

LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS
HIROSHIMA AND NAGASAKI

1 OCTOBER 1950 - 30 SEPTEMBER 1966

原 爆 被 爆 者 に 発 生 し た 白 血 病

広 島 ・ 長 崎

1950年10月1日 - 1966年9月30日

TORANOSUKE ISHIMARU, M.D., M.P.H. 石丸寅之助

TAKASHI HOSHINO, M.D. 星野 孝

MICHITO ICHIMARU, M.D. 市丸道人

HIROMU OKADA, M.D. 岡田 弘

TAKANORI TOMIYASU, M.D. 富安孝則

TAISO TSUCHIMOTO, M.D. 土本泰三

TSUTOMU YAMAMOTO, M.D. 山本 務



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所 - 原爆傷害調査委員会

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

TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

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

ABCC業績報告書は、ABCCの日米専門職員、顧問、諮問機関ならびに政府および民間の関係諸団体の要求に応ずるための日英両語による公式報告記録であって、業績報告書集は決して通例の誌上発表論文に代わるものではない。

Approved 承認 23 October 1969

Research Project 研究課題 29-60

LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS
HIROSHIMA AND NAGASAKI

1 OCTOBER 1950 - 30 SEPTEMBER 1966

原爆被爆者に発生した白血病
広島・長崎

1950年10月1日 - 1966年9月30日

TORANOSUKE ISHIMARU, M.D., M.P.H.^{1*} 石丸寅之助
TAKASHI HOSHINO, M.D.^{2**} 星野 孝
MICHITO ICHIMARU, M.D.^{2†} 市丸道人
HIROMU OKADA, M.D.² 岡田 弘
TAKANORI TOMIYASU, M.D.² 富安孝則
TAISO TSUCHIMOTO, M.D.^{2†} 土本泰三
TSUTOMU YAMAMOTO, M.D.^{3*} 山本 務

Departments of Statistics,¹ Medicine,² and Pathology³
統計部,¹ 臨床部,² および病理部³



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPAN

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

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会
広島および長崎

米 国 学 士 院 - 学 術 会 議 と 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所
と の 日 米 共 同 調 査 研 究 機 関

米 国 原 子 力 委 員 会, 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所 お よ び 米 国 公 衆 衛 生 局 の 研 究 費 に よ る

* Hiroshima Branch Laboratory, Japanese National Institute of Health, Ministry of Health and Welfare
厚生省国立予防衛生研究所広島支所

** Second Internal Medicine Department, Faculty of Medicine, Kyoto University; Visiting Research Associate, ABCC
京都大学医学部第2内科教室, ABCC客員研究員

† Department of Hematology, Atomic Disease Institute, Nagasaki University School of Medicine; Visiting Research Associate, ABCC
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, ABCC客員研究員

† Department of Medicine, Research Institute for Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University; Visiting Research Associate, ABCC
広島大学原爆放射能医学研究所臨床第1部門, ABCC客員研究員

ACKNOWLEDGMENT

感謝のことば

The authors are indebted to the many physicians in the community hospitals and clinics in Hiroshima and Nagasaki who have permitted review of medical data on their leukemia patients. They also express their sincere thanks to the consultants (Dr. Stuart C. Finch, Dr. Masanobu Tomonaga, Dr. Haruto Uchino and Dr. Gyoichi Wakisaka), members of the "ABCC Hematology Consultation Board" who assisted in the diagnostic reviews of the leukemia cases, and to Dr. Gilbert W. Beebe and Mr. Seymour Jablon for their advice. Especially, they are grateful to Dr. Finch, and to the many other American and Japanese hematologists, statisticians, pathologists, and others who have contributed to the Leukemia Registry over the years.

著者らは、白血病患者に関する医学資料の検討を可能にくださった広島・長崎の研究医療機関における多数の医師のかたがたに深く感謝します。また、白血病症例の診断を検討するに際して技術的援助をたまわった「ABCC血液学顧問」の諸先生（Dr. Stuart C. Finch, 朝長正允博士, 内野治人博士および脇坂行一博士）ならびに本報告書作成のために助言をいただいた Dr. Gilbert W. Beebe と Mr. Seymour Jablon に対しても深甚の謝意を表します。特に、多年にわたって白血病登録調査にご尽力くださった Dr. Finch や日米両国の多数の血液学研究者、統計学者、病理学者およびその他のかたがたに厚くお礼を申しあげます。

An abstract of this report was presented at the 8th General Meeting of Late Effect of A-bomb Survivors in Nagasaki in 1967, at the symposium of the 30th Meeting of Japan Hematology Society at Tokushima in 1968, and at the 11th Meeting of Late A-bomb effects Research Group in Hiroshima, June 1970.

この報告書の要約は、1967年、長崎で開催された第8回原爆後障害研究会、1968年の徳島における第30回日本血液学会シンポジウムならびに1970年6月の広島での第11回原爆後障害研究会においてそれぞれ発表された。

CONTENTS

目 次

Introduction	緒 言	1
Methods and Materials	方法と材料	4
Results	結 果	13
Discussion	考 察	28
Summary	要 約	38
References	参考文献	39
Appendix: List of Cases	付録：症例リスト	43

Table	1. Registered leukemia cases by certainty of diagnosis, exposure status, & city 白血病患者登録例数：診断の確実度，被爆状態，および都市別	6
表	2. Definite & probable leukemia cases by type, exposure status, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の分布：病型，被爆状態，および都市別	7
	3. Master Sample by exposure status & component 基本標本の例数：被爆状態および構成区分群別	9
	4. Availability of T65 dose for survivors in Master Sample 基本標本中の被爆者における T65線量推定の有無	11
	5. Availability of T65 dose for leukemia cases in survivors in Master Sample 基本標本中の被爆者の白血病患者における T65線量推定の有無	11
	6. Certainty of diagnosis for leukemia cases whose T65 doses are available 白血病患者のうち T65線量の求められている例の診断の確実度	12
	7. Relation between Leukemia Registry & alternative samples useful in analysis 白血病患者登録調査例と解析に利用できるサンプルとの関係	13
	8. Period prevalence & incidence of definite & probable leukemia by T65 dose & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の期間有病率および発生率：T65線量および都市別	14
	9. Observed & expected cases of definite & probable leukemia by T65 dose & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の観察例数と期待例数：T65線量および都市別	16
	10. Average annual incidence of definite & probable leukemia by T65 dose, sex, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の平均年間発生率：T65線量，性，および都市別	17
	11. Observed & expected cases of definite & probable leukemia by T65 dose, sex, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の観察例数および期待例数：T65線量，性，および都市別	18
	12. Average annual incidence of definite & probable leukemia by T65 dose, age ATB, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の平均年間発生率：T65線量，原爆時年齢，および都市別	19
	13. Observed & expected cases of definite & probable leukemia by T65 dose, age ATB, city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の観察例数および期待例数：T65線量，原爆時年齢，および都市別	20
	14. Observed cases & period prevalence rate of definite & probable leukemia by T65 dose, chronicity, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病患者の観察例数および期間有病率：T65線量，急性・慢性，および都市別	21

15. Observed & expected cases of definite & probable leukemia by T65 dose, chronicity of leukemia, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病の観察例数および期待例数: T65線量, 急性・慢性, および都市別	22
16. Incidence of definite & probable leukemia by type, T65 dose, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病の発生率: 病型, T65線量, および都市別	23
17. Observed & expected cases of definite & probable leukemia by T65 dose, three periods, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病の観察例数および期待例数: T65線量, 三つの期間, および都市別	24
18. Observed & expected cases of definite & probable acute leukemia by T65 dose, three periods, & city 診断確定およびほぼ確定な急性白血病の観察例数および期待例数: T65線量, 三つの期間, および都市別	25
19. Observed & expected cases of definite and probable chronic leukemia by T65 dose, three periods, & city 診断確定およびほぼ確定な慢性白血病の観察例数および期待例数: T65線量, 三つの期間, および都市別	26
20. Median calendar year of onset of definite and probable leukemia by T65 dose, age ATB, & city 診断確定およびほぼ確定な白血病の発病年度中央値: T65線量, 原爆時年齢, および都市別	27
21. Incidence of definite & probable leukemia by T65 RBE dose & city 診断確定およびほぼ確定な白血病の発生率: T65 RBE線量および都市別	30
22. Increase in annual risk of leukemia/1,000,000/rad as a function of assumed RBE 仮定的なRBEの関数としての1 rad当たり人口100万当たりの白血病年間発生率の増加	32
23. Summary of statistics for analysis of dose response related to period prevalence of leukemia among survivors received 1 rad or more in Extended Life Span Study sample with respect to non-linear regression 寿命調査拡大サンプル中の1 rad以上を受けた被爆者における白血病の期間有病率と線量との関係についての非線型回帰に関する解析における統計量の要約	33

Figure 1. Comparison of age-specific death rate of leukemia for Japan, United States (White), & England & Wales, 1962-63

図 白血病的年齢別死亡率の比較: 日本, 米国(白人), ならびにイングランドおよびウェールズ地域, 1962-63年	3
2. Annual crude mortality rate of leukemia for Hiroshima & Nagasaki cities & Japan, 1950-65 白血病の年間粗死亡率: 広島市, 長崎市, および日本全国, 1950-65年	3
3. Annual incidence rate/100,000 for definite & probable leukemia by T65 dose & city 10万人当たりの診断確定およびほぼ確定な白血病の年間発生率: T65線量および都市別	15
4. Annual incidence rate/100,000 for definite & probable leukemia by chronicity, T65 dose, & city 10万人当たりの診断確定およびほぼ確定な白血病の年間発生率: T65線量, 急性・慢性, および都市別	21
5. Definite and probable leukemia cases (Hiroshima & Nagasaki combined) by year of onset and T65 dose 診断確定およびほぼ確定な白血病例の分布: 発病年度およびT65線量別	27

6. Annual incidence rate/100,000 for definite & probable leukemia by T65 RBE dose 10万人当たりの診断確実およびほぼ確実な白血病の年間発生率: T65 RBE 線量	31
7. Theoretical cubic regression curve for best fitting to nonlinear regression model for probability of period prevalence of leukemia 白血病の期間有病率の確率に関する非線型回帰モデルに最もよく適合する理論的な三次元回 帰曲線	33

LEUKEMIA IN ATOMIC BOMB SURVIVORS, HIROSHIMA AND NAGASAKI

1 OCTOBER 1950 - 30 SEPTEMBER 1966

原爆被爆者に発生した白血病，広島・長崎

1950年10月1日 - 1966年9月30日

INTRODUCTION

Radiation Leukemogenesis

The leukemogenic effect of ionizing radiation in man has been demonstrated for occupational exposure to X-ray on the part of radiologists and radiologic technicians, for X-ray therapy, for diagnostic X-ray, and for exposure to the Hiroshima and Nagasaki atomic bombs.¹ The experience of A-bomb survivors provides a unique opportunity to investigate the nature of the leukemogenic effect of a single acute exposure to ionizing radiation in dose-specific terms. The first published report on leukemia among A-bomb survivors in Japan was made by Folley, Borges, and Yamawaki in 1952,² based on material collected at ABCC in Hiroshima and Nagasaki and at the Hiroshima Red Cross Hospital. Beginning in 1950, hematologists at ABCC and collaborating institutions have gradually developed a leukemia registry that is believed to be almost complete with respect to cases having their onset in either city since 1945. Although migration has materially changed the demographic composition of the survivors in both cities, a large fixed sample of survivors and others not in the city at the time of the bomb (ATB) is under complete mortality surveillance at ABCC and provides a stable frame of reference for estimating incidence.

There can no longer be any doubt that ionizing radiation plays a role in leukemogenesis in man. The questions that remain to be answered are: How is the effect produced? Does the risk depend on characteristics of the host? Does the risk depend on the way the dose is administered? What are the characteristics of the dose-response relationship? The experience of the survivors is particularly relevant to the second and last questions.

Leukemia is a rare disease, even among individuals exposed to large amounts of ionizing radiation. At present, there are only two experiences that seem capable of providing a description of the dose response in man, that of A-bomb survivors, and the Court Brown and Doll series of 13,352 patients with ankylosing spondylitis treated by X-ray.³ Greatly improved dosimetry^{4,5} now makes it possible to describe the experience of A-bomb survivors in dose-specific terms.

緒言

放射線による白血病誘発

電離放射線が人間に対して白血病誘発効果を有することは、放射線科専門医および放射線科技術員の職業的X線被曝、また、X線治療、診断用X線検査および広島・長崎の原爆被爆者についての研究で認められている。¹ 原爆被爆者の調査は、電離放射線の単一急性照射による白血病誘発効果を線量別に調査する唯一の機会を提供するものである。日本における原爆被爆者の白血病に関する最初の報告は、1952年に Folley, Borges, および山脇によって発表されたが、² これは広島・長崎の ABCC および広島赤十字病院で収集された資料をもとに作成されたものである。ABCCの血液学研究者は、各医療機関と共同して、1950年に白血病登録調査を開始し、それが次第に発展し、現在では両市内で1945年以後に発病した白血病はほとんど全例が登録されているものと思われる。移住のために両市における被爆者の人口構成にかなりの変化が生じているが、ABCCでは、被爆者および原爆時市内にいなかった者から成る大規模な固定集団を設け、その中の死亡者の全例を把握しているので、白血病発生率を推定するための安定した基礎が得られている。

電離放射線が人間における白血病の発生に役割を果たすことは、もはや疑う余地がない。しかし、次のような未解決の問題がある：(1) その影響はどのようにして生ずるか、(2) 発病の risk は宿主要因に左右されるか、(3) 発病の risk は放射線照射方法に左右されるか、(4) 線量と発生率の関係はいかなる性質のものか。被爆者の研究は、特に第2および最後の問題と関係がある。

白血病は、大量の電離放射線を受けた者においてさえもまれな疾患である。人間における線量と発生率との関係についての資料が得られる可能性があると思われる調査は現在では二つだけあり、その一つは原爆被爆者を対象にしたもの、いま一つはX線治療を受けた強直性脊椎炎患者13,352例についての Court Brown および Doll の調査である。³ 原爆被爆者に関する線量推定法^{4,5} が著しく改良された結果、現在では白血病発生率について線量別に検討することが可能になった。

Geographic Comparison of Leukemia Incidence

Official mortality statistics suggest that mortality from leukemia has increased in most Western countries since about 1930.^{6,7} In Japan a similar increase has been observed since World War II.⁸ It is not known how much of the apparent increase reflects improvement in diagnostic techniques and greater medical interest, and how much is real. However, the careful monitoring of leukemia incidence in the two cities suggests that the vital statistics in Japan included about 40% of the true mortality in the 1950-60 period, and that they approximate true mortality rates rather closely after 1960. In their comparison of 24 countries during 1962-63, Segi et al.⁹ found the age-adjusted death rate for leukemia in females to be lowest in Japan and in males next to the lowest in Japan; age-specific rates for older males and females were lowest in Japan. Figure 1 provides their comparative data for Japan, USA, and UK. The lower mortality rate for leukemia in Japan at ages 50 and older reflects the virtual absence of chronic lymphatic leukemia which contributes so heavily to mortality at older ages in Western countries.¹⁰ In Japan the death rate for leukemia varies little among the prefectures other than Hiroshima and Nagasaki.

Figure 2 shows the trend of crude death rates attributed to leukemia for Hiroshima city, Nagasaki city, and all Japan for the period 1950-65. The death rates are much larger in Hiroshima and Nagasaki cities than in all Japan during 1950-60. After 1960, however, the rates were lower in Hiroshima city than in all Japan, but the rates in Nagasaki were similar to the national rates.

Status of Studies on A-Bomb Survivors

Many reports have appeared on leukemia in A-bomb survivors since 1952. The chief findings in the existing literature are:

There is an excess of leukemia among survivors exposed within 1500 m from the hypocenter in comparison with those exposed at greater distances. The excess reached a peak in 1951, declined thereafter, but remained above the natural incidence in Japan as late as 1964.^{11,12}

The excess of leukemia among survivors extended to both acute and chronic granulocytic leukemia and to acute lymphocytic, but chronic lymphocytic leukemia has not been detected in those exposed within 3000 m from the hypocenter in either city.¹³

白血病発生率の地理的比較

死亡統計によれば、欧米のほとんどの国における白血病死亡率が1930年ごろから増加していることを示唆している。^{6,7} 日本においても第二次大戦以後に同様の増加がみられている。⁸ この増加が、どの程度まで診断技術の進歩と医学的関心の増大を反映したものか、どの程度まで真実であるかは明らかでない。しかし、両市における白血病発生率を注意深く検討したところでは、1950-60年の期間についての日本全国の人口動態統計では実際の死亡率の約40%が報告されているにすぎないが、1960年以後は実際の死亡率にかなり近いことが示唆される。瀬木ら⁹は、1962-63年の期間における死亡率について24か国の比較を行ない、女子では白血病の訂正死亡率は日本が最低であり、男子では日本が最低から2番目に低いことを認めた；高齢層の男子および女子における年齢別死亡率は、日本が最低であった。図1では、その報告における日本、米国、および英国の資料を比較した。日本で50歳以上の白血病死亡率が低いのは、欧米で高齢層の死亡率に大きく影響している慢性リンパ性白血病がほとんどないことを反映している。¹⁰ 日本における白血病死亡率は、広島・長崎以外の各県の間にはほとんど差がない。

図2には、1950-65年の期間の広島市、長崎市および日本全国における白血病による粗死亡率の年次推移を示した。1950-60年においては、広島・長崎の死亡率は日本全国のそれよりもはるかに高い。しかし、1960年以後は、広島市の率は日本全国より低くなり、一方、長崎の率は全国のそれとほぼ同じになっている。

原爆被爆者に関する調査

原爆被爆者の白血病については、1952年以来多くの報告書が発表されている。現在までの文献にみられる主要所見は次のとおりである。

爆心地から1500m未満で被爆した者には、それ以後の被爆者に比べて白血病が多い。この増加は1951年に頂点に達し、以後は下降したが、1964年に至っても依然として日本の自然発生率より高い。^{11,12}

被爆者には、急性および慢性の骨髄性白血病ならびに急性リンパ球性白血病が増加しているが、両市とも爆心地から3000m未満で被爆した者には慢性リンパ球性白血病は発見されていない。¹³

FIGURE 1 COMPARISON OF AGE-SPECIFIC DEATH RATE OF LEUKEMIA FOR JAPAN, UNITED STATES (WHITE), & ENGLAND & WALES, 1962-63

図1 白血病の年齢別死亡率の比較: 日本, 米国(白人), ならびにイングランドおよびウェールズ地域, 1962-63年

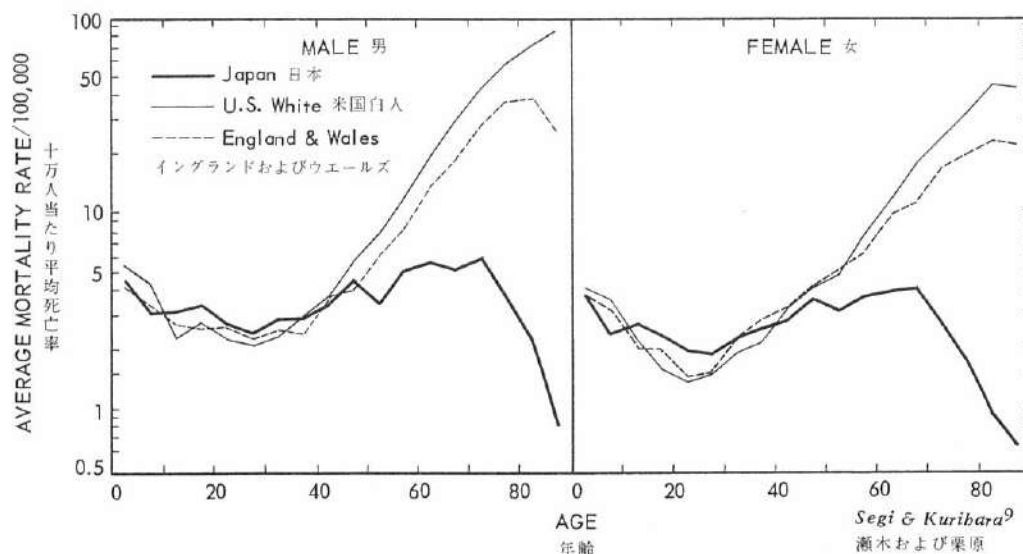
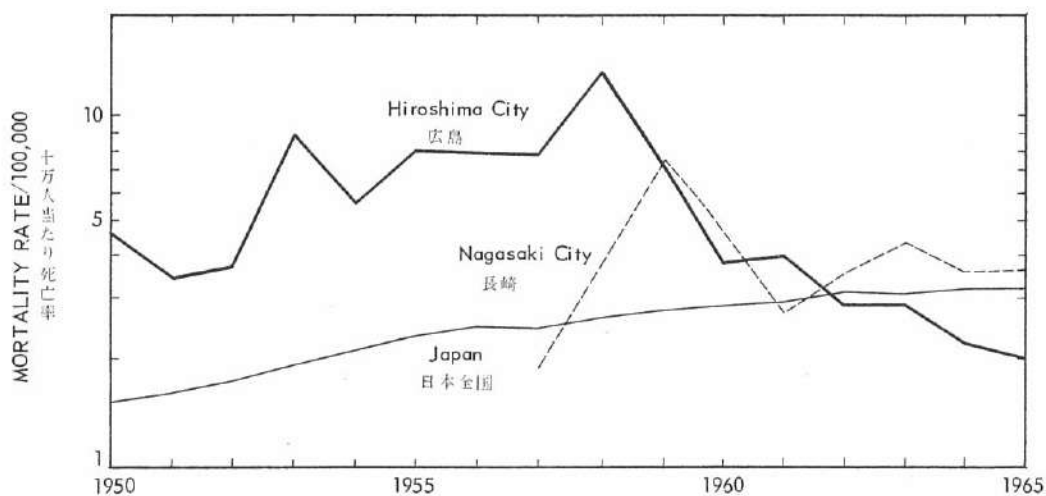


FIGURE 2 ANNUAL CRUDE MORTALITY RATE OF LEUKEMIA FOR HIROSHIMA & NAGASAKI CITIES & JAPAN, 1950-65

図2 白血病の年間粗死亡率: 広島市, 長崎市, および日本全国, 1950-65年



Data not available in Nagasaki before 1957.

長崎では1957年以前の資料は入手されていない。

Division of Health & Welfare Statistics - Vital Statistics in Japan
Dept. of Public Health, Hiroshima & Nagasaki Prefecture - Vital
Statistics in Hiroshima & Nagasaki Prefecture.

厚生省統計調査部発行の人口動態統計, 広島県および長崎県衛生部発行の
衛生年報。

The risk of leukemia is significantly increased at doses of 50 to 100 rad and above (tentative 1957 dosimetry¹⁴ or T57D). Beyond 100 rad the relationship between dose and incidence of leukemia appears to be linear, but below 100 rad (T57D) the series has been too small to characterize the functional form of the response.¹⁵

At virtually every level of dose (T57D) the corresponding rate was higher in Nagasaki than in Hiroshima, a fact which led Brill et al¹⁵ to doubt the T57 dosimetry.

The ratio of acute to chronic leukemia is lower among the proximally exposed than among the distally exposed in Hiroshima, but this is not true for Nagasaki survivors.⁸

METHODS AND MATERIALS

The methods used in conducting the ABCC leukemia program, and in drawing inferences about the role of ionizing radiation, are best considered from the standpoint of ascertainment of cases, sampling considerations, and dosimetry. Ascertainment is achieved by means of the leukemia registry,¹⁶ a standardized operation for screening all relevant material in both communities and bringing it under competent hematologic study in the interests of differential diagnosis. Sampling considerations govern the way in which the registered cases may be used in calculating incidence or other measures of risk suitable in the investigation of the role of ionizing radiation and other variables. The dosimetry for the two bombs is a subject of continuing research and current procedures¹⁷ (tentative 1965 dose or T65D) for estimating doses to which individual survivors were exposed are both new and yield quite different values from T57 doses used previously at ABCC.

Leukemia Registry

By 1959 the earlier surveys^{2,15,18} by hematologists at ABCC and other institutions in the two cities had evolved into a registration process that has been continuously refined, extended, and strengthened until at present the leukemia registry is believed to be essentially complete for leukemia deaths in either city since 1948.

To screen for leukemia the investigators must start from a more inclusive list of disorders, and as the leukemia registry has matured this list has been greatly extended, at times necessitating rescreening of earlier source materials. At present more than 130 diagnoses and terminologic variants

50–100 rad およびそれ以上の線量(1957年暫定線量推定法¹⁴すなわちT57D)では、白血病のriskが有意に増加している。100 rad 以上では、線量と白血病発生との関係は直線的であるように思われるが、100 rad 未満(T57D)では、例数がふじゅうぶんであるため、反応がいかなる関数形式に従っているかの決定ができなかった。¹⁵

長崎における発生率は、ほとんどすべての線量値(T57D)において広島より高いことが認められた。このために Brill ら¹⁵は T57 線量推定法に疑問をもった。

広島では、慢性白血病に対する急性白血病の比率は、遠距離被爆者より近距離被爆者のほうが低い、これは長崎の被爆者にはみられない。⁸

方法と材料

ABCC 白血病調査プログラムの実施要領および電離放射線の役割をいかに推測するかについては、症例発見の方法、サンプル抽出についての考慮および線量推定法の観点から説明することがいちばんよいであろう。症例の発見は、白血病登録調査を通じて行なわれる。¹⁶ すなわち、この調査では、画一的な要領に従って、両市における関係資料のすべてをスクリーニングし、鑑別診断のために詳細な血液学的検討が行なわれている。サンプル抽出についての考慮では、電離放射線およびその他の要因の役割を調査するため、発生率の計算やriskの計算に登録例をいかに利用するかを決定する。線量推定法に関しては、二つの原爆による線量についての研究が現在も継続されているが、個々の被爆者の被曝線量を推定する現在の方法¹⁷(1965年暫定線量推定法、すなわちT65D)によって新しく求められた線量値は、以前ABCCで用いられたT57D線量とはかなり異なっている。

白血病登録調査

ABCC および両市におけるその他の医療機関の血液学者が行なった初期の調査は、^{2,15,17} 1959年には一つの登録機構にまで発展し、その後、整備、拡大、強化された結果、現在ではこの白血病登録調査には、1948年以来両市で死亡した白血病のほとんど全例が登録されていると思われる。

白血病のスクリーニングを行なうためには、血液学研究者はまず非常に広範囲にわたる疾病の検討を行なう必要があり、調査の進行につれて、検討の対象となる疾病の範囲が非常に拡大され、時には初期の症例の出所となった資料をあらためてスクリーニングする必要が生ずることもあった。現在は、130項目以上の診断名がスクリー

are used in screening cases. The evolution of this list, and other specific characteristics of the ascertainment process are described in detail elsewhere.¹⁹ Although no record was kept of rejected cases in the early years of the screening effort, by the end of June 1967, more than 16,000 cases are known to have been reviewed, from which 3439 cases have been registered, 1360 of them as leukemia, 2079 as malignant lymphoma and "other related" disorders. A salient characteristic of the leukemia registry has been the preservation and repeated rechecking of source material for screening.

All clinical records and pathology reports at ABCC are systematically screened, as are all death certificates filed in both cities and adjacent areas, published case reports, and all obituary notices and articles concerning A-bomb survivors that appear in local newspapers. Since 1957 in Hiroshima and 1958 in Nagasaki, each city has had a tumor registry²⁰ to which many local medical institutions contribute information which is also screened for inclusion in the leukemia registry. Finally, in each city there is a pattern of local collaboration with the practitioners and medical institutions of the community, organized by hematologists in each university, that provides a virtually complete exchange of information on leukemia.

The hematologists are responsible for diagnosis and documentation, the latter including records of hematology data, copies of autopsy protocols, etc. Diagnosis is based on the concurrence of at least two hematologists, and is guided by standard criteria. New cases are reviewed by all staff and consultant hematologists (Finch, Tomonaga, Uchino, Wakisaka) at regular intervals, and most cases now registered as leukemia have been reviewed by many hematologists (Finch, Hoshino, Ichimaru, Itoga, Kawasaki, Nishiyama, Okabe, Okada, Toyoda, Tsuchimoto and Yamada), both US and Japanese, over the years. The diagnostic process includes specification of type of leukemia, certainty of diagnosis, chronicity, and certainty of chronicity.

Based on the availability of histologic material and clinical information each case of leukemia is designated as definite, probable, or possible. Definite and probable leukemia cases are well enough documented to justify their inclusion in incidence calculations. In those instances (about 30%) where pathologic records of postmortem examination were available, the hematologists reviewed these records also. However, if the cellular type of leukemia as determined from adequate peripheral blood or bone marrow smears differed from the type as determined from pathologic

ニングの対象となっている。スクリーニングに用いられる疾患の一覧表の改訂の経過や症例発見の方法の具体的な特徴については、別に詳細な報告がある。¹⁹ 調査の初期におけるスクリーニングで棄却された例についての記録は保管されていないが、1967年6月末までには16,000例以上について検討が行なわれたことがわかっており、そのうち登録されたものは3439例で、内訳は白血病1360例、悪性リンパ腫および「その他の関連」疾患2079例である。白血病登録の顕著な特徴は、スクリーニングに必要な原資料が保存され、くり返し再検討が行なわれていることである。

ABCCにおけるすべての臨床記録および病理検査報告を系統的に検討するほか、両市および近隣地域の行政機関に保管されているすべての死亡診断書、文献の症例報告ならびに地方新聞に掲載された原爆被爆者の死亡に関するすべての記事についてもスクリーニングを行なっている。広島では1957年以来、長崎では1958年以来腫瘍登録調査²⁰が行なわれており、地元における多くの医療機関から資料が提供されているが、この資料も白血病登録調査該当例についてのスクリーニングが行なわれている。最後に、両市とも、広島大学および長崎大学の血液学者が中心になって、開業医や地元医療機関との協力関係が樹立されており、これによって白血病のほとんど全例に関する資料の交換が行なわれている。

診断と記録の作成は血液学研究者の責任であり、記録には血液検査資料の記録、剖検報告の写しなどが含まれる。診断の決定には、少なくとも2名の血液学研究者の意見が一致する必要がある、標準的な診断基準を用いて行なわれる。新症例については、血液学研究者と血液学顧問全員 (Finch, 朝長, 内野, 脇坂) による定期的な検討が行なわれ、白血病として現在登録されているほとんどの例は、この間に日米両国の多数の血液学者 (Finch, 星野, 市丸, 糸賀, 河崎, 西山, 岡部, 岡田, 豊田, 土本, 山田) によって検討された。診断を行なうにあたって、白血病の病型、診断の確実度、急性・慢性別の分類および急性・慢性別分類の確実度を決定している。

それぞれの白血病例については、入手されている組織材料や臨床資料に基づいて診断を確実、ほぼ確実、または不確実に分類している。診断確実およびほぼ確実な白血病例は、記録が完備していて発生率の計算に利用できる。剖検報告が入手されている例 (約30%) では、血液学研究者はこれらの記録についても検討を行なっている。末梢血液塗抹標本または骨髓塗抹標本に基づいて決定された白血病の細胞型が、病理材料によって決定された細胞型

material, the evidence of the clinical material was given precedence. Therefore, the present report is primarily concerned with the diagnosis of leukemia recorded by ABCC hematologists. The specific criteria used by the hematologists for the overall classification of certainty and type of each individual case are, generally, those of Wintrobe.²¹ For 80% of the 1360 leukemia cases, peripheral blood smears or bone marrow smears were available to reviewing hematologists and 33 of these are classified as merely "possible" cases.

Epidemiologic studies on A-bomb survivors, especially those concerned with fatal diseases reliably detected by means of death certificates, benefit greatly from the availability of the JNII-ABCC mortality sample²² for which mortality surveillance is essentially 100% complete. For studies of leukemia this is especially valuable, for the indication is that 95% of the cases of leukemia detected by postmortem studies will come to attention through death certificates.²³

The 1360 cases of leukemia at the end of June 1967 are shown in Table 1 by certainty of diagnosis, exposure status, and city of registry. Approximately 90% of the total number of cases of leukemia registered were classified as definite or probable. Certainty of diagnosis depends essentially upon availability of medical review materials. There tends to be a greater proportion of "possible" cases in survivors than in others in Nagasaki. However, as a whole the distributions of leukemia cases by certainty of diagnosis do not differ significantly by exposure status or city.

と異なる場合は、臨床資料の所見が優先し記録されている。したがって、本報告では、ABCCの血液学研究者が記録している白血病の診断について主として述べる。各個々の症例の確実度や病型の全般的な分類のために血液学者によって用いられている基準は、主として Wintrobe²¹のそれに従っている。白血病として登録されている1360例の80%については、血液学研究者によって末梢血液塗抹標本または骨髓塗抹標本の検討が行なわれ、このうちの33例は単に「診断不確実」例として分類されている。

予研一ABCC死亡調査サンプル²²が設定されていて、サンプルの中の死亡の確認がほとんど100%完全に行なわれていることは、原爆被爆者に関する疫学的調査、特に死亡診断書によって確実に探知できるような致命的な疾患に関する調査に非常に有利である。これは、白血病の調査に特に有効である。というのは、剖検によって確認された白血病例の95%は、死亡診断書を通じてでも発見できるからである。²³

表1では、1967年6月末までの白血病1360例を診断の確実度、被爆状態および登録都市別に示した。登録された全白血病例の約90%は、診断確実またはほぼ確実として分類されている。診断の確実度は、主として検討に利用できる医学的資料によって左右される。長崎では、原爆被爆者における「診断不確実」例の割合が非被爆者よりも高い傾向がある。しかし、全体としてみれば、診断の確実度別にみた白血病の分布には、被爆状態または都市によって有意な差異が認められない。

TABLE 1 REGISTERED LEUKEMIA CASES BY CERTAINTY OF DIAGNOSIS, EXPOSURE STATUS, & CITY
(AS OF 30 JUNE 1967)

表1 白血病登録例数：診断の確実度、被爆状態、および都市別（1967年6月30日現在）

Certainty of Diagnosis 診断の確実度	Exposure Status 被爆状態									
	Total 計		0-2499 m		2500-9999 m		Not-in-City 市内にいなかった者		Born after A-bomb 原爆後の出生者	
	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%
HIROSHIMA 広島										
Definite & probable 診断確実とほぼ確実	680	89.2	179	91.8	61	83.6	271	89.1	169	88.9
Possible 診断不確実	82	10.8	16	8.2	12	16.4	33	10.9	21	11.1
Total 合計	762	100	195	100	73	100	304	100	190	100
NAGASAKI 長崎										
Definite & probable 診断確実とほぼ確実	525	87.8	55	84.6	81	83.5	243	89.3	146	89.0
Possible 診断不確実	73	12.2	10	15.4	16	16.5	29	10.7	18	11.0
Total 合計	598	100	65	100	97	100	272	100	164	100

TABLE 2 DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA CASES BY TYPE, EXPOSURE STATUS, & CITY
(AS OF 30 JUNE 1967)

表2 診断確実およびほぼ確実な白血病例の分布: 病型, 被爆状態, および都市別
(1967年6月30日現在)

Type of Leukemia 白血病の病型			Total 計		Exposure Status 被爆状態							
					0-2499 m		2500-9999 m		Not-in-City 市内にいなかった者		Born after A-bomb 原爆後の出生者	
					No.	例数 %	No.	例数 %	No.	例数 %	No.	例数 %
HIROSHIMA 広島												
Acute Granulocytic	骨髄性	250	36.8	45	25.1	25	41.0	114	42.1	66	39.1	
急性 Lymphocytic	リンパ球性	123	18.1	27	15.1	9	14.8	39	14.4	48	28.4	
Monocytic	単球性	35	5.1	8	4.5	3	4.9	18	6.6	6	3.6	
Undifferentiated	未分化型	36	5.3	10	5.6	4	6.6	8	3.0	14	8.3	
Other	その他	25	3.7	6	3.4	4	6.6	12	4.4	3	1.8	
Unknown	不明	67	9.9	13	7.3	8	13.1	22	8.1	24	14.2	
Chronic Granulocytic	骨髄性	138	20.3	69	38.5	8	13.1	54	19.9	7	4.1	
慢性 Lymphocytic	リンパ球性	3	.4	0	0	0	0	3	1.1	0	0	
Other	その他	2	.3	1	.6	0	0	1	.4	0	0	
Unknown	不明	1	.1	0	0	0	0	0	0	1	.6	
Total	合計	680	100	179	100	61	100	271	100	169	100	
NAGASAKI 長崎												
Acute Granulocytic	骨髄性	235	44.8	19	34.5	34	42.0	117	48.1	65	44.5	
急性 Lymphocytic	リンパ球性	108	20.6	16	29.1	9	11.1	28	11.5	55	37.7	
Monocytic	単球性	33	6.3	1	1.8	10	12.3	13	5.3	9	6.2	
Undifferentiated	未分化型	14	2.7	2	3.6	6	7.4	4	1.6	2	1.4	
Other	その他	32	6.1	2	3.6	4	4.9	25	10.3	1	.7	
Unknown	不明	19	3.6	2	3.6	4	4.9	6	2.5	7	4.8	
Chronic Granulocytic	骨髄性	67	12.8	13	23.6	8	9.9	39	16.0	7	4.8	
慢性 Lymphocytic	リンパ球性	15	2.9	0	0	6	7.4	9	3.7	0	0	
Other	その他	1	.2	0	0	0	0	1	.4	0	0	
Unknown	不明	1	.2	0	0	0	0	1	.4	0	0	
Total	合計	525	100	55	100	81	100	243	100	146	100	

Table 2 shows the distribution of leukemia cases by type for those whose certainty of diagnosis was either definite or probable, by leukemia exposure status, and city of registry. For both cities, the granulocytic form is the most common in both acute and chronic leukemias both in A-bomb survivors and in the not-in-city group. In both cities acute leukemia is the predominant type in those born after August 1945 because of the younger age distributions. It is remarkable that the proportion of chronic granulocytic leukemia is much higher in those exposed within 2500 m from the hypocenters in Hiroshima than in Nagasaki. Six chronic lymphocytic leukemia cases were seen in Nagasaki survivors who were beyond 3000 m from the hypocenter, but no cases of this type were seen in Hiroshima survivors.

表2では、診断確実またはほぼ確実の各病型の白血病を、被爆状態および登録都市別に示した。両市とも、原爆被爆者も原爆時市内にいなかった者も、急性および慢性の白血病の中では骨髄性のものが最も多い。両市とも、原爆後に生まれた者に急性白血病が多いが、これはこの群の年齢が若いためである。爆心地から2500m未満の被爆者における慢性骨髄性白血病の割合は、長崎より広島がはるかに高いことが注目される。長崎では、爆心地から3000m以上の被爆者に慢性リンパ球性白血病が6例認められたが、広島の被爆者にはこの型の白血病は1例も認められていない。

Sampling Considerations

The leukemia registry is essentially complete for the resident population of the city, but it also includes an indeterminate proportion of cases from adjacent communities, and all deaths (wherever they occur) certified as due to leukemia among the several ABCC fixed samples under continuing mortality surveillance.^{22,24-27}

The largest fixed sample at ABCC for which information on individual dose is available is the JNH-ABCC Life Span Study sample and the reserve part of the master sample exposed within 2500 m from the hypocenter.²⁷ This fixed sample is called the Extended Life Span Study sample and consists of 82,347 A-bomb survivors.

Members of the ABCC fixed samples and leukemia cases have been interviewed for history of exposure status in standard fashion. All such investigation is carried out by experienced ABCC personnel in highly standardized fashion; and in a confidential context. For subjects exposed within 1600 m from the hypocenter in Hiroshima and exposed within 2200 m from the hypocenter in Nagasaki a shielding history is also obtained as the basis for dose calculation.

Air-dose curves have recently been reestimated by Auxier et al⁴ and generally confirmed by Hashizume et al²⁸ using entirely different methods. Milton and Shohoji¹⁷ using the methodology developed by Oak Ridge National Laboratory calculated individual dose estimates in the ABCC fixed samples. For those exposed within 1600 m in Hiroshima or 2000 m in Nagasaki the dose was estimated together with the air dose and the shielding configuration. For individuals exposed beyond 1600 m in Hiroshima or 2000 m in Nagasaki, the air dose is used directly. The Hiroshima and Nagasaki weapons differed as to construction, and as a result the ratios of gamma to neutron dose to the survivors were very different in the two cities. In Nagasaki, the neutron doses were very small indeed and the neutron dose falls off more quickly with distance than does the gamma dose. We can consider that the radiation received by the Nagasaki survivors was essentially gamma radiation. However, in Hiroshima, neutrons were relatively more important than in Nagasaki. The ratio of gamma to neutron dose varied from about 3 to 5 in Hiroshima at the distances of interest, that is, 800 to 1400 m. Beyond 2500 m from the hypocenters total dose was 3 rad at a maximum in Nagasaki and much less than 1 rad in Hiroshima. It was, in fact, less than 1 rad for almost all survivors exposed beyond 2500 m from the hypocenters in both cities. The doses

サンプル抽出上の考察

白血病登録調査には、市内居住人口に発生した白血病のほとんど全例が含まれており、そのほかに周辺地域で発病した例も含まれているが、その割合は不明確である。また、継続的な死亡調査の対象であるいくつかのABCC固定サンプル^{22,24-27}のうちで、死亡診断書に白血病と記載されている全例(死亡場所のいずれかを問わず)が抽出されている。

ABCCにおける固定サンプルの中で、各個人別の線量資料が入手されている最大のものは、予研-ABCC寿命調査サンプルに基本標本予備群中の爆心地から2500m未満の被爆者群を追加したものである。²⁷ この固定サンプルは寿命調査拡大サンプルと称され、82,347人の原爆被爆者を含む。

ABCC固定サンプルの対象者と白血病症例に対しては面接調査を行ない、画一的な方法で被爆状態についての資料を求めている。この面接調査はすべて経験に富むABCC職員が機密保持に注意して同様な方法で行なっている。広島爆心地から1600m未満の被爆者および長崎の2200m未満被爆者については、線量計算の基礎となる遮蔽調査が行なわれている。

空気線量曲線については、最近 Auxier ら⁴により推定値の改正が行なわれ、それを橋詰ら²⁸がまったく異なる方法によって確認している。Milton および正法地¹⁷は、Oak Ridge National Laboratory によって開発された方法を用いて、ABCC固定サンプル中の各対象者の線量推定値を計算した。広島1600m未満の被爆者および長崎の2000m未満の被爆者については、空気線量と遮蔽状況を考慮して個々の被曝線量を推定した。広島1600m以遠、長崎の2000m以遠の被爆者については、空気線量をそのまま線量推定値として用いている。広島と長崎とでは、爆弾の性状が異なっていたので、被爆者が受けたガンマ線量と中性子線量との比率には両市で非常に差異があった。長崎では、中性子線量はガンマ線量より非常に少なく、また、爆心地からの距離が遠ざかるとともに急激に減少する。そこで、長崎の被爆者が受けた放射線は、ほとんどガンマ線であったと考えてさしつかえない。しかし、広島では、中性子線は長崎の場合よりも相対的に重要な役割を果たしている。特に関心のもたれている爆心地からの距離、すなわち、800-1400mにおけるガンマ線量と中性子線量に対する比率は、広島では約3-5倍の間であった。爆心地から2500m以遠における総線量は、長崎では最も多い場合でも3radであり、広島では1radよりはるかに少なかった。実際は、両市とも爆心地から2500m以遠で被爆した者のほとんど全員が1rad未満であった。ここで取り上げた線量は、被爆者の外部

discussed here are estimated external doses to the survivors; current methods of dosimetry do not yet provide for estimates of A-bomb dose to the bone marrow, gonads, or other sites.

For A-bomb survivors the estimated dose of ionizing radiation from the A-bomb is taken as the independent variable, but in fact some few individuals received significant amounts of ionizing radiation from exposure to medical X-ray, especially fluoroscopy, and many survivors whose dose from the bombs was negligible have received more radiation from sources other than the A-bomb. Sawada et al²⁹ have shown that the frequency of medical X-ray received by survivors is unrelated to the distance of exposure, but is generally higher than for those who were not in the city ATB. In the cases reported here hematologic investigation for inclusion in the leukemia registry included no special search for information on exposure to medical X-ray.

照射線量の推定値である。現在の線量推定法では、原爆による骨髄線量、生殖腺線量、またはその他の部位の線量の推定はまだ行なわれていない。

原爆被爆者については、原爆による電離放射線の線量推定値を独立変数として用いたが、実際には、医療用X線、特に透視検査による有意な電離放射線を受けた者も少数例あり、また原爆による線量が無視できる程度の被爆者の中には、原爆以外の原因で多量の放射線を受けている者が多い。沢田ら²⁹は、被爆者が医療用X線を受ける頻度は被爆距離とは無関係であるが、全体として原爆時市内にいなかった者よりも多いことを報告している。ここに報告した患者については、白血病登録調査に含めるかどうかを決定するための血液学的審査の際に、医療用X線被曝の資料は特に入手していない。

TABLE 3 MASTER SAMPLE BY EXPOSURE STATUS & COMPONENT, HIROSHIMA & NAGASAKI

表3 基本標本の例数：被爆状態および構成区分群別、広島・長崎

Master Sample Classification 基本標本構成区分	Total 計	Exposure Status 被爆状態			
		0-2499 m	2500-9999 m	0-9999 m	Not-in-City 市内にいなかった者
Total 合計	163767	54337	62631	116968	46799
Life Span Study 寿命調査サンプル	99385	44804	28010	72814	26571
Reserve part 予備群	37583	9533*	10972	20505	17078
Eligible but not selected 該当者であるが選定されなかった者	26799	0	23649	23649	3150

*Extended part of Life Span Study sample. 寿命調査拡大サンプル

Table 3 shows the total number of subjects in the master sample by exposure status and component of sample classification. The master sample consists of 116,968 A-bomb survivors in the two cities, which is the largest number of A-bomb survivors in any ABCC fixed cohort. Mortality information is complete on 108,918 persons in the Extended Life Span Study sample and about 85% complete on the remaining 54,849 subjects in the master sample. There are about 34,600 A-bomb survivors in this category all of whom were exposed between 2500-9999 m from the hypocenters. There is no problem about dosimetry for those beyond 2000 m from the hypocenter in Hiroshima and 2500 m from the hypocenter in Nagasaki, because almost all 34,600 subjects received negligible doses.

In the use of all A-bomb survivors in the master sample there is one uncertainty: The possible incompleteness in mortality surveillance of the 34,600 subjects exposed between 2500-9999 m. The

表3には、基本標本の対象者総数を被爆状態およびサンプル分類別に示した。基本標本には、両市の原爆被爆者116,968人が含まれており、原爆被爆者の数はABCCにおける固定コホートの中で最も大きい。寿命調査拡大サンプルに属する108,918人の対象者については、死亡の資料は完全に求められている。基本標本中の残り54,849人については、死亡の資料は85%程度求められており、この中には約34,600人の原爆被爆者がいるが、いずれも爆心地から2500-9999mで被爆している。この34,600例のほとんどは被曝線量が無視できる程度であったので、広島で爆心地から2000m以遠、長崎で2500m以遠の被爆者の線量については問題はない。

基本標本中の原爆被爆者全員を利用することには不安を感じる点がある。それは2500-9999mで被爆した者34,600人について死亡の確認が不完全であるということ

estimate of 85% ascertainment applies to death from all causes. However, almost all of the leukemia in both cities eventually finds its way into the leukemia registry, so that in fact the ascertainment of leukemia mortality must be more than 90% complete.

The availability of T65 doses for the A-bomb survivors in the master sample used here are shown by distance in Table 4. The percentage of survivors for whom doses are not calculated are 2% in Hiroshima and 6% in Nagasaki. However, this percentage is very dependent upon proximity to the hypocenter. Most persons for whom dose estimates have not yet been calculated had heavy shielding for which no method of estimating the radiation dose has yet been developed. For those exposed within 1000 m from the hypocenter, the dose estimates are available for 67% in Hiroshima and 44% in Nagasaki. At 1000 m from the hypocenter the air dose (gamma + neutron) is believed to have been about 450 rad in Hiroshima, 925 rad in Nagasaki.⁴ Hence most survivors at this distance or closer ATB must have been heavily shielded. For those exposed between 1000-1999 m from the hypocenter, the dose estimates are available for 94% in Hiroshima and 78% in Nagasaki. For those exposed within 2500 m from the hypocenter, estimated doses are available for 95% in Hiroshima and 86% in Nagasaki. These differences are mainly due to differences in shielding by city. There is evidence that the individuals exposed within 1500 m from the hypocenters were more often heavily shielded in Nagasaki than in Hiroshima.¹⁵

Table 5 shows 149 leukemia cases among A-bomb survivors in the master sample by availability of tentative 65 dose in relation to distance and city. Among those exposed under 2500 m from the hypocenter, the estimated doses are available for 93% in Hiroshima and 82% in Nagasaki, respectively. These proportions of dose availability by city are similar to the data for the subjects in the master sample who were exposed under 2500 m from the hypocenter.

If 11 cases whose dose has not been estimated are set aside, the total available for analysis of dose response relationship in the master sample of A-bomb survivors becomes 138 cases. However, it has been recommended¹⁶ that possible leukemia cases should be excluded from calculation of incidence rates, because they consist of cases for whom there is only death certificate information, or those with inadequate clinical information and for whom either no peripheral blood smears are available or, if available, are inadequate for diagnosis. Other limitations are: the koseki check for mortality

である。85%確認されているという推定は、全死因による死亡についての場合である。しかし、両市における白血病のほとんど全例が結局は白血病登録調査に登録されるようになるので、実際には白血病による死亡の確認は90%以上完全であるに違いない。

表4では、この報告で使用した基本標本中の原爆被爆者についてのT65D線量の有無を距離別に示した。線量計算が行われていない被爆者は、広島では2%、長崎では6%である。ただし、この率は爆心地からの距離によって非常に左右される。線量推定値がまだ計算されていない者のほとんどは重遮蔽であった者で、これについてはまだ放射線量の推定法が開発されていない。爆心地から1000m未満の被爆者については、広島の67%、長崎の44%に対する推定線量値がそれぞれ得られている。空気線量(ガンマ+中性子)は、爆心地から1000mの距離においては、広島約450 rad、長崎925 radであったと考えられている。⁴したがって、原爆時にこの距離またはそれ以内で被爆した者のほとんどは、重遮蔽であったに違いない。爆心地から1000-1999mの被爆者については、広島94%、長崎78%の者の推定線量が計算されている。爆心地から2500m未満の被爆者については、広島で95%、長崎86%の者の推定線量が得られている。両市間の差は、主として両市における遮蔽状態の違いによるものであり、爆心地から1500m未満の被爆者では、広島よりも長崎のほうに重遮蔽の者が多いことが報告されている。¹⁵

表5には、基本標本中の原爆被爆者における白血病149例に対するT65D線量の有無を距離および都市別に示した。爆心地から2500m未満の被爆例では、線量推定値が広島で93%、長崎で82%についてそれぞれ得られている。両市の白血病症例の場合の線量入手の割合は、基本標本における爆心地から2500m未満被爆者の場合と類似している。

線量推定値の求められていない11例を除外すると、基本標本中の原爆被爆者における白血病と線量との関係の解析に総数138例利用できることになる。しかし、診断不確実として分類されている白血病例は、死亡診断書による情報のみがある例、臨床資料のふじゅうぶんな例、また、末梢血液塗抹標本が入手されていないか、あるいは入手されていても診断にはふじゅうぶんな例であるため、発生率の計算から除外する必要があると勧告されている。¹⁶その他の制約としては次のことがある。(1)死亡の確認の

TABLE 4 AVAILABILITY OF T65 DOSE FOR A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY DISTANCE FROM HYPOCENTER & CITY (AS OF 30 JUNE 1967)

表4 基本標本中の原爆被爆者におけるT65線量推定の有無：被爆距離および都市別（1967年6月30日現在）

T65 Dose T65線量	Total 計		Distance 被爆距離							
			0-999 m		1000-1999 m		2000-2499 m		2500-9999 m	
	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%	No. 例数	%
HIROSHIMA 広島										
Total 総数	85210	100	1118	100	25071	100	14541	100	44480	100
Available 有	83305	97.8	743	66.5	23556	94.0	14532	99.9	44474	100
Not estimated 無	1905	2.2	375	33.5	1515	6.0	9	.1	6	0
NAGASAKI 長崎										
Total 総数	31758	100	477	100	7183	100	5947	100	18151	100
Available 有	29864	94.0	210	44.0	5592	77.9	5913	99.4	18149	100
Not estimated 無	1894	6.0	267	56.0	1591	22.1	34	.6	2	0

TABLE 5 AVAILABILITY OF T65 DOSE FOR LEUKEMIA CASES IN A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY DISTANCE FROM HYPOCENTER & CITY (AS OF 30 JUNE 1967)

表5 基本標本中の原爆被爆者の白血病例におけるT65線量推定の有無：被爆距離および都市別（1967年6月30日現在）

Distance 被爆距離	Total 計		T65 Dose T65線量			
			Available 有		Not available 無	
	No 例数	%	No 例数	%	No. 例数	%
HIROSHIMA 広島						
0- 999 m	20		16		4	
1000-1999	58		56		2	
2000-2499	5		5		0	
0-2499	83	100	77	92.6	6	7.2
2500-9999	25	100	25	100	0	0
Total 総計	108	100	102	94.4	6	5.6
NAGASAKI 長崎						
0- 999 m	4		1		3	
1000-1999	21		19		2	
2000-2499	2		2		0	
0-2499	27	100	22	81.5	5	18.5
2500-9999	14	100	14	100	0	0
Total 総計	41	100	36	87.8	5	12.2

ascertainment was finished in June 1967, and is presumably complete only for deaths prior to October 1966; and the master sample of A-bomb survivors was selected from the resident city population in Hiroshima and Nagasaki as of 1 October 1950.

ための戸籍照合は1967年6月に完了しているので、1966年10月までの死亡者のみについて完全な資料が得られていると思われること、(2) 基本標本中の原爆被爆者は、1950年10月1日現在の広島・長崎両市の居住人口から抽出された者であること。

Table 6 shows the number of leukemia cases whose T65 doses are available by certainty of diagnosis, time of onset, and city. There is a small difference in the proportion of definite or probable leukemia cases by city. If in addition to the cases whose dose has not yet been estimated, 11 possible leukemia cases and one case occurring after September 1966 are set aside, the total available for analysis of dose response relationship in the master sample of A-bomb survivors finally becomes 126 in the largest fixed sample of A-bomb survivors at ABCC. However, of these 126 cases, 9 definite and probable leukemia cases had already developed the disease as of 1 October 1950. Thus, only 117 definite and probable leukemia cases are available for calculation of incidence rates for the study of the dose response relationship.

表6では、T65D線量が入手されている白血病例数を診断の確実度、発病時期および都市別に示した。診断確実およびほぼ確実な白血病症例の割合は、両市間でわずかな差がある。線量がまだ推定されていない例のほかに、診断不確実の11例と1966年9月以後に発病した1例を除外すれば、基本標本の原爆被爆者における白血病と線量との関係の解析に利用できる総数は、ABCCにおける原爆被爆者の最も大きい固定サンプルを使用しても、結局126例となる。しかし、この126例中、診断確実およびほぼ確実な白血病9例は、1950年10月1日以前にすでに発病していた。したがって、線量との関係を調査するための発生率の計算に利用できるのは、診断確実およびほぼ確実な白血病117例にすぎない。

TABLE 6 CERTAINTY OF DIAGNOSIS FOR LEUKEMIA CASES OF A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE WHOSE T65 TOTAL DOSES ARE AVAILABLE BY YEAR OF ONSET & CITY (AS OF 30 JUNE 1967)

表6 基本標本中の原爆被爆者における白血病例のうちT65総線量の求められている例の診断の確実度：発病年度および都市別（1967年6月30日現在）

Onset 発病年度		Certainty of Diagnosis 診断の確実度		
		Total 計	Definite & Probable 診断確実およびほぼ確実	Possible 診断不確実
HIROSHIMA 広島				
Aug. 1945-Sept. 1950	1945年8月—1950年9月	7	7	0
Oct. 1950-Sept. 1966	1950年10月—1966年9月	93	88	5
Oct. 1966-June 1967	1966年10月—1967年6月	1	1	0
Unknown 不明		1	0	1
Total 合計		102	96	6
%		100	94.1	5.9
NAGASAKI 長崎				
Aug. 1945-Sept. 1950	1945年8月—1950年9月	2	2	0
Oct. 1950-Sept. 1966	1950年10月—1966年9月	33	29	4
Oct. 1966-June 1967	1966年10月—1967年6月	0	0	0
Unknown 不明		1	0	1
Total 合計		36	31	5
%		100	86.1	13.9

Table 7 shows a summary of the counts of registered cases of leukemia in relation to the master sample, residence at onset and exposure status; of the 1360 cases of leukemia, only 430 were among A-bomb survivors, of whom 260 were exposed within 2500 m from the hypocenter. There were 251 cases from the resident city population of A-bomb survivors. Restricting attention to survivors within 2500 m, 152 cases occurred among the resident city population. In contrast, only 110 cases occurred

表7には、白血病登録例と基本標本との関係を、発病時の居住場所および被爆状態別に要約した；白血病1360例のうち、わずか430例が原爆被爆者であり、そのうち爆心地から2500m未満で被爆した者は260例であった。市内居住の原爆被爆者例は251例であった。これを2500m未満被爆者に限定してみると、市内居住者に発生した例は152例である。これに対して、基本標本にはわずか110例発生したにすぎない。放射線の影響を調査するた

TABLE 7 RELATION BETWEEN LEUKEMIA REGISTRY & ALTERNATIVE SAMPLES
USEFUL IN ANALYSIS, BY EXPOSURE STATUS, HIROSHIMA & NAGASAKI
(AS OF 30 JUNE 1967)

表7 白血病登録調査例と解析に利用できるサンプルとの関係：被爆状態別，広島・長崎
(1967年6月30日現在)

Exposure Status 被爆状態	Residence At Onset 発病時の居住地	Distance 距離	Sample Classification サンプル分類		
			Total 計	Master Sample 基本標本	Other その他
Survivor 原爆被爆者	In city 市内	0-2499 m	152	100	52
		2500-9999	99	33	66
	Out of city 市外	0-2499	108	10	98
		2500-9999	71	6	65
	Total 小計		430	149	281
Not in city	市内にいなかった者		576	25	551
Born after A-bomb	原爆後の出生者		354	-	354
Total 総計			1360	174	1186

among members of the master sample. Evidently, it would have been desirable to use the larger number of cases in the resident city population in the study of radiation effects. However, despite much work, using the 1960 Atomic Bomb Survivors Actual State Survey, it was not possible to obtain sufficiently accurate estimates of the distributions of distance from the hypocenters for the resident city populations over a 20-year period. It was therefore necessary to restrict incidence and period prevalence calculations to the cases in the master sample.

RESULTS

In Table 8 and Figure 3 the 16-year period prevalence rate and the annual incidence of definite and probable leukemia of all forms are shown by T65 dose for A-bomb survivors in the master sample between 1 October 1950-30 September 1966. The rates shown are crude, being adjusted neither for sex nor age ATB. When the T65 dose-response curves for the master sample are compared with those of Brill et al for T57 dosimetry, changes in the dosimetry reverse the positions of the two cities, especially in the high dose region and also in the low dose region. Brill et al¹⁵ reported that, when gamma rad and neutron rad were combined 1:1 to approximate the total dose, 1 rad of T57 total dose seemed to produce more leukemia in Nagasaki than in Hiroshima. Jablon et al³⁰ showed that this was also true of the acute radiation symptoms experienced in 1945. Therefore, they questioned the certainty of the T57 dosimetry. Analysis of the dose-response curves according to the T65 dosimetry shows a reversed picture as

めには，市内居住人口におけるより多い症例を用いることが望ましいことは明らかである。しかし，1960年の原子爆弾被爆者実態調査の資料を利用してあらゆる努力をしたにもかかわらず，20年間にわたる市内居住人口の被爆距離別分布についてじゅうぶんに正確な推定を得ることはできなかった。したがって，発生率および期間有病率の計算を基本標本中の症例に限定するより他に適当な解析の方法はみいだせなかった。

結 果

表8および図3では，1950年10月1日から1966年9月30日までの基本標本中の原爆被爆者におけるすべての病型の診断確実およびほぼ確実な白血病の16年間の有病率と平均年間発生率をT65D線量別に示した。そこに示す率は，性についても原爆時年齢についても補正が行なわれていないものである。基本標本について求められたT65D線量別反応曲線をBrillのT57D線量に基づく曲線と比較してみると，線量推定方法の変更によって，特に高線量域において，また低線量域においても，両市の関係は逆になっている。Brillら¹⁵は，総線量の近似値としてガンマ線と中性子線とを1対1の割合で合計した場合には，T57D総線量の1radは，広島よりも長崎のほうにより多くの白血病を誘発するようと思われると報告している。Jablonら³⁰は，1945年当時の原爆による急性放射線症状についても同様のことを認めている。したがって，かれらはT57D線量の正確性に疑いを持つに至った。T65D

TABLE 8 PERIOD PREVALENCE & INCIDENCE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表8 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病例(すべての病型)の期間有病率および発生率: T65総線量および都市別(1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T65 総線量	Median T65 Dose T65 線量中央値			Period Prevalence of Leukemia Cases 白血病例の期間有病率			Person-years at risk (1000) 観察人年 (1000人単位)	Incidence of Leukemia 白血病発生率	
	Gamma ガンマ線	Neutron 中性子線	Total 計	Subjects 対象例数	Leukemia Cases 白血病例数	Prevalence rate/1000 1000人当たり有病率		Cases 例数	Annual Incidence rate/100,000 1000人当たり年間発生率
HIROSHIMA 広島									
300 + rad	323	112	427	825	18	21.82	12.1	17	140.5
200 - 299	185	49	241	606	5	8.25	9.0	5	55.6
100 - 199	105	27	131	1652	11	6.66	24.1	10	41.5
50 - 99	56	13	68	2611	8	3.06	38.3	7	18.3
20 - 49	26	5	30	4555	15	3.29	67.0	14	20.9
5 - 19	8	2	10	10541	9	.85	156.0	8	5.1
< 5	0	0	0	62515	29	.46	915.1	27	3.0
Total 合計	-	-	-	83305	95	1.14	1222.7	88	7.2
NAGASAKI 長崎									
300 + rad	417	7	427	566	7	12.37	8.4	6	71.4
200 - 299	238	3	240	693	6	8.66	10.4	6	57.7
100 - 199	145	2	146	1174	3	2.56	17.7	3	16.9
50 - 99	69	0	69	1173	0	0	17.6	0	0
20 - 49	31	0	31	1354	0	0	20.0	0	0
5 - 19	5	0	10	4501	2	.44	66.3	2	3.0
< 5	0	0	0	20403	13	.64	297.2	12	4.0
Total 合計	-	-	-	29864	31	1.04	437.6	29	6.6

compared with the T57 doses. That is, 1 rad of T65 dose produces more leukemia in Hiroshima than in Nagasaki. This is mainly due to the fact that the gamma radiation air-dose curve for Hiroshima is lower in the T65 dosimetry than in the T57 dosimetry. The rates given in Table 8 for those exposed to less than 5 rad in each city, seem reasonably consistent with experience elsewhere in Japan, if allowance is made for the intensity with which leukemia is sought in these cities. It is evident that the rates increase sharply with dose in both cities. It also appears that the rates were higher in Hiroshima than in Nagasaki, at almost every level of dose, except for those who received negligible doses of radiation. Moreover, the rates increase more steeply with increasing dose in Hiroshima than in Nagasaki.

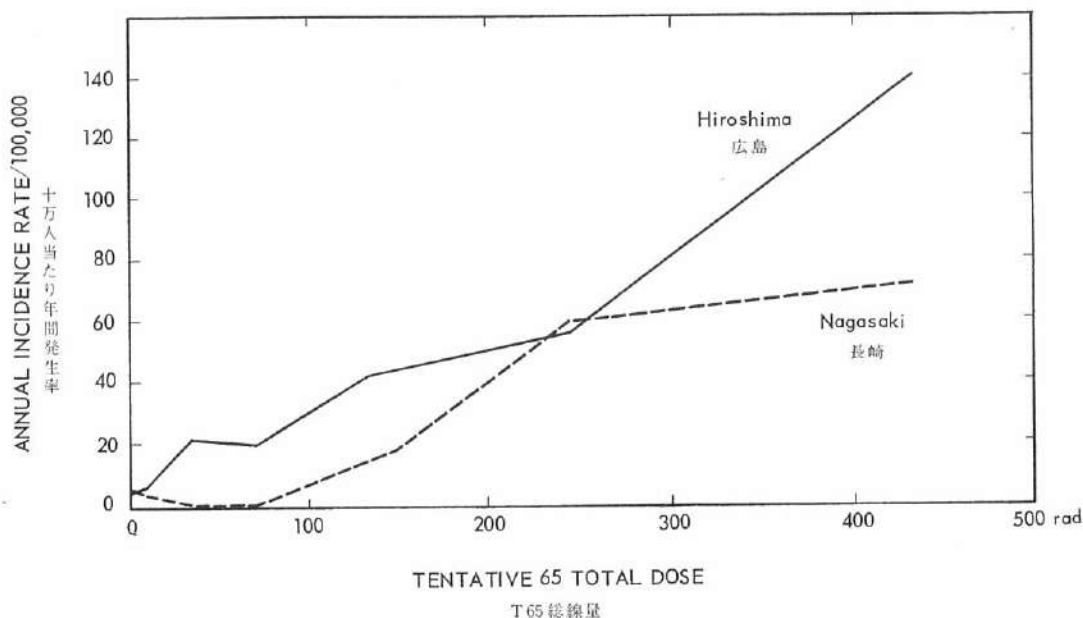
For both cities the relationship of leukemia (all forms) to total radiation dose may be asserted without the formalities of statistical testing, but description of the relationship in functional terms is discouraged by the marked difference between the two cities. Although the dose response for

線量測定値に基づいて線量と発生率曲線についての解析を行なうと、T57D線量の場合とは逆の関係が認められた。すなわち、T65D線量の1 radは長崎よりも広島のほうにより多くの白血病を誘発している。これは主として、T65線量推定法では、広島のガンマ線による空気線量曲線がT57線量推定法の場合よりも低いためである。両市で白血病の探知に向けられている同様の努力を考慮すれば、表8に示す両市の5 rad未満被爆者における頻度は、日本全国における頻度とかなり一致しているように思われる。両市における本症の頻度は線量とともに急速に増加することは明らかである。また、無視できる程度の線量を受けた者を除けば、ほとんどの線量値において、広島の頻度が長崎よりも高い。しかも、広島では、そのriskは線量の増加につれて長崎よりも急角度で上昇する。

両市とも、統計学的検定を行なうまでもなく、白血病(すべての型)のriskと放射線総線量との間には関係があるといえるが、両市間の差が著しいため、その関係を関数式形で示すことは断念せざるをえなかった。広島の

FIGURE 3 ANNUAL INCIDENCE RATE/100,000 FOR DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

図3 基本標本中の原爆被爆者 100,000 人当たりの診断確定およびほぼ確定な白血病(すべての病型)の年間発生率: T65総線量および都市別(1950年10月-1966年9月)



Hiroshima looks reasonably linear throughout, the smaller Nagasaki experience is subject to much more sampling variation and the form of the relationship to dose is unclear. In Hiroshima, leukemia incidence increases approximately three cases per 10^6 population per year per rad.

An even more notable feature of the Hiroshima experience is that statements may now be made about the dose-response curve below 100 rad: The risk of leukemia is quite significantly elevated in those exposed to 20-50 rad using the simple sum of neutron and gamma dose.

For computational convenience, subsequent analyses have been made by comparing observed incidence with expected leukemia cases of all forms, during 1 October 1950-30 September 1966, calculated with adjustments for age ATB, sex, and year of onset. This method of calculation leads to the data of Table 9 in terms of relative risk using those with less than 5 rad as a standard. It is obvious that the dose-response relation for all leukemia differs significantly by city.

線量別にみた発生率は全体にわたっておよそ直線的であるが、長崎の場合は例数が少なく、サンプル抽出上の変動も大きいので、線量と発生率との関係の形式は明らかでない。広島では、白血病の年間発生率は1 rad 当たり1,000,000人につき約3例増加している。

広島資料について特記すべきことは、現在では100 rad以下の線量と発生率との関係についての評価が可能になったことである: 中性子とガンマ線量との単純合計を用いた場合、20-50 radの被爆者でも、白血病のriskが有意に上昇している。

計算の都合上、以後の解析では、1950年10月1日から1966年9月30日までにおけるすべての型の白血病についての発生数と原爆時年齢、性、および発病年度を補正して計算した期待発生数とを比較した。この算定法によって5 rad未満の者を標準として求めたrelative riskを表9に示した。すべての型の白血病における線量と発生率との関係が市別に有意な差異のあることは明らかである。

TABLE 9 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS)
AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE & CITY
(OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表9 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病(すべての病型)の観察例数と期待例数: T65総線量および都市別 (1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T 65総線量	Incidence of Leukemia 白血病の発生率		Ratio O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
	Observed 観察例数	Expected 期待例数		
HIROSHIMA 広島				
300 + rad	17	.90	18.89	46.1
200 - 299	5	.67	7.46	18.2
100 - 199	10	1.80	5.56	13.6
100 +	32	3.37	9.50	23.2
50 - 99	7	2.82	2.48	6.0
20 - 49	14	4.86	2.88	7.0
5 - 19	8	11.28	0.71	1.7
5 - 99	29	18.96	1.53	3.7
< 5	27	65.67	0.41	1.0
Total 合計	88	88.00	1.00	-
NAGASAKI 長崎				
300 + rad	6	.59	10.17	16.7
200 - 299	6	.74	8.11	13.3
100 - 199	3	1.22	2.46	4.0
100 +	15	2.55	5.88	9.6
50 - 99	0	1.19	0	0
20 - 49	0	1.40	0	0
5 - 19	2	4.24	.47	.8
5 - 99	2	6.83	.29	.5
< 5	12	19.62	.61	1.0
Total 合計	29	29.00	1.00	-

Expected values are calculated with adjustments for age ATB, sex, & year of onset.

期待数は、原爆時年齢、性および発病年度を補正して算定した。

The difference between the observed experience in the two cities, may reflect either difference in the kind of radiation received (largely gamma in Nagasaki and mixed gamma and neutrons in Hiroshima) or errors in the dosimetry, or other differences between the population of the two cities. Errors in dosimetry cannot be entirely excluded even at this late date, since no bombs equivalent to the Hiroshima weapon have been fired to our knowledge, but bombs equivalent to that of Nagasaki have been tested and measurements made. However, the air-dose curves of Auxier et al.⁴ used for T65 dosimetry have been verified by Hashizume et al.²⁸ At this time, therefore, it seems quite possible that the differences between cities reflect the quality of the radiation received.

両市間にみられる差は、放射線の種類の違い(長崎では主としてガンマ線、広島ではガンマ線と中性子線との混合放射線)、線量測定上の誤差あるいは両市における人口の宿主要因の違いを反映するものかもしれない。線量測定上の誤差は現在もお否定できない。すなわち、われわれの知る限りでは、広島に相当する核兵器の実験は行なわれたことはない。しかし、長崎の爆弾に相当するものの実験が行なわれ、線量測定が行なわれている。ただし、T65D線量推定に用いられた Auxier ら⁴の空気線量曲線は、橋詰ら²⁸によって確認されている。したがって、現在では、両市間の差が線質の差異を反映することに起因することは大いにありうることと思われる。

It remains to examine in turn the role of age ATB, sex, and interval from exposure to onset of leukemia, in the relationship between radiation and incidence of leukemia and to provide some additional detail by specific type of leukemia.

In Table 10, the annual incidence rates are shown by T65 dose, sex and city, and in Table 11, the observed numbers of cases are compared with the expected values by sex, after adjustment for age ATB and year of onset. Although the small numbers of observed and expected cases by dose limit the power of the comparison, in both cities there is a suggestion that the leukemogenic effect is stronger in males than in females: The relative risk is greater in males than in females especially in the high dose region. Age has a marked effect on the relationship, as may be seen in Tables 12

今後は、放射線被曝と白血病発生率との関係に対する原爆時年齢、性および被曝から白血病発病までの期間の因子を検討し、また白血病を各病型別にさらに詳細に検討する必要がある。

表10では、T 65D 線量、性および都市別の年間発生率、表11では、観察例数と原爆時年齢および発病年度について補正を行なった期待例数との比較を性別に示した。観察例数と期待例数を線量別に比較する場合には例数が少なくなり、検定力が制限されることになるが、両市とも、白血病誘発効果は女子よりも男子のほうに強いことが示唆される：relative risk は女子より男子のほうが大きく、特に高線量域でそれが著しい。表12および13にみられる

TABLE 10 AVERAGE ANNUAL INCIDENCE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, SEX, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表10 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病(すべての病型)の平均年間発生率:

T 65総線量、性、および都市別(1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T 65総線量	Male 男				Female 女			
	Median Dose 中央値	Person-years at risk (1000) 観察人年 (1000人単位)	Observed 観察例数	Annual Incidence /100,000 年間発生率 (10万人当たり)	Median Dose 中央値	Person-years at risk (1000) 観察人年 (1000人単位)	Observed 観察例数	Annual Incidence /100,000 年間発生率 (10万人当たり)
HIROSHIMA 広島								
300 + rad	440	5.34	11	206.0	412	6.79	6	88.4
200 - 299	242	3.73	4	107.2	240	5.29	1	18.9
100 - 199	133	9.95	3	30.2	134	14.14	7	49.5
100 +	188	19.02	18	94.6	186	26.22	14	53.4
50 - 99	68	14.09	1	7.1	68	24.26	6	24.7
20 - 49	31	25.00	9	36.0	30	41.99	5	11.9
5 - 19	10	64.85	5	7.7	12	91.26	3	3.3
5 - 99	16	103.94	15	14.4	17	157.51	14	8.9
< 5	0	380.98	12	3.1	0	534.14	15	2.8
Total 合計	-	503.94	45	8.9	-	717.87	43	6.0
NAGASAKI 長崎								
300 + rad	433	3.78	5	132.3	417	4.63	1	21.6
200 - 299	242	5.06	4	79.1	237	5.39	2	37.1
100 - 199	144	7.94	3	37.8	146	9.76	0	0
100 +	206	16.78	12	71.5	201	19.78	3	15.2
50 - 99	70	7.50	0	0	68	10.10	0	0
20 - 49	32	9.02	0	0	30	10.96	0	0
5 - 19	9	26.08	1	3.8	9	40.21	1	2.5
5 - 99	15	42.60	1	2.3	14	61.27	1	1.6
< 5	0	121.88	7	5.7	0	175.36	5	2.9
Total 合計	-	181.26	20	11.0	-	256.41	9	3.5

Age not standardized. 年齢の標準化は行っていない

TABLE 11 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, SEX, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表11 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病(すべての病型)の観察例数および
期待例数: T65総線量, 性, および都市別(1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T65総線量	Male 男				Female 女			
	Observed 観察例数	Expected 期待例数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察例数	Expected 期待例数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
HIROSHIMA 広島								
300+ rad	11	.51	21.57	60.8	6	.39	15.38	32.7
200 - 299	4	.35	11.43	31.9	1	.31	3.23	6.9
100 - 199	3	.97	7.46	8.8	7	.84	8.33	17.7
100+	18	1.83	9.84	28.1	14	1.54	9.09	19.3
50 - 99	1	1.31	.76	2.1	6	1.50	4.00	8.5
20 - 49	9	2.28	3.95	11.1	5	2.59	1.93	4.1
5 - 19	5	5.77	.87	2.4	3	5.51	.54	1.2
5 - 99	15	9.36	1.60	4.6	14	9.60	1.46	3.1
< 5	12	33.81	.35	1.0	15	31.86	.47	1.0
Total 合計	45	45.0	1.0	-	43	43.00	1.0	-
NAGASAKI 長崎								
300+ rad	5	.42	11.90	22.9	1	.16	6.25	7.7
200 - 299	4	.55	7.27	14.0	2	.19	10.53	13.0
100 - 199	3	.87	3.45	6.6	0	.34	0	0
100+	12	1.84	6.52	12.5	3	.69	4.35	5.4
50 - 99	0	.83	0	0	0	.36	0	0
20 - 49	0	1.02	0	0	0	.39	0	0
5 - 19	1	2.84	.35	.7	1	1.40	.71	.9
5 - 99	1	4.69	.21	.4	1	2.15	.47	.6
< 5	7	13.46	.52	1.0	5	6.16	.81	1.0
Total 合計	20	19.99	1.0	-	9	9.00	1.0	-

Expected values are calculated with adjustments for age ATB, sex, & year of onset.

期待数は、原爆時年齢および発病年度を補正して算定した。

and 13 in Hiroshima, where the age effect achieves high significance, the leukemic response is notably smaller in those 40 years or older ATB. In Nagasaki the relationship cannot be precisely specified because of small numbers, but the tendency is similar to the Hiroshima experience.

When the analysis of Table 8 and 9 is extended to acute leukemia and to chronic leukemia in Tables 14 and 15, small numbers limit the certainty of inference but the difference between cities is greatly clarified. It is the incidence of chronic leukemia in the high dose region and of both acute and chronic forms in the low dose region (less than 100 rad total dose) that distinguishes the two cities, when incidence is studied in relation to T65 total dose formed directly as gamma + neutron rad (Figure 4). Moreover, when the rates for those who received less than 5 rad are examined, the two cities are fairly homogeneous.

ように、年齢による影響はきわめて強く、広島では年齢の影響は有意であり、原爆時40歳以上の者に白血病の発生がかなり少ない。長崎では、例数が少ないため、この関係は明確ではないが、広島の場合と同様の傾向が認められる。

急性および慢性白血病について表8および9の場合と同様の解析を行なった結果を表14および15に示したが、例数が少ないので推論の正確性は制限されるが、両市間の差を究明するのに参考となる。ガンマ線量と中性子線量をそのまま合計して求めたT65D総線量と発生率との関係を検討すると、両市間の差をもたらしているのは、高線量域における慢性白血病ならびに低線量域(総線量100 rad未満)における急性および慢性白血病の発生率である(図4)。しかし、5 rad未満の線量を受けた者の頻度をみると、両市はかなり均等である。

TABLE 12 AVERAGE ANNUAL INCIDENCE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, AGE ATB, & CITY (OCTOBER 1946-SEPTEMBER 1965)

表12 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病(すべての病型)の平均年間発生率: T65 総線量, 原爆時年齢, および都市別(1946年10月-1965年9月)

T65 Total Dose T65 総線量	Hiroshima 広島				Nagasaki 長崎			
	Median Dose 中央値	Person-years at risk (1000) 観察人年 (1000人単位)	Observed 観察例数	Annual Incidence /100,000 10万人当たり 年間発生率	Median Dose 中央値	Person-years at risk (1000) 観察人年 (1000人単位)	Observed 観察例数	Annual Incidence /100,000 10万人当たり 年間発生率
AGE ATB 原爆時年齢 <15					AGE ATB 原爆時年齢 <15			
300 + rad	399	3.09	5	161.8	445	2.72	3	110.3
200 - 299	243	2.24	0	0	239	3.07	3	97.7
100 - 199	131	5.71	4	70.1	146	5.78	1	17.3
100 +	194	11.04	9	81.5	200	11.57	7	60.5
50 - 99	68	9.78	1	10.2	66	6.22	0	0
20 - 49	29	19.06	4	21.0	32	7.88	0	0
5 - 19	10	47.81	2	4.2	9	29.34	1	3.4
5 - 99	16	76.65	7	9.1	14	43.44	1	2.3
< 5	0	310.64	6	1.9	0	121.89	3	2.5
Total 合計	-	398.33	22	5.5	-	176.90	11	6.2
AGE ATB 原爆時年齢 15-39					AGE ATB 原爆時年齢 15 +			
300 + rad	442	5.80	8	137.9	416	5.68	3	52.8
200 - 299	244	4.16	3	72.1	239	7.38	3	40.7
100 - 199	135	10.81	4	37.0	145	11.91	2	16.8
100 +	192	20.77	15	72.2	205	24.97	8	32.0
50 - 99	69	15.76	4	25.4	70	11.39	0	0
20 - 49	32	26.60	5	18.8	30	12.10	0	0
5 - 19	11	61.88	1	1.6	9	36.94	1	2.7
5 - 99	17	104.24	10	9.6	17	60.43	1	1.7
< 5	0	358.47	4	1.1	0	175.35	9	5.1
Total 合計	-	483.48	29	6.0	-	260.75	18	6.9
AGE ATB 原爆時年齢 40 +								
300 + rad	427	3.24	4	123.5				
200 - 299	235	2.62	2	76.4				
100 - 199	135	7.57	2	26.4				
100 +	177	13.43	8	59.6				
50 - 99	68	12.81	2	15.6				
20 - 49	30	21.34	5	23.4				
5 - 19	11	46.42	5	10.8				
5 - 99	17	80.57	12	14.9				
< 5	0	246.01	17	6.9				
Total 合計	-	340.01	37	10.9				

Sex not standardized. 性の標準化は行っていない

TABLE 13 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, AGE ATB, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表13 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病の観察例数および期待例数：
T65総線量，原爆時年齢，および都市別（1950年10月—1966年9月）

AGE ATB 原爆時年齢	T65 Total Dose T65総線量	Hiroshima 広島				Nagasaki 長崎			
		Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
< 15	300 + rad	5	.17	29.41	84.0	3	.17	17.65	45.3
	200 - 299	0	.12	0	0	3	.18	16.67	42.7
	100 - 199	4	.31	12.90	36.9	1	.35	2.86	7.3
	100 +	9	.60	15.00	42.9	7	.70	10.00	25.6
	50 - 99	1	.54	1.85	5.3	0	.38	0	0
	20 - 49	4	1.05	3.81	10.9	0	.48	0	0
	5 - 19	2	2.66	.75	2.1	1	1.80	.56	1.4
	5 - 99	7	4.25	1.65	4.7	1	2.66	.38	1.0
	< 5	6	17.15	.35	1.0	3	7.63	.39	1.0
	Total 合計	22	22.00	1.00	—	11	10.99	1.00	—
15 - 39	300 + rad	8	.38	21.05	116.9				
	200 - 299	3	.26	11.54	64.1				
	100 - 199	4	.66	6.06	33.7				
	100 +	15	1.30	11.54	64.1				
	50 - 99	4	.90	4.44	24.7				
	20 - 49	5	1.53	3.27	18.2				
	5 - 19	1	3.60	.28	1.6				
	5 - 99	10	6.03	1.66	9.2				
	< 5	4	21.67	.18	1.0				
	Total 合計	29	29.00	1.00	—				
15 +	300 + rad					3	.42	7.14	9.5
	200 - 299					3	.56	5.36	7.1
	100 - 199					2	.87	2.30	3.1
	100 +					8	1.85	4.32	5.8
	50 - 99					0	.80	0	0
	20 - 49					0	.92	0	0
	5 - 19					1	2.44	.41	.5
	5 - 99					1	4.16	.24	.3
	< 5					9	11.99	.75	1.0
	Total					18	18.00	1.00	—
40 +	300 + rad	4	.36	11.11	17.6				
	200 - 299	2	.28	.07	1.1				
	100 - 199	2	.83	2.41	3.8				
	100 +	8	1.47	5.44	8.6				
	50 - 99	2	1.38	1.45	2.3				
	20 - 49	5	2.28	2.19	3.5				
	5 - 19	5	5.02	1.00	1.6				
	5 - 99	12	8.68	1.38	2.2				
	< 5	17	26.85	.63	1.0				
	Total 合計	37	37.00	1.00	—				

Expected values are calculated with adjustments for sex & year of onset.

期待数は，性および発病年度を補正して算定した。

FIGURE 4 ANNUAL INCIDENCE RATE /100,000 FOR DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, CHRONICITY OF LEUKEMIA, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

図4 基本標本中の原爆被爆者 100,000 人当たりの診断確定およびほぼ確定な白血病の年間発生率：
T65 総線量，白血病の急性・慢性，および都市別（1950年10月－1966年9月）

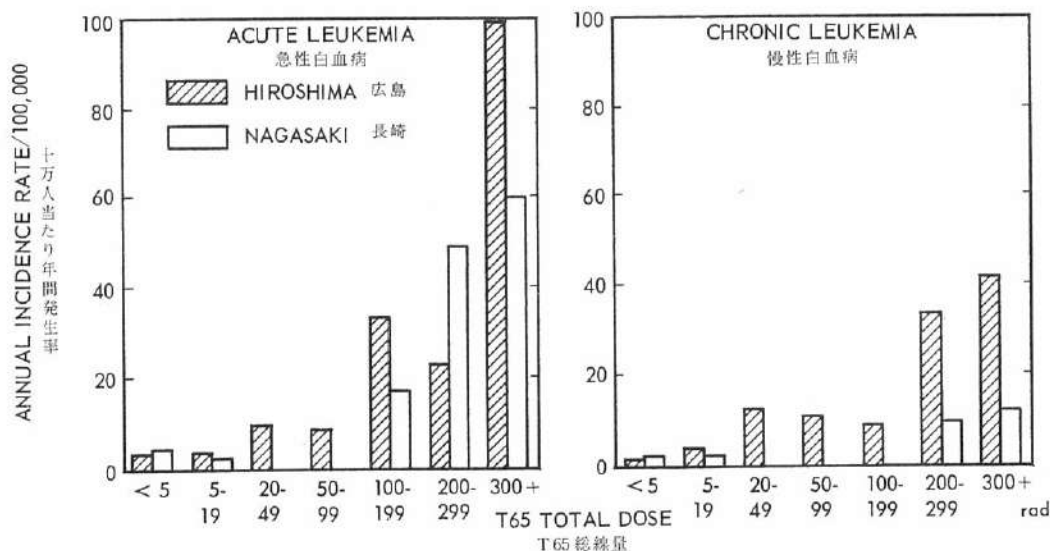


TABLE 14 OBSERVED CASES & PERIOD PREVALENCE RATE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, CHRONICITY OF LEUKEMIA, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表14 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病の観察例数および期間有病率：T65 総線量，白血病の急性・慢性，および都市別（1950年10月－1966年9月）

T65 Total Dose T65総線量	Median T65 Dose T65線量中央値		Subjects 対象例数	Cases 例数		Period Prevalence Rate/1000 期間有病率1000人当たり	
	Gamma ガンマ線	Neutron 中性子線		Acute 急性	Chronic 慢性	Acute 急性	Chronic 慢性
HIROSHIMA 広島							
300 + rad	323	112	825	13	5	15.76	6.06
200 - 299	185	49	606	2	3	3.30	4.95
100 - 199	105	27	1652	9	2	5.45	1.21
50 - 99	56	13	2611	3	5	1.15	1.91
20 - 49	26	5	4555	6	9	1.32	1.98
5 - 19	8	2	10541	4	5	.38	.47
< 5	0	0	62515	23	6	.37	.10
Total 合計	-	-	83305	60	35	.72	.42
NAGASAKI 長崎							
300 + rad	417	7	566	6	1	10.60	1.77
200 - 299	238	3	693	5	1	7.22	1.44
100 - 199	145	2	1174	3	0	2.56	0
50 - 99	69	0	1173	0	0	0	0
20 - 49	31	0	1354	0	0	0	0
5 - 19	5	0	4501	1	1	.22	.22
< 5	0	0	20403	10	3	.49	.15
Total 合計	-	-	29864	25	6	.84	.20

TABLE 15 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, CHRONICITY OF LEUKEMIA, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表15 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病の観察例数および期待例数: T65総線量, 白血病の急性・慢性, および都市別(1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T65総線量	Person Years at Risk 観察人年 (1000人単位)	Observed 観察例数		Annual Incidence rate / 100,000 10万人当たり年間発生率		Expected 期待例数		O/E 比率		Relative Risk 相対的発生比率	
		Acute 急性	Chronic 慢性	Acute 急性	Chronic 慢性	Acute 急性	Chronic 慢性	Acute 急性	Chronic 慢性	Acute 急性	Chronic 慢性
HIROSHIMA 広島											
300 + rad	12.1	12	5	99.17	41.32	.58	.33	10.09	8.33	19.0	46.3
200 - 299	9.0	2	3	22.22	33.33	.43	.24				
100 - 199	24.1	8	2	33.20	8.30	1.17	.63				
50 - 99	38.3	3	4	7.83	10.44	1.88	.94	1.03	2.50	1.9	13.9
20 - 49	67.0	6	8	8.96	11.94	3.25	1.62				
5 - 19	156.0	4	4	2.56	2.56	7.44	3.84				
< 5	915.1	23	4	2.51	.44	43.26	22.41	.53	.18	1.0	1.0
Total 合計	1222.7	58	30	4.74	2.45	58.01	30.01	1.00	1.00	-	-
NAGASAKI 長崎											
300 + rad	8.4	5	1	59.52	11.90	.49	.10	6.13	4.65	9.9	7.9
200 - 299	10.4	5	1	48.08	9.62	.62	.12				
100 - 199	17.7	3	0	16.95	0	1.01	.21				
50 - 99	17.6	0	0	0	0	.99	.20	.18	.85	.3	1.4
20 - 49	20.0	0	0	0	0	1.16	.24				
5 - 19	66.3	1	1	1.51	1.51	3.50	.74				
< 5	297.2	10	2	3.36	.67	16.23	3.39	.62	.59	1.0	1.0
Total 合計	437.6	24	5	5.48	1.14	24.00	5.00	1.00	1.00	-	-

Expected values are calculated with adjustments for sex, age ATB, & year of onset.
期待数は、性、原爆時年齢、および発病年度を補正して算定した。

Four specific types of leukemia occur with sufficient frequency to merit examination in relation to dose: Acute granulocytic, acute lymphocytic, other acute, and chronic granulocytic leukemia. Although the number of leukemia cases is too small to state the dose-response relationship for subtypes of leukemia as shown in Table 16, it is evident that, in both cities, all three acute forms and chronic granulocytic leukemia occur more frequently among persons who received 100 rad and over than among persons who received less than 5 rad. In Hiroshima there is an increased risk for persons in the low dose (5-99 rad) region for acute lymphocytic, other acute type, and especially chronic granulocytic leukemia, but not of acute granulocytic leukemia. However, in Nagasaki no type shows increased risk in the low dose region.

When the data are examined with respect to calendar time in Table 17, it is clear that, after 1955, the risk of leukemia (all forms) tended to decline with time elapsed after the bombs in both cities, especially among those who received 100 rad

次の4種類の白血病の発生率はかなり高いので、線量との関係について検討を行なう価値があると考えた: すなわち、急性骨髄性白血病、急性リンパ球性白血病、その他の急性白血病、および慢性骨髄性白血病。白血病の例数が少ないので、表16に示すような各病型の白血病発生率と線量との関係について明確に結論はつけがたいが、両市とも、この3種の急性白血病ならびに慢性骨髄性白血病は、5 rad未満の被爆者よりも100 rad以上の被爆者に多く発生していることは明らかである。広島の高線量域(5-99 rad)の被爆者には、急性リンパ球性白血病、その他の急性白血病および特に慢性骨髄性白血病のriskが増加しているが、急性骨髄性白血病の増加はない。しかし、長崎では、どの型の白血病にも低線量域でriskの増加は認められない。

表17では、発病時期別に資料を検討してみた。1955年以後の白血病(すべての型)のriskは、両市とも、特に100 rad以上の被爆者においては、原爆後の経過時間とともに低

TABLE 16 INCIDENCE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY TYPE, T65 TOTAL DOSE, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表16 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病の発生率：病型、T65総線量、および都市別（1950年10月-1966年9月）

Type 病型		T65 Total Dose T65総線量							
		Total 総数		100 + rad		5 - 99		< 5	
		Cases 例数	Rate 率	Cases 例数	Rate 率	Cases 例数	Rate 率	Cases 例数	Rate 率
HIROSHIMA 広島									
Acute granulocytic	急性骨髄性	25	2.0	11	24.3	3	1.1	11	1.2
Acute lymphocytic	急性リンパ球性	13	1.1	5	11.1	4	1.5	4	.44
Acute other type	その他の急性型	20	1.6	6	13.3	6	2.3	8	.87
Chronic granulocytic	慢性骨髄性	29	2.4	10	22.1	15	5.7	4	.44
Chronic lymphocytic	慢性リンパ球性	0	0	0	0	0	0	0	0
Chronic other type	その他の慢性型	1	.08	0	0	1	.38	0	0
Total	合計	88	7.2	32	70.8	29	11.1	27	3.0
Person years at risk (1000)		1221.7		45.2		261.4		915.1	
観察人年 (1000当たり)									
NAGASAKI 長崎									
Acute granulocytic	急性骨髄性	13	3.0	6	16.4	1	.96	6	2.0
Acute lymphocytic	急性リンパ球性	7	1.6	6	16.4	0	0	1	.34
Acute other type	その他の急性型	4	.91	1	2.7	0	0	3	1.0
Chronic granulocytic	慢性骨髄性	4	.91	2	5.5	1	.96	1	.34
Chronic lymphocytic	慢性リンパ球性	1	.23	0	0	0	0	1	.34
Chronic other type	その他の慢性型	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	合計	29	6.6	15	41.1	2	1.9	12	4.0
Person years at risk (1000)		437.6		36.5		103.9		297.2	
観察人年 (1000当たり)									

Rate: Cases/ 10^5 /year. 率：年間10万人当たり

or more. Further, as shown in Tables 18 and 19, if the data are examined by chronicity of leukemia, it appears that the risk of acute leukemia remained high during 1960-66 for those who received more than 100 rad. For chronic leukemia, the evidence is somewhat more ambiguous, because of the small number of cases, but the observed number of cases exceeded the number expected during 1960-66: Combining all exposures of 5 rad or more the ratios are 5/1.9 or 2.6 in Hiroshima and 1/0.7 or 1.4 in Nagasaki. At least, there is no evidence that the risk of even chronic leukemia had returned to control levels.

Since the master sample is composed exclusively of persons who survived to 1950, nothing can be learned from this material about cases of leukemia with onset in the first few years after the A-bombs. However, Figure 5 shows, for the years 1950-66, the number of cases with onset in each year, divided into those who had estimated radiation doses of 1 rad or more and those who had essentially no radiation dose from the A-bombs. Among the

下する傾向があることは明らかである。さらにまた、表18および19に示すように、白血病の急性・慢性別に資料の検討を行なうと、1960-66年の期間においても100 rad以上の被爆者では依然として急性白血病のriskが高いことが認められる。慢性白血病については、例数が少ないので、それほどには確実ではないが、1960-66年間の観察例数が期待例数を上回っている：5 rad以上の被爆者全員を合計してみると、観察例数と期待例数との比率は広島で5 / 1.9, すなわち2.6, 長崎で1 / 0.7, すなわち1.4である。少なくとも、慢性白血病のriskさえも対照群の値にまで回復したという証拠はない。

基本標本は、1950年に生存した者で構成されているので、この資料からは、原爆後の数年間に発病した白血病のriskを知ることはできない。しかし、図5では、1950-66年の期間について各年度における発病例数を、推定線量が1 rad以上の者と実質的には原爆による放射線を受けなかった者に分類してみると、放射線を受けた例では、

TABLE 17 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, THREE PERIODS, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表17 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病的観察例数および期待例数：T65総線量，三つの期間，および都市別（1950年10月—1966年9月）

T65 Total Dose T65総線量	1950-55				1955-60				1960-66			
	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
HIROSHIMA 広島												
300+ rad	10	.37			4	.31			3	.22		
200 - 299	3	.26			2	.23			0	.17		
100 - 199	4	.71			4	.64			2	.46		
100+	17	1.34	12.69	47.0	10	1.18	8.47	15.1	5	.85	5.88	13.7
50 - 99	4	1.06			1	1.00			2	.76		
20 - 49	5	1.86			4	1.71			5	1.29		
5 - 19	2	4.37			3	4.00			3	2.91		
5 - 99	11	7.29	1.51	5.6	8	6.71	1.19	2.1	10	4.96	2.02	4.7
< 5	7	26.37	0.27	1.0	13	23.12	.56	1.0	7	16.18	.43	1.0
Total 合計	35	35.00	1.00	-	31	31.01	1.0	-	22	21.99	1.0	-
NAGASAKI 長崎												
300+ rad	3	.22			2	.16			1	.21		
200 - 299	2	.30			2	.18			2	.28		
100 - 199	2	.47			1	.30			0	.45		
100+	7	.99	7.07	13.1	5	.64	7.81	14.2	3	.94	3.19	4.3
50 - 99	0	.44			0	.32			0	.42		
20 - 49	0	.52			0	.38			0	.50		
5 - 19	0	1.60			0	1.19			2	1.45		
5 - 99	0	2.56	0	0	0	1.89	0	0	2	2.37	.84	1.1
< 5	4	7.45	.54	1.0	3	5.48	.55	1.0	5	6.69	.75	1.0
Total 合計	11	11.0	1.0	-	8	8.01	1.00	-	10	10.00	1.0	-

Expected values are calculated with adjustments for sex & age ATB.

期待数は，性および原爆時年齢を補正して算定した。

irradiated cases, the peak in incidence was in 1951, since which time incidence has generally declined, although erratically. However, among the distally located survivors, who received little or no radiation, the number of cases each year is relatively few, and apart from the random fluctuation to be expected with such small numbers, no change in incidence is apparent.

Further, the experience is divided into three dose categories tabulated by age ATB (under 25 and 25 or more) and city: cases occurring among survivors who received 100 rad or more; cases who received 1-99 rad; and cases who received negligible dose. As shown in Table 20, the data suggest that among those aged less than 25 ATB the median year of onset is earlier in the high dose region than in the low or negligible dose regions in both cities.

発生率のピークは1951年であり，それ以後は上下はあるが，おおむね下降線をたどる。しかし，放射線をほとんどまたは全然受けていない遠距離被爆者では，各年の発病例数はかなり少なく，このような少数例の場合に予想される偶然変動を考慮すれば，発生率に変化がないように思われる。

さらに，白血病例を三つの線量群に分類してみた。すなわち，被曝線量が100 rad以上の者，1-99 radの者，無視できる程度の者の3群に分けて，原爆時年齢（25歳未満および25歳以上）および都市別に検討した。表20に示したように，原爆時に25歳未満であった者では，発病年次の中央値は両市とも，低線量または無視できる程度の線量群よりも高線量群の方が早いことが示唆される。

TABLE 18 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE & PROBABLE ACUTE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, THREE PERIODS, & CITY
(OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表18 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な急性白血病の観察例数および期待例数:
T65総線量, 三つの期間, および都市別(1950年10月-1966年9月)

Period 期間	T65 Total Dose T65総線量	Hiroshima 広島				Nagasaki 長崎			
		Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
1950-55	300 + rad	5	.19			2	.19		
	200 - 299	1	.13			1	.26		
	100 - 199	2	.36			2	.41		
	100 +	8	.68	11.76	22.6	5	.86	5.81	8.80
	50 - 99	2	.55			0	.37		
	20 - 49	0	.97			0	.44		
	5 - 19	1	2.23			0	1.28		
	5 - 99	3	3.75	.80	1.5	0	2.09	0	0
	< 5	7	13.57	.52	1.0	4	6.05	.66	1.0
	Total 合計	18	18.00	1.00	-	9	9.00	1.00	-
1955-60	300 + rad	4	.25			2	.14		
	200 - 299	1	.19			2	.16		
	100 - 199	4	.51			1	.27		
	100 +	9	.95	9.47	16.1	5	.57	8.77	20.9
	50 - 99	1	.81			0	.29		
	20 - 99	3	1.39			0	.33		
	5 - 19	1	3.21			0	1.02		
	5 - 99	5	5.41	.92	1.6	0	1.64	0	0
	< 5	11	18.65	.59	1.0	2	4.78	.42	1.0
	Total 合計	25	25.01	1.00	-	7	6.99	1.00	-
1960-66	300 + rad	3	.14			1	.16		
	200 - 299	0	.11			2	.20		
	100 - 199	2	.30			0	.34		
	100 +	5	.55	9.09	20.2	3	.70	4.29	5.8
	50 - 99	0	.52			0	.32		
	20 - 49	3	.89			0	.39		
	5 - 19	2	2.00			1	1.20		
	5 - 99	5	3.41	1.47	3.3	1	1.91	.52	.70
	< 5	5	11.04	.45	1.0	4	5.39	.74	1.0
	Total 合計	15	15.00	1.00	-	8	8.00	1.00	-

Expected values are calculated with adjustments for sex & age ATB.

期待数は, 性および原爆時年齢を補正して算定した。

TABLE 19 OBSERVED & EXPECTED CASES OF DEFINITE AND PROBABLE CHRONIC LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, THREE PERIODS, & CITY
(OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表19 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な慢性白血病の観察例数および期待例数：
T65総線量，三つの期間，および都市別（1950年10月—1966年9月）

Period 期間	T65 Total Dose T65総線量	Hiroshima 広島				Nagasaki			
		Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率	Observed 観察数	Expected 期待数	O/E 比率	Relative Risk 相対的発生比率
1950-55	300 + rad	5	.19			1	.03		
	200 - 299	2	.13			1	.03		
	100 - 199	2	.35			0	.06		
	100 +	9	.67	13.43	-	2	.12	16.67	-
	50 - 99	2	.50			0	.07		
	20 - 49	5	.89			0	.09		
	5 - 19	1	2.14			0	.32		
	5 - 99	8	3.53	2.27	-	0	.48	0	-
	< 5	0	12.80	0	1.0	0	1.40	0	1.0
	Total 合計	17	17.00	1.00		2	2.00	1.00	
1955-60	300 + rad	0	.06			0	.02		
	200 - 299	1	.04			0	.02		
	100 - 199	0	.13			0	.03		
	100 +	1	.23	4.35	9.7	0	.07	0	0
	50 - 99	0	.19			0	.03		
	20 - 49	1	.32			0	.04		
	5 - 19	2	.79			0	.16		
	5 - 99	3	1.30	2.31	5.1	0	.23	0	0
	< 5	2	4.47	.45	1.0	1	.70	1.43	1.0
	Total 合計	6	6.00	1.00		1	1.00		
1960-66	300 + rad	0	.08			0	.05		
	200 - 299	0	.06			0	.08		
	100 - 199	0	.16			0	.11		
	100 +	0	.30	0	0	0	.24	0	0
	50 - 99	2	.24			0	.10		
	20 - 49	2	.40			0	.12		
	5 - 19	1	.92			1	.25		
	5 - 99	5	1.56	3.21	8.2	1	.47	2.13	2.7
	< 5	2	5.14	.39	1.0	1	1.29	.78	1.0
	Total 合計	7	7.00	1.00		2	2.00	1.00	

Expected values are calculated with adjustments for sex & age ATB.

期待数は，性および原爆時年齢を補正して算定した。

FIGURE 5 DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA CASES (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE (HIROSHIMA & NAGASAKI COMBINED) BY YEAR OF ONSET AND T65 TOTAL DOSE (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

図5 基本標本(広島・長崎合計)中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病例(すべての病型)の分布:
発病年度およびT65総線量群別(1950年10月-1966年9月)

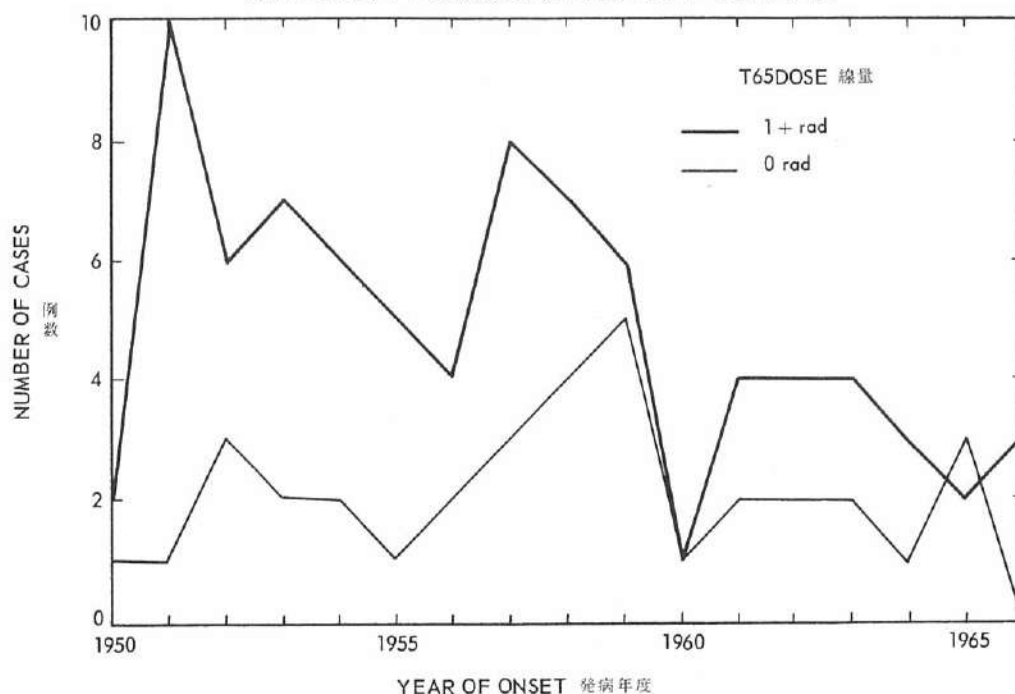


TABLE 20 MEDIAN CALENDAR YEAR OF ONSET OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 TOTAL DOSE, AGE ATB, & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表20 基本標本中の原爆被爆者における診断確定およびほぼ確定な白血病の発病年度中央値: T65総線量, 原爆時年齢, および都市別(1950年10月-1966年9月)

T65 Total Dose T65総線量	Age ATB 原爆時年齢			
	< 25		25 +	
	Cases 例数	Median 中央値	Cases 例数	Median 中央値
HIROSHIMA 広島				
100+ rad	15	1954	17	1957
1 - 99	12	1956	19	1956
0	8	1959	17	1958
NAGASAKI 長崎				
100+ rad	10	1956	5	1958
1 - 99	3	1957	1	1961
0	3	1961	7	1958

Mann-Whitney U test showed significant difference between cases who received more than 100 rad & cases with less than 100 rad among those under age 25 ATB.

Mann-Whitney U 検定では、原爆時年齢が25歳未満であった者のうち、100 rad 以上を受けた例と100 rad 未満を受けた例との間に有意な差が認められた。

Hiroshima U test $P < .001$ Nagasaki U test $P < .10$
広島 U 検定 長崎 U 検定

Examined by chronicity of leukemia, the tendency was similar to the findings in all forms of leukemia. However, there was no evidence here that the higher dose group had earlier onset of leukemia among those aged 25 or more ATB.

In the Life Span Study sample, there are 4526 persons in both cities in the category of "early entrants", that is, who entered within 30 days after the bombs. Among them, four leukemia cases were detected but none who entered within 3 days after the atomic bombs. The number of cases observed was too small to permit any statement about the pattern of leukemia among early entrants. Further, one case of chronic granulocytic leukemia (MF) was detected in the Nishiyama district of Nagasaki during the 20-year period after the bomb.³¹ This may be relevant since fallout produced a certain amount of residual radiation in the Nishiyama district.¹¹

DISCUSSION

Data on leukemia which occurred among A-bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki during the past 16 years are presented, with emphasis on the relation of leukemia incidence to estimated radiation dose. The analysis has been conducted in relation to the tentative 1965 estimated radiation dose, in the largest fixed cohort in ABCC. However, leukemia is a rare disease, and when an attempt is made to study several factors at once, the number of cases in each cell of the resulting table becomes very small.

The experience of A-bomb survivors is unique in that it consists of whole-body radiation of varying amounts. Moreover, it is known that there were qualitative differences in the radiation by city. That is, because of differences in construction, the Hiroshima bomb produced both gamma rays and neutrons, while the Nagasaki bomb produced gamma rays and few neutrons.^{4,28}

Dose-Response Relation in Incidence of Leukemia (all forms)

Although ionizing radiation can evidently induce leukemia, the rate depends on the dose received. The first evidence in humans of an increase in leukemia incidence with increasing radiation dosage was presented by Court Brown and Doll.³ Their investigation concerned patients who received relatively large amounts of X-irradiation in the treatment of ankylosing spondylitis. They concluded that they could not rule out the existence of a

この資料を白血病の急性・慢性別に検討すると、すべての型の白血病の場合における所見と同様の傾向が認められた。しかし、原爆時年齢が25歳以上の者では、高線量群の方が発病が早かったことを示す証拠は認められなかった。

寿命調査サンプルには、「早期入市者」、すなわち原爆後30日以内に入市した者が4526人ある。そのうち、白血病は4例発見されているが、原爆後3日以内の入市者は1例もなかった。観察例数が少ないため、早期入市者中の白血病については何ともいえない。なお、原爆後20年間に長崎市西山地区で慢性骨髄性白血病が1例(MF)発見されている。³¹ 西山地区では、放射性降下物のためにある程度の残留放射線があったので、この症例は関係があるかもしれない。¹¹

考 察

過去16年間に広島および長崎の原爆被爆者に発生した白血病に関する資料について述べ、特に白血病発生率と推定放射線量との関係を報告した。ABCCにおける最も大きな固定コホートを用いてT 65D推定放射線量との関係の解析を行なった。しかし、白血病はまれな疾患であるため、同時にいくつかの要因を調べようとする場合には、集計表の各項目の例数は非常に小さくなる。

原爆被爆者では、種々の量の放射線の全身照射を受けていることが特徴である。そのうえ、両市間には放射線の線質が異なっていたことも知られている。すなわち、原爆の構造の違いのため、その放射線は広島の前爆ではガンマ線と中性子線の両方が放出されたのに対して、長崎の前爆は主としてガンマ線と微量の中性子線であった。^{4,28}

白血病(すべての型)の発生率における線量反応関係

電離放射線は白血病を誘発することは明らかであるが、その発生率は被曝線量に左右される。白血病の発生率が放射線線量の増加とともに増加することを人間で最初に認めた所見は、Court Brown および Doll によって報告された。³ かれらの調査は、強直性脊椎炎の治療のため比較的多量のX線を受けた患者を対象としたものであった。その著者らの結論では、閾値の存在は否定できない

threshold but suggested that a linear relation without threshold constitutes a good "working hypothesis". Lewis³² supported a linear theory of leukemogenesis. However, many other authors³³⁻⁴¹ are not convinced of the linear theory of leukemogenesis in the low dose region. Some authors³⁹⁻⁴¹ hypothesize a threshold at 50-100 rad. However, conclusions are drawn mainly from reevaluations of data previously presented regarding the experience of the A-bomb survivors using T57 dosimetry and the reports on spondylitis treated by X-ray.

The present analysis of master sample data indicates that the risk of leukemia is significantly elevated in those exposed even to 20-50 rad in Hiroshima. However, there is an evident suggestion that there might be a threshold at about 100 rad (essentially all gamma dose) in Nagasaki. There seem to be differences between Hiroshima and Nagasaki in the response to total dose. It appears that the risk of leukemia was greater in Hiroshima than in Nagasaki at every level of total dose (gamma dose + neutron dose as 1:1), even when the risk is calculated by comparing observed with expected leukemia cases after adjustment for age ATB, sex, and year of onset. Therefore, the question arises whether this apparent discrepancy between the cities results from a relative biological effectiveness (RBE) of neutrons greater than one, for leukemia, or whether there are errors in the estimates of the relative dose in the two cities. Although the risk of leukemia incidence is quite similar for those who received negligible amounts of radiation in the two cities, a further possibility exists that the populations of the two cities differ innately. There were, after all, several cases of chronic lymphocytic leukemia in Nagasaki among A-bomb survivors who received negligible doses, while not a single case has been seen in the larger number of Hiroshima survivors. In view of these doubts, it does not seem appropriate to subject the data to sophisticated mathematical treatment but it is of interest to see what value of RBE* of neutrons would best fit the data if we ignore our questions for the moment. We have, therefore, constructed RBE doses, by combining the gamma and neutron doses in the portions 1:X, and then examined the occurrence of leukemia in relation to this RBE dose. RBE dose was calculated as follows:

Tentative 65 Dose (rad) Gamma (X), Neutron (Y), RBE Dose as RBE of 5 (X + 5Y)
T65D 線量 (rad) のガンマ線 (X), 中性子線 (Y), RBE が 5 である場合の RBE 線量 (X + 5Y)

*We define RBE dose here as follows: If the gamma and neutron doses to a survivor are designated as x and y , and if all doses $z = x + By$ produce the same effect independently of the individual values of x and y , then we call B the Relative Biologic Effect of neutrons as compared with gamma radiation.

ここでは RBE を次のとおり定義した: 被爆者が受けたガンマ線および中性子線量を x および y とし、線量 $z = x + By$ によって計算した線量値が、個々の x および y の値とは無関係に、すべて同じ影響を生ずる場合、 B をガンマ線に対する中性子線の相対的生物学的効果の値と定義した。

が、「実用的な仮説」として閾値のない直線回帰が示唆されるとしている。Lewis³² は、白血病の発生は線型仮説によく一致すると認めている。しかし、低線量域については、白血病発生の直線回帰モデルに疑問をもつ研究者が多い。³³⁻⁴¹ 50-100 rad に閾値があると考ええる研究者もある。³⁹⁻⁴¹ しかし、これらの結論は主として T57 D 線量推定値に基づいて以前に発表された原爆被爆者の資料および X 線治療を受けた脊椎炎患者の資料を再評価して得たものである。

基本標本の資料に関する今回の解析の結果、広島では 20-50 rad の被爆者においても白血病の risk が有意に上昇していることが認められる。しかし、長崎では約 100 rad (ほとんどすべてガンマ線) に閾値があることが示唆される。総線量別にみた白血病発生率には、広島・長崎両市間で差があるように思われる。白血病の観察例数と原爆時年齢、性および発病年度を補正した期待例数との比較をしてみても、いずれの総線量値 (ガンマ線量と中性子線量とを 1 対 1 の割合で合計) においても広島 の risk は長崎より高いように思われる。したがって、ここにみられる両市間の差は、白血病発生のための中性子線の相対的生物学的効果 (RBE) が 1 より大きいためか、両市における相対的線量の推定値に誤差があるためかという問題が生じてくる。両市で無視できる程度の放射線を受けた者では、白血病発生の risk はほぼ同じであるが、いま一つの可能性としては、両市の人口に宿主要因の差があることも考えられる。すなわち、無視できる程度の線量を受けた原爆被爆者のうち慢性リンパ球性白血病が長崎では数例あったが、被爆者数のより多い広島では 1 例も認められていない。このような疑問があるため、資料の精密な数学的検討を試みることは適当ではないかもしれないが、これらの問題を一応無視して、中性子線の RBE* の値はどの程度の値が資料に最もよく一致するかをみることは興味のあることである。このために、ガンマ線と中性子線量とを 1 対 X の割合で合計して RBE 線量を計算し、白血病の発生とこの RBE 線量との関係を検討した。RBE 線量は次のように算定した。

Table 21 shows the data when tentative values of 4, 5, and 6 were used for the RBE and Figure 6 shows the data for RBE 5 graphically. These values were used after preliminary investigation had shown that the best value was likely to be in the neighborhood of 5. It appears that, for leukemia of all types combined, in terms of the RBE doses, the best fit seems to be that which corresponds to an assumed RBE of 5, and for this value the data are consistent with a single linear model in both cities. On the other hand, the Nagasaki rates do not rise above the background rates until about 40 rad, while the Hiroshima data show no evidence of a threshold. It is true, however, that the sampling variability of the observed number of cases in Nagasaki in the dose range 50-99 rad is quite large: The expected number of cases is only 1.5 on the linear hypothesis, and the observed number of zero is not inconsistent with that expectation. If

表21には、RBEの値を暫定的に4、5および6とした場合の資料を示し、図6にはRBEを5とした場合の資料を図示した。予備的検討の結果、最良の値が5付近であると認められたので、上記の値を用いることにした。すべての型の白血病を合計した場合のRBE線量と発生率との関係を見ると、RBEを5と仮定した時両市の発生率は、合致するようと思われる、この値では、発生率が両市とも単一の直線回帰の線型モデルに一致する。その反面、長崎の発生率は約40 radに至るまでは自然発生率を越えない。しかし、広島資料では明らかに閾値は認められない。しかし、長崎の50-99 radの線量群では、観察数のサンプルの変動が非常に大きいことは確かである：線型仮説に基づく期待発生数はわずか1.5例であり、観察数が1例もないことはその期待値と矛盾するものではない。

TABLE 21 INCIDENCE OF DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 RBE DOSE & CITY (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表21 基本標本中の原爆被爆者における診断確実およびほぼ確実な白血病(すべての病型)の発生率:
T65 RBE 線量および都市別(1950年10月-1966年9月)

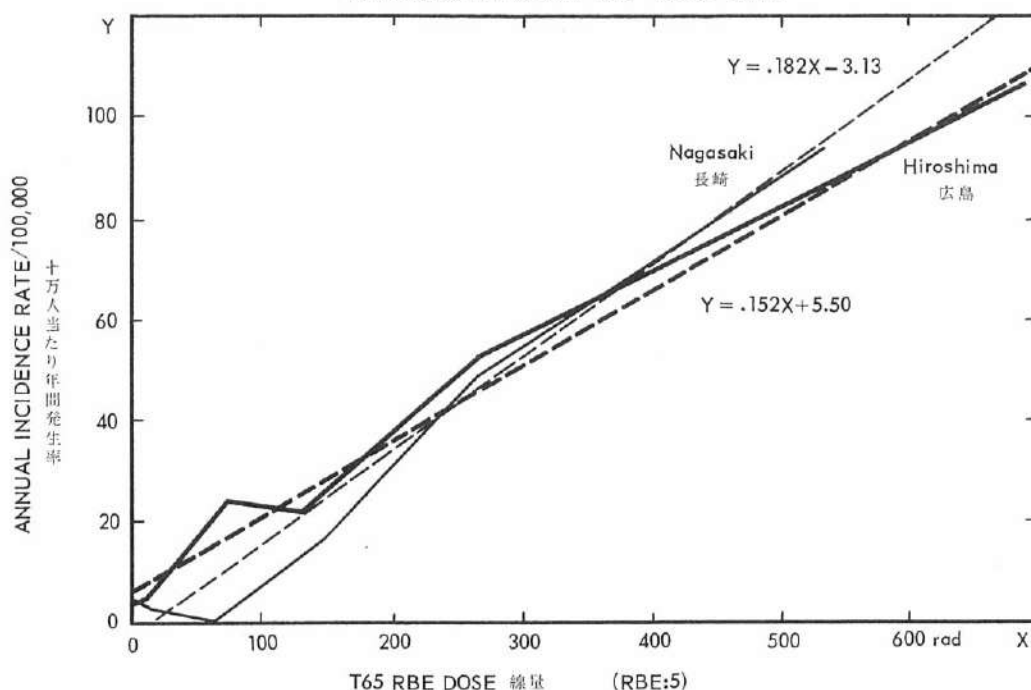
T65 RBE Dose T65 RBE 線量 X	RBE : 4			RBE : 5			RBE : 6		
	Median Dose 線量中央値	Cases 例数	Rate Y_4 率	Median Dose 線量中央値	Cases 例数	Rate Y_5 率	Median Dose 線量中央値	Cases 例数	Rate Y_6 率
HIROSHIMA 広島									
400 + rad	660	17	103.0	682	21	107.4	698	22	98.3
200 - 399	260	11	55.7	270	11	52.7	272	12	53.9
100 - 199	135	10	31.7	136	7	20.7	136	7	19.7
50 - 99	69	8	18.6	70	10	23.3	69	10	22.0
1 - 49	15	17	5.1	15	14	4.3	15	12	3.8
0	0	25	3.2	0	25	3.2	0	25	3.2
NAGASAKI 長崎									
400 + rad	525	5	96.3	529	5	94.6	520	5	91.1
200 - 399	262	7	48.0	261	7	46.5	264	7	46.6
100 - 199	146	3	17.3	146	3	17.8	147	3	17.8
50 - 99	68	0	0	68	0	0	68	0	0
1 - 49	12	4	2.7	12	4	2.7	10	4	2.7
0	0	10	4.3	0	10	4.3	0	10	4.3
Regression Coefficient									
回帰係数									
RBE : 4									
Hiroshima 広島	$Y_4 = .151X + 7.32$			RBE : 5			RBE : 6		
Nagasaki 長崎	$Y_4 = .187X - 3.44$			$Y_5 = .152X + 5.50$			$Y_6 = .137X + 6.35$		
				$Y_5 = .182X - 3.13$			$Y_6 = .178X - 2.82$		
Test of homogeneity of two regression									
二つの回帰の均一性検定									
F = 2.51									
P : > .05									
F = 1.71									
P : > .05									
F = 2.19									
P : > .05									

Rate/100,000/year. 100,000 人当たりの年間発生率

FIGURE 6 ANNUAL INCIDENCE RATE/100,000 FOR DEFINITE & PROBABLE LEUKEMIA AMONG A-BOMB SURVIVORS IN THE MASTER SAMPLE BY T65 RBE DOSE (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

図6 基本標本中の原爆被爆者 100,000 人当たりの診断確定およびほぼ確定な白血病の年間発生率:

T65 RBE 線量別 (1950年10月-1966年9月)



the data are to be taken as indicative of a real difference in response in the two cities, the implication would appear to be that there is a threshold for gamma radiation alone about 50 rad, but that there is no threshold for mixed gamma and neutron radiation. We are reluctant to adopt such an explanation.

This analysis is predicated on the assumption that the present doses are reasonably accurate. However, an alternative explanation of the difference between the two cities would be a modest physical underestimate of the air-dose curves of the Hiroshima A-bomb, or an overestimate of the Nagasaki curves, or some combination of the two.

Further, as pointed out above, there are at least reasons for questioning whether there may be some genetic or other differences between the populations of the two cities that account in part at least for the observed differences. We present the above analysis only to indicate that if the populations are the same, and if there is no relative error in the two sets of air-dose curves, and if the discrepancy results only from differences in the types of radiation between the two bombs, then it appears that the RBE of neutrons as compared with gamma radiation for leukemogenesis in humans is about 5.

この資料が両市の反応に実際に差があることを示すものであるならば、ガンマ線のみの場合には50 rad 付近に閾値があるが、ガンマ線および中性子線の混合放射線の場合には閾値がないことが示唆されるという結論を不本意ながら導き出すほかには適当な解釈が見当たらない。

今回の解析は、現在の線量がかなり正確であると仮定して行なった。しかし、広島原爆の空気線量曲線についての物理学的な過小推定、または、長崎における曲線の過大推定、あるいは、この二つの組み合わせによっても両市間の差を説明することができる。

なお、先に指摘したように、両市の人口における遺伝学的またはその他の違いによって、両市間に観察されている差の原因の一部を説明できるかもしれない。前記の解析では、広島と長崎の二つの人口特性は同一であり、両市の空気線量曲線は相対的誤差がなく、両市の白血病発生率の差異の原因が二つの爆弾による放射線の線質の違いによってのみ生じたものと仮定した場合、人間における白血病の誘発のためのガンマ線に対する中性子線のRBE値は約5であることを示したにすぎない。

In Hiroshima, neutrons were relatively much more important than in Nagasaki, especially near the hypocenter, that is, within about 1600 m from the hypocenter.⁴ Therefore, if the RBE of neutrons for leukemogenesis exceeds one, we should expect to find a more steeply increasing curve of incidence with increasing total dose (gamma + neutrons as 1:1) in Hiroshima than in Nagasaki. This is a possible explanation of the fact that, as seen in Tables 8 and 9, the risk increases more steeply with increasing dose in Hiroshima than in Nagasaki. A further implication is that, if the RBE exceeds one, even if a linear regression model actually does hold for gamma radiation or neutrons separately, then, especially in Hiroshima, the regression of leukemia on T65 total dose should exhibit curvature, that is, increasing slope with increasing total dose because the relative contribution of neutrons to total dose is an increasing function of total dose.

The coefficients of RBE dose shown in Table 21 are, in fact, the estimated increases in leukemia incidence per rad. Since considerable interest attaches to such estimates of risk, they are shown for values of RBE from 1 to 7 in Table 22 for each city and for the combined experience.

TABLE 22 INCREASE IN ANNUAL RISK OF LEUKEMIA/1,000,000/rad AS A FUNCTION OF ASSUMED RBE (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)
表22 仮定的なRBEの関数としての1 rad当たり人口100万当たりの白血病年間発生率の増加(1950年10月-1966年9月)

Assumed RBE 仮定的なRBE	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Both Cities Combined 両市合計
1	2.5	2.0	2.3
2	2.3	2.0	2.2
3	1.8	1.9	1.9
4	1.5	1.9	1.7
5	1.5	1.8	1.6
6	1.4	1.8	1.5
7	1.2	1.7	1.4

Although we believe that the data do not appear to be sturdy enough to make a sophisticated analysis of a possible nonlinear dose relationship, a simple analysis⁴² was done, employing those who received 1 rad or more in the Extended Life Span Study sample in relation to period prevalence of leukemia during 1 October 1950 - 30 September 1966.

Table 23 summarizes the results. Figure 7 shows the theoretical curves of best fit for the two cities. Both the Hiroshima data and the Nagasaki data showed that the second and third power coefficient were highly significant, thus decisively rejecting

中性子線は、広島において長崎の場合よりもはるかに重要であり、特に爆心地に近いところ、すなわち、爆心地から約1600m未満の距離において重要である。⁴ したがって、白血病誘発に対する中性子線のRBEが1以上であれば、総線量(1対1の割合でガンマ線+中性子線)の増加とともに広島における発生率は長崎よりも急角度で上昇することが期待される。表8および表9にみられるように、線量の増加とともに広島のriskが長崎より急激に増加していることは、この理由で説明できるかもしれない。さらに、もしRBEが1以上であれば、ガンマ線あるいは中性子線のみが単独の場合に実際に線型回帰モデルがあてはまるとしても、特に広島においては、白血病のT65D総線量に対する回帰は曲線、すなわち、総線量の増加とともに勾配は増加を示すはずである。なぜならば、総線量の中で中性子線の果たす相対的役割は、総線量に従って増加する関数関係にあるからである。

表21に示したRBE線量に対する係数は、実は、1 radあたりの白血病発生率の増加の推定値である。riskについてのこのような推定値には相当な興味を持たれるので、表22ではRBE値が1から7の場合について都市別および両市を合計して示した。

線量と発生率との非線型的関係についての精密な解析のためには資料はふじゅうぶんと思われるが、寿命調査拡大サンプル中の1 rad以上の被爆者を対象に、1950年10月1日から1966年9月30日までの白血病の期間有病率についての簡単な解析を行なった。⁴²

表23にはその結果を要約した。図7には、両市において適合が最良であった理論的曲線を示した。広島・長崎両市の資料に対しては、2次元および3次元の係数が非常に有意であり、したがって、線型仮説は確実に否定され

FIGURE 7 THEORETICAL CUBIC REGRESSION CURVE FOR BEST FITTING TO NONLINEAR REGRESSION
MODEL FOR PROBABILITY OF PERIOD PREVALENCE OF LEUKEMIA, HIROSHIMA & NAGASAKI
(OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

図7 白血病の期間有病率の確率に関する非線型回帰モデルに最もよく適合する理論的な三次元回帰曲線、
広島・長崎 (1950年10月-1966年9月)

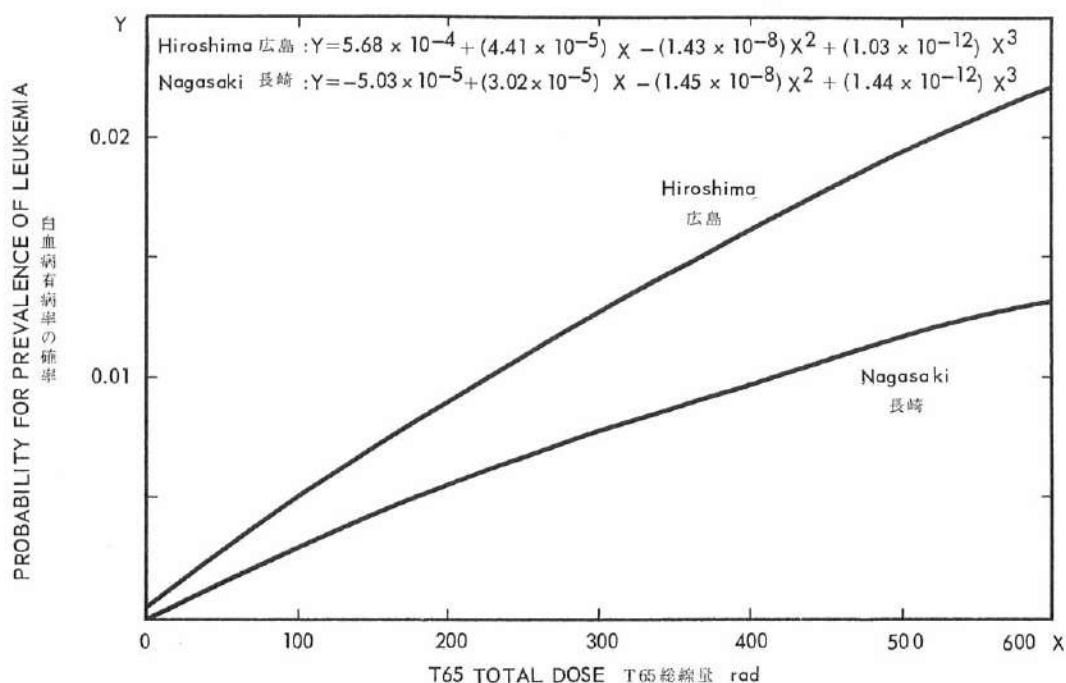


TABLE 23 SUMMARY OF STATISTICS FOR ANALYSIS OF DOSE RESPONSE RELATED TO PERIOD PREVALENCE
OF LEUKEMIA (ALL FORMS) AMONG A-BOMB SURVIVORS WHO RECEIVED 1 RAD OR MORE IN THE EXTENDED
LIFE SPAN STUDY SAMPLE WITH RESPECT TO NONLINEAR REGRESSION (OCTOBER 1950-SEPTEMBER 1966)

表23 寿命調査拡大サンプル中の1 rad以上を受けた原爆被爆者における白血病(すべての病型)の期間有病率
と線量との関係についての非線型回帰に関する解析における統計量の要約 (1950年10月-1966年9月)

Statistic 統計	SS	DF	MS	F	P
HIROSHIMA 広島					
Linear regression 線型回帰	.1588	1	.1588	70.922	<.01
Excess due to quadratic 二次式に従う増加	.1608	1	.1608	71.808	<.01
Excess due to cubic 三次式に従う増加	.0682	1	.0682	30.451	<.01
Residual 残差	67.459	30131	.0022		
Total 合計	67.847	30134			
NAGASAKI 長崎					
Linear regression 線型回帰	.0350	1	.0350	24.230	<.01
Excess due to quadratic 二次式に従う増加	.0406	1	.0406	28.065	<.01
Excess due to cubic 三次式に従う増加	.0243	1	.0243	16.792	<.01
Residual 残差	19.871	13750	.0014		
Total 合計	19.971	13753			

Cubic regression equations for best fitting to the data
資料に最もよく適合する三次元回帰方程式

$$\text{Hiroshima 広島} : Y_{(H)} = 5.68 \times 10^{-4} + (4.41 \times 10^{-5}) X - (1.43 \times 10^{-8}) X^2 + (1.03 \times 10^{-12}) X^3$$

$$\text{Nagasaki 長崎} : Y_{(N)} = -5.03 \times 10^{-5} + (3.02 \times 10^{-5}) X - (1.45 \times 10^{-8}) X^2 + (1.44 \times 10^{-12}) X^3$$

(T65 Total Dose: X, Y=1:Leukemia, Y=0:Not Leukemia) (T65総線量: X, Y=1: 白血病, Y=0: 白血病でないもの)

Analysis of variance for 3rd degrees of fitting 三度の適合に関する分散分

the linear hypothesis. There are a number of possible alternative explanations for this finding, beyond the question of the applicability of the test, and we would emphasize, especially, the problem raised by uncertainty in the dose estimates, especially at the higher levels of dose.¹⁷ It is evident that we are not yet in a position to state in a definitive way the quantitative relationship between radiation dose and leukemia incidence.

There are several reasons for uncertainty of dose estimates in the higher dose region: a much greater variation of estimated dose with distance from the hypocenter at the nearer distances, selection of the ABCC fixed sample with respect to 5-year survival after exposure to the bombs, some uncertainty of real shielding history resulting from erroneous histories for persons allegedly near the hypocenters, etc. Further, the size of the study sample and the number of leukemia cases are both small in the high dose region and therefore, sampling fluctuation is great.

Type of Leukemia among A-bomb Survivors

There is a notable difference between the two cities with respect to the proportions of acute or chronic leukemia which occurred among the survivors who received A-bomb radiation. In Hiroshima, the incidence of chronic granulocytic leukemia was increased in survivors who received total doses of more than 5 rad. In Nagasaki, no increase is observed below 200 rad - in fact, there are no cases at all between 20 and 200 rad. On the other hand, the risk of acute leukemia increases with increasing radiation dose in both cities especially among those who received total doses estimated at 100 rad or more.

Among those who received total doses less than 20 rad, the experience of the two cities, as to both the incidence of leukemia and its distribution by chronicity is not too different. However, among those who received larger doses, the Nagasaki experience is especially notable for the paucity of cases of chronic leukemia. Thus, among those who had estimated total doses of 200 rad or more, only two cases of chronic leukemia were found in Nagasaki, although at the Hiroshima rates, 7.1 such cases would be expected. Moreover, in Nagasaki, the two cases of chronic leukemia were under 15 years of age ATB.

The possible explanations of this finding are: differences in the application of diagnostic criteria as between the cities; some innate biological difference in the two populations; or a specific

た. この検定法の可否の問題を一応除けば, この所見に対してはいくつかの説明が可能であり, われわれは特に高線量域における線量推定値の不確実性によって生ずる問題を指摘したい.¹⁷ 放射線量と白血病発生率との量的な関係について確定的なことがいえる立場にはまだないことは明らかである.

高線量域における線量推定値が不確実であることについては, いくつかの理由がある: 近距離では, 被爆距離に伴って推定線量の変動がはるかに大きいということ, ABCC 固定サンプルの抽出が原爆被爆から5年後に生存していた者について行なわれたということ, 爆心地に近かったと報告した者の調査記録が不正確であるために遮蔽調査についての若干の不確実性があることなどである. なお, 高線量域では調査サンプルの大きさおよび白血病の例数がいずれも相対的に小さいので, サンプル抽出上の変動が大きい.

原爆被爆者における白血病の病型

原爆放射線を受けた者に発生した急性および慢性白血病の割合には, 両市間に著しい差がある. 広島では, 総線量が5 rad以上の者に慢性骨髄性白血病の発生率の増加が認められたが, 長崎では200 rad未満の者では増加がなく, 実は20-200 radの間には1例もなかった. 反面, 急性白血病のriskは, 両市, 特に被爆総線量が100 rad以上と推定される者に, 放射線量の増加につれて増大する.

20 rad未満の総線量を受けた者においては, 白血病発生率およびその急性慢性別の分布に, 両市間ではさほどの差はない. しかし, もっと多量の線量を受けた者では, 長崎に慢性白血病例の少ないことが特に注目され, 推定総線量が200 rad以上の者では, 広島における慢性白血病例の頻度に従えば7.1例の発生数が期待されるのに対して長崎でわずかに2例が発見されたにすぎない. しかも, 長崎では慢性白血病の2例は原爆時年齢15歳未満の者であった.

この所見の原因には, 次のことが考えられる: 診断基準の適用方法が両市間で差異があった. 両市の人口に本質的ななんらかの生物学的差異がある. または, ガンマ線

ability of neutron irradiation to induce chronic as well as acute leukemia while gamma radiation chiefly induces acute leukemia. We believe that the diagnostic criteria used in the two cities were the same. All materials were reviewed by a single group of hematologists and peripheral blood smears were periodically exchanged between hematologists in the two cities. The question of an innate difference between the populations seems unlikely, although it is true that chronic lymphocytic leukemia occurs in Nagasaki (among survivors who received negligible doses), but not in Hiroshima, so the possibility cannot be dismissed out of hand. The most tenable explanation, then, would appear to be a difference between neutrons and gamma irradiation with respect to the kind of leukemia which is induced.

Court Brown and Doll³ reported that the patients who received therapeutic irradiation for spondylitis tended to develop acute leukemia, in contrast with persons occupationally exposed, who developed chronic leukemia.^{43,44} The X-rays to which both groups were exposed are qualitatively similar to gamma rays. There are large differences between the two groups as to dose rate, anatomic localization of the affected sites and magnitude of the accumulated dose. Moreover, it is recognized that the linear energy transfer (LET) and depth dose distributions for these groups are different and that both are different from those due to gamma rays.⁴⁵ The ratio of acute/chronic leukemia in Hiroshima is not unlike that for occupational irradiation, while the Nagasaki experience seems closer to that of the spondylitics. In reporting on life shortening in mice produced by neutrons and gamma radiation, Upton et al⁴⁶ reported that the RBE of neutrons as compared with gamma varied with the dose rate, from about 3 at the highest dose rates to more than 10 at the lowest dose rates, caused by a diminished gamma effect at the lowest rates. This being so, it seems plausible to expect that radiation leukemogenesis in man will also depend on the radiation type and energy spectrum, the dose rate, part of body, and intermittency or continuity of exposure, as well as the total accumulated dose.

Although hematologists by no means agree on the diagnosis of leukemia with respect to cell type, especially in acute leukemia, the incidence of leukemia has been examined in relation to dose and the specific type as classified by ABCC hematologists, with the consultation of ABCC Hematology Consultation Board. Granulocytic leukemia, both chronic and acute, and acute lymphocytic leukemia all were increased among survivors who received an estimated 100 rad or more. Among younger persons, those aged less than 15 ATB, the risk of acute

が主として急性白血病を誘発するのに対し、中性子線は慢性および急性の白血病を誘発する。しかしながら、われわれは、両市で用いられた診断基準は同一であったものと信ずる。すなわち、いっさいの資料は同一の血液研究者グループによって検討され、両市の血液研究者の間で定期的に末梢血液塗抹標本の交換が行なわれた。両市の人口の間に本質的な差がある可能性は少ないように思われるが、長崎では(無視できる程度の線量を受けた者に)慢性リンパ球性白血病が発生しているのに対して、広島では1例もないことは事実であるので、その可能性がないと直ちに断定できない。しかし、この所見に対して最も合理的な説明としては、誘発される白血病の種類は中性子線とガンマ線とは違いがあるということである。

Court Brown および Doll³ は、脊椎炎のX線治療を受けた患者に急性白血病が発生する傾向があると報告しており、一方、職業的に被曝した者は慢性白血病を発病している。^{43,44} この両群が受けたX線は、ガンマ線と同質のものであった。両者の間には、線量率、被曝部位および累積線量に大きな差がある。そのうえ、両群における線型エネルギー伝播(LET)および深部線量分布に差があり、しかもいずれもガンマ線の場合のそれとは異なっていることが認められている。⁴⁵ 広島における急性白血病と慢性白血病の比率は職業的被曝の場合と大差はないが、長崎では脊椎炎患者のそれに近いように思われる。Upton ら⁴⁶ は、中性子線およびガンマ線によるマウスの寿命短縮について報告しているが、ガンマ線に対する中性子線のRBEは、線量率によって異なり、高線量率では約3、低線量率ではガンマ線の効果が低下するために10以上になると述べている。そうであれば、人間における放射線による白血病誘発も、放射線の種類およびエネルギー・スペクトル、線量率、人体の照射部位、放射線の断続的あるいは継続的照射の別ならびに総累積線量に左右されると考えてよいように思われる。

血液学者の間では、白血病、特に急性白血病細胞型の診断についての意見は必ずしも一致していないが、ABCCにおける血液学研究者は、血液学顧問と協議して白血病を病型別に分類して、われわれは白血病発生率と線量との関係を調査している。推定線量が100 rad以上の者では、慢性および急性の骨髄性白血病ならびに急性リンパ球性白血病が増加している。原爆時年齢が15歳未満であ

lymphocytic leukemia was especially increased. Among persons who received doses in the range 5-99 rad, no form of leukemia was increased in Nagasaki, but in Hiroshima, only acute granulocytic leukemia was not increased, while chronic granulocytic, acute lymphocytic and "other" acute leukemia were all increased. No survivor who received more than a negligible dose of radiation has been found to have chronic lymphocytic leukemia. However, since in Western countries chronic lymphocytic leukemia is primarily diagnosed in persons over age 40, and has a steeply rising age-incidence curve, it may not be unreasonable to speculate that a very long latent period may be required for the induction of this disease,⁴⁷ whatever be the cause. From this point of view, it seems conceivable that chronic lymphocytic leukemia may yet occur among the survivors, especially those who were youngest ATB. It appears that chronic lymphocytic leukemia is not found among Hiroshima survivors but it was occasionally found among distally located survivors in Nagasaki.

Sex and Age Sensitivity

The present analysis demonstrated that the radiation leukemogenic effect is stronger in males than in females and is greater in younger than in older survivors.

Court Brown and Doll³ reported that the most sensitive of the irradiated spondylitic group were those in the older age range, but there are no very young individuals or females in their analysis. Heyssel and Brill⁴⁸ reported that radiation exposure in fetal life is a much more potent leukemogenic stimulus than comparable doses later in life, in comparison with the data on prenatal exposure, thymic children, Hiroshima A-bomb survivors, and ankylosing spondylitis.

Latent Period

The first cases of leukemia that can accurately be associated with heavy exposure among A-bomb survivors were found in Nagasaki in 1945⁴⁹ and in Hiroshima in 1946.⁵⁰ It was reported that both cases were acute monocytic leukemia and the patients both had serious acute radiation symptoms after exposure to the A-bomb at about 1000 m from the hypocenter in Nagasaki and 300 m from the hypocenter in Hiroshima. However, both cases of leukemia occurred in persons not at that time resident in Hiroshima or Nagasaki cities. The authors stated that it was difficult to classify the cases as radiation-induced leukemia or not. Among persons resident in either Hiroshima or Nagasaki

った若年層では、急性リンパ球性白血病のriskは特に増加している。長崎で5-99 radの線量を受けた者には、どの型の白血病も増加していないが、広島では急性骨髄性白血病に増加がみられないだけで、慢性骨髄性白血病、急性リンパ球性白血病および「その他」の急性白血病はいずれも増加している。無視できる程度以上の線量を受けた被爆者に慢性リンパ球性白血病は認められていない。しかし、欧米諸国では慢性リンパ球性白血病は主として40歳以上の者に認められ、年齢とともに発生率曲線は急上昇するので、成因が何であれ、この疾患の誘発には非常に長い潜伏期間が必要であると推測することは不合理でないかもしれない。⁴⁷ この観点からみれば、被爆者、特に原爆時に最若年であった者に慢性リンパ球性白血病が起こりうるとも考えられる。慢性リンパ球性白血病は広島の被爆者には認められていないが、長崎では、遠距離被爆者にときどき認められている。

性および年齢による感受性

今回の解析では、放射線の白血病誘発効果は女子よりも男子に強く、老齢よりも若年の被爆者に高いことが認められた。

Court Brown および Doll³ は、放射線治療を受けた脊椎炎患者の中で放射線感受性が最も高かったのは老齢群であったと報告しているが、その解析には非常に若い者はなく、また、女子例も含まれていなかった。Heyssel および Brill⁴⁸ は、胎児被曝例、胸腺に対する放射線治療を受けた子供、広島の原爆被爆者および強直性脊椎炎患者についての資料を比較した結果、胎児における被曝は出生後に同等の線量に被曝した場合よりもはるかに強力な白血病誘発の効果があることを報告している。

潜伏期間

原爆被爆者において強度の被曝との関係が確実な最初の白血病例は、長崎で1945年⁴⁹、広島で1946年⁵⁰に発見された。いずれも急性単球性白血病であり、長崎例は爆心地から約1000m、広島例は約300mでそれぞれ被爆した後に強度の急性放射線症状を呈したと報告されている。しかし、そのいずれの白血病例も発病時には広島または長崎市内に居住していなかった。著者らは、それらの例を放射線誘発性白血病であるか否かの区別は困難であると述べている。広島市または長崎市内に居住している者のうち、診断確実またはほぼ確実な白血病例が近距離被

cities, the first definite or probable leukemia cases were found among proximally exposed persons in Nagasaki in 1947 (ME [redacted], 1200 m) and in Hiroshima in 1948 (MF [redacted], 1100 m). Both cases were classified as acute granulocytic leukemia. However, these cases did not belong to the ABCC master sample.

A fixed cohort of survivors in the present ABCC study was set up as of 1 October 1950, about 5 years after the A-bomb. Therefore, it is difficult to state the pattern of incidence of leukemia before 1 October 1950. However, the present analysis clearly demonstrated that the elevation of risk has persisted among survivors who received large radiation doses to the period between 15-21 years after exposure, especially with respect to the acute forms. It also appears that the risk of leukemia (all forms) generally tended to decline with elapsed time after the bombings. According to Court Brown and Doll's report⁵¹ on the spondylitis patients treated by X-ray, mortality from leukemia was increased at 3-5 years after irradiation and then fell off; the number of deaths more than 15 years after therapy was small. The difference may result, at least in part, from differences in the amount of radiation and dose rate. Persons in the British series received relatively large radiation doses locally and in divided doses, whereas the A-bomb survivors received almost instantaneous whole body irradiation but at much lower total dose.

It is also clear that onset of leukemia tends to be earlier with increasing dose among younger survivors (less than 25 ATB) but the tendency was not seen among survivors whose age ATB was 25 or more. Further study is required on the relationship between onset, dose, and age ATB.

Leukemia in the Early Entrants

There has been some discussion on whether the risk of leukemia is elevated in the so-called early entrants who entered the cities in the first few days after the bombs. The United Nations report¹ interprets Watanabe's data to the effect that in Hiroshima the leukemia rate in "early entrants" was higher than among nonexposed persons, but that there was no difference between the earliest and later entrants. Watanabe⁵² and Hirose,⁵³ however, reported that in Hiroshima the risk of leukemia is higher in those who entered within 3 days than among those whose entry was 4-7 days after the bomb. More granulocytic or chronic leukemia is seen among the early entrants. They calculated risk on the basis of the 1960 Atomic Bomb Actual State Survey material.

爆者に最初に認められたのは、長崎では1947年(MF [redacted] 被爆距離1200m)、広島では1948年(MF [redacted] 被爆距離1100m)であった。いずれも急性骨髄性白血病と分類されている。ただし、それらの例はABCC基本標本に属するものではなかった。

現在のABCC調査に利用されている被爆者の固定コホートは、原爆から約5年後の1950年10月1日現在の時点で設けられた。したがって、1950年10月1日以前における白血病発生率のパターンについて述べることはむづかしい。しかし、今回の解析では、大量の放射線を受けた者に白血病、特に急性白血病のriskの増大が被爆後15-21年までも持続していることが明らかである。また、白血病(すべての病型)のriskは全般的に原爆後の時間の経過とともに下降する傾向があるようにも思われる。X線治療を受けた脊椎炎患者に関するCourt BrownおよびDollの報告⁵¹によれば、白血病による死亡率は放射線被曝後3-5年の間に最も増加し、それ以後は減少している；治療後15年以上経過後の死亡例数は少なかった。この差は、少なくとも部分的には、被曝線量および線量率の差によるものかもしれない。英国の調査例は比較的大量の放射線の局所的な分割照射を受けているのに対して、原爆被爆者はほとんど瞬間的な全身照射を受けているがその総線量ははるかに少なかった。

原爆時年齢の若い被爆者(25歳未満)では線量の増加につれて白血病の発病時期も早くなる傾向があるが、この傾向は原爆時年齢が25歳以上であった者に認められなかったことも明らかである。発病時期、線量および原爆時年齢の関係については、さらに検討を行なう必要がある。

早期入市者における白血病

いわゆる早期入市者、すなわち、原爆直後の数日間に市内にはいった者に白血病のriskが高いかどうかについては、若干の議論が行なわれている。国際連合の報告¹では、渡辺の資料に基づいて、広島では「早期入市者」の白血病頻度は非被爆者よりも高かったが、最も早期の入市者と後期入市者との間には差はなかったという解釈をしている。しかし、渡辺⁵²および広瀬⁵³は、原爆後3日以内に広島にはいった者の白血病のriskは4-7日後の入市者よりも高かったと報告している。早期入市者には、骨髄性白血病や慢性白血病がより多く認められている。かれらは、1960年の原爆被爆者実態調査の資料に基づいてriskの算定を行なっている。

It may be supposed that population characteristics of the early entrants are unusual because adult males especially would have entered the cities in order to engage in rescue work. It is difficult to estimate the doses from residual radiation possibly received by early entrants but it is thought to be small.¹⁴

Although we recognize the importance of the problem of leukemia among early entrants, the difficulties of dosimetry and of determining an accurate denominator prevented any substantive analysis of the question.

SUMMARY

An analysis has been made of the incidence of leukemia in A-bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki cities during the period 1 October 1950–30 September 1966. Fixed cohorts of survivors who lived in the two cities on 1 October 1950 have been followed. Leukemogenesis has been examined in relation to radiation dose, using the tentative 1965 dose estimates for the survivors.

It was shown again that the risk of leukemia has been substantially elevated among those survivors who received significant doses of radiation at the time of the bombs (ATB). Although it is plain that the risk of leukemia increases with increasing dose, it is difficult to draw definite conclusions regarding qualitative and quantitative relationships between leukemia incidence and radiation dose. However, in Hiroshima, indeed, the data indicate that the risk of leukemia is elevated in those exposed even to less than 50 rad, with no evidence of threshold, but there is some question as to whether there may not be a threshold in Nagasaki somewhere in the range 20 to 100 rad gamma dose alone. Comparisons between the cities are complicated by the fact that the relative proportions of gamma and neutron radiation were very different, and it appears that the biological effectiveness of neutrons differs from that of gamma radiation. If other possible sources of variation are ignored, it appears that the relative biological effectiveness of neutrons, as compared with gamma rays, for leukemogenesis, is about five.

The dose-response relationships for specific types of leukemia vary between the two cities. If these differences can be ascribed exclusively to the different radiation types and spectra of the two weapons (and this is perhaps an extreme assumption) then it would follow that neutron dose at all levels is effective in the induction of chronic granulocytic leukemia and that both neutrons and

早期入市者では、特に成人男子が救援作業のために市内にはいったと思われるので、早期入市者の人口特性は一般とは異なっているのではないかと考えられる。早期入市者が受けているかもしれない残留放射線の線量を推定することはむづかしいが、それは小量であったと考えられている。¹⁴

われわれは早期入市者における白血病の問題の重要性を認めるが、線量推定値や正確な分母人口を求めることが困難であるため、この問題の実質的な解析は不可能である。

要 約

広島・長崎両市の原爆被爆者における1950年10月1日から1966年9月30日までの白血病発生率について解析を行った。1950年10月1日に両市に居住していた被爆者の固定コホートを調査の対象とした。被爆者について計算されたT 65D線量推定値を用いて白血病発生と放射線量との関係を検討した。

有意な放射線量を受けた被爆者には白血病発生のriskが増大していることが再び認められた。線量の増加とともに白血病のriskが高くなることは明白であるが、白血病発生率と放射線量との質的および量的関連について明確な結論を導き出すことは困難であった。しかし、広島の被爆者では、50 rad未満でも白血病発生のriskの増大が認められ、閾値がないようであったが、長崎ではガンマ線の場合に20–100 radの範囲に閾値があるのではないかとことが示唆された。両市におけるガンマ線と中性子線の相対的な割合には非常な差があり、また、中性子線の生物学的効果はガンマ線のそれとは異なっているように思われるので、両市間の比較は複雑である。もし、差異の原因になりうるその他の因子を無視すれば、白血病誘発について中性子線のガンマ線に対する相対的生物学的効果は5前後になるように思われる。

線量別にみた白血病の病型別発生率は、両市の間で差がある。もし、このような差が両市の原爆の線質の差のみに起因すると仮定すれば(この仮定はおそらく極端であると思われるが)、中性子はいずれの線量においても慢性骨髄性白血病の誘発に効果的であり、高線量(100 rad

gamma irradiation induce both chronic and acute leukemia at high dose levels (more than 100 rad).

The leukemogenic effect of radiation depends on the sex and age of the subject ATB. Especially at dose levels of 100 rad or more, those below age 40 ATB appear more susceptible than older persons.

We can add no new information regarding the minimum latent period for leukemia induction, nor its relation to dose. However, it does appear that leukemia incidence as a whole was greatest 5 to 7 years after exposure and thereafter declined. However, there is no evidence that the risk of leukemia had returned to control levels even 15-21 years after exposure to the A-bomb.

以上)では、中性子線もガンマ線ともに慢性および急性白血病を誘発すると考えられる。

放射線による白血病誘発は、対象者の性および原爆時年齢に左右される。特に、100 rad 以上の線量では、原爆時年齢が40歳未満の者の感受性が高齢者よりも高いように思われる。

白血病誘発の最小潜伏期間およびその線量との関係については、新しい知見は得られなかった。しかし、白血病の発生率は、総体的に被爆後5-7年の時が最大であり、それ以後は減少を示している。しかし、白血病のriskは、原爆被爆後15-21年たってもまだ自然発生率の領域にまで低下したという証拠はない。

REFERENCES

参考文献

1. UNITED NATIONS: Radiation carcinogenesis in man. Report of the United Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation, General Assembly, Official Records, 19th Session, Suppl 14 (A15814), New York, United Nations, 1964
(原子放射線影響に関する科学特別委員会報告集)
2. FOLLEY JH, BORGES W, YAMAWAKI T: Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki, Japan. *Amer J Med* 13:311-21, 1952
(広島・長崎両市の原爆被爆生存者における白血病の発生率)
3. COURT BROWN WM, DOLL R: Leukemia and aplastic anemia in patients irradiated for ankylosing spondylitis. *British Medical Research Council Special Report Series No. 295* 1-50, London, Her Majesty's Stationery Office
(強直性脊椎炎に対して放射線照射を受けた患者における白血病および再生不良性貧血)
4. AUXIER JA, CHEKA JS, et al: Free-field radiation-dose distributions from Hiroshima and Nagasaki bombings. *Health Phys* 12:425-9, 1966
(広島および長崎の原爆投下による無遮蔽放射線量分布)
5. CHEKA JS, SANDERS FW, et al: Distribution of weapons radiation in Japanese residential structures. *USAEC Report CEX-62.11*, 1965
(日本住宅における核兵器放射線の分布)
6. GILLIAM AG, WALTER WA: Trends of mortality from leukemia in the United States, 1921-55. *Public Health Rep* 73: 773-84, 1958
(米国における白血病による死亡率の傾向, 1921-55年)
7. HAYHOE FGJ: *Leukemia, Research and Clinical Practice*. Boston, Little Brown and Company, 1960
(白血病, その研究および臨床治療)
8. TOMONAGA M: Statistical investigation of leukemia in Japan. *New Zealand Med J Suppl* 65:863-9, 1966
(日本における白血病の統計的調査)
9. SEGI M, KURIHARA M: Cancer mortality for selected sites in 24 countries. No. 4, 1962-64. Dept. of Public Health, Tohoku University School of Medicine, Sendai, Japan, 1966
(24か国における癌死亡統計)
10. FRAUMENI JF, MILLER RW: Epidemiology of human leukemia, recent observation. *J Nat Cancer Inst* 38:593-605, 1967
(人間の白血病の疫学, 最近の観察)

11. BIZZOZERO OJ, JOHNSON KG, CIOCCO A: Radiation-related leukemia in Hiroshima and Nagasaki, 1946-64. 1. Distribution, incidence and appearance time. *New Eng J Med* 274:1095-101, 1966
(広島および長崎における放射線関連白血病の分布, 1946-64年. 1. 発病率および発病時期)
12. BIZZOZERO OJ, JOHNSON KG, et al: Radiation-related leukemia in Hiroshima and Nagasaki, 1946-64. Observations on type-specific leukemia, survivorship, and clinical behavior. *Ann Intern Med* 66: 522-30, 1966
(広島および長崎における放射線関連白血病の病型, 1946-64年. 2. 生存期間および臨床態度に関する観察)
13. FINCH SC, HOSHINO T, et al: Chronic lymphocytic leukemia in Hiroshima and Nagasaki, Japan. *Blood* 33:79-86, 1969
(広島および長崎における慢性リンパ球性白血病)
14. ARAKAWA ET: Radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. *New Eng J Med* 263:488-93, 1960
(広島および長崎被爆生存者に関する放射線量の測定)
15. BRILL AB, TOMONAGA M, HEYSSEL RM: Leukemia in man following exposure to ionizing radiation: Summary of findings in Hiroshima and Nagasaki, and comparison with other human experience. *Ann Intern Med* 56:590-609, 1962
(電離放射線を受けた人間に発生する白血病, 広島および長崎における所見の総括ならびに他の照射例との比較)
16. FINCH SC, HRUBEC Z, et al: Detection of leukemia and related disorders, Hiroshima and Nagasaki. Research plan. *ABCC TR* 5-65
(広島・長崎における白血病および関連疾患の探知, 研究計画書)
17. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. *ABCC TR* 1-68
(広島・長崎原爆被爆生存者の1965年暫定線量 (T65D) の推定)
18. VALENTINE WN: Present status of the study of the incidence of leukemia among individuals surviving exposure to the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki. Progress report, 1951. *ABCC Library File*
(広島および長崎両市における原爆被爆生存者中の白血病発生率に関する調査の現状)
19. FINCH SC, HOSHINO T, et al: Operations manual for the detection of leukemia and related disorders, Hiroshima and Nagasaki. *ABCC Manual* 1-65
(広島と長崎における白血病と関連疾患の探知調査の実施要綱)
20. ISHIDA M, ZELDIS LJ, JABLON S: Tumor registry study in Hiroshima and Nagasaki. Research plan. *ABCC TR* 2-61
(広島と長崎における腫瘍登録調査 - 研究計画)
21. WINTROBE MM: *Clinical Hematology*. Philadelphia, Lea and Febiger, 1961
(臨床血液学)
22. ISHIDA M, BEEBE GW: Research plan for joint JNIIH-ABCC study of life span of A-bomb survivors. *ABCC TR* 4-59
(国立予防衛生研究所とABCCが共同で実施する原爆被爆者の寿命に関する研究企画書)
23. BEEBE GW, YAMAMOTO T, et al: ABCC-JNIIH Pathology Study, Hiroshima and Nagasaki. Report 2. October 1950-December 1965. *ABCC TR* 8-67
(ABCC-予研病理学的調査, 広島・長崎. 第2報. 1950年10月-1965年12月)
24. KATO H, SCHULL WJ: Joint JNIIH-ABCC Life Span Study of Children Born to Atomic Bomb Survivors. Research plan. *ABCC TR* 4-60
(国立予防衛生研究所とABCCが共同で実施する原爆被爆者の子供の寿命調査)
25. UEDA S: Study of mortality in children exposed in utero. Research plan. *ABCC TR* 21-60
(胎内被爆児の死亡率調査 - 研究計画書)
26. UEDA S: Revision of the PE-86 sample. Memoranda for record, 21 September and 23 October 1959, Dept. of Statistics Files
(PE-86調査サンプルの修正に関する記録用覚書)
27. BEEBE GW, USAGAWA M: The major ABCC samples. *ABCC TR* 12-68
(ABCCの主要調査標本)

28. HASHIZUME T, MARUYAMA T, et al: Estimation of the air dose from the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Health Phys* 13:149-61, 1967
(原子爆弾からの空気線量の推定, 広島・長崎)
29. SAWADA S, WAKABAYASHI T, et al: Exposure to medical x-ray in community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. Survey of subjects, January 1964-January 1965. ABCC TR 24-67
(広島・長崎の病医院における医療用X線照射. 対象者の調査, 1964年2月-1965年1月)
30. JABLON S, ISHIDA M, YAMASAKI M: JNII-ABCC Life Span Study, Hiroshima and Nagasaki. Report 3. Mortality October 1950-September 1960. *Radiat Res* 25:52, 1965
(予研-ABCC寿命調査, 広島・長崎. 第3報. 1950年10月-1960年9月の死亡率)
31. 富安孝則, 岡部信和, 松本吉弘: 所謂, 「西山地区」より発生した慢性骨髄性白血病の一例(急性転化例). 長崎医学会雑誌 43: 809-13, 1968年
(TOMIYASU T, OKABE N, MATSUMOTO Y: A case report, chronic granulocytic leukemia in "Nishiyama District". *Nagasaki Igakkai Zasshi-Nagasaki Med J*)
32. LEWIS EB: Leukemia and ionizing radiation. *Science* 125:965-72, 1957
(白血病と電離放射線)
33. BRUES AM: Critique of the linear theory of carcinogenesis. *Science* 128:693-9, 1958
(癌発生の線型理論に対する批判)
34. SCHWARTS EE, UPTON AC: Factors influencing the incidence of leukemia, special consideration of the role of ionizing radiation. *Blood* 13:845-64, 1958
(白血病発生率に影響を与える諸因子 - 電離放射線の役割に関する特別考察)
35. KIMBALL AW: Evaluation of data relating human leukemia and ionizing radiation. *J Nat Cancer Inst* 21:383-91, 1958
(人体の白血病と電離放射線との関係に関する資料の評価)
36. BURCH PRJ: Radiation carcinogenesis; a new hypothesis. *Nature* 185:135-42, 1960
(放射線性発癌; 新しい仮説)
37. CRONKITE EP, MOLONEY W, BOND VP: Radiation leukemogenesis, an analysis of the problem. *Amer J Med* 28: 673-82, 1960
(放射線白血病誘発, 問題の解析)
38. WISE ME: The latent period and its variation in human leukemia induced by x-rays. *Health Phys* 4:250-66, 1961
(人体におけるX線誘発性白血病の潜伏期間とその変動)
39. BRUES AM: Low-level irradiation. Publication No. 59 of the American Association for Advancement of Science, Washington D.C., 1959
(低線量放射線被曝)
40. LAWRENCE JS: Irradiation leukemogenesis. *JAMA* 190:1049-54, 1964
(放射線被曝による白血病発生)
41. MILLER RW: Radiation, chromosomes and viruses in the etiology of leukemia, evidence from epidemiologic research. *New Eng J Med* 271:30-6, 1964
(白血病の病因としての放射線, 染色体, およびウイルス - 疫学的研究から得た成績)
42. GOULDEN CH: Non-linear Regression, Methods of Statistical Analysis. Tokyo, Charles E. Tuttle, 1961. Modern Asia Edition, pp 166-91
(非線型回帰)
43. MOLONEY WC: Induction of leukemia in man by radiation. In *Radiation Biology and Cancer*. A collection of papers presented at the 12th annual symposium on fundamental cancer research, 1958. Austin, University of Texas Press
(人間における放射線による白血病の誘発)
44. WAKISAKA K, MIYATA H: Leukemia in radiologist and patient treated by radiation. Annual reports of scientific research grants 1964. Minister of Education, Radiation effect. Japanese National Academy of Science, 1967
(放射線科医および放射線治療を受けた患者における白血病)

45. BATEMAN JT, BOND VP: The effects of radiations of different LET on early responses in the animal. *Ann NY Acad Sci* 114:32-47, 1964
(種々のLETを有する放射線の動物の早期反応に及ぼす影響)
46. UPTON AC, RANDOLPH ML, et al: Late effects of fast neutrons and gamma rays in mice as influenced by the dose rate of irradiation: Life shortening. *Radiat Res* 32:493-509, 1967
(マウスにおける速中性子およびガンマ線の後影響に対する線量率の影響: 寿命短縮)
47. CLEMMESSEN J: Epidemiology of leukemia. *Acta Un Int Cancr* 20:768-73, 1964
(白血病の疫学)
48. HEYSSEL RM, BRILL AB: The risk of leukemia in man following radiation exposure. In *Radioactivity in Man*, Symposium held at the Vanderbilt University School of Medicine, ed. by Meneely GR, Springfield, Thomas CC, 1961. pp 266-81
(放射線被曝後人体に白血病の発生する危険について)
49. 操 坦道, 原口義道, 服部絢一: 原子爆弾症。経過後に起れるモノチーテン白血病の一例に就いて。原子爆弾災害調査報告集, 日本学術会議原子爆弾災害調査報告書刊行委員会編。東京, 日本学術振興会刊, 1953年。第2分冊, pp 1041-4

(MISAO T, HARAGUCHI Y, HATTORI J: A case report of monocytic leukemia from A-bomb survivors. In *Collection of Investigation Reports on Atomic Bomb Disaster*. Ed by Committee for the Publication of Investigation Report on Atomic Bomb Disaster. Japan Science Council. Tokyo, Japan Science Promotion Society, 1953. Vol 2)
50. 小宮悦造, 山元重光: 被爆患者(原子爆弾)に見たる急性白血病の一例。診断と治療 35: 88-91, 1947年
(KOMIYA E, YAMAMOTO S: A case report of acute leukemia from A-bomb survivors. *Shindan to Chiryō-Diagn and Treatm*)
51. COURT BROWN WM, DOLL R: Mortality from cancer and other causes after radiotherapy for ankylosing spondylitis. *Brit Med J* 2:1327-32, 1965
(強直性脊椎炎に対する放射線療法後の癌およびその他の死因による死亡率)
52. WATANABE S: Blood disorders as radiation hazards. *Proceedings of the third Congress of the Asian and Pacific Society of Hematology*. Grune & Stratton, 1964. pp 19-32
(放射線傷害としての血液疾患)
53. 広瀬文雄: 過去19年間に広島市在住被爆者に見られた白血病の発生について。広島医学 20: 274-7, 1967年
(HIROSE F: Incidence of leukemia among A-bomb survivors in Hiroshima city residents for past 19 years, *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass*)

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE			ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
							GAMMA	NEUT.	TOTAL			
	F	20	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	0400	NO ESTIMATE			51 08	52 01	204
	M	14	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0700	NO ESTIMATE			52 08	53 09	204
	F	27	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1200	NO ESTIMATE			58	61 02	204
	M	00	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	0700	1054	1015	2069	53 09	54 02	204
	M	06	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	0700	0719	0231	0950	53 12	55 02	204
	M	63	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0800	0655	0212	0867	58 01	58 04	204
	M	39	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0800	0378	0152	0730	57 02	57 05	204
	M	10	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	0800	0459	0136	0595	51 11	51 12	292
	F	24	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0900	0464	0109	0573	53 06	55 03	204
	M	05	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	0800	0400	0113	0513	59 12	60 06	204
	F	37	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1000	0256	0192	0448	57 07	57 09	204
	M	18	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1000	0315	0117	0432	51 08	52 06	204
	F	43	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0900	0243	0130	0423	52 08	53 01	204
	F	27	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	0900	0272	0107	0379	63 05	64 06	204
	M	07	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	0900	0277	0073	0350	55 08		
	M	22	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1000	0196	0140	0336	50 11	51 10	204
	F	40	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1000	0268	0067	0335	63 06	63 09	204
	M	37	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	0900	0261	0065	0326	52 04	57 07	481
	F	58	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1000	0268	0053	0321	66 01	66 05	204
	M	34	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1100	0183	0129	0312	54 12	59 01	204
	M	51	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1000	0197	0041	0238	58 02	58 09	204
	M	29	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	0900	0195	0041	0236	52 06	53 04	204
	M	42	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1100	0182	0046	0228	56 08	56 10	204
	F	15	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0900	0177	0043	0220	54 05	54 06	204
	M	29	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1100	0158	0050	0208	53 08	57 04	204
	F	15	ACUTE	UNKNOWN	HIRO.	1100	0133	0031	0164	57 10	58 02	204
	M	17	ACUTE	MONO	HIRO.	1000	0122	0032	0154	58 06	59 04	204
	M	33	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1100	0104	0033	0137	52 12	53 08	204
	F	02	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1200	0106	0028	0134	52 06	52 07	204
	F	08	ACUTE	MONO	HIRO.	1100	0108	0020	0128	51 07	51 08	292
	F	26	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1100	0099	0022	0121	63 05	64 03	204
	F	55	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1100	0098	0022	0120	62 08	63 01	204

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT.	TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	F	13	ACUTE	MONO	HIRO.	1100	0074 0044	0118	59 02	59 07	204
	M	05	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1100	0095 0020	0115	54 11	61 06	204
	F	49	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1000	0088 0026	0114	57 08	57 09	204
	F	54	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1200	0083 0014	0097	51 05	52 05	204
	F	21	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1200	0062 0035	0097	64	65 12	204
	F	04	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	1200	0057 0025	0082	59 03	59 08	204
	M	17	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1300	0066 0015	0081	51 03	51 05	204
	F	52	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1300	0062 0010	0072	52 02	56 12	204
	F	34	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1400	0046 0025	0071	62 03		
	F	34	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1200	0047 0008	0055	53 05	53 06	002
	M	14	CHRONIC	OTHER	HIRO.	1300	0032 0016	0048	55 04	56 03	204
	M	02	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	1200	0035 0011	0046	64 07	65 06	204
	F	49	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1200	0035 0010	0045	51 02	53 01	011
	F	45	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1300	0038 0007	0045	61 09	62 04	204
	M	13	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1200	0036 0006	0042	59 03		
	M	18	ACUTE	OTHER	HIRO.	1500	0029 0012	0041	57 09	57 11	204
	M	52	ACUTE	MONO	HIRO.	1400	0033 0005	0038	63 09	63 10	204
	M	45	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1300	0029 0005	0034	51 07	56 11	204
	M	15	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1300	0025 0006	0031	62 01	65 01	204
	F	33	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1400	0027 0004	0031	58 06	59 07	204
	F	09	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1500	0024 0005	0029	59 06	60 07	204
	M	51	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1600	0017 0007	0024	51 03	53 04	204
	F	31	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1400	0019 0003	0022	55 05	60 09	204
	M	27	ACUTE	GRANU.	HIRO.	1500	0017 0003	0020	61 10	62 05	204
	M	07	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1500	0017 0002	0019	60 12	61 03	204
	M	43	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	1500	0015 0001	0016	59 01	59 05	204
	F	17	ACUTE	MONO	HIRO.	1700	0011 0004	0015	66 06		
	M	56	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1600	0010 0004	0014	56 03	57 12	204
	F	02	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	1600	0008 0001	0009	54 11	55 10	204
	M	44	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1600	0009 0000	0009	53	55 04	204
	F	67	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1700	0007 0000	0007	62 10	63 11	204
	M	54	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1700	0007 0000	0007	57 10	58 10	199

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT.	TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	F	50	ACUTE	UNKNOWN	HIRO.	2000	0001 0000	0001	61 07	61 10	204
	F	40	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	2200	0001 0000	0001	56 09	57 04	204
	M	20	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	2400	0000 0000	0000	61 10	63 07	204
	F	14	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	2400	0000 0000	0000	59 01	62 01	204
	M	46	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	2500	0000 0000	0000	59 10	59 12	204
	F	41	ACUTE	GRANU.	HIRO.	2500	0000 0000	0000*	62 04	62 05	204
	F	29	ACUTE	GRANU.	HIRO.	2500	0000 0000	0000	53 05	53 06	204
	F	03	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	2500	0000 0000	0000	54 11	54 11	204
	M	43	ACUTE	GRANU.	HIRO.	2700	0000 0000	0000	58 02	58 02	204
	F	47	ACUTE	GRANU.	HIRO.	2800	0000 0000	0000	65	65 11	204
	M	50	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	3000	0000 0000	0000*	62 03		
	M	56	ACUTE	GRANU.	HIRO.	3000	0000 0000	0000	55 07	57 01	204
	M	13	ACUTE	GRANU.	HIRO.	3000	0000 0000	0000*	59 05	59 10	204
	F	41	ACUTE	GRANU.	HIRO.	3000	0000 0000	0000	53 03	53 07	204
	M	07	ACUTE	UNKNOWN	HIRO.	3100	0000 0000	0000*	59 01	60 02	
	M	60	ACUTE	OTHER	HIRO.	3500	0000 0000	0000	52 02	53 05	204
	F	40	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	3600	0000 0000	0000	58 12	59 11	204
	F	20	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	3700	0000 0000	0000	50 10	50 11	204
	M	46	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	4000	0000 0000	0000*	57	61 10	204
	F	66	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	4100	0000 0000	0000*	59 02	59 03	204
	F	03	ACUTE	GRANU.	HIRO.	4100	0000 0000	0000	56 01	56 08	204
	F	40	ACUTE	GRANU.	HIRO.	4500	0000 0000	0000	57 03	57 09	204
	M	26	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	4800	0000 0000	0000	52 06	53 01	204
	F	07	ACUTE	GRANU.	HIRO.	5000	0000 0000	0000*	63 09	63 10	204
	M	40	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	5300	0000 0000	0000	64 01	65 07	204
	F	56	ACUTE	GRANU.	HIRO.	5500	0000 0000	0000*	56 07	56 07	204
	M	41	ACUTE	OTHER	HIRO.	8900	0000 0000	0000	58 10	59 02	204
	M	40	ACUTE	OTHER	HIRO.	NIC	NOT IN CITY		65 04	65 11	204
	M	29	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY		51 04	52 02	204
	M	25	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY		59 08	59 11	204
	M	29	ACUTE	UNKNOWN	HIRO.	NIC	NOT IN CITY		59 12	60 02	204
	M	18	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY		51 12	52 03	204

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT. TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	M	30	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	53 01	53 04	204
	M	50	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	60 02	60 06	204
	M	42	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	55	56 03	002
	M	34	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	56 02	56 04	204
	F	16	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	60 07	61 01	204
	F	41	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	59 10	61 10	204
	M	00	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	63 06	63 07	204
	F	43	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	64 12	65 03	204
	F	53	ACUTE	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	66 08		
	F	15	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	58 12	60 08	204
	M	46	ACUTE	MONO	HIRO.	NIC	NOT IN CITY	61 12	62 08	204

107

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OTHER THAN OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT. TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	F	62	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	0900	NO ESTIMATE	48 12	52 01	204
	F	29	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1100	NO ESTIMATE	48 12	52 06	204
	F	36	ACUTE	GRANU.	HIRO.	0900	0263 0187 0450	66 10		
	M	10	ACUTE	LYMPH.	HIRO.	0900	0271 0117 0388	49 08	51 05	204
	F	03	ACUTE	UNDIFF	HIRO.	1100	0095 0039 0134	50 09	50 12	204
	M	36	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1200	0066 0011 0077	48 06	52 03	204
	F	43	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1300	0034 0004 0038	50 06	51 09	782
	F	27	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	1500	0007 0001 0008	49 08	52 10	204
	F	57	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	2200	0000 0000 0000	49	51 02	204
	F	43	CHRONIC	GRANU.	HIRO.	2600	0000 0000 0000	47 04	51 05	204

10

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSINED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1956 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT. TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	F	18	ACUTE	GRANU.	NAGA.	0400	NO ESTIMATE	52 08	53 04	204
	M	16	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1100	NO ESTIMATE	65 09	66 05	204
	M	43	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1100	0600 0011 0611	58 08	59 02	204
	F	04	ACUTE	UNDIFF	NAGA.	1000	0530 0009 0539	54 03	54 04	204
	M	03	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1100	0478 0007 0485	58 09	60 02	204
	M	03	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	1000	0458 0005 0463	55 08	62 01	204
	M	15	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1100	0422 0011 0433	50 11	51 04	204
	M	50	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1100	0322 0003 0325	66 06		
	M	01	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1200	0273 0003 0276	57 11	58 04	204
	F	17	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1300	0251 0005 0256	64 07	65 04	204
	F	18	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1300	0251 0005 0256	56 01	56 07	204
	M	39	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1200	0244 0005 0249	65 09		
	M	03	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	1400	0242 0002 0244	54 09	60 08	204
	M	02	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1200	0211 0002 0213	51 10	51 11	204
	M	55	ACUTE	GRANU.	NAGA.	1300	0162 0001 0163	58 04	59 09	204
	M	29	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1400	0146 0002 0148	51 10	51 11	204
	M	01	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1300	0143 0002 0145	53 08	53 10	204
	M	47	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	1900	0013 0000 0013	61 08	64 07	204
	F	01	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2200	0006 0000 0006	65 06	65 07	204
	F	17	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2500	0002 0000 0002	57 09	58 05	204
	M	15	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2500	0002 0000 0002	55 08	55 12	204
	F	35	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2500	0000 0000 0000*	58 08	58 09	204
	F	43	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2700	0000 0000 0000*	65 08	65 10	204
	M	10	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	2700	0000 0000 0000*	57 08	60 10	204
	M	40	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2900	0000 0000 0000*	52 08	52 09	204
	M	09	ACUTE	GRANU.	NAGA.	2900	0000 0000 0000*	63 05	63 06	204
	F	08	ACUTE	MONO	NAGA.	2900	0000 0000 0000	61 11	62 09	204
	F	45	ACUTE	MONO	NAGA.	3100	0000 0000 0000*	54 02	54 02	204
	M	35	CHRONIC	LYMPH.	NAGA.	3500	0000 0000 0000*	60 10	61 04	204
	M	49	ACUTE	OTHER	NAGA.	4600	0000 0000 0000	65 10	65 12	200
	M	47	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	8000	0000 0000 0000*	51 04	51 09	204
	F	26	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	NIC	NOT IN CITY	60 03	63 02	204

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT. TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	M	29	ACUTE	GRANU.	NAGA.	NIC	NOT IN CITY	53 12	54 01	204
	F	15	ACUTE	UNKNOWN	NAGA.	NIC	NOT IN CITY	52 08	53 01	204
	F	51	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	NIC	NOT IN CITY	58 01	59 10	204
	M	17	ACUTE	MONO	NAGA.	NIC	NOT IN CITY	65 05	66 06	204

36

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.

LISTING OF DEFINITE AND PROBABLE LEUKEMIA IN MASTER SAMPLE
OTHER THAN OCT. 1950 - SEPT. 1966 (ABCC TR 25-69)

M.F. NUMBER	SEX	AGE ATB	CHRONICITY LEUKEMIA	TYPE OF LEUKEMIA	LOC. ATB	MSQ DIST.	T65 DOSE GAMMA NEUT. TOTAL	ONSET YR MO	DEATH YR MO	CAUSE OF DEATH
	M	37	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	0700	NO ESTIMATE	45 02	51 05	204
	F	09	ACUTE	MONO	NAGA.	0900	NO ESTIMATE	50 07	50 10	292
	F	05	ACUTE	LYMPH.	NAGA.	1200	0399 0004 0403	50 04	50 11	204
	M	04	CHRONIC	GRANU.	NAGA.	0900	0000 0000 0000	50 07	51 12	204

4

FOOT NOTE: 1 * CASES EXPOSED OVER 2,500 M T65 DOSE WAS ASSIGNED AS (ZERO) TENTATIVELY.
2 MSQ DISTANCE : NIC = NOT IN CITY ATB.
3 ONSET AND DEATH : YR= YEAR, MO= MONTH.
4 CAUSE OF DEATH : ICD 7TH.