

放 射 線 発 癌

渡 辺 敦 光

Hiromitsu WATANABE

広島市南区霞1-2-3 広島大学原医研癌部門  
Department of Cancer Research, Research Institute for  
Nuclear Medicine and Biology, Hiroshima University,  
Kasumi 1-2-3, Hiroshima, 734, Japan

筑 豊 博 物 第 31 号 (昭和61年12月) 別 刷

Reprinted from NATURHISTORICA CHIKUHOANA No31

December 1986

# 放射線発癌

渡 辺 敦 光

はじめに

折しも1986年4月26日ソ連のチェルノブイリで起きた原子力発電所の事故で日本にもその放射能が飛んで来ました。今年10月金沢市で開催された日本放射線影響学会で早速どれくらいの放射エネルギーが降下したのかと言う数多くの研究報告が発表されました。イギリスの自然科学の週間誌NATUREの1986年6月26日号にはこの事故の放射エネルギーの測定がドイツ、フランス、イギリス、東ヨーロッパ、日本において行われ、その結果が記載され、世界的な問題として取り上げられました。アメリカ合衆国のペンシルバニア州のスリーマイル島の原発事故では軽度の放射能漏れでしたので、それ程問題はありませんでした。しかしソ連の事故では、放射能の汚染は強く、その場に居合わせた人、並びに救援に行った人に急性障害が現れています。今無事な人でもそのうち後障害が現れると予測されていますので、ソ連並びに近隣諸国では大問題になっています。日本では稼働中の原発が31基あります。これはアメリカ合衆国、フランス、ソ連について世界第4位の総発電量を占めています。時々日本でも小さな事故が起こったりしていますし、ソ連と同様な事故が日本でも起こらないとも限りませんのでその安全性が又、診断用や治療用の放射線が本当に安全かどうかという問題等も問われています。以前に癌の潜伏期間について述べた時、一部放射線発癌についてお話ししました(本誌1981)。今後、放射線との係わり合いの増大が予想されます。そこで今回は放射線による発癌についてお話を進めていきます。

放射線

1895年レントゲンは放電管を用いての実験

中、透視力の強い目に見えない不思議な光を発見し、これをX線と名づけました。キュリー夫妻は1898年にラジウムを発見しました。X線が発見された翌年から癌の治療や身体の透視撮影に使用されていました。一方X線が発見されて1週間も経たないうちに放射線障害が報告されていて、身体に障害を与える事もまた判明しました。1927年にミラーはショウジョウバエにX線をあてると突然変異が生じることを、すなわち遺伝子に変化が生じることを見いだしました。

放射線とは空間を伝わって行くエネルギーの流れを言い、粒子線と電磁放射線とに大別されます。粒子線とは電子、イオン、原子核等の高速の流れを言い、この中には電子線、ベータ線、アルファ線、中性子線、陽子線があげられ、電磁放射線はガンマ線、X線等をさします。

放射線の急性作用

放射線の人体に及ぼす影響はアメリカ合衆国、フランス、ソ連において生じた少数の事故例に基づいたものです。全身に一度に大量のガンマ線や中性子をあびますと次のような一連の症状が現れます。100グレイ(Gy=100ラド)以上の被爆を受けると中枢神経系が障害を受け、数分以内に嘔気や嘔吐が起こり、虚脱感、筋肉の痙攣、下痢、発熱、昏睡、そして1時間以内に死亡します。5 Gyから12 Gyの被爆を受けると3日から21日(平均 12日)の間に嘔気、嘔吐、下痢が続く、体重の減少、極度の疲労が有り消化管の出血で死亡します。この際、消化管の絨毛は消失し、壊死を起こしています。又、2.5 Gyから5 Gyの照射を受けると感染のため17日から32日(平均 22日)に死亡します。す

なわち赤血球や血小板の減少のため出血傾向が生じ、貧血、白血球の減少、増血機能障害や高熱が生じ感染で死亡します。この時期に骨髄で再生が起こるのですが、死の原因は感染によるものです。照射後30日以内に半数の動物が死亡する放射線の量をLD50/30（50%致死線量）と言います。X線照射後のLD50はヒツジでは155cGy（センチグレイ=1ラド）、ヤギは230cGy、犬は265cGy、ウサギは840cGy、ハムスター、ラット、マウスは9Gy、砂漠マウスでは12.5Gyと、一般に体の大きい動物では少ない線量で死亡しますし、体の小さい動物では放射線に対して強いようです。又、中性子線はX線よりもLD50は少ないこともわかりました。ちなみに人では、これも放射線事故、原爆被爆、放射線治療等で得られて分った事ですが、3から4Gy付近と考えられています。中程度の被爆量ですと一時急性症状が起こってもやがて放射線病から回復します。性細胞は回復までの時間が遅れます。強い放射線をあびますと不妊になります。ある線量で仮に生き残ったとしても、その後数十年先に染色体異常、白内障、血管障害等の癌以外の病気、生存期間の短縮や、そのうちにも最も恐ろしい癌が待っています。以下数種の癌について述べていきます。

## 白血 病

1897年から1957年の60年の間では放射線医師は自分の体に放射線防御をせずに診断をしていました。そのため数年後に白血病に罹患しました。この病気が一番早く現れた癌で白血球の悪性腫瘍です。その後自分の体を防御し診断するようになりますと、白血病は減少しました。同様にX線技師の白血病も知られていますので、職業性放射線被爆と白血病の関係は明らかです。

強直性脊椎炎でX線治療を受けた子供に白血病が生まれました。今考えますと、大変恐い事ですが、胸腺が肥大した子供や、百日咳、

アデノイドの肥大、又は頭部の白癬の治療にX線が使用されていました。その当時は大変効果があり安全と考えられていました。今考えると身の毛がよだちます。その後約15年以上たちますと一部の人に白血病やそのほかの腫瘍がみられました。

1945年から1951年までの原爆被爆者を調査してみますと白血病が現れることが1953年に始めて報告されました。その後の調査で白血病と線量との関係は線量依存性があることがわかりました。特に広島では直線的線量依存性効果関係を示しますが、長崎では域値の存在を思わせ現象がある様です。1950年から1979年の間での調査では白血病誘発効果は被爆線量が大きい程、又、被爆時の年齢が若い程、白血病発生の危険性は初期に大きく、その後急速に下降しました。被爆時年齢が高かった人は白血病発生の増加はもっと遅く現れ、その後減少時期も遅れています。長崎では減少が大きいのですが、広島では依然として正常な期待値以上に多く白血病が見られます。又、長崎と広島とで白血病の組織型に差があることが知られています。この事は広島と長崎の線質の差によると考えられています。すなわち、長崎の原爆では中性子線で、広島では中性子線とガンマー線が混在しているものです。この割合については目下線量の再評価が行なわれていて、以前の結果と少し異なりガンマー線の占める割合が多くなっているようです。

放射線の発癌に関する研究は1930年から始まっています。C57BLマウスに150—170cGyのX線を5—8日おきに4回照射しますと70—90%に白血病が生じます。この方法は開発した人の名前を取ってカプランの方法と言って有名で今も使われています。放射線で誘発されるマウス白血病は、胸腺から由来する白血病と骨髄から生じる白血病があり、動物の種、系統でも異なります。又、性別、照射時の年齢によっても発生率が異なります。

放射線による白血病はラット、ニワトリ、モルモット、豚、犬等でも生じます。

## 乳 癌

1965年に放射線による乳癌が報告されています。続いて、原爆被爆者や、急性乳腺炎の患者に照射することによって乳癌が生じることがわかり、今では女性の乳腺は放射線に対して感受性の高い臓器である事が判明しています。

例えば広島市の被爆者の564名が乳癌でそのうちの306名が1ラド以上被爆した人でした。結核のためサナトリウムに入っている女性が数回、胸部透視を受けた人々に乳癌が発生しました。ニューヨークのロッチェスターでは分娩後の乳腺炎にX線治療を行ないました。約600名の人が0.5—10GyのX線を受けました。37年間この人々の追跡調査が行われ、放射線治療を受けた人は受けない人の約2倍の乳癌が発生しました。スウェーデンでは色々な良性の乳腺の病気に平均7GyのX線が1回照射されました。32年の追跡調査が行われ、非照射の対象群の約4倍の乳癌が発生することが報告されています。夜光時計の文字盤をラジュウムで書いていた女性労働者でも乳癌が多く発生しました。又、マンモグラフィーと言ってX線を使用し乳癌の診断のための機械があります。この機械を使って乳癌を見出すことはできますが、一方では見逃しも起こっています。35才迄の女性の乳腺はX線に対して感受性が強く、1cGyの放射線を照射される事により1%の確率で乳癌が上昇すると考えられています。X線で乳癌の発見されるリスクよりも癌の発生のリスクのほうが高いため、今では35才以下の人には乳癌の検査のためにマンモグラフィーを行ってはいけないうちにアメリカ合衆国ではなっています。

実験的にはモルモットにガンマー線を照射しますと乳癌が生じました。マウスの場合X線をかけると、ウイルスが出現し乳癌が出現

しますが、ウイルスの無いマウスにも放射線で乳癌が認められました。X線と中性子との発癌率を比較しますと中性子の方が乳癌の発生率が高いようです。又、1回に少ない線量をかけるよりも多くの線量を1度にかけるほうが効果的です。

ラットでは色々な系統で乳癌の発生率に差があります。一部を覆って照射しますと照射部位のみに乳癌が生じます。乳腺を摘出し照射し再びネズミに戻しますと、照射した乳腺のみに癌が認められました。乳癌は女性ホルモンと密接に関係しています。例えば卵巣摘出を行ないますと放射線に対する感受性は減少します。又女性ホルモンの作用を抑えるタモキシンと言う薬を与えますと乳癌の発生率は減少します。副腎を取ってやり、放射線照射後プロラクチンと言うホルモンを入れてやりますと、乳癌は高率に発生します。放射線は妊娠中や授乳中の乳腺には効果がないようです。胎児は一般に放射線に弱いのですが、胎児に奇形を起こすが胎児を殺さないような傷が発生しますとその細胞は異常を自覚し、自爆した後残りの無傷の細胞が増え自爆した細胞の穴を埋めていき正常に発生するようになります。すなわち細胞自爆による自然治療が有効に働き奇形や癌化が抑えられると言う機構があるようです。生物体においては子孫を残すという重要なプログラムがあり、それが生命の神秘の一部をうかがわせてくれます。

## 甲 状 腺

甲状腺癌もやはり原爆被爆者に特に女性に多く発生します。太平洋上のビキニ環礁で行なわれたアメリカの原爆実験で、マーシャル群島に原爆の爆発時に生じる死の灰が降下しました。このなかにはガンマー線やヨード等の放射性同位元素が含まれていました。仮にこの物質が水の中に含まれているとしますと、その水を飲むと放射性同位元素のヨードが甲状腺組織中に集まり(生物学的濃縮)その放

射能が甲状腺を壊し、遺伝子に変化を与え癌化すると考えられています。マーシャル群島でもこの様な事が起こったと考えられ住民に甲状腺癌が生じました。

白血病のところでも述べましたが種々の良性疾患の治療に、びっくりすることにニキビの治療ですらX線が用いられていました。その後この人々に甲状腺癌が生じました。又、放射性同位元素のヨードを良性の疾患である甲状腺ゴイター（甲状腺肥大）の治療に用いられていましたがその後悪性の甲状腺腫瘍が生じました。良性の疾患の治療の目的で用いられた放射線が悪性の腫瘍を作るという皮肉な結果がでています。

ユタ州、ネバタ州やアリゾナ州では、11才から18才までの子供の甲状腺の疾患の存在を1965年から1971年まで毎年調査しました。これらの州ではネバダの原爆実験の結果として死の灰が降下した所です。そのなかには当然のことながら放射性同位元素のヨードが含まれていました。この子供達の大部分はミルクを飲んでいました。死の灰からのヨードを牛が食べ、牛が出すミルクを子供が飲み、甲状腺にアイソトープが集まり、一部の人に甲状腺の結節が生じました。これはヨード欠乏で見られるゴイターとは異なります。ちょっと横道に逸れ、ここで一寸面白い本を紹介しておきます。1982年に文芸春秋から『ジョンウエインはなぜ死んだか』（広瀬隆著、文春文庫、1986年）と言う本が出ています。この本には『征服者』に出演したジョンウエインを始め多くの俳優、例えば、ゲリークーパー、ロバートテイラー、スペンサートレシイ、スーザンヘイワード等220名中69名の人は何らかの癌で死亡しています。ユタ州の砂漠のセントジョージ付近で撮影が行われました。この時期にネバタで原爆実験が行われていた時期に一致するとのこと。その場所で又その砂を撮影所に運んで撮影し、そこで『死の灰』をかぶったと言うことです。B級の映画

スターだったレーガン大統領はこの本がでた当時は癌にかかっていませんでしたが、皆様も良くご存じのとおり大腸癌や皮膚癌にかかっていました。この因果関係についてはよく分かりませんがそうかも知れませんし、又そうでないかも知れません。話はもとに戻りますが、ユタ州の子供に甲状腺に結節が生じ、それが死の灰である事を合衆国はなかなか認めようとしません。研究者の中にも観察期間が短いのでまだ因果関係が不明だと言う人もいます。しかし最近の州裁判所の判決では訴えた住民側の言分が認められ始めました。特に注意する点としては子供は大人よりも放射線に対して弱く、前節では胎児はある程度自分を守る機構があることを述べました。しかし原爆の体内被爆者には小頭児や知恵遅れの子供が生まれました。このように防御機構を破って一部では胎児期の早い時期に被爆すると死亡し、形態形成期では奇形が、その後は癌になることが知られています。低線量で癌化がおこると言うことが判明しますと、低線量被爆、特に、原子力発電関係者、核物質を運搬している人等の安全性が明白になります。

実験的にはX線を甲状腺に照射しますと甲状腺に腫瘍が生じます。5 Gyまでですと直線的に腫瘍の発生率は増加します。しかしそれ以上になりますと腫瘍の発生率は減少します。すこし前にこの甲状腺はヨードを集める事を述べました。このヨードは甲状腺から分泌されるサイロキシンと言うホルモンの一成分です。もしヨードが有りませんとサイロキシンはできませんので、サイロキシンが欠乏していると言う情報が下垂体に行き、サイロキシン刺激ホルモン（TSH）が下垂体からでます。これが甲状腺に作用してサイロキシンを作れと命令します。しかし、材料のヨードが有りませんので、ますます下垂体からTSHが出てきます。甲状腺は何とかサイロキシンを作ろうと思い、どんどん細胞分裂を繰り返

えし細胞数を増加させます。これをネガティブフィードバックと言います。このような処理を行ないX線を照射しますと甲状腺腫瘍が良く出来ます。又、X線照射を行った後に低ヨード食や、そのほかの方法でサイロキシンが出来ないようにしますと腫瘍が多くできます。

ここでアメリカで行ってきた私達の結果を紹介します。ラットの甲状腺を酵素を用いてバラバラの細胞にします。勿論この細胞はバラバラにしても生きています。そしてX線をかけます。別に同じ系統の動物の甲状腺を取っておき、低ヨード食を与えてTSHの高い状態にしておいたネズミにX線をかけた細胞を移植してやります。約1年から2年たちますと移植した細胞はどんどん大きくなり、周りの血管に侵潤したり、肺にまで達するような悪性腫瘍が生じます。X線をかけた細胞が多ければ多いほど、癌の発生率が高くなり、転移も多くなり、さらに発生までの期間が短くなります。しかしながらX線をかけた細胞と正常な細胞を一緒にしますと、正常な細胞が多ければ多い程癌の発生が減少しますし、転移も減少します。この原因はまだ良く分かりませんが、ひょっとしたら正常な細胞に癌の発生を抑える力があるのかもしれない。

## 胃 癌

1935年から1954年にかけて強直性脊椎炎の患者に治療のためにX線をかけました。その後の調査でこの人達に胃癌が生じる事が報告されました。これが放射線と胃癌との関係を始めて人で証明した結果でした。その後被爆者で、特に2Gy以上放射線を受けた人はそれ以下の人に比べて有意に胃癌が発生する事が報告され、原爆と胃癌との関係が最近明らかになりました。最近シカゴ大学での調査で1937年から1965年の間に良性の胃潰瘍の治療にX線が用いられていました。X線で治療しますと確かに壁細胞が減少し胃酸が減り胃潰

瘍は良くなります。しかしその人々に今後は胃癌が生じました。この様にX線と胃癌との関係があるように思えます。

実験的には中性子やX線、もしくは原爆実験で全身に照射されたマウスやラットに低率ですが胃癌が生じました。マウスやラット胃部に20GyのX線をかけますと、胃癌が生じます。マウスでは20Gyを1回、3回、4回と回数を上げていきますと胃癌の発生率も直線的に増加してゆきます。それ以上照射しますと今度は反対に胃癌の発生率は減少します。ラットはマウスに比べてX線に対する感受性が高いようです。

## 肺 癌

原爆被爆者で被爆距離が1,400 m以内の人に肺癌が発生しました。被爆者の悪性腫瘍の80%がこの肺癌です。1Gy以上の放射線をあびた被爆者と0—9cGyの被爆者とを比べますと、前者が肺癌の発生率が高いことが知られています。強直性脊椎炎の患者、イスラエルの結核患者に一般の人よりも肺癌の発生率は高いようです。診断用のX線照射が肺癌を起こす一つの要因のようです。又、ウラン鉱で働く人々は鉱山中にラドンが高濃度に存在しそれにより肺癌が発生します。肺癌の発生率と推計線量との間には線量効果関係が存在し、肺癌の過多症とラドン被爆の累計労務月数との間に直線関係があります。最近我国でもラドンと肺癌を重視し、室内に貯留するラドンの量の測定が始まっています。

実験的にもアルファ放射体を吸入した動物や、プロンの滴下、ラドン吸入で肺癌が発生することが報告されています。中性子照射の場合、全身照射を行った際低い線量で肺癌が生じますが、一方高い照射量の場合、癌の発生率は減少します。

## 肝 臓

トトロラストはトリウムを含んだX線造影

剤で、1928年頃から血管撮影、肝臓造影等に用いられていました。体内に入ったトロトラストは排泄が少なく、生物学的半減期すなわち生物体内で半分に減る量は200から400年と考えられています。戦争中我国でも用いられていました。今では肝腫瘍が発生しています。

外部照射ではX線よりも中性子のほうがマウスの肝腫瘍誘発に効果があります。四塩化炭素で肝障害を起こしたり、部分肝切除を行ってガンマー線を照射しますと肝腫瘍は多く現れます。私達は原爆放射線と同じ線質のカルフォルニウム中性子をマウスに照射しました。雄は雌に比べて肝腫瘍が多く出現しました。動物の年齢が若い程発生率は高いこと、僅か12.5cGyで肝臓に腫瘍が生じ、線量依存性があることを最近見出しました。

#### 骨・皮膚

骨の癌は人ではまれです。強直性脊椎炎のX線治療後、小児期にX線治療を受けた人に骨腫瘍が発生します。小児はより低い線量で骨の悪性腫瘍が発生します。夜光時計文字盤塗布工であった人、ラジウム化学者、医療用としてラジウム製剤を体内に取り入れた患者に悪性の骨腫瘍が発生しています。ラジウムのほうがX線よりも危険なようです。

皮膚炎から皮膚癌が発生する場合、小線量を長期間にわたり職業的被爆を受けた医者、放射線取扱者、および歯科医に多く、次いで治療照射を受けた良性疾患患者に多いようです。頭部白癬のためにX線治療を受けた小児に、良性皮膚疾患のために放射線治療を受けた患者、ウラン鉱山の坑夫に皮膚癌が発生しています。2,000から3,200R（レントゲン）照射後に皮膚癌が生じました。

#### 放射線の生物効果の応用

今まで放射線の恐ろしい面のみを強調してきました。しかし放射線のおかげで生物学の

進歩や私達の命がどれだけ救われたかを忘れてはなりません。すなわち放射線は悪い面と良い面との両方を兼ね備えていることを知っておくことも必要です。そこですし癌等の悪玉から離れて放射線の善玉の部分について述べます。

アイソトープの利用により生体内に起こる種々の物質代謝回路や酵素反応が明らかとなり、分子生物学の急速な進歩をもたらしました。最近では癌遺伝子の研究で大きな成果を上げています。抗体抗原反応を用いたラジオイムノアッセイ法の開発により生体内の微量成分、例えばホルモン等の測定が可能となりました。今では微量の薬剤の測定やウイルス、酵素の測定も出来るようになりました。赤血球の寿命も測定できます。オートラジオグラフィの開発により細胞周期が算出されるようになりました。更に、アイソトープを利用して太古の生物の年代の推定が出来るようになったことです。

放射線の遺伝的効果を利用して動植物や微生物の突然変異体を作り品種改良に利用したり、放射線を食品に照射することで食品の中の腐敗細菌を殺菌して食品の保存を延ばすことが出来ます。タマネギやジャガイモ等をガンマー線で照射することで、発芽を阻止し、長期間保存できるようになりました。害虫の駆除に放射線をかけて殺す方法や、雄の害虫に放射線をかけ野外に放ち、その雄と交尾した雌の受精卵がある発育段階で死亡することにより子孫を出来なくして害虫を絶滅させる方法がとられるようになりました。生物学とは関係ありませんが三味線や琴に用いられるナイロンやテロン製の糸に大量の放射線を照射することにより化学繊維の丈夫さを保ちながら、音色や音程も安定し、余韻ある性質をあたえることが出来ましたし、名画の下にもう一つの絵が隠しだされたのが発見されたり、一部のかき替が証明されたりしています。

骨折や捻挫をしたときにX線検査も、胸部

X線撮影、バリウムを飲んで撮影する胃部X線検査もすべて放射線照射です。胸部透視で肺結核や肺癌が、特に肺結核はいまでは少なくなり感染の危険が少なくなったので小学校における胸部透視の回数を減らす処置がとられるようになりました。胃透視で早期胃癌の発見に有効ですが妊娠している女性にはこの検査はしないのが普通です。このように被爆線量を少なくしたり、危険な場合には検査を行わないとか、不必要な場所には被爆しないとか、医療機器の改良やフィルムの感度の上昇等を行うことにより被爆線量の減少が努力されています。コンピュータ断層撮影（CTスキャン）と言う新しいX線撮影法の開発により脳や体の中が見えるようになり10年前には考えられなかった手術や治療が受けられるようになりました。少ない線量のX線被爆による小さな危険リスクと人類の命を救うというリスクとを比較してみますとどちらが有効かわかりになると思います。

子宮の扁平上皮癌の治療に中性子の治療が、肺の扁平上皮癌、腺癌には中性子とフォトンの混合照射での治療、脾臓、唾液腺、膀胱、顔面や首の腫瘍に中性子を用いての治療が行われています。白血病やリンパ腫等はX線治療が行なわれています。又、化学療法や手術等と併用して放射線の効果を増す方法とか、高圧酸素下で放射線照射、最近では温熱療法といって、42.5°C以上に体を暖めた後に、照射する方法が検討され、その効果が認められ始めました。このように医学は放射線を用いた機種の開発により進歩したと言っても言いすぎではないでしょう。

おわりに

以上放射線発癌の一部を述べました。ここに述べていないまだまだ多くの報告があります。国連の報告書によりますと全身に放射線をあびたために癌になって死亡する危険確率の推定は1ラド被爆により癌の死亡率は乳癌

は10万人あたり5人、白血病は2人、肺癌は2人、骨癌は0.5人、甲状腺癌は0.5人、その他の癌は5人で、平均して見ますと男性では10万人に1人の割合、女性では1.5人の割合で癌になるようです。この基礎となっている数字は今まで述べました色々な被爆、例えば、原爆被爆、医療被爆、放射線事故等の癌の発生率より求められたものです。この資料によりますと発癌率と線量との関係が直線であるようです。しかし実際に発癌が有意に確認されている線量は1Gy程度かそれ以上です。1cGy被爆した時に実際に癌化するかどうかまだ不明です。筒井康隆のSFの中でサンタクロースまでが原爆の死の灰の犠牲者になるというお話がありますし、チェルノブイリの事故による渡鳥の汚染の問題や、ザディアフターやテイストメントと言うTV映画では原爆が落ちた場合に私達の生活がどうなるかが、すなわち急性期の放射線障害についてが放映されました。本当はもっとひどいことになっているのですが、多くの人が見るためにあのような映像になっています。私達は宇宙線から1年間に50ミリレム（レムとはX線に換算しますとラドと同じです）、大地から50ミリレムそのほか放射性同位元素のカリウムから25ミリレム、合計125ミリレムの放射線をうけています。近藤宗平先生はこの放射線があったから生物が進化したとお考えのようですし、一方では体を放射線から守る機構も一緒に存在していることも述べてあります。胸部撮影で皮膚に40—200ミリレントゲン、胃撮影では1,500—3,000ミリレントゲン、胸部透視では20,000ミリレントゲン、腸透視では40,000ミリレントゲン被爆します。妊娠時の胎児や幼児期に被爆すると放射線に対して危険性が増しますので、注意する必要があると思います。一般人の被爆に対する線量限度（我慢線量）は1年間に生殖器、増血器や全身の均等被爆では0.5レム、皮膚、甲状腺、骨では16才までの子供では1.5レム、大人で



はその2倍の3レム、手、足、くるぶしでは7.5レムと考えられています。しかしまだ低線量被爆の安全性について不明な点が多く、今後の大きな研究の課題となっています。

#### 謝 辞

御校閲を賜った広島大学・原医研・伊藤明弘教授、又、御協力頂いた教室の皆様に感謝いたします。

#### 文 献

1. NATURE、321、817-822、1986.
2. 1977年国連科学委員会報告書：放射線の線源と影響、アイ・エス・ユウ-K.K. 1978.
3. 広島市、長崎市 原爆災害誌編集委員会編：広島・長崎の原爆災害、岩波書店、1979.
4. 渡辺敦光：癌の潜伏期間から癌の予防を考える。筑豊博物、26、14-19、1981.
5. 米国研究審議会・米国科学アカデミー編：BEIR-III報告書：1980、低線量電離放射線の被爆によるヒト集団への影響、ソフトサイエンス社、1983.
6. 近藤宗平：人は放射線になぜ弱いのか。講談社。1985.
7. 菅原努、上野陽里：放射線基礎医学、金芳堂、1985.
8. 広瀬隆：ジョンウエインはなぜ死んだか、文春文庫、1986.