

## 第九章

### 白熱燈

#### 第一項 電燈一般

燈火の發達—吾人は太陽なる大なる光源より照さるゝ故に、日光の達する場所に於ては總ての物體を認識することを得れども、然らざる場所に於ては日光に代はる他の光を用ふるに非れば物體を認むること能はざるなり。此くの如き場合に人爲的に作りて日光に代用する光を燈火と稱す。昔時人智の開けざる時代に作られたる燈火は極めて不完全にして僅かに薪の類を燃やし、戶外に於ては松火と爲したるに過ぎざりしが、漸次人文の發達するに従て魚油を使用し、次で菜種より油を採り之を貝殻に入れ、堯にて燈心を作りて點火すること發明せられ、更に進んで蠟燭となり石油燈となり瓦斯燈に進み、一層進歩して電氣の發熱作用を應用したる現時の電燈(Electric Lamp)と成りたるなり。我邦に於ては石油燈は明治初年に始めて使用せられ、瓦斯燈は明治五年九月横濱市に瓦斯局官設せられてより用ひられ、電燈は明治十八年東京市に於て銀行集會所開所式の際始めて點火せられたり。

電燈には後項に逐次詳説する如く其種類極めて多し、其各種電燈の發明せられたる年代は第53表に示す如し。

第53表

電燈發明年代表

年次	電燈の種類
西曆1877年(明治10年).....	開放弧光燈
西曆1879年(明治12年).....	炭素纖維條白蒸燈
西曆1894年(明治27年).....	閉鎖弧光燈
西曆1897年(明治30年).....	ネルンスト燈
西曆1898年(明治31年).....	オスミウム白熱燈
西曆1902年(明治35年).....	發焔弧光燈
西曆1904年(明治37年).....	磁鐵弧光燈
西曆1905年(明治38年).....	金屬化纖維條白熱燈
西曆1905年(明治38年).....	タンタラム白熱燈
西曆1916年(明治39年).....	タングステン白熱燈
西曆1913年(大正2年).....	窒素電燈

電氣勢力に由る光の輻射—今或る抵抗大なる電線に強大なる電流を通ずるときは、電線は發熱し熱を輻射するに至ることは已に第二章に於て記載したる所なり。此場合に於て電線の大き甚だ小に電流甚だ強大なるときは、電線の上昇温度高くして遂に赤色に熱し甚しきときは白熱して光を發つに至るべし。即ち電線は温度の低き間は熱を輻射し温度甚しく上昇するに及んで光を輻射するに至り、電氣勢力を光の勢力に變じたるなり。斯くの如く光を輻

射するものは電線の如き固体に限られず液体又は瓦斯體も亦同様の作用を爲す。

輻射なる現象に二種あり、一は輻射體の自熱作用に由るものにして低温度に於て熱を輻射し高温度に於て光を輻射するもの之を熱輻射(Heat Radiation)と云ひ、一は電氣勢力が直ちに光輻射に變じて發光するもの之を發光輻射(Luminescence Radiation)と云ふ。真空内又は之に或る瓦斯に充たしたる場合に之に電壓を加へるときは内部に於て放電作用起り電氣勢力は直ちに光に變じて發光輻射を爲すべし。電燈は此輻射の理を應用したるものにして發光せしむる輻射體に固体又は瓦斯體を用ひ電氣勢力を光の勢力に変更せしめ燈火として使用せらるゝ一種の装置なり。

輻射の法則及發光能率—光の輻射なる現象は、**オイレル氏**(Euler)の説に依れば宇宙に存在する**エーテル**(Ether)の波狀振動にして其速度は毎秒 $3 \times 10^{10}$ 「センチメートル」なり。其波の長さに種々あり短きは一「メートル」の百萬分一より長きは數百哩迄あれども、發火體より輻射する光の内吾人の眼に認むることを得るもの即ち**可視光**(Visible light)は僅かに波長

$80 \times 10^{-6} - 40 \times 10^{-4}$ 「センチメートル」の間に在る光にして其以外の波長を有する光は後に記載する如く或は熱となり又は化學作用を爲すに止まり燈火としての目的に適せざるなり。従て可視光のみを低温度に於て輻射する發光體は燈火として完全なるものなれども實際に未だ得られざるなり。發光體に與へられたる熱勢力と之より可視光を發する勢力との割合は其性質に由て異り、黑色物體に於て最も少し。1878年に發見せられたる**ステファン・ボルツマン輻射法則**(Stefan-Boltzmann Law of Radiation)に従へば、 $P$ を黑色物體より輻射する總勢力とし、 $\sigma$ を其絶對温度とすれば

$$P = K\sigma^4 \dots\dots\dots (130)$$

次に**ウィーン**(Wien)氏は次の式を見出せり

$$\lambda_m \sigma = K_1 \dots\dots\dots (131)$$

式中 $\lambda_m$ は最大輻射の波長にして $K, K_1$ は定數なり。 $P_m$ を最大輻射を爲す勢力とすれば

$$P_m = K_2 \sigma^5 \dots\dots\dots (132)$$

但し $K_2$ は定數なり。**ルムマー・プリングハイム**(Lummer Pringheim)氏は磨きた白金を輻射體とするときは $\lambda_m \sigma = 2630$ 、黑色物體に於ては $\lambda_m \sigma = 2940$ なることを發

見せり。其他の輻射體に於ては $\lambda_m$ は皆此二者の中間に在るなり第132式より輻射體の絶對温度高き程最大輻射勢力甚しく増し第131式より絶對温度高きに従ひ波長短くなりて可視光増すことを認むべし。之に由て鎔解温度高き金屬を輻射體に用ふるときは最も多くの輻射を爲し強き可視光を發するなり理想的最大輻射を爲すべき絶對温度はウーレン氏法則に従へば5,000—6,000度なれども實際に於て斯くの如き温度に達するものを得ず。炭素は金屬よりも鎔解温度高きも高温に於ては蒸發するを以て白熱燈に於ては其光を減せしむ其温度の實際の限度は1,800度なり。金屬中**タングステン** (Tungsten) は鎔解温度最も高き故に現今白熱燈の輻射體として用ひらるゝものゝ中温度最も高く最も多くの光を發するなり窒素電燈は尙一層之を改良したるものにして現今の白熱燈中最良のものたり。

鎔解温度高き金屬を輻射體に用ふる場合に鎔解温度に餘り近く高温に熱するときは其輻射の性質黑色物體の夫に近付き可視光を減するに至る従て發光上一定の最高温度ありて此温度に於て最も多くの可視光を輻射するなり此くの如き金屬の輻射

の性質を**選擇輻射**(Selective Radiation)と云ふ。多くの金屬は此性質を有す。

發光體より輻射する可視光に變ずる勢力は輻射に要せられたる總勢力の幾部分に過ぎず大部分は波長長き熱輻射に變ずるのみ。此可視光に變ずる勢力と總勢力との比を百分率にて表はしたるものを**發光能率**(Luminous Efficiency)と云ふ發光輻射を爲す輻射體に於ては此能率大なり次に各種發光體の發光能率を示す。

發光體	發光能率
蠟燭	1.5
石油燈	2.0
炭素纖維白熱燈	2.5
ネルンスト燈	4.0—5.0
タングラム白熱燈	3.7
タングステン白熱燈	5.5
温度攝氏5,000度の輻射體	8.0
弧光燈	平均 13.2
	(發光輻射を爲す故能率高し)
太陽(温度攝氏7,500度)	30.0

**電燈の種別**—電燈を其輻射體の種類及輻射の方法に由て大別して**白熱燈**(Incandescent Lamp)及**弧光燈**(Arc Lamp)の二種と爲す。白熱燈の輻射體は黑色の固體にして熱輻射を爲し白熱と成りて發光す弧光燈の輻射體には種々ありて熱輻射及發光輻射を爲して**弧狀**(Arc Light)の發光を爲す。

白熱燈に三種あり(一)輻射體が真空中に於て白熱せらるゝもの(二)輻射體が大氣中に於て白熱せらるゝもの(三)輻射體が不活動瓦斯體中に於て白熱せらるゝものとす。白熱燈に於ける輻射體は一般に**纖維**(Filament)と稱せらる。

第一種に屬する白熱燈

各種の**炭素纖維白熱燈**(Carbon-filament Lamp)及**金屬纖維白熱燈**(Metallic-filament Lamp)

第二種に屬する白熱燈

**ネルンスト燈**(Nernst Lamp)

第三種に屬する白熱燈

**窒素電燈**(Nitrogen Lamp)

此白熱燈に於ては**窒素瓦斯**(Nitrogen Gas)内にて**タングステン纖維**が熱輻射を爲すなり。由て獨逸國に於ては**ニトラ燈**(Nitra Lamp)と稱し米國に於ては**瓦斯充填燈**(Gas filled Lamp)と稱せらる。

弧光燈に數種あり輻射方法に由て次の如く種別せらる。

(一) 光の殆んど全部(90%)が熱輻射に由て生ずるもの。

炭素棒を輻射體に用ふる**炭素棒弧光燈**

(二) 光の殆んど全部が瓦斯の發光輻射に由て生じ、電極に固體を使用するもの。

**發焰弧光燈**(Flame Arc Lamp)及**發光弧光燈**(Luminous Arc Lamp)

(三) 光の殆んど全部が瓦斯の發光輻射に由て生じ、電極に液體を使用するもの。

水銀の蒸氣を輻射體と爲す**水銀蒸氣電燈**(Mercury Vapour Arc Lamp)

(四) 光の殆んど全部が發光輻射に由て生じ、輻射體が稀薄なる瓦斯にして低温度にて發光するもの。

稀薄なる空氣又は瓦斯を輻射體に用ふる**ムーア管電燈**(Moore Tube Lamp)

低温度の發光輻射に由て發する光を**螢光**(Fluorescence)と云ひ、此光を發する電燈を**螢光電燈**と云ふ。

第54表は以上の白熱燈及弧光燈の種別表なり。

第 54 表  
電 燈 種 別 表

電 燈 の 種 別	輻射體周圍の 状 態	使用輻射體	輻射の種類						
第一種白熱燈	眞 眞 大 瓦 大 大	固 固 固 固 固 固	體 體 體 體 體 體						
第二種白熱燈				眞 眞 大 瓦 大 大	固 固 固 固 固 固	體 體 體 體 體 體			
第三種白熱燈							眞 眞 大 瓦 大 大	固 固 固 固 固 固	體 體 體 體 體 體
第一種弧光燈	エ ン ー レ ー ク ト ロ ー ド の 眞 眞	空 空 氣 氣 新 新 氣 氣 蒸 蒸 空 空	氣 氣 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸						
第二種弧光燈				エ ン ー レ ー ク ト ロ ー ド の 眞 眞	空 空 氣 氣 新 新 氣 氣 蒸 蒸 空 空	氣 氣 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸			
第三種弧光燈							エ ン ー レ ー ク ト ロ ー ド の 眞 眞	空 空 氣 氣 新 新 氣 氣 蒸 蒸 空 空	氣 氣 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸 蒸
第四種弧光燈									

光の色及波長—光には其輻射の波長に由て種々の色を生ず。日光を三稜透鏡に通ずるときは、日光は分解せられて所謂七色を生ず之を日光のスペクトラム(Spectrum)と稱す。其各色の波長は次に示す如く皆吾人の認むることを得る範圍にして所謂可視光なり。

色 赤 橙黄 黄 緑 青  
波長  $67 \times 10^{-6}$   $60.5 \times 10^{-6}$   $57.5 \times 10^{-6}$   $50.5 \times 10^{-6}$   $49 \times 10^{-6}$

色 藍 紫  
波長  $47 \times 10^{-6}$   $43 \times 10^{-6}$  [センチメートル]

人爲的に得る光も三稜透鏡を通せしむるときは、分解せられ其スペクトラム現はるべし。然れども日光のスペクトラムと異り、種油燈火のスペクトラムは赤黄等に富み青紫等に乏しく、白熱燈のスペクトラムは稍青紫に富めども日光のスペクトラムに比す

るときは赤黄甚だ多し。元來スペクトラム中光として最大の効果を與ふるものは黄緑及青の三色にして、赤色は熱輻射に過ぎざる故に緑青の二色に富む光が日光に近き光と謂ふべきなり。ムーア管電燈の光は青色に富み最も日光に近く、窒素電燈及弧光燈は之に次ぎ日光に近き白色の光を發するなり。第55表に各種發光體の色と其スペクトラム中赤緑青三色の含まるゝ割合とを示す。

第 55 表  
各 種 發 光 體 の 色 彩

發 光 體	光の色	色彩の内譯(%)		
		赤	緑	青
絶體温度5,000度に於ける黑色體	純 白	33.3	33.3	33.3
青 空	青	32.0	32.2	35.8
午後の日光	純 白	37.7	37.3	25.0
ムーア管電燈	白	31.3	31.0	37.7
水銀蒸氣電燈	青 綠	29.0	30.3	40.7
直流閉鎖弧光燈	青 白	41.0	36.3	22.7
ウェルズ、パッハ瓦斯マントル	綠 黄	47.2	41.8	11.0
タングステン電燈	黄 白	48.7	40.5	10.8
子ルンスト燈	黄	49.2	40.7	10.1
發焰弧光燈	黄	52.0	37.5	10.5
炭素纖維白熱燈	橙 黄	51.3	40.4	8.3
窒素電燈	白	46.0	40.0	14.0
アセチレン燈	白	49.1	40.5	10.5

斯くの如く人爲的に得る燈火の色は、日光の色と其内容及外觀共異なるを以て、物體が之より照され人目に映ずる色も亦日光に照されたる場合と異なる。第56表に物體の固有の色(即ち日光に照されたる場合

に現はす色)と種々の發光體に照されたるとき現はす色との關係を示す。

第56表  
各種發光體と之より照さるゝ物體の現はす色との關係表

發光體	光の色	照さるゝ物體の固有色		
		赤	綠	青
日光.....	白	赤	綠	青
ムーア管電燈.....	白	赤	綠	青
開放弧光燈.....	青白	淡赤	綠	淡青
閉鎖弧光燈.....	青白	同上より 一層淡赤	綠	薄淡青
マングステン電燈.....	黄白	同上	黄綠	暗紫
ネルンスト燈.....	黄	黄赤	黄綠	暗青
炭素纖維白熱燈.....	橙黄	黄赤	黄綠	暗紫
水銀蒸氣電燈.....	青綠	灰黑	淡綠	深青
ウェルสบッハ・マントレ.....	綠黄	暗赤	黄綠	青

赤色光線より波長々くして人目に感せざる光は次の如し。

赤内線 (Infra-Red Ray)

波長  $80 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-4}$  [センチメートル]

熱光線 (Heat Ray)

波長  $1 \times 10^{-4} - 343 \times 10^{-4}$  [センチメートル]

電波 波長 4 [ミリメートル] - 1,000 [キロメートル]

電波 (無線電信及無線電話)

波長 30 [メートル] - 1,000 [メートル]

紫色光線より波長短くして人目に感せざる光は次の如し。

紫外線 (Ultra Violet Ray)

波長  $20 \times 10^{-6} - 40 \times 10^{-6}$  [センチメートル]

X光線 (Roentgen Ray)

波長  $0.01 \times 10^{-6}$  [センチメートル]

電波より波長々き振動は交流回路の磁界に於ける波動なり。即ち周波數50サイクルの交流に於ては交流波の長さは  $\frac{3 \times 10^{10}}{50} = 900 \times 10^6$  [センチメートル] 即ち3720哩なり。去れば現今最長の送電線路と云へども、一波長の幾部分に過ぎざるなり。

第二項 光度の單位及光度計

光度單位及標準燈—同一性質の光を發する燈火に於ても其大小に由て物體を照らす程度異なるは明かなり。例へば直徑五分の蠟燭より發する光は直徑三分の同じ材料より成る蠟燭より發する光よりも物體を照らす程度大なり。即ち其光り強きなり。此光の強さを光度 (Luminous Intensity) と云ひ之を表はすには電壓又は電流に於ける如く一定の單位を以てす。然れども此單位は他の單位の如く豫め製作し保存することを得ざれば標準となるべき光源を定め之を標準燈とし之より或る一定の状態に於て發する光を單位と爲す。光の單位及標準燈 (Standard Lamp)

は各國に於て異なる其重なるものを次の數種とす。

- (一) **カルセルラムプ** (Carcel Lamp)
- (二) **標準蠟燭**
- (三) **ヘフネルラムプ** (Hefner Lamp)
- (四) **ペンテーン標準燈** (Pentane Standard Lamp)
- (五) **白金標準器**

(一) カルセル燈は佛國の標準燈にして1800年に**カルセル氏** (Carcel) の案出したるものなり其形狀は通常の丸心の石油燈と同じく心は筒形を爲し同心圓の二重の管内に入れられ其内外に空氣の供給する様装置せらる之に硝子火舎を附す。燃料には菜の一種なる**コルザ** (Celza) より採りたる油を用ひ心に常に同じ壓力にて浸み込む様特別の装置あり。油の消費量は一時間に42「グラム」を標準とし四「グラム」の増減は差支なしと爲せり此割合にて心が燃へ燭の長さが40「ミリメートル」なる時に發する光の強さを光度の單位とし「**カルセル**」と稱す。此燈の光は通常の瓦斯燈の光に似て黄色及赤色に富めり。**レノー** (Regnault) 及**ヂュマー** (Dumas) 二氏の實驗に依ればコルザの消費量が毎時40-44「グラム」の割合なる時發する光の強さはコルザの消費量(重量上)に正比例す。

カルセル燈の重なる寸法は次に示す如し。

火口の外径	23.5	「ミリメートル」
火口の内徑	17.0	「——」
火口の外側空氣の流通する部分の直徑		
	45.5	「——」
硝子火舎の全長	290.	「——」
火舎頸部と下端との間隔	61.	「——」
火舎頸部の外径	47.	「——」
火舎頂部の内徑	34	「——」
火舎硝子の平均厚さ	2	「——」

心は75本燃にして其長さ一「デシメートル」の重量3.6「グラム」なる**ライトハウスウィック** (Lighthouse Wick) と稱するもの使用せらる。

カルセル燈は各試験毎に心及油を取替へざるべからず又心の高さ及火舎の位置に對して常に十分に注意せざるべからず又其光度は點火の始めに於ては油の消費量増すに従ひ増し約30分の後一定し其後一時間を経るときは光度減少す従て取扱上周到の注意を要するなり。

(二) 標準蠟燭は其光の性質上心を用ふる標準燈より劣れども取扱簡單なる爲め現今尙諸國に於て標準として使用せらる。

**英國標準蠟燭** 此蠟燭は鯨より採りたる**スパーマセチー** (Spermaceti) と稱する蠟にて作りたるものに

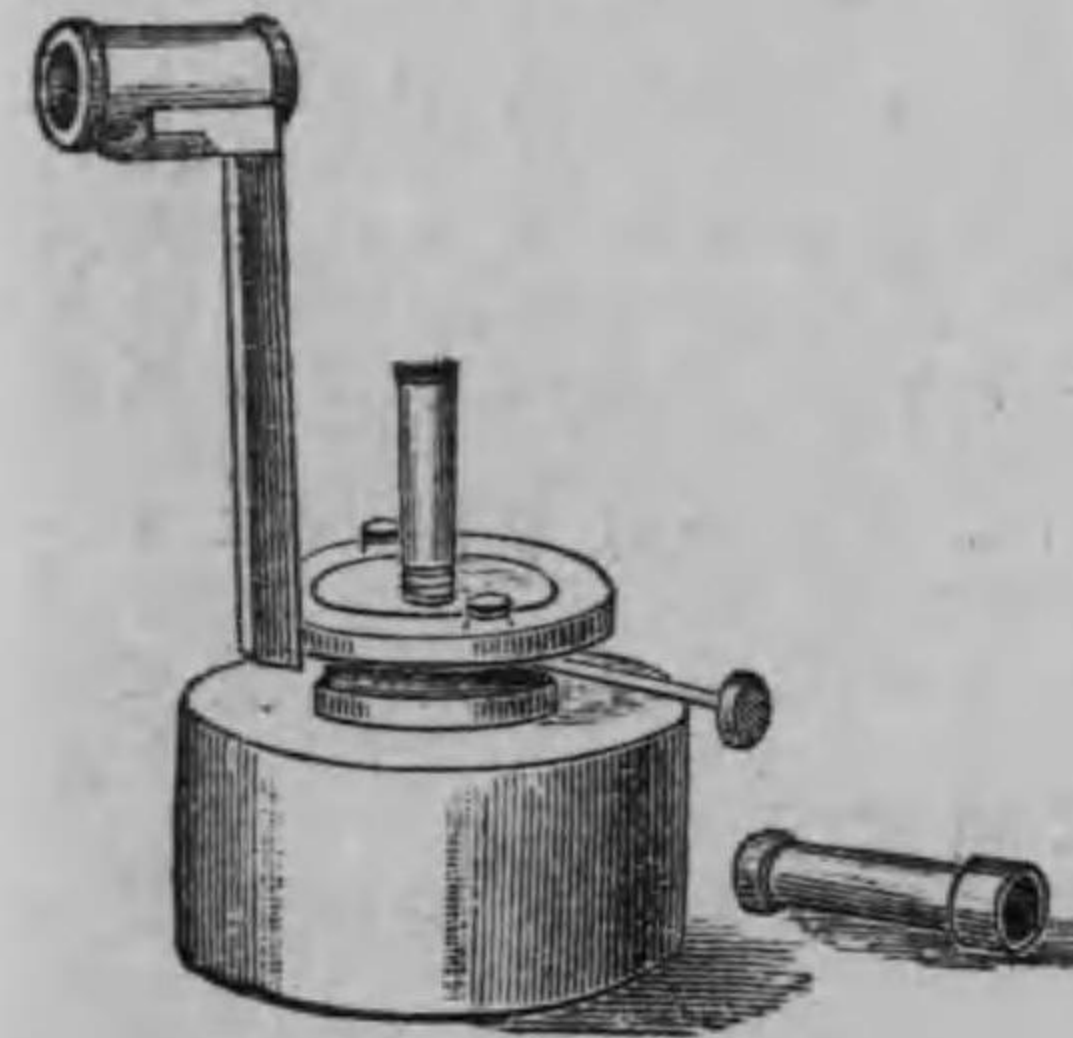
して、一本の長さ10吋直径は上端 $\frac{13}{16}$ 吋下端 $\frac{7}{8}$ 吋にして重量は六本にて一「ポンド」なり。心は18本乃至20本の纖維より成る木綿糸三條を編組したるものにて其重量は毎呎6乃至6.5「グレーン」なり。スパーマセチーの溶解點は華氏112度乃至115度にしてし此蠟燭が燃へつゝある燭の高さ凡そ $1\frac{3}{4}$ 吋一時間の蠟の消費量120「グレーン」( $\frac{1}{4}$ 「オンス」)なる時に發する光の強さを光度の單位と爲し一燭光(Candle power)と稱す。此蠟燭は英國に於て1860年に法定標準器と成り續ひて米國に於ても標準蠟燭として採用せらる。

**獨國標準蠟燭** 此蠟燭は溶解點攝氏55度のパラフィン蠟にて作りたるものにして、一本の長さ314「ミリメートル」直径全部通じて20「ミリメートル」重量は六本にて500「グラム」なり。心は25本の木綿纖維を編組したるものにして其重量は一「メートル」に付き0.668「グラム」なり。此蠟燭が燃へつゝある燭の高さ50「ミリメートル」一分間の蠟の消費量7.7「グラム」なる時に發する光の強さを一燭光と爲す。此單位は1868年に法定標準燈となりしも其後ヘフネル燈之に代はれり。

(三) ヘフネル燈は1884年ヘフネル氏に依て按出

され獨國の法定標準燈と成り其後米國に於ても此單位を採用するに至れり。此燈の形狀は第192圖に示す如く心を入れる管は洋銀にて作られ其内徑8「ミリメートル」外徑8.3「ミリメートル」高さ25「ミリメートル」なり管の内面にはニッケル鍍金を施す。心は15本乃至20本の木綿糸を合はせたるものにして心管の下方に捻を裝置し心を上下して火焰の高さを加減するを得るものとす。燃料には香氣高き醋酸アミル (Amyl Acetate) を用ひ火焰の高さ40「ミリメートル」なる時に發する光の強さを光度の單位と爲し之を一「ヘフネル」と稱す。此燈の光の色は蠟燭の夫に

第九十二圖  
ヘフネル燈



似て橙色及赤色を帯ぶる故に白色を帯ぶるウエルスバハ・マントル又は白熱燈等の光度を測定するに標準として使用するは測定上誤差を生じ易きも他の標準蠟燭を用ひるよりも誤差少き故に最良の標準燈として取扱はる。



此燈に於ては焰の高さを定むること最も緊要なり之を爲すには第192圖の上方に示す如くレンズを用ひ其背後に磨硝子を装置し之に横線を劃し光をして之に投影せしめて焰の高さを調整するなり。焰の高さに0.2「ミリメートル」の差あるときは光度に5パーセントの差を生ずる故に焰の高さの精密なる調整を要するなり。此燈を使用する場合には新鮮なる空氣の供給必要なれども火舎を用ひざる故に空氣の動搖せざる様注意を要す。

ヘフネル燈の光度は空氣の壓力及其中に含有せらるゝ水蒸汽の量に由て異なる其關係を式に表はせば次に示す如し。

$$P=1+0.00566(8.8-\epsilon)-0.00011(760-h) \quad (133)$$

式中Pは光度、 $\epsilon$ は乾燥したる空氣一立方「メートル」中に含有せらるゝ水蒸汽の量を「リートル」にて表はしたるもの、 $h$ は「ミリメートル」にて表はしたる氣壓計の指度なり。而して「ヘフネル」は氣壓760「ミリメートル」にして $\epsilon=8.8$ 「リートル」なる空氣中に於てヘフネル燈が發する光度に相當す。

#### (四) ペンテーン燈

此燈はヴァーノンハーコート氏(Vernon Harcourt)の案出

したるものにして其光の強さが英國標準蠟燭の十燭光に相當するものに作られ、1898年英國の法定標準器となれり。其燃料にはペンテーン( $C_5H_{12}$ )と稱する揮發し易き液體を用ひ其蒸氣と空氣との飽和せる混合瓦斯に點火し、焰の上部は金屬製燈筒にて遮蔽せられ飽和瓦斯の消費量一時間に二分一立方呎にして火口の上部47「ミリメートル」の三分より生ずる光度を以て標準と爲す。燈心を用ふる蠟燭又はカルセル燈に於ては燈心の大きさ及其品質が異るときは光度も變じ且つ其光の色は赤色及黄色を帶ぶるを以て未だ以て完全なる標準と爲す能はざるも、ペンテーン燈に於ては瓦斯を燃焼せしめ燈心を使用せざる故に燈心の使用上より起る誤差全く除かれ且つ光の色も白色に近きを以て稍々完全なる標準燈なりと稱するを得べし。之に由て我國に於ても明治四十四年に之を光度の標準燈として使用し、電氣事業法施行規則第五十二條に次の如く規定せらる。

電燈の光力を表示する燭光の單位は氣壓760「ミリメートル」の時一立方「メートル」に付八「リートル」の水蒸汽を含有する空氣中に於て燃焼するハーコ

ート氏十燭光ペンテーン燈の光力の十分一とす  
(注. 光力と云ふは光度と同じ意味なり)

1901年ロンドン市の**ボード・ラフ・ガスレファリース**  
(Board of Gas Referees) に於て公式に規定したるペン  
テーンの製法及試験に關する仕様書を次に記載す。

製法—米國製輕油即ちガソリンを攝氏55度、50度  
及45度に於て三回蒸溜し、45度に於ける蒸溜物を更  
に第一に其十分一の強硫酸を以て、第二に其十分一  
の苛性曹達の溶液を以て各三時間以上絶えず振蕩  
す。然る後更に攝氏25度乃至40度の間に蒸溜する部  
分を集む。此者は主としてペンテーンにして光度に  
影響なき少量の同質異形體を含有す。

試験—液體ペンテーンの比重は攝氏15度に於て  
最大密度の水に比し 0.6235 乃至 0.626 たるべし。瓦  
斯體ペンテーンの比重は同一溫度及同一壓力に於  
て水素と比較して二分一氣壓及攝氏25度乃至35度  
に於て 36-38 たるべし。ペンテーンは不純物ベン  
ジン又はアミリンの如きものを含有すべからず。此  
等不純物の試験方法は四「オンス」入の硝子瓶に比重  
1.32 の硝酸(純粹なる硝酸に二分一容積の水を加ふ)  
の10立方「センチメートル」を充たし、之に 20C 立方「セ

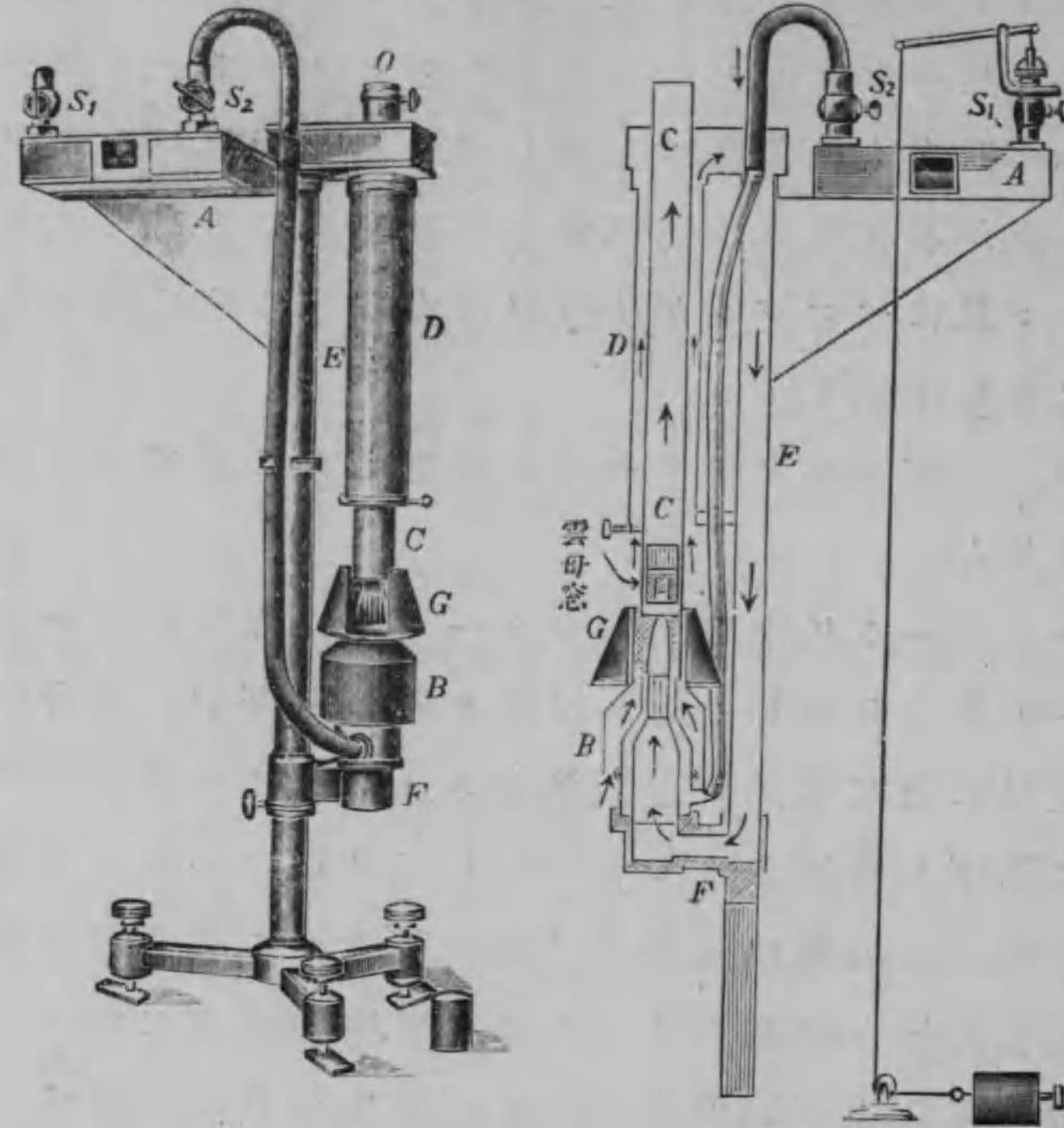
ンチメートル」の溶液中に0.1「グラム」の過マンガン酸  
加里を含有する水溶液一立方「センチメートル」を加  
へ、更にペンテーンの50立方「センチメートル」を加へ  
100秒間強く振蕩すべし。若しパラフィン屬以外の炭化  
水素が存在せざる時は淡紅色を存するも、若しアミ  
リン又はベンジンが1/2%以上存在する時は淡紅色  
は直に消滅す。

尙上記ガスレファリースの規定したる説明書は次  
の如し。

ハーコート氏十燭光ペンテーン燈は空氣にペンテ  
ーン蒸氣を飽和せしめて得る所の瓦斯が其自身の  
重量に由て護謨管を通過し、ステアタイト環狀火口  
に降下し燃焼さるゝものにして、其燭は一定の形狀  
に生じ、其頂部は火口の上部に裝置せる長き眞鍮製  
燈筒に依り遮蔽さるゝものとす。燈筒は更に第二の  
眞鍮管に依り圍繞せられ、此間隙内の空氣は燈筒に  
依り熱せられて上昇し、他の管を下りて火口の中央  
に供給せらる。硝子燈筒を使用するの要なく、且つペ  
ンテーン蒸氣を火口に導くべき特殊の方法を講ず  
ることなし。

第193圖はペンテーン燈を示す圖中 A はペンテーン

第百九十三圖  
ハーコート十燭光ペンテーン燈



飽和器にして使用の際には液體ペンテーンを飽和器の三分二に至る迄充たす使用中時々ペンテーンを注入し其側面に装置せる雲母窓より観測し其高さを常に八分一吋以上に保つことを要す。Bは火口にして護謨管にて飽和器Aに接続す是に通ずる

瓦斯の量はストップ・コック $s_1$ 又は $s_2$ に依り加減することを得。飽和器Aに入る空氣は其入口に金屬製圓錐を備へ槓杆及糸に依て是を上下し其量を加減するものとす。槓杆はストップ・コックの上部に取付たる腕金に依り支持せられ圖に示す如く糸に依て滑車を経て、小ブロック内に動く螺子に連結せらる。是に由て實驗者は容易に空氣の量を加減することを得るなり。使用の際は燭が規定の高さ以上に生ずる様にストップ・コック $s_2$ を開くを可とす使用せざるときは $s_1$ 及 $s_2$ を閉ち置くべし。燈筒CCは使用の際は之を廻轉し下部の雲母窓より光線を光度計へ通過せしむる事なからしむべし燈筒の下端は燈を點火せざる前火口の上部47「ミリメートル」の高さに取付くべし此高さを容易に調整し得る爲に長さ47「ミリメートル」直徑32「ミリメートル」の木製圓筒形ゲージを備ふ。外管Dは管Eの上部に装置せる接続函及ブラケットFにより火口に接続せらる。金屬製圓錐形の笠Gの開口は光度計に面せしめ燈筒CCの下部に在る全部の燭より生ずる光を遮蔽せざる様調整すべし。燈は水準用螺子により調製し管Eを精密に垂直になし且火口の上面を試験臺より353「ミリメー

ルとなすべし此調整を容易ならしむる爲めゲージを備ふ。燈筒CCは管の下端に装置せる三個の螺子により其中心線と火口との中心と一致する様に取り付くべし此調整にもゲージを備ふ。

燈を使用する時にはストップ・コックを適當に調整し燭の上端が雲母窓の下端と中間横線の殆んど中央にある様に爲すべし燭の高さの變化は1/4吋迄は光度に大なる影響なし。飽和器Aはブラケットに於て出來得る限り中央の管より離すべし、燈の使用時燭の高さが次第に減する傾向あるを發見したるときは飽和器を中央の管に少しく近付くべし燈を使用せざるときは塵埃の滞留するを防ぐ爲め蓋を以てBの上部を被ふを要す。飽和器の大きさは184[ミリメートル]平方深さ38[ミリメートル]にして内部に七個の隔壁を有し外部より入る空氣は此區劃を順次に通過しペンテーンの蒸發氣と混合してコックs<sub>2</sub>より護謨管に出づるなり。護謨管の直徑は13[ミリメートル]にして之に代ふるに長さ431[ミリメートル]内徑30[ミリメートル]の眞鍮管を以てすることあり。Dは長さ290[ミリメートル]内徑50[ミリメートル]厚さ一[ミリメートル]E管は長さ529.5[ミリメートル]内徑23[ミ

リメートル]厚さ一[ミリメートル]火口の外徑は24[ミリメートル]内徑14[ミリメートル]圓錐形外火筒の下端の直徑102[ミリメートル]上端の直徑55[ミリメートル]高さ57[ミリメートル]開口の幅54[ミリメートル]とす。此標準燈を使用する時は精密に垂直の位置に燈を据へて點火し室内の凡ての戸及窓を開き空氣を十分に流通せしめ30分經過したる後戸及窓を閉ぢ實驗を行ふべし。實驗の際燭の高さの變化は光度に甚だしき影響なき故精密を要せざる場合には前記の如く1/4吋の燭の高さの變化は差支なきものとせり。

ペンテーン燈の光度も空氣の壓力及其中に含有せらるゝ水蒸汽の量に由て異なる英國々立物理實驗所の**パターソン氏** (Paterson) の定めたる所によれば

$$P=10+0.066(10-\varepsilon)-0.008(760-b) \dots\dots(133)$$

式中Pは燭光、 $\varepsilon$ は乾燥したる空氣一立方[メートル]中に含有せらるゝ水蒸汽の量を[リートル]にて表はしたるもの、bは[ミリメートル]にて表はしたる氣壓計の指度なり。

(五) 白金標準器は1883年に佛國巴里市に於て開催せられたる萬國聯合電氣會議に於て**ヴィオル氏**(Vioile)

に依て提出せられ白色光の絶対単位として制定せられたるものなり。即ち熔解したる白金が將に凝固せんとする時其一平方センチメートルの表面より垂直に放出する光の強さを絶対単位とし之をヴオルと稱し其 $\frac{1}{20}$ を實用単位とし之をブジー・デシマル (Bougie Decimal) と稱す。

以上各種の光度單位は皆相等しからず第57表に其比較を示す。

第五十七表  
光度單位對照表

カルセル燈 「カルセル」	英 國 標準蠟燭 一燭光	獨 國 標準蠟燭 一燭光	ヘフネル燈 「ヘフネ ル」	ペンテーン 燈 一燭光	アジー・デシ マル 「アジー デシマル」
1	9.43	8.95	10.75	9.18	9.62
0.106	1.	0.95	1.14	0.986	1.02
0.112	1.05	1.	1.20	1.03	1.07
0.093	0.877	0.833	1.	0.855	0.895
0.109	1.03	0.976	1.17	1.	1.05
0.104	0.982	0.931	1.12	0.955	1.

此等の標準燈中重なるものは佛國標準燈のカルセル燈獨國標準燈のヘフネル燈英國及我國に於ける標準燈の10燭ペンテーン燈なりとす。

以上三種の標準燈を比較するに構造及取扱に於てはヘフネル燈最も簡單なれども其火焰の高さを測るに最も熟練を要し火舎を用ひざる故に僅少の空

氣の動搖あるも光度不定なる虞れあり且つ光度他の二燈に比し小なるを以て之に他の燈を比較する場合に誤差生じ易し。カルセル燈は其心に常に一定の壓力を加へ燃料の消費量は衡重に依て測らざるべからざる必要あり且つ各實驗毎に心及燃料を取換へざるべからず又燃料コルザ油は純粹のものを得ること容易ならず。ペンテーン燈に於ては燃料の消費量及火焰の高さはコックに依て加減することを得るのみならず火焰の高さの僅少の變化は光度に大なる影響を與へず其燃料のペンテーンは純粹なる状態に於て得ること容易なり且つ其燈の色は他の二燈に比し白色に富めるを以て電燈の光度を測るに最も便利にして誤差を生ずること少し。白熱燈も亦標準燈として使用することを得るも内部の輻射體及硝子球の状態に由り光度異り且又使用の時間を経過するに従ひ光度減ずる故に標準燈としては完全ならず。然れども氣壓の變化温度の昇降又は空氣の動搖等の影響を受けざれば實用上甚だ便利なれば標準燈に時々比較し光度を更正して標準に用ひることあり此場合には之を副標準燈 (Substandard Lamp) と云ふ。

固有光輝—同じ光度の發光體より照らさるゝも、其發光する部分の表面積の大小により人の眼に感ずる程度大に異なる。即ち表面積の小なるに従ひ眩映の度大なり此程度を表はすに發光體の光度と其發光面積との比即ち單位發光面積より發する光度を以てし之を發光體の固有光輝 (Intrinsic Brilliancy) と稱す。光度を P にて示し發光面積を S にて示し固有光輝を B にて示せば

$$B = \frac{P}{S} \dots \dots \dots (135)$$

固有光輝は毎平方吋の燭光にて表はすを通常とす。第58表に種々の發光體の固有光輝を示す。固有光輝の大なる燈の光を直接眼に感ずるときは眼を疲勞せしむ。眼に對して安全なる固有光輝は**パロース氏**(Barrows)の説に従へば4乃至5なり。即ち石油燈の光が其限度なり。然るに電燈の固有光輝は之より大なるを以て其光が直接視界内に入らざる様適當の方法を用ひるを可とす。其方法の詳細は照明の章に記載す。

第 五 十 八 表  
發 光 體 の 固 有 光 輝 表

發 光 輝	固有光輝(毎平方吋の燭光)
大陽(天頂に在る時) .....	600,000.
同 (30度の高さに在る時) .....	500,000.
同 (水平線上に在る時) .....	2,000.
紺青色の空 .....	2.15
明るき曇天 .....	4.34
暗き曇天 .....	1.39
弧光(火坑に於て) .....	10,000-10,000.
マンガステン弧光燈 .....	10,000-13,000.
發焰弧光燈 .....	5,000.
磁鐵弧光燈 .....	4,000.
ネルンスト燈 .....	3,010.
窒素電燈 .....	1,200.
マンガステン白熱燈 .....	1,060.
マンタラム白熱燈 .....	580.
炭素纖維白熱燈 .....	325-480.
直流閉鎖弧光燈 .....	100-500.
交流閉鎖弧光燈 .....	72-200.
アセチレン瓦斯燈 .....	75-100.
ウェルズマン・マントル(白熱瓦斯燈) .....	20-35.
水銀蒸氣電燈 .....	10-15.
裸瓦斯燈 .....	4-8.
石油燈 .....	4-8.
蠟燭 .....	2-4.
ムーア管電燈 .....	0.5-1.

光束及照明—發光體より發する光は磁力線に於ける如く光線より成るものと想像し其總量を光束 (Luminous Flux) と稱し其單位を**ルーメン**(Lumen) と稱す。—「ルーメン」は凡ての方向に一燭光の光度を有する發光體より單位立體角を通じて發する光束なり。一點の周圍には4πなる立體角ある故に一燭光の

發光體より發する光束は4π「ルーメン」なり。一況に發光體の燭光を P にて示し光束を φ にて示せば

$$\phi = 4\pi P \text{「ルーメン」} \dots\dots\dots (136)$$

$$\text{或は } P = \frac{\phi}{4\pi}$$

即ち燭光は單位立體角内に於ける「ルーメン」に等し。發光體より光束が垂直に他の物體に投せらるゝとき其光束と投せられたる面積との比即ち物體の單位面積に受くる光束を照明 (Illumination) と云ふ。光束を受くる面積を A にて示し照明を I にて示せば

$$I = \frac{\phi}{A} \dots\dots\dots (137)$$

發光體の光度が一燭光なるときは φ=4π「ルーメン」にして、發光體より一呎の距離に於て照す面積は 4π平方呎なる故に其場合の照明は

$$I = \frac{4\pi}{4\pi} = 1 \text{「ルーメン」}$$

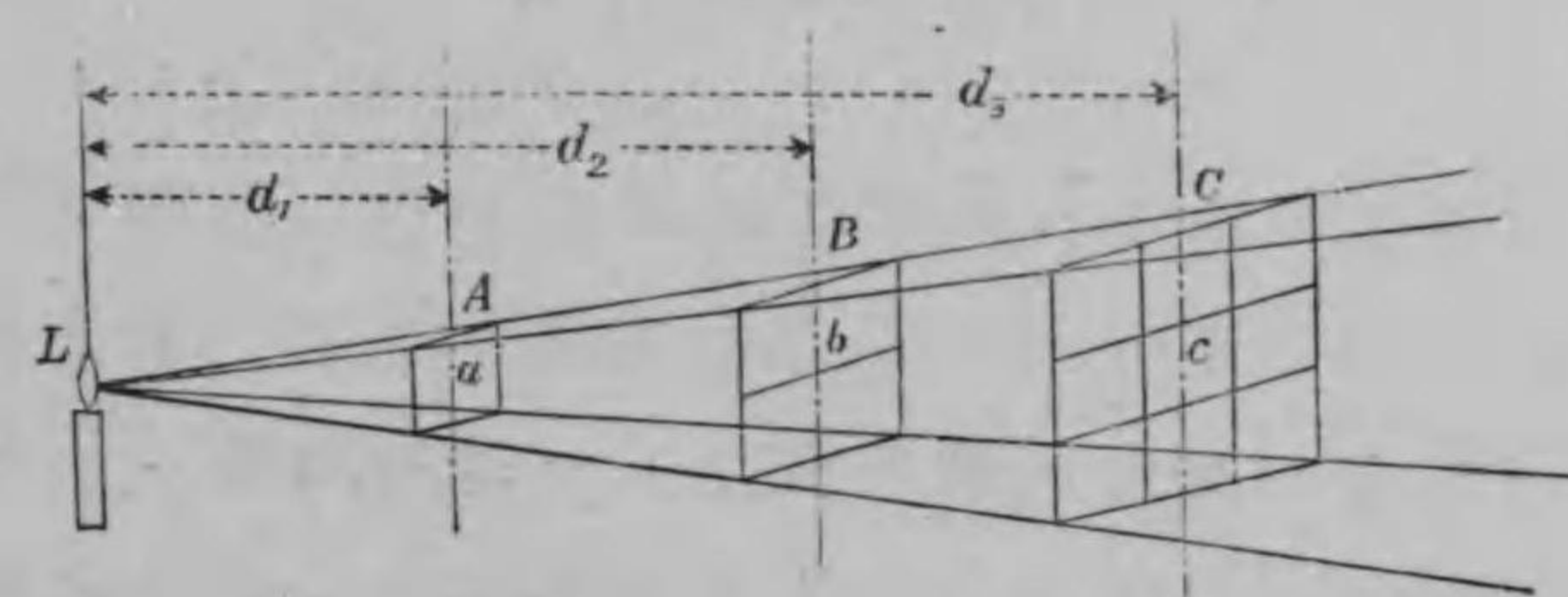
なり。即ち一燭光の發光體が一呎の距離に在る物體を垂直に照らしたる場合の照明は一「ルーメン」なれば之を照明の單位となし燭呎 (Candle-foot) と稱す。又距離を「メートル」にて表はしたる場合には、此單位を燭メートル (Candle Metre) 或は「ルクス」(Lux) と云ふ。即ち一「ルクス」は物體の一平方「メートル」に投する光束一「ル

ーメン」なる場合の照明なり。以上兩單位の關係は次に示す如し。

$$1 \text{「ルクス」} = 0.0929 \text{ 燭呎} \quad 1 \text{ 燭呎} = 10.76 \text{「ルクス」}$$

光度計—發光體の光度は電流又は電壓を測定するが如く、直接に測ること能はず。之を標準燈の光度に比較するにあり。其比較の方法は發光體及標準燈をして同一物體を照らさしめ、其照明を比較して發光體の光度を算定するに在り。此照明は第131式に示す如く發光源より照らさるゝ物體の面積に逆比例す。第194圖に於て L を光源とすれば、之より LA

第百九十四圖



の距離に在る平面 A に投する光束と LA の二倍の距離 LB に在る平面 B 及 LA の三倍の距離 LC に在る平面 C に投する光束は同量なれども、各面に於ける照明は其面積に逆比例す。今此光束を φ<sub>a</sub> にて

示し、A, B, C の面積を夫々  $a, b, c$  とし、其照明を夫々  $I_1, I_2, I_3$  とすれば

$$I_1 = \frac{\phi_a}{a}, \quad I_2 = \frac{\phi_b}{b}, \quad I_3 = \frac{\phi_c}{c}$$

然るに發光體より各方面に發する全光束を  $\phi$  とするときは

$$\phi_a = \frac{\phi a}{4\pi d_1^2} = \frac{\phi b}{4\pi d_2^2} = \frac{\phi c}{4\pi d_3^2}$$

P を發光體の燭光とすれば  $\phi = 4\pi P$  なるに由り

$$\phi_a = \frac{4\pi P a}{4\pi d_1^2} = \frac{4\pi P b}{4\pi d_2^2} = \frac{4\pi P c}{4\pi d_3^2} = \frac{P a}{d_1^2} = \frac{P b}{d_2^2} = \frac{P c}{d_3^2}$$

由て 
$$I_1 = \frac{P a}{a d_1^2}, \quad I_2 = \frac{P b}{b d_2^2}, \quad I_3 = \frac{P c}{c d_3^2}$$

即ち 
$$I_1 = \frac{P}{d_1^2}, \quad I_2 = \frac{P}{d_2^2}, \quad I_3 = \frac{P}{d_3^2}$$

即ち物體が受くる照明は發光體よりの距離の自乗に逆比例し其燭光に正比例するなり。P=1, d=1 なる場合即ち一燭光の發光體より一呎の距離に在る物體を照らしたときの照明を單位とし、已に記載したる如く之を燭呎と稱す。由て若し P=10 燭光にして d=2 呎なるときは其照明は

$$I = \frac{10}{2^2} = 2.5 \text{ 燭呎}$$

なり、之を自乗逆比の法則と云ふ。此法則を應用し

光度を測るに在り、其方法は測るべき發光體及標準燈にて同一物體を垂直に照らさしめ、兩光源よりの照明が相等しくなる迄光源と物體との距離を加減するに在り、其場合に標準燈の光度を  $P_1$ 、燭光發光體の光度を  $P_2$ 、標準燈と物體との距離を  $d_1$ 、發光體と物體との距離を  $d_2$  とすれば、其照明 I は

$$I = \frac{P_1}{d_1^2} = \frac{P_2}{d_2^2}$$

即ち 
$$P_2 = P_1 \frac{d_2^2}{d_1^2} \dots\dots\dots (137)$$

$d_1, d_2$  を測りて此式より  $P_2$  を算出するを得べし。此方法に基き光度を測る爲めに作られるたる装置を光度計 (Photometer) と云ふ。光度計に種類多し其二三種に就き逐次記載せん。

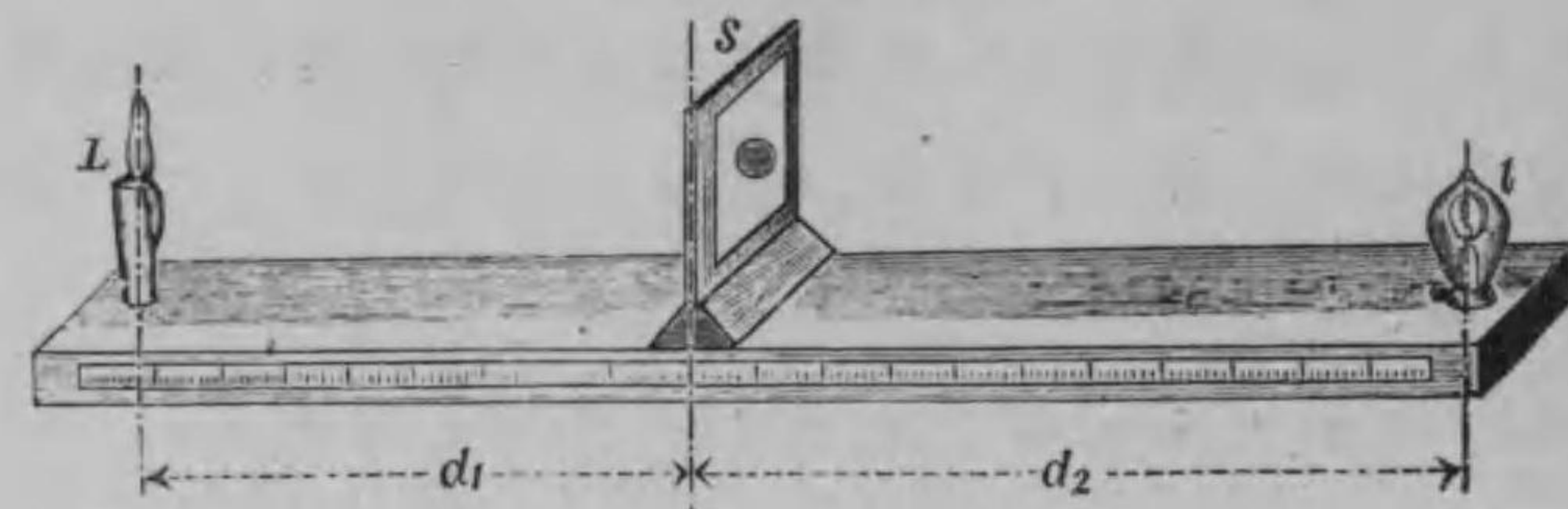
(一) **ブンゼン光度計** (Bunsen Photometer)

此光度計に於ては製圖紙の如き紙質良好にして稍厚き白紙の中央部にパラフィンにて小圓を書きたるものを紙障に作り、第195圖に示す如く其一方に標準燈 L を立て他方に測るべき發光體  $\ell$  を置き紙障を照らしむるときは、パラフィン圓は半透明なる故に其色は弱き照明を受くる面は白く強き照明を受くる面は黒く現はる。若し紙障の左右兩面に受くる照



明が相等しきときは、兩面共に同じ色を現はすべし。

第百九十五圖  
ブンゼン光度計



此時の LS の距離を  $d_1$  とし lS の距離を  $d_2$  とし L の光度を  $P_1$  燭光とし l の光度を  $P_2$  燭光とすれば第137式に由り

$$P_2 = P_1 \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

なり。是に由て實際の測定に於ては紙障を左右に動かし兩面に受くる照明が相等しくして兩面の色と同じくなりたる時  $d_1, d_2$  を測りて  $P_2$  を算出するなり。紙障の小圓の色を檢視するに便ならしむるが爲に之を小箱に入れ其兩側に紙障に對し凡そ  $70^\circ$  の角度を爲して鏡を取付け小圓を之に反射せしむ。箱の左右兩側には光を通せしむる窓を設く。此装置に依り紙障に直角に設けたる窓より鏡面に反射したる小圓の兩面に於ける光を同時に見ることを得

れば之が同色に成る迄紙障を左右何れへか動かすなり。豫め長さ一定したる臺上に L を置くべき位置を定め其間に臺に尺度の目盛を爲し置くときは  $d_1, d_2$  は直ちに若干尺と認知することを得て便利なり。

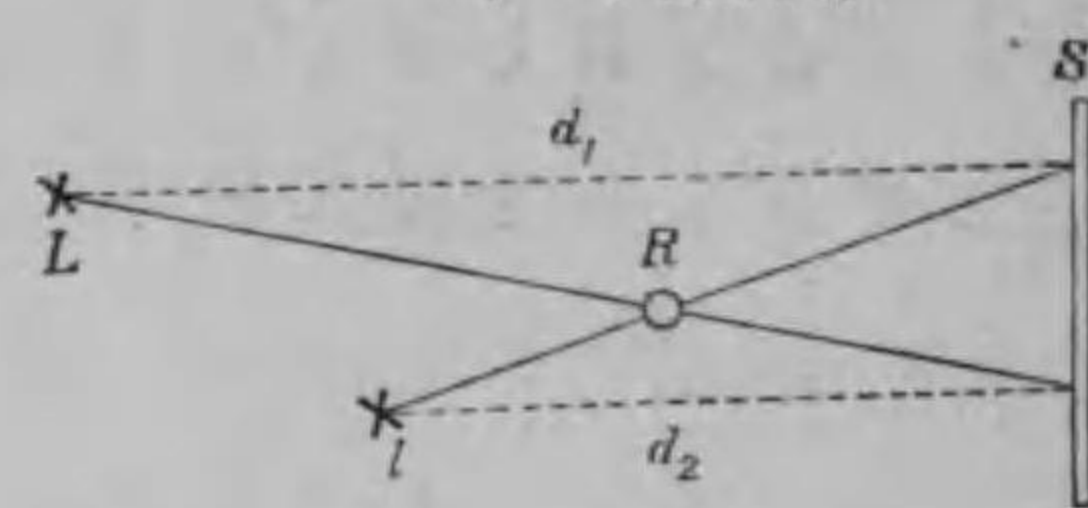
此測定は通常暗室内に於て行ふものにして此光度計は取扱簡單なれば未熟なる者にてても割合に良き測定の結果を得べし。然れども此光度計の缺點は標準燈と光の色を異にする發光體の光度測定の場合には又は照明の僅少の差に對しては小圓の明確なる同じ色を認識することの困難なるに在り。ブンゼン光度計の班點紙障の代りに不透明の白色厚紙を星形に切り之を半透明の薄紙二枚にて挟み糊付したるものを紙障に用ひ星形部分に於ける照明に由て光度を比較する方法あり之れリーソン氏の考按に成れるを以て是をリーソンスチスク (Leeson's Disc) と稱す。

(二) ルムフォード光度計 (Rumford Photometer)

此光度計は第196圖に示す如く S なる紙障の前に一本の棒 R を立て他方より比較すべき發光體  $L_1$  及  $l$  にて棒を照らさしむるときは棒の陰影は紙障上に

生ずべし。發光體 L に由て生じたる陰影の部分は

第百九十六圖  
ルムフーード光度計



發光體 l よりのみ照らされ發光體 l に由て生じたる陰影の部分は發光體 L よりのみ照らさるゝ故に此陰影の濃さが

相等しきときは L<sub>1</sub> 及 l よりの照明等しきの理なり。此場合に於ける發光體 L, l と紙障との距離を夫々 d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> とすれば L の光度 P<sub>1</sub>, l の光度 P<sub>2</sub> との関係は次の式にて示さる。

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

此式によつて二個の陰影が相等しくなる迄 L, l の位置を變じて P<sub>1</sub> より P<sub>2</sub> を算出することを得るなり。

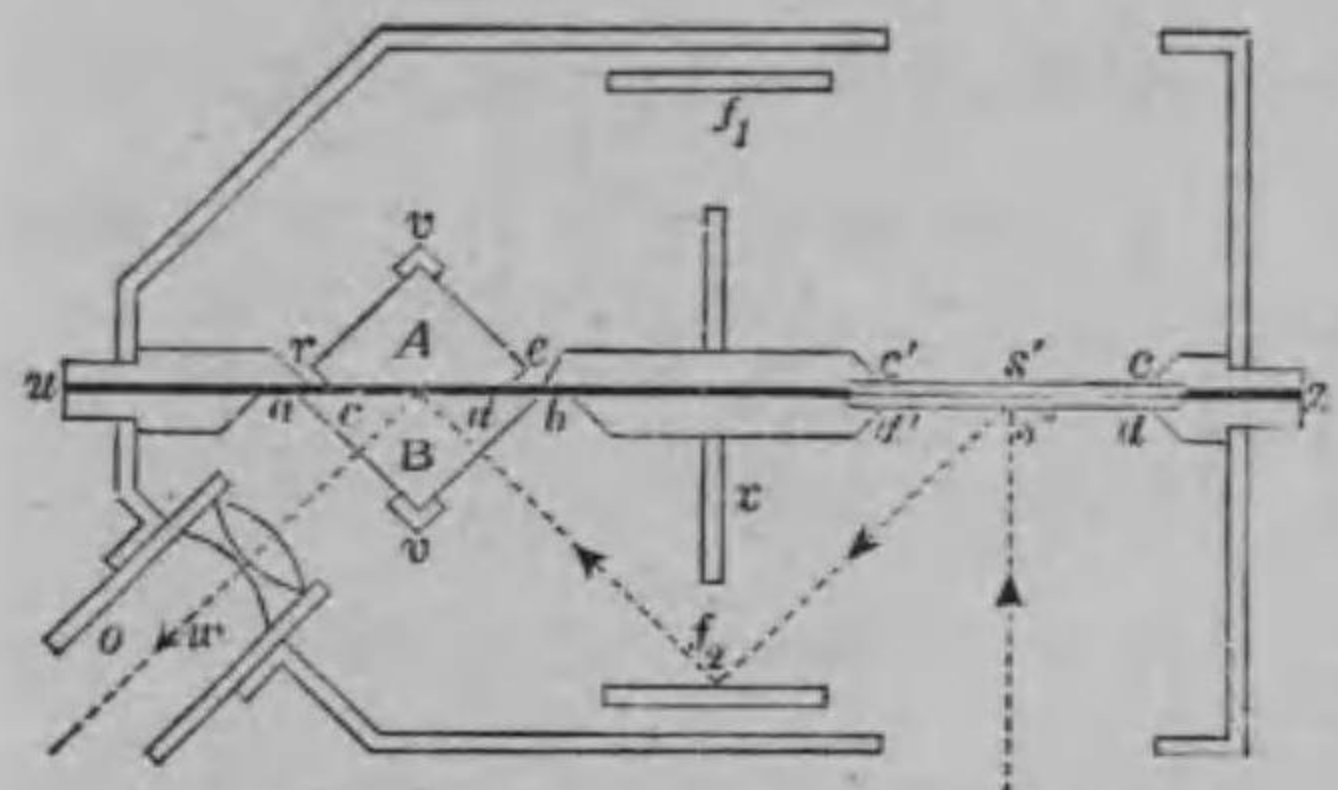
(三) ルムマー・ブロードハン光度計 (Lummer Brodhun Photometer)

此光度計はブンゼン光度計と相似すれども紙障に不透明なるものを用ひ其兩面を比較すべき二個の發光體より照らさしめ其照明が相等しくなる迄發光體との距離を加減することブンゼン光度計に於けると同じく光度の算式と亦同様にして次に示す如し。

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$$

紙障には紙を用ひずして反射力強く光を良く擴散せしむる性質のものを用ふ之には壓搾せられたる酸化マグネシウム或は硫酸マグネシウム適當す。兩燈光體よりの照明を容易に比較し得る爲めに第197圖に示す如き装置使用せらる。圖中 f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub> は反射鏡にして測るべき光が s', s'' より反射し來るを再び反射して AB なるプリズムに至らしむ。O は望遠鏡式眼筒にしてプリズムに來る光を検する爲に用ひらる。此光度計にて光を比較せんとするには先づ發光體を光度計の兩側に適當の場所に置き其光をして一は s' に一は s'' に映せしむれば s' に映じたるものは f<sub>1</sub> に反射してプリズム A に至り s'' に映じたる者は f<sub>2</sub> に反射してプリズム B に至るべし。f<sub>2</sub> より B に至る光中 bd 及 ac の表面に當るものは全部 O に反射するも cd の部分に當る

第百九十七圖  
ルムマー・ブロードハン光度計



光を検する爲に用ひらる。此光度計にて光を比較せんとするには先づ發光體を光度計の兩側に適當の場所に置き其光をして一は s' に一は s'' に映せしむれば s' に映じたるものは f<sub>1</sub> に反射してプリズム A に至り s'' に映じたる者は f<sub>2</sub> に反射してプリズム B に至るべし。f<sub>2</sub> より B に至る光中 bd 及 ac の表面に當るものは全部 O に反射するも cd の部分に當る

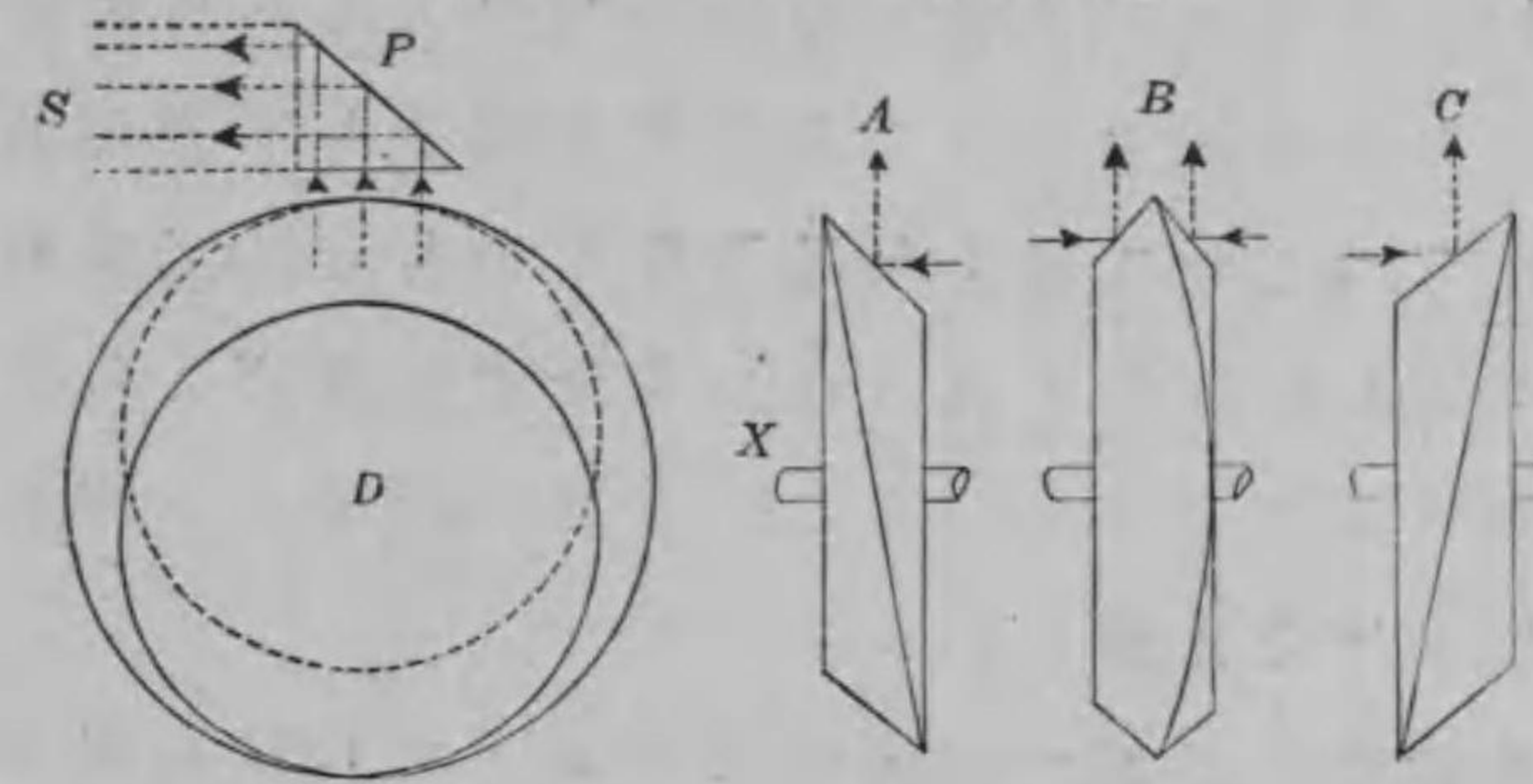
ものはプリズムAに接觸する爲め、反射せずしてプリズムAに通過すべし。又 $f_1$ よりAに至る光中 $cd$ に當るものはプリズムBに通過し眼筒中に入るべきも、 $rc, de$ に當るものは反射しOより認むること能はず。是に由てOより視るときは二つの光が重れる同心橢圓形を爲すを認むべく、其内側は $f_1$ より反射する光にして $s'$ に於ける照明なり、外側は $f_2$ より反射する光にして $s''$ に於ける照明なり。此兩照明が相等しき場合には橢圓の内外の形象一樣となるを以て、此時に於ける兩發光體の光度計よりの距離を測り前式により其光度を比較することを得るなり。

#### (四) 交照光度計

光度計にて二個の發光體の光度を比較する場合に、光の色が異るときは其同一なる照明を判断すること容易ならざる場合多し、従て測定の結果に誤差生じ易し。今若し一の紙障を比較せんとする二個の發光體より交互に照らさしめ、之を迅速に行ふときは、紙障は或る瞬間には發光體甲の照明を受け、次の瞬間には發光體乙の照明を受くべし。此變化速かなるときは、其兩發光體の光色の差を認むること能

はずして單に其照明の差のみを認むることを得るなり。夫故兩照明が等しからざるときは紙障面に明暗交々生ずるも、照明相等しきときは明暗の差生せずして一樣の照明を認むべし。此場合に於ける發光體と紙障との距離を測り第132式に由て光の色異なる發光體の光度を比較算出することを得るなり。

第百九十八圖  
シムマンスアベヂー交照光度計



此方法はルード氏(Rood)の研究に由りたるものにして、此理に基き作られたる光度計を交照光度計(Flicker Photometer)と稱す。交照光度計に種類多し、其一例として第198圖にシムマンスアベヂー交照光度計(Simmance Abady's Flicker Photometer)を示す。Dは厚き白堊より成る圓板にして其兩面の形狀を異にす。A, B, Cは其側面圖にしてAの形狀を爲す位置よ

り  $x$  なる軸にて 90 度廻轉すれば側面は B の形狀を爲し尙 90 度廻轉するときは C の形狀を爲す。故に此圓板の兩側を比較せんとする發光體より照らさしめ圓板の上部より眺むるときは圓板の A の位置に於ては右方より照らす光のみ認むることを得 B の位置に於ては左方及右方より照らす光を C の位置に於ては左方より照らす光のみ認むることを得べし。之に由て  $x$  軸を時計仕掛にて速かに廻轉し P なる三稜鏡を用ひて左右發光體より交互に圓板を照らさしめて後 P を通過する光を S に於て眺め之が一樣の照明に成る様兩發光體と圓板との距離を加減するなり。斯くして其等の距離より兩發光體の光度を比較算出するを得べし

發光體の格定—發光體を格定するには其光度なる燭光數を以てし電燈を格定するには其燭光數又は其燭光を現はすに要する電壓及電流又は電力を以てす。去れども電燈の示す光度は其輻射體の形狀に従ひ總ての方向に向て一樣ならずして或る方向に向つて光度強く或る方向に向て光度弱きを免かれず従て同じ光束を發する二種の電燈の燭光を比較するに其方向に由て甚しく差異あることあり

是に由て電燈を格定するには各方向に向て發する光度の平均を以てし之を平均球面燭光(Mean Spherical Candle Power)と稱し之を測定して電燈の光度を比較するものとす。白熱燈に於ては其水平面に於ける各方向に向て發する光の光度の平均を取り之を平均水平燭光(Mean Horizontal Candlepower)と稱す。通常之にて白熱燈を格定し我邦電氣事業法に於て定むる所も之に據る。白熱燈の平均燭光を測定するは容易なれば之より次の算式により平均球面燭光を算出するを得るなり。

全光束を  $\phi$  とし  $P_h$  を平均水平燭光とし  $P_s$  を水平球面燭光とすれば

$$P_h = \frac{\phi}{\pi^2}, \quad P_s = \frac{\phi}{4\pi}$$

由て 
$$\frac{P_s}{P_h} = \frac{\pi}{4} = 0.785 \dots\dots\dots (139)$$

然し之れは織條が垂直の位置に直線に置かれ水平に向て全光束射出されたる場合に於ける理論上の算出法にして實際に於て織條は直線状ならざれば此換算率を實際には 0.78—0.8 の範圍に於て適當に定むるなり。今之を 0.78 と定むるときは每燭 3.1「ワット」を要する白熱燈と稱するものは其平均球面燭

光當りに換算するときは、 $\frac{3.1}{0.78}=4$ 「ワット」となる。

弧光燈の光度は垂直面の各方向に従て甚しく異なる。其最大燭光と平均球面燭光との關係は概略次の式に示す如し。

$$P_s = \frac{P_h}{2} + \frac{P_m}{4} \dots\dots\dots(140)$$

式中  $P_s$  は平均球面燭光、 $P_h$  は平均水平燭光、 $P_m$  は最大燭光なり第136式に於ける  $P$  は嚴格なる意味より云ふときは、 $P_s$  即ち平均球面燭光ならざるべからず従て發光體の平均球面燭光を測定するには其各方向に發する光束を測りて第136式に依り算出するものとす。光束を測定する器具を積算光度計 (Integrating Photometer) と云ふ。

**積算光度計**—積算光度計に種類多し其簡單にして比較的精確なるものを**ウルブリヒト積算光度計** (Ulbricht Integrating Photometer) とす。其構造は大なる中空の球體の内面を完全に白色なる塗料にて塗り光の反射性及擴散性を有せしめ球面上の或る箇所に小なる擴散性を有する乳色硝子にて窓を作りたるものなり。測るべき發光體を球の中心に置き適當なる箇所に遮壁を立て發光體より發する直接光線の窓に至るを遮らしむ。従て窓に受くる照明は

發光體より發したる光が球内面全部に映じ反射擴散したる光に基くものなり。由て此照明は發光體より發する全光束に比例すること明かなり。去れば豫め總球面燭光即ち光束の測られたる白熱燈を球の中心に裝置し窓に於ける照明を通常の光度計にて測定して其光束と測定したる燭光との比を算出し置き次に光束を測るべき發光體を球の中心に置きて窓に於ける照明を同じ光度計にて測りて以上の比より光束を算出するなり。

### 第三項 炭素纖維條白熱燈

**白熱燈の沿革及炭素纖維條白熱燈**—白熱燈製造の研究は西曆 1841 年頃より種々の學者に依り試みられしが實用的白熱燈は 1879 年 10 月 21 日に米國エヂソン氏に依て完成せられたり。同氏は始めの間は輻射體に白金線を用ひしも其價の不廉なると高熱に於て溶解するとの理由によつて之を廢し細き炭素纖維條 (Carbon Filament) を用ひたりしが現今の白熱燈にも尙使用せらる。

炭素纖維條も空氣中にて熱せらるゝときは酸化燃焼するが故に是を茄子形硝子球内に封入し其内部の

空氣を排出し全く真空と爲し、織條の白熱となるも、燃焼することなからしむ。此装置を爲したる硝子球を**白熱燈球**(Incandescent Lamp)と云ふ。白熱燈より發する光色は白色に近く普通の石油燈及び瓦斯燈に比し黄色少く、日光の色に比し七色中の赤色及び黄色に富み青色及び紫色を缺く。是れ織條の發熱温度が日光の温度より低きが爲めなり。然れども多量の電流を織條に通じ其温度を高むるときは、織條は日光の如き赫々たる光を放つに至るべし。此くの如き温度に於ては織條の消耗早くして實用に供し難し。實用上炭素織條の温度は通常攝氏 1,800 度にして、是より高きことは織條の光は著しく増し、織條は烈しく蒸發を始めて硝子球の内壁面に附着し外部に發する光は甚しく減するに至るべし。

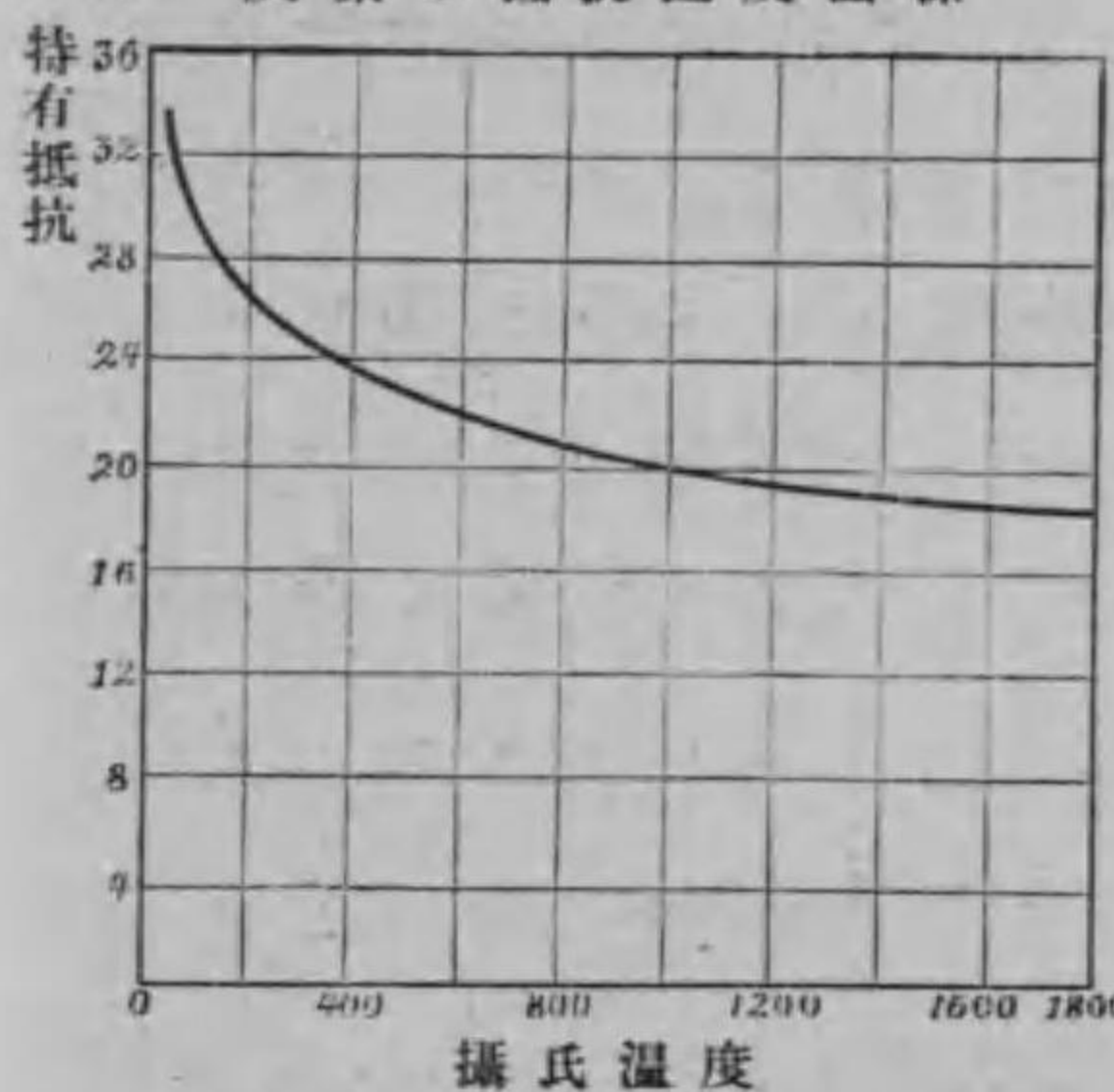
### 第一節 炭素織條白熱燈球の製造

**炭素織條**—白熱燈球の良否は輻射體の良否と内部真空の程度如何に在り。現時使用せらるゝ炭素織條は創造の際使用せられたる白金線に比し同じ發熱温度に於て光を發すること強く、電氣抵抗は白金線に 200 倍する故に同量の電流の供給を受くるも其

發熱温度は白金線に比し甚だ高きの理なれば、同量の供給電力にて炭素織條の發する光は白金線の夫に比し強大なり。且又炭素の溶解温度は攝氏 3750 度、白金の夫は 1775 度にして炭素は温度の昇るに従ひ抵抗の減するもの。即ち抵抗の温度係数は負號なれば、比較的電壓高き電流を是に通ずることを得る

第九十九圖

炭素の抵抗温度曲線



の利あり。第199圖は炭素の抵抗と温度との關係を曲線に表はしたるものなり。是等の利益はエヂソン氏の研究に由て發見せられ、30年前より一汎に炭素織條を輻射體に使用するに至れり。

**炭素織條の製造**—蒸焼して炭に變ずる物體は炭素織條の原料として用ひられ得るを以て其種類多し。然れども是を大別して次の二種とす。

- (一) 纖維質のもの 紙、竹、木、綿、絲の類
- (二) 組織なきもの セルロースの類

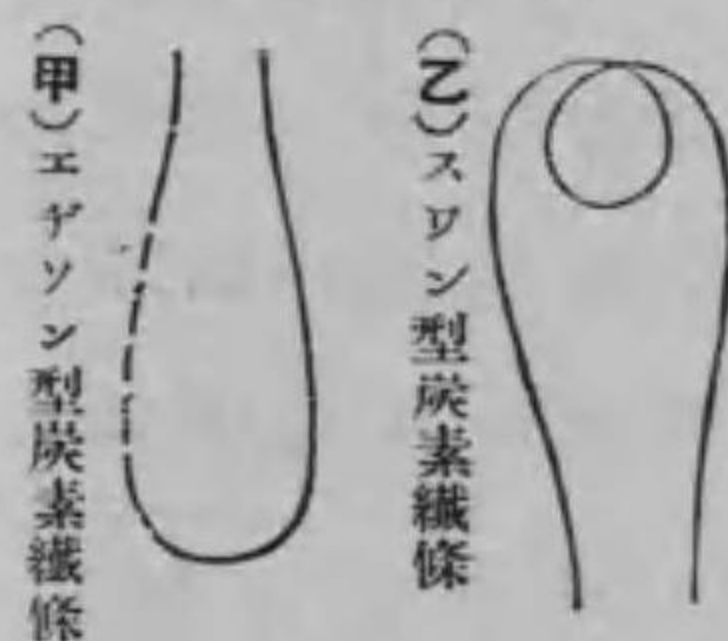
竹を原料に使用することは 1880 年米國のエヂソン

氏が白熱燈球製造研究の際廣く原料を諸國より取寄せ實地試験の結果我國京都の八幡竹四年生のもの最も良好なることを認めたるに始まれり其製造法は古く取りたる八幡竹を日蔭にて乾燥し皮と身との間を極めて薄く纖維に沿ふて切り取り之を細く割りてヒコ板に掛けて削り所要の形狀に曲げ爐に入れて蒸焼するにあり。又木綿絲を原料に使用することは1880年英國のスワン氏の創意に始まり其製造法は先づ木綿絲を曹達或はアムモニアにて熟煮して其脂肪を能く除き去りたる後水にて再三洗滌し比重1.64の硫酸中に浸す其浸入時間は木綿絲の大き及び性質に従ひ3秒乃至15秒間とす浸潤の後木綿絲を取出し屈曲せざる様注意し再び水にて良く洗ひ乾かしたる後所要の形狀に曲げ是を蒸焼するにあり。此等の竹木綿絲より製したる纖維は往々太さの異なるもの又は性質の異なるものあるに由て種々研究の結果セルローズにて炭素纖維を製することとなれり。セルローズとは木綿を鹽化亞鉛の溶液に溶かしたる半透明の濃厚なる飴狀の液體にして之を金屬板に穿ちたる直徑一定せる孔より空氣の壓力にて押出しアルコールを充せる器

中に入れる時は凝結して絲の如くなりて連續す之を取出して稀鹽酸液に二三回浸し最後に清水にて完全に洗滌す。斯くして得たるものを卷棒に捲き取りて乾かし適當の長さに切り炭素製型に卷付け炭粉を詰め爐に入れて蒸焼す之に要する時間は凡そ24時間なり此蒸焼する方法を炭化法(Carbonization)と云ふ。總て炭素纖維は原料の如何に關せず其表面が粗き時は是を金屬板に穿ちたる直徑一定せる孔に數回曳き通して表面を平滑になし直徑を一様ならしむ。セルローズ纖維は溶液より作るものなれば隨意に且つ容易に其直徑及形狀を定むることを得其性質も亦容易に一様ならしむることを得るなり。

炭化法—炭素纖維原料を炭化するに要する熱及

第 二 百 圖



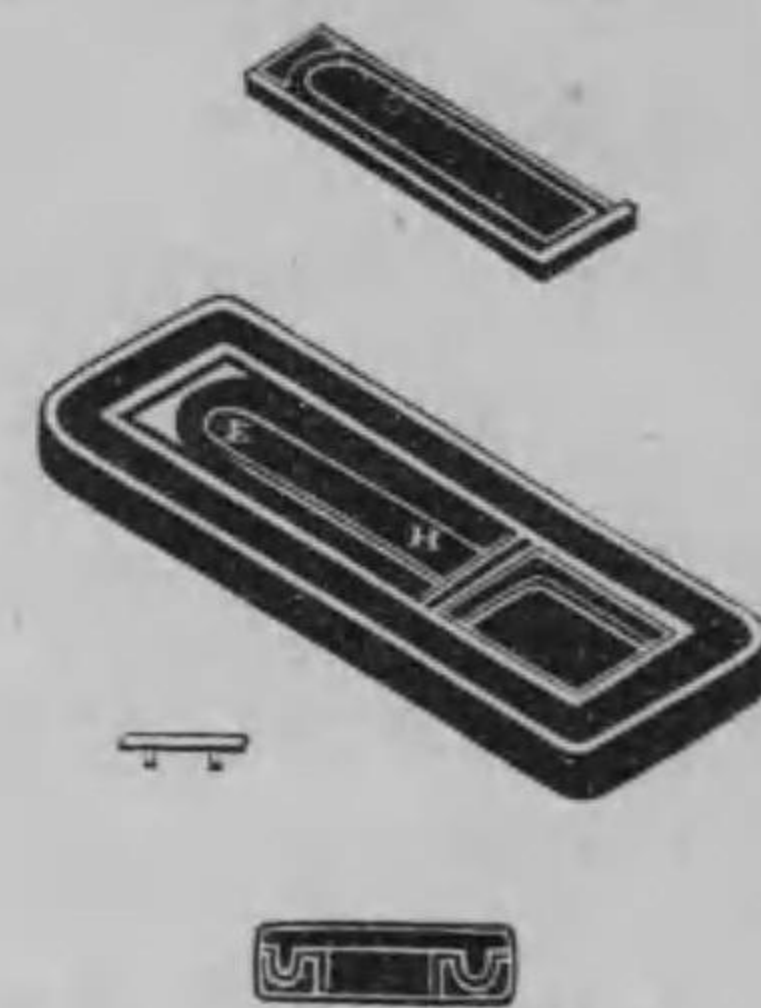
時間等は其形狀及性質に由て一様ならず其一汎の方法は次の如し。

炭素纖維原料が竹なるときは是を第200圖甲に示す形狀に曲げ黒鉛製の坩堝に入れ炭粉末

にて之を覆ふ。坩堝は第201圖に示すが如く内部

板及蓋より成り炭化せしむべき纖維原料を内部板の内に EH の周囲の溝に入れ蓋にて之を覆ひ粘土にて封じ數回宛火爐に入れ石炭瓦斯にて蒸焼する

第二百一圖  
坩 堝



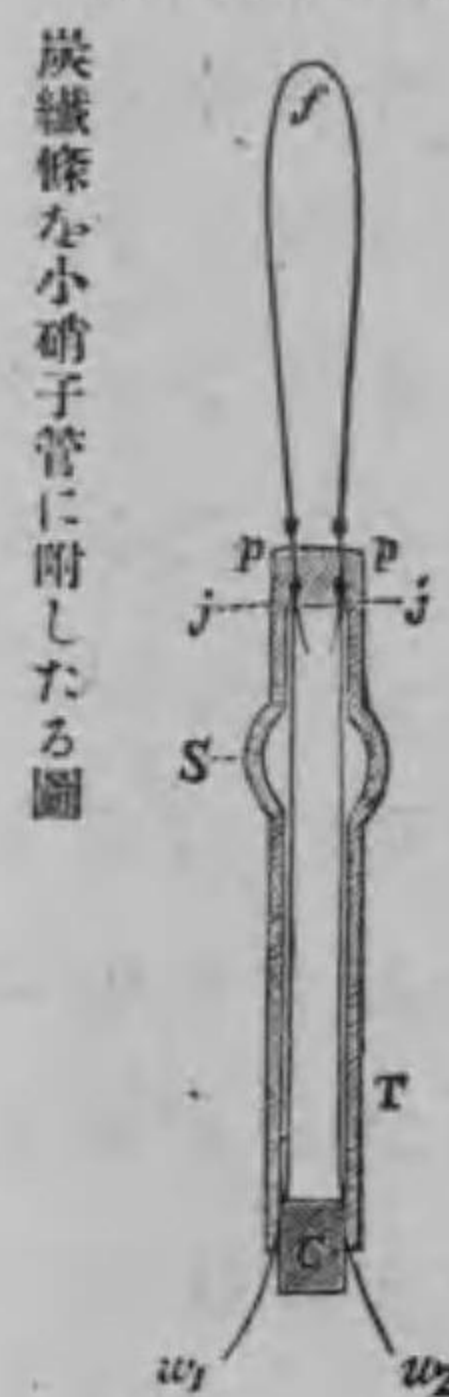
ときは温度攝氏 1700 度前後に於て纖維原料は炭化す。若し原料が木綿絲又はセルローズなれば其特有抵抗が竹に比し低き爲に同じ抵抗に對し長きを要すれば第200圖乙の如き形狀に爲し蒸焼するを通常とす。其創造したる電氣學者の名に由て第200圖甲に示す形狀をエ

チソン型 (Edison Type) と云ひ同圖乙に示す形狀をスワン型 (Swan Type) と云ふ。火爐に入れたる坩堝は一定時間の後火爐より取出し室内の温度の冷えるを待ち是を開きて炭化したる纖維を取出す此際纖維は脆くなれるを以て毀損せざる様取扱に注意を要す。斯くして完成したる炭素纖維は其抵抗に従ひ適當の長さに切るものとす。

纖維封入前の準備—炭素纖維を硝子球内に封入する準備として直径 0.015 吋の銅線二條を取り是に

二條の小白金線を瓦斯火焰にて熔かし附け第202圖に示すが如く小硝子管 S に入れ其一端を瓦斯の火焰にて熔かし其内に白金線部を封入す圖中 f は纖維、w<sub>1</sub> w<sub>2</sub> は銅線、p p は白金線、j j は兩線の接續點なり。次に適當の長さに切りたる炭素纖維を白金線の各端にグラフトの粉末を或る有機物の溶液に煉りたるセメントにて接續す此方法に於て硝子體を貫く部分に限り白金線を用ふるの理は銅が熱の爲に

第二百二圖



膨脹する程度は硝子と異なる故に若し之に銅線のみを用ふるときは使用中硝子と銅線との間に隙を生じ空氣此處より内部に入り纖維に觸れ是を酸化消耗せしむる虞れあるのみならず其膨脹屢々起るときは遂に硝子を破るに至るべし是に反し白金の熱膨脹の程度は硝子と殆んど同一なれば硝子と同様に膨脹收縮を爲す爲に空氣が硝子管内に進入するの危険なきに因る。炭素纖維の準備終れば之れを

排氣鐘に入れ空氣を排除したる後炭素纖維に白金線を経て電流を通じ白熱ならしむ。此場合に纖維



より發する光一様ならざることあり、是れ織條の炭化が一様ならざる爲め、其直徑不同にして抵抗大なる部分は小なる部分に比し白熱に變ずること早きに由る。斯の如き炭素織條を使用し全部白熱する迄電流を通ずるには割合に多量の電流を要し、織條中抵抗高き部分は他の部分より強く熱せられ早く消耗する虞あり、是に反し電流を制限して一部白熱するのみにて使用するときには必要の光を得ること能はず。是等の不整を矯正するが爲に第202圖に示す装置を爲すに先立ち、織條を入れたる排氣鐘内に揮發し易き炭化水素瓦斯を充たし、織條に電流を通じ白熱部を生ずる迄電流を増すときは、瓦斯中より炭素は分解せられて織條の白熱部に附着し、其直徑を増大せしむ。炭素は極めて質の硬きものなれば織條に密着し之を強固になす。従て其部分の抵抗は減じ白色より赤色に變ずべし。次に猶電流を増し白熱部が織條中に生ずるを待て止むときは前記の作用再び起るべし。斯の如くして漸次電流を増し織條の全部が一様に白熱に變ずるを待て止む。此方法に由て織條の太さは一様になり、其發する光りも不同なきに至るべし。此方法を鑲炭法 (Flashing) と云ふ。

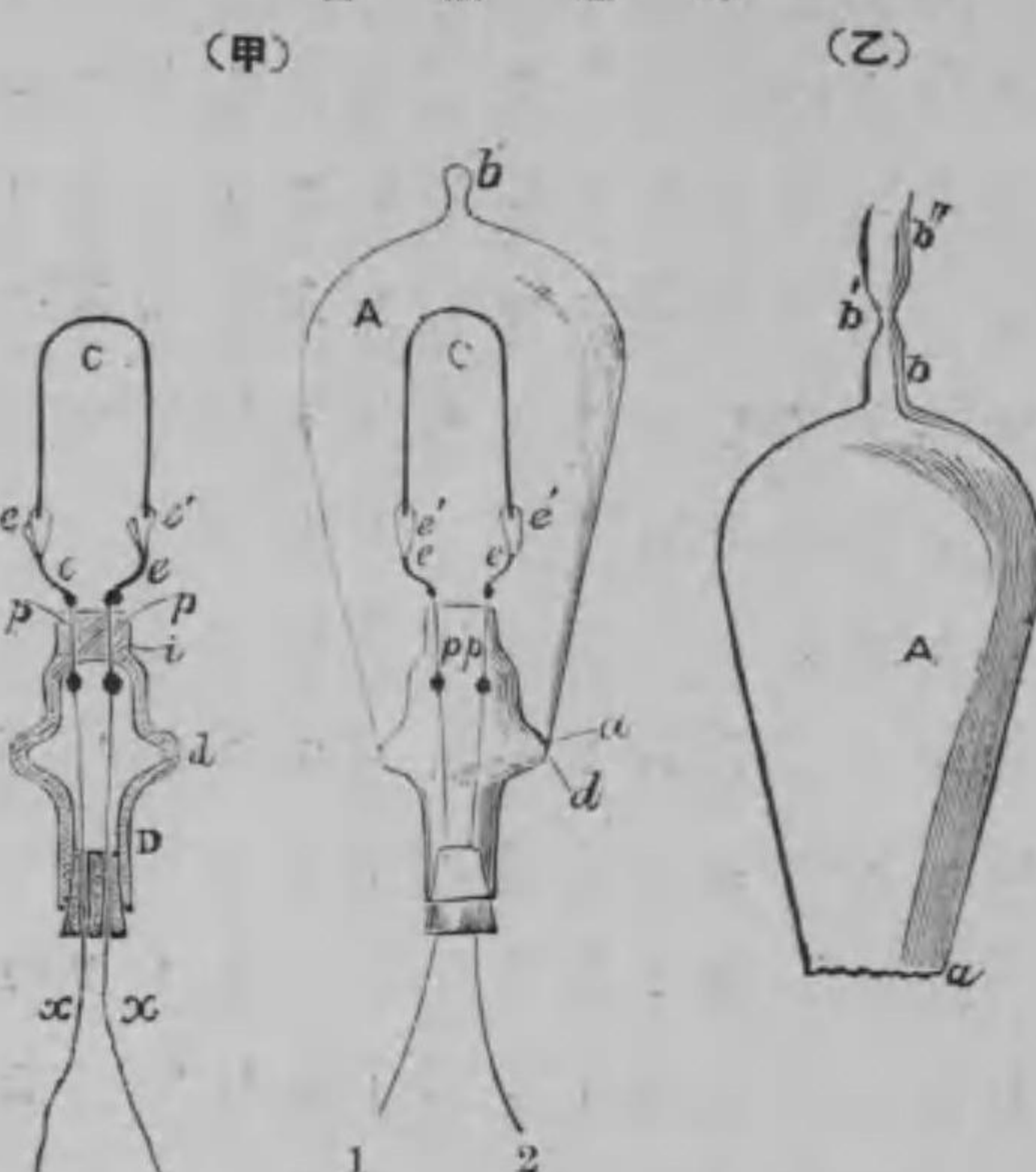
是を行ふには成るべく迅速なるを要し、通常數秒間にて終るべきものとす。鑲炭を行ふ程度は其織條の有すべき抵抗に由て定まるものなれば、鑲炭中ホイートストーンブリッジに依て其抵抗を測り規定の抵抗に減ずる迄鑲炭を行ふものとす。太き織條は小なるものに比し抵抗減少の割合小なれば鑲炭に要する時間長し。

完成したる炭素織條は性質強くして彈性を帶び鋼鐵狀の光輝ある灰色を呈す。其直徑及長さは其示す光度に由て異なれども直徑は通常一時の $5/1000$ 乃至 $10/1000$ 、長さは六吋乃至十二吋なりとす。

織條封入及燈球の完成—次に前記の方法に由て得たる第202圖狀の織條及硝子管を第203圖に示す如く枝管 $b$ を有する硝子球 $A$ に挿入す。硝子球の一孔 $a$ の大きさは小硝子管の $d$ 部に適合する様作り、是を挿入したる後 $a$ 部を瓦斯の火焰にし封じ空氣の侵入なからしむ。是に於て硝子球と外部との空氣の流通は只枝管に依るのみ、此 $a$ 部が完全に封せられ居るや否やを確むるが爲には硝子球を水中に入れ枝管より壓力強き空氣を吹き込ましむ。若し不完全なるときは其間隙より水泡の出るを認むべし。斯

くして完全に封じたる硝子球を能く冷へたる後排

第二百三圖  
白熱燈球



氣唧筒に接続し球内の空気を枝管より排除す。此空気の排出は最も慎重に行ふを要し球内には微少の空気残留するも繊維の白熱するに従ひ空気中の酸素と化合し消耗する虞あ

れば之に使用する排氣唧筒は最も完全なるものたるを要す。水銀を適當に移動せしめて排氣する廻轉式唧筒は良く其目的に適するものなれば通常使用せられ電動機にて運轉す。排氣唧筒にて空気を排除するも猶繊維其他に粘着せる空気の残留するを免かれざれば或る物體の少量を管中に入れ之を熱して得たる瓦斯を球内に通じ、化學的に殘餘の空

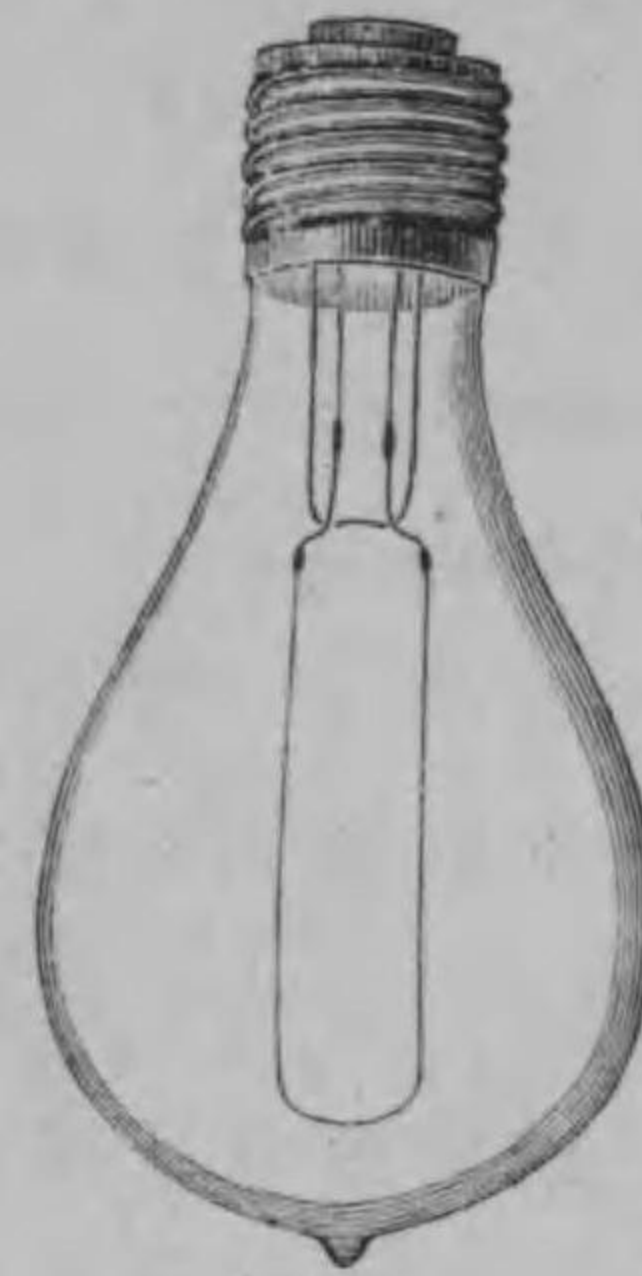
氣を吸收せしむ。是れに使用する物體の如何なる者なるかは商業上の秘密にて詳細に知るを得ざれども概略燐及沃度の化合物なりと云へり。此方法は迅速に且つ甚だ有効にして費用を要すること亦少しと云ふ。尙排氣中纖維硝子球其他に附着する水分或は瓦斯分を除去する爲め硝子球の外面を瓦斯火焰にて温め、真空の程度進むに従ひ漸次電流を増して繊維を白熱ならしめて排氣を行ふものとす。球内の空気を完全に排除したるときは、枝管のb部を瓦斯火焰にて封じ切りて枝管を取去り球内の真空の程度を誘導線輪にて試験す。其方法は空氣中に於ける放電距離八分一吋乃至四分一吋なる誘導線輪を用ひ、其の捲線の一方の端子を硝子球に他の端子を繊維に接続し放電を行ふべし。此放電に由て發する光の色にて真空の程度を判定するなり。即ち真空が不充分なるときは光の色は桃色を呈し、完全なるに従ひ漸次青色を呈し、完全なる真空なるときは螢光を發し所謂X光線を發するに至るべし。斯くの如き完全なる真空ならざる燈球なるときは、使用後炭素纖維の光は漸次減少するを免かれず。球内真空の完全にして螢光を發する際青色を帶べる場

合と黄色を帯べる場合とあり。此相違は球の硝子の種類に由て生ずるなり。即ち鉛硝子を用ひたる場合には放電は青色の螢光を發し、曹達硝子を用ひたる場合には黄色螢光を發す。曹達硝子は鉛硝子に比し熱を吸収すること多く破損し易きを以て燈球用には不適當なり。然れども廉價なる爲め往々使用せらるゝことあり。

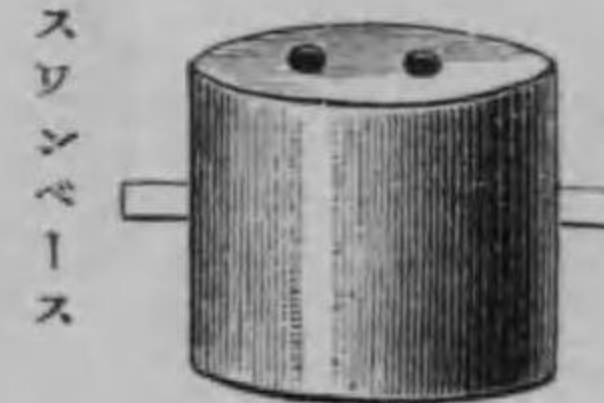
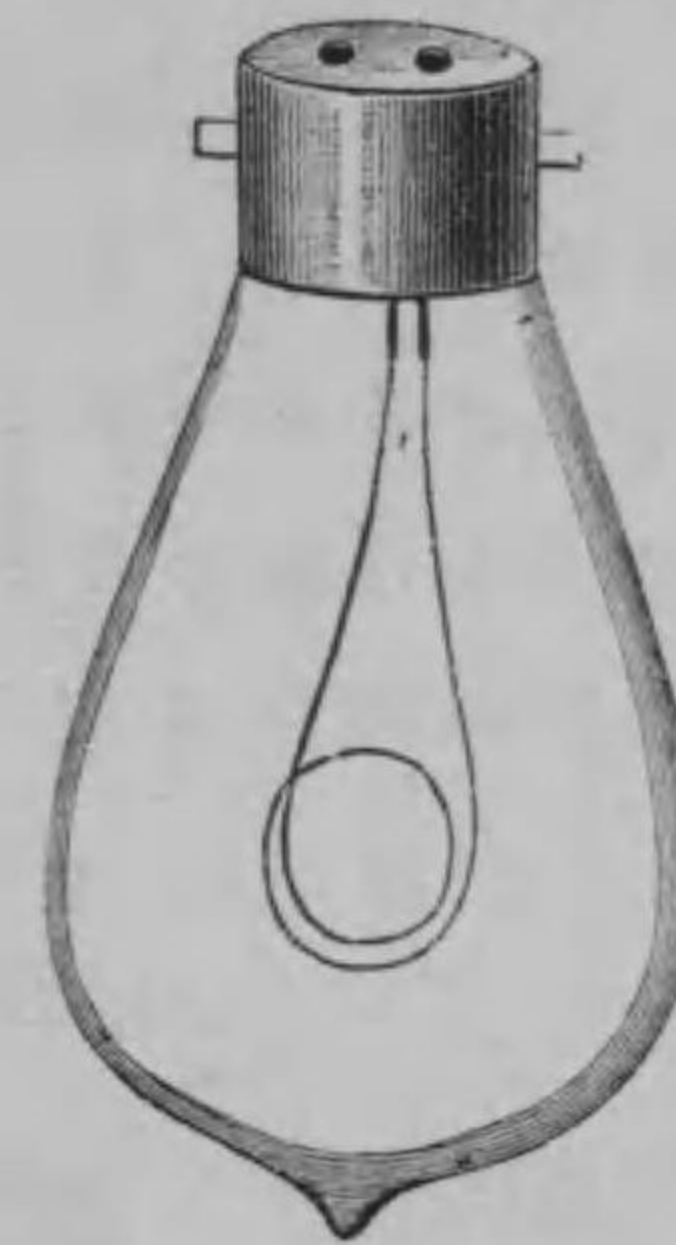
排氣試験に合格したる燈球には指定電壓の電流を通じて電力計にて所要電力を、光度計にて其燭光を測り、燭光の定まりたる燈球には其一方に**ベース** (Base) を白堊にて附着せしむ。ベースとは圓筒狀の眞鍮片にして其中央部に圓形の眞鍮片を有し、周圍の眞鍮片より白堊或は特種のセメント若くは硝子にて相互に絶縁せらる。此兩眞鍮片に織條の兩端に接續せる銅線(第203圖の1, 2)を鐵付して燈球は完成し、ベースに依て電流を織條に通ずることを得るなり。斯く製作完成されたる燈球は更に眞空の試験及電氣的試験を行ひ、完全と認められたるものを使用に供するなり。ベースの形狀に數種あれども其重なるものを**エヂソンベース** (Edison base) 及**スワンベース** (Swan base) とす。エヂソンベースは螺旋形にしてスワ

ンベースは挿込形なり。使用上便利なるに由て米國の標準としてエヂソンベース最も廣く使用せらる。第204圖はエヂソンベース及エヂソン型燈球を示し、第205圖はスワンベース及スワン型燈球を示す。

第二百四圖  
エヂソン型白熱燈球



第二百五圖  
スワン型白熱燈球



承口—燈球を回路に接續するにはベースのみにては不便なるを以て是を媒介する器具あり。之を承

口(Socket)と云ふ。エヂソン式ソケットは内部に雌螺ありて是と絶縁して其底に眞鍮片あり。エヂソンベースを是に捻ぢ込めば周囲の眞鍮版は雌螺旋に良く適合し其中央部の眞鍮片はソケット底部の眞鍮片に接觸す。是に依て回路の兩極線をソケットの雌螺旋部と底部眞鍮片とに接続し置けば電流を燈球の織條に通せしむることを得るなり。承口に二種あり。一は電鍵を設け是に依て燈球の點滅を任意になし得るもの是をキーソケット(Key Socket)と云ひ。一は電鍵なきもの是をキーレスソケット(Keyless Socket)と云ふ。第206圖甲はキーソケット。乙はキーレスソケット

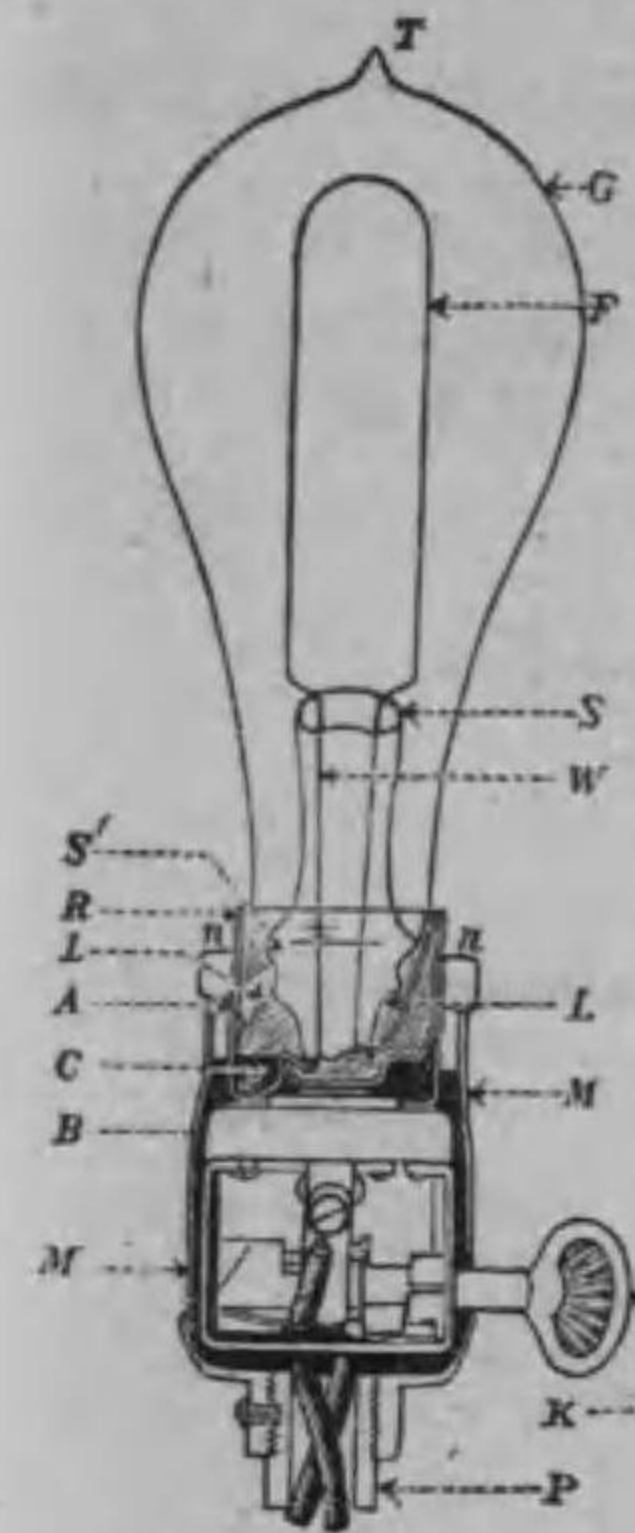
第二百六圖



トを示す。キーソケットの電鍵を廻はせば燈球内の織條はベースに依てソケットに電氣的接続を爲す。第207圖は燈球を挿入したるキーソケットの切斷面にして、Gは燈球、Tは最終に封したる燈球の頂部、Dは炭素織條、Wは銅線及白金線を接続せる箇所、Sは炭素織條を有する小硝子管の頭部、S'は其白金線

を封入したる部、Rは螺旋狀のベース、Cはベースの

第二百七圖  
白熱燈球及  
キーソケット切斷面



中央に在る眞鍮片にして共に錫鐵にて銅線に鐵付せらる。L、Lはベースを燈球に堅牢に附着せしむる爲め硝子球に設けたる尖形なり。A、Bは回路の電線に連結せられベースと螺旋狀の接觸をなす。Mはソケットの眞鍮製外覆にして護謨輪に依て内部と絶縁せらる。戶外に於て雨水に曝露せらるゝ場所或は水蒸汽の生じ易き場所例へば浴室又は炊事場等に於ては雨水又は水蒸汽がソケット内に入り兩線を短絡せしむることあり。此の如き場所には磁製の防水ソケット(Waterproof Socket)なるものを使用す。防水ソケットは外面總て磁器にして燈球を挿入する孔以外に少許の間隙を有せざれば水又は水蒸汽は是に觸るゝも内部に浸入することなくして電氣上の災害を生せしめざるなり。防水ソケットは水蒸汽の浸入なからしめんが爲に通常是に電鍵を附せざるなり。

防水ソケット(Waterproof Socket)なるものを使用す。防水ソケットは外面總て磁器にして燈球を挿入する孔以外に少許の間隙を有せざれば水又は水蒸汽は是に觸るゝも内部に浸入することなくして電氣上の災害を生せしめざるなり。防水ソケットは水蒸汽の浸入なからしめんが爲に通常是に電鍵を附せざるなり。

### 第二節 炭素纖維白熱燈の性狀

光の分配—白熱燈より發する光は一汎に水平の方向に強く垂直の方向に弱し、水平面に於ては炭素纖維面より45度の方向に

於て最大燭光を表はし之と90度の角度をなす方向に於て最小燭光を表はす。

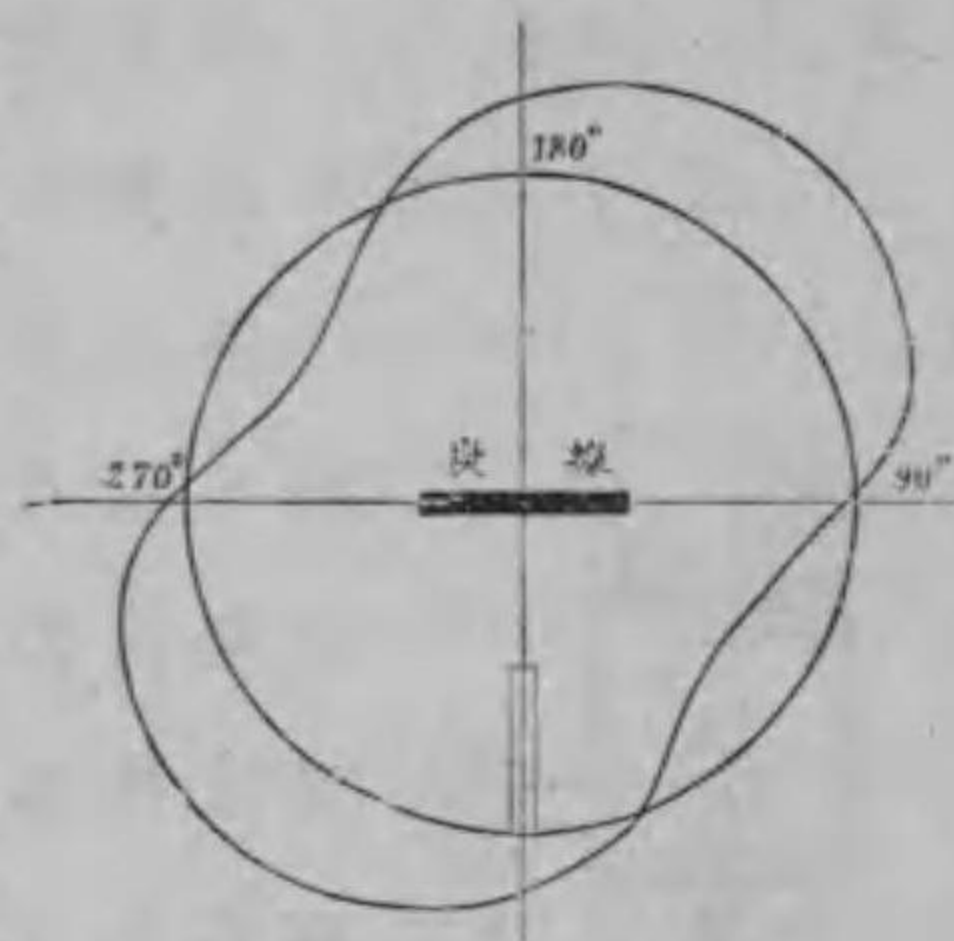
第208圖はエヂソン型炭素纖維白熱燈より發する光の水平面に於ける光度の分配を示す。圖中圓の半徑は16燭光を示し曲線は燈

球の水平面に於ける光の實際の分配を表はす。即ち光度は炭素纖維の方向に従て異なるを認むべし。斯くの如くエヂソン型の炭素纖維より發する光の分配は不規則なる故に概ね之を一回乃至二回渦巻きしたるもの即ちスワン型の炭素纖維用ひらる。此燈球に於ける光の分配は殆んど圓形に近く、水平面に於ける分配は第209圖甲に示すが如く垂直面に於ける分配は同圖乙に示すが如し。白熱燈の光の分

配は方向に従て異なれども大差なき故に其平均水平燭光を其燈球の格定燭光と做すを通常とす。燈球より上方に向て發する光は實際物體を照らすに効用なければ是を下方に反射せしむるが爲に通常反射笠を燈球の上部に用ふ。是に由て光の分配は變じ其状態は笠の種類に由て異れども市場に在る普通の山形陶器笠を用ひたる場合には第209圖丙に示す如くして下方に向て發する光は著しく増加するなり。

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

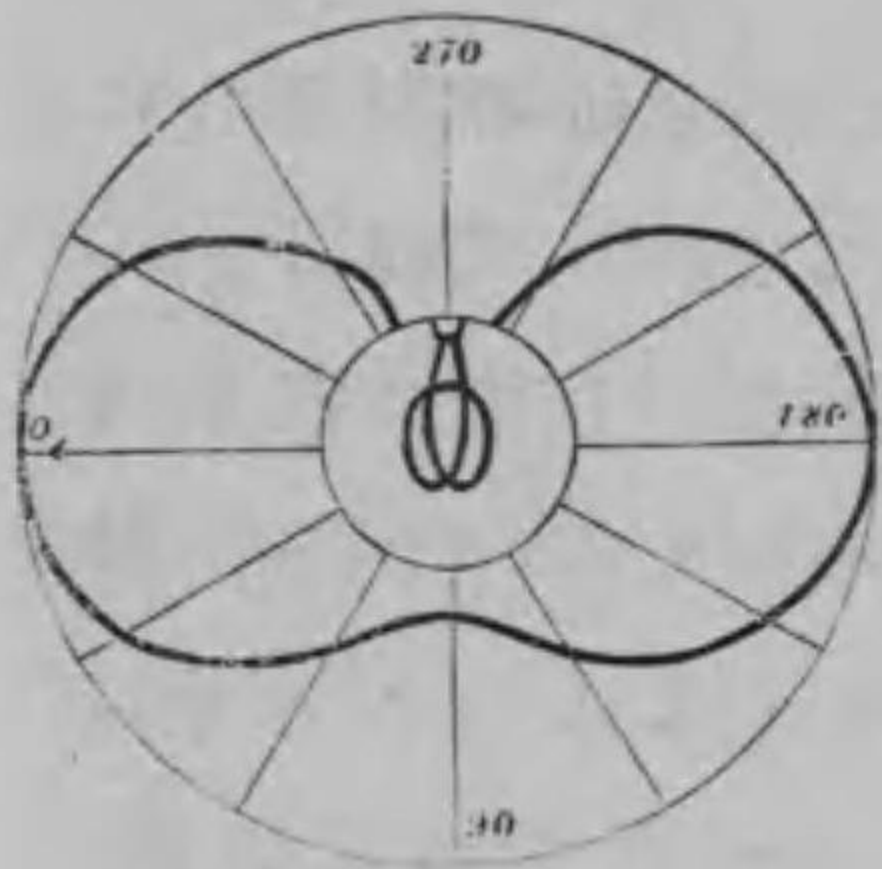
第二百八圖  
エヂソン形白熱燈球の水平面に於ける光の分配曲線



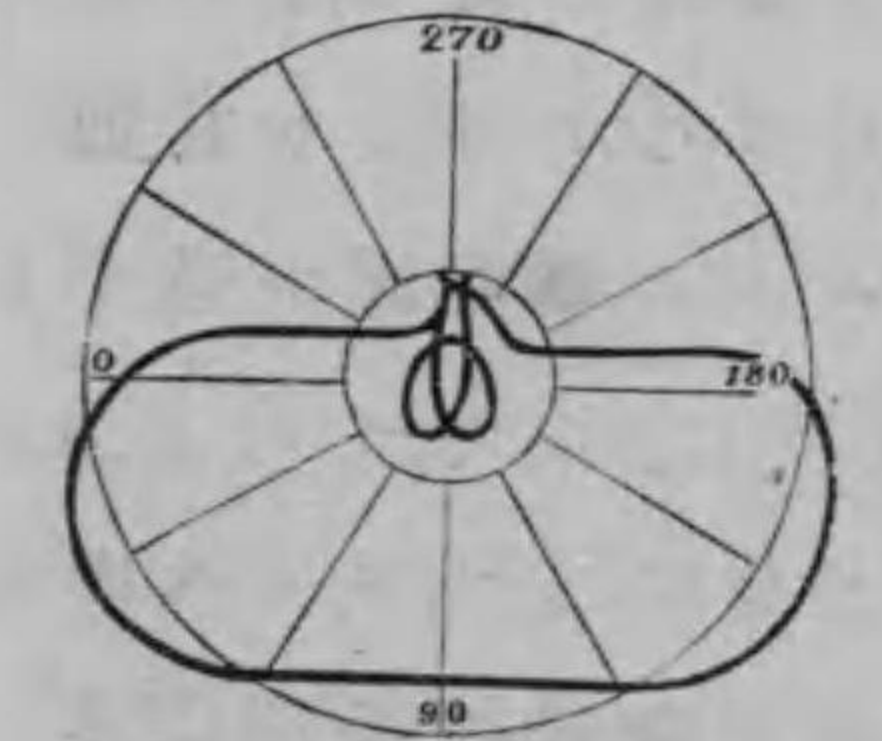
第二百九圖  
(甲)



(乙)



(丙)



面に於ける光の分配曲線

面に於ける光の分配曲線

同ときの光の分配曲線

配は方向に従て異なれども大差なき故に其平均水平燭光を其燈球の格定燭光と做すを通常とす。燈球より上方に向て發する光は實際物體を照らすに効用なければ是を下方に反射せしむるが爲に通常反射笠を燈球の上部に用ふ。是に由て光の分配は變じ其状態は笠の種類に由て異れども市場に在る普通の山形陶器笠を用ひたる場合には第209圖丙に示す如くして下方に向て發する光は著しく増加するなり。

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

燈球の種類—炭素纖維白熱燈は其纖維の長さ及大きさを適當に定む

れば如何なる電壓に於て白熱するものをも亦如何なる燭光のものをも製造することを得れども最も普通に用ひられ居る標準電壓は100「ヴォルト」にして格定燭光の種類は次の數種なりとす。

5燭光	10燭光	16燭光	20燭光
24燭光	32燭光	50燭光	100燭光

此外に電氣裝飾用に低電壓の五燭光或は六燭光のものあり又醫術上若くは携帯用電燈に二燭光或は三燭光のものを用ふることあり近來は200「ヴォルト」燈球の製造發達し工場に於て電力使用の場合に電壓が200「ヴォルト」又は500「ヴォルト」なるときは概ね200「ヴォルト」燈球を用ふ其他特種の燈球としては汽車内に於て16「ヴォルト」24「ヴォルト」30「ヴォルト」又は60「ヴォルト」醫術上及電話用に4「ヴォルト」8「ヴォルト」又は12「ヴォルト」にて白熱する燈球使用せらる。

100「ヴォルト」16燭光燈球の炭素纖維の長さは6吋乃至8吋にして直徑は0.008吋乃至0.01吋なり其抵抗は白熱したる時凡そ0.56「アムペア」の電流が通するに由りオーム法則に従ひ $\frac{100}{0.56} = 178.6$ 「オーム」なれども通常の溫度に於ては殆んど是に二倍す。八燭光燈球の抵抗は是に二倍し32燭光燈球の抵抗は其二

分の一なり。點火電壓高きものは炭素纖維の抵抗愈々大なるを要するに由り炭素纖維は細く且長し例へば16燭光200「ヴォルト」燈球の炭素纖維の長さは12吋乃至15吋なり。

發光能率—炭素纖維白熱燈の16燭光のものは供給電力50「ワット」の内48.8「ワット」は單に炭素纖維を熱するに止り殘餘の1.2「ワット」が可視光を發するに過ぎざれば炭素纖維白熱燈の發光能率は僅かに2.5パーセントなり。此電力は蒸汽發電所に於て石炭の燃焼に因り汽罐汽機發電機を経て供給せらるゝものなれば白熱燈の發光能率を石炭より打算するときは石炭の發生する勢力の0.5パーセントに過ぎず斯の如く僅少なるも尙瓦斯燈及石油燈の能率に比し甚だ大なり。

白熱燈の能率及壽命—白熱燈の平均水平燭光にて其供給電力を除したるもの即ち每一燭光に要する「ワット」數を燈球の能率と云ふ例へば50「ワット」を要する16燭光燈球の能率は $\frac{50}{16} = 3.1$ 「ワット」にして60「ワット」を要する同燭光の燈球の能率は $\frac{60}{16} = 3.7$ 「ワット」なり一汎に能率は三「ワット」乃至四「ワット」にして炭素纖維の熱せらるゝ溫度に比例して高低す。此能率は同

一燈球に於ても一定不變に非ず。燈球使用中漸々光度は減じ能率は低下し數千時間を経て遂に炭素纖維は切斷するに至るべし。其總點火時間を燈球の壽命(Life)と稱す。光度の減少する原因は

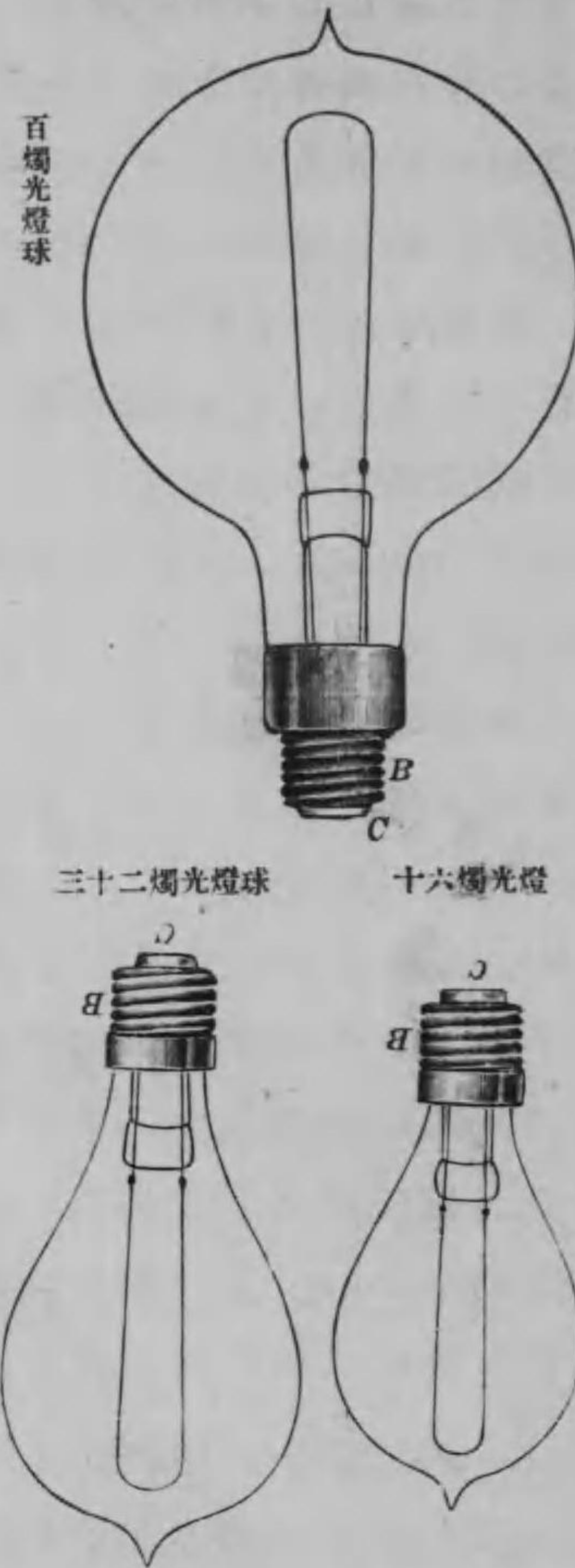
- (一) 炭素纖維より炭粉蒸發して細小になり其抵抗増加するが爲め
- (二) 蒸發したる炭粉が硝子球の内面に附着して光を吸収するが爲め

にして炭粉の蒸發は回路の陰極に接続する纖維端に近き部分に於て最も甚し。斯くの如く燭光降下するにも拘はらず是を使用するときは、毎燭に要する電力を増し不經濟なるを免かれず是に由て其使用時間を制限し燭光が減少して最初の八割に成りたる時を限度とし之に達したる時は新しき燈球と取換ふべきものとす。此八割に減じたる迄の時間を燈球の**有効壽命**(Useful Life)と云ふ。有効壽命は一汎に平均600時間なれば、燈球を使用し初めてより600時間を経過するときは新しき燈球と取換へるを可とす。

燈球の壽命をして長からしめ能率の低下を防ぐには以上の二原因を成べく減せざるべからず。然る

に燭光は第126式に示す如く纖維の温度の四乗に正比例し温度は纖維に通ずる電流の二乗に正比例するを以て纖維の温度高きに従ひ能率益々高きも炭粉の蒸發多くして有効壽命を短縮し之に反し温度低きときは炭粉の蒸發少く有効壽命は長きも燭光は減じ能率低下すべし。適當なる温度は本章の初めに記載したる如く攝氏 1800度なりとす。炭素纖維を此温度に熱する電力は炭素纖維の表面積每平方「センチメートル」に付き70「ワット」乃至100「ワット」の割合なり之を**表面効率**(Surface Activity)と云ふ。是に由て炭素纖維に通ずる電流は炭素纖維の表面効率を上記の如くならしむる様電壓及燭光に應じ定むること最も必要なり。燈球の排氣不充分なるものも亦壽命を短縮せしむる原因と成る。微少の空氣が球内に存在するも炭素の分子を導き燃焼作用を起さしむるなり。温度及表面効率共に相等しき二個以上の炭素纖維の燭光は其表面積に比例するが故に、32燭光燈球は相等しき表面効率を有する16燭光燈球に比し炭素纖維の表面積に於て二倍し供給せらるゝ電力に於て亦殆んど二倍す。第210圖は同じ電壓の電流を受けて白熱し相等しき表面効率を有する

第二百十圖  
白熱燈球の大きさの比較



16燭光、32燭光及100燭光の三種燈球の大きさの割合を示す。

又如何なる場合に於ても燈球に通する電流の電圧を増すときは表面効率は増して燭光及能率は増すも有効壽命は之に反して短縮す之に反し電圧を減ずるときは表面効率は減ずるに由り有効壽命は伸長すれども燭光及能率は減じて反て不經濟となる。此等の關係は第59表に示す如し。例へば100「ヴォルト」電圧にて5「ワット」を要する16燭光燈球を95「ヴォルト」電圧にて點火すると

第五十九表  
炭素纖維白熱燈の電壓の變化に對する  
燭光・能率及壽命の關係表  
(變化は%にて示す)

電 壓 [「ヴォルト」]	燭 光	能 率 每 燭 [「ワット」]	壽 命 時間
110	169	72.0	15.0
109	161	74.0	18.0
108	153	76.5	21.0
107	145	79.0	24.5
106	138	81.5	29.9
105	131	84.0	34.0
104	124	87.0	40.0
103	118	9.00	48.0
102	111	93.0	60.0
101	106	96.5	80.0
<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
99	95	103.0	120.0
98	90	106.0	147.0
97	85	109.5	175.0
96	80	113.5	200.0
95	75	118.5	270.0
94	71	123.5	355.0
93	67	128.0	450.0
92	63	134.0	545.0
91	59	140.5	650.0
90	55	147.5	760.0

きは燭光は其75%即ち12燭光に減じ能率は118.5%即ち每燭に對する「ワット」は $\frac{56}{16} = 3.5$ 「ワット」より $3.5 \times \frac{118.5}{100} = 4.15$ 「ワット」に増し壽命は270%即ち2.7倍すべし。之と反對に同じ燈球を10「ヴォルト」電圧にて點火するときは燭光は其131%即ち21燭光に増し能率の每燭に對する「ワット」は2.9「ワット」に減じ壽命は僅か

に34%に減すべし。斯くの如く電壓の變化は燭光・能率及壽命に大なる影響を與ふるを以て電壓を不變に保持すること肝要なり。

最良の白熱燈球とは能率高くして二「ヴォルト」乃至三「ヴォルト」の電壓の變化あるも能率に變化なく有効壽命長きものを稱するなれども前記の如く能率高きものは屢々燈球の取替へを要し有効壽命長きものは能率低くして電力費の多額を要す。斯の如く有



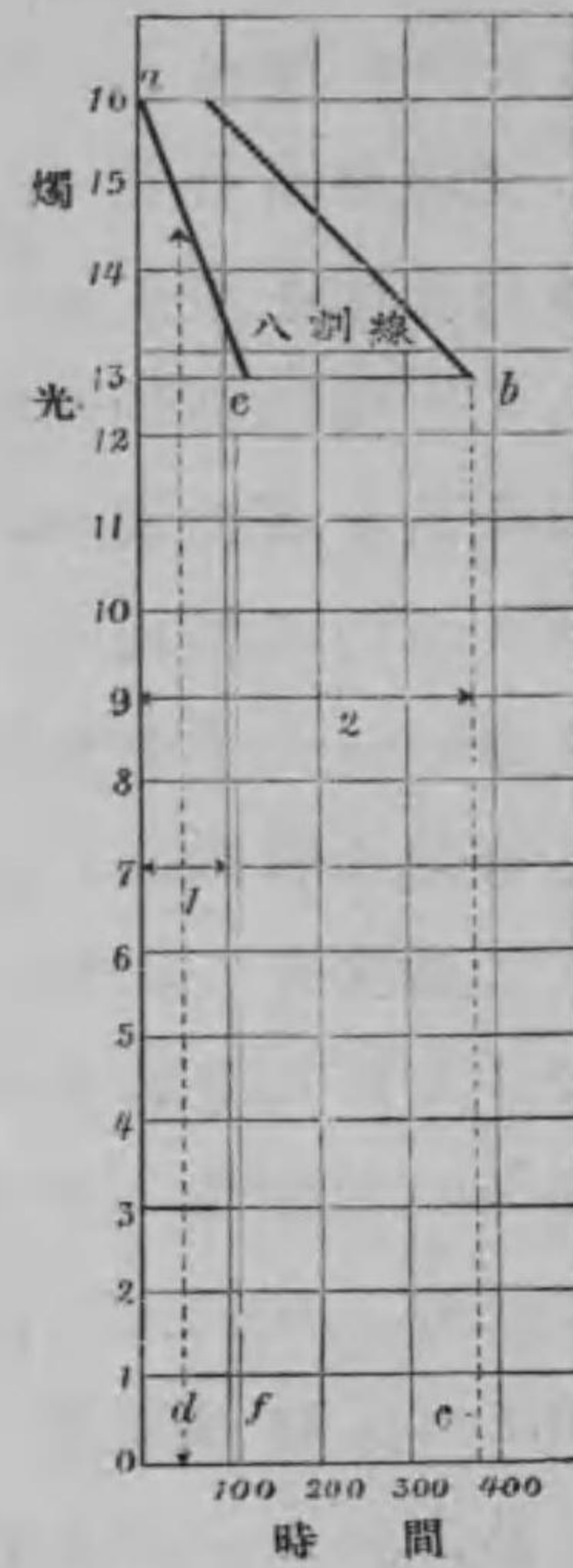
効壽命と能率とは相兩立せざるが能率は低くとも有効壽命長き燈球を用ふるが利なるか有効壽命は短くとも能率の高き燈球を用ふるが益なるかは電力發生費及其利子と燈球の代價及利子とを比較して定まるものなり。例へば水力發電所に於ては電力發生費は特別なる場合を除き比較的僅少なればたとへ機械費及水路費の利子を加算するも燈球の代價及其利子にして低廉なる故に能率は低くとも有効壽命長き燈球を使用し燈球取換費を減少せしむるが利益なる場合多し。如何なる場合に於ても有効壽命を經過したる燈球を使用すべからず若し是を使用し其減じたる光度を増さんが爲に電壓を増すときは其燈球の燭光は増すとも同一回路に接続せられたる比較的新らしき燈球は指定以上に熱せられ燭光は必要以上に増し第59表に示す如く其有効壽命は短縮せられ不利益なること明かなり。

白熱燈の燭光及能率は電流が直流なると交流なるとに關せず同様にして何れの燈球も直流回路及交流回路に使用するを得るなり。

**白熱燈の燭時及燈球使用上の注意**—白熱燈の光度は燭光にて表はすも發する光の分量を表はすに

は使用の始めより炭素纖維の切斷するに至る迄の時間と其間の燭光の平均とを相乗せるものを以てし其單位を燭時 (Candlehour) と云ふ。一燭時とは一燭光の燈球が一時間點火したる光の分量にして燈球の全點火時間を T 時間とし平均燭光を C とすれば光の分量は TC 燭時なり而して有効壽命中の平均燭光と有効壽命の時間との相乗積を有効燭時 (Useful Candlehour) と云ふ。是に由て平均燭光同一なる燈球の有効燭時は其の有効壽命に正比例し能率高き燈球は能率低き燈球に比し有効壽命短ければ其有効燭時亦尠し。同じ電壓にて點火する二個以上の燈球の有効燭時を測定比較するには是れを同一回路に接続點火して50時間乃至100時間毎に其燭光を測り其八割に減するに至て止む。此測定に由て得たる各時間毎の燭光と時間とにて曲線を書き第211圖を得たりとすれば燭光の八割以上の燭光線及時間線にて包圍する面積は各燈球の有効燭時を示す。即ち第一號燈球の有効燭時は  $af.l$  第二號燈球の有効燭時は  $abcd$  にして數字上第一號は1500燭時第二號は6000燭時なり。是に由て常に同じ光を得んには第二號を新燈球と一度取換へる間に第一號を四

第二百十一圖  
有効燭時線圖

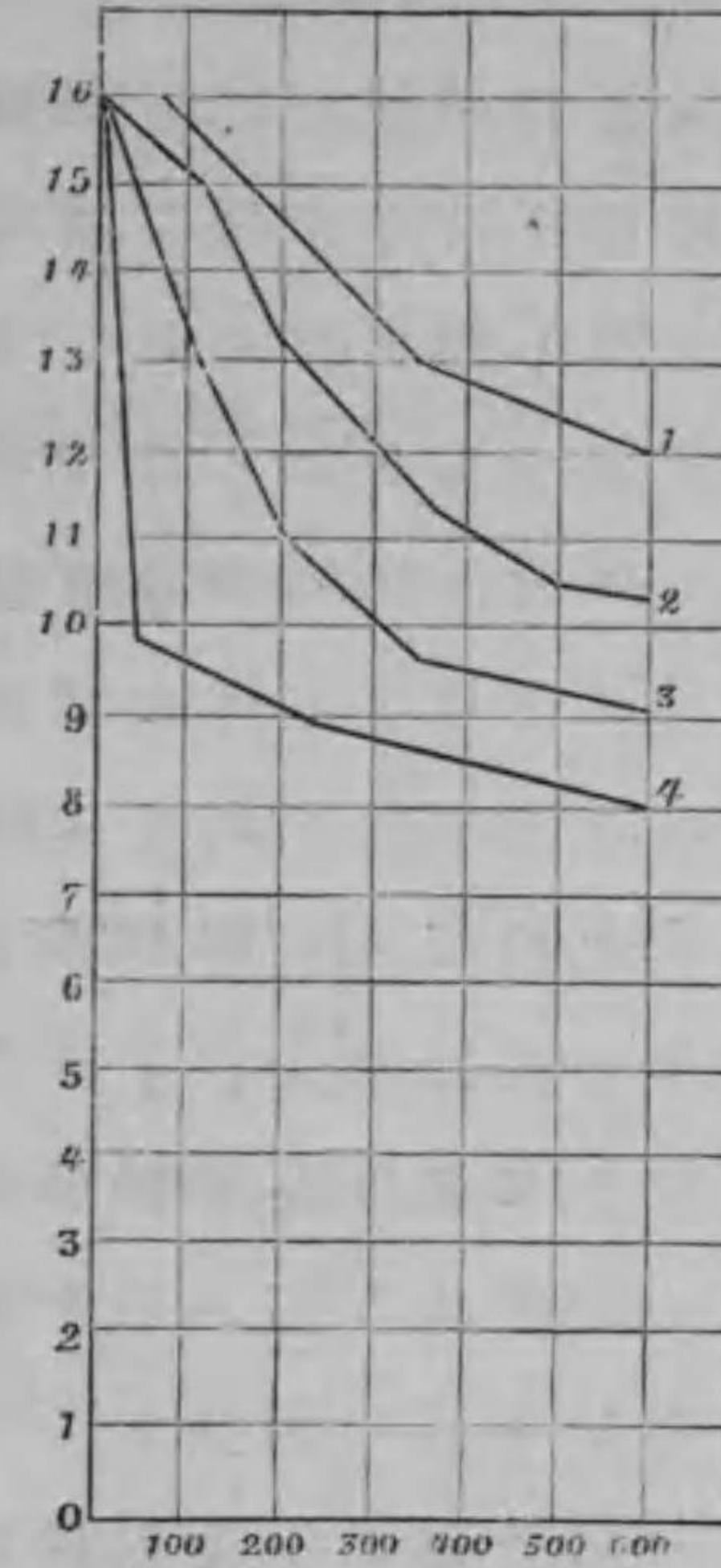


度取換へざるべからず従て燈球取換費は第一號燈球を用ふる場合は第二號燈球を用ふる場合に四倍す。此比較の方法は最も精確なれども發電所に於て是を行ふこと容易ならざれば別の方法として諸燈球を有効壽命の平均600時間引續き點火し其燭光を最初より50時間乃至100時間毎に測りて得たる燭光數と時間にて曲線を書けば其八割燭光迄の燭光線及時間線にて包圍する面積は其燈球の有効燭時を示すなり。此方法は簡單にして發電所に於て容易に行ふことを得るなり。

此方法に由て四個の燈球に就き測り第212圖に示す如き曲線を得たりとすれば各燈球の有効燭時は實に次に示す如し。

	有効燭時	燭時の差
第一號	8200	
第二號	7500	700
第三號	6500	1700
第四號	5450	2750

第二百十二圖  
有効燭時線圖



是等有効燭時の多少に由て燈球の價值は定まるなり。總て燈球は點火後有効壽命を経過したるときは供給者又は需用者の負擔に拘はらず必ず是を新燈球と取換ふるべきものなり。前記の理に由て明かなり。然るに電燈營業に於て燈球の取換費が需用者の負擔なるときは需用者は一時の費用を惜み燈球の暗きを忍んで新燈球との取換を敢て爲さざれば。

供給者は取換費を減額して600時間經過後は需用者に向て燈球を取換へることを請求するか若くは取換費を負擔して600時間使用後は新燈球と取換へるを可とす。最初より燈球取換費が供給者の負擔なる規定なるときは勿論是を斷行すべきなり。是を要するに最經濟的點燈方法は電壓を必らず不變に

保持し燈球の平均使用時間を600時間より超過せざる様致すにあり。

**電壓の調整**—已に記載したるが如く點火電壓を不變に保持せず反て増加するときは、一時燈球の光度を増し能率を高むるも其有効壽命を短縮して燭時を減するを以て反て損失となる。僅かに電壓の二パーセントの増加は有効壽命の40パーセントを減少するを以て電壓の調整を怠らざること必要なり。殊に交流回路に於ては變壓器も第二の電流發生器なるを以て其電壓調整に就き注意し電壓の變動率少き變壓器を使用すること緊要なり。變壓器は耐量大なるに従ひ電壓變動率少く能率良好なれば成るべく耐量大なるものを使用するを可とす。

電壓を不變に保持するには携帶電壓計にて各需用家に就き燈球の全點燈の時と最少點燈の時及平均數點燈の時との三回に燈球の承口に於ける電壓を測るべし。其方法は**接續栓**(Attaching Plug)に依り電壓計を承口に接續し15秒毎に電壓を測り五回乃至10回是を行ふべし其平均値は其回路の平均電壓と見做すを得べし。此方法を前記の三回に行ひて是を平均し其平均電壓に適する燈球を使用すれば最

も可なり或は燈球の格定點火電壓が此平均電壓に相當する様發電所に於て電壓を調整するも可なり。此方法は毎月一回乃至二回數戸の需用家に就き行ふべきものとす。

#### 第四項 金屬化纖條白熱燈

**金屬化纖條白熱燈**—炭素纖條白熱燈の壽命を短縮せしむること少くして能率を良好ならしむべく研究改良せられたる白熱燈を**金屬化纖條白熱燈**(Metallized Filament Incandescent Lamp)と爲す。米國ゼネラル電氣會社に於て之を製造し**ゼムラムブ**(Gem Lamp)と稱して市場に出せしか。金屬纖條白熱燈の製造改良せられ優良となりたるより現今は使用せられざるなり。

金屬化纖條の製法は通常の炭素纖條を電氣爐に入れ大約攝氏3500度に熱し適當の時間を経て之を取出して**鑛炭法**を行ひ再び電氣爐に入れて加熱す。此二回の加熱に由て纖條中の炭化水素化合物は揮發し纖條の組織少しく變じ重量亦減す。其表面は鑛炭せられたる爲め恰も熔解したる如く黒鉛状態に變じ金屬の如き光澤を帶び其抵抗の溫度係數は

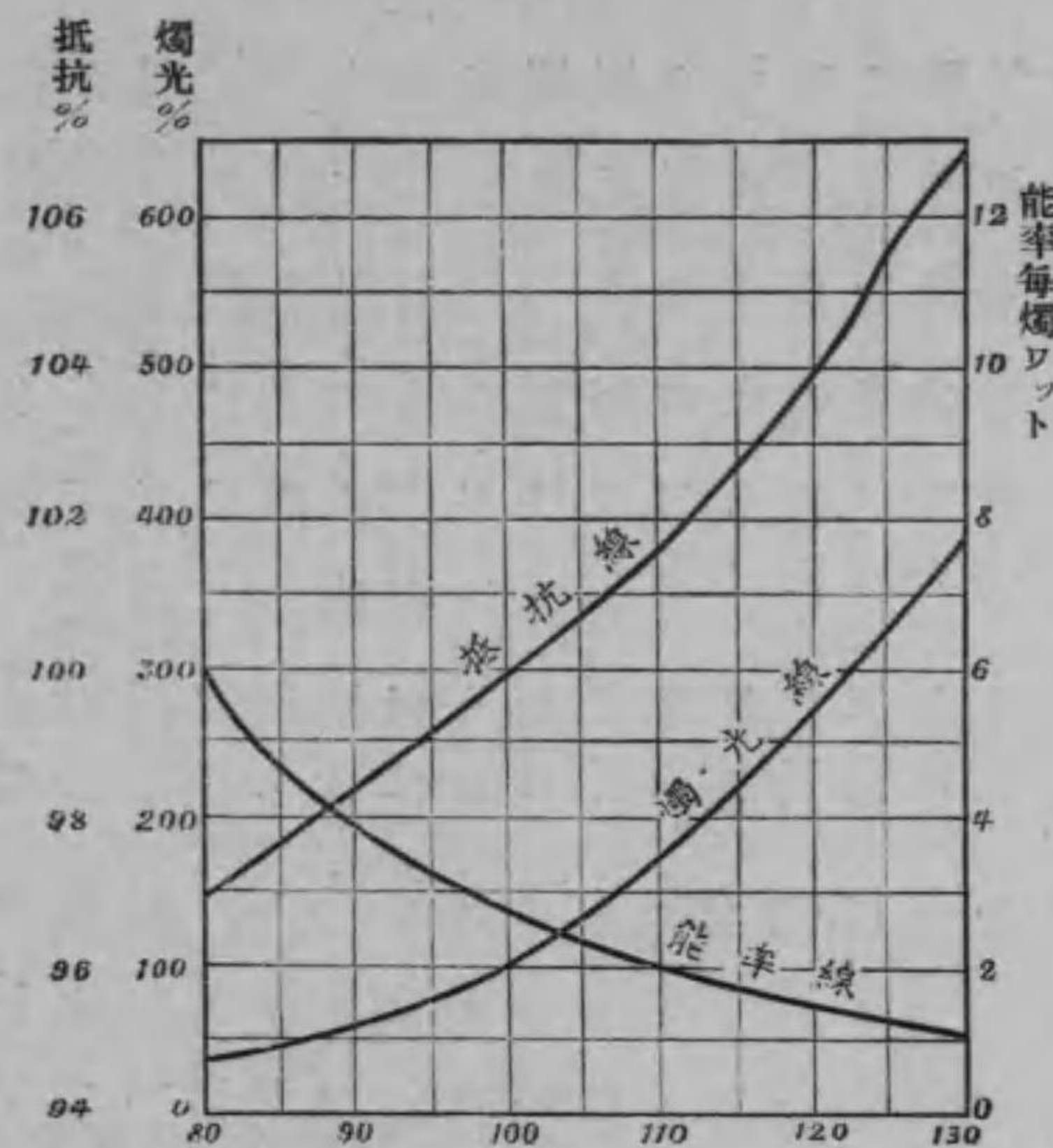
炭素に於けると異り金属と同様に正数にして抵抗は温度の上昇に伴つて増加し、白熱状態に於ける繊維の抵抗は通常温度に於ける抵抗に2.5倍す。此性質に基き此繊維を金属化繊維と稱するなり。

**金属化繊維白熱燈の性状**—金属化繊維は炭素繊維を過熱したるものなる故に、其白熱状態に熱せらるゝ温度は攝氏1900度にして燈球に於ける繊維の蒸發は炭素繊維に比して少く従て球内面を曇らしむること亦少し。即ち通常の炭素繊維燈に於ける光度の漸次減少するは已に記載したる如く炭粉の蒸發に由る球内面の曇り及繊維の抵抗減少に因るものなるが、其割合は曇りに因るもの45%抵抗減少に因るもの55%なれども、金属化繊維白熱燈に於ては曇りに因るもの之より少く25%にして残り85%は抵抗増加に因る。此繊維の特有抵抗は通常温度に於ては炭素繊維の夫の約 $\frac{1}{10}$ なれども白熱温度に於ては $\frac{1}{17}$ に増加す。

此白熱燈の光の色は炭素繊維燈よりも白色に富み、能率は毎燭2.5「ワット」有効壽命は約600時間なり。電圧の變化に對する燭光能率及抵抗の變化は電圧を横軸に表はし其他を縦軸に表はして曲線に表はせば

第213圖に示す如し、圖中電壓燭光及抵抗は規定値の%にて示し、能率は毎燭「ワット」にて示す。

第二百十三圖  
金属化繊維白熱燈性状曲線圖



**ヘリオン白熱燈**—炭素繊維を硅素ボロン (Boron) 及炭素の化合物を含有する大氣中に於て熱するときは、其表面は此化合物にて被はる。恰も鍍炭するが如し、此状態に成りたる繊維を用ひたる白熱燈をヘリオン白熱燈 (Helion Lamp) と云ふ。此燈球は英國の

**ルドルフ・ランハンス**(Rudolf Langhans)氏に依て發明せられ1874年に市場に出でしが一汎に實用するに至らざりし。

此纖維は金屬纖維(後に記する)と異り抵抗大なる故に同一電壓に對する同燭光のものゝ長さは炭纖維の夫に相等し。其質柔軟なれば種々の電壓に對する適當燭光を有するものに製造し得らるゝ便あり。此白熱燈の光の色は美麗なる白色にして其發光の始めに於ては纖維の抵抗溫度係數は炭素纖維に於ける如く負號なれども纖維白熱して攝氏1380度に達するや金屬に於ける如く抵抗溫度係數正號となり抵抗は溫度の上昇に伴ひて増すに至る之に由て此纖維を金屬化纖維と見做すなり。此纖維は溫度1800度に成りたる時最も能率高き日光に近き光を發す。此白熱燈の能率は毎燭1.2「ワット」にして有効壽命は500時間乃至1000時間なり。

### 第五項 ネルンスト燈

**ネルンスト燈**—炭素纖維白熱燈よりも能率高き白熱燈を得ん爲め輻射の法則に基き熔解溫度高くして可視光を多量に發すべき輻射體に就き諸學者

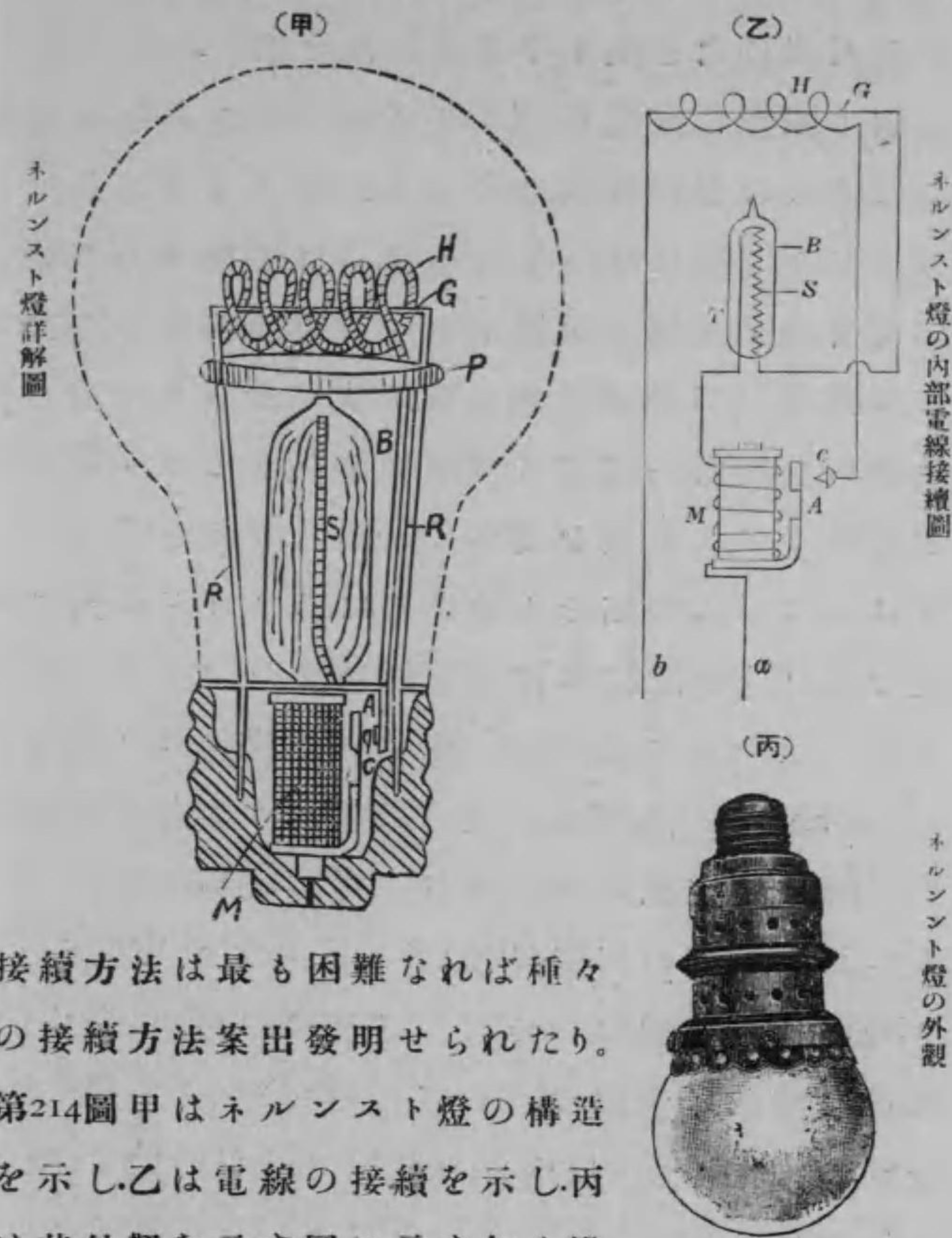
研究したりしが第一に1897年に**ネルンスト博士**(Dr. Walther Nernst)はアルカリ土類の稀金屬を輻射體に用ひ炭素纖維燈よりも能率高き光を得たりしかばネルンスト燈と稱し之を市場に出だせしが實用せらるゝに至りしなり。

**ネルンスト燈の構造**—炭素纖維白熱燈に於ては導體なる纖維を真空なる硝子球内に入れ是に電流を通じて白熱ならしむるものなれどもネルンスト燈に於ける輻射體は通常の溫度に於ては絶縁物にして高溫度に熱せらるゝ時始めて導體となり電流の流通により白熱して發光するなり。此性質を有するものはマグネシア、酸化カルシウム等のアルカリ土類稀有金屬にして1897年初めてネルンスト氏が製造したる燈に於てはジルコニウム、マグネシウム等の稀有土類の酸化物を輻射體に用ひ是にて圓柱體を作り其兩端を二個の金屬片にて挟み是を回路に接續せり。此輻射體は通常の溫度に於ては絶縁物なれば電流是に通せざるを以て適當の電導力を得る迄アルコール燈或は瓦斯燈にて是を熱するときは電流は漸次輻射體に通じ輻射體は遂に白熱となりて光を發するに至るべし是を**白熱體**(Glowing)

と稱す。其光は美麗にして日光に近似し、物體の固有の色彩を表はしめ、投影を生ずることなく、且下方に向て光り強くして閉塞弧狀燈に劣ることなし。白熱體は白熱になるも大なる化學的變化なく、空氣中に於て高熱に堪へるを以て是を眞空球に入れるを要せず、白熱體の大きさは巾1.5「ミリメートル」長さ7「ミリメートル」にして119「ヴォルト」の電壓の下に39.3「ワット」の電力にて16燭光を示せりと云ふ、即ち能率は毎燭2.5「ワット」にして炭纖維白熱燈に比し甚だ高し。

第一のネルンスト燈は斯の如く別に加熱する必要ありしが、其後漸次改良せられ自から熱する装置具へられ完全なる實用のネルンスト燈と成れり。其白熱體の製法は稀有土類金屬ジルコニウムの酸化物に同屬の金屬ソリウム類の酸化物を8と1との割合に混じ熱して粉末と爲し、之に澱粉様の粘着劑を混和し、壓力を加へてヒゴ板に通せしめて紐狀と爲す、次に之を電氣爐に入れて高熱にて乾燥したる後、適宜の長さに切斷し、再び之を充分乾燥して、導線に接続するなり、其長さ $\frac{3}{4}$ 吋乃至 $1\frac{1}{2}$ 吋、直徑 $\frac{1}{16}$ 吋乃至 $\frac{1}{32}$ 吋なり。此製造法は簡單なるが如しと雖も實際に於ては熟練を要し、殊に白熱體と導線との

第二百十四圖  
ネルンスト燈



接続方法は最も困難なれば種々の接続方法案出發明せられたり。第214圖甲はネルンスト燈の構造を示し、乙は電線の接続を示し、丙は其外観を示す。圖に示す如く燈底より二本の金屬杆 R,R を出し其先端に磁器板 P

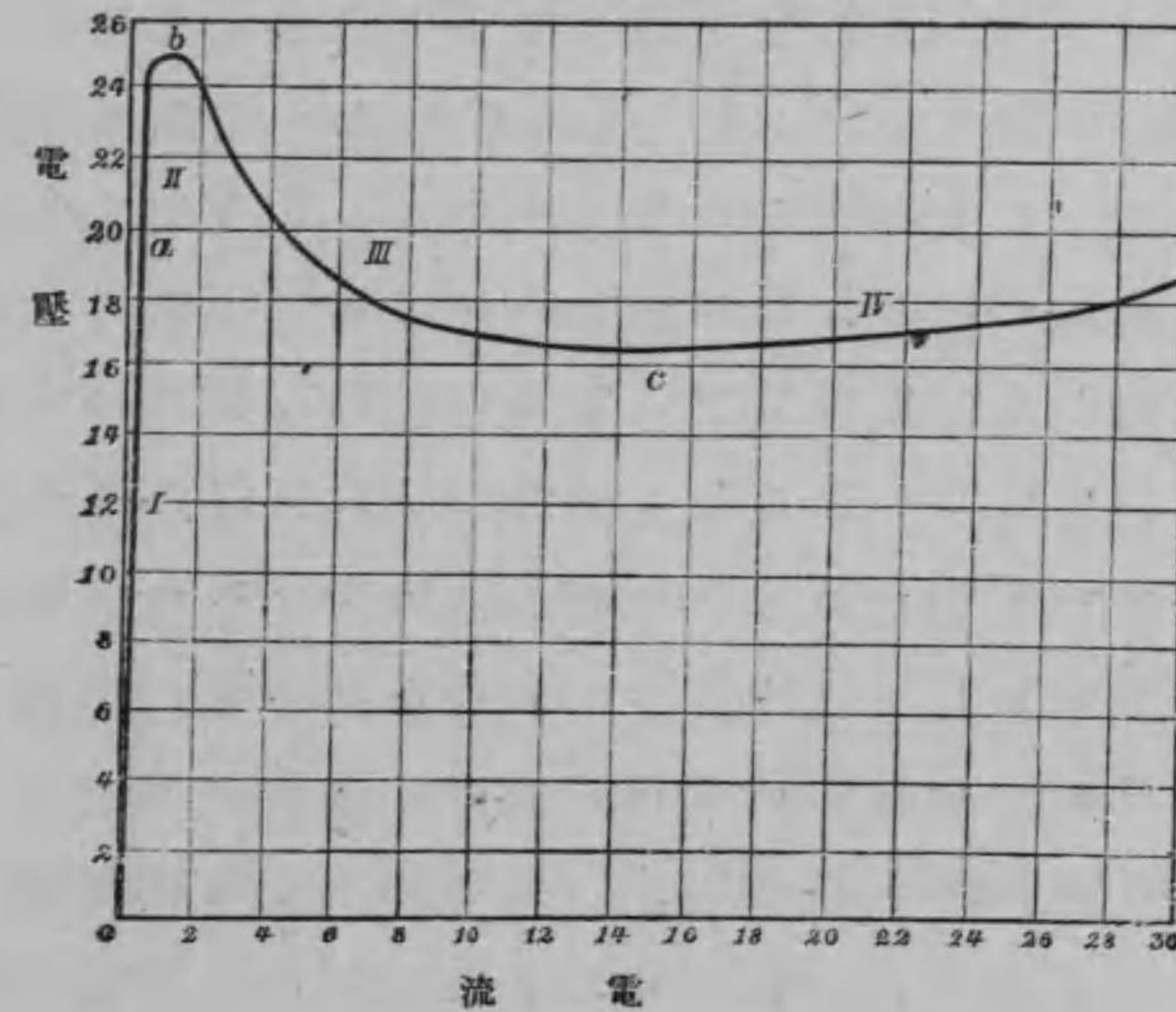
を附す各金属杆に小白金線を鑲着し各白金線に白熱體 G を電導力あるセメントにて接続す。白熱體 G の周圍に之を熱する加熱器 H を備ふ。加熱器は磁器製の細管に直径 0.03「ミリメートル」の白金線を巻きたるものを螺旋狀に曲げ、是を焼きて製造したるものなり。M は遮断用電磁石、A は接極子、C は接點、B は安定抵抗器を包圍せる密封硝子管にして、内部には磁器杆 S に細き鐵の抵抗線を巻き、其一端は白熱體に接続し一端は電磁石に接続すること圖に示すが如くす。此燈を回路に接続し電流を通ずるときは A は C に接觸せる故最初は G は H と並列に接続せられ、G の抵抗甚だ高き故電流の大部分は白金線 H に通ず。H は之が爲に熱せられ白熱體に熱を與ふ。白熱體は熱するに従ひ抵抗減する爲め電磁石 M に通ずる電流は漸次増加し遂に接極子を吸引するに至りて、H の回路は接點 C に於て開き遮断せられ電流は白熱體にのみ通じ、其後は白熱體は自己に通ずる電流にて熱せられて白熱に變じて強き光を發するに至る。斯の如くに至る時間は最初より僅に 30 秒に過ぎざるなり。

然るにネルンスト燈の輻射體の抵抗温度係數は温

度の或る範圍内に於ては正號にして或る範圍内に於ては負號なり。此性質を有するものは熱電導體 (Pyroelectric Conductor) と稱せらる。金属の酸化物、硫化物、硝子の如き硅酸鹽及無煙炭の如き炭素の種類は此性質を有す。熱電導體に電流を通ずるときは其温度係數正號なる温度範圍内に於ては導體中に於て消失する電壓は電流の増加する割合以上に急増し、温度係數負號なる温度範圍内に於ては之に反し電壓は急減す。此電流及電壓の關係を曲線にて表はせ

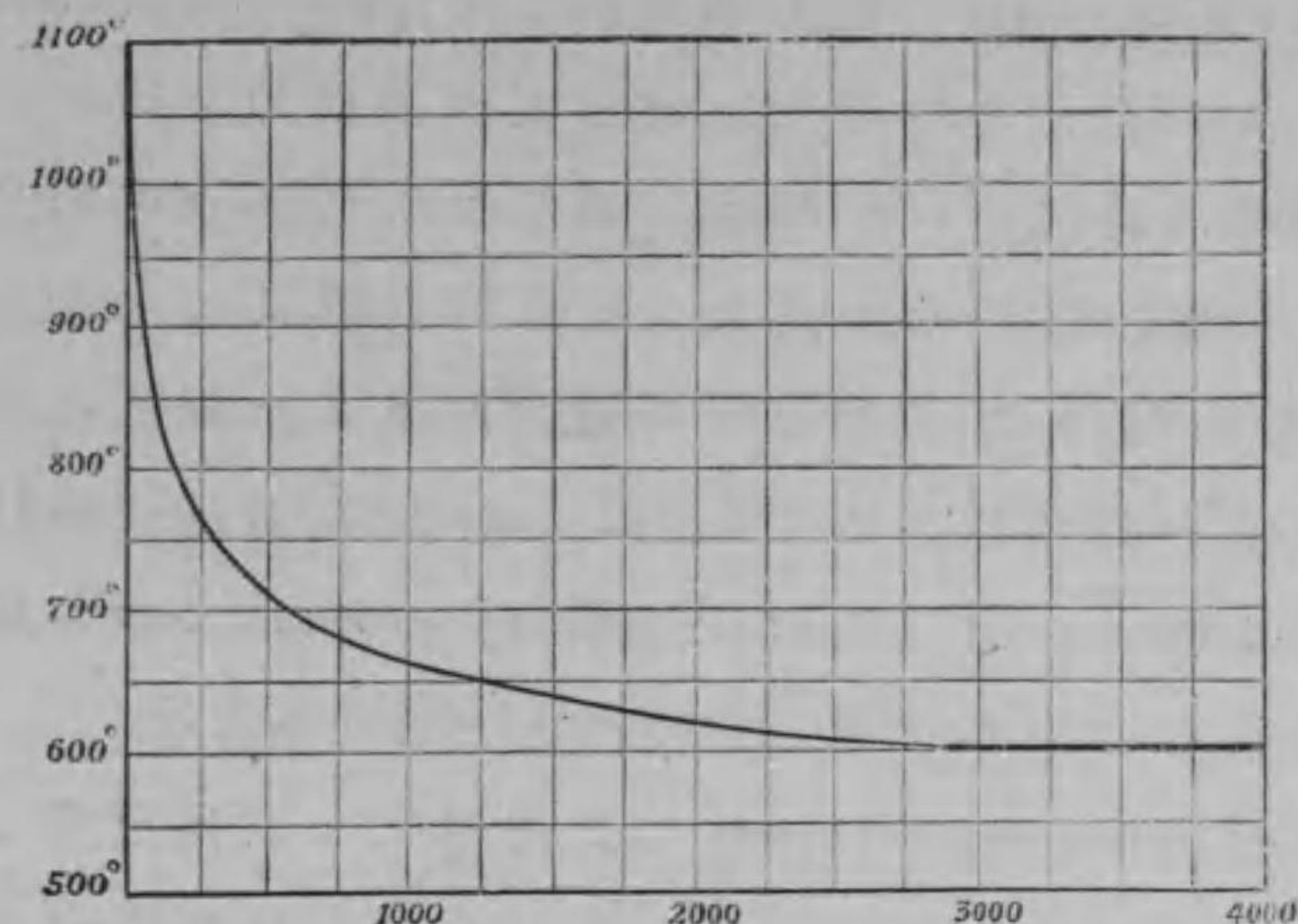
第二百十五圖

ネルンスト燈白熱體の電流電壓曲線圖(一)



ば第215圖に示す如し。圖に於て曲線中 I に於ては温度係數正號にして II に入りて負號に變じ、b 點に於て最大値に達するを以て電壓は電流の増加に伴ひ或る程度迄急減し其後は温度係數負號なるも減する故に電壓の増加緩慢となり、C 點を超へて反て電壓は上昇するに至る。曲線 IV の部分は電解物の性質を表はすものにして電壓は電流の増加に伴つて増加するも温度係數負號なれば増加の程度緩漫なり。b 點に於ける電壓は非常に高く通常に使用せらるゝ電壓にては之を超過すること能はず又 C 點を超へる如き電流を通ずるときは熱電導體は熔解すべし従てネルンスト燈に於ては bc 兩點間の曲線に表はるゝ部分を實際に使用するなり即ち電流に由る熱の代りに加熱器を用ひて輻射體即ち白熱體を熱して温度係數を負號に變せしめ其表はす曲線 b 點に至らしむるなり。然るに白熱體に供給する電壓が不變なるときは、bc 兩點間に於ては電流々通の爲めに温度上昇するに伴ひ第216圖に曲線にて示す如く白熱體の抵抗は割合に急激に減少するを以て白熱體に消費する電壓は減する故に電流は益々増加し抵抗を減少せしめ逐次之に比例して電

第 二 百 十 六 圖



流は増して白熱體を熔解せしむるに至るべし。已に記載せる如く白熱燈は不變電壓回路に接続するものなればネルンスト燈に於ける以上の不安定を除く爲めに温度係數正號なる金屬線を白熱體に直列に接続して、白熱體の抵抗が温度の上昇に伴つて急減せんとするを補足して電流を均一ならしむ。此目的に鐵線を用ひ酸化を防ぐ爲め真空管内又は水素瓦斯を充せる管内に收む之を安定抵抗器 (Ballast Resistance) と云ふ鐵線の直徑は0.4「アムペア」を通ずるものに於て0.45「ミリメートル」なり。鐵線の抵抗



温度係数は他の金属の夫よりも平均30%高く、殊に攝氏450--500度に於て抵抗大なるを以て、温度の上昇する割合以上に抵抗急増し電流の増加を防止す。其割合は電流の10%増加に對し抵抗150%の増加なり。此性質あるに由り鐵線抵抗は真空器又は水素瓦斯管中に收め電流制限用に使用せらる。斯くの如く電流の調整器あるもネルンスト燈は電壓の變化に由る發熱の増減頗る鋭敏にして、光に多少の變化動搖の生ずるを免かれざるなり。

加熱器は白熱體に接近し使用中常に高熱を受くるに由り物質上減損を蒙り且つ蓋球の内部に白金黒粉の沈澱物生ずるが故に、其有効壽命は約3,000時間なり。安定抵抗器も熱せらるゝ爲め漸次消耗するを免かれざるも其壽命は長く平均約25,000時間なり。遮斷用電磁石の各部は攝氏110度に於て故障なく動作し線輪は熱に耐へ接觸部は鍛接することなく、可動部は交流の通ずるも發聲せざるものたるを要すれば通常之をセメント中に埋め、接觸部は銀にて製し移動部を單一なる支點にて吊る。

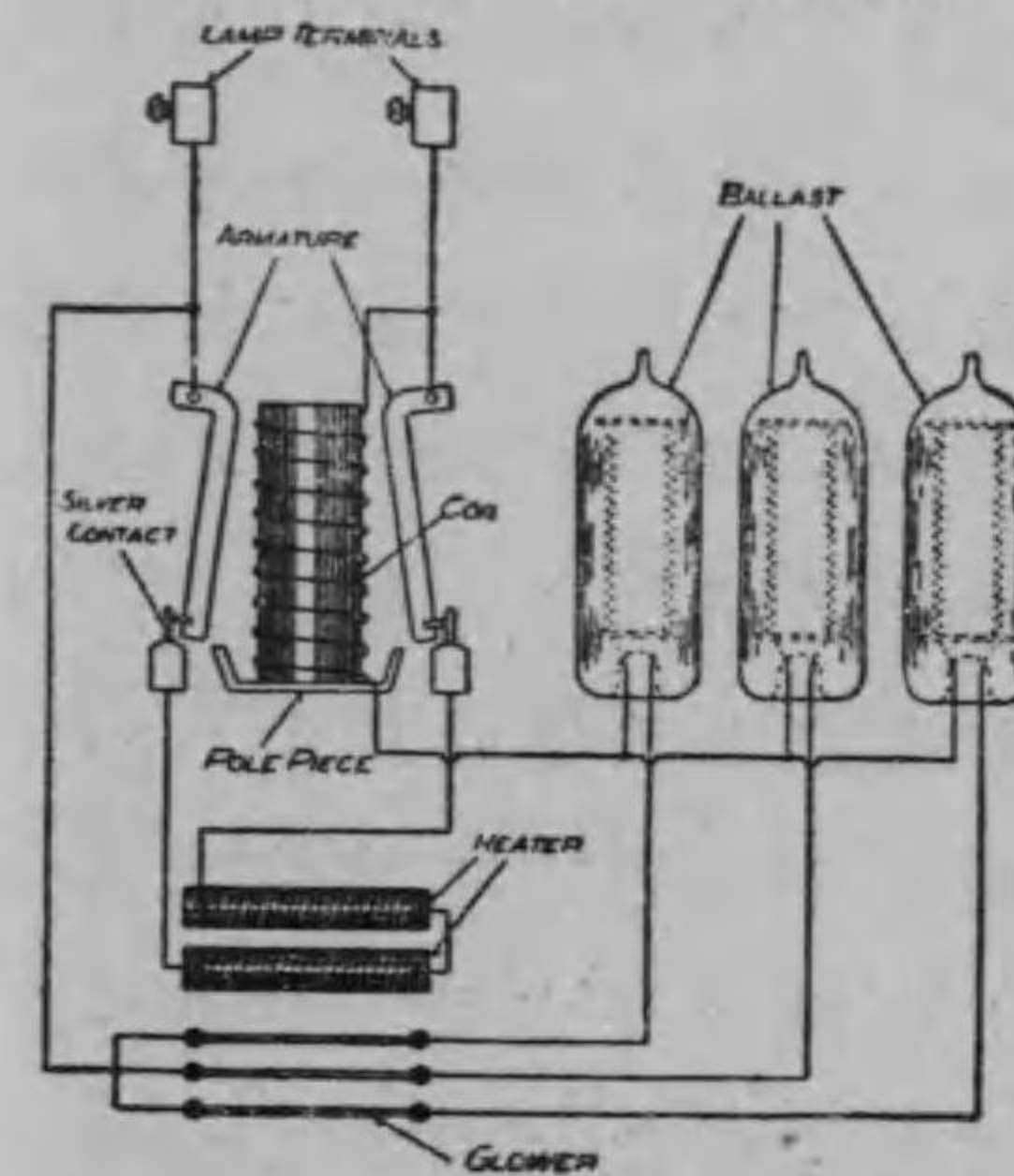
光度の大なるネルンスト燈に於ては白熱體を二個乃至二個以上用ひ各一個の安定抵抗器と共に並列

に接続せらる。其數量は燭光に従て次に示す如し。

白熱體の數	1	2	3	6
電 壓	100又は 200「ヴォルト」	200「ヴォルト」		
燭 光	50迄	100迄	170迄	400迄

白熱體一個を備ふるネルンスト燈を單心燈 (Single Glower Nernst Lamp) と云ひ、二個若くは二個以上を備ふるものを多心ネルンスト燈 (Multiple Glower Nernst Lamp) と云ふ。多心燈に於ては遮斷用電磁石は兩極式なり、其電線接続は第217圖に示す如し。

第 二 百 十 七 圖  
多心ネルンスト燈の電線接続



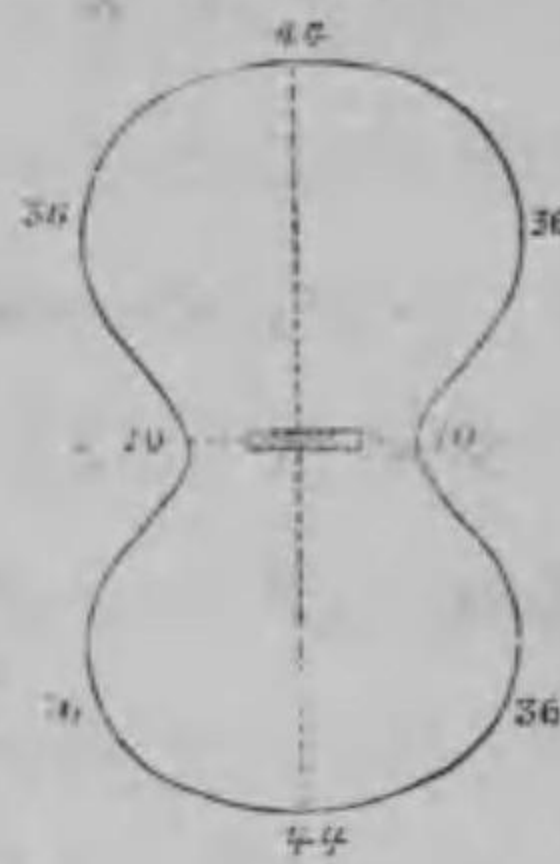
屋内用の燈球は裝飾したる眞鍮製包筐にて覆ひ、戶外用のものは漆を塗りたる鑄鐵製包筐にて覆ふ。消費電流「アマペア」以下の燈球は炭素纖維白熱燈と同様にベースに依てソケットに挿入し點火せしむるなれども、「アマペア」以上

のものにありては特別に端子を備へ之に依て回路に接続するなり。

**ネルンスト燈の性質**—ネルンスト燈の規定電壓は100「ヴォルト」及200「ヴォルト」にして供給電流は0.25以上なり。

ネルンスト燈の水平面に於ける光の分配は第218圖

第二百十八圖  
ネルンスト燈の光の分配曲線



に示す如し。圖中中心に示すものは水平に置かれたる白熱體にして之と直角の方向に於て最大燭光を示す。

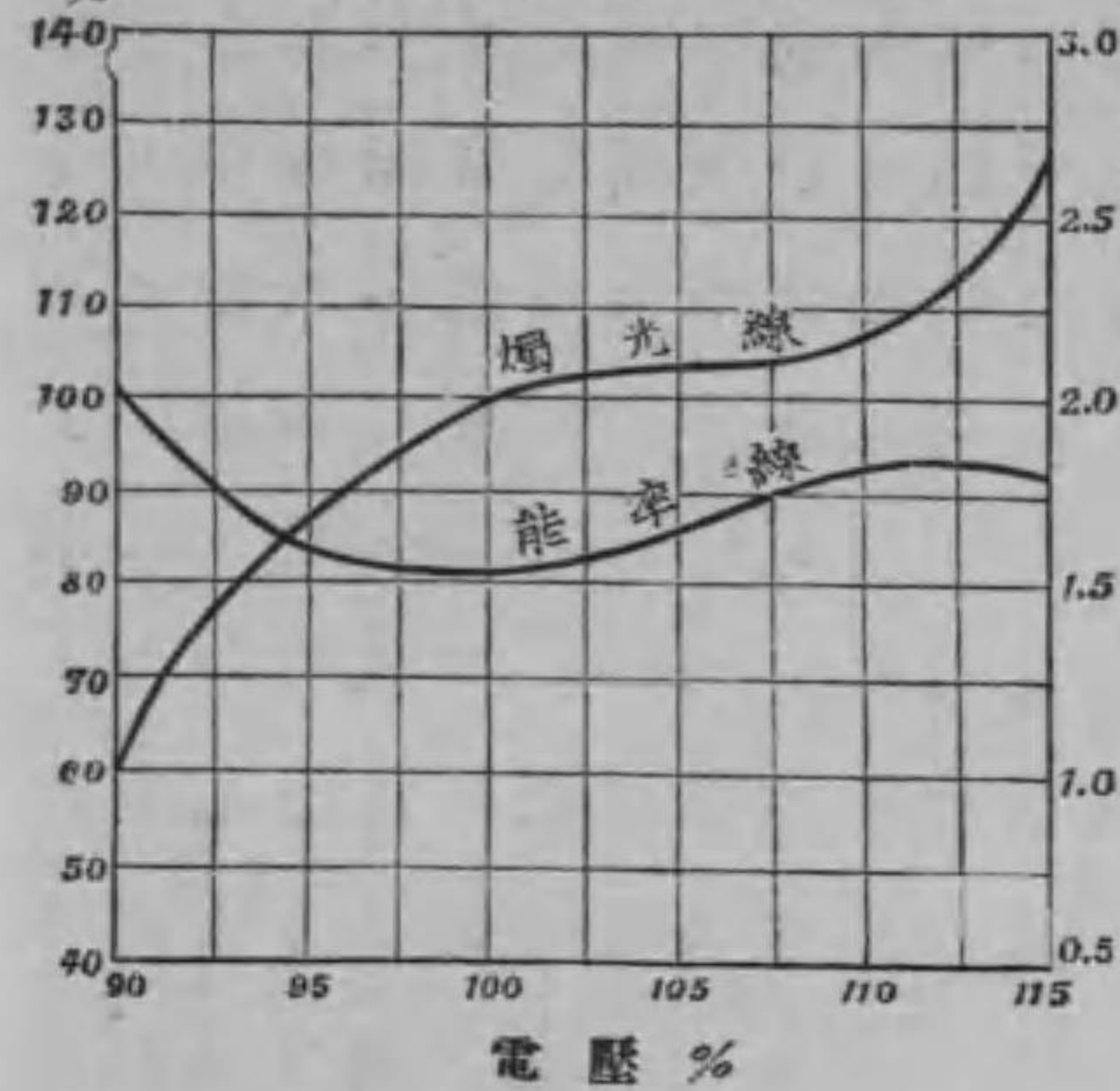
ネルンスト燈の發光能率は炭素纖維白熱燈より高く4%-5%にして供給されたる電力の4%-5%が光となつて現はるゝ故其毎燭に要する電力は點火の始めに抵抗線に於て損

失する電力凡そ10%を加へ1.2「ワット」乃至1.6「ワット」にして白熱體の數多きに従ひ其相互より發する光の爲め能率高し一汎に炭素纖維白熱燈の能率に二倍す。點火電壓の變化に對する能率の増減は炭素纖維白熱燈に於けると異り電壓を規定以上に増すときは能率は反て降下す電壓の變化に對する燭光及能率の變化を曲線にて表せば第219圖に示す如し。即ちネルンスト燈を規定以上の電壓にて點火する

ときは能率を降下せしめ壽命を短縮せしむる二重の損失あるなり。

第二百十九圖

ネルンスト燈の電壓の變化に對する能率及燭光の變化を示す曲線



ネルンスト燈の白

熱體は電解的性質を有するを以て直流にて之を點火するときは白熱體は漸次分子的變化を受け其陰極端に黑色沈澱物生じ漸次陽極端に及ぼし其増加するに従ひ白熱體の品質脆弱となり其抵抗増加して光度は減じ能率は漸次降下するに至り遂に切斷するに至るべし。其全壽命は約800時間にして有効壽命は300時間なり。交流にて點火するときは壽命之より少し長く交流の周波數に正比例す。要するにネルンスト燈は200「ヴォルト」にて點火するに適し燭光も50燭光以上のもの良く光が日光に近似するを以て白熱燈として點するよりも寧ろ弧光燈の代用たるに適す。

なり其抵抗増加して光度は減じ能率は漸次降下するに至り遂に切斷するに至るべし。其全壽命は約800時間にして有効壽命は300時間なり。交流にて點火するときは壽命之より少し長く交流の周波數に正比例す。要するにネルンスト燈は200「ヴォルト」にて點火するに適し燭光も50燭光以上のもの良く光が日光に近似するを以て白熱燈として點するよりも寧ろ弧光燈の代用たるに適す。

### 第六項 オスミウム白熱燈

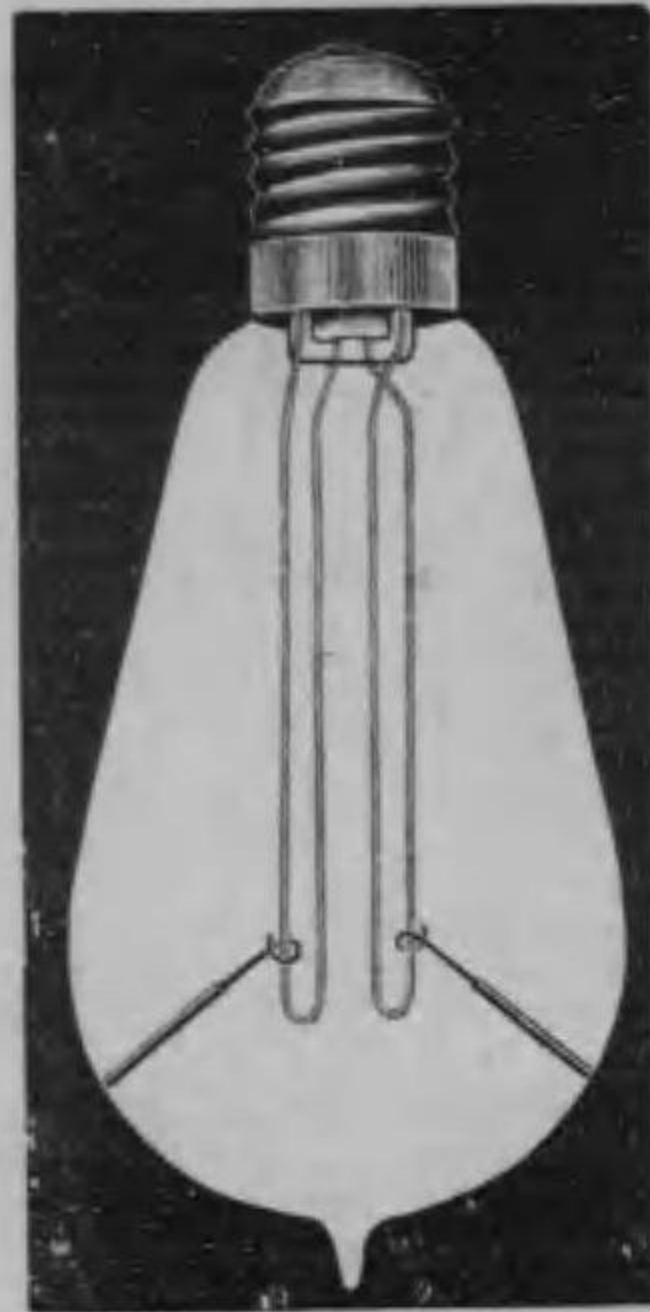
**オスミウム白熱燈**—ネルンスト燈の發明せらるゝや其有効壽命短く取扱上種々の不便あるより諸學者は之より一層優る白熱燈を發明せんことを焦心苦慮の上、溶解點高き種々の金屬を炭素線の代りに織條に試用したりしに、金屬織條は選擇輻射を爲すことを發見せり。此理に基き 1898 年に獨國の**アウエル・フォン・ウェルスバッハ**(Auer von Welsbach)博士は溶解温度高き金屬**オスミウム**(Osmium)にて織條を作り炭素織條に代用し其選擇温度又は之に近き温度迄熱して白熱ならしめしに、從來の白熱燈よりも高き能率を得たり之をオスミウム白熱燈と稱す之れ金屬織條白熱燈中最初に發明せられたるものなり。金屬オスミウムは 1803 年に發見せられたる金屬にして白金又はイリジウムと共に多數の鑛物中に存在するものなれば化學作用に由り此等の鑛物中より容易に採取することを得るなり。此金屬にて織條を作るには其性質脆弱にして線狀に伸長せしむるを得ざるに因り是を粉末にし結合劑として或る有機物を混じ濃厚なる粘性を有する糊狀の物と爲

し、金剛石又は碧玉を以て造りたる型の孔を通じて壓出し織條體と爲す次に是を乾燥したる後爐に入れ蒸焼して炭化せしめ、多少の還元性ある瓦斯を含有する多量の水蒸氣中に於て是に電流を通じ白熱ならしむるときは炭素分は除去せられ純粹のオスミウム織條を得るなり。斯くして得たる織條は炭化前のオスミウムに比し品質甚だ密なるも表面は多孔性にして甚だ粗なり是を硝子球に封入するに當り白金線に接續する方法は其一端を電弧中にて溶解し直に是に白金線を挿入するにあり是にて完全に接合せらるべし。

**オスミウム白熱燈の性狀**—オスミウムの色は灰色にして其質は通常温度に於ては鋼鐵の如く硬きも熱せらるゝときは柔軟となる其比重は 22.5 溶解點は攝氏 2500 度なり。オスミウム織條の抵抗の温度係數は一般金屬の如く正號にして温度に正比して増減し白熱せるときの抵抗は通常温度に於ける抵抗に四倍するも猶炭素織條に比し低きが故に同じ點火電壓に對し炭素織條よりも細くして長からざるべからず。従て外部よりの衝動を受けたる場合には破損し易く且つ白熱せる場合には柔軟なれ

ば支柱にて支へざるときは一定の形状を保持すること能はず自己の重量にて漸次曲損する虞れあれば垂直に下向きの位置に取付けるを要す。第220圖

第二百二十圖  
オスミウム白熱燈



は支柱にて織條を支へたるオスミウム白熱燈を示す。此理に由て織條の餘り長きを避んが爲に點火電壓を低くし通常40「ヴォルト」乃至60「ヴォルト」にて白熱するもの製造せらる。其長さは點火電壓40「ヴォルト」電流一「アムペア」にて平均球面燭光16.5のものにて250「ミリメートル」其直徑0.09「ミリメートル」なり。オスミウム燈の光の色は炭素織條燈の光色よりも白く日光に近似す其能率は炭素織條燈に比し高く凡そ每燭1.5「ワット」有効壽命は平均2000時間なり。

點火電壓の増減に伴ふ燭光の變化は炭素織條燈に比し甚だ少し例へば電壓の一「パーセント」の増加は炭素織條燈に於ては燭光を六「パーセント」増加せしむるもオスミウム燈に於ては4.3「パーセント」の増加を爲さしむるに過ぎず是れ金屬の性質として温

度の昇るに従ひ抵抗の増加するが爲にして電流及燭光共に炭素織條燈に於けるが如く増加せざるなり。オスミウム白熱燈は斯くの如く織條の變形し易き爲めに垂直の位置の外に用ひ難くオスミウム金屬の得易からざる事等の原因にて廣く用ひられずに終れり。

### 第七項 タンタラム白熱燈

タンタラム白熱燈—タンタラム白熱燈はタンタラム (Tantalum) なる金屬を織條とせる白熱燈にしてオスミウム白熱燈に次ぎ1905年獨國シーメンス・ハルスケ會社のフォン・ボルトン (Von Bolton) 博士の研究に由て發明せられたるなり。タンタラムは1802年エッケンブルヒ氏 (Eckenburg) に依て發見せられたる金屬にして鐵又はマンガンと化合して鑛石中に存在す。是にて織條を製する方法に二種あり第一法は茶褐色の四酸化タンタラム (Tantalo Oxide) を壓搾し型の孔を通じて壓出し織條體と爲して真空中に置き電解還元法を行ふ即ち織條に電流を通ずるときは其内部に潜める空氣は排出せらる。次に電流を増加して織條の温度を上昇せしむれば其數ヶ所

に強き光を發し漸次増大し纖維の全部が發光するに至るべし。此作用に由て纖維の色は茶褐色より灰色に變ず。數時間此くの如く纖維を熱するときは鋼線と等しく強性なるタンタラム纖維を得るなり。第二法は**タンタロ弗化加里**(Potassic Fluoride of Tantalum)なるタンタラムの化合物を加里と共に熱し生ずる弗化加里を水にて除去すれば不純なるタンタラム粉末を得べし。此粉末を或る混合劑にて練り型の孔を通じて壓出し纖維體と爲し真空中に置き電氣弧光にて熱するときはタンタラム酸化物は金屬よりも容易に融解し又真空中に於ては金屬よりも早く蒸發するに由り爰に除去せられて純粹のタンタラム纖維を得るなり。

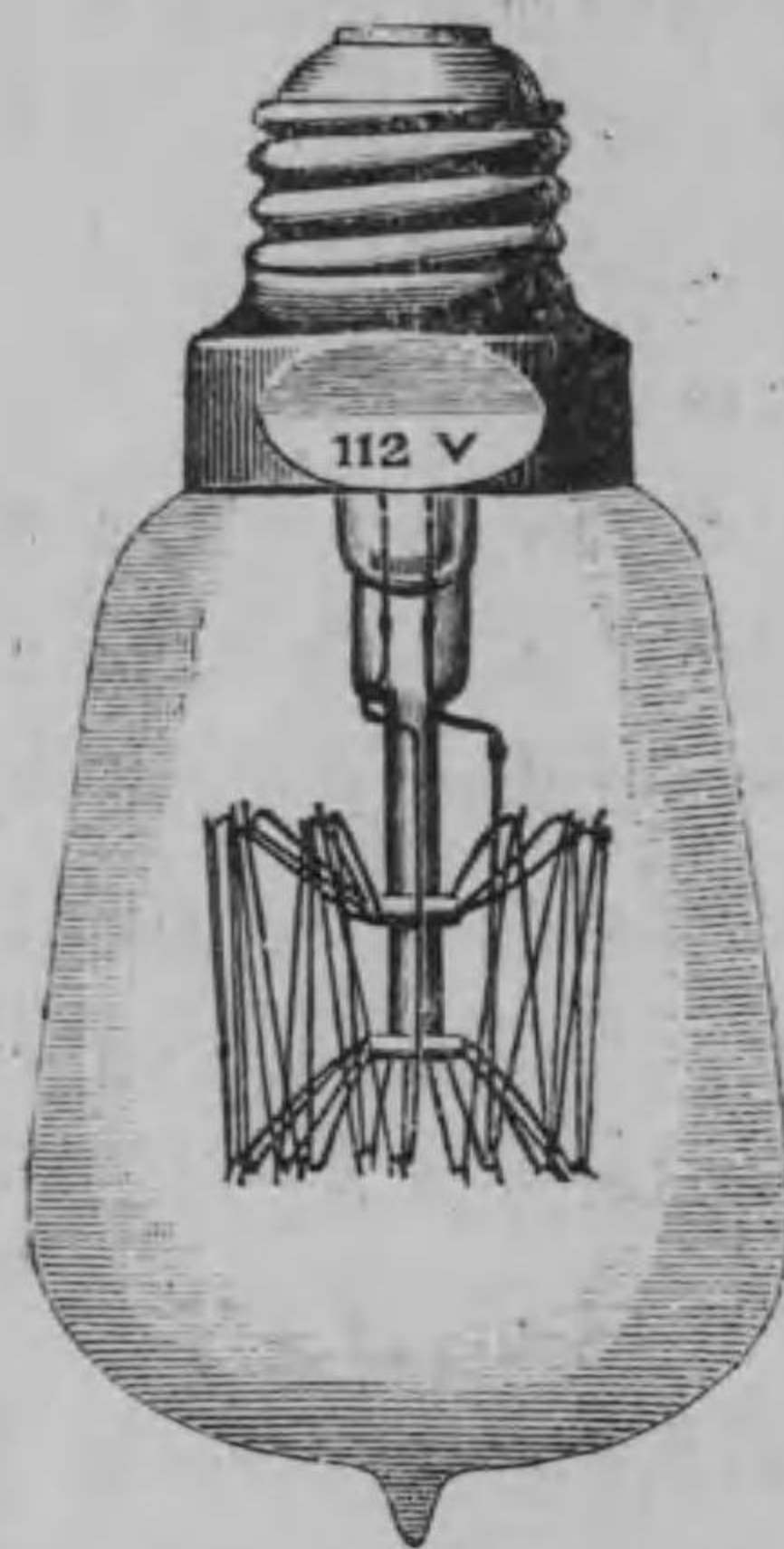
**タンタラム白熱燈の性狀**—タンタラムの化學的性質は溫度低き場合には弗化水素よりのみ化學作用を受け其他沸騰せる酸類及王水並に各種のアルカリ液の作用を受けざるも之を空氣中にて熱するときは攝氏400度に於て黃色となり。500度乃至600度に於て長く熱するときは青色に變ず。其物理的性質としては通常の溫度に於ける色は白金より稍黒く。比重は 10.8 熔解溫度は攝氏 2,250 度乃至 2,300 度。抵抗

は華氏60度の溫度に於て長さ一「メートル」横斷面積一平方「ミリメートル」のもの0.165「オーム」なるも白熱溫度に於ては其五倍なる0.85「オーム」に増加す。硬度は軟鋼に殆んど等しく線としての扯斷力は通常の溫度に於ては鋼に比し優り横斷面積一平方時に付き133,000「ポンド」なるも(良鋼の扯斷力は100,000「ポンド」乃至112,000「ポンド」)熱せらるゝときはオスミウムの如く柔軟となり容易に之を鍛鍊することを得。前記の如くタンタラム纖維も炭素纖維に比し抵抗低き故に其長さは同じ點火電壓に對し炭素纖維より長し従て特種の方法にて之を球内に支持せしむ。標準形110「ヴォルト」22燭光(電流0.35「アムペア」電力38.5「ワット」)平溫の抵抗55「オーム」乃至60「オーム」白熱せる抵抗300「オーム」タンタラム白熱燈の纖維は直徑0.05「ミリメートル」長さ65「センチメートル」一本の重量0.022「グラム」なり。球内に於ける纖維支持方法は第221圖甲に示す如く燈球の中心に硝子柱を備へ是に上下二段に12本宛の電線を相接觸せざる様取付け恰も傘の如く四方に射出せしめ其先端を鉤形となし是にタンタラム纖維を懸吊し兩端を導線に接續す其他の製造方法は炭素纖維白熱燈に於けると同じ。タ

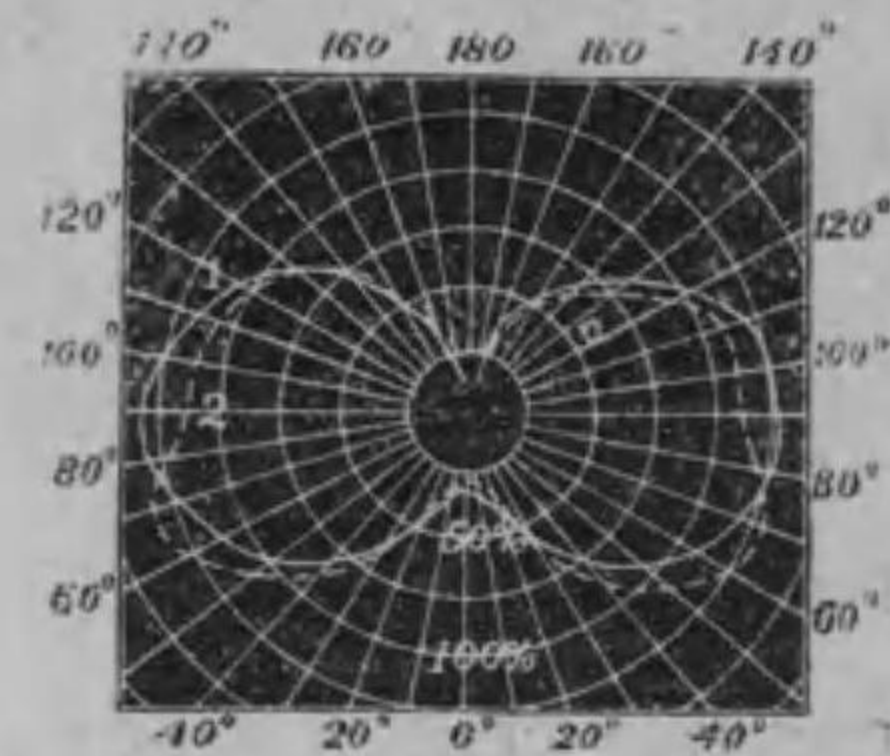
ンタラム燈の光の色はオスミウム燈と同じく白色にして日光に近似し其光の分配は織條の擴大に由

第二百二十一圖

ンタラム白熱燈 (甲)



ンタラム白熱燈の光の分配曲線 (乙)



點線は七百時間使用後に於ける光の分配を示す

て極めて良く、水平面に於ては圓形にして垂直面に於ては第221圖乙に示すが如し。

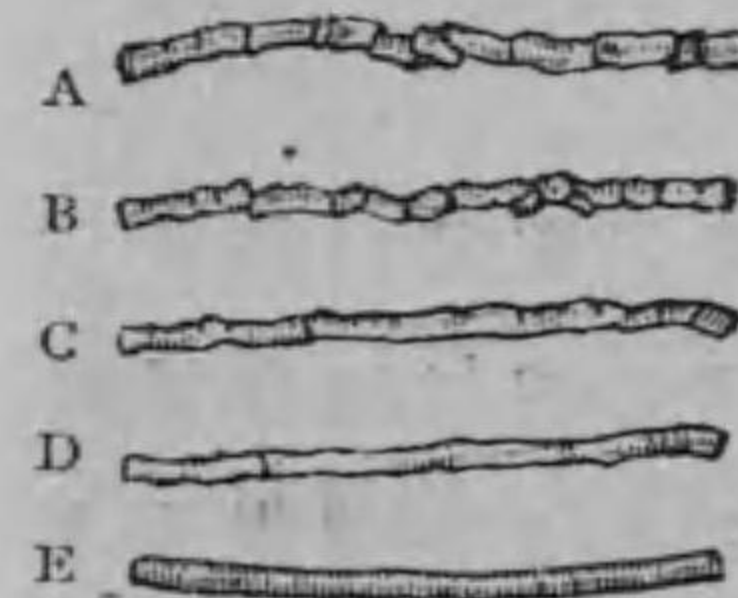
ンタラム織條の白熱温度は攝氏 2,000 度にし

て、其發光能率は 3.7パーセント、毎燭に要する電力は約二「ワット」なり。織條の有効壽命は約700時間にして全壽命は 1000 時間乃至 1200 時間なり。此織條は點火前は表面滑澤なれども使用するに従ひ漸次粗雜

となり、長さも短縮し性質脆弱となりて伸長力を失ひ、僅少な衝動を受くるも破損し易きに至る。然れども假令へ織條が破折することあるも、其一端は必ず織條の他の部分に接觸するが故に、爰に新回路を作り織條の長さ減じて能率高くなりて、其後數十時間の點火に堪へることあり。此理に由りンタラム燈は振動を受け易き場所には適せざるなり。ンタラム白熱燈を交流回路に用ひるときは直流回路に用ひるよりも壽命は短縮す、其原因是明瞭ならざれども、恐らくは電流の交番に由り織條が冷熱を反覆するが爲に、金屬の結晶を生じ壽命を短縮せしむるが爲めならんと云ふ。短縮の割合は交流の周波數に正比例し、其60なるものに於て直流に使用するに比し凡そ二分一なり。

第二百二十二圖

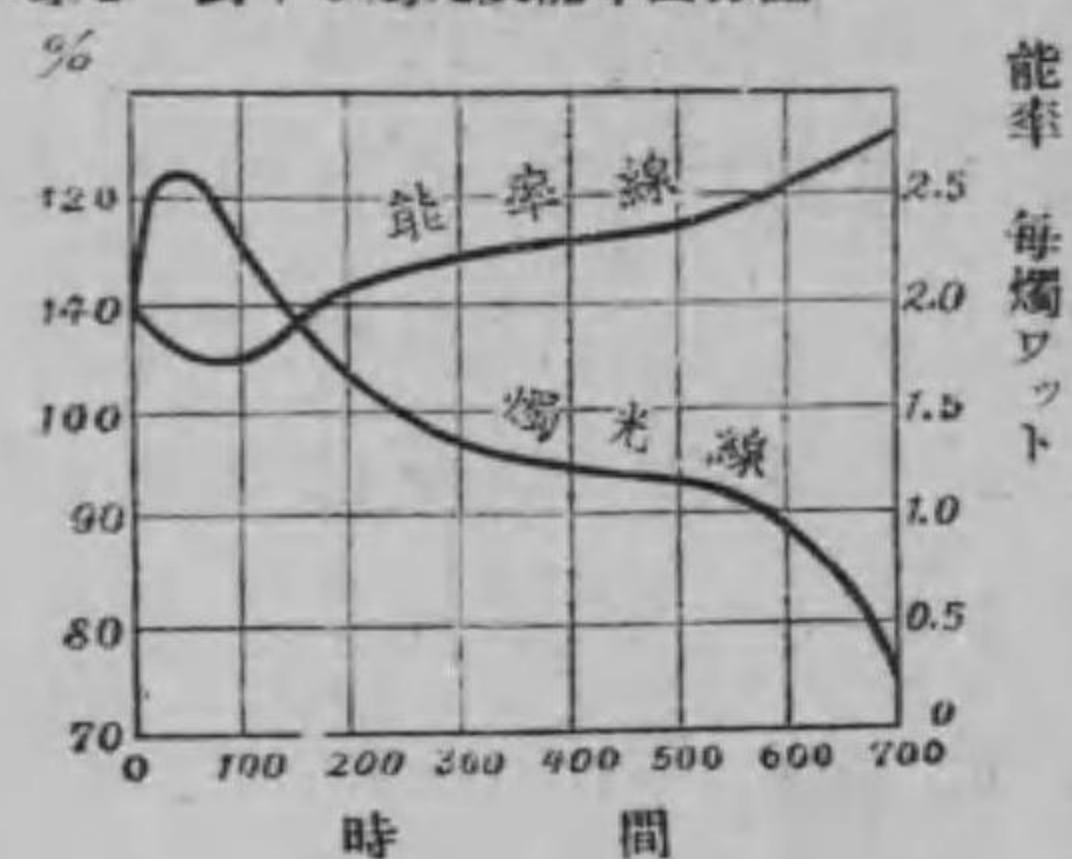
ンタラム織條



- A 周波數130の交流回路に300時間使用後
- B 周波數60の交流回路に157時間使用後
- C 周波數25の交流回路に467時間使用後
- D 直流回路に492時間使用後
- E 新織條

或る時間點火したる織條を顯微鏡にて視るときは、直流にて點火したるものは其太さに甚しき變化なきも、交流にて點火したるものは横に多くの裂目を生じ恰も粒を連ねたる如き不整状態となり、性質脆弱となり抵抗増加す第222圖は種々の周波數の交流又は直流にて數百時間點火したる後の織條の状態を示す。

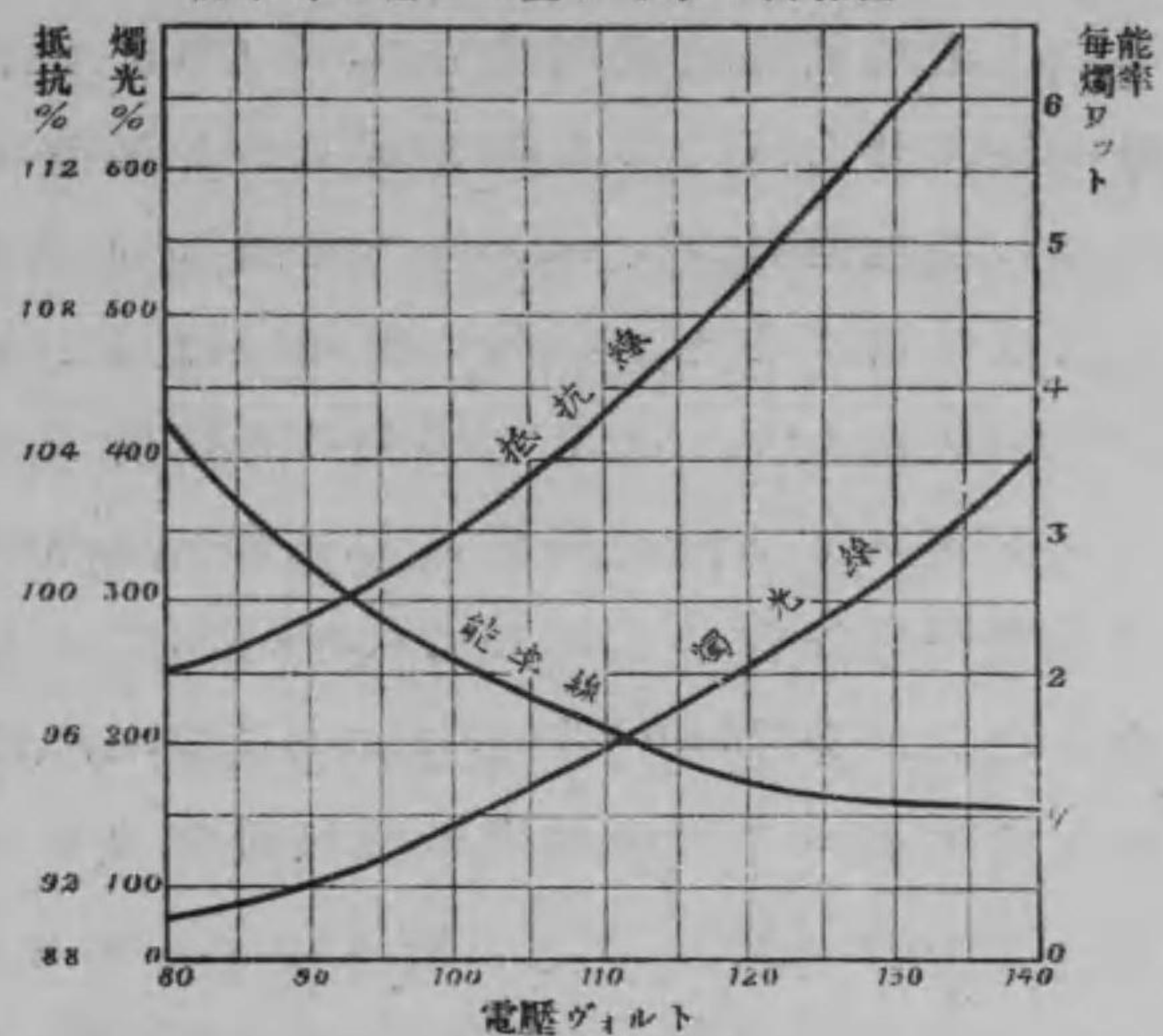
第二百二十三圖  
タングラム白熱燈の點火時間に  
燭光 對する燭光及能率曲線圖



タングラム白熱燈の光度は點火始めより約40時間は急に増加し、其後漸次に減少し、從て能率は低下す。能率及燭光と點火時間との關係を曲線にて示せば第223圖に示す如し。又點火電壓の變化に對する能率、燭光及抵抗の變化を曲線に表はせば第224圖に示す如し。

上記の如くタングラム白熱燈は炭素織條白熱燈に比し能率高く光の色白くして織條の抵抗温度係數正號なる爲め電流の過大ならんとするを自制する故に、タングステン白熱燈に次ぎ長く使用せられたり。

第二百二十四圖  
タングラム白熱燈の電壓の變化に對する  
能率、燭光、抵抗の變化を示す曲線圖



### 第八項 タングステン白熱燈

#### 第一節 タングステン及タングステン白熱燈

タングステン鑛—タングステン (Tungsten) は獨乙語にてウラルフラム (Wolfram) と稱する金屬元素にして、比重大なる故に重石鑛と稱せられ、1781年シール氏 (Scheel) に由て發見せられたり。之を含有する鑛石は錫の鑛石と必ず併存する故に、タングステン

の性質不明なる時代には錫冶金上の妨害を爲すものとして取扱はれたりしが1848年にタングステン曹達の工業的製造法發明せられ、1857年に此化合物を綿に浸潤せしめて防火布と爲すことを得ること、1868年に鋼軌條にタングステンを加ふるときは非常に硬度を増すこと、1882年に彈丸に使用せらるゝこと等の發明あり。次で1900年に高速度工具用としてタングステン鋼の發明あり、引續き1903年に始めて白熱燈の織條に利用せられ、1909年には所謂引線**タングステン**(Drawn Wire Tungsten)なる現時使用せらるゝタングステン白熱燈の織條製作せらるゝに至れり。

タングステン鑛として知られたるものゝ重なるものは次の三種なり。

名 稱	成 分	WO <sub>3</sub> の%
ウオルフラマイト (Wolframite)	Fe M <sub>n</sub> WO <sub>6</sub>	74-77
ヒュブネライト (Hubnerite)	M <sub>n</sub> WO <sub>6</sub>	71-77
シーライト (Scheelite)	Ca WO <sub>6</sub>	71-80

但しWはタングステンの化學上の記號なり

ウオルフラマイトは比重7.55、其色は暗赤色又は褐黒色にして常に板狀の塊にて産出す。時としては薄片狀を爲すことあり、又は結晶を爲すことあり、光澤極めて強く少くて磁性を有す。ヒュブネライトの色は

赤褐色にして少量の鉄を含有することあり、結晶の形狀及比重はウオルフラマイトに類似す。シーライトは比重6、其色は白色透明淡黄色若くは淡褐色にして硝子狀の光澤を有し塊狀又は美麗なる錐體即ち八面體として産出す。底面に壞裂するを以て其破片は板狀を呈することあり。

此等の鑛石の分解に由て生ずるものに**タングスタイト**(Tungstite)なるものあり、之はタングステンの水酸化物にして其色は黄金色を呈し粉末のものは光澤を有す。此鑛石はシーライト産地に存在す。

タングステンの比重は18にして金に次ぐ重き金屬なる故に、容易に鑛石中より他の金屬と分離することを得るなり。其原子量は184なれば原鑛石中にWO<sub>3</sub>なるタングステン酸として70%含有せらるゝときは、其内76.4%はタングステンなるを以て原鑛石の76.4×70=53.48%がタングステンなり、去れば大體に於て以上三種のタングステン鑛は少くとも50%のタングステンを含有するなり。

タングステン鑛は世界の各地に散在し、其産額は用途の發展と共に年々増加す、従て其價格も常に變動すれども原鑛石一噸約1,000圓内外なり。我邦に於



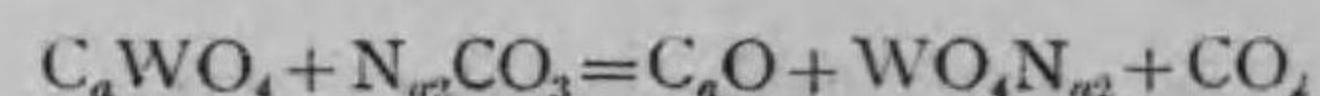
ける重なる産地及産額は次に示す如し。

産地	鑛石の種類	大正三年度 産額	日本に於ける 総産額
茨城県高取鑛山	ウエルフラマイト	19,068貫	
山口縣喜和田鑛山	シーライト	12,918	
岐阜縣惡美須	フェルベライト	10,245	
合計		42,231貫	52,082貫

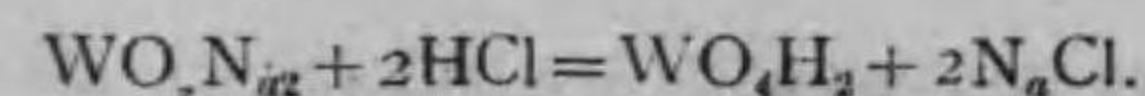
**フェルベライト**(Ferberite)( $F_2WO_4$ )はシーライト中のC<sub>4</sub>とF<sub>2</sub>とが化學的に入れ交はりたるものにしてWO<sub>3</sub>の70%を含有す。我邦に於けるタングステン鑛は花崗岩に伴へる鑛床に多く、錫鑛脈中より出る者と銅鑛脈中より出る者とありて常に一定したる鑛脈中より産出す。上記高取鑛山に於ては錫と共に産出し喜和田鑛山に於ては銅と共に産出す。

**タングステンの製法**—タングステン鑛よりタングステンを得るには先づ原鑛を粉碎して適量の炭酸曹達を加へ溶解せしめ熱湯にて濾過し酸を加ふるときはタングステン酸なる沈澱物を生ず。此作用を化學式にて示せば

シーライトを用ふるとせば



之に鹽酸を加ふるとせば



此タングステン酸WO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>を取り熱するときは水を失ひ黄色酸化タングステン(WO<sub>3</sub>)と成る。

次に此酸化タングステンを電氣爐に入れ常氣壓にて水素を少量宛爐に通せしむるときは爐の温度攝氏1150度に於て酸化タングステンは還元せられ金屬のタングステンを得るなり。若し氣壓を高むるときは低温度にて還元す。

**タングステンの性質**—金屬タングステンは粉狀にして塊狀又は線狀のものは特別の方法を用ひて製するなり。其色は還元の場合に於ける氣壓と温度との状態によつて眞黒・灰黒又は灰白の種類あり。温度低きに從ひ黒く且つ細粉となる。細粉タングステンは燃へ易き故に空氣に觸れしめざる様爲すこと必要なり。

酸化タングステンはアルカリ性のもの即ちアムモニア水苛性曹達の類には容易に溶解す。

酸化タングステンを攝氏250度内外にて還元するときには青色の酸化タングステンを得べし。之をタングステンの檢定法に應用しタングステンを含有するや否やを検する鑛石を粉末に爲して炭酸曹達に溶解せしめ水にて濾過し之に鹽化第一錫なる還元

劑を加ふるときは、若しタングステン含有されたる場合には上記の青色酸化タングステン生ずるなり。之に由てタングステン鑛なりや否やを識別するを得るなり。

タングステンの原子量は184、比熱は0.035、比重は粉状のものに於ては約18なれども、之を線條に爲したるものは比重大にして電燈の織條に製したるものは直徑0.026「ミリメートル」にして比重20.8-21.6なり。(藤村理學士の測定に據る)

タングステンを織條に作りたる**引線タングステン** (Drawn wire Tungsten)の扯斷力は其直徑0.03「ミリメートル」のものに於て切斷面積每平方「ミリメートル」につき400-427「キログラム」直徑0.125「ミリメートル」のものに於て同じく322-343「キログラム」なり。之を鋼の扯斷力に比するに大略三倍す。然れども電流を之に通ずるときは、時間の経過に従ひ織條は漸次結晶形に變じ脆弱に成ること、タンタラム織條に於けると同様なり。

タングステンの熔解點は最近1915年に米國ゼネラル電氣會社の**ラングミュアー** (Langmuir)氏の測定されたる結果に依れば、絶對温度にて $3540^{\circ} \pm 30^{\circ}$ にして

金屬中最も高し、其沸騰温度は5200度にして熱の膨脹係數は攝氏温度に於て $336 \times 10^{-6}$ にして白金に比して凡そ其二分一弱なり。

引線タングステンは著しく選擇輻射を爲す性質を有し、其白熱温度2,200度にしてタンタラム織條の白熱温度よりも250度高し、従て金屬中輻射體として最も多くの可視光を發する能率最良のものなり。

純にタングステンを混ずるときは、導磁率は減ずるも保磁性は増すを以て、タングステン鋼は耐久磁石を作るに最も適す。

**タングステン織條の製造方法**—タングステンにて織條を製造する方法は數多の學者技術者に依て研究せられ種々の方法案出せられたるが、何れの方法に依りたるものも性質強靱ならず。之を織條と爲せる燈球は外部より些少の震動を受くるか又は其位置を度々移すときは織條は切斷し易し。此缺點を補ふ爲め燈球吊下方法を改善し又は大なる織條を用ふる低電壓にて點火する燈球を用ひ供給電壓より單捲變壓器にて點火電壓に降下せしむる方法を探り、或は全然供給電壓を50「ヴォルト」とし50「ヴォルト」にて點火するタングステン白熱燈を使用する方

式に依るとか種々織條の切斷防止の方法行はれしか引線タングステン織條の製造方法發明せられしより織條は強靱となりし爲め機械的に切斷すること殆んど絶無となり現時に於ては電壓200「ヴォルト」にて點火する電球製作せられ機械的斷織殆んどなきに至れり。

タングステン織條製造方法は種々あれども之を次の三種に大別す。

- (一) 置換法
- (二) 膠狀法
- (三) 引線法

次に以上諸方法の二三に就き記載す。

(一)置換法。此方法は1905年奥國ヴィエンナ市高等工業學校の教官ドクトルアレキサンダーユースト(Dr. Alexander Just) 及フランツハナマン(Franz Hannamann) 兩氏に依て發明せられたるなり。其方法は直径0.02—0.05「ミリメートル」の炭素織條をタングステンのオキシクロライド又はヘキサクロライドなる化合物の蒸氣と多量の水素瓦斯との混合氣中に入れ織條に電流を通じ熱するときは(電流の程度は直径0.04「ミリメートル」の炭素織條に對し—「アムペア」を

適度とす)タングステンは蒸氣中より還元せられ炭素織條の表面に附着し之を被ふに至るべし。更に之を稀薄なる水素瓦斯を含有する空氣中に置き強大の電流を通じて白熱ならしむるときは炭素は之を被ふ金屬と化合し白色の金屬狀の光澤を帯ぶるに至る。次に之を真空中に置き一層強き電流を約24時間通じて高温度に達せしむるときは炭素は蒸發して除去せられ純粹のタングステン織條を得るなり。此方法發明せられて後ユーストハナマン兩氏は尙種々の改良考按を工夫し數種の特許を得たり。

(二)膠狀法。ユースト氏の發明に成る方法はウエルスバッハ氏がオスミウム織條を作りたる方法に倣ひ水素にて還元せらるべきタングステンの酸化物硫化物鹽化物等を粉末に爲し炭素を含有せざる無機性結合劑を之に混じて膠狀と爲し鑄型の孔に通じて織條體に壓出し水素瓦斯中に於て適當なる熱を加ふるときは織條體中のタングステンは水素に由て還元せられ純粹のタングステン織條を得るなり。1904年ヴィエンナ市のドクトルエッチクーツェル(Dr. H. Kuzel) 氏に依て發明せられたる方法に於ては先

ブタングステンにて二個のエクレクトロードを作り氷にて冷却せる水中に入れ、エクレクトロード間に電流を通じて弧光を發せしむるときは、タングステンは極めて細微なる粉末となりて水に混じ膠狀の溶液に變ず。之を濾過して水より分離し徐々に熱を加へて壓搾し、之に適當の結合劑を加へ鑄型に通じて織條體に壓出す。次に之を密閉せる器中に入れ攝氏60度に於て5分間乃至10分間乾燥し、一度冷却せしめたる上(此際導電力減す)再び真空内又は稀薄なる水素瓦斯中に於て攝氏60度に熱して混合したる酸化物を除き去り、熱の爲めに導電力の回復したるを認めたる後、之に電流を通じて自熱ならしむれば完全なるタングステン織條を得るなり。

獨國アウエル、フォン、ウェルスバハ會社の製造に成る織條はタングステンの三鹽化物をアムモニアの多量にて處理し膠狀と爲し壓搾乾燥したるものなれども、其詳細なる方法は世上に發表せられず。此織條を用ひて作りたる白熱燈は**オスラム白熱燈**(Osram Lamp)と稱して市場に出で、汎く使用せられたり。

膠狀法の變體とも見做すべき汞和法なる方法あり。其二三の方法を擧ぐれば、1907年獨國**シーメンスハ**

**ルスケ會社**(Siemens Halske)に於て**ウォータンラムフ**(Wotan Lamp)と稱し特許を得たるタングステン燈の織條製造方法は、タングステンに約10%のニッケルを混じて合金と爲し、延展性を與へ、之にタングステン粉末を混じ熱を加へて半熔體と爲し、之を適當の大きさに引延ばし、真空中に置き、之に電流を通じて熱するときニッケルは揮發してタングステン織條を得るなり。次に1906年米國ゼネラル電氣會社のターリッジ氏に依て得たる特許方法に於ては、水銀及カドミウムの合金に細粉のタングステンを混じて充分に攪拌し熱を加へて混合物が最も適度に混和し得る程度に達せしむ。混するタングステンの量は合金の約50%とす。此混合に於ては合金はタングステンと化合若くは合金を爲さず、只單に其粉末と膠着するのみ。此混合物を金剛石の鑄型に通せしむるときは、銀色を帯びたる細線を得べし。之を真空内又は水素瓦斯中に入れ、之に電流を通じて漸次に熱を加ふるときは、カドミウムは發散してタングステン織條を得るなり。

1913年瑞西國**アーラウ**(Aarau)會社の得たる特許方法に於ては、炭素製圓埴内にタングステンの粉末を

填充し電熱を外周より加へタングステンを鎔解せしめたる後、壓力ある空氣を急激に之に吹き付け冷却せしむるときは、可延性のタングステン成生す之を鑄型に通じて細線と爲す。即ち此方法は次に記載する引線法の一つと見做すことを得るなり。

(三)引線法。タングステンを銅線の如く引き延ばし得る様に加工する方法に就ては多年研究せられしが、遂に1909年ドクトルダフリュー・チー・クーリッジ(Dr. W. D. Coolidge)に依て發明せられたり。發明當時に於ては僅かに數呎の長さのものに限られしが、現時に於ては一哩の長さものを得るに至れり。其方法はタングステン鑛石より純粹の黃色酸化タングステン( $WO_3$ )を製造し(其方法は已に記せり)之を電氣爐に入れ水素瓦斯にて還元せしむるときは、鼠色の粉末なるタングステンを得べし。此粉末タングステンを適當なる温度に於て非常に強き壓力を加へて固結せしめ、 $\frac{1}{2}$ 吋角長さ六吋位の鑄塊に製して電氣爐に入れ水素瓦斯中にて白熱に成る迄熱す。然るときは熱の爲めに鑄塊の各分子は密着し強固となる。尙之を殆んど熔解點に達する迄加熱して一層分子を密ならしめ半熔體と爲す。次に之を爐より取

出し白熱の状態に於て延展機に掛けて數十回延展し、直徑30「ミル」長さ約30呎の丸棒に爲して金剛石の鑄型に通じて熱を加へつゝ引くときは伸長して直徑3「ミル」位の線を得べし。之より温度を少し低下せしめ更に細き線に引くときは充分可延性のものとなり、通常温度に於て更に細孔を有する鑄型に通じて一層細小なる非常に長き線に引き延ばすことを得るなり。現時に於て得らるゝ最も小なるものは直徑凡そ $\frac{3}{4}$ 「ミル」(0.019「ミリメートル」)にして、100「ヴォルト」10「ワット」の電球に用ひらる。斯くして得たるタングステン線は扯斷力大にして已に記載したる如く鋼の夫に三倍す。引線タングステン纖維白熱燈はクーリッジ氏に依て發明せらるゝや、米國ゼネラル電氣會社は其製造を始めマツダ・タングステン電燈(Mazda Tungsten Lamp)と稱し市場に出せしが、忽ち各國に用ひられ一況に普及するに至れり。(Mazdaとは波斯國の火の女神の名前なり)。

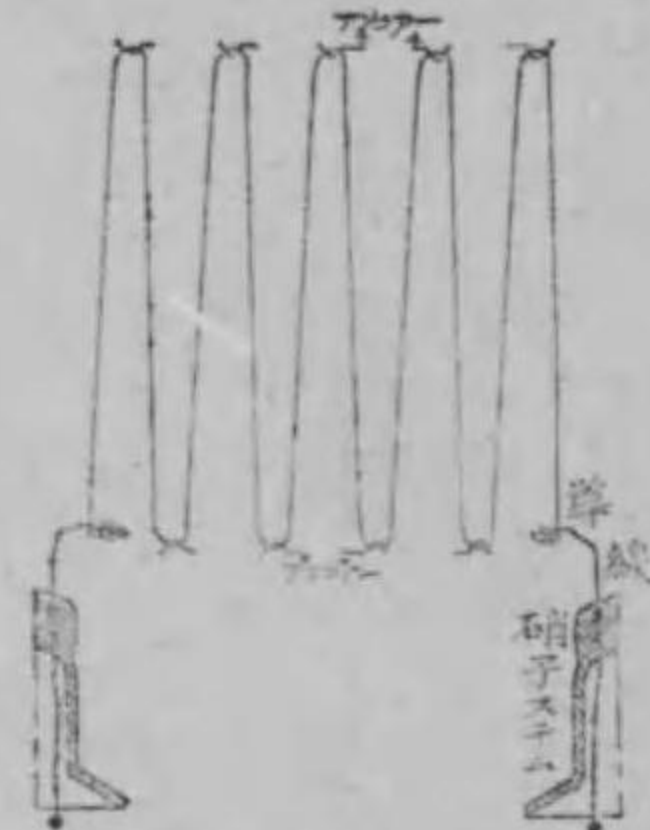
**タングステン白熱燈球**—タングステン纖維の特有抵抗は通常温度に於て約0.00028なる故に、同燭光の炭素纖維に比し甚だ長きを要するに由り、之を支

持する方法はタンタラム白熱燈に於ける如く中央の硝子棒(之をハブ(Hub)と云ふ)に上下に數條の小電線を射出状に取付け其先端を鉤状に爲し之に織條を順序よく懸架し其兩端を中央の導線に接続す。

ハブに取付くる電線には銅、ニッケル又はモリブデナムを用ふ織條は使用するに従ひ短縮するものなれば之を見込みて緩に懸架すること第225圖に示す如くす。織條を導線に接続する方法は商業上の秘密に屬すれども其一法としては接続點に於ける兩金屬の酸化物にマグネシウムを混じ膠着劑と爲し導線の一端を鉤状に爲して織條を挟み之に膠着劑を塗り電流を通ずるときは酸化作用起りて接着點は發熱して膠着劑に由て融着するなり。

第二百二十五圖

タンタラム織條懸垂方法圖



は之を見込みて緩に懸架すること第225圖に示す如くす。織條を導線に接続する方法は商業上の秘密に屬すれども其一法としては接続點に於ける兩金屬の酸化物にマグネシウム

を混じ膠着劑と爲し導線の一端を鉤状に爲して織條を挟み之に膠着劑を塗り電流を通ずるときは酸化作用起りて接着點は發熱して膠着劑に由て融着するなり。

其他硝子球の製法球内を眞空に爲すことベースを附すること排氣及光度の試験等は炭素織條白熱燈に

第二百二十六圖  
250燭光  
マツダ・タンタラム  
白熱燈



欠

テン.炭素織條之に次ぎオスミウム織條最も弱し。

原料 オスミウムの原料最も高價にしてタングステンの原料最も得易し。

### 第九項 窒素電燈

窒素電燈の沿革—一般に白熱燈に規定以上の電壓を加ふるときは其能率を高め燭光を増すも壽命を短縮せしむること已に記載したる如し。例へばタングステン白熱燈に規定以上の電壓を加へ能率毎燭0.7「ワット」ならしむるときは織條の温度は2700度に昇り其蒸發甚しく電球内曇りて織條は遂に熔斷するに至るべし。たとへ之を能率毎燭0.5「ワット」に於て點火するも二三時間にして同様の現象起り織條は熔斷すべし。此球内の曇りは如何なる原因に基くかに就き諸學者によりて研究せられたる結果.1913年に至り獨逸國アルゲマイネ電氣會社及米國ゼネラル電氣會社に於て殆んど同時に毎燭0.5「ワット」の高能率を有する窒素電燈 (Nitrogen Lamp)を發明するに至れり。

タングステン白熱燈に規定以上の電壓を加へたる場合に球内に生ずる曇りに就ては種々の條件の下

欠

に諸學者に依て研究せられたるが其原因は電球内に水蒸氣の存留する爲めにタングステン蒸發を促がし其結果として球内に曇りを生ずるなりと斷定せられたり。即ち球内に存留する水蒸氣は自熱したるタングステン織條と化合して酸化タングステン及水素に變じ酸化タングステンは容易に揮發して電球の内壁に附着す。然るに此酸化物は水素によつて還元せられて水蒸氣を生じ水蒸氣は再びタングステン織條と化合し酸化タングステンを生ず。此化學作用は反覆せられ遂に球の内壁はタングステんに由て眞黒に成るべし水蒸氣の存留する量が僅かに 0.0001「ミリメートル」の壓力を有する程度に於ても以上の作用あり。水蒸氣を完全に除去するも尙タングステンの熔解温度よりも低き温度に於て多少起るタングステンの蒸發及球内に於ける兩端子間の放電に由りて起るタングステン織條の分子發散作用も球内を曇らしむる原因を爲すなり。是等の曇りの原因を除くことを得れば能率を増進するを得るを以て織條の蒸發を減少せしめ且つ其蒸發物をして電球内部に堆積せしめざる様研究を進められ遂に次の方法案出せられたり。

(1) タングステン織條の周圍に不燃性の瓦斯を充填すること。之には窒素瓦斯を用ひ之を電球内に保留し其對流作用を利用して蒸發物の電球内壁に堆積せんとするを防止し且つ織條と反對の方向即ち電球の頸部に運び去らしむ。此對流作用に由て織條の温度は著しく冷却せらるゝを以て其内部は比較的高温度に保持するを要す従て織條蒸發の程度増大するが如く思はるゝも諸學者研究の結果黒體ならざるタングステんに於ては輻射の勢力は絶對温度の4.7乗に正比例し對流に由て奪去せらるゝ熱勢力は絶對温度の1.5乗に正比例する事を確められたれば結局織條を高温度に熱するときは奪去せらるゝ熱勢力の増加割合は輻射勢力の増加割合に比し少きを以て能率は甚しく増進するなり。瓦斯を電球内に充填することに就き1905年にハルトマン氏に依て行はれたる研究によれば炭素織條白熱燈内に種々の瓦斯を充填して測定したる結果は次に示す如し。

瓦斯の種類	織條一「ミリメートル」毎の消費電力
水素	5.15「ワット」
炭酸瓦斯	1.835「ワット」



窒素  
真空

1.96「ワット」  
0.81「ワット」

此結果に依れば電球内を真空に保持すれば最高能率を得らるゝ如くなれども、瓦斯を充填するときは其對流作用に由て反て真空に於けるよりも高能率を得ること上記の如し。

此瓦斯として窒素にアルゴン(Argon)瓦斯を混用するときは好結果を得るを以て現今に於ては10%のアルゴンを混用す。

(2) 織條を螺旋狀に巻くこと。

對流作用に由て失はるゝ熱は織條の長さに正比例し其直徑大なるに従ひ少し之に由て奪去せらるゝ熱を少からしむるには太く短き織條を用ふべきなれども、斯かる織條は抵抗低くして高燭光を發し難し。若し織條を螺旋狀に巻くときは實際の長さは長くとも螺旋織條としての全體の長さを減じ直徑は織條自身の直徑に比し甚しく増すなれば奪去せらるゝ熱は同じ長さの織條を直線狀に爲したるものに比し甚しく減すべし。例へば一氣壓の窒素瓦斯中に於て直徑一「ミル」の直線織條は毎燭4.8「ワット」の能率を示すに對し直徑10「ミル」の直線織條は毎

燭1.59「ワット」の能率を示す。又相等しき能率を有する直線織條と螺旋織條とを各別の電球内に裝置し窒素瓦斯を毎平方吋七「ポンド」の壓力にて球内に送り規定の電壓を加ふるときは螺旋織條は規定の燭光を示すも直線織條の燭光は忽ち減じ能率は低下すべし。之れ瓦斯の對流作用に由る損失熱が螺旋織條に於ては極めて少きも直線織條に於て甚しき爲め織條の溫度下降するに由る。若し之を元の如く燭光を保持せしむるには約二倍の電力を要すべし。

斯くして螺旋織條を用ひるときは能率を高むることを得て織條の蒸發は僅かに球の上部を褐色ならしむるに止まる。

(3) 電球の頸部を長く爲すこと。

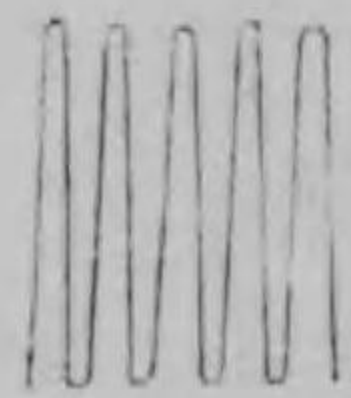
織條より蒸發する熱き瓦斯を沈澱せしむる爲め及冷却作用を行はしむる爲め且つ織條をして電球を挿込む承口より遠からしめ高熱の影響を與へしめざる爲めに電球の頸部を長く製す。此方法に由て球の下方は長時日間少しも曇ることなく清潔に保持することを得るなり。然れども長き間には織條の熱の爲めに電球べ

ースに於ける膠着劑の熔解する虞あるを以て電球を機械的に彈條作用に由て承口に嚙着せしむるものあり。此電球の底部には尖頭を附せず頸部中に於て細管を外部に導き之に依て排氣を行ひ窒素瓦斯を充填しベース内部に於て封鎖するものあり。熱の傳熱を防ぐ爲めに頸部と織條との中間にマイカ板を水平に挿入す。電球内へ送入する窒素瓦斯の壓力は每平方吋九「ポンド」なるにより電球を破損せしむる如き強大の壓力の球内に生ずることなし。

以上の方法に基き製造せられたる窒素電燈の織條：

第二百三十三圖

(甲) タングステン直線織條



(乙) タングステン螺旋織條



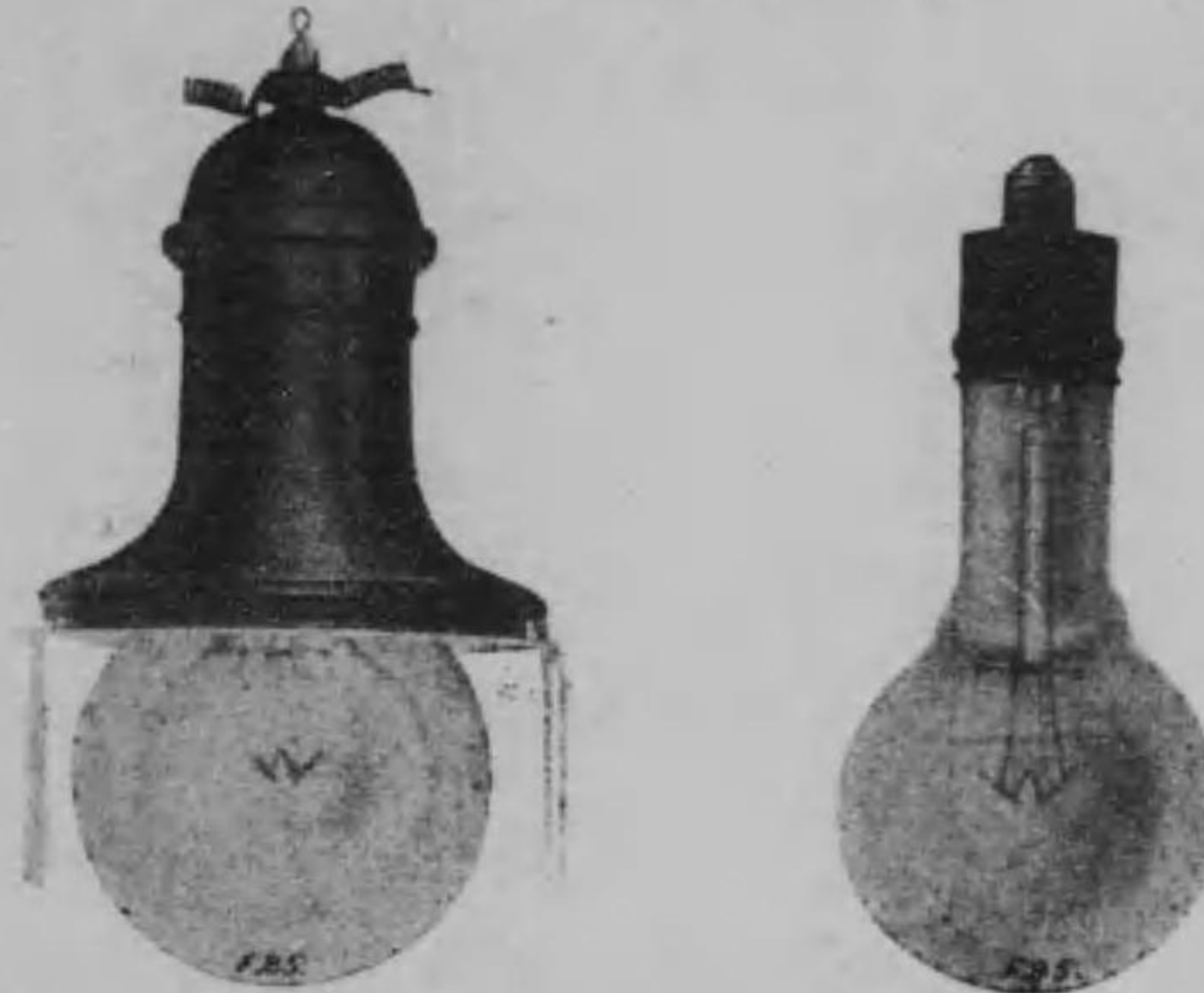
の形狀は第233圖に示す如し。圖中甲は直線織條乙は螺旋織條にして共に100「ヴォルト」にて點火し1,000燭光を表はすものにして其能率は甲に於て每燭0.8「ワット」乙に於て0.5「ワット」なり。

窒素電燈の性狀—窒素電燈の白熱状態に於ける織條の溫度はタングステン白熱燈に於けるよりも

約300度高く攝氏2500度なり。去れば其光の色は總ての白熱燈の色より一層白色にして恰もタングステン白熱燈の規定電壓の二倍を加へて得る光の色に等し。第234圖は最初にアルゲマイネ電氣會社に

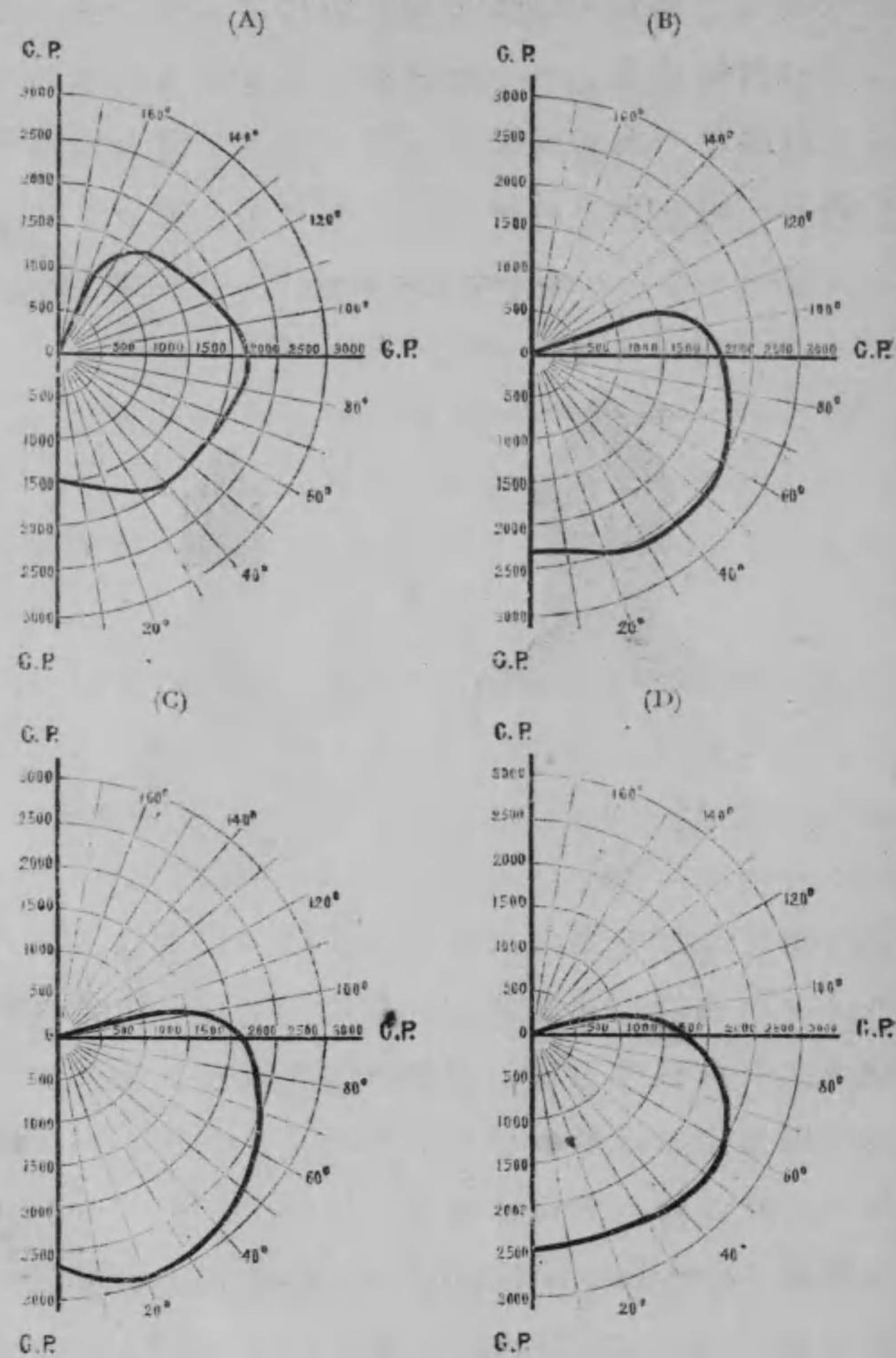
第二百三十四圖

窒素電燈



於て製作したる窒素電燈を示す球の大きさはタングステン白熱燈に比し甚しく小にして1,000燭光タングステン白熱燈の球の直徑240「ミリメートル」に對し2,000燭光窒素電燈の球の直徑200「ミリメートル」なり。窒素電燈の固有光輝は織條の每平方「ミリメートル」に付約10.7燭光にして(110「ヴォルト」1,000燭光の螺旋織條は直徑0.64「ミリメートル」長さ15「センチメートル」)

第二百三十五圖  
窒素電燈の光の分配曲線圖



之を直視すること能はざる故通常乳色の半透明なる硝子球内に之を装置す。此硝子球の爲めに七「パーセント」の光を吸収せらるゝも反射笠を用ゐて之を補ふなり。

第234圖に示す窒素電燈の發する光の垂直面に於ける分配は第235圖に曲線にて示す如し。圖中(A)は電球のみの場合(B)は電球に透明硝子外球を取付けたる場合(C)は電球に透明硝子外球及反射笠を取付けたる場合(D)は電球に乳色硝子球及反射笠を取付けたる場合の光の分配曲線なり。從來の白熱燈に於ては電球の周圍に於ける光の分配殆んど相等しく、平均水平燭光より換算率0.78にて平均球面燭光を算出するを得れども窒素電燈に於ては螺旋織條を種々の形狀に製造するを以て斯くの如く簡單に換算するを得ず。然れども織條が垂直中心線に對し相對的に裝置されたる場合には次の式に由て算出するを得ること埃國の學者チッケル(K. Zicker)氏に由て發表せられたり。

$$P_s = 0.478(P_{54} + P_{126})$$

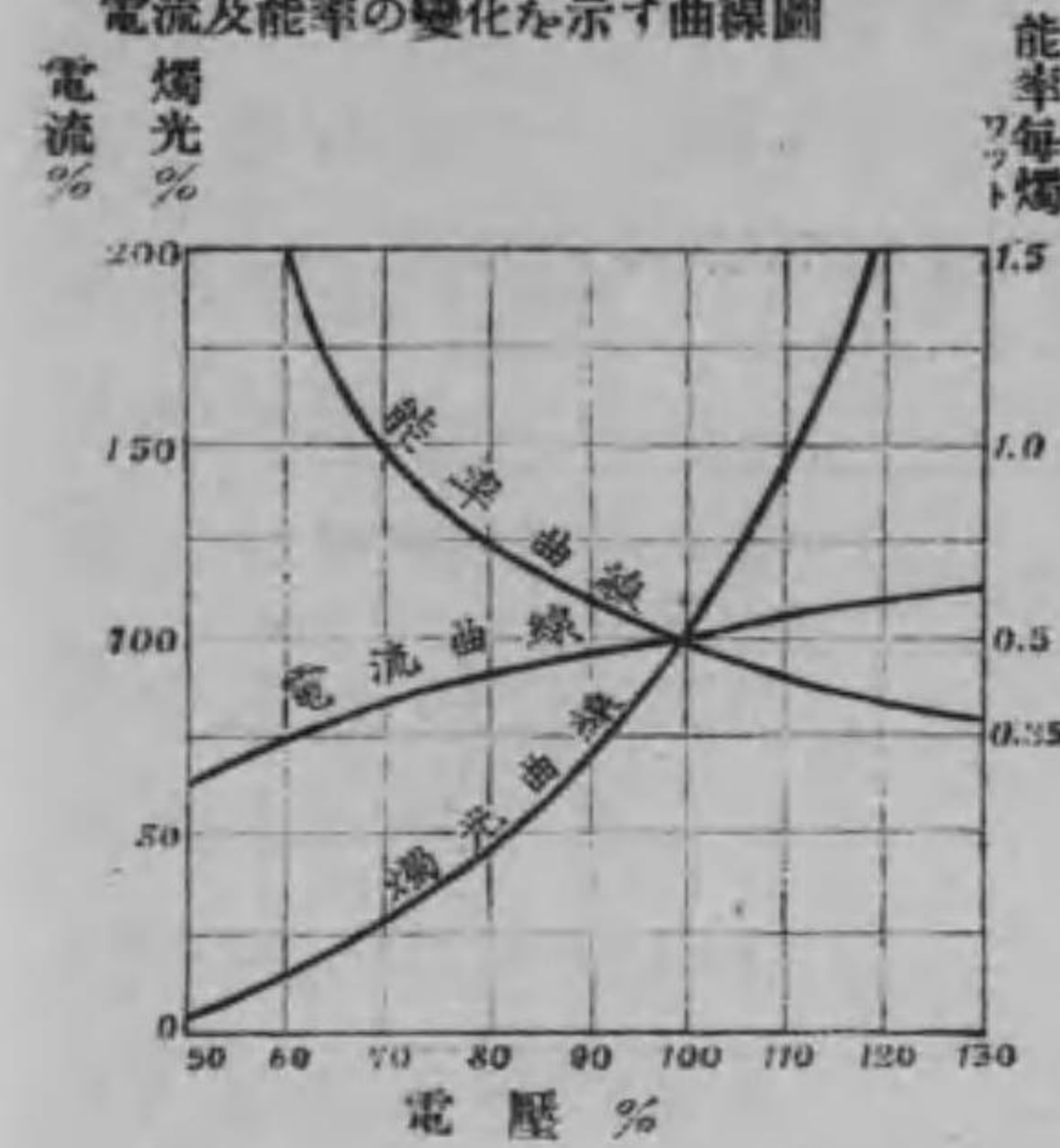
式中  $P_s$  は平均球面燭光、 $P_{54}$  は垂直線に對し54度の方向に向て發する光の燭光、 $P_{126}$  は同じく126度の方向に

向て發する光の燭光なり。之等の燭光を光度計にて測り  $P_s$  を算出するを得るなり。若し織條の形狀が垂直線に對し相對的ならざるときは、光照光度計を用ひ全光束を測定するに非れば平均球面燭光を知ること能はざるなり。然れども實用上換算率を0.8と爲して大差なし。従て每燭0.5「ワット」の能率を一平均球面燭光當りに換算するときは能率は  $\frac{0.5}{0.8} = 0.625$  「ワット」となる。従て100「ワット」燈球は其平均水平燭光は  $\frac{100}{0.5} = 200$  燭光にして平均球面燭光は  $\frac{100}{0.625} = 160$  燭光なり。

窒素電燈の壽命は約1,000時間にして燭光の減衰極めて少く、其熔斷する場合にも尙最初の燭光の80%を有することあり。然れども規定電壓より10%高き電壓にて點火するときは壽命は300時間に減すべし。窒素電燈の電壓の變化に由る燭光能率及電流の變化を曲線に表はせば第236圖に示す如し。

窒素電燈の織條の白熱状態に於ける抵抗は通常温度に於ける抵抗に12倍す。従て其オヴ、アーシューチングの現象はタングステン白熱燈に於けると少し異なる。此現象をオッシュログラフに撮るときは第237圖に示す如し。圖中(A)は100「ヴァルト」2,000燭光の窒素電燈。

第二百三十六圖  
窒素電燈の電壓の變化に由る燭光、  
電流及能率の變化を示す曲線圖



(B)は100「ヴァルト」1,000燭光のタングステン白熱燈。(C)は100「ヴァルト」25燭光のタングステン白熱燈。(D)は100「ヴァルト」500燭光の窒素電燈に於ける電流突入の状態を示し、電流は突入の瞬間に於て規定の約九倍に相

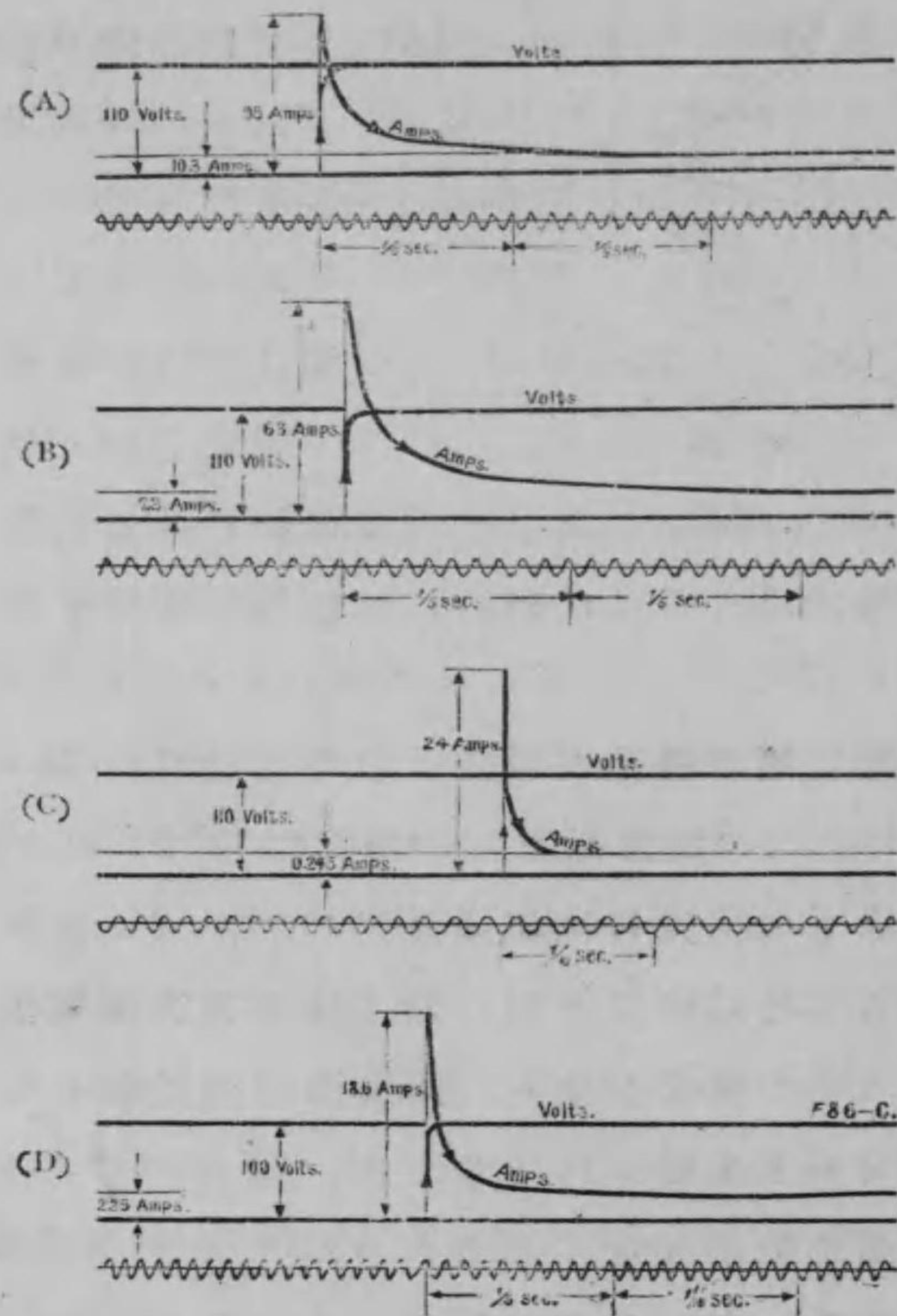
當すれども續いて急激に規定電流に減じ其間僅かに $\frac{1}{10}$ 秒に過ぎざれば回路には何等の影響を與へざるなり。

窒素電燈の種類及用途—標準電壓は100及200「ヴァルト」にして50燭光以上2,000燭光迄各種あれども、100燭光以下の電燈には窒素瓦斯にアルゴン瓦斯を混用せらる。之に由て米國に於ては瓦斯充填電燈 (Gas-filled Lamp) と稱するなり。此電燈の光は極めて白色なる爲め弧光燈に代用せらる。其スペクトラムは開放弧光燈より發する光のスペクトラムと同様に青色、黄色に富むを以て化學的光線として働き寫真

術に適し且つ交流及直流に同様に使用せらるゝを得取扱も極めて簡単なれば寫眞術に於て光源とし

第二百三十七圖

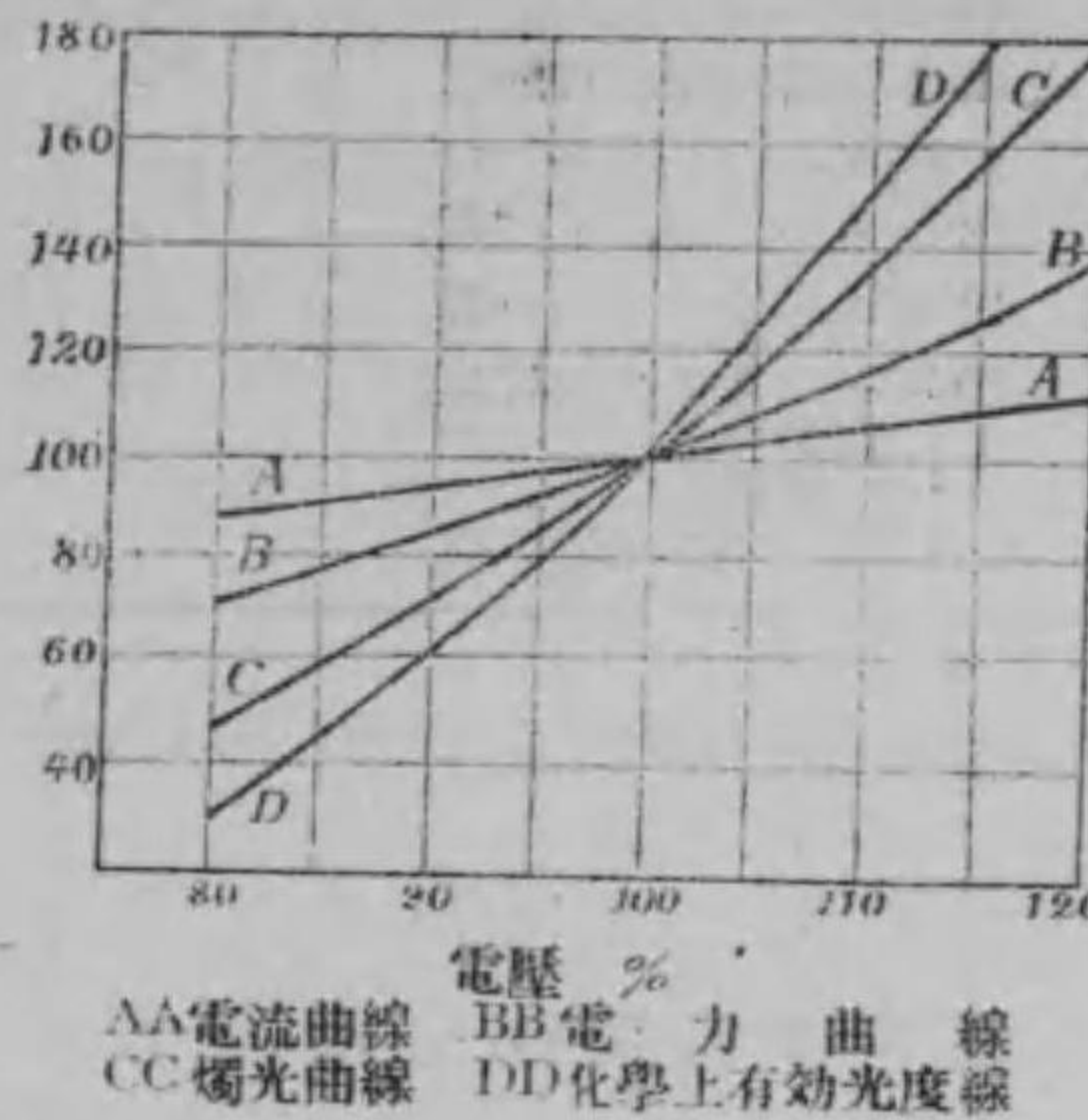
窒素電燈點火の際電流突入の状態を示す曲線圖



て廣く用ゐらる。窒素電燈より發する光中化學上有効作用を爲す即ち寫眞術に必要な光の光度は加電壓の増すに従ひ

第二百三十八圖

窒素電燈の電壓と化學上有効光度との關係を示す曲線圖



増加するは勿論にして其程度は燭光及消費電力が増加する割合より大なり。今此電壓増減の割合に伴ふ燭光電力電流及有効光度の増減の割合との關係を曲線に表

はせば第238圖に示す如し。

白熱電燈の發達及將來—1879年炭素纖維電燈發明せられしより漸次發達し現今に至りたるが今其發達の順序を各種電燈の能率にて記すれば次の如し。表に於て認むる如く「キロワット」にて得らるゝ白熱燈の燭光は最初僅かに 220 燭光なりしが僅々 35 年後に於て白熱燈の改良發明に由て其十倍に増加し異常の發達を爲したり。然れども尙將來に於て能率を向上せしむること不可能に非ず。現今の瓦斯充填電燈に於て熱容量の一層少く熱の傳導率一層低き

第六十三表  
白熱燈能率發達史

發明年次 (西曆)	白熱燈の種類	能率 每燭「ワット」	1.00「ワット」の 電力にて發し得 る光度(燭光)
1879	炭素織條白熱燈	4.0	220
1882	同上	3.1	320
1905	金屬化織條白熱燈	2.5	400
1905	タンダラム燈	2.0	500
1897	ネルンスト燈	1.6	600
1900	オスミウム燈	1.5	600
1906	タンダステン電燈	1.25	800
1911	高能率タンダステン電燈	0.8	1,250
1913	窒素電燈	0.5	2,000

て已に使用せられ居れば最早此點に於ての改良は多く望むことを得ざるべし。又瓦斯の壓力を増加するときには能率を増進することを得るも現在に用ゐらるゝ壓力(九「ポンド」)を少しく増せば氣壓以上に昇り硝子球を破裂せしむる虞あり。最も理想的なるは攝氏5,500度に於て白熱しスペクトラムの可視光部に於て最大幅射を爲すものを織條に用ひるにあれども實際に斯くの如き幅射體を得ること現今の科學に於ては困難なり此くの如き幅射體の發光能率は10-15%なり。炭素にしてタンダステンの如く氣化張力高きときは其熔解温度に近く白熱せしむることを得て每燭 $\frac{1}{7}$ 「ワット」の能率を得べし尤も此氣化張力の温度は炭素の種類に由て異り、ハイド

瓦斯を使用せば能率を増進せしむることを得べきも此性質に於てはアルゴン瓦斯最も優り

ロカーボンより沈澱する炭素は蒸發少く黒體輻射の最高温度に近く白熱せしむることを得るなり。之を要するに將來に於ける白熱燈の發達はスペクトラムに現はるゝ可視光線の最多數を發する幅射體の發明の如何に在りて、少くとも將來十年間に現今の電燈の能率を二倍ならしむるものを得ること敢て難きに非るべし。

## 第十章

## 弧光燈

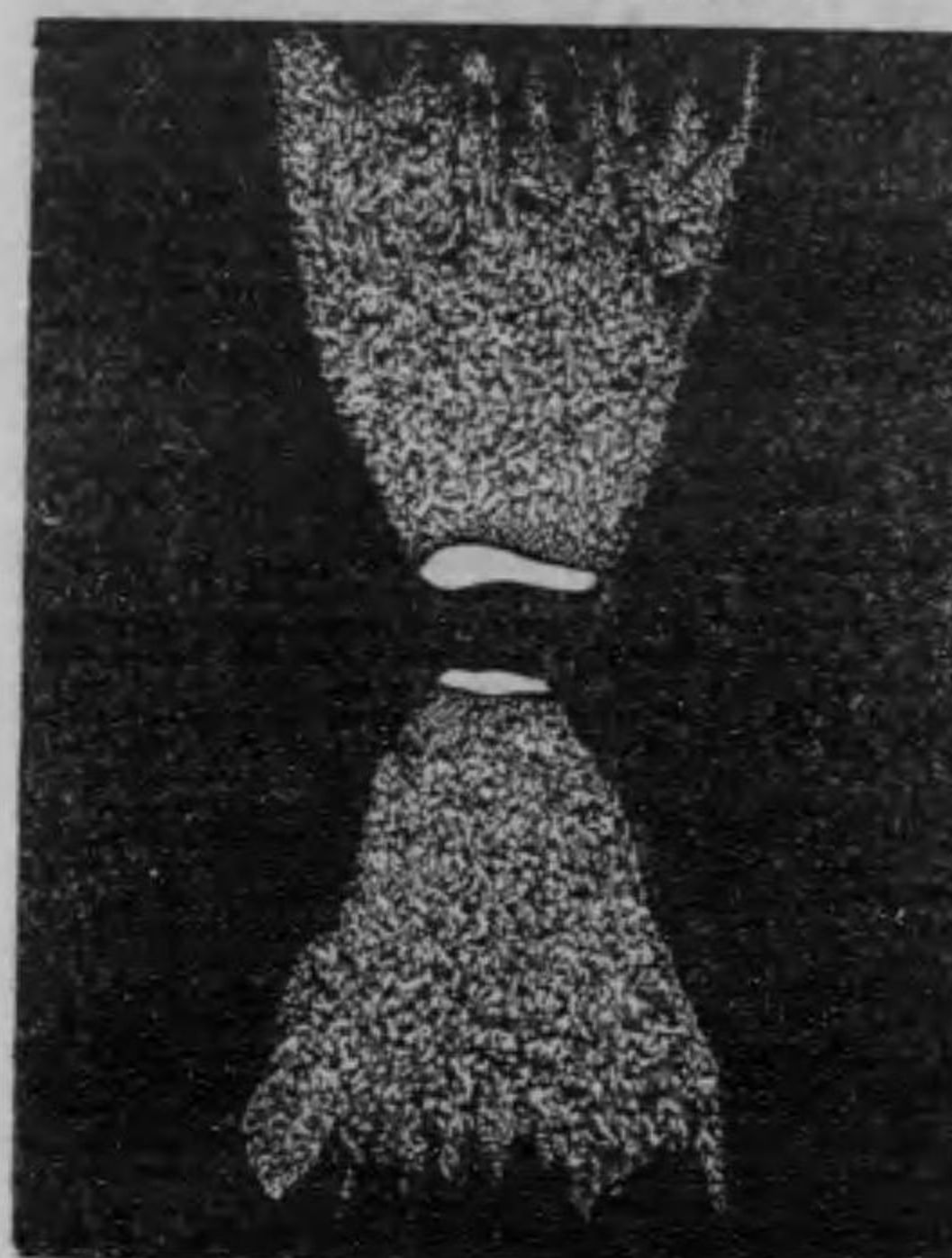
## 第一項 弧光及弧光燈

弧光—二個の導體をエレクトロードとし之を相接觸せしめ電流を通じ更に少しく離すときは其回路の自己誘導作用に由て誘發せらるゝ起電力の爲めにエレクトロード間に火花發生し其一部は火花の爲めに蒸發して赫々たる光を放つ其蒸氣は導體なる故に兩エレクトロードを電氣的に連絡し引續き電流を通せしむべし。其光の色及光度はエレクトロードの種類及大さ電流及消費電力の多少に由て異なる。今若しエレクトロードに炭素棒を用る兩棒間の間隔を凡そ八分一吋に爲せば兩棒間に於て電壓の差30「ヴォルト」を示し強く熱したる光を發すべし。此光は肉眼にて凝視し難く濃青色の色眼鏡にて之を視るときは兩棒間は炭素の蒸氣にて充され電流の通ずる道が三日月形の弧狀を爲すを認むべし之を電弧 (Electric Arc) と云ひ發する光を弧光 (Arc Light) と云ふ。

炭素棒より發する弧光中90%は炭素棒端より發する熱輻射にして残り10%は炭素の蒸氣より發する發光輻射なり。弧光燈 (Arc Lamp) は即ち之を應用したる燈火裝置にして19世紀の中頃より實用に供せられたるなり。

弧光を發しつゝある兩炭素棒の状態は電流の直流なる場合には第239圖に示すが如く各其形狀を異にし電流の流出する炭素棒即ち陽極炭素棒は弧光熱の爲に燃焼し炭粉常に是より蒸發するを以て其終端の中央に窪みを生ず是を火坑 (Crater) と云ふ電流

第二百三十九圖  
直流弧光を發する炭棒端の状態



の流入する炭素棒即ち陰極炭素棒に於ては陽極棒より蒸發したる炭粉之れに附着し漸次尖るを認むべし。弧光は重に火坑より發するものなれば火坑に於ては光り一樣ならざるも弧光中温度最も高く光度最も強し。炭素棒より蒸發する炭粉は四方に

散亂して兩炭素棒間の電氣抵抗を減じ弧光を成すに近道たらんとす是れが爲に火坑の位置は常に不規則に移動する傾きあり。若し炭素棒の品質不純にして鑛物性の物體を含有する時は此物體は熱の爲に熔解して粒狀を爲し兩棒間に散亂して電流の捷路となり火坑の位置を變ずる媒介となる。然るに火坑の中心は蒸發の早き場所なれば火坑の位置一定せざる時は光一様ならず従て照明不規則なるを免がれず若し直徑小なる炭素棒を使用し特に其中央部に軟質の炭素を用ひ常に炭素棒の中心より蒸發せしむる時は火坑は常に中心に一定し光亦一様なるべし此の種の炭素棒を有心炭素棒(Cored Carbon)と云ひ通常の炭素棒を是れより區別して無心炭素棒(Solid Carbon)と云ふ。

炭素棒より發する弧光の温度は火坑に於て攝氏3,500度乃至4,000度陰極炭素棒に於て2,000度乃至2,500度にして人爲的に得る温度中最も高きものたり之には如何なる金屬も熔解す弧光の色は中心に於て紫色を呈し次に幾分暗黒色を示し其外周には青綠色を呈す。

斯くの如く弧光は温度甚だ高くして紫色を帯び其

一部分發光輻射を爲すに由て其發光能率は甚しく高く凡そ13.2%にして固有光輝は10,000-50,000燭光なり。

炭素棒より弧光發するとき炭素の蒸氣は空氣中の酸素と化合し炭酸瓦斯及一酸化炭素に變化す之が爲めに炭素の消耗する割合は炭素棒の品質及直徑兩炭素棒間の電壓及電流の強さに由て異れども大約陽極炭素棒は一時間に付き一時乃至二時にして陰極棒は其二分一なり。炭素棒の直徑は實際の弧光燈に於ては十六分五時乃至二時にして電壓及電流に由て異なる若し此直徑が過大なるときは火坑は移動し易く従て光は動搖し光度一定ならずして常に變化すべし之に反し直徑が過小なるときは光度は甚しく増し弧光は安定するも炭素棒の壽命短し。以上何れの場合も實用上不適當なれば相當の直徑を有する炭素棒を用ふべきものとす。一般に陽極には有心炭素棒を用る陰極に無心炭素棒を用ふ。弧光を發しつつある兩炭素棒間の電壓は45-50「ヴォルト」なるを通常とし電壓之より低くして40-45「ヴォルト」なるときは電流は減して弧光は極めて不規則に短く發生し絲聲(Hissing)を發す是に反し電壓の差



高く58-60「ヴォルト」なるときは弧光の發生不整となり、62-65「ヴォルト」なるときは弧光は長く成りて炭素棒は火焰を發して盛に燃燒するに至るべし。是に由て直流弧光を發せしむる標準電壓を50「ヴォルト」とし弧光の長さを $\frac{1}{10}$ 吋乃至 $\frac{3}{16}$ 吋とす。電流は公稱1,200燭光弧光燈に於て6.5「アムペア」を要し、公稱2,000燭光弧光燈に於て10「アムペア」を要するなり。弧光の抵抗は弧光に於て自己誘導の爲に反起電力發生するを以て、電壓及電流より「オーム」法則に據り算出すること能はざるも、ケネリー氏の計算に依れば弧光の長さ一時に付き略五「オーム」なりと云へり。

交流弧光—相接觸する兩炭素棒間に交流を通じ是を少しく離すときは直流を通じたる場合と同様に兩棒間に弧光の發生するを認むべし。此場合には兩炭素棒は交流の周波數に應じ交互に陽極及陰極となる。従て其燃燒蒸發相等しく火坑の生ずることなく兩棒の形狀及消耗亦相等しくして弧光の位置一定す。光も亦兩棒端に於て相等し。交流弧光を發生するに適當なる電壓は30-35「ヴォルト」にして、周波數は50又は60を適當なりとす。若し周波數が40以下なるときは弧光は安定ならず、60以上なるときは絲聲

を起し100以上なるときは不愉快なる唸聲を發し調度悪しく弧光の能く發生せざることあり。電流は公稱1,500燭光弧光燈に於て10「アムペア」を要し、公稱2,000燭光弧光燈に於て15「アムペア」を要するなり。

弧光燈の種類—弧光を發する導體は炭素棒のみに限らず他の固體又は瓦斯體を用ふるも弧光を發せしむるを得るなり。之に由て前章に記載したる如く、弧光燈に次の種類あり。

- (一) 炭素弧光燈
- (二) 發焰弧光燈
- (三) 發光弧光燈
- (四) 水銀蒸氣電燈
- (五) ムーア管電燈

炭素弧光燈に於ては光の大部分は炭素棒より輻射せられ、一部分炭素の蒸氣の發光輻射に由り、發焰弧光燈に於ては光の大部分が發光輻射に由り、其他の弧光燈に於ては光は總て發光輻射に由る。

此等弧光燈中(一)(二)(三)の三種類には次に記する如き調整裝置具備せらる。

弧光燈の調整裝置—二個の炭素棒間に弧光を生せしむるときは炭素棒は漸次消耗するに由り、炭素

棒間の間隔は漸次増して弧光は長くなり遂に滅するに至る。是に由て弧光を引續き一様に發生せしむるには炭素棒の消耗するに従ひ徐々に相近付け兩棒間の間隔を常に同一ならしむる装置を施さざるべからず。又兩炭素棒は點火する前には必ず相接觸するを要す。若し離隔して居るときは抵抗高くして通常の電燈に適する電壓にては弧光を生せしむる電流を通すること能はず。此理に基き弧光燈に於ては次の自働装置を要す。

- (一) 電流の通せざるときは炭素棒は互に接觸し電流の通すると同時に直に相離れて適當の間隔を保ち弧光を發する装置。
- (二) 弧光發生して炭素棒の消耗するに従ひ徐々に之を相近付け炭素棒間の間隔を常に一樣に保持する装置。
- (三) 炭素棒が悉く消費せられたるとき又は弧光燈の内部に故障の生じたる場合に其影響を同じ回路に接續せられたる他の弧光燈に及ぼさしめざる爲め弧光燈を其接續する回路外に短絡せしむる装置。

此調整装置中第二の方法に二種あり第一種に於て

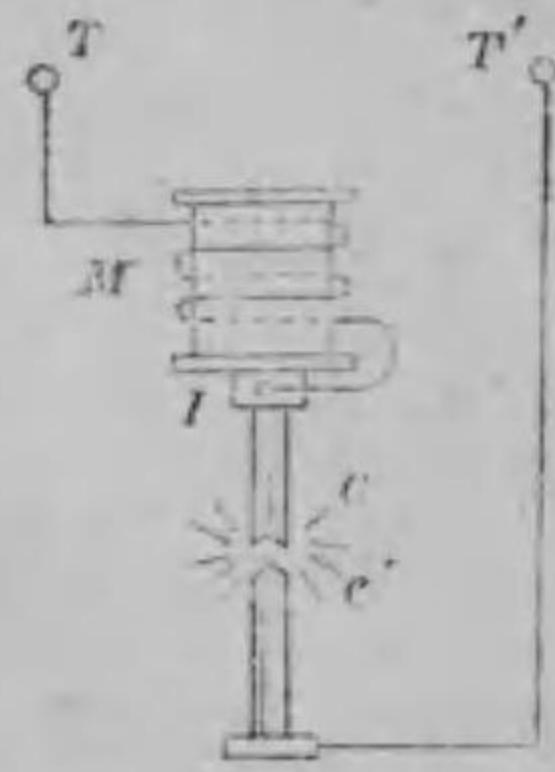
は炭素棒間の距離を一定に保持すれども一方の炭素棒のみを動かすに由り弧光の位置は常に變ず。第二種に於ては兩炭素棒を同時に動かし相接近せしむるに由り炭素棒間の間隔及弧光の位置を一定に保持す。通常の弧光燈の調整装置は第一種にして探照燈の調整装置は第二種に屬す。

調整装置の構造は弧光燈の供給回路への接續方法に由て異なる。接續方法には回路に並列に接續する方法と直列に接續する方法との二種あり。並列接續の場合には不變電壓發電機より電流を供給し直列接續の場合には不變電流發電機又は不變電流變壓器(交流の場合)より電流を供給す。從て直列に接續せらるる弧光燈に於ては電流は不變にして弧光の長さが増すときは炭素棒間の電壓亦増して調整装置をして働かせしむ。並列に接續せらるる弧光燈に於ては其端子に加はる電壓は殆んど一定すれども點火の始めに於ては炭素棒相接觸する故に多大の電流通じ電壓に急激の變動を起さしむるを以て之を防ぐ爲めに弧光と直列に抵抗線輪(交流の場合には塞流線輪)を接續す。是に由て過大の電流を防ぐと共に弧光の長さの變化に由る電流の増減を調

整して弧光を安定ならしむ、即ち弧光の長さ減じ炭素棒間の電圧減するときは供給電圧一定の爲め電流の増さんとするを抵抗又は塞流線輪に由て阻止し弧光を安定ならしむるなり。依て之を**安定抵抗** (Ballast Resistance) と云ふ。

回路に並列に接続せらるゝ弧光燈の調整装置の原理は第240圖に示すが如く極めて簡單にして一箇の電磁石 M より成る。其捲線の一端は端子 T に接続し他の一端は電磁石の内心に動くことを得る鐵心 I に接続せらる。鐵心は上部炭素棒 C に或る装置にて連絡し C は鐵心と共に上下動を爲すを得るなり。下部炭素棒 C' は固定し端子 T' に接続せらる。即ち電

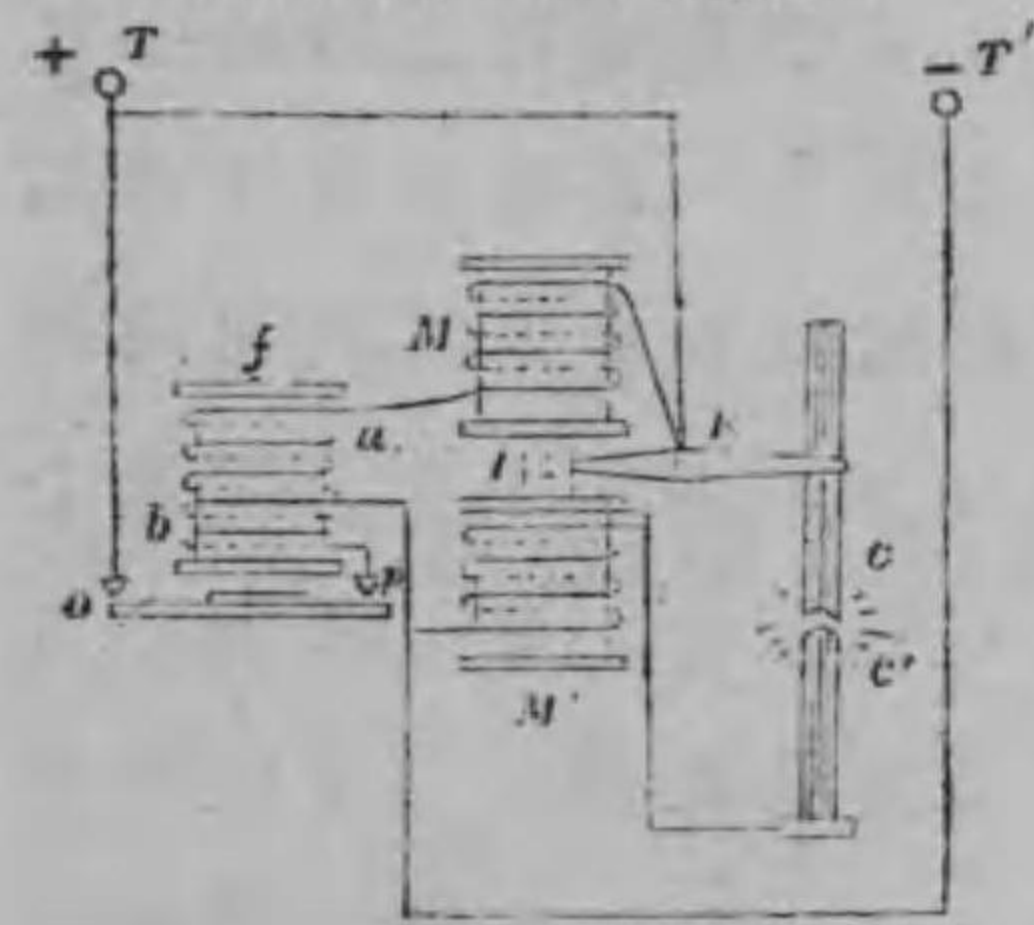
第二百四十圖  
並列接続弧光燈の調整装置



磁石の捲線は炭素棒に直列に接続せらる。電流通せざる間は上部炭素棒は自己の重量にて下部炭素棒に接觸す。是を T に於て回路の陽極に T' に於て陰極に接続するときは電流は直に電磁石 M の捲線及炭素棒 C, C' に通じ電磁石は磁性を帯びて鐵心を吸上げ上部炭素棒をして下部炭素棒より離れしむ。爰に於て兩棒間に弧光

發生し同時に兩棒間の抵抗増加するに由て燈に通ずる電流は減じて電磁石 M が炭素棒 C を引上げる力減じ C は自己の重量にて降らんとし此二つの力の釣合にて C は適當なる處に靜止して引續き適當の弧光を發生す。弧光の連續發生に由て炭素棒は漸次消耗し弧光の長さ増すに至るときは前記の理にて電流は減じ上部炭素棒は適當の處に降り、弧光の長さは適當に調整せらるゝなり。次に回路に直列に接続せらるゝ弧光燈の調整装置の原理は第241圖に示すが如く二箇の電磁石 M, M' より成る。M は細き捲線にて多く捲かれ M' は太き捲線にて少く捲かれ上部炭素棒 C は K を中心として回轉し得る金屬

第二百四十一圖  
直列接続弧光燈の調整装置



杆の一端に接觸装置にて取付られ下部炭素棒 C' は固定す。金屬杆の他の一端は兩電磁石 M, M' の内部に動くことを得る鐵心 I に連絡す。別に電磁石 f ありて大小二種の捲線 a, b にて捲かれ大捲線 b の一端は端

子T'に出で小捲線*a*の一端はMの捲線に接続せらる、電流が通せざる間は上部炭素棒は自己の重量にて降り下部炭素棒に接觸するも是を端子T, T'にて回路に接続するときは電流は端子Tより入りKに於て二分し一部はM, *a* 兩捲線に通じ一部は炭素棒C'捲線M'に通じたる後相合して端子T'に出づ。然るにM, *a* 兩捲線の抵抗はC, C', M'の抵抗より大なるが爲に電流の大部分はC, C', M'に通じてM'に磁性を與ふ。爰に於て鐵心Iは下方に吸引せられ上部炭素棒Cを擧げて下部炭素棒C'より離しC, C'間に弧光を發生せしむ同時に兩棒間の抵抗増加するに由てC, C', M'に通ずる電流は減じM, *a*に通ずる電流は増してMの磁力加はり鐵心Iに働き是を吸引せんとしM'の是を下方に吸引せんとする力との釣合にて炭素棒Cは適當の位置に止まり引續き適當の弧光を發生す。炭素棒が漸次消耗し兩棒間の間隔が増す時はC, C', M'に通ずる電流は減じてM, *a*に通ずる電流は増しIを引上げる力も從て増すに由てCは降りて元の位置に戻り弧光は依然として變せざるなり。此調整装置が完全に行はるゝ間は電磁石*f*の小捲線*a*に通ずる電流は微弱にして鐵片を吸

引するに至らざるも炭素棒全部が燃へ盡すか或は故障が生じて上部炭素棒が降らざる場合には兩炭素棒間の間隔は甚しく増すに由り其抵抗も亦從て増し爲に電流の殆んど全部はM, *a*に通じ捲線*a*の磁力は甚しく増して鐵片*o*を吸引しT, *o*, *p*, *b*, T'なる回路を成さしむ。然るに*b*は太き捲線にして抵抗はM, *a*兩線に比し甚だ小なれば電流の殆んど全部が此新回路にのみ通するに至り炭素棒及電磁石M, M'の捲線には極めて微少の電流通ずるのみにて弧光は滅火し*o*に依て全く自動的に短絡せらるゝなり。

弧光燈の調整器構造の原理は直流弧光燈及交流弧光燈共に上文記載の如くなれども實際の構造は弧光燈の種類及各製造者毎に多少異なる所あり。第240圖に示す調整装置を直列捲調整装置と云ひ第241圖に示すものを差働捲調製装置と云ふ。

## 第二項 炭素弧光燈

### 第一節 炭素弧光燈の種類及構造

炭素弧光燈の種類—炭素弧光燈は電燈中最も早く發明せられたるものにして最初に實用に供せら

れたるものに於ては空氣の存在に於て炭素棒より弧光を發せしむるを以て前項に記載せる如く炭素棒の消耗早く、少くとも十四時間毎に炭素棒の新らしき供給を要するなり。然るに若し炭素棒を空氣の流通悪しき硝子球内に置き弧光を發せしむるときは、球内は炭素棒の燃焼に由て生ずる炭酸瓦斯にて充さるゝを以て炭素棒は空氣に觸るゝことなく、従て其燃焼甚だしく遲鈍となり壽命延長すべし。此理を應用して通常の弧光燈に於て弧光部を覆ふに細長き乳色又は透明なる硝子球を以てし、其上部を中央に小孔を有する金屬板にて被ひ炭素棒をして此小孔を通じて上下動せしむることとせば、硝子球内への空氣の流通は僅かに此小孔よりのみ行はるゝに由り炭素棒の壽命は著しく増し燃焼の割合は陽極炭素棒は一時間に八分一吋、陰極炭素棒は其三分一に過ぎず、即ち長さ12吋の炭素棒を使用すれば凡そ100時間の點火に堪へるなり。然れども是は中絶する事なく點火する場合にして、若し中途に於て滅火する事あれば燈は冷却するを以て空氣は上部の孔より硝子球内に進入し、更に點火したる場合に炭素棒の燃焼を助けて其壽命を短縮せしむ、是に

由て毎日夜間のみ點火する場合には炭素棒の壽命は長くとも平均一週間に過ぎざるなり。此種の弧光燈を閉鎖弧光燈 (Enclosed Arc Lamp) と云ひ、之より區別して通常の弧光燈を開放弧光燈 (Open Arc Lamp) と云ふ。閉鎖弧光燈は西曆1893年に發明せられ、之れに最も効績ある人はルイ・ビー・マーク氏 (Louis B. Mark) なりと云ふ。

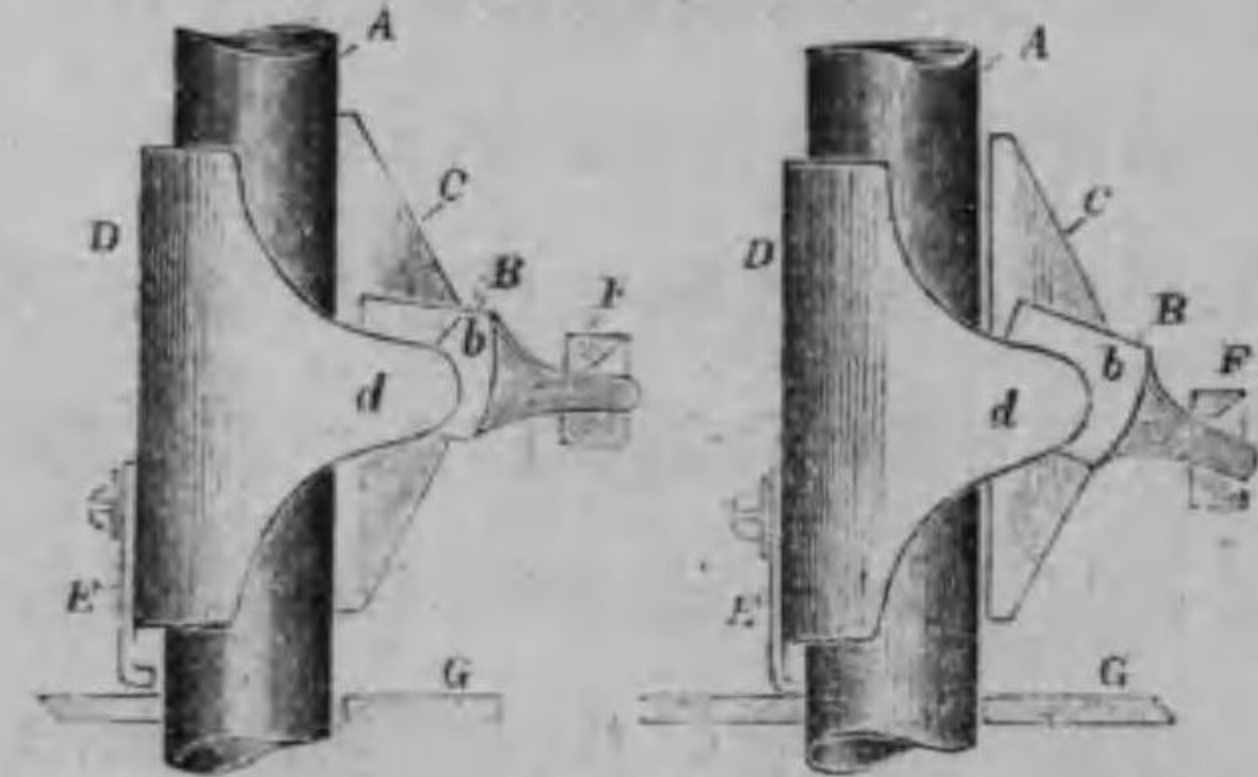
閉鎖弧光燈の弧光は空氣に觸れざるを以て開放燈の弧光に比し長く凡そ八分三吋なり、従て炭素棒間の電壓も高く70「ヴォルト」乃至75「ヴォルト」なれば、是を白熱燈の回路に並列に接続し點火するには燈の上部に安定抵抗線を装置し、是に依て白熱燈回路の電壓100「ヴォルト」を點火電壓に降下せしむるなり。又此燈に於ては弧光の長きが爲に炭素棒端に火坑を生せず、且一炭素棒端よりの反射は他の炭素棒端にて妨げられざるを以て光線の擴散は開放燈に優り且つ一樣なり。然れども弧光を覆ふに通常の硝子球の外に直接に小硝子球を用ふるが爲に幾分の光を減じ、且つ抵抗線に由て電壓を降下せしむるが爲に電力を無益に消費するを以て、同一電力の供給にて得る光束は開放燈に比し尠きを免かれず。斯の如き

缺點あるも閉鎖燈は炭素棒の消費量及其取換工費の少きこと光及其擴散の一様なること白熱燈回路に白熱燈と同様に一個宛並列に接続することを得る等の便益あるに由て特別の場合の外は開放燈を排除して廣く使用せられたり。

直流開放弧光燈—最も廣く使用せられたる直流開放弧光燈をフラッシュ (Brush) 弧光燈とす此燈の調整装置は差働捲にして直捲發電機に直列に接続して使用せらる。炭素棒を支持する方法は第242圖に示す如く嚙合子 (Clutch) をして炭素棒を抱合して支持せしむるにあり。

圖中右方は嚙合子が炭素棒より離れたる状態にしてAは炭素棒、C、Dは嚙合子、EはG板に當りて止まるべき金屬杆なり接極子Fはdにて支持せらるゝ

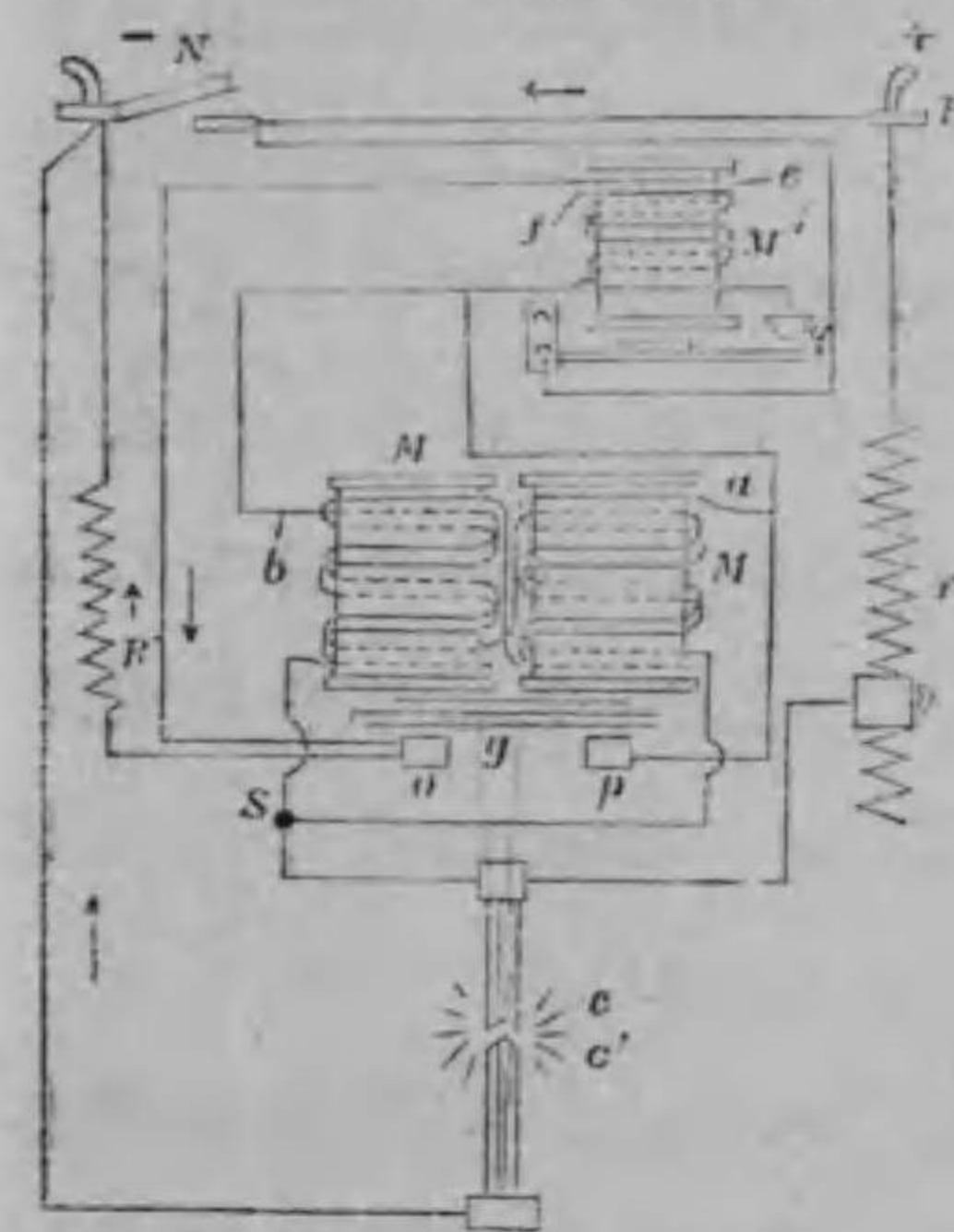
第二百四十二圖  
弧光燈調整装置中の炭素棒支持方法



槓杆Bの一端を挟み其昇降に伴ひCは炭素棒を掴みて上下すEがGに達するや槓杆Bは右方に動きCを炭素棒

より離す此に於て炭素棒は自己の重量にて下方に降るべし。調整装置の電線接続は第243圖に示すが如し圖中電磁石MMは太き捲線a及び細き捲線bにて捲かれ其捲き方相反す此電磁石にて引上げらるべき接極子gは第242圖のFに連結せらるR及rは安全抵抗なり。電流が通せざる間はgはa、pに接觸し是に電氣的に連絡す若し燈を端子P、Nに依て供給回路に直列に接続する時は電流はPより入りP、r、c、c'、N、+ a、c、c'、N、+ p、g、a、R、Nの三回路に分流すべし。此三回路中第一及第三の回路には抵抗r及R

第二百四十三圖  
フラッシュ弧光燈電線接続圖



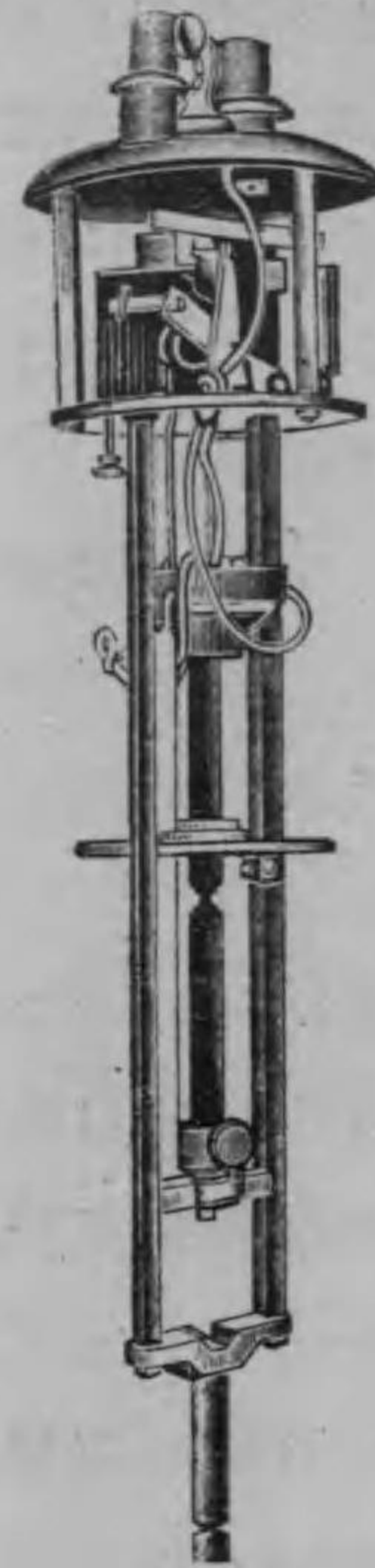
の在るに由り電流の大部分は第二の回路に通じ電磁石MMは磁化してgを吸引しa、pより離れしめa、pの連絡を断つ同時に上部炭素棒はgに伴ひ昇り下部炭素棒との間に間隔を生じ弧光を發生せしむ。炭素棒の動作を緩徐ならしむる爲め内部に空氣

を有する圓筒狀の制動壺を備へ其内部に動く横杆を接極子  $g$  に連結し接極子の運動を緩徐ならしむ。弧光の發生するや炭素棒は燃燒し兩棒間の間隔は増し従て抵抗も増すに由り  $P, a, c, c', N$  に通ずる電流の一部は  $s$  に於て捲線  $b$  及  $f$  に分流し抵抗  $R$  を經て端子  $N$  に出づ。然るに捲線  $a$  と捲線  $b$  とは巻き方相反するが故に其磁力も亦相反し電磁石  $M$  が  $g$  を引上げる力は是が爲に減じ上部炭素棒は降て下部炭素棒との間に適當の間隔を保ち引續き弧光を發生せしむるなり。弧光の長さが増すに従ひ  $b$  に通ずる電流は之に比例して増して炭素棒は降り相互平均して兩炭素棒間の間隔は常に適當に調整せらるゝなり。炭素棒の全部が燃燒する時は兩棒間の間隔は甚だしく増し其抵抗も亦激増するに由て電流の大部分は  $b, f$  兩捲線に通じ電磁石  $M$  は接極子を吸引し接點  $g$  を閉つるに至る。爰に於て電流は  $P$  より入り  $g, c, o, R$  を經て  $N$  に出で弧光燈を炭素棒及調整裝置以外に短絡し全く之を滅火せしむ。是を短絡裝置 (Shortcircuit Device) と云ふ。

此弧光燈の點火電壓は  $50$ 「ヴ、ルト」にして電流は調整裝置及炭素棒の大小に由て  $6.5$ 「アムペア」及  $10$ 「アムペ

ア」の二種なり。炭素棒の直徑は  $6.5$ 「アムペア」燈に於ては  $\frac{1}{16}$ 吋  $10$ 「アムペア」燈に於ては  $\frac{1}{2}$ 吋なり。調整裝置は圓筒の眞鍮筐にて是を包み弧光部は硝子球にて是を覆ひ弧光の直射及蒸發する炭粉の飛散するを防ぐ。炭素棒の壽命は其直徑及電流の強弱に由て異れども通常十四時間なり。

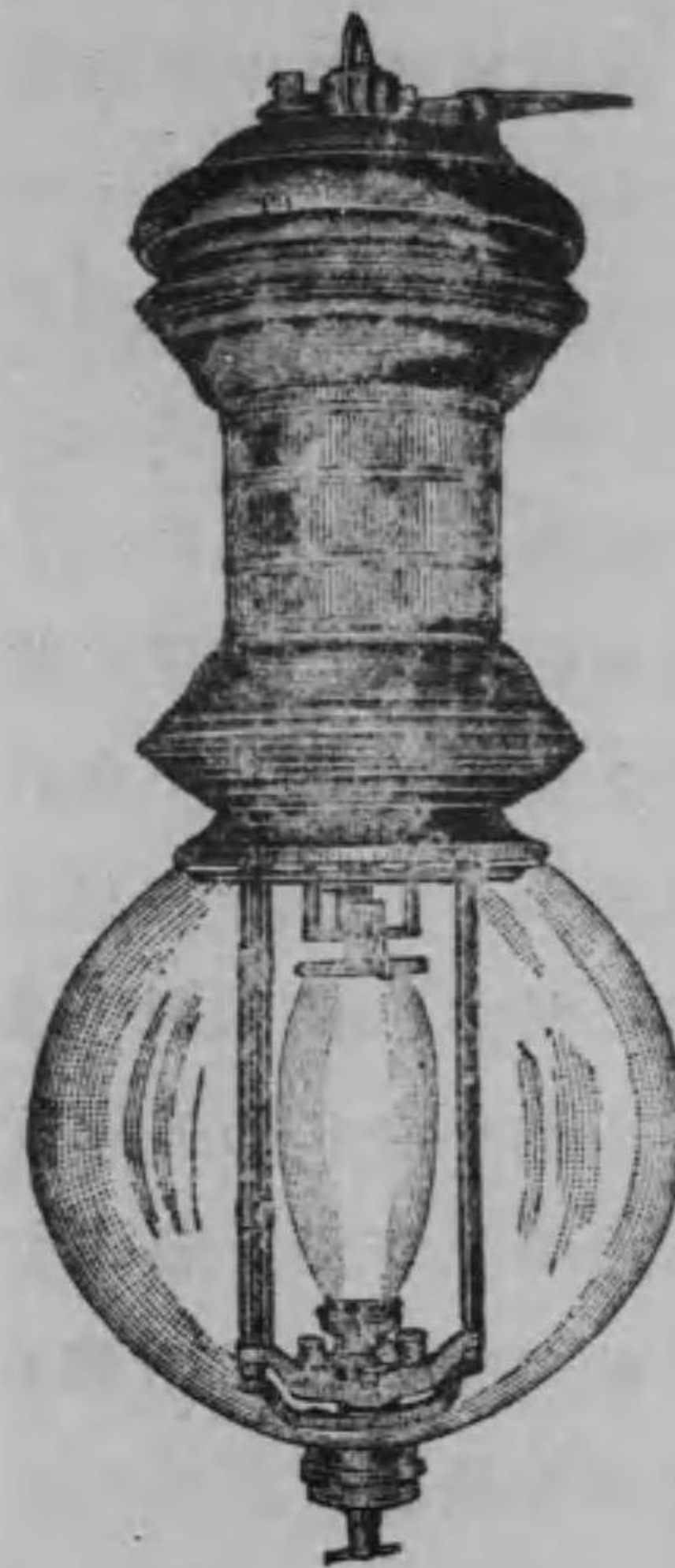
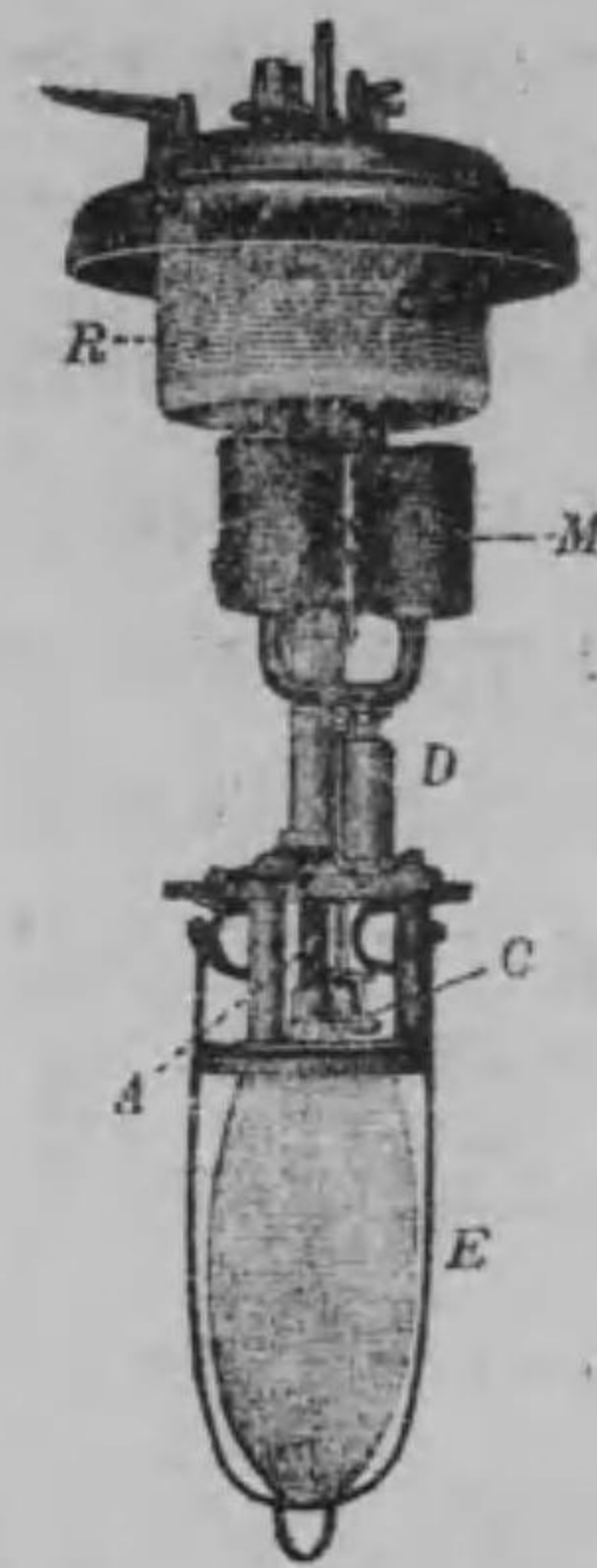
第二百四十四圖  
ヘリヲ交流弧光燈



交流開放弧光燈—交流開放弧光燈は通常直列捲にして供給回路に並列に接續せらる。其一例として廣く使用せられたるヘリヲ弧光燈の構造を第244圖に示す。調整裝置は一個の電磁石及齒車より成り塞流線輪及炭素棒と共に直列回路に接續せらる。調整用電磁石の内部に動く鐵杆は齒車の軸に適合し齒車の軸に懸る鎖は兩端に於て兩炭素棒を支持す。調整裝置の動作は第20圖に示したる者と同じく炭素棒が燃燒消耗するときは炭素棒間の抵抗増加の爲に電流減じて電磁の磁力は減じ是れが爲に鐵杆は下り齒車

を動かす。爰に於て上部炭素棒は降り下部炭素棒は昇り弧光は常に適當の長さに引續き發生す。此理に由て電磁石の吸引力は兩炭素棒及び其支持物との重量の差を引上げるにて足る。此交流弧光燈に於ては兩炭素棒の燃燒相等しくして其上下動亦相等しければ弧光の位置常に一定す。交流弧光燈に於ては炭素棒に火坑を生せざれば下部炭素棒より上方に向て發する光を下方に反射せしむる爲に弧光の上部に瑛瑯を塗りたる金屬板を裝置す。是に因て下方への光を四割増すことを得るなり。此弧光燈に於ても弧光の調整を一様ならしむるが爲にブラッシュ燈に於けるが如く内部に空氣を有する圓筒狀の制動壺を備へ其内部に動く所の槓杆を電磁石の接極子に連結せしむ。是に由て接極子が急に動かんとするも槓杆に由て制動壺内の空氣の壓力に支へられ徐々に移動する便あり。従て炭素棒の昇降徐々にして弧光は一様に發生すべし。此弧光燈は白熱燈と並列に回路に接續し使用するを得るも炭素棒間の電壓は30「ヴォルト」なれば白熱燈回路の通常電壓100「ヴォルト」より降壓せしむるが爲に變壓器を使用す。電流は燈の種類に由て10「アムペア」及15「アムペア」

第二百四十五圖

(甲)  
並列直流閉鎖弧光燈の外觀(乙)  
同前内部

の二種にして炭素棒の大きさは15「アムペア」燈に於ては直徑 $\frac{5}{8}$ 吋長さ $9\frac{1}{2}$ 吋なり。

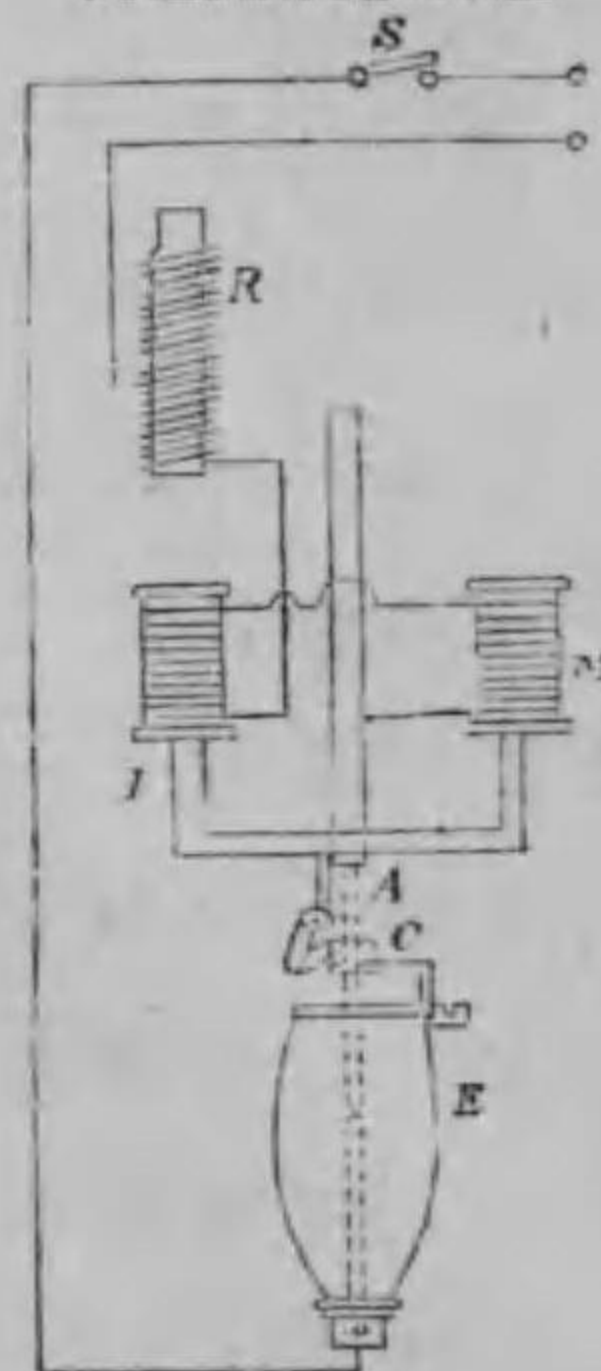
並列直流閉鎖弧光燈—回路に並列に接續せらるる直流閉鎖弧光燈の調整裝置は直列捲にして其外觀は第45圖甲に内部は同圖乙に示す如く電線接續は第246圖に示す如し。調整用電磁石Mは炭素棒に



直列に接続す。Rは抵抗線輪にして陶器製の圓筒に捲かれ電磁石に直列に接続し回路の電壓を點火電壓70「ヴォルト」に降下する爲に用ひられ同時に安定抵抗の効用を爲す之に裸線を用ひ移動接觸片を其表面に摺動せしめて抵抗を加減するを得る設備のものあり。Iは鉄心、Cは嚙合子、Aは炭素棒、Sは開閉器、Dは制動壺にして炭棒

の上下動を平滑ならしむ。Eは内部硝子球にして之には戶外用の燈に於ては透明のもの、戸内用の燈に於ては乳色又は艶消のものを使用し是を下部に

第二百四十六圖  
電線接続圖並  
列直流閉鎖弧光燈



於ては石綿坐金にて臺枠に能く締付け上部に於ては眞鍮製の蓋を密着せしめ其中央にある孔を貫きて炭素棒の上下動を自由ならしむ外部硝子球には通常無色透明の硝子球を使用す。

並列直流閉鎖弧光燈は100「ヴォルト」乃至120「ヴォルト」の白熱燈回路に並列に接続して點火するを得るなり是に要する電流は炭素棒の大きさに由て異なる。米國ゼネラ

ル電氣會社製の燈に於ては次の如し。

電流(アムペア)	炭素棒の直徑(吋)	炭素棒の長さ(吋)	
		上部	下部
5	1/2	12	5
4	7/16	12	5
3.5	3/8	12	5

此燈に於ては下部炭素棒の消耗少き故に使用初めに表に示す如き短きものを使用し第一回の炭素棒取換の際上部炭素棒の燃へ残りを下部に挿入使用し上部炭素棒に新しき12吋のものを使用す以後取換の際順次此くの如くす即ち開放燈に於ては炭素棒取換の際上下二本を要するも閉鎖燈に於ては單に一本を要するのみ。其壽命は75-150時間なれば炭素棒の用量甚だ少し。

直流閉鎖弧光燈には100「ヴォルト」式のみならず220「ヴォルト」電壓にて點火するものあり此種の燈に於ては弧光間の電壓150「ヴォルト」弧光の長さ1 1/2吋電流は2.75「アムペア」を要し炭素棒の直徑は二分一吋なりとす。燈の構造は抵抗線輪制動壺調整用電磁石の大きさを増すのみにて其他100「ヴォルト」閉鎖弧光燈と異なることなし。

並列交流閉鎖弧光燈—並列交流閉鎖弧光燈の調

整装置も直列捲なり米國ゼネラル電氣會社製の並列交流閉鎖弧光燈(第247圖)に於ては調整用電磁石は特製の絶縁物より成る枠に捲かれたる線輪より成り、U字形の磷青銅の彈機にて支持せられ炭素棒に直列に接続せらる。接極子及炭素棒を支持する嚙

第二百四十七圖  
並列交流閉鎖弧光燈



合子にも彈機を備へ接極子より炭素棒に震動を傳へざらしむ炭素棒の上下動を平滑ならしむるが爲に制動壺を用ふること並に内外硝子球使用法等は直流閉鎖弧光燈と異なることなし。塞流線輪は成層鉄心に

捲かれたるものにして調整用電磁石及び炭素棒に直列に接続し燈の上部に三個の螺旋にて支持せられ其不良なる際自由に是を取換へることを得るものとなす。爰に使用せらるゝ塞流線輪は周波數60乃至120の交流回路の電壓100-120「ヴォルト」を弧光の電壓70「ヴォルト」乃至80「ヴォルト」に降下せしめ且電流の不意の増加と光の不同にならんとするを防ぐなり是

に由て此燈を交流白熱燈回路に並列に接続し使用することを得るなり。所要電流は炭素棒の太さに従ひ異なること次の如し。

電流 「アムペア」	炭素棒の直徑 吋	燈の力率 %	皮相電力 「ワット」	眞電力 「ワット」
6	1/2	71.5	625	430-450
7.5	1/2	72	780	562
4	7/16	70	416	292

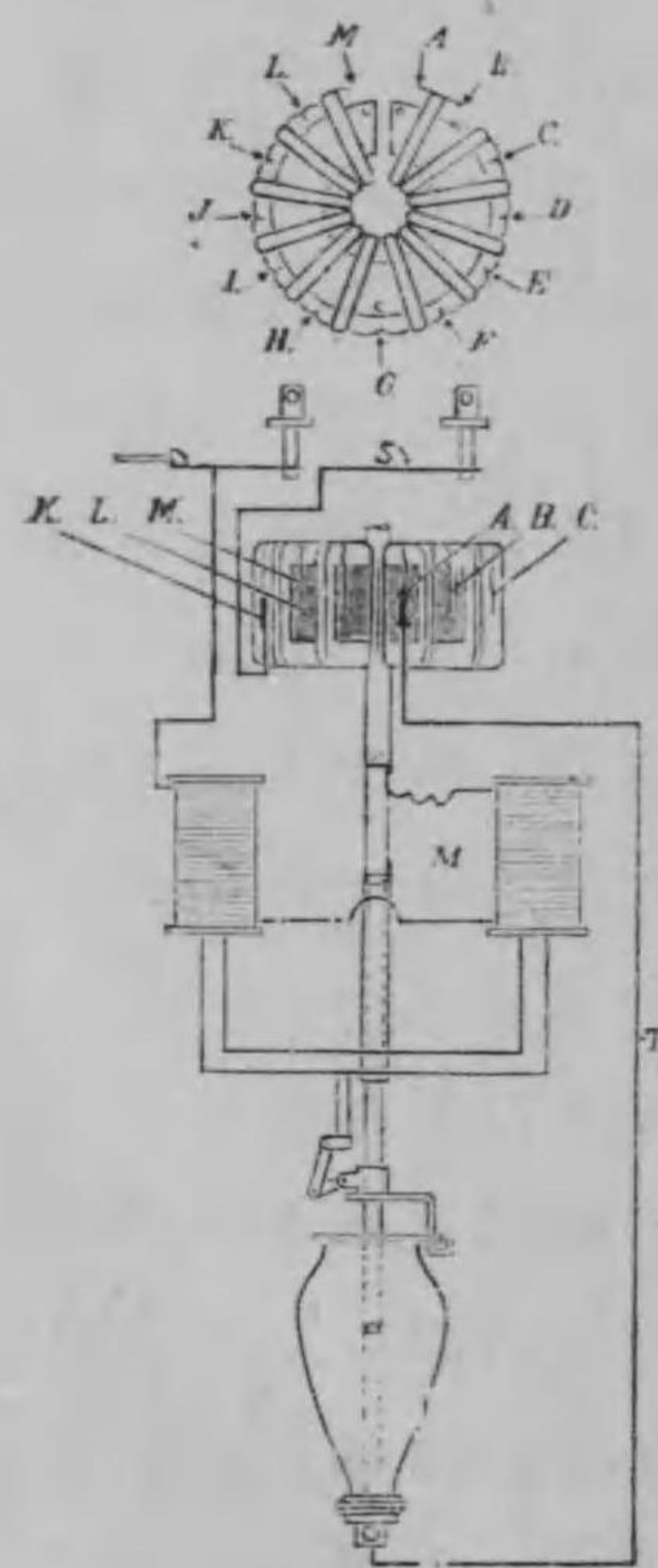
全電力中凡そ35「ワット」は塞流線輪中に熱と成りて消費せらるゝなり。炭素棒の種類は一方に有心炭素棒を用ひ他方に無心炭素棒を用ふ其長さは最初上部に9/8吋の無心のものを用ひ下部に5/8吋の有心のものを用ひ次回炭素棒取換の際上部の無心炭素棒の燃へ残りを下部に用ひ新しき9/8吋の有心炭素棒を上部に用ふ以後取換の際順次斯くの如く爲す。即ち炭素棒取換毎に9/8吋の無心又は有心の炭素棒一本を要するのみなり。炭素棒の壽命は一汎に80-100時間なれども其品質に由て異なる其品質如何に良くも内部硝子球の内面には炭棒の燃焼に由り蒸發する黑色の炭粉附着して光の擴散を妨げるを以て炭素棒取換の際には必ず内部硝子球の内部を清掃するを要す。炭素棒の壽命を短縮せしめざるに就て

は次の條項に注意すべきものとす。

- (一) 燈は必ず寒流線輪にて調整せる交流の周波數及電壓の下に使用するを要す。
- (二) 燈を接続する回路の電壓は成るべく100「ヴォルト」以上ならざるべからず。

第二百四十八圖

並列交流閉鎖弧光燈の電線接続圖



- (三) 内部硝子球は完全にして其蓋は是に密着し上部炭素棒は故障なく蓋の中央の孔を通じて是に觸れることなく自由に動くものなるを要す。
- (四) 總ての可動部分は故障なく動作すべきを要す。

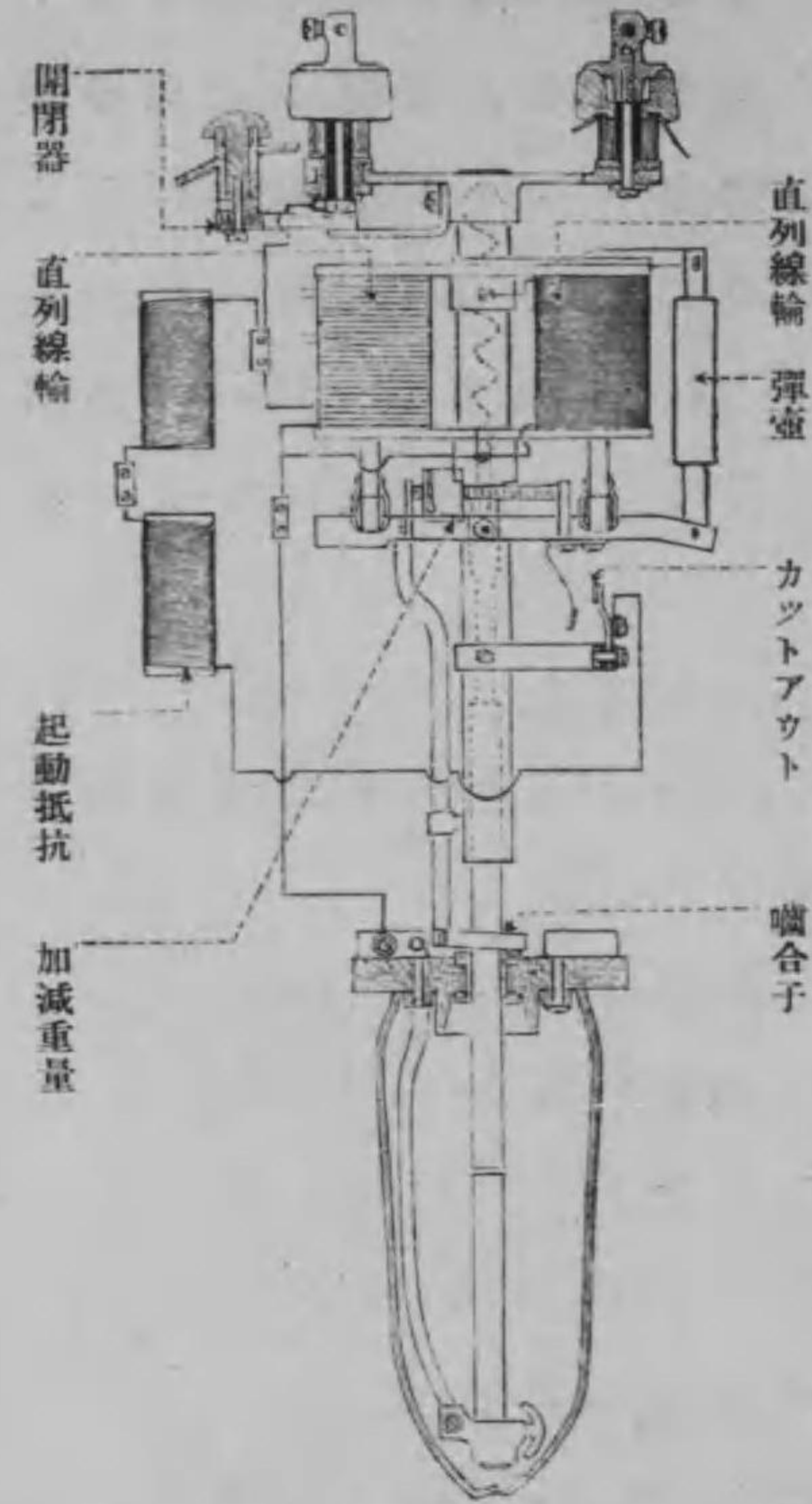
此燈の構造は全體に簡單にして検査及清掃共甚だ容易なり又寒流線輪を抵抗線輪に取換へ接極子全部調整用電磁石を適當のものに取換へるときは直流閉鎖燈とし

て使用することを得べく、是れを逆にし直流燈を交流燈にも容易に變更することを得るなり。ゼネラル電氣會社6「アムペア」交流閉鎖弧光燈の電線接続法は第248圖に示す如し。圖中A Cは寒流線輪にして電磁石M及炭素棒に直列に接続し其線輪の接続數を増減して電壓100-120「ヴォルト」周波數60-120の範圍内に弧光を調整するを得るなり其接続法は次の如し。

- (一) 電壓が104「ヴォルト」なる場合。  
交流の周波數60の時は電線Sを寒流線輪の端子Jに接続す。  
交流の周波數125の時はSをFに接続す。
- (二) 電壓が104「ヴォルト」以下の場合。  
周波數60の時はSをI, H又はGに接続す。  
周波數125の時はSをE, D又はCに接続す。
- (三) 電壓が104「ヴォルト」以上の場合。  
周波數60の時はSをK, L又はMに接続す。  
周波數125の時はSをG, H又はIに接続す。

直列閉鎖弧光燈—不變電流回路に直列に接続して點火することを得る閉鎖弧光燈は重に街路點燈に用ひらる。此燈の調製装置は直列に接続せらるゝ

第二百四十九圖  
直列交流閉鎖弧光燈電線接續圖



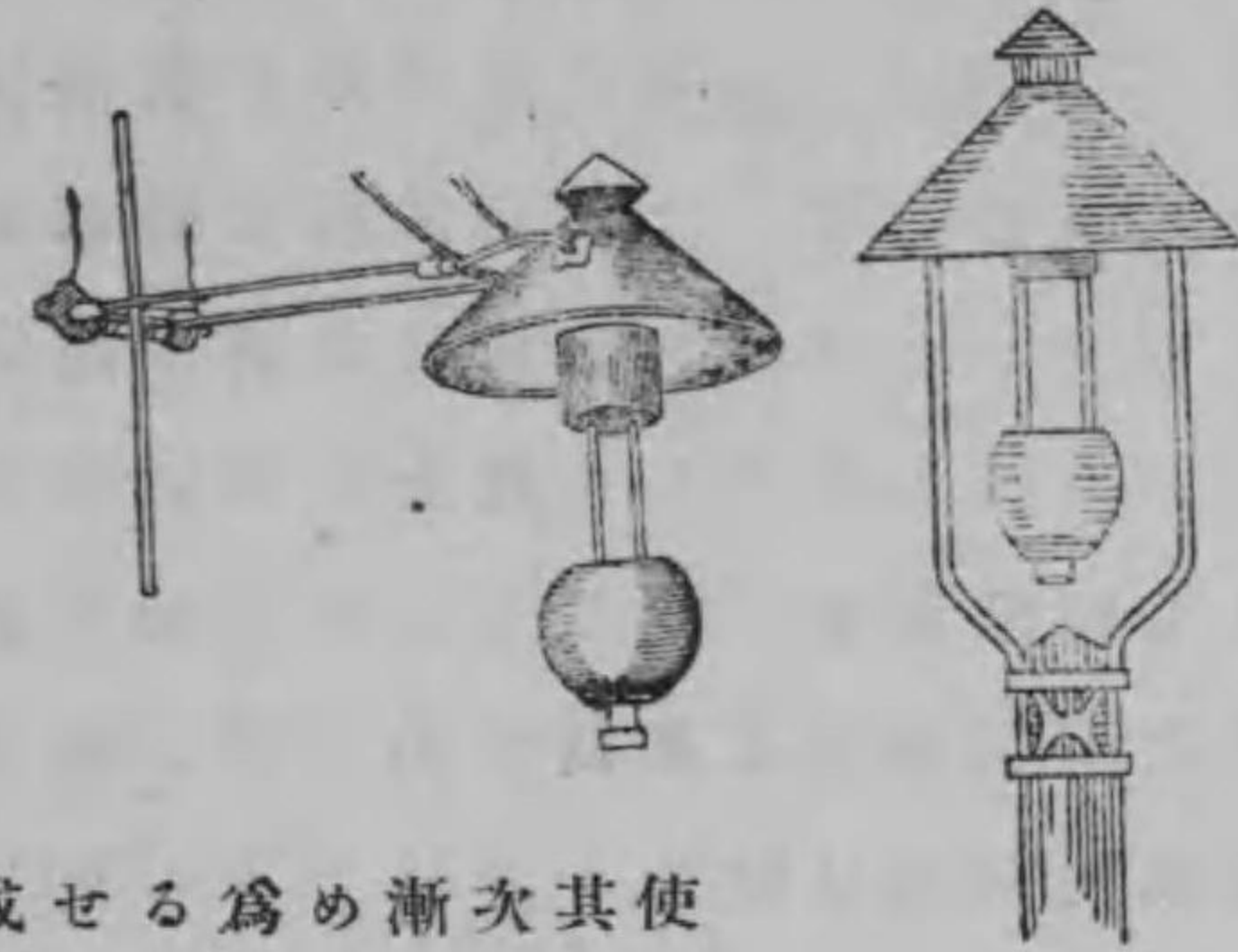
開放燈に於けるが如く差働捲にして並列電磁石及直列電磁石の二個より成り其磁力の差にて接極子及び炭素棒を動作せしめ炭素棒間の間隔即ち弧光の長さを調整するなり。點火電圧は70「ヴォルト」乃至80「ヴォルト」所要電流はゼネラル電氣會社製の直流燈に於ては5「アムペア」及6.6「アムペア」の二種同じく交流燈に於ては6.6「アムペア」及7.7「アムペア」の二種

なりとす。燈の外観電線の接續法及大體の構造は並列閉鎖弧光燈と大差なく炭素棒の大きさは直径 $\frac{1}{2}$ 吋長さ10-12吋其壽命は75-100時間にして其消耗及光の擴散等も並列閉鎖弧光燈と異なる事なし。第249

圖は直列交流閉鎖弧光燈の電線接續を示す。直列閉鎖弧光燈の電源には直流燈に於ては不變電流發電機を用ひ交流燈には不變電流變壓器又は水銀蒸氣整流器を用ふ。然れども近來は不變電流發電機の故障多きと

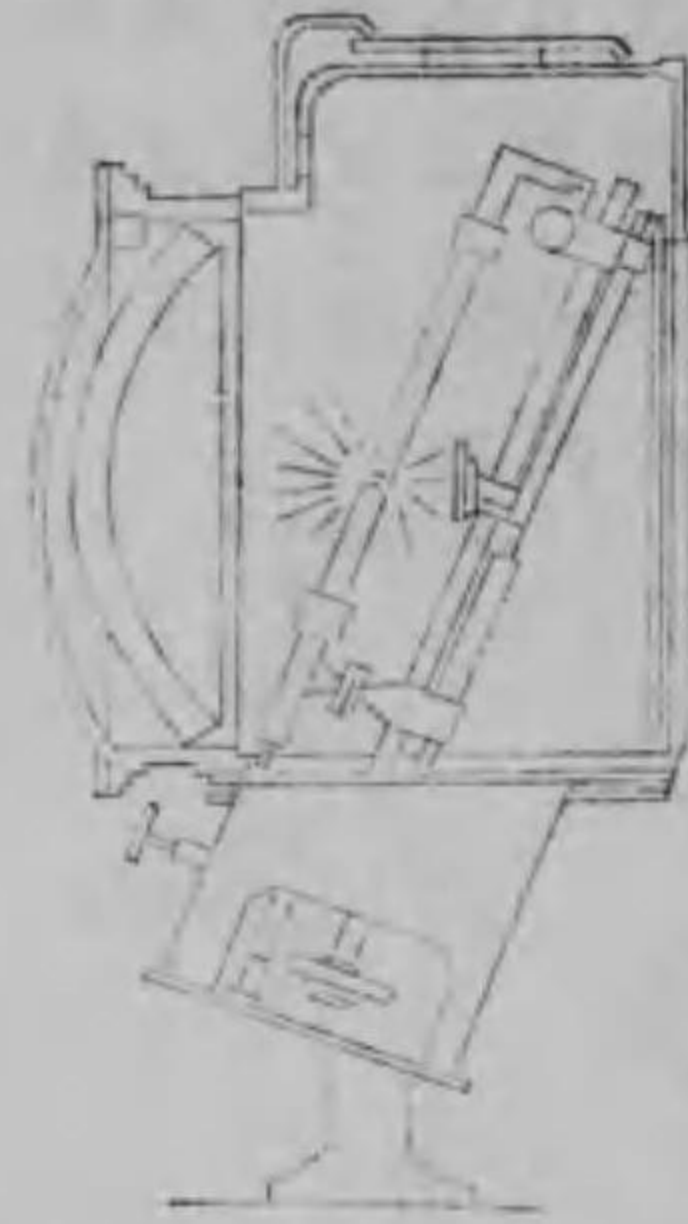
取扱容易ならずして水銀蒸氣整流器の發達したる爲め重に交流燈使用せらるゝに至りしが是亦窒素電燈の完成せる爲め漸次其使用廢止せられ窒素電燈之に代るに至れり。

第二百五十圖  
弧光燈のアラケット (乙) 弧光燈のフード (甲)



弧光燈の設置—弧光燈は重に戸外に用らるゝものなるが是を電柱に取付くるには第250圖に示す如き装置を用ふ。甲を**トップエンド・フード**(Top End Hood)と云ひ電柱頭に取り付け乙を**アラケット**(Bracket)と云ひ電柱に沿ふて取付く共に鐵製なり室内用の弧光燈は雨露に曝されざれば通常其外覆筐に裝飾を

第二百五十一圖  
探照燈



施せり。

探照燈—遠方を強く照すが爲に特種の装置をなせる弧光燈を探照燈(Search Light)と稱す其構造の概略は第251圖に示す如く炭素棒を斜に装置して火坑を前方に向け光を擴散することなく殆んど並行に射出せしむる爲め炭素棒の前面に透明の凸面鏡を具へ後面に反射鏡を装置す。従て

弧光の位置を一定ならしむる爲め調整装置に於ては上下炭素棒は同時に動く様に設備せられるも陽極炭素棒は陰極炭素棒よりも消耗二倍大なるを以て陽極炭素棒の動く速さを陰極炭素棒の夫に二倍大ならしむるか又は陽極炭素棒の大きさを陰極炭素棒の二倍ならしむ。従て調整装置は複雑なり。人爲的に調整を爲す設備のものもあり之には抵抗線輪を炭素棒に直列に接続して調整を行ふ。此燈の目的は成るべく遠方を照らすに在れば大なる炭素棒を用ひ電流も亦通常の弧光燈に比し多量なり砲臺又は軍艦に設備する探照燈は殊に光力強く30ア

ムペア乃至80アムペアの電流を要し炭素棒の大きさは直徑 $\frac{1}{4}$ 吋乃至 $\frac{2}{3}$ 吋長さ15吋なり。三萬燭光乃至五萬燭光と稱するものは能く三哩乃至五哩の遠距離を照らすなり。

炭素棒—弧光燈に使用する炭素棒を製するにはコークス黒煙等に粘着力を有する砂糖又は護謨汁の純粹なるものを能く混和して適當の徑を有する鑄型を通じて水壓機に依て壓出す。之を適當の長さに切り(通常1メートル)其數本を一束とし粘土製の坩堝内に垂直の位置に置き徐々に熱を加へて蒸焼す其最高温度は攝氏1,500度とす。蒸焼したる上は徐々に自然に冷却せしむ之に要する時間は熱を加へ始めてより約36時間なり。斯くして出來上りたるものは適當の長さに切り屈曲なきもの及裂隙なきものを選び使用に供するなり其良好なるものは甚だ硬く金屬に似たり。有心炭素棒を製するには中空の鑄型を用ひて壓出し其中心を通じて軟質の炭素粉及硅酸加里溶液の混和物を充填するなり。炭素棒の品質の良否は弧光燈の動作に著しく關係ありて若し炭素棒が不純物を含むときは弧光の動搖するを免かれず其蒸焼法悪しきときは弧光は甚

しく絲聲を發するか又は焔を發して燃燒す製造材料の配合適當ならざるときは其壽命短きか又は規定以上の赫々たる光を發し照明として光の分配不齊になるべし。殊に交流弧光燈に於ては炭素棒の品質の弧光に對する影響大なれば填重に之を選定すべきものとす。

炭素棒の導電率を増さしめ壽命を長からしむる爲め之に銅鍍金したるものを用ふることあり之は通常の炭素棒より抵抗低く其壽命も長さ12吋のものにて凡そ二時間長く其長さは通常6-18吋にして特別用として30吋のものもあり。鍍金する銅の重量は直径 $\frac{7}{16}$ 吋長さ12吋の炭素棒1,000本に付き1.5-2「ポンド」の割合なるときは其結果良好なり。戶外用弧光燈の場合には光の性質を重要視せざる故に一層壽命を長からしむる爲め銅鍍量を炭素棒1,000本に付き4「ポンド」迄増すなり。

炭素棒の抵抗は大略次に示す如し。

	直径(吋)	長さ(吋)	抵抗(オーム)
通常の炭素棒	$\frac{7}{16}$	12	0.16-0.22
同 上	$\frac{1}{2}$	12	0.14-0.18
銅鍍炭素棒	$\frac{7}{16}$	12	0.05-0.06

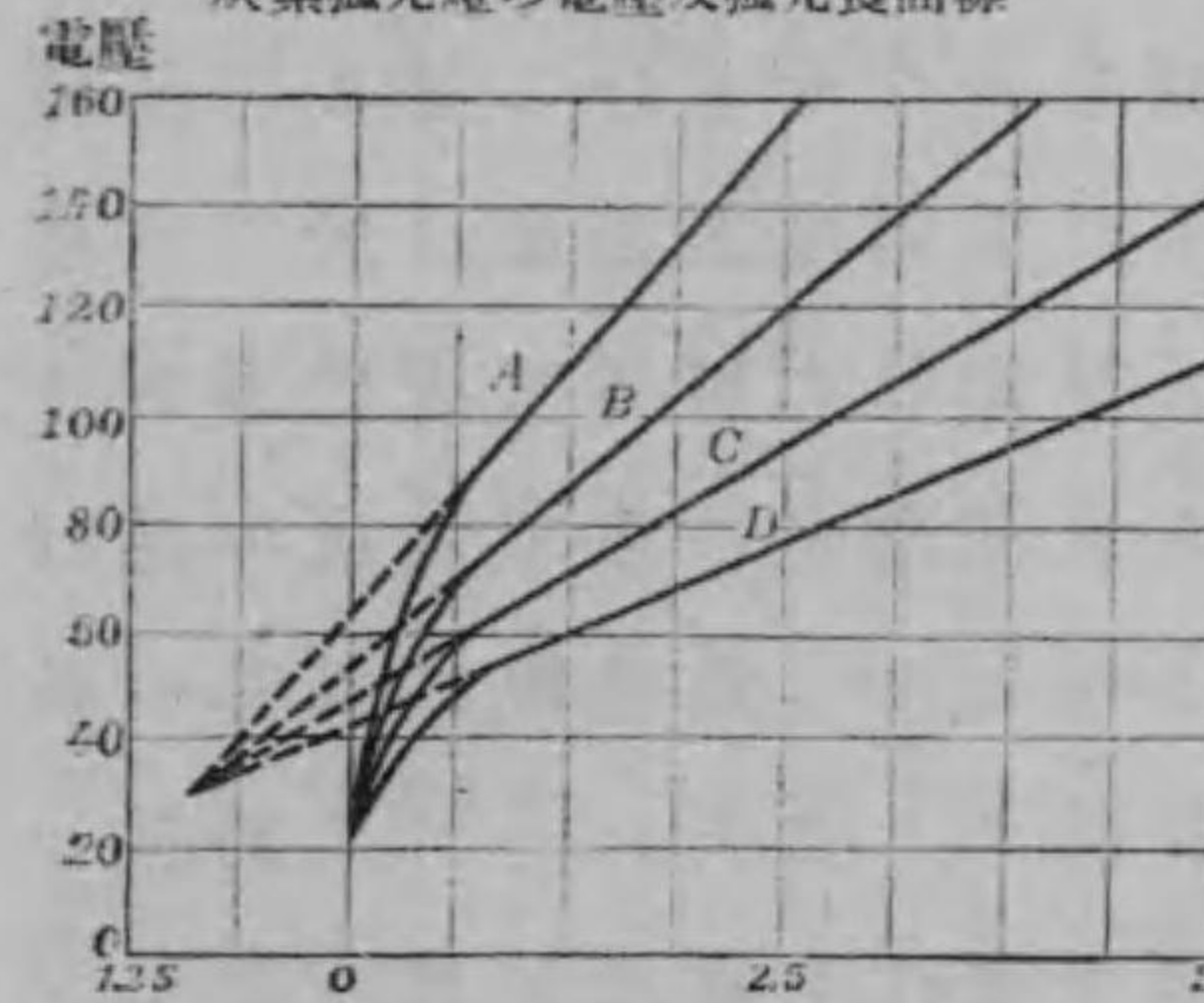
同 上  $\frac{1}{2}$  12 0.04-0.05

炭素棒の燃燒より生ずる殘滓は上部炭素棒の約4%に當る此量少きものは壽命長きも發する光の性質不良にして多きものは壽命短きも光の性質及量共に良好なり銅鍍炭素棒に於ては殘滓全く生ずることなし。

### 第二節 炭素弧光燈の性狀

弧光の長さど電壓及電流との關係—弧光燈に於て弧光の長さ變ずるときは弧光間の電壓及之に通

第二百五十二圖  
炭素弧光燈の電壓及弧光長曲線



弧光の長(センチメートル)  
A は電流 2「アムペア」  
B は 4「アムペア」  
C は 8「アムペア」  
D は 19「アムペア」

する電流從て變ずべく其間に一定の關係あり。弧光を發生するエレクトロードの如何なるものに拘はらず弧光の特性として弧光間の電壓は弧光の長さ増すに従ひ増し電流の増すに従ひ反て減すべし。

恰もネルンスト燈の白熱體の性質の如く、負性の抵抗温度係數を有する導體の性質を現はす。今炭素弧光燈に通する電流を種々に變じ、各電流に對する弧光間の電壓と弧光の長さとの關係を曲線に表せば第252圖に示す如し。即ち弧光の長さが0.6センチメートル以上なるときは電壓との關係は全く直線に示され、電壓は弧光の長さに正比例し、弧光の長さが0.6センチメートル以下なるときは曲線となり、28「ヴォルト」の點に於て各線共に相會す。然るに直線部を延長するときは電壓36「ヴォルト」、弧光の長さ0.838「センチメートル」の點に於て各線共相會す。此電壓中28「ヴォルト」は炭素の蒸氣を發生せしむる爲めと陽極炭素棒を熱する爲めとに炭素棒の表面に於て消費せられ、残り8「ヴォルト」は炭素棒に極めて近き弧光中に於て蒸發せられたる炭素蒸氣に逆て電流が進行する爲めに消費せらるゝなり。此電壓は弧光の長さ及電流に關係なく各種エレクトロードに於て一定し、大氣壓中に於て弧光發生し、弧光の長さを「センチメートル」にて示すときは炭素弧光燈に於ては上記の如く36「ヴォルト」、磁鐵鑛弧光燈に於ては30「ヴォルト」、水銀蒸氣電燈に於ては13「ヴォルト」なり。此一定電壓

を $e_1$ にて表はす。之に由て曲線を式にて示すときは次の如し。

$$e_1 = K_1(l + l_1) \dots\dots\dots(141)$$

式中 $e_1$ は弧光間の電壓

$l$ は弧光の長さ

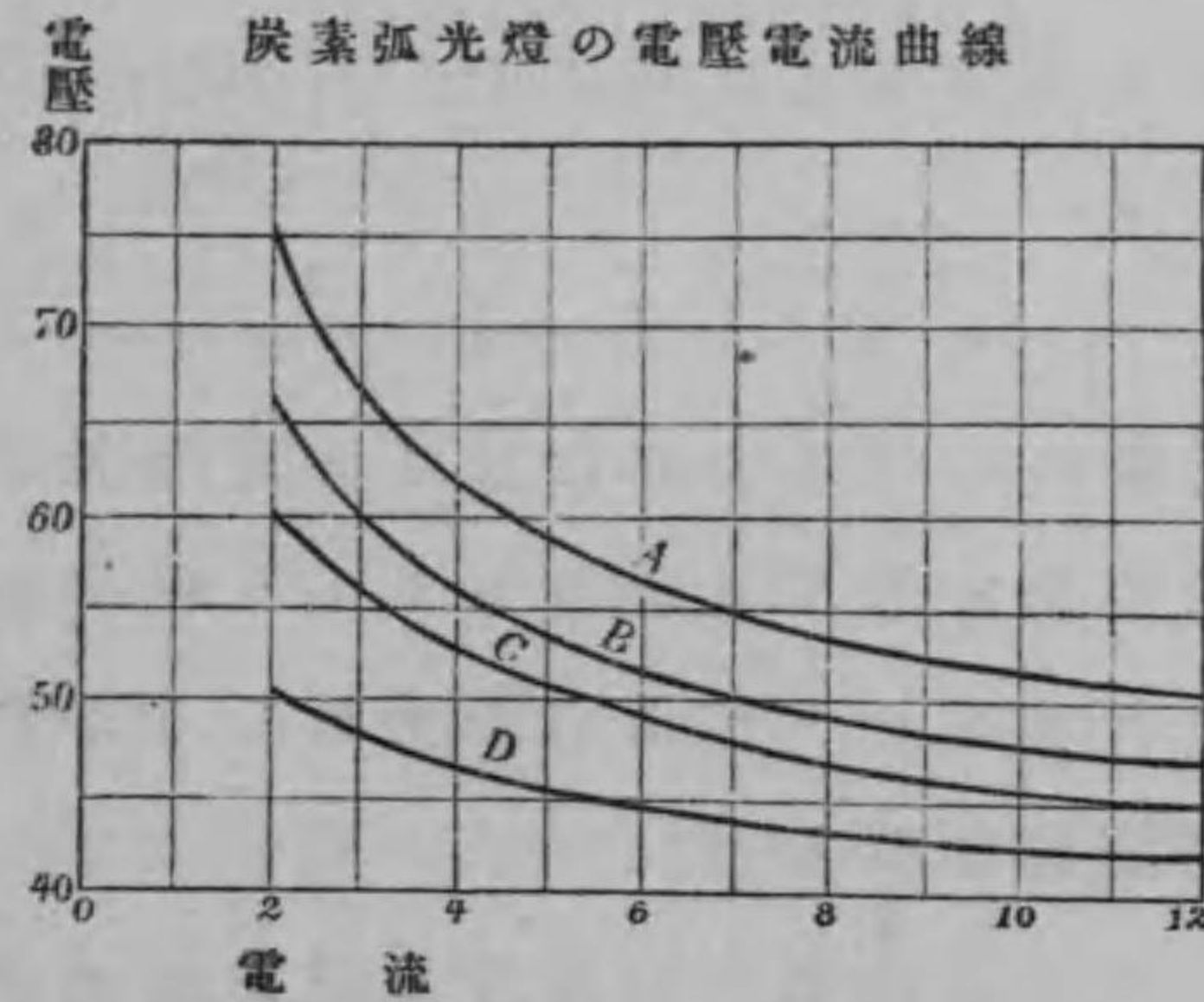
$l_1$ はエレクトロードの種類に由て一定する定數にして炭素棒に於ては上記の如く0.838「センチメートル」なり。

$K_1$ は定數なり。

次に一定の弧光の長さに於て電流の變化に對する

第二百五十三圖

炭素弧光燈の電壓電流曲線



- A は弧光の長さ 4「センチメートル」
- B は同じく 3「センチメートル」
- C は同じく 2「センチメートル」
- D は同じく 1「センチメートル」

電壓の變化を曲線に表はすときは第253圖に示す如し此曲線を式に示せば

$$e_1 i = K_2^2$$

$$\text{或は } e_1 = \frac{K_2}{\sqrt{i}} \dots\dots\dots(142)$$

式中  $K_2$  は定數にしてエレクトロードの種類に由て異なる。以上兩式より弧光間の電壓は電流一定の場合には弧光の長さに殆んど正比例し弧光の長さ一定の場合には電流の平方根に逆比例するを認むべし結局此兩式を合して次の式を得るなり。

$$e_1 = \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} \dots\dots\dots(143)$$

而して弧光を發生する全電壓即ちエレクトロード間の電壓を  $c$  とするときは

$$c = e_0 + e_1 = e_0 + \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} \dots\dots\dots(144)$$

是れ弧光燈に於ける弧光の長さと電壓及電流との關係を示す式にして  $e_0$  はエレクトロードの炭素棒なるやマグネタイト又は水銀蒸氣なるやに由て定れる一定消費電壓なり。

今電流  $i$  が炭素蒸氣中を通するに由て消費せらるゝ電力を  $w_1$  とすれば

$$w_1 = e_1 i$$

炭素の蒸氣を作り陽極炭素棒を熱する爲めに消費せらるゝ電力を  $w_0$  とすれば

$$w_0 = e_0 i$$

$w_1$  中の大部分は弧光としての發光輻射を爲すに消費せられ残りの一部分は熱の傳導及對流を爲すに消費せらるゝものなる故に一般に弧光の表面積に正比例すべし然るに表面積は弧光の長さ及直徑に正比例し直徑は弧光の切斷面積の平方根に正比例し通過電流は切斷面積に正比例するを以て結局  $w_1$  は弧光の長さ及通過電流の平方根に正比例す尤も其一部分の熱の傳導及對流を爲すに消費せらるゝ部分を弧光の長さに換算して  $l_1$  とすれば

$$w_1 = K\sqrt{i}(l+l_1)$$

然るに  $w_1 = e_1 i$

$$\text{由て } e_1 = \frac{K\sqrt{i}(l+l_1)}{i} = \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} \dots\dots\dots(145)$$

即ち第143式と一致す  $K$  は炭素弧光燈に於ては35磁鐵鑛弧光燈に於ては31なり。

弧光燈に於て消費せらるゝ(調整裝置に於けるものを除き)電力を  $w$  とすれば

$$w = w_0 + w_1 = e_0 i + K\sqrt{i}(l+l_1) \dots\dots\dots(146)$$

式中  $e_0, K$  及  $l_1$  は屢々記する如く定數なり。



弧光の安定—第144式に於て認むる如く電流*i*が零なるときは電圧は無限大となる。元來弧光燈に於てエレクトロードが離れて居る場合には其空間に電流を導くべき蒸氣存在せざるときは抵抗殆んど無限大にして電流の通過なし。即ち逆に電流零なるときは電圧は無限大にしてエレクトロード間に破壊的放電を行ふ程度の電圧を加へざれば電流は通せざるなり。若しエレクトロード間に電流が些少にても流通するときはエレクトロードの蒸氣生じて抵抗を減ずる故に電流は増し。電流増せば電圧は減ずべし(第144式に於て明かなり)。若し不變電圧回路より電流供給せらるゝ場合なればエレクトロード間の電圧減するに従ひ電流は益々増し。愈々電圧を減せしめ相遞加して電流は非常に増し。遂には電圧は零になるべし。又之と反對に電流が減るときは電圧は増して電流を減せしめ其作用遞加して電流は零となるべし。此作用は恰もネルンスト燈の輻射體の有する性質に於ける如く。弧光は安定なること能はず。之を安定ならしむるには抵抗温度係數の正號なる金屬線抵抗を接続するに在り。是れ即ち供給回路に並列に接続せらるゝ弧光燈に安定抵抗

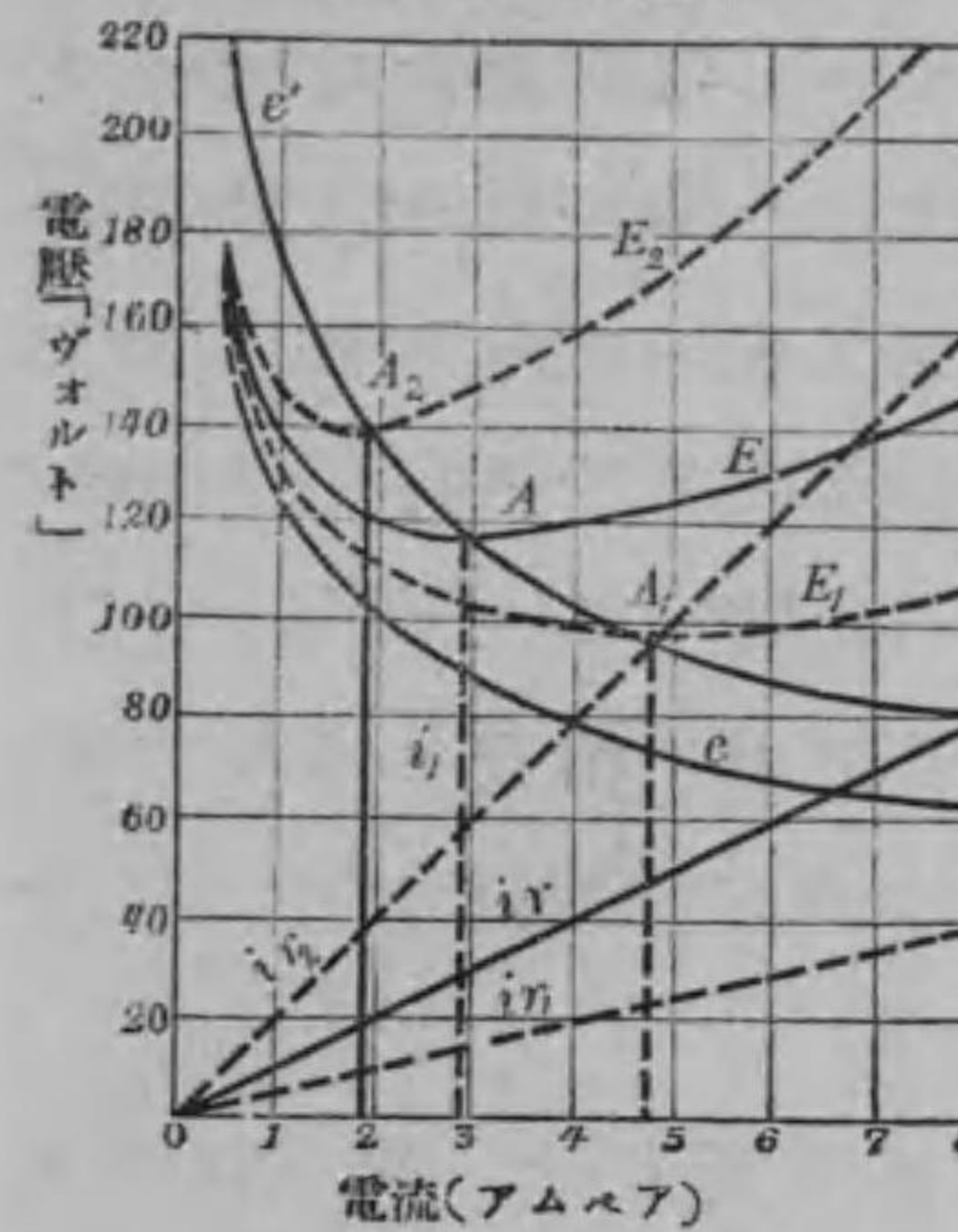
を接続する所以なり。

弧光の安定の爲めに接続する抵抗を *r* とし總電圧を *E* とすれば第144式は次の如く變ず。

$$E = e_0 + ir + \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}} \dots\dots\dots (147)$$

*r* 及 *l* を一定とし *E* と *i* との關係を曲線に表はせば第254圖に示す如く。Eは *i* の或る値迄は *i* の増すに従

第二百五十四圖  
弧光燈の安定曲線



ひ減じて弧光は不安定なれども夫より後は電流の増すに従ひて増し弧光安定となるべし。其境界點に於ける電流 *i*<sub>0</sub> は *E* を *i* に對し微分して次の如く得らるべし。

$$i_0 = \left\{ \frac{K(l+l_1)}{2r} \right\}^{2/3}$$

$$\text{又は } r = \frac{K(l+l_1)}{2 \cdot i_0^{3/2}} \dots\dots\dots (148)$$

之れ安定抵抗を示す式なり。此値を第147式の *r* に代置するときは安定抵抗を接続したる場合の境界點に於ける電圧及電流の關係を示す。即ち

$$E_0 = e_0 + \frac{3}{2} \cdot \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i_0}} \dots\dots\dots (149)$$

第143式及第144式より第145式は次の如く變すべし。

$$E_0 = e + \frac{e_1}{2} \dots \dots \dots (150)$$

即ち圖に於て曲線  $e$  は第144式の電壓電流曲線にして  $e_1$  は接続すべき安定抵抗(第148式)の電壓電流線なり。若し此抵抗より小なる  $e_1$  を接続するときは電壓電流曲線  $E$  は  $E_1$  となり、弧光安定の境界點は  $A$  より  $A_1$  に移る。此等の點を接続したる曲線は圖に於て  $e$  にて示され此150式にて示さるゝものにして之を安定曲線と云ふ。其形狀は式より認むる如く曲線  $e$  に平行す。第150式に依て弧光燈の或る電流に對する安定電壓及安定抵抗を知ることを得べし。例へばエレクトロード間に加ふる電壓  $e$  を 80「ヴォルト」とし其内  $e_1 = 36$ 「ヴォルト」とし弧光中に消費せらる電壓  $e_1 = 44$ 「ヴォルト」とすれば安定電壓は

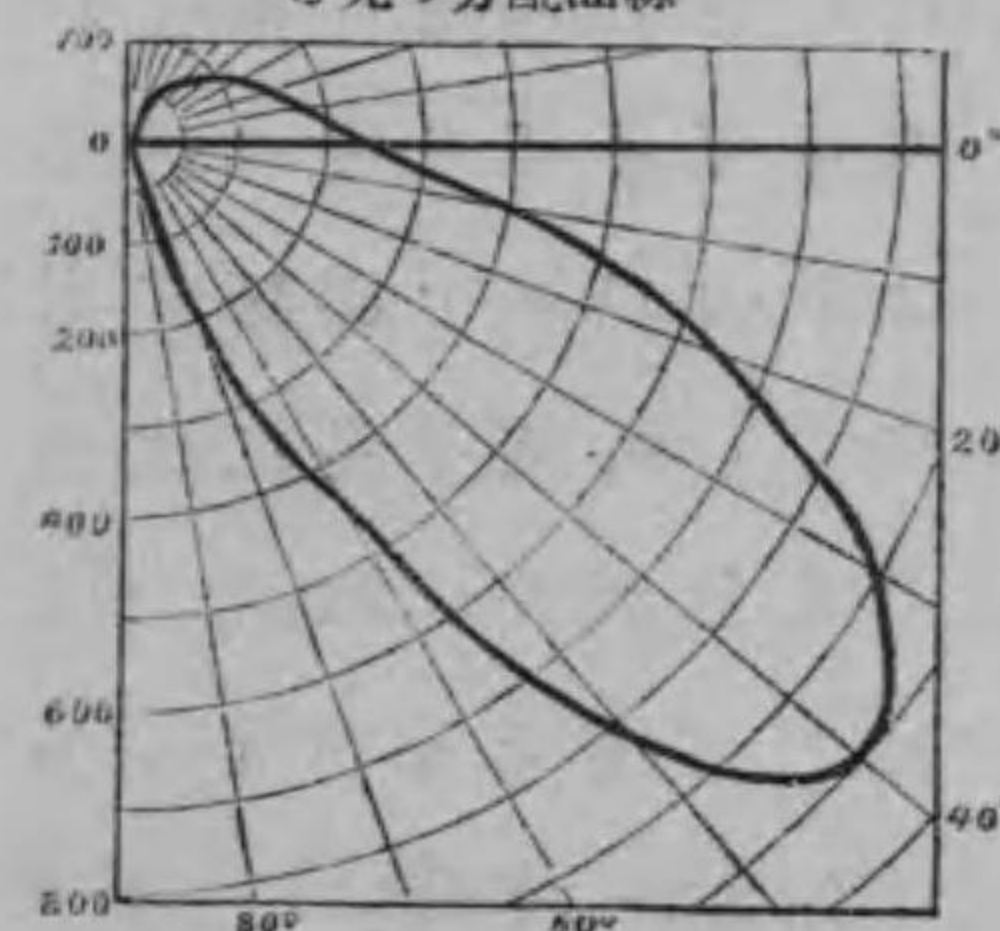
$$E_0 = 80 + \frac{44}{2} = 102 \text{「ヴォルト」}$$

なるを要す之に由て此電壓を弧光燈の端子に加へ  $102 - 80 = 22$ 「ヴォルト」を消費すべき抵抗線を接続すべきものとす。電流を 5「アンペア」とすれば所要抵抗は  $\frac{22}{5} = 4.4$ 「オーム」なり。

炭素弧光燈の光の分配 — 弧光燈より發する光の分配は白熱燈に於けるよりも總ての方向に向て甚

しく異なる。例へば直流燈に於ては陽極炭素棒の火坑に於て全光束の 85% 發せられ、弧光に於て 10% 陰極炭素棒に於て 5% 發せらるゝ割合なれば、直流弧光に於ては火坑より反射する方向即ち水平面に下方 45 度の角度を爲す方向に於て最も強き光發せられ、交流弧光に於ては水平面に上方及下方 60 度の角度を爲す二方向に於て最光度の光發せらる。且又光の分配は炭素棒の上下動調整の良否、硝子球及炭素棒の性質に由て異なる。實驗に徴するに炭素弧光燈の平均球面燭光は最大水平燭光の  $\frac{1}{4}$  に平均水平燭光の  $\frac{1}{2}$  を加へたるものに等しく、凡そ最大燭光の  $\frac{1}{5}$  に等し、又平均水平燭光は最大燭光の  $\frac{1}{5}$  乃至  $\frac{1}{10}$  に等

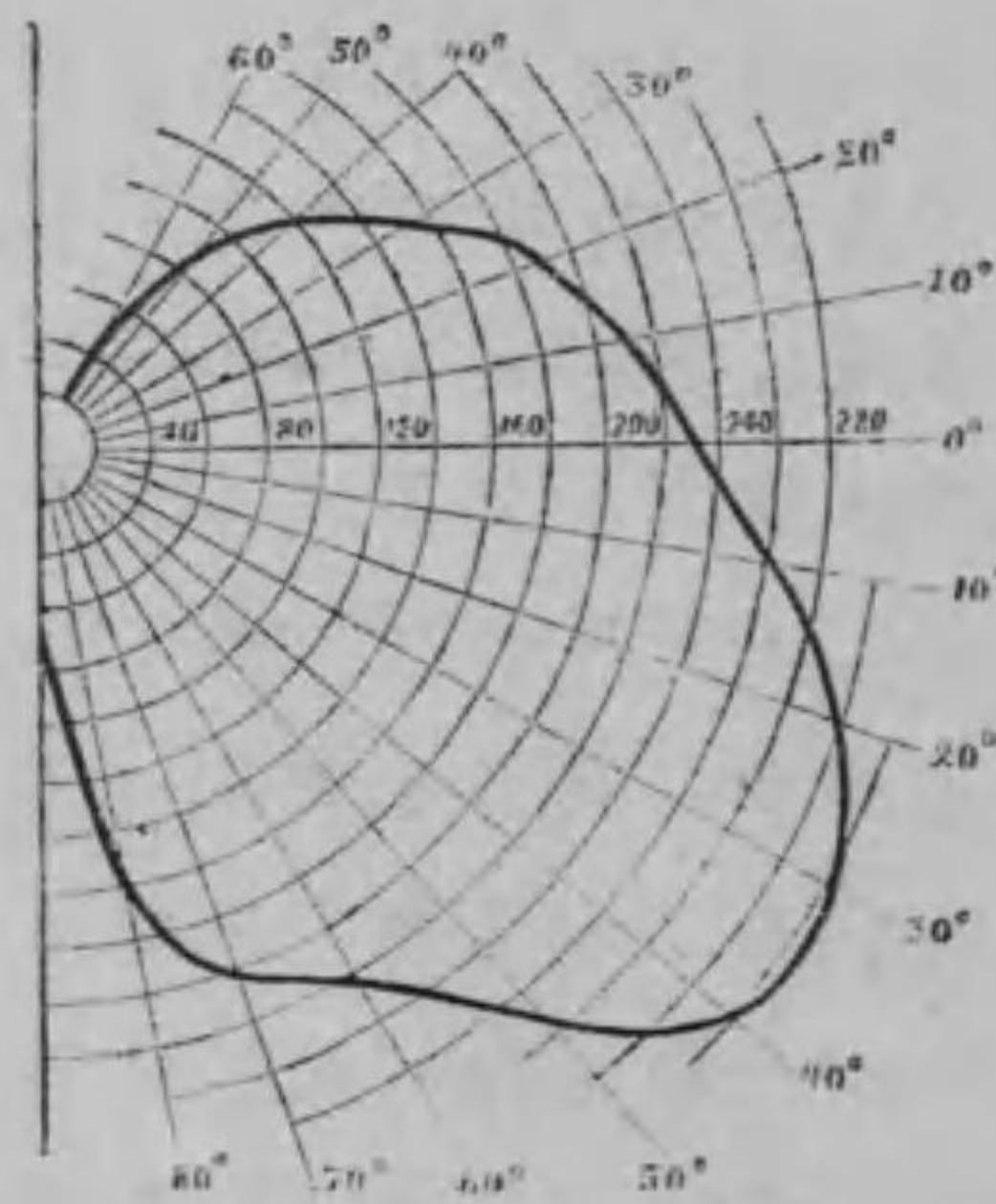
第二百五十五圖 開放弧光燈の垂直面に於ける光の分配曲線



し。通常呼稱する弧光燈の燭光は商業上便利の爲めに用ひる公稱のものにして平均球面燭光に非ず。品質最良の炭素棒を使用して調整最も良き場合に發生する弧光の最大燭光を謂ふなり。例へば 2,000 燭光弧光燈と稱するものは其平均球面燭光は實際 600

燭光に過ぎずして最大燭光が2,000燭光なるものなり。第255圖に示す曲線はウイヴァー氏(Weaver)が二十六種の開放弧光燈に就き測定したる垂直面に於ける光の分配の平均を示す。圖中曲線の半径は垂直面中種々の角度に於ける燭光を示し、水平線に對し下方40度の方向に於て最大燭光を示せり。即ち最大燭光を示す角度は水平線より遠ざかり光の分配が狭く橢圓形に限らるゝを以て、弧光燈の近傍に於ては光度強きも是れより少しく距るときは著しく減するを認むべし。是に由て戸内用開放弧光燈に於ては下方炭棒を陽極炭素棒とし火坑を是に生せしめ、上方に向て發する多量の光を天井に取付たる反射笠にて更に下方に反射せしめ、燭光及び光の分配を増加せしむることあり。閉鎖弧光燈より發する光の分配は稍一様なること第256圖の曲線に示す

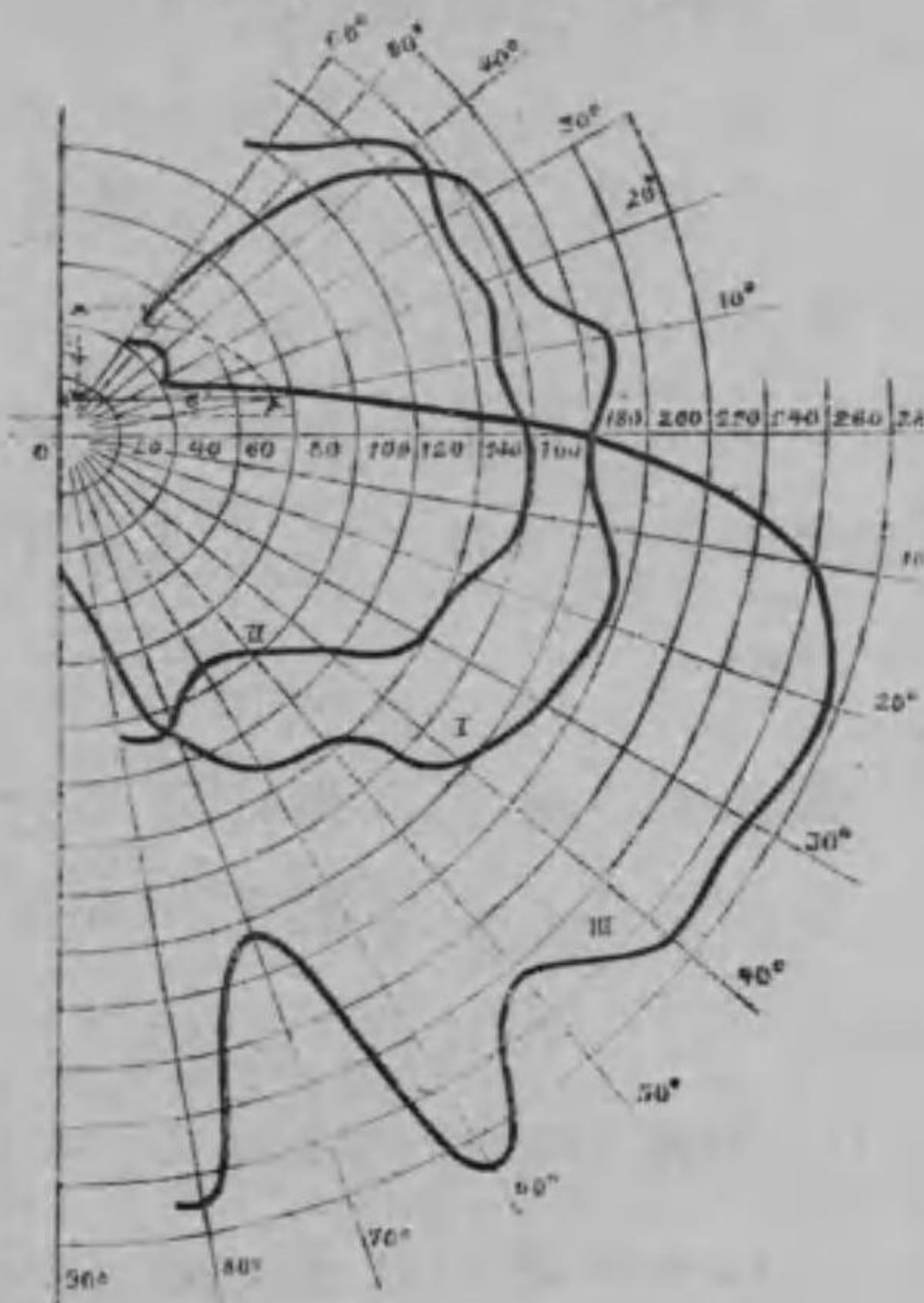
第二百五十六圖  
直流閉鎖弧光燈(五百三十ワット)  
の光の分配曲線



が如く、光度圏は稍々圓形に近く水平線に近付くも光度の減少すること少し、其最大燭光は同一電力を要する開放弧光燈の最大燭光に比し少けれども、光の分配廣きに由て實用上便宜甚だ多し。第256圖の曲線は5「アムペア」直流閉鎖弧光燈の十二種類(内部硝子球は乳色)に就き測定したる光の分配の平均を示すなり。

交流閉鎖弧光燈に於ては炭素棒に火坑の生せざるが爲に、光は水平面上に向て多く射出するを以て、反射笠を取付け、光を水平面以下に向て反射せしむるを通常とす。第257圖の曲線は硝子球を異にせる三種の交流閉鎖弧光燈より發する光の分配を示す。第一は外部硝子球のみ艶消しのもの

第二百五十七圖  
交流閉鎖弧光燈の光の分配曲線



交流閉鎖弧光燈に於ては炭素棒に火坑の生せざるが爲に、光は水平面上に向て多く射出するを以て、反射笠を取付け、光を水平面以下に向て反射せしむるを通常とす。第257圖の曲線は硝子球を異にせる三種の交流閉鎖弧光燈より發する光の分配を示す。第一は外部硝子球のみ艶消しのもの

を用ひ第二は内部及外部硝子球共に透明なり第三は外部硝子球を用ひずして圖中點線にて示すが如き形狀の陶器の笠を用ひたるなり此場合には圖に於て認むるが如く光の分配著しく良好なり

斯くの如く閉鎖弧光燈は開放弧光燈に比し光を良く擴散して一樣ならしむるを以て開放燈に代り廣く使用せられたるなり。

上文の如く弧光燈の光度は方向に由て甚しく異なるを以て之を格定するに燭光を以てせずして之に要する電力又は電流を以てするを通常の方法とす例へば5「アムペア」直流閉鎖弧光燈又は6「アムペア」交流閉鎖弧光燈と稱するが如し。

炭素弧光燈の能率—弧光より發する光は日光に近似すれども青紫等の分子を含む故に其色は青味を帶ぶ。其能率は白熱燈に比し甚だ高く供給せらるゝ全電力の10%乃至15%が光となりて現はるゝものなれども弧光燈としては硝子球の使用に由て光の幾部分を吸收せらるゝを免かれず。殊に閉鎖弧光燈に於ては内部硝子球を用ひ回路の電壓を弧光の電壓に適する様抵抗線輪又は塞流線輪に由て降

壓せしむるが爲に電力無益に消費せられ能率は著しく減少す。元來内外硝子球の光輝吸收力は透明硝子に於て10%、艶消硝子に於て15%、乳色硝子に於て30-50%にして電力の消費は凡そ30%なれば弧光燈の能率は弧光其ものゝ能率高きに拘はらず低く、數字上第64表に示すが如し。即ち弧光燈の能率は白熱燈に比し優れども同一電力にて弧光燈を點するよりも多數の白熱燈を點じて能き照明を得る場合あり。去れども弧光燈は白熱燈よりも白色の光を發

第 六 十 四 表

炭素弧光燈の能率表	
弧光燈の種類	毎平均球面燭光に要する「ワット」
直流開放燈	1.0
同 上(笠の取付あり)	1.3
交流開放燈	1.7
同 上(笠の取付あり)	2.2
直流閉鎖燈(外部硝子球なし)	2.4
同 上(透明外部硝子球あり)	2.9
同 上(乳色外部硝子球あり)	3.3
交流閉鎖燈(外部硝子球なし)	2.5
同 上(透明外部硝子球あり)	3.0
同 上(乳色外部硝子球あり)	3.6
直列直流閉鎖燈	1.9
直列交流閉鎖燈	2.1

し其近傍に於ては赫々たる光を發するを以て街路又は工場内の如き廣き屋内の點燈に適する場合あり。開放弧光燈は閉鎖弧光燈に比し能率高きも、光の分配一樣ならざるを以て屋内用

には適せざるなり。

元來炭素弧光燈の能率は弧光の短きに從ひ良好な

れども、餘り短きときは、下方の炭素棒は上方炭素棒より發する光の一部を遮蔽して陰影を大ならしめて反て能率を低下せしむべし。閉鎖弧光燈に於ては弧光の長さ開放燈に於けるも長く、且つ外部硝子球使用せられ、炭素棒端比較的扁平にして光を多く遮斷する爲め、開放燈に比し能率低きを免かれざるなり。今能率と弧光の長さとの關係を見んに、弧光より發する光は其長さ及電流に正比例するものとせば、

$$P = K' l i \dots\dots\dots(151)$$

式中 P は弧光燈の光度を示し、K' は定數なり、弧光に消費せらるゝ電力を  $w$  とすれば

$$w = e i$$

然るに  $e = e_0 + \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}}$

此二式より

$$l + l_1 = \frac{1}{K} \left( \frac{w}{\sqrt{i}} - e_0 \sqrt{i} \right)$$

然るに  $l_1$  は  $l$  に比し小なれば之を閉却して

$$l = \frac{1}{K} \left( \frac{w}{\sqrt{i}} - e_0 \sqrt{i} \right)$$

此値を第151式の  $l$  に代置すれば、

$$P = \frac{K'}{K} \left( w \sqrt{i} - e_0 i \sqrt{i} \right) \dots\dots\dots(152)$$

此式に於て光度 P の最大値は微分法に由り之を  $i$  に對し微分し得たる値を零に等しとし得たる

$$i = \frac{2w}{3e_0}$$

の場合なり。

之を第152式の  $i$  に代置すれば

$$P = \frac{K'}{K} \left( w \sqrt{\frac{2w}{3e_0}} - e_0 \frac{2w}{3e_0} \sqrt{\frac{2w}{3e_0}} \right)$$

$$P = \frac{2}{3} \frac{K'}{K} \sqrt{\frac{2w^3}{3e_0}} \dots\dots\dots(153)$$

之れ弧光燈の最大光度を示すべき式にして弧光の長さは  $l$  の式に  $i = \frac{2w}{3e_0}$  を代置したるものなり。即ち

$$l = \frac{1}{K} \left( \frac{e i}{\sqrt{i}} - e_0 \sqrt{i} \right)$$

$$= \frac{\sqrt{i}}{K} (e - e_0)$$

$$= \sqrt{\frac{2w}{3e_0}} \left( \frac{e - e_0}{K} \right) \dots\dots\dots(154)$$

例を以て説明せん  $w = 500$  「ワット」,  $e_0 = 36$ ,  $K = 35$  なる炭素弧光燈に於ては最高能率を得る電流は

$$i = \frac{2w}{3e_0} = \frac{500}{3 \times 36} = 4.63 \text{ 「アムペア」}$$

之に由て  $e = \frac{500}{4.63} = 108$  「ヴォルト」

實際に於ては斯くの如き電壓を加ふるを得ずして、之より低下したる電壓にて點火せしむるなり。

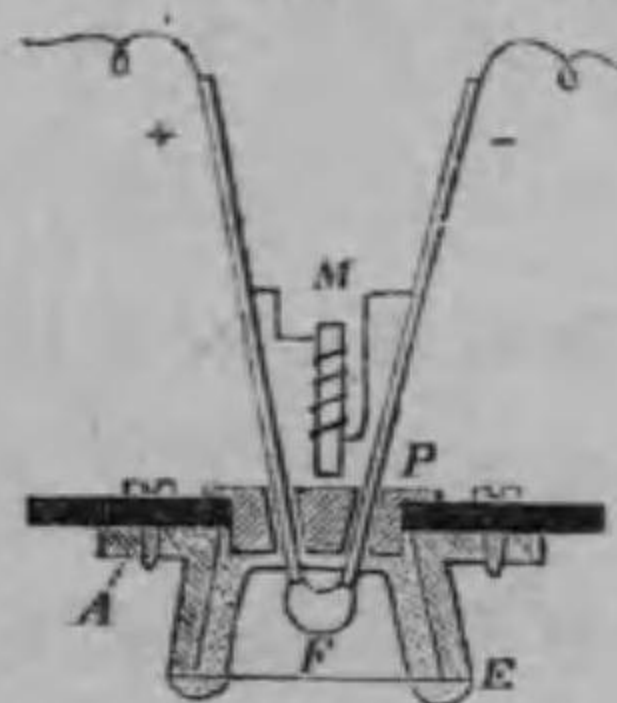
### 第三項 發焰弧光燈

發焰弧光燈—炭素弧光燈に於て或る化合物を浸滲せしめたる炭素棒を用ひるときは、炭素の蒸發盛になり、電弧の大きさ及光輝の増すこと、已に 1890 年以來學者に依て唱へられ、獨逸國ネハイム (Neheim) のヒューゴ・ブレマー氏 (Hugo Bremer) は浸滲劑としてカルシウム、マグネシウム、硝子等の金屬鹽類を用ひしも、一樣なる混合物を得難く且つ其混合物が燃焼の際固形體と成りて炭素棒の上に凝結し絶縁性の被覆を作る爲めに電流の永續せざることを認め、之を除く爲めには弧光燈の構造複雑となるを免かれざりしより、中心に粉末の炭素と金屬鹽類とを混和したるものを充填したる有心炭素棒を使用せり。此方法に由て炭素棒移動の調整も容易になり炭素棒の燃へ滓の生成より生ずる障害除去せられたり。此くの如く金屬鹽類を心とせる有心炭素棒をエレクトロードに用ひるときは、弧光の長さは通常の炭素弧光燈に於けるよりも増して其光度強く、全光の 75% は發光する蒸氣の發光輻射に由り、残りの 20% は陽極炭素棒より 5% は陰極炭素棒より發する熱

輻射に由る。之れ金屬鹽類が蒸氣と成りて弧光中に存在し發光するに由る。之に由て此種の弧光燈を發焰弧光燈 (Flaming Arc Lamp) と稱し、前記のブレマー氏に依て 1890 年に創造實用に供せられ、其後各種のもの製造せられたり。

發焰弧光燈の構造—ブレマー氏最初の發焰弧光燈は大略第 258 圖に示す如し、最初は兩炭素棒は上下垂直の位置に裝置せられしも、其心を爲す金屬鹽類の不導體なる爲め、炭素棒の燃滓即ち金屬の酸化物も不導體にして之が下部炭素棒上に停留するとき、弧光の發生をして不安定ならしむるに由り、二本の炭素棒を傾け、下端に於て V 字形に相對向せしめ

第二百五十八圖  
ブレマー發焰弧光燈の裝置



其處に於て弧光を發生せしむること圖に示す如く變更せられたり。此裝置に依るときは炭素棒の燃滓は弧光部に残留せずして下方に落下すべく、其發する光は遮らるゝものなく全部直下に於て發散する故に弧光燈の直下が照明最も大なるべし。

第 258 圖中 F は電弧にして炭素弧光燈の夫に比し長

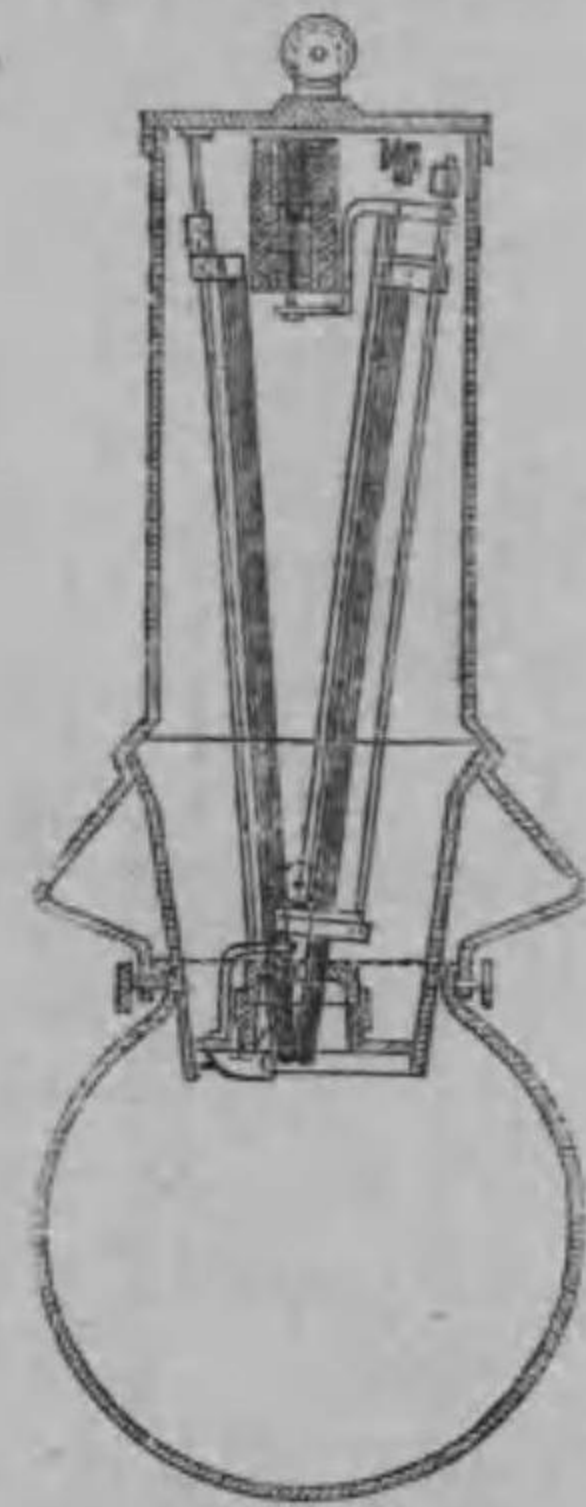
し、Eは**エコノマイザー** (Economizer) と稱し、中空の圓錐狀を爲す金屬體 Aより成り、陶器製の板 Pを支持す。Pに二個の孔ありて炭素棒を貫通せしむるなり。Aの内面は耐火質の白色陶土を以て被はる。點火中 Fより發する燃滓の幾分は Aの内面に附着し、其色白き爲めに弧光を反射し、下方への光の分配を増加せしむ。且つ弧光部の熱は Aに被はれ四方へ傳播せずして集中するのみならず、氣流を遮り弧光の動搖を防ぐを以て弧光の能率を高め、炭素棒の壽命を伸長せしむ。之に由て此装置をエコノマイザーと稱するなり。

弧光の炭素棒に沿ひ昇らんとするを防ぎ、電弧を常に V字形の下端に於て生せしむる爲めに Mなる電磁石を用ひ、之を弧光に並列に接続し、之より生ずる磁界に由て弧光を常に下方に彎曲せしむ。此作用により弧光の長さ増加す。此電磁石線輪を吹下げ線輪 (Blow-down Coil) と云ふ。發焰弧光燈にも炭素弧光燈に於けると同様に開放型及閉鎖型直流式及交流式並列接続型及直列接続型の種類あり。是等各種弧光燈の電氣的構造は大差なきも、機械的構造は甚しく異なる。炭素棒の移動を制御する調整装置

の種類に従て之を次の如く種別す。

- (一) 重力に依る調整装置を有するもの
- (二) 嚙合子機構に依る調整装置を有するもの
- (三) 時計仕掛に依る調整装置を有するもの
- (四) 熱線に依る調整装置を有するもの
- (五) 電動調整装置を有するもの

第二百五十九圖  
重力調整装置を有する發  
焰弧光燈の構造



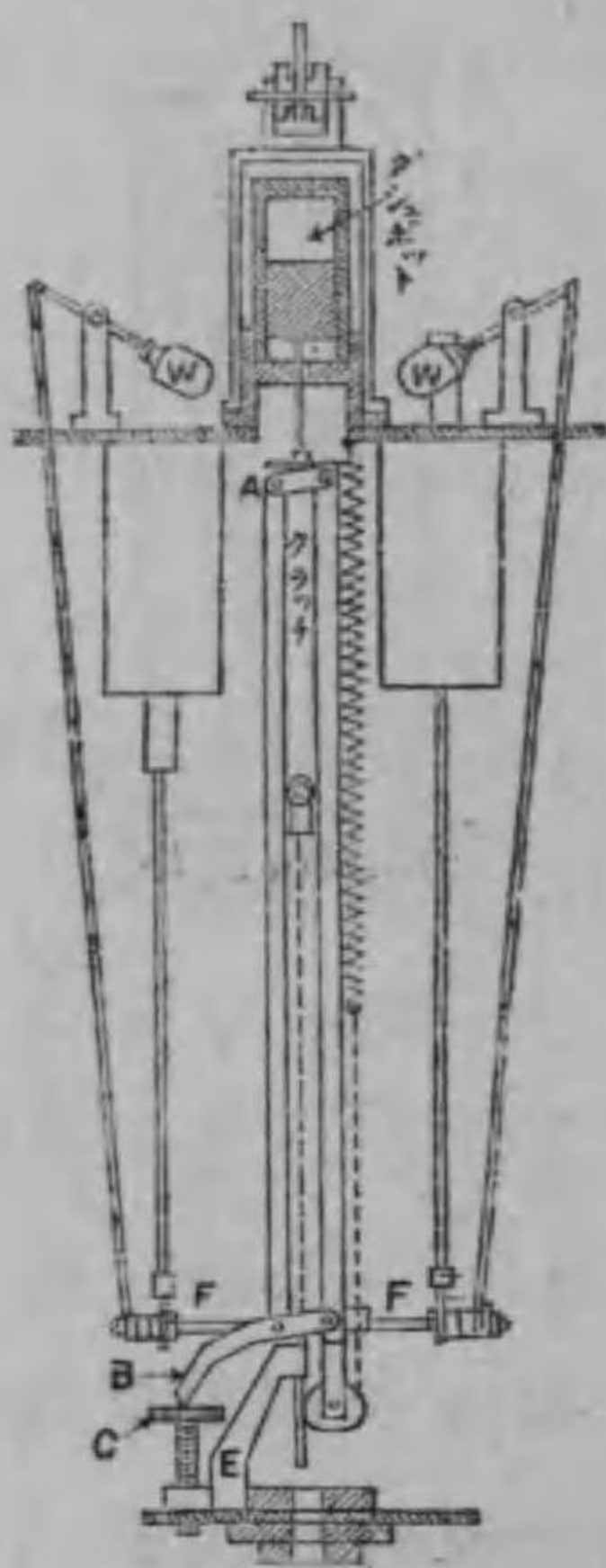
重力に依る調整装置を有する發焰弧光燈の一例としてベック弧光燈 (Beck Arc Lamp) の構造を第259圖に示す。炭素棒の調整及働作は總て其重量に依て行はれ、炭素棒は自重にて滑動して下る。其過度の滑動を防ぐ爲めにエコノマイザーに取付られたる金物に依て適當の位置に支へらる。兩炭素棒を相離れしむる電氣装置には電磁石を用ふること通常の弧光燈に於けると同じ。

嚙合子調整装置に於ては第250圖に示す如く炭素棒を支持する金具は平行する二本の金屬棒間に狭まれ嚙合子に接続す。此金屬棒の上下動は一は直列線

輪  $M_1$  により  $M_2$  は並列線輪  $M_3$  により司らる。其運動の平衡重量として線輪の上部に錘  $W$  取付けらる。炭素棒接觸せざる場合には電流は  $M_3$  に通じ金屬棒は押下げられ啮合子は炭素棒支持金具を下げ兩炭素棒を接觸せしむ。此運動は啮合子棒に接觸する制動壺の動作にて緩徐せらる。炭素棒相接觸する時は直列線輪に電流通じて金屬棒及啮合子は引き上げられ炭素棒は相離れて弧光發生す。炭素棒燃焼して甚しく離るときは弧光の抵抗増し電流は減じて直列線輪の金屬棒及啮合子を引上げる力減じ炭素棒支持金具は炭素棒を相近けしめ弧光を引續き良く發生せしむ。斯くの如く兩線輪は常は反對の働作を爲し弧光を調整するなり。

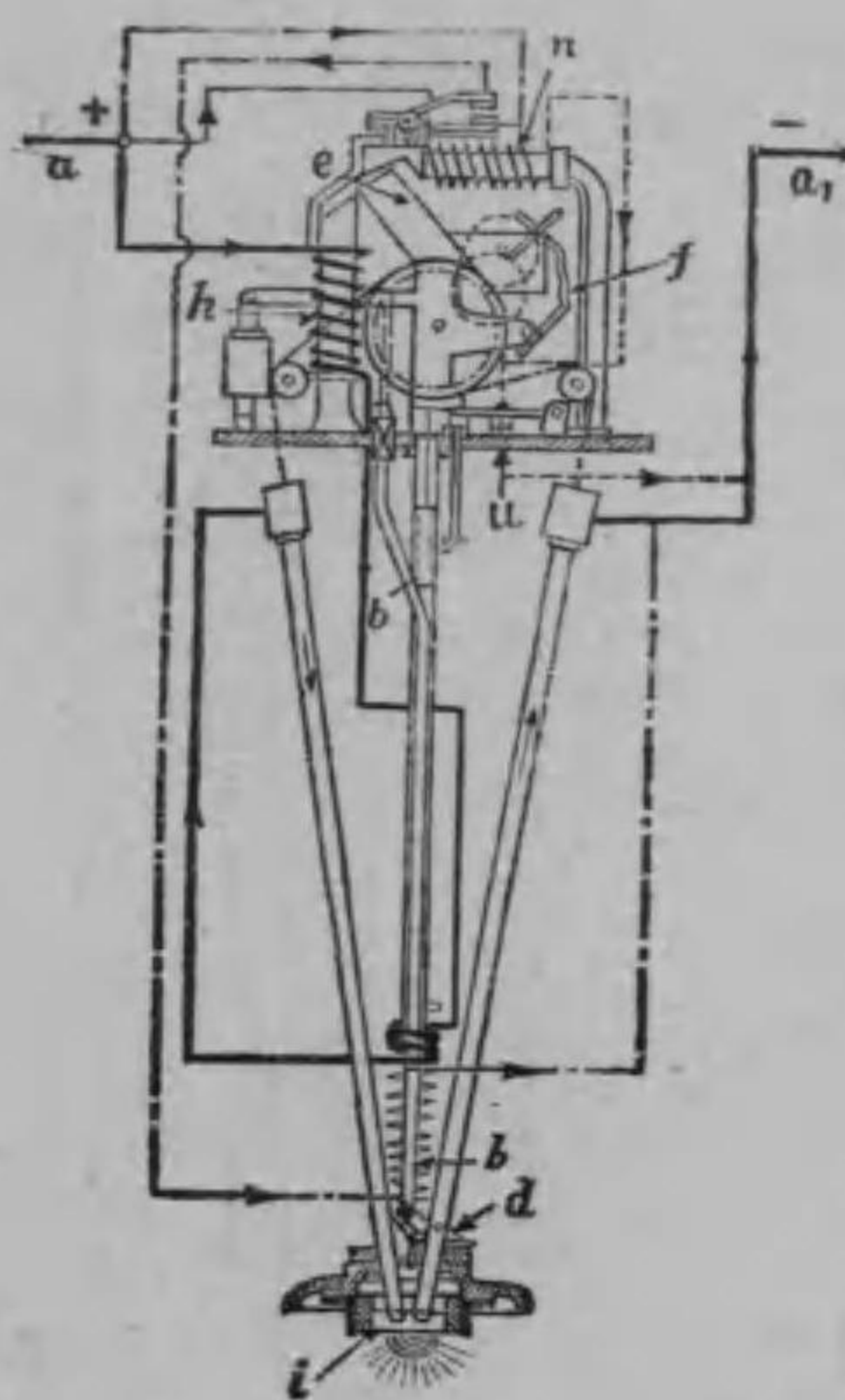
時計仕掛に依る調整装置は第261圖に示す如く兩炭素棒支持器は中央に在る車輪の圍りに懸けられたる紐の兩端に接續せられ車

第二百六十圖  
啮合子調整装置を有する發焰弧光燈の構造



輪が時計廻轉と同じ方向に回轉するときは炭素棒は上昇して相離れ反對の方向に廻轉するときは炭素棒は降下して相接觸す。車輪の運動は其軸に加はる彈條の力に依ること時計の機構に於けると同じ此運動を制動する装置あり其働作を司る小鐵片は並列電磁石  $h$  及直列電磁石  $k$  によつて作用す。

第二百六十一圖  
時計仕掛調整装置を有する發焰弧光燈の構造

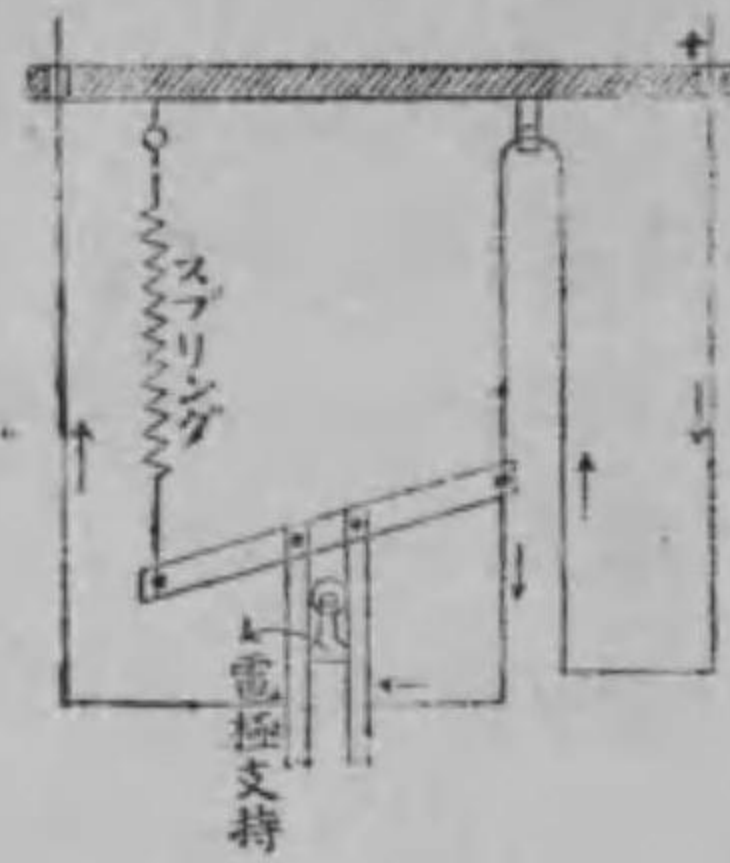


兩炭素棒接觸せざる場合には電流は並列電磁石に通じ小鐵片は之に吸引せられて制動装置を外し車輪を左廻はりに廻轉せしめ従て炭素棒をして相接觸せしむ。爰に於て直列電磁石に電流通し小鐵片は之に吸引せられ前と反對に動き車輪をして反對の方向に廻轉せしめ従て炭素棒をして相離れし

む。爰に於て弧光は發生するなり。即ち此燈に於ても兩電磁石は反對の動作を爲し弧光を調整する也。



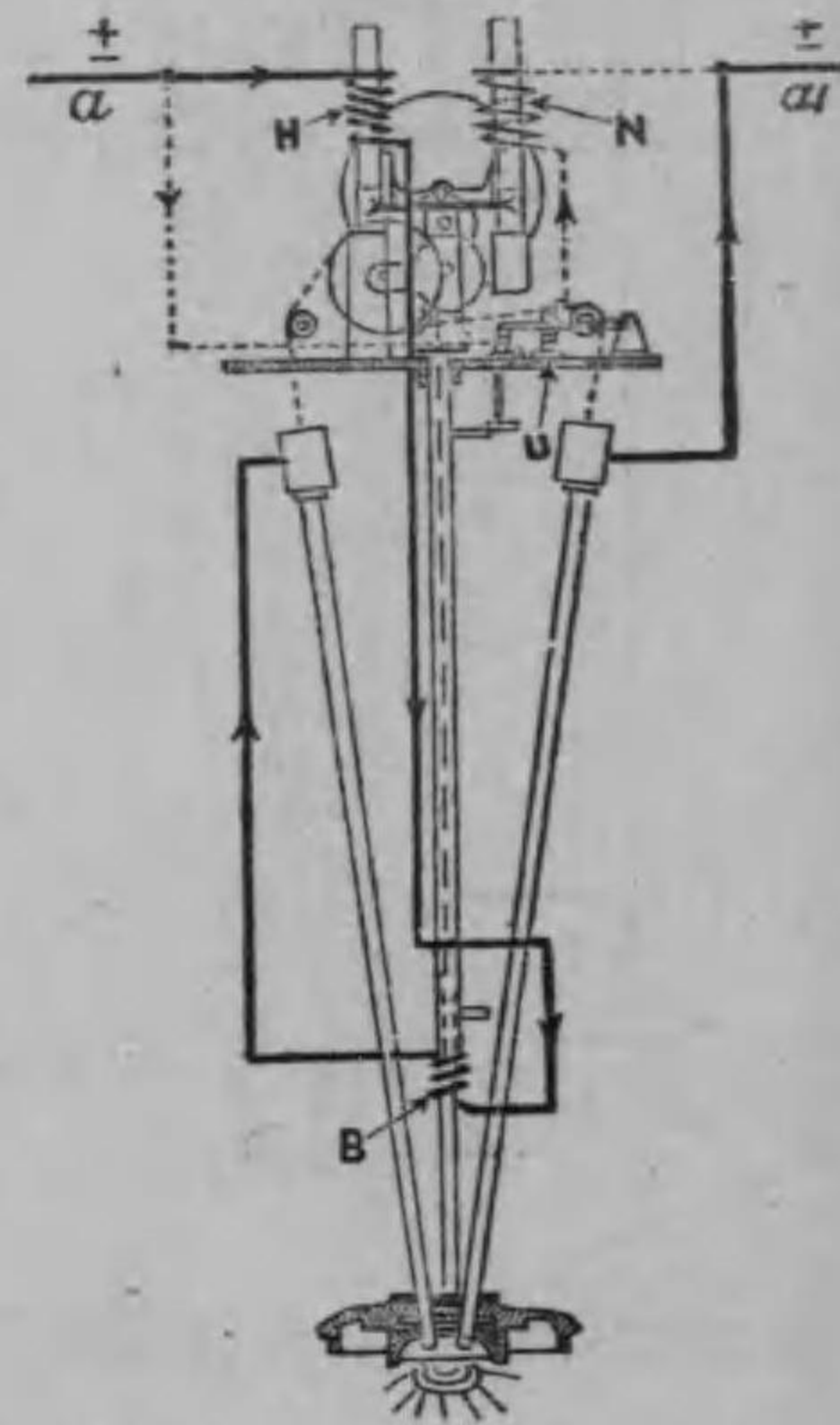
第二百六十二圖  
發焰弧光燈の熱線調整装置



熱線調整装置は第262圖に示す如く電線の熱に由る膨脹及收縮を利用して調整を行ふものなり。即ち一の抵抗線を炭素棒に直列に接続し炭素棒支持器の一端に弾條を装置し其作用をして抵抗線が電流に由る熱の爲めに膨

脹するとき收縮して膨脹に由る伸長作用を助けしめ抵抗線の收縮するとき弾條の力に反して相平衡せしむ。兩炭素棒接觸する場合には多大の電流抵抗線に流通し抵抗線は之が爲めに膨脹伸長し弾條の收縮力は之を助けて炭素棒を引上げ兩炭素棒を離し弧光を發生せしむ。炭素棒燃焼し其間隔増すときは弧光の電壓増す爲

第二百六十三圖  
發焰弧光燈の電動調整装置



めに電流減じて抵抗線は少しく收縮し弾條の力に由て炭素棒は引下げられ弧光は適當の長さに保持調整せらる。

電動調整装置は誘導型積算電力計と同様の原理にて直列線輪及並列線輪装置せられ第263圖に示す如

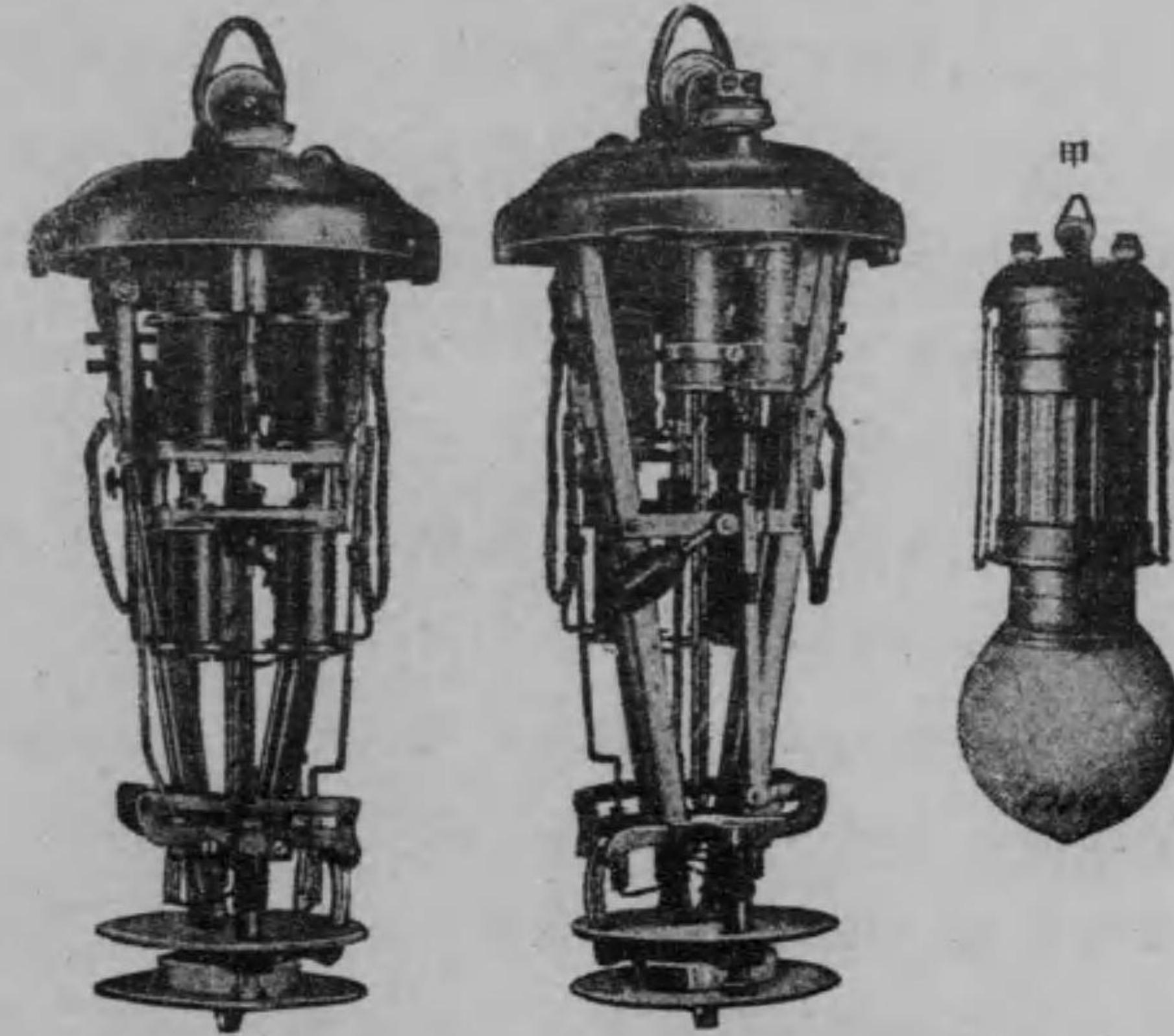
第二百六十四圖

ゼネラル電氣會社製發焰弧光燈

丙

乙

甲



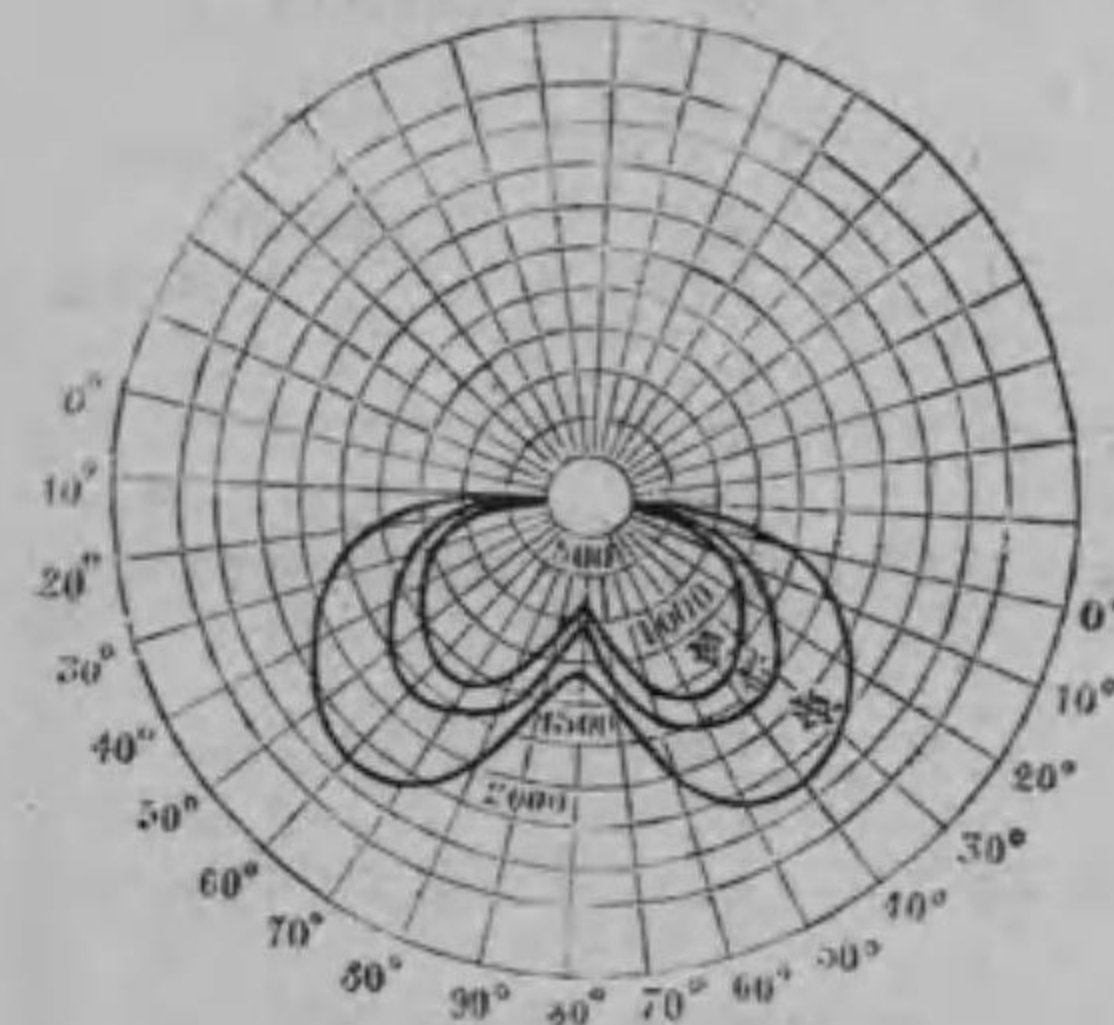
く左右何れへも廻轉する金屬板を用ひ之を炭素棒支持器に連結し兩線輪の差動に由て働作を司らし

め弧光を調整せしむるなり。  
 發焔弧光燈の一例として第264圖にゼネラル電氣會社製の開放型のものを示す。圖中甲は其外觀乙及丙は其内部の構造を示す。此弧光燈の枠は長さ31吋にして鋼鐵の蓋板に四本の鋼鑄桿を取付けたる者なり。調整装置は電動及嚙合子装置にして差働電磁石に由て働作するものなり。エコノマイザーは光線の屈折力大なる不燃質物にて製せらる。此弧光燈の直流式のものに於ては直列抵抗として磁器製の枠に抵抗線を捲きたるものを具へ交流式のものに於ては塞流線輪を備へ且つ安定抵抗直列に接続せらる。尤も弧光燈を二個直列に100「ヴォルト」回路に用ひる場合には抵抗線を全く用ひざるなり。

炭素棒及光の色—發焔弧光燈に用ひらるゝ炭素棒は已に記載せる如く其心に金屬鹽類充填せらるゝが、ブロンデル氏の發焔弧光燈に用ひらるゝ炭素棒の内部は幾層も混和分量を異にする混和物にて充填せらる。其混和金屬鹽類の分量は直流弧光燈に於ては陰極棒に於けるよりも陽極棒に於て多くし且つ直徑を大にす。交流弧光燈に於ては兩極共に同大同質の炭素棒使用せらる。其直徑は通常9「ミリ

メートル乃至10「ミリメートル」とし長さは500「ミリメートル」を通常とす。發焔弧光燈より發する光は炭素棒の心に充填する金屬鹽類の種類に由て異なる。カルシウム鹽類を用ひるときは黄色の光發しストロンチウム鹽類を用ふるときは淡紅色の光發しバリウム鹽類を用ふるときは白色の光發す。是等の内黄色の光を發するもの即ちカルシウム鹽類混和炭素棒最も多く用ひられ其發光作用最も大なり。第265圖はエスエッチ・フレイキ氏 (S. H. Brake) の測定に成りたる以上三種の炭素棒が發する光の垂直面に於

第二百六十五圖  
發焔弧光燈の光分配曲線



ける光度の分配曲線にして、黄色火焰の光度は赤色火焰の夫に約1.2倍し白色火焰の夫に1.4倍す。金屬鹽類の炭素棒に充填せらるゝ分量過剰なるときは其燃滓弧光部に残留して弧光を不安定ならしむ之に一定の制限あり。ダフリュー・ウェッ

チング博士 (W. Wedding) の研究に依れば充填鹽類の

分量は炭素棒の重量上15%を超過すべからずと云へり。

發焔弧光燈の性狀—發焔弧光燈に於ては弧光の長き爲に弧光が不安定に成り易し是を安定に保持するには炭素棒の餘り太きものを用ふべからず且直徑大なる炭素棒を用ひるときは其壽命短縮すべし。壽命を長くし弧光を安定ならしむるには長き

種類	回路の電壓	弧光の電壓	電流	炭素棒の寸法	炭素棒の壽命
不變電壓回路用 直流燈	50「ヴォルト」乃至60「ヴォルト」	45「ヴォルト」	10「アマペア」乃至12「アマペア」	直徑陽極棒10「ミリメートル」陰極棒9「ミリメートル」長500「ミリメートル」	室外用12時間 室内用14時間
不變電壓回路用 交流燈	同前25サイクル乃至140サイクルの交流回路に動作可能率は80パーセント力率は90パーセント	38「ヴォルト」乃至40「ヴォルト」	12「アマペア」	直徑9「ミリメートル」長500「ミリメートル」	室外用12時間 室内用14時間
不變電流回路用 直流燈	45「ヴォルト」構造は不變電壓回路用のものと同じく只直列抵抗を具へざるのみ	43「ヴォルト」	9.6「アマペア」	前記直流燈と同様なり	前記直流燈と同様なり
不變電流回路用 交流燈	40「ヴォルト」構造は不變電壓回路用のものと同じく不變電流變壓器又は單捲變壓器により制御せらるゝ不變電流回路に直列に接続使用せらる	38「ヴォルト」	10乃至12「アマペア」	前記交流燈と同様なり	前記交流燈と同様なり

炭素棒を用ひるを可とす尤も是に由て其抵抗は増加することあり或る製造者は此抵抗を減する爲に銅鍍炭素を用ふ。

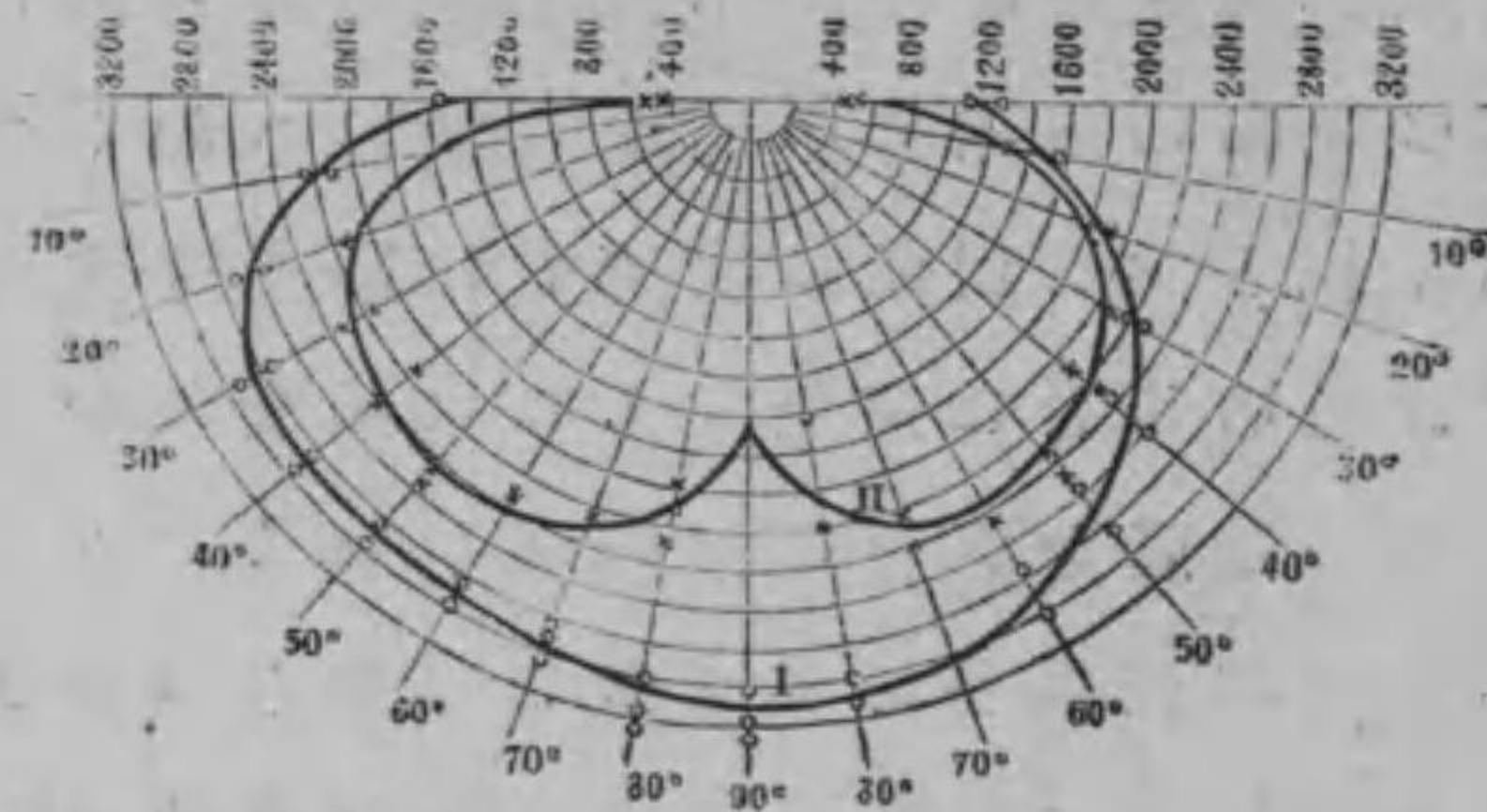
上表に各種發焔弧光燈の働作電壓電流及炭素棒の長並に壽命を示す。

直流發焔弧光燈を100「ヴォルト」の不變電壓回路に使用するには通常の炭素棒弧光燈に於ける如く二個を均壓用抵抗と共に回路に直列に接続す交流發焔弧光燈を同様の場合に使用するには適當の變壓器を用ひ回路の電壓を適當に變壓せしむるなり。

發焔弧光燈の光は各種弧光燈に卓越し其發光能率高く電力の消費は每球面燭光に付き直流燈に於ては0.40-0.45「ワット」交流燈に於ては0.5-50.6「ワット」なり。即ち通常の閉鎖弧光燈に比し其 $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{6}$ にしてタングステン電燈に比し約其 $\frac{1}{3}$ なり。此くの如き高き光度は燈の中心に於て發せらるゝ故に中心に於ては強き光を要せずして中心を距るに従ひ光の増すを要する如き照明例へば街路の照明の如き遠く相離れて電燈を設置する場合には適せざるなり。然るに多くの發焔弧光燈に於ては炭素棒の燃へたる滓を受ける受器を下方に備ふる爲に中心に於いて發

する光は是に由て幾分變化せらる。即ち第266圖に於て曲線Iは硝子球及灰受器を具へざる場合に於け弧光垂直面の光の分配曲線にして曲線IIは硝子球及灰受器を具へたる場合の光の分配曲線なり。此曲

第二百六十六圖  
發焔弧光燈の光の分配曲線



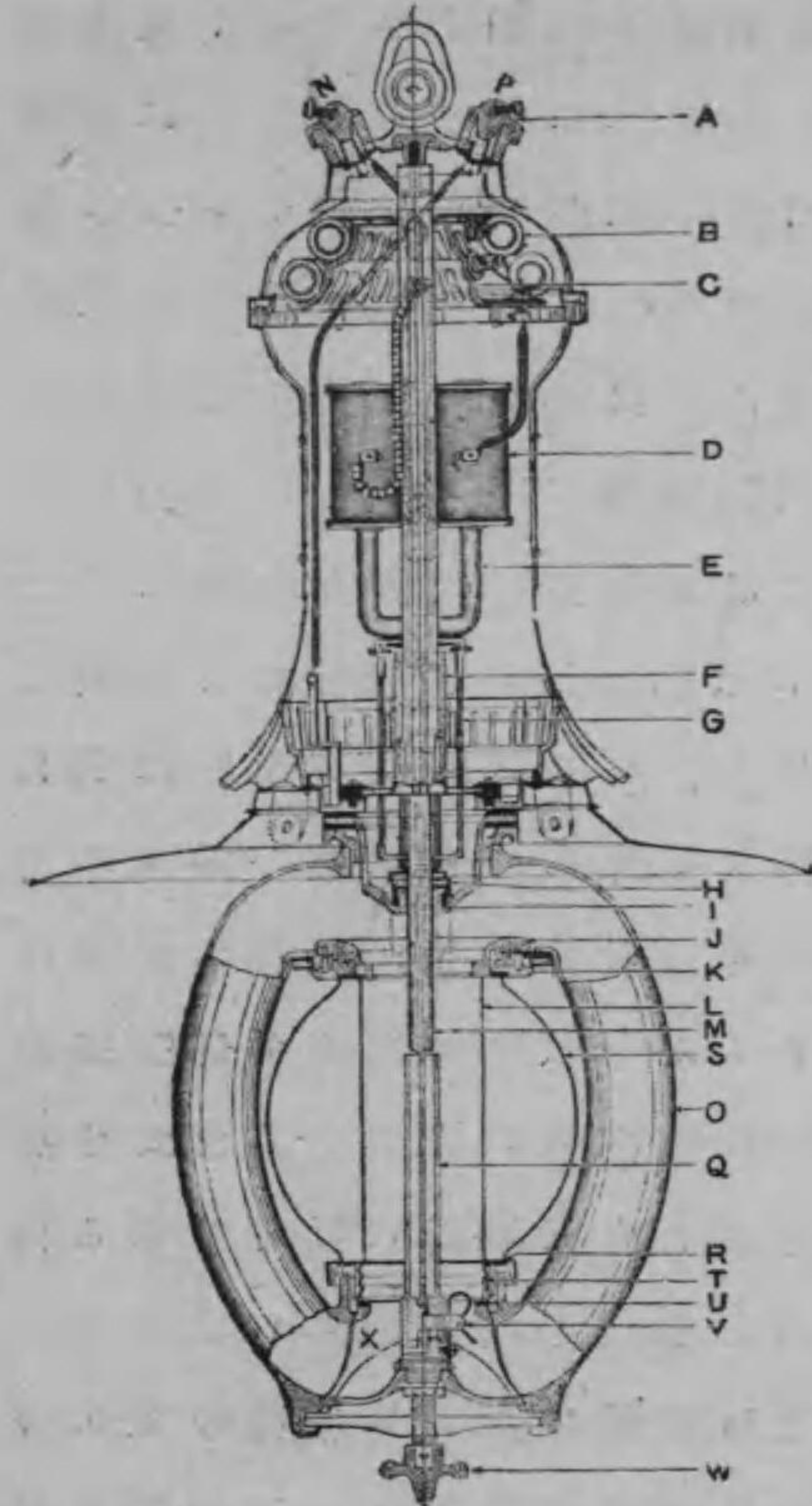
線は照明技師エー・エー・ウォーラ・ウエル氏が發焔弧光燈の炭素棒の軸を通じて垂直面に於て測りたるものなり。圖の上部に記されたる數字は燭光を示す。弧光の長さは開放燈に於ては約1吋閉鎖燈に於ては1/2吋乃至1吋なり。炭素棒の消耗する割合は開放燈に於ては一時間に付き約1.3吋閉鎖燈に於ては約0.2吋なり。

斯くの如く發焔弧光燈は能率高きも金屬鹽類充填炭素棒の高價なるが其缺點なりとす。然れども通

常の弧光燈に代りて廣く使用せらるゝに至れり。

閉鎖發焔弧光燈—開放型の發焔弧光燈を内部硝子球にて被ひ閉鎖型に爲すときは球内は炭素棒中

第二百六十七圖  
Vセネレチーフ發焔弧光燈



の金屬鹽類の蒸發より生ずる白色の粉末にて被はれ酸素減する爲め弧光の光度減じ且つ不安定なるに至る。然るに弧光の蒸氣は内部硝子球内の瓦斯體の温度の影響を受くること大にして其温度高きときは蒸發する粉末は硝子球内に附着することなし。此理を應用したる閉鎖發焔弧光燈

をジャンダスリゼネレーターヴ發焰弧光燈(Jandus Regenerative Flame Arc Lamp)とす。

エー・ディー・ジョン氏(A. D. John)の發明せられたるジャンダスリゼネレーターヴ發焰弧光燈は閉鎖弧光燈の一種にして其構造は第267圖に示す如く炭素棒は直立して相對す。圖中Aは端子にしてPは陽極端子Nは陰極端子なり。Bは直列に接続せらるゝ安定抵抗にして輪狀の捲線にて捲かる。交流式に於ては之に塞流線輪を用ふ。Cは上部炭素棒を支持する螺子にしてDは直列筒線輪にしてEなる鏡心を吸引する作用を爲す。Fは炭素棒の上下動を緩ならしむる爲めの制動壺。Gは嚙合子Hを取付けたる嚙合杆なり。Iは空氣の出入を防ぐパッキング。JKは共に蓋にして透明の内部硝子球Lの上を被ひ外氣の出入を防ぐなり。Mは上部炭素棒にして純粹の炭素より成り陰極に接続せらる。Nは半透明の外部硝子球にしてOは硝子球の周圍兩側に裝置せられた金屬管なり。Qは下部炭素棒にして陽極に接続せらる。陽極回路には燈の外覆を利用し陰極回路には被覆電線を用ひ陽極回路より絶縁す。Rは外部硝子球の下方坐金。Sは内部硝子球の下方坐金。Tは下部炭素棒

の支持金具なり。Uは圓錐形押へ金具。Vは押へ螺旋にして之を捻回して圓錐形部分Xを押し上げ内外の兩硝子球及び下部炭素棒を支持せしむるなり。此弧光燈に於ては炭素棒の燃焼に由て發散したる瓦斯は白熱となりて内部硝子球内を循環し弧光の高熱を受けて其上部に出で左右の金屬管内に入り、冷却して重くなり其底部に附着するときには殆んど清淨なる瓦斯となる。斯くして後更に内部硝子球

第二百六十八圖  
星形炭素棒

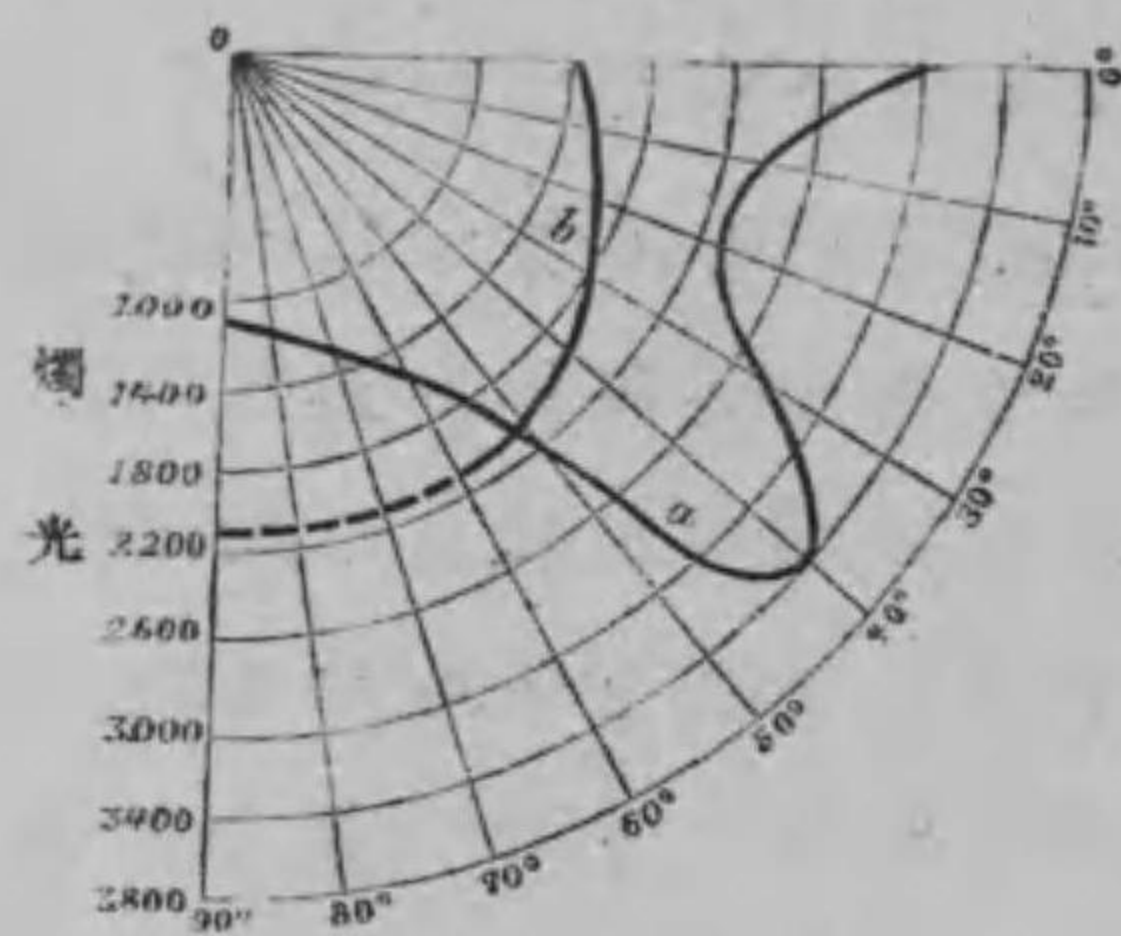


内に昇る。之に由てリゼネレーターヴ弧光燈と稱せらるゝなり。斯くの如く發生瓦斯の高熱なると内部硝子球内の通風良きため硝子球内壁に瓦斯より生ずる沈澱物の附着することなく弧光部に炭素棒の燃滓の停留することなし。

上部炭素棒即ち陰極炭素棒には通常の混和物なき炭素棒を用ひ。下部炭素棒即ち陽極炭素棒には特種の構造に成るものを用ふ。之は第268圖に示す如く直徑 $\frac{7}{8}$ 吋の

星形断面を有する炭素棒にして其溝に發光性弗素化合物を膠狀に爲したるものを充填し乾燥せしめたるものなり。乾燥の際充填物は膨脹し炭素の氣孔中に侵入固着して脱離することなし此炭素棒は一時間に15「グレーン」の割合にて燃燒し其瓦斯は陽極の火坑より弧光を通じて發散す其壽命は炭素棒一對にて70時間と稱せらる。之より發する光の色

第二百六十九圖



は通常帶黃白色なれども混和金屬鹽類の異なるものを用ふれば他色の光を發せしむることを得るなり。此弧光燈に要する電流は5.5「アムペア」弧光の電壓70「ヴォルト」にして平均下半球面燭光2,200なれば其能率は調整裝置に要する電力を加算して每燭約0.26「ワット」なり。第269圖は此弧光燈と通常の發焰弧光燈との垂直面に於ける光の分配曲線の比較を示す。aはリゼネーヴ發焰弧光燈の光の分配曲線にしてbは開放發焰弧光燈の光の分配曲線なり。即ちaに於ては光は水平

線に近く増加して下方に集中せざるを以て戶外點燈に適するなり。

#### 第四項 發光弧光燈

發光弧光燈—白熱燈の光は輻射體の熱輻射に由り發せられ炭素棒弧光燈の光は大部分炭素棒の熱輻射に由り發せらるゝも發焰弧光燈の光は其75%は弧光の發光輻射に由り發せらるゝ故に能率稍々高きも其炭素棒の代りに或る金屬混合物を用ひるときは之より發する蒸氣は發光輻射を爲すを以て光の全部弧光よりのみ發せられ能率益々増進す此種の弧光燈を發光弧光燈(Luminous Arc Lamp)と云ひ其エレクトロードの材料により金屬發焰弧光燈(Metallic Flame Arc Lamp)とも稱せらる。

通常の發焰弧光燈に於ては炭素棒は先づ電流の流通に由て熱せられ炭素蒸氣を發生し之に電流通じて陽極有心炭素棒(金屬鹽類の混和物を心とせる)は熱せられて發光蒸氣を發生して發光するにあれども發光弧光燈に於ては蒸發する蒸氣が導體にして發光輻射を爲すにあれば能率高きの理なり。

磁鐵鑛弧光燈—發光弧光燈の一種なる磁鐵鑛弧

光燈 (Magnetite Arc Lamp) は直流にのみ適するものにして、エレクトロードには磁鐵鏽を主成分として之に酸化チタニウム及酸化クロミウムを混合したるものを鋼鐵板にて作れる管中に壓入し之を陰極に用ひ、太く短き銅棒を陽極に用ふ。酸化チタニウム及酸化クロミウムは通常温度に於ては不導體なる故に酸化鐵は導電性を與ふる爲め用ひられ、酸化チタニウムは其蒸氣が強き白色の光を發する爲めに用ひられ、酸化クロシウムは磁鐵鏽よりも熔解點高き爲めに磁鐵鏽の熔解を防ぎ其消耗を少からしむる爲め用ひらる。即ちエレクトロードの壽命を伸長せしめ、同時に光の動搖を防ぎ弧光を安定ならしむ。酸化チタニウムの分量多き程能率は増せども壽命從て短し。陰極エレクトロードの壽命は長さ12時にて約150時間なり。陽極エレクトロードなる銅は熱の良導體なれば、其大きさを適當に定むるときは、温度をも適度に保持することを得、從て消耗を極めて少からしむることを得るなり。其壽命は約4,000時間なり。若し銅棒の大き過ぎるときは、其發熱温度高まりて消耗速かになり、之に反し過大るときは、冷却面増す爲め温度低下して陰極より發生する瓦斯

は凝結して弧光を不安定ならしむべし、之に由て其適度の大きさに定むべきこと必要なり。

エレクトロードの配置は通常の弧光燈に於ては陽極エレクトロードを上部に陰極エレクトロードを下部に裝置すれども、此弧光燈に於ては光の大部分は陰極エレクトロードを包圍する其蒸氣より發せらるゝ故に、陰極エレクトロードを上部に陽極エレクトロードを下部に裝置す。此方法に由て光の分配も良く行はる。且又陽極エレクトロードは極めて

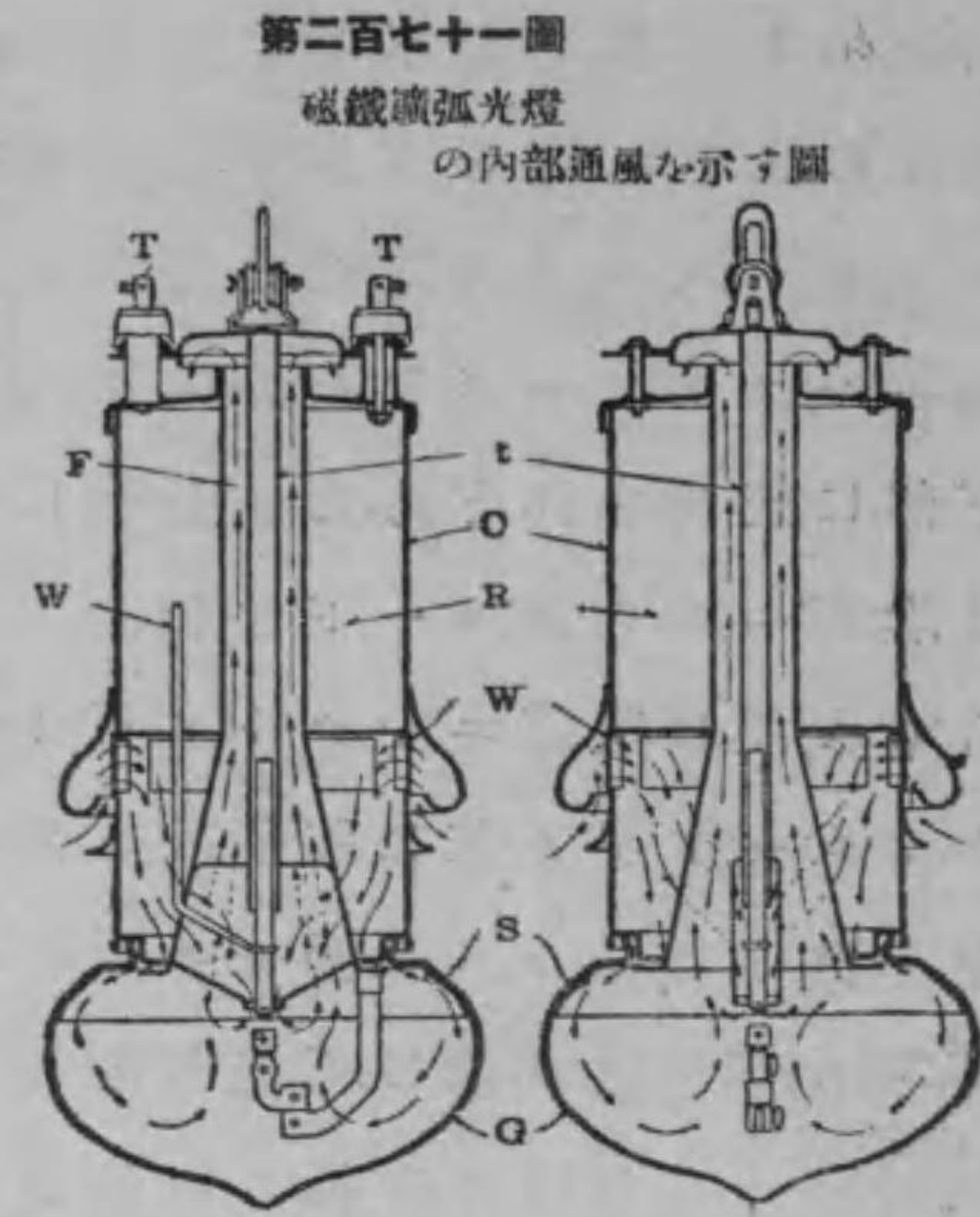
第二百七十圖  
磁鐵鏽弧光



短き故に、弧光部を覆ふ硝子球を小ならしむるを得る利益あり。第270圖はエレクトロードの配置及弧光の状態を示す。圖中+は陽極エレクトロード、-は陰極エレクトロードにして、Bは弧光中の發光部分、Nは發光せざる部分、Rは反射部分を示す。

此弧光燈に於て陰極エレクトロードより發生する蒸氣は冷き部分に觸れて凝固し煤煙となり、硝子球の内壁に附着して之を汚損し光度を減せしむるを以て、之を外部に導く爲め通風裝置設けらる。第271圖は之を示す。圖中TTは端子、Fは燈の中央部に設

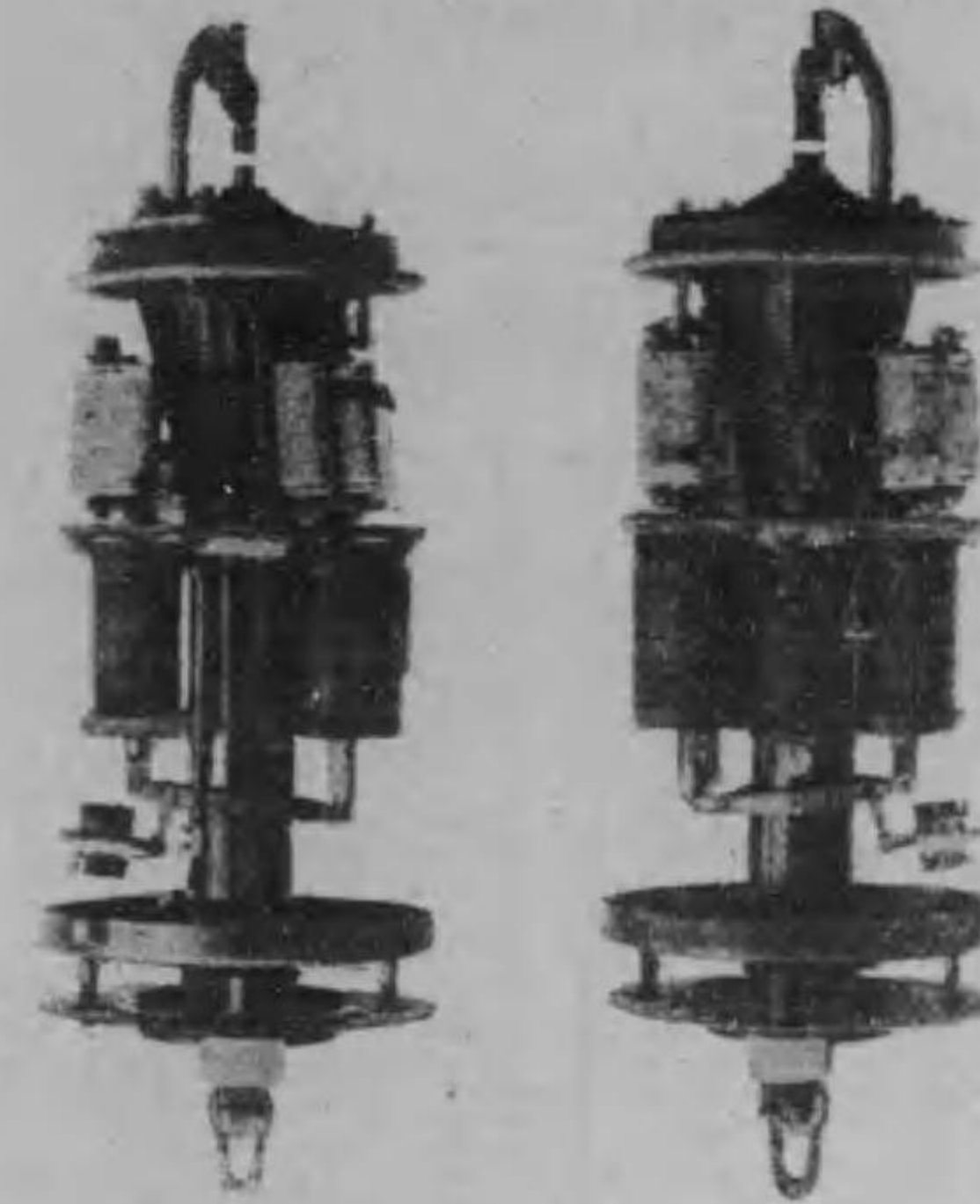
けられたる煙筒、t  
は其導管、Rは調整  
装置の取付けらる  
場所、Wは調整用  
電磁石の接極子と  
の接續子、Cは外被、  
Wは空氣の流入す  
る電線の網、Sは白  
色の半透明反射面、  
Gは硝子球なり。  
エレクトロードよ



り生じたる煤煙は矢にて示す方向に煙筒内に昇り、  
外部に發散し去り外部よりはW及硝子球の下孔よ  
り空氣流入す煙筒の長さは成るべく長大なるを可  
とす。

第272圖はウエスチングハウス會社製の磁鐵鑛弧光  
燈の構造を示す。圖中甲は回路に並列に接續せらる  
もの乙は直列に接續せらるものにして、第273圖  
は其電線接續を示す、共に差働捲なり。圖中甲に於  
てAは並列線輪、Dは直列線輪、Eは直列抵抗乙に於  
てAは並列線輪、Fは直列線輪、Eは短絡用直列線輪、

第二百七十二圖  
甲 並列式磁鐵鑛弧光燈  
乙 直列式磁鐵鑛弧光燈

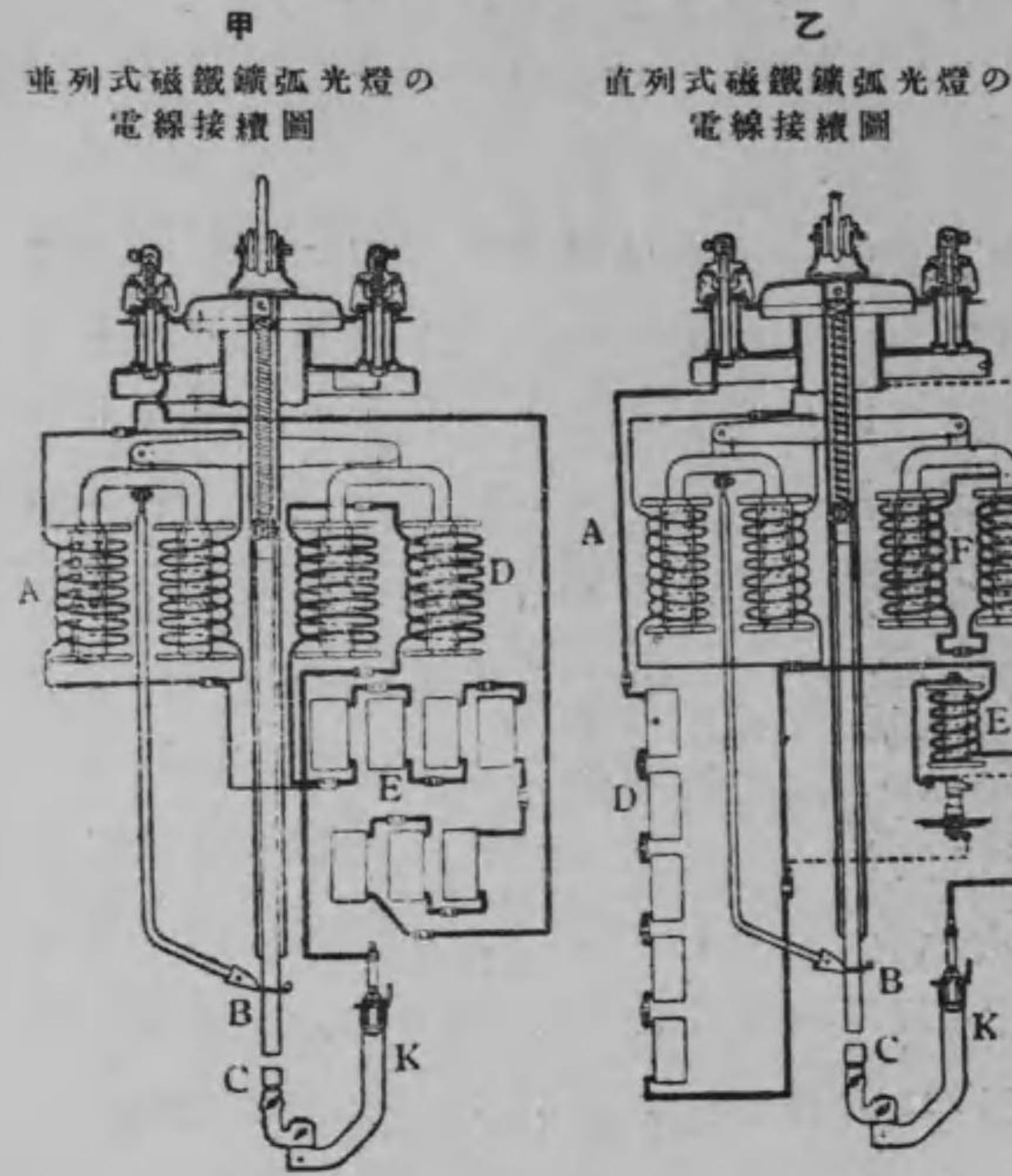


Dは安定用直列抵抗  
Iは短絡の場合に回  
路に接續する抵抗な  
り、Bは陰極エレクト  
ロード、Cは陽極エレ  
クトロード、Kは其支  
持器なり。中央の管  
に支へらるるロッカー  
アームは兩端に接極  
子を有し各接極子は  
並列線輪及直列線輪  
に別々に吸引せらる

るなり。並列線輪接極子とロッカーアームとの取付  
けの箇所は啮合子押取付けられ啮合子は陰極エレ  
クトロードを支持し接極子の運動に伴ひ上下動を  
爲し弧光を調整す。並列燈に於ては電流は陽極端  
子より入り並列線輪を勵磁す爰に於て啮合子押は  
引き下げられBはCに接觸し、電流は陽極端子より  
直列抵抗Eを経て直列線輪Dに通じ、陽極エレクト  
ロードC陰極エレクトロードBを経て陰極端子に  
出づ。斯くして勵磁されたるDはロッカーアームに



第 二 百 七 十 三 圖



て啗合子桿子を引擧げBをCより離す爰に於て弧光發生す。並列線輪Aは弧光に並列に接続せられ、弧光間の電壓はエレクトロード間の距離即ち弧光の長さに伴ひ増減するものなれば此電壓により勵磁せらるゝ並列線輪の磁力と直列線輪の磁力と相平均するに至る迄直列線輪にてエレクトロード

の間隔調整せらるゝなり。是に由て弧光は安定なるを得るなり。第274圖は第272圖甲に示す弧光燈の外観を示す。

第二百七十四圖  
ウエスタングハウス  
並列式磁鐵鑛弧光燈



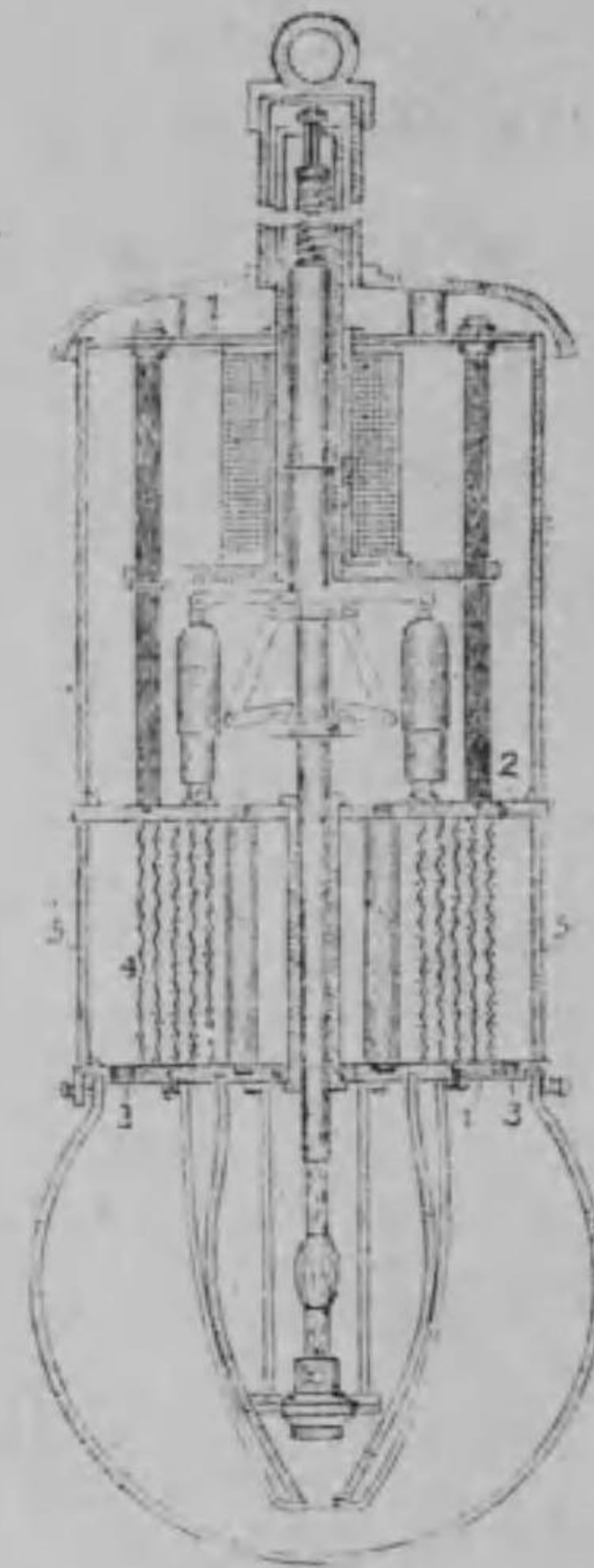
短絡用抵抗I(並列燈には必要なし)に於ける電壓降下は弧光燈働作中の弧光燈端子間の電壓に等しく設計せらるゝ故に各燈端子間の電位差は如何なる場合にも不變にして短絡點に於ては炭素板接觸子使用せらる。

直列抵抗は磁器製の枠に不燃質物を以て被覆せられたる電線にて捲かれたる線輪より成る。

スタインメッツ氏(Steinmetz)の考案に成る磁鐵鑛弧光燈に於ては

弧光部より發生する煤煙を硝子球内に附着せしめざる特種の装置設けらる。第275圖は其構造を示す。弧光部は底部に孔を有する小硝子球にて被はれ其内部は隔壁1及2並に圓筒狀の外被5間の室4の内部と小孔にて通ず。弧光を被ふ熱せられたる蒸氣は此小孔を通じて1,2の隔壁内に入り上昇して金

第二百七十五圖  
スタインメツツ  
磁鐵鑛弧光燈

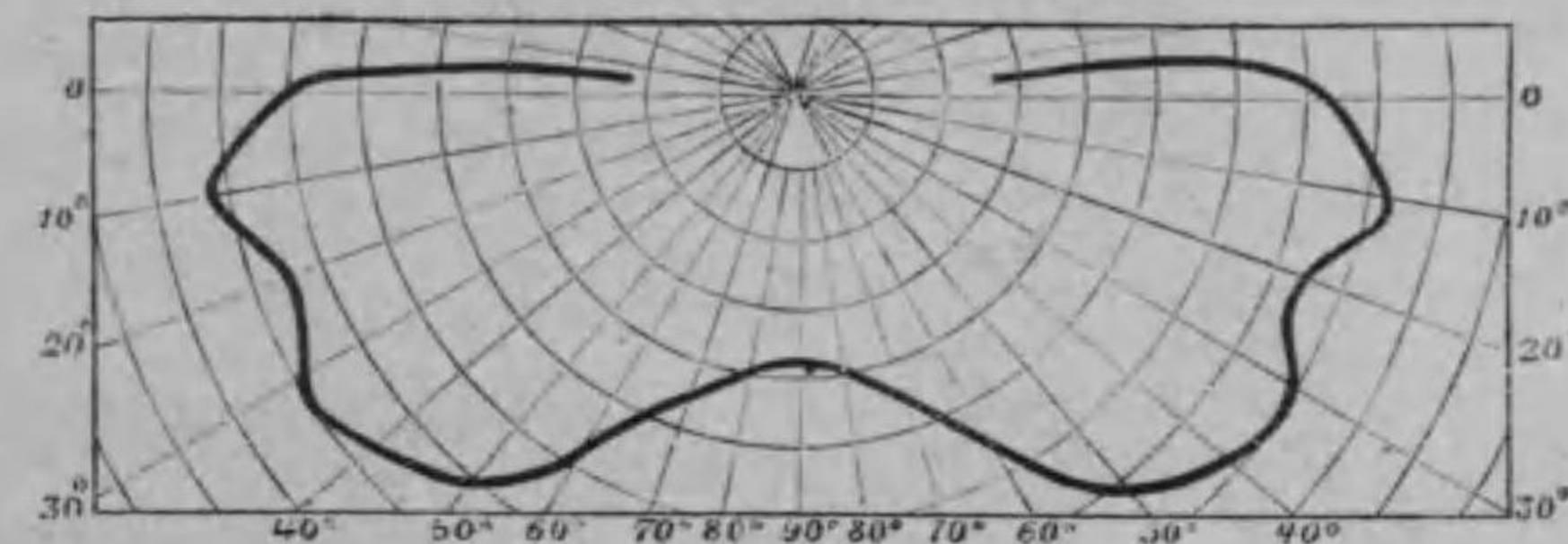


網を通じて3の小孔より外部硝子球内に下降す。然るに内部硝子球に於ては熱せられたる蒸氣の上昇したる爲め通風作用起り外部硝子球内に降りて冷へたる空氣は内部硝子球の底部の孔より其内部に吸入せらる。斯くして熱き煤煙は内部硝子球より室4.外部硝子球間を循環し煤煙中の固形分は室内の金網に附着するを以て内部硝子球は常に透明にして弧光の光は安定なるを得るなり。磁鐵鑛弧光燈は直流にのみ使用せらるゝもの

なる故に交流回路に之を使用するには不変電流變壓器又は水銀整流器を用ひて適當電壓の直流に變じ直列に弧光燈を接続するなり此方法に於て不変電流變壓器の一次側に於ける全負荷の能率は85-90%力率は65%なり。

磁鐵鑛弧光燈の性狀—磁鐵鑛弧光燈の光は紫色を含まず殆んど白色なり。弧光の長さ爲め水平の方向に發する光強く光の分配は水平線より10-20度の方向に於て最も大なり従て遠方を照らす街路點燈に適す。第276圖は4「アムペア電壓80「ヴォルト」の磁鐵鑛弧光燈の垂直面に於ける光の分配曲線を示す。能率は毎燭0.75「ワット」なり。弧光の長さは7/8吋-1 1/4吋にして弧光間の電壓は約73「ヴォルト」なり。

第二百七十六圖  
磁鐵鑛弧光燈の光の分配曲線



磁鐵鑛弧光燈の弧光の長さ及電壓との關係に就ては第二項第二節に於て記載せる理論最も之に適應す。第277圖は磁鐵鑛弧光の長さ及電壓との關係を示す曲線にして第278圖は種々の弧光の長さに於ける電流と電壓との關係を示す曲線なり。之を式に表はすときは第143式

$$e_1 = \frac{K(l+l_1)}{\sqrt{i}}$$

に於て磁鐵鑛弧光燈の場合には第277圖の曲線にて認むる如く

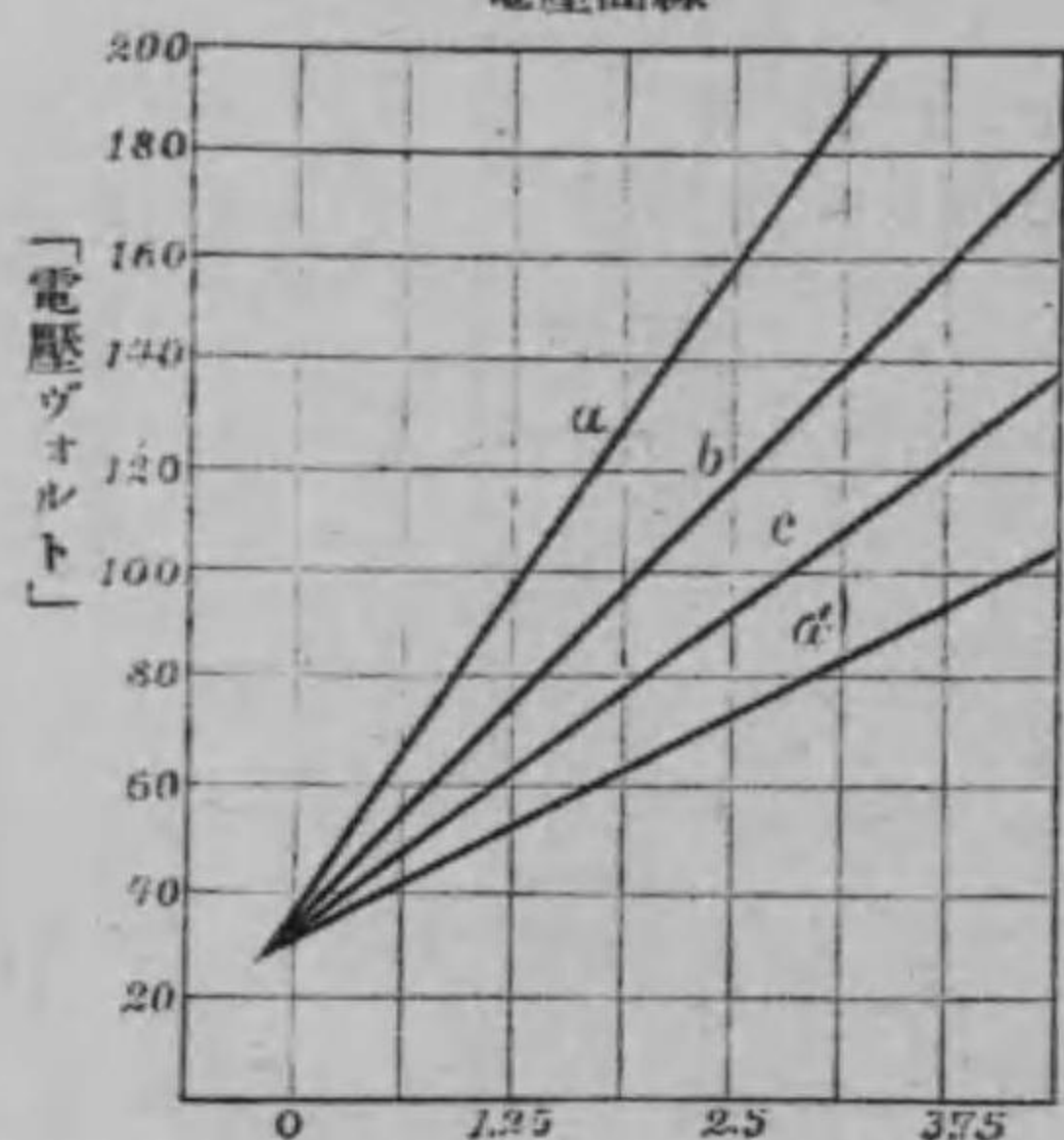
$$l_1 = 0.125 \text{ [センチメートル]}$$

$$K = 31$$

由て 
$$e_1 = \frac{31(l+0.125)}{\sqrt{i}}$$

第144式 
$$e = e_0 + e_1$$

第二百七十七圖  
磁鐵鑛弧光燈の弧光の長さ及電壓曲線



弧光の長さ(センチメートル)  
電流 a は 1 アムペア  
b は 2 " "  
c は 4 " "  
d は 8 " "

に於て此場合には

$$e_0 = 30$$

由て

$$e = 30 + \frac{31(l+0.125)}{\sqrt{i}}$$

となる。例へば弧光の長さ  $l = 2.5$  [センチメートル] 電流 4 [アムペア] なるときは

$$e = 30 + \frac{31(2.5+0.125)}{\sqrt{4}}$$

$$e_1 = 40.69 \text{ [ヴォルト]}$$

$$e = 30 + 40.69 = 70.69 \text{ [ヴォルト]}$$

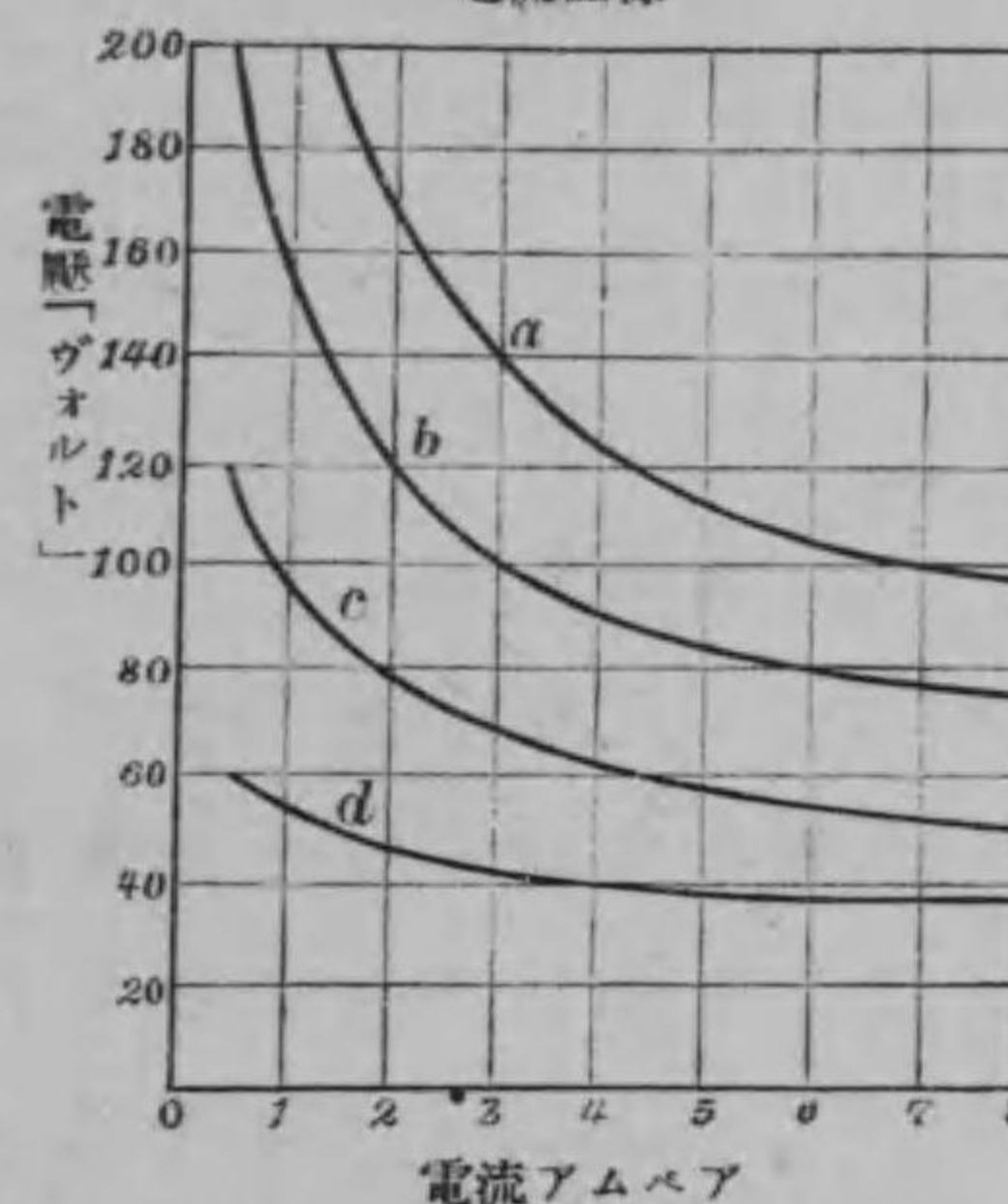
磁鐵鑛弧光燈を炭素

弧光燈に比較するに優る點あり劣る點あり其優る點は大略次に示す如し。

- (一) エレクトロードの壽命長きこと。

- (二) 光の白色なること。これは磁鐵鑛中の鐵が弧光の熱の爲めに燃焼するより發するなり。
- (三) 普通の弧光より長くなすことを得る故從て高い電壓に使用することを得るなり。通常の弧光燈に於ては弧光の長さは 1 [センチメートル] 以下なれども此弧光燈に於ては 2 乃至 8 [センチメートル]

第二百七十八圖  
磁鐵鑛弧光燈の電壓電流曲線



電壓 [ヴォルト]  
電流 アムペア  
弧光の長さ a は センチメートル  
b は " "  
c は " "  
d は " "

- ならしめ多量の光を發せしむることを得るなり。從て弧光間の電壓は高くして約 73 [ヴォルト] なり。
- (四) 多量の光を發する故能率高く毎燭に要する [ワット] は通常の開放弧光に要する夫の約  $\frac{2}{3}$  なり。

又通常の弧光燈より劣る點は次に示す如し。

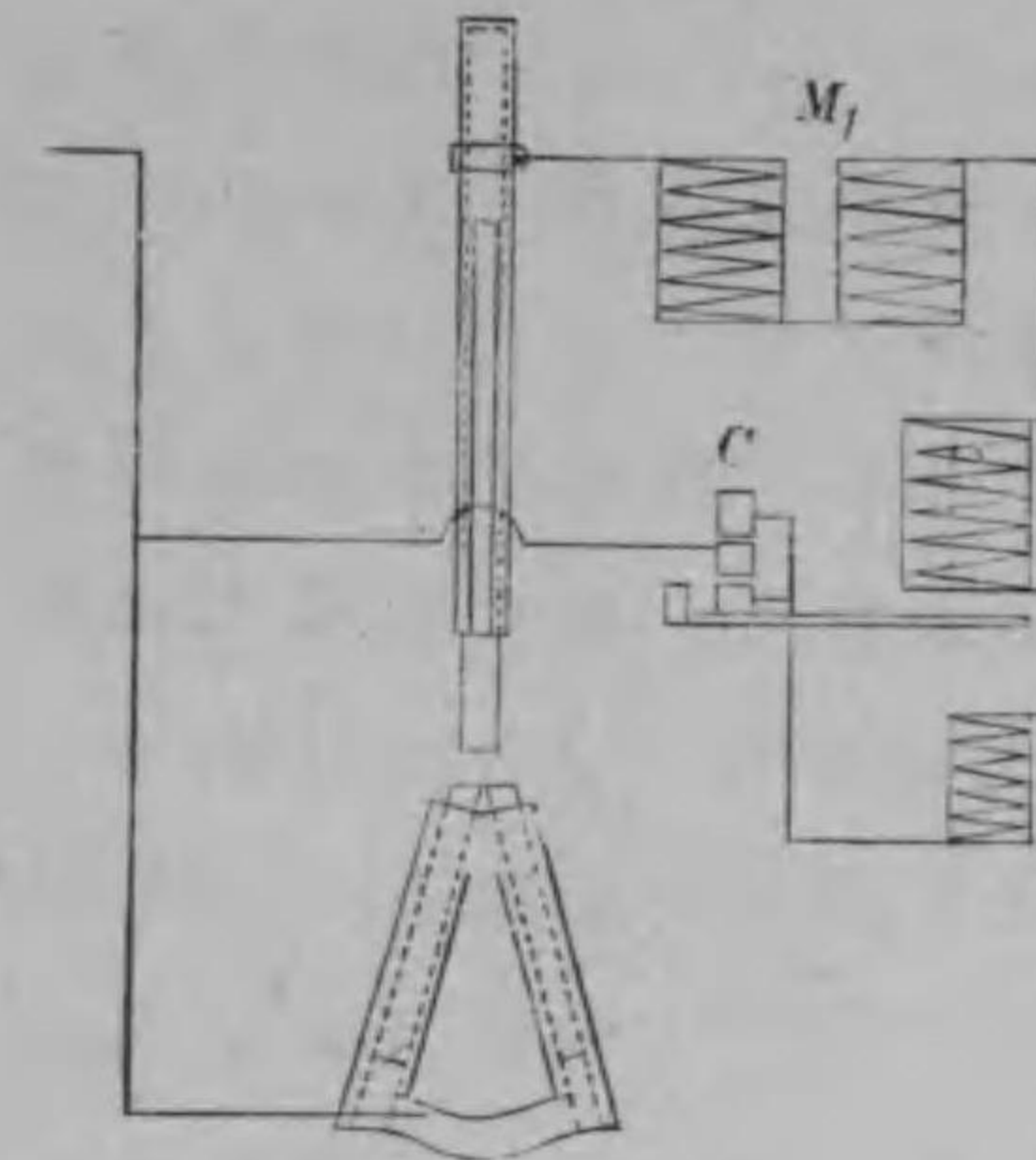
- (一) 煤煙の生ずること。金屬體が燃へる故其結

果として煤煙中に固形體生じ硝子球内に附着し易し。

- (二) 陽極銅棒の酸化作用に由り點火始動困難なること。之れ酸化銅は冷却の状態に於ては不良導電性なるが爲めなり。
- (三) 陰極エレクトロードより發生する熔解分子が陽極銅棒に附着し易く之が爲に弧光の光度を減少せしむる虞あり。
- (四) 發光弧光は整流作用を有する故 400「ヴォルト」以下の電壓に於ては交流弧光を繼續することを得ず之に由て交流回路に用ふるには交流を直流に變ずる變流設備を要す。従て最初の經費多額と成る。

**チタニウムカーバイド弧光燈**—磁鐵鑛弧光燈に於て光を發する主要物質は陰極エレクトロードに用ひるチタニウム酸化物 ( $TiO_2$ ) なるに由り。チタニウム弧光燈に關しゼネラル電氣會社及ウ、スチングハウス電機會社の照明技師は研究を爲し最近に完成を爲したるが未だ市場には販賣せられず。第279圖は其電線接續を示す。エレクトロードは上部陽極にして主として**チタニウムカーバイド**(Titanium Car

第二百七十九圖  
チタニウムカーバイド弧光燈  
電線接續圖



bide) より成り長さ12吋直徑0.4吋なり。下部は陰極にして二本の炭素棒より成り長さ6吋直徑0.4吋にして  $M_2$   $\Delta$  形に裝置せられ其尖端は平面を成す此  $R$  エレクトロードは消耗するに従ひ下部より押上げられ尖端は常に相壓觸せらる。

之に要する電流は2.5「アムペア」なり。調整裝置としては直列電磁石のみにして嚙合子裝置に由て上部エレクトロードを引き上げ弧光を發生せしむ。回路に接續する油入開閉器ありて發電所又は配電所より繼電器を経て一定時間毎に自動的に開閉せらる。繼電器は110「ヴォルト」の交流にて働作し其回路の開閉は接觸點に於て交流電動機にて行はる。弧光發生後エレクトロード消耗するときは繼電器働作し油入開閉器は開きて電流は遮斷せらる。故圖中の直列電磁石  $M$  は磁力を失ひ上部エレクトロードは下