

MEDICAL X-RAY DOSIMETRY IN HIROSHIMA AND NAGASAKI

広島 - 長崎における医療用 X 線の線量調査

WALTER J. RUSSELL, M. D.



## TECHNICAL REPORT SERIES

### 業 績 報 告 書 集

The ABCC Technical Reports provide the official bilingual statements required to meet the needs of Japanese and American staff members, consultants, advisory councils, and affiliated government and private organizations. The Technical Report Series is in no way intended to supplant regular journal publication.

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

## MEDICAL X-RAY DOSIMETRY IN HIROSHIMA AND NAGASAKI

広島 - 長崎における医療用X線の線量調査

WALTER J. RUSSELL, M. D.

Approved 承認 19 May 1966

ATOMIC BOMB CASUALTY COMMISSION  
HIROSHIMA AND NAGASAKI, JAPANA Cooperative Research Agency of  
U.S.A. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES • NATIONAL RESEARCH COUNCIL  
and  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH OF THE MINISTRY OF HEALTH AND WELFAREwith funds provided by  
U.S.A. ATOMIC ENERGY COMMISSION  
JAPANESE NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH  
U.S.A. PUBLIC HEALTH SERVICE

原 爆 傷 害 調 査 委 員 会

広島および長崎

米 国 学 士 院 - 学 術 会 議 と 日 本 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所  
と の 日 米 共 同 調 査 研 究 機 関

(米 国 原 子 力 委 員 会, 日 本 厚 生 省 国 立 予 防 衛 生 研 究 所 お よ び 米 国 公 衆 衛 生 局 の 研 究 費 に よ る)

Department of Radiology

放 射 線 部

#### ACKNOWLEDGEMENT

##### 謝 辞

The studies described herein were possible because of the full cooperation of the medical communities and the citizens of Hiroshima and Nagasaki who so generously devote their time to participate in these follow-up programs, and the efforts of the many staff members, past and present, who have contributed so much to these continuing studies.

この研究に全面的に協力を賜った広島、長崎の医療関係および市民の方々、ならびにこの企画に参加された ABCC 職員の努力に対して厚く感謝の意を表する。

## CONTENTS

### 目 次

Background 背 景 .....	1
Methods 方 法 .....	2
Results 結 果 .....	4
Future Aims 今後の目標 .....	4
Summary 要 約 .....	5
References 参考文献 .....	6

## MEDICAL X-RAY DOSIMETRY IN HIROSHIMA AND NAGASAKI

### 広島-長崎における医療用X線の線量調査

WALTER J. RUSSELL, M. D.

#### BACKGROUND

A program in medical X-ray dosimetry has been in progress at the Atomic Bomb Casualty Commission (ABCC) in Hiroshima and Nagasaki, particularly because of the special importance of this problem in these communities, and the bearing it has on subjects participating in the long-term programs at this institution. The Adult Health Study, the major medical program of ABCC, is a comprehensive medical follow-up of some 20,000 individuals including A-bomb survivors and suitably matched comparison subjects in Hiroshima and Nagasaki.<sup>1</sup> It is conducted jointly with the Japanese National Institute of Health (JNIH).

The need for medical X-ray dosimetry studies was first strongly emphasized at an ABCC dosimetry symposium held in 1959,<sup>2</sup> when it was pointed out that dose from medical X-ray procedures might be of the same magnitude or even greater than that from the A-bomb among survivors, depending on their shielding categories and distances from the A-bomb hypocenters. This was further underscored in recommendations made by ABCC consultants<sup>3</sup> in radiation physics, pointing out the need to determine frequency of X-ray exposure of subjects participating in the ABCC-JNIH Adult Health Study, to establish trends in practice and the specific doses incurred in medical procedures wherever possible. After some earlier projects were completed, more specific recommendations were made for a comprehensive dosimetry study.<sup>4</sup>

#### 背景

広島および長崎における原爆傷害調査委員会 (ABCC) では、医療用X線の線量調査が進められているが、これは医療用X線被曝の問題が広島および長崎両市では特に重要であり、ABCCにおける長期調査企画に参加する対象者に対して大きな意義を有すると考えられているからである。ABCCの主要な医学的研究企画である成人健康調査は、広島および長崎における原爆被爆者およびそれと構成が一致するように選ばれた比較対照者を含む約20,000人に対する広範囲な医学的追跡調査である。<sup>1</sup> これは日本の国立予防衛生研究所 (予研) と共同で行なわれている。

医療用X線線量調査の必要性は、1959年に開催された ABCC 線量測定シンポジウムにおいて初めて強調され、<sup>2</sup> 被爆者の遮蔽の程度および爆心地からの距離によっては医療用X線照射による線量が、原爆のために受けた線量と同等またはそれ以上ですらあるかも知れないということが指摘された。この点は、放射線物理学の分野における ABCC 顧問の勧告、<sup>3</sup> でさらに強調され、ABCC-予研成人健康調査に参加する対象者がX線照射を受ける頻度を決定して、できうる限り検査手技の傾向および医療用放射線被曝による具体的線量を確定する必要があると指摘された。まず、若干の調査を行ない、その結果に基づいて総合的な線量調査に対してより明確な勧告がなされた。<sup>4</sup> その後、日本におい

Subsequently, ABCC's consultant radiation physicists appointed in Japan, undertook special studies in the United States.<sup>5</sup>

A general description of this program, including its scope and component studies, is presented in this interim report.

## METHODS

Since techniques used in the Department of Radiology at ABCC are routinely recorded, attention was first turned to the community hospitals and clinics, whose techniques of practice were relatively unknown, and in many cases incompletely documented. In studies of medical X-ray exposure outside ABCC, three basic steps were followed:

1. Interrogation of ABCC subjects to determine location and type of exposure.
2. Survey of hospitals and clinics in which these subjects indicated they experienced such exposure.
3. Dosimetry at ABCC, using phantoms to reproduce their past exposure situations in the community hospitals and clinics involved.

A pilot study pointed out a number of limitations to data obtainable by interrogation of subjects. Principally, subjects were frequently unable to recall specific information about examinations, especially if more than 3 months had elapsed since those examinations.<sup>6</sup> This has also been reported in studies elsewhere.<sup>7</sup> Using the above three basic steps, one dosimetry program was completed in 1964,<sup>8-10</sup> based on approximately 800 occasions of medical X-ray exposure among 2000 reporting subjects, but relatively little data for other than chest examination dosimetry were obtained. To procure data for dosimetry in examinations less frequently performed and to detect changes in radiological practice, more comprehensive surveys of subjects<sup>11</sup> and the hospitals incurring their exposures<sup>12</sup> were completed. The major dosimetry project in this program is now in progress.<sup>13</sup>

て任命された ABCC 顧問放射線物理学者が、米国において特別研究を実施したこともある。<sup>5</sup>

この線量調査企画の範囲およびそれを構成する各研究の概要をこの中間報告において説明する。

## 方 法

ABCC 放射線部で用いられている検査の技術条件は日常記録されているから、X線検査の手技が比較的知られておらず、記録の不完全なことの多い地元の病医院について、まず調査を行なった。ABCC 以外で行なわれる医療用X線照射の研究に当っては、次の3つの基本的方法がとられた。

1. 照射の場所および種類を知るために ABCC 調査対象者の面接調査
2. 対象者が照射を受けたと報告した病医院の調査
3. 地元の関係病、医院で過去に受けた照射の状態を再現するため、ファントムを用いて行なう ABCC の線量測定調査

予備調査の結果、対象者の面接によって得られる資料には、若干の制限があることが判った。そのおもなものとしては対象者が検査についての具体的な情報を思い出すことができないことがしばしばあり、<sup>6</sup> 特に検査から3か月以上も経っていた場合はなおさらであった。同様のことは、ABCC 以外で行なわれた調査でも報告されている。<sup>7</sup> 前述の3つの基本的方法を用いて、対象者2000人の中で医療用X線照射を報告した約800人についての線量調査を1964年に完成したが、<sup>8-10</sup> 胸部X線検査による被曝線量以外については、十分な資料が得られなかった。実施回数のない検査による被曝線量の決定に必要な資料を求め、またX線検査手技における変遷を調べるために、対象者<sup>11</sup> およびその照射を行なった病院<sup>12</sup> について、より広範囲な調査を行なった。この調査企画における線量測定研究は現在進行中である。<sup>13</sup>



Since no such studies were completed in the earlier years after 1945, and since it could not be assumed that exposure conditions of 1963 and 1965 prevailed in earlier years, a study of records of community hospitals and clinics of Hiroshima and Nagasaki determined how active their radiological practices had been in earlier years.<sup>14,15</sup> There were marked differences in radiological practice by city and by type of institution, as well as a steady increase in the use of medical X-ray in both cities since the end of World War II.

As this program progressed, certain sub-studies perfected methodology. One of these described quantity of active bone marrow by body site<sup>16</sup> and facilitated dose calculations. In a subsequent study, tables were compiled by electronic computer<sup>17</sup> to determine bone marrow and gonadal dose from PA chest examinations. Film monitoring to determine pattern of exposure and dose in fluoroscopy was evaluated in still another project.<sup>18</sup> Additional substudies contributed to the major portion of the entire program.

Other sources of exposure, such as dental X-ray and radioisotopes are being investigated more thoroughly. Earlier findings<sup>11,12</sup> indicated that they were not frequent contributors of ionizing radiation in the populations examined here. Studies of fluoroscopic and photofluorographic examinations and of radiation therapy continue, not because of the frequency of their use but because of the relatively high doses they incur.<sup>19</sup>

Tentative estimates of dose by X-ray examinations at ABCC have already been made.<sup>20</sup> Further studies of diagnostic exposures within ABCC are in progress based on data recorded for all past examinations, the techniques of which have remained relatively constant.<sup>21</sup> Trends of exposure to medical and other sources of ionizing radiation have been established.<sup>14,15</sup> If possible, individual dose estimates for all subjects will be made to supplement their individual doses from A-bomb exposure.

1945年後数年の間は、この種の研究は行なわれていないし、1963年および1965年における照射条件が以前のX線検査にあてはまるとは考えられないので、広島および長崎両市の病、医院の記録を過去にさかのぼって調べて、これら病、医院のX線検査活動の状況を調査した。<sup>14,15</sup> 両市間にもまた、医療施設の種類によってもX線検査方法に著しい相違があったのみならず、第二次世界大戦以後阿市における医療用X線の使用は着実に増加していることが認められた。

この調査企画が進むにつれて、若干の基礎的研究を行なった。その1つでは、身体各部位における赤血球量の決定が行なわれ、<sup>16</sup> 線量計算が容易になった。その後の研究では、背腹方向胸部X線検査による骨髄および生殖腺線量を決定するための表が、電子計算機によって作成された。<sup>17</sup> さらにもう1つの研究では、フィルムを使用して透視検査による照射の分布と線量の測定が行なわれた。<sup>18</sup> その他いろいろな研究が行なわれてこの調査企画全般の主要部分に必要な資料を提供した。

その他の種類の照射源、例えば歯科X線検査およびラジオアイソトープについても詳細に調査している。以前の調査によると、<sup>11,12</sup> この種の照射源は、ABCCの調査対象者が受ける電離放射線被曝に寄与する割合は、大きいものではなかった。透視検査、間接X線検査および放射線治療はその使用回数が多いからではなく、それによって被曝する線量が比較的高いので、引き続き調査している。<sup>19</sup>

ABCCで行なわれているX線検査による線量の暫定的推定はすでに決定されている。<sup>20</sup> ABCCにおける診断用照射技法が比較的一定しており、過去のX線検査すべてについて記録されている資料に基づいてさらに研究が進められている。<sup>21</sup> 医療用およびその他の電離放射線による被曝の傾向が決定されている。<sup>14,15</sup> できれば、各被検者の線量推定値を求めて、原爆被曝による各自の線量を補足したい。



## RESULTS

Some of the findings and conclusions made to date are:

1. A significant number of subjects seen regularly in the ABCC-JNIH Adult Health Study were examined in community hospitals and clinics between their biennial examinations at ABCC. For a 3-month period prior to interrogation, 25% of those interrogated in Hiroshima and 10% of those interrogated in Nagasaki reported such exposures.

2. There was a definite difference in radiologic practice between the hospitals and clinics of Hiroshima and those of Nagasaki, as well as by type of institution in each city. Much higher rates of fluoroscopic and photo-fluorographic exposures occurred in Hiroshima than in Nagasaki. One-third of the subjects interrogated were in Nagasaki, but only two of these reported exposure to radiation therapy compared with 160 in Hiroshima.

3. Radiological practice has apparently increased in activity in both cities since 1949, mainly due to diagnostic procedures, though qualification of our results is not yet complete.

4. There was no statistically significant difference in frequency of exposure to medical X-ray between individuals who experienced the A-bombs and those who did not.

5. Gonadal and bone marrow doses determined in these studies were of the same magnitude as those reported by investigators elsewhere in Japan and in other countries.

6. Tentative results, mainly concerning chest examinations, and the results of an "activity survey" show that, over the years since the end of World War II, the cumulative dose from medical X-ray in both A-bomb exposed and nonexposed individuals is relatively low.

## FUTURE AIMS

With the completion of the current program, the investigators hope to:

## 結 果

今までに得られた結果および結論の概要は、次のとおりである。

1. ABCC-予研成人健康調査で定期的診察を受ける対象者の中には、ABCCにおける2年毎の診察の間に地元の病医院で、検査を受ける者が相当ある。広島における調査対象者の25%、長崎における調査対象者の10%が、面接前3か月以内に、照射を受けたと答えた。

2. 広島の病医院と、長崎の病医院との間には、X線検査方法に明確な相違があるのみならず、両市における医療施設の種類のによっても相違がみられた。広島における透視検査および間接X線検査の頻度は、長崎よりもはるかに高い。調査対象者の3分の1は長崎であったが、放射線治療による照射を受けたと答えたのは、長崎で2人だけであったのに対して広島では160人であった。

3. 1949年以来、両市における放射線診察活動は、増大しているようで、これは主として診断検査の増加によるものである。ただし、この結果の確認はまだ完了していない。

4. 被爆者と非被爆者間の医療用X線照射の頻度には、統計的に有意な差が認められなかった。

5. これらの研究において決定された生殖腺および骨髄線量は、日本およびその諸外国の研究者が報告している線量と同じ程度であった。

6. 主として胸部X線検査に関する暫定的結果、および「放射線診療活動調査」の結果は被爆者および非被爆者における第二次世界大戦以後の医療用X線による集積線量は比較的低いことを示している。

## 今後の目標

現在の調査企画が完了すると、次のような成果が期待される。

1. Compare ranges of dose per examination between two recent studies.<sup>10,13,17</sup>

2. Compare the magnitude of diagnostic medical X-ray exposure in Hiroshima and Nagasaki with those of other studies in Japan and elsewhere.

3. Compare the magnitude of diagnostic exposure since 1945 with that due to the A-bombs, by distance from the hypocenters.

4. Further qualify results obtained previously concerning diagnostic exposure.

5. Estimate individual doses for procedures incurring relatively high doses, such as fluoroscopy and radiation therapy for inclusion in the subjects' medical records.

6. Utilize information obtained to supplement the A-bomb dosimetry studies conducted by ABCC in conjunction with Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee, and the National Institute of Radiological Sciences, Japan.

## SUMMARY

This interim report describes briefly the scope and preliminary findings of a series of studies in medical X-ray dosimetry in Hiroshima and Nagasaki.

Exposure of ABCC subjects to medical X-ray in other hospitals and clinics in the communities differs by city, either because of health programs or medical practice or both. Radiologic technique differs significantly by city and the activity of radiologic practices in both cities have increased markedly and steadily since 1945.

Medical X-ray dosimetry at the Atomic Bomb Casualty Commission, Hiroshima and Nagasaki is designed to help estimate total exposure of A-bomb survivors to ionizing radiation supplementing knowledge of A-bomb dose.

1. 最近行なわれた2つの研究で求められた検査1回当たりの線量の範囲を比較すること。<sup>10,13,17</sup>

2. 広島および長崎における診療用X線による被曝線量と日本およびその他諸外国における研究のそれとを比較すること。

3. 1945年以後の診断用X線による被曝線量の程度と、爆心地からの距離別の原爆放射線による被曝線量とを比較すること。

4. 以前に診断用X線照射について求められた結果の確認を行なうこと。

5. 比較的高い線量をもたらし放射線診療、例えば透視検査、治療などによる各自の線量を推定して対象者の医学的記録に記入すること。

6. 入手されている資料を活用して Tennessee 州、Oak Ridge 市 Oak Ridge National Laboratory および日本の国立放射線医学総合研究所と提携して、ABCCが行なっている原爆線量測定研究を補足すること。

## 要 約

この中間報告は、広島および長崎における医療用X線による被曝線量測定について行なわれた一連の研究の範囲およびこれまで得られた結果を簡単に述べたものである。

ABCCの調査対象者が地元の病、医院において受けた医療用X線被曝は、両市間に差があり、これはそれぞれの市の保健計画または医療方法あるいはそれら双方のためであろう。照射技法も市によって著明な差があり、両市における放射線診療活動も1945年以後著しく、かつ着実に増大している。

広島および長崎 ABCC における医療用X線線量調査は、被爆者が受ける電離放射線総線量の推定を行なって原爆放射線線量に対して補足するよう計画されている。

## REFERENCES

### 参考文献

1. Hollingsworth JW, Beebe GW: Adult Health Study provisional research plan. ABCC TR 9-60  
(成人健康調査暫定研究計画)
2. ABCC Dosimetry Symposium, Hiroshima, June 16-17, 1959  
(ABCC 線量測定シンポジウム, 広島, 1959年6月16-17日)
3. Memo, Dr. Franklin Hutchinson to Dr. George B. Darling. Medical X-ray exposure of the Japanese being followed by ABCC, 5 June 1959  
(Dr. Franklin Hutchinson から Dr. George B. Darling 宛書)
4. Yoshinaga H: Report of dosimetry problems; recommendations for dosimetry study, ABCC, Hiroshima and Nagasaki, Japan. ABCC TR 11-64  
(線量調査に関する報告, 広島-長崎 ABCC における線量調査に対する勧告)
5. Antoku S: Report of dosimetry studies. ABCC TR 1-66  
(線量測定研究に関する報告書)
6. Ishimaru T, Russell WJ: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1961. Exposure to medical X-ray. Preliminary survey. ABCC TR 7-62  
(ABCC-予研 成人健康調査, 広島, 長崎, 1961年, 医療用X線照射に関する予備調査)
7. U. S. National Health Survey: Health Statistics from the U. S. National Health Survey; Volume of X-ray Visits U. S. July 1960-June 1961. Washington, U. S. Department of Health, Education and Welfare; Public Health Service Publication No. 584-B 38, October 1962  
(米国民衆調査: X線検査の回数, 1960年7月-1961年6月)
8. Russell WJ, Ishimaru T, Ihno Y: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki. Exposure to medical X-ray July-November 1962. Survey of subjects. ABCC TR 9-63  
(ABCC-予研 成人健康調査, 広島, 長崎, 1962年7月-11月, 診断用X線照射, 対象者の調査)
9. Ihno Y, Russell WJ, Ishimaru T: ABCC-JNIH Adult Health Study Hiroshima and Nagasaki 1962-63. Exposure to medical X-ray. Community hospital and clinic survey. ABCC TR 11-63  
(ABCC-予研 成人健康調査, 広島, 長崎, 1962-63年, 診断用X線照射, 病院および医院についての調査)
10. Antoku S, Yoshinaga H, et al: Dosimetry, diagnostic medical X-ray, exposure of ABCC subjects in community hospitals and clinics. ABCC TR 6-65  
(診断用X線量調査, ABCC 調査対象者が地元病医院で受ける線量)
11. Russell WJ, Wakabayashi T, et al: Exposure to medical X-ray; survey of subjects January 1964-January 1965. ABCC Research Protocol 8-64  
(診断用X線照射, 対象者の調査, 1964年1月-1965年1月)
12. Sawada S, Russell WJ, et al: Exposure to medical X-ray; community hospital and clinic survey, Hiroshima and Nagasaki, 1965. ABCC Research Protocol 22-65  
(診療用X線照射, 病院および医院の調査, 1965年)
13. Antoku S, Takeshita K, et al: Dosimetry, diagnostic medical X-ray; based on survey of ABCC subjects and survey of community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. ABCC Research Protocol 3-66  
(広島, 長崎におけるABCC対象者ならびに地元病院および医院の調査に基づく診断用X線の線量測定)
14. Sawada S, Wakabayashi T, et al: Activity survey, community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. ABCC Research Protocol 19-64  
(病院および医院における診療活動の調査, 広島-長崎)
15. Matsuura K, Sawada S, et al: Radiologic practice and medical records in a large general hospital in Hiroshima. Nippon Acta Radiol 26: 1225-36, 1966 ABCC TR 8-65  
(広島市内のある総合病院における放射線診療と医学記録)
16. Russell WJ, Yoshinaga H, et al: Active bone marrow distribution in the adult. Brit J Radiol 39: 735-9, 1966: ABCC TR 28-64  
(赤色髄分布の測定法)
17. Milton R, Antoku S: Estimation of bone marrow dose and gonadal dose incurred by PA chest examinations, community hospitals and clinics, Hiroshima and Nagasaki. ABCC TR 4-67  
(病院および医院における背腹方向胸部X線検査による骨髄線量と生殖腺線量の推定, 広島-長崎)

18. Yoshinaga H, Takeshita K, et al: Estimation of exposure pattern and bone marrow and gonadal dose during fluoroscopy. ABCC TR 7-65 (Accepted for publication in British Journal of Radiology.)  
(患者が透視で受ける表面線量分布と、骨髄および生殖腺線量を測定する方法)
19. Sawada S, Takeshita K, et al: Dose estimates in fluoroscopy and radiation therapy, exposure of Adult Health Study subjects, Hiroshima and Nagasaki. ABCC Research Protocol 10-66  
(X線透視検査と放射線治療による線量の推定, 成人健康調査対象者の線量調査, 広島-長崎)
20. Ihno Y, Russell WJ: Dose to the gonads and bone marrow in radiographic examinations at ABCC. ABCC TR 24-63  
(ABCCにおけるX線検査による生殖腺線量および骨髄線量)
21. Sawada S, Takeshita K, et al: Estimation of gonadal and bone marrow dose in roentgenological examinations at ABCC, Hiroshima and Nagasaki. ABCC Research Protocol 9-66  
(ABCCにおけるX線検査による生殖腺線量および骨髄線量, 広島-長崎)