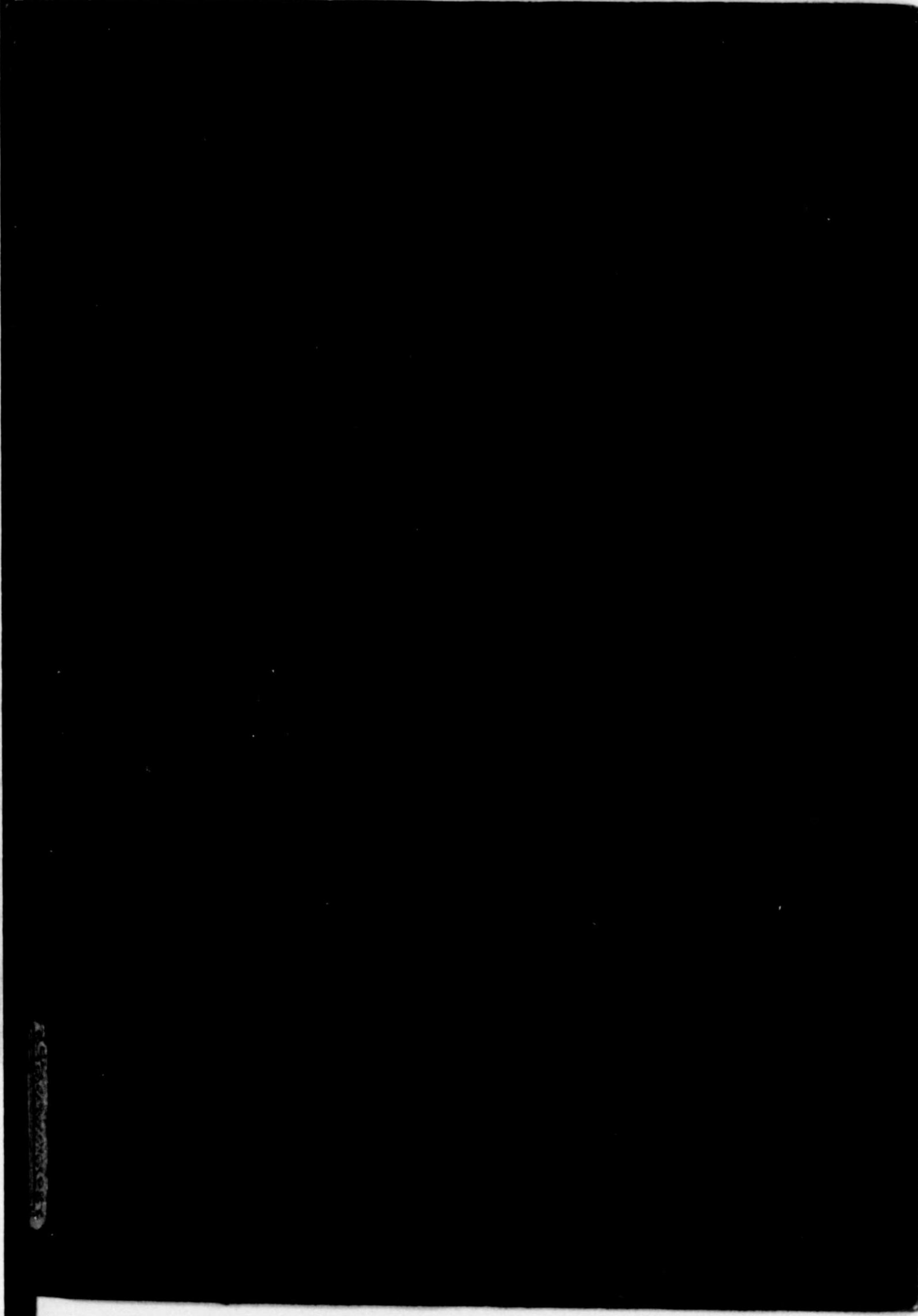
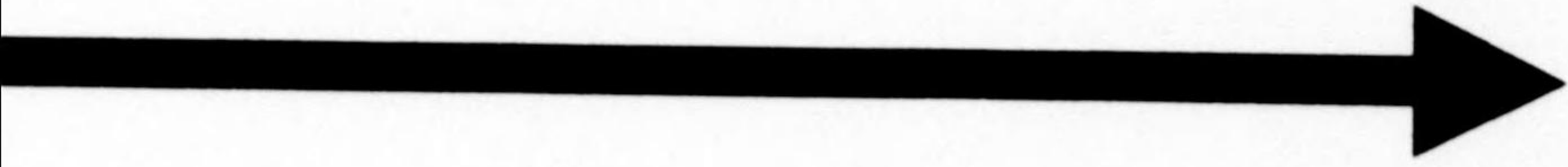


始









545  
DS8-2

## 電燈電熱の序

電氣の應用は各方面に廣く行はれ吾々は直接間接に其の恩恵に浴して居りますが、身にしみて有難いと思はれるのは何んと言つても電燈でありませう。今の世に若し電燈が無かつたとして御覽なさい。吾々の夜に於ける活動に、仕事に、運動に、慰安に對し一大障害となるのは疑の餘地はありませんまい。従つて諸君は電燈に對して多大の關心を持つて居られる譯で、それだけ本書の勉學は進む事とせう。

本書は電機學校の教科書として執筆し、昭和12年以來實際の授業に使用し來り今尙續けて居るもので、今回それを改訂増補したものであります。

即ち昭和13年に白熱電燈標準仕様書が改訂せられましたのでそれに関係する十數頁は全く書き改めましたし、昭和14年春に内閣資源局は電氣標準用語を整理して官報に公表されたし、同年末には電氣工藝委員會も亦標準電氣用語を改訂公表せられましたので、本書中の用語で改められたものは悉く新術語に訂正しました。加ふるに本年末に我が國で初めて發賣を見た螢光放電燈に関する資料も簡單ながら附加してありますから、内容に於て全く新新のつもりであります。

電機學校では本書を低學年から中學年までで教授する關係上、本書の他のものが高學年に教授させるものが多いの

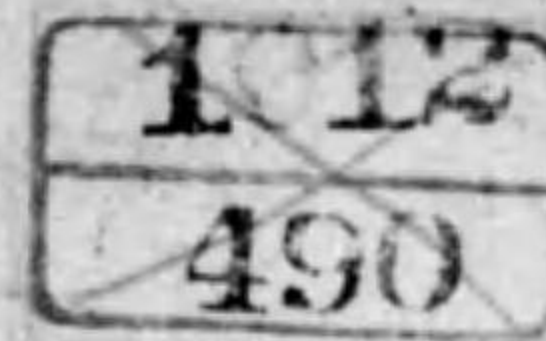


に比べて幾分程度が下つた點がある事は豫め御了解を願つて置きたいと思ひます。

本書は大河内治が執筆し本校編輯部に於て検討を加へたものであります。本書讀了の諸氏で本書に就き御意見があれば何卒御知らせ願ひたい。改訂の場合に加筆する事に致しませう。

昭和十六年十二月

編者誌す



## 電燈電熱目次

### 電燈照明

#### 第一章 温度輻射

1. 輻射束と光度	1
2. 光度と輝度	2
3. 温度輻射	4
4. 黒體と選擇輻射體	5
5. 白熱電燈の發達	7
6. タングステン電球の構造	8
7. 織條の要件	9
8. 黒化	11
9. 比消費量と能率	12
問題	13

#### 第二章 タングステン電球

1. タングステンの性質	16
2. 製造順序	17
3. 導入線	18
4. 働程と熟成	19
5. ガス入の効果	20
6. ガス封入と熱損失	21
7. 特性曲線	22
8. 電壓と光束	24



9. 能率と壽命	25
10. 電球の大きさ	27
問 題	30

### 第三章 タングステン電球の種類

1. 織物の形状	33
2. 硝子球	34
3. 飽 消	37
4. 配光曲線	38
5. 試 験	41
6. 變調電球	48
7. 特殊電球	50
問 題	52

### 第四章 アーク燈及び放電燈

1. 電弧の性質	54
2. 直流炭素アーク燈	56
3. タングステンアーク燈	57
4. ルミネセンス	58
5. 發光放電	59
6. ネオン管燈	61
7. ネオン變壓器	62
8. ネオン電球	64
9. 水銀燈	65
10. 高壓水銀燈	67
11. ナトリウム燈	69
12. 人工晝光	71

13. 各種電燈比較	73
問 題	74

### 第五章 照明工學

1. 照明工學	77
2. 肉眼の構造及作用	78
3. 眩 輝	79
4. 擴散反射	80
5. 反射笠	82
6. 透 過	83
7. 照 度	84
8. 逆二乗の法則	86
9. 斜照面	87
10. 水平照度と鉛直面照度	89
問 題	94

### 第六章 照明設計

1. 明視要素	93
2. 光束發散度	99
3. 推奨照度	101
4. 直接照明, 間接照明	104
5. 全般照明, 局部照明	108
6. 光束法	110
7. 電燈配置	111
8. 屋内照明	115
9. 街路照明	117
問 題	121



## 第七章 測 光 學

1. 光度單位	124
2. 光度計	125
3. 交照光度計	129
4. 照度測定	131
5. 光束計	134
6. 配光曲線	136
7. ルーソー線圖	137
8. 物理測光	141
9. マツダ照度計	143
問 題	145

## 第八章 特 殊 照 明

1. 溢光照明	150
2. 建築化照明	152
3. 舞臺照明	153
4. 廣告照明	156
5. 航空照明	158
6. 電燈の特殊應用	160
7. 葦外線	163
8. 電燈料	166
問 題	169

## 電 熱

1. 電熱器の構成	171
2. 抵抗素	173

3. ニクロム線	174
4. 耐熱絶縁物	177
5. 恒温器	179
6. 工業用恒温器	181
7. 開閉器及び布線	183
8. 暖房	185
9. スペースヒータ	186
10. 空気調和	187
11. 湯沸	189
12. 電気ボイラ	191
13. 家庭用電熱器具	192
14. 金属接合	194
15. 電気溶接	195
16. 電気熔(其一)	198
17. 電気熔(其二)	200
18. 工業電熱	202
19. 冷蔵	205
問 題	207

(新制電燈電熱目次終)



電機學校編

# 電燈照明

## 第一章 温度輻射

1. 輻射束と光束 金属塊の温度を高めて行くと、其の附近で温度が感ぜられ、其の温度が  $500^{\circ}\text{C}$  を超えると赤く輝いて来る、即ち光が射出される。斯の様に温度が昇つた物から空間に何かの作用を及ぼすとき、その物から輻射束 (radiant flux) が射出されると考へる。

輻射束の一部は吾々の眼に入つた時に光なる感じを與へる。そこで其の特別の輻射束を肉眼の感じで測つたものを光束と名付ける。俗に光線と言ふのと同じものであるが、數量として微小のものゝ計算に10分の1本などは意味をなさないので束と考へた。束なら半束でも100分の1束でも數へられる。それで光束 (luminous flux 或は light flux) と名付けた。

現今一般に信ぜられて居る光の電磁波説に従ふと光束は電磁波の一種であつて、其の波長が0.38 ミクロン (1 ミクロンは  $\frac{1}{1000}$  米) から0.81 ミクロン迄のものである。但し同一エネルギーの輻射束でも波長が違ふと光束としての大きさは同一でない。0.56 ミクロン附近の波長のもので光束と輻射束との比が最大で、0.53 ミクロンと0.59 ミクロン附近ではその80%、0.51



ミクロンと 0.61 ミクロン附近でその 50%, 0.49 ミクロンと 0.64 ミクロン附近でその 20% に減少する。

光束の単位をルーメン (lumen 略號 lm) と呼ぶ。

### 2. 光度と輝度

光束を輻射するものを總べて光源と呼ぶ。

光源が一つの方向に向つて出す光束の大小を比較するのに光度 (light intensity 又は luminous intensity) なる術語を使い、其の単位を燭 (candle) と言ふ。

1 燭と言ふのは法律で定められたハーコート氏 10 燭ペンタン燈の或る状態で或る方向の光度の  $\frac{1}{10}$  である。

一般に光源の光度は後程示す様に方向に依つて違ふものであるが、若し四方八方總ての方向に同じ割合に光束を輻射するものとすれば、其の光度と光束との間には次の關係がある。

$$\text{光束} = 4\pi \times \text{光度(燭)} \quad \text{ルーメン} \dots\dots\dots (1-1)$$

註 1 燭と言ふのは單位立體角に 1 ルーメンの光束が射出される割合のものである。單位立體角とは單位半徑の球上に單位面積を考へ、中心より其の周邊に引いた直線で圍まれた内部の開きである。單位半徑の球の表面積は  $4\pi$  單位であるから、四方八方に均等な 1 燭の光源が射出する總光束は  $4\pi$  ルーメンである。

例題 1. 各方向に 50 燭の光度を有する光源がある。其の射出する光束は何程であるか。

解  $\text{光束} = 4\pi \times \text{光度(燭)} = 4\pi \times 50$   
 $= 628.3 \text{ ルーメン}$

例題 2. 全體で 20 000 ルーメンの光束を出す光源がある。平均したる各方向の光度はどの位か。

解  $\text{光度} = \frac{\text{光束}}{4\pi} = \frac{20\,000}{4 \times 3.14} = 1\,590 \text{ 燭}$

光度は一つの點から光が射出する場合に考へたもの(之を點光源と言ふ)であるが、實際は電燈が大きな外球に入れられて、外球が光源になつた場合(之を二次光源と言ふ事がある)などには、光源が相當の面積を有する事もある。さう言ふ大きな光源は勿論、それ程でなくとも、光源に大きさがあると考へた場合に、光源の輝く度合を表はすのに輝度 (intensity of brightness) と言ふ術語を使ふ。其の單位には多く一平方糎當りの燭を以てする。ネオン管燈の様な細長い光源には時に長さ 1 糎又は 1 米當りの燭を使ふ事もある。

例題 3. 天井に設けた硝子の圓板が光源となつて居る。其の直徑が 40 糎で、直下の方向から見上げた平均輝度が 1 平方糎に就き 1.5 燭だと言ふ。其の光源の直下の方向の光度はどの位か。

解  $\text{光度} = \text{輝度} \times \text{面積} = 1.5 \times \pi \times \left(\frac{40}{2}\right)^2$   
 $= 1\,884 \text{ 燭}$

此處に注意を要するのは、輝度を計算するときの面積は必ず見掛けの面積即ち今考へて居る方向への光源の投影面積を使ふ事である。

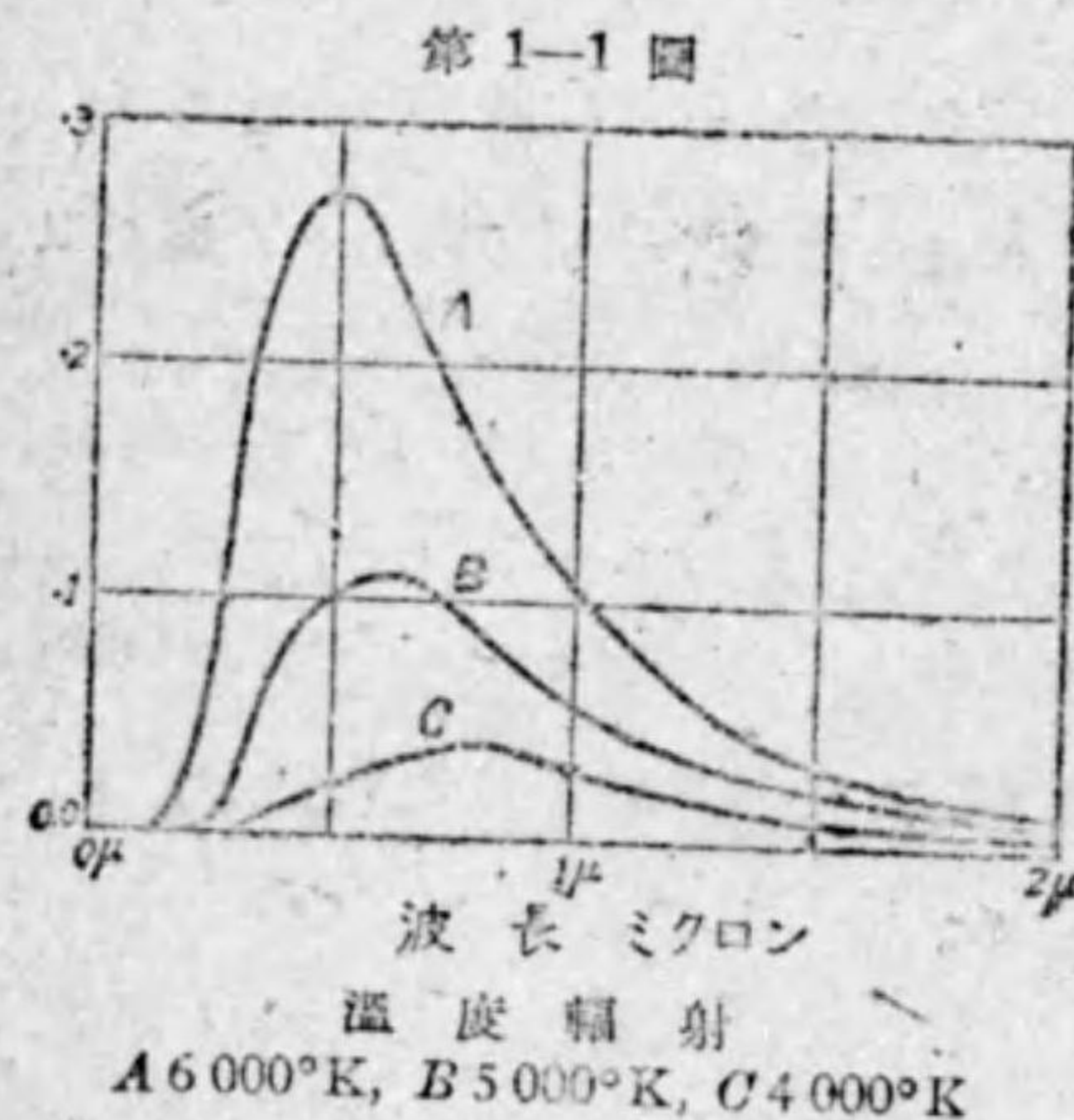
$$\text{輝度} = \frac{\text{光度(燭)}}{\text{見掛けの面積(普通 cm}^2\text{)}} \dots\dots\dots (1-2)$$

例題 4. 直徑 20 糎の球形のグローブが光源となつて居り、或る方向の光度が 200 燭であると言ふ。其の光源の其の方向の輝度如何。



解 輝度 =  $\frac{\text{光度 (燭)}}{\text{見掛の面積}} = \frac{200}{\pi \times \left(\frac{20}{2}\right)^2} = 0.64$  燭每平方糎

3. 温度輻射 或る物體の温度を上げて行くと、其の輻射束は次第に増加すると同時に、各波長に對するエネルギー分布が違つて來る。そこで二三の温度で、各波長の輻射束の割合を實測して見ると第 1-1 圖に示す様になる。



是等の曲線を色々研究した結果、次の様な結論が得られた。

1. 總輻射エネルギーは發光體の絕對温度の 4 乗に正比例する。
2. 最大輻射エネルギーの波長はその絕對温度に逆比例する。
3. 最大輻射エネルギーはその絕對温度の 5 乗に比例する。

斯くの如き輻射は温度に依つて支配されるので、之を温度輻射 (temperature radiation) と云ふ。

例題 1. タングステン電球にて 3000°C の時と 2000°C の時との最大輻射エネルギー及び全輻射エネルギーの比を求む。

解  $T_A = 3000 + 273 = 3273^\circ\text{K}$      $T_B = 2000 + 273 = 2273^\circ\text{K}$

最大輻射エネルギーは絕對温度の 5 乗に比例するから

$$\frac{F_{mA}}{F_{mB}} = \left(\frac{3273}{2273}\right)^5 = 1.44^5 = 6.19$$

又全輻射エネルギーの比は絕對温度の 4 乗に比例するから

$$\frac{F_A}{F_B} = \left(\frac{3273}{2273}\right)^4 = 1.44^4 = 4.30$$

上例の比は輻射エネルギーの比である。そして光束の比と全輻射エネルギーの比とは一致しない。温度が上る程最大エネルギーの波長が吾人の肉眼に最も良く見える側に近づくのであるから、温度が上つた場合の光束の増し方は遙かに上記以上である。

例題 2. 1000°K に於て最大エネルギーの波長が 2.9 ミクロンの白熱光源がある。3000°K に於ける最大エネルギーの波長はいくらか。又このものの輻射エネルギーの最大の波長が肉眼に最も良く見える波長と一致する爲には、其の光源の温度は理論上どの位で無ければならないか。

解 温度輻射の法則から

$$1000 \times 2.9 = 3000 \times \lambda \quad \lambda = 0.97 \text{ ミクロン}$$

肉眼に最も良く見える波長は 0.56 ミクロンであるとすれば、

$$1000 \times 2.9 = T \times 0.56 \quad T = 5178^\circ\text{K}$$

或は  $5178 - 273 = 4905^\circ\text{C}$     即ち  $4900^\circ\text{C}$

4. 黒體と選擇輻射體 或る物體に輻射束が當ると一般には其の一部は表面から反射し、一部は其の物體の内部を貫き抜ける。即ち透過をし、残部がその物體内部に吸収される。此の反射する輻射束、透過する輻射束及び吸収される輻射束が入射した輻射束に對する比を夫々反射率、透過率及び吸収率と言ふ。然るときは

$$\text{反射率} + \text{透過率} + \text{吸収率} = 1 \text{ 或は } 100\% \dots\dots\dots (1-3)$$

例題 1. 或る艶消ガラス (疊りガラスと同じ) の反射率は 10%、吸収



率が2%だとする。其の透過率は何程であるか。

解 透過率=1-反射率-吸収率=1-0.10-0.02=0.88 (88%)

例題2. 上記のガラスで艶消面を内側にして電球を製し、之に1330ルーメンの光源を入れた場合、外部に輻射する光束如何。

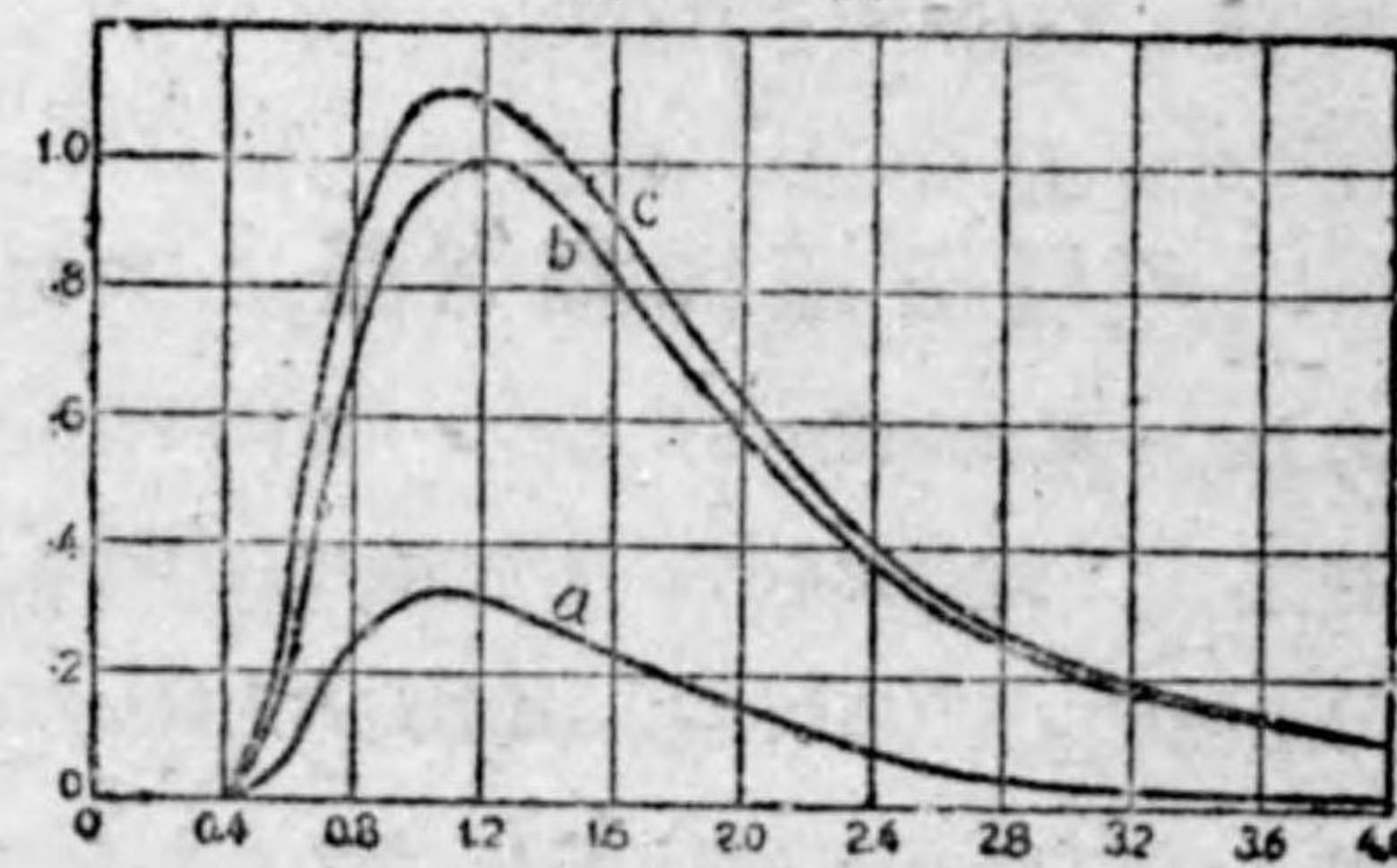
解 電球のガラスでない部分や光源の影響を考へぬとすれば、艶消面で反射した光束も何時かは外部に出るから、吸収される以外は透過する譯である。反射光束の吸収は僅小だから閑却すれば、

外部への輻射光束=1330×(1-0.02)=1300ルーメン

一つの物體で此の三つのものゝ割合は大いに違ふ。稍厚い銅板なら反射率75%、吸収率25%、従つて透過率0%、障子紙の一例は反射率35%、透過率50%、吸収率15%であり、無色透明ガラスだと反射率8%、透過率91%、吸収率1%位である。

今總ての入射輻射束を吸収し反射も透過もしないもの、即ち吸収率が100%のものを假想し、之を黒體 (black body) と名付けた。油煤は略ぼ之に近いものである。

所で色々の輻射體を研究の結果、吸収率が $\alpha$ なる物體は同一温度同一の形の黒體に比べて $\alpha$ 倍しか輻射をしない事が解つた。一寸妙に思はれるが収入の多い人にして初めて餘計支拂へる譯だから



a. 2150°C 附近のタングステンの輻射エネルギー曲線  
b. 2150°C 附近の黒體の同上  
c. 2200°C 附近の黒體の同上

實は不思議ではないのである。

所で此の吸収率が波長で違はない時はそのもののエネルギー波長曲線は第1-1圖の山を全體に其の吸収率だけ低くしたものになる。之を灰色體と言ふ。然し或るものは吸収率が波長で違ふ爲に山の形が違つて来る。之を選擇輻射體と言ふ。

2150°C 附近のタングステンのエネルギー波長曲線は第1-2圖aの様であつて、同温度の黒體のそれ(同圖b)に比べて山の形が短波(左側)に片寄つて居る、即ち其の吸収率が短い波長のものに對しては長い波長のものに對してよりも大である。即ち選擇輻射體であつて、その輻射の有様は大體2200°C 附近の黒體に似て居る。

### 5. 白熱電燈の發達

今日電燈として一番廣く使用されて居るタングステン電球は此の温度輻射を利用したもので、白熱電燈 (incandescent lamp) の一種である。斯く電燈が廣く實用される様になつたのは先人の多大の苦心の結果であるが、今其の一二に就いて述べて見よう。

炭素棒二本を相接觸して電流を流して置き、之を引離すと美しい電弧 (arc) を生じ光源として役立つ事は既に十八世紀の初めに發見されて居たが、之を實用に供したのは1876年頃だと言はれる。之に刺戟されてエヂソンが色々工夫の結果1878年(明治11年)に白熱電燈の發明に成功したが、英國のスワンも別に同年頃幾分より以前に白熱電燈を發明したと言はれて居る。然しそれに附帶する色々ものを工夫して白熱電燈を實用化したのはエヂソンである。

白熱電燈の光を發する所を纖維 (filament) と言ふが、發明の初めは之



に炭素を使ったので炭素電球と呼ばれた。出来た當時は電氣の要り方が多すぎ(1ワット當り3ルーメン)た。次第に改良されて少しは良くなつたが、炭素が材料では大した改良の望みがない事が解り、色々の違つた材料が試験され、オスミウムを織條としたオスミウム電球、又タンタルを織條にしたタンタラム電球も賣出されたが、タングステンを織條としたタングステン電球が1906年に賣出され、次第に其の製作方法が改善せられるや他のものは之と競争出来ず次第に影を消して今日に及んだのである。

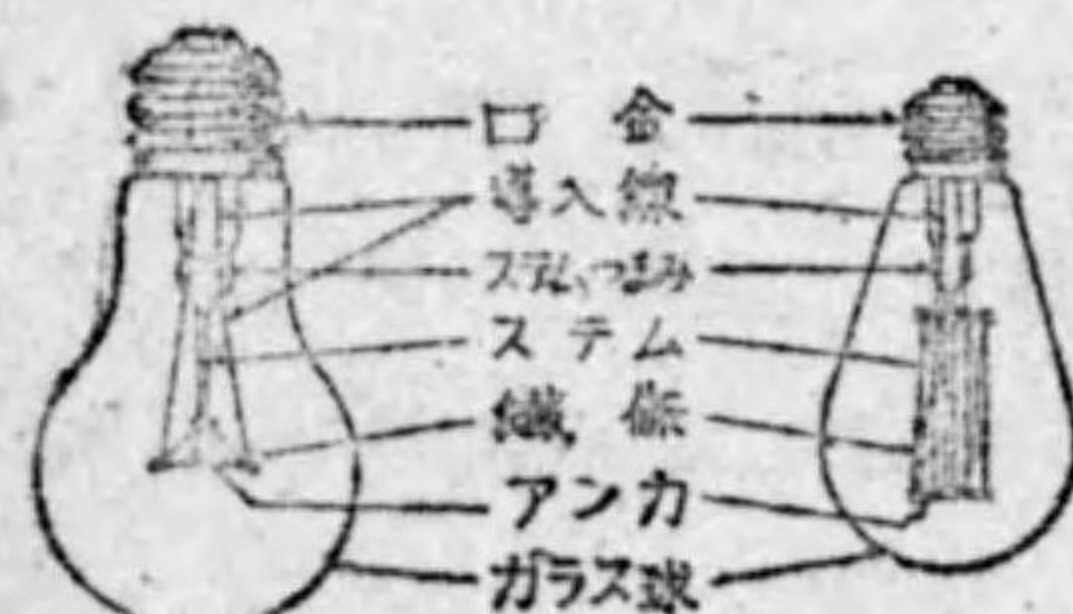
發明當時の電球は織條の燃焼を防ぐ爲に球内を真空にしてあつたが、1913年(大正2年)にはガス入電球が發明され、當時相當に街燈として使用されて居たアーク燈をも驅逐し、遂にタングステン電球が電燈界を占領した有様である。

別に1897年に稀有金属の酸化物を發光體としたネルンスト電燈も發明されたが、電氣の要り方も多いし(1ワット當り5~6ルーメン)、取扱も不便なので使はれて居らない。

## 6. タングステン電球の構造

既に毎晩見て居られる様に電球はガラス球内に納めてあつて、内部は第1-3圖の様である。

第1-3圖



ガス入電球 真空電球  
電球の構造

其の各部の名稱を圖中に示して置く。

電球の眞鍮の部分が口金(base)で、織條の兩端に絡がり、且つガラスを貫いて口金に終つて居るのが導入線(leading wire)で、織條を支へて居るガラス棒がステムで、其の基部で導入線が貫いて居

る所がステムつまみであり、又ステムから出て織條を直接支へて居るのがアンカ(anchor)である。

電球としては圖の右側のものが最も普通の形であつたが、近頃は真空電球でも織條の形が之と違つて寧ろガス入電球と似たものが多い。之に就いては後に述べる。

## 7. 織條の要件

白熱電燈用織條材料の具備すべき要件は次の様である。

1. 融解點の高い事
2. 點火中の昇華が少い事
3. 織條より昇華した物質が黒化を起さない事
4. 容易に細線となし得、且つ其の際の機械的強度大なる事
5. 高温に於て物理的並に化學的變化を起し難い事
6. 固有電氣抵抗の大なる事
7. 電氣抵抗の温度係数が正なる事
8. 温度膨脹係数が小なる事
9. 吸收率が特に短波側で大なるものなる事
10. 材料の産額多量なる事

織條としては高温で固體の形を有する事が最重要だから、融解點の高い材料が望ましい。目下知られて居る所では融解點の最も高い元素は炭素(石墨)の3600°、タングステンの3370°之に次ぎ、タンタルの2850°、オスミウムの2700°、モリブデンの2620°と云ふ順序である。従つて此の點では炭素が最も良いが、炭素は第二要件の昇華作用が大なる爲め望ま



しくないのである。

昇華と言ふのは固体の表面から其のガス體を發散する事で、樟腦が芳香を放ちながら消え行くのは常溫で昇華する爲である。どんな材料でも高溫度となれば幾分の昇華は免れないのであるが、それが出来るだけ少ないものである事が望ましい。昇華が少なければ高い溫度で使用出来て光束が非常に多くなるからである。

使用溫度で纖維の形がくずれない爲には、第一に高溫度で物理的に變化せぬ即ち液狀となるに先立ち水飴狀とならない事、第二に其の溫度膨脹係数が小である事が必要である。常溫と白熱溫度とは2000度以上も違ふのであるから、溫度膨脹係数が大であると白熱時に延びて形を保つのに困難を感じ、現在の様にどんな位置にでも使へる便利が失はれる。

纖維物質の固有抵抗が小さければ、纖維は細長いものになる。細長ければ機械的耐力弱く且つ工作費も高くなるから、固有抵抗は相當の値を有つものであることが望ましいのである。

次に白熱電燈は普通定電壓回路に並列に接続せられるものであるが、回路の供給電壓は、負荷の變動による電壓降下の變動の爲め、多少の變動は免れ難いものである。然るに電氣抵抗の溫度係数が若しも負であるならば、供給電壓の變動は電球に入込む電力に大きく響き、従つてその輻射光束、能率、壽命等に非常な影響を與へる。然るに溫度係数が正ならば、當然それ等の變動を制限することになるから、纖維としては抵抗の溫度係数が正であることが望ましいのである。

現實の溫度輻射體の溫度は3000°Cに近いものであるから、其の最大エネルギーの波長は肉眼で最も良く見える波長より餘程長い。即ち赤味が勝

つて居る。従つて吸収率が大きで黒體に近い輻射をして貰ひたいが、若し吸収率が波長で違ふものならば長波長の側はどうでも良いから、肉眼によく見える短波長側に吸収率が特に大である事が望ましい。

8. 黒 化 相當に使用した電球と新しい電球とを點火せずに比較してみると、使つた電球はガラス球が幾分黒ずんで居るのが解る。之を電球の黒化と言ふ。

電球黒化の原因は昇華した纖維蒸氣がガラス球に觸れ、固化沈澱したもので、ガラス球の透過率を減ずる。

電球を點火使用して居れば絶えず其の表面から少し宛昇華を續けて行くから、電球は次第に黒化して來るが、同時に纖維自身も細くなつて行き、細くなつた所は抵抗が他の部分より大であるから發熱も亦幾分他の部より大で、従つて溫度も高く、昇華が一層劇しくなるので、遂に斷線してしまう。此の電球が點火し初めてから斷線する迄の時間を其の電球の壽命 (life) と名付ける。萬一黒化が甚だしく、斷線はしないが光度は標準 (次章に述べる) の80%以下になる様な事があれば、80%になる迄を壽命とする。

普通の電球は纖維の燃焼を防ぐ爲に眞空にするのであるが、其の眞空作業が悪く幾分でも水蒸氣が残ると、其の水蒸氣が熱した纖維と化合して纖維を細らせ、出來た化合物は冷却すると分解するので同じ水蒸氣が繰り返して繰り返して作用して纖維を細らせたものだが、今は排氣作業が完全で其の作用は殆んどない。

電球を或る高溫度として使ふ以上は昇華は防げないから電球の黒化は止むを得ない。唯黒化が口金附近に生ずる様にガラス球の形を工夫するとか、



或は寫眞撮影に使ふ特に高温燈とした電球は、豫めタングステンの小球を若干ガラス球内に封入して置き、ガラス球が幾分黒化すると電球を取外し、振り動かしてタングステンの小球でガラス内面に附着したタングステンの微粒子を擦り落す様な事が行はれて居る。

**9. 比消費量と能率** 白熱電燈の光度は其の方向に依つて違ふが、其の光る所の中心と思はれる所を通り、ステムに直角な平面を假想し、其の平面上で各方向の光度の平均を平均水平光度(mean horizontal candle-power)と名付け、又電球の總べての方向の光度の平均即ち電球の射出する總光束を  $4\pi$  で除したものを平均球面光度(mean spherical candle-power)又は單に球面光度と言ふ。

白熱電燈の働き具合即ち電力を光に變ずる能力の大小を表はすのに、從來は比消費量が多く使はれた。即ち5燭の炭素電球は25ワット位を要したものであるが、之を5燭の炭素電球の比消費量は1燭當り5ワットであると言つた。

今日の16燭のタングステン電球は20ワットを要するのが標準である。従つて其の比消費量は1燭當り1.25ワットであると言ふ。

上述の燭は公稱光度である。真空電球の大きさを平均水平光度で呼んだ習慣もあつたが後述する様に今は無くなつた。

例題1. 50燭タングステン電球は52ワット、5燭のタングステン電球は7.8ワットを消費する。其の比消費量如何。

解 50燭電球  $52 \div 50 = 1.04$  ワット毎燭  
5燭電球  $7.8 \div 5 = 1.56$  ワット毎燭

然し近頃は多く1ワットでどの位の光束が出せるかで比較する事にし之を電球の能率(efficiency)と言ふ。従つて電球の能率は電動機や發電機などの能率と違ひ、何%として表はす事は出来ず、1ワット當り何ルーメンと言つて表はすのである。之は光束と電力との換算率が定まらない爲である。

例題2. 100ワット電球の能率は1ワット當り13ルーメンなりと言ふ。其の輻射光束如何。

解 光束 = 能率  $\times$  電力 =  $13 \times 100 = 1300$  ルーメン

例題3. 10ワット、40ワット、200及び500ワットの電球は夫々76, 400, 3050及び9000ルーメンの光束を輻射する。其の能率はいくらであるか。

解	10ワット電球	$76 \div 10 = 7.6$	ルーメン毎ワット
	40 "	$400 \div 40 = 10.0$	"
	200 "	$3050 \div 200 = 15.3$	"
	500 "	$9000 \div 500 = 18.0$	"

### 問 題

1. 輻射束と光束との關係を述べよ。
2. 可視線の波長の範圍如何。
3. 各方向に均等なる光度20燭を有する光源あり。其の形が直徑6cmなる球形なりとせば、其の發散する總光束及び輝度如何。
4. 5000ルーメンを放射する光源あり。各方向の光度を同一とせば、其の光度如何。尙之を直徑10燭のグローブにて囲みたりとせば、其



- の輝度如何程なりや、但しグローブの透過率は 0.9 とす。
5. 平均輝度 3 燭毎平方寸の球形光源あり。其の半径 4 寸なりと言ふ。之を透過率 90% 直径 10 寸のグローブにて包みたりとせば、グローブの光度、光束及び輝度如何。
  6. 温度輻射の法則を述べよ。
  7. 或る電球が 2727°C の時には 1727°C の時に比べて其の總輻射エネルギー及び最大エネルギーは夫々何程の割合なりや。
  8. 上問の電球が第 3 節例題 2 のものと同一とせば、夫々の温度に於ての最大エネルギーの波長如何。
  9. 總光束 600 ルーメンの光源あり。今之を反射率 10%、透過率 88% なるガラスにて作りたるグローブ（光源を全く包むもの）中に納める時、グローブより射出する光束は大凡如何。
  10. ガス入電球の形状を描き各部の名稱を示せ。
  11. 織條の要件を列記せよ。
  12. 球面光度に依る比消費量と能率との關係を見出せ。
  13. 或る 100 燭のガス入電球が 100 ワットを消費したと言ふ。其の能率は如何程であるか。（この燭は球面光度である）
  14. 或る 500 ワットのガス入電球の能率が 18.4 ルーメン毎ワットなりと言ふ。其の輻射する光束如何。
  15. 或る 1000 ワット電球が 21000 ルーメンを輻射すると言ふ。其の能率及び比消費量如何。
  16. 某ガス入電球は 3080 ルーメンを輻射し、其の比消費量 0.8 ワット毎燭なりと言ふ。其の消費電力及び能率如何。

17. 次の術語の夫々の似た點と相違する點だけを述べよ。

輻射束と光束	黒體と灰色體	灰色體と選擇輻射體
光度と輝度	光度と光束	點光源と二次光源
反射率と透過率	タングステン電球と炭素電球	
導入線と織條	アンカとステム	比消費量と能率
球面光度と平均水平光度		

18. 次の術語を簡単に説明せよ。

黒化	昇華	壽命	白熱電燈
口金	吸収率	温度輻射	燭

- 答 3. 251 lm, 0.707 燭毎平方寸。 4. 398 燭, 4.55 燭毎平方寸。
5. 151 燭, 136 燭, 1710 lm, 1.73 燭毎平方寸。 7. 5.06 倍, 7.6 倍。
8. 1.45 ミクロン, 0.97 ミクロン。 9. 588 lm。 12.  $w\eta=4\pi$ 。 13. 12.57 lm/W。 14. 9200 lm。 15. 21 lm/W, 0.600 W 毎燭。 16. 196 W。



## 第二章 タングステン電球

## 1. タングステンの性質

現在白熱電燈の織條として  
はタングステンが使用されて居る事は既に知られて居るが、其の融解點は  
3370°C 附近で、金屬中で最高の融解點を有する。然かも 3000°C 近くに  
於ける昇華は餘り甚だしくない。

線膨脹係數は溫度と共に増加するが百萬分の一臺であるから、點火時に  
於ける長さや常溫のそれとの差は僅かに 1% 位で、従つて形狀の相違は認  
められない。

その固有抵抗は 0°C で  $5 \times 10^{-6}$  オーム程の程度で寧ろ少い方だが、最  
近では製造方法が進歩して極めて均等な細線に出來、且つ之をコイル狀に  
巻かれるので其の長さが餘り長くはならずすむ。

その溫度係數は正であるが割合に大で、其の抵抗は絶對溫度の 1.2 乗に  
比例すると言はれて居る。

例題 タングステン電球の點火時の溫度が 2200°C だとすれば、其の抵  
抗は 27°C の場合の抵抗  $R_0$  の何倍か。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad R &= R_0 \left( \frac{2200 + 273}{27 + 273} \right)^{1.2} = R_0 \times 8.24^{1.2} \\ &= 12.6 R_0 \quad \text{答} \quad 12.6 \text{ 倍} \end{aligned}$$

従つて此の電球では開閉器を入れた瞬時は常態の 13 倍に近い電流が流  
れようとするが、途中の電壓降下があるので大いに緩和される。其の上多  
量の電流が流れる事に依る溫度上昇も急激で、従つて短時間 ( $1/10$  秒以下)  
で點火溫度となるから、電球自身や他の工作物に何等の損傷も生じない。

## 2. 製造順序 電球工場での作業の順序の一例は次の様である

(第 2-1 圖参照)。

第 2-1 圖

1. ステム製作: 足管,  
ステム棒(stem rod)  
及び導入線を結合す  
る。排氣用ガラス管  
を取付ける。(同圖  
上側中央)
2. アンカ取付: 上記  
ステムのガラス棒の  
末端若しくは上下兩  
段にアンカ(anchor)を取付ける。



電球製作順序

3. 織線: 上記ステムのアンカに織條を取付ける。然して出來上つた  
ものをマウント(mount)と名づける。(同圖上)
4. ガラス球捺印: ガラス球内面或は外面に使用電壓, ワット數又は  
燭數等を記入する。
5. 封じ: マウントをガラス球内に入れ、これを封じて一所にする。  
(同圖下左端)
6. 排氣及びガス入: 排氣用真空ポンプにて排氣し、若しガス入球の  
場合ならば更にこれにガスを填充したる後、排氣管を封じ切る。(同  
圖下中央)
7. 口金付け: 特殊セメントを用ひて、ガラス球に口金を取付ける。



8. フラッシング (flashing): 織條物質に塗つたゲッタ (getter) を働かして化合の虞ある残留ガスを完全に除去する。
9. 構造検査並に消費電力を試験する。

真空球では7の作業前真空の良否を試験する。6の作業を終へたものを金属板に並べ、金属板を誘導線輪 (induction coil) の一端につなぎ、其の他端を接地する。試験手は大地に立つて電球の上部に觸れる、其の際電球に暈光を生ずれば排氣が不完全の證據である。但し排氣が甚だ不完全でもやはり暈光を呈せぬが、之は試験點火の際容易に不良が明かとなる。構造其の他の試験に就いては後節で述べる。

**3. 導入線** 上記の材料に就いて特に説明を要するのは導入線であらう。導入線は口金に於ける端子と織條とを結び付けるに使用されるものであるが、それがステムのつまみでガラスを貫きガラス球内に入る。従つて其の部の導入線とガラスとは密着する性質のものである上に、兩者の温度膨脹係数が略ぼ同一でない、空氣がガラス球内に漏れ込む虞がある。そこで、其の部分にはデューメット線と呼ぶ特殊の金属線が多く使用されて居る。

其の前後の導入線は銅を使用する事もあるし、或る電球ではガラス球内にニッケルを使つて居る。又口金側には特殊の金属を使ひ、ガラス内に電弧が生じた際ガラス球が破裂するに先立つて自ら熔断するヒューズの様な役目をするものを使用したものもある。

アンカには熱傳導率の少いモリブデンなどが使はれて居る。

#### 4. 働程と熟成

製作したての電球を點火して居ると暫時の間は電流は次第に減少し光束は反つて増加する。之はタングステンの素質に變化が生ずる爲で、之を熟成 (ageing) と言ふ。製作の仕方で多少違ふが先づ30分で熟成は完了する。

普通電球の諸性質を考へるには此の熟成がすんでからにする。従つて試験の場合には120%の電壓で40分間點火し、充分熟成してからにする。

熟成がすんだ電球は使用するに従ひ、其の光束も其の電流従つて電力も徐々ではあるが次第に減少するが、光束の減少の方が急だから能率は次第に低下する。之の有様を時間を横軸にとつて描いたものが働程曲線 (performance curve) である。第2-2圖は其の一例を示す。

多くのタングステン電球では其の壽命の終りに、光束は86%位、電力は94%位に減



少する。後述のガス入電球ではこの點極めて良好で壽命の終りに於て夫々94%、98%の程度である。

**例題** 20ワット175ルーメンの電球は壽命の終りに其の能率はどの程度に低下するか。

**解** 電力は94%即ち18.8ワットに、光束は86%即ち150.5ルーメンに減少するから能率は8.0ルーメン毎ワットになる。即ち  $175 \div 20 = 8.8$  ルーメン毎ワットが8.0となるから約9%の低下である。



## 5. ガス入の効果

電球が真空の儘では寿命を短くする事なくして能率を良くする事は不可能である。然し能率を良くするとは織條の温度を上昇する事で、其の結果蒸發が盛んになつて寿命が短縮するのであるから、若し温度が上昇しても蒸發が盛んにならずにすませる事が出来れば、寿命は短縮せずすむ譯である。この目的にガラス球にガスを入れる事が發明された。

真空球に高温度でも織條と化合する事がないガス例へば窒素を封入すれば、昇華したタングステンの蒸氣が擴散して行くのに時間がかゝり、従つて織條附近に多量のタングステン蒸氣が存在して、後からの昇華を妨げる。依つてガスが入つた爲に昇華の速さは低下し、寿命の短縮を防ぐ事になり、壽命を同一に許せば一層高温度とする事が可能になり、能率を良く出来る。

此の昇華の減少は、ガスの種類や壓力に關係する。其の一例を示すと第2-1表の様である。

第2-1表 ガス壓力と昇華率

ガス壓力 (水銀柱 mm)	真空 (1 以下)	10	100	1000
昇 華 率	1	0.1	0.02	0.01

即ち壓力を高めると寿命は大いに長くはなるが、其の長くなり方は壓力が高くなる程次第に減じて来る。依つて現在ではガスを半氣壓(380mm)程度で封入する。すると點火時には1氣壓位となる。その結果後述の様な能率が得られる。

例題 ガス入電球のガスの平均温度は大凡どの程度か。

解 同一容積のガスの絶対温度は壓力に正比例する。常温を27°C とすれば

$$T = (273 + 27) \times \frac{1}{1/2} = 600^\circ\text{K}, \quad 600 - 273 = 327^\circ\text{C}$$

## 6. ガス封入と熱損失

ガスを封入すれば上述の様に昇華率は減少するが、其の爲に熱損失を増加する事になる。

真空電球に於ける熱損失は導入線に依る傳導と輻射に依るものとだけであつた。然るにガス入電球にては此の外にガスの對流に依る熱損失が附加される。即ち封入ガスが織條で熱せられて上昇し、ガラス球其の他で冷却されて下降し、所謂對流を行つて織條の熱をガラス球に傳へる。其の結果ガラス球や口金は著しく熱くなると同時に織條は冷却される結果となる。

この冷却効果を減少するには、織條とガスとの接觸面積を小にするが熱損失の少いガスを使用するかである。第一に對する對策として織條をコイル狀に巻く事にした。さうすると光の輻射は餘り寄せられず、熱損失はコイル狀に巻いた直径の太さのものと殆んど變化がないので大いに減少する。最近では二重コイル織條即ち細い線をコイル狀に巻いたものを更にコイルに巻いたものも出現したので損失熱面積は更に減少した。

第二の對策としては空氣中に僅か1%内外含有されるアルゴンが窒素に負けない不活潑性で然かも熱損失が少ないので、之を使用する事とし、極めて大形のものを除いては現在大部分アルゴンが使用されて居る。最近では更に熱損失が少ないクリプトンやキセノンを入れたものも出現した。

熱損失があつてもガス入電球の方が能率が良いと言ふ事を具體的に説明する爲に、兩電球の損失分布の一例を第2-2表に示す。



第 2-2 表 電球のエネルギー分布

項 目	真 空 球	ガ ス 入 球
導線及び口金に依る熱損失	8%	5%
球内ガスに依る熱損失	0%	20%
輻 射	熱輻射	67%
	光輻射	8%
	86% } 92%	67% } 75%
	6%	8%

然しこの対流に依る熱損失は相當の値であるし、第 2-1 表に示した様に壓力を或る程度以上高くしても昇華を防ぐ効果はそれ程でもないで、球内のガス壓力をズット低くし、現在のガス入電球より昇華は稍多いが対流に依る熱損失は相當に少いと言ふ所をねらつた電球が出現した。之はエコノミ電球と呼ばれて居るが廣く使用されない。

7. 特性曲線

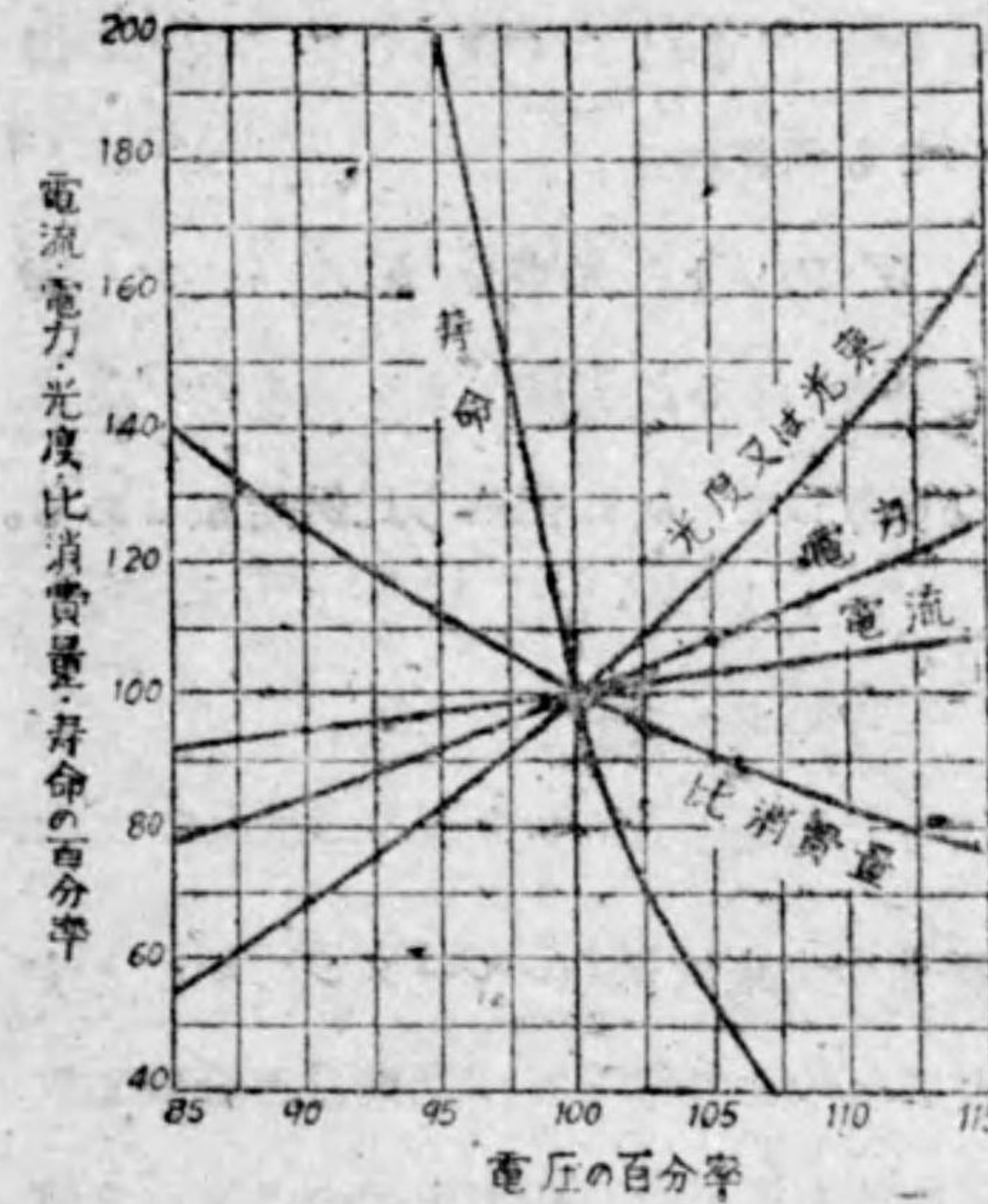
現在我が國では普通の白熱電燈は 100 ボルトで使用される様に製作される。即ち定格電壓又は銘記電壓は 100 ボルトである。

若し出来上つた電球を 100 ボルトとは違つた電壓で使用したら、どんな變化が生ずるであらうか。先づ電壓が増加したら電流は増加し、織條溫度を上昇するから其の輻射光束を増加すると同時に其の抵抗を増加する。

従つて電力も光束も共に増加するが、織條溫度が上昇したのだから、其の能率は増加するに相違ない。然し織條溫度が上昇すれば昇華が著しく盛んになるから壽命は大いに短縮する。電壓を低くして使へば此の反對である。

或るタンダステン電球で其の電壓を色々變へて試験した結果を曲線に描

第 2-3 圖



タンダステン電球の特性

くと第 2-3 圖の様になる。之をタンダステン電球の特性曲線 (characteristic curve) と稱する。

此の圖から大略の變化を記憶に便にする爲め書き抜くと第 2-3 表の様である。

電壓が 10% 増加すれば、抵抗に變化がないと電流も 10% 増加し、従つて電力は 21% 増加 ( $1.1^2 - 1^2 = 0.21$ ) する譯だが、それが 16% 増加に止るのは抵抗が溫度の上昇で増加する爲で

第 2-3 表 電壓變化の影響

電壓變化 (%)	電 力 (%)	光束又は光度 (%)	壽 命 (%)
+ 5	108	118	52
+10	116	140	-
-10	84	68	-

ある。そして此の場合光束数は 40% 増加するから、其の能率は  $1.40 + 1.16 = 1.21$  即ち 21% 増加する。但し壽命は圖からは良く解らぬが大凡 25% 位に減少する。



## 8. 電 壓 と 光 束

電圧の變化が餘り大でなければ、電圧の變化に依る光束その他の變化は式の形でも示される。

今電圧を  $V$  ボルト、消費電力を  $W$  ワット、光束を  $F$  ルーメン、壽命を  $T$  時間で表はすと次の實驗式が得られる。實驗式といふのは實驗から得た資料を式の形に表はしたものであつて、 $k$  は何れも比例定數である。

$$W = k_1 V^{1.6}$$

$$F = k_2 V^{3.6}$$

$$T = k_3 V^{-14}$$

例題 100 ボルト 100 ワット用電球の光束は 1300 ルーメンであるとすれば、此の電球を 90 ボルトで點火したときの電力及び光束の百分率を實驗式より計算し、且つそれより能率の比を求め、併せて上記の各數値を算出せよ。尙此の際及び 95 ボルトに使用したる時の壽命を實驗式を使つて求めよ、但し 100 ボルトに於ける壽命は 1500 時間とする。

解  $90 \div 100 = 0.90 \quad \log 0.90 = \bar{1}.9542 = -0.0458$

電力  $\log 0.90^{1.6} = 1.6 \times (-0.0458) = -0.0733 = \bar{1}.9267$

$\therefore 0.90^{1.6} = 0.845 \quad 100 \times 0.845 = 84.5 \text{ ワット}$

光束  $\log 0.90^{3.6} = 3.6 \times (-0.0458) = -0.1649 = \bar{1}.8351$

$\therefore 0.90^{3.6} = 0.684 \quad 1300 \times 0.684 = 889 \text{ ルーメン}$

能率  $\frac{0.684}{0.845} \times 100 = 82.1 \% \quad \frac{889}{84.5} = 10.7 \text{ lm/W}$

壽命  $\log 0.90^{-14} = -14 \times (-0.0458) = 0.6412$

$\therefore 0.90^{-14} = 4.38 \quad 1500 \times 4.38 = 6570 \text{ 時間}$

$\log 0.95^{-14} = -14 \times \bar{1}.9777 = 0.3122$

$\therefore 0.95^{-14} = 2.05 \quad 1500 \times 2.05 = 3075 \text{ 時間}$

對數表がない時又は大略のもので良い時には、二項定理で第三項まで計算するが良い。

$$0.9^n = (1 - 0.1)^n = 1 - n \times 0.1 + \frac{n(n-1)}{1 \times 2} \times 0.1^2$$

電力  $100 \times (1 - 1.6 \times 0.1 + \frac{1.6 \times 0.6}{1 \times 2} \times 0.01) = 84.5 \text{ ワット}$

光束  $1300 \times (1 - 3.6 \times 0.1 + \frac{3.6 \times 2.6}{1 \times 2} \times 0.01)$   
 $= 1300 \times 0.687 = 893 \text{ ルーメン}$

此處までは此の略算でも殆んど變らない。

壽命  $0.9^{-14} = 1 - (-14) \times 0.1 + \frac{(-14)(-15)}{1 \times 2} \times 0.01$   
 $= 1 + 1.4 + 1.05 = 3.45$

之は大に違ふ、即ち指數が大である場合にはもつと多く項をとる必要がある。

## 9. 能 率 と 壽 命

前節では出來上つた電球で電圧が變化した場合に就いて述べたのであるが、與へられた電圧の電球を設計する際に、どんな能率のものを選ぶかにも此の關係が役に立つ。

一般に能率の良い電球を作ると、一定の照明効果を與へるための電力は減少するけれども、其の壽命は著しく短縮する。従つて電球の比較には全壽命を通じて輻射する光量即ち光束と時間との積算を以つてしなければならぬ。光量の單位には 1 キロルーメンが一時間照射した光量を以つてし、1 キロルーメン時と名付けたものを使ふが良い。

そこで先づ能率と壽命との關係を求めよう。能率を  $\eta$  とすれば



$$\eta = \frac{F}{W} = \frac{k_2 V^{3.0}}{k_1 V^{1.6}} = \frac{k_2}{k_1} V^{1.4}$$

此の式と  $T$  の式とより  $V$  を消去すると

$$T = k_3 V^{-14} = k_3 \left\{ \left( \frac{k_1}{k_2} \eta \right)^{\frac{1}{1.4}} \right\}^{-14} = k_3 \left( \frac{k_1}{k_2} \right)^{-7} \eta^{-7}$$

$$= k_4 \eta^{-7}$$

即ち一定電圧で寿命は能率の7乗に逆比例する。

元來他の電氣の機器と違つて能率の良い電球を作ると言ふ事は極めて容易の事で、單に細くて短い纖維を使ひさへすれば良い。然しそれでは寿命が短くなるから、最も經濟的電球とは1キロルーメン時當りの電氣代と電球代との和が最低になるものと言ふのである。

現今では大體各電球で色々の状況を調べた上で適當と思はれる標準寿命を定め、それに應じて能率を算出し、その能率が得られる様に電球を設計して居る。

例題 平均球面光度が30燭なる下記A及びBなる二種のガス入電球がある。孰れを使用するが利益であるか。

電球	電球の寿命	一燭當りの消費電力 (寿命中の平均)	電球一個 の代價
A	1500 時間	1.34 ワット	30 錢
B	1000 時間	1.30 ワット	30 錢

但し電氣料は1キロワット時に付金5錢の場合と15錢の場合とを考へるものとす。

解 今寿命の最小公倍数 3000 時間で比較しよう。

電氣代5錢の場合

A 電球	電氣料金	$5 \times \frac{1.34 \times 30 \times 3000}{1000} = 603$ 錢
	電球代	$30 \times \frac{3000}{1500} = 60$ 錢
	合計	663 錢
B 電球	電氣料金	$5 \times \frac{1.30 \times 30 \times 3000}{1000} = 585$ 錢
	電球代	$30 \times \frac{3000}{1000} = 90$ 錢
	合計	675 錢

従つて此の場合は A 電球を使用した方が利益である。

今電氣代を15錢とすれば電氣料金は上記の3倍となるから

A 電球	$603 \times 3 + 60 = 1869$ 錢
B 電球	$585 \times 3 + 90 = 1845$ 錢

即ち B 電球を使用する方が利益である。

一般に電氣代が高く電球代が安い場合には高能率短寿命の電球を使用するが良く、之に反する場合には長寿命に設計された電球を使用するが宜しい。我が國では割合に電氣代が安い爲か外國に比べて電球の能率が良くない。

10. 電球の大きさ 昔は電球の大きさを其の光度で呼んだものであるが、現在では消費電力で呼ぶ事にしてある。そして上述の様に電球代價と電氣代とが定ると最も經濟的な電球の寿命と能率は大體定る。

電球の大きさは数が澤山あつた方が便利であるが、實際の取扱や大量生産で價格を安くする上からは、不自由を感ぜぬ程度で種類は少い方が良い。



そこで日本電気工業委員会（照明學會、電気協會參加）では真空球7種、ガス入球11種を定め且つ小ワット電球を壽命の上から甲乙2種に分けた。其の大きさ、標準初能率及びその場合の平均壽命の概數を第2-4表及び第2-5表の如く定めた。

第2-4表 甲種電球

種 別	電球の大きさ (W)	初 特 性			壽 命 (時)
		消費電力 (W)	光 束 (lm)	能 率 (lm/W)	
真空電球	10	10	76	7.6	1 500
	13	13	108	8.3	1 500
	20	20	175	8.8	1 500
ガス入電球	30	30	260	8.6	1 500
	40	40	400	10.0	1 500
	60	60	680	11.3	1 500
	100	100	1 300	13.0	1 500
	150	150	2 150	14.3	1 500
	200	200	3 050	15.3	1 500
	300	300	4 950	16.5	1 500
	500	500	9 000	18.0	1 500
	750	750	14 300	19.0	1 500
1 000	1 000	20 000	20.0	1 500	
1 500	1 500	31 500	21.0	1 500	

表からすぐ解る様に甲種電球（普通の電球）は壽命を1500時間に統一し特に能率は悪くも壽命の長い事を望む場合（電気代の安價な場合）に小ワット電球に限り乙種を定めた。

然し我が國の電燈會社の現状は定額電燈料金を多く燭で定め、未だにワットに改める事が出来ない。そこで以前（昭和9年）は公稱光度と言ふ制度に依り真空電球では平均水平光度の概數、ガス入電球では平均球面光度

第2-5表 乙種電球

種 別	電球の大きさ (W)	初 特 性			壽 命 (時)
		消費電力 (W)	光 束 (lm)	能 率 (lm/W)	
真空電球	7.5	7.5	47	6.3	4 000
	10	10	70	7.0	3 500
	13	13	96	7.4	3 000
	20	20	160	8.0	2 500
	30	30	255	8.5	2 200
	40	40	355	8.9	2 000
ガス入電球	60	60	590	9.8	1 500
	30	30	245	8.2	2 200
	40	40	380	9.5	2 000

但し7.5及13ワットは或可く採用せざる事を希望されて居る。

の概數を以つてする事にしたのであつた。然し昭和13年には更に之れを改め別に燭光制の電球を制定した。其の大きさ、初光束、初消費電力、平均壽命の概數は第2-6表の様である。之れはデカルーメン即ち初光束のルーメン數の $\frac{1}{10}$ を定格燭數に定めたのである。

第2-6表 燭光制電球

種 別	電球の大きさ (燭)	初 特 性			壽 命 (時)
		光 束 (lm)	消費電力 (W)	能 率 (lm/W)	
真空電球	5	50	7.8	6.4	4 000
	8	80	11.3	7.1	3 500
	10	100	13.3	7.5	3 000
	16	160	20.0	8.0	2 500
	24	240	28.5	8.4	2 200
	32	320	36.4	8.8	2 000
	50	500	52.1	9.6	1 500
ガス入電球	24	240	29.3	8.2	2 200
	32	320	35.2	9.1	2 000
	50	500	48.0	10.4	1 500



## 問 題

1. 白熱電燈の織條として何故タングステンが使用せらるゝや。
2. 1000 ワット白熱電燈の織條温度は  $2800^{\circ}\text{K}$  附近なりと言ふ。其の使用時の抵抗は冷抵抗の大凡何倍なりや。
3. 100 V, 100 W 電球の點火温度は  $2600^{\circ}\text{K}$  位なりと言ふ。ホイートストンブリッジにてその抵抗を測定せば大凡何程ならんか。
4. 普通のタングステン電球の主要材料を列記せよ。
5. タングステン電球のマウントとは何ぞや。
6. タングステン電球導入線の要件を述べよ。
7. 60 W ガス入タングステン電球の働程曲線を圖示せよ。
8. 或る白熱電燈は斷線直前に於て其の光束は初光束の 88%, 消費電力は最初の 94% に減少せり。初能率が 12.6 ルーメン毎ワットとせば、斷線直前に於ける能率何程ならんか。
9. 白熱電燈でガス入の功罪を論ぜよ。
10. 現在に於て白熱電燈に入るゝガスの種類及點火時に於ける壓力如何。
11. ガス入電球に於て織條をコイル状とする理由如何。
12. エコノミ電球の原理を説明せよ。
13. 第 2—3 圖より電壓が 112.5% となりたる場合の電力及び光束の割合を求め、之より能率を算出せよ。
14. 100 V, 60 W 電球は定格電壓に於て 680 ルーメンを輻射す。今此の電球を 85 V にて點火すれば、其の電力、光束及び能率は何程となるか。第 2—3 圖より求めよ。

15. 100 V, 40 W, 400 ルーメンの電球がある。之を 96 V に使用したときの電力、光束及び壽命を公式と對數表とより求め、併せて展開式の第二近似値より求めたる結果と比較せよ。
16. 光量とは何ぞや。併せて其の單位を示せ。
17. 普通のタングステン電球の能率を 10% 良好にすれば、其の壽命は何%減少するや。
18. 或る 100 V, 20 W のタングステン電球は 2600 時間後に斷線し、全壽命中の平均電力 19.5 W, 平均光束 150 ルーメンなりしと言ふ。電気代 1 kWh に就き 16 錢、電球代 25 錢として其の 1 キロルーメン時の點燈費用如何。
19. 次の如き A, B 2 種の電球あり、A 電球の代價 25 錢とせば、B 電球に何程を支拂へば損得なきか。但し 1 kWh 16 錢とす。

電球	壽命(時間)	平均消費電力(W)	代價
A	1500	41	25 錢
B	1200	40	?

20. 平均球面光度 40 燭なる下記 A 及び B の二種の電球あり。電球を需用家に於て負擔する從量需用家に於て何れの電球を使用するを利益とするや、算式に依り決定せよ。但し 1 kWh 16 錢とす。(選試)

電球の壽命	1 燭當り消費電力 (壽命中の平均)	電球 1 個の代價
A 1500 時間	1.0 ワット	50 錢
B 2000 時間	1.1 "	"

21. 100 ワット電球 50 箇を點ずる講義室あり。各電球は 1000 時間の點火に於て時間に比例して其の全光束の一割を減少するものとし、



又何れも 1000 時間の點火毎に新品と取換へるものとす。然らば平均 1000 ルーメン時に要する電気料金及び電球代金の合計幾何なりや。但し電球最初の能率は 1 ワットに就き 13 ルーメン、電気料は 1 kWh に付き 15 錢、電球 1 箇の代金は 80 錢なりとす (選試)。

22. 電球の大きは何に依つて定められるや。  
 23. 燭光制電球の大きは何に依り定められたるか。  
 24. 電球はワット数の大なる程能率良好なるは何故なりや。  
 25. 次の電球の能率の概數及び標準壽命を示せ。

10 ワット乙種電球, 甲種 40 W のガス入電球, 100 ワット電球,  
 1000 ワット電球, 16 燭電球。

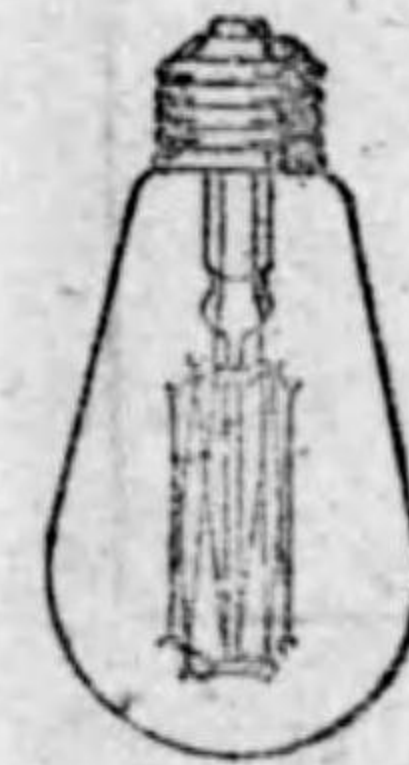
答 2. 14.6 倍。3.  $7.49 \Omega$ 。8.  $11.8 \text{ lm/W}$ 。13.  $152 \div 122 = 1.25$  倍。  
 14. 46.8 W, 374 lm,  $8.0 \text{ lm/W}$ 。15. 37.5 W, 345.5 lm, 2654 時。37.5 W,  
 345.6 lm, 2592 時。17. 51.3 %。18. 2.14 錢。19. 39.2 錢。20. 6000 時  
 で A 電球が 3 圓 34 錢有利。21. 1.28 錢。

## 第三章 タングステン電球の種類

### 1. 織條の形状

タングステン電球には真空球とガス入球との二種ある事や、其の大きは消費ワット數で十數種に分かれる事、並に其の壽命或は能率の立場から甲乙二種に分かれてゐる事は既に述べた。此の外普通に使はれる電球でも、織條やガラス球の形状其の他で色々の種類がある。此處では主として普通の電球に就いて述べる。

第 3-1 圖



直線形織條

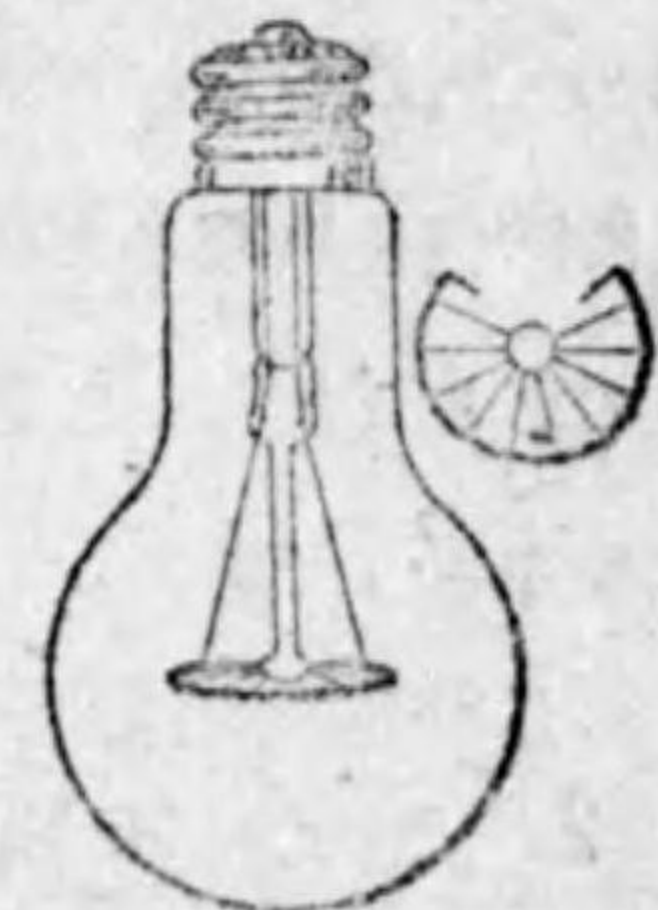
先づ織條は真空電球では昔は一本のタングステン線をステムの上下に取付けたアンカにかけて支持させ第 3-1 圖の様に作られた。之は直線形 (straight form) と呼ばれる。

ガスの對流に依る熱損失を減少する目的にはコイル状又は螺旋状 (coil or spiral) 織條を使ふ。之をステムの下端に放射状に取付けたアンカで支持させる事第 3-2 圖の様にしたものをコイル輪形織條と言ふ。小形のものに使はれる。

近頃では真空電球にも此の形のものが少くない。更に電球が大きくなると織條の長さが長くなるので、多少上下に波を打たせて取付けた。之をコイル鋸齒形、コイル花形又はコイルジグザグ形 (zigzag form) と呼んだものであるが、最近はこの上下が甚だ僅少で輪形と大差がない。

東京芝浦電気マツダ支社の新マツダ電球は二重コイル織條 (double coiled filament) を用ひて居る。

第 3-2 圖



コイル輪形織條取付圖



之は細いタングステン線を先づ小直径のコイル状に巻き、再び之を大直径

第 3—3 圖



二重コイル織條 (右側は従來のもの)

のコイル状に巻く事第 3—3

圖の様にしたものである。斯

くすれば一層熱損失を減じ、

従つて同一電力では初光束を

増し得るのみならず、働程中の光束減少を少くして全寿命中の光量を第 3—1 表の如く大にし得ると言ふ。

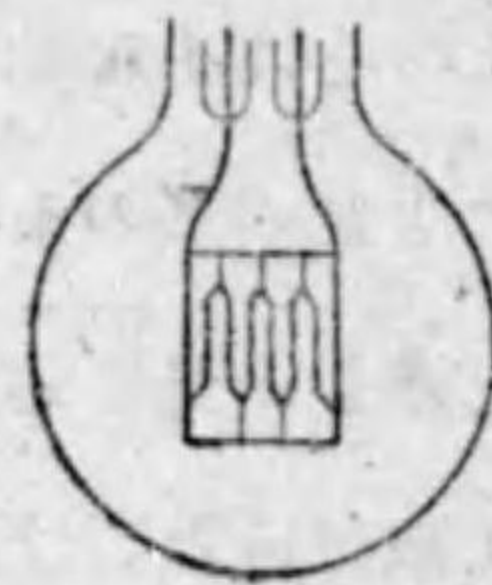
第 3—1 表 新マツダ電球

ワット数	初 光 束	(舊 標 準)	光 量 増 加
25	230	(215)	} 20%
30	300	(251)	
40	440	(384)	} 15%
60	760	(672)	
80	1100	(980)	} 10%
100	1400	(1300)	

超大形の電球では第 3—4 圖に示

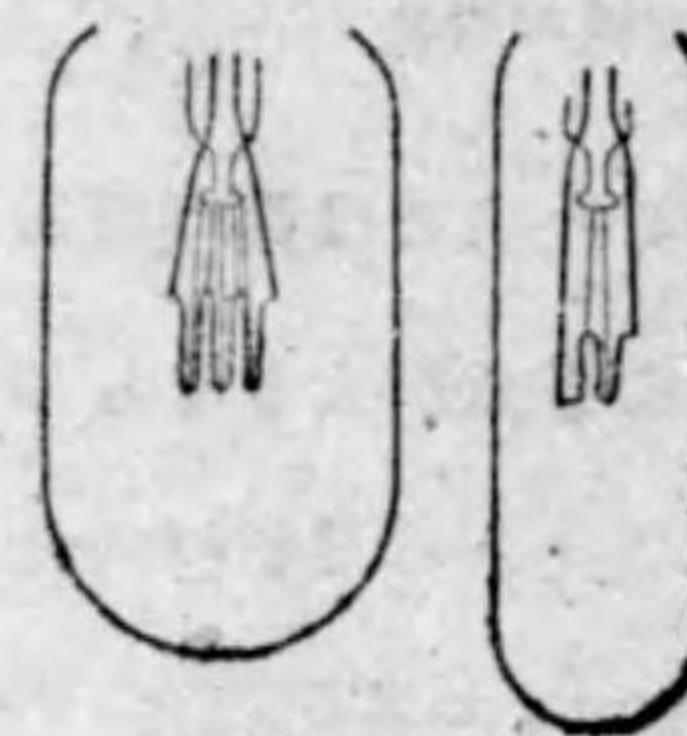
第 3—4 圖

す様に一平面に上下に並べる。又活動寫眞映寫用の電球は凸レンズ又は拋物反射鏡の焦點に光源を置きたい爲に織條を出来るだけ狭い場所に集めてある(第 3—5 圖)。投光器用電球も亦さうである。



大形電球の  
コイル織條配置

第 3—5 圖



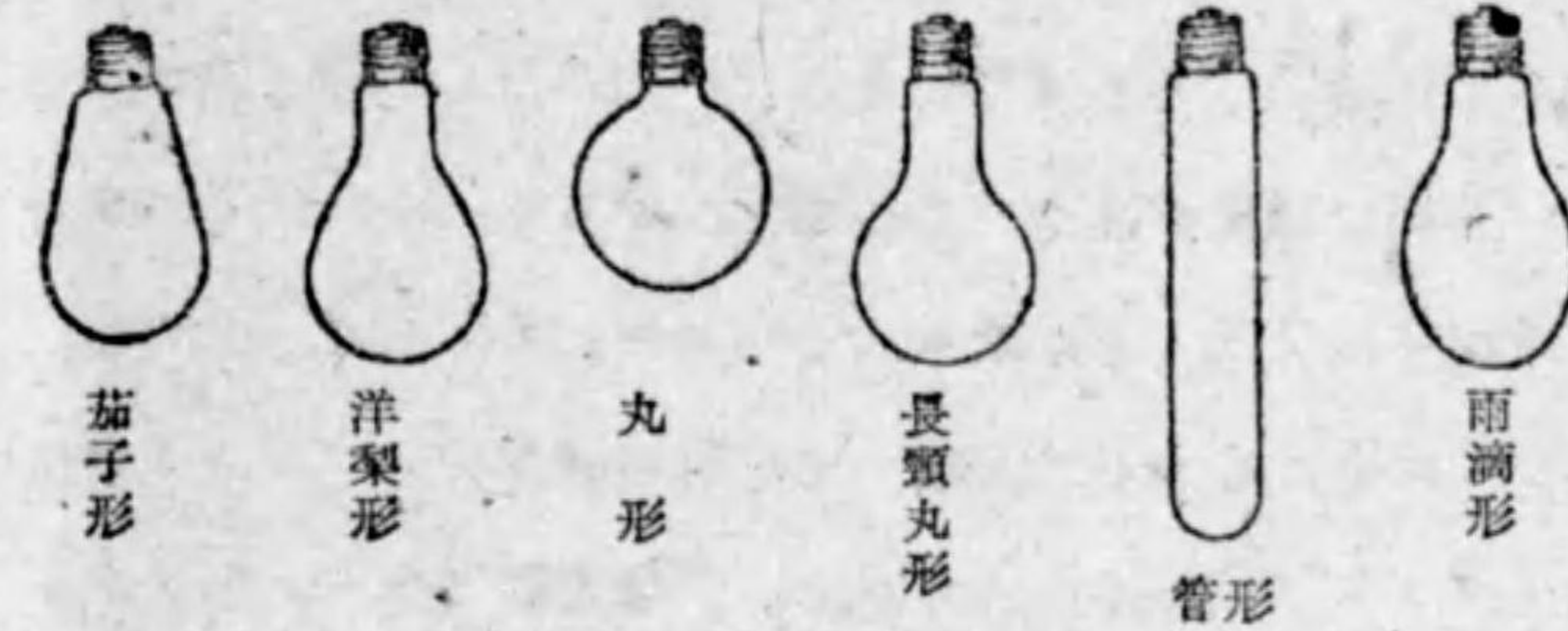
活動寫眞映寫用  
電球の織條配置

### 2. ガラス球

最も普通なのは第 3—6 圖左端に示すもので、之を茄子形と呼ばれる。ガス入電球は多く長頸丸形が使はれた。圓形の上

部を引延した形で、之は口金を上部に使用すると蒸發したタングステンが頸部に沈澱して、光が最も透過する下半分の黒化を減少する利がある。近來製作の便宜から之と良く似た洋梨形が多い。

第 3—6 圖



ガラス球の形状

新マツダ

電球では同

圖右端に示

す様な形が

使用される。

之は雨滴が

落下する時

の形で最も自然であるから、それだけ丈夫である。

管形は飾窓で柱の蔭に隠して使つたり或は後説の建築化照明などに使はれる。最近のものは口金が両側にあつて支持をしつかりさせてある。

次に同一ワット数の電球で、其のガラス球を大きくすれば次の様な利益がある。

1. 同量のタングステンが廣い面積に附着するから黒化が少い。
2. 艶消にした場合輝度が小になる。
3. ガス入球の場合同一熱量が廣い面積に廣がるからガラス球の温度は幾分低くなる。

然し次の様な害もある。

1. 同程度の排氣ならば殘留ガスの分量が多いから全寿命が短くなる。之に反し懐中電燈用豆電球では吸息に依る排氣でも充分だと云はれる。





2. 材料が多く要り且つ破損の割合も多い。
3. 取扱に不便で運賃も餘計要る。
4. 反射笠も大形のものが必要。

依つて電球の製作技術の進歩に伴つてガラス球は次第に小になつて來た、  
ついで口金から電球を分けると3種になる。

最も普通の形は外周に螺旋がきつてあつて、ソケットのそれにネヂ込む  
もので、どの電球がどのソケットにでも入る様に一定の形になつて居る。  
普通ソケット従つて口金にも大小二種あつて並形電球を大形ソケットに使  
用する場合にはアダプタ (adaptor) を使ふ。之は大形口金と並形ソケッ  
トとを有するものである。並形口金は 200 W 迄で、300 W 以上には大形  
を使ふ。

然し此の口金は電車の様に絶えず振動する所では次第にネヂがゆるんで  
來てソケットから電球が抜け落ちる虞がある。そこで電球には突起があり、  
ソケットには第 3—7 圖に示す様な切り目があつて、突起がこれに嵌り込  
む様にしたものがある。之は挿入口金 (Swan base or bayonet base) と  
云はれる。之に對しネヂ形の方を捻入口金 (Edison or screw base) と云

第 3—7 圖 是れは。口金は從來真鍮で作られたが、最近鐵にカドミウ  
ム・メッキを施した代用品が多く使はれる。  
大形の電球は口金を下にして使用するのが普通である。



スワン形口金  
及びソケット

上記の口金では外周の端子は相當の接觸面を有するが、中  
央の端子は接觸面積が少くて大電流に適しない。そこでラ  
ヂオの真空管の様に二本の脚を口金から突き出して、ソケ  
ットの穴に嵌る様にしたものもある。

3. 艶消 透明ガラスの電球を直接見ると、其の直後一時他のも  
のが見えなくなる。之を眩輝 (glare) と云ふが、其の害を防ぐ爲めグロー  
ブを使用したり、或は深い反射笠を使つたり特別の照明方式を採用したり  
する。然し電球よりの眩輝を防ぐ最も簡単な方法は、電球自身を艶消にす  
るにある。此の點で電球を分類すると次の5種となる。

1. 透明電球 (clear lamp)
2. 艶消電球 (frosted lamp)
3. 半艶消電球 (semi-frosted lamp)
4. 八分艶消電球
5. 全光電球

電球を艶消とすれば (1) 最大輝度を著しく低下する。電球の大きさにも  
依るが  $\frac{1}{50}$  乃至  $\frac{1}{70}$  となる (第 3—2 表参照)。(2) 配光が均等になる (第  
3—10 及び 3—11 圖参照) 利益があるが、(3) 光束がガラス球で吸収さ

第 3—2 表 艶消と最大輝度 (一例)

ワ ッ ト	透 明 球	艶 消 球	全 光 球
10	130	2	—
60	300	5	1.5
100	600	13	2.5

れる程度が大となるから能率を低下する、(4) 電球が幾分餘計に熱せられ  
る爲め壽命を減少する、(5) 内部の様子が解らず不安である、(6) 外面艶  
消では塵埃其の他が附着して有效壽命を短縮する等の缺點がある。

電球を艶消にするには透明ガラスの表面を單に細かに凸凹とするのであ



るが、それには金剛砂を吹付けて機械的に行ふ法と弗素等に依り化学的に腐蝕させる法とある。従来は悉く外面を艶消にしたので上記(6)の害が甚しかつたが、内面艶消にしたのではガラス球が破損し易くなるので困つて居たのを、之を補強する方法が發明され、内面艶消が多く使用される事になつた。加ふるに内面艶消とした爲め球外に出る光束は唯一回ガラス球を透過する事透明球と同一であるから、其の透過率は透明球の99%に對し98%位であつて、従つて寿命短縮も問題となる程度ではなく、今日では總て内面艶消に統一された。

然し内面全艶消では内部の様子が全く見えぬので、素人の取扱に不安を感じる虞がある。それに電球の口金に近き方は光束の透過する量も少く、多くは反射笠等で遮られるから、之を艶消にする必要がない。従つて半艶消のものが使用された事もあつた。然し内部が見えないと言ふ不安に對するものならば口金附近を少し艶消せずに置けば良い。そこで近頃は八分艶消に統一される傾向にある。

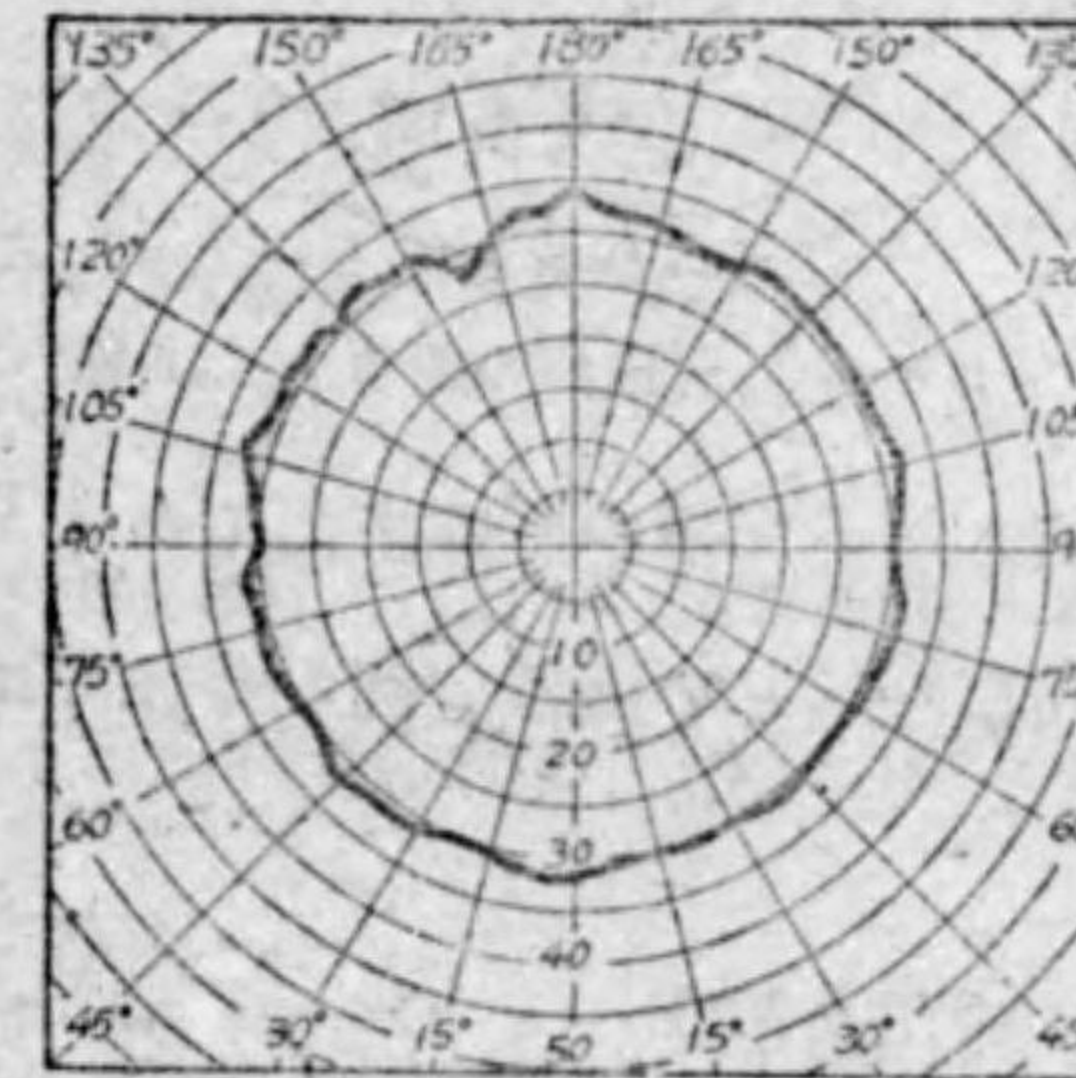
艶消では不完全擴散透過であるから、艶消部を透して織條の大體の形が見える。そこでガラス球に完全擴散透過をするものを使ふと、ガラス球が光源となつて心持の良い光が出る。斯うしたものを全光電球と云ふ。艶消の一步進んだものと考へられる。乳色電球は此の目的に作られて居たのだが、透過率が80%位であつたので餘り使はれなくなつた。全光電球は94%位の透過率である。

4. 配光曲線 一つの電燈で或る平面の光度の變化即ちどんな具合に光度が分布して居るかを示すのに配光曲線 (light distribution

curve) を使ふ。之は一つの極座標圖で、光源を中心とし、中心から或る方向で曲線迄の長さが其の方向の光度を表はすものである。

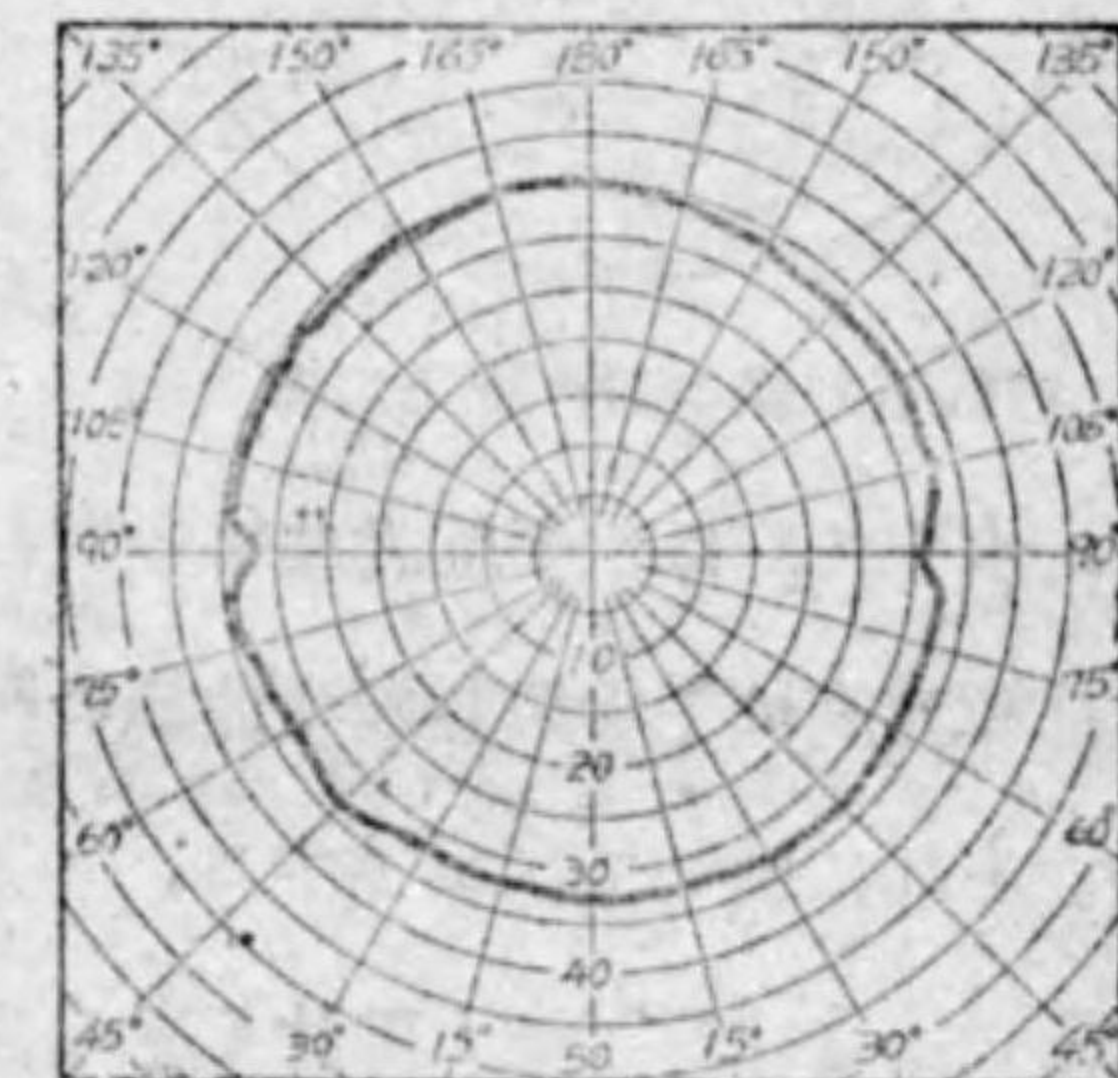
光源の光軸(白熱電燈ではステムが光軸)を垂直に、口金を上方に置いたと考へ、光源の中心點を通る平面上の配光曲線を水平配光曲線と言ひ、第3-8圖は直線形、第3-9圖はコイル輪形織條を有するものゝ一例である。多くの光源は光軸に對し各方向に同様の有様にあるから、水平配光曲線は大體圓形で周が少し凸凹した形である。

第3-8圖



直線形織條の水平配光曲線

第3-9圖



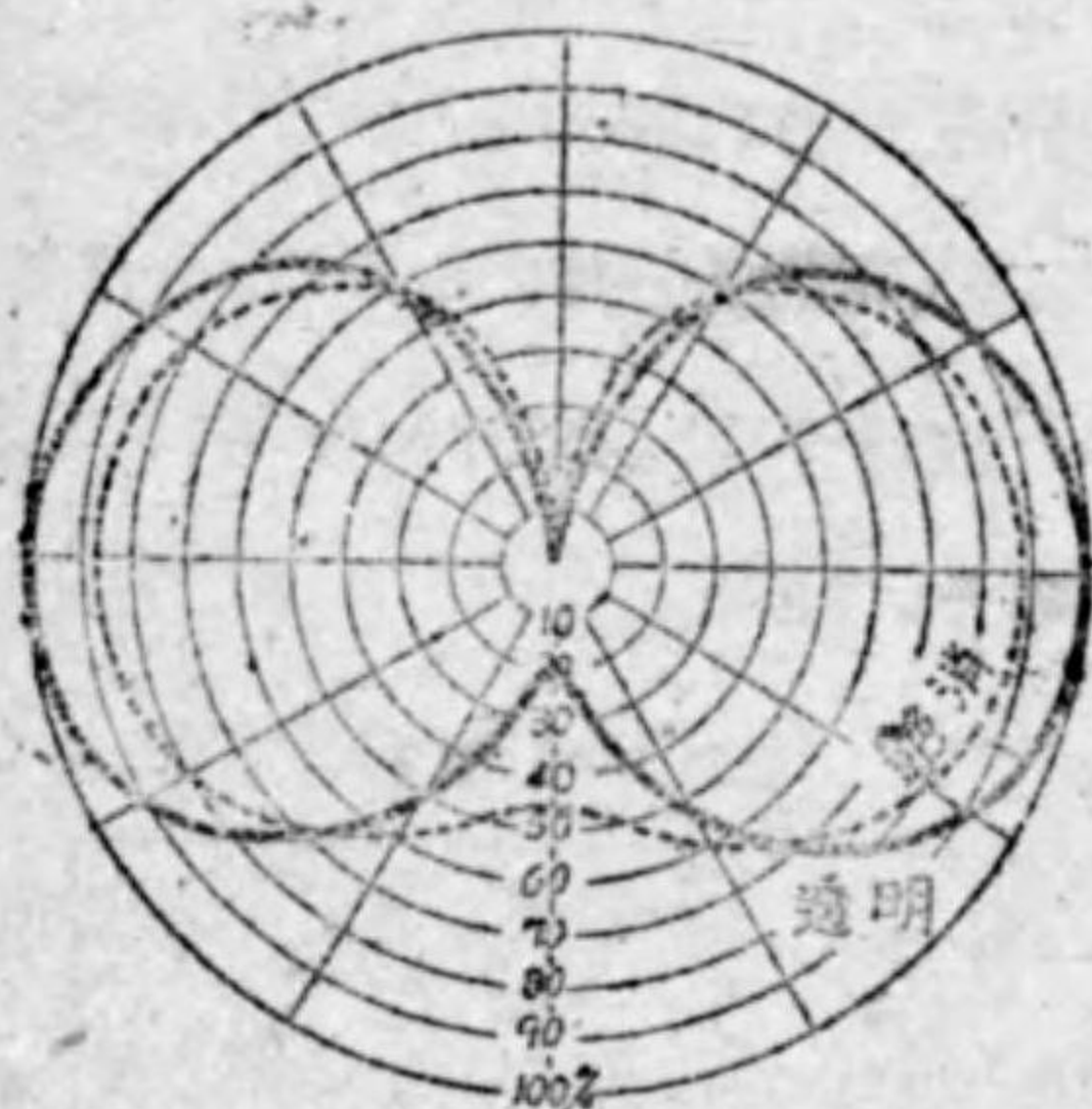
コイル輪形織條の水平配光曲線

又光軸を含んだ平面上の配光曲線を鉛直配光曲線と言ふが、大體上述の様に垂直軸と同一角度をする總べての方向の光度は餘り違はないから、垂直軸と同一角度をする總べての方向の光度の平均を其の角度の光度として圖示したものを平均鉛直配光曲線 (mean vertical distribution curve of light) と言ふ。配光曲線としては之が最も重要であるので、單に配光曲線と言へば此の平均鉛直配光曲線を意味すると了解して差支へない。第3-10圖は標準の直線形、第3-11圖は標準のコイル輪形織條の配光曲線



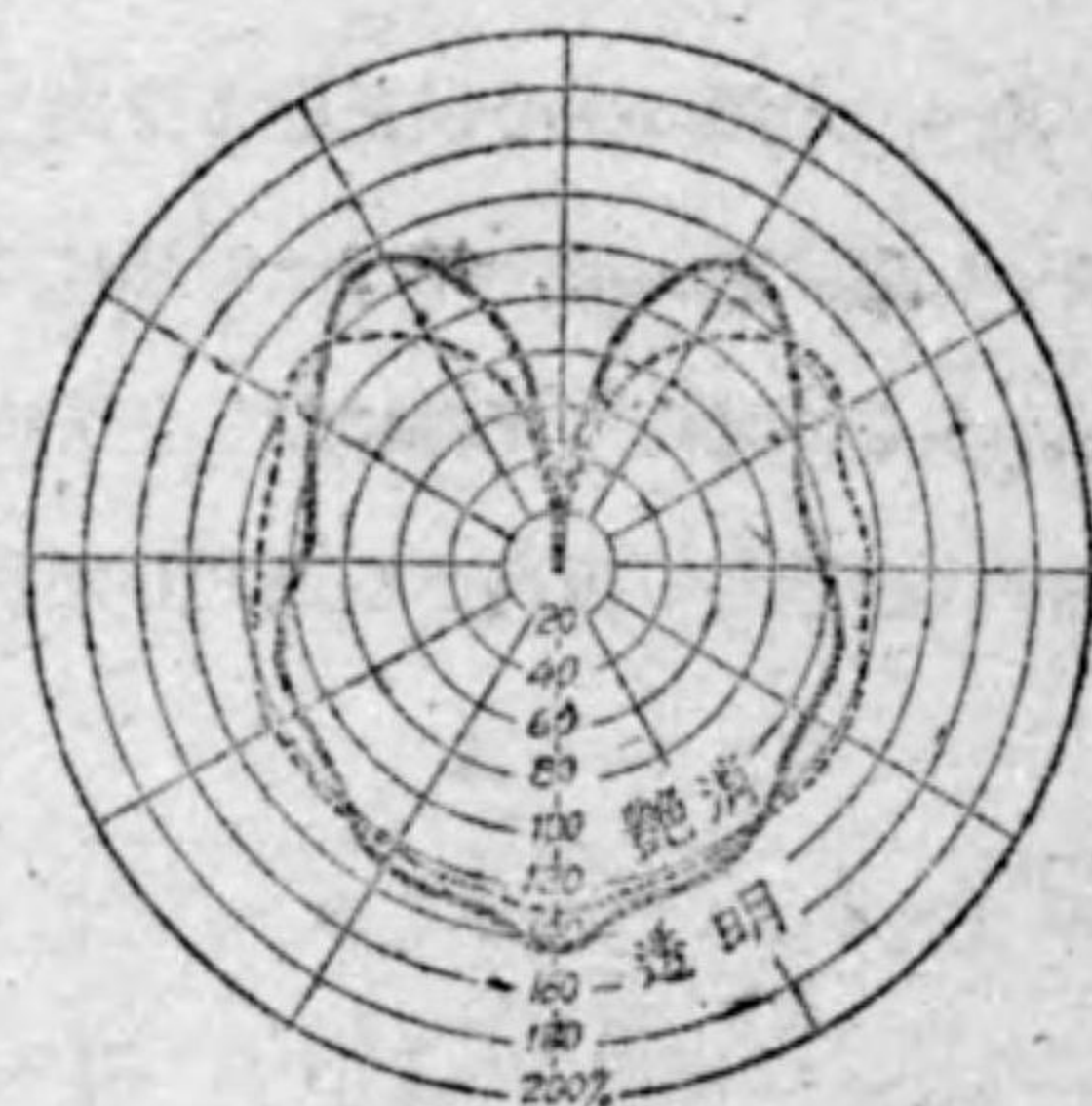
である。一般に艶消とすると配光曲線が凹凸がとれ丸まつて来る。コイル鋸齒形織條のは此の兩者の中間である。

第 3—10 圖



直線形織條の鉛直配光曲線

第 3—11 圖



コイル輪形織條の鉛直配光曲線

平均水平光度は水平配光曲線の圍む面積と同一面積の圓の半径であるが、平均球面光度は平均鉛直配光曲線の圍む面積と等しい面積の圓の半径ではない。それに就いては後述する。

球面光度と水平光度との比を其の電球の球面換算率 (spherical reduction factor) と言ひ、大體第 3—3 表の様な値である。

第 3—3 表 球面換算率

織條の形状	ガラス球の形状	透 明 球	艶 消 球
直 線 形	茄 子 形	0.78	0.85
"	丸 形	0.81	0.86
コイル輪形	丸 形	0.87	0.89
"	洋 梨 形	1.11	1.00
コイル鋸齒形	丸 形	0.98	0.95
"	洋 梨 形	1.00	0.96

例題 洋梨形の透明ガラス球を有するガス入電球の平均球面光度が 100

燭であるとすれば、其の直下の方向の光度如何。

解 第 3—3 表から本電球の球面換算率が 1.11 である事が解るから

$$\text{水平光度} = \text{球面光度} \div \text{換算率}$$

$$= 100 \div 1.11 = 90 \text{ 燭}$$

又第 3—11 圖は水平光度が 100% で直

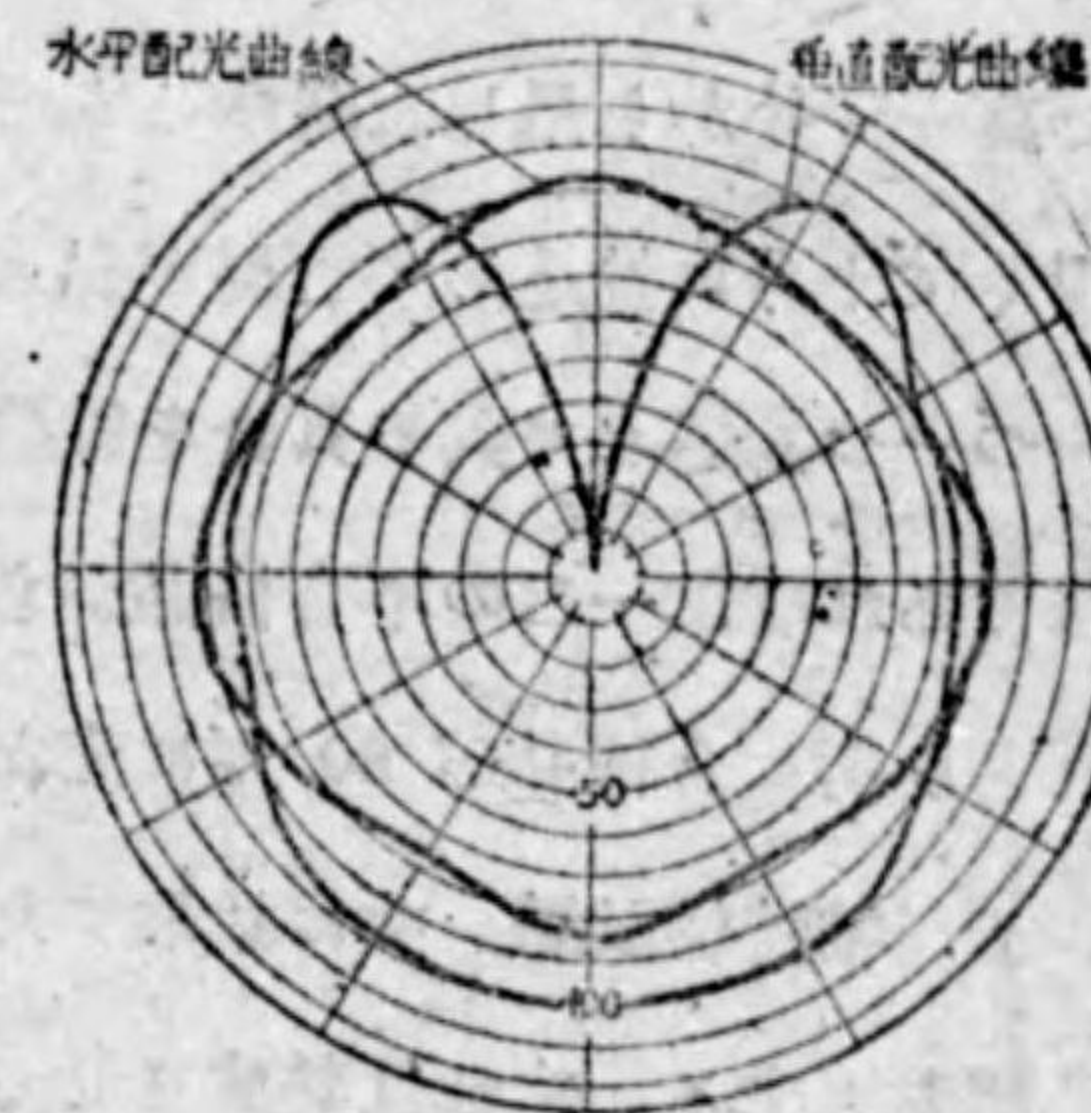
下の光度が 142% であるから

$$\text{直下の方向の光度} = 90 \times 1.42$$

$$= 128 \text{ 燭}$$

二重コイル織條電球は第 3—12 圖の如き配光を有して居る。

第 3—12 圖



二重コイル織條配光曲線

### 5. 試 験 電球を受入れるに當つて行ふべき試験の種類は次の

3 であるが、必要ある場合には口金の接着強度及び温度試験を行ふものとする。

#### I. 構造検査

#### I. 初特性試験

#### II. 壽命試験

先づ同種同大のもの各に就き、其の總數の 5% になるまで、各荷造箱の成可く違つたものから抜取る。但し必ず 10 箇以上として次の試験を順次に行ふ。若し試験の途中で破損したら適宜補充する。

I. 構造検査 抜取つたもの全部に對し行ふ。先づ電球には必ず電壓及び大き (ワット數, 燭光制では燭數) を表示する事になつて居るが、表示してあるかどうか、又電燈會社から貸與するものには會社の記號や定額用



である事を示す丸に定を入れた等の記號を示す事になつて居るから、それが印してあるかどうか調べる。

又口金の螺旋部の寸法が指定通りないとソケットに捻込んだ時ガタガタで萬一天井から吊した時ゆるんで落ちる様な事があつても困るし、反對に固くて十分に捻込めず電球が點火しないのも困る。依つて標準ソケットに一つ一つ捻込んで其の具合を試験する。そして検査總數の 80 %以上が合格であれば、一二の不合格品があつても全部を合格とする規定である。之れと反對に合格品が 80 %に充たなければ全部を不合格とするのである。

**I. 初特性試験** 次に抜取つた電球全部を先づ 120 ボルトの電壓で約 40 分間點火する。之れは熟成させる爲めである。次にガス入電球では更らに 100 ボルト 1 分間點火し封入ガスが定常状態になつた所で電力を測定する。

次に後述の球形光束計で其の光束を標準電球と比較して求め、且つ能率を計算する。

澤山のものを作るのであるから全く同一のものは造れないが、さうだと言つて餘り違つても困る。そこで上記の様にして測定した電力及び光束並にそれから計算した能率には第 3—4 表に示す裕度を認めて居る。裕度とはその範圍ならば標準と違つても差支へないと言ふのである。

第 3—4 表 裕 度

種 別	消 費 電 力	光 束	能 率
真空電球直線織條	± 6 %	± 10 %	± 7 %
真空電球コイル織條	± 6 %	± 10 %	± 8 %
ガス入電球	± 7 %	± 13 %	± 10 %

又二重コイル織條電球の様に特に能率の良いものでは同一ワットの數でも光束は標準より多い。斯う言ふ良い電球を不合格とするのは不本意だから、初光束と初能率は第 2—4, 2—5 表以上の數値を協定で定め、それを標準にして第 3—4 表の裕度を認めて差支へない。

**例題 1.** 或る電球を試験して次の結果を得た。之は規程に合格すべきや否や。

種 別	電 力	光 束
真空 10 ワット 甲種	9.3 ワット	68.1ルーメン
" " 乙種	10.7 "	79 "
ガス入 60 ワット	57.5 "	602 "
" 100 "	105 "	1209 "
" 1000 "	975 "	21300 "

**解** 真空 10 W 甲種電球の消費電力は 10 W で其の消費電力の裕度は、± 6 %であるから 9.4 W から 10.6 W の範圍でないとは合格でない。従つて 9.3 ワットでは電力で不合格である。それ以上やる必要はないが念の爲光束を調べると標準光束が 76 ルーメンで 10 % の裕度が認められて居るから  $76 \times (1 - 0.10) = 68.4$  ルーメンなければならないのだが、68.1 ルーメンしかないから、此の點でも不合格である。

次に真空 10 W 乙種電球では消費電力は 10.6 W までしか許されないのに 10.7 W を消費するから不合格である、特に定額燈としては供給会社が損である。それに光束の標準が 70 ルーメンの ± 10 % で 77 ルーメンまでは良いのに 79 ルーメンあるから多すぎて不合格である。

次にガス入電球 60 W の消費電力の裕度はやはり ± 6 % であるから、 $60 \pm 3.6 = 63.6 \sim 56.4$  W の範圍なら合格であるから 57.5 W なら合格である。



然し其の初光束は 680 ルーメンで、±10% の裕度しか認められないから 748~612 ルーメンの範囲でないと合格せぬ。従つて 602 ルーメンでは不合格である。改訂以前の規程では ±18% の裕度が認められて居たから、之れでも合格であつたのであるが、それだけ時代が進歩したのである。

ガス入 100 ワット電球の消費電力は ±7% の裕度が認められて居るからその點は合格である。次に標準初光束は 1300 ルーメンで ±13% の裕度が認められて居る。1209 では 91 ルーメンの不足で -7% 以下であるから、この點も立派に合格である。然しまだ能率が残る。標準能率は 13 ルーメン毎ワットで、±10% の裕度が認められて居るから 14.3~11.7 ルーメン毎ワットの範囲なら合格であるが、此の電球は  $1209 \div 105 = 11.6$  ルーメンであるから不合格である。即ち電力が多いのに光束が少いから悪いのである。之れも改訂以前ならば合格であつた。

最後に 1000 ワット電球では消費電力が 25 W 即ち 2.5% の不足なのに光束は  $21300 - 20000 = 1300$  ルーメン即 6.7% を増加して居る。其の能率は  $21300 \div 975 = 21.9$  以下だから、標準の ±10% 即ち 22.0~18.0 に辛うじて合格である。然しこれは少い電力で多くの光束を出す。能率の悪いのは勿論悪いが、良いのは文句があるまいと考へる人もあらうが、特殊の工夫をしたのでなければ能率が良い事は必然的に寿命が標準より短いのだから、やはり悪いのである。

Ⅱ. 寿命試験 次に比較的標準に近い電球を抜取箇数の 1% (全箇数の 0.05%) だけ選ぶ。但し少くとも 5 箇は必要である。之れを電圧變動が 1% を超えない様な電源で定格電圧 (100 V) で點火し、斷線する迄續ける。尙記録電圧計を使つて電圧變動が 1% を超えない事を確めるが良い。

斯うして測定した寿命が次の 2 條件を満足した時に合格とする。

1. 同一種類の電球の寿命の平均が第 3—5 表の値以上なること
2. 各電球で寿命が實測の平均より短いものに就き、其の不足時間を合計したものが寿命の合計の 15% 以下であること

平均寿命の限度は第 2—4 表の標準寿命 (甲種電球で 1500 時間) ではなく第 3—5 表の値 (同上で 1000 時間) である。然かも各箇の平均が此の値以上であるから 1 箇又は 2 箇は之れより小なのがあつても何等差支へないのである。

所で第 2 の要件を設けたものは假令平均は長くとも餘り品質が不揃では

第 3—5 表 平均寿命限度

ワット制電球			燭光制電球	
電球の大きさ (W)	寿命 (時)		電球の大きさ (燭)	寿命 (時)
	甲種電球	乙種電球		
7.5	—	2800	5	2800
10	1000	2800	8	2800
13	1000	2500	10	2500
20	1000	2200	16	2200
30	1000	1800	24	1800
40	1000	1500	32	1500
60	1000	1000	50	1000
100 以上	1000	—		

悪いと云ふ事を明かにしたのである。次の例題で之れを説明しよう。

例題 2. 4 種の電球を各 5 箇寿命試験を行つて次表の様な成績を得た。どの電球が合格であるか。

解 10 燭電球の寿命の合計は 11300 時間、平均 2260 時間である。然



種 別	10 燭	乙種 20 W	甲種 40 W	100 W
測定壽命 (時間)	1 500	900	836	1 008
	1 800	1 800	915	1 272
	2 200	2 500	1 020	1 487
	2 800	3 000	1 150	2 123
	3 000	3 300	1 342	2 475

るに第 3—5 表から 10 燭電球壽命平均の限度は 2500 時間であるから不合格である。

次に 20W 電球の壽命の合計 11500, 平均は 2300 時間で, 限度は 2200 時間であるから平均壽命は合格である。然し第 2 要件の平均壽命に對する各箇壽命の不足値は夫々  $2300-900=1800$ ,  $2300-1800=500$ , この合計 2300 時間, 壽命合計の 15% は 1725 時間であるから不合格である。これも改訂以前ならば 20% であつたから辛うじて合格であつた。

40W 電球の壽命の合計 5263, 平均 1053 時間 (限度 1000 時間), 不足値の合計  $217+138+33=388$  で合計の 7% 程度であるから合格である。

100W 電球は夫々 8363 時間, 1673 時間, 1252 時間であるが, 不足値の限度  $8365 \times 0.15=1254.8$  時間であるから辛うじて合格である。

共に合格であるが, 40 W は品質は揃つて居るが平均壽命で劣等品である。100W は平均壽命では優等品であるが品質は甚だ不揃である。

この壽命が揃ふと云ふ事は甚だ望ましい事であるから, それを明かにするのに斷線率曲線又は生存率曲線を使ふ。試験を初めてから例へば毎 100 時間に斷線した電球を總箇數に對する百分率で示して點示し, 之れを適當につないだものが斷線率曲線で, 毎 100 時間に點火して居るもので同様に曲線に描いたものが生存率曲線である, 第 3—13 圖に其の一例を示した。

兩者共平均壽命の附近で鋭い變化をし, 他は殆ど平なのを良しとする。

電球の壽命試験は定格電壓で行ふのが良いが, 數千時間の試験は實際上困る。そこで豫め

協定して時間を短縮する様高い電壓で試験をする事がある。その爲に短縮する程度は電壓に依つて違ふのであるが, 假りに壽命が電壓の 14 乗に逆比例 (第二章第 8 節) するとして計算すれば次の様である。

第 3—6 表 過電壓と壽命

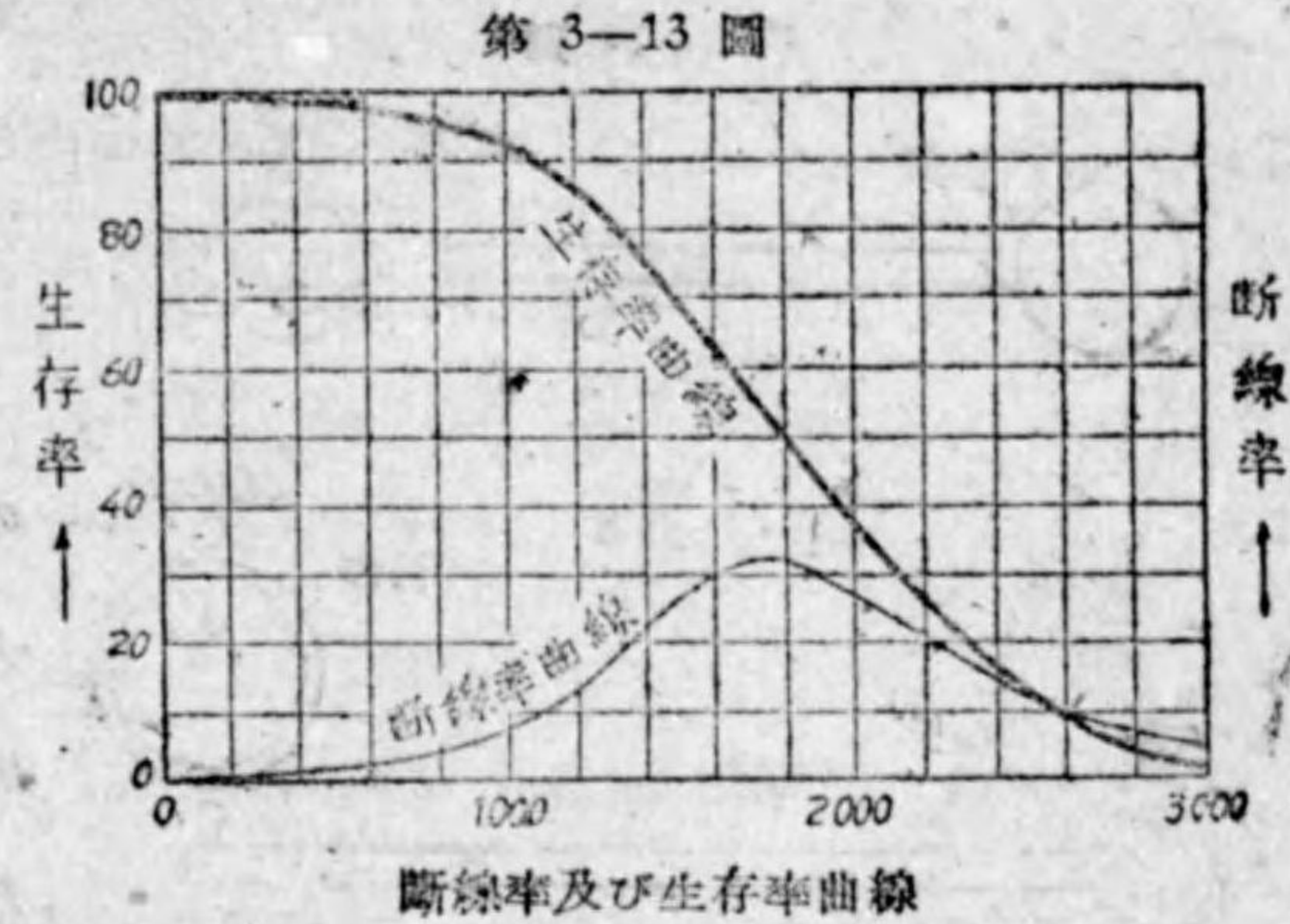
電 壓 ボ ル ト	105	110	115	120	125	130
壽 命 %	50.5	26.3	9.34	7.78	4.40	2.54

本試験を行ふとすれば真空球は 130 ボルト, ガス入球は 120 ボルトでやるが良い。

N. 口金の接著強度及び溫度試験 捻込口金では口金とガラス球との接著が十分でない時, 電球を捻戻した時にガラス球だけ回つて口金が動かぬ事がある。それを防ぐ爲に豫め接著強度の限度を試験する事もある。

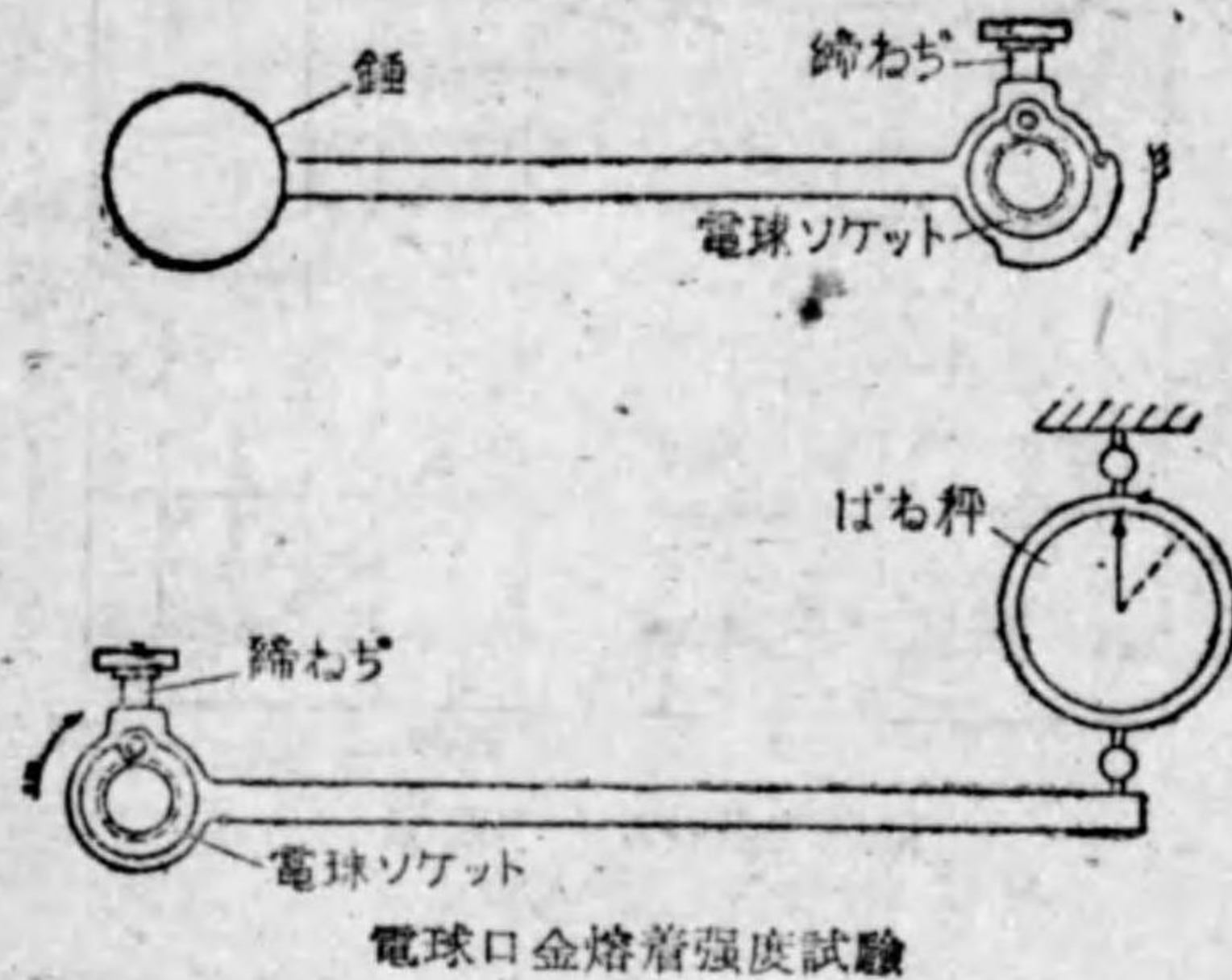
その簡単な實用的の方法は第 3—14 圖に示す様に裝置して, 普通口金 (100 W 以下) では 30 kgcm, 大形口金 (300 W 以上) では 50 kgcm の捻りモーメントを徐々に加へて耐えれば良い。

又ガラス球及び口金の溫度はガス入球では相當に昇る。然し電球箇々で





第 3-14 圖



電球口金熔着強度試験

大した相違はないから必ずしも試験の必要はない。然し餘り高すぎるのは能率の上からも面白くない。普通の磁器製ソケットで笠又はグローブなしに点火し、温度が一定となるのを待ち、弓形熱電對（銅とコンスタンタン又はアルメルとクロメルとを要素とする直径 0.2mm 位のもの）で口金に近いガラスの温度を測り、40W 以下で 70°~90°C, 60W~500W で 80°~110°, 750W 以上で 100°~130°C 位なら普通品である。ガラス球の中央部では之れより 30°内外高い。

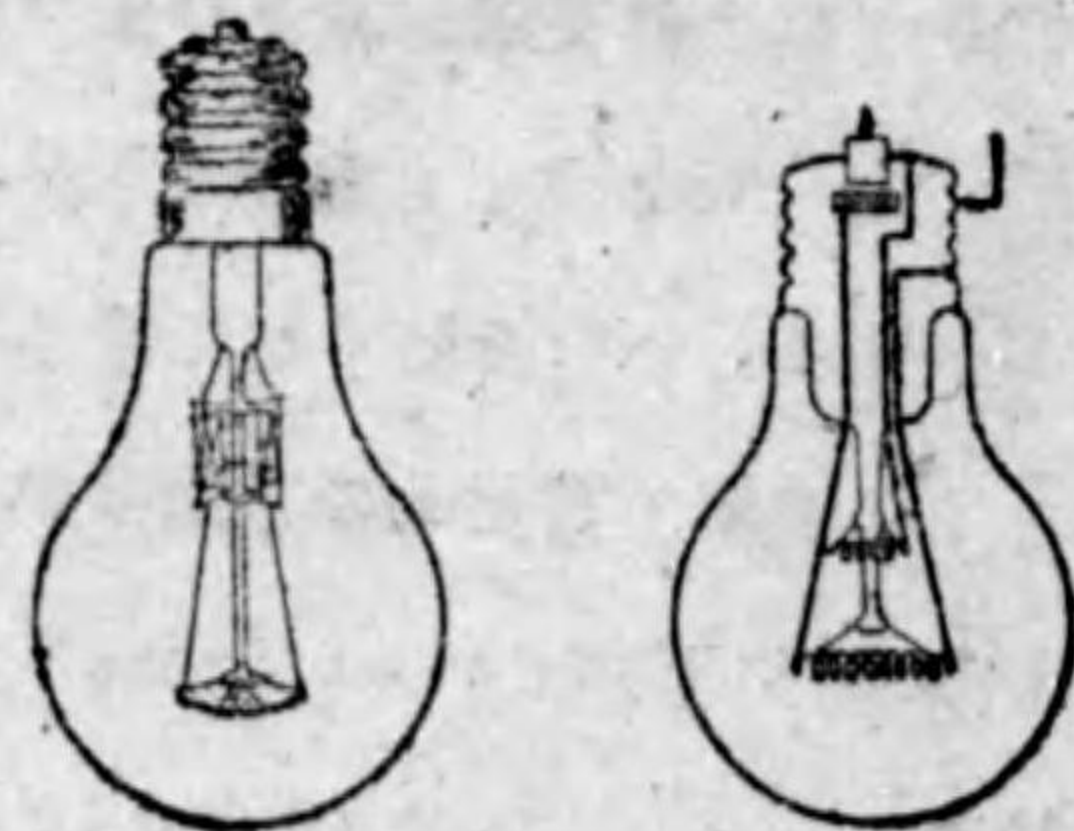
### 6. 變燭電球

白熱電燈の最も不便な點は光力の加減が出来ない點である。光度を變へたければ電球を取換へる外はない。ソケットに加減抵抗器を設備して光度を變へたものも昔はあつたが今は見當らぬ。

せめて仕事する時の高燭と寝る時の低燭 (1, 2 燭) とに變へたいと言ふので二三工夫されて居る。マツダのツーライト、エビスの親子等は其の一例である。ツーライトは第 3-15 圖に示す様な構造で口

金に近きガラスの温度を測り、40W 以下で 70°~90°C, 60W~500W で 80°~110°, 750W 以上で 100°~130°C 位なら普通品である。ガラス球の中央部では之れより 30°内外高い。

第 3-15 圖

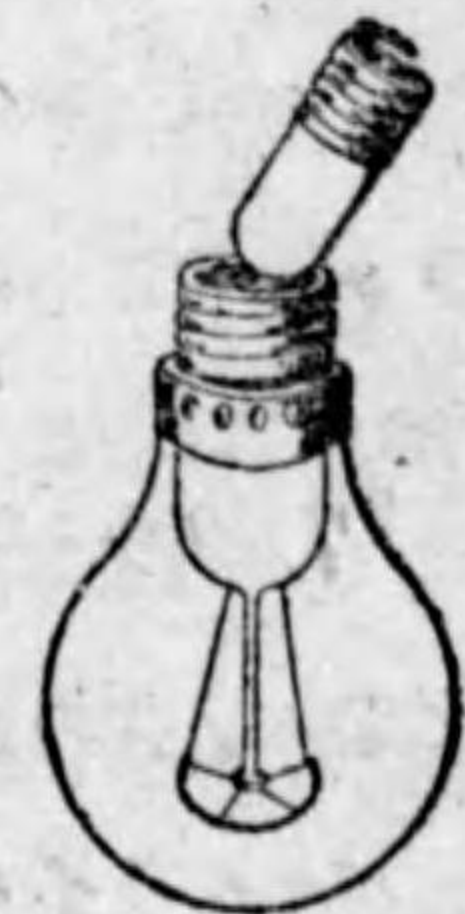


ツーライト電球

金の端子に弾條が使つてある。従つて電球を口金に緩く嵌めると、同圖右側の接續から解る様に高低燭の兩織條は直列につながる。低燭織條は高燭のものに比べて高抵抗だから電壓の大部分は低燭側に加つて僅かの光を放ち、高燭側は光らない。今之を強くネヂ込めば中央の突起は押込まれ低燭織條は短絡されて高燭織條に全電壓が加り全光度を放射する。

同電球では高燭側が切れると低燭側は點かぬ。高燭側が切れる位使へば目的は充分達して居るが、低燭側のものがまだ使へるので損の氣がする。そこでエビスの親子電球では高燭側の電球のステムつまみの上部の空所 (第 2-1 圖の足管) を稍大きく作り、口金に工夫して低燭の子電球を別に作つて内部に入れる様にした。之ならばどつちが切れても切れた方だけ取換へれば良い (第 3-16 圖)。

第 3-16 圖



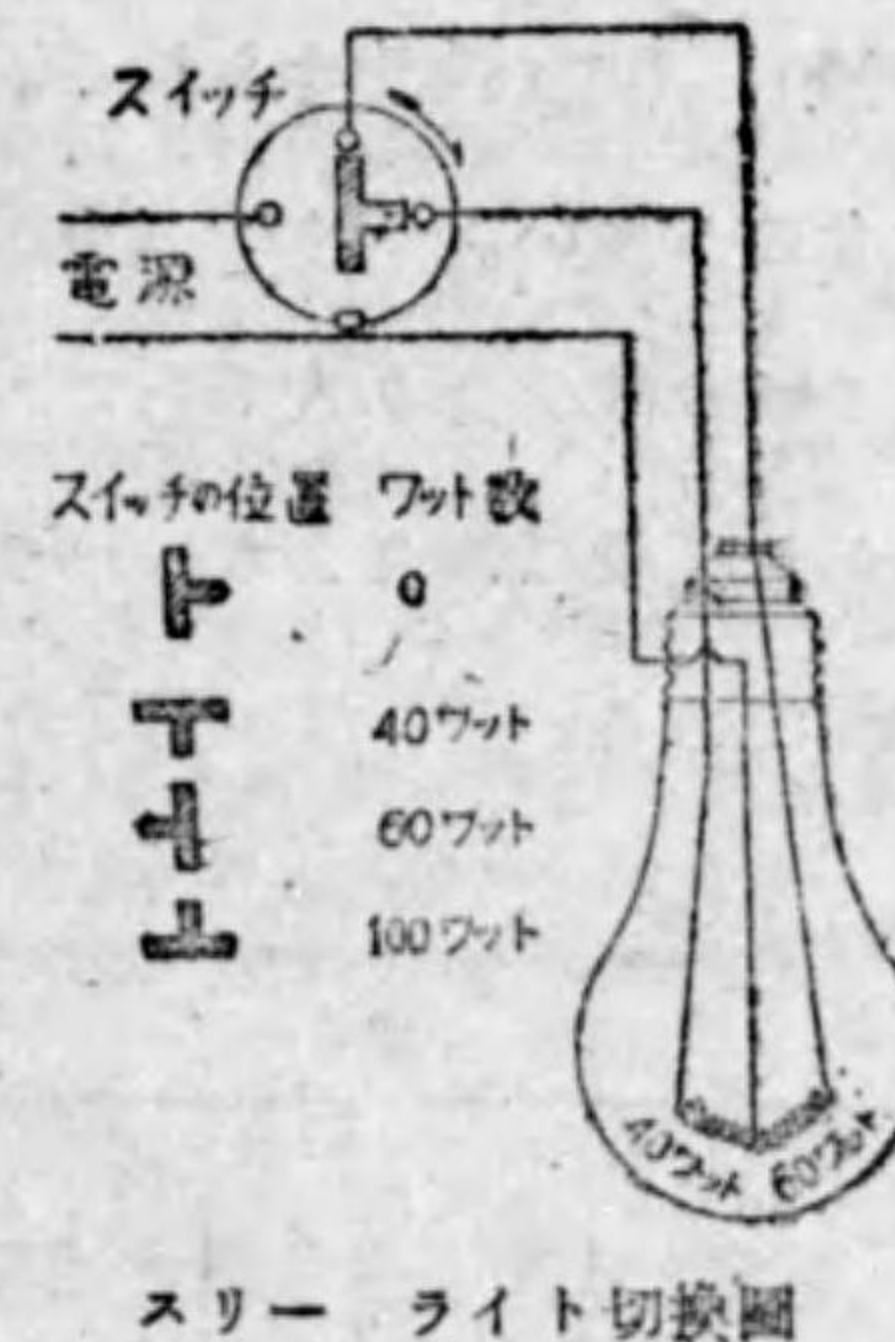
親子電球

第 3-17 圖



スリー ライト電球外觀

第 3-18 圖



スリー ライト切換圖

明視運動或は見る事の科學の進歩に連れて、讀書や仕事には室の中央に室全體の照明用の光源を置き、机上には其の補助にスタンドを使ひ、且つ机上の仕事に應じて其の光度を變へる事が要求されて來た。そこでマツダ・スリーライトランプ (第 3-17 圖) が賣り出



された。その一種は 40 W と 60 W の二つの織條から成り、別々にも同時にも使用出来る切換開閉器を附屬して居る。従つて 40 W, 60 W, 100 W の三種の光度が任意に得られる譯である。

この目的で電球には普通の口金端子と中央端子との外、環狀端子があり、ソケットも之に適合する様に作られる(第 3—18 圖)。

**7. 特殊電球** 上記の外特殊の目的の爲に色々の電球が製られて居る。其の主なる二三を述べる。

**バイタライトランプ** ガス入高能率の白熱電燈で、其のガラス球に特に莖外線を透過するものを使用したものである。従つて紅斑(日やけ)を生ずるに最も有效な  $0.28 \sim 0.32 \mu$  の莖外線を多量に輻射し、健康の増進に効果がある。アルミニウムの笠附 500 ワット電球から 1 米離れた所で照射されれば夏日の直射日光と略ぼ同一の紅斑を生ずる。普通壽命は 300~500 時間に設計されたが、最近地下室勤務者の保健用等に照明兼用のものが要求せられるので、この分は 1000 時間に設計せられる。

**着色電球** 内面に着色したものが多し。サイン(電燈廣告)用のものは特に小形に作られて居る。光の吸収はかなり大であるが、着色電球は白色より注意を引く事が大であるから吸収の割合よりは小なる電力で良い。其の一例を示すと第 3—7 表の様である。

第 3—7 表 着色電球の吸収と電力増加率

色	琥珀	赤	緑	青
電球に於ける吸収(%)	50	80	83	90
使用上の電力倍數	1.5	2	3	5

**寫真電球** 昔の寫真乾板又はフィルムは莖外線にのみ感じたものであるが、近頃のものには赤外線でもよく感ずる様になつた。従つて活動寫眞の撮影には特に炭素アーク燈を使用したものが大形の白熱電燈に改められた。又職業用寫場などでは昔は普通の電球に單巻變壓器を使つて撮影時高電壓を加へたものである。今では特に高能率従つて織條が高温度短壽命のものが製作されて居る。之を寫真電球と言ふ。賣品には 250 W 12 時間(100 W と同大), 450 W 90 分(150 W と同大)などがある。

別に**閃光電球**と言つて電球形のガラス球内にアルミニウム箔と酸素と點火用織條とを封入し、織條端子に 1.5 V 以上の電壓を加へると約 1/100 秒發光する。二箇以上同時に使用するには一箇以外は單に近くに置くだけで殆ど遅れずに點火する(小形の最大光束二百萬ルーメン位)。

**活動寫眞映寫用電球** コイル織條を單一平面に縮めて置き、反射鏡と凸レンズの作用で強力な平行光線が得られる様にしてある。小形のものも勿論近頃は中位の營業用のものまである。

**大形電球** 上記活動寫眞撮影用や航空港用等に大形のタングステン電球が使用せられ、5 kW, 10 kW のものは既に使用されて居る。我が國では 30 kW, 外國では 100 kW のものが試作されて居る。

**カナリヤ電球** カナリヤ電球のガラス球には淡黄色のウラニウムガラスが用ゐられ、これによつて織條からの莖外線が可視線に變ぜられるのである。従つて眼の衛生に適する。養蠶に使用すれば良質の繭を得るに効果ありと稱せられる。

尙、外に、耐震電球、集光電球、自動車電球、豆電球、蠟燭電球、鑛山電球等用途によつて色々の電球がある。



## 問 題

1. 白熱電燈織條を三種に大別せよ。
2. 二重コイル織條の特色を示せ。
3. 電球を口金に依り種別せよ。
4. 眩輝を防ぐ目的より電球を種別せよ。
5. 電球の形を小にすると如何なる利益と如何なる害とありや。
6. 電球を艶消とする利害如何。
7. 配光曲線を説明せよ。
8. 直線形織條艶消電球及びコイル輪形織條電球で、直下、垂直と  $30^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $120^\circ$  及び  $150^\circ$  の方向の光度は水平光度の何%に當るや。
9. 球面換算率が大とは一般にどんな事を意味するか。
10. 40 ワット真空電球 (直線織條) と同ワットのガス入電球との平均鉛直配光曲線の大体を同一紙上に圖示して見よ。
11. タングステン電球受入試験には如何なる事を試験するか。
12. 次の如き成績の電球は日本電氣工藝委員會の仕様に合格なりや。

種 類	電 力	光 束
イ. 真空 20 ワット甲	21.8 ワット	180 ルーメン
ロ. 真空 40 ワット乙	37.7 ワット	305 ルーメン
ハ. ガス入 60 ワット	67.5 ワット	762 ルーメン
ニ. ガス入 100 ワット	96.5 ワット	1 200 ルーメン
ホ. ガス入 200 ワット	212 ワット	2 880 ルーメン
ヘ. ガス入 500 ワット	490 ワット	8 200 ルーメン

13. 壽命 1500 時間の電球を 110 ボルトで試験せば、其の壽命の標準大凡如何。 答 394.5 時
14. 40 W の電球壽命試験の結果、次の如き成績を得たり。どの社の電球が優秀なりや。その順序を示せ。但し甲種とす。

A	B	C	D	E
586	1 115	985	837	1 351
832	1 242	1 247	1 045	1 486
845	1 667	1 318	1 283	1 523
1250	2 086	1 842	1 894	1 837
1484	2 162	2 354	2 173	1 943

15. 20 ワット乙電球で 125 V で某日午後 2 時より試験し初め 5 日目の午前 10 時に断線せりと言ふ。標準と比較して良悪どの程度か。
16. 白熱電燈の断線率とは何ぞや。生存率との關係を例を以て示せ。
17. 白熱電燈の口金接著強度試験の目的如何。溫度試験は如何にして測定するを適當とするか。又 100 W 電球の口金に近きガラス球の溫度が  $100^\circ\text{C}$  ならば普通か、然らざるか。
18. 燵燭電球の種類を挙げよ。
19. 親子電球の接続を圖示せよ。
20. バイタライトランプを説明せよ。
21. 20 ワットの白色電球の廣告照明と同一効果を得るには、赤、青、橙に何ワットの電球を使用すべきや。
22. 寫眞電球とは何ぞや。
23. カナリヤ電球の用途如何。
24. 閃光電球の用途及び使用法を述べよ。



### 第四章 アーク燈及び放電燈

**1. 電弧の性質** 二本の炭素棒の先端を接觸し、その間に電流を通じて置いて、この接觸箇所を引き離すと電弧(arc)を生ずる。この電弧は大なる熱と光とを生ずるが、その輝光を照明に利用したものがアーク燈(arc lamp)である。

電弧の発見は19世紀の初めで、1844年にはアーク燈の點火を公開した記録があり、白熱電燈の發明に先立つて實用に供せられ、其の後公園其他の街路照明用としてガス燈と並んで相當に使用されて居たが、ガス入タングステン電球の發達に連れて次第に其の影を消し、今日では燈火としては全く使用されて居ない。

今電弧の端子電壓を  $v$ 、電弧長を  $l$ 、電流を  $i$  とすれば、是等の間には大略次の關係が成立する。

$$v = a + bl + \frac{c + dl}{i} \dots\dots\dots (4-1)$$

但し  $a, b, c$  及び  $d$  は定數で、炭素電弧では大略  $a=38.9, b=20.7, c=11.7, d=105$  と言ふ様な數である。但し  $l$  の單位は輻である。

例題1. 電弧長1 cm, 電流6アンペア及び0.5 cm で20アンペアの場合に炭素電弧に要する電壓大凡如何。

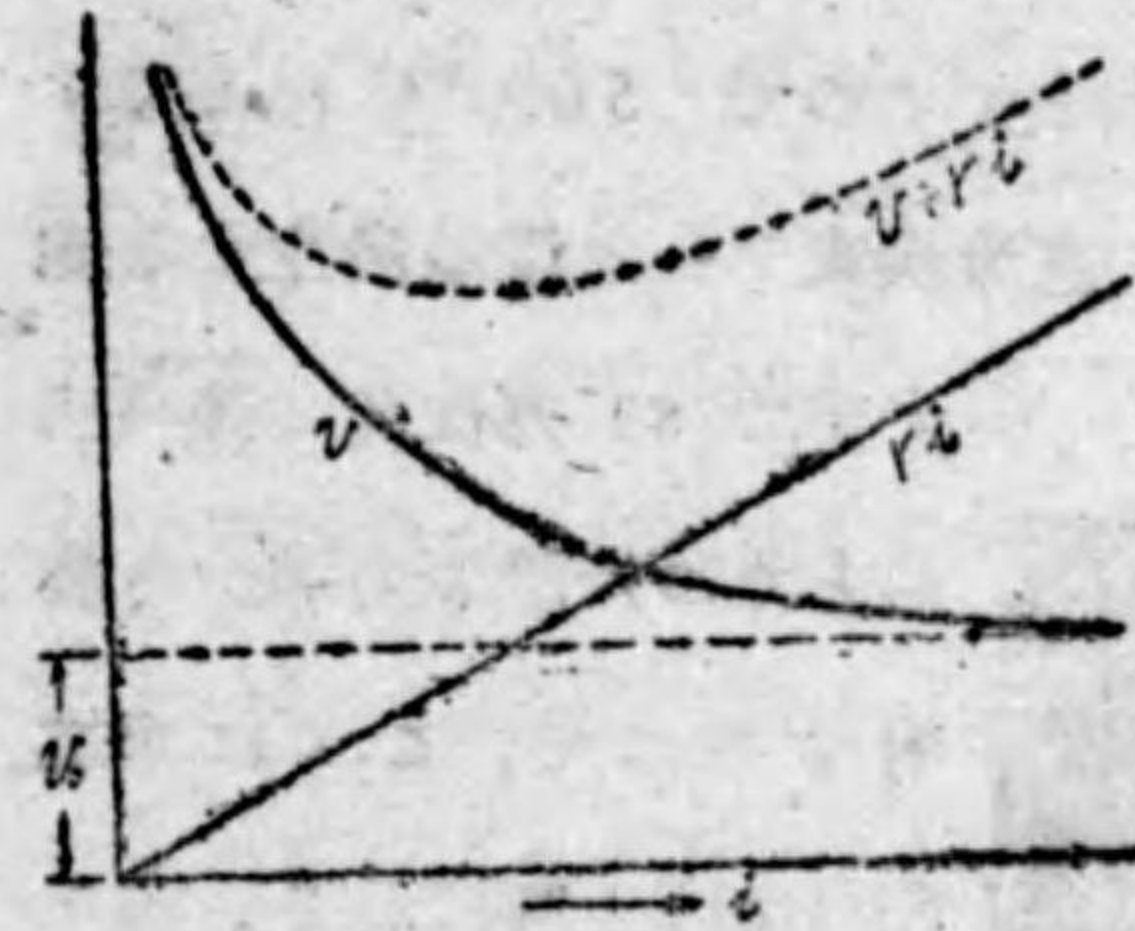
解  $v = 38.9 + 20.7 \times 1 + \frac{11.7 + 105 \times 1}{6} = 79.1$  ボルト

$$v = 38.9 + 20.7 \times 0.5 + \frac{11.7 + 105 \times 0.5}{20} = 52.5$$
 ボルト

上式から解る様に、電弧長を一定に保つて置いて電流を増加すると所要

の端子電壓は減少する。従つて之を定電壓電路に接續した場合には益々多くの電流を流す事になり、終には引外線輪を働かすし、反對に何等かの原因で電流が減少すれば所要端子電壓を次第に高めて益々電流を減少し終に電弧が消失する。

第4-1圖



電弧と安定抵抗との關係

因で電流が減少すれば所要端子電壓を次第に高めて益々電流を減少し終に電弧が消失する。

依つて電弧を安定にする爲に、抵抗又はリアクタンスを直列に使用する。之を安定抵抗 又は 安定リアクタンス (steadying reactance) と稱する。

但し抵抗だと電力を損失し、リアクタ

ンスは交流に限り且つ電路の力率を悪くする。

例題2. 直流炭素電弧で3.2オームの安定抵抗を使つたら電弧長1 cm の場合は電流6アンペアの時に、7アンペア或は5アンペアの何れよりも所要端子電壓が低い事を證明せよ。

解 先きの式で、電弧長1 cm のものに3.2オームの安定抵抗を使つた場合の端子電壓の式は

$$v = 38.9 + 20.7 \times 1 + \frac{11.7 + 105 \times 1}{i} + 3.2 i$$

$$= 59.6 + \frac{116.7}{i} + 3.2 i$$

この  $i$  に 6, 7 及び 5 を代入すれば

$$59.6 + \frac{116.7}{6} + 3.2 \times 6 = 98.3$$
 ボルト

$$59.6 + \frac{116.7}{7} + 3.2 \times 7 = 98.7$$
 ボルト

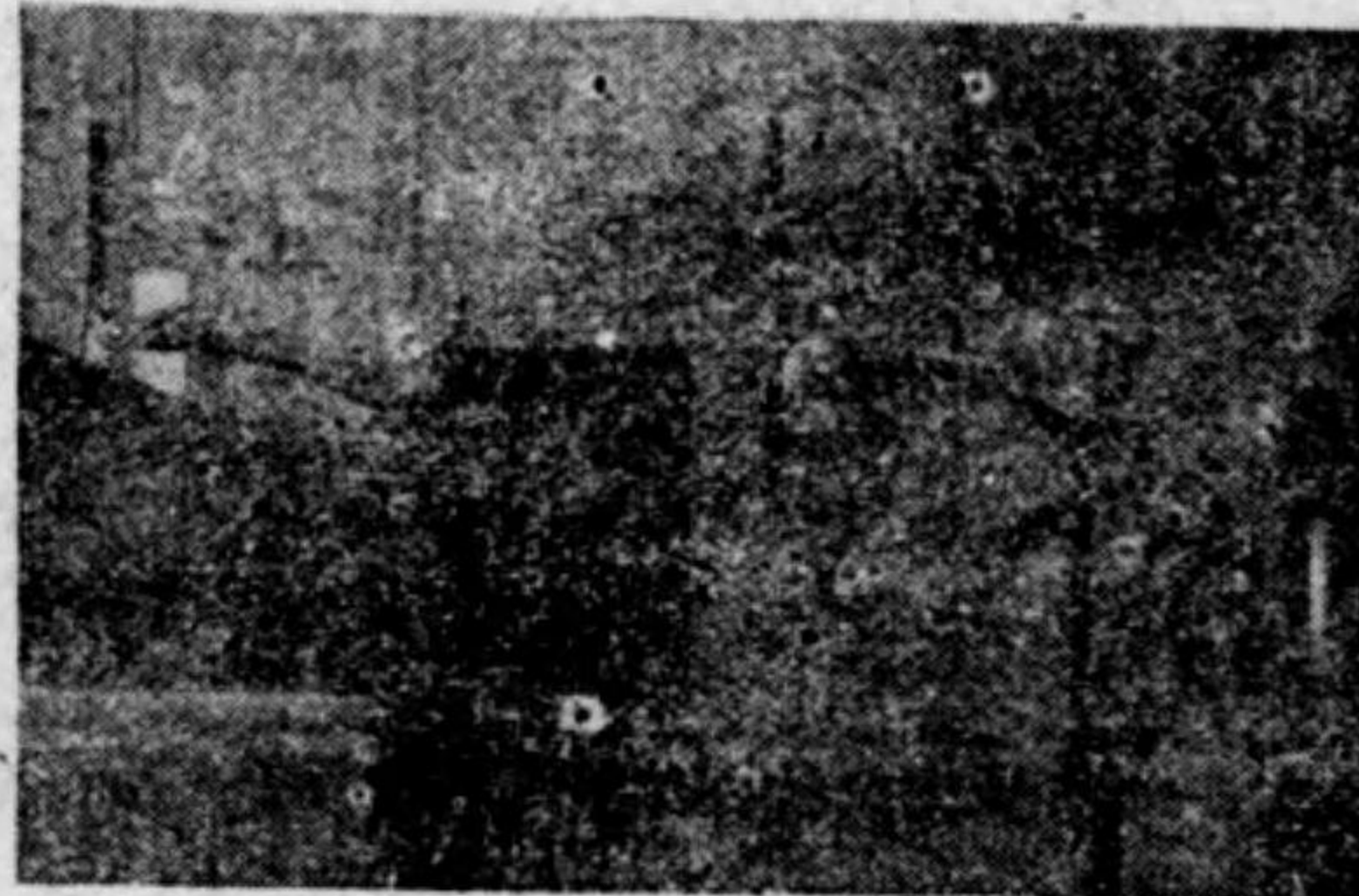


$$59.6 + \frac{116.7}{5} + 3.2 \times 5 = 98.9 \text{ ボルト}$$

## 2. 直流炭素アーク燈

扱、直流炭素アーク燈に於ては電界の爲に高速度となつた電子が陽極に劇突するので、5000°Cにも達する高温となり、甚だ強い輝光を生ずる。直流炭素アーク燈の發生する總

第 4-2 圖



アーク燈 (右は其の使用状態)

光束の 85% は此の幾分凹形となつた陽極の端から放射するので、こゝは火坑 (crater) と呼ばれる。残る 15% の光束の内 10% は稍尖つた陰極から發生し、電弧からは僅かに 5% しか放射しない。従つてアーク

燈とは呼ぶが光の大部分は電極の温度輻射に依るのである。

炭素アーク燈に交流を送つても點火はするが、電極は交互に陰極と陽極となる爲め其の温度低く、能率は直流のものに比べて甚だ低い、但し安定リアクタンスが使へるから力率が悪くなるのが差支へなければ能率は良く出来る。

炭素アーク燈を空氣中で點火すると高温の爲に燃焼して電極の消耗が甚だしく、10 時間位で新しい電極を使はなければならぬ。依つてアーク燈をガラス球で包むと多少温度が低下し能率は悪くなるが、電極の壽命は 100~125 時間位も長くなる。之を閉鎖アーク燈と言ふ。

上述の様に炭素アーク燈では電弧の長さを長くしても發光の効果は殆ん

ど無いし、反射器の焦點に火坑を常に置きたいから、電極の消耗に従つて電極を補給して電弧長を一定に保つ必要があるので、自動調整機構が必要である。又多數を直列にして使用する場合には其の内一個の電極が消耗した時之を短絡する装置も必要であるが、現在は殆んど使用されないから省略する。

炭素アーク燈の能率は直流開放式では 14 ルーメン毎ワットに達するが交流閉鎖式ではこの半分位であつて、ガス入電球に比べて良くない。加ふるに取扱が不便であるから普通照明用には使用されない。唯高光度の點光源を必要とする大形活動寫眞映寫機や軍用探照燈に若干使用されて居る。

炭素電極中にストロンチウム (赤)、弗化カルシウム (黄)、バリウム鹽 (青白色) を加へると、電弧は各の後に示した色を呈して著しく輝く。そして端子電壓は低下するので電極の温度も低下し殆んど温度輻射が無くなる。そこで電磁石を使つて電弧を擴げて使用する、之を發焰アーク燈 (flame arc or luminous arc lamp) と稱する。此の場合の發光は焦ルミネセンス (後節を見よ) の一種であつて、種類に依つては能率 40 ルーメン毎ワット以上にもなるので、現今米國の街路照明に使用されて居るが、電極の取換其の他取扱が面倒なので、近く後述のナトリウム燈に變へられる事と思はれる。

尙陽極に銅、陰極には鐵管に酸化鐵 (68%)、酸化チタン (28%)、クロム (4%) を混ぜて填めたものを使用する直流用のマグネタイトアーク燈と言ふものもあつたが之れ亦今は使はれない。

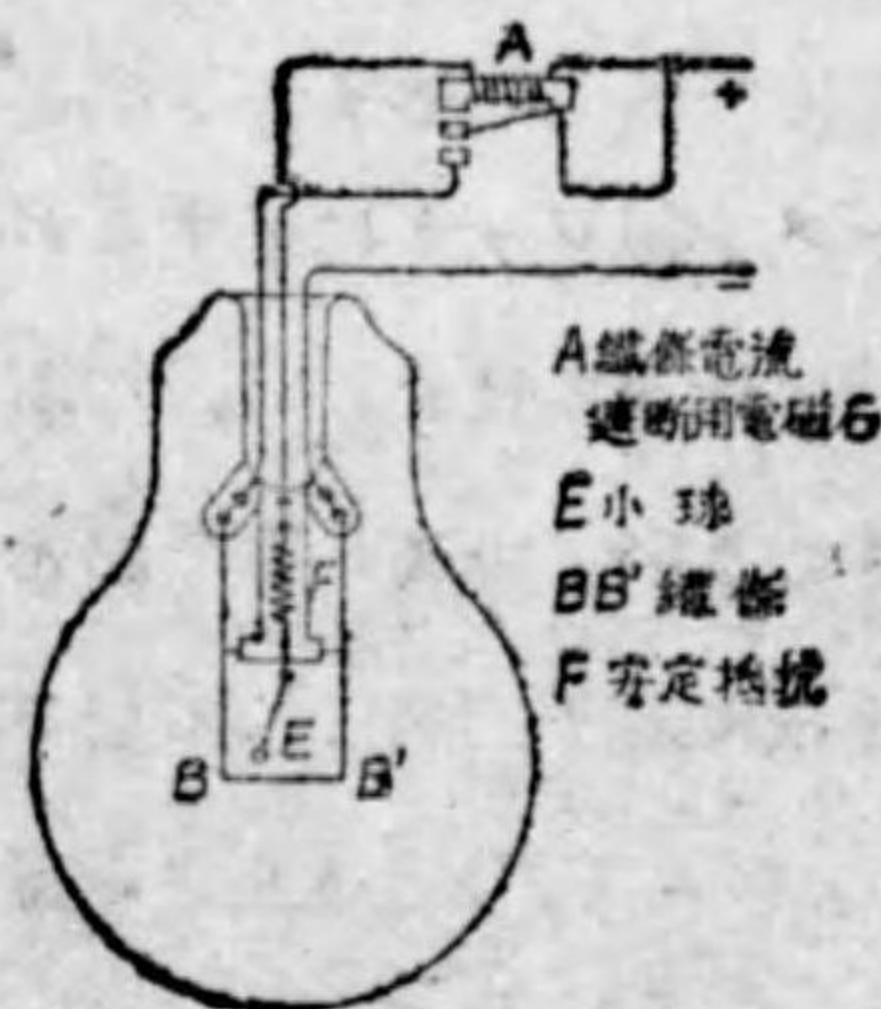
## 3. タングステンアーク燈

直徑 2~3.5 耗のタング



ステンと並列に織條を設け、壓力が數耗のアルゴンガス中に封入して電流を送ると織條より飛出した熱電子の作用で小球間に電弧を生じ、電極から強い輝光を放射する。さうなれば織條の電流を切つてもやはり電極は光り続ける。之はタングステン電極の溫度輻射に依る發光であつて、タングステンアーク燈と稱せられる。

第 4-3 圖



直流タングステンアーク燈の構造及び接続

等の光源に使用される。

上述の電燈で実際にあるものゝ一例を示すと第 4-1 表の様である。

第 4-1 表 アーク燈の一例

種 類	電 壓 ボルト	電 流 アンペア	電 力 ワット	光 束 ルーメン	能 率 ルーメン 毎ワット	力 率 %	電 極 直 接 消 耗 率 時
炭素アーク燈(開放直流)	75	6	450	5 150	11.4	—	15 16
發焰アーク燈(閉鎖交流)	82	10	540	9 100	17.0	66	22 2~3
マグネタイトアーク燈	76	6.6	500	9 000	18	—	22 1~2
タングステンアーク燈 (交)	100	4.5	400	6 000	15	89	2.0 —

4. ルミネセンス 他のエネルギーは色々の方法で光のエネルギーに変化する。其の内で溫度に依る一定の法則に従つて光束を輻射するも

のを溫度輻射と呼ぶ事は既に述べた。溫度輻射以外の總べての發光を總稱してルミネセンス (luminescence) と稱する。

従つてルミネセンスは多種多様であるが、其の主なものを示すと次の様である。

輻射ルミネセンス 紫外線や X 線の様な短波長の輻射の刺激で發光するもので、之には刺激されて居る間だけ光る螢光と刺激が止むでも尚光り続ける燐光とある。白金バリウム等の螢光板は前者の例で、夜光塗料は後者の例である。螢光燐光と言ふも螢の光や燐の光とは全く關係なく、是等は何れも化學ルミネセンスの一種と考へられる。

電氣ルミネセンス 氣體中の放電で、ガイスレル氏管、ネオンサインが其の適例で、極光も之に屬する。

焦ルミネセンス 焰中の氣體の發光で、アルコール・ランプの焰中に何か固體を入れて其の焰の色の變化で其の物を鑑別する焰色反應は之の應用である。發焰アーク燈がこの例である事は先に述べた。

熱ルミネセンス 溫度が上昇した爲に溫度輻射に相應するより強く光るのを言ふので、ガスマントルはこの例である。

陰極線ルミネセンス 陰極線 (電子流) が特殊のものに照射すると生ずる發光で、陰極線オシログラフやテレビジョンに使ふブラウン管は其の應用である。

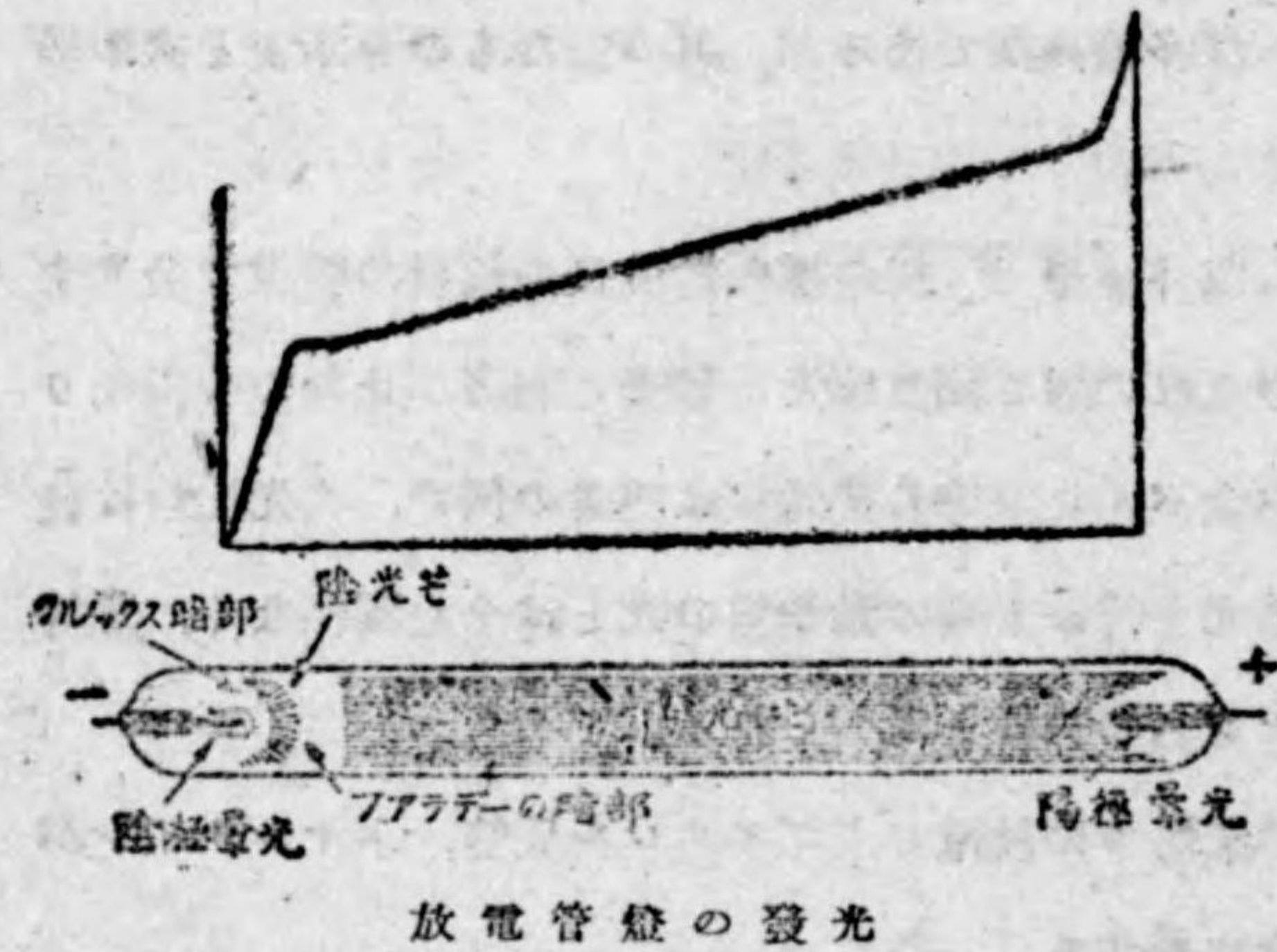
化學ルミネセンス 化學變化特に酸化に伴ふ發光で、燈油や蠟燭が其の例である。夜光蟲や夜光藻の發光も此の一種と認められる。

5. 發光放電 或るガスを數耗 (水銀柱) の壓力でガラス管に



封入し、両端に設けた電極に直流高圧を與へて放電させると、管内は美しい光を出す

第 4-4 圖



い光を出す、之を精しく調べると第 4-4 圖の様な明暗の數部に分かれて居る。圖の上部に管に添ふての電位の變化を曲線で示して置いた。先づ陰極自身が僅かに光つて居る

が之を陰極暈光と呼ぶ。その周囲の光らぬ所をクルックスの暗部と言ふ。その次の狭く光つた所が陰光芒(negative glow)で、次の暗黒部がファラデーの暗部である。それから後陽極までは殆んど一様に光つて居るが、之を陽光柱(positive column)と言ふ。陽極自身も僅かながら違つた光を出して居る。之を陽極暈光と言つて居る。この内電燈として利用されるのは陽光柱と陰光芒とである。

ガラス管内の壓力を之より高めて行くと次第に電流が減少し終には火花放電の様なものとなる。又管内の壓力を之より低くして行くとクルックス及びファラデーの暗部が擴がり、陽光柱は次第に陽極側に押し付けられ、最後にはクルックス暗部が全管を占領してしまふ。斯うするとガラス管の何處かで螢光が見え出す、之は X 線が輻射された爲である。

此の陽光柱や陰光芒を利用したのが放電燈(gaseous discharge lamp)

で、ガスの種類に依つて色が違ふ。其の主な二三を示すと第 4-2 表の様である。

第 4-2 表 陽光柱と陰光芒の色

ガ ス	Ne	Hg	Ar	He	H	N	O
陰 光 芒	黄 赤	綠	赤 紫	蒼白綠	帶 青 色	青	黄 白
陽 光 柱	橙 赤	青	紫	薄黄褐	淡 蒼 色	黄	レモン

此の放電の特色は供給電壓が或る値になると急に初まり、それより低い或る値になると急に消える。少しの時の遅れもない。従つて交流で點火すれば絶えず過渡現象を繰り返して居る。

### 6. ネオン管燈

上記の陽光柱を光源として利用する電燈を放電燈と言ふが、封入ガスとしてオネンが有名な爲に俗にネオン管燈とも呼ばれる。その色はガスにのみ關係し、電極には無關係である。

現在主として利用されて居る色は次の數種である。

第 4-3 表 ネオン管燈の色

封 入 ガ ス	ガラス管の色	管 燈 の 光 色
ネ オ ン	透 明	橙 赤
アルゴンと水銀 "	透 明 黄 綠 色	青 綠
ネ オ ン	青 色	橙
ヘ リ ウ ム "	透 明 黄 褐 色	白 (黄褐) 金茶 (黄)
ア ル ゴ ン	透 明	紫

ネオン管で文字を書くに要する管の長さは、文字に依つて違ふ事勿論だ



が、大略の見積には片假名やローマ字を混ぜて高さの 3~3.5 倍、漢字で 10 倍位とすれば良い。一筆書きに出来ぬ所は連絡管を黒ペンキで塗り潰すか或は別々の管燈として軟銅撚線で直列に連絡する。

二種のガスを封入した場合にどつちのガスが光るかは普通は勵發電壓(註を見よ)の低い方が光り出す。然し水銀管にはネオンが入れてあるが低温度では水銀が充分に蒸發して居ないので勵發電壓が高いネオンが先づ光るが電流の通過で温度が上つて勵發電壓が低い水銀蒸氣が多くなるに連れ、ネオンの赤が消えて水銀の青となる。然し兩ガスの勵發電壓以上の電壓が加れば其の混合の割合に依つて兩者の光を混合させる事も出来る。

ネオン管中に有機物のガスを入れると、管内に光の細い波が出来てユラユラゆれるので廣告的效果が多いが理由は不明である。同じく小なるガラス管で三つ或は四つの並列電路を作ると交互に光る。其の理由もまだ明かでない。

註 稀薄ガス封入管に電壓を加へると陰極から陽極に向ふ電子がガス分子に衝突する。其の際電位傾度が大であつて電子の速度が充分大だと原子は電子からエネルギーを受けて内部構造に變化を生じ、暫時(10<sup>-8</sup>秒級)の後元に戻る。その際先きに受けたエネルギーを光として輻射する。之が放電燈の光源で、斯様な變化を生ずるに要する最小のエネルギーに相當する電壓を勵發電壓と言ふ。

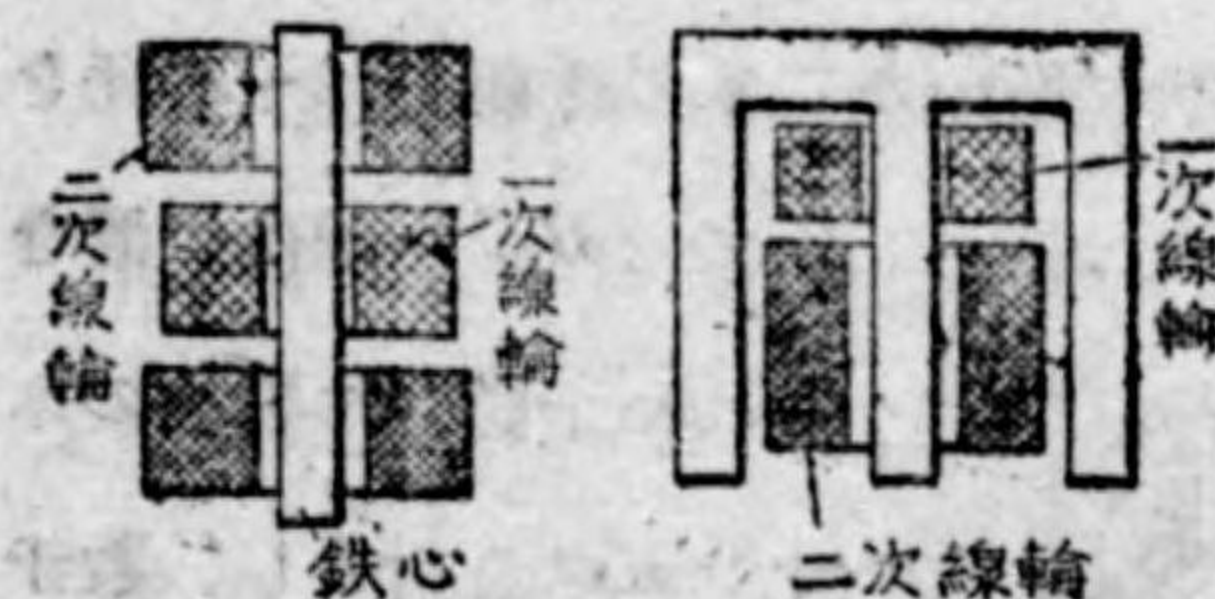
**7. ネオン變壓器** 放電燈の電極には第 4-4 圖上側に見る様に相當の電壓降下があるから、短い管を直列にするよりは長い 1 本の管の方が同じ長さに対し電壓は低い。但し取扱には不便である。

又放電燈はアーク燈と同じく其の抵抗が負特性である、即ち電流が増せ

ば端子電壓が降下するから並列には使へない。従つて高い電壓が必要である。且つ最初點火に必要な始點電壓は點火後の動作電壓より相當に(1.5倍位)高い。依つてアーク燈の様に安定リアクタンスを直列にする事は面白くない。

又ネオン管は電力は餘り大でないから普通の電燈回路から使用する事が望ましい。依つて各放電燈に附屬して特殊の變壓器を使用する。之がネオン變壓器であるがネオントランスと俗稱される。

第 4-5 圖

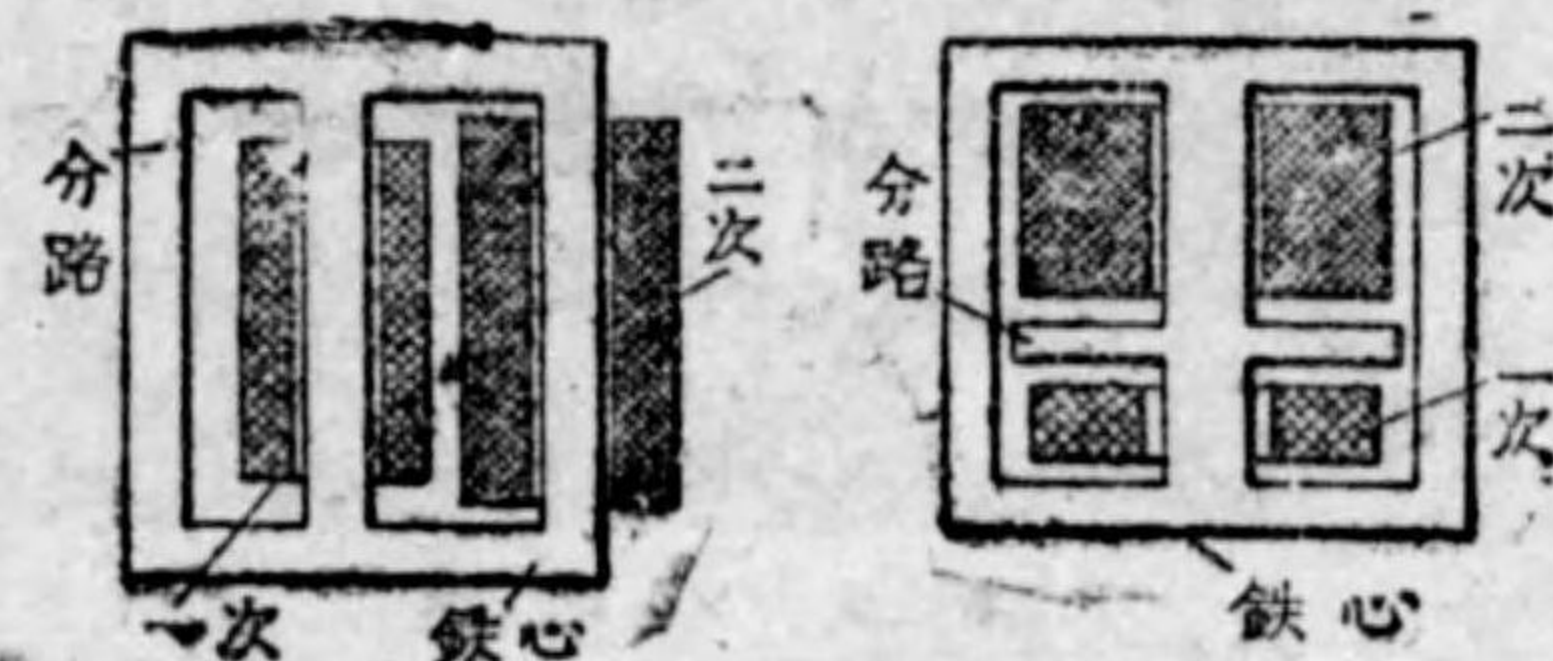


開磁路型ネオン變壓器

に使用するものであるから危険が無い様にせねばならぬ。幸にも所要電流は 20 mA 内外であるから、上記の制限を附したのである。

電氣工作物規程に依るとネオン變壓器は一次電壓 100 V、二次無負荷電壓が 15 000 V 以下で、二次短絡電流が 50 mA 以下なる事が要求されて居る。ネオン管燈點火には高い電壓が必要であるが、需用家の屋内

第 4-6 圖



磁氣分路型ネオン變壓器

この仕様に應ずる爲に變壓器は大電流が流れ様とすると飽和して漏洩磁束が甚だ多くなる開磁路型(第 4-5 圖)か磁氣分路型(第 4-6 圖)とする。

ネオン管 1 m に適する變壓器二次無負荷電壓は 1000 V と見て良い。



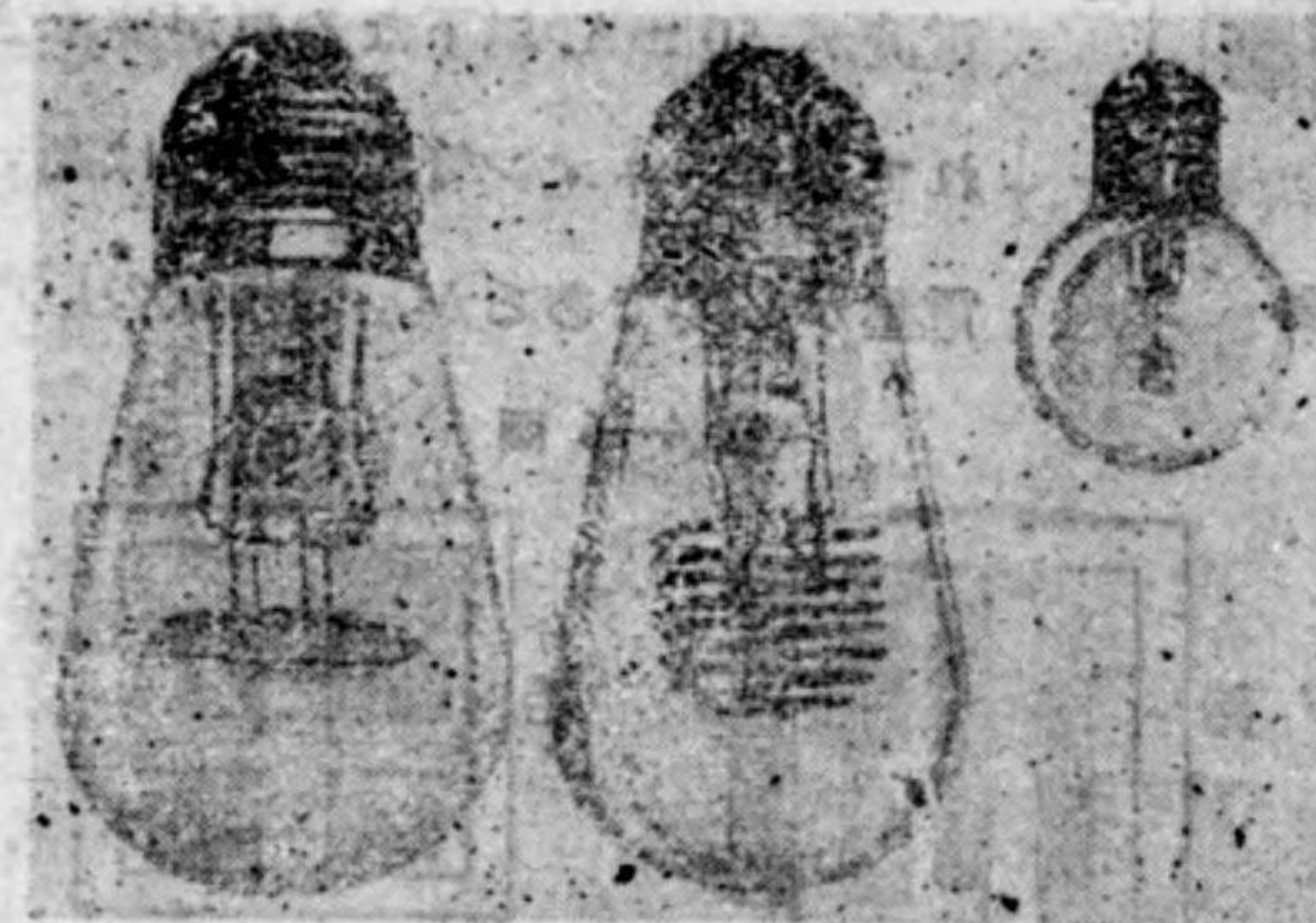
従つて其の長さに應じて市場にある 15 000, 12 000, 9 000, 7 500, 6 000, 3 000 V の内から適當のものを選択するが良い。

ネオン管燈の輻射する光束は太さ其の他で違ふが、長さ 1 m に付 120 乃至 150 ルーメンであり、其の消費電力は變壓器の一次側で 12 乃至 15 ワットである。そして上述の様な變壓器を使用する結果其の一次側の力率は 35 乃至 50% である。但し適當の蓄電器を並列につないで其の力率は 95% 位に改善したものもある。

## 8. ネオン電球

コイル状に巻いた二本の電極を 2~3 耗を

第 4-7 圖



ネオン電球

隔ててガラス球内に置きこれに十數耗の壓力のネオンガスを封入し、數千オームの直列抵抗を口金内に納めて直列に接続して、之に 100 又は 200 V を加へると陰光芒のみ發光する。之をネオン電球と稱する(第 4-7 圖)。

其の電極材料には 200 V 級には鐵又はニッケルを、100 V 級には之にバリウム等のアルカリ土類金屬を塗布するか又はマグネシヤ等の熱電子放射を容易にするものを使ふ。

市場にあるものゝ消費電力は 0.1 乃至 3 W の範圍で、其の能率は 1 ワットのもので 1 ルーメンの程度である。其の壽命は光度が 80% に下る迄

として 4 000 時間位である。

本電球は照明よりも寧ろ次の様な用途に使用される。

イ. 消費電力が少い點から配電盤の表示燈、出入口又は開閉器等の所在場所表示用或は寢室の終夜燈

ロ. 慣性を有せず、或る範圍では光度と電流と比例をする點から、發聲映畫、テレビジョン及びストロボスコープ用

ハ. 一定電壓で點火を開始する點から測定器、檢電器等

ニ. 陰極のみ輝く所から直流極性判断用

ホ. 電極を特殊の形として廣告用

尙本電球と同形で、ガスに窒素とアルゴンを使ひ、ガラス球にウランガラスの如きものを使ふと、窒素の發する紫外線がガラスに綠色の螢光を生じさせ、之がアルゴンの赤紫色の陰光芒と相加つて美しい電球となる。之を螢光燈と言ひ裝飾燈として使用される。

## 9. 水銀燈

放電燈で所要電壓が高いのは陰極に於ける電壓降下が大なる爲であるから(第 4-4 圖上部参照)陰極降下の極めて少い水

第 4-8 圖



水 銀 燈

銀を陰極に使用し且つ充分な水銀蒸氣を管内に充滿させれば比較的 low 電壓で充分の光度が得られる。此の目的に作られたものを水銀燈

(mercury arc or vapor lamp) と呼ぶ。クーパーヒット燈 (Cooper-



Hewitt lamp) と言ふのも之である (第 4—8 圖)。

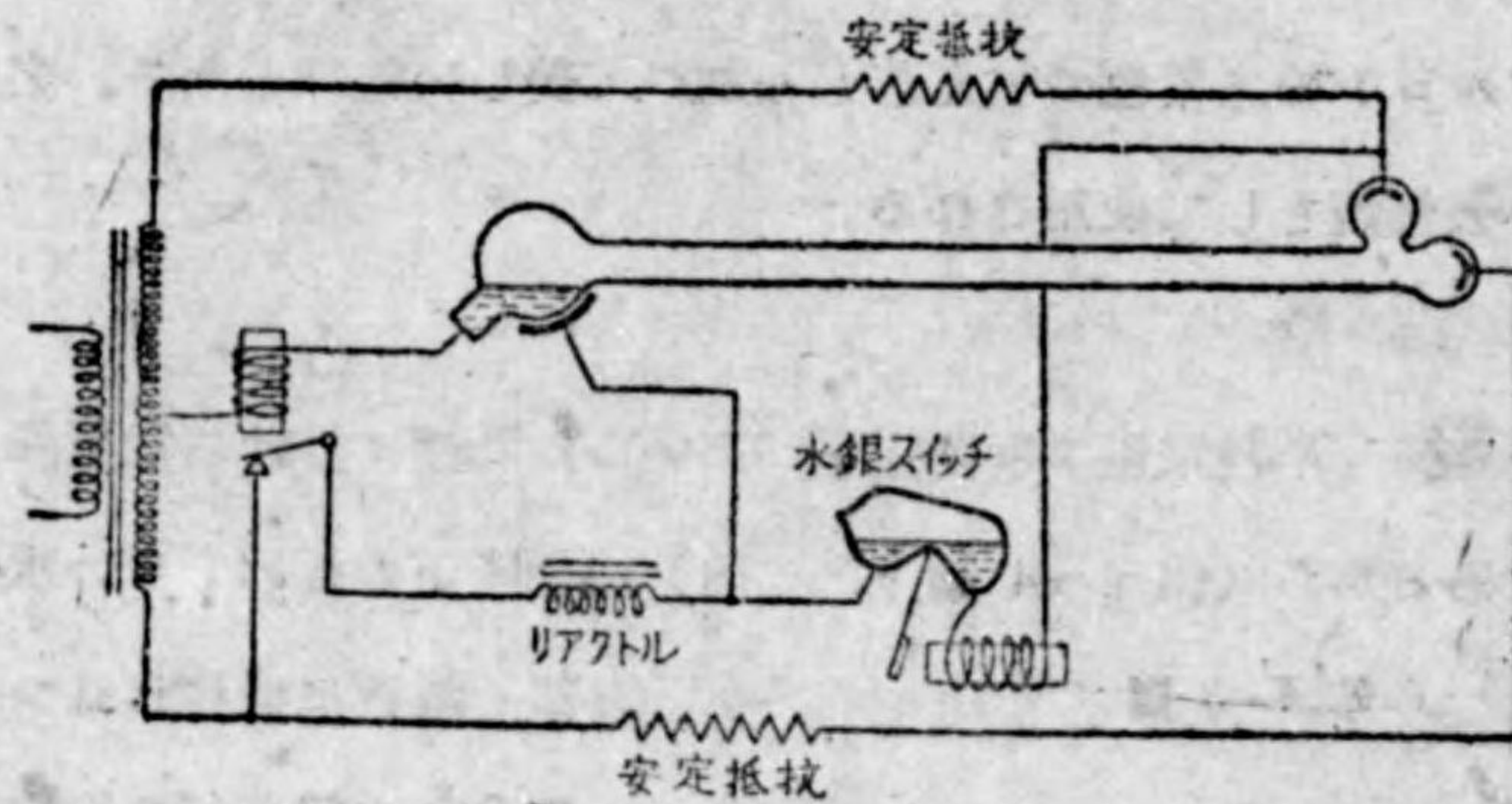
其の一例の特性は次の様である。

第 4—4 表 水銀燈特性の一例

種 類	管 徑 管 耗	管 長 管 耗	管電壓 ボルト	電 流 アンペア	電. 力 ワット	光 束 ルーメン	能 率 ルーメン 毎ワット
直 流	26	127	75	3.5	395	5 170	13.4
"	40	142	60	7.0	770	—	—
交 流	26	127	75	3.5	450	5 625	12.5
"	40	142	50	7.0	900	—	—

本電燈は陰極には水銀溜を使ふが、陽極には鐵又はグラファイトが使は

第 4—9 圖



水銀スイッチは傾くと水銀がつながり正しい位置になると切れる。

水銀燈起動装置

時間と稱されるが、時間の経つに従つて光度を相當に減ずる。

又能率は同一電力の白熱電燈に比べて劣り且つ青色で人の顔や手足など死人の様に見えるから一般の照明には適しない。唯線スペクトルである爲め精密工場には良いと言はれ、葦外線を多く出すので青寫眞の焼付等に使

れ、交流用には水銀を陰極とする爲め陽極を二個設けて、代る代る使ひ、力率 85 %位であり壽命は 4000

はれる。

本電燈は水銀蒸氣が管内に充滿しないと點火しないから、始點装置を必要とする。小形のもの手又は電磁石で管を傾け、始點電極と陰極とを先づ水銀でつなぎ、然る後舊に復すると水銀のつながりが切れる際の電弧で水銀を蒸發させて點火する。大形のもは第 4—9 圖に示す様に高周波電氣を水銀溜と其のガラス管外側とに加へて其の電流熱で蒸氣を作る方法に依る。

第 4—10 圖



太 陽 燈

管を石英管で作り管長を短くし、管内の水銀壓力を一氣壓としたものは一層葦外線を多量に輻射する。之を太陽燈 (第 4—10 圖) と呼び、葦外線醫療又は葦外線鑑別 (後章参照) に使用される。之には陽極にも水銀を使用する。

### 10. 高壓水銀燈

水銀燈の始點を容易にする爲め、織條を陰極として管内の溫度及び壓力を高くし、管徑を太くして多量の光束を發生せしめたものを高壓水銀燈 (high-pressure mercury lamp) と言ひ、主として街路照明又は庭園照明に使用せられる。

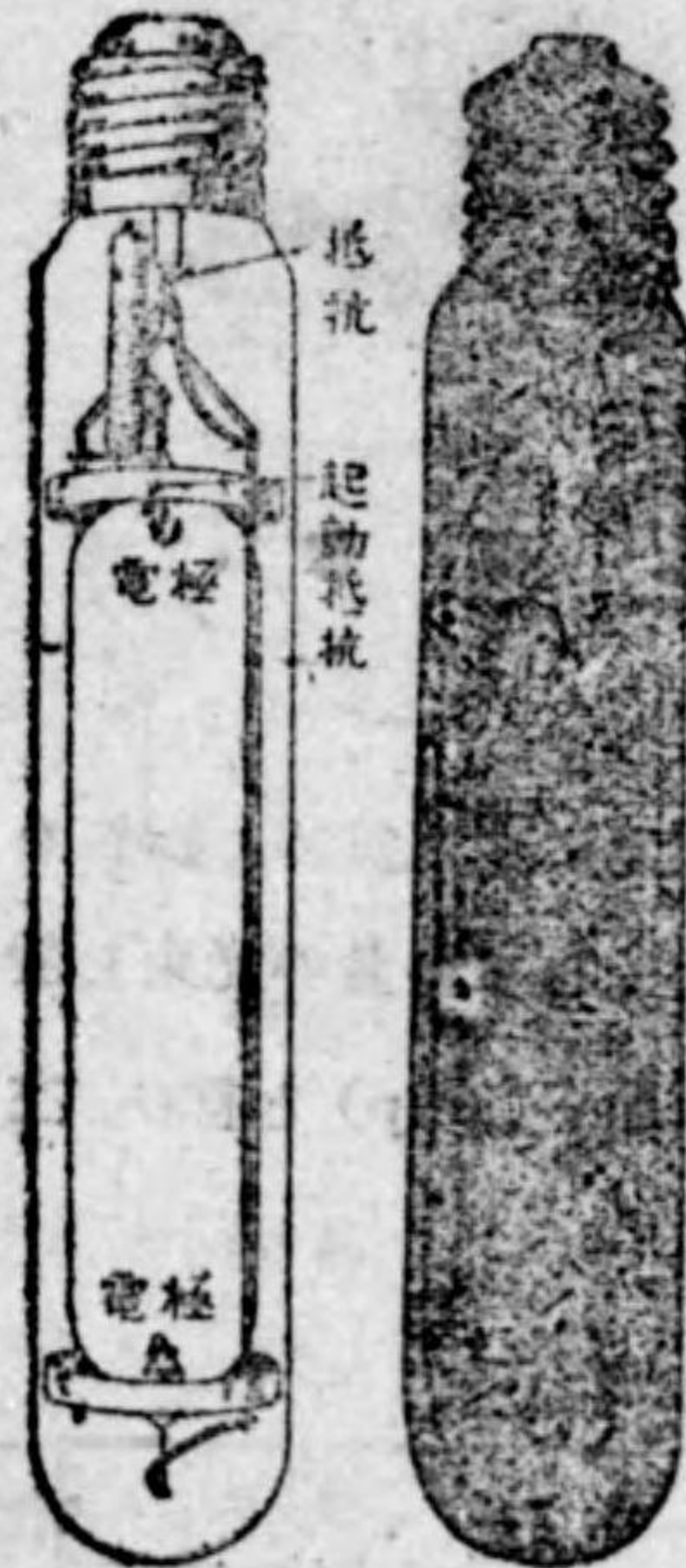
第 4—5 表 高壓水銀燈特性の一例

項 目	400 W	250 W	85 W
全長 (mm)	33	20	14.3



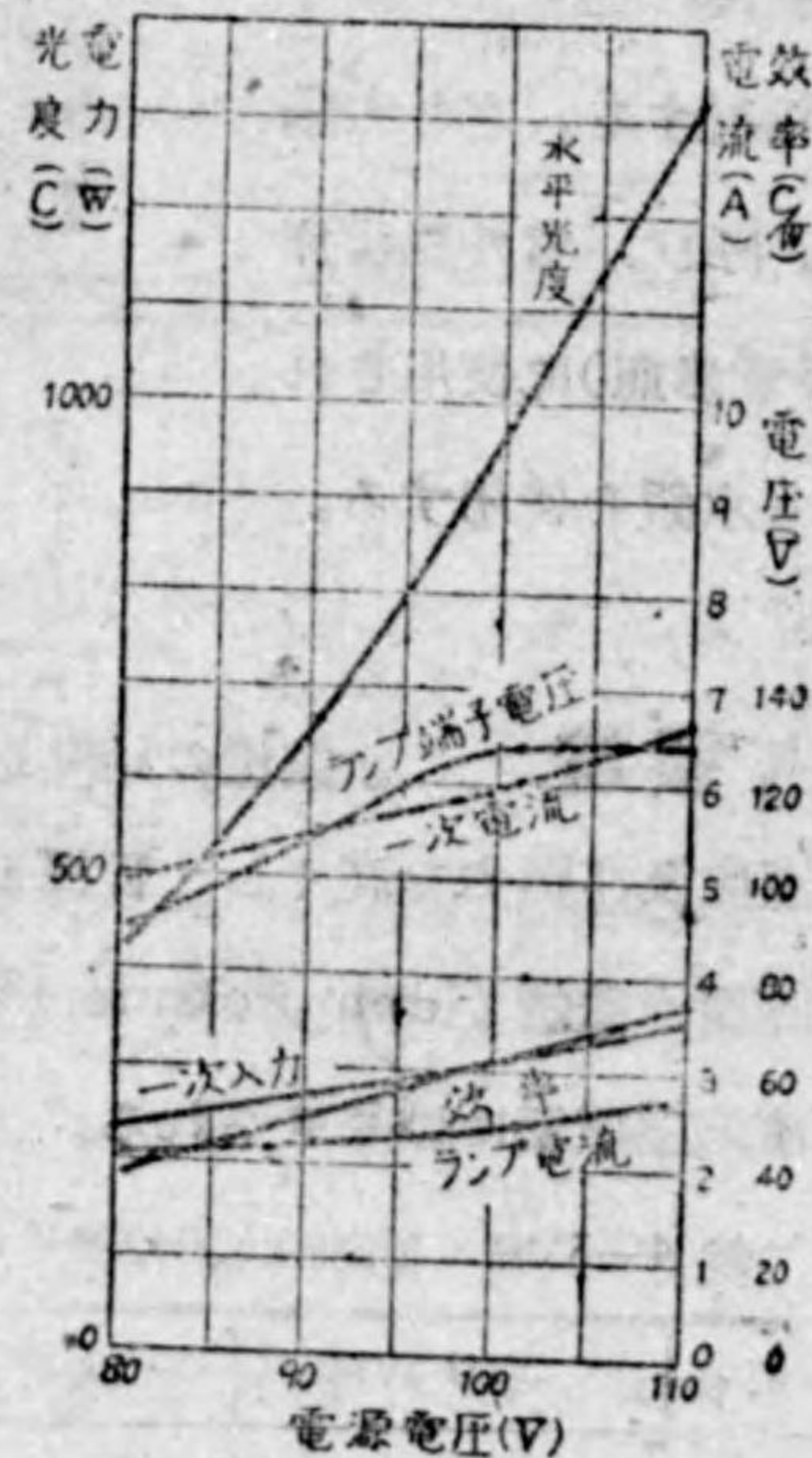
項 目	400 W	250 W	85 W
光 束 (ルーメン)	16 000	7 500	2 975
能 率 (lm/W)	40	30	35 (初)
壽 命 (時間)	2 000	2 000	500
光の長さ (耗)	197	140	89
始點電壓 (ボルト)	20	20	20
始點電流 (アンペア)	5	5	0.6
常態電壓 (ボルト)	150	70	250
常態電流 (アンペア)	2.9	3.9	0.4
常態水銀壓力 (耗)	760	300	數氣壓

第 4—11 圖



高圧水銀燈

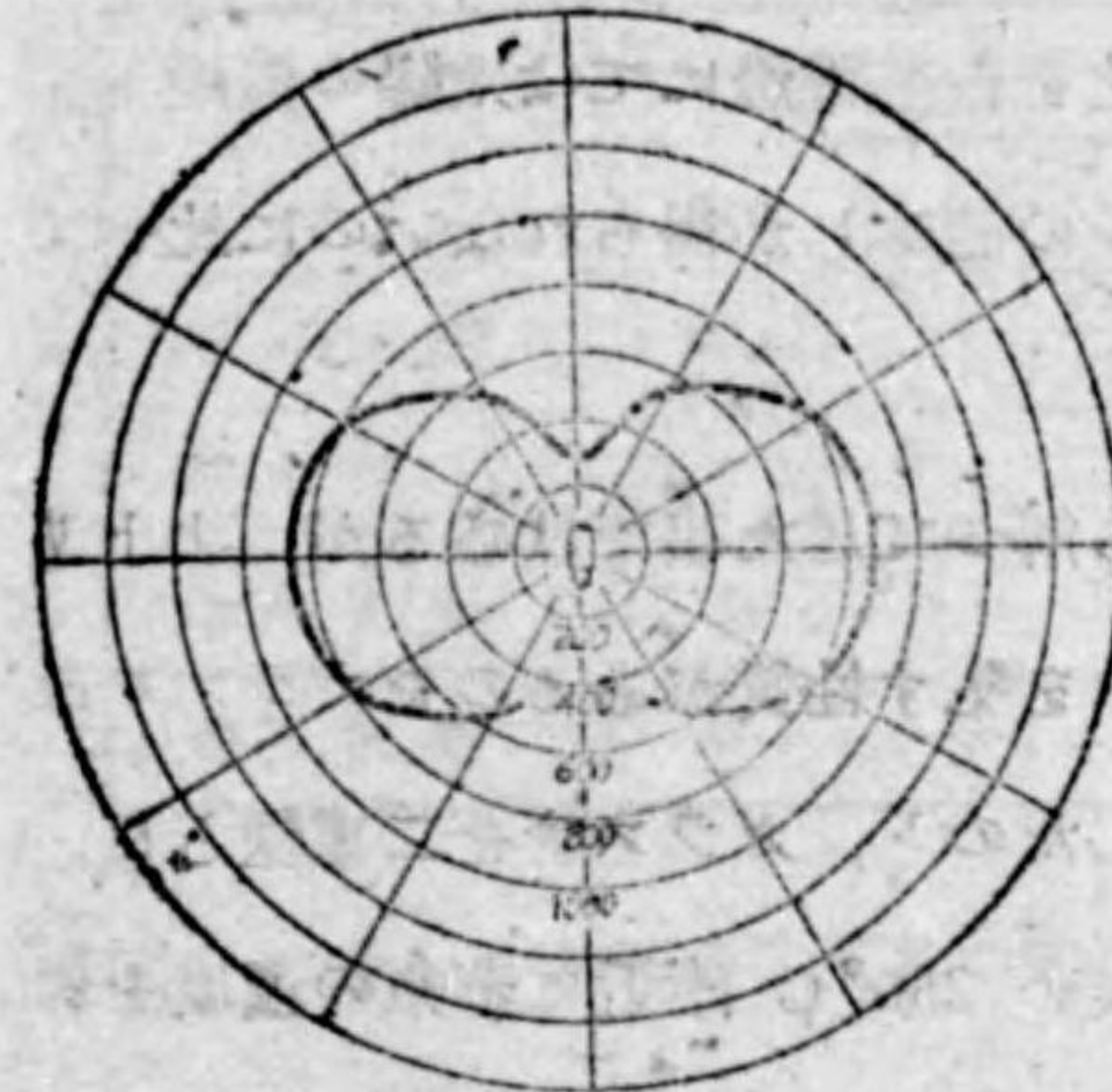
第 4—12 圖



高圧水銀燈の特性曲線

今米國で使用  
せられて居るも  
の、特性の一例  
は第 4—5 表の  
様である。  
我が國で稍多  
量に使用された  
のは朝鮮羅津の  
街路 1.3 杆に  
220 V, 300 W,  
12 000 lm, 保證  
壽命 1 800 h の  
ものが 34 箇使

第 4—13 圖



高圧水銀燈の配光曲線

はれたものである。其の外観は第  
4—11圖の如くで、其の電壓特性は  
第 4—12 圖の様で、其の口金を下  
方とした場合の配光曲線の一例は第  
4—13 圖の様である。

尙和蘭に於て管内壓力を 160 或は  
300 氣壓とし、管長を 10 又は 65 耗  
のものに高電壓を加へて 500 W 又  
は 10 kW を消費させ 60 又は 80 ル

ーメン毎ワットの能率が得られたと報ぜられて居る。

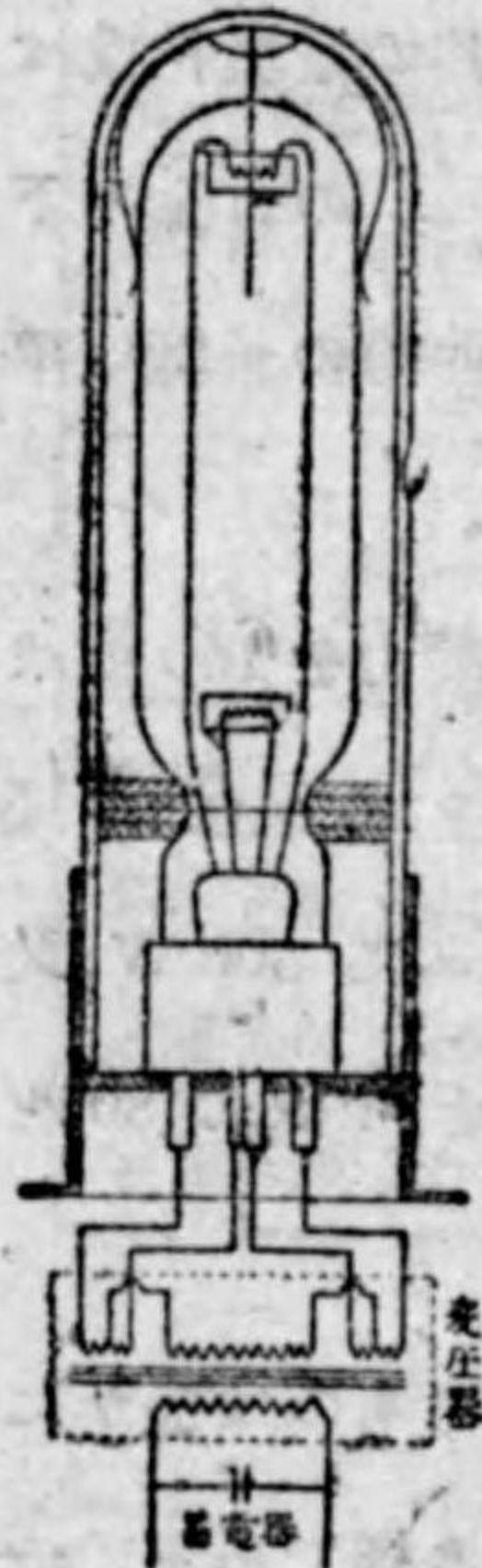
然し上記は壽命が數十時間と言ふ試作品で、商品としてのものは遙かに  
之れより低い。我が國で發賣されたものの定格の一例は次の様である。一  
次側の電壓 100 V, 電流 1.0 A (蓄電器附), 又は 1.9 A (蓄電器なし), 入  
力 92 W, 力率 92 又は 48%, 二次側は 350 V (無負荷) 200 V (ランプ)  
電流 0.42 A, ランプ電力及力率 72 W 85%, 水平光度 290 燭, 壽命 1500  
時間で、能率はランプだけだと 40 ルーメン毎ワットだが、全體では 32  
ルーメン毎ワットで普通の高圧水銀燈と同一である。

尙本電燈は一度停電すると 10~15 分間位は常規の光に戻らない。但し  
最近のものは 3~5 分に短縮したと言はれて居る。

**11. ナトリウム燈** ナトリウム蒸氣の發光は其の總輻射エ  
ネルギーの約 80% が 0.59 ミクロンの波長のものに集中して居る。此の波長  
の比視感度は 78% であるから、光の最大視感度を 620 ルーメン毎ワット



第 4-14 圖



ナトリウム燈

とすれば理論上 1 ワット當り 387 ルーメンの能率が得られる譯である。之を白熱電燈にては太陽の温度とするも尙 113 ルーメンの能率しか得られないのに比べて格段の差がある。

此の事は以前から解つて居た事ではあるが、ナトリウムの蒸氣はガラスを犯す性質があるのをガラスを改良して犯されなくしたのと、ガラス管を二重壁とし、發光に最も都合の良い 250°C 附近に蒸氣の温度を保つ事が出来たので實用されるに至つた。

ナトリウム燈は熱陰極ガス放電燈の一種で、交流用のものは兩電極共に織條を使用し、並列に使用するものゝ接続は第 4-14 圖に示す様である。即ち一箇毎に

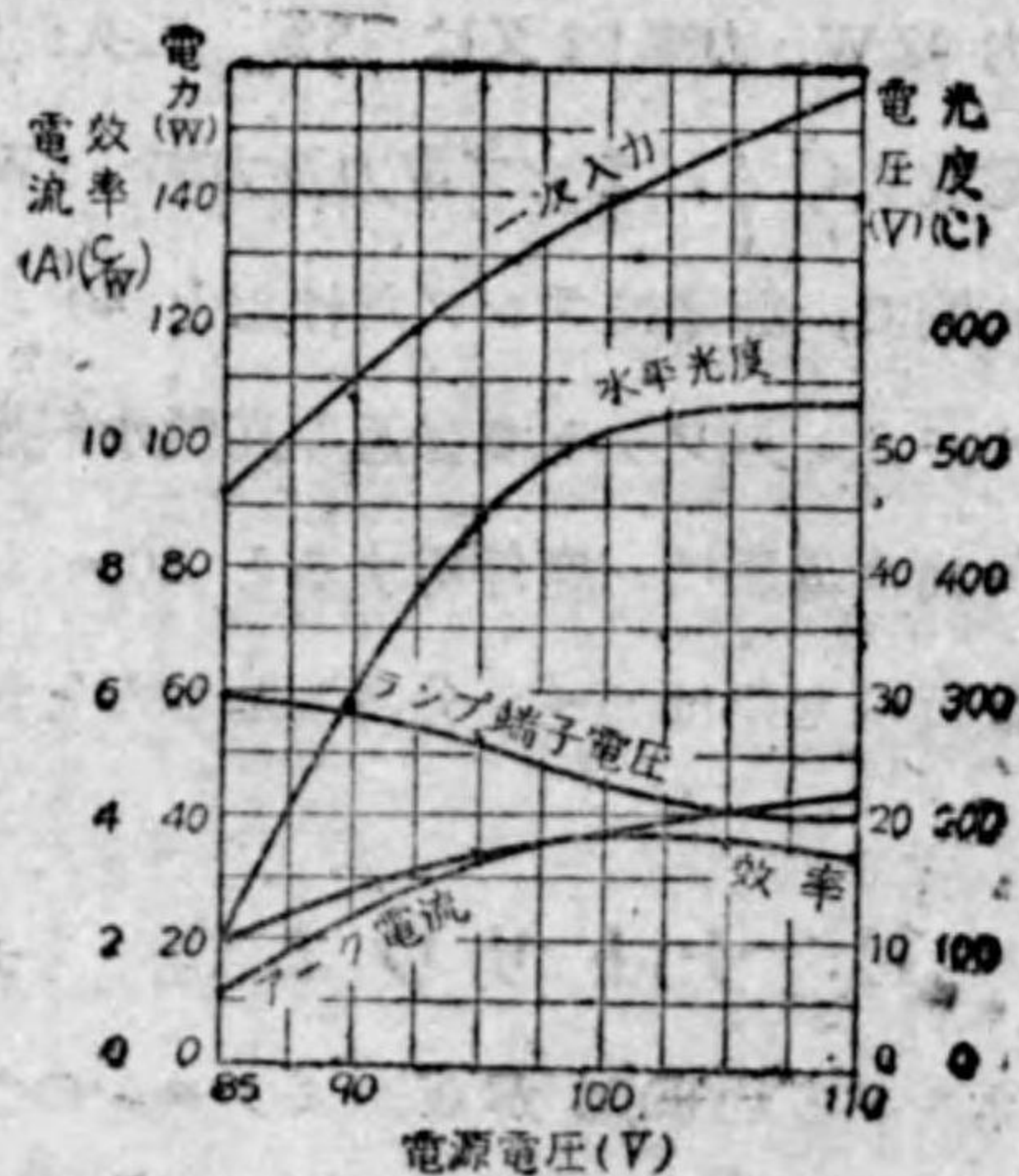
高漏洩變壓器で

織條の熱用電源を兼ねたものを使用し、多くは紙蓄電器を併用して力率の劣化を防いで居る。

其の寸法や特性の一例は第 4-6 表の様である、之は東京芝浦電氣マツダ支社製のものである。尙供給電圧の變化で諸特性の變化する有様を同 130-W のものにつき試験した結果は第 4-15 圖に示す様である。

我が國では實施の例に乏しいが、

第 4-15 圖



ナトリウム燈の特性曲線

第 4-6 表 ナトリウム燈特性の一例

電 壓	100 ボルト	電 力	130 ワット
長 さ	42 cm	直 徑	10 cm
電球電壓	25 ボルト	電球電流	3.5 アンペア
電源電流	2.2 アンペア	力 率	60 %
水平光度	450 燭	光 束	4 600 ルーメン
實効能率	38 ルーメン毎ワット	壽 命	1 500 時間

米國では盛んに使用せられ其の能率も着々改善せられ、直流直列用で 55 ルーメン、並列用で 50 ルーメン毎ワットであり、其の標準壽命は 2 000 時間である。管内の壓力は數耗程度である。

本電燈も亦送電後 10 分位たゝぬと充分の發光とならない。何分黄色が強いから室内燈には使用出来ないが、街路照明用としては寧ろこの光の方が識別に良いと言はれ、米國では次第に其の使用が増加して居る。

## 12. 人工晝光

繪畫館、畫具又は毛絲商、呉服又は洋品店等に於ては、目的物が畫間と同一に見える事を必要とする。石油燈の光で見た色合と畫間の色合とは反物などは著しく違つて昔は困つた。電燈でも織條温度が太陽のそれより低い爲に色に依つては相當に違つて見える。

又紙、粉、煙草其の他の鑑別には一定の光に依らないと到底行はれないので一定の規準を要する。晝光と言つても直射太陽は晴天の屋外に限つて得られ、然かも時刻及び季節で必ずしも一樣でない。然るに青空光即ち北向の窓で青空から得られる光は比較的一様なので、之を晝光の標準とするのが普通である。普通屋内の晝光は主として此の青空光と直射日光の反射



との混合である。

標準の青空光を供給するのを目的とする電燈に次の二種ある。

**眞色器具 (true-tint fixture)**とは特殊の青色ガラスで高能率白熱電燈の主として赤色部を濾したもので、晝光と同一のスペクトルを有する。但しその爲に光束の 85% を吸収する事になる。砂糖、絲、染物、粉等の嚴密の検査に使用される。別に直射日光と同一スペクトルのものもある。之の方は 70% の吸収が良い。

**晝光電燈**とは白熱電燈からの光を青色に塗つた反射笠で反射させて晝光としたもので、直射光は全く遮るか或は少量を出させる。用途は前者と同一である。

普通の呉服商其の他で上記程嚴密の晝光を必要としない場合にもつと能率の良いものが工夫されて居る。天窓照明などは之で充分である。

**晝光電球 (day light lamp)**とは青色硝子で白熱電燈の赤色を濾す事は眞色器具と同一であるが、其の吸収を 40% に止めたものである。即ち普通電球の 60% 内外の光束を輻射する。従つて餘程赤色に富む。

**水銀燈と白熱電燈との組合せ** 白熱電燈は 3000°C のものでも最大波長が 0.9 ミクロン附近で赤色に富み、水銀燈は青色に富むから、之を適當に組合せれば晝光に近いものが得られる。

**晝光ランプ** 低壓水銀燈のガラス管の内壁に適當の晝光物質を塗つて置けば、水銀電弧から輻射される強力の外線 (0.2537 ミクロン) に依り晝光を發生するに依り大いに能率を良くする事が出来る。

青色や綠色だと晝光劑の能率が良く、米國では 20W 級で綠色が 65 lm/W、青色が 23 lm/W 程度であるが、赤は晝光劑の能率悪しく僅かに 3 lm/W

程度である。これ等を適當に組合せば晝光色を出す事も出来る。第 4-7 表は東京芝浦電氣で發賣された晝光色晝光ランプの規格である。

第 4-7 表 マツダ晝光ランプ

			15 W	20 W
全	長	mm	435	580
直	徑	mm	38	38
ラ	ン	電	15	20
ン	ブ	力		
ラ	ン	電	0.34	0.35
ン	ブ	流		
ラ	ン	電	48	62
ン	ブ	圧		
力		率	56	65
電	源	電	100	100
光		壓		
能		束	400	600
最		率	27	30
大	輝	度	0.75	0.35
輝	度	燭/cm <sup>2</sup>		
壽	命	時	1500	2000

全長には口金ピン部を含まず。電力には安定器損失 (4~5 W) を含まず。

の一種)で直列とする。電壓をランプに加へると、先づグロスイッチに晝光放電を生じ兩電極を温めると同時にスイッチ中のバイメタルを温めて 2,3 秒後スイッチを短絡する。そこで兩電極に多くの電流が流れてこれを温め放射能を十分にすると同時に、スイッチ内の晝光が消え、バイメタルが冷へてスイッチを開く、その際生ずる高電圧でランプは點火する。

晝光ランプ

は放電燈であるから安定リアクタンスが必要で、且つ點弧のため兩電極の白熱織條を管外でグロスイッチ (ネオン電球

第 4-16 圖



晝光ランプに依る照明

### 13. 各種電燈比較 上述各種電燈の能率や輝度の一例を示



して比較の便としよう。

第4-8表 各種光源比較

光 源	能 率 lm/W	最大輝度 燭/cm <sup>2</sup>	最高温度 K	光色温度 K
天頂の太陽 (計算)	113	224 000		6 500
(地上で實測)		143 000		5 480
タングステンガス入2000W	21.2	1 350	3 020	3 000
" " 100W	13.0	605	2 750	2 740
" 真空 25W	9.8	193	2 450	
" "(内面艶消)	9.8	2.2~4.7		
タングステンアーク燈	15	5 560	3 655	3 800
直流炭素アーク燈	11	17 200	5 000	
發焰アーク燈	17	775		
ネオンサイン(赤)	10	0.078		
螢光燈(1W)	1			
高 壓 水 銀 燈	35~50	80~135		
ナ ト リ ウ ム 燈	40~60	5~10	250	

### 問 題

- 電弧長 2 cm, 電弧電流 40 アンペアの場合の電弧端子電壓如何。
- アーク燈に安定抵抗を要する理由を説明せよ。 答 85.8 V
- 電弧長  $l$ , 電弧電流  $I$  が與へられたるとき何程の安定抵抗を必要とするや。  $l=2$  cm,  $I=40$  A の場合は何程か。但し直流電路とす。 答 0.138  $\Omega$  以上
- 炭素アーク燈の火坑とは何ぞや。
- 直流炭素アーク燈に於ける光束の分布を示せ。
- 交流炭素アーク燈が直流式に比し能率の劣る理由を説明せよ。
- 發焰アーク燈とは何ぞや。
- タングステンアーク燈の用途を述べよ。

- 直流タングステンアーク燈の構造を述べよ。
- 電氣に依る發光原理の二大別を示し各例二つを挙げよ。
- ルミネセンスの種類を示し、各一例を記せ。
- 螢光と燐光との區別を説明せよ。
- ガス放電の發光の内光源として使用せらるゝ部分の名稱を挙げ其の例二つ宛を示せ。
- ネオンサインの發光はガス放電の何れに屬するや。普通に使用せらるゝ色とそのガスとを示せ。
- ネオンサインでデンキガクコウと書きたい。文字の高さを1米として、之に要するサインの長さ、所要變壓器の二次電壓及び消費電力を概算せよ。
- ネオンサインに變壓器を附屬する理由二つを示せ。
- ネオン電球の發光はガス放電の何部に屬するや。又其の所要材料を示せ。
- ネオン電球の用途を挙げよ。
- 螢光燈を説明せよ。
- 水銀燈の發光はガス放電のどの部に屬するや。其の特色を示せ。
- 水銀燈の起動法二種を示せ。
- 交流用水銀燈が直流用と異なる所を述べ且つ其の理由を説明せよ。
- 太陽燈の原理及び目的如何。
- ナトリウム燈が白熱電燈に比し將來有望なる理由を述べよ。
- ナトリウム燈が最近實用化した理由如何。
- ナトリウム燈の構造の大略を述べよ。



27. 第4-15圖よりナトリウム燈を90V, 100V及び110Vにて使用したる場合の一次入力, 水平光度, 能率(効率に同じ), ランプ端子電壓を表示せよ。
28. 高壓水銀燈を80V, 90V, 100V及び110Vにて點火したる場合の一次入力, 水平光度, 能率(効率に同じ), ランプ端子電壓を, 100Vの時を100%として百分率にて表示せよ。
29. ネオン管燈とナトリウム燈との異なる點を述べよ。
30. 高壓水銀燈とナトリウム燈との類似する點と著しく相違する點を列記せよ。
31. 人工晝光を得る各種の方法を述べよ。
32. 眞色燈の原理及び用途を問ふ。
33. 晝光電球の原理及び用途を問ふ。
34. 次の電燈を能率の最大のものより順次列記せよ。  
 ネオン電球, 1000ワットガス入タングステン電球, 100W同上, 40W同上, 100W晝光電球, 100W眞色器具, 400Wナトリウム燈, 300W高壓水銀燈, 400W直流開放炭素アーク燈, 40W眞空タングステン電球, 10W同上, ネオン管燈, 10W炭素電球。
35. 次の電燈の球内壓力の高いものより順次列記せよ。  
 100Wガス入タングステン電球, ネオン管燈, 高壓水銀燈, 20W眞空タングステン電球, ナトリウム燈, ネオン電球。

## 第五章 照 明 工 學

1. 照明工學 照明 (illumination) と云ふ言葉が何を表はすか未だ定められて居ない様であるが, 光で物を照す事から, それを見ての感じ及び其の應用にまで及んで居る様である。

元來物を視るには, 物を照す光と, 見られる物とそれを見る肉眼とが必要である。それ等の間の關係から, 其の利用や應用を研究するのが照明工學 (illuminating engineering) と云ふ事が出来る。

従つて照明工學の内には各種電燈の研究は勿論, 電燈以外の光源即ち晝光や瓦斯其の他燃料光の研究から, その強さや數量並に配置とか配光を支配するグローブや笠の選定又は設計もあるし, 又照らされる物の形狀や色に就ても考へなければならず, 見る側の肉眼の構造や作用をも研究する必要がある。

更らに進んで見た上の感じも重要であるから, 美學や心理學にも關係して來るし, 建物に取付けたる之を照したりする關係で建築學にも重大な關係がある。之を要するに是等の學問が綜合して別に照明工學なる一分科が出来たのである。

元來人類が地球上に現れてから50萬年を経て後に火が發明されたので, それ迄に吾人の肉眼は晝光に馴らされてしまつた。火の發明以後今日迄は僅かに5000年, 電燈の發明以後60年に過ぎないのであるから, 吾人の肉眼は未だ燈火に適應するに到らない。従つて肉眼の夜間使用は色々無理があつて, 吾人の肉眼が次第に悪くなつて來る傾向にある。そこで最近之

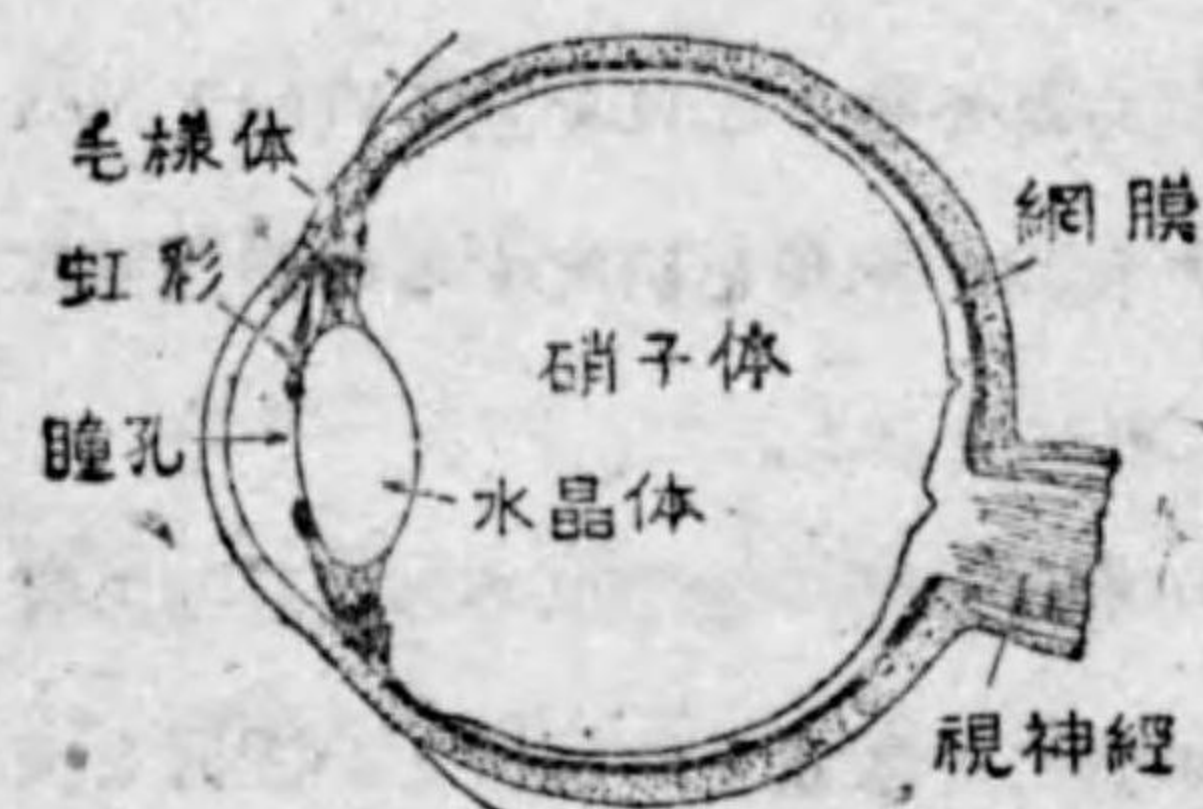


を防止の必要が痛感せられ、明視科學 (science of seeing) が全世界を風靡して、視る事を科學的に研究される様になつた。

## 2. 肉眼の構造及作用

第 5-1 圖は肉眼の垂直断面の略圖である。網膜に像が結ぶと視神經に依つて腦に傳へられ、吾々は視る

第 5-1 圖



肉眼の垂直断面

補助する必要がある。

虹彩は寫眞器の絞りに相當し、眼に入る光の量をこれ亦自動的に調節する。瞳孔とは虹彩が開いて生じた孔で、之からだけ光が眼の中に入る。硝子體は形をつくる爲の内容物である。

遠い所を見ようとする時、水晶體が扁平になると同時に瞳孔は擴がつて多量の光をとり入れてハッキリ見える様にする。之に反し近くのものを見る時には水晶體は丸くなり瞳孔は小になる。別に明暗に依る瞳孔の變化もある。

然しこの虹彩の動作は相當に緩慢であるので、晝間映畫館に入ると暫くは何も見えない。然し時の經つに従つて周圍がハッキリ見えて來るのは瞳孔が次第に擴がつて來る爲である。

事が出来るのである。水晶體は精巧なレンズで、視ようとするものの遠近に應じて毛様體の作用を受けて其の焦點距離を變へ、丁度像が網膜上に結ぶ様に自動的に調節する。近視や遠視はこの水晶體の調節作用が不十分になつたもので、別のレンズで

## 3. 眩 輝

光の刺戟が過度である爲にハッキリと見えぬ感覺を眩輝と言ふ。従つて照明の設計に際しては出来るだけ眩輝を感じない様にする事が必要である。

眩輝を生ずる原因としては

- イ 暗い所から明るい所に行つたのに虹彩の働が遅れる爲 (一時眩輝)
- ロ 光源の輝度が高すぎたり或は眼に入る光束が多すぎる爲
- ハ 輝度が著しく違ふものが並んで居るので、虹彩がどちらに調子を合せて良いか解らぬ爲 (對比眩輝)

等が主なものである。其點から透明ガラスの裸電球が見える所にある事は出来るだけ避けなければならない。

尙肉眼には殘像作用と言つて、一時網膜に映つた像は暫時の間は續けて見える作用がある。火のついた線香を廻すと火の輪が見えたり、1/16 秒毎に 1 度消えて又映る映畫 (發聲映畫では 1/24 秒毎) が連續して見えるのはこの作用に依る。

第 5-2 圖



光 滲

吾々の肉眼は仲々良く出來た道具であるが、然し又缺點もある。上述の眩輝も其の一つだが、同一直徑の圓を黒地に白く書いたものと、白地に黒く書いたものとは、並べて比

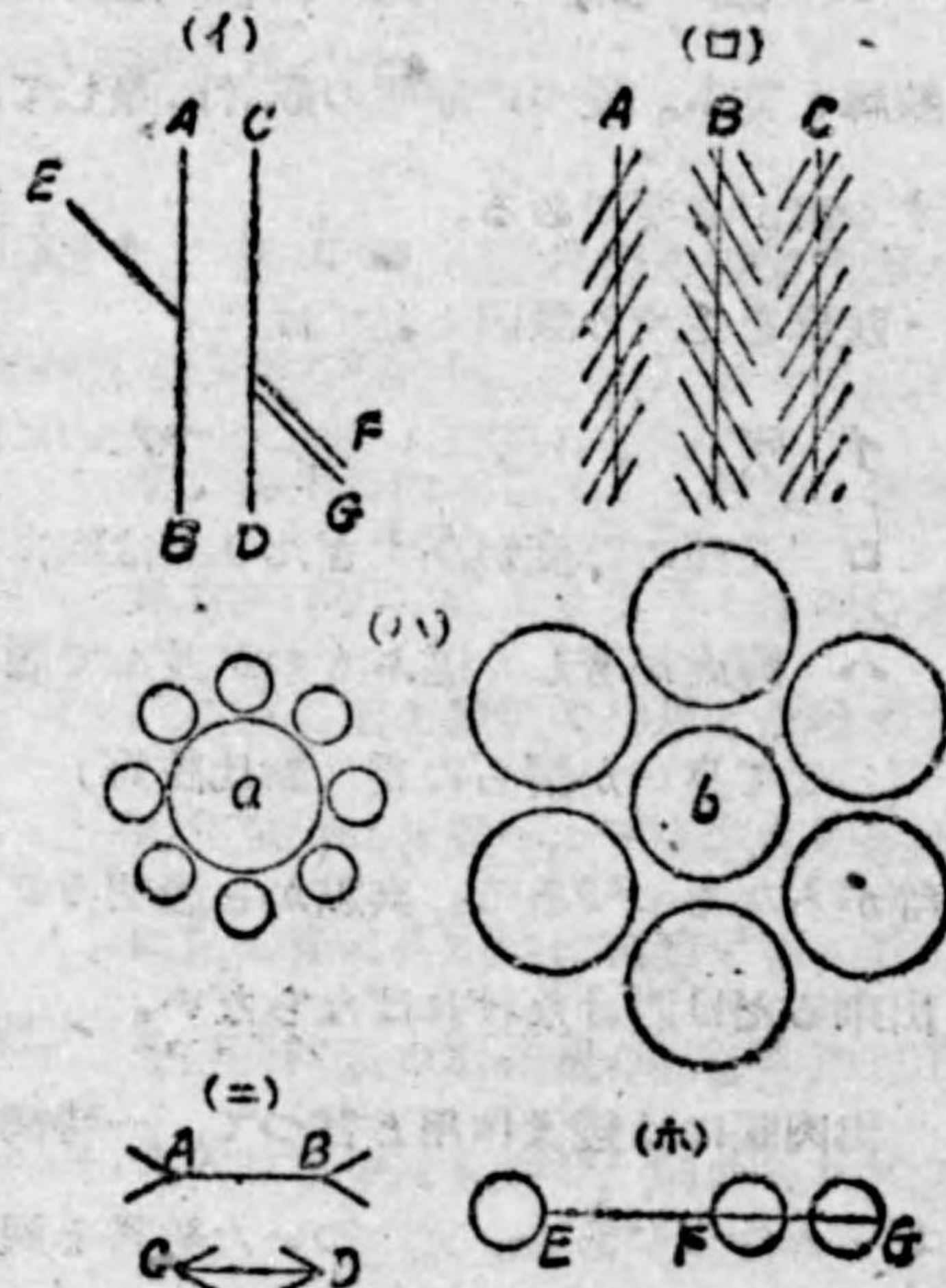
べて見ると前者が大きく見える、之を光滲と言ふ (第 5-2 圖)。

又 AB と CD とが平行である一直線である EG が反つて曲つて見え、曲つて居る EF が一直線に見える (第 5-3 圖イ)。又同ロ圖で A, B,



第 5-3 圖

Cなる3本の直線は實際は平行であるが、曲つて見える。又ハ圖でa圓とb圓とは同一直径だが、さうは見えぬ。又ニ、ホ圖にてAB, CD, EF, FGは何れも同一長さだが、さうは見えぬ。之等を錯覺と言ふ。



錯覺を示す圖

**4. 擴散反射** 光が鏡又は水平面の様なものに當ると反射をする。其の際は (1) 入射方向と反射方向と入射點で反射面に立てた法線とは同一平面上にある、(2) 入射角と反射角とは相等しい。斯くの如き反射を整反射 (regular reflection) と稱する。整反射の場合には一般に反射面は見えぬ、反射面の向ふ側に光源の像が見える。

然し此の紙面に電燈の光をあてた場合は、電燈は丸で見えず、照らされた紙が見える。勿論之は電燈の光が反射して見えるのであるが、斯くの如き反射を擴散反射 (diffused reflection) と稱する。之は反射面に無数の小凹凸があつて甚だ不規則な反射をする爲である。

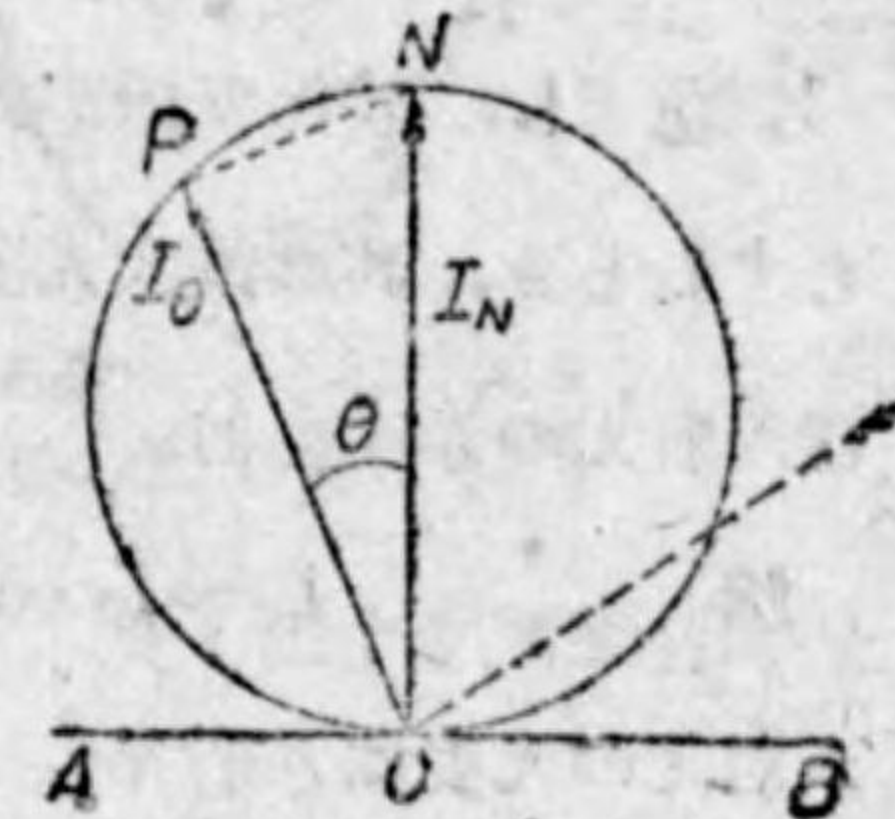
然し艶のある紙を電燈で照した時に丁度整反射の方向から紙面を見ると、キラキラして強い輝光を呈し、紙面は良く見えない。之は反射面が多分に

整反射の傾向を有する爲である。

所が酸化マグネシウムや白色吸墨紙に光が當ると、その當る光の方向の如何に係らず常に同一の反射をする性質がある。その反射は反射面に法線の方に最大で、法線と  $\theta$  をなす總べての方向の反射は常に法線方向の反射の  $\cos \theta$  倍である。そこで斯の如き反射を完全擴散反射 (perfect diffused reflection) と稱する。

第 5-4 圖

完全擴散反射の配光曲線は圓形を呈する。何んとなれば O 點に光が入射した時 (その方向は定義に依つてどつちでも良い) 反射面 AB に對し法線の方に最大光度を有する。之を  $ON = I_N$  とする (第 5-4 圖)。ON と  $\theta$  の角をなす方向の光度 OP を  $I_\theta$  とすると



完全擴散反射

$$I_\theta = I_N \cos \theta \dots\dots\dots (5-1)$$

なる關係が常に存在する。すると  $\triangle OPN$  の  $\angle OPN$  は直角であつて  $\angle OPN$  が常に直角である場合の  $\triangle OPN$  の頂點 P の軌跡は ON を直径とする圓である。但しこれは紙面だけを考へたので、立體的に考へれば配光曲線は球になる。

完全擴散反射でない擴散反射を總稱して不完全擴散反射と稱する。それは千差萬別であるが、其の配光曲線の二三の例を第 5-5 圖に示した。兩

第 5-5 圖



整反射

不完全擴散反射

完全擴散反射

不完全擴散反射配光曲線の一例



側に整反射と完全擴散反射とを附記して置いた。左端は整反射に近いもので整反射の方向に最大光度を有し、多少其の周圍に光が洩れたと言ふ形であり、右端のものは大體が完全擴散反射で、唯整反射の方向に少し光度が強いと言ふ程度である。

完全擴散反射面は理論的のものではあるが、石膏、吸墨紙、酸化亜鉛、炭酸マグネシウム等は殆んど之に近い反射をする。

例題 1. 酸化亜鉛が完全擴散反射をするとして、其の反射率を 87% とするとき、其の最大光度が 50 燭とすれば、垂直と 40° の方向の光度及び入射光の光度如何。

$$\text{解} \quad I_{40} = I_N \cos 40^\circ = 50 \times 0.766 = 38.3 \text{ 燭}$$

入射光の光度は入射光の方向不明なれば求められず。

**5. 反射笠** 光の反射の理を應用して光源より發射する光束の内比較的不用な上及び横方向の光束を反射させて必要な下方向に向はせる目的に使用するものを反射笠 (shade) と言ふ。尤も往々其の目的を離れ室内裝飾品とする目的のものもある。

適當な反射笠を使用すると其の照明すべき場所の光束分布を之を使用しない場合に比べて照明の目的に一層良く適合させる事が出来る。

笠を使用の目的から三種に分けられる。

廣照反射笠 (extensive shade)

強照反射笠 (intensive shade)

集照反射笠 (focussing shade)

廣照型は光束を広げる目的に、集照型は一點に集める目的に、強照型は

其の間である。第 5—6 圖は此の 3 種の反射笠を直線織條電球に使用した場合の垂直配光曲線の變化を示したもので、笠を使用しない場合のも附記して置いた。

別に指向反射笠、擴散反射笠、鏡面反射笠などと言ふ名前もある。

一般に集照型は深い笠で、擴照型は浅く、強照型は其の間である。

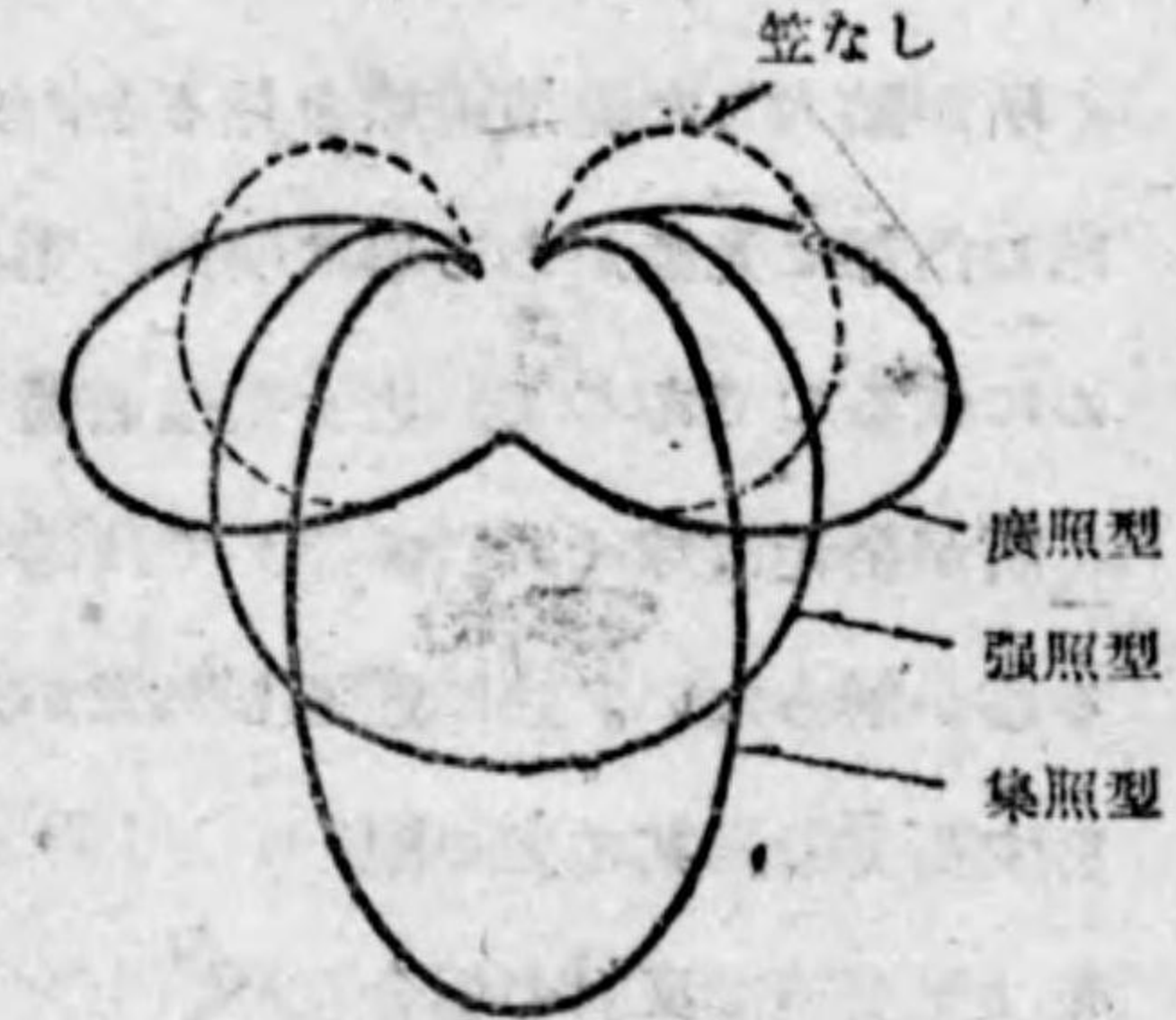
同一笠でも光源を深く入れれば集照型に近づき、浅く出すと擴照型に近づいて来る。

反射笠には織物及び紙が稀に使用されるが裝飾が主である。多くは金属か硝子で作られる。

金属製のものには反射面を磨いたもの、ペンキ又はエナメル塗仕上、磁性エナメル塗仕上、アルミニウム・ブロンズラッカー仕上、プリズム仕上等がある。何れも能率は良好であるが、天井が眞暗となつて不愉快であるので、能率を重んずる工場に限つて使はれる。硝子製にも乳色硝子、艶消硝子、プリズム仕上等色々あり、又硝子材料に依つても色々な名がある、ペルリア硝子、嫦娥硝子等其の一例である。

**6. 透過** 光が何かを透過した場合にも反射と同様の事を生ずる。極めて薄い上等の硝子ならば、光は硝子を透過後も元の方向に直進する。従つて吾々は光源を其の儘に見る事が出来る。之を整透過 (regular

第 5—6 圖

反射笠の使用に依る  
垂直配光曲線の變化

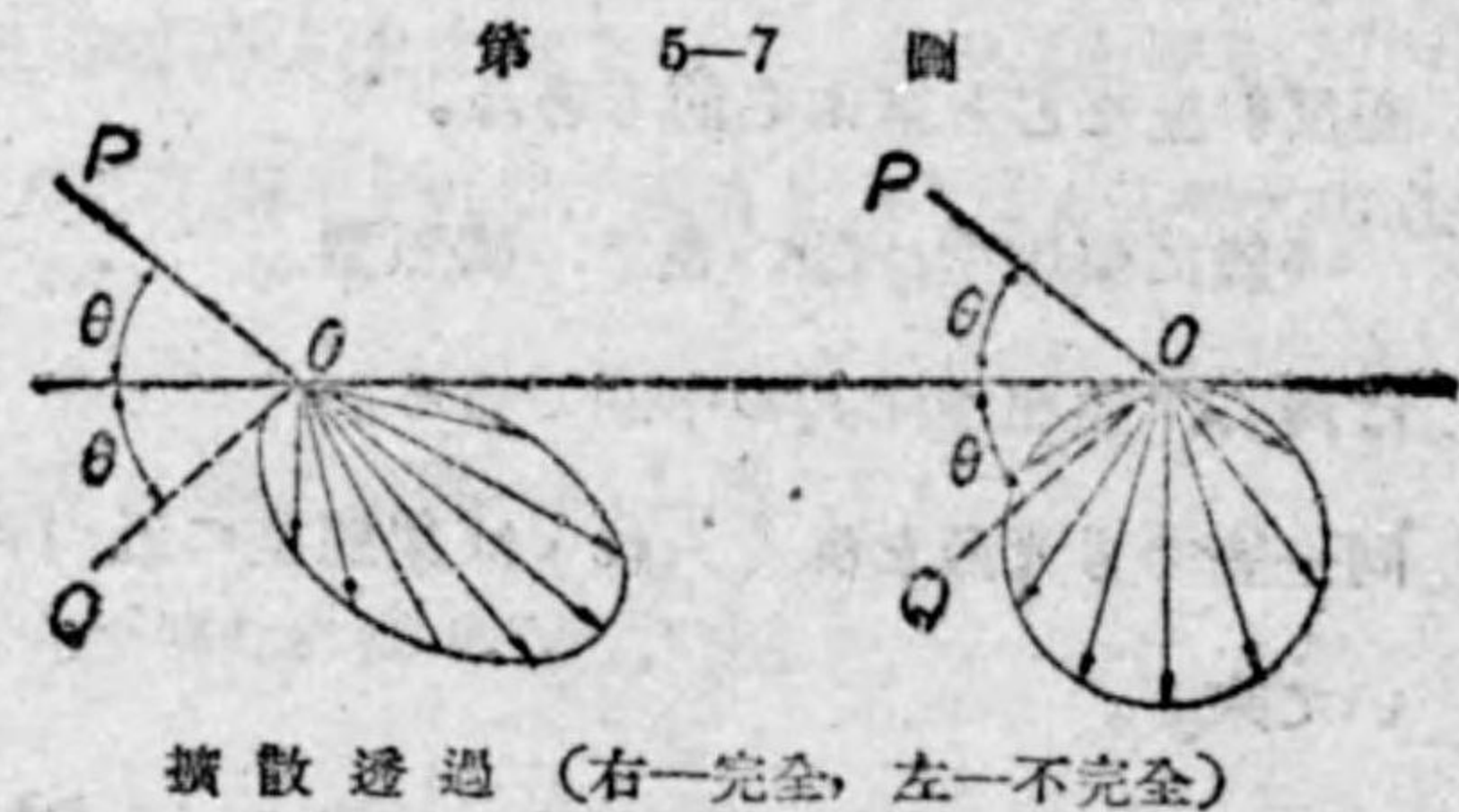


transmission) と稱する。透明電球や硝子の透過は此の例である。

所が點火した電球を見ると、光源の形はハッキリ見えないが、硝子球の内部に光源がある事は明かに認められる。之は透過後に光が擴散したのに依るのであつて、之を擴散透過と稱する。

所が全光電球 (37頁参照) では硝子球其のものが光り、内部に光源がある事が解らない。之は透過した光が入射の方向の如何に關せず一様の透過をする爲で、其の光の配

布は完全擴散反射の場合と同一である。之を完全擴散透過と名付ける。即ち第5-7圖で  $PO$  から來た光が透過後の光の分布は恰も光が  $QO$  から入射した時の反射の有様と全く同一である。



グローブ又は全包圍器具 (第 5-8 圖) の目的は

1. 輝度を減じて眩輝を感じない様にする
2. 配光を希望する様に制御する
3. 電球の保護及び裝飾

の何れかであつて、夫々の目的に添ふ様に設計せられる外、透過率が大である事が必要である。



### 7. 照 度

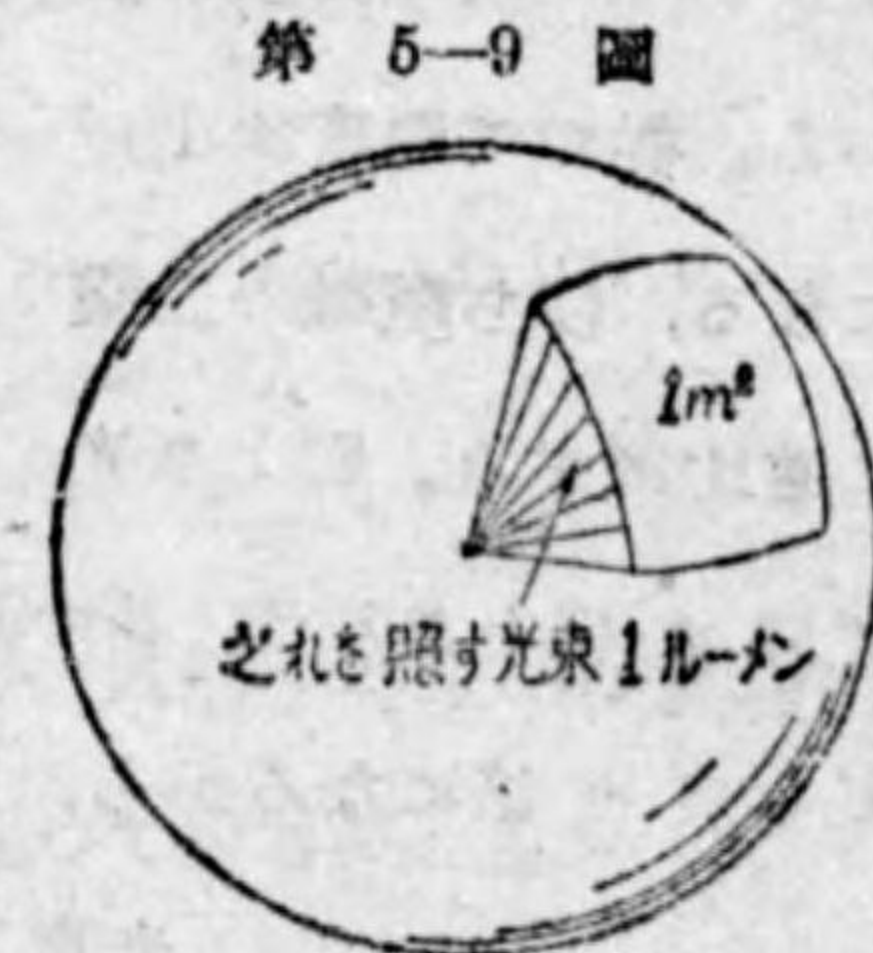
或る面が光で照ら

全包圍器具

された度合を表はすに照度 (intensity of illumination) を以てする。俗に明るいとか暗いとか言ふのは、それから輻射して眼に入る光束の多少に依るのであるが、それが光源でない場合は他の光源から照らされ、之から反射又は透過して來た光束に依るのである。其の照らされた度合が照度であるから、明るさは照度と反射率又は透過率とに關係する譯であるが、反射率なり透過率なりが同一の場合は照度が大なれば明るいと言へる。

照度は一定面積に照射する光束に比例し、其の方向には無關係である。1 平方米に 1 ルーメンが照射した割合の照度を 1 ルクス (lux) と稱する。

今直徑 1m の球の中心に總べての方向の光度が 1 燭である均等點光源を置いた場合を想像すると、其の内面の照度は 1 燭の光源から 1m の距離で照らされて居る。又 1 燭の點光源からは  $4\pi$  ルーメンの光束を均等に射出し、この球の内面の面積は  $4\pi \text{ m}^2$  であるから、この内面の  $1 \text{ m}^2$  は 1 ルーメンの光束で照射された割合になる。従つて 1 燭の點光源から 1 米離れた點で光源の方向と直角な面上の照度を 1 米燭と呼んだが、之は丁度 1 ルクスに等しい。従つて米燭と言ふ單位は近頃は使はれない。



又 1 燭の點光源から 1 呎又は 1 尺離れた點で光源の方向と直角な面上の照度を呎燭又は尺燭と呼んだ。前者は英米で今尙使はれて居るが後者は我が國でも最早使はれない。此の二者の大きさは略同一で  $1 \text{ m}^2 = 1/0.0918$  平方尺  $= 1/0.0929$  平方呎であるから、大約呎燭又は尺燭を單位として表はした數を 10 倍すればルクス單位の數値が得られる。



例題 1. 吾人の讀書には衛生上から 10 尺燭の照度を必要と言ふ。ルクス單位にては何程か。

解  $10 \times 10 = 100$  ルクス (大約)

之は正しく計算すると 108 ルクスとなるが、肉眼で 1 割程度の照度の相違の識別は困難である上に其の必要もないので、照度は大略の數値が與へられれば宜しく、従つて 10 倍として少しも差支へない。

8. 逆二乗の法則 光は直進するものであるから、點光源から

$n$  倍離れた所では同一光束が  $n^2$  倍の面積に広がる。従つて照度は  $1/n^2$  になる、即ち距離の二乗に逆比例する。固より光

度が  $m$  倍となれば、其の輻射する光束も  $m$  倍で、同一面積に照射する光束も亦  $m$  倍になるから、照度は光度に比例をする。即ち

$$\text{照度} = \frac{\text{光束 (ルーメン)}}{\text{面積 (平方米)}} \text{ルクス} \dots\dots\dots(5-2)$$

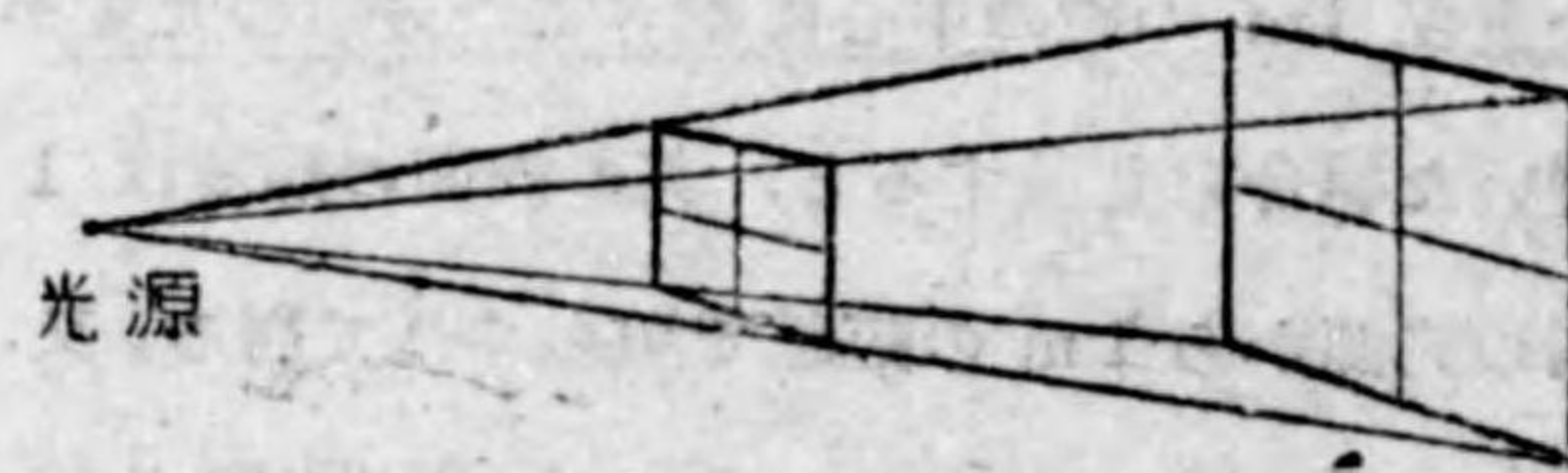
又は  $\text{照度} = \frac{\text{光度 (燭)}}{[\text{距離 (米)}]^2} \text{ルクス} \dots\dots\dots(5-3)$

例題 1. 或る面の 5 平方尺に 0.2 ルーメンの光束が照射せりと言ふ。其の照度如何。

解  $\text{照度} = \frac{0.2}{5 \div 100^2} = 400$  ルクス

例題 2. 或る面の照度が 150 ルクスなりと言ふ。20 平方米に照射した光束如何。

第 5-10 圖



逆二乗の法則

解 光束 = 照度(ルクス) × 面積(平方米)

$$= 150 \times 20 = 3000 \text{ ルーメン}$$

例題 3. 4 m 平方の室の床面の平均照度は 50 ルクスなりと言ふ。今室の中央に天井より垂された電球の輻射した光束の 60% が床面に照射したと假定すれば、其の電球のワット數如何。

解 4 m 平方の室の床面積は 16 m<sup>2</sup> であるから、

$$\text{光源光束} = 50 \times 16 \div 0.60 = 1330 \text{ ルーメン}$$

依つて本電球は 100 ワットガス入電球である (註を見よ)。

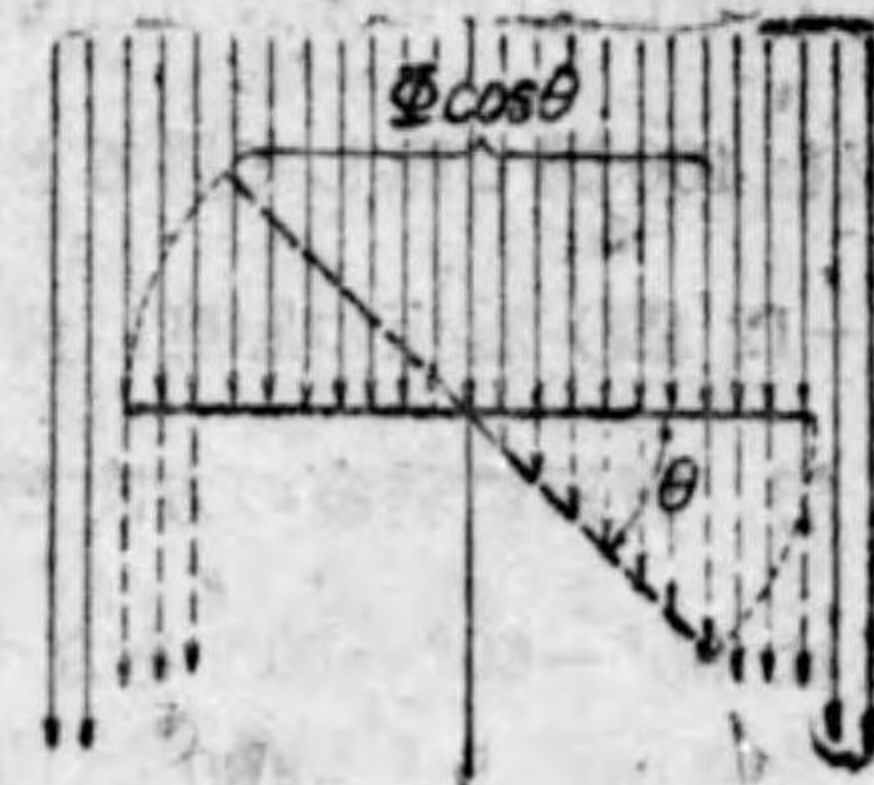
註 800 ÷ 0.6 = 1333 であるが、50 ルクスも 0.60 も餘り精確な數ではないのであるから、それを使つた計算の答は 3 桁に止めて四捨五入すべきである。尙 100 ワットガス入電球の標準光束は 1300 ルーメンであるが ± 13% の公差が認められて居るから、1131 乃至 1469 ルーメンならば 100 ワット電球と認めて宜しいのである。

9. 斜照面 或る平面の照度は其の平面に入射する光束の量にのみ

關係し、其の方向に無關係である事は一寸間違つて居る様にも思はれるが、完全擴散面では其の反射光又は透過光が光源の方向に無關係な事柄から見ても誤つて居ない事が解る。

第 5-11 圖

今太陽からの様な均等平行光線が面積  $S \text{ m}^2$  なる平面を直角に照す場合を考へるに、この平面に照射した光束を  $\Phi$  ルーメンとすれば、此の場合の照度は  $E = \Phi/S$  ルクスである。



次に此の平面を  $\theta$  角だけ傾けたとすれば、この平面上に照射する光束は  $\Phi \cos \theta$  に減る。

光源の方向と照度



従つて此の場合の照度は

$$E' = \frac{\Phi \cos \theta}{S} = \frac{\Phi}{S} \cos \theta = E \cos \theta$$

即ち傾いた角の餘弦倍に照度は減る。斯の様な光源であれば面が斜に照らされた場合には、同一面積に入射する光束が減り、それに應じて照度も減るのである。

或る平面が一つの電燈から直射される場合でも、照らされる面積が光源からの距離に比べて小であれば、平行光線と同様に考へて良いので、 $I$  燭の光源から  $l$  m の點で、 $I$  燭の方向と直角をする位置から  $\theta$  だけ傾いた平面（その平面でその點に立てた法線と  $I$  燭の方向との爲す角が  $\theta$ ）上の照度は

$$E' = \frac{I}{l^2} \cos \theta \dots \dots \dots (5-4)$$

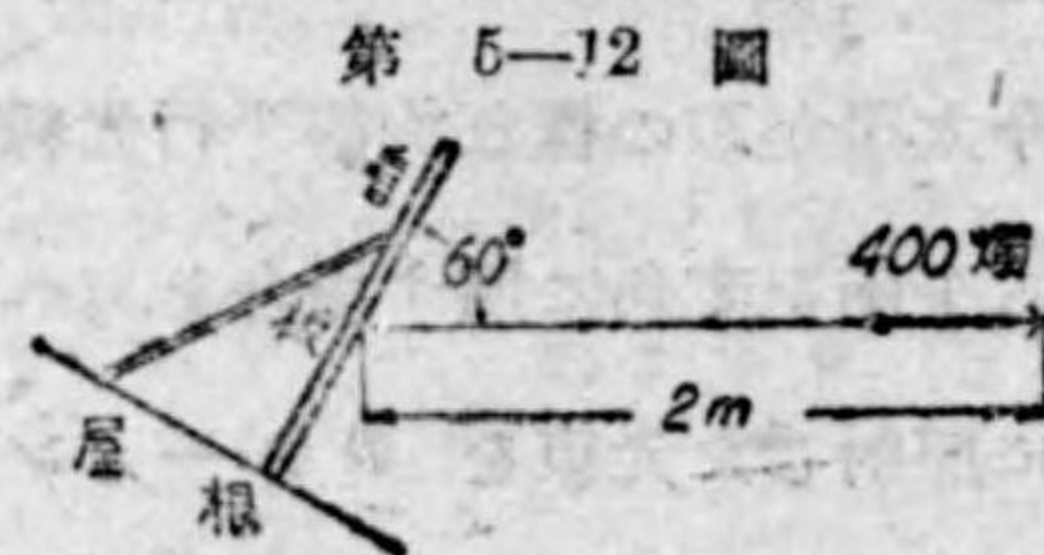
例題 1. 50 燭の光源から 2 m の距離で、その方向に直角の面とは  $30^\circ$  をなす平面上の照度如何。

解  $E' = \frac{50}{2^2} \cos 30^\circ = \frac{50}{4} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 10.8$  ルクス

例題 2. 屋根の上に傾けて設けた看板あり。其の前方看板と  $60^\circ$  をなす方向で 2 m の所に光源があつて、看板を 400 燭で照して居るとすれば（第 5-12 圖）看板の照度は何程か。

解 看板に垂直の方向と光源の方向とは  $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$  をなすから

$$E = \frac{400}{2^2} \times \cos 30^\circ = 100 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 86.6$$
 ルクス



第 5-12 圖

看板の照度

### 10. 水平照度と鉛直面照度

或る一つの水平に置かれ

た平面上の一點  $P$  に於て光源  $O$  の生ずる照度を考へんに、 $O$  が平面上の高さ  $h$ 、 $O$  から該平面へ下した垂線の足  $N$  から  $P$  までの距離  $d$ 、 $OP$  の長さ  $l$  とすれば光源の  $OP$  の方向の光度が  $I_0$  ならば、 $P$  點の照度は

$$E' = \frac{I_0}{l^2} \cos \theta$$

但し  $\theta$  は  $P$  點を通つて  $OP$  に直角な平面

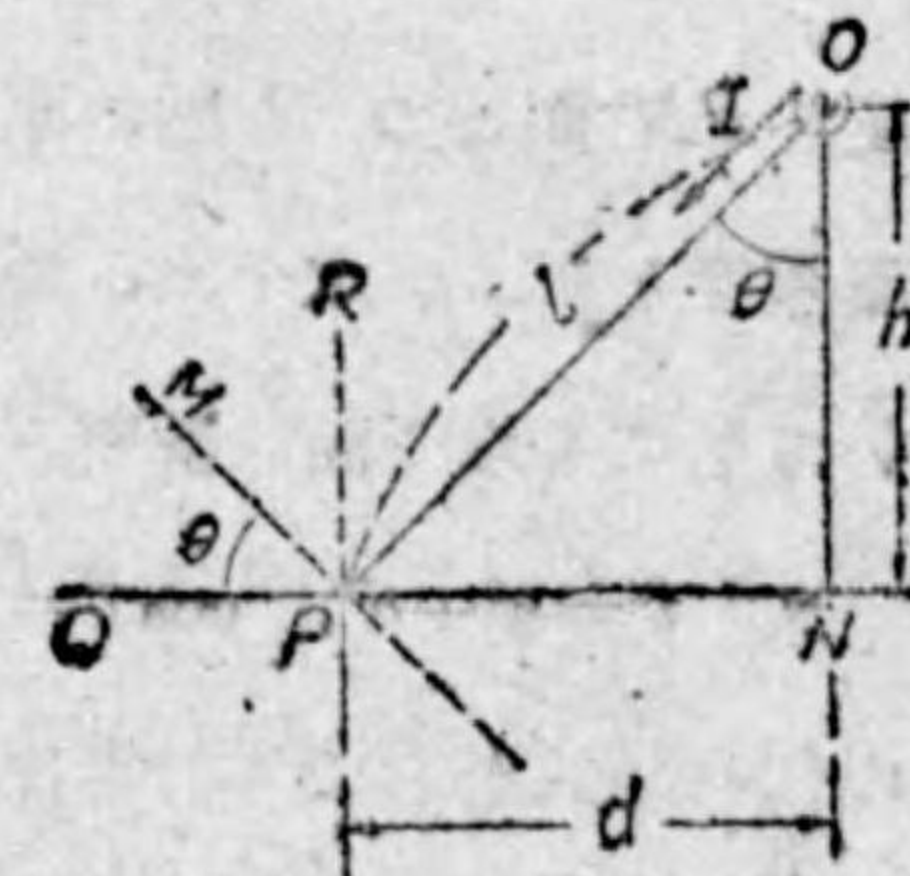
（其の切口  $PM$ ）と  $PN$  平面との爲す角で、又  $OP$  が  $ON$  又は  $PN$  面への垂線  $PR$  と爲す角と等しい。

所で  $P$  點に<sup>ツイツツ</sup> 衝立を立てた時、其の衝立上の  $P$  點の照度を考へんに、この衝立は色々置き方があつて、 $OP$  の方向に置けば（第 5-14 圖、點線の位置）、光に少しも照らされないから其の照度は零で、それから廻せば廻す程其の照度は大となり、衝立が丁度光源に向合つた所（同圖實線の位置）で最大になる。

この最大の照度は第 5-13 圖で  $P$  點を通り  $OP$  に垂直な平面  $MP$  を  $\theta$

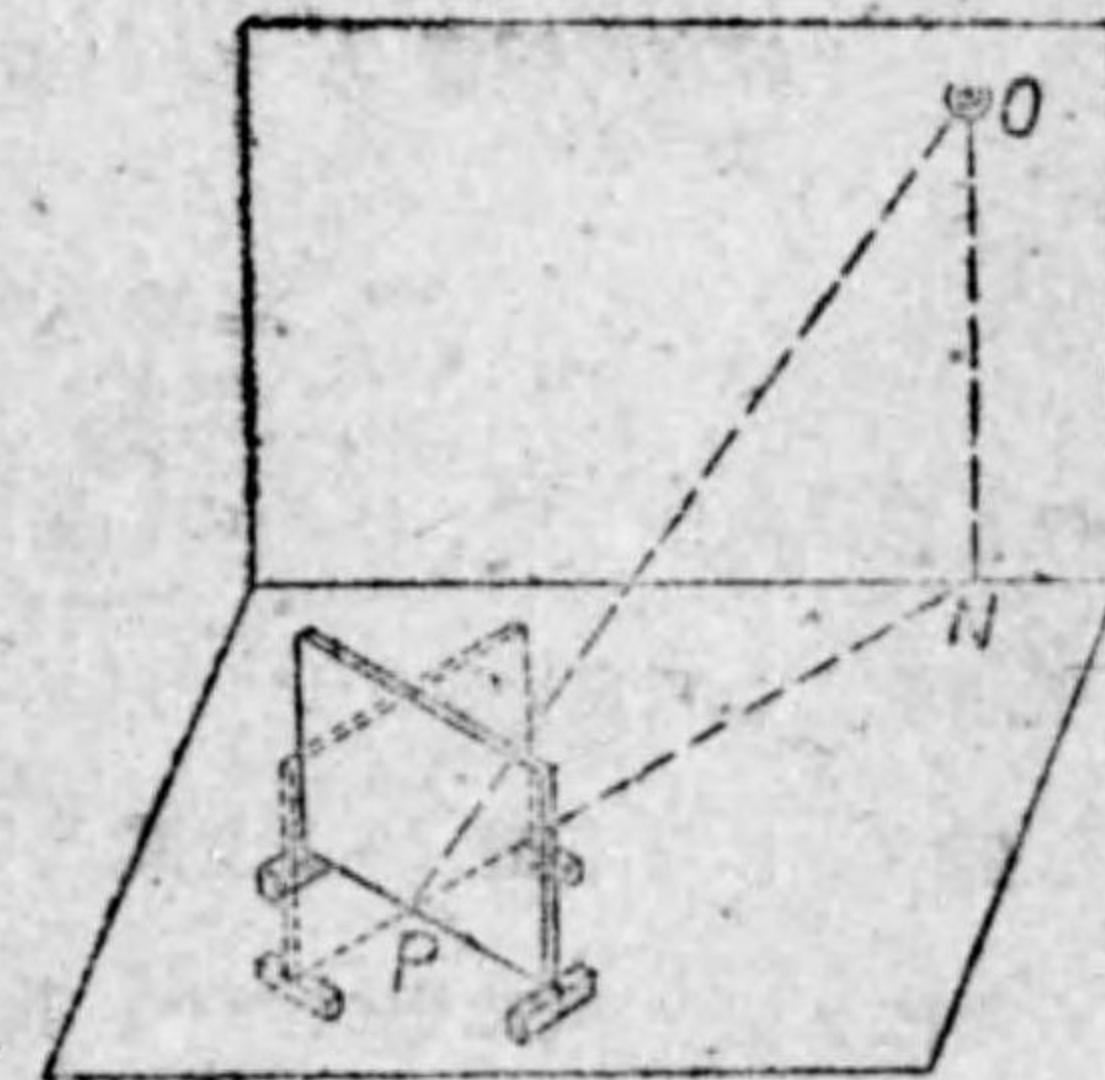
だけ廻して水平面とする代りに  $\frac{\pi}{2} - \theta$  だけ廻して  $PR$  なる垂直面としたと考へれば求められる。即ち

第 5-13 圖



水平面照度

第 5-14 圖



垂直面照度



$$E'' = \frac{I}{l^2} \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \frac{I}{l^2} \sin \theta$$

是等の照度を區別する爲に第 5-13 圖で MP 面上 P 點の照度を全照度, PN 面上の P 點の照度をば水平照度, RP 面上 P 點の照度を垂直面照度と言ふ。水平面, 垂直面は嚴格な意味でなく, 坂道, 机上は多少傾いて居ても水平面, 壁面, 黑板などは垂直面とする。

又  $l^2 = h^2 + d^2$ ,  $\cos \theta = h/l$ ,  $\sin \theta = d/l$  (第 5-13 圖)であるから, 次の何れの式からでも計算出来る。

$$\text{全照度 } E_n = \frac{I}{l^2} = \frac{I}{h^2 + d^2} = \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \dots (5-5)$$

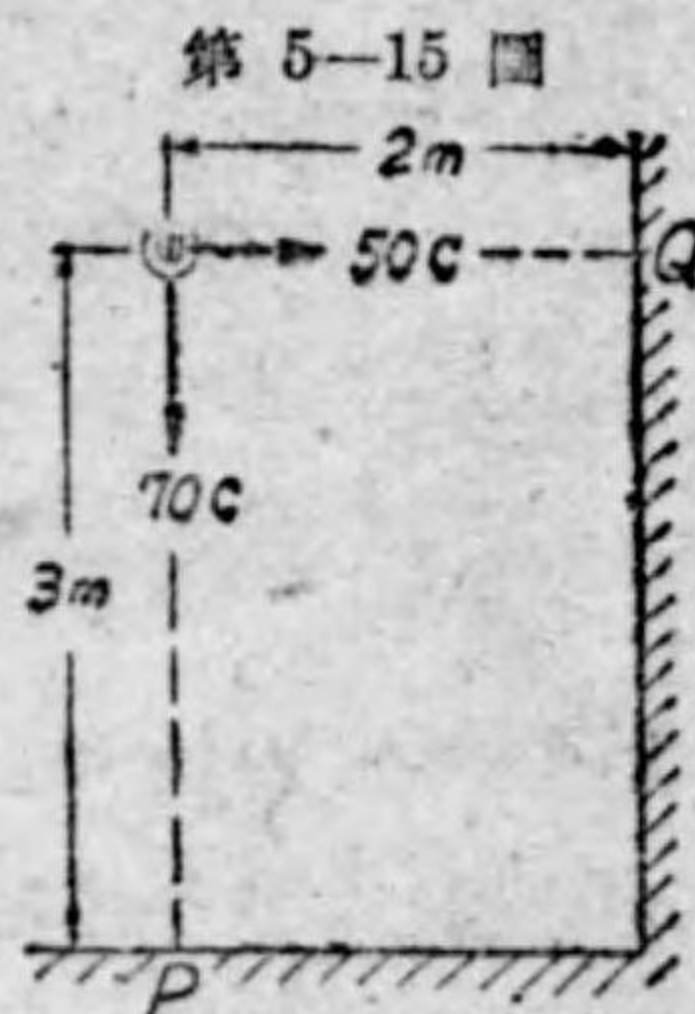
$$\begin{aligned} \text{水平照度 } E_h &= E_n \cos \theta = \frac{I}{l^2} \cos \theta = \frac{Ih}{\sqrt{(h^2 + d^2)^3}} \\ &= \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \cos \theta \dots (5-6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直面照度 } E_v &= E_n \sin \theta = \frac{I}{l^2} \sin \theta = \frac{Id}{\sqrt{(h^2 + d^2)^3}} \\ &= \frac{I}{h^2} \sin \theta \cos^2 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^3 \theta \dots (5-7) \end{aligned}$$

但し單に照度と言へばその面を水平面と考へた水平照度として良い。

例題 1. 床面 P より真上 3m, 壁面 Q より水平に 2m の所に電球あり。其の光度は P 方向に 70c, Q の方向に 50c なりと言ふ。P 及び Q 點の鉛直面並に水平照度如何。

解 P 點の鉛直面照度  $= \frac{70}{3^2} \times \sin 0^\circ = 0$  ルクス



例題 1 附圖

第 5-15 圖

P 點での水平照度  $= \frac{70}{3^2} \times \cos 0^\circ = 7.8$  ルクス

Q 點の鉛直面照度  $= \frac{50}{2^2} \times \cos 0^\circ = 12.5$  "

" 水平照度  $= \frac{50}{2^2} \times \sin 0^\circ = 0$  "

例題 2. 地上 6m の所に光源あり。其の光度は各方向に均等にして 100 燭なり。直下及び直下より 5m 隔きに 20m の點迄に於る水平照度如何。

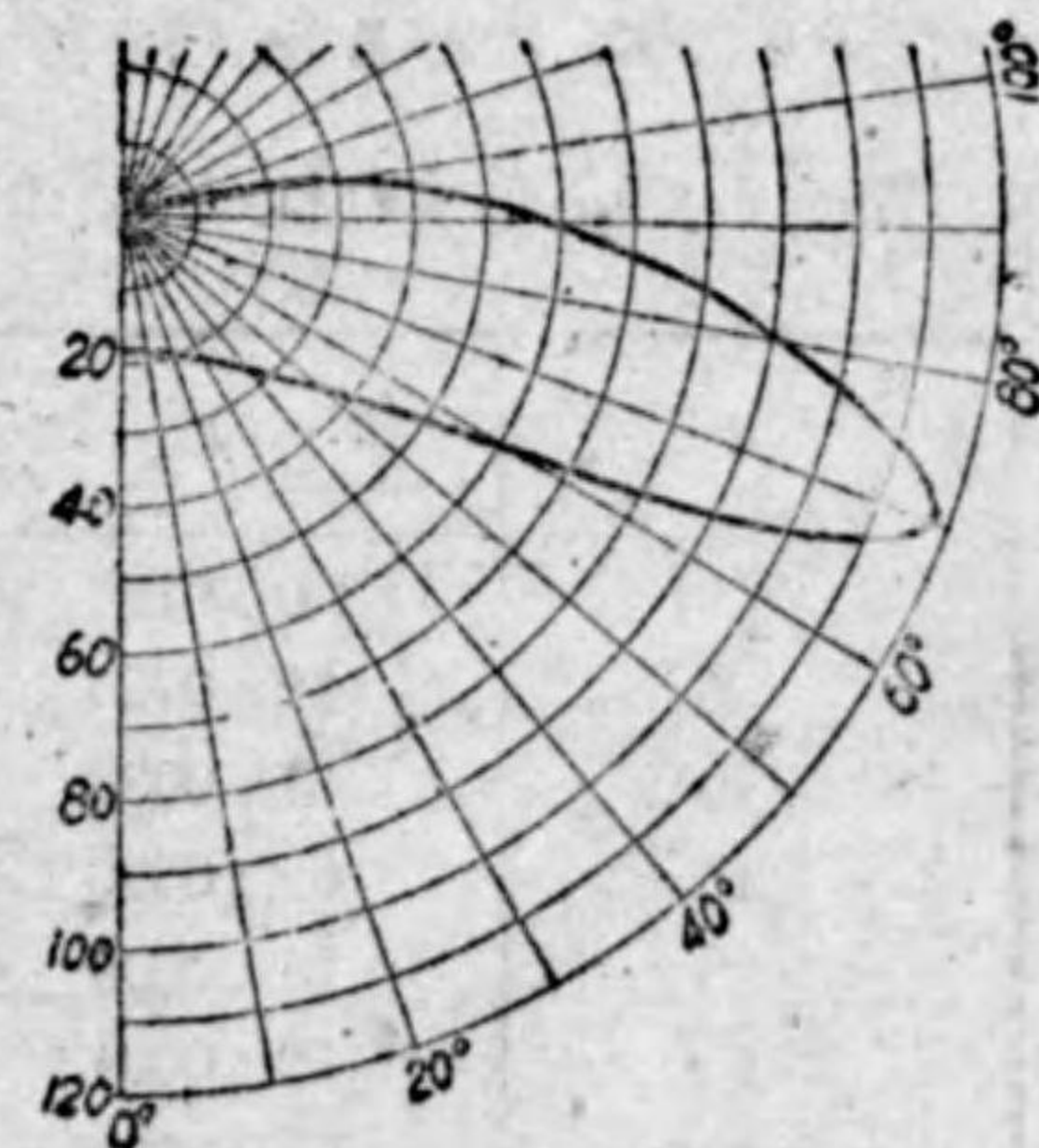
解 本例題には  $Ih(h^2 + d^2)^{-3/2}$  の式を使用するのが便利である。  $Ih = 100 \times 6 = 600$ , そして次の様に表の形で計算するが良い。

d	0	5	10	15	20
$h^2 + d^2$	36	61	136	261	436
$(h^2 + d^2)^{3/2}$	216	475	1582	4220	9100
$E_h$	2.76	1.26	0.38	0.14	0.07

例題 3. 地上 8m の所に附圖の如き配光曲線を有する光源あり。直下より 5m 隔きに 30m までの水平照度を算出せよ。

解 配光曲線が與へられた場合は照度が一般に方向に依つて違ふので,  $\theta$  の値を求める必要がある。其の様な場合には, 水平照度算出表を利用するが良い。之は  $h$  と  $d$  とを與へた場合の

第 5-16 圖



例題 3 の配光曲線



$\theta$  と  $\frac{1}{l^2} \cos \theta$  とを興へる。:(コロン) の前が  $\theta$  の角度で、その後が  $\cos \theta/l^2$  の小数部の数である。

第5-1表 水平照度算出表

$d \backslash h$	5	6	8	10
0	0 : 0400	0 : 0278	0 : 0158	0 : 0100
2	22 : 0321	18 : 0237	14 : 0143	11 : 0094
5	45 : 0141	40 : 0126	32 : 0095	27 : 0072
7	54 : 0079	49 : 0077	41 : 0067	35 : 0055
10	63 : 0036	59 : 0038	51 : 0038	45 : 0035
15	72 : 0012	68 : 0014	62 : 0016	52 : 0020
20	76 : 0006	73 : 0007	68 : 0008	61 : 0012
25	79 : 0003	77 : 0004	72 : 0004	63 : 0009
30	81 : 0001	79 : 0002	75 : 0003	72 : 0003

依つて之を使つて問題の計算を表示するのであるが、先づ直下から 5m の所を考へるに、本例は光源高さが 8m の場合であるから表の  $h=8$  の列(垂直)で  $d=5$  の行は 32:0095 なる数を表が興へる。之は  $\theta=32^\circ$  で  $\cos \theta/l^2=0.0095$  である事を示す。従つて配光曲線から  $I_{32^\circ}=24$  燭を求め、之を 0.0095 倍すれば 5m の地點の照度になる。

$d$	表より	$I_\theta$ (第5-16圖より)	$E_s$
0	0 : 0158	19	0.296
5	32 : 0095	24	0.228
10	51 : 0038	39	0.143
15	62 : 0016	79	0.126
20	68 : 0008	116	0.093
25	72 : 0004	118	0.047
30	75 : 0003	109	0.033

住宅地の街路などで、街路の照度は大體一つの光源の直下と隣の光源の直下とを結ぶ直線上の照度を知れば良い。その變化を曲線に示したものを照度曲線と言ふ。照度曲線は實測しても解るが、光源の配光曲線が興へられれば之を算出する事も出来る。

二つ以上の光源で同一箇所を照した場合の照度は各光源を別々に求めた照度を單に算術的に加へればよい。

例題 4. 例題 3 の光源が 30 米隔きに設けられた場合の照度曲線を描き、最高照度と最低照度との比を求めよ。

解 或る地點例へば 1 光源より 5m の地點は、他の光源より 25m の所にある。それ以外の光源は普通考へない。すると各地點の照度は兩側光源に依る照度を加へれば良いから次の様である。

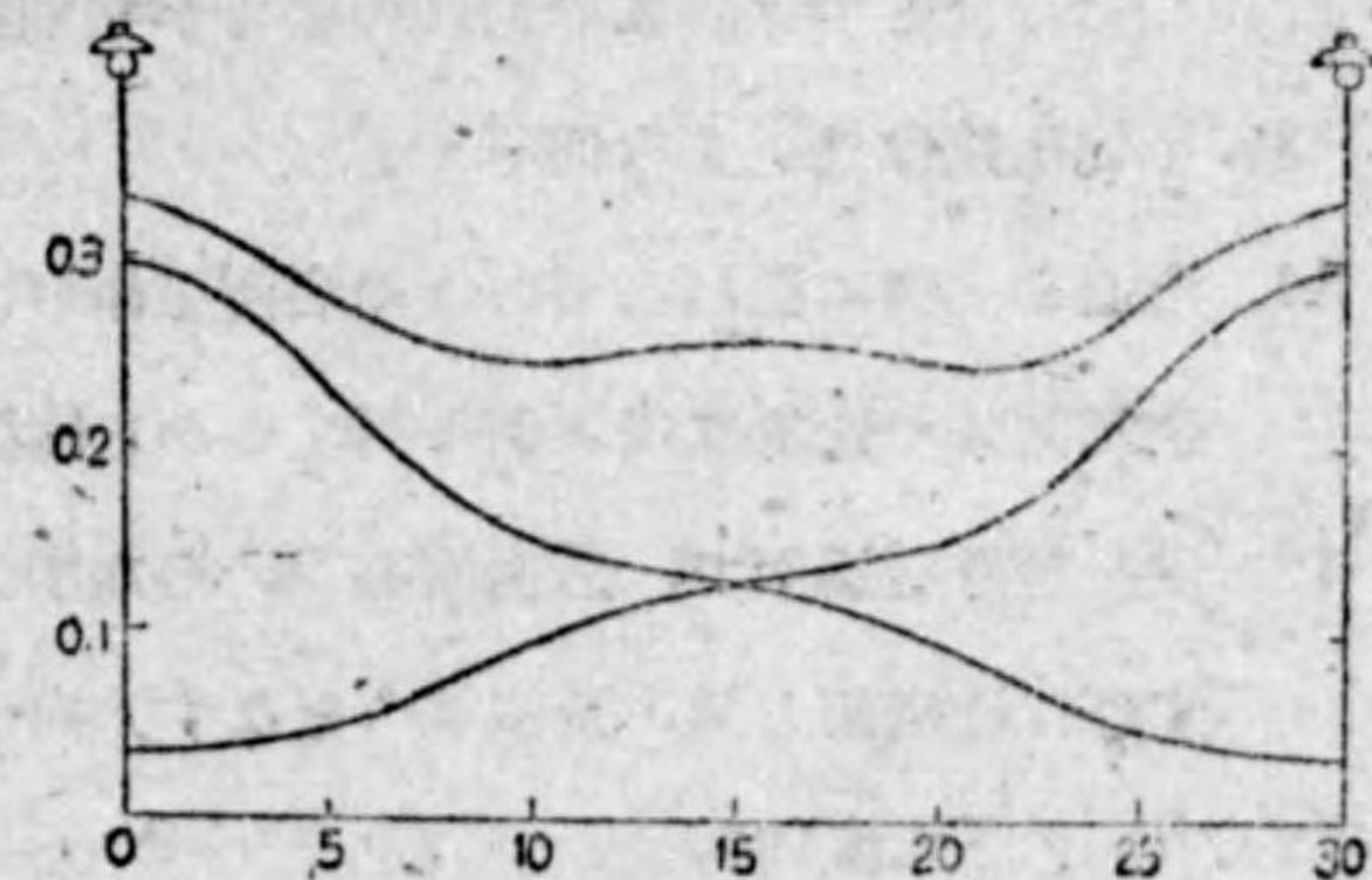
$d$	0 or 30	5 or 25	10 or 20	15
$E_s$	0.296	0.228	0.148	0.126
	0.033	0.047	0.093	0.126
	0.329	0.275	0.241	0.252

之を曲線に描けば、第 5-17 圖の如き照度曲線が得られる。最高は塔脚で、最低は中央附近である。此の場合は 10' 或は 20m の所が最低である。

$$\frac{\text{最高照度}}{\text{最低照度}} = \frac{0.329}{0.241}$$

$$= 1.37$$

第 5-17 圖



照度曲線の一例



## 問 題

1. 照明工学とは何ぞや。
2. 肉眼の主要部分の名稱を挙げよ。
3. 遠視用眼鏡に凸レンズを使用する目的如何。
4. 肉眼の虹彩の目的を説明し、其の缺點一を挙げよ。
5. 眩輝とは何ぞや。
6. 眩輝の種類を挙げよ。
7. 完全擴散反射を説明せよ。
8. 反射に關し艶のある紙と艶のない紙とを比較せよ。
9. 完全擴散反射をなす反射面あり。其の最大光度が300燭なりとせば、垂直方向と $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 及び $60^\circ$ をなす方向の光度如何。
10. 反射笠の目的と主なる材料を述べよ。
11. 反射笠を3種に分類せよ。
12. 同一の反射笠を10ワット電球に使つた場合と200ワット電球に使つた場合とでは、其の何れの場合が集照型に近づくか。
13. 不完全擴散透過とは何ぞや。
14. 透過を三種に種別して各々の名稱を挙げ、透明電球、艶消電球及び全光電球の透過は夫々何に屬するかを附記せよ。
15. 完全擴散透過面で、透過面と $50^\circ$ をなす方向の光度が80燭なりとすれば透過面と $70^\circ$ 及び $90^\circ$ をなす方向の光度如何。尙元の光源の方向及び光度如何。
16. グローブの目的を列挙せよ。

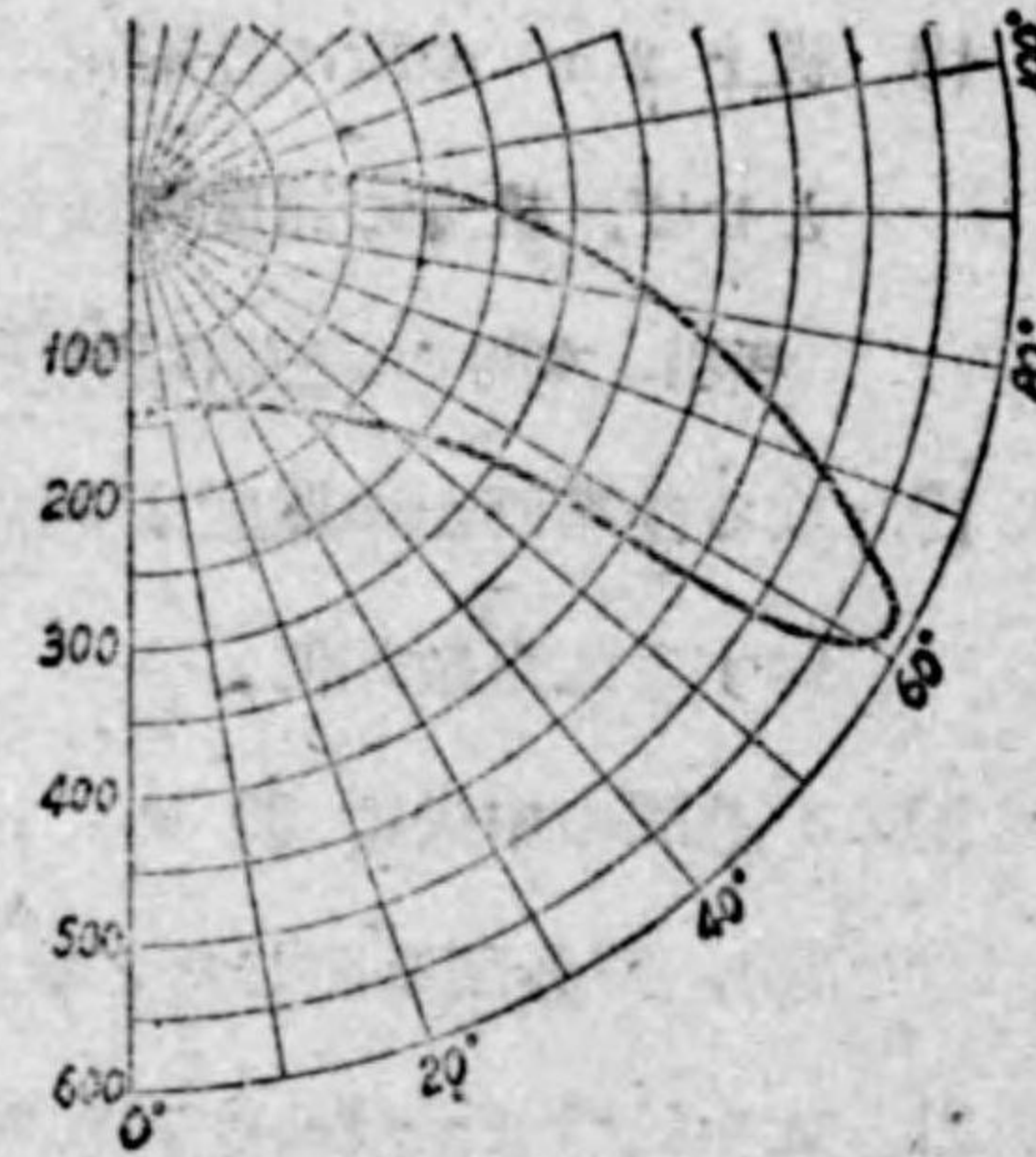
17. 4 m に 6 m の矩形の室あり。之に 1200 ルーメンの光束が一様に照射せば、其の照度如何。
18. 机上 2 m の所に笠附電球あり。其の直下の方向の光度 36 燭なりとせば、机上の照度何程なりや。  
手引 本問では笠附は別に關係がない。
19. 或る作業面上の照度 250 ルクスなりとすれば、その 20 平方糎に照射する光束數如何。
20. 3 疊間の中央に 60 ワットガス入電球を吊せるあり。今電球光束の 70% が疊面を照したと假定すれば、疊面の平均の照度如何。
21. 大小二つの電球あり。大電球より 1.5 m の距離に於ける照度と、小電球より 2.5 m に於ける照度とは相等しと言ふ。大電球の其の方向の光度が 180 燭なりとすれば、小電球の其の方向の光度如何。
22. 或る光源より垂直に照らされたる面の照度が 80 ルクスなりと言ふ。今その面を光源に對し $30^\circ$ だけ傾けたとすれば其の照度はどの位になるか。
23. 机上 3 m の所に各方向に同一光度の光源あり、机上の照度 60 ルクスなり。今其の光源を机面に平行に 4 m 横に移したりとすれば、机面の照度は何程となるべきか。
24. 机面の一 $P$ より水平に 4 m、垂直に 3 m の所に光源あり、 $P$ 點の方向の光度 150 燭なりとすれば、 $P$ 點の全照度、水平照度及び鉛直面照度各如何。
25. 街燈あり、光源の高さ 6 m なり。今燈脚より 8 m 隔りたる地點での水平照度が 2 ルクスなりとせば、光源の其の方向の光度如何、但



し他の街燈よりの光は考へざるものとす。

- 26. 第5-18圖の如き配光曲線を有する光源を地上6mに點ぜるあり。燈柱間距離20mの場合、直下より5m隔きの地點の照度を求め且つ照度曲線を描け。
- 27. 50燭笠付タングステン電球を机上2mの高さに點ぜるあり、直下に於ける机上の照度は15ルクスなりと言ふ。其の方向に於ける光源の光度如何(選試)。

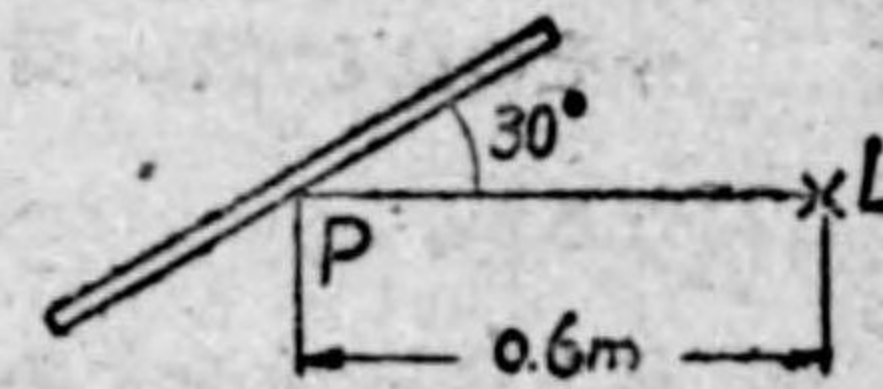
第 5-18 圖



問題 26 の配光曲線

- 28. 看板面上 P 點に於ける照度を 200ルクスならしむるには光源の光度幾何なりや。但し P 點は光源 L を含み看板に直角なる平面上にあり、且つ看板の傾きは直線 LP と 30° にして、LP の距離は 0.6m なりとす(選試)。

第 5-19 圖



問題 28 の附圖

- 29. 電燈高さ 9 m, 間隔 12 m なる屋外照明あり。電燈は各方向に 600 燭の光度を與ふるものとす。電燈直下の點に於ける水平照度を算出せよ(選試)。
- 30. 一邊の長さ 10 m なる水平面上の正方形 ABCD の各隅の直上 5 m の高さに各 1000 燭の光度を有する電燈 1 個宛を點する時、A, B, C, D 及び中央 E 點での水平照度幾ルクスとなるか、但し電燈の光

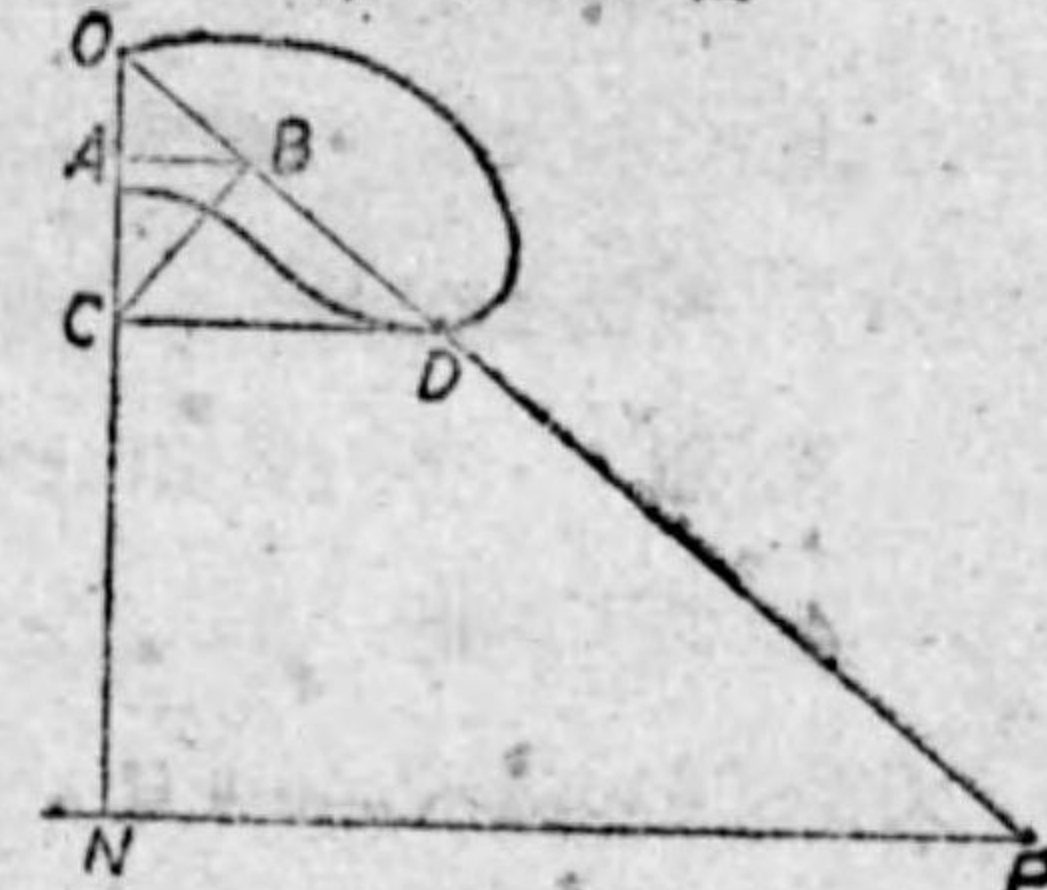
度は總べての方向へ平等なるものとす(選試)。

- 31. 配光曲線を與へて作圖に依り照度曲線を描く方法を説明せよ(選試)。

解  $E_h = I_0 \cos^3 \theta / h^2$  であるから、配光曲線より  $I_0 \cos^3 \theta$  を求め、之を  $h^2$  で除せば夫々の點の照度が求められる。

$I_0 \cos^3 \theta$  の算出には、先づ配光曲線を寫し、適當の尺度で地平線を引く。照度を求めんとする點 P を光源 O とを結ぶ直線 OP が配光曲線と交る點を D とせば、OD の長さが  $I_0$  である。O より地上線へ垂線 ON を引き、之に D より

第 5-20 圖



水平面照度の圖的計算

り垂線 DC を下せば  $OC = I_0 \cos \theta$  である。依つて C より OP に垂線 CB を引き、B 點より ON に垂線 BA を下せば、 $OA = I_0 \cos^3 \theta$  である。依つて OA を燭目盛で讀み、之を  $1/h^2$  倍すれば  $E_h$  が得られる。従つて適當の目盛で P 點から立てた垂線の長さを定めれば、その先端を連ねたものが照度曲線である。

上記の様に配光曲線を與へて照度を算出する方法を逐點法と呼ぶ人もある。之は壁面や天井からの反射を考へない場合に使はれる。

之を逆にやれば、希望の照度曲線を與へるに必要な光源の配光曲線を圖的に求める事も出来る。

- 答 9. 260 燭, 212 燭, 150 燭, 15. 104 燭, 98 燭, 17. 50 ルクス, 18. 9 ルクス, 19. 0.5 lm, 20. 37 ルクス, 21. 64.3 燭, 22. 69.2 燭, 23. 12.9 ルクス, 24. 6 ルクス, 3.6 ルクス, 4.8 ルクス, 25. 383 燭, 26. 4.36, 3.00, 4.32 ルクス, 27. 60 燭, 28. 144 燭, 29. 10.6 ルクス, 30. 48.7 ルクス, 30.8 ルクス。



## 第六章 照明設計

## 1. 明視要素 物が見えるのには次の四つが夫々関係する。

- 1 物の大小 (厳密には視角の大小)
- 2 周囲との対比
- 3 照 度 (厳密には輝度又は光束發散度)
- 4 時 間

大きなもの程ハッキリ見え、小さなもの程解らないのはすぐ解るが、同じ大きさでも距離が遠いと視角即ち瞳孔から其のものの兩端に引いた二直線の夾む角が小になつて良く見えず、同一視角内の近くて小さなものと同じに見える。

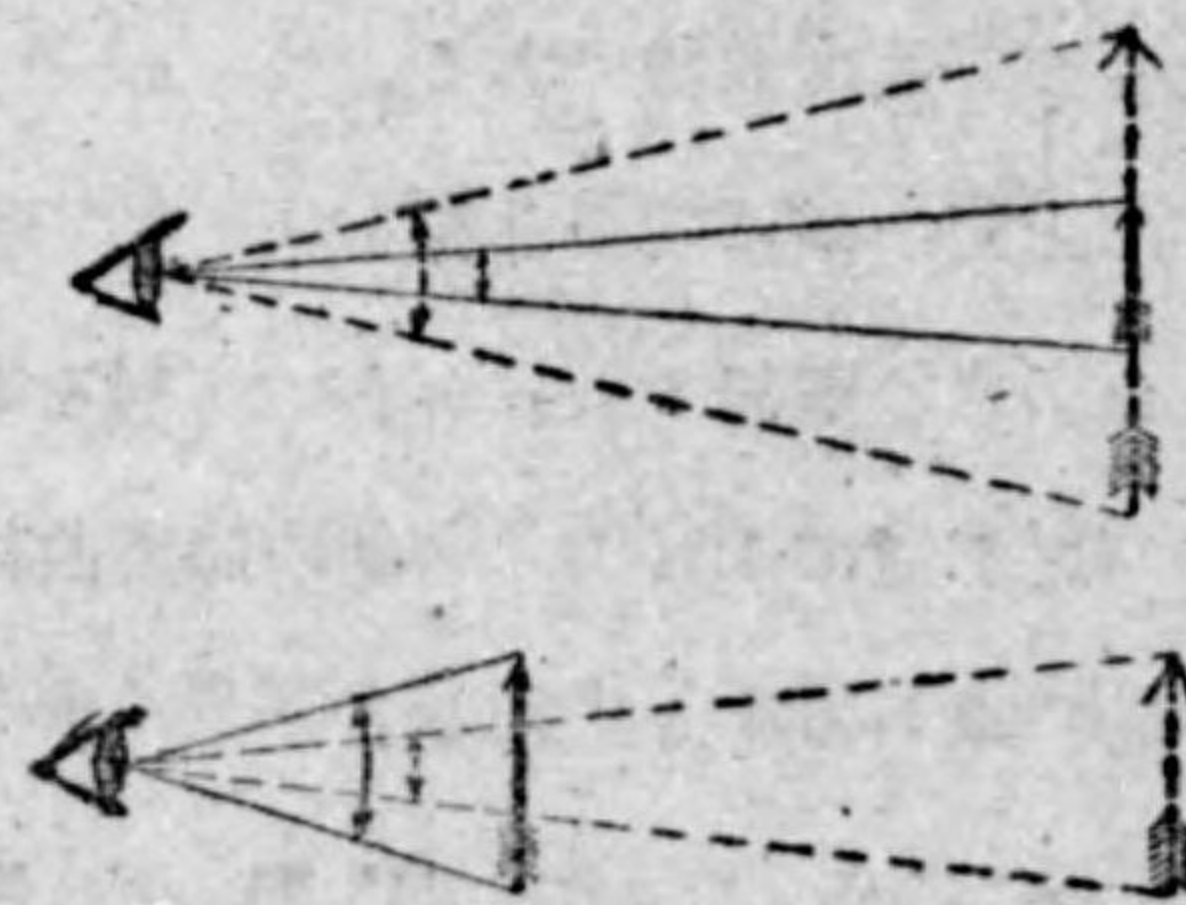
細かなものでも蟲眼鏡で擴大して見ればハッキリ見えるが、其の代りに眼を動かさずに見える範囲は小になる。

見るものと其の背景との色や其の濃淡が違ふ程即ち対比が大なる程見易い、即ち白紙に黒で印刷したものが対比が大で見易いが、白地に淡い色や黒地に黒に近い濃い色の場合は最も見難い(第 6-2 圖)。黒地の反

物を黒糸で裁縫する場合は最も見る事が困難の場合の一つである。

照度が小では見難く、大になれば見易い事は明かだが、之は他のものと

第 6-1 圖



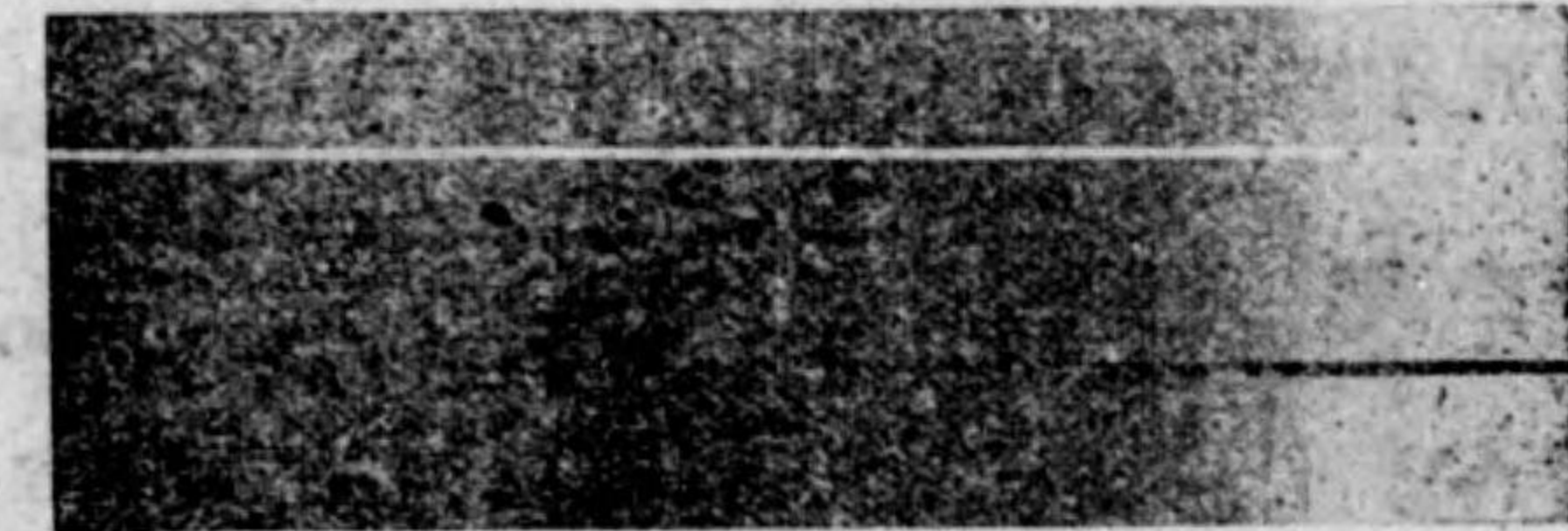
視角と大小

重大の関係がある。尙之に就ては次節で述べる。

最後に動かぬもの

第 6-2 圖

即ち長く見て居られるものなら見えるが、時間が短いと見えない。之は電車其の他動くもの内での讀



對 比

書が見難いのも解る。勿論之には程度があるので、一説によると、75/1000 秒以下では對比や照度が充分であつても見えず、0.3 秒あれば充分良く見えるから、これ以上時間を長くしても効果が無い、但し雷光(稲妻)は 1/10 000 秒位しか續かぬのに見えるのは特殊の光である爲であらう。

## 2. 光束發散度 前節で照度の大なる程良く見えると言つた

が、物が見えるのはその物から輻射した光束が瞳孔に入る爲である。従つて明るさは其の物が肉眼の方向に射出(輻射、反射又は透過のどれに依つても同じ)する光束の大きさに依るべきである。

或る物の表面から光束の射出する割合(若しその割合が一様でない場合はその表面積の微小面積  $ds$  から射出する微小光束  $d\Phi$  との割合、即ち  $d\Phi/ds$ ) をその點の光束發散度と名付ける。

光束發散度の單位には單位面積から輻射する光束を以てし、普通は 1 平方厘當りのルーメン數を單位としてランベルト(lumbert)と呼ぶ。

その物が二次光源即ち他の光源からの光束を反射又は透過したものである場合には、光束發散度は照度に夫々反射率又は透過率を乗じたものに等



しい。但し照度の單位にルクスを使へばランベルトとする爲10 000で除す事を要する。

$$\text{反射體 光束發散度(ランベルト)} = \frac{\text{照度(ルクス)} \times \text{反射率}}{10\,000} \dots\dots(6-1)$$

$$\text{透過體 光束發散度(ランベルト)} = \frac{\text{照度(ルクス)} \times \text{透過率}}{10\,000} \dots\dots(6-2)$$

例題 1. 天井に装置した20 cm×30 cmの乳色ガラス板が200ルーメンの光束を發散したと言ふ。其の光束發散度如何。

$$\text{解 光束發散度} = \frac{\text{光束(ルーメン)}}{\text{面積(平方寸)}} = \frac{200}{20 \times 30} = 0.33 \text{ ランベルト}$$

例題 2. 上例ガラスの透過率を70%とせば、上側の照度如何。

$$\text{解 } 0.33 = E \times 0.70 \div 10\,000$$

$$E = \frac{0.33 \times 10\,000}{0.70} = 4\,700 \text{ ルクス}$$

例題 3. 反射率20%の灰色の布で幅1.5 m長さ4 mのものに500ルーメンの光束を照射した場合の光束發散度如何。

$$\text{解 光束發散度} = \frac{500 \times 0.20}{1.5 \times 4} \div 10\,000 = 0.0017 \text{ ランベルト}$$

次に輝度と光束發散度との關係を求めんに、今  $I$  燭の均等點光源が半径  $R$  cmの球の中心にあり、その球の透過率を  $\tau$  とすれば、

$$\text{光束發散度} = \frac{4\pi I \times \tau}{4\pi R^2} = \frac{\tau I}{R^2} \text{ ランベルト}$$

又輝度は見掛けの面積で言ふのであるから

$$\text{輝 度} = \frac{\tau I}{\pi R^2} \text{ 燭/cm}^2$$

従つて 燭/cm<sup>2</sup> を單位とした輝度を表はす數を  $\pi$  倍すればランベルト

を單位とした光束發散度を表はす數になる。

例題 4. 某均等球光源の輝度が0.3 燭/cm<sup>2</sup>であるとすれば、其の光束發散度如何。

$$\text{解 光束發散度} = 0.3 \times \pi = 0.94 \text{ ランベルト}$$

例題 5. 直径20 cmのグローブの光束發散度は2ランベルトなりと言ふ。其のグローブの中心に置かれたる光源の均等光度如何。但し外球の透過率は0.9とする。

解の1 發散總光束 = 光束發散度 × 總表面積

$$= 2 \times 4\pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 = 800\pi \text{ ルーメン}$$

$$\text{光源發散光束} = 800\pi \div 0.9 \text{ ルーメン}$$

$$\text{光源平均光度} = \text{球面光度} = \frac{800\pi}{0.9} \div (4\pi) = 222 \text{ 燭}$$

解の2 輝度 = 光束發散度(ランベルト) +  $\pi = \frac{2}{\pi}$  燭/cm<sup>2</sup>

$$\text{外球光度} = \frac{2}{\pi} \times \pi \left(\frac{20}{2}\right)^2 = 200 \text{ 燭}$$

$$\text{光源光度} = 200 \div 0.9 = 222 \text{ 燭}$$

上記の關係は均等光源に限らず一般に完全擴散光源(完全擴散反射面及び完全擴散透過面を含む)ならば言へる事である。不完全擴散光源でも、燭/cm<sup>2</sup>とランベルトの間には數は  $\pi$  とは違ふが配光に應じて一定の關係がある。

3. 推奨照度 吾人に物が見えるのは視角内にある物から肉眼の方向に射出する光束に依るのであるから、光束發散度が一番直接の關係



を有するのであるが、光束發散度と照度との間には上記の關係があるから、同一物が良く見える見えぬの比較なら照度で比較しても差支へない譯である。そして照度ならば簡単に測定出来るので、今後は明るさを表はすのに照らされ方即ち照度を以てする。

照度の大きさの概念を興へる爲に天然照明の一二の例を示さう。第6-3圖

第 6-3 圖



天然に得られる照度

は夏日の正午附近に得られる天然の照度で、直射日光の下の照度は 100 000 ルクス以上もあるが木陰となれば 10 000 ルクスとなり、北向の窓側では 2 000 ルクスあるが、少し窓内に入ると 200 ルクスに減り、椅子やテーブルの陰だと 20 ルクスにも下る。晴天無月の夜で 0.0003 ルクスであるが、之では殆んど見えない。満月の直射した場所の照度は 0.2 ルクス位であるが、健全の眼ならこの位の照度でも相當遠方まで見える。之を日光直射に比べると 50 萬倍の相違がある。其の何れでも見えるのであるから、肉眼の適應作用は大したものである。

此の様に大なる適應作用があるから、夜間の室内照度は必ずしも晝間と同一にする必要はない。然し單に見える事を以て満足してはいけないので、長時間其の仕事に従事して肉眼に大なる疲勞を感じない程度の照度が興へられなければならない。

其の照度が何程であるかは個々の場合で違ふのであらうが、照明學會其の他が推奨する照度を多少覚え易くした二三の例を示すとしよう。之の値は書齋ならば机上の平均、食堂ならばテーブル上の平均、浴室ならば洗場の平均の意味である。

## 1 住 宅

- 10~20 ルクス 玄関, 土間, 寢室, 廊下, 便所
- 20~40 " 應接室, 客間, 居間, 浴室, 物置
- 40~60 " 臺所, 食堂
- 60~100 " 書齋, 小供勉強室

## 2 事 務 所

- 30~50 ルクス 應接室, 書庫
- 50~100 " 普通事務室
- 100~150 " 精密事務室 (郵便, 銀行, 停車場出札口等)

## 3 學 校

- 20 ルクス 廊下, 階段, 出入口
- 60 " 屋内體操場
- 80 " 圖書室
- 100 " 普通教室
- 150 " 製圖室



## 4 工 場

- 25~50 ルクス 鋳物工場, 粗い機械作業, 大物鋸引木工場, 粘土セメント工場, 紡績工場捲綿操絲染色梳毛洗淨作業, 大物倉庫
- 50~100 ルクス 中形機械作業, 木工場手削張付桶製作, 紡績工場拵機細組操絲, 小物荷造及び倉庫
- 100~200 ルクス 精密機械作業, 木工場精密仕上, 製圖室

## 4. 直接照明, 間接照明 一般事務室の照明法に就て先づ

述べる。物を見る上には對比は必要であるが, 視界に大なる照度があると肉眼は自然とそれに調應する結果比較的照度の低い物体が識別し難くなるか或は肉眼が強弱照度に代る代る調應せんとして疲勞を大ならしめる。依つて同一室内の照度には餘り大なる差のない事が望ましい。即ち成るべく均等である事が望ましい。其の程度を表はすのに均齊度と言ふものを以てする。

均齊度の定義はまだ一定されて居らないが屋内照明では

$$\frac{\text{最大照度} - \text{平均照度}}{\text{平均照度}} \quad \text{と} \quad \frac{\text{平均照度} - \text{最小照度}}{\text{平均照度}} \quad \dots\dots(6-3)$$

なる二つの比の内の数の多い方を以てする。之は零に近い程均齊度は良いのである。平均は必ずしも最大と最小との和の半分ではないから, この數値は一般に等しくない。近所と飛び離れた高照度又は低照度があると均齊度は大となつて悪い事が解る。

燈具の配光の見地から照明方式を分類すると次の4種となる。

- イ 直接照明
- ロ 半直接照明

## ハ 半間接照明

## ニ 間接照明

直接照明は光源から直接被照面を照す事を目的としたもので, 被照面は椅子で事務をとるものには床上 85 cm, 座つて仕事をするものでは畳上 40 cm を標準にする。

間接照明は之に反して, 光源の光は直接被照面を照らさず, 一度天井や壁面で擴散反射して散光となつて被照面を照す事を目的とする。半直接照明や半間接照明は其の中間に位する。

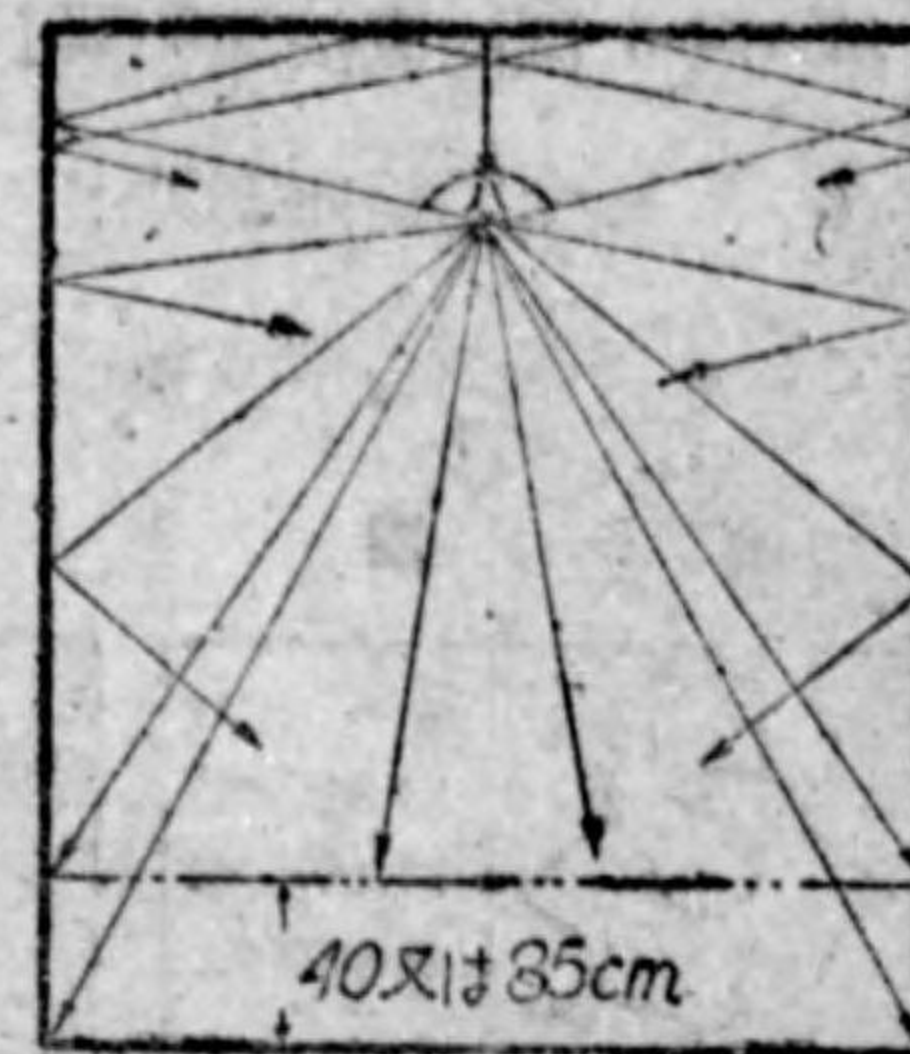
直接照明と言つても光の幾分かは天井に向ふ。今工場等で經濟を重んじ金屬笠を使ふと, 天井が眞暗になる。其の爲に第一氣持も悪いし, 第二には天井に眼を向けた事があつた場合に仕事に眼を復歸した時に眩暈を感じ且つ調應のため眼の疲勞を大とする。依つて直接照明器具でも幾分の光は上方に向ふし, 又間接照明器具でも構造上幾分の光は下方に向ふ。そこで上記四者を數量的に定義する事が望ましい。其の一案をこゝに掲げる。

- |           |                     |
|-----------|---------------------|
| イ 直接照明器具  | 全光束の 85% 以上が下方に向ふもの |
| ロ 半直接照明器具 | " 45% "             |
| ハ 半間接照明器具 | " 10% "             |
| ニ 間接照明器具  | 全光束の内下方に向ふもの 10% 以下 |

従つて夫々の器具を使つた照明が夫々の照明法である。

又此の下方に向ふ光束の多いものから數へて 0 から 10 迄の器具番號がある。0, 1, 2 までは直接, 3, 4, 5 が半直接, 6, 7, 8 が半間接, 9, 10 が

第 6-4 圖



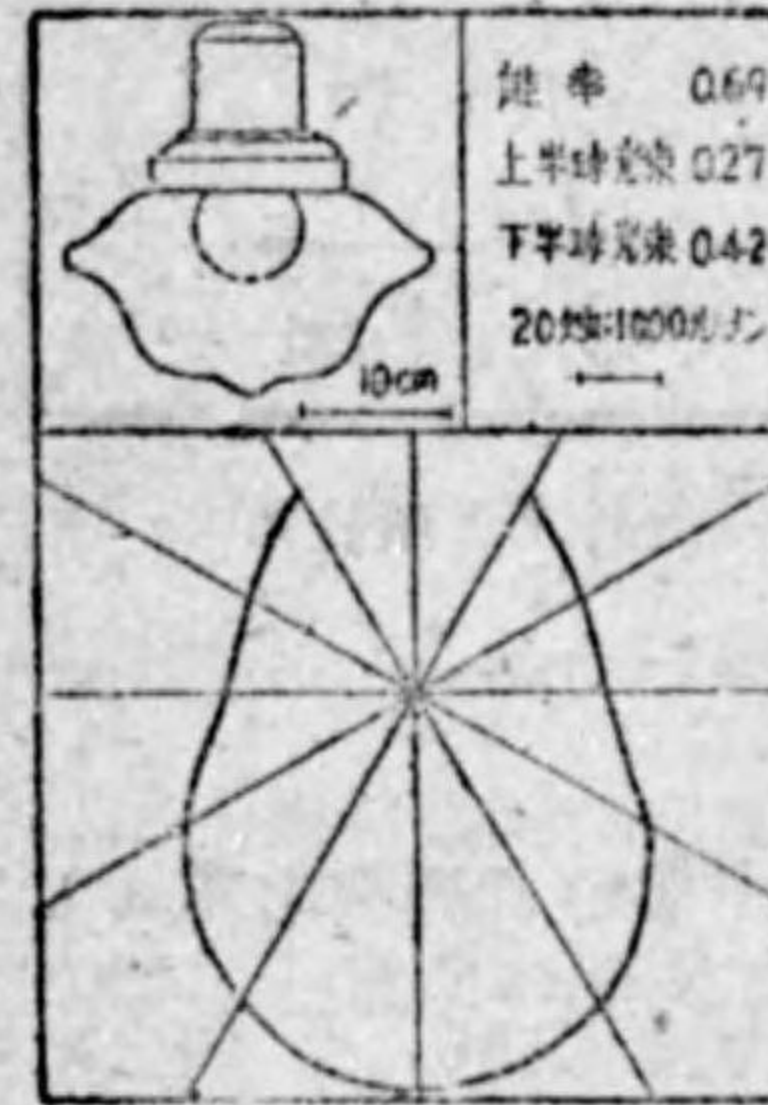
直射光と擴散光



間接器具である。この数は(上方光束+全光束)×10に近い数である。

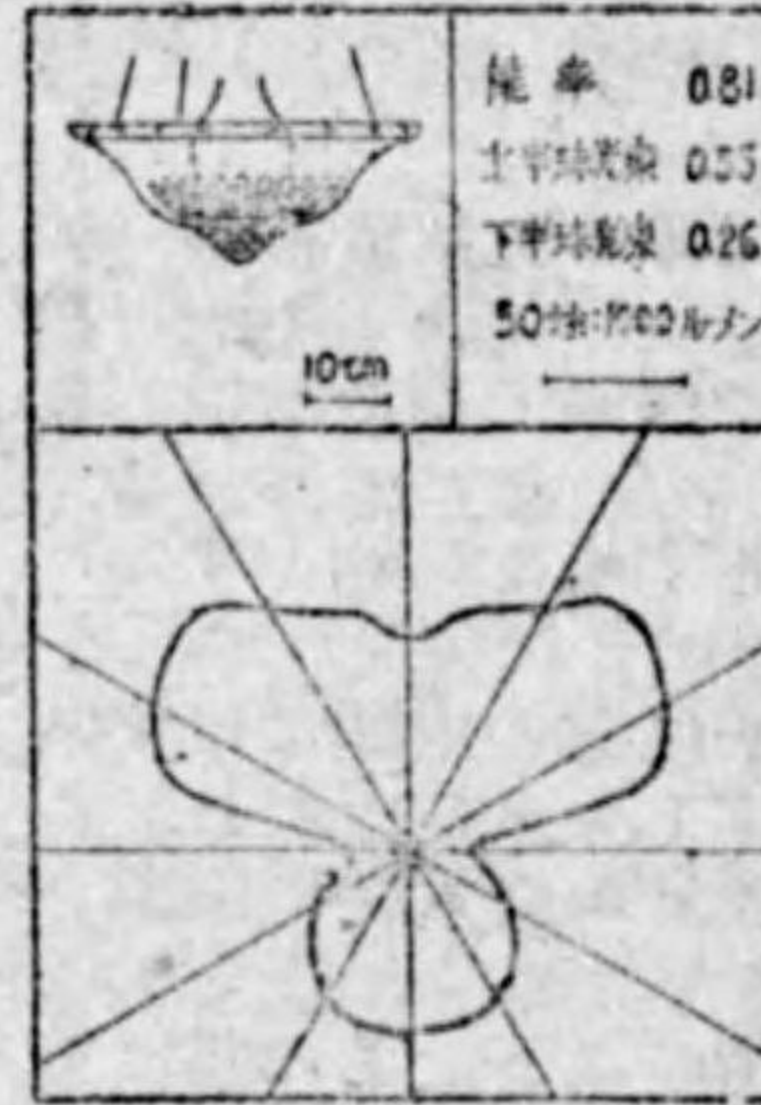
第6-5圖は直接照明器具である。第6-6圖は半間接照明器具の一例、第6-7圖は間接照明器具の一例である。参考の爲夫々の配光曲線が示されて居る。圖から解る様に直接照明器具では大部分が下方に向つて居る。

第 6-5 圖



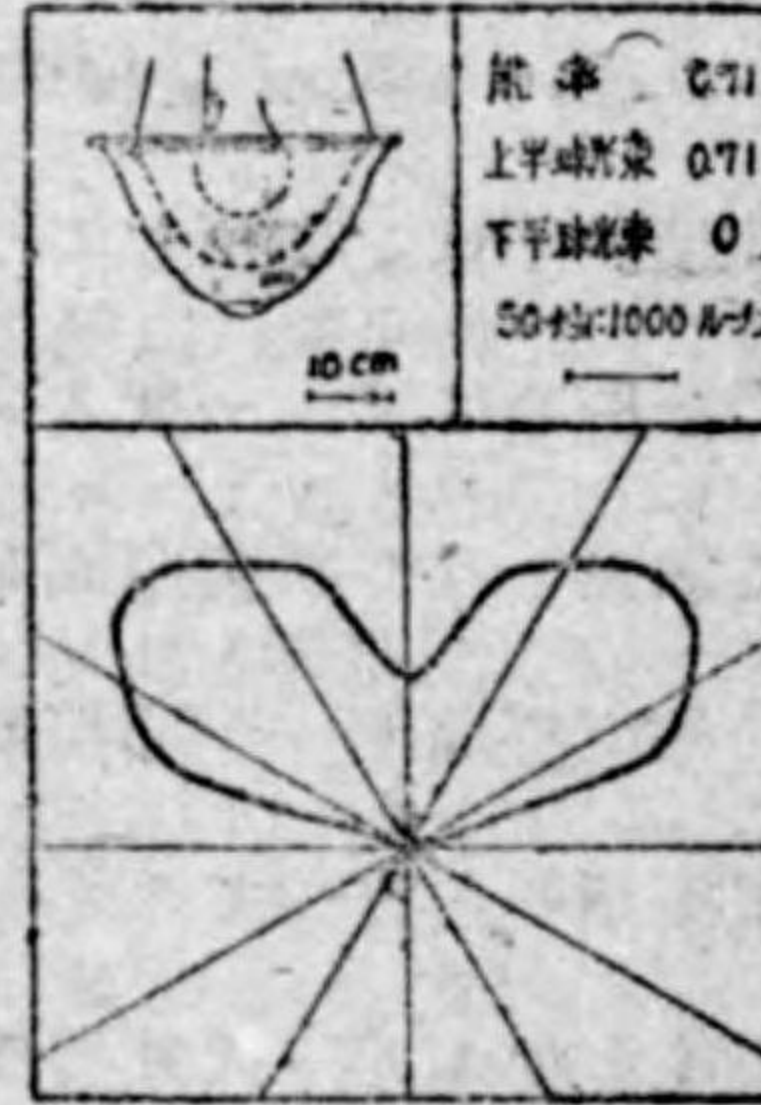
直接照明器具

第 6-6 圖



半間接照明器具

第 6-7 圖



間接照明器具

但し後章で説明する様に配光曲線の面積と光束とは直接の関係はないから、面積の大小で光束の最小は解らない。

例題 某器具を使用すれば850ルーメンが下方に向ひ、530ルーメンが上方に向ふと言ふ。其の器具は何種に屬するや。

解 下方に向ふ光束の全光束に對する割合は

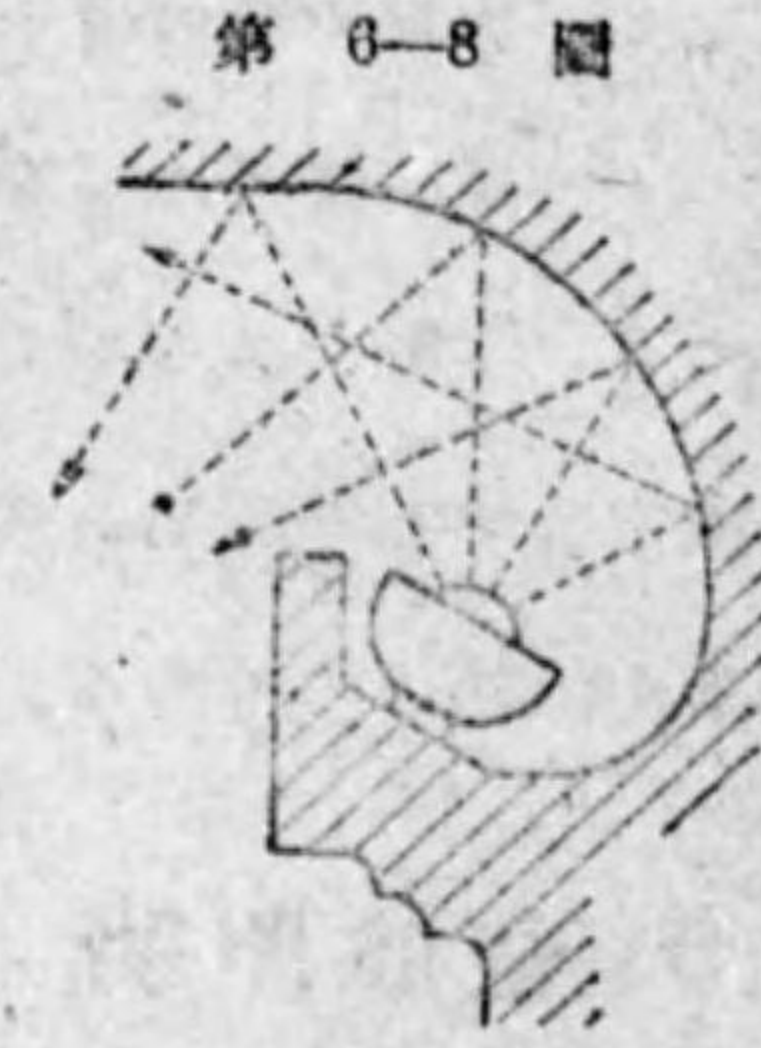
$$\frac{850}{850+530} \times 100 = 62\%$$

45%乃至85%の範圍であるから半直接照明器具である。

間接照明は間接照明器具を使用する外、長押又は柱上に燈具を隠して設け天井を照す場合もある(第6-8圖)。

間接照明が直接照明より優れた點を列記すれば次の様である。

1. 眩輝の虞がなく且つ稍低照度で良く見える。
2. 同一の擴散光を得るのに大燭光球を少數使つてすませられる。
3. 陰影が軟かで、不愉快を感じる事がな

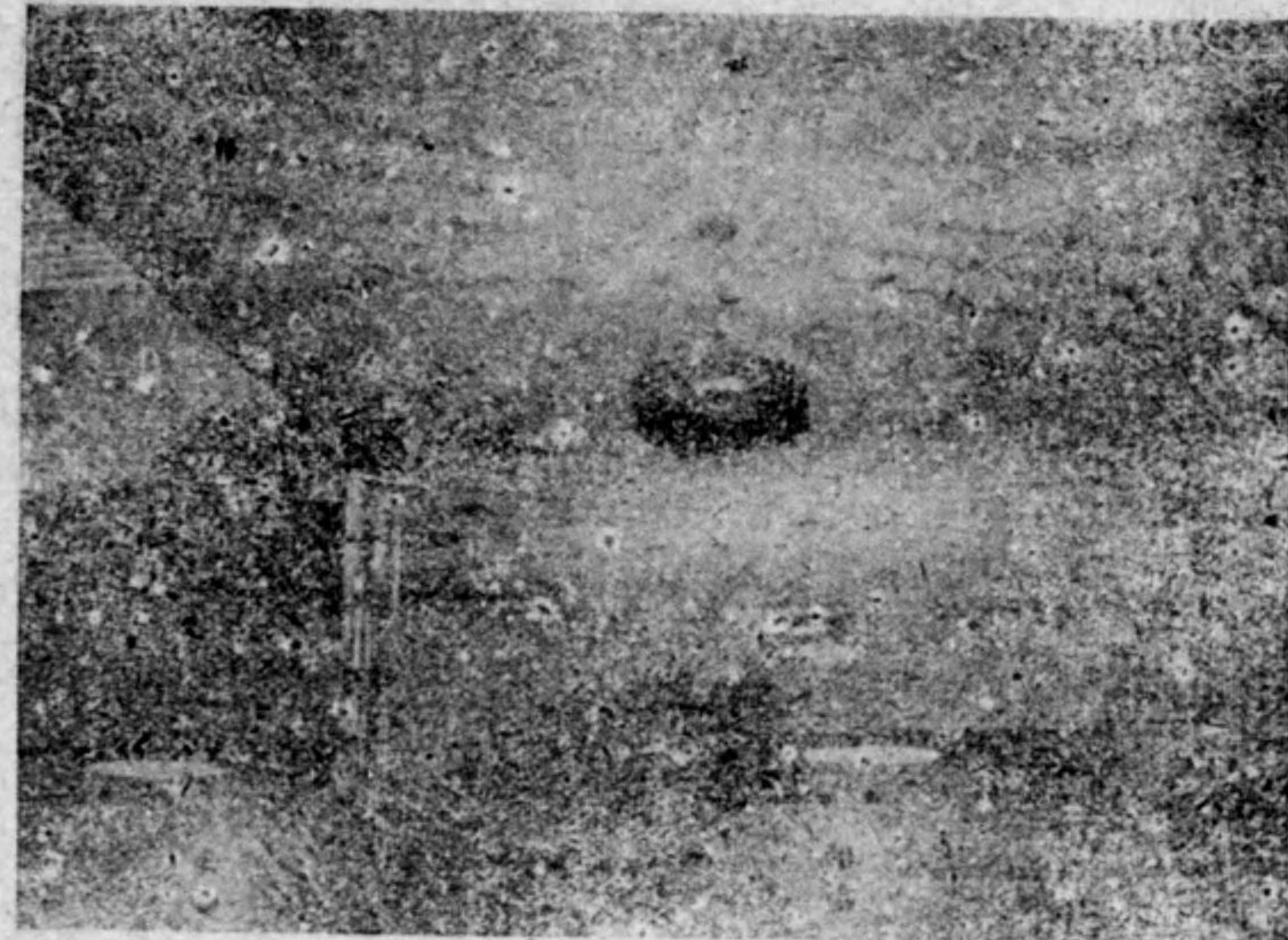


間接照明装置

直接照明の方が間接照明より優れた點は次の様である。

1. 能率が大であるから、消費電力が少なくてすむ。
2. 設備費も一般に安價である。

第 6-9 圖



間 接 照 明 燈 具



3. 天井や壁の様子に無関係であつて、設計が容易である。
4. 照明器具の掃除の手数と費用とが極めて少い。
5. 陰影があるので形などの識別に都合が良い。

適當に半間接照明を設計すれば、兩者の利點のみ共有し、缺點を除外する事が出来るのである。

### 5. 全般照明, 局部照明 照明方式を燈具の配置から分類すれば

- イ 全般照明
- ロ 局部照明
- ハ 部別照明
- ニ 全般局部併用照明

に分ける事が出来る。全般照明方式は一つの室全體を一様に照明する事を目的とし、事務所や教室に採用される。局部照明とは一つの室の各局部部を夫々最も適當に設計する方式である。部別照明とは大工場の如き大なる室を二三に區劃し、仕事に應じて各區劃毎に別の照度で全般照明を施さんとするもので、各區劃から見れば全般照明である。最後の全般局部併用照明は圖書閱覽室の如きで、天井より室全體に低照度の全般照明を施し、別に机の上にスタンドを設けて圖書に明視の光を與へる様にしたものである。教室では黑板にそれ専用の局部照明を與へるから全般局部併用照明と言へぬ事はない。

全般照明方式が局部照明方式より優れたる點は

1. 仕事が遠つても燈の位置や燈具を変更する必要がない。

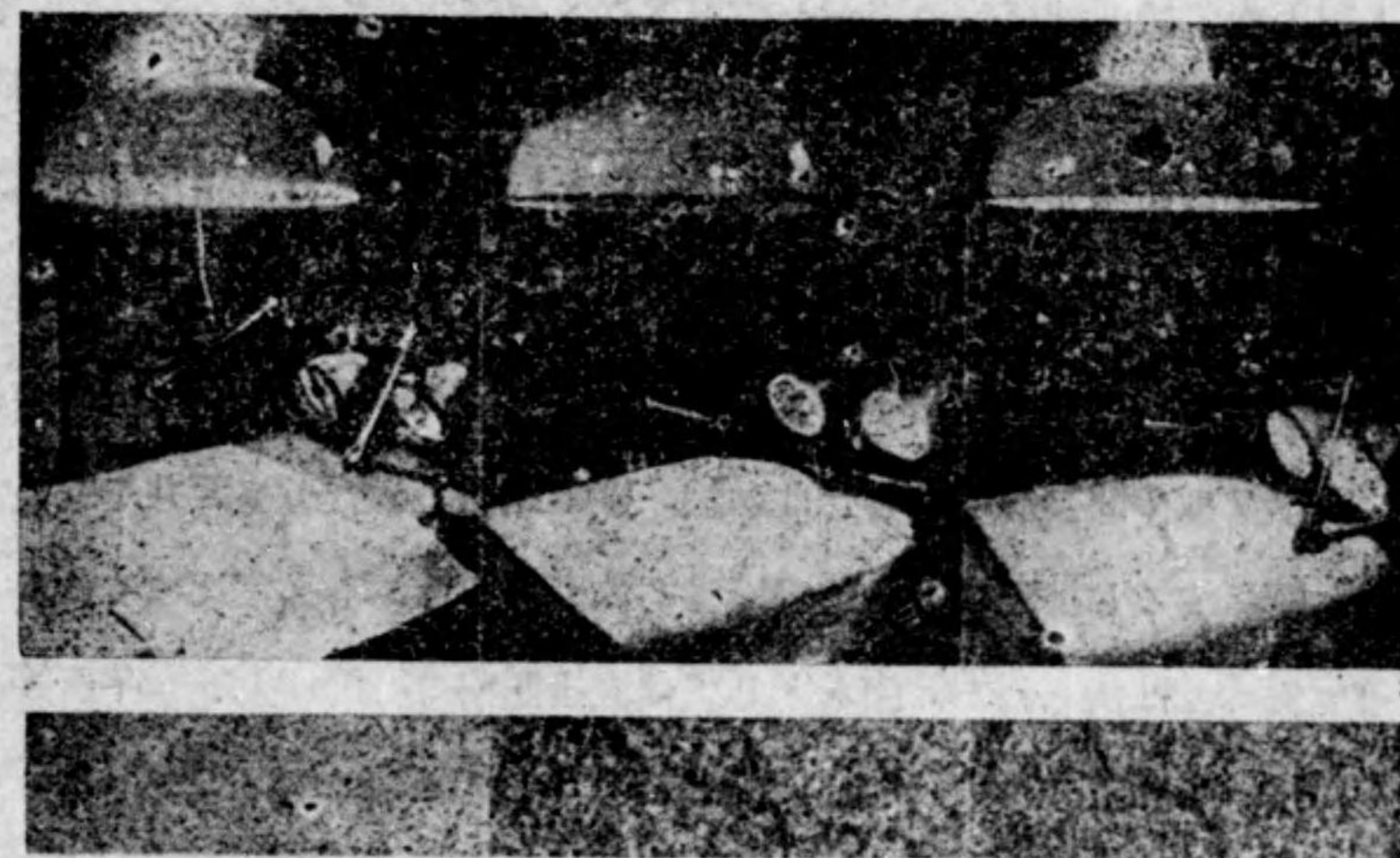
2. 燈具や電球の種類が少く且つ大電力球が使用出来て總數も少い。
3. 體裁も宜しい。
4. 陰影が軟で不愉快を感じる事がない。

之に反し局部照明が優れた點を列記すれば次の様である。

1. 希望の所に希望の方向から充分の照度が與へられる。
2. 不必要の場合は一部消燈が出来る。
3. 暗い所があるので眼の休養になる。

従つて適當に全般局部兩照明を併用すれば所要の目的を最も安價に得られるのが普通である。第6—10圖は之を説明したもので、布地の皺を見出すのに全般照明では1000ルクスでも解らぬが、斜の方向から150ルクス

第 6—10 圖



1000 ルクス  
の全般照明

150 ルクス  
の局部照明

300 ルクスの全般  
照明と150ルクス  
の局部照明併用

全般局部併用照明の優れた説明



の局部照明を興へると良く解る。然し誠だけ解つたのでも困るから 300 ルクスの擴散光 (全般照明) と 150 ルクスの斜からの直射光 (局部照明) とを興へたのが此の場合最も適當である事を示したものである。

**6. 光束法** 局部照明は要するに手暗がりにならず、光源が視界に入らない方向から照らせば良いのであるが、之が設計は箇々の場合で違ひ、實施に多くの經驗を要するから、此處では全般照明の設計だけを述べよう。

全般照明の設計は屋内でも屋外でも同様で光束法に依る。即ち先づ所要總光束を求めるのであるが、それは次の式から計算する。

$$\text{所要光束} = \frac{\text{照度} \times \text{被照面積} \times \text{減光補償率}}{\text{照明率}} \dots\dots (6-4)$$

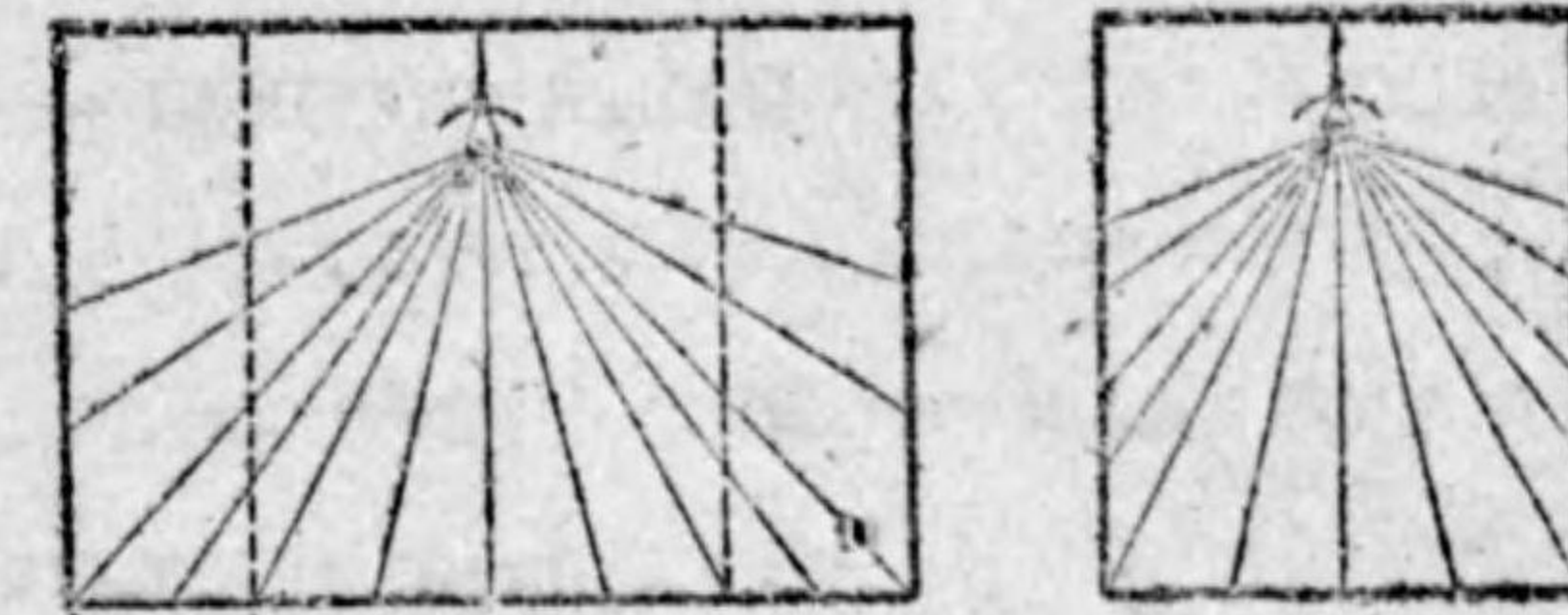
上記の内、減光補償率は電球が使用されるに従ひ光度を減ずると、器具が塵埃や小蟲附着の爲に反射又は透過率の減ずるのを豫め補償して置くもので、直接照明なら 1.2, 間接照明なら 1.5, 半直接又は半間接ならばその中間の數をとるが良い。

照明率は、時に照明利用率とも言はれ、「有效光束 ÷ 電球光束」であるから、間接又は半間接照明の場合は勿論、直接照明の場合でも天井や壁の反射率に關係するし、燈具を含めた配光に依つても違ふ。又室比にも依る。従つて眞の値は解らぬが、概算としては直接照明で 70~90%, 半直接で 50~70%, 半間接で 30~50%, 間接式で 10~30% とすれば良いであらう。天井や壁の反射率が大きければ、吸收されて無駄になる光束が少いから能率は良く、直接被照面向ふ光束が多ければ多い程能率は高い。室比 (室幅 ÷ 室高) が大だと同じ下方に向ふ光束でも壁に當らずに直接被照面に

向ふ光束が増すからそれだけ能率が良い。

**例題 1** 8 畳の室の中央に 100 ワット電球を使用した場合、其の室の照明率を 60% とすれば、室の平均照

第 6-11 圖



同一高さで狭いと  
これだけの光束が  
有効に使へない

室比の影響

度如何。

**解** 100 W 電球の光束は 1300 ルーメンであるから

$$\text{有效光束} = 1300 \times 0.60 = 780 \text{ ルーメン}$$

8 畳間の面積は  $3.6^2 = 12.9 \text{ m}^2$  と見て良いから

$$\text{平均照度} = 780 \div 12.9 = 60 \text{ ルクス}$$

**例題 2** 20 m × 30 m の室の平均照度を 40 ルクスとせんとす。減光補償率 1.2, 照明率を 72% とせば電球光束如何。

$$\text{解} \quad \text{所要光束} = \frac{40 \times 20 \times 30 \times 1.2}{0.72} = 40000 \text{ ルーメン}$$

**7. 電燈配置** 扱所要光束が解つた所で之を何箇の電球としてどう配置するかが問題である。

均齊度を最小の値に保つ爲には成る可く多數の燈具を接近して設けるが良いが、經濟的に面白くない。若しも室高と室幅とが比例すれば同一燈具を同一割合に配置すれば同一均齊度が得られる筈である。依つて適當なる燈具の間隔は室高に對し或る關係がある。

現在の習慣に従へば次の關係を採用して居る。



燈具間隔  $D \leq 1.5 H$  (燈高) .....(6-5)

但し燈高は直接又は半直接照明では被照面から燈具までの高さ、半間接又は間接照明では天井迄の高さである。

そして壁と燈具との間隔は

壁に机が密接して置かれた時  $S \leq \frac{1}{3} D$   
然からざる時  $S \leq \frac{1}{2} D$  .....(6-6)

之で電燈數を最小とする配置が定る。その電燈數で先きに求めた光源の總光束を除せば、電球1個當りの光束が求められる。標準電球に之の光束と同じいか稍多いものがあればそれを採用する。それでは餘り違ひ過ぎれば、少しく配置を變更し電燈數を増して、標準電球で丁度間に合ふものを選択し決定する。

例題 1 10 m に 20 m の教室あり、之に直接照明に依り 80 ルクスを得んとす。光源に要する總光束を算出せよ。但し減光補償率 1.2, 利用率 70% とす。

解  $\Phi = \frac{80 \times 10 \times 20 \times 1.2}{0.70} = 27400$  ルーメン

照明の計算には 3 桁に止め 4 桁目は 4 捨 5 入せよ。

例題 2 机が壁に密接せずとして電球の大きさを求めよ。但し光源は机面上 2.7 m の高さにあるとする。

解  $D \leq 2.7 \times 1.5 = 4.05$  m  
 $10 \div 4.05 = 3$   
 $20 \div 4.05 = 5$

$10 \div 4.05 = 2.47$  だが、半端の數は許されないから繰上げて 3 とする。従つて最小の電燈數は  $3 \times 5 = 15$  燈 である。

$27400 \div 15 = 1830$  ルーメン

1830 ルーメンより大でこれに最も近いのは 2150 ルーメンを出す 150 ワットである。従つて總消費電力  $150 \times 15 = 2250$  ワット となる。

之では 80 ルクスの希望に對し  $80 \times \frac{2150}{1830} = 94$  ルクス が與へられる。

依つて他の配置を考へて見る。即ち

$3 \times 6 = 18$   $27400 \div 18 = 1520$  ルーメン

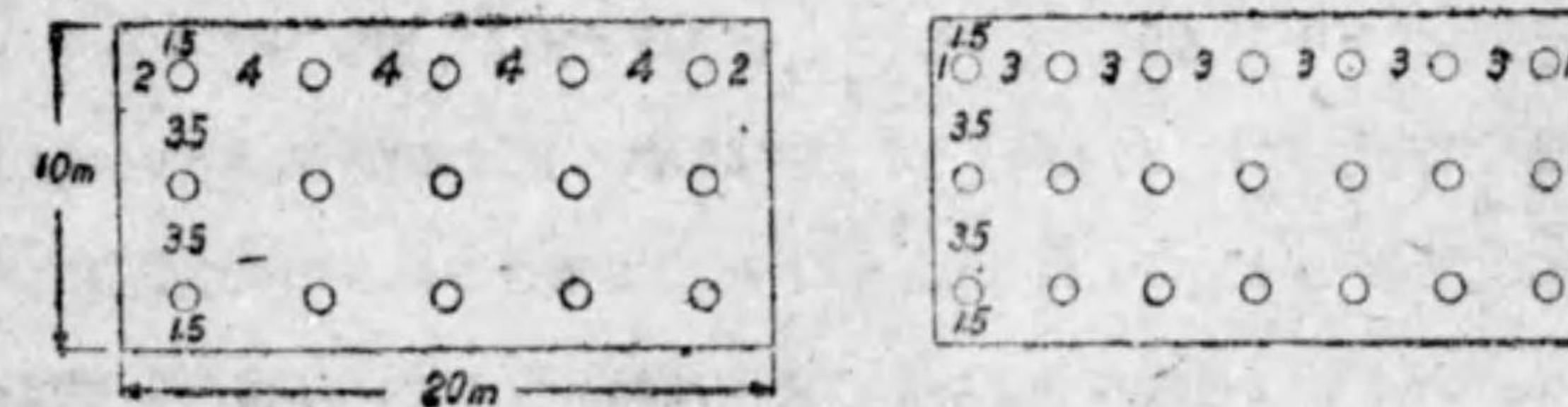
$3 \times 7 = 21$   $27400 \div 21 = 1300$  ルーメン

150 W の次は 100 W 1300 ルーメンである。之を採用すれば

$100 \times 21 = 2100$  ワット

になつて消費電力は先きの 2250 ワットより少い。然し前者の燈具 15 に對し之は 21 を要するから建設費は  $21 \div 15 = 1.4$  倍増す (100 W 燈具も 150 W 燈具も價格は殆ど變らぬ)。従つて此の何れを採用すべきかは更に實際的立場から比較研究を要する。上の二つの場合の電球配置を設計すれば第 6-12 圖の様である。

第 6-12 圖



例題 2 の電燈配置

例題 3 20 m に 30 m で天井高さ 4.5 m の事務室あり。之に半間接照



明を施して 100 ルクスを得んとす。今減光補償率 1.3 として電球配置及び所要電力を求む。但し机は壁に密接せり。

解 照明能率は半間接照明であるから 40% としたが、試験などの時は分子の 13 と消去出来る 39% を採用すると計算が簡単になる。

$$\phi = \frac{100 \times 20 \times 30 \times 1.3}{0.40} = 195,000 \text{ ルーメン}$$

燈高は 天井高さ - 被照面高さ = 4.5 - 0.85 = 3.65 で

$$D = 3.65 \times 1.5 = 5.5$$

$$20 \div 5.5 = 3.6 \text{ 即ち } 4$$

$$30 \div 5.5 = 5.5 \text{ 即ち } 6$$

電燈間隔を 5.5 m として壁との間隔は

$$(20 - 5.5 \times 3) \div 2 = 1.75 < 5.5 \div 3 = 1.83$$

$$(30 - 5.5 \times 5) \div 2 = 1.25 < \text{ "}$$

従つて此の配置で差支へないが、この場合の電球大きさは

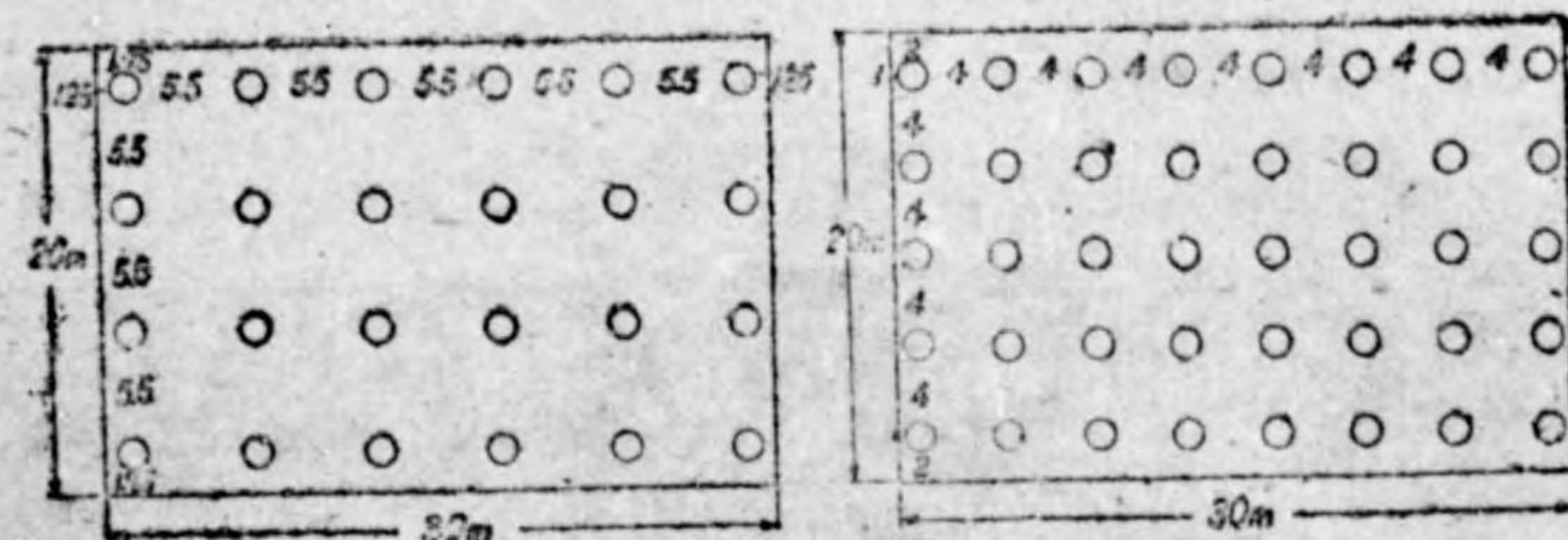
$$195,000 \div (4 \times 6) = 8,120 \text{ ルーメン}$$

之に近いのは 500 W 9,000 ルーメンのものであるから少し多すぎる。之だと総電力は  $500 \times 24 = 12,000 \text{ W}$  である。

今假りに 300 W 4,950 ルーメンを使ふとすれば、 $195,000 \div 4,950 = 39.2$  燈を要する。之には  $5 \times 6 = 30$ ,  $5 \times 7 = 35$  は不足するから、 $5 \times 8 = 40$  を採用するとせば  $300 \times 40 = 12,000 \text{ kW}$  となつて先きの場合の消費電力と変化はない。斯くすると能率が悪いだけ照度は減少するが、丁度所要照度が得られるのであつて、均齊度は電球数の多いだけ良好である。但し燈具の多いだけ建設費及び維持費を増加する。従つて何れを採用するかは場合に依

るのでこの二つの場合の電燈配置は第 6-13 圖の如くするが良い。

第 6-13 圖



例題 3 の電燈配置

## 8. 屋内照明 夫々の用途に適合する様に設計すべきである。

住宅 慰安と園樂の場所であれば感じと衛生の立場より設計すべきであるが、客間は裝飾を加味し、臺所

は能率を重する等考慮する必要がある。普通室の中央にコードで反射笠附の電燈を垂して全般照明を行ひ、書齋、勉強室等では別にスタンドを設けて局部照明で補助する (第 6-14 圖)。臺所や洗面室、戸棚等は壁電燈を補助にするが良い。全般照明用の電球は大體 1 畳 10 ワットを標準とすべきである。

事務室 全般照明の適例で、電燈数を多くして全包围器具に依る直接照明又は天井や壁を白色とし

第 6-14 圖



住宅 照 明



て半間接照明を行ふべきである。長時間に亘つて眩輝と疲労とを感じない様に器具の輝度を低くし、照度を高くし且つ均齊度を少くする様にする。第6-15圖は事務所照明の良い例である。

第 6-15 圖



事 務 所 照 明

工場 良照明は(1)生産高の増加及び品質の高上(2)傷害事故の減少(3)工人の保健状態の改善(4)監督の容易を齎すものであるが、それには(1)作業の精粗に応じて適當の照度を與へ(2)作業状態で絶対に眩輝を感じず(3)酷い陰影を生ぜず均齊度も適當である事が必要で、且つ經濟を主として全般照明には金屬笠を使用し、別に必要のものに必要の方向から局部照明を補助すべきである。移動起重機を使用する工場ではその邪魔にならぬ様電燈を壁に取付けるか大型スタンドを使用する。尙塵埃に依る照度の遮減が大であるから、1, 2週間に1回空拭し、1, 2ヶ月に1回

水洗を定期的に執行する。

商店 店内に全般照明を與へる外、特殊の陳列には特殊の照明を與へる。

例へば呉服、繪畫等色を重んずるものには晝光電球を使用する、特に陳列窓にあつては通行人の注意を惹き購買心をそゝる様、商品を充分に照し、決して光源が見えぬ特殊の反射器を有する電燈を天井に設け、管形電球で補助する。商品の少い場合にはスポット・ライト即ち極度に集照型の光源を使用する。第6-16圖はその良い例である。主要都市の一流街路に面する場合は1000ルクス、

第 6-16 圖



飾 窓 照 明

中流都市の普通商店街でも200ルクス位の照度が望ましい。

9. 街路照明 街路は大別して商業街路、交通街路、住宅街路及び田舎道とする。それが設計の區別は主として照度と均齊度にある。

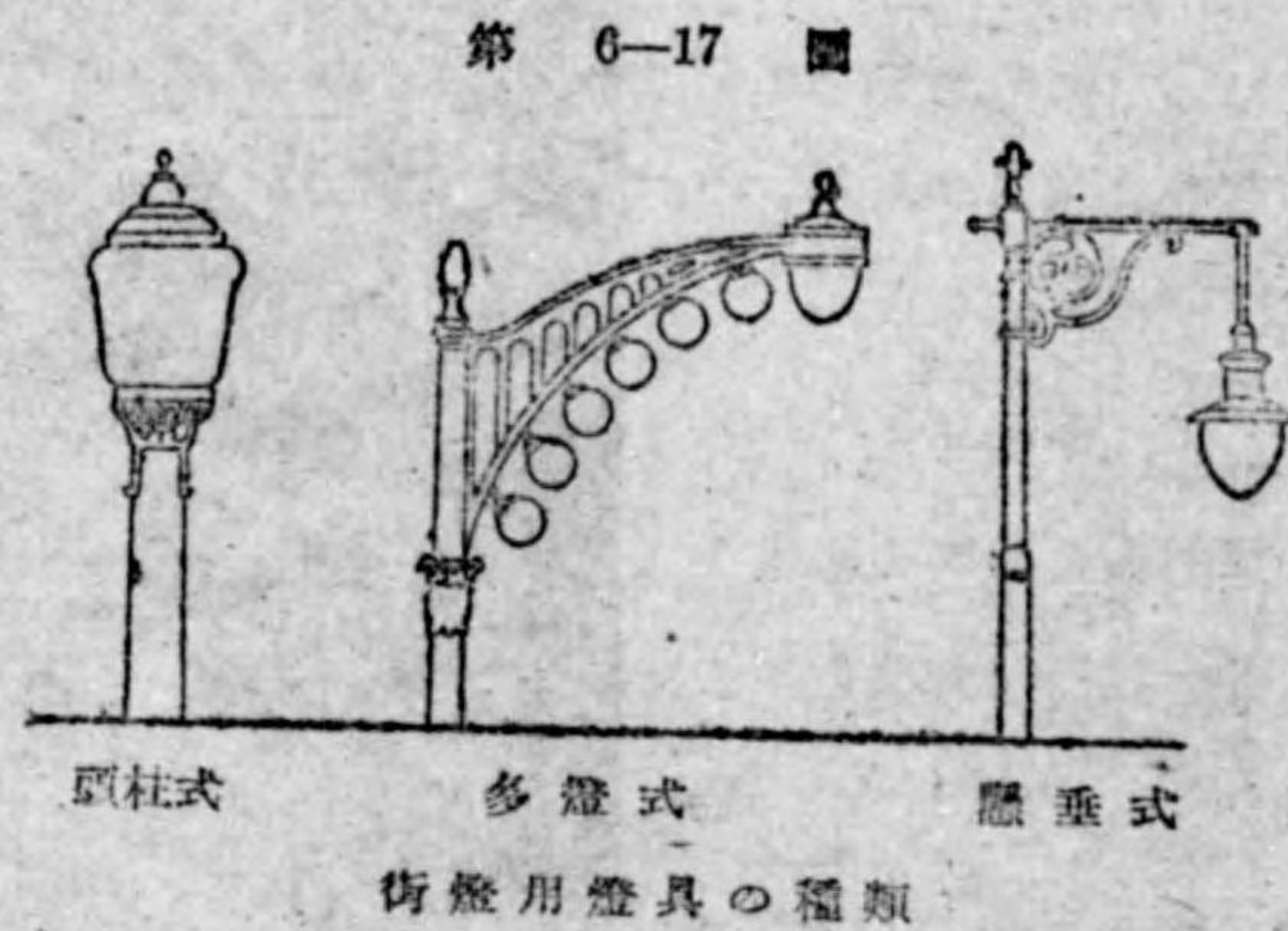
推奨せらるゝ平均照度は、商業街路では2~10ルクス、交通街路では



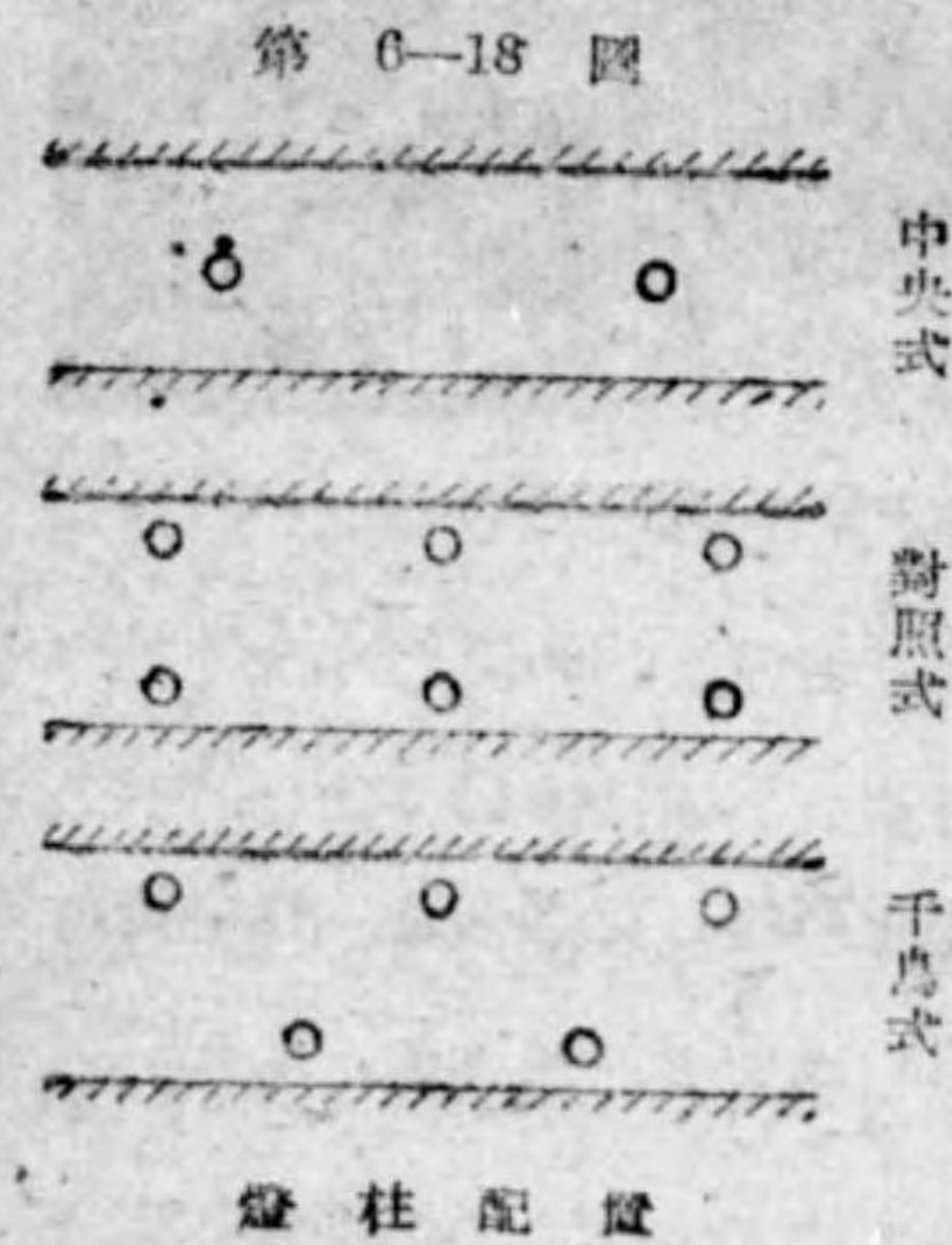
1~3 ルクス, 住宅街路では 0.2~1 ルクスである。田舎道は所々に電燈を設け, それが道路である事が遠くから解る程度で充分であらふ。

均齊度は街路照明では (最低照度+最高照度) なる定義が使用せられる。其の値は商業街路では 1/10 以上, 交通街路では 1/30 以上, 住宅街路では 1/100 以上が望ましい。

街路照明を燈具より分類すれば, 頭柱式, 多燈式及び懸垂式 (第 6-17 圖) に分けられ, 位置からは中央式 (懸垂式に限る) 兩側式, 兩側式は又對照式と千鳥式とに分けられる。

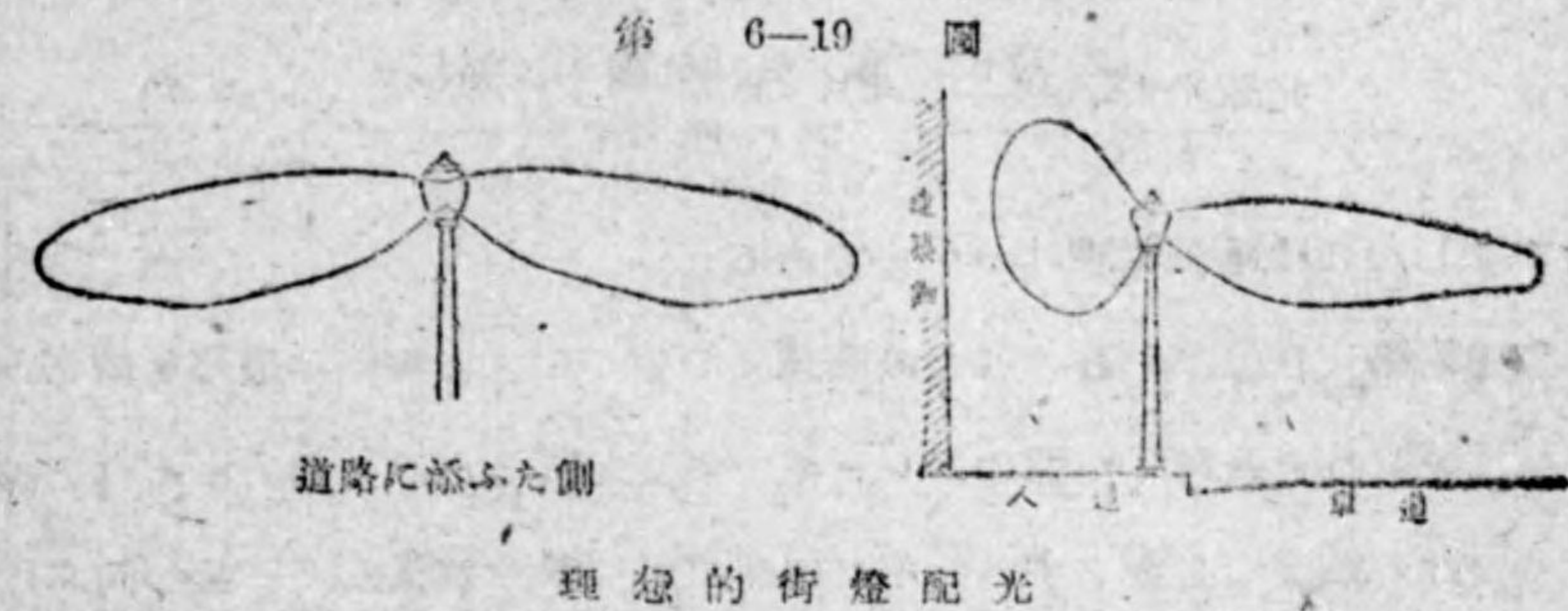


千鳥式とは反對側の燈柱の丁度中央に燈柱を設ける式である。(第 6-18 圖)。



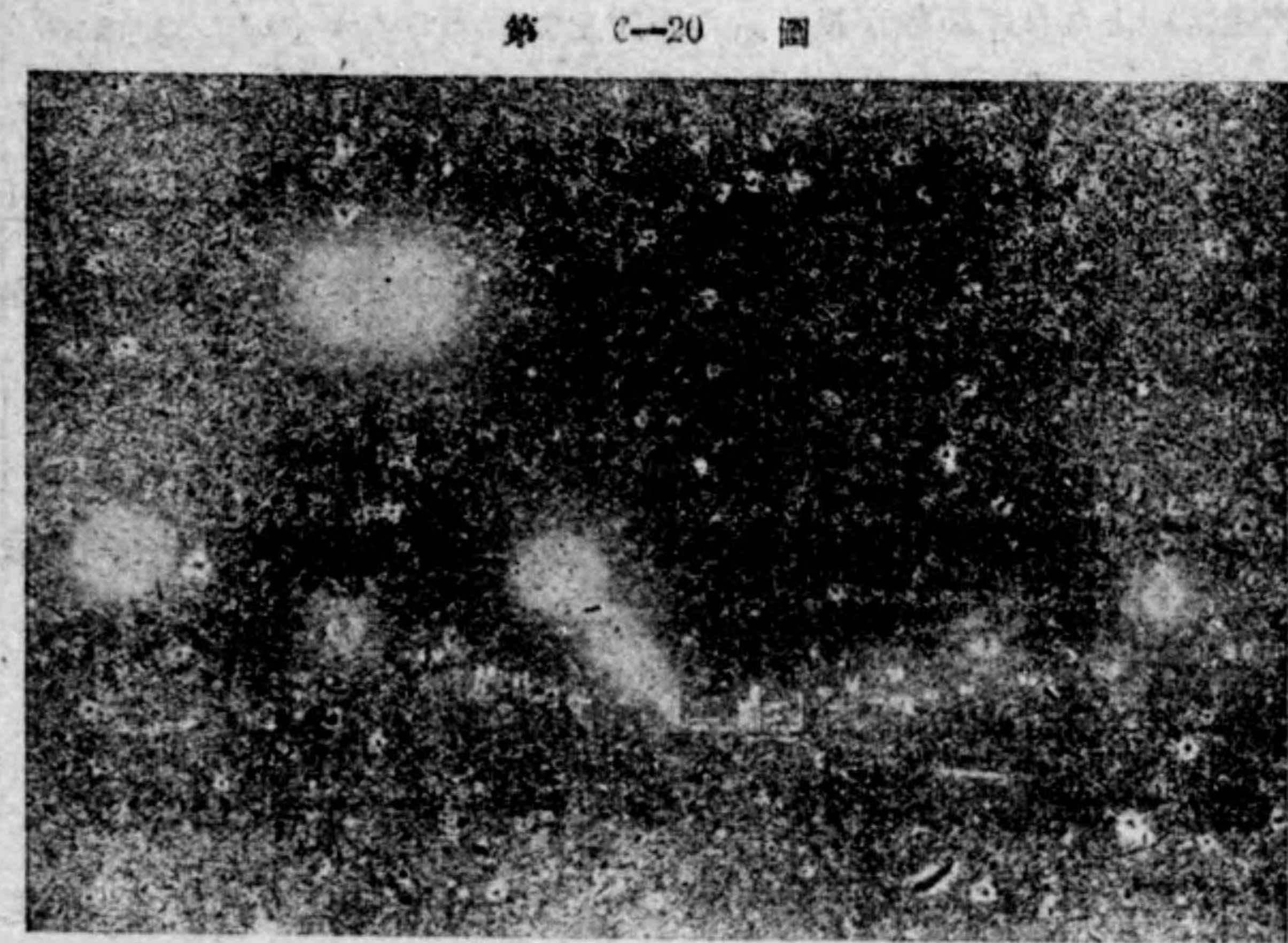
商業街路 裝飾を主とし能率を従とし, 一般に頭柱式を兩側に設け, 其の配光は第 6-19 圖に示す様に道路に沿ひたる方向には遠方まで光が届く様 70°~80° 附近に最大光度を有し, 上方に光を散らさず, 又之と直角の側では, 道路の方向は道路の向ふ側を限度として道路面のみを照させ, 建物側は相當の光が建物を照す

様にするのが理想的である。



然し商店街では裝飾を特に重んじ照明を離れた種々の多燈式を採用する場合も少くない。又外國には大小 2 燈を同一燈具に納め, 深夜に到れば小燈のみ點火する設計のものもある。

商業街路の設計には光束法が使用される。平均照度を假定し, 減光補償



街 路 照 明



率は考慮せず、照明率を 10~30% 位にとつて算出する。

$$\text{光源光束} = \frac{\text{平均照度} \times \text{燈柱間隔} \times \text{道路幅}}{2 \times \text{照明率}} \dots\dots(6-7)$$

2 で除したのは両側に設けるからである。

**交通街路** 自動車に許された最高速度で走つて居る時に、道路を横切る人又は障害物を運転手が認めブレーキで停止し得るだけの前方にそれを認めるだけの照度を必要とする。それに前照燈は餘り効果なく、遙か向ふの街燈で照らされた道路面の輝きが道路上に立つ人の爲に影となる、其の影でその人が認められると言ふ影法師効果による場合が多い。従つて相當の街燈は事故防止の上に必要で、適當の街燈が危害を少くした事は多くの統計に表はれて居る。

交通街路となれば距離が長く其の費用を負担する人が少いので、經濟を相當に考へなければならぬ。従つて燈柱間隔を長くし、兩側に千鳥に燈柱を設けるか或は片側とする。片側とすれば建設費は大約半分となる。主として高燭のガス入タンダステン電球が使用せられて居るが、最近では高壓水銀燈に依るものが多く採用せられる。米國にてはナトリウム燈が盛んである。

**住宅街路** 單に通行の安全と保安とを目的とする。従つて照度や均齊度は低くとも差支へなく、裝飾は不用で能率の良いものを使ふ。多く兩側の支持物から中央懸垂式とするか或は片側のみに設ける。

**田舎道** 之は速くであそこが道路であると解るだけに所々に電燈がついて居れば充分で、どうせ通行者は提灯又は懐中電燈を用意するから、照度も低く暗い所があつても差支へあるまい。

照明學會の推奨する街路照明の規格の一例を第 6-1 表に示す。

第 6-1 表 街 路 照 明 規 格

	街路幅員 m	車道幅員 m	平均 E, ルクス	光源高 m		燈柱間隔 m	1 基 當 り ワ ッ ト 數	排 列	1 基 燈 數
				頭柱	懸垂				
商 業 街 路	36	21	4~10	6	6	20~50	750~2000	對稱又は千鳥	1~2
	33	22	4~10	6	6	20~45	500~1500	"	1~2
	27	18	4~10	5.5	6	20~40	400~1500	"	1~2
	22	14	4~10	5	5.5	20~40	400~1000	"	1~2
	18	11	2~10	4.5	5	15~35	150~1000	千鳥	1~2
	14	8	2~10	4	4.5	15~30	100~750	"	1~2
	11	6	2~10	3.5	4	15~25	100~500	"	1
8	—	2~10	3.5	3.5	15~25	100~500	"	1	
交 通 街 路	36	24	1~3	6	6.5	40~70	300~1000	千鳥	1~2
	33	22	1~3	6	6.5	40~70	250~1000	"	1~2
	27	18	1~3	5.5	6	40~70	200~750	"	1
	22	14	1~3	5	5.5	30~60	200~500	"	1
	18	11	1~3	4.5	5	30~60	150~500	"	1
	14	8	1~3	4	4.5	30~60	100~300	"	1
	11	6	1~3	4	4.5	30~60	100~250	"	1
住 宅 街 路	11	—	0.2~1	4	4.5	40~90	40~150	千鳥	1
	8	—	0.2~1	3.5	4	30~70	40~100	"	1
	6	—	0.2~0.6		3.5	30~50	40~60	千鳥又は片側	1
	4.5	—	0.2~0.6		3.5	20~40	40~60	"	1
	3	—	0.2~0.6		3.5	20~40	30~60	"	1

問 題

1. 物が見える四要點を擧げよ。
2. 光束發散度とは何ぞや、普通の單位を併せ示せ。
3. 天井に裝置したる 10 cm × 6 cm の硝子板より 1150 ルーメンの光束が射出した場合、其の光束發散度如何。



4. 直径 20 cm の外球内に 100 ワット電球を入れたる場合、外球の平均光束發散度如何。但し該外球の透過率は 0.9 なりとす。
5. 半径 15 cm の外球の表面にて平均光束發散度を 0.5 ランベルトを得るには、何ワットの電球を使用すべきか。但し外球の透過率は 93% なりとす。
6. 反射率 75% の 2 m × 0.8 m の紙の平均光束發散度 0.08 ランベルトなりと言ふ。それを照射したる全光束如何。
7. 或る完全擴散面の輝度が 0.8 燭毎平方糎ならば、其の光束發散度は何程なりや。
8. 平均球面光度が 150 燭の光源を半径 18 糎のグローブに包む場合の輝度及び光束發散度を求む。但し外球の透過率を 0.85 とす。
9. 次の場所の照度はどの位なりや。  
 夏日正午の木影      普通窓側      十五夜の地面
10. 次の場所の照度はどの位を必要とするや。  
 住宅客間      住宅臺所      學校教室      工場廊下  
 精密機械工場      セメント工場
11. 均齊度（屋内）を小とするには如何なる照明方式を選ぶべきか。
12. 照明方式を器具の上より分類せよ。
13. 直接照明の長所を列記せよ。
14. 本教室には如何なる照明方式を適當とするや。
15. グローブにて 200 W ガス入タンダステン電球を使用したる時、上方に向ふ光束 1000 ルーメンなりと言ふ。該球の透過率は上下均等にて 85% なりとせば、該球の器具番號如何、又何種に屬すべきや。

16. 燈具の配置より照明方式を分類せよ。
  17. 局部全般併用照明の利點を述べよ。
  18. 20 m に 15 m の教室あり。100 ワット電球 12 箇を使用せば、平均照度如何、但し照明率は 60% とす。
  19. 12 m に 16 m の事務室あり。半間接照明に依り 120 ルクスを得んとす。所要總光束如何。但し照明率を 45% とす。
  20. 前間に於て机は壁に向はず、天井の高さ 4 m とせば、何ワット電球を何箇使用すべきや。
  21. 良照明が工場に齎す利益を述べよ。
  22. 街路照明を均齊度の見地より 4 種に分類せよ。
  23. 街路照明用器具を 3 種に分類し、主として何處に使用せらるゝかを附記せよ。
  24. 頭柱式照明器具の理想的配光曲線を示せ。
  25. 大都市に於て道路幅員 18 m の交通街路の照明を設計せんとす。  
 イ 平均照度の範圍如何。この範圍内にて任意に照度を假定せよ。  
 ロ 道路延長 1 m に要する光束如何。  
 ハ 燈柱を兩側に設けるとし對稱式と千鳥式との何れを適當とするや。  
 ニ 燈柱の高さ及び燈柱間隔の範圍及び適當なる數値を示せ。  
 ホ 上記の條件にて一燈柱に使用すべき電球の大きさを求む。但し照明率を 20% と假定す。
- 答 - 3. 1.92 ランベルト。4. 0.933 ランベルト。5. 40W ガス入電球。  
 6. 1710 lm。7. 2.51 ランベルト。8. 0.394 ランベルト。15. 4番。18. 31.2 ルクス。19. 71680 lm。20. 300 W 15 箇。



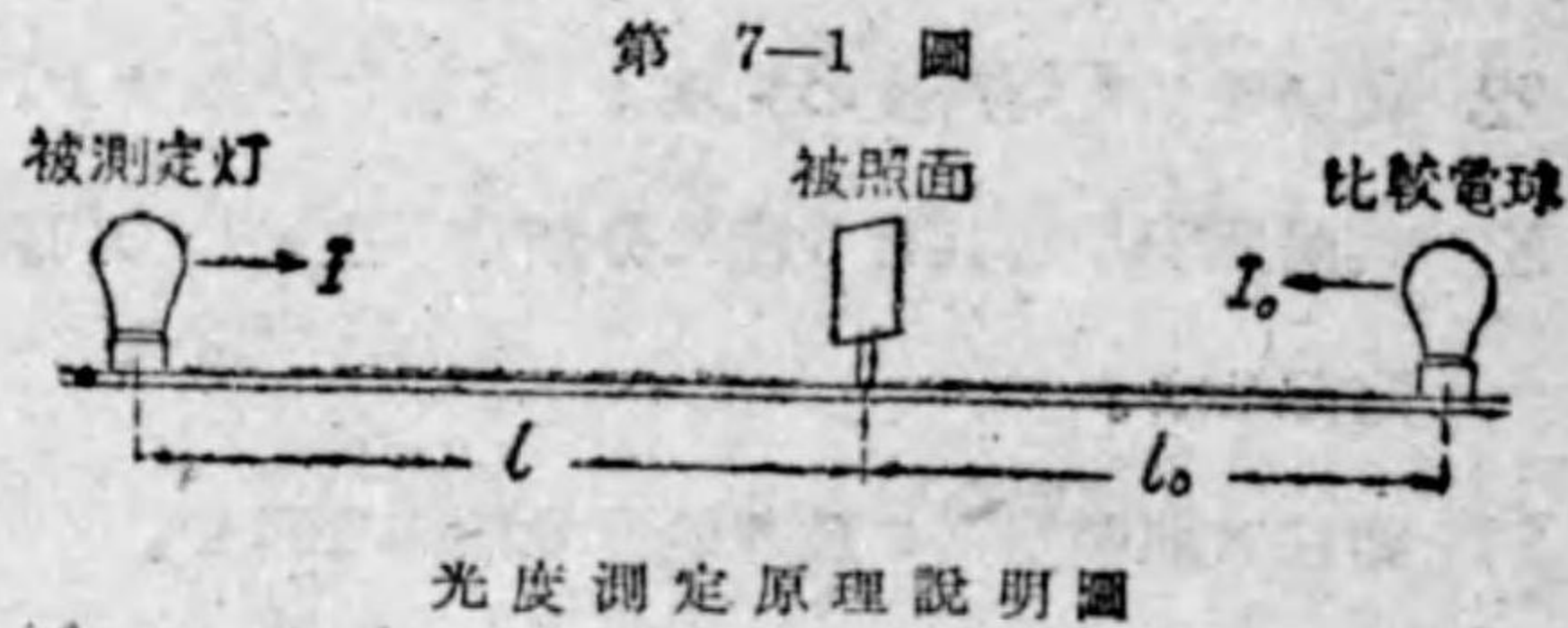
### 第七章 測 光 學

#### 1. 光度單位

照明工學上の主要の量は光度、照度及び光束である。従つて之を測定する目的で光度計 (photometer)、照度計 (illumination photometer or illuminometer) 及び光束計 (integrating photometer) がある。然し孰れも逆二乗の法則の應用である。

先づ光度計の原理を説明すると、一定の長さの一端に比較用光源を、他端に測らうとする光源を、測らうとする方向が比較光源に向ふ様に置き、

其の中間に一つの被照體を置くこと第7-1圖の様にする。そして被照體を左右に動かして被照體の



光度測定原理説明圖

左右両面が同一照度になつたとすれば、

$$I = \frac{l^2}{l_0^2} I_0 \dots\dots\dots(7-1)$$

但し  $I$  は測らんとする光度、 $I_0$  は比較光源の光度、 $l, l_0$  は夫々の距離である。従つて  $(\frac{l}{l_0})^2$  を豫め計算して被照體の指針の位置に目盛つて置けば、被測定電球の測定方向の光度が比較光度の何倍になるかを知る事が出来る。

比較光源には試験所の様な所でも我が國光度の原器であるハーコート10燭ペンタン燈は使はず、それと比較して光度を求めた標準電球と更に比較して光度を求めた二次標準電球を使用する。

電氣事業法施行規則 (昭和7年11月改訂) 第58條に次の様に示されて居る。

電燈ノ光度ヲ表示スルニハ燭ヲ以テ單位トス。

1 燭ハ氣壓760托ノトキ  $1\text{m}^3$ ニ付8 $l$ ノ水蒸氣ヲ含有スル空氣中ニ於テ燃焼スル「ハーコート」10燭「ペンタン」燈ノ光度ノ1/10トス

第7-2圖はハーコート10燭ペンタン燈の略圖で、上部の槽に貯へられた液状ペンタン (化學式  $C_5H_{12}$ ) が蒸發し火口  $B$  で空氣と混合して燃焼する。其の焰の尖端が印の所まで達した時、火口から47托の所の光度を10燭とする。

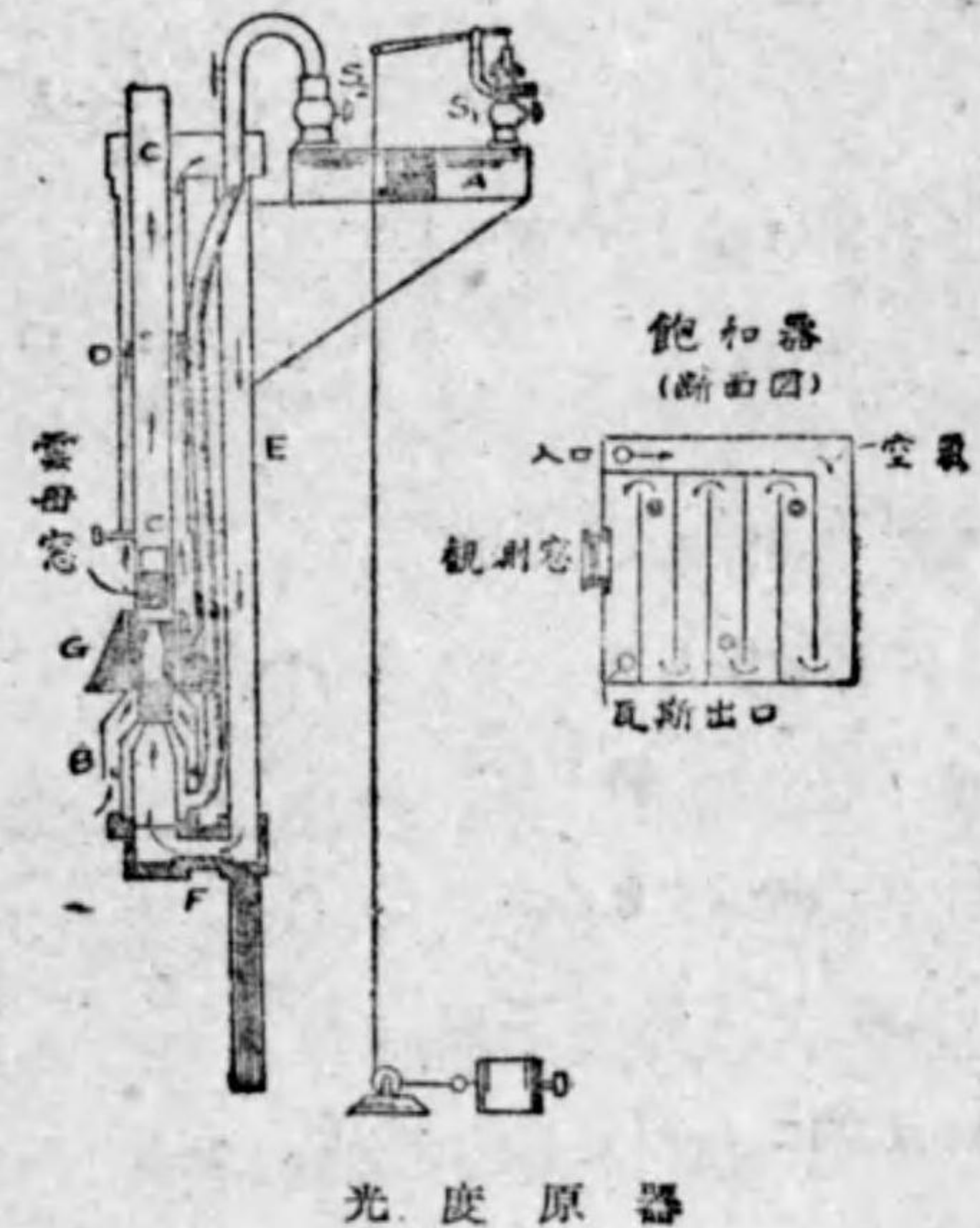
然し本燈は原器として色々缺點があるので、白金熔融液が正に凝固せんとする時の輝度を標準とせんとする研究も行はれて居る。其の値は大約  $60\text{燭}/\text{cm}^2$  である。

#### 2. 光度計

白熱電球の光度を測定する場合を説明せんに、多くは二次標準電球と直接比較せず、置換法に依る。

之は被測定電球と標準電球との中間の光度を有する白熱電球を媒介とする方法で、測定器に基づく誤差を少くする利益もある。先づ標準電球を被

第7-2圖



光度原器



測定電球の所に置き、比較電球と光度を比較する、即ち被照面の照度が同一となつた時、標準電球と比較電球とからの被照面の距離が夫々  $l_s, l_c$ 、夫々の光度が  $I_s, I_c$  とすれば、

$$I_c = \frac{l_c^2}{l_s^2} I_s \dots\dots\dots(7-2)$$

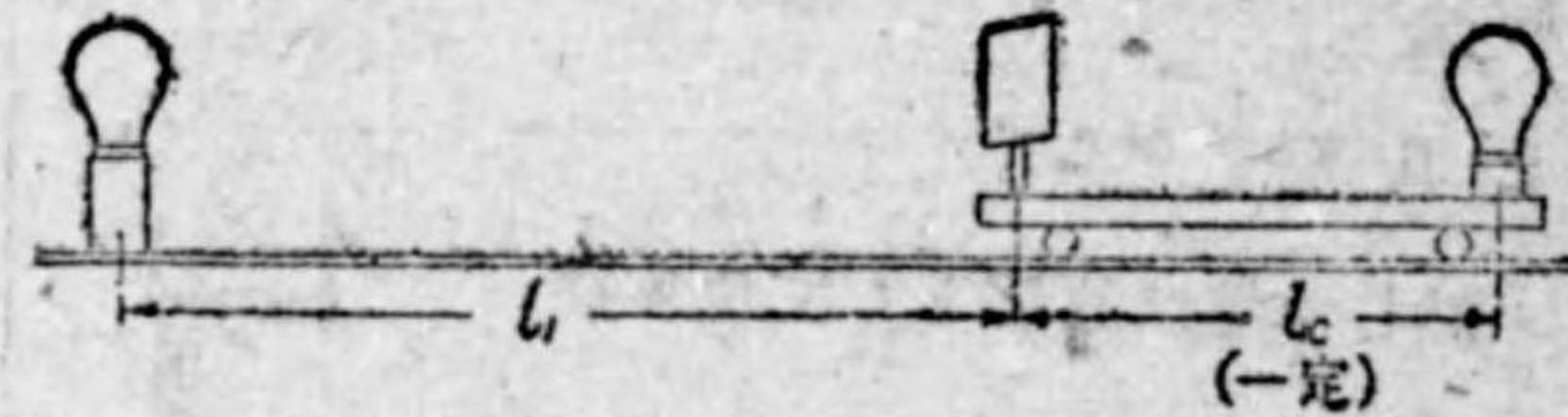
次に被測定電球と標準電球とを置換し、同様の測定をなして、 $l_1, l_{c1}$  を求めれば

$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_{c1}^2} I_c$$

上二式から  $I_c$  を消去して

$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_s^2} \frac{l_c^2}{l_{c1}^2} I_s$$

実際の測定器では被照面と比較燈とを一つの車に乗せ、一體として左右に動かすものが多い(第7-3圖)。この時は常に  $l_c = l_{c1}$  であるから



第 7-3 圖

車 臺 形 光 度 計

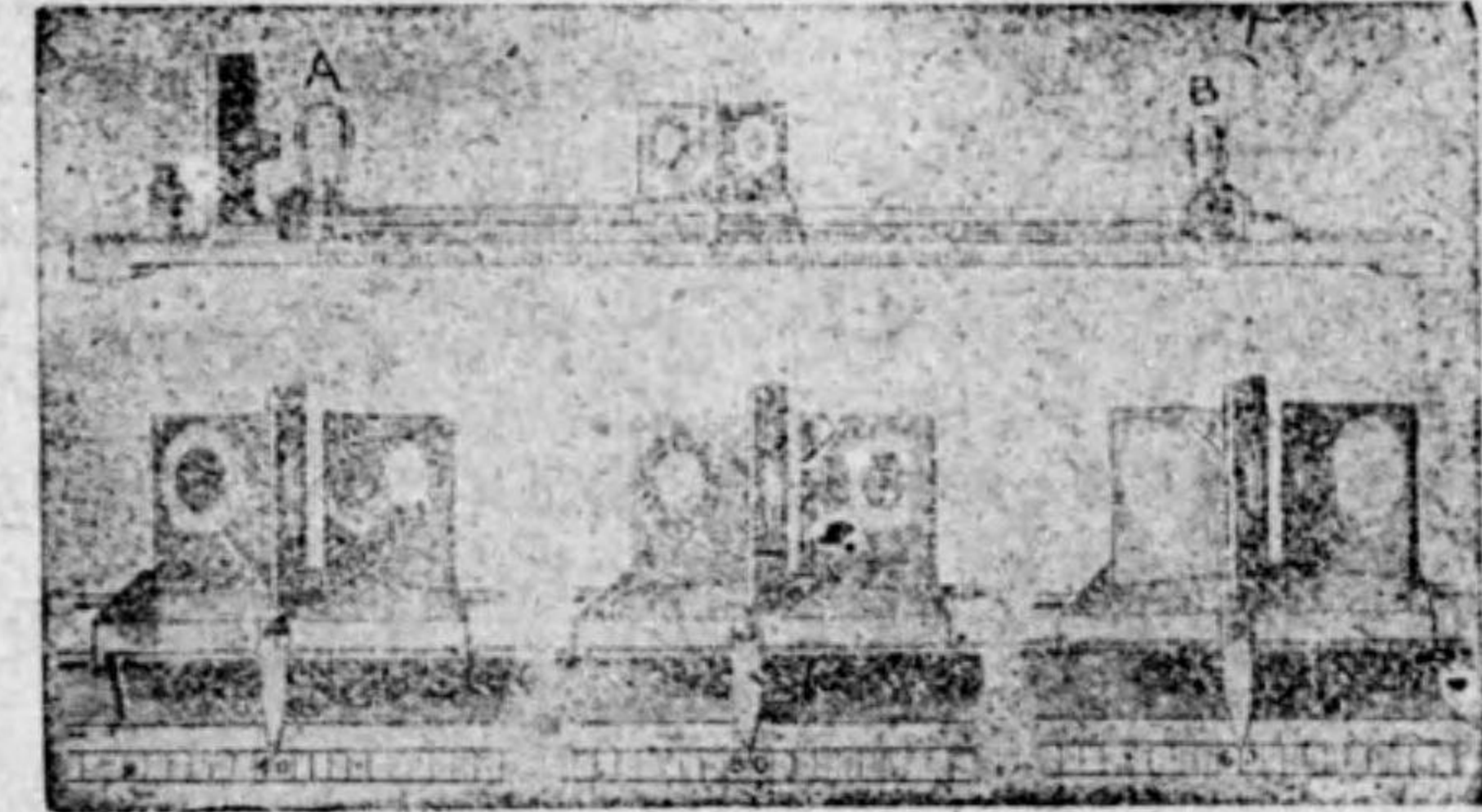
$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_s^2} I_s \dots\dots\dots(7-3)$$

被照面の兩側の照度が同一である事を肉眼で容易に判断出来る様にする目的で種々の工夫があり、それで色々の光度計が出来て居る。

I. ブンゼンスクリン光度計 簡単な光度計で、被照面として稍薄い白色の紙を使ひ、其の中央にパラフィン等で半透明の斑點を作つて置く。そして兩側を同時に見える様、其の背後に被照面と同一の角をなす二面の鏡

が立てゝあり、別に被照面と鏡とが左右に自由に移動出来、且つ移動した位置がすぐ解る様に指針と目盛とがある。

今光度計を使つた時に第7-4圖の下側左端の様に見えたとすれば、其の左側の鏡は被照面の左側、右側の鏡は被照面の右側を明かにする。扱左側では周囲が明るく、



第 7-4 圖

ブンゼンスクリン光度計

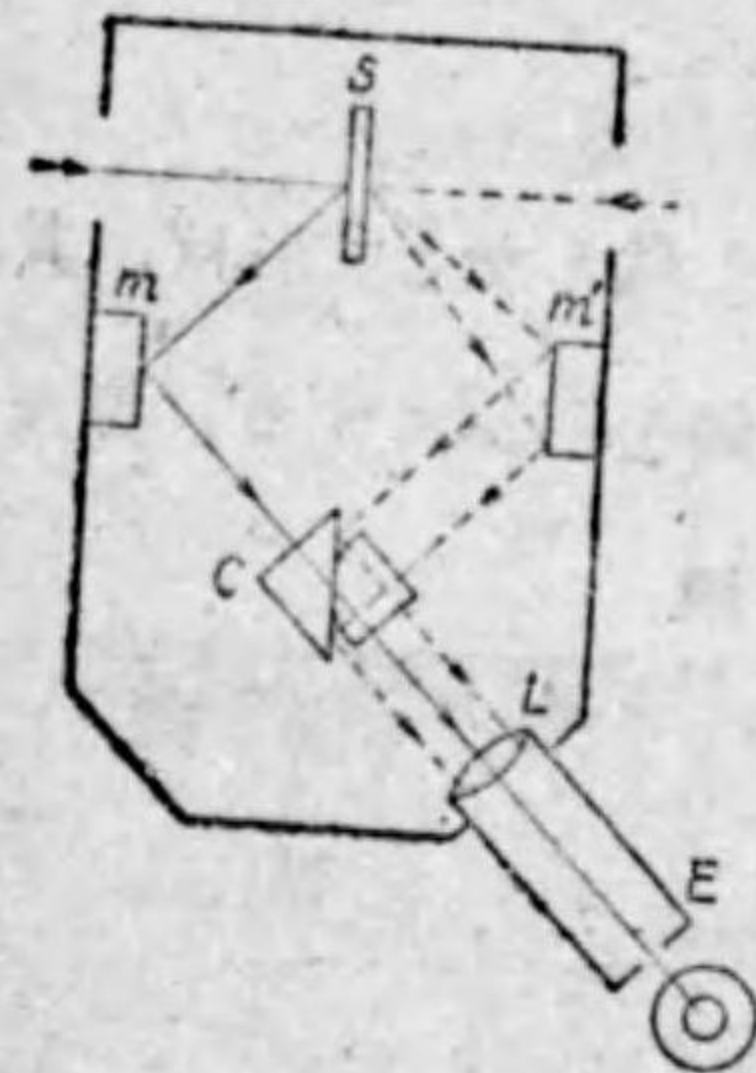
中央が暗い。周囲は左側即ち測定電球からの光の反射で、中央は比較燈からの光の透過したものである。右側ではそれが反對になる。之は左側の照度が右側より大なる事を示して居る。

依つて被照體をズット左側に動かせば、今度は左側で周囲が明るく、中央が暗く、右側では反對になる。そこで徐々に右側に戻すと何處かで左右よりの明るさが同一になる所がある、即ち豫め被照面の反射率と半透明部分の透過率とを同一にして置けば、中央部と周囲との境界が現はれず同一の明さとなる事、同圖右端に示す様になる。之が平衡の状態で、その時の指針の目盛から光度が算出される。

II. ルンメル・プロデューン光度計、等照型 (Lummer-Brodhun photometer, equality type) 第7-5圖で  $S$  は酸化マグネシウムを塗つた被照面で、夫れからの光を  $m, m'$  にある鏡で全反射させて  $C$  なる合成三角稜に向はせる。中央にある合成三角稜はルンメル・プロデューンのキュー



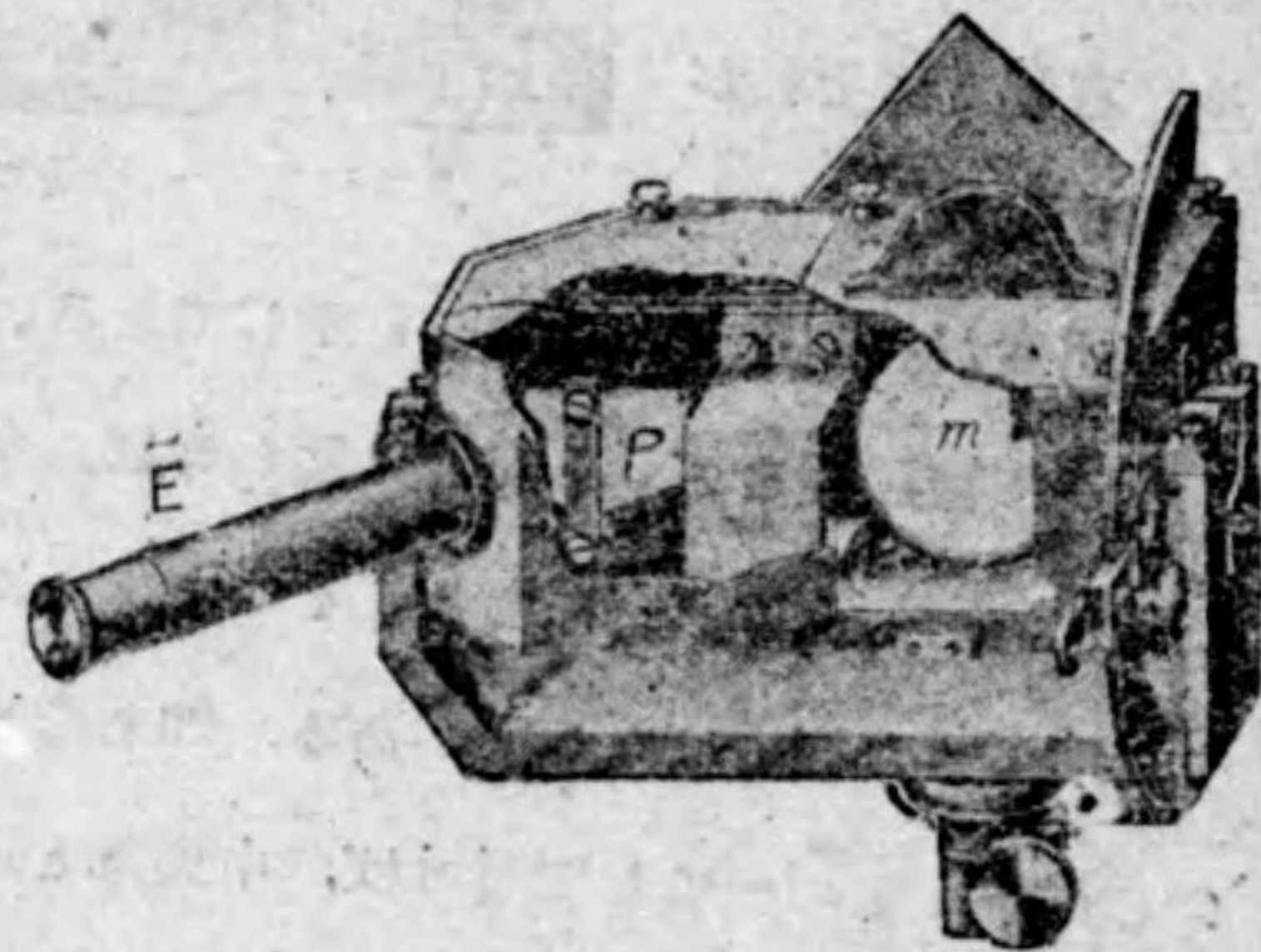
第 7-5 圖



ルンメル・プロヂューン光度計，等照型の原理

ブと呼ばれ，一方は普通の三角稜，他方は底邊を圓形に仕上げ，更に其の中央部を平にした三角稜で，その平な部分が他の三角稜の底と密接し，圖の様な方向に置いてある。今  $m$  から反射した光の内中央の部分は二つの三角稜を真直に進行し，接眼鏡  $E$  でハッキリ認められるが，周圍の分は左側三角稜の底で全反射され， $E$  には達しない。之に反し  $m'$  から反射した光の内中央に来たものは素通りして  $E$  には来ないが，周圍の分は右側三角稜の底で全反射して  $E$  に向ふ。従つて  $E$  から見ると周圍は右側の光源に依る  $S$  の輝度，中央は左側の光源に依る  $S'$  の輝度が解る。従つて中央が明るければ右側に，周圍が明るければ左側に動かすと，下度左右が同照度で， $E$  から見て周圍と内側と區別が出来ない點が平衡點である。

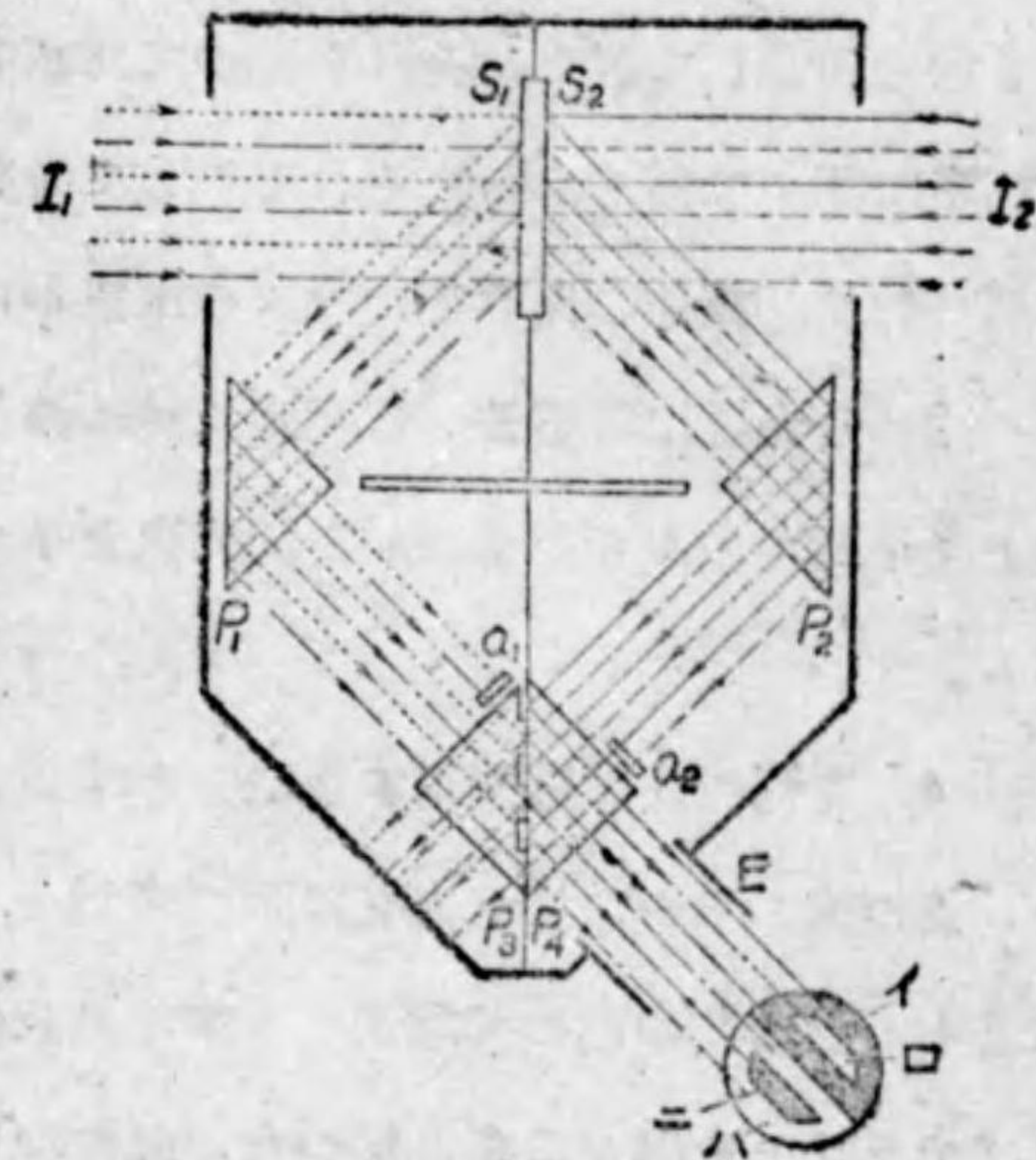
第 7-6 圖



ルンメル・プロヂューン等照型光度計

III. ルンメル・プロヂューン光度計，對照型 (contrast type)  $m m'$  にも三角稜を使ひ， $C$  には一方を丸くする代りに接觸面の所々に溝を掘る事第 7-7 圖の様にする。其の爲め同圖中に示した様な二つの梯形が橢圓形内に表はれブンゼン遮帳と同じ様に對照に便になる。光束の行方は圖で

第 7-7 圖



ルンメル・プロヂューン光度計，對照型

各種の線をたどつて行けば明瞭である。之は兩側の照度が平衡點に近づいた場合に二つの照度が相等しい事を判断するより，二つの照度の對比（違ふ度合の比較）の等しい事を判断する方が正確であると言ふ原理に基づくのである。

其の目的に  $a_1, a_2$  なる稍不透明體が設けてあつて  $S_1$  に當つた光の内  $a_1$  を通るものは右側中央口に， $S_2$  に當つた光で  $a_2$  を通るものは左側の中央ニに表はれる。従つて丁度平衡を得た場合，イとロ，ニとハとは同照度にならない。唯イとロとの對比が，ハとニとの對比と等しくなる。

3. 交照光度計 白熱電燈同志でも 100 ワットの電球と 10 ワットの電球では色が違ふので若干の誤差を生ずる，それは色が違ふと同照度の判断が間違つて來るからである。ましてネオン放電燈を白熱電燈で測定する等は實際上甚だ困難である。依つて特別の方法を要する。

異色測定の方法には次の四法がある。

1. 階段法 相隣る 2 色光では誤差が大きくない範圍の一連の色光を豫め用意して，段々に測つて行くのであるが，頗る面倒である。

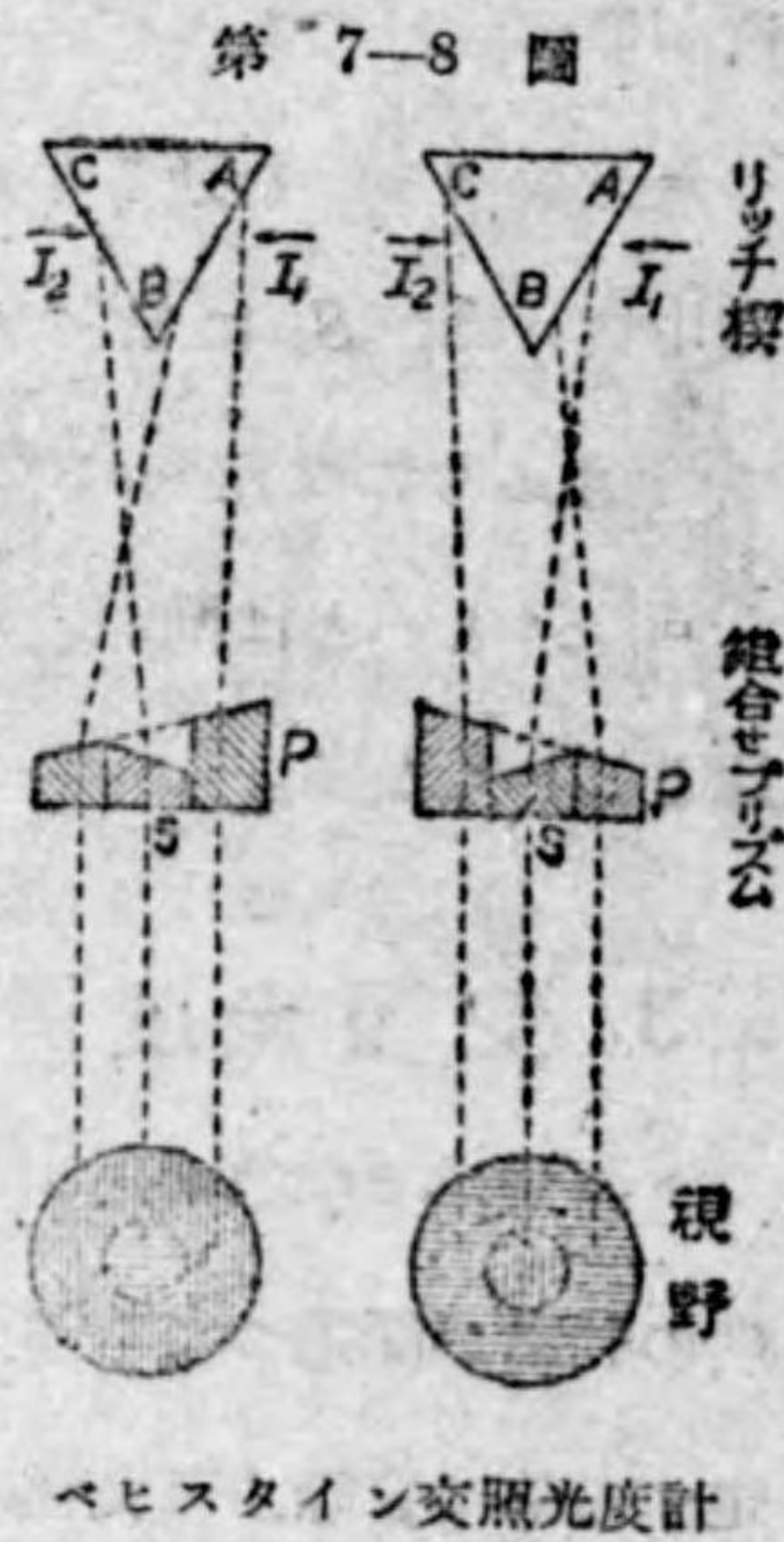


2. 濾光法 測らうとする色光と同一の光質を白熱電球に與へる濾光液を豫め用意して置き、それを使つて比較する、その濾光液の透過率は豫め精密に測つてあるから、それを乗じて光度が求められる。本法はその濾光液の發見、製作、保存等に色々の困難が伴ふ。

3. 分光器に依る法 被測定光源の波長エネルギー曲線を作圖して、それと光束對エネルギーの關係から總光束を求める方法で、純學術的方法である。

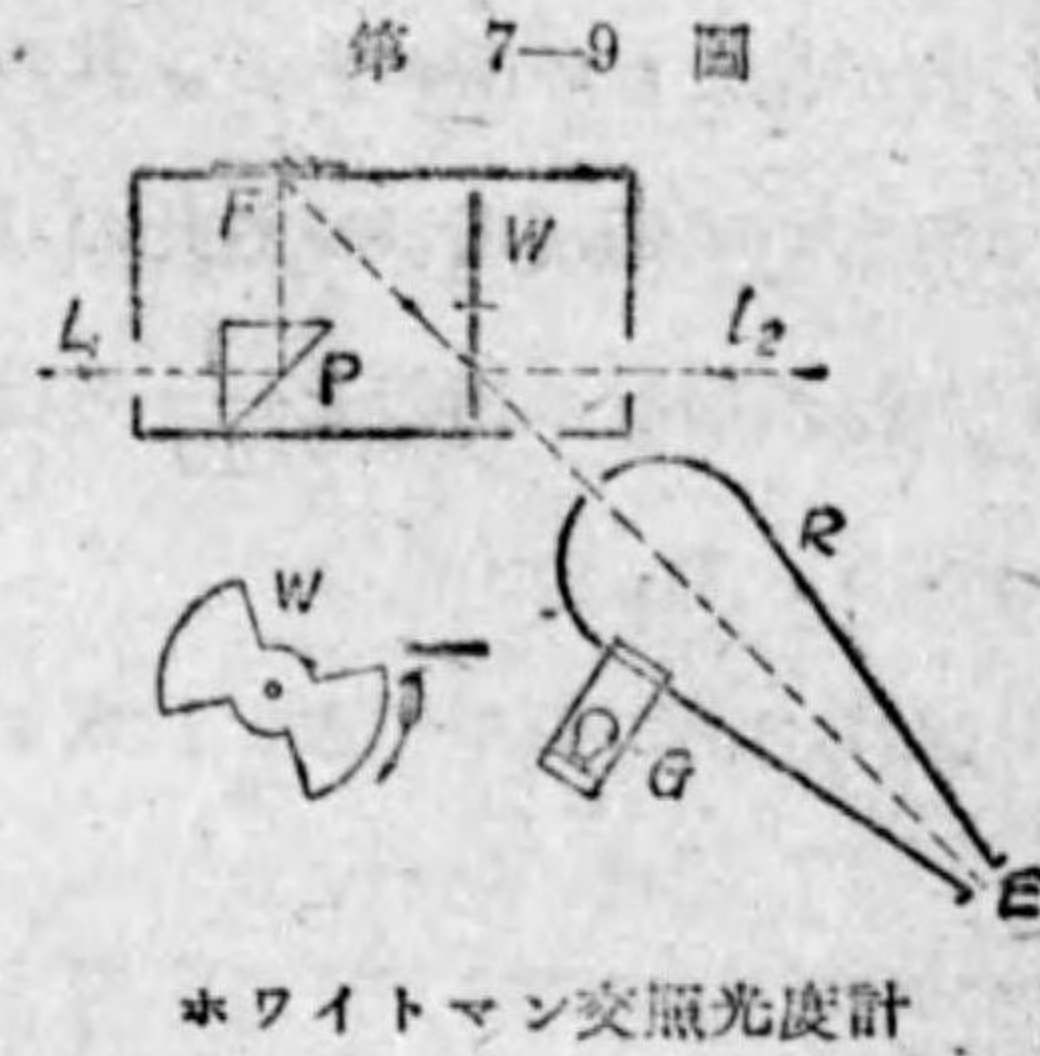
4. 交照光度計を使用する法 本法は最も實用的の方法である。

色の違ふ二つの光が交互に眼に來ると、若し其の交番が速であるならば吾々の眼は其の色の相違が解らず、光度が違へばチラツキを感じる事が解つた。此の理を應用して異色の二光源の光度を測定するものを交照光度計 (flicker photometer) と言ふ。夫れにも色々の方法があるが Bechstein の交照光度計では、リッチ楔と呼ばれる楔形被照面と接眼レンズとの間に回轉する特別の組合せプリズムがあつて、第 7-8 圖に示す様に圖の左の位置では楔の左面からの光は中央に、右面からの光は周圍に見える。組合せプリズムが半回轉すれば、今度は左面が周圍、右面が中央に見える。従つて回轉を次第に速め且光度計頭部を動かしてチラツキのなくなつた點を求めれば、平衡が得られたのである。



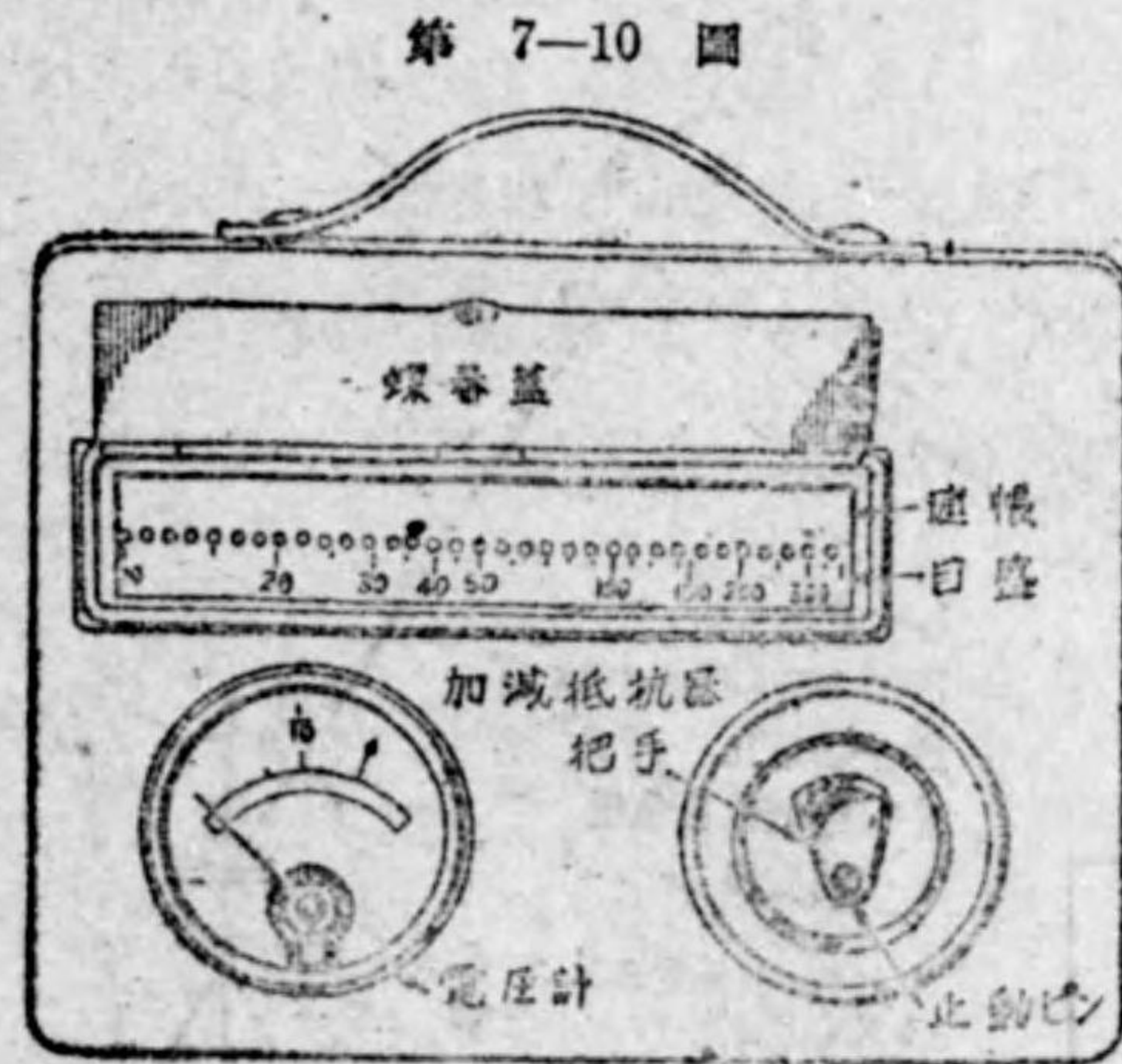
第 7-9 圖は Whitman 交照光度計で、之は W (圖の左下部に取出し

て示してある) なる完全擴散性の圓板が回轉する。従つて E では或る時は右から來る光が W で反射したのが見え、他の時は左から來た光がプリズム P、完全擴散反射面 F で反射したのが見える。W の回轉に従つて之が交る交る見えるので比較出来る。G は R の内面に適當の照度を與へて測定を精確にする爲である。



4. 照度測定 之は希望の場所の照度を測るのだから持ち搬べるものである事を要する。

大略の照度を知るには後述のマツダ照度計に依るのが便利である。同様の



携 帶 照 度 計

の目的に従來は呷燭計が使用された。之は其の表面は第 7-10 圖の通りで、之を測らうとする場所に測らうとする方向に向けて置き、加減抵抗器用把手を廻して電壓計の指針を目盛上の矢印と一致させ、蓋を開けてスクリーン (screen) 上に澤山一直線に並んで居る

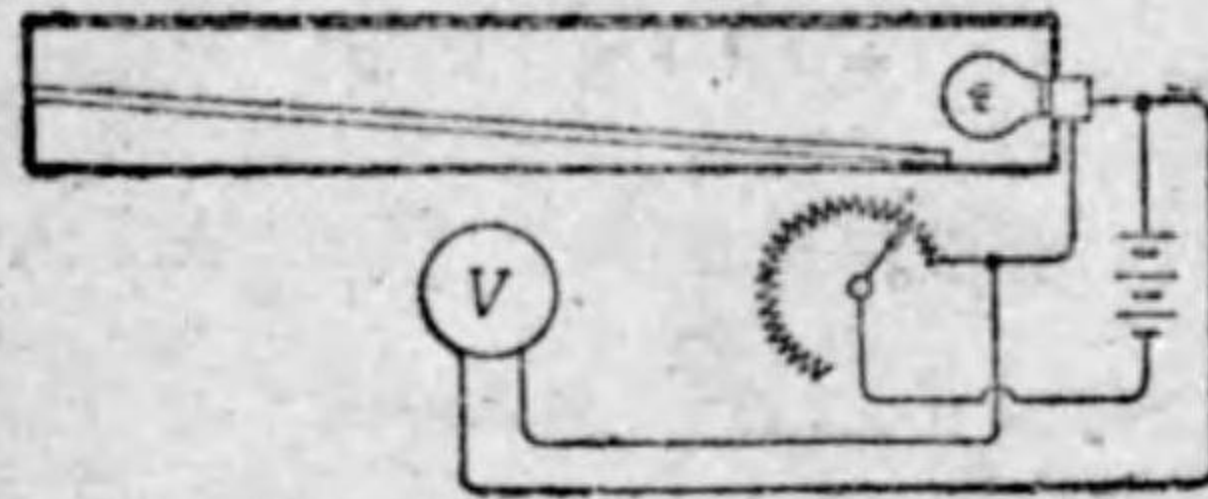
圓を見ると左側では黒圓がハッキリ見え、右側では白圓が明瞭に見える。其の途中に並んで居るべき管



の圓が見えない所がある。其の中間の箇所の下が目盛に依つて測らうとする照度の呷燭（燭米は約此の 10 倍）が得られる。測らうとする照度が暗ければ電圧計の指針を  $\frac{1}{10}$  と書いた所まで戻せば、目盛の  $\frac{1}{10}$  の照度が測られる。

之は内部に標準電燈、乾電池があつて抵抗器及び電圧計が第 7-11 圖の

第 7-11 圖



呷燭計内部接続圖

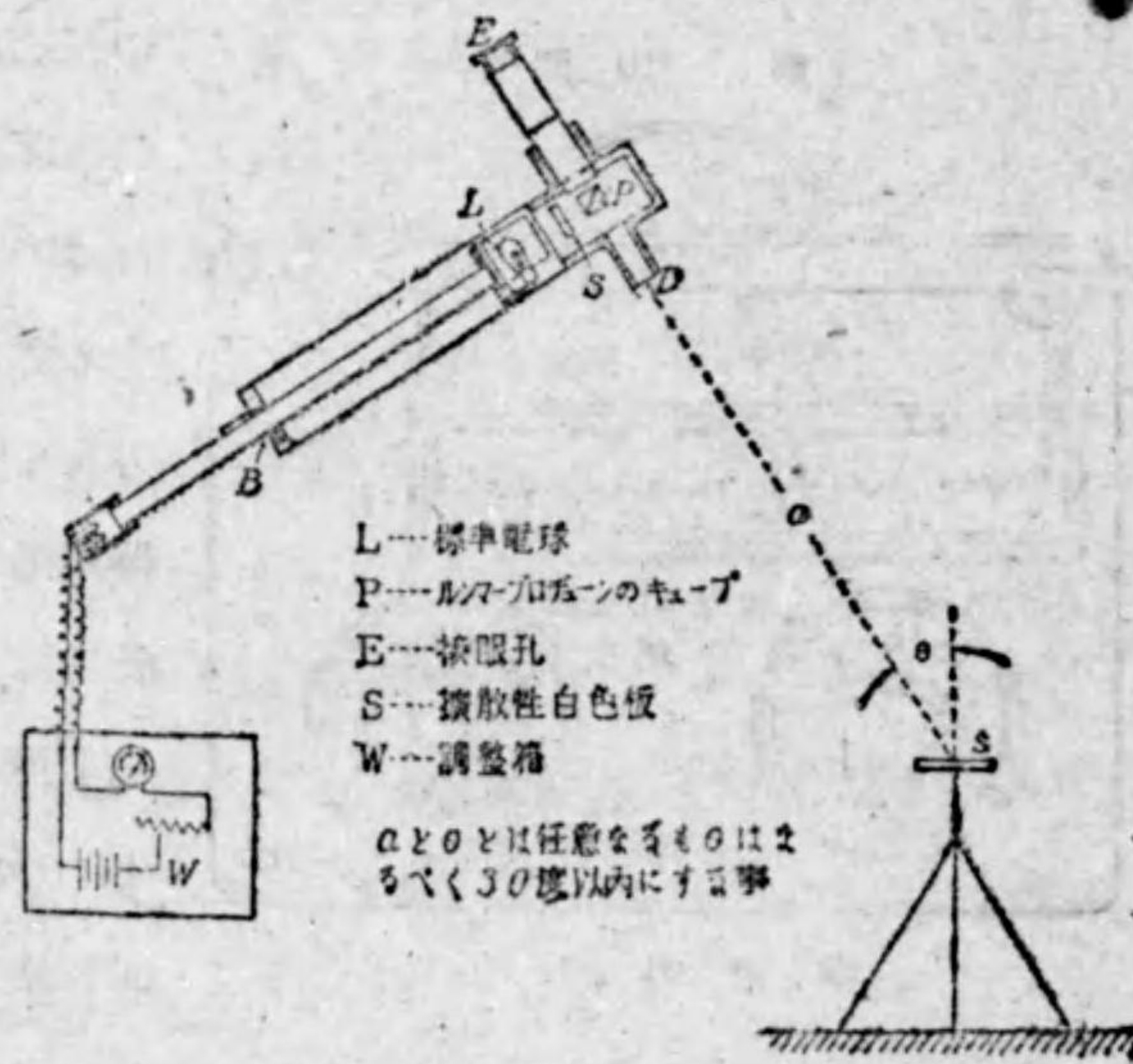
様に接続されて居る。この標準電燈に依つて圓形のみが内部から照明されるが、其の透過輝度は左側に行くに従つて減少するから、測らんとする照度即ち遮帳外部の照度の反射に

依る輝度と一致すれば圓形の境界従つて圓形そのものが見えぬのである。

尙精密に照度を測定するにはマクベス (Macbes) 又はシャープミラー (Sharp miller) の照度計が使用される。こゝには前者だけ説明しよう。

先づ照度を測らうとする箇所の測らうとする方向に試験板  $s$  を置く。之は完全

第 7-12 圖



マクベス照度計断面圖

L...標準電球  
P...ルンメル・プロヂューンのキューブ  
E...接眼孔  
S...擴散性白色板  
W...調整箱  
 $\alpha$ と $\theta$ とは任意な角を $\theta$ はなるべく30度以内にする事

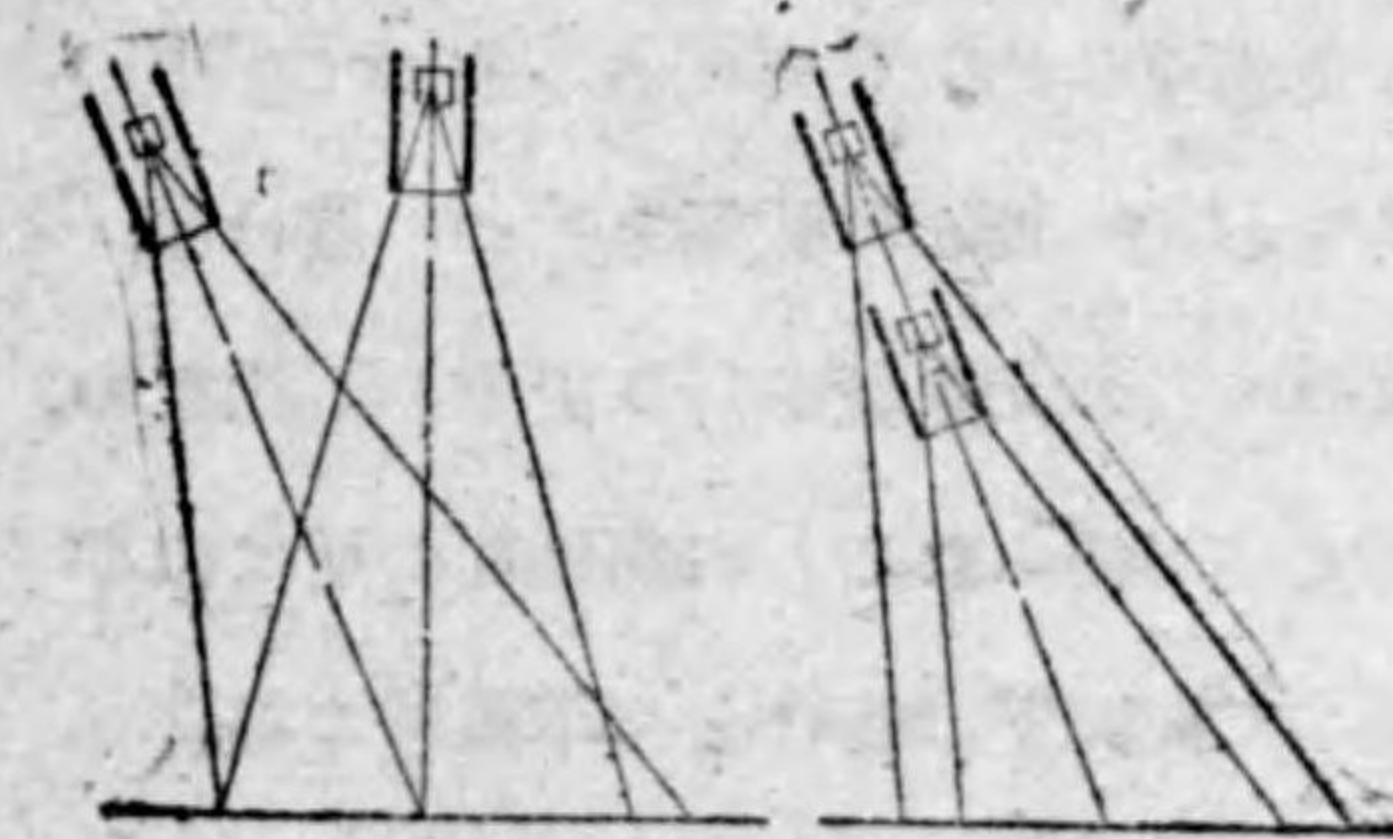
擴散性の反射面である。

照度計の本體はルンメル・プロヂューンのキューブ  $P$ 、標準電球  $L$ 、之を抜き差しする把手とラック  $B$ 、接眼レンズ  $E$  から成り、別に標準電球點火用の電源、抵抗器及び電圧計がある。この電源は鞆に入れ首に掛ける。

先づ測定者は  $s$  の近く、 $s$  の垂直方向から  $30^\circ$  以内の所に立ち、計の  $D$  を之に向ける (第 7-13 圖、 $s$  は三脚で希望の所に置く)。そして  $E$  に眼をあて、キューブを見ながら、 $L$  を擴散性白色板  $s$  からの距離を變化し、板の輝度を同一にする。そこで、指針を讀むと直ちに照度が得られる。

この測定では計器と試験板との距離  $l$ 、 $D$  の方向が垂直方向となす角  $\theta$  には關係しない。今垂直の場合と同一距離で  $\theta$  だけ傾いた場合と比較すると光度は傾いた方が  $\cos \theta$  倍になる

第 7-14 圖



照度計の距離と傾

第 7-13 圖



マクベス照度計で  $s$  の照度を測定中の圖

が、キューブに光を送る面積が  $1/\cos \theta$  倍に増加するから、キューブへの光は變りがない。又角度が同一で  $l$  が違つてもやはり逆二乗の法則とキューブに光を送るに有効な  $s$  上の面積とを考へると同一になる (第 7-14



圖)。

測定に出掛ける前に豫め標準照度で標準電球に何ボルトを與へたとき、目盛が正しいかを調べて置けば極めて精確に求める事が出来る。

尙強い照度の測定には  $P$  と  $D$  との中間に透過率の明かな適當の透過板を設ければ良く、照度が弱い場合には、光源の電壓を低下して或る程度までは測定出来る。唯測定者の陰で、の照度が影響されない様に注意を要する。

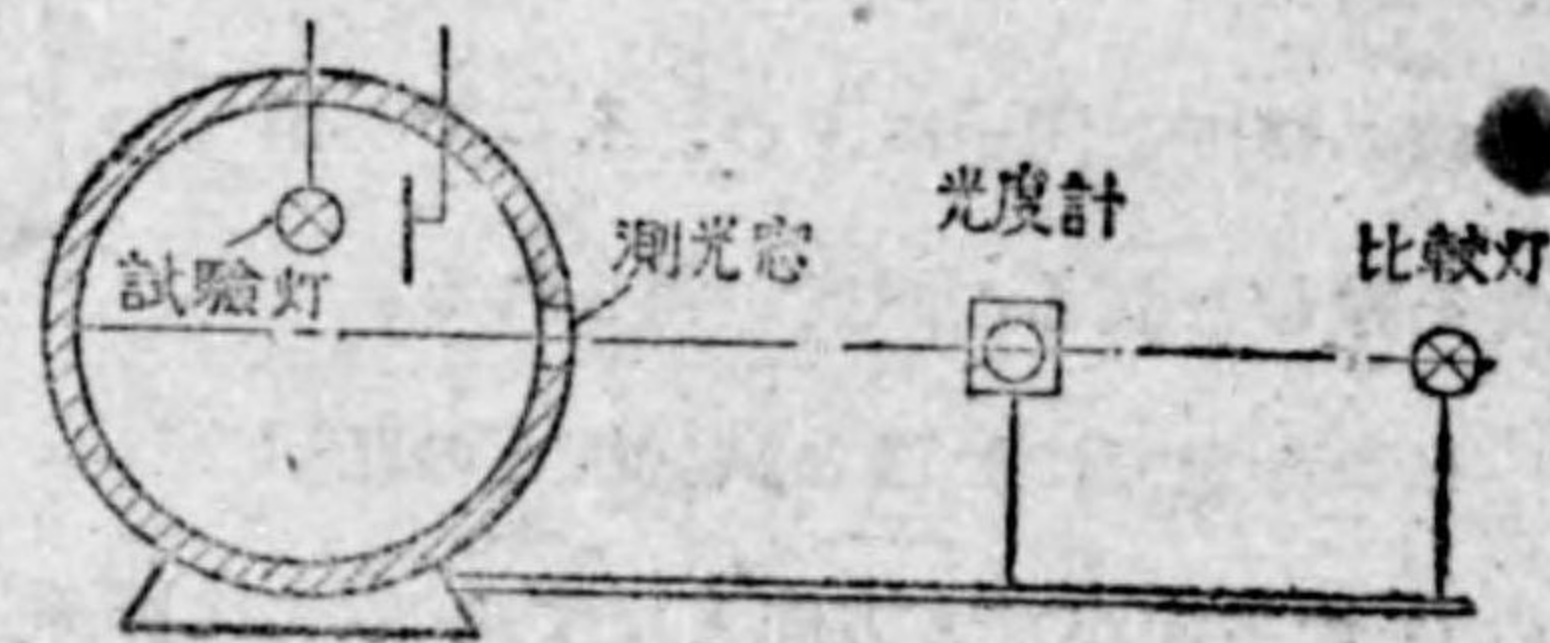
5. 光束計 或る光源の輻射する總光束を直接測定するものを積算光度計又は光束計と言ふ。其の一種にウルブリヒト光束計がある。之は

球形光束計 (globe photometer) と稱せられ、第

7-15 圖に示す様に、直径 0.3~2.4 米位の球の内面に

擴散性白色塗料を施したも

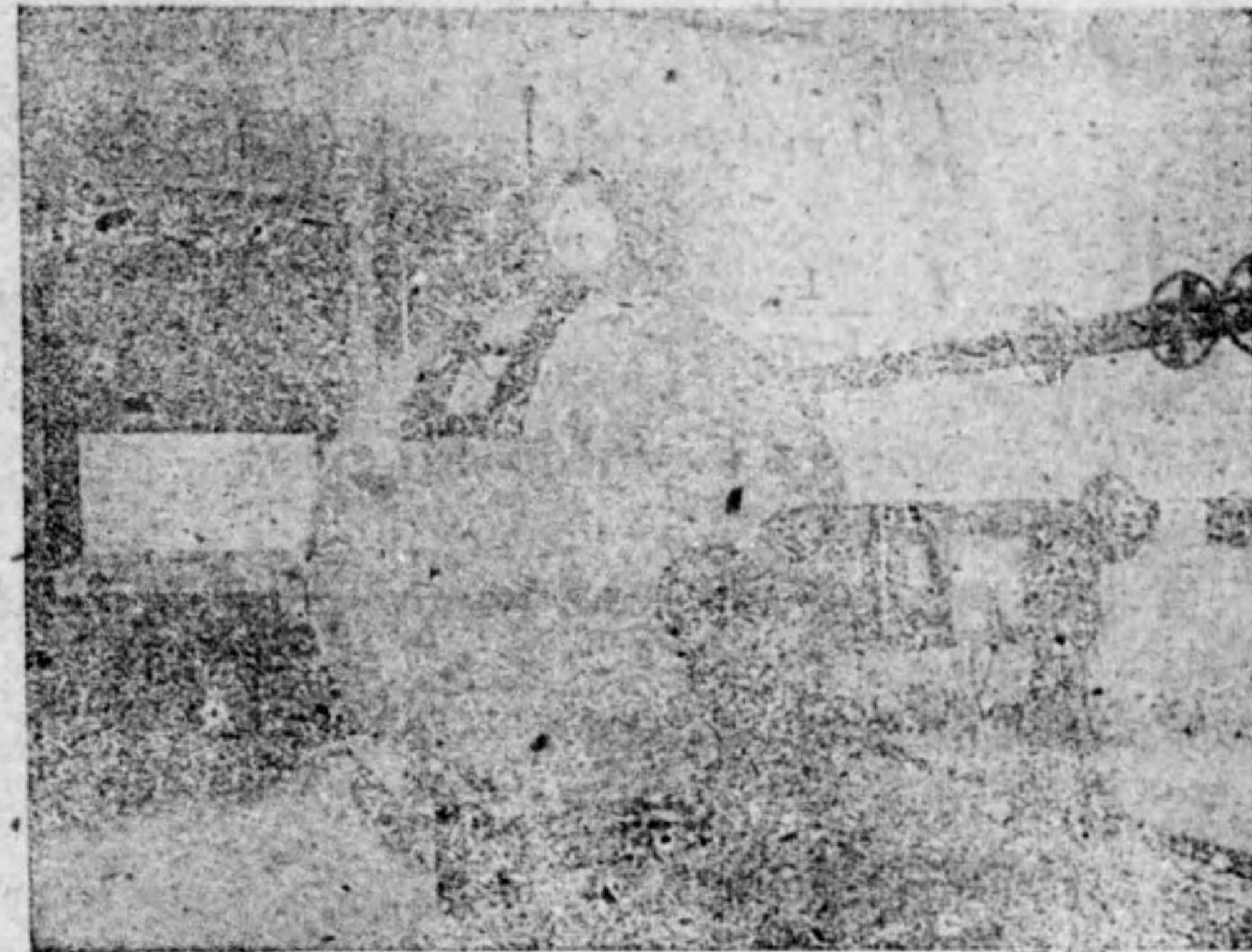
ので、其の中央に光源からの直接光を遮つた測光窓がある。其の窓の内面の照度は球の凡べての内面から反射して来る光で照される爲め全光束に比例して来る。依つて光束の解つて居る電球を使つて測光窓の光度と光束數との關係を知つて置けば、逆に他の電球を入れた時の光度を測つて其の光束數が計算出来る。光束のルーメン數を  $4\pi$  で除せば平均球面光度が得られる。内部に別の所に標準電球が入つて居て、其の電壓を加減して被測體の場合と標準電球の場合と同一照度を被照面に出させ、其の電壓から光束を算出する方法もある。



ウルブリヒト光束計 (原理)

第 7-15 圖

第 7-16 圖



ウルブリヒト光束計 (外形)

この光束と測定窓の光度との關係を一般に證明する事は困難であるから、均等光源が球の中心に置かれた場合で考へる。今その光源の光度  $I$ 、球の半径を  $R$  m とすれば

$$\text{直射光に依る内面の照度} = I/R^2$$

$$\text{それに依る光束發散度} = \rho I/R^2$$

$$\text{従つて 第一回反射總光束} = 4\pi R^2 \cdot \rho I/R^2$$

$$\text{故に 第一回反射總光束の照射に依る内面の平均照度} = \rho I/R^2$$

この光束は再び反射して三度球内面に照射する。

$$\text{第二回反射總光束} = 4\pi R^2 \cdot \rho^2 I/R^2$$

$$\text{之に依る平均照度} = \rho^2 I/R^2$$

これを幾回となく繰り返す、従つて球内面の照度  $E$  は



$$\begin{aligned}
 E &= \frac{I}{R^2} + \rho \frac{I}{R^2} + \rho^2 \frac{I}{R^2} + \rho^3 \frac{I}{R^2} \\
 &= \frac{I}{R^2} \left\{ 1 + \rho + \rho^2 + \rho^3 + \dots \right\} \quad \left( \begin{array}{l} \text{初項 } 1, \text{ 公比 } \rho \text{ の無} \\ \text{限等比級数の總和} \end{array} \right) \\
 &= \frac{I}{R^2} \frac{1}{1-\rho}
 \end{aligned}$$

従つて擴散照度（直接光に依るものだけ除いたもの）は

$$E_s = \frac{I}{R^2} (\rho + \rho^2 + \dots) = \frac{I}{R^2} \frac{\rho}{1-\rho}$$

測光窓の外側の光束發散度は其の透過率を  $\sigma$  として

$$\text{測光窓の光束發散度} = \sigma \frac{I}{R^2} \frac{\rho}{1-\rho}$$

測光窓の面積を  $A$ , 全光束数を  $F$  とすれば, 完全擴散面であるから

$$\text{測光窓の光度} = \frac{\sigma}{4\pi^2} \frac{F}{R^2} \frac{\rho}{1-\rho} A$$

## 6. 配光曲線

ある。

眞空電球は平均水平光度と呼ばれた。平均水平光度を求めるには、電球を垂直軸を中心として回轉する、即ち水平各方向の光度が光度計頭部に向ふ様にして電球を毎分 140 回轉位の速さで廻す。餘りユックリだと光の變化でチラツツし、餘り速すぎれば織條の形が變化する處がある。斯く廻して普通の様に測定すれば平均水平光度が求められる。第 7-17 圖は本校實驗室の電球回轉装置である。

球面光度を求めるのに光束計があれば容易であるが、之が無い場合には

豫め同様の電球で球面換算率を求めて置き、平均水平光度を測つてそれから計算するのも一方法であるが、ガス入電球では球面換算率が箇々での相違が大なので精確を缺く處がある。

依つて平均垂直配光曲線を求めて、それより計算する方法を述べよう。配光曲線を求めるには、白熱電球の様に光源を傾けても其の光度に變化のないものは電球を回轉した儘で先づ垂直軸の方向の光度を測り、次に光心の位置は變へず、光度計に向ふ方向だけ變へて  $10^\circ$  又は  $15^\circ$  置きに測定して  $180^\circ$  近くに到る ( $180^\circ$  はソケット其他にさへぎられて測れぬ)。第 7-17 圖の右上にある周圍に穴のあいた環及びその下部の止めは、電球を或る傾に保持する爲のものである。

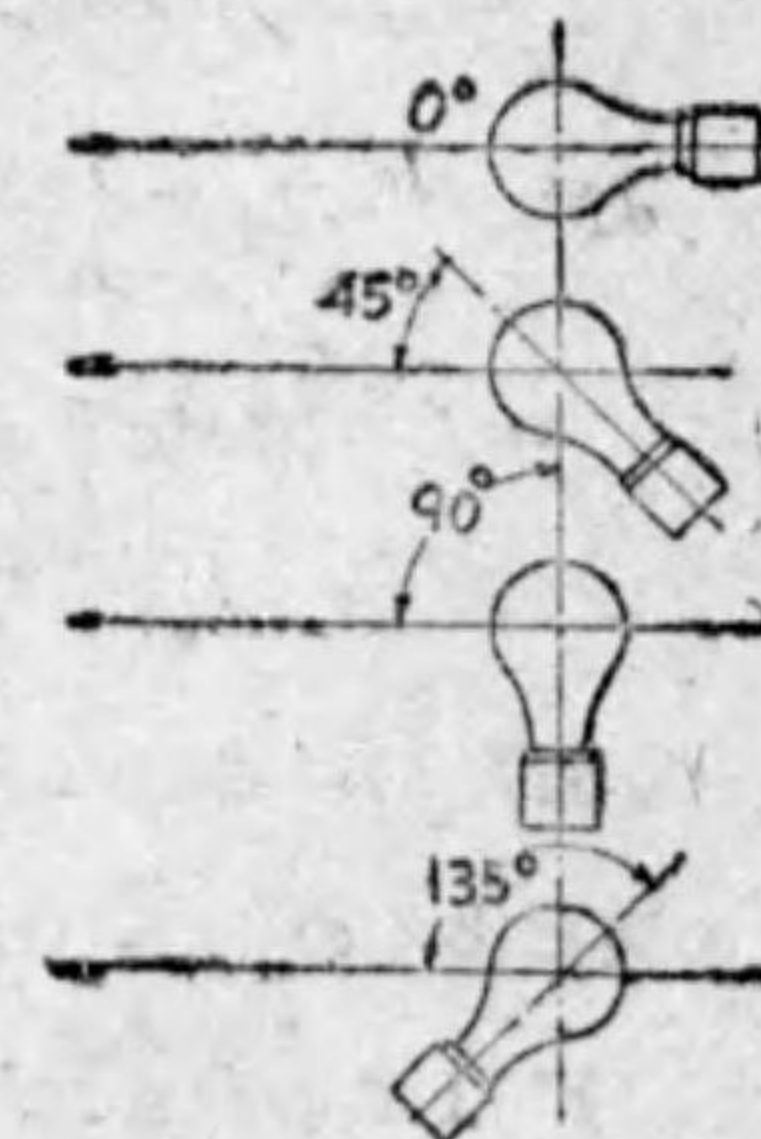
第 7-17 圖



電球回轉裝置

曲線の垂直角  $\theta$  はソケットを上にして光軸の方向を  $0^\circ$  とし、それより第 7-18 圖で測光の爲に回轉する角で計られる。そして  $\theta$  の方向の光度  $I_\theta$  が  $\theta$  の函數として與へられれば、それから光束を數學的に求める事も出来るが、配光曲線の多くは複雑なものであるから、近似法又は圖的計算に依る。

第 7-18 圖



配光曲線の垂直角

## 7. ルーソ一線圖

平均垂直配光曲

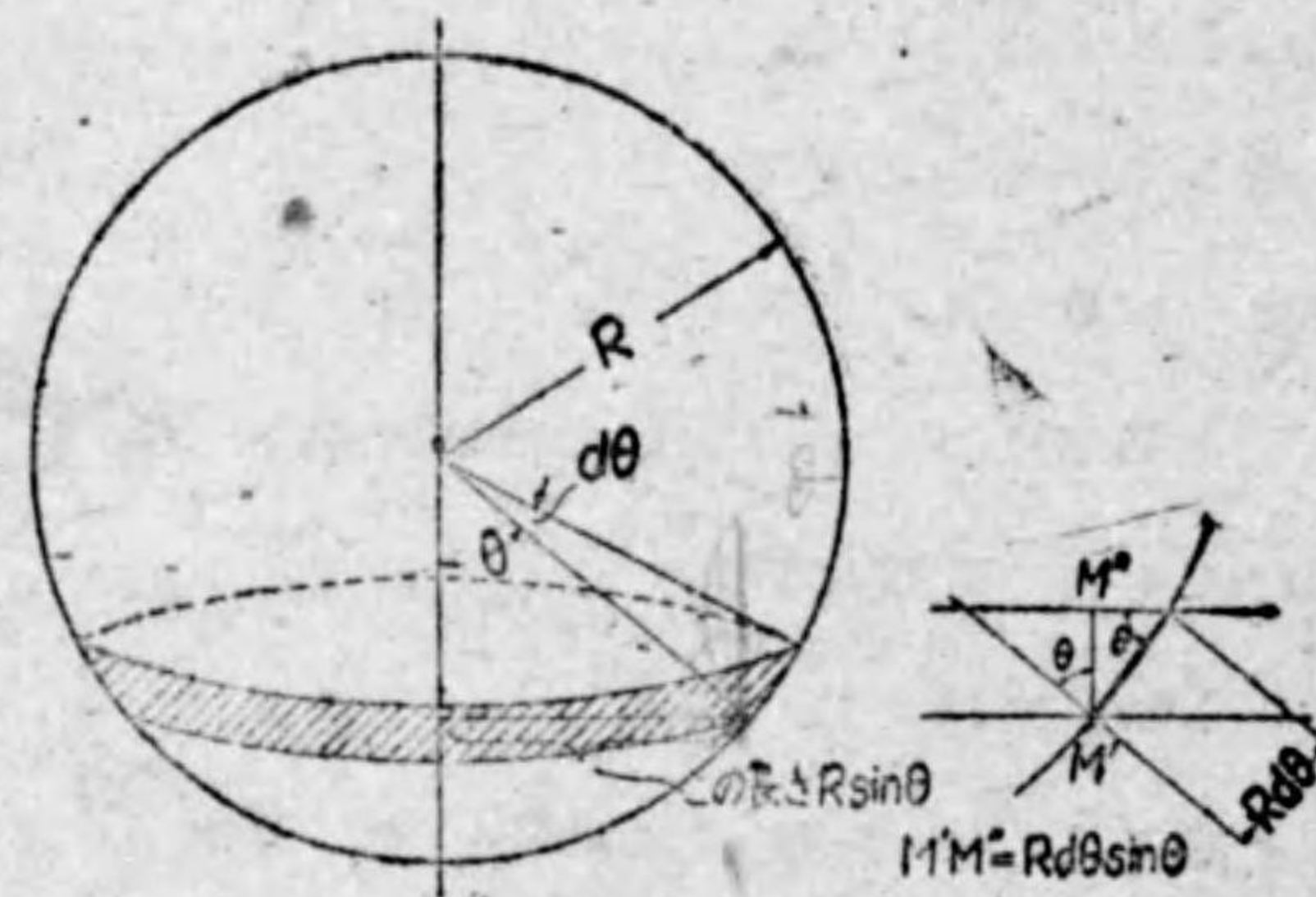


線から光束従つて球面光度を求める計算方法にも色々あるが、こゝにルーソー線圖を説明しよう。

今光源を中心とし其の周圍に半徑  $R$  の球面を想像する。垂直軸と  $\theta$  なる角をすする方向と  $\theta + d\theta$

第 7-19 圖

なる角をすする方向とに挟まつた球の表面を球帯と言ふが、其の面積(第 7-19 圖の陰をつけた面積)を  $da$  とすると、之に其の方向の平均球帯光度



球 帯 説 明 圖

$I_0$  (平均垂直配光曲線の其の方向の光度) に依

る照度を乗すると其處を貫き出る光束數が得られる。これを球帯光束と言ふ事がある。  $da$  は、長さが半徑  $R \sin \theta$  の圓周で、幅が圓弧の長さ即ち半徑  $\times$  角  $= R d\theta$  であるから、

$$dF = \frac{I_0}{R^2} da = \frac{I_0}{R^2} \times 2\pi R \sin \theta R d\theta = I_0 \times \frac{2\pi}{R} \overline{MM'} \text{ (球帯の高さ)}$$

$$= I_0 \times 2\pi \sin \theta d\theta \dots\dots\dots(7-4)$$

そこで配光曲線上に光源  $O$  を中心として任意の半徑  $r$  で圓を畫き(第 7-20 圖), 別に曲線の垂直軸  $YY$  と平行に  $Y'Y'$  を引いて置く。次に先きの圓に多くの半徑  $OP$  を引き、其の圓周上の點より水平線を引いて其の  $Y'Y'$  よりの高さ(水平の長さ)  $MN$  が配光曲線が半徑を切る長さ  $OP$  (即ち其の方向の平均光度  $I_0$ ) に等しくなる様にして  $N$  點の軌跡を求

める。

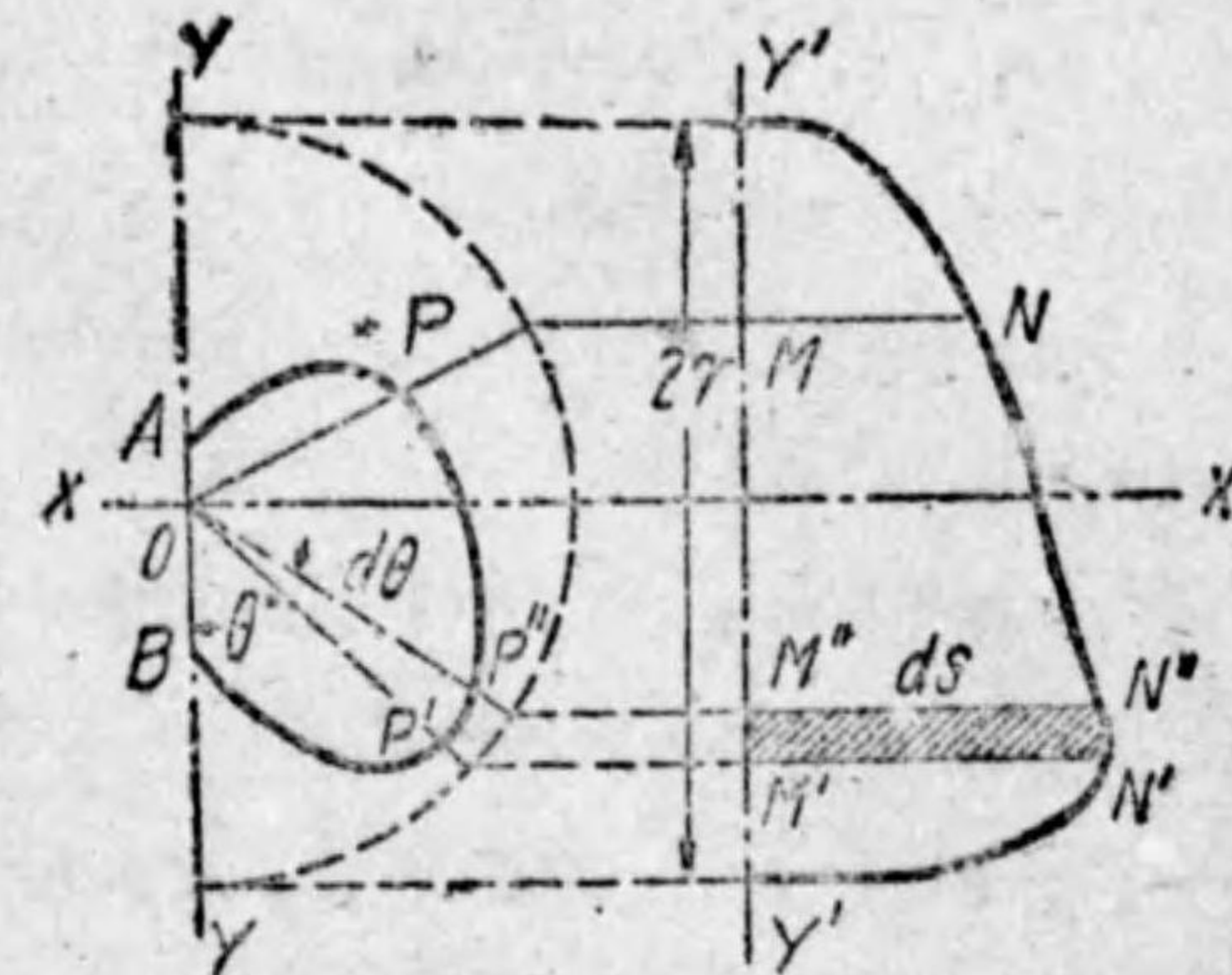
第 7-20 圖

すると  $MM'$  の長さは  $r \sin \theta d\theta$  に相當するから、

$$\text{面積 } M'N'N'M' = ds = I_0 \times \overline{MM'}$$

$$= \frac{r}{2\pi} dF$$

(但し  $MM'$  即ち  $d\theta$  の間で  $I_0$  が變化すれば其の平均を考へる。) となる。従つて



ル - ソ - 線 圖 説 明 圖

$N$  曲線が  $Y'Y'$  と圍む面積は  $\frac{r}{2\pi} F$  となる。故に

$$F = \frac{2\pi}{r} \times \text{面積 } Y'NN'Y'$$

依つて  $N$  の平均即ち  $N$  曲線が  $Y'Y'$  とで圍む面積を  $Y'Y'$  の長さ  $2r$  にて除したものは

$$N \text{ の平均} = \frac{r}{2\pi} F + 2r = \frac{F}{4\pi} = \text{平均球面光度} \dots(7-5)$$

更に大體で良い時は次の様な方法もある。

第 7-19 圖で  $\theta$  の値が  $\theta_1$  から  $\theta_2$  までの間に挟まる球帯で、 $I_0$  が定數と認めて良いとすれば、球帯に照射する光束は初歩の積分學より次の様に求められる。

$$\theta_1 \text{ から } \theta_2 \text{ 迄の球帯光束} = I_0 \times 2\pi(\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \dots\dots(7-6)$$

實際は  $I_0$  は  $\theta_1$  と  $\theta_2$  との平均即ちその中央の光度をとる。即ち中央の光度が平均と見做しても大差ない様に  $\theta_1$  と  $\theta_2$  とをとるのである。



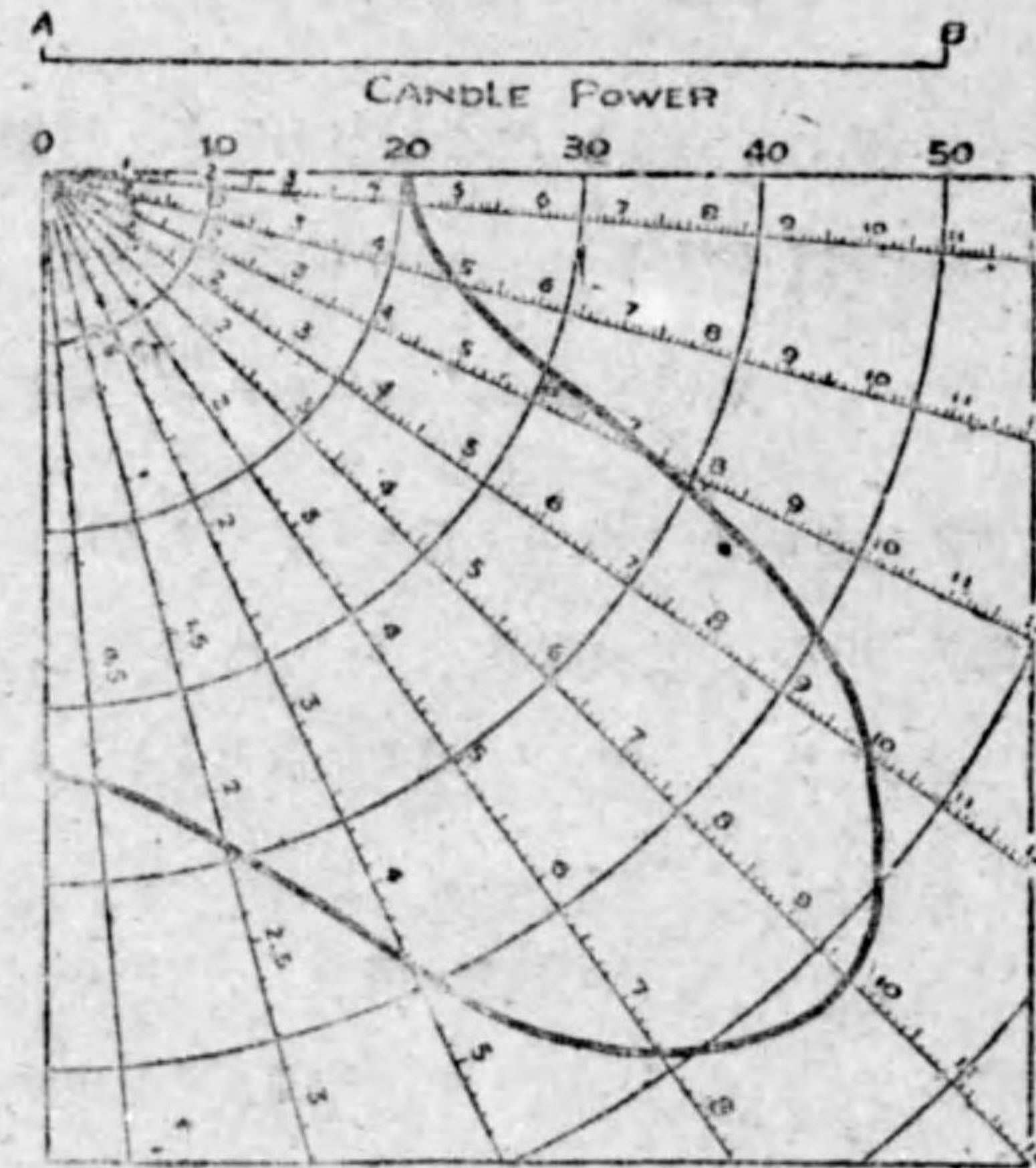
そこで球を等しい幅の球帯に分ける。即ち 12 等分する場合 (垂直角  $15^\circ$ ) ならば, 其の幅を  $R\pi/12$ , 18 等分する場合 (垂直角  $10^\circ$ ) ならば其の幅が  $R\pi/18$  になる様に分ける。そして各球帯の平均光度 (多くは其の中央の方向の光度) に豫め計算した各球帯の位置で遠ぶ係数を乗じて夫々の球帯光束を求め, それを合計して總光束とする。

今 12 等分した場合を説明すると, 光度は普通  $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$  と言ふ具合に測るから,  $0^\circ$  の分に對しては  $\cos 0^\circ - \cos 7.5^\circ = 1 - 0.9914 = 0.0086$  に  $2\pi$  を乗じた  $0.0086 \times 6.24 = 0.054$ ,  $15^\circ$  に對しては  $2\pi (\cos 7.5^\circ - \cos 22.5^\circ) = 6.24 \times (0.9914 - 0.9239) = 0.424$  等を測定光度に乗ずると球帯光束が得られ, 其の總和を求めれば總光束が得られる。この係数は次の様である。

$0^\circ$ と $180^\circ$	0.054
$15^\circ$ と $165^\circ$	0.424
$30^\circ$ と $150^\circ$	0.820
$45^\circ$ と $135^\circ$	1.160
$60^\circ$ と $120^\circ$	1.421
$75^\circ$ と $105^\circ$	1.584
$90^\circ$	1.640

若し此の計算を度々やるのであれば, 豫め各方向に上記の定数を考慮した目盛をセルロイドに作つて置けば, 其の目盛で配光曲線を讀んで合計するだけで  $\Phi$

第 7-21 圖



光束計算圖

が得られる。尤も配光曲線の目盛が違ふ場合には換算する必要がある。第 7-21 圖は此の目盛を或る配光曲線の上に重ねた場合で, セルロイドの目盛は  $AB$  の長さが 10 燭に取つてあるから, 此の場合の様に配光曲線の目盛は  $AB$  が 50 燭に相當するのであれば結果を  $\frac{50}{10} = 5$  倍する。

### 8. 物理測光

上述の方法は何れも二つの輝度が等しい事を肉眼に依つて判断して居る。所が肉眼は融通がきくだけに常に精確とは言へない。人に依つても多少違へば, 同一人でも午前と午後, 又今日と明日で多少違ふ。そこで輝度が等しい事を肉眼で判断させずに測定する方法を總稱して物理測光と言ふ。

物理測光が普通の測光法より一般に優れた點は (1) 人に依る誤差がない事と (2) 測定が早い事とである。

a. 輻射計 白金黒に輻射を吸収させ, 温度の上昇に依る抵抗の變化をホイートストン・ブリッジで測るものや, 多くの熱電堆を直列にしたものに測らんとする輻射をあてゝ, 其の熱起電力を測つて光束を求むるものである。輻射と光束との關係は豫め分光法で求めて置くか或は肉眼の感度と同一の透過率を有する濾光液を使ふ。

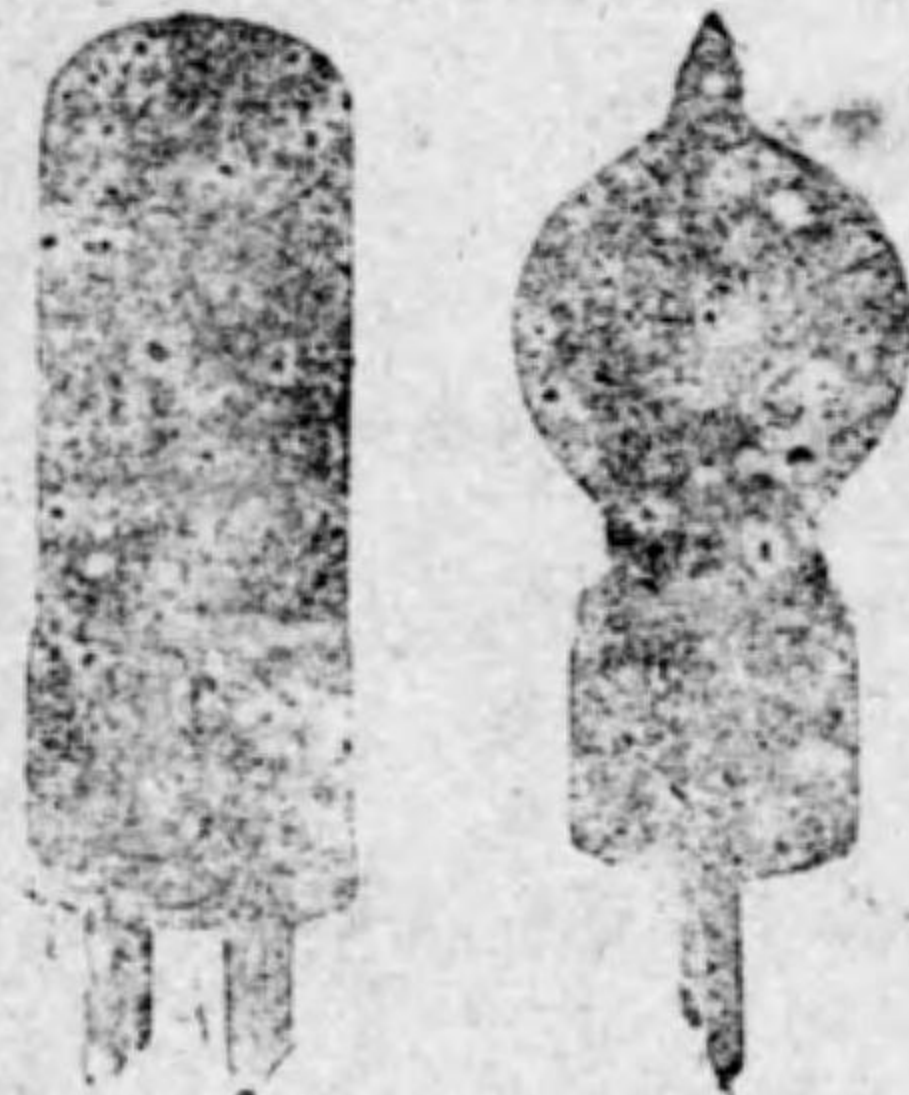
b. 寫眞乾板又はフィルム 長時間の効果が積算されるので低照度の測定に便利であるが, やはり肉眼と感度が違ふのが缺點である。

c. 光電管 アルカリ金屬 (Ri, Na, K, Kb, Cs) 及びアルカリ土類金屬 (Mg, Ca, Sr, Ba) 又は其の水素化合物の帶電體に光を當てると電子を射出す性質を利用し, ガラス球の内面に之を塗布したものを陰極とし, 別に中央に網形を設けて陽極として適當の電壓を與へ, その窓に光を當てると



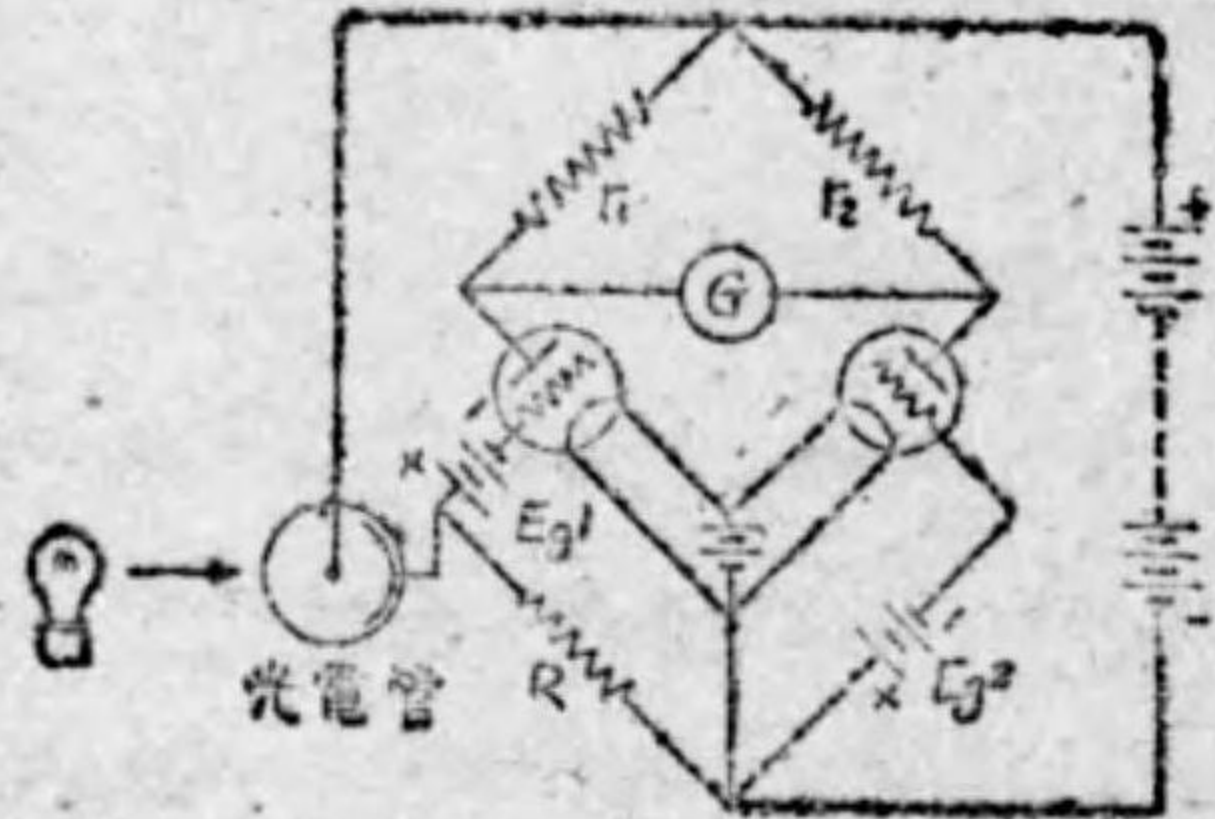
電流が逆る様にしたものを光電管 (photo-tube) と稱する。第 7-22 圖は其の一の二の形状である。

第 7-22 圖



光電管の形状

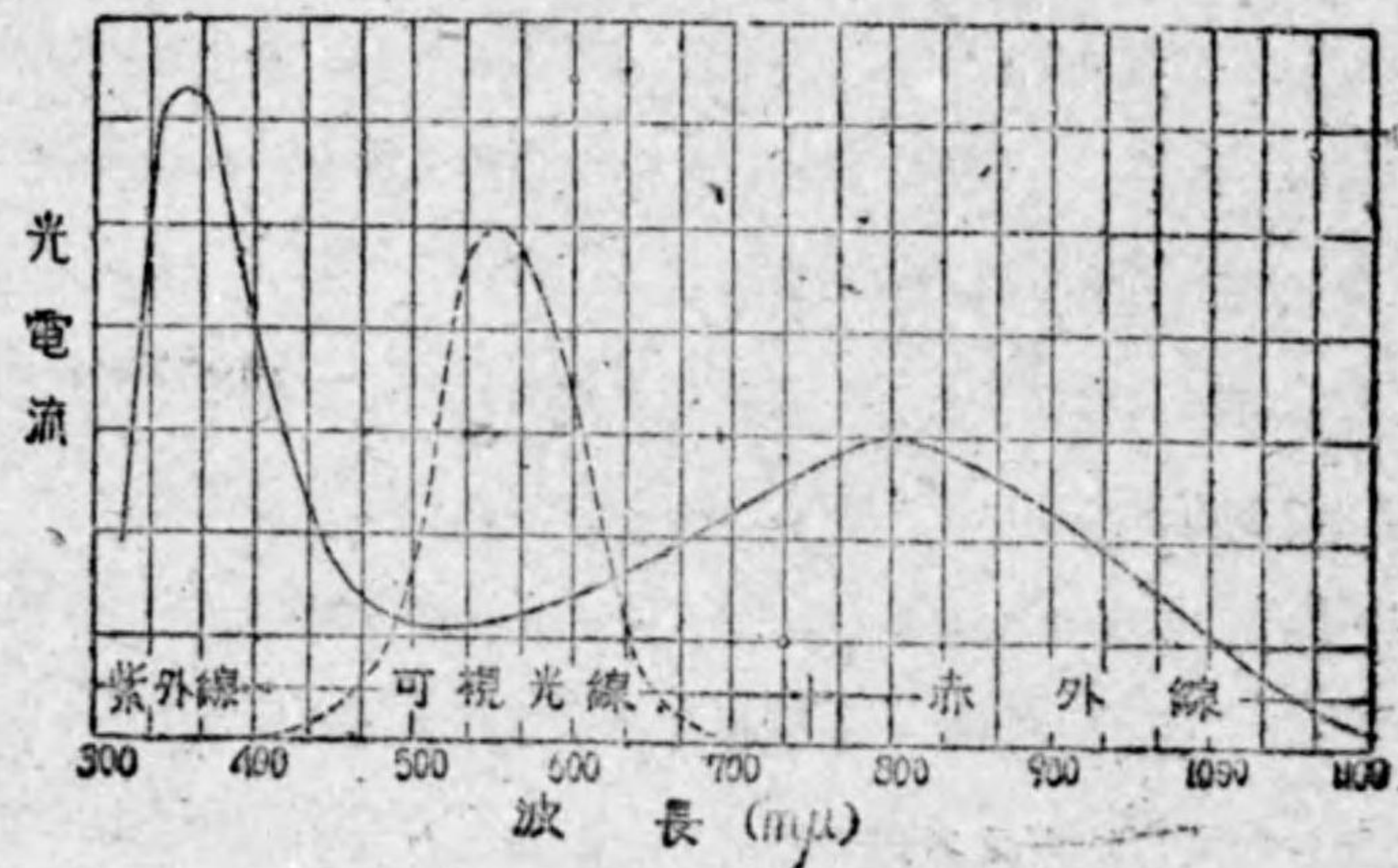
第 7-23 圖



光電管光度計接続圖

此の際通する電流はマイクロアンペア級のものであるから、之を實用に供するには第 7-23 圖の様に接続してミリアンペア級に擴大し、檢流計にて表示させる。

第 7-24 圖

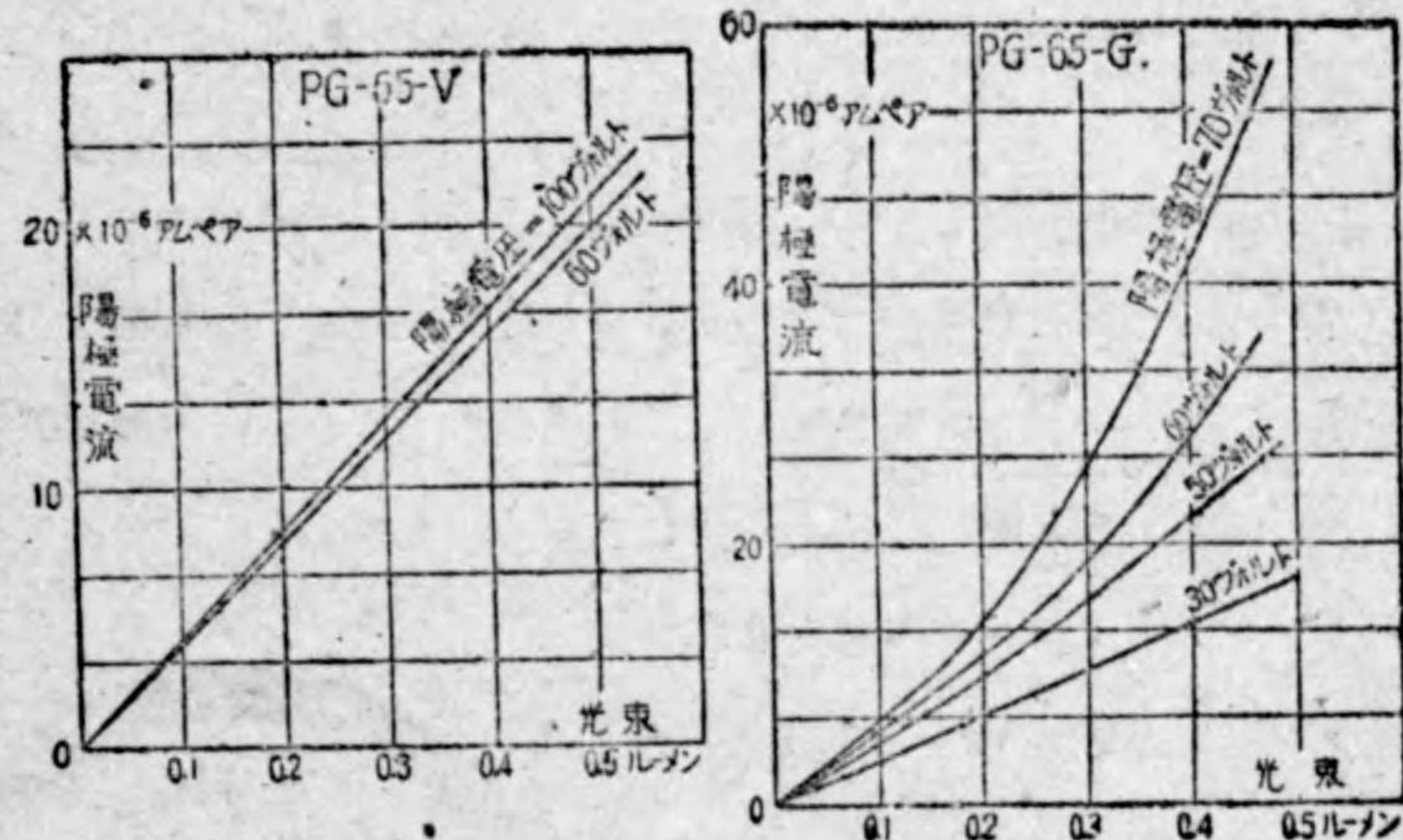


光電管の波長と感度

此の缺點は電源と擴大裝置を要する事及び感度が肉眼と違ふ點で、我國で多く使はれるセシウム光電管の波長と感度との關係を示すと第 7-24 圖の様である。参考の爲に肉眼の感度曲線を點線で示して置く。

第 7-25 圖は光電管に當る光と陽極電流との關係を示したものである。

第 7-25 圖



光電管の光束と光電流

圖の左は真空管、右はガス入管で、前者は電流の値は、少いが光束に比例し、且つ電壓の變化では違はないのに反し、ガス入管では同一光束で電流の値は、多いが光束の増加で急に増加し且つ電壓の變化に敏感である。

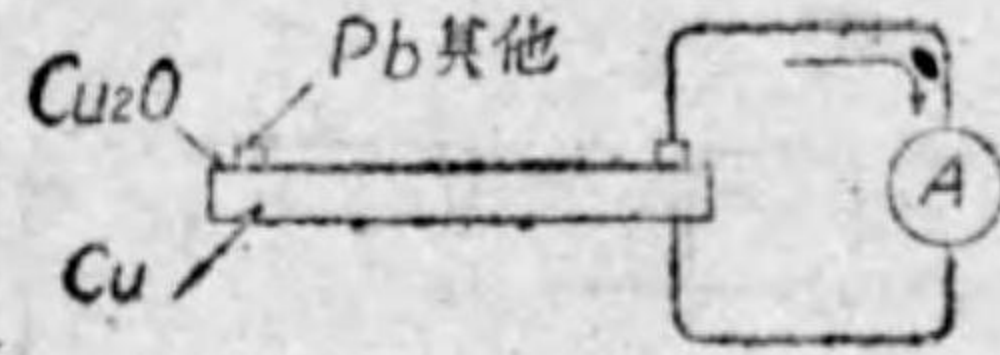
尙光電管は發聲映畫やテレビジョンに使用される外、光繼電器として各種の用途がある。

9. マツダ照度計 銅の表面を酸化して亞酸化銅とし、之に鉛其の他適當の電極を設け、銅を他の極として之をマイクロアンペア計に接続して置き (第 7-26 圖) 亞酸化銅に光を當てると起電力を發生し、



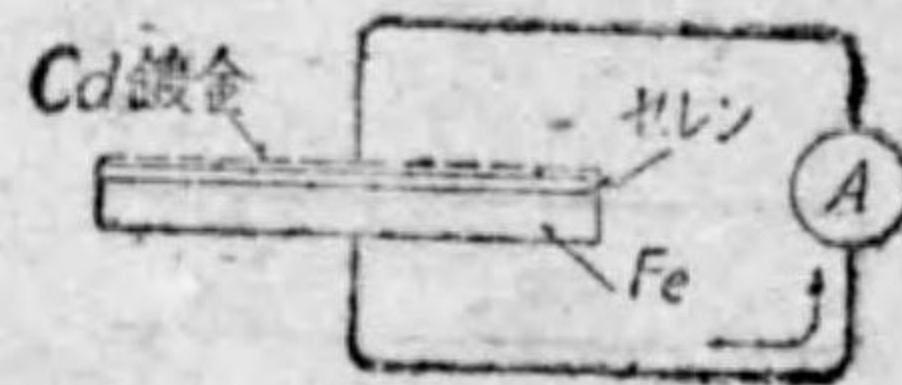
マイクロアンペア計には電流を通ずる、此の電源を堰層光電池と言ふ。常温に於て適當の外部抵抗を使へばこの電流は光束に大略比例するので、之を照度計として利用する事が出来る。

第 7-26 圖



亜酸化銅光電池

第 7-27 圖



セレン光電池

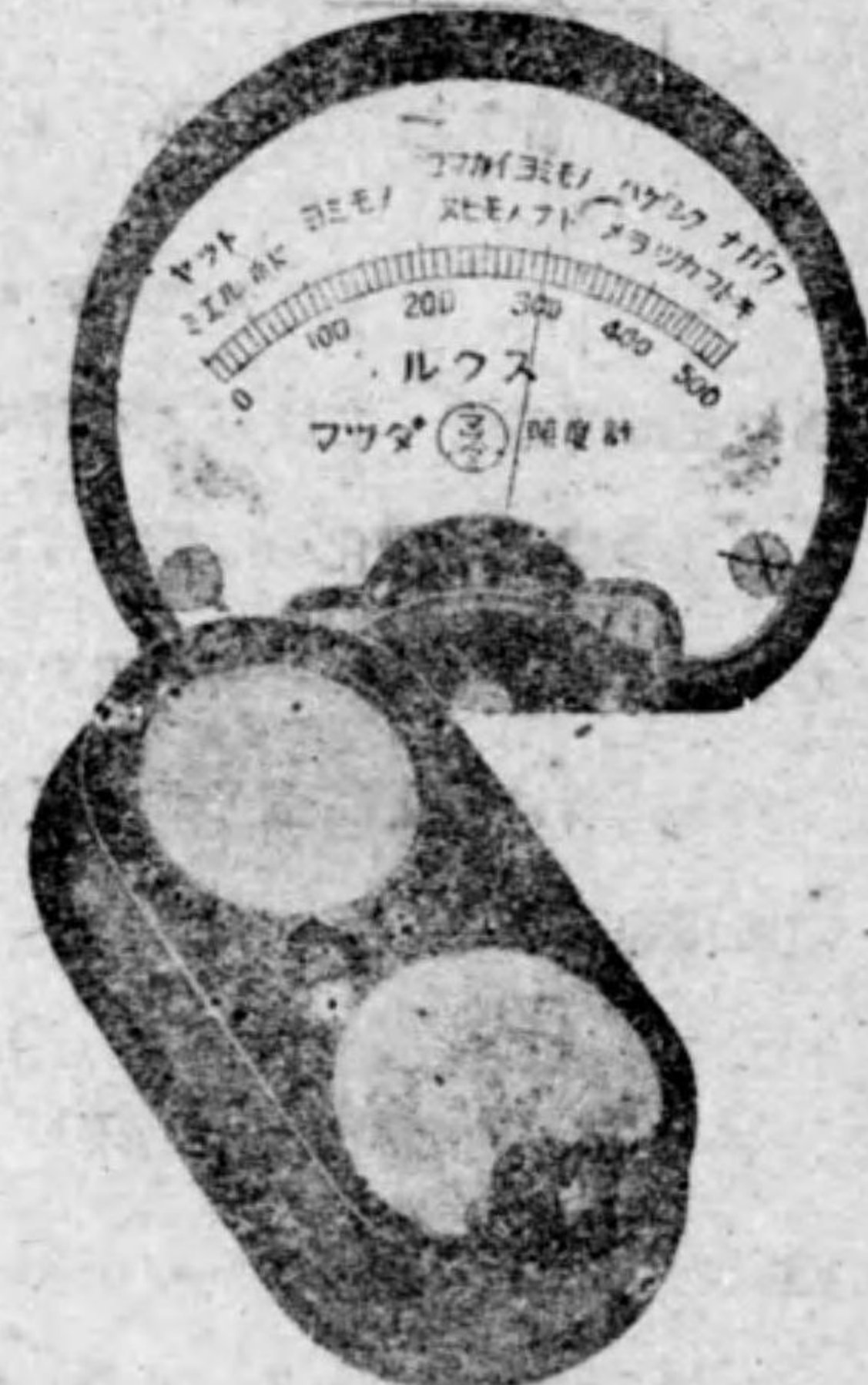
マツダ照度計は同一原理であるがセレン光電池を使ふ。即ち第7-27圖に示す様に鐵板にセレン薄膜を重ね、その上にカドミウム其の他を鍍金してセレンを保護すると同時に端子の役をする。之もセレンに光をあてると

鐵からセレンに1ルーメンに就き數百マイクロアンペアの電流を通ずる。第7-28圖はマツダ照度計の外観で、單に測らんとする所に照度計を置き、そのボタンを押すと指計は直ちにその照度を指す。尙目盛には普通の仕事に適する照度の所に其の仕事の種類が書いてあるから、素人にも照度の適否が解る。

これの感度は良く肉眼に似て居るが、若し適當の遮帳を重ねれば一層近似する事は第7-29圖に示す様である。

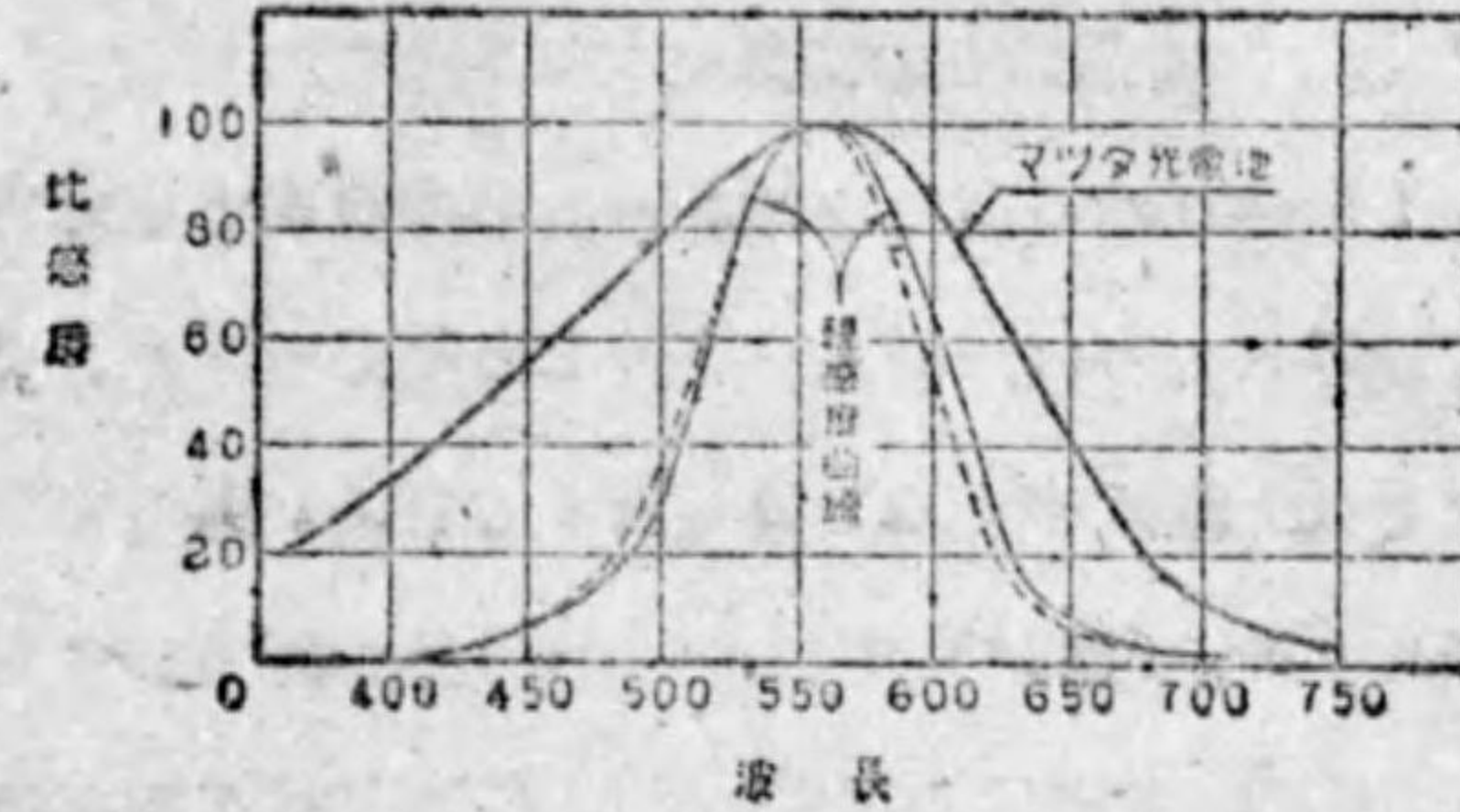
尙大なる照度には附屬の板を重ねれば

第 7-28 圖



マツダ照度計

第 7-29 圖



マツダ照度計の感度と波長

目盛が 10 倍される。

### 問 題

1. 光度測定の原理を述べよ。
2. 光度の單位を説明せよ。
3. 光度の原器に就て記せ。
4. 光度測定 of 置換法を述べ、其の良い點を示せ。
5. プンゼン遮帳光度計で左側の中央が明るく周囲が暗い場合は光度計頭部 (遮帳のある所) は左右何れに動かすべきや。併せて其の理由を示せ。
6. ルンメルプロデュース等照型光度計の原理を示す略圖を描け。
7. ルンメルプロデュース光度計に於て對照型の測光原理は等照型と如何なる相違ありや。
8. 全長 1.5 m の光度計に於て、20 燭の比較光源より 0.6 m の點にて平衡せりと言ふ。被测光電球の光度如何。
9. 10 燭及び 40 燭の電球を以つて P なる面の兩側を垂直に照し、同



一照度を與へたるに、 $P$  は 10 燭の光源より 60 極の距離にありと言ふ。 $P$  と 40 燭電球との距離如何。(選試)

10. 机面より 1 米離れたる所に電球あり。其の机面と電球との間に一枚の硝子板を挿入せるに、挿入せざりしと等しき照度を机面に與ふるには電球を 10 極近づくるを要したりと言ふ。其の硝子板は光の幾%を透過せりや。(選試)

11. 長さ 2 m の長型光度計の兩端に  $A, B$  兩電球を點じ測光せるに、中央に於て平衡し、次に  $A$  電球側に一枚の硝子板  $T$  を挿入せるに、中央より 10 極移りたる點に於て平衡せりと言ふ。此の硝子板は光の幾%を透過せしや。(選試)

12. ナトリウム燈の光度を、白熱電燈にて測るには如何なる方法ありや。

13. 交照光度計の原理を説明せよ。

14. マクベス照度計の断面圖を示せ。

15. 光束を測定する計器の名稱を示せ。

16. 直徑  $D$  米の球の中央に  $I$  燭の均一點光源を置きたるとき、次の各項の値を示す式を誘導せよ。但し球の内面は反射率  $\rho$  なる完全擴散面なりとす。(選試)

- (イ) 光源より球面に直射する全光束
- (ロ) 球面に入射する全光束
- (ハ) 球面上の平均擴散照度
- (ニ) 球面上の小窓に於ける擴散照度と光源の全光束との關係
- (ホ) 球面上の輝度 (燭/cm<sup>2</sup>)

17. 直徑 1 米なる球形光束計あり。光束 1000 ルーメンの標準球を之に

入れたるとき比較燈の距離 115 極にて平衡し、次に供試電球を入れたるとき 100 極にて平衡したりと言ふ。

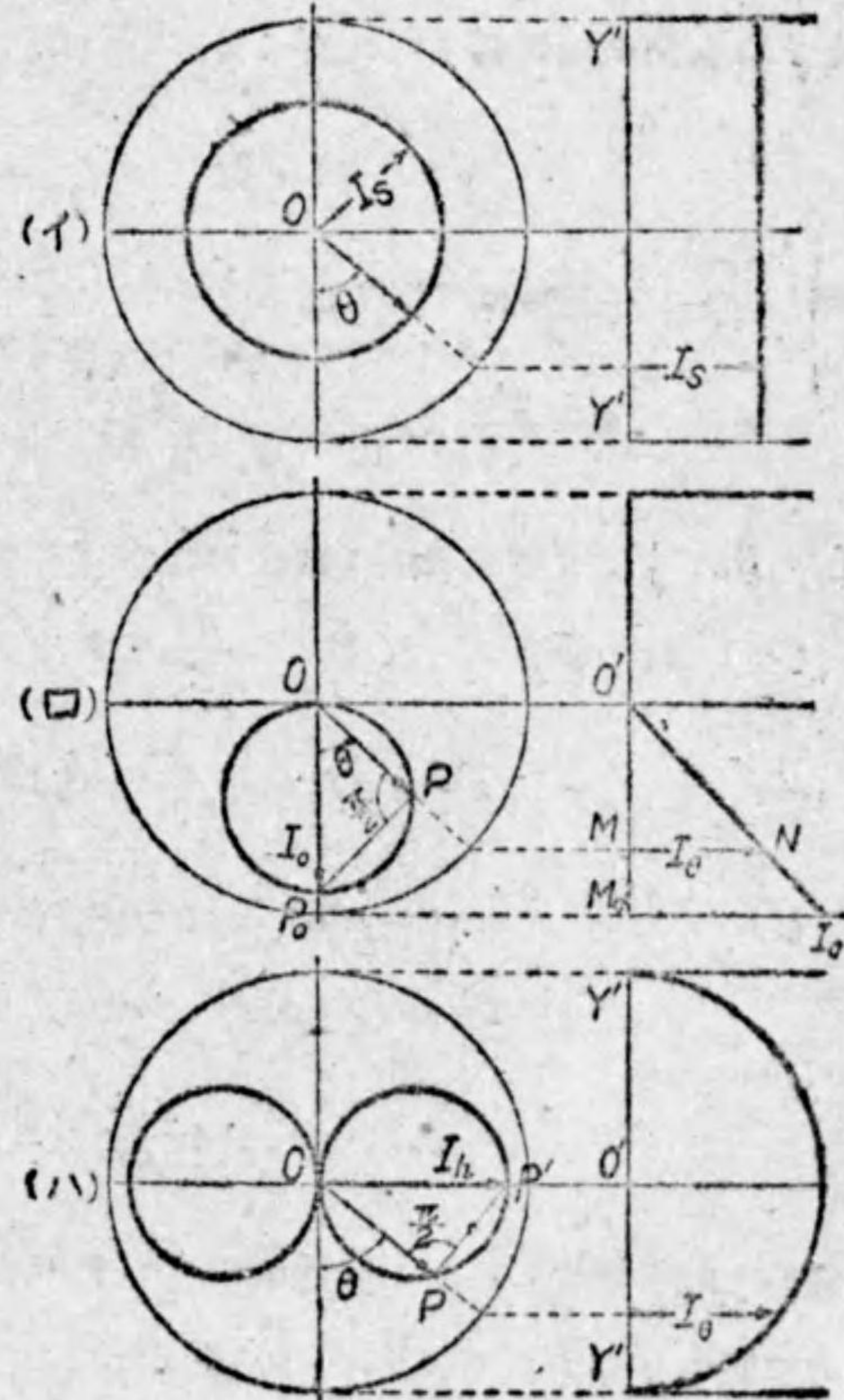
- (イ) 供試電球の全光束幾何なりや。
- (ロ) 球形光束計の内面反射率は 80% にして、測光窓は透過率 50% の完全擴散性硝子なりとせば、供試電球を入れたるとき測光窓の輝度は平方極當り何燭なりや。(選試)

18. ルーソー線圖の原理

第 7-30 圖

を述べよ。

- 19. 光源の配光曲線が
  - (イ) 光源を中心とする圓、(ロ) 光源よりの垂直線を直徑とし、光源を通る圓、
  - (ハ) 光源を通る水平線を直徑として光源を通る圓である時、
 其のルーソー線圖を求めよ。



特殊配光のルーソー線圖

解 (イ) 配光曲線が光源を通る圓であると言ふ事は、光源のどの方向でも光度が等しいと言ふ事である。従つて其のルーソー線



圖は垂直線となり、其の高さ（水平長さ）は球面光度  $I_0$  に等しい（第7-30 圖イ）。

$$\Phi = \frac{2\pi}{R} \times 2R \times I_0 = 4\pi I_0$$

(ロ) 此の場合は  $\angle OPP_0$  は常に  $90^\circ$  であるから

$$I_\theta = I_0 \cos \theta$$

ルーソー線圖を  $O'$  ( $O$  点からの水平線が  $Y'Y'$  軸と交つた點) を原點とする直角座標軸圖と考えると常に  $x = I_\theta$ ,  $y = -R \cos \theta$  であるから

$$y = -R \cos \theta = -R \frac{I_\theta}{I_0} = -\frac{R}{I_0} x$$

即ちルーソー線圖は原點を通る直線である（第7-30 圖ロ）。

$$\Phi = \frac{2\pi}{R} \times \triangle O'M_0 I_0 = \frac{2\pi}{R} \times \frac{1}{2} R I_0 = 4\pi \frac{1}{4} I_0$$

即ち此の場合の球面光度は垂直光度の  $1/4$  である。

(ハ) 此の場合は  $\angle OPP' = \frac{\pi}{2}$  であるから、水平光度を  $I_h$  とすれば

$$x = I_\theta = I_h \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = I_h \sin \theta$$

故に  $\sin \theta = x/I_h$ ,  $\cos \theta = -y/R$  であるから

$$1 = \sin^2 \theta + \cos^2 \theta = (x/I_h)^2 + (-y/R)^2$$

$$\therefore \frac{x^2}{I_h^2} + \frac{y^2}{R^2} = 1$$

依つて此の場合のルーソー線圖は  $O'$  を中心とし、垂直軸  $R$ , 水平軸  $I_h$  の楕圓の半分である（第7-30 圖ハ）。

楕圓の面積は  $\pi ab$  であるから

$$\Phi = \frac{2\pi}{R} \times \frac{1}{2} \pi R I_h = \pi^2 I_h = 4\pi \frac{\pi}{4} I_h$$

即ち此の場合の球面光度は水平光度の  $\pi/4$  倍である。

20. 第7-21 圖から下半部の光束を求めよ。

解 目盛を次第に読んで合計する。

$$0.6 + 2.2 + 4.5 + 7.5 + 9.8 + 10.0 + 7.4 + 4.9 + 4.5 = 51.4$$

$$\text{光束} = 51.4 \times \frac{50}{10} = 257 \text{ ルーメン}$$

21. 物理測光とは何ぞや、その二三を示せ。

22. 光電管を説明せよ。

23. マツダ照度計の原理を述べよ。

24. 光電管と光電池との類似點と相違點を説明せよ。

答 8. 45 燭。 9. 120 輝。 10. 81%。 11. 67%。

16. ホ  $\frac{\rho}{\pi} \frac{\rho}{1-\rho} \frac{1}{4\pi R^2} F$ 。 17. 1.323 lm, 0.0268 燭/cm<sup>2</sup>。



## 第八章 特殊照明

1. 溢光照明 投光器を使用し、大建築物其の他を照すものを溢光照明 (flood lighting) と言ふ。

之に使用する投光器 (projector) は第 8-1 圖に示す如き形状で、反射

器には拋物鏡が採用される。そ

の材料はクローム (反射率 65

%)、アルミニウム (同 62%)、

ニッケル (同 55%) が多く使用

される。

相當の遠距離で投光器の方向

に直角に平面を立て、垂直及び

水平の方向で中心照度の 10%

の照度の箇所に投光器から引い

た直線が爲す角を以てその投光

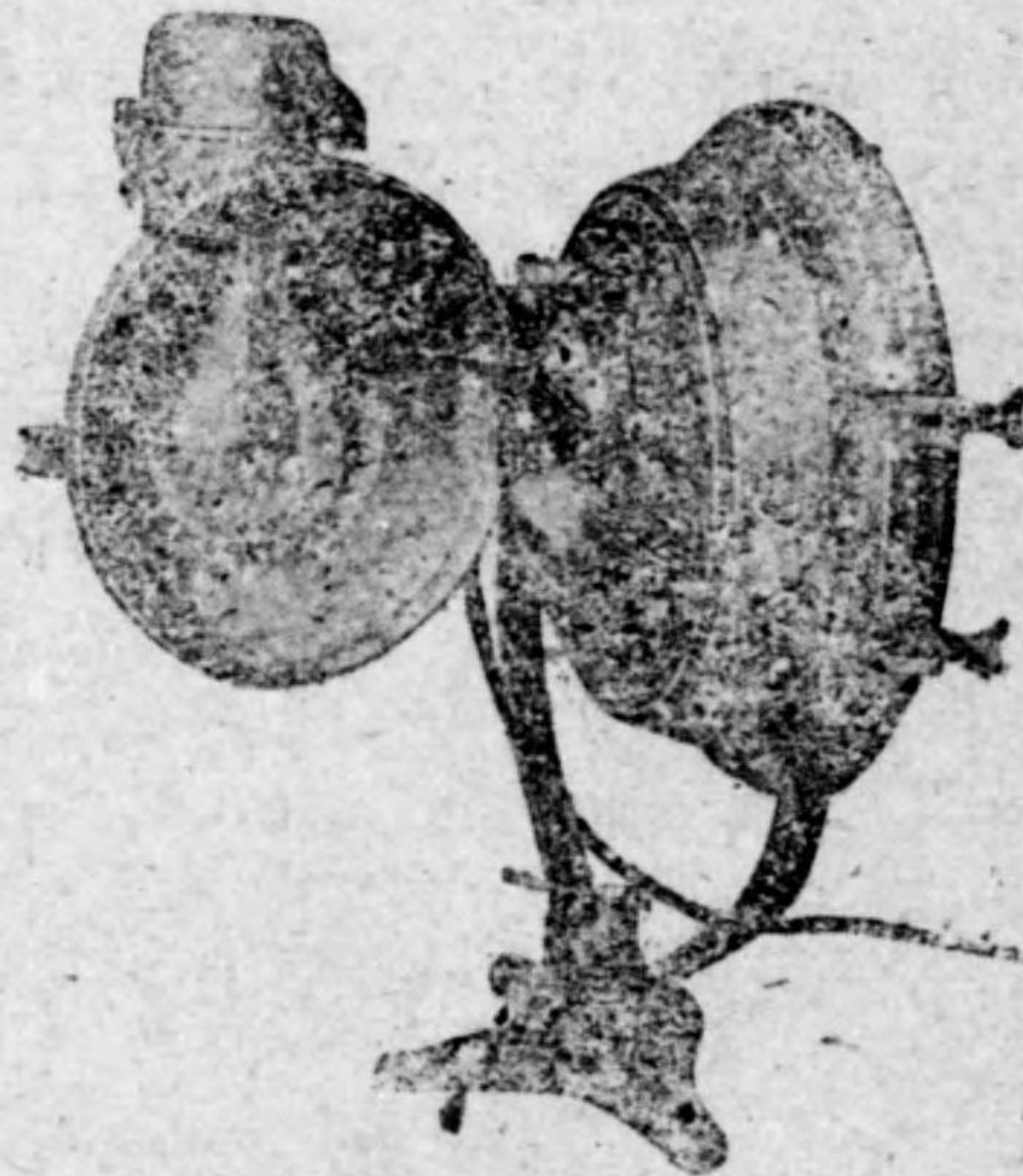
器の光柱の開きとし、その角が

15° 以下、15°~30° 及び 30°

以上に分けて狭角度、中角度及び廣角度の三種とする。

イ. 建物 投光器の設け得る場所と建物との距離に應じて投光器の角度を選択すべきで、数が少いと照度にムラを生ずる。所要の照度は周囲の明るさ即ち都市の人口に依つて異なるが白色の建物では大都市で 100 ルクス、小都市でも半分以上が望ましく、赤煉瓦及び之に類するものでは上記の

第 8-1 圖



投 光 器

第 8-2 圖

3 倍を必要とする。第

8-2 圖は新國會議事

堂中央塔の溢光照明で、

圖の手前に投光器が見

えて居る。

ロ. 銅像 光の方向

に依り特殊の表情を呈

するに依り、適當に數

箇の投光器を使用する

と晝間よりも一層効果

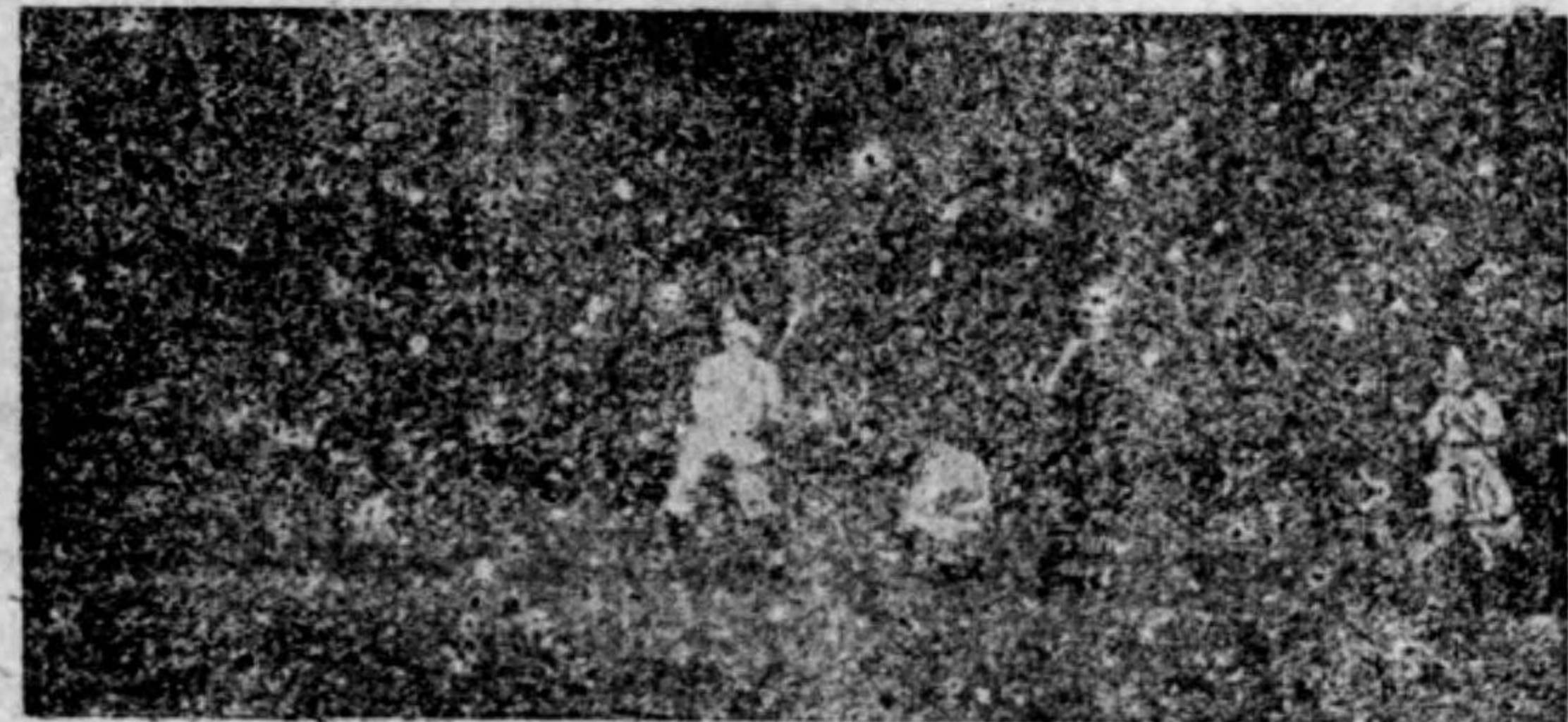
的とする事が出来る。

庭園などもこれに類す

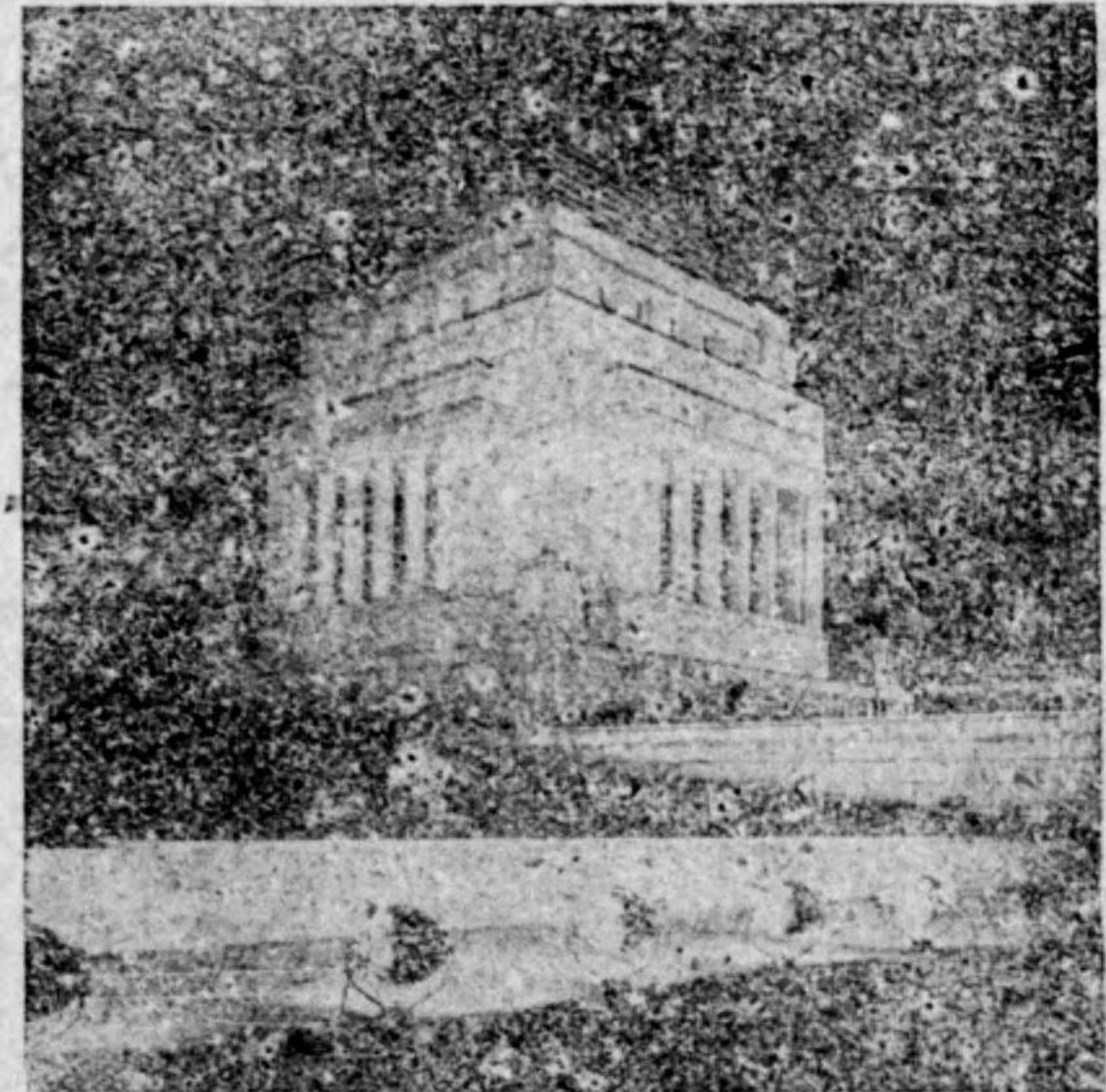
る。

ハ. 運動場 選手及び観客共眩暈を感じない様に光源を高く置く事を要する。所要照度は水泳プール 50 ルクス、競走トラック 100 ルクス、野球

第 8-3 圖



夜間野球試合の實況



新國會議事堂の溢光照明



場は内野 500 ルクス，外野 300 ルクス位である。第 8-3 圖は早稲田大學野球場で夜間試合の實況である。

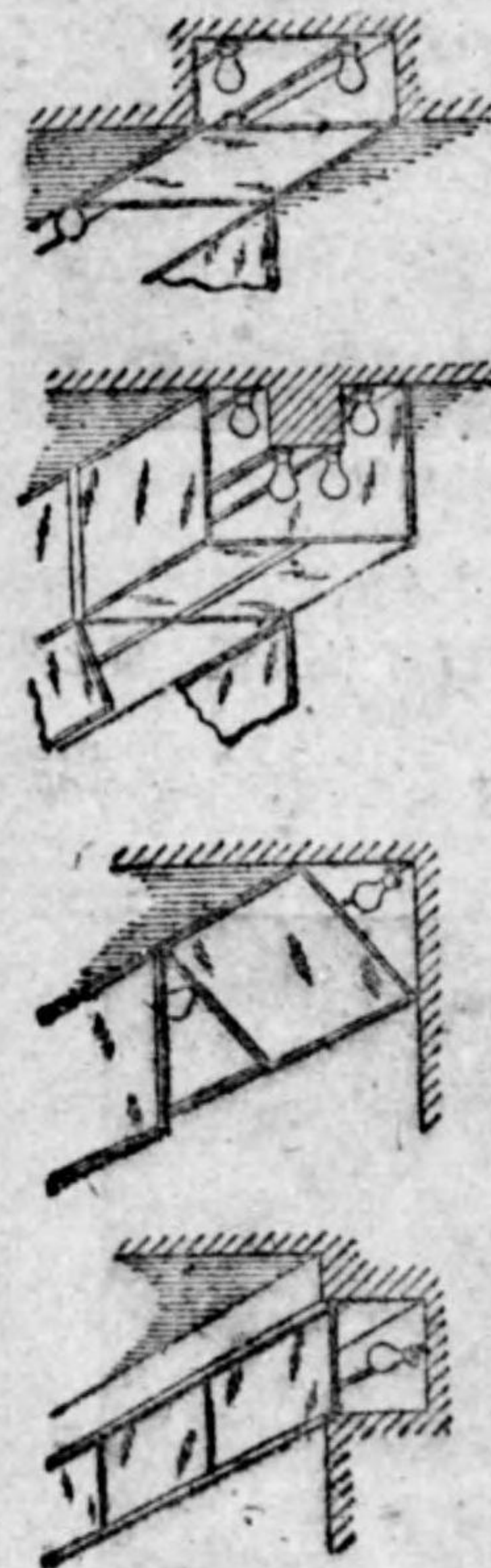
ニ. 海水浴場 海岸線 1m に付 50 W を適當とする。

ホ. 作業場 建築場には 50 ルクス以上の照度とし，暗所を生ぜざる様に投光器を配置する事を要する。鐵道操車場にては 5 ルクス位にて可ならん。

### 2. 建築化照明

建築の主要な構成物なる柱や梁を光源とす

第 8-4 圖



建築化照明の方法

第 8-5 圖



建築化照明の實例

る照明法を建築化照明と稱するが，梁や柱に適當の間隔で電燈を配置し，之を半透明の擴散性硝子で包圍する。乳色スキガケ硝子が最上なるも高價なれば，二枚のガラスの間に日本紙を挟んだものが代用せられる。透過率は前者が 50%，後者が 45% 程度である。

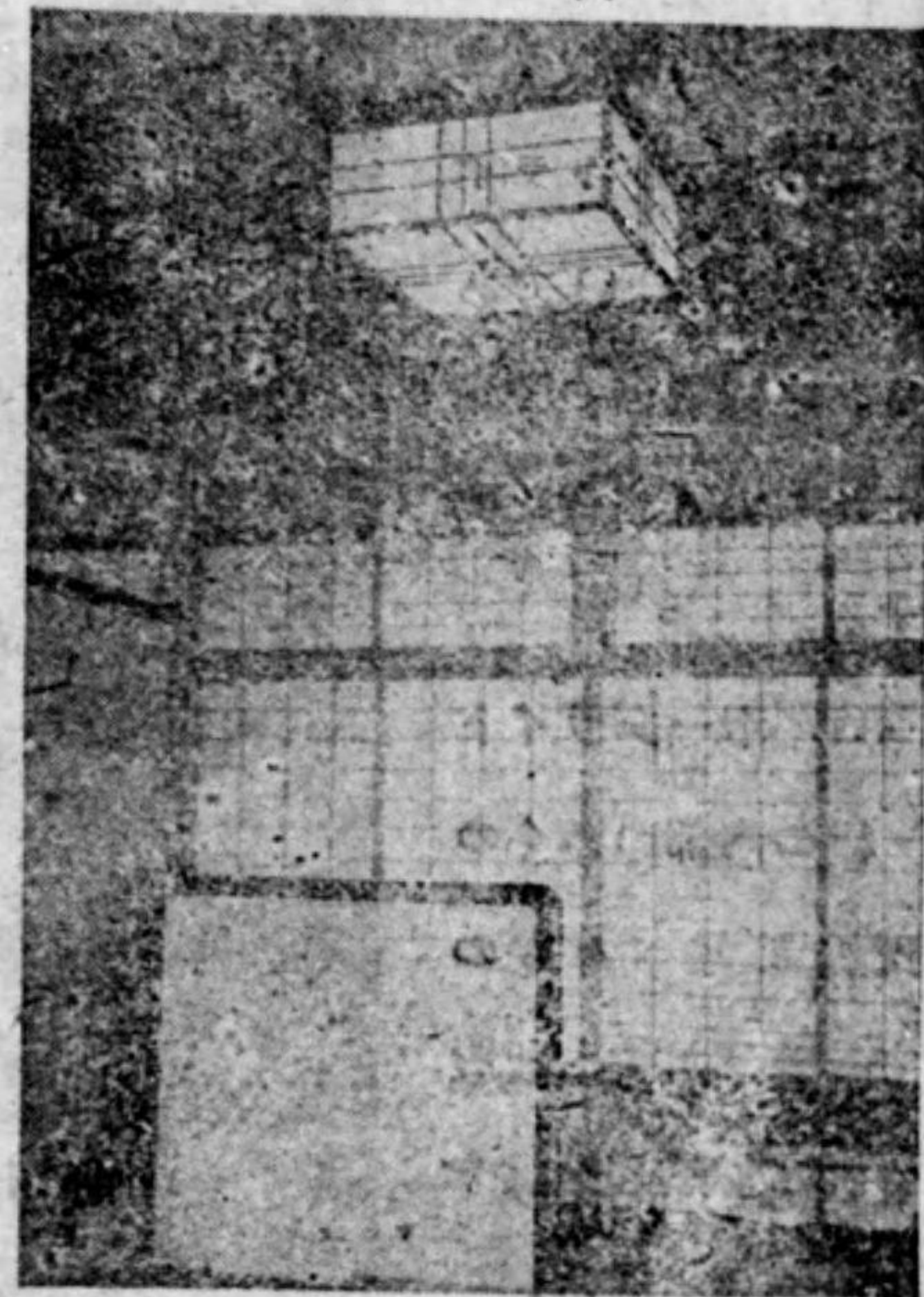
第 8-4 圖が其の施行法の一例で第 8-5 圖は實例である。

建築化照明にも色々あつて，ピ

ルチング内で壁に畫光電燈を取り付け，其の外側に障子を置き，恰も陽光が障子を照して居る感じを出したのものもある。第 8-6 圖に示す様なものも普通之に屬させるが之は寧ろ天井燈 (ceiling light) の一種と見るべきであらふ。

又天窓照明と稱し，天井に多くの光源を設けたものもある。これは第 8-4 圖最上部の大きくなつたもので，第 8-7 圖は新國會議事堂の天窓照明で，美術館などに多く採用せられる。

第 8-6 圖



天 井 燈

### 3. 舞臺照明

舞臺に使用せられる照明器具の配置は第 8-8

圖に示す通りである。

イ. フットライト地面からの反射光が加つたものを見慣れて居る。太陽



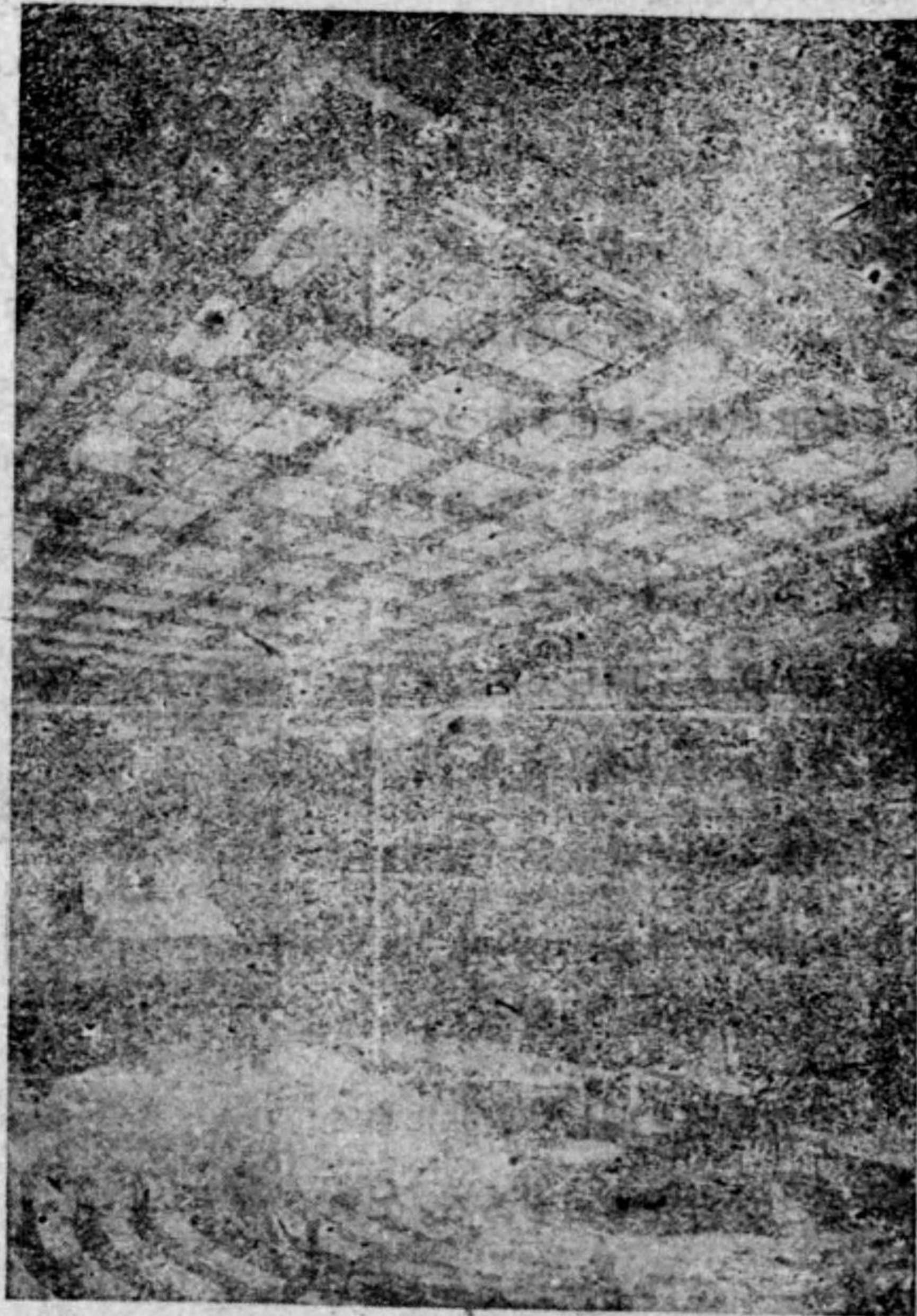
第 8-7 圖

では直射光と反射光との距離の差がないが、舞臺では此の差が大なので、反射光を下方から補助する必要がある。舞臺の前面下方に電燈を並べたのがフットライト (foot light) である。之は觀客の邪魔にならぬ様注意を要する。

ロ. ボーダライト  
 樋の内部に多くの電燈を並べたもので、普通四段に配置される。然し四段や五段の事もある。

フットライトとボーダライトは、前面に透明、赤、青三種のガラス又はゼラチン等の蓋を設け、且つ色光で別回線にする。

ハ. 垂下燈及びスポットライト 垂下燈 (suspension light) は數箇の電燈より成り舞臺の一箇所を特に照明する爲で、一層狭い場所を照すにはスポットライト (spot light) が使はれる。後者は移動して使用される。



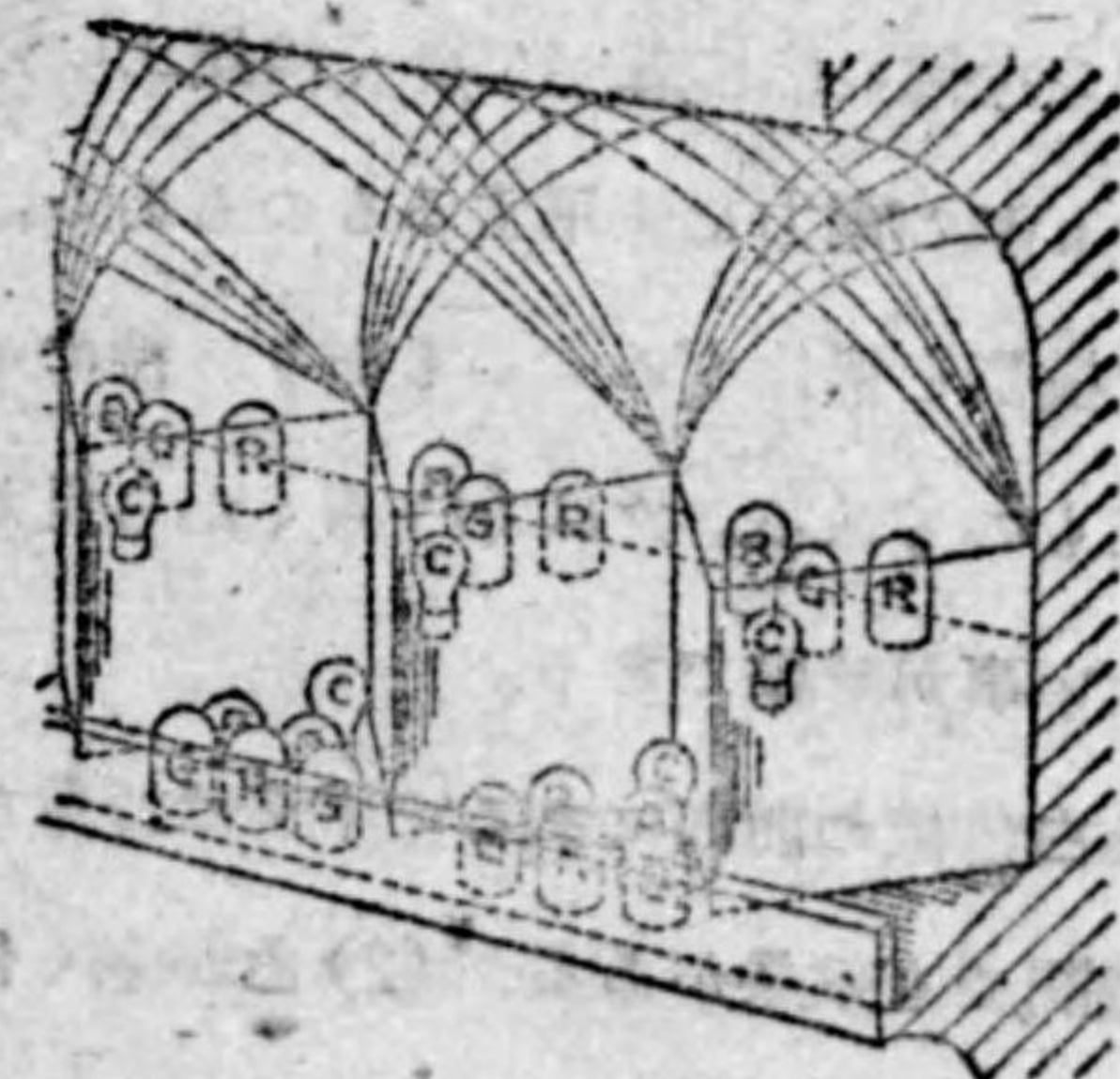
新國會議事堂の天窓照明

ニ. ホリゾン ト ライト 之はホリゾン ト (horizont) と言ふ寫された背景で、天空狀況を示すに使ふ。

ホ. エフェクト 之も幻燈で雲や雨や嵐を寫すのに使はれる。小電動機を有し種板を回轉させて變化させる。

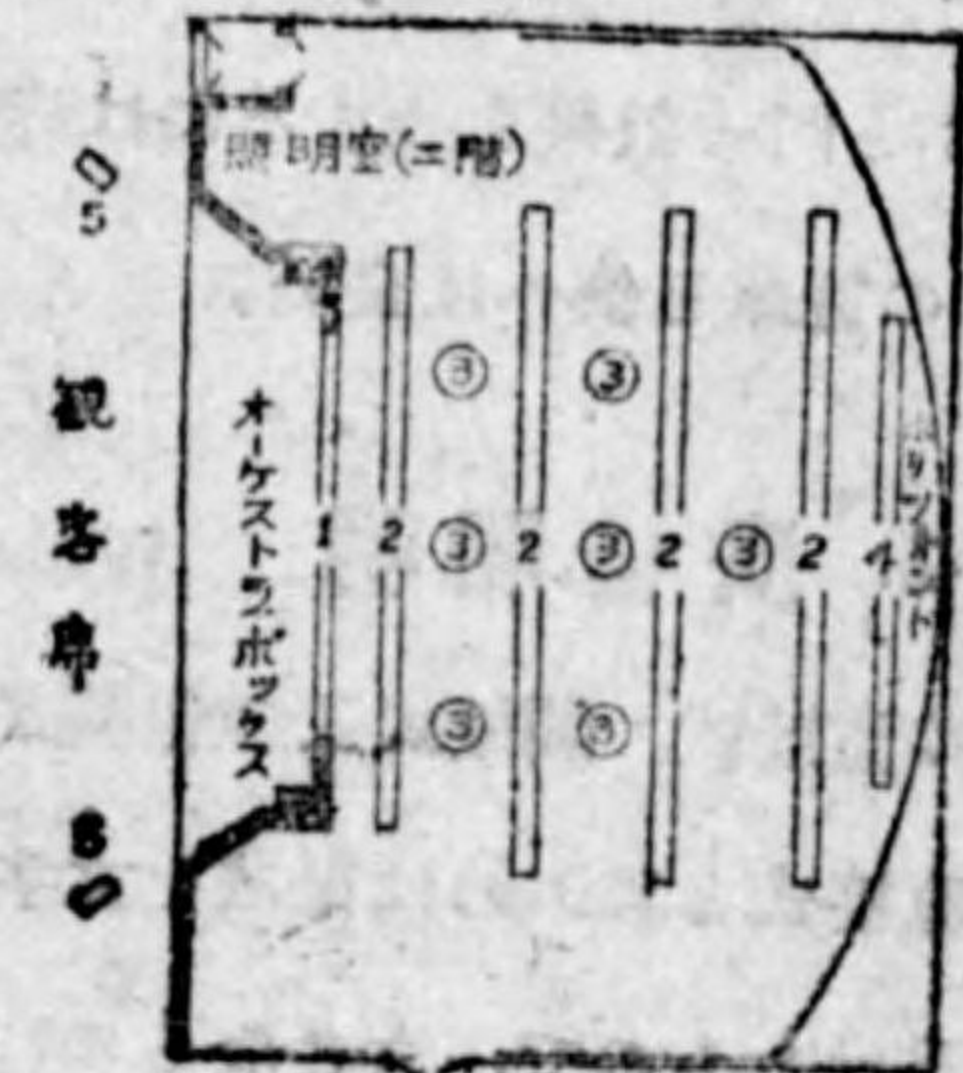
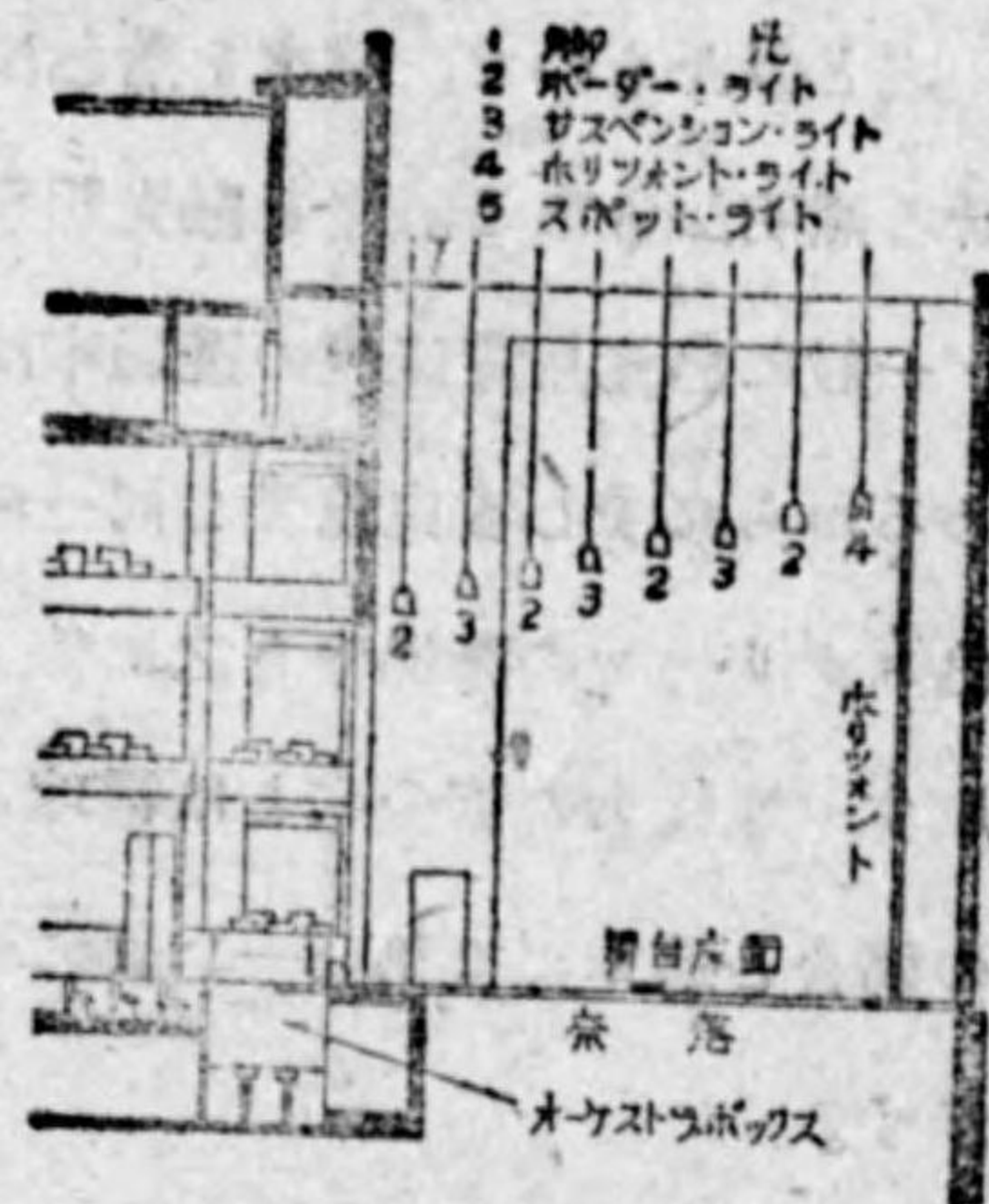
電燈を調光するには (1) 直列抵抗 (金屬抵抗片又は抵抗線のタップを切換へる) 又は (2) 單卷變壓器のタップ切換で行はれるが、進歩したものは (3) 鐵心を有するリアクタンスを電球と直列とし、その鐵心に別に直流巻線を巻き、その直流を加減する。之を自動的に一定の順序で行ふ様にしたものもある。

第 8-9 圖



コロラマ照明

第 8-8 圖



舞臺照明

舞臺照明とは違ふが映畫劇場其の他に行はれるものにコロラマ照明 (colorama lighting) と言ふものがある。之は長押等に異色の電球を多く並べ、一定の



順序で之を徐々に切換へて音楽的感じを出させるものである。

之と似たもので、噴水を着色投光器で水中より照し且つ其の色を變化させる照明法もある。之を動光照明 (mobil-colour lighting) と云ふ。

一般に色光用透過板の透過率は良くないが、色光は注意を引く事が大であるから必ずしも白色光と同一の照度を必要とせぬ。普通に使用される着色スクリーンの透過率と之に使用すべき電力の百分率とは電球の場合と違ふので第 8-1 表に示す。

第 8-1 表 着色スクリーンの透過率

色	透過率 (%)	電力 (%)
黄(琥珀)	89	120
赤	14	200
緑	7	300
青	3	500

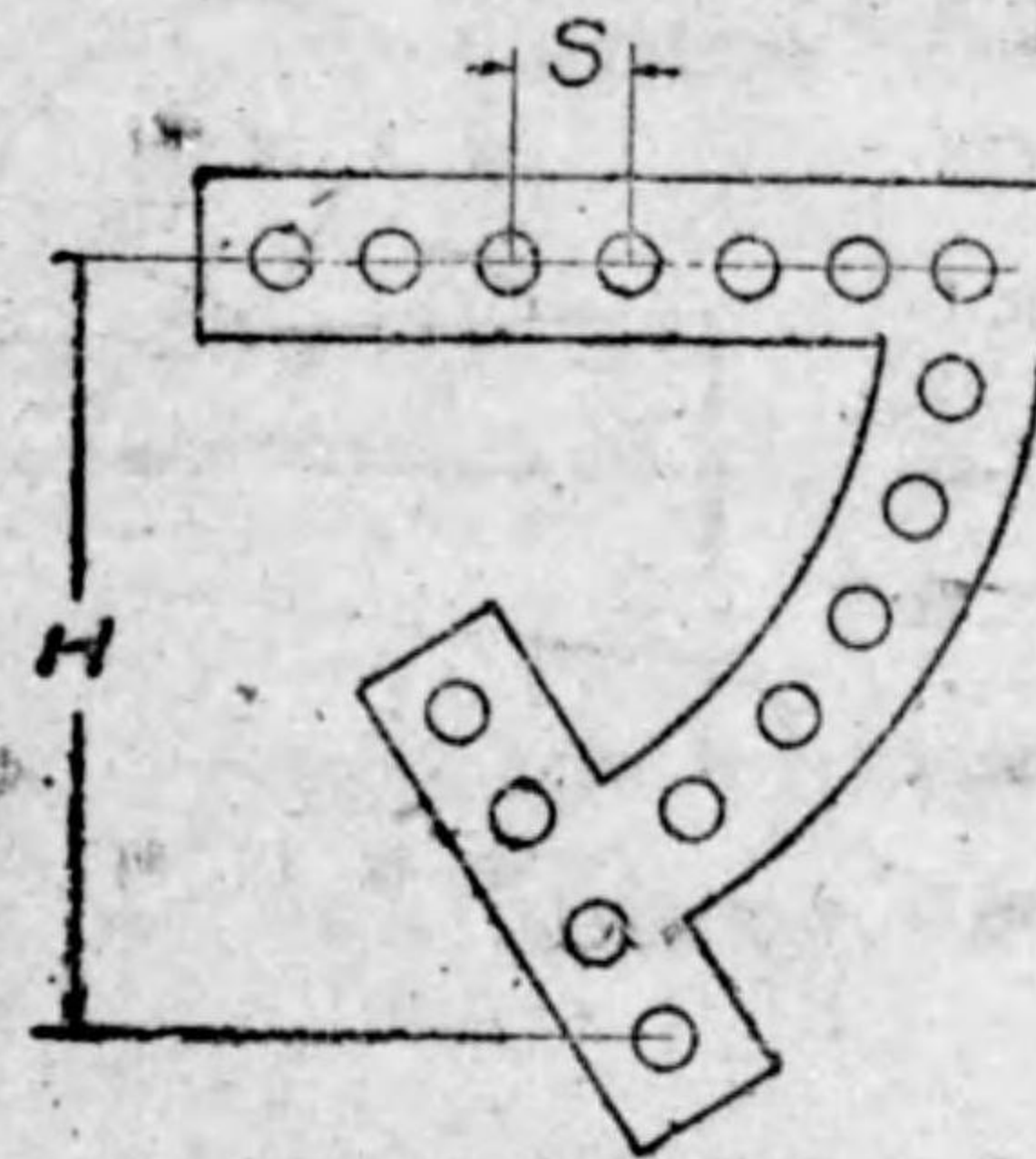
即ち 100 W の非着色電球を使ふと同一効果を生ずるには赤色ならば 200 W の電球、緑色ならば 300 W の電球を使へば良い。

#### 4. 廣告照明 電燈に依る廣告を一般に電氣サインと稱するが、之は直接式、間接式及び包圍式の三種に大別出来る。

直接式と言ふのは電球を文字形に作った樋の内に並べて多くは屋上の塔に設けたもので、大きなものには數十 kW の電力を使用するものもある。之を切換へて二三の文字を點滅し又は模様を變化するものもあり、特にネオン管燈をも加味して繪畫を表はしたものもある。之は(1)遠くから見える事が特色で(2)晝間は全く効果がない事が缺點である。

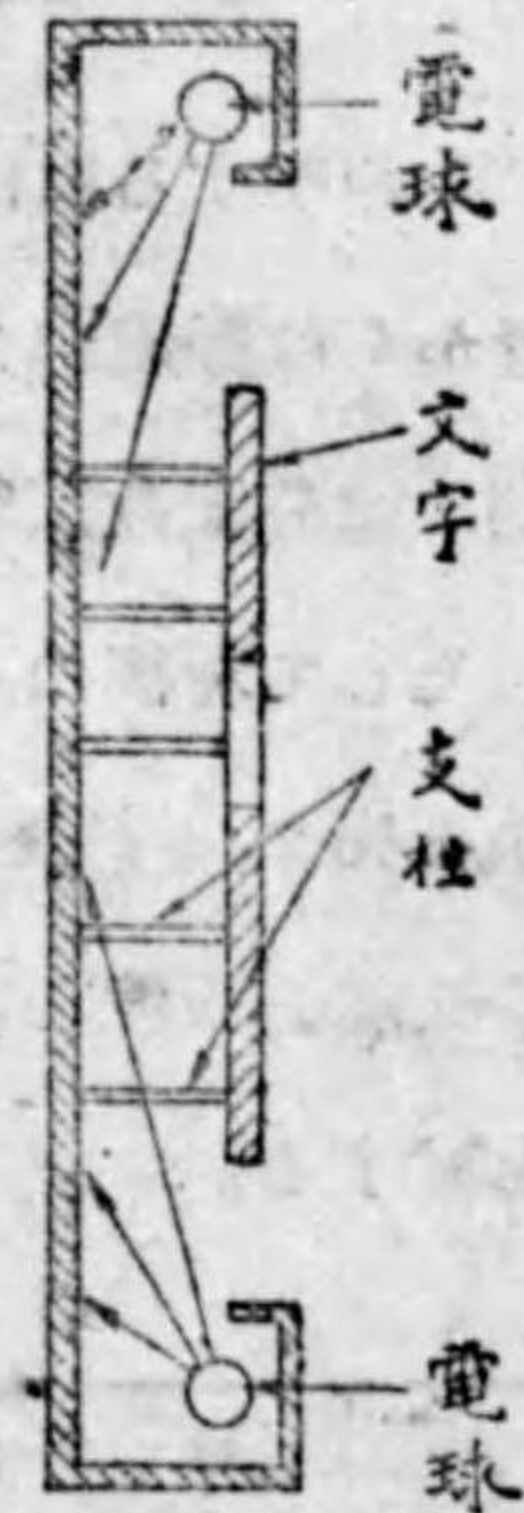
間接式と言ふのは電燈で照らされた白色板の前面にある文字又は簡単な畫が影畫となつて見えるもので(1)晝間でも効果があるが(2)色が全く使へない。

第 8-10 圖



直接式サイン

第 8-11 圖



間接式サイン

包圍式と言ふのは所謂「軒行燈」の變化したもので(1)近くでしか見えないが(2)細かな意匠が使へるのが特色である。第 8-5 圖の中央階段の所に優れた一例が示されて居る。

其の設計要項は大略次の様である。

第 8-2 表 廣告照明の設計要項

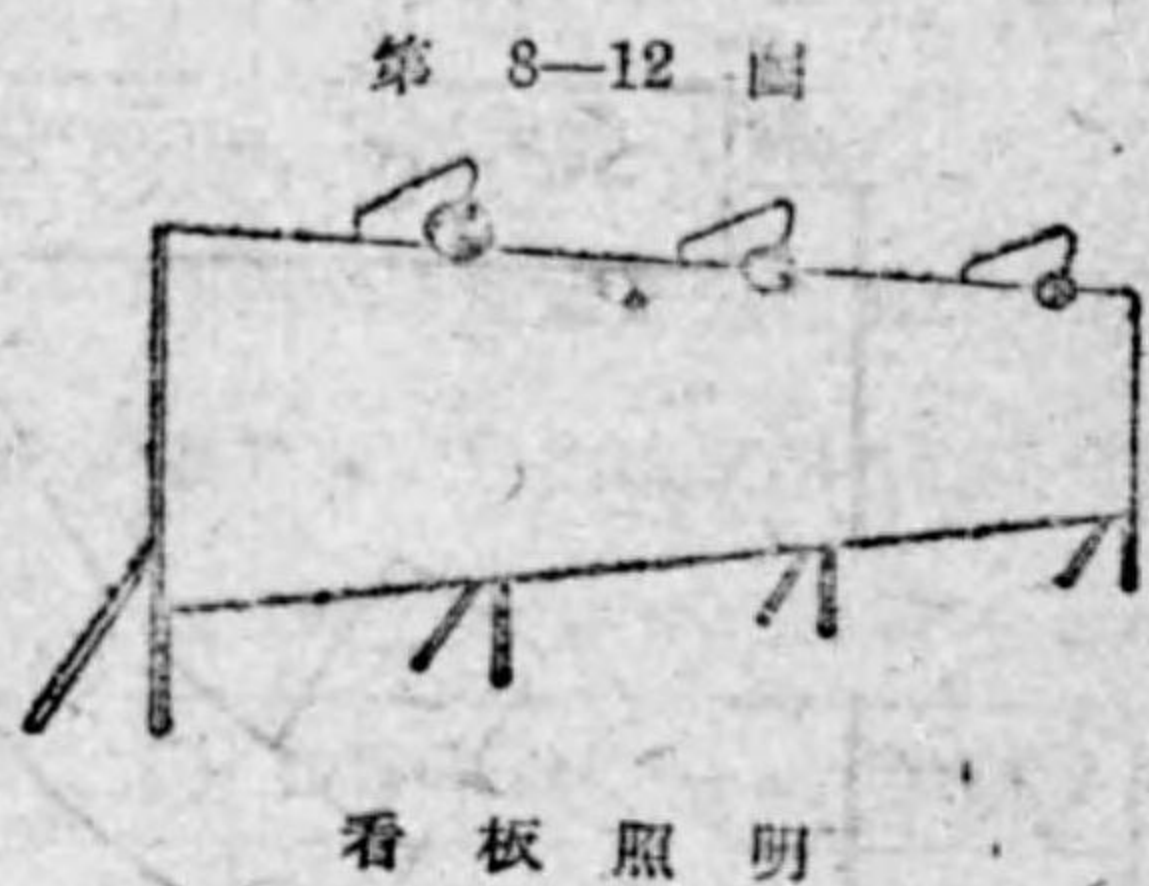
種 類	直 接 式	間 接 式	包 圍 式
有 效 距 離	75米より數軒	300 米 以 内	100 米 以 内
文 字 の 高 さ	最大視距離 500	最大視距離 350	最大視距離 300
電 球 間 隔	最小視距離 1000	中心線上 15 種	15 種 以 下
電球大きワット	10 乃至 60	25 乃至 60	25 乃至 60

電球の大きさは環境に依つて選ぶべきで、上記から直接式で假名又はロー字に要する大體の電球数は次式から計算される。



$$N = 2.5 \times \frac{\text{文字の高さ(米)}}{\text{電球間隔(米)}} \times \text{文字数}$$

尙看板を照明するには普通に看板を見る位置からは電燈が見えない様にし且つ上部は充分擴散反射をする様に設計する。そして看板の高さに應じて看板上部から突き出す長さ (S) を加減し、電燈間隔と環境とに應じて電球の大きさを加減する。



第 8-3 表 看板用電球大き

看板高さ (米)	電球を突き出す距離 (米)	電 球 間 隔 (米)			
		1.0	1.7	2.0	2.4
1.0	0.7	40, 60	—	—	—
2.0	1.2	80, 100	100, 150, 200	—	—
2.5	1.4	80, 100, 150	150, 200	150, 200, 300	—
3.0	1.6	100, 150	150, 200	200, 300	200, 300

### 5. 航空照明

夜間航空に備へて航空路に設ける航空燈臺には大型、中型及び小型の三種がある。

大型燈臺に使用せられるものは 75 櫃 (レンズの直径) フレネル三閃光燈と稱せられ、三方向には集光性レンズに依り水平と 2° の方向に 330 萬燭を射出し、約 90 杆の距離から見える。残る一面は副光として 45° の方向に 6 萬燭を射出する。之は主光が雲等にて遮られて見えぬ中に光芒が達せぬ上空に来てしまつた時に燈臺の位置を明かにする事を目的とする。之は 1/4 馬力電動機に依り毎分 3 回轉せられる (主光芒の見える時間は

第 8-13 圖

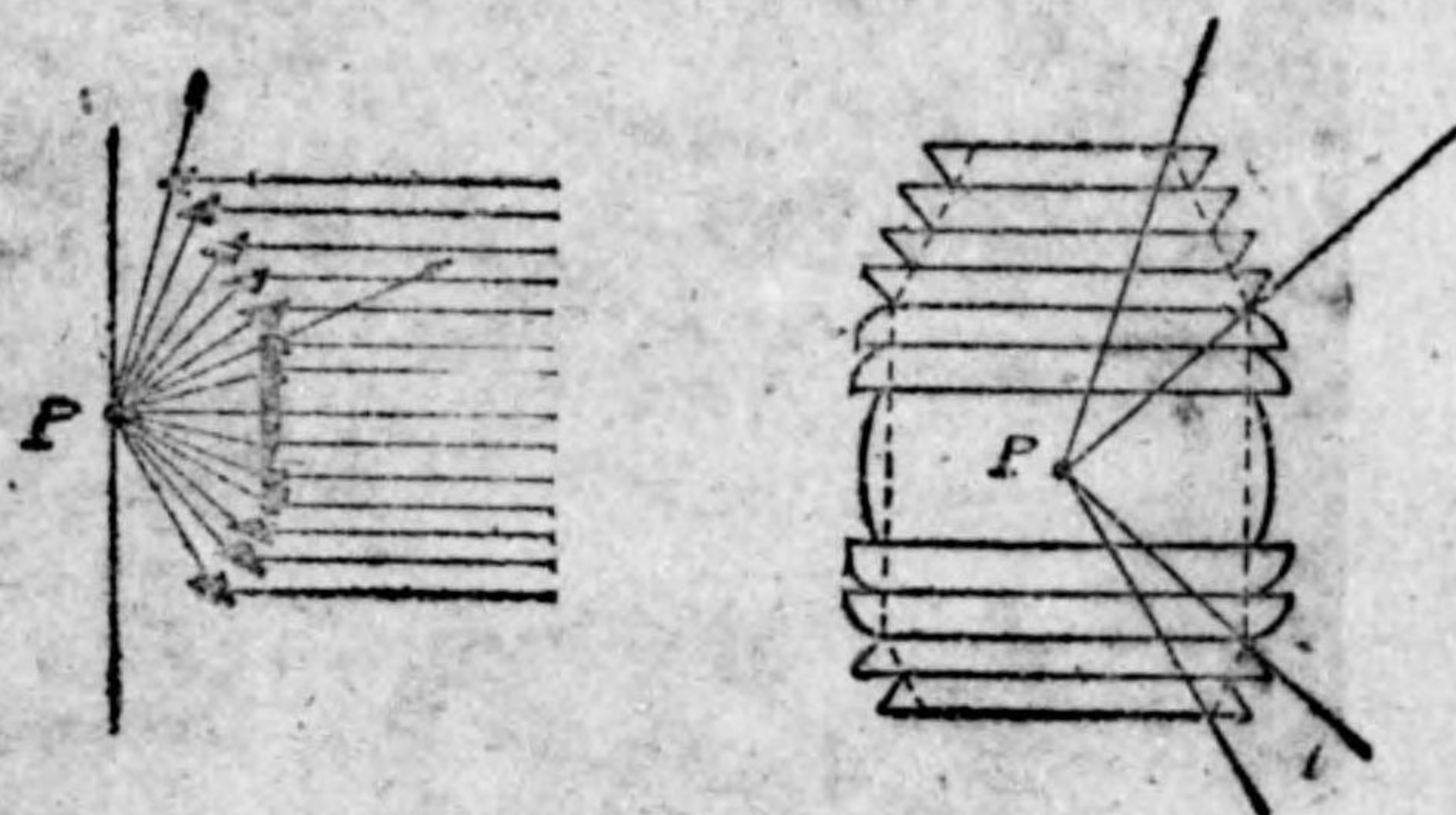


航 空 照 明

0.17 秒)。所要電球は 1 kW であるが断線すれば 1/20 HP 電動機に依り豫備電球と取代へられて點火を續け、同時に青電球を點火して豫備燈が現在使用されて居る

第 8-14 圖

事を示す。之に使用されるレンズは第 8-14 圖に示す如きものである。



中型には 75

櫃フレネル二閃

探照燈用レンズ

光燈、小型には 60 櫃反射鏡式單閃光燈が使用せられる。使用電球は何れも 1 kW である。

飛行場の照明には次の如きものが使用せられる。

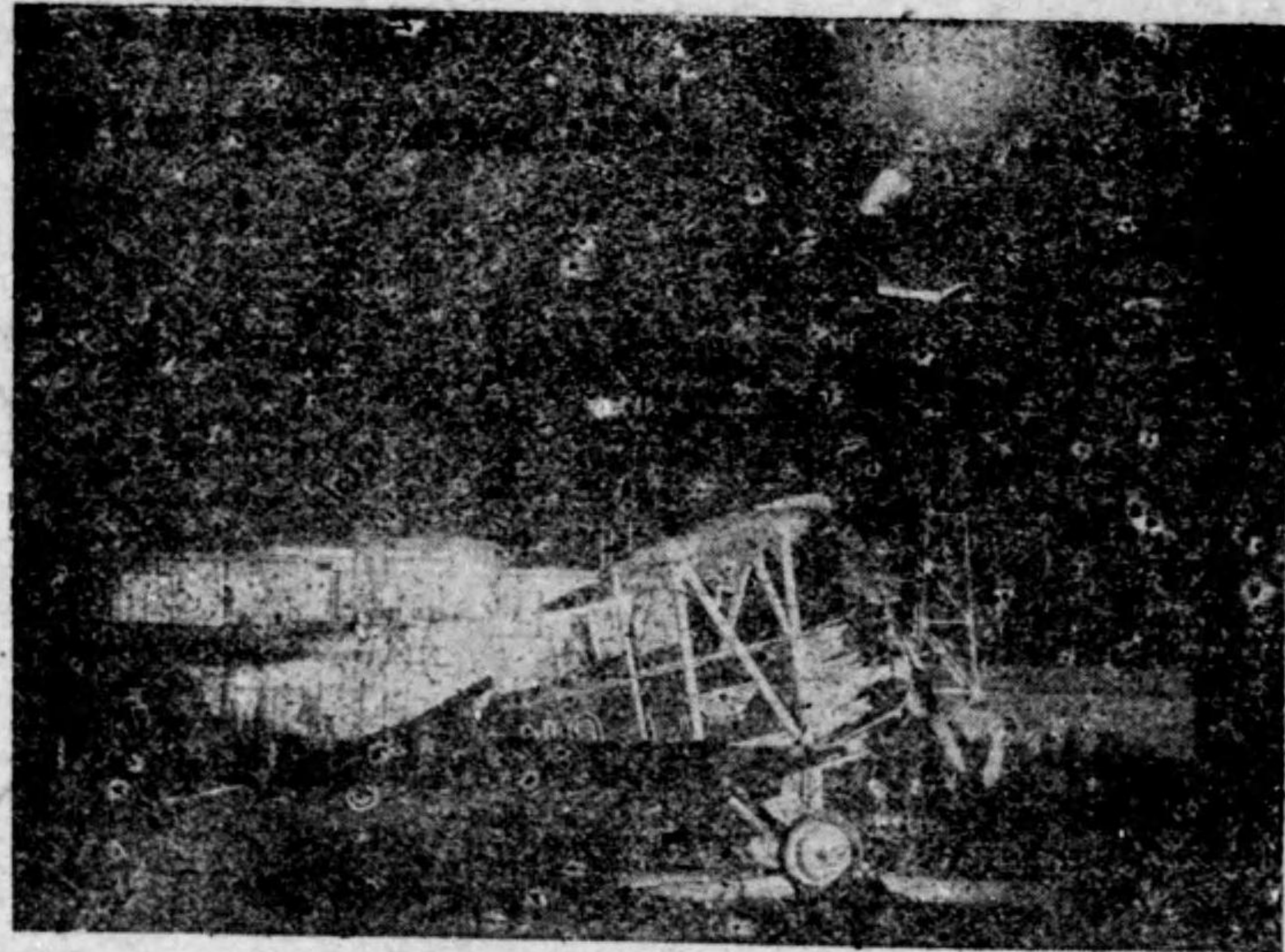
- イ. 飛行場標示燈 前記航空路のもの又は上下に首振型が使はれる。
- ロ. 場周燈 地上 1m、適當の距離に 60 又は 100 W の燈又は白赤の外球を有する白熱燈又はネオン管燈を設け飛行場の境界を明かにする。
- ハ. 障害燈 燈臺其の他の障害物に赤色 60 又は 100 W 燈を取付く。



ニ. 風向標示燈 晝間使用の吹流しを上部より照すか、T型風向標示の周圍に小電球又はネオン管燈を取付ける。

ホ. 雲高燈 45 榎 1kW の投光器 (約 150 萬燭) で  $60^\circ$  内外の角度で上空を照し、其の雲の下面を燈器より一定の距離に置かれた測定器で測角して雲の高さを求める。

第 8-15 圖



航空港の照明

ヘ. 着陸場照明 着陸場全體に地上 1m の所で 1.5 ルクスの垂直面照度を與へる様に (地上 4m 以上に光芒が行くのは有害) 1kW 投光器を數多く使用する。最近は舗装した着陸路の兩側に着陸する方向に、適當の間隔で多くの電燈を並べたものが使はれる。

6. 電燈の特殊應用 最後に電燈を本來の見る事以外に使

用した二三の例を示さう。

イ. 表示燈 配電盤に使用する表示燈 (pilot lamp) は電壓がそこに來て居る事を示す。又模擬母線で開閉器が閉ちて居るか開いて居るかを示すにも使はれる。最近生きて居る母線を特に照明した模擬母線もある。

ロ. 信號燈 多くの配電線を有する變電所で或る開閉器が引外されれば警鈴を鳴らすと同時に電燈を點じてどの配電線が遮斷されたかを示す。又豫め各部の命令や事故が書いてある内部に電燈を用意して、必要の時其の電燈が點火する様にしたもの或は色燈を組合せて各種の意志を傳へるもの、或は火力發電所で多くの電球を一杯並べたものを用意して、その中の或る電球だけを點火して數字の形とし今何 kW 出力しつつあるかを發電機室や汽罐室に知らせるもの、更に之を擴張して「電光ニュース」としても使用される。

ハ. 光線電話 音を電流の變化に變へ、時の遅れなきネオン燈又は小白熱電燈を點火して光の變化に變へて發信し、受信所で光電管に依り再び電流の變化に戻して普通の電話受話器に送る。盜聴されると受信不能になつて直ぐ解るのが特色である。

ニ. 盜難豫防 近づく事が望ましくない部屋の入口又は建物の周圍に光の垣根を作り、それが遮られれば光電管電流を止め繼電器に依り警報電路を完結する。赤外線を使用すれば効果が多い。

ホ. 發聲映畫錄音 發聲映畫フィルムの一側に電流の變化を濃淡又は波形に焼付け、映寫の時光電管にて電流の變化に復する。

ヘ. 青寫眞焼付 太陽に依るものは場所及び天候で色々不便な點があるが水銀燈に依れば 1 分間位で焼付く上に、常に一定のものが得られて巧拙



がない。寫眞の焼付には白熱電燈が使用せられる。

ト. 寫眞撮影 小人数の撮影に寫眞電球、活動寫眞の撮影に 1kW から 10kW 迄の白熱電球が使用せられる外、撮影室にては撮影の時だけ電壓を上昇する方法も行はれる。100V 100W 電球の電壓を上昇して使用した場合の特性は第 8-4 表の様である。

第 8-4 表 100V 100W 電球の電壓特性

電 壓 (V)	電 流 (A)	電 力 (W)	光 束 (%)	壽 命 (時間)
90	0.94	85	69	4300
100	1.0	100	100	1000
110	1.06	116	140	280
120	1.11	133	187	94
130	1.16	161	255	35
150	1.26	190	390	6.5
200	1.50	300	940	0.3

チ. 誘蛾燈 稻作に害ある蚊蟲捕殺を目的に稻田上 1.5m に水盤 (雨の際上部より水の溢れぬ様水吐用穴を有す) の上方 30 寸の所に 60W ガス入電球を吊す (第 8-16 圖)。之を 30 乃至 100 アールに一箇設備する。内地に於ては 5 月中旬より 7 月上旬迄、及び 8 月中旬より 9 月中旬迄の二回、日夜より夜半まで點燈するを良しとする。水盤は毎日掃除をなし水を取替へ且つ石油 1 滴 (4 瓦) を加へる事が必要である。害蟲被害 5% 以下では經濟上損失なるも 10% 以上の土地にては確實に利益なりと言ふ。

リ. 電照養蠶 8 疊に 60W ガス入電球 4 燈 (カナリヤ電球の方効果大なる事認めらる) 位の割合で蠶室を連夜照射すれば、成育を促進し、眠起を齊一とし、繭質均齊し特に上繭を増加する。

又. 點燈養鶏 10 月より 3 月迄の日照時間短き時期に宵又は曉に點燈して睡眠時間を短縮し産卵数を増加させる。曉點燈式には time switch を利用すべく、宵式では鶏を泊木に泊らすため直並列切替又は單巻變壓器に依り消燈前に暗くする必要がある。

ル. 電照栽培 綠葉を有し炭素同化作用を營む植物を適當の時期に適當の期間電燈にて照明すると著しく其の發育を促進し、且花又は果實の生産を増加する。但し時期及び期間を誤るに於ては枯死させ又は葉のみ成長して花を開かず實を結ばぬ事もある。經濟的に成功するには深い研究を必要とする。花葛蒲を五月の節句に間に合せ又は苗代にのみ照射して稻の生産を増加して成功した實例がある。

第 8-16 圖



誘 蛾 燈

7. 莖外線 白熱電燈は光の外に赤外線並に僅少の莖外線を輻射する。光及び赤外線を皮膚に照射すれば新陳代謝や病的生産物の吸収を促進し、知覺神經を鎮靜する効果があるので、電燈に依る光線浴醫療器もある。

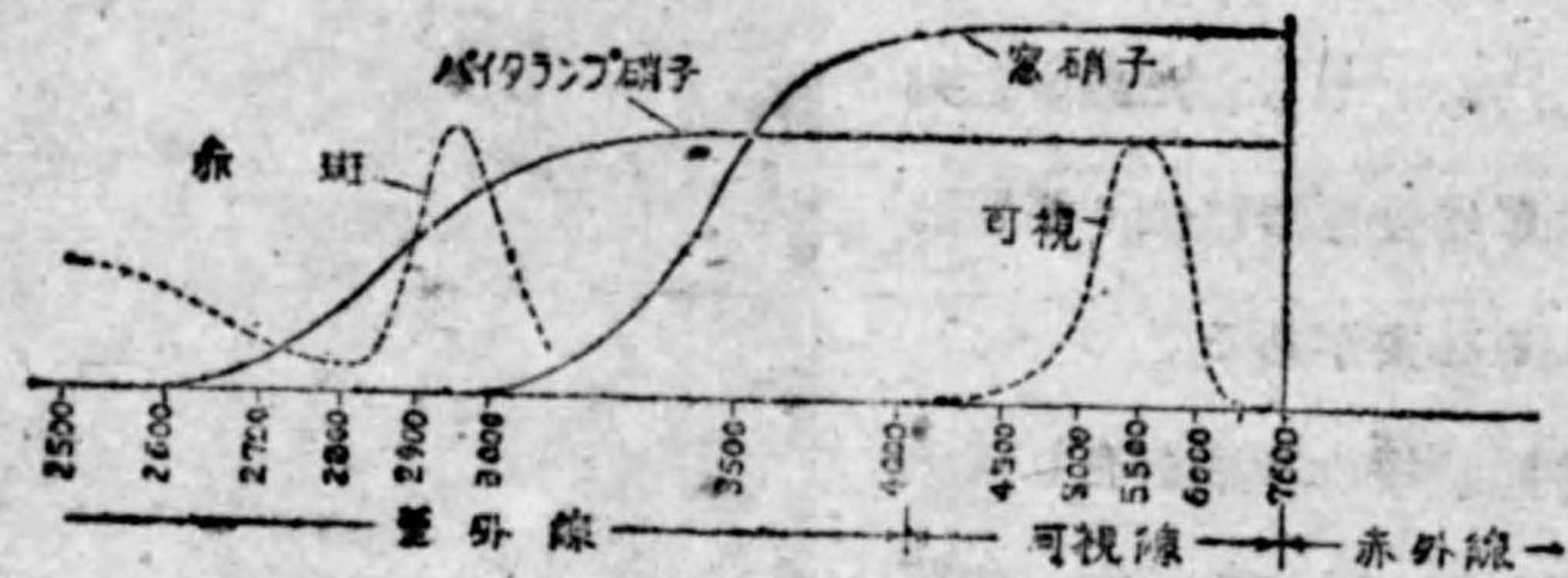
然し此の作用は莖外線に於て一層有力なので、主として莖外線浴が使用



せられる。

夏日海水浴等にて生ずる日やけ(紅斑)が健康増進に效ある事は實驗的に認められる所であるが、此の紅斑効果と莖外線波長との關係は第 8-17 圖に示す通りである。之に依ると 0.28 乃至 0.31 ミクロン附近の波長の莖

第 8-17 圖



紅斑効果と莖外線波長

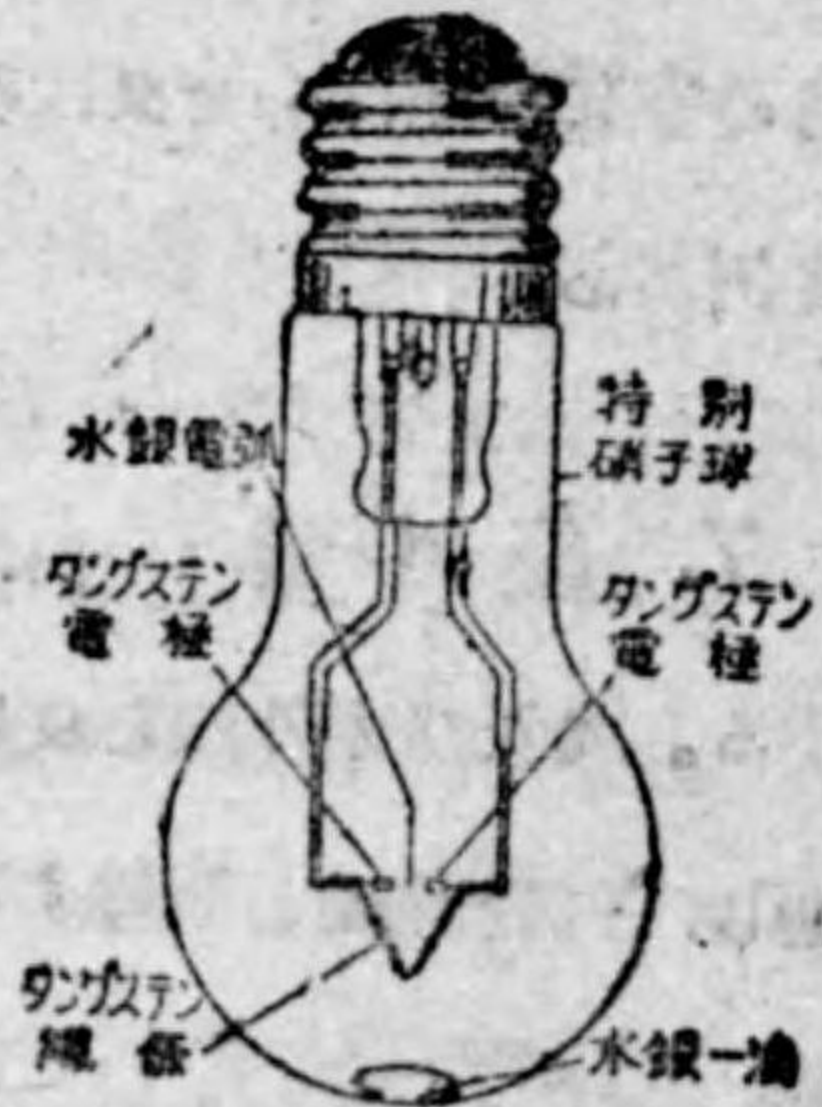
外線が最も有效なので、之を健康莖外線と稱する。尙本圖に普通硝子の透過率を示してあるが、莖外線は殆んど透過しない事が解る。

パイタライト・ランプは高能率ガス入電球に莖外線透過ガラスを使用したものである事は前に述べたが、元々發生莖外線は僅少である。東京芝浦の健康ランプは普通電球に莖外線透過硝子を使つたものであるから更に莖外線は僅少である。

依つて莖外線發生装置としては水銀パイタライト・ランプ(米國の S 電球は之と同じ)或は太陽燈が多く使用せられる。

水銀パイタライト・ランプはタングステン弧光燈と類似の形狀で第 8-18 圖に示す様にタン

第 8-18 圖



水銀パイタライト・ランプ

グステン電弧間隙と並列にタングステン織條を設け、空氣を抜きとりて後、アルゴンガスと水銀の一滴とを封入したものである。

之に漏洩變壓器を通じて電壓を加へると先づ織條が熱と光とを發生し、その爲めに電極間にアルゴンの電弧を生じ球内の溫度が上昇するに従つて水銀が蒸發して水銀電弧を生ずる。その際所要電壓が低下するので漏洩變壓器が必要である。其の特性の比較を第 8-5 表に示す。

第 8-5 表 健康電球

項 目	大形水銀パイタライト・ランプ	小形水銀パイタライト・ランプ	GI ランプ
アーク電壓 V	12~13	14~15	15
電 流 A	30	3.5	2.4
球の電力 W	360~390	120~128	38
總電力 W	450	150	50
總ルーメン	7000	1600	150

尙小形水銀パイタライト・ランプにはアルミニウムの帽子を被せる。之では折角の莖外線が邪魔される様に思はれるが、本電球には莖外線に對して反射率の高いアルミニウム又はクロームの反射笠が使はれるから、大して無駄にならないのみならず、之があるが爲に球内の溫度が上昇し輻射能率は反つて増加するのである。

此の水銀パイタライト・ランプを莖外線輻射の點から 300 W パイタライト・ランプに比較すると小形で大約 12 倍、大形では 100 倍である。此の水銀パイタライト・ランプに照明用白熱織條を附加した水銀健康ランプもある。

GI 電球は米國 W 社發賣の同一目的の電球で第 8-19 圖の様な構造を有し、眞空にして後水銀が封入してある。

第 8-19 圖



GI 電球



最初繊維に電流を通ずると白熱され、そのため之を包むニッケル圓筒との間に水銀アークを生じて紫外線を発生する。

紫外線も波長が短くなつて0.2 ミクロン位になると殺菌作用が強力になり、細胞を犯す様になる。炭素電弧を見詰めると数日後眼に痛みを感じ、甚だしい場合には盲目となるのは之が爲である。然し適當に之を使用すれば、善良なる細胞には大した悪作用がなく、不良の細胞即ち病菌だけ死滅させる事が出来る。従つて之が使用には醫師の指導を必要とする。水銀パイタライトに使用するガラスは大體 0.28 ミクロンより短い波長に對しては不透明であるから此の點は心配がない。

然し太陽燈即ち石英管水銀電燈(67頁第4-10圖)にあつては各種の紫外線を発生するからそれだけ醫療効果は大であるが、之が使用には必ず醫師の處法を必要とする。飲料水の殺菌にも使用された例がある。

ガラス又はグローブ等に可視線に不透明なるものを使用すれば、所謂 dark light として螢光物質に螢光を発生させる。之を使用して怪奇の舞踏を見せ物として使用された例もある。

又この螢光の有無に依り物質の鑑別に使用せられる。

第8-6表 紫外線による鑑別

ルビ	紅色の螢光發生	ルビ模造品	螢光なし
眞珠	淡綠色	眞珠模造品	"
天然絹糸	白色	木材纖維	"
バター	淡黄色	植物性バター	青色螢光發生
棉油	螢光を生ぜず	變壓器油	青色の螢光を發生

8. 電燈料 我が國で廣く使用されて居る電燈料金には定額制と

從量制とある。事業者に依り(1)取付燈數に依り何燈以下は定額制、それ以上は從量制と指定したもの、(2)その中間に自由に選擇の餘地のあるものとある。

今東京電燈株式會社の本社の營業案内から料金に關する二三の點を示さう。

定額料金 一使用場所2燈以内及び屋外燈に限り夜間のみ供給す。

1燈1ヶ月に付き	5燭	40錢	32燭	75錢
	10燭	50錢	50燭	95錢
	16燭	55錢	80燭	135錢
	24燭	65錢	100燭	155錢

別に器具及び布線貸付料として1燈1ヶ月5錢を要する。

從量料金 晝夜間斷なく送電し、300W以下の家庭用電氣器具の使用は差支へない。

電燈1個1ヶ月當り	1 kWh迄	1 kWhに付	16錢
	1 kWh超過 2 kWh迄	"	14錢
	2 kWh超過 3 kWh迄	"	10錢
	3 kWh超過	"	6錢

最低料金 1燈1ヶ月に付 1 kWh

積算電力計貸付料	500 W迄	電燈3燈以下	10錢
		4, 5燈	20錢
		6~10燈	30錢
		11燈以上	40錢
	500 W乃至1000 W		45錢



1 kW 乃至 1.5 kW 50 錢

器具や布線を貸付ける場合は定額制の場合と同じ。

電熱用配線は需用家の負擔とし電熱専用の計器に依るものは最大使用電力(電流制限器の整定電力)1kW 1ヶ月に付 100 kWh 迄 1 kWh 5 錢, 超過分 4 錢で, 最低料金 300 錢である。

關西方面に依ては綜合料金制と稱し, 電流制限器を使用し, 其の整定に依り, 使用の有無に關せず一定の基本料金を支拂ひ, 別に積算電力計の計量に従ひ, 所定の料金を併せ支拂ふ方式が多く採用せらる。

例題 1. 東京電燈會社本店の区域内にて, 100 燭 1 燈, 50 燭 2 燈, 32 燭 4 燈, 24 燭 2 燈, 10 燭 3 燈を使用し, 月別使用電力量が次の如き需用家に於て, 支拂總額何程なりや。若し定額が許さるゝものとせば其の料金如何。

1 月	56 kWh	3 月	40 kWh
5 月	20 kWh	7 月	8 kWh
9 月	25 kWh	11 月	34 kWh

解 取付總燈數は 12 燈, 取付ワット數 485 W ばかりである。

一番使用の少い 7 月では 12 燈分の最低を支拂ふを要する。それに布線損料及び計器損料 500 W 未滿で 10 燈超過の 40 錢を加へる。

7 月分  $16 \times 12 + 5 \times 12 + 40 = 292$  錢

次に 5 月に於ては 20 kWh の内 12 kWh は 16 錢, 超過分 8 kWh は 14 錢である。

5 月分  $16 \times 12 + 14 \times 8 + 100 = 404$  錢

9 月及び 11 月に於ては 24 kWh 超過分 1 kWh 及び 10 kWh が 10 錢となる。

9 月分  $16 \times 12 + 14 \times 12 + 10 + 100 = 470$  錢

11 月分 "  $+ 10 \times 10 + 100 = 560$  錢

3 月及び 1 月では 36 kWh 超過分が 6 錢となる。

3 月分  $16 \times 12 + 14 \times 12 + 10 \times 12 + 6 \times 4 + 100 = 604$  錢

1 月分 "  $+ 6 \times 20 + 100 = 700$  錢

定額料金にて計算すれば

$$155 + 95 \times 2 + 75 \times 4 + 65 \times 2 + 50 \times 3 + 5 \times 12 = 985 \text{ 錢}$$

即ち従量制に依る方が安價である。但し最も多く使用した 1 月でも 56 kWh は平均して  $56000 \div 485 = 115$  時間 即ち毎日 4 時間弱しか使用せざる割合であるから, これ以上使用する場合は定額制が安價となる。

## 問 題

1. 溢光照明とは何ぞや。
2. 投光器の反射器の材料及び形状を示せ。
3. 投光器の角度とは何を言ふか, 之に依り投光器を 3 種に分類せよ。
4. 次の建物にはどの程度の照度を必要とするか。1 kW の投光器を使用すれば何箇を要するか。但し設備能率(有效光束と電球光束との比)を 10% とする。

答 225 ルクス, 96 箇

大都市赤煉瓦銀行

溢光面積 1500 m<sup>2</sup>

小都市白色デパート

高さ 20 m × 幅 30 m × 奥行 50 m

5. 長さ 100 m 幅 50 m の運動場を照すのに 1 kW 投光器何箇を要するや。但し設備能率を 20% とす。

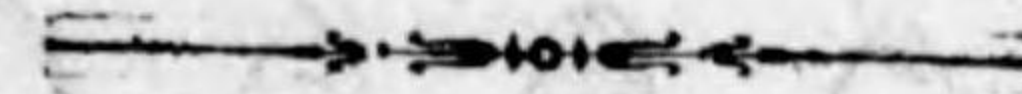
答 125 箇

6. 建築化照明を説明せよ。



7. 天窓照明とは何ぞや。
8. 舞臺照明用燈具の主要のもの5種の名稱を記せ。
9. 舞臺の電燈の光度を加減する装置を説明せよ。
10. コロラマ照明とは何ぞや。
11. 電車の保安信號には青(安全)橙(注意)赤(危険)の三種の電燈を使つて居るが、同一距離から之を認めるには、赤に40W電球を使用した時、橙(琥珀と同一とする)と青には何ワット電球を使用すべきや。
12. 廣告照明を3種に種別し、夫々の優れた點と劣れる點一つ宛を示せ。
13. 文字の高さを2mとして「デンキガッコウ」と書く直接式サインに要する電球數如何。但し100mより近寄れば見えない所にある。尙このサインはどの位遠くまで廣告効果があるであらうか。
14. 「電機學校」を間接式サインとしたい。200米位まで見えれば良いとすれば、之に要する電力は大凡どの位であらうか。
15. 高さ2m、幅3mの看板を照明するに使用する電球の大きさ及び箇數並に看板より突出す長さを求む。
16. 航空燈臺の大形のもの地上で見ればどんな時間の割合で光るか。
17. 大形航空燈臺の主光芒に就き知る事を記せ。
18. 航空港に要する主要の照明5を示せ。
19. 飛行機の着陸に要する照度如何。
20. 電燈を見る事以外に應用した例を列舉せよ。
21. 董外線用電燈の名稱を擧げよ。

## 電 熱



**1. 電熱器の構成** 或る選ばれたオーム數を有する導體に、設計された電壓(多くは100又は200ボルト)を加へてやりさへすれば  $I^2R = V^2/R$  ワットの熱を發生する。之を熱として利用する場合が電熱であつて、普通の機器では出来るだけ其の發生を少くし且つ其の爲の溫度上昇を制限するのに苦心を拂つて居るのであるが、此處では主として此の電熱を利用する事に就いて講述する。

先づ電熱を實用にする器具を一般に電熱器と稱するが、使用目的と其の形狀の如何に依り種々の名稱が附せられる。例へば電氣爐と呼び、熔接機と言ふが如きである。

第 1 圖

普通に電熱器と言へば電氣ストーブ、電氣アイロン、電氣七輪等であるが、之は次の三部に分けて考へるのが便利である。

- イ. 器體(包被、放熱體、放熱補助體、保護體、裝飾等)
- ロ. 發熱要素(抵抗素、絶緣物、支持物等)



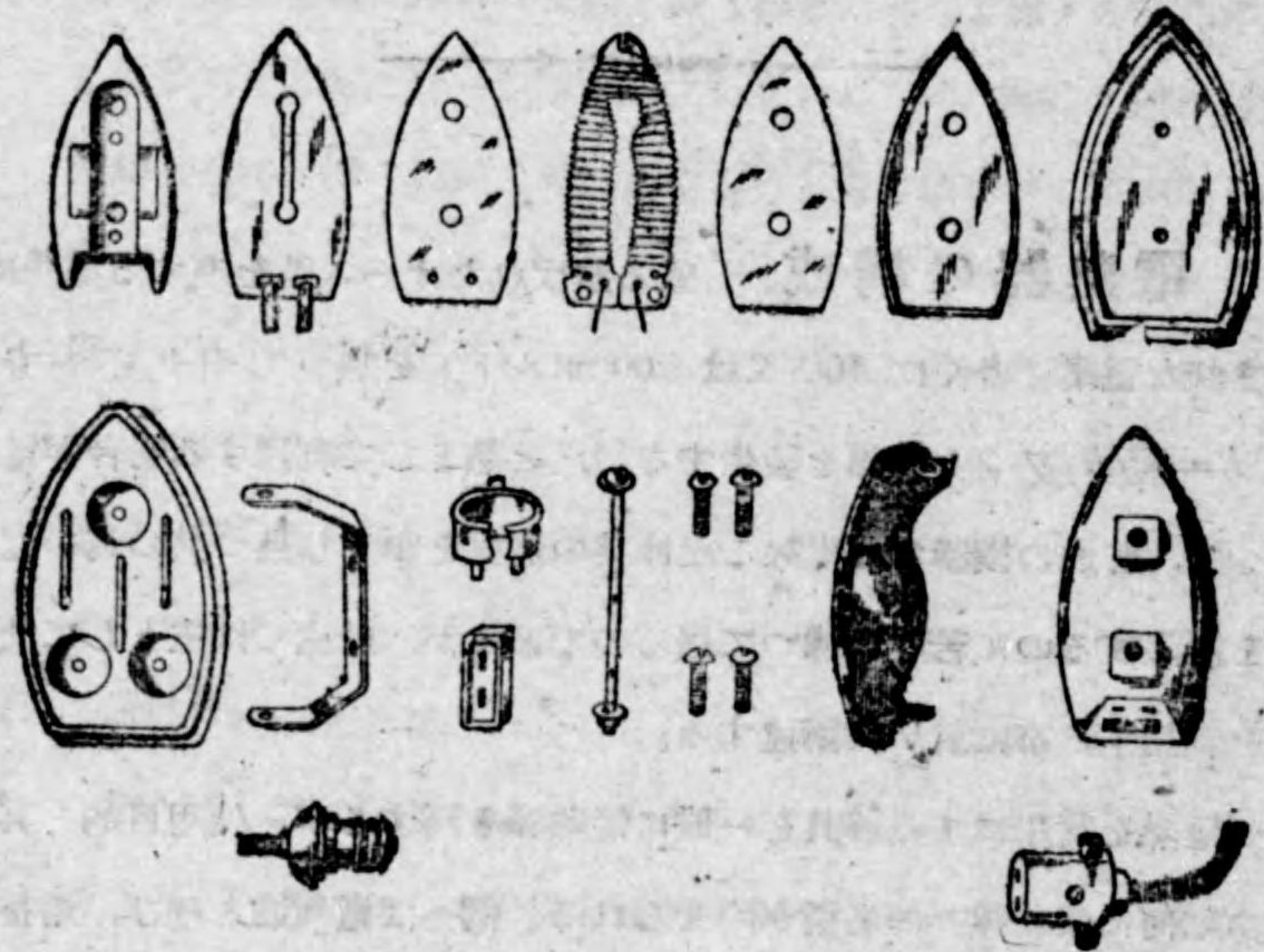
電氣アイロン



## ハ. 接続回路 (可撓紐線, 加減装置, 端子, 開閉器, 導線等)

固より品物に依つては其の區別が明かでないものもある。第1圖は家庭用電気アイロンの外觀であるが、之を分解して見ると第2圖の様である。

第 2 圖



電 気 アイ ロ ン 分 解 圖

上部中央にある雲母に電熱線を巻いたものが眞の發熱要素で、之を左右にある雲母で絶縁して、又其の左右にある容器で包んで發熱要素を形成して居る。電熱線の両端は左側容器に絶縁して取付けた栓棒に夫々接続されて居る。

可撓紐線の両端に捻込栓と挿込栓受とを有するものが (圖には紐線の中途省略) 此の場合の接続回路で、捻込栓を電燈受口に、挿込栓受を栓棒を包んだ端子に挿込めば、それでアイロンは暫時の後使用温度となる。

圖にある残りの部分は器體或は附屬物で、右上の本體が他物に熱を傳へる放熱體で、他は包被や取扱上の便利の爲の把手などである。

**2. 抵抗素** 電熱利用を目的とする發熱體には時に熱せられるもの自身や電弧を使用する場合もあるが、電熱器としては多く電熱線を使用するが、時には非金屬發熱體を使ふ事もある。

非金屬發熱體で目下實用されて居るのは炭化硅素 (SiC) を主成分とするもので、シリット、コーチリット、グローバー等の商品名で賣出され、國産品も二三ある。名稱の違ふに従ひ成分や性質が幾分違ふ事勿論だが、其の特性の一例を示すと次の様である。

比重	2~3	熱膨脹係數	$5 \times 10^{-6}$ 以下
比熱	1.8	抵抗溫度係數	0.0005
扯斷力	280 kg/cm <sup>2</sup>	固有抵抗	0.1~20 オーム/cm <sup>2</sup>

参考の爲め我が國で多く使用されて居るグローバー (glöbar) の標準素の二三を示さう。

第 1 表 グローバーの表

大 小			定 格		
直徑 (mm)	全長 (mm)	有效長さ (mm)	電 壓 (ボルト)	電 流 (アンペア)	電 力 (ワット)
0.8	15.2	10.2	55	12	660
1.3	25.4	20.3	55	30	1650
2.5	40.6	30.5	55	72	3960
2.5	61.0	50.8	110	85	9350
1.6	50.8	40.6	110	43	4730



本發熱體は殆んど腐蝕されず、抵抗の値は炭素等を混じて希望の値に作られ、上例に示した大さで取扱に便利であるが、脆いのと導線との接続に熱線を要するのが缺點である。然し近頃は端子部を太くして温度を低くし、銀鍍するなど端子の構造が色々工夫されて居る。但し 1000°C 以上で使用されるもの又は大容量のものには水冷式の接続端子を使用しなければならない。

### 3. ニクロム線 先づ金属發熱線としての要件を列挙すれば

1. 使用温度が高く出来る事
2. 固有抵抗が大である事
3. 延展性に富み、線引其の他の加工が容易なる事
4. 使用温度に於て鹽などに犯されない事
5. 膨脹係数が大ならざる事
6. 断線の場合接続が容易なる事
7. 廉價なる事

他物を熱する爲には電熱線自身の温度を高くし得る事が望ましいのであるから、第一に其の溶解点が高く、高温になつても形が崩れぬ事が必要で、又空气中に使用するのであるから空气中の酸素とは其の温度で殆んど化合しないものでなくてはならない。

固有抵抗が大でないと電燈電路 100 ボルトに使用するのにあまり細長くなつて工作や取扱に不便である。料理用としては汁や魚の肪に觸れるから、それ等に犯されないものでありたいし、高温で餘り延びては電熱器の工作に不便である。

目下使用されて居る金属電熱線はニッケルとクロームとの合金で、最初に賣出されたドライバハリス社の商品名がニクロムであつたので、之が金属電熱線の一般の名の様に廣く使はれて居る。

一般ニクロム線は其の溶解点が 1350°C 附近であつて 1000°C 内外迄使用する事が出来るし、其の固有抵抗も相當に高く銅の 60 倍以上であり且つ線引が可能である上温度に依る線膨脹係数は  $1.3 \times 10^{-5}$  であるから 1000°C の温度變化で 1.3% の伸びに過ぎない。其の上高温になると空气中の酸素と化合はするが、形成された酸化クロームの極めて薄い被膜が表面を萬邊なく被つてしまふので、それ以上の酸化は阻止され、相當長く使へるので今日廣く使はれて居る。

ニクロム線は其の品質に依り二種に大別される。二流品は鐵を含み、高價のクロームが少いので廉價であるが、使用温度が一流品に比し高く出来ないから低温度用又は一般家庭用器具に使用される。第 2 表は其の成分の一例を示したものである。

第 2 表 ニクロム線の成分

種 別	成 分			實用最高温度 (°C)	固有抵抗 (オーム) m/mm <sup>2</sup>	耐 酸 性
	Ni	Cr	Fe			
一流品	79	20	1	1150 迄	1.05	富 む
二流品	75	10	15	950 迄	1.10	劣 る

實際に使用せられるニクロム線の太さの決定は非常に難しい。多くは使用せんとする電熱線の製作所で『空气中に水平に直線に置き、特別の冷却を施さない場合の電流と温度の値』が公表されて居るから、それを大體の



見當をつけ、實際に試作して見て若し温度が低すぎれば長さを短くする。さうすると自然電力を増加する。萬一電力の多い事が不都合ならば、更に少し細い電熱線で作し、もつと少い電流で希望の温度になる様にしなければいけない。

一般に密閉して使用するものは冷却が充分行はれないから太くて長いものを使用する様に心掛けなければならないが、全く氣密にして空氣とは少しも接觸しない様にした場合には、電熱線が高温度になつても差支へないから、反つて細いもので目的が達せられる。又水中に浸して使用する様な場合は冷却が充分なので、細くて短いものでないと温度が上らない。

今電熱線の一例として日本電熱線の性質を第3表に示さう。

第3表 日本電熱線電流表

第 一 號 線							
番號 BS	直 徑 耗	重量, 斤 1000米に付	長さ, 米 1 疋に付	電 流 (アンペア)			
				200	500	700	1000
1	7.34	355.5	2.82	106	211	268	363
5	4.62	141.3	7.09	55.0	108	137	185
10	2.59	44.4	22.50	24.0	47.0	60.0	80.5
15	1.45	13.8	72.50	10.3	20.4	26.1	34.9
20	0.810	4.36	229.0	4.50	8.85	11.4	15.2
25	0.454	1.350	740	1.95	3.85	4.98	6.65
30	0.254	0.420	2 370	0.87	1.66	2.19	2.90
35	0.142	0.134	7 470	0.371	0.73	0.945	1.26
40	0.079	0.039	25 700	0.163	0.320	0.415	0.555

第 二 號 線							
番號 BS	直 徑 耗	重量, 斤 1000米に付	長さ, 米 1 疋に付	電 流 (アンペア)			
				200	500	700	1000
1	7.34	301.5	2.85	100	201	254	334
5	4.62	139.6	7.98	51.4	103	130	172
10	2.59	43.90	22.8	22.4	44.8	57.0	75.1
15	1.45	13.65	73.3	9.77	19.5	24.8	32.3
20	0.810	4.31	231.9	4.27	8.53	10.85	14.3
25	0.454	1.335	749	1.86	3.73	4.67	6.27
30	0.254	0.416	2 400	0.814	1.64	2.08	2.74
35	0.142	0.1325	7 500	0.356	0.72	0.90	1.19
40	0.079	0.0390	26 000	0.155	0.316	0.396	0.523

最近市販されるものにカンタル線がある。之は、クローム、アルミニウム及び鐵の合金で高級品は 1100°C 附近ではニクロム線に比し 5 倍以上の耐久力があり、ニクロム線では使用不能で白金線を使用して居た高温度 (1200°~1300°C) にも使用可能であるとの事である。本品の比重は 7.2 程度でニクロム線 (8.2 程度) より軽く、抵抗は 1100°C で 150 マイクロオーム毎厘立方でニクロム線より少し多いから、總べての點で好ましい。

電熱線の温度が 100°C 内外で良い場合は鐵線でも良いが、100 V に使ふには甚だ長くなる。

4. 耐熱絶縁物 電熱線を支持し且つ電熱線と他の部分との接觸を豫防したり或は電熱器體に觸れて感電する事がない様に、電熱線を絶縁物で包む必要が起る。そして電熱線は高温となるものであるから、此



の絶縁物は高温に觸れても絶縁性の悪くならないものでなくてはならない。然し實際に存在する耐熱性絶縁物の多くは高温で其の絶縁抵抗を低下する性質があるので、之を使用するには相當の工夫が要る。

所で耐熱性絶縁物には全く反對の二つの用途がある。其の一つは電熱線で発生した熱を目的の役に立たせ、出来るだけ無駄にならぬ様にする爲には、其の絶縁物は同時に熱の絶縁物である事が望ましい。多くの電気絶縁體は同時に熱の絶縁物であるから、此の點は餘り問題とならない。

もう一つの用途は没入電熱器とか投込電熱器と言つて電熱器を直接水中等に入れて用ゆるものに使はれる絶縁體である。例へば風呂にこの電熱器を入れて湯を沸す場合に、水に手を入れて湯加減が安心して見られるためには、電熱線と水とは絶縁する必要があるが、同時に其の絶縁物を通して電熱線の熱を水に傳へる事も亦必要である。此の場合にはこの絶縁體は熱の良導體である事が望ましい。

現在普通に使はれて居る絶縁體は陶磁器、雲母、酸化マグネシウム及びアルミナ、石棉、ガラス綿等である。

陶磁器は餘り高温度となると脆くなり、特に水でもかゝつた場合に破壊する處が多い。其の上高温度(700°C以上)では絶縁抵抗を著しく低下して漏電の原因となる事がある。然し安價であり、又希望の形に作れて而かも機械的に丈夫であるから、支持物や保護物を兼ねて多く使はれて居る。

雲母は良質のものは絶縁性に富んで居り、耐熱性強く且つ濕氣の影響を蒙る事が少いし、其の上薄片として使へるので熱の傳導も悪くない。但し國産品で良質のものが少く高價であるのと、薄片としては機械的に丈夫でないので補強材が必要であり、耐熱性が強いと言つても700°C以上に保つ

と變質する處があるので500°C以上になる場所には使はぬが良い。

雲母を極めて小さな薄片とし、改めて之を耐熱性の貼着劑で集めたものをマイカナイトと言ふが、可撓性に富み、銅帯に巻く事さへ出来るのであるが、温度が高いと貼着劑が蒸發變質するので、先づ200°C以上になる箇所には面白くない。然し貼着劑を改良して高温に耐へるものが工夫されつゝある。

更らに高温に耐へる事が必要な場合にはマグネシヤ(主成分酸化マグネシウム)やアルミナ(主成分酸化アルミニウム)を使ふ。粉末であるから凹所に詰め込むのや管内に納めた電熱線と管とを絶縁するなどに適して居る。適當に處理したものは1900°C位に使用した例もある。

石棉は珪酸石灰やマグネシヤなどから成り、纖維質なので上質のものは紐状として巻き付けて使用する。耐熱性及び保溫性に最も富むのであるが、濕氣を吸収し絶縁抵抗を低下する處が多い。

鐵熔融の際に出來た熔滓から作るガラス綿(一般に熔滓綿、シリケートコットンといつて居る)も良好の絶縁物で相當に使はれて居る。

**5. 恒溫器** 電熱の他の熱源に比べて最も長所とする所は、一定の温度に保つ事が他の熱源より遙かに容易な點であるが、此の長所が發揮出来るのは全く恒溫器(thermostat)がある爲である。

電気炬燵内の温度は75°C内外を適當とする。之にあたる人数が増減しても此の温度を保ち且つ開閉器を閉ちてから暖くなる迄に餘り長い時間を要しない爲には、此の温度を保つに必要な電力以上の電熱器を必要とする。然しそれを續けて使用しては蒲團を焦すに到るから、温度が75°C以上例



へば 77°C に上つたならば一時電熱器の電流を絶ち、温度が或る温度例へば 70°C に低下したら再び回路を閉ぢる様にする。此の電路の開閉を司るのが恒温器である。

電気炬燵を初め電気行火や電気座蒲團の様に調節すべき温度が 100°C を超えず、使用電流が 1.2 アンペアを超えない場合には殆んどバイメタル恒温器が使はれる。

之は真鍮（銅 70%，亜鉛 30%，其の線膨脹係数 0.00016 程度）とニッケル鋼（アンペアと言ふ、一例ニッケル 34%，鐵 65%，炭素 1%，其の線膨脹係数 0.0000016）とを薄片とし、重ねて熔接し、之を其の儘使ふか渦状とする。そして第 3 圖に示す様に接點を設ける。さうすると温度が上昇するに従つて真鍮は延びるがニッケル鋼は延びない爲め、後者の側に反つて来る。そこで反れば電気接點が離れる様に装置して置けば目的が達せられる。

第 3 圖



バイメタル恒温器

此の圖の様な装置で温度が稍上昇するとバイメタルが反つて接點を離す動作が緩漫である爲め極く僅か離れた時には、火花が續出して接點を悪くする。そこで接點を急に離し或は急に閉ぢる目的で速切式が色々工夫されて居る。何れも不安定の座りと弾條又は小形永久磁石とが使はれて居る。

第 4 圖は電気協會の懸賞に當選した炬燵又は座蒲團に使用されるものである。

上圖は閉路状態で、電流は イ、ロ、ハ、ニ、ホ、ヘ、ト、チ なる電

路を流れて居る。温度が上昇して来るとバイメタル（ホ）の開放端は次第に上方に反つて来るので、波形弾條

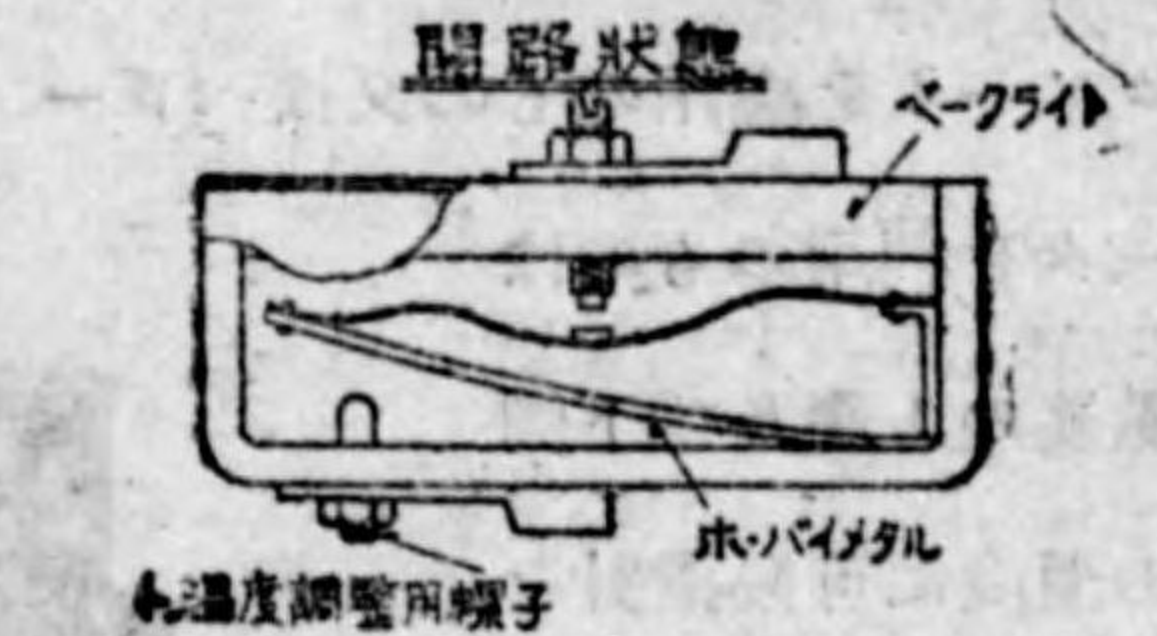
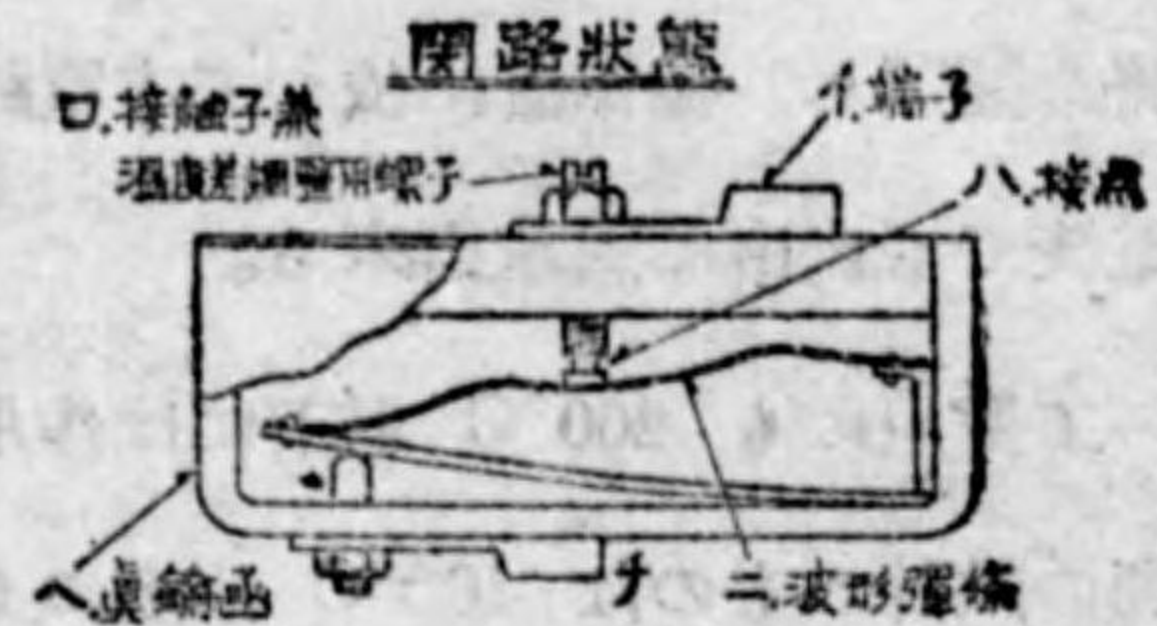
(ニ) は接點（ハ）を一層押付けるが、或る程度を超すと波形弾條の特性で中央は急に反轉し下圖に示す開路の状態になる。温度が或る程度まで下ると、波形弾條は反轉し、急に接點を形成する。温度調整用ネジ

(ト) を捻込めば低い温度で開閉し、温度差調整用ネジ（ロ）を捻込めば

少い温度差（開路温度と閉路温度との差）で開閉する。普通は 3 度乃至 5 度の温度差で働く。

の差）で開閉する。普通は 3 度乃至 5 度の温度差で働く。

第 4 圖

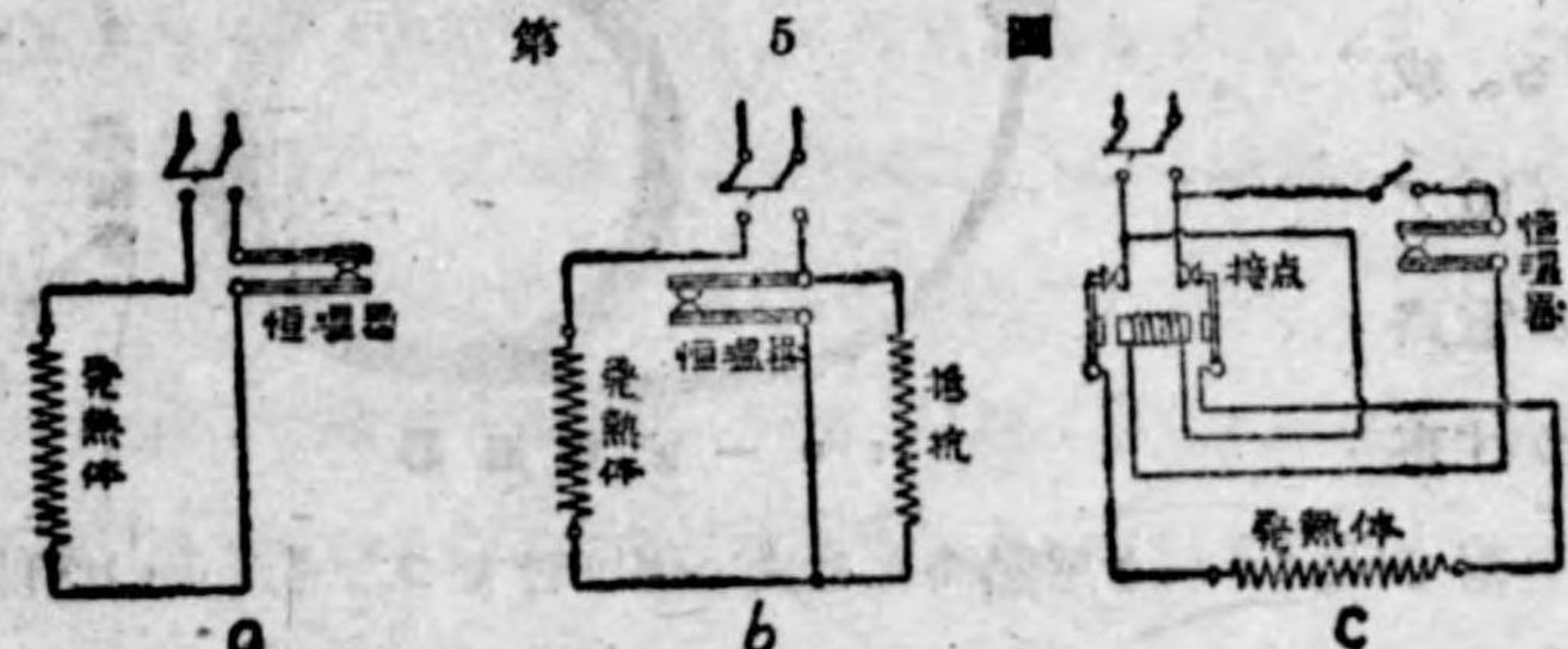


速切式恒温器

### 6. 工業用恒温器

恒温器と電熱器とを直列につないだも

の(第 5 圖 a)は、接點に故障が起らぬ様にする爲に餘り大なる電流の流れ



恒温器の接続

る電路には使へない。

そこで稍大なる電流を使ふもので

は第 5 圖 b

の様にする。斯うすると恒温器は熱源の一部だけを閉閉し、負荷の温度の變化も狭くなり、其の上供給電力の變化も餘程緩和される。斯う言ふ方法



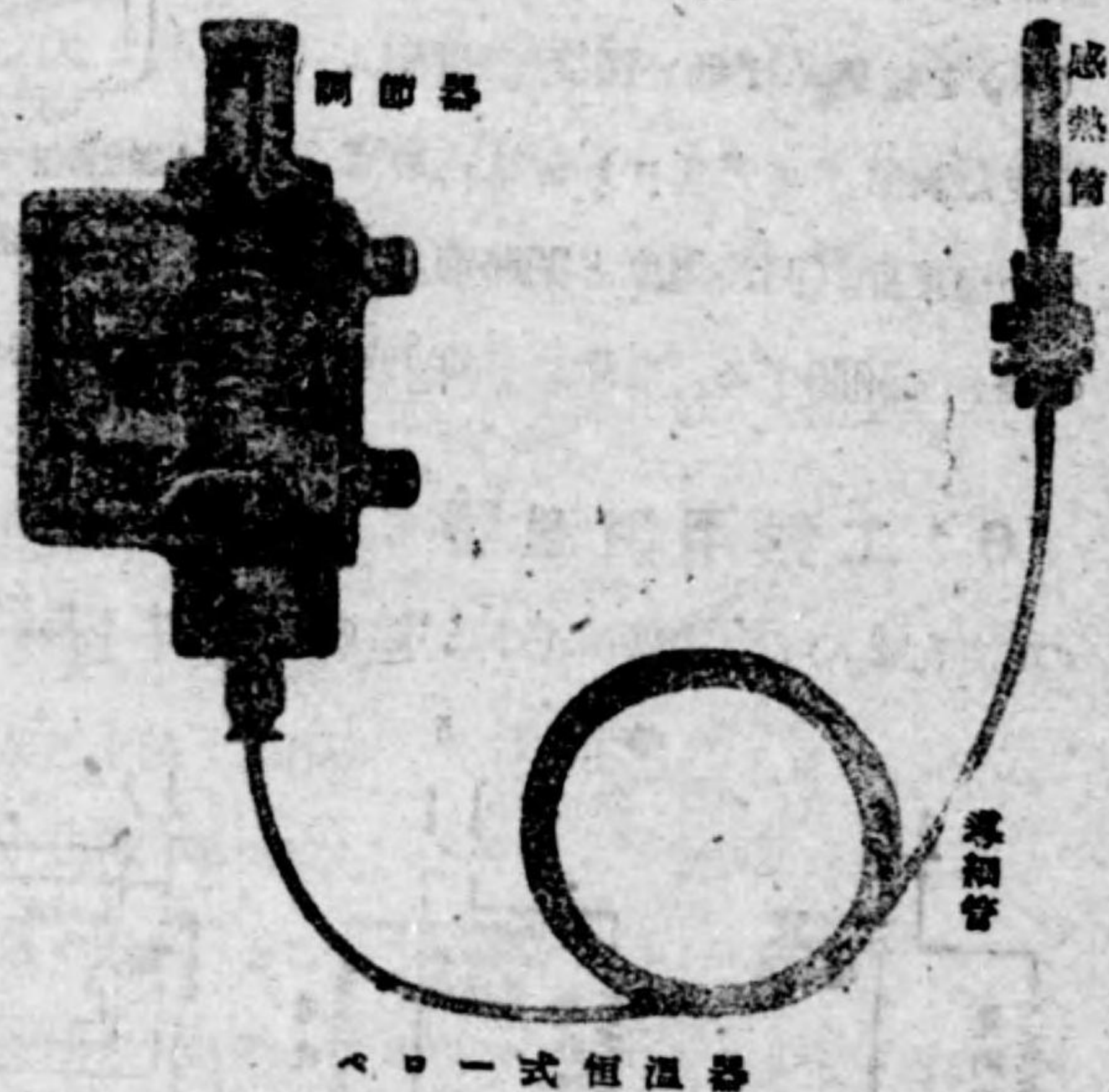
で、温度の變化を  $0.2^{\circ}\text{C}$  以下に保つて居るものもある。

電流が大となつた場合には第5圖cに示す様に恒温器に依つて補助の電路を開閉し、繼電器に依つて主電路を開閉する。斯うすれば高電圧でも大電流でも自由に處理出来る。

工業用にも  $200^{\circ}\text{C}$  以下には作用の基としてパイメタルを使用する。特別の設計のものは  $400^{\circ}\text{C}$  位迄にも使へるが、それ以上の高温度にはパイロメータを應用のもの又はペロー（糊）形のものを使用される。パイロメータを利用のものは

希望の上側及び下側の温度に可動指針を  
整定し置けば、パイ  
ロメータの指針が、  
上側のものと接觸し  
た時電路を切り、下  
側のものと接觸した  
時電路を閉ぢる。或  
は水銀開閉器（10ア  
ンペア以下の電路  
に使ふ）を働かす事

もある。ペロー形ではペローと感熱筒とを長い導細管でつなぎ、その内部に液體を充すか或は蒸發性の液體を相當に充して置く。感熱筒内の液體の膨脹又は氣化が導細管により壓力としてペローに傳へられ、接點を開閉する（第6圖）。多くは速動式になつて居る。



ペロー式恒温器

又低温用にはエーテル、トロール等の液體と空氣の膨脹を利用したペロー形のもの又は水銀溫度計を應用した恒温器が利用される。

## 7. 開閉器及び布線 家庭に使用する電熱器に關しては、

電氣工作物規程中に特に下記の様に述べてある。

イ. 交流  $1\text{ kW}$ 、直流  $500\text{ W}$  を超過スル電熱器ハソレ自身又ハ之ニ接近シテ各種ニ適當ナル開閉器ヲ装置スルコト、但シ電熱器ニ接續セル電線又ハ可撓紐線ニ挿込型接續器ヲ使用スル場合ハ此ノ限リニ非ズ。

ロ. 電熱器ト電線又ハ可撓紐線トノ接續部分ハ熱ノ爲電線又ハ可撓紐線ヲ損傷セザル構造ト爲スコト、但シ接續部分ニ於テ温度過昇ノ虞アル場合ハ電熱器ニ接續スル電線又ハ可撓紐線ニハ耐熱構造ノモノヲ使用スルコト。

ハ. 固定セル電熱器ハ周圍ノ可燃質物ト適當ニ離隔シ又ハ適當ナル耐熱装置ヲ施ス事。

ニ.  $150$  ボルト以上ノ電熱器ノ金屬製外函ハ之ヲ第三種地線工事（ $100$  オーム以下）ニ依リ接地スル事、但シ使用電壓  $250$  ボルト以下ニシテ中性點ヲ接地シタル電路ニ接續シテ使用スルモノハ此ノ限リニ在ラズ。

ホ. 前號（ニ）ノ接地線ヲ可撓紐線内ニ編込ム場合ニ於テハ其ノ部分ノ接地線ニハ  $1$  耗以上ノ軟銅撚線ヲ使用スルコトヲ得。

ヘ. 保温電熱器（座蒲團、炬燵、足温器等）ニハ危險ナル程度ノ温度上昇ヲ爲ササル様自動的ニ温度ヲ制限シ又ハ電流ヲ遮斷スル装置ヲ施ス事。

ト. 電熱器ニハ其ノ使用電壓、ワット數（又ハ電流）及製造者名ヲ表示スルコト。

上記（ロ）中のコードを耐熱構造にするには、石綿絲で電線を被覆すれ



ば良く、(へ)の装置が恒温器である。

又回線の分岐に關しては次の規定がある。

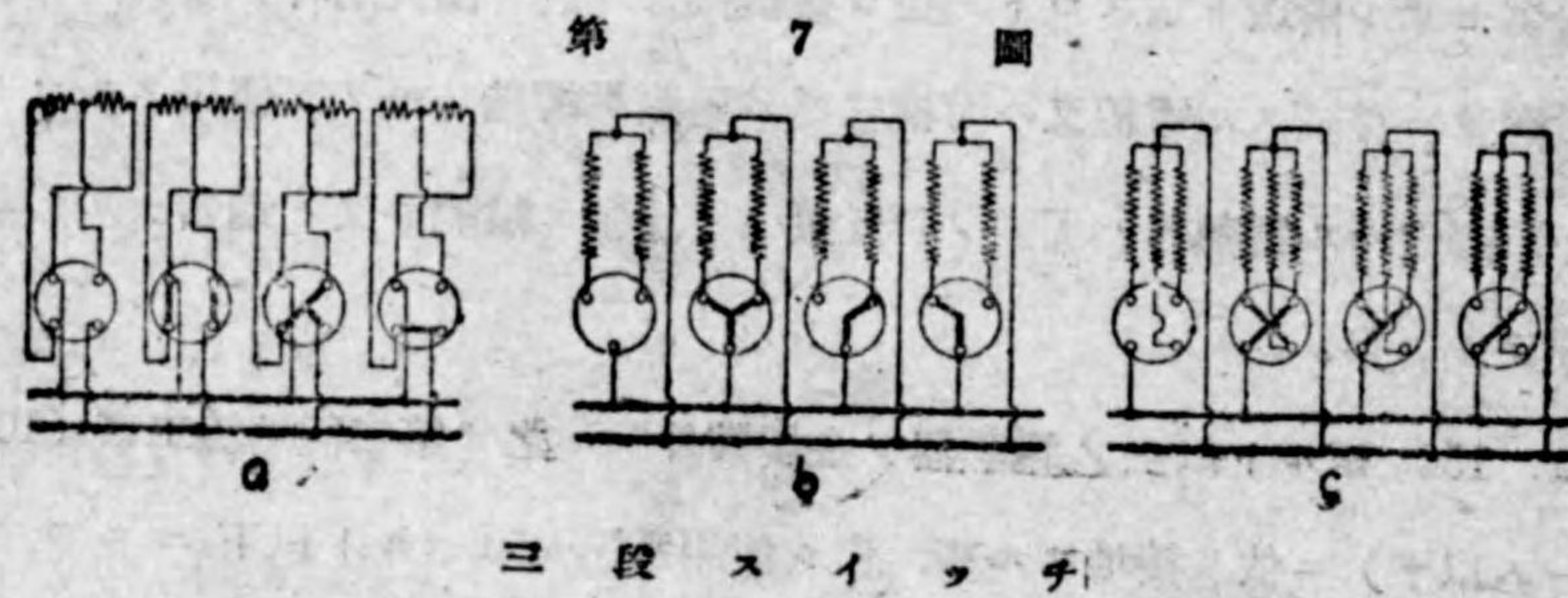
チ. 總電力が 3kW トナル迄ハ電燈線ト一所ニシテモ良イ。

リ. 受口ノ數ガ 3箇以下ナラ 5kW 迄ノ電熱器ハ 1回線デ良イ。

又. 5kW 以上ノ電熱器ハ各別回線トスル。

又電氣七輪などは把手を廻すと 90° 宛に『切』『強』『中』『弱』と 4段に切換へる開閉器を附けたものが多い。それには次の 3種がある。

第 7 圖は開閉器の各位置での接続を一々示したもので、其の a 圖は一つの電熱線の中央からタップを引出し、『強』では各半分を並列に使用し、次



の『中』では左半分は短絡されて右半分だけが使はれ、『弱』では両端が電路につながれ、各半分が直列になる。其の結果 0:4:2:1 の熱量を發生する。

b 圖では或る熱量を出すものと其の 2 倍の熱量を出すものとを組合せ、兩方同時使用、大なる方のみ使用、小なる方のみ使用と切換へて熱量が 0:3:2:1 と變化する。c 圖では 3 本の電熱線を使い、3 本共使用、2 本使用、1 本のみ使用と切換へるので、同一のものを使用すれば熱量は同じく 0:3:2:1 と變化する。

**8. 暖 房** 暖房用の熱源として電氣は室内の空氣を汚さないから最も衛生的であるけれども、何分高價となるので餘り使はれない。特に和室では天井、戸障子に隙間があり過ぎて電力の無駄が多い。

暖房を目的とする電熱器に 2 種ある。其の一は輻射型 (radiant type) で、他は對流型 (convection type) である。大型のものは兩者を兼ねたものが多い。

輻射型暖房器は赤外線をもよく反射する磨いた銅の反射器の焦點に赤熱した電熱線を置いたもので、主として或る方向を熱する事を目的とする (第 8 圖)。300 W 又は 500 W のものが多い。

對流型では近寄つて來た空氣を熱し、對流に依つて室を温める事を目的とする、従つて一般に電熱線の温度は低く、空氣の對流に都合の良い様な構造になつて居る。

輻射型暖房器は對流型に比べて、開閉器を閉じると直ちに暖味を感じるし、赤い火が見えるので氣持も良く、割合に僅の電力ですませる事が出来るが、一部のみ強く暖められる爲め不快を感じる事もあるし、高熱の爲め家具類を害する虞もある。

能率良く仕事をする爲に部屋を温めると言ふならば對流型の方が良い。最近では壁型 (panel type) と稱し、壁全面に電熱線を一樣に埋込む方法も行はれ、大いに電力の節約が出来ると言はれて居る。然し和室の様に隙間の多い部屋には不向である。尙對流型を使用した場合には電熱器の附近

第 8 圖



輻射型暖房器



に水盤を置いて部屋の乾燥を防がなくてはならない。

暖房用の電力は色々の条件で違ふけれども、大略の目安は洋室で1坪0.5 kW, 和室は其の 1.5 乃至 2.0 倍と見るが良い。

**例題** 6畳の和室及び2間に2間半の洋間の暖房に要する電力如何。

**答** 6畳和室 2.5 kW; 洋間 2.5 kW

### 9. スペース・ヒータ 普通輻射型暖房器の發熱體にはボビン

と呼ぶ陶器の筒で表面に溝を有するものに螺旋状に巻いたニクロム線を溝に納めて巻付けたものを

使ふ(第8圖及び第9圖)。

電熱線を他のものに接続する事を目的とする端子はネ

ヂ止めしたものもあるが少

し緩むと高熱を發し故障の

原因になり勝ちである。成

る可く適當の大きさの端子に

熔接される事が望ましい。

之の發熱體温度は 700° 乃

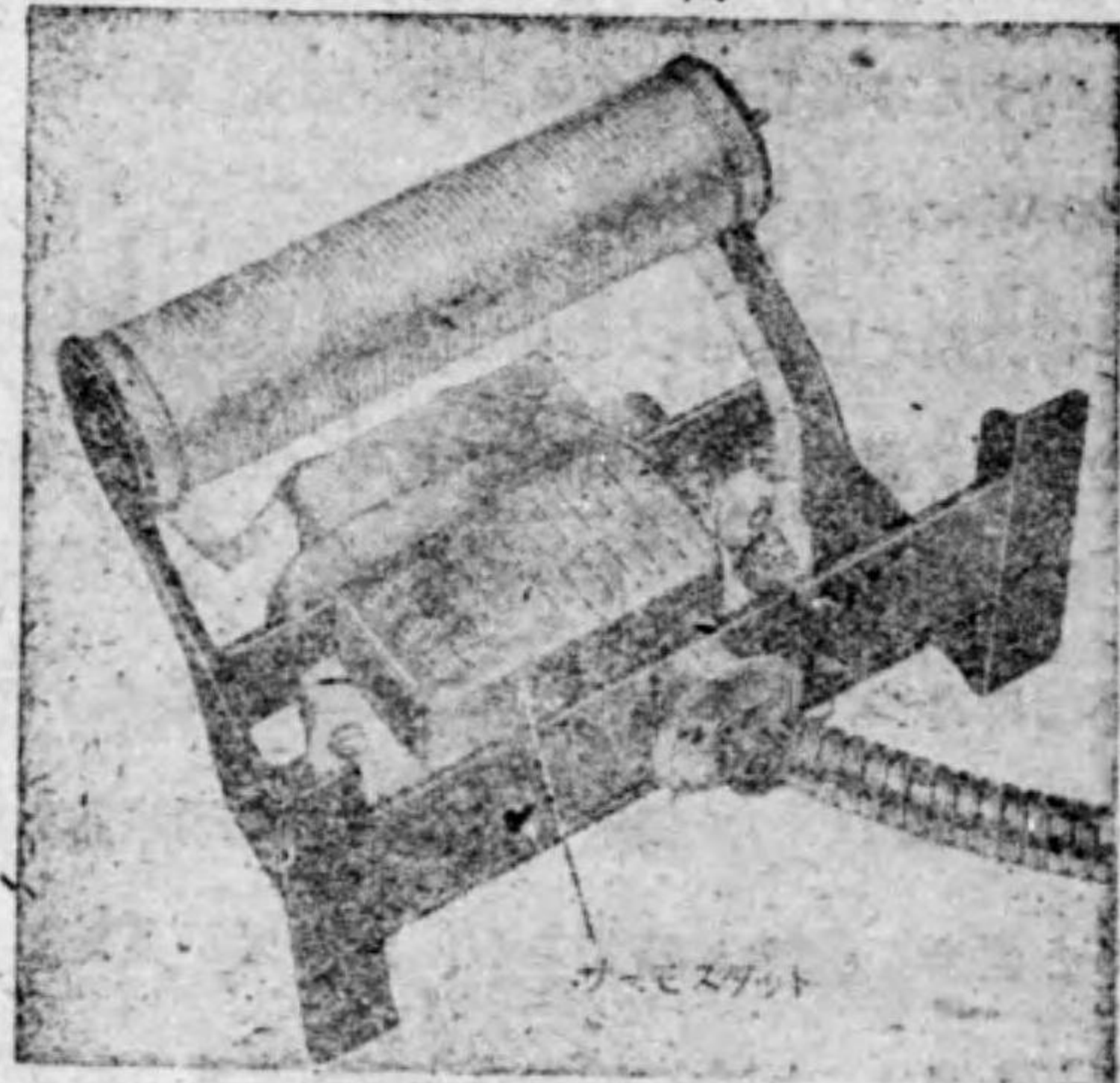
至 900°C として使用される事が多い。

對流型の暖房器の發熱體にも大形の發熱コイルが使はれるが、ス

ペース・ヒータを使ふ事もある。これは電熱線を雲母で包み金屬製鞘の中に入

れたもの又は雲母の代りに電氣絶縁性の熱の良導體の粉末(石灰, アルミ

ナ, マグネシヤ等)を充たし且つ熱の放散が良い様に工夫されたものであ



第 9 圖

電熱コイル

る。後者はシーズ線とも言はれる。

其の特色は

(1) 全長を通じて熱の放散が均等である。

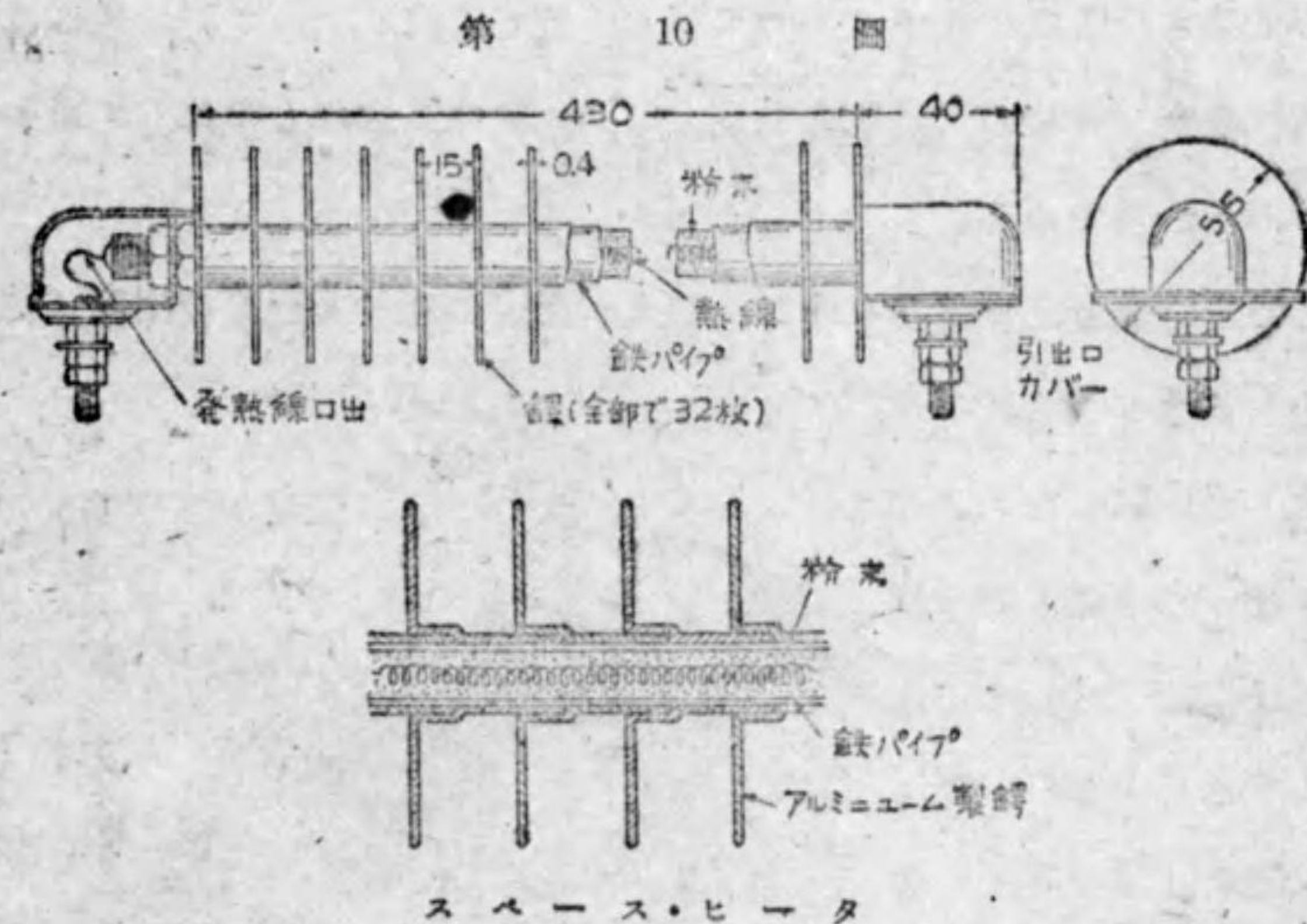
(2) 空氣と直接觸れないし、電熱線の温度も均等に保たれて一部が過熱される虞がないから壽命が長い。

(3) 表面の温度が 200° 乃至 300°C に製作されるから、保護装置が簡單のもので良い。

(4) 金屬鞘が錆び易いからそれを防ぐに色々の工夫が要る。

(5) 出來合品として種々の形が市場にあるから選擇に便利である。

第 10 圖はスペース・ヒータの構成例で、發熱線を鐵パイプに入れ、絶



第 10 圖

スペース・ヒータ

緣粉末を充たし、放熱を良くする爲アルミニウムの鋳が多く設けてある。

### 10. 空氣調和 冬期閉ち込めた室内に於て往々頭痛を覺える