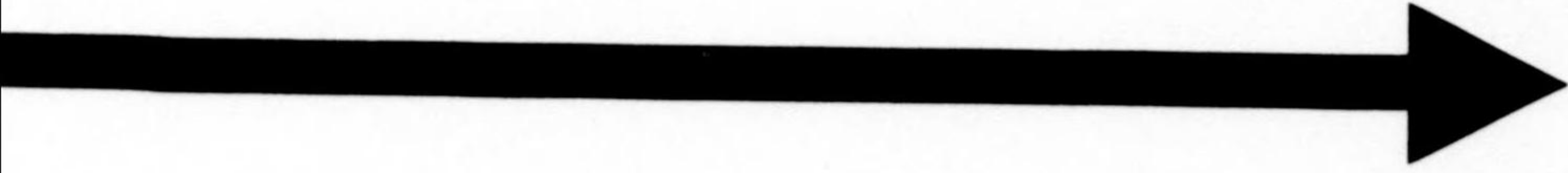


始



545

D581

545

D581



明照電燈

編者寄贈本

編國學機電

序

電氣の應用は各方面に廣く行われ、吾々は直接間接にその恩恵に浴しているが、身にしみて有難いと思われるのは、何んと云つても電燈であらう。

電燈の發明と發達とは、吾々の夜間に於ける活動に、仕事にスポーツに、慰安等々、いかに吾々の文化を高め、生活を豊かにしてくれたことであらう。

電燈は本來燈火として發明され、著しい發達をなして來たが近來その應用の方面に於ても、更に新しい分野を開拓して、その進歩はまことに目醒しく、その將來には大きな期待と興味とがかけられている。

本書はこの重要にして且つ興味ある電燈照明に就いて、初めてこれを學ぼうとする人達に、基本的な事柄から、その一般を平易に解説したものである。又新しい資料を十分に取入れて、内容も全く斬新にしたつもりである。

本書は電機學校の教科書として執筆し、實際の授業に使用して來たものを今回改訂増補したものである。新制高等學校電氣科生徒諸君の参考書として、又電檢第三種程度の基礎を作るにも好適である。



本書は大河内治が執筆し、本學園編集部にて検討を加えたものである。

本書に就き御意見がありましたら何卒御知らせ願いたい。改訂の場合に加筆することに致しましょう。

昭和二十三年十二月

編者誌す

電 燈 照 明

目 次

第一章 燈器の進歩と電燈	1
1. 燈器の進歩, 2. 發光の二大別, 3. 温度輻射, 4. ルミネセンス, 5. 電燈, 6. 光束, 7. 光度, 復習問題 I	
第二章 白熱電燈	11
1. 織條の要件, 2. 白熱電球の發達, 3. タングステン織條, 4. タン グステン電球の構造, 5. 黒化, 6. 壽命, 7. 能率, 8. ガス入 電球 復習問題 II	
第三章 タングステン電燈の標準規程	21
1. 製造順序, 2. 標準規程, 3. ワット制電球, 4. 燭光制電球, 5 初特性の裕度, 6. 試験 復習問題 III	
第四章 タングステン電球の特性	37
1. 備程, 2. 配光曲線, 3. 燃消, 4. 封入ガス, 5. 電壓特性, 6. 電壓と光束, 7. 能率と壽命 復習問題 VI	
第五章 タングステン電球の種類	52
1. ガラス球, 2. 變獨電球, 3. サイン電球, 4. 晝光電球, 5. 窩眞 電球, 6. 健康照明, 7. 赤外線電球 復習問題 V	
第六章 アーク燈及び放電燈	63
1. アーク燈, 2. タングステンアーク燈, 3. 發光放電, 4. ネオン管 燈, 5. ネオン變壓器, 6. ネオン電球, 7. ネオンアーク燈, 8. ナト リウム燈 復習問題 IV	

第七章 水銀電燈	79
1. 水銀燈, 2. 低壓水銀燈, 3. 高壓水銀燈, 4. 太陽燈, 5. 超高壓水銀燈, 6. 螢光放電燈, 7. 螢光放電燈の特性, 8. 色螢光燈, 9. 殺菌電燈, 10. 水銀バイタライト電球 復習問題VII	
第八章 照度	95
1. 肉眼の構造及作用, 2. 眩輝, 3. 擴散反射, 4. 反射燈, 5. 透過, 6. 照度, 7. 逆二乗の法則, 8. 斜照面, 9. 水平照度と鉛直面照度, 10. 光束發散度 復習問題VIII	
第九章 照明方式	116
1. 天然照度, 2. 直接照明, 間接照明, 3. 全般照明, 局部照明, 4. 光束法, 5. 電燈配置, 6. 螢光放電燈實施例, 7. 屋内照明基準, 8. 街路照明基準, 9. 工場照明基準 復習問題IX	
第十章 測光法	132
1. 光度單位, 2. 光度計, 3. 交照光度計, 4. 照度測定, 5. マツダ照度計, 6. 光束計, 7. 配光曲線, 8. ルーソー線圖 復習問題X	
第十一章 特殊照明	149
1. 工場照明, 2. 溢光照明, 3. 建築化照明, 4. 舞臺照明, 5. 航空照明, 6. 電燈の特殊應用 復習問題XI	
第十二章 電燈の特殊應用	163
1. 通信, 2. 光電管の應用, 3. 寫眞撮影, 4. 誘捕燈, 5. 養魚燈, 6. 集魚燈, 7. 養蠶燈, 8. 電照養蠶, 9. 電燈栽培, 10. 乾燥電球, 11. 莖外線, 12. 電燈料 復習問題XII	

(終)

電 燈 照 明

第一章 燈器の進歩と電燈

1. 燈器の進歩 我が國では既に神代に檜と檜とを摩擦して發火し利用した事が古事記に示されて居るが、皇紀500年頃には室内には火盆(第1・1圖左)で木材小片を燃し、屋外では燐火(同左2)を使用し、移動用には松明が使用されて居た。

三韓との交通が開けて魚油又は植物油が高杯型燈臺や清凉院型釣燈籠(第1・1圖左より3と4)等で使用せられ、佛教の傳來より寺院の建立に伴つて種々の美術的燈器が發達した。そして屋内用に行燈や雪洞が使用せられた。

紙燭は藤原時代に發明され、松脂蠟燭は室町時代に、次で木蠟燭が發明せられ、各種の行燈や提灯が工夫されて江戸時代を終つた。

第 1・1 圖

石油燈が我が國に傳つたのは明治になつてからであ



古 代 燈 具

るが、ここに初めて晝間の延長としての燈火が使用せられた。
●各地に普及すると同時に空気ランプ、石油蒸氣燈等の改良型も出来て2000燭以上を出すものもあつた。

明治5年横濱にガス燈が點せられて以來、順次に大都會にガス會社が設けられ、専ら燈火用にガスを供給し、明治24年頃ガスマントルが發明せられて、石油燈は都會中心地では次第に廢れて來た。

電燈(アーク燈)が我が國に初めて點火されたのは明治15年であるが、電燈を營業として點火したのは明治20年東京電燈が最初で、その後諸所に電燈會社が出来、其の普及は電燈料を低下し、それがまた普及を促進して益々料金低下を可能とし、今日では餘程の山間僻地に行かないとランプは御目にかかれないう様になつた。

2. 發光の二大別 發光方法を大別して

溫度輻射 (temperature radiation)

ルミネセンス (luminescence)

の二つとする。

3. 溫度輻射 物體の溫度を上げて行くと少し離れた所でも温みを感じる様になり、500°Cにもなれば赤く光り、更に温

度を上げると白に近づいて行く。一層溫度をあげると寫真感光紙に化學作用を呈し或は皮膚に紅斑(ひやけ)を生ずる様になり、之をプリズムでスペクトルに分解して見ると太陽光に似た連續スペクトルを生ずる。

之は物體の溫度が上昇したために赤外線(熱線)、光線及び莖外線(紫外線と言はれた)を發生するため、之を溫度輻射と名付ける。その赤外線、光線及び莖外線の三者を總稱して輻射線と言ひ、電磁波の一種と考へられ、波長の相違で違つた性質を表すのである。即ち赤外線の波長は5mmから0.81 μ (ミクロン、 10^{-3} mm)まで、それから0.38 μ までが光線で、莖外線はそれから0.01 μ に及んで居る。色は光線の中で波長の相違で生ずるので、赤、橙、黄、綠、青、藍、莖の順序で波長が次第に短くなる。太陽の發光は溫度輻射である。熔けた金屬の表面から出る光も多くは溫度輻射である。

總ての輻射線を完全に吸収する物體を黒體と名付ける。黒體の溫度輻射には次の三つの法則がある。

1. 輻射エネルギーの總量はその絕對溫度の4乗に比例する。
2. 最大輻射エネルギーの量はその絕對溫度の5乗に比例する。
3. 最大輻射エネルギーの波長はその絕對溫度に逆比例する。

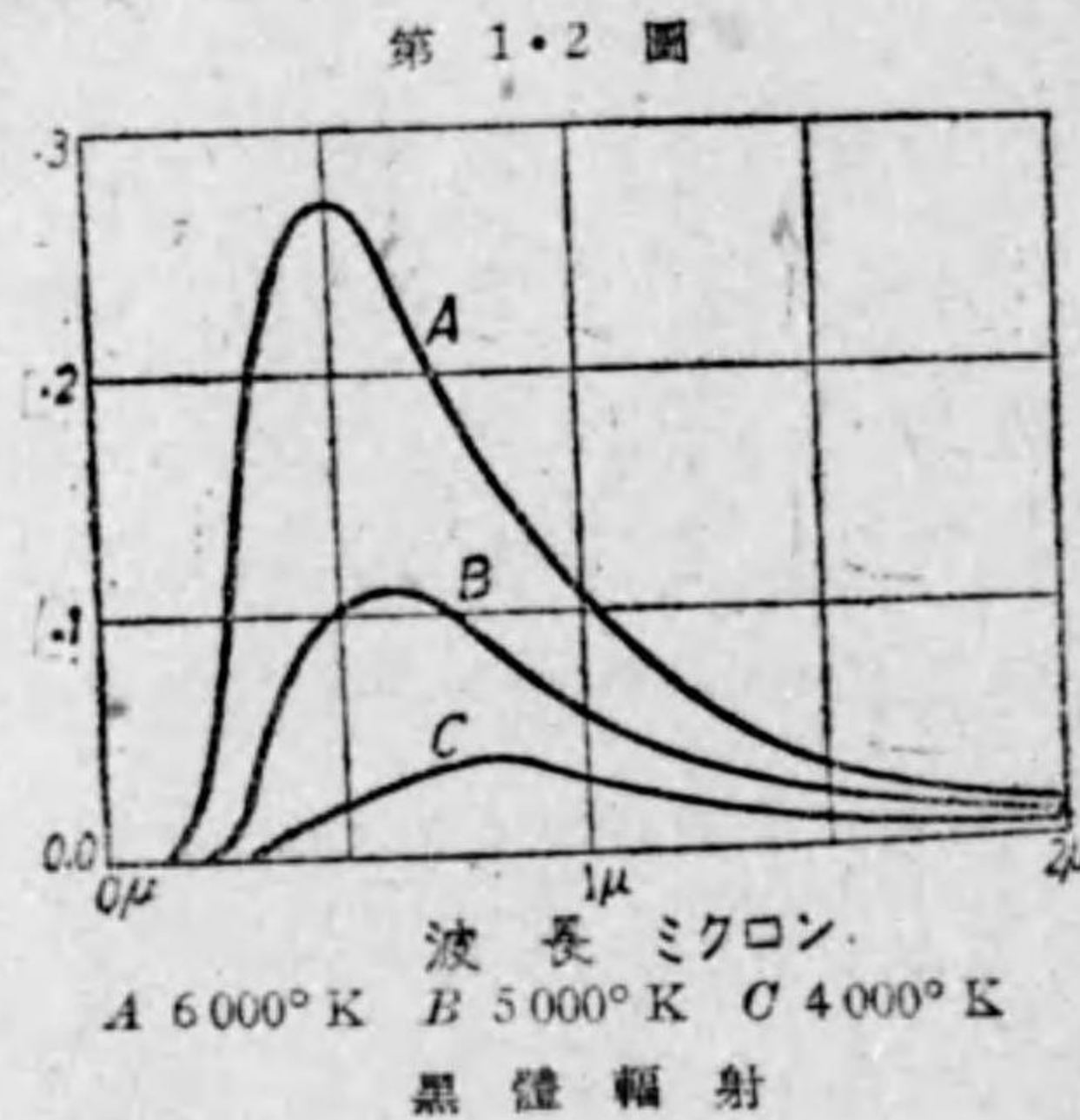
黒體以外の溫度輻射には次の法則が知られて居る。

或る物體の或る波長での輻射エネルギーは黒體のそれにその

物体の吸収率を乗

じたものに等しい。

即ち黒体の輻射エネルギーは温度の上昇と共に総量が増加する上に最大エネルギーが短波側に近寄つて来る。其の有様が第 1・2 圖に示される。



例 1. 3000°C の黒体と 2000°C の黒体との最大エネルギー及び総輻射エネルギーの比如何。

解 絶対温度に換算すれば夫々 3273°K と 2273°K であるから

$$\text{最大輻射エネルギーの比} = \left(\frac{3273}{2273}\right)^5 = 1.44^5 = 6.19$$

$$\text{総輻射エネルギーの比} = \left(\frac{3273}{2273}\right)^4 = 1.44^4 = 4.30$$

例 2. 1000°K に於ける最大エネルギーの波長が 2.9 μ であるとすれば 3000°K に於ける最大エネルギーの波長は何程か。又最大エネルギーの波長が肉眼で一番良く見える 0.56 μ の波長と一致するのは、その温度が何度になつた時か。

解 温度輻射の法則から

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

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

即ち約 4900°C である。

4. ルミネセンス 温度輻射以外の発光を總稱してルミネセンスと言ふ。それには次の様な種類がある。

輻射ルミネセンス 或る化合物に葦外線, X 線又は陰極線を照射すると, それで刺戟されて光線を輻射する。これを輻射ルミネセンスと言ふ。化合物の種類に依り其の発光が照射を止めると同時に止まるものと, 數時間乃至數日間弱いながら續けて發光するものとある。前者を螢光, 後者を燐光と言ひ, 螢光を發生するものを螢光體と言ふ。螢光の色及び強さは各螢光體で違ひ又照射線の波長でも違ふ。

俗に夜光塗料又はラヂウム塗料と稱するものはこの燐光を發生するもので, 晝間太陽光で刺戟されて夜間まで光り續けるのである。尙ほ螢光や燐光は螢の出す光や燐の燃える光とは全く無關係である。

電氣ルミネセンス ガス又は蒸氣に電流が流れた場合に, 各に固有の光を生ずるもので, ガイスレル氏管がその例である。ネオンサインはガイスレル氏管を照明に使つたものである。

焦ルミネセンス アルコールランプの焰中に色々の化合物を入れると, 或る物は夫々固有の色を出す。それで化合物の分析に使用される。これが焦ルミネセンスである。

熱ルミネセンス ガスマントルの様に温度を上げると温度輻

射とまるで違つた光を出すものを言ふのである。

化學ルミネセンス これは石油燈や蠟燭の様に化學變化、主として酸化に伴つて發光するもので、最も普通のものである。

生物ルミネセンス 螢、夜光蟲、發光藻の發光である。之は化學ルミネセンスだと言ふ人もある。酸素の供給を絶つと光らない。

5. **電 燈** 今日使はれて居る電燈即ち電氣を使用した實用的燈火は次の3種に大別される。

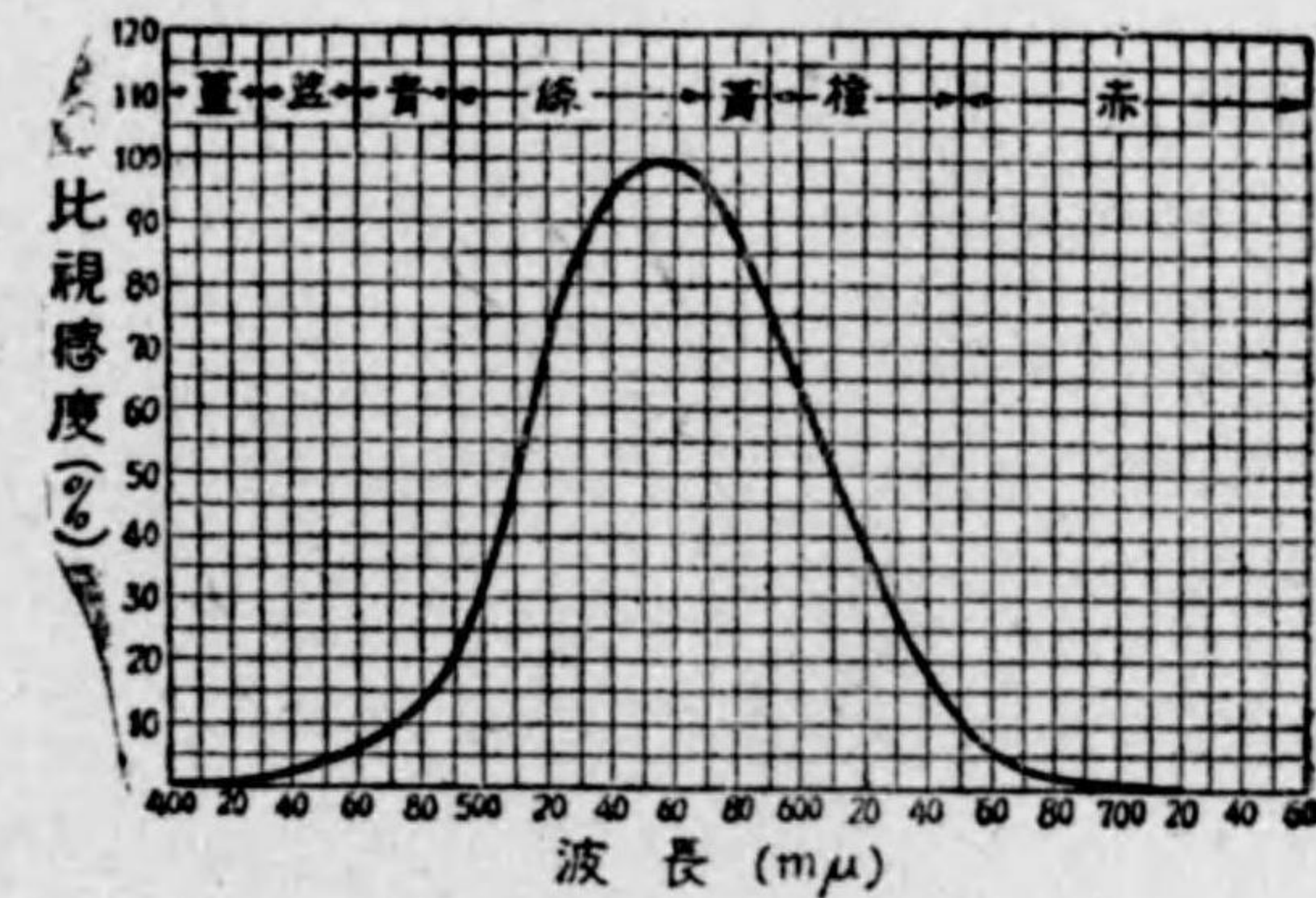
- i. **白熱電燈** 溫度輻射を利用したタングステン電燈がそれである。
- ii. **アーク燈** 電弧に依る發光を燈火に利用したものであるが、今日では稀に街燈か探照燈の類に使はれるだけである。
- iii. **放電燈** ネオンサイン、ネオン電球、水銀電燈、螢光放電燈などは之に屬する。何れもルミネセンスを利用する。夫々に就ては章を改めて詳説する。

6. **光 束** 光の本體は良くわからないまでも、光線の量についてボンヤリした考へはあらう。光線を一本二本と數へても良いのであるが、それでは一本よりも少いものの計算に困るので磁束などと同様に**光束** (light flux) を考へて居る。

或る點を通る輻射エネルギーの時間に對する割合を**輻射束**と言ひ、單位にワット等が使はれる。この輻射束を肉眼で測つたものを**光束**と言ひ、其の單位をルーメンと言ふ。

肉眼が輻射束を光束と感ずる程度は其の波長で著しく違ふ。第1・3圖は標準肉眼に依る變化を示したもので比視感度曲線と言はれる。即ち 0.556μ で最高を示し、 0.525μ と 0.585μ で

第 1・3 圖



比 視 感 度 曲 線

は最高の80%に減じ、 0.40μ や 0.72μ になると殆ど勘定出来ない位に小になる。

今日では 0.556μ の波長での1ワットの輻射束は略620ルーメンの光束に相當すると考へて居る。或はこの波長での1ルーメンは 0.00161 ワットに相當する。然し赤色になると1ワットの輻射束で二三十ルーメンしかに感じない。

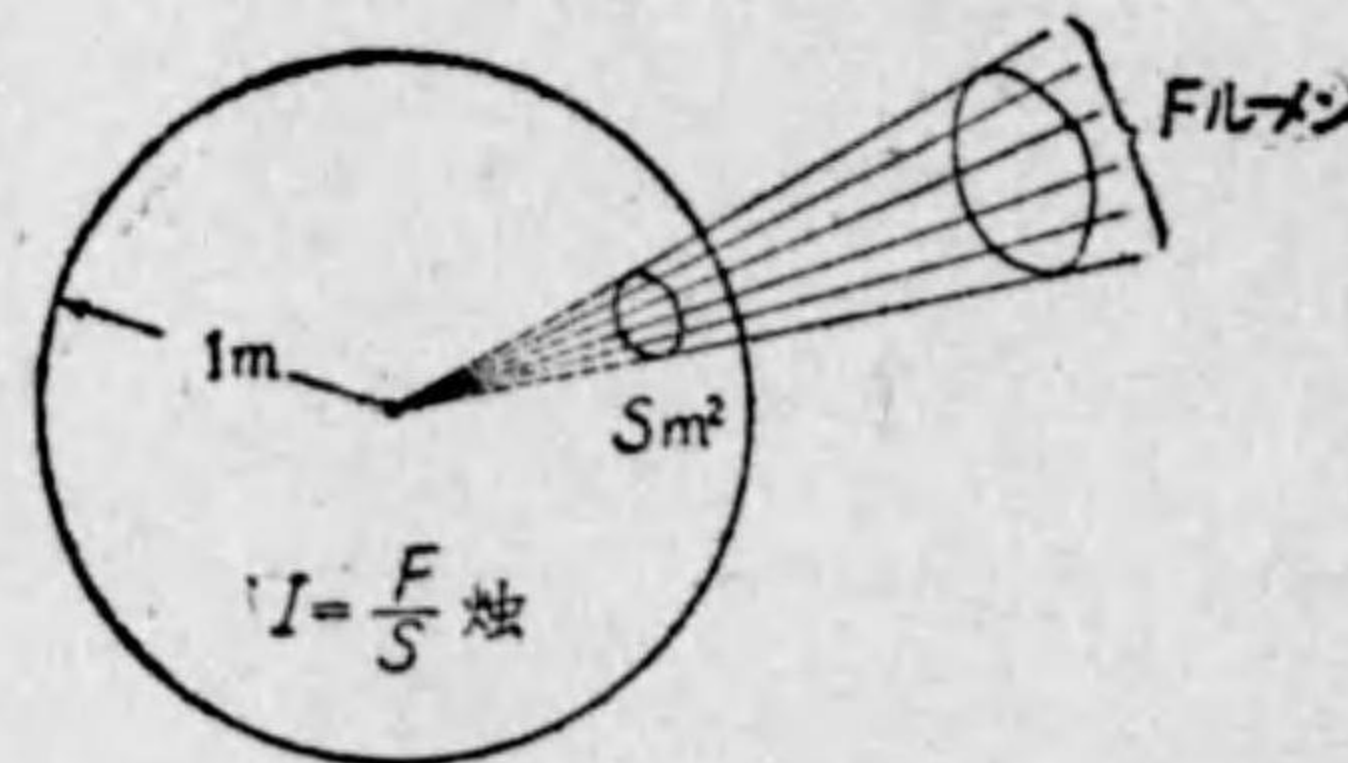
7. 光度 光を發するものを光源と言ふ。光源の光の強さが光度であるが、點光源即ち一點から光が出ると認められる光源の或る方向の光度とは、その方向に於ける光束の立體角密度で、燭を單位とする。即ち1燭とはその方向の單位立體角に1ルーメンの光束を均等に輻射するものである。

立體角とは平面角が一點に交る二直線の開きを表す様に、一點に集る面の開きを言ふのである。即ち紙コップの内容或はラッパの口の開き具合である。之の大きさは點光源を中心に單位半徑の球面を想像し、立體角が切取る球の表面積で測られる、即ちその面積が單位面積であるものが1單位立體角即ち1ステラヂアンである。

第1・4圖で光源を中心とする立體角が、半徑1mの球面を切取る面積が $S\text{m}^2$ であれば、其の立體角は

S ステラヂアンでその面積を均等に貫く光束が F ルーメンであれば、この方向の光源の光度は F/S 燭である。

従つて總ての方向に1燭の光度を有する點光源があれば、



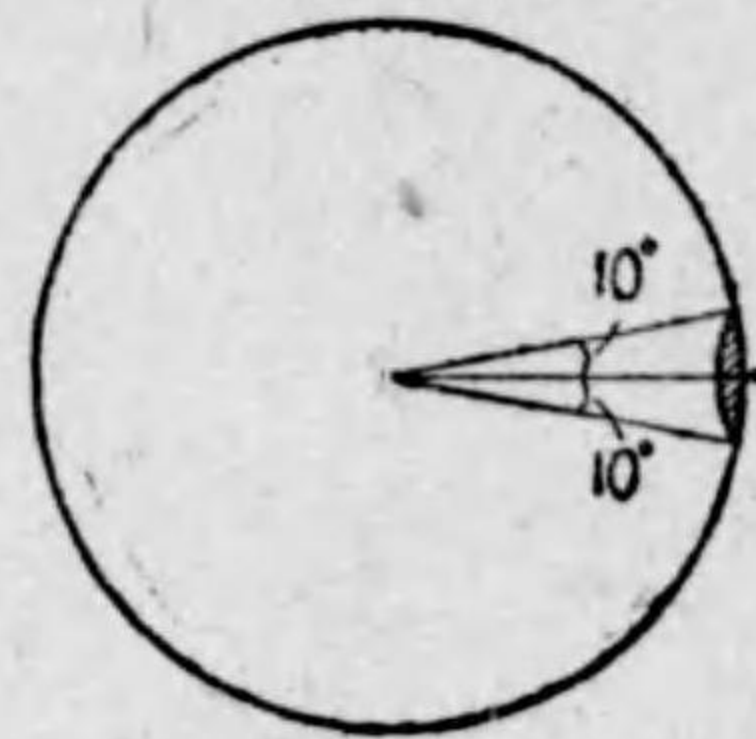
$4\pi=12.57$ ルーメンの光束を四方八方に平等に輻射する。何んとなればその點光源を中心に半徑1mの球を想像すれば、其の球の表面積は $4\pi\text{m}^2$ であるから、1點の周圍の立體角は 4π ステラヂアンで、1ステラヂアンに1ルーメンの割合だから全體では 4π ルーメンになる。

復習問題 I

- 我が國で油を燈火に何時頃から使はれて居たか。
- 我が國で使用された燈火の種類6種の名稱を書け。
- 我が國に電燈が使はれ出したのは昭和20年から何年前であるか。
- 發光を二大別し、各の例3種を挙げよ。
- タングステン電燈のガラス球に觸れるとあついが、之は光るからあついたのであるか。
- 輻射束の3種の名稱を挙げ且つそれ等が如何なる點で區別されるかを述べよ。
- 次の波長の輻射束は夫々何の種に屬すか。
 100μ , 10μ , 1.0μ , 0.7μ , 0.4μ , 0.3μ , 0.1μ , 0.05μ
- 2727°C の黒體の溫度輻射は 1727°C の時の何倍であるかを次の各につき答へよ。(イ)總輻射エネルギー (ロ)最大輻射エネルギー (ハ)最大輻射エネルギーの波長 (ニ)光束。
- タングステン電球の吸收率が波長に拘らず一定で0.4だとすれば、 2827°C の時の總輻射エネルギーは 1927°C の黒體のその何倍に當るか。
- 黒體とは如何なるものか。その溫度輻射の法則を述べよ。

11. ルミネセンスとは何ぞや。その種類を列記せよ。
12. 螢光と燐光との類似の點と相違する點とを述べよ。
13. 熱ルミネセンスと溫度輻射との區別を述べよ。
14. 電燈を3種に大別して其の名稱を示せ。
15. 光線と光束との區別を示せ。
16. 光束とは何ぞや。
17. 輻射束と光束との相違を述べよ。
18. 光度と光束との關係を説明せよ。
19. ルーメンとは何ぞや。
20. 10 燭の均等光源から何程の光束が発生するか。
21. 直徑 20 cm のガラス球がある。其の表面 10 cm^2 の面積が球の中心に含む立體角は何程であるか。又中心にある光源からこの表面に均等に 50 ルーメンの光束が貫くとすれば、その方向の光源の光度はどの位か。

第 1.5 圖



22. 直徑 40 cm のガラス球の中心に 100 燭の光源がある。水平方向と 10 度の角をする總ての方向が切取る面積を貫く光束如何。

註 或る方向と θ の角をする直線が其の方向を軸として θ をなした儘ぐるりと一週りした時に生ずる立體角は次の式で示される。

$$\omega = 2\pi(1 - \cos \theta)$$

半径 R の球の表面がこの立體角で切取られる面積は ωR^2 である。

第二章 白熱電燈

1. 纖維の要件 白熱電燈は溫度が高いために光るので、其の溫度が高い程輻射束が光束となる部分が多いから、成可く溫度が高い方が望ましいので、その溫度を高めるために電力が使用されて居る譯である。

白熱電燈の光る所を一般に纖維 (filament) と言ふが、その要件を列挙すれば次の様である。但し全部が悉く必要と言ふわけではない。

1. 融點の高い事
2. 固有電氣抵抗が大なる事
3. 點火溫度に於て周圍のものと化合しないものなる事
4. 昇華が少い事
5. 容易に細い線にする事が出来る事
6. 高溫度に於て機械的強さが減じない事
7. 電氣抵抗の溫度係数が正なる事
8. 溫度膨脹係数が小なる事
9. 吸収率が特に短波側で大なる事
10. 材料の産額が多量で安價な事

融點が高い程高溫度で使用出来る事は明かであるが、それが

高くても、高温になると形がくずれたり昇華が劇しすぎでは使へない。高温で化学変化を受けない条件は頗る困難だが、対策も講せられる。固有抵抗が十分高ければ細い線に引く必要はないが、抵抗が低くければ其の必要が大いにある。

昇華と言ふのは固体から直ちにガス體に變化する事である。樟腦を空氣中に放置すると次第にその重量を減ずるのは常温で昇華するためである。吾々は温度が上つて融點になると固体が液体となり、それが沸點となつてガス體となると思つて居るが、常温で皿に入れた水が何時の間にか無くなる様に沸點以下でも液体表面からは絶えずガスになつて居るのであり、固体の表面からも相當に温度が上ると融點以下でも液体を飛越して絶えずガス體となるものである。唯餘程高温にならないとそれが眼立つて來ないだけの話である。

電気抵抗の温度係数が正であれば、電圧が上昇した時に電流が増し、温度が上昇すると抵抗が増すので電流の増加は抵抗が變らない場合より減するが、温度係数が負であると電流は電圧の變化以上に増加して具合が悪い。

2. 白熱電球の發達 白金を織條に使用したものは皇紀 2469 年に出現して居たし、竹を炭化した炭素電球も 2506 年に發明されて居た。窒素を封入した炭素電球も其の數年後出來て

居た。其の後も多くの學者が實驗室では各種の白熱電球を製作したが、實用されたものは英國のスワン (Swan) と米國のエヂソン (Edison) が各別に 2539 年 (明治 12 年) に製作した炭素電球に初る。其の翌年には Edison は我が國から團扇の竹を輸入して織條に製作したと稱せられて居る。

炭素は元素の中で最も融點の高いものであるが、少しく高温に上ると昇華が劇しく従つて短時間で斷線してしまふので、他の導體を使ふ工夫も行はれ、2557 年 (明治 30 年) にはオスミウムを使つたオスミウム電球、數年後にはタンタルを使つたタンタル電球も發明されたが、2562 年 (明治 35 年) にタングステン電球が出現し、初めは其の織條ははたきをかけた位で切れる弱いものだつたが、次第に改良されて今日に到つたのである。

3. タングステン織條 タングステンは炭素 (融點 3600°C 附近) について融點の高い (3400°C , それに次ぐのはタンタルの 3030° , オスミウムの 2700°) 元素で、高温に於ける昇華も甚だしくないが、金属であるため其の固有抵抗は炭素の數千分の 1 であるので餘程細長くしないといけないが、最初に製作されたタングステンは極めて脆かつたので、これを線狀とするのに幾多の苦心が重ねられ、遂に今日の成功に達したのである。

タングステンの抵抗温度係数は正であつて、點火温度に於け

る抵抗は使用しない時の十数倍である位だから、その點も良く又線膨脹係數も小で、使用時に僅かに1%程度の伸長を生ずるに過ぎないから、この點も實際に問題がない。

タングステンの吸収率は0.4附近で餘り大ではないが、幾分短波長側の吸収率が大なので、色は同温度の黒體よりはほんの僅か白い。

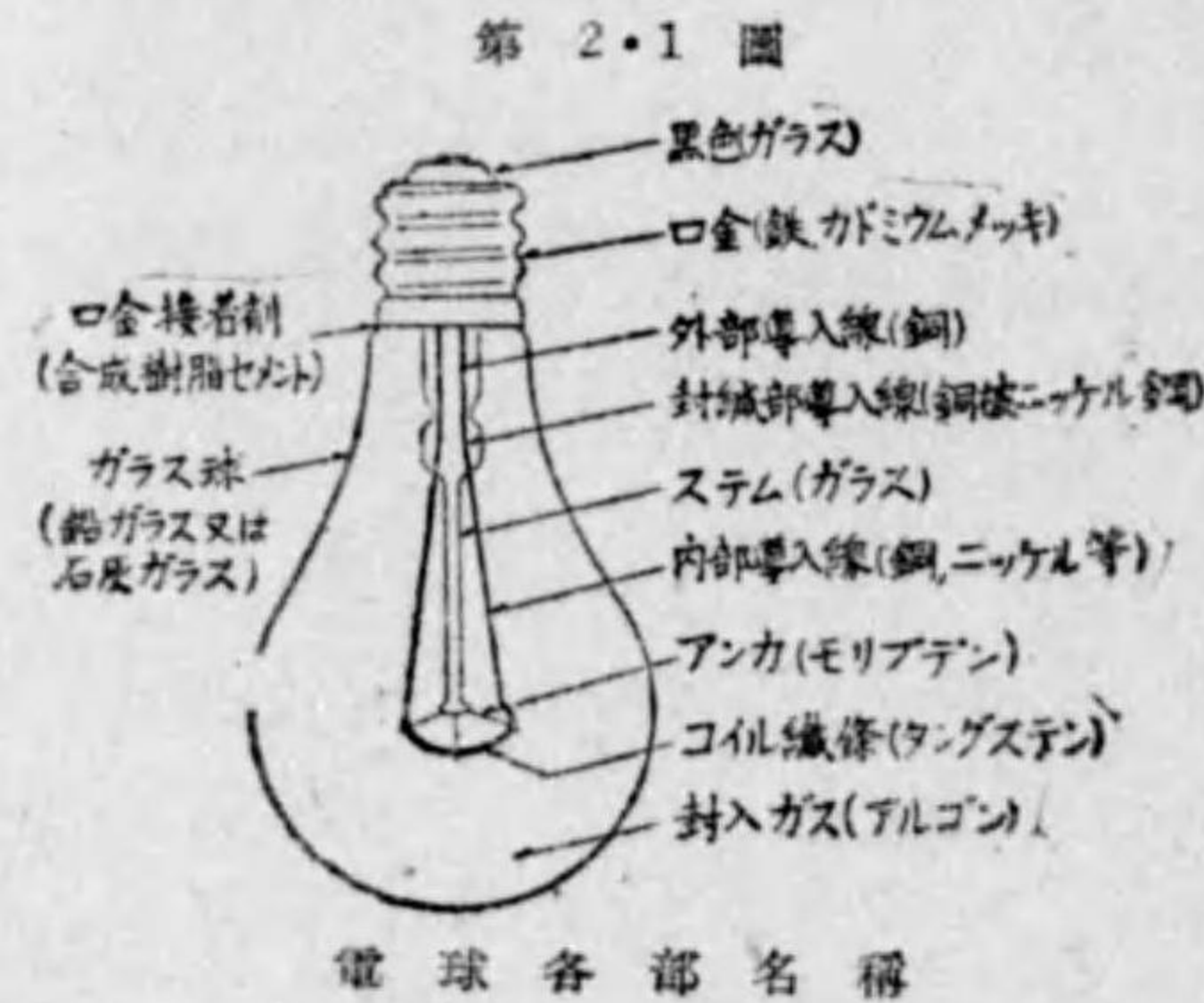
4. タングステン電球の構造 今日使用されて居るタングステン電球の構造及び各部の名稱は第2・1圖の通りである。以前は直線織條型と

言はれるものがあつたが今日は製作せられない。

アンカは織條を支持するものであるが、それが織條の支持點を冷却することが少

いものでありたいので主としてモリブデンが使はれる。

口金はソケットに嵌込まれて供給電路との接續を完成する關門で、従來は眞鍮が使用されたが現在では鐵に亞鉛又はカドミウムをメッキした白色のものが多く使用せられる。陶器を使つ



た改良型もあるが市場にはまだ見えない。

導入線は織條と口金とを電氣的に接續する導體であるが、ガラス球内部には銅、ニッケル、モリブデン、タングステン等が使用せられる。導入線がガラスを貫く所は、ガラスとの接觸が緩んでそこから空氣が漏入する事がない様に温度に依る線膨脹係數が大體ガラスと同一のものを使用する必要がある。最初は白金を使つたから電球は高價であつたので、現在では銅線又は鐵にニッケル、モリブデン、コバルト、タングステン等を夫々10~20%加へた合金に銅メッキしたものが使用せられて居る。

口金内部では銅線が普通だが、マンガニース・ニッケル、コンスタンタン等の可熔線を一部分に使つたものもある。これは電球内部に短絡が生じた時の電流で熔断してガラス球の破れを防ぐ目的である。

5. 黒化 織條を空氣中で高温にすれば直ちに酸化消耗するのは明かであるから、鉛ガラス又はソーダ石灰ガラスで作つたガラス球内に納め、内部の空氣を抜取つて眞空にして使用する。従つて白熱電燈の進歩はこれに使ふ空氣ポンプの發達にあつたと言つても良い。

織條の温度が上昇すればする程、織條の單位表面積から輻射するエネルギーの總量が増加するばかりでなく、最大エネルギーの

波長が短波長側に移つて行く。最大エネルギーの波長が肉眼で最も良く見える波長と一致するには 4900°C になる事を要するから (4 頁) 織條の温度は出来るだけ高くする事が望ましい。

所が織條の温度が上昇すると其の蒸氣壓が高まり、融點に到らなくとも表面から氣化する。それが昇華であるが、昇華したタングステンは周囲のガラス球に觸れて冷却されるとそこに固體に戻つて沈澱して薄い膜になる。それで使ひ古した電球を點火せずに新らしいものと比較すると、ガラス球が黒ずんで居るのが見られる。これを電球の黒化と言ふ。

黒化を防ぐ方法はない。

6. 壽命 織條は使用するに従つて表面から昇華して行くから次第に細くなつて行く。特に一部が他より細くなると其の部の抵抗が高くなるから、そこは他の部分より發熱が増し、従つて一層昇華が促進される。

萬一微量の酸素が残つても、それは一度タングステンと化合してしまへば酸素の作用は無くなる。之に反して水素が残ると (水蒸氣は高温では酸素と水素に分解される) 水素とタングステンは高温度で化合してガスとなるが、それがガラス球で冷却されると分解してタングステンだけをガラスに残し、水素は再びタングステン織條と化合して、黒化を繰り返し續ける。従つ

て水素は特に除く必要がある。

斯くして使用するに従ひ織條は次第に細くなり、其の上織條は高温のため結晶化して弱くなり遂に自重を支へる事が出来ないで斷線する。電球の使用を開始してから織條が斷線するに到る迄の使用延時間をその電球の壽命と言ふ。

昔の電球はこの斷線近くに到ると甚だしくその光度を低下し、最初の 80% 以下にもなつたものである。そこで會社から電球を提供する定額需用家の電球は、その光度が 80% 以下になれば取換へなくては行けない規則も設けられ、今でも電球の光東が標準 (後述) の 80% 以下に下つて點火を續ける場合は、光東が 80% になつた時を壽命の終りと言ふ規則である。然し後述する様に今はそんな白熱電球はない。

7. 能率 電球は電力を光に變へるものである。そこで 1 ワットの電力で發生する光東のルーメン數を其の能率 (efficiency) と名付ける。以前は 1 燭の光度を出すのに何ワットの電力を要するかで電球の能力を比較したものだが、今は使はない。後者は比消費量と言つて能率とは區別して居る。

白熱電燈の能率を良くするには織條の温度を高めれば良いので、又その外には全く方法がない。

白熱電燈は使用するに従つて次第に其の能率を低下する。そ

れは繊維が昇華して細くなるために抵抗が増加するので、電流が減少し、従つて繊維の表面積も減れば其の単位表面積當りの光束が減少する。その上電球の黒化もあつて益々光束が減ずる。斯うして電力の減少より光束の減少の方が大であるので能率は低下するのである。

然し電球が製作されて初めて点火した暫時の間(1時間以内)は繊維の組織が變るためか電流は減ずるが光束は増加する。これを熟成(ageing)と言ふ。

8. ガス入電球 白熱電燈の能率を良くするには繊維温度を上昇する外に方法がない。所が繊維温度を上昇すれば昇華も盛んになり結晶化も促進されて寿命が著しく短縮する。

そこで工夫されたのがガス入電球である。電球を真空にした後、高温でタングステンと化合しないガスを封入し、そのガス圧力を高くすれば、昇華したタングステンが長くタングステン繊維の周圍に停滞して結果に於て昇華が減少するので寿命が延びる。其の程度は第 2・1 表の様である。

第 2・1 表 ガス圧力と昇華率

ガス圧力 (水銀柱 mm)	真空 (1 以下)	10	100	1000
昇華率	1	0.1	0.02	0.01

所がガスを封入するとガスが繊維に接觸して熱せられ、ガラ

ス球内を對流して繊維を冷却し且つ口金やガラス球の温度を上昇する。ガラス球は手に觸れても火傷する程ではないが、何かで包まないと電球を拔出す事が出来ない。口金をガラス球に取付ける接着剤(合成樹脂セメントを用ひるが、石膏、セラック・セメント、膠セメント等も使はれる)が悪いと、電球をソケットから拔出す目的でガラス球を捻ると、ガラス球だけ廻つて口金が廻らず、導入線が切斷する事がある。

兎に角ガスが入るとガスのために電力の幾分が損失となる。之をガス損と言ふので、之が新たに加るから、ガスを封入するにはこのガス損が少いガスを選択すべきは勿論、ガス損とガス入に依る利益と比較し、ガスを入れるか入れぬか又はその壓力を決定すべきである。その點は後程改めて検討する。

復習問題 II

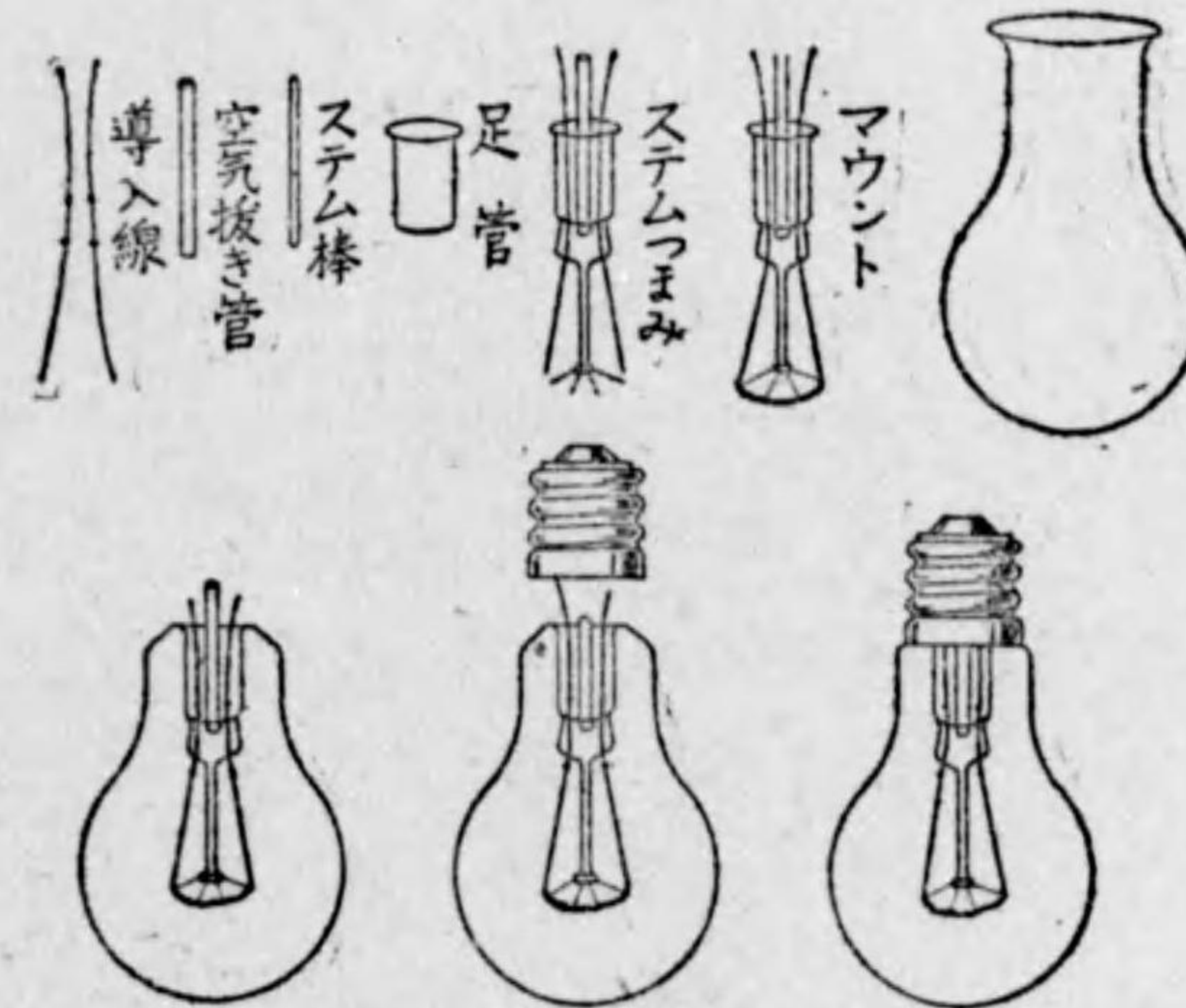
1. 白熱繊維の最も重大の要件 3 を示せ。
2. 炭素電球がタングステン電球に取變へられた理由如何。
3. タングステンの抵抗温度係数が正であるとどんな利益があるか。
4. 實用的白熱電燈の發明者は誰か。それは昭和 20 年から何年前であるか。
5. タングステン電球の繊維の点火温度はどの位と思ふか。
6. タングステン電球を圖示し各部の名稱を示せ。
7. 導入線とは何ぞや。それにどんな要件が入用か。
8. 口金の材料を示せ。

9. 電球の黒化を説明せよ。
10. 電球の寿命とは何の事か。
11. 100 W の電球が 1300 ルーメンの光束を輻射すれば其の能率は何程か。白熱電球の能率を発電機や電動機の様子 % では表せないか。
12. 白熱電球の熟成とは何か。
13. 40 W の電球の能率が 10.3 ルーメン毎ワットだと言ふ。其の発生光束は何程か。
14. ガス入電球の目的はどこにあるか。
15. 点火中にガス入電球か真空電球か區別する方法はないか。

第三章 タングステン電球の標準規程

1. 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 3・1 圖参照)。

第 3・1 圖



電球製造順序

1. ステム製作: 足管, ステム棒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にアンカ (anchor) を取付ける。

3. 繼線： 上記ステムのアンカに織條を取付ける。而して出来上つたものをマウントと名づける（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： 織條に電流を通じそれに塗つたゲッタ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屬板に並べ、金屬板を誘導線輪の一端につなぎ、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手を觸れる、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ては後節で述べる。

ゲッタ 電球、電子管等の排氣の際にゲッタを使用すれば、其の吸著作用によつて擴散ポンプの遙かに及ばない高真空度を得ることが出来る。ゲッタとして最初に使用されたものは燐であるが、其の後アルカリ土金屬が最も適して居ることが判つた。

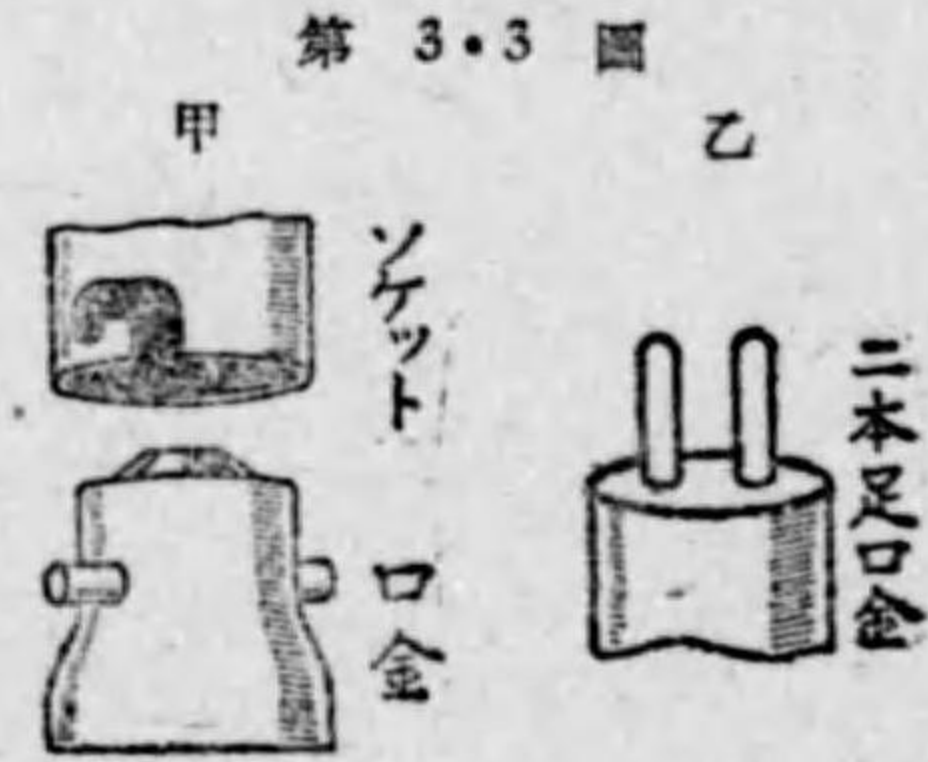
2. 標準規程 品質の向上を計り、大量製産に依つて製産原價を低下すると共に、品質を一定にして製作所の違ふ爲に依る變化をなくす目的で標準規程が定められて居る。以下吾々に必要と思はれる所をそれから抜書する。

電球の大きさ 電球の大きさを示すのに二種の方法を採用した。ワット制の電球では定格電壓100ボルトを加へた場合の消費電力のワット數の標準値で、燭光制電球では同じく100ボルトを加へた場合に輻射する總光束のルーメン數の10分の1を1燭とした公稱燭光の標準値で表す。

織條の形 タングステン線を第3・2圖甲に示す様にコイル狀に卷いたものを單コイル織條電球と言ひ、上述の様に細いコイル狀に卷いたものを今一度コイル狀に卷く事同圖乙の様にしたものを二重コイル織條電球と言つて居る。



口金 捻込口金を使ふのが原則であるが、電球用電球などは震動のため捻戻つて電球が乗客の頭上に落下する事がない様に挿込口金を使つた例もある。



近頃は斯んな場合にもグローブを使ふから、其の必要がない。大型の電球ではソケットと電球との接觸では電流通過に不十分なものがあるので、ラジオの球と同様に二本足を出したものもある。

口金は 200 W 以下には普通口金を、300 W 以上には大形の口金を使ふ。従つてソケットも夫々それに適當なものが用意せられる。

3. ワット制電球 ワット制電球は従量需用家に使用せられるもので、其の大きさの種類、初特性即ち電球の使用開始當時に於ける消費電力と光束と能率との標準及び壽命の標準は第 3・1 表に示す通りである。

これで見ると真空球は 10 W と 20 W の単コイル織條電球だけで他は何れもガス入であり、二重コイル織條電球は 30, 40 及び 60 W の 3 種だけである。壽命は全部 1500 時間で同一に設計せられる結果、能率は 10 W の 7.6 lm/W から次第に増加し

第 3・1 表 ワット制電球

種 別	電球の大きさ (ワット)	初 特 性			壽 命 (時)	
		消費電力 (W)	光 束 (lm)	能 率 (lm/W)		
單コイル織條電球	真 空	10	10	76	7.6	1 500
		20	20	175	8.8	1 500
	ガ ス 入	30	30	260	8.7	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	19.1	1 500		
1 000	1 000	20 000	20.0	1 500		
1 500	1 500	31 500	21.0	1 500		
二重コイル織條電球	ガ ス 入	30	30	315	10.5	1 500
		40	40	465	11.6	1 500
		60	60	780	13.0	1 500

單コイル 40 W の 10 lm/W, 100 W の 13 lm/W, 1000 W の 20 lm/W と言つた具合である。唯 30 W 單コイルガス入電球が 20 W の真空電球より能率の悪いのはガス損が多すぎて真空にした方が能率の良い事を示して居るが、將來製造法の進歩を見込んで斯く決定したのである。

同じ 40 W で單コイル球の能率は 10 lm/W に對し、二重コイル球が 11.6 lm/W と 16% も能率が良いのは、二重コイルとしたためガスが織條と接觸する表面が狭くなり (コイルの内部

には対流ガスは入込まないからガス損は起らない) ガス損が減少するためである。但し二重コイル電球は高價である。

4. 燭光制電球 現在我が國では定額燈は多くは10燭1箇月幾錢と言つた具合に燭で料金を定めて居るので、この燭光制の電球が制定せられた。その大さ其の他は第3・2表の様である。

第3・2表 燭光制電球

種 別	電球の大きさ (c)	初 特 性			壽 命 (時)	
		光 束 (lm)	消費電力 (W)	能 率 (lm/W)		
單コイル 織條電球	眞 空	5	50	8.0	6.3	4000
		10	100	13.3	7.5	3000
		15	150	18.9	7.9	2500
	ガ ス 入	25	250	30.2	8.3	2200
		40	400	41.3	9.7	2000
		60	600	54.7	11.0	1800
二重コイル織條電球	100	1000	80.0	12.5	1800	
	25	250	26.6	9.4	2200	
	40	400	38.0	10.5	2000	
	60	600	51.6	11.6	1800	

上表で明かな様に燭光制電球は400lm出す電球を40燭と呼んで居るのである。其の壽命はワット制電球に比べて何れも長く、低燭では2倍以上も長い。その代りに能率は悪い。何故斯うするかには就ては次章で述べる。

二重コイル織條電球でも40燭は400lmを出すし、壽命も

單コイル球の40燭と同じく2000時であるが、其の能率は9.7lm/Wが10.5lm/Wと8%以上も宜しい。言ひ變へると同一光束を發生しながら $41.3 - 38.0 = 3.3$ Wだけ電力が少い。この相違が標準壽命の2000時續くとすれば、6.6kWhだけの電力量が節約される。従つて1kWh12錢とすれば79.2錢だけ二重コイル電球が高價でも需用家では損がない譯である。

5. 初特性の裕度 機械で大量を製産する上には標準と少し違ふのは止むを得ないし、又さう嚴格に一致する必要もない。そこで電力や光束や能率が標準と違つても良い限界を定めた。それが裕度であるが、今度の規程では第3・3表の様である。

第3・3表 初特性裕度

種 別	消費電力	光 束	能 率	
單コイル球	眞 空	±6%	±10%	±8%
	ガ ス 入	±7%	±13%	±10%
二重コイル球	ガ ス 入	±8%	±15%	±12%

例へば40W電球の初特性は40W、400lm、10lm/Wであるが、電力は42.8Wから37.2Wまでなら良く、光束は452lmから348lmの間なら合格で、且つ其の能率は11.0lm/Wから9.0lm/Wまでの間で無くてはならない。

消費電力が大なのは悪いが少い方は差支へないと思はれるし、

光束の標準より小なのは悪いが多い方は差支へない様に思はれるが、消費電力が少なくて光束の多い即ち能率が餘り良過ぎるのは寿命がきつと短いからやはり悪いのである。

6. 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
- II. 初特性試験
- III. 寿命試験

先づ同種同大のものの各に就き、其の總數の平方根に相當する數（1箇未満は切上げ）になるまで、各荷造箱の成可く違つたものから抜取り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さ（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。

又口金のネジ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。依つて規程附録に示した検査ゲージを使つて試験する。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。こ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。

II. 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。之は熟成させるためである。次にガス入電球では更に 100 ボルトで 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。

さうしてそれが第 5 節の裕度以外のものが一つでもあれば全部が不合格になる。

例 1. 次の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
	10	ワット	9.3	ワット	68.1ルーメン
	10	燭	14.5	"	113 "
二重コイル	60	ワット	57.5	"	652 "
	100	"	105	"	1 209 "
	1000	"	975	"	21 300 "

解 真空 10 W 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 の範囲でないと合格でない。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ため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 燭電球では消費電力は 13.3 W の 1.06 倍の 14.1 W までしか許されないのに 14.5 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 100 ルーメンの $\pm 10\%$ で 110 ルーメンまでは良いのが 113 ルーメンあるから多すぎて不合格である。

次に二重コイル電球 60 W の消費電力の裕度は $\pm 8\%$ であるから、 $60 \pm 4.8 = 64.8 \sim 55.2$ W の範囲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 780 ルーメンで、 $\pm 15\%$ の裕度が認められて居るから $897 \sim 663$ ルーメンの範囲でないと合格せぬ。従つて 652 ルーメンでは不合格である。

100 ワット電球の消費電力は $\pm 7\%$ 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 $\pm 13\%$ 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、 $\pm 10\%$ の裕度が認められて居るから $14.3 \sim 11.7$ ルーメン毎ワットの範囲なら合格であるが、此の電球は $1209 \div 105 = 11.6$ ルーメン毎ワット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。之は昭和 14 年の改訂以前では $\pm 12\%$ の裕度が認められて居たから合格であつた。それだけ時代が進歩したのである。

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 $21300 - 20000 = 1300$ ルーメン即ち 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 $\pm 10\%$ 即ち $22.0 \sim 18.0$ に辛うじて合格である。

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

斯うして測定した壽命が次の 2 條件を共に満足した時に合格とする。

1. 同一種類の壽命の平均が次の式の示す値以上なること

$$L = L_0 \left(1 - \frac{K}{\sqrt{N}} \right)$$

L_0 は第 3・1 表及び第 3・2 表に示した標準壽命 (時)。

N は壽命供試電球の總箇數。

K は單コイル 0.5, 二重コイル電球 0.6 であるが當分の内それぞれ 0.6 と 0.7 まで大目に見ることとする。

2. 壽命が實測壽命の平均より短いものにつき、其の不足値を合計したものが、壽命の合計の 15% 以下であること。

第 1 條件では實測した壽命の平均が標準以上あつて貰ひたいのだが、試験箇數が少い場合には特に悪いものばかりが抜取られる機会も起り得るので、その場合は幾分不足でも我慢してやらうと言ふのである。

第2条件は假令平均寿命は長くとも、餘り品質が不揃では、悪い品にあつた人に氣の毒であるから、品質が平均する様に注意させるためである。

例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。

種 別	10 燭	20 W	二重コイル 40 W	100 W
測定寿命 (時)	1 500	550	986	1 008
	1 800	1 000	1 075	1 272
	2 000	1 350	1 120	1 487
	2 600	1 700	1 150	2 123
	2 900	1 900	1 432	2 475

解 10 燭電球の寿命の合計は 10 800 時間、平均 2 160 時間である。然るに第 3・2 表から 10 燭電球の標準寿命は 3 000 時で實測寿命の平均の限度は公式から $3 000 \times \left(1 - \frac{0.6}{\sqrt{5}}\right) = 3 000 \times (1 - 0.268) = 2 196$ 時となるから不合格である。

次に 20W 電球の寿命の合計 6 500、平均は 1 300 時で、限度は $1 500 \times 0.732 = 1 098$ 時であるから平均寿命は合格である。然し第 2 要件の平均寿命に対する各箇寿命の不足値は夫々 $1 300 - 550 = 750$ 、 $1 300 - 1 000 = 300$ 、この合計 1 050 時、寿命合計の 15% は 975 時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。

二重コイル 40 W 電球の寿命の合計は 5 763、平均 1 153 時間 (限度 1 098 時)、不足値の合計 $167 + 78 + 33 + 8 = 281$ で合計の 5% 程度であるから合格である。

100 W 電球は夫々 8 365 時間、1 673 時間、1 252 時間であるが、不足値の限度 $8 365 \times 0.15 = 1 254.8$ 時間であるから辛うじて合格である。

最後の二つは共に合格であるが、40 W は品質は揃つて居るが平均寿命

では辛うじての合格品である。100 W は平均寿命では優等品であるが品質は甚だ不揃である。

この寿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は断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 時に断線した電球を總箇数に対する百分率で示して點示し、之を適當につないだものが断線率曲線で、毎 100 時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

線である、第 3・4 圖に其の一例を示した。兩者共平均寿命の附近で鋭い變化をし、他は殆ど平なのを良しとする。

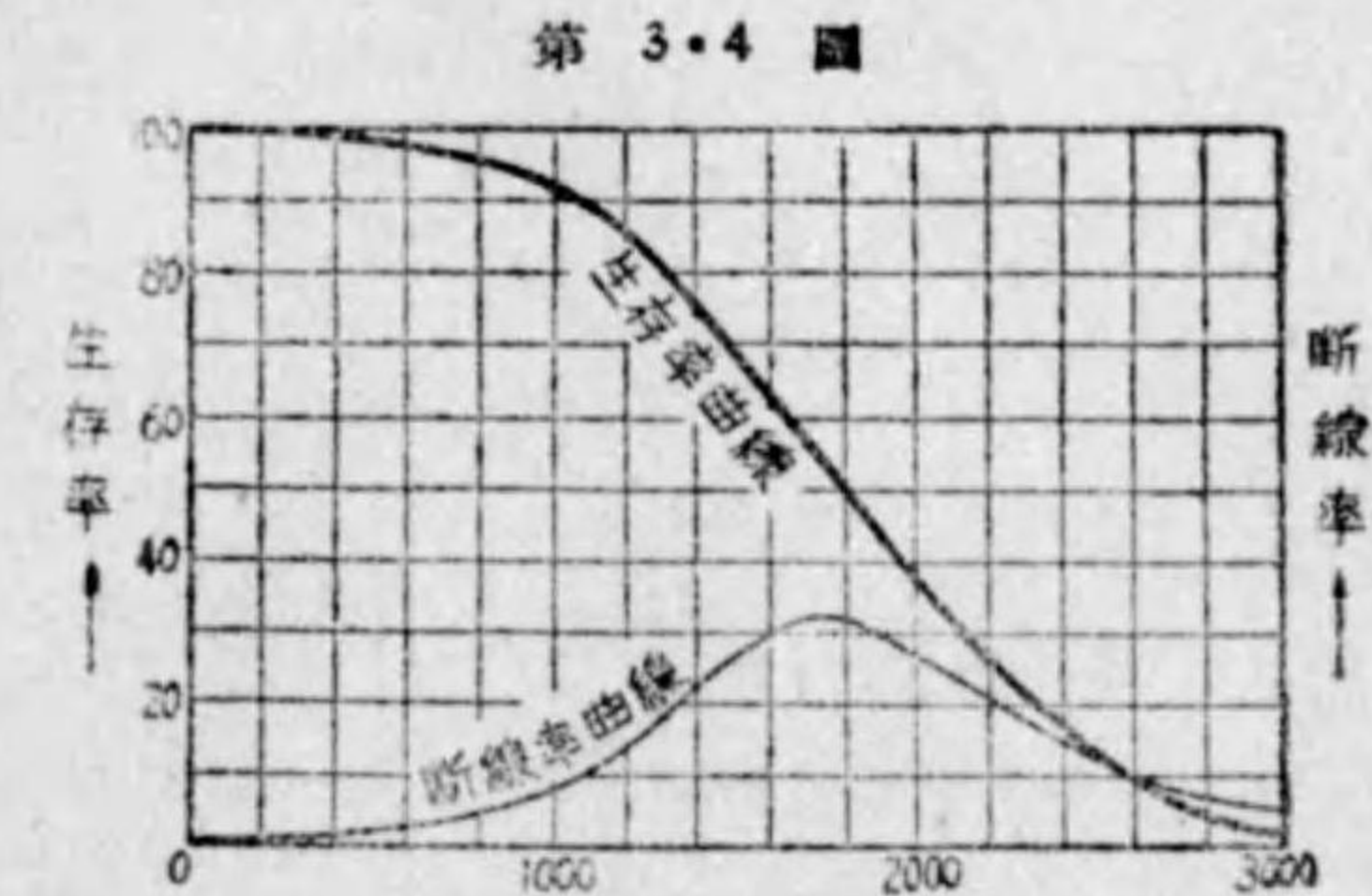
電球の寿命試験は定格電圧で行ふのが良い

が、数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圧で試験する事がある。その爲に短縮する程度は電圧に依つて違ふのであるが、假りに寿命が電圧の 14 乗に逆比例 (第四章第 6 節) すると計算すれば次の様である。

電 壓(ボルト)	105	110	115	120	125	130
寿 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。

IV. 口金の接著強度及び温度試験 捻込口金では口金とガラス球との接著強度の限度を試験する事もある。



断線率及び生存率曲線

その簡単な実用的の方法は第 3・5 圖に示す様に装置して、普通口金 (200 W 以下) では 30 kg-cm, 大形口金 (300 W 以上) では 50 kg-cm の捻りモーメントを徐々に加へて耐へれば良い。

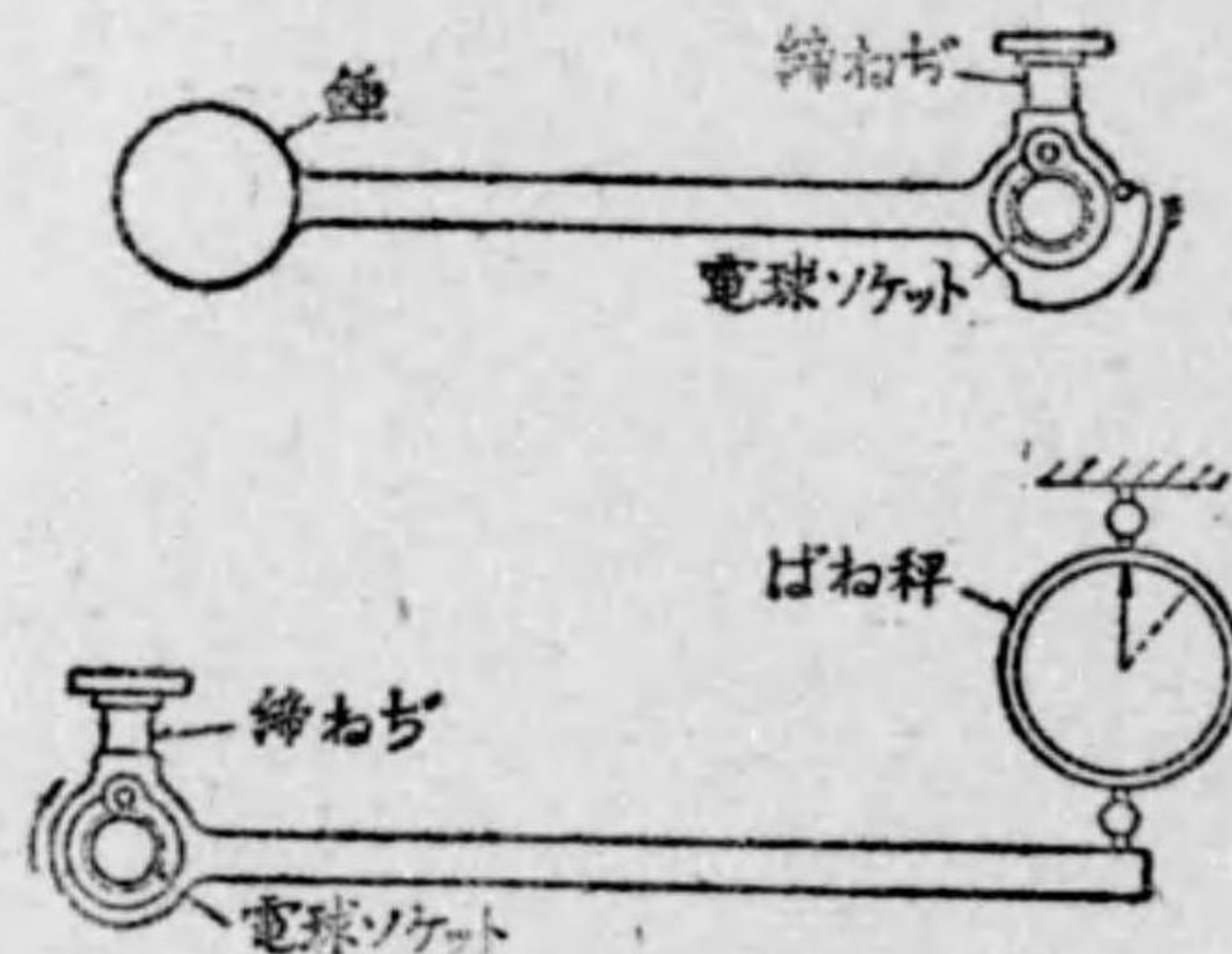
又ガラス球及び口金の温度はガス入球では相當に昇る。然し電球箇々で大した相違はないから必ずしも試験の必要はない。然し餘り高すぎるのは能率の上からも面白くない。普通

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 0.2 mm 位のもの) で口金に近いガラスの温度を測り、40 W 以下で 70°~90°C, 60~500 W で 80°~110°C, 750 W 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より 30° 内外高くとも差支へない。

復習問題 III

1. 白熱電球のステムとアンカとは何か。

第 3・5 圖



電球口金熔着強度試験

2. 白熱電球のマウントを説明せよ。
3. ゲッタの用法と目的とを示せ。
4. 標準規程とはどんなものか。
5. 電球の大きさを表す二種の方法を述べよ。
6. 繊維の形の二種を示せ。
7. 60 W 電球に 2 種ある。其の相違する點を記せ。
8. 10 W 電球は真空で、40 W 電球はガス入であるのは何故であるか。
9. 共に単コイルの 25 燭電球と 30 W 電球とを比較せよ。
10. 電球初特性の裕度とは何か。
11. 100 W 電球の電力は何程から何程までの範囲なら良いか。光束は如何。能率はどうか。
12. 二重コイル 30 W の電球を 200 箇購入した。受入に際しどんな試験を施すべきが、又合格するためにはどんな条件が必要であるか。
13. 単コイル 40 燭電球 5 箇を試験して次の成績を得た。これは合格であるか不合格であるか。

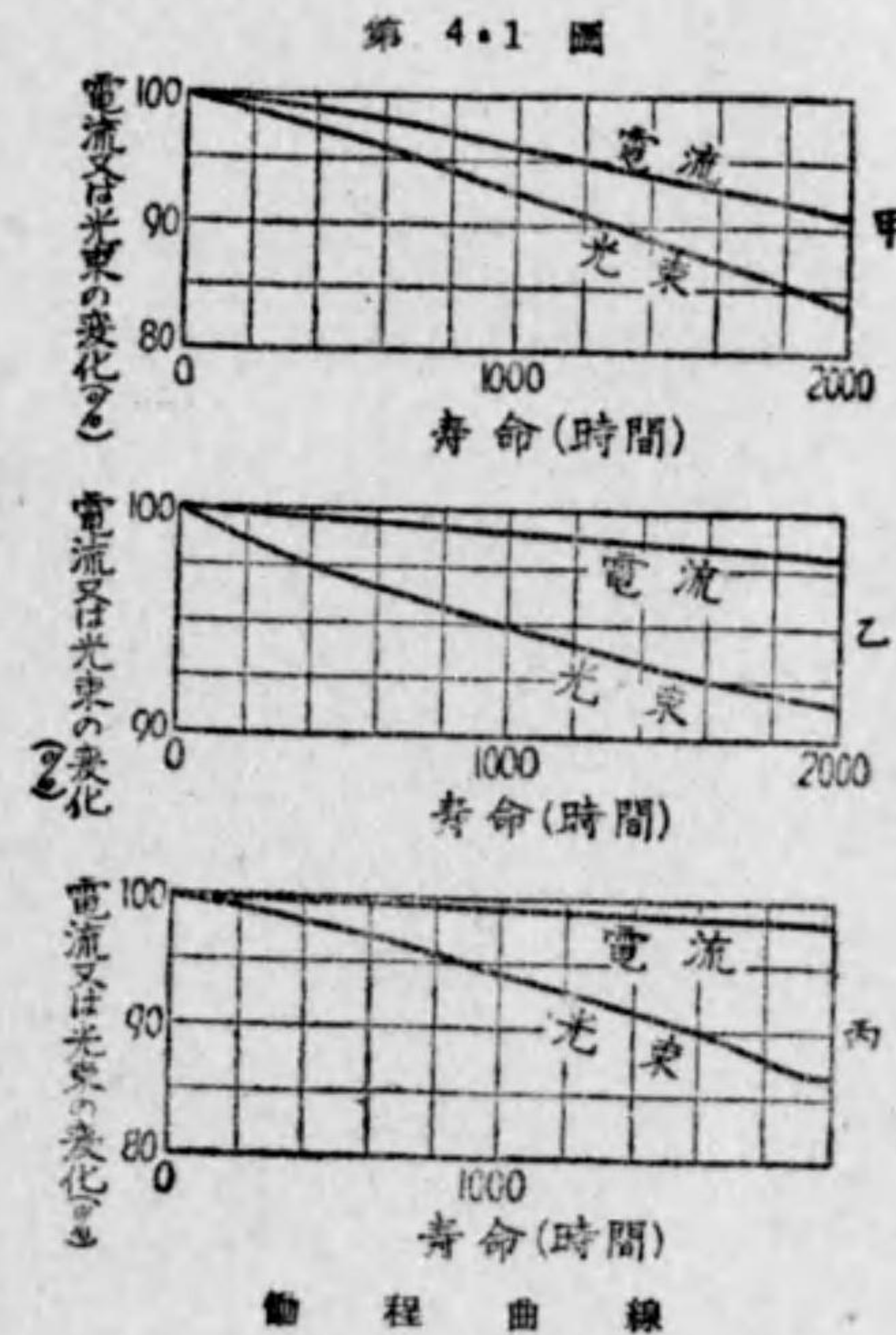
	光 束 ルーメン	消費電力 ワット	壽 命 時
1	425	43.8	2 100
2	380	40.3	2 500
3	349	38.5	2 200
4	415	39.1	1 000
5	450	44.0	1 500

14. 断線率曲線とは何ぞや。理想的の電球の断線率曲線は如何に表されるや。
15. 15 燭電球の壽命を過電圧で試験するとせば、其の標準はどの位に短縮するか。又 60 W 電球を過電圧で試験して 4 日と 7 時で断線したとすれば標準に比べて良いか悪いか。

16. 口金の接着強度は何故試験する必要があるか。
17. 100 W 電球のガラス球中央部の温度はどの位に上るか。之を測るには何が良いか。

第四章 タングステン電球の特性

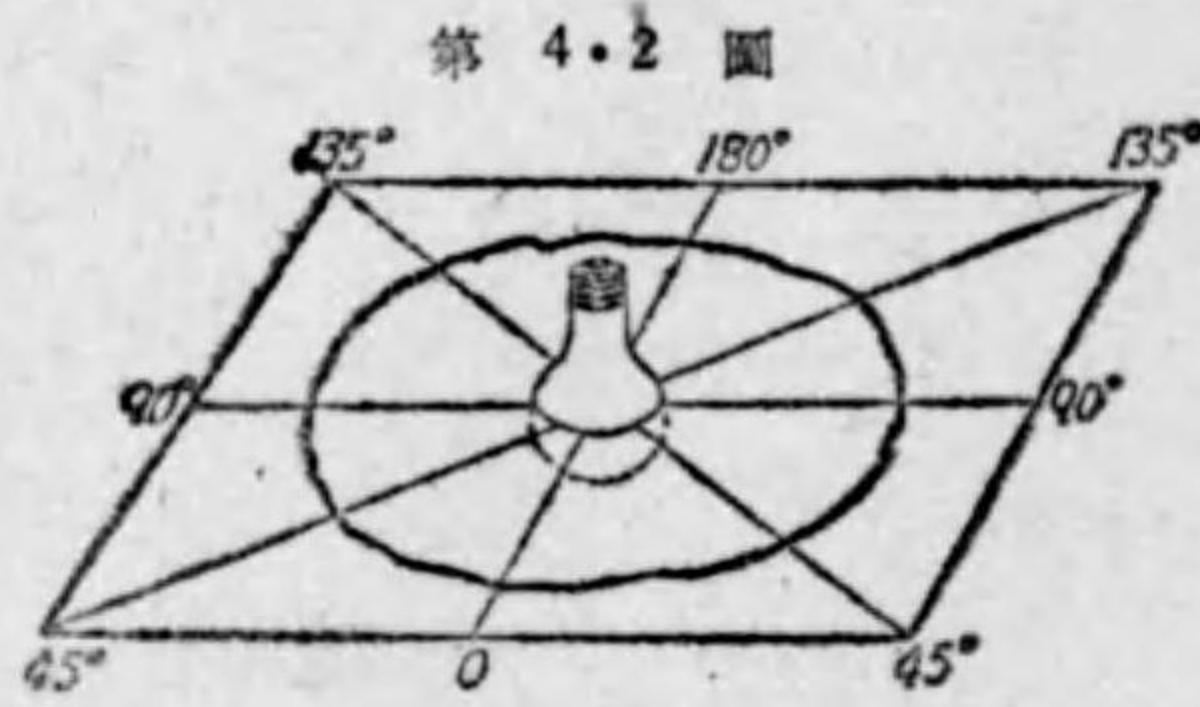
1. 働程 タングステン電球は熱成後は使用するに従ひ次第に其の抵抗を増加し、従つて電流や光束を減少するが、光束の減少が著しいので能率も亦低下して行く事を述べた。これを働程と言ひ、之を使用時間を横軸に描いたものを働程曲線と言はれる。



真空電球, 40 W 単コイル織條電球及び 100 W 電球の働程曲線を第 4.1 圖甲, 乙, 丙に示した。之に依ると 40 W 電球では断線時の電流は最初の 98%, 光束は 91.5% 程度で, 従つて能率は 94.5% に下るのである。100 W 電球の光束が 86% に下つて居るのは寧ろ例外で, 実際はもつと良い筈で

ある。

2. 配光曲線 電球はその織條の構造上點光源とは認めら

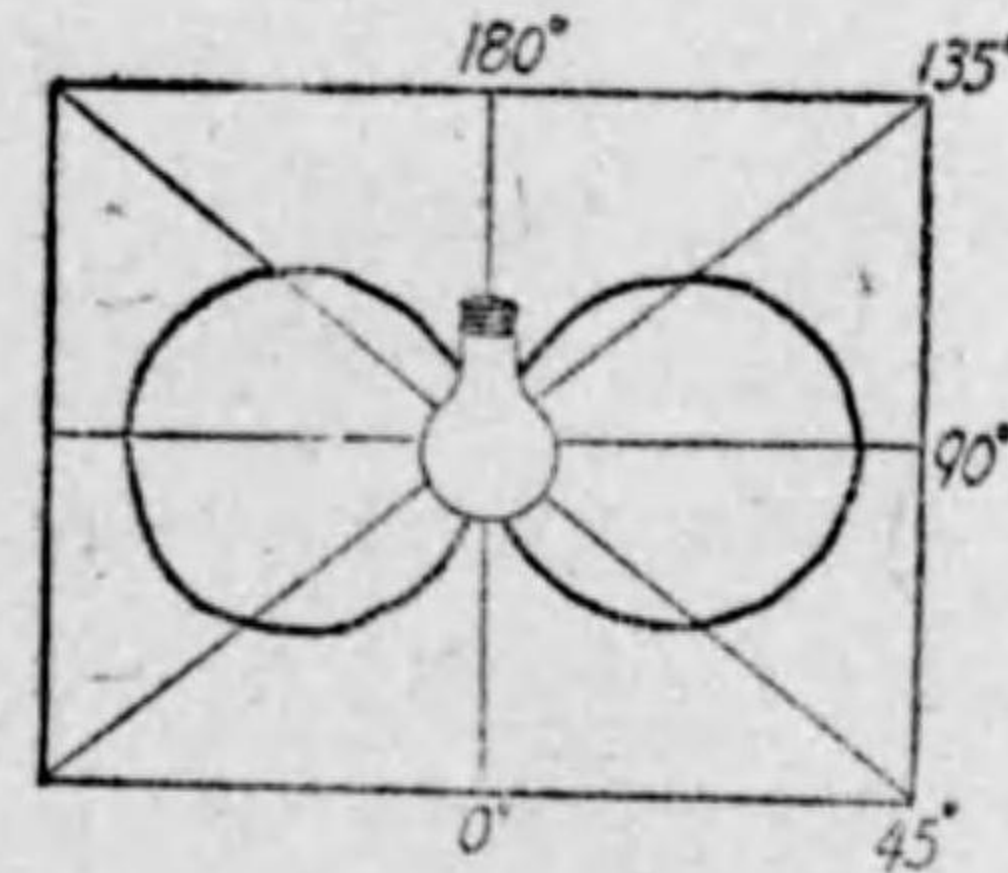


第 4.2 圖
水平配光曲線

れないから、方向に依つて其の光度は違ふものである。そこで其の光度の相違を表すために配光曲線が使はれる。

今電球を口金を上部にして吊して點火し、其の光がこゝから光るのだと思はれる光中心を通つて水平面を假想する。さうして各方向の光度を極座標で表し、其のベクトルの頂点を結び付けたものが配光曲線である。
従つてこの配光曲線を見れば、光中心を通る水平面の各方向の光度は一目でわかる。即ち知らうとする方向に中心から線を引き、それが曲線と交つた點迄の長さをその燭目盛で讀めば求めるものになる。これは水平方向のものだから水平配光曲線と言はれる。タングステン電球は其の織條の構造及び取付法から方向によつて光度に大差がある筈がない。唯導入線に接續される部分が他の部分より幾分低いわけだが、實際は餘り變らず、少しギザギザした圓形である。

第 4.3 圖

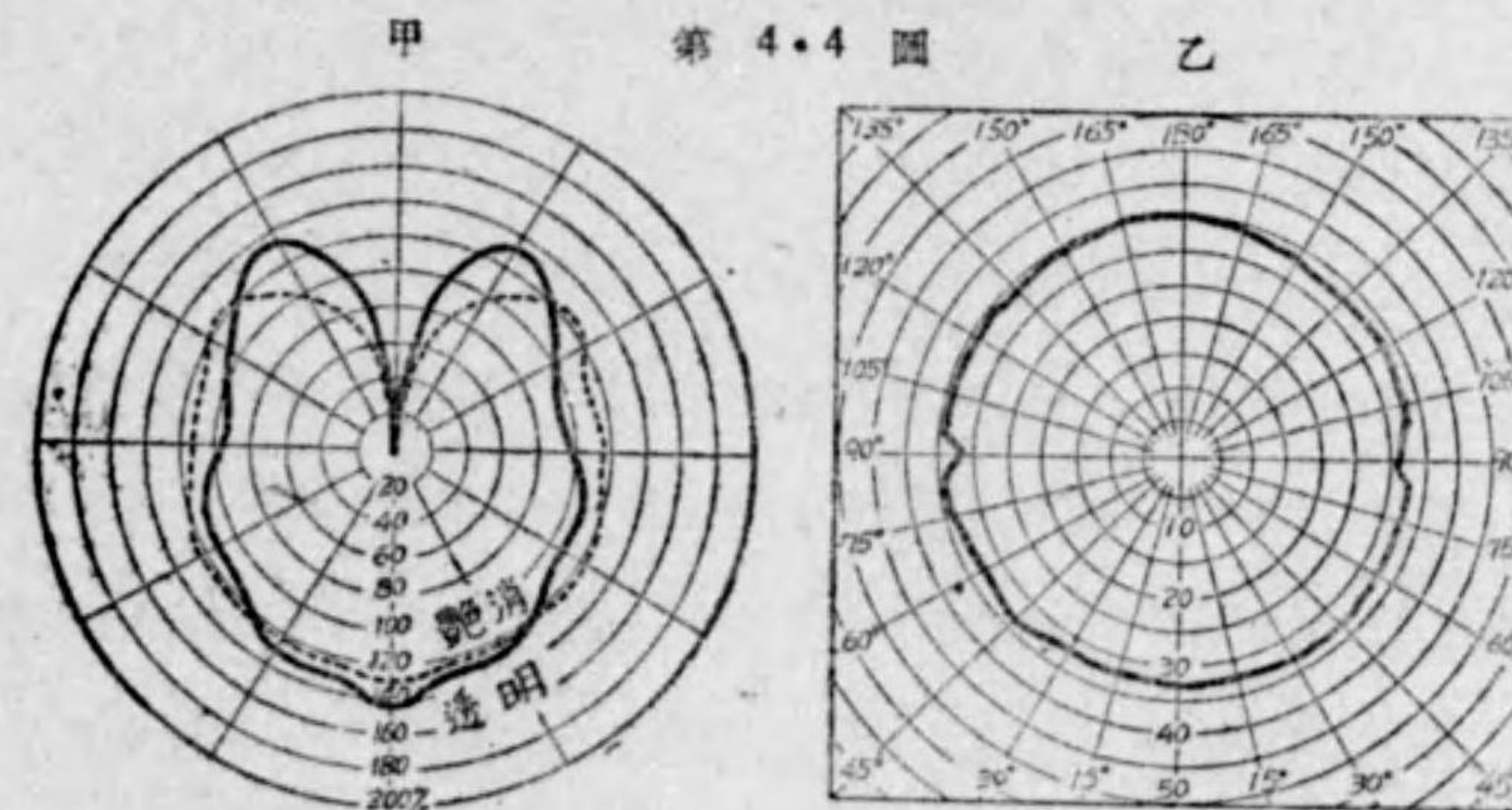


鉛直配光曲線説明圖

次に燈軸即ちステム棒の方向に平面を假想し、其の平面上で配光曲線を描いたものを鉛直配光曲線と言はれる。水平配光曲線は唯一つであるが、鉛直配光曲線は無數にある譯であるが、水平配光が圓形に近いから、總ての鉛直配光曲線は略同形である。

そこで鉛直配光曲線を求める時に電球を回轉して求めると鉛直線と同一方向の光度の平均が求められる。これを平均鉛直配光曲線と言ふ。水平配光曲線は圓形だから、單に配光曲線と言へばこの平均鉛直配光曲線だと思つて良い。

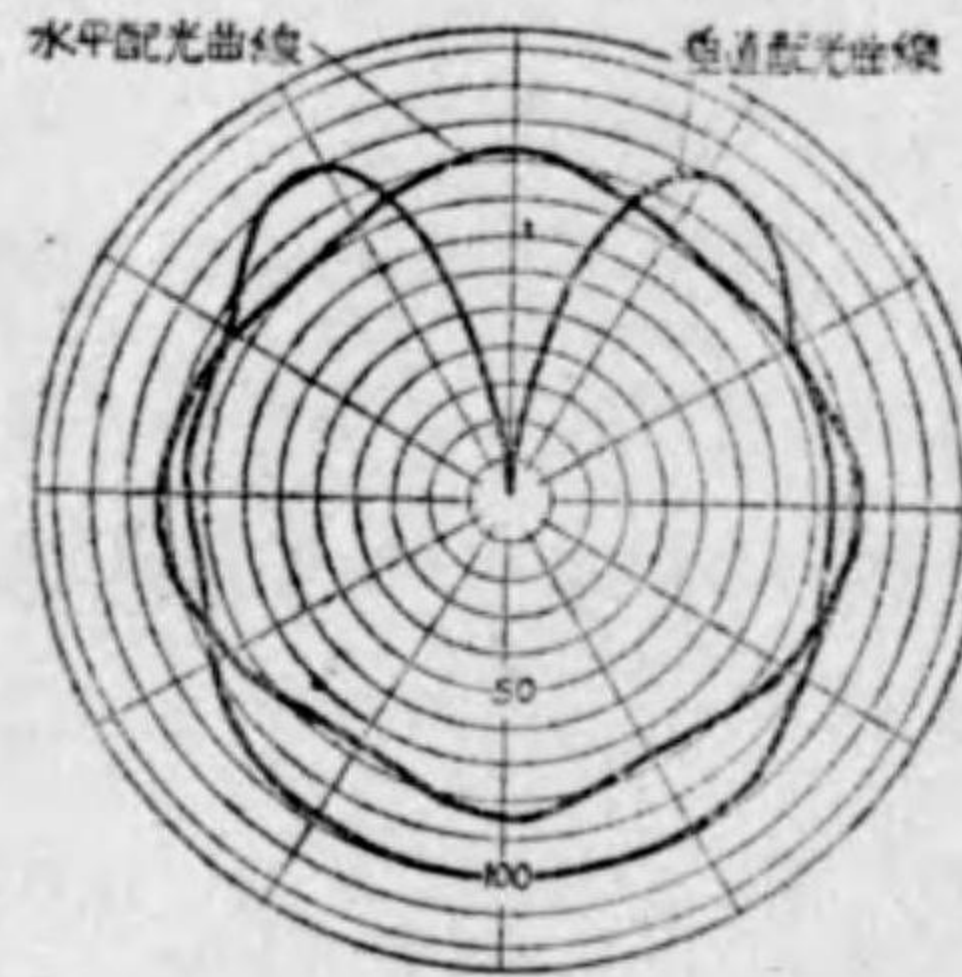
第 4.4 圖は普通の單コイル織條電球の水平配光曲線と平均



甲 單コイル織條電球鉛直配光曲線

乙 單コイル織條電球水平配光曲線

第 4・5 圖



二重コイル線配光曲線

鉛直配光曲線を示したもので、
第 4・5 圖は二重コイル線電
球の兩者を同一座標圖に示した
ものである。

水平方向の光度の平均即ち平
均鉛直配光曲線の鉛直角 90°
方向の光度を水平光度と言ふ。

これは水平配光曲線のギザギザ
をならして圓とした時の半徑に等しい。
電球の輻射する總光束を $4\pi=12.57$ で除したものを球面光度
と言ふ。これは平均鉛直曲線の面積と等しい圓の半徑ではない。
配光曲線から球面光度を求める方法は後章に述べる。

球面光度と水平光度との比を球面換算率と言ふ。之はガラス
球の形狀で違ふが、大體 1 に近い。即ちコイル線電球では球
面光度と水平光度は略等しいものである。

3. 艶消 普通の電球は従來ガラス球が艶消にしてあつ
たが現在は資材關係で透明ガラスが使はれる。

透明電球の點火した線條を見ると一時他のものが見えなくな
る。之を眩輝と呼ぶ。この眩輝を感ずるのは光源の光度が高い
ためもあるが、寧ろ光度が狭い所から出るためである。

そこで光源の見掛けの單位表面積當りの光度を輝度と稱し、
眩しい程度の比較にして居る。

元來光度は一點から出て居ると言ふ考へが元であるから、そ
れに面積を考へるのは面白くないのだが、光源は實際は面積を
有するのだから止むを得ない。見掛けの面積とは投影面積或は
考へる方向に直角な面で切つた切口面積である。

輝度の單位には 1 cm^2 當りの燭を使ふが、之をスチルブと呼
ぶ人もある。20 W 真空電球の輝度は 200 燭/cm^2 位であらうか
ら見た眼に眩しい。そこでガラス球を艶消にする事にした。艶
消の方法や程度には色々の順序があつたが、ガラスの口金附近
二割を残して残る八割の内面を弗酸、弗化アンモニア等で腐蝕
させて艶消とし、その後に秘密の透明な補強劑が塗られて艶消
にしたために脆くなるのが防がれて居る。その結果輝度は、 $4 \sim$
 2 燭/cm^2 即ち $1/50$ から $1/100$ 程度に低下される。

以前は低燭のものには透明球もあつたが、コイル線條が使は
れるため一時總て艶消となつた。然し又資材の不足から透明球
が増して來た。高燭球では光度の割にガラス球の表面積が小で
あるため艶消の効果が少い上、どうせグローブを共用するから、
透明の儘にしてある。

艶消にしたための光度の低下は $1 \sim 2\%$ で透明球と殆ど違は
ない。それは内面で反射を繰返しても、ガラス球を通つて吸収

されるのは球外に光が出る時だけである。これを外面艶消にすると反射の度毎にガラス内を通つて吸収されるので、艶消にしたための損失が6%にも及んだものである。

尚ほ艶消にすると其の配光曲線の角がとれて丸くなる事第4・4圖に示す様である。

4. 封入ガス ガス入電球の出来た當時は封入ガスに窒素を使つた。窒素は液體空氣から酸素を製る際の副産物として容易且つ多量に得られ、甚だ化合し難いものだからである。

然し窒素は熱傳導度が大であるから、能率向上のためそれが低いアルゴンを使用することにした。アルゴンは大氣中に1%位含有されて居り、窒素より一層化合し難い元素である。今日では低燭球はアルゴンが封入されて居るが、高燭球は全電力に對するガス損の割合が小なので強いてアルゴンを使ふ程の事もない。それにアルゴンは高温度に於ける電離電壓が低いので電弧を生ずる危険もあるから、今尚ほ窒素が使はれて居る。

現在使用されて居るガス壓力は常温で3/4乃至1/2氣壓で封入し、點火時に1氣壓位である。ガス損があつても、ガスを封入すると能率が良くなる事を實證する一例として次の表を示す。

第4・1表 電球のエネルギー分布

項 目	眞 空 球	ガ ス 入 球	二重コイル電球
導線及び口金に依る熱損失	7%	7%	2%
球内ガスに依る熱損失	0%	19%	12%
輻射 { 熱 輻 射	86%	68%	74%
{ 光 輻 射	7%	10%	12%
	93%	78%	86%
	7%	22%	14%

アルゴンより更にガス損の少いガスをさがして、空氣中に僅かに百萬分の一以下の微量存在するクリプトンやキセノン等の稀有ガスを封入した電球も外國には賣出されて居る。其の一例を示すと第4・2表の様である。

第4・2表 220V 40W 電球の比較

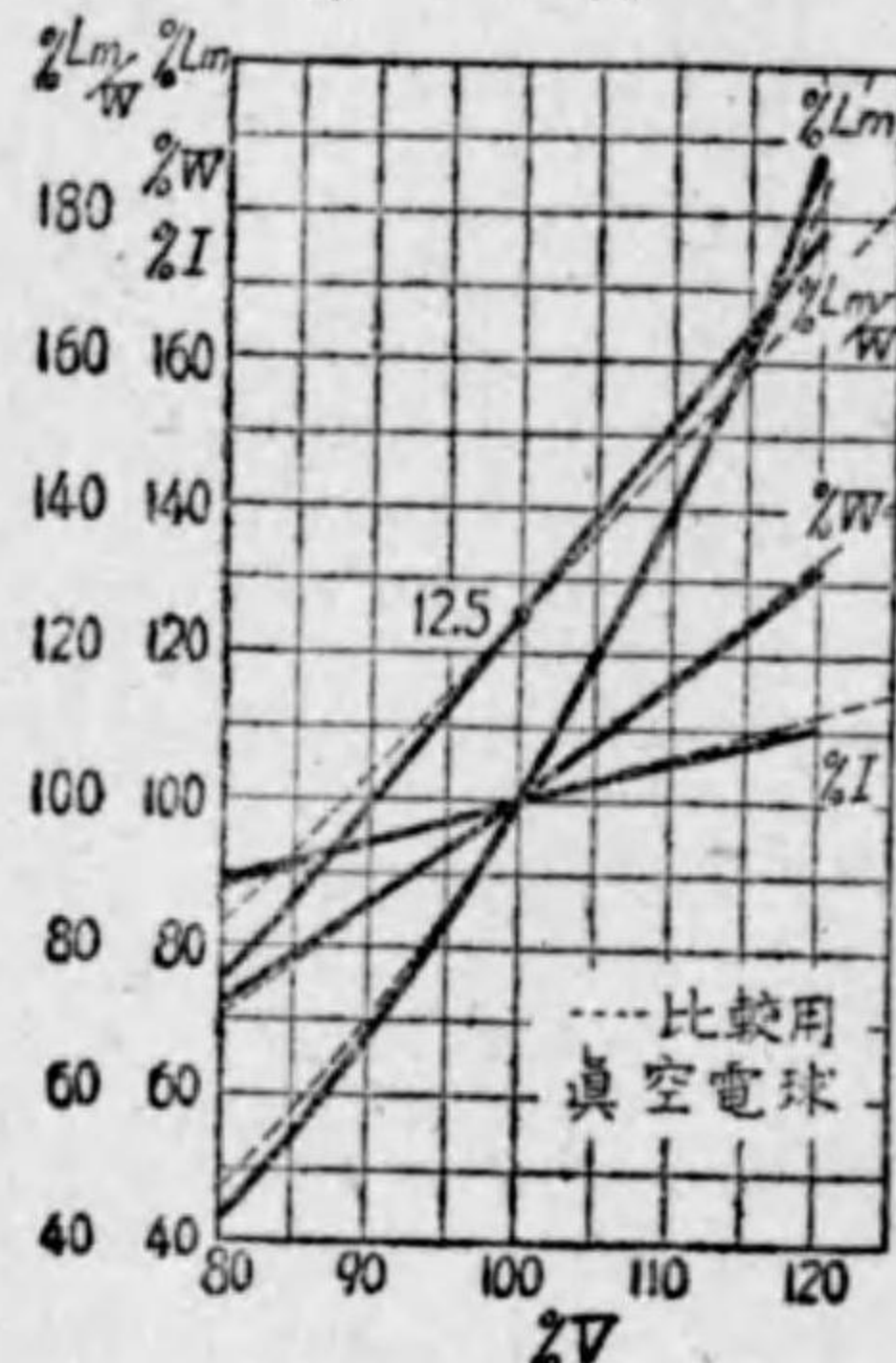
封 入 ガ ス	ア ル ゴ ン 單 コ イ ル	ア ル ゴ ン 二 重 コ イ ル	ク リ プ ト ン 二 重 コ イ ル
光 束 ルーメン	400	480	525
能 率 lm/W	10.0	12.0	13.1
壽 命 時	1000	1000	1000

5. 電壓特性 我が國で使はれる電球の定格電壓は100ボルトで、100ボルトを加へた時に指定の光度を出す様に出て居る。

然し配電線の具合では屋内電壓は100ボルトには限らない。低い事が多いが稀には高い事もある。

今100ボルトの電球を110ボルトに使つたらどうなるか。織

第 4.6 圖



特性曲線

しく短縮され 28% になつてしまう。

之に反して低い電圧で使へば反對に光束は著しく減少し従つて能率も低下する。其の一例を第 4.6 圖に示す。記憶の便宜上電圧が +4% と ±10% 變化した場合を第 4.3 表に示さう。

第 4.3 表 電圧變化の影響

電 壓 變 化 %	電 力 %	光 束 又 は 光 度 %	壽 命 %
+ 4	107	116	60
+10	116	140	28
-10	85	69	426

條の抵抗が變らないとすれば電流は 110% となり、電力は 121% に増す筈だが、電流の増加は温度を上昇し其の抵抗を増加するので、其のための電流増加は 6% に止り、電力は 116% になる。然しそのため温度上昇に依る輻射は増加して光束又は光度は初めの 140% 即ち 4 割増にもなる。従つてその能率は元の $1.40 \div 1.16 = 1.21$ 即ち 21% も増加する。其の代り壽命は著

6. 電壓と光束 電壓の變化が餘り大でなければ、電壓の變化に依る光束其の他の變化は式の形でも示される。

今電壓を 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 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。尙ほ此の際及び 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 $90 \div 100 = 0.90 \quad \log 0.90 = 1.9542 = -0.0458$
 電力 $\log 0.90^{1.6} = 1.6 \times (-0.0458) = -0.0733 = \bar{1}.9267$
 $\therefore 0.90^{1.6} = 0.845 \quad 100 \times 0.845 = 84.5$ ワット
 光束 $\log 0.90^{3.6} = 3.6 \times (-0.0458) = -0.1649 = \bar{1}.8351$
 $\therefore 0.90^{3.6} = 0.684 \quad 1300 \times 0.684 = 889$ ルーメン
 能率 $\frac{0.684}{0.845} \times 100 = 82.1\% \quad \frac{889}{84.5} = 10.7$ lm/W
 壽命 $\log 0.90^{-14} = -14 \times (-0.0458) = 0.6412$
 $\therefore 0.90^{-14} = 4.38 \quad 1500 \times 4.38 = 6570$ 時間
 $\log 0.95^{-14} = -14 \times 1.9777 = 0.3122$

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

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

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

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

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

此處までは此の略算でも殆ど變らない。

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

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。

7. 能率と壽命 前節では出来上つた電球で電壓が變化した場合に就て述べたのであるが、與へられた電壓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 η とすれば

$$\eta = \frac{F}{W} = \frac{k_2 V^{2.6}}{k_1 V^{1.6}} = \frac{k_2}{k_1} V^{1.0}$$

此の式と T の式とより V を消去すると

$$\begin{aligned} T = k_3 V^{-14} = k_3 \left\{ \left(\frac{k_1}{k_2} \eta \right)^{\frac{1}{1.0}} \right\}^{-14} &= k_3 \left(\frac{k_1}{k_2} \right)^{-7} \eta^{-7} \\ &= k_4 \eta^{-7} \quad \text{但し } k_4 = k_3 \left(\frac{k_1}{k_2} \right)^{-7} \end{aligned}$$

即ち一定電壓で壽命は能率の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。然しそれでは壽命が短くなるから、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を言ふのである。

現今では大體各電球で色々の狀況を調べた上で適當と思はれる標準壽命を定め、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 共に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	電球の壽命	消費電力 (壽命中の平均)	電球一個の代價
A	2000 時	41.3 ワット	35 錢
B	1000 時	39.5 ワット	35 錢

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

解 今寿命の最小公倍数2000時で比較しよう。

電気代5銭の場合

A 電球	電気料金	$5 \times \frac{41.3 \times 2000}{1000} = 413$ 銭
	電球代	35
	合計	448 銭
B 電球	電気料金	$5 \times \frac{39.5 \times 2000}{1000} = 395$ 銭
	電球代	$35 \times 2 = 70$ 銭
	合計	465 銭

依つて此の場合はA電球を使用した方が利益である。

今電気代を15銭とすれば電気料金は上記の3倍だから

A 電球	$413 \times 3 + 35 = 1274$ 銭
B 電球	$395 \times 3 + 70 = 1255$ 銭

此の場合はB電球が利益である。

依つて電気代が比較的安価の場合は低能率でも寿命の長い方が利益で、電気代が高い場合は之に反する。従つて従量需用家の様に1kWh 12銭を支拂ふ場合は寿命は短くとも能率の良い電球が利益なので、ワット制電球は之に適する様に設計されて居る。

之に反して定額燈用電球は供給會社が自己發電するか、大口で買ふから1kWh 2銭から3銭位である。従つて電球代の節約上燭光制電球は能率を犠牲にして長寿命に設計されて居る(第

3章第3及び4節参照)。

復習問題 IV

1. 白熱電球の動程曲線とは何ぞや。
2. 白熱電球断線時の能率は初めの能率に比べて、どんな程度であるか。その相違は何故であるか。
3. 配光曲線を説明せよ。
4. 配光曲線より下記電球の鉛直下方、それと30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 150°の方向の光度如何。
甲 単コイル織條電球で水平光度150燭のもの
乙 二重コイル織條電球で鉛直下方の光度30燭のもの
5. 球面換算率が0.90であるとして100W電球と二重コイル織條40燭電球の鉛直下方の光度如何。
6. 電球を艶消にする目的如何。
7. 平均光度が40燭の電球を透過率90%直径16cmの球形グローブに入れた場合の輝度如何。
8. 透過率85%直径20cmの球形グローブの平均輝度が2.0スチルプであると言ふ。内部の電球は何ワットであらうか。
9. 500W電球のガラスは透明であるのに20W電球は艶消にしてあるのは何故か。
10. 60W電球のガスには何が使はれるか。それが採用される理由如何。
11. 1000W電球のガスには何が使はれるか。それが使用される理由如何。
12. 電球をガス入とする利と害とを示せ。
13. ガス入電球の點火時のガス壓力はどの位であるか。何故其の壓力が

- 採用されたか。
14. 或るガス入電球に 27°C の時 0.6 気圧の壓力でガスを封入したら、
 點火時のガス壓力は 1.0 気圧に上昇したと言ふ。其のガスの平均濃
 度はどの位であるか。
 15. ガス入電球の壽命を短縮しないで能率を向上する最も有效の方策如
 何。
 16. 二重コイル織條電球が單コイル織條電球に比べて能率の良い理由を
 説明せよ。40 W 電球でどの位能率が良いか。
 17. 次の電球を 110 ボルトに使用すれば、其の電力と光束と能率と標準
 壽命とはどの位になるか。
 イ 20 W 電球 ロ 60 燭二重コイル電球
 ハ 500 W 電球
 18. 次の電球を 90 ボルトに使用すれば其の電力と光束と能率と標準壽
 命とはどの位になるか。
 イ 10 W 電球 ロ 40 燭二重コイル電球
 ハ 100 燭電球 ニ 100 W 電球
 19. 特性曲線の圖より 85 V と 115 V に於ける電力、光束及び比消費
 量を求めよ。
 20. 100 V 電球を 85 V 及び 115 V に使用したる場合の電力及び光束
 を公式より計算し且つそれより能率を求めよ。
 21. 壽命を同一とすれば 200 V 200 W の電球の能率は 100 V 200 W 電
 球の能率に比べて良いか悪いか。どの程度か。
 22. 光量とは何ぞや。其の單位は如何。
 23. 100 V 60 W 電球を 100 V に使用する時と 110 V にて使用する時と
 を 1 キロルーメン時に要する費用で比較せよ。但し電力も光束も全
 壽命中減少しないものとし、電球 1 箇の代價 40 錢、1 kWh の電氣

- 代 12 錢とす。若し電氣代が 1 kWh 4 錢ならば如何。
24. 電球の代價 1 箇 80 錢、1 kWh の電氣代 12 錢として 100 V 100 W
 電球を新たに設計するとしてその最も經濟的なる壽命を求めよ。但
 し電力も光束も壽命中減少しないものとする。

第五章 タングステン電球の種類

1. ガラス球 最も普通なのは第 5・1 圖左端に示すもので、之は茄子形と呼ばれる。ガス入電球は多く長頸丸形が使われた。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。



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。25 W (直徑 26 mm 全長 26 cm), 40 W (38 mm

31 cm) などがある。

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広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広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。

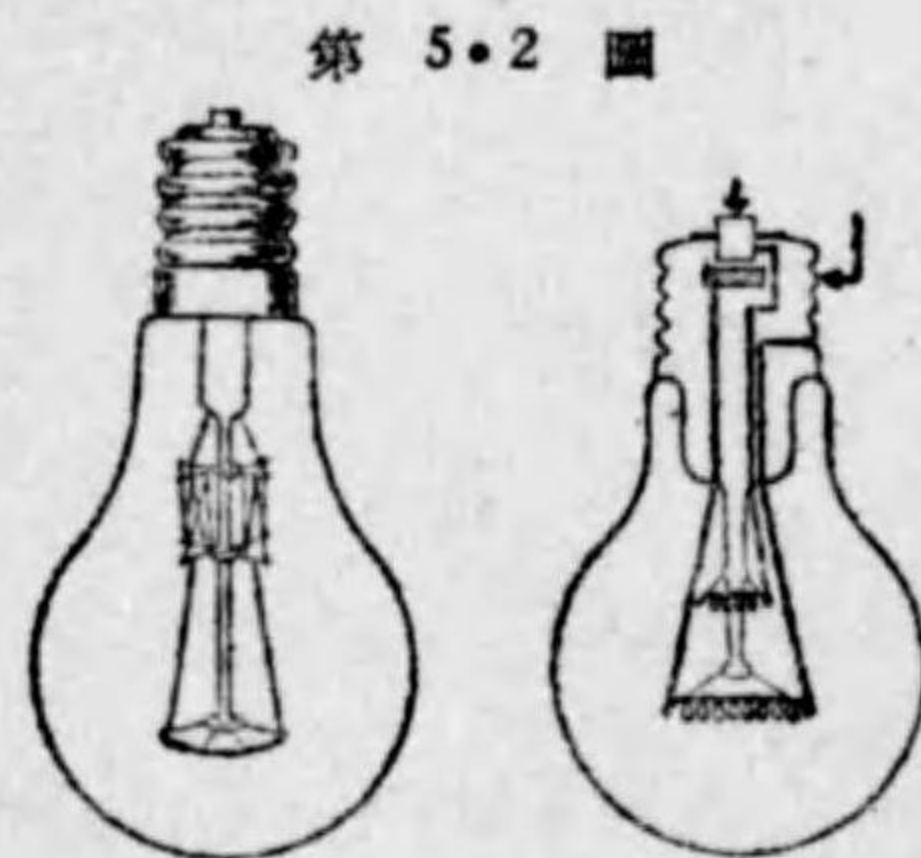
1. 同程度の排氣ならば残留ガスの分量が多いから全壽命が短くなる。之に反し懐中電燈用豆電球では吸息に依る排氣でも充分だと云はれる。
2. 材料が多く要り且つ破損の割合も多い。
3. 取扱に不便で運賃も餘計要る。
4. 反射笠も大形のものが要る。

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。

2. 燵燭電球 タングステン電球で不便な點と言へば光度の加減が出来ない點で、光度を變へたければ電球を取換へるのである。ソケットに加減抵抗器を仕込んで紐を引張つて光度を

加減したものも昔はあつたが今は見當らない。

せめて仕事をする時の高燭と寝る時の低燭(1, 2燭)とに變へられまいかと二三の工夫がある。ツークライツ電球は第5・2圖に示す様な外觀及び構造で口金の端子にバネが使つてある。



第5・2圖

ツークライツ電球

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纖條は直列につながる。低燭纖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纖條は短絡されて高燭纖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3・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5・3圖)。

第5・3圖



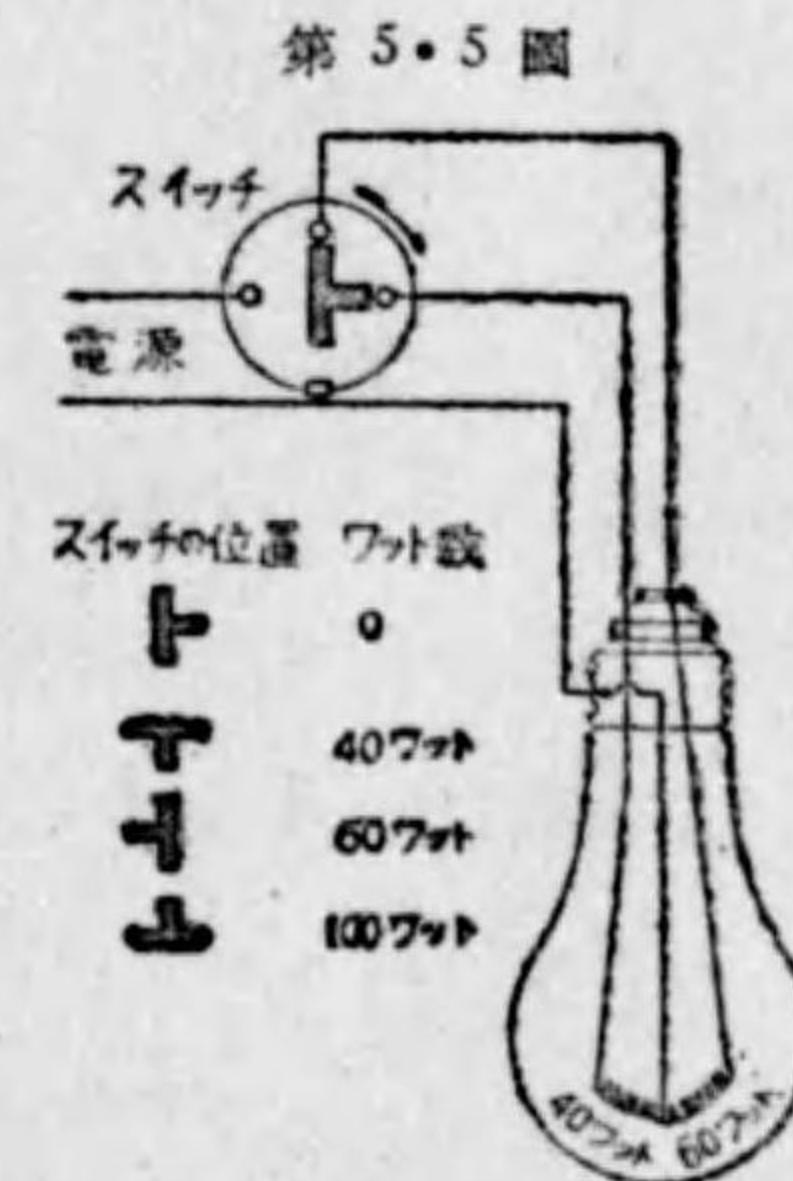
親子電球

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



第5・4圖

スリーライツ電球外觀



第5・5圖

スリーライツ切換圖

スタンドを使い、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・スリーライツランプ(第5・4圖)が賣り出された。その一種は40Wと60Wの二つの纖條から成り、

別々にも同時に使用出来る切換開閉器を附屬して居る。従つて40W, 60W, 100W, 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5・5圖)。

3. サイン電球 電氣を使ふ廣告を一般にサイン(sign)と言ふ。白熱電球に依るものは多くはそれで文字の形を書くのであるが、中には美しい畫を示し、然かも點滅に依つて畫に變化を與へるものすらある。この目的に使用せられるものをサイン電球と言ふ。

サイン電球は最大直径が45 mm 又は 35 mm の様に小形に作られ、多くは 15 W 程度のものが用ひられる。取換の面倒をさけて長寿命に設計せられる。

色電球を使用した方が広告効果は多い。然し白熱電球に着色するには、色ガラスは高價になり、外面着色は剥げ易いので、耐熱塗料で内面着色のものが多く。

着色電球は他の色を吸収するのであるから、光の吸収は甚だ多く、赤や青は眼の感じが劣るから、若し同一ルーメンを出すとすれば、甚だ大なる電力が入用であるが、色は注意をひく事が大であるから、それ程にしなくとも良い。実験上の所要の倍数は第 5・1 表の様である。

第 5・1 表 色電球の電力

色	琥珀	赤	緑	青
電球の吸収	50	80	83	90
同一ルーメンを生ずる電力倍數	2.0	5.0	5.9	10
同一注意を生ずる電力倍數	1.5	2	3	5

4. 晝光電球 物の色は光源の光の中で各自固有の色を反射又は透過するために生ずる。

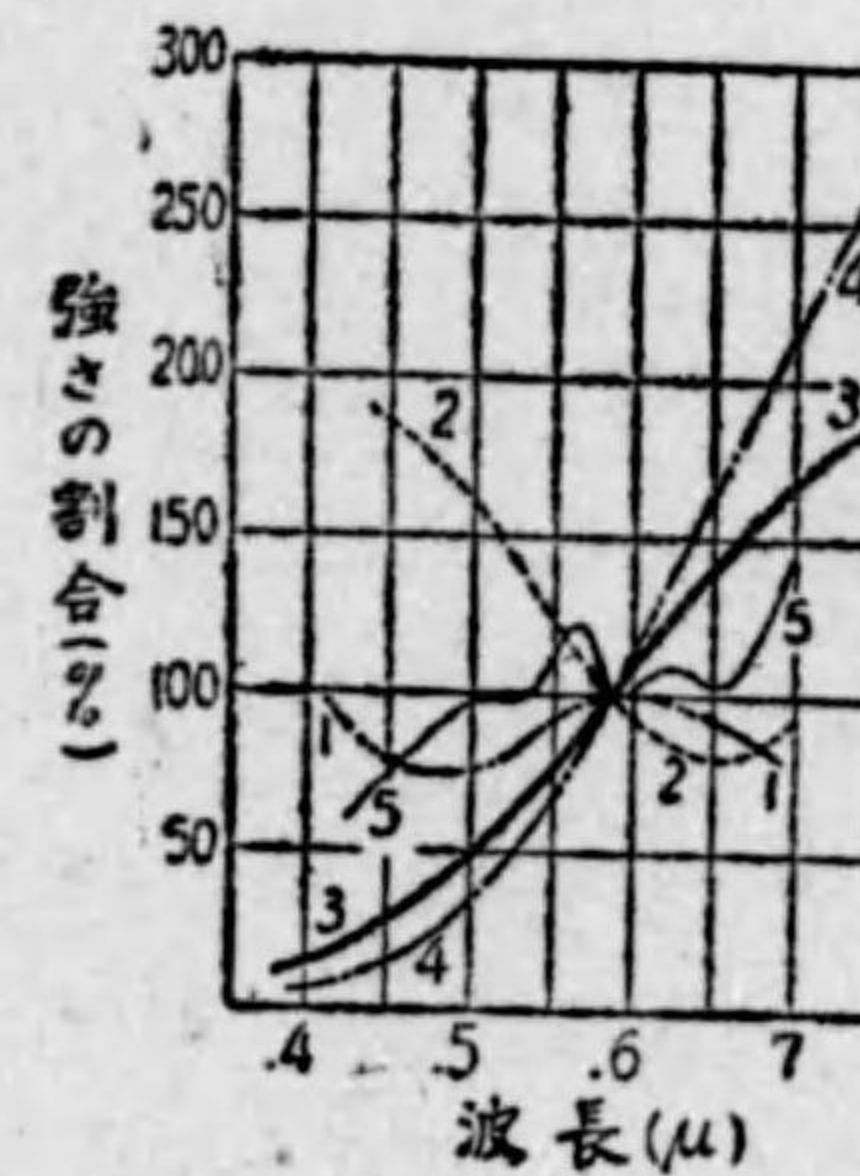
太陽光のスペクトルは連続スペクトルで其の温度は 6000° K 位だと言はれるが、空気中の塵埃は短波長を吸収するので、地

上に到着する光は 5000° K の黒體の光と同じである。

この様に或る光源の光質が温度 T 度の黒體の温度と全く同一又は類似して居る場合に、光源の光色温度は T 度だと言ふ。タングステンは短波側の吸収が大であるために其の光色温度は實際の温度より僅かながら高い。

扱て紙や粉や煙草などの品質を比較するには常に同一の光で比較する必要がある。晝光は太陽からの直射光や大空からの散光及び建物や樹木からの反射光が混合したもので、季節、天候、時刻に依つて一樣でない。

第 5・6 圖



- (1) 曇った晝光
- (2) 青空からの光
- (3) ガス入電球
- (4) 真空電球
- (5) 晝光電球

晝光電球スペクトル

そこで眞色燈は標準の晝光を出すもので、タングステン電球の輻射光の内晝光に比べて餘分の赤い方をガラス球に吸収させたものである。直射型と青空型とあるが、光束の 80~85% が吸収せられるので其の能率は良くない。

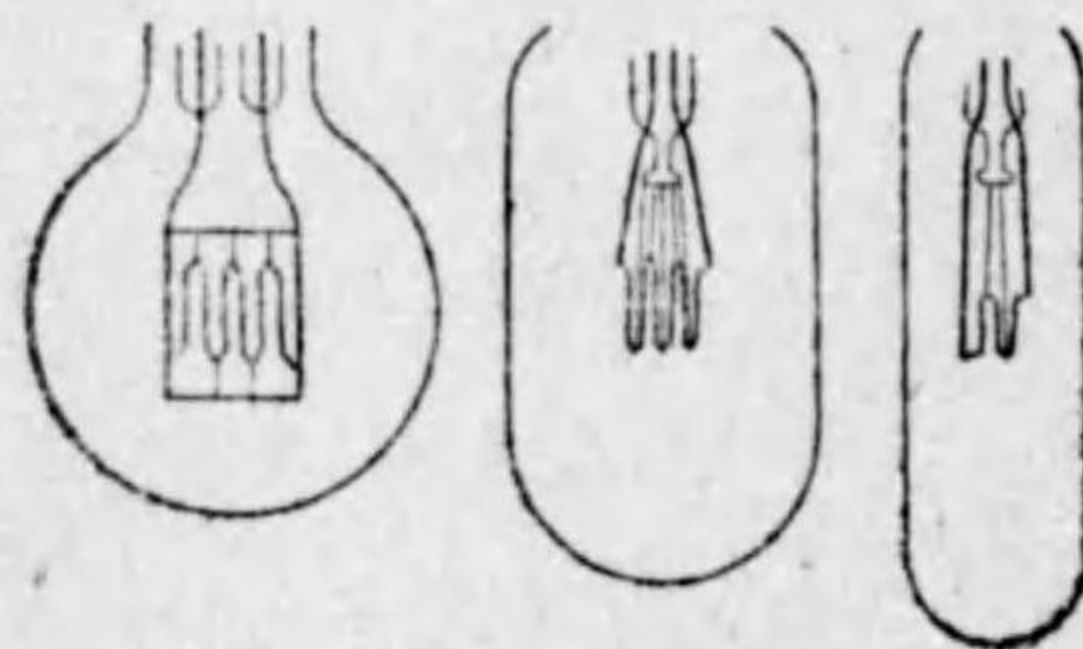
晝光電燈も同一目的に使用せられるが、これは青色の反射笠を使つて青色を補ふ方法を採用して居るが能率は似たものである。

呉服商や小間物商或は繪具又は

畫を取扱ふ場所の様に色が重要ではあるが、上記程嚴格でなくとも良い場合には青色ガラスを使つて光の吸収を 30~40% に止めた**畫光電球**も發賣されて居る (第 5・6 圖)。

5. **寫眞電球** 昔の寫眞乾板又はフィルムは主に莖外線に感じたものであるが近頃のものには赤にも良く感ずる様になつた。

第 5・7 圖



大形電球纖條

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卷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纖條が高温度短壽命に製作されて居る。之を**寫眞電球**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纖條とを封入し、纖條端子に 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はコイル纖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。小形のものとは勿論近頃は中位の營業用のものまでである。特に 16 ミリや 8 ミリ用が色々製られ、直径 38 mm のガラス球に 1 000 W を封入したのものもあり、壽命は 25 時間が標準で 30 lm/W の能率に達せんとするものもある。

又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

6. **健康照明** 波長が $0.32 \sim 0.28 \mu$ の莖外線に照射されると所謂「日焼け」が出来、同時にビタミン D が皮膚から吸収せられ、健康増進に役立つ。海水浴の効果は主として之の輻射線に依ると考へられて居る。

普通のタングステン電球でも極めて微弱ながらこの莖外線を輻射するが、ガラス球に使はれる鉛ガラスは之を吸収してしまうので、電球外に現れない。

そこで常に地下室に勤務する人々に少しでも太陽の恩恵に浴せしめ様と、普通電球のガラス球に特に莖外線を透過するバイタルクスと言ふガラスを使つたものを**健康電球**と呼んで居る。60, 100, 200, 300 及び 500 W で壽命が 1 000 時間となる様に高能率にしてある。

バイタライツランプは一層高能率にして寿命を500時に短縮する代りに葦外線を多量に出させたもので、300Wと500Wとあるが、後者にアルミニウムの笠を使へば約1m離れた所で夏日の直射日光と略同一の紅斑(ひやけ)を生ずる。

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、これによつて繊維からの葦外線が可視線に變せられるのである。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。全照電球は普通のタングステン電球に特殊の塗料を施してガラス球其のものを光源としたもので、艶消球より一層輝度が低く眼病者に適する。

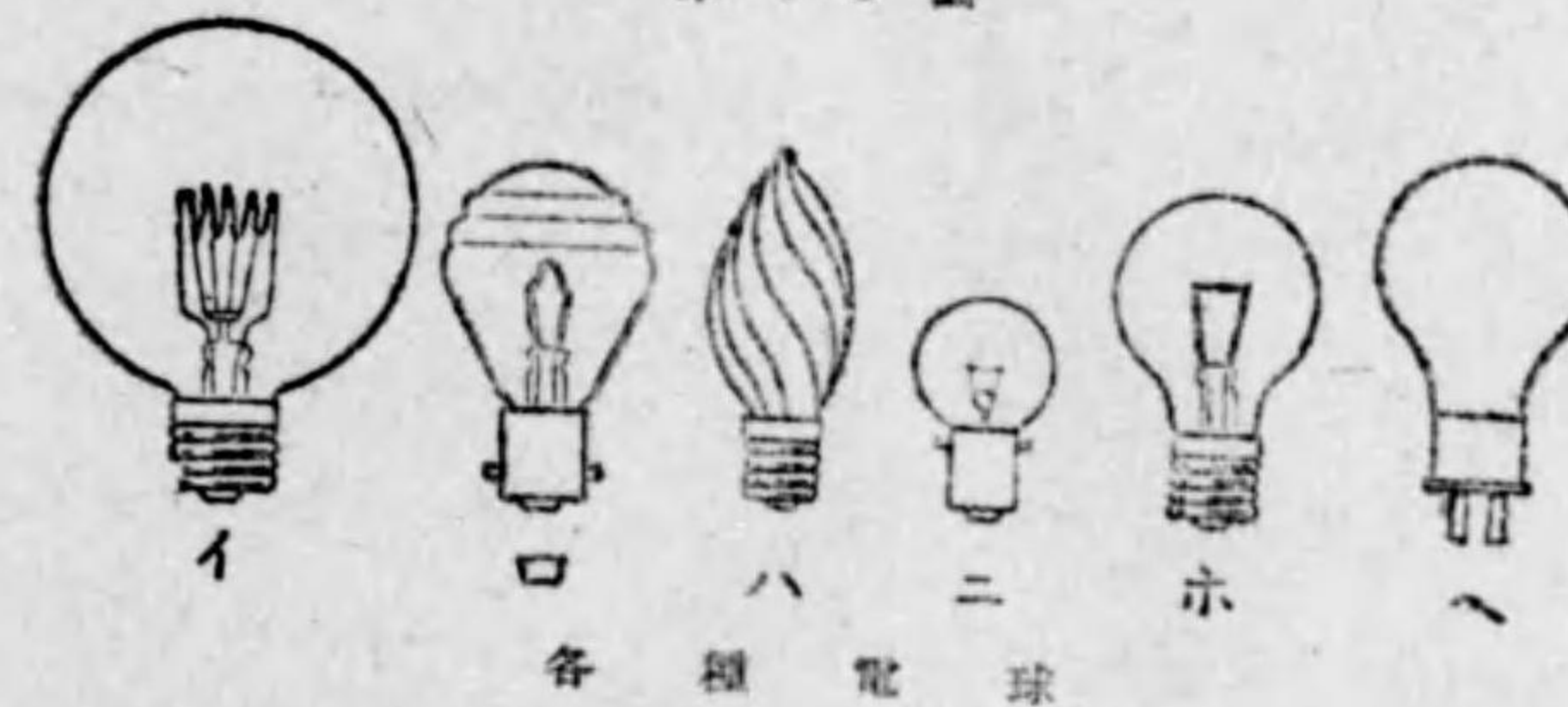
7. 赤外線電球 普通の白熱電燈の輻射の90%以上は熱輻射であるが、それ以上特に赤外線を目的とするものを赤外線電球と言ふ。之れは唯低能率長寿命(3000~4000時)に設計されたタングステン電燈に外ならない。稀に炭素電球もある。黒化が大した害をしないから断線まで使へる。

赤外線は皮膚の深部に入込んで温熱を與へるので皮膚機能を旺盛にし、醫療効果がある。それでこの目的に使用せられる。最近一局部に熱を集中する必要がある場合や特に一定温度以上に上ると工合の悪いワニスやエナメル類の焼付に電熱器として本電球が使用せられる。300Wと500W等が市販され

て居る。温度上昇が迅速であるのと設備費の安い特徴がある。

尚ほこの外船舶や電車等に使用する耐震電球、繊維を一箇所に集中して抛物反射鏡の焦點に置く様にした投光器用電球

第 5.8 圖



(300Wもあるが500W又は1kW第5.8圖イ),自動車や鑛山等で主に蓄電池で點火する12V,32V等の自動車電球(同圖ロ)や鑛山電球或は坑内で危険豫防上50Vの配電線に使う電球特に爆發性ガスを有する坑内に使用する二重ガラス耐爆型電球,主に懐中電燈用の6V豆電球,神佛の燈明用にガラス球を蠟燭の焰の形とした蠟燭電球(同圖ハ)測光の標準に使う標準電球(同圖ホ)等色々ある。

復習問題 V

1. 白熱電球のガラス球の形状の主なものを4を挙げよ。
2. 管形電球の形状及び用途を述べよ。
3. ガス入白熱電球のガラス球の大きさは如何なる考へて定められるのか。

4. 白熱電球を一般照明に使用する際他の光源に比較して良い點と悪い點とを擧げよ。尙ほ悪い點を補ふにはどんな工夫がされて居るか。
5. ツーライト電球と親子電球との類似の點と相違する點を説明せよ。
6. ツーライト電球の接續を圖示し、如何にして低燭が得られるかを説明せよ。
7. スリーライト電球の接續變化の有様を電線接續で一つ一つ示せ。
8. サイン電球とは何ぞや。
9. 普通の 20 W 電球と同一注意を引くべき赤色及び青色の電球の大きさ如何。
10. 赤色電球の能率が甚だ悪い理由二を示せ。
11. 同一光度の透視距離（認識し得る最大限度の距離）は青の方が赤より大なのにも拘らず、赤が危険信號、青が安全信號に使用されるのは何故であらうか。
12. 白熱電燈で晝光と類似の光を得るものを列記せよ。
13. 晝光電球とは何ぞや。
14. 寫眞電球の構造、設計に就き述べよ。閃光電球との相違を明かにせよ。
15. 白熱電球の大きさの最大限度を問ふ。
16. 健康電球とは如何なるものか。
17. バイタライトランプの構造、特性及び用途を説明せよ。
18. 赤外線電球の白熱電球と異なる點及び用途を問ふ。
19. 鑛山用耐爆電球、蠟燭電球及び投光器用電球が普通の白熱電球と違つた點を示せ。

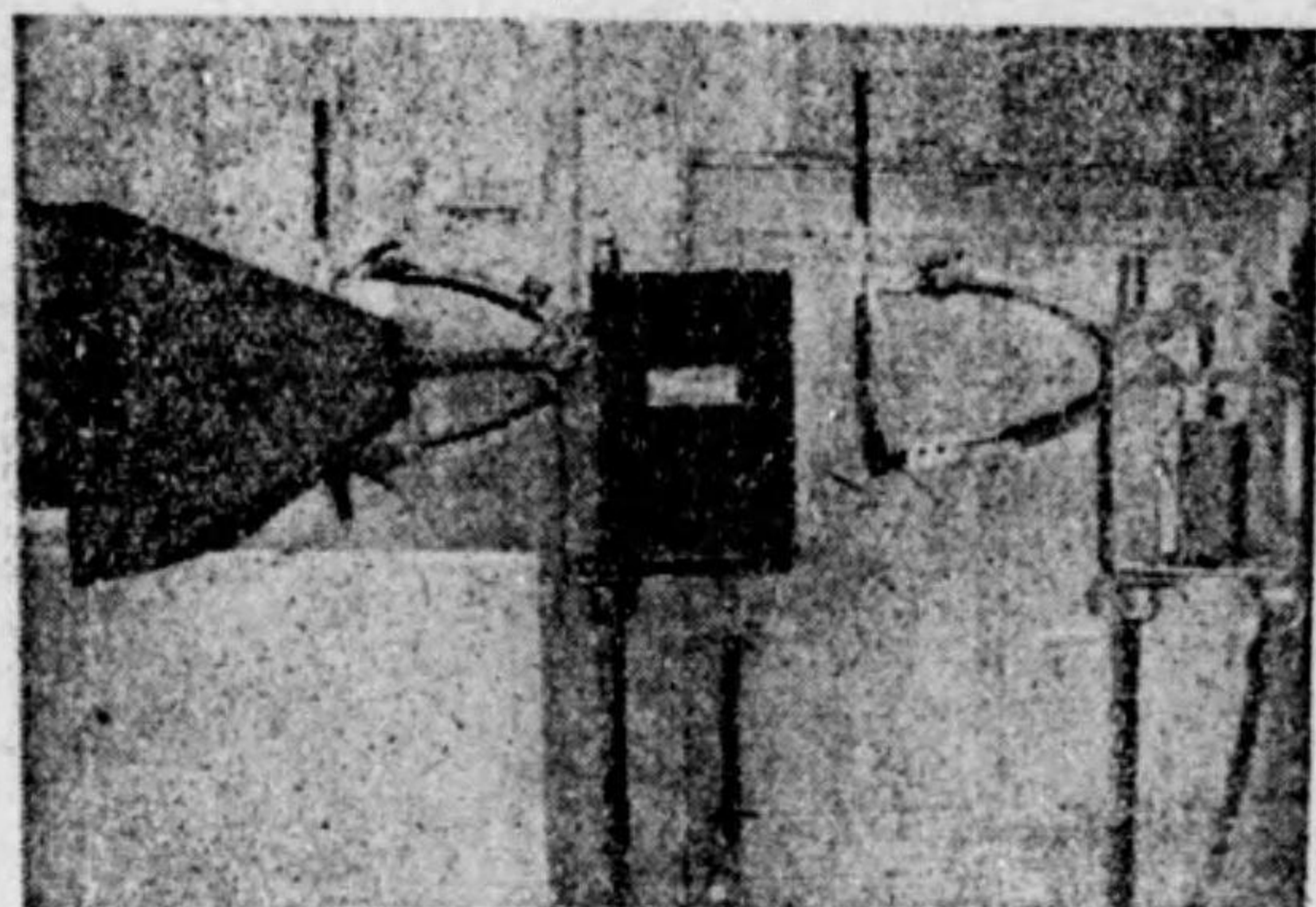
第六章 アーク燈及び放電燈

1. **アーク燈** 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。

電弧の發見は 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、其の後公園其の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。唯點光源に近く輝度が大なるため探照燈や大映寫機器の光源や葦外線が大なるため寫眞製版等に使はれて居る。

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激突するので 5000°C にも達する高温度となり、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**と呼ばれる。残る 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。

第 6・1 圖



アーク燈 (右は其の使用状態)

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溫度低く、能率は直流のものに

比べて甚だ低い、但しアーク燈には電流が増すと反つて端子電壓を低下する性質があるので直流用は安定抵抗で相當の熱損失を生ずるが、交流用は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この損失は無くする事が出来る。

炭素アーク燈を空氣中で點火すると高溫の爲に燃焼して電極の消耗が甚だしく、30 cm 位の電極は 10 時間位で新しいのと取換へなければならない。依つてアーク燈をガラス球で包むと多少溫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效果は殆ど無いし、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

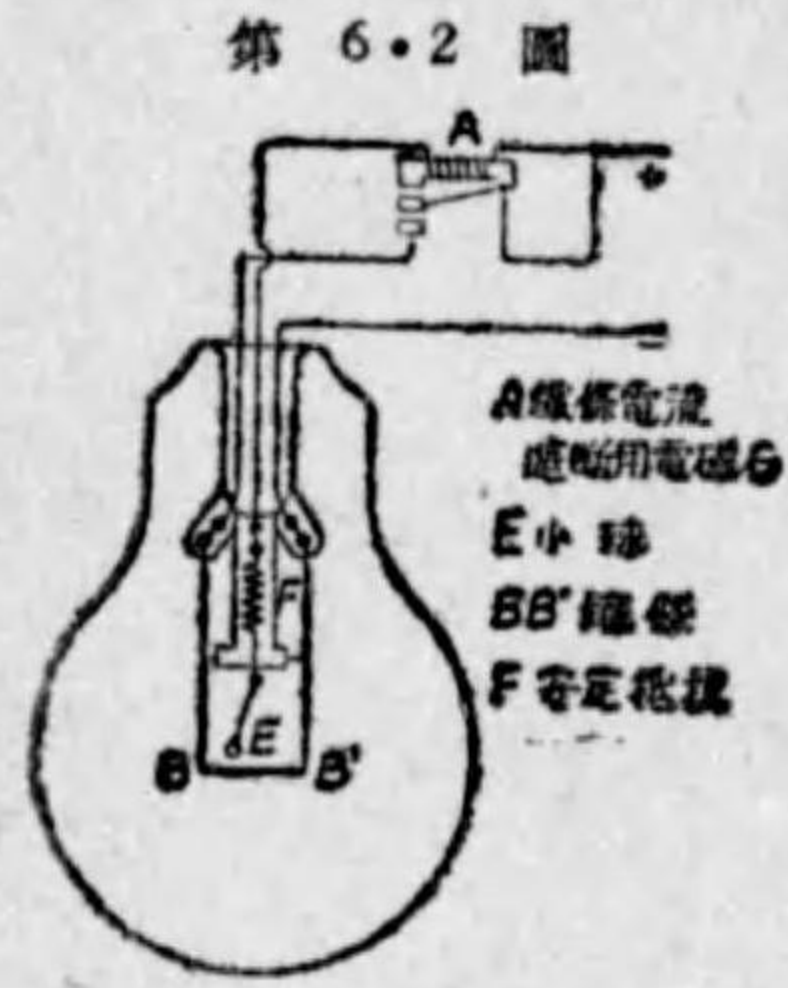
あるので、自動調整機構が必要である。又能率良く使ふために多數を直列にして使用する場合には其の内一個の電極が消耗した時之を短絡する装置も必要である。

炭素アーク燈の能率は直流開放式では 16 ルーメン毎ワットにも達するものがあ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事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、電弧は括弧内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溫度も低下し殆ど溫度輻射が無くなる。そこで電磁石を使つて電弧を擴げて使用する、之を發焰アーク燈と稱する。此の場合の發光は焦ルミネセンスであつて、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、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換へられる事と思はれる。

尙ほ陽極に銅、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これ亦今は使はれない。

2. **タングステンアーク燈** 直径 2~3.5 耗のタングステンの二小球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續ける。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。



直流タングステンアーク燈の構造及び接続

直流用のものでは小球電極は唯 1 個で小球と織條間に電弧を生じさせるが、小球を陽極につなぐので直流炭素アーク燈と同一理で其の小球のみが輝くのである (第 6.2 圖)。

タングステンアーク燈は小形で強い點光源が得られるので、顯微鏡寫眞やオシログラフ等の光源に使用される。

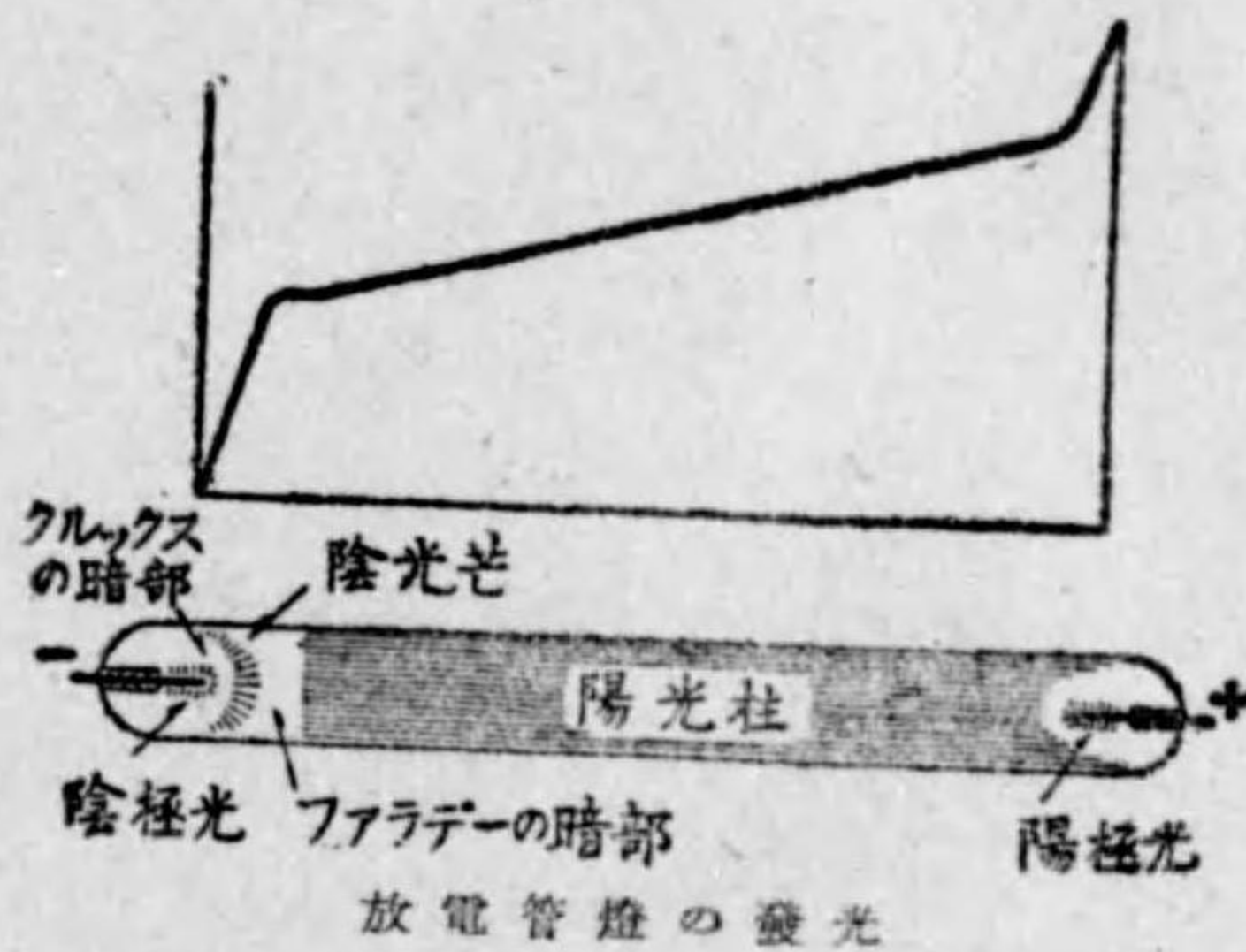
上述の電燈で實際にあるものゝ一例を示すと第 6.1 表の様である。

第 6.1 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 径 耗 耗	電 極 消耗率 毎時
炭素アーク燈 (開放直流)	75	6	450	5150	11.4	—	15	16
發光アーク燈 (閉鎖交流)	82	10	540	9100	17.0	66	22	2~3
マグネタイトアーク燈	76	6.6	500	9000	18	—	22	1~2
タングステンアーク燈 (交)	100	4.5	400	6000	15	89	2.0	—

3. **發光放電** 或るガスを數耗 (水銀柱) の壓力で封入し、兩端に設けた電極に直流高壓を與へて放電させると、管内は美しい光を出す。之を精しく調べると第 6.3 圖の様な明暗の

第 6.3 圖



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**陰極光**と呼

び、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**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ど一樣に光つて居るが、之を**陽光柱** (positive column) と言ふ。陽極自身も僅かながら遠つた光を出して居る。之を**陽極光**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

管を占領してしまう。斯うするとガラス管の何處かで螢光が見え出すが、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。其の主なもの二三を示すと第 6・2 表の様である。

第 6・2 表 陽光柱と陰光芒の色

ガス	Ne	Hg	Ar	He	H ₂	N ₂	O ₂
陰光芒	黄赤	青緑	淡青	蒼白緑	帯青色	青	黄白
陽光柱	橙赤	青緑	赤紫	帯赤黄	薇藍色	黄	レモン

此の放電の特色は供給電圧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。

4. **ネオン管燈** 直徑 10 mm 位の長いガラス管で上記の陽光柱を光源として利用する電燈を**放電管燈**と言ふが、封入ガスとしてネオンが有名な爲に俗に**ネオン管燈**或は**サイン**(廣告)に使はれるので**ネオンサイン**とも呼ばれる。その色はガスにのみ関係し、電極には無関係である。

現在主として利用されて居る色は次の(第6.3表)數種である。

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

第 6・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 黄緑色	青緑
ネオン	青色	橙
ヘリウム	透明 黄褐色	白(黄) 金茶(黄)
アルゴン	透明	紫

の 3~3.5 倍、漢字で 10 倍位とすれば良い。一筆書きに出来る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。

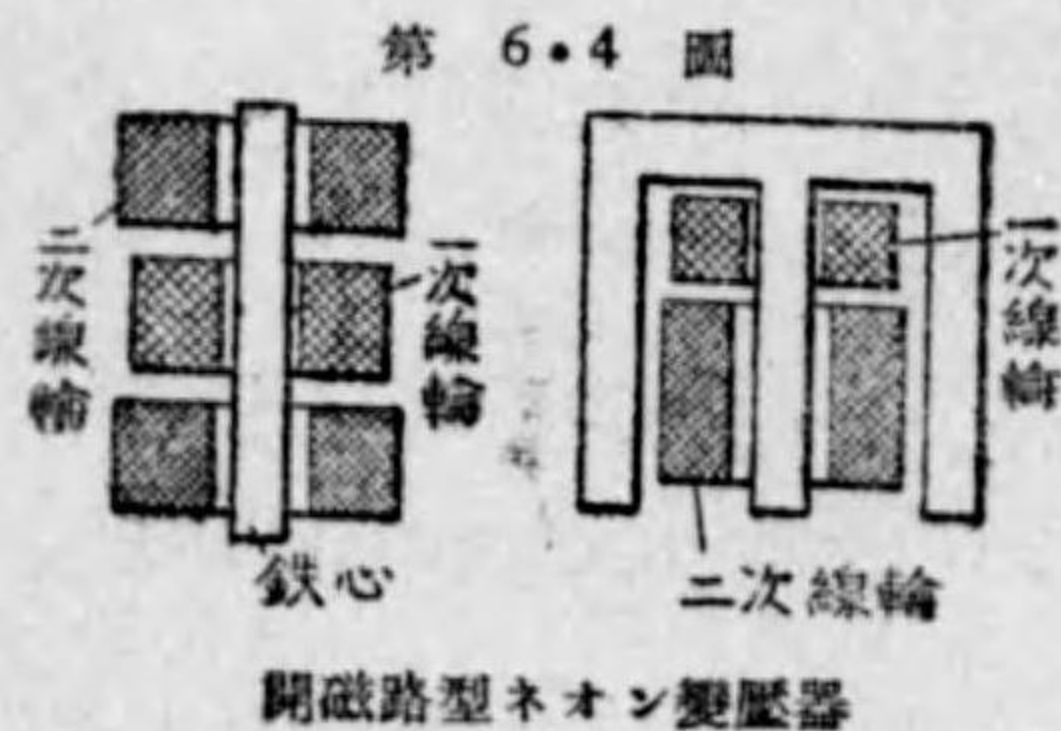
ネオン管中に有機物のガスを入れると、管内に光の細い波が出来てユラユラゆれるので廣告的効果が多いが理由は不明である。同じく小なるガラス管で三つ或は四つの並列電路を作ると

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圧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^{-8} 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圧を勵磁電圧と言ふ。

5. ネオン變壓器 放電管燈の電極には第 6・3 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。

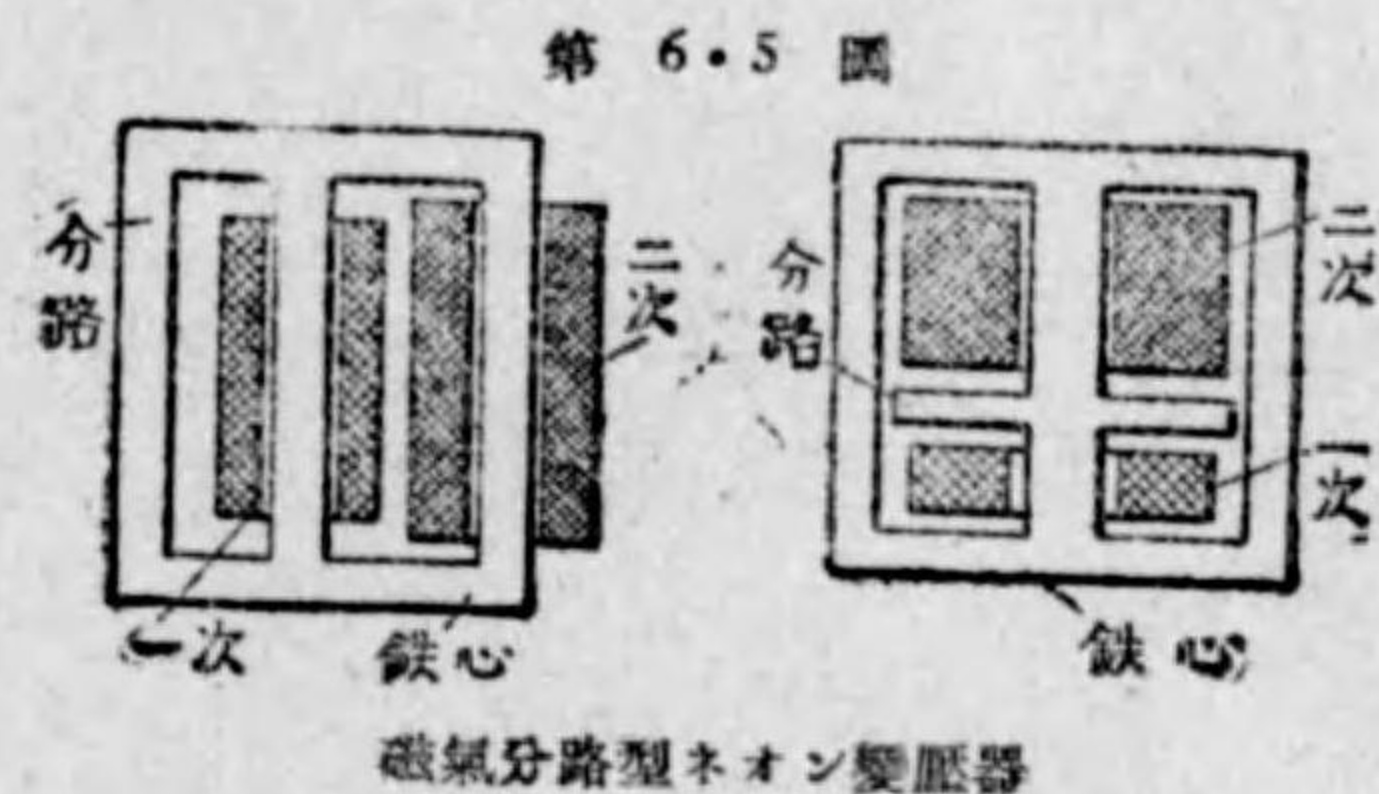
又放電管燈はアーク燈と同じく其の抵抗が負特性である、即ち電流が増せば端子電圧が降下するから並列には使へない。従つて高い電圧が必要である。且つ最初點火に必要な始點電圧は點火後の動作電圧より相當に (2 倍位) 高い。依つてアーク燈の様に安定リアクタンスを直列にする事は面白くない。



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。依つて各放電管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。

電氣工作物規程に依るとネオン變壓器は一次電圧 100 V, 二次



無負荷電圧が 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圧が必

要であるが、需用家の屋内に使用するものであるから危険が無い様にしなければならない。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。

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

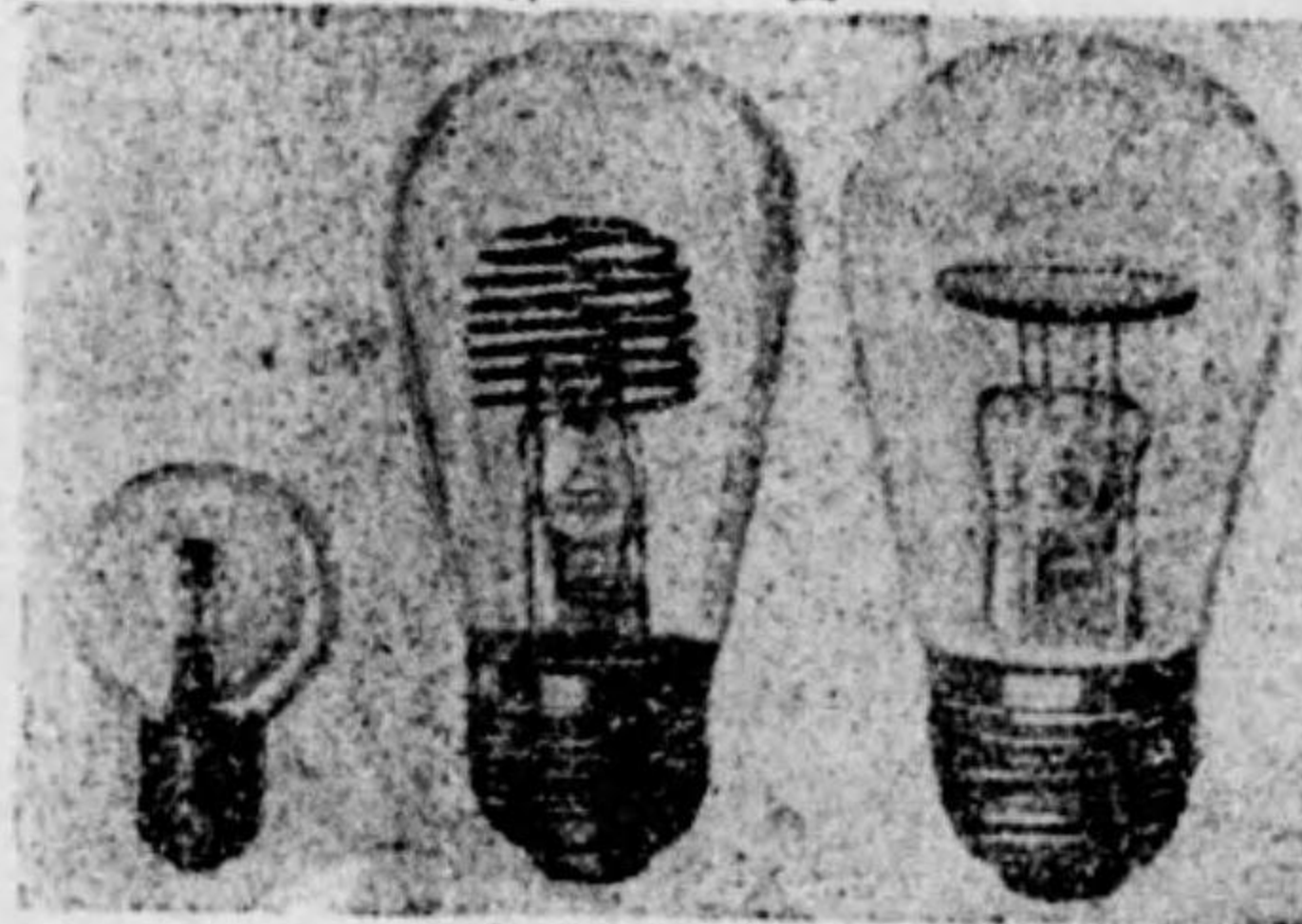
ネオン管 1 m に適する變壓器二次無負荷電圧は 1 000 V と見て良い。従つて其の長さに應じて市場にある 15 000, 12 000, 9 000, 7 500, 6 000, 3 000 V の内から適當のものを選擇するが良い。

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 に付ネオンで 100~150 lm, 水銀で 30~50 lm 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を 95 % 位に改善したのものもある。

6. ネオン電球

第 6.6 圖



ネオン電球

コイル状に巻いた二本の電極を 2~3 耗を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 6.6 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。

マツダネオン電球の種類は第 6.4 表の様である。其の能率は 1 W のもので 1 lm/W, 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。

第 6.4 表 マツダネオン電球の種類

種類	使用電壓 ボルト	消費電力 ワット	口金	總丈 mm	電極形状	電源
100 V 用	90—110	0.05 [※]	小形捻込 口金	40	板形	交直兩用
220 V 用	190—230	0.10				
100 V 用	90—110	0.5	並形捻込 口金	62	圓板形	交直兩用
220 V 用	190—230	1.0				
100 V 用	90—110	1.5		85	半圓板形	交流専用
220 V 用	190—230	3.0				
100 V 用	90—110	1.5		90	コイル形	交直兩用
220 V 用	190—230	3.0				

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

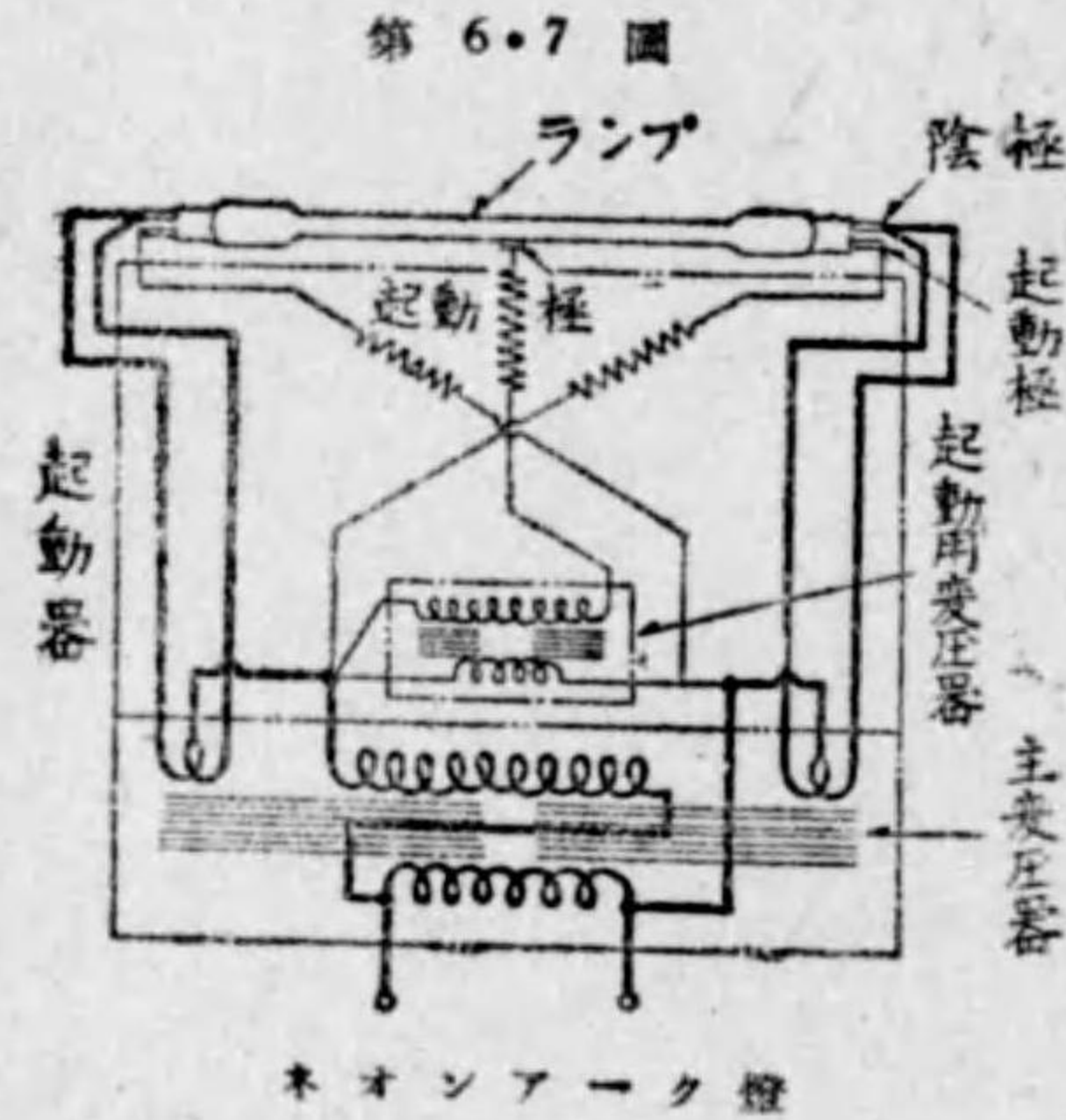
ハ. 一定電壓で點火を開始する點から測定器, 檢電器等

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

尙ほ本電球と同形で, 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様なものを使ふと, 窒素の發する莖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。之を螢光電球と言ひ裝飾燈として使用される。

7. ネオンアーク燈 第 6・3 圖を見るとネオン管燈の電



圧降下の大きな部分が陰極及び陽極に起つて居る。之は冷陰極であるため電子が出難いのに依るのであるから、之を熱陰極にすれば餘程所要の電圧が少くなる。そして電流も餘計になつてアーク燈の形になる。これをネオン

アーク燈と言ふ。

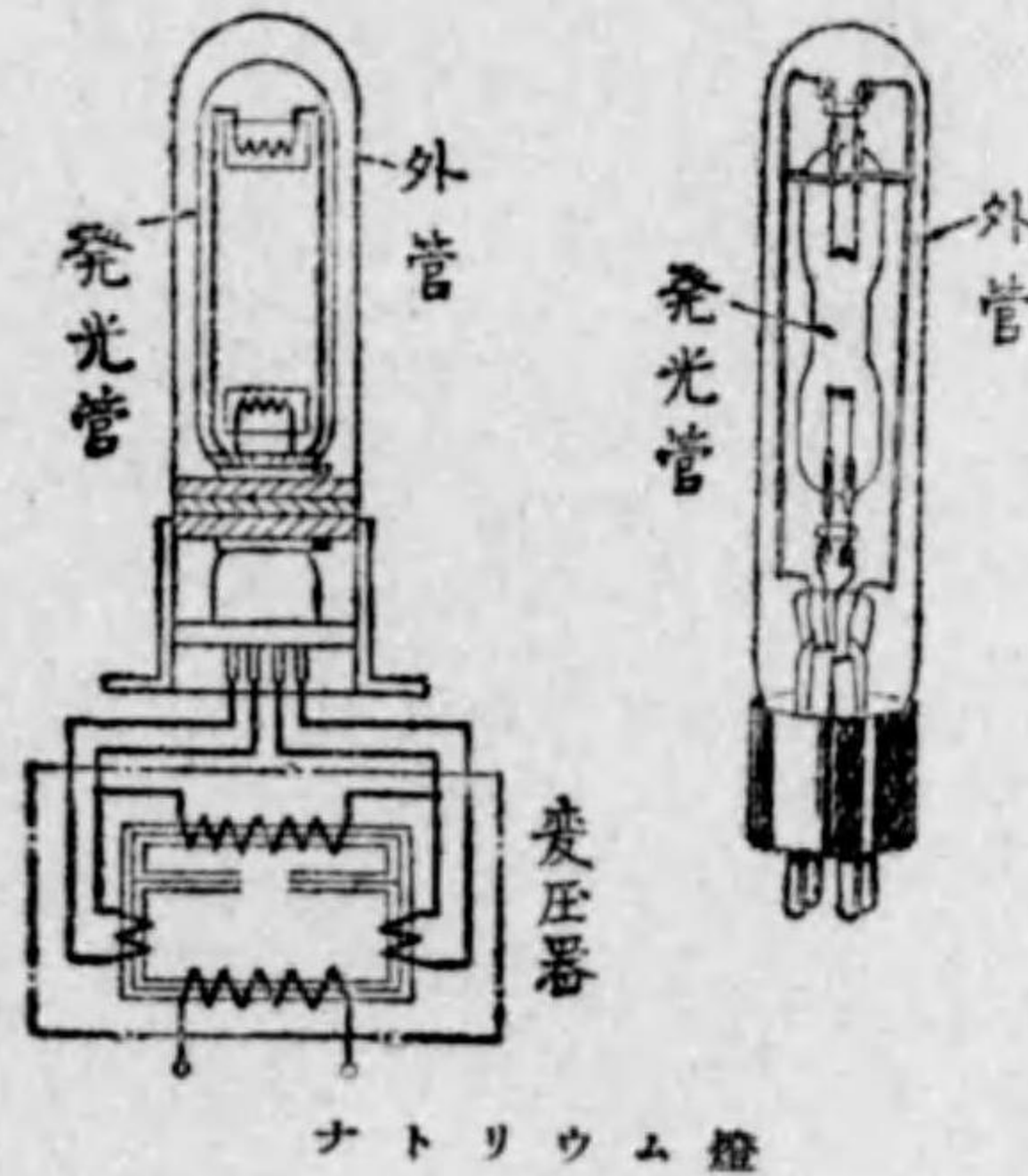
其の一例は第 6・7 圖に示す様な點燈機構を有するもので、長さ 850 mm、光柱部分の長さ 660 mm、外径 30 mm の大さで、一次 100 V、二次 220 V の漏洩變壓器を附屬し、アーク電流約 3.5 A 電壓降下 80 V、全電力 300 W で管に直角の方向の光度約 270 燭、能率 10~12 lm/W で、別に起動用に變壓器と 3 箇の電極及び 3 箇の抵抗とを有してゐる。

輝度は約 35 燭/cm² でネオン管燈の約 35 倍に達し、航空路、飛行場、港灣等に於ける標示燈に適してゐる。

8. ナトリウム燈 ナトリウムの發生する輝線は 0.589 μ

のものが全エネルギーの 76% を占めて居り、次に有力なのは 0.819 μ の 14.5% や 1.14 μ の 7.6% で殆ど光を發しないから、光の 98% が黄色で、理論上の能率はこの波長の比視感度 (第 1・3 圖) が 0.765 に達するから $620 \times 0.76 \times 0.765 = 360 \text{ lm/W}$ に達する。溫度輻射には多量の赤外線を含むために太陽と同一溫度に達しさせる事が出来たとしても僅かに 103 lm/W の能率しか得られないのに比べて前途有望である。但し今日では米國街路燈用に 60 lm/W のものが實用され、我國で販賣されたものは 130 W のもの (漏洩變壓器一次電壓 100 V、2.2 A、力率 60%、550 燭) でランプだけの能率 48、全體 42 lm/W に過ぎない。

第 6・8 圖



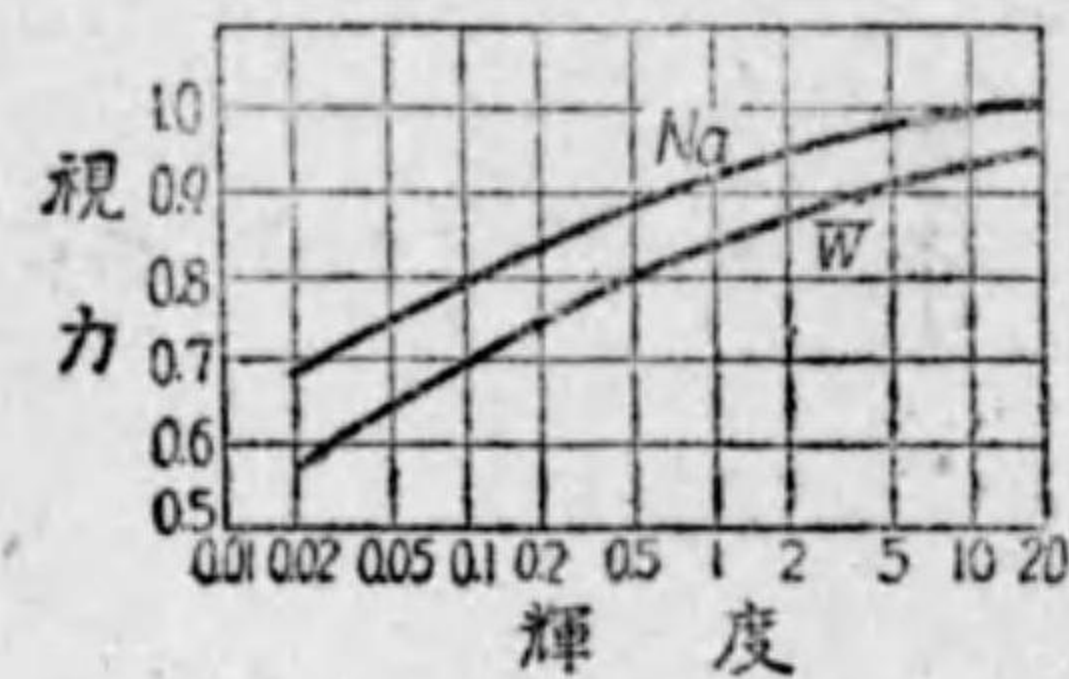
ナトリウムが斯んな光を出す事は古くから知られて居たのであるが、ナトリウムはガラスを犯す性質があるのと其の溫度を 250°C に保つ必要があるために實用が遅れたが、前者はガラスの質を改良してナトリウム蒸氣に犯されないものを發明し、後者は第 6・8 圖

に示す様に二重ガラス壁とし保温の策を講じて解決した。この

二重ガラスも最初はランプを二重ガラスにしたが、後には燈器に一方のガラスを固定し、一重ガラスのランプを嵌込む構造にした。

ナトリウム燈は第 6・8 圖に示す様に熱陰極放電燈に屬し、 N_a の蒸氣壓は 0.005 mm 程度で漏洩變壓器を必要とし、放電開始及び維持の目的で Ne や Ar を入れる。最大光度に達する迄に約 15 分を要する。

第 6・9 圖



ナトリウム燈とタングステン燈との視力比較

純粹の橙黄色であるので、屋内照明には適しないが、輝度が低く ($5 \sim 10$ 燭/cm²) 且つ單色光であるために第 6・9 圖に示す様に視力が大であるので、街路照明に適し、米國では既に多くの橋梁や街路が

之で照明されて居る。

復習問題 VI

1. 炭素アーク燈が街燈に使はれなくなつた理由如何。
2. 炭素アーク燈の火坑とは何ぞや。
3. 直流炭素アーク燈の發光は陽極と陰極とでどんな割合であるか。
4. 交流炭素アーク燈が直流のそれより能率が悪い理由を述べよ。

5. 發焰アーク燈と炭素アーク燈との相違する點を述べよ。
6. 直流用タングステンアーク燈の構造と用途を述べよ。
7. 發光放電の内で電燈に利用されて居るものを挙げ、その電燈名の一、二を示せ。
8. 放電管燈で赤色のものと緑色のものと黄色のものに使はれるガスの名を示せ。
9. 青色のネオンサインは送電後夏はすぐに青色を呈するが冬は初の薄紫の色で暫時の後青色に變るのは何故であるか。
10. ネオン管燈にネオン變壓器を使用する理由如何。
11. ネオン變壓器が柱上變壓器と違ふ點を示せ。
12. 「デンキガッコウ」とネオンサインで各文字の高さ 1 m のものを製りたい。それに要する變壓器の電壓、箇數、並に之に要する總電力及び一次側の電流を概算せよ。
13. 100 V 1.5 W のネオン電球の光束はどの位か。
14. ネオン電球の用途を列記せよ。
15. ネオンアーク燈がオネン管燈と違ふ點を示せ。
16. ナトリウム燈の構造を簡単に示せ。
17. ナトリウム燈の能率は白熱電燈に比べて現在どの位良いか。尙ほ理論上將來もつと高能率になし得ると言ふ理由を示せ。
18. ナトリウム燈は如何なる照明に適當であるか。
19. アーク燈の發光は溫度輻射かルミネセンスか。

第 6.5 表 各種光源比較

光源	効率 lm/W	最大輝度 燭/cm ²	最高温度 °K	色温度 °K
天頂上の太陽(計算)	113	224 000	—	6 500
← (地表測定)	—	143 000	—	5 480
黒體 (4000°K)	52.0	24 350	4 000	4 000
青空	—	0.4	—	12 000
タングステン電球 2000W	21.2	1 350	3 020	3 000
1000W	20.0	1 225	2 900	2 980
100W	13.0	605	2 750	2 740
10W	7.7	128	2 355	—
炭素アーク燈 火坑	—	17 200	—	3 780
ネオンサイン(赤)	10	0.078	—	—
ナトリウム燈	40~60	5~10	—	—
高圧水銀燈	35~50	80~135	—	—
タングステンアーク燈	—	5 560	3 655	3 800

第 6.6 表 各種光源の色の組成

光源	赤	緑	青	色相 mμ	飽和度 %
日光(5000°Kの黒體)	33.3%	33.3%	33.3%	472.0	0
青空	17.0	31.7	51.3	393.0	40
タングステン電球	50.8	27.8	21.4	586.6	56
(ガス入 16.8 lm/W)	—	—	—	—	—
" (" 12.6 ")	53.5	27.0	17.5	586.0	66
" (真空 8.0 ")	59.7	25.1	15.2	588.4	65.5
" (晝光電球)	44.6	30.3	25.1	—	—
" (黄色燈)	17.7	29.9	52.4	—	—
炭素アーク燈	39.6	35.6	24.8	584	22
水銀燈	23.5	29.2	47.3	495.6	25

本表は太陽の赤緑青を夫々1/3と假定し、他の光源のそれと比較した割合を示したものである。色相とはその光の色を代表する波長で、飽和度とはその色と白色との混合割合を言ふ。

第七章 水銀電燈

1. 水銀燈 現在に於ける電燈は 99.9 %迄が白熱電燈であるが、白熱電燈は既に改善の頂上に達して、融點の高い導體を發見又は發明するか或は液體纖維を利用するのでなければ、劃期的發達は望み得られないのに對し、水銀蒸氣の輻射を利用する水銀燈は發明と改良とを重ねて、白熱電燈と少くとも競争者として對立するのは、近い將來と思はれるので、特に一章を設けて講述することにした。

水銀蒸氣の輻射する波長及び其のエネルギー分布は、其の蒸氣

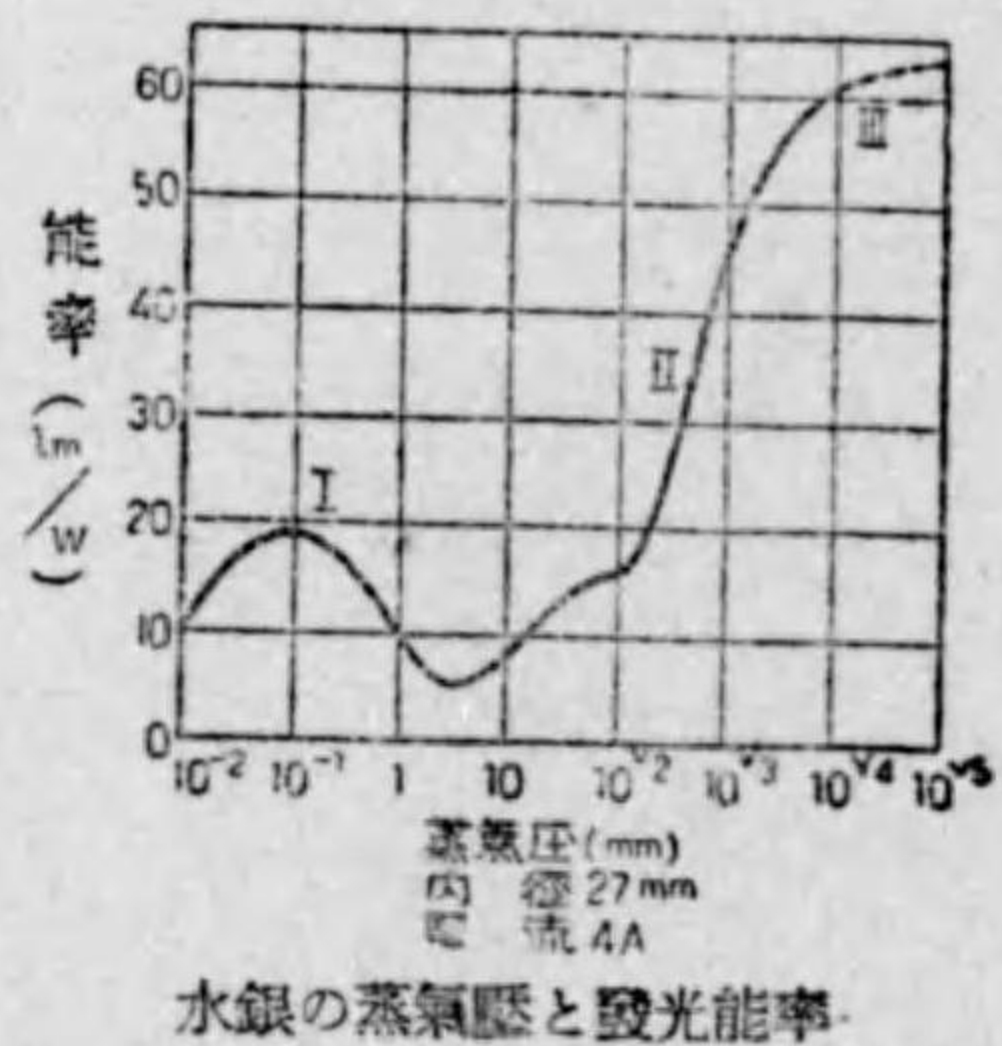
第 7.1 表 水銀の蒸氣壓と其の輻射

試験燈	10 ⁻² mm 1 A 1 cm ²		約1氣壓 3.6 A 75 V		28氣壓 0.4 A 200 V		42氣壓 0.8 A 255 V	
	波長 μ	エネルギー 光度	エネルギー 光度	エネルギー 光度	エネルギー 光度	エネルギー 光度	エネルギー 光度	
1.70	0		17		7		6	
1.36—1.39	0		24		12		12	
1.014	60		42		26		28	
0.691	0		15	1.01	1	0.01	1	
0.577—0.579	34	29.6	112	100	58	51.6	55	
0.546	100	98	100	98	100	98	100	
0.434—0.436	106	1.9	88	1.6	79	1.4	77	
0.405—0.408	64	0.04	55	0.05	39	0.03	38	
0.365—0.366	57		156		84		66	
0.313	60		103		41		32	
0.297	14		22		14		10	
0.265	0		35		9		2	
0.254	745		49		0		0	

歴で著しく變化する。第 7.1 表は其の變化を主な波長で示した。この外にもまだ僅少の輻射はある。高氣壓で最大のエネルギーを輻射する 0.546μ の輻射エネルギーを 100 (その比視感度 98%) として他の波長のエネルギー及び光度を比較した。

尙ほ實例から水銀燈の水銀蒸氣壓とその發光能率との關係を曲線に描くと第 7.1 圖のようになる。この内で I が低壓水銀燈の利用範圍、II が高壓水銀燈の領域、III が超高壓水銀燈と呼ばれるものに屬するのである。

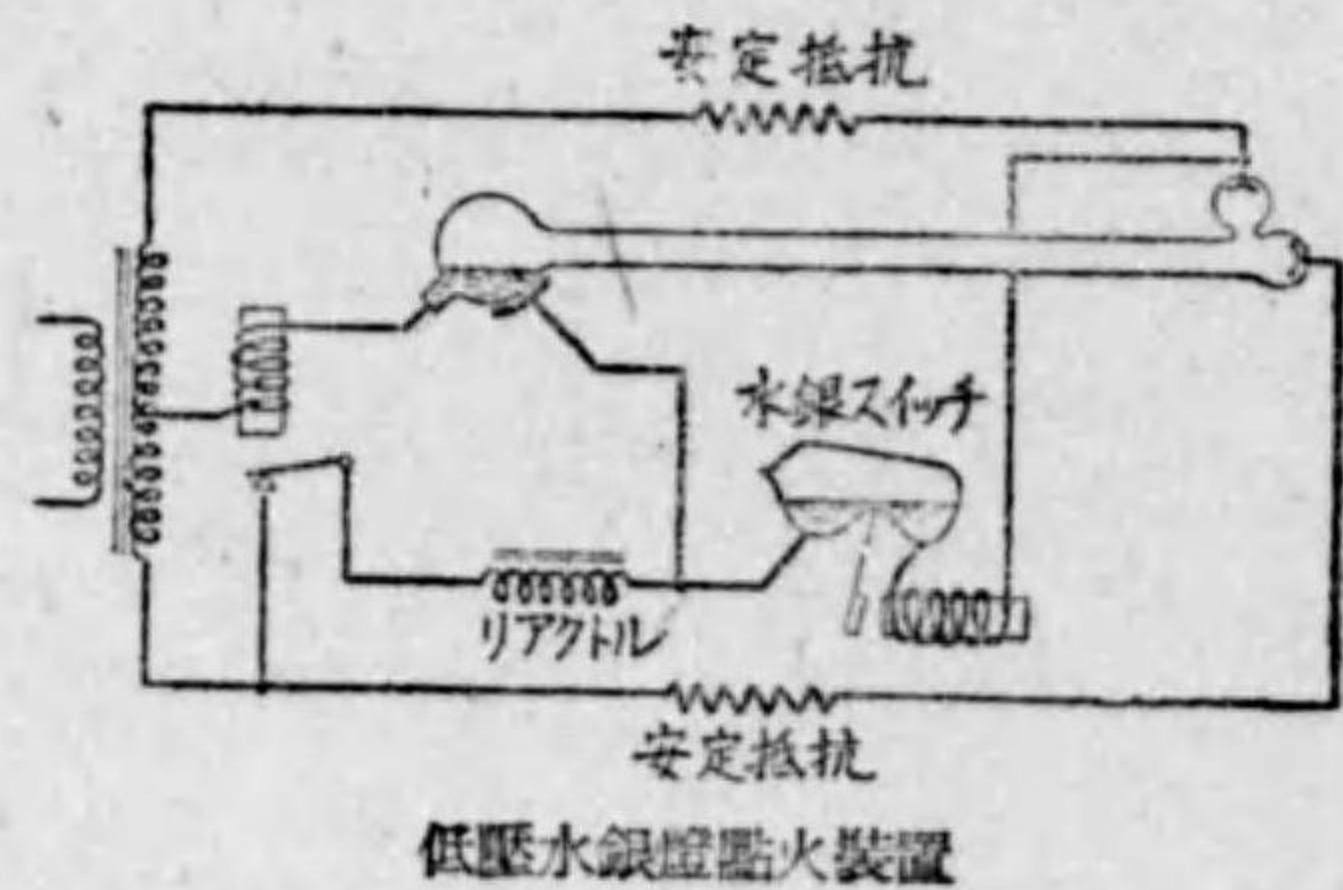
第 7.1 圖



2. 低壓水銀燈 2560年

(明治 33 年) 頃に實用せられたもので、現在残つて居るのは第 7.2 圖に示す様な細長い管の一方は水銀溜、他方には鐵又は黒鉛の陽極が 1 箇 (直流) 又は 2 箇 (交流) あるものである。起動には紐を引張つて陰極を引上げて一瞬陰陽兩極を短絡して

第 7.2 圖



後舊位置に戻すとその際生ずる火花熱で點弧するものと、電磁石の作用で圖に示す様に接續したシフトを動かしてその内部の水銀を一瞬閉ぢて開く。その際發生する高周波電流が水銀溜と其の外周に設けた錫箔とが形成する蓄電器に電流を流して點弧する型とある。

アーク電流 3.5 A, アーク電壓 120 V, アーク電力 300 W, アークの長さ 130 mm, 管徑 25 mm, 管と直角方向の光度が約 600 燭である。

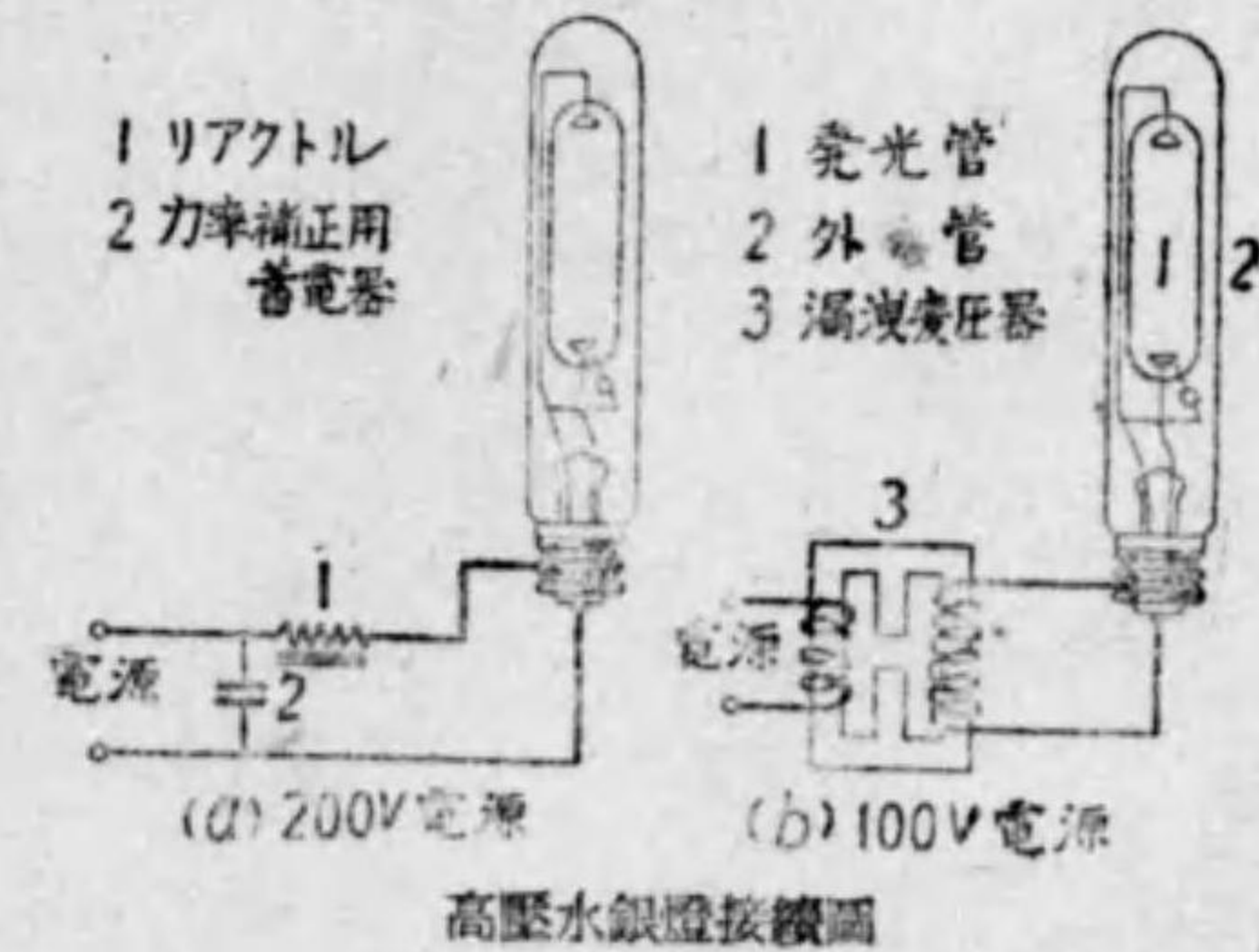
今日では殆ど使はれない。

ネオンアーク燈と全く同様の構造で蒸氣壓を 0.1~1 mm とした熱陰極水銀アーク燈もあるが、前者と同様に 10~15 lm/W の能率で色が青いから殆ど實用されない。

3. 高壓水銀燈

構造はナトリウム燈と同様で、蒸氣壓を約 1 氣壓としたものが高壓水銀燈である。100 V 電路からは漏洩變壓器を、200 V 電路からはリ

第 7.3 圖



アクトルを使つて點火する(第7・3圖)。光色は黄の勝つた青白色で能率は34 lm/Wに上り、2000時の壽命があるので、工場、庭園、街路照明に適する。

第7・2表 青圖用高壓水銀燈

名稱	HLB-6000		HLB-3000		HLB-1500	HLB-700
管材料	石英		硬質ガラス		硬質ガラス	硬質ガラス
管直徑 mm	22		40		40	40
弧光長 m	1.2		1.2		0.9	0.55
全長 m	1.35		1.4		1.1	0.75
一次側電壓 V	200	200	200	200	220	100
電流 A	69	36	33	21	14	15
電力 kW	7.0	3.4	3.4	2.2	1.7	0.8
二次側電弧電壓 V	500	500	320	320	320	190
電流 A	15	7.9	11.0	7.4	5.5	4.5
電力 kW	6.0	3.0	3.0	2.0	1.5	0.7
無負荷電壓	750	750	500	500	500	300

第7・4圖に示す様な青寫眞の焼付に有効な波長(D曲線)を本電燈が発生するので、其の目的に7kW乃至0.8kWの高電力の青圖用水銀燈も作られて居る。第7・2表は其の規格を示した。

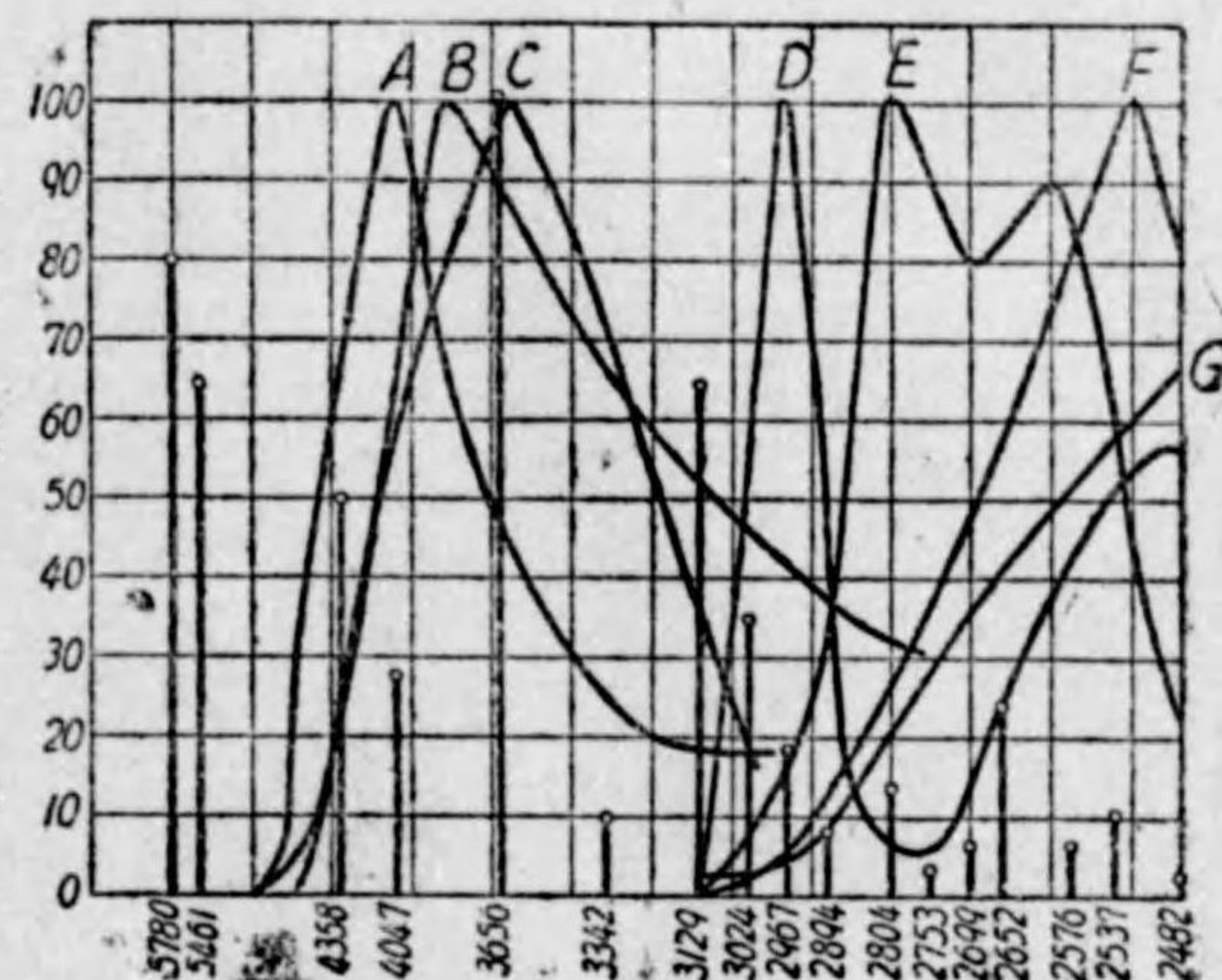
4. 太陽燈 第7・4圖は各種の用途にどんな波長がどんな

程度に有効であるかと水銀アーケの發生する各波長のエネルギーの強さの比較(○迄の高さ)とを示したものである。高壓水銀燈は健康増進に役立つ紫外線(波長0.28から0.32 μ)を相當に有するから、取

扱に便利な様に管長を10cm位に縮め、管を石英で作つて總ての紫外線を外部に輻射する様にし、特殊の金屬笠を取付けたものを太陽燈(第7・5圖)と稱して居る。

本器は皮膚病の治療や、光線を透さぬ黒ガラスで蓋をして紫外線だけを送つて寶石其の他の鑑別(ダイヤ

第7・4圖



A. 陽晝感光紙の感光度 B. 青圖感光紙の感光度
C. 誘蛾率曲線 D. 紅斑率曲線
E. ヴィタミンDを生ずる能率曲線
F. 殺菌率曲線
G. 結膜炎を生ずる強さを表はす曲線
各反應の感度曲線

第7・5圖



太陽燈

モンド、ルビー-其の他は美麗の螢光を生ずるがガラス製は光澤に於て劣らぬが螢光は出さぬ。牛乳や椿油や絹糸は螢光を生ずるが、豆乳や變壓器油や人絹は螢光を發しない) に使用される。

第 7・3 表 高 壓 水 銀 燈 定 格

種 類	附屬品	一次電壓 V	一次電流 A	一次電力 W	燈 電 壓 V	燈電流 A	光束 lm/W	能率 lm/W	
								燈のみ	綜合
HL300	(變壓器 リアクトル)	100	6.2	300	100~115	2.1	9500	38	34
	蓄電器	220	1.4	300	100~115	2.7		38	34
太陽燈	整流器	100	6.3	555	61.2	4.2	11.37	葦外 線量	
"	變壓器	100	6.18	237.5	117	2.58			

5. 超高壓水銀燈 更に能率を増進し光色を改善する目的で長さ數 cm, 直徑數 mm の石英管内に 10~200 氣壓の蒸氣壓で水銀を封入したものを超高壓水銀燈と言ふ。その外観は第 7・6 圖の様である。壓力を高くする程内部中心の溫度は、上昇して連続スペクトルを生じ、白色に近づいて來る。水冷式と空冷式とある。其の定格は第 7・4 表の様である。

第 7・6 圖



超高壓水銀燈

第 7・4 表 超 高 壓 水 銀 燈 規 格

	水 冷 式			空 冷 式	
	WZ 1000	WZ 1002		AL-500	AL-1000
内 徑 (mm)	2	5	電源電壓 (V)	220(50~)	220(50~)
外 徑 (mm)	5.5	8	ランプ電壓點燈 (V)安定	20 70	20 120(150)
アーク長 (mm)	30	10	ランプ電流點燈 (A)安定	10 8.0	13 9.5(7)
電 流 (A)	1.5(交)	6(直)	ランプ電力(kW)	0.5	1.0
電 壓 (V)	800	160	弧 光 長 (mm)	5	9
電 力 (kW)	1.0	1.0	内 徑 (mm)	20	28
蒸 氣 壓 (氣壓)	60	45	光 度 (燭)	2000	5000
光 度 (燭)	5800	5500	輝 度 (C/cm ²)	20 000	28 000
能 率 (lm/W)	58	55	水銀蒸氣壓(氣壓)	20	20
最大輝度(C/cm ²)	20 000	20 000	安定時間 (分)	6	2~3
壽 命 (時)	100	200	再點時間 (分)	6	5

輝度が極めて高い(水冷式 1 kW のもので 25 萬燭/cm², 太陽は 16.5 萬, 炭素アーク燈には 28 萬のものあり) ので探照燈に適する。壽命は 50~2 500 時, 能率は 40~70 lm/W である。

6. 螢光放電燈 $Zn Si O_3$, $Cd Si O_3$, $Ca WO_4$, $Mg WO_4$ 等は 0.254μ の葦外線で刺戟されると $0.21, 0.59, 0.52, 0.54 \mu$ と言つた具合の視感度の高い波長の螢光を生ずる。第 7・1 表に示す様に低壓水銀燈は 0.254μ の葦外線を極めて豊富に輻射するから、是等の螢光物質を低壓水銀燈ガラスの内部に塗れば、

水銀の青白発光と是等の螢光と組合つて白色に近い光の電燈を得る事が出来る。これが**螢光放電燈**である。

昭和 16 年に發賣されたマツダ螢光ランプの規格は第 7・5 表の様である。晝光色は光色温度が 6500°K のもので白色は 3500°K のものである。

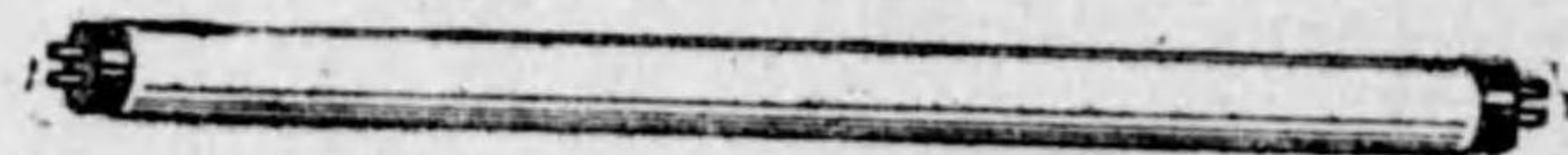
第 7・5 表 マツダ螢光ランプ規格

	15 W		20 W	
	晝光色	白 色	晝光色	白 色
全 長 ⁽¹⁾ (mm)	435	"	580	"
直 徑 (mm)	38	"	38	"
ランプ電流 (A)	0.34	"	0.35	"
" 電壓 (V)	48	"	62	"
" 力率 (%)	56	"	65	"
電源電壓 (V)	100	"	100	"
光 束 (lm)	400	510	600	760
能 率 ⁽²⁾ (lm/W)	27	34	30	38
輝度 ⁽³⁾ (燭 /cm ²)	0.35	0.45	0.35	0.45
壽 命 時	1500	"	2000	"

(1) 口金ピン部を除く, (2) 安定器損失を含まず, (3) ランプ中央部に直角の最大輝度

マツダ螢光燈の外観は第 7・7 圖の様で, 其の點燈する際の

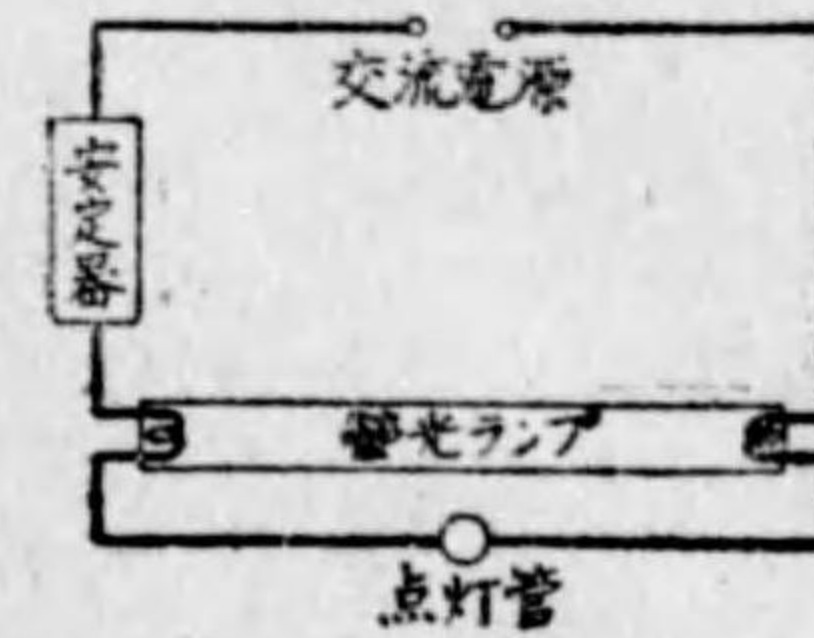
第 7・7 圖



マツダ螢光燈

接続は第 7・8 圖の様である。安定器にはリアクトルが使はれるが抵抗でも差支へないので, 20 W ランプには 100 V 60 W タングステン電球を使つても良い。

第 7・8 圖



マツダ螢光燈點燈回路

本電燈が實用化されたのは點燈管

の發明に依るので, 之に依つて停電しても自動的に再點火するからである。其の構造は第 7・9 圖に示す様な一種のグロースイッチ (量光開閉器) で, 先づ電壓が端子に加ると點燈管に 100 V 近くが加つてその空隙に量光放電を生じ陰極繊維に電流を通

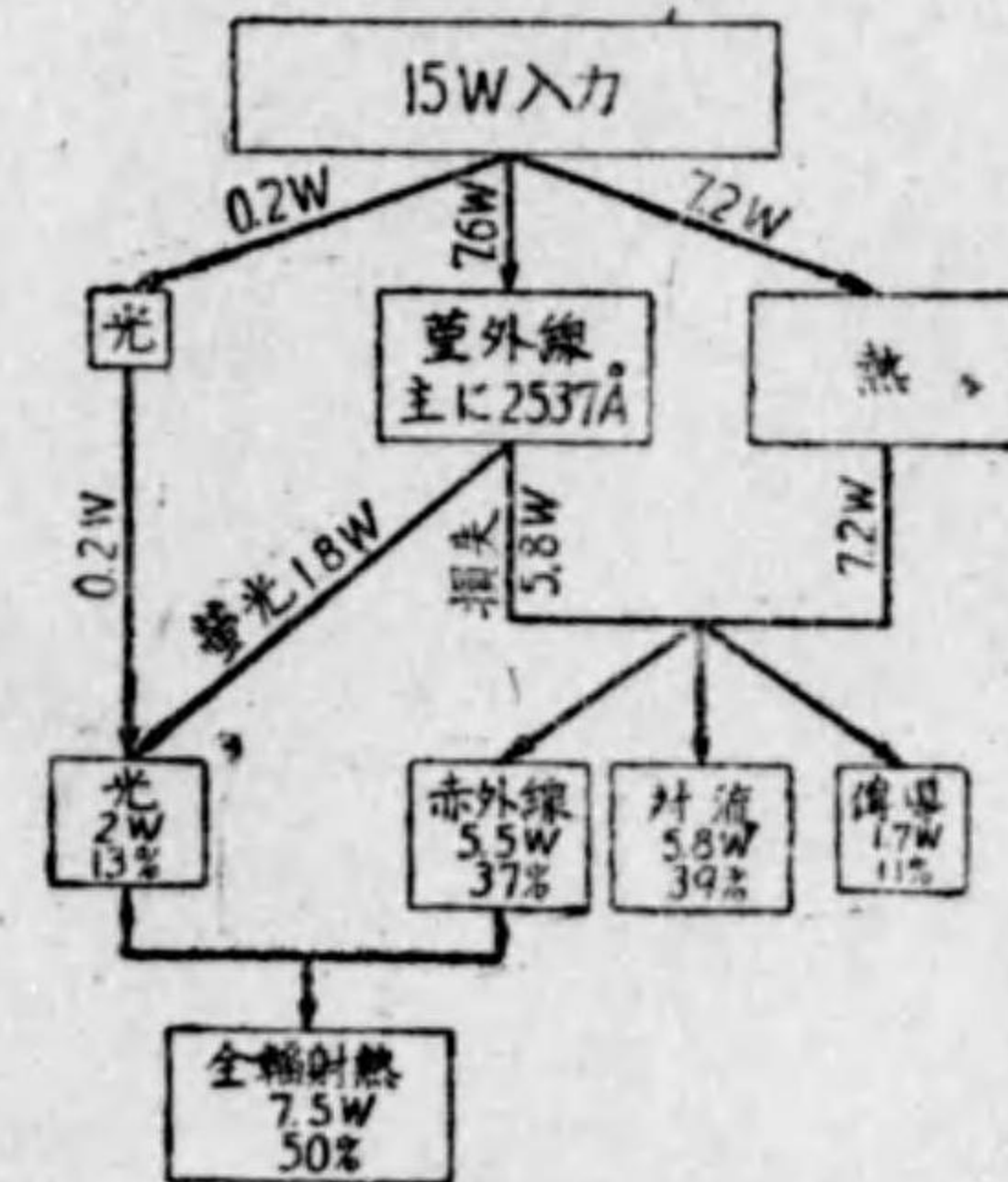


點燈管内部圖

じて管内を温めると同時に點燈管自身の温度も上る。

所がその一方の極はバイメタルから出來て居るので, 温度の上昇に従つてバイメタルはそり, 遂に其の接點を閉ぢて, 熱陰極に十分の電流を流してそれが適當の温度になる

第 7・10 圖



15 W マツダ螢光燈エネルギー分布圖

迄其の状態が續く。その間點燈管は最早發熱しないからバイメタルは次第に冷却されて遂に再び接點が離れる。その際に安定器のため高電壓が誘起してランプに放電を開始せしめる、但し單にこの目的には安定器がなくとも電源のリアクタンスでも十分である。電弧が発生すればランプ電壓は降下する。その電壓では點燈管に暈光が生じない様に間隙が整定してあるから、停電してアークが消える迄は點燈管は働かない。

7. 螢光放電燈の特性

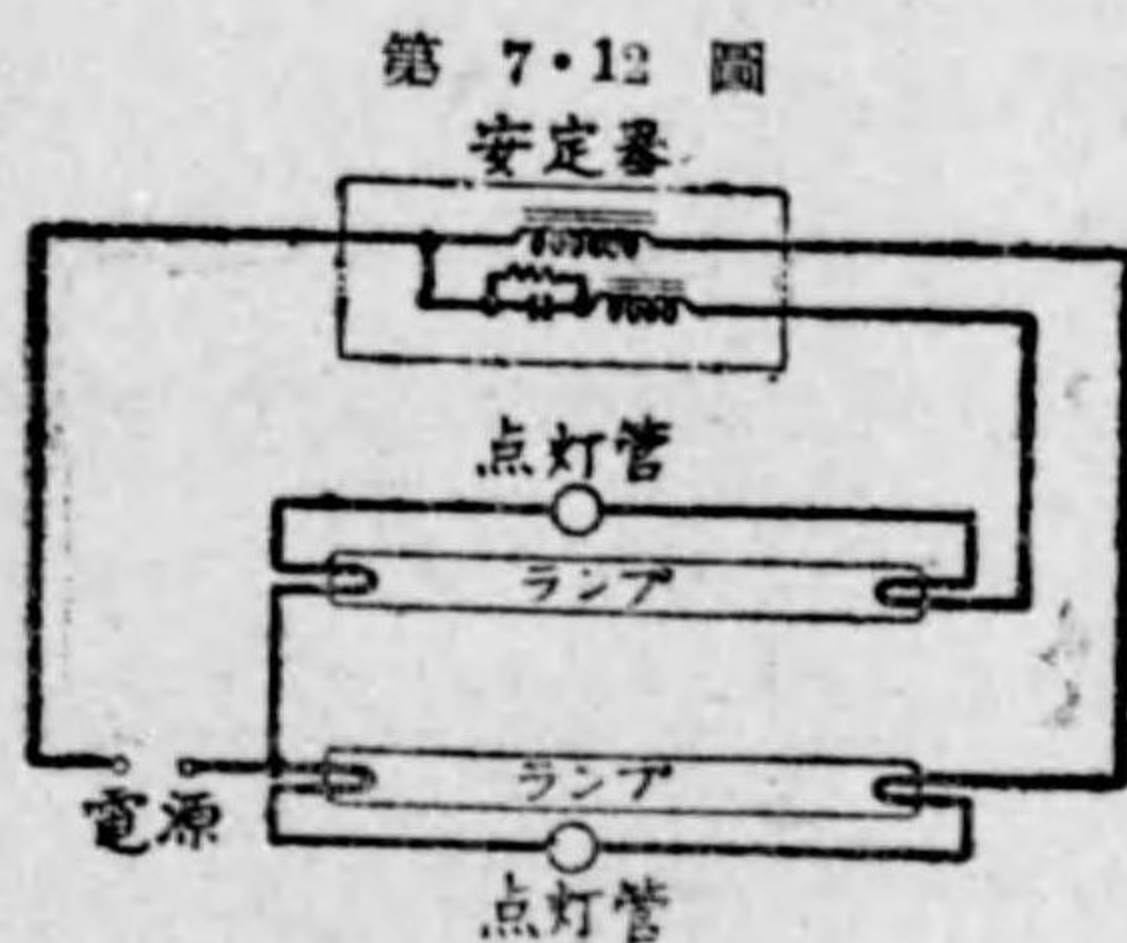
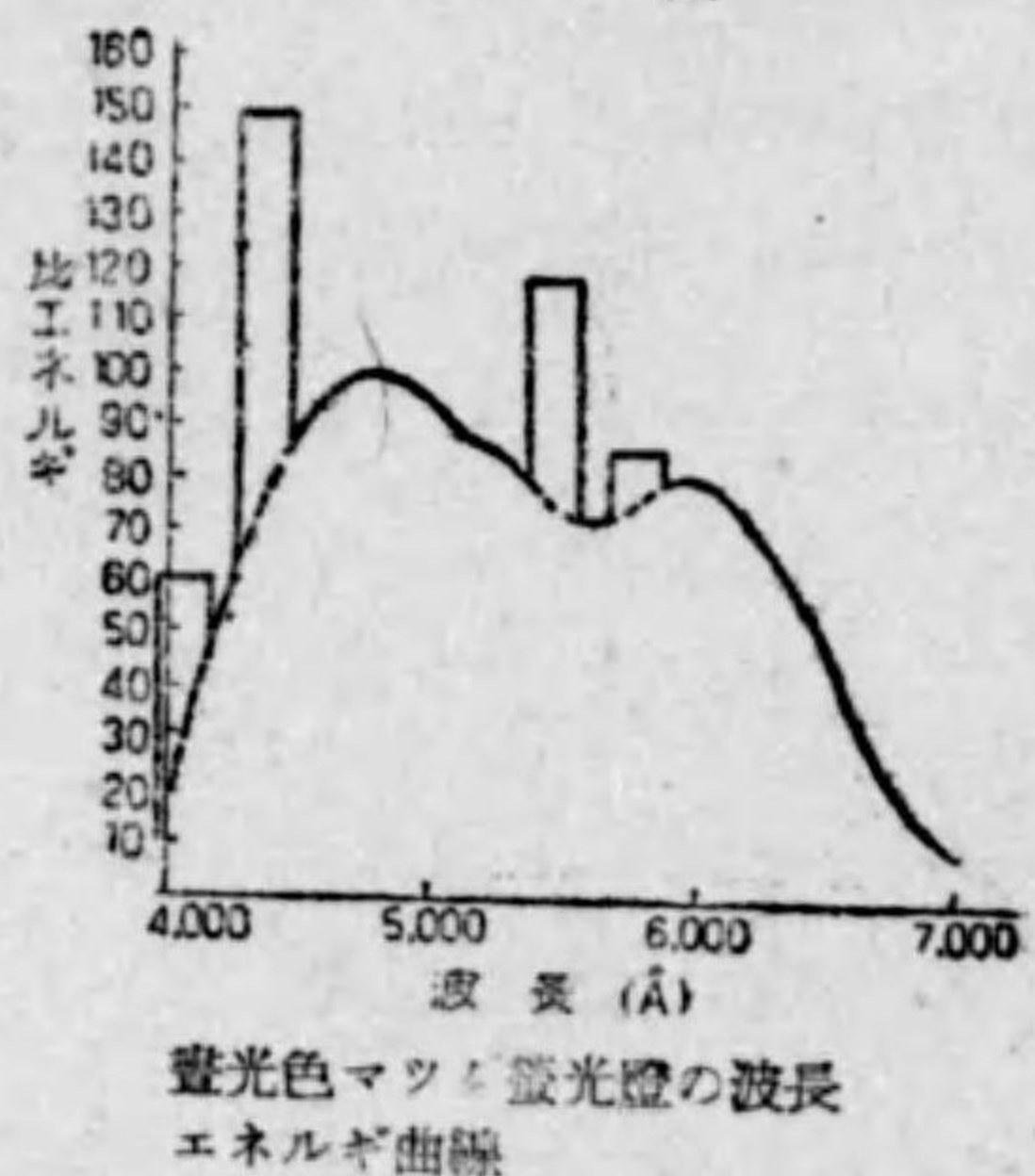
螢光放電燈がどうしてこんな高能率が得られるかは第7・10圖のエネルギーの行方で明かにならふ、そして其の波長に依るエネルギー分布は第7・11圖の様で點線で示した晝光と殆ど等しい

事がわかるであらう。

本電燈は電流が小になれば發光も止み、螢光が幾分残るのみだから多少光がちらつく。これを數字(最大光度と最小光度との差の平均光度に對する比)で示すと55%になる。もつともタングテン電

燈でも交流で點火すればやはりちらつくので、40Wのものでは

第7・11圖



第7・12圖
チラツキを小にするマツダ螢光燈の點燈回路

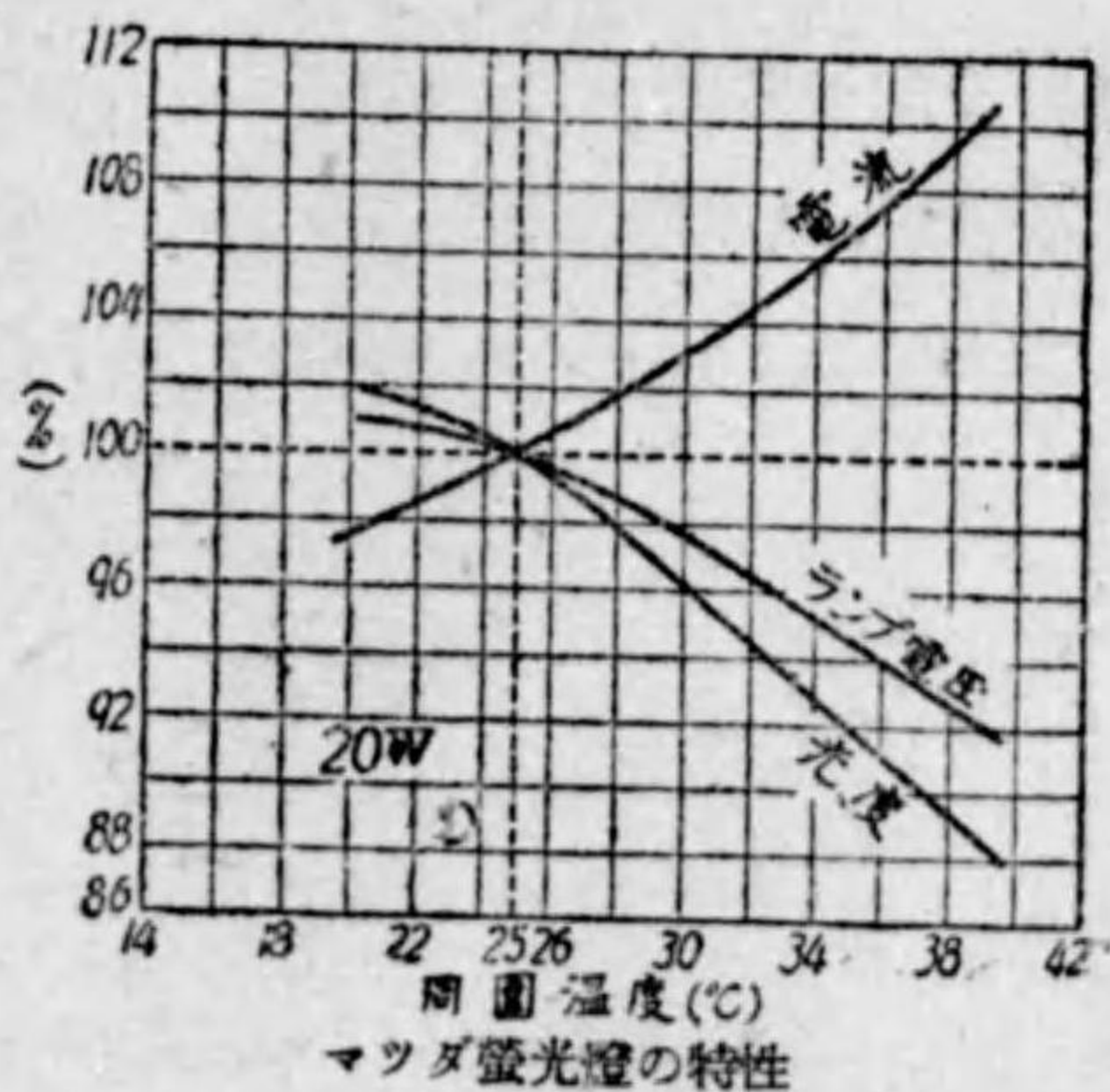
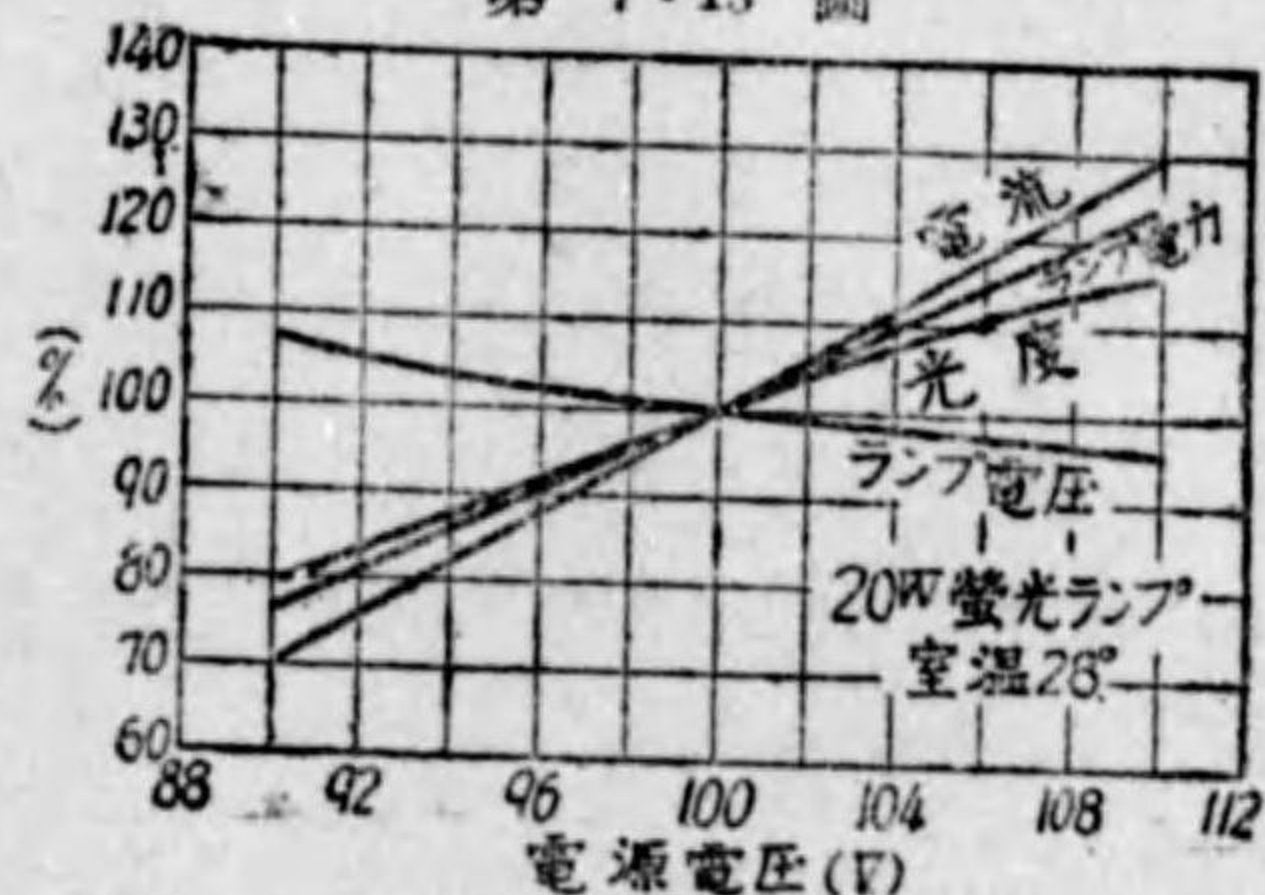
とチラツキは25%に減じて支障ない程度にする事が出来る。第7・12圖はその接續である。

電源電壓及び周圍溫度の變化に依るランプの光度、電力、電流の變化は第7・13圖に示す様である。

昭和19年に定められた標準規程に依ると、大さは10W(25C)と20W(60C)と40W(140C)と

13%(100Wだと5%)位である。この缺點を除くためにランプを二箇使ひ、一方の安定器に蓄電器を使つて其の電流の位相を他方に對し120°位進む様にする

第7・13圖



の3種で、前2者は100V回路から、40Wは200V回路から使用するものとし、6500°Kの光色を有し、第7・6表の初特性及び寿命を有するものとする。能率はC/Wで與へられて居るが、大體1燭10lmに當る。

第7・6表 晝光色螢光放電燈初特性及び寿命

種 類	消費電力 (W)	水平光度 (C)	電 流 (mA)	能 率 (C/W)	壽 命 (時)
10 W	10	25	200	2.5	1500
20 W	20	60	350	3.0	2000
40 W	40	140	410	3.5	2000

尙ほ初特性は消費電力±15%、水平光度±17%、電流±15%、能率±15%の裕度が認められ、寿命は「連続點火した場合に點燈不能になる迄の時間又はその水平光度が標準値の70%に減退する迄の點燈時間を言ふ」と定義される。

8. 色螢光燈 螢光放電燈で色燈を作れば一層有利になる。米國で發賣されて居る30Wの色燈の特性及び能率は第7・7表に示す様である。

30Wのタングステン電球の能率は8.7lm/Wで、これを綠

第7・7表 各色螢光ランプの能率

30 W ランプ		能率 (lm/W)		
電 源 電 壓	200 V	晝	白 光 青 綠	48.4
ラ ンプ 電 壓	103 V			40
ラ ンプ 電 流	0.34 A	夕 金	赤	26
全 壽 命	36 時			25
	2500時			31
				4

色にすると其の透過率が17% (第5・1表) であるから1.48lm/Wになるので50倍の能率である。赤の4lm/Wは如何にも少い様だが赤の透過率は20%だから白熱電球で赤色にするなら1.74lm/Wの能率であるから、やはり2倍以上である。

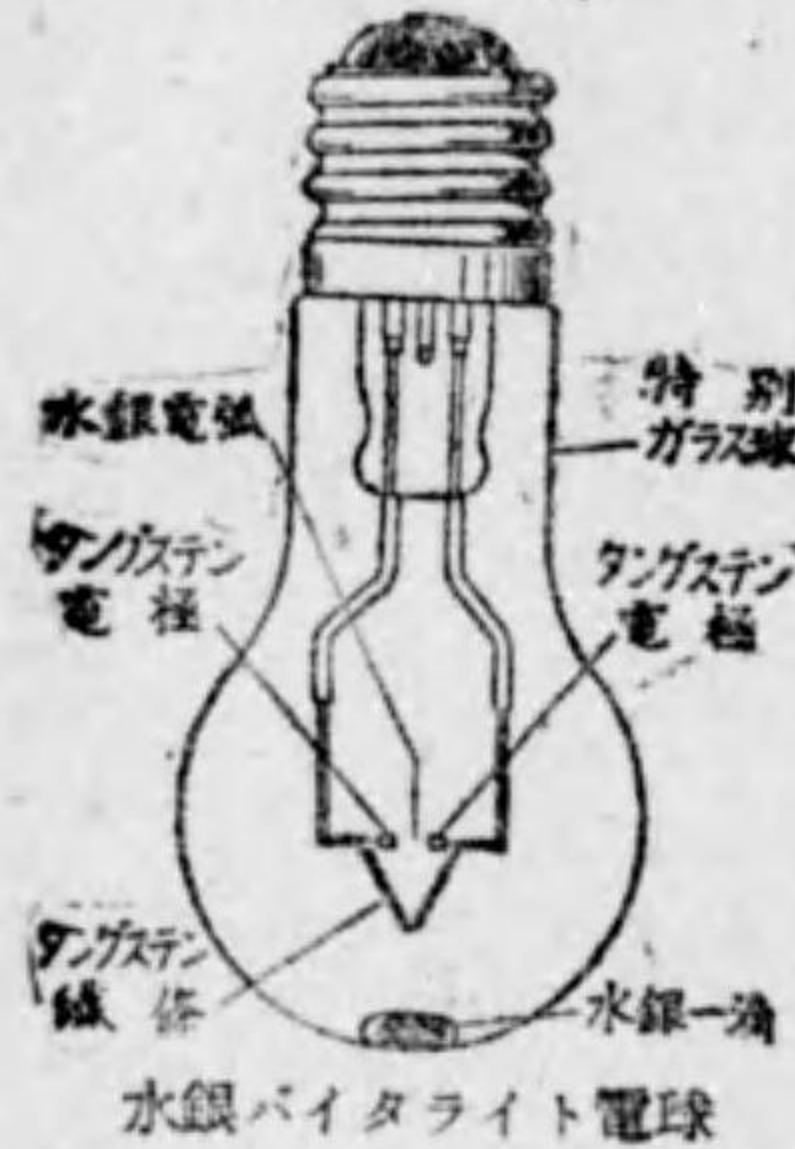
又ネオンガスの入手難に對處してアルゴンガスを封入し、ガラスに螢光物質を塗つた螢光表示燈も製作された。100V電路から1.5Wをとり、アルゴン燈に比し赤色は18倍、青色は50倍位の光度を有し、ネオンランプの代用に役立つ。

9. 殺菌電燈 殺菌効果は0.25 μ 附近で最大であり (第7・4圖) 低壓水銀燈は0.257 μ の莖外線を多量に出すから、それが透過するガラスを使用すれば殺菌の目的が達せられる。その目的に米國では15Wのものが發賣されて居る。この莖外線は肉眼の細胞を犯すから、これを見詰める事は避けなければならない。直接肉やパン等を照らさないでも、陳列棚内に點火して置けば附近の空氣を殺菌し、それが循環するために目的が達せられるとの事である。

10. 水銀バイタライト電球 タングステンアーク燈に水銀の一滴を封入したものである。(第7・14圖) 健康莖外線を多量に發生するので、虚弱兒童の醫療用に使用せられる。

現在第 7・8 表に示す 2 種が発賣されて居る。

第 7・14 圖



第 7・8 表 水銀バイタライトランプ特性

	小 形	大 形
一 次 電 圧	100 V	100V
弧 光 電 流	8.5A	30A
ラ ンプ 電 力	120~130W	360~390W
總 電 力	150W	450W

復 習 問 題 VII

1. 水銀燈の發生する輻射は其の蒸氣壓で著しく違ふが、壓力が 10^{-2} mm, 約 2 氣壓及び 28 氣壓の場合に夫々エネルギーが最大であるスペクトルの波長はいくらで、その大きさは 0.546μ の波長のエネルギーに比し、どんな程度であるか。
2. 低壓水銀燈の實例を示し且つその點燈方法 2 を示せ。
3. 高壓水銀燈の構造を述べ且つ其の電力、能率及び壽命の一例を示せ。
4. 高壓水銀燈と白熱電燈とを比較し、その適する用途を示せ。
5. 青寫眞焼付に使用せられる電燈の名稱、電力の一例を示せ。
6. 太陽燈の構造及び用途を説明せよ。

7. 超高壓水銀燈の特色を述べよ。
8. 螢光放電燈とは如何なるものか。
9. 晝光色螢光放電燈の大きさ電力、能率を示せ。
10. 晝光色螢光放電燈の點火装置を説明せよ。
11. 晝光色螢光放電燈と白熱電燈とを比較せよ。
12. 螢光放電燈の壽命とは何を言ふか。白熱電燈とどう違ふか。
13. 殺菌電燈とは如何なるものか。
14. 水銀バイタライトランプとは何ぞや。

晝光色螢光放電管標準規程 (要項)

1. 種 別 10 W(25 C) 20 W(60 C) 40 W(140 C)
 螢光放電管は適當なる寒流線輪を使用し、10 W 及び 20 W は 100 V 回路に、又 40 W は 200 V 回路に使用するを標準とす。
2. 光 色 色溫度 6500°K に近似する光色を以て標準とす。
3. 初特性及び壽命 周圍溫度攝氏 25 度の無風状態で次表に依る。

種 類	消費電力 ワット	水平光度 燭	電 流 ミリアン ペア	効 率 燭毎ワッ ト	壽 命 時
10 W	10	25	200	2.5	1500
20 W	20	60	350	3.0	2000
40 W	40	140	410	3.5	2000

但し壽命とは連続點燈した場合點燈不能になる迄の時間又はその水平光度が標準値の 70% に減退する迄の點燈時間を言ふ。

4. 初特性の容度

消費電力	水平光度	電 流	効 率
±15%	±17%	±15%	±15%

5. 試験用電流線輪

種類	短絡電流	電圧降下
10 W 用	100 V にて 400 mA 以下	200 mA にて 70.0 V \pm 1%
20 W 用	" 750 "	350 " 62.5 V \pm 1%
40 W 用	200 V 750 "	410 " 140.0 V \pm 1%

6. 外形寸法 口金両端間 10 W 330 mm, 20 W 580 mm, 40 W 1180 mm, を標準とす。

屋内照明用蛍光放電燈施設方法

1. 蛍光放電燈は起動其他の特性上其の配線の太さ並にヒューズ容量は普通白熱電球の場合に比し幾分増大の要あり。

一般に蛍光放電燈の配線は其の容量 (VA) の約 110% に相當する設備を行ふべきものとす、即ち 10 アンペアのヒューズを以て保護する蛍光放電燈専用 100 V 単相 2 線式分岐回路に於ては 1 回路の總容量 (入力の總和) は 900 VA 以下とするものとす。

2. 供給電路の大地に對する電壓が 150 V を超ゆる場合には燈器並に附屬品を藏むる外函又は器體は第 3 種地線工事により接地するものとす。

3. 前號の場合に於て燈器が可搬型にして屋内配線との接続をコードにより行ふ場合は 3 心コードを用ひ、内 1 本を接地用として使ひ且つ 3 種プラグを用ひ内 1 極を接地用の極として使用する等適當の方法により燈器の外函を完全に接地するものとす。

4. 塞流線輪其他附屬品を屋内に施設する場合には之を展開場所に取付くものとす。但し工事止むを得ざる場合にして適當なる耐火性函内に藏めたる時は此の限にあらず。

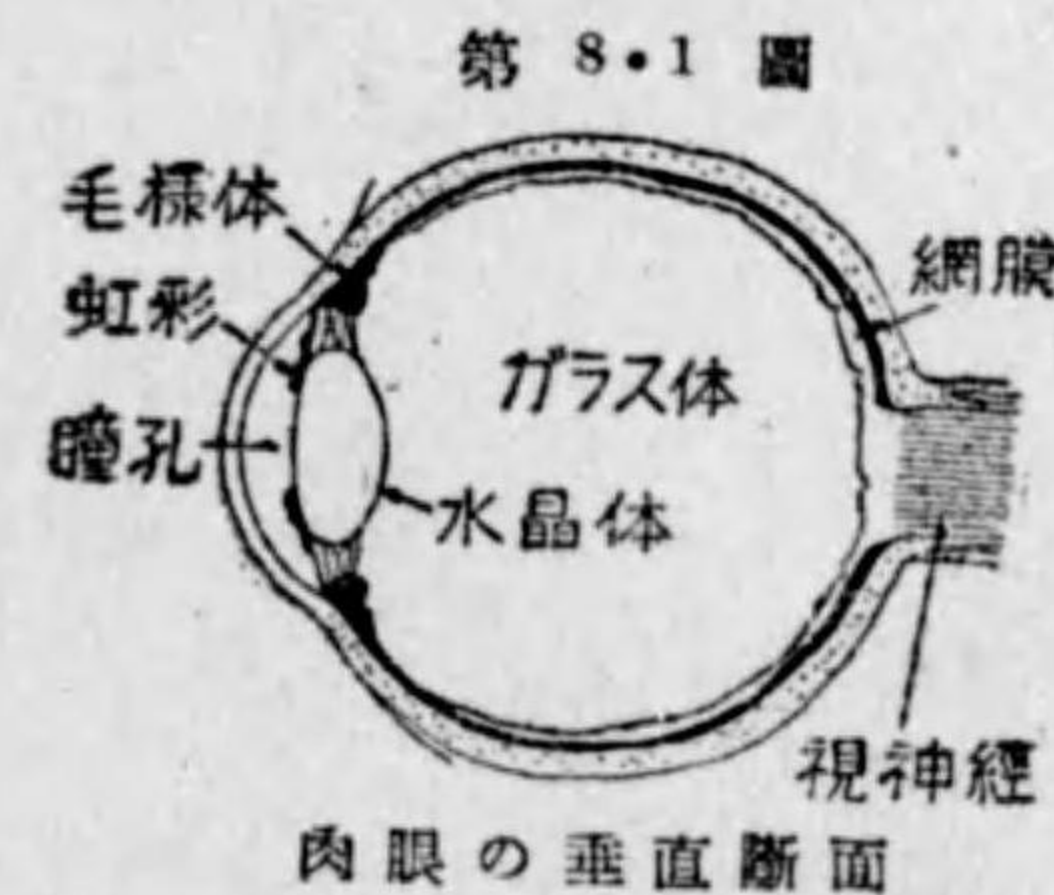
尙塞流線輪巻線の溫度上昇は抵抗法で測定して 65°C 以下で且つ短絡されても其の溫度上昇が危險を生ず虞がない事が必要である。又燈器の絶縁抵抗は直流約 500 V で試験し 1 M Ω 以上、各部分品は 5 M Ω 以上なる事を要する。又 1000 V 1 分間の絶縁耐力試験に合格する事を要する。尙蓄電器は定格電壓の 2 倍を極間に加へて 1 分間耐へる事も必要である。

第八章 照 度

1. 肉眼の構造及作用

第 8・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経に依つて腦に傳へられ、



吾々は視る事が出来るので

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、別のレンズで補助する必要がある。

虹彩は寫真器の絞に相當し、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。ガラス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なる。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から、晝間映畫館に

入ると暫くは何も見えない。然し時の経つに従つて周囲がハッキリ見えて来るのは瞳孔が次第に擴がつて来る爲である。

2. 眩輝 光の刺戟が過度である爲にハッキリと見えない感覺を眩輝 (glare) 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 (過度眩輝)
- 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のである。

吾々の肉眼は仲々良く出来た道具であるが、然し又缺點もある。上述の眩輝も其の一つだが、同一直径の圓を黒地に白く書

第 8.2 圖

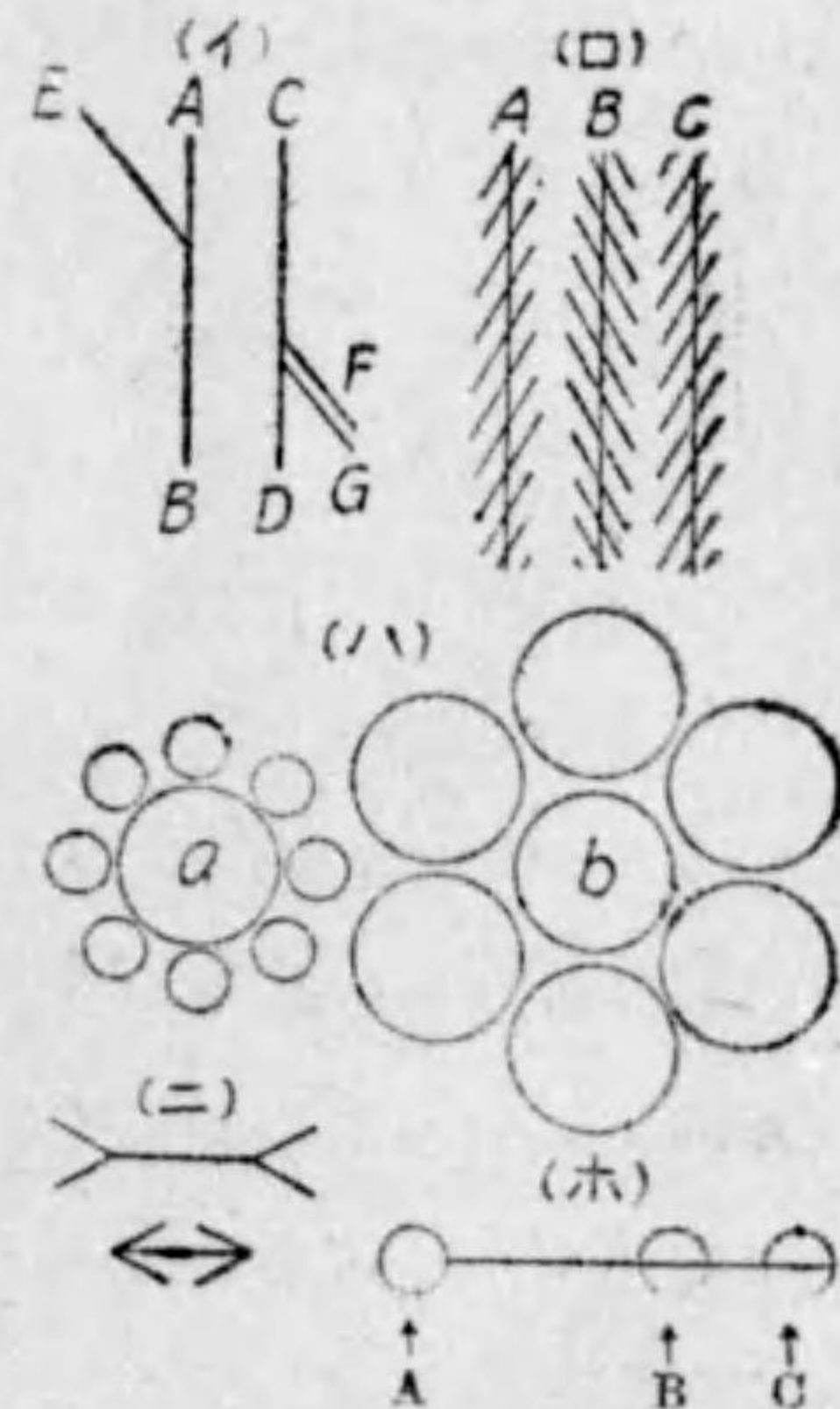


光 滲

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 8.2 圖)。

又第 8.3 圖イで AB と CD とが平行であると、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。又ロ圖で A, B, 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、さうは見えない。又ニ圖では上下、ホ圖で AB, BC は何れも同一の長さだが、さうは見えない。之等を錯覺と言ふ。

第 8.3 圖



錯覺を示す圖

3. 擴散反射 光が鏡又は水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。斯様な反射を整反射 (regular reflection) と稱する。整

反射の場合は一般に反射面は見え、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、斯様な反射を**拡散反射** (difused 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。

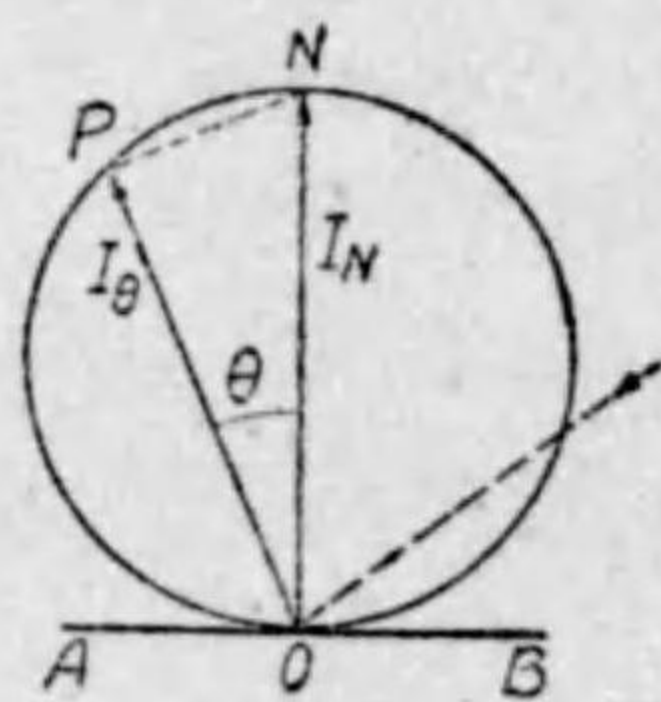
然し艶のある紙を電燈で照した時に丁度整反射の方向から紙面を見ると、キラキラして強い輝光を呈し、紙面は良く見えない。之は反射面が多分に整反射の傾向を有する爲である。

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向に最大で、法線と θ 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。そこで斯の様な反射を**完全拡散反射**と稱する。

完全拡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

方向に最大光度を有する。之を $ON=I_N$ とする (第 8・4 圖)



完全拡散反射

第 8・4 圖

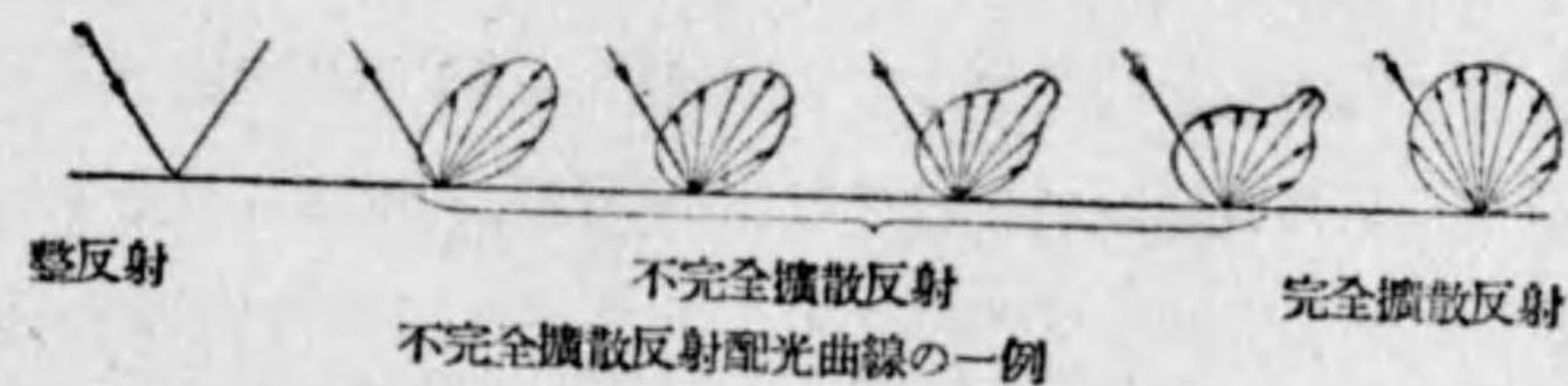
ON と θ の角をなす方向の光度 OP を I_θ とすると

$$I_\theta = I_N \cos \theta \quad (8.1)$$

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。

完全拡散反射でない拡散反射を總稱して**不完全拡散反射**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 8・5 圖に示した。兩側に整反射と完全拡散反射とを附記して置

第 8・5 圖



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拡散反射で、唯整反射の方向に少し光度が強いと言ふ程度である。

完全拡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ど之に近い反射をする。

例 酸化亜鉛が完全拡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

入射光度如何。

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

入射光の光度は入射光の方向不明なれば求められず。

4. 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り、單に電球の直射光が肉眼に向ふのを防ぐのを主な目的とするものもある。

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**廣照反射笠**、**強照反射笠**、**集照反射笠**の三種に分ける事もある。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。一般に集照型は深い笠で、廣照型は浅く、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、浅く出すと廣照型に近づいて来る。

反射笠の多くはガラスで作られるが、最近は織物及び紙も使用され、陶器や煉物も少くない。

5. 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。極めて薄い上等のガラスならば、光はガラス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 transmission)と稱する。透明電球や窓ガラスの透過は此の例である。

所が點火した艶消電球を見ると、光源の形はハッキリ見えないが、ガラス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。

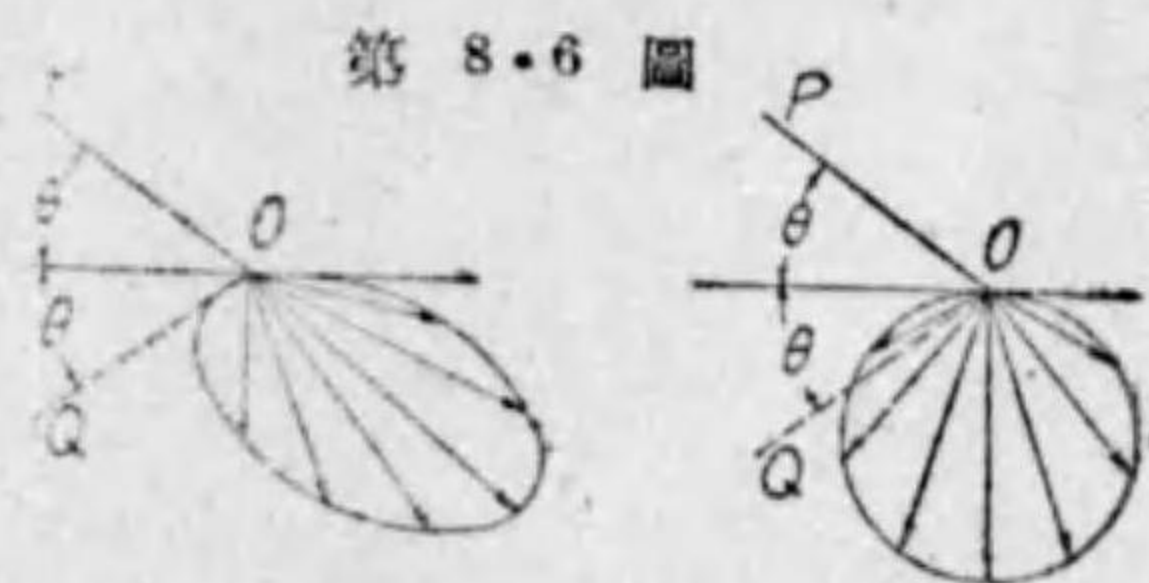
所が全光電球ではガラス球其のものが光り、内部に光源がある事が解らない。之は透過した光が入射の方向の如何に關せず一様の透過をする爲で、

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8・6圖 擴散透過(右一完全、左一不完全)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8・7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。



第 8.7 圖

6. 照度 或る面が光

全包围器具

で照ら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来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 平方メートルに 1 ルーメンが照射した割合の照度を 1 ルクスと稱する。今直径 1 m 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 1 m の距離で照らされて居る。又 1 燭の點光源からは 4π 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 m^2 は 1 ルーメンの光束で照射された割合になる。

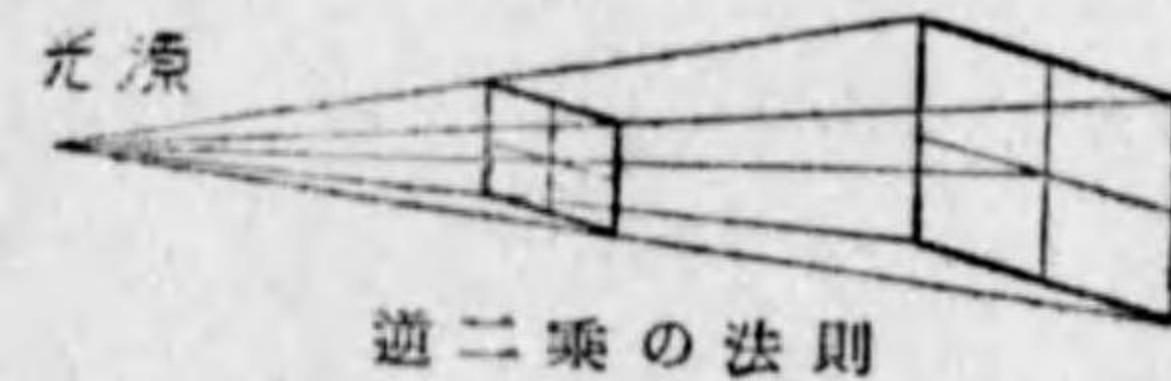
従つて 1 燭の點光源から 1 米離れた點で光源の方向と直角な面上の照度を 1 米燭と呼んだが、之は丁度 1 ルクスに等しい。なほ、米燭と言ふ單位は近頃は使はない。



第 8.8 圖

7. 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



逆二乗の法則

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

$$\text{照度} = \frac{\text{光束 (ルーメン)}}{\text{面積 (平方メートル)}} \quad (\text{ルクス}) \quad (8.2)$$

$$\text{又は} \quad \text{照度} = \frac{\text{光度 (燭)}}{[\text{距離 (米)}]^2} \quad (\text{ルクス}) \quad (8.3)$$

例 1. 或る面の 5 平方メートルに 0.2 ルーメンの光束が照射せりと言ふ。其の照度如何。

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

例 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。

解 光束=照度(ルクス)×面積(平方米)
 $=150 \times 20 = 3000$ ルーメン

例 3. 4m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 4m平方の室の床面積は 16 m^2 であるから、
 光源光束 $=50 \times 16 \div 0.60 = 1330$ ルーメン

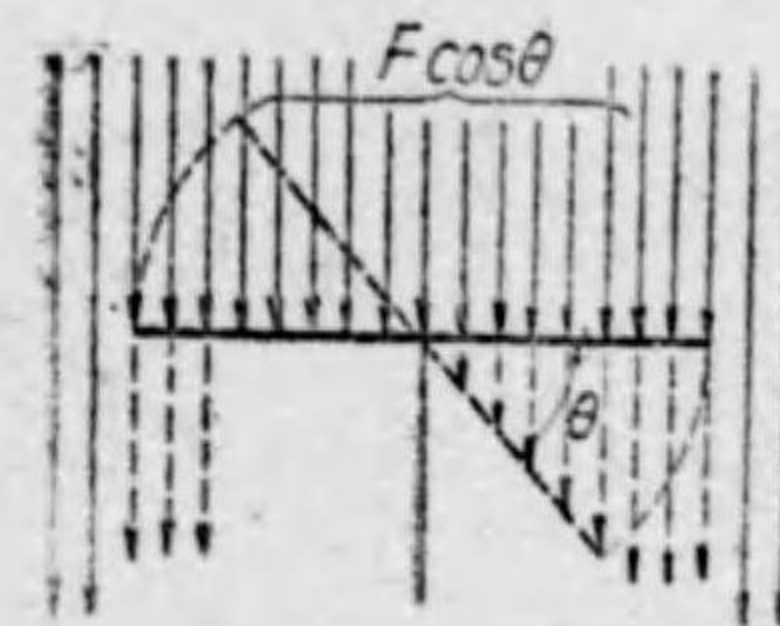
依つて本電球は100ワットガス入電球である(註を見よ)。

註 $800 \div 0.6 = 1330$ 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1460ルーメンならば100ワット電球と認めて宜しいのである。

8. 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。

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 F ルーメ

第8・10圖



ンとすれば、此の場合の照度は $E = F/S$ ルクスである。

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

光源の方向と照度 従つて此の場合の照度は

$$E = \frac{F \cos \theta}{S} = \frac{F}{S} \cos \theta = E \cos \theta$$

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 $l \text{ m}$ の點で、 I 燭の方向と直角をする位置から θ 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 θ)上の照度は

$$E' = \frac{I}{l^2} \cos \theta \quad (8 \cdot 4)$$

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

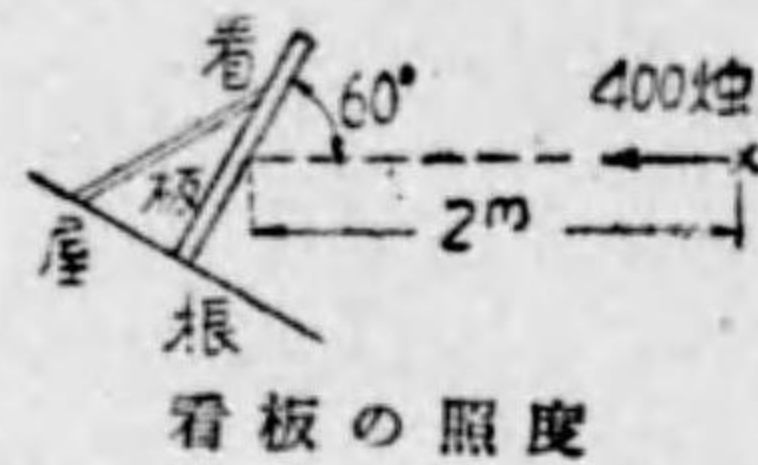
解 $E' = \frac{50}{2^2} \cos 30^\circ = \frac{50}{4} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 10.8$ ルクス

例 2. 屋根の上に傾けて設けた看板あり。其の前方看板と 60° をなす方向で2m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8・11圖)看板の照度は何程か。

解 看板に直角の方向と光源の方向とは
 $90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ となるから

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



第8・11圖

看板の照度

9. 水平照度と鉛直面照度

た平面上の一点 P で光源 O の生ずる照度を考えるに(第8・12圖) 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 ならば,

P 點の照度は

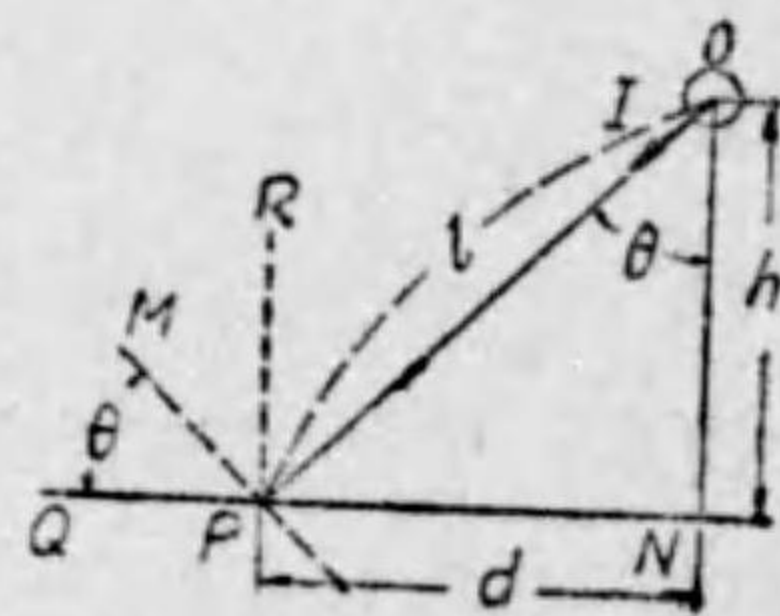
$$E' = \frac{I}{l^2} \cos \theta$$

但し θ は P 點を通つて OP に直角な平面(其の切口 PM)と PN 平面とのなす角で, 又 OP が ON 又は PN 面への垂線 PR となす角と等しい。

所で P 點に^{ツイタテ}衝立を立てた時, 其の衝立上の點の P 照度を考えるに, この衝立は色々置き方があつて, OP の方向に置けば(第8・13圖, 點線の位置), 光に少しも照らされないから其

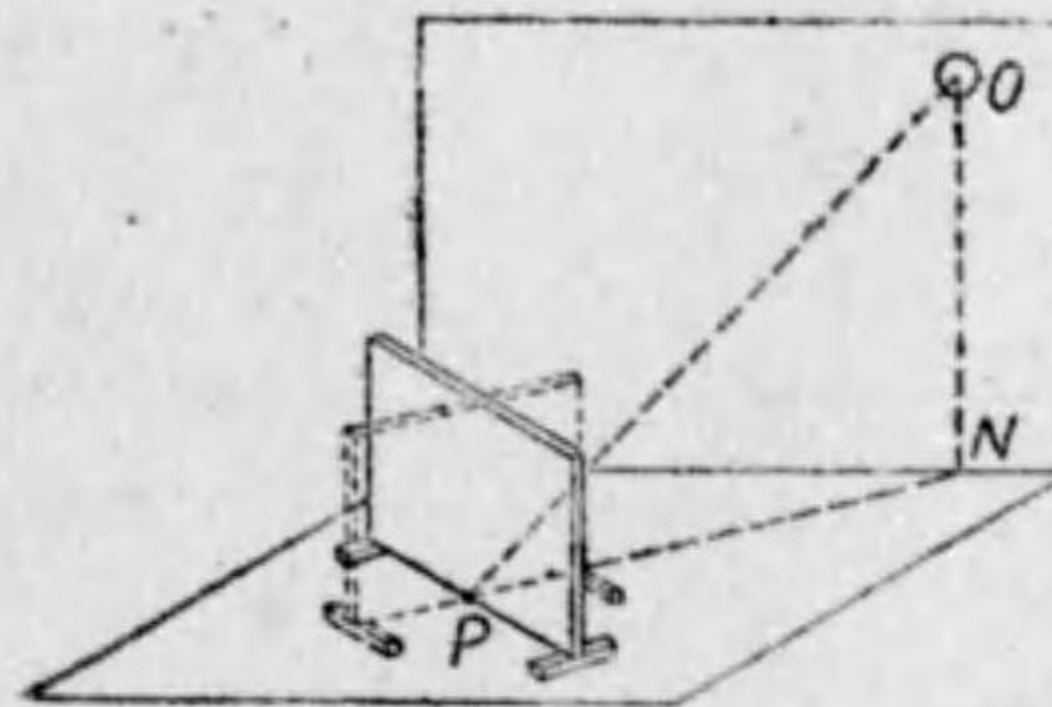
或る一つの水平に置かれ

第8・12圖



水平照度

第8・13圖



垂直面照度

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8・12圖で P 點を通り OP に直角な平面 NP を θ だけ廻して水平面とする代りに $\frac{\pi}{2} - \theta$ だけ廻して PR なる鉛直面としたと考へれば求められる。即ち

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

是等の照度を區別する爲に第8・12圖で MP 面上 P 點の照度を**全照度**, PN 面上の P 點の照度を**水平照度**(horizontal illumination), RP 面上 P 點の照度を**鉛直面照度**(vertical illumination)と言ふ。水平面, 鉛直面は厳格な意味でなく, 坂道, 机上は多少傾いて居ても水平面, 壁面, 黑板などは鉛直面とする。

又 $l^2 = h^2 + d^2$, $\cos \theta = h/l$, $\sin \theta = d/l$ (第8・12圖) であるから, 次の何れの式からでも計算出来る。

$$\text{全照度 } E_n = \frac{I}{l^2} = \frac{I}{h^2 + d^2} = \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \quad (8.5)$$

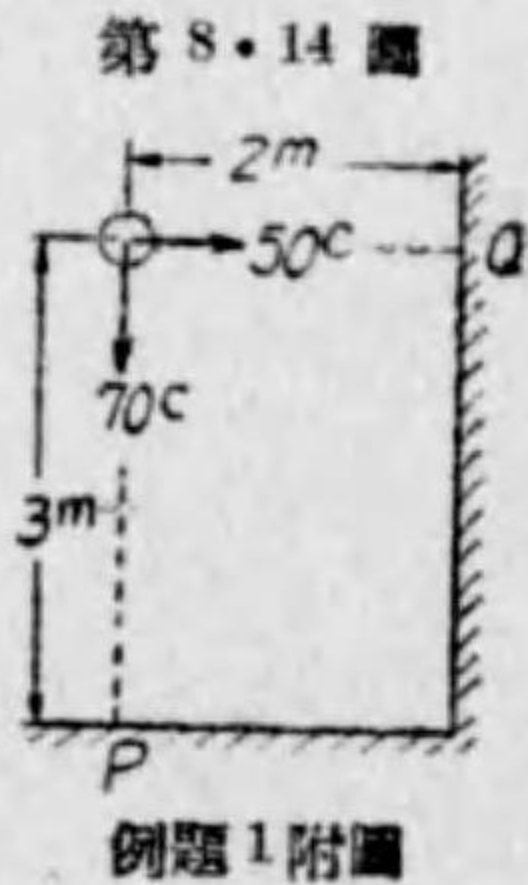
$$\text{水平照度 } E_h = E_n \cos \theta = \frac{I}{l^2} \cos \theta = \frac{Ih}{\sqrt{(h^2 + d^2)^3}}$$

$$= \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \cos \theta \quad (8.6)$$

$$\begin{aligned} \text{鉛直面照度 } E_n &= E_n \sin \theta = \frac{I}{l^2} \sin \theta = \frac{I d}{\sqrt{(h^2 + d^2)^3}} \\ &= \frac{I}{h^2} \sin \theta \cos^2 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^3 \theta \quad (8.7) \end{aligned}$$

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 1. 床面 P から真上 3m, 壁面 Q から水平に 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 點の鉛直照度 = $\frac{70}{3^2} \times \sin 0^\circ = 0$ ルクス

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 = $\frac{50}{2^2} \times \sin 0^\circ = 0$ *

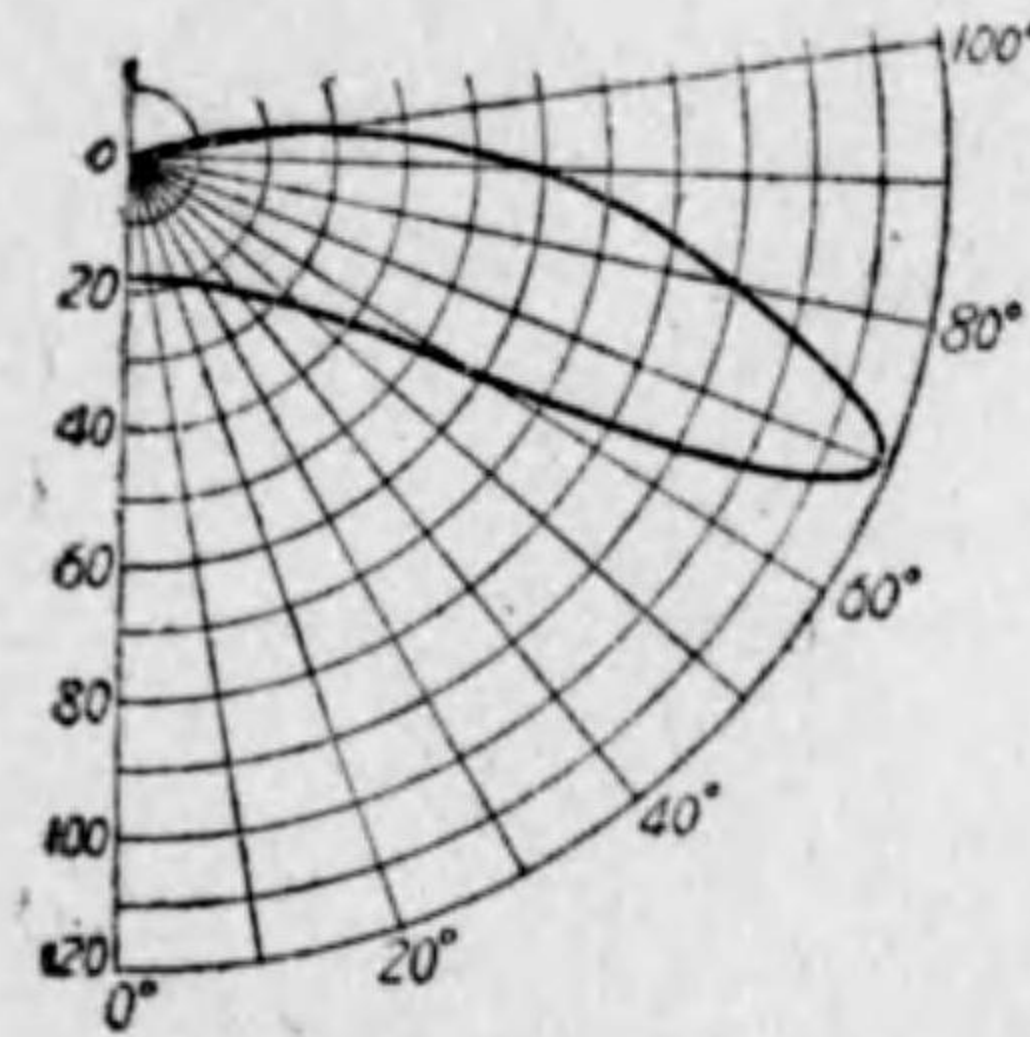
例 2. 地上 6m の所に光源あり。其の光度は各方向に均等にして 100 燭なり。直下及び直下より 5m 隔きに 20m の點迄に於る水平照度如何。

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

h	0	5	10	15	20
$h^2 + d^2$	36	61	136	261	436
$(h^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}$	216	475	1582	4220	9100

E_h	2.76	1.26	0.38	0.14	0.07
-------	------	------	------	------	------

第 8.15 圖



例題 3 の配光曲線

例 3. 地上 8m の所に附圖の様な配光曲線を有する光源がある。直下から 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 θ 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 θ と $\frac{1}{h^2} \cos \theta$ とを與へる。

:(コロン) の前が θ の角で、その後が $\cos \theta / h^2$ の小数部の數である。

第 8.1 表 水平照度算出表

$d \backslash h$	5	6	7	8	9	10
0	0:0400	0:0278	0:0204	0:0156	0:0124	0:0100
2	22:0321	18:0237	16:0181	14:0143	12:0115	11:0094
5	45:0141	40:0126	36:0110	32:0095	29:0088	27:0072
8	58:0060	53:0060	47:0058	45:0052	2:0052	39:0048
10	63:0036	59:0038	55:0039	51:0038	48:0037	45:0035
12	67:0023	63:0025	60:0026	56:0027	53:0027	50:0026
15	72:0012	68:0014	65:0015	62:0016	59:0017	52:0020
18	74:0008	72:0009	69:0010	66:0011	63:0011	58:0015
20	76:0006	73:0007	71:0007	68:0008	66:0009	61:0012
25	79:0003	77:0004	74:0004	72:0004	70:0005	63:0009
30	81:0001	79:0002	77:0002	75:0003	72:0003	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 なる数を表が與へる。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_0 (第8.15圖より)	E_h
0	0:0156	19	0.296
5	32:0095	24	0.228
10	51:0038	39	0.148
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、光源の配光曲線が與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から別々に求めた照度を單に**算術的に加へればよい**。

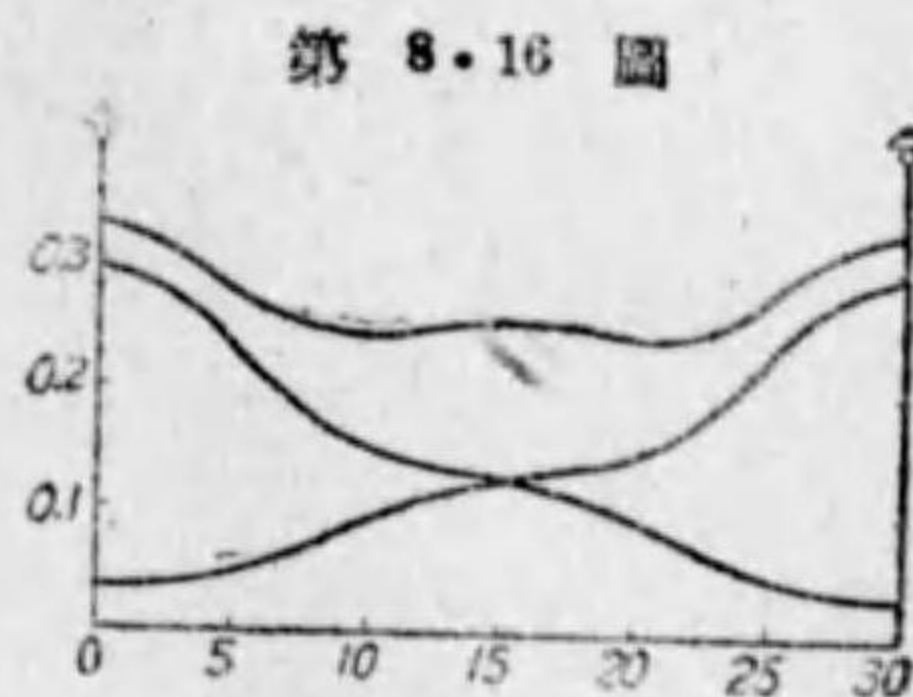
例 4. 例 3 の光源が 30 米隔きに設けられた場合の照度曲線を描き最高照度と最低照度の比を求めよ。

解 或る地點例へば 1 光源から 5m の地點は、他の光源から 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 及 30	5 及 35	10 及 20	15
E_h	0.296 0.033 0.329	0.228 0.047 0.275	0.148 0.093 0.241	0.126 0.126 0.252

之を曲線に描けば、第 8.16 圖の様な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。



第 8.16 圖
照度曲線の一例

$$\frac{\text{最高照度}}{\text{最低照度}} = \frac{0.329}{0.241} = 1.37$$

10. **光束發散度** 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。従つて明るき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 dF と ds との割合、即ち dF/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 平方糎當りルーメン數を單位として**ランベルト**

$$\text{lm/cm}^2$$

(lambert) と呼ぶ。

その物が二次光源即ち他の光源からの光束の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ペルトとする爲 10 000 で除す事を要する。

$$\begin{aligned} \text{反射體 光束發散度 (ランペルト)} \\ &= \frac{\text{照度 (ルクス)} \times \text{反射率}}{10\,000} \quad (8.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{透過體 光束發散度 (ランペルト)} \\ &= \frac{\text{照度 (ルクス)} \times \text{透過率}}{10\,000} \quad (8.9) \end{aligned}$$

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。

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

例題 2. 上例ガラスの透過率を 70% とすれば、上側の照度如何。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad 0.33 &= E \times 0.70 \div 10\,000 \\ E &= \frac{0.33 \times 10\,000}{0.70} = 4700 \text{ ルクス} \end{aligned}$$

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。

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

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 τ とすれば、

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

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/cm² を單位とした輝度を表はす数を π 倍すればランペルトを單位とした光束發散度を表はす数になる。

例題 4. 某均等球光源の輝度が 0.3 燭/cm² であるとすれば、其の光束發散度如何。

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

例題 5. 直径 20 cm のグローブの光束發散度は 2 ランペルトなりと言ふ。其のグローブの中心に置かれた均等光源の光度如何。但しグローブの透過率は 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 (ランペルト) $\div \pi = \frac{2}{\pi}$ 燭/cm²

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

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

上記の關係は均等光源に限らず一般の完全擴散光源 (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。

復習問題 VII

1. 肉眼の主要部分の名称を挙げよ。
2. 眩輝とは何ぞや。
3. 完全拡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° 、 45° 及び 60° をなす方向の光度如何。
4. 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。
5. 透過を三種に區別して各々の名称を挙げ、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。
6. 4mに 6m の矩形の室あり。之に 1200 ルーメンの光束が一様に照射すれば、其の照度如何。
7. 或る作業面上の照度 250 ルクスであるとすれば、その 20 平方メートルに照射する光束數如何。
8. 8 畳間の中央に 40 ワットガス入電球を吊してある。今電球光束の 70% が畳面を照したと假定すれば、畳面の平均の照度如何。
9. 或る光源から垂直に照らされたる面の照度が 80 ルクスであると言ふ。今その面を 30° だけ傾けたとすれば其の照度はどの位になるか。
10. 机面の一地点 P から水平に 4m、垂直に 3m の所に光源あり P 點の方向の光度 150 燭であるとすれば、 P 點の照度、水平照度及び鉛直面照度如何。
11. 街燈あり、光源の高さ 6m である。今燈脚から 8m 隔つた地點での水平照度が 2 ルクスであるとすれば、光源の其の方向の光度

- 如何。但し他の街燈からの光は考へないものとする。
12. 直径 20cm のグローブに 100 ワット電球を入れた場合、グローブの平均光束發散度如何。但しグローブの透過率は 0.9 なりとす。
 13. 反射率 75% の $2\text{m} \times 0.8\text{m}$ の紙の平均光束發散度 0.80 ランベルトなりと言ふ。それを照射した全光束如何。
 14. 或る完全擴散面の輝度が 0.8 燭毎平方メートルならば、其の光束發散度は何程なりや。
 15. 平均球面光度が 150 燭の光源を半径 18 釐のグローブに包む場合の輝度及び光束發散度を求む。但しグローブの透過率を 0.85 とす

第九章 照明方式

1. 天然照度 吾人に物が良く見えるのは周囲との對比即ち第 9・1 圖に示す様に白地に黒、黒地に白の場合で、周囲と似た色の場合に見難いと言ふ事もあるが、主として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、見たものの大部

分は反射體で、それでは光束發散度と照度との間には反射率が入るだけだから、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與へる爲に天然照明の一二の例を示さう第 9・2 圖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蔭となれば 10 000 ルクスとなり、北向の窓側では 2 000 ルクス位であるが、



少し窓内に入ると 200 ルクスに減り、椅子やテーブルの蔭だと

第 9・2 圖



天然に得られる照度

20 ルクスにも下る。晴天無月の夜で 0.00 03 ルクスであるが、之では殆んど見えな。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、肉眼の調應作用は大したもののである。

2. 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、視界に大きな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物體が識別し難くなるか或は肉眼が強弱兩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きな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

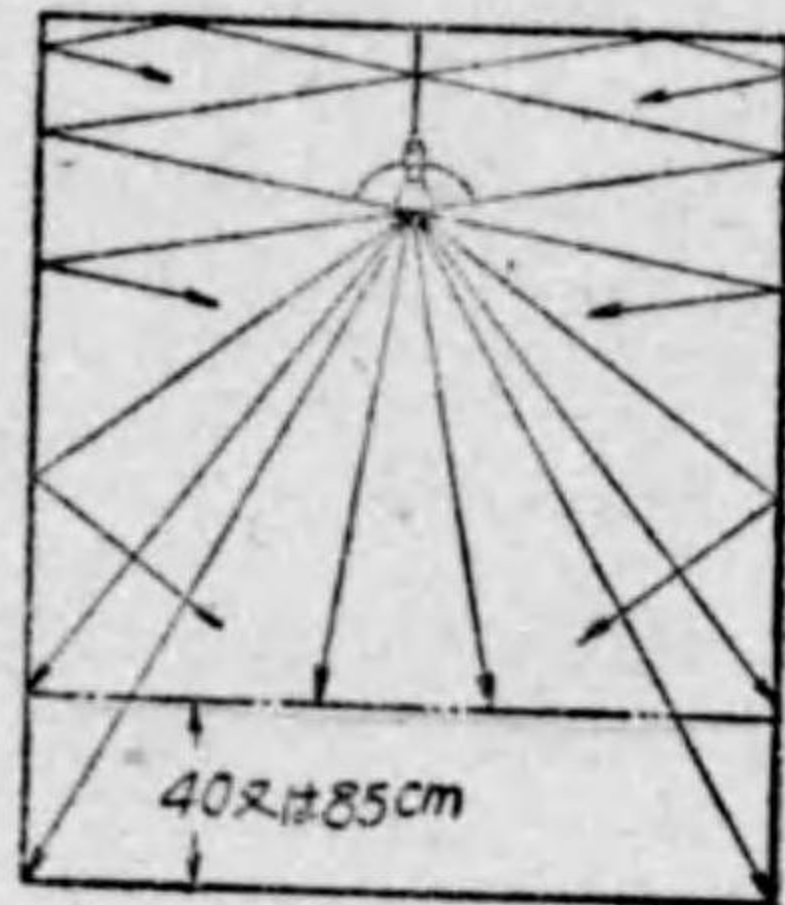
$$\frac{\text{最大照度} - \text{平均照度}}{\text{平均照度}} \text{ と } \frac{\text{平均照度} - \text{最小照度}}{\text{平均照度}} \quad (9.1)$$

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、上の二つの数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 (direct illumination)
- ロ 半直接照明 (semi-direct)
- ハ 半間接照明 (semi-indirect)
- ニ 間接照明 (indirect)

第 9.3 圖



直射光と擴散光

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疊上 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。工場等で經濟を重んじて金屬笠を使ふと、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後で仕事に眼を復歸した時に眩輝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

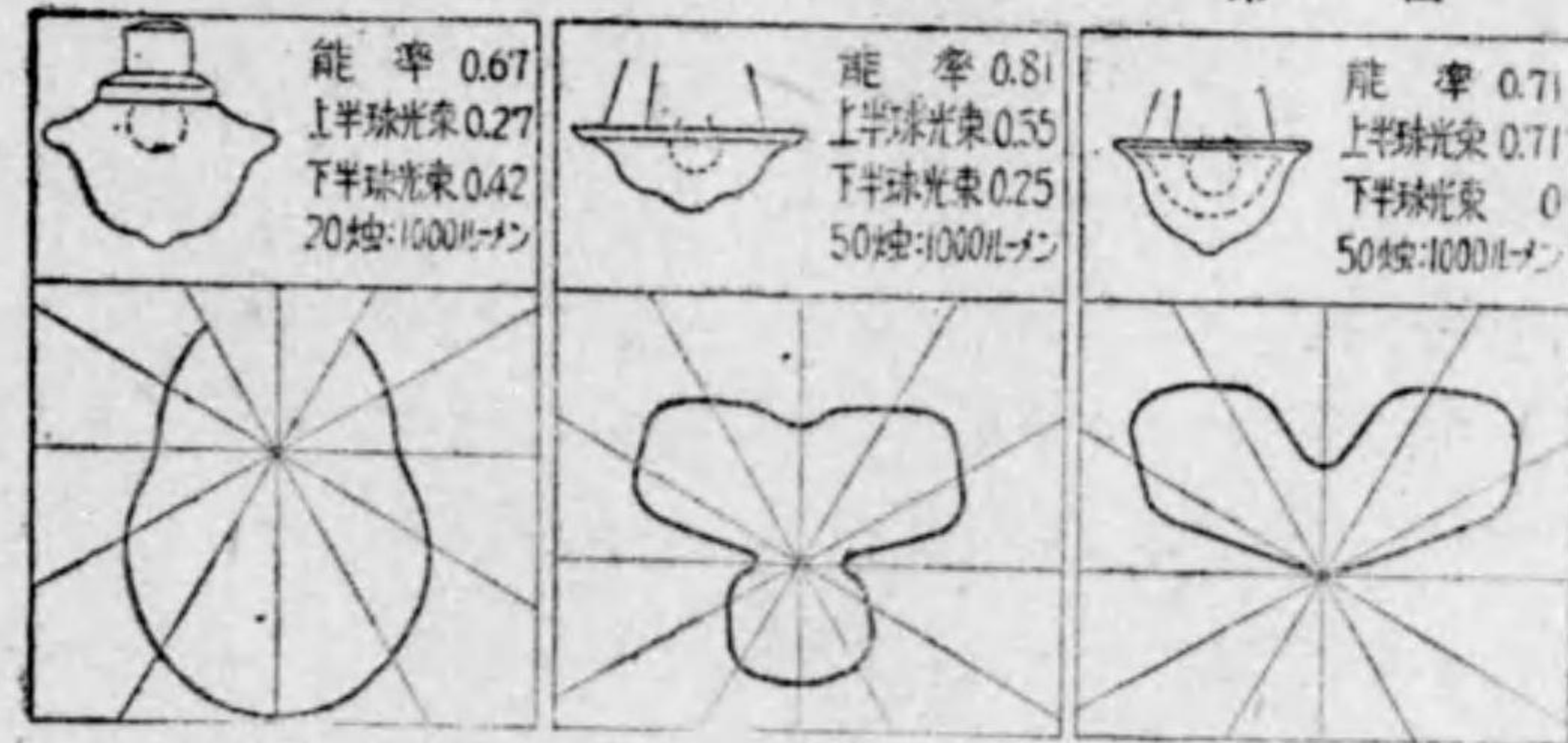
従つて夫々の器具を使つた照明が夫々の照明法である。

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 が間接器具である。この數は (上方光束 ÷ 全

第 9.4 圖

第 9.5 圖

第 9.6 圖



半直接照明器具

半間接照明器具

間接照明器具

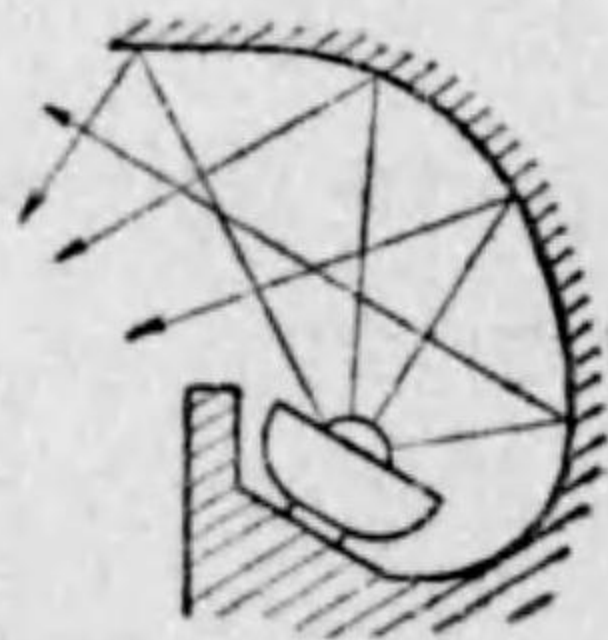
東)×10 に近い数である。

第9・4圖は半直接照明器具である。第9・5圖は半間接照明器具の一例第9・6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ゐる。

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9・7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。 第9・7圖

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数使つてすませられる。



直接照明の方が間接照明より優れた點は次の様である。 間接照明装置

1. 効率が大であるから、消費電力が少くてすむ。
2. 設備費も一般に安價である。
3. 天井や壁の様子に無關係であつて、設計が容易である。
4. 照明器具の掃除の手數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。

3. 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 (general illumination)
- ロ 局部照明 (local)
- ハ 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局部を夫々最も適當に照明する方式である。全般局部併用照明は圖書閱覽室などで、天井から室全體に低照度の全般照度を施し、別に机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點は

1. 仕事が変わ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. 陰影が軟か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。

4. 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法だけを述べよう。

全般照明の設計は屋内でも屋外でも同様に光束法に依る。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。

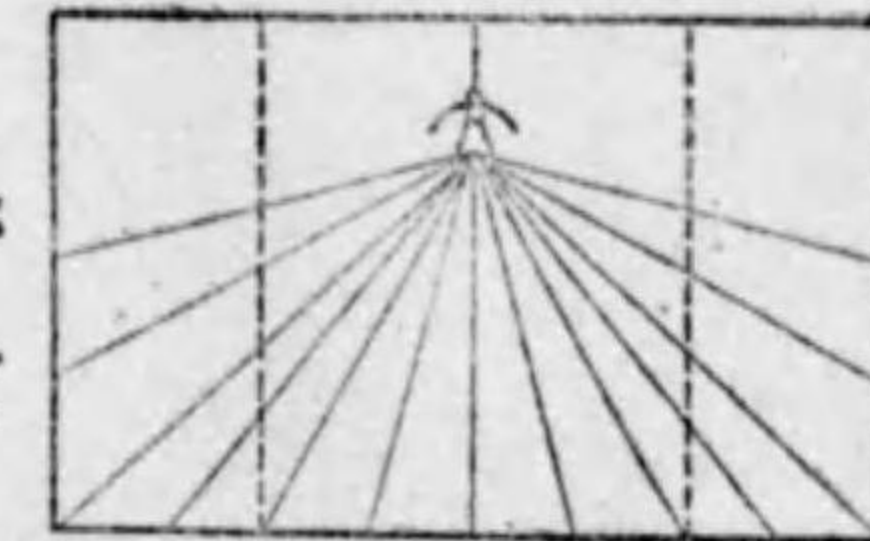
$$\text{所要光束} = \frac{\text{照度} \times \text{被照面積} \times \text{減光補償率}}{\text{照明率}} \quad (9.2)$$

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数をとるが良い。

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であれば、吸収されて無駄になる光束が少いから照明率は良く、直接被照面に向ふ光束が多ければ多い程照明率は高い。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照明率が良い。

第 9.8 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

5. 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。

$$\text{燈具間隔 } D \leq 1.5 H \text{ (燈高)} \quad (9.3)$$

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

$$\left. \begin{array}{l} \text{壁に机が密接して置かれた時 } S \leq \frac{1}{3}D \\ \text{然からざる時 } S \leq \frac{1}{2}D \end{array} \right\} (9.4)$$

之で電燈数を最小とする配置が定る。その電燈数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、少しく配置を変更し電燈数を増して、標準電球で丁度間に合ふものを選択し決定する。

例 1. 10m に 20m 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。

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

照明の計算には 3 桁に止め 4 桁目は 4 捨 5 入せよ

例 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 2.7m の高さにありとする。

$$\text{解 } D \leq 2.7 \times 1.5 = 4.05 \text{ m}$$

$$10 \div 4.05 = 3$$

$$20 \div 4.05 = 5$$

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

$$27400 \div 15 = 1830 \text{ ルーメン}$$

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

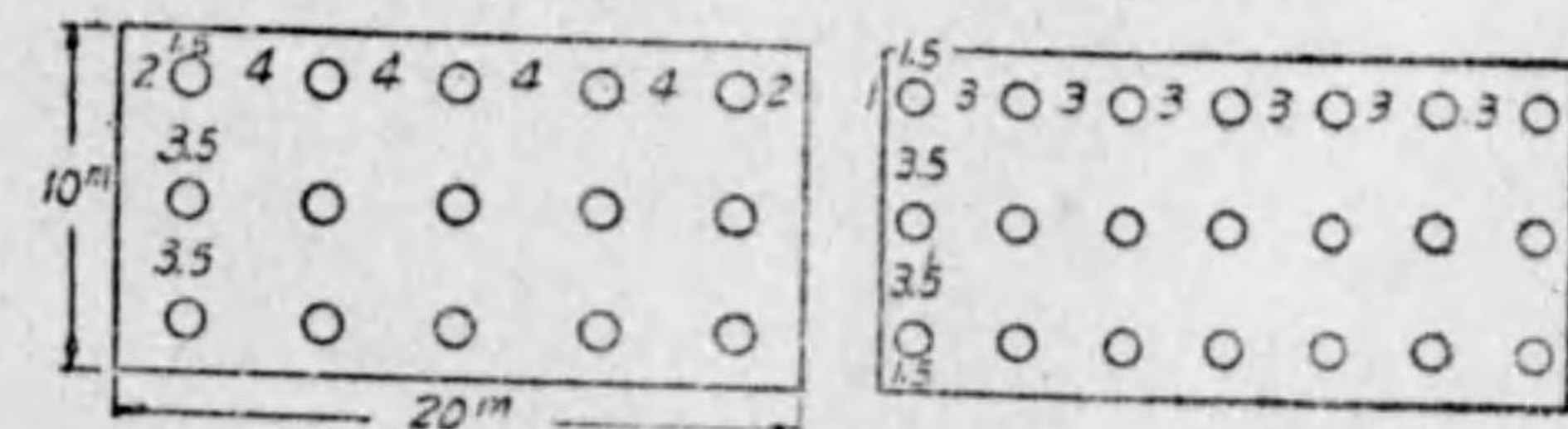
$$3 \times 6 = 18 \quad 27400 \div 18 = 1520 \text{ ルーメン}$$

$$3 \times 7 = 21 \quad 27400 \div 21 = 1300 \text{ ルーメン}$$

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 9.9 圖の様である。

第 9.9 圖

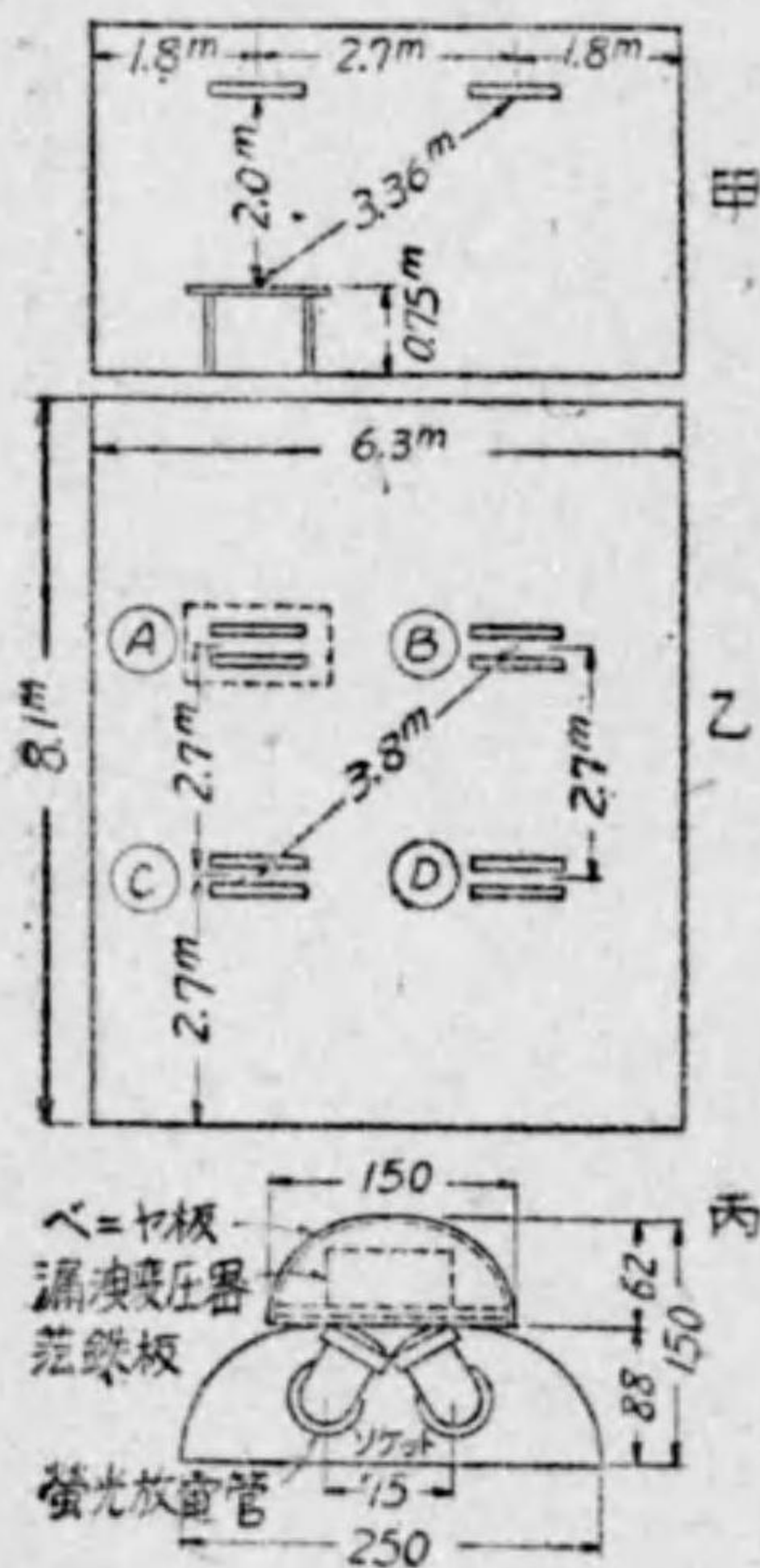


例 2 の電燈配置

6. 螢光放電燈實施例 螢光放電燈の照明設計は未だ實

例に乏しい。こゝに東京都交通局長室の實例を示さう。第9・10圖甲がその室の断面圖、乙が平面圖、丙が器具の構造を示すもので各燈具 40W 螢光放電燈 2 箇を納めてある。之に依つて A なる机面上に A のみ點灯すると 100ルクス、A と B とを點燈すると 120ルクス、C を加へると 130ルクス、D をも加へると 140ルクスが得られた。

第 9・10 圖



螢光放電燈實例

で得られる範圍で商店では最高電球を使つた場合のものである

7. 屋内照明基準 昭和18

年3月逓信省より發表された照明基準は次の様である。

所要照度とは作業面に必要な最低の照度である。但し商店では顧客が商品の選擇を行ふ場所の照度で都市の大小其の他周圍の状況で大いに違ふ。

施設基準と言ふのは上記の所要照度を得るために施設すべき照明方法の基準で、使用電球のワット数は最高限度である。

被照面に得られる照度は本施設

第 9・1 表 屋内照明規準

種別	場 所	所 要 照 度 ルクス	照 明 施 設 基 準	被照面に 得られる 照度, ル クス
住 宅	客間居間 台所	25	深笠を標準とし、一疊當り7.5W	25~50
	裁縫、子 供の勉強	75	スタンドは40又は60W 天井吊下から深笠で同上	75~150
	讀 書	40	同上 40W	40~75
	玄關浴室	5	10~30W	5~10
	便 所		5~10W	
旅 館 料 理 屋	客室談話 室	25	1疊當り 7~10W 文机にスタンドがあれば天井灯は 暗くして良い	25~50
	食 堂	10	1疊當り 7~10W	10~25
	浴 室	5	1坪當り 10W以下	5~10
	廊下階段 便 所	5	1灯40W以下 1坪當り10W以下	5~10
事 務 所	タイプラ イタ電話 交換	75	局部照明 100Wグローブ使用	75~150
	製 圖	75	同 上 全般照明グローブ使用1m ² 當り 30W (坪當り100W)	75~150
	一 般 事 務 所	40	笠に依る全般照明1m ² 當り10W (坪當り30W) グローブ # 15W (≠50W) スタンド使用1灯60~100W (二人迄) 笠の引下げに依る40~60W (≠)	40~75
	會 議 室 應 接 室	25	笠に依る全般照明1m ² 當り7W (坪當り20W以下) グローブ # 10W (≠30W以下)	25~50

	廊下階段 便 所	5	一坪40W以下 坪當10W以下	5~10
學 校	黒板面	70	局部照明 60W 2~3燈	70~100
	製圖寫、 圖書室、 裁縫室	70	笠に依る全般照明 1m ² 當15W (坪當50W) グローブ " 25W(坪當 75W)	70~100
	教室實驗 室	35	笠 " 10W 30W グローブ " 15W 50W	35~50
	講堂禮堂 場集會室	18	笠 " 7W 20W グローブ " 10W 30W	18~25
	出入口廊 下階段	5	1灯40W以下 坪當10W以下	5~10
	理髮店、美容院	50	笠に依る全般照明作業椅子1脚 100W以下 グローブ " 150W以下	50~100
(大 阪 市 最 繁 華 店)	書籍時計 呉服洋品	25~50	深笠の場合坪當 80W以下 グローブ " 100W以下	50~100
	食料品靴 履物藥局	25~50	深笠 " 60W以下 グローブ " 80W以下	40~80
	金物瀬戸 物荒物家 具	25~50	深笠 " 40W以下 グローブ " 50W以下	25~50
	飾 窓	25~50	坪當 200W以下	—

8. 街路照明基準 同じ發表の街路照明基準の要點は次の様である。

燈器 配光が水平以上に向はざる高效率反射笠使用
 取付高さ 地上 5m 以上

電燈 1基1灯 100W 又は 100 燭以下
 燈柱間の距離 50m 以下 (電柱又は門軒燈利用を原則) 但し交叉點, 分岐點, 曲り角, 坂の上下等交通上重要な場所は20m迄短縮しても良い。

市街地の例を示せば道路全幅員 15m 以上の場合は道路の片側又は兩側に設け 100m 又は 100 燭以下, 6m 以上の時は片側に 60 又は 60 燭以下, 6w 未滿は片側に 30w 又は 30 燭以下とする。

9. 工場照明基準 照明學會が生産力擴充, 體位向上, 災害防止並に電力節約を同様に制定した工場照明の基準の主なものを第9・2表に示さう。

第 9・2 表 工 場 照 明 基 準

精粗	作 業 の 種 類 作 業 の 例	全般局部併用照明			全般照明のみ	
		作業 照度 ルク ス	全般照 明の推 奨照度 ルクス	全般照 明の最 低照度 ルクス	推 奨 照 度 ルクス	最 低 照 度 ルクス
超 精 密	機械(超精密機械操作及 細工台上) 時計, 精密彫 刻, 漆繪織 (刺繍に類する作業) 検査(超精密)	5000 ~ 1000	50	30		
精 密	機械(精密機械操作及作 業台) 金屬(板検査) 印刷(植 字, 文挿) 暗色布地(切斷, 検査, 裁縫 検査(精密)	1000 ~ 300	40	20		

	塗装(精密手塗仕上) 自動車(組立, 修繕) 紡織(暗色物)				150 ~ 75	40
普	機械(操作, 削磨, 研磨 普通加工) 鑄造(型造) 熔接 明色布地(切断, 検査, 裁縫)	300 ~ 100	30	15		
通	金属(熱処理)製菓, 製紙 化学(濃過, 蒸溜, 結晶) 塗装(吹付, 撫塗) 紡織 (明色物)				100 ~ 50	25
粗	木工(荒切)	100 ~ 50	20	10		
	金属(鑄) 化学(濃過) 鑄造(鑄込 作業)				50 ~ 25	10

尙照明方式は局部照明を主とし、検査識別にはその目的に適する特殊照明方式を採用し、直射及び反射眩輝を避け、電燈及び器具は効率良きものを選び、天井壁等は明色に仕上げ、窓際の電燈は單獨に點滅し得る様スイッチを設け、作業終了せば主な電燈は直ちに消燈する事が必要である。

復習問題 IX

- 次の場所の照度はどの位なりや。
夏日正午の木蔭 普通窓側 十五夜の地面
- 照明方式を器具の上より分類せよ。
- 屋内の均齊度を小とするには如何なる照明方式を選ぶべきか。

- グローブにて 200W ガス入タングステン電球を使用した時、上方に向ふ光束 1600 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。
- 燈具の配置より照明方式を分類せよ。
- 10m に 15m 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。
- 12m に 15m の事務室あり。半直接照明に依り 70 ルクスを得んとす。所要總光束如何。但し照明率を 65% 減光補償率を 1.3 とせよ。
- 前問に於て机は壁に向はず、天井の高さ 4m とせば、何ワット電球を何箇使用すべきや。

第十章 測 光 法

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 (illuminometer) 及び光束計 (integrating photo meter) 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、

第 10.1 圖

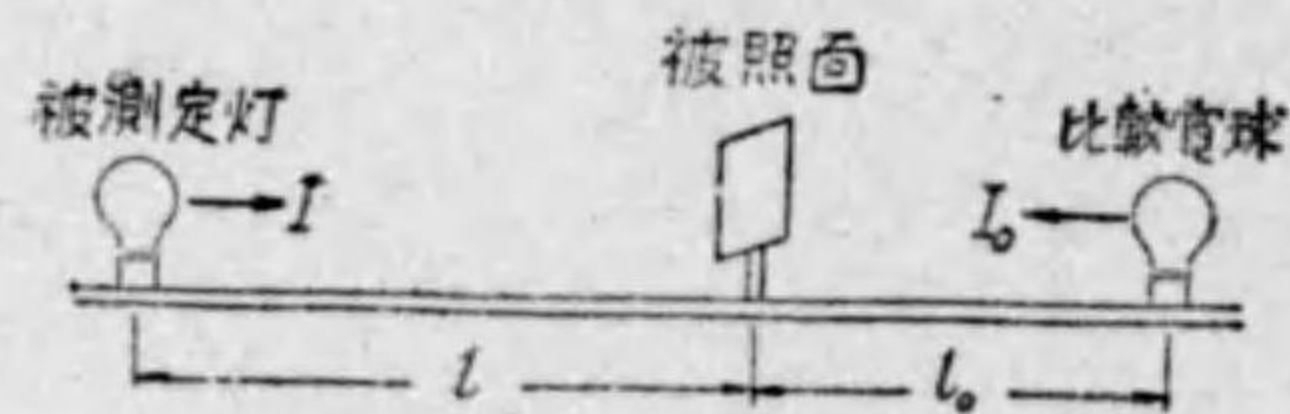
其の中間に一つの被照體を置くこと第10.1圖の様にする。そして被照體を左右に動かして

被照體の左右兩面が同一照度になつたとすれば、

$$I = \frac{r^2}{l_0^2} I_0 \quad (10.1)$$

但し I は測らんとする光度、 I_0 は比較光源のこの方向の照度、 l 、 l_0 は夫々の距離である。従つて $\left(\frac{l}{l_0}\right)^2$ 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、



光度測定原理説明圖

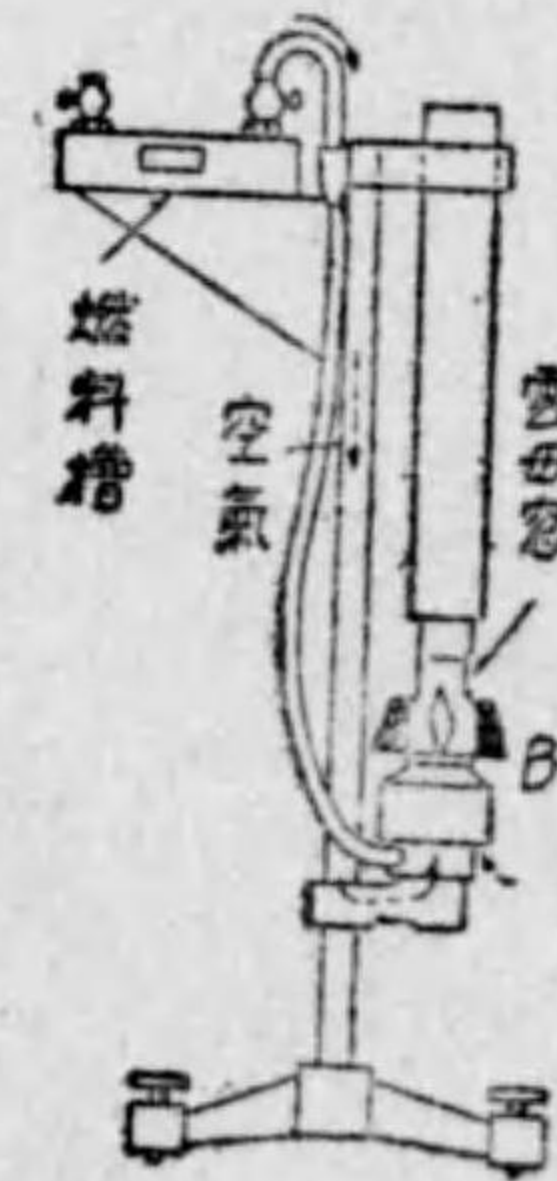
ハーコート 10 燭ペンタン燈は使はず、それと比較して光度を求めた標準電球と更に比較して光度を求めた二次標準電球を使用する。

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 m² ニ付 8 l ノ水蒸氣ヲ含有スル空氣中ニ於テ燃燒スル「ハーコート」10 燭「ペンタン」燈ノ光度ノ 1/10 トス。

第 10.2 圖 第 10.2 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



光度原器

(化學式 C₅H₁₂) が蒸發し火口 B で空氣と混合して燃燒する。其の焰の尖端が雲母窓から見える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しようとする事に決定して居る。其の値は 60 燭/cm² 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、標準電球の使用時間が短い上に測定器に基づく誤差を小さくする利益がある。先づ標準電球を被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_0, l_1 、夫々の光度が I_0, I_1 とすれば、

$$I_1 = \frac{l_0^2}{l_1^2} I_0 \quad (10.2)$$

次に比較電球は其の儘とし被測定電球を標準電球のあつた所へ置き、同様の測定をなして、 l_1, l_{01} を求めれば

$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_{01}^2} I_0$$

上二式から I_0 を消去して

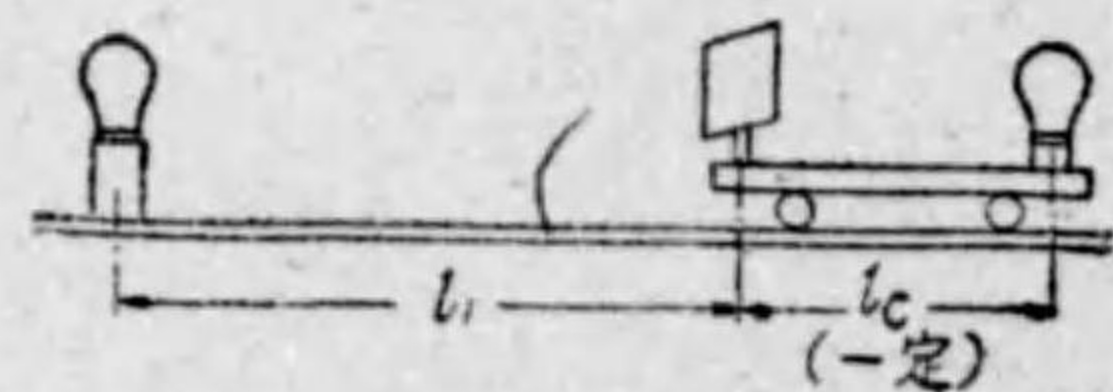
$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_{01}^2} \frac{l_0^2}{l_1^2} I_0$$

實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10.3圖)。この時は常に $l_0 = l_{01}$ であるから

$$I_1 = \frac{l_1^2}{l_0^2} I_0$$

被照面の両側の照度が同一であることを肉眼で容易に判断出来

第 10.3 圖

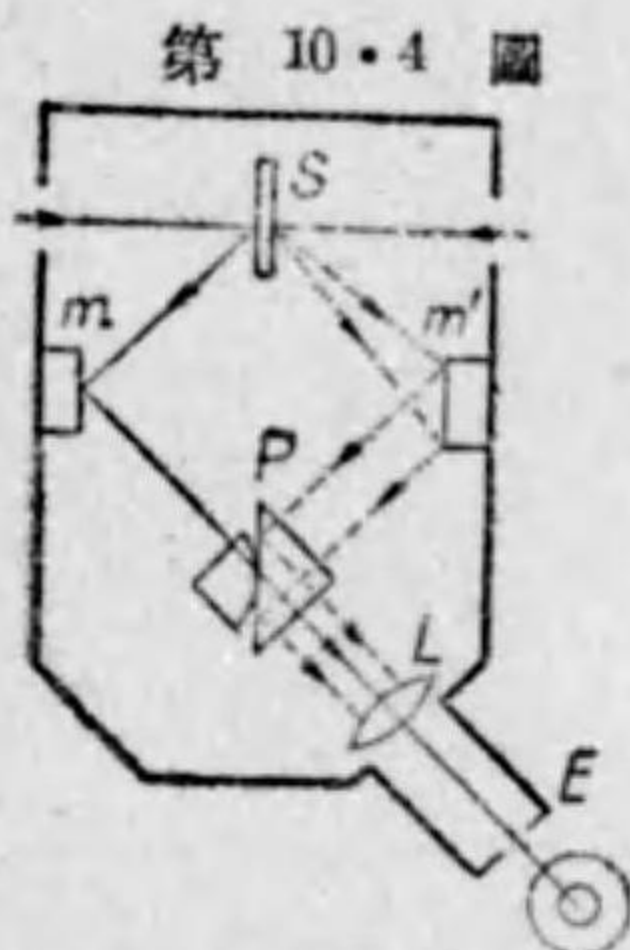


車臺形光度計

$$(10.3)$$

る様にする目的で種々の工夫があるが、その一種だけ示さう。

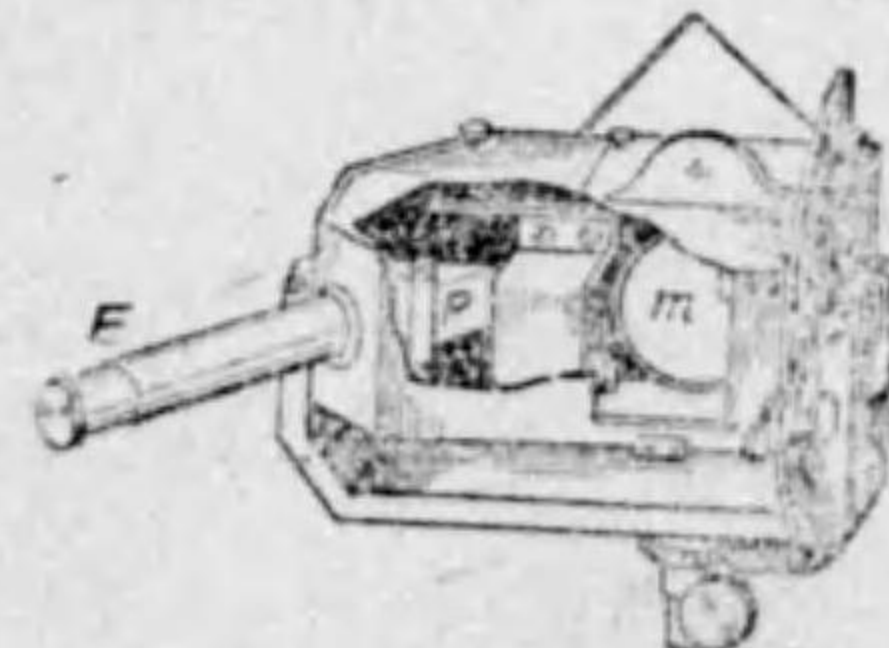
第 10.4 圖はルンメル・プロヂューン光度計の等照型の原理を示すもので S は酸化マグネシウムを塗つた被照面で、夫れからの光を m, m' にある鏡で全反射させて中央にある P なる合成三角稜に向はせる。



ルンメル・プロヂューン光度計、等照型の原理

P はルンメル・プロヂューンのキューブと呼ばれ、一方は普通の三角稜、他方は底邊を圓形に仕上げた三角稜で、その底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、周囲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來たものは素通りして E には來ないが、周囲の分は右側三角稜の底で全反射して E に向ふ。従つて E から見ると周囲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、周囲が明るければ左側に動かすと、丁度左右が同照度で、 E から見て周囲と内

第 10.5 圖



ルンメル・プロヂューン等照型光度計

第 10.5 圖

側と區別が出来ない點が平衡點である。第 10・5 圖は本器外面の一部を切開いて内部を示した圖である。

3. 交照光度計 白熱電燈同志でも 100 ワットの電燈と 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斷が間違つて來るからである。まして水銀電燈の光度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。

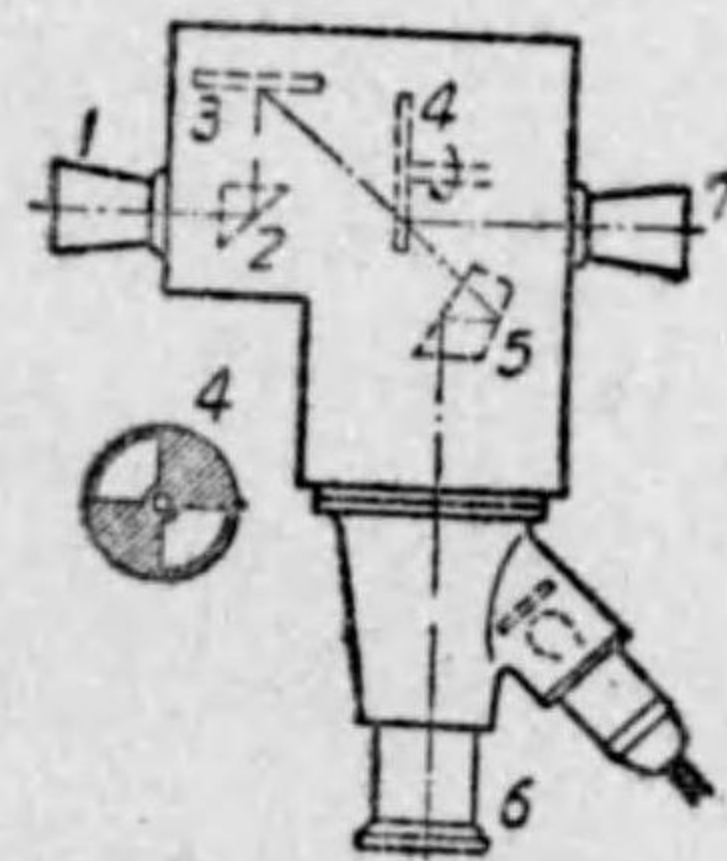
3. 分光器に依る法 被測定光源の波長エネルギー曲線を作圖して、それと光束對エネルギーの關係から總光束を求める方法で、純學術的の方法である。

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（毎秒 20 回内外）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、その一例としてゲルト（Guild）の改良型を説明しよう。第 10・6 圖で、左方 1 から來た光はプリズム 2 で全反射して白色擴散面 3 に入射する。4 は回轉圓板で、附圖に示す様に半分は穴が穿けてあ

第 10・6 圖



光度計(ゲルト改良型)

る。5 なるプリズムは光を接眼鏡 6 に向けるためのものである。4 が穴のない部分が 5 に向合ふ瞬間には右方から 4 に入つて來た光が反射して 6 に向ふが、4 の穴のある部分が向合ふ瞬間には 3 から來た光が 6 に向ふ。即ち 6 では 4 なる圓板のために左右から來る光が交互に見える。4 の回轉速度が適當であれば色の相違に依るチラツキはわからないから、チラツクのは輝度が違ふため、チラツカなくなれば、平衡が得られたのである。

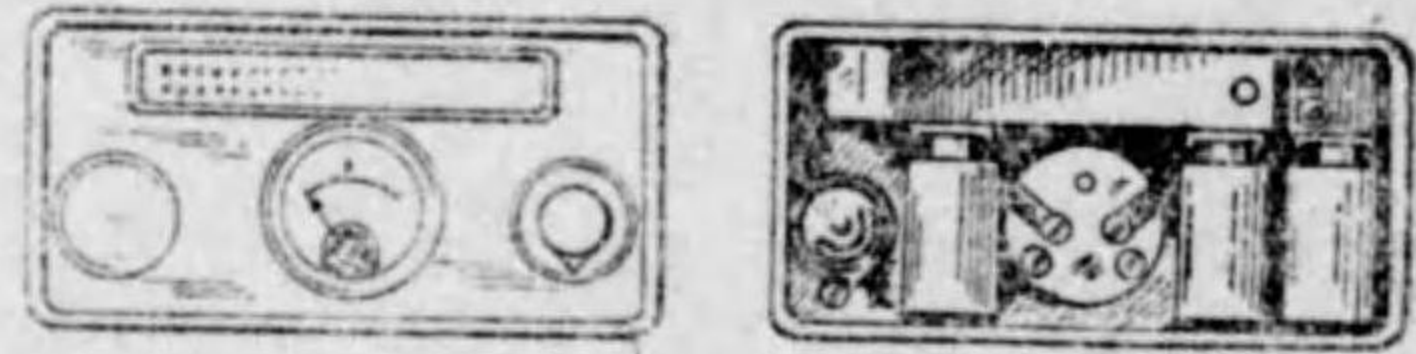
4. 照度測定

普通の用途にはスポット型が便利である

第 10.7 圖はこの型のYY式照度計で左は正面圖,右は裏の蓋を取除いて内部の有様を示したもので,其の電氣的接続は第10.8圖に示される。

第 10.7 圖

上側に完全擴散性の窓の中に二列に並んで居る丸がブレン



Y Y 式 照 度 計

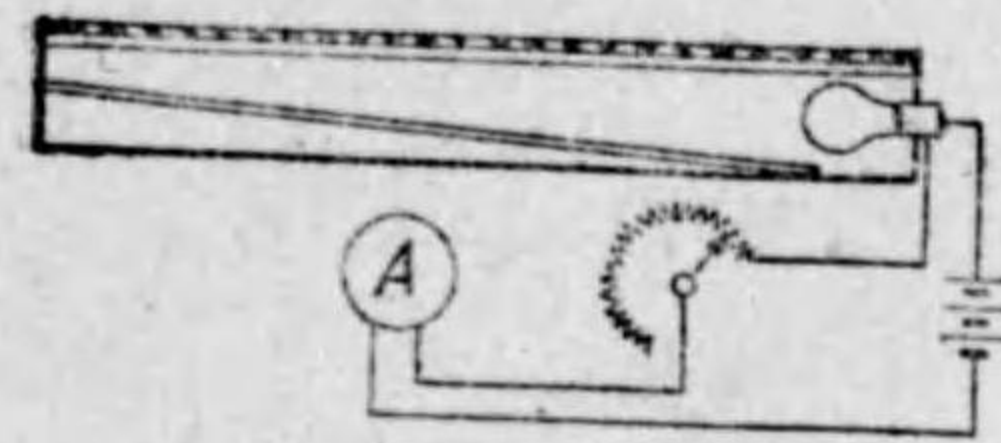
スポットと呼ばれる半透明膜で,内部にある標準電球で照らされて居る。その部の輝度が,測らんとする照度に基づくその周囲の輝度よりも小であれば丸が暗く,大であれば明るく見え,丁度等しければ丸が見えない。この暗い所と明るい所の境の所の目盛を讀めば,その場所の照度が求められる。

それには電球を指定の光度とする様に抵抗器と電流計とが第10.8圖の様に接続してあり,抵抗を加減して電流計の指針を所定の位置に偏れさせる。このものには4ルクスから80ルクスまでの目盛がある。それより大きな照度を測るには電流計の指針を10の位置に偏れさせれば良いので,目盛の10倍まで測れる。もつと小さな照度を測るには電流計の指針を夫々1/10,1/100の位置に偏れさせれば,目盛の1/10,1/100が測られる。即ち本器で大約0.04ルクスから800ルクス迄が測れる。

本器を使用する時は測定者の影が測定の邪魔をしない様に注意する。使用しない時は抵抗器を最大の位置に戻して置くのは

勿論だが,出来れば電池を取出して置くが良い。

第 10.8 圖



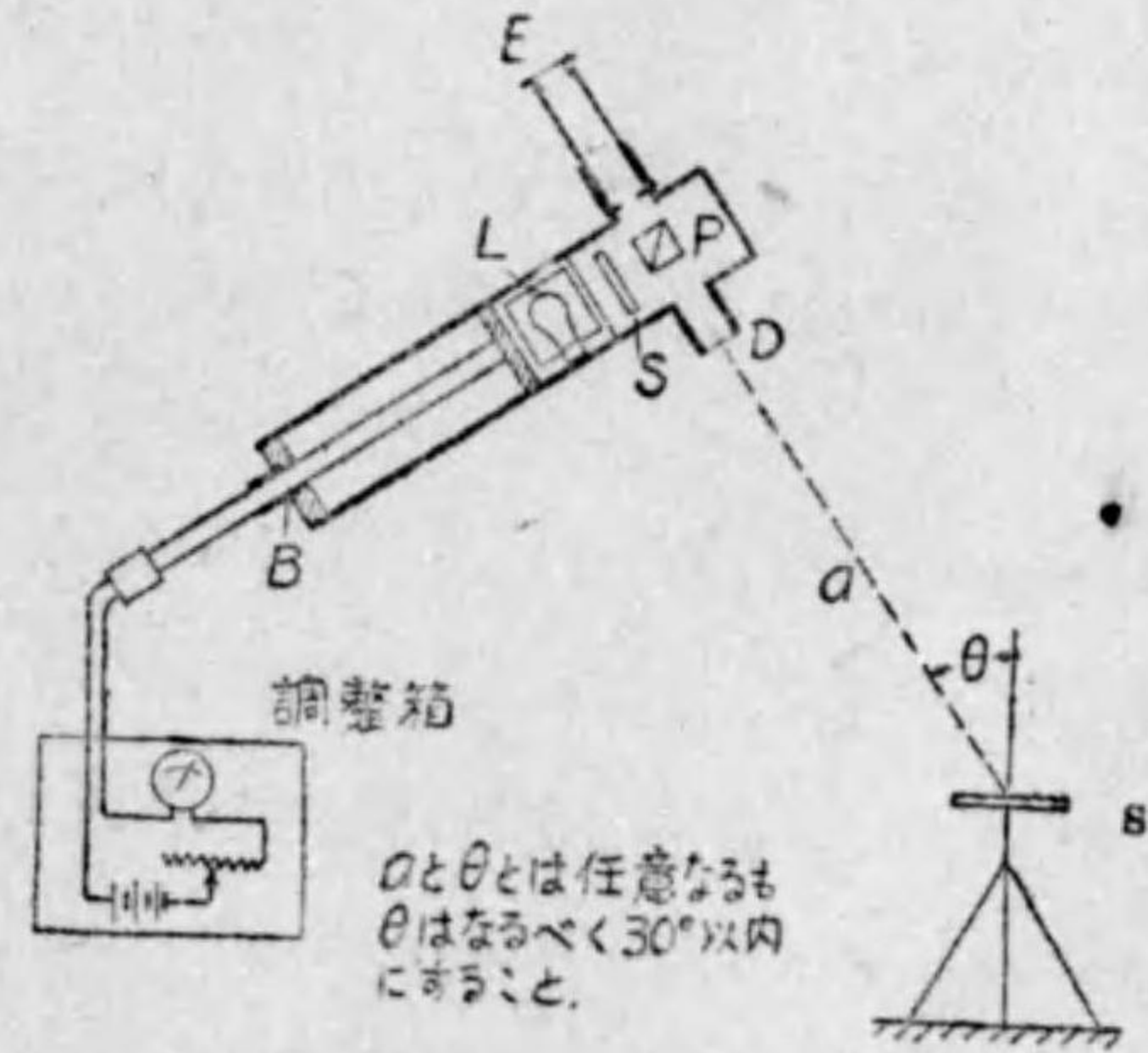
Y Y 式 照 度 計 接 続 圖

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。之は完全擴散性の反射面である。

第 10.9 圖

照度計の本體はルンメル・プロデューンのキューブ P, 標準電球 L, 之を抜き差しするハンドルとラック 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



マクベス照度計断面圖

電流計がある(第10.9圖)。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° 以内の所に立ち, 計の D を之に向ける(第10.10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, B

第 10・10 圖



マクベス照度計での照度を測定中の圖

測定に出掛ける前に豫め標準光度で標準電球に何アンペアを流したとき、目盛が正しいかを調べて置けば測らんとする照度を極めて精確に求める事が出来る。尚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、光源の電流を低下して或る程度までは測定出来る。唯測定者の蔭で S の光度が影響されない様に注意を要する。

5. マツダ照度計 全くの素人でも測れるものにマツダ照度計がある。第 10・11 圖の下部は其の外観で丁度掌に載る大きさである。圖の上部は其の目盛だけを示したもので、指針の偏れから直ぐにその場所の照度が讀める。500 ルクスまで目盛つてあるから仕事する場所の照度を測るに都合が良いが、50 ルクス以下は殆んどわからないから、電燈に依る室内各部の照度を測るには都合が悪い。

本器の上部はセレン堰層光電池である。之は鐵板にセレンの薄膜を附着させ、更に其上をカドミウムメッキして保護してあ

を廻して L と擴散性白色板 S との距離を變化し、平衡を求める。そこで、指針を讀むと直ちに S の照度が得られる。

測定に出掛ける前に豫め標準光度で標準電球に何アンペアを流したとき、目盛が正しいかを調べて置けば測らんとする照度を極めて精確に求める事が出来る。

尚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、光源の電流を低下して或る程度までは測定出来る。唯測定者の蔭で S の光度が影響されない様に注意を要する。

る。このカドミウム面に光束が照射すると、セレンと鐵との界面に微小の起電力が発生する。その大きさは或る範圍では照度に比例する。そこで下方のマイクロアンペア計に接続して置けば、電流計の偏れから照度を知ることが出来る。一般に光が當ると起電力を發生するものを光電池と言ひ、本例の様に二種の物體の界面に生ずるものを堰層光電池と言ふ。銅の一面を亞酸化銅とすると同様の作用がある。

肉眼で輝度の同一を判別しない測光法を一般に物理測光と言ふ。光電池を利用するもの、外に光電管を利用するもの、輻射計を使用するもの、寫真板又はヒルムを使用するもの等がある。

物理測光は測定が迅速で人の違ひに依る誤差がないが、波長に依る感度が肉眼と違ふから、同一波長エネルギー曲線を有する光源に依るものの比較か、或は波長エネルギー曲線が即知である電源に依るものしか測れない。

屋外照度の様な低照度のものの大略を知るにカード式のものがあ。これは一枚の紙上に暗色の程度が違つたカードに缺目

第 10・11 圖



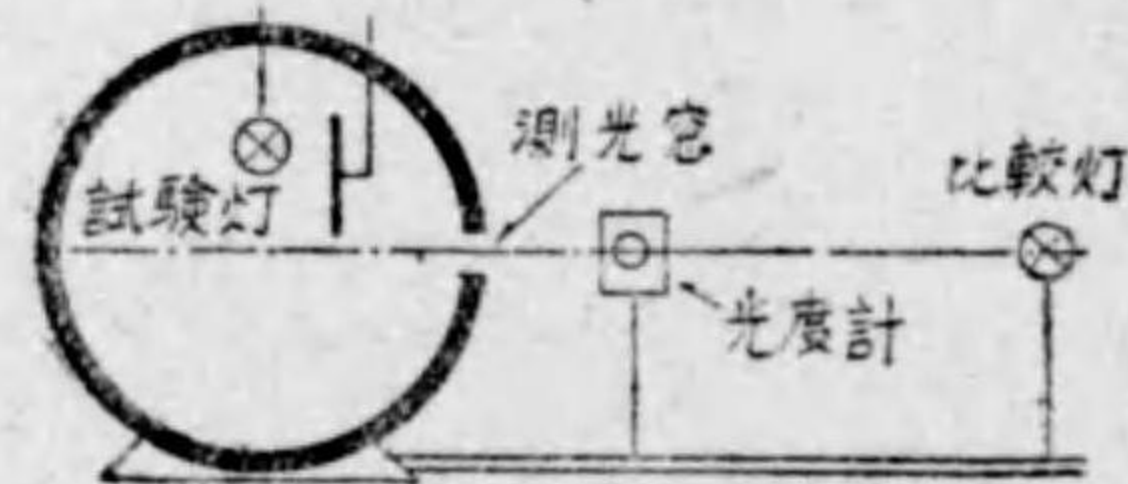
マツダ照度計

を有する環が印刷してあるものが並んで居る。或る場所で順次にこのカードを見てその欠目が認められるカード記入の照度と認められないカードの記入照度との中間をその場所の照度と知るのである。

6. 光束計

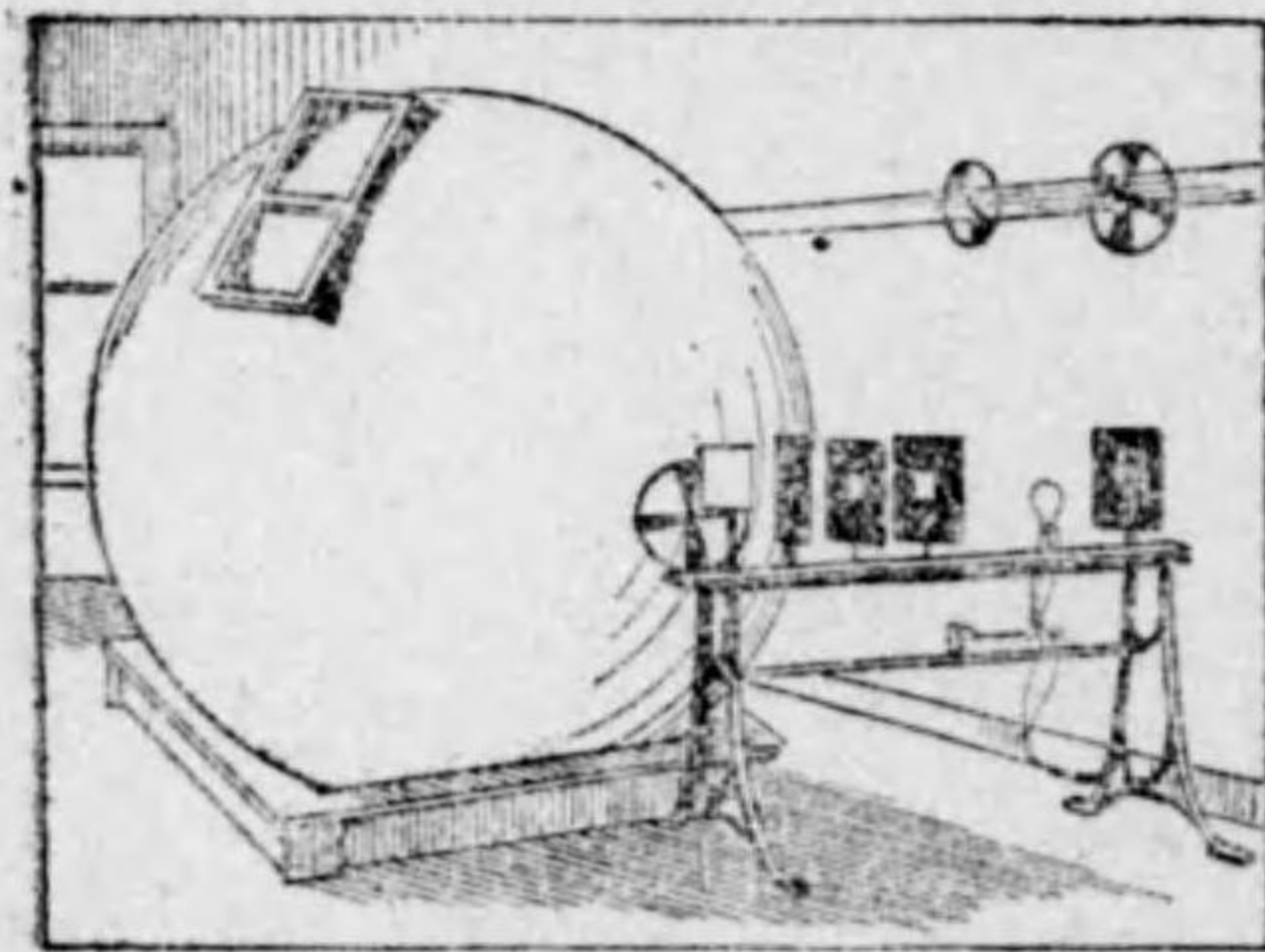
或る光源の輻射する總光束を直接測定する

第 10・12 圖



球形光束計の配置

第 11・13 圖



球形光束形(外形)

依つて光束の解つて居る電球を使つて置換法に依り未知電球の光束数が計算出来る。光束ルーメン数を 4π で除せば平均球面

ものを光束計と言ふ。其の一種に球形光束計 (globe photo-meter) がある。第 11・12 圖に示す様に直径 0.8 乃至 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。

光度が得られる。

若し本球の半径 R_m 、内面の反射率 ρ 、全光束 F 、測光窓の面積 A_m^2 、透過率を σ とすれば測光窓の光度は大畧次の式で求められる。

$$\text{測光窓の光度} = \frac{\sigma}{4\pi^2} \frac{F}{R^2} \frac{\rho}{1-\rho} A \quad (10.4)$$

7. 配光曲線

光度計で求められるのは或る方向だけの

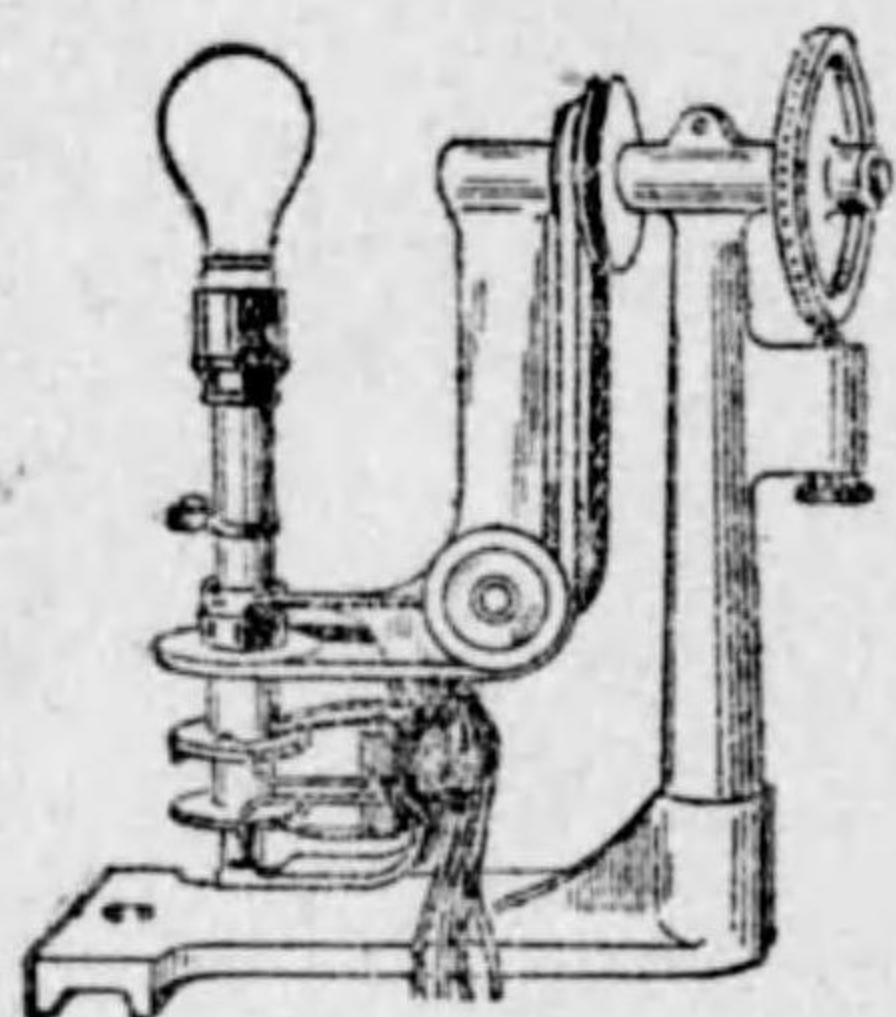
光度である。

電球の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、即ち水平各方面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。ユックリだと光の變化でチラツクし、餘り速すぎれば纖維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 11・14 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大いに相違するので精確を缺く處がある。

依て平均鉛直配光曲線を求めて、それから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

第 11・14 圖



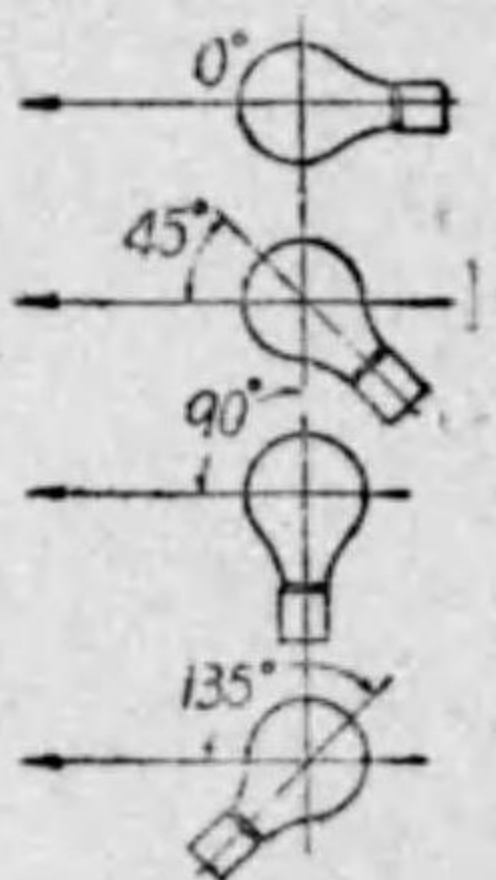
電球回轉裝置

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光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° 又は 15° 置きに光度を測定して 180° 近くに到る (180° はソケット其他にさへぎられて測れない)°第 11・14 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、電球を或る傾きに保持する爲のものである。

曲線の鉛直角 θ はソケットを上にして光軸の方向を 0° とし、それから第 11・15 圖で測光の爲に廻す角で計られる。そして θ の方向の光度 I_θ が θ 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 11・15 圖

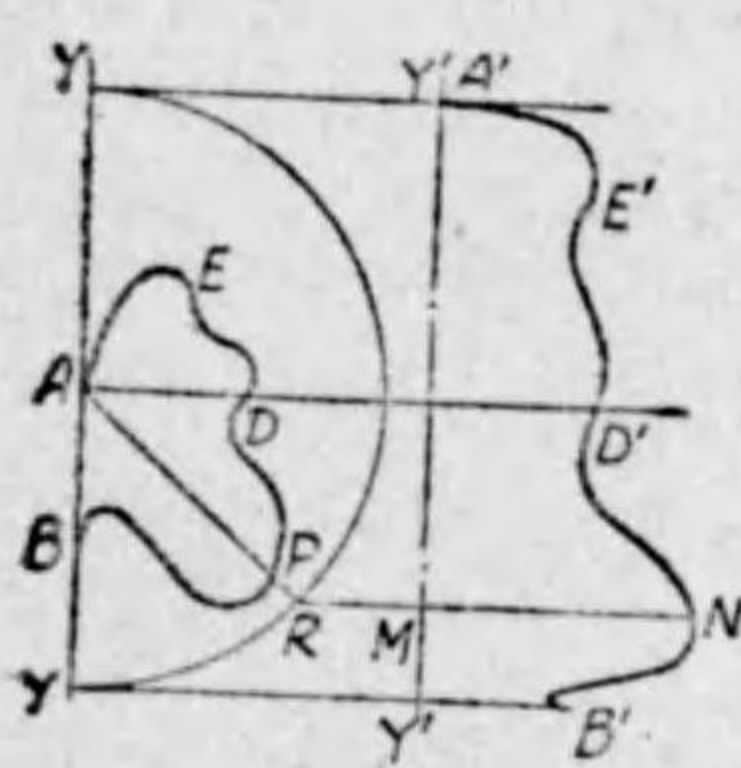


配光曲線の垂直角

8. ルーソー線圖 ところで配光曲線の紙上にその中心を中心として任意の半徑 r で圓を畫き (第 11・16 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 OR を引き (圖には一つだけしか示していない) 其の圓周上の點 R から水平線を引いて其の $Y'Y'$ より高さ (水平の長さ) MN が配光曲線が半徑を切るその半徑の長さ AP (即ち其

第 11・16 圖



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。斯うして描いた線圖をルーソー線圖と言ふ。すると
 總光束 = $\frac{2\pi}{R}$ (ルーソー線圖と $Y'Y'$ との圍む面積)

この面積を求めるにはブラニメータ

と言つて線圖をその先端にある車で一廻りすると面積が計量盤に表はれるものが便利だが、均等な質の紙にこの圖を描いて切抜き、別に大略同じ位の大きさの面積のわかつた紙を切抜き、兩者の重量の比較から面積を知る方法もある。線圖に餘り凹凸がなければ、 $Y'Y'$ の長さを 20 等分し、夫々の分點の線圖の高さを平均しても平均球面光度従つて光束が求められる。

又光束係數法と言ふて、 0° から 15° をきに光度を求め、夫々の係數をかけて合計しても總光束が出る。

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

復 習 問 題 X

1. 光度計の原理を述べよ。
2. 光度測定の場合の置換法を説明し、其の優れた点を示せ。
3. 置換法で計器に依る誤差がない事を説明せよ。
4. 我が國の光度の標準器に就き記せ。
5. 現行の光度標準器の欠点を挙げ、將來の標準器は如何になるべきかを示せ。
6. 全長 1.5m の光度計で 20 燭の比較光源から 0.6m の點で平衡したと言ふ。被测電球の光度如何。
7. 置換法で甲電球の光度を測定するに、先づ 12 燭の標準電球では光度計頭部と標準電球との距離 20cm で平衡した。次に標準電球を甲電球と取換へた所、光度計頭部は更に 16 耗移動する事を要したと言ふ。甲電球のこの方向の光度如何。
8. 机面より 1 米離れた所に電球あり。其の机面と電球との間に一枚のガラス板を挿入せるに、挿入せざる時と同じ照度を机面に與ふるには電球を 10 纏近づくるを要したりと言ふ。其のガラス板は光の幾%を透過せりや。
9. 長さ 2m 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 電球側に一枚のガラス板 T を挿入せるに、中央より 10 纏移りたる點に於て平衡せりと言ふ。此のガラス板は光の幾%を透過せしや。
10. 長さ 250cm の光度計の兩端に電球 A 及び B を點じ、A 電球側に灰色ガラス板 F を挿入して測光したとき、光度計の中央に

- 於て平衡し、次に B 電球側に同一ガラス板 F を挿入して測定して測光したとき中央から 35cm 移つた點で平衡したと言ふ。此の灰色ガラス板 F の透過率何%なりや。又灰色ガラスのない場合の平衡點は A から何 cm であるか。
11. ナトリウム電燈又は水銀燈の光度を白熱標準電球にて測るには如何なる方法ありや。
 12. 交照光度計の一種に就き構造及び作用を示せ。
 13. スポット型照度計の原理を説明せよ。
 14. YY 式照度計で、目盛以上又は以下の照度を測るには如何にするか。
 15. マクベス照度計に依る照度測定の方法を述べよ。
 16. マツダ照度計の構造及び原理如何。
 17. 物理測光とは何ぞや。他の測光に比較して優劣を述べよ。
 18. 物理測光は同一種類の光源の比較に限る理由を説明せよ。
 19. 光束を測定する計器の名稱を示せ。
 20. 直径 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 ρ なる完全擴散面なりとす。
 - (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/cm²)
 擴散照度とは直射に依る照度以外の照度を言ふ。

21. 公式 (10.4) を誘導せよ。
22. 置換法に依り光束を測定するに、光度計と球との距離は一定に保ち、比較燈と光度計との距離を變へて平衡を求めた。先づ 1080 ルーメンの標準電球を入れた時は 120cm, 供試電球を入れた時は 100cm であつた。供試電球の全光束は何程か。
23. 直径 1 米なる球形光束計あり。光束 1 000 ルーメンの標準球を之に入れたるとき比較燈の距離 115 纏にて平衡し、次に供試電球を入れたるとき 100 纏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% の完全擴散性ガラスなりとせば、供試電球を入れたときの測光窓の輝度は平方纏當り何燭なりや。
24. 白熱電球の配光曲線を求める方法を述べよ。
25. ルーソー線圖を描く方法を示し且つその原理を述べよ。

第十一章 特殊照明

1. 工場照明 照明が改善されると、(イ) 無駄の手数が減つて生産高が増加するのみならず、作業の注意が行届くから其品質が向上する。(ロ) 手暗がり其他のための傷害事故が減少するのみならず、眼の疲勞に基づく工員の保健状態が改善され(ハ) 監督も行届く事になる。

然らば如何にすべきか。(イ) 作業の精粗及び作業員の位置に應じて適當の方向から適當の照度を作業物に與へ(ロ) 作業状態で絶対に眩輝を感じる事がなく(ハ) 然かも消費電力が出来るだけ少くてすむ様にすべきである。

第 11・1 圖に工場向補助照明器具を示す。

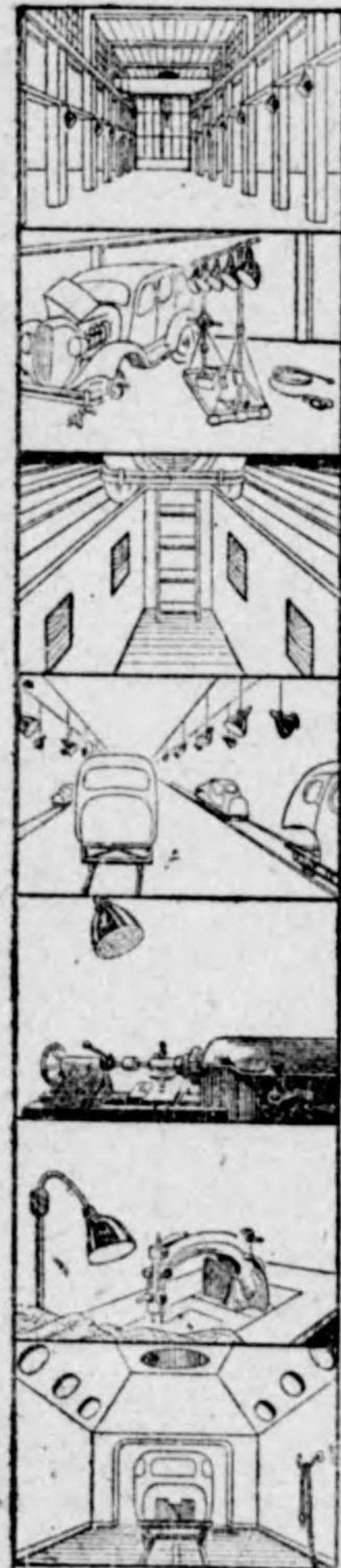
其の實際的方法は一々擧げられないから、二三の推奨方式を

第 11・1 圖



工場向補助照明器具

第 11・2 圖



起重機のある工場洗機作業臺

天井の高い工場では床上 6m 位に角照型反射笠と呼ばれる金属笠を適當の間隔に設ける。作業者に眩暈を與へない様に然かも作業に都合の良い様に取付高さ及び方向を決定する。笠間隔は作業面と電燈との距離の 1.5 倍を超へない様にする。

車庫格納庫

60~100W電球數箇を 3m 位の高さに角照型反射器を附して取付けた可搬スタンドを設ける。別にキャプタイヤコードに 100 又は 200W 電球を取付けたものを用意し各部を検査する。

電車工場修繕用ピット

影を無くする様に壁内に角照型反射笠を取付けた 100~200W電球を 1.8~2.4m 間隔に埋込み、蓋には完全擴散性のガラス、出来ればプリズムを使ふが良い。上記の可搬電燈も用意する。

自動車組立工場車臺仕上工場

高壓水銀燈か密閉型投光器が良い。鉛直面照度も必要であるから注意を要する。裝付ガラスかバカ擴散レンズを使つた 100~300W 白熱電燈を 1.5~3m 間隔に設備するが良い。

工作機械木材工場

ルーバ付（笠の下面内部に取付けた同心圓の遮光板）工場用スポットライトを作業面に工員の陰影が出来ない様に、然かも作業に邪魔せぬ限り出来るだけ作業面に近づける。60~150 W 電球が良い。

機械工場各種作業場

深型金属笠をフレキシブルスタンド（金属條片を巻上げた管を有するもので自由に方向や位置が調節出来るもの）に取付けた 25~60W 電球を使ふ。單獨作業に適當である。隣人に眩暈を與へない様に使用に際し注意する。

精鍊場製粉工場

腐蝕性蒸氣や可燃ガスを發生する場所には耐爆器具を、蒸汽を使つたり水を噴出させて洗ふ場所には防濕器具を使ふ。天井に埋込んで、天井裏から電球の取替や笠やレンズの掃除が出来る事が望ましい。

工場の特特殊照明 (甲)

第 11・3 圖



作業臺組立臺

精密な仕上げ、組立や検査の様な作業場では、全般照明だけでは十分でないから、深型の反射笠で燈間隔を高さの 1.5 倍位にして軽い陰は出来る方が反つて良い。100~200W 白熱電燈を 0.9m 位の高さに垂したい。

精密組立臺精密検査室

非擴散性の小楕型反射器を上向とし、之に 60~200W の白熱電燈を適當の間隔に並べ、幅の廣い細長い擴散性の反射器で間接照明したものは流れ作業の多量生産工場に適する。光源は必ず眼の高さよりも低くする。

時計工場超精密機器製作工場

小形計器、時計其の他精密機器の製作場には、鏡の少い珪瑯引（セトヒキ）又はペンキ塗の金属板で作つた反射器内に電球を納め、鏡消ガラスか日本紙を貼つたガラスで蓋をした、輝度の低い擴散の良い發光面の廣いものが望ましい。

小物組立室研磨工場

珪瑯引小型の反射器に擴散性のガラス蓋を取付けたものは剪斷機、敷物織機、印刷機の様な廣い面を照明するに適する。材料や機械に光澤がない場合はルーバを付けた種でも良い（この方が能率が良い）

検査室

製品の表面の瑕、形の不揃、斑點、カスリ傷、罅を見分けるには照度を大にしては反つて解らない。裏から照らされた擴散ガラスの壁光源の前で見ると良い。擴散性の物には擴散せぬ光の方が瑕がよくわかる。

同上

隙のある織物、多孔性材料或はガラス、紙、綿物、液體の様な光を透す材料の缺點や瑕の検査には透過光に依るが良い。

同上

板ガラス、塩、電球の様に光を屈折する性質のある材料は發光面を背景にして見ると、氣泡、罅、渦紋等が、強く光つたり歪んで見えたりする。暗い背景と明るい背景とで交互に視ると瑕の位置が窺われる。

工場の特特殊照明 (乙)

舊東京電燈の照明設計から第 11・2 圖及び第 11・3 圖に示した。推奨照度は前章にある。

2. 溢光照明 投光器を使用し、屋外作業所、貨車入換場等を照明するものを溢光照明 (flood lighting) と云ふ。

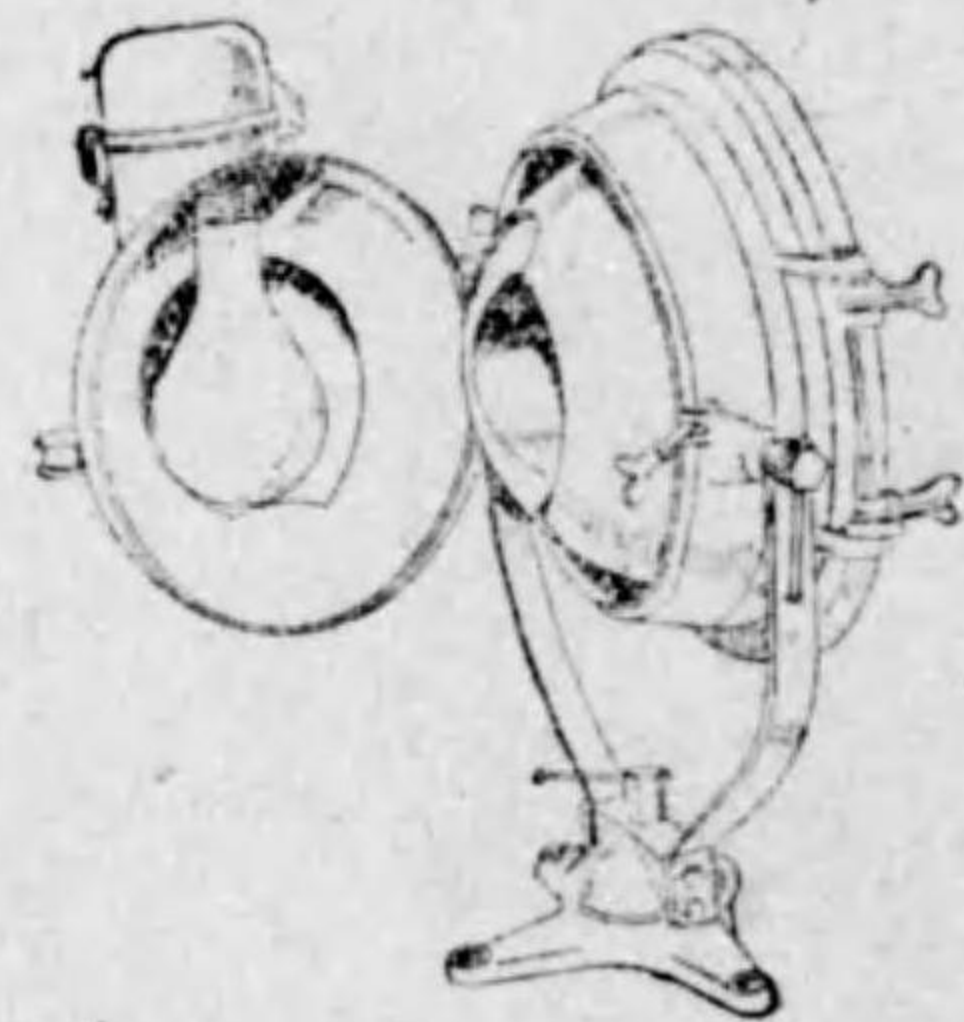
之に使用する投光器は第 11・4 圖に示す様な形状で、反射器には抛物鏡が採用される。

その材料は鐵板にクローム (反射率 65%), アルミニウム (同 62%), メッキが多く使用される。

相當の遠距離で投光器の方向に直角に平面を立て、その平面上に於いて、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でその投光器の光柱角とし、その角が 15° 以下、 $15^\circ \sim 30^\circ$ 及びそれ以上に分けて狭角度、中角度及び廣角度の三種とする。多く使用されるのは 27° 、 50° 、 76° のものである。

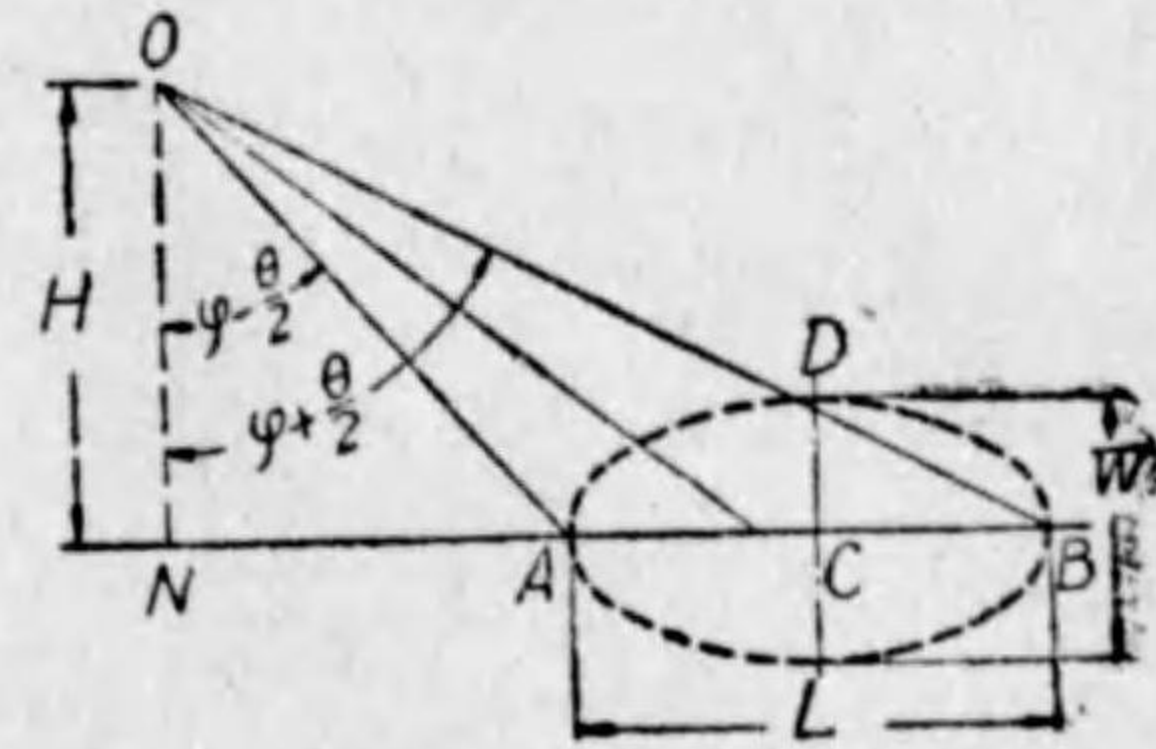
溢光照明を設計するには、先づ被照面の圖を畫き、投光器の種類、取付高さ、取付傾斜角(光柱中心と鉛直方向とのなす角)とを假定し、11・1 及び 2 式から各投光器が被照面を照す楕圓



投 光 器

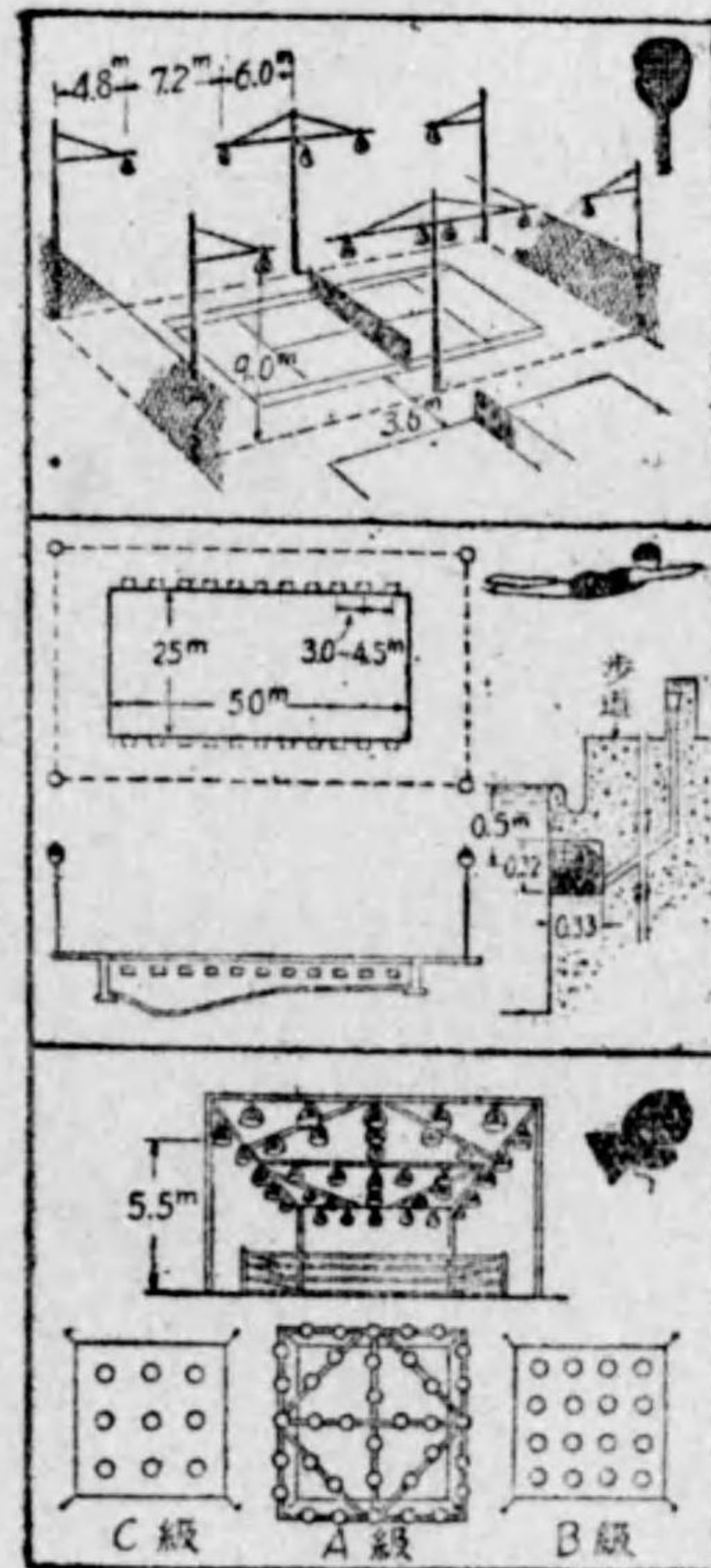
第 11・4 圖

形を求め、之を別紙に畫いて切抜き、それを被照面上に並べて、餘り重る所もなく又空所が極めて少い様 (比較的不用又は



第 11・5 圖

第 11・6 圖



溢光照明設計資料

庭 球

1 コートの場合 廣角深型反射器を地上 9m の所に腕木に取付ける。電球は練習用 1500W, 試合用 2000W, 2 コートの場合は 1 と同様でコートの中に 6 個取付ける。

水 泳 プール

35m 間隔で 20~25m の高さに 1000W 投光器 5 箇宛設ける。別に水中を照すため 500W 投光器を水面下 30~45cm の所に 3.6m 間隔で設ける。

テ ニス 場

選手権試合には、強照型反射器をリング上 5.5m の高さに 1000W, 電球 36 個 5000ルクス以上普通の試合は重要性に應じ 1000W を 9~16 個リング上に均一に配置する。1000~2000ルクス。

暗くて良い所は別として)に決定する。

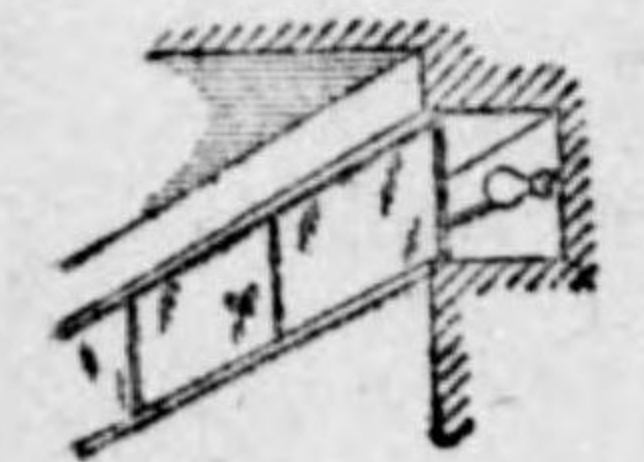
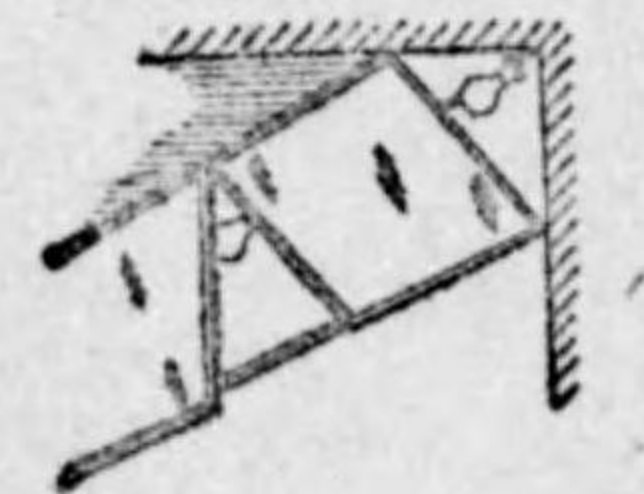
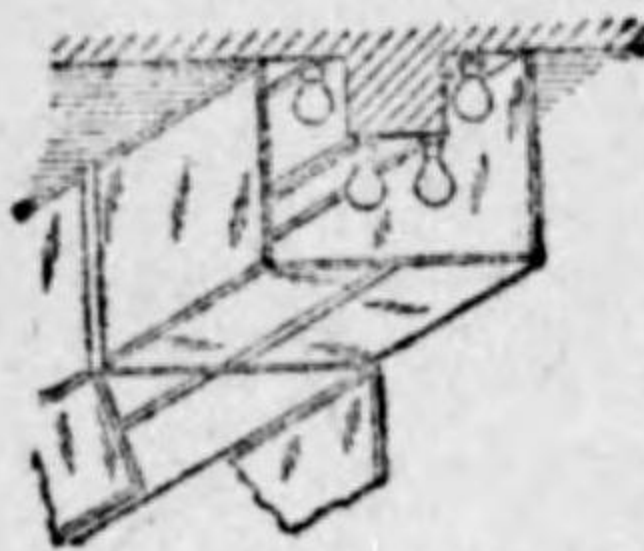
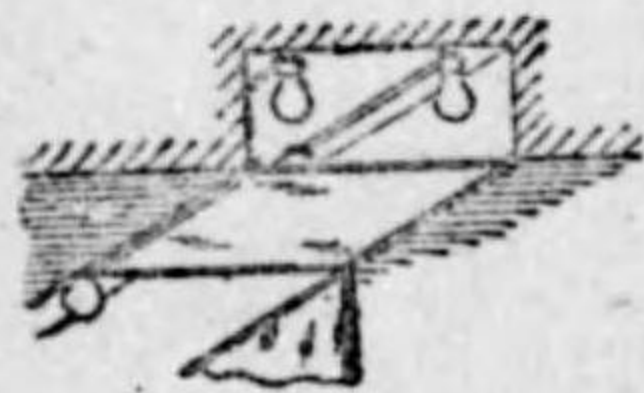
$$L = H \{ \tan(\varphi + \theta/2) - \tan(\varphi - \theta/2) \} \quad (11.1)$$

$$W = H \times 2 \sin \theta / 2 \sqrt{\cos(\varphi + \theta) \cos(\varphi - \theta/2)} \quad (11.2)$$

この面積は楕圓であるから $\pi WL/4$ である。

二三の運動場の照明方法を第 11.6 圖に示した。

第 11.7 圖



建築化照明の方式

3. 建築化照明 建築の主要な構成物なる柱や梁を光源とする照明法を建築化照明と稱するが、梁や柱に適當の間

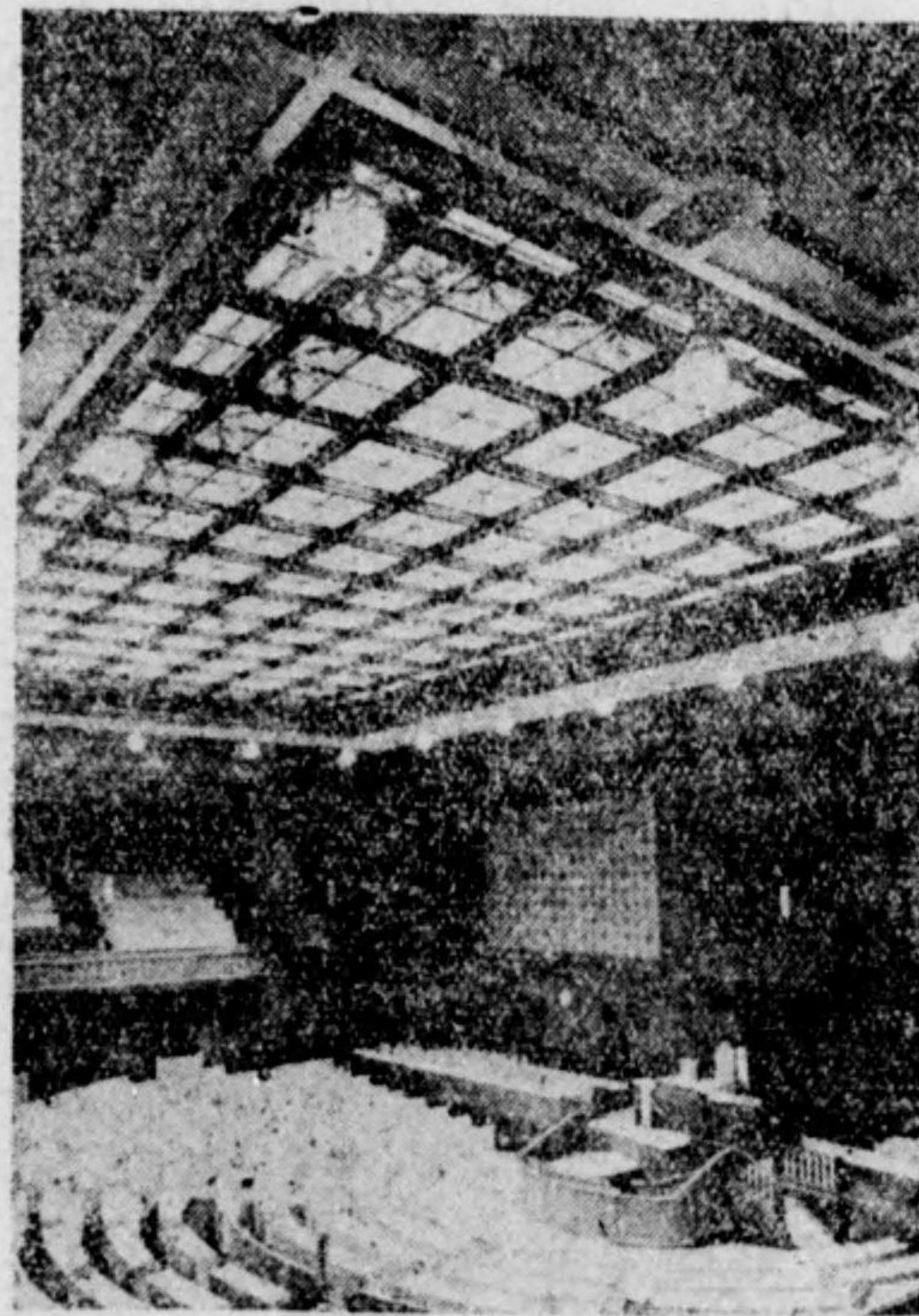
第 11.8 圖



天 井 燈

隔で電燈を配置し、之を半透明の擴散性ガラスで包圍する。乳色スキガケガラスが最上であるが高價であるから、二枚のガラスの間に日本紙を挟んだものが代用される。透過率は前者が 50%、後者が 45% 程度である。第 11.7 圖が其の施行法の一例である。

第 11.9 圖



國會議事堂の天窗照明

建築化照明にも色々あつて、ビルディング内で壁に晝光電燈を取り付け、其外側に障子を置き、恰も陽光が障子を照して居る感じを出したものである。第 11.8 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の一種と見るべきであらう。

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11・7圖最上部の大きくなつたもので、第11・9圖は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。

4. 舞臺照明 舞臺に使用せられる照明器具の配置は第11・10圖に示す通りである。

イ、脚燈 吾々は地面からの反射光が加つたものを見慣れて居る。太陽では直射光と反射光との距離の差がないが、舞臺では此差が大きいので、反射光を下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脚光 (foot light) である。之は観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。

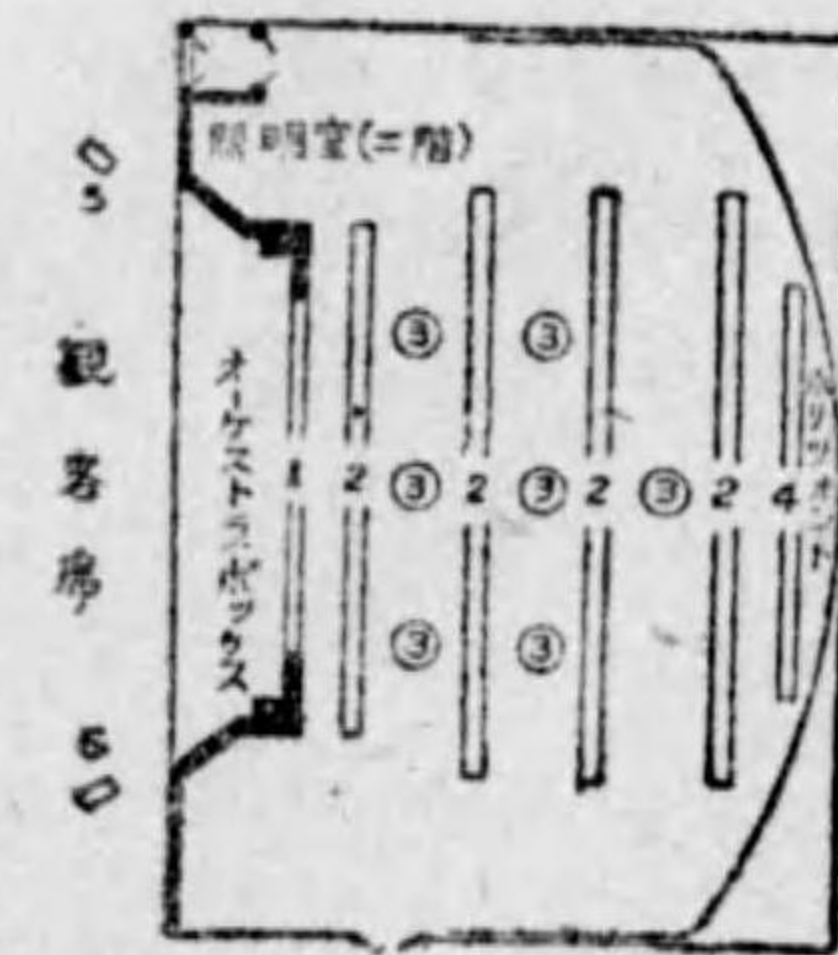
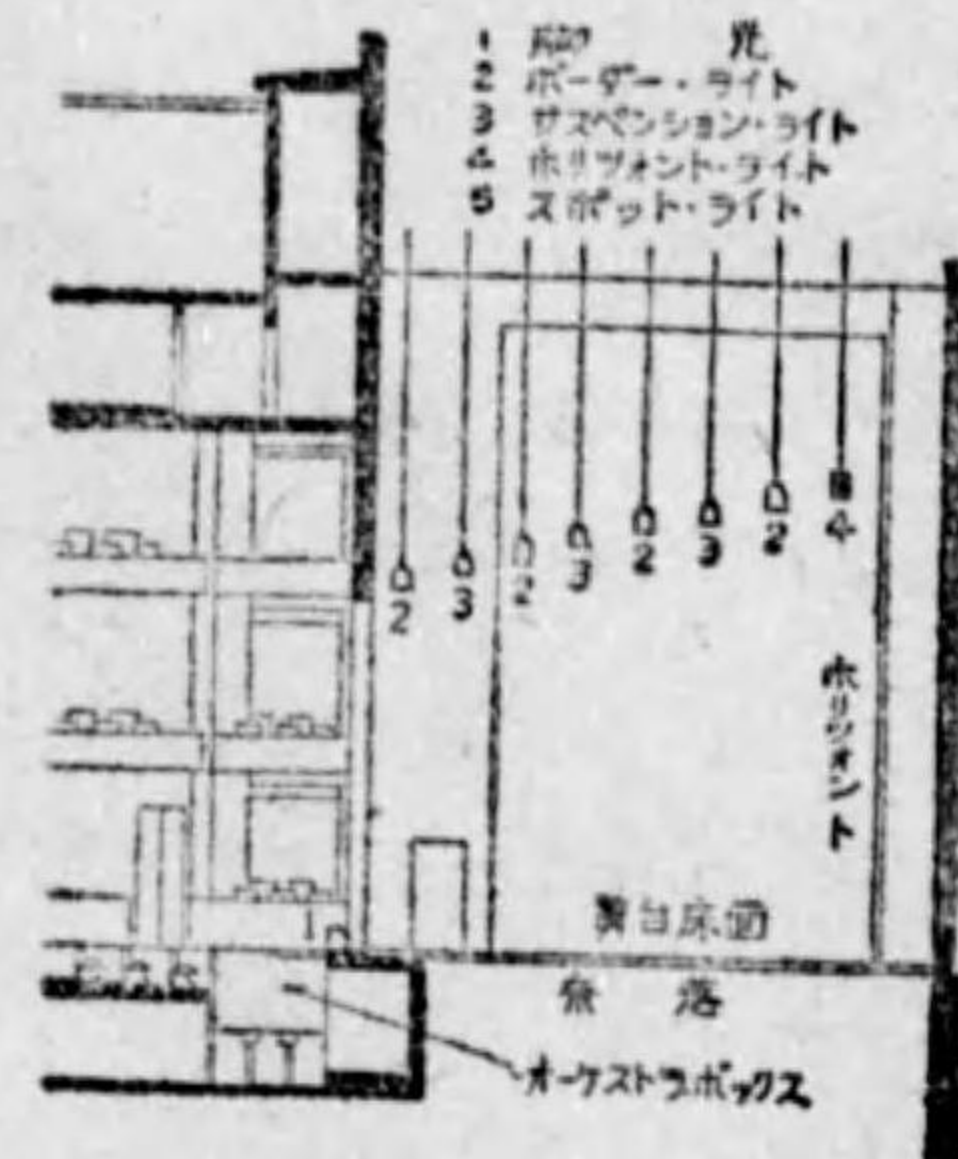
フットライトとボーダライトは、前面に透明、赤、青三種のガラス又はゼラチン等の蓋を設け且つ色光で別回線にする。

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。

ニ、ホリゾントライト 寫された背景用で、天空状況を示すに使ふ。

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で切換へる) 又は(2)單巻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にし、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である。

第11・10圖



舞臺照明

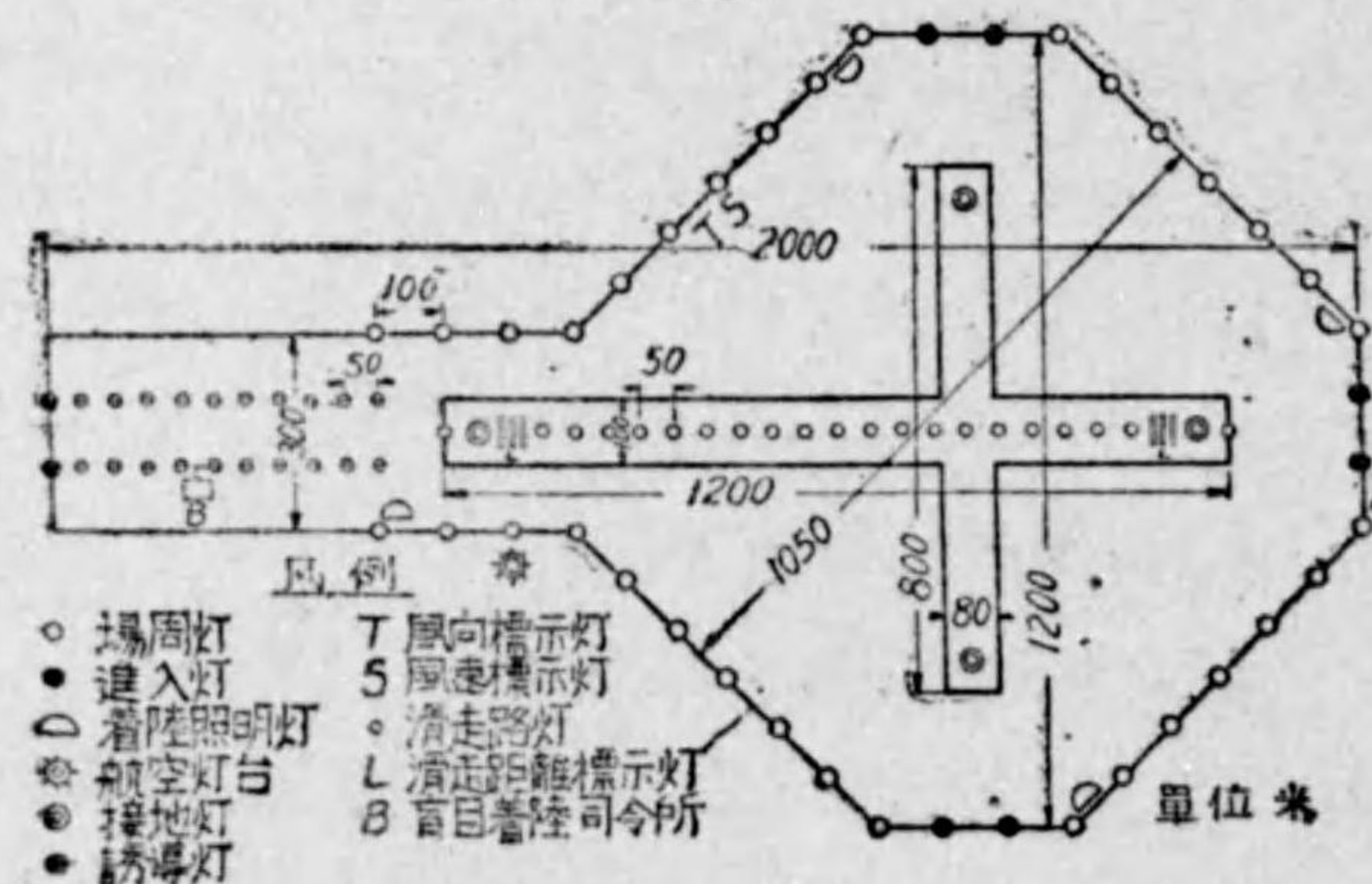
5. 航空照明 夜間航空に備へて航空路に設ける航空燈臺には甲S型、甲O型、甲二型、乙一、二、三型及び丙型があり、使用電球は何れも1kW

白熱電燈である。甲S型は主レンズは直径560mm1箇、副レンズは直径617mm3箇で四方を圍み、天井に429mmのものがあり、毎分8回轉する。主光は水平と1°の仰角をなし、百萬燭であり、副光は0°と20°の間を略正弦波形をなして上下し5萬燭、天井は鉛直と7°乃至12°傾き30萬燭を味噌

を摺る形に上方に放射する。乙三型は 750 mm のレンズを三方に有し毎分 6 回轉し 0.15 秒間だけ光つて行く。

航空港即ち飛行場の夜間照明基準は第 11・11 圖に示す様である。場周燈は飛行場の範圍を示すもので 100m の間隔に 60~100 W 管形橙色白熱電燈又はナトリウム燈、螢光放電燈等が使用される。進入燈は飛行機に着陸の際進入すべき位置を示すもので、60~100 W 綠色管形白熱燈が使はれる。着陸照明燈は 1~3 kW の投光器 2~6 箇を使ひ、着陸の際飛行機の後方から照す。航空燈臺は丙型が設けられる。接地燈は着陸の際接地すべき點を示すもの、誘導燈は滑走路燈と同じく着陸の指針で前者にはナトリウム燈又はネオン燈、後者には 100 W 白熱燈が使はれる。

第 11・11 圖



- 場周燈
- 進入燈
- △ 着陸照明燈
- ◻ 航空燈臺
- 接地燈
- 誘導燈
- ▽ 風向指示燈
- ▽ 風速指示燈
- 滑走路燈
- ▽ 滑走路距離指示燈
- 盲目着陸司令所

飛行場照明基準

別に航路又は飛行場附近に障害物がある場合は 100~500 W 赤色白熱電燈を點火する。

6. 電燈の特殊應用 電燈を何か照らして見せ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のでネオン電球が使はれる。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點燈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澤山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 出力しつゝあるかを發電機室やボイラ室に知らせるもの、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、時の遅れのない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。盗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、盗難豫防 近づく事が望ましくない部屋の入口又は建物の周囲に光の垣根を作り、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一層多い。

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

第 11・1 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	43.0
100	1.0	100	100	1000
110	1.06	116	140	230
120	1.11	133	187	94
130	1.16	161	255	
150	1.26	190	390	6.5
200	1.50	300	940	0.3

電球の電壓を上昇して使用した場合の特性は第 11・1 表の様である。

チ、誘蛾燈 稻作に害ある螟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 糎の所に 60W ガス入電球を吊す（之を 30 乃至 100 アールに一箇設備する（高壓水銀燈は一層効果がある第 9・3 圖参照）。内地に於ては5月中旬から7月上旬迄、及び8月中旬から9月中旬迄の二回、日没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。

尙之を養魚池上に設け落下した蟲を餌料とすると、餌代を1/3 以下としても、魚の發育が著しい、誠に一石二鳥である。

リ、集魚燈 白熱電燈を蓄電池で水中又は水上に點火し、魚を集めて網でとる。

又、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を認める）位の割合で蠶室を連夜照射すれば、成育を促進し、眠起を齊一し、繭質均齊し特に上繭を増加する。

ル、點燈養鶏 10 月より 3 月迄の日照時間の短い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。曉點燈式にはタイムスイッチを利用するが、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

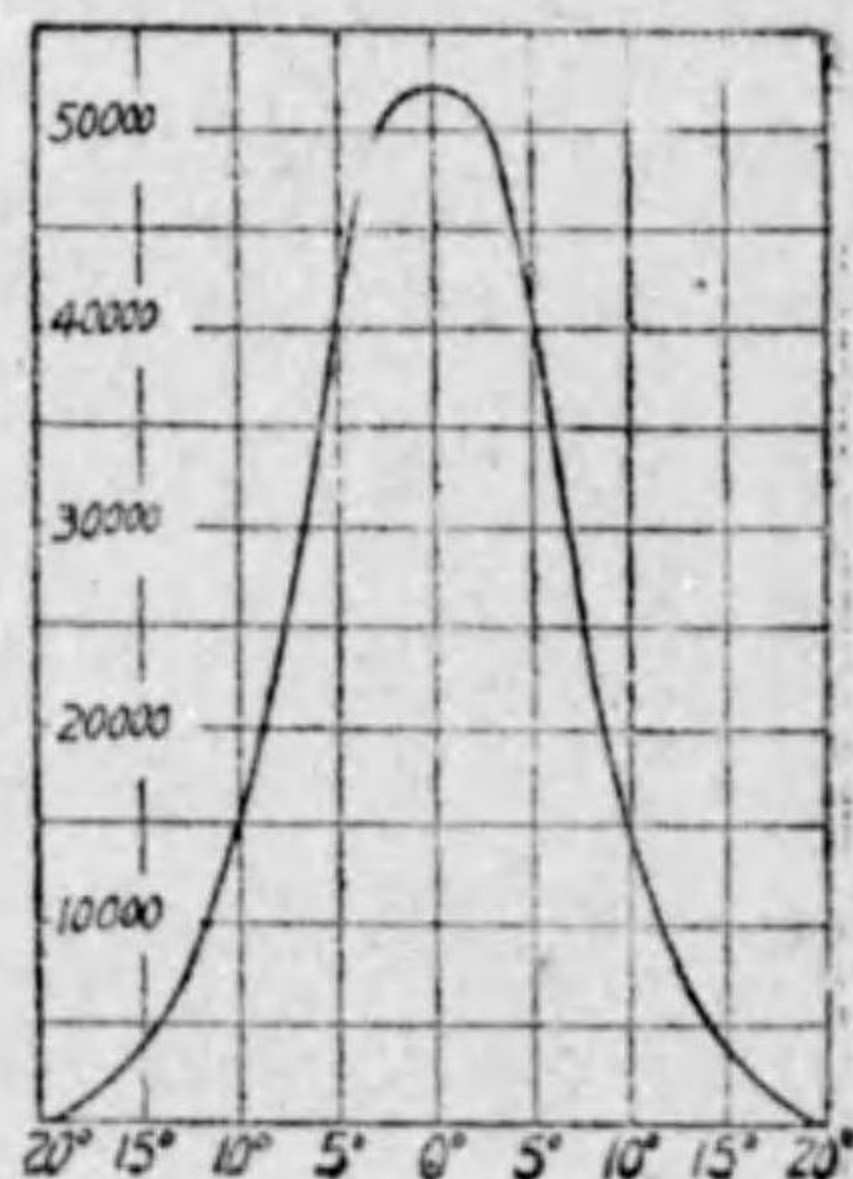
要がある。

ラ、電照栽培 緑葉を有し炭素同化作用を営む植物を適當の時期に適當の期間電燈で照明すると著しく其發育を促進し、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と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。花菖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。

復習問題Ⅱ

1. 工場の照明を改善するとどんな利益があるか。又良い工場の照明とはどんなものであるか。
2. 投光器と其光柱角とを説明せよ。
3. 第 11・12 圖は投光器の配光を示すものである。この投光器は光柱角から何種に屬するか。
4. 建築化照明とは何ぞや。
5. 舞臺に使用される主要燈具三つの名稱を挙げ、各目的を附記せよ。
6. 飛行場に使用せられる各種の燈火の名稱を列記し、其の用途を附記せよ。
7. 電燈の特別應用を列挙せよ。

第 11・12 圖



第十二章 電燈の特殊應用

1. 通信 電燈は本來はそれで照らされたものを見るのが目的であらうが、色々特別の應用がある。今その主な二三を説明しよう。

イ 表示燈 (pilot lamp) 配電盤でそこ迄電氣が来て居る即ち電路が生きて居ることを表はす電燈を表示燈と言ふ。又配電盤上開閉器の操作ハンドル附近に赤青の電燈を設けて青は開閉器が開いて居り、赤は開閉器が閉ちて居ることを示すものも之に屬する。

最新の配電盤の模擬母線には生きて居る電路は電燈で明るく示す照明配電盤も少くない。

表示燈には消費電力の少い點からネオン電球が使用される。

ロ 信號 電燈は色々の通信に應用される。

配電線を自動遮斷するものでは遮斷器が動作するとベルを鳴らすと同時に遮斷された電路に電燈を點する。

發電所や工場等で各種の命令を書いたガラス板の内部に電燈を設けて置き、事務所からそれを點滅して命令する。

發電所等で現在發電して居る電力を一般に知らせて置くために多くの電球を並べたものの一部を點火して數字で之を表はす

ことも行はれて居る。

新聞社の屋上に設ける**電光ニュース**も多くの電球を並べ、それを順次に移動点火してニュースを知らせる。之は各電球の端子を並べ、電源に接続された文字の形の金属板をその上に移動するのである。

ハ 光線電話 音聲を送話器で電流の変化に變へ、之で時の遅れのないネオン電球か小白熱電燈を点火し、適當の反射鏡かレンズで一定方向に送る。之を受信所で光電管に受けて再び電流の変化に戻し、擴大して電話受話器に送る。盗聴されるとすぐ判るのが特色であるが、送受信所は光の届く一直線上の遠くない所にあることが必要である。赤外線を使へば通信して居ることが全く他にわからない。

2. 光電管の應用 電燈と光電管とを組合せて色々の用途に役立たせて居る。

盜難防止 部屋の入口や建物の周圍に電燈の光を一方向に射出し之を鏡で反射させて光の垣根を作り最後を光電管に當て置く。人が近ずいて光を遮るとすぐに光電管電流が止り、繼電器を動作してベルを鳴らす。赤外線を使へば一層効果が多い。

扉の自動開閉 扉の前方少し離れた所に電燈と光電管とが置かれてあつて、人が扉に近づくとその光を遮るので、繼電器が

扉を開く電動機に電流を送る。數秒後にバネが扉を閉ぢる。自動車々庫の光電管を自動車のヘッドライトで照すと車庫の扉が開くので、車を止め車から下りて扉を開く様な面倒がない。

種別 コンベアで搬ばれた林檎、カードその他のものを色や目印に従つて光電管の受ける光を變へ、それで種別する仕掛けを動作させる。

烟検出器 烟道又は烟突内に装置し烟の濃淡からストーカの石炭燃焼の良否を検知し、之を記録させたり或は之で供給空気を調節して自動制御を行はせることも出来る。

自動制御装置 一定値より多くなれば檢流計が右に傾き、それに附した鏡が右の光電管に光を當てる。そこでその繼電器が制御する値を元に戻す様に動作する。少くなれば左の光電管が同様に働く。

3. 寫眞撮影 夜間撮影の場合は勿論であるが、晝間撮影の場合でも照度が自由に得られること、特に豫め寫場として設計されてない建物では光の方向が自由に調節出来る點で電燈利用が便利である。

光源には寫眞電球を偶數個使つて、準備中は2個直列に使つて壽命を延す方法と普通の 100W 又は 200W 白熱電球を 6乃至 10 箇装置し、撮影の際は單巻變壓器で供給電壓を 140V か

160V 位に上昇する方法もある。

映畫の撮影には白黒で 2000~4000lx, 天然色で 7000~8000 lx の照度が必要であるが, 一般照明用には 1 kW 程度の白熱電球を數燈擴散性のガラスを透して天井から, 1 個又は 2 個を納めたサイドライトを前面又は側方から使用する。主要人物を浮出させる質感表現用には 5 kW 又は 10 kW 白熱電燈を天井から人物の頭又は肩の邊に照す。

青寫眞の焼付に太陽を利用することは天候や場所で不便なことが少くないが, 水銀電燈を使ふ青寫眞焼付器を使へば巧拙がなく且つ迅速に仕上げる事が出来る (82 頁参照)

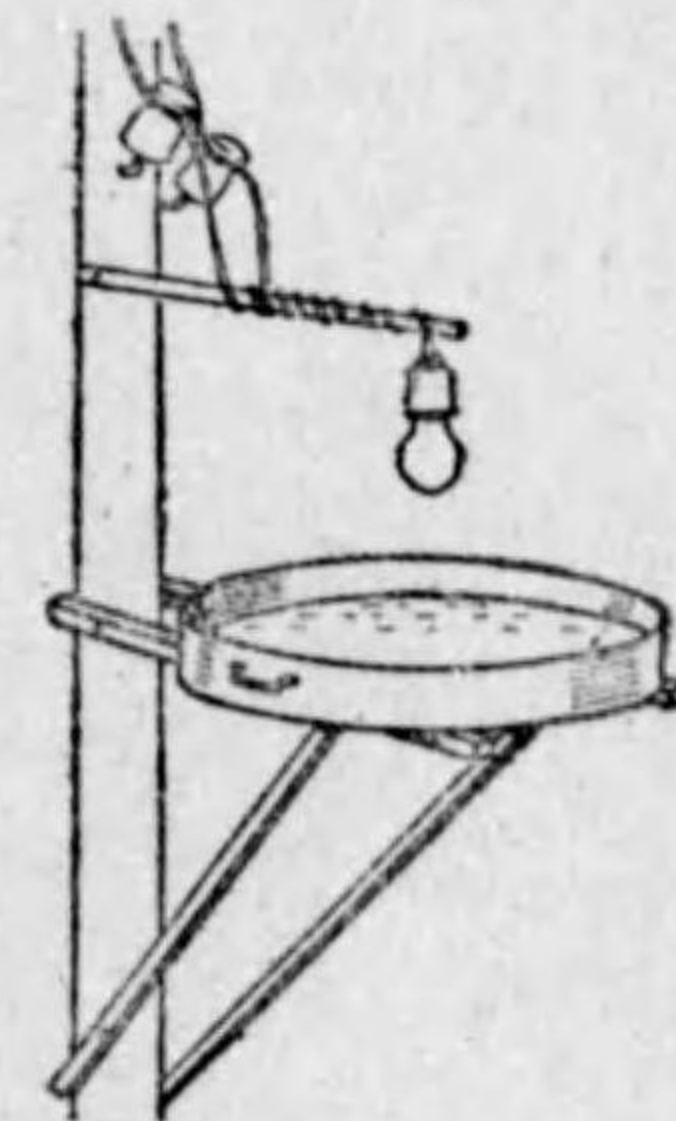
トーキーでは音を電流に代へ檢流計の原理でフィルムの一側に濃淡又は波形を焼付け, 映寫の際は電球と光電管で音に再生させる。但し映寫は間渴的であるが音は平滑でなければならぬから, 音聲は若干フィルムの先方に焼付けてある。従つて映寫中フィルムが切れた時は畫は見えなくなつても音は暫時聽えて居る。

尙映畫の映寫には家庭用程度には白熱電球, 映畫場には炭素アーク燈が使用されたが, 最近中映畫場以下には白熱電燈又は高壓水銀燈が使用されて居る。

4. 誘蛾燈 水稻の昆虫に依る損害は多い所では毎年 20

%にも達する。ウンカやイナゴにもやられるがその大部分は二化螟虫の蛾であるから, それが發生する 5 月下旬から 7 月上旬迄と 8 月上旬から 9 月中旬までの 2 回日没から夜中まで燈火を田に點じ, この蛾を招き寄せて燈火の下に設けた直徑 60cm 位の水盤中に落して殺すのが誘蛾燈である。之には從來石油燈やアセチレン燈が使はれたが最近では次第に電燈に置き換へられて居る。

第 12・1 圖



誘蛾燈

この蛾が最も良く見える光の波長は人の眼と違つて 0.36 ミクロンが最高で 0.46 ミクロンより長いものは殆ど見えない。(83 頁第 7.4 圖誘蛾率曲線参照) それが多くの実験の結果に依ると 90W の超高壓水銀健康ランプが最大で 300W の高壓水銀燈, 25W 螢光放電燈, 60W 健康ランプ等が之に續

くが, 消費電力當りと言ふと青色螢光放電燈が第一で二重コイル 60W 白熱電燈の 6 倍, 超高壓水銀燈 (約 3 倍) 之につき高壓水銀燈は白熱電燈に劣る。

現在では 60W 白熱電燈なら 1 町歩に 1 燈, 青色螢光放電燈ならば 5 町歩に 1 燈の割で設けるのが標準である。後者は消費電力は 1 町歩當り 1/10 以下であるが設備費は 3 倍以上 (約 1000

圓)である。點燈期間が短いので配電線は出来るだけ簡単にす
るため特例を設け、徑間が 50m の場合は支持物に末口 7cm 以
上の木柱を使ふが、25m 以下とすれば末口が 5cm 以上の木材
か竹を使つても良い。電線も徑間 30 m 以下の場合には 2mm の
硬銅線、2.6mm のアルミ白金線、3.2 mm の亞鉛メッキ鐵線か
硬アルミ線を裸の儘に使つて良い。普通 2 線を地上 3m 以上
に 25cm を離して鉛直に並べて架渉するが、接地側を下方に張
る。2.5m 以下に引下げる電線には 1.2mm 以上の銅又は 2mm 以
上のアルミの第四種絶縁線を使はなくてはならない。尙配電線
からの分岐點には防水プルスイッチにヒューズを取付けて保安
装置とし、暴風の恐れのある日には開放して置く。

5. 養魚燈 水稻以外苗代田や蔬菜、煙草や果樹の害虫
捕殺にも誘蛾燈が使用されるが、構造使用法は同一で良いが、
使用期間は夫々保護すべき目的物で違ふ。何れも輝度は餘り高
くない方が良く、水盤の保守が十分でないに捕殺されずに反つ
て虫害を大にする結果になる。

最近養魚場で飼料節約の目的から誘蛾燈を利用することが行
はれる。鯉、鮒、金魚等には本燈を設けることで飼料を 1/3 以
下に節約出来ると言ふ。

ワット當りの効果は前記の様に 90W 超高壓水銀燈が有利で

あるが、それが 10 町歩位の集蛾に有効であるのに對し、300W
高壓水銀燈は 20~40 町歩に擴げられるので、主として後者が
使用されて居る。

養魚池の上部に設けるのであるが、遠方に光が届く様に日没
後數時間は相當に高く電燈を點火し、蛾が集つた所で池上 1m
位に降下すると、池中の魚が飛上つて蛾を捕食する。夜半以后
は効果がないから消燈するが良い。尙集つた蛾の害を防ぐため
水田からは少くとも 10m 離すことが必要である。

6. 集魚燈 古くから鳥賊釣には燈火が使はれて居たが、
燈火を夜間點すると魚類の趨光性の外に水中の微生物プランク
トンが先づ雲集し、それを捕食するためにシラス、シャコ、チ
リメンイリコ等の小魚類が集つて來るとそれを又捕食する目的
で之を好餌とするイワシ、アヂ、サバ、タチウオ、イカ等が來
襲して來るのを釣つたり或は網で捕へる。

之に使用する燈火にも以前は石油燈やアセチレン燈が使はれ
たが、臭氣が全くないことと水中に設けられる點で白熱電燈が
有利である。小形漁船では 6~8V, 40~80AH 蓄電池で 20~
30W の電球を用ひ、大形漁船には 24~36V, 60~120AH 蓄電
池で 150~300W 電球が使はれる。魚業會で晝間水銀整流器又
は電動發電機等で電燈電路から蓄電池を充電料をとつて充電す

る組織が最も良い。

時々点滅すると魚の注意を惹いて來集が大きいので点滅装置を設けるが良く、魚が相當に集つた後は餘り輝度の高くない方が魚が逃げないから大形のものには電燈電壓を低下する様に切換装置も附屬させる。

7. 養鶏燈 夜間鶏舎に點燈して給餌時間を長くし榮養を良くして産卵を増加させ、特に冬期産卵が少くて卵價の高い時期に之を行おうと言ふのである。

點燈方式には終夜點燈は一時は産卵數は増加するが二三ヶ月で鶏を疲勞させるから潰す直前以外は面白くないので、宵式と曉式と併用式とが行はれて居るが、經濟的に見て晝間を加へ食餌時間を 12~14 時間にするのが最も適當と考へられて居る。

従つて曉式では 10 月から翌年 3 月迄午前 3 時頃に點燈を開始し日出まで及ぶもので、時計開閉器を使ふのでなければ毎日家人が同時刻に起きなければならないから冬季は大變である。

宵式は夕方に點燈し午後 9 時又は 10 時頃に消燈するものであるが、鶏を棲木に上らせるために消燈前に幾分暗くする事が必要であるので、單卷變壓器を使ふか或は電燈 2 箇を直列に切換へるかする。

多くの實驗を綜合すると電燈の使用に依つて約 5 割の産卵を増加させる事が出来る。所要照度は 10 ルクス位で良いから、2 坪の鶏舎とすれば照明率を 30% として 224 lm 入用だから 10 燭電球 2 箇使ふか 20 燭又は 30W 電球 1 箇を床上 2m 位に使用する。

又鶏に莖外線を毎日 15 乃至 30 分間 1 回乃至 3 回照射すると雛では發育を著しく促進し、成鶏では健康を増進し産卵數を増加する。

尙家鴨や七面鳥等の食禽類に對しても點燈で同様の效果を得ることが出来る。

8. 電照養蠶 蠶室に夜間點燈すれば春蠶では飼育期時間を 1~3 日間短縮出來、病虫を豫防し、眠起を齊一にし、絲量に特に上繭を 10~30% 増加する事が出来る。

然し之が光線のためか電燈熱のためか或はそのため空氣の流通を良くし又は乾燥するためか明かでない。然し 8 疊の蠶室に 60 W 白熱電球 4 箇を使用するのが適當で、之なら經濟的にも有利であると言はれて居る。尙 0.32 ミクロンより短い莖外線は發育を阻害するから、普通白熱電燈よりカナリヤ電球の方が良いと言ふ説もある。

尙催青即ち蠶紙を孵化させるのに電燈照射によれば孵化率が

増加するばかりでなく、蠶も健康のものが得られると言はれて居る。

9. 電燈栽培 緑葉植物の炭素同化作用は日光の援助で営まれるのであるから、夜間電燈で照射すればその成育は促進される譯である。但し一般に赤色線では徒長し 0.320 ミクロン以下の莖外線では反つて成長が抑制される、従つて普通の白熱電燈が適當である。

尙植物に依つては刺戟が強すぎて枯れるものもあるから、照射の時期や照度には研究を要する。桑に 7.6, 12 及び 23 ルクスで照射したものと、無照射とを比較すると葉量は 156:177:166:100 を示した、即ち 12 ルクスのもが無照射に比して 77%の増収を得た。葉萁や苗代田に照射したのも何れも 30%の増収を得て居る。前者は一段歩に 200W 4 箇を取付け平均 10 ルクスで 1 ヶ月照射した結果である。

又三月の節句に桃、五月の節句に花菖蒲は普通では開花しないのであるから、之を一ヶ月前より電照して開花させて販賣することは經濟的に利益が見られた。

尙植物種子に X線又は莖外線を照射すると一般に發芽率を増し、發芽後の成長も速く且つ健康なものが多く得られることも認められて居る。

10. 乾燥電球 温度が一定以上に上昇すると品質が害せられる乾燥物例へば塗料或は乾海苔の様なものを乾燥するには、温度が餘り高くなく且つ相當の面積を均等に加熱する必要上、電熱線又は非金屬發熱體に依るよりも乾燥電球に依る方が便利である。漆その他塗料の精製にも使はれる。

乾燥電球は普通のガス入タングステン電球で温度を低下し、壽命を長く設計されたものである。従つて發光效率は低いがそれだけ發熱效率は高い。200W, 300W 位が多く使用される。

11. 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。

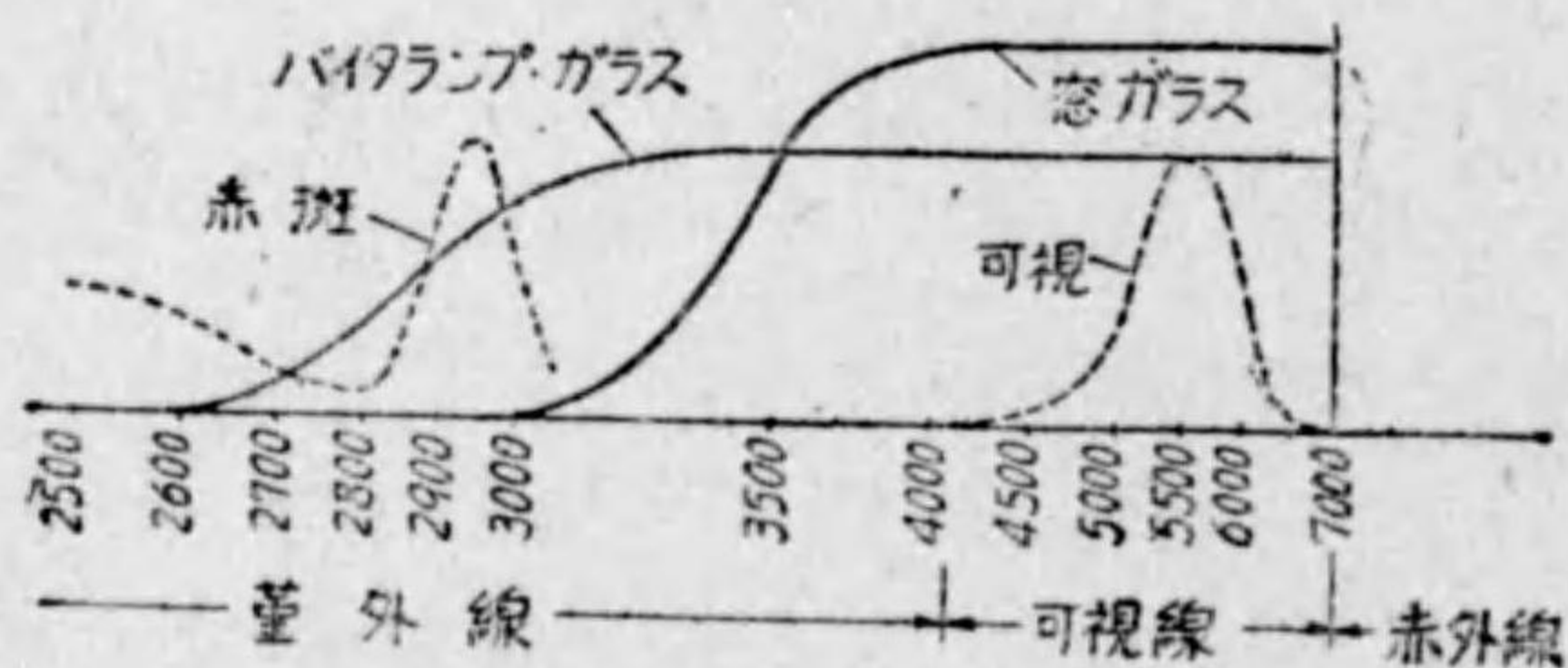
然し此の作用は莖外線が一層有力なので、主として莖外線浴が使用される。

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 12・2 圖に示した。之に依ると 0.28 乃至 0.31 ミクロン附近の波長の莖外線が最も有效なので、之を健康莖外線と稱する。普通窓ガラスは莖外線は殆んど透過しない。

バイタライト・ランプは高能率ガス入電球に莖外線透過ガラ

を使用したもので、元々発生紫外線は僅少である。東京芝浦

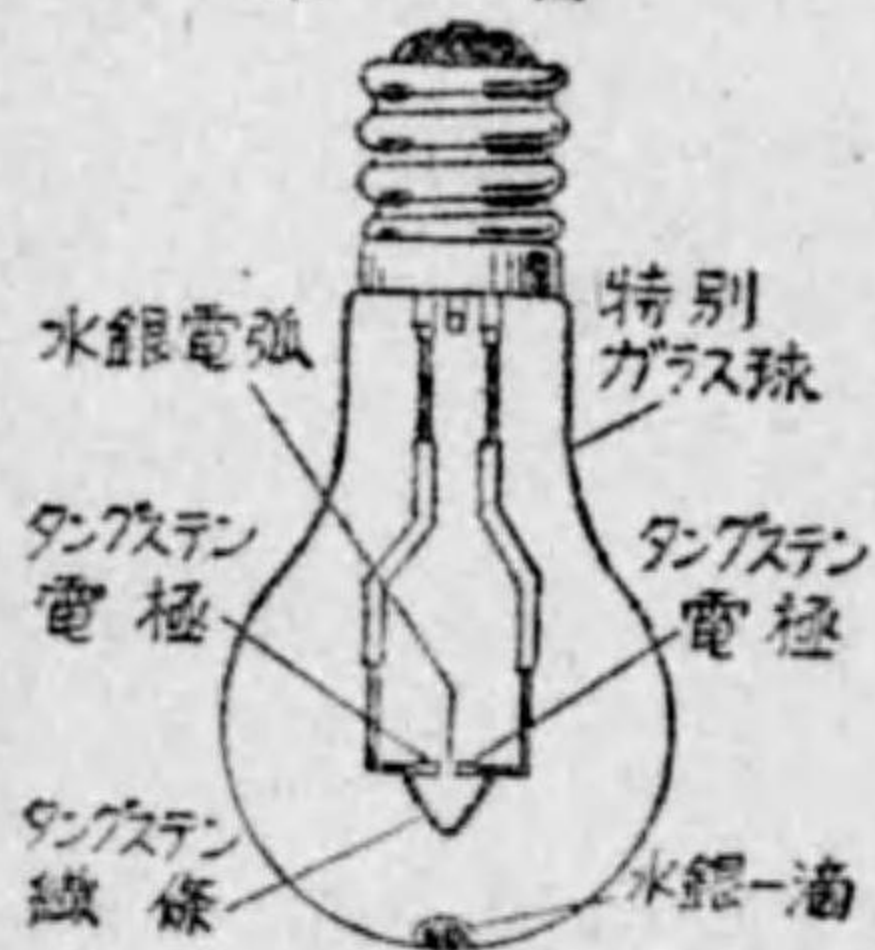
第 12.2 圖



紅斑効果と紫外線波長

の健康ランプは普通電球に紫外線透過ガラスを使つたものであ

第 12.3 圖



水銀バイタライト・ランプ

るから更に紫外線は僅少である。依つて紫外線発生装置としては水銀バイタライト・ランプ或は大陽燈が多く使用される。水銀バイタライト・ランプはタンタステン弧光燈と類似の形状で第 12.3 圖に示す様にタンタステン電弧間隙と並列にタンタステン線條を設け、空氣を抜きとつて後、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線條が熱と光とを發生し、この爲めに電極間にアルゴンの電弧を生じ球内の温

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なのである。其特性の一例を第 12.3 表に示す。

第 12.3 表 紫外線電球

項 目	大形水銀バイタライト・ランプ	小形水銀バイタライト・ランプ
アーク電壓 V	12~13	14~15
電 流 A	30	2.5~3.5
球 の 電 力 W	360~390	120~128
總 電 力 W	450	150
總ルーメン	7 000	1 600

尙小形水銀バイタライト・ランプにはアルミニウムの帽子を被せる。之では折角の紫外線が邪魔される様に思はれるが、本電球には紫外線に対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温度が上昇し輻射能率は反つて増加するのである。

此の水銀バイタライト・ランプを紫外線輻射の點から 300W バイタライト・ランプと比較すると小形で大約12倍、大形では100倍である。此水銀バイタライト・ランプに照明用白熱線條を附加した水銀ランプもある。

最初線條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發生する。

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を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。水銀バ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心配がない。

然し太陽燈即ち石英管水銀電燈にあつては各種の紫外線を發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。

12. 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従量制とある。(1) 取付燈數に依り何燈以下は定額制、それ以上は従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。

關東配電の營業案内から料金に關する二三の點を示さう。但し昭和 22 年 4 月現在のものである。

定額料金 一使用場所 4 燈以内及び屋外燈に限り夜間のみ供給す。晝夜使用の場合は此の料金の 5 割増となる。

1 燈 1 ヶ月に付き	20W	5.80圓
	40W	8.80圓
	60W	11.80圓
	100W	17.80圓

別に器具及び配線貸付料として 1 燈 1 ヶ月 15 錢を要する。

従量料金 5 燈以上晝夜間なく送電し、300W 以下の家庭用電氣器具の使用は差支へない。

基本料金	電燈 1 個 1 ヶ月當り	1.00圓
電力量料金	使用電力量 1kWh に付	70 錢
積算電力計 (單相) 貸付料	10A 迄	1.20圓
	20A 迄	1.50圓
	30A 迄	2.00圓
	50A 迄	2.50圓
	100A 迄	3.00圓
	100A 超過	5.00圓

器具や布線を貸付ける場合は定額制の場合と同じである。

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れる。

問 題 XII

1. 表示燈とは何か。
2. 命令を傳へるのに電燈を使用する方法を示せ。
3. 光線電話の方法及び特色を述べよ。
4. 汽力発電所で石炭の完全燃焼の程度を烟の濃淡に依り知る方法を示せ。
5. 映畫の撮影や映寫には如何なる光源が使用されるか。
6. 誘蛾燈とは何か。現今電燈では何が使はれるか。1 燈で何町歩が標準か。
7. 養魚燈が誘蛾燈と異なる點を述べよ。
8. 集魚燈とは何か。
9. 電燈養鶏とは何か。宥式と曉式との利益を示せ。
10. 電燈養蠶には 20 疊の室にはどの位の電灯が入用か。
11. 電燈栽培の利益のある場合如何。
12. 乾燥電球の使用を有利とする場合を示せ。

電 燈 照 明 定 價 170 圓

昭和二十三年十一月十五日印刷
昭和二十三年十一月二十五日發行

不 誣 複 製

編輯兼發行者 電機學園
代表者 服部 碩彦
東京都千代田區神田錦町2ノ2
印刷者 小島 順三郎
東京都千代田區神田小川町2ノ12
印刷所 株式會社 秀英社
東京都千代田區神田川小町2ノ12
發行所 電機學園
東京都千代田區神田錦町2ノ2
(換替口座東京13184)
電話 神田(25) 1121-3

特 約 販 賣 店

オーム社 東京都千代田區神田錦町三ノ一
京都・四條河原町西入上ル

545
581

545-D587



1200500746206

終