



Title	Co60遠隔放射法の研究(第1報)Co60回転集光放射装置について
Author(s)	高橋, 信次; 岡島, 俊三
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 18(8), p. 1143-1151
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15643">https://hdl.handle.net/11094/15643</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

Co<sup>60</sup> 遠隔放射法の研究(第1報)Co<sup>60</sup> 回転集光放射装置について

(名古屋大学医学部放射線医学教室)

高橋 信次, 岡島 俊三

(昭和33年8月1日受付)

1. 緒言
2. 治療装置に対し余等が重要と考える3事項
  - I. 従業員の放射線被曝を最小にすること
    - a. 直接線の測定
    - b. 漏洩線
    - c. 散乱線
      - (i) 散乱線強度及び線質の角度分布
      - (ii) 治療室の防護及び散乱線の測定
  - II. 放射線錐を均質且つその輪廓を鮮鋭にすること.
    - a. 半影除去可変ツープス
    - b. 寝台による線吸収
    - c. 放射口より放出される二次電子の吸収
      - (i) 放射口からの距離を変えた時の表面線量の変化
      - (ii) 二三の物質による二次電子除去率の測定
    - d. 振子運動時の両端での滞留時間
  - III. 放射線錐を病巣に正確に適中せしめ且つこれを監視する工夫
    - a. light localizer, 特に back light localizer
    - b. X線撮影装置の装着
    - c. 線錐病巣適中監視装置
3. 考按
4. 要約
5. 文献

## 1 緒言

余等の病院では、新たに Co<sup>60</sup> 回転集光放射装置を設置使用することになった。余等はこの装置を用いて、在来のX線深部治療法との比較及び放射線治療法の改良等の問題を検討し、逐次一連の

研究成果を発表するつもりである。先づその第一報として、この装置を設計製作せんとするに当つて、余等が受持つた使用者側の要求について述べる。

## 2 治療装置に対し余等が重要と考える三事項

先づ余等は装置を使用する立場から考えて、出来る丈よいものを製作すべきだと考えた。然し当時装置製作者の側から作製した原案は既に略々出来上つて居つた。それでこれに対し余等が使用者の観点から基本的に重要と考えている次の三点を盛り込むことを要請した。というのは、その原案にはそれらに対する配慮が欠けているか、或いは不完全であると感じたからである。

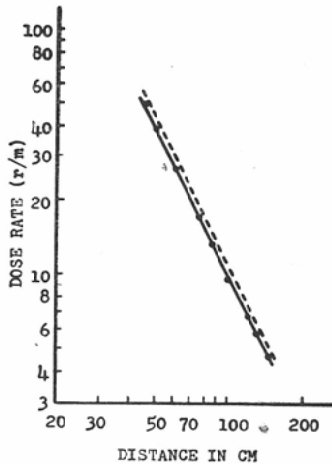
基本的の三原則とは、1. 従業員に対する職業被曝を最小限にすること、2. 人体に到達する放射線錐を均質にし、且つその輪廓を鮮鋭にすること、3. 放射線錐を病巣に正確に適中せしめ、且つその適否の監視機構が装置に備わつていねばならぬということである。これは具体的には次の如きものである。

I. 従業員の放射線被曝を最小にすること。すなわち容器よりの漏洩線は1m離れて2mr/h以下にすること。且つ対向板は回転中心より少くとも45°の範囲に拡げること。

## (a) 直接線の測定

線源は購入時より減衰しているもので、測定時は約475キュリーと推定された。線量測定器はVictoreen社製r-meter (Mod 570)のHigh energy用Chamber (Mod 621)を使用した。測定

第1図  $\text{Co}^{60}$  線源からの距離と直接線の線量率との関係。実線は計測値、破線は計算値での差は自己吸収、フィルター及びカプセルの吸収に由来せるものと考えられる。



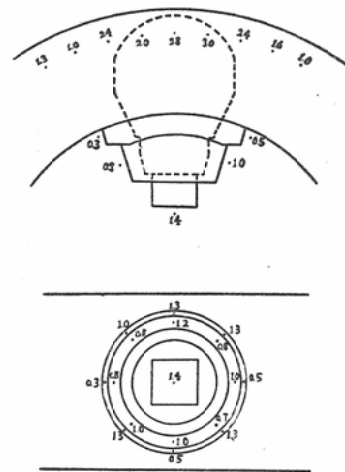
器の誤差は公称 $\pm 5\%$ で本器を Siemens の Universal Dosimeter 及び別の Victoreen 社の r-meter と比較検定した結果は、測定値のばらつきが $5\%$ 以内にあつた。

まず絞りを全開にして照射野の中心における線量を測定した結果は第1図に示す (Cd フィルター装置)。実線は線源からの距離を変えた場合の測定値、破線は  $\text{Co}^{60}$  に対して普通用いられている 1 m の距離で 1 キュリーに対しての線量率 1.35 r/curie-h なる値を用い、距離の逆二乗則をあてはめて計算した値をプロットして画いた理論曲線である。1 m の距離における実測値と計算値との比をとれば、 $9.75/10.7=0.91$ すなわち実測値は計算値の91%となる。これは  $\text{Co}^{60}$  の自己吸収、カプセルの吸収及び Cd フィルター (厚み0.62mm) の吸収と考えれば、475 C の値は妥当な値と思われる。

#### (b) 漏洩線

絞りを閉じた状態の収納容器からの漏洩線の測定はテン線量率計 (電離槽型) 及び東芝 GM 管サーベメータで行つた。その結果は第2図に示す。尚測定器はラジウムによつて較正して使用した。下方及び側方ではカバーの表面に於て (線源から約30cm) 1.3mr/h 以下で、上側方に於ては 2.0~

第2図 収納容器からの漏洩線の測定値。数字の単位はmr/h



3.0mr/h の値を示している処もある。従つていづれにせよ 1 m の距離では極めて少ない。特に下方に於て少いのは、線源閉止の場合本装置の構造上、線源は上方に回転移動し、下方に対しては有効な鉛の厚さが特に厚くなるからである。以上の測定値から推定すれば本器の最大収容々量 2,000 キュリー収納した場合、線源から 1 m の距離での平均漏洩線量率は 2 mr/h 以下となる。

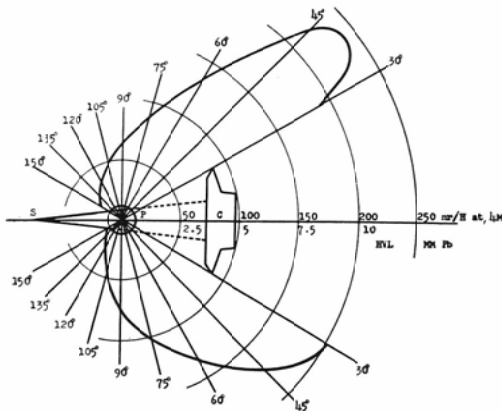
#### (c) 散乱線

##### (i) 散乱線強度及び線質の角度分布

治療中問題になる散乱線は、人体から散乱されるものである。この散乱線が散乱方向によつて如何に強度が vari, 又線質が変化するかを調べる為に次の実験を行つた。

内径22cm $\phi$ の水桶ファントームの中心を回転中心におき (回転半径は75cm), 回転中心での照射野を $17 \times 17 \text{cm}^2$  (最大の照射野) にて、ファントームの中心から 4 m の距離に於てテン線量率計を用いて測定した。尙水ファントーム以外の方向から来る迷線が測定器に入射するのを防ぐために、ファントーム以外の方向は 5 cm 厚みの鉛煉瓦で遮蔽して測定した。測定結果は第3図に示す。図の上半分には 4 m の距離での散乱線強度 (単位mr/H) の角度分布を、下半分には、鉛半価層 (単位mmPb) で表された線質の角度分布を示す。

第3図 散乱線の強度及び線質の角度分布  
(単位はmr/H at 4M及びMMPb)

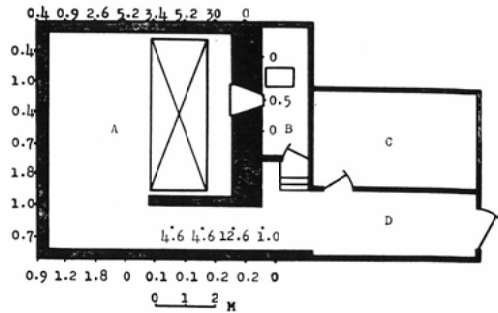


30° 以内の小角度散乱線及び 150° 以上の後方散乱線はそれぞれ対向板及び容器自身に邪魔されて測定出来なかつた。又散乱線強度が45°以内で減少するのは、ファントムの一部が測定器の方向から見た場合、対向板によつて遮られるためである。図から明らかなように、散乱角度が小さくなるに従つて散乱線は強くなり、且つ線質も硬くなる。対向板の主な役割は、直接線を遮蔽すること、収納容器との重さの平衡をとることであるが、更に散乱線の遮断ということも重要な役目であると考えられる。利用線錐に近い方向で患者よりの所謂小角度散乱線は、線量も大きく、その上線質も硬いために、治療室の防護を考える時に特に注意を拂わねばならない。従つて対向板を出来るだけ大きくすることが、治療室の防護を簡単化する上に非常に役立つ。本器では、その大きさを回転方向には45°、それと直角方向には30°迄の散乱線を吸収し、しかも治療室の防護を最も簡単にする事の出来るように、厚みの分布を定めた。

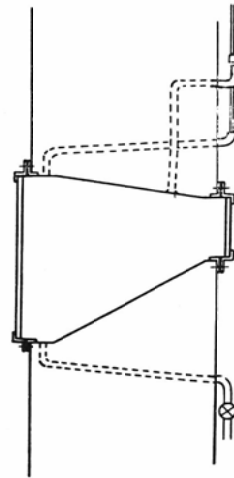
(ii) 治療室の防護及び散乱線の測定

治療室の防護は散乱線の中でも特に従業員に対して患者より小角度方向に発出する散乱線が問題になる。従来小角の散乱線のデータは殆んどなく、壁厚の計算には1, 2<sup>1)</sup>の文献に拠つて計算した。部屋の構造は第4図に示すように、操作室と治療室の間の壁厚は100cmとし、他は一律に30cm厚さとした。この建物は独立家屋なので天井

第4図 治療室の構造 (A:治療室, B:操作室, C:診察室, D:待合室) 及び散乱線の測定数値は mr/h



第5図 監視窓の構造: コンクリート壁に穴を穿ち両側を強化ガラスにて覆う。水道水は上方より入り下方へ抜ける。上方のも一つのパイプは空気抜き。



は特に防禦してない。監視窓は第5図に示すように厚さ120cmの水槽の窓で、普通の水道水を満し、両面の硝子は厚さ1cmの強化ガラスである。水が濁つた時は簡単に排水、注水が出来る構造になつている。又操作室側の硝子窓は簡単に取外して内面が曇つた場合清掃出来るが、8カ月の使用経験では未だその必要を認めない。この窓は視野は明るく、又広く(水の屈折率の関係で、空気窓より広がる)使用してみて満足すべきものである。

治療室外での散乱線の強度は、第4図の中に数字で示されている。単位は  $\text{mr/h}$  である。実験条件は治療器の回転中心に水ファントム ( $27 \times 37.5 \times 14 \text{cm}^3$ ) をおき、照射野は最大 (回転中心に於て  $17 \times 17 \text{cm}^2$ ) で、あらゆる方向に運動照射した時の線量率の最大になった瞬間値で、床から 1 m の高さにおける値である。従つて実際治療中同じ場所での平均線量率は、この値より遙かに低い値になる。なお測定器は前記の線量率計及び GM 管サーベーターである。

操作室ではコンクリート壁を通しての散乱線は、上記測定器では測定不可能な程度に少く、監視窓においても最大  $0.5 \text{mr/h}$  以下で、実際この部屋でポケットチェンバーを用いて 1 日の被曝量を実測した結果も、測定器の感度以下であった。

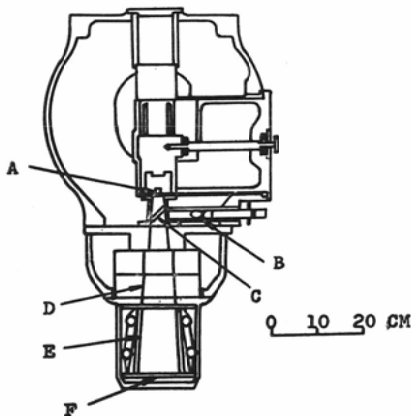
II. 放射線錐を均質且つその輪廓を鮮鋭にすること。

(a) 半影除去可変ツープス

線源が大きいためにおこる半影をなるべく少なくするために、従来の放射口に加えて尾関氏<sup>3)</sup>等考案による縦横それぞれ 10 段階に変えられる組立式

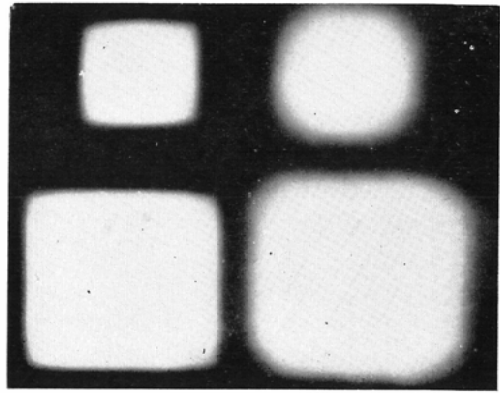
第6図 収納容器の断面図

- A : 線源, B : light localizer 光源, C : 鏡,
- D : 可変絞り, E : 半影除去可変ツープス,
- F : フィルター



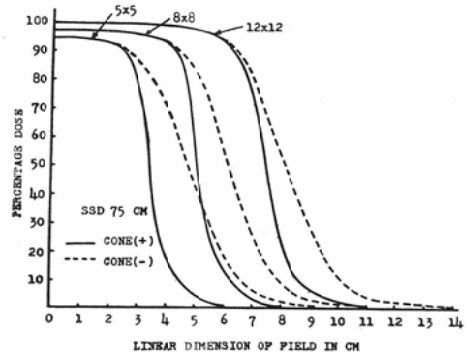
の半影除去可変ツープスを附加した。このツープスの下端は線源から 41.6 cm の位置にある (第6図

第7図 写真法によつて半影除去可変ツープスの効果を示す。



$5 \times 5 \text{cm}^2, 10 \times 10 \text{cm}^2$  放射野, SSD 75 cm  
右方は半影除去ツープスを用いない, 左方はこれを用いた場合

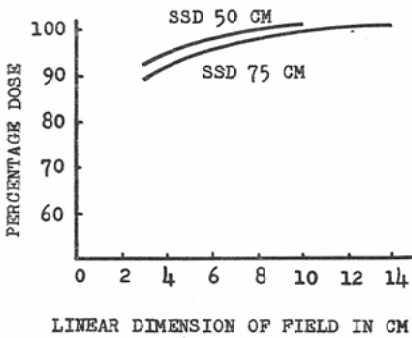
第8図 線源から 75 cm に於ける各種照射野での線量分布



E). 又組立板は板状の鉛を 1 mm の真鍮板で覆い、鉛板の保護と、二次電子放出の少くなるよう考慮されている。

この半影除去可変ツープスを用いた場合及び用いない場合の照射野での線量分布を写真フィルムによつて示したのが第7図である。条件は線源から 75 cm の距離に於て、照射野は  $10 \times 10 \text{cm}^2$  及び  $5 \times 5 \text{cm}^2$  で撮影したもので、右の周辺の不明瞭なものは半影除去可変ツープスのないもの、左のものは半影除去可変ツープスを取付けた時のものである。更に照射野の中の線量分布を前記 r-meter (Chamber Mod. 621, 体積  $0.46 \text{cm}^3$ ) で測定した結果を第8図に示す。この図から注意すべき

第9図 絞りの大きさと線量率との関係



ことは、絞りを絞つて照射野を小さくすると照射野の中心での線量が減少することである。線源からの距離75cm及び50cmに於て、照射野を正方形に選んだ場合の一辺の長さとして照射野の中心での線量率を、照射野最大の時の値を100として百分率で示せば第9図のようになる。

(b) 寝台による線吸収

回転治療をする場合に、線源が下方に来た時は、寝台を透して照射することになるので、寝台による吸収はなるべく少いことが望ましい。本装置では病巣部の下になる寝台の部分は切れこみをつくつて特に幅を狭くし、又支柱も金属を使用せずベークライトを用いて、γ線吸収の軽減を図つた(第10図)。

回転治療の場合の寝台による吸収を測定した結果は第11図に示す。図は寝台を通過しない時のγ線量を100とし、寝台上面を回転中心から種々の距離に離れた時の寝台の吸収による回転中心での線量の角度分布を示す。なお寝台に特別の工作をせず、すなわち幅も狭くせず、鉄のアンクルを用いた場合の吸収の角度分布を比較のために同図Dに示す。

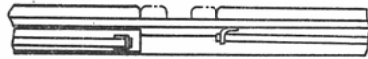
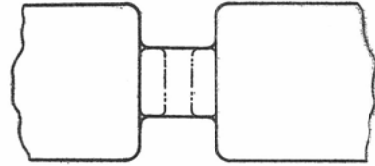
寝台の吸収による補正をするのには、回転治療の場合寝台を考えない病巣の線量に対し第1表のような補正係数を乗ずればよい。

(c) 放射口より放出される二次電子の吸収

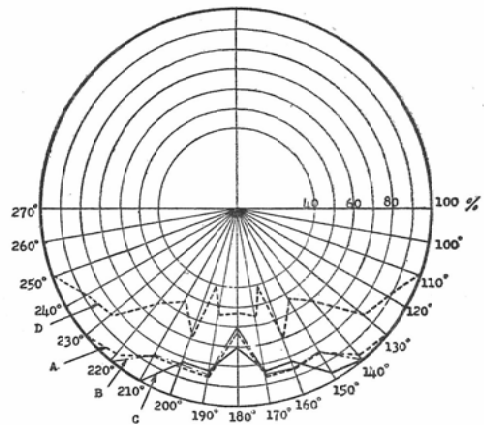
γ線による放射口よりの二次電子を除去することは、皮膚の障害を減ずる上に重要である。その

第10図 治療寝台の構造

回転放射を行う部分の寝台は出来る丈狭くしてある。尚その支柱は金属を用いずベーク棒である。



第11図 寝台による吸収, A, B, Cはそれぞれ寝台を回転中心から7.5cm, 10cm, 15cm離れた時, Dは特別の工作をしない寝台の時, 線源, 回転中心間距離75cm



ために用いられる二次電子除去用のフィルターは、二次電子を遮断するに充分な厚さと、それ自身からは出来るだけ二次電子を放出しない物質が望ましい。

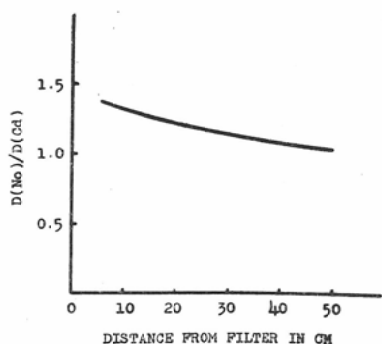
本装置に装着されているCdフィルター(厚さ0.62mm)の効果を試験するために、自作の extrapolation chamber<sup>4)</sup>を用いて次の実験を行った。

(i) 放射口から距離を変えた時の表面線量の変化

第 1 表

寝台表面と病巣との距離 (cm)	補正係数
7.5	0.96
10	0.975
15	0.98

第12図 フィルターからの距離を変えた時のフィルターのない場合とある場合の表面線量の比。フィルターからの距離が近い処ではフィルターが有効であることを示す。



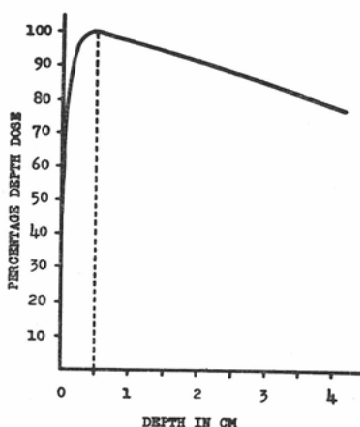
測定に用いた extrapolation chamber は電極板として25μのマイラー膜を使用しているので、Co<sup>60</sup> からのγ線及び二次電子線も同時に測定出来る。放射口の先端につけたフィルターからの距離を変えた時の表面線量を、フィルターのない場合と Cd フィルターを放射口の先端に装着した場合の比をとって第12図に示す。但し照射野は線源から50cmの距離において11×11cm<sup>2</sup> (最大の照射野)である。図から判るように放射口からの距離が離れるに従って二次電子の影響は少くなり、すなわち Cd フィルターを装着する必要度は減少してゆく。

(ii) 2, 3の物質による二次電子除去率の測定

二次電子放出の最も少ない物質としては原子番号の中程の物質、例えば Cd (Z=48) などは最もよいとされているが、銅 (Z=29) やアルミニウム (Z=13) などを用いた場合にはどうなるかを測定した。extrapolation chamber を線源から50cmの距離におき、可変ツープスの下端にフィルタ

第13図 Co<sup>60</sup> の深部率曲線

S S D : 50cm 照射野11×11cm<sup>2</sup>



第 2 表 各種フィルターの二次電子除去率

フィルター種類	厚さ (mm)	透過率 (%)	表面線量 アクリル5mmの深さの線量
なし		100	0.62
Cd	0.62	97	0.45
Cu	0.25	99	0.51
Cu	0.51	98	0.48
Cu	1.00	97	0.48
Cu	1.64	95	0.49
Al	0.47	99.5	0.61
Al	1.01	99	0.59
Al	1.98	98	0.59
Al	2.99	96.5	0.60

ーを装着した。照射野は (i) の実験と同じ。フィルターの効果を比較するのに、表面線量とアクリルの5mmの深さにおける線量の比の値で比較した (アクリル5mmの深さで電子平衡の条件は成立つと考えられる)。これは第13図から判るように Co<sup>60</sup> の深部率曲線に於て、表面量と最大量との比と考えるとよい。この結果は第2表に示されている。

この表からフィルターとして最も優れているものを選べば Cd 0.62mm (表面線量は最大値の45%)、次には Cu 0.51mm (48%) でその差は僅少である。Al は除去率が悪くフィルターとしては不適當である。本装置では、第6図からも判るように、線源から50cmという距離は、二次電子を最も多く出す

第3表 振子運動時に、反転に要する時間

回転速度 r.p.m.	回転運動		振子運動			時間差	1切替に 要する 時間
	回転数	時間	角度範囲	往復数	時間		
0.45	2回	4.分28秒	90°	4	4.分33秒	5秒	0.62秒
0.55	2	3.40	90	4	3.53	13	1.63
0.67	2	2.58	90	4	3.16	18	2.25
0.82	2	2.26	90	4	2.52	26	3.25
1.00	2	2.00	90	4	2.30	30	3.7

と考えられる鉛の可変絞りから25cmの距離にあり、又可変ツープスの先端から8.4cmの距離であるが、可変ツープスの内面は二次電子放出の少くなるように1mmの真鍮板で覆っているので、フィルターの無い場合でも二次電子の表面線量に及ぼす影響は比較的少ないと考えられる。

#### (d) 振子運動時の両端での滞留時間

Co<sup>60</sup> 容器が振子運動した時、方向の逆転する両端では一度運動が停止して又加速されるので、一様な運動ではない。反転する箇所では滞留時間が長くなる。この現象は運動速度を速くした場合、益々顕著にあらわれる。いま回転運動と振子運動を行つた時、総計で同じ角度範囲(720°)を運動した時に要した時間から、1反転に要する時間を測定した結果を第3表に示す。表から明らかかなように、運動照射をする場合に、どの方向からもなるべく一様に照射されるためには、回転速度は遅く選ぶべきである。

### Ⅲ. 放射線錐を病巣に正確に適中せしめ、且つこれを監視する工夫

以下に記す工夫は、何れも使用者側の体験から考え出されたものである。

#### (a) Light localizer 特に Back light localizer

在来用いられている3点照準による病巣合せ器以外に実際にγ線によつて照射される範囲を正確に知るために、第6図に示されているような light localizer がある。光源は線源と同じ直径(20mmφ)の特製すり硝子電球を用い、鏡によつて照射口から出る光は Co<sup>60</sup> の線源から出るγ線と半影も合せて全く等しくなるように考慮されてい

る。又γ線が人体へ入射する時の照射野は上述の light localizer でよくわかるが、人体からのγ線の出口の範囲を知り度い場合がある。これを知るために back light localizer を附加した。対向板の上に Co<sup>60</sup> 線源を中心とする円弧上に光源を4個置き、それらからのビームは常に線源を向く様にして、線源の絞りに応じて円弧の上をスライドさせれば、そのビームは人体からのγ線の出口を示すことになる。この実験の詳細は別に発表の予定である。

#### (b) X線撮影装置の装着

病巣の位置を確認して正しくそこにγ線を照射させるためにポータブルのX線装置を附加し、患者が治療中と同じ姿勢で写真撮影が出来る。寝台を治療の時の位置から55cm引出して写真をとれば、治療中γ線によつて照射されると全く等しい位置的関係が分るように、X線管球の焦点と Co<sup>60</sup> の線源とは幾何学的に等しい配置に取付けられている。これらの実験結果は続報に於て発表の予定である。

#### (c) 線錐病巣適中監視装置

回転治療を行う場合に、治療中果して病巣が正しく照準されているかどうかは最も重要な問題である。この装置には一つの試みとして次のような監視装置が附加されている。原理は回転横断撮影によつて病巣の位置を確認すると共に、その写真をもとにした模型を用い、回転治療中光の影を監視することによつて、患者が正しい位置にいるかどうか判別するものである。光源と模型取枠の中心と治療器の回転中心とは同一直線上にあり、然も下端に鉛の錘りがあつて、回転治療中も寝台



上の患者と、模型とは何時も同じ方位に保たれ、従つて光源からのビームが模型によつて遮られて出来る影は患者の輪廓と一致する理である。この影を監視することによつて、照準の正しいか否かを監視出来る。尙、この装置の実験成績については改めて報告する予定である。

### 3 考 按

従業員の被曝を最小にせんとするの論

現在放射線の最大許容量は 300mr/w, 5r/yとされているが<sup>8)</sup>、余等はこれを一般大衆の許容量、すなわち、30mr/w 或いは一年の場合は更にへつて 500mr/y に迄引下げることが適当だと考えている<sup>9)10)</sup>。そうすれば従業員が一年中同一職場で働いているとすれば一そしてそれは本邦では普通であるが—12mr/w であつて 2 mr/d 以上の被曝を受けぬことが望ましい。現在余等の病院ではこの装置で一日40名以上の治療を行つているが、患者の整位、放射野の設定等で 200分程度は治療室内で容器よりの漏洩線に曝されている。然しそのための被曝は 2 mr/d を越えぬ筈である。本邦に於ては容器よりの漏洩線量は 1 m の距離に於て 12.5mr/h 以下にきめられているが<sup>5)</sup>、米国では、2 mr/h を超えないことが勧告されている<sup>6)</sup>。余等の要求はこの国際的の水準に迄、線防禦のレベルを引上げることに在つた。実際 X線深部治療の様な場合と違つてγ線では同一の最大許容量では律せられない。深部量が多くなるからである。最大許容量を出来る丈引下げようとの余等の考えは、実際外国の基準よりも厳格であつたが、この点は現在正しいことだつたと考えている。

尙制御室は、線防禦は完全であるので、この程度なら制御室に穴をあけて、鏡に治療室をうつす仕方より、直接に室内を覗ける水窓方式がよいと考えている。

放射線錐を均質にし、且つその線錐の輪廓を鮮鋭にするの論

Co<sup>60</sup> のγ線は本来は単波長の純粋なものではあるが、治療に用いる場合は放射口その他より Compton 効果により長波長の散乱線及び二次電子線が発生してその組成は不純なものとなる。然

し本来の純粋度を保たせる方が望ましい。長波長の放射線を加味した連続スペクトルになる度合は Co<sup>60</sup> の遠隔放射の場合は甚しいと指摘する人<sup>7)</sup>もいるが、余等は実際にファントムを用いた等量曲線図より勘案すると、臨床的にはこれは重要視する必要があるまいと考えている。

電子線による汚染は重要である Cd, Cu 等のフィルターを用いて、これによる皮膚障害を少なくせねばならぬ。さもないと切角のγ線の特長を無にすることになる。現在の様なウェフェース型の線源を使用する限り半影の起ることは避けられない。半影が甚しければ、体深部の病巣に、容積線量を少くして合理的な放射をなさんとするこの装置の目的が失われるからである。余等は Co<sup>60</sup> のγ線が X線より生物学的作用が優れているとは考えない。寧ろ反対である。γ線の線質の均質があつて始めて皮膚を害せず然も深部量を増せるので初めて所期の目的が達せられると考えている。

Ⅲに述べた病巣に放射線を適中させる事の重要性は実際臨床上重要なことであると思われる。然しこれらの詳細については後報に詳述することにしよう。

実際に出来上つた装置を見ると、この装置の使用し易い点は殆んど大部分は製作者の機械的工学的創意に負つている様である。たゞ、本邦の如き国情に於いて、又、製作者の現状から考えてこれらの如き新しい装置を設計する時、実際に使用する側と協力して設計を行う時は比較的更によいものが出来るだろうということは今度の経験でも明らかになつた。尤も、この余等の工夫も含めて、この装置が最善なものだ等とは考えていない。本邦の他の製品も夫々の立派な企劃でつくられた特長のある優秀製品である。此の論文の目的はそれらと優劣を論ずるために記述されたのではない。然しこの余等の基本原則は、これらの装置を製作するとき先ず問題にすべき事だろうと云う事である。

### 4 要 約

(1) Co<sup>60</sup> 回転治療装置の設計製作に当り、使用者側の要請として、1. 従業員に対する職業

被曝を最小限にすること, 2. 人体に到達する放射線錐を均質にし, 且つその輪廓を鮮鋭にすること, 3. 放射線錐を病巣に正確に適中せしめ, 且つその適否の監視装置を備えること, 以上三つの基本原則を出した. 具体的には容器の遮蔽, 対向板, 半影除去可変ツープス, 寝台, light localizer, X線撮影装置, 監視装置等の改良となつた.

(2) 本装置に対し, 次のような基礎的実験を行い検討を加えた. 直接線, 漏洩線, 散乱線, 半影, 寝台による線吸収, フィルター, 振子運動の両端での滞留時間, そしてこれらの三原則を略々満足させる結果を得た.

本器製作に当り, 協力を惜まなかつた島津製作所. 特に設計を担当された島津製作所員喜多康雄氏の真摯な

努力に感謝する.

測定では植田俊男君の助力を願つた.

(本論文の要旨は昭和33年2月9日, 日本医学放射線学会東海北陸部会において発表した.)

#### 文 献

- 1) W.R. Dixon, C. Garrett, and A. Morrison: Nucleonics 10, p. 42-45, 1952. — 2) C.B. Braestrup and R.T. Mooney: Radiology 64, p. 17-28, 1955. — 3) 尾関巳一郎他: 日医放誌, 18, 896-900, 昭33. — 4) 岡島俊三他: 日医放誌, 18, 196-202, 昭33. — 5) 改正医療法施行規則別表第6. — 6) Protection Against Radiation From Radium, Cobalt-60 and Cesium-137, Hand Book 54, p. 22, U.S. Department of Commerce, National Bureau of Standards. — 7) 村地孝一, 私信. — 8) Stone, S.: Amer. J. Roentg., 78, 6, p. 993, 1957. — 9) 高橋信次: 臨牀放射線, 掲載予定. — 10) 高橋信次: 日本医事新報, 1784, p. 8, 1958.