

**STATISTICAL ASPECTS OF THE PROGRAM OF THE  
ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION**

A B C C の 研 究 計 画 の 統 計 的 考 察

GILBERT W. BEEBE, Ph.D.



## THE ABCC TECHNICAL REPORT SERIES

### A B C C 業績報告集

The ABCC Technical Reports provide a focal reference for the work of the Atomic Bomb Casualty Commission. They provide the authorized bilingual statements required to meet the needs of both Japanese and American components of the staff, consultants, advisory councils, and affiliated governmental and private organizations. The reports are designed to facilitate discussion of work in progress preparatory to publication, to record the results of studies of limited interest unsuitable for publication, to furnish data of general reference value, and to register the finished work of the Commission. As they are not for bibliographic reference, copies of Technical Reports are numbered and distribution is limited to the staff of the Commission and to allied scientific groups.

この業績報告書は、A B C Cの今後の活動に対して重点的の参考資料を提供しようとするものであって、A B C C職員・顧問・協議会・政府及び民間の関係諸団体等の要求に応ずるための記録である。これは、実施中で未発表の研究の検討に役立たせ、学問的に興味が限定せられていて発表に適しない研究の成果を収録し、或は広く参考になるような資料を提供し、又A B C Cにおいて完成せられた業績を記録するために計画されたものである。論文は文献としての引用を目的とするものではないから、この業績報告書各冊には一連番号を付してA B C C職員及び関係方面にのみ配布する。

**STATISTICAL ASPECTS OF THE PROGRAM OF THE  
ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION**

**A B C C の 研 究 計 画 の 統 計 的 考 察**

GILBERT W. BEEBE, Ph.D.

From the Department of Statistics  
統計部



ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
Hiroshima - Nagasaki, Japan

A Research Agency of the  
U.S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES - NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
under a grant from  
U.S. ATOMIC ENERGY COMMISSION  
administered in cooperation with the  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH of the MINISTRY OF HEALTH & WELFARE

原爆傷害調査委員会  
広島一長崎

厚生省国立予防衛生研究所  
と共同運営される  
米国学士院一学術会議の在日調査研究機関  
(米国原子力委員会研究費に依る)

A paper based on this report was presented at the following meeting:  
Thirty-Second Session of the International Statistical Institute in Tokyo, June 1960.

この報告は東京における1960年6月の国際統計協会第32回総会において発表された。



# TABLE OF CONTENTS

## 目 次

	<i>Page</i>
Introduction まえがき	1
Factors Influencing the Program and its Conduct 研究の計画と実施に影響をおよぼす諸因子	3
Broad Strategy of the Program 計画実施の基本手段	9
Specific Elements of Scanning Process 探知組織を構成する成分	10
Sampling Problems 標本抽出の問題	14
Estimation of Radiation Received 放射線量の推定	17
Statistical Analysis 統計的解析	18
Conclusion 結 論	19
Appendix I The Role of the Statistician at ABCC 付録 I A B C C における統計専門職員の役割	21
References 参考文献	30

## INTRODUCTION

### まえがき

The Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) is a medical research institute in Hiroshima and Nagasaki devoted to long term study of the late effects of nuclear radiation upon man. The work draws its great interest from the paucity of existing information on the effect of radiation on man; from the unique radiation experience of the atomic bomb survivors; from the increasing utilization of nuclear energy in modern technology; and from humanitarian concern for the survivors of the bombs. The ABCC program provides the statistician with an important opportunity to apply the tools and concepts of statistics, for the inferences to be drawn are largely statistical inferences growing out of the comparison of samples defined as to radiation exposure. The work is of international as well as statistical interest by virtue of its subject matter and as a meeting-ground for statisticians trained in different countries.

The ABCC is a joint undertaking of the United States National Academy of Sciences and the National Institute of Health (NIH) of the Japanese Ministry of Health and Welfare. The Academy holds a broad commission from the President of the United States to investigate the delayed effects of radiation in the interests of science and humanity. The personnel of the NIH branch laboratories in Hiroshima and Nagasaki are integrated into the activity at all levels, the two branch chiefs serving as associate directors of ABCC. The Director of ABCC is appointed by the National Academy of Sciences. Funds are provided through a contract between the Academy and the United States Atomic Energy Commission and by the NIH directly. The Director has an Advisory Council consisting of twelve representatives of leading scientific and administrative agencies in Japan. Three of the seven

広島市および長崎市にある原爆傷害調査委員会 (A B C C) は医学研究機関であって、人類におよぼす原子爆弾放射線の後障害を長期間にわたって調査している。A B C Cの研究は、放射線の人類への影響について未知の点が多いこと、原子爆弾被爆者が放射線照射を経験した唯一の人々であること、近代工業において原子核エネルギー利用が増加していること、被爆者に対する人類愛等の諸点から非常に重要性をもつものである。ABCCの研究では、結論を引き出す場合、被爆状態によって定義された標本の比較を行ない統計的推論による場合が多いので、統計専門家が統計学の知識と技術を利用する機会が多い。A B C Cの仕事は研究題目の性質からいって、また異なった国で教育を受けた統計専門家が集まっている意味で国際的ばかりでなく統計学的にも興味がある。

A B C Cは、米国学士院と日本の厚生省国立予防衛生研究所（予研）との共同運営機関である。米国学士院は科学と人類愛の見地から放射線の後障害を研究するよう米国大統領から依頼を受けている。広島と長崎の予研支所職員はA B C Cの研究のあらゆる段階にとけこみ一体となって研究に従事している。両支所長はA B C C準所長の職務を行なっている。A B C C所長は米国学士院から任命される。運営のための費用は学士院と米国原子力委員会の両者の契約によって支出されている。また予防衛生研究所も費用の一部を負担している。日本においては、著名な科学者と行政機関の代表者からなる12名の評議員会があって、所長の諮問に応じている。A B C Cには7つの大きな部がある。そのうち3部は米国の学術団体と密接に提携している。すなわち病理部はロサンゼルス市にあ

major departments of ABCC are closely affiliated with scientific groups in the United States: Pathology with the Department of Pathology, University of California at Los Angeles; Medicine with the Department of Medicine, Yale University at New Haven, Connecticut; and Statistics with the Division of Medical Sciences, National Research Council. A fourth department, Epidemiology, is headed by a prominent Japanese epidemiologist. Research associates are also appointed from among leading Japanese medical scientists with interests in particular aspects of the ABCC program. Many universities in Japan lend medical personnel to the activity for tours of one or two years, and the United States Public Health Service assigns interested medical officers for periods of two years. In Japan the Statistics Bureau, Office of the Prime Minister, and the Ministry of Education are currently lending trained statisticians for periods of two years. In addition, many scientists are permanently associated with the effort. The total staff is 996, of whom 86 have professional status.

Research is conducted in both Hiroshima and Nagasaki. The organization is largely duplicated in the two cities, unity being achieved through a single director and a single head of each department. In addition to the four departments already mentioned, the organization includes departments of Medical Sociology, Clinical Laboratories, and Radiology. Department of Statistics consists of the Planning and Analysis Group, an Administrative Section, and the Statistical Laboratory. In the Planning and Analysis Group at present are five analytic statisticians, a health physicist from the Oak Ridge National Laboratory (ORNL) in Tennessee, and a procedures analyst. Three are from Japan, three from the United States, and one from Australia. The Laboratory has two branches one for data collection, the other for data processing. Data are collected by field operations to determine eligibility for various samples, to obtain information on terrain and structures that may have shielded individuals from some of the

るカリフォルニア大学の病理部と、臨床部はコネチカット州、ニューヘブーン市にあるエール大学の医学部と、統計部は米国学術会議の医学部門と提携している。第4番目の部である疫学部の長は日本の著名な疫学者である。また、ABCCの研究に関心を持った著名な日本医学者から研究客員が任命されている。日本の大学の多くは1-2年の契約で医師をABCCに派遣しており、また、米国公衆衛生局は2年契約で、ABCCの仕事に関心を持つ医師を派遣している。日本では総理府統計局および文部省が2年契約で経験のある統計専門家を派遣している。その他長期契約で研究に従事しているたくさんの科学者がいる。全職員数は996名、そのうち86名が専門職員である。

研究は広島と長崎で並行して行なわれている。両市のABCCの組織は殆んど同じである。すなわち両市を通じて1人の所長、また各部においては1人の部長を置いて仕事を統一している。上記4部のほかに、ABCCには、医科社会学部、放射線部、臨床検査部がある。統計部は、企画解析を担当するグループと管理室、統計室からなっている。企画解析を担当するグループは現在統計解析専門家5人、テネシー州のOak Ridge National Laboratory (ORNL) から派遣された保健物理学者1人および資料処理の専門家1人からなる。7人のうち3人は日本人、3人は米人、1人は濠州人である。統計室は2つの班、資料収集班と資料処理班に分かれる。資料収集班の仕事としては(1)種々の標本を選出するために野外調査を行なうこと。(2)爆弾から放射線をうけた人々について、遮蔽の状況やその当時の地形に関する資料を求めること。(3)調査の客体の生死をたしかめることである。資料処理班では、資料の保存のほかに符号化、製表、

radiation from the bomb, and to determine survival status. Data processing consists of coding, tabulation, and computing as well as records maintenance. The Laboratory is headed by a former official of the Statistics Bureau in Tokyo; the staff of about 235 is entirely Japanese.

## FACTORS INFLUENCING THE PROGRAM AND ITS CONDUCT

Factors governing the program are of several kinds: (1) the initial insult; (2) the possible nature of radiation effects on man; and (3) certain special features of the general environment of ABCC in Japan.

The radiation whose effects are sought emanated from an act of war that produced destruction on a catastrophic scale. Reconstruction of the situation for sampling purposes is difficult and there is room for doubt as to the inherent comparability of individuals who received different amounts of radiation. A mass exodus occurred in each city after the bombing. Many failed to return. Injuries were caused by blast, fire, collapse of buildings, and by thermal as well as ionizing radiation. Homes were destroyed, means of livelihood lost, and families broken. The psychic trauma was beyond ascertainment. It is out of this disaster that scientists now must try to unravel the late effects of the ionizing radiation. Scientists must try because no other sample in the world is at once so large, generally representative of the population, and offering possibility for reasonable estimation of single, instantaneous doses to many individuals. These doses range from lethal to zero.

The potential value of medical studies on the A-bomb survivors depends directly upon the adequacy of information as to the amount of radiation actually received. In their efforts to classify individuals as to relative amounts of radiation received ABCC investigators were until recently limited to the use of distance from hypocenter,

計算を実施している。統計室の長は統計局の元職員で、職員235人は全部日本人である。

## 研究の計画と実施に影響をおよぼす諸因子

原子爆弾の後遺症に関する研究計画を支配する因子として、(1)爆弾によって与えられた初期条件、(2)人類に対する放射線障害の性質、(3)日本におけるA B C Cをめぐる社会環境等がある。

探求すべき放射線の影響は戦争行為のために引き起されたものである。壊滅的な破壊をともなったため、爆弾投下以前の状態を再現して、標本を選出することは困難であり、種々の量の放射線を受けた人々を直ちに比較できるかどうか問題が残る。原爆投下直後多数の人々が市を去り、再び戻って来ない人が多い。熱線と電離放射線による障害のほかに爆風、火災および建物の破壊によっても障害があった。家が破壊され、生活の手段がなくなり、家族がばらばらになった。精神的損傷は想像以上のものがある。われわれは、このような災害の中から放射線の後障害を明らかにしなければならない。世界において一時に多量の放射線照射を受けたこれだけ大きな代表的人口集団は存在しない。しかも個人別に受けた放射線量を合理的に推計することも可能である。したがって、われわれはこの人々における後障害の研究をぜひとも実施しなければならない。受けた線量は0から致死量におよんでいる。

原子爆弾被爆者の研究は、実際受けた放射線量に関する資料が正確でなければ価値が少ない。最近までA B C Cの研究者は、被爆者が受けた相対放射線量を爆心地からの距離、遮蔽の状況、急性症状から見当づけるにとどまっていた。Oak Ridge National Laboratory<sup>1</sup>の保健物理部が原



type of shielding, and acute symptoms. Through the efforts of the Health Physics Division of ORNL<sup>1</sup> an experimental basis now has been established for crude but quantitative individual dose estimates for the initial nuclear radiation of the bomb. The large errors of present determinations may be reduced as work progresses. Estimation of dose depends upon several factors: (1) empirically estimated air dose curves for neutrons and gamma rays as a function of distance from hypocenter (or ground zero); (2) exact distance of the subject from hypocenter; (3) precise shielding situation of the subject; and (4) experimentally derived attenuation (or penetration) factors for shielding materials and situations.

It is worthy of emphasis that two different weapons were exploded in widely separated, large cities a few days apart. Presently estimated air dose curves for gamma rays are very similar for the two cities, but not so for the neutron curves. In view of the many uncontrolled variables present, and the fact that location influenced dose, the conduct of studies in both cities according to the same general plan has seemed to offer a measure of protection against erroneous inference.

The second set of factors governing the program derives from ignorance of the specific nature of the effects of radiation upon man and from their possible range. Often in applied research statisticians know what they are looking for, and indeed often test various means of attaining a specific goal. Here, the situation is reversed: research workers literally do not know what they are looking for. True enough there are some leads and their number grows continually, but the basic outlook is uncertain and, therefore, a premium is placed upon thoroughness in the search. What is more, effects may occur as increased probabilities of familiar pathological entities. Hence, efforts cannot be confined to the search for new biological responses on the part of the exposed but must study the actual incidence

子爆弾の初期放射能に関する実験を行なったために、粗であるけれども量的に各個人の受けた線量を推計することができるようになった。現在の線量推計には、比較的大きな誤差があるが、この誤差も将来研究が進むにつれて減少するであろう。線量の推計にはいくつかの因子が関係している。すなわち、(1)爆心地からの距離(原点)の関数としての経験的に推計された中性子およびガンマ線の空中線量曲線。(2)調査客体の爆心地からの正確な距離。(3)調査客体の正確な遮蔽状況。(4)実験的に計算された遮蔽物質の放射線減弱(透過)係数、等である。

異なった種類の爆弾がわずかの日をおいて離れた2都市で爆発したことは注目すべきである。両市とも、ガンマ線の空中線量曲線は非常によく似ているが中性子の曲線は違っている。規制できない変数が多いために、また両市の線量に差があるという事実から、同一の計画によって両市で研究を実施することは、間違った推論を引き出すことを防ぐための手段となる。

計画を左右する第2の因子は、われわれが人類に対する放射線影響に関して、具体的な性状や影響があらわれる限界をほとんど知らないことである。研究に統計を利用する場合、何を発見しようとしているかを知っていることが多く、実際その特別の目的を達成するために最も適当な統計的手段を検討するのが普通であるが、ここでは順序が逆になる。すなわち、われわれはみつけ出そうとするものが何であるか文字通りわからない。もちろん、多少の手掛りはある、それが常に増加していることは事実である。しかし基本的目標については、まだまだ不明な点が多い。したがって研究を実施する場合にはあらゆる可能性について洩れなく計画しなければならない。その上後障害は、普通にみられる病理的变化の起こる確率が増加した姿であられるかもしれない。われわれは被爆に関して何か新しい生物学的反応を研究することだけに限定することができない。普通にみられ

of many familiar diseases in relation to radiation dose.

Untoward effects have already been shown, most clearly, perhaps in the radiation cataracts,<sup>2</sup> leukemia,<sup>3</sup> and the fate of the directly exposed fetus.<sup>4,5</sup> Others may be expected, but when they will appear and for how long they will be observable cannot be foretold: the only solution for this uncertainty seems to be to keep looking. The magnitude of the effects is similarly unknown, and it is not possible to specify a general magnitude of effect below which interest would be negligible, for the interest depends on the nature of the effect as well as on its size. To limit this uncertainty, sample sizes must be as large, and observations as numerous and accurate as possible. Moreover, whenever the findings are negative, comparisons should be powerful enough to permit adequately strong negative statements.

The few important effects noted thus far have all clearly been increasing functions of dose at the higher doses. However, speculations extend to effects that are independent of size of dose, and there is also an important controversy in the literature<sup>6</sup> concerning the existence of threshold doses for specific effects. These considerations affect the structure of the samples that are to be compared in the search for effects.

The third class of influences is more heterogeneous and subtle, and it affects chiefly the adequacy with which research may be prosecuted, not its design. In particular it affects the attitudes of the survivors and others, including Japanese scientists, with respect to participation in ABCC research activities. The program stems from an act of war, and the research institution has alien roots established when Japan was under military occupation. Although ABCC was never an organ of the military, to some it still stands as a reminder of the war and the occupation. In the interim since 1945 the United States has further developed nuclear weapons, a nuclear armament race has disquieted

る疾患の発生率と放射線量との関係を研究しなければならない。

すでに、有害な影響は放射線白内障<sup>2</sup>、白血病<sup>3</sup>、放射線を直接に受けた胎児の運命<sup>4,5</sup>等にはっきりとみられる。多分その他にも影響があるだろうが、その影響がいつあらわれ、どれ位の期間観察ができるかについてはまだ知らない。この不確実性に対する解決法は、注意深く観察を続けることだけである。影響の大きさもまた同様にわからない。問題には、影響の大きさばかりでなく性質も関係してくるから、これ以下の大きさの影響は無視しようとする限界をおくこともできない。この不確実性を少なくするため、標本数はできるだけ大きくしなければならない。できるだけ多く、しかも正確な観察をしなければならない。さらに否定的な結果を得た場合に、影響がないという結論を十分な妥当性をもって下し得るようしっかりした比較をしなければならない。

先に述べたわずかではあるけれど重要な影響については、相当量の線量をうけた場合、線量とともに増加することが明らかに観察されている。しかし線量の大きさに無関係な影響もある。また特殊の放射線の影響では、閾値が存在するとの文献<sup>6</sup>がある。以上の考察は影響の発見に利用される標本の構成に当って考慮しなければならない。

計画におよぼす第3の影響は、外部からくるもので一層複雑微妙なものである。計画それ自身に対してではなく、研究が支障なしに実施できる、かという点に影響を与える。特にABCCの研究に対する被爆者、日本の科学者など周囲の人々の態度にも関係している。研究計画は戦争行為から出発し、研究機関は占領下に異分子として発足した。ABCCは決して軍の機関ではなかったが、戦争や占領の遺物と考えるものもある。1945年以来、米国は核兵器をさらに進歩させ、核武装競争は世人に不安をあたえている。原水爆実験のために生ずる降下物は日本にとって、非常な不安の原

everyone, fallout from weapons tests has been a major worry in Japan and as a visible activity of the United States the ABCC has been erroneously associated in the minds of some with weapons development, preparations for another war, military secrets, etc. At the risk of belaboring the issue the following specific facts are interpolated:

1. The interest behind ABCC research is purely medical.
2. Only scientific considerations govern release of information.
3. Data are not secreted, suppressed, or furtively dispatched to the United States, but are prepared for open publication in both Japanese and English.

In this connection following is an excerpt from the ABCC internal manual on publication:

"Any publication policy must recognize the primary responsibility of ABCC in evolving a truthful scientific appraisal of the effects of the atom bombings on the people of Hiroshima and Nagasaki. The scientific world needs to know these findings, but the Japanese people of these cities have a more direct need for an objective appraisal of the late effects of the bombings. It is ABCC's responsibility that these people, through proper scientific publications, be informed of significant data, whether of positive or negative nature. They should not be alarmed by data prematurely or inadequately presented, nor lulled by data withheld or overly digested."

The awful character of the atomic weapons exploded in Hiroshima and Nagasaki has given fresh impetus to the determination and hope for peace in the world. Anxiety about long-term radiation effects has been accentuated by the leukemia and other findings in Hiroshima and Nagasaki, and by the massive fallout potential of the much larger nuclear weapons developed since

因になった。米国におけるこの方面の活動のために、ABCCは原子兵器の発達のために関係がある、将来の戦争のための準備と関係がある、あるいは軍事秘密である等の誤解を一部の人に生じた。これらの点を反論するために、いくつかの点をあげておきたい。

1. ABCCの研究目標は純粹に医学的なものである。
2. 結果の発表は科学的な立場から行なっている。
3. 資料は秘密ではなく、また発表をおさえることもしない。もちろんひそかに資料を米国へ送ることもしない。結果は日本語と英語で公表する。

この点に関連して、ABCC発表要覧から1節を引用してみよう。

“発表方針は、広島および長崎の市民に対する原爆の影響について正しい学術的評価を行なうべきABCCの第一義的責任を認識するものでなければならない。学術の世界でもこれら所見をぜひとも必要とするが、日本における前記両市の市民にとっては、原爆の後発性影響の客観的な評価が一層切実な問題となる。これらの人々に、肯定的であると否定的であるかを問わず適当な学問的発表を通じて重要な資料を提供することがABCCの責任である。未完成な形または不適當な方法で資料の発表を行なってこれらの人々を驚かせたり、あるいは発表を差し控えるとか、過度の解釈を加えた資料を提供して彼等を安心させたりすることがあってはならない。”

広島、長崎に爆発した原子爆弾の恐るべき性能は、世界平和をみちびこうとする決心と平和への希望の原動力となった。広島や長崎における白血病やその他の後障害のため、また1945年以来、より強力な核兵器が発達しその結果降下物が多量



1945. To drive home the moral lesson a frightening picture is painted of the immediate holocaust and the lingering effects of radiation. The Hiroshima and Nagasaki survivors must be peculiarly sensitive to these assertions, knowing that many of their number died of acute radiation symptoms, aware that leukemia has claimed a small but significant number of their fellow-survivors, and haunted by the prospect of future genetic and somatic changes. These fears must be accentuated by the newspaper publicity given to deaths among the survivors, especially when each death is labeled an "A-bomb death" regardless of cause. In brief, the greater the effort to frighten the world with the potential hazards of radiation the greater the anxiety among the present survivors. There is a conflict of interest here: Must the survivors continue to pay, through anxiety, the price of the educational effort in behalf of world peace? The unwary may not hesitate to draw conclusions about the late effects of the bombs on the basis of little evidence; the cautious scientist who fails to find a particular piece of evidence convincing is readily accused, not of objectivity, but of bias. When the comparisons do not meet his levels of statistical significance, or the sampling situation seems biased, the statistician is hard to convince. Of course, he knows that his approach to inductive inference provides no absolute answers. As Fisher puts it, the null hypothesis is never proved but only possibly disproved. Whether a test hypothesis be accepted or rejected, the statistician faces the risk of error either way, but is armed with a measure of that risk calculated from mathematical models based on random variables. At ABCC the statistician must be particularly aware of his responsibilities in reaching negative conclusions about late radiation effects. The apparent consequences of Type I and Type II errors, in the Neyman-Pearson sense, are perhaps worth elucidation here. If one commits a Type I error and asserts a radiation effect where none exists, one adds unnecessarily to the disquiet of the A-bomb survivors and perhaps influences those concerned with

に出るようになったため、放射線の後影響についての心配がますます大きくなった。瞬時に起きた大破壊とその後なお去らない後遺症は、道徳心に訴えるために誇張して伝えられている。広島および長崎の被爆者は、急性放射線症状を示して多数の人が死んだことや、数は少ないが白血病の患者が生存者の中から発生していることを知っているために、また将来に起こる遺伝学的、肉体的影響に対する恐れが心から離れないために、この種の言説に対して特に敏感である。これらの恐れは被爆者の死亡が新聞に公表されるため、特に死因の如何にかかわらず、“原爆死”とレッテルがはられるためにますます増大する。簡単にいうと、放射線の危険を徹底しようとして努力をすればするほど、現在の被爆者の間の不安が増加する。ここに、1つの矛盾する問題がある。被爆者は世界平和をうったえる努力をつづける対価として、いつまでも不安をもちつづけなければならないのだろうか。大胆な人々は、ほんのわずかな証拠から原爆の後障害に関する結論を引き出そうとするかもしれない。これに対して、納得できる証拠を発見できない用心深い科学者は、その客観的な態度は無視され、かたよっているとして非難される。比較の結果、統計的に有意の差がみられない場合、あるいは標本構成にかたよりがあるとみられる場合には、統計専門家は結果を確認し難い。もちろん統計専門家は、結果を推論する場合それから絶対的の答えが得られるとは思っていない。Fisherがやっているように、帰無仮設は、決して証明することができず、ただ反証される可能性があるのみである。仮設を受け入れるか捨てるかについて、統計専門家は2種類の誤りをおかす危険に直面する。しかしこれらの危険は無作為抽出に立脚した数学的モデルから計算される。ABCCにおける統計担当者は放射能の後障害について否定的な結論に到達した場合には特に注意しなければならない。Neyman-Pearsonのいう第1種と第2種の誤りのもつ意義をここに明らかにする必要がある。もし第1種の誤りをおかした場合には実在しない放射線の影響があると主張することになる。その



radiation protection in civilian technology etc., in a more conservative direction. If one commits a Type II error, and fails to find an effect where one actually exists, one provides unrealistic reassurance to the A-bomb survivors but those concerned with radiation protection, if influenced by the findings, may be less cautious than they should be. In Table 1 these errors are compared, by way of illustration, with those that would arise in comparable situations involving tests on the toxic effects of an agricultural spray on the possible therapeutic effect of a proposed new remedy. Although errors of both types are to be minimized insofar as possible, it is plain that the statistician working on radiation effects must be especially cautious about Type II errors. Omitted from the table is any consideration of the scientific effects of these errors, in terms of false leads provided to other investigators and failure to determine relationships which, if pursued further, might add to fundamental knowledge on the effects of radiation on man.

結果原子爆弾被爆者に不必要の不安を与えることになり、また多分民間における放射線防御方法について必要以上の負担を与えるだろう。もし第2種の誤りをおかした場合、実在している影響の発見に失敗したことになる。その結果、原子爆弾被爆者にいつわりの安心を与えることになり、放射線の防御について慎重性を欠くことになる。表1においてはこのような誤りを比較するため、農業の有害性をテストする場合と新しい治療法の臨床的效果をテストする場合とについて対比している。この2種類の誤りはできる限り小さくすべきであるが、放射線の影響の研究では、特に第2種の誤りについて、注意深くならなければならない。この表に示す第2種の誤りの科学的意義についての注意を怠ると、さらに研究を続けた場合に見出すことができる放射線の人類に対する影響について、それを誤った方向に向けたり、見逃すことになるであろう。

TABLE 1 PRACTICAL CONSEQUENCES OF TYPE I AND TYPE II ERRORS IN STUDIES ON RADIATION AND OTHER BIOLOGICAL FACTORS

表1 放射線その他の生物学的因子を研究する場合、第1種、第2種の誤りによって生ずる実際の結果

SUBJECT OF STUDY 研究の対象	TYPE I ERROR 第1種の誤り (NONEXISTENT EFFECT ASSERTED) (実在しない影響があると主張された場合)	TYPE II ERROR 第2種の誤り (REAL EFFECT NOT FOUND) (実在する影響が見逃された場合)
RADIATION 放射線	NEEDLESS ANXIETY PRODUCED IN SURVIVORS 被爆者に無用の心配を起す  THOSE CONCERNED WITH RADIATION PROTECTION MAY BE MORE CONSERVATIVE 放射線防御について必要以上に慎重にさせる	UNREALISTIC REASSURANCE PROVIDED TO SURVIVORS 被爆者に誤まった安心感をもたせる THOSE CONCERNED WITH RADIATION PROTECTION MAY BE LESS CONSERVATIVE THAN NECESSARY 放射線防御について慎重性を欠くようになる
AGRICULTURAL SPRAY SUSPECTED OF BEING POISONOUS 有害のおそれのある農薬	NEEDLESS ANXIETY PRODUCED IN CONSUMERS 消費者に無用の心配を起す  PRODUCERS, ETC. SUFFER ECONOMIC LOSS 生産者等が経済的な損失をうける	UNREALISTIC REASSURANCE IS PROVIDED CONSUMERS 消費者に誤まった安心感をもたせる ADDITIONAL CONSUMPTION LEADS TO UNTOWARD EFFECTS 消費を続けることによって悪影響が起る
POSSIBLE THERAPEUTIC AGENT 薬剤の効果	UNREALISTIC OPTIMISM ENGENDERED IN PATIENTS AND PHYSICIANS 患者および医者に不当な楽観をさせる  ADOPTION OF VALUELESS THERAPY 効果のない治療法を撰択する	GOOD THERAPEUTIC AGENT IS NOT USED, AND BENEFICIAL EFFECT LOST よい薬剤が採用されないため、有益な効果を失うこととなる

In United States, where the population is more mobile, long term medical follow-up studies usually present special difficulties if only because patients are so often lost to observation. In Japan these particular difficulties are less apparent, and specific aids exist in the family registration system and in the requirement that all residents register at the city hall. On the other hand, the people of Hiroshima and Nagasaki come not as patients but as volunteer subjects for examination and diagnostic study, and for the most part are not in need of treatment. Nevertheless, as problems requiring medical care do come to light in the clinic ABCC physicians provide treatment where they can appropriately and refer others to physicians, clinics, and hospitals in the community (there are but thirteen beds at ABCC in Hiroshima; none in Nagasaki). About 85 to 90 per cent of those requested to participate actually do attend the clinics. Participation by the citizens of the two cities is remarkably high, and this is true of both those exposed to radiation from the bombs and also those not so exposed.

## BROAD STRATEGY OF THE PROGRAM

The problem under study is much too general to be approached via an experimental design in the technical sense and for some years the program was pursued somewhat opportunistically and without a clearly defined, overall strategy. However in 1955 this defect was remedied by an epidemiologist and two statisticians, Francis, Moore, and Jablon,<sup>7</sup> who crystallized, from past activities at ABCC and from a priori considerations, what they called a UNIFIED STUDY PROGRAM as a permanent program guide. The strategic problem has been to create an adequate observational system, a scanning mechanism, that will operate continually and in the directions thought most useful for probing, and at the same time to preserve a balance between the routine observations and such specific, hypothesis-oriented research as the staff may have the imagination and

米国では、人口がよく移動するので、長期間にわたる追跡調査は非常に困難であり、相当数の客体が観察の途中で行方不明になる。日本ではこの困難は少ないようである。この面で役立つ組織としては、戸籍制度と住民登録制度とがある。調査対象は患者としてではなく、ABCCの計画する身体検査に対する、義務づけられていない協力者として来てもらうのであり、しかも大部分のものは治療を必要としていない。しかしときには治療が必要な場合がおこるが、このような場合、ABCC臨床施設でできる範囲の治療を行ない、あるいは市中の診療所や病院に紹介する（広島はABCCには13のベッドがあるが長崎にはない）。調査の対象者の85—90%がABCCを訪れている。両市とも原子爆弾による放射能をうけた人も、うけない人（対照群）も非常によく調査に協力している。

## 計画実施の基本手段

研究課題が余りにも広範囲におよぶので統計という実験計画を用いることが困難である。ABCC初期の数年間には、はっきりした総括的計画に基づくことなく便宜的な研究を実施していた。しかし1955年にこの欠点は1人の疫学者と2人の統計専門家、すなわち Francis, Moore, Jablon<sup>7</sup>によって訂正された。彼らはABCCの過去の活動と将来の見通しに基づいて、統合調査計画と名付けられた研究計画を立案し、これがABCCの研究の恒久的な道標となった。すなわち、継続的にしかも結果を探り出すのに最も有効な観察組織いわば探知機構を作り上げ、また同時に日々実施している日常の観察と、研究者が特別な仮説をもとにして頭の中で描いている研究の実施との間の釣合を保つようにするのが課題であった。観察者個人にとっては、日々実施される観察に、特にいわ

competence to pursue. The individual investigator often has little use for the routine search, especially in a setting of so-called "cooperative research" where he may have difficulty in finding some part of it to call his own, and yet it is the only course which offers the chance to observe anything less than large, dramatic effects.

The scanning mechanism visualized by Francis *et al.* consists of a core of specifically designed, long term studies. Their number was not limited but the main ones originally defined are, with but one exception, today in operation. These studies proceed on the basis of fixed samples of both exposed and nonexposed, to be unchanging in time and interrelated as the part and the whole. The scanning techniques are complementary and comprise death certificate analysis, clinical and laboratory examination and history-taking, household interview, and post mortem study. The resulting observations are mutually reinforcing, especially insofar as they involve the same set of cases. For the most part a scanning technique is visualized as standard and unchanging. However, standard examinations are from time to time supplemented by deeper explorations of particular organ systems and diseases of interest to the individual investigator. This device not only increases the average depth of the search over the years but also heightens the interest of the individual investigator.

From experimental work, the observations of others, and suggestions picked up during the routine scanning, ideas should emerge for more specific studies. Examples are leukemia, pregnancy termination,<sup>8</sup> and accelerated aging, each of which has been made the subject of quite specific epidemiological investigation at ABCC.

## SPECIFIC ELEMENTS OF SCANNING PROCESS

First in its breadth and generality, but not in depth, is a statistical study of mortality among 100,000 individuals in both cities known to have been alive in

ゆる共同研究の中では貢献し得る所がわからない場合もあるので興味を覚えないことがある。しかし、非常に大きな劇的な影響のある場合はとにかく、小さな後障害を観察するためにはこれが唯一の方法であろう。

Francis等によって立案された探知機構には長期間にわたるように立案されたいくつかの研究計画がある。はじめに立案された統合調査計画の主要な部分は、1項目を除いて今日すでに実施されている。これらの研究は被爆者と非被爆者からなる固定集団について実施され、この固定集団は今後変更されずに全体に対する一部としての関係を保ちつづける。探知機構に属する研究計画は互いに補足し合うもので、死亡診断書の解析、全身検査および臨床検査、既往歴調査、家庭訪問、死後の病理解剖等が行なわれる。同一の対象についてこれらの観察が行なわれるので、相互補強が得られる。大部分の探知手段の主な部分は、標準化されていて変更しない。これらの標準検査はときどき研究者の特に興味をもった器官、あるいは特殊な病気について深くほりさげるための追加検査によって補われる。このことは研究者個々にとって、興味を強めるばかりでなくて、長期間にわたる研究の平均的深さを増加することになる。

実験的研究、観察知見や日常の検査から、特殊研究が着想される。特殊研究の例としては白血病、妊娠終結<sup>8</sup>、加齢促進等があるが、これらはABCにおいて疫学的観察の対象となっている。

## 探知組織を構成する成分

深さは別として、対象の広さと総合性という点で第1にあげるべきものは、1950年現在の広島、長崎の被爆生存者 100,000人を対象とする死亡率の統計的研究である。この研究は、国立予防衛生



1950. This is a joint NIH-ABCC study resting on firm scientific and administrative agreements.<sup>9</sup> Aspects of design that may interest statisticians are:

1. A stratified sampling plan specifying the following components:

- a. Less than 2000 meters of ground zero at the burst (ATB).
- b. From 2000 to 2499 meters of ground zero ATB.
- c. From 2500 to 9999 meters ATB equal in number to those less than 2000 meters and randomly chosen.
- d. 10,000 meters or beyond ATB, equal in number to those less than 2000 meters and randomly chosen.

2. Eligibility confined to Japanese citizens with place of permanent family registration (*honseki*) in or near the city of study and resident in the city of study at the time of the 1950 National Census.

3. Components c and d age- and sex-matched to component a.

4. Radiation effects to be sought not merely through comparisons of the four components but more especially by dose-specific comparisons of mortality.

5. Mortality to be studied at the level of all causes and of individual causes, with the coding of cause of death coordinated with that of the Health and Welfare Ministry of Japan.

Two major defects of the study limit its ultimate contribution to knowledge on the radiation effects of the bomb and should be remedied by supplementary studies in the future: (1) the period 1945-1950 is excluded entirely; and (2) survivors who had left the bombed cities and not returned prior to 1950, about one-third of the estimated survivors in 1950, are also excluded.

研究所とA B C Cの共同研究であって、科学的な面、調査の運営の面ともにはっきりした協定ができています。<sup>9</sup> 調査設計の面で統計的に興味あるものは次の通りである。

1. 次の成分を決めるための層化抽出計画

- a 原爆時に爆心地から2000m未満にいた被爆者.
- b 原爆時に爆心地から2000—2499m にいた被爆者.
- c 原爆時に爆心地から2500—9999m にいた被爆者で、2000m 未満の群と同数になるように任意抽出する.
- d 原爆時に爆心地から10,000m 以上にいた被爆者で、2000m 未満の群と同数になるように任意抽出する.

2. 本籍が調査対象都市またはその周辺地区にあること、1950年国勢調査時の住所が市内であること.

3. cとdの年齢および性別構成をaと一致させること.

4. 放射線の影響は、上記4つの成分間の比較だけでなく、さらに放射線量別に解析すること.

5. 死亡率は、全死亡および個々の死因についてみる。死因の符号は厚生省で採用されているものと調整する.

この研究がもつ次の2つの欠陥は、原爆による放射線の影響を解明する上に支障となっている。この欠陥は将来、別の調査によって補うべきだと思われる。それは(1) 1945年—1950年までの期間が全く除外されていること。(2) 両市から移住し、1950年までに帰らなかった被爆者が除外されていることである。この数は1950年現在の被爆生存者の約 $\frac{1}{3}$ に達する。



The great strength of the mortality study lies not so much in its statistical design as in its provision for the collection of information on mortality. By tying the study to the family registration system, the *honseki*, ABCC is confident of being able to learn about most deaths through routine searches in the city offices (*koseki-ka*) of custody. Whether this approach will yield 90 or 95 per cent of the deaths, or possibly even more, remains to be ascertained, but the evidence is that the yield will be very high.

A second major element of the Unified Study Program is a continuing program of periodic clinical examinations of survivors in both cities, utilizing a standard approach to the history, physical, and laboratory examination, but supplemented by occasional deeper studies on particular systems and diseases. The sample consists of 20,000 individuals chosen from the large mortality sample as follows:

1. Those less than 2000 meters from the hypocenter ATB who experienced acute radiation symptoms (epilation, bleeding, or oropharyngeal lesions).
2. Those less than 2000 meters from the hypocenter ATB without such symptoms, equal in number to group 1.
3. Those who were from 3000 to 3999 meters from the hypocenter ATB, equal in number to group 1.
4. Those who were 10,000 or more meters from the hypocenter ATB, equal in number to group 1.

Groups 2, 3, and 4 are age- and sex-matched to group 1 and random selection was employed whenever the number eligible exceeded the sampling requirement. A first cycle of examinations is presently under way and expected to be completed in Hiroshima in 1960 and in Nagasaki in 1961; a two-year examination cycle is the present objective. Examples of the periodic emphasis upon particular systems and diseases at the present time are special

この死亡率調査の強味は、以上の統計的設計の面にもあるが、むしろ、死亡の情報収集の機構である。戸籍照合によってほとんどすべての死亡を知ることができるという確信をもっている。この方法で把握できる死亡が全死亡の90%か、95%かあるいはさらに高くなるかの検討は残された問題であるが、非常に高率であることは確実である。

統合調査計画の第2の成分は、両市の被爆生存者について一定の周期をもって継続して行なう臨床調査計画である。病歴聴取、全身検査、臨床検査が一定の標準によって実施されるとともに、特別の器官や病気について臨時に特殊な調査が加えられる。この調査のための20,000名は、死亡率調査のための大きい標本から次のように抽出されている。

1. 原爆時に爆心地から2000m未満にいて急性放射線症状（脱毛、出血または咽頭口腔病変）があった人。
2. 原爆時に爆心地から2000m未満にいて急性放射線症状がなかった人、第1の群と同数を抽出。
3. 原爆時に爆心地から3000—3999mにいた人、第1の群と同数を抽出。
4. 原爆時に爆心地から10,000m以遠にいた人、第1の群と同数を抽出。

第2、第3、第4の3群は、それぞれ第1の群と年齢および性別割合が一致させてある。該当する客体が余分にあり抽出を必要とするときは任意抽出法が適用される。第1周期の診察は現在進行中で、広島は1960年、長崎は1961年に完了する予定である。現在の計画では、2年周期による継続調査を予定している。特殊の器官または病気に

studies of stomach cancer, thyroid disease, hypertension, aging, the eye, and anemia.

A third element is a continuing clinical program of periodic examinations of individuals who were exposed in utero. This is a small but distinctive study entirely parallel to the larger one just described. Currently a substudy is under way with the collaboration of scientists of Kyoto University to determine whether those exposed in utero pass through adolescence in normal fashion.

A fourth element, still in the planning stage but expected to be activated within the year, is a field approach to detect morbidity on the part of those who will not participate in the clinic examination program and to improve the quality of the history during the two-year interval between examinations. This program will utilize the same samples and will proceed on the basis of household interviews and review of records created in the course of medical care in the community.

A fifth element is the participation by ABCC in the Hiroshima and Nagasaki tumor registries established by the local medical associations, an activity described more specifically in TR 03-60.

A sixth major element of the Unified Study Program is the effort to detect abnormalities among the exposed through both routine and special pathological studies. The ABCC Department of Pathology is a major medical resource in both communities. An extensive consulting service is conducted for its inherent value in the diagnosis and treatment of disease in the community and in the accumulation of more precise information on individuals falling within the defined samples of primary research interest at ABCC. Thousands of surgical specimens are examined yearly at the request of interested practitioners and hospitals, and hundreds of autopsies performed. The results of the pathological examinations provide much of the basis for the tumor registries in the two cities.

ついて行なう重点的研究の例としては、現在胃癌、甲状腺疾患、高血圧、加齢現象、眼科検査および貧血がある。

第3の成分は、胎内被爆児について周期的に検査を行なう継続調査計画である。これは、上記の大規模な調査と並行して行なわれ、小さいが区別されるべき研究である。胎内被爆児が一般と同じように思春期を経過するかどうかを調べる副研究が京都大学の科学者と協同して行なわれている。

第4の成分は、まだ計画中であるが1年以内に実現されるであろうもので、臨床調査計画に応じなかった人々の罹病率を見出すこと、2年間の臨床検査の病歴をより正確につかむことを目的とする野外調査である。この調査は前述の臨床検査と同じ対象について、家庭訪問により、あるいは各人の診療に当って医療施設で作成される記録を調査することによって行なわれる。

第5の成分は広島と長崎市医師会が設立した腫瘍登録に対するABCCの協力である。腫瘍登録の詳細はTR 03-60に論じてある。

統合調査計画の第6の成分は、通常あるいは特別の病理的研究によって被爆者にみられる異常を発見しようとする努力である。ABCCの病理部は両市の重要な医学上のサービス機関となっている。すなわち、一般開業医の診断や治療に役立つよう相談に応じて活動しつつ、ABCCの研究対象標本に含まれている人々について正確な情報を収集しているのである。数千の外科標本が毎年関心をもつ開業医、または病院の依頼に応じて検査され、数百の死体解剖が行なわれている。病理的検査の結果は、両市の腫瘍登録に多大の基礎を与えている。

## SAMPLING PROBLEMS

Many of the most interesting and difficult problems from the statistical point of view lie in the general area of sampling. Some of these are matters of definition, but others concern the possibility of enumeration and thus the practicability of sampling, the effort to obtain information needed to establish eligibility under a specified sampling plan, and the choice of the comparison groups for the exposed. In addition there are some obvious pitfalls in the sampling area.

For the most part exposure to the radiation effects of the bombs arbitrarily is limited to presence in the area at the actual time of the explosion. All indications are that the amount of radiation from the bombs fell below the normal background level within 6000 meters from the hypocenter. Consequently individuals who were at or beyond 10,000 meters are included among the nonexposed. Each city had a relatively small, focal area of fallout. In addition, rescue workers entering the cities immediately after the blast may have received significant amounts of neutron-induced radiation in the early hours after the blast if they remained in the immediate vicinity of the hypocenter. However, the difficulties associated with the estimation of the amount of radiation received indirectly, and the comparatively small numbers of such individuals, have precluded a workable definition of exposure that included them. In the major ABCC studies such exposure constitutes a variable error in the estimated dose that can be assigned on the basis of the direct radiation. Radiation from indirect sources can, of course, be approached qualitatively by comparing samples of individuals with particular varieties of experience, but thus far no satisfactory study of this nature has been undertaken at ABCC.

No complete enumeration of exposed was ever made in either city until 1950, when ABCC requested that a supplementary inquiry be conducted throughout Japan at the time of the national census; 283,000 alleged

## 標本抽出の問題

統計的見地から見て興味深いが、困難な問題が標本抽出の分野に数多く存在している。そのあるものは定義の仕方の問題であるが、他は標本を計測できるようにすること、すなわち、標本抽出の実行、特定の抽出計画において標本の適格性を決定する上に必要な情報を求める努力、被爆群と対比すべき対照群の選定等に関連している。これに加えて標本抽出の分野には、明らかに若干の穴がある。

一般に原爆の放射線影響を調査するに当っては原子爆弾爆発時に被爆地域内にいた人に一応限定している。原爆の放射線量は爆心地から6000mのところでは、バックグラウンド線量以下であるということが、すべての資料から類推される。したがって、10,000m以遠にいた人は非被爆者に含めている。両市とも比較的小範囲だが局地的放射性降下物があった。そのほか被爆直後救護活動のために市内に入った人々は、もし爆心地のごく近いところにいたとすれば被爆直後数時間の間にいくらかの中性子によって誘発された放射線をうけていたかもしれない。しかし、間接にうけた放射線の線量推定にはいろいろ困難があり、またそのような人が比較的少数であることもあって、こういう人に適用する被爆の定義を実際に使える形に与えることはまだなされていない。ABCCの主要な研究のために、第一次放射線について線量推定が行なわれているが、第二次放射線がこれに誤差を与える。間接の放射線線量については、特殊の経験を経てきた人々を比較することによって定性的に研究することができよう。しかし、この種の問題についてはまだ十分な研究が行なわれていない。

両都市において被爆者の完全な調査は1950年まで行なわれなかった。1950年にABCCの依頼によって国勢調査の付帯調査として全国の被爆者



survivors were enumerated. However, the survey was not conducted under the Statistics Law specifying penalties for failure to cooperate, and its accuracy cannot be entirely specified. Subsequent field investigation has established that about 6 per cent of those who in the October 1950 supplementary schedules are listed as exposed seem not to have been directly exposed, and that a much smaller number not listed in the supplementary schedules apparently were exposed. The 1950 material is a poor source for those exposed in utero; such individuals must be sought either through their parents or birth certificates. An entirely different sampling procedure was followed by Neel and Schull, in their remarkable study<sup>8</sup> of pregnancy termination in both cities in the period 1948-1954. They relied upon the registration of mothers for supplementary food allowances, and upon midwives and physicians. It is believed that their sample was more than 93 per cent complete for pregnant women in the two cities during this period.

The information needed for determination of eligibility for inclusion in various samples at ABCC has been the most difficult to obtain. Since the sampling plan for the strata as to distance had first to be defined, and this in turn required detailed investigation of each of the approximately 195,000 exposed persons resident in the two cities in 1950 plus nearly 100,000 nonexposed. Interviews with the persons themselves, or with acceptably qualified informants, have been necessary to establish precise location ATB, residential history, acute symptoms of radiation, and *honseki*. Questionnaires have been extensively used and have been particularly helpful in eliminating those who would be ineligible under one criterion or another.

In an *ex post facto* survey situation one cannot hope to have a true control of the type insisted upon, say, in a therapeutic trial, but it is believed that comparison groups must be defined and worked with for

を調査した。283,000人という被爆生存者数が申告によって得られた。調査に対して協力しなかった場合の罰則を決めている統計法に準拠していないこともあって、調査の精度を具体的に知ることはできない。その後の野外調査の結果、1950年10月の付帯調査票に被爆者として記されている人の約6%が直接被爆者でなかったこと、逆に付帯票に記されていないが、明らかに被爆者であった人が少数わかっている。胎内被爆児については1950年の資料は不十分であり、母親を通じて調べるか、または出生届によって調べるかしなければならない。これらと全くちがった抽出方式が、NeelおよびSchullによる1948年—1954年までの間の妊娠終結についての研究<sup>8</sup>において採用された。それは、食糧増配のための妊婦登録制度を利用し、あるいは、助産婦または医師を通じて行なわれたもので、両市のこの期間における妊娠の93%以上を含んでいるとみられる。

ABC Cの種々の標本の適格性を確認するために、必要な情報を集めることは非常な困難がある。死亡率調査の標本は層化抽出法によっておりまず距離による層わけが必要であるため、1950年現在、両市に居住していた195,000人の被爆者と約100,000人の非被爆者について、くわしい調査が行なわれた。すなわち、調査対象本人またはその人について十分知識をもっている人によって、原爆時の場所、住所歴、本籍、急性放射性症状について正確な情報を調査した。質問紙法も十分活用され、特にいずれかの条件で不適格な人々を除外するために役立った。

事後調査であるという事情から、われわれが治療法の効果を比較する場合に利用できるような厳密な対照群を得ることは期待できない。しかし、どの程度に役立つかは別として、また、たとえば効果に疑問があるとしても、対照群を設けることは



whatever aid they may give, however doubtful the prospect. The nonexposed residents of the bombed cities are chiefly those who migrated there after the war, and include many with long periods of residence overseas. Their medical histories are at least superficially different and the possible correlation between migration and health gives one pause. At present, therefore, although the nonexposed are included in the major ABCC samples, it is only in addition to the so-called distal exposed, namely those present in either city ATB but 2500 meters or farther from the hypocenter.

A somewhat analogous problem also inheres in the use of the distal exposed and, in fact, in any use of the dose or distance gradients. Since dose was determined by position in the city there is some risk that those exposed at different places, and therefore at different distances, are not otherwise comparable. Insofar as may be judged from marital status and occupation, however, distance does not seem to be correlated with socioeconomic factors to a disturbing extent. Another potential source of error in the area of sampling is related to the amount of radiation received from sources other than the A-bombs, especially medical x-ray. It has been suggested that resort to diagnostic and therapeutic x-ray on the part of the heavily exposed may have been so extensive as to have affected the validity of the comparisons one makes. This question is under examination at the present time.

Although major emphasis is placed upon fixed samples for which incidence or prevalence is sought in relation to radiation exposure, for certain important parts of the program this approach is inapplicable or at least of limited value. For both the tumor registry and the leukemia analyses it has been necessary to utilize the entire city populations with their migratory currents that interfere with accurate estimation of the required denominators for the various ratios of interest. Current census information

必要と思う。両市に住んでいる非被爆者は主として戦後移住してきたものであり、海外にいた経験をもつものが多い。それらの人々の病歴は少なくとも外見上相違しており、健康と移住との相関の問題などについて一考を要する。それ故、非被爆者はA B C Cの主要な標本の一成分であるが、**遠距離被爆者**すなわち2500m 以遠のものに対する補助とみている。

程度がちがうが、似た問題は遠距離被爆群の利用においても考えなければならない。放射線量や距離そのものを用いるときも同じである。線量は市内の場所によって決まるが、ちがった場所で被爆した人は、他の点でも相違があるので必ずしも比較できないという問題がある。しかし、婚姻状態および職業についてみた限りでは、距離と社会経済的要因との相関は議論に差支えるほどではないとみられる。標本抽出における他の誤差の要因としては、他の線源からうける放射線の量、特に医療用X線の量が問題である。診断または治療のためのX線照射が強度の被爆者に多いことが示唆され、われわれが試みようとしている比較の適格性をそこなうかもしれないと思われるので、現在検討中である。

発病率や有病率を被爆線量と関係して求めようとする場合の分母としては、固定標本が主として用いられるが、この行き方が適用されない、または限定がある部分もある。腫瘍登録や白血病の解析については、全市の推計人口を利用することが必要である。全市の人口の利用に当っては、流出入の問題があるので、比率を求めるために用いる分母の計算に障害となる。最近の人口調査で住民の被爆状態を調査したものは極めて少ない。

specifying the exposure status of the population is quite limited.

Finally, there is the fact that the investigative field work to determine eligibility for the mortality sample, which serves as the Master Sample for most other studies, has been conducted in the period 1953-1959 on a necessarily retrospective basis. Although the original lists from which the work stems were developed in 1950, some opportunity is given to events subsequent to 1950 to influence eligibility for sampling. The chief protection against error from this source has been the effort to track down every last person on the basic lists, an impossible ideal and yet one that continues to direct the efforts. At this writing investigation of the exposed is 99.5 per cent complete.

## ESTIMATION OF RADIATION RECEIVED

As indicated, the quantitative estimation of radiation for the individual is confined to that received directly and immediately at the time of the explosion. In the past a history of acute radiation symptoms also has been used as evidence of radiation exposure, but the present preference is to depend upon entirely physical evidence since it is a correlation between the physical and the biological that is being sought. The Hiroshima and Nagasaki weapons have not been refired, so far as is known, but on the basis of other weapons data and experimental evidence<sup>1</sup> estimates have been made of the relation between air dose and distance, separately for gamma and neutron radiation. The errors of estimate associated with these curves are rather high and yet one can hardly ask for additional nuclear explosions to enable these errors to be reduced. In addition, structures and groups of structures representative of Japanese dwellings have been tested for their attenuation characteristics with respect to both gamma and neutron radiation.

The practicability of the ORNL-ABCC dosimetry program hinges also on precise

最後に、多くの研究の基本標本として用いられる死亡率調査の標本について、その適格性を確認するための野外調査は1953年—1959年にかけて過去をふりかえって行なわれた。この点にも問題がある。標本の基礎となっている名簿は1950年現在のものであるが、1950年以降に起ったことが標本の適格性に影響することもある。このような点からくる誤差の防止策は基本調査名簿の最後の1人まで調査しつくすことであり、これはあるいは達成できない理想かもしれないが、今なお努力をつづけている。この報告作成時においては、被爆者の99.5%の確認が完成している。

## 放射線量の推定

前述のように被爆者がうけた線量の推定は、原爆の直後直接にうけた線量に限られている。急性放射線症状を被爆の程度をあらわす情報として代用したこともあったが、現在求めようとしているのは生物学的な効果と物理的な量との相関であるので、純粹に物理学的な量として決定しようとしている。広島、長崎の原爆はわれわれの知る限り再現されていないが、他の核兵器や実験資料<sup>1</sup>によって、ガンマー線、中性子に対し別々に空中線量と距離との相関が推定された。この推定曲線の誤差はかなり大きい、この誤差を減少させる目的で、さらに原爆実験を要求することはできない。また、代表的な日本家屋について実験が行なわれ、ガンマー線、中性子の減弱特性が調べられている。

このORNLとABCCとの協力による線量測定計画は、各人の被爆時の位置や遮蔽状況の正確な資料によって、はじめて実際の成果を得ること

knowledge of the individual's location and shielding situation at exposure. One who has not observed a shielding interview ordinarily doubts that such information can be obtained fifteen years later. Through the use of pre-bomb aerial photographs and maps, however, and considerably aided by the standard architectural form of the Japanese house, with each room known as to size through its number of mats, trained field investigators can even now accumulate this information if competent witnesses still survive.

## STATISTICAL ANALYSIS

To infer radiation effects one should have at least some semblance of increase in the effect with increasing dose or decreasing distance, but one should also be willing to place in the category of possible effects worthy of further investigation otherwise unexplained differences between the exposed and nonexposed groups, especially if they are observable in both cities.

A variety of statistical analyses are presently under way. As part of a concerted attack on aging a member of the staff is evaluating individual tests as aging indices and preparing to construct a suitable aging score on the basis of a battery of preferred tests. A preliminary review has just begun of the first 5000 examinations under the large medical examination program instituted in 1958 as the second main component of the Unified Study Program. Also under way is an analysis of the mortality experience of the entire sample of 20,000 individuals included in that program, the period of observation being 1950 to 1 July 1958. A large study is also being made of electrocardiographic findings, many different readings being combined in a multivariate synthesis to investigate aging. Hypertension and heart disease are also the subject of an analysis recently begun; in connection with this interest and the EKG study Japanese norms are being developed for heart size in relation to

とができる。遮蔽調査に立合ったことのない人は15年もたった現在そのような情報を得ることができものか疑いをもつであろう。しかし、被爆前の航空写真ならびに地図の利用と、日本家屋の構造が比較的一様であり、特に畳数によって各部屋の大きさを正しく知り得ることに助けられて、ただ適当な生存者がありさえすれば十分訓練された調査員によって、資料を集めることが可能なのである。

## 統計的解析

放射線の影響であると推論するためには少なくとも線量とともに増加する、あるいは、距離とともに減少することが認められなければならない。しかしまた、被爆者と非被爆者との間に、他の理由では説明されない差がみられた場合、特に両市ともにみられた場合、これを影響の疑いありと考え、さらにくわしく調査すべきである。

現在、種々の解析が進行中である。加齢の問題に関連して、職員の1人は、各種の検査がはたして加齢指標として適当か否か検討を行なっており、一連の有望な検査に基づいて有効な加齢評価規準を設定しようとしている。1958年以来、統合調査計画の一環として組立てられた臨床調査計画については、最初の5000人についての統計的検討を始めたところである。また、この標本に含まれる20,000人について1950年—1958年までの死亡率の解析も進行中である。心電図の所見にみられる加齢現象を引き出すことを目標として多くの読みを多変量解析によって総合する仕事もなされている。高血圧および心臓病の研究、これに関連して日本人における年齢、性および体格別の心臓の大きさの標準値を見出す試みなども最近始められた。他の解析はそれぞれ準備の段階にある。



age, sex, and body build. Other analyses are in a preparatory stage.

Leukemia is a rare disease, normally occurring at about 30 per million persons per year in Japan,<sup>3</sup> but its incidence in survivors of the A-bomb has apparently increased by a factor, variable with distance and time since exposure, up to 50 times normal. An effect of this magnitude has been readily apparent without elaborate statistical preparation. The sensitivity of the present statistical approach remains to be demonstrated; fortunately much of the evidence must be cumulative, so that an effect not clearly seen at first may later become plain.

## CONCLUSION

It is pertinent to summarize findings the program has produced thus far, whether positive or negative, in addition to leukemia which was first reported from ABCC.<sup>10</sup> Radiation cataracts, of course, have been seen in a small number of individuals exposed to the bombs<sup>2</sup> as well as among physicists working with the cyclotron.<sup>11</sup> In addition, asymptomatic lenticular opacities have been reported<sup>12</sup> among the most heavily exposed individuals, but these tiny lens changes have as yet no known functional significance. Mental retardation and microcephaly have been reported for a small number of individuals heavily exposed in the early months of gestation.<sup>4</sup> The most impressive study, from the statistical standpoint, is that of Neel and Schull.<sup>8</sup> Their sample of more than 70,000 pregnancies failed to show any significant relationship between radiation and stillbirth, birth weight, major malformation, and viability up to six days after birth. On a subsample of 20,000 re-examined nine months after birth information was also obtained on survival for this period, on malformations not seen at the examination at birth, and on certain anthropometric measurements, but again no clearcut association with radiation emerged. A suggestive difference in sex ratio at birth was, however, noted and has

白血病は、日本において普通年間10万人に対して30人の割でおこるまれな病気であるが、<sup>3</sup> 原爆被爆者においては数倍の割合で増加している。その率は場所や経過年数によりちがうが、最高のところで50倍に達する。このような大きな影響はめんどろな統計的处理をまつまでもなく十分明らかである。現在の研究計画の統計的検出力を検討することは残された問題である。幸い、多くの研究結果を集積しているの、最初はみとめられなかった影響も後には明らかになるにちがいない。

## 結 論

ABCCからはじめて報告された白血病<sup>10</sup>のほか、肯定的ならびに否定的なものを含めて、どのような結果が得られているかについて一言したい。サイクロトロンで仕事をしていた物理学者<sup>11</sup>にみられたと同様に、放射線白内障が一部の被爆者<sup>2</sup>にみられている。これに加えて、無症状性水晶体混濁<sup>12</sup>が強度の被爆者にみられているが、水晶体におけるこの小さい変化のために起きる視力障害はまだ認められていない。妊娠初期に被爆した母親から生れた子供に少数の小頭症と知能遅滞<sup>4</sup>が認められている。統計的見地から特に印象深いのはNeelおよびSchull<sup>8</sup>の研究で、70,000以上の妊娠終結例についての解析によって、死産および出生時の体重、奇形、生後6日間の新生児死亡などと放射線との関係についてなんら有意差がみられなかった。またその副標本である20,000については出生9ヵ月後に再検査を行ない、この間における死亡、出生時に発見されなかった奇形および2, 3の人体計測値を調べたが、やはりはっきりした放射線との関係が引き出されなかった。しかし、出生時性比について差が示唆されたので、SchullおよびNeel<sup>13</sup>はこの問題についてさらに調

been the subject of further study by Schull and Neel.<sup>13</sup> With a recent report by Ishida and his collaborators in the Hiroshima Tumor Registry<sup>14</sup> interest has increased in malignancies other than leukemia, for the initial evidence from the Registry seems to confirm earlier and independent reports by Oho<sup>15,16</sup> to the effect that malignancies have increased among the survivors, and that the increase is a function of distance from ground zero. An excellent summary of ABCC findings has recently been made by Hollingsworth.<sup>17</sup>

The aim is to make ABCC a strong center for applied statistics in Japan, with emphasis upon collaborative patterns of activity between the statistician and other scientists on the staff, and between individuals trained in Japan and those trained in the United States. The role of the statistician at ABCC is a large one (Appendix I) consequent upon the central problems associated with sampling and the determination of possible effects of radiation. By no means all of the organizational, staffing, and related problems have been solved, but sufficient progress has been made in these respects and in broad program planning to free the statistician to make his contribution to an effort that merits one's dedication.

査を行なっている。石田等は腫瘍登録<sup>14</sup>について最近結果報告を行なったが、この予報は被爆者に悪性腫瘍が増加してきたという 於保 の報告<sup>15,16</sup>を確認し、その増加は爆心地からの距離の函数であることを示した。この報告によって白血病以外の腫瘍について益々関心が高まってきた。なお、最近 Hollingsworth<sup>17</sup>によってA B C Cの研究のすぐれた要約がなされた。

われわれは、統計学者と他の領域の学者、また日本で訓練された人とアメリカで教育をうけた人が協力して活動する典型的な例を示すことによって、A B C Cが日本における応用統計学の1つの中心となるよう努力している。A B C Cにおける統計学者の役割は非常に大きく(付録I)、標本抽出や放射線の影響を検出することに関連する中心的な諸問題にたずさわるわけである。組織の問題、人材を得る問題などはまだいろいろな意味で解決しているとはいえないが、これらの問題また広範囲な調査計画についてもかなりの進展がみられたので、献身的努力に価する仕事に統計学者が寄与する態勢は整ってきた。

## APPENDIX I

### 付録 I

#### The Role of the Statistician at ABCC

#### A B C Cにおける統計専門職員の役割

Published in Kosei no Shihyo, 6:3-7 (December) 1959 (in Japanese)

厚生 の 指標 昭和34年12月号に掲載された。

In recent years statistics has penetrated deeply into the methodology of scientific investigation in the medical sciences, especially in England and the United States. In Japanese medicine, apparently statistics has been extensively used only in the field of epidemiology, but the clinical literature begins to reflect statistical contributions to the methodology of investigation and from experience elsewhere one must expect this movement to accelerate. In Japan the ABCC represents a general medical research institute staffed by specialists in radiology, internal medicine, pathology, epidemiology, sociology, and the basic sciences, in which statistics plays a vital role according to a pattern common in the U.S. but evidently infrequent here. The purpose of this article is to discuss the role of statistics at ABCC for its general interest and possible relevance to the future development of medical statistics in Japan.

Originating from an act of war and its early years coinciding with the difficult period of the military occupation\*, the ABCC had an uncertain and difficult existence for some years as it encountered

近年統計学は、特に英国および米国において、医学部門における学術研究方法の中に深く浸透してきている。日本の医学においても、従来から疫学部門では統計学が広く利用されていたようであるが、臨床関係の文献においても既に研究方法の面に統計学の寄与が見え始めており、この動向は外国における経験から見てますます活発になっていくものと考えられる。日本において、原爆傷害調査委員会（A B C C）は放射線学、内科学、病理学、疫学、社会学ならびに基礎科学部門における専門職員を網羅する総合医学研究機関の代表的なものであって、ここで統計学は重要な役割を果している。これは米国で普通に見られることであるが、日本ではまだ珍しいことであろう。本文ではA B C Cにおける統計学の役割をその一般的使命、および日本における今後の医学統計の発展に関連を持つと思われる面について述べてみたい。

A B C Cは軍事行動の結果として生まれ、その創業期が困難な軍事的占領期間\*と一致していたところから、専門職員を揃えるのに、また研究

---

\*The exact status of ABCC is often misunderstood. It is a purely scientific activity of the U.S. National Academy of Sciences - National Research Council and the Japanese National Institute of Health. Although it made its appearance during the military occupation it was never under the direction of occupation authorities.

A B C Cの真実の性格はとかく誤解され勝ちであるが、実際は米国学士院—学術研究会議と日本の国立予防衛生研究所との純粋な学術的事業である。軍事的占領の行なわれている時代に誕生してはいるが、占領軍当局の監督下にあったことは全くない。



problems in professional staffing and even in the scientific design of its research programs. However, it is a tribute to the scientific understanding of leaders in medicine both in Japan and the U.S., and to the tolerance and humanitarianism of the Japanese people of Hiroshima and Nagasaki, that the ABCC has survived these early years to become an outstanding institute of radiation medicine with important contributions to its credit and an increasingly bright future. In recent years ABCC has been reorganized and greatly strengthened as to program, personnel, and ties with Japanese scientists. New long term research programs have been designed along systematic lines to enhance the probability of discovering important sequelae of a single, whole-body radiation dose in the range received by the A-bomb survivors. That the institution is becoming a joint Japanese-American enterprise is readily seen in its professional staffing and in a wide variety of collaborative links with Japanese research institutions. Scientific control of program now rests in Japan, where scientists of both countries learn from one another and participate jointly in the design and execution of research programs. The research focus of ABCC is the life experience of a generation or, if significant genetic changes were to be shown, of more than one generation. Attainment of its objectives will require that ABCC continue active at least for the major part of the lifetime of the exposed generation. Ultimately, of course, and much sooner than a university or a government research institute, it must pass from the scientific scene in Japan, its mission accomplished. The future historian, reflecting upon its existence in Japan, may be as much impressed by its value as a meeting place for U.S. and Japanese scientists as by its contributions to radiation medicine.

**ABCC RESEARCH PROGRAM.** The effects of radiation upon man being so incompletely revealed, and conceivably so manifold, there is a breadth to the ABCC program that is seldom seen outside university research

企画の科学的構想の面においてさえ種々の問題に遭遇して、数年間はその存在も不確定で困難な状態で過ごさざるを得なかった。ABCCがよく初期におけるこの困難を克服して存在を続け、大きな信用を勝ち得るとともに輝かしい将来を期待される卓越した放射線医学研究機関となり得たことは、日米両国の医学界における指導者の科学的認識と広島および長崎両市民の忍耐と人類愛の賜物である。近年ABCCは諸機構が改革されてその研究計画、人的組織ならびに日本側科学者との提携の面が大いに強化された。十分に整備され、体系づけられた長期研究計画が新たに立案されて被爆生存者が受けた程度の瞬時全身照射による重大な後遺症発見の可能性は多くなった。ABCCが日米共同事業となりつつあるという事実は、その専門職員の構成面においても、また各方面にわたる日本側研究機関との提携の面においても、容易に知ることができる。企画の学術的管理は今や日本において行なわれ、ここで両国の科学者は相互の知識や意見を交換し、共同で研究の企画と実施に当たっているのである。ABCCの研究の焦点は一世代に向けられているが、もし重大な遺伝的変化が認められる場合にはさらに次の世代に向けられるであろう。このような目的を達成するためには、ABCCは少なくとも被爆生存者が寿命を全うするまでの期間の大半は活動を継続する必要がある。もちろん、究極的には、大学あるいは政府の研究機関よりもはるかに早くその使命を終えて、日本の科学界からその姿を消して行くことになる。後世歴史家は、ABCCがかって日本に存在した事実を回想して、その放射線医学への貢献とともにそれが日米両国の科学者交流の場所であったことに深い感銘を受けることであろう。

**ABCCの研究計画** 放射線が人間に与える影響は今のところ極めて不明確であり、そうして、きわめて複雑なものと思われるのであるから、ABCCの企画も大学の研究活動を除いてはまれに見る巾の広さを持っている。多くの資料が集まって、限定されたテーマについて研究を行なうこ

circles. Until more information will permit greater selectivity, virtually every human organ and system must be visualized as a possible target for ionizing radiation in sublethal doses. In this situation an entirely atomistic approach, unless guided by specific hypotheses based on physical principles or animal research, is almost certain to be self-defeating. A holistic approach is, of course, readily at hand in the shape of mortality and general health surveys, and following the recommendations of an ad hoc Committee\* the ABCC has established a Unified Study Program as the backbone of its effort. Chief components of that program are: (1) a longevity study, led by the Japanese National Institute of Health, on 100,000 exposed and nonexposed defined on the basis of the supplementary schedule to the 1950 Census; (2) a clinical screening program offering thorough physical and laboratory examinations at periodic intervals to about 20,000 in the longevity sample; and (3) a morbidity detection program collecting evidence of illness and hospitalization among all those in the clinical screening program and among certain industrial samples. Within the scope of the Unified Study Program lie many special projects with foci upon particular organs, body systems, diseases and syndromes, and the like, or upon even broader complexes like growth or aging. In addition, there are at any one time many individual projects, often in the laboratory, pursued by members of the staff in accordance with their more special interests. These may or may not apply directly to radiation medicine. Technical and supporting programs of a wide variety provide the raw material for the specifically research endeavors: large outpatient clinics; a small inpatient service for diagnostic referral cases;

とができるようになるまでは、事実上あらゆる人体臓器ならびに人体器官系統に致死量以下の電離放射線の照射の影響があり得るものと考えなければならない。このような事情であるから、物理学の原理や動物の実験研究に基づく特定の仮説を借りることなく、すべて原子論的に研究を進めるとすれば、まず失敗に終ることは間違いない。もちろん、総合的な研究方法は死亡調査および一般健康調査といった形で手近なところから容易に実施することができるのである。ABCCは特別委員会\*の勧告に従い、その研究活動の基盤として“統合研究計画”を作成した。この計画の主な内容は次の通りである。(1)昭和25年国勢調査の付帯調査によって明らかにされた被爆者および非被爆者の集団 100,000名についての寿命調査。この調査の主体は国立予防衛生研究所である。(2)寿命調査の対象である標本から抽出された20,000名につき、くわしい全身ならびに臨床諸検査を定期的に実施する臨床検診の計画。(3)臨床検診計画の調査対象全員および特定の産業労働者標本の罹病および入院に関する資料を収集して行なう罹病率調査計画。“統合研究計画”の中には特定の内臓器官、器官系統、疾病または症候群等、あるいはさらに巾の広い複合的現象である成長ないし加齢等に関する多くの特殊研究計画も含まれる。その他各職員がそれぞれの専門的な立場から行なう研究課題も多く実施されているが、これらは必ずしも直接放射線医学に関するものばかりとはいえないであろう。技術的ならびに付随的な多種多様のプログラム、たとえば多数の外来患者をあつかう診察室、診断のため紹介せられて来る患者を収容する小規模の入院施設、臨床検査室およびX線検査室、また、依頼により行なわれる外科標本および剖検例に対する病理検査サービス、被爆および遮

---

\*Chairman T. J. Francis, M.D., Professor of Epidemiology, University of Michigan; Felix Moore, then statistician, National Heart Institute, U.S. Public Health Service; and Seymour Jablon, statistician, Follow-up Agency, Division of Medical Sciences, National Academy of Sciences-National Research Council.

ミシガン大学疫学教授 T. J. Francis (委員長), 米国公衆衛生局国立心臓研究所統計専門員 Felix Moore (委員), 米国学士院一  
学術研究会議医学部統計調査室統計専門員 Seymour Jablon (委員)。

clinical and x-ray laboratories; pathological referral service for surgical and autopsy cases; field interviewing for details of exposure and shielding; conduct of sample surveys and censuses; etc.

**ORGANIZATION OF STATISTICAL EFFORT.** In the period 1957-1959 a Statistical Consultant\* to the director played a vital role in the planning and institution of the new programs, and in addition there are two statistically trained epidemiologists\*\* in the Department of Epidemiology recently organized and headed by Dr. Keizo Nobechi of Nippon University. Except for these individuals statistical activities are centralized in a major Department of Statistics with a rotating head provided by the National Academy of Sciences-National Research Council in Washington, D. C. The professional, technical, and clerical personnel of the department are in two locations, Hiroshima and Nagasaki. The Department of Statistics has two chief components; (1) the statistical laboratory directed by Mr. Hisashi Hayashi, formerly of the Statistics Bureau in Tokyo; and (2) a planning and analysis group consisting largely of analytic statisticians\*\*\*. Organization within the laboratory is along functional lines and reflects the vital role of the department in the collection and processing of data.

**STATISTICAL FUNCTIONS.** The statistician plays an important role in program planning at ABCC. This is readily seen in the character of the major program changes of

蔽に関する面接調査、標本調査あるいは人口調査等の諸活動を通じて種々の特殊研究を計画するための資料を提供することができる。

**統計学的活動の組織** 1957年—1959年において、ABCC所長付の統計顧問\*は新しい計画の立案樹立に主導的役割を果たした。さらに元日本大学教授の野辺地慶三を長として過般新設せられた疫学部には、統計学的訓練をへた2名の疫学専門職員\*\*がいる。これらの活動を除くと、ABCCの統計面の運営は統計部が中心になって行なう。統計部長はワシントンの米国学士院—学術研究会議から交代で赴任する。統計部専門職員、技術職員ならびに事務職員は広島、長崎の2カ所に配置されている。統計部は(1)もと総理府統計局にいた林寿を長とする統計室。(2)主として統計解析専門家\*\*\*からなる計画解析グループの2つの部分からなっている。統計室にはその機能を果たすために必要な機構がおかれており、その機構から資料の収集および処理における部の重大な役割がうかがわれる。

**統計活動** 統計専門職員はABCCの計画立案に重要な役割を果たす。これは過去数年来行なわれてきた主要計画変更の沿革の中に容易に見られることであって、代表となる標本の抽出に当たって統計的な考え方が広範囲にわたって適用されている。ABCCの研究計画は全体としては疫学的なもの

---

\*Arthur J. McDowell, on leave from his post as Deputy Director, Medical Statistics Division, Office of the Surgeon General, U.S. Army, Washington, D. C.

Arthur J. McDowell, 米国陸軍軍医総監医学統計部副部長で休職の形で1959年4月まで来任。

\*\*Morihiro Ishida, M.D. and Hiroo Kato, M.D., appointees of the Japanese National Institute of Health. 石田保広および加藤寛夫、厚生省国立予防衛生研究所の職員。

\*\*\*The senior members of this group are: Edward T. Arakawa, health physicist directing studies in radiation dosimetry; Goro Ishii, mathematical statistician; Kenneth B. Noble, statistical and procedures analyst; Akira Okamoto, analytic statistician; and Shoichi Ueda, mathematical statistician; Dr. Arakawa is assigned from the Oak Ridge National Laboratory, U.S.A., Mr. Okamoto and Mr. Ueda are assigned to the branch laboratories of the National Institute of Health.

このグループに属する職員はEdward T. Arakawa (放射線量測定担当の保健物理学者)、石井吾郎 (数理統計)、Kenneth B. Noble (統計およびデータ処理専門家)、岡本 昭 (統計解析)、上田尚一 (数理統計)である。Edward T. ArakawaはOak Ridge National Laboratoryから派遣されている。岡本と上田とは厚生省国立予防衛生研究所支所の職員として配置されている。



the past several years, which in large part reflect an application of statistical concepts of representative sampling. In its broad strategy the ABCC program may be thought of as epidemiological, with a large part of its specific methodology statistical in nature. Insofar as projects and programs at ABCC are separately identifiable they are specifically planned, and because his training and attention are primarily directed at the process of inductive inference the statistician has a wide range of usefulness in such planning. He serves variously as consultant, collaborator, and critic in relation to research protocols governing new proposals. He may urge pilot work for the clarification of methodology and costs, or specific changes in sampling plan looking to greater efficiency or avoidance of bias. The consultant statistician grows weary of the opening gambit of "How many cases do you think I need for this? etc." for actually his is a general concern with the logic and the cost of the proposed investigation. At ABCC the statistician has an established place in such discussions: his opinion is asked, and his organizational role as a partner in the entire enterprise automatically confers a responsibility to review new proposals.

The massive, longitudinal nature of the ABCC program necessitates a large records program under statistical control. Departmental functions include the collection of data, e.g., on exposure and residence, and also their arrangement and storage for later processing or retrieval. Much of the data collection may be thought of as actual sampling, i.e., the physical putting together of a sample according to various predetermined criteria, as distinguished from the development of a plan for sampling. Plainly these are statistical operations of a sort, and the statistician cannot afford to be too far removed from them.

Specifically medical observations are the responsibility of the clinical departments and epidemiology, while the collection of medical information from

と見ることができるが、そこで採用されている個々の研究方法の大部分は統計的な性格のものである。A B C Cの研究課題あるいは計画を別々に切りはなしてみると、それらはそれぞれ特定の専門的な立場で計画されるものであるから、統計専門職員が教育をうけた、そうして主として注意をむける帰納的推理が、このような計画に広くその有用性を発揮するであろう。すなわち統計専門家は新提案を示す研究計画書に関して助言者の役割を果たし、共同研究者となりあるいは批判者となる。さらに調査方法や経費を検討するために試験調査をすすめることもあり、あるいはまた調査結果の有効性を増大し、かたよりを排除するよう標本抽出計画にある種の変更を行なうように勧告する場合もあろう。相談役としての統計家は提案された調査の論理や経費面一般に関心があるのにいきなり“この研究にはどれだけの例数を必要とすると思うか”等と始められて厭になる場合もあろう。A B C Cにおいては統計専門職員はこのような論議に当って積極的な発言を行なう地位にあるのであって、その意見が求められ、共同計画者という組織上の役割から、当然自動的に新提案の検討を行なう義務をもつのである。

大規模な、また長期にわたる性格をもつA B C Cの研究計画においては、統計的管理の下に大規模な記録作成計画を実施しなければならない。統計部の業務の中には、たとえば被爆の状態や住所などに関する資料の収集とか後に行なわれる資料の処理や参考としての利用のために、これら資料を整理、保管する仕事が含まれている。資料収集の多くの部分は、標本抽出計画の立案とは異なって、実際の標本抽出手続、すなわち既定の基準に照らして具体的に標本を集めてくる作業として考えられるであろう。しかし、明らかにこれらも1種の統計活動であって、統計専門職員はこれらは関与しないことだという態度をとることは許されない。

医学的観察そのものは臨床関係部門および疫学部の責任に属し、既存の診察記録から医学的資

existing medical records is a responsibility of these same departments acting jointly with the statistics department. A new Department of Medical Sociology engages in social surveys concerned with health practices, attitudes toward medical care, levels of medical information, attitudes toward ABCC, etc. Otherwise the collection of sociological and other non-medical information is generally a responsibility of the statistics department. In the area of mortality, for example, where program guidance is shared with epidemiology, field investigation is done by personnel of the statistics department to determine eligibility for inclusion in the sample studied. Periodic *honseki* checks are made at the *koseki-ka* to determine the fact of survival or death. Further field investigations are made in connection with tracing individuals not readily followed through the *honseki* system. Information on cause of death is provided by NIH personnel working under established procedures with the health centers.

Most observations at ABCC, of course, are developed by the departments of Medicine, Radiology, Clinical Laboratories, Epidemiology, and Pathology, and the Department of Statistics undertakes to receive, arrange, and store these data as a prelude to their statistical processing. Running a record room may not seem to be an essentially statistical function, and it is not when the functions of arrangement and retrieval are merely self-limited, as in a hospital. But when the record forms are designed for research purposes, and the chief user of the records is the coding clerk, statistical maintenance of the record room has advantages. For research purposes, a unit record system is desirable, one in which all new information on a given individual goes to his folder regardless of its departmental origin. Statistical supervision of the record system confers advantages with respect to review for completeness and uniformity and easy access for coding or other processing. Finally, when all major files are under the control of a single department it is easier to avoid duplication and to maintain an

料を収集することは、これらの部門が統計部の協力を得て責任を持つ。新設の医科社会学部は衛生に関する習慣、医療に対する態度、医学知識の程度、ABCCに対する態度等について社会調査を行なう。これを除外し、社会学的な資料その他医学以外の面における資料の収集は統計部の責任に属する。たとえば死亡調査は、疫学部と協力して計画や研究が推進されるが、その調査の標本としての条件に対する適否を決定するための野外調査は統計部員が担当する。また戸籍課に行って定期的に戸籍を閲覧して生死を確かめたり、本籍調査によって所在を追究できない人を探すために野外調査を行なう。死因に関する資料は国立予防衛生研究所員が所定の手続によって保健所より入手する。

ABCCにおける観察の大部分は、もちろんそれぞれ臨床部、放射線部、臨床検査部、疫学部および病理部において実施し、統計部はこれら調査結果の資料を受けとり整理、保管してその後の統計学的処理に備える。記録室の管理は本来の統計活動ではないと思われるかも知れない。病院の例に見られるように整理と参照がその症例自体を見ることだけに止まる場合には、それは統計活動ではない。しかしもし記録形式が研究用として計画され、その記録を主として使用するものが符号係である場合には記録室を統計学的方法で運営して行く方法が有利である。学術研究用としては出所の如何を問わず、ある個人に関する新資料はすべてその個人の記録保管綴りに入れるといった記録を統一する制度が望ましい。この記録制度による統計管理は資料を完全にまた一様にする事ができるという点で、また符号付け作業やその他の処理を行ないやすいという点で便利である。そして結局、もしすべての主要な記録が1つの部門の管理下に置かれれば、重複を避けること、記録保管および索引を管理し統合することが容易にできて、人手によるにせよ機械によるにせよ解析者の要求に対し、またその後の資料収集に対して最も効果的に利用し得るというわけである。

integrated system of files and indexes, both manual and mechanical, best calculated to serve the needs of analysis and further data collection.

Data processing is a more usual statistical function, serving as the bridge between the collected material and the ultimate inferences based upon it. The more closely it can be integrated with the data collection, on the one hand, and the analytic process, on the other, the better the bridge and the sounder the final conclusions to which it leads. At ABCC the operations of coding, tabulating, and computing all lie within the Department of Statistics. Building codes that will endure into the future presents a real challenge. Tabulation is chiefly mechanical at ABCC, both Hiroshima and Nagasaki having IBM installations.\* Computing is an extension of statistical analysis and in both Nagasaki and Hiroshima comes under the direct supervision of professionally trained junior statisticians.

Statistical analysis and interpretation are essential statistical activities for which ABCC remains under-staffed. Data already collected are only incompletely analysed and provision for the analysis of current data is also inadequate. Strenuous efforts are being made both in Japan and in U.S. to recruit talented analytic statisticians to strengthen this portion of the ABCC statistical program. The small group of analytic statisticians have no routine operating responsibilities, but serve as consultants, planners, and statistical analysts. These men work in collaboration with medical scientists in other departments, and among their duties is the preparation of reports for publication in medical journals in Japan and elsewhere. Qualified individuals also have time for independent research on problems in statistical theory raised by ABCC data.

資料の処理は普通に行なわれている統計活動であって、収集された資料とそれに基づいて行なう最終的推論との間のかけ橋の役目をはたすのである。資料処理が一方における資料収集活動と他方における解析活動とが、表裏一体となった統一と調和を保つことができればできるほど、このかけ橋は一層完全になり、それから導き出される結論も一層正確となる。ABCCでは符号付け作業、製表ならびに計算処理はすべて統計部の業務に属する。将来も永続的に使えるような符号を作成するということは誠に大変な仕事である。製表は、ABCCでは広島、長崎ともにIBM\*の設備があつて機械的に行なわれている。計算処理は統計的解析の仕事に付帯したものであつて広島、長崎ともに専門的教育を受けた若い統計専門職員の直接管理の下で行なわれる。

統計学的解析および解釈の仕事は本来の統計活動であつて、ABCCではこの面における専門職員の人員がなお不足している。既に収集された資料の解析もまだ不十分であり、現在収集中の資料を解析する準備も十分にはできていない。ABCCの統計活動のこのような部門を強化するために、日米両国において有能な解析統計専門家の補充に懸命な努力が現在続けられている。統計解析専門家として配置される少数の人々は、通常の管理事務的な業務にわずらわされることなく自由な立場で助言者として、または計画者あるいは統計解析者として、他部門の医学者と協力して研究に従事する。そしてその任務の中には、日本および外国の諸医学雑誌に発表される報告書を準備するという任務も含まれる。またABCCの仕事に関連して発生した統計理論上の問題について研究をすることもあつたろう。

\*The following equipment is available: tabulator (402 or 405), electronic statistical machine (101), sorters (082 or 075), reproducer (514), collator (077), key punches (024), and verifiers (056).

IBMに関しては次の機種をそなえている。会計機（402および405）、電子式分類統計機（101）、分類機（082および075）、複写機（514）、照合機（077）、穿孔機（024）、検孔機（056）。



**SPECIAL PROBLEMS AND OPPORTUNITIES CONFRONTING THE STATISTICIAN AT ABCC.** The operation must be conducted in two cities simultaneously. Some individuals must move back and forth between the cities in the interests of comparability and uniformity of data. The two cities are essential in the larger design of the ABCC program, providing a kind of replication that constitutes a major asset to the analyst.

Language and cultural differences create barriers to communication and understanding and only those few who are genuinely bilingual are entirely free from these difficulties.

In the past there has been more emphasis upon collection of data than upon analysis, so that today the department faces a monumental task in reducing a veritable mountain of data at the very moment when it is accelerating the pace of its collection process. In part this resulted from an earlier view that information could be stored for future use, like money in the bank, and then withdrawn at a later, more appropriate time. Such notions are, of course, generally mistaken. One needs a current analysis to monitor the very process of observation and to insure the adequacy of concept and execution.

Past staffing patterns have failed to provide adequately for continuity of program. Although occasional individuals, including Dr. Lowell A. Woodbury, who served as head of the Department of Statistics in the period 1952-1958, have provided outstanding exceptions, until recently the usual pattern has been a continuous, two-year rotation of senior and intermediate professional personnel with no ties of institutional affiliation or of common program linking one man with his successor. Although this problem is not yet entirely solved, three far-reaching moves have been made: (1) permanent appointment of Japanese scientists at senior and intermediate levels, (2) association with the Japanese NIH in the joint conduct of the longevity study, initiative residing with the NIH and (3) acceptance

ABCCにおける統計専門職員が直面している具体的な問題および提供される機会 業務は広島長崎の両市において同時に実行に移さなければならない。従ってある者は資料の比較と統一のために両市間の往復を繰返さなければならない。ABCCの主要計画について両市は必要欠くべからざるものであって、両市について調査することによって解析者にとって重要な一種のくりかえしが得られる。

言語と文化の相違が意志の疎通と相互理解の上で障害となっている。真に両国語に通ずる少数の人のみがこれらの困難から完全にのがれ得るのである。

過去においては解析よりも資料の収集に重点が置かれて来た。そのため現在収集活動をさらに促進する一方、この山積された資料をくずしていくという大きい仕事に直面している。これは当初、資料は銀行預金と同じく将来に備えてたくわえ、いずれ適当な時期に引き出して使うことができると考えられたことにその原因の一端がある。もちろんこのような考え方は一般に誤っている。観察の経過そのものを監視し、考え方および実施の方法の妥当性を確めるためには引続いて解析を実施していなければならない。

過去における職員任用の方式では研究の継続性という点からみて適当とはいえなかった。たとえば1952年から1958年まで統計部長の職にあったLowell A. Woodburyのような著明な例外もあったが、最近まで幹部および中堅層専門家は一般に任期2年の交替制がとられ、ABCCと学術研究団体の提携もなくある責任者と後任者とが関係を結ぶ一定の方式もなかった。この問題は現在もお全面的解決をみるには至っていないが、現在3つの遠大な計画が実施されている。すなわち、(1)幹部および中堅層の日本人科学者の長期任命、(2)ABCCが厚生省国立予防衛生研究所と提携し、後者が主体となって共同で寿命調査を実施すること、および(3)米国の有力な大学やその他の団体がABCC各部の運営についてそれぞれ継続的責任

of continuing institutional responsibility for individual ABCC departments by strong university or other departments in the U.S. The latter ties at the present time are with the Department of Medicine at Yale, the Department of Pathology at UCLA, and the Follow-up Agency, National Academy of Sciences-National Research Council. These changes, and others in prospect, are expected to give ABCC a stability and continuity commensurate with its future plans.

For the statistician genuinely interested in applied work the ABCC program offers opportunities that are unusual in Japan. The work brings one into direct contact with the young and rapidly growing field of radiobiology, and yet allows one to range widely over the fields of clinical medicine and epidemiology. Major fields of medical research, e.g., cancer, aging, and cardiovascular disease, are high on the list of interests at ABCC. Although the primary interest of ABCC lies in radiation medicine, the methodology involves a longitudinal study of a large, relatively representative sample of the Japanese people, probably the most ambitious intensive medical study of a population group thus far launched in Japan. It may be regarded as the forerunner of a large set of such studies in the future, in other settings and with other objectives, to be sure, but necessarily somewhat parallel in methodology. The ABCC experience should have great relevance for this work as it develops in Japan. Moreover, the collection of systematic morbidity and mortality information on a nearly probability sample of Japanese people creates an opportunity, unprecedented in Japan, for the study of natural history of disease generally.

But the chief opportunity at ABCC is the collaborative one, working with a variety of medical scientists with diverse training and points of view, and some cultural diversity as well, on problems that merit one's dedicated effort.

を持つことなどがこれである。(3)については現在エール大学医学部の内科、ロサンゼルスにあるカリフォルニア大学の病理学部および米国学士院—学術研究会議統計調査室との提携が行なわれている。以上の改革ならびに今後行なわれるはずの諸改革はABCCに対してその今後の活動に必要な安定性および継続性を与えるものと期待される。

ABCCの計画は応用面に深い関心を有する統計学者に対して日本ではまれな研究の機会を提供するものである。その研究作業は歴史は浅いが急速な成長を示している放射線生物学の世界に直接接触することができ、しかもさらに広く臨床医学および疫学の世界にわたることも可能である。癌、加齢現象、血管系疾患等の主な医学研究部門はABCCの研究活動においては特に重要なものである。ABCCの主目的は放射線医学にあるが、その方法として日本人の大きなまたほぼ代表といえる標本について長期的にして縦断的な研究が行なわれている。これは恐らく日本において今日まで行なわれた人口集団の研究として最も大きな、そうして徹底した医学研究活動であると思われる。将来のこのような大規模な研究、あるいは目的を異にするが方法としてはこの線に沿って行なわれるべき研究の先駆とみなされることであろう。このような研究は日本において今後発展すると思われるので、ABCCにおける経験は恐らくこのような仕事に対して極めて役立つものと考えられる。さらに、日本人の代表と考えられる標本について罹病および死亡に関する系統的な資料を収集するという仕事は、日本においては前例のない一般疾病の経過を研究する機会にもなる。

しかしながら、統計専門家としてABCCにおいて与えられる最も恵まれた機会というものとは異なった教育をうけ、異なった見解を持ち、また文化的背景の多少異なる各分野の医学者とともに、献身的努力に値する諸問題について共同研究を行なうことである。

## REFERENCES

### 参考文献

1. Ritchie, R. H. and Hurst, G. S.: Penetration of weapons radiation: Application to the Hiroshima-Nagasaki studies. Jour. Health Physics 1: 390-404, 1959.  
(核兵器放射線の透過性—広島・長崎調査への応用)
2. Cogan, D. G., Martin, S. F., and Kimura, S. J.: Atom bomb cataracts, Science 110: 654-655, 1949.  
(原爆白内障)
3. Heyssel, R., Brill, A. B., Woodbury, L. A., Nishimura, E. T., Ghose, T., Hoshino, T. and Yamasaki, M.: Leukemia in Hiroshima atomic bomb survivors, Blood 15: 313-331, 1960 (ABCC TR 02-59).  
(広島原爆被爆生存者における白血病)
4. Yamazaki, J. N., Wright, S. W., and Wright, P. M.: Outcome of pregnancy in women exposed to the atomic bomb in Nagasaki, Amer. Dis. Child. 87: 448-468, 1954.  
(長崎における被爆女性の妊娠結果)
5. Miller, R. W.: Delayed effects occurring within the first decade after exposure of young individuals to the Hiroshima atomic bomb, Pediatrics 18: 1-18 (July) 1956.  
(広島において原爆被爆後最初の10年間に青少年に現われた遅発性影響)
6. Brues, A. M.: Critique of the linear theory of carcinogenesis, Science 128: 693-699 1958.  
(癌発生の直線説に対する批判)
7. Francis, T. (Chairman), Jablon, S., and Moore, F. E.: Report of ad hoc Committee for Appraisal of ABCC Program, unpublished memorandum dated 6 Nov. 1955, Hiroshima, and addressed to Dr. R. Keith Cannan, Chairman, Division of Medical Sciences, National Academy of Sciences-National Research Council.  
(A B C C 研究計画の評価に関する特別委員会の報告)
8. Neel, J. V., and Schull, W. J.: The Effect of Exposure to the Atomic Bombs on Pregnancy Termination in Hiroshima and Nagasaki, Washington, D. C., National Academy of Sciences-National Research Council, 1956, Publication No. 461.  
(広島及び長崎で被爆した人の妊娠に及ぼす原爆の影響)
9. Ishida, M. and Beebe, G. W.: Research Plan for Joint NIH-ABCC Study of Life Span of A-bomb Survivors. ABCC TR 04-59, 1959.  
(国立予防衛生研究所とA B C C が共同で実施する原爆被爆者寿命に関する研究企画書)
10. Folley, J. H., Borges, W., and Yamawaki, T.: Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki, Japan, Amer. J. Med. 13: 311-321, 1952.  
(広島、長崎両市の原爆生存者における白血病の発生率)
11. Woods, C.: Cyclotron Cataracts. Amer. J. Ophth. 47. (No. 5 Part 2): 20-28, 1959.  
(サイクロトロン白内障)
12. Sinskey, R. M.: The status of lenticular opacities caused by atomic radiation: Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951-1953, Amer. J. Ophth. 39: 285-293, 1955.  
(広島、長崎の原爆放射線による水晶体濁濁の状態)
13. Schull, W. J. and Neel, J. W.: Radiation and the sex ratio in man. Sex ratio among children of survivors of atomic bombings suggests induced sex-linked lethal mutations, Science 128: 343-348, 1959.  
(放射線照射と人間における性比。被爆生存者の児童の性比は伴性致死性突然変異の誘発を示唆する)



14. Harada, T. and Ishida, M.: Neoplasms among A-bomb survivors in Hiroshima: First report of the Research Committee on Tumor Statistics, Hiroshima City Medical Association, Hiroshima, Japan. Journal of the National Cancer Institute 25: 1253-1264, 1960.  
(広島市原子爆弾被爆生存者における悪性新生物の疫学的観察 第一報 )
15. 於保源作 : 原爆被爆者における悪性新生物死亡の統計的観察 第一回報告, 日本医事新報 1686 : 8-19, 1956  
(Statistical observation on deaths due to malignant neoplasm in A-bomb survivors, First report. Nihon Iji Shinpo)
16. 於保源作 : 原爆被爆者における悪性新生物死亡の統計的観察 第二回報告, 日本医事新報 1839 : 27-34, 1959  
(Statistical observation on deaths due to malignant neoplasm in A-bomb survivors, Second report. Nihon Iji Shinpo)
17. Hollingsworth, J. W.: Delayed Radiation Effects in Survivors of the Atomic Bombings: A review of the findings of the Atomic Bomb Casualty Commission, 1947-1959. TR 01-60.  
(原子爆弾被爆生存者に見られる放射線照射の遅発性影響: 1947年より1959年に至る原子爆弾傷害調査委員会による調査結果の総括)