

Section A. Medical Study

Part II . Pathology

CONTENTS

セクションA. 医学的調査

第Ⅱ部 病理

目 次

	<u>Page</u>		頁
Forward	68	はじめに	68
Chapter I . Description of Material Studied.....	69	第Ⅰ章 調査試料に関する記述	69
Chapter II . Description of Findings	71	第Ⅱ章 調査結果に関する記述	71
1) Injuries other than radiation	71	1) 放射線以外による傷害	71
2) Radiation Injuries	73	2) 放射線障害	73
A. Physiological effects in animals	73	A. 動物への生理学的作用	73
B. Pathological effects in animals	74	B. 動物における病理学的作用	74
C. Pathological effects in human beings	81	C. 人体における病理学的作用	81
Chapter III . Conclusions.....	96	第Ⅲ章 結語	96

Forward

The analysis of pathological information obtained from Nagasaki and Hiroshima, presents great difficulty due largely to the incomplete nature of the information on the series of cases from which this study is made. As has been mentioned, the arrival of the American Party did not occur until six weeks after the actual bombings. Hence for the period up to this data, the information was obtained directly from Japanese sources. Due largely to the state of utter confusion and lack of medical resources existing at that time, they are quite incomplete as will be shown⁽¹⁾.

Because of the nature of the data, the approach of this paper deals with, (1) a brief review of the nature of the physical agents which caused the pathological damage; (2) a general discussion of the pathological material as a whole; and (3) the presentation of the findings observed in the study of the specimens. Stress will be placed on the damaging effects due to gamma (and neutron) irradiation, inasmuch as the nature of these effects on the human subject is comparatively unknown and not well understood.

The previously discussed agents which are important as factors in the pathological damage are, (1) blast and the following succussion wave; (2) the terrific heat radiation which includes the exposures to rays from the infra-red to the ultra-violet ranges of the spectrum, and, (3) the ionizing radiation which is similar to X-rays.

The pathological effects of acute neutron radiation are indistinguishable from gamma radiation damage.

The blast effects, as far as can be determined from eye-witness reports, are very similar to those observed following cyclones windstorms, and to a lesser extent,

(1): The Joint Commission has a considerably larger and more extensive group of cases than those here presented, and it is hoped that many of the gaps existing in this account will be bridged.

はじめに

長崎・広島から得られた病理報告の分析はかなり困難である。それはこの研究の基礎となる一連の情報が不完全なものであることによる。すでに述べたように米国調査団は原爆投下6週間後にはじめて現地に入った。それまでの情報は日本の関係機関から直接収集していたものである。当時は、混乱した状況であったことや医学的な検索手段が不足していたことから、それらの情報は不完全である(註1)。

ここでの論述はデータの性質上 1)病理的損傷を引き起こした物理的要因を簡単にまとめたもの、2)病理学的資料の総括、3)標本の検討で得られた結果の報告を取り扱っている。

人に対する照射の影響は比較的未知なものであり、理解されていないこともあるので、ガンマ線(及び中性子)の照射によって損傷をうけることにより重点をおいて記述する。

病理的損傷の原因としてすでに論じてきた重要なものは、1)爆風と引き続いて起こった衝撃波、2)赤外線から紫外線までを含む強力な熱線、3)X線に似た電離放射線である。

急性の中性子放射線の病理学的影響はガンマ線による影響と区別がつかない。

爆風による影響は目撃者によると、台風のような大暴風、そしてより小規模のものは高性能爆弾に似ている。大部分の損傷は建物の崩壊による飛

(註1) 合同委員会はかなり豊富で幅広い症例を持っているので、不完全な点はうめられるであろう。

other high explosive ordnance. The damage consists for the most part of injuries from missiles coming from falling buildings and the like being thrown against the casualty. Fractures and traumatic wounds of all types were recorded. Cases of evisceration were likewise reported in abundance, but in general the tendency of later clinical observers is to discount the frequency of such events. This is also true of crushing injuries attributed to the force of air pressure from the blast itself.

The flash effects are definitely an entity and will be discussed in some detail later.

Most important as a distinctly new and overwhelming agent is the gamma (and neutron) irradiation. This also includes the effects of any possible radioactivity from fission product deposition. The major portion of the pathological account will be devoted to the specific injuries from gamma radiation.

CHAPTER I

Description of Material Studied

During the limited sojourn in Nagasaki and Hiroshima, it was possible to collect pathological material from 24 autopsies. Ten of these (including most of the early cases) were obtained from Nagasaki, and the remainder from Hiroshima. Parallel clinical records were not obtainable in many of the earlier cases. Autopsies were carried out in many instances by inexperienced observers. Data on the names of the casualties and other specific facts often were inaccurate or not obtained. The fixation of many of the specimens was extremely poor due to lack of chemicals and reagents. This rendered many good specimens unfit for study. Of the 24 collected, fair data are available on approximately 20, as is shown below.

散物によって危害を受け、あたかも死傷者に投げつけられているかのようにであった。すべての種類の挫傷や外傷が報告されている。内蔵破裂の症例が多く報告されているが、後になっての医学的観察では多くはないと考えられている。また、爆風の風圧作用によって損傷を受けたこともまた事実である。

閃光の影響はひとつの単位であり後の章で論じられる。

これまでに全く経験のない、重要な影響はガンマ線（及び中性子）照射である。核分裂物質からの放射能の影響もある。病理学的検討の大部分がガンマ線による特異な障害例に関するものである。

第 I 章 研究試料の記述

長崎、広島で24例の剖検例の病理学的資料を得ることができた。大部分は早期の症例で、10例は長崎の症例、残りは広島の症例であった。対応する臨床記録が初期の症例では多くは得られなかった。多くの剖検作業は、専門外の研究者により施行された。剖検例の氏名やその他の事項は不正確あるいは不明であった。多くの標本では化学薬品や試薬がなかったため、固定が非常に悪かった。このことは貴重な資料の研究に障害となった。24例中以下の20例の資料が研究に適していた。

The subdivision of the cases according to date of death is important, since it serves as a method for judging the progression of the pathological changes. The following tabulation shows the grouping of cases into weekly intervals after the explosions:

1st week—	none
2nd week—	1
3rd week—	3
4th week—	2
5th week—	none
6th week—	1
7th week—	7
8th week—	4
9th week—	2

Of these cases, ten were males, and ten were females.

The distribution of the cases by age is as follows:

0—10	4 cases
11—20	6 cases
21—30	3 cases
31—40	5 cases
41—50	no cases
51—60	3 cases

The distribution of the cases by the nature of the injury was:

Radiation effects only	8 cases
Radiation plus burns	3 cases
Radiation plus trauma	3 cases
Radiation plus burns plus trauma	6 cases

In the discussion which follows, an attempt will be

これらの症例を死亡時期により細分類することが重要である。なぜなら病理学的変化の時間的経過を判断する手段として有用だからである。以下の表は被爆後を週単位に分類したものである。

第1週目	0	症例
第2週目	1	症例
第3週目	3	症例
第4週目	2	症例
第5週目	0	症例
第6週目	1	症例
第7週目	7	症例
第8週目	4	症例
第9週目	2	症例

これらの症例の性別は男性10名、女性10名であった。

年齢分布は以下のとおりである。

0—10	4 症例
11—20	6 症例
21—30	3 症例
31—40	5 症例
41—50	0 症例
51—60	3 症例

以下は障害の違いを示す。

放射線障害のみ	8 症例
放射線障害と熱傷	3 症例
放射線障害と外傷	3 症例
放射線障害、熱傷と外傷	6 症例

これらの致死的な症例の病理学的な時間的経緯

made to give a chronological picture of the course in which the pathological picture developed in these fatal cases. The available material is of such a nature that it divides itself sharply into two rather distinct categories: (1) cases observed in the 3rd and 4th weeks; and, (2) cases observed in the 7th to 9th weeks. The pathological descriptions which follow will expand the findings in these two groups at length.

Examination of the nature of the pathology reveals that there is a time classification also. The first group involves those individuals who were injured by the blast, and those burned immediately, either by the heat radiation from the bomb itself, or from the fire of burning buildings and debris. The second and most important group is that which shows radiation injury.

CHAPTER II Description of Findings

1. Injuries other than radiation

2. Radiation injuries

A. Physiological effects on animals

B. Pathological effects in animals

C. Pathological effects in human beings

Chapter II — Description of Findings

1. Injuries other than Radiation

The type of injury related to blast has been discussed earlier. One additional comment which should be mentioned is the relative rarity of ruptured ear drums (always in high frequency following high explosive detonation), and which would tend to minimize the effect of the blast wave itself.

The burns resemble very closely the flash burn on a very large scale. Individuals who were under the bombs, and even at some distance from them, had the exposed areas of their skin charred to a dark brown color, (third

について述べる。これらの症例は（１）第３週目と第４週目にみられた症例、（２）第７週目から第９週目にみられた症例の２群に明瞭に分類される。

以下の病理学的記述はこの２つのグループについての所見を総括したものである。

病理学的な所見の性質を吟味すると時間的な分類が可能である。第１群は爆弾の熱線あるいは瓦礫の火災により焼かれた人々である。第２群は、放射線による障害者たちであり、もっとも重要なグループである。

第Ⅱ章 所見の記述

1. 放射線以外の傷害

2. 放射線障害

A) 動物への生理的作用

B) 動物における病理学的作用

C) 人における病理学的作用

第Ⅱ章 所見の記述

1. 放射線以外の傷害

爆風による傷害については前に述べた。追加すべきことは鼓膜が破れることは比較的まれなことである。（高圧を生じる爆発では常に高頻度に見られる。）この点は爆風圧そのものの作用が小さかったことを示しているのかもしれない。

熱傷は非常に強い閃光による火傷に似ている。爆心地あるいは近距離の被爆者では服におおわれていない部分の皮膚が濃い褐色に焼けた（第Ⅲ度熱傷）、そして多くは数時間以内に死亡し

degree burn), and died within a few hours at the most. Those individuals up to approximately 4500 feet showed second and third degree burns of less intensity, over those areas of skin exposed unprotected to the blast. Even thin clothing gave considerable protection except where tightly stretched across the skin. Dark colored cloth was found very susceptible to ignition and skin areas so covered showed burns.

The pathological picture of the typical skin injury is presented in Plate 1. This shows a picture of second degree burn with edema of the epidermis, complete disintegration of the Malpighian layer with much pyknotic debris, edema, and hyalinization of the underlying layers of the skin. Thrombi are visible in the blood vessels and some bacterial clumps are scattered throughout.

た。爆心地より約1,380メートルで被爆した者はやや弱い第Ⅱ度とⅢ度の熱傷を、爆心方向に向いた衣服に防御されていない皮ふに受けた。薄い服であっても皮膚に密着したものでなければかなりの防護となった。暗い色調の服は火がつきやすく皮膚は火傷した。

皮膚傷害の典型的な病理像を図1に示す。これは熱傷Ⅱ度の像で表皮の浮腫、マルピーギ層に濃縮した細胞片や浮腫、硝子化を伴った傷害がみられる。血栓が血管内にみられ細菌塊も散見される。

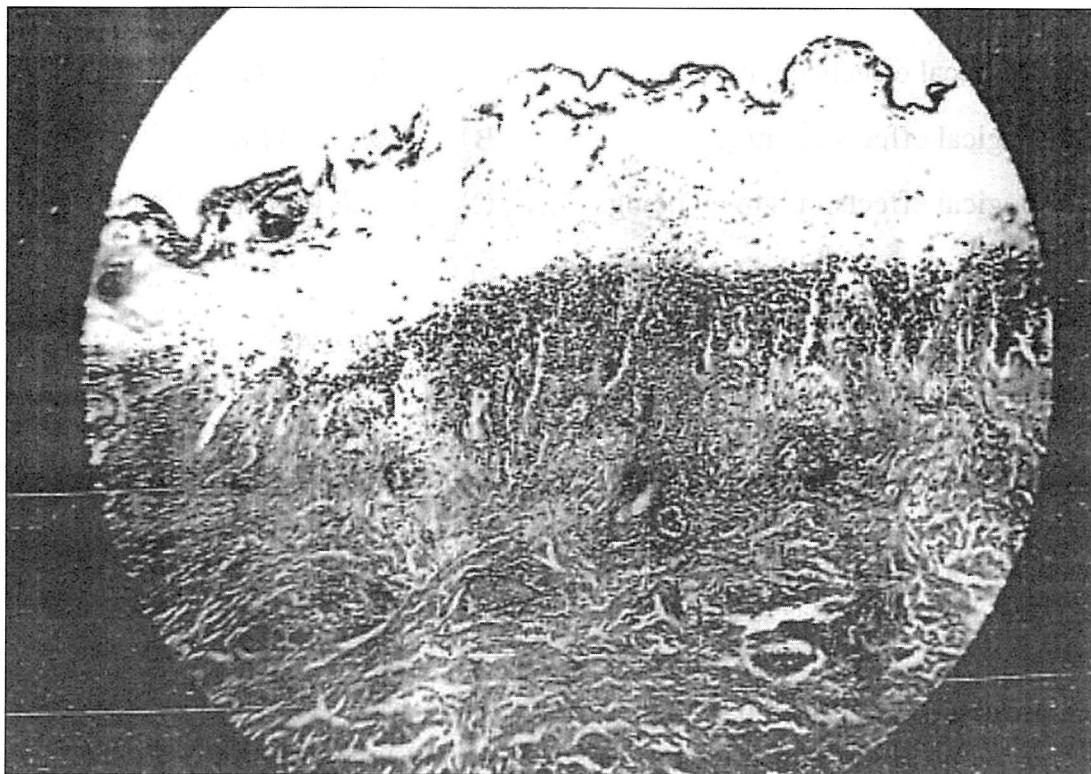


PLATE 1.SKIN(human):2ND DFGREES BURN 【図1 皮膚（ヒト）：Ⅱ度の熱傷】

The picture of burn pathology and its related shocking effects has been discussed at length in the medical journals of the past few years, and requires no further comment. Individuals who survived relatively severe burns and then developed radiation sickness will be discussed later.

2. Radiation Injury

Inasmuch as the pathological material obtained from Nagasaki and Hiroshima was collected from Japanese sources, some six or eight weeks after the bombings, it is expected that gaps would and do occur in the data thus gained. Hence, it is deemed wise to intersperse at this point a brief physiological and pathological summary of the sequence of events occurring after animals (rats, dogs, and monkeys) are exposed to a killing dose of x-radiation. The biological effects of x-rays are indistinguishable from those of the gamma rays liberated by the bombs.

A. Physiological Effects in Animals

After normal animals (dogs) are exposed to a killing dose of x-rays, there is a latent period in the development of symptoms for approximately one to two hours. At this time, a preliminary period of prostration sets in, associated with a primary fall in blood pressure. Some salivation, diarrhea, nausea and vomiting may follow at this time. The diarrhea is seldom of bloody nature. The peripheral blood picture shows an elevation in the circulating polymorphonuclear leucocytes of approximately 20 to 30% over the control values. At the same time there is a sharp decline in the circulating lymphocytes to as much as one-tenth of the normal values. The above symptoms progress through the second day and with a continuation of an accelerated heart rate, lowered blood pressure and occasional vomiting. Very little food is taken and some weight is lost.

On the third day, the animal resumes eating and recovers some weight. The polymorphonuclear

熱傷の病理とそれに伴うショックの作用についてはこの数年医学雑誌で討論されているのでこれ以上のコメントはしないでおく。重症の熱傷を負いながらも生存し、その後に原爆症におかされた人については後ほど検討する。

2. 放射線障害

長崎と広島から採取した病理学的資料は被爆後6～8週間経ているのでデータにぐちゃぐちゃが生ずるであろう。したがって致死量のX線を動物（ラット、犬、猿）に照射後生じる生理学および病理学的結果の簡単な要約にとどめる。X線の生物学的効果は原爆のガンマ線と変わらない。

A. 動物における生理学的作用

正常の動物（犬）に致死量のX線を照射すると、症状がみられるまで約1～2時間の潜伏期がある。虚脱がはじまるまでに、血圧が低下する。ついで流涎、下痢、悪心、嘔吐がみられる。血性の下痢はほとんどみられない。抹梢血では多核白血球数が正常より20～30%増加する。同時にリンパ球は正常の1/10に減少する。上述の症状は第2日目も進行し心拍数が上昇し、血圧が低下する。時に嘔吐もみられる。食事はほとんど摂取しなくなり体重の減少がみられる。

第3日目は食欲は回復し体重もいくぶんか回復する。抹梢血の多核白血球数はこの時に低い水準

leucocyte count of the peripheral blood has now fallen to a low level (as much as one-fifth to one-tenth of the normal value), with a parallel depression of the lymphocyte series as well. This state continues up to approximately the ninth or tenth day, or slightly longer, varying with the species, at which time an abrupt rise in temperature of the animal occurs. This is associated with blood concentration caused by a lowering of the fluid elements of the blood. Further concentration is accomplished by the onset of further diarrhea, often of bloody nature. Some copious salivation may occur. Hemorrhages occur into the skin, mucosal areas, as well as other body organs. Signs of sepsis and localized infection then appear. Death occurs with the onset of shock, somewhere between the tenth and twentieth day after the administration of the radiation.

B. Pathological Effects in Animals

Pathological examination of the injured animals (sacrificed at the most opportune periods for accurate study) reveals that the most x-ray sensitive tissues can be grouped in order of their severity of involvement as; (1) the bone marrow, thymus (if persisting) and testis as a group; (2) next the lymphatic tissues, spleen, gut epithelium and ovary. Little or no damage is observed in the pancreas, kidney, lung, heart, adrenal, nervous tissue, skin or muscle. This latter statement refers to direct x-ray damage and not to the secondary effects of bone marrow depression, such as hemorrhage and infection which do cause changes in these organs.

Examination of each of the individual susceptible organs at critical intervals yields the following information. This account is necessarily quite brief, but will give the reader a chronological picture of the events occurring in the gaps in the human information. As far as can be determined, there is very little difference between the change in animal and human, and such variation will be conspicuously pointed out. In this way, a more complete picture of the development of the

に低下する（正常の1/5から1/10まで）。また同時にリンパ系の細胞もさらに減少する。この状態は9日目か10日目まで、あるいはさらに長く続くが、動物の種により異なる。この時期、動物の体温の急激な上昇がみられる。これは血液中の水分が低下することによる血液濃縮と関係している。さらに頻回の血性下痢により血液のさらなる濃縮がおこる。多量の流涎もみられる。皮膚、粘膜その他の臓器に出血がみられる。放射線の照射後10日目から20日目にショックで死亡する。

B. 動物における病理学的作用

障害を受けた動物（最適な時期に屠殺）の病理学的検索によって、X線に最も感受性の強い組織を障害の重症度にしたがって次のように分けることができる。(1) 骨髄、胸腺、睪丸、(2)リンパ系組織、脾臓、腸上皮、卵巣の2群である。脾臓、腎臓、肺、心臓、副腎、神経組織、皮膚、筋肉には障害はほとんどみられなかった。これらはX線による直接の障害であって、骨髄の抑制に伴う出血や感染が臓器に変化を引き起こす二次的な障害ではない。

障害されやすい臓器を適切な時期に検索することにより以下の情報を与えてくれる。この記述はできる限り簡単にするが、読者に対して人体から得られた情報のギャップをうめる時間的推移の像を与えるためである。明確にできる限りにおいては動物と人間にみられる変化には殆ど差異はみられず、そのような違いがもしあれば、指摘することにする。このようにして変性や再生の過程の完全像が得られ、動物と人間の差異については指摘

degenerative and regenerative can be gained, and the dissimilarities between animal and human pointed out.

Bone Marrow (Dogs):

Following the depressing dosage of x-rays, the bone marrow shows conspicuous signs of degeneration of a progressive nature. First the early cells of the myelocyte series begin to lose their normal cellular and particularly nuclear detail. Cell walls become poorly demarcated, nuclei begin to shrink and later the former areas of complete myelopoiesis appear somewhat as syncytiae of pyknotic cellular elements and what can be termed nuclear debris, which is dark staining with the basic dyes. This process of disappearance of the granulocytes is associated with an inpouring of adult erythrocytes so that the marrow sinusoids become so filled with cells as to appear hemorrhagic in nature. This degenerative process continues up through the eighth to eleventh days, or more, and at its end the marrow appears to be a reticulum with occasional islets of dead cellular elements. There is no sign of activity at any portion. To follow this process, photomicrographs of dog rib marrow have been prepared. Plate 2 represents the control marrow with its abundance of all cellular elements. Plate 3 shows the above effect at the end of 14 days, with no sign of cellular activity.

A word must be said concerning the failure of erythropoiesis as well. This process in the animal material studied is associated again with the early (3-5 days) disappearance of the nucleated cells which also assume a shrunken pyknotic appearance and gradually disappear from the marrow reticulum. It is evident also that the adult cells suffer little injury, inasmuch as the erythrocyte count is maintained through the normal life span of the cell, and hence shows only a very slow and gradual fall. This accounts for the absence of anemia in the early phases of radiation sickness.

Certain phenomena must be mentioned at this time which contribute to the difficulty in the gauging of the

しておく。

骨髓（犬）：

影響が出る線量のX線照射により骨髓は進行性の変性像を示す。まず顆粒系の幼若細胞が核の緻密な構造を失う。細胞壁はなくなり核は委縮して、濃染し、好塩基性に染まる核遺残物となる。顆粒球の消失の過程において成熟赤血球が流入し、骨髓の類洞は出血で満たされる。この変性過程は8日目から11日目、あるいはそれ以上にわたり持続する。骨髓では死んだ細胞成分を伴った細網巣が散見される。どの領域にも細胞活性の徴候は見られない。この過程を追うため犬の肋骨骨髓の光顕像を示した。図2はすべての細胞成分が豊富にみられる対照群の骨髓像である。図Ⅲは上述した組織の14日目にみられた細胞活性がみられないものである。

赤血球産生の障害についてここで言及する。動物におけるこの障害は早期（3-5日間）に有核細胞が消失することと関係する。有核細胞は萎縮濃縮した像をとり、次第に骨髓細網から消失する。また成熟細胞はほとんど障害を受けないので正常の寿命が過ぎるまで赤血球数は維持される。したがって赤血球数は徐々にしか減少しない。このため放射線障害の初期では貧血がみられないことになる。

この時期にみられる血液成分へのX線の定量的な作用を測定する場合に困る現象について述べる。

effect of a given dosage of x-rays, on the blood forming elements. Above a certain level of dosage (such as 100 r) the depressing effect on the marrow with the resultant effect on the disappearance of the white cell elements from the peripheral blood appears to be the same both as development and extent of depression as it would with a lethal dosage. The stress of the increased dosage enter the picture only as an index to the severity of the involvement, i.e., the length of time the marrow remains depressed, the extent of the wiping out of the cellular elements, and the like. The explanation of this phenomena is not clear, and no attempt will be made to present the various potential possibilities which might underlie it.

A period of depression is noted in which the marrow remains relatively acellular, and in which the marrow spaces lose the cellular debris associated with the degenerative process. At the end of this time, new regeneration of cells sets up islands scattered through the marrow spaces. The period of onset of erythropoiesis occurs in about the 4th to 7th day in the rat, and a little later than the 14th day in the dog, as far as can be determined from average figures. The cellular islands at first proliferate very slowly and the time of reestablishment of the new areas is slow. Myelopoiesis is delayed by several days after the initiation of erythropoiesis. The new cells appear normal although blood smears may show an increase in monocyte-like forms. The peripheral blood smears reflect the nature of this process with persistent leucopenia and a slow decline in erythrocytes. (Plate 4).

After this period in which cells are being formed slowly, a spurt in the production of new cells occurs. At the same time, allowing for a period of maturation, the peripheral blood reflects a change with appearance of new elements and proportional rises in leucocyte and somewhat later, the erythrocyte counts. This rise in the rat occurs about the 20th to 24th day on the average, and at about the 30th to 36th day in the dog.

あるレベル以上の線量（たとえば100レントゲン）で、抹梢血から白血球系の細胞の消失が効果的にみられるような骨髄の抑制作用は、致死量の線量の場合と同じ時間的推移を示し、進行する。より線量を増加させると障害の重症度が上がっていく。すなわち骨髄抑制の持続時間や細胞成分の消失の程度が増す。この現象の説明は明確にはなされていないし、その原因を追求する試みもなされていない。

この抑制期には、骨髄には細胞があまりみられず変性過程とともに細胞片は消失する。この時期の終わりには、新しい再生細胞が骨髄で島状に散見されるようになる。赤血球生成は、ラットでは大体4日目から7日目で、犬では14日目からみられる。細胞の島がゆっくり増殖し、再構築に要するまでの時間は長くかかる。顆粒系細胞の生成は赤血球細胞に比べ数日遅れる。新生細胞は一見正常であるが、血液のスメアでは単球様の細胞が増加している。抹梢血のスメアでは白血球減少と、ゆっくりとした赤血球の減少を反映した像を示す(図4)。

細胞がゆっくり形成される時期を過ぎると、新生細胞の急激な増殖がみられる。同時に成熟の時期を経ると、抹梢血でも新生成分がみられ、白血球数の割合が増し、多少遅れて赤血球数も上昇してくる。この現象はラットでは平均20日目から24日目に、犬では約30日目から36日目にかけてみられる。

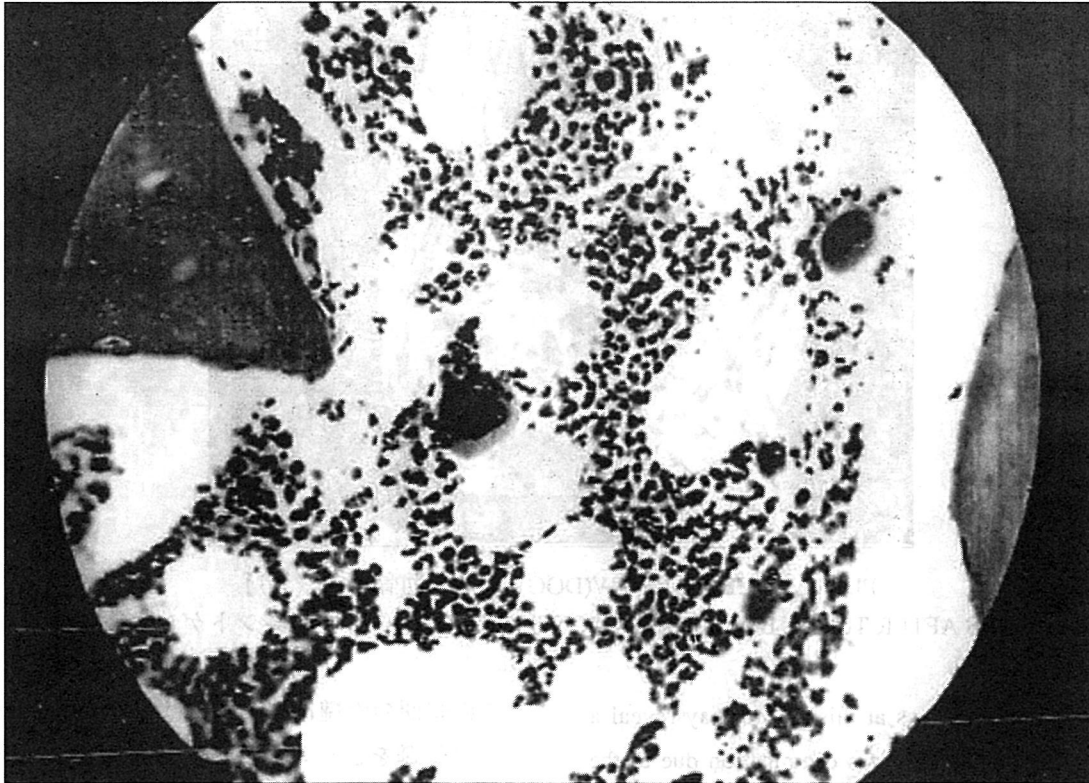


PLATE 2. ANIMAL RIB MARROW(DOG) 【図2 動物の肋骨骨髓 (犬)】

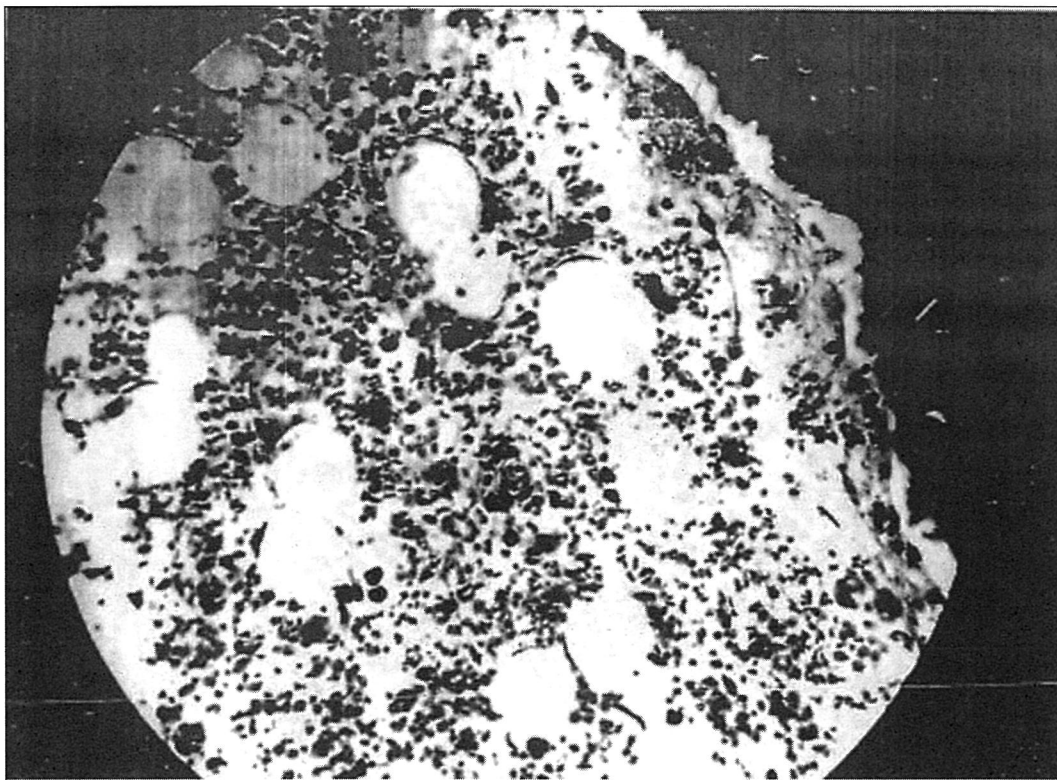


PLATE 3. RIB MARROW(DOG) 【図3 肋骨骨髓 (犬)】
14 DAYS AFTER TOTAL BODY RADIATION(350R) 全身照射 (350レントゲン) 後14日

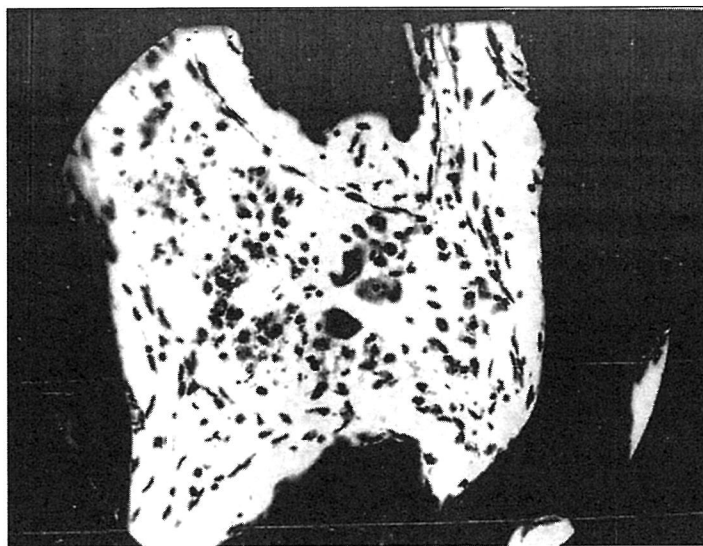


PLATE 4. RIB MARROW(DOG) 【図4 肋骨骨髓 (犬)】
28 DAYS AFTER TOTAL BODY RADIATION(350R) 全身照射 (350レントゲン) 後28日

Examination of marrows at this period may reveal a gelatinous appearance on gross examination due to the large numbers of formative cells occupying the marrow spaces, collapsing the blood vessels and rendering the marrow relatively free of adult red cells. (Plate 5)

この時期の骨髓は肉眼的にはゼラチン様である。これは骨髓を占める細胞成分が多量で、血管は虚脱し、成熟赤血球が比較的全般にみられることによる (図5)。

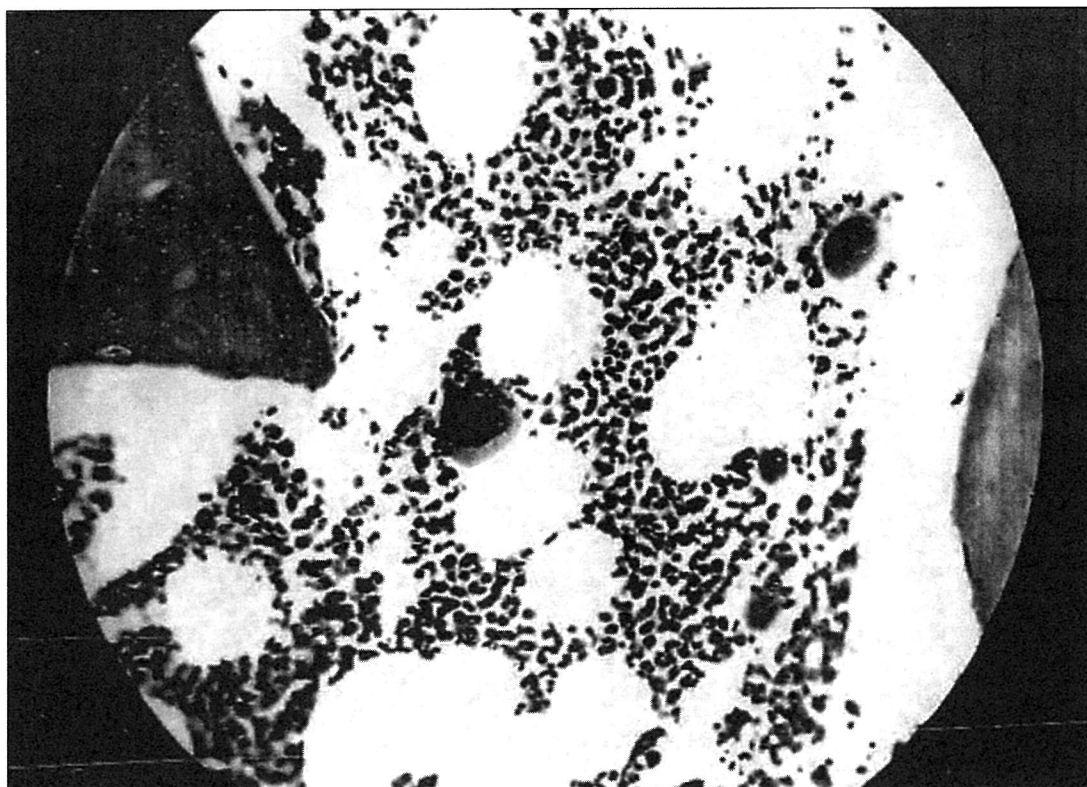


PLATE 5. RIB MARROW(DOG) 【図5 肋骨骨髓 (犬)】
60 DAYS AFTER TOTAL BODY RADIATION(350R) 全身照射後 (350レントゲン) 後60日

The giant cells or megakaryocytes, are worthy of mention, inasmuch as they are important as the site of platelet formation which is also depressed to low levels. These likewise disappear early from the marrow and are not reformed until relatively late in the regenerative cycle, the exact time being around the 20th day for the rat, and unknown for the dog.

Following the regenerative period, the proliferation may continue so that as much as twice the normal number of cell elements are observed in the marrow counts. In the dog this happens around the 55th day. As the respective need for blood cell elements is now solved, the marrow reverts to the normal state, this period being relatively unknown but perhaps about 100 days.

The Lymphatic System:

The effect of the radiation on the lymphatic system follows a similar picture. Within a matter of hours after irradiation is given, the first signs of cellular degeneration with loss of cell detail, pyknosis and nuclear fragmentation is observed in the nodes. This continues throughout the following six to ten days with the wiping out of the germinal centers, leaving an apparently degenerate reticulum. This degenerative change is followed by a fall in the circulating lymphocytes to a very low level.

As in the bone marrow, signs of regeneration appear in the form of small islands of cells which start to reappear in four to six days after the period of complete depression. Again the process is very slow and gradual with the normal type of architecture of the node not being regained until some five weeks later in rat specimens, and considerably later in the dog.

The amount of destruction and the degree of damage are also proportional to the x-ray dosage employed, but as in the marrow, regardless of dose, the relative time

巨細胞すなわち巨核球についてふれておく価値がある。血小板形成の場として重要であり、血小板も低い水準までに抑制されているからである。巨核球も早期に骨髓から消失し、再生期の遅くまで再生されない。その時期はラットで20日目、犬ではわかっていない。

再生期に続いて増殖が持続し、骨髓細胞数は正常の約2倍になる。この現象は犬では55日目あたりでみられる。血液細胞成分の需要が満たされ、骨髓は正常状態に回帰する。その時期はよくわかっていないが約100日である。

リンパ組織

リンパ系への放射線の影響も骨髓と同様の像を示す。照射後、約1時間以内に細胞の微細構造の消失、濃縮や核の断片化を伴った変性がリンパ節にみられる。これは6日間から10日間みられ胚中心の消失を伴い、変性した細網構造がみられる。この変性がみられると、抹梢血のリンパ球が減少してくる。

骨髓と同様に再生は完全な抑制の時期を経たあと、4～6日で、細胞が見られるようになり、細胞の小さな島を形成する。その過程はゆっくりであり、段階的に正常なリンパ節の構造を形成していく。ラットでは約5週間後まで回復はみられず、犬ではさらに遅れる。

破壊の範囲と障害の程度は照射線量に相関する。しかし骨髓と同様に、線量にかかわらず、時間的経過には変わりはない。

factors are the same.

The Spleen:

The lymphatic structures in the spleen behave essentially the same as those described above, the period of regeneration appearing to be somewhat delayed over that observed in the lymph nodes. As late as 40 days, changes occur in the form of increasing cellularity of the pulp in the rat.

Islands of extramedullary myelopoiesis have been reported in the rat as being formed during the reparative process. Such are not present in the dog in the present study group.

An isolated finding in the healing and regenerative processes is the development of abundant iron pigmentation in the spleen following damage as shown by special stains. The possible explanation is the increased erythrocyte destruction during this period.

Stomach and Intestine:

The destruction of the epithelial tissue of the stomach and bowel has long been known to exist, as well as those physiological phenomena associated with it. This damage to the bowel in animals is again proportional to the amount of x-ray dosage. It occurs rapidly within a matter of hours and develops to a maximum extent in a matter of two to three days.

The changes observed following high exposure in dogs are an edema and hyaline appearance to the cells, engorgement with blood and in extreme cases actual desquamation of the mucous membrane in shreds.

Hemorrhage into the involved area is not uncommon.

Healing is relatively rapid and is fully in progress within a few days after the initial damage. Residuals in the form of scarring are almost completely absent.

Same weeks after the initial damage, hemorrhage and subsequent ulceration into large areas of the bowel may

脾臓:

脾臓のリンパ系の構造的変化は本質的には上述した内容と同じであり、再生のみられる時期はリンパ節より遅れる。

ラットでは遅くとも40日で髄質の細胞密度が上昇する。ラットでは修復過程で髄外造血が報告されている。本研究の犬では髄外造血はみられていない。

修復および再生過程の所見の一つに障害された脾臓に鉄色素の沈着が強くみられる。増加した赤血球が崩壊した結果と考えられる。

胃と腸管:

胃と腸管の上皮の脱落は、すでに知られていたことであり、それに伴う生理現象もよく知られている。この動物の腸管への障害もまた与えたX線量に相関する。この障害は照射後、数時間以内に急速に発現し、約2～3日で最も強くなる。

高線量照射後、犬にみられる変化は浮腫、硝子様の細胞、充血などである。強い場合は粘膜の上皮が脱落する。障害部位の出血がめずらしくない。

治癒は急速にみられ、初めの障害から2、3日以内に回復する。瘢痕の形で残ることはない。

最初の障害から数週間経て、出血や潰瘍形成が腸管に広範囲にみられ（犬）、それが致命的となる

occur (dogs), and be in themselves lethal.

Testis:

After a single lethal dose of x-radiation to the testis a gradual depression in sperm formation occurs. The first cells involved are the primary sperm cells which are adjacent to the walls of the tubule. These become swollen, lose their identity and disappear. They are followed in turn by the spermatogonia (spermatocytes), spermatids, and sperm which disappear by continuous maturation, so that for 20 to 30 days there is production of mature sperm. The Sertoli cells and stroma remain as the only remnants of the original active tissue later marked atrophy and shrinking of the entire organ occurs. The process is slow and gradual and requires weeks for its completion.

The time of regeneration or reformation is delayed, and, in a large number of instances, the complete return to normal function is not apparent.

Other Tissues:

As mentioned previously, the liver, lung, kidney, pancreas, heart, nervous tissue, skin, and muscle show no appreciable effect of a pathological nature except in those instances in which the dosage to a given area is extremely high.

C. Pathological Effects on Human Beings

The material presented below is subdivided into sections similar to those in the foregoing account. Much of the detailed description will be omitted due to gaps in the available information. For the purpose of clarification a series of photomicrographs has been prepared illustrative of the changes described. Each group of pictures is preceded by a normal example for comparative purposes, so that the progression can be easily shown.

The radiosensitive tissues for the human are identical with those for the animal and consist of the bone marrow, lymphatic system, spleen, testis, and to a less

ことがある。

睾丸:

睾丸に対して単回の致死量のX線を照射すると、精子の形成が徐々に生じてくる。もっとも早く障害される細胞は細管の壁の近くに存在する精子のもとになる細胞である。その細胞は膨化し、構造を失い、消失する。その後は、精原細胞から、成熟した精子の順に消失して行くため、成熟精子の産生は20~30日の間は持続する。

セルトリ細胞と間質細胞のみが元の活性組織の構成成分の中で残存し、睾丸は完全に著明な萎縮状態に陥る。このプロセスはゆっくり、徐々に進行し、数週間かかって完成する。

細胞の再生と組織の再構築は遅れ、多くの例で元の完全な状態に戻ることはあまりないようである。

他の臓器:

すでに述べたように、肝臓、肺臓、腎臓、脾臓、心臓、神経組織、皮ふ、筋肉はその局所において、きわめて大量の照射を行わない限りにおいて、通常は形態学的変化をみとめない。

C. 人体への病理学的影響

下記に提示する材料はこれまでの記述に従って同様に細分する。得られる情報が欠如しているために大部分の詳細な記載は省略した。顕微鏡写真は確認した変化を図解した。それぞれの写真は正常例を先に示し病理的变化が分かるようにした。

放射線に感受性の高い人体組織は動物と同一であり、骨髄、リンパ系、脾、睾丸、少し感受性は落ちるが卵巣である。骨髄の一次変化は他の体の

conspicuous extent, the ovary. The primary changes in the bone marrow cause lethal effects elsewhere in the body in the form of infection, bleeding and anemia. Before starting on the descriptive account it can be generalized that aside from the immediate effects of burns, most of the early deaths (in the first three to four weeks) were caused by infection; during the next three to four weeks (with some overlapping of each series) deaths were related to hemorrhage and some infection; during the following time (up to several months) most deaths were related to severe anemia. With these generalization in mind, descriptions of the changes in the various organs will now be made.

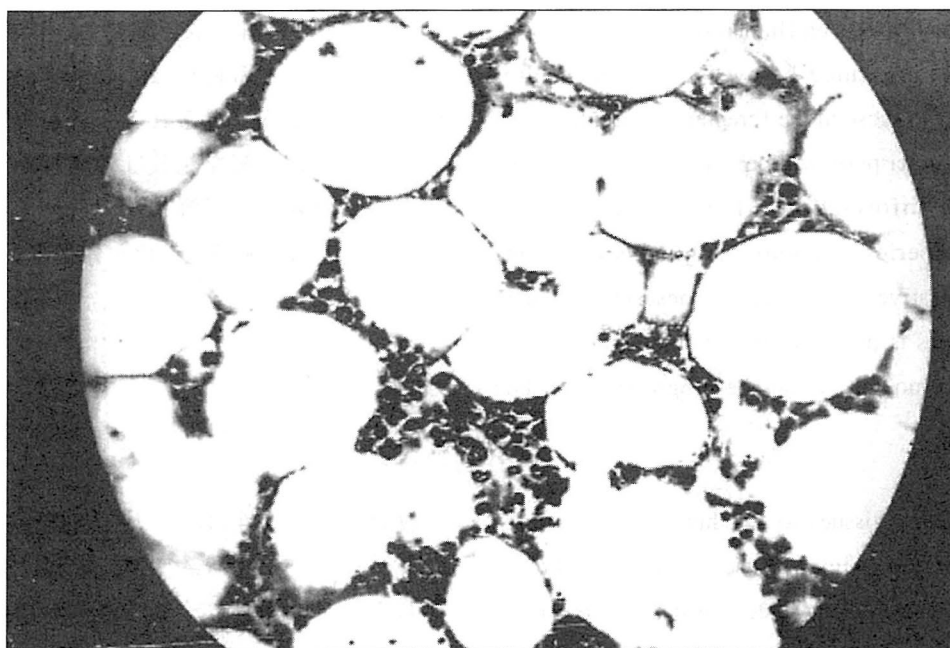
Bone Marrow:

Plate 6 is a presentation of the normal state of resting femoral bone marrow. It consists essentially of a loose network of fat cells with interspersed islands of marrow cells in various stages of development. Both red and white cell series are represented. Occasional normal megakaryocytes are noted. There is no engorgement of the marrow by red cells. It must be again stressed that the femoral marrow as shown here has much more of a fat reticulum than the vertebral or rib marrows seen previously the dog slides.

部位に致死的な効果をもたらし、感染、出血、貧血を引き起こす。火傷は別にして、次のことは共通していえる。多くの早期死（最初の3～4週間）は感染症によって起こった。次の3～4週間の死亡は出血や感染症に関係していた。続く時期（数カ月まで）の死亡は重度の貧血に関係していた。これらの事象を念頭に置いて、臓器の変化を以下に述べる。

骨 髄：

図6は正常の休止期の大腿骨骨髓像を示す。幾つかの発生段階の造血細胞の島が広がった粗な脂肪細胞のネットワークからなる。赤血球系と白血球系がみられる。正常の巨核球も散見される。赤血球の詰ったうっ血像はみられない。ここに示した大腿骨骨髓は、前述の犬の椎骨や肋骨骨髓に比べて脂肪成分が多い。



PALTE 6. NORMAL FEMORAL MARROW(HUMAN) 【図6 正常大腿骨骨髓（ヒト）】

Plate 7 is the picture observed some 16 days after exposure. The reticulum seems to be the only persistent element being everywhere dotted with the pyknotic remnants of previously normal cells as well as nuclear debris. No active cell elements are noted. Shown also is some engorgement by red cells (much more conspicuous in other sections) actually at times being of hemorrhagic appearance. This picture compares with that shown in Plate 3 of the dog marrow at 14 days.

Unfortunately, there is no intermediate stage in this series showing the relative initial appearance of new islands of formative cells. This will be demonstrated in a subsequent report. For orientation, one should refer to Plate 4 of the dog marrow taken at 28 days. This shows at first glance a degenerative appearance but on closer scrutiny small islands of what appear to be undifferentiated cells on the reticulum are seen.

Plate 8 shows the hyperplastic picture of the marrow during the recovery phase, and compares with the dog at 60 days. Note the return of abundant white blood cells of all types and descriptions, as well as islands of red cell formation. The fatty reticulum is almost completely replaced with marrow cells. Meagakaryocytes are again present and blood platelets normal. One item of difference between the dog and human which must be mentioned is the relative decrease in the numbers of erythroid elements which are regenerated. This has not occurred in other species, which have been studied to date (including the monkey). One might speculate that the lack of red cell formation in these people was related to a nutritional deficiency present prior to and during the radiation effect.

Effects Caused by Bone Marrow Depression:

First Period: During the early period (one to four weeks) following exposure, there is a depression of the leucocyte count from its normal of 8,000 cells per cubic millimeter to extremely low levels. This gives a chance for the development of infections in all parts of the body

図7は被爆後16日程度の像である。細網構造のみが残存しており、まわりには正常細胞の凝縮した遺残物や核の断片が散らばっている。活性のある細胞成分は認められない。また、赤血球の充満像もみられ、出血像であることもある。この写真は14日目の犬の骨髓を示した図3の像と対比させている。

残念ながらこのスライドには相対的な新生細胞の初期像を示した中間期の像は含まれていない。この点は次の報告書において示される予定である。28日目の犬の骨髓を示した図4を参照のこと。一見すると変性像であるが、よくみると網状構造の中に未分化な細胞の小胞巣が存在している。

図8は回復期の骨髓過形成像を示しており、60日目の犬の骨髓と対比している。全種類の豊富な白血球の回復と新生赤血球の島に注目すべきである。脂肪成分はほぼ完全に造血細胞に置き換わっている。巨核球も再び出現し、血小板も正常化している。犬と人で異なるところは、相対的に変性した赤芽球系の数の減少である。今日までの研究では、これは他の種（猿も含む）ではみられていない。ひとつの推察としてこれらの人々における赤血球新生の欠如は、被爆の前後に存在した栄養失調に関係しているかもしれない。

骨髓抑制による効果：

第一期： 被爆後早期（1～4週）に、白血球数は減少し、正常の8000/mm³から極端な低値となった。これは、病原および非病原菌による組織侵襲を全身各所にもたらし、感染症発症の原因となった。これについて、以下に詳細に述べる。

with the invasion of tissues by pathogenic and non-pathogenic bacteria. This will be discussed at some length.

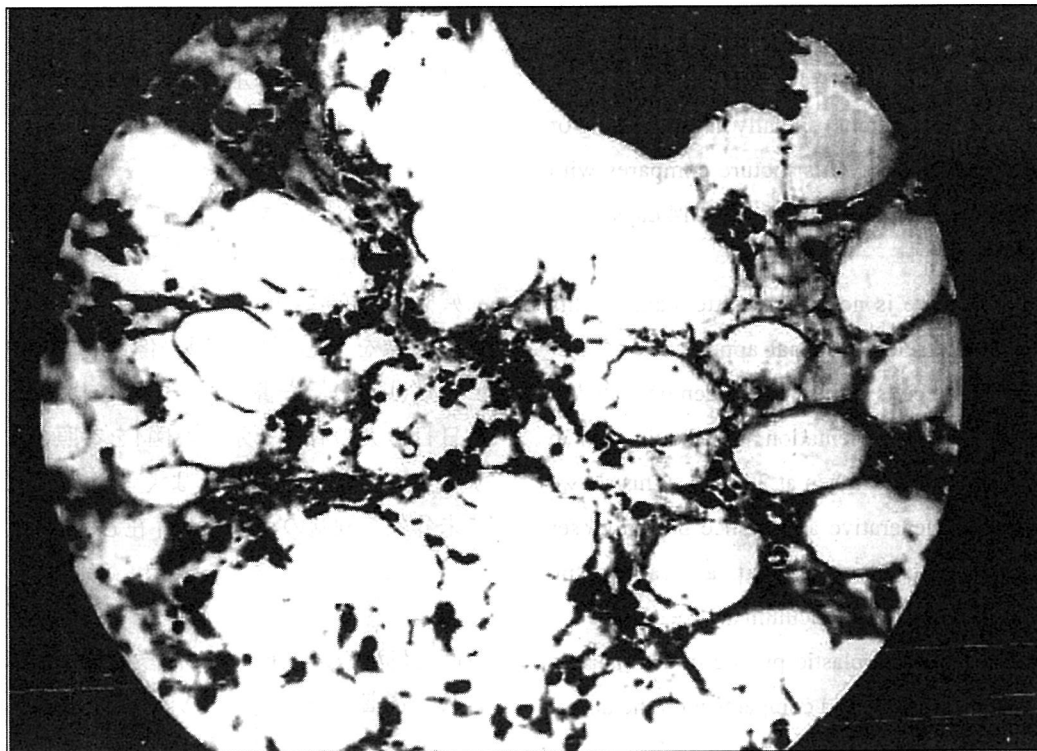


PLATE 7. FEMORAL MARROW(HUMAN) 【図7 大腿骨骨髓（ヒト）】
16 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後16日目（広島）

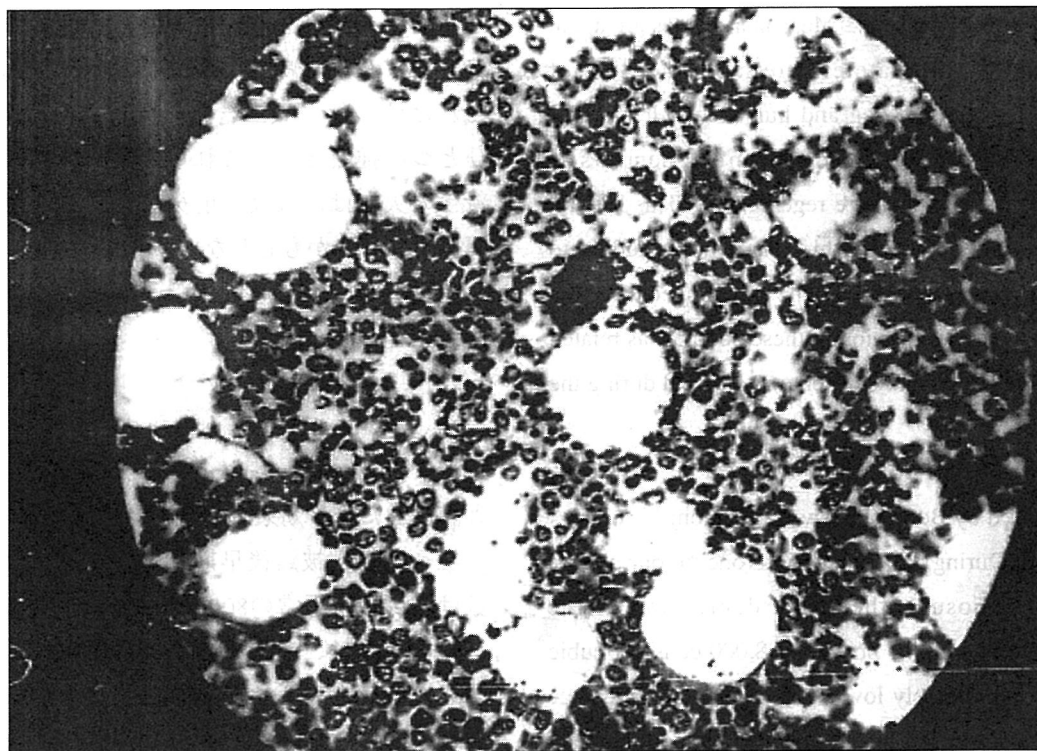


PLATE 8. FEMORAL MARROW(HUMAN) 【図8 大腿骨骨髓（ヒト）】
60 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後60日目（広島）

Infections of the skin, particularly around the mouth, were described by Japanese physicians. These appeared in the form of shallow confluent ulcerations exuding greenish pus of a sweetish, fetid odor-various types of buccal cavity ulcerative lesions were common, extending from a mild gingivitis with shallow ulceration to a complete aphthous, stomatitis, tonsillitis, pharyngitis, and even to the involvement of the epiglottis, larynx, and trachea. Such a state is most commonly termed an agranulocytic angina. All types of this state were seen by the Japanese and pathological specimens of it preserved, but by the time of arrival of the American investigating party, only residual and recovering case were noted. Several cases of noma or gangrene of the mouth were seen, some responding well to penicillin treatment. No pathological material suitable for photography is included in this series.

Frank sepsis with many forms of bacteria was also encountered. This was usually of a fulminating type. In subsequent slides of tissues, it is possible to distinguish numerous bacterial clumps with, however, almost complete absence of the normal leucocytic responses around them. Pneumonia, various types of ulcerative gastroenteritis, and the like were found during this period.

Second Period; Following the period characterized by predominate of infections and coupled to some extent with it, was a more prolonged period in which bleeding into the various tissues and areas of the body was noted. This was associated with profound platelet deficiency which relates to the almost complete destruction of the megakaryocytes of the marrow. Hence the picture of a profound thrombocytopenic purpura is noted.

Petechiae and ecchymoses of various sizes were observed in all areas of the skin, serous surfaces, mucosal membranes and the like. Frank hemorrhage occurred in the lung tissues, the kidney, brain, bowel,

皮膚の感染症とくに口周囲のものについて、日本人の内科医による記載がある。病変は浅く集簇性の潰瘍を形成し、やや甘い悪臭を有する緑色膿を排泄する。口腔の潰瘍性病変は様々なタイプがあり、浅い潰瘍を伴う軽い歯肉炎から完全なアフタ性口内炎、扁桃炎、咽頭炎さらには咽頭蓋、咽頭、気管まで拡がる。このような状態は無顆粒球性アングナと呼ばれる。この病変は、保管されていた日本の病理標本にはみられるが、合衆国調査団の調査時には遺残例や回復例がみられるにすぎなかった。口の水腫（ノーマ）や壊疽の症例が多くみられ、そのうちの何例かはペニシリンが効果的であった。写真に適する病理標本は症例の中にはみつからなかった。

多種類の細菌による敗血症がみられた。これは通常激症型であった。組織の連続切片において、多数の細菌塊を認めたが、周囲には正常白血球の反応が完全に欠落していた。肺炎、潰瘍性胃腸炎、またその類似病変がこの時期に認められた。

第二病期：感染症優位の時期に続いて、全身のいろいろな組織や部位に出血が遷延する病期がみられた。この出血は骨髓の巨核球の完全な破壊による血小板減少に関係していた。明らかな血小板減少性紫斑病の像が認められた。

様々な大きさの点状・斑状出血が皮膚、漿膜表面、粘膜の部位にみられ、また肺、腎、脳、腸管にははっきりした出血がみられた。これらの徴候は臨床的に撮られた写真でも確認できた。これら

etc. , with symptoms of them being quite pronounced in the clinical picture. A few examples of these phenomena are shown in the following plates and description. Each tissue is preceded by a normal example for comparison.

Plate 9 shows a normal lung. Plate 10 shows a section of lung with the alveolar walls still well marked but copious amounts of serum and red blood cells have exuded into the cavities. Note the almost complete absence of white cell elements. Clumps of bacteria are shown throughout as well. Plate 11 shows a further process in the development of gangrene of the lung with complete loss of cellular detail and the entire area flooded with red blood cells.

の症例は以下の図版や記述に示されている。それぞれの組織は対照としての正常例の次に示されている。

図9は正常肺を示す。図10は肺の断面を示しており、肺胞壁は良く保たれているが、肺胞腔内への血漿と赤血球の浸出が著明に認められている。白血球成分が完全に欠落しており、細菌塊が随所に認められる。図11は肺に壊疽が発生する過程を示している。細胞の細部が完全に消失し、全域にわたって赤血球が浸出している。

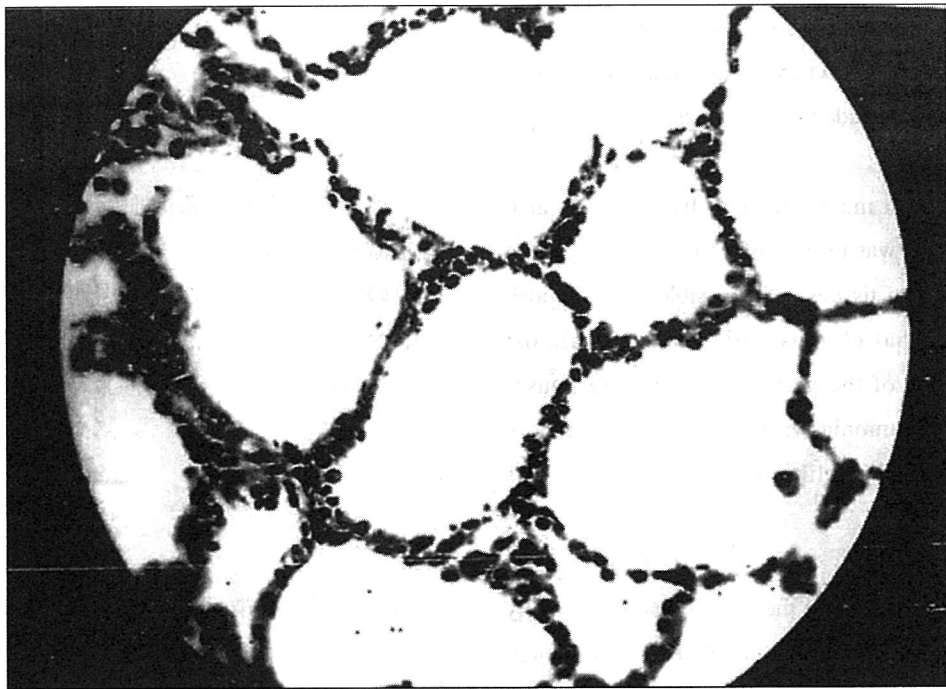


PLATE 9. NORMAL LUNG(HUMAN) 【図9 正常肺 (ヒト)】

Plate 12 shows a normal stomach with the capillary arcades well marked cut. Plate 13 shows hemorrhage into that area which consists of a liberation of red cells through the normal capillaries to form the overlying ecchymosis. Again note the absence of white blood cells. All sections throughout the areas of hemorrhage are similar, and when coupled with the leucopenia already in effect produce the picture shown above.

図12は区画された毛細血管弧を伴った正常胃を示す。図13は周囲にある斑状出血から正常毛細血管を通して赤血球の遊離によって構成される出血領域がみられ、白血球の欠如が認められる。すべての出血部は上図に示したように、白血球減少を伴っている。

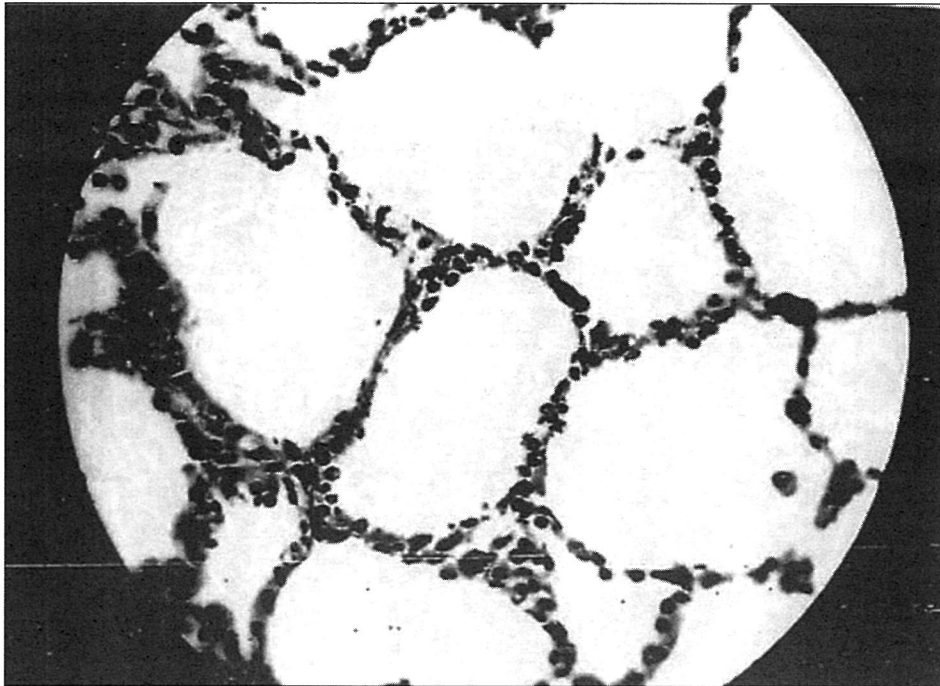


PLATE 10. LUNG(HUMAN) 【図10 肺 (ヒト)】
18 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(NAGASAKI) 被爆後18日目 (長崎)

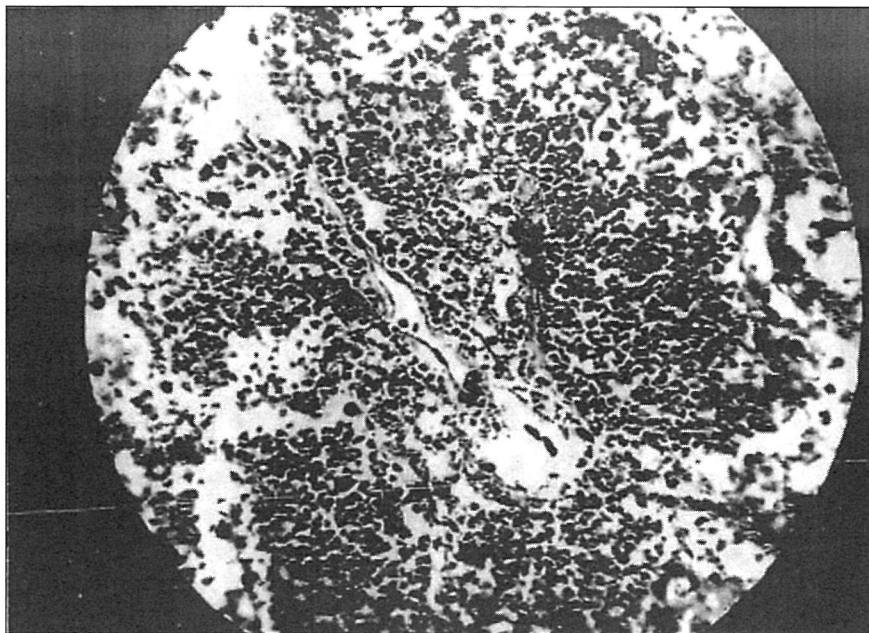


PLATE 11. LUNG(HUMAN) 【図11 肺 (ヒト)】
16 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後16日目 (広島)

Third Period: Very little data are available on this so-called third stage of the series of pathological events following marrow depression, the stage of anemia. It is characterized by a failure of red blood cell formation,

第三期：骨髓抑制に続いておこる貧血期である第三期の病理学的資料はほとんどない。この時期の特徴は赤血球形成の障害であるが、一方白血球系とリンパ球は正常値に回復している。



PLATE 12. NORMAL STOMACH(HUMAN) 【図12 正常胃 (ヒト)】

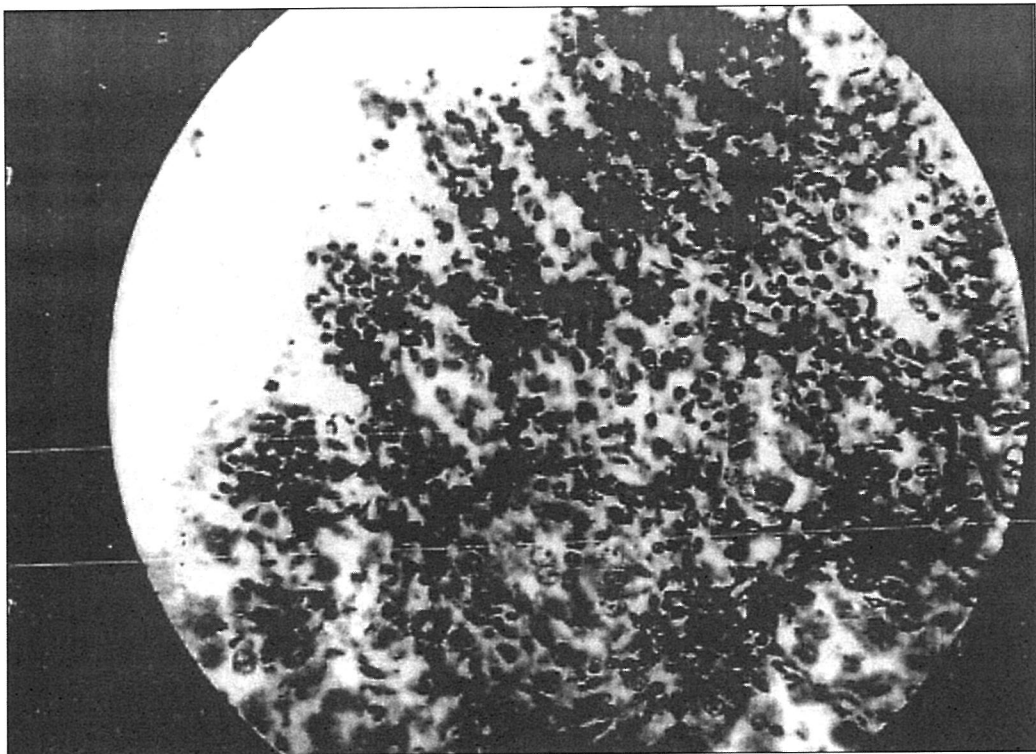


PLATE 13. STOMACH(HUMAN) 【図13 胃 (ヒト)】

28 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後28日目 (広島)

while at the same time, the white blood cell series, and lymphocytes have returned to normal levels.

Individuals in this group develop a profound anemia and in spite of blood transfusions to which they react poorly, die with erythrocyte counts of less than one million per cubic millimeter.

Pathological examination of these individuals limits the picture to the bone marrow and the effects of anemia elsewhere. Tissues are markedly pale and bloodless. No bleeding tendencies are apparent.

The bone marrow is of a gelatinous or yellowish color and packed with all forms of the myelocyte series in apparently normal distribution. However, there is a conspicuous absence of erythroid forms. Marrow smears show a similar picture. Death is obviously due to the profound anemia. Speculation, as mentioned before, of a related nutritional deficiency must be raised due to the general nutritional status of the affected individuals. This phenomena has not been observed in animals.

Lymphatic Tissues:

As has been previously noted, the lymph nodes in various parts of the body are affected almost immediately following irradiation with a complete loss of cellular detail, leaving an stroma occupied with degenerating cells. Again, examples of this initial picture are absent, the earliest material showing the beginning of lymphopoiesis.

The lymph nodes in the gross at approximately the two week period are soft and flabby with loss of structural detail. The microscopic picture is noted below.

Plate 14 shows a normal lymph node with well defined germinal centers and pulp filled with mixed red cells and adult lymphocytes. Plate 15 shows a hypoplastic node without conspicuous follicles. In the cortical

この集団に含まれる人は予測されたように貧血となり、輸血にもかかわらず反応は乏しく、赤血球数が百万/mm³以下となり死亡する。

これらの病理学的検討は骨髓所見と他臓器での貧血の影響に限られる。組織は蒼白で、赤血球が欠乏している。出血傾向はまったくない。

骨髓はにかわ状または黄色調で、骨髓球系はすべてそろっており、正常の分布をしている。しかし、赤芽球系の欠如がみられる。骨髓塗抹標本は同様の所見を示す。死因は重度の貧血である。以前よりいわれているように、これらの影響は全身の栄養状態を反映した何らかの栄養障害に関連していると思われる。この現象は動物には認められない。

リンパ組織：

すでに明らかなように、リンパ節は、放射線に最も影響されやすい。細胞質の微細構造は消失し、その後に変性した細胞に占拠された間質が残る。再び初期像の例はないが、以下にリンパ球産生の最も早期の像を示す。

約2週間後のリンパ節全体は軟らかく弛緩しており、構造の細部の消失を伴っていた。以下にその顕微鏡像を示す。

図14はよく発達した胚中心と、赤血球と成熟リンパ球の混在した骨髓を有する正常のリンパ節である。図15は明瞭な濾胞を持たない低形成のリンパ節である。皮質ではリンパ芽球や小～中型のリ

region there is same early indication of lymphocyte formation as indicated in blast forms and small and medium lymphocytes. The pulp is filled with erythrocytes in increased numbers and in some cases there is a hemorrhagic tendency. This slide (18 days) indicates the beginning of the reparative process. Plate 16 shows a little later stage at 28 days, at which time the germinal centers are showing a tendency to round up the follicles with the development of mature forms.

ンパ球のようなリンパ球形成の初期像が認められる。髄質は増加した赤血球が充満し、いくつかの症例では出血傾向を認める。このスライド（18日）は、回復過程の初期像を示す。図16は28日目のもので、この時期では胚中心が濾胞を取り囲み、成熟形成の段階である。60日目では正常リンパ節構造を示す。

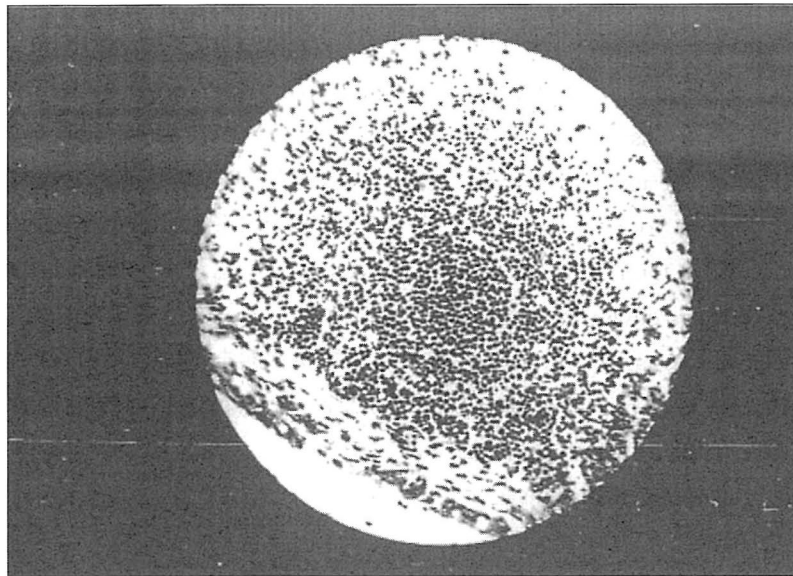


PLATE 14. NORMAL LYMPH NODE(HUMAN) 【図14 正常リンパ節（ヒト）】

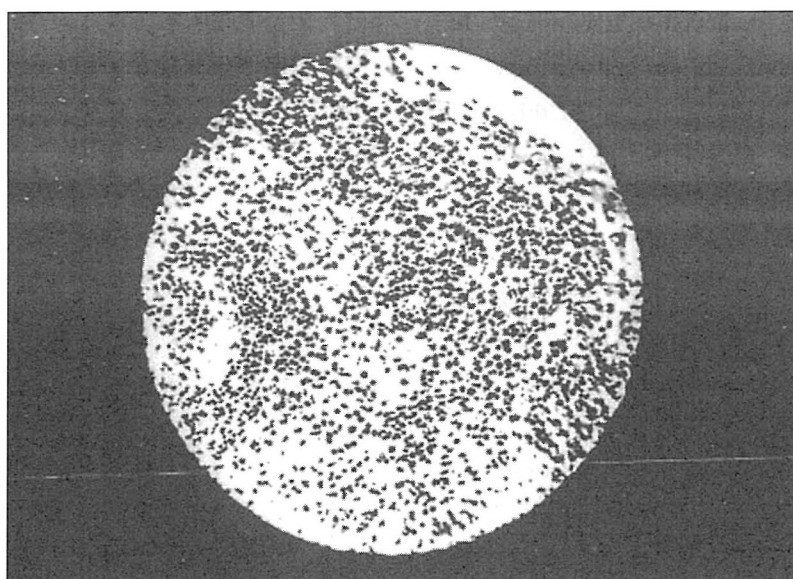


PLATE 15. LYMPH NODE(HUMAN) 【図15 リンパ節（ヒト）】
24 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後24日目（広島）

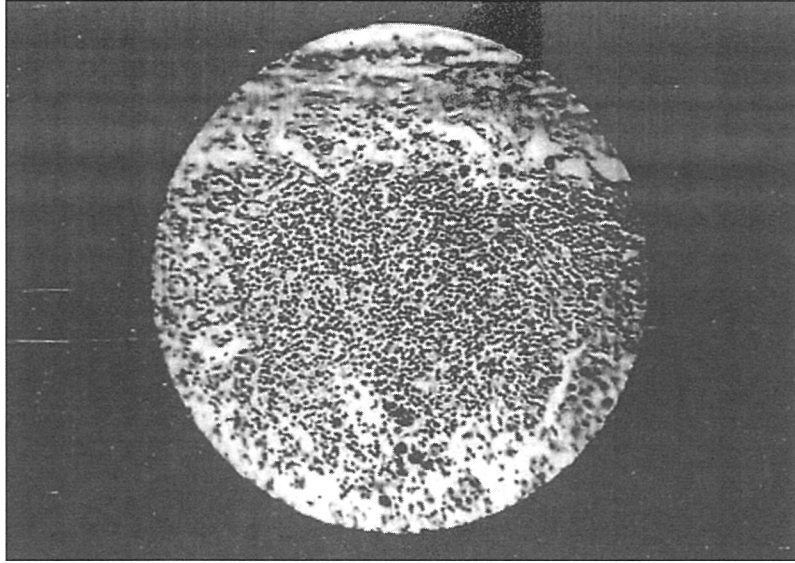


PLATE 16. LYMPH NODE(HUMAN) 【図16 リンパ節 (ヒト)】
28 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後28日目 (広島)

Later stages (60 days) show the presence of normal lymphatic structures.

During the first few weeks with the profound softening of the lymphatic areas in the intestine, some ulceration and infection was noted.

The blood picture as described reflects perfectly the pathological state of the lymph nodes at a given period. Complete early depression and reappearance of normal forms coincide with the degenerative and regenerative phases in the nodes.

Spleen:

The sequence of events in the spleen parallels that observed in the lymph nodes and is illustrated in the following plates. Plate 17 shows a spleen from a normal individual. Plate 18 is a spleen 18 days after radiation. There is a pronounced lack of lymphoid elements here, and the follicles can be made out only with difficulty. An increased amount of blood is noted in the pulp. Around central vessels are a few cells which appear to be blast forms surrounded by small lymphocytes. An occasional larger cell of foreign appearance (? reticulum cell) is noted. Plate 19 shows the status at 28 days with the attempted rounding up of cells into follicles and the

腸管のリンパ領域の軟化を示す最初の2～3週間では、潰瘍形成や感染を認める。

それぞれの時期の血液像はリンパ節の病理学的病期を反映している。

すなわち、早期の抑制（減少）と再生は、リンパ節の変性と再生の時期と一致している。

脾 臓：

脾臓で生じる変化はリンパ節でみられるものと類似している。図17は正常人の脾臓を示している。図18は被爆後18日の脾臓である。リンパ球成分が欠落しており、かろうじて濾胞を認めることが出来る。赤脾髄に血液の増加がみられている。中心血管周囲に小リンパ球に囲まれた芽球型の細胞が少し存在する。異型細胞より大きな細胞（7個の細網細胞）が時に認められる。図19は濾胞内に細胞を取り込もうとしたり、成熟型の存在する28日の状態を示している。細網細胞と思われる大型細胞がまだ認められる。

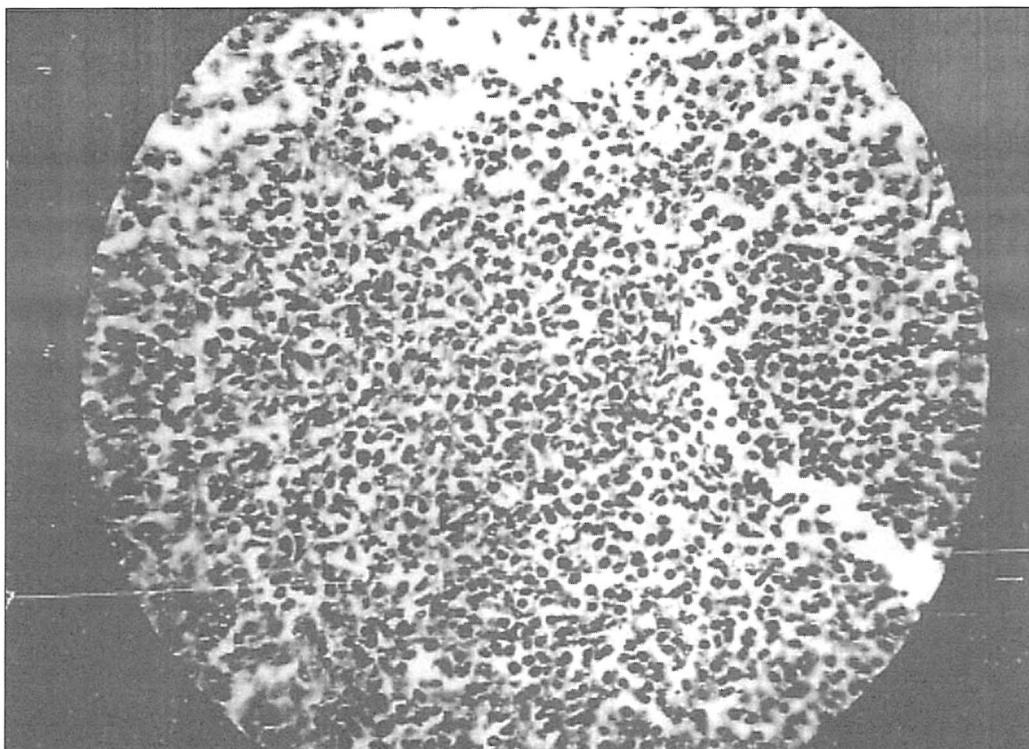


PLATE 17. NORMAL SPLEEN(HUMAN) 【図17 正常脾 (ヒト)】

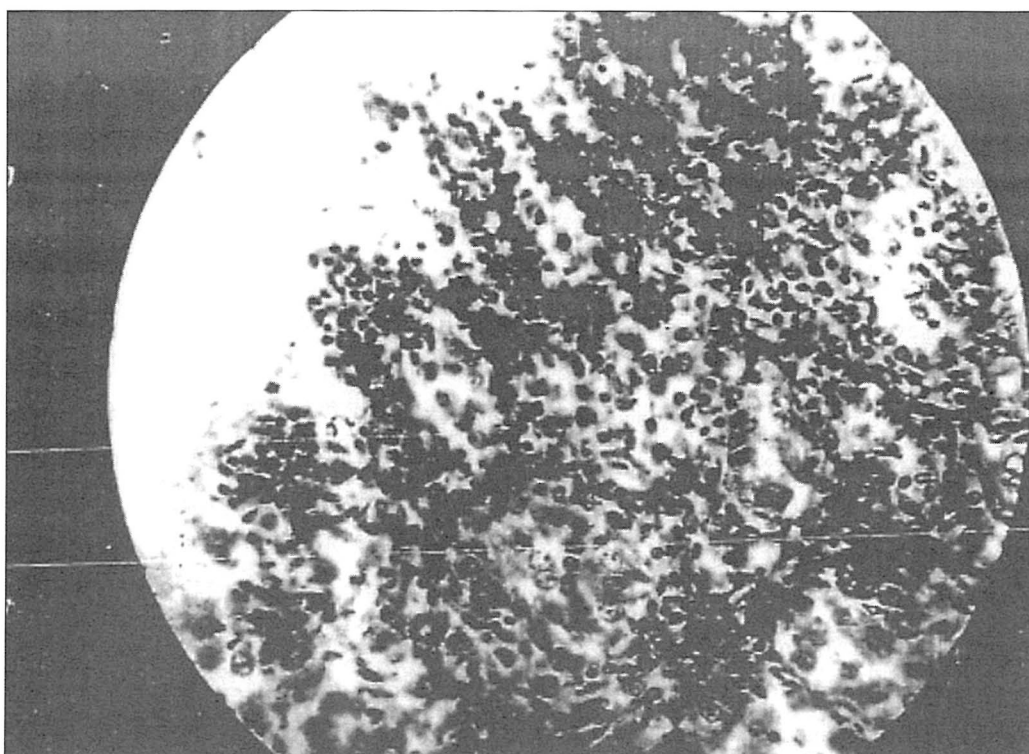


PLATE 18. SPLEEN(HUMAN) 【図18 脾 (ヒト)】

18 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後18日目 (広島)

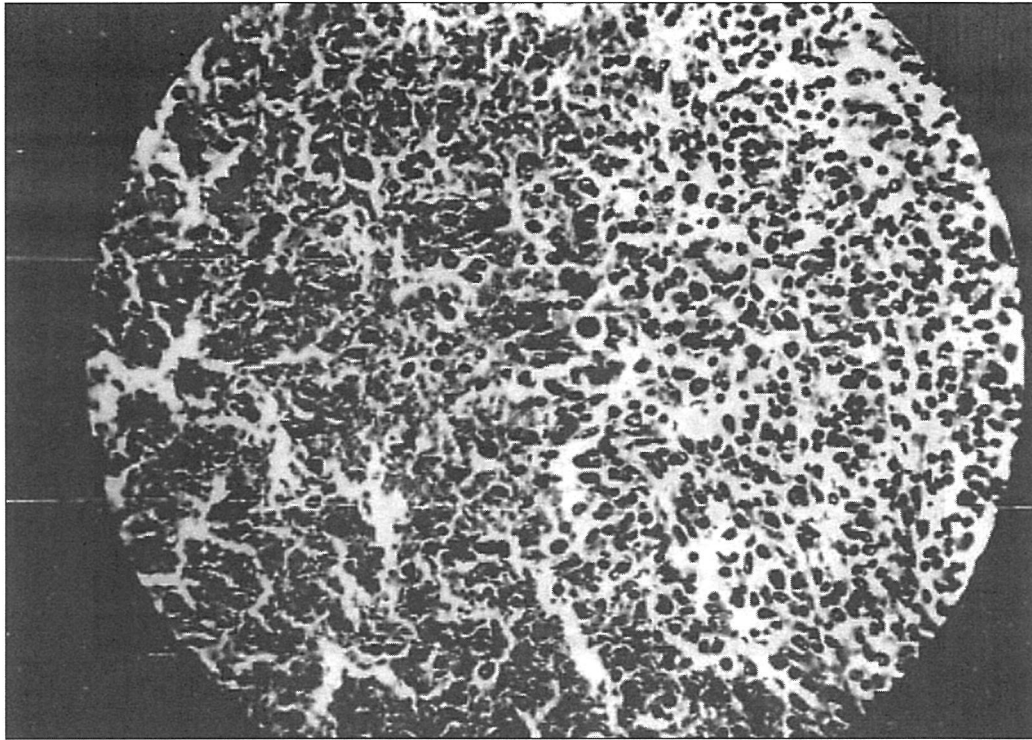


PLATE 19. SPLEEN(HUMAN) 【図19 脾 (ヒト)】

28 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(HIROSHIMA) 被爆後28日目 (広島)

presence of mature forms. The large cells of questionable reticulum type are still in evidence.

An additional finding in such spleens is the abundance of iron deposition in a large number of them. This is demonstrated conspicuously by iron stain and is probably related to increased red cell destruction in these individuals.

Testis:

Examination of the limited amount of testicular material in this series for profound effects is somewhat disappointing. For the nature of the progressive changes it is necessary to refer again to the animal data. One specimen at 18 days is worthy of comment and is illustrated below.

Plate 20 shows a normal testis with all cellular elements intact. Plate 21 shows a specimen at 18 days in which the Sertoli cells appear healthy and active. The primary germinal elements appear somewhat degenerated

このような脾における追加所見では、多くの症例に多量の鉄の沈着が見られている。このことは鉄染色により明らかであり、個々の症例において赤血球破壊が進んでいたためであろう。

辜丸：

強い影響を受けた辜丸の調査は数が限られており残念である。進行性変化のため、動物のデータを参照する必要がある。18日目のひとつの標本は価値があり、以下のように描写できる。

図20はすべての細胞成分が完全な正常の辜丸を示している。図21は18日目の標本であり、セルトリ細胞が健全で活動的に現れている。原始胚成分はやや変性し、数が減少している。精祖細胞、精

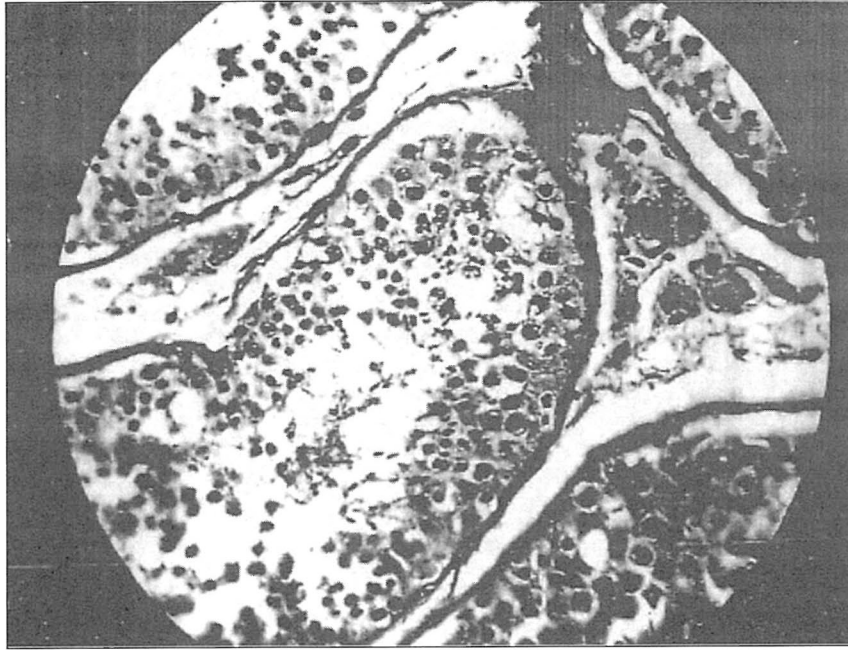


PLATE 20. NORMAL TESTIS(HUMAN) 【図20 正常な睾丸（ヒト）】

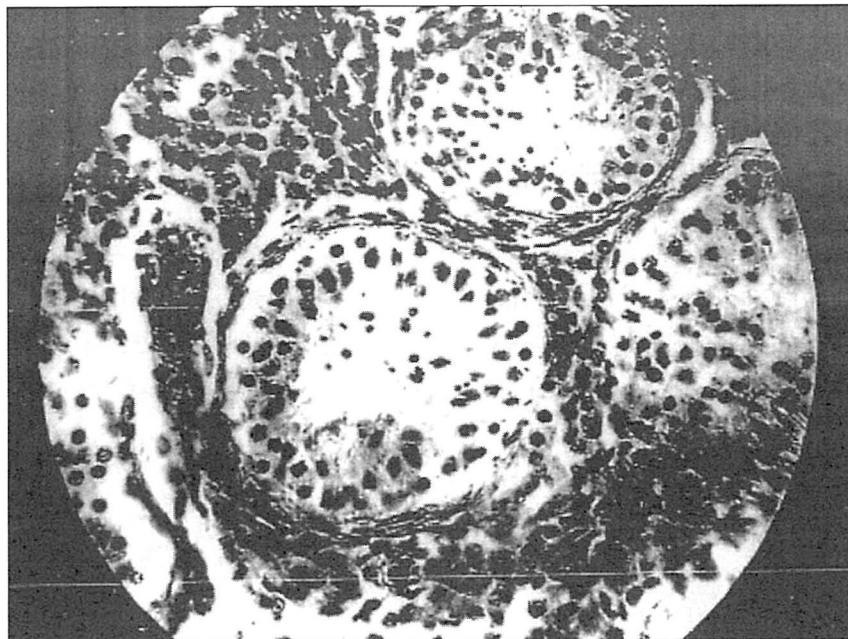


PLATE 21. TESTIS(HUMAN) 【図21 睾丸（ヒト）】
28 DAYS AFTER EXPOSURE TO ATOMIC BOMB(NAGASAKI) 被爆後28日目（長崎）

and reduced in number. The spermatogonia, spermatids, and sperm appear normal, although reduced in amount.

Later specimens of testes not shown demonstrate marked atrophic changes with only active interstitial cells and reticulum.

子細胞と精子は数は減っているが、正常に出現している。

示していないがその後の睾丸の標本では、活動的な間質細胞や細網を伴っているだけの、著しい萎縮性の変化を認める。

Ovary:

The ovarian material is also limited. Sections examined showed the presence of an occasional small ovum, and it is impossible, to interpret the findings. A better picture will be gained from the examination of the physiological effects as recorded elsewhere.

Stomach, Intestine and Colon:

The predominant observation in the bowel, aside from mucosal hemorrhage, is the appearance of superficial spotty ulceration with overlying membrane in the lower intestine (ileum), caecum, and colon. The sigmoid region was usually markedly involved. The process by which this ulceration appeared seemed to be that of an initial hemorrhage followed by erosion of the overlying ischemic mucosa. At times such ulceration gave a herringbones appearance. The microscopic sections examined invariably are too autolysed to allow accurate interpretation.

Changes are also described in the stomach, duodenum, and jejunum, which may be related to atrophy with resulting reduction in the height of the columnar epithelium. From the sections studied, this change is admixed so completely with autolysis to render accurate opinion impossible.

Epilation:

This is a phenomenon characteristic of the human reaction long known to radiologists who have used x-ray as a depilatory agent. A brief description of the gross nature of this finding in the casualties is worth mention (see photographs, Part I). In approximately 7 to 11 days following the explosions and later in many individuals, the loss of hair from the scalp, especially, face, arms, and legs become apparent. The loss is of a diffuse nature over the hirsute area, the individual hairs becoming loosened and dropping out. Interspersed are hairs of greater viability so that particularly in women casualties with long uncombed hair, the entire mass of hair is held in place by sparse scattered long hairs, the

卵 巢：

卵巣の試料は限られている。病理標本観察により、時には小さな卵胞の存在が示されたが、その所見を解釈することは不可能である。より良い像は別にどこかで記録されている生理学的影響の調査から得られるであろう。

胃、小腸、大腸：

粘膜出血は別として、消化管で顕著なことは、下部小腸（回腸）、盲腸、大腸の偽膜をかぶった表在性の斑状潰瘍である。S状結腸の病変が重い。この潰瘍の生じる過程は、虚血粘膜上に生じるびらんに行先する出血の過程と似ている。そのような潰瘍は彩あや模様を示す。組織学的検索を行った切片はいずれも自己融解が強く正確な評価は出来ない。

萎縮とその結果の円柱上皮の高さの短縮と関連した変化も、胃、十二指腸、空腸にみられた。この変化は自己融解と混在しており、正確な意見を述べることは出来ない。

脱 毛：

脱毛は脱毛剤としてX線を照射したことのある放射線科医にとって、放射線照射に対する生体反応の特徴的な現象として昔から知られている。症例にみられるこの所見の性質について簡単に述べる価値がある（写真、パート1を参照）。爆発の約7～11日目ないしその後、多数の被爆者に特に頭皮、顔と手足の脱毛が顕性化してきた。粗毛領域での脱毛は広範で、毛髪は薄くなり脱落した。毛髪の生育性はまばらに存在する。被爆女性では、頭髮全体は粗な長い髪で保たれ、脱毛部はその間にみられる。脱毛過程は中等度の速さで徐々に進行し、完成に数日を要する。

areas of epilation appearing between them. The process develops with moderate slowness requiring some days for completion.

Sections taken through the epilated areas show atrophy and loss of conspicuous cellular identity of the sweat glands and hair follicles. Some edema appears in the skin and underlying connective tissue. Bacterial clumps may be present in cases having profound leucopenia. Only several sections are available of this material and it is difficult to formulate an accurate opinion of the nature of the process.

Gamma Radiation of the skin:

The delayed effect of gamma irradiation to the skin is also well known to appear in the form of an erythema several weeks after exposure, and in some instances, as a burn. It must be stated at this time that no material is available which would indicate that such erythemas and burns did occur from the bomb explosions. All burned areas examined gave histories of radiation (heat) or fire burns to the body, an obvious casual relationship.

Other Pathology:

The previously mentioned pathological discussion deals rather completely with the specific findings of medical interest related to the atomic bomb. Other changes of possible nutritional, degenerative infections and parasitic nature were observed. In this brief report, however, all these are omitted for the obvious purposes of clarity and brevity.

CHAPTER III Conclusion

Chapter III — Conclusion

In conclusion of this discussion, it is apparent that the positive pathological findings other than those associated with blast and heat burns are directly connected with the effect of gamma (and neutron) irradiation of tissues sufficiently sensitive so as to demonstrate rapid lethal or damaging effects. For

脱毛部の標本は汗腺や毛嚢の萎縮と著明な細胞密度の低下を示している。浮腫が皮膚や結合組織内に出現する。細菌塊は白血球減少の強い症例に存在しているのかもしれない。わずかの標本しか入手できなかったのも、この過程に関して、正確にコメントすることは難しい。

皮膚のガンマ線被爆:

皮膚へのガンマ線照射の遅延性効果は、被爆数週間後に紅斑として、場合によっては熱傷として現れることが知られている。ここで述べておかねばならないことは、原爆被爆症例からはそのような紅斑や熱傷が生じたことを示す検体は得られなかった。検討したすべての熱傷領域から得られたことは、これらの皮膚には（明らかに偶然に過ぎないが）、放射線（熱）や火傷が身体に及んだことを物語っている。

その他の病理:

これまでに述べてきた病理学的な考察は、原爆との関係で医学的に興味のある特異的な変化を取り扱っている。栄養障害、変性、感染症、寄生虫に原因すると思われる他の変化も観察された。この短い報告の中では、これらの変化は簡潔明瞭を保つために省略した。

第Ⅲ章 結 語

第Ⅲ章 — 結語

この考察の結語として、爆発力や熱傷に伴う病理学的変化以外の所見は、急速な致死作用や破壊作用として示される、高い放射線感受性の組織へのガンマ線（及び中性子線）照射の効果と関係していることは明らかである。比較のために、この報告の主要部分の記録を表形式に要約するのが適

comparative purposes, it is feasible to summarize the data recorded in the body of this report in tabular form. In the following chart, degeneration or hypoplasia is recorded numerically from one to four, the larger numbers indicating increasing severity of the reaction. Regeneration in turn is recorded in the same fashion with the larger numbers indicating more complete return to the normal state. Additional data on the monkey are appended for comparative purposes.

当と思われる。以下のチャートでは、変性や低形成は1から4まで番号順に、番号が大きくなるほど反応の程度が強くなるように記録している。再生についても大きな番号がより完全に正常に回復していることを示すように記録している。サルに関する追加結果を比較のために加えている。

Days Following Exposure 被爆後日数	Site 部位			
	Bone Marrow 骨髓	Lymph Node リンパ節	Spleen 脾臓	Testis 睾丸
<u>17-18 days</u> <u>17-18日</u>				
Human 人間	Hypoplasia 3 低形成3 Regeneration 0 再生0	Hypoplasia 3 低形成3 Regeneration 1 再生1	Hypoplasia 3 低形成3 Regeneration 1 再生1	Degeneration 変性
Dog 犬	Hypoplasia 4 低形成4 Regeneration 0 再生0	Hypoplasia 2 低形成2 Regeneration 2 再生2	Hypoplasia 2 低形成2 Regeneration 2 再生2	Degeneration 変性
Rat ネズミ	Hypoplasia 2-3 低形成2-3 Regeneration 0-2 再生0-2	Hypoplasia 1-2 低形成1-2 Regeneration 2-3 再生2-3	Hypoplasia 1-2 低形成1-2 Regeneration 2-3 再生2-3	Degeneration 2-3 変性2-3
Monkey 猿	Hypoplasia 2-3 低形成2-3 Regeneration 0 再生0	No data データなし	Hypoplasia 3 低形成3 Regeneration 1 再生1	Immature 未分化
<u>28 days</u> <u>28日</u>				
Human 人間	Hypoplasia 2 低形成2 Regeneration 1 再生1	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 1 再生1	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 2 再生2	Degeneration 1-2 変性1-2
Dog 犬	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 2 再生2	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 4 再生4	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 4 再生4	Degeneration 1 変性1
Rat ネズミ	Normal 正常	Normal 正常	Hypoplasia 1 低形成1	Degeneration 1-2 変性1-2
Monkey 猿	Regeneration 3-4 再生3-4	Hypoplasia 1 低形成1 Regeneration 3 再生3	Hypoplasia 低形成 Regeneration 3 再生3	Immature 未分化

Days Following Exposure 被爆後日数	Site 部位			
	Bone Marrow 骨髓	Lymph Node リンパ節	Spleen 脾臓	Testis 睾丸
<u>5-60 days</u>				
<u>5-60 日</u>				
Human 人間	Normal 正常 ? erythroid elements ?赤血球成分	Hypoplasia 2 低形成2 Regeneration 2-4 再生2-4	Hypoplasia 0-2 低形成0-2 Regeneration 2-4 再生2-4	Degeneration 4 変性4
Dog 犬	Normal 正常	Nomal 正常	Normal 正常	Degeneration 2 変性2
Monkey 猿	Normal 正常	Normal 正常	? Hypoplasia ? 低形成	Immature 未分化