

FERTILITY AMONG FEMALE SURVIVORS OF THE ATOMIC BOMBS
HIROSHIMA AND NAGASAKI

原爆被爆生存婦人の妊孕力，広島・長崎

WILLIAM J. BLÖT, Ph.D.

HISAO SAWADA, M.D. 沢田尚雄



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION

国立予防衛生研究所－原爆傷害調査委員会

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

TECHNICAL REPORT SERIES

業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory 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。

FERTILITY AMONG FEMALE SURVIVORS OF THE ATOMIC BOMBS
HIROSHIMA AND NAGASAKI

原 爆 被 爆 生 存 婦 人 の 妊 孕 力 ， 広 島 ・ 長 崎

WILLIAM J. BLOT, Ph.D.

HISAO SAWADA, M.D. 沢田尚雄

ACKNOWLEDGMENTS

謝 辞

The author would like to thank Dr. Ai Kawan for her assistance in collecting the Nagasaki data, and Miss Hiroko Takaguchi and others for their aid in conducting the interviews.

著者の資料の収集にあたり、長崎県立保健所長沢田尚雄氏に感謝いたします。また、長崎県立保健所保健師の川口あゐ氏に面接調査に協力していただきました。



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

CONTENTS

目 次

Summary	要 約	1
Introduction	緒 言	2
Background	背 景	3
Methods	方 法	4
Results and Discussion	結果および考察	11
Appendix	付 録	20
References	参考文献	21
Table	1. Post-1945 marriage sample 1945年後結婚群	8
表	2. Pre-1945 marriage sample 1945年前結婚群	8
	3. Sterilization sample, Hiroshima and Nagasaki 不妊手術群, 広島および長崎	8
	4. Percent with zero pregnancies 不妊婦人頻度	12
	5. Percent with zero live births 未生産婦人頻度	12
	6. Mean pregnancy rates 平均妊娠率	13
	7. Mean birth rates 平均出産率	13
	8. Percent of women with miscarriages 流死産婦人頻度	14
	9. Percent of pregnancies terminating in miscarriages 流死産妊娠率	15
	10. Mean times to first conception and live birth 初妊および初生産までの平均期間	16
	11. Percent of women with zero pregnancies, pre-1945 marriage sample 不妊婦人頻度, 1945年前結婚群	16
	12. Percent of women with zero live births, pre-1945 marriage sample 生産無経験婦人頻度, 1945年前結婚群	16
	13. Mean pregnancy rates, pre-1945 marriage sample 平均妊娠率, 1945年前結婚群	17
	14. Mean birth rates, pre-1945 marriage sample 平均出産率, 1945年前結婚群	18
	15. Percent of women with miscarriages, pre-1945 marriage sample 流死産婦人頻度, 1945年前結婚群	18

CONTENTS

目 次

16.	Percent of pregnancies terminating in miscarriage, pre-1945 marriage sample 流死産率, 1945年前結婚群	18
17.	Percent with zero pregnancies, pre-1945 marriage sample (age 35-39 in August 1945) 不妊婦人頻度, 1945年前結婚群 (1945年8月当時35-39歳)	19
18.	Mean pregnancy and birth rates in sterilization sample 不妊手術群の平均妊娠率および平均出産率	19
Figure 1.	Relative frequency of pregnancy rates, post-1945 marriage sample, Hiroshima 妊娠率の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群	9
2.	Relative frequency of live births, post-1945 marriage sample, Hiroshima 出産率の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群	10
3.	Relative frequency of time to first pregnancy, post-1945 marriage sample, Hiroshima 初妊までの期間の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群	10
4.	Relative frequency of time to first live birth, post-1945 marriage sample, Hiroshima 初生産までの期間の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群	10

Approved 承認 15 July 1971

FERTILITY AMONG FEMALE SURVIVORS OF THE ATOMIC BOMBS, HIROSHIMA AND NAGASAKI

原爆被爆生存婦人の妊孕力，広島・長崎

WILLIAM J. BLOT, Ph.D.¹; HISAO SAWADA, M.D.^{2*} (沢田尚雄)Departments of Statistics¹ and Medicine²統計部¹ および臨床部²

SUMMARY

The object of this study was the determination of whether atomic radiation reduced the possibility of conception and successful reproduction over an extended period of time. Measures of the chance of conception and the chance of successful reproduction were defined respectively as the pregnancy rate R_1 and the birth rate R_2 . Average values of these fertility indices were obtained for three samples of Hiroshima and Nagasaki women. For one of the samples two other related fertility indices, the time to the first conception and the time to the first live delivery, were defined.

Mean values of the fertility indices of the samples were computed for the exposure groups Not-in-City (NIC), 0-9, 10-99, and 100+ rad. For Nagasaki the latter dose group was subdivided into 100-199 and 200+ rad groups. These means were then compared using Analysis of Variance techniques.

The results of the statistical analyses may be summarized as follows:

Consistent significant differences were found between the Hiroshima and Nagasaki samples, indicating the Nagasaki population to be more fertile;

要 約

本研究の目的は、原爆放射能が長期にわたり妊娠および生産の可能性を阻害したかどうかを解明するにある。妊娠ならびに生産機会の算定にあたっては、妊娠率 R_1 、生産率 R_2 をそれぞれ規定した。これら妊孕指数の平均値は、広島・長崎在住婦人の3対象群から求めた。1対象群では、他に2項の妊孕指数、すなわち初回妊娠および初回生産までの期間を設定した。

それぞれの対象群を放射線量により、市内不在者群ならびに0-9, 10-99, および100 rad以上の各群に分類し、群別ごとに妊孕指数平均値を計算した。長崎例については、100 rad以上の群をさらに100-199ならびに200 rad以上の2群に細分した。ついでこれらの平均値を、分散分析法を用いて比較検討した。

統計学的解析結果の要約は次のごとくである。

広島・長崎群間に一貫して有意差が認められ、長崎婦人のほうが妊孕力の大きいことを示した。

Keywords: Fertility; Conception; Pregnancy; Reproduction.

*Hiroshima Branch Laboratory, Japanese National Institute of Health, Ministry of Health and Welfare

国立予防衛生研究所広島支所

Significant differences were found between those who practiced contraception and those who did not, the latter group exhibiting a higher proportion of childless marriages;

Differences between percentages of women with zero pregnancies and live births nowhere varied significantly with dose;

Differences between the average pregnancy rates and birth rates for those with at least one pregnancy and birth respectively, and differences between times to first conception and birth for those in the 100+ rad dose groups (high dose) and those in city in the 0-9 rad dose groups (low dose) were everywhere insignificant;

Only for two sample divisions were differences among the means of all four in Hiroshima, and five in Nagasaki, dose groups significant. In one case the significance was due to high 0-9 rad dose group and low 10-99 rad dose group mean birth rates, in the other to high 10-99 rad dose group mean birth rate;

In comparing percentages of women who had experienced miscarriage and in comparing the rate of miscarriage (percentages of pregnancies which ended in miscarriage), two sample divisions showed marked dose effects. In one, a significantly higher percentage of women with at least one miscarriage was found in the 100+ rad dose group than was found in either the 0-9 rad or NIC groups, yet the rate of miscarriage for these groups was not significantly different. In the other, the rate of miscarriage was low for the 0-9 rad dose group and high for the NIC group.

The overall emphasis of the analyses indicated that there was no evidence to suggest that those in the high radiation dose groups uniformly suffered impaired long-range fertility.

INTRODUCTION

Information concerning the reproductive histories of approximately 2800 married women in the ABCC-JNIH Adult Health Study Program in Hiroshima and Nagasaki was obtained from personal interviews. From the information volunteered by those interviewed, numerical values of fertility indices were obtained. The averages of these measures of fertility among women with differing exposure to the 1945 atomic explosions were then compared. The intent was to determine whether radiation

受胎調節経験の有無により、有意差が見られ、非経験群では未産の頻度が高かった。

不妊婦人および未生産婦人の頻度には、線量による有意差を全く認めなかった。

最低1回以上の経妊ならびに経産の婦人では、平均妊娠率および出産率ならびに初妊および初産までの期間のいずれにも、100 rad以上(高線量)群と0-9 rad(低線量)群との間に有意差は認められなかった。

広島における4線量群の、また長崎における5線量群の全部をさらに細分して平均生産率を比較したが、2点においてのみ差異が認められた。平均生産率は一方の市では0-9 rad群が10-99 rad群より低く、他方の市では10-99 rad群が他のどの群よりも高い場合を認めた。

流死産経験婦人頻度と流死産率(流死産に終わった妊娠の比率)を細分して比較したところ、二点に線量の影響が著明であった。一方では、流死産経験婦人頻度は100 rad以上(高線量)群が0-9 rad(低線量)群または市内不在者群のいずれよりも高率であった。しかし、これらの群における流死産率は、有意差を示さなかった。他方では、流死産率は、0-9 rad群に低く、市内不在者群に高かった。

全体として強調すべきは次の点であった。すなわち、高線量被曝婦人において、長期にわたる妊孕力の画一的な阻害を示唆する証左はなんら認められなかった。

緒言

広島および長崎のABCC-予研成人健康調査計画対象者中既婚婦人約2800人の個々に面接を行ない、生殖歴に関する資料を得た。面接対象者が報告した資料から、妊孕力指数の数値を求めた。ついで、1945年の原爆による被曝程度が異なる婦人群間において、これらの妊孕力測定値の平均を比較した。その目的は、放射線の影響によ

effects reduced the possibility of successful reproduction. This report presents the results of those comparisons.

BACKGROUND

Excessive exposure of the gonads to ionizing radiation may result in temporary or permanent reduction in the number of spermatozoa and ova produced in the male and female respectively.¹ In addition, gonadal exposure may result in the production of abnormal spermatozoa and ova. These changes may be manifest in either the number of fertilizations or the outcome of these fertilizations resulting in what has been called effective or functional sterility respectively.²

Studies to determine immediate and short-term effects upon fertility of the atomic bombs of Hiroshima and Nagasaki have been conducted. The Joint Commission for the Investigation of the Atomic Bombs in Japan reported a reduction in sperm counts correlated with distance from the hypocenter, histological gonadal changes in fatal cases within 1450 m from the hypocenter, and frequent abnormal pregnancy terminations during the 3 months following the A-bomb in Nagasaki.³ Neel and Shull⁴ later examined the effect of exposure to ionizing radiation upon pregnancy termination. Their study, which analysed reproductive experience during the years 1948-53, noted no differences in the production of offspring between groups of exposed and nonexposed parents. Ishibashi et al⁵ noted differences between groups of exposed and nonexposed but commented that these were due to environmental factors.

The midpoint of the time of interviews conducted in this present study was approximately 18 years after the bombs. Hence our reproductive histories were obtained over considerably longer periods than earlier studies, and yield the opportunity of searching for latent or long-range radiation effects not previously afforded.

Concurrently with the interviewing for the present project a separate study based on official family registration records was carried out. That study, reported by Siegel,⁶ examined the distribution of live births and showed no differences in the ratios of number of live births to years of marriage among individuals divided into groups according to distance from the hypocenters of the atomic explosions of 1945.

て生殖の可能性が減少したかどうかの究明にある。本報告でその比較結果を述べることにする。

背景

生殖腺が過度の電離放射線を受けると、男性および女性がそれぞれ生産する精子および卵子の数が一時的または永久的に減少することも起こりうる。¹ さらにまた、生殖腺被曝の結果異常な精子および卵子の生ずる可能性もある。これらの変化は、妊娠回数または妊娠結果に現われ、それぞれ「有効不妊症」または「機能的な不妊症」をきたすことが考えられる。²

広島および長崎において原爆が妊孕力に及ぼす直接かつ短期の影響を確認するため、諸調査が行なわれた。日本における原爆の合同調査団は、精子数減少と被爆距離との間には相関があり、被爆距離1450m以内における死亡例に、その生殖腺の組織学的変化を認め、また長崎では原爆後3か月間は妊娠がしばしば異常な結果に終わったと報告している。³ その後、Neel および Schull⁴ は電離放射線被曝の妊娠終結に対する影響について調査を行なったが1948-53年間の出産の解析では、被爆群と非被爆群との間には出産結果に差のないことを認めている。石橋ら⁵ は被爆群と非被爆群との間に差を認めたが、これは環境因子によるものであると述べている。

本面接調査の中間時点は、原爆後約18年である。したがって、初期調査よりも相当長期間の妊娠歴が得られたが、これは以前に認められなかった潜在的または長期的な放射線影響を調べる機会をもたらすものである。

本調査の面接と並行して、戸籍に基づく他の調査も行なわれた。これは Siegel⁶ が報告しているが出産の分布を調べた結果、1945年における原爆の爆心地からの距離別分類による各群の対象者間には、出産数の結婚年数に対する比率に差を認めなかった。

The study reported herein examines not only those pregnancies which resulted in live births, but all conceptions. The information available from the interviews includes, for each individual, the number of pregnancies, the outcome of each pregnancy, the date of each pregnancy termination, and the duration of each pregnancy. From this information various measures of fertility can be determined.

METHODS

Measures of Fertility

In the broadest sense a study of the fertility of a population should thoroughly examine the sexual behavior of the population. Such a complete study would determine fertility as a function of the frequency and timing of coitus, the frequency of ovulation, and the resulting conceptions. A study based upon the highly personal information involving patterns of intercourse was not considered feasible. For the present study, fertility will be defined in terms of conceptions: both the number of conceptions as well as the outcomes of those conceptions.

Two measures of an individual's chance of conception which have been employed extensively in the literature will receive the greatest share of our attention. These are the pregnancy rate and the birth rate. Originally proposed by Pearl,⁷ the rate of pregnancy, which we will denote herein by R_1 , is defined as

$$R_1 = \frac{\text{Number of pregnancies}}{\text{Number of months exposure to pregnancy}}$$

妊娠回数
妊娠可能月数

The number of months exposure is given by the number of months of marriage minus the elapsed time, in months, during which conception is believed physiologically impossible. To obtain this exposure time the time spent in pregnancy was subtracted from the total marriage time (Time spent in postpartum lactation was not excluded from exposure time and the duration of each pregnancy was recorded in the interviews in terms of lunar months (28 days), but in the determination of R_1 a lunar month was considered the equivalent of a calendar month). The birth rate, which we will denote by R_2 , is defined as

$$R_2 = \frac{\text{Number of live births}}{\text{Number of years of marriage}}$$

生産回数
結婚年数

本報告での調査は、生産をもたらした妊娠例のみならず、全妊娠例を取り扱った。面接で入手した資料は、各対象者の妊娠回数、各妊娠の結果、各妊娠終了の年月日、および各妊娠の持続期間であり、これらから妊孕力の値が測定可能である。

方 法

妊孕力の測定値

特定人口集団の最も広い意味における妊孕力の調査では、集団の性生活を徹底的に調べる必要がある。そのような完全な調査から交授頻度および時期、排卵頻度、ならびにその結果である受胎の関数として妊孕力が決定される。しかし、交授のパターンなどきわめて私事に属する資料に基づく調査は実施不可能と考えられた。本調査においては、妊孕力とは妊娠の観点から定義される。すなわち、妊娠の回数ならびにその妊娠の結果ということである。

妊娠の機会の測定に関しては文献上広く用いられている二つの測定値が本調査でも最大関心事となろう。そしてそれらは妊娠率および出産率である。最初 Pearl⁷ によって提案され、本報告では R_1 として示す妊娠率は次のように定義される。

妊娠可能月数は、結婚月数と、生理学的に受胎不可能と考えられる期間の月数との差で表わす。この妊娠可能期間を得るため、総結婚期間から妊娠期間をさし引いた。(分娩後授乳期間は妊娠可能期間からは除外しなかった。面接では、各妊娠期間は太陰暦(28日)で記録したが、 R_1 の決定にあたっては太陰暦月は太陽暦月と同じとみなした)。出産率は R_2 とするが、その定義は次のごとくである。

The larger an individual's birth rate or pregnancy rate, the more "fertile" that individual is.

We will consider two other measures which describe an individual's ability to conceive. These two measures are the time, in months, till the first conception, denoted by T_1 , and the time, in months, till the first live birth, denoted by T_2 .

In addition to the four measures listed above which are computed for each individual, several other measures of fertility have been computed for each group. These include the percentages of women with zero pregnancies or live births, the percentages of women with at least one miscarriage, and the percentages of pregnancies which resulted in miscarriage.

The Sample

Married women of various ages and backgrounds were interviewed concerning their reproductive histories. The interviews were conducted as part of regularly scheduled biennial visits of members of the Adult Health Study Program in Hiroshima and Nagasaki during the years 1962-64. Those who had been divorced, separated, or who had no estimate of dose received from the A-bombs were not considered. (Individual radiation dose estimates as a function of distance and shielding have been calculated for approximately 90% of the Adult Health Study sample. The system of dosimetry employed has been labeled T65D⁸).

Approximately 25% in Hiroshima and 10% in Nagasaki of those interviewed who were married after 1945 had undergone sterilization operations (including hysterectomies). Separate analyses were conducted for these women. All the members of the sample were necessarily alive in 1962, hence any influence on fertility that was expressed in women who died before 1962 can not be measured.

After exclusion of those who had been sterilized, the sample consisted of a total of approximately 2400 Hiroshima and Nagasaki women. This sample was divided into two groups. One, consisting of those who were married after the bombs, will be denoted as the post-1945 marriage sample (post-45 ms). The entire marriage experience for women in the post-45 ms occurred after their exposure. The other, consisting of those who were married prior to August 1945 yet who were still sufficiently young to conceive after that time, will be denoted as the pre-1945 marriage sample (pre-45 ms). Since it was

個人の出産率または妊娠率が高ければ高いほど、その「妊孕力」はすぐれている。

受胎能力を示す別の2測定値について述べる。これらは、初回受胎までの期間(月数)と、初回生産までの期間(月数)で、それぞれ T_1 、および T_2 で示すことにする。

上記の4測定値のほか各群について他に二、三の妊孕力測定を行なった。これらには、妊娠または生産歴皆無の婦人の百分率、最低1回の流死産歴のある婦人の百分率および流死産に終わった妊娠の百分率がある。

調査対象

年齢および背景の異なる既婚婦人に面接を行ない、妊娠歴について調べた。面接は、広島・長崎の成人健康調査計画対象者に対する2年ごとの定期検診の一環として1962-64年の期間に実施した。離婚および別居の経験者、または原爆による放射線量の推定値不明の者は除外した。(成人健康調査対象群中、距離および遮蔽の関数として個々の線量推定値が算出されているのは約90%である。適用した線量推定法はT65線量⁸と称されている)。

1945年以後に結婚した被面接者のうち、広島では約25%、長崎では約10%の者が不妊手術(子宮切除術を含む)を受けている。これらの婦人については、別に解析を行なった。対象者全員は、1962年には当然生存していた者であり、従ってそれ以前に死亡した婦人における妊孕力に対する影響についての検討は不可能である。

不妊手術を受けた者を除く対象者は、広島および長崎で合計2400人であり、これを2群に分けた。1群は、原爆以降に結婚した者からなり、1945年後結婚群として示す。1945年後結婚群婦人の結婚生活はすべて被爆後のものである。他の1群は1945年8月以前に結婚し、それ以後もなお受胎可能な若年層の者からなり、1945年前結婚群として示す。そして放射線影響の可能性を確かめることが目的であるので、本群については被爆後の

desired to determine possible radiation effects, only those conceptions which occurred after the bombs were analysed for this group. Only those aged less than 40 in August 1945 were considered. Sawada⁹ has shown that in women over 40 the onset of menopause was accelerated by A-bomb exposure. Tietze¹⁰ in a study of Hutterite women noted that nearly one-third failed to produce further offspring after age 40 and that nearly seven-eighths failed to produce additional offspring after age 45.

Individuals in the post-45 ms were classified according to their length of marriage. The length of marriage L was defined by

$$L = \min(\text{date of menopause, date of interview}) - \text{date of marriage}$$

(閉経年月日, 面接年月日) - 結婚年月日

To allow for what was considered a minimum amount of time for reproduction to take place, only those women married at least 3 years were considered. Two marriage length groupings were employed: those married 10 years or less and those married more than 10 years (Beebe¹¹ in a study of a rural population in the Southern Appalachians of the United States, noted that the chance of conception as measured by the pregnancy rate R_1 or birth rate R_2 declines as the length of marriage increases).

For the pre-45 ms individuals were not grouped according to marriage length, but according to the number of children born before the A-bombs. The pre-45 ms was also divided into two age categories. Those aged 35-39 in August 1945 were considered separately. Because of their relatively advanced age, this group may be thought of as being of marginal fertility. It was of interest to determine whether their ability to produce additional offspring was affected by atomic radiation.

A particularly relevant, but difficult to accurately quantify, factor in assessing an individual's fertility is the practice of contraception. When the interviews were conducted, indirect questioning (see Appendix) was employed to determine if some form of contraception was utilized at any time during the marriage. Based on the answers to those questions, both the post-45 ms and pre-45 ms were divided into two sections. One, designated as the C- group, consisted of those who did not admit to practicing contraception. The other, designated as the C+ group, consisted of those who practiced contraception at some time after August 1945. In Hiroshima 53% of those interviewed in the post-45 ms did use some form of contraception. In Nagasaki

受胎のみについて解析を行なった。1945年8月当時40歳未満の者のみを考察の対象とした。沢田⁹は、40歳以上の婦人に閉経が原爆被爆によって促進されたことを認めている。Tietze¹⁰は、ハタリット宗派の婦人についての調査で、40歳以降はそのほとんど $\frac{1}{3}$ 、45歳以降ではほとんど $\frac{7}{8}$ に生殖能力のないことを認めた。

1945年後結婚群は、結婚期間別に分類した。結婚期間 L は次のように定義した。

妊娠に必要な最短期間と考えられる期間をおくため、3年以上の結婚生活者のみを考察の対象とした。結婚期間により次の2群、すなわち、10年以下群および10年超過群に分類した。(Beebe¹¹は、米国南アパラチヤ山脈村落住民の調査において、妊娠率 R_1 (または出産率 R_2) によって測定される妊娠機会は結婚期間が長くなるにつれて減少することを認めている)。

1945年前結婚群の場合は、分類は結婚期間によらず、原爆以前の出生児数によって行なった。1945年前結婚群をさらに2年齢群に分類した。1945年8月当時35-39歳の者は別に考慮した。本群は比較的高年齢のため、妊孕力が限界にあるものと考えられ、原爆放射線の出産能力に対する影響いかなの究明は興味深いものがある。

個人妊孕力の検討にあたって、特に関連の深い、しかも、正確に量的把握の困難な因子は、受胎調節の実施である。面接の際、対象者が結婚期間中に何らかの避妊手段を講じたかどうかを調べるため、間接的な質問を行なった。(付録1に示す質問票を参照)。質問に対する回答に基づき、1945年後および前の両結婚群ともに2分した。その一つは避妊経験がないと答えた者から構成し、C-群と記した。1945年8月以降のある時期に避妊を行なった者はC+群と記した。広島では、1945年後結婚群の被面接者中53%は、何らかの避妊の経験があったが、長崎のそれは37%である。1945年前結婚群の場合、広島では17%、

the corresponding figure was 37%. For the pre-45 ms, 17% in Hiroshima and 14% in Nagasaki indicated that they did practice contraception (for those aged less than 35 in August 1945 the percentages were 23 and 17 for Hiroshima and Nagasaki respectively).

The final classification of individuals within the samples was according to total radiation dose received from the A-bombs. The women interviewed were classified into one of the following dose groups: 1. Not in city (NIC); 2. 0-9 rad; 3. 10-99 rad; and 4. 100 or more rad (100+). In Nagasaki where a considerably larger proportion of the sample received high total doses, the fourth group was divided into subgroups 4a. 100-199 rad; and 4b. 200 or more rad (200+).

Dose estimates were available only for the women interviewed. Accurate dose estimates for their husbands could not be obtained. In a study of approximately 50,000 children, members of the JNIIH-ABCC F₁ sample born during the years 1946-58, a highly significant correlation between exposure groupings of husbands and wives (fathers and mothers) was evident (see Table 1 of Okada¹²). Hence possible differences in the fertility indices due to radiation should in fact be more pronounced than if the husbands' exposure were uniform throughout the four comparison groups defined above.

Tables 1 and 2 list the numbers of individuals in the divisions of the post-45 ms and pre-45 ms respectively by city, marriage length or number of children born by August 1945, T65 dose, and use of contraception. Table 3 gives the numbers of those in Hiroshima and Nagasaki in the sterilization sample. The marriage length L for the sterilization sample is defined by

$$L = \text{date of sterilization} - \text{date of marriage}$$

不妊手術年月日 - 結婚年月日

Methods of Analysis

As just described the individuals within each city-contraception grouping were classified according to two criteria. One was dose. The other was marriage length in the post-45 ms and the number of children born before August 1945 in the pre-45 ms. With the observations so divided into relatively homogeneous groups, Analyses of Variance (AOV) were employed to test whether significant dose effects existed.

長崎では14%の者が避妊経験のあることを示している。(1945年8月当時35歳未満の者における百分率は広島23%、長崎17%であった)。

対象者についての最終分類は、原爆で受けた放射線総線量に基づいて行ない、被面接婦人を次の線量群のいずれかに分類した。1. 市内不在 (NIC); 2. 0-9 rad; 3. 10-99 rad; 4. 100 rad 以上 (100+); 長崎では、対象者の相当多数が高線量を受けているので、第4群を次のように細分した。4a. 100-199 rad; 4b. 200 rad 以上 (200+)。

線量推定値は面接を行なった当の婦人についてのみ入手できた。夫に関しては正確な線量推定値が入手できなかった。予研-ABCC 第1世代子孫 (F₁) 調査対象群、1946-58年間の出生児約50,000人における調査では、夫婦 (すなわち父母) の被爆群間にきわめて有意な相関が認められた (岡田の表1を参照¹²)。したがって、放射線によって生じうる妊孕指数の差は、かりに夫の被曝程度が上記4比較群を通じて同様であった場合よりも実際には顕著なはずである。

表1および2は、1945年後結婚群および前結婚群の対象者を、それぞれ、市、結婚期間または1945年8月以前の出生児数、T65線量、および避妊実施別に示したものである。表3は、不妊手術群における広島および長崎の対象者数を示す。不妊手術群の結婚期間 L は次のように規定する。

解析方法

前述のごとく、各市各避妊別群の対象者は2基準によって分類された。その一つは線量であり、他は1945年後結婚群においては結婚期間、前結婚群では1945年8月以前の出生児数であった。分類の結果は、比較的同質の群と認められたので、分散解析を用い有意な線量影響の有無を調べた。

TABLE 1 POST-1945 MARRIAGE SAMPLE

表1 1945年後結婚群

Marriage Length 結婚期間		C+					C-					
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad		
< 10 yr	185	44	67	47	27	207	46	78	64	19		
11+	274	88	85	64	37	204	71	68	38	27		
Total 合計	459	132	152	111	64	411	117	146	102	46		
Nagasaki 長崎	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+
< 10 yr	68	15	29	5	9	10	159	43	49	19	19	29
11+	116	31	35	9	12	29	160	40	32	21	36	31
Total 合計	184	46	64	14	21	39	319	83	81	40	55	60

TABLE 2 PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE

表2 1945年前結婚群

Age Group 1 (Less than 35 in August 1945) 第1年齢群(1945年8月当時35歳未満)

Children Born by August 1945 1945年8月以前の出生児数		C+					C-					
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad		
0-1	75	20	23	21	11	190	35	65	69	21		
2+	54	12	20	16	6	238	65	83	71	19		
Total 合計	129	32	43	37	17	428	100	148	140	40		
Nagasaki 長崎	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+
0-1	13	5	5	1	0	2	65	17	15	13	10	10
2+	13	5	5	1	1	1	58	9	17	15	9	8
Total 合計	26	10	10	2	1	3	123	26	32	28	19	18

Age Group 2 (35-39 in August 1945) 第2年齢群(1945年8月当時35-39歳)

	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+
0-1	58	10	23	19	6	11	1	4	3	2	1
2+	218	56	84	54	24	38	11	13	5	3	6
Total 合計	276	66	107	73	30	49	12	17	8	5	7

TABLE 3 STERILIZATION SAMPLE, HIROSHIMA AND NAGASAKI

表3 不妊手術群, 広島および長崎

Marriage Length 結婚期間	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad
< 10 yr	273	98	69	58	48
11+	72	23	23	11	15
Total 合計	345	121	92	69	63

The data within each city-contraception grouping were analysed as would data arising from two factor factorial experimental designs. Since the pregnancy and birth rates R_1 and R_2 are proportions which typically follow a binomial distribution, and since the times to first conception and first birth T_1 and T_2 are integer valued variables with markedly skewed distributions (see Figures 1-4 for frequency histograms of the distributions of R_1, R_2, T_1 and T_2 for the Hiroshima post-45 ms) transformations were applied so that the necessary assumptions for the AOV would more nearly hold. For the rates R_1 and R_2 an arcsin square root transformation was applied. Because of the large jump at the origin for the C- groups as seen in Figures 1 and 2, the transformation was applied to those with R_1 and R_2 strictly positive. Percentages of zero pregnancies and live births were compared separately. For the times T_1 and T_2 a square root transformation was used.

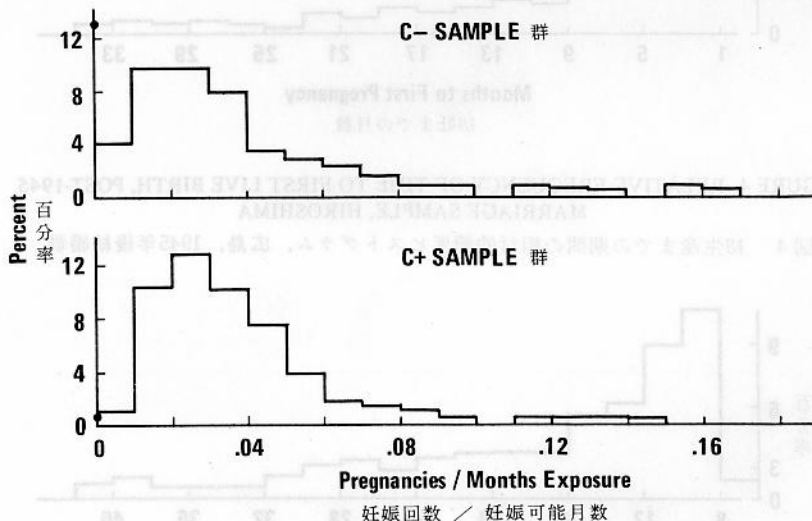
In addition to the AOV on the observations R_1, R_2, T_1 and T_2 , statistical tests utilizing contingency tables of dose vs percentage were conducted to see whether the percentages of individuals classified according to certain criteria varied with dose.

各市-各避妊群内の資料は、2因子による要因配置実験法から得られる資料と同様に解析した。妊娠率および出産率 R_1 および R_2 は典型的な2項分布を呈する割合であり、初妊および初産までの期間 T_1 および T_2 は著しい歪曲分布を有する変数の整数であるから(広島1945年後結婚群に関する R_1, R_2, T_1 および T_2 分布の頻度ヒストグラムについては図1-4を参照), 分散解析に必要な仮定がよりの確に適用できるように変換を行なった。 R_1, R_2 の率については、アークサイン平方根変換を行なった。図1および2に示すように、C-群の原点の値が高いので、 R_1, R_2 が明らかに陽性であるものに変換を適用した。妊娠および生産皆無の者の百分率は別々に比較した。 T_1, T_2 の期間については平方根変換を用いた。

観察値 R_1, R_2, T_1 および T_2 に関する分散分析のほかに、線量対百分率の分割表を用いる統計学的検定を行ない、特定基準により分類した対象者の百分率が線量とともに変動するかどうかを調べた。

FIGURE 1 RELATIVE FREQUENCY OF PREGNANCY RATES, POST-1945 MARRIAGE SAMPLE, HIROSHIMA

図1 妊娠率の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群



● Percent with zero pregnancies
不妊例の百分率

FIGURE 2 RELATIVE FREQUENCY OF LIVE BIRTHS, POST-1945
MARRIAGE SAMPLE, HIROSHIMA

図2 出産率の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群

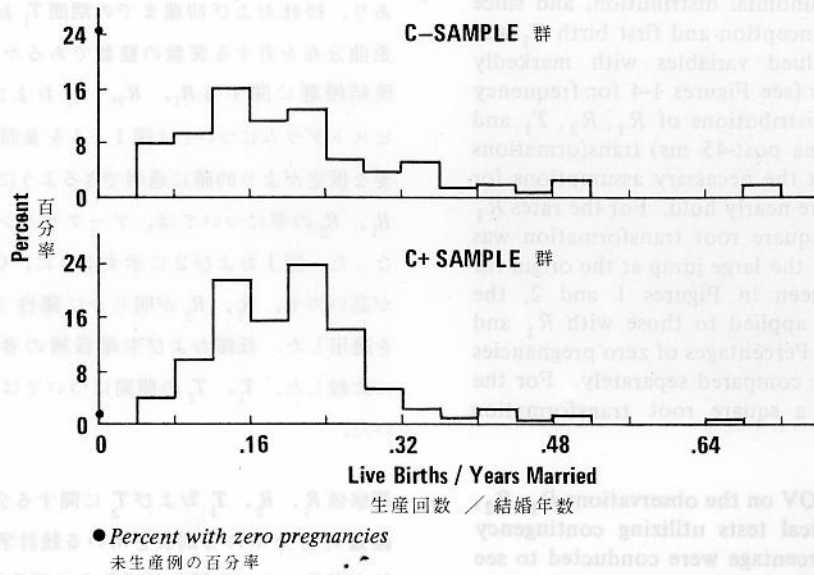


FIGURE 3 RELATIVE FREQUENCY OF TIME TO FIRST PREGNANCY, POST-1945
MARRIAGE SAMPLE, HIROSHIMA

図3 初妊までの期間の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群

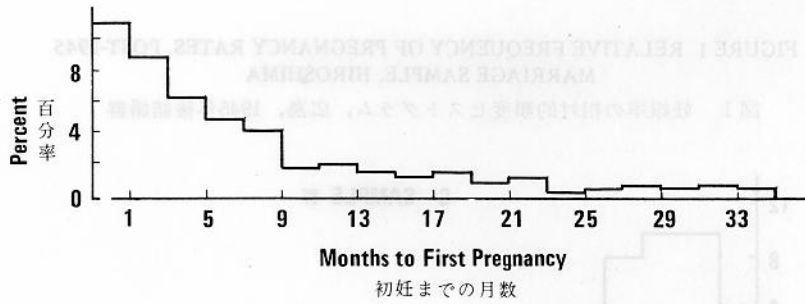
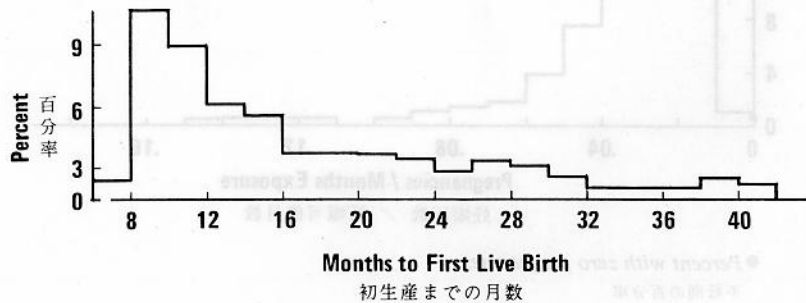


FIGURE 4 RELATIVE FREQUENCY OF TIME TO FIRST LIVE BIRTH, POST-1945
MARRIAGE SAMPLE, HIROSHIMA

図4 初生産までの期間の相対的頻度ヒストグラム, 広島, 1945年後結婚群



RESULTS AND DISCUSSION

The results of the statistical tests upon the significance of radiation dose and tables of mean values for the several fertility indices under study are presented. Note that the sample values of the different fertility measures were all obtained from the same samples of Hiroshima and Nagasaki women so that the statistical analyses for R_1 , R_2 , T_1 , and T_2 are not independent. Throughout this section the terms "significant" and "highly significant" refer to statistical significance at the .05 and .01 levels respectively.

The primary interests of the study were examinations of the pregnancy rates and birth rates of the post-45 ms to see how they varied with exposure to atomic radiation.

One of the first questions asked was whether those in the high radiation dose groups (100 + rad), were sterile in comparison with the remaining groups (i.e., whether the proportions of those with no pregnancies and with no live births differed according to dose). Tables 4 and 5 list these proportions. The sample sizes have been given previously in Table 1.

Within each contraceptive group there was no significant difference among the dose groups in either the proportions who failed to conceive or who failed to deliver a live birth.* There is certainly no suggestion of high dose decreasing the likelihood of conception or reproduction. In fact, for both Tables 4 and 5, the reproductive performance of the high dose groups was superior to the overall average.

Perhaps the most interesting aspects of Tables 4 and 5 are the highly significant differences between the C+ and C- groups. Whereas sizeable numbers of those in the C- group had sterile marriages, nearly everyone in the C+ group, the group which practiced contraception, conceived at least once and delivered at least one live birth. Apparently the C+ group consisted of those who had demonstrated an ability to reproduce and who wanted to curb that ability.

結果および考察

本項では放射線量の有意性を検討した統計学的検定の結果を述べ、調査したいくつかの妊孕指数の平均値に関する表を示す。種々の妊孕率計測による対象集団の値はすべて広島・長崎の同一婦人対象群から得ているので、 R_1 , R_2 , T_1 および T_2 に関する統計学的解析は互いに関連性を有している。この項における「有意」および「きわめて有意」の表現は、それぞれ .05, .01 の水準の統計学的有意性を述べている。

調査の主要目的は、1945年後結婚群の妊娠率および出産率を調べ、それらが原爆放射線被曝程度に応じていかに変化するかを観察することにあつた。

最初に調査した問題の一つは、高線量被曝群 (100 rad 以上被曝群) は他の群に比べて不妊であったかどうか、すなわち、不妊および未生産者の割合の線量による差異いかにあるかである。表 4 および 5 はこれらの比率を示す。対象群の大きさは、すでに表 1 に示している。

各避妊別群内の比較では、不妊および未生産者の率とも線量群間に有意差はなかった。* 高線量被曝により妊娠または出産の可能性が減少することを示唆するものは全くない。表 4 および 5 のいずれにおいても、高線量群の妊孕実績は全体の平均よりもむしろすぐれていた。

表 4 および 5 でおそらく最も興味ある点は、C+群とC-群との間にきわめて有意な差の認められることである。C-群では不妊の結婚生活者が相当数いたが、避妊実施群であるC+群では、ほとんど全員が1回以上の妊娠および生産を経験している。C+群は、生殖能力を有し、その制限を欲した者から構成されていると思われる。避

*The tests performed were χ^2 tests for homogeneity. In Nagasaki where the numbers of individuals in the divisions were small, the samples were compacted into two dose groups, 0-9 and 100+ (the 10-99 group was ignored) in order for the χ^2 test to be applied. Unless otherwise indicated, all subsequent χ^2 tests for Nagasaki will be applied to these two combined high and low dose groupings.

実施した検定は同質性に関する χ^2 検定であった。各分類の対象者数が少なかった長崎では、 χ^2 検定適用のため、対象群を市内不在群と 0-9 rad 群、および 100+ rad 群の 2 線量群に大別した (10-99 rad 群は無視した)。以下特記しない限り、長崎の場合はこの合併高低 2 線量群について χ^2 検定を適用する。

TABLE 4 PERCENT WITH ZERO PREGNANCIES

表4 不妊婦人頻度

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C-	13.4	12.9	15.1	13.7	10.9	7.5	8.4	7.4	12.5	5.5	5.0
C+	0.4	0.0	0.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total 合計	6.6	5.6	7.7	7.0	4.5	4.7	5.4	4.1	9.3	3.9	3.0

TABLE 5 PERCENT WITH ZERO LIVE BIRTHS

表5 未生産婦人頻度

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C-	24.1	20.5	27.4	24.5	21.7	11.9	12.0	14.8	20.0	7.3	6.7
C+	0.9	0.8	1.3	1.8	0.0	1.1	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0
Total 合計	12.0	10.0	14.1	12.7	9.1	8.0	7.8	9.7	14.8	5.3	4.0

Of all those who did practice contraception, a large majority (82%) began the practice after the year of their first pregnancy.

No evidence of differing contraception practices according to dose received was noted. A conjecture that had been raised was that those in the high dose groups, fearing unknown A-bomb effects, might not want to produce offspring. This conjecture was not supported by the data. In fact, out of the entire sample interviewed, only 10 (less than .4%) indicated they were reluctant to have children because they feared the consequences of the bomb.

Within the C- groupings, the percentages of those with zero pregnancies and zero births is highly significantly larger in Hiroshima than Nagasaki. In fact the percentages for Hiroshima nearly double those of Nagasaki.

Finding no differences among the proportions of those with R_1 and R_2 equal zero due to radiation, we next sought to determine whether differences in pregnancy or birth rates existed for those who conceived or delivered at least once. Analyses of variance were conducted on the transformed sample values of R_1 and R_2 .

For the pregnancy rate R_1 , for both contraception groups and for both cities, the AOV showed no significant dose effect. Table 6 lists the mean values of R_1 for those who conceived at least once. For the C+ groups these means are essentially the overall

妊実施者全員のうち、大多数(82%)は初回妊娠年度後に避妊を開始している。

避妊の有無については被曝線量による差異は認められなかった。原爆の影響が不明なため高線量群の者は挙児を希望しなかったのではないかと推測をしたが、これを裏づける資料はなかった。事実、面接を行なった対象者全員のうち、原爆の影響を恐れて挙児を望まなかった者はわずか10人(0.4%未満)にすぎなかった。

C-群では、不妊および未生産者の率は、広島の方が長崎よりもきわめて有意に高い。事実、広島の率は長崎のほとんど2倍である。

R_1 および R_2 が0の者の割合には放射線被曝による差を認めなかった。次に1回以上経妊または経産者の妊娠率、出産率に差があるかどうかの調査を試みた。 R_1 および R_2 の変換サンプル値について分散解析を行なった。

妊娠率 R_1 の分散解析の結果、各避妊別群および各市とも、有意な放射線影響は認められなかった。表6は、1回以上経妊者の平均 R_1 値を示す。C+群では、 R_1 値0の

TABLE 6 MEAN PREGNANCY RATES

表6 平均妊娠率

Marriage Length 結婚期間		C+					C-				
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	
<10yr	.042	.050	.042	.037	.041	.043	.044	.042	.045	.040	
11+	.030	.030	.030	.030	.031	.026	.025	.024	.032	.024	
Total 合計	.035	.036	.035	.032	.035	.035	.033	.033	.040	.030	

Marriage Length 結婚期間		C+					C-					
Nagasaki 長崎	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+
<10 yr	.049	.062	.046	.056	.039	.041	.050	.048	.051	.032	.055	.060
11+	.037	.042	.035	.035	.033	.038	.034	.035	.032	.037	.035	.033
Total 合計	.042	.049	.040	.042	.035	.039	.042	.042	.043	.034	.042	.046

$$R_1 = \frac{\text{Number of Pregnancies 妊娠回数}}{\text{Number of Months Exposure to Pregnancy 妊娠可能月数}}$$

(R₁ > 0)

TABLE 7 MEAN BIRTH RATES

表7 平均出産率

Marriage Length 結婚期間		C+					C-				
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	
<10 yr	.238	.262	.243	.217	.221	.256	.231	.264	.273	.230	
11+	.175	.173	.187	.168	.167	.177	.146	.144	.164	.152	
Total 合計	.200	.203	.211	.188	.190	.199	.177	.203	.229	.178	

Marriage Length 結婚期間		C+					C-					
Nagasaki 長崎	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+
<10 yr	.278	.304	.264	.331	.289	.241	.339	.275	.345	.507	.319	.346
11+	.224	.224	.214	.245	.227	.228	.237	.236	.220	.282	.243	.220
Total 合計	.243	.250	.236	.276	.254	.231	.285	.256	.290	.380	.268	.279

$$R_2 = \frac{\text{Number of Live Births 生産回数}}{\text{Number of Years of Marriage 結婚年数}}$$

(R₂ > 0)

mean pregnancy rates since few in the C+ samples had values of R_1 equal zero. For the C- groups the overall mean pregnancy rate is considerably lower because of the high percentage with R_1 equal zero. The same is true for the mean birth rates for those who delivered at least once. These mean values are given in Table 7.

者がほとんどいないので、これらの平均値は本質的には全体の平均妊娠率を意味する。C-群では、 R_1 が0の者の頻度が高いので、全体の平均妊娠率はかなり低い。1回以上の経産者の平均出産率についても同様のことがいえる。これらの平均値は表7に示す。

For the birth rate R_2 significant dose effects were found for the Hiroshima C+ and Nagasaki C- samples. Multiple ranking procedures (using Duncan's New Multiple Range Test, see Sarhan and Greenberg¹³) in both instances showed no significant difference between the means of the 0-9 and

出産率 R_2 については、広島C+群および長崎C-群に有意な線量影響が認められた。多重順位法(Duncanの新範囲による多重検定を応用したもの。たとえば、SarhanおよびGreenberg¹³を参照)では、両者とも0-9rad群と100+rad群の平均値間に有意差は認められなかった。

100 + groups. In the Hiroshima C+ sample the 10-99 rad group mean was significantly smaller than the 0-9 rad mean, while in the Nagasaki C- sample the 10-99 rad mean was significantly larger than every other mean.

Within both the C+ and C- groupings, the mean values of R_1 and R_2 were highly significantly larger for Nagasaki than Hiroshima. Whether contraception was employed or not, the Nagasaki sample demonstrated a greater likelihood for conception and birth than the Hiroshima sample.

A question raised earlier was whether exposure to atomic radiation might effect the quality of reproduction. Did those in the high dose groups suffer a greater proportion of miscarriages than those in the other dose groups? Table 8 lists the percentages of those who conceived at least once and for whom one or more of those conceptions resulted in a miscarriage. A miscarriage was considered to be a spontaneous abortion or stillbirth.

広島C+群では10-99rad群の平均値は0-9rad群のそれよりも有意に小さかったが、長崎のC-群では10-99rad群の平均値は他のいづれよりも有意に大きかった。

C+群、C-群とも、 R_1 および R_2 平均値は長崎の方が広島よりもきわめて有意に大きかった。したがって避妊の有無にかかわらず、長崎の対象群では妊娠および出産の可能性が広島よりも大きいことを示している。

先に、原爆放射線被曝が妊娠の質に影響を及ぼすかどうかの問題を提起した。高線量群の者は、他の線量群の者よりも流産の頻度が高かったであろうか。表8は、1回以上妊娠し、しかもその妊娠が1回以上流産に終わっている者の百分率を示す。流産とは、自然流産または死産ということにした。

TABLE 8 PERCENT OF WOMEN WITH MISCARRIAGES

表8 流産婦人頻度

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C+	29.3	34.1	28.5	25.5	28.1	40.3	45.6	28.1	50.0	9.5	41.0
C-	42.4	37.9	36.3	47.7	61.0	32.9	38.2	20.0	40.0	36.5	35.1
Total 合計	35.1	35.7	32.0	35.4	41.0	33.6	41.0	23.7	42.9	28.8	37.5

As seen in Table 8, sizeable percentages of women in the samples experienced miscarriages. For both contraception groups in Nagasaki and for the C+ group in Hiroshima, there was no significant variation of the percentages with dose (for the Nagasaki C- sample the difference was suggestive, $.05 < P < .10$, apparently due to the small percentage in the 0-9 rad group). However for the C- group in Hiroshima, there was a highly significant difference. Of those in the 100+ group 61% (25 of 41) miscarried at least once, while only 36% (45 of 124) of those in the 0-9 rad group did so. It is not clear why a high percentage existed for the 100+ rad group in the C- sample and not for the 100+ rad group in the C+ sample. If exposure to atomic radiation increased the likelihood of misconception, it should have done so for both groups.

表8に見られるように、対象集団中流産を経験した婦人はかなりの率に上った。長崎の両避妊別群および広島C+群において、その率には線量による有意の差はなかった。(長崎C-群においては、その差は $.05 < P < .10$ で示唆的であったが、これは0-9rad群の率が低いためと思われる)。しかし、広島C-群では、きわめて有意な差があった。100+群のうち、61%(41人中25人)は1回以上流産を経験しているが、0-9rad群ではわずか36%(124人中45人)であった。C-群中の100+rad群における率が高く、C+群中の100+rad群で高くない理由は明らかでない。原爆被曝によって流産の可能性が増したならば、両群ともに認められるべきものであろう。

In addition to finding the percentages of women who miscarried at least once, it was of interest to

1回以上流産を経験した婦人の頻度を求める以外に興

TABLE 9 PERCENT OF PREGNANCIES TERMINATING IN MISCARRIAGES

表9 流死産妊娠率

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0.9	10.99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0.9	10.99	100-199	200+rad
C+	11.5	11.6	11.1	10.9	13.0	12.7	14.2	10.7	12.1	6.8	16.2
C-	22.1	19.6	21.0	24.3	26.9	13.9	18.4	7.8	15.5	14.0	13.9
Total 合計	15.7	14.7	15.1	16.6	17.8	13.4	16.5	9.3	14.5	12.2	15.0

see if the actual number of miscarriages varied according to dose. Might the pregnancies of those in the high dose groups repetitively result in spontaneous abortion or stillbirth? Table 9 lists the percentages of all pregnancies which terminated in miscarriage.

When the χ^2 tests for homogeneity were performed for the four city-contraception groups, significant differences were found for the Nagasaki C- sample, the significance being caused by the high percentage for the NIC group and the low percentage for the 0.9 rad group. Surprisingly the differences for the Hiroshima C- sample, which demonstrated a highly significant dose effect upon the percentages of women with miscarriages, were far short of significance. Differences among the percentages of pregnancies which ended in miscarriage were negligible for both C+ samples.

In both Tables 8 and 9, the overall mean percentages in Hiroshima of the C- samples were highly significantly larger than the overall means of the C+ samples. For Nagasaki the C+ percentages were larger but not significantly so. In comparing the overall mean percentages of the C+ and C- samples for city differences, in both Tables 8 and 9 the means for Hiroshima were significantly higher than those of Nagasaki for the C- sample. However, for the C+ sample, the Nagasaki means were higher, and in Table 8, the difference was significant.

It is possible to measure fertility from the times required to first conceive and to first deliver birth. The larger the time, the less fertile the individual. Table 10 lists the average times, in months, to the first conception and first live birth. Since contraception was generally not practiced until after the first pregnancy, the sample was not divided into C+ and C- sections. Since also the effect of marriage length was found to be insignificant (in the R_1 and R_2 studies it was highly significant), means are listed only according to city and dose.

味あるのは、流死産の実数が線量に伴って変化するかどうかを調べることである。高線量群の者の妊娠は、自然流死産を反復する可能性があるであろうか。表9は流死産に終わった妊娠全例の百分率を示したものである。

両市の計4避妊別群について同質性に関する χ^2 検定を行なったところ、長崎C-群に有意差が認められたが、この有意性は市内不在群の高率と0.9 rad群の低率に由来するものである。流死産婦人の頻度にきわめて有意な線量影響が認められた広島C-群において意外にも流死産率は全く有意差を示さなかった。両市ともC+群では流死産率の差は問題とするにたりないものであった。

表8および9のいずれにおいても広島におけるC-群の全平均率は、C+群のそれよりもきわめて有意に高かった。長崎の場合は、C+群の方が高率であったが、その差は有意でなかった。C+群およびC-群の全平均率における都市差を比較すると、表8、9ともに、C-群に関しては広島の前平均値が長崎のそれよりも有意に高かった。しかし、C+群の場合、長崎の前平均値のほうが高く、表8ではその差は有意であった。

初回妊娠および出産までに必要な期間から妊孕力の計測が可能である。その期間が長ければ長いほど妊孕力は劣る。表10は、初妊および初産までの平均期間を月単位で示したものである。概して避妊の開始は初回妊娠の後なので、対象群をC+群とC-群に分類しなかった。また、結婚期間の影響は有意でない(R_1 , R_2 調査では、きわめて有意であったが)と考えられたので、平均値は市別および線量別にのみ示した。

TABLE 10 MEAN TIMES TO FIRST CONCEPTION AND LIVE BIRTH

表10 初妊および初生産までの平均期間

City 市別	Months to First Conception 初妊までの月数					Months to First Live Birth 初生産までの月数						
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
Hiroshima 広島	9.99	9.92	10.31	9.90		9.44	21.8	22.9	21.8	21.8		19.8
Nagasaki 長崎	8.52	9.26	7.74	6.84	8.83	9.17	19.4	20.6	17.8	16.7	18.9	21.6

In neither Hiroshima nor Nagasaki was the effect of radiation dose significant. Again there was a significant city effect, the mean values of T_1 and T_2 being larger in Hiroshima.

The discussions in this section have thus far concerned the post-45 ms. The pre-45 ms consists of a different type of individual, one who had been married and perhaps conceived one or more times prior to the A-bombs. For this sample we sought to determine whether the A-bombs affected subsequent pregnancies. We first consider age group 1, those aged less than 35 in August 1945.

As in the post-45 ms, large percentages of those in the C- groupings and small percentages of those in the C+ groupings failed to conceive. Tables 11 and 12 show the percentages of women with zero pregnancies and live births respectively. There were no significant differences in the percentages according to dose.

広島、長崎のいずれにおいても放射線量の影響は有意ではなかった。広島では T_1 および T_2 の平均値がより大きくここにも市別の有意差を認めた。

この項でいままで述べたことは、1945年後結婚群に関してである。1945年前結婚群は、原爆以前に結婚しており、しかもおそらく1回以上妊娠経験がある異種の対象者からなっている。本群については、原爆が以後の妊娠に影響を及ぼしているかどうかを確かめるために検討を行なった。まず、1945年8月当時35歳未満であった第1年齢群について考慮してみる。

1945年後結婚群と同様に、不妊の者はC-群においては高率で、C+群では低率である。表11と12は、それぞれ妊娠および生産を経験しない婦人の率を示すが、線量による有意差はなかった。

TABLE 11 PERCENT OF WOMEN WITH ZERO PREGNANCIES, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE

表11 不妊婦人頻度, 1945年前結婚群

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C+	3.9	3.1	4.7	5.4	0.0						
C-	28.0	29.0	24.3	28.6	37.5						
Total 合計	22.4	22.7	19.9	23.7	26.3	12.1	16.7	7.1	13.3	20.0	4.8

TABLE 12 PERCENT OF WOMEN WITH ZERO LIVE BIRTHS, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE

表12 生産無経験婦人頻度, 1945年前結婚群

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C+	18.0	25.0	11.9	18.9	17.6						
C-	37.7	37.0	34.7	40.0	42.5						
Total 合計	33.2	34.1	29.6	35.6	35.1	14.3	16.7	12.2	13.8	20.0	9.5

TABLE 13 MEAN PREGNANCY RATES, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE ($R_2 > 0$)表13 平均妊娠率, 1945年前結婚群 ($R_2 > 0$)

Children Born by August 1945 1945年8月以前の出生児数		C+					C-				
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	
0, 1	.020	.019	.019	.021	.019	.016	.014	.015	.018	.016	
2+	.013	.012	.014	.012	.014	.013	.014	.012	.012	.022	
Total 合計	.017	.017	.017	.017	.017	.014	.014	.014	.014	.020	
Nagasaki 長崎		Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+				
0, 1			.026	.023	.029	.025	.026	.029			
2+			.026	.021	.031	.023	.024	.020			
Total 合計			.026	.022	.030	.024	.025	.025			

Table 13 lists the mean values of the pregnancy rate R_1 for those aged below 35 in August 1945 who conceived at least once after that time. The individuals within each city-contraception combination were classified by dose group and also by the number of children born prior to August 1945. Separate contraception groups were not considered for Nagasaki, however, because of the small numbers in the C+ sample. No significant differences in pregnancy rates existed among the means of the dose groups in either city. AOV for the birth rate R_2 for those aged less than 35 in August 1945 yielded the same results. There were no significant differences in either the percentages with zero live births or the birth rates for those with at least one live birth. Table 14 shows the mean values of R_2 . Both the pregnancy rate and birth rate were highly significantly larger in Nagasaki than Hiroshima.

Table 15 lists the percentages of those who conceived at least once after the A-bombs who experienced at least one miscarriage. In Hiroshima, the percentage for the 100+ rad dose group is high in the C+ sample and low in the C- sample, however in neither case is there significant difference from the other percentages. In Nagasaki, no significant difference was found between the percentages for the high (100+ rad) and low (NIC and 0-9 rad) dose groups.

Table 16 lists the percentages of pregnancies which ended in miscarriage. No significant variation according to dose was found. No city differences were evident in either Tables 15 or 16.

The discussion of the pre-45 ms thus far has been limited to those aged less than 35 in August 1945.

表13は, 1945年8月当時35歳未満で, その後1回以上経妊者の妊娠率 R_1 の平均値を示す。市別および避妊別の組み合わせは, 線量群と1945年8月以前の出生児数により分類した。ただし, 長崎ではC+群中の該当者数が少ないため, 避妊別の考慮はしなかった。両市とも各線量群の平均値間には有意差がなかった。1945年8月当時35歳未満の者の出産率 R_2 についても分散解析を行なったが, 同様の結果が得られた。生産を経験しない者の率にも, 生産回数1回以上の者の出産率にも有意差はなかった。表14は R_2 の平均値を示す。妊娠率および出産率とも長崎のほうが広島よりもきわめて有意に高かった。

表15は, 原爆後1回以上妊娠し, しかも1回以上流死産を経験した者の率を示す。広島では, 100+ rad 線量群の率はC+群に高くC-群に低いが, そのいずれの場合にも他の線量群の率との間に有意差はなかった。長崎では, 高線量群(100+ radの者)と低線量群(市内不在者および0-9 radの者)との間には率の有意差を認めなかった。

表16は, 流死産に終わった妊娠の率を示すが, 線量による有意差はなかった。表15および16のいずれにも都市差は認められなかった。

1945年前結婚群に関する考察は, これまで1945年8月

TABLE 14 MEAN BIRTH RATES, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE ($R_2 > 0$)表14 平均出産率, 1945年前結婚群 ($R_2 > 0$)

Children Born by August 1945 1945年8月以前の出生児数		C +					C -				
Hiroshima 広島	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad	
0,1	.138	.149	.129	.129	.153	.134	.131	.129	.135	.156	
2+	.107	.102	.108	.112	.098	.117	.121	.117	.109	.134	
Total 合計	.128	.137	.121	.124	.142	.124	.124	.122	.121	.144	
Nagasaki 長崎		Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+				
0,1			.196	.176	.183	.219	.216	.213			
2+			.198	.176	.228	.192	.172	.191			
Total 合計			.197	.176	.207	.203	.194	.203			

TABLE 15 PERCENT OF WOMEN WITH MISCARRIAGES, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE

表15 流死産婦人頻度, 1945年前結婚群

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C +	23.4	29.0	14.6	20.0	41.2						
C -	20.8	18.3	19.6	27.0	8.0						
Total 合計	21.5	21.6	18.3	25.2	21.4	22.1	6.7	25.6	34.6	31.3	15.0

TABLE 16 PERCENT OF PREGNANCIES TERMINATING IN MISCARRIAGE, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE

表16 流死産率, 1945年前結婚群

Contraception Group 避妊別	Hiroshima 広島					Nagasaki 長崎					
	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+	Total 計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
C +	8.7	11.8	6.0	6.9	13.5						
C -	11.0	9.3	12.0	12.6	5.3						
Total 合計	10.2	10.1	10.0	10.8	9.2	7.4	1.8	9.4	12.0	9.2	4.3

Age group 2 of the pre-45 ms (those aged 35-39 in August 1945) is constituted of individuals for whom the major period of child bearing has passed, and as such, may have reduced or marginal fertility. Conceivably, such a group could be more susceptible to impaired fertility as a result of atomic radiation.

Table 17 lists the percentages of those aged 35-39 in August 1945 who failed to conceive subsequently. There is certainly no evidence to suggest those in the high dose groups failed to conceive as much as those in the low dose groups. A striking feature of Table 17 is the large difference between the cities. Whereas roughly 60% of the Hiroshima women had

に35歳未満の者に限定してきた。1945年前結婚群中の第2年齢群, すなわち, 1945年8月当時35-39歳の年齢群は, 主要生殖期間が過ぎ, 妊孕力が減退または限界に近いと思われる者から成る。このような群は, 原爆被爆により, 妊孕力障害をいっそう受けやすいものと考えられよう。

表17は, 1945年8月当時35-39歳であり, その後不妊の者の率を示す。高線量群の不妊が低線量群より多いことを示唆する証拠は全くない。表17の著しい特徴は両市間における大差である。広島の人においては1945年以降不

TABLE 17 PERCENT WITH ZERO PREGNANCIES, PRE-1945 MARRIAGE SAMPLE
AGE 35-39 IN AUGUST 1945

表17 不妊婦人頻度, 1945年前結婚群(1945年8月当時35-39歳)

City 都市	Total 合計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100-199	200+rad
Hiroshima 広島	61.6	60.6	60.7	64.4		60.0
Nagasaki 長崎	28.6	25.0	35.3	37.5	20.0	14.3

TABLE 18 MEAN PREGNANCY AND BIRTH RATES IN STERILIZATION SAMPLE ($R_1 > 0$, $R_2 > 0$)

表18 不妊手術群の平均妊娠率および平均出産率 ($R_1 > 0$, $R_2 > 0$)

Index 指数	Total 合計	NIC 市内不在	0-9	10-99	100+rad
R_1	.070	.071	.069	.070	.070
R_2	.313	.303	.325	.305	.325

no pregnancies after August 1945, less than 30% of the Nagasaki women had no conceptions.

The final sample to be considered consists of a total of 345 Hiroshima and Nagasaki women who were married after the A-bomb and who had been sterilized or whose husbands had been sterilized sometime during their marriage. The average pregnancy and birth rates for this sample are given in Table 18. Here again, no significant dose effect existed. The average pregnancy and birth rates for the sterilization sample were significantly higher than those of the post-45 ms when considering those who had conceived and delivered at least once. All but 11 (3.2%) delivered at least once and all but 5 (1.4%) conceived at least once. Hence, it was apparently because of their large number of conceptions and births that individuals were sterilized.

妊の者が約60%であるが, 長崎のそれは30%未満である。

最後の対象群は, 原爆以後に結婚し, 結婚期間中に本人または夫が不妊手術を受けた広島および長崎の婦人計345名である。本群の平均妊娠率および生産率は表18に示すが, ここにも有意な線量影響は認められなかった。1回以上の経妊および経産者について比較を行なうと, 不妊手術群の妊娠率および出産率の平均値は, 1945年後結婚群よりも有意に高かった。(11人(3.2%)を除く全員が1回以上出産を, 5人(1.4%)以外の全員は1回以上妊娠を経験している)。したがって, これらの者が不妊手術を受けたのは頻回の妊娠および出産によるものと考えられる。

APPENDIX

付 録

Atomic Bomb Casualty Commission

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

RESEARCH PROJECT FORM

研 究 課 題 書 式

Place of Examination 診察場所
 Hiroshima 広島 Nagasaki 長崎

Project Title 研究題目		FERTILITY STUDY 出生力調査																		
Family Name 姓		Given Name 名 漢字及びふりがな								MF No.										
Investigator 調査者		SAWADA ET AL.				Sex M 男 <input type="checkbox"/> 性別 F 女 <input type="checkbox"/>		Age 年齢		Date of Record 調査年月日										
Birth Date: Patient 生年月日: 対象者		Present Spouse 現在の配偶者				Prior 1 1の以前		Prior 2 2の以前												
Marriage 婚姻状態	Spouse's Name (Maiden name if pertinent) 配偶者の氏名 (心要なときは結婚前の氏名)		Dates of Marriage 婚姻年月日			Long Separation (1 year or more) 長期の別居(1年以上)		Location of spouse A/B (address if known) 原爆投下時に配偶者のいた地点 (所番地が判っていれば記入)												
			Began 自		Ended 至	From 自		To 至												
Present 1. 現在			Day 日	Mo. 月	Yr. 年	Day 日	Mo. 月	Yr. 年												
Prior 1 2. 1の以前																				
Prior 2 3. 2の以前																				
All Pregnancies 現在までの妊娠歴			Number of Pregnancies 妊娠回数																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Date of Termination 終結年月日	Month 月																			
	Year 年																			
Termination 終 結	Living 生存																			
	Stillbirth 死産																			
	Spontaneous Abortion 自然流産																			
		Induced Abortion 人工流産																		
Duration of Pregnancy in Months 妊娠が続いた月数																				
Weight at Birth 出生時体重 kgm																				
Age at Death 死亡年齢																				
Additional History 付属事項																				
1. Did parents wish to have more children? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> 両親はもっと子供を作りたいと思ったことがあるか。はい いいえ																				
If no, state reason 1. _____ 思わない場合は																				
2. Have there been unsuccessful efforts to have more children? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> もっと子供を作りたいと努力したが不成功に終わったか。はい いいえ																				
If yes, when From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年 もし不成功に終わったのなら, From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年 それはいつか。 From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年																				
3. Have there been periods when no efforts were made to have children? Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> 子供を作る努力をしない時期があったか。はい いいえ																				
If yes, when From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年 もしあるのなら, From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年 それはいつか。 From 自 _____ Yr. 年 To 至 _____ Yr. 年																				
4. Has either parent been sterilized? Patient Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> _____ Yr. 年 両親のどちらかが不妊手術を受けているか。はい いいえ Spouse Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> _____ Yr. 年 配偶者 はい いいえ																				

MARITAL AND FERTILITY RECORD
婚姻と出生力の記録

MED53 162

REFERENCES

参考文献

1. WARREN S: Effects of radiation on normal tissues. Arch Pathol 35:121-7, 1943
2. SAWADA S, FINCH S: Fertility study Hiroshima and Nagasaki. Provisional research plan. ABCC TR 18-62
3. OUGHTERSON A, WARREN S: Medical Effects of the Atomic Bomb in Japan. New York, McGraw Hill, 1956
4. NEEL JV, SCHULL WJ: The effect of exposure to the atomic bomb on pregnancy termination in Hiroshima and Nagasaki. National Academy of Sciences-National Research Council. Publication No. 461. Washington DC, NAS-NRC, 1956
5. 石橋亨規, 太田 暁, 村上英子, 平位 剛, 池田昭太郎: 被爆患者の妊孕に関する調査. 広島産婦人科医会会誌1:75-85, 1962年
(ISHIBASHI M, OTA H, MURAKAMI E, HIRAI T, IKEDA S: Study on fertility of patients exposed to the atomic bomb. Report 1. Hiroshima Sanfujinka Ikai Kaishi - J Hiroshima Obstet Gynec Soc)
6. SEIGEL D: Frequency of live births among survivors of the atomic bombs, Hiroshima and Nagasaki. Radiat Res 28: 278-88, 1966
7. PEARL R: Contraception and fertility in 2000 women. Human Biol 4:363-407, 1932
8. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 1-68
9. SAWADA H: Sexual function in female atomic bomb survivors, 1949-1957, Hiroshima. ABCC TR 34-59
10. TIETZE C: Reproductive span and rate of reproduction among Hutterite women. Fertil Steril 8:89-97, 1959
11. BEEBE GW: Contraception and Fertility in the Southern Appalachians. Baltimore, Williams and Wilkins, 1942
12. OKADA H, TOMIYASU T, ISHIMARU T, et al: Risk of leukemia in children born to atomic bomb survivors. Manuscript in preparation
13. SARHAN A, GREENBERG B: Contributions to Order Statistics. New York, Wiley, 1962