

## LEUKEMIA IN HIROSHIMA CITY ATOMIC BOMB SURVIVORS

### 広島市の原爆被爆者における白血病

NIEL WALD

広島市原爆傷害調査委員会 (ABCC)

Atomic Bomb Casualty Commission, Hiroshima, Japan

*(Originally appeared in Science 127 : 699-700, 1958. Translated into Japanese with the permission of the American Association for the Advancement of Science.)*

It has become generally accepted that an increased incidence of leukemia follows the acute or chronic exposure of various experimental animals and of man to ionizing radiation.<sup>1</sup> Recently an attempt has been made to establish a quantitative relation between the probability of radiation-induced leukemia and the unit-dose of radiation received, on the basis of data from studies of various groups of radiation-exposed human beings.<sup>2</sup>

The survivors of the atomic bombings in Hiroshima and Nagasaki, Japan, comprise two such groups. Reports concerning the occurrence of leukemia in these populations over a period, through June 1956, have been published at intervals by various staff members<sup>3</sup> of the Atomic Bomb Casualty Commission.<sup>4</sup> In addition, an unpublished compilation of certain specific detailed information requested by the British Medical Research Council was prepared in September 1955.<sup>5</sup> An analysis of these data appeared in a publication of the Medical Research Council,<sup>6</sup> and a portion was also published in a report of the National Research Council.<sup>7</sup>

Since that time a review has been made of all the leukemia cases known to the Atomic Bomb Casualty Commission, and a master list has been compiled. Some of the cases on the September 1955 listing have been dropped for various reasons, and many cases have been added. No detailed official report has been published recently, in the hope that more adequate dosimetry data might become available. This wish is

電離放射線の急性または慢性照射を受けた各種の実験動物やヒトにおいて、白血病の発生率が高いことは一般に認められている。<sup>1</sup>最近、放射線照射を受けたヒトの種々の集団についての調査結果をもとにして、放射線誘発性白血病の発生と受けた放射線量との量的関係を究明する目的で、追究が行なわれた。<sup>2</sup>

広島および長崎の原爆被爆者は、前記の集団の二つを形成するものである。1956年6月までの期間におけるこれら集団内の白血病発生率については、原爆傷害調査委員会 (ABCC)<sup>4</sup>の専門職員<sup>3</sup>が時々報告を行なってきた。それ以外に、1955年9月、英国医学研究会議の要求により、特定の詳細な資料を編集して提供した。<sup>5</sup>これらの資料の解析は同医学研究会議の刊行物に発表され、<sup>6</sup>一部は米国学術会議の報告書にも掲載された。<sup>7</sup>

それ以来、ABCCで判明している白血病の全例について検討が行なわれ、その名簿も作成されている。1955年9月の一覧表に記載された症例の一部は、いろいろな理由で省略され、新たに多くの症例が追加された。最近は、より適切な線量測定資料が入手できるようになるものとの期待のもとに詳細な正式報告は発表されないでいる。この期待は実現に近づきつつある。

nearing fulfillment because of the joint initiation of a large program of dosimetry studies in 1955 by the Atomic Bomb Casualty Commission and a group of interested organizations, including the Atomic Energy Commission's Division of Biology and Medicine, the National Academy of Sciences-National Research Council, the U. S. Air Force School of Aviation Medicine, Los Alamos Scientific Laboratory, and Oak Ridge National Laboratory. The program is designed to make possible the assignment of a specific neutron or gamma ray dose, or both, in rads to the record of each survivor in the Atomic Bomb Casualty Commission's files for whom sufficient pertinent information is available.

A detailed interim report on leukemia in the Hiroshima atomic bomb survivors is presently being prepared by various staff members of the Atomic Bomb Casualty Commission and the National Research Council. It will include the best currently available dosimetry information resulting from the afore-mentioned collaborative effort. However, because of the present interest in data pertinent to radiation leukemogenesis and the desirability of making available current information obtained by the Atomic Bomb Casualty Commission, Table 1, summarizing results of the leukemia survey in Hiroshima as of December 1957, is presented at this time.

Certain limitations of these data should be pointed out. The program was initiated in 1947, but the present level of intensity of effort was not achieved until about 1950. Therefore, while it may be assumed that the numbers of cases shown for the years 1950 through 1956 are fairly accurate, the numbers that arose in the preceding years may be understated rather seriously. With respect to 1957, it is probable that additional cases remain to be discovered with onset in that year.

The denominators of the incidence rates are estimates, subject to errors of presently unknown magnitude. The 3 June 1953 residential census of Hiroshima was conducted by the Hiroshima Census Bureau and was presumably of a reasonable degree of accuracy. The categorization by distance from the

すなわち、1955年には ABCC と、この問題に関心を持つ原子力委員会生物医学局、米国学士院・学術会議、米 国空 軍 航空 医 学 校、Los Alamos Scientific Laboratory および Oak Ridge National Laboratory の 諸 機関とが共同で、大規模な線量測定調査に着手したからである。この研究計画によると、ABCC が適切な資料を多量に収集している被爆者に関し、個人被曝線量を、中性子線量、ガンマ線量、あるいはその両者の合計線量を rad 単位で推定することができるようになる。

広島 の 原 爆 被 爆 者 に お け る 白 血 病 に つ い て は、ABCC と 米 国 学 術 会 議 と の 各 専 門 職 員 が 現 在、詳 細 な 中 間 報 告 を 作 成 中 で 有 る。そ の 報 告 に は、前 述 の 共 同 研 究 に よ っ て、現 在 入 手 し 得 ら れ る 最 良 の 線 量 測 定 値 が 含 め ら れ る。放 射 線 の 白 血 病 誘 発 性 に 関 す る 資 料 に 現 在 関 心 が 寄 せ ら れ て お る の で、ABCC が 入 手 し て い る 現 在 の 知 見 を 提 供 す る こ と は 望 ま し い と ころ か ら、1957 年 12 月 現 在 の 広 島 に お け る 白 血 病 調 査 の 結 果 を 表 1 に 総 括 し た。

こ れ ら の デ ー タ に は 制 約 が 有 る こ と を 指 摘 し て お く 必 要 が 有 る。白 血 病 調 査 は 1947 年 に 開 始 さ れ た が、1950 年 ぐ ろ ぎ ろ ま で は 現 在 の よ う な 調 査 推 進 の 水 準 に は 達 し て い な か っ た。し た が っ て、1950 ~ 1956 年 間 の 症 例 数 は、か な り 正 確 で あ る と み な さ れ る が、そ れ 以 前 の 症 例 数 は か な り 過 少 に 提 示 さ れ て い る か も し れ な い。1957 年 度 に つ い て み る と、お そ ら く こ の 年 に 発 病 し た 症 例 が 発 見 追 加 さ れ る も の と 思 わ れ る。

発 病 率 の 算 定 に 用 い た 分 母 は 推 定 値 で あ っ て、そ の 誤 差 は 現 在 未 知 で 有 る。1953 年 6 月 3 日 に 行 な わ れ た 広 島 市 昼 間 人 口 調 査 は、か な り 正 確 な も の と 思 わ れ る。爆 心 地 か ら の 距 離 区 分 は、原 爆 に 被 爆 し た と 回 答 し た 男 の 50.8%、女 の 44.6% に つ い て ABCC が 調 べ た

**Table 1** Leukemia in Hiroshima atomic bomb survivors who were residents of Hiroshima City at the time of diagnosis (diagnoses verified by the Atomic Bomb Casualty Commission), as of December 1957.

表1 診断時に広島市に居住していた原爆被爆者における1957年12月現在の白血病（診断はABCCで確認）

Year of onset	Total	Distance from hypocenter (meters)				
		Under 1000	1000-1499	1500-1999	2000-2999	3000 and over
1945						
1946						
1947	3		1		2	
1948	7	2	4		1	
1949	5	1	1	1	1	1
1950	9	3	5			1
1951	11	3	7	1		
1952	11	3	5	1		2
1953	12	2	6	2	1	1
1954	6	2	2	1	1	
1955	8	1	4	2		1
1956	6		1	1	1	3
1957	5	1	3			1
Total	83	18	39	9	7	10
Estimated population*						
	95,819	1,241	8,810	20,113	32,692	32,963
Number of cases with onset in 1950-1957						
	68	15	33	8	3	9
Estimated person-years at risk						
	766,552	9,928	70,480	160,904	261,536	263,704
Annual incidence of leukemia per 100,000						
	8.9	151.1	46.8	5.0	1.1	3.4

\*Based on Hiroshima Census Bureau's daytime population census of Hiroshima City, 3 June 1953.

\*1953年6月3日に行なわれた広島市昼間人口調査に基づく。

hypocenter was made on the basis of Atomic Bomb Casualty Commission investigations of 50.8 percent of the males and 44.6 percent of the females who reported themselves exposed to the bomb. However, it was found that 3.1 percent of those reportedly exposed were in fact not in the city at the exact time of the bombing.

Apart from the uncertainties regarding the population on 3 June 1953, it may be incorrect to assume that migration in and out of the city during the period from 1950 to the present was the same for persons exposed in different distance categories. However, despite the current lack of pertinent information, the simple expedient of multiplying the

結果によるものである。しかし、被爆したと回答した中の3.1%は、実際には原爆時に市内にいなかったことが判明した。

1953年6月3日の人口についての不確実性は別として、1950年以後現在までに生じた転出者数と転入者数とが、被爆距離別に差がなかったとみなすことは正しくないかもしれない。しかし、現在適切な資料が不足しているにもかかわらず、前記昼間人口調査の期日がほぼ調査期間の中間時点に近いので、1953年6月現在

June 1953 population values by eight to obtain estimates of person-years at risk has been adopted, since the census date is roughly near the mid-point of the interval under study. This procedure seems reasonable at present, although the magnitude of any resultant error is hard to estimate.

In addition to the above-mentioned points, which have to do with the intrinsic accuracy of the data presented, a further caution should be strongly emphasized. The uncertainties involved in inferring radiation dose from distance alone are too large to support conclusions beyond the previously reported qualitative one that those survivors who received large doses of radiation—that is, who were within 1500 meters of the hypocenter—had a significantly higher incidence of leukemia than those beyond that distance, who received relatively little or none.<sup>3</sup> The relationship of incidence to distance as presented in Table 1 cannot be given a more quantitative interpretation because there are too many variables, as yet unresolved, which cannot be ignored.

For example, the presently available estimates of the air dose in Hiroshima have a large uncertainty, the magnitude of which is itself not yet definite. Also, experimental dosimetry studies at Oak Ridge National Laboratory emphasize the need for detailed information, such as is being collected by the Atomic Bomb Casualty Commission, concerning the shielding situation of any particular survivor at any distance. It is conceivable that the radiation received within a light frame house (the most common shielding situation) may vary from an amount almost equaling the outside air dose to one equal to the outside air dose attenuated by perhaps a factor of two, depending on the position of the person in the house.

In determining the relationship of radiation exposure to the incidence of leukemia, such detailed data must be examined not only for each leukemic survivor but also for enough of the population at risk to permit calculation of statistically significant incidence rates. Until this information becomes available from the dosimetry program, it is premature to attempt precise quantitation of dose-effect relationships in radiation leukemogenesis on the basis of the Hiroshima and Nagasaki radiation-exposed populations.<sup>8</sup>

の人口数に8を乗じて観察人年の推定数を得る簡便法を用いた。生じた誤差の大きさは推定しがたいけれども、現在のところ、この方法は妥当であるように思われる。

ここに提示した資料の正確性については、前記の問題点があるほか、次の点にもじゅうぶん注意する必要がある。距離のみによって放射線量を推定することには不確実性が大きすぎるから、したがって大量の放射線を受けた被爆者、すなわち爆心地から1,500m未満にいた者では、それ以遠にいて被曝線量が相対的に少ないか皆無であった者よりも白血病の発生率が有意に高かったという以前の結論は支持しがたい。<sup>3</sup> 無視できない未解決の変数があまりにも多いので、表1に示すような距離と発病率との関係には、より量的な解釈を与えることができない。

たとえば、現在入手されている広島空気線量推定値はきわめて不確実性が大きい、その程度はまだ明確にされてはいない。Oak Ridge National Laboratoryでの実験的線量測定調査では、ABCCが一人一人の被爆者の遮蔽状態について収集している詳細な資料を必要とするものである。軽量木造の家屋内（最も一般的な遮蔽状態）で受けた放射線量は、家屋内における被爆者の位置によって戸外の空気線量にほとんど等しい線量から遮蔽によってその約半に減弱した線量までの範囲にあるものと推定される。

放射線被曝と白血病発生率との関係を決定するにあたっては、白血病罹患の被爆者についてのみならず、観察対象の多数についてもこの種の資料を集めてはじめて統計学的に有意な発病率の算定ができるようになる。この資料が線量測定調査によって得られるまでは、広島および長崎における放射線被曝集団をもとに、放射線誘発白血病における線量-効果関係を正確に数量化しようと試みることは時期尚早である。<sup>8</sup>

## REFERENCES AND NOTES

### 参考文献および注

1. J. Furth and E. Lorenz, *Radiation Biology* (McGraw-Hill, New York, 1954), vol. 1, pt. 2.
2. E. B. Lewis, *Science* 125,965 (1957).
3. J. H. Folley, W. Borges, T. Yamawaki, *Am. J. Med.* 13, 311 (1952); R. D. Lange, W. C. Moloney, T. Yamawaki, *Bood* 9,574 (1954); W. C. Moloney and M. A. Kastenbaum, *Science* 121, 308 (1955); N. Wald, *Acta Haematol. Jap.* 20, 152 (1957); N. Wald *et al.*, "Proc. Intern. Soc. Hematol., 6th Intern. Congr. Boston, 1956" (Grune and Stratton, New York, in press).
4. The Atomic Bomb Casualty Commission is a field agency of the National Academy of Sciences-National Research Council, operated with funds supplied by the U. S. Atomic Energy Commission.  
原爆傷害調査委員会 (ABCC) は米国学士院学術会議の現地調査機関であり、米国原子力委員会の資金によって行なわれている。
5. "Listing of Leukemia Cases in Hiroshima and Nagasaki" (Atomic Bomb Casualty Commission, Hiroshima, Japan, Sept. 1955).
6. "The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations," *Med. Research Council (Brit.) Cmd.* 9780 (H. M. Stationery Office, London, 1956), appendix A.
7. "Report of the Committee on Pathologic Effects of Atomic Radiation," *Natl. Acad. Sci.-Natl. Research Council, Publ. No. 452* (Washington, D. C., 1956), appendix I.
8. Grateful acknowledgement is made for the biostatistical assistance of Mr. Seymour Jablon, National Research Council, and also for the aid of Dr. Lowell Woodbury, head of the Biostatistics Department of the Atomic Bomb Casualty Commission, and his staff. Appreciation is also expressed for the help of Dr. Robert M. Heyssel, who provided the hematological data for 1957, and for the cooperation of the physicians of both the Atomic Bomb Casualty Commission and the city of Hiroshima, who make the long-term Hiroshima leukemia study possible.  
米国学術会議の Mr. Seymour Jablon が寄せられた生物統計学に関する援助ならびに ABCC 生物統計部長 Dr. Lowell Woodbury および同部員の助力に対し感謝する。1957年の血液学的資料を提供された Dr. Robert M. Heyssel の助力に対し、また長期にわたり広島における白血病調査の実施を可能ならしめた ABCC と広島市内の医師の協力に対して感謝の意を表する。