



Title	生物実験におけるX線照射方法の検討
Author(s)	菅原, 努; 古田, 儀之; 橋本, 哲明 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 18(9), p. 1286-1291
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17788">https://hdl.handle.net/11094/17788</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 生物実験におけるX線照射方法の検討\*

国立遺伝学研究所

菅原 努, 古田 儀之, 橋本 哲明, 尾上 正明

(昭和33年9月16日受付)

### 内容梗概

生物実験においてX線を正確に照射する為に線量分布, 照射距離の再現性, 出力線量の再現性を良くする方法を考え, 線量分布, 照射距離については回転照射台等の作製使用により大体解決を見た。出力線量の再現については monitoring dosimeter の使用等, 種々のコントロールについて再現性を測定検討し, monitoring dosimeter の使用によって高度の再現性を持つ照射が行えることを証明した。

### 1. 緒 言

生物にX線を照射して実験する場合, 同じ照射を繰返し行つたり, 順次一定の割合で線量を変えて照射することが少なくない。そしてこの場合には毎回の線量の再現性が特に良い事が望まれる。患者に照射する場合でも同じ事がいえるが, この場合は患者自身に既に未知の多くの差を含み絶対に同一のものはないので, 照射線量の再現性は従来の程度(それがどの程度であるかを知るのも本研究の目的の一つであるが)で別段支障はなかつた。しかし生物実験の場合には, 出来るだけ条件を均一に規定するのが本質的であり, 又それによつて人体については充分に明らかにされていない放射線に対する生物反応を量的に正確にすることがその一つの目的である。例えば, マウスの致死率と線量との関係の様なものを見ても, 半減致死量附近では反応曲線の傾斜が急でわずかの線量の差も死亡率に大きくひびき, 10%の線量差は死亡率にして40~50%にも相当する。従つて比較的少數の動物で放射線防護剤のスクリーニングなどを行う時には, 每回同一線量を照射することが特

に大切である。実験において正確な照射を行うには次の事柄が要求される。

- (1) 線量分布が均等である事。
- (2) 照射距離の再現性が良い事。
- (3) 放射孔における出力線量の再現性が良い事。

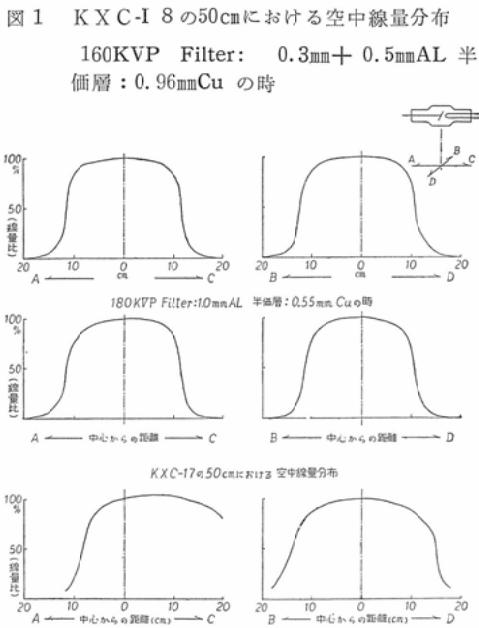
それ故, 我々は管電圧图表と一次電圧計及び管電流計のみによる従来の線量のコントロール法を改良して正確な照射を行ふべく各種の方法でコントロールを行つて線量を測定し, その結果について比較検討して見た。なお, 線量分布の問題, 照射距離の再現性についてもその目的にそろべく種々の器具を作製使用しているのでそれを紹介する。

### 2. 線量分布の問題

X線装置において, 主X線軸に垂直な或る平面の線量分布は,

- (1) 焦点の亂視現象の為の方向によるX線強度の差。
- (2) 周辺に行くに従つて焦点との距離が増大する為の線量の減少。
- (3) 時としてX線管の位置が容器内ですれていると, 線量分布が大きく變つて来る等の為に, 一般には均等でない。例えは図1は, 現在我々が使用している装置KXC-18及び以前使用していたKXC-17の50cmにおけるX線管軸方向及び, 直角方向の線量分布を示すが, 中心から10cmはなれると約20%線量の減少がある。12cmの辺で急に減少するのは放射孔のふちの為であろう。KXC-17の例において, 分布曲線が著しく陰極側にかたよつているのはX線管が陰極側にずれていた為である。陽極側6~8cmの所で急に減少しているのは, 焦

\* 国立遺伝学研究所業績 No. 271



点の傾斜の延長がこの附近にある為と思う。なお線質は 160KVP, 0.3mmCu + 0.5mmAl では HVL 0.96mm Cu, 180KVP, 1.0mmAl では HVL 0.55mm Cu であり、図の様に濾過板が薄くなると X 線管軸方向における分布が悪くなるので、特に注意すべきである。この様な事は医療の時の様に小照射野ではあまり大きくひびかないが

図 2

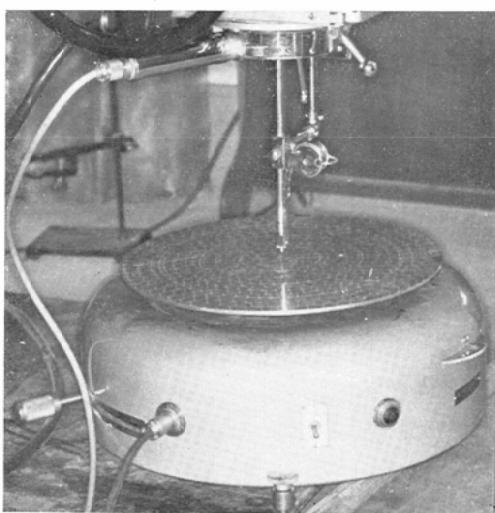
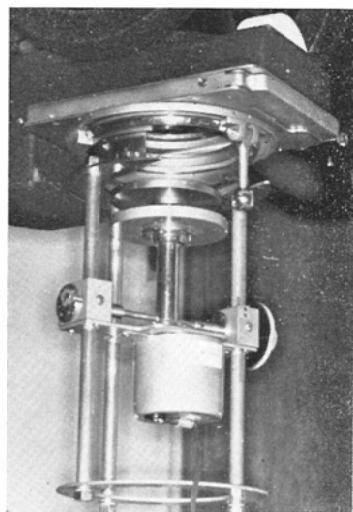


図 3



大照射野、或いは小照射野でも近接照射する場合では問題となる。我々はこの上記の様な影響を出来るだけ少くするために、写真に示す様な回転照射台を作製使用している(図2)。放射孔附近では江藤、土屋<sup>1)</sup>(1954)の示すごとくに線量分布が不規則なので近接照射台は特に回転台が偏心して回転する様にした(図3)。しかし、これだけでは周辺での線量減少の影響は除けないので、一部の照射においては試料を中心に向って傾斜させる方法では正している。

### 3. 照射距離の再現について

照射距離の誤差は線量に及ぼす影響が大きく特に近距離では相当ひびい来る。例えば、2 mmの誤差は逆2乗則より50cmでは 0.7%程度であるのに、20cmでは 2.1%にもなる。それ故距離のセットは特に近距離においては、正確な事が望ましい。その為我々は写真に示す様な器具をツーブス取付部にとりつけて使用している(図3, 4, 5)。図3は30cm以内での近接照射用のもので、全体がX線管容器に直接取りつけられ、回転台を備えていて向って右の支柱に距離目盛がきざまれている。図4及5は45cm以上の距離をセットする時に用い、スケールを自藏しておりセンター指示器をも兼ねていて指示部は照射時には横へはね上げておく(図5)。両器具共に、後述する monitoring

図 4

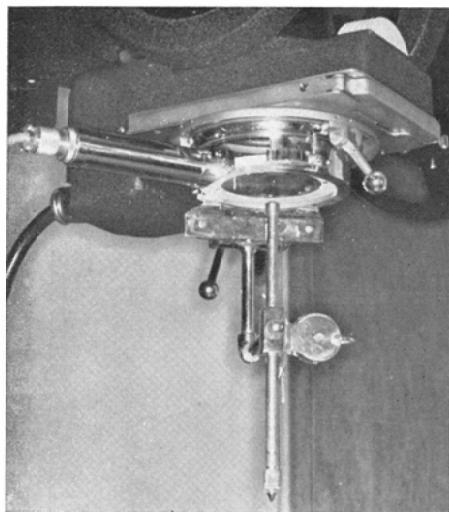
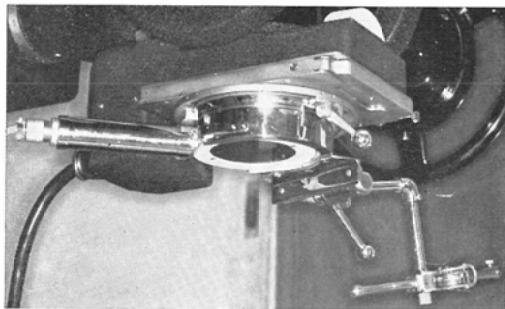


図 5



chamber の取付溝を有している。図 4, 5 では chamber を取付けてある。

#### 4. 出力線量の再現性について

照射線量の再現については X 線管容器放射孔における出力線量の再現性が一番問題となる。線量のコントロールにおいて誤差の生ずる点は、

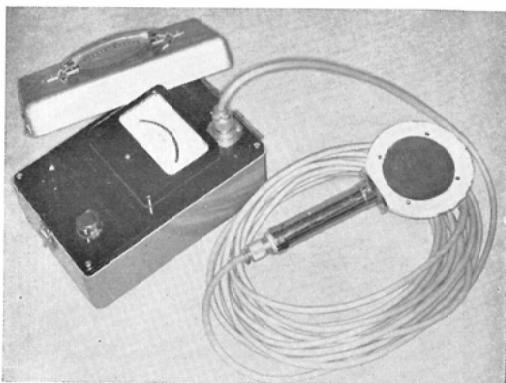
(1) 最初管電圧、管電流をセットする時に読みとり誤差等で生じる。

(2) 電源の変動によって線量が増減する。

Comdr. J.E. Morgan と F. Ellinger<sup>2)</sup>(1956) は電源電圧の 2 % の変動は線量率に 5 % の影響を及ぼすと述べている。又我々は同一条件における線量率が、その時の電源状態等により多少異なる事を経験している。

我々は極力これらの影響を除く為に、フライパン型の monitoring chamber (図 6) を前述のセ

図 6



ンター指示器及び近接照射台の X 線放射孔に装着し、濾過板下部にて出力線量を直接監視する方法を講じ、他の各種の方法とその再現性について比較的して見た。なお、R. Thoraeus<sup>3)</sup> (1956) は濾過板の銅とアルミニウムをそれぞれ極板とした chamber を形成する monitoring filter を作り線量のコントロールに使用していると述べているが、我々は数種の濾過板を使用する必要から chamber を別に作製した。

(使用 X 線装置及び測定器)

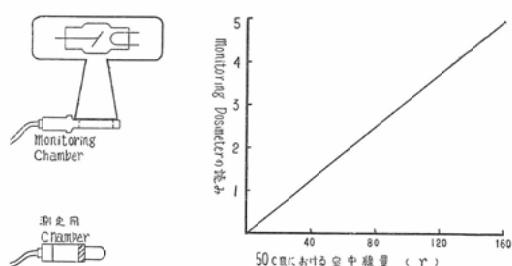
(1) 発生装置：東芝製 KXC-18 型 X 線深部治療装置。

(2) 測定器：積算線量計として Siemens Universal Dosismesser (電源は交流 125 V, 電圧安定管附),  $\frac{1}{6}$  chamber 使用。monitoring dosimeter として東芝製深部線量計 M 1 - 102 B 改良型 (電源はすべて乾電池)。

(実験方法)

図 7 に示すごとく monitoring chamber と測

図 7 MONITORING DOSIMETER の読みと  
照射線量



定用 chamber を配置し、160KVP, 0.3mm Cu + 0.5mm Al 濾過板(HV L 0.96mm Cu)で次の様な4種の方法で各々10分間コントロールし、その間の積算値を Siemens Universal Dosismesser で求めた。

A法：電源変動による影響を観察する為に、最初 monitoring dosimeter で正確にセットし10分間放置した。

B法：最初 monitoring dosimeter で正確にセットし、その時の管電圧、管電流値で10分間コントロールした。

C法：セット、コントロール共に monitoring dosimeter で行つた。

D法：160KVP, 25mAの条件で従来通りの方法で10分間コントロールした。

又、Eとして160KVP, 25mAの時の線量率を求めた。なおこの場合の50cmにおける線量率と monitoring dosimeter の指示の関係を図7に示すが直線的であり、管電圧 100~200KVP ではほとんど線質に関係しない。なお、A,B,C の場合は線量率 60r/min. として測定した。

#### (結果)

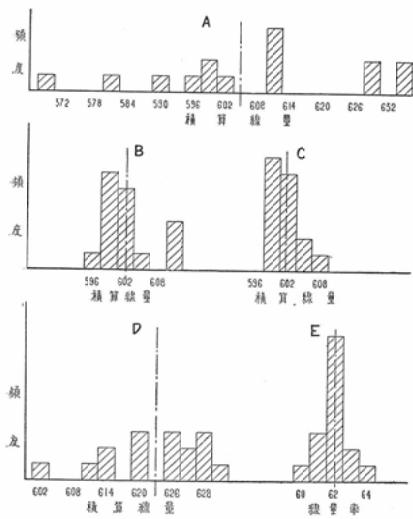
得られた測定値をヒストグラムにして図8に又、各々の平均値、最大値、最小値及びそれらの計算値

表 1

	10分間のコントロール方法	開始條件	積算線量		最大値	最小値
			計算値	実測値		
A	監視せず	線量計マセット	600 r	604.56 ± 5.91 r (100.76%) (0.99%)	636 r (106%)	560 r (93.4%)
B	KVPmAを監視	同上	600 r	602.25 ± 1.01 r (100.38%) (0.17%)	610 r (101.6%)	596 r (93.4%)
C	線量計マセット	同上	600 r	601.53 ± 0.58 r (100.23%) (0.1%)	608 r (101.3%)	599 r (99.8%)
D	KVPmAを監視 (160KVP 25mA)	KVPmA計マセット (160KVP 25mA)	620.1 r	623 ± 2.13 r (100.47%) (0.34%)	635 r (102.3%)	603 r (91.3%)
E	同上			62.01 ± 0.23 r (103.4%)	64 r (103.2%)	60 r (96.8%)

に対する誤差(以下、誤差とは計算値に対するものを言う)の割合を表1に示す。標準に使用した Siemens Universal Dosismesser も電源変動の影響を多少受けるがそれはX線装置に対するのと同じ方向に働くのでここに見られる影響は大きすぎても小さすぎることはない。如何なる方法においても平均値は1%以内の誤差でしかないが、測定値の分散等と共に再現性を検討すると当然Aの場合が最も悪い。電源変動は当然不規則であるので測定値も600r附近を中心に広い分散を示し最大値と最小値の開きは15%近くもある。しかし測定値の70%程はわずか±1%の誤差範囲に収まっているので測定回数を増せば正規分布を示すと思われる。Dの場合つまり従来の方法でコントロールすれば、平均値の誤差は約0.5%，標準偏差は計算値に対して0.35%程度で各測定値の分散も小さくなり相当正確であるが、この場合には計算値としてEで得た平均の線量率を10分間の線量に換算したものを探用したのでこれだけの結果が得られたものと思う。何故なら、Eの結果が示す様に同一条件下の測定値は絶対的なものではなく、電源状態、セット時の誤差等によってバラツキがあり、平均値のまわりに正規分布している。その巾はこの場合平均値に対し±3%程度であるが平均値附近でかなりシャープな山を示すので、数度の測定の平均値を採用すればDの方法でもかなりの正確さを望む事が出来る。しかし割合分散が大きいので高度の再現性は望めないが、誤差は2~3%程度になる。monitoring dosimeter を使用すると最初のセットが正確に行える為、相当信頼のおける正確な照射が可能である。セット、コントロール共に線量

図8 測定値の分布



計で行えば、つまり、Cの場合には最も正確且つ再現性の良い照射が出来、その誤差は平均値で0.23%，両極値の差でも1.5%で測定値の大半70%近くが0.1%の誤差範囲内にあり、分布も相当シャープな山を示している。Bの場合、つまり、monitoring dosimeterでセットし、電圧計、電流計でコントロールする場合にはDと同じ影響をうけること等で結果はCより少し悪く、平均値の誤差0.38%，両極値の差2.2%，標準偏差0.17%で分散も少し広く、右手にはなれて山があるが、Cと変りない程シャープである。

#### (小括)

(1) 現在のX線装置では、照射中コントロールせずに放置しても照射線量の誤差は±10%以内に収まる。

(2) 電流、電圧計でコントロールすれば、±5%以内の誤差で再現出来る。

(3) 或る条件下の線量率は数度の測定の平均値を採用すべきで、それにより電圧、電流計のコントロールでも誤差を±2%以内にすることが出来る。

(4) monitoring dosimeterを使用すれば、誤差±1%内で線量を再現出来、コントロールもdosimeterで行えば更に精度は良くなる。

#### 5. 考察及び総括

(1) 照射筒を取りはずして直接線全部を用い、いわゆる大立体角で照射する場合、照射野の周辺に行くと当然線量は減少し、或る例では中心部に対し周辺部では15~20%減少している。医療の場合は小照射野でX線束も細いのであまり問題でないが、大照射野或いは小照射でも近接照射をする生物実験では影響が大きい。又、X線管が容器内で少しでもすぐれていると、分布も当然ずれるので新しいX線管では線量分布を調べておく事が望ましい。なお濾過板を薄くするとX線管軸方向の分布が悪化し陰極側の線量が多くなるので注意すべきである。これは焦点の傾斜の為、焦点深部から励起されるX線が陽極側へ出る場合、焦点物質中の経路が長くなり、従つて強く濾過され吸收されるので、亂視現象が増強されるのである。

う。実際、陽極側に行くにつれて線質は硬くなっている。

(2) 線量の再現性については、照射中コントロールせず放置しても照射線量は±10%以内の誤差であつたが、我々の所では電源変動も比較的少なく、又、装置には管電流安定器を使用している為であろうと思われる。それ故条件の悪い所ではもっと大きい誤差となるだろう。

(3) 従来通り電圧、電流計でコントロールする場合には±5%以内の誤差で線量を再現出来る。或る条件における線量率にも電源状態、温度、読みとり誤差等の測定時の多くの因子によりバラツキがあるので、数日にわたる数度の測定の平均値を線量率として採用する事が望ましく、そうする事により再現性はかなり良くなり±2%以内の誤差まで減少することが出来る。

(4) monitoring dosimeterの使用は照射線量を更に正確にして±1%以内の誤差で再現することが出来る。この場合、監視も線量計で行った方が正確であるが、セットだけ monitoring dosimeterで行えば、電圧、電流計で監視してもほとんど差のない正確な照射が出来るので、照射前に線量計で線量とその時の条件を確めておけば相当正確な照射が出来るだろう。線量計使用の場合の誤差はメーターの読みとり誤差が主であると思われる。

(5) monitoring chamberを挿入する位置としてはX線管とシャッターの間、シャッターと濾過板の間、濾過板の下と3通りが考えられる。シャッターを開く前に正確にセット出来る点でX線管とシャッターの間は優れているが、X線の漏洩を防ぐことが必要であるから相当大規模な改造をしなければならないし、将来このchamberの電離電流を積算して全照射量をチェックしたり、自働積算によりシャッターを閉じると言う様な事をするのに適さない。現実にもシャッターの開閉不完全の場合それを知る事が出来ない等の欠点があるのでシャッターより下の部分を考えた。濾過板の上下どちらにするかはいずれにしても換算表さえ作れば問題ないと考えられるが、濾過板による補正をあやまつたりするおそれがなく、かなり

の範囲の管電圧、濾過板に対し一定距離での線量を直読出来る点でやはり一番外側につけるのが最も良いと考えた。

(6) 以上の実験においては測定中のコントロールを充分慎重に行つたつもりである。照射中のコントロールはよほど慎重に行わないと誤差を少くすることは望めない。以上を考慮すれば±1%以内の誤差で線量を再現することが出来よう。但し、以上の事はあくまで空中線量のみに問題点をおいたのであり、吸收線量については被照射体相互及び容器の吸收、散乱と周囲よりの散乱等数々の因子に左右される事は論を待たないので、大小

種々の生物に対して適当な方法について更に検討中である。

本研究の一部はロツクフェラー財團から国立遺伝学研究所への「動物における放射線の遺伝的影響についての研究」に対する研究費によつたことを感謝する。又ここに示した附属品の作製に当つては、東芝放射線株式会社及び東京芝浦電気株式会社の御協力を得た。

### 文 献

- 1) 江藤秀雄、土屋武彦：日医放誌、第14巻、第7号、460—466、1954。— 2) Comdr. J.E. Morgan, and F. Ellinger: Radiology, 66, 877—886, 1956; — 3) R. Thoraeus: Acta Radiologica, 45, 414—420, 1956

### X-ray technique in the radiobiological experiments

By

Tsutomo Sugahara, Noriyuki Koda, Tetsuaki Hashimoto,  
and Masaaki Onoue

Department of Induced Mutation, National Institute of Genetics

The methods for controlling x-ray apparatus and accessories attached to the apparatus in order to obtain the uniformity and repeatability of exposed doses in repeated animal exposures were studied. As the distributions of air dose in large irradiation fields were not always symmetrical to the central axis of x-ray beam, especially in the case of low filtration, it was necessary to use a rotating table for irradiation. A small rotating table attached directly to the tube housing was designed to keep a definite distance at any time. A monitoring dosimeter with a chamber of flat drum type placed just beneath the added filters was also designed to keep an accurate x-ray output at repeated experiments. By using these apparatus with deliberate control, the fluctuations of doses at the repeated exposures were reduced to one per cent level.