

SURVIVAL IN CHILDREN OF PARENTS EXPOSED TO THE ATOMIC BOMB  
A COHORT-TYPE STUDY

原子爆弾被爆者の子供の死亡に関するコーホート型の研究

HIROO KATO, M.D. 加藤寛夫

WILLIAM J. SCHULL, Ph.D.

JAMES V. NEEL, Ph.D., M.D., Sc.D.



**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 councils, 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の日本人および米人専門職員、顧問、評議会、政府ならびに民間の関係諸団体の要求に応じるための日英両語による記録である。業績報告書集は決して通例の誌上発表に代るものではない。

SURVIVAL IN CHILDREN OF PARENTS EXPOSED TO THE ATOMIC BOMB  
A COHORT-TYPE STUDY

原子爆弾被爆者の子供の死亡に関するコホート型の研究

HIROO KATO, M.D.<sup>1</sup> 加藤寛夫

WILLIAM J. SCHULL, Ph.D.<sup>2</sup>

JAMES V. NEEL, Ph.D., M.D., Sc.D.<sup>2</sup>

*Approved (Kyogikai) 承認 (協議会) 6 December 1965*



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)

*ABCC Department of Statistics and Hiroshima Branch Laboratory, Japanese National Institute of Health<sup>1</sup>*

*Department of Human Genetics, University of Michigan Medical School<sup>2</sup>*

ABCC 統計部および国立予防衛生研究所広島支所<sup>1</sup>

Michigan 大学医学部人類遺伝学教室<sup>2</sup>

A paper based on this report has been published in the following journal  
本報告に基づく論文は下記の雑誌に発表した

American Journal of Human Genetics 18:339-73, 1966

## PREFACE

### 序

This report, one of a series of comparable broad analyses, presents a segment of data from a continuing binational epidemiologic investigation. The research protocol was jointly authorized under agreements signed by the Directors of Japanese National Institute of Health (JNIH) and Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC). The research plan and texts of the agreements are presented in bilingual Technical Report 04-60.

Presentation of these periodic analyses of data from the JNIH-ABCC long-term studies is possible only through the continuing cooperative research efforts which involved many former as well as current professional staff members. The author of this report was responsible for the present analysis and interpretation, as well as for the text.

Bilingual presentation was authorized on the basis of review by the Japanese and American professional staff of ABCC; and by the Kyogikai jointly appointed by Dr. Keizo Nakamura, Director of JNIH and Dr. George B. Darling, Director of ABCC.

この報告書は、一連の広範な解析報告の一つであって、日米両国が継続実施している疫学的調査から得たデータの一部を発表するものである。この調査に関する研究計画書は、国立予防衛生研究所(予研)と原爆傷害調査委員会(ABCC)との両機関の所長が調印した同意書によって承認を受けている。計画書と同意書の全文は業績報告書04-60に日英両語で発表した。

予研-ABCCの長期間にわたる調査から得られるデータを定期的に解析し、発表できるのは、ひとえに継続共同研究活動によるものであって、同時にこれは、数多くの前および現専門職員の寄与によるものである。この報告書は、本文の内容ならびにデータの解析と解釈については、著者が責任をもっている。

この日英両語による報告書は、ABCCの日米専門職員の検討に引き続いて、予研所長中村敬三とABCC所長George B. Darlingが委嘱した協議会の審議を経て承認された。

## CONTENTS

### 目次

Introduction 緒言 .....	1
Factors Determining the Design of the Study 本研究の計画を決定する要因 .....	1
Description of Study Procedures 調査実施要領について .....	4
Source of Variation in Mortality Other than Radiation 死亡率に変動を起こす被爆以外の要因 .....	6
The Relationship of Mortality to Exposure 死亡率と被爆の関係 .....	10
Discussion 考察 .....	14
Summary 総括 .....	18
References 参考文献 .....	29

### Tables 表

1. Result of first koseki check 第1回戸籍照合の結果 .....	18
2. Final sample 最終サンプル .....	19
3. $\chi^2$ comparisons, concomitant variables 関連要因の $\chi^2$ 検定 .....	19
4. Response rate in the mail survey 郵便調査の回答率 .....	20
5. $\chi^2$ comparisons, socioeconomic variables 社会経済的要因の $\chi^2$ 検定 .....	20
6. Total and age-specific death rates 総死亡率および年齢別死亡率 .....	21
7. Cause-specific death rates 死因別死亡率 .....	23
8. Maternal age-specific death rates 母親の年齢別死亡率 .....	24

9. Paternal age-specific death rates 父親の年齢別死亡率 .....	25
10. Parity-specific death rates 出生順位別死亡率 .....	26
11. Death rates for fixed maternal age by parity 母親の年齢を固定した場合の出生順位別死亡率 .....	27
12. Death rates for fixed maternal age by paternal age 母親の年齢を固定した場合の父親の年齢別死亡率 .....	27
13. Comparison of observed and expected deaths 観察された死亡者数と期待数の比較 .....	28

Figures 図

1. Minor and major exposure group 副および主被爆群 .....	5
2. Proportions in exposure groups in relation to year of birth 出生年度に関する被爆群の割合 .....	13

# SURVIVAL IN CHILDREN OF PARENTS EXPOSED TO THE ATOMIC BOMB A COHORT-TYPE STUDY

## 原子爆弾被爆者の子供の死亡に関するコーホート型の研究

### INTRODUCTION

Among the genetic effects to be expected in the first generation progeny of mammals exposed to radiation is a shortening of the life span due to the action of 'dominant' deleterious mutations. Although in recent years a considerable body of data concerned with such experimental species as mice, rats, and swine has become available, pertinent observations in man remain, for obvious reasons, rare. The purpose of this paper is to describe a continuing study in Hiroshima and Nagasaki whose objective is to determine through a cohort approach whether the life span of liveborn children one or both of whose parents were exposed to the mixed radiation spectrum of the atomic bombings differs from that of suitable control children.

The observations may be regarded as both a follow-up and an extension of the earlier study of Neel and Schull<sup>1</sup> in which there was no evidence of an increased death rate among the children of survivors during the first six postpartum days, or, in a subsample, during the first 9 months of life expectancy. Malformed children were excluded from these calculations, but the frequency of malformations was not elevated. Inasmuch as the age of the surviving subjects of the present study ranged between 3 and 15 years, with a mean of 9, the results to be reported cover the age interval in which maximum prereproductive mortality occurs but still must be regarded as preliminary. Pertinent literature on other mammals, including man, is considered in the Discussion.

### FACTORS DETERMINING THE DESIGN OF THE STUDY

Two different, albeit related approaches to the question of the effect of parental exposure to ionizing radiation upon the survival of their progeny can be envisaged. On the one hand, an effort can be made to determine whether the frequencies of death within some specified period of time differ in the offspring of exposed and control groups. Virtually all

### 緒言

放射線照射を受けた哺乳動物の子供に予期される遺伝的影響のひとつとして、「優性」の有害突然変異による寿命の短縮がある。マウス、ラットおよびブタのような実験動物に関しては、近年かなりの資料を入手できるようになったが、人間の場合には、当然のことではあるが適切な研究は相変わらずまれである。本論文の目的は両親のいずれか一方または双方が放射線の照射を受けた子供の寿命が、対照の子供の寿命と比較して異なるかどうかを決定するために、広島および長崎において続行中のコーホート型の研究（同時出生集団についての追跡調査）について記述することである。

この研究は一面では、以前に Neel および Schull によって行なわれた研究<sup>1</sup>の追跡または拡張ともみなすことができる。Neel および Schull の研究では、分娩後最初の6日間、または生後9か月間に（後者は副次サンプルについて観察した）被爆者の子供の死亡率増加は認められなかった。奇形児は、これらの死亡率の計算から除外したが、奇形の頻度は被爆によって増加していなかった。今回の調査対象者の年齢の範囲は、3歳-15歳で平均年齢は9歳であるから、今回の調査結果は人間が生殖時期に達する前の最高の死亡率を示す年齢を含んではいないが、寿命という面からは成績はやはり予備的なものと考えべきである。人間およびその他の哺乳動物についての関連のある文献の考察は考察の部分で記述する。

### 本研究の計画を決定する要因

親の受けた電離放射線が子供の生存に及ぼす影響に関する問題に対して、2つの異なったしかし互いに関連した研究方法が考えられる。すなわち、1つの研究方法は、被爆群と対照群との子供では、ある特定期間内の死亡頻度に差異があるかどうかを決定しようとするものである。これまでに報告された研究は、ほとんどいずれもこの型のものであり、その大部分は、やや短期間内に、しばし



of the studies thus far reported are of this nature, and most involve rather short time periods, often only the first year of life. On the other hand, an effort can be made to determine the accumulative mortality experience in cohorts, some 'exposed' and some not, with a view toward defining survivorship curves. Patently, in the latter approach death rates can be compared, and hence this type of study includes the first. Circumstances permitted undertaking the latter approach in the present study. The investigators are aware of no studies of mortality among the children of exposed parents of the life-expectancy kind save the one to be reported here, but the merits of this type of investigation appear overwhelming. In the present instance, once the decision had been reached to adopt a cohort approach, the ultimate shape which the study assumed stemmed largely from certain administrative and scientific considerations.

**Potential Size of the Study Groups** The largest study group which can be envisaged is that population consisting of all children born alive subsequent to 1 May 1946, one or both of whose parents were present either in Hiroshima or Nagasaki or both cities at the time of the atomic bombs (ATB). This population is not now fully definable, and will not be so until every person exposed to either or both of the bombs has passed beyond the reproductive age span. This will not occur for possibly another 30 years. Clearly, then, it is not yet possible to attempt to study the maximal population. The population to be dealt with in this presentation consisted of all children born between 1 May 1946 and 31 December 1958 to parents both of whose residence, at the birth of their child, was Hiroshima or Nagasaki; and whose exposure status was either known to ABCC, or could be readily obtained. The former date corresponds to the earliest time at which pregnancies conceived subsequent to the bombing would be expected to terminate normally; the latter date defines the maximal sample size possible when this cohort was established in 1959. Since it can be shown that at least 82% of the children ever to be born to exposed parents residing in Hiroshima and Nagasaki were born prior to 1 January 1959, little appeared to be gained by further delay in initiating the study.

**Probable Duration of the Study** Ideally in a study of life expectancy in a cohort, survivorship is followed until such time as all or virtually all members of the cohort have succumbed. In the present instance, this represents some 80 or 90 years, and it is obviously unlikely that the study will, in fact, continue for that length of time. Accordingly, it seemed important to emphasize the collection of data adequate to define the earlier portions of the life curve with the requisite precision. Though this may seem too tacit an acceptance of the impossibility of a

ば生後わずか1年間のみについて観察が行なわれた。他のもう1つの研究方法は、被爆群および非被爆群の子供からなるコーホート(同時出生集団)について生存曲線を求めるためにコーホートにおける累積死亡率を決定しようとするものである。明らかに後者の方法でも死亡率を比較することができるので、この型の研究には前者の型の研究が含まれていることになる。今回の研究では後者の方法をとることができた。被爆した両親から生まれた子供の死亡率調査で、後者の方法(寿命調査)によるものは、ここに報告された研究以外にはないが、この型の調査は前者に比べて圧倒的にすぐれていると考えられる。今回の調査では、一度コーホート型研究方法の採用を決定すれば、予想される研究の最終的な形態は、主としてある種の実施面上のおよび科学的な要素に基づいて決まる。

**調査対象として利用可能な人口** 観察することのできる最大の調査対象人口は、1946年5月1日以後の全生産児のうち、原爆時広島か長崎、または両市にその両親のうちのいずれか、またはその双方がいたものである。現在この人口はまだ確定していないし、また両市あるいは、いずれかの市で被爆したすべての人が、生殖可能年齢を過ぎるまではこの人口を確定できない。したがって、すべての研究対象人口を設定することは、今後30年間は不可能である。すなわち、現在では最大の研究対象人口について調査を実施しようとするのは、まだ不可能であるのは明らかである。この論文において取り扱われる研究対象人口は、1946年5月1日-1958年12月31日の間の生産児で、出生時の両親の居住地が広島または長崎であり、かつ両親の被爆状態はA B C Cですでに判明していたか、または容易に入手できたものである。前者の日付けすなわち1946年5月1日は原爆直後の妊娠が正常に終結した場合最初に生まれたものの出生年月日である。後者の1958年12月31日は、このコーホートが1959年に設定された際の利用可能な最大サンプルが得られた日時である。広島および長崎に居住する被爆者から生まれる子供の少なくとも82%は、1959年1月1日以前に生まれてきたと考えられるので、この調査の開始をさらに延期することによって得るものはほとんどないように思われる。

**調査の予想継続期間** コーホートの寿命調査では事実上そのコーホートの全員が死亡する時まで生存状態を追跡するのが理想的である。今回の調査では、これは約80年ないし90年を要することになり、実際にこの研究がそのような長期間継続するということは明らかにありそうもないことである。したがって、生命曲線の初期の部分を正確に求めるに必要な資料を収集することが重要である。これは、一世代にわたる長期研究の実施が不可能

generation-long study, there is scientific justification for the decision also, namely, the references quoted in the Discussion which suggest that a substantial fraction of the mutations affecting survival which will be manifest in the first post-radiation generation are apt to exert their effects in the earlier portions of the life curve.

**Existence of the Koseki System** There has existed in Japan since the last quarter of the 19th Century a system of compulsory family registration. Vital events affecting the composition of a given family or the status of members of that family must be reported to the office having custody of the family's record. The latter is termed the *koseki*. An indispensable part of the system is the legal or permanent address of the family, known as the *honseki*. Changes in the latter must also be reported to the *koseki* office. Knowledge of the last, or any recent, *honseki* of an individual is a virtual guarantee that the survival status of that individual can be determined indefinitely. More complete accounts of the system are found elsewhere.<sup>1-4</sup>

**Availability of Ancillary Data** Through previous or current ABCC studies considerable data of great relevance to the interpretation of an apparent effect of radiation are available. During 1948-53, one facet of ABCC's activities, the Genetics Program (GE3),<sup>1</sup> involved a comprehensive attempt to determine whether the pregnancy terminations occurring to parents, one or both of whom were exposed to the atomic bombs, differed from those occurring to a suitable control. Suffice it to say that in these years the outcome of some 93% of all pregnancies occurring in Hiroshima and Nagasaki and lasting for 21 weeks or more of gestation was investigated. Available on these children, in addition to the results of one and frequently two clinical examinations, are data on a variety of variables of potential interest in the interpretation of an apparent radiation effect or the meaningfulness of the lack of such an effect. These observations range from parental ages at the birth of the children in question and the occurrence of consanguineous marriage, to an appraisal of the socioeconomic status of the family at the time of the delivery. For a variety of reasons,<sup>1</sup> this study terminated early in 1954, but at that time it was decided that further information should be collected on the relationship of parental exposure to the sex ratio among children. This decision gave rise to a second study of interest, the continuing Sex Ratio Program which began in 1954 and involves an attempt to link the sex of children as reported on the birth records filed with the city with the exposure of their parents as known to ABCC. Through these two studies exposure status can be determined for the parents of the majority of children born in these cities since 1948 without further field investigations, an important administrative consideration.

であると簡単に認めすぎていると思われるかもしれないが、考案で引用した参考文献に示されているように、放射線被曝後の第1世代で現れる生存に影響を及ぼす突然変異は生命曲線の初期の部分にその影響を及ぼしやすいので、研究を生命曲線の初期の部分に限って行なうという決定には科学的論拠がある。

**戸籍制度の存在** 日本には、19世紀の後4半期以来、法律で義務づけられた家族の登録制度が存在している。この制度に基づいて家族の構成またはその家族員の身分に影響を与える事象すなわち出生、死亡、婚姻について、家族の記録を保管する役所に報告しなければならない。この家族の記録を戸籍という。その制度の必要欠くべからざる要素は、本籍として知られているその家族の法定上の住所である。後者の変更も戸籍課に報告しなければならない。本人の最後のまたは最近の本籍がわかれば、その人の生存状態を確実に知ることができる。この制度については、他にも報告されている。<sup>1-4</sup>

今回の研究の補助的資料としてABCCの既往のまたは現在行なわれている調査資料の利用度について 1948-53年において、ABCCで行なわれた研究のひとつに、遺伝調査(GE3)<sup>1</sup>があるが、これは両親のひとりまたはその双方が被曝し、その妊娠終結(出産)が、適当な対照と比較して異なっているかどうかを決定するための広範囲な研究であった。要約すれば、この期間に広島および長崎において、妊娠が21週以上続いた全妊娠例の約93%について調査が行なわれた。1回または2回の臨床検査の結果のほかに、これらの子供について利用できる資料には、放射線の影響の有無に対する解釈に必要な種々の関連要因についての調査資料がある。これらの要因には出生時の両親の年齢、血族結婚の頻度、分娩時の家族の社会経済的状態の評価が含まれる。種々の理由のため<sup>1</sup>この調査は、1954年の初めに終わったが、その時に、性比と親の被曝との関係について引き続き資料を収集すべきであるということが決定された。この決定によって第2次調査、すなわち継続的な性比調査が1954年に開始された。性比調査では市が保管している出生届けに記載されている子供の性別を、ABCCで知り得たその子供の両親の被曝状態と関連づけようとする調査である。これら2つの調査によって、1948年以降に両市で生まれた大多数の子供の両親について、新たに野外調査(これは調査の実施上重要なことであるが)をすることなしに被曝状態を知ることができる。

## DESCRIPTION OF STUDY PROCEDURES

In the light of the preceding, the study eventuated. Three samples were utilized. The first consists of livebirths occurring between 1 May 1946 and 31 January 1948, i.e., prior to the Genetics Program, and was derived from municipal birth records. The second stems from the livebirths recorded in these cities between 1 February 1948 and 31 December 1953 under the Genetics Program. The third was drawn from livebirths recorded in the Sex Ratio Program between 1 January 1954 and 31 December 1958. To facilitate follow-up and to reduce extraneous sources of variation within each of the three samples, the following selection criteria were imposed:

Parental residence *at the birth of the child* must have been within Hiroshima or Nagasaki. This restriction stemmed from the knowledge that infant and childhood mortality varies appreciably from urban to urban-rural to rural areas in Japan, and that establishing proper controls for exposed persons who had left the two cities prior to child-birth would be extremely difficult;

*Honseki* was not restricted to Hiroshima or Nagasaki. Though restriction of *honseki* to these two cities would have materially simplified the follow-up, the loss of data which would have entailed seemed prohibitive;

Multiple births were excluded because their mortality rates are appreciably different from those of single births, and they are too infrequent to warrant the added analytic complication they introduce;

The samples were to include *all* infants born to parents one or both of whom were known to ABCC to be within 2000m from the hypocenter ATB. In addition, from among births occurring in the two cities to parents whose exposure status was on file with ABCC, equal numbers of children were to be randomly drawn from among births to parents one or both of whom were exposed between 2500-9999m but neither to have been nearer, and to parents neither of whom were in the cities ATB. These latter two samples were to be matched with the former group by sex and year of birth. This procedure yields three major or, if joint parental exposure is considered, nine minor exposure groups, as shown in Figure 1. In view of some findings to be brought out later, it is emphasized that the matching by sex and year of birth was by major but not by minor exposure group.

Fact of death was established by routine, periodic inspection of the appropriate *koseki*. A home visit by a trained 'contactor' was utilized to establish

## 調査実施要領について

前述の点を考慮して次の調査が行なわれた。3つのサンプル人口が利用された。その第1は、1946年5月1日から1948年1月31日の間、すなわち遺伝調査(GE3)が開始される前に生まれた子供からなり、これは市の出生届けから得られた。第2のサンプルは、遺伝調査(GE3)によって、1948年2月1日から1953年12月31日の間に、両市において記録されている生産児から得られたものである。第3のサンプルは、1954年1月1日から1958年12月31日の間に、性比調査において登録された生産児から得られた。3つの各サンプル内で、追跡調査を容易にするため、また、外的要因による変異を削減するため、以下の基準によってサンプルが選ばれた。

出生時の親の住所は、広島または長崎市内にあったものに限定される。この制限は、(a) 乳幼児および小児期の死亡率は、都市、都市周辺地域および農村地域によって明らかに異なる。そして、(b) 出産前に両市から転出した被爆者に対して適正な対照を設定することはきわめて困難であろうという考えに基づいたものである。

本籍は広島または長崎に限定しなかった。本籍をこれらの両市に限定することは、追跡調査を簡単にするであろうが、これによってサンプルの減少が起るためこの制限を加えることができなかった。

多産の死亡率は単産の場合の死亡率に比べて明らかに異なっており、その頻度はあまりにまれであって、それを加えることによって起こる解析上の複雑さを考えると多産を加える価値がないという理由で多産は除外した。

サンプルには、被爆両親のうちひとりまたはその双方が原爆時爆心地から2000m未満にいたことがABCCの記録で判明している親に生まれた子供すべてを含めることにした。またこれと同数の子供が、片親または両親が爆心地から2500-9999mの間で被爆した子供および両親のいずれもが原爆時市内にはいなかった子供から、無作為にそれぞれ抽出された。これら2つのサンプルは、前述の両親のいずれかが2000m未満で被爆した対象群と性および出生年の分布が一致するように選ばれた。両親の被爆状態によって図1に示すような3つの主被爆群と9つの副被爆群に分ける。また後述するように性、出生年の分布は主被爆群の間では一致するが、副被爆群の間では一致しないことを明記する必要がある。

死亡の事実は、定期的な戸籍照合によって確認された。戸籍の所在を通常の方法ではつきとめることができない例では、訓練を受けた連絡員が家庭を訪問して本籍を確か

FIGURE 1 DEFINITION OF MINOR AND MAJOR EXPOSURE GROUP

図1 主および副被爆群の定義

		Father 父親		
		<2000m	>2500m	Nonexposed 非被爆
Mother 母親	Exposure Distance 被爆距離			
	<2000m	a	d	e
	>2500m	b	f	h
Nonexposed 非被爆	c	g	i	

Major exposure groups: 主被爆群

Group 1
  Group 2
  Group 3

Minor exposure groups indicated by letters 副被爆群は文字で示す

*houshiki* in those cases where the *koseki* could not be located by routine methods. The results of the first cycle of *koseki* checking, which was begun in January 1961 and completed in January 1964, are reported here. Since this cycle embraced 3 years of record-checking, to obviate the remote but nonetheless real possibility that exposure class may have been correlated with ease or difficulty of follow-up and hence the number of years at risk of death, attention is restricted to deaths prior to 31 December 1961, and the initiation of the first cycle. Table 1 summarizes the results of this cycle of record reviews. It will be noted that among the 54,243 cases, the predominant reason for failure to determine survival status was non-Japanese parentage (i.e., no *koseki* record); in all except 53 instances where the child was Japanese the survival status in 1961 could be determined. Failure of follow-up because of lack of *koseki* can scarcely be regarded as a source of bias; the 53 children of Japanese parents whose survival status is unknown are too few to influence the data significantly, even if all were no longer alive. In subsequent tables, the 810 'unknown' cases in which 757 cases were non-Japanese in Hiroshima and Nagasaki have been excluded, as have 14 births in the Sex Ratio Program for whom the information was incomplete. The resulting distribution of children on the basis of the radiation histories of their parents is shown in Table 2. Where death had occurred, a record of the entry in the 'vital statistics' portion of the death certificate was obtained through the cooperation of the Japanese National Institute of Health.

めた。第1回の戸籍照合は、1961年1月に始まり、1964年1月に完了した。ここに報告するのは、この第1回戸籍照合の結果である。第1回戸籍照合には約3年を要したが、被爆群によって、追跡調査の難易およびそれに伴う死亡までの観察期間が異なるかもしれぬという可能性—これはありそうなことではないが—しかし、その可能性を除外するために、死亡についての観察は1961年12月31日以前すなわち第1回戸籍照合の開始以前の死亡に限定した。表1に第1回戸籍照合の結果について要約して示した。調査対象54,243例のうち、生存状態を判定することができなかったもののおもな理由は、国籍が日本でないこと（すなわち、戸籍の記録がない）であった。日本人の場合は53例を除く全例において、1961年現在における生存状態が判明した。戸籍記録が不備で生死の判定ができなかった例によって調査結果に偏りを起こすとはほとんど考えられない。すなわち生存状態が不明である日本人53名のたとえ全例が死亡していたにしても、その調査結果に有意な影響を及ぼすにはあまりにも少なすぎる。以後の表では広島および長崎における生死不明の810例（国籍が日本でない者757例）および性比調査において資料の不完全な14例を除外してある。両親の被爆状態に基づいて分類した子供の分布を表2に示した。死亡した場合には、国立予防衛生研究所の協力によって、人口動態調査死亡票に記載された死因についての事項が得られた。

## SOURCES OF VARIATION IN MORTALITY OTHER THAN RADIATION

It is common knowledge that fetal, infantile, and childhood mortality are influenced by numerous variables other than radiation. As a consequence, the contribution of this or any other study to the ultimate evaluation of the radiation hazard is directly proportional to the degree to which extraneous sources of variation can be delineated and controlled. Accordingly, consideration is made of the possible role of extraneous variables in the mortality data to be presented.

A priori, one recognizes that the survival of a live-born infant is a function of certain attributes of the infant and, in addition, certain characteristics of the parents and pregnancy. Ample evidence attests to the role in early mortality of parental ages, birth rank, birthweight, duration of pregnancy, and, in a changing society, year of birth. To this list can be added a number of variables commonly termed socio-economic, such as parental education, parental occupation, the occurrence of consanguineous marriage, social class, and nutrition. Other variables of importance exist, e.g., presence of congenital defect, but, for the moment, the recognition that few if any of these concomitant variates are entirely independent of every other is of greater importance than an exhaustive enumeration. Thus, for example, we recognize that parental ages and birth rank are significantly correlated, and since both apparently affect mortality rates, it is not immediately obvious whether their effects are attributable to the same basic phenomenon or to a different one. In this particular instance, the latter appears to be true, for there exists an effect of parity upon the frequency of death in the postnatal period not accountable for in terms of variation in parental ages (Neel and Schull,<sup>1</sup> Chapter 11). Relationships of this nature considerably complicate efforts to control the effects of extraneous variables on mortality through selection of the comparison groups since samples matched on multiple variables are often not feasible. This issue will be further discussed after considering the relationship to exposure groups of the concomitant variables previously enumerated.

Three samples were selected for study: A sample for the years 1 May 1946 - 31 January 1948 derived from the birth information on file at the city offices of Hiroshima and Nagasaki; a sample for the years 1 February 1948 - 31 December 1953 derived from the so-called Genetics Program of ABCC; and a sample for the years 1 January 1954 - 31 December 1958 derived from the Sex Ratio Program. Through city birth records and the records associated with the two programs previously mentioned, it has been possible

## 死亡率に変動を起こす被爆以外の要因

胎児、乳児および小児の死亡率が被爆以外の多くの要因によって影響を受けていることは周知の事実である。したがって、今回の調査、または他の調査が、被爆による影響を評価するのに寄与する程度は、変動を起こす被爆以外の要因の大きさを知り、それを調整できる可能性に比例する。それ故、以下に死亡率に及ぼす被爆以外の要因の影響の程度について記述する。

生産児の生存には子供自身の特性だけでなく、両親と妊娠の状態が関係があることが認められている。子供の早期死亡に対して、両親の年齢、出生順位、出生体重、妊娠期間、社会の変化、出生した年が関係するということは、すでに十分に立証されている。死亡に関連する要因として、これらの多くの関連因子のほかに、社会経済的要因と呼ばれる要因、たとえば、両親の学歴、職業、血族結婚の有無、社会的な階級、栄養などが考えられる。このほかには、主要な因子、たとえば先天性奇形などが考えられるが、すべての要因を考慮するよりも、重要なことは、他の要因と完全に独立な要因はほとんどないということを確認することである。すなわち、たとえば、両親の年齢と出生順位との間には有意な相関関係があり、また両者とも、明らかに死亡率に影響を及ぼしているために、それらの影響が両者に共通な因子によるものか、あるいは相異なった因子によるものかは、直ちに決定はできない。この場合は後者の例であろう。というのは、親の年齢差では説明できない生後の死亡率に及ぼす出生順位の影響が認められるからである (Neel および Schull<sup>1</sup> 11章参照)。多くの要因について一致させたサンプルを作ることが實際上困難なので、死亡に対する各種要因の影響を調査することは、各要因が互に関連しているために、非常に複雑になっている。前述の被爆に関係のあるおのおのの要因と被爆との関係を考慮したのちに、再びこの問題について考察する。

今回の調査のため3種類のサンプルが抽出された。すなわち、(1)1946年5月1日-1948年1月31日の期間に生まれた子供で、広島および長崎市役所の出生記録から得られた。(2)1948年2月1日-1953年12月31日の期間に生まれた子供で、ABCCのいわゆる遺伝学的調査(GE3)から得られた。(3)1954年1月1日-1958年12月31日の期間に生まれた子供で、性比調査から得られた。市の出生記録および前述の2つの調査の記録によって、事実上す

to obtain information on virtually all births with respect to maternal age, paternal age, parity, birthweight, duration of pregnancy, and year of birth. The most conspicuous exception involves birthweight, which was not routinely recorded on the Japanese birth certificate in the years immediately following World War II (routine recording began in the latter half of 1947). The relationship of each of these five concomitants to the *major* exposure groups will now be considered.

**Year of Birth** Infant mortality in Japan has changed substantially since 1945. When one considers that the major portion of the mortality in the first two decades of life expectancy occurs in the first year, patently variation in year of birth among the exposure classes could obscure a radiation effect, or produce a spurious one. While the method of sample selection ostensibly precludes significant differences within each of the three samples, the possibility exists that an equal degree of completeness of follow-up is not achieved in all radiation groups, and some variation, perhaps non-negligible, is thereby introduced. Table 3 summarizes the results of comparing the distributions of the six concomitant variables previously enumerated within sex-city major exposure groups. Reference to this table reveals that year of birth does not differ significantly among exposure groups within either city, or within samples within cities.

**Maternal Age** The significant effect of maternal age upon early mortality in this sample has been well documented.<sup>1</sup> The nature of this effect is complex but, in general, one finds that early mortality in age-specific parity distributions or parity-specific age distributions tends to be J- or U-shaped (see also Yerushalmy,<sup>5</sup> Tsunoda,<sup>6</sup> and Newcombe<sup>7,8</sup>). This of course implies an optimal age associated with a given parity, or an optimal parity for a given age. In any case, the effect is sufficiently pronounced that failure to take this concomitant into account could have serious consequences. Table 3 shows that the exposure groups differ significantly in maternal age within virtually all samples in both cities. In general, the more 'heavily' exposed mothers are older than the more 'lightly' exposed and the latter are older than the nonexposed mothers.

**Paternal Age** Parental ages are highly correlated, and in view of the known effect of maternal age upon early mortality, one would anticipate an effect of paternal age when maternal age is ignored. It is not clear, however, whether paternal age exerts an effect not explicable in terms of maternal age. Accordingly, it seemed appropriate to determine whether the exposure groups within the various samples differed in paternal age as was to be expected in view of the differences in maternal age.

すべての出生について、母の年齢、父の年齢、出生順位、出生時体重、妊娠期間、および出生年度に関する資料を得ることができた。しかし、出生時体重は、戦争直後の2,3年間は出生届けには通常記入されなかった(1947年の後半から記録されることになっていた)。さて、主被爆群と、被爆と関係のあるこれら5つの要因のそれぞれとの関係について述べる。

**出生年度** 1945年以後、日本の乳幼児死亡率には実質的な変化がもたらされた。生後、最初の20年間における死亡の大部分が、生後第1年に起こることを考えると、被爆群間の出生年度の差によって、被爆の影響があいまいになったり、また逆に、みせかけの影響が現われたりすることも考えられる。今回の調査で用いられたサンプル抽出方法では、3つの被爆群で出生年度の分布が一致するようになってはいるが、追跡の完了度はすべての被爆群で同じではないので、無視できないと思われる若干の差がそのために生じてくる可能性がある。表3では、性および都市別に主被爆群における前述の6つの要因の分布を比較した結果を要約して示した。この表に示すように、いずれの市、またいずれのサンプルでも被爆群間の出生年度の分布には、有意の差は認められなかった。

**母の年齢** このサンプルにおける母の年齢が早期死亡率に及ぼす影響については詳細な報告がある。<sup>1</sup> この影響の性質は複雑であるが、概して、母の年齢別出生順位別の、または、出生順位別年齢別の早期死亡率は、J型またはU型を呈する傾向のあることが認められる(Yerushalmy,<sup>5</sup> 角田,<sup>6</sup> および Newcombe,<sup>7,8</sup> を参照)。これはもちろん、ある一定の出生順位で死亡率がいちばん低い値を示す母の年齢があり、または、ある一定の母の年齢で死亡率がいちばん低い値を示す出生順位があることを示すものである。それはそれとして、この被爆と関連のある要因を考えないと、重大な結果が生ずるであろうということは全く明白である。表3に示すように、両市のほとんどすべてのサンプルで被爆群間には母親の年齢に有意差があることが認められる。一般に、強度の被爆群の母の年齢は、軽度の被爆群の母のそれよりも高く、また後者は、非被爆群の母より年齢が高い。

**父の年齢** 両親の年齢は互いに高い相関があり、また母の年齢が早期死亡率に影響を与えていることから考えると、母の年齢を考慮に入れない場合の父の年齢の影響については予想することができる。ただし、父の年齢が母の年齢によっては、説明できない影響をもっているかどうかは明白でない。したがって、母の年齢に認められた差から、期待される父の年齢の差が、種々の資料群で被爆群間に認められるかどうかを調べることは適切な方

They do (Table 3). Older fathers are more frequently 'heavily' exposed than 'lightly' exposed or not exposed.

**Parity** Parity and maternal age are closely correlated; therefore the exposure groups would be expected to differ in mean parities and they do. On the average, parity is directly related to exposure, the more 'heavily' exposed having had more pregnancies on the average, and there exists an effect of parity not explicable in terms of the correlation between parity and maternal age (see Neel and Schull,<sup>1</sup> for further details).

**Duration of Pregnancy** Mortality rates are strikingly and significantly elevated among pregnancies which terminate prematurely; a much lesser effect is associated with postmaturity. It follows, then, that if duration of pregnancy was significantly related to exposure groups, differences in mortality among the exposure classes might arise. As Table 3 shows, exposure groups do not differ significantly with respect to duration of pregnancy.

**Birthweight** Since birthweight is correlated with duration of pregnancy, and since the latter exhibits no relation to exposure groups within the various samples, one might expect, a priori, that birthweight will not be significantly associated with exposure status. This expectation is fulfilled (Table 3).

**Summary, Sources of Variation** Among the six sources of extraneous variation for which data exist on virtually all births and which are known to be significantly associated with mortality, three, namely, maternal age, paternal age, and parity differ significantly among the *major* exposure groups within most samples. These differences are such as to lead to augmented mortality rates within the more heavily exposed groups. Thus, an apparent effect of radiation on mortality could not be accepted before these differences were controlled, but on the other hand, if there is no apparent effect even when these differences are ignored, it seems inconceivable one would appear *after* they were controlled.

There are other important sources of extraneous variation for which data were not available on the birth certificate or through one of the previously mentioned programs. Thus, data were not available on socioeconomic class, yet it is known that infant mortality, for example, is higher in the lower socioeconomic classes of Japan. Moreover, the Child Health Survey<sup>9</sup> revealed a significant effect of socioeconomic status upon physical and mental growth and development of a magnitude which might lead to serious biases in the analysis of mortality data if the socioeconomic concomitants were dissimilarly distributed between the comparison

法であると考えられる。表3に示すように、年齢の高い父親は、軽度の被爆群または非被爆群よりも、強度の被爆群の方に多かった。

**出生順位** 出生順位と母の年齢との間には、密接な相関がある。したがって、被爆群間には平均出生順位に差のあることが期待される。事実、出生順位と被爆との間には直接の関係があり、強度の被爆群の出生順位の方が概して高く、出生順位と母の年齢との相関（詳細はNeelおよびSchull<sup>1</sup>を参照）によっては説明できない出生順位の影響が認められた。

**妊娠期間** 死亡率は、未熟児では著しく有意な上昇が認められ、過熟児では、それよりも程度は低いが、死亡率が増加する。したがって妊娠期間と被爆群との間に有意な関連があった場合は、それだけで各被爆群間の死亡率に差が生じたかもしれない。表3に示すように、妊娠期間については、被爆群間に有意な差が認められない。

**出生時体重** 出生時体重と妊娠期間の間には相関があり、種々のサンプル内の妊娠期間と被爆群との間には関連が認められないところから、出生時体重と被爆状態との間には有意な関連はあるまいと推論しうる。事実、表3に示すように関連は認められなかった。

**差異をもたらす要因の要約** 資料がほとんどすべての対象の子供について得られていて、死亡率と明らかな関係があるとされている被爆以外の6つの要因のうち、その3つ、すなわちほとんどすべてのサンプル内の主被爆群間における母の年齢、父の年齢、および出生順位には有意な差が認められる。これらの差異は強度の被爆群の死亡率を増加させる方向に働いている。したがってこれらの要因の差の影響を補正したあとでなければ死亡率に及ぼす放射線の影響を明らかにすることはできない。またこれらの差異を無視したときでさえも、明らかな影響が認められない場合は、それらが補正されたあとにその影響が現われるとは考えられそうにない。

上述の要因のほかにも出生届けまたは前述の調査資料からは入手できなかった死亡率に関係のある被爆以外の重要な要因がある。たとえば、社会経済的階級に関する資料は前述の調査資料からは得られなかったが、日本の乳幼児の死亡率が社会経済的には低い階級に高いことが認められるのは周知のことである。その上、児童健康調査<sup>9</sup>では、肉体的および精神的な発育に、社会経済的な要因が明らかに影響を及ぼすことを認めているので、これらの要因が比較群間に同様に分布しなかった場合には死亡率の解析に重大な偏りを生ずることも考えられる。この

groups. To ascertain whether the latter might or might not be true, a pilot mail survey was undertaken on a small random sample in 1962. The primary purposes of this preliminary survey were to ascertain probable response rates in a projected, larger study, and the quality of responses. As a consequence of this preliminary study and the experience of the Child Health Survey,<sup>9</sup> a larger study involving a random 10% of the pregnancy terminations included in the total sample was initiated in 1964.

A mail questionnaire was sent to the last address known to ABCC of the parents of 5294 children regardless of present status. If the initial questionnaire was not returned, a second and if need be, a third was sent at intervals of two weeks. When a letter was returned as undeliverable, the *koseki* was checked and the questionnaire sent to the most recent address indicated on record of residence filed with the *koseki*. For those cases where no response was obtained to any one of the three possible mailings, a field follow-up was conducted if the family lived in Hiroshima or Nagasaki or areas immediately adjacent thereto (Table 4). It will be noted that data were collected on all save some 4% of the sample; it seems unlikely that the failure to obtain information on so small a group could markedly bias the results to be presented. Information was sought with respect to parental occupation, parental schooling, survival status of the parents, the size of the home (in mats) and the number of persons normally residing therein, food expenditures per person per month, and, finally, a brief indication of the child's nutrition in terms of the consumption of certain dietary staples, namely, fish, meat, eggs, and milk.

Table 5 summarizes the tests of significance with regard to the distributions of the aforementioned variables among the exposure groups within samples and cities. The number of mats per person, food expenditures, and consumption of dietary staples do not differ among the comparison groups. However, parental occupation, schooling, and survival status of parents are significantly different. Thus relatively more children one or both of whose parents are dead are observed in the proximally exposed group than in either of the other two samples. Exposed parents are less well educated than non-exposed, and relatively more farmers and fishermen are to be found in the distally exposed groups than in either of the other two comparison groups. These findings are, in general, in accord with those for the other concomitant variables to which attention has been directed. Thus, for example, it is known that exposed parents are older on the average than nonexposed parents (Table 3), and that the education received by the average individual in Japan has steadily increased in the postwar era.

ことを確かめるために、1962年に小規模の任意に抽出されたサンプルについて郵便調査の試験的調査が行なわれた。この試験的調査の主目的は、より大規模な計画のもとに行なわれる調査での回答率および回答された事項の正確性を調べることであった。この試験的調査ならびに児童健康調査の結果<sup>9</sup>に基づいて、全対象から10%の任意抽出で選ばれた群についていっそう大規模な調査が1964年に開始された。

5294人の対象の親あてにA B C Cに記録されている最新の住所に質問票を郵送した。初回の質問票に対して回答しなかった場合には2週間後に2回目を、さらに必要とあれば、それから2週間をおいて第3回目を郵送した。郵便が配達不能で戻ってきた場合は、戸籍の照合を行ない、戸籍といっしょに保管されてある住民登録に記載されている最近の住所にあてて、その質問票を郵送した。この3回の郵送質問票に回答が得られなかった例については、親が広島または長崎市もしくはその近接地に居住する場合はさらに家庭訪問を行なった(表4参照)。サンプル中の4%を除いたすべての対象に関して資料が収集された。すなわち資料が入手できなかった例がこのような少数であったので、このことが解析した結果に明らかな偏りをもたらすとは考えられない。親の職業、親の学歴、親の生死、家屋の面積(畳数)および家族人員数、1か月1人当たりの食費、および食費の主成分、つまり魚、肉、卵、と牛乳の消費高による子供の栄養の簡単な指標に関する資料が求められた。

表5は、各都市および各サンプル内の被爆群間の前述の要因分布の差異に関する有意性の検定の結果を要約したものである。ひとり当たり畳数、食費、および食事の主成分の消費高においては、比較群間に差のないことが認められる。しかし、親の職業、学歴、およびその生死には有意の差が認められる。すなわち、近距離被爆群の片親または両親が死亡している割合は、他の2つの群のいずれよりも多い。被爆した親たちは被爆しなかった親たちよりも学歴が低く、遠距離被爆群では他の2比較群のいずれにおけるよりも農夫や漁夫が比較的多い。これらの所見はすでに述べた被爆以外の要因にみられた傾向とほぼ一致している。たとえば、被爆した親は平均して被爆しなかった親より年長であり(表3)日本人の平均教



Therefore, the exposed would be expected to be less well educated than the younger nonexposed population. In general, these differences in distribution of extraneous socioeconomic variables, like those associated with the variables discussed earlier, are such as to lead to an inflation of mortality rates in the children of the 'heavily' exposed group as contrasted with the other two comparison groups.

#### THE RELATIONSHIP OF MORTALITY TO EXPOSURE

The various tabulations, analyses, and comparisons of the data have been quite extensive; only a very condensed account can be presented. Table 6 sets out the data subclassified by city, sex, main exposure group, and year of risk. A profusion of comparisons is possible. Age-specific rates are given only for those years to which all the individuals in a defined cohort have been exposed. However, the figure for total deaths includes not only those occurring during risk years experienced by the entire group but also those occurring during risk years experienced by only a proportion of the cohort. Accordingly, while it may be used for comparisons between groups, it has no normative value in the strict sense. The table shows no evidence of a systematic change in mortality experience related to parental major exposure group within either sex in either city. None of the  $\chi^2$  values derived from the twelve 3x2 contrasts based on the totals for each city-sex-program component approaches significance even though extraneous sources of variation are so distributed as to lead to an inflation of mortality in Major Exposure Group 1. The data on the first year of life expectancy support the earlier report<sup>1</sup> that no significant association was observable between mortality in the first year of life and parental exposure. The data are, however, not wholly independent of those presented in the aforementioned publication.

In view of these data it seemed unlikely that analysis of cause of death would be particularly revealing. However, such analyses were performed, more with a view toward the completeness befitting a scientific problem of this gravity than because of prior expectations. Table 7 sets forth deaths per 10,000 for the more common categories of causes of death within sexes, cities, and the three major exposure groups. All three components of the data have been combined in this analysis. For each row, the significance of the difference between the observed number of deaths and the number expected on the basis of random distribution by exposure has been tested by  $\chi^2$ . Only two significant associations are observed, both at the 5% level and both in Hiroshima. Firstly, deaths from congenital defects differ in females, but as a consequence of relatively more malformations in the 'lightly' ex-

育程度は戦後着実に向上してきたことを考えれば、被爆者の教育水準は若い非被爆者よりも低いことが考えられる。一般的に、社会経済的要因の分布にみられるこれらの差は、前述の被爆以外の要因と同様強度の被爆群の子供の死亡率を、他の2群に比べて高める方向に働いている。

#### 死亡率と被爆の関係

各種の製表および解析が、かなり広範囲にわたって行なわれたが、紙面の関係で本論文で発表できるのは非常に集約されたものである。表6では資料を都市、性、主被爆群および観察年数別に小区分している。これによって各種の多くの比較を行なうことができる。年齢別死亡率は、あるコーホートの全対象者について観察できた年齢についてのみ計算した。しかしながら、総死亡率の計算には、コーホートの全員について観察した死亡のみならず、コーホートの一部だけについて観察した死亡も含まれている。したがってこれは各被爆群間では比較できるが、厳密に言えば標準値ではない。表から、男女とも両都市で主被爆群間では死亡率に系統的な変化を認めることはできない。都市、性、および資料群別に行なわれた12個の比較では、 $\chi^2$ 値はいずれも有意ではない。被爆以外の要因は、すでに述べたように、第1主被爆群における死亡率を増加させるように分布しているにもかかわらず、死亡率の被爆群間の差は認められない。生後、第1年目についての資料は、生後1年目の死亡と両親の被爆状態の間には、特に有意な関係はみられないという報告<sup>1</sup>と一致する。しかし今回の研究は前述の報告と全然無関係なのではない。

今までに述べた成績を考慮してみると、死因を解析しても、特に顕著なことはありそうにないように見える。しかしながら、期待した結果を得るためというよりも、この重要な科学的な問題をより完全に解析するために死因の解析は行なわれた。表7に性、都市および3主被爆群別に大分類による死因別の死亡率を、人口10,000人対の死亡で示した。3つの資料群もこの解析で考慮されている。観察死亡数と被爆群によって差がないと仮定した場合の期待死亡数との間の差異を各欄別に $\chi^2$ 検定によって検定した。ただ2つの統計的に有意な差異が観察されたが、このいずれも5%の危険率で有意であって広島にみられる。第1に、先天性奇形による死亡は、女に差異がみられるが、強度の被爆群および非被爆群に比較して、

posed than in the 'heavily' or nonexposed groups. Secondly, the frequency with which death results from a neoplasm varies in males, but again the difference is one of relatively more deaths in the 'lightly' exposed group than in either of the other two. This latter effect does not appear in Nagasaki, although with regard to deaths due to congenital defects a trend similar in some respects to the one observed in Hiroshima does obtain.

Although the major exposure groups differ in maternal age, paternal age, and parity, in a manner which might be expected to result in 'false' radiation effects none were demonstrated despite these known biases. Therefore, it is literally inconceivable that significance would emerge after analyses which took these variables into account. Nevertheless, because we are interested not only in significance but in a 'best estimate,' which might at some future time be combined with the results of others, the data have also been analyzed on a maternal age-specific basis, a paternal age-specific basis, a parity-specific basis, and various combinations of paternal and maternal age and parity. Publication of all the voluminous tables is not feasible. However, Tables 8, 9, and 10 present deaths per thousand by sex, city, and major exposure group only for specified maternal ages, specified paternal ages, and specified parities. Perusal of these three tables again fails to suggest any consistent, significant effect of parental exposure. Thus, for example, in Table 8 for mothers of 25-29 years of age (the largest maternal age group), death rates in the 'lightly' exposed exceed those in the 'heavily' exposed group in two of four possible instances, the nonexposed exceed the 'heavily' exposed group in three of four, and the nonexposed exceeds the 'lightly' exposed three out of four times. In the two comparisons where there is significance at the 5% level, the death rates in males born to Exposure Group 1 parents are lower than those observed for one or both of the control groups. In Tables 9 and 10, there are three additional comparisons at the 5% level of significance - again Exposure Group 1 males have lower mortality rates. These three tables involve 92 comparisons; the fact that five comparisons are significant at the 5% level can be explained by chance. The better survival of Group 1 male children in all five cases is intriguing but can scarcely be interpreted as a radiation effect. Since, had the deviation been in the opposite direction, it would have been tempting to read greater significance into it, this is a reminder of the need for caution in interpreting data of this type.

The remote possibility exists, because of the correlations which exist between parental ages and parity, that simultaneous control of two or more of these variates might be informative. Control of

軽度の被爆群に多くの奇形がみられる。第2に、新生物による死亡の頻度は、男に差異がみられるが、同様に軽度の被爆群では、他の2群におけるよりも死亡率が高い。長崎では先天性奇形による死亡率は、広島とほぼ同様の傾向を示してはいるが悪性新生物による死亡では、被爆群間に差は認められない。

主被爆群間では、母の年齢、父の年齢および出生順位の分布が異なっており、その差異は死亡率に対して、「誤り」の放射線の影響があるように示す方向に働いているが、これらのはっきりした偏りを起こす変数があるにもかかわらず何も明らかに証明することができなかった。したがってそれらの変数を考慮に入れて解析を行なっても、有意の差異が出てくるということはまず考えられない。しかしながら、統計的に有意であるか否かということだけでなく、将来いつか行なわれる他の調査結果もいっしょに含めた「最良の推定」に関心があるので、母の年齢、父の年齢、出生順位および父母の年齢と出生順位の各種の組み合わせに基づく死亡率も解析した。膨大な表をすべて記載するということはとうていできない。表8, 9, 10に性、都市別に、父母の年齢別死亡率と出生順位別死亡率のみを、主被爆群別に人口1,000対の死亡率で示した。これらの3表からも一貫した有意な両親の被爆の影響は認められない。たとえば表8に示すように、出生時の母の年齢が25-29歳の群（最も頻度の高い母の年齢群）では、軽度の被爆群の死亡率は、4個の比較のうち2個では、強度の被爆群のそれよりも多く、非被爆群のそれは、4個の比較のうち、3個では、強度の被爆者ならびに軽度の被爆者のそれよりも多いことがわかる。5%の危険率で有意の差がある2つの比較において、強度の被爆群の男の死亡率は対照群の一方、あるいは両方におけるよりも低い。表9, 10においては、5%の危険率で有意の差がある3個の比較が示されているが、これでも強度の被爆群の男の死亡率がより低い。これらの3表には92の比較が行なわれており、したがって、有意水準5%で被爆群間に差がある比較が5個みられたということは偶然でもありうる。この5個の例では、いずれも強度の被爆群の男では、より低い死亡率を示した。このことは非常に興味深いのが、放射線の影響として解釈することはほとんどできない。もし反対方向に差異が認められたら、より重要な意味をもたせたくなっただであろうから、この種の資料の解析には十分な注意が必要である。

両親の年齢と出生順位との間には相関関係がみられるので、これら2つの、または多くの変数を同時に考慮した

all three variables through classification of the data so diminishes the numbers of observations as to make any conclusion hazardous. Tables 11 and 12, however, do present for both sexes, cities, and exposure groups, parity-specific death rates and paternal age-specific death rates for a fixed maternal age, namely, 25-29 years, chosen for presentation because this encompasses the largest body of data for any such comparison. No trends apparently related to radiation exposure group are observed; none of the  $\chi^2$ s for the row comparisons are significant.

As Figure 1 illustrates, when the exposure status of both parents is considered, children may fall into any one of nine minor exposure categories. The genetic complement of children both of whose parents were within 2000m of the hypocenter ATB (Minor Group a) received substantially more radiation than that of children only one of whose parents was within 2000m but the other nonexposed or 'lightly exposed' (Minor Groups b, c, d and e; see Discussion for actual estimates). Although highly unlikely in view of the foregoing, the possibility had to be considered that a radiation effect might emerge if the analysis was extended to minor category, and this has been done.

However, when the nine minor exposure groups are compared with respect to the six concomitants for which the three major exposure groups were contrasted (Table 3), not only is there again significant heterogeneity with respect to paternal and maternal ages and parity, but now there is also very significant heterogeneity in most of the comparisons with respect to year of birth and birth weight, although to a lesser degree than for the first three concomitants. Figure 2 illustrates for male births the year-of-birth effect during the 13 years of the program in Hiroshima. It will be noted that the line dividing Groups a, b, c, d, and e collectively (Major Exposure Group 1) from Groups f, g, and h (Major Exposure Group 2) and the line dividing f, g, and h (Group 2) from i (Group 3), is relatively straight, thus attesting to the effectiveness of the original matching procedure. The significant year-of-birth effects emerge from the changes with time of the proportions of the minor exposure categories *within* the respective major exposure groups for which the data were unmatched. At least two causes for the significant year-of-birth effect are apparent from inspection of Figure 2. On the one hand, the representation of certain subgroups appear to increase (Group c) or diminish (Groups a and f) with time. On the other hand, for some exposure groups there appear to be increases followed by decreases (Groups e and h).

The several significant differences (none exceeding the 0.05% level) between minor exposure classes

方が有効である場合も考えられる。また資料を細分することによってこれらのすべての変数を考慮しようとするのは、観察数を減少させるので、得られた結論ははっきりしなくなることも考えられる。表11および12に、都市、性および被爆群別に、一定の母親の年齢、たとえば25-29歳（対象数が最も多いのでこの年齢群を選んだのであるが）での出生順位別死亡率および父の年齢別死亡率を示したが、被爆群と明らかに関係があるような傾向はみられない。各欄ごとの比較において  $\chi^2$  値はいずれも有意ではない。

図1に示されているように、両親の被爆状態を考慮した場合、子供は9つに細区分した被爆群のいずれかにあてはまる。両親とも原爆時爆心地から2000m以内にいたものの子供（副被爆群a）の遺伝子は、両親の一方が2000m以内で被爆したが、片方が非被爆者あるいは軽度の被爆者である場合（副被爆群b, c, d, e）の子供に比較して、より多くの量の放射線を受けたことになる（実際の推定線量については考察を参照）。今までに述べた成績からみてあまり可能性はないが、もし解析が副区分群まで及ぶならば、放射線の影響が出てくるのではないかという可能性も考慮しなければならない。

しかしながら、9つの副被爆群について、主被爆群について比較したように、6つの関連変数について比較を行なうと（表3）、父および母の年齢ならびに出生順位に関しては同様に明らかな異質性がみられるのみならず、これら3つの関連変数に比較してより程度は低い出生した年および出生時の体重に関しても、ほぼ明らかな異質性がみられる。図2に、広島の子供について13年間の観察期間中の出生年の分布を示した。a, b, c, d, e群（第1主被爆群）とf, g, h群（第2群）とを区別する線、およびf, g, h群（第2群）とi群（第3群）とを区別する線はほぼ直線であるが、これはサンプル抽出の際出生年を一致させた方法が効果的であったことを証明している。もちろん、サンプル抽出時に副被爆群については出生年を一致させていないので、出生年によってそれぞれの主被爆群内の副被爆群の割合が変化している。図2から、出生年について少なくとも2つの明らかな現象がみられる。一方ではある副被爆群は、時が経つにつれて増加したり（c群）、減少したり（aおよびf群）する。他方、他の副被爆群では、初めは減少し、次に増加するという現象がみられるものもある（eおよびh群）。

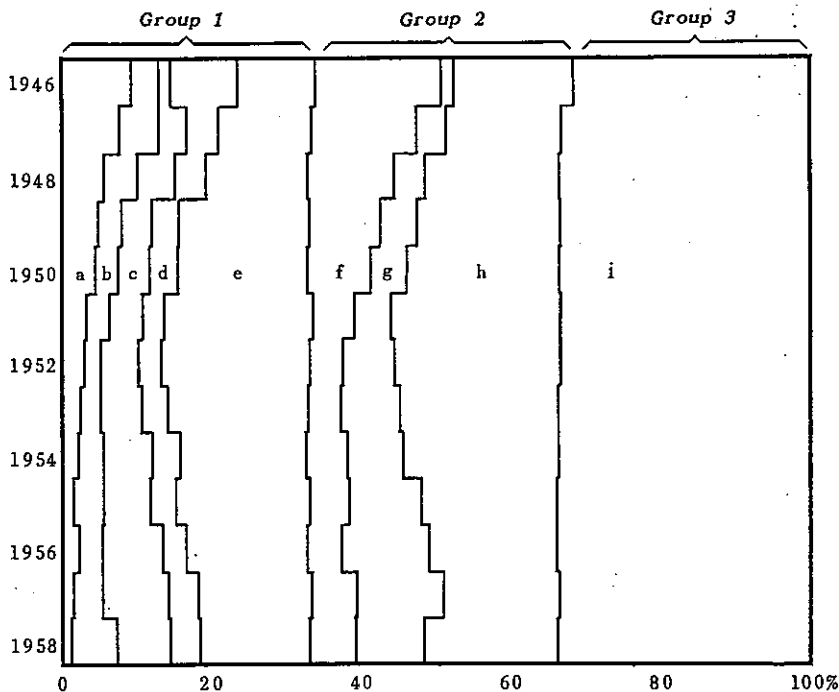
副被爆群間の出生時体重に関するいくつかの有意な差（いずれも有意水準0.05%を越えない）は、一般に強度

with respect to birthweight are in general due to heavier birthweights among the groups where exposure was greatest, and are thought to be secondary to the age and parity effects which have already been discussed. A 'duration of pregnancy' heterogeneity is observed in a single comparison among 12 and may be disregarded. Because of the declining infant and childhood mortality in Japan during the years of this study, it was felt the data should be adjusted for the year-of-birth effect. Accordingly, in Table 13 an analysis is presented wherein by city, sex, and program component, the observed number of deaths in each minor exposure category is compared with expectation adjusted for differences in year-at-risk per individual for the exposure subgroups. Table 13 reveals two differences at the 5% level of significance, both (again) resulting from a deficiency of deaths among the children of the more heavily irradiated parents.

の被爆群の出生時体重がより重いことから生ずるもので、これはすでに述べたように、両親の年齢および出生順位の影響によるものと考えられる。妊娠期間についての差異は、12個の比較のうち、1個しか観察されないもので無視してもよい。調査期間中に日本では乳児および幼児の死亡率が下降しているから、資料を出生年について補正すべきである。表13に都市、性、および資料群別に、各副被爆群の観察死亡数を、観察年数の違いを補正した期待値と比較を行なって解析している。表13には、5%の危険率で有意な2つの差異があるが、このいずれの差異も、両親が強度の被爆をしたものの子供に死亡率が減少していることを示している。

FIGURE 2 PROPORTIONS IN THE MAJOR (1-3) AND MINOR (a-i) EXPOSURE GROUPS IN RELATION TO YEAR OF BIRTH, MALE, HIROSHIMA

図2 出生年度に関する主被爆群(1-3)および副被爆群(a-i)の割合、男、広島



Sample procedure resulted in relative constancy for major (matched) groups but permitted significant time trends in the minor (unmatched) groups.

標本抽出に際して、出生年を一致させた主被爆群については比較的一定であったが、一致させなかった副被爆群については顕著な経時的变化を認めた。

## DISCUSSION

There emerges from this study no indication that parental exposure to the atomic bombs has altered the life expectancy of their children. This failure to demonstrate significant changes in  $F_1$  mortality as a function of parental exposure can not be construed as evidence that no genetic effects resulted from exposure to these nuclear devices. Unless one is willing to argue that man differs from all other forms of life thus far studied, lethal and semi-lethal mutations of a type which might manifest themselves as mortality in the first decade or so of life were induced. But the present study provides no evidence for their existence.

The exact importance to be attached to the present observations depends, of course, on the estimated mean exposure to radiation experienced by the various exposure groups. The problem of estimating the amount of radiation received by persons exposed to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki is still troublesome today, after 20 years of study of the question (see, for example, Neel and Schull,<sup>1</sup> Ritchie and Hurst,<sup>10</sup> Arakawa<sup>11</sup>). At present ABCC employs the so-called T57 Dose Scale, developed on the basis of the reports of Ritchie and Hurst<sup>10</sup> and Arakawa,<sup>11</sup> and based on distance from the hypocenter and shielding. The estimates of individual dosage so obtained are considered to be accurate, for each city, only to a factor of 2, i.e., the true dose may be as low as 50% of the T57D estimate, or it may be 100% greater than the T57D estimate.<sup>12</sup> One of the uncertainties in the estimate stems from the fact that the yield is not accurately known for either of the atomic bombs detonated. Efforts to refine all of the factors entering into dose estimates are continuing, but for the present we must be content with this range of uncertainty. This T57D estimate is for whole-body radiation; the gonad dose will presumably be less although, because of the high energy of the radiation, the attenuation factor should be minor.

A dose estimate is not available for all parents of the subjects for this study. However, the majority of the parents exposed within 2000m (Exposure Group 1) are also included (with additional persons of similar radiation background) in a life span study of the survivors being conducted by ABCC. In connection with this study, an average T57D estimate has been derived for each 100m zone, and, as a simple approximation, survivors in each 100m zone have been assigned the average T57D estimate for that zone. This procedure is less than ideal but it seemed likely that the inaccuracies would prove to be of minor importance compared to the 150-fold variations in dose as between 700 and 2000m. The average dose received by both parents of chil-

## 考 察

この調査からは、両親の原爆被爆が子供の余命に影響を及ぼしたということは示唆されていない。このように両親の被爆の関数としての子供の死亡率に有意な変化が認められなかったことを、直ちにこの核兵器への被爆からは、何ら遺伝的影響が生じなかったということの証拠と解釈することはできない。もし、人間が現在までに研究された他のすべての生物とは異なるということの問題にしなければ、動物実験から、寿命の最初の約10年間における死亡として現われるような致死性あるいは半致死性の突然変異が存在するであろうと推定される。しかし、この研究の結果ではこれらの変化が存在するという証拠は認められなかった。

今回の調査の正確な重要性は、もちろん、種々の被爆群が受けた放射線の線量の推定平均値に依存している。広島および長崎で原爆に被爆した人々の受けた放射線の線量の推定に関する諸問題は、20年間にわたって検討されてきた今日でもなお未解決である (NeelおよびSchull,<sup>1</sup> RitchieおよびHurst,<sup>10</sup> Arakawa<sup>11</sup>を参照)。現在 ABCCでは、いわゆる T57線量を採用しているが、これは、RitchieおよびHurst<sup>10</sup>、ならびに Arakawa<sup>11</sup>の研究報告に基づいて開発されたもので、爆心地からの距離および遮蔽状態をもとにしている。これによって求められた各個人の線量推定値は、正確にしようと試みられたが、両市とも真の線量は T57線量値より50%低いか、あるいは100%高いかの範囲内にある。<sup>12</sup> 推定値の不正確性は、ひとつには、両市に投下された原子爆弾のいずれについても、線量が正確にはわかっていないということから生ずる。線量推定に関与してくるすべての要因を正確に捕える努力が続けられているが、現在のところ、この程度の不正確性は許容しなくてはならない。この T57推計線量は、全身照射に対するもので、放射線のもつ高エネルギーのために減弱係数は少ないはずであるが生殖腺線量はおそらくこれより少ないと思われる。

この調査の対象者の両親全員について、T57推定線量が計算されているわけではない。しかし、2000m以内で被爆した両親(被爆群1)の大多数は、ABCCと予研が共同で実施している寿命調査の対象者でもある。この寿命調査では、被爆者を100m間隔の層に分けて、おのおのに対する T57線量の平均値が求められているので、今回の調査対象の各層の被爆者に、その値を与えるという近似的な方法を用いた。この方法は決して理想的ではないが、目的が700mから2000mの距離の範囲で50%か200%の計算誤差のある線量を比較することであるから、この程度の不正確さはあまり問題にならないと思う。このようにして推定された第1主被爆群に属する子供の両親が

dren in Major Exposure Group 1 thus estimated was 191 and 220 rad in Hiroshima and Nagasaki respectively. These averages are perhaps unduly influenced by a relatively few persons to whom the T57D scale assigns doses incompatible with survival. The median doses, which might be more appropriate under these circumstances, are 65 rad for Hiroshima and 96 rad for Nagasaki. Since the distance-dose curve reveals that radiation is approximately 5 rad and diminishing steadily at 2500m, the average dose for Exposure Group 2 can be considered negligible, close to the background dose. It must be again emphasized, however, that in view of the various problems regarding dosimetry, it would be unwise to regard the particular numbers used for dose as more than rough approximations. Using the T57D data, the mean joint exposures to be attributed to parents falling into the various minor categories of Major Group 1 may be estimated as: for Hiroshima, 270, 184, 187, 130, and 187 rad for Groups a, b, c, d, and e respectively; for Nagasaki, 285, 212, 202, 210, and 223 rad for these same groups. These estimates, incidentally, do not differ to a significant degree from those derived by Neel and Schull in their earlier treatment of this problem.

Assuming the correctness of these dose estimates, is the present lack of findings consistent with the corpus of experimental data, as well as the other observations on human material? Much of the recent experimental work has been concerned with the effects of chronic radiation repeated over many generations; both because of the higher genetic yield of X units of radiation given in a single rather than divided doses<sup>13</sup> and the opportunities for selection under these conditions, direct comparisons with these investigations seem unwise. With respect to acute radiation whose effects were evaluated in the first generation following parental exposure, there is still no abundance of data for completely relevant comparisons with the findings of this investigation. In fact, because of differences in the length or life cycle and the 'medical care' received by the 'indisposed,' the 'litter size effect' (see below), and differing intervals between radiation and conception, there is room for equivocation regarding any comparison of data from other mammals with man. Perhaps the most germane comparison possible with the present material would be 3-week or preweaning mortality or a reasonable approximation thereto in experimental forms with deaths under one year of age in man. Since the present data are so predominantly concerned with offspring resulting from germ cells which in the male were in the spermatogonial stage at the time of radiation and in the female dictyate-stage oocytes, and because of the relationship between stage of maturation at time of radiation and genetic yield, comparisons should be restricted

受けた平均線量は広島で 191 rad, 長崎で 220 radであった。これらの平均値には、おそらく比較的少数であるが、T57線量測定法によって、常識的には生存不可能なほどの多量の線量を与えられた人々の存在が著しく影響を及ぼしていると思われる。線量の中央値は、このような条件のもとではより適切と思われるが、広島で 65 rad, 長崎で 96 radである。爆心地からの距離別線量曲線によると、放射線は距離が遠くなるに従って徐々に減少し、2500 mでは約 5 rad になることを示しているの、第 2 主被爆群に対する平均線量は背景線量に近く、無視してよいと考えられる。しかし、ここであらためて強調しておかなければならないのは、前述の線量測定に関連した種々の問題点からみて、推定線量値を大まかな推定値以上のものとみなすことは賢明でない。T57の資料を用いれば、第 1 主被爆群の中の副被爆群に属する両親については被曝線量の平均値は次のように推定される。すなわち、広島では a, b, c, d, e の各群に対し、それぞれ、270, 184, 187, 130, 187 rad であった。長崎では同じ群に対し、おのおの 285, 212, 202, 210, 223 rad であった。なお、これらの推定値は、以前に行なわれた Neel および Schull の研究において用いられた線量と大きな差はない。

これらの推定線量を正確であると仮定して、今回の調査結果は多くの実験資料および人間についての他の調査の結果と異なっているであろうか。最近の実験研究の多くは、数世代にわたって繰り返される放射線の長期の影響に関したものである。同一線量を分割した場合よりも、一時に与えた場合に、単位 X 線量当たりの放射線による遺伝的变化が大きいということ、<sup>13</sup> およびこのような条件のもとでは淘汰の機会が存在するという 2 つの理由から、これらの実験結果と直接比較することは賢明ではないと思われる。多量の放射線を一時に与えた場合については、両親の被曝後に生まれた第 1 世代においてその影響を評価したが、今回の調査の結果と最も適切な比較を行なうための十分な資料はまだない。事実、寿命の長さおよび「病弱例」の受けた「治療」の相違、「1 回の出産での子供の数が及ぼす影響」（後述）また、被曝から妊娠までの期間の相違などにより、他の哺乳類についての資料と人間についての資料との比較に関しては、あまい点が生ずるおそれがある。おそらく、現在調査中の資料と最も適切に比較できる例としては、実験動物における生後 3 週間、または離乳前の死亡率、あるいはそれに適当な近似値を加えたものを、人間における生後 1 年以内の死亡率と比較することである。今回の調査資料は、照射時に、男においては、精原細胞の時期、女においては、卵原細胞の時期にあった生殖細胞から生まれた子供に関したものが非常に多く、また照射時の性細胞の成熟段階と遺伝的变化との間には関連があるために、実験用

to the 'post-sterile period' offspring of experimental mammals.

For mice, Russell<sup>14, 15</sup> in extensive experiments has reported a significant reduction in mean number of offspring at weaning (age 3 weeks) following acute paternal X-irradiation. In the largest series, a paternal exposure of 300 r, with mating in the post-sterile period, resulted in a reduction in litter size at weaning of 3.8%. Mean number of liveborn offspring is not given. Kohn<sup>16</sup> has reported a statistically nonsignificant decrease in liveborn litter size and preweaning survival in the offspring of male mice receiving 525 r in either a single or a divided dose and mated during the post-sterile period. Finally, Sugahara<sup>17</sup> has reported significantly higher litter sizes and preweaning mortality among the offspring of male mice receiving an acute dose of 600 r and mated during both the pre- and post-sterile period.

In rats, Chapman et al<sup>18</sup> failed to observe a significant effect on survival up to 69 days in the offspring of males who received 450 r in three divided doses and for whom, because of the experimental design, it was assumed that the sperm responsible for fertilization were from irradiated spermatogonia. Litter size was affected differently by radiation of the male and female parents; in the rat, unlike the mouse, probability of death appears to decrease with increasing litter size.<sup>19</sup>

In studies utilizing swine, Cox and Willham<sup>20</sup> reported that, following an acute dose of 300 r of X-rays to males mated during the post-sterile period, mortality in their liveborn offspring during the first three weeks of life was significantly increased. However, a later report<sup>21</sup> found that this apparent effect was confounded by differences in litter size between irradiated and control animals; no statistically significant effect remained when this was taken into consideration.

The studies on this problem which utilized human material have all been negative. Aside from previous reports by the present investigators, the only studies on the effect of acute radiation on survival of offspring involve very small series concerned with the progeny of seemingly infertile women whose infertility was treated with 60 to 65 r of ovarian X-radiation,<sup>22</sup> or of women who in the course of multiple diagnostic X-rays received a dose between 7.5 and 20 rad.<sup>23</sup> Not surprisingly, no effects were observed. Neither Crow<sup>24</sup> nor Macht and Lawrence<sup>25</sup> noted increased infantile mortality among the children of American radiologists. The gonad doses, of chronic irradiation, are quite uncertain. Finally, Tanaka and Ohkura<sup>26</sup> report an insignificant increase in first year mortality among

哺乳動物の不妊期後の期間に生まれた子供に限って比較する必要がある。

マウスについては、Russell<sup>14, 15</sup>が広範囲な実験の結果、父親が急性X線照射を受けた場合、離乳期(生後3週間)における子供の平均数は著しく減少したことを報告した。その最大の規模の実験においては、父親に300rの照射を施し、不妊期後の期間に交配させると、1腹の子供の数が離乳期に3.8%減少した。生産児の平均数は示されていない。Kohn<sup>16</sup>は、一時にあるいは分割して525rの放射線照射を受け、不妊期後の期間に交配した雄のマウスを父親として生まれた子供の生産児数と離乳期前の生存率に、統計的に有意ではないが減少を認めたと報告している。最後に、菅原<sup>17</sup>は、600rの急性線量を受け、不妊期の前および後の期間に交配した雄のマウスの子供は、1腹の子供の数、および離乳期前の死亡率の有意な増加が認められたことを報告した。

ラットについては、Chapmanら<sup>18</sup>が雄に450rの線量を3回に分けて照射し—この場合は精原細胞の時期に照射を受けた精子によって受精するように実験計画がたてられたが—その子供の生後69日までの生存率に有意な影響を認めることはできなかった。1腹の子供の数は、父親が照射を受けた場合と母親が受けた場合では異なった影響を受ける。ラットにおいては、マウスの場合と異なり、1腹の子供の数が増加するにつれて死亡が減少するように思われる。<sup>19</sup>

ブタを使った実験では、CoxおよびWillham<sup>20</sup>が雄に300rの急性X線線量を1回照射し、その後に交配させた場合、生産児の生後3週間以内の死亡率は著しく増加したと報告している。しかし、その後の報告<sup>21</sup>によって、この現象は、照射した実験動物とその対照群の間に存在する1腹の子供の数の差により異なることがわかった。したがって、このことを考慮すれば、統計的に有意な影響は何も残らなかった。

この問題について、人間を対象として行なった調査の結果はすべて否定的である。著者らが以前に行なった報告は別として、放射線の急性照射が子供の生存に及ぼす影響についての研究としては、60から65rの卵巣X線照射による治療を施した不妊症の婦人の子供、<sup>22</sup>あるいは、多量の診断用X線照射により、7.5-20radの線量を受けた婦人の子供<sup>23</sup>について小規模の研究があるのみである。これらの調査の結果、予想どおり何の影響も認められなかった。Crow<sup>24</sup>ならびにMachtおよびLawrence<sup>25</sup>の研究のいずれにおいても、アメリカの放射線科医の子

the children of Japanese X-ray technicians as contrasted with the children of pharmacy technicians, from 1.9% to 2.6%, the mean gonad dose in the former being estimated at between 230 and 575 r of X-radiation delivered in small pulses over an average of 11.5 years.

In summary, the effects of irradiation on survival in the  $F_1$  are significant for but few of the observations on experimental mammals and none on man. However, for the experimental material the trend is in the direction suggested by genetic hypothesis, i.e., reduced survival. The question arises as to whether, in view of the limited data on man, a 'best estimate' should be derived to compare with the 'best estimate' from other mammals. In the opinion of the present investigators until the confounding effect of litter size has been removed from the experimental data, as well as certain other possible biases summarized by Roderick,<sup>27</sup> little is to be learned from such a comparison. Although litter size is usually decreased following paternal radiation, it is sometimes increased. Inspection of the published data suggests that the variance in litter size may also be increased after radiation, making simple corrections difficult. Litter-size-specific mortality figures are an obvious step towards accurate comparisons. Because of the possibility of a degree of prenatal selection due to intrauterine competition in litter bearing mammals, whether even these data can be directly compared with human data is a moot point. Further, until a figure of statistical significance which meets these various problems insofar as possible is available from experimental material, little would seem to be gained from a forced comparison; extrapolation from nonsignificant results is a statistical risk exceeded only by comparisons based on two sets of nonsignificant results. However, most investigators would probably agree that there is no conflict between the results of the present studies and those with experimental mammals, even with allowance for the inclusion in the radiation spectrum of the atomic bombs of a neutron component with a higher relative biological effectiveness than gamma radiation.

One wonders whether further study of this group of children is warranted. Certainly it is recognized that some 85% of mortality prior to the age of maturity (say, 20 years) has occurred before the age of 10, and that, therefore, the mortality to be experienced by these groups in the immediate future is minor compared to what has already been experienced. It seems doubtful indeed that further study is likely to be rewarding within the next decade. However, the issues are such that in the face of any uncertainty continued study is desirable, and uncertainties do exist. In particular it may be argued that the level of medical care in man delays

供における乳児死亡率の増加は認められなかった。長期照射の場合の生殖腺線量は全く不明である。最後に、田中および大倉<sup>26</sup>が日本のX線技術者の子供の生後1年の死亡率は、薬剤師の子供の死亡率と比較して1.9%から2.6%と統計的に有意ではないが増加していることを報告し、前者における生殖腺平均累積線量は、平均11.5年間にわたって、230から575 rであると推定した。

要約すると、ほとんどの動物実験およびすべての人間についての調査において、子供の生存率に対する親の放射線照射の有意な影響は認められていない。しかし実験動物に関しては、遺伝学的仮説によって示唆されている方向、すなわち生存率低下の傾向がある。人間についての資料が限られていることから考えると、ここから「最良の推定」を導いて、他の動物から得た「最良の推定」と比較する必要があるか否かについては疑問が生ずる。混乱を与える1腹の子供の数の影響、および、Roderick<sup>27</sup>が要約して示したその他の予想できる偏りが、実験の資料から除去されない限り、この種の比較を行なっても、ほとんど得るところがないと思う。1腹の子供の数は、普通、父の放射線被曝によって減少するが、ときには増加する。現在までに発表された資料によると、1腹の子供の数の分散も照射後に増加することが示されており、これを簡単に修正することはむずかしい。1腹の子供の数別の死亡率は、正確な比較を行なうための一手段である。1回に複数の子供を出産する動物においては、子宮内の生存競争によるある程度の胎内淘汰があると思われるので、この種の資料が直接人間についての資料と比較できるか否かについてさえも、まだ議論の余地がある。さらに、できるだけこれらの諸問題に対処できるような統計学的に意味のある数字が実験材料から得られるまでは、無理に比較を行なってもほとんど収穫はないと思われる。有意でない結果に基づいて推定を行なうことよりも、2つの有意でない結果を用いて比較を行なうことは、より統計的に危険である。しかし、ほとんどの研究者は、おそらく、原子爆弾の放射線スペクトルの中に、ガンマ線より強い生物学的効果をもつ中性子が含まれていることを考慮しても、今回の研究成績と動物実験の結果の間には矛盾はないということに同意するであろう。

この調査対象の子供について、さらに追跡調査を実施する価値があるか否かについて疑問が生ずるかもしれない。成年(約20歳)に達するまでの死亡の約85%が10歳までに起こっており、したがって、これらの集団に近い将来起こる死亡は、今までのすでに起きた死亡と比較して少ないということは明らかである。実際、はたして今後10年以内に、追跡調査の成果が現われるか否かは疑わしい。



'genetic deaths' until relatively late in the life span. The present study with its orientation toward cohorts and *koseki* determination of fact of death does not require annual nor biennial ascertainment of survivorship status to maintain the necessary currency of address, etc. so that follow-up can continue. It is thus possible to permit a lapse of time such as to increase meaningfully the numbers of deaths before a further cycle of *koseki* checking is initiated.

#### SUMMARY

A cohort-type study of children born subsequent to the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki and divisible into three groups on the basis of parental exposure (a 'heavily' exposed, a 'lightly' exposed, and a nonexposed group) has failed to disclose significant variation in mortality ascribable to differences in radiation. The average number of years at risk is 9, but varies from 3 to 15 years. Though the comparison groups differ significantly with respect to certain extraneous sources of variation in mortality, notably parental ages, and birth rank, the failure to observe significant mortality differences among the exposure groups is not attributable to the existence of this concomitant variation. In view of the number of years of death at risk, on the average, and the knowledge that the bulk of mortality prior to the 21st birthday is, in fact, prior to the 10th, it seems improbable that mortality prior to maturity can be shown to be a function of parental exposure in either Hiroshima or Nagasaki. This failure to demonstrate significant differences among the exposure groups does not necessarily imply that there are no differences. It merely means that within these years and numbers of observations no effect is to be seen.

しかし問題の回答が確かでないならば調査を継続することが望ましい。この調査の結果ではまだ不明確な点がある。特に人間が受けた治療の程度によって、遺伝的要因による死亡を遅らせるということも考慮しなければならない。現在の調査は、コーホートについて、戸籍による死亡事実の確認という線で実施しており、毎年あるいは隔年に生存状況を確認して、追跡調査するための最新の住所を維持するなどの努力をする必要はない。したがって、死亡の数が意味あるくらいに増すほどの期間を経過してから、戸籍調査の次の周期を開始することができる。

#### 総 括

広島および長崎で、原爆投下後に生まれた子供を、両親の被爆状態によって、強度の被爆群、軽度の被爆群および非被爆群の3群に分けて、コーホート調査を行なった結果、放射線量の差異による死亡率の有意な変化は認められなかった。平均観察年数は9年であるが、観察年数は3年-15年間にわたっている。比較を行なった各群は、死亡率に変化を及ぼす被爆以外の要因、特に両親の年齢および出生順位に関して著しく異なっているが、これらの被爆以外の要因の差異が原因で、各被爆群の間に死亡率に有意な差が認められなかったとは考えられない。観察された平均死亡時年齢、および21歳未満の死亡の大半は、10歳以前に起こっているという事実から考えて、成年に達する前の死亡率を、広島あるいは長崎における両親の被爆状態の関数として示すことは不可能のように思われる。各被爆群の間に有意な差が認められなかったことは、必ずしも差異がないということを示すものではない。これは、単にこれだけの年数でこれだけの数の調査対象について観察を行なった範囲内では、影響が認められなかったということを示しているだけである。

TABLE 1 RESULTS OF FIRST *KOSEKI* CHECK

表 1 第1回戸籍照合の結果

City 都市	Sex 性	Distance 距離 m			
		0-1999	2500+	Not-in-City 市内不在	Total 計
Hiroshima 広島	Male 男	5927	5994	5966	17887
	Female 女	5500	5572	5573	16645
Nagasaki 長崎	Male 男	3159	3169	3162	9490
	Female 女	3135	3135	3127	9397
Total 計	Male 男	9086	9163	9128	27377
	Female 女	8635	8707	8700	26042

TABLE 2 FINAL SAMPLE BY MAJOR AND MINOR EXPOSURE GROUP, COMPONENT, SEX, AND CITY  
表2 最終サンプル：主被爆群・副被爆群・資料群・性・都市別

Sex 性	Source 資料源	Total 計	Group群 1					Total 計	2			Total 計	3
			a	b	c	d	e		f	g	h		
Hiroshima 広島													
Male 男	Pre GE3 以前	3679	288	180	140	185	438	1231	528	123	584	1235	1213
	GE3	9007	359	258	417	320	1622	2976	665	509	1853	3027	3004
	Sex-ratio 性比調査	5201	107	194	381	185	853	1720	280	512	940	1732	1749
Female 女	Pre GE3 以前	3522	280	180	93	167	449	1169	508	141	545	1194	1159
	GE3	8422	360	248	393	276	1507	2784	630	496	1686	2812	2826
	Sex-ratio 性比調査	4701	108	155	353	163	768	1547	211	455	900	1566	1588
Nagasaki 長崎													
Male 男	Pre GE3 以前	1521	58	100	56	87	206	507	235	56	216	507	507
	GE3	4544	98	329	229	163	694	1513	439	240	841	1520	1511
	Sex-ratio 性比調査	3425	55	201	212	129	542	1139	297	211	634	1142	1144
Female 女	Pre GE3 以前	1502	72	137	56	55	181	501	230	56	215	501	500
	GE3	4514	119	272	236	150	731	1508	406	245	855	1506	1500
	Sex-ratio 性比調査	3381	53	190	228	137	518	1126	283	226	619	1128	1127
TOTAL 計		53419	1957	2444	2794	2017	8509	17721	4712	3270	9888	17870	17828

TABLE 3 SUMMARY OF  $\chi^2$  COMPARISONS OF THE DISTRIBUTION OF CONCOMITANT VARIABLES IN THE MAJOR EXPOSURE GROUPS

表3 主被爆群における被爆に関連した要因の分布についての $\chi^2$ 検定の総括

Variable 要因	City 都市	Male 男				Female 女			
		Pre GE3 GE3 以前	GE3	Sex-ratio 性比調査	Total 計	Pre GE3 GE3 以前	GE3	Sex-ratio 性比調査	Total 計
Year of birth 出生年	Hiroshima 広島	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Nagasaki 長崎	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Maternal age 母親の年齢	H	**	**	*	**	**	**	NS	**
	N	**	**	**	**	**	**	*	**
Parity 出産順位	H	**	**	NS	**	**	**	**	**
	N	**	**	**	**	**	**	**	**
Duration of pregnancy 妊娠期間	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Birth weight 出生時の体重	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Paternal age 父親の年齢	H	**	**	**	**	**	**	**	**
	N	**	**	**	**	**	**	**	**

Significant at the (\*5%, \*\*1%) level, NS not significant.  
(\* 5%, \*\* 1%) の水準で有意。NS は有意でない。

TABLE 4 ACCUMULATED RESPONSE RATE IN THE MAIL SURVEY ON SOCIOECONOMIC STATUS BY CITY  
表4 社会経済的要因に関する郵便調査の回答率：都市別

Item 区分	City 都市	Mailing 郵便調査						Field Investigation 野外調査	
		First 第1回	%	Second 第2回	%	Third 第3回	%		%
Total 計	Hiroshima 広島	3416	100	3416	100	3416	100	3416	100
	Nagasaki 長崎	1878	100	1878	100	1878	100	1878	100
Response 回答数	Hiroshima 広島	1130	33.1	2129	62.3	2397	70.2	3306	96.8
	Nagasaki 長崎	802	42.7	1120	59.6	1247	66.4	1774	94.5

TABLE 5 SUMMARY OF  $\chi^2$  COMPARISONS OF THE DISTRIBUTION OF SOCIOECONOMIC VARIABLES  
IN THE MAJOR EXPOSURE GROUPS

表5 主被曝群における社会経済的要因の分布についての $\chi^2$ 検定の総括

Variable 要因	City 都市	Male 男				Female 女			
		Pre GE3 GE3 以前	GE3	Sex-ratio 性比調査	Total 計	Pre GE3 GE3 以前	GE3	Sex-ratio 性比調査	Total 計
Education of father 父親の最終学歴	Hiroshima 広島	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	**
	Nagasaki 長崎	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Education of mother 母親の最終学歴	H	*	NS	*	**	NS	NS	NS	**
	N	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
Occupation of father 父親の職業	H	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Industry of father 父親の産業	H	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS
Mats per person 家族1人あたりの畳数	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Food cost per person 家族1人あたりの1か月の食費	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Survival status of parents 両親の生死	H	NS	**	NS	**	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
Eating habits, fish 食習慣 魚	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Meat 肉	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
Eggs 卵	H	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Milk 牛乳	H	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Significant at the (\*5%, \*\*1%) level. NS not significant  
(\* 5%, \*\* 1%) の水準で有意。NSは有意でない。

TABLE 6 TOTAL AND AGE-SPECIFIC DEATH RATES PER 1000 (DEATHS ALL CAUSES) BY MAJOR EXPOSURE GROUPS

表 6 人口1000 対総死亡率および年齢別死亡率(全死因) : 主被爆群別

Source 資料源	Age at Death 死亡時年齢	Total 計			Group 群 1			Group 群 2			Group 群 3			χ <sup>2</sup> df=2
		No. 数	Deaths 死亡数	Rate 死亡率	Number 数	Deaths 死亡数	Rate 死亡率	Number 数	Deaths 死亡数	Rate 死亡率	Number 数	Deaths 死亡数	Rate 死亡率	
<b>HIROSHIMA 広島</b>														
<b>Pre GE3 GE3 以前</b>	<b>Total 計</b>	3679	290	78.8	1231	85	69.0	1235	102	82.6	1213	103	84.9	2.49
	0	3679	160	43.5	1231	50	40.6	1235	51	41.3	1213	59	48.6	
	1	3519	48	13.6	1181	12	10.2	1184	18	15.2	1154	18	15.6	
	2	3471	21	6.1	1169	6	5.1	1166	10	8.6	1136	5	4.4	
	3	3450	20	5.8	1163	5	4.3	1156	7	6.1	1131	8	7.1	
	4	3430	14	4.1	1158	4	3.5	1149	6	5.2	1123	4	3.6	
	5	3416	6	1.8	1154	3	2.6	1143	2	1.8	1119	1	0.9	
	6	3410	3	0.9	1151	-	-	1141	1	0.9	1118	2	1.8	
	7	3407	3	0.9	1151	1	0.9	1140	2	1.8	1116	-	-	
	8	3404	2	0.6	1150	1	0.9	1138	1	0.9	1116	-	-	
	9	3402	1	0.3	1149	1	0.9	1137	-	-	1116	-	-	
	10	3401	5	1.5	1148	-	-	1137	-	-	1116	5	4.5	
	11	3396	2	0.6	1148	-	-	1137	2	1.8	1111	-	-	
	12	3394	-	-	1148	-	-	1135	-	-	1111	-	-	
	13	3394	5	1.5	1148	2	1.7	1135	2	1.8	1111	1	0.9	
	14-15		0			0			0			0		
	<b>Total 計</b>	9007	610	67.7	2976	185	62.2	3027	232	76.6	3004	193	64.2	5.86
	0	9007	388	43.1	2976	126	42.3	3027	148	48.9	3004	114	38.0	
	1	8619	62	7.2	2850	18	6.3	2879	24	8.3	2890	20	6.9	
	2	8557	43	5.0	2832	11	3.9	2855	15	5.3	2870	17	5.9	
	3	8514	28	3.3	2821	5	1.8	2840	14	4.9	2853	9	3.2	
	4	8486	22	2.6	2816	5	1.8	2826	7	2.5	2844	10	3.5	
	5	8464	22	2.6	2811	8	2.9	2819	7	2.5	2834	7	2.5	
	6	8442	12	1.4	2803	4	1.4	2812	4	1.4	2827	4	1.4	
	7	8430	9	1.1	2799	1	0.4	2808	4	1.4	2823	4	1.4	
	8	8421	8	1.0	2798	2	0.7	2804	3	1.1	2819	3	1.1	
	9-12		16			5			6			5		
<b>Sex-Ratio 性比調査</b>	<b>Total 計</b>	5201	197	37.9	1720	70	40.7	1732	67	38.7	1749	69	34.3	1.01
	0	5201	134	25.8	1720	48	27.9	1732	44	25.4	1749	42	24.0	
	1	5067	23	4.5	1672	6	3.6	1688	9	5.3	1707	8	4.7	
	2	5044	13	2.6	1666	4	2.4	1679	6	3.6	1699	3	1.8	
	3	5031	10	2.0	1662	5	3.0	1673	3	1.8	1696	2	1.2	
	4-7		17			7			5			5		
<b>Pre GE3 GE3 以前</b>	<b>Total 計</b>	3522	262	74.4	1169	85	72.7	1194	98	82.1	1159	79	68.2	1.73
	0	3522	141	40.0	1169	43	36.8	1194	61	51.1	1159	37	31.9	
	1	3381	43	12.7	1126	19	16.9	1133	12	10.6	1122	12	10.7	
	2	3338	29	8.7	1107	7	6.3	1121	9	8.0	1110	13	11.7	
	3	3309	11	3.3	1100	2	1.8	1112	3	2.7	1097	6	5.5	
	4	3298	15	4.6	1098	3	2.7	1109	5	4.5	1091	7	6.4	
	5	3283	11	3.4	1095	5	4.6	1104	4	3.6	1084	2	1.9	
	6	3272	2	0.6	1090	1	0.9	1100	1	0.9	1082	-	-	
	7	3270	-	-	1089	-	-	1099	-	-	1082	-	-	
	8	3270	2	0.6	1089	1	0.9	1099	1	0.9	1082	-	-	
	9	3268	2	0.6	1088	2	1.8	1098	-	-	1082	-	-	
	10	3266	2	0.6	1086	-	-	1098	1	0.9	1082	1	0.9	
	11	3264	1	0.3	1086	-	-	1097	1	0.9	1081	-	-	
	12	3263	1	0.3	1086	1	0.9	1096	-	-	1081	-	-	
	13	3262	2	0.6	1085	1	0.9	1096	-	-	1081	1	0.9	
	14-15		0			0			0			79		
	<b>Total 計</b>	8422	483	57.3	2784	168	60.3	2812	167	59.4	2826	148	52.4	1.97
	0	8422	293	34.8	2784	90	32.3	2812	108	38.4	2826	95	33.6	
	1	8129	64	7.9	2694	20	7.4	2704	23	8.5	2731	21	7.7	
	2	8065	49	6.1	2674	23	8.6	2681	15	5.6	2710	11	4.1	
	3	8016	21	2.6	2651	9	3.4	2666	6	2.3	2699	6	2.2	
	4	7995	24	3.0	2642	12	4.5	2660	8	3.0	2693	4	1.5	
	5	7971	12	1.5	2630	7	2.7	2652	1	0.4	2689	4	1.5	
	6	7959	3	0.4	2623	2	0.8	2651	1	0.4	2685	-	-	
	7	7956	5	0.6	2621	1	0.4	2650	2	0.8	2685	2	0.7	
	8	7951	2	0.3	2620	1	0.4	2648	-	-	2683	1	0.4	
	9-12		10			3			3			4		
<b>Sex-Ratio 性比調査</b>	<b>Total 計</b>	4701	139	29.6	1547	50	32.3	1566	38	24.3	1588	51	32.1	2.31
	0	4701	106	22.6	1547	39	25.2	1566	28	17.9	1588	39	24.6	
	1	4595	12	2.6	1508	6	4.0	1538	3	2.0	1549	3	1.9	
	2	4583	8	1.8	1502	2	1.3	1535	3	2.0	1546	3	1.9	
	3	4575	6	1.3	1500	1	0.7	1532	2	1.3	1543	3	1.9	
	4-7		7			2			2			3		

(TABLE 表 6)

Source 資料源	Age at DEATH 死亡時年齡	Total 計		Group 群 1		Group 群 2		Group 群 3		χ <sup>2</sup> df=2				
		No. 數	Deaths Rate 死亡率	Number 數	Deaths Rate 死亡率	Number 數	Deaths Rate 死亡率	Number 數	Deaths Rate 死亡率					
NAGASAKI 長崎														
Pre GE3 GE3 以前														
	Total 計	1521	136	89.4	507	42	82.8	507	46	90.7	507	48	94.7	0.45
	0	1521	73	48.0	507	23	45.4	507	26	51.3	507	24	47.3	
	1	1448	26	18.0	484	7	14.5	481	7	14.6	473	12	24.8	
	2	1422	10	7.0	477	2	4.2	474	5	10.6	471	3	6.4	
	3	1412	11	7.8	475	3	6.3	469	4	8.5	468	4	8.6	
	4	1401	5	3.6	472	4	8.5	465	1	2.2	464	-	-	
	5	1396	1	0.7	468	1	2.1	464	-	-	464	-	-	
	6	1395	3	2.2	467	1	2.1	464	2	4.3	464	-	-	
	7	1392	2	1.4	466	-	-	462	1	2.2	464	1	2.2	
	8	1390	1	0.7	466	-	-	461	-	-	463	1	2.2	
	9	1389	1	0.7	466	-	-	461	-	-	462	1	2.2	
	10	1388	-	-	466	-	-	461	-	-	461	-	-	
	11	1388	2	1.4	466	1	2.1	461	-	-	461	1	2.2	
	12	1386	1	0.7	465	-	-	461	-	-	460	1	2.2	
	13	1385	-	-	465	-	-	461	-	-	459	-	-	
	14-15		0			0			0			0		
GE3														
	Total 計	4544	308	67.8	1513	104	68.7	1520	110	72.4	1511	94	62.2	1.27
	0	4544	201	44.2	1513	71	46.9	1520	72	47.4	1511	58	38.4	
	1	4343	29	6.7	1442	8	5.6	1448	12	8.3	1453	9	6.2	
	2	4314	28	6.5	1434	9	6.3	1436	9	6.3	1444	10	6.9	
	3	4286	12	2.8	1425	5	3.5	1427	5	3.5	1434	2	1.4	
	4	4274	16	3.7	1420	3	2.1	1422	7	4.9	1432	6	4.2	
	5	4258	4	0.9	1417	1	0.7	1415	1	0.7	1426	2	1.4	
	6	4254	4	0.9	1416	3	2.1	1414	1	0.7	1424	-	-	
	7	4250	-	-	1413	-	-	1413	-	-	1424	-	-	
	8	4250	11	2.6	1413	3	2.1	1413	2	1.4	1424	6	4.2	
	9-12		3			1			1			1		
Sex-Ratio 性比調査														
	Total 計	3425	149	43.5	1139	51	44.8	1142	56	49.0	1144	42	36.7	2.15
	0	3425	118	34.5	1139	43	37.8	1142	42	36.8	1144	33	28.9	
	1	3307	10	3.0	1096	4	3.7	1100	4	3.6	1111	2	1.8	
	2	3297	6	1.8	1092	-	-	1096	2	1.8	1109	4	3.6	
	3	3291	8	2.4	1092	2	1.8	1094	4	3.7	1105	2	1.8	
	4-7		7			2			4			1		
Pre GE3 GE3 以前														
	Total 計	1502	133	88.5	501	47	93.8	501	48	95.8	500	38	76.0	1.48
	0	1502	65	43.3	501	22	43.9	501	25	50.0	500	18	36.0	
	1	1437	30	20.9	479	12	25.1	476	10	21.0	482	8	16.6	
	2	1407	13	9.2	467	3	6.4	466	6	12.9	474	4	8.4	
	3	1394	7	5.0	464	3	6.5	460	2	4.4	470	2	4.3	
	4	1387	9	6.5	461	3	6.5	458	2	4.4	468	4	8.6	
	5	1378	3	2.2	458	1	2.2	456	2	4.4	464	-	-	
	6	1375	1	0.7	457	1	2.2	454	-	-	464	-	-	
	7	1374	-	-	456	-	-	454	-	-	464	-	-	
	8	1374	1	0.7	456	-	-	454	-	-	464	1	2.2	
	9	1373	1	0.7	456	-	-	454	1	2.2	463	-	-	
	10	1372	-	-	456	-	-	453	-	-	463	-	-	
	11	1372	-	-	456	-	-	453	-	-	463	-	-	
	12	1372	1	0.7	456	1	2.2	453	-	-	463	-	-	
	13	1371	-	-	455	-	-	453	-	-	463	-	-	
	14-15		2			1			0			1		
GE3														
	Total 計	4514	286	63.4	1508	93	61.7	1506	85	56.4	1500	108	72.0	3.17
	0	4514	174	38.6	1508	59	39.1	1506	49	32.5	1500	66	44.0	
	1	4340	32	7.4	1449	9	6.2	1457	11	7.6	1434	12	8.4	
	2	4308	25	5.8	1440	9	6.3	1446	9	6.2	1422	7	4.9	
	3	4283	17	4.0	1431	4	2.8	1437	5	3.5	1415	8	5.7	
	4	4266	15	3.5	1427	5	3.5	1432	4	2.8	1407	6	4.3	
	5	4251	9	2.1	1422	3	2.1	1428	4	2.8	1401	2	1.4	
	6	4242	4	0.9	1419	1	0.7	1424	1	0.7	1399	2	1.4	
	7	4238	4	0.9	1418	-	-	1423	2	1.4	1397	2	1.4	
	8	4234	2	0.5	1418	1	0.7	1421	-	-	1395	1	0.7	
	9-12		4			2			0			2		
Sex-Ratio 性比調査														
	Total 計	3381	104	30.8	1126	34	30.2	1128	35	31.0	1127	35	31.1	0.01
	0	3381	79	23.4	1126	26	23.1	1128	26	23.1	1127	27	24.0	
	1	3302	9	2.7	1100	1	0.9	1102	3	2.7	1100	5	4.6	
	2	3293	6	1.8	1099	3	2.7	1099	3	2.7	1095	-	-	
	3	3287	3	0.9	1096	1	0.9	1096	2	1.8	1095	-	-	
	4-7		7			3			1			3		

TABLE 7 CAUSE-SPECIFIC DEATH RATES/10,000 BY MAJOR EXPOSURE GROUPS

表7 人口10,000対死因別死亡率：主被爆群別

Cause of death 死因	Hiroshima 広島								Nagasaki 長崎							
	Male 男				Female 女				Male 男				Female 女			
	Total 計	Group 群	2	3	Total 計	1	2	3	Total 計	1	2	3	Total 計	1	2	3
All causes 全死因	613.3	573.6	669.0	596.7	531.1	550.9	543.8	498.8	624.9	623.6	669.0	581.9	556.6	555.0	535.9	578.8
Infectious disease 伝染病	66.0	47.2	73.4	77.1	91.3	96.4	89.7	87.9	99.1	79.1	132.5	85.4	92.6	89.3	79.7	108.7
Neoplasm 新生物	4.5*	3.4	10.0	0	6.6	5.5	5.4	9.0	12.6	12.7	6.3	19.0	6.4	6.4	3.2	9.6
Allergy nutrition アレルギー，栄養障害	15.1	15.2	15.0	15.1	10.2	10.9	9.0	10.8	15.8	19.0	12.6	15.8	13.8	15.9	12.8	12.8
Blood disease 血液疾患	0.6	0	1.7	0	0.6	1.8	0	0	3.2	0	9.5	0	1.1	0	3.2	0
Nervous, Sense organ 神経系および感覚器の疾患	24.0	25.3	23.4	23.5	18.6	20.0	19.7	16.1	12.6	22.2	3.2	12.7	17.0	19.1	15.9	16.0
Circulatory system 循環器系の疾患	4.5	6.7	5.0	1.7	7.2	3.6	5.4	12.6	3.2	3.2	0	6.3	7.4	3.2	9.6	9.6
Respiratory system 呼吸器系の疾患	91.1	86.0	91.8	95.5	65.5	65.5	75.4	55.6	104.3	110.8	104.1	98.0	94.7	98.9	92.5	92.7
Digestive system 消化器系の疾患	78.8	81.0	85.1	70.4	66.1	85.5	57.4	55.6	69.5	72.8	72.6	63.3	61.7	73.4	60.6	51.2
Genitourinary system 性尿器系の疾患	3.9	1.7	1.7	0.4	3.0	1.8	3.6	3.6	0.4	12.7	9.5	3.2	4.3	3.2	9.6	0
Skin and cellular tissue 皮膚および結合組織の疾患	2.2	3.4	3.3	0	1.2	3.6	0	0	6.3	9.5	6.3	3.2	3.2	0	3.2	6.4
Bone and organ of movement 骨および運動器の疾患	1.1	1.7	0	1.7	0.6	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Congenital Malformation 先天奇形	24.0	16.9	31.7	23.5	15.0*	12.7	25.1	7.2	23.2	22.2	31.6	15.0	18.1	3.2	25.5	25.6
Newborn disease 新生児疾患	114.0	118.1	135.1	88.8	123.2	120.0	125.6	123.8	154.9	148.8	179.9	136.0	118.1	118.0	108.5	127.9
Ill defined 診断名不明確	110.1	114.7	105.1	110.6	85.9	81.8	91.5	84.3	71.7	76.0	75.7	63.3	88.3	95.7	82.9	86.3
Accident 不慮の事故	67.6	52.3	80.1	70.4	31.2	36.4	34.1	23.3	32.7	31.7	25.2	41.1	22.3	22.3	25.5	19.2
Total subjects 調査対象数	17887	5927	5994	5966	16645	5500	5572	5573	9490	3159	3169	3162	9397	3135	3135	3127

\* Difference among major exposure groups significant at 5% level.

主被爆群における差は5%の危険率で有意である。

TABLE 8 RELATIONSHIP BETWEEN MATERNAL AGE SPECIFIC DEATH RATES/1000 AND MAJOR EXPOSURE GROUPS

表8 人口1000対母親の年齢別死亡率と主被曝群との関係

Maternal Age 母親の年齢	Male 男								Female 女							
	Total 計	Rate 率	Group 1 群 1	Rate 率	Group 2 群 2	Rate 率	Group 3 群 3	Rate 率	Total 計	Rate 率	Group 1 群 1	Rate 率	Group 2 群 2	Rate 率	Group 3 群 3	Rate 率
Hiroshima 広島																
15-19	255	94.1	100	90.0	85	70.6	70	128.6	234	81.2	93	107.5	73	54.8	68	73.5
20-24	4928	58.0*	1494	57.6	1651	68.4	1783	48.8	4554	53.1	1442	52.7	1455	54.3	1657	52.5
25-29	7085	55.0	2334	54.8	2267	52.5	2484	57.6	6563	44.3	2102	44.2	2145	47.6	2316	41.5
30-34	3662	71.3*	1253	56.7	1263	80.0	1146	77.7	3419	59.7	1155	58.0	1185	63.3	1079	57.5
35-39	1554	68.2	572	66.4	576	79.9	406	54.2	1482	60.7	537	74.5	561	51.7	384	54.7
40-44	384	72.9	162	37.0	147	108.8	75	80.0	369	92.1	162	92.6	143	90.9	64	93.8
45+	19	105.3	12	166.7	5	0.0	2	0.0	24	166.7	9	222.2	10	100.0	5	200.0
Total 計	17887	61.3	5927	57.4	5994	66.9	5966	59.7	16645	53.1	5500	55.1	5572	54.4	5573	49.9
Unknown 不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nagasaki 長崎																
15-19	138	87.0	47	63.8	56	142.9	35	28.6	144	62.5	57	35.1	48	62.5	39	102.6
20-24	2088	78.1	725	86.9	701	72.8	662	74.0	2125	59.8	765	57.5	687	67.0	673	55.0
25-29	3572	55.2	1241	49.2	1128	57.6	1203	59.0	3409	49.6	1128	53.2	1127	40.8	1154	54.6
30-34	2151	57.6	645	54.3	696	64.7	810	54.3	2216	58.2	695	60.4	722	54.0	799	60.1
35-39	1149	60.9	349	77.4	429	67.6	371	37.7	1125	57.8	350	60.0	408	56.4	367	57.2
40-44	367	68.1	142	56.3	148	81.1	77	64.9	357	67.2	129	38.8	136	80.9	92	87.0
45+	25	80.0	10	0.0	11	181.8	4	0.0	19	0.0	9	0.0	7	0.0	3	0.0
Total 計	9490	62.5	3159	62.4	3169	66.9	3162	58.2	9395	55.7	3133	55.5	3135	53.6	3127	57.9
Unknown 不明	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Difference of death rates among the three exposure groups are statistically significant at 5% level.

3 被曝群間における死亡率の差は統計的に5%の危険率で有意である。

TABLE 9 RELATIONSHIP BETWEEN PATERNAL AGE SPECIFIC DEATH RATES/1000 AND MAJOR EXPOSURE GROUPS

表9 人口1000対父親の年齢別死亡率と主被爆群との関係

Paternal age 父親の年齢	Male 男								Female 女							
	Total 計	Rate 率	Group 1 群 1	Rate 率	Group 2 群 2	Rate 率	Group 3 群 3	Rate 率	Total 計	Rate 率	Group 1 群 1	Rate 率	Group 2 群 2	Rate 率	Group 3 群 3	Rate 率
Hiroshima 広島																
15-19	16	125.0	10	200.0	5	0.0	1	0.0	28	142.9	12	166.7	12	83.3	4	250.0
20-24	1140	62.3	390	51.3	406	71.4	344	64.0	1011	53.4	355	56.3	357	50.4	299	53.5
25-29	5018	55.2	1575	54.6	1715	59.5	1728	51.5	4685	47.2	1446	49.8	1594	41.4	1645	50.5
30-34	5743	58.7	1776	58.0	1851	63.2	2116	55.3	5315	48.5	1680	47.0	1678	58.4	1957	41.4
35-39	3403	64.4	1129	60.2	1144	67.3	1130	65.5	3115	53.9	1001	55.9	1039	58.7	1075	47.4
40-44	1666	72.0*	637	51.8	567	82.9	462	86.6	1646	72.3	618	64.7	595	73.9	433	80.8
45-49	659	71.3	294	54.4	229	91.7	136	73.5	602	69.8	270	92.6	212	37.7	120	75.0
50-54	195	107.7	95	105.3	60	133.3	40	75.0	180	61.1	83	60.2	68	58.8	29	69.0
55+	46	65.2	21	95.2	16	0.0	9	111.1	61	114.8	33	121.2	17	176.5	11	0.0
Total 計	17886	61.3	5927	57.4	5993	66.9	5966	59.7	16643	53.1	5498	55.1	5572	54.4	5573	49.9
Unknown 不明	1		0		1		0		2		2		0		0	
Nagasaki 長崎																
15-19	14	71.4	6	0.0	7	142.9	1	0.0	5	0.0	1	0.0	3	0.0	1	0.0
20-24	562	96.1	223	98.7	207	82.1	132	113.6	591	50.8	220	40.9	228	52.6	143	62.9
25-29	2407	67.3	825	72.7	847	66.1	735	62.6	2392	54.8	849	50.6	801	56.2	742	58.0
30-34	2940	54.4	924	46.5	909	59.4	1107	56.9	2795	49.7	880	53.4	851	44.7	1064	50.8
35-39	1865	60.1	593	59.0	574	67.9	698	54.4	1893	60.8	583	66.9	634	56.8	676	59.2
40-44	1079	50.0	365	54.8	372	59.1	342	35.1	1090	60.6	364	60.4	373	53.6	353	68.0
45-49	422	64.0	150	80.0	171	58.5	101	49.5	452	66.4	164	67.1	175	68.6	113	61.9
50-54	145	110.3	48	83.3	60	133.3	37	108.1	135	66.7	53	18.9	53	94.3	29	103.4
55+	52	115.4	24	41.7	19	210.5	9	111.1	42	71.4	20	100.0	16	0.0	6	166.7
Total 計	9486	62.4	3158	62.4	3166	66.6	3162	58.2	9395	55.7	3134	55.5	3134	53.6	3127	57.9
Unknown 不明	4		1		3		0		2		1		1		0	

\* Difference of death rates among the three exposure groups are statistically significant at 5% level.

3 被爆群間における死亡率の差は統計的に5%の危険率で有意である。



TABLE 10 RELATIONSHIP BETWEEN PARITY-SPECIFIC DEATH RATES/1000 AND MAJOR EXPOSURE GROUPS

表 10 人口 1000 対出生順位別死亡率と主被爆群との関係

Parity 出生順位	Male 男								Female 女							
	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率
Hiroshima 広島																
1	5675	51.5	1839	50.0	1763	58.4	2073	46.8	5345	45.1	1747	44.1	1706	44.5	1892	46.5
2	5151	56.7	1698	59.5	1688	58.1	1765	52.7	4713	48.4	1518	44.1	1512	52.9	1683	48.1
3	3114	64.9	1046	59.3	1043	72.9	1025	62.4	2979	46.0	975	56.4	1005	45.8	999	36.0
4	1751	73.1*	565	56.6	658	69.9	528	94.7	1563	74.9	543	90.2	535	56.1	485	78.4
5	850	72.9	302	79.5	318	66.0	230	73.9	826	66.6	278	68.3	321	84.1	227	39.6
6	460	84.8	163	73.6	170	100.0	127	78.7	406	78.8	144	62.5	166	96.4	96	72.9
7	481	99.8*	184	48.9	208	134.6	89	123.6	418	83.7	160	87.5	182	65.9	76	118.4
Total 計	17482	60.8	5797	57.3	5848	66.5	5837	58.6	16250	52.0	5365	54.1	5427	52.9	5458	49.1
Unknown 不明	405		130		146		129		395		135		145		115	
Nagasaki 長崎																
1	2352	70.6	825	72.7	792	78.3	735	59.9	2360	52.5	809	45.7	792	48.0	759	64.6
2	2269	52.4	728	46.7	714	58.8	827	52.0	2256	53.2	743	53.8	718	59.9	795	46.5
3	1835	62.7	595	68.9	579	48.4	661	69.6	1839	49.5	591	55.8	598	43.5	650	49.2
4	1235	54.3	403	57.1	412	60.7	420	45.2	1157	58.8	401	47.4	349	60.2	407	68.8
5	744	57.8	254	39.4	246	69.1	244	65.6	785	53.5	260	57.7	294	54.4	231	47.6
6	421	61.8	138	87.0	167	65.9	116	25.9	393	66.2	127	102.4	140	42.9	126	55.6
7	502	83.7	178	73.0	222	103.6	102	58.8	471	76.4	157	57.3	199	75.4	115	104.3
Total 計	9358	61.8	3121	61.8	3132	66.4	3105	57.0	9261	54.7	3088	53.8	3090	53.4	3083	57.1
Unknown 不明	132		38		37		57		136		47		45		44	

\*Difference of death rates among the three exposure groups are statistically significant at 5% level.

3 被爆群間における死亡率の差は統計的に 5% の危険率で有意である。

TABLE 11 DEATH RATES/1000 FOR FIXED MATERNAL AGE 25-29 BY PARITY  
表 11 母親の年齢を固定した場合 ( 25 - 29歳 ) の人口 1000 対出生順位別死亡率

Parity 出生順位	Male 男								Female 女							
	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率
Hiroshima 広島																
1	1820	46.0	636	42.5	541	51.8	651	44.5	1830	33.3	592	25.3	609	36.1	629	38.2
2	2706	52.5	885	52.0	857	52.5	964	52.9	2485	40.6	778	42.4	790	46.8	917	33.8
3	1571	54.1	508	61.0	514	40.9	549	60.1	1473	38.7	463	49.7	496	34.3	514	33.1
4+	794	84.4	254	78.7	290	75.9	250	100.0	672	84.8	239	79.5	214	88.8	219	86.8
Total 計	6899	54.8	2283	54.3	2202	52.7	2414	57.2	6460	42.7	2072	43.4	2109	45.0	2279	39.9
Unknown 不明	186		51		65		70		103		30		36		37	
Nagasaki 長崎																
1	345	56.8	291	51.5	288	66.0	266	52.6	843	43.9	280	32.1	288	34.7	275	65.5
2	1172	49.5	393	30.5	363	52.3	416	64.9	1130	50.4	364	52.2	380	42.1	386	57.0
3	949	54.8	343	61.2	288	45.1	318	56.6	872	39.0	279	50.2	284	42.3	309	25.9
4+	555	54.1	200	50.0	179	72.6	176	39.8	532	71.4	194	82.5	169	47.3	169	82.8
Total 計	3521	53.4	1227	47.3	1118	57.2	1176	56.1	3377	49.2	1117	51.9	1121	41.0	1139	54.4
Unknown 不明	51		14		10		27		32		11		6		15	

TABLE 12 DEATH RATES/1000 FOR FIXED MATERNAL AGE BY PATERNAL AGE  
表 12 母親の年齢を固定した場合の人口 1000 対死亡率: 父親の年齢別

Paternal Age 父親の年齢	Male 男								Female 女							
	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率	Total 計	Rate 率	Group 群 1	Rate 率	Group 群 2	Rate 率	Group 群 3	Rate 率
Hiroshima 広島																
-24	167	59.9	66	45.5	55	72.7	46	65.2	118	59.3*	50	20.0	34	29.4	34	147.1
25-29	1971	50.2	645	51.2	665	48.1	661	51.4	1891	34.9	581	36.1	680	30.9	630	38.1
30-34	3485	55.1	1101	53.6	1095	53.9	1289	57.4	3193	43.5	992	43.3	1004	53.8	1197	35.1
35-39	1206	55.6	411	56.0	385	46.8	410	63.4	1056	56.8	348	57.5	342	64.3	366	49.2
40+	256	85.9	111	90.1	67	89.6	78	76.9	303	62.7	129	62.0	85	47.1	89	78.7
Total 計	7085	55.0	2334	54.8	2267	52.5	2404	57.6	6561	44.4	2100	44.3	2145	47.6	2316	41.5
Unknown 不明	0		0		0		0		2		2		0		0	
Nagasaki 長崎																
-24	80	87.5	32	0.0	27	148.1	21	142.9	80	62.5	27	74.1	32	31.3	21	95.2
25-29	1081	57.4	394	55.8	386	51.8	301	66.4	1082	44.4	363	35.8	384	49.5	335	47.8
30-34	1762	49.9	589	44.1	533	46.9	640	57.8	1568	51.0	497	60.4	492	36.6	579	55.3
35-39	530	54.7	186	59.1	146	68.5	198	40.4	564	49.6	199	50.3	179	39.1	186	59.1
40+	118	93.2	39	51.3	36	166.7	43	69.8	115	69.6	42	119.0	40	25.0	33	60.6
Total 計	3571	55.2	1240	49.2	1128	57.6	1203	59.0	3409	49.6	1128	53.2	1127	40.8	1154	54.6
Unknown 不明	1		1		0		0		0		0		0		0	

Difference of death rates among the three exposure groups are statistically significant at 5% level.

3 被曝群間における死亡率の差は統計的に 5% の危険率で有意である。

TABLE 13 COMPARISON OF OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY MINOR EXPOSURE GROUPS  
 観察された死亡者数と期待数の比較：副被曝群別

Sex 性別	Source 資料源	Category 区分	Minor group別群									$\chi^2$ df=8		
			a	b	c	d	e	f	g	h	i			
Male 男	Pre GE3 GE3以前	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	Hiroshima 広島									16.32*		
			18	13	19	13	22	38	10	54	103			
			3935.0	2423.0	1744.0	2548.5	6034.5	7169.0	1647.5	7765.0	16208.5			
			22.9	14.1	10.1	14.8	35.0	41.6	9.6	45.0	94.0			
			4.6	5.4	10.9	5.1	6.1	3.6	5.3	7.0	6.4			
			GE3	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	27	20	31	16	91	55	43		134	193
					3867.5	2719.0	4307.5	3439.0	17021.0	7200.5	5126.5		19184.5	31695.0
					24.8	17.4	27.6	22.0	108.9	46.1	32.8		122.8	202.8
					7.0	7.4	7.2	4.7	5.3	7.6	8.4		7.0	6.1
					Sex-ratio 性比調査	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	7	8	12	10	33		16	20
603.5	1048.0	2099.5	1014.5	4862.5	1540.0	2794.0	5397.0	9837.5						
4.0	7.0	14.1	6.8	32.6	10.3	18.7	36.2	65.9						
11.6	7.6	5.7	9.9	6.8	10.4	7.2	5.7	6.1						
Female 女	Pre GE3 GE3以前	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	Nagasaki 長崎									6.95		
			25	16	8	11	25	41	13	44	79			
			3735.0	2403.0	1230.5	2308.5	6170.5	6837.0	1861.5	7298.5	15737.5			
			20.5	13.2	6.8	12.7	33.9	37.6	10.2	40.1	86.6			
			6.7	6.7	6.5	4.8	4.1	6.0	7.0	6.0	5.0			
			GE3	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	23	14	32	17	82	42	33		92	148
					3901.0	2670.0	4033.5	2966.0	15954.5	6813.0	5127.0		17856.0	30197.0
					20.7	14.2	21.4	15.7	84.6	36.1	27.2		94.6	160.0
					5.9	5.2	7.9	5.7	5.1	6.2	6.4		5.2	4.9
					Sex-ratio 性比調査	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	4	4	7	3	32		1	16
630.0	647.5	1924.5	940.5	4362.0	1207.5	2449.5	5212.0	8929.0						
3.3	4.4	10.0	4.9	22.7	6.3	12.7	27.1	46.4						
6.3	4.7	3.6	3.2	7.3	0.8	6.5	4.0	5.7						
Male 男	Pre GE3 GE3以前	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	Nagasaki 長崎									17.01*		
			3	10	-	7	22	16	10	20	48			
			797.0	1308.0	788.0	1153.5	2646.0	3145.5	676.0	2812.0	6632.5			
			5.4	8.9	5.4	7.8	18.0	21.4	4.6	19.1	45.1			
			3.8	7.6	0.0	6.1	8.3	5.1	14.8	7.1	7.2			
			GE3	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	8	22	17	6	51	31	12		67	94
					1005.0	3372.5	2304.5	1684.5	6926.0	4542.5	2451.0		8293.5	15401.5
					6.6	22.3	15.2	11.1	45.7	30.0	16.2		54.7	101.6
					8.0	6.5	7.4	3.6	7.4	6.8	4.9		8.1	6.1
					Sex-ratio 性比調査	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	3	13	4	8	23		13	12
303.5	1088.5	1112.0	663.5	3106.0	1605.5	1146.5	3513.0	6358.0						
2.4	8.5	8.7	5.2	24.2	12.5	8.9	27.4	49.6						
9.9	11.9	3.6	12.1	7.4	8.1	10.5	8.8	6.6						
Female 女	Pre GE3 GE3以前	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	Hiroshima 広島									3.14		
			5	14	5	6	17	24	5	19	38			
			966.0	1783.5	738.0	711.5	2361.5	2990.0	739.0	2808.5	6660.0			
			6.5	11.9	4.9	4.8	15.8	20.0	5.0	18.8	44.6			
			5.2	7.8	6.8	8.4	7.2	8.0	6.8	6.8	5.7			
			GE3	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	6	18	9	12	48	24	14		47	108
					1270.5	2763.0	2452.0	1517.0	7354.5	4206.0	2457.5		8742.5	15154.0
					7.9	17.1	15.2	9.4	45.6	26.1	15.2		54.2	94.0
					4.7	6.5	3.7	7.9	6.5	5.7	5.7		5.4	7.1
					Sex-ratio 性比調査	Observed 観察数 Person-year 人年 Expected 期待数 Rate 率	3	3	11	4	13		9	4
281.5	1007.0	1213.0	754.5	2882.0	1493.5	1195.0	3452.5	6122.5						
1.6	5.6	6.8	4.2	16.1	8.4	6.7	19.3	34.3						
10.7	3.0	9.1	5.3	4.5	6.0	3.3	6.4	5.7						

\* Difference of death rates among the nine exposure groups are statistically significant at 5% level.

9 被曝群間の死亡率の差は 5% の危険率で有意である。

## REFERENCES

### 参考文献

1. NEEL JV, SCHULL WJ: The effect of exposure to the atomic bombs on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki. NAS-NRC Publication No. 461, Washington DC, 1956  
(広島および長崎で被爆した人の妊娠終結に及ぼす原爆の影響)
2. 成毛鉄二: 親編戸籍の実務とその理論. 東京, 日本加除出版, 1958年  
(NARUGE T: Practice of koseki and its theory. Tokyo, Nippon Kajo Shuppan)
3. OHKURA K: Use of the family registration in the study of human genetics in Japan. Jap Jour Hum Genet 5:61-8, 1960  
(日本人の人類遺伝学における戸籍の利用)
4. YANASE T: The use of the Japanese family register for genetic studies. Seminar on the use of vital and health statistics for genetic and radiation studies. New York, United Nations, 1962. pp 119-32  
(遺伝学的調査における日本の戸籍の利用. 遺伝および放射線調査に関する人口動態統計および衛生統計についてのセミナー)
5. YERUSHALMY J: Neonatal mortality by order of birth and age of parents. Amer J Hyg 28:244-70, 1938  
(出生順位および両親の年齢からみた新生児の死亡率)
6. 角田 作: 出生から乳児死亡への追跡. 厚生指標 3 : 2 - 33, 1956年  
(TSUNODA R: Follow-up from birth to infant death. Kosei no Shiho-Index Health Welfare Statistics)
7. NEWCOMBE HB: Screening for effects of maternal age and birth order in a register of handicapped children. Ann Hum Genet 27:367-82, 1964  
(身体障害児の登録における母親の年齢と出生順位の影響の調査)
8. NEWCOMBE HB, TAVENDALE OG: Effects of father's age on the risk of child handicap or death. Amer J Hum Genet 17:163-78, 1965  
(子供の身体障害および死亡に及ぼす父親の年齢の影響)
9. SCHULL WJ, NEEL JV: The effect of consanguinity on Japanese children. New York, Harper and Row, 1965  
(日本人の子供における血族結婚の影響)
10. RITCHIE RH, HURST GS: Penetration of weapons radiation, application to the Hiroshima-Nagasaki studies. Health Physics 1:390-404, 1959  
(核兵器放射線の透過性—広島・長崎調査への応用)
11. ARAKAWA ET: Radiation dosimetry in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors. New Eng J Med 263:488-93, 1960  
(広島および長崎の被爆生存者に関する放射線量測定)
12. JABLON S, ISHIDA M, BEEBE GW: JNII-ABCC Life Span Study, Hiroshima and Nagasaki. Report 2. Mortality in Selection I and II, October 1950-September 1959. ABCC TR 01-63  
(予研—A B C C 寿命調査, 第2報, 第1次第Ⅱ次抽出サンプルにおける死亡率の研究, 1950年10月—1959年9月)
13. RUSSELL WL, RUSSELL LB, KELLEY EM: Radiation dose rate and mutation frequency. Science 128:1546-50, 1958  
(放射線量率と突然変異発生頻度)
14. RUSSELL WL: Genetic effects of radiation in mice and their bearing on the estimation of human hazards. In Proc Int Conf of the Peaceful Uses of Atomic Energy, New York, United Nations, 1955. Vol 11, pp 382-3  
(マウスにおける放射線の遺伝学的影響と人間への危険性を推定する上の意義)
15. RUSSELL WL, RUSSELL LB: Radiation-induced genetic damage in mice. In Progress in Nuclear Energy, Series VI, Vol 2, Biological Sciences, London, Pergamon Press, 1959. pp 179-88  
(マウスにおける放射線誘発性遺伝的障害)
16. KOHN HI: The effect of paternal X-ray exposure on the secondary sex ratio in mice ( $F_1$  generation). Genetics 45:771-8, 1960  
(マウスにおける二次的性比 ( $F_1$  世代) に及ぼす父親の X 線被曝の影響)
17. SUGAHARA T: Genetic effects of chronic irradiation given to mice through three successive generations. Genetics 50:1143-58, 1964  
(マウスの3世代にわたって連続的に照射した放射線の遺伝学的影響)
18. CHAPMAN AB, HANSEN JL: Genetic effects of cumulative irradiation on prenatal and early postnatal survival in the rat. Genetics 50:1029-42, 1964  
(ラットにおける出生前および出生後初期の生存率に及ぼす累積放射線の遺伝学的影響)

19. MCGREGOR JF, JAMES AP, NEWCOMBE HB: Mutation as a cause of death in offspring of irradiated rats. *Radiat Res* 12:61-6, 1960  
(照射を受けたラットの子供における死因としての突然変異)
20. COX DF, WILLHAM RL: Genetic effects of irradiation on early mortality in swine. *Genetics* 47:785-8, 1962  
(放射線照射が豚の初期死亡率に及ぼす遺伝学的影響)
21. COX DF: Effects of radiation on litter size in swine. *Genetics* 50:1025-8, 1964  
(豚における1回の出産数に及ぼす放射線の影響)
22. KAPLAN II: The treatment of female sterility with X-rays to the ovaries and the pituitary, with special reference to congenital anomalies of the offspring. *Canad Med Ass J* 76:43-6, 1957  
(卵巣および下垂体へのX線照射による女子不妊症の治療—特に子供の先天性奇形との関連について)
23. COX DW: An investigation of possible genetic damage in the offspring of women receiving multiple diagnostic pelvic X-rays. *Amer J Hum Genet* 16:214-30, 1964  
(多量の診断用骨盤X線照射を受けた婦人の子供における遺伝学的傷害の調査)
24. CROW JF: A comparison of fetal and infant death rates in the progeny of radiologists and pathologists. *Amer J Roentgen* 73:467-71, 1955  
(放射線科医および病理学者の子供における胎児および乳児死亡率の比較)
25. MACHT SH, LAWRENCE PS: National survey of congenital malformations resulting from exposure to roentgen radiation. *Amer J Roentgen* 73:442-66, 1955  
(X線被照射による先天性奇形の全国調査)
26. TANAKA K, OHKURA K: Evidence for genetic effects of radiation in offspring of radiological technicians. *Jap Jour Hum Genet* 3:135-45, 1958  
(放射線技術者の子供に現われた放射線の遺伝学的影響)
27. RODERICK TH: Summary of the general discussion of the Symposium. *Genetics* 50:1213-7, 1964  
(シムポジウム 一般討論の総括)