

**SCARS REMAINING IN ATOM BOMB SURVIVORS
A FOUR YEAR FOLLOW-UP STUDY**

原爆被爆生存者に残存する癍痕 4年間の経過観察

WERNER WELLS, M.D., F.A.C.S.

NEAL TSUKIFUJI, M.D.

**THE STATUS OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED
BY ATOMIC RADIATION**

Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951-1953

広島、長崎の原爆放射線による水晶体混濁の状態 1951—1953年に亘る調査

ROBERT M. SINSKEY, M.D.



EDITOR'S NOTE
編集者の言葉

The ABCC Bilingual Technical Report series began in 1959. In order that manuscripts which have never been published or are available only in one language may be made a matter of record for reference purposes, the 1959 series is being kept open and items will be added from time to time.

1959年から日英両文によるA B C C業績報告書の作成を開始した。これまでに発表されなかった原稿，又は一方の国語だけで作成されたものも，参考用記録とするために1959年度集の中に随時追加される。

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つ，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。

**SCARS REMAINING IN ATOM BOMB SURVIVORS
A FOUR YEAR FOLLOW-UP STUDY**

原爆被爆生存者に残存する癍痕 4年間の経過観察

WERNER WELLS, M. D., F. A. C. S. ¹

NEAL TSUKIFUJI, M. D. ²

(Originally published 1952 既発表)

**THE STATUS OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED
BY ATOMIC RADIATION**

Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951-1953

広島、長崎の原爆放射線による水晶体混濁の状態 1951-1953年に亘る調査

ROBERT M. SINSKEY, M. D. ³

(Originally published 1955 既発表)

Fellow of the American College of Surgeons¹, Atomic Bomb Casualty Commission,
Hiroshima,² and Division of Ophthalmology, Duke University Medical School³

米国外科医師会員¹，広島原爆傷害調査委員会² および Duke 大学眼科学部³



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 - 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 - 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)

TABLE OF CONTENTS

目 次

SCARS REMAINING IN ATOM BOMB SURVIVORS A FOUR YEAR FOLLOW-UP STUDY

原爆被爆生存者に残存する癍痕 4年間の経過観察

	<i>Page</i>
Presentation and Interpretation of Data 資料の説明と解釈	3
Photographs 写 真	7
Comments 考 按	18
Summary and Conclusions 総括および結論	19
References 参考文献	20

THE STATUS OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED BY ATOMIC RADIATION, Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951-1953

広島、長崎の原爆放射線による水晶体混濁の状態 1951-1953年に亘る調査

	<i>Page</i>
Differential Diagnostic Problem of Radiation Effects on the Lens 水晶体に対する放射線の影響の鑑別診断に関する問題	2
Factors Affecting Incidence of Posterior Subcapsular Plaques 後囊下円板状混濁発現率に影響を及ぼす諸要因	7
Stages of Development of Lenticular Opacities Caused by Nuclear Radiation 核放射線による水晶体混濁の進行の各段階	7
Visual Loss 視力減退	11
Discussion 考 察	12
Summary 総括	12
References 参考文献	13

LIST OF TABLES AND FIGURES
挿入図表一覧表

SCARS REMAINING IN ATOM BOMB SURVIVORS A FOUR YEAR FOLLOW-UP STUDY
原爆被爆生存者に残存する癍痕 4年間の経過観察

	<i>Page</i>
Table 1. Classification of Improvement 表 軽快の分類	3
2. Persistence of Keloids ケロイドの持続性	4
3. Healing of Donor and Recipient Areas 供給部位および移植部位の治癒	5
Figure 1 - 19 図	7 - 17

THE STATUS OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED BY ATOMIC RADIATION,
Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951-1953
広島、長崎の原爆放射線による水晶体混濁の状態 1951-1953年に亘る調査

	<i>Page</i>
Graph 1. Comparison of incidence in nonexposed and exposed groups グラフ 非被爆者および被爆者における発現率の比較	6
2. Effect of age on incidence 発現率に対する年齢の影響	8
3. Percentage of positive findings 異常所見の百分率	8
4. The effect of epilation, shielding, and distance on the incidence of posterior subcapsular plaques 脱毛、遮蔽および距離が後囊下円板状混濁に及ぼす影響	11
Figure 1. Slitlamp appearance of a normal eye 図 正常眼の細隙燈像	3
2. Slitlamp appearance of a senile eye 老人眼の細隙燈像	4
3. Slitlamp appearance of an eye with retinitis pigmentosa 色素性網膜炎の細隙燈像	4
4. Slitlamp appearance of an eye with minimum positive atomic bomb changes 極く軽度の放射線様変化を示す眼の細隙燈像	6
5. In the zone of specular reflection, the granular plaque reflects a highly polychromatic light giving the effect of an oil slick 鏡面反射では円板状混濁は極めて多色性の反射を示し、水面に油が流れたような様相を呈する	9
6. Appearance of opacities on cross section with the very thin beam of the slitlamp 細隙燈の極めて細い光線による混濁の断面	10
7. Slitlamp appearance in the more advanced cases 更に進行した症例における細隙燈像	10

THE STATUS OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED BY ATOMIC RADIATION

Hiroshima and Nagasaki, Japan, 1951~1953

広島、長崎の原爆放射線による水晶体混濁の状態

1951~1953年に亘る調査

ROBERT M. SINSKEY, M. D.*

(With illustrations by GEOFFREY DAY)**

On August 6, 1945, an atomic bomb was dropped on Hiroshima, Japan. Three days later a second atomic bomb was exploded over Nagasaki, Japan. Owing to the critical situation at the time, including lack of personnel and equipment, major surveys of the biologic effects of nuclear radiation were not undertaken for several years. However, Flick¹ reported fundus lesions in survivors with acute radiation sickness. These were considered to be secondary to the blood dyscrasias produced by whole body radiation.

In 1947 by presidential directive, the Atomic Bomb Casualty Commission was set up to study the late radiation effects in the survivors of the Hiroshima and Nagasaki bomb explosions. It operates under the supervision of the National Research Council with funds supplied by the Atomic Energy Commission.

The first studies undertaken by this commission were in the field of hematology and genetics.² In September, 1949, stimulated by the discovery of radiation cataracts in some 10 American physicists, a team of ophthalmologists under Dr. David Cogan arrived in Hiroshima to investigate latent ocular injuries from exposure to nuclear radiation.³ Dr. Cogan's survey revealed 10 heavily irradiated

1945年8月6日、広島に原爆が投下され、3日後に第2の原爆が長崎上空で爆発した。人員および設備の不足等、当時の混乱した状勢のため、数年間は核放射線の生物学的影響に関する大規模な調査は行なわれなかった。しかし、Flick¹⁾は、急性放射線症状を呈する被爆者中に眼底病変を認めたことを報告し、これは全身照射による血液異常に続発したものと考えられた。

1947年、大統領令により広島および長崎の原爆被爆者における後影響を研究するため、原爆傷害調査委員会(ABCC)が設立された。ABCCは、米国科学の監督下で運営され、資金は米国原子力委員会から得ている。

ABCCが取上げた最初の研究は、血液学および遺伝学の分野であった²⁾。1949年9月、約10名の米国の物理学者に放射線白内障が発見された事実に刺戟され、核放射線照射による眼の潜在的傷害を調査するため、David Coganの率いる眼科医の一行が広島に到着した³⁾。Coganの調査によって、強度の放射線照射を受けた10人の日本人被爆者に放射線白内障が認められ

Reprinted by permission from American Journal of Ophthalmology, 39 (3): 285-293, 1955.

* Division of Ophthalmology, Duke University Medical School. Duke 医科大学, 眼科学部

** Department of Illustration and Duplication, Atomic Bomb Casualty Commission 原爆傷害調査委員会
印刷課

Japanese survivors with radiation cataracts.^{4,5,10} At the same time radiation cataracts were reported by Dr. Hirose and Dr. Fugino in survivors.⁶ In 1950, Dr. S. J. Kimura, Dr. Cogan's co-worker, reported 90 more survivors with radiation cataracts.⁷⁻⁹

This present report concerns an intensive investigation of 3,700 exposed and nonexposed individuals from May, 1951, to December, 1953. Only with the complete co-operation of the Japanese people and their local and national governments could such a comprehensive survey have been accomplished.

The investigating team consisted of an ophthalmologist (the author), an interpreter, three Japanese nurses, numerous Japanese social workers, the Atomic Bomb Casualty Commission, Biostatistical Department under Dr. Lowell Woodbury and, of course, guidance from the director and research director of the Atomic Bomb Casualty Commission' Dr. Grant Taylor and Dr. William C. Moloney.

At the beginning of this survey all previously diagnosed radiation cataracts were examined to familiarize ourselves with these lesions, and, hence, to be able to establish certain criteria for evaluation of the following:

1. The differential diagnostic problem of radiation effects on the lens.
2. The correlation between the lenticular changes caused by nuclear radiation and other factors, such as age, sex, epilation, distance and shielding.
3. Progression of these lesions caused by nuclear radiation.
4. Extent of present visual loss caused by nuclear radiations from these two atomic bomb explosions.

DIFFERENTIAL DIAGNOSTIC PROBLEM OF RADIATION EFFECTS ON THE LENS

Survivors with previously diagnosed radiation cataracts were brought in and examined with the slitlamp and ophthalmoscope. Nonexposed persons were also examined during the same period. Both of these groups had changes ranging from a few fine granules to large granular plaques with vacuoles under the posterior capsule of the lens, axially. For the most part, these could be detected only with the slitlamp (Fig. 1)

た^{4,5,10}。同時に、広瀬・藤野も被爆者中に放射線白内障が認められたことを報告した⁶。1950年、Coganの協同研究者である S. J. Kimura は、実に90名の被爆者に放射線白内障が発見されたと報告した⁷⁻⁹。

この報告は、1951年5月から1953年12月に至る期間に亘って、3700名の被爆者および非被爆者について行った強力な調査の結果である。このような総合的調査を行なうことができたのは、偏に日本人ならびに日本の地方、中央の行政官庁の全面的協力があったためである。

調査班の構成は、眼科医1名(著者)、通訳員1名、日本人看護婦3名、多数の日本人連絡員および Lowell Woodbury を部長とする ABC C 生物統計部であった。勿論、ABC C 所長 Grant Taylor および内科部長 William C. Moloney の指導を仰いだ。

この調査を始めるに当って、それまでに放射線白内障の診断を受けた全例の診察を行なった。これは放射線白内障の病変を十分知ると共に下記の問題の検討に必要な基準を立てるためであった。

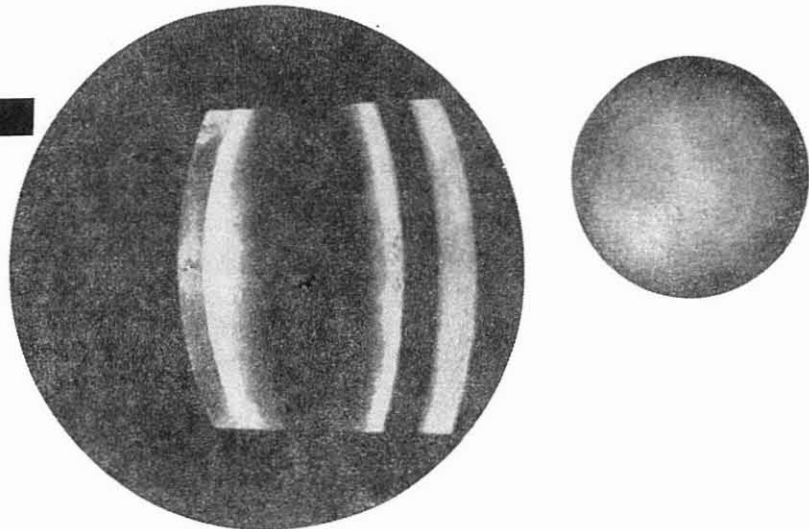
- (1) 水晶体に対する放射線の影響の鑑別診断
- (2) 放射線による水晶体変化と年齢、性、脱毛、被爆距離、遮蔽等の要因との相関関係
- (3) 核放射線に起因するこの病変の進行状態
- (4) 2つの原爆の放射線による視力減退の現状

水晶体に対する放射線の影響の鑑別診断に関する問題

以前に放射線白内障と診断された被爆者について細隙燈および検眼鏡による診察を行なった。同時に非被爆者についても診察した。水晶体後囊下の軸部に、少数の微細な顆粒状混濁から空胞を伴う大きい円板状混濁に至るまで種々の変化が両群共に見られた。その大部分は、細隙燈検査のみによって発見できた(図1)。

Fig. 1 Slitlamp appearance of a normal eye. 図1 正常眼の細隙燈像

MF No. 標本番号 [redacted]
Age 年齢 48
Non-exposed 非被爆者



Normal eye. 正常眼
Clump of granules on the posterior capsule in yellow reflex. Polychromatic sheen on the anterior capsule
黄色反射の中に顆粒塊を後囊上に認める。前囊に多色性の輝きがある。

In particular, elderly nonexposed and exposed persons were found not infrequently to have polychromatic granular plaques of various sizes under the posterior capsule. These were usually associated with the other senile changes; that is, posterior cortical sclerosis, increased relucency of the lens, peripheral wedge-shaped opacities, and water clefts (Fig. 2). Of 12 nonirradiated persons with pigmentary degeneration of the retina, three had granular plaques on the posterior capsule indistinguishable from those seen in the exposed irradiated groups (Fig. 3).

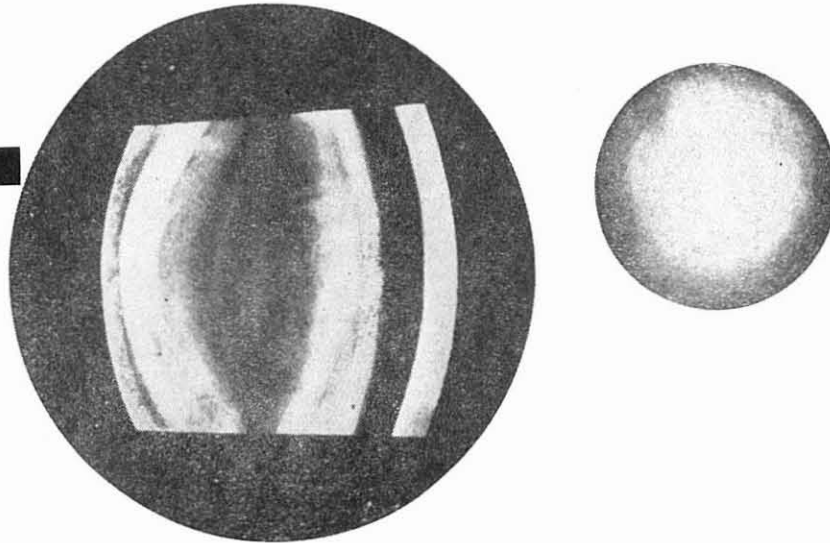
The finding of these morphologically similar lenticular opacities of obvious different etiologies presented the problem of determining the earliest clinically observable radiation changes in the lens. Since the lesions were similar in the exposed and nonexposed, this could be accomplished only by a statistical analysis. With this in mind, the following clinical experiment was designed. Two groups were selected with regard to balancing age, sex, geography, and the economic status as factors.

特に、初老の例では、被爆者にも非被爆者にも後囊下に様々の大きさの多色性円板状混濁を屢々認めた。これは通常他の老人性変化、すなわち後皮質の硬化、水晶体反射の増強、周辺部の契状混濁および水晶体線維間の液体貯留などに関連して認められた(図2)。網膜色素変性を有する非被爆者12名の中、被爆者の後囊部円板状混濁との区別が不可能な混濁が3名に認められた(図3)。

水晶体混濁には、明らかに原因は異なるにも拘らず、形態学的に酷似するものがあるとの所見があったため、放射線による水晶体の最も初期の変化をいかにして確認するかという問題が生じた。これは、被爆者および非被爆者の病変が類似しているので統計学的解析によってのみ調べることができた。上記の点を念頭において次のような臨床調査が立案された。2つの調査対象群を設け、それぞれの選択に当っては、年齢、性、所在地および経済状態などの要因別構成が一致するようにした。

Fig. 2 Slitlamp appearance of a senile eye. 図2 老人眼の細隙燈像

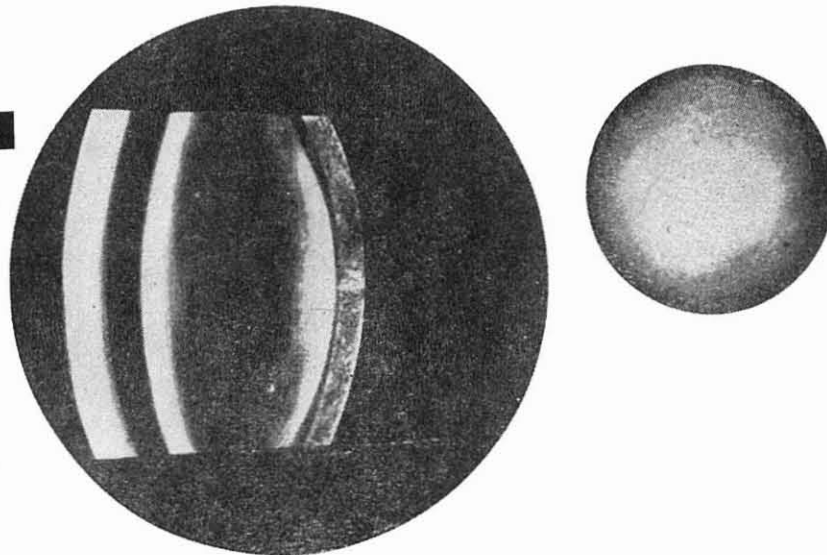
MF No. 標本番号 [redacted]
Age 年齢 67
Meters 被爆距離 2100m
Epilation 脱毛 0%



Small granular plaque with severe sclerosis of posterior cortex.
後皮質の強度の硬化を伴う小さい円板状混濁がある。

Fig. 3 Slitlamp appearance of an eye with retinitis pigmentosa. 図3 色素性網膜炎の細隙燈像

MF No. 標本番号 [redacted]
Age 年齢 36
Non-exposed 非被爆者



O. D. 右眼
Retinitis pigmentosa. 色素性網膜炎
Small granular plaque on posterior capsule
水晶体後囊に小さい円板状混濁がある。

The first group consisted of survivors of the nuclear explosion, giving a history of 90 to 100-percent epilation, that is, amount of scalp hair which fell out one to three months after the explosion. It was felt that this was the most heavily irradiated group and would offer the best chances of obtaining positive results. The control group was not in Hiroshima during or shortly after the bombing.

In order to minimize bias in the resultant data, uniform procedures in the following order were carried out: visual acuities, dilation of the pupils, slitlamp and ophthalmoscopic examination, and a history check by the biostatistical department. Persons with a history or evidence of serious eye disease, nuclear or cortical opacities, senile or congenital, severe enough to prohibit adequate examination of the posterior subcapsular area, were excluded from both groups.

The presence of granules only in the posterior subcapsular axial region of the lens was not sufficient for a positive diagnosis. Minimum positive change was considered to be a definite tiny subcapsular plaque located axially as seen only with the slitlamp (Fig. 4). This was an arbitrary division dictated by the investigator's experience.

The outcome of the examination of these two groups was quite revealing. Of 164 controls, 16 (10 percent) were found to have polychromatic granular plaques on the posterior capsule. In the exposed group, there were 139 (84 percent) positive cases out of 165. (The majority of these lesions were not visible by ophthalmoscope and were identical in appearance to the lesions seen in the control group. See Graph 1.)

The remarkably high percentage of subcapsular plaques in the exposed group was totally unexpected, since many of these people had been examined previously by this investigator and others with the slitlamp and recorded as negative.

At first it was felt that possibly these opacities were a recent development. However, re-examination of all the old charts revealed a small number of cases in which small polychromatic granular subcapsular plaques were recorded. These changes had been considered to be clinically insignificant by the observers.

第1の群は被爆後1カ月ないし3カ月内に90~100%の頭部脱毛があつたと言う被爆者から構成された。これは最も強度の放射線照射を受けた群であり、また異常所見を得る可能性が最も大きいものと思われた。対象群は、原爆時あるいは原爆直後に広島にいなかった群である。

調査結果におけるかたよりを最小限に止めるため、次の順序で一様の検査を行なった。視力検査、散瞳、細隙燈検査、検眼鏡検査および生物統計学部による病歴調査。重篤な眼科疾患の病歴または徴候、および強度の老人性ないし先天性の核混濁または皮質混濁があるため後囊の検査が十分にできない者は、両群とも除外した。

水晶体後囊下軸部に顆粒が認められることだけでは陽性的診断を行なうには不十分であるとした。細隙燈によってのみ見られるような明瞭な後囊下軸部の微少な円板状混濁を最小限の陽性的変化とした(図4)。これは著者の経験に基づく任意的な分類である。

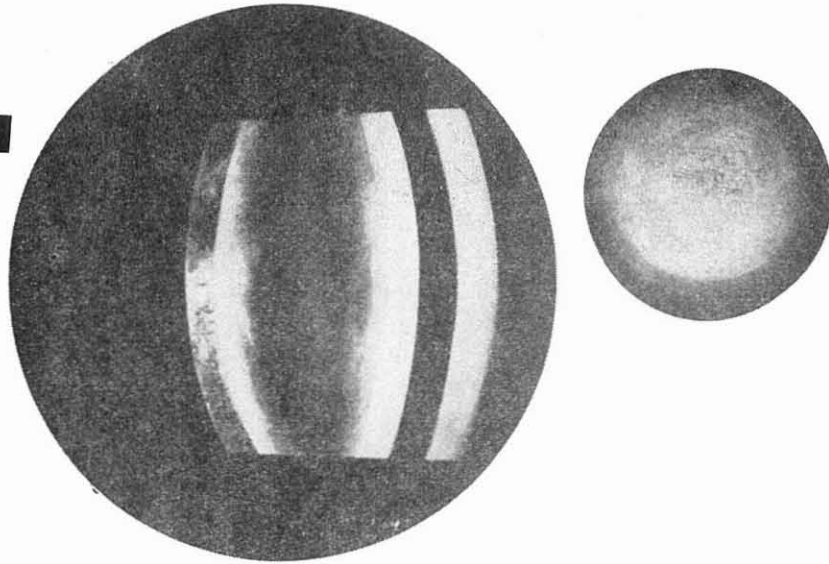
この2群の診察結果から多くのことを知り得た。164名の対照者中16名(10%)の後囊部に多色性円板状混濁が認められた。被爆者群では、165名中139名(84%)にこの所見があつた。(これらの病変の大部分は検眼鏡では認められないもので、その外観は対照者群に見られる病変と全く同じであつた。グラフ1参照)

被爆者の多くは、以前に著者や他の研究員の細隙燈検査を受けて異常なしと記録されているだけに、この群に水晶体囊下の円板状混濁が極めて高率に現われたことは全く予想外であつた。

最初、この混濁は最近現われたものかも知れないと思われた。しかし、全診察記録を再検討した結果、小数例に囊下の小さい多色性円板状混濁が記録されているのを発見した。当時の観察者は、この変化には臨床的意義はないと考えていたのである。

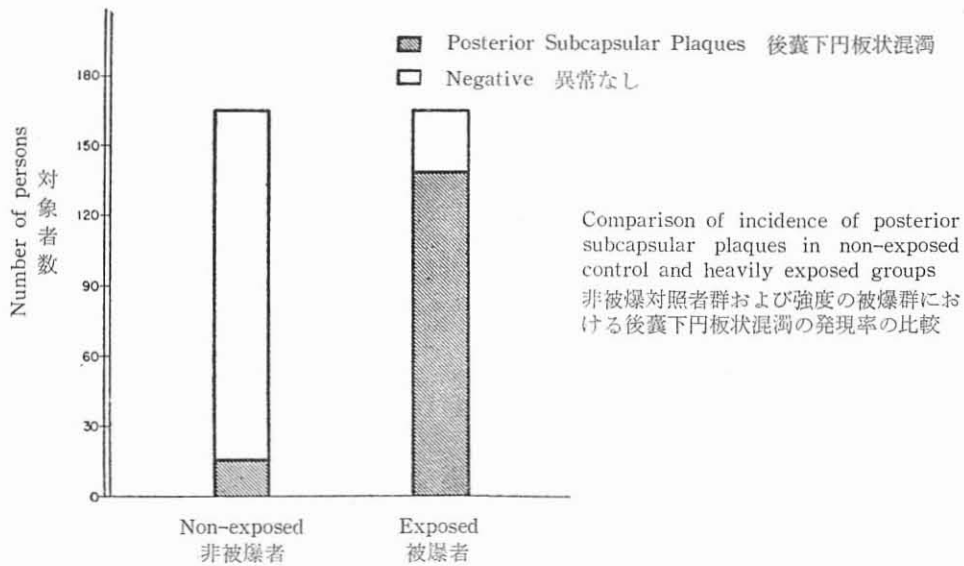
Fig. 4 Slitlamp appearance of an eye with minimum positive atomic-bomb changes.
 図 4 極く軽度の放射線様変化を示す眼の細隙燈像

MF No. 標本番号 [redacted]
 Age 年齢 24
 Non-exposed 非被爆者



Normal eye. 正常眼
 Small polychromatic granular plaque on posterior capsule in zone of specular reflection
 鏡面反射で後囊の小さい多色性円板状混濁を認める。

Graph 1 Comparison of incidence in nonexposed and exposed groups.
 グラフ 1 非被爆者および被爆者における発現率の比較



The subcapsular plaques in these individual cases included in this controlled study had not changed in size appreciably since the previous examination. This plus the fact that over a four-year period there was little or no noticeable progression of even the most severe radiation cataracts, made this observer feel that these opacities were not a recent development. Historic evidence obtained from the more severely afflicted survivors indicates that visual loss began about two years after exposure.

FACTORS AFFECTING INCIDENCE OF POSTERIOR SUBCAPSULAR PLAQUES

Having established definite diagnostic criteria, larger numbers of survivors and nonexposed individuals were examined to determine the possible effect of age, sex, epilation, distance from ground zero, and shielding.

Age was a significant factor, particularly after the fifth decade (Graph 2). Therefore, the age of cases selected was limited to 15 to 45 years. The lower limit was set to increase the accuracy of the radiation histories for distance, epilation, and shielding. Sex was not found to be a significant factor in either the exposed or control group.

There was a high correlation between these lenticular changes and epilation. The percentage of positive findings fell with the drop in the degree of epilation (Graph 3).

Graph 4 illustrates the effect of epilation, shielding, and distance on the incidence of posterior subcapsular plaques. Epilation is graduated into none and partial; shielding is light and heavy. It is readily apparent that shielding and distance reduces the incidence of lens changes.

STAGES OF DEVELOPMENT OF LENTICULAR OPACITIES CAUSED BY NUCLEAR RADIATION

During the course of this investigation various stages in the development of these opacities were noted in this large series of survivors. On direct illumination with the slitlamp, the granular plaques on the posterior capsule axially, which this observer considers to be the earliest definitive sign of radiation effects in the lens, appeared to be a mass

統計的管理のもとで行なわれた本調査で見られる水晶体囊下の円板状混濁は、以前の検査結果と比較してその大きさに顕著な変化は認められなかった。この事実のほかに、最も強度の放射線白内障でさえ4年間に亘る観察期間に顕著な進行は殆んどまたは全くなかったことを考え合わせると、この混濁は最近発現したものではないと思われる。より強度の症状のある被爆者の病歴によれば、視力減退が始まったのは被爆から約2年後である。

後囊下円板状混濁発現率に影響を及ぼす諸要因

明確な診断基準を確立した後、年齢、性、脱毛、爆心地からの距離および遮蔽による影響の有無を調べるため、多数の被爆者および非被爆者の診察を行なった。

年齢は、特に50才以上では有意な要因であった(グラフ2)。従って、対象者は15才から45才までに限定して選択した。年齢の下限を15才としたのは、被爆距離、脱毛および遮蔽に関する被爆歴の正確性を増すためである。性は、被爆者、非被爆者群共に有意な要因とは認められなかった。

水晶体変化と脱毛との間には高度の相関関係が認められた。脱毛の程度が軽くなるにつれて水晶体の異常所見の百分率も低下した(グラフ3)。

グラフ4は、脱毛、遮蔽および被爆距離が後囊下円板状混濁に及ぼす影響を示す。脱毛は「無」と「部分的」に分け、遮蔽は「軽度」と「強度」に分けた。遮蔽および距離の増加につれて水晶体変化の発生率が減少していることが容易に了解できる。

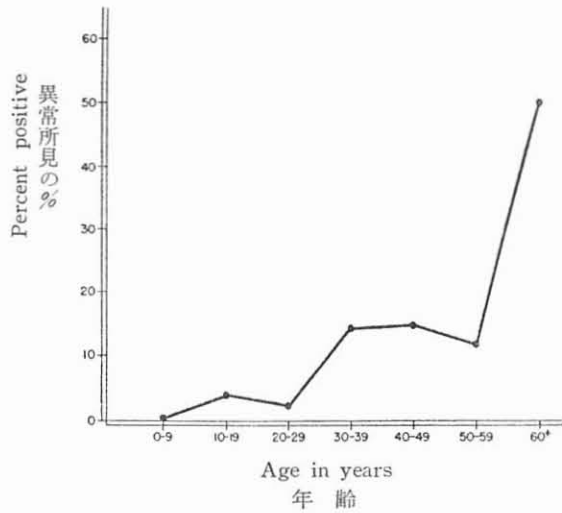
核放射線による水晶体混濁の進行の各段階

この大きな被爆者群の調査の経過中に、混濁進行の各段階を観察した。著者は、後囊軸部の円板状混濁が水晶体における放射線影響の最初の明確な徴候と考えるが、細隙燈の直接照明による検査では、円板状混濁は、白色の微細な顆粒のかたまりのように見え、若年者では青みを帯びているが、高齢になるに従って黄

of fine white granules, occasionally having a bluish cast in younger individuals and becoming more yellow in the older cases. In the zone of specular reflection, the granular plaque reflects a highly polychromatic light giving the effect of an oil slick (Fig. 5).

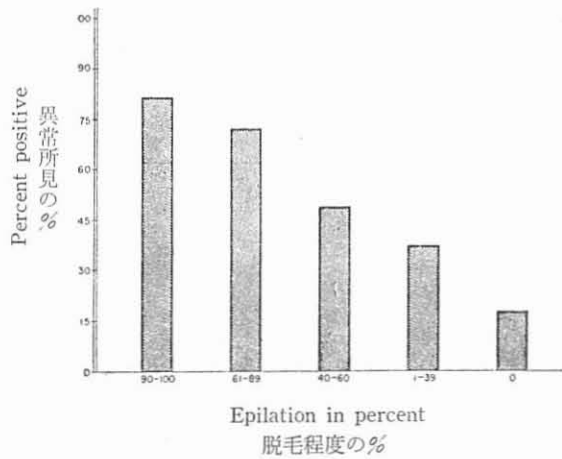
色が強くなる。鏡面反射では、円板状混濁は極めて多色性の光を反射し、水面に油が流れたような様相を呈する(図5)。

Graph 2 Effect of age on incidence.
 グラフ2 発現率に対する年齢の影響



Effect of age on incidence of posterior subcapsular plaques in non-exposed control population
 非被曝対照群における後囊下円板状混濁に対する年齢の影響

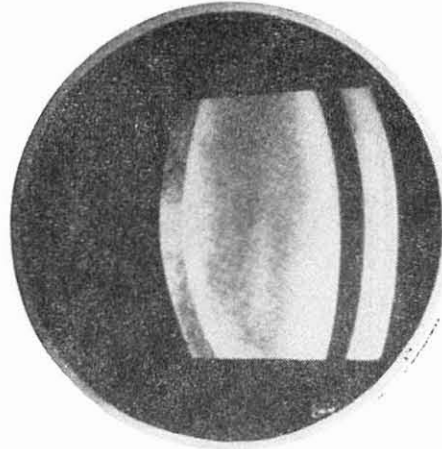
Graph 3 Percentage of positive findings.
 グラフ3 異常所見の百分率



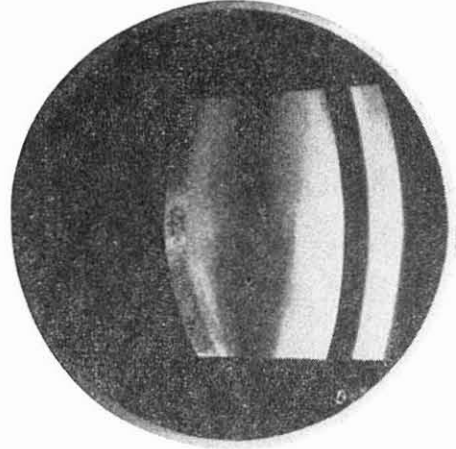
Correlation between epilation and incidence of posterior subcapsular plaques
 脱毛と後囊下円板状混濁との相関関係

Fig. 5 In the zone of specular reflection, the granular plaque reflects a highly polychromatic light giving the effect of an oil slick.

図 5 鏡面反射では円板状混濁は極めて多色性の反射を示し、水面に油が流れたような様相を呈する。



DIRECT LIGHTING
直接照明



ZONE OF SPECULAR REFLECTION
鏡面反射

The plaques were amoeboid in appearance, both horizontal and vertical with one or more pseudopods. The more extensive lesions were lacelike, ground-glass, or even resembled fool's gold. These opacities on cross section with the very thin beam of the slitlamp contained many clear areas interlaced with fine white linear opacities, giving the impression of a mass of vacuoles (Fig. 6). The accentuation of this may present the doughnut type of opacity seen in a few cases.⁹

In the more advanced cases streamers were present which appeared to extend into the posterior cortex, separating from the posterior capsule as they approach the equator of the lens by an intervening layer of normal looking lens cortex (Fig. 7). This would seem to indicate that the lesion was relatively stable since the growing lens was pushing normal lens fibers down behind the posterior subcapsular opacities.

As a rule anterior subcapsular opacities become noticeable only in these later stages, and were separated from the anterior capsule by normal looking lens fibers in the younger survivors. Occasionally marked differences in the size of the lesion were noted in the two eyes.

円板状混濁は、縦横共にアメーバ状を呈し、1つ以上の偽足が認められた。更に進行した病変は、レース状、擦ガラス状ないし黄鉄鉱のように見え、細隙燈の極めて細い光線でこれらの混濁の断面を見ると、多数の透明な部分があり、その中に微細な白い線状混濁が交錯しているのが見え、これは空胞の塊のような印象を与える(図6)。これが進行すると、少数例に見られるようにドーナツ状混濁を呈するに至る⁹⁾。

更に進行した例では、吹流し状の混濁が認められ、これは後囊皮質内に伸びて水晶体赤道部に近づくにつれて、正常のように見える水晶体皮質層によって後囊から分離している(図7)。水晶体の成長によって正常水晶体線維が後囊下混濁の後部へ移動しているので上記の所見は、病変が比較的安定していることを示すものと思われる。

一般的に、前囊下混濁は、後期の段階においてのみ認められ、弱年被爆者では、正常のように見える水晶体線維によって前囊と離れている。両眼の病変の大きさが著しく異なる例が時折見られた。

Fig. 6 Appearance of opacities on cross section with the very thin beam of the slitlamp.
 図 6 細隙燈の極めて細い光線による混濁の断面

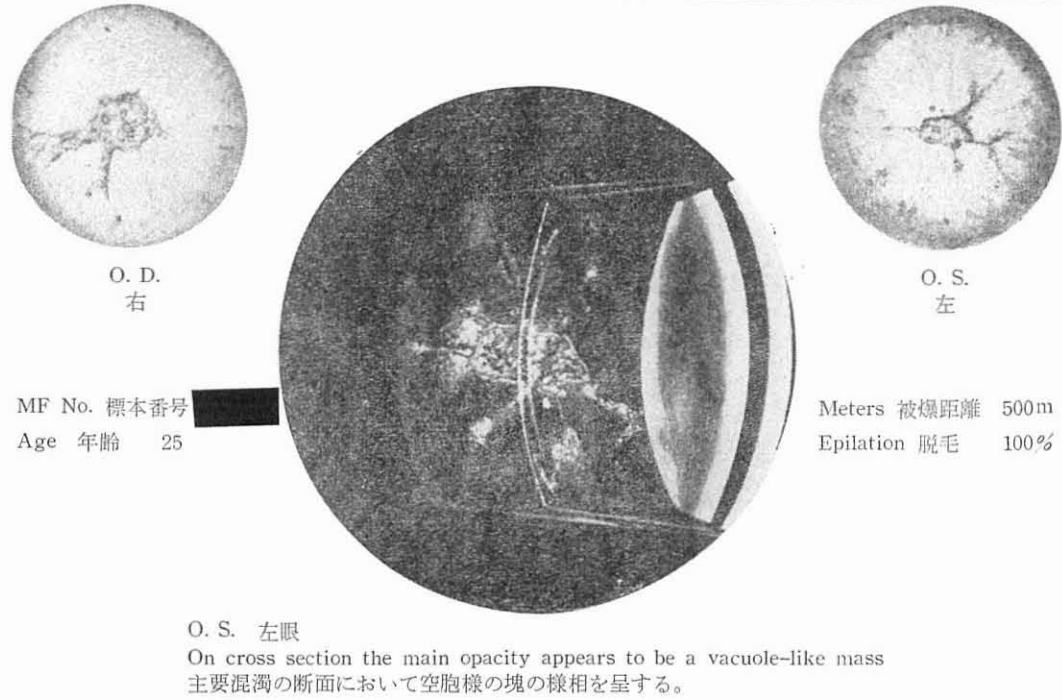
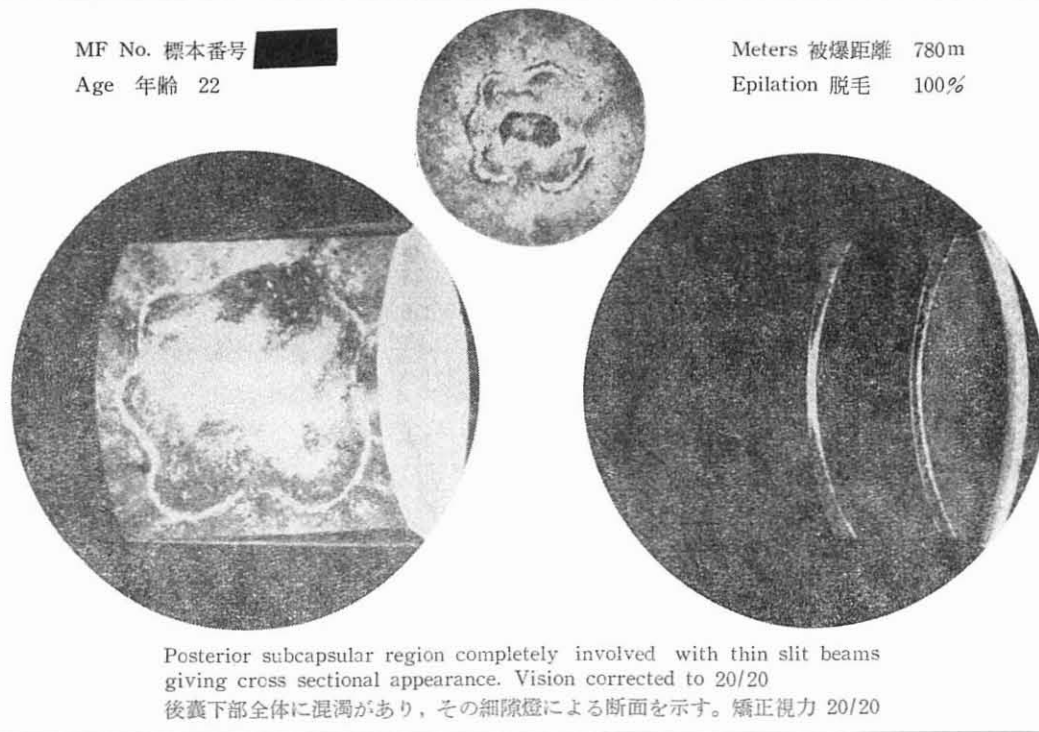


Fig. 7 Slitlamp appearance in the more advanced cases.
 図 7 更に進行した症例における細隙燈像



VISUAL LOSS

The loss of vision resulting from changes in the lens caused by nuclear radiations from the atomic bomb in Hiroshima has been a much publicized and dreaded aftermath. In the total survey, there have been 154 survivors with posterior subcapsular plaques large enough to be visible with the ophthalmoscope. Those opacities not visible with the ophthalmoscope in the greater percentage of survivors can be excluded from consideration because they obviously do not decrease visual acuity under standard testing procedures.

Of the 154 survivors 129 can be corrected to 20/25. The remaining 25 survivors have less than 20/25 but all of these have serviceable vision with the proper correcting lenses.

Although some cases may have been overlooked, intensive search produced only four survivors who had operative procedures presumably because of loss of vision from radiation effects on the lens.

In view of the relatively negligible effect of the atomic bomb on visual loss seven years after the bomb, the term cataract in this survey has been studiously avoided since it connotes severe loss of vision and even blindness to the average physician and to the laity.

視力減退

広島原爆の核放射線による水晶体変化のために視力減退が起ることは、原爆の影響として広く報道され恐れられている。全調査を通じて検眼鏡で見える程大きい後囊下円板状混濁を有する被爆者は154名あった。大部分の被爆者の混濁は、検眼鏡では見えない。このような例では、標準検査方法によって視力減退は認められないので問題はない。

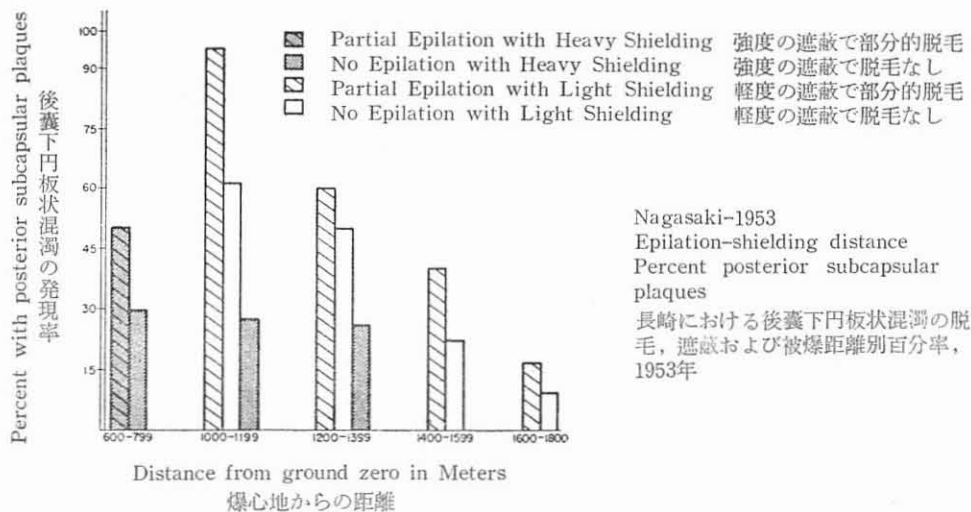
上記の154名の被爆者中、129名の視力は20/25に矯正可能であり、残りの25名は20/25には至らないが、いずれも適当な矯正眼鏡の使用によって十分な視力が得られた。

見落した症例が若干あったかも知れないが、強力な調査の結果、恐らく水晶体への放射線の影響による視力減退のために手術を受けた被爆者は4名を数えるに過ぎない。

被爆後7年を経て、原爆の影響としての視力減退は比較的軽微であったので、本調査では白内障という病名は努めて避けた。なぜならば医師にとっても、一般人にとっても白内障といえば強度の視力減退および失明をさへ暗示するからである。

Graph 4 The effect of epilation, shielding, and distance on the incidence of posterior subcapsular plaques.

グラフ4 脱毛、遮蔽および距離が後囊下円板状混濁に及ぼす影響



DISCUSSION

From these studies, it is readily apparent that the human lens is extremely sensitive to nuclear radiations. Of 425 survivors in Nagasaki between 400 and 1,800 meters from ground zero, 47 percent were positive, irrespective of epilation and shielding. Although the opacities in the vast majority of the cases are so insignificant as to be invisible with the ophthalmoscope, they are important in terms of dosimetry. Statistically significant lens changes are present in survivors without any other known early or late evidence of radiation damage.

With the tremendous progress in the conversion of atomic energy to useful controlled power production, hundreds of thousands and eventually millions of workers potentially will be exposed to nuclear radiations. It is important to recognize the earliest signs of radiation injury for the protection of the employees. Since these posterior subcapsular plaques are a relatively nonspecific type of reaction by the lens to injury, it is necessary to screen the workers before potential exposure to radiation. Even then the laws of probability would dictate that a certain number of cases would probably develop the posterior subcapsular plaques after employment, although not exposed to significant amounts of radiation. However, pre-employment screening would enable those responsible for radiation hazard control to have a certain base line from which to work.

SUMMARY

1. Inconspicuous changes in the lens in the form of posterior subcapsular plaques, which have previously been interpreted as normal, are shown statistically to be significant effects of nuclear radiations from the atomic bombs dropped over Hiroshima and Nagasaki.

2. It is evident that morphologic characteristics of radiation cataracts may be confused readily with lenticular opacities of other etiologies which occur primarily in the postsubcapsular region axially.

3. The incidence of these posterior subcapsular plaques can be correlated with age, epilation, shielding, and distance from ground zero. Sex has

考 察

本調査の結果から、人間の水晶体は、核放射線に対して極めて敏感であることが容易に分る。爆心地から400—1800mの距離で被爆した長崎の被爆者425名の中47%は、脱毛および遮蔽の如何にかかわらず水晶体の異常を示した。この症例の大部分の水晶体混濁は、検眼鏡では認められない程軽微であるが、線量測定のポイントからみれば重要な所見である。その他の既知の初期ないし遅発性放射線傷害のない被爆者にも統計学的に有意な水晶体変化が認められる。

原子力を有益な制御された動力源として利用する上に大きな進歩が見られるにつれて、将来何十万、何百万の労働者が核放射線照射を受ける恐れがある。従業員を保護するため、放射線障害の最も初期の徴候を探知することが重要である。後囊下円板状混濁は、傷害に対する水晶体の比較的非特異的な反応であるから、放射線照射の恐れがある仕事につく前に従業員を検査する必要がある。それでも尚且つ確率上から言えば、有意な放射線量を受けなくても、就業後に後囊下円板状混濁の症例が若干例現われるものと思われる。しかし、放射線障害の制御の任に当る者は、採用前の検査によって、仕事を進める上の基本線を得ることができ

総 括

1 水晶体の後囊下円板状混濁という目立たない変化は、以前は正常として扱われていたが、統計学的には広島、長崎の原爆放射線による有意な影響であることが分った。

2 放射線白内障の形態学的特質は、他の原因のために主に後囊下軸部に起る水晶体混濁と混同され易い。

3 後囊下円板状混濁の発現率は年齢、脱毛および爆心地からの距離と相関関係がある。性別には発現率に対する影響はみられない。

no effect on incidence studies.

4. The posterior subcapsular opacities observed over a four-year period were increasing very slowly or not at all.

5. The various stages of opacification of the lens caused by nuclear radiation are described and illustrated.

6. The atomic bomb explosion in Hiroshima on August 6, 1945, has resulted in negligible loss of vision to date.

7. The utilization of the earliest signs of radiation changes in the lens as an additional method for the protection of the atomic plant worker is advocated.

4 4年間の観察によれば、後囊下混濁は極く緩慢に進行しているかあるいは全く進行していない。

5 核放射線による水晶体混濁の各段階について図示説明した。

6 1945年8月6日の広島原爆に起因する視力減退は、今日迄のところ極めて軽微である。

7 原子力工場の従業員の付加的保護対策として放射線による水晶体変化の最初の徴候を利用することを提唱する。

REFERENCES

参考文献

- 1) Flick, J. J. : Ocular lesions following atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki. *Am. J. Ophth.*, 31 : 137-154 (Feb.) 1948.
- 2) Snell, F. M., Neel, J. V., and Ishibashi, K. : Hematologic studies in Hiroshima and control city two years after atomic bombing. *Arch. Int. Med.*, 84 : 569-604 (Oct.) 1949.
- 3) Abelson, P. H., and Kruger, P. G. : Cyclotron induced cataracts. *Science*, 110 : 655-857, 1949.
- 4) Cogan, D. G., Martin, S. F., and Kimura, S. J. : Atomic bomb cataracts. *Science*, 110 : 654-655, 1949.
- 5) Cogan, D. G., Martin, S. F., Kimura, S. J., and Ikui : Ophthalmologic survey of atomic bomb survivors in Japan, 1949. *Tr. Am. Ophth. Soc.*, 48 : 62-87, 1950.
- 6) Hirose, K. and Fugino, T. : Cataracts due to atomic bomb. *Acta Ophth. Japonica*, 54 : 449-454, 1950.
- 7) Kimura, S. J. : Ophthalmic survey : Hiroshima, Final Report, 22 pages (typewritten) ABCC Library File, 1950.
- 8) _____ : Ophthalmic survey : Nagasaki, Final Report, 22 pages (typewritten) ABCC Library File, 1950.
- 9) _____ : Atomic bomb radiation cataract : Case report with histopathologic study. *Am. J. Ophth.*, 34 : 811-816, 1951.
- 10) Cogan, D. G., Donaldson, D. D., and Reese, A. B. : Clinical and pathological characteristics of radiation cataract. *Arch. Ophth.*, 74 : 55-70, 1952.