

白熱電球は悪か ～住宅用照明光源の歩みをたどる～

京都府中小企業特別技術指導員の西村 武 氏(京都工芸繊維大学名誉教授)に上記テーマで寄稿いただきました。

白熱電球の歴史をたどる

130年前の1879年にエジソンが白熱電球を考案して以来、今日に至るまで、電気をエネルギー源とする光源開発の歴史は、そのままエネルギー節減の歴史であった。

白熱電球だけを考えてみても、発熱体はエジソンの時代の、絹糸や竹の繊維を炭化させたものから、より融点が高く、高温に熱することのできるタングステン・フィラメントに置き換わった。最初からタングステンにしておけばよかったようなものだが、タングステンのようなもろい金属を細線にする技術がなかったためである。高温にすることによって、フィラメントから熱放射される電磁波のうちの可視光の割合が高くなる。

炭素にせよタングステンにせよ、高温のフィラメントが燃えてしまわないように、管球から空気を抜いて、ほぼ真空の状態にする必要があった。ところが真空の状態では、高温のフィラメントが蒸発(正しくは昇華)して、管球の内面に付着し、いわゆる黒化がおこって取り出しうる光束が減少するとともに、フィラメントがやせ細って、ついには切れてしまう。

そこで、蒸発を抑えるため、窒素やアルゴンなどの不活性ガスを、空気を抜いた後に改めて封入した「ガス入り電球」が考案された。こうすればガスの分子がタングステンの蒸発を抑える役目を果たしてくれる。

ところが今度は、ガスの対流のために発熱しているフィラメントから熱が奪われ、折角電流を流しても高温が保たれなくなるという困った問題が起きた。そこでフィラメントをコイル状に巻き、ガスに触れる面積を小さくするという対策が取られた。さらに、コイル状のフィラメントをもう一度コイルに巻くという、二重コイルが考案され(これは東芝の発明である)、これによって、白熱電球としては最も発光効率(消費電力に対する光束の割合)の高い、現在の形のものに仕上がったのである。

第二次大戦後になると、臭素・ヨウ素などのハロゲンガスを封入した、ハロゲン電球が出現した。蒸発によって管壁に付着したタングステンはハロゲンと化合してハロゲン化タングステンとなる。これが対流によって高温のフィラメントのところへ来ると、今度はハロゲンとタングステンとに分解する反応が起こり、一旦細くなったフィラメントが再生する。ハロゲン・サイクルと呼ばれるこのプロセスによって、フィラメントの寿命が伸び、また、より高温にすることができる。前述のように高温にするほど、発光効率が高くなる。

また、これとは別に封入ガスをクリプトンのような原子量の大きいものにする、対流の速度が遅くなって、やはり熱損失が小さくなる。

ながながと述べたが、白熱電球だけでもハロゲン電球やクリプトン電球を含めて、このような発光効率向上、言い換えればエネルギー節減の工夫が重ねられて来たのである。

放電ランプとLED

白熱電球及びその亜種であるハロゲンランプなどは、温度を

持った物体からの電磁波放射、すなわち熱放射を原理とする。それ以外の光源は熱以外のエネルギーが光(広義に言えば電磁波)に変換される、ルミネッセンスと呼ばれる現象を発光の原理としたものである。

ルミネッセンスには、もとのエネルギーの種類によっていろいろなものがあるが、光源として実用になっている主なものは、電磁波がより波長の長い(光量子のエネルギーが低い)電磁波に変わるフォト・ルミネッセンス、電気エネルギーが直接電磁波に変わるエレクトロ・ルミネッセンス(EL)の二つである。LEDは半導体のpn接合に順方向の電流を流したときに接合部から発光する現象を用いたものであるが、広義のELと考えてよいであろう。

ルミネッセンスを発光原理とする光源のうち、現在広く用いられているのは、ガス中の放電に伴ってガス分子から放出される、光や紫外線などの電磁波を利用した、各種の放電ランプである。放電に伴う発光も一種のELといえる。

日本の蛍光ランプは

放電ランプの中で最も広く使われているのは蛍光ランプで、これは圧力の低い水銀ガス中の放電によって生ずる、波長253.7nmの紫外線が、外管の内面に塗布した蛍光材料を励起し、可視光を発光させるものである。

わが国の蛍光ランプの普及率は極めて高く、恐らく世界一と思われる。住宅、オフィス、商店など、日常生活のほとんどの場面で大部分の照明が蛍光ランプによっている。蛍光ランプの発光効率は、点灯回路も含めて白熱電球の5倍前後で、蛍光ランプが著しく普及した日本は、エコ照明のトップランナーといえる。

わが国で蛍光ランプの普及率が高い理由は、敗戦後の電力不足にある。1941年からの太平洋戦争で、日本はあらゆる資源を失ったが、電力もその例に洩れず、1945年からの数年間は、住宅用電力を計画的に停電させて、産業用電力を確保した。私の記憶では一番ひどい時には停電時間の方が供給時間より長い日さえあった。

蛍光ランプは1938年にアメリカで発明されたが、当のアメリカで普及しない間に、1940年から始まった法隆寺金堂壁画の模写のために、日本で使われるようになっていた。1948年頃に昼光色20Wの蛍光ランプが市販されはじめ、当時でも白熱電球に較べて約3倍の発光効率を持った蛍光ランプが、住宅用電力のほとんどが電灯用であったこの時代に、電力の不足を補うために急速に普及した。当初のランプはすべて直管形であったため、当時の日本の家屋では標準的な、白熱電球1個を半透明のガラス製の笠(セードと呼ばれた)とともに和室の中心に天井から下げた器具に置き換えるのには少々無理があったが、1955年頃に環形の蛍光ランプが開発され、これに合わせて障子を模したような和風器具が供給されるようになって、爆発的に普及した。さらに蛍光体も連続スペクトルで発光するハロゲン燐酸カルシウムに代わって、それぞれ赤、緑、青の三原色を発光する蛍光体を多重塗布した三波長発光形のもので次第に多用されるようになり、高い発光効率とともに、実用上十分に高い演色性

(色の見え)をも併せ持つようになった。

ちなみに、部屋の中心に拡散照明用の器具を1灯取り付け、これを主たる照明源とする、戦前からの住宅照明の手法は、さまざまな器具が入手できる今日においても、そのまま受け継がれている。拡散照明のための光源としては、基本的に発光面積の大きい蛍光灯は最適である。反面、集光は困難で、スポットライトやダウンライトには適していない。そこで発光面積を小さくするために、複数の短い管を細い管でつなぎ合わせた、コンパクト蛍光灯も開発され、ダウンライトなどには一部用いられている。

蛍光灯のもう一つの難点は、放電ランプ特有の、安定器もしくは点灯回路と呼ばれる装置が必要なことである。ガス中の放電は、開始させるためには電極間にかなりの高電圧をかけなければならないが、一旦放電が始まると、これを維持するための電極間電圧は、開始電圧に比べて非常に低いものになり、かつ電流が増加するほど電極間電圧が低くなるといった、負抵抗性を示す。そこで、放電開始時には一時的に電極間に高電圧を印加するとともに、放電開始後は、電源電圧と放電維持電圧の差を吸収し、電流を制限するような素子または回路が必要である。従来は安定器として、チョークコイルや洩れ変圧器などが用いられていた。これらは結構大きくて重く、また、商用電源が50Hzの東日本と60Hzの西日本とでは、安定器を共用できないなどの厄介な問題があった。

近年は商用電源から得た電流を整流した後、インバータで可聴周波外の数十kHzの交流を発生させてランプを点灯する、小型で、電源周波数に依存しない点灯回路が多く用いられるようになってきた。電球形蛍光灯は、なす形や球形のプラスチック容器の中にコンパクト蛍光灯とインバータ式の点灯回路を組み込み、白熱電球と同じ口金を取り付けたもので、すでに白熱電球の多くがこれに置き換えられている。調光が困難ということも放電ランプの大きな問題である。インバータ点灯回路によって、ある程度の調光はできるが、不完全である。

LEDは蛍光灯にかわるか

今後の光源としてクローズアップされてきたのが、LEDである。1993年に、長年の課題であった、明るい青色LEDが実用化されてから、LEDを照明光源として利用できる可能性が開けた。

LEDで白色光を得る方法として、現在実用されているものは、青色発光のLEDをベースとし、青色光を吸収して黄色に発光する蛍光体をLED素子の前面に塗布したものである。青色と黄色が混色すると、白色が得られる。2色の割合を変えることで、電球色に近い黄みを帯びた白色から屋光色に近い青白いものまで、さまざまな光色を作ることができる。現状では、600nmより長い波長の成分光が少ないので、演色性は三波長形蛍光灯に劣る。長波長成分を多く含むような蛍光体を塗布すれば演色性は向上するが、発光効率は低下する。現状の蛍光体とLEDの組み合わせで発光効率は蛍光灯に迫ってきた。

LEDからの光は方向性が強く、また発光面積が小さいため、集光は容易であるが、一般照明用としては、光を拡散させるような器具に装着する必要がある。また現状では個々のLED素子の寸法や、放射される光束が小さいため、照明光源として利用する場合には複数のLED素子を用いねばならず、器具の形状、デザイン

が制約を受ける。

LEDの利点として、白熱電球と同じく、0~100%の連続調光が容易なことが挙げられる。半導体技術の進歩を考えると、近い将来には蛍光灯をしのぐ重要な照明光源になるかも知れない。

本当のエコロジーは

さて、このように住宅照明用光源の歴史をたどってみると、たしかに白熱電球の時代は終焉を迎えつつあると思える。政府は2010年中を目途にわが国における白熱電球の製造を終わらせる方針で、これはこれでやむを得ないのかも知れない。ただ、某地方自治体のように、「白熱電球一掃運動」までする必要があるかとなると、いささか首を傾げざるを得ない。発光効率は確かに他のいずれの光源よりも劣るが、暖かみのある光色や、集光、拡散といった光の制御の自由度、低価格、取扱いの簡便さ、調光の容易さ、点灯回路不要、即時100%の点滅が可能といった、数々の利点を持っている。一般住宅の中で、玄関や廊下、トイレなど、即時点灯が必要で、点灯継続時間の短いような場所の照明光源として、電球形蛍光灯は最適とは思えない。現状では内蔵されているコンパクト蛍光灯の欠点として、即時に100%の光束は得られない。点灯時40%~60%まで改善されているものもあるが、100%までは1分以上かかる。トイレならまだ暗いうちに用が足りてしまうということになる。白熱電球であれば発光効率は悪くても、最初から100%の光束が得られ、消灯さえ忘れなければ総消費電力量は知れている。とすれば、どちらが優位であろうか。

敗戦のとき、私は灯火管制で真っ暗闇の京都を離れて学童集団疎開先にいた。十月になってやっと京都に帰して貰い、二条駅に降り立って街の灯りを目にした時の、そのまばゆいばかりの明るさと安堵感は、今もって忘れることができない。一部屋に40Wの電球ただ1灯という、今から考えれば信じられないような貧弱な照明環境だったが、そこで見た明かりは、まさに希望の光だった。

いま、まわりを見渡すと光が溢れかえっている。パチンコ屋しかり、コンビニしかり、大型ショッピングセンターしかりである。ここまで明るくする必要があるのかと思う。効率向上は当然としても、まずエネルギーの浪費を慎むということが、本当のエコロジーではないだろうか。白熱電球を「一掃」すれば済むことではないのである。

西村 武氏 プロフィール



宝塚造形芸術大学教授
1958年京都大学工学部電気工学科卒業
株式会社日立製作所勤務を経て、
1968年京都工芸繊維大学へ移籍
1999年名誉教授
同年より現職
社団法人照明学会名誉会員
専門は照明学及び色彩学

【お問い合わせ先】

京都府中小企業技術センター
応用技術課 電気・電子担当

TEL:075-315-8634 FAX:075-315-9497
E-mail:ouyou@mtc.pref.kyoto.lg.jp