

DISTRIBUTION OF ONSET OF LEUKEMIA  
AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS IN THE LEUKEMIA REGISTRY BY DOSE,  
HIROSHIMA AND NAGASAKI, 1946-75

広島・長崎の白血病登録に基づく  
線量別にみた被爆者白血病の発病時期の分布, 1946-75年

TORANOSUKE ISHIMARU, M.D., M.P.H. 石丸寅之助  
MICHITO ICHIMARU, M.D. 市丸道人  
MOTOKO MIKAMI, M.D. 三上素子  
YASUAKI YAMADA, M.D. 山田恭暉  
YUU TOMONAGA, M.D. 朝長 優



RADIATION EFFECTS RESEARCH FOUNDATION  
財団法人 放射線影響研究所  
A cooperative Japan - United States Research Organization  
日米共同研究機関

## ACKNOWLEDGMENT

### 謝 辞

The authors express their sincere appreciation to Dr. William J. Schull, former RERF Vice-Chairman and Chief, Department of Epidemiology and Statistics, for his suggestions and review of the manuscript. They are also grateful to the physicians of the universities and community hospitals in Hiroshima and Nagasaki for their continued cooperation in the operation of the RERF Leukemia Registry, to Mrs. Nobuko Shimba, Research Assistant, for her assistance in the statistical analysis of the data, and to Mr. Kenji Joji, Chief, Translation Section, for his editorial assistance.

本論文の作成に当たり示唆及び論文の校閲をいただいた前放影研副理事長兼疫学統計部長 William J. Schull 博士に心から感謝する。また、放影研白血病登録の実施に引き続き御協力いただいた広島・長崎の大学病院及び地元病院の医師の方々、資料の統計的解析について御助力いただいた研究助手榛葉信子氏、並びに、編集上の援助を受けた翻訳課長 定地憲爾氏の各位に対し深く感謝の意を表す。

This study was supported in part by a special cancer research grant from the Japanese Ministry of Education.

本研究の一部は日本国文部省がん特別研究 (I) の助成を受けた。

*In the continued interest of accurately defining the late effects of the atomic bombs, the qualitative and quantitative characteristics of the A-bomb radiation exposure doses are periodically refined. If warranted by future dose assessments, the data reported here will be reanalyzed and subsequently reported.*

原爆の後影響を引き続いて正確に究明する目的をもって、原爆放射線被曝線量の質的・量的特質について定期的に改良を加えている。今後線量評価によって、その必要性が起これば、本報の資料を再解析の上、改めて報告する。

## RERF TECHNICAL REPORT SERIES

### 放影研業績報告書集

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

放影研業績報告書は、日米専門職員、顧問、諮問機関の要求に応えるための日英両語による公式報告記録である。業績報告書は決して通例の誌上発表論文に代わるものではない。

*The Radiation Effects Research Foundation (formerly ABCC) was established in April 1975 as a private nonprofit Japanese Foundation, supported equally by the Government of Japan through the Ministry of Health and Welfare, and the Government of the United States through the National Academy of Sciences under contract with the Department of Energy.*

放射線影響研究所(元ABCC)は、昭和50年4月1日に公益法人として発足した。その経費は日米両政府の平等分担とし、日本は厚生省の補助金、米国はエネルギー省との契約に基づく米国学士院の補助金をもって充てる。

DISTRIBUTION OF ONSET OF LEUKEMIA AMONG ATOMIC BOMB SURVIVORS  
IN THE LEUKEMIA REGISTRY BY DOSE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, 1946-75

広島・長崎の白血病登録に基づく  
線量別にみた被爆者白血病の発病時期の分布、1946-75年

TORANOSUKE ISHIMARU, M.D., M.P.H. (石丸寅之助)<sup>1</sup>; MICHITO ICHIMARU, M.D. (市丸道人)<sup>2</sup>;  
MOTOKO MIKAMI, M.D. (三上素子)<sup>3</sup>; YASUAKI YAMADA, M.D. (山田恭暉)<sup>3</sup>;  
YUU TOMONAGA, M.D. (朝長優)<sup>2</sup>

RERF Departments of Epidemiology & Statistics<sup>1</sup> and Medicine<sup>3</sup>; and Atomic Disease Institute,  
Nagasaki University School of Medicine<sup>2</sup>

放射研疫学統計部<sup>1</sup>、臨床部<sup>3</sup>及び長崎大学医学部原爆後障害医療研究施設<sup>2</sup>

## SUMMARY

The data from the RERF Leukemia Registry for the years 1946-75 were used to determine the distribution of onset of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia among atomic bomb survivors in relation to city, dose, and age at the time of the bomb (ATB). A total of 509 confirmed leukemia cases (297 in Hiroshima and 212 in Nagasaki) have occurred among A-bomb survivors in the open populations of these cities in these years.

Analysis revealed that the onset of both acute leukemia and chronic granulocytic leukemia tends to shift to earlier years with increasing dose in Hiroshima, but in Nagasaki, although the onset of both types of leukemia was earlier in the high dose group than in the low dose or control groups, the latter two groups did not differ.

The distribution of onset of acute leukemia in the three dose groups also depended upon age ATB. While the distribution of onset of acute leukemia among those survivors whose age ATB was less than 30 differed significantly in the three dose classes, this tendency was not observed among those individuals whose age ATB was 30 years or more. For chronic granulocytic leukemia, the onset was shifted to earlier years in

## 要約

1946-75年の放射研白血病登録の資料を用い、都市別、線量別、原爆時年齢別にみた被爆者の急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布について検討した。調査期間中に両市の全人口における被爆者から、合計509人(広島297、長崎212)の白血病を確認した。

広島では急性白血病と慢性骨髄性白血病ともにその発病時期は線量の増加に伴い早くなる傾向が認められた。一方、長崎では二つの病型の白血病とも発病時期は、高線量群が低線量群と対照群に比較し早かったが、低線量群と対照群の間には差異が認められないことが観察された。

三つの線量群別にみた急性白血病の発病時期の分布は、原爆時年齢にも依存していた。30歳未満で被爆した者の急性白血病の発病時期の分布は、三つの線量群間で有意な差が認められたが、30歳以上の被爆者ではこのような傾向は認められなかった。慢性骨髄性白血病についてみると、広島では原爆時年齢と関係なく発病時期の分布は高線量群が対照群よりも

the high dose group than in the control group regardless of age ATB in Hiroshima.

These findings support the pattern of leukemogenesis observed in A-bomb survivors in the Life Span Study sample, a fixed cohort, in relation to city, dose, age ATB, and years after exposure.

## INTRODUCTION

The leukemia incidence rate among A-bomb survivors in the Life Span Study (LSS) sample, a fixed cohort, has been reported in relation to dose, age ATB, type of leukemia, and years after exposure.<sup>1</sup> The ascertainment of leukemia cases among A-bomb survivors through the RERF Leukemia Registry, however, extends beyond this cohort and includes the open populations of Hiroshima and Nagasaki. The Leukemia Registry had identified 1,838 definite and probable leukemia cases in Hiroshima and Nagasaki by the end of 1975; of these 509 had developed in A-bomb survivors during 1946-75 with 297 cases in Hiroshima and 212 cases in Nagasaki.<sup>2</sup> It seemed desirable that an analysis be made of the cases of leukemia developing over the years in the open populations to contrast with the findings on the smaller number of cases occurring in the fixed cohort since October 1950. However, an analysis of leukemia cases in the open populations has certain epidemiological limitations (e.g., it is not possible to examine the risk of leukemia by dose and city on an annual basis, because the population at risk is not known reliably). Therefore, the present analysis is restricted to an examination of the distribution of year of onset of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia among A-bomb survivors in relation to dose, city, and age ATB during 1946-75. It uses the entire RERF Leukemia Registry to determine whether the analysis of the distribution of onset of leukemia among the survivors in the open populations supports the findings from the cohort in so far as the risk of radiation-induced leukemia by dose, city, age ATB, and years after exposure is concerned.

## MATERIALS AND METHODS

The RERF Leukemia Registry is jointly administered by the Department of Hematology, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University, the Department of Hematology, Atomic Disease Institute, Nagasaki University School of Medicine and

早期に移動していることが認められた。

これらの知見は、固定集団の寿命調査対象の被爆者について観察された都市別、線量別、原爆時年齢別、被爆後の経年別にみた白血病の発現様式を裏付けている。

## 緒言

固定集団の寿命調査対象者中の被爆者から発生した白血病発生率と、線量、原爆時年齢、白血病の病型、被爆後の経過年数との関係については既に報告されている。<sup>1</sup>しかし、放影研白血病登録では、この固定集団の範囲を越えて、広島・長崎両市の全人口を含め被爆者からの白血病症例を確認している。白血病登録には1975年末までに広島、長崎で1,838人の診断確実又はほぼ確実の白血病症例を確認し登録している。1946-75年の間に被爆者から発生した症例は合計509例であり、297例が広島、212例が長崎の症例であった。<sup>2</sup>両市の全人口から調査期間中に発生した白血病症例について、1950年10月以降に固定集団から発生したより少ない症例についての知見と比較対照して解析することが望ましいと考えられた。しかし、全人口の白血病症例を用いた解析では、ある種の疫学的手法に限界がある(例えば線量別、都市別、経年別にみた白血病の危険率を計算することが不可能である。なぜならば正確な観察人口が不明である)。したがって、今回の解析では、1946-75年の間に被爆者から発生した急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布を、線量、都市、被爆時年齢との関係について検討することに限定した。放影研の全白血病登録を用い、全人口の被爆者から発生した白血病の発病時期の分布に関する解析の結果が、線量別、都市別、被爆時年齢別、被爆後の経年別にみた放射線誘発白血病の危険率に関する固定集団について得られた所見を裏付けるかどうかについて検討することにした。

## 材料及び方法

放影研白血病登録は、広島大学原爆放射能医学研究所血液学研究部門、長崎大学医学部原爆後障害医療研究施設後障害治療部門及び放影研が共同で運営



RERF. The procedures followed by the Leukemia Registry have been described elsewhere.<sup>3,4</sup> Hematologists confirm the diagnosis of leukemia after reviewing the medical records. The confirmation of all leukemia diagnoses was abandoned in Hiroshima in 1971, however, due to a shortage of hematologists; only cases occurring in the RERF fixed cohort are presently being confirmed.

The T65 dosimetry system<sup>5</sup> provides estimates of gamma and neutron exposure in rad based on field investigations of the location and shielding configuration ATB of the survivors. The simple sum of these exposures constitutes the T65 total dose. Dose has not yet been calculated for cases in certain complex shielding situations; their exposures are designated as "unknown", as are the exposures of some survivors on whom shielding information is incomplete.

The present analysis is concerned with a comparison of the distribution of time of onset of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia among A-bomb survivors in the open populations of Hiroshima and Nagasaki in three dose groups (less than 1 rad, 1-99 rad, and 100 rad or more) by 5-year intervals during 1946-75. The results are given in the form of curves of the cumulative proportions of the two types of leukemia developing in each group in relation to elapsed years after exposure by city and calendar intervals. Each curve begins at zero in 1945 and reaches 100% in 1975. Cumulative proportion curves over the years are compared by city, dose group, and age ATB category. The graphical comparisons are supplemented with nonparametric rank tests<sup>6</sup> for difference of the median years between exposure and onset by dose and type of leukemia.

## RESULTS

### Distribution of Leukemia among A-bomb Survivors, by City, Dose and Major Type of Leukemia, 1946-75

Table 1 shows the distribution of the registered leukemia cases among A-bomb survivors with onset between 1946-75 by city, dose, and three major types of leukemia. In Hiroshima, there were 198 cases of acute leukemia and 99 cases of chronic granulocytic leukemia. The proportions of chronic granulocytic leukemia were 21.8% among survivors exposed to less than 1 rad, 43.2% among those exposed to 1-99 rad, and

している。白血病登録に関する登録要領は別に記述されている。<sup>3,4</sup>血液学者は医学記録を検討した後、白血病の診断を確認している。血液学者の不足のため、広島では1971年以降すべての白血病症例の診断の確認を放棄した。しかし、現在では放射研の固定集団から発生した症例についてのみ診断の確認が行われている。

T65線量測定法<sup>5</sup>では、野外調査に基づいて被爆の位置と遮蔽状態に関する情報を入手し、ガンマ線と中性子線の被曝線量をradで計算している。これら被曝線量の単純和がT65総線量である。ある種の複雑な遮蔽状態の者は線量が計算されておらず、遮蔽の情報が不完全な者も同様に線量は“不明”としている。

今回の解析では1946-75年の間に広島・長崎の全人口中の被爆者から発生した急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布を5年間隔別に三つの線量群(1rad未満, 1-99rad, 100rad以上)について比較検討した。各群から発生した二つの病型の白血病の発生の累積比率を、都市別、暦年区間別に被爆後の年数の経過とともに曲線の型で表した。各曲線は1945年を0とし、1975年に100%に達する。都市別、線量別、被爆時年齢別にみた全期間にわたる累積比率曲線を比較した。グラフを用いた比較は、線量別、病型別にみた被爆から発病までの年数の中央値の差異をノンパラメトリック順位検定<sup>6</sup>を行って補足した。

## 結果

都市別、線量別、白血病の主要病型別にみた被爆者白血病の分布。1946-75年

都市別、線量別、三つの主要病型別にみた1946-75年の間に発生した被爆者白血病の登録症例の分布を表1に示した。広島では、急性白血病198例、慢性骨髄性白血病99例であった。慢性骨髄性白血病の比率は1rad未満を受けた被爆者で21.8%、1-99radを受けた者で43.2%、100rad以上を受けた者では

TABLE 1 DISTRIBUTION OF LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS  
IN THE LEUKEMIA REGISTRIES, BY CITY, DOSE, & TYPE OF LEUKEMIA, 1946-75

表1 白血病登録に基づく被爆者白血病の分布：  
都市別，線量別，白血病病型別，1946—75年

Type of Leukemia	T65 Dose in Rad				Total
	<1	1-99	100+	Unknown	
Hiroshima					
Acute	79 ( 78.2)	50 ( 56.8)	59 ( 66.3)	10 ( 52.6)	198 ( 66.7)
Chronic granulocytic	22 ( 21.8)	38 ( 43.2)	30 ( 33.7)	9 ( 47.4)	99 ( 33.3)
Total	101 (100.0)	88 (100.0)	89 (100.0)	19 (100.0)	297 (100.0)
Nagasaki					
Acute	97 ( 80.2)	25 ( 78.1)	39 ( 83.0)	9 ( 75.0)	170 ( 80.2)
Chronic granulocytic	14 ( 11.6)	7 ( 21.9)	7 ( 14.9)	3 ( 25.0)	31 ( 14.6)
Chronic lymphocytic	10 ( 8.3)	0 ( 0.0)	1 ( 2.1)	0 ( 0.0)	11 ( 5.2)
Total	121 (100.0)	32 (100.0)	47 (100.0)	12 (100.0)	212 (100.0)

% in parentheses ( )内は%.

33.7% among those exposed to 100 rad or more. It appears that the proportion of chronic granulocytic leukemia was greater among individuals who received 1 rad or more. In Nagasaki, there were 170 cases of acute leukemia, 31 of chronic granulocytic leukemia, and 11 of chronic lymphocytic leukemia. It seems that only acute leukemia and chronic granulocytic leukemia were induced by exposure to ionizing radiation from the bombs. The proportion of chronic leukemia was not statistically significantly different, however, among Nagasaki survivors in the three dose groups. There was only one chronic lymphocytic leukemia case among individuals who received 1 rad or more in Nagasaki.

#### Distribution of Acute Leukemia and Chronic Granulocytic Leukemia among A-bomb Survivors, by City, Dose, and Onset, 1946-75

The distribution of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia among A-bomb survivors in the Registry for the period 1946-75 by city, dose, and onset (in 5-year intervals) is shown in Table 2 and Figures 1 and 2. The incidence of acute leukemia among survivors who received 100 rad or more reached its peak during 1951-55 in Hiroshima and Nagasaki, and has gradually

33.7%であった。慢性骨髄性白血病の比率が1 rad 以上を受けた者では大きいことは明らかである。長崎では、急性白血病170例、慢性骨髄性白血病31例、慢性リンパ性白血病11例であった。急性白血病と慢性骨髄性白血病のみが、原爆による電離放射線の被曝によって誘発されたと思われる。しかしながら、長崎の被爆者では三つの線量群別で慢性白血病の比率には統計的な有意差が認められなかった。長崎で1 rad 以上を受けた者からの慢性リンパ性白血病はわずか1例であった。

都市別，線量別，発病時期別にみた被爆者からの急性白血病と慢性骨髄性白血病の分布，1946—75年表2，図1及び2には，都市別，線量別，発病時期別（5年間隔）にみた1946—75年の間に発生した急性白血病と慢性骨髄性白血病の分布を示した。100rad以上の線量に被曝した者における急性白血病の発生は広島・長崎ともに1951—55年の間にピークに達し、

TABLE 2 DISTRIBUTION OF ONSET OF ACUTE LEUKEMIA & CHRONIC GRANULOCYTIC LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, DOSE, & YEAR OF ONSET (5-YEAR INTERVALS), 1946-75

表2 白血病登録に基づく被爆者の急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布: 都市別, 線量別, 発病年度別(5年間隔), 1946-75年

T65 Dose in Rad	Year of Onset						Total
	1946-50	1951-55	1956-60	1961-65	1966-70	1971-75	
<b>Hiroshima</b>							
<b>Acute Leukemia</b>							
Unknown	2	1	2	2	1	2	10
100+	11	17	14	6	8	3	59
1-99	6	9	12	8	4	11	50
<1	4	11	21	19	13	11	79
Total	23	38	49	35	26	27	198
Test of significance*	$\chi^2 [10] = 20.96$			$.01 < P < .05$			
<b>Chronic Granulocytic Leukemia</b>							
Unknown	2	2	3	2	0	0	9
100+	9	14	2	1	1	3	30
1-99	5	14	7	9	3	0	38
<1	2	1	6	3	6	4	22
Total	18	31	18	15	10	7	99
Test of significance*	$\chi^2 [10] = 32.88$			$P < .001$			
<b>Nagasaki</b>							
<b>Acute Leukemia</b>							
Unknown	2	1	1	2	2	1	9
100+	7	11	7	9	2	3	39
1-99	3	3	3	6	5	5	25
<1	2	20	19	18	13	25	97
Total	14	35	30	35	22	34	170
Test of significance*	$\chi^2 [10] = 20.59$			$.01 < P < .05$			
<b>Chronic Granulocytic Leukemia</b>							
Unknown	1	1	0	1	0	0	3
100+	1	5	0	0	0	1	7
1-99	2	0	2	1	0	2	7
<1	2	1	3	2	4	2	14
Total	6	7	5	4	4	5	31
Test of significance*	$\chi^2 [10] = 19.00$			$.01 < P < .05$			

Three dose groups (<1, 1-99 and 100+rad) and six onset periods

三つの線量群(1rad未滿, 1-99rad, 100rad以上), 6発病年度別.

declined with time in both cities. In the low dose region (1-99 rad), the cases were quite uniformly distributed over time in Hiroshima and Nagasaki. In the control group (less than 1 rad), the number of cases was small in the period 1946-50, large in both cities during 1950-65, and decreased after 1965, especially in Hiroshima. This may reflect the efficiency of case detection or a change of population in the area covered by the case detection program over the years.

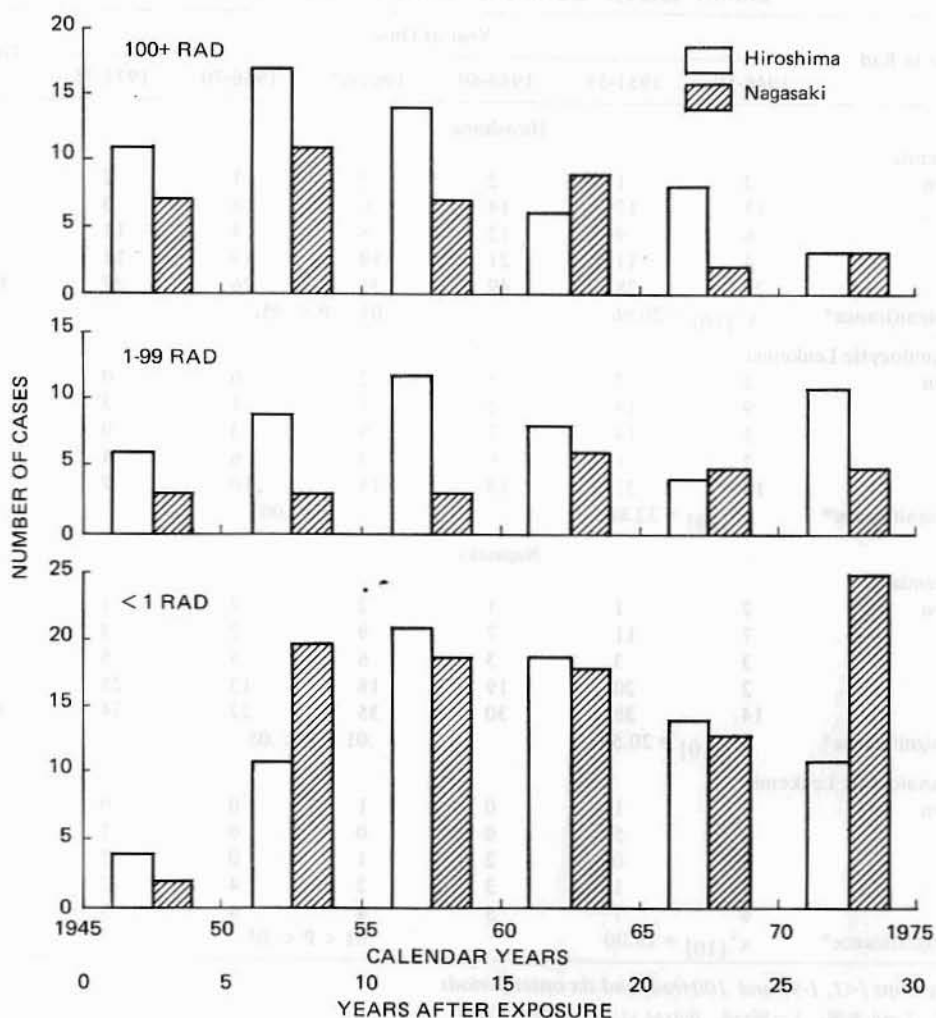
For chronic granulocytic leukemia, the peak incidence was observed during 1951-55 in the high dose group (100 rad or more) as well as in

その後は両市とも徐々に経時的に減少した。低線量群(1-99rad)では、両市とも全期間にわたりほぼ均一に分布していた。対照群(1rad未滿)についてみると発生数は1946-50年は少なく、両市とも1950-65年が多く、1965年以後減少し、特に広島でその傾向が著しい。これらは症例探知の効率か、症例探知プログラムの対象となった地域の人口の期間中の変動を反映しているのであろう。

慢性骨髄性白血病についてみると、広島では、高線量群(100rad以上)も低線量群(1-99rad)も共に

FIGURE 1 DISTRIBUTION OF ONSET OF ACUTE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, DOSE, & YEAR OF ONSET (5-YEAR INTERVALS), 1946-75

図1 白血病登録に基づく被爆者の急性白血病の発病時期の分布:  
都市別, 線量別, 発病年度別(5年間隔). 1946-75年



the low dose group (1-99 rad) in Hiroshima. After 1955, the number of cases declined gradually with time among survivors in Hiroshima who received less than 100 rad, and more rapidly among those who received 100 rad or more. In Nagasaki, the peak incidence was observed in only the high dose region during 1951-55. There have been few cases in the control group in the two cities by 5-year intervals.

The cumulative proportions of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia over time were tabulated by 5-year intervals, city, three

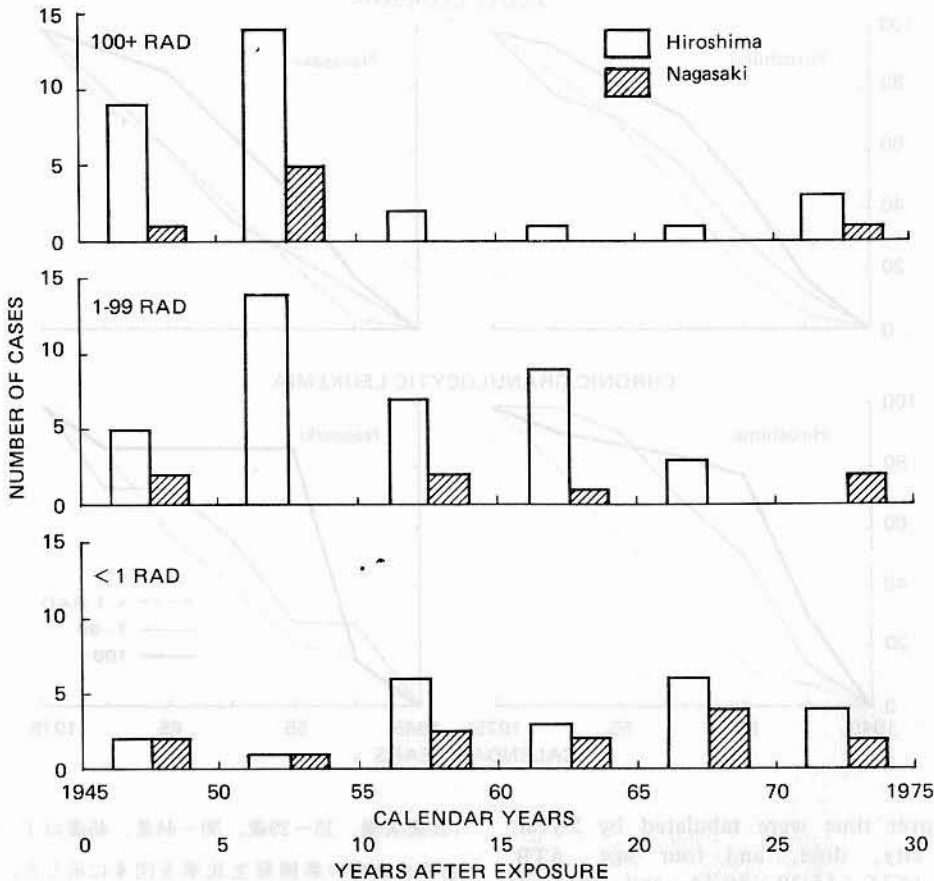
発生のピークは1951-55年に観察された。1955年以後、広島では、100rad未満を受けた者の症例数は経時的に徐々に減少したが、100rad以上を受けた者では急速に減少した。長崎では、発生のピークは1951-55年の間に高線量群のみに認められた。対照群においては両市とも5年間隔別にみれば、その症例数はごく少数にすぎなかった。

5年間隔別, 都市別, 三つの線量群別, 二つの白血病病型別に, 急性白血病と慢性骨髄性白血病の累積



FIGURE 2 DISTRIBUTION OF ONSET OF CHRONIC GRANULOCYtic LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, DOSE, & YEAR OF ONSET (5-YEAR INTERVALS), 1946-75

図2 白血病登録に基づく被爆者の慢性骨髄性白血病の発病時期の分布:  
都市別, 線量別, 発病年度別(5年間隔), 1946-75年



dose groups, and two types of leukemia (Figure 3). For acute leukemia, in Hiroshima the high dose (100 rad or more) curve was to the left of the low dose (1-99 rad) and the latter curve was to the left of the control group (less than 1 rad) curve. In Nagasaki, the high dose curve was to the left of both the low dose and control group curves which differed little. For chronic granulocytic leukemia, the shape of the curves of cumulative proportions over time by city and three dose groups was identical with those observed for acute leukemia.

#### Cumulative Proportions of Incidence over Time of Acute Leukemia and Chronic Granulocytic Leukemia by City, Dose, and Age ATB

The cumulative proportions of incidence of acute

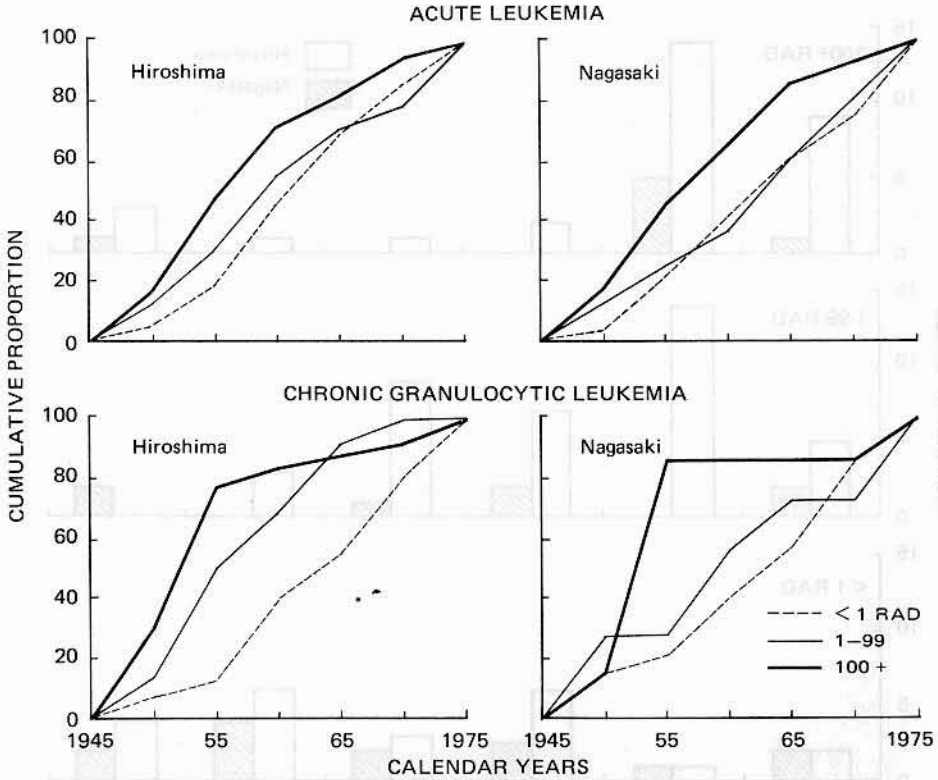
比率を計算し図3に示した。急性白血病についてみると、広島では高線量群(100rad以上)の曲線は、低線量群(1-99rad)の曲線の左側に位置し、低線量群の曲線は対照群(1rad未満)の曲線の左側にそれぞれ位置した。長崎では、高線量群の曲線は、ほとんど差異のない低線量群と対照群の両曲線の左側に位置した。慢性骨髄性白血病では、都市別、三つの線量群別にみた累積比率曲線の形状は、急性白血病について観察された曲線の形状とほぼ同一であった。

都市別, 線量別, 原爆時年齢別にみた急性白血病と慢性骨髄性白血病の累積発生比率

5年間隔別, 都市別, 線量別, 四つの原爆時年齢別

FIGURE 3 CUMULATIVE PROPORTIONS OVER TIME OF ACUTE LEUKEMIA & CHRONIC GRANULOCYTIC LEUKEMIA INCIDENCE AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, & DOSE, 1946-75

図3 白血病登録に基づく被爆者の急性白血病と慢性骨髄性白血病の期間中の累積発生比率：都市別，線量別，1946-75年



leukemia over time were tabulated by 5-year intervals, city, dose, and four age ATB categories (<15, 15-29, 30-44, and 45+) in Figure 4. In both Hiroshima and Nagasaki the high dose curve was to the left of the low dose or control curves for those survivors whose age ATB was less than 30. However, the curves of the three dose groups where the age ATB was 30-44 and 45 or more were very similar.

Figure 5 shows the cumulative proportions of incidence over time for chronic granulocytic leukemia tabulated by 5-year intervals, city, dose, and three age ATB groups (<15, 15-29, and 30+). In Hiroshima, the curves were more to the left the higher the dose at all ages ATB. In Nagasaki, the curve of the high dose group was to the left of those for the low dose or control groups which behaved inconsistently.

Table 3 and 4 indicate the median for year and month of onset of acute leukemia and chronic

(15歳未満，15-29歳，30-44歳，45歳以上)にみた急性白血病の累積発生比率を図4に示した。広島・長崎両市とも原爆時年齢が30歳未満の被爆者では，高線量群の曲線は低線量群又は対照群の曲線の左側に位置した。しかし，原爆時年齢が30-44歳と45歳以上の者についてみると，三つの線量群の曲線は極めて類似していた。

5年間隔別，都市別，線量別，三つの原爆時年齢別(15歳未満，15-29歳，30歳以上)にみた慢性骨髄性白血病の累積発生比率を図5に示した。広島では，すべての原爆時年齢で曲線は線量が高いほど左側に位置した。長崎では，高線量群の曲線は不整形な形状の低線量群と対照群の曲線の左側に位置した。

表3と4は，都市別，原爆時年齢別，三つの線量群

FIGURE 4 CUMULATIVE PROPORTIONS OVER TIME OF ACUTE LEUKEMIA INCIDENCE AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, DOSE, & AGE ATB, 1946-75

図4 白血病登録に基づく被爆者の急性白血病の期間中累積発生比率：  
都市別，線量別，原爆時年齢別，1946-75年

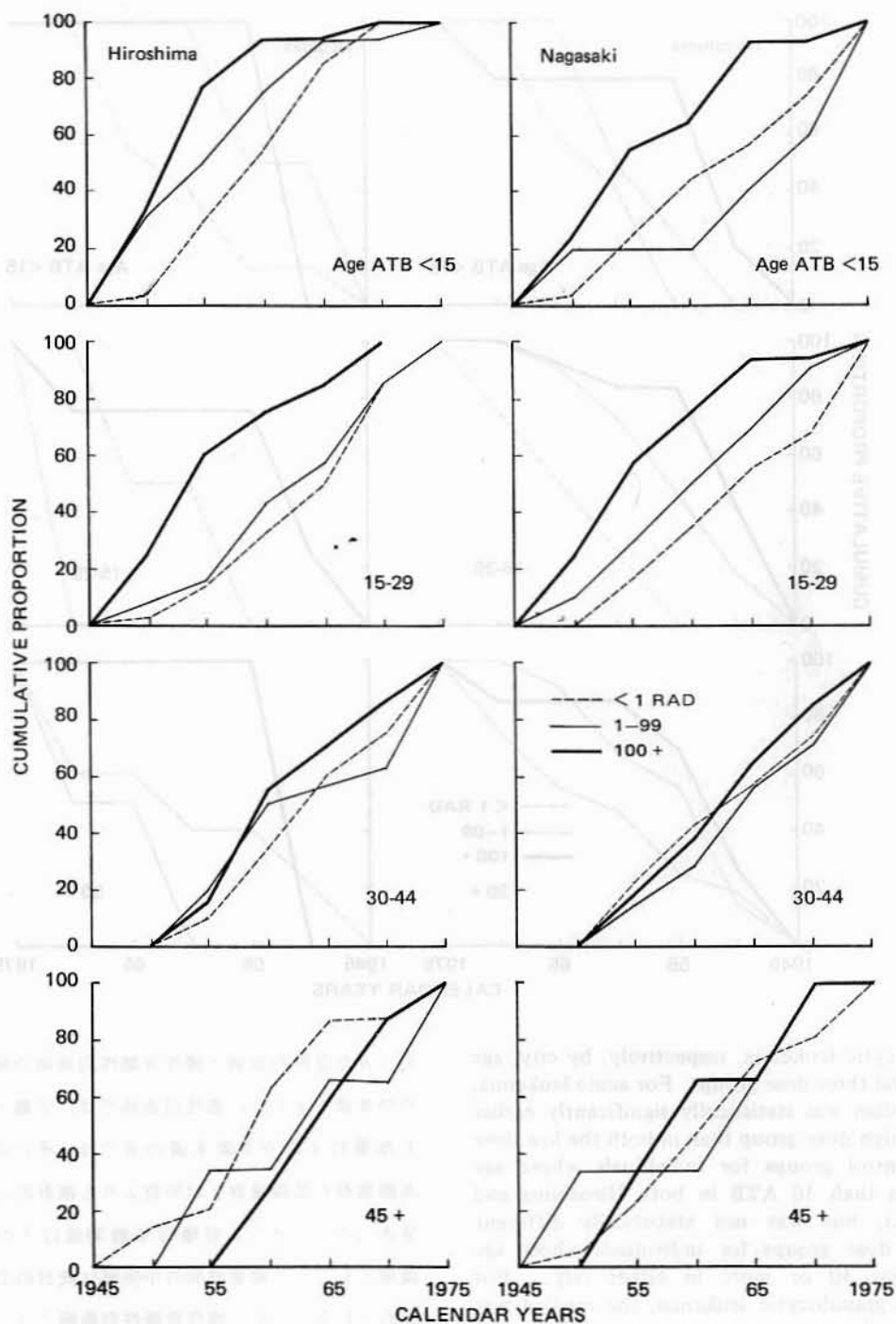
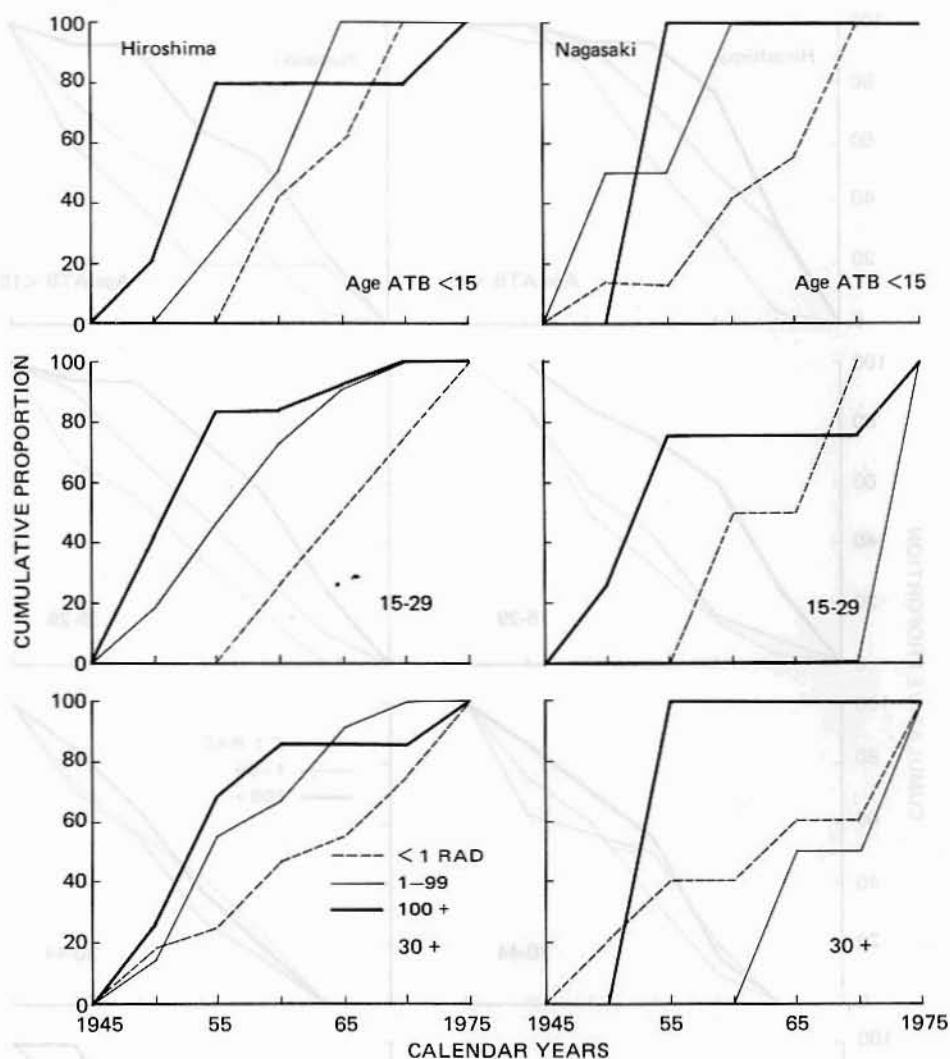


FIGURE 5 CUMULATIVE PROPORTIONS OVER TIME OF CHRONIC GRANULOCYTIC LEUKEMIA INCIDENCE AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRIES BY CITY, DOSE, & AGE ATB, 1946-75

図5 白血病登録に基づく被爆者の慢性骨髄性白血病の期間中累積発生比率:  
都市別, 線量別, 原爆時年齢別, 1946-75年



granulocytic leukemia, respectively, by city, age ATB, and three dose groups. For acute leukemia, the median was statistically significantly earlier in the high dose group than in both the low dose and control groups for individuals whose age was less than 30 ATB in both Hiroshima and Nagasaki, but was not statistically different among dose groups for individuals whose age ATB was 30 or more in either city. For chronic granulocytic leukemia, the median was significantly earlier or suggestively so with dose for individuals whose age ATB was 15-29 and

別にみた急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病年月の中央値を示した。急性白血病では、広島・長崎とも原爆時年齢が30歳未満の者では、その中央値は高線量群が低線量群と対照群よりも統計的に有意に早かった。しかし、原爆時年齢30歳以上の者では両市とも三つの線量群間の中央値は統計的有意差が認められなかった。慢性骨髄性白血病では、広島で原爆時年齢が15-29歳と30歳以上で、また、長崎で

TABLE 3 MEDIAN ONSET OF ACUTE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS  
BY CITY, AGE ATB, & DOSE, 1946-75

表3 被爆者の急性白血病の発病年月の中央値：  
都市別，原爆時年齢別，線量別，1946—75年

Age ATB	T65 Dose in Rad	Hiroshima		Nagasaki	
		No.	Median	No.	Median
<15	100 +	18	March 1952	14	January 1956
	1-99	16	January 1957	5	December 1970
	<1	20	March 1959	27	May 1963
	Total	54	July 1955 (H=8.76 .01 < P < .05)	46	July 1961 (H=6.38 .01 < P < .05)
15-29	100 +	20	July 1953	16	March 1954
	1-99	12	May 1962	10	July 1959
	<1	18	January 1966	22	July 1964
	Total	50	December 1960 (H=8.56 .01 < P < .05)	48	September 1959 (H=8.98 .01 < P < .05)
30-44	100+	14	March 1961	6	March 1964
	1-99	16	May 1962	7	August 1965
	<1	25	June 1963	27	November 1961
	Total	55	April 1962 (H=1.84 P > .10)	40	November 1963 (H=.25 P > .10)
45 +	100 +	7	August 1962	3	April 1958
	1-99	6	May 1962	3	November 1965
	<1	16	April 1959	21	January 1961
	Total	29	January 1961 (H=1.86 P > .10)	27	January 1961 (H=.23 P > .10)
Total	100 +	59	February 1957	39	November 1957
	1-99	50	July 1960	25	June 1965
	<1	79	February 1962	97	November 1961
	Total	188	August 1959 (H=13.69 .001 < P < .01)	161	July 1961 (H=13.33 .001 < P < .01)

Cases with unknown dose are excluded. 線量不明は除いた。

Nonparametric rank test (Kruskal-Wallis test)<sup>6</sup> in parentheses

( )内はノンパラメトリック順位検定 (Kruskal-Wallis の検定<sup>6</sup>)。

30 or more in Hiroshima, and whose age ATB was less than 15 in Nagasaki. As a whole, the median was significantly earlier with increasing dose in only Hiroshima survivors.

Table 5 shows the median for year and month of onset of acute granulocytic leukemia, acute lymphocytic leukemia, acute leukemia other type, and chronic granulocytic leukemia among those who received 100 rad or more for three age ATB groups. According to Kruskal-Wallis rank test,<sup>6</sup> there was no statistically significant difference in the distribution of onset for the types of leukemia and three age ATB groups. The appendix contains the distribution of cases by 5-year interval, city, dose, type of leukemia, and age ATB as presented in Figures 4 and 5.

は原爆時年齢15歳未満の者で中央値は有意又は示唆的に線量とともに早くなることが認められた。全体としては、広島市の被爆者についてのみ中央値は線量の増加とともに有意に早くなった。

表5には、三つの原爆時年齢群別に100rad以上を受けた者の急性骨髄性白血病、急性リンパ性白血病、その他の病型の急性白血病、慢性骨髄性白血病の発病年月の中央値を示した。KruskalとWallisの順位検定<sup>6</sup>によると、白血病病型と三つの原爆時年齢群についてみた発病時期の分布には統計的有意差が認められなかった。付録には、図4と5に示した5年間隔別、都市別、線量別、白血病病型別、原爆時年齢別にみた症例の分布を示した。



TABLE 4 MEDIAN ONSET OF CHRONIC GRANULOCYtic LEUKEMIA  
AMONG A-BOMB SURVIVORS BY CITY, AGE ATB, & DOSE, 1946-75

表4 被爆者の慢性骨髄性白血病の発病年月の中央値:  
都市別, 原爆時年齢別, 線量別. 1946-75年

Age ATB	T65 Dose in Rad	Hiroshima		Nagasaki	
		No.	Median	No.	Median
<15	100 +	5	November 1954	2	February 1955
	1-99	4	May 1960	4	October 1953
	<1	5	July 1961	7	August 1964
	Total	14	February 1959 (H=2.95 P > .10)	13	August 1957 (H=5.23 .05 < P < .10)
15-29	100 +	12	August 1951	4	August 1952
	1-99	11	May 1956	1	July 1971
	<1	4	August 1964	2	August 1961
	Total	27	June 1953 (H=6.44 .01 < P < .05)	7	November 1957 (H=1.45 P > .10)
30 +	100 +	13	December 1952	1	January 1954
	1-99	23	May 1955	2	January 1967
	<1	13	March 1962	5	February 1965
	Total	49	July 1955 (H=5.48 .05 < P < .10)	8	April 1963 (H=1.20 P > .10)
Total	100 +	30	September 1952	7	January 1954
	1-99	38	November 1955	7	August 1957
	<1	22	December 1961	14	November 1964
	Total	90	November 1955 (H=15.19 P < .001)	28	November 1957 (H=2.32 P > .10)

See footnote Table 3 脚注は表3に同じ.

TABLE 5 MEDIAN ONSET OF LEUKEMIA CASES WHO RECEIVED 100 RAD OR MORE  
AMONG A-BOMB SURVIVORS, HIROSHIMA & NAGASAKI,  
BY FOUR MAJOR TYPES OF LEUKEMIA & AGE ATB, 1946-75

表5 100rad以上を受けた広島・長崎の被爆者白血病の発病年月の中央値:  
四つの白血病病型別, 原爆時年齢別. 1946-75年

Age ATB	No. of Cases	Median	Kruskal-Wallis Test <sup>6</sup> df = 2
<b>Acute Granulocytic Leukemia</b>			
<15	5	December 1963	
15-29	19	September 1953	
30 +	20	January 1962	H = 5.84
Total	44	May 1959	.05 < P < .10
<b>Acute Lymphocytic Leukemia</b>			
<15	14	February 1952	
15-29	8	August 1951	H = 4.60
30 +	5	August 1962	P > .10
Total	27	June 1952	
<b>Acute Leukemia, Other Type</b>			
<15	13	July 1954	
15-29	9	October 1957	H = 2.92
30 +	5	October 1959	P > .10
Total	27	April 1958	
<b>Chronic Granulocytic Leukemia</b>			
<15	7	November 1954	
15-29	16	September 1951	H = 2.38
30 +	14	December 1952	P > .10
Total	37	January 1953	

## DISCUSSION

It has been reported that examination of the distribution of time of death from leukemia in mice after irradiation revealed an earlier mean time of death with increasing dose.<sup>7-9</sup> Among humans, however, the latent period of radiation-induced leukemia has been found to be affected by various factors. According to Court Brown and Doll<sup>10</sup> who studied the mortality from leukemia among individuals receiving radiotherapy for ankylosing spondylitis in relation to the period after irradiation, the peak in excess leukemia deaths was observed 3-5 years after exposure, while the peak incidence of leukemia among A-bomb survivors who received 1 rad or more was observed 5 or 6 years after exposure in both Hiroshima and Nagasaki.<sup>11</sup> The difference of the peak between two instances may be due to the difference of average dose.

A rigorous analysis of the leukemia data on the open populations of Hiroshima and Nagasaki, insofar as radiation-induced leukemia is concerned, is compromised by our present inability to determine the population at risk by dose and city over the years. Moreover, the area covered by the ABCC-RERF Leukemia Registry has expanded to surrounding areas with the reconstruction and annexation in each city and improvement of medical care with time. Thus, the entire Leukemia Registry is of limited value in evaluating the pattern of onset of radiation-related leukemia.

Based on the material of Bizzozero et al,<sup>12</sup> Land and Norman<sup>13</sup> reported the distribution of onset of acute leukemia and chronic granulocytic leukemia in the entire Leukemia Registry, Hiroshima and Nagasaki, in the years 1946-64 for two exposure distance groups (less than 1,500 m and between 1,500 and 9,999 m). They found the onset of acute leukemia in the proximally exposed to be earlier than in the distally exposed survivors who were less than 20 years age ATB, but the relationship was reversed for survivors who were 50 or older age ATB. The onset of chronic granulocytic leukemia appeared earlier in proximally exposed cases than in distally exposed cases regardless of age ATB.

They also compared the age-weighted average of onset times between high dose and low dose cases in the LSS fixed cohort in the years 1950-71. They concluded that radiogenic leukemias occurred earlier than so-called

## 考 察

放射線照射後のハツカネズミの白血病による死亡時期の分布の調査では、線量の増加に伴い平均死亡時期が早くなることが報告されている。<sup>7-9</sup>しかし、人間では放射線による誘発白血病の潜伏期は種々の要因の影響を受けていることが判明している。Court Brown と Doll<sup>10</sup> の強直性脊椎炎で放射線治療を受けた患者からの白血病の死亡と被曝後の期間についての研究によると、白血病の過剰死亡のピークは被曝後3-5年であったが、1 rad 以上を受けた被曝者からの白血病発生のピークは、広島・長崎とも被曝後5-6年に観察された。<sup>11</sup>二つの事例のピークの差異は平均線量の差異によるかもしれない。

放射線による誘発白血病に関して、広島・長崎の全人口からの白血病資料について厳密な解析ができないのは、全期間にわたって線量別、市別の観察人口が現在確認できないことによるものである。更に、ABCC-放影研の白血病登録の調査地域は、年月の経過とともに各市の復興、行政区域の拡大、医療の向上によって両市の周辺地域に拡大した。したがって、全白血病登録は放射線による誘発白血病の発現様式を評価するには限られた価値しかもっていない。

Bizzozero ら<sup>12</sup> の報告した資料に基づいて、Land と Norman<sup>13</sup> は、1,500 m 未満と1,500-9,999 m の二つの被曝距離群について、1946-64年の間の広島・長崎の全白血病登録における急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布を報告している。原爆時年齢が20歳未満の被曝者では、近距離被曝者が遠距離被曝者よりも急性白血病の発病時期が早かったが、原爆時年齢50歳以上の被曝者では逆になっていることを彼らは認めた。慢性骨髄性白血病の発病時期は原爆時年齢に関係なく、近距離被曝者が遠距離被曝者よりも早いことを明らかにした。

また、1950-71年の寿命調査固定集団における高線量と低線量の症例の年齢加重平均発病時期の比較をした。同年齢群ではいわゆる自然発生の白血病より

spontaneous leukemias among members of the same age cohort, but they were uncertain whether dose had a different effect on the latent period among radiogenic leukemias. Their analysis did not provide for possible city differences and different levels of dose effect with respect to the distribution of onset of leukemia among A-bomb survivors. It is known that the quality of radiation of the A-bombs differs between the two cities and that the total dose is greater in Nagasaki than in Hiroshima at the same distance from the hypocenter.<sup>5</sup> There is suggestive evidence that the pattern of disappearance of radiation-induced leukemia among A-bomb survivors in the high dose group differs by city, age ATB, and type of leukemia.<sup>14</sup> It was desirable, therefore, to examine the distribution of onset of leukemia among A-bomb survivors in relation to city, dose, age ATB, and type of leukemia. The present analysis assumes that there has been no bias in the in- and out-migration or in ascertainment of case findings among A-bomb survivors by city, dose and age ATB over the years, but this may not be so.

The analysis showed that during 1946-75 the cumulative distributions of onset for both acute leukemia and chronic granulocytic leukemia were shifted to earlier years with increasing dose and the median for year and month of onset was significantly earlier as dose increases in Hiroshima survivors. In Nagasaki, however, the cumulative distributions of onset for both types of leukemia were shifted to the earlier side in the high dose group than in the low dose and less than 1 rad groups, and the latter two groups did not differ. The median for year and month of onset of acute leukemia was significantly earlier in the high dose than in the low dose and less than 1 rad groups; there were no significant differences in the onset of chronic granulocytic leukemia among the three dose classes. These observations based on the entire Leukemia Registry generally support the findings in the fixed cohort. The excess risk of both types of leukemia in the cohort appeared to increase with dose in Hiroshima survivors, but no excess risk was seen for either type of leukemia in the low dose region in Nagasaki survivors.

Examination of the cumulative distribution and the median onset for acute leukemia by dose and age ATB revealed a tendency for an earlier onset in survivors whose age ATB was less than 30 in the high dose group than in the low dose

も放射線による誘発白血病の方が早期に発病すると結論したが、線量が放射線による誘発白血病の潜伏期に及ぼす影響については明確には述べる事ができなかった。彼らの解析は被爆者白血病の発病時期の分布に関し、都市別の差と被曝線量の異なるレベルにおける影響について検討していない。原爆放射線の線質は両市で差異があり、また、同一の被曝距離では長崎が広島よりも総線量は大きいことが知られている。<sup>5</sup> 高線量群の被爆者における放射線による誘発白血病の消失様式は、都市別、原爆時年齢別、白血病の病型別で異なることを示唆する所見が報告されている。<sup>14</sup> したがって、被爆者白血病の発病時期の分布を都市、線量、原爆時年齢、白血病の病型との関係について検討することが望ましい。今回の解析では、全期間にわたって都市別、線量別、原爆時年齢別にみた転入・転出、及び症例の探知確認状態に偏りがないと仮定したが、そうでないかもしれない。

1946-75年の間に広島の被爆者では、急性白血病と慢性骨髄性白血病は共に発病時期の累積分布は線量の増加に伴い早くなり、発病年月の中央値は線量の増加とともに有意に早くなることが今回の解析で示された。しかし、長崎では二つの病型の白血病の発病時期の累積分布は、高線量群は低線量群と1 rad未満の群より早期に位置していたが、低線量群と1 rad未満の線量群の間には差異はなかった。急性白血病の発病年月の中央値は、高線量群が低線量群と1 rad未満の群に比較して有意に早かったが、慢性骨髄性白血病では三つの線量群間で発病時期には有意差が認められなかった。全白血病登録に基づくこれらの観察結果は、固定集団における所見を一般に裏付けるものであった。広島の被爆者では両病型の白血病の固定集団における過剰リスクは線量とともに増加するようであるが、長崎における低線量域の被爆者ではどちらの病型の白血病も過剰リスクは認められなかった。

線量別、原爆時年齢別にみた急性白血病発生の累積分布及び発病年月の中央値は、原爆時年齢30歳未満の被爆者では、両市とも高線量群が低線量群と対照

and control groups in both cities. No difference among dose groups in the distribution of onset emerged in either city among survivors whose age ATB was 30 or more. However, a significant excess risk of acute leukemia in the high dose group was demonstrated and it still persists in the older age ATB groups in the cohort through 1978.<sup>14</sup> For chronic granulocytic leukemia, the cumulative distribution and median onset revealed the onset to be earlier with dose regardless of age ATB in Hiroshima survivors, but the same tendency was not observed in Nagasaki survivors, perhaps, due to the small number of cases.

As we have stated, the leukemia data based on the open populations of Hiroshima and Nagasaki are of limited value in the assessment of the latent period for radiation-induced leukemia in relation to dose. However, the present analysis showed that the distribution of onset among these cases depends upon city, dose, type of leukemia, and age ATB. A significantly shorter interval between exposure and onset was observed among the high dose group where an excess risk has been indicated in the cohort analysis, except for acute leukemia among those whose age ATB was 30 or more. This exception probably stems from the persistent excess risk of leukemia in these age groups in the present study period. Geographic differences in chronic lymphocytic leukemia between Hiroshima and Nagasaki have previously been reported.<sup>15</sup>

群よりも発病が早い傾向が認められた。原爆時年齢30歳以上の被爆者では、いずれの都市でも発病時期の分布は線量群で差異が認められなかった。しかしながら、1978年まで固定集団における高年齢被爆者では高線量群における急性白血病の有意な過剰リスクは依然続いている。<sup>14</sup> 慢性骨髄性白血病についてみると、発生の累積分布と発病年月の中央値は広島に被爆者では原爆時年齢に関係なく、線量に伴って発病時期が早くなっているが、長崎では恐らく例数が少なかったために同様な傾向は認められなかった。

前述したように、広島・長崎の全人口に基づく白血病の資料は、放射線による誘発白血病の潜伏期と線量との関係を評価するには、限られた価値しかない。しかし、今回の解析によって、白血病の発病時期の分布が都市、線量、白血病の病型、被爆時年齢に依存することが示された。原爆時年齢が30歳以上の急性白血病を除けば、固定集団で過剰リスクが観察された高線量群においては、被爆から発病までの期間が有意に短くなることが観察された。上記の例外は、本調査期間ではこの年齢群における白血病の過剰リスクが継続していることに多分起因していると考えられる。広島と長崎における慢性リンパ性白血病の地理的差異については既に報告されている。<sup>15</sup>

APPENDIX 1  
 DISTRIBUTION OF ONSET OF ACUTE LEUKEMIA & CHRONIC GRANULOCYTTIC LEUKEMIA  
 AMONG A-BOMB SURVIVORS IN LEUKEMIA REGISTRY BY CITY, DOSE, AGE ATB,  
 & YEAR OF ONSET (5-YEAR INTERVALS), 1946-75

付録 1

白血病登録に基づく被爆者の急性白血病と慢性骨髄性白血病の発病時期の分布：  
 都市別，線量別，原爆時年齢別，発病年度別（5年間隔），1946—75年

Age ATB	Year of Onset	Hiroshima			Nagasaki		
		Total Dose in Rad			Total Dose in Rad		
		< 1	1-99	100 +	< 1	1-99	100 +
<b>Acute Leukemia</b>							
< 15	1946-50	1 ( 5.0)	5 ( 31.3)	6 ( 33.3)	1 ( 3.7)	1 ( 20.0)	3 ( 21.4)
	1951-55	5 ( 30.0)	3 ( 50.0)	8 ( 77.8)	6 ( 25.9)	0 ( 20.0)	4 ( 50.0)
	1956-60	5 ( 55.0)	4 ( 75.0)	3 ( 94.4)	5 ( 44.4)	0 ( 20.0)	2 ( 64.3)
	1961-65	6 ( 85.0)	3 ( 93.8)	0 ( 94.4)	4 ( 59.3)	1 ( 40.0)	4 ( 92.9)
	1966-70	3 (100.0)	0 ( 93.8)	1 (100.0)	4 ( 74.1)	1 ( 60.0)	0 ( 92.9)
	1971-75	0 (100.0)	1 (100.0)	0 (100.0)	7 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)
	Total	20 (100.0)	16 (100.0)	18 (100.0)	27 (100.0)	5 (100.0)	14 (100.0)
15-29	1946-50	1 ( 5.6)	1 ( 8.3)	5 ( 25.0)	0 ( 0.0)	1 ( 10.0)	4 ( 25.0)
	1951-55	2 ( 16.7)	1 ( 16.7)	7 ( 60.0)	4 ( 18.2)	2 ( 30.0)	5 ( 56.3)
	1956-60	3 ( 33.3)	3 ( 41.7)	3 ( 75.0)	4 ( 36.4)	2 ( 50.0)	3 ( 75.0)
	1961-65	3 ( 50.0)	2 ( 58.3)	2 ( 85.0)	4 ( 54.5)	2 ( 70.0)	3 ( 93.8)
	1966-70	6 ( 83.3)	3 ( 83.3)	3 (100.0)	3 ( 68.2)	2 ( 90.0)	0 ( 93.8)
	1971-75	3 (100.0)	2 (100.0)	0 (100.0)	7 (100.0)	1 (100.0)	1 (100.0)
	Total	18 (100.0)	12 (100.0)	20 (100.0)	22 (100.0)	10 (100.0)	16 (100.0)
30-44	1946-50	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
	1951-55	3 ( 12.0)	3 ( 18.8)	2 ( 14.3)	6 ( 22.2)	1 ( 14.3)	1 ( 16.7)
	1956-60	6 ( 36.0)	5 ( 50.0)	6 ( 57.1)	5 ( 40.7)	1 ( 28.6)	1 ( 33.3)
	1961-65	6 ( 60.0)	1 ( 56.3)	2 ( 71.4)	5 ( 59.3)	2 ( 57.1)	2 ( 66.7)
	1966-70	4 ( 76.0)	1 ( 62.5)	2 ( 85.7)	4 ( 74.1)	1 ( 71.4)	1 ( 83.3)
	1971-75	6 (100.0)	6 (100.0)	2 (100.0)	7 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)
	Total	25 (100.0)	16 (100.0)	14 (100.0)	27 (100.0)	7 (100.0)	6 (100.0)
45 +	1946-50	2 ( 12.5)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 ( 4.8)	1 ( 33.3)	0 ( 0.0)
	1951-55	1 ( 18.8)	2 ( 33.3)	0 ( 0.0)	4 ( 23.8)	0 ( 33.3)	1 ( 33.3)
	1956-60	7 ( 62.5)	0 ( 33.3)	2 ( 28.6)	5 ( 47.6)	0 ( 33.3)	1 ( 66.7)
	1961-65	4 ( 87.5)	2 ( 66.7)	2 ( 57.1)	5 ( 71.4)	1 ( 66.7)	0 ( 66.7)
	1966-70	0 ( 87.5)	0 ( 66.7)	2 ( 85.7)	2 ( 81.0)	1 (100.0)	1 (100.0)
	1971-75	2 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)	4 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)
	Total	16 (100.0)	6 (100.0)	7 (100.0)	21 (100.0)	3 (100.0)	3 (100.0)
<b>Chronic Granulocytic Leukemia</b>							
< 15	1946-50	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 ( 25.0)	1 ( 14.3)	2 ( 50.0)	0 ( 0.0)
	1951-55	0 ( 0.0)	1 ( 25.0)	3 ( 80.0)	0 ( 14.3)	0 ( 50.0)	2 (100.0)
	1956-60	2 ( 40.0)	1 ( 50.0)	0 ( 80.0)	2 ( 42.9)	2 (100.0)	0 (100.0)
	1961-65	1 ( 60.0)	2 (100.0)	0 ( 80.0)	1 ( 57.1)	0 (100.0)	0 (100.0)
	1966-70	2 (100.0)	0 (100.0)	0 ( 80.0)	3 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)
	1971-75	0 (100.0)	0 (100.0)	1 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)
	Total	5 (100.0)	4 (100.0)	5 (100.0)	7 (100.0)	4 (100.0)	2 (100.0)
15-29	1946-50	0 ( 0.0)	2 ( 18.2)	5 ( 41.7)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	1 ( 20.0)
	1951-55	0 ( 0.0)	3 ( 45.5)	5 ( 83.3)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)	2 ( 60.0)
	1956-60	1 ( 25.0)	3 ( 72.7)	0 ( 83.3)	1 ( 50.0)	0 ( 0.0)	0 ( 60.0)
	1961-65	1 ( 50.0)	2 ( 90.9)	1 ( 91.7)	0 ( 50.0)	0 ( 0.0)	0 ( 60.0)
	1966-70	1 ( 75.0)	1 (100.0)	1 (100.0)	1 (100.0)	0 ( 0.0)	0 ( 60.0)
	1971-75	1 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)	0 (100.0)	1 (100.0)	2 (100.0)
	Total	4 (100.0)	11 (100.0)	12 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)	5 (100.0)

Cumulative proportion (%) in parentheses

( )内は累積比率(%)。



## Appendix 1 Continued 付録1 続き

Age ATB	Year of Onset	Hiroshima			Nagasaki		
		Total Dose in Rad			Total Dose in Rad		
		< 1	1-99	100 +	< 1	1-99	100 +
30 +	1946-50	2 ( 15.4)	3 ( 13.0)	3 ( 23.1)	1 ( 6.7)	0 ( 0.0)	0 ( 0.0)
	1951-55	1 ( 23.1)	10 ( 56.5)	6 ( 69.2)	1 ( 13.3)	0 ( 0.0)	1 (100.0)
	1956-60	3 ( 46.2)	3 ( 69.6)	2 ( 84.6)	3 ( 33.3)	0 ( 0.0)	0 (100.0)
	1961-65	1 ( 53.8)	5 ( 91.3)	0 ( 84.6)	4 ( 60.0)	1 ( 50.0)	0 (100.0)
	1966-70	3 ( 76.9)	2 (100.0)	0 ( 84.6)	4 ( 86.7)	0 ( 50.0)	0 (100.0)
	1971-75	3 (100.0)	0 (100.0)	2 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)	0 (100.0)
	Total	13 (100.0)	23 (100.0)	13 (100.0)	15 (100.0)	2 (100.0)	1 (100.0)

## REFERENCES

## 参考文献

1. ICHIMARU M, ISHIMARU T, BELSKY JL: Incidence of leukemia in atomic bomb survivors belonging to a fixed cohort in Hiroshima and Nagasaki, 1950-71. Radiation dose, years after exposure, age at exposure, and type of leukemia. *J Radiat Res* 19:262-82, 1978 (RERF TR 10-76)
2. ICHIMARU M: Atomic bomb and leukemia. *Jpn J Clin Hematol* 20:574-89, 1979
3. FINCH SC, HRUBEC Z, NEFZGER MD, HOSHINO T, ITOGA T: Detection of leukemia and related disorders, Hiroshima-Nagasaki, Research Plan. ABCC TR 5-65
4. BELSKY JL, ISHIMARU T, ICHIMARU M, STEER A, UCHINO H: Operations manual for the detection of leukemia and related disorders, Hiroshima and Nagasaki. ABCC Manual 1-72
5. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima-Nagasaki. ABCC TR 1-68
6. SIEGEL S: Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. New York, Toronto, London, McGraw-Hill Book Co. Tokyo, Kogakusha Co., 1956
7. UPTON AC, KIMBALL AW, FURTH J, CHRISTENBERRY KW, BENDICT WH: Some delayed effects of atomic bomb radiation in mice. *Cancer Res* 20:1-60, 1960
8. UPTON AC: The dose-response relation in radiation-induced cancer. *Cancer Res* 21:717-29, 1961
9. UPTON AC, COSGROVE GE Jr: Radiation-induced leukemia. In *Experimental Leukemia*, ed by Rich MA. New York, Appleton-Century-Crafts, A Division of Meredith Corporation, 1968. pp 131-58
10. COURT BROWN WM, DOLL R: Mortality from cancer and other causes after radiotherapy for ankylosing spondylitis. *Br Med J* 2:1327-32, 1965
11. ISHIMARU T, HOSHINO T, ICHIMARU M, OKADA H, TOMIYASU T, TSUCHIMOTO T, YAMAMOTO T: Leukemia in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1 October 1950-30 September 1966. *Radiat Res* 45:216-33, 1971 (ABCC TR 25-69)
12. BIZZOZERO OJ Jr, JOHNSON KG, CIOCCO A: Distribution incidence, and appearance time of radiation-related leukemia, Hiroshima-Nagasaki 1946-64. *New Eng J Med* 274:1095-102, 1966 (ABCC TR 17-65)
13. LAND CE, NORMAN JE: Latent periods of radiogenic cancers occurring among Japanese A-bomb survivors. Late Biological Effects of Ionizing Radiation, Vol. I. Proceedings of a symposium, Vienna, 13-17 March 1978, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1978. pp 29-47
14. ICHIMARU M, ISHIMARU T, MIKAMI M, YAMADA Y, OHKITA T: Incidence of leukemia in atomic bomb survivors and controls in a fixed cohort, Hiroshima and Nagasaki, October 1950-December 1978. RERF TR 13-81
15. FINCH SC, HOSHINO T, ITOGA T, ICHIMARU M, INGRAM RH: Chronic lymphocytic leukemia in Hiroshima and Nagasaki, Japan. *Blood* 33:79-86, 1969 (ABCC TR 18-67)