

# 我教室ニ新設セル特型防電擊深部治療 レントゲン装置ノ性能検査

金澤醫科大學理學的診療科學教室

平 松 博

*Hiroshi Hiramatsu.*

奥 原 政 雄

*Masao Okuhara.*

(昭和12年5月28日受附)

## 目 次

一. 緒 論	3) 質ノ決定
二. 構 造	4) 量ノ決定
三. 性能検査	文 獻
1) 管球ノ焦點	寫眞附圖
2) 電壓波形	

## 1. 緒 論

我教室ニ於テハ去月島津製作所製防電擊防 X 線博愛特型 A 號ヲ新設シテ、種々ナル疾患ノ深部治療ニ當ランメ、其ノ性能ノ大略ニ就キテハ既ニ昭和12年4月24日金澤醫學會席上ニ於テ發表セルガ、今茲ニ機會ヲ得タレバ、更ニ其ノ性能ニ就テ聊カ詳細ニ報告シテ江湖諸賢ノ御批判ヲ仰ガントス。

## 2. 構 造

此ノ博愛號ノ特徴ハ防電擊及防 X 線装置ヲ完備スル事及種々ノ防過失装置ヲ具備スル事ニシテ、之ニヨリ「レ線從業員及被治療患者ガ蒙ル「レ線障害ヲ充分ニ防止シ得ルモノナリ。

其ノ大略ノ構造ヲ記セバ、發生装置ハ 230KV 用整流管及蓄電器各 2 個ヲ Greinachersche Schaltungニ從ヒテ連結セルモノニシテ、管球破壊ヲ惹起スル事アル異常電壓ノ發生或ハ電源電壓ノ 10% 以上ノ變動ニ對シテハ「レ線ヲ自動的ニ遮斷シ、更ニ其ニ對スル警報装置ヲ具備ス。

二次電壓ハ遠方制禦式特許回轉補助オート法ニヨリ連續的ニ變動セシムルヲ得、尙配電盤ハ操作不熟練ノ爲ニ生ジ易キ人爲的過失ヲ防止スルガ如キ種々ノ装置ヲ備ヘ、更ニ二次回路ノ電流ノ強度ヲモ盤上ノ電流計ニヨリテ知ル事ヲ得。

管球ハ上下ノ移動ハ電動器、其他ハ手動ニヨリ調節シ、200KV. 10mA、ノ連續容量ヲ有シ防電油冷 全金屬遮蔽全油浸型ニシテ、濾過板ノ挿入ヲ忘却シ、或ハ管球冷却油ノ循環不良

及油ノ水道水=ヨリ冷却不十分ナルトキハ一次回路=電流ヲ通ゼズ。之=ヨリテ火傷或ハ管球破壊ノ危険ヲ未然=防止ス。冷却油ハ管球壁ヲ循環シテ管球ヲ油浸絶縁シ、自ラハ又、水道水=ヨリテ冷却セラル。

### 3. 性能検査

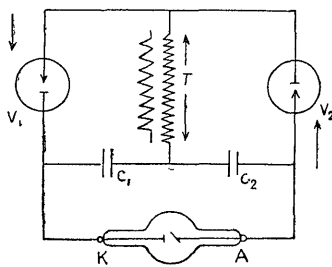
#### 1) 管球ノ焦點

管球焦點ヲ焦點針孔間 針孔乾板間距離ヲ同ジク 30cm トシテ焦點計=ヨリ 撮影セル=附圖第1ノ如ク、中央= 5.0×2.5mm ノ橢圓形ノ強ク「レ線ヲ放出スル部分ヲ認メ、其ノ周圍=陰極加熱纖維ノ螺旋形配列=一致シテ 3 重ノ同心性環狀「レ線放出帯ヲ認メ、焦點全體トシテ 16.5×9.0mmナル橢圓形ヲ呈シ、奥原<sup>(1)</sup>ガ我教室ノ舊キ「レ線管球焦點=認メタルガ如キ破壊或ハ磨滅ノ像無シ。尙微カナガラ對陰極柄ノ邊緣ヲ認メ、Stielstrahlen ノ放出セラル、事ヲ確メクリ。

#### 2) 電壓ノ波形

上述ノ如ク、此ノ發生裝置ハ定電壓發生=用ヒラル、Greinachersche Schaltung ヲ利用セリ。(第1圖參照)

第 1 圖

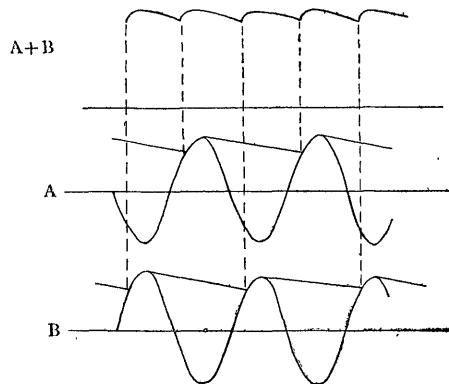


一般=定電壓ガ脈動電壓=比シ有利ナル點ハ<sup>(1)</sup>陰極加熱纖維ノ負荷ノ小トナリ、從ツテ管球壽命ヲ延長セラル、事(無整流脈動電壓、整流脈動電壓、整流定壓ノ3種ノ場合、二次回路電流計ノ示目盛ヲ同一、例ヘバ 5mA ナラシメントスレバ、其ノ二次電流ノ最大ノ強サハ夫々 15mA (3 倍)、7.5mA (1 倍半)、5mA トナリ、陰極纖維ハ各々=一致セル加熱ヲ要スル事トナル)<sup>(2)</sup> (2) 放出セラル、「レ線ノ「スペクトル」=於ケル Intensitätsmax-

imum ガ波長ノ短キ方=移動シ、軟線ノ部ガ比較的減少シ、從ツテ少キ濾過ニテ足り、同一ノ濾過ノ際=ハ均等性高く、且單位時間内=於ケル「レ線量ノ多キ事等ナリ。

Greinachersche Schaltung ハ定電壓發生裝置ノ一ニシテ、大ナル容量ヲ有スル蓄電器ヲ整流管ヲ通シテ負荷スルテフ原理=基クモノナリ。其ノ機構ヲ略述スレバ、先ヅ變壓器 T =ヨリテ昇壓セラレ、其ノ交流波ノ一ノ半周波ハ V<sub>1</sub> =ヨリ C<sub>1</sub> =、他ノ半周波ハ V<sub>2</sub> =ヨリ C<sub>2</sub> =荷電セラレ、而シテ此ノ2個ノ蓄電器ハ列=連結セラル、爲、管球兩端=カ、ル電壓ハ第2圖ノ如ク、A、B 兩回路=於ケル電壓ノ和トナリ、從ツテ其ノ變動ハ1週期内=2

第 2 圖



個ノ低キ頂ヲ有スル極メテ平坦ナル波トシテ表ハサル。而シテ最高電壓ハ管球負荷ニヨリテ變動スルヲ免レザルモ、略々變壓器ニ於ケル最高電壓ノ2倍トナルモノナリ。

故ニ此ノ結線ハ4個ノ整流管及1個ノ蓄電器ヲ有スル Graetzsche Schaltungニ比シ、同一ノ最高電壓ヲ生ゼシメントスル際、整流管ノ各々ガ遮斷スベキ電壓ノ値ニハ變化ナシトスルモ、變壓器ハ約2分ノ1ノ電壓ヲ發生セシムレバ足り、且各々ノ蓄電器ノ容量モ略々2分ノ1ニテ可ナレバ、此ノ結線ハ定電壓ノ發生ニ甚ダ有利ナルモノナリ。

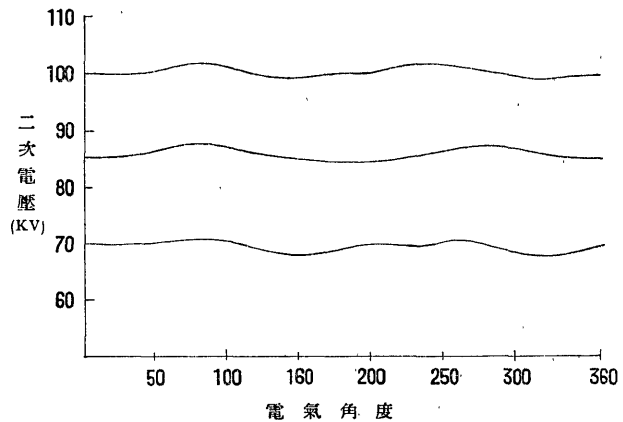
予等ハ島津製廻轉型電壓計ニヨリ其ノ波形ヲ測定セルニ、其ノ結果ハ第3圖ノ如ク、1週期内ニ2個ノ頂ヲ有スル極メテ平坦ナル波トナリ、其ノ變動率ハ曩ニ予等ガ、Polestar,

Polex, Diana 及 Victorニ就キテ測定セル結果<sup>(3)</sup>トハ著シク異リ、僅ニ5%以下ナリ。

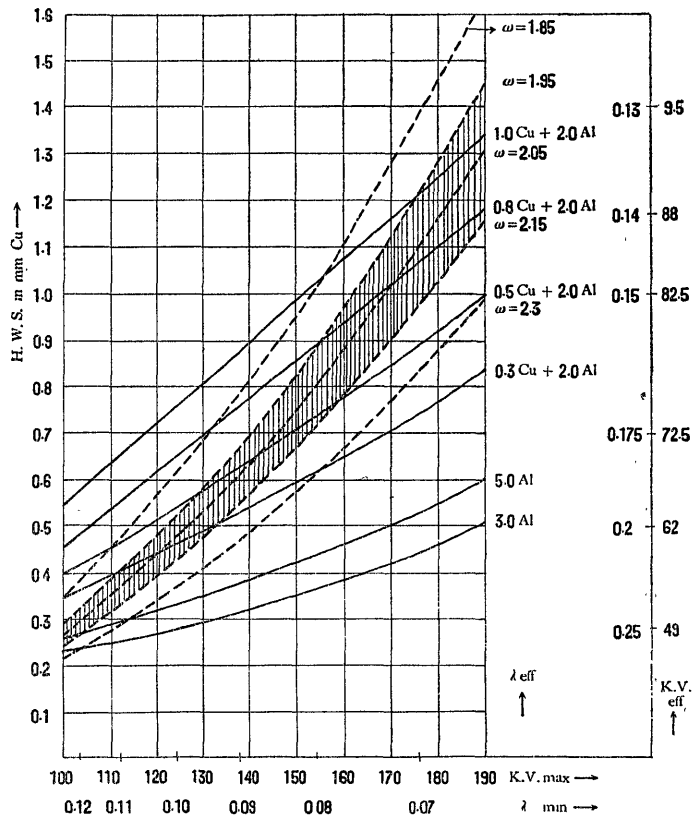
3) 質ノ決定

Holthusen u. Braun<sup>(4)</sup>ニ從ヒテ先ヅ第4圖ノ如キ Qualitätsdiagrammヲ作製セリ。

第 3 圖



第 4 圖



即チ横軸=最高電壓及最短波長ヲ; 縦軸=銅=對スル半價層ヲトリタル表=100—190KV =於テ6種ノ濾過(3.0mm Al, 5.0mm Al, 0.3mm Cu + 2.0mm Al, 0.5mm Cu + 2.0mm Al, 08mm Cu + 2.0mm Al, 10mm Cu + 2.0mm Al), ノ各々ノ際=於ケル半價層ヲ夫々求メ, カクシテ得タル點ヲ連結シテ6筋ノ曲線ヲ描キ, 更ニ深部治療=如何ナル濾過ヲ用フベキカヲ一目瞭然ナラシムル爲, 均等度ノ指示數トシテ用ヒラル $\omega$  ( $\omega = \frac{\text{實効波長}}{\text{最短波長}}$ ) ガ夫々1.85, 1.95, 2.05, 2.15, 2.3 =等シキ5ノ曲線ヲ求メタリ.

Holthusen u. Braun ハ  $\omega = 1.85 \sim 2.05$  ガ中等度ニシテ且實用的=充分ナル均等度ナリト考ヘタレド, 予等ハ  $\omega = 2.05$  ヲ中央トシテ  $\omega = 1.95 \sim 2.15$  ナル範圍(第4圖上=於テ細カ=縦線ヲ引キタル部)=テ實用的=充分ナリト考ヘ, 180KV =對シテハ 0.8 Cu + 2.0 Al, 150KV =對シテハ 0.5 Cu + 2.0 Al, 130KV 及 110KV =對シテハ 0.3 Cu + 2.0 Al ナル濾過ヲ採用スル事ニ決定セリ.

次ニカクシテ得タル4種ノ「レ線即チ (1) 180 KV, 0.8 Cu + 2.0 Al, (2) 150 KV, 0.5 Cu + 2.0 Al, (3) 130 KV, 0.3 Cu + 2.0 Al, (4) 110 KV, 0.3 Cu + 2.0 Al =就キ吸收曲線ヲ求メ, 其ノ結果ヲ第5圖ノ如ク, 横軸=銅濾過板ノ厚サ, 縦軸=(100-減弱率)ノ對數ヲトリタル「グラフ」ニヨリテ示セリ. 半對數座標ヲ用ヒタルハ單一レ線=於テ減弱セラレザル前ノ量ヲ  $I_0$ , 厚サxナル濾過=ヨリテ濾過サレタル後ノ量ヲ  $I$ , 其ノ「レ線」ノ濾過物質=對スル吸收係數ヲ  $\mu$  トスレバ,

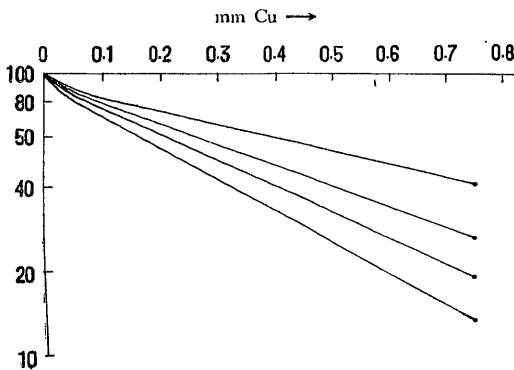
$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

即チ

$$\mu x = \log \frac{I_0}{I}$$

ナル關係式ノ存在スル爲ナリ.

第 5 圖



何レノ場合モ更ニ 0.2mm Cu ノ濾過ヲ經レバ(但シ 110 KV ノ時ハ 0.1mm Cu ノ濾過ニテ充分ナリ. 殆ド直線ノヲ走向ヲ示シ, 全ク均等ナル「レ線」ヲ得ントスレバ, 更ニ 0.2mm Cu (110KV ノ際ハ 0-1mm Cu) ダケ濾過ヲ増加セシムベキ事ヲ物語レリ.

此等ノ曲線ニ就テ, 「グラフ」上ヨリ半價層ヲ求メ, 半價層ヨリ吸收係數, 實効波長ヲ求メタリ. 即チ吸收係數デ

$$\mu = \frac{0.693}{\text{H.W.S (cm)}} \quad ((\text{H.W.S 半價層}))$$

ヨリ實効波長  $\lambda_{\text{eff}}$  ハ Grebe u Nitzge<sup>(5)</sup> ノ表ニ從ヒテ  $\mu$  ヲ算出セリ. (第1表参照)

第 1 表

最高電壓 (KV)	濾 過	最短波長 (Å)	半價層 (Cu)	吸收係數	實効波長 (Å)
180	0.8mm Cu +2.0mm Al	0.068	0.112cm	6.19	0.148
150	0.5mm Cu +2.0mm Al	0.080	0.073cm	9.49	0.176
130	0.3mm Cu +2.0mm Al	0.095	0.052cm	13.32	0.202
110	0.3mm Cu +2.0mm Al	0.112	0.042cm	16.50	0.218

次イデ Silberstein<sup>(6)</sup> ノ法 = 基キテ「レ線ノ spektrale Energieverteilung」ヲ數學的 = 決定セン事ヲ試ミタリ。

今茲 = 其ノ法ヲ略記スレバ、

f(λ) ヲ任意ノ波長 λ = 於ケル「エネルギー」即チ「エネルギー分布」ヲ表ハス函數トスレバ、  
「レ線ノ全量 I<sub>0</sub>」ハ、

$$I_0 = \int_{\lambda_0}^{\infty} f(\lambda) d\lambda \dots \dots (1)$$

= ヨリテ與ヘラル。茲 = λ<sub>0</sub> ハ最短波長或ハ限界波長ナリ。

モシ此ノ「レ線ガ厚サ x ナル濾過板 = ヨリテ減弱センヌラレタル時ノ量ヲ I(x) トスレバ、

$$I(x) = \int_{\lambda_0}^{\infty} f(\lambda) e^{-\mu(\lambda)x} d\lambda \dots \dots (2)$$

ナリ。茲 = μ(λ) ハ波長 λ ナル「レ線ガ其ノ濾過物質 = 對スル吸收係數」ナリ。

變數ヲ λ ヨリ μ = 變ジ f(λ)  $\frac{d\lambda}{d\mu} = \phi(\mu)$  ト置ケバ、

$$I(x) = \int_{\mu_0}^{\infty} e^{-\mu x} \phi(\mu) d\mu \dots \dots (3)$$

(μ<sub>0</sub> ハ λ<sub>0</sub> ノ際ノ吸收係數)

茲 = Siebevstein ノ假定

$$I(x) = I_0 e^{-Ax - B\sqrt{x}} \dots \dots (4) \quad (A-B \text{ ハ常數})$$

ヲ導入スレバ、

$$I(x) - I_0 e^{-Ax - B\sqrt{x}} = \int_{\mu_0}^{\infty} e^{-\mu x} \phi(\mu) d\mu$$

トナル。コレハ Laplace ノ積分即チ

$$\int_0^{\infty} e^{-\frac{p^2}{u^2} - q^2 u^2} du = \frac{\sqrt{\pi}}{2q} e^{-2pq}$$

=還元スル事ニヨリテ,

$$\varphi(\mu) = \frac{I_0 B}{2\sqrt{\pi}} (\mu - A)^{-\frac{3}{2}} e^{-\frac{B^2}{4(\mu - A)}} \dots\dots\dots (5)$$

更ニ或ハ  $\phi(\mu)$  ヨリ  $f(\lambda)$  ハ  $\mu = \mu_0 + \beta\lambda^3$  ( $\beta$  ハ常數) ナル式ニヨリテ變換スレバ,

$$f(\lambda) = C I_0 B (\mu - A)^{-\frac{3}{2}} (\mu - \mu_0)^{\frac{2}{3}} e^{-\frac{B^2}{4(\mu - A)}} \dots\dots\dots (6)$$

$$(C = \frac{3\beta^{\frac{1}{3}}}{2\sqrt{\pi}})$$

而シテ茲ニ問題トナル常數 A 及 B ノ決定ニ就テハ, 「レ線ヲ極度ニ濾過スルトキハ  $x = \sqrt{x}$  對シテ  $\sqrt{x}$  ヲ無視スル事ヲ得. 其ノ際ノ吸收係數ハ限リナク A ニ近ヅク事ヨリ A ハ最短波長  $\lambda_0$  ニ對應スル吸收係數トシテ求メラレ(最短波長ハ最高電壓ヲ知レバ  $\lambda V = 12.35$  ナル Duane-Hunt ノ法則ニテ直ニ求メラル). B ハ其ノ「レ線ノ量ヲ 2 分ノ 1 ニ減少セシムル該物體ノ厚サ即チ半價層  $X_m$  ヲ知レバ (4) ヨリ誘導セラルル

$$\Delta x_m + B \sqrt{X_m} = \log_e 2 = 0.693$$

$$\text{或ハ } B = \frac{0.63 - A x_m}{\sqrt{X_m}}$$

ヨリ求メラル. 更ニ Intensitätsmaximum ヲ示ス吸收係數  $\mu_{max}$  ハ

$$\mu_{max} = A + \frac{B^2}{6}$$

ニテ與ヘラル.

予等ガ上記ノ 4 種ノ「レ線ニ就テ A, B  $\mu_{max}$ ,  $\lambda_{max}$  ( $\mu_{max}$  = 相應スル波長) ヲ求メタル結果ヲ表示スレバ第 2 表ノ如シ.

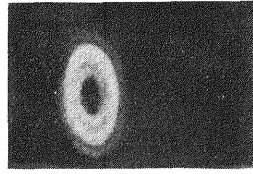
第 2 表

	最高電壓 (KV)	濾 過	A	B	$\mu_{max}$	$\lambda_{max}$
I	180	0.8mm Cu +2.0mm Al	1.75	1.56	2.15	0.0805
II	150	0.5mm Cu +2.0mm Al	2.13	2.00	2.80	0.0965
III	130	0.3mm Cu +2.0mm Al	2.73	2.41	3.70	0.1145
IV	110	0.3mm Cu +2.0mm Al	3.67	2.63	4.82	0.1313

Spektrale Energieverteilung = 就テハ  $\mu = \mu_0 + \beta\lambda^3$  ガ必ズシモ常ニ成立セズトノノ Bell 言アリシヲ以テ, (6) 式ニヨラズシテ, (5) 式ニヨリテ,  $\phi(\mu)$  ヲ圖示シ, Energieverteilung ノ狀ヲ明瞭ナラシメントセリ. (第 6 圖參照)

平松・奥原論文附圖

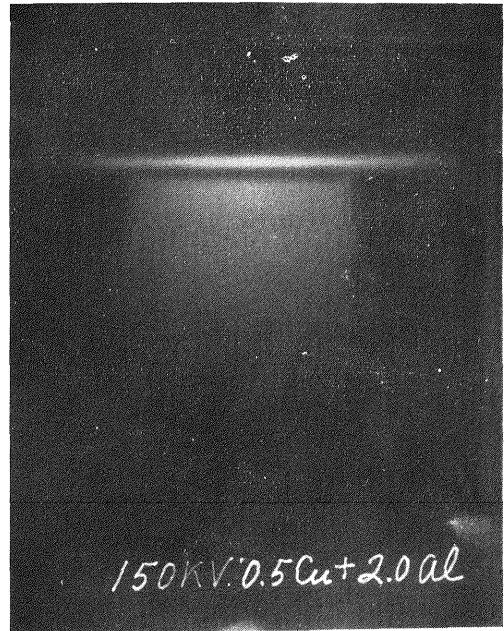
(1)



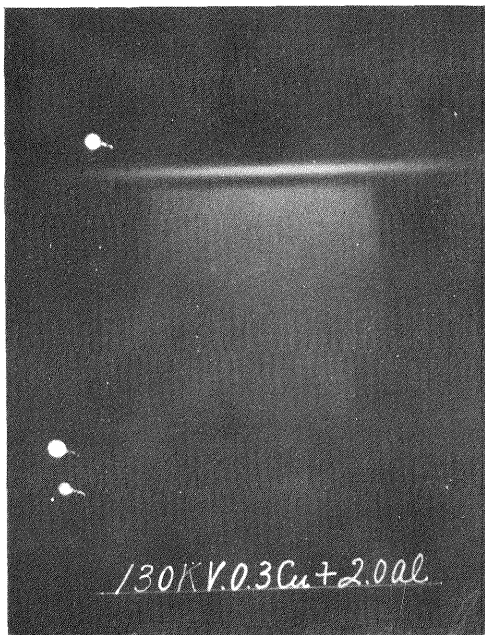
(2)



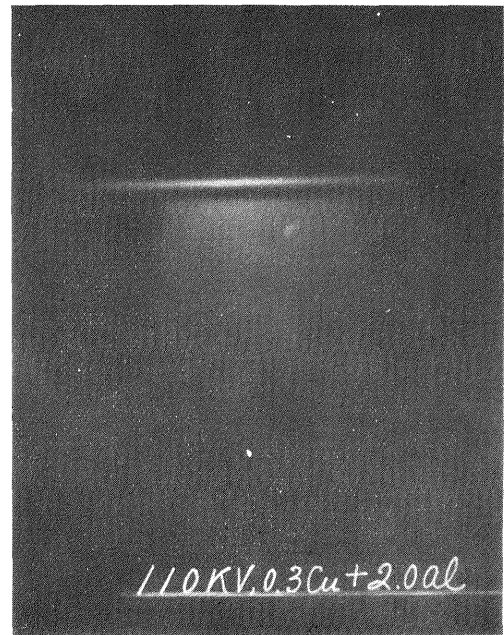
(3)



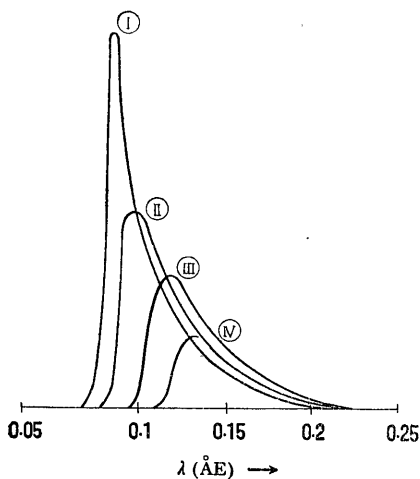
(4)



(5)



第 6 圖



4) 量ノ決定

焦點ヨリ 30cmニ於ケル 1 分間レ線量ヲ Küster ノ Eichstanzgerätニテ正確ニ測定スルニ、其ノ結果ハ次表ノ如シ。

第 3 表

最高電壓 (KV)	濾 過	1 分間レ線量 (γ)
180	0.8mm Cu + 2.0mm Al	19.3
150	0.5mm Cu + 2.0mm Al	17.2
130	0.3mm Cu + 2.0mm Al	16.6
110	0.3mm Cu + 2.0mm Al	10.2

尙附加トシテ焦點パラフィン塊距離ヲ 23cm トシテ、同一表面量(400r)ヲ「パラフィン塊ニ放射シテ塊内ニ於ケル放射線散亂線發生ノ状態ヲ囊ニ我教室ヨリ高橋ガ發表セル方法ニ從ヒ、Pinholekamera ノ理ヲ應用シテ撮影セルニ、附圖第 2、第 3、第 4 ノ如ク、電壓ノ高マルニツレ、「レ線透過度ガ大トナリテ放射線ハ深部ニ至ルマデ明瞭ニ認メラレ、深部量ノ増加スル事ヲ容易ニ了解セシメタリ。

文 獻

- 1) 奥原政雄, レ線管球焦點ノ測定, 十全會雜誌, 42卷, 281頁, 昭和12年.
- 2) Brenzinger M., A. Ganitzky u. E. Wilhelmy, Allgemeine. Physik und Technik des Röntgen verfahrens. Leipzig, 1930.
- 3) 平松博, 奥原政雄, 高電壓及其波形ノ測定, 十全會雜誌, 41卷, 3598頁, 昭和11年.
- 4) Holthusen, H. u. R. Braun, Grundlagen und Praxis der Röntgenstrahlendosierung. Leipzig, 1933.
- 5) Grele, L. u. K. Nitzge, Tabellen zur Dosierung der Röntgenstrahlen. Berlin-Wien, 1930.
- 6) 高橋二郎, 「レ線散亂體ノ針孔撮影, 十全會雜誌, 第42卷, 第7號, 1974頁, 昭和12年7月.