

MORTALITY IN CHILDREN EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB
HIROSHIMA – NAGASAKI, 1945-69

胎内被爆児の死亡率，広島・長崎1945 – 69年

HIROO KATO, M.D., M.P.H. 加藤寛夫



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。

MORTALITY IN CHILDREN EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB
HIROSHIMA - NAGASAKI, 1945-69

胎内被爆児の死亡率，広島・長崎1945 - 69年

HIROO KATO, M.D., M.P.H. 加藤寛夫



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

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

CONTENTS

目次

Summary	要約	.....	1
Introduction	緒言	.....	1
Method	方法	.....	2
Results	結果	.....	6
Discussion	考察	.....	13
References	参考文献	.....	15

Table 1. Potential sample size

表	用いうる調査群の大きさ	.....	3
2.	Sample and deaths by source of data, exposure status 調査対象と死亡数：資料源・被爆状態別	.....	4
3.	By T65 dose, city T 65D 線量・都市別	.....	5
4.	By exposure distance, city 被爆距離・都市別	.....	6
5.	Observed and expected deaths by city, T65 dose 観察死亡数と期待死亡数：都市・T 65D 線量別	.....	7
6.	By city, exposure distance 都市・距離別	.....	7
7.	By age at death, T65 dose 死亡時年齢・T 65D 線量別	.....	8
8.	By age at death, distance 死亡時年齢・距離別	.....	8
9.	Deaths by cause of death 死因別死亡数	.....	9
10.	Observed and expected deaths by cause of death, T65 dose 観察死亡数と期待死亡数：死因・T 65D 線量別	.....	10
11.	By cause of death, distance 死因・距離別	.....	10
12.	By trimester, T65 dose 妊娠期間・T 65D 線量別	.....	11
13.	By trimester, distance 妊娠期間・距離別	.....	11
14.	Summary of χ^2 comparisons of the distribution of concomitant variables among five dose groups 五つの線量群における関連変数分布の χ^2 検定の総括	.....	12
15.	Sample distribution by birth weight, T65 dose 調査対象の分布：出生時体重・T 65D 線量別	.....	12

The paper based on this report was accepted for publication by the American Journal of Epidemiology.

本報告に基づく論文は American Journal of Epidemiology に受理された。

Approved 承認 27 August 1970

MORTALITY IN CHILDREN EXPOSED IN UTERO TO THE ATOMIC BOMB HIROSHIMA - NAGASAKI, 1945-69

胎内被爆児の死亡率，広島・長崎1945 - 69年

HIROO KATO, M.D., M.P.H. (加藤寛夫)

ABCC Department of Statistics and Hiroshima Branch Laboratory, Japanese National Institute of Health, Ministry of Health and Welfare
ABCC 統計部および厚生省国立予防衛生研究所広島支所

SUMMARY. Mortality has been observed for 24 years from birth to 1969 in a cohort of 1300 persons exposed to the A-bombs while in utero in Hiroshima and Nagasaki. Mortality for the whole 24-year period increased with radiation dose. This increase of mortality with dose occurred during the first year of life. No increase in mortality was observed during the next 9 years of life, but mortality again increased significantly with dose after 10 years of age. No particular cause of death was found to be especially related to radiation dose except for perinatal deaths. Only three deaths from malignant neoplasms including one leukemia, occurred in the whole sample. The increase in mortality with dose was observed only for those exposed to the A-bombs in the third trimester. These increases in mortality with dose are not attributable to other concomitant variables such as parental age, birth order, socioeconomic, and other factors.

要約. 広島・長崎の胎内被爆児1300人について出生から1969年までの24年間の死亡を観察した。全期間の死亡率は、被曝線量とともに増加している。年齢別にみると線量に比例した死亡率の増加は1歳未満にみられるが、次の9年間は死亡率の増加は認められず、10歳以上に再び線量に比例した死亡率の増加が認められた。死因別には周産期死亡以外には死亡率が線量とともに増加しているような死因は認められない。全対象のうち、悪性新生物による死亡は3例(白血病1例を含む)にすぎない。妊娠後期に胎内で被爆した者のみに、線量に比例した死亡率の増加がみられた。この線量に比例した死亡率の増加は、放射線以外の因子、たとえば、両親の年齢、出生順位、社会・経済的要因、などの影響によるものではない。

INTRODUCTION

Experimental evidence amply indicates that ionizing radiation shortens life in animals.^{1,2} In man, the JNIIH-ABCC Life Span Study³ of A-bomb survivors based on a cohort of 100,000 has revealed that mortality from all causes of death increased linearly with radiation dose for the period 1950-66. Besides the well known radiation effect on leukemia, a significant increase in mortality from malignant neoplasms has recently been observed for the period 1962-66. Since the fetus might be more sensitive

緒言

動物については電離放射線が寿命を短縮させることを示す数多くの実験がある。^{1,2} 一方、人間については、100,000名を対象に行なっている予研-ABCCの被爆者寿命調査³において、全死因による死亡率が、1950-66年の期間に放射線量とともに直線状に増加することが認められた。すでによく知られている白血病に対する放射線の影響以外に、1962-66年の間に悪性新生物による死

to ionizing radiation, the children exposed in utero are not included in the aforementioned Life Span Study. Past medical examinations of in utero exposed children revealed an elevated incidence of microcephaly with mental retardation,^{4,5} delay in growth and development⁶ and suppression of antibody production⁷ among those proximally exposed. Yamasaki et al⁸ reported higher neonatal or infant mortality among children exposed in utero within 2000 m from the hypocenter as compared with the distally or nonexposed in Nagasaki. The number of subjects, however, was very small. Therefore, a large scale study was made⁹ of mortality during the period 1945-63 among children exposed in utero, but no definite relationship between mortality and exposure distance was observed. This report extends the previous report by 6 years, to mortality through 1969.

The present analyses moreover are based on radiation dose estimates which only recently became available so that radiation effects can be studied more effectively than in the previous report which employed only exposure distance.

METHOD

Sample. Children born from the time of the A-bomb to 31 May 1946 were defined as in utero exposed children. As the potential sample size is small, all available sources were used in enumerating the sample for study. Available sample sources are birth records, the ABCC Master File, and the 1960 A-bomb Survivors Survey. The ABCC Master File is a central file and was derived from all the previous random and nonrandom surveys by ABCC and from referrals. The 1960 A-bomb Survivors Survey was a supplementary survey at the 1960 Census which was conducted on A-bomb survivors and children exposed in utero residing in Hiroshima and Nagasaki prefectures.

Since both the ABCC Master File and the 1960 A-bomb Survivors Survey would fail to enumerate deceased subjects, these two sources were used as ancillary sources of data to supplement the birth records. The in utero exposed and control children obtained from all three sources totalled 5894 in Hiroshima and 4477 in Nagasaki.

An extensive field survey was performed on all subjects to determine the mother's exposure status and the number of unknown cases was found to be less than 5% as shown in Table 1. A matched sample was drawn from the aforementioned roster of children with Honseki* and whose

亡率が有意に増加していることが最近認められた。胎児は電離放射線に対して感受性が高いと考えられるので、胎内被爆児は上述の寿命調査対象に含まれていない。胎内被爆児の検診では、近距離被爆者においては知能低下を伴う小頭症の増加、^{4,5} 成長発育の遅延⁶ および抗体産生の抑制⁷ が認められた。また、Yamasaki らの報告⁸ によれば、長崎において遠距離被爆者または非被爆者に比べて、爆心地から2000m未満の胎内被爆児の新生児死亡率および乳児死亡率は高い。しかし、その調査対象例はきわめて少数であった。そこで、1945-63年の期間における胎内被爆児の死亡率について大規模な調査を実施したが、⁹ 死亡率と被爆距離との間に明確な関係は認められなかった。本報告では、この調査期間をさらに6年延長し、1969年末までの死亡を観察した。

なお、ここに示す解析は、ごく最近入手した線量推定値に基づくもので、被爆距離のみを用いた前回の報告よりもさらに有効に放射線の影響を検討することができた。

方法

対象. 原爆時から1946年5月31日までの間に出生した者を胎内被爆児と定義した。用いうる対象群の大きさが小さいので、対象者の設定にあらゆる資料源を用いた。利用できる資料源には、出生記録、ABCC基本名簿、および1960年被爆者調査がある。基本名簿はABCCにおける基本的な名簿で、ABCCが過去に実施したすべての無作為的および作動的抽出調査ならびに紹介例に基づいて作成されたものである。1960年の原爆被爆者調査とは、広島・長崎両県に居住する原爆被爆者と胎内被爆児を対象として、1960年の国勢調査時に行なわれた調査である。

ABCC基本名簿および1960年の被爆者調査には、死亡者を登録しないので、これら二つの資料源は出生記録を補足するために用いた。三つの資料源から入手した胎内被爆児およびその対照児の総数は、広島では5894人、長崎では4477人であった。

母親の被爆状態を調べるため広範な野外調査を行なったが、被爆状態が判明しなかった者は5%以下であった(表1)。母親の被爆状態がわかっており、本籍が判明している子供の前記の名簿から対照者を選んだ。被爆距離

*The official family registration system based on a permanent address (HONSEKI). Changes of address and vital events must be reported to the local office of custody of the records. The record itself is the KOSEKI, the office of custody is the KOSEKI-KA.

TABLE 1 POTENTIAL SAMPLE SIZE

表1 用いる調査群の大きさ

Eligibility and exposure status 対象者としての 適格性および被 爆状態	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	Birth record with or without other sources 出生記録がある (他の資料源に 含まれるものも 含む)	No birth record Master File with or without 1960 survey 出生記録はないが、基本 名簿で確認されたもの (1960年調査資料に含 まれるものも含む)	1960 survey only 1960年の 調査資料 のみ	Birth record with or without other sources 出生記録がある (他の資料源に 含まれるものも 含む)	No birth record Master File with or without 1960 survey 出生記録はないが、基本 名簿で確認されたもの (1960年調査資料に含 まれるものも含む)	1960 survey only 1960年の 調査資料 のみ
Eligible* 適格者数	3900	1004	829	3558	412	286
0-1499 m	270	58	70	55	7	11
1500-1999	331	89	121	85	12	9
2000-2999	530	130	162	342	47	56
3000-9999	862	186	231	1396	158	155
Not-in-city 市内不在	1755	514	77	1651	182	45
Early entrant 早期入市者	152	27	168	29	6	10
Not eligible 不適格者数	92	58	11	170	36	15
Honseki unknown 本籍不明のもの	22	11	9	77	15	12
Distance unknown** 被爆距離不明のもの	70	47	2	93	21	3
Total 合計	3992	1062	840	3728	448	301

*Koseki (honseki) and distance from hypocenter known. 戸籍(本籍)および爆心地からの距離の判明しているもの。

**Includes distance and honseki unknown. 距離および本籍ともに不明のものを含む。

mother's exposure was known. All subjects in the group within 1500 m were included in the study sample and comparison subjects were selected from the distance groups 1500-1999 m, 2000-2999 m, and 3000-3999 m having the same source, city, and sex, and the closest match possible for month of birth. From the nonexposed groups two matched subjects were selected for each index subject. The study sample thus selected totalled 2347 in Hiroshima and 427 in Nagasaki. The distribution of the study sample by mother's exposure status, sex, and city is shown in Table 2.

Ascertaining Survival Status. Registration of deaths in the koseki is compulsory in Japan under the Koseki Law. Accordingly, if the honseki is known, the survival status of any individual can be determined. Koseki was checked for the entire study sample in March 1970. The number of deaths thus ascertained is shown in Table 2. Cause of death was obtained through the Japanese vital statistics death schedules kept at Health Centers throughout Japan.

Radiation Dose. Radiation dose based on T65 Dose estimates¹⁰ which takes into consideration not only exposure distance but also shielding conditions is available for almost 98% of the exposed mothers. In the analysis total dose with neutrons and gamma combined 1:1 was used.

が1500 m未満の者全員を対象に入れ、対照者を1500-1999 m, 2000-2999 mおよび3000-3999 mの各被爆群から、資料源、都市、性、および出生月をできる限り近似するように選んだ。1500 m未満の各胎内被爆児に対応する2例を非被爆群から抽出した。このようにして選択した調査群の総数は、広島では2347人、長崎では427人になった。母親の被爆状態別、性別および都市別の調査対象者分布を表2に示した。

生死の確認。日本の戸籍法によれば、死亡は戸籍に登録する義務がある。したがって、本籍地が判明していれば生死を確認することができる。1970年3月、全調査対象について戸籍照合を行なった。それによって確認された死亡数を表2に示した。日本全国各地の保健所に保管されている人口動態死亡票から死亡例の死因を転記した。

放射線線量。被爆距離ばかりでなく、遮蔽状態も考慮に入れているT65D線量推定法¹⁰に基づいて、被爆した母親のほとんど98%について放射線線量を推定した。本解析では、中性子量とガンマ線量を1:1の割合で合計して用いた。

TABLE 2 SAMPLE AND DEATHS USED FOR STUDY BY SOURCE OF DATA, EXPOSURE STATUS, SEX AND CITY

表2 調査対象群および死亡数：資料源・被爆状態・性および都市別による調査

Exposure status 被爆状態		Source 資料源							
		Total 計		Birth record 出生記録		Master File 基本名簿		1960 Census 1960年被爆者調査	
		Male 男	Female 女	Male 男	Female 女	Male 男	Female 女	Male 男	Female 女
Hiroshima 広島									
Total 合計	Sample 対象者数	1125	1222	796	819	163	161	166	242
	Deaths 死亡数	142	129	116	109	24	18	2	2
	Rate/100 死亡率	12.6	10.6	14.6	13.3	14.7	11.2	1.2	.8
Exposed 被爆者	Sample	764	848	530	543	105	103	129	202
	Deaths	109	93	86	77	21	15	2	1
	Rate/100	14.3	11.0	16.2	14.2	20.0	14.6	1.6	.5
Nonexposed 非被爆者	Sample	361	374	266	276	58	58	37	40
	Deaths	33	36	30	32	3	3	0	1
	Rate/100	9.1	9.6	11.3	11.6	5.2	5.2	-	2.5
Nagasaki 長崎									
Total 合計	Sample	215	212	161	168	11	26	43	18
	Deaths	36	33	29	28	7	5	0	0
	Rate/100	16.7	15.6	18.0	16.7	63.6	19.2	-	-
Exposed 被爆者	Sample	141	140	107	112	7	16	27	12
	Deaths	23	17	19	14	4	3	0	0
	Rate/100	16.3	12.1	17.8	12.5	57.1	18.8	-	-
Nonexposed 非被爆者	Sample	74	72	54	56	4	10	16	6
	Deaths	13	16	10	14	3	2	0	0
	Rate/100	17.6	22.2	18.5	25.0	75.0	20.0	-	-

Factors other than Radiation Affecting Mortality. Mortality, especially infant mortality, is influenced by numerous variables such as parent's age, birth weight, and socioeconomic conditions. Data on these concomitant variables were extracted from existing records (i.e., ABCC Master File, birth records, and mail questionnaires which include such items as birth order, birthweight, parent's survival status, parent's birth place, parent's education, parent's occupation, size of living quarters, and food costs per month).

Sample Used in the Analysis. Mortality for persons whose names were drawn from the "1960 Survivors Survey" is available only after 1960 and the duration of "follow-up" mortality for the "Master File" portion is somewhat vague and shorter than the follow-up available for the "Birth Records" portion. It is obvious, therefore, that "Birth Records" is the best among these three sources from the standpoint of follow-up period, and since "Birth Records"

死亡に影響を及ぼす放射線以外の因子。死亡率、特に乳児死亡率は、親の年齢、出生時体重および社会・経済状態など多くの因子の影響を受ける。これらの関連因子についての資料は、現存の記録、すなわち、ABCC基本名簿、出生記録および出生順位、出生時体重、両親の生死、両親の出生地、両親の学歴、職業、住居の大きさ、1か月当たりの食費などについて尋ねた郵送質問票から抽出したものである。

解析に用いた対象群。「1960年被爆者調査」からその名前の得られた者については、1960年以降の死亡のみが調査できる。一方「基本名簿から得られた者」の死亡追跡期間は、「出生記録」のそれに比べてややあまいで短い。したがって、追跡期間の見地からは以上の三つの資料源のうち「出生記録」が明らかに最良である。対象になりうるものの大部分(70%)については出生記録があるの

are available for the majority (70%) of the total sample, it was considered advisable to concentrate the mortality analysis on the "Birth Records" group. The advantages of this restriction which eliminates the possible bias in mortality should more than compensate for the disadvantage of reduced sample size.

A previous analysis⁹ showed a difference in distribution of such concomitant variables as maternal age, birth order, parent's occupation, and parent's education between exposed mothers and nonexposed mothers. In general, these differences in distribution of concomitant variables are such as to inflate mortality rates in the exposed as compared with the nonexposed, but there was no apparent difference in these variables among distance subdivisions of the exposed group.

In the present analysis, therefore, the sample is limited to subjects enumerated from birth records and whose mothers were exposed. The distribution by radiation dose group of the sample used in the present analysis is shown in Table 3.

TABLE 3 SAMPLE AND DEATHS USED FOR PRESENT ANALYSIS BY T65 DOSE AND CITY, 1945-69, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表3 解析に用いた調査対象および死亡数：放射線量(T65D線量)・都市別
1945-69年、出生記録群のうちの被爆者のみ

T65 dose 線量	Median dose 線量 中央値	Subjects 対象者数		Deaths 死亡数	
		Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎
Total 合計		1073	219	163	33
0-9 rad	0 rad	680	115	102	15
10-39	18	189	34	23	4
40-179	72	141	39	26	6
180+	293	42	26	11	7
Unknown 不明		21	5	1	1

Since 2% of the total sample are of unknown dose, an analysis based on exposure distance is also employed, as a supplement. The sample was divided into four distance groups for Hiroshima and for Nagasaki so as to have the same median doses in each distance group in each city as shown in Table 4.

Statistical Considerations. The analyses have all been controlled by city, sex, and month of birth (trimester). Comparisons are either standardized or specific for these three variables.

Subjects were divided into five dose groups; 0-9 rad, 10-39, 40-179, 180+, and unknown. Expected values are

で、「出生記録」のあるものを中心に死亡率を解析することが望ましいと思われた。この制限は死亡率に偏りが導入されることを除去するという利点があるので、対象群の大きさが縮小されるという不利を十二分に補うのである。

以前の解析では、⁹ 被爆した母親と非被爆の母親との間におけるその母親の年齢、出生順位、親の職業、教育程度などのような関連因子の分布に差を認めた。これら被爆以外の死亡に関連する因子の分布差は、一般的に非被爆者に比べて被爆者の死亡率を高くする方向に働いているが、被爆者の距離区分群の間ではこれらの因子の分布に明らかな差異はなかった。

したがって本解析では、対象者は、出生記録がある者で、その母親が被爆している者から選んだ。対象者の線量群別分布を表3に示した。

対象者の2%については線量が不明であるので、補足的に被爆距離に基づく解析も行った。表4に示すように、広島・長崎両市のそれぞれの距離群における線量中央値が一致するように、広島および長崎群を四つの距離群に区分した。

統計学的考察。 解析は、すべて都市別、性別、出生月(妊娠期間)別に行なった。これら三つの変数を標準化し、または変数別に比較を行なった。

対象者は、0-9 rad, 10-39, 40-179, 180+および線量不明の五つの群に区分した。期待値は、線量によ

TABLE 4 SAMPLE AND DEATHS USED FOR PRESENT ANALYSIS BY EXPOSURE DISTANCE AND CITY. 1945-69, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表4 解析に用いた調査対象および死亡数：被爆距離・都市別

1945-69年，出生記録群のうちの被爆者のみ

Group 群	Exposure distance 被爆距離		Median dose 線量 中央値	Subjects 対象者数		Deaths 死亡数	
	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎		Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎	Hiroshima 広島	Nagasaki 長崎
Total 合計				1073	219	163	33
IV	<1200 m	<1500 m	199 rad	74	55	16	13
III	1200-1399	1500-1799	60	127	31	21	2
II	1400-1699	1800-2099	18	173	27	23	4
I	1700+	2100+	0	699	106	103	14

calculated based on the assumption that there is no difference in mortality by dose. The ratio of observed to expected deaths indicates, therefore, a kind of relative risk. Seven different tests were performed on each table among which the results for the following four tests are shown in the text tables: (1) difference between dose known group and dose unknown group, (2) linear increase with dose, (3) quadratic increase with dose, and (4) non-homogeneity of four known dose groups.

In the analysis based on exposure distance the same statistical tests were employed as in the analysis based on dose, using the median dose for each distance group. A detailed explanation of the tests employed is given elsewhere.³

RESULTS

Total Mortality (All Causes of Death). Among a total 1292 subjects 196 deaths were observed during the 24 years, 1945-69 in Hiroshima and Nagasaki. Subjects for the study were divided into the five dose groups and expected deaths were calculated under the assumption that there is no difference in mortality among the dose groups. The expected deaths are standardized for sex, month of birth (trimester), and city. The mortality ratio (O/E) increased with dose regularly as shown in Table 5. The mortality ratio increased by approximately 2%-3% for every 25 rad.

In Hiroshima a significant linear increase in mortality with dose was also observed. In Nagasaki where the sample size is small, the increase in mortality is not statistically significant at the 5% level. A supplementary analysis based on exposure distance (Table 6) is in essential agreement with the results based on dose.

って死亡率に差はないという仮定に基づいて計算した。観察死亡数対期待死亡数の比は、一種の相対的危険率を示すものである。各表について7種の検定を行なったが、そのうち次の四つの検定結果を本文の表に掲げた：(1)線量既知群と線量不明群との差，(2)死亡率が線量とともに直線的に増加，(3)死亡率が線量とともに二次曲線的に増加，(4)四つの線量既知群の非均質性。

被爆距離に基づいて行なった解析では、線量に基づいて行なった解析と同じ統計的検定法を用いたが、各距離群の線量中央値を計算した。使用された検定については、別に詳しく説明した。³

結果

全死亡率(全死因)，広島と長崎において，1945-69年の24年間に，対象者総計1292人中，196人の死亡があった。調査対象者を五つの線量群に区分し，線量群間に死亡率の差がないという仮定のもとに，期待死亡数を計算した。期待死亡数は性，出生月(妊娠期間)および都市を標準化して計算した。死亡比(観察数と期待数の比)は，表5に示すように，線量に比例して増加した。死亡比は25 rad 当たり約2%-3%増加した。

広島では，線量とともに死亡率が有意に直線的な増加を示した。対象者の数が少ない長崎では，死亡率の増加は，5%水準において統計的には有意でない。被爆距離に基づいて行なった補足的な解析の結果(表6)は線量に基づいて行なった解析の結果と本質的に一致している。

TABLE 5 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY CITY AND T65 DOSE, 1945-69,
BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表5 観察死亡数および期待死亡数：都市・T65D線量別，1945—69年，
出生記録群のうちの被爆者のみ

City 都市	Statistic 統計量	Total 計	T65 dose 線量別 (rad)					Test 検定			
			0-9	10-39	40-179	180+	Unk 不明	K	L	Q	H
H+N 広島 長崎	Observed 観察死亡数	196	117	27	32	18	2	NS	**	*	*
	Expected 期待死亡数		119.8	34.1	27.8	10.5	3.8				
	O/E 比		.98	.79	1.15	1.71	.52				
H 広島	Sample 対象	1292	795	223	180	68	26	NS	*	Sug	Sug
	O/E 比		.99	.80	1.19	1.71	.33				
	Observed 観察死亡数		163	102	23	26	11					1
N 長崎	Sample 対象	1073	680	189	141	42	21	NS	Sug	NS	NS
	O/E 比		.89	.76	1.00	1.72	1.28				
	Observed 観察死亡数		33	15	4	6	7					1
	Sample 対象	219	115	34	39	26	5				

Expected deaths standardized for sex, and month of birth (Trimester). 期待死亡数は，性および出生月(妊娠期間)を標準化して計算した。

The tests against the alternatives are abbreviated as follows:

- K Nonhomogeneity of known vs unknown dose (two-tailed)
- L Linear increase with dose (one-tailed)
- Q Quadratic increase with dose
- H Nonhomogeneity of four known dose group, regardless of pattern
- ** Significant at 1% level (.01 > P)
- * Significant at 5% level (.05 > P > .01)
- Sug Suggestive (.10 > P > .05)
- NS Not significant (P > .10)

- 1%水準で有意
- 5%水準で有意
- 示唆的
- 有意でない

検定に用いた対立仮説は次のように略記した：

- 線量既知群と線量不明群が非均質性(両側検定)
- 線量とともに直線的に増加(片側検定)
- 線量とともに二次曲線的に増加
- 傾向とは無関係に四つの線量既知群の非均質性

TABLE 6 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY CITY AND EXPOSURE DISTANCE 1945-69,
BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表6 観察死亡数および期待死亡数：都市・距離別，1945—69年，
出生記録群のうちの被爆者のみ

City 都市	Statistic 統計量	Total 計	Distance group 距離群別†				Test 検定		
			I	II	III	IV	L	Q	H
H+N 広島 長崎	Observed 観察死亡数	196	117	27	23	29	**	NS	NS
	Expected 期待死亡数		121.6	31.1	23.9	19.5			
	O/E 比		.96	.86	.96	1.49			
H 広島	Sample 対象	1292	805	200	158	129	*	NS	Sug
	O/E 比		.97	.86	1.08	1.42			
	Observed 観察死亡数		163	103	23	21				16
N 長崎	Sample 対象	1073	699	173	127	74	*	NS	NS
	O/E 比		.88	.91	.44	1.58			
	Observed 観察死亡数		33	14	4	2				13
	Sample 対象	219	106	27	31	55			

Expected deaths are standardized for sex, and month of birth (trimester).

期待死亡数は，性および出生月(妊娠期間)を標準化して計算した。

† See Table 4. 表4参照。

- Test 検定 - L Linear increase with dose (one-tailed) 線量とともに直線的に増加(片側検定)
- Q Quadratic increase with dose 線量とともに二次曲線的に増加
- H Nonhomogeneity of four distance group, regardless of pattern. 傾向とは無関係に四つの被爆距離群の非均質性。

Age at Death. The subjects became aged 23-24 at the end of 1969. Age specific mortality ratios were calculated for the following three age ranges: under 1 year, 1-9 years, and 10 years and over. As shown in Table 7 significant increases in mortality with increasing dose were observed for those aged under 1 year and 10 years and over. However, no increase in mortality was observed at the intermediate ages, 1-9 years. Essentially the same results were observed in the analysis based on exposure distance, as shown in Table 8.

死亡時の年齢. 1969年末現在, 対象者は23-24歳になっていた. 年齢別死亡比を次の三つの死亡時年齢区間について計算した: 1歳未満, 1-9歳および10歳以上. 表7に示すように, 線量の増加とともに死亡比の有意な増加が1歳未満群および10歳以上の群に認められた. しかし, 中間の1-9歳群には, 死亡比の増加は認められなかった. 表8に示すように, 被爆距離に基づいた解析では, これと本質的に同じような結果が得られた.

TABLE 7 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY AGE AT DEATH AND T65 DOSE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表7 観察死亡数および期待死亡数: 死亡時年齢・T65D線量別, 広島・長崎, 出生記録群のうちの被爆者のみ

Age at death 死亡時年齢	Statistic	Total 計	T65 dose 線量別 (rad)					Test 検定			
			0.9	10.39	40-179	180+	Unk 不明	K	L	Q	H
<1	Observed 観察死亡数	104	60	11	19	13	1	NS	**	**	**
	Expected 期待死亡数		62.9	18.0	15.1	6.1	1.9				
	O/E 比		.95	.61	1.26	2.14	.52				
	Sample 対象	1292	795	223	180	68	26				
1-9	Observed 観察死亡数	70	45	13	9	2	1	NS	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		43.9	12.4	9.5	2.8	1.5				
	O/E 比		1.03	1.05	.95	.70	.68				
	Sample 対象	1188	735	212	161	55	25				
10+	Observed 観察死亡数	22	12	3	4	3	0	NS	*	NS	NS
	Expected 期待死亡数		13.6	4.1	2.8	1.0	0.6				
	O/E 比		.89	.74	1.45	2.89	.0				
	Sample 対象	1118	690	199	152	53	24				

See footnote Table 5. 表5の脚注を参照.

TABLE 8 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY AGE AT DEATH AND EXPOSURE DISTANCE HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表8 観察死亡数および期待死亡数: 死亡時年齢・被爆距離別, 広島・長崎, 出生記録群のうちの被爆者のみ

Age at death 死亡時年齢	Statistic 統計量	Total 計	Distance group 距離群別				Test 検定		
			I	II	III	IV	L	Q	H
<1	Observed 観察死亡数	104	60	13	13	18	*	NS	NS
	Expected 期待死亡数		63.5	16.2	12.8	11.5			
	O/E 比		.95	.80	1.01	1.57			
	Sample 対象	1292	805	200	158	129			
1-9	Observed 観察死亡数	70	46	13	6	5	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		44.9	11.3	8.4	5.5			
	O/E 比		1.03	1.15	.72	.92			
	Sample 対象	1188	745	187	145	111			
10+	Observed 観察死亡数	22	11	1	4	6	**	NS	NS
	Expected 期待死亡数		13.6	3.9	2.6	1.9			
	O/E 比		.81	.26	1.54	3.10			
	Sample 対象	1118	699	174	139	106			

See footnote Table 6. 表6の脚注を参照.

Cause of Death. For 55 of the total of 196 deaths (28%), cause of death was not available. These 55 deaths occurred almost exclusively within 1 year after birth, in 1945-46 and because of the confusion of the official vital statistics reporting system immediately after the war, death certificates were not available. The number of deaths by major groups of causes is shown in Table 9. Since the number of deaths is so small, cause specific mortality was analyzed only for a few major causes and the results are shown in Tables 10,11. For all natural causes of death the mortality ratio seems to increase with dose, as observed for all causes of death, though the differences in mortality are not statistically significant. Perinatal deaths also increased with dose. This is consistent with the fact that mortality for under 1 year of age increased with dose. No increase in mortality with dose was observed for other causes of death.

死因. 死亡総数 196 例のうち 55 例 (28%) については、死因を入手することができなかった。これら 55 例は、ほとんど 1945-46 年の生後 1 年以内に死亡したもので、終戦直後の人口動態統計の報告制度における混乱のため、死亡診断書が入手できなかったものである。主要死因群別の死亡数を表 9 に示した。死亡数が非常に少ないので、死因別死亡比の解析は少数の主要死因についてのみ行ない。その結果を表 10, 11 に示した。全死因について観察されたように、全病死については、死亡比は線量の増加とともに増加するようであるが、死亡比の差は統計的には有意ではない。周産期死亡比も線量の増加とともに増加した。これは 1 歳未満の死亡率が線量の増加とともに増加したという事実と一致している。その他の死因については、線量の増加とともに死亡率の増加は認められなかった。

TABLE 9 DEATHS BY CAUSE OF DEATH, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表 9 死因別死亡数, 広島・長崎, 出生記録群のうちの被爆者のみ

Cause of death 死因	ICD (8 th)	Deaths 死亡数
All causes 全死因		196
Cause unknown 死因不明のもの		55
Total cause known 死因の判明せるもの		141
Infective and parasitic diseases 伝染病および寄生虫病	000-136	59
Neoplasms 新生物	140-239	3
Allergy and nutrition アレルギーおよび栄養の疾患	240-279	5
Nervous system, sense organ 神経系, 感覚器の疾患	320-389	9
Circulatory system 循環器系の疾患	390-458	1
Respiratory system 呼吸器系の疾患	460-519	18
Digestive system 消化器系の疾患	520-577	2
Genito-urinary system 性尿器系の疾患	580-629	5
Skin and musculoskeletal system 皮膚および筋肉骨格系の疾患	680-738	1
Congenital malformation 先天奇形	740-759	1
Perinatal deaths 周産期死亡	760-779	19
Ill-defined conditions 診断名不明確の状態	780-796	9
Accidents 不慮の事故	800-999	9

Trimester. It is conceivable that dose effects on mortality may differ by month of birth. The study subjects were divided into approximate trimesters of gestation at exposure based on month of birth: (I) February-May 1946, (II) November 1945-January 1946, (III) August-October 1945. A significant increase in mortality with dose was observed only for the children who were exposed to A-bomb radiation in the third trimester in utero (i.e., those children born in August-October 1945) as shown in Table 12. This result was essentially duplicated by the analysis based on exposure distance, as shown in Table 13.

妊娠期間. 死亡率に対する線量の影響は、妊娠時期によって違うかもしれない。そこで、調査対象者を出生月に基づいて次のように被爆時の妊娠時期に区分した: (I) 妊娠前期—1946年2月—5月, (II) 妊娠中期—1945年11月—1946年1月, (III) 妊娠後期—1945年8月—10月。表 12 に示したように 1945 年 8 月—10 月に生まれた子供、すなわち、妊娠後期に原爆放射線を受けた者にのみ、線量の増加とともに死亡率の有意な増加が認められた。表 13 に示したように、被爆距離に基づいて行なった解析においても、同じような結果が得られた。

TABLE 10 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY CAUSE OF DEATH AND T65 DOSE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表10 観察死亡数および期待死亡数：死因・T65D線量別，
広島・長崎，出生記録群のうちの被爆者のみ

Cause of death 死因	Statistic 統計量	Total 計	T65 dose 線量別 (rad)					Test 検定			
			0-9	10-39	40-179	180+	Unk 不明	K	L	Q	H
All natural causes											
全病死	O/E 比		1.10	.66	.84	1.55	.37	NS	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	132	88	15	16	12	1				
	Sample 対象	1292	795	223	180	68	26				
Infective 伝染病	O/E 比		1.15	.70	.91	.62	.81	NS	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	59	41	7	8	2	1				
Neoplasms 新生物	O/E 比		1.00	.00	.00	13.7	.00	too few to test			
	Observed 観察死亡数	3	2	0	0	1	0				
Respiratory 呼吸器系の疾患	O/E 比		1.16	.95	.41	1.13	.00	NS	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	18	13	3	1	1	0				
Perinatal 周産期死亡	O/E 比		.96	.32	.95	2.56	.00	NS	*	*	Sug
	Observed 観察死亡数	19	10	1	3	5	0				
Cause unknown											
死因不明	O/E 比		.66	1.13	1.87	2.72	1.07	NS	*	Sug	NS
	Observed 観察死亡数	55	23	11	14	6	1				

See footnote Table 5. 表5の脚注を参照.

TABLE 11 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY CAUSE OF DEATH AND EXPOSURE DISTANCE 1945-69, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表11 観察死亡数および期待死亡数：死因・被爆距離別，1945—69年，
出生記録群のうちの被爆者のみ

Cause of death 死因	Statistic 統計量	Total 計	Distance group 距離群別				Test 検定		
			I	II	III	IV	L	Q	H
All natural causes 全病死	O/E 比		1.12	.68	.61	1.24	NS	*	Sug
	Observed 観察死亡数	132	90	14	10	18			
	Sample 対象	1292	805	200	158	129			
Infective 伝染病	O/E 比		1.11	1.07	.67	.67	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	59	40	10	5	4			
Neoplasms 新生物	O/E 比		.96	.00	.00	6.47	*	NS	NS
	Observed 観察死亡数	3	2	0	0	1			
Respiratory 呼吸器系の疾患	O/E 比		1.39	.00	.00	1.16	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	18	16	0	0	2			
Perinatal 周産期死亡	O/E 比		1.00	.39	.39	1.79	NS	NS	NS
	Observed 観察死亡数	19	10	1	1	7			
Cause unknown 死因不明	O/E 比		.62	1.47	1.69	2.28	**	NS	NS
	Observed 観察死亡数	55	22	13	11	9			

See footnote Table 6. 表6の脚注を参照.

TABLE 12 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY TRIMESTER AND T65 DOSE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表12 観察死亡数および期待死亡数：妊娠期間・T65D線量別，広島・長崎，
出生記録群のうちの被爆者のみ

Trimester 妊娠期間	Statistic 統計量	Total 計	T65 dose 線量別 (rad)					Test 検定			
			0-9	10-39	40-179	180+	Unk 不明	K	L	Q	H
I	Observed 観察死亡数	53	35	4	11	3	0	Sug	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		33.4	8.5	7.1	2.4	1.5				
	O/E 比		1.05	.47	1.54	1.23	.00				
	Sample 対象	414	259	65	58	20	12				
II	Observed 観察死亡数	78	50	11	10	5	2	NS	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		46.0	13.0	12.7	4.6	1.7				
	O/E 比		1.09	.85	.79	1.09	1.15				
	Sample 対象	501	302	85	76	27	11				
III	Observed 観察死亡数	65	32	12	11	10	0	NS	**	**	**
	Expected 期待死亡数		40.5	12.5	8.0	3.5	.6				
	O/E 比		.79	.96	1.38	2.88	.00				
	Sample 対象	377	234	73	46	21	3				

See footnote Table 5. 表5の脚注を参照.

TABLE 13 OBSERVED AND EXPECTED DEATHS BY TRIMESTER AND EXPOSURE DISTANCE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表13 観察死亡数および期待死亡数：妊娠期間・被爆距離別，広島・長崎，出生記録群のうちの被爆者のみ

Trimester 妊娠期間	Statistic 統計量	Total 計	Distance group 距離群別				Test 検定		
			I	II	III	IV	L	Q	H
I	Observed 観察死亡数	53	34	5	7	7	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		33.7	8.09	6.76	4.42			
	O/E 比		1.01	.62	1.04	1.58			
	Sample 対象	414	262	60	54	38			
II	Observed 観察死亡数	78	50	10	8	10	NS	NS	NS
	Expected 期待死亡数		47.0	11.8	10.1	9.1			
	O/E 比		1.06	.85	.79	1.10			
	Sample 対象	501	309	75	64	53			
III	Observed 観察死亡数	65	33	12	8	12	*	Sug	*
	Expected 期待死亡数		40.8	11.2	7.1	2.0			
	O/E 比		.81	1.07	1.13	2.03			
	Sample 対象	377	234	65	40	38			

See footnote Table 6. 表6の脚注を参照.

Concomitant Variables. Mortality, especially infant mortality, is known to be affected by numerous factors such as parental age, birthweight, and so on. If these concomitant variables were dissimilarly distributed among the comparison groups, serious bias in the analysis of mortality with respect to radiation might result. Homogeneity in the distribution of these factors among the five dose groups was tested by chi-square. As shown in Table 14, all factors except birthweight are distributed homogeneously among the five dose groups, so that these factors will not seriously affect the results of observations

関連変数。死亡率，特に乳児死亡率は，両親の年齢，出生時体重などの多くの因子に影響されることは周知の事実である。もし，これらの関連因子が比較群間に一様に分布していなければ，放射線について行なう死亡率の解析に大きな偏りが生ずる。そこで，これらの因子が五つの線量群の間に均一に分布しているか否かについて χ^2 検定を行なった。表14に示したように，出生時体重を除く全因子は五つの線量群間に均一に分布しているので，これらの因子は死亡率と放射線との関係について行なう解

on the relationship between mortality and radiation. As to birthweight, which is the only exception, the proportion of immaturity (birthweight under 2500 g) is higher in the high dose group, as shown in Table 15.

析には大きな影響を及ぼさない。唯一の例外であった出生時体重についていえば、表15に示したように、未熟児（出生時体重が2500 g未満）の割合が、高線量群に多い。

TABLE 14 SUMMARY OF χ^2 COMPARISONS OF THE DISTRIBUTION OF CONCOMITANT VARIABLES AMONG FIVE DOSE GROUPS, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表14 五つの線量群における関連変数分布の χ^2 検定の総括、
出生記録群のうちの被爆者のみ

Variables 変数	City 都市	Total 計	Male 男	Female 女	Variables 変数	City 都市	Total 計	Male 男	Female 女
Maternal age 母親の年齢	H+N H N	広島, 長崎 広島 長崎	- - -	- - -	Schooling, mother 学歴, 母	H+N H N	- - -	- - -	- - -
Paternal age 父親の年齢	H+N H N	- - -	- - -	- - -	Occupation, father 職業, 父	H+N H N	- - -	- - -	- - -
Birth order 出生順位	H+N H N	* * -	- - -	Sug - -	Occupation, mother 職業, 母	H+N H N	- - -	- - -	- - -
Birthweight 出生時体重	H+N H N	** ** -	* ** -	** ** -	Mats/person 1人当たりの畳数	H+N H N	- Sug -	- - -	* - -
Schooling, father 学歴, 父	H+N H N	- - -	- - -	- - -	Food costs/person/ month 1か月の1人当たりの 食費	H+N H N	- - -	- - -	- - -

* Significant at 5% level 5%水準で有意
** Significant at 1% level 1%水準で有意

TABLE 15 SAMPLE DISTRIBUTION BY BIRTHWEIGHT AND T65 DOSE, HIROSHIMA AND NAGASAKI, BIRTH RECORD SAMPLE, EXPOSED ONLY

表15 調査対象の分布：出生時体重・T65D線量別、広島・長崎、出生記録群のうちの被爆者のみ

Birthweight 出生時体重	Total 計	Dose 線量 (rad)				Unknown 不明
		0-9	10-39	40-179	180+	
Total 合計	1159	724	203	159	52	21
<2500 g	10.8 %	9.0 %	11.3 %	10.7 %	34.6 %	9.6 %
2500-3499	79.1	80.1	79.3	79.9	61.5	81.0
3500+	10.1	10.9	9.4	9.4	3.8	9.5

133 cases of unknown birthweight excluded. 出生時体重不明のもの計133例は除外した。

DISCUSSION

Many animal experiments^{11,12} have been reported which show radiation effects on the growth and development of the fetus, especially malformation. Relatively little attention, however, has been given to postnatal mortality in animals exposed to radiation in utero, and no animal experiments are at all comparable with the present study.

In humans, there have been several studies on cancer¹³⁻¹⁶ among children exposed in utero through abdominal or pelvic X-ray of their mothers. Miller⁴ reported a higher prevalence of microcephaly and delay in growth and development among in utero children proximally exposed to the A-bomb. However, there are no data on postnatal deaths from all causes except that Yamazaki et al⁸ compared mortality in Nagasaki between 98 children exposed in utero to the A-bomb within 2000 m and 113 randomly selected comparison subjects who had been in utero at 4000-5000 m. Higher infant mortality, stillbirths and neonatal deaths occurred in the groups within 2000 m, however, the numbers are small.

An analysis⁹ of mortality in the same study sample used here was made in 1966, based on exposure distance, for the period from 1945-63. No significant relationship between mortality and exposure distance was observed. Since that time radiation dose estimates have been calculated for individuals so that it became possible to examine more specifically the relationship between radiation and mortality among in utero children. An analysis based on dose has another advantage in that a more sensitive statistical tool, regression analysis,³ can be employed.

The present analysis revealed that mortality increased with dose. A significant increase of mortality with dose was observed in the cohort during the first year of life. No increase with dose was observed during the next 9 years, but again a significant increase of mortality with dose was observed at ages over 10 years, though the number of deaths is small (22 deaths). No particular cause of death was associated with the increased mortality after 10 years of age. MacMahon¹³ and Stewart et al¹⁴ reported a high incidence of leukemia and other neoplasms in children whose mothers were exposed to abdominal or pelvic X-ray during the pregnancy. On the other hand, Griem et al¹⁵ and Court Brown et al¹⁶ failed to find an increase in frequency of leukemia or other malignant neoplasms among children exposed to X-ray in utero. A recent ABCC study¹⁷ has suggested that the incidence of neoplasms is increased among younger A-bomb survivors, exposed to the A-bombs under 10 years of age.

考 察

胎児の成長発育、特に奇形に対して放射線の影響があるという動物実験の成績は多数報告されている。^{11,12} しかし、胎内で放射線照射を受けた動物における出生後の死亡率については、ほとんど注目されておらず、また、本調査と対応するような動物実験は行なわれていない。

一方、人間では、母親の腹部または骨盤X線検査によって胎内で放射線を受けた子供の癌について、幾つかの研究が行なわれている。¹³⁻¹⁶ Miller⁴によれば、近距離胎内被曝児に小頭症および成長・発育の遅延の頻度が高い。Yamasakiら⁸は、長崎において2000m未満の胎内被曝児98人とその比較群として4000-5000mの胎内被曝児から無作為抽出した113人とを対象に死亡率を比較しているが、これを除いては、全死因による生後の死亡に関するデータはない。その調査では、2000m未満群では、乳児死亡、死産および新生児死亡の率が高かったが、その調査対象数は少ない。

本調査の調査対象者において、1945-63年間に起こった死亡について、被曝距離に基づく解析⁹を1966年に行なった。その解析では、死亡率と被曝距離との間に有意な関係は認められなかった。その後、個人の被曝放射線量が推定され、胎内被曝児における放射線と死亡率との関係をより具体的に検討することができるようになった。線量に基づく解析にはもう一つの利点、すなわち、感度の高い統計的方法である回帰解析³を使用することができるという利点がある。

本解析では、死亡率が線量の増加とともに増加することが判明した。出生後1年の間に、この対象群に線量の増加とともに死亡率が有意に増加することが認められた。しかし、その次の9年間には、線量の増加に伴う死亡の増加は認められなかった。観察した死亡数は少ない(22例)が、10歳以上の年齢では、再び線量の増加とともに死亡率の有意な増加が認められた。年齢10歳以降の死亡率増加には、特定の死因は関与していなかった。MacMahon¹³およびStewartら¹⁴は、妊娠中に腹部または骨盤部にX線照射を受けた母親の子供に、白血病およびその他の新生物の発生率が高いと報告している。他方、Griemら¹⁵およびCourt Brownら¹⁶は胎内X線被曝児に、白血病またはその他の悪性新生物の頻度の増加を認めていない。最近のABCCの調査では、¹⁷10歳未満で被曝した者に新生物の頻度の増加のあることが示唆

Therefore one might expect that the incidence of mortality from neoplasms would also be increased among children exposed in utero. However, this was not seen in the present study. It may be, however, that it is too early for radiation carcinogenesis to occur in these persons, who are still less than 25 years of age.

Only three deaths from neoplasms occurred. Detailed information on these three cases is as follows:

City 都市	Sex 性	Date of birth 出生年月	Date of death 死亡年月	Age at death 死亡時年齢	Distance 距離	Dose 線量	Disease 疾患
H 広島	F 女	March 3月 1946	January 1月 1953	6	1136 m	175 rad	Liver cancer 肝臓癌
H	F	August 8月 1945	November 11月 1963	18	2133	1	Leukemia 白血病
H	F	March 3月 1946	June 6月 1967	21	1950	Unk (<4) 不明	Large Intestine Cancer 大腸癌

The annual death rate from cancer in all Japan was 5.7 per 100,000 for ages 0-24 in 1960. If this rate is applied to the study sample, the expected number of cancer cases would be around 2 which is very close to the observed number, 3 cases. Thus no significant increase of cancer risk was observed in the study sample. More detailed discussion is given elsewhere¹⁸ in this respect. Since the number of deaths is small and no particular cause of death, like cancer, caused an increase of mortality with dose after 10 years of age, it is fair to say that no good explanation is available for the recent increase of mortality with dose and further follow-up on this study cohort, for many years, is needed.

Animal experiments^{11,12} show that organs that are at critical stages of development are highly susceptible even to relatively small amounts of radiation. Therefore, it is conceivable that radiation effect on mortality may vary by trimester. The present analysis revealed that radiation effects on mortality during the first 24 years of life appears only among children exposed to the A-bombs, in the third trimester of gestation. It might have been supposed from the view point of radiation biology that radiation effects on mortality, if any, would appear more strongly among those exposed in utero in an earlier trimester. On the other hand, it is possible that exposure of fetuses, at early developmental stages might have resulted in higher rates of spontaneous abortion or still-birth. A more definite answer for this finding must await the progress in methodology of dosimetry for in utero children, taking account of the attenuation factor of the mother's body.

された。したがって、胎内被曝児における新生物による死亡率の増加することも考えられる。しかし、このことは本調査では認められなかった。調査対象は25歳未満であるので放射線性発癌現象が現われるには、まだ時期尚早であるのかもしれない。

新生物による死亡は3例のみであった。その詳細は次のとおりである。

日本全国における癌による1960年の年間死亡率は、0-24歳群では、人口10万当たり5.7であった。この率を本調査対象に当てはめた場合、癌死亡の期待数は約2で、死亡観察数の3例に近似する。このように、調査対象者における癌の危険率に有意な増加は認められなかった。この点については、別に詳しく報告した。¹⁸ 年齢10歳以降にみられた線量の増加に伴う死亡率の増加についてはその死亡数が少なく、かつ癌のような特定死因による死亡率の増加も認められないので、現在のところ適切な説明ができない。そこで、この調査対象を今後かなり長期間にわたって追跡調査する必要がある。

動物実験^{11,12}によれば、重要な発育段階にある臓器は、比較的少量の放射線に対してもきわめて感受性の強いことを示している。したがって、死亡に対する放射線の影響は、妊娠時期によって相違するかもしれない。しかし、本解析では生後24年間にみられた死亡に対する放射線の影響は、妊娠後期に胎内被曝した子供にのみ認められた。放射線生物学の観点からすれば、死亡に対する放射線の影響があるとすると、妊娠初期に胎内で被曝した子供に強く現われると考えられる。他方、妊娠初期に胎児が放射線を受けた場合には、自然流産とか死産の率が高まったのかもしれない。この所見に対する明確な解答は、母体における減弱因子をも考慮に入れての胎児の線量の測定法の進歩にまたなければならない。

REFERENCES

参考文献

1. HURSH JB: The effect of ionizing irradiation on longevity. USAEC UR-506, 1957
(寿命に対する電離放射線照射の影響)
2. JONES DC, KIMDDORF DJ: Effect of age at irradiation on life span in the male rat. Radiat Res 22:106-15, 1964
(放射線照射時の年齢の雄ラットの寿命に対する影響)
3. BEEBE GW, KATO H, LAND CE: JNII-ABCC Life Span Study, Hiroshima and Nagasaki. Report 5. Mortality and radiation dose, October 1950 - September 1966. ABCC TR 11-70
(予研-ABCC 寿命調査, 広島・長崎. 第5報. 1950年10月-1966年9月の死亡率と放射線量との関係)
4. MILLER RW: Delayed effects occurring within the first decade after exposure of young individuals to Hiroshima atomic bomb. Pediatrics 18:1-18, 1956
(原爆被爆後の最初の10年間に広島若年層被爆者に認められた遅発性影響)
5. WOOD JW, JOHNSON KG, et al: Mental retardation in children exposed in utero to the atomic bomb - Hiroshima and Nagasaki. Amer J Public Health 57:1381-90, 1967
(広島・長崎の胎内被爆者における知能遅鈍)
6. WOOD JW, KEEHN RJ, et al: The growth and development of children exposed in utero to the atomic bombs in Hiroshima and Nagasaki. Amer J Public Health 57:1374-80, 1967
(広島および長崎における胎内被爆者の成長と発育)
7. KANAMITSU M, MORITA K, et al: Serologic response of atomic bomb survivors following Asian influenza vaccination. Jap J Med Sci Biol 19:73-84, 1966
(原爆被爆者におけるアジア型インフルエンザワクチン接種後の血清学的反応)
8. YAMAZAKI JN, WRIGHT SW, WRIGHT PM: Outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki. Amer J Dis Child 87:448-63, 1954
(長崎における原爆被爆女性の妊娠結果)
9. KATO H, KEEHN RJ: Mortality in live-born children who were in utero at time of the atomic bombs. ABCC TR 13-66
(胎内被爆生産児の死亡率)
10. MILTON RC, SHOHOJI T: Tentative 1965 radiation dose estimation for atomic bomb survivors. ABCC TR 1-68
(原爆被爆生存者の1965年暫定線量(T 65D)の推定, 広島・長崎)
11. COWEN D, GELLER IM: Long-term pathological effects of prenatal X-irradiation on the central nervous system of the rat. J Neuropath Exp Neurol 16:488-527, 1960
(ラットの中枢神経系に対する出生前X線照射の長期病理学的影響)
12. RUSSELL LB, BURRELL WL: Radiation hazards to the embryo and fetus. Radiology 58:369-77, 1952
(胚および胎児に対する放射線危害)
13. MACMAHON B: X-ray exposure and childhood cancer. J Nat Cancer Inst 28:1173-91, 1962
(出産前のX線照射と小児期の癌)
14. STEWART A, KNEALB GW: Radiation dose effects in relation to obstetric X-rays and childhood cancers. Lancet 1:1185-8, 1970
(産科用X線照射と少年期の癌との関係における放射線量の影響)
15. GRIEM ML, MEWISSEN P, et al: Analysis of the morbidity and mortality of children irradiated in fetal life (II). Radiation Biology of the Fetal and Juvenile Mammal. Proceeding of the Ninth Annual Hanford Biology Symposium at Richland, Washington, 5-8 May, 1969. pp 651-9. AEC Symposium Series 17
(胎内で放射線照射を受けた子供の罹病率と死亡率の解析(II). 哺乳動物の胎児および幼仔の放射線生物学)
16. COURT BROWN WM, DOLL R, et al: Incidence of leukemia after exposure to diagnostic radiation in utero. Brit Med J 2:1539, 1960
(胎内で診断用X線照射を受けた後に発生した白血病の頻度)
17. JABLON S, BELSKY JL: Radiation induced cancer in atomic bomb survivors. Presented at the 10th International Cancer Congress, Houston, 22-29 May, 1970
(原爆被爆者における放射線誘発性癌)
18. JABLON S, KATO H: Childhood cancer in relation to prenatal exposure to A-bomb radiation. Lancet 2:1000-3, 1970
(原爆放射線による胎内照射と少年期癌との関係)