

THE EFFECT OF EXPOSURE OF PARENTS TO THE ATOMIC
BOMBS ON THE FIRST GENERATION OFFSPRING
IN HIROSHIMA AND NAGASAKI: (PRELIMINARY REPORT)

広島および長崎の原爆被爆者の子供における被爆の影響（予報）

J. V. NEEL, N. E. MORTON, W. J. SCHULL,

D. J. McDONALD, M. KODANI, K. TAKESHIMA,

R. C. ANDERSON, J. WOOD, R. BREWER,

S. WRIGHT, J. YAMAZAKI, M. SUZUKI, AND S. KITAMURA*

For the past seven years, investigations have been carried out in Hiroshima and Nagasaki by the Atomic Bomb Casualty Commission on the delayed effects of exposure to atomic bombs. This communication is concerned with the results of a preliminary analysis of a part of the data collected, that concerned with effects on the first generation offspring of exposed parents.

The data used have been obtained from an investigation in the two cities of pregnancy terminations occurring in the years 1948-1952. A registration system for pregnant mothers was set up in conjunction with the city offices responsible for the carrying out of rationing laws; under this system, mothers reporting for special ration cards at about the fifth month of pregnancy were interviewed by Commission employees, and data were obtained on the exposure, age, consanguinity, and previous pregnancy record of parents. At the time of birth of a child so registered, the attendant midwife or doctor obtained for us information on the type of termination, sex, and birth weight. The homes of these children were then visited by a Commission team consisting of a physician and a nurse, and the child examined for malformation. For a random 10% sample of babies, and for all babies stillborn or dying immediately following birth, or with any evidence of deviation from normality, additional information was obtained on economic status, maternal syphilis, maternal menstrual history and other matters. As many as

原爆傷害調査委員会（A B C C）は、過去7年にわたり、広島および長崎で原爆被爆の遅発性影響について調査を行なつて来た。本報告では被爆者の子供における影響に関する資料の予備的解析の結果を述べる。

解析には、1948年から1952年までの5年間 広島・長崎両市における妊娠終結に関する調査資料を用いた。配給制度の運営の責任を有する市役所の協力を得て妊婦登録制度を設けた。この制度では、妊娠約5カ月目に妊婦が特別加配米の申請を行なう時にA B C C従業員が面接して、被爆歴、年齢、血族結婚の有無、および以前の妊娠に関する資料を集めた。この制度によって登録された妊婦の出産に立会った助産婦または医師から出産の型、子供の性別および生下時体重の報告を受けた。そこでA B C Cから医師と看護婦が子供の家庭を訪問して奇形の有無について診察を行なった。乳児の中より任意に抽出された10%標本および死産児、出生直後に死亡した子供または何等かの異常を示す子供全部については、経済状態、母親の梅毒の有無、母親の月経歴等を調査した。死産児および出産直後に死

* Atomic Bomb Casualty Commission

原爆傷害調査委員会

possible stillborn infants or children dying post-natally were brought in to the Commission's clinics for autopsy. In addition, cases of serious malformation were brought in for clinical examination. Approximately a third of all babies examined at birth were selected randomly and seen again in clinic at about 9 months of age.

From these data it has been possible to extract material concerning three kinds of interrelated information: exposure of parents, indicators of exposure effects, and extraneous factors affecting these indicators. These three categories of information are discussed separately below.

The criteria of exposure of parents were distance from the hypocenter (the ground point directly below the estimated position of the explosion), and development of certain symptoms considered to be associated in the radiation syndrome. The symptoms selected for inclusion in our analysis were epilation, petechiae and gingivitis. On the basis of these criteria, each parent was placed in one of the following five radiation categories:

Group 1. Not in Hiroshima or Nagasaki at the time of the bombings.

Group 2. In one of the cities, 2545 meters or more from the hypocenter, without symptoms.

Group 3. In one of the two cities, 1845-2544 meters from the hypocenter, without symptoms.

Group 4. In one of the two cities, 0-1844 meters from the hypocenter, without symptoms.

Group 5. In one of the two cities, developing symptoms within a few months of the bombings. (Epilation, petechiae, gingivitis, or any combination of these symptoms.)

In terms of actual radiation received, it is difficult to evaluate these groupings. However, it is clear that group 1 received no radiation, group 2 received little radiation, and that groups 4 and 5 received the heaviest average radiation, this average, taking into consideration shielding and

亡した子供については、できる限りABCにおいて剖検を行なった。更に、強度の奇形が認められた例についてはABCで診察を行なった。出生時に診察を行なった子供の約3分の1を任意抽出し、生後9カ月目に再検査を行なった。

この資料から、それぞれ相互関係のある3つの事項すなわち、両親の被爆、被爆影響の諸指標およびこの指標に影響を及ぼすその他の諸要因に関する資料を求めることができた。この3種の事項については、それぞれ次に述べる。

被爆者の判定基準としては爆心地（推定炸裂点直下の地点）からの距離および放射線症状群に入ると考えられる症状の有無を用いた。本解析において考慮した症状は脱毛、点状出血および歯齦炎であった。この判定基準にもとづいて、両親を次の5群に分けた。

第1群 原爆時に広島および長崎にいなかった者

第2群 爆心地より2545m以上において被爆し、症状のなかった者

第3群 爆心地より1845mから2544mの間で被爆し、症状のなかった者

第4群 爆心地より1844m以内で被爆し、症状のなかった者

第5群 広島・長崎いずれかで被爆し被爆後2、3カ月以内に脱毛、点状出血、歯齦炎またはこれらの併発があった者

これらの群が実際に受けた放射線量の点からこの分類の評価を行なうことは困難である。しかしながら、第1群は放射線を全然受けなかった者で、第2群は放射線を殆んど受けなかった者であり、また第4と第5

other factors, possibly being in the range of 200-300 r. The amount of radiation received by group 3 is more controversial, but considering that there are more survivors in the outer range of this group (close to 2500 meters) than in the inner range (nearer to 1900 meters), it may be thought that the average radiation of the group was probably closer to that experienced by group 2 than by groups 4 and 5. On the basis of these considerations, it was decided to combine groups 4 and 5 into a "heavily exposed" class, and compare it with a "lightly exposed" class consisting of groups 2 and 3 or, alternately, with groups 1 and 3, if the extraneous differences between exposed and nonexposed parents are assumed to be negligible. This is discussed below.

The indicators of genetic damage considered in this analysis are presented with their theoretical expectations in the following table:

Indicator 指標	Expected Effect of Exposure 予想される被爆の影響
Stillbirth rate 死産率	Increase 増加
Weight of livebirths 生産児の体重	Decrease 減少
Sex ratio 性比	Decrease in number of males with maternal exposure; small increase with paternal exposure. 母親が被爆した場合は男児数が減少、父親が被爆した場合には男児数がやや増加
Malformation 奇形	Increase 増加
Neonatal and Infantile Death 新生児および乳児死亡	Increase 増加

The derivation of these theoretical expectations is based on the evidence from experimental plants and animals that radiation causes mutation, and that most mutations are deleterious in their effect. In the first generation, we expect to find the effect only of dominant mutations, of sex-linked recessives in the male children of radiated females, and of any recessive mutations which may happen to get into the same zygote with a pre-existing recessive allele. Early lethal mutations would be expected to result in failure of development of the embryo or in the death and abortion or stillbirth of the foetus. Other mutations would be expected to cause severe malformation; mutated genes with

群は相当量の平均放射線量（遮蔽その他の要因を考慮に入れると、この平均線量は200 rから300 rの範囲であろう）を受けた者であることは明らかである。第3群が受けた放射線量には議論が多いが、この第3群の中で2500m付近の生存者が1900m付近の生存者よりも多いことを考えると第3群が受けた平均放射線量は、第4と第5群が受けた量よりもむしろ第2群が受けた量に近いと思われる。これらの点にもとずき、被爆者と非被爆者との間のその他の差異を無視してよいと仮定して、第4と第5群をまとめて「高度被爆者」として第2と第3群で構成される「軽度被爆者」または第1と第3群と比較することにした。これについては後述する。

この解析で考慮した遺伝的損傷の指標およびその指標において理論的に期待される影響を次の表に示した

放射線は突然変異を起し、その突然変異の影響は有害である場合が多いという動植物実験の結果に基づいて上記の理論的に期待される影響が推論された。第一世代には優性突然変異、被爆母体よりの男児における伴性劣性突然変異および潜在的な劣性対立因子を有する同形接合体に何らかの劣性突然変異が加わった場合のみに影響が現れると考えられる。早期に致死突然変異があれば胎児の発育、阻害が起るかまたは胎児が死亡して流産や死産をひき起すと考えられる。その他の突然変異は高度の奇形をひき起すと思われ、害の少ない突然変異を受けた遺伝子は、生下時体重の減少ある

less deleterious effect might reduce birth weight or increase the possibility of neonatal and infantile death. Sex-linked recessive lethal mutations from females might decrease the number of male children. Of course, somatic effects of the bombings on the parents (especially mothers) might well result in effects on the children which are the same as those anticipated on genetic grounds, and would be difficult or impossible to distinguish from them.

Our data are complicated by the fact that extraneous factors are known or suspected to affect all our indicators. These factors have been shown to differ between group 1 (the nonexposed parents) and the other (exposed) groups, and even amongst the four groups of exposed parents. The principal factors considered were consanguinity, maternal age, birth order, maternal syphilis, and economic status.

The nonexposed parents (group 1) differed significantly from the exposed parents (groups 2 to 5) in consanguinity, maternal age, birth order, and economic status, but not in frequency of maternal syphilis. The lightly exposed group (2 and 3) differed from the heavily exposed group (4 and 5) in consanguinity (maternal exposure only), maternal age (maternal exposure only) and birth order, but not in economic status or frequency of maternal syphilis. However, the difference for the first three factors between the lightly exposed and heavily exposed parents is much less than that between the nonexposed and the exposed parents (groups 2 to 5).

In addition to the nonradiation factors which we are able to measure in some degree, other differences exist between the nonexposed and the exposed populations. There are indications from other investigations that the nonexposed people are predominantly rural or repatriate (from Korea or Manchuria) in origin, whereas the exposed population is largely urban in background. The effect of these and other differences on the genetic indicators chosen is not known, but the possibility of an effect cannot be ruled out.

いは新生児および乳児死亡の可能性を増大させる。母親における伴性劣性致死突然変異は、男児数の減少を来すこともあろう。勿論、両親（特に母親）に対する被爆の身体的影響によって、遺伝学的立場から予想されるものと同じ影響が子供に起り、両者の区別が困難または不可能であることもあり得る。

これらの諸指標に影響を及ぼすと分っている。または影響を及ぼすと思われるその他の要因があるので本調査の資料は複雑である。この要因については、第1群（非被爆者）とその他の群（被爆者）の間で、また被爆群の間でさえも差異があることが明らかにされている。主な要因としては、血族結婚、母親の年齢、出生順位、母親の梅毒の有無及び経済状態を考慮した。

非被爆者（第1群）と被爆者（第2群から第5群）の間には、血族結婚、母親の年齢、出生順位、および経済状態に有意の差がみられたが、母親の梅毒罹病率には有意の差はなかった。軽度被爆した群（第2と第3群）と高度に被爆した群（第4と第5群）の間には、血族結婚（被爆母親のみ）、母親の年齢（被爆母親のみ）および出生順位に差がみられたが、経済状態または母親の梅毒罹病率には差はなかった。しかし最初の3要因については、軽度被爆群と高度被爆群との間の差は、非被爆群と被爆群（第2群から第5群）との間の差よりもはるかに小さい。

放射線以外の要因はある程度測定できたが、非被爆集団と被爆集団の間には、その他にいくつかの差がある。非被爆者の多くは郡部出身者または引揚者（朝鮮、満洲より）であり、被爆集団の大部分は都市出身者であることが他の調査によって明らかになっている。この違いおよびその他の差が本調査で調べられた遺伝学的指標にいかなる影響を及ぼすかは分っていないが、影響の可能性を否定することはできない。

Of the factors for which differences have been demonstrated, the differences in consanguinity have been found, in a separate analysis, to be of such magnitude as to be negligible in their effect on the indicators. Maternal age and birth order are obviously directly related, children of older mothers being on the average of higher birth order than children of young mothers. In preliminary tabulations, stillbirth rate in our data is high in young and old mothers; birth weight increases with age, levelling off at approximately 35 years of age; sex ratio is not noticeably affected; major malformation is constant to approximately 35 years of age and then rises abruptly; and neonatal and infantile death is somewhat higher in both young and old mothers than in intermediate ages. Detailed curves of these effects, based on tabulations specifically designed to show them, will be published at a later date.

Because of the greater difference in maternal age between the nonexposed as compared with exposed groups than between the lightly exposed and heavily exposed groups, and because the nonexposed group differs in origin and possibly in other ways from the exposed group, emphasis will be placed in this preliminary presentation on a comparison between the lightly exposed (2 and 3) and heavily exposed (4 and 5) groups, although group 1 will also be considered for certain comparisons. Attention should be drawn in the (2, 3) × (4, 5) comparisons to the critical position of the group 3 parents, whose radiation dose, as mentioned above, is particularly uncertain.

A number of the radiation indicators are associated in certain single terminations; for example, a particular baby might be malformed, stillborn, and of low birth weight. For the purpose of an analysis of radiation effect, it was felt to be advisable to count each of these special cases in relation to only one indicator. The method used to render the indicators independent of one another was to consider malformation first; these cases were set aside, and stillbirths were then considered among the remainder. Following this, birth weight was analysed for all liveborn nonmalformed children,

差が証明された要因のうちで、血族結婚の差は別の解析によれば、非常に小さく指標に対する影響を無視し得るほどであると認められている。母親の年齢と出生順位は明らかに直接関係している。すなわち、高年の母親の子供は一般に若年の母親の子供より出生順位が高くなっている。予備的集計によれば、本調査の資料の死産率は高年および若年の母親に高いこと、生下時体重は母親の年齢が高くなるにつれて増加し、ほぼ35才から一定になること、性比に著明な影響は認められないこと、高度の奇形は約35才まで一定であり、その後急激に増加すること、新生児および乳児死亡は中間年齢層に比べて若年層と高年層において、高くなっていること等が明らかになった。これらの影響を示すために特別に計画された集計にもとづいて各影響の詳細な曲線を求めて後日発表する。

非被爆群と被爆群との間の母親の年齢の差は高度被爆群と軽度被爆群との間の差よりも大きく、また非被爆群は出身地その他の点において、被爆群とかなり異なっているため、この予報では軽度被爆群（第2と第3群）と高度被爆群（第4と第5群）との間の比較に重点を置き、第1群を特定の比較に用いたに過ぎない。前述のように第3群の被爆者が受けた放射線量がはっきりしていないので、第2、第3群と第4、第5群とを比較する場合には、第3群の微妙な立場に注意しなければならない。

妊娠終結には多くの放射線の指標が現われることがある。例えば、奇形、死産、生下時体重の低下等が1人の新生児に認められることがある。放射線の影響を解析するためには、このような特別の場合についてはそれぞれ1つのみの指標について集計を行なうのがよいと思われた。指標をそれぞれ独立させるために、最初に奇形のある例を取り出し、残りの者の中から死産を取り上げた。それから奇形のない生産児の生下時体重を解析し、さらにこの者について新生児・乳児死

and neonatal and infantile death was considered in the same group. Sex ratio was analysed for all births, both live and still.

The method of statistical analysis used in this brief presentation is that of weighted differences (Yates, 1934), which gives orthogonal estimates of the three main effects (city, maternal exposure, and paternal exposure). For simplicity, year of birth and maternal age have been left out. Earlier analyses by the method of expected subclass numbers (Snedecor and Cox, 1935), taking year of birth into account, indicate that leaving this factor out of the analysis does not appreciably disturb the estimates of exposure effects nor change in any way the main conclusions of the more complete analysis. An analysis taking adequate account of maternal age is being prepared and will be reported at a later date.

Results

The results of analyses will be presented below under the individual indicator. In the tables, the actual number of observations in each class is given, affected first, then total; and in brackets the proportion is given. Differences between groups (2 and 3) and (4 and 5) are given with their standard errors; a plus sign indicates that the difference is in the direction of genetic expectation, a minus sign that it is opposite to genetic expectation. Probabilities refer to one-sided significance tests; that is, the sign of the difference is taken into account.

Major malformation: Table I sets out the number and incidence of clinical gross malformation (in our terminology called major malformation) in liveborn and stillborn terminations after 20 weeks gestation. Dead infants on whom diagnoses of major malformation were made only during autopsy have not been included. Inclusion of these additional malformations has been shown by other analyses not to affect the results given here.

亡を調べた。生死にかかわらずすべての例について性の解析を行なった。

本報告の統計的解析では加重差 (Yates, 1934) が用いられ、これによって3つの主要影響 (都市, 母親の被爆, および父親の被爆) の直交するような推定を得た。解析を簡単にするために, 出生の年および母親の年齢は除いた。先に, 出生の年を計算に入れて小区分数の推定法 (Snedecor および Cox, 1935) で解析を行なった結果, この要因を解析から除いても, 被爆の影響の推定が著しく阻害されることはないし, また, より完全な解析の結論が変わることもないことが示された。母親の年齢を十分考慮に入れた解析は準備中でこれについては後日報告する。

結 果

解析の結果を各指標について報告する。表には各項毎に最初実際に観察した異常例の数を示し, その後に総数を示し, 括弧内に比率を示してある。第2, 第3群と第4, 第5群との間の差およびその標準誤差を示したが正の記号はその差が遺伝学的に期待される方向にあることを示し, 負の記号は差が遺伝学的に期待される傾向とは反対の方向にあることを示す。確率は片側有意差検定であり, すなわち差の記号が考慮に入れている。

強度の奇形: 第1表には妊娠20週後の生産および死産例について臨牀的に認められた肉眼的奇形 (われわれはこれを強度の奇形という) の数及び発現率を示した。剖検によって初めて強度の奇形があると診断された死亡例は含まれていない。剖検によって発見された奇形を含めた別の解析の結果によれば, ここに示されている結果と大差ないことが明らかになっている。

Table I. Major Malformation at Birth
第1表 出生時に認められた強度の奇形

Mothers' Exposure 母親の被爆	Fathers' Exposure 父親の被爆					
	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	1	2 + 3	4 + 5	1	2 + 3	4 + 5
1	183/16351 (.011)	19/1597 (.012)	10/711 (.014)	174/13620 (.013)	19/2000 (.010)	4/378 (.011)
2 + 3	60/5562 (.011)	36/2365 (.015)	7/499 (.014)	79/8607 (.009)	40/3990 (.010)	6/507 (.012)
4 + 5	32/2723 (.012)	5/557 (.009)	7/670 (.010)	13/1222 (.011)	4/275 (.015)	2/198 (.010)

Comparison of Groups (2 + 3) with (4 + 5)
 第2, 第3群と第4, 第5群との比較

Parent 両親	Difference 差	P
Father 父親	+ .0008 ± .0023	.4 - .3
Mother 母親	+ .0001 ± .0017	.5 - .4

There is no effect of degree of exposure of either parent on the incidence of major malformations. In some 17,000 babies selected randomly to be seen or accounted for at approximately 9 months of age, no effect of exposure on major malformations was found.

Stillbirth rate: Table II gives the date and results on stillbirths occurring in our population. All infants with clinically detected major malformation have been excluded.

There is no significant effect of degree of exposure on the stillbirth rate, although the difference is in the expected direction. However, analysis of data on children born after 1945 but not included in the genetics program, obtained from the pregnancy records of mothers, shows for both parents nonsignificant differences in the direction opposite to expectation. On the other hand, mothers' exposure in Table II is significant in the expected direction when the nonexposed mothers (group 1) are combined with groups 2 and 3. Analyses are being prepared to determine whether this result is attributable to any of the measured extraneous

強度の奇形の発現率には両親の被爆の程度による影響は認められない。17,000人の乳児を任意抽出して生後約9ヵ月目に診察ないし調査したところ強度の奇形に対する被爆の影響は認められなかった。

死産率: 第2表には、この調査対象集団にみられた死産に関する資料と調査結果を示した。臨床的に奇形が認められた者は全部除かれている。

差は期待された方向にあるが、死産率には被爆の程度による有意な影響は認められない。しかし、遺伝学的研究計画に含まれていない者については、母親の妊娠記録から求められた1945以降に生まれた子供の資料の解析では、両親の何れにも差は期待される傾向とは反対の方向であったがこれは有意であるとは認められなかった。他方、非被爆の母親(第1群)を第2, 第3群に含めた場合、第2表中の母親の被爆については期待された方向に有意の影響を示す。この結果が、被爆群と非被爆群との間で異なると認められおり、かつ既に測定されている外部要因のいずれかに帰因するものかどうかを検討するための解析の準備が行なわれ

factors known to differ between the exposed and nonexposed groups. ている。

Table II. Frequency of Stillbirths
第2表 死産率

Mothers' Exposure 母親の被爆	Fathers' Exposure 父親の被爆					
	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	1	2 + 3	4 + 5	1	2 + 3	4 + 5
1	381/16166 (.024)	38/1578 (.024)	14/700 (.020)	263/13446 (.020)	44/1981 (.022)	4/374 (.011)
2 + 3	148/5502 (.027)	54/2328 (.023)	18/493 (.037)	171/8527 (.020)	89/3951 (.023)	12/502 (.024)
4 + 5	85/2691 (.032)	11/552 (.020)	26/663 (.039)	31/1211 (.026)	4/270 (.015)	4/196 (.020)

Comparison of Groups (2 + 3) with (4 + 5)
第2, 第3群と第4, 第5群との比較

Parent 両親	Difference 差	P
Father 父親	+ .0033 ± .0033	.2 - .1
Mother 母親	+ .0023 ± .0024	.2 - .1

Neonatal death: Home visits are usually made when the infant is 2 to 4 weeks old. At this time, a large proportion of neonatal deaths will have occurred. Table III which of course cannot be used for incidence of neonatal death, gives the distribution of deaths found at the time of home visit amongst liveborn infants without major malformation.

There is no effect of degree of exposure of either parent on neonatal death as ascertained at the time of home visit.

In the sample of some 17,000 babies accounted for at approximately 9 months after birth, it was possible to determine neonatal and infantile death in the first nine months of life quite accurately. No effect of degree of exposure was found on deaths occurring in this series.

新生児死亡: 生後2週間から4週間目の乳児の家庭を訪問した。新生児死亡の大部分はこの期間内に起っている。勿論、この第3表を新生児死亡率を示すものとするは出来ないが、この表によって、この期間中の新生児死亡の分布を知ることが出来る。

この家庭訪問によって確認された新生児の死亡には両親の被爆の程度による影響は認められない。

生後9カ月目に17,000余名の乳児を調べることにより出生後9カ月間の新生児及び乳児の死亡を極めて正確に調査することが出来た。この集団中の死亡者には被爆程度による影響は認められなかった。

Table III. Frequency of Neonatal Death
第3表 新生児死亡率

Mothers' Exposure 母親の被爆	Fathers' Exposure 父親の被爆					
	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	1	2 + 3	4 + 5	1	2 + 3	4 + 5
1	379/15786 (.024)	42/1541 (.027)	48/687 (.026)	327/13183 (.025)	45/1937 (.023)	10/370 (.027)
2 + 3	131/5355 (.024)	51/2274 (.022)	11/473 (.023)	218/8357 (.026)	85/3862 (.022)	7/490 (.014)
4 + 5	78/2606 (.030)	9/541 (.017)	17/637 (.027)	22/1180 (.019)	7/266 (.026)	7/192 (.036)

Comparison of Groups (2 + 3) with (4 + 5)
第2, 第3群と第4, 第5群との比較

Parent 両親	Difference 差	P
Father 父親	+ .0009 ± .0034	.5 - .4
Mother 母親	+ .0011 ± .0025	.4 - .3

Birth weight: Birth weight is given in Table IV for liveborn infants without major malformation. A number of cases of unknown birth weights were excluded from the analysis. Only the total number of infants in each class is given, and in brackets the average weight in grams of each class is indicated.

There is no significant effect of degree of exposure on the weight of livebirths, nor on various measurements taken approximately 9 months after birth. However, for birth weight the children of exposed fathers weigh significantly more than the children of nonexposed fathers. This difference is of course contrary to conventional expectation. Moreover, there is a significant interaction between mothers' and fathers' exposure effects in the comparison of exposed vs. nonexposed. Preliminary calculation suggests that both of these results are attributable to maternal age differences among exposure groups. More refined analyses have been undertaken to test this hypothesis.

生下時体重: 第4表には奇形を有しない生産児の生下時体重を示す。生下時体重不明の例がかなりあったが、これらは解析から除外した。各分類別の乳児総数および平均体重をg単位で括弧内に示した。

生産児の生下時体重および生後9カ月日に行なわれた測定に被爆の程度による有意の影響はみられなかった。しかし父親が被爆者である場合の生下時体重は、父親が非被爆者である者の生下時体重より有意の差をもって大である。勿論、この差は予期されるものとは逆である。更に被爆群と非被爆群とを比較する場合、母親の被爆の影響と父親の被爆の影響との間には有意の相互作用がみられる。予備的集計によれば以上2つの結果は、被爆群間にみられる母親の年齢の差に起因するのではないかと思われた。更に精密な解析を行なってこの仮説を検討している。

Table IV. Weight of Livebirths (gm.)
第4表 生産児体重 (グラム)

Mothers' Exposure 母親の被爆	Fathers' Exposure 父親の被爆					
	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	1	2 + 3	4 + 5	1	2 + 3	4 + 5
1	15240 (3066)	1499 (3057)	667 (3032)	13062 (3079)	1921 (3079)	366 (3077)
2 + 3	5224 (3066)	2222 (3098)	461 (3081)	8290 (3071)	3819 (3111)	488 (3099)
4 + 5	2537 (3042)	527 (3075)	617 (3118)	1171 (3085)	265 (3092)	189 (3188)

Comparison of Groups (2 + 3) with (4 + 5)
第2, 第3群と第4, 第5群との比較

Parent 両親	Difference 差	P
Father 父親	+1.29 ±10.20 gm.	.5 - .4
Mother 母親	+4.90 ± 7.36 gm.	.3 - .2

Sex ratio: Table V gives the number and proportion of male births among livebirths, excluding cases with major congenital malformation. The cell totals in Tables III and V are not identical only because the samples tabulated were slightly different.

性比: 第5表には生産児中の男児数及びその比率を示す。これは強度の先天性奇形を有する例は除外してある。第3表および第5表の数字に差があるのは、用いられた標本が、やや異っているからに過ぎない。

Table V. Frequency of Males Among Livebirths
第5表 生産児中の男児出現率

Mothers' Exposure 母親の被爆	Fathers' Exposure 父親の被爆					
	Hiroshima 広島			Nagasaki 長崎		
	1	2 + 3	4 + 5	1	2 + 3	4 + 5
1	7935/15279 (.519)	787/1503 (.524)	343/670 (.512)	6828/13080 (.522)	1008/1926 (.523)	188/366 (.514)
2 + 3	2729/5238 (.521)	1113/2225 (.500)	233/462 (.504)	4284/8305 (.516)	1933/3824 (.505)	276/490 (.563)
4 + 5	1291/2541 (.508)	281/527 (.533)	311/618 (.503)	564/1173 (.480)	135/265 (.509)	94/189 (.497)

Comparison of Groups (2 + 3) with (4 + 5)
第2, 第3群と第4, 第5群との比較

Parent 両親	Difference 差	P
Father 父親	+ .0042 ± .0112	.4 - .3
Mother 母親	+ .0137 ± .0081	.05 - .02

There is no significant effect of degree of fathers' exposure. For mothers' exposure there is a significant decrease of 1.37% in the percentage of male children born to heavily exposed mothers as compared to lightly exposed. This estimate is not affected by including stillbirths and major congenital malformations. Since the difference is then based upon all reported terminations after 20 weeks gestation, the sex ratio effect, if it is a real one, must be due to male lethality during the first 20 weeks of gestation. There is no evidence of such lethality from other data on stillbirth and abortion histories, nor from a small sample of ostensibly spontaneous abortions. However, none of these samples ascertains early abortions. It is suggestive that the effect of fathers' exposure, although nonsignificant, is opposite in direction to the significant effect of mothers' exposure, and that heterogeneity between these two estimates is significant; that is in agreement with genetic hypothesis. Since the observed heterogeneity is near the border of statistical significance ($P=.05$), it will be examined in additional data now being collected, and the genetics program will be reoriented to concentrate on the collection of sex ratio and stillbirth data. Together with the more precise analyses yet to be undertaken, these data may throw further light on whether the sex ratio difference is an accident of sampling, a genetic effect of radiation, a nongenetic effect on maternal somatic tissues, or the effect of extraneous causes yet to be investigated.

Discussion

It is important to note that the difficulties attendant on the collection of these data, as well as the fact that all observations are confined to the first post-bomb generation, permit the detection of only a small fraction of the total genetic effect of exposure to an atomic bomb. Given the estimates used here of the radiation dosage involved, it has, by analogy with what is now known of the radiation genetics of other organisms, always been doubtful whether significant findings attributable to the genetic effects of irradiation would be apparent in this first post-bomb generation. The small magnitude and equivocal significance

父親の被爆の程度による有意の影響は認められないが、高度に被爆した母親から産まれた男児の百分率は軽度^に被爆した例に比べて1.3%の有意な減少が認められる。この推定値は死産例および強度の先天性奇形例を加えた場合も変わらない。この差は妊娠20週以後のすべての妊娠終結に基づいているので、もし性比に対する影響が真実であれば、妊娠20週以内の男児致死のためと考えられる。死産および流産に関するその他の資料にも、自然流産の小数例にも、このような致死の証拠はみられない。しかし、これらの標本について、初期の流産を確かめてはいない。父親の被爆の影響は有意でないが、母親が被爆した場合の有意な影響とは逆の傾向を示しており、この2つの推定値の間の違いは有意で、遺伝学的仮説と一致すると考えられる。認められる差異は統計的有意域の限界($P=.05$)にあるので、これについては現在収集中の資料を更に検討し、また遺伝学的研究計画も性比および死産資料の収集に力を注ぐよう変更する。今後行なわれるより正確な解析の結果と共に、この新しい資料によって性比上の差が標本抽出上の偶然の出来ごとか、放射線の遺伝的影響であるか、母親の体組織の非遺伝学的影響であるか、またはまだ調査されていない外部的要因の影響であるかどうか明らかになるものと思われる。

考 察

すべての観察が原爆後の第一世代に限られているほか、資料の収集は非常に困難を伴っているので、原爆被爆の遺伝学的影響の極く一部分のみが発見出来るにすぎないのである。ここで用いた放射線量推定値の程度では他の生物に関する放射線遺伝学的研究で判っている事柄から類推して、放射線照射の遺伝学的影響に帰因する著明な所見が、原爆被爆後の第一世代に明らかに認められるかどうかは疑われていた。ここに記録された影響はごく小さく、そしてその有意性は疑わしい。これは動植物実験の結果から期待された遺伝学的事象は大体正確であったという証拠と考えられる。

of the results here recorded may be taken as evidence that the genetic expectations based on experience with plant and other animal materials were approximately correct. Whatever the total effects of radiation may be (and there is every reason to believe that they are much greater than can be detected in studies of this type), the public health hazard in the first generation offspring of exposed parents appears to be slight. There is no indication from this study that the sensitivity of human genes to radiation is not comparable to that of experimental plants and animals used in radiation experiments.

The material summarized in this paper represents the work of many individuals in addition to the authors. It is a pleasure to acknowledge the support of the members of the Committee on Atomic Casualties of the National Academy of Sciences—National Research Council, the Division of Biology and Medicine of the U. S. Atomic Energy Commission, and the Japanese National Institute of Health. Finally, it is particularly appropriate to express our deep gratitude to the Japanese parents, physicians, and midwives without whose cooperation this study would not have been possible.

References

参考文献

- Snedecor, G. W., and G. M. Cox (1935). Iowa Agric. Exp. Res. Sta. Bull. 180.
Yates, F. (1934). J. Am. Stat. Assoc. 29 : 61.

THE JAPANESE JOURNAL OF GENETICS 28 (5,6) : 211-218, Nov., (1953)

放射線の総合的影響がどんなものであるにせよ(放射線の総合的影響は、この種の研究で発見することが出来るものよりもはるかに大きい可能性は極めて大である)被爆者の第一世代に対する公衆衛生上の危険は小さいと考えられる。人間の遺伝子の放射線に対する感受性は、放射線実験に用いられた実験用動植物の遺伝子と異なるということは、この研究からはいえない。

本報告において要約された資料は著者達以外の多くの人々の仕事の結果求められたものである。米国学士院一学会議の原爆傷害に関する委員会、米国原子力委員会の生物医学部門及び日本の国立予防衛生研究所の職員から多大の支援を賜ったことについてここに感謝の意を表わしたい。最後に、日本の調査対象者、医師、並びに助産婦の協力を心からの感謝を捧げたいと思う。