



Title	胸部エックス線撮影法の基礎的研究
Author(s)	梅垣, 洋一郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1954, 14(4), p. 268-277
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/15296">https://hdl.handle.net/11094/15296</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

## 胸部エックス線撮影法の基礎的研究

東大放射線科(主任 中泉正徳教授)

梅 垣 洋 一 郎

(この研究の概要は第10回日本醫學放射線學會總會に報告したものである。)

(昭和29年2月3日受付)

### 研究内容

胸部エックス線撮影の技術的臨床的要素を吟味し、その病巣の発見並びにその判讀を確實にし、胸部疾患の診断及び治療方針の決定に資せんとする。

#### (I) 胸部撮影に於けるエックス線量並びに線質の検討と撮影条件決定法

(内容梗概)

##### 研究目標

胸部エックス線寫眞の適正な撮影条件を與えるエックス線量並に線質を検討し、これを決定する方法を考案する。

##### 研究方法

i) エックス線量計を用いて各種装置の發生エックス線量を測定する。

ii) 光電二次電子増倍管を使用するエックス線蛍光光量計を試作し、これにより各種装置の發生エックス線の量的、質的測定を行う。

iii) エックス線蛍光光量計を用いて露出計を製作し、又蓄電器放電式装置の充電電圧決定装置を製作する。

##### 研究結果

i) 各種結線様式の装置についてエックス線量及び線質の考察を行つた。

ii) エックス線蛍光光量計を露出計及び充電電圧決定装置として應用し、満足すべき結果を得た。

### 1. 緒 言

エックス線撮影法殊に胸部撮影法の最近の技術的進歩は極めて著しい。エックス線撮影を定量化し、自動的に進行装置としてフォトタイマー<sup>1)2)3)</sup>

及びイオントマートが既に實用化せられて居る。我國では戦後蓄電器放電式装置が完成せられ、その優秀な性能が認められて居る。私はエックス線量計を用いてエックス線撮影時に發生するエックス線を定量すると共に、光電二次電子増倍管を用いたエックス線蛍光光量計を用いて、エックス線撮影時に増感紙又は螢光板から發生する螢光量を測定してエックス線撮影の量的、質的研究を行つた。次いで蓄電器放電式装置の充電電壓を決定する方法を考案した。

### 2. エックス線量及び螢光量測定法

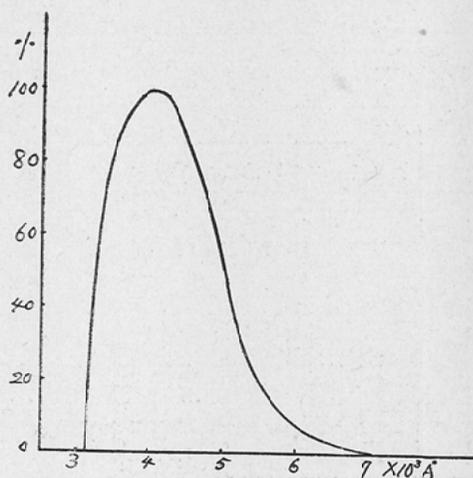
#### i) エックス線量計

キュストナー標準線量計及びシーメンスユニバーサルドージスメツサーを使用した。

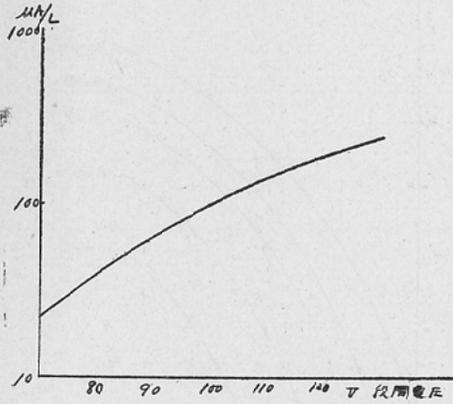
#### ii) エックス線蛍光光量計

光電二次電子増倍管はマツダ MS 6 S 及び RCA

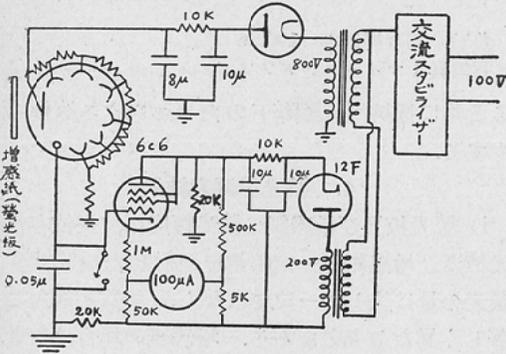
第1圖 a マツダ光電増倍管の波長特性



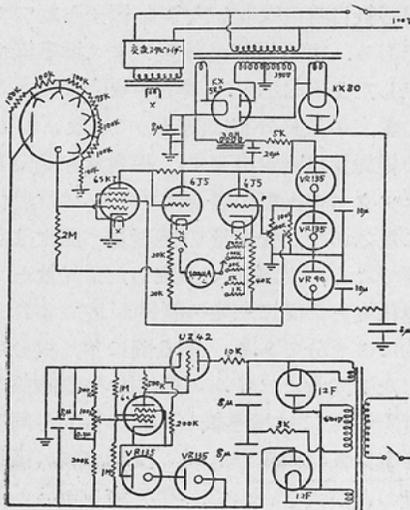
第1圖 b マツダ光電増倍管電圧—出力特性



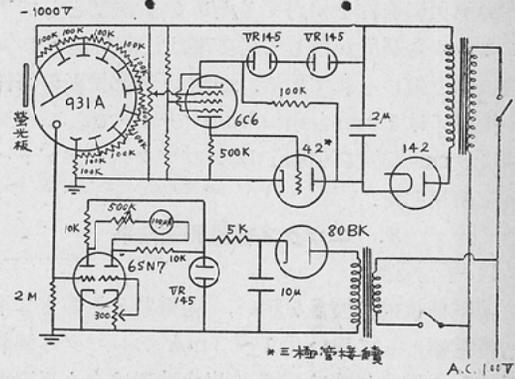
第2圖 a 充電型X線露出計結線圖



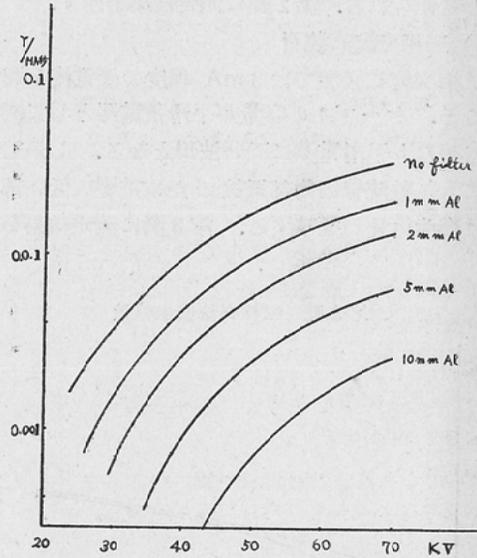
第2圖 b 瞬間及び積算螢光量測定用エックス線量計



第2圖 c RCA 931Aを用いたエックス線螢光光量計



第2圖 平滑電壓發生線量



焦點線量計電離槽距離 100cm

シーメンスユニバーサルドーズメツサーに依り測定 931Aを使用した。MS 6S の波長特性及び増倍度は第1圖に示す通りである。増倍管出力電流は平衡型真空管電圧計で測定して居る。増倍管に供給する直流高圧は電圧安定装置を通じて安定を計つた。積算螢光量測定の場合には増倍管出力に mA 秒計の並列抵抗を外したのもの一約 50μA 秒計相当一を接続するか、増倍管出力電流を蓄電器に充電してその端子電圧上昇を測定するかの方法を用いた。前者の場合は mA 秒計の誤差を考慮せねばならぬし、後者の場合は増倍管のベース及びソケットリークが測定範囲に限界を與える。

iii) 胸部撮影用試験體

胸部撮影條件を検討するための試験體としてアルミニウム階段が適して居る事は江藤氏<sup>4)</sup>の實驗に依り確められて居る。通常の胸部撮影の條件の検討には1mm乃至10mmで充分である。又別に5cm厚及び10cm厚のワックスフアントームを使用した。

3. エックス線量測定結果

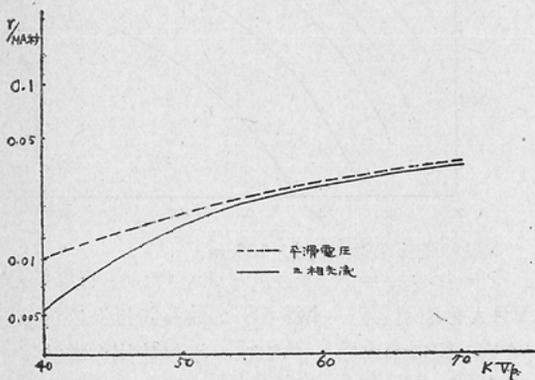
1) 平滑電壓

蓄電器放電式装置を用い、蓄電器をそのまま平滑蓄電器として用い、1~3mAのエックス線管電流を通電する時は、その出力波形は全く平滑電壓と考えられる。第2圖に測定結果を示す。

ii) 三相交流式装置

三相交流式装置では3mA程度の管電流を通電すると、ケーブルの容量が平滑蓄電器として働いてかなり平滑電壓に近い波形となる。しかし直列に入る整流管の内部抵抗のため電壓の低い部分では發生線量が低下する。第3圖に測定結果を示す。

第3圖 三相交流發生線量



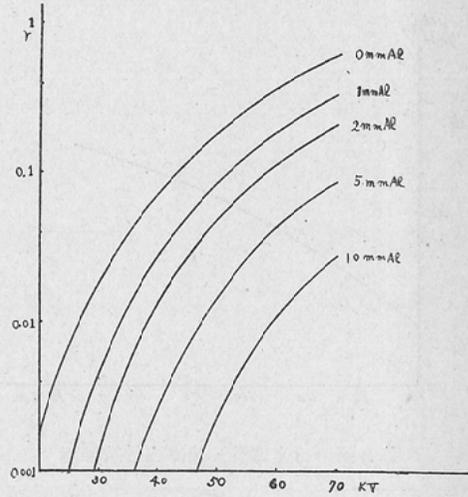
焦點，線量計距離 100cm  
キュストナー標準線量計に依り測定

iii) 蓄電器放電式装置

蓄電器容量1マイクロファラッド，直列抵抗を0オームとした時，蓄電器全放電により發生するエックス線量を(i)の結果から計算して第4圖に示した。

直列抵抗値が大となり，又波高電流値の増加す

第4圖 蓄電器放電式装置發生線量



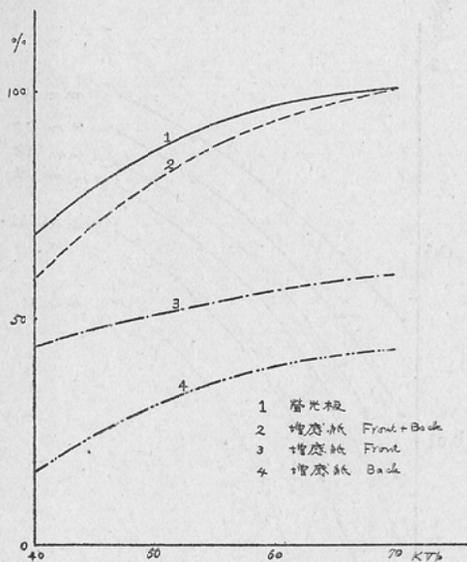
焦點，電離槽距離 100cm  
蓄電器1マイクロファラッド

と共に抵抗内電壓降下のためエックス線量は減少する。

4. 螢光量測定結果

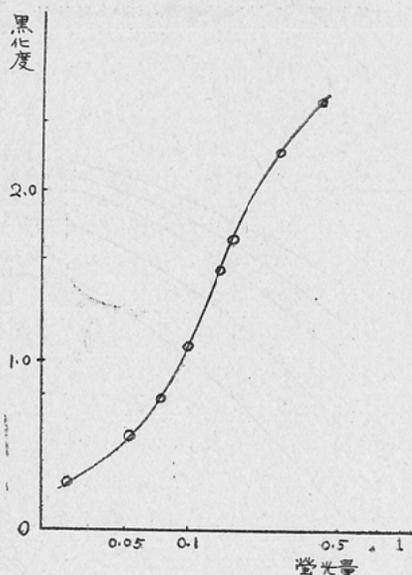
i) 螢光板及び増感紙の螢光輝度の波長依存性螢光板及び増感紙に一定線量を照射した時發生する螢光の量は決して一定ではなく，線質が異なると著しく異なるものである。増感紙の場合は普通前後両面に増感紙があり，その各々から發生する螢光の量は更に著しい波長依存性を示している。これは増感紙自身の吸収が大きな因子となつて居るからである。第5圖に島津製アクメ増感紙について測定した1例を示す。著者の場合螢光板及び増感紙の螢光の波長分布は測定して居ないので，螢光量の絶對量は測定出來ず，相對量を測定して居る。エックス線撮影の場合はフィルムの黒化度が問題になるので，螢光量の絶對量の測定は必ずしも必要でなく，光量計で測定した螢光量とフィルムの黒化度との間に一定の關係が成立すれば著者の目的には充分である。第6圖に螢光板を用いて測定した螢光量とフィルム黒化度との關係を示した。實際測定には増感紙の両面の螢光を同時に測定する事は甚だ困難であり，又増感紙の種類により特性の差が大きいので，螢光板を用いた方が測

第5圖 螢光板及び複増感紙の波長依存性



螢光板 Super Astral  
 増感紙 Acme  
 70KVp(三相交流)の螢光量/r を100%とす

第6圖 螢光量と黒化度



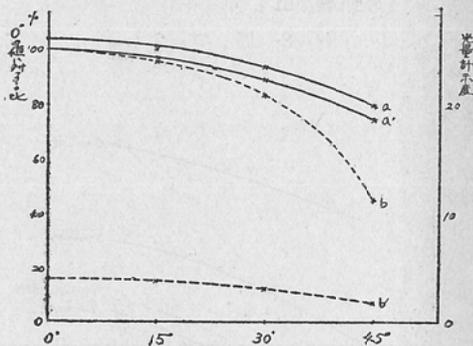
定に便である。螢光板で測定した螢光量とフィルム黒化度との間には増感紙同様一定の關係が成立するが、吸収層の無い時と厚い吸収層のある時と

で、同一螢光量でも少々黒化度が異なる。しかし胸部撮影の範囲内では殆ど誤差がないと考えてもよい。又螢光板の螢光の方が光電二次電子増倍管による測定に適して居るので以後の實驗はすべて螢光板 Super Astral を用いて測定した結果を用いた。

ii) 螢光板及び増感紙の方向依存性

螢光板や増感紙は平面に螢光物質を塗布してあるから當然方向依存性が甚しい。即ち面に直角にエックス線が入射する時螢光輝度は最大、切線状に入射する時最小である。方向依存性は入射エックス線の波長が短くなると共にその程度が少くなる。エックス線撮影の場合には當然増感紙の方向依存性が効いて來るので、螢光量測定による撮影條件の決定は線量測定による決定よりよい結果が得られる事が分る。

第7圖 撮影角度と線量一方向依存性



充電 48KV 1.33 $\mu$ F  
 XDW 10KW 0.5mmAl 濾過  
 a: 透過前—螢光板の方向依存性  
 a': 同% 0°の線量に對する比  
 b: 10cm ワックス透過後  
 b': 10cm ワックス透過後%

iii) 各結線方式についての測定結果

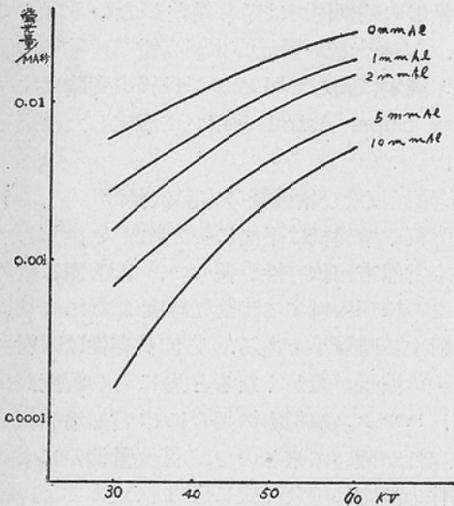
a) 平滑電壓

結線方法はエックス線量測定の場合と同様にして測定した。第8圖1及び2

b) 蓄電器放電式装置

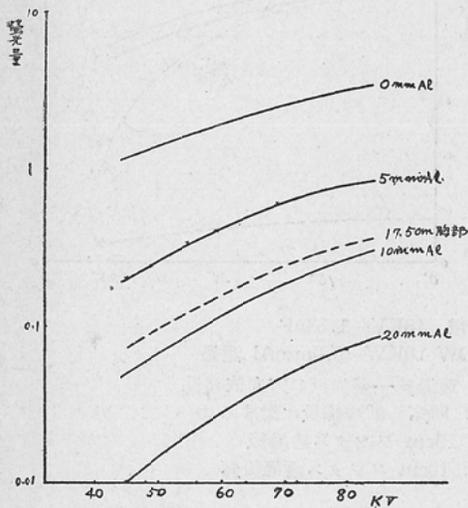
蓄電器容量 0.5 乃至 2  $\mu$ F, フィラメント加熱方式とし、100mA<sub>p</sub> としたので直列保護抵抗 1.5K $\Omega$  のための電壓降下は殆ど無視出来る。第9圖

第 8 圖 の 1



平滑電壓 電壓螢光量特性  
60KV 1r 當りの螢光量を 1 とす  
焦點 螢光板距離 1m

第 8 圖 の 2



間接撮影の場合の電壓・螢光量特性  
平滑電壓 螢光板極光

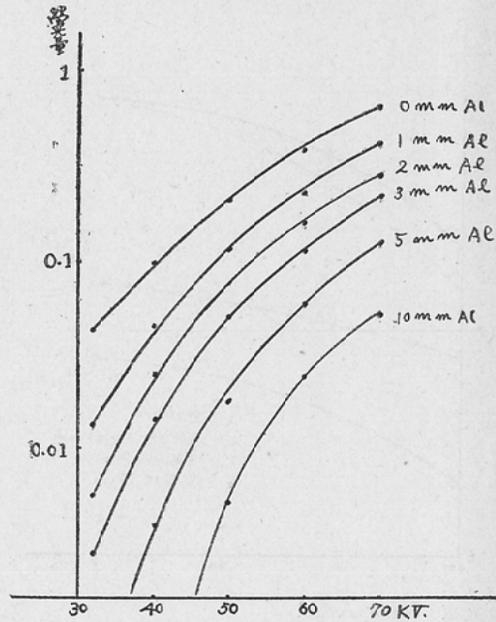
c) 全波整流装置

東芝製 KX0-8型500mA装置を使用した。電壓表は波高電圧計により校正を行つて決定した。第10圖

5) 測定結果の考察

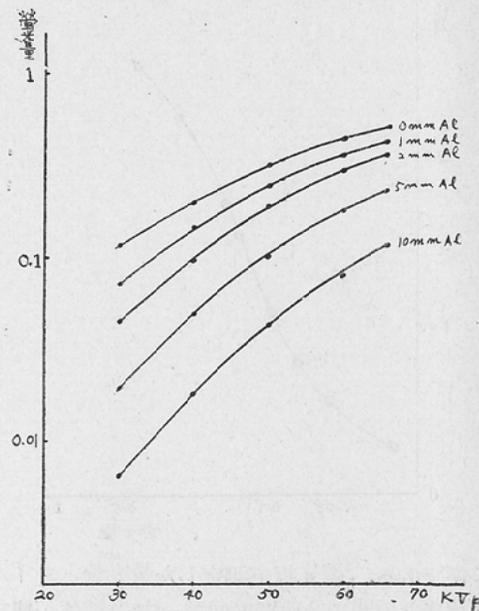
i) 各結線方式の發生するエックス線量及び螢光量の比較

第9圖 蓄電器放電式装置



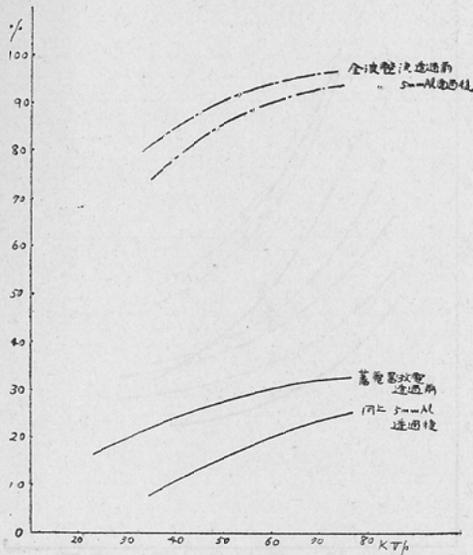
電壓・螢光量特性  
容量 1 マイクロファラッド  
焦點 螢光板距離 1m

第10圖 全波整流電壓—螢光量特性



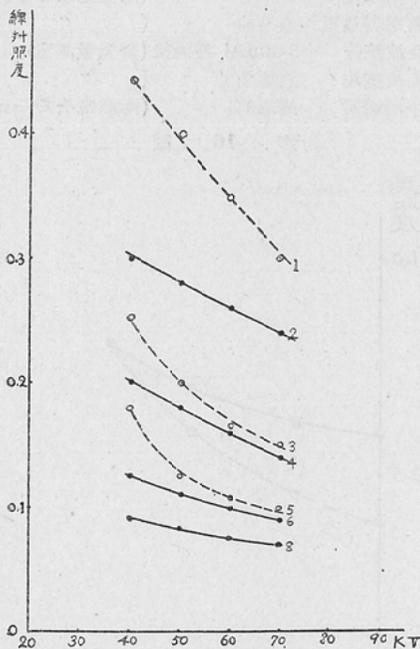
200MA 0.1秒 焦點・螢光板 1m

第11圖 螢光發生能率(螢光量/MA 秒)



平滑電圧を100%とす

第12圖 エックス線量測定より出した線対照度



平滑電圧及び蓄電器放電の線対照度

1	0 mm Al 透過後	} 平滑電圧	2	0 mm "	} 蓄電器放電
3	2 mm "		4	2 mm "	
5	5 mm "	} 蓄電器放電	6	5 mm "	
8	10 mm "		8	10 mm "	

平滑電圧を基準とすると第11圖の結果を得る。この表より全波整流及び蓄電器放電式装置の1 MAS 當り發生するエックス線量及び螢光量が平滑電圧の何分の1に相當するかを知り得る。

ii) 各結線方式の線質の比較

3)4)の測定結果中、アルミニウムによる減弱からアルミニウムに対する線對照度を求める。即ち透過前エックス線量或いは螢光量を  $I_0$  とし、アルミニウム 1 mm 透過後のエックス線量或いは螢光量を  $I$  とする時、線對照度を  $-(\log I - \log I_0)$  と定める。同一線對照度を有する平滑電圧を等價電圧と定めると、蓄電器放電式装置及び全波整流装置の等價電圧は第14圖の如く示される。エックス線量測定に依る場合の値も、螢光量測定に依る値も大體一致する。

iii) 管電圧と露數

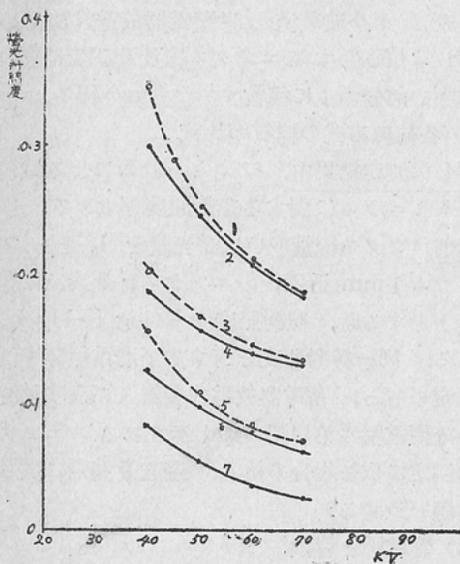
平滑電圧  $V$ 、通電電氣量  $Q$  をエックス線管に負荷すると一般に發生するエックス線量は  $D = KV^2Q$   $K$ : 比例常數で表わされる。しかしエックス線が物體を透過すると、上記の關係は變化し吸収層が厚くなると共に透過線量  $D'$  は  $V^2$  でなく、 $V^3 \sim V^6$  に比例する様になる。螢光量についても同様の關係が成立する。露數は殆ど一致して居る。露數  $n$  と管電壓及び吸収層の厚さとの關係を求めると第15圖の通りである。蓄電器放電の場合は露數が平滑電圧より1多くなる。

6) エックス線量及び螢光量測定とフィルムの黒化度及び對照度

以上に行つた實驗はエックス線撮影を定量化するために行つたのであるから、上記の方法で撮影條件を定めて撮影を行つた場合常に期待するフィルム黒化度及び對照度が得られなければならない。今蓄電器放電式装置及び全波整流装置を用いて1~12mm のアルミニウム階段を撮影して黒化度曲線を求め黒化による對照度から5)ii)の等價電圧を求めると、よく一致して居る。(14圖)

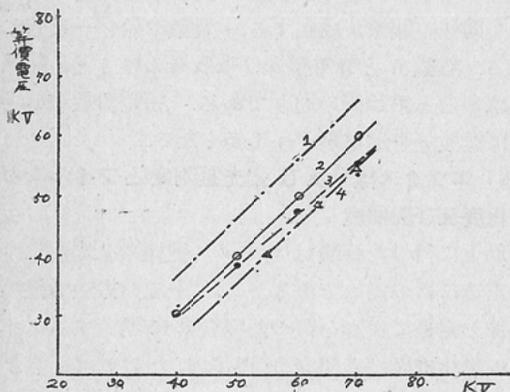
次に種々の電圧、吸収層の厚さに對するエックス線量及び螢光量の測定結果から、同一エックス線量又は同一螢光量を發生すべき電氣量を通電して撮影を行つた時のフィルム黒化度を求めると螢

第13圖 螢光量測定による對照度



- 1 蓄電器放電 透過前
- 3 " 2 mmAl
- 5 " 5 mmAl
- 2 平滑電壓 透過前
- 4 " 2 mmAl
- 6 " 5 mmAl
- 7 " 10mmAl

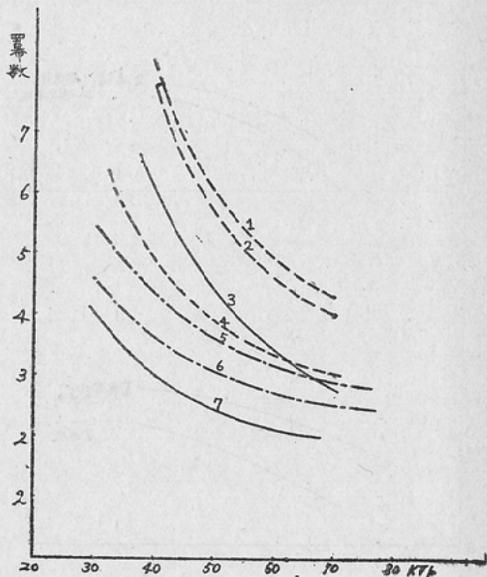
第14圖 等價電壓表



- 1. 全波整流 (黒化度曲線)
- 2. 蓄電器放電 (エックス線量測定)
- 3. 蓄電器放電 (螢光量測定)
- 4. 蓄電器放電 (黒化度曲線)

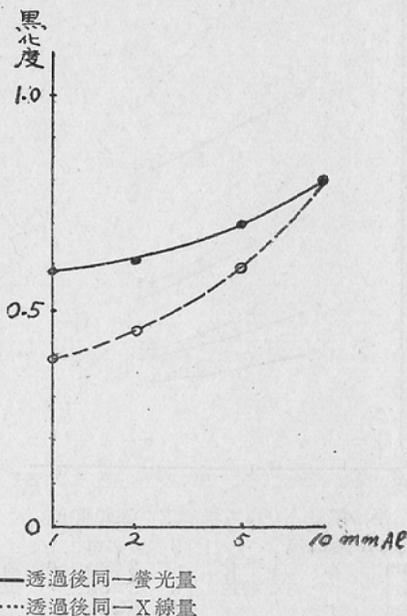
光測定法による方法がよりよい一致を示して居る。この結果から螢光量測定による撮影條件の決定法は正確に期待通りのフィルム黒化度と對照度を得る事が分る。16圖

第15圖 電壓と幕數

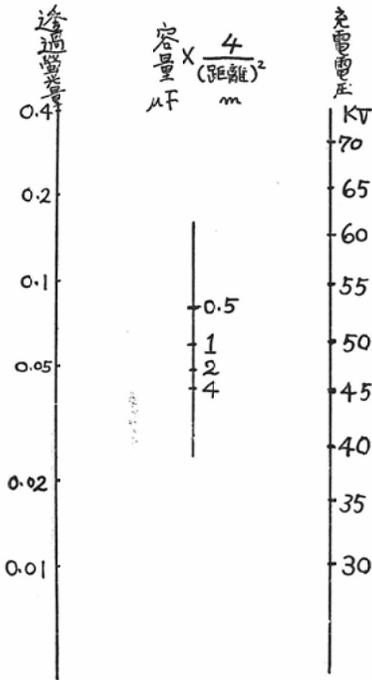


- 1 蓄電器放電 5 mmAl 透過後 (エックス線量測定)
- 2 同上 " (螢光量測定)
- 3 平滑電壓 " (兩測定法で一致)
- 4 蓄電器放電 透過前 ( " )
- 5 全波整流 5 mmAl 透過後 (螢光量測定)
- 6 全波整流 透過前 ( " )
- 7 平滑電壓 透過前 (兩測定法で一致)

第 16 圖

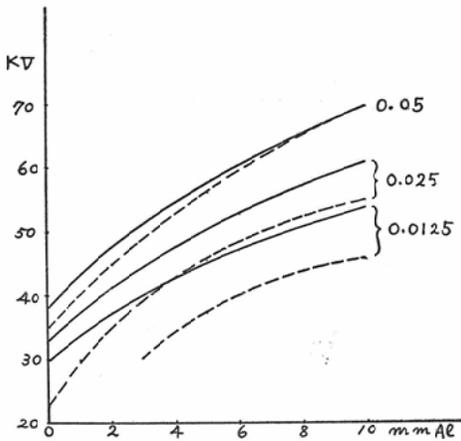


第17圖 X線露出計用計算圖表



蓄電器放電式装置

第18圖 0~10mmAl 透過後同一蛍光量を與える電圧



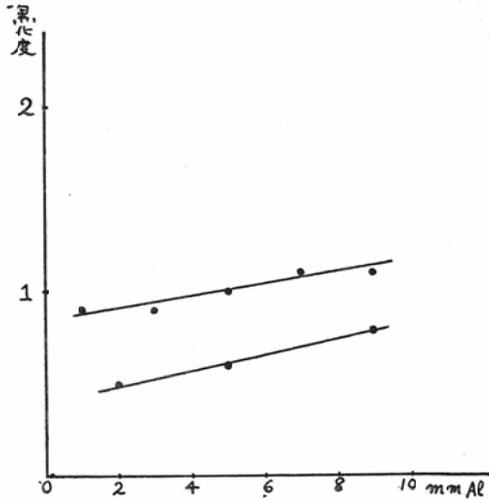
.....蓄電器放電式 1 マイクロファラッド  
 ——平滑電圧 10MA 秒  
 焦點蛍光板距離 1m

7) エックス線光量計の應用

i) 露出計としての應用

前項迄に述べた所に依り、エックス線光量計を

第19圖 充電電圧決定法により得られた黒化度



用いて被寫體透過後のエックス線による蛍光量を測定し、これから適当な電圧、電氣量を決定すれば何時でも期待通りの黒化度と對照度を有するエックス線寫眞が得られる譯である。併しながら測定の際の操作や、計算が面倒では實際の役に立たない。今測定の時常に一定の電圧、一定の電氣量を通電し透過するエックス線量を測定してこれから適当な電圧、電氣量を算出することが出来る。蓄電器放電式装置の場合には充電電圧  $V_0$  (表では 60KV) で 1 回曝射を行つて測定すれば直ちに必要な容量と電圧が分る。條件決定用には撮影用程の容量を必要としてないから専用の小容量蓄電器を用いるものもよいであろう。第 17 圖に計算圖表の 1 例を示した。

ii) 充電電圧決定装置としての應用

a) 蓄電器放電式装置の充電電圧と透過線量の關係

3)及び4)に於いて平滑電圧及び蓄電器放電式装置についてエックス線量及び蛍光量測定結果を示した。この結果から 0~10mm アルミニウム透過後同一蛍光量を與える平滑電圧及び充電電圧を求めると第18圖の如くである。既に第15圖に示した如く平滑電圧と蓄電器放電式の場合、物體透過後の線量と電圧の關係は  $D = KV^n$  (平滑電圧),  $D = KV^{n+1}$  (蓄電器放電式となり、兩者の間に  $V^1$  だけ

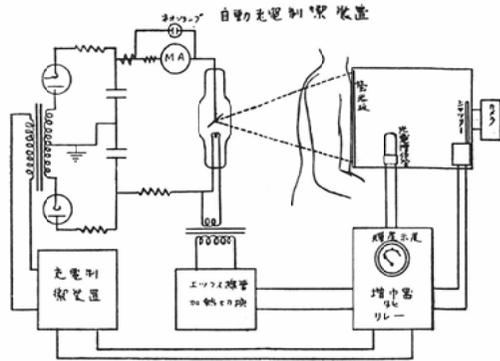
のずれが出来るわけである。そのために第18圖に見られる差が生ずる。

b) 充電電圧決定装置

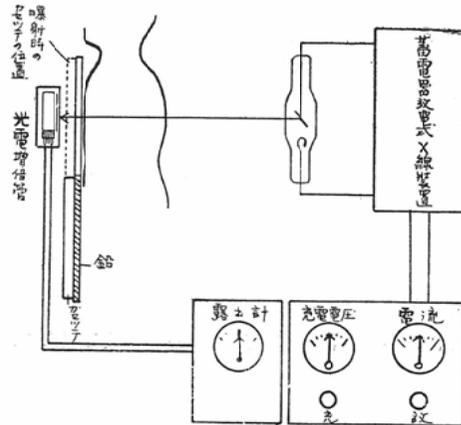
蓄電器放電式装置を充電する時一定の小電流約 1~2mA を通電しながら充電すると、充電電圧に應じてエックス線を發生する。このエックス線を被寫體透過後にエックス線光量計を用いて測定すると、充電電圧上昇と共に透過エックス線が増加して行く。一定の強さに達した時直ちに充電を中止して、カセットを所定の位置に入れ放電を行つて撮影を行う。アルミニウム 2~10mm につきこの方法で撮影を行つて黒化度を求め第19圖の如き結果を得た。即ち電圧の低い方では黒化度が低く、電圧の高い方では黒化度が高くなる傾向がある。これはa)に述べた露数の相違による結果である。勿論このまゝでも比較的狭い範圍では充分黒化度一定と見做して差支えない。胸部撮影のみの場合蓄電器容量1マイクロアラッドを使用すると胸厚 10~20cm に對し充電電壓40~60KV を要するが、この方法で撮影條件を定めた場合 50KV を標準とすれば、40KV では 0.1 だけ黒化度が低く、60KV では 0.09 だけ黒化度が高いという結果で實用上は補正の必要を認めない。しかしながら更に廣い範圍にわたつてこの方法で撮影條件を決定するためには充電電壓に比例してエックス線光量計の感度を上昇させる様にすれば、平滑電壓の露数  $n$  を 1 上昇して蓄電器放電の露数  $n+1$  に等しくした事になり、完全に一定の透過エックス線量、従つて一定の黒化度を得られる事となる。その補正の方法としては光電二次電子増倍管供給電壓に蓄電器充電電壓の一部を加えて増倍度を蓄電器充電電壓に比例させればよい。著者の使用したマツダ MS 6 S の場合は基本供給電壓 500V の他に充電電壓 1KV 當り 3.5V を加えればよい。又蓄電器に大容量のものを使用し、電荷の一部分のみを放電させて波形をなるべく平滑電壓に近くすればやはり露数は平滑電壓の  $n$  に一致して透過線量の誤差がなくなる。これは高壓三極管が使用出来る様になれば最もよい方法となるであろう。

c) 直接撮影及び間接撮影への應用

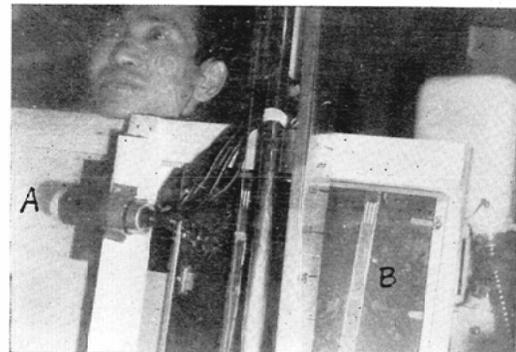
第20圖 間接撮影用充電電壓決定装置



第21圖 直接撮影用充電電壓決定装置



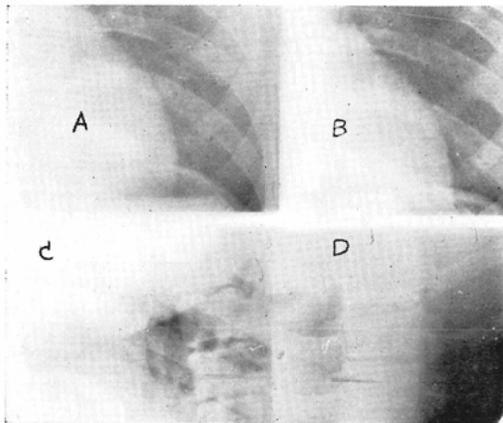
第22圖 直接撮影用充電電壓決定装置



A: 光電管プローブ  
B: カセット

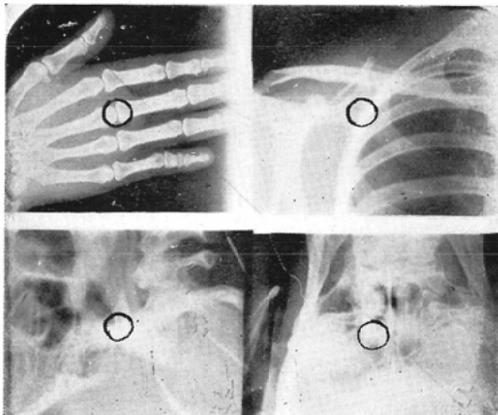
上記の原理に基いた充電電圧決定装置を製作して實際に使用して種々の厚さの胸部及び他の部位を撮影して充分實用可能である事を確めた。直接

第23圖 同装置を用いて行つた撮影



AB 胸部背腹  
C 胸部右左  
D 胸部中央

第24圖 充電電圧決定装置を骨撮影に應用した例



○は照準點

決定せられた電壓

- A 32KV 1 $\mu$ F 1m
- B 48KV " "
- C 56KV " "
- D 60KV " "

撮影の場合は充電中カセットを鉛板の後ろに入れて置き、充電完了と共に所定位置に入れて放電し撮影する。間接撮影の場合はレンズの前にシャッターを装備し、充電中シャッターを閉じて置き、完

了と共にシャッターを開き放電を行い、撮影する。直接撮影の場合は RCA931A を使用し充電中通電電流 1mA、間接撮影の場合はマツダ MS6S を使用して通電電流 0.5mA で充分であつた。充電所要時間は 2~3 秒で条件決定のために通電した電気量は 3MA 秒以下で被寫體の受ける線量も少く、又エックス線管にも殆ど負荷とはならない。この場合最も重要な事はエックス線管電流を一定に保つ事であり、絶対に纖維加熱回路に電壓安定装置を必要とする。又長時間使用するとエックス線管の纖維加熱電壓と管電流の關係が變つて來るので時々調整しなす必要があつた。エックス線管電流を常に一定に保つ様な纖維加熱電壓安定装置を作る必要があると考えられる。

d) 本装置とフォトタイマーの比較

i) フォトタイマーは曝射時間を自動的に決定するもので、本装置は撮影電壓を決定するものである。胸部撮影では撮影電壓を變化する方がより合理的である。

ii) 短時間撮影を行う場合フォトタイマーは誤差を生じ易いが、本装置では如何に短時間撮影を行つても誤差は生じない。

iii) 決定された充電電壓に對して常に許容範囲内の最大電流を直ちに選擇する事が出來て撮影條件に無駄がなく、且つ安全に操作し得る。

以上の點に於いて本装置はフォトタイマーにすぐれる點を有すると考える。

本研究に當り終始御指導頂いた中泉教授、江藤助教に感謝し、又光電管を貸與下さつた東芝田中正道氏駒井喜雄氏、東大物理磯矢彰氏の御厚意に感謝する。

文 獻

1) P. morgan, Hodge: Amer. J. Roentgenol. Vol. 48, p. 220. —2) P. morgan: Amer. J. Roentgenol. Vol. 53, p. 474. —3) P. morgan: Radiol. Vol. 54, p. 64. —4) 江藤秀雄他: 日本醫學放射線學會雜誌, 5卷, 1號, 28頁. —5) J. meiler: Fortschr. Röntgenstr. Bd. 72, S. 222.