照明常識

よい電球とは？*

正會員 猪 狩 満 和

照明學會が創立されてから既に15年を経過し、照明に關する技術の發達と常識の普及とは、口にランプといへばそれはelectric incandescent lampを指すものであると、御互に理解し合つてゐる程であることから推察されるので、今更電球などに就てこと新しく書きたててもないのであるが、電球に關する經驗の一端を述べてみることにした。

題して“よい電球とは？”といふが、よい電球といふことに就て少しばかり批判をなし、電球使用の上に心得てゐてもよさうな事柄を述べて見たいと思ふ。

よい電球の意義 よい電球といふのはどの様な電球をいふのであらうか？ 能率が良くて壽命が長い電球がよい電球である。

電球にはどうして能率の良いのと悪いののがあるかといふに、使用状態に於て心線の溫度が高ければ能率が良く、低ければ能率が悪いのである。電球の能率はこれを點火する電壓によつて變るものであるから、能率をいふにはこれを點火する電壓を指定しなければ無意味である。こゝでは普通一般の燈火を對象として話を進めてゐるのであるから、電球の能率とは使用状態に於ける能率の意に解する。すべて電球はワット制であつても燭光制であつてもこれを點火する電源の電壓に應じて作られるものであつて、我國では普通の燈火用の電源は100ボルトであるから、100ボルトに點火して指定された

ワットとなり指定された光度の光を出してをりながら幾らの能率になる様にと、豫め設計して作られるのである。點火する電壓を一定にして置いては、出來上つた電球の能率を變へることは出來ない。それ故に能率の良い電球を使はうと思へば、初めから能率が良く出來てゐる電球を買はなくてはならない。こゝに一言附け加へて置きたい事は、今一つの電球がある時、その心線の溫度が普通に使用する時よりも高くなる様に點火すれば能率が良くなる事である。即ち二つ以上の電球を比較する場合でも、また一つの電球を色々の溫度で點火した場合でも、能率は心線の溫度によつて變るものである。然し單に能率ばかりでなく、これに流れる電流、費される電力、加へるべき電壓、出る光の量等も皆心線の溫度によつて變るのである。例へば100ボルトで點火する様に作られた電球でも、これをもつと高い電壓例へば120ボルトに點火すれば、心線の溫度は高くなり、如何にも能率は良くなるが、それと同時に、出る光の量、流れる電流、費される電力も大きくなり、最早や自分の希望するワットの電球ではなくなり、光の量も遙かに大きなものとなる。單に光の量からいへば大きくなるのであるから、必ずしも嫌ふべきことではないかも知れないが、同時に電力が増してゐるのであるから、若しも吾々が普通に高い電壓で點火することが出来るものならば、これは電氣料の増加を來たすことになる。

* What is the good Lamp, By M. Igari, Member.

この様にして一つの電球を高い電壓で點火すれば、光は増し能率が良くなることから、能率の良い電球は光の量の多い電球であるとか、その逆に、光の量の多い電球は能率の良い電球であると早合點してはならない。これは次の様に考へれば明かとなるであらう。今こゝに同じ能率で、同じ量の光を出す電球が二つあるとする。これを一つ點火すれば或る能率で1の光が得られるが、これを2つ迄點火すれば、同じ能率で2の光が得られる。この2の光を初めから一つの電球で出す様に電球を作つて置けば、一つの電球を點火して、最初と同じ能率の2の光が得られるのである。いづれにしても能率と光の量とは御互に獨立に變へることが出来るものである。但し同じ電壓例へば100ボルトに使ふ電球だけに就て考へれば、光の量の多い電球程心線が太くなり、心線の太いもの程同じ能率で點火した場合に壽命が長くなるから、實用上の電球ではすべての電球の壽命を同じにするのが便利である爲、光の量の多い電球、結局ワットの大きい電球程幾分その能率が良くなつてゐる。若し經濟上の立場からワットの大きいもの程壽命を短かくしてもよいといふ場合には、ワットの大きいもの程益々能率が良くなるのであるから、二重に能率がよくなるわけである。然し同じ20燭なら20燭、50燭なら50燭で明るい電球といふ様なものはない。特別に明るい16燭の電球などといふのは、果してそれが明るいならば、16燭と稱しても、その實20燭も30燭もあるもので、初めからそれを承知で買つたならいざ知らず、さもなくば、16燭だと思ふとメートルの針が澤山廻つてゐるのであるから注意しなくてはならない。

壽命と能率 さて能率が良くて壽命が長い電球がよい電球であるが、電球の壽命と能率とは

兩立出来ない關係にある。電球は心線の溫度輻射によつて光を出すものであるから、心線の溫度が高い程能率が良くなるが、それだけ壽命は短くなるのである。それ故に電球の能率を幾らにするかといふことは、その電球の用途に依て定めらるべきである。能率が良い程光の色が白く日光に近づき、莖外輻射が澤山出て来る。それ故に莖外輻射を利用する電球、例へば健康増進用の電球等は壽命を犠牲にしても能率を良くする。莖外輻射を利用するといふ程ではなくとも、強い光を得たい場合、例へば寫眞撮影用の電球等も能率を良くする。どの程度に能率を良くするかといふに、それは電球代とか電球の使用時間とか色々な條件によつて定まるものである。健康増進用ならば少くとも200、300時間は保たせる必要があるとか、寫眞撮影用なら撮影に使ふ時間は1秒以下であるから10時間も保てばよいとか、電球の種類によつて一樣にはゆかない。燈火用としての電球も電球代と電氣料とを考慮して1500時間位がよいとか、甚だしく小さいワットのものでない限り、1000時間か或はそれ以下の方がよいとか定められるのである。極端に考へれば、電氣料=0ならば、電球代を出来るだけ少くする爲に壽命の長い電球が得であり、反對に、電球代=0ならば、電氣料を幾らでも少くする様に能率の良い電球が得になる。幾ら壽命が長いのがよいといつても、如何にも光が赤味が多いのでは普通の燈火とならず、幾ら能率が良いといつても一夜保たないものではこれまた燈火とならず、何か條件を附けてこれが適當であると考えられる能率従て壽命を選んで電球が作られるのである。

よい電球の條件の二三 この様に考へて來ると、先づ最初に能率が良くて壽命が長い電球がよい電球であるといつても、電球には自ら定つ

た能率と壽命とがある様になる。殊にこの様なことは、一般個人が一々頭を悩ますことは、たとひ出来たにしても決して策を得たものではない。このことは眞の個人でなく、會社とか團體とかいふものに就ても同じことである。それ故に各國では政府若くは公共團體で電球の標準仕様書を作つて置いて、各製造會社はその仕様書によつて電球を作り、又電球を取引する時にはこれに従て賣買をすることになつてゐる。我國に於ては照明學會と日本電氣工藝委員會との聯合で組織されてゐる電球標準調査委員會に於て制定された“白熱タングステン電球標準仕様書”といふのがあつて、電球の種類とか、各電球の壽命、能率、光の量等が制定されてある。それ故に眞によい電球とか悪い電球とかは、電球のもつと外の性質によつて定まることになる。次に一般燈火用の電球に於て考究さるべき條件の重なるものに就て記すこととする。

1. 長く使つて光の減り方の少ないこと 苟も照明工學のABCを學ばれた方は、電球がその使用中に、如何に自分自身を現はし、如何に働作してゆくかを知ることが重要であるかは既に知つてをられるであらうけれども、こゝに簡単に繰返してみる。白熱電球はその心線を白熱状態に保つて光を發散させるものである必然的結果としてその心線は絶えず蒸發してゐる。そして蒸發した物質はガラス球その他の部分に附著する。ガラス球に心線の物質が蒸發して附著すると、ガラス球は一面に黒くなつて心線から出る光を吸収し、外へ出る光の量は減少する。これと同時に心線は幾分細くなり、線が細くなると前と同じ電壓で點火したのではそれから出る光は減少する。即ち電球は使用するに従て出る光の量が二重の原因から減じてゆくものである。この中、心線が細くなる爲に光が減するこ

とは唯今のところ防ぐ方法はない（ガス入電球はガスの作用で心線の蒸發度を減じ、又心線をヘリックスの形の螺旋に巻けば、結果としてその蒸發を防ぐこととなるも、これは唯今の論旨から稍々離れてゐるので、その詳論は省く）が、ガラス球が黒くなるために光が減することは所謂“ゲッター”によつて防がれてゐる。即ち信用すべき大會社で製作してゐる電球は、心線に藥品を塗るとか、又その他の部分にこれを挿入するとかしてあり、この藥品の爲にガラス球が黒くならない様にしてある。この藥品をゲッターと呼んでゐる。ゲッターを用ひてゐる電球は、吸収による光の減少を防ぐことが出来るから、長く使つても光が減することが少なく、よい電球といふべきであつて、ゲッターを用ひてゐない電球は悪い電球といふことになる。同じワットの電球であつても（勿論能率は同じであるとして）、ゲッターを用ひてある電球と用ひてゐない電球とでは、同じ時間使つてみてもそのガラス球の黒くなり方が違ひ、従つて光の差が著しく違つて來ることがわかる。早く黒くなる電球は、同じ電氣料を拂つてゐながら、僅かの光しか利用してゐないのであるから、誠に不經濟な電球であるといはなければならぬ。

以上是用ひる材料も完全であり、製作技術もまた優秀であるとしての論であるが、たとひ完全な材料を使つてゐるとしても、製作工程に於て、一般的の何か拙劣さがあるとか、或は一時的の故障を發見する能力がないとかして、電球を製作するといふ様なことがあれば、その電球は決してよいものではないことはいふまでもない。これは主として排氣作業に於て起ることであるが、先にもいつた様に、電球の心線は白熱状態にあるため、その化學反應力は非常に強

く、若しもタングステンと作用し易いガスがガラス球内に残つてゐるか、或はガラスその他の部分に吸収されてゐる場合には、電球使用後にこれ等のガスがタングステンと作用して、早く心線を細くし且つ生成物質はガラス球に附著して光の吸収を非常に大きくするものである。その最も忌むべきは水蒸氣であつて、水蒸氣の残つてゐる電球は點火後間もなくそのガラス球が黒くなつて来る。これ等に對する注意は要するに製作者の信用如何によつて判斷さるべきである。

2. ガス入電球では心線が垂れ下らないこと

ガス入電球の心線は皆細かい螺線(ヘリックス)に巻いてある。ガス入電球では心線の周りにガスが入つてゐる爲に、その傳導と對流とによつて心線から熱を奪ひ去り心線の溫度を下げるものであるが、この溫度の下ることは、心線を螺線に巻くことによつて著しく防ぐことが出来る。而して心線から奪はれる熱量は同じ太さの針金で作つた同じ太さの螺線に就て考へれば、その歩み(ピッチ)によつて著しく異なる。即ち歩みの細かいものは熱の奪はれ方が少いけれども、粗いものは澤山奪はれる。それ故に螺線の歩みは出来るだけ細かくする必要がある。然るに普通の電球に於ては、初めは細かに巻いた螺線であつても、長く使つてゐるに従つて次第に歩みが粗くなり、螺線全體が垂れ下つて来るものである。然し一流の會社に於ては心線の形が變らない様な材料所謂“non-sag wire”を使つてをり、又常にタングステンの性質特にその彈性力學的性質に就て徹底的な研究と調査とを行ひ、電球製作の技術に就て根本的な改良を行ひ、且つ材料と製品とに對して試験と検査とを怠らず、製品の向上に専心努力してゐるために、長時間の使用に對してもそれ程心線が垂れ

下る様なことはないが、その製品に就て餘り意を介しない製作所では、材料の吟味に十分な注意をしない爲めに、螺線の垂れ下がるものがないとも限らない。ガス入電球の市場に出た初めに於ては、螺線が垂れ下ること著しく、甚だしきに至つてはガラス球まで達する様なものを見ることも敢て珍らしくはなかつた。この様な電球に於ては、光の減少と能率の低下とは到底電球の良否を論するまでもないのであるが、それ程甚だしくないものに於ても、その光の減少することの甚だしいのは、誰の眼にも直ちに判斷がつくものである。今螺線の歩みが粗くなるに従ひ能率或は光の量が如何に急に減少するものであるかを、性質的な曲線で示すと第1圖のようになる。

第1圖 螺線の歩みの大きさによる光の量又は能率の變化

3. 螺線の捩れの起りにくいこと ガス入電球に於ては必要上から螺線に巻いた心線を用ひるのであるが、一旦これが電球に用ひられると色々の得點が認められ、真空電球にも用ひられる様になり、今や螺線心線の電球萬能の觀を呈するに至つた。唯一つ缺點とするとところは螺線の歩みが一樣でないとか、或はその他の原因から、心線の一部分が他の部分よりも高い溫度に熱せられる様になると、その部分だけ他の部分

よりも蒸發が盛になり心線は細くなるから、益々高い温度となり、他の部分よりも著しく柔かくなつてゐる。どの様な心線でも絶対に垂れ下がらないといふことは唯今のところ望みがたく、少しでも垂れ下がるとそこに螺線を振る力が生じ、強く熱せられて柔かくなつてゐるところで螺線が振れ、第2圖に示す様な形となる。

第2圖 螺線の振れの圖式圖

この様な形になると、點火中はさ程でもないが、心線に電流が通つてゐない時は、心線は堅く少しでも振動を與へるとそこから切れ易くなる。長い間使用しても絶対にこの振れの起らないといふことは望みがたいことであるが、比較的螺線の變形し易い心線にあつては、使用幾何もなくして既に螺線の振れが起り、早く切れてしまう。出来るだけ變形の起らない心線の電球を選ぶ必要がある。

4. 品質の揃ひ方—斷線率による品質の判斷

これは多數の電球を取り扱ふ所では、資料さへ正確なら極めて容易に多數の電球の品質の揃ひ方を知ることが出来る方法である。

電球の壽命に長短あること宛も人間の壽命に於けると同様である。人間の壽命がもつと揃つたものになるかどうかは私にはわからない。今後の人間がもつと健康なものとなり、幼児の死亡率が減じ、更に衛生思想の向上と醫學の進歩によつて、年若くして死ぬものゝ數が減ずるとせば、人間の壽命はもつと揃つたものとなるかも知れないが、然しそれだけ長生きする人が多くなれば、唯全體として平均の壽命が長くなるだけであつて、壽命が揃つて來るかどうかは實際の結果を見ないとわからない。電球の壽命

に就ても全く同様であつて、製作方法の進歩によつて、早く切れる電球がなくなれば壽命が揃ふかといふに、早く切れる電球がなくなると同時に壽命の長い電球は益々長くなるとすれば、電球の平均の壽命は増しても揃ひ方はどうなるかは疑問である。この様にして電球の壽命も或る程度までは不揃ひであることは止むを得ないものと想像される。

さて相當多數の一組の電球を點火した時、その心線が或る時間で切れる電球の數が總數の幾%あるかといふことを斷線率と名づけ、この様にして切れた後に残つてゐる電球の數が總數の幾%あるかといふことを生殘率と名づける。今こゝに電球としては同じ種類、即ち同じ電壓に使用同じワットの電球が二組あるとする。そしてこれ等は使用電壓に於て皆同じ能率であるとする。これを夫々A及びBと名づけるならば、夫々第4表に示す様な壽命及び斷線率をもつてゐるとする。これ等の斷線率を壽命の範圍の平均に對して圖に畫くと第3圖の様な曲線が得ら

第1表 斷線率の比較

壽命 (時間)		斷線率 (%)		
範 圍	平 均	A電球	B電球	理想電球
250-350	300	0	0	0
350-450	400	0	1	0
450-550	500	0	2	0
550-650	600	0	3	0
650-750	700	0	4	0
750-850	800	4	8	0
850-950	900	14	15	0
950-1050	1000	58	22	100
1050-1150	1100	19	18	0
1150-1250	1200	5	11	0
1250-1350	1300	0	6	0
1350-1450	1400	0	4	0
1450-1550	1500	0	3	0
1550-1650	1600	0	2	0
1650-1750	1700	0	1	0
1750-1850	1800	0	0	0
合 計		100	100	100

第3圖 断線率の比較

れる。又これ等の二種類の電球の生残率は第2表に示す通りであつて、これを曲線で表はしたものは第4圖である。

第2表 生残率の比較

壽命 (時間)		生残率 (%)		
範圍	平均	A電球	B電球	理想電球
0<50	100	100	100	100
50-150	100	100	100	100
150-250	200	100	100	100
250-350	300	100	100	100
350-450	400	100	99	100
450-550	500	100	97	100
550-650	600	100	94	100
650-750	700	100	90	100
750-850	800	96	82	100
850-950	900	82	67	100
950-1050	1000	24	45	0
1050-1150	1100	5	27	
1150-1250	1200	0	16	
1250-1350	1300		10	
1350-1450	1400		6	
1450-1550	1500		3	
1550-1650	1600		1	
1650-1750	1700		0	

さて初めから明かな様にAの電球の方がBの電球よりもその壽命が揃つてゐるのであるが、これを断線率の曲線から見ると、曲線が幅が狭くて高さが高いものが壽命の揃つてゐることを示し、生残率の曲線が急に下つてゐるのが壽命

第4圖 生残率の比較

の揃つてゐることを示す。極端に考へてすべての電球が同じ壽命例へば1000時間で切れたとすれば、その断線率の曲線は幅がなくなり、1000時間に於ける100%の唯1點で示されることとなり、生残率の曲線は1000時間まで100%で進み、そこから急に零に下つてしまふ。同じ種類の違つた組の電球に於てこれ等の曲線の形を比較すれば、その壽命つまり品質の揃ひ方を比較することが出来るのである。

結び 以上述べたところをまとめてみると：

1. 能率がよく、壽命の長い電球がよい電球であるが、一般商用の電球に於ては、それは或る假定と或る條件の下に何か定められたものになつてゐること、他の商品と同様であること。
2. 従てよい電球としての條件は、電球の特質上の點に存すること。
3. よい電球の條件の2,3を挙げると：
  - (1) 長く使つて光の減り方の少ないこと；即ちよい働程をもつてゐること。
  - (2) ガス入電球では心線の垂れないこと。
  - (3) 螺線の振れの起りにくいこと。
  - (4) 品質の揃つてゐること。

(Syw. 7, VIII, 12)