

第十一章 電熱及電燈照明

第一節 電 熱

§ 134 電 熱

今抵抗 R オームの導體に I アムペアの電流が流れるとき $I^2 R$ ワット即ち毎秒 $I^2 R$ ジュールの電氣的エネルギーが熱に變り (§ 2)、 t 秒間には $I^2 R t$ ジュールに相當する熱が発生するのである。而して 1 瓦カロリーの熱量に相當する仕事は 4.184 ジュールであるから、上述の場合発生された熱量を H 瓦カロリーとすれば

$$H = \frac{I^2 R t}{4.184} \doteq 0.239 I^2 R t$$

である。斯くの如く電氣的エネルギーより轉變された熱エネルギーを稱して電熱と云ふ。

一般に電熱器 (Electric Heater) の發熱方式には抵抗發熱と電弧發熱とがあつて、抵抗發熱とは熱をあたへ様とする目的物に直接電流を通ずる場合と導體に電流を通じて熱しそれに依つて目的物を加熱する場合との兩種があり、又電弧發熱とは電弧を發生してその熱を利用するものである。

一般に電熱器の發熱要素を抵抗導體即ち發熱體と絶縁體とに分けることが出来る。

而して發熱體としての抵抗導體の必要條件は、熔融點及び酸化點の高きこと、比抵抗が大なること、溫度に對する抵抗及び長さの變化が少ないこと、取扱ひ及び加工の容易なこと、價額の低廉なること等である。現今使用される抵抗導體には色々の種類があるが、最も多く使用されるものはニッケルとクロームの合金線であるニクローム線であつて、一例としてドライヴァーハリス會社製のニクローム N 類の主なる性質を掲ぐれば、最高常用溫度が $1150^{\circ}C$ 、比抵抗 (マイクロ

オーム値、 $20^{\circ}C$ のが 108.0、抵抗増加の温度係数 ($^{\circ}C$) が 0.000179 等であつて、其の他の性質も上述の諸條件に適してゐる。又炭素と珪素とを混合成形したシリット (Silit)、シランダム (Silundum) 等の非金属性固体があつて、これは混合法の割合に依つて色々の固有抵抗のものを得ることが出来るけれども、脆弱なことで端子の金属との接続が困難なこと等の缺點がある。

絶縁體の主なるものは雲母 (Mica)、石綿 (Asbestos)、陶器 (Porcelain) 等であつて、雲母は耐熱性電氣絶縁物で一般に $700^{\circ}C$ 乃至 $800^{\circ}C$ 位に到つて含有水分を放出し白色不透明に變じて、絶縁力及び機械的強度を減ずる。マイカナイトは雲母の薄板を耐熱性の結合剤にて結合したものであるが、結合剤が變化するために絶縁が悪くなり又耐熱度も雲母より小である。石綿は濕氣を含むこと並に混入してある植物性纖維等の變化のため絶縁が悪くなり易いもので、一般に $500^{\circ}C$ 以下で使用される。耐火粘土で造つた陶器は常温では絶縁優良であるけれども $1500^{\circ}C$ では 1 立方寸當り 60~700 オーム程度に低下することや、冷熱の激變に對して脆弱なこと等が其の缺點である。この外耐熱絶縁材料にはベークライト、グモン、ヘミット、酸化アルミニウム皮膜マグネシア、アルミナ等がある。

§ 135 電熱の利用

電熱の利用は近時益々盛で吾人の生活に密接な關係を有するものであつて、其の利用の方面から便宜上家庭用電熱と工業用電熱とに大別する。

イ 家庭用電熱

家庭用電熱利用としては電氣アイロン等の家庭用器具をはじめ、暖房、炊事及び湯沸等である。

暖房用電熱器には熱の放散法に依つて輻射型、對流型、輻射對流型等の電氣煖爐がある。輻射型は發生した熱を輻射作用に依つて放散すために、適當な形をした反射板に依つて熱を特定の方向へ向ける様にしたもの、對流型は對流作用に依つて、熱せられた空氣を循環させて室内を暖める様な構造のものであつて、兩

者を兼用するものが輻射對流型である

室内の温度は $15^{\circ}\sim 18^{\circ}C$ 程度に保つのが適當であつて、この温度を保つために要する電力は室の構造、太さ、通氣の状態及び周圍の温度に依つて決定さるべきものであるが、その容量決定の略算は日本間では一坪當り 660~760 ワット、西洋間では室内容積 1 立方寸當り 60~70 ワットとして計算する。

次に炊事用電熱器には數個の電氣七輪、電氣窯及び之等を一緒に裝置した電氣炊事器等があつて、時計仕掛に依る全自動式、半自動式や手働式のものがある。電氣七輪は耐熱性の陶器の溝内に螺旋狀に卷いた抵抗導體を収めたもので、その露出したものと密閉されたものとの兩様がある。次に湯沸に要する電力の算出法を示せば、§ 134 の式より水 1 立を $1^{\circ}C$ 高めるに要する電力量は $0.00116 kWh$ であるから、今

$p =$ 電力量、 kWh

$w =$ 水量、リットル

$t_1 =$ 水の初めの温度、 $^{\circ}C$

$t_2 =$ 湯の温度、 $^{\circ}C$

$\eta =$ 電熱器の能率

とすれば、

$$p = 0.00116 \times \frac{w \times (t_2 - t_1)}{\eta}$$

であつて、電熱器の所要容量は上式に依つて求めた電力量を必要な時間で除して決定することが出来る。各種湯沸電熱器の能率を示せば第 19 表の如くである。

相當大きな電熱器には、其の強さを色々

第 19 表

加減出来る様に發熱用抵抗導體を二分して、強の場合には並列とし、中の場合には何れか一方のみを用ひ、弱の場合には兩者を直列にするために切換ヘスキッチを使用

器具の種類	能率(%)
瞬間湯沸器	90
電氣茶瓶	70~75
電氣七輪	60

する。その外恒温器 (Thermostat) と稱するもので、電氣蒲團等に取付けて所定温

度以上になれば電流を切り、以下になれば電流を通じて常に一定の範囲の温度を保たせる装置がある。恒温器には種々あるが最も普通のものは膨脹係数を異にした二枚の金属片を合せて銲着したもので、温度が上ると膨脹係数の小さな金属片の方へ曲つて接觸が切れる様になり、温度が下れば又もとにかへつて接觸する様になるものである。

□ 工業用電熱

現今我が國に於ける工業方面の電熱利用は日を追ふて盛になり、食料品、染織物及び陶磁器等の製造や養蠶、養鶏等より電氣冶金等の大工業に至る迄非常に広い範囲に普及されてゐる。電氣冶金等に利用するために大規模に高熱を発生せしめるには電氣爐(Electric Furnace)を使用する。この外工業用電熱利用には電氣汽罐(Electric Boiler)や電氣熔接(Electric Welding)等がある。

1 電氣爐

現今使用される主なる電氣爐を加熱方法に依つて大別すれば、電弧爐、抵抗爐及び誘導電氣爐等とすることが出来る。

電弧爐(Arc Furnace)は炭素極間に電弧を作り発生された高熱を爐中に集中して原料を熱するものである。又原料を一方の電極として使用する方式もある。抵抗爐(Resistance Furnace)は熱すべき原料自體又は特殊の非金属導體を發熱體として高熱を発生するものである。誘導電氣爐(Induction Furnace)は變壓器の原理を應用して熔鍊すべき金属等を短絡二次線としたもので、構造上漏洩磁束大で力率小となるため低周波の電源を使用する方が有利である。

2 電氣汽罐と電氣銲接

電氣汽罐とは發熱體を直接又は間接に水中に浸して水を加熱し、又は水抵抗の場合と同様に電極を用ひ水を直接導體として加熱して蒸気を発生するものである。

電氣熔接には、抵抗熔接(Resistance Welding)と電弧熔接(Arc Welding)の

二種があつて、前者は銲接すべき金属を重ね合せその抵抗の高いのを利用して一點に大なる電流を通じ強熱し、壓力を加へて銲接する方法である。電弧銲接とは銲接すべき金属と金属電極又は炭素電極との間に電弧を発生させその強熱を利用して銲接を行ふ方法である。

§ 133 電熱の特徴

電熱の主なる長所を列挙すれば、

1. 高熱を発生し得ること
たとへば炭素質燃料で實際上到達し得る最高温度は 1800°C であるが、黒鉛電極の電弧爐に於て発生し得る最高温度は 3500°C である。
2. 温度を正確に保ち得ること
3. 熱の加減を自由に且つ敏速に行ひ得ること
4. 燃焼作用を起さぬため他の燃料の様に空氣及び燃料補給の必要なく従つて瓦斯や塵埃等を出さず、又必要に應じて密閉室内に於て加熱することが出来ること
5. 燃料の節約

次に電熱の主なる短所を掲ぐれば、

1. 現在に於ては電力料金が他の燃料に比較して高價なこと
2. 設備費の高價なこと
3. 取扱ひに注意を要すること

而して電熱工業に於て電力料と火爐の燃料費とを比較し、電力料の方が高價なる場合でも電熱を使用することに依る材料の節約、勞銀の節約及び作業能率の増進を考慮するときは、電熱の方が結局に於て經濟的であることがある。故に經濟的電熱の利用は其の特徴を理解し、之を充分に活用するにあるのである。

第二節 電燈照明

§ 137 光

高温度に耐へる物體を熱して其の温度を次第に高くすれば光を發するにいたるもので、この様に一般に物體が熱に依つて發光し而も温度との間に一定の関係があるものを温度輻射 (Temperature Radiation) と云ひ、これ以外の原因たとへば化學作用又は電氣作用等に依る發光をルミネセンス (Luminescence) と云ふ。白熱電燈、炭素弧光燈 (但し約 5% はルミネセンス) 等は温度輻射であつて、水銀蒸氣弧光燈及び放電燈等はルミネセンスに依るものである。

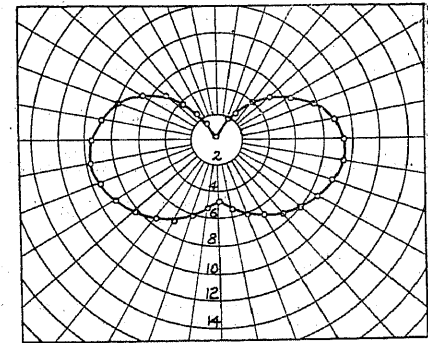
ある一つの發光點からある方向に出る光の強さを光度 (Luminous Intensity) と云ひ、其の單位を燭光 (Candle Power)^{*} と云ふ。發光點は面積を有しない點光源であることを條件とするけれども、かくの如き光源は實際は存在しないものであるから、光源に大きさがある場合はこれを點と假定することの出来る距離で其の光度を測りこれを皮相燭光 (Apparent Candle Power) と云ふ。故に實際の光源の光度は皆な皮相燭光を意味するものである。而して光源の各方向に對する光度配布の状態を配光と云ひ、配光は發光體の形狀及び周圍の状態に依つて異なるもので任意の平面上の配光を極座標式を以つて示した曲線を配光曲線 (Light Distribution Curve) と云ふ。配光曲線には發光體の中心を含む水平面上について示した水平配光曲線 (Horizontal Distribution Curve) と、垂直面上について示した垂直配光曲線 (Vertical Distribution Curve) とがある。但し垂直配光曲線は無數にある故に普通は其の平均をもつて示す (第 196 圖)。而して前者の平均燭光を平均水平燭光

* 單位燭光は國々に依つて色々に異なるものであつて、我が國に於ては氣壓 760 耗に於て一立方分に付き 8 立の水蒸氣を含有する空氣中に於て燃焼するハーコート (Harcourt) 氏 10 燭光ペンタン (Pentane) 燈の光力の 10 分の 1 を單位燭光とする。(電氣事業法施行規則第 6 章第 52 條)

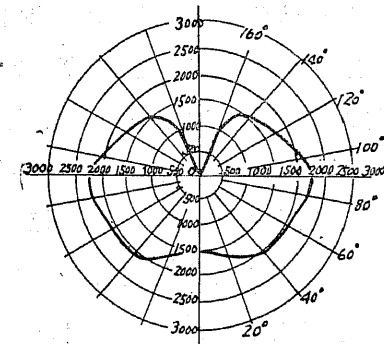
(Mean Horizontal Candle Power) と云ひ、すべての方向に對する燭光の平均を球面燭光 (Spherical Candle Power) と云ふ。普通に云ふ配光曲線とは垂直配光曲線で、水平配光曲線は圓に近いものである。

次に、發光體の光としての勢力を光束 (Luminous Flux) を以て表し、

其の單位をルーメン (Lumen) と云ふ。1 ルーメンとは 1 燭光の光點から出てこれを中心とする半径 1 呎の球面上の 1 平方呎を通る光束であると規約するのである。而してこの球面の全面積は 4π 平方呎であるから 1 燭光の光點より出る全光束は 4π ルーメンである。



A



(B)

第 193 圖

§ 138 白熱電燈

白熱電燈 (Incandescent Lamp) とは導體に電流を通じてこれを加熱し温度輻射に依つて光を發する様にしたもので、その主なるものは炭素纖維電球、タングステン纖維電球等である。

イ 炭素纖維電球

炭素纖維電球 (Carbon Filament Lamp) は硝子球の中に炭素纖維を裝置し、内

部の空気を排除したもので、炭素繊維に電流を通じて其の温度を高め白熱せしめて光を発生させるもので、その垂直配光曲線は第 196 圖 (A) の様になる。これは實用に供せられた最初の白熱電燈でエジソンに依つて完成されたものである。

一般に電燈の能率は從來其の消費電力を燭光で除した所謂燭當リワット (Watts per Candle) 即ち比消費量 (Specific Consumption) を以て表してゐたが、近來はワット當リルーメン (Lumens per Watt) を以て表すのである。電球は使用中その電流、光度、能率等が次第に變化するもので、製作後の新しい電球を最初に點火すると初め僅かな時間は含有不純物等を失ひ組織が良くなるために電流は減少し光度は規定以上に増加するもので、この現象を枯化 (Aging) と云ふ。而してこの時期が過ぎれば繊維は蒸發に依つて次第に細くなり抵抗を増加し、電流を減少して發熱量小となり従つて光度を減じ、更に蒸發した繊維分子は硝子壁に凝結してこれを黒化 (Blackening) し光を遮るもので遂に斷線に到るものである。電球の壽命には其の見方に依り色々あつて、定格電壓にて使用し斷線するまでの時間を全壽命 (Total Life) 或は斷線壽命 (Burn-out Life) と云ひ、又光度が最初の 80% 或は 75% (瓦斯入電球) に減退する迄の時間を有効壽命 (Useful Life) と云ふ。電球の能率と壽命との間には密接な關係があつて、繊維の温度を高くする程能率は良くなるが蒸發が大となつて壽命は短くなるのである。故に電球の品質比較にはこの兩者に就きて吟味すべきである。電球内に使用される繊維は出来るだけ高熱に耐へることが必要で、炭素はその熔解點が元素中最大で絶對温度 4,000 度位であるが蒸發が烈しいため 2,000 度位にて使用される。猶又炭素の電気抵抗は普通の物體と違つて温度が上れば抵抗は減少するから電壓の變化に對して其の電流、光度、壽命の變化が著しく、其の比消費量は卷末の表に示す如くである。

□ タングステン繊維電球

タングステン繊維電球の大體の構造は炭素繊維電球と同様である。タングステ

ンの熔解點は金屬中最高で絶對温度 3,655 度で、蒸發も炭素の様に甚しくなくその他の諸性質も非常に好都合である。この電球の比消費量其の他は卷末の表に示す様である。

タングステン繊維電球の硝子球を眞空にする代りにタングステンと化合しない瓦斯たとへば窒素等を充したものを瓦斯入電球 (Gas-Filled Lamp) と云ひ、かくすれば繊維の蒸發を少くし従つて壽命が長くなるから同一壽命では 300°C 以上の高温にすることが出来て能率良好となり、又瓦斯の對流作用に依つて蒸發した繊維分子は硝子球の上方に昇るために側壁に凝結して光度を減することがない。又硝子球の頸を長くして上昇した蒸氣の冷却作用をさせ、その中間に雲母製圓板を装置して高温の瓦斯や蒸氣が直接硝子面に當つてこれを害することを防ぐものもある。唯瓦斯入電球は瓦斯の傳導又は對流等に依つて熱損失が大となる缺點があるからこれを軽減するために螺旋繊維^{*}を使用する。又封入瓦斯は主として窒素を使用する外低燭光のものにはアルゴンを使用する。

第 196 圖 (B) はこの電球の垂直配光曲線を示したもので、その比消費量は卷末の表に示す如くである。

§ 139 弧光燈

二本の炭素棒を電極とし、兩極を相接觸せしめて電流を通じつつ引き離せば離るときに火花を發し強く熱せられて電極物質の蒸氣が電極間を連結し、その蒸氣中を電流が流れて發光するに到るものでこれを弧光 (Arc) と云ひ、炭素の外水銀、マグネタイト等に於ても同様の現象が生ずる。弧光を構成する蒸氣は陰極物質の蒸氣であつて、弧光の種類は陰極物質に依つて定まるものである。

弧光燈 (Arc Lamp) はこの弧光を利用したものであるが所謂弧光燈と稱するも

* 熱損失は瓦斯の種類、其の壓力、繊維の形狀等に依つて異なるもので、繊維の表面積が大いもの程大であるから繊維を密接した螺旋形に巻けば其の熱損失は其の螺旋の直径に等しい線と殆ど同様となつて小とすることが出来る。

でもその發光が弧光に依らぬものがある。

イ 炭素弧光燈

炭素弧光燈(Carbon Arc Lamp)は兩極共に炭素を電極としたもので、その發光は陽極及び陰極の溫度輻射が各々 85% 及び 10% で弧光が 5% であつて、その比消費量は球面燭光當り約 0.85~1.3 ワットである。炭素電極には無心炭素と有心炭素との二種があつて、有心炭素とは炭素棒の心に硅酸加里と炭素粉との混合物を充填したものでこれを使用すれば能率がよくなる。又炭素弧光燈は直流、交流何れにも使用出来るが、直流の方が能率良好である。

構造上開放型と閉鎖型の二種があつて、前者は大氣中に開放したもので後者は硝子球にて蔽ひ空氣の供給を不十分にしたものである。炭素弧光燈の特長は弧光の太さが小さいことで、レンズ又は反射鏡の焦點に合はせて強大な光を得ることが出来る。

ロ 水銀蒸氣弧光燈

眞空硝子管(又は石炭管)の一端に水銀を入れこれを陰極とし、鐵を陽極として電弧を生じ發光するものを水銀弧光燈(Mercury Vapour Arc Lamp)と云ひ、その比消費量は球面燭光當り約 0.23 ワットである。この弧光燈は最初水銀蒸氣を發生させるために特殊の起動装置が必要である。又電極に鐵を使用せずして兩極に水銀を用いたものもある。

§ 140 放電燈

放電燈(Vacuum Discharge Lamp)とは稀薄瓦斯内に於て放電に依つて發生する光を利用したものであつて、放電電壓は氣體の種類、壓力、兩極間距離、電極の形狀、種類等に依つて變はるもので、大體壓力及び兩極間距離に比例し管の直徑に逆比例するものであるが眞空に近くなれば放電電壓は急に高くなるものである。其の光色は封入瓦斯の種類に依つて定まるもので、第 20 表は各種放電燈の性質を示す。

第 20 表

封入ガス		光 色	管内徑 (mm)	電 流 (mA)	比消費量 (W/燭)	電 壓
ネオン管	ネオン	橙 紅	9	8	1.0	ネオン管は比例にては 1 米につき 800~1000 ヴォルト位を適當とす
ムーア管	炭酸ガス	純 白	22	360	1.5~2.5	
封入ガス		光 色	燭 光	電 力 (W)	比消費量 (W/燭)	
ネオン燈	ネオン	黄 橙	0.1	1.5	15	100~200
小型ネオン燈	ネオン	黄 橙	0.01	0.15	15	
螢光燈	アルゴン	藍 (ガラスは綠)	0.1	1.5	15	

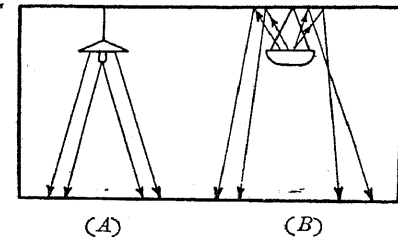
§ 141 照 明

ある被照面が光源に依つて照らされる明るさを照度(Intensity of Illumination)又は照明(Illumination)と云ひ、單位面積に投ずる光束數を以て表はし、其の單位をラツクス(Lux)と云ふ。1 ラツクスとは 1 平方米に對し 1 ルーメンの光束が平等に投じたときの明るさである。半徑 1 米の球の中心に 1 燭光の點光源がある場合この球の表面 1 平方米に投ずる光束は 1 ルーメンであつて照度は 1 ラツクスであるから、ラツクスを又米燭(Meter-Candle)とも云ふ。その他一平方呎當り 1 ルーメンの照度を 1 呎燭(Foot-Candle)と云ふこともある。

燈火の設備に關しては衛生、保安、外觀並びに經濟の見地より光源の位置、照明方式、灯火の種類等を選定すべきである。照明方式には直接、間接、半間接

等があつて直接照明とは第 197 圖 (A) に示す様に光源の光が直接被照面を照すもので、最も經濟的方式で光を最も有効に利用することが出来るが光が直接來るために眩惑を感じ、濃い陰影を生ずる。

間接照明とは第 197 圖 (B) に示す様に



第 197 圖

光源の光が直接被照面を照さず不透明の反射笠を以つて全部の光を反射面に投じ、其の面より反射した光に依つて被照面を照す方法である。此の照明方式は直接照明に比し不経済な方式であるけれども、光は隠かて直接照明の缺點を無くすることが出来る。半間接照明とは直接照明、間接照明兩者の特長を具へたもので、半透明反射笠を使用して、發光體からの光の一部を反射して反射面に投じ一部分は透過せしめて、被照面を照す方法である。第20表は照明概算表を示す。

第 21 表

室の種類	燈器	1米燭の照度を與ふるに要するw數		
		m ² 當り	平方尺當り	坪當り
普通の和室	普通の硝子笠	0.33	0.031	1.0
明るき事務室	同上	0.22	0.020	0.7
同上	外球	0.24	0.022	0.8
同上	半間接	0.30	0.028	1.0
同上	間接	0.36	0.033	1.2
工場	金屬反射笠	0.22	0.020	0.7

上表に示す1米燭の照度をあたふるに要するW數は電球の種類周囲の状態に依つて異なるは勿論であるから、唯大體を示すに過ぎない。尙色々の場所に於ける所要照度表を巻末に掲げてある。