

INCIDENCE OF LEUKEMIA IN SURVIVORS OF THE ATOMIC  
BOMB IN HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

広島、長崎両市の原爆生存者における白血病の発生率

(Originally published 1952 既発表)

JARRETT H. FOLLEY, M. D.<sup>1</sup> WAYNE BORGES, M. D.<sup>2</sup>  
TAKUSO YAMAWAKI, M. D. 山脇 卓三<sup>3</sup>

1. Medical Director, Atomic Bomb Casualty Commission  
原爆傷害調査委員会, 臨床部長
2. Atomic Bomb Casualty Commission, 1949-1950. The Children's Center,  
Boston, Massachusetts  
原爆傷害調査委員会, 1949-1950年 Massachusetts州 Boston市児童センター
3. Department of Pediatrics, Hiroshima Red Cross Hospital, Hiroshima, Japan  
広島赤十字病院, 小児科



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

(米原子力委員会, 厚生省国立予防衛生研究所および米国民衆衛生局の研究費による)

## CONTENTS

### 目次

List of Tables and Figures 挿入図表一覧表	Page i
Case Material 資料	2
Population Determinations 母集団の決定	5
Comparative Incidence 比較発生率	5
Principal Findings and their Interpretation 主要所見および考察	7
Incidence of Leukemia 白血病の発生率	7
Acute Radiation Symptoms 急性放射線症状	11
Age Distribution 年齢分布	13
Type of Leukemia 白血病の病型	14
Sex Distribution 性別分布	14
Summary 総括	14
Conclusions 結論	16
References 参考文献	17

TABLES AND FIGURES

挿入図表

Table 1.	Accepted cases of leukemia investigated by the Commission in the exposed and non-exposed population and the number of deaths in these groups ABCCで調査した被爆者人口および非被爆者人口における白血病例数および死亡数.....Page 3	3
2.	All accepted cases of leukemia in exposed subjects recorded by the Commission with the indication of the method of confirmation available ABCC記録中のすべての被爆者の白血病例と診断確認の方法..... 4	4
3.	Official figures on the incidence of leukemia in all Japan including Okinawa for the years 1935-1940, 1948, 1949 and the incidence in the United States for the year 1940 沖縄を含む全日本における1935~1940年, 1948年, 1949年の白血病発生率および米国における1940年の白血病発生率の公式数値..... 6	6
4.	Cases with onset of symptoms or death from leukemia during 1948-1950 inclusive in the population of the cities of Hiroshima and Nagasaki 広島および長崎の人口集団における1948年~1949年の白血病症例数と死亡数..... 7	7
5.	Cases of leukemia with onset of symptoms or death from leukemia during 1948-1950 inclusive in the cities of Hiroshima and Nagasaki according to distance from hypocenter 広島および長崎の人口における1948年~1950年の白血病症例数と死亡数の爆心地からの距離別分布..... 8	8
6.	Deaths observed from leukemia and calculated death rate from leukemia in the exposed populations of Hiroshima and Nagasaki for the years 1948, 1949 and 1950 1948年, 1949年および1950年の広島および長崎の被爆人口における白血病死亡数と死亡率..... 9	9
Figure 1.	Comparison of per cent of total deaths from leukemia in the cities of Hiroshima and Nagasaki during 1949 and 1950 contributed by various segments of the exposed population compared with the per cent of total exposed population comprised by each segment 1948年, 1949年および1950年の広島および長崎両市における白血病総死亡数に対する各種区分別百分率と, 各区分の被爆者人口の総被爆者人口に対する百分率の比率.....10	10
1.	Number of deaths from leukemia in Hiroshima and Nagasaki cities 1948-1950 occurring in the exposed groups expressed as deaths per 10 <sup>6</sup> living persons in that group 1948年~1950年の広島および長崎の被爆群における白血病死亡数(単位: 生存者10 <sup>6</sup> 名当りの死亡数).....10	10
3.	Incidence of symptoms and signs of radiation injury at time of atomic bomb in forty-seven subjects exposed in Hiroshima or Nagasaki in whom leukemia subsequently developed 広島および長崎における白血病47例の被爆時の放射線症状および徴候の発生率.....12	12
4.	Age distribution based on age at onset of symptoms in seventy-six cases of leukemia developing in Nagasaki and Hiroshima areas since the atomic bomb 原爆後, 広島および長崎に発生した白血病76例の発病時.....12	12
5.	Distribution by type of leukemia of the forty-seven exposed patients with leukemia in Hiroshima and Nagasaki areas since the atomic bomb 原爆後, 広島および長崎に発生した被爆白血病47例の白血病の病型分布.....15	15
6.	Distribution by sex of the cases of leukemia occurring in Hiroshima and Nagasaki areas since the atomic bomb 原爆後, 広島および長崎で発生した白血病例の性別分布.....15	15

# INCIDENCE OF LEUKEMIA IN SURVIVORS OF THE ATOMIC BOMB IN HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

広島、長崎両市の原爆生存者における白血病の発生率

JARRETT H. FOLLEY, M. D.\* WAYNE BORGES, M. D.\*\*

TAKUSO YAMAWAKI M. D.\*\*\* 山脇 卓三

The concept of irradiation as a leukemogenic agent is not a new one. A considerable amount of experimental work in animals has been done concerning the effects of irradiation and its possible relationship to the development of leukemia. There is general acceptance of the experimental evidence that leukemia may be produced in susceptible species of animals by exposure to roentgen irradiation.<sup>1</sup> Reports suggesting that man may be similarly affected have appeared since 1911 but the evidence has been less convincing.<sup>2</sup> Martland in 1931 reported agreement among authorities that contact with radioactive substances and x-rays produces alterations of which the principal objective symptoms are leukopenia, more rarely a leukemia, and an anemia of the aplastic type.<sup>3</sup> Recently, March has reported that leukemia has occurred as a cause of death more than nine times as frequently in radiologists as in non-radiologic physicians in the United States.<sup>1</sup>

In 1948 the Atomic Bomb Casualty Commission initiated the first survey of the incidence of leukemia in whole human populations exposed to high energy radiation by the explosion of an atomic bomb. The aim of the investigation has been to obtain information concerning all individuals in Hiroshima and Nagasaki having onset of symptoms of leukemia or dying of the disease since the atomic explosion in 1945. It was found that data previous to late 1947 were unreliable and insufficient due to the destruction of records and the general medical conditions prevailing.

放射線によって白血病が発生するであろうという概念は新しいものではない。放射線照射の影響および白血病発生との関係の有無について、かなりの動物実験が行なわれている。レントゲン照射によって、感受性の強い動物に白血病が発生するという実験の結果<sup>1</sup>は一般に容認されている。人間にも同様の影響があるかも知れないということを暗示する報告が1911年以来現われているが、動物実験の場合に比べて証拠は不十分である。<sup>2</sup> 1931年に Martland は、放射能性物質およびx線に接することによって変化が生じ、その主要他覚症状は、白血球減少症で、希には白血病および再生不能性貧血がある<sup>3</sup>ということに、権威者の意見が一致していると報告した。最近 March は、米国の放射線科医において死因となった白血病の頻度は放射線科以外の医師に比べて9倍以上も高いと報告している。<sup>1</sup>

1948年に原爆傷害調査委員会(ABCC)は、原爆炸裂によって高エネルギー放射線の照射を受けた人口について白血病発生率の最初の調査を開始した。この調査の目的は、1945年の原爆以後広島および長崎において白血病の症状が発生したり、白血病で死亡した人々に関する資料を得ることである。1947年後半以前の資料は、記録の消失および当時の一般医療状態のため、信頼出来ず、かつ不十分であることが分った。

Reprinted by permission from the American Journal of Medicine September 1952, Vol. 13, No. 3, pp. 11-21

\* Medical Director, Atomic Bomb Casualty Commission.

原爆傷害調査委員会、臨床部長

\*\* Atomic Bomb Casualty Commission, 1949-1950. The Children's Center, Boston, Massachusetts.

原爆傷害調査委員会、1949年~1950年、Massachusetts州 Boston市 児童センター

\*\*\* Department of Pediatrics, Hiroshima Red Cross Hospital, Hiroshima, Japan.

広島赤十字病院、小児科

The purpose of this report is to present data on the incidence of leukemia and deaths from leukemia in the survivors of the bombing in Hiroshima and Nagasaki during the years 1948, 1949 and 1950 and to compare the incidence and death rate from leukemia in individuals exposed to radiation at various distances from the hypocenter.

## CASE MATERIAL

In all cases of leukemia from all sources an attempt has been made to establish the location of the individual at the time of the explosion of the atomic bomb, to determine the presence or absence of symptoms of radiation injury and to confirm the diagnosis of leukemia by objective criteria. The sources of material in Hiroshima were (1) patients referred by physicians to the Commission with the diagnosis of leukemia or suspected leukemia; (2) patients admitted to hospitals of the city with the diagnosis of leukemia or suspected leukemia; and (3) cases discovered by a review of the death certificates on file with the Health Center of the city in which leukemia was listed as a cause of death.

The patients seen at the Commission's laboratory were given complete medical histories, including a history concerning symptoms of radiation injury, complete physical examinations, peripheral blood studies and, in many cases, bone marrow aspirations or biopsies.

Patients in outside institutions were examined by the Commission's personnel whenever possible. In all cases the hospital records of this group were reviewed and blood smears and bone marrow preparations, when available, were examined.

Cases which were discovered by death certificate were investigated by means of contact with the immediate family, the physician of the deceased and, in patients who had been hospitalized, the review of hospital records, laboratory data and autopsy material. Information obtained from death certificates was personally checked by the Commission.

この報告の目的は、1948年、1949年および1950年における広島および長崎被爆生存者の白血病発生率および白血病死亡に関する資料を示し、爆心地からの距離によって白血病発生率および白血病死亡率を比較することである。

## 資 料

あらゆるところから得たすべての白血病症例について被爆時の位置を確定し、放射線傷害の症状の有無を決定し、客観的基準により白血病の診断を確認するよう努力した。広島では症例の資料源は(1)白血病または白血病の疑いありとの診断で医師がABCCに紹介した患者、(2)白血病または白血病の疑いありとの診断で市内の病院へ入院した患者、および(3)市の保健所に保管してある死亡診断書を検討することによって白血病が死因となっていると認められた症例である。

ABCCで診察した患者には、放射線傷害の症状に関する問診を含む完全な病歴聴取、完全な全身検査、末梢血液検査そして多くの場合骨髓穿刺又は組織検査を行なった。

ABCC外の施設における患者は、できる限りABCCの職員が診察を行なった。この場合すべての患者の入院記録を再検討し、血液塗抹標本および骨髓標本があれば、これを検査した。

死亡診断書によって発見した症例は、死亡者の家族および医師と連絡して調査し、入院していた患者に対しては、入院記録、検査資料および組織標本を再検討した。死亡診断書から得た資料は、ABCCによって確認が行なわれた。

Data on the cases of leukemia in Nagasaki were largely obtained from investigation of individuals dying from the disease since January, 1948. The initial source of material was death certificates on file in the Nagasaki Health Center. The same procedure of investigation was followed as in Hiroshima.

The Commission investigated a total of ninety cases of leukemia. Insufficient information concerning possible exposure to the atomic bomb, residence in another city and onset of symptoms of leukemia previous to August, 1945, eliminated six of this total number. Table 1 shows the distribution of these eighty-four cases and the deaths from leukemia in each group.

長崎の白血病に関する資料は主として1948年1月以來白血病で死亡した者を調査して得た。最初の資料源は長崎保健所に保管してある死亡診断書であった。調査方法は広島と同じであった。

ABCC では総計90例の白血病患者を調査した。この中6例は被爆の有無、他の都市に居住、1945年8月以前の白血病症状の発生の疑いについて資料が不十分であったため除外された。表1にこれら84例の分布および各群における白血病死亡数を示す。

TABLE 1 ACCEPTED CASES OF LEUKEMIA INVESTIGATED BY THE COMMISSION IN THE EXPOSED AND NON-EXPOSED POPULATION AND THE NUMBER OF DEATHS IN THESE GROUPS

表 1 ABCC で調査した被爆者人口および非被爆者人口における白血病例数および死亡数

	EXPOSED 被爆者		NON-EXPOSED 非被爆者	
	Cases of Leukemia 白血病例数	Deaths from Leukemia 白血病による死亡	Cases of Leukemia 白血病例数	Deaths from Leukemia 白血病による死亡
Hiroshima 広島	31	22	23	19
Nagasaki 長崎	16	15	14	14
Total 計	47	37	37	33

Table 2 lists the forty-seven exposed cases of leukemia with the method of diagnostic confirmation available. In only four cases located by means of a death certificate could no objective confirmation of the diagnosis be made. The entire series of cases is available for analysis by age and sex distribution and the type of leukemia. However, only those patients having onset of symptoms or dying of the disease during the years 1948, 1949 and 1950 with residence in the cities of Hiroshima and Nagasaki have been used in the analysis of the incidence of leukemia as it is for this period of three years in these cities in which data are complete.

表2には47名の被爆白血病患者について、利用し得た診断確認の方法を示した。このうち死亡診断書によってみつけられた4例にのみ白血病の診断の他覚的確認を行なうことができなかった。全症例を年齢別、性別分布および白血病の病型別に解析した。しかし、完全な資料があるのは1948年、1949年および1950年の3年間であるので、広島、長崎の住民のうちこの3年間に白血病の症状が発生したか、または白血病で死亡した者のみを利用して、白血病発生率の解析を行なった。

TABLE 2 ALL ACCEPTED CASES OF LEUKEMIA IN EXPOSED SUBJECTS  
RECORDED BY THE COMMISSION WITH THE INDICATION OF  
THE METHOD OF CONFIRMATION AVAILABLE

表 2 ABCC 記録中のすべての被爆者の白血病例と診断確認の方法

Number 症例番号	Distance from Hypocenter (meters) 爆心地からの 距離 (m)	Year of Death 死亡の年	Seen at ABCC ABCC で 診 察	Blood Smear 血液塗抹 検 査	Bone Marrow 骨髓検査	Death Certificate 死 亡 書 診 断 書	Hospital Record 入院記録	Autopsy 剖 検
1	700	1948	—	—	—	×	—	—
2	900	Living 生存	×	×	—	—	—	—
3	950	Living 生存	×	×	×	—	—	—
4	950	1950	×	×	—	×	—	—
5	950	Living 生存	×	×	×	—	—	—
6	950	1950	—	×	—	×	×	—
7	970	1950	×	×	×	×	—	—
8	1020	1950	×	×	×	×	—	—
9	1040	1949	—	—	—	×	—	—
10	1045	1949	×	×	×	×	—	×
11	1050	1950	—	—	×	—	×	—
12	1050	Living 生存	×	×	×	—	—	—
13	1100	1949	×	×	—	×	—	—
14	1100	1950	×	×	×	×	—	—
15	1130	1950	×	×	×	×	—	—
16	1150	1950	×	×	×	×	—	—
17	1150	Living 生存	×	×	—	—	—	—
18	1150	1948	—	×	—	×	×	—
19	1170	Living 生存	×	×	×	—	—	—
20	1190	Living 生存	×	×	×	—	—	—
21	1220	1948	—	—	—	×	—	—
22	1300	1950	×	×	×	×	—	—
23	1350	Living 生存	×	×	×	—	—	—
24	1350	1949	—	×	—	×	—	×
25	1400	1949	—	×	—	×	×	—
26	1440	1947	—	—	—	×	—	×
27	1450	1948	—	×	—	×	×	—
28	1475	Living 生存	—	×	—	—	×	—
29	1500	1948	×	×	×	×	—	—
30	1520	Living 生存	×	×	×	—	—	—
31	1530	1950	×	×	×	×	—	—
32	1550	1950	—	×	—	×	×	×
33	1600	1948	—	×	—	×	×	×
34	1750	1949	—	—	—	×	—	×
35	1820	1949	—	—	—	×	—	—
36	1830	1948	—	×	—	—	×	—
37	2110	1950	×	×	×	—	—	—
38	2175	1951	—	×	×	—	×	—
39	2400	1951	—	×	—	×	×	—
40	2650	1951	×	×	×	—	—	—
41	2820	1948	—	×	—	×	×	—
42	3050	1950	—	×	×	×	×	×
43	3600	1951	—	×	×	—	×	—
44	3780	1950	—	×	×	×	×	—
45	5350	1951	—	×	—	×	×	—
46	5420	1949	—	×	—	×	×	—
47	5680	1948	—	—	—	×	—	—

## POPULATION DETERMINATIONS

The incidence of leukemia in the exposed population was computed on the basis of the total numbers of that population. The figures for the exposed population presently residing in the cities of Hiroshima and Nagasaki used in the incidence calculations of this report were obtained from the Commission's survivor questionnaire circulated with the Japanese National Census of October 1, 1950. The accuracy, within 10 per cent, of the figures from this source has been confirmed by population estimates obtained from the Public Health and Welfare Section of SCAP, a sample census by the Commission in 1950 and the Commission census file.

Distribution of the exposed population of the two cities by distance from the hypocenter was established by a radiation census in which the location of the individual at the time of the bombing was determined by trained interviewers.

## COMPARATIVE INCIDENCE

Table 3 shows the incidence of leukemia in all of Japan and the United States for 1940. Data for Japan are not available for the war years and the immediate postwar years of 1941 through 1947. No data for the cities of Hiroshima and Nagasaki are available as the records were destroyed in 1945.

It becomes apparent from a comparison of the available statistics in Japan with those of the United States that the reported incidence of leukemia in Japan averages only one-third of that in the United States in terms of per million living population and about one-fourth in terms of per 10,000 total deaths. Sacks and Seeman reported that the death rate from leukemia in the United States has risen continuously since 1900, with an accelerated rate of increase since 1920. They pointed out that the increase is not due to changes in the age distribution of the population and that improved diagnostic techniques and greater use of medical facilities must be considered in determining the cause for the rising death rate.<sup>4</sup> The lower incidence of leukemia, as reported in Japan, may be

## 母集団の決定

被爆者人口における白血病発生率は被爆者総数を基として計算した。本報告の発生率の計算に用いた広島および長崎に現在居住する被爆者人口の数字は、1950年10月1日に行なわれた日本国勢調査の付帯調査票から得た。この資料源から得た数字の正確度は連合国総司令部公衆衛生福祉部から得た推定人口数、ABCCの1950年標本人口調査および、ABCC人口調査名簿により確認された。

両都市の被爆者人口の爆心地からの距離別分布は被爆者の調査によって調べ、有能な面接員によって被爆時の位置が調べられた。

## 比較発生率

表3は日本全国および1940年の米国における白血病発生率を示す。日本には1941年から1947年の戦時中および終戦直後の資料はない。広島および長崎両市の資料は1945年に記録が焼失したため得られない。

日本で得られた統計と米国の統計とを比較すると、日本で報告されている白血病の平均発生率は日本の人口100万当りの発生率に換算すると米国の3分の1にすぎず、総死亡数1万当りでは4分の1にすぎないことが明らかとなった。Sacks および Seeman は、米国における白血病の死亡率は1900年以来増加しており、1920年以降は加速度的に増加していると報告した。彼等はこの増加は人口の年齢分布の変化によるものではないこと、またこの死亡率増加の原因を決定するには診断技術の改良および医療施設の利用の増大を考慮しなくてはならないことを指摘した。<sup>4</sup> 日本で報告されている白血病発生率の低いことは、利用し得る医療施設が比較的少なく大きな地方人口に対する医師の比率



due to a relative lack of medical facilities available and the ratio of physicians to a large rural population. The available figures suggest that the incidence in Japan may actually be lower than in the United States.

In the absence of a satisfactory basis for predicting an expected incidence and death ratio it has been considered desirable to compare the incidence and death rate from leukemia in the exposed and non-exposed populations of the cities of Hiroshima and Nagasaki. Further, a comparison of the incidence and death rate from leukemia is made between the population exposed under 2,000 meters and 2,000 meters and over.

が小さいためかも知れない。しかし入手出来た数値によれば日本における発生率は、実際には、米国よりも低いかも知れないということを暗示している。

予想発生率および死亡率を推定するための満足な基礎がないので、広島および長崎両市の被爆者および非被爆者人口における白血病発生率および死亡率を比較するのがよいと考えられた。更に、2000m未満の被爆者人口と2000m以上の被爆者人口との白血病発生率および死亡率の比較を行なった。

**TABLE 3 OFFICIAL FIGURES ON THE INCIDENCE OF LEUKEMIA IN ALL JAPAN INCLUDING OKINAWA FOR THE YEARS 1935-1940, 1948, 1949\* AND THE INCIDENCE IN THE UNITED STATES FOR THE YEAR 1940\*\***

表 3 沖縄を含む全日本における1935～1940年、1948年、1949年の白血病発生率\* および米国における1940年の白血病発生率\*\*の公式数値

Year 年度	Population 人口	Total Deaths 総死亡数	Leukemic Deaths 白血病に よる死亡	Leukemic Deaths per 10 <sup>6</sup> Living 生存者106名当 りの白血病死亡	Leukemic Deaths per 10 <sup>4</sup> Total Deaths 総死亡10 <sup>4</sup> 当 りの白血病死亡
1935	69,254,148	1,161,936	969	14.0	8.3
1936	70,258,200	1,230,278	991	14.1	8.1
1937	71,252,800	1,207,899	930	13.1	7.7
1938	72,222,700	1,259,805	911	12.6	7.2
1939	72,875,800	1,268,760	930	12.8	7.3
1940	73,114,308	1,186,595	939	12.8	7.9
1948	80,200,000	950,610	956	11.9	10.1
1949	82,200,000	945,444	1,120	13.6	11.8
UNITED STATES 米 国					
1940	131,669,000	1,417,285	5,135	39	36.2

\* The Division of Health and Welfare Statistics, Welfare Minister's Secretariat, Tokyo  
厚生省統計調査部

\*\* Based on a publication of the United States Department of Commerce-Vital Statistics Rates in the United States 1900-1940 by Linder, F. E. and Grove, R. D.  
Linder, F. E. および Grove, R. D. : 1900～1940年の米国における動態統計率, 米国商務省

**PRINCIPAL FINDINGS AND THEIR INTERPRETATION**

*Incidence of Leukemia.* Table 4 lists the cases with onset of leukemia and deaths from leukemia during the years 1948, 1949 and 1950 in the cities of Hiroshima and Nagasaki.

A total of thirty cases and twenty-four deaths were recorded in Hiroshima as compared with nineteen cases and nineteen deaths in Nagasaki. An analysis by the Chi square and interaction method shows no significant difference between the two cities.

In the total exposed population of the two cities twenty-nine cases and twenty-three deaths are recorded as compared with twenty cases and twenty deaths in the non-exposed population. This is a highly significant increase in the incidence and deaths from leukemia in the exposed population as shown by the Chi square analysis.

**主要所見および考察**

白血病の発生率 表4に広島、長崎两市における1948年、1949年および1950年の白血病症例数および死亡数を示す。

広島では白血病は総計30例あり24の死亡が記録されたが、長崎では白血病は19例あり19の死亡があった。カイ二乗法および交互作用法による解析の結果両都市の間には有意な差は認められない。

両都市の総被爆者人口では白血病が29例、死亡が23例記録されたが、これに対して非被爆者人口では白血病が20例、死亡が20例あった。これはカイ二乗法で分かるように被爆者人口における白血病発生率およびその死亡率の極めて有意な増加を示すものである。

**TABLE 4 CASES WITH ONSET OF SYMPTOMS OR DEATH FROM LEUKEMIA DURING 1948-1950 INCLUSIVE IN THE POPULATION OF THE CITIES OF HIROSHIMA AND NAGASAKI**

表 4 広島および長崎の人口集団における1948年～1950年の白血病症例数と死亡数

	EXPOSED 被爆者			NON-EXPOSED 非被爆者			TOTAL 計		
	Population 人口	Cases 症例数 1948- 1950	Deaths 死亡数 1948- 1950	Population 人口	Cases 症例数 1948- 1950	Deaths 死亡数 1948- 1950	Population 人口	Cases 症例数 1948- 1950	Deaths 死亡数 1948- 1950
Hiroshima 広島	98,265	19	13	187,447	11	11	285,712	30	24
Nagasaki 長崎	96,962	10	10	144,843	9	9	241,805	19	19
Total 計	195,227	29	23	332,290	20	20	527,517	49	43

Summary of Comparison  
比較の総括

Comparison 比較	D/F	Number of Cases of Leukemia 白血病症例数		Deaths from Leukemia 白血病死亡数	
		$\chi^2$	P	$\chi^2$	P
		Hiroshima vs Nagasaki 広島：長崎	1	0.99	
Exposed vs Unexposed 被爆者：非被爆者	1	10.34	0.002	5.01	0.03
Interaction 交互作用	1	3.30		0.47	

In Table 5 the cases of leukemia and deaths from leukemia for 1948, 1949, and 1950 in the exposed population are presented according to distance from the hypocenter of the atomic explosion. A total of twenty-two cases and eighteen deaths from leukemia were recorded in the population exposed under 2,000 meters as compared with seven cases and five deaths in the population exposed at 2,000 meters or over. A comparison of these data by the Chi square test reveals a highly significant increase in both the incidence and deaths from leukemia in the group exposed at a distance of less than 2,000 meters from the hypocenter.

表5には被爆者人口における1948年、1949年および1950年の白血病例とその死亡とを爆心地からの距離別に示した。2000m未満の被爆者人口では白血病は総計22例、死亡が18例記録せられ、これに対して2000m以上の被爆者人口では7例で死亡は5例であった。カイ二乗法によってこれらの資料を比較した結果、爆心地から2000m未満の被爆群における白血病発生率および死亡は共に著しく有意な増加を示している。

TABLE 5 CASES OF LEUKEMIA WITH ONSET OF SYMPTOMS OR DEATH FROM LEUKEMIA DURING 1948-1950 INCLUSIVE IN THE CITIES OF HIROSHIMA AND NAGASAKI ACCORDING TO DISTANCE FROM HYPOCENTER

表5 広島および長崎の人口における1948年～1950年の白血病症例数と死亡数の爆心地からの距離別分布

Distance from Hypocenter (meters) 爆心地からの距離(m)	HIROSHIMA CITY 広島市			NAGASAKI CITY 長崎市			TOTALS (combined areas) 計 (合併)		
	Exposed Population 被爆人口	Cases of Leukemia 白血病例	Deaths from Leukemia 白血病死亡	Exposed Population 被爆人口	Cases of Leukemia 白血病例	Deaths from Leukemia 白血病死亡	Exposed Population 被爆人口	Cases of Leukemia 白血病例	Deaths from Leukemia 白血病死亡
0-999	1,400	3	1	671	1	2	2,071	4	3
1000-1499	10,596	8	5	3,227	4	4	13,823	12	9
1500-1999	19,002	4	3	4,361	2	3	23,363	6	6
Under 2000 以下	30,998	15	9	8,259	7	9	39,257	22	18
2000-over 以上	67,267	4	4	88,703	3	1	155,970	7	5
Totals 計	98,265	19	13	96,962	10	10	195,227	29	23

Comparison of Incidence in Combined Cities of Cases and Deaths from Leukemia Exposed under 2000 Meters vs 2000 Meters or over  
両都市を合計して2000m未満および2000m以上で被爆した白血病例および死亡の発生率の比較

	Cases of Leukemia 白血病例	Deaths from Leukemia 白血病死亡
$\chi^2$	56.12	48.42
D/F	1	1
P	<.001	<.001

The data for deaths from leukemia in Table 5 are graphically represented by Figure 1 in which the per cent of total deaths, occurring in the combined cities, contributed by the various segments of the exposed population is compared with the per cent of the total exposed population comprised by each segment. The population exposed at distances up to 1,999 meters contributed 78 per cent of all deaths from leukemia although it comprises only 20 per cent of the total exposed population. The population exposed at 2,000 meters or over contributed only 22 per cent of the leukemic deaths although it comprises 80 per cent of the total exposed population.

Figure 2 represents the number of deaths from leukemia in subjects at various distances from the hypocenter expressed as deaths per 10<sup>6</sup> living persons in each group. Table 6 presents the calculated death rate from leukemia in the exposed populations of the two cities by distance from the hypocenter. The death rate per 10<sup>6</sup> living persons in the population exposed at distances less than 2,000 meters is high as compared with the death rate in the population exposed at 2,000 meters or over.

表5の白血病死亡に関する資料を図1に示した。すなわち両都市を合計した場合の総死亡数のうち各種区分に発生した白血病死亡の百分率を各区分の被爆者の総被爆者人口に対する百分率と比較した。1999mまでの被爆者は総被爆者人口の20%を占めるにすぎないが白血病による全死亡数の78%がこの群に生じている。2000m以上の被爆者人口は総被爆者人口の80%であるが白血病死亡数の22%のみがこの群に生じている。

図2は爆心地からの距離別に白血病死亡数を示すもので各群における生存者10<sup>6</sup>名当りの死亡数として現わされている。表6には両都市の被爆者人口における白血病死亡率を爆心地からの距離別に示す。2000m未満の被爆者人口における生存者10<sup>6</sup>名当りの死亡率は2000m以上の被爆者人口における死亡率に比べて高率である。

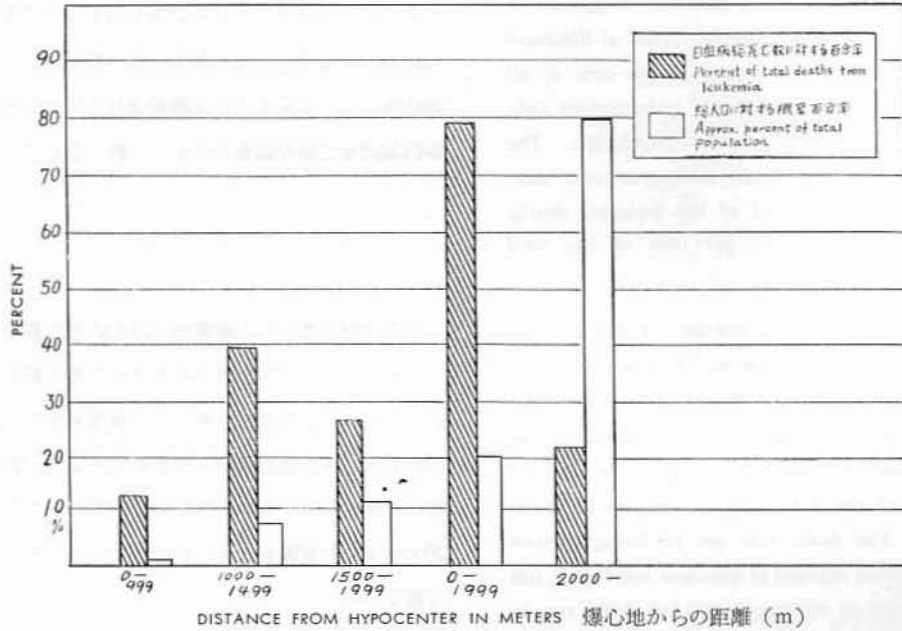
**TABLE 6 DEATHS OBSERVED FROM LEUKEMIA AND CALCULATED DEATH RATE FROM LEUKEMIA IN THE EXPOSED POPULATIONS OF HIROSHIMA AND NAGASAKI FOR THE YEARS 1948, 1949 AND 1950**

表 6 1948年、1949年および1950年の広島および長崎の被爆人口における白血病死亡数と死亡率

Distance from Hypocenter (meters) 爆心地からの距離 (m)	Area 地域	Exposed Population 被爆人口	Deaths from Leukemia Observed 観察せられた白血病死亡	Death Rate from Leukemia per 10 <sup>6</sup> Living Persons 生存者10 <sup>6</sup> 当りの白血病死亡率
0-1999	Hiroshima 広島	30,998	9	290
	Nagasaki 長崎	8,259	9	1080
	Total 計	39,257	18	458
over 2000 以上	Hiroshima 広島	67,267	4	59
	Nagasaki 長崎	88,703	1	11
	Total 計	155,970	5	32
All Distances 全部の距離	Hiroshima 広島	98,265	13	132
	Nagasaki 長崎	96,962	10	103
	Total 計	195,227	23	118

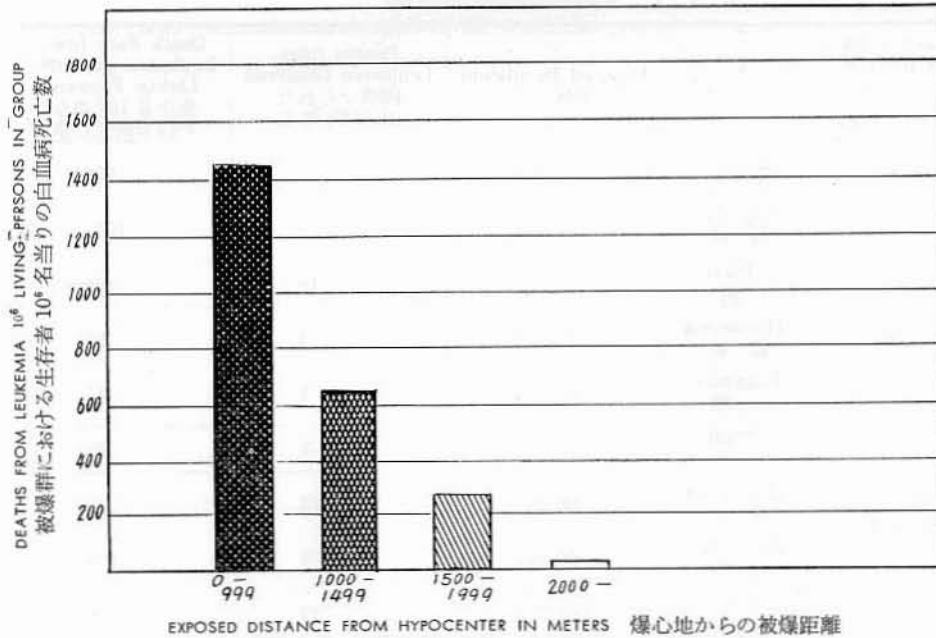
**FIG. 1. COMPARISON OF PER CENT OF TOTAL DEATHS FROM LEUKEMIA IN THE CITIES OF HIROSHIMA AND NAGASAKI DURING 1949 AND 1950 CONTRIBUTED BY VARIOUS SEGMENTS OF THE EXPOSED POPULATION COMPARED WITH THE PER CENT OF TOTAL EXPOSED POPULATION COMPRISED BY EACH SEGMENT**

図1 1948年、1949年および1950年の広島および長崎両市における白血病総死亡数に対する各種区分別百分率と、各区分の被爆者人口の総被爆者人口に対する百分率の比較



**FIG. 2. NUMBER OF DEATHS FROM LEUKEMIA IN HIROSHIMA AND NAGASAKI CITIES 1948-1950 OCCURRING IN THE EXPOSED GROUPS EXPRESSED AS DEATHS PER 10<sup>6</sup> LIVING PERSONS IN THAT GROUP**

図2 1948年～1950年の広島および長崎の被爆群における白血病死亡数 (単位：生存者10<sup>6</sup>名当りの死亡数)



*Acute Radiation Symptoms.* It should be recognized that due to shielding, and perhaps other factors such as individual resistance, a significant percentage of the survivors exposed to radiation at distances less than 2,000 meters gives no history of acute radiation illness following the exposure.\* A positive radiation history in the population exposed beyond 2,000 meters is unusual. It becomes significant in comparing the incidence of leukemia in the exposed populations according to distance from the hypocenter to document actual exposure to radiation injury.

Data are available on forty-seven exposed patients who developed leukemia with reference to symptoms of radiation injury following the bombing (Fig. 3). Epilation, purpura and oropharyngeal lesions are reliable signs of acute radiation effect. It has been recognized that fever and vomiting may be non-specific symptoms unrelated to radiation. However, all radiation histories were taken by physicians and the symptoms and signs were evaluated as to the time of appearance, relationship to other portions of the medical history and the accuracy and intelligence of the informant before being recorded. The radiation histories represent signs and symptoms based on the etiologic factor of radiation as well as can be determined.

While the case numbers are small and the incidence of the symptoms varies somewhat from group to group, fever and epilation show a striking progressive diminution of occurrence as distance from the hypocenter increases. Epilation, which occurred in all of the patients with leukemia exposed at distances less than 1,000 meters, was also more severe in this group, being complete in 75 per cent of the cases. The symptoms and signs of radiation injury appear to diminish rapidly in the patients exposed beyond 2,000 meters. Whereas epilation of some degree occurred in 70 per cent of the patients exposed under 2,000 meters, it was not observed in the eleven patients exposed beyond this point. Purpura also was not found in the latter group, and a positive history of the other symptoms listed was found only in a single case.

急性放射線症状 遮蔽状態や、個人の抵抗力等も恐らくそうであろうが、その他の要因のため2000m未満の距離で被爆した生存者の中の相当数は被爆後急性放射線疾患を経験しなかった\* ということは注目せねばならない。2000m以上の被爆者人口には放射線疾患は希である。被爆者人口における爆心地からの距離別白血病発生率を比較するに当って放射線傷害の有無を正確に記録することは重要である。

白血病が発生した47名の被爆患者について被爆後の放射線傷害の症状に関する資料がある(図3)。脱毛、紫斑および咽頭口腔部病変は急性放射線影響の信頼すべき徴候である。発熱および嘔吐は放射線とは無関係の非特異性症状であろうということが認められている。しかしながら、放射線疾患の病歴はすべて医師によって調べられ、症状および徴候の記録に当ってはその出現の時期、病歴のその他の部分との関係、および応答者の信頼度と知能を考慮して評価せられた。放射線疾患の病歴には、決定の可能な範囲内で放射線に起因する徴候および症状を記録した。

症例数が少なく、症状の発生率も群によって幾らか異なるけれども発熱および脱毛は、爆心地からの距離が遠くなると共に、著しく加速度的に減少するものである。脱毛は1000m未満の被爆白血病患者のすべてに起りしかも他の群に比べて一層強度で、症例の75%が完全脱毛であった。放射線傷害の症状および徴候は2000m以上の被爆患者において急に減少するようである。2000m未満の被爆患者の70%にある程度の脱毛が発生したが、2000m以上で被爆した11名の患者には脱毛は認められなかった。後者の群には紫斑はなく、またその他の放射線症状が認められたのは唯1例にすぎなかった。

\* Atomic Bomb Casualty Commission unpublished data. ABCC 未発表資料

FIG. 3. INCIDENCE OF SYMPTOMS AND SIGNS OF RADIATION INJURY AT TIME OF ATOMIC BOMB IN FORTY-SEVEN SUBJECTS EXPOSED IN HIROSHIMA OR NAGASAKI IN WHOM LEUKEMIA SUBSEQUENTLY DEVELOPED

図3 広島および長崎における白血病47例の被爆時の放射線症状および徴候の発生率

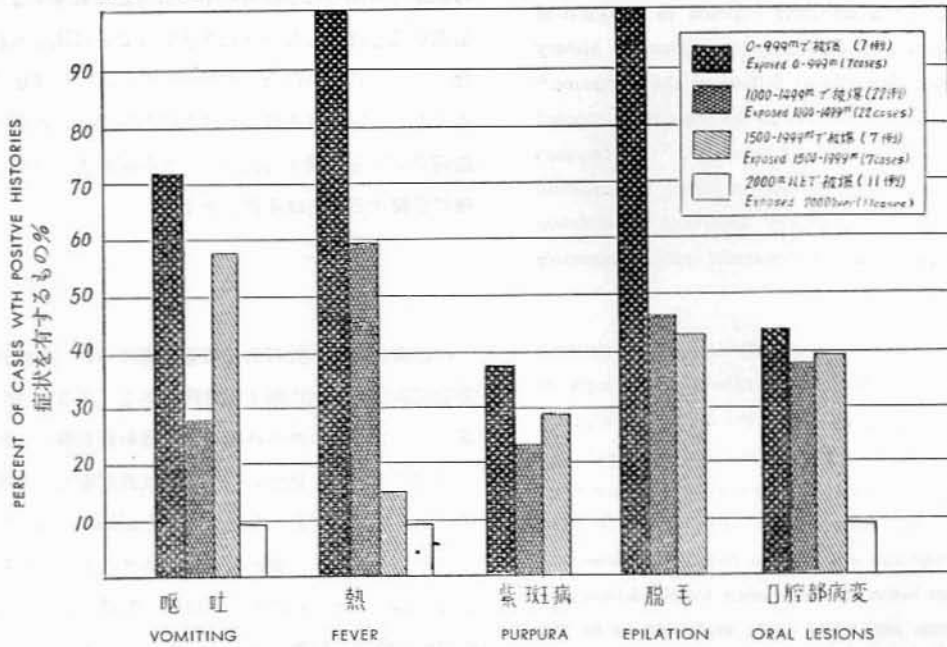
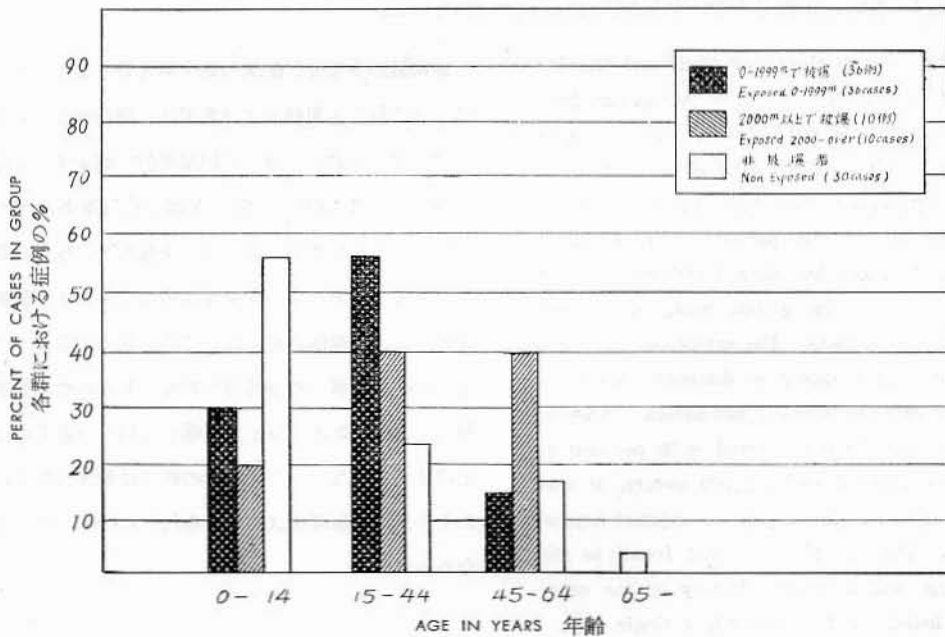


FIG. 4. AGE DISTRIBUTION BASED ON AGE AT ONSET OF SYMPTOMS IN SEVENTY-SIX CASES OF LEUKEMIA DEVELOPING IN NAGASAKI AND HIROSHIMA AREAS SINCE THE ATOMIC BOMB

図4 原爆後、広島および長崎に発生した白血病76例の発病時



The presented data in the cases of leukemia exposed at distances less than 2,000 meters documents the actual exposure to radiation injury by a high incidence of symptoms and signs indicative of a severe radiation insult. This is again evidence supporting the concept of radiation exposure as a leukemogenic agent in man.

**Age Distribution.** In the United States leukemia affects persons in the older age groups, fifty-five years and over, with the greatest frequency and the death rate from leukemia is lowest in the intermediate ages.<sup>4</sup> Forty-six cases of leukemia, developing since 1945, in the exposed population and thirty cases in the nonexposed population of Hiroshima and Nagasaki in whom the age at onset of symptoms could be determined are presented in Figure 4.

In the thirty-six patients exposed at distances less than 2,000 meters approximately 86 per cent (thirty-one patients) had onset of symptoms before the age of forty-five years and in no patients has leukemia been observed to develop after the age of sixty-five. In ten patients exposed beyond 2,000 meters 60 per cent (6 cases) occurred before the age of forty-five, 40 per cent (4 cases) between ages forty-five and sixty-four and none after the age of sixty-five years. The cases found in the non-exposed population show a roughly comparable distribution, 80 per cent (24 cases) being observed in the 0 to 44 age group and only 3.3 per cent (one case) after the age of sixty-five years. In the non-exposed populations of Hiroshima and Nagasaki a higher incidence is noted in the 0 to 14 age group than in the exposed population. It should be recognized that in the exposed population there was, for example in 1950, no individual under the age of five years. Since the incidence of leukemia is relatively high in the first two years of life, the advancing years have removed a segment of the 0 to 14 age group in exposed subjects which in a normal population would be expected to contribute some cases of leukemia.

2000m未満の距離で被爆した白血病例の資料では、強度の放射線傷害を示す症状および徴候の発生率が高いので、この人々は実際に放射線傷害を被っていることが分る。このことは人間に対する放射線照射は白血病を起す要因であるとの概念を支持する。

**年齢分布** 米国では白血病は老年層、すなわち55才以上に最大頻度を以て発生し、白血病による死亡率は中年層において最低である。<sup>4</sup> 広島および長崎の被爆者人口において1945年以後に発生した白血病46例および非被爆者人口における白血病30例のうち症状発生時の年齢を決定することの出来たものを図4に示す。

2000m未満の距離で被爆した36名の患者の中、約86% (31例) は45才以前に症状の発生をみ、65才以後には白血病の発生をみた患者はない。

2000m以上で被爆した10名の患者の中、60% (6例) は45才以前に発病し、40% (4例) は45才から64才までに起り、65才以後は1名もなかった。

非被爆者人口において認められた白血病例は、大体これに類似した分布を示している。すなわち80% (24例) が0~44才の年齢群に認められ、65才以後は3.3% (1例) にすぎなかった。広島および長崎の非被爆者人口では0~14才の年齢群における発生率は被爆者人口に比べて高率である。被爆者人口では、例えば1950年には5才以下の者はいないことに注目せねばならない。白血病の発生率は生後2年間に比較的高いので、被爆者では、時の経過につれて、0~14才の年齢群の一部は除かれたことになり、これが正常人口であったならばこの除かれた部分からは若干の白血病例が出たであろうと期待される。



It is tempting to read into these figures a possible shift in the age of onset of leukemia to a younger than average group and to speculate as to the possible role of radiation as a causative agent. However, it appears that a similar incidence of leukemia in younger age groups is present in the non-exposed group and the cases exposed beyond 2,000 meters as well. Since this latter group showed no increase in the incidence of leukemia, there is no support in the present data for speculation concerning the acceleration of the appearance of leukemia by exposure to radiation.

*Type of Leukemia.* The distribution by type of leukemia in forty-seven cases in the combined exposed populations of Hiroshima and Nagasaki is illustrated in Figure 5. A high proportion of acute leukemia is found in both the group under 2,000 meters, presumably most heavily exposed to radiation, and the group exposed at distances greater than 2,000 meters in which no increase in the incidence of leukemia is found. It has already been pointed out that the age of onset of leukemia in these cases is early and acute leukemia and myelocytic leukemia are more common in the younger age groups. No statement concerning the role of radiation in the determination of the type of leukemia which develops is warranted on the basis of the present data.

*Sex Distribution.* Figure 6 indicates the distribution by sex of all known cases of leukemia in both the exposed and non-exposed populations of Hiroshima and Nagasaki. The cases involved here are obviously too few from which to draw conclusions and are presented only as a matter of record.

## SUMMARY

Data have been presented concerning the incidence and death rate from leukemia for the years 1948, 1949 and 1950 in the populations of Hiroshima and Nagasaki, Japan, which were exposed to radiation effects of the atomic bombs exploded in 1945.

The incidence and death rate from leukemia has been compared in the exposed and nonexposed populations of Hiroshima and Nagasaki and also within the exposed population by distance from the hypocenter.

これらの数字をみて、白血病発生の年齢が平均発病年齢よりはもっと若い年齢群に移っているのではなからうかと考え、その原因としての放射能の役割を推測することに誘惑を感じるであろう。しかしながら、非被爆者群にも、また2000m以上で被爆した症例にも、若年層に同様の白血病発生率が認められるようである。この後者の群には、白血病発生率の増加はないので、放射線照射によって白血病の発生が促進されるという推測を支持する証拠が、この資料には無いことになる。

*白血病の病型* 広島および長崎を合計した場合の被爆者人口における47例の白血病の病型別分布を図5に示す。急性白血病は2000m未満の距離で被爆し、恐らく最も強度の放射線を受けたと思われる者および2000m以上の距離で被爆した群、この群には白血病の増加はみられないが、この双方において高率に認められる。これらの症例における白血病発生年齢は若く、若年層では急性白血病および骨髄性白血病が多いことはすでに指摘した。発生する白血病の病型に関して放射線が如何なる役割を演じているかについては、これらの資料からは何も言えない。

*性別分布* 図6に広島、長崎の被爆者および非被爆者人口に判明したすべての白血病例の性別分布を示した。ここに示した症例は少数であるため結論を出すことはできないことは明らかで、記録のために示したのみである。

## 総 括

1945年に原爆放射線の影響を受けた広島および長崎の人口集団における1948年、1949年および1950年の白血病発生率および死亡率に関する資料を提出した。

白血病発生率および死亡率は、広島、長崎の被爆者人口と非被爆者人口との比較を行なうと共に被爆者間の爆心地からの距離別比較も行なった。

FIG. 5. DISTRIBUTION BY TYPE OF LEUKEMIA OF THE FORTY-SEVEN EXPOSED PATIENTS WITH LEUKEMIA IN HIROSHIMA AND NAGASAKI AREAS SINCE THE ATOMIC BOMB

図5 原爆後、広島および長崎に発生した被爆白血病47例の白血病の病型分布

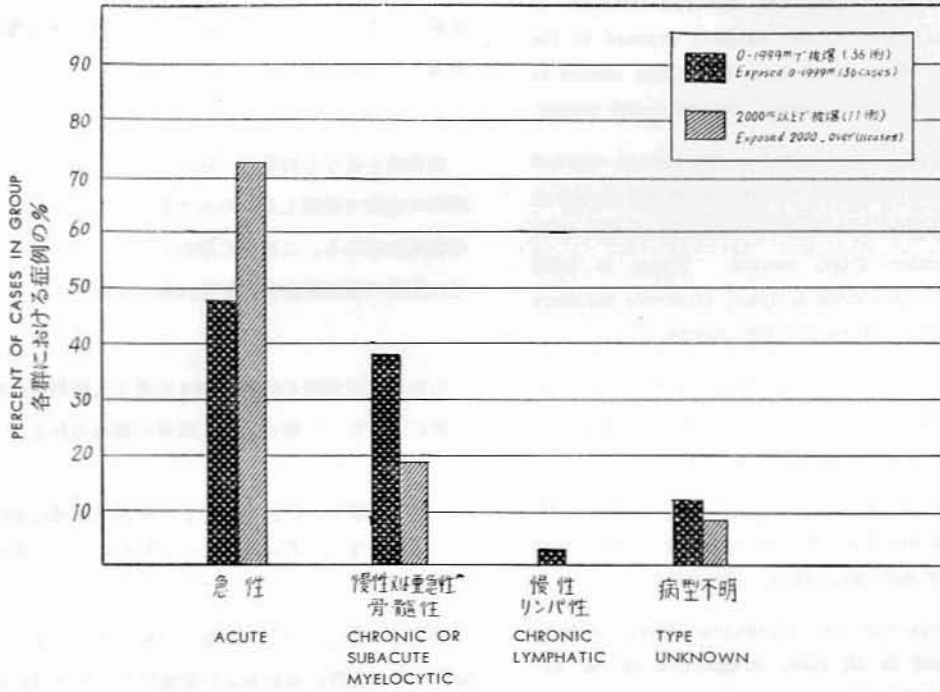
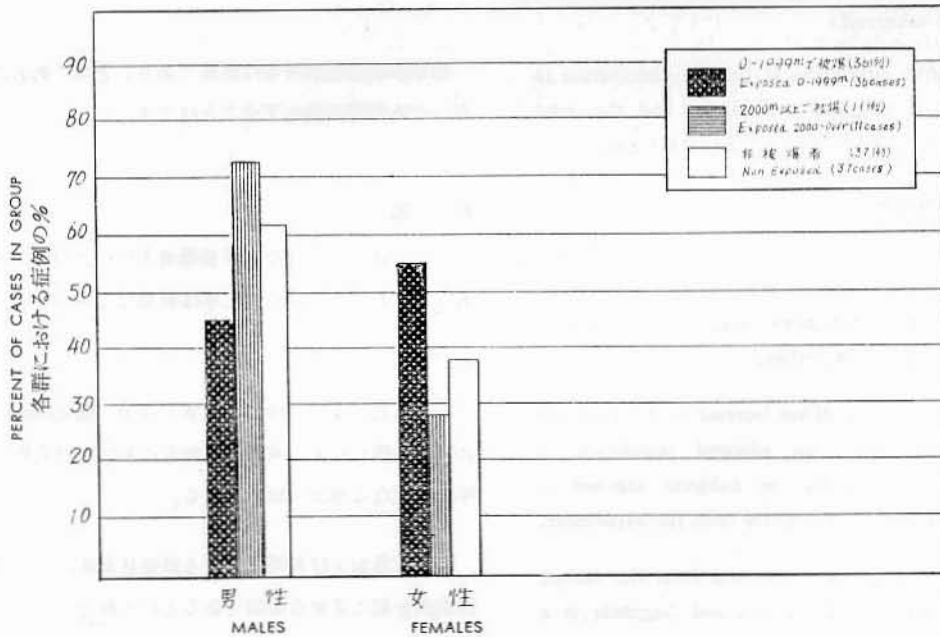


FIG. 6. DISTRIBUTION BY SEX OF THE CASES OF LEUKEMIA OCCURRING IN HIROSHIMA AND NAGASAKI AREAS SINCE THE ATOMIC BOMB

図6 原爆後広島および長崎で発生した白血病例の性別分布



The data show an increase in the incidence of leukemia in the total exposed populations compared with the total non-exposed populations of the two cities. A highly significant increased incidence of leukemia is found in the subjects exposed to the radiation at distances of less than 2,000 meters as compared with those exposed beyond 2,000 meters.

Analysis of medical radiation histories in exposed subjects with leukemia presents evidence of severe radiation injury in a high proportion of the cases exposed under 2,000 meters. There is little evidence, by this same analysis, of severe radiation injury occurring beyond 2,000 meters.

The same pattern of findings of the collective analysis is present in the data obtained separately in Hiroshima and Nagasaki.

Leukemia in the cases exposed both under 2,000 meters and over 2,000 meters occurs most frequently in the early and intermediate age groups.

Acute leukemia and myelocytic leukemia have predominated in all cases irrespective of the individual's distance from the hypocenter at the time of the bomb explosion. Chronic lymphatic leukemia was observed in only a single case. The number of cases is small and the types of leukemia observed are not inconsistent with the age distribution in which they occurred.

Comparative differences in the sex distribution in the cases of leukemia are slight and the total numbers too small to warrant any conclusions.

## CONCLUSIONS

1. There is a significant increase in the incidence of leukemia in the exposed populations of Hiroshima and Nagasaki as compared with the non-exposed populations of the two cities.
2. There is a significant increase in the incidence of leukemia within the exposed population of Hiroshima and Nagasaki in subjects exposed at distances less than 2,000 meters from the hypocenter.
3. The concept that radiation from the atomic bomb explosions in Hiroshima and Nagasaki is a leukemogenic agent in man is supported.

この資料は両都市の総非被爆者人口に比較して総被爆者人口における白血病発生率が増加していることを示している。2000m以上の被爆者と比較して、2000m未満の距離で被爆した対象には白血病発生率の著しく有意なる増加を認める。

白血病を有する被爆者の原爆歴を解析してみると、2000m未満で被爆した例の大多数に強度の放射線傷害の証拠を認める。この同じ解析によって、2000m以上では強度の放射線傷害の証拠は殆んど認めない。

広島および長崎の資料を別々に見ても資料を合計して解析を行なった場合と同じ所見が認められる。

2000m未満および2000m以上で被爆した者における白血病の頻度は、若年層および中年層において最大である。

被爆時の爆心地からの距離とは無関係に、すべての症例の中で急性白血病および骨髄性白血病が最も多い。慢性リンパ性白血病は1例に認めただけで過ぎなかった。症例数は少ないが観察された白血病の病型は、発病時の年齢分布に一致している。

白血病例の性別分布は軽度であり、患者の総数は少ないため何等結論を下すことはできない。

## 結 論

1. 広島および長崎の非被爆者人口に比較して被爆者人口における白血病発生率は有意なる増加を示している。
2. 広島および長崎の被爆者人口中、爆心地から2000m未満の距離で被爆した対象において白血病発生率の有意なる増加が認められる。
3. 広島および長崎における原爆放射線は、人間に白血病を起こさせる要因であるという概念は支持される。