

**CAPSULE SUMMARY OF RESULTS OF RADIATION STUDIES ON  
HIROSHIMA AND NAGASAKI ATOMIC BOMB SURVIVORS, 1945-75**

広島および長崎における原爆被爆者の放射線被曝  
に関する調査所見の要約，1945 - 75年

IWAO M. MORIYAMA, PH.D.



**RADIATION EFFECTS RESEARCH FOUNDATION  
財団法人 放射線影響研究所**

**A cooperative Japan - United States Research Organization  
日米共同研究機関**

## RERF TECHNICAL REPORT SERIES

### 放影研業績報告書集

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

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

---

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

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



## CAPSULE SUMMARY OF RESULTS OF RADIATION STUDIES ON HIROSHIMA AND NAGASAKI ATOMIC BOMB SURVIVORS, 1945-75

広島および長崎における原爆被爆者の放射線被曝  
に関する調査所見の要約, 1945-75年

IWAO M. MORIYAMA, PH.D.

*Department of Epidemiology and Statistics*

疫学統計部

### SUMMARY

One of the overriding concerns about the consequences of the atomic bomb explosions was the possibility of genetic changes which would affect the future generations of the populations of Hiroshima and Nagasaki. This and the somatic effects on the A-bomb survivors constituted the focus of interest of the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC, now the Radiation Effects Research Foundation) for the past 30 years.

The task of detecting the effects of exposure to ionizing radiation is a difficult one for many reasons. Not the least important of these is that the method of measurement is not appropriate or sensitive enough to detect the biological consequences of the A-bombs. Therefore, over the years new and more sensitive methods have been introduced in the search for the effects of radiation exposure from the bombs. Thus far, there is no evidence of genetic changes attributable to the A-bombs. On the other hand, the follow-up studies on the surviving population have brought to light certain delayed effects of ionizing radiation. These findings may be summarized briefly as follows:

The growth and development in terms of height, weight, and head and chest circumferences were less for children in utero whose mothers were proximally exposed. Smaller head size and mental retardation appeared to be associated with radiation exposure. Mortality, especially during infancy, was significantly higher among children exposed in utero, and increased with dose.

### 要約

原子爆弾の後影響に関する最も重大な懸念の一つは、広島および長崎の被爆者の子孫に及ぼす遺伝的影響の有無であった。このことと被爆者の人体への影響が、過去30年間のABCCの関心の的であり、放射線影響研究所となった現在も調査の中心をなすものである。

電離放射線被曝の影響を探索する仕事はいろいろの点で困難なものである。殊に重要なことは、測定方法が原爆の生物学的影響を検出できるほど適当なものでなく、十分な感度がないということである。従って、過去何年にもわたって、原爆放射線被曝の影響探知に新しいより感度の優れた研究方法を導入してきた。現在までのところ、原爆によると思われる遺伝的变化は証明されていない。一方、被爆者集団の追跡調査により、電離放射線によるいくつかの遅発性影響が明らかになっている。これらの所見を要約すると次のようになる：

近距離で被爆した母親の胎内で被曝した者に、身長、体重、頭囲および胸囲から見た成長発育の遅延が認められた。小頭および知能遅滞は放射線被曝と関連があるように思われた。胎内被曝児では、とくにその乳児の死亡率が有意に高く、線量の増加に応じて増加した。

Delayed effects of disease occurrence, particularly neoplasms, have been observed. Of special significance is the increased leukemia incidence with a clear-cut dose response relationship with the peak coming 6 years after exposure. Although the leukemia rates in the high dose groups have declined persistently from 1950 to 1972, they have not yet reached the level experienced by the general population. For the solid tumors, lung cancer, thyroid cancer, salivary gland tumors, breast cancer, cancer of the esophagus, stomach and the urinary tract, and lymphomas have been found to be associated with A-bomb radiation exposure. Also, cancers of the digestive system appear to be implicated. The latent period for the solid tumors appears to be less than 20 years. After a latent period of about 15 years, children who received 100 rad or more A-bomb radiation have begun to develop an excess of malignancies. Some 25 years or more after exposure, the accumulated increase of cancer is relatively high, with no indication that a peak has been reached.

Radiation induced chromosome aberrations in survivors continue to persist, and the aberration frequency is, in general, proportional to the radiation dose received.

To date, there is no evidence of a relationship between radiation dose and cancers of the gallbladder, and bile duct, uterus, bone, and skin. Nor has there been any demonstration of an association between cardiovascular disease and radiation exposure. The findings on rheumatoid arthritis, tuberculosis, and stroke are also essentially negative. The cases of radiation cataracts found were too few to establish dose relationship.

The marriage rate is low for persons heavily exposed in utero, but no consistent relationship was observable between radiation exposure and childless marriages, number of children, and interval between marriage and first births. There is no evidence of total sterility in adulthood of males exposed to ionizing radiation in utero or in the prepubertal period.

## INTRODUCTION

On 6 August 1945, the first A-bomb explosion occurred over Hiroshima, a city of about

後影響としての疾患発生、とくに新生物が認められている。特に有意であるのは、白血病発生率の増加である。被爆6年後に最高値に至り明白な線量反応関係が認められた。高線量群における白血病発生率は、1950-1972年の間漸時下降しているが、一般の発生率にはまだ低下していない。充実性腫瘍については、肺癌、甲状腺癌、唾液腺腫瘍、乳癌、食道癌、胃癌、泌尿器癌、およびリンパ腫に、原爆放射線被曝との関連が認められている。また、消化器系の癌も放射線と関係があるように思われる。充実性腫瘍の潜伏期間は20年以下と思われる。子供の時100 rad以上の放射線を受けている者では、約15年の潜伏期間ののち、悪性腫瘍が多く発現しはじめている。被爆から約25年以上も経っている現在では、累積増加は比較的高いが未だ上昇のピークに達している徴候はない。

被爆者の放射線誘発性染色体異常は持続しており、異常の頻度はだいたい被曝線量と比例している。

現在までのところ、胆嚢、胆管、子宮、骨、および皮膚の癌と放射線量との関係は認められない。また、心臓血管疾患と放射線被曝との関係も認められていない。リウマチ様関節炎、結核および脳卒中についても、放射線との関係がない。放射線白内障がみられたが、症例が少なく線量との関係は決定できなかった。

重度胎内被爆者における結婚率は低い、子供に恵まれない結婚、子供の数、ならびに結婚から初産までの期間などと放射線被曝との間に一貫した関係は認められなかった。胎内あるいは青春前期に電離放射線に被曝した男の成人期に、完全な不妊症は認められていない。

## 緒言

1945年8月6日、人口約255,000人の広島市に初め

255,000 population. On 9 August the second bomb was detonated over Nagasaki with an estimated civilian population of 174,000. Shortly after the end of World War II on 15 August the Japanese and the United States governments sent teams to investigate the effects of the bombs. The number of civilians killed in Hiroshima was estimated to be 78,150 and in Nagasaki 23,750. No information is available to us about the casualties among the military personnel, which was probably substantial in Hiroshima because it was known to be the military staging area for southeast Asia.

The total consequences of the bombs will probably never be known. However, in order to ascertain how the A-bombs might affect the population in the years subsequent to the exposure, ABCC was established in 1947 and was joined formally in its studies by the National Institute of Health of the Japanese Ministry of Health and Welfare in 1948. In 1975, ABCC was succeeded by RERF, a joint activity of the Japanese and United States governments to continue the surveillance of the A-bomb survivors in the two cities for the long-term effects of ionizing radiation.

This is a summary in capsule form of the more significant findings of studies that have been conducted over the past 30 years. Some of the positive findings are of great scientific interest. On the other hand, some of the negative findings, especially with respect to genetic consequences, also have far-reaching import.

#### PROGRAM OF STUDY

Major surveys and studies were started between 1947 and 1950 to determine genetic as well as somatic effects of the bomb. Autopsy, clinical laboratory, and outpatient examination facilities were developed, and a major adult medical survey was started. A nationwide enumeration was made at the time of the 1950 National Census to determine who were in Hiroshima and Nagasaki at the time of the A-bomb (ATB).

In late 1950, work began on the population sample exposed in utero to the ionizing radiation of the bomb. Interviews were conducted to ascertain the shielding configuration ATB of the exposed population. In 1955, the Francis Committee proposed a unified epidemiologic design for future work, the Unified Study

で原子爆弾が投下され、次いで8月9日には、推定人口174,000人の長崎市に原爆が投下された。8月15日の第二次世界大戦終結の直後、日本ならびに米国政府は原爆の影響を調査するため被災地に調査団を派遣した。一般市民の推定死者数は広島では78,150人、長崎では23,750人であった。広島は東南アジア方面への陸軍の輸送基地所在地であったので、広島では相当数の将兵が被爆し死傷したものであるが、その死傷者数については情報が得られていない。

原爆による被災の全貌を知ることは、恐らく不可能である。しかしながら、被爆者に対する影響を究明するため、1947年に原爆傷害調査委員会(ABCC)が設立され、その翌年の1948年には、厚生省国立予防衛生研究所がABCCの調査に正式に参加した。ABCCの事業を継承するために、1975年には日米両国政府の共同事業として放射線影響研究所が設立され、電離放射線の影響を究明する目的をもって広島・長崎両市の被爆者を継続して調査することになった。

本報は、過去30年間にわたって行われてきた調査の重要な結果を要約したものである。陽性的所見の中には、科学的に見て非常に大きな意義をもつものもある。一方、特に遺伝学的調査から得られた陰性的所見にも又、重要性をもつものが含まれている。

#### 調査プログラム

主要な調査研究が原爆の遺伝的影響と同時に人体に及ぼす影響を決定するために1947年から1950年の期間に始められた。剖検、臨床検査および外来検診の設備も整い、大規模な成人医学的調査が開始された。1950年国勢調査の際には、原爆時に広島・長崎にいた者の全国的調査が行われた。

1950年後期には胎内で原爆放射線に被曝した人口集団について調査が始められた。被爆者集団の被爆時の遮蔽状態を確認するための面接調査が行われた。1955年には、将来の調査のための統一された疫学的計画、すなわち統合研究計画がFrancis委員会によ

Program. In 1956, the Oak Ridge National Laboratory undertook to develop an A-bomb dosimetry program utilizing among other things the information obtained in the shielding survey to provide a better basis of estimating radiation exposure for each survivor. Up to this time, radiation exposure was measured in terms of distance from hypocenter and certain radiation symptoms. The new method provided estimates of whole-body air dose attenuated by shielding configuration.

In the period 1957-60, efforts were directed mainly toward the organization and early operation of the Unified Study Program. The extensive interviews for the Master Sample were largely accomplished; the ABCC-JNIH Adult Health Study (AHS) was defined and the study itself started; and the shielding interviews were accelerated. Also, the JNIIH-ABCC Life Span Study (LSS) and the F<sub>1</sub> Mortality Study were initiated. Studies were begun on aging, cardiovascular disease, and thyroid disease. The Leukemia Registry was reorganized and strengthened. Tumor Registries were established in Hiroshima and Nagasaki. Radiation exposure dose (T57D) was estimated for each individual in the major samples.

The years 1961 to 1968 was a period of consolidation and development. The LSS sample was closed, and the issuance of reports on mortality experience was started. An in utero mortality sample was defined, and the clinical experience of the in utero exposed was more intensively examined. Cardiovascular studies were augmented, ophthalmologic surveys undertaken, and apparent tumorigenic effects reported for the thyroid, breast, and lung. The autopsy program became more relevant by restricting postmortem studies to members of the major fixed samples under study at ABCC, and the autopsy procurement procedure was modified to eliminate former selective influences. The Oak Ridge National Laboratory dosimetry program yielded more refined second-generation dose estimates (T65D). The cytogenetic studies program was initiated to study radiation induced chromosomal aberrations.

In the early efforts to investigate the delayed effects of the bombs, no clear effects of parental exposure could be demonstrated in the study of sex ratios, frequency of congenital malformations and of stillbirths, and survival and

て提案された。1956年からは Oak Ridge National Laboratory が数ある情報のうち特に遮蔽調査で入手した資料を利用して線量推計法の開発を行い、個々の被爆者について被曝放射線量を推計するためのより妥当な基準を提供した。この時まで放射線被曝は爆心地からの距離とある種の放射線症状によってきめられていた。新しく導入された方法は遮蔽状態により減弱された空気線量の全身照射推定線量を算出するものである。

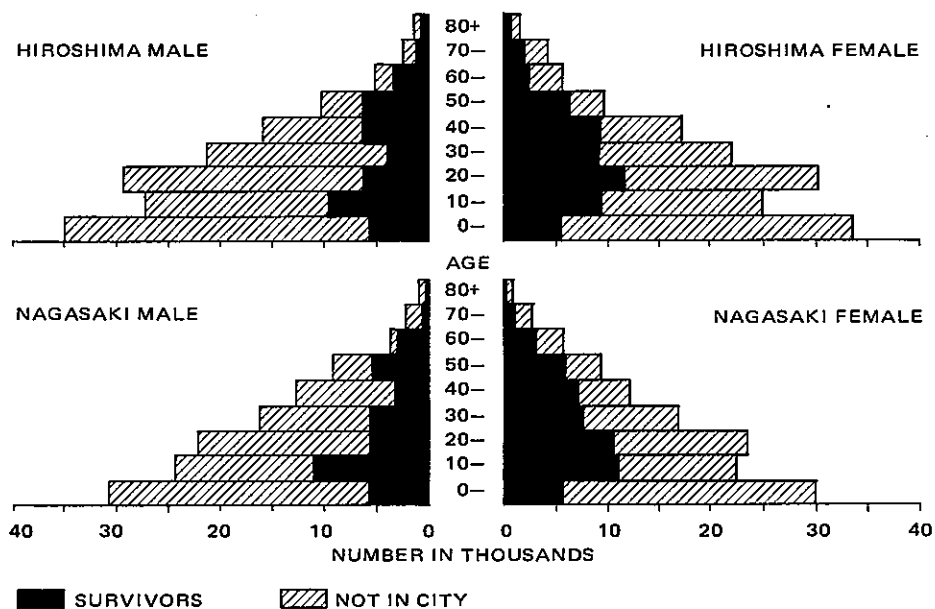
1957-60年の期間には、統合研究計画の組織化と早期運営に主力が注がれた。基本サンプル設定のための広範にわたる面接調査はほとんど完了し、ABCC一子研成人健康調査の対象集団を選定して調査を開始するとともに、遮蔽に関する面接調査も促進された。また、予研一ABCC寿命調査および被爆者の子供の死亡調査も開始された。加齢現象、心臓血管疾患および甲状腺疾患の研究も着手され、白血病登録調査が再編され、強化された。広島および長崎の両市で腫瘍登録調査が始められた。各主要調査群に属している個々の被爆者の推定被曝線量(T57D)が推計された。

1961年から1968年までは調査の拡充と発展の期間であった。寿命調査集団は締め切られ、死亡調査についての報告が発表され始めた。胎内被爆児死亡調査の対象集団が選定され、胎内被爆児の臨床調査がいっそう徹底して行われた。心臓血管調査が強化され、眼科学的調査も実施され、甲状腺、乳房および肺に対する明白な腫瘍発生効果が報告された。剖検をABCCの主要固定集団に限定することによって剖検調査はいっそう効果的なものとなり、剖検例の入手要領も以前の選択的影響を除く方向に修正された。Oak Ridge National Laboratoryの線量測定調査プログラムでは、精度のより高い2回目の線量推定値(T65D)が得られた。細胞遺伝学調査プログラムが開始され、放射線誘発による染色体異常が調査された。

初期に行った遅発性影響の調査では、性比、先天奇形と死産の頻度、生後9か月間の死亡率と成長発育等の点で、親の被曝による影響を認めることができなかった。近年に至り、蛋白質変異体を確認しその

FIGURE 1 POPULATION OF HIROSHIMA & NAGASAKI CITIES 1950  
BY AGE, SEX, & EXPOSURE

図1 広島・長崎市の人口：年齢・性・被爆区分別—1950年



physical development of the infant during the 9 months following birth. More recently, with the emerging ability to identify and characterize protein variants, a search for evidence of genetic effects of radiation at the protein level was begun. This, coupled with family studies of those showing protein variants, will provide a more sensitive method for the study of genetic effects of radiation.

#### SURVIVING POPULATION

In connection with the National Census of 1950, an attempt was made to reconstruct the surviving population of Hiroshima and Nagasaki ATB. The enumerated survivor population and the population that migrated to the two cities subsequent to the bombs are shown in Figure 1.

The survivor population represented only a fraction of the total population enumerated in 1950. Also, the distribution of male survivors reflects the wartime situation with respect to service of males in the armed forces. Except for boys of school age, the population profile of males in both Hiroshima and Nagasaki does not

特性を明らかにする技法が開発されたので、蛋白質レベルにおいて放射線の遺伝的影響を究明する調査が開始された。この調査は、蛋白質変異体を示す者の家族調査と共に行われれば、放射線の遺伝的影響を究明するためのより感度の高い方法を提供するであろう。

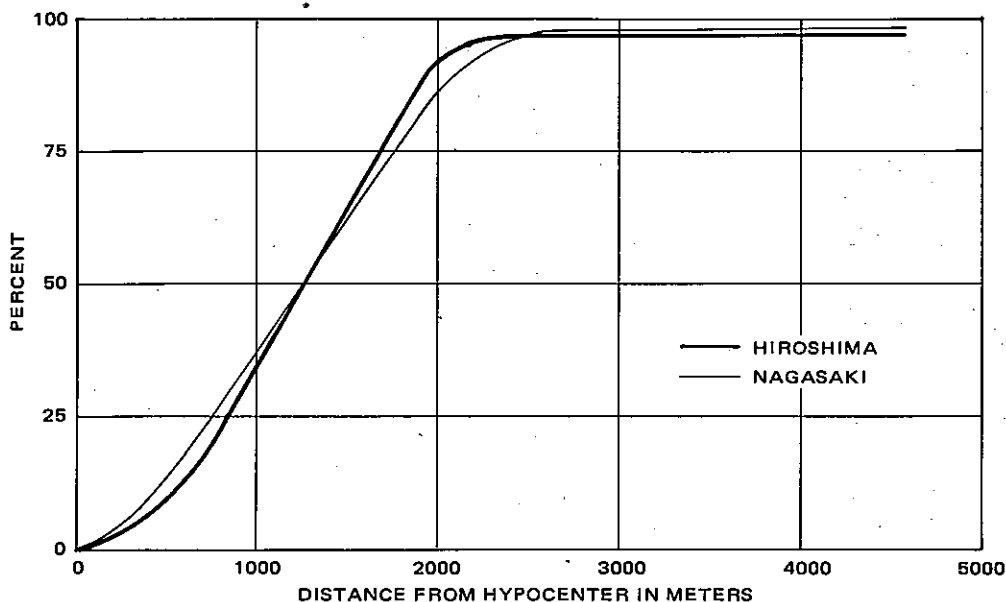
#### 被爆生存者人口集団

1950年の国勢調査時に被爆者調査を行って、広島および長崎の被爆生存者を調べた。両市在住の被爆生存者ならびに原爆後両市に入市した住民は図1に示した。

この図に示した被爆生存者は、1950年に調査した被爆者全員を示すものではない。男性被爆生存者の分布は、戦時中の男子の兵役状況をよく反映している。学齢時の男子を除けば、広島・長崎両市の男性人口

FIGURE 2 ESTIMATED PERCENTAGE OF ATOMIC BOMB SURVIVORS 1951  
HIROSHIMA & NAGASAKI

図2 広島・長崎市の原爆被爆者の推定百分率分布, 1951



show the pyramidal distribution of a normal population.

The survivorship curves (Figure 2) show relatively low mortality 2500m or more from the hypocenter. About 50% of the population within 1300m from the hypocenter were killed. The higher cumulative survivorship for the Nagasaki population as compared with that of Hiroshima reflects the protective nature of the terrain in Nagasaki. The blast in Hiroshima took place in the open, whereas in Nagasaki, the bomb exploded between two ridges which more or less contained the explosion.

#### MAJOR STUDY POPULATIONS

The present major sample populations were drawn for the study of morbidity and mortality among the survivors (Figure 3).<sup>1</sup> The Adult Health Study (AHS) is a morbidity study based on biennial physical examinations of the survivors and their comparison group, or the control population. The Life Span Study (LSS) is a study of the mortality pattern of survivors and their comparison group over a period of time.

分布は通常のピラミッド型を示していない。

生存率の曲線(図2)は、2500m以上では死亡率が比較的低いことを示している。1300m以内の被爆者の約50%が死亡している。広島に比べて長崎のより高い累積生存率は、長崎の地形が被爆者を防護したことを示す。広島では平地で爆弾が炸裂したが、長崎では二つの尾根の間で炸裂したので、被害が多少抑えられた。

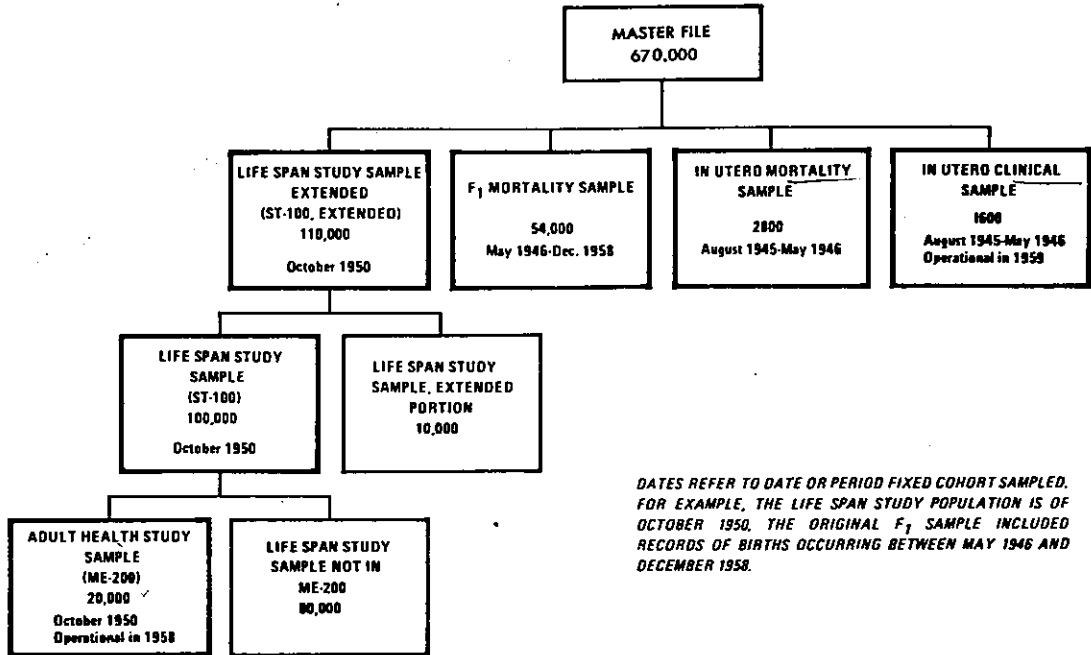
#### 主要調査対象集団

現在の主要調査対象集団<sup>1</sup>は被爆者の罹病調査および死亡調査のために抽出された(図3)。成人健康調査は被爆者およびその比較群すなわち対照集団の2年に1回の健康診断に基づく罹病調査である。寿命調査は一定期間における被爆者とその比較群の死亡率に関する調査である。



FIGURE 3 MAJOR ABCC SAMPLES, SIZE AND DATE SAMPLED,  
HIROSHIMA & NAGASAKI COMBINED

図3 主要なABCC調査群、その大きさと編成時期(広島・長崎合計)



The F<sub>1</sub> Mortality Sample includes offspring of the population exposed to A-bomb radiation. Originally, this sample was constructed from live births recorded during the interval 1 May 1946 - 31 December 1958 to parents both of whose residences, when the child was born, were in Hiroshima or Nagasaki, and whose exposure status was recorded in the ABCC Master File. In 1975 a decision was made to up-date this sample to include children of survivors born after 1958. This sample will continue to be used to study the life span of children born to A-bomb survivors. Also, it is being used in the cytogenetic studies of offspring of A-bomb survivors and in the investigation of genetic effects of atomic radiation on the protein structure in children of survivors. The latter is the most recent member of the family of studies on the effects of the bomb for the detection of genetic variations at the protein level.

#### RADIATION EFFECTS OF THE BOMBS

This report includes some of the more important findings. These items are keyed to the report from which they were drawn to facilitate

F<sub>1</sub> 死亡調査集団には原爆被爆者の子供が含まれている。この子供は1946年5月1日から1958年12月31日の間に生まれ、その出生時に両親が共に広島あるいは長崎に在住し、その被爆状況がABCC基本名簿に記録されているものに限定した。1975年には、1958年以後に生まれた被爆者の子供をこのサンプルに加えることが決定した。この拡大された群は被爆者の子供の寿命調査のみならず、被爆者の子供の細胞遺伝学調査と蛋白質構造における遺伝学的調査にも用いられる。後者は、蛋白質レベルの遺伝学的変異を発見しようとする調査で、最近開始したものである。

#### 原爆の放射線影響

この報告は主要な調査結果のいくつかをまとめたものである。それらの項目には、その出所となった報

reference to the original article. It is suggested that the original articles be consulted because these brief extracts may not include details necessary for full understanding of the findings.

The findings from the different studies are of varying significance. Because of the relatively small sample size, a number of studies have been inconclusive. In some cases, the accumulation of additional data has turned up significant findings. In others, the results have been essentially negative, that is, radiation effect could not be demonstrated. In areas where certain effects have been predicated on the basis of theory or animal experimentation, these negative findings are as important as positive results.

### SOME LIMITATIONS OF DATA

Although these epidemiological studies included control groups for comparative purposes, it was not possible to set up an ideal population sample. For example, the number of survivors exposed near the hypocenter is limited, and cannot be augmented. The selection of a proper control group presents another problem. Essentially, any control group should resemble the experimental group in every respect except the factors being tested (radiation exposure in this case). Because everyone in the area was exposed to some degree and subject to blast effects and burns, a sample was taken of the population residing in the city at the time of the survey who were not in the cities ATB. The not-in-city (NIC) group was subdivided into early and late entrants into the cities since they might have represented different kinds of populations. Actually, the NIC group appears to differ from the A-bomb survivors in other respects such as socioeconomic status. Therefore, in many instances, the NIC group has been abandoned as a control in favor of survivors with very low exposure doses, for example, 0, or 0.9 rad.

The studies involving the major samples are based on the A-bomb survivors who were still alive at the initial survey about 5 years after the bombs. Therefore, the samples exclude the more severely injured, and offer the possibility of measuring the delayed effects of exposure, from light to moderately heavy radiation dose.

Sample size poses a problem. When the data are classified by city, sex, age, radiation exposure, and causes of illness or causes of death, the

告を示す索引を付して、原著参照の便を図った。ここに記載した簡単な抜粋では調査結果を十分に理解するために必要な詳細が省かれているので、原文を読むことを勧める。

各調査から得られた結果はそれぞれ異なった重要性をもっている。調査サンプルが比較的小規模であったため、多くの調査結果が不確定であった。あるときにはデータを新しく加えたことで有意な所見となることもあり、また、結果が本質的に否定的であること、すなわち、放射線の影響が証明できないこともあった。理論的に、あるいは動物実験に基づき、ある種の影響が断定されている分野では、これら否定的所見は肯定的な結果と同じく重要である。

### 資料における制限

これまで行ってきた各疫学的調査には、比較のための対照群が用いられているが、理想的な調査対象集団を設定することは不可能であった。たとえば、爆心地の近くで被爆した生存者の数には限度があり、その数を増やすことはできない。適当な対照群の選出にも問題がある。本来、調査している要因（この場合は放射線被曝）を除けば対照群と被爆者群はすべての点で同様でなければならない。調査地域にいた者全員は多少の放射線を被曝し、爆風と火傷の影響の下にいたので、調査当時市内に居住していた者の中から原爆時に市内にいなかった人々の集団を選んだ。この市内にいなかった群は、早期入市者と後期入市者とは性質が異なるのではないかと思われたので、二つに分けた。この市内にいなかった群と被爆者群とはその他の点でも、すなわち、社会経済面でも違っているように思われる。したがって、この市内にいなかった群の代わりに低線量群、たとえば、0または0-9 rad被曝群が対照として用いられてきたこともしばしばある。

主要調査集団の研究は、原爆後約5年を経て実施された最初の人口調査時に生存していた者に基づいている。したがって、最も重度の傷害を受けた者が調査集団から除外されており、可能性としては軽度ないし中等度の放射線被曝の後影響を調べることになる。

調査対象集団の大きさも問題である。資料を都市、性、年齢、被曝線量および病因あるいは死因別に分

frequency of events dwindles very rapidly. This introduces variability into the data, and creates difficulties in their interpretation. Inferences can be made only after the performance of statistical tests of significance to give some assurance that the differences observed are not due to chance alone.

The Japanese family registration system results in efficient and convenient notification of deaths. However, there is something more to be desired in the diagnostic data on the death and morbidity records. Evaluation of the medical certificate of cause of death has brought some assurance as to the quality of diagnostic data on death certificates, especially for malignant neoplasms of certain sites.<sup>2</sup>

The clinical diagnoses available for the AHS are difficult to characterize, especially if they are not based on laboratory findings. Most investigators have used the coded diagnoses for initial ascertainment only, reexamining the patient or reviewing the medical records to make final selections in relation to study criteria. There is little information on the frequency with which diagnoses are missed. The ascertainment varies also in relation to the special interests and experience of the examiners at one time or another, the existence of particular substudies, and other factors.

For radiation exposure data, the field investigators gathered specific information on distance-shielding configuration, and acute symptoms. These retrospective data are biased to an unknown extent by recall problems.

The early studies were made on the basis of exposure classification comprised of distance from hypocenter and acute radiation symptoms. In 1958, the first dosimetry system (T57D) was adopted, and in 1966, the second, or T65D, system. Each system involves rules for calculation of separate gamma and neutron doses to the individual based on his distance from the hypocenter and his shielding configuration. Even in the T65D system the procedures do not apply to individuals in reinforced concrete buildings, in factories with heavy machinery, or in streetcars.

#### SELECTED MAJOR FINDINGS

Some of the more significant findings from

類した場合の各件数は非常に少なくなる。このために資料に変動が導入され、資料の解釈も困難となる。観察される差が偶然に生じたものではないことについてある程度の確信を得るためには有意性検定を行って初めて推計が可能となる。

日本では戸籍制度のもとで死亡の届出が効果的に、かつ適切に行われている。しかし、死亡や罹病の記録にみられる診断のデータには、より詳細な資料の記録が望まれる場合がある。死亡診断書に記載されている死因についての検討の結果、<sup>2</sup> 死亡診断書の資料、特にある部位の悪性新生物に関する診断の正確性についてはいくらかの確信が得られた。

成人健康調査の臨床診断は、臨床検査結果による裏づけがないかぎり、その特徴をみきわめることは困難である。たいていの研究者は、符号化されている診断を最初の症例抽出のためにのみ用いており、調査の基準に見合った最終決定は患者を再診するかまたは医学記録を検討することによって行っている。診断が脱落する頻度についてはほとんどわからない。各時期における診察担当者の持つ特別な関心や経験、あるいは特定研究の有無、およびその他の因子によっても、症例発見は違ってくる。

放射線被曝資料に関しては、調査員は距離、遮蔽状況および急性症状についての具体的な情報を集めた。この資料は、事後調査によって得られたので、記憶の問題による未知の偏りがある。

初期の研究は、爆心地からの距離と急性放射線症状とによる被爆区分に基づいて実施された。1958年に最初の線量推定方式(T57D)が採用され、1966年に第2の方式、すなわち、T65D方式が採用された。この二つの方式では、爆心地からの距離と遮蔽状況に基づいて各人のガンマ線および中性子の線量を別々に計算するための規定が与えられている。T65D方式をもってしても鉄筋コンクリートの建物、重工業機械のある工場または電車の中に入った対象者についてはこの規定は適用できない。

#### 特定の主要所見

種々の調査から得られている最も意義のある所見の

various studies are reported here. Because of different latent periods for different effects, the findings generally apply only to the period of observation. A negative finding at one point in time does not necessarily mean that certain effects will not be manifested later. For example, earlier studies gave no indication that malignancies would be a special problem for those with radiation exposure during childhood. However, recent studies show that the incidence of malignant neoplasms is rising rapidly in this cohort. Conversely, effects such as leukemia are beginning to wane.

When the frequency of events is small, the variability in the data will be large, and certain statistically significant differences may occur due to chance only. In such cases, repeated observations, that is, accumulation of more data will result in findings which are no longer statistically significant.

**Genetic Effects.** Significant effects of parental exposure to the A-bomb on stillbirth or infant mortality rates, birth weight of child, or on the frequency of congenital malformations have not been detected, although geneticists agree that radiation probably causes mutations in man.<sup>3</sup>

The sex ratio (ratio of male to female babies) was expected to decrease if the mother had been irradiated, and to increase with paternal irradiation. An earlier study suggested such a shift, but additional data failed to confirm this hypothesis.<sup>4</sup> No relationship has been observed between parental exposure and the mortality of children.<sup>5,6</sup>

No significant increase in leukemia incidence has been observed in the offspring of persons exposed to A-bomb radiation.<sup>7</sup> A preliminary cytogenetic study in the offspring of A-bomb survivors showed no evidence of radiation effects on meiotic chromosomes.<sup>8</sup>

**Radiation Injuries.** Three major symptoms of acute radiation exposure were routinely sought in interviews - epilation, bleeding (including purpura), and oropharyngeal lesions. Acute radiation symptoms increased almost linearly from 5% - 10% among those exposed to total dose of 50 rad to 50% - 80% of those with about 300 rad exposure, after which the proportion levelled off.<sup>9</sup>

若干をここに記述する。それぞれの影響に対する潜伏期間が異なるので、ここに記載する所見は、一般的にその観察の行われた期間にのみ当てはまるものである。ある時点において否定的所見があったとしても、ある種の影響が将来出現しないだろうということも必ずしも意味しない。たとえば、初期の調査では、小児期に放射線被曝した者において悪性腫瘍が特別な問題になることを示す知見はなかった。しかし、最近の調査では、悪性腫瘍がこの対象群に急速に増加していることが認められている。逆に、白血病などのように衰え始めているものもある。

発生件数が少ない場合にはデータの変動性は大きくなり、統計的に有意なある種の差が偶然によってのみ起こる場合もある。このような場合、実験の繰り返し、すなわち資料をさらに累積すれば、もはや統計的に有意でないという結果になるであろう。

**遺伝的影響。** 遺伝学者たちは放射線がヒトに突然変異を起こさせるであろうという一致した意見をもっているが、死産率、乳児死亡率、出生時体重または先天性奇形の頻度に対して、親の原爆被曝による有意な影響は認められなかった。<sup>3</sup>

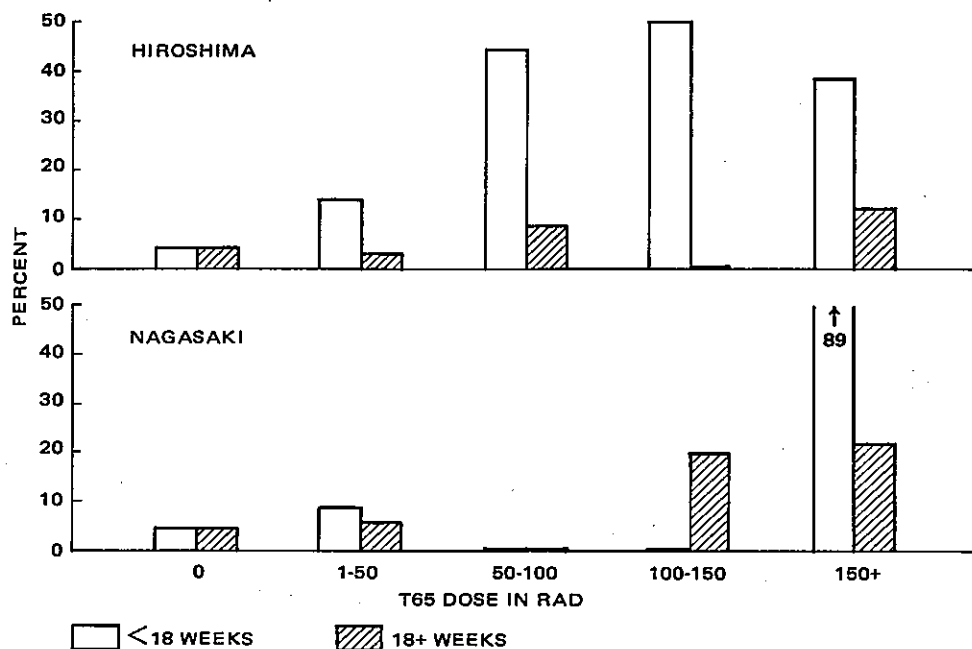
子供の性比(女子に対する男子の割合)は、母親が放射線照射を受けていた場合には減少し、父親の場合には増加することが予想された。初期の調査では、このような変化が示唆されたが、その後の追加資料ではこの仮説は確認できなかった。<sup>4</sup> 両親の被曝とその子供の死亡率との間に関係は認められなかった。<sup>5,6</sup>

被曝者の子供には、白血病発生率の有意な増加は認められなかった。<sup>7</sup> 被曝者の子供に関する予備的な細胞遺伝学的調査では、生殖細胞染色体に対する放射線影響の形跡は認められなかった。<sup>8</sup>

**放射線傷害。** 放射線被曝の主要急性症状として、脱毛、紫斑を含む出血および口腔咽頭部病変の三つが面接時にはきまって調査された。急性放射線症状の頻度は、総線量50 radの被曝者における5%—10%から約300 radの被曝者における50%—80%までほとんど直線的に増加し、それ以上になるとこの比率はしだいに横ばい状態となった。<sup>9</sup>

FIGURE 4 SMALL HEAD SIZE - IN UTERO ATB BY EXPOSURE  
GESTATIONAL AGE, & CITY

図4 小頭囲—原爆時胎内にあった者：被爆区分、妊娠週期・都市別



**Delayed Effects on Growth and Development.** Head circumference and height were significantly less in children in utero whose mothers were proximally exposed and reported evidence of major radiation symptoms, and those exposed prior to the 18th week of pregnancy (Figure 4).<sup>10,11</sup> Prevalence of mental retardation was high in those exposed in utero within 1500 m from the hypocenter. Mental retardation was more frequent in those exposed between the 6th and 15th weeks of pregnancy, the period of brain differentiation and development of the cerebral cortex.<sup>12,13</sup> In terms of radiation dose, significant increases in the prevalence of mental retardation occurred at doses over 50 rad in Hiroshima and 200 rad in Nagasaki with the risk of mental retardation being generally higher with increasing dose.<sup>14</sup>

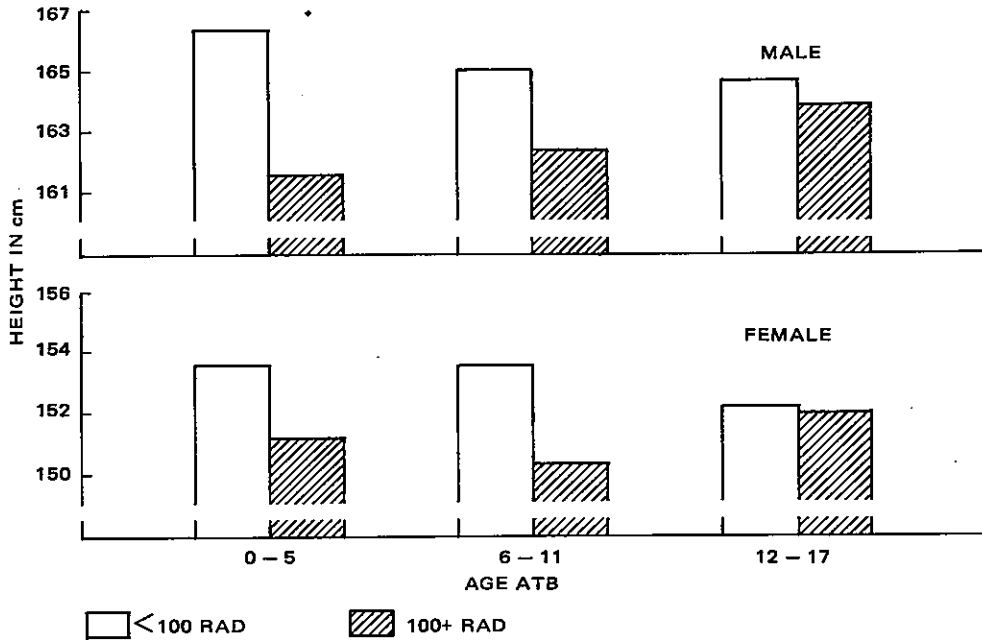
Consistently smaller head and chest circumferences, weight, standing and sitting heights at ages 14 to 15 years were found among Nagasaki children whose mothers were exposed to high doses.<sup>15</sup> Height, weight, and head circumferences at 17 years of age were signifi-

成長および発育に及ぼす遅発性影響。母親が近距離で被爆し主要放射線症状を呈した胎内被爆児<sup>10</sup>および妊娠第18週までに被爆した者<sup>11</sup>は、頭囲および身長が有意に小さいことが認められた(図4)。知能遅滞の頻度は爆心地から1500m未満の胎内被爆者に高く、脳の分化と脳皮質の発達する時期である妊娠第6週から第15週までに被爆した者に最も多かった。<sup>12,13</sup>放射線量別にみると、知能遅滞の発生は広島で50 rad以上、長崎で200 rad以上の放射線をあびた者に有意に増加し、全体的に線量が多いほど高かった。<sup>14</sup>

長崎で高線量を受けた母親から生まれた子供の14-15歳時検査で、頭囲、胸囲、体重、身長および座高がいずれも一貫して小さいことが認められた。<sup>15</sup> 広島で近距離被爆した母親に生まれた胎内被爆児の17歳

FIGURE 5 AVERAGE ADULT HEIGHT AT 5TH CYCLE EXAMINATION  
(1966-68) BY AGE ATB & EXPOSURE, HIROSHIMA

図5 第5診察周期(1966-68年)における成人平均身長:原爆時年齢・被爆区分別, 広島



cantly less in the Hiroshima children in utero ATB whose mothers were proximally exposed.<sup>16</sup>

For in utero children, the death rate for all causes, especially among infants, increased with intensity of radiation exposure of the mother. However, no increase in mortality from leukemia or from solid tumors was observed.<sup>17</sup> There was no radiation effect on bone maturation among those exposed to radiation in utero ATB.<sup>18</sup>

Body size was smaller and body maturation less advanced in the Hiroshima exposed children.<sup>19</sup> Adult height was significantly less among Hiroshima survivors 0-5 years of age ATB exposed to high doses (Figure 5). Dose effect declined with increasing age ATB, but adult weight was less regardless of age ATB.<sup>20</sup>

**Delayed Effects on Disease Occurrence.** The earliest noted delayed effects of the A-bombs were the occurrence of posterior lenticular cataracts in some of the heavily irradiated survivors.<sup>21</sup> In a later review, posterior subcapsular changes on the lens were the most consistent findings in the various ophthalmologic

時検査において, 身長, 体重および頭囲が有意に小さいことが認められた。<sup>16</sup>

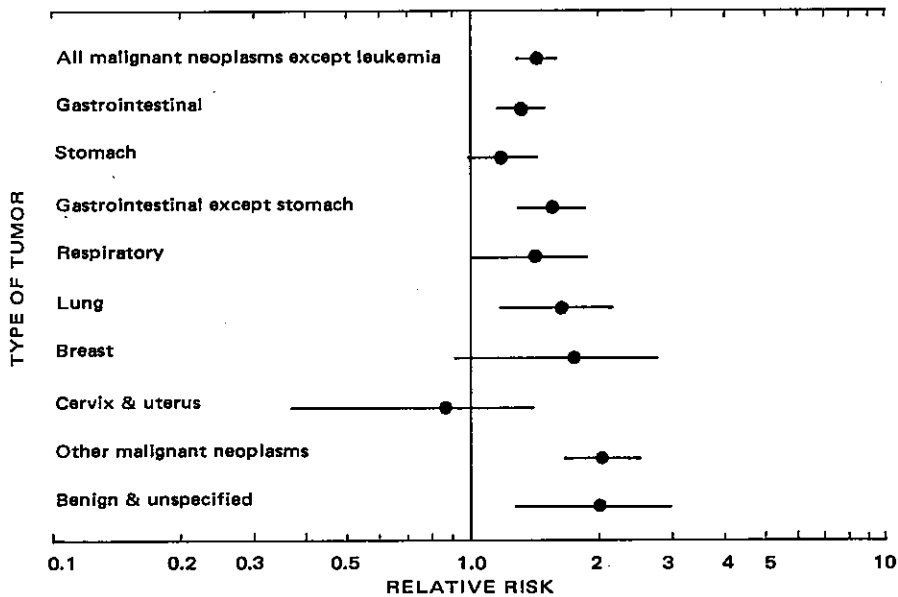
胎内被爆児の死亡率, とりわけ全死因による乳児死亡率は母親の放射線被曝線量の増加に従って増加した。しかしながら, 白血病および癌による死亡率の増加は観察されなかった。<sup>17</sup> 胎内被爆児の骨成熟に放射線の影響は認められなかった。<sup>18</sup>

広島で原爆放射線を受けた子供は, 体格が小さく, 成熟状態が遅滞していた。<sup>19</sup> 原爆時に0-5歳で高線量を受けた広島の子供は, 成人期の身長が有意に低いことが認められた(図5)。原爆時の年齢が高かった者ほど放射線線量の影響は少ないが, 成人期の体重は原爆時の年齢とは無関係に軽いことが認められた。<sup>20</sup>

疾病発生に対する遅発性影響。最初に認められた原爆の後影響は, 強度放射線被曝の被爆生存者のいく人かに認められた水晶体後部の白内障である。<sup>21</sup> 後に再検討したが, 水晶体後囊下変化はABCCで行ったいろいろの眼科学的調査を通じて最も一貫してみ

FIGURE 6 RELATIVE RISK & 80% CONFIDENCE INTERVALS 200+ RAD VS 0-9 RAD FOR VARIOUS TUMORS AS CAUSE OF DEATH - 1950-72

図6 200 rad 以上群の0-9 rad 群に対する相対的危険度および80%信頼区間：  
各死因腫瘍別，1950-72年



studies at ABCC. Except for the very few with marked opacity of the lens, there seemed to be little alteration in visual acuity.<sup>22</sup>

The major problems of A-bomb radiation exposure relate to neoplasia, especially leukemia, among the exposed population. Figures 6-8 summarize some of the mortality experiences of the survivors with respect to neoplasms. The estimated number of deaths from neoplasia attributable to A-bomb radiation in the period 1950-74 is summarized as follows;<sup>23</sup>

Number of survivors in 1950	285,000
Normally occurring deaths	70,000
Deaths attributable to neoplasia*	337-492
as % of normal deaths	0.5-0.7
/1000 persons	1.2-1.7

\* 90% confidence intervals 90%の信頼区間

Excessive mortality was especially high for leukemia, where the radiation effect appeared to be present even among those estimated to

られた所見であった。水晶体に顕著な混濁のあったごく少数例を除けば、眼調節力にはあまり変化はなかった。<sup>22</sup>

原爆放射線被曝による主要な問題は被爆者集団にみられる新生物、特に白血病に関するものである。図6-8に、被爆生存者の新生物による死亡率についてそのいくつかをまとめた。1950-74年の期間における原爆放射線が原因と思われる新生物による推定死亡数は下記のとおりである；<sup>23</sup>

白血病による死亡率の増加が特に高く、10-49 rad の線量を受けたと推定される者にも放射線の影響が

FIGURE 7 DOSE RESPONSE CURVES FOR ESTABLISHED CARCINOGENIC EFFECTS OF ATOMIC RADIATION

図7 原子放射線の及ぼす明確な発癌影響の線量反応曲線

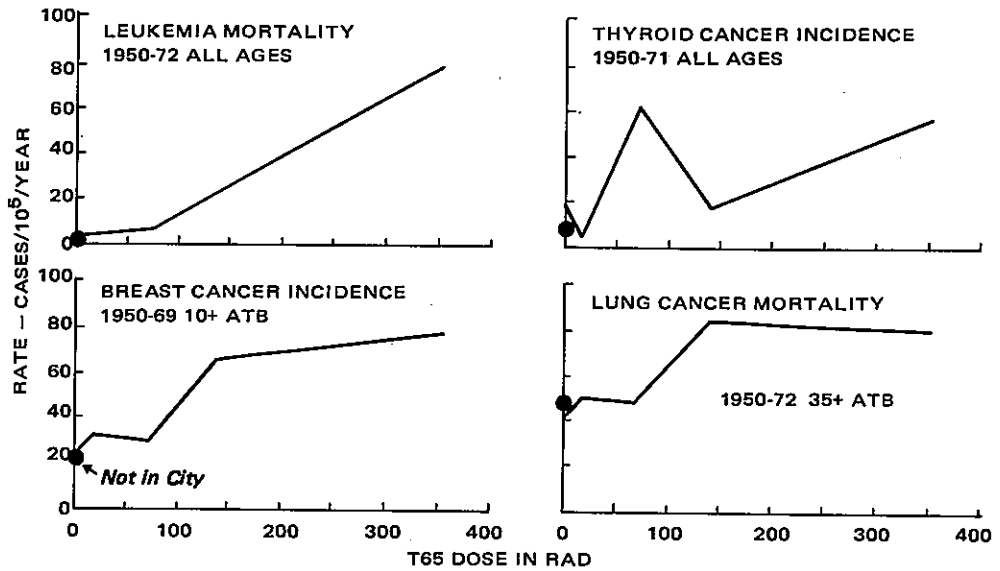


FIGURE 8 CUMULATIVE PROBABILITY OF DEATHS FROM STOMACH CANCER, HIROSHIMA & NAGASAKI, 1950-75

図8 胃癌による死亡の累積確率，広島・長崎，1950-75年

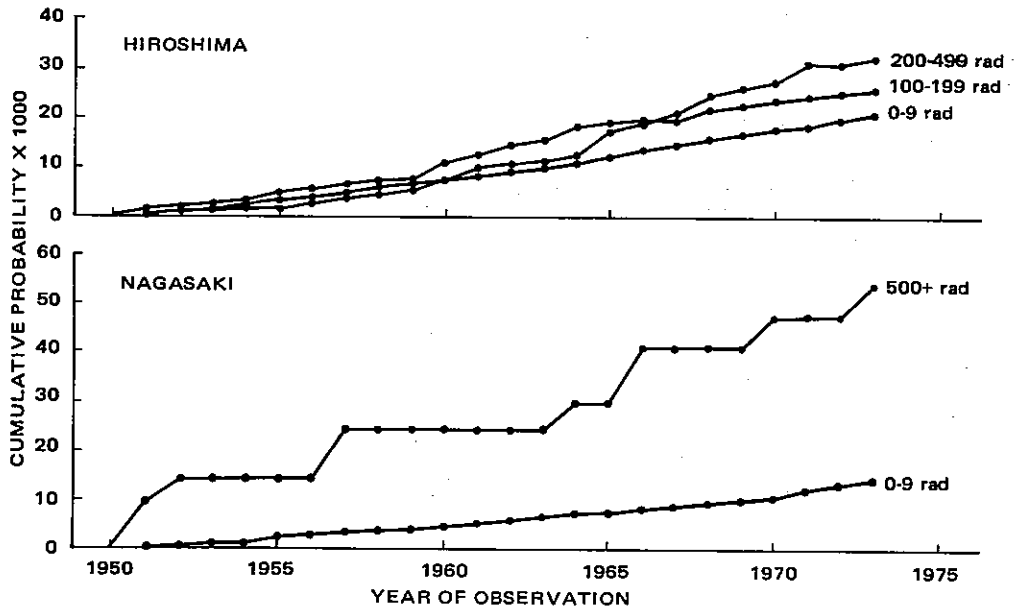
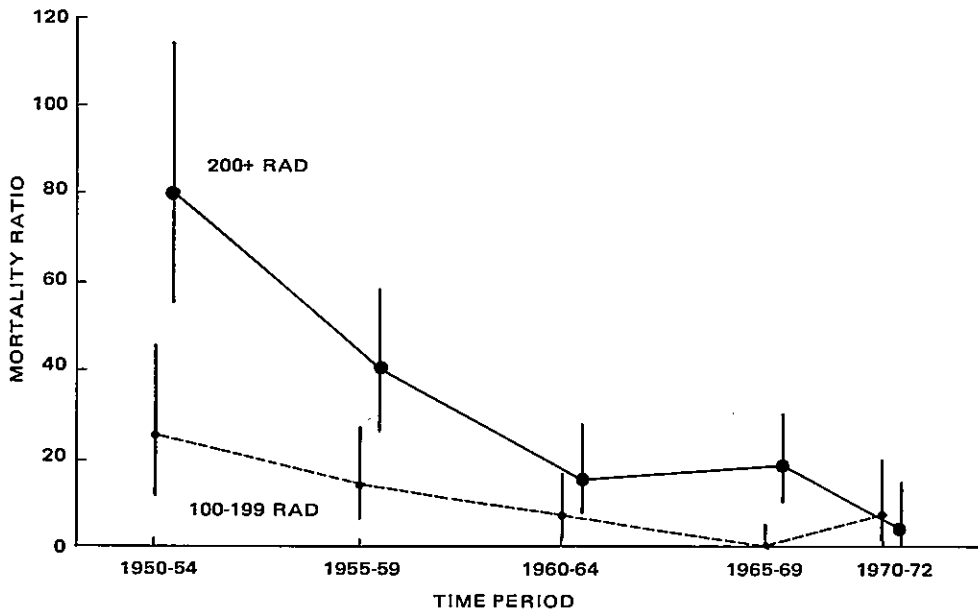




FIGURE 9 MORTALITY RATIO & 80% CONFIDENCE INTERVALS 200+ RAD VS 100-199 RAD BY TIME PERIOD FOR DEATHS FROM LEUKEMIA, 1950-72

図9 200 rad 以上群および100 - 199 rad 群の死亡比および80%信頼区間：期間別，白血病，1950-72年



have received 10-49 rad. Leukemia rates in the high dose groups have declined persistently during the period 1950 to 1972, but have not reached the level experienced by the general population (Figure 9). However, death rates for cancer of other sites have increased sharply in recent years. The latent period for radiation induction of cancers other than leukemia based on mortality data appears to be of the order to 20 years or more under the conditions experienced by the survivors.<sup>24</sup> However, morbidity data for breast cancer suggest that the effect may have begun within the first 10 years after the bomb.<sup>25</sup>

There was an increased leukemia incidence with a dose-response relationship and the peak occurred 6 years after exposure. Acute lymphocytic, acute myelogenous, and chronic myelogenous leukemia were induced but not chronic lymphocytic leukemia. The effect was greatest among those exposed during childhood.<sup>26-28</sup>

The lowest dose category with increased frequency of leukemia was 20-49 rad, considerably less than the earlier low of about 80 rad.

認められた。高線量群における白血病の死亡率は、1950-72年の期間に一貫して下降を示しているが、一般人口の水準までには達していない(図9)。しかし、その他の部位の癌による死亡率は、近年顕著な上昇を示している。白血病を除く癌が誘発されるまでの潜伏期は、原爆被爆生存者の経験した状況の下ではだいたい20年以上の程度であろうと思われる。<sup>24</sup> しながら、乳癌の罹病率資料は被爆後10年以内に影響が出はじめていることを示唆している。<sup>25</sup>

白血病発生率の増加には線量との関係があつて、被爆6年後に白血病発生率が頂点に達した。急性リンパ性白血病、急性骨髄性白血病および慢性骨髄性白血病は誘発されたが、慢性リンパ性白血病の誘発は認められなかった。放射線の被曝影響は、幼児期に被爆した者において最も著しかった。<sup>26-28</sup>

白血病頻度の増加の見られる最低線量は20-49 rad であるが、これは以前の調査で認められた最低線量の約80 rad よりも相当に低いものである。この20-

This effect at 20-49 rad was found only in Hiroshima where neutrons constituted a substantial fraction of the total dose. In Nagasaki, exposure to neutrons was very small. No excess risk from leukemia was observed among survivors exposed to radiation dose under 100 rad in Nagasaki.<sup>29</sup>

Lung cancer mortality increased with dose. This was particularly significant for those exposed at ages 35 years and over ATB.<sup>24</sup>

The prevalence of thyroid disease other than cancer increased with dose among Hiroshima females and among those 0-19 years ATB in Nagasaki.<sup>30</sup> The occurrence of thyroid cancer was higher in women than in men and showed a significant elevation with the increase in dose. For those less than 20 years ATB, no sex difference in incidence was evident.<sup>31</sup>

Salivary gland tumors increased more than five-fold among survivors exposed to high radiation doses compared with the nonirradiated population.<sup>32</sup>

The relative risk of breast cancer was significantly higher among the heavily irradiated women in the LSS as well as in the AHS. Women who were young ATB and are now entering the ages of higher cancer incidence appear to be at greater risk from breast cancer.<sup>25</sup>

Cancer of esophagus, cancer of the urinary tract, and lymphomas have been found to be associated with A-bomb radiation exposure. In addition, a residual group of cancers of the digestive tract other than esophagus, stomach, large bowel, rectum, and pancreas was found to be significantly related to radiation dose, suggesting that one or more additional digestive organs may also be involved.<sup>23</sup>

After a latent period of about 15 years, children exposed to radiation doses of 100 rad or more have begun to develop an excessive number of solid tumors. Some 25 years after exposure, the accumulated increase is most striking, with no evidence as yet that a peak has been reached. During the next 10 years, these persons will be entering ages when cancer incidence ordinarily begins to increase.<sup>33</sup>

No relationship has been found to date between

49 rad の線量における影響は、中性子線が総線量の大部分を占めていた広島においてのみ認められた。長崎市では、中性子線被曝はほとんどなく、100 rad 以下の線量を受けた被爆者には白血病の発生は見られなかった。<sup>29</sup>

肺癌の死亡率は線量に応じて増加した。その増加は、原爆時35歳以上の年齢で被爆した者に特に有意であった。<sup>24</sup>

癌を除く甲状腺疾患の有病率は、広島的女子と長崎の原爆時年齢0-19歳の者において被曝線量とともに増加した。<sup>30</sup> 甲状腺癌の発生率は男性よりも女性の方に高く線量の増加とともに有意に増加した。原爆時20歳以下の被爆者には性別による発生率の差は認められなかった。<sup>31</sup>

唾液腺腫瘍は非被爆群と比べて高線量被曝者に5倍以上の増加が見られた。<sup>32</sup>

乳癌の相対的危険度は、成人健康調査と同様寿命調査対象者のうちの強度被曝女性に有意に高かった。若年時に被曝し、現在癌年齢に達した女性には、乳癌の危険率が高くなっている。<sup>25</sup>

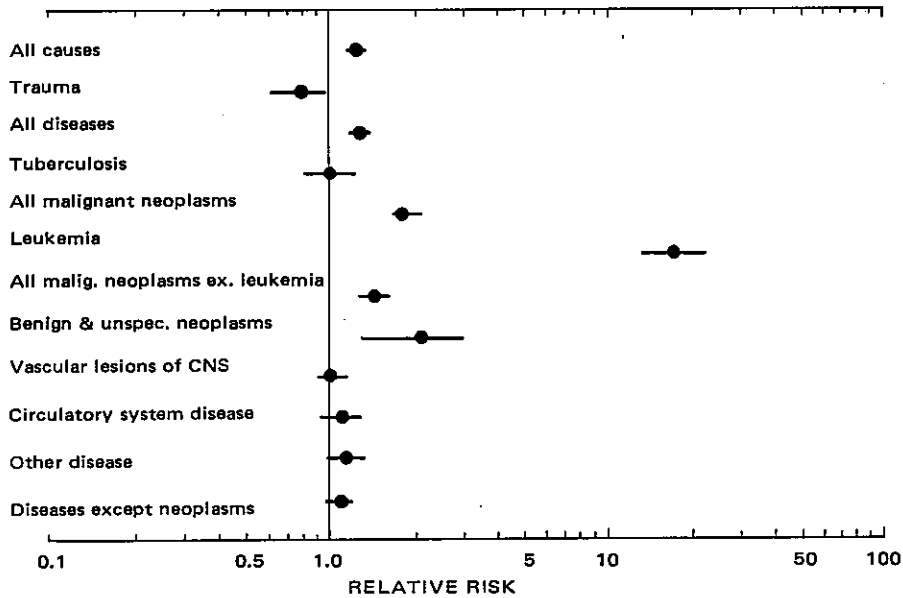
食道癌、泌尿器癌、及びリンパ腫は原爆放射線被曝と関係があることが認められている。さらに、食道、胃、大腸、直腸、及び膵臓を除く消化器官の癌も放射線量と有意の関係があると認められ、その他にも2、3の消化器官に放射線の影響があることが示唆されている。<sup>23</sup>

約15年の潜伏期の後に100 rad以上の放射線線量を受けた子供に悪性新生物の過剰発生が現われ始めた。被爆後25年たった現在、この累積症例数はきわめて顕著であり、その発生が頂点に達したという形跡はまだない。今後10年間に、これらの人々は、癌の発生率が通例増加し始める年齢に達する。<sup>33</sup>

胆嚢癌、胆管癌、<sup>34</sup> 骨癌、<sup>35</sup> 皮膚癌<sup>36</sup>の有病率と放

FIGURE 10 RELATIVE RISK & 80% CONFIDENCE INTERVALS 200+ RAD  
VS 0-9 RAD FOR MAJOR CAUSES OF DEATH, 1950-72

図10 200 rad 以上群の0-9 rad 群に対する相対的危険度および80%信頼区間：  
主要死因別，1950-72年



radiation dose and prevalence of cancers of the gall bladder and bile duct,<sup>34</sup> bone,<sup>35</sup> and skin.<sup>36</sup>

Forty cases of aplastic anemia were confirmed in A-bomb survivors in a 20-year period, but the increase in risk due to radiation exposure was not statistically significant.<sup>37</sup>

An increase in prevalence of miscellaneous eye diseases after radiation exposure was noted, except among females age 50 or more ATB.<sup>30</sup>

Abnormalities of the superficial minute vessels were found in those under 10 years ATB who were exposed to 100 rad or more. Labial and lingual mucosa were more frequently affected than were fingernail fold and bulbar conjunctiva. These findings suggest that A-bomb exposure affected the entire vascular system.<sup>38,39</sup> No relationship between the prevalence or incidence of rheumatoid arthritis and radiation dose has been found.<sup>40</sup> There was no evidence of a relationship between the prevalence of cardiovascular diseases and radiation exposure, or between mortality from cardiovascular diseases and radiation.<sup>24,41,42</sup>

放射線量の関係はいまのところ認められていない。

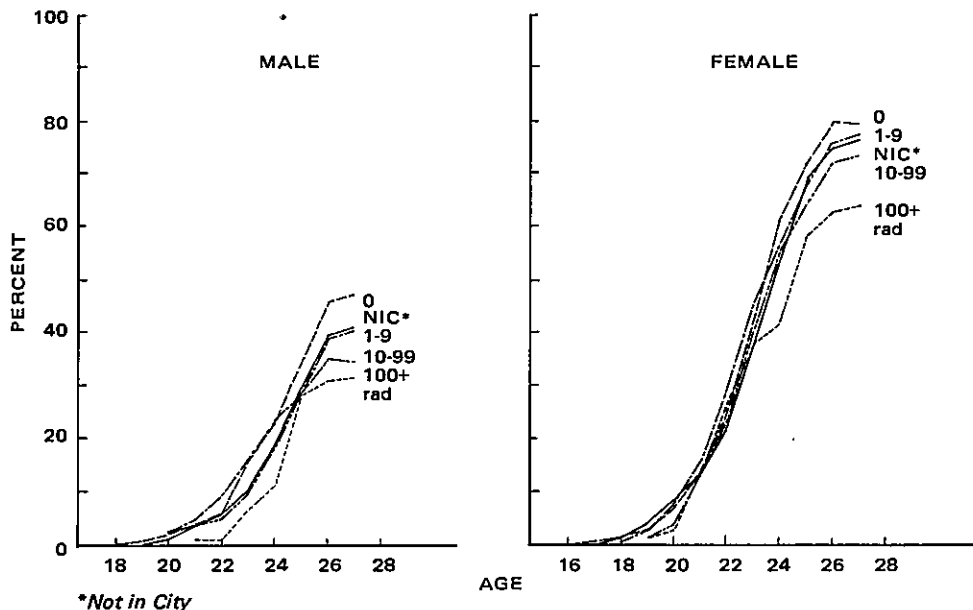
20年の期間に原爆被爆者に再生不良性貧血が40例確認されたが、放射線被曝のためにその発病危険率が統計的に有意に増加しているとは認められなかった。<sup>37</sup>

原爆時年齢50歳以上の女子を除けば、種々の眼疾患の有病率は線量とともに増加した。<sup>30</sup>

原爆時10歳以下で、100 rad以上の線量に被曝した者に表在性細小血管の異常が認められた。口唇粘膜及び舌下粘膜の毛細血管には爪部及び眼球結膜のそれよりも影響が多く見られた。これらの所見は放射線被曝が全身の血管系に影響を及ぼしていることを示唆する。<sup>38,39</sup> リューマチ機関節炎の有病率又は発生率と放射線量との関係は認められない。<sup>40</sup> 心臓血管疾患の有病率と放射線との関係、<sup>41</sup> 及び心臓血管疾患による死亡率と放射線との関係<sup>24,42</sup>を立証する所見は認められなかった。

FIGURE 11 CUMULATIVE MARRIAGE RATES BY SEX &amp; EXPOSURE

図11 累積結婚率：性および被曝区分



There were minor elevations in mortality from causes other than neoplasms but, all in all, there was little evidence of radiation effect on other causes of death, including tuberculosis, stroke, and other diseases of the circulatory system.<sup>24</sup> This suggests that there was no nonspecific radiation effect such as acceleration in the aging process.<sup>42</sup> There was no evidence to show that the occurrence of benign tumors or diverticula was related to prior ionizing radiation exposure ATB.<sup>43</sup> Figure 10 shows the relative risk for major causes of death.

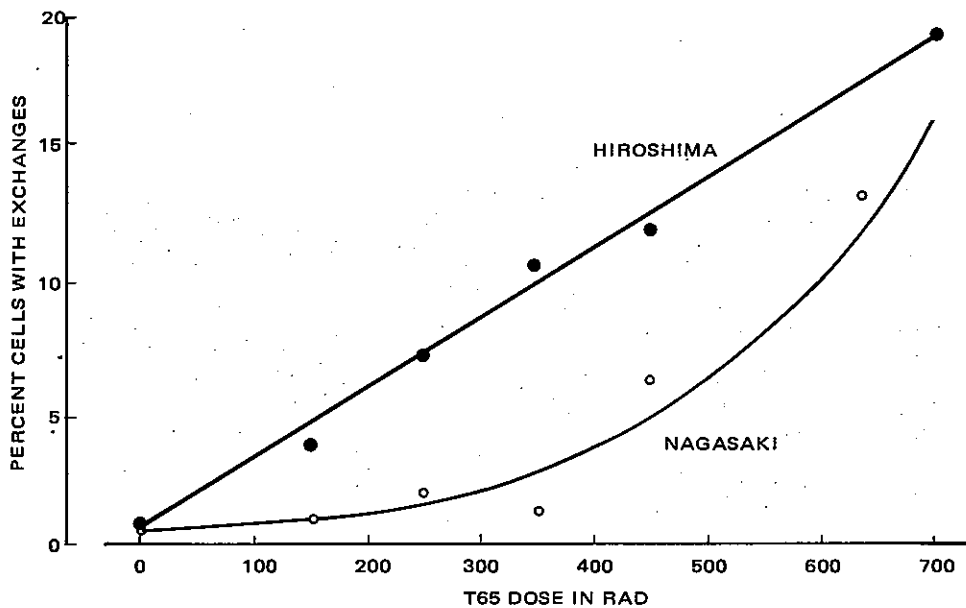
**Other Findings.** No consistent differences have been found by radiation exposure for pregnancy, birth and stillbirth rates, and percentages with zero pregnancies.<sup>44,45</sup> The marriage rate is low for persons heavily exposed in utero as compared with nonexposed or lightly exposed persons (Figure 11). However, no consistent relationship was observed between radiation exposure and childless marriages, number of births, and the interval between marriage and first birth.<sup>46</sup> There was no evidence of total sterility in adulthood of males exposed to ionizing radiation in utero or in the prepubertal period.<sup>47</sup>

新生物以外の死因による死亡率に僅かな増加は認められたが、概して言えば、結核、卒中、その他循環器系の疾患等、新生物以外の死因については放射線の影響はほとんど見られなかった。<sup>24</sup> このことは加齢促進等の非特異な放射線の影響がなかったことを示唆する。<sup>42</sup> 良性腫瘍及び憩室の発生に原爆時の電離放射線被曝が関係しているという証拠は認められなかった。<sup>43</sup> 図10は主要死因別の相対的危険度を示す。

その他、妊娠率、出生率、死産率および不妊の頻度に放射線被曝のための一貫した差は認められなかった。<sup>44,45</sup> 非被曝者や軽度被曝者と比べると、強度胎内被曝児の結婚率は低い(図11)。しかしながら、結婚して子供がない例、出産数、及び結婚から初産までの期間と放射線被曝との間に一貫した関係は認められなかった。<sup>46</sup> 電離放射線を胎内又は思春期前に被曝した男性が成人期に達して完全不妊であることを示す証拠は認められなかった。<sup>47</sup>

FIGURE 12 CHROMOSOME ABERRATIONS IN THE ADULT HEALTH STUDY  
BY EXPOSURE & CITY

図12 成人健康調査における染色体異常：被曝線量別および都市別



Studies of cultured lymphocytes have demonstrated that radiation induced chromosome aberrations still persist more than 20 years after A-bomb exposure.<sup>48,49</sup> Furthermore, their frequency appears to be proportional to the exposure dose (Figure 12).<sup>50</sup>

A high proportion of those in utero whose mothers received a dose of at least 100 rad evidenced complex chromosomal abnormalities as compared with the other groups.<sup>51</sup> There has been no manifestation of clinical disease associated with chromosomal abnormalities.<sup>52</sup>

In a small sample of cases, tissue from the exposed population was found to have a smaller hexosamine to collagen ratio than the non-exposed suggesting possible accelerated aging among those proximally exposed.<sup>53</sup>

培養リンパ球の検査により、放射線誘発性染色体異常が被曝後20年以上経過した今日も依然として持続していることが認められた。<sup>48,49</sup> さらにその発現頻度は被曝線量に比例しているようである(図12)。<sup>50</sup>

少なくとも100 radの線量を受けた母親から生まれた胎内被爆児には、対照群に比べて複雑な染色体異常が高率に認められた。<sup>51</sup> 染色体異常に伴う臨床疾患の発現は認められなかった。<sup>52</sup>

少数の対象者についての調査で、被爆者の組織中のヘキサミン対膠原質比が非被爆者より低いことが認められ、この所見は近距離被爆者に加齢促進の存在することを示唆した。<sup>53</sup>

## REFERENCES

## 参考文献

1. BEEBE GW, USAGAWA M: The major ABCC samples. ABCC TR 12-68
2. BEEBE GW, YAMAMOTO T, MATSUMOTO YS, GOULD SE: ABCC-JNIH Pathology Studies, Hiroshima and Nagasaki. Report 2. October 1950 - December 1965. ABCC TR 8-67
3. NEEL JV, SCHULL WJ: The effect of exposure to the atomic bombs on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki. US NAS-NRC Pub. No. 461, 1965
4. SCHULL WJ, NEEL JV, HASHIZUME A: Some further observation on the sex ratio among infants born to survivors of the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. *Am J Hum Genet* 18:328-38, 1966; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 21:199-207, 1968 (ABCC TR 13-65)
5. KATO H, SCHULL WJ, NEEL JV: Survival in children of parents exposed to atomic bomb. A cohort-type study. *Am J Hum Genet* 18:339-73, 1966; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 20:859-80, 1967 (ABCC TR 4-65)
6. NEEL JV, KATO H, SCHULL WJ: Mortality in children of atomic bomb survivors and controls. *Genetics* 76:311-26, 1974 (ABCC TR 9-73)
7. HOSHINO T, KATO H, FINCH SC, HRUBEC Z: Leukemia in offspring of atomic bomb survivors. *Blood* 30:719-30, 1967; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 23:536-43, 1970 (ABCC TR 3-67)
8. AWA AA, BLOOM AD, YOSHIDA MC, NERIISHI S, ARCHER PG: Cytogenetic study of the offspring of atomic bomb survivors. *Nature* 218:367-8, 1968; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 22:80-2, 1969 (ABCC TR 6-68)
9. JABLON S, FUJITA S, FUKUSHIMA K, ISHIMARU T, AUXIER JA: RBE of neutrons in Japanese survivors. Symposium on neutrons in radiobiology, 11-14 November 1969, Oak Ridge, Tennessee. USAEC CONF-691106, (1971) pp 547-77 (ABCC TR 12-70)
10. YAMAZAKI JN, WRIGHT SW, WRIGHT PM: A study of the outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb blast in Nagasaki. *J Cell Compara Physiol* 43 (Suppl 1):319-28, 1954; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 15:732-56, 1962 (ABCC TR 24-59)
11. MILLER RW, BLOT WJ: Small head size after in utero exposure to atomic radiation. *Lancet* 2:784-7, 1972 (ABCC TR 35-72)
12. MILLER RW: Delayed effects occurring within the first decade after exposure of young individuals to the Hiroshima atomic bomb. *Pediatrics* 18:1-18, 1956; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 18:675-703, 1965 (ABCC TR 32-59)
13. WOOD JW, JOHNSON KG, OMORI Y, KAWAMOTO S, KEEHN RJ: Mental retardation in children exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Am J Public Health* 57:1381-90, 1967; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 21:736-44, 1968 (ABCC TR 10-66)
14. BLOT WJ, MILLER RW: Mental retardation following in utero exposure to the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki. *Radiol* 106:617-9, 1973 (ABCC TR 36-72)
15. BURROW GN, HAMILTON HB, HRUBEC Z: Study of adolescents exposed in utero to the atomic bomb, Nagasaki, Japan. 2. Growth and development. *JAMA* 192:357-64, 1965; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 18:789-99, 1965 (ABCC TR 10-64)
16. WOOD JW, KEEHN RJ, KAWAMOTO S, JOHNSON KG: The growth and development of children exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. *Am J Public Health* 57:1374-80, 1967; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 21:466-80, 1968 (ABCC TR 11-66)

17. KATO H: Mortality in children exposed to the A-bombs while in utero, 1945-69. *Am J Epidemiol* 93:435-42, 1971; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 25:532-8, 1972 (ABCC TR 23-70)
18. RUSSELL WJ, KEEHN RJ, IHNO Y, HATTORI R, KOGURE T, IMAMURA K: Bone maturation in children exposed in utero to the atomic bomb. ABCC TR 1-72
19. REYNOLDS EL: Growth and development of children exposed to the atomic bomb, Hiroshima. 3-year study, 1951-53. ABCC TR 20-59
20. BELSKY JL, BLOT WJ: Stature of adults exposed as children to the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 35-71
21. COGAN DG, MARTIN SF, KUMURA SJ, IKUI H: Ophthalmologic survey of atomic bomb survivors in Japan. *Trans Am Ophthalmol Soc* 48:62-87, 1950; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 14:893-903, 1961 (ABCC TR 28-59)
22. MILLER RJ, FUJINO T, NEFZGER MD: Lens findings in atomic bomb survivors. ABCC TR 26-66
23. BEEBE GW, KATO H, LAND CE: Life Span Study. Report 8: Mortality experience of atomic bomb survivors 1950-74. RERF TR 1-77
24. JABLON S, KATO H: Studies of the mortality of A-bomb survivors. 5. Radiation dose and mortality, 1950-70. *Radiat Res* 50:649-98, 1972; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 26:538-72, 1973 (ABCC TR 10-71)
25. MCGREGOR DH, CHOI K, TOKUOKA S, LIU PI, WAKABAYASHI T, LAND CE, BEEBE GW: Incidence of breast cancer in atomic bomb survivors (ABCC TR 32-71)
26. BIZZOZERO OJ JR, JOHNSON KG, CIOCCO A: Radiation-related leukemia in Hiroshima and Nagasaki, 1946-64. 1. Distribution, incidence and appearance time. *N Engl J Med* 274:1095-102, 1966; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 20:967-83, 1967 (ABCC TR 17-65)
27. BIZZOZERO OJ JR, JOHNSON KG, CIOCCO A, KAWASAKI S, TOYODA S: Radiation-related leukemia in Hiroshima and Nagasaki, 1946-64. 2. Observations on type-specific leukemia, survivorship and clinical behavior. *Ann Intern Med* 66:522-301, 1967; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 20:1201-8, 1967 (ABCC TR 6-66)
28. BRILL AB, TOMONAGA M, HEYSSEL RM: Leukemia in man following exposure to ionizing radiation. A summary of the findings in Hiroshima and Nagasaki and comparison with other human experience. *Ann Intern Med* 56:590-609, 1962; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 17:578-96, 1964 (ABCC TR 15-59)
29. ISHIMARU T, HOSHINO T, ICHIMARU M, OKADA H, TOMIYASU T, TSUCHIMOTO T, YAMAMOTO T: Leukemia in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1 October 1950 - 30 September 1966. *Radiat Res* 45:216-33, 1971; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 24:1009-35, 1971 (ABCC TR 25-69)
30. BELSKY JL, TACHIKAWA K, JABLON S: ABCC-JNIH Adult Health Study. Report 5. Results of the first five cycles of examinations, Hiroshima and Nagasaki, 1958-68. ABCC TR 9-71
31. WOOD JW, TAMAGAKI H, NERIISHI S, SATO T, SHELDON WF, ARCHER PG, HAMILTON HB, JOHNSON KG: Thyroid carcinoma in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. *Am J Epidemiol* 89:4-14, 1969; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 25:846-54, 1972 (ABCC TR 4-68)
32. BELSKY JL, TACHIKAWA K, CIHAK RW, YAMAMOTO T: Salivary gland tumors in atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1957 to 1970. *JAMA* 219:864-8, 1972; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 25:1504-11, 1972 (ABCC TR 15-71)
33. JABLON S, TACHIKAWA K, BELSKY JL, STEER A: Cancer in Japanese exposed as children to atomic bombs. *Lancet* i:927-32, 1971; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 25:736-44, 1972 (ABCC TR 7-71)

34. ROBERTSON JD, KATO H, SCHREIBER WM: Carcinoma of the gallbladder, bile duct, and Vater's ampulla, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 7-70
35. YAMAMOTO T, WAKABAYASHI T: Bone tumors among the atomic bomb survivors of Hiroshima and Nagasaki. Acta Path Jap 19:201-12, 1969 (ABCC TR 26-68)
36. JOHNSON MLT, LAND CE, GREGORY PB, TAURA T, MILTON RC: Effects of ionizing radiation on the skin. ABCC TR 20-69
37. ICHIMARU M, ISHIMARU T, TSUCHIMOTO T, KIRSHBAUM JD: Incidence of aplastic anemia in A-bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki, 1946-67. Radiat Res 49:461-72, 1972; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 26:316-22, 1973 (ABCC TR 31-70)
38. TSUYA A, WAKANO Y, OTAKE M: Capillary microscopic observation on the superficial minute vessels of atomic bomb survivors, 1956-57. 1. Fingernail fold, labial mucosa, and lingual mucosa. Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 25:65-89, 1972 (ABCC TR 23-69)
39. TSUYA A, WAKANO Y, OTAKE M: Capillary microscopic observation on the superficial minute vessels of atomic bomb survivors, 1956-57. 2. Bulbar conjunctiva. Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 25:90-100, 1972 (ABCC TR 24-69)
40. KATO H, DUFF IF, RUSSELL WJ, UDA Y, HAMILTON HB, KAWAMOTO S, JOHNSON KG: Rheumatoid arthritis and gout in Hiroshima and Nagasaki, Japan. A prevalence and incidence study. J Chron Dis 23:659-79, 1971; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 25:855-68, 1972 (ABCC TR 20-68)
41. YANO K, UEDA S: Cardiovascular studies, Hiroshima, 1958-60. Report 2. Electrocardiographic findings related to aging. ABCC TR 20-62
42. BEEBE GW, KATO H, LAND CE: Studies of the mortality of A-bomb survivors. 4. Mortality and radiation dose, 1950-66. Radiat Res 68:613-49, 1971; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 26:418-39, 1973 (ABCC TR 11-70)
43. YAMAMOTO T, KATO H, SMITH GS: Benign tumors of the digestive tract among A-bomb survivors, 1961-70, Hiroshima. Gann 66:623-30, 1975
44. SEIGEL DG: Frequency of live births among survivors of Hiroshima and Nagasaki atomic bombs. Radiat Res 28:278-88, 1966; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 20:953-66, 1967 (ABCC TR 25-64)
45. BLOT WJ, SAWADA H: Fertility among female survivors of the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki. Am J Hum Genet 24:613-22, 1972 (ABCC TR 26-71)
46. BLOT WJ, SHIMIZU Y, KATO H, MILLER RW: Frequency of marriage and live birth among survivors prenatally exposed to the atomic bomb. Am J Epidemiol 102:128-36, 1975 (ABCC TR 2-75)
47. BLOT WJ, MORIYAMA IM, MILLER RW: Reproductive potential of males exposed in utero or prepubertally to atomic radiation. ABCC TR 39-72
48. BLOOM AD, NERIISHI S, KAMADA N, ISEKI T, KEEHN RJ: Cytogenetic investigation of survivors of atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. Lancet 2:672-4, 1966; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 21:68-73, 1968 (ABCC TR 20-66)
49. BLOOM AD, NRIISHI S, AWA AA, HONDA T, ARCHER PG: Chromosome aberrations in leucocytes of older survivors of the atomic bombings of Hiroshima and Nagasaki. Lancet 2:802-5, 1967; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 22:159-64, 1969 (ABCC TR 20-67)
50. AWA AA, NERIISHI S, HONDA T, YOSHIDA MC, SOFUNI T, MATSUI T: Chromosome aberration frequency in cultured blood-cells in relation to radiation dose of A-bomb survivors. Lancet 2:903-5, 1971; Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass 25:1338-41, 1972 (ABCC TR 27-71)



51. BLOOM AD, NERIISHI S, ARCHER PG: Cytogenetics of in utero exposed subjects, Hiroshima and Nagasaki. *Lancet* 2:10-2, 1968; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 22:165-8, 1969 (ABCC TR 7-68)
52. KING RA, BELSKY JL, OTAKE M, AWA AA, MATSUI T: Chromosome abnormalities in A-bomb survivors: Correlation with findings on examination. ABCC TR 15-72
53. ANDERSON RE: Aging in atomic bomb survivors. *Arch Pathol* 79:1-6, 1965; *Hiroshima Igaku - J Hiroshima Med Ass* 25:1521-6, 1972 (ABCC TR 17-64)

#### SELECTED REFERENCES ON BASIC RESEARCH PLANS

##### 基盤研究計画に関する特定参考文献

ISHIDA M, BEEBE GW: Joint JNIIH-ABCC Study of Life Span in atomic bomb survivors. Research plan. ABCC TR 4-59

ARAKAWA ET: Radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. *N Engl J Med* 263: 488-93, 1960; *Hiroshima Igaku-J Hiroshima Med Ass* 14:338-46, 1961 (ABCC TR 14-59)

FRANCIS T JR, JABLON S, MOORE FE: Report of the ad hoc Committee for appraisal of ABCC program. ABCC TR 33-59

BEEBE GW: Statistical aspects of the ABCC program. *Bull Int Stat Inst* 38:203-15, 1961; *Kosei No Shihyo-Health Welf Stat* 7:30-8, 1960 (ABCC TR 2-60)

KATO H, SCHULL WJ: Joint JNIIH-ABCC Life Span Study of Children born to atomic bomb survivors. Research plan. ABCC TR 4-60

BEEBE GW, FUJISAWA H, YAMASAKI M: ABCC-JNIIH Adult Health Study reference papers. 1. Selection of the sample. 2. Characteristics of the sample. ABCC TR 10-60

UEDA S: Study of mortality in children exposed in utero. Research plan. ABCC TR 21-60

Joint ABCC-JNIIH Adult Health Study, Hiroshima and Nagasaki. Research plan. ABCC TR 11-62

Joint ABCC-JNIIH Pathology Studies, Hiroshima and Nagasaki. Research plan. ABCC TR 12-62