

1. 白熱電球の代替

かつて一般家庭において代表的な照明であった白熱電球は、いまでは電球型蛍光灯やLED電球に置き換わりつつある。読者の皆様も、置き換えを検討されている方が多いのではないかと思う。ここでは、白熱電球と比較しながら、LED電球の特徴について議論する。

白熱電球は、1879年、エジソンによって本格的な実用化が始められたとされる。光源はフィラメント（抵抗体）であり、それに電流を流し、2200～2700℃の高温にして、その熱放射の可視光成分を利用する。当初は、フィラメントがこのように高温であるために徐々に蒸発してしまい、寿命に課題があった。実用化のためには600時間以上点灯することが必要とされたが、京都の石清水八幡宮の境内に生えていた竹をフィラメントとして採用することにより、1200時間以上もの連続点灯が可能になった、との記録が残っている。初期の白熱電球はガラスグローブを真空密閉していたが、その後、フィラメントの蒸発を抑えるために不活性ガスを封入することが一般的になった。

白熱電球のガラスグローブは、クリア型とフロスト型（あるいはシリカ型）の2種類である。クリア型は透明ガラスを用いており、光源を直接見ることができ、輝きのある光り方を演出できる。一方、フロスト型は曇りガラスを用いており、光源のまぶしさを低減し、やさしい光り方を演出できる。

100年以上もの長きにわたって市場に出回っていた白熱電球は、1980年代の電球型蛍光灯の製品化により、その市場を縮小してきた。さらに、1990年代に青色LED（light emitting diode）が開発されて以降は、青色LEDと蛍光体を組み合わせることで白色光を照明用途に実用化できる可能性が徐々に高まり、2008年前後から白熱電球の代替としてLED電球が本格的に実用化された。

2. LED電球の特徴

LED電球の強みは長寿命と低消費電力であり、白熱電球に比べて約40倍の寿命と10分の1の消費電力を有する。LED電球の価格は白熱電球に比べるとまだ高いが、ランニングコストも含めたトータルコストでは、白熱電球よりも安価になってきている*1。

LED電球は、白熱電球の代替として開発されているため、白熱電球と同等の性能が求められる。LED電球と白熱電球のおもな違いは発光スペクトルである。一般的に、スペクトルは自然光に近い（広いスペクトル）ほど高い演色性を有するため、よいとされる。白熱電球は先に述べたように熱放射を利用しているため、そのスペクトルはプランクの法則¹⁾により自然光に近い連続的な分布を有する。一方、LEDは狭いスペクトル幅で発光するため、ディスプレイのように3色のLEDの組み合わせで白色を模擬する方式では、照明用途には向かない。そのため、青色LEDの青色光によって蛍光体を励起し、発光させ、その連続的なスペクトル分布をもつ光と青色光を混合して、自然光のスペクトルに近づける方式がとられた。しかし、白熱電球のような自然光のスペクトルをLED電球のスペクトルで再現するのは難しく、演色性の向上はLED電球の開発における重要な技術課題のひとつである。

LED電球と白熱電球は、ほかにも以下に述べるようにいくつか異なる特徴を有している。

3. LED電球のサイズ

一般的なLED電球は、白熱電球に比べて、寸法比で1割から2割くらい大きい。また、LED電球は、白熱電球にはない金属筐体を有する（図1）。金属筐体の役割のひとつは電気回路を収納することであるが、それだけではない。それはLEDの耐熱温度の低さに起因している。

白熱電球のフィラメントはかなりの高温まで耐え

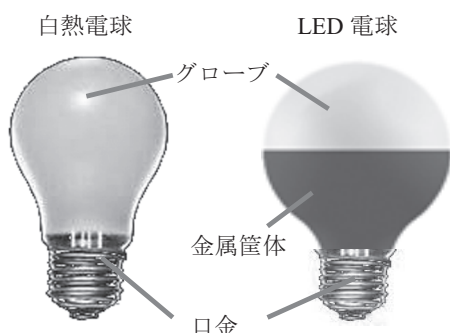


図1 白熱電球とLED電球の外観。

られたが、LEDの耐熱温度は150°C程度であり、それほど高くない。さらに、LED電球においてはLEDそのものが発熱体であるため、LEDから発生した熱を効率よく外環境に逃がす構造を必要とする。熱はおもに自然対流によって逃げるので、十分な放熱量を確保するために、LED電球の放熱面積を大きくしている。つまり、金属筐体は放熱のために備えられており、LED電球の寸法を大きくし、その表面積をなるべく大きくとることで、放熱特性の向上を図っている。

一方、金属筐体はLED電球の外観を損なうと考えられており、発光スペクトルだけでなく、外観も白熱電球に近いレトロフィットのほうがよいとされている。そこで、金属筐体部分をなるべく小さくするためのさまざまな試みがなされている。

4. LED電球の光り方(指向性)

LED電球は白熱電球と異なる空間的な放射特性(指向性)を有する。白熱電球は全方向に光を発するが、LED電球はより高い指向性を有するため、白熱電球では明るく照らされていた場所が暗くなることもある。ただし、LEDからの高い指向性をもつ光は、LEDに取り付ける光学部品によって、その指向性を比較的自由に調整できる。つまり、用途に合わせ、取り付ける光学部品によって効率よく光を分配する工夫が重要であることを意味する。白熱

電球の指向性に近づけるため、LED電球に散乱体入りのグローブを取り付けて光を拡散させて広げる方法や、特殊な形状に加工された透明樹脂をLEDに被せて光を広げる方法が採用されている。散乱体入りのグローブの場合はフロスト型となり、特殊形状透明樹脂の場合はクリア型とフロスト型のいずれにも適用可能である。さらに、光源の見え目も、白熱電球に近づけることが可能である。

LED電球の光り方も、外観と同様にレトロフィットのほうがよいとされる。特にヨーロッパでは、その傾向が強いようである。これは、太陽をはじめ、焚火やろうそくといった熱輻射による光に、人類が長く触れてきたからであるという説もある。

5. 今後の展望

現在、LED電球は、光強度や発光スペクトルの光学的な特性だけでなく、外観や光り方も白熱電球に近づけるべく製品開発が進められている。発光スペクトルに関しては、新規蛍光体の開発、数種類の蛍光体を混合した蛍光体層の開発、LED素子そのものの開発によって、絶え間ない改良がなされている。金属筐体に関しては、水冷や強制空冷などを取り入れた新規放熱機構の開発が考えられる。光り方に関しては、新規形状の透明樹脂の開発が考えられる。

今後、LED電球がどこまでレトロフィットできるかに注目したい。同時に、従来とは全く異なる形状や光り方を有する、新しい照明への発展にも注目したい。
(株)東芝 大野博司

文献

- 1) M. Planck: "On the law of distribution of energy in the normal spectrum," Ann. Phys., 4 (1901) 553-563.

参考URL

- *1 東芝ライテックホームページ
http://www.tlt.co.jp/tlt/lighting_design/syoene/keisan/led_denkyu/kiso.htm