6
1895 & before ... 以前	62	1	999	1	3,672	1	5,312		10,045	3
Total..... 計	893	9	7,431	15	25,138	4	34,413	1	67,875	29
Combined 両性										
1941~1945.....	78	1	1,097	4	4,547	1	7,524	1	13,246	7
1936~1940.....	61	1	784	2	3,560	1	5,944		10,349	4
1926~1935.....	497	4	3,069	7	10,438		14,197		28,201	11
1916~1925.....	330	6	2,116	2	6,376	4	8,798		17,620	12
1896~1915.....	457	2	4,406	8	13,616	1	17,793	1	36,272	12
1895 & before ... 以前	167	2	2,018	2	7,164	1	10,004	1	19,353	6
Total..... 計	1,590	16	13,490	25	45,701	8	64,260	3	125,041	52

Table 2.—Cases of Leukemia in Nagasaki City and Prefecture by Age and Exposure Distance

表2 長崎市と長崎県における年齢別被爆距離別白血病例数

Date of birth 出生年	Distance from hypocenter in meters 爆心地からの距離 (m)								Total 計	
	0~999		1000~1499		1500~2499		Over 2500 2500以上			
	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数	Pop. 人口	Cases leuk. 白血病 例数
Male 男性										
1941~1945.....	24		147	2	614		5,372		6,157	2
1936~1940.....	34		119	1	596	1	5,460		6,209	2
1926~1935.....	105		706	1	1,359	1	11,478	1	13,648	3
1916~1925.....	104		314	1	444	2	3,305		4,167	3
1896~1915.....	122		605		1,178	1	10,417	3	12,322	4
1895 & before ... 以前	29		172		701		6,674	1	7,576	1
Total..... 計	418		2,063	5	4,892	5	42,706	5	50,079	15
Female 女性										
1941~1945.....	37		129		635	1	5,412	1	6,213	2
1936~1940.....	36		136	1	631		5,350		6,153	1
1926~1935.....	189	2	873	2	1,491		11,786		14,339	4
1916~1925.....	83		507		1,114		8,586	1	10,290	1
1896~1915.....	71		352		1,697		13,387		15,507	
1895 & before ... 以前	39		118		799		7,598		8,554	
Total..... 計	455	2	2,115	3	6,367	1	52,119	2	61,056	8
Combined 両性										
1941~1945.....	61		276	2	1,249	1	10,784	1	12,370	4
1936~1940.....	70		255	2	1,227	1	10,810		12,362	3
1926~1935.....	294	2	1,579	3	2,850	1	23,264	1	27,987	7
1916~1925.....	187		821	1	1,558	2	11,891	1	14,457	4
1896~1915.....	193		957		2,875	1	23,804	3	27,829	4
1895 & before ... 以前	68		290		1,500		14,272	1	16,130	1
Total..... 計	873	2	4,178	8	11,259	6	94,825	7	111,135	23

present age of living individuals in this series is graphically shown in figure 4. (It should be noted that the age recorded here differs from that in tables 1 and 2, where the date of birth is recorded.) In the exposed series there were ten cases of leukemia, 6 to 9 years of age; sixteen cases 10 to 19; fourteen cases 20 to 29; thirteen cases 30 to 39; nine cases 40 to 49; eight cases 50 to 59; and five cases occurring after the age of 60. By contrast, in the nonexposed series there were sixteen cases between the ages of 1 and 5 and six cases from 6 to 9. In the other age groups there were six cases in the 10 to 19 age group; five cases 20 to 29; four cases 30 to 39; four cases 40 to 49; Five cases 50 to 59; and three cases beyond the age of 60. It is obvious from the disproportionate age groups and the sex differences that the nonexposed individuals in this series cannot serve as proper controls for the exposed groups in any discussion of comparative incidence or type of leukemia. Recent information indicates that most young infants were evacuated from the cities prior to the bombings. The lack of survivors in the lowest age group is shown in table 3. Another reason for the discrepancy in the age groups is apparent; because of the chaotic conditions and lack of medical facilities, no reliable information concerning leukemia is available before 1948 and therefore, no patient younger than 3 could have been included in this series. Actually the youngest patient reported in the exposed group was 6 years of age.

Experimental work indicates that young mice are more sensitive than older ones to the leukemogenic effects of radiation.<sup>9,10</sup> In humans, prior experience with leukemia following radiation has been limited to adults. However, a statistical analysis of the Hiroshima data for exposed cases based on table 1 demonstrates that the leukemogenic effect of radiation is manifested in all age levels represented in this series and, further, that there is no increased susceptibility apparent in younger individuals, from the data collected thus far.

**Type of Leukemia:** The types of leukemia occurring in this series have been classified in the

いは生存者の現在の年齢を図4に示す(この図で使用した年齢は、出生の年を基とした表1および表2の年齢と異なっていることに留意する必要がある)。被爆者群では白血病は6才から9才までに10例、10才から19才までに16例、20才から29才までに14例、30才から39才までに13例、40才から49才までに9例、50才から59才までに8例、60才以上の人には5例であった。これに対して非被爆者群では1才から5才までの間に16例、6才から9才までの間に6例であった。その他の年齢群では、10才から19才までに6例、20才から29才までに5例、30才から39才までに4例、40才から49才までに4例、50才から59才までに5例、60才以上の人には3例であった。年齢別および性別の差が不均衡であるので、白血病の発生率および病型を比較するためには、これらの非被爆者は対照として適当でないことが明らかである。最近の資料によれば原爆投下前に乳幼児の大部分が両市から疎開していたことが分った。最低年齢層において被爆生存者のいないことが、表3に示してある。各年齢群において、このような差を生じよう理由がもう一つあることは明白である。1948年以前は混乱状態と医療設備の欠除のため、白血病に関する確実な資料が入手できない。したがって、3才以下の患者を求めることはできなかった。実際、被爆者群における既報告の最年少の患者は6才であった。

実験の結果によれば、放射線の白血病発生効果に対して、若い二十日鼠は高年のものよりも感受性が強いことが示されている<sup>9,10</sup>。人においては、放射線照射後に生じる白血病について従来の経験では成人に限定されていた。しかしながら、表1に基づいて広島市の被爆者例の資料を統計的に解析した結果によれば、ここに報告した症例では放射線の白血病発生効果がすべての年齢層に現われることが明らかで、さらに現在までに収集した資料では、若年者において感受性の増大が見受けられない。

**白血病病型:** 本調査において白血病の病型を、一般に行なわれている方法に従って骨髄性、リンパ性、単

usually accepted manner as myelogenous, lymphatic, monocytic, and reticulum cell. The cases are further subdivided according to cell maturity and duration of the disease, into acute, subacute, and chronic. In figure 5, which graphically portrays the type of leukemia found in the exposed and nonexposed populations, the acute and subacute leukemias are combined. In seven cases it was not possible definitely to ascertain the cell type, and these were listed as acute leukemia, type unspecified.

It may be seen from figure 5 that in the exposed group there are thirty-one cases of chronic myelogenous, twenty cases of acute myelogenous, and twelve cases of acute lymphatic leukemia. Of the remaining twelve cases, there were six cases of acute leukemia, type unspecified, three cases of acute monocytic, two cases of acute reticulum cell, and only a single case of chronic lymphatic leukemia. In the nonexposed groups there were twenty-three cases of acute myelogenous leukemia,

球性および細網細胞性に分類した。白血病例をさらに細胞の成熟度、持続期間に応じて急性、亜急性および慢性に細分した。図5は、被爆者および非被爆者に認められた白血病の病型をグラフで示したものである。ここでは急性および亜急性白血病は一緒にしてある。7例において細胞型を確実に決定する事は出来なかった。そこでこれらは病型不詳の急性白血病として記入した。

図5によって被爆者群では慢性骨髄性白血病31例、急性骨髄性白血病20例、急性リンパ性白血病12例あることがわかる。残りの12例の中には、病型不詳の急性白血病6例、急性単球性白血病3例、急性細網性白血病2例、および慢性リンパ性白血病1例があった。非被爆者群では急性骨髄性白血病23例、急性リンパ性白血病15例、慢性骨髄性白血病と急性単球性白血病が各々4例、病型不詳の急性白血病1例、および慢性リン

Fig. 3.—Combined data on cases of leukemia in Hiroshima and Nagasaki Cities and Prefectures.

図3 広島・長崎両市および広島・長崎両県における白血病例についての総合資料

EXPOSED POPULATION			DISTANCE 距離	C A S E S O F L E U K E M I A 症 例	TOTALS		
MALE	FEMALE	TOTAL			M	F	
3,113	3,348	2,463	0-999		2	11	13
8,322	9,546	17,868	1000-1499		15	10	25
25,355	31,505	56,860	1500-2499		9	5	14
72,553	86,532	159,085	2500-4999		7	3	10
107,245	128,931	236,176			MALE 38	FEMALE 37	TOTAL 75

Fig. 4.—Distribution of exposed and nonexposed cases by age and sex.

図4 被爆者例と非被爆者例の年齢別および性別分布

AGE IN YEARS 年齢	TOTALS		NON EXPOSED		EXPOSED		TOTALS	
	M	F	M	F	M	F	M	F
0-5	1	0	0	0	0	0	1	0
6-9	4	8	0	0	4	8	4	8
10-19	9	7	0	0	9	7	9	7
20-29	5	9	0	0	5	9	5	9
30-39	6	7	0	0	6	7	6	7
40-49	7	2	0	0	7	2	7	2
50-59	5	3	0	0	5	3	5	3
60-69	2	2	0	0	2	2	2	2
70-79	1	1	0	0	1	1	1	1
	MALE 31	FEMALE 18	TOTAL 49		MALE 38	FEMALE 37	TOTAL 75	



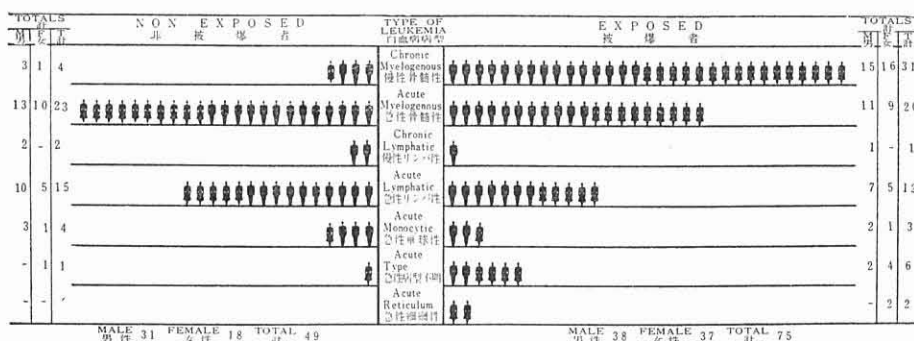
Table 3.—Population of Hiroshima City in October 1950 by Age and Sex

表3 1950年10月における広島市の年齢別および性別人口

Age 年齢	Total 計			A-Bomb survivors 原爆被爆生存者			Unexposed population 非被爆者		
	Male 男性	Female 女性	Total 計	Male 男性	Female 女性	Total 計	Male 男性	Female 女性	Total 計
0~4	19274	18419	37693	3	3	6	19271	18416	37687
5~9	15431	15036	30467	5641	5614	11255	9790	9422	19212
10~14	12022	11905	23927	4545	4501	9046	7477	7404	14881
15~19	14648	13146	27794	4683	4291	8974	9965	8855	18820
20~24	15442	15429	30871	4671	6300	10971	10771	9129	19900
25~29	12540	14239	26779	1500	4991	6491	11040	9248	20288
30~34	10443	11461	21904	2090	4337	6427	8353	7124	15477
35~39	10270	10172	20442	2463	4441	6904	7807	5731	13538
40~44	8441	8163	16604	2800	4467	7267	5641	3696	9337
45~49	6980	6681	13661	3163	4228	7391	3817	2453	6270
50~54	5658	5239	10897	3408	3554	6962	2250	1685	3935
55~59	3697	3894	7861	2597	2611	5208	1370	1283	2653
60~64	2888	3250	6138	2058	2147	4205	830	1103	1933
65~69	2022	2634	4656	1446	1654	3100	576	980	1556
70~74	1269	2029	3298	897	1227	2124	372	802	1174
75~79	581	1099	1680	410	678	1088	171	421	592
80~84	239	507	746	155	328	483	84	179	263
85 & over 以上	68	180	248	57	130	187	11	50	61
Unknown 不明	29	17	46	4	9	13	25	8	33
Total 計 .....	142212	143500	285712	42591	55511	98102	99621	87989	187610

Fig. 5.—Types of leukemia occurring in one hundred and twenty-four exposed and nonexposed individuals.

図5 124名の被爆者と非被爆者に発生した白血病の病型



fifteen cases of acute lymphatic leukemia, four cases each of chronic myelogenous and acute monocytic, one case of acute leukemia, type unspecified, and only two cases of chronic lymphatic leukemia.

急性白血病 15 例があった。

The above observations are noteworthy in several respects. First, there is a marked difference in

上記の観察は若干の点で注目すべきである。第1に被爆者群と非被爆者群の間では白血病病型に顕著な差

Table 4.—Type of Leukemia Related to Distance from Hypocenter, Radiation Complaints, and Sex

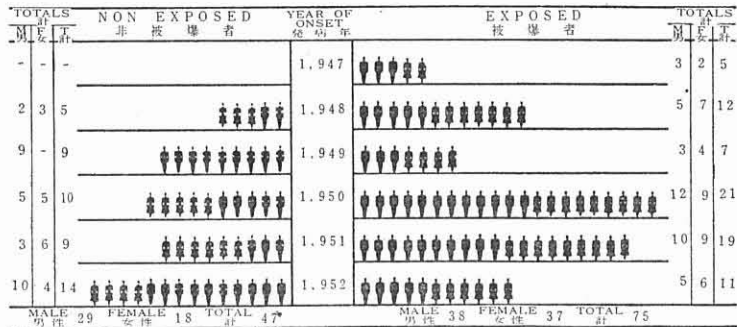
表4 爆心地からの距離，放射線症状および性別白血病病型

Type of leukemia 白血病病型	Distance from hypocenter in meters 爆心地からの距離															
	0~999				1000~1499				1500~2499				2500 over 以上			
	NRC		SRC		NRC		SRC		NRC		SRC		NRC		SRC	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Chronic myelogenous ..... 慢性骨髄性	—	—	5	5	2	4	5	4	1	2	2	—	—	1	—	—
Acute myelogenous..... 急性骨髄性	—	—	1	3	2	1	2	3	—	—	2	1	4	1	—	—
Chronic lymphatic ..... 慢性リンパ性	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Acute lymphatic ..... 急性リンパ性	—	—	—	1	—	1	2	2	1	—	2	1	2	—	—	—
Acute monocytic ..... 急性単球性	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
Acute type? ..... 急性，病型不明	—	—	—	1	1	1	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—
Acute reticulum ..... 急性細網性	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
Total 計.....	—	—	7	11	6	7	9	11	3	2	6	3	7	3	—	—

NRC: No radiation complaints 放射線症状なし  
SRC: Significant radiation complaints 有意な放射線症状あり

Fig. 6.—Distribution of exposed and nonexposed cases by year of onset. In two cases, the date of onset was not known.

図6 被爆者および非被爆者症例の発病年度別分布 2例で発病年月日が不明である。



the types recorded for the exposed and unexposed groups, but this is no doubt related to the fact that the two groups are not matched by age. Secondly, myelogenous leukemia was the most frequent type reported in the exposed group and comprised fifty-one of the seventy-five cases. Thirdly, there has been only one case of chronic lymphatic leukemia in the exposed group. Some of the reasons for the lack of lymphatic leukemia in this series will be presented in the discussion.

があるが，この差は両群の年齢別構成が一致していないという事実に関連している。第2に，被爆者群では骨髄性白血病が最も頻度の高い病型であって，75例中の51例を占めていた。第3に，被爆者群には慢性リンパ性白血病が1例しかなかった。ここで報告した症例中にリンパ性白血病が少ないということの原因のいくつかについては，考按の項で述べる。興味のある第4の点は，被爆者群では75例中の43例が急性で32例が慢

A fourth point of interest is that forty-three of the seventy-five cases in the exposed group were acute and thirty-two chronic, while in the non-exposed group forty-three of the forty-nine cases were acute and only six cases were chronic.

#### Incidence of Leukemia

The determination of the incidence of leukemia is complicated by the difficulties in the estimation of the number of survivors and the lack of information regarding the amount of radiation each survivor received. This has been partly overcome by the determination of the distance from the hypocenter, degree of shielding, and a careful evaluation of the radiation complaints occurring after the bombing.

The total number of cases of leukemia which have occurred in relation to the population are given in tables 1 and 2, and graphically represented in figures 1, 2, and 3. It is emphasized that the figures represent a five year compilation in a fixed exposed population which theoretically can only decrease through death but cannot increase its numbers as in a normal population. In the 2463 survivors exposed under 1000 meters, thus far eighteen cases of leukemia have been discovered. Among 17,568 survivors between 1000 and 1499 meters there were thirty-three cases and in the zone 1500 to 2499 there were 56,960 survivors and fourteen cases of leukemia. Thus, in the 76,891 survivors under 2500 meters sixty-five cases of leukemia have been found to date, while in the combined total of 159,285 people beyond 2500 meters who survived in both cities, there have been only ten cases.

Since no significant differences existed between the sexes or age groups in their susceptibility to the leukemogenic effect of radiation in a statistical analysis of the Hiroshima data, the exposed cases from both cities were combined and a highly significant difference in the incidence of leukemia among the four distance groups was found. In fact, the probability of obtaining so large a difference, granting that the groups are derived from a homogeneous population, is less than .001.

性であったのに対して、非被爆者群では49例中の43例が急性で6例のみが慢性であったことである。

白血病発生率：白血病発生率の決定は、被爆生存者数の推定が困難であることと、各被爆生存者が受けた放射線量についての資料の不足とによって複雑になる。爆心地からの距離の決定、遮蔽程度の決定、および被爆後に発生した放射線症状の綿密な評価によってこの問題を一部克服した。

この人口集団に発生した白血病例の総数を表1および表2に示し、さらに図1、2および3に図示した。この数字は5年間の集計であり、被爆者から成るこの固定集団は理論的には死亡によって減少し得るが、正常人口におけるような構成員数の増加はあり得ないことを強調したい。1000m未満で被爆した2,463名の生存者中、現在までに白血病18例を発見した。1000mから1499mの間で被爆した17,568名の生存者中に33例を認め、1500mから2499mの間では被爆生存者56,960名中に白血病は14例であった。かくして、2500m未満の被爆生存者76,891名中に白血病65例を現在までに発見したが、2500m以上で被爆した両市の生存者159,285名中に10例を認めたのみである。

広島を統計的に解析した結果では、性および年齢群の間に放射線の白血病発生効果に対する感受性の点で有意な差が存在しなかったため、両市の被爆者例を一緒にしたところ、4つの距離群の白血病発生率に極めて有意な差を認めた。事実、上記の距離群が同質の集団に由来するものであると仮定して、かかる大きな差が生じる確率は0.001以下である。

The significance attributed to distance from the hypocenter as a factor in exposure must be qualified by actual radiation absorption. Typical radiation complaints in an individual who was exposed to the atomic bomb, represent the best available evidence of a significant amount of radiation. However, owing to the questionable accuracy in history-taking, as well as to individual biologic variation, the value of such information may be equivocal. Moreover, LeRoy and others<sup>11,12</sup> have pointed out that bone marrow depression, as evidenced by leukopenia, occurred even in the absence of other symptoms of the acute radiation syndrome.

The presence of significant radiation complaints in the exposed individuals with leukemia has been analysed and is shown in table 4. In all eighteen cases exposed under 1000 meters there were significant radiation complaints. Of the thirty-three patients exposed between 1000 and 1499 meters, twenty had significant radiation complaints, and of the fourteen patients between 1500 and 2499 meters, nine had significant radiation complaints. In contrast, none of the patients exposed beyond 2500 meters had significant radiation complaints.

An attempt was made to evaluate whether shielding at the time of the bombing was a factor in the eighteen asymptomatic patients exposed under 2500 meters. Of the eighteen, eleven were located in Japanese style houses which would have offered a minimal amount of shielding. One individual was in a train but was shielded by the concrete station which probably offered protection from radiation. Another individual was in a steel frame workshop covered by galvanized metal. However, his exact position in the shop was unknown so the extent of the shielding factor cannot be determined. Only three people were said to have been in the open and therefore presumably completely unprotected. In two remaining cases, information on shielding was not available.

被爆の一因子として爆心地からの距離に起因する有意性は、実際の放射線吸収量で確認されるにちがいない。現在のところ、原爆被爆者が定型的放射線症状を経験していることが、有意量の放射線を受けたことを示す最善の証拠である。しかしながら、個人的生物学的差異のほか、問診の正確性が疑わしいので、この資料の価値は疑わしいものかも知れない。その上、LeRay およびその他<sup>11,12</sup>は、その他の急性放射線症候群の症状がない場合でも白血球減少症によって確認される、骨髄機能抑制が発生したことを指摘した。

被爆白血病患者について主要放射線症状の解析を行ない表4に示した。1000m未満で被爆した18例のすべてに有意な放射線症状があった。1000mから1499mの間で被爆した33名の患者の中で20名に有意な放射線症状があり、1500mから2499mの間で被爆した14名の患者の中で9名に有意な放射線症状があった。これに対して2500m以上で被爆した患者のいずれにも有意な放射線症状がなかった。

2500m未満で被爆し、無症候であった18名の患者について被爆時の遮蔽状態が一因子であったかどうかの判定を試みた。18名中11名は日本家屋内で被爆し、極く僅かな遮蔽しかなかったと思われる。1名は汽車の中で被爆したが駅のコンクリート建造物で遮蔽され、恐らく放射線から保護されていた。他の1名は鉄骨とトタン板で作られた工場内で被爆した。しかしながら工場内での正確な位置は不明であったので遮蔽因子の程度は決定できない。3名のみが戸外で被爆したと述べており、したがって全く保護されていなかったと推定される。残りの2名では、遮蔽についての資料が利用できなかった。

### Date of Onset

In the cases of leukemia previously described among radiologists, it has been impossible to delineate a true latent period since the exposure consisted of small doses of radiation absorbed over a long period of time. It becomes of particular interest therefore to note the dates of onset of leukemia in this series, since these individuals had a brief single exposure to ionizing radiation in 1945. As shown in figure 6, five cases of leukemia dated the onset of their symptoms in 1947. In the following years there were twelve cases with the onset in 1948, seven cases in 1949, twenty-one cases in 1950, nineteen cases in 1951, and eleven cases in 1952. In this series it is noteworthy that the largest number of cases had their onset in 1950, five years following exposure. Actually some cases have been seen in 1953, in which the onset of symptoms was in 1952, but these cases are not included since this report covers the material seen from 1948 through 1952. Cases of leukemia have been reported as occurring before 1947, but it has been impossible to authenticate these reports; therefore these cases are not included. It should be noted that owing to the attendant publicity and heightened interest, the diagnosis of leukemia has been made with increasing frequency among the nonexposed population in recent years (see fig. 6).

### DISCUSSION

Recently Furth and Upton<sup>12,14</sup> pointed out the similarities between leukemia occurring in irradiated mice to leukemia in atomic bomb survivors. They state that in both there is ample evidence that a single massive exposure to irradiation was leukemogenic. In mice it was found that the leukemia-producing dose of irradiation was high (200 r). The observations on leukemia in survivors support the concept that gamma radiation of high energy was the chief leukemogenic agent and that a single massive dose produces leukemia in man. These data also support the premise that the leukemogenic dose of irradiation is high and that the incidence of leukemia is directly related to the amount of irradiation received. In experimental animals, leukemogenesis is influenced by age, and

発病の時期：以前に報告のあった放射線科医における白血病例では、長期にわたって少量の放射線を吸収しているため、真の潜伏期を決定することは不可能であった。したがって、今回調査が行なわれた症例は、1945年に短時間内に電離放射線照射を1回受けているので、白血病の発病の時期は特に興味深い。

図6に示す如く、白血病6例では症状が発生したのが1947年であった。その後は、1948年に12例、1949年に7例、1950年に21例、1951年に19例、1952年に11例それぞれ発病した。症例中、被爆後5年経過した1950年に最も多くの白血病が発生したことが注目される。1953年に発見されている若干の症例があるが、これらの症例においては、症状の発生は1952年であったものもある。しかしながら、本書では1948年から1952年までの間に診た患者を取扱うのであるから、この症例は含めていない。白血病例が1947年以前に生じたことも報告されているが、これらの報告を確認するのは不可能であった。したがって、これらの症例は含めていない。白血病については広く報道され、白血病に対する関心が高まったことによって、近年非被爆者人口において白血病診断の下される頻度が高くなったのも注目する必要がある(図6)。

### 考 按

最近、Furth および Upton<sup>12,14</sup> は放射線照射を受けた二十日鼠に発生する白血病と原爆被爆生存者の白血病との類似性を指摘した。彼等は、いずれの場合も1回の大量放射線照射が白血病を誘発するに十分な証拠があると述べている。二十日鼠では白血病の発生には大量の放射線を必要とするということが認められた(200 r)。被爆生存者における白血病の観察は、高エネルギー・ガンマ線が主要白血病誘発因子であり、1回の大量照射によって人に白血病が生じるという考えを裏付けるものである。これらの資料は、白血病を誘発する放射線量が大であり、白血病発生率は放射線量と直接関係があるとの前提をも裏付けている。実験動物では、白血病の誘発は年齢の影響を受け、白血病

leukemia occurs more frequently in younger irradiated mice. However, in atomic bomb survivors, leukemia occurred in all age groups represented but it was pointed out that infants were evacuated from the cities prior to the bombings and few very young children were exposed to atomic radiation.

The distribution of types of leukemia in this series was markedly dissimilar to the well established pattern occurring in Western populations. In two large series of cases recently published, one from the United States and the other from Scotland, chronic lymphatic leukemia was found to occur most commonly.<sup>15,16</sup> However, in leukemia occurring among atomic bomb survivors, chronic myelogenous leukemia was most frequently encountered (41 per cent), with acute myelogenous leukemia second in frequency (26 per cent). To date only one case of chronic lymphatic leukemia has been seen in the seventy-five exposed cases. In view of this myeloid preponderance, it would be tempting to postulate that the increase of myelogenous leukemia was due to the direct effect of radiation on the marrow. However, while the groups are not comparable, it was noted that chronic lymphatic leukemia was also infrequent in the nonexposed series. Inquiry made among Japanese hematologists confirmed the suspicion that chronic lymphatic leukemia is comparatively rare in Japan. In view of this fact, it seems unwarranted to ascribe a preferential myeloid leukemogenic activity to radiation. Nevertheless, these findings are certainly worthy of further investigation.

Although a greatly increased incidence of leukemia has been found, the number of cases presented in this paper are in reality minimum figures. Cases of leukemia have undoubtedly been missed and other cases have been omitted because of the lack of adequate material to confirm the diagnosis. Some cases of leukemia in the exposed group probably occurred before 1947, and cases are still appearing among the exposed population. Another obvious fact is that among the heavily irradiated population many potential cases of leukemia perished in the bombing or subsequently died of other

は放射線照射を受けた若い二十日鼠で最も頻繁に発生する。しかしながら、原爆被爆生存者では白血病はすべての年齢群に発生したが、被爆に先立って乳幼児は両市から疎開しており、ごく少数の児童しか原爆の放射線を受けなかったことが指摘された。

この研究における白血病病型の分布は、西欧の人口集団について確認されている像とは著しく異なっている。最近2つの大規模な研究が発表されており、その1つは米国で行なわれ、他の1つはスコットランドで行なわれているが、慢性リンパ性白血病の発生が最も多いことが認められた<sup>15,16</sup>。しかしながら、原爆被爆生存者に発生する白血病では、慢性骨髄性白血病の頻度が最も高く(41%)、次いで急性骨髄性白血病が多い(26%)。現在まで被爆者白血病75例中に慢性リンパ性白血病1例のみが認められている。骨髄性白血病の数がこのように多いことは骨髄に対する放射線の直接的影響のためであろうと仮定したくなる。しかしながら、被爆者と非被爆者の両群を比較することは出来ないが、非被爆者症例群でも慢性リンパ性白血病はまれであることが注目される。日本人血液学者に照会した結果でも、日本において慢性リンパ性白血病が比較的まれであることが分った。したがって放射線には特に骨髄性白血病誘発活動があるとは適当ではないように思われる。しかし、これらの所見はさらに検討する価値がある。

白血病発生率の大きな増加が認められたが、本書で述べた症例数は実際には最低の数である。白血病例を見落していることは疑いが無いし、他の症例も診断を確定するに十分な材料がないので除いた。被爆者群には、若干の白血病例が恐らく1947年より前にも発生したであろうし、被爆者人口集団の中には、なお白血病例が現われている。もう1つの明白な事実は、大量の放射線照射を受けた人口集団中には、白血病を発病したであろうと思われる者が多数原爆で死亡し、あるいはその後、他の原因で死亡したということである。白

causes. Ancillary information concerning the incidence of leukemia has been obtained in the adult medical survey in Hiroshima and Nagasaki where a total of six cases of leukemia have been found in a sample of two thousand five hundred and eighty randomly selected adults exposed under 1500 meters. This is an incidence of roughly 1:400. There have been no cases in an equal number of nonexposed controls of the same age and sex. Similarly, from a hematologic survey of nine hundred epilated individuals in Hiroshima, there have been four cases of leukemia, an incidence of 1:225. The data on these survey cases, together with the method of choosing the samples, are presented in another report.<sup>8</sup>

Observations on the occurrence of leukemia following a single massive dose of ionizing irradiation presented a unique opportunity to estimate more accurately the latent period of radiation-induced leukemia in man. Moreover, routine blood examinations carried out survivors resulted in the detection of very early cases of chronic myelogenous leukemia. The hematologic and biochemical studies in these preclinical cases will be reported in a subsequent communication.

#### SUMMARY AND CONCLUSIONS

1. Observations on seventy-five established cases of leukemia occurring in people exposed to atomic bomb radiation are presented.
2. These data indicate a great increase in the incidence of leukemia among atomic bomb survivors due to a single massive exposure to ionizing radiation.
3. The leukemogenic effects of radiation are manifested equally in both sexes and at all age levels represented in this series.
4. The striking preponderance of chronic myelogenous leukemia compared to chronic lymphatic leukemia has been noted in exposed individuals but it is pointed out that chronic lymphatic leukemia is comparatively rare among the Japanese.
5. Cases of leukemia are still appearing in atomic bomb survivors. However, since 1950 there has been a steady decline in the number of cases.

血病発生率に関する補助的資料を広島および長崎での成人健康調査において入手した。両市では1500m未満の被爆者から任意抽出した2,580名の成人標本中に総計6例の白血病を認めた。これは約1:400の発生率を示すことになる。年齢および性別構成が一致するようにしてある同数の非被爆対照者には白血病例は認められていない。同様に、広島における900名の脱毛者の血液学的調査で4例の白血病を認め、その発生率は1:225になる。これらの症例についての資料は、標本抽出方法と合わせて別の報告書に述べてある<sup>8)</sup>。

大量の電離放射線の1回照射を受けた後で白血病の発生についての観察を行なうことは、人における放射線誘発白血病の潜伏期を一層正確に見積るのに比類のない機会である。さらに、被爆者に対して実施した通常血液学的検査の結果、極く初期の慢性骨髄性白血病を検出した。症状発現前のこれらの症例についての血液学および生化学的検査の結果は、次回の報告に発表する。

#### 総括および結論

1. 原爆放射線照射を受けた人に生じた白血病75例についての観察を述べる。
2. これらの資料は、1回の大量の電離放射線照射を受けた原爆被爆生存者間で白血病の発生率が非常に増加したことを示す。
3. 放射線の白血病誘発効果は男女およびすべての年齢群に認められる。
4. 慢性リンパ性白血病と比較して慢性骨髄性白血病の数が非常に多いことが被爆者に認められたが、日本人では慢性リンパ性白血病が比較的まれなことを指摘したい。
5. 原爆被爆生存者に白血病例がなお発生している。しかしながら1950年以後症例数は減少している。

### References

### 参考文献

- 1) Dunlap, C. E. : Effect of radiation on the blood and the hemopoietic tissues, including the spleen, the thymus and the lymph nodes. Arch. Path. 34 : 562-608, 1942.
- 2) Furth, J. and Furth, O. B. : Neoplastic diseases produced in mice by general irradiation with x-rays. Am. J. Cancer 28 : 54-65, 1936.
- 3) March, H. C. : Leukemia in radiologists in a 20-year period. Am. J. M. Sc. 220 : 282-286, 1950.
- 4) Folley, J. H., Borges, W., and Yamawaki, T. : Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki, Japan. Am. J. Med. 13 : 311-321, 1952.
- 5) Yamawaki, T. : Chronic atomic bomb disease. Report on hematology meeting. Acta Hemat. Japon. (to be published).
- 6) Snell, F. M., Neel, J. V., and Ishibashi, K. : Hematologic studies in Hiroshima and a control city two years after the atomic bombing. Arch. Int. Med. 84 : 569-604, 1949.
- 7) Yamasowa, Y. : Hematologic studies of irradiated survivors in Hiroshima, Japan. Arch. Int. Med. 91 : 310-314, 1953.
- 8) Moloney, W. C. and Lange, R. D. : Leukemia in atomic bomb survivors. II. Observations on early phases of leukemia. Blood 9 : 663, 1954.
- 9) Furth, J. : Recent studies on the etiology and nature of leukemia. Blood 6 : 964-975, 1951.
- 10) Lorenz, E. : Some biologic effects of long continued irradiation. Am. J. Roentgenol. & Rad. Therap. 63 : 176-185, 1950.
- 11) LeRoy, G. V. : Hematology of atomic bomb casualties. Arch. Int. Med. 86 : 691-710, 1950.
- 12) Kikuchi, T. and Wakisaka, G. : Hematological investigation of the atomic bomb sufferers in Hiroshima and Nagasaki cities. Acta Schol. Med. Universitatis in Kyoto 30 : 1-33, 1952.
- 13) Furth, J. and Upton, A. C. : Leukemogenesis by ionizing irradiation. Acta Radiol. (to be published).
- 14) Upton, A. C. and Furth, J. : The effects of cortisone on the development of spontaneous leukemia in mice and on its induction by irradiation. Blood 9 : 686, 1954.
- 15) Best, W. R. and Limarzi, L. T. : Age, sex, race, and hematologic classification of 916 leukemia cases. J. Lab. & Clin. Med. 40 : 778, 1952.
- 16) Gould, W. R., Innes, J., and Robson, N. N. : A survey of 647 cases of leukemia, 1938-51. Brit. M. J. 1 : 585-589, 1953.