



Title	超高圧X線による強力大量放射効果に関する實驗的研究
Author(s)	山本, 繁一郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1957, 17(2), p. 115-127
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19121
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

超高圧 X 線による強力大量放射効果に関する 實驗的研究

長崎大學醫學部放射線醫學教室 自衛隊針尾地區病院

山 本 繁 一 郎

(昭和31年11月22日受付)

研究内容

緒 言

第1章 1,000 kVp X 線の線量及び線質測定

- 1) 研究目的
- 2) 研究方法
- 3) 研究成績
- 4) 研究結果

第2章 マウスの致死効果

- 1) 研究目的
- 2) 研究方法
- 3) 研究成績
 - i) 症候群について
 - ii) 致死効果について
- 4) 研究結果

第3章 組織學的變化

- 1) 研究目的
- 2) 研究方法
- 3) 研究成績
- 4) 研究結果

第4章 結 論

主要参考文献

緒 言

放射線による全身放射効果については、従来種々の研究がなされて居る。原子爆弾が投ぜられ、原子力平和利用が具體化されるに至つて、高エネルギー放射線による強力大量放射の効果が大きな問題となつて來た。原子爆弾の爆發に際して發生せられて生體に對して體外放射線源となる一次及び二次 γ 線のエネルギーは、一次 γ 線では1.0～5.0 MeV、二次 γ 線(核分裂生成物及び誘導放射能による γ 線)は0.56～3.3 MeVでその實効エ

ネルギーは、0.7 MeV であると言われて居る。²⁴⁾

一次 γ 線の線強度は爆心から1 km の地點で爆發直後には約1,000 γ であるが瞬間に消滅する。

二次放射線(所謂殘存放射能)の強さは爆心より約1 km の地點で爆發1時間後に0.3 r/h であると言う。

今迄研究されて來た全身放射効果は140～200 kVp X線によるものが殆んどであり、そのエネルギーは0.2～0.1～0.04 MeV で、線強度は4.0～41～3,000 r/min で、大線量を使用したもの程そのエネルギーは低い様に見うける¹⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹²⁾¹⁵⁾¹⁹⁾³⁷⁾。

そこで超高圧X線を用いて強力大量全身放射を行い、その致死効果、組織學的な變化について從來行われていた比較的低エネルギーX線の場合とを比較して、兩者の間に何等かの差異を認めるか否かを検討した。本研究を以つて原子爆弾に際しては體外放射の爲に惹起される障害を想定する一手段としようとするものである。

第1章 1,000 kVp X 線の線量及び線質の測定

1) 研究目的:

超高圧X線の強力大量放射効果を見る爲に超高圧X線として1,000 kVp X 線を使用して、先ずその空中線量及び半價層を測定し、200 kVp X 線のそれらと比較しようとした。

2) 研究方法:

超高圧X線装置は米國G—E社製 RES-3-type 1,000 kVp 工業用装置で、Resonance-type 變壓器と Multi-section Self-rectifying-type のX管とにより、1,000 kVp, 3 mA の出力を有し、

操作室は60 cmのコンクリート壁に6 mmの鉛板を張つて遮蔽してある。

測定器は米國G-E社製、Victoreen r-meterを測定にはその25 r 及び 100 r 電離槽を用いた。此の25 r 電離槽は0.6 mm厚さの Bakelite の壁を有し、外径は12.5~23 mmでその中心電極は徑1 mmのアルミニウムを用いた蓄電器電離槽である。波長依存性は極めて少くて 200 kVp, 2 mm銅で濾過したX線と60 kVp, 無濾過のX線とを測定した際の測定誤差(更正常數)は、1.06であり、半價層7~8 mm銅のX線の場合には Lucite 1.5 mm厚で電離槽壁を覆つた場合は覆わない時よりも2~3%測定値が大きくなる。

放射方法は圖1の如く $5 \times 10 \times 15 \text{ cm}^3$ の鉛のブロック及び鉛板を用いて鉛の墜道を作り、一次X線に對して10 cm厚、側方、後方、上方は5 cm厚、床面に對しては1.8 cm厚とした。此の墜道を床か

圖 1

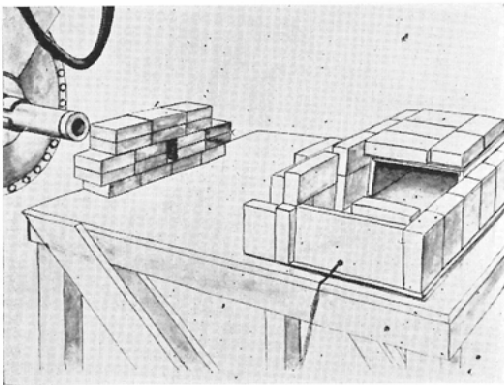
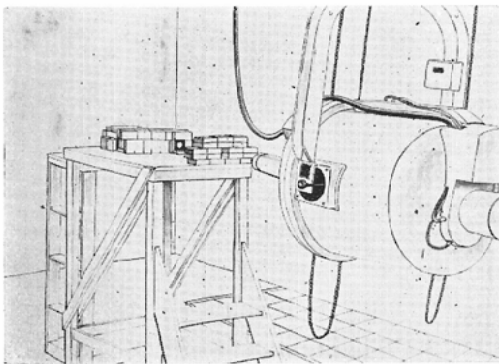


圖 2



ら2 cmの高さの臺上に置き、墜道の内面には1 mm厚のアルミニウムを張つて、装置が1,000 kVp, 3 mAになる迄の間測定器が放射されない様にし、且測定中に放射室内の器物等から来る散亂線の影響をつとめて避けられる様に考慮をはらつた。

更に室内散亂線を減少させる目的で、圖2に見られる様にX線管焦點から50 cmの位置に10 cm厚の鉛で一次線を遮り、これに $5 \times 10 \text{ cm}^2$ の放射孔を作つた。

X線の放射方向は床に平行であり、X線管焦點と測定用電離槽間距離は200 cmとした。

測定方法は、此の鉛の墜道内に電離槽を格納しておいて、1,000 kVp, 3 mAに達した後に速かに放射孔に引き出して $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の放射孔から入射するX線に曝射して1~2分間秒時計で計時し、3~5回測定し、その値を検討して平均値をとつた。

200 kVp の場合には KC-200-20装置(200 kVp 20 mA 無整流)を使用し、測定はX線管焦點から100 cmの距離で、中心X線束は床面に平行で、床面から150 cm、測定器は同じ Victoreen r-meter を用い、秒時計で1~2分間、3~5回測定しその値を検討して平均値をとつた。

銅及び鉛による半價層の測定には空中線量を測定する場合と同様にして、電離槽から20 cm離れた所に吸収層を置き吸収曲線を求めて、これから半價層を定めた。

測定時に於ける電離槽の自然漏洩は1.0~1.3 γ/h で殆ど無視して良いと考えられる。

3) 研究成績

空中線量の測定成績は表1の如くで、測定に於ける最少・最大測定値の差は0.7 r/min. で約4.3%である。1,000 kVp測定に際して1.5 mm厚の Lucite で電離槽を被覆して測定すると概略3.1%位測定値が増加するが、測定誤差と重なるので正確に定めることは困難である。今回の研究では一應無視する事にし、Lucite で覆わないで測定した値を使用する事にした。

表1の数値から逆二乗の法則によつて算出すれば表2の如くなる。

表1 1,000 kVp 3 mA

焦点—測定器 200 cm

測定値 (r/min)

16.9

16.2

平均 16.5 r/min

16.6

16.5

表 2

焦点からの距離	1000 kVp 3 mA	200 kVp 20 mA
200 cm	16.5 r/min	
100 cm	66.0 r/min	7.4 r/min
30 cm	733.0 r/min	81.4 r/min

図3 銅による減弱

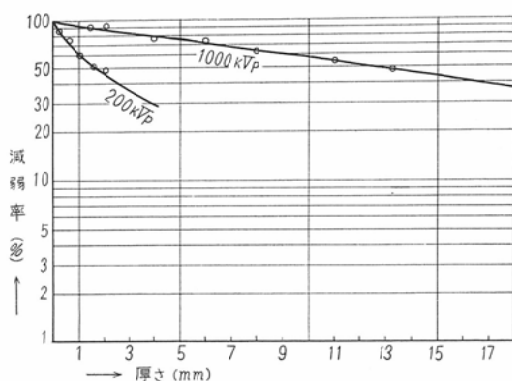
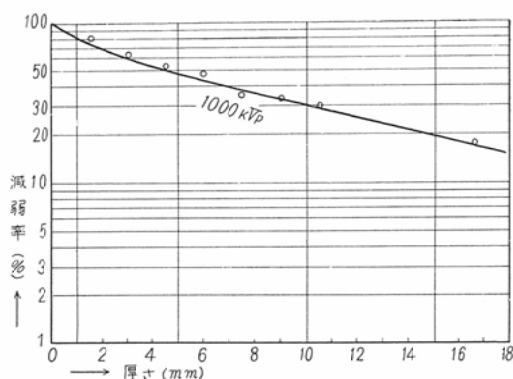


図4 鉛による減弱



200 kVp, 20 mA 無整流に於て濾過板 0.5 mm 銅+1.0 mm アルミニウムの場合のX線量は表2に示す通りである。従つて 1,000 kVp と比べると線量率に於ても相當に差が認められる。

銅の吸収減弱率について見ると、図3のようになる。使用した銅の吸収層は、半價層測定用に使用

する市販の銅板を用いた。

鉛による吸収減弱率は図4のようになる。鉛は超高圧X線用増感紙の鉛と1.0 mm厚さの99.8%鉛含有の鉛板とを用いた。

4) 研究結果：

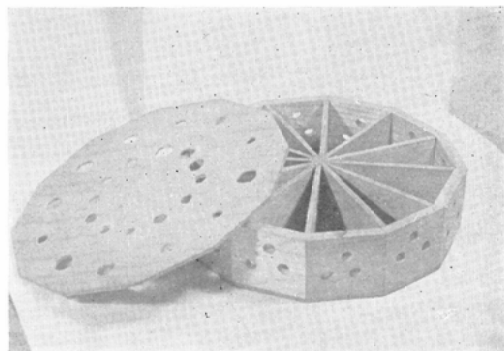
1,000 kVp に於ては空中線量は焦点より 30 cm の距離で約 730 r/min., 半價層は銅で 12.8 mm 200 kVp では空中線量は同一距離で 81.4 r/min., 半價層は銅で 1.7 mm である。

第2章 マウスの致死効果

1) 研究目的：

高エネルギー放射線によつて極めて短時間に全身放射をした場合と、比較的低エネルギー放射線でやゝ長時間の全身放射をした場合との致死効果を検討して、原爆放射線による急性放射線障害と

図 5



従来の治療用装置による全身放射による急性障害との差異の有無を求める。

2) 研究方法：

高エネルギー放射線としては先に測定した1,000 kVp X線を用い、マウスに放射してその半致死量を求めた。対照としては治療用装置として、本研究當時に於ける著者の使用可能であつたものゝ中で最大線量率を有する上述の 200 kVp—20 mA 装置を使用した。

放射方法は、測定時と略と同様の條件になる様に心懸けたが、放射方向を鉛壁道の上方から床に垂直に向けた爲めに床からの背後散乱線を防ぐ爲めに5 cm厚の鉛を床面に敷き、箱の内面は同様に1.0 mm厚のアルミニウムを張つた。

此の條件で3分間X線を放射し、墜道内に格納した電離槽の放電を検したが、認むべきものは無かつた。

マウスはベニヤ板で12角形の箱を作り、中を12區劃に區切つて、その中に1匹宛入れた。これを先に述べた鉛の墜道内に納めておいて、線量測定の時と同様に、放射條件が整つた後に放射孔に引き出して秒時計で計時して、同時に10~12匹宛放射した。

X線管焦點からマウスの背中迄の距離を30 cmとした。この時には線量率は1,000 kVp, 3 mAで750 r/min. であり、200 kVp, 20 mA では81.4 r/min. となつた。1,000 kVp の場合50 cmの距離では270 r/min. である。

従つて放射量は1,000 kVp では360, 540, 720, 760, 800, 1,100, 1,800 rであり、放射時間は30, 60, 90, 120, 150, 160, 180秒である。

200kVp では610, 650, 810, 980, 1,000, 1,500, 1,600, 2,000 r であり、放射時間は夫々7.5, 8, 10, 12, 13.5, 18.5, 20, 25分である。對照として非放射マウス50匹をおき、放射群と同一條件の下に飼育・觀察した。

尚マウスは博多系雜種雄、體重 20 ± 3 g $\pm$ (15%) を放射前日全數の體重を測定して選別使用した。

飼料は小麥・粟・魚粉・新鮮な野菜を與え10匹宛1群として飼育し、通風・採光・室温は可及的に全箱共に同一になる様に留意したが、放射當日は放射群・對照群ともに輸送のために放射直前及び直後に貨物自動車($3/4$ トン積)によつて夫々2時間半宛の負荷を加える事を餘儀なくされた。

3) 研究成績:

i) 症候群について

A) 運動及び立毛状態:

放射群は1,000 kVp, 200 kVp ともに放射直後から著明に運動不活潑となり、大量放射したものは立毛する。

a) 1,000 kVp

1,000 r 以上放射群:

放射直後にはうずくまつて居り、外界からの刺激に對しても反應が鈍く、その $2/3$ 以上が立毛状態を示す。48時間を経過しても、この儘の状態が續きそのまゝ死亡するものも居る。

1,000 ~ 500r 放射群:

大部分のものがうずくまつて居る。外界の刺激にも僅かに反應を呈するが、やゝ鈍い。立毛状態はその半數に見られるが、數時間内には全く消失する。48時間を経過すると運動状態も外界の刺激に對する反應も對照とその時間に著しい差を認め難くなる。

500r 以下放射群:

放射直後はやゝ運動不活潑となるが、外界刺激には比較的によく反應する。立毛状態は殆ど認め難く、僅かにあるものでも短時間に消失する。

b) 200 kVp

1,600 r 以上放射群:

著明に運動不活潑になるが、うずくまる状態は僅かにしか認められない。外界刺激にはよく反應する。立毛状態は $1/3$ 以下に見られるが數10分至1時間以内に消失する。48時間後には運動は對照との間に差を認め難くなる。

1,000 ~ 600 r 放射群:

僅かに運動不活潑となるが、短時間内に恢復し立毛状態は認められない。

600 r 以下放射群:

著しい變化を認め得ない。

B) 食 慾

a) 1,000 kVp

1,000 r 以下放射群:

極めて著明に食慾が減退し、放射後2~3日間は殆ど喫食しない。その大部分は食慾が恢復しないまゝで死亡する。

1,000 ~ 500 r 放射群:

放射直後は著しく食慾減退し、對照群の $1/3$ 以下の量しか喫食しないが、48~72時間後には次第に對照との間に差を認め難くなる。

500 r 以下放射群:

放射後24時間頃迄は著しく食慾減退を見るが、24時間後頃からは次第に恢復し始め、48時間後

表3 放射マウスの症候

放射量	症候 うづく まる	運動不活潑が 回復する時	外界刺 戟に對する 反應	外界刺戟に對する 反應の恢復	立毛	立毛消失の時期	食慾 (喫食量)	食慾恢復 の期間
1,000 kVp 放射群								
1,000 r 以上	冊	數日後	—	48時間以上	$\frac{2}{3}$ 以上	48時間	0	數日間
700~500 r	+	48時間後	±	48時間以内	$\frac{1}{2}$ 以下	數時間	$\frac{1}{3}$ 以下	72時間
500 r 以下	—	24時間内	++	數十分以内	0		$\frac{2}{3}$ 以下	48時間
200 kVp 放射群								
1,600 r 以上	±	48時間	++		$\frac{1}{3}$ 以下	1時間以内	$\frac{1}{3}$	48時間
1,000~600 r	—	24時間内	冊		0		$\frac{2}{3}$	24時間
600 r 以下	—	0	冊		0		$\frac{3}{4}$	24時間以内
對照群								
對照群			冊		0		1	

には殆ど對照と差がなくなる。

b) 200 kVp

1,600 r 以上放射群：

著しく食慾減退を見るが、48時間後には對照と比べて著しい差は無い。

1,000 ~ 600 r 放射群：

食慾減退を見るが24時間位で恢復する。

600 r 以下放射群：

僅かに食慾が減退する程度である。

以上をまとめて表示すると表8のようになる。

C) 死亡迄の経過

1,000 kVp, 200 kVp 各群共に死亡するマウスは、その1~2日位前から下痢が始まり、同時に食慾減退・運動不活潑が見られる。次いで外界の刺戟に對して反應が鈍くなり、うづくまってしまい、遂には殆ど反應を示さなくなると12~24時間以内に死亡する。1,000 kVp 放射群の方が200 kVp 放射群よりも強く且著明な各症候を示し、而もその症候の消滅にも長時間を要する。

ii) 致死効果について

A) 日々死亡率、累積死亡率、半致死量

a) 日々死亡率

1,000 kVp 及び 200 kVp 放射群に於ける日々死亡数の總計は圖6の様である。この際の1,000 kVp, 200 kVp 放射群に於いて夫々の群の全生存数に對する日々死亡は圖7に示す通りである。

1,000 kVp 放射群：

圖6 日別死亡數

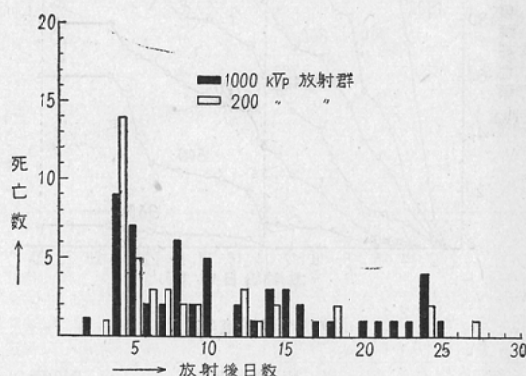


圖7 日別死亡率

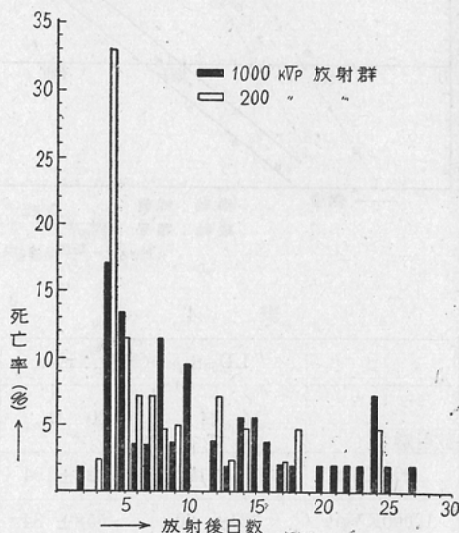


圖8 200 kVp 放射群累積死亡率

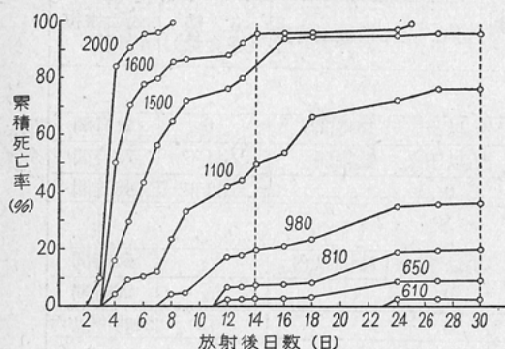


圖9 1,000 kVp 放射群累積死亡率

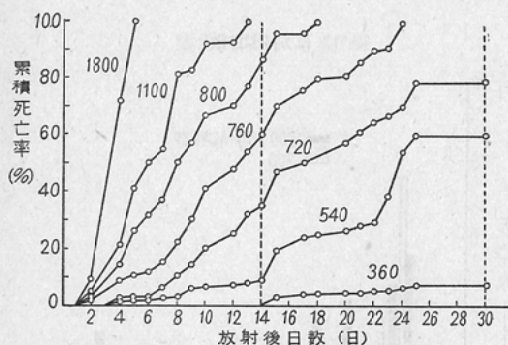


圖10 回歸直線

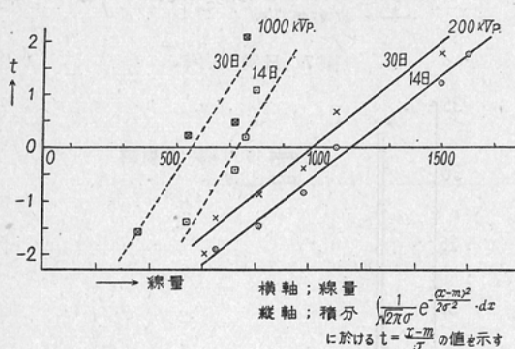
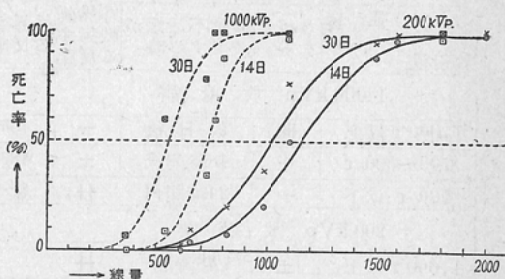


表 4

放射群	LD ₅₀ ± ρ (単位:r)	
	14 日	30 日
200KVp	1,160±173	1,020±164
1,000KVp	724± 80	558± 84

圖11 累積死亡率曲線



放射翌日から最初の死亡が始まり、4～5, 8～10, 14～15, 24～25日目頃には夫々死亡の波が見られ25日目迄は徐々な死亡の追加が見られる。

200 kVp 放射群:

1,000 kVp と同じく4～5日目に死亡の極大値を見せるが、その程度は遙かに高く第2週目頃迄に死亡の殆どが終る。

b) 累積死亡率

Behrens 氏法に依つて、各群別の累積死亡率を計算し、これを圖8及び圖9に示す。

c) 半致死量

死亡の時間的推移と線量との関係を調べるために、14日間及び30日間に於ける半致死量を算出した。即ち累積死亡率は正規分布の積分曲線をなすものと假定して、圖10に示す様に最小自乗法により回歸直線を求めて半致死量及びその確率誤差 ρ を算出し、これを表4に示す。

B) 統計學的考察

回歸直線から累積死亡曲線を描くと圖11の様になる。この理論曲線と實驗値との適合度検定 [χ^2 (カイ自乗) 検定] を行い有意の差は無いという結果を得た。

従つて假定した正規分布の積分曲線は妥當であると見做して差支えないだろう。又 200 kVp 及び 1,000 kVp に於ける14日と30日目の回歸直線は夫々殆ど平行であるから、累積死亡率曲線は、確率誤差が略と等しく平均値の異なる正規分布の積分曲線をなすと考えられる。

4) 研究結果

i) 放射後の症候:

各症候群ともに超高壓X線によるものが200

kVp 程度のものよりも著しく強く、その消褪に要する時間も遙かに長時間を要して居る。即ち超高圧によつて惹起された障害はその恢復が著しく遷延する様に思われる。

ii) 致死効果：

表4によつて明かな様に確率誤差を含めた半致死量に就て、200 kVp では14日目と30日目の間には差を認め難いが、1,000 kVp では兩者の間に差を認め得る。又14日と30日に於て、200 kVp と1,000 kVp との間には、夫々の場合に明かに相違を認め得る。即ち200 kVp では放射マウスの死亡するものの大半が14日以内に死亡、14日以降30日迄はその致死効果は緩慢で短時日の間にその効果が減退して行くが、1,000 kVp 即ち超高圧放射線では比較的長時間に亘つてその致死効果は存続して仲々減退しない。換言すれば、放射後死亡の時間的推移についても超高圧の方が明かに長時間その死亡が續發して障害の恢復が困難である事を示して居る様に思われる。

半致死量の數値に關しては表4の示す通りである。

第3章 組織學的變化

1) 研究目的

超高圧放射線による強力大量放射の際の致死効果は200 kVp 放射によるものと間に明かな差が認められたのは既述の通りである。

夫々のエネルギーに於ける半致死量を放射した場合に兩者の各臓器の間に時間的或は質的、量的な障害に差があるか否かを検討して、致死効果の差異を生じた因子を追求し様とする。

2) 研究方法

致死効果を検討した時と全く同様な條件で1,000 kVp と200 kVp とのX線を夫々マウスに全身1回放射を行つた。放射量は夫々14日間の半致死量即ち1,000 kVp では730 r (1分間放射) 200 kVp では1,100 r (14分間放射) である。マウスは半致死量を求めた時と同一種、同一條件のものを使用し、各群28匹とし、放射後3, 8, 24, 72, 240時間 に空氣栓塞によつて夫々4匹宛殺して直ちに解剖、心、肺、脾、腎、骨髓、睾丸、胃、

腸系、皮膚をとり出しH・E重染色を行つて檢鏡した。

3) 研究成績

心筋：

超高圧、200 kVp の兩者共に認むべき變化はない。

肺臓：

3時間後には既に兩者共に鬱血を認められ、1,000 kVp には一部に咯血が起つて居るものがある。8, 24, 72, 240時間後に至る迄超高圧の方には極めて著明な鬱血が見られるが、200 kVp ではそれ程著明では無い。特に超高圧の方では8時間後に至る迄は咯血及び静脈性出血が見られる。

脾臓：

最も著明な變化を見せ、特に超高圧に於ては放射後24時間では淋巴濾胞は著しく萎縮し200 kVp よりも著明な變化を認め、72時間後には腫瘍狀に増殖して来る。その後の状態は240時間後もあまり變化しない。

腎臓：

8時間後位から認むべき變化が出現し始め、此の頃は200 kVp の場合に著しい變化が見られ、一見絲球體腎炎の様な像を呈する。然し72時間後には殆どこれという變化が無い位に恢復して来る。1,000 kVp では24時間後位から著しい變化を示し始め、72～240時間後に於ても未だ變化は増大の傾向を示して居る。絲球體の變化は1,000 kVp に於て特に著しい。

骨髓：

200 kVp では8～24時間後に著しい變化を呈するが、240時間後には比較的に恢復した像となる。

皮膚：

兩者共に大きな差は無いが、皮下組織では幾分1,000 kVp の方が著明な障害を見せるものの如くで、恢復は兩者共に遅い。

肝臓：

200 kVp では3時間後から既に障害が認められるが、72時間後には早くも恢復の徴候が見え始め、240時間後には旺盛な再生像を見る。一方

表 5

放射後時間		3		8		24		74		240	
電 壓		kVp		kVp		kVp		kVp		kVp	
臓 器		200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000
心 臓	毛細管擴張	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
	出 血	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	心 筋	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	間 質	○	○	細胞浸潤	○	○	○	○	○	○	細胞浸潤
肺 臓	肺 胞	鬱 血	++	+	++	+	++	+	++	+	++
		出 血	+	-	±	+	±	+	-	+	-
		中隔肥厚	++	++	-	++	++	++	+	++	+
		中隔浮腫	±	++	-	++	-	-	-	-	-
		細胞浸潤	-	±	-	-	-	-	-	-	-
	間 質	浮 腫	-	-	-	-	±	-	-	-	-
		肥 厚	-	-	-	-	+	±	-	+	-
		出 血	-	-	+	+	+	+	+	+	++
		細胞浸潤	-	-	-	-	+	-	-	-	-
脾 臓	淋巴濾胞	++	++	++		++	+	+	腫瘍狀	+	腫瘍狀
	胚芽中心	+	+	++		++	++	+	++	+	++
	核濃縮	±	±	++		-	++	-	+	±	+
	壞 死	-	-	-		-	+	-	-	-	-
	内皮系細胞	-	-	++		++	+	++	++	++	++
	實	擴張	縮小	擴張		擴張	鬱血	擴張	縮小	線維化	縮小
腎 臓	細尿管	空胞變性	-	-	+	+	+	++	+	++	+
		濁濁膨化	-	-	+	-	++	±	-	+	-
		核濃縮	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		壞 死	-	-	+	-	-	-	-	-	-
		出 血	-	-	-	±	-	-	-	-	-
		再 生	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	絲毯體	被膜肥厚	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		被膜出血	-	-	-	+	-	-	-	-	-
		充 血	-	-	±	+	±	±	-	+	-
		出 血	-	-	+	+	+	++	-	+	-
		核濃縮	-	-	±	-	±	-	-	-	-
		細胞減少	-	-	-	-	+	-	+	-	+
		細胞増加	-	-	-	-	-	±	-	+	-
		再 生	-	-	-	-	-	±	-	+	-
間 質	肥 厚	-	-	-	-	-	±	-	-	-	-
	出 血	-	-	-	-	-	++	-	+	-	+
	充 血	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+

○ 異常なし又は正常値

1,000 kVpでは24時間後位から明かな障害の像を認め、72時間後は益々著明な障害を見せ、240時

間では恢復はあまりよくない。
消化器系：

表 6

時 間 後			3		8		24		72		240	
電 壓			kVp		kVp		kVp		kVp		kVp	
臓 器			200	1,000	200	1,000	100	1,000	200	1,000	200	1,000
骨髓	核 破 壊		—	—	卅	—	+	+	±	+	—	—
	核 濃 縮		—	—	+	+	+	+	±	+	—	—
	空 胞 變 性		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	細 胞 數		○	○	減	○	減	減	やゝ増	減	増	減
	毛 細 管 擴 張		—	—	—	+	—	±	—	—	—	—
	寶		○	○	○	○	擴	擴	擴	擴	擴	擴
	多形巨大細胞		—	—	増	—	増	増	増	小	増	増
	再 生 像		—	—	—	—	—	—	—	—	+	+
皮膚	表皮	角層	減 少	—	—	—	—	卅	卅	卅	卅	卅
			消 失	—	—	—	—	+	+	+	+	+
		發芽層	細胞減少	—	+	—	+	—	+	—	+	+
			大小不同	+	—	+	—	+	—	+	—	—
			線性化	—	—	—	—	—	—	—	卅	—
			空胞變性	—	—	—	—	—	—	—	+	+
	真皮	細胞浸潤	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+
		浮 腫	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
		皮 脂 腺	○	○	膨 化	膨 化	萎 縮	萎 縮		—	減	萎 縮
		毛 囊	○	○	○	○	○	○	減	減	減	減
		外 根 鞘	○	○	○	○	膨 化	膨 化	○	○	○	膨 化
		内 根 鞘	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	皮下組織	脂 肪	○	○		良						
		毛 細 管	○	擴		擴		擴				
		充 血	—	+	—	+	—	+	—	—	—	—
		出 血	—	+	—	+	—	卅	—	—		
		細胞浸潤	—	—	—	—	+	卅	+	硝子化		
		空胞變性	+	+	卅	+	+	卅	+	卅	±	+
肝臓	肝細胞	脂肪變性	—	—	+	+	—	+	—	+	—	+
		細胞膨化	+	—	±	±	—	+	—	+	—	±
		核 濃 縮	±	—	+	+	—	+	±	卅	±	+
		濁濁融解	—	—	+	—	+	+	—	+	—	±
		壞 死	—	—	+	—	—	+	±	+	+	+
		多形巨大細胞	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
		線 維 化	—	—	—	—	—	—	±	—	+	+
		再 生 像	—	—	—	—	+	±	+	±	卅	±
		細胞浸潤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+

○異常なし又は正常値

満足すべき標本を得難く、その数が少かつたので明かな事は言えないが、大體に於いて兩者共に高度の差を認め難い。

辜丸：

24時間後から漸く變化を認め、殊に1,000 kVpに於いては 240時間後に至る迄次第に障害の度は強くなる。240時間後に於いては 200kVp の方が障害の程度が強い様であるが、質的な差は全く

表 7

時 間 後			3		8		24		72		240	
電 壓			kVp		kVp		kVp		kVp		kVp	
臓 器			200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000	200	1,000
胃	粘 膜	上皮配列不規則	—	—	+	—	+	—	—	—	—	—
		上皮剝脱	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
		壊 死	—	—	—	—	+	—	—	—	—	—
	固有板及び 粘膜下層	淋巴濾胞腫脹	+	—	—	—	+	—	+	+	+	+
		淋巴濾胞萎縮	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		毛細管擴張	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
		充 血	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		出 血	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
		細胞浸潤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		硝子様變性	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	漿 膜 下 層		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
腸系	粘膜及び固 有層	上皮配列不規則	—	—	—	—	—	—	—	—	±	—
		上皮剝脱	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—
		壊 死	—	—	+	—	—	—	—	—	+	—
		腸 腺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		上皮増殖	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	粘膜下層	淋巴濾胞腫脹	—	+	±	+	+	+	+	+	—	+
		淋巴濾胞萎縮	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		毛細管擴張	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		充 血	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		出 血	—	—	—	—	—	—	—	—	+	—
		細胞浸潤	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
		硝子様變性	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—
	漿 膜 下 層		○	○	○	細胞浸潤	○	毛細管擴張	○	○	○	○
睾丸	原 精 細 胞		○	○	—	○	○	○	—	減	減	減
	精 母 細 胞		○	○	—	○	○	○	—	減	減	減
	精 娘 細 胞		○	○	—	○	やゝ減	減	—	減	減	減
	曲精管上皮	細胞數	○	○	—	○	減	減	—	減	減	減
		核濃縮	○	○	—	○	±	±	—	+	+	+
		核大小不同	○	○	—	○	±	±	—	+	+	+
		消 失	○	○	—	○	—	—	—	±	+	+

○ 異常なし又は正常値

ない。

4) 研究結果

各臓器の障害に於て放射後10日目迄は、その細胞の變化には超高壓と 200 kVp の兩者の間に於て質的な相違は認められない。然し時間的経過に伴う量的變化及び障害の恢復に伴う再生の像に於

ては明かに差異を認め得るものがある。

表8に時間的推移に於ける各臓器の障害の程度の大小を比べて見る。全般的に見て24時間以上経過すれば 200 kVp の方が障害は軽度になる。10日目の標本に於て比べると 200 kVp の方が再生の著明なものが多い。

表 1

時間後 電圧	3		8		24		72		240	
	kVp		kVp		kVp		kVp		kVp	
臓器	200	1000	200	1000	200	1000	200	1000	200	1000
心臓	=		=		=		=		=	
肺臓	<		<		<		<		<	
脾臓	=		<		<		<		<	
腎臓	=		>		<		<		<	
肝臓	>		>		<		<		<	
骨髓	=		>		≤		<		<	
睪丸	=		=		<		<		<	
皮膚	≤		≤		<		<		≤	
消化器系	=		=		=		=		=	
表皮	=		≤		<		<		<	
真皮	=		≤		=		=		<	
皮下組織	<		<		<		<			

時間 臓器	200 kVp 放射群					1000 kVp 放射群				
	3	8	24	72	240	3	8	24	72	240
心臓	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
肺臓	<	=	=	=	=	<	<	≤	=	=
脾臓	<	>	≥	>		<	<	<	≥	
腎臓	<	≥	≥	>		<	<	<	≥	
肝臓	<	≥		>		<	<	<	≥	
骨髓	<	≥	≥	>		<	≤	>	≥	
睪丸	=	≥	≥	≤		≤	<	<	<	
皮膚	=	<	≤	≤		≤	<	<	≥	
消化器系	=	=	=	=		=	=	=	=	
表皮	=	<	<	<		=	<	<	<	
真皮	≤	<	<	<		<	<	≤	<	
皮下組織	=	=	=	=		<	<	<	>	

1,000 kVp 及び 200 kVp 夫々について経時的な障害の程度を比べて見ると、1,000 kVp では大部分のものが10日後まで障害が増悪して行く傾向があるのに比して、200 kVp では24~72時間後には障害の進行は停止して10日後には再生の傾向が強くなる。

尚皮膚については表皮、真皮、皮下組織に依つて夫々障害を受ける時間的態度が異つて居る。

全般的には1,000 kVp はその障害が長期間継続して、恢復し難い様である。

第4章 結 論

1) 超高圧放射線による強力大量放射は、従来

の深部治療用装置を用いたいわゆる大量放射に比べて、その致死効果は明かに大きい。

2) 超高圧放射群は比較的長期間に亘つて漸進的に死亡し、兩群共に死亡時期には一定の波がある。

3) 放射後の症候では、運動不活潑、立毛、食思不振、刺戟に対する反應度の低下等があるが、超高圧放射の方が強く發現し且長時間繼續する。

4) 組織學的變化は超高圧の方が、その發現が少し遅れると共に恢復困難で、10日後に至つて旺盛な恢復を示すものは稀であつた。

5) 以上の事柄から超高圧發生源からの放射のための障害は、これと同等の短い波長の放射線によると見なされる原子爆弾放射能症（体外放射によるもの）を初めとして Betatron 等に起因するものも、従来の 200 kVp 程度の深部治療用装置によつて發生されるX線によつて惹起される放射線障害よりも恢復が著しく困難であるばかりでなく、遙かに長時間迄その障害は進行する傾向にあるのではないかと考えることも強ち無理な推論では無いと思う。

最後に此の研究に際して、御懇篤な御指導、御鞭撻を賜り種々御便宜を御計らい戴いた 故宮地教授並びに立入教授に深甚なる感謝のまことを捧げるものである、又好意に満ちた御鞭撻、御助力を賜つた自衛隊針尾地區病院院長筒井二佐に感謝の意を表する、便宜をお與え戴き且つ御援助を忝うした三菱造船所製罐罐 X 線室深江技手他諸氏、長崎醫大病理學教室岡本講師、放射線醫學教室竹井講師、高尾技師その他の方々、自衛隊針尾地區病院技術科及び車輛班の諸官特に藤原士長等の御友誼と御努力に對して深く感謝の念を表わす次第である。

（尚此の論文の要旨は1955年第14回日本醫學會總會に於て發表した）

主要參考

- 1) H. Holthusen: Fortschr. Röntgenstr., 27: 213, 1919. —2) 宮崎: 日本レントゲン學會誌, 7: 84, 1929. —3) A. Forssberg: Acta. Radiol., 14: 399, 1933. —4) R. M. Sievert, A. Fossberg: Acta. Radiol., 17: 290, 1936. —5) F. Ellinger, R. Gross: Radiol., 37: 717, 1941. —6) C.B. Braestrup: Radiol., 42: 258, 1944. —7) H. Quastler: Am. J. Roentgenol., 54: 449, 1949. —8) F. Ellinger: Radiol., 44: 125, 1945. —9) C. Pa-

ckard, F.M. Exner: Radiol., 44:357, 1945. — 10) F.M. Exner, C. Packard: Radiol., 44:367, 1945. — 11) J.C. Larkin: Am. J. Roentgenol., 55:525, 1946. 12) F. Ellinger: Radiol., 49:238, 1947. — 13) National Nuclear Energy Series IV 22 I. Histopathology of Irradiation: 1948. — 14) C. B. Braestrup, G. H. Cameron, P. McClement: Am. J. Roentgenol., 61:397, 1949. — 15) V.V. Brunst, E.A. Seheremetieva-Brunst: Am. J. Roentgenol., 62:55, 1949. — 16) F. Ellinger: Atomic Medicine, Chapter 6, 1949. — 17) J. L. Tullis: Atomic Medicine, Chapter 7, 1949. — 18) F.W. Chambers, M. Eicher: Atomic Medicine, Chapter 11, 1949. — 19) F. Ellinger, J.C. Barnett: Radiol., 54:90, 1950. — 20) 木田: 科學, 20:368, 1950. — 21) U. S.A.E.C., Control of Radiation Hazards in the Atomic Energy Production, 1950. — 22) W Bowers: Annals of Internal Med., 32:207, 1950. — 23) S.P. Steaner: Am. J. Roentgenol., 65:265, 1951. — 24) 日本學術會議編: 原子爆彈災害報告書, 1951, 1953. — 25) 若林: 實驗室の計算知識, 1953. — 26) R. Shirabe: The Military Surgeon, 113:251, 1953. — 27) B.A. Nohrman: Acta. Radiol., 39:78, 1953. — 28) J. F. Thomson, W.W. Tourtellotte: Am. J. Ro-

entgenol., 69:826, 1953. — 29) E.Eldred, W. V. Trowbridge: Radiol., 62:65, 1954. — 30) J. L. Tullis, B.G. Lamson: Radiol., 62:409, 1954. — 31) J.H. Bust, B.F. Trum, et al: Radiol., 62:569, 1954. — 32) J.G. Trump, R.C. Granke, et al: Am. J. Roentgenol., 72:284, 1954. — 33) L.L. Haas, R.A. Harvey, et al: Am. J. Roentgenol., 72:250, 1954. — 34) R.C. Granke, K. A. Wright, et al: Am. J. Roentgenol., 72:302, 1954. — 35) 鎌田: 推計學の化學及び生物學への應用, 1954. — 36) 都築: 醫學の立場から見た原子爆彈の災害, 1954. — 37) National Nuclear Energy Series. IV—22 B. Biological Effects External X and Gamma Radiation. 1954. — 38) G.J. Hine: Am. J. Roentgenol., 72:293, 1955. — 39) K.W. Taber: Am. J. Roentgenol., 73: 259, 1955. — 40) L.E. Jacobson, I.S. Knaauer: Am. J. Roentgenol., 73:272, 1955. — 41) M.N. Swift, V.P. Bund, et al: 73:294, 1955. 42) M. Friedman, J. Dresner, et al: Am. J. Roentgenol., 73:410, 1955. — 43) V.W. Archer: Am. J. Roentgenol., 74:667, 1955. — 44) G. Heidenthal, L.B. Clark, et al: Am. J. Roentgenol., 74:677, 1955. — 45) L.E. Jacobson, I. Knaauer: Radiol., 66:70, 1956. — 46) L.A. DuSault: Am. J. Roentgenol., 75:597, 1956.

Experimental Study on the Effect of Massive Dose Irradiation by Super High Voltage X-ray

By

Sigeitiro Yamamoto

(Director. Prof. H. Tachiiri)

Department of X-rays, Nagasaki University School of Medicine

1. The object of the present study is to make an experiment on the atomic bomb irradiation injury. For this purpose, 1,000,000 volt X-ray (resonance type) was used and the dose and LD-50 on whole body irradiated mice and their histological changes were studied.

2. The table shows LD-50 on whole body irradiated mice. ρ is probable error.

group	LD-50 $\pm\rho$ (units: γ)	
	14 days	30 days
200 KVp	1,160 $\pm$ 173	1,020 $\pm$ 164
1,000 KVp	724 $\pm$ 80	558 $\pm$ 84

3. Syndrom of the irradiated mice: Inactivity, raising of hair, loss of appetite and lowering in response to stimulation. The super high voltage irradiation is more sensible to and durable in these syndroms.

4. In case of super high voltage irradiation, the syndroms appear a little slower and are difficult of recovery. Few cases showed a high reproduction even after 10 days.
