

X線直接撮影用フォトタイマー

小林長平* 安藤文蔵**

The Phototimer for X-Ray Apparatus for Direct Chest Survey

By Chōhei Kobayashi and Bunzō Andō
Kameido Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In direct radiography of chest, different body conditions of individuals offer some difficulty for keeping the X-ray apparatus yielding a good result, and the result is conditioned to some degree by the skill and experience of the operator in charge. And this fact leads to a general desire for such an automatic controller which guarantees an unfailing photographic output of the apparatus. Yet the automatic control in the direct radiography involves many difficult problems to be solved with regard to the luminescent characteristics of fluorescent paper, after-grow of sensitive paers, time lag of relays, thickness of chest, constitution, difference in the amount of X-ray absorbed by chest or casset due to photographing conditions, etc.

The article shows you what the phototimer has meant in solving these problems.

〔I〕 緒 言

最近診療用X線装置の進歩、発展に伴い、医療診断部門におけるX線撮影は一つの大きな地位を占め、特にX線装置の全国的な普及とともに、胸部X線直接撮影は精密検診に必要欠くべからざるものとなり、優秀なX線写真の撮影が要望されるようになって来た。

写真の3要素である黒化度、鮮鋭度、解像力はフィルム、増感紙の特性に影響されるのは勿論であるが、主としてX線管電圧(以下管電圧と呼ぶ)、X線管電流(以下管電流と呼ぶ)、X線放射時間(以下露出時間と呼ぶ)の3つの撮影条件により決定されるもので、従来X線技術者が苦心して来たところである。すなわち胸部写真の場合においては、標準現像処理で同一黒化度のフィルムをうるように被写体箇々の胸厚、体質などを考慮して上記撮影条件を定めることは、非常な熟練と経験を要し大多数の写真は露出過度あるいは不足となるために、現像処理により加減するので、上記3要素が満足されず、完全に満足されるものとはなり難いのが現状である。

胸部間接撮影にはすでに自動制御用としてフォトタイマーが実際に使用されているが、直接撮影では未だ我国

において自動制御が応用されていない。直接撮影用自動制御の方法としては、大別してつぎの2通りが考えられる。

- (1) 被写体を透過して来たX線を制御する方法。
(第1図A)(次頁参照)
- (2) 被写体、カセットを透過して来たX線を制御する方法。(第1図B)(次頁参照)

実際製作に当つては現在使用している装置、撮影方法などに適応させるため(2)の方法を採用したので、以下(2)の方法について述べることにする。

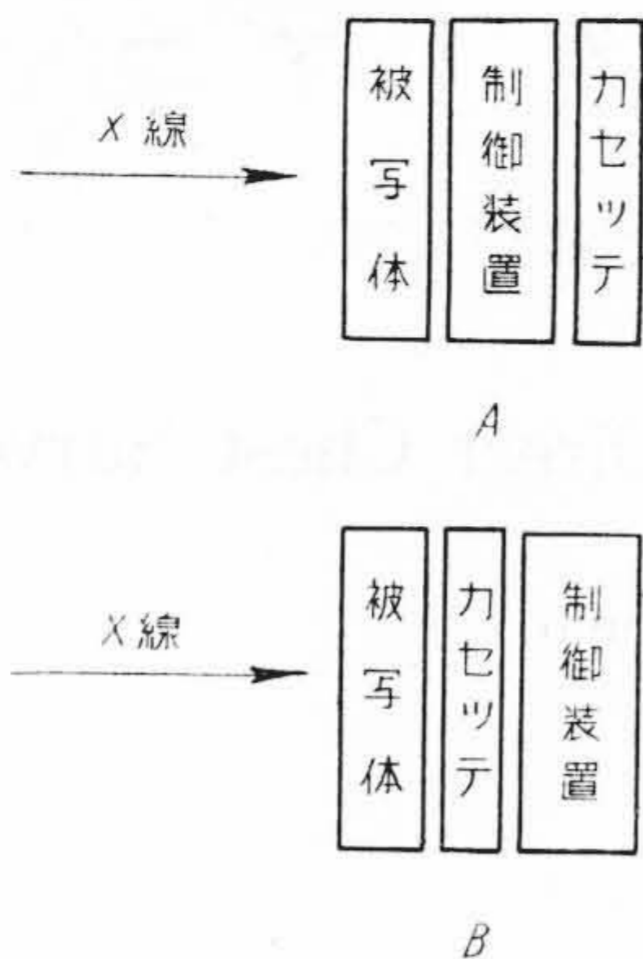
〔II〕 直接撮影および間接撮影用 フォトタイマーの相異

間接撮影用フォトタイマーについてはすでに本誌に発表されているが*、まず直接撮影用フォトタイマーが、間接撮影用フォトタイマーと特に異なる点について述べる。

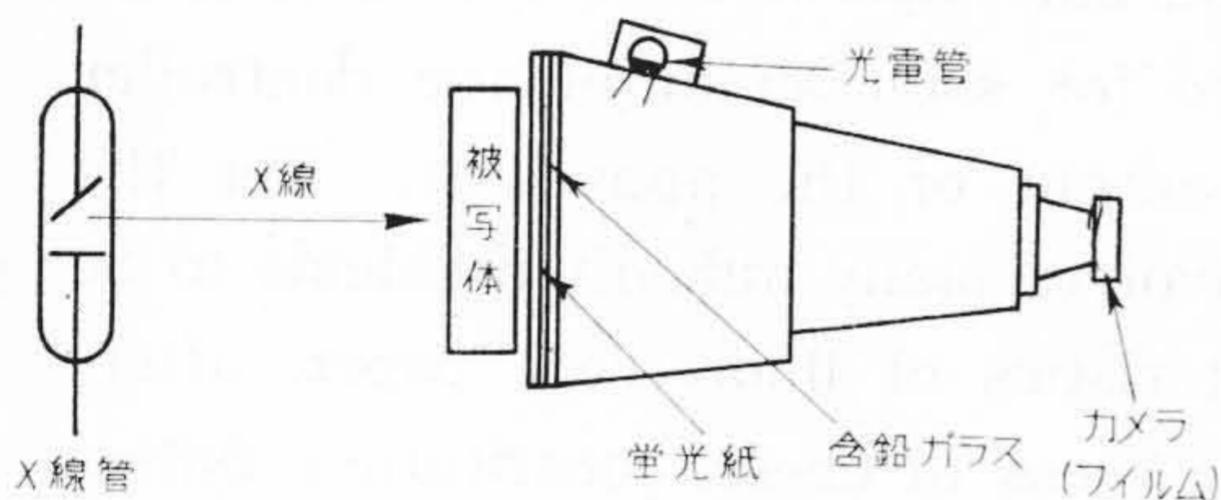
(1) 撮影時間の相異

間接撮影は主として集団検診に使用されるので、移動に便利なように無整流100mA以下の小型を使用しているため、露出時間は0.3秒以上となるのが普通である。しかし直接撮影では、露出時間は大体0.05~0.2秒附近

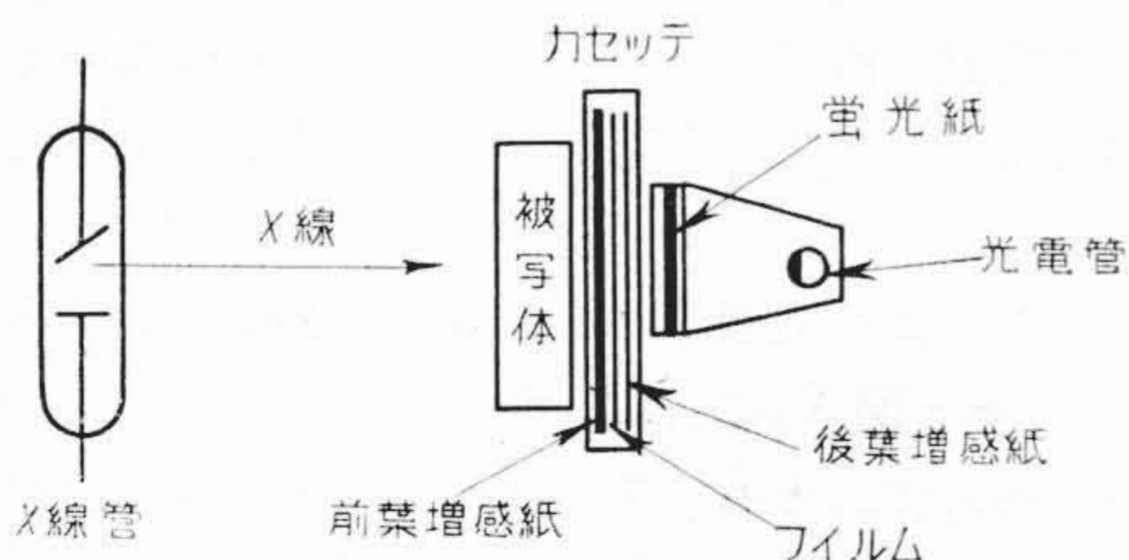
* ** 日立製作所亀戸工場



第1図 自動制御方法
Fig.1. Method of Automatic Control



第2図 間接撮影用フォトタイマー説明図
Fig.2. Schematic Diagram of Indirect Phototimer



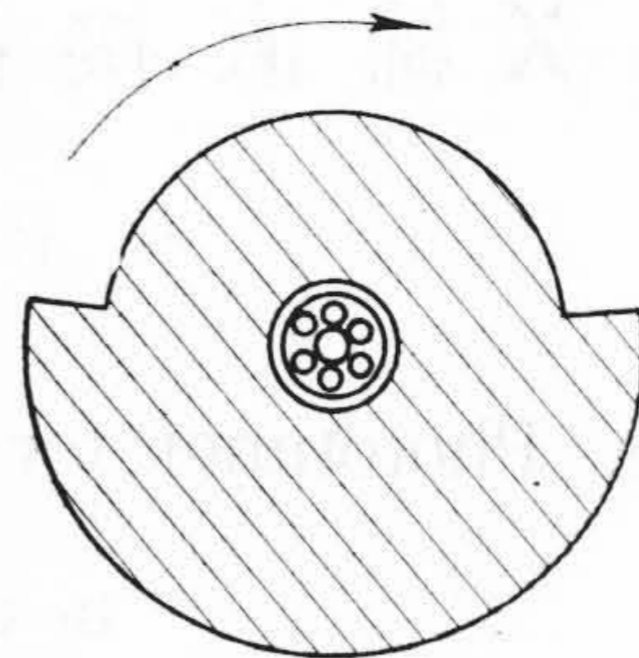
第3図 直接撮影用フォトタイマー説明図
Fig.3. Schematic Diagram of Direct Phototimer

で撮影することが多いのでX線管に加える高压電源の開閉を操作する主電磁開閉器の動作時間、あるいは蛍光紙の短時間撮影における発光特性が大きな問題となってくる。

(2) 制御方法の相異

第2図のごとく間接撮影用フォトタイマーの場合は、X線が被写体を通過し、一部吸収されて蛍光紙を発光させる。この蛍光紙の光によつてフィルムは黒化され、また同時に光電管に光電流が流れるのであるから、フィルムの黒化度を調整するには光電気量の制御を行えば良いことになる。

一方直接撮影用フォトタイマーの場合は、第3図のご



第4図 黒化度測定用鉛板
Fig.4. Lead Sheet for Density Measurement

とく被写体を透過したX線はカセット中のフィルムを感光させる。フィルムを通過したX線は後葉増感紙、カセット裏面などで一部吸収され、残りが自動制御装置に入り蛍光紙を発光させ、この光により光電流が流れる。すなわちカセット中のフィルムを感光させるX線量と、蛍光紙を発光させるX線量は同一でないため、カセット裏面におけるX線吸収量が異れば、当然光電気量をそのまま制御しても十分ではない。(カセット裏面におけるX線量は後述のごとく、被写体の厚さ、管電圧により相当異つた値を示す。)したがつてフィルムの黒化度を、光電気量でいかに制御してゆくべきかが、直接撮影用フォトタイマーの一番問題となる点である。

〔III〕 線量、線質および被写体一定の場合の黒化度と光電気量の関係

第3図において被写体としてアルミニウムを使用し、常に同質、同量のX線が出るように管電圧、管電流を一定に保ち、X線管と被写体の距離を変えることにより、種々の時間におけるフィルムの黒化度と光電気量の関係を求めてみた。

(1) 黒化度の測定

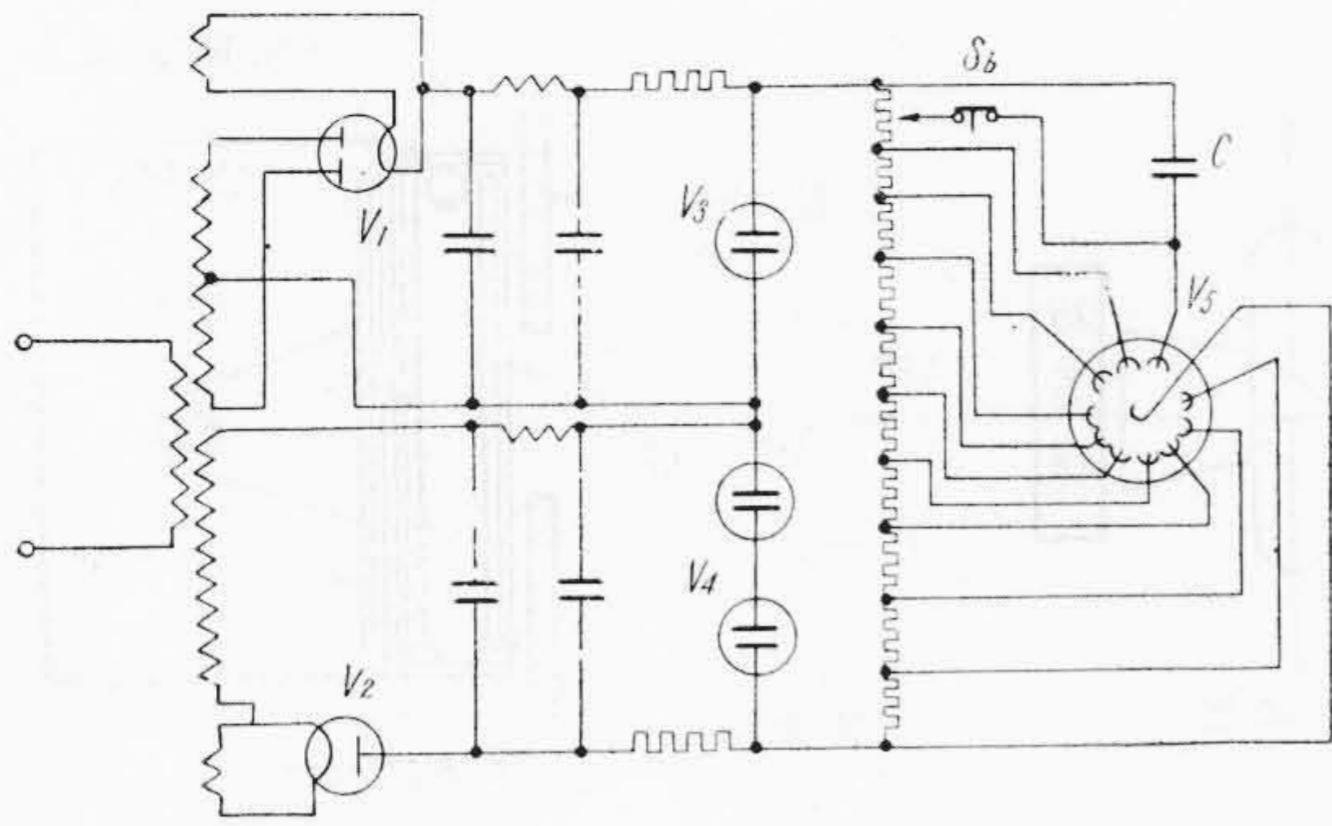
被写体の前に第4図のごとき鉛板をおき、それを露出時間中半回転以内に回転させ、フィルムの黒化度が時間ともに変化してゆく状態を測定した。測定したフィルムは液温 20°C のタンクで同時現像を行い、できるだけ現像条件による黒化度におよぼす影響を少なくするようにした。

(2) 光電気量の測定

(1)の黒化度測定と同時に光電気量を測定した。第5図に光電管回路を示す。測定に当つては光電流により充電される蓄電器をおき、その電圧を真空管電圧計により測定し、オッシログラムに記録した。

(3) 測定結果

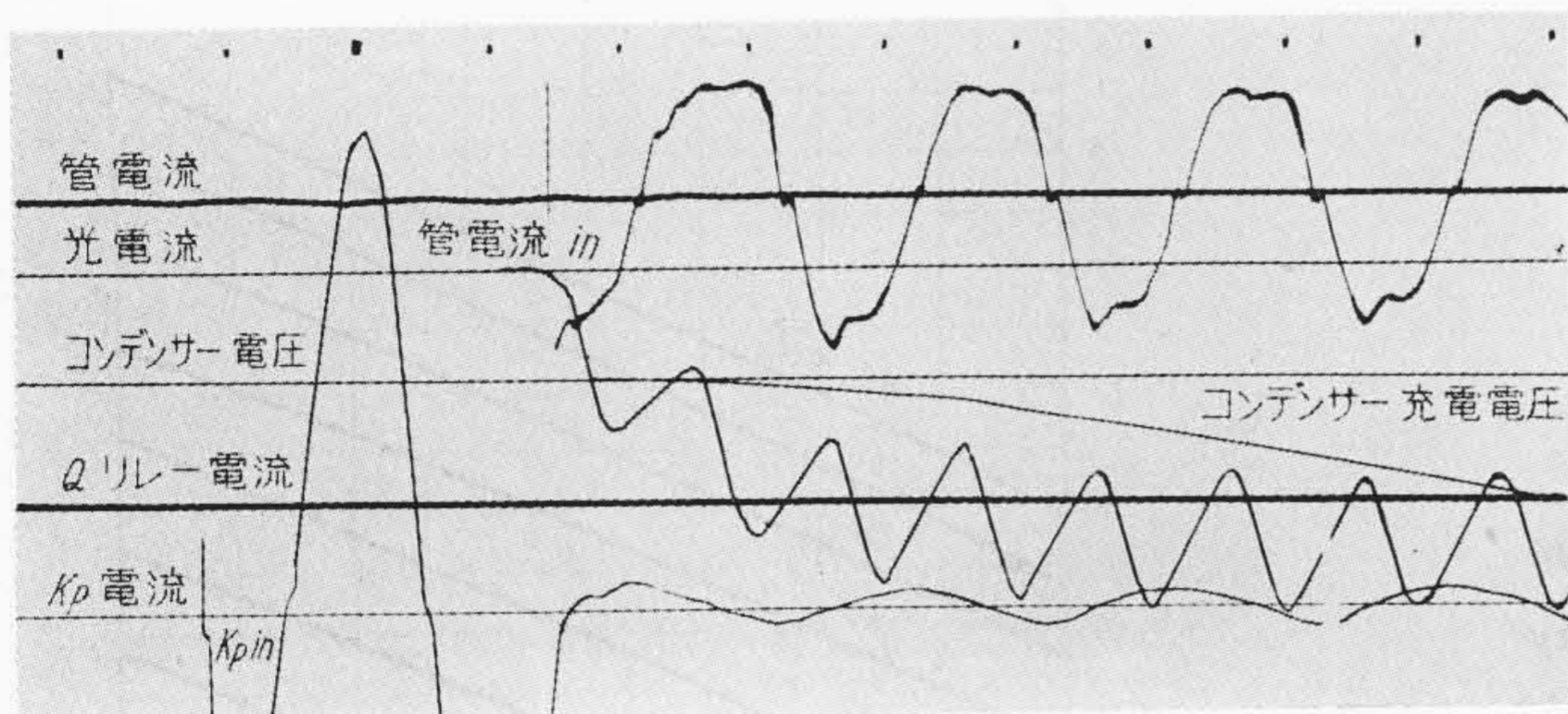
第1表にその測定条件および結果を示す。第6図はオッシログラムの一例で、第7図にオッシログラムより充



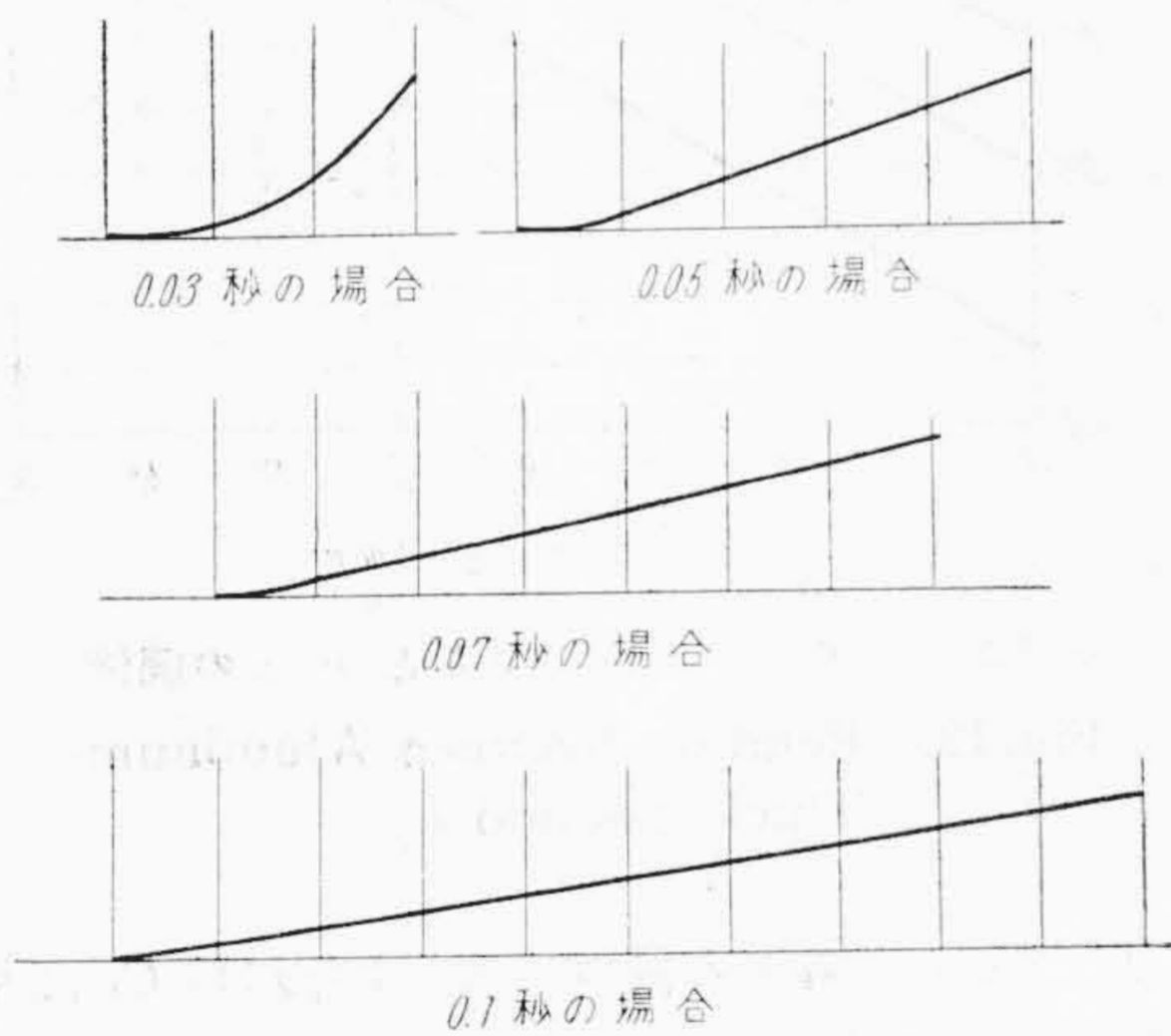
第5図 光電管回路
Fig.5. Photo-Tube Circuit

第1表 黒化度測定条件および結果
Table 1. Conditions and Results of Density Measurement

管電圧 (kVP)	管電流 (mA)	露出時間 (s)	距離 (m)	mA・s
60	160	0.03	0.55	5
60	160	0.05	0.71	9
60	160	0.07	0.84	11
60	160	0.1	1.0	17
60	160	0.12	1.1	19
60	160	0.15	1.23	24
60	160	0.2	1.42	30
60	160	0.3	1.73	49



第6図 測定オシログラムの一例
Fig.6. An Example of Measurement Oscillogram



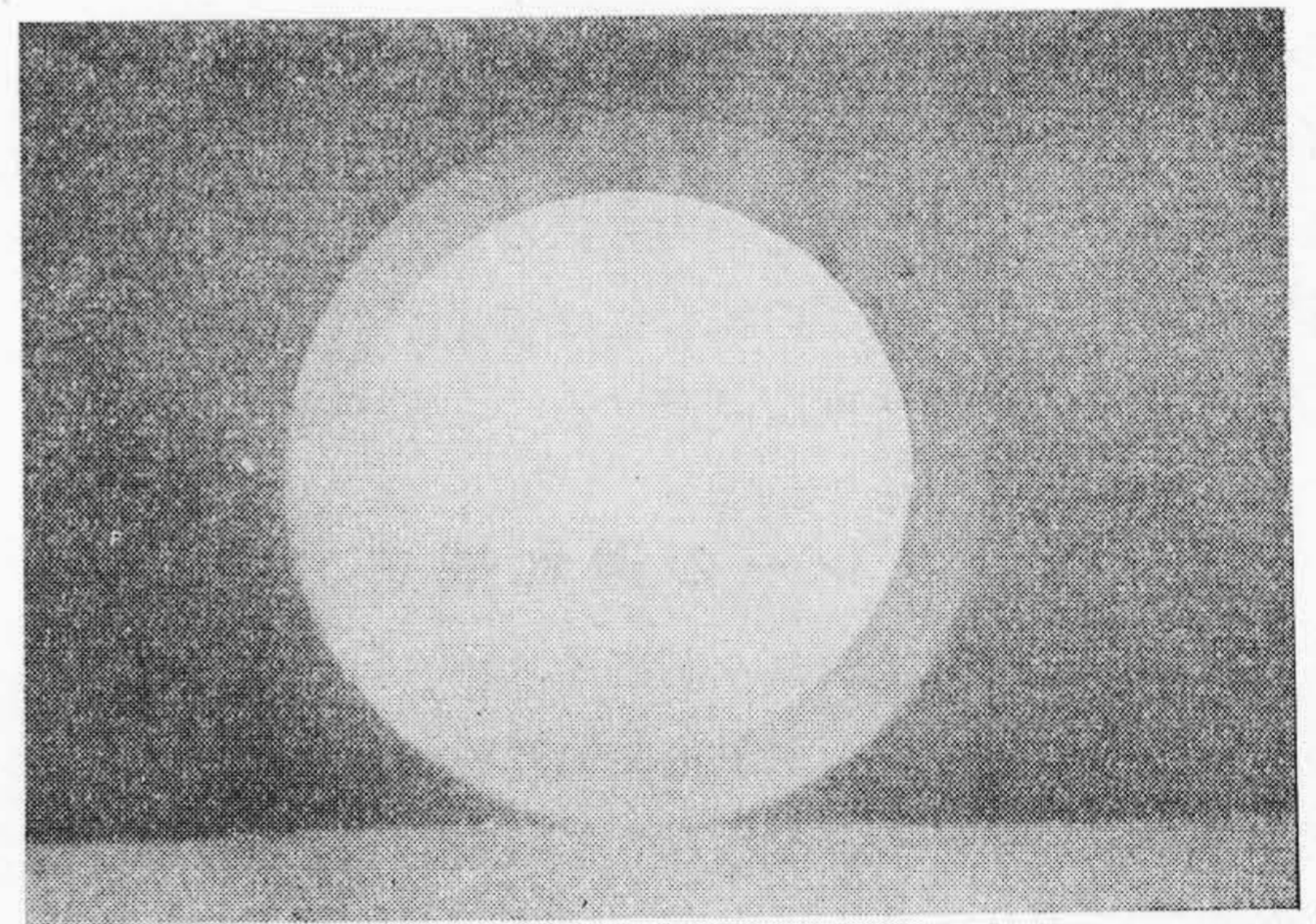
第7図 各露出時間における蓄電器充電電圧
Fig.7. Charging Voltage of Condenser in Various Exposing Time

電圧のみを取出したものを示す。また第8図は黒化度の変化を測定したフィルムの一例である。

(4) 結果の検討

(a) 蛍光紙の発光状況

第7図に見られるように露出時間 0.03 秒の場合は、蓄電器の充電電圧は 0.01 秒程遅れて上昇し始め、時間とともに上昇の割合は急になっている。すなわち蛍光紙の発光はこの場合時間とともに変化していることがわか

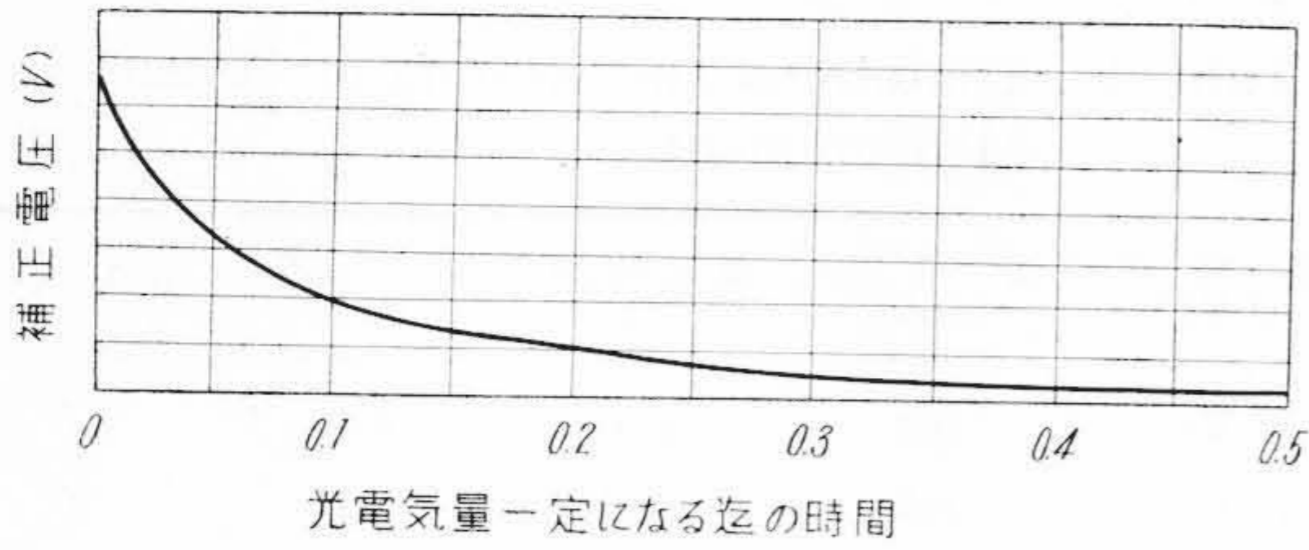


第8図 黒化度測定用フィルムの一例
Fig.8. An Example of Film Used for Density Measurement

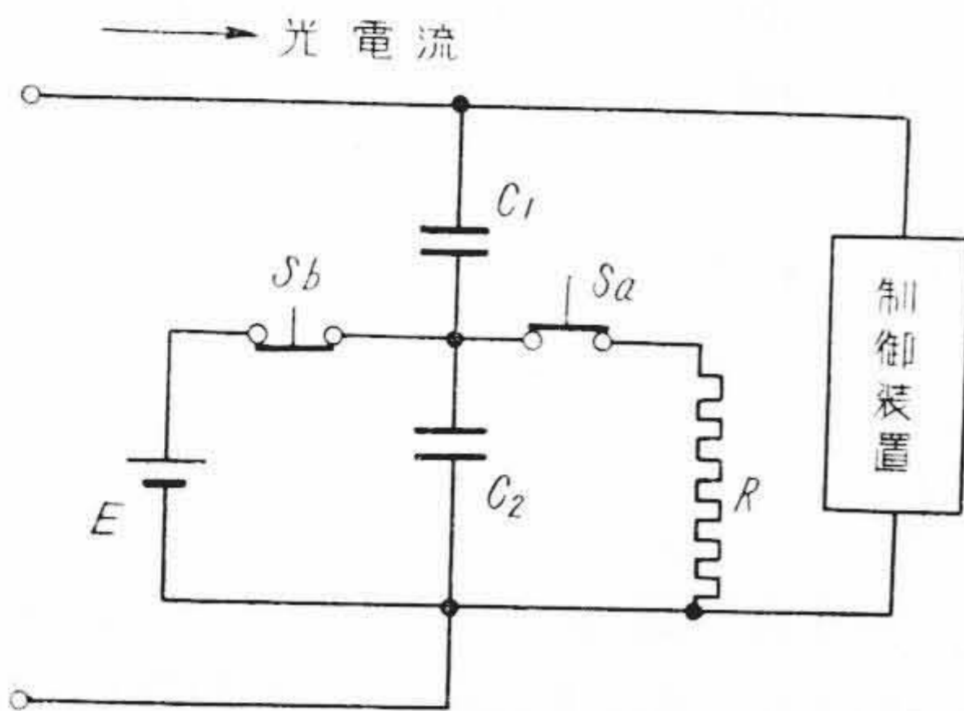
る。0.07 秒以上の場合においては充電電圧は直線的に上昇しているため、始めからほとんど同一状態で発光していると考えられる。概して 0.05 秒以上の露出時間で撮影する場合には、蛍光紙は大體一定の発光をしていると考えて差支えないと思われる。

(b) 黒化度と光電気量の関係

各オシログラムよりそれぞれ充電電圧が等しい任意の点に相当する黒化度測定フィルムの黒化度を比較してみると、同一充電電圧に対する黒化度はいずれの電圧についても常に一定となつていくことがわかった。すなわ



第9図 リレーの遅れ 0.02 秒の場合の補正電圧
Fig.9. Compensating Voltage that Delay of Relay is 0.02 sec



第10図 リレーの遅れ補正回路
Fig.10. Compensating Circuit of Relay with Delay

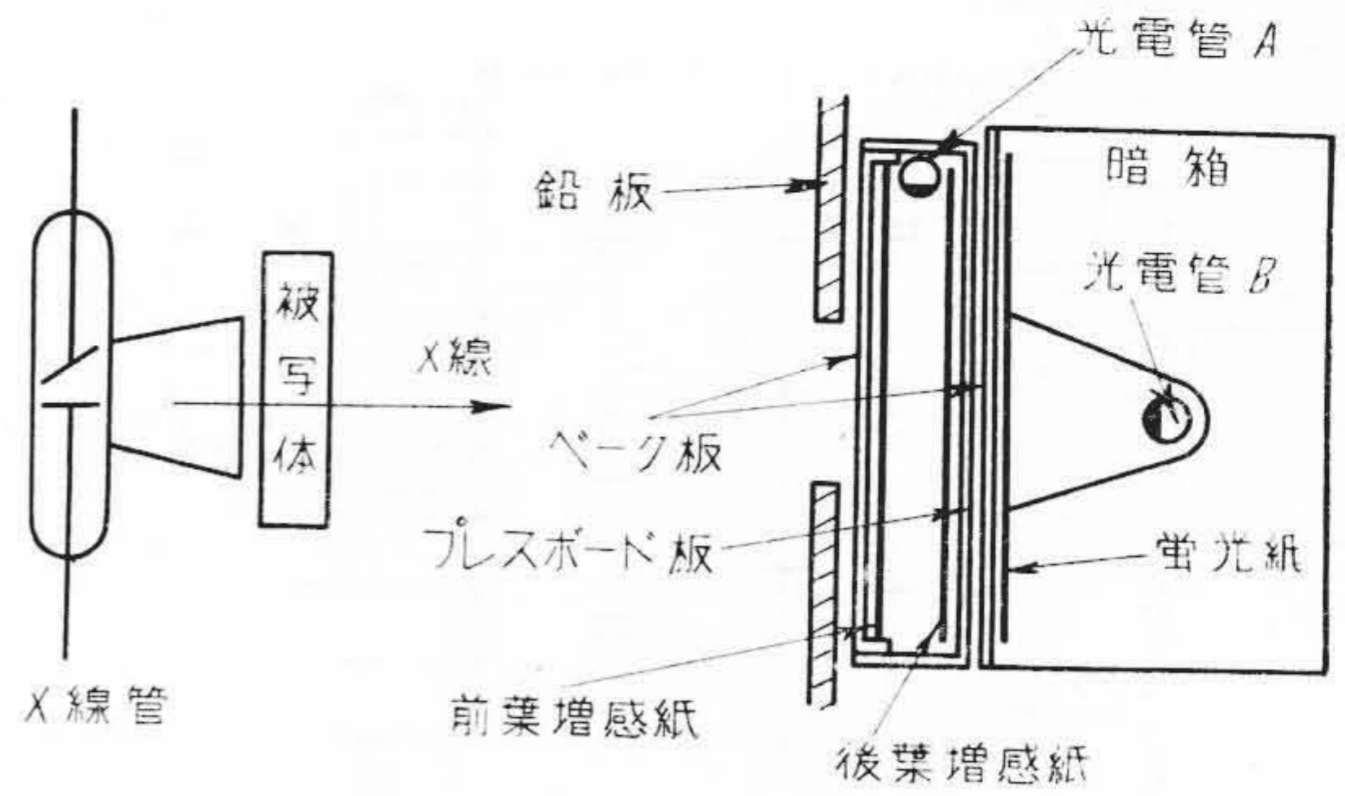
ちX線の線質，線量および被写体が同一である場合にフィルム黒化度が一定であるときには，カセットを透過したX線で発光する蛍光紙の光による光電気量は常に一定となる。すなわちこの場合には蛍光紙のあかるさによつてフィルムの黒化度を制御することができる。

〔IV〕 リレーの遅れ補正方法

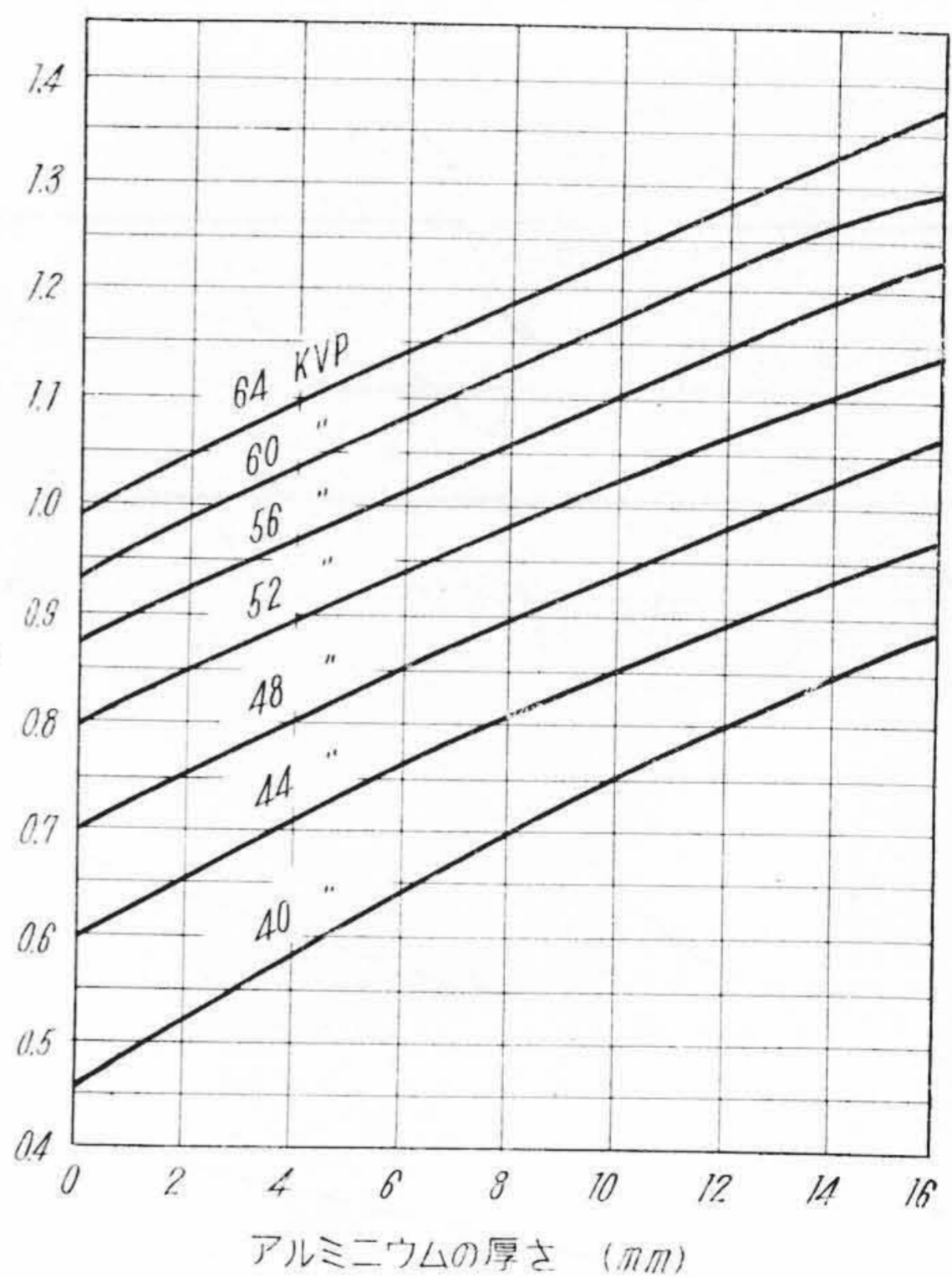
黒化度を光電気量により制御する場合，光電気量がある一定値に達してから主電磁接触器を動作させ，X線を切るまでに，リレーの遅れとして一定時間を要する。直接撮影では 0.05~0.2 秒程度の短時間撮影であるから，装置のリレーの遅れが 0.02 秒くらいであつても，0.05 秒の写真では4割も露出過度となり，リレーの動作時間が大きな問題となつてくる。

この対策としては，たとえばリレーの遅れが 0.02 秒である場合に 0.05 秒の写真を撮るときは，0.03 秒で光電気量を所定の値まで上げてやれば良い。一例としてリレーの遅れが，0.02 秒の場合に補正すべき電圧を第7図より求めると，第9図に示すごとくなる。第9図のような電圧をなんらかの方法で，光電流を充電する蓄電器の両端に加えれば，リレーの遅れによる黒化度の不均一は解消しうるわけである。

本装置では補正電圧と時間の曲線が，R-C回路の放電々圧曲線に類似しているところから第10図のような回路



第11図 ρ 測定装置
Fig.11. ρ Measurement Apparatus



第12図 アルミニウム厚さと ρ との関係
Fig.12. Relation between Aluminum-Thickness and ρ

により，リレーの遅れを補正した。すなわち C₁ は充電用蓄電器でX線放射とともに S_b を開路し，S_a を閉路するようにすれば，C₂ と R による放電々圧が C₁ に加わることになる。

〔V〕 管電圧，被写体，X線吸収量の関係

直接撮影においては管電圧，被写体によつてカセット裏面におけるX線吸収量が異なるため，増感紙のあかるさと蛍光紙のあかるさの比は変つてくる。制御用に使用する光は蛍光紙の発光であり，フィルムの黒化度は増感紙の発光で定るのであるから，まず増感紙のあかるさと蛍光紙のあかるさの比が管電圧，被写体によりいかに変化するかを測定した。

(1) 測 定 装 置

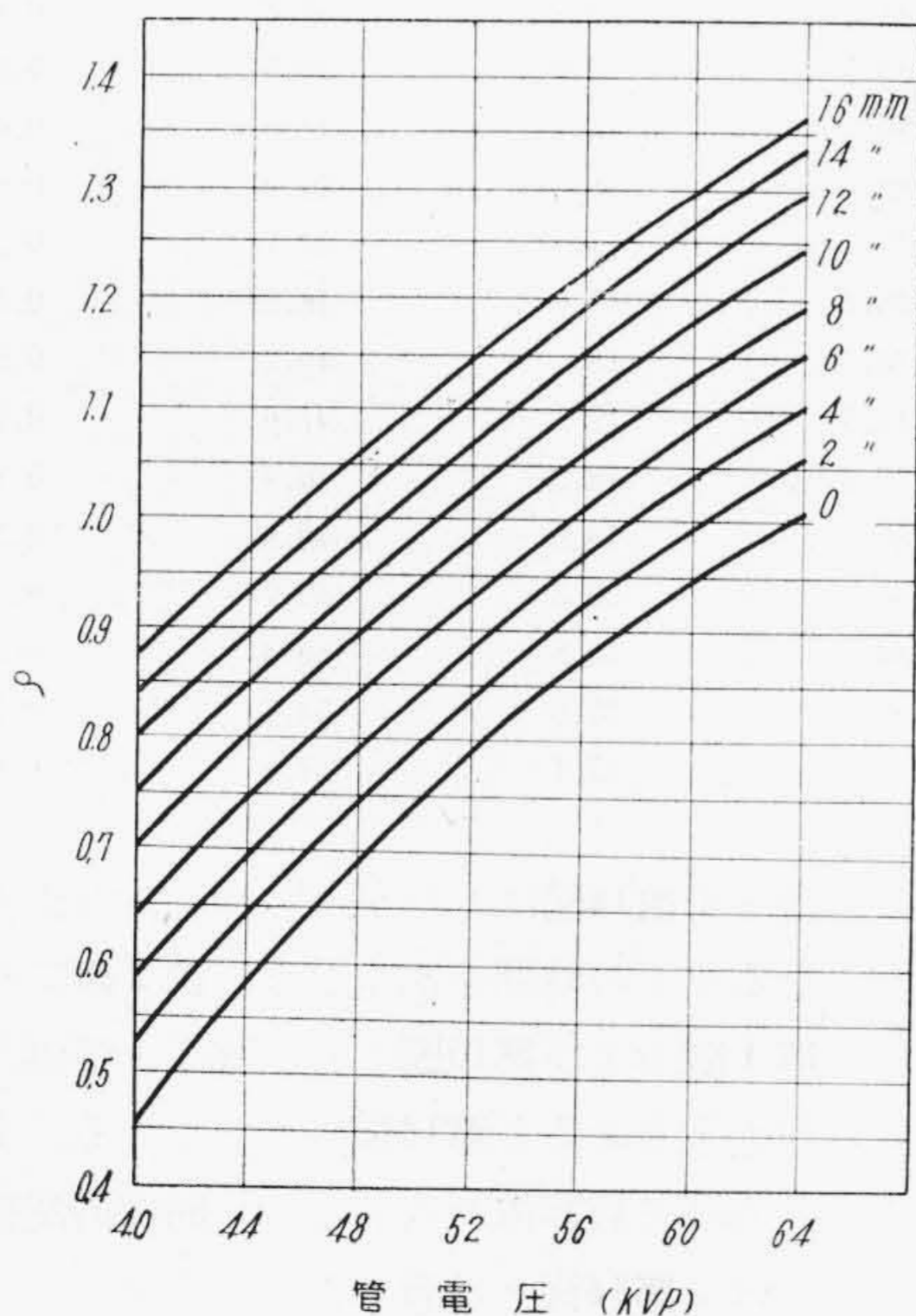
第11図はその測定装置である。すなわち被写体を透過したX線は増感紙を発光させ、カセット裏面で一部吸収された後、蛍光紙を発光させる。このとき増感紙のあかるさは、前葉、後葉両増感紙の間に置かれた光電管A(光電管の被膜面は両増感紙と等角度になるように置かれている。)に流れる光電流により、また蛍光紙のあかるさは光電管Bに流れる光電流により測定するようにした。

(2) 測 定 結 果

装置相互間の距離および管電流は固定し、管電圧および被写体(アルミニウム)の厚さをいろいろ変えて測定した。今X線がフィルムを感光してから、蛍光紙を発光させるまでのX線の透過状態を表わすものとして ρ をとる。

$$\rho = \frac{\text{蛍光紙のあかるさにより流れる光電流}}{\text{増感紙のあかるさにより流れる光電流}} \dots (1)$$

ρ を(1)式のごとくとれば、アルミニウムの厚さ、管電圧および ρ の関係は第12図および第13図のごとくなる。すなわち管電圧一定の場合には、被写体の厚さを増すにしたがって増感紙のあかるさに対して蛍光紙のあかるさが増加している。(第12図) または被写体が一定の場合には、管電流が増すにしたがって蛍光紙のあかるさの割合が増加している。(第13図) これは硬いX線ほど増感紙、カセット裏面により吸収されるX線量が少いことを定量的に示したものである。したがって被写体の厚さあるいは管電圧のいずれが変つても、蛍光紙のあかるさを



第13図 管電圧と ρ との関係
Fig.13. Relation of X-Ray Tube Voltage and ρ

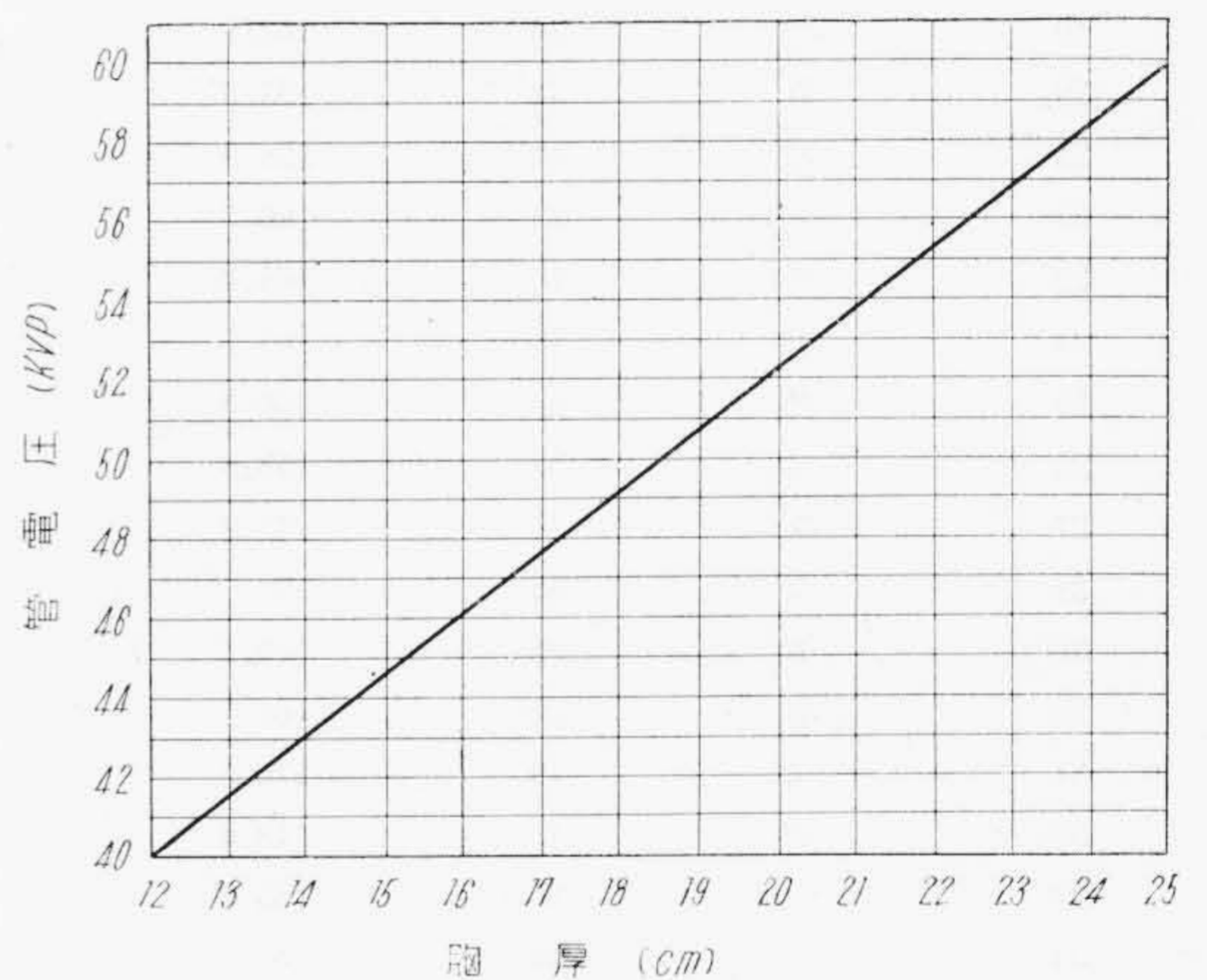
そのまま制御したのでは、フィルムの黒化度を一定にすることはできない。たとえば被写体なしの場合のフィルムの黒化度と同様に、アルミニウム 16mm の場合の黒化度を調整するには、第12図であきらかなように、蛍光紙のあかるさによる光電流の 1.37 倍の電流で制御して、始めて同一黒化度となるわけである。

[VI] 被写体を人間とした場合の ρ

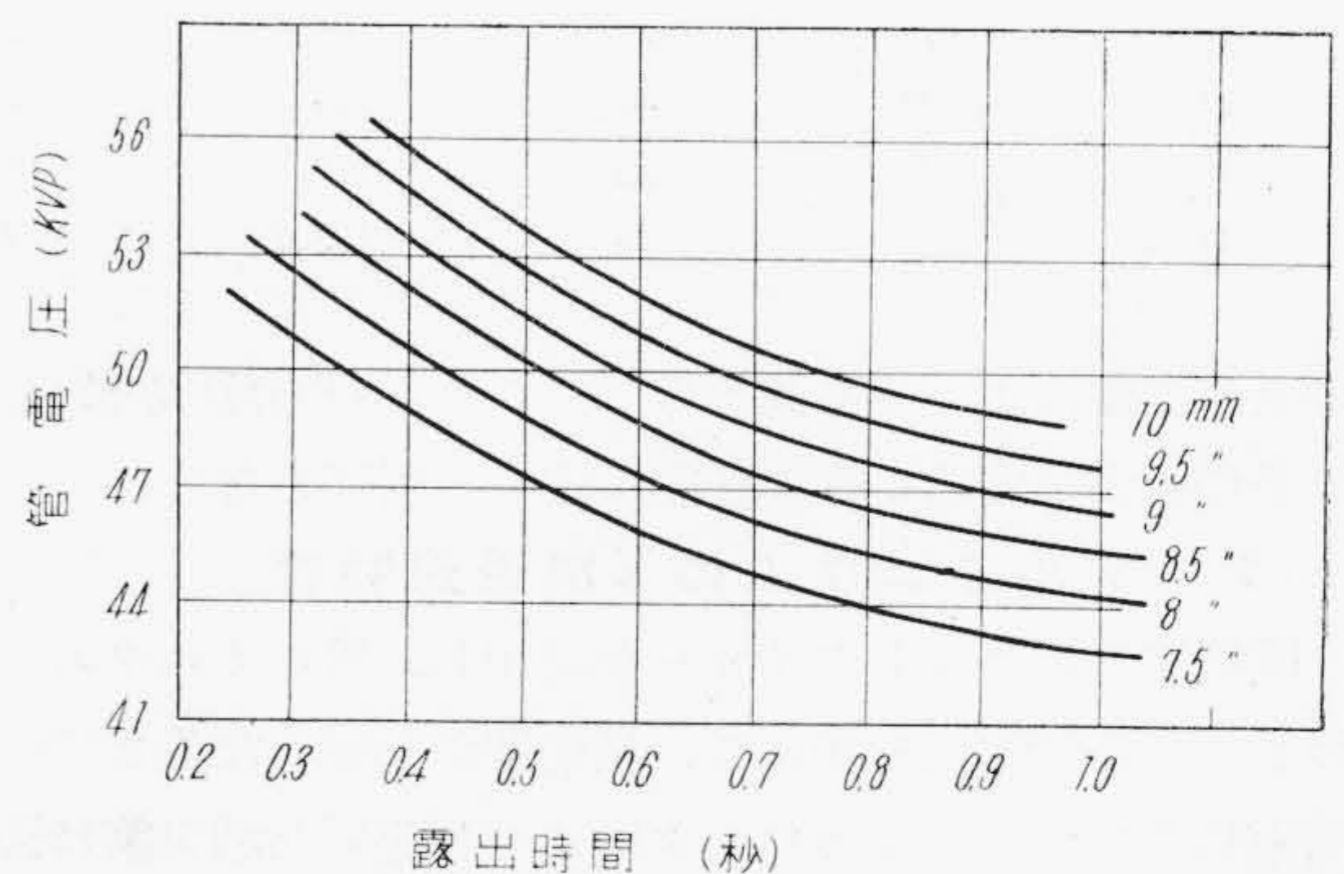
(1) 胸厚と管電圧の関係

前述のごとく被写体と管電圧が任意に変化したのでは、蛍光紙のあかるさにより黒化度を自動的に制御することは、理論的に誤差を生ずることになるので、被写体と管電圧の間になんらかの関係を与えねばならない。

胸厚と管電圧の関係については、体質などにより、多少の差異はあるが、大体胸厚に比例するものと考えて差支えない。一例として実測結果により胸厚と管電圧の関係を求めると第14図のごとくなる。ただしこの関係は読



第14図 胸厚—管電圧図表
Fig.14. Relation of Chest Thickness and X-Ray Tube Voltage



第15図 アルミニウムのX線透過特性
Fig.15. Penetrating Characteristic of X-Ray through Aluminum

第2表 人体のX線透過特性測定結果

Table 2. Data of Penetrating Characteristic of X-Ray through Human Body

項 番	性 別	年 令	身 長 (cm)	体 重 (kg)	胸 囲 (cm)	胸 厚 (cm)	電 圧 (kVP)	時 間 (s)
1	男	43	148.3	42	79.5	17.8	48.8	0.52
2	男	19	168.8	53.4	87	20	52.2	0.41
3	男	33	155	44	78.8	16	46.8	0.7
4	女	17	149.3	45.2	76	18	49.2	0.54
5	女	29	154.6	50	86	15.8	45.7	0.8
6	男	39	153.9	48	82	18.4	49.7	0.5
7	男	19	164.3	54	85	19.6	51.6	0.47
8	男	23	161.9	57.4	87.5	18.2	49.4	0.41
9	男	42	155.5	42	78.5	18.6	50.1	0.41
10	男	42	146.5	44.6	80	20	52.2	0.38
11	女	43	152.1	52.9	81	20.2	52.8	0.41
12	男	44	158.2	48	83	16	46.0	0.52
13	男	23	167.5	55	85	16.4	46.6	0.69
14	男	24	168.7	49.5	77.7	17.8	48.8	0.38
15	男	26	152	47.5	84.5	18.4	49.8	0.54
16	男	29	167.7	46.5	75	16.3	46.5	0.62
17	男	34	162.6	47.4	81	14.6	43.9	0.96
18	男	18	160.1	50.5	80.8	19	50.7	0.38
19	男	29	162.1	43.1	79	18	49.2	0.42
20	男	31	168.3	57	88.5	20.4	52.8	0.37
21	男	44	156.9	47.6	82	18.2	49.4	0.48
22	男	23	160.7	45	81.7	17.9	49.0	0.52
23	男	16	165.8	50.2	81	19	50.9	0.6
24	男	35	163.1	54	86.3	19.2	51.0	0.42
25	男	68	160.3	46.8	84.7	19.4	51.3	0.36
26	男	35	163.8	47.2	81.5	18	49.2	0.61
27	男	37	165.2	51	87	20.5	53.0	0.4
28	女	53	136	34.2	72.2	20.4	52.8	0.3
29	男	25	159.2	44.5	83.8	18.3	49.6	0.46
30	男	20	161.7	49.2	81.2	20.4	52.8	0.46
31	男	29	170.5	54.1	83.5	18.9	50.5	0.5
32	男	18	148.4	46.5	80	17.2	47.9	0.62
33	女	21	155.8	52.6	82	18	49.2	0.6
34	女	26	156.4	49.6	79	18.4	49.7	0.55
35	女	27	146.5	45	76.7	17.6	48.5	0.49
36	女	27	152.2	45	78.3	18	49.2	0.54
37	女	23	158.2	44	75.5	17	47.6	0.38
38	女	23	147.6	42	77.5	16.2	46.4	0.72
39	男	37	169.5	47	86	18.9	50.6	0.38
40	男	32	166.6	56	84	20.3	52.7	0.49
41	男	44	165	58.4	86	18.8	50.4	0.58
42	男	28	171.3	69.4	91	21.6	54.7	0.58
43	女	25	153.2	46	76	17.1	47.8	0.51

影上の主観によつても異なるので、これらの関係は読影上の条件を満足するように任意に定めて差支えない。

(2) アルミニウムのX線透過特性

間接撮影用フォトタイマーを使用し、アルミニウムの厚さおよび管電圧を変えて、黒化度が一定となるまでの通電時間をサイクルカウンタにより測定した結果第15図(前頁参照)のようになった。

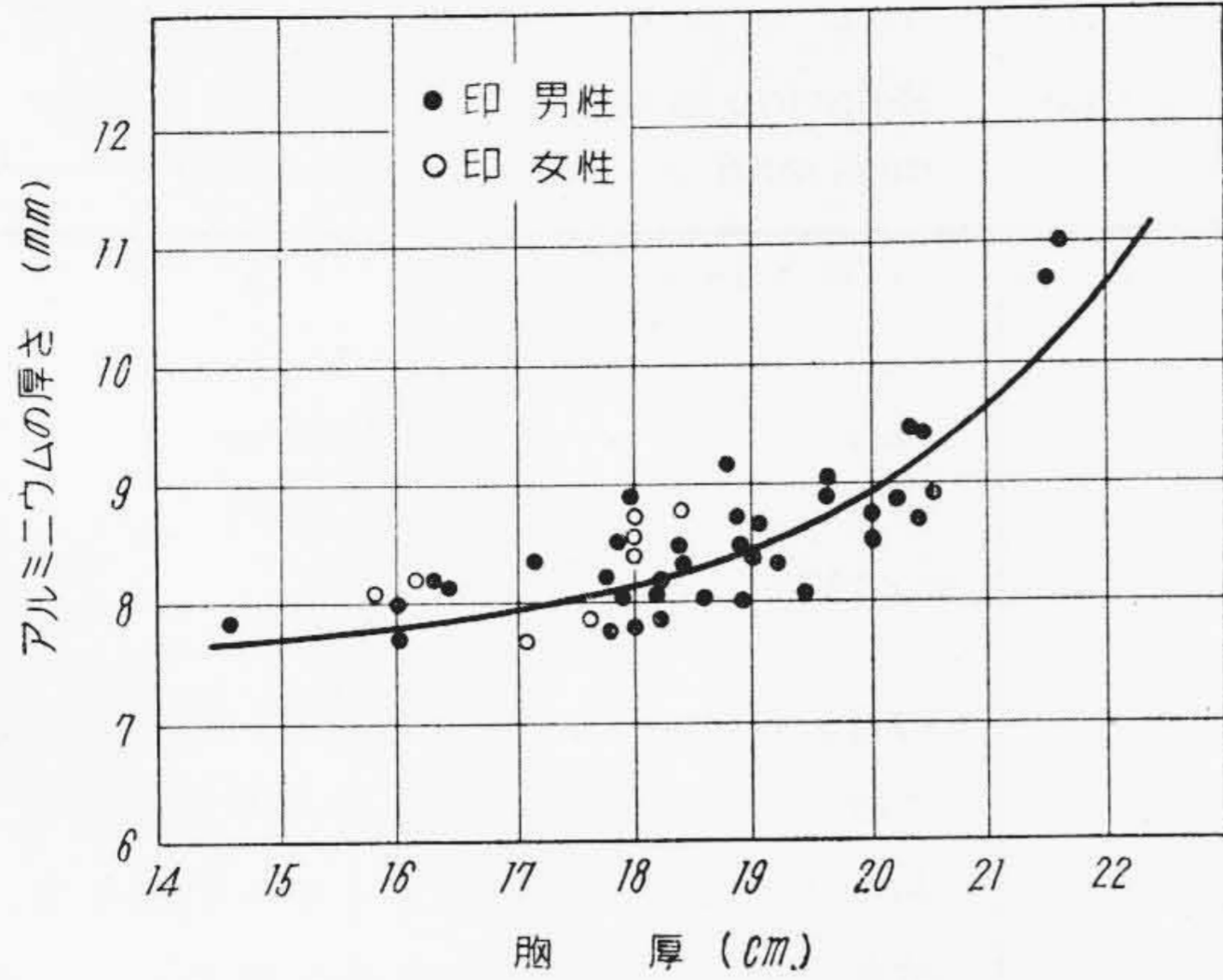
(3) 人体のX線透過特性

(2) と同一の装置を用い、撮影条件を同じにし、胸厚

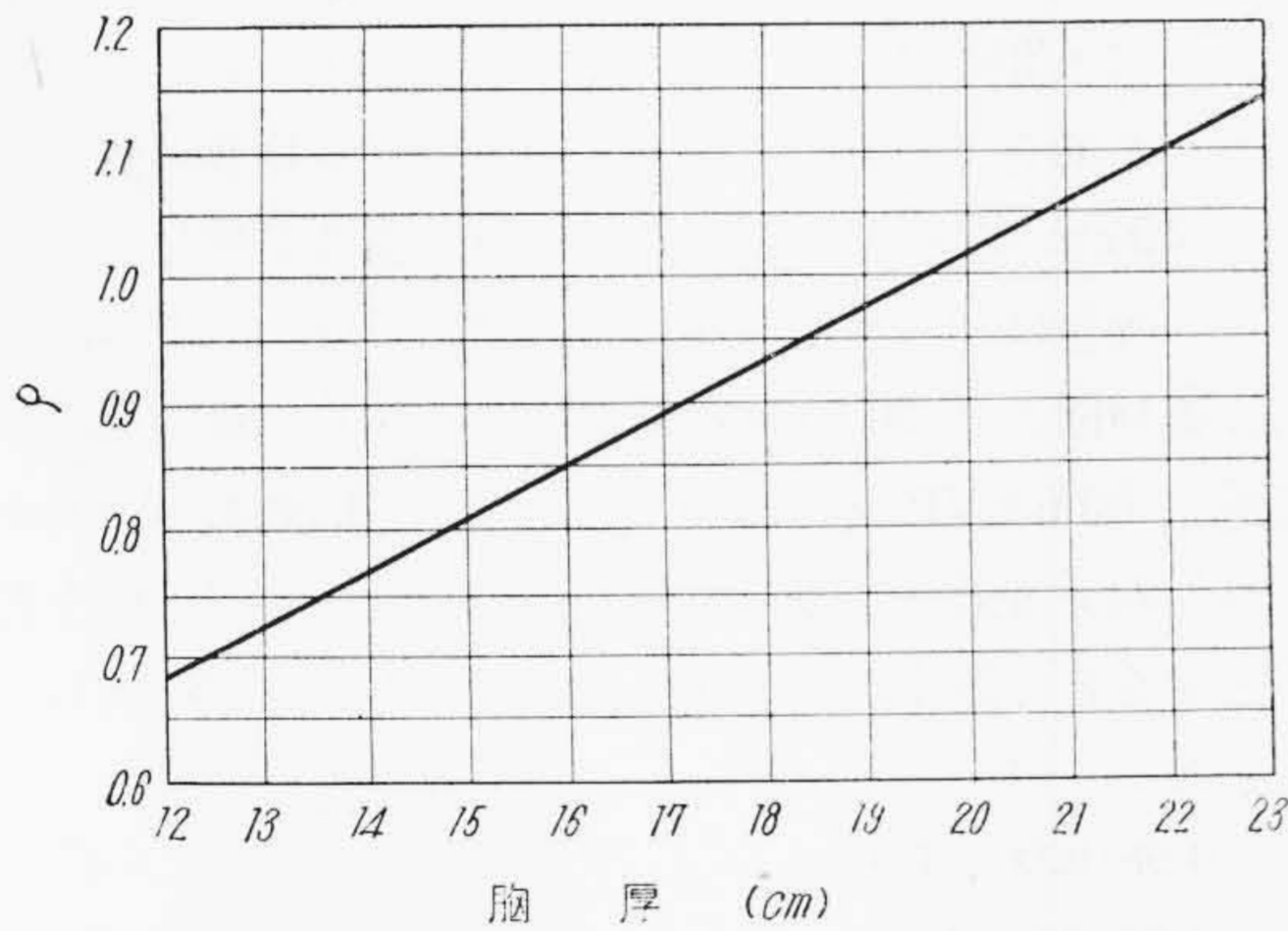
に応じた管電圧を第14図にしたがつて加え、写真の黒化度が一定となるまでの時間を測定した。第2表にその結果を示す。第1表および第15図より、胸厚と等価なアルミニウムの厚さを求めると第16図のごとくなる。また第11図のような方法で被写体を人間として同様の関係を求めたところ、ほぼ第16図と一致した。

(4) 管電圧と ρ の関係

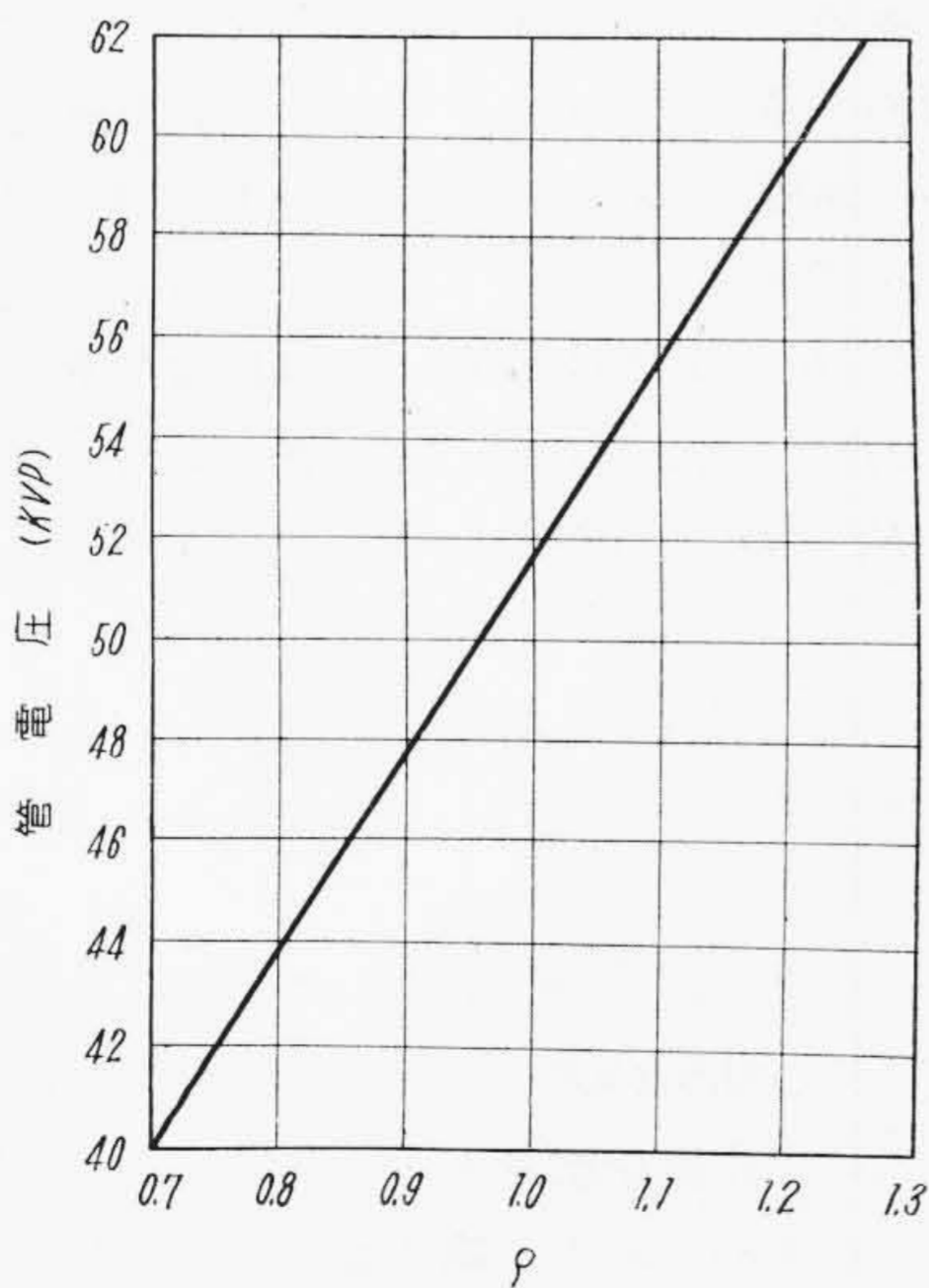
第12図、第14図および第16図より ρ と胸厚、 ρ と管電圧の関係を求めると、第17図および第18図のようになる。



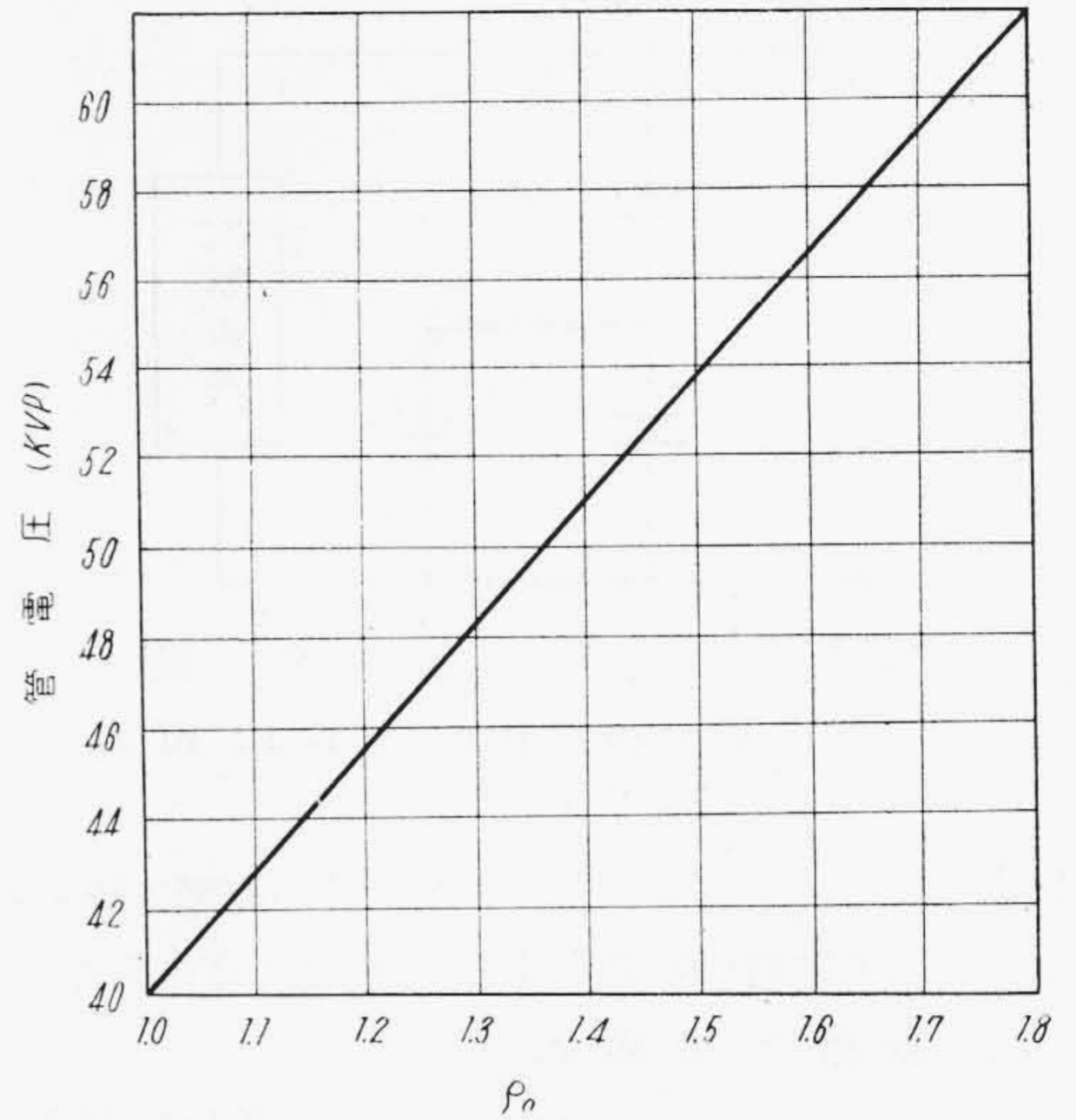
第 16 図 人体アルミニウムの X 線透過等量曲線
Fig.16. Equivalent Thickness of Human Body to Aluminum



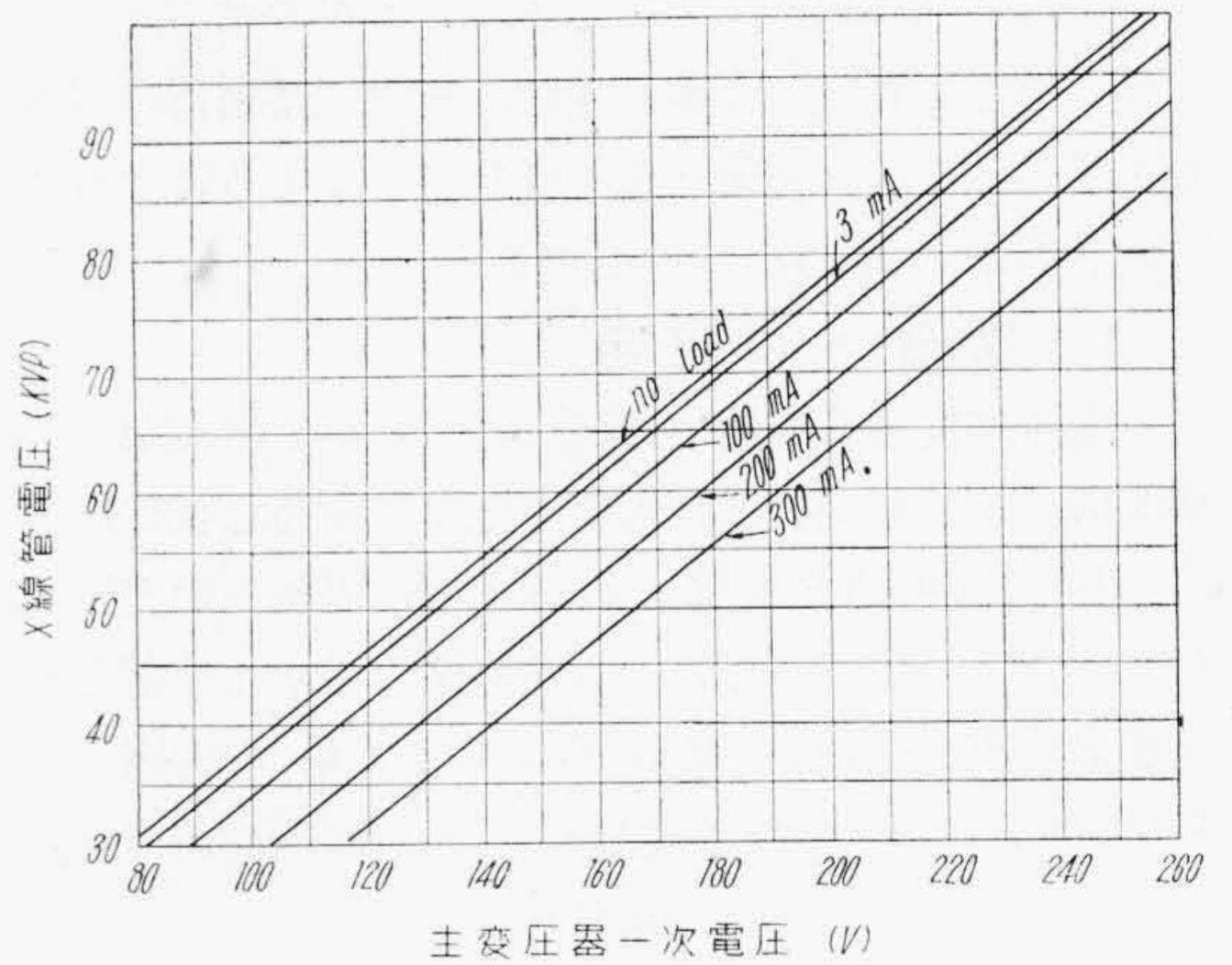
第 17 図 胸厚と ρ の関係
Fig.17. Relation between Chest Thickness and ρ



第 18 図 ρ と 管 電 圧 の 関 係
Fig.18. Relation between ρ and X-Ray Tube Voltage



第 19 図 ρ_0 と 管 電 圧 の 関 係
Fig.19. Relation between ρ_0 and X-Ray Tube Voltage



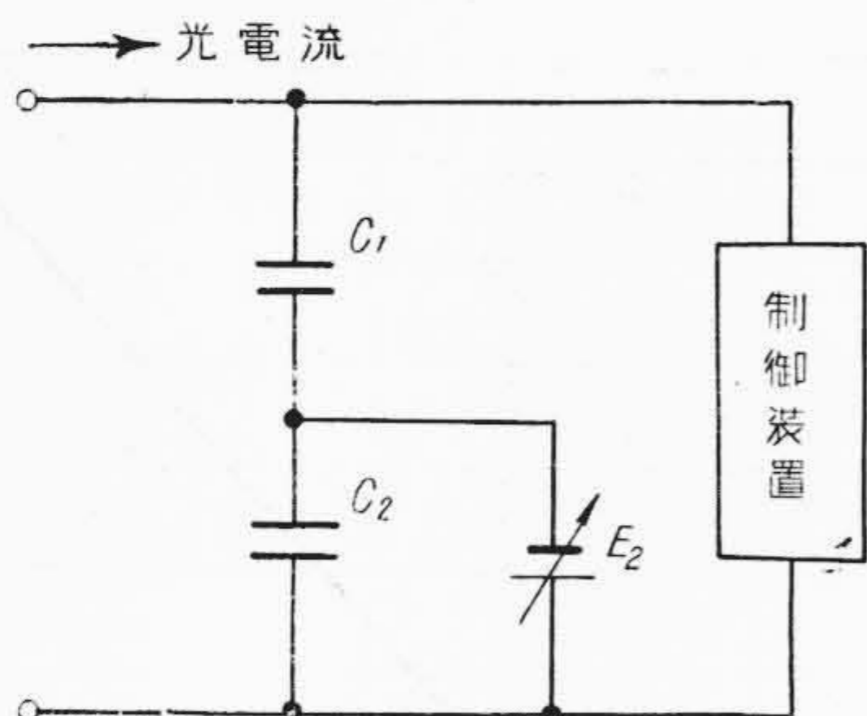
第 20 図 X 線 管 電 圧 図 表
Fig.20. X-Ray Tube Voltage-High Tension Transformer Primary Voltage Curve

第 18 図において 40 kVP のときを標準とするため、 ρ を 0.7 で除した値を ρ_0 とすれば、第 19 図のようになる。

〔VII〕 直接撮影用フォトタイマーにおける ρ_0

(1) 制御すべき光電気量

第 14 図の関係より胸厚に応じた管電圧を加え、フィルムの黒化度が同一となる撮影をした場合、第 19 図であきらかなように、40 kVP の撮影のときに比し、60 kVP の撮影のときの光電気量は約 1.73 倍となっている。したがつてもし同一蓄電器に充電して、その電圧により自動制御を行う場合には、充電電圧が 60 kVP のときは 40 kVP のときの 1.73 倍になつたとき始めて制御回路が



第21図 ρ_0 補償回路
Fig.21. Compensating Circuit of ρ_0

動作するようにすべきである。また常に充電々圧を一定にするなら蓄電器の容量を1.73倍にせねばならない。

(2) 装置への導入

直接撮影用フォトタイマーを使用したX線装置において、管電圧と主変圧器一次側電圧の関係は一例を挙げれば第20図(前頁参照)のごとくなるので、常に同一管電流で撮影することにすれば、主変圧器の一次側電圧と管電圧とは大体直線関係になる。したがって主変圧器一次側の電圧を調整する際、同時に充電用蓄電器の容量を変えるかあるいは充電々圧を変化させるようにすれば、比較的簡単に ρ_0 の補償ができる。

(3) 装置への適用

光電流充電用蓄電器の容量を一定とし、充電々圧が40 kVP のとき E_1 ボルトで黒化度が適当な状態にあるとすれば、60 kVP のときは $1.73 E_1$ ボルトの充電で黒化度は適当な状態となる。今第21図のごとく充電さるべき蓄電器 C_1 と直列に電源 E_2 を入れ、 C_1 の充電々圧と E_2 の和がある一定値に達したとき自動制御装置が動作するようにすれば、(2) 式が成立する。

$$E = E_2 + \rho_0 E_1 \dots\dots\dots (2)$$

ただし E は自動制御装置が動作を始めるある一定電圧であり、 E_1 は40 kVP のとき $E_0 = 0$ として制御回路が動作する電圧とする。したがって $E_1 = E$ となるゆえ

$$E_2 = E - \rho_0 E_1 = E(1 - \rho_0) \dots\dots\dots (3)$$

しかるに第20図で説明したごとく、無負荷時の主変圧器の一次側電圧と管電圧とは直線関係をもつゆえ、40 kVP のときの主変圧器一次側電圧と所要管電圧を与えるための主変圧器の一次側電圧の差 E_0 は E_2 に比例する値となる。この E_0 を適当に調整し、(3) 式を満足するような電圧として光電流充電用蓄電器に直列に加えればよい。

[VIII] 黒化度のバラツキ

直接撮影用フォトタイマーで一番問題となる点はすでに述べたごとく、リレーの動作時間と ρ の問題である。

第3表 アルミニウムの厚さと ρ の関係
Table 3. Relation between Aluminium Thickness and ρ

アルミニウムの厚さ (mm)	ρ
9	0.98
8.4	0.96
7.8	0.94

(注) 管電圧 50.6 kVP

この中リレーの遅れについては完全な補償が可能であるが、 ρ については平均値で補償しているのであるから、胸厚が同じであつても体質が異ればフィルムの黒化度は完全に一定とはならない。体質により黒化度のバラツキの幅がどの程度になるかを検討してみる。

第17図の ρ の標準曲線は第16図より求めたものである。第16図において人間のアルミニウム等量 ρ 標準曲線と、実際人間のアルミニウム等量と、どのくらいの幅があるかを考えてみる。人間のアルミニウム換算最大幅は胸厚 19 cm のところで ± 0.6 mm であり、標準アルミニウム等量は 8.4 mm である。また一方胸厚 19 cm の人は第14図より 50.6 kVP で撮影するゆえ、第13図より管電圧 50.6 kVP のときアルミニウム 9, 8.4, 7.8 mm の厚さの ρ を出すと第3表のようにになる。 $\rho = 0.96$ を標準とすると、露出時間の変化は(4)式および(5)のごとくなる。

$$0.98/0.96 = 1.02 \dots\dots\dots (4)$$

$$0.94/0.96 = 0.98 \dots\dots\dots (5)$$

すなわち露出時間は体質により約2%の幅を生じている。X線の線質、線量が同一である場合は、フィルムを感光するエネルギーは露出時間に比例すると考えられるゆえ、X線のエネルギーを E 、フィルムの黒化度を D 、フィルムの特曲線の勾配を r 、 K_0 を常数とすれば、(6)式および(7)式が成立する。

$$r = K_0 \Delta D / \Delta (\log E) = K_0 \Delta D / \Delta E / E \dots\dots (6)$$

$$\therefore \Delta D = K_0 r \Delta E / E = r (K_0 \Delta E / E) \dots\dots (7)$$

ただし ΔE , ΔD はX線のエネルギーおよび黒化度の微小変化を示す。

すなわち露出時間2%の変化に対して、X線のエネルギーも2%変化するゆえ、 r として2をとれば黒化度は大体4%の変化に止る。

また一方全然 ρ_0 を補償しないで制御した場合、すなわち管電圧を 50.6 kVP 一定にして撮影を行つたとき、19 cm の人の黒化度を標準とし、胸厚が変つた場合の黒化度の変化を求めてみると第4表のごとくなる。

第4表でわかるごとく、胸厚 20 cm 以下の人に対しては ρ_0 を補償しなくとも、すなわち管電圧は一定のままでも、黒化度の変化は5%以内にすぎない。それに反

第 4 表 管電圧一定の場合の黒化度の変化
Table 4. Variation of Density at Constant X-Ray Tube Voltage

胸 厚 (cm)	アルミ等量 (mm)	ρ	露出時間の 変化 (%)	黒化度の 変化 (%)
14	7.6	0.945	2.5	5
16	7.8	0.94	2	4
18	8.1	0.95	1	2
19	8.4	0.96	0	0
20	8.9	0.98	2	4
21	9.6	0.99	3.1	6.2
22	10.6	1.02	6.2	12.4
23	12.3	1.05	9.3	13.6

して胸厚 20 cm 以上の人の場合は、補償装置を用いないと胸厚が大きい程変化の割合が大きくなり、23 cm の人では 20% 近く黒化度が変化することになる。勿論実際には第 4 表の黒化度の変化の外に、既述の体質に基く変化が入る。しかしながらその変化を含めても、20 cm 以下の胸厚に対しては 10% 以下の黒化度の変化に止まっている。

さらに管電圧が 50.6 kVP で撮影する場合、管電流の変化に対する黒化度の変化を考える。第 20 図より管電流が 20%、すなわち 200 mA から 160 mA (あるいは 240 mA) に変化したとすると、管電圧は 50.6 kVP から約 2 kVP 変化する。第 12 図よりこの管電圧の変化に対する ρ の変化は大体 0.04 であるから、露出時間は 4% 変化し、したがって黒化度は 8% 変化することになる。

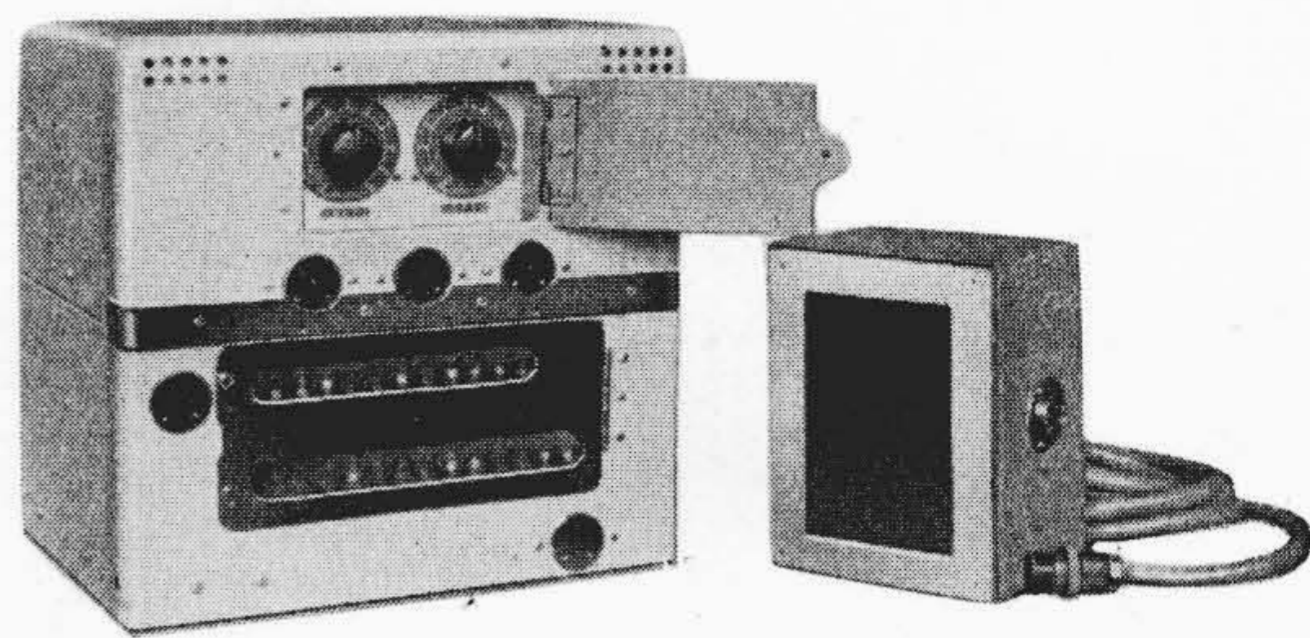
以上により管電流をほぼ一定値とし、管電圧を標準値に近くとれば、黒化度は 10% 以上変化することはないと考えられる。一般に撮影されている X 線写真の黒化度の幅は、測定結果によると 20% が普通となっており、10% 程度の黒化度の変化は読影上ほとんど差支えない。

〔IX〕 日立ユニバーサルタイマー

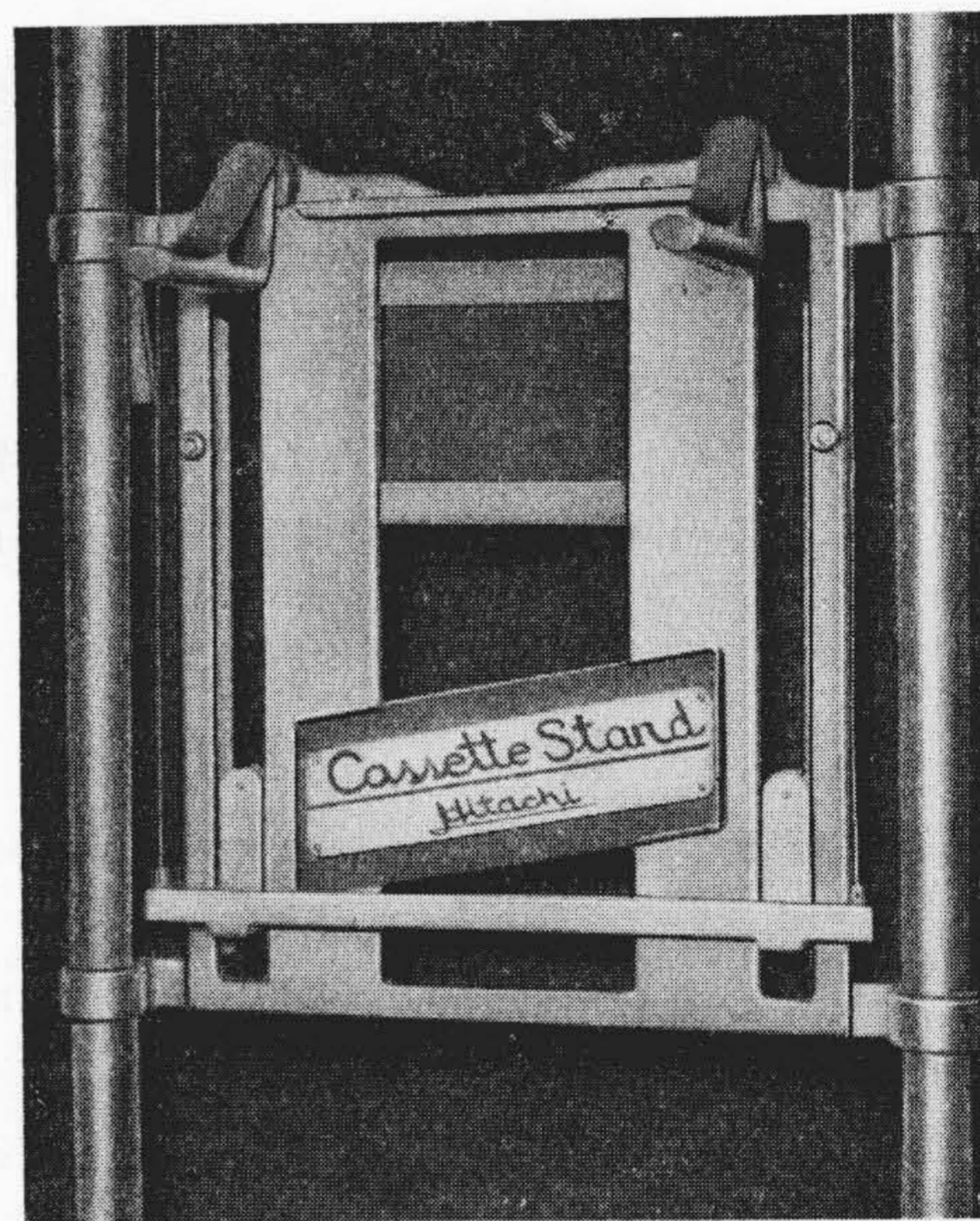
日立ユニバーサルタイマーは、直接撮影用フォトタイマー、間接撮影用フォトタイマー、同期スイッチ付電子管タイマーの 3 部分より構成され、切換器により任意のタイマーを選択し撮影することができる総合タイマーであるが、そのうち直接撮影用フォトタイマーについて述べる。

(1) 構造、回路

第 22 図はユニバーサルタイマーおよび光電管部の外観で、下段は電源部分、上段は継電器部分となっている。上段のつまみは右が直接撮影、左が間接撮影の場合のフォトタイマー用黒化度調整器であり、限時切換器の指針を D.P.T. に合わせることにより、直接撮影用フォトタイマーに切りかわる。直接撮影用フォトタイマーの主要



第 22 図 ユニバーサルタイマー
Fig. 22. Universal Timer

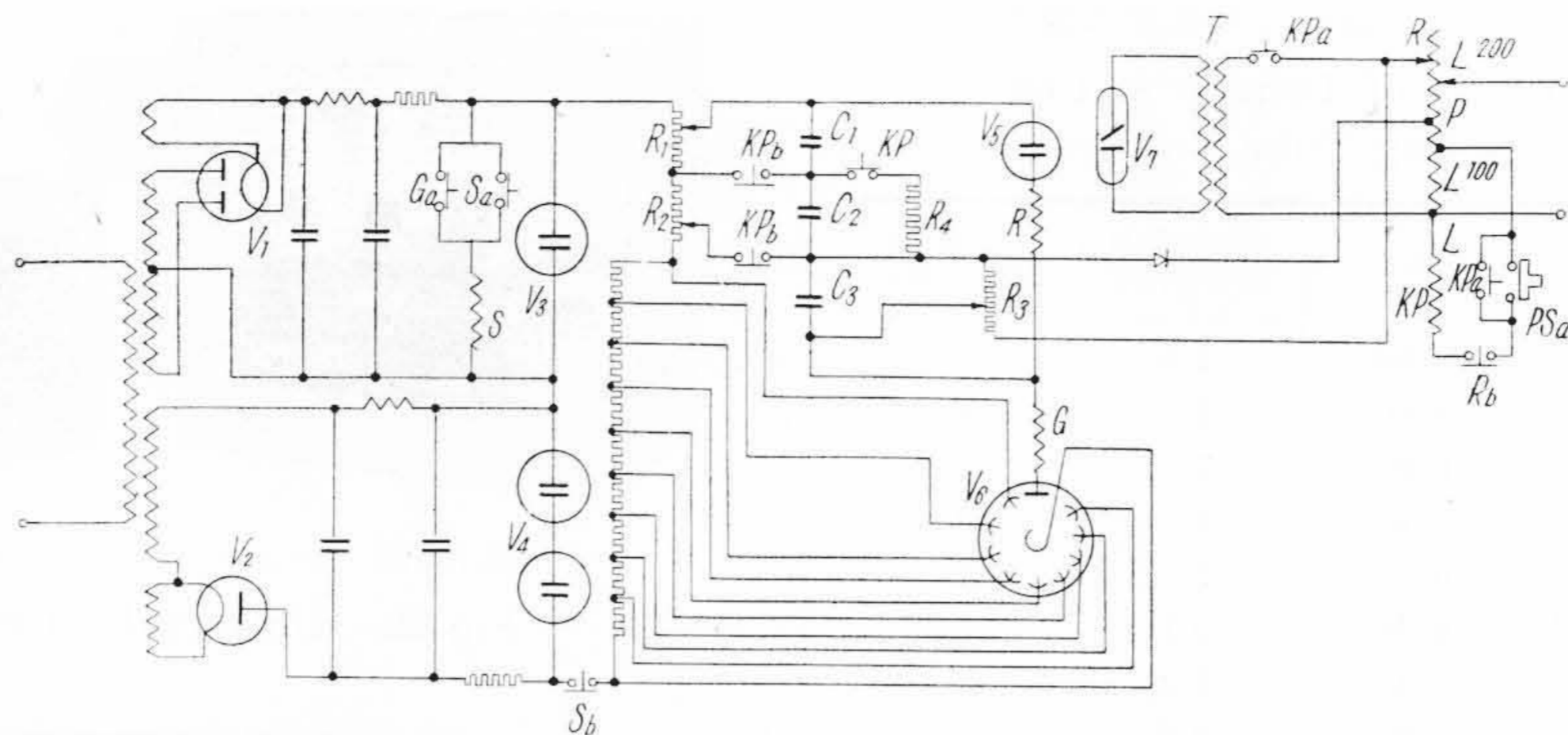


第 23 図 光電管部取付状況
Fig. 23. Cassette Holder and Photo-Tube Unit

回路は第 24 図 (次頁参照) に示す通りである。すなわち C_1 は光電流充電用蓄電器、 C_2 および R_4 はリレーの遅れ補正回路であり、 C_3 には PR 間の電圧 E_0 が R_3 により (3) 式を満足する電圧 E_2 となつてかゝり、管電圧の調整と同時に ρ を補償している。

(2) 動作説明

胸厚を測り、それに応じた撮影条件にすると、蓄電器 C_3 は (3) 式の E_2 に相当した電圧で充電電圧と逆方向に充電される。押釦スイッチ PS_a を押すと KP は附勢され、X 線が放射されるとともに、 KP_a は閉路され、 KP_b は開路される。X 線が被写体、カセットを透過し、第 23 図に示すように心臓上部位置におかれた光電管部の蛍光紙を発光させると、光電管 V_6 に光電流が流れる。光電流は C_1 に充電され、 C_1, C_2, C_3 の電圧の和が放電管 V_5 の放電開始電圧に達すると放電管は放電し、リレー R が働いて R_6 を開路し、X 線放射を終る。 C_2 および R_4 の放電電圧によりリレーの遅れは補正され、 C_3 の



第24図 直接撮影用フォトタイマー結線図
Fig.24. Connection Diagram of Direct Photo-Timer

電圧により ρ を補償することができる。なお黒化度の調整は R_1, R_2, R_3 を連動可変抵抗として、一箇のつまみで調整できるようにしてある。また G は過負荷継電器で、不注意による過電流で光電管を損傷するのが防止される。

〔X〕 結 言

以上直接撮影用フォトタイマーについて種々検討を加えたが、要約するとつぎのごとくなる。

- (1) 蛍光紙の発光特性は 0.05 秒以上の露出の場合には、時間の変化にかゝらず一定とみなされる。
- (2) 線質、線量、被写体が一定ならば、蛍光紙のあかるさをそのまま制御して差支えない。
- (3) リレーの動作時間による遅れは補正回路を用いることにより解決される。

(4) 管電圧と胸厚の間にある関係を附し、電圧補償をすることによつて、被写体、カセットなどによるX線吸収量の差異に基づく黒化度の不均一を補償することができる。

(5) 黒化度の変動は理論的に 4% 以内に押えることができる。

以上によりX線胸部直接撮影に際しては、被写体とX線管球の距離および管電流を一定とし、胸厚—管電圧図表より胸厚に相当した管電圧を与えれば、自動的に十分黒化度が均一な写真の撮影を行うことができる。

なお胸部以外の骨、内臓などの撮影においても条件を定めることにより、黒化度が一様な写真撮影が可能である。



日立製作所社員社外寄稿一覧表 (昭和29年11月分受付) (その2)

(第16頁より続く)

寄稿先	題名	執筆者所属	執筆者
日本鉄鋼協会	硼素鋼の研究(その二)	安来工場	小田 柴 定 雄 稲 中 田 和 夫
日本鉄鋼協会	硼素鋼の研究(その三)	安来工場	小田 柴 定 雄 稲 中 田 和 夫
日本鉄鋼協会	硼素鋼の研究(その四)	安来工場	小田 柴 定 雄 稲 中 田 和 夫
日刊工業新聞	日立電子顕微鏡	本社	白川 義 雄

(第88頁へ続く)