

# 先進技術によるLED照明を主体とした 省エネルギー照明

—エコに「新しい光」をたし算—

Energy-saving Lighting with Advanced Technologies and LED —Eco-friendly Technology + “New Lighting”—

仙葉 和久  
Semba Kazuhisa  
高橋 喜将  
Takahashi Yoshimasa

赤井 寛  
Akai Hiroshi  
原田 玲夫  
Harada Akio

日本では効率のよい蛍光ランプによる照明が広く普及しているが、東日本大震災以降の節電意識の高まりから省エネルギー照明への関心が高まり、新しい高効率光源であるLEDを用いた照明への移行が加速している。日立は、これまでも蛍光ランプを用いた照明の高効率化を積極的に進めてきたが、この照明の大転換期を捉え、最新のLED高性能照明の開発を推進していくとともに、蛍光ランプのさらなる高効率化にも挑戦し、照明の省エネルギー化に貢献していく。

## 1. はじめに

国内のエネルギー消費の中で照明が消費するエネルギーの比率は比較的高く、オフィスビルにおいては約21%にも達する(図1参照)。このため、従来から照明分野では省エネルギー製品の開発が活発であり、日立も点灯回路のインバータ化をはじめ蛍光ランプや高圧ランプの高効率化によるエネルギー消費効率の向上を積極的に図り、照明の省エネルギー化に貢献してきた。こうした中、最近ではLED(Light Emitting Diode)が照明用の光源として用いられるようになり、その発光効率は年々改善され、照明分野

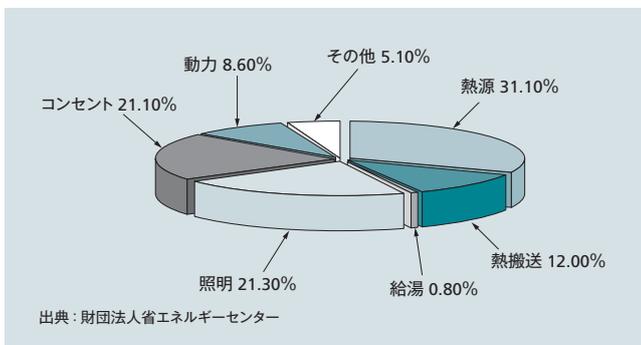


図1 | オフィスビルの用途別エネルギー消費

オフィスビルの形態を表す指標であるレントラブル比(一般オフィス面積/当該オフィスビルの延床面積)が60%以上のビルを対象に分類したエネルギー消費の割合を示す。

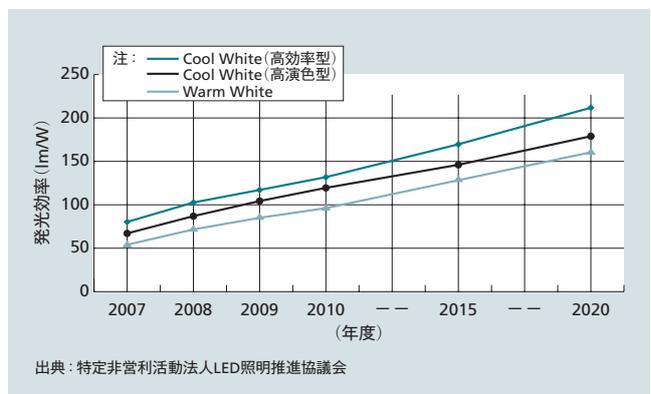


図2 | 発光効率(白色LED)のロードマップ

LED照明推進協議会に参加する企業へのアンケートによって作成したロードマップを示す。2020年にはLED(Light Emitting Diode)の発光効率が200 lm/Wに達すると予測される。

は大きな技術転換期を迎えようとしている。

照明に用いられる白色LEDの発光効率は2020年には蛍光ランプの約2倍の効率である200 lm/Wに達するとロードマップ<sup>1)</sup>(図2参照)が発表されているが、2011年時点ですでに150 lm/Wを超えるLEDが出現していることから、このロードマップの予測を超えるスピードで発光効率の改善が進んでいる状況である。一方、2011年3月に発生した東日本大震災の影響による電力不足から、かつてない省エネルギー意識の高まりにより、LED照明への期待がますます大きくなってきている。

このため、現在、日立は、最もLEDの特長が発揮できるLED電球を手始めに、主照明として使えるLED照明を含めた省エネルギー製品の開発を積極的に進めると同時に、蛍光ランプについてもさらなる高効率化に挑戦している。

ここでは、省エネルギー性能だけでなく、明るさと長寿命を兼ね備えた高性能照明の開発について述べる。

## 2. LED電球(光の質を追求)

これまでさまざまに使われてきた白熱電球に代わって、LED電球は消費効率と長寿命のメリットが評価され、急速に広まりつつある(図3参照)。中でもE口金(ねじ込みタイプ)を持つ一般形の白熱電球やスポットタイプのハロゲン電球をLEDに置き換える市場の伸びが著しい。

しかし、2011年に入ってから、LED電球の省エネルギー性と長寿命のメリットに加え、電球としての光の質に市場の争点が移ってきている。これまでのLED電球は、単に電球の下方半分だけ光るものが主流であった。日立は、「白熱電球のように全周を光らせる」、「ハロゲン電球のようにスポット的に光らせる」、「断熱材施工ダウンライトに使える」をめざし、それぞれ日立独自の技術で対応している。

このような中で、2011年4月からE11口金を持つ「LED電球 ハロゲン電球形」(狭角, 中角, 広角)を順次発売した。また、10月には、E26口金を持つ「LED電球 一般電球形 広配光タイプ」(白熱電球60W相当)も発売する(図4参照)。

### 2.1 配光制御技術(マルチプレックスレンズ)

LEDから照射される光は一方向に向かう光であり、照

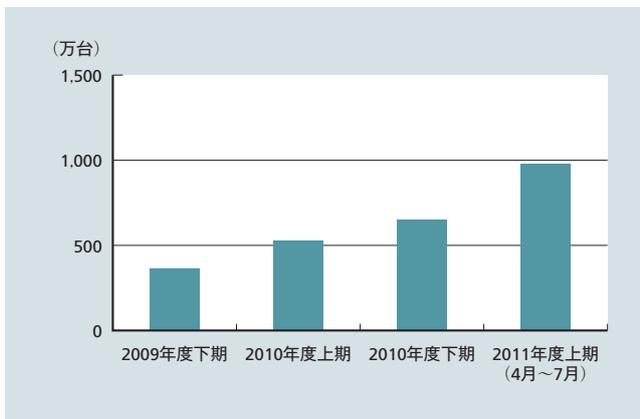


図3 | LED電球国内出荷台数(社団法人日本電球工業会調べ)

昨今の節電意識の高まりから、家庭用、業務用ともに、さらなる市場の拡大が予測されている。

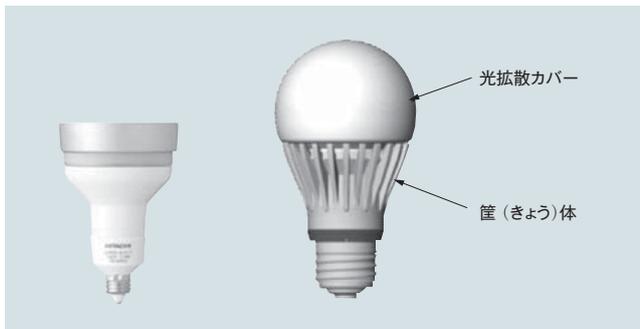


図4 | LED電球

2011年4月に発売した「LED電球 ハロゲン電球形」(左)と10月発売の「LED電球 一般電球形 広配光タイプ」(右)を示す。



図5 | 「マルチプレックスレンズ」の外観

複数のLEDモジュールからの光を合成し、ムラの少ないスポット光を実現した。

明で使う場合には広範囲に拡散させたり、細いビーム状に絞ったり、用途に応じて配光を制御することが必要となる。日立は、光学解析・シミュレーションをベースに所望の配光を得るレンズの開発を進めている。「LED電球 ハロゲン電球形」において、12度(狭角), 19度(中角), 30度(広角)のスポット光を得るために光を制御する「マルチプレックスレンズ」を開発し(図5参照)、製品を内製化した。

同図に示すように複数のレンズを一体化した「マルチプレックスレンズ」により、ハロゲン電球のような自然な配光に近づけるとともに、十分な明るさとムラの少ない照射光を両立させた。その明るさは狭角のスポット光において、当社現行品のハロゲン電球40W形とほぼ同等の明るさ3,000 cd<sup>\*1)</sup>を達成している。さらに、横方向に輝きを放つリング状の独自構造を採用することで、ハロゲン電球の特長であるランプ側面の明るさ感を作り、ランプ本体を美しく輝かせる演出を可能とした。

同等の明るさを実現しながらも、消費電力は7.0Wと約80%削減<sup>\*1)</sup>でき、主に店舗用途として長時間使われるハロゲン電球のLED化は大きな省エネルギー効果が期待できる。また、定格寿命はハロゲン電球の約13倍<sup>\*1)</sup>相当の40,000時間を実現し、長寿命化によってメンテナンス性も向上させている。

### 2.2 LED電球の放熱技術

白熱電球のように全周を光らせるLED電球および断熱材施工ダウンライトに使えるLED電球は、いずれもLED素子の放熱技術がポイントとなる。

LED電球は熱源でもあるLED素子と駆動回路を組み込むことから、寿命や信頼性を確保して高出力を出すためには、放熱のために比較的大きな金属筐(きょう)体を必要とする。一方、一般電球のような広がる配光を得るために

\*1) ハロゲン電球40W形 JDR110V40W/K5NE11(狭角)100V点灯時とLED電球 ハロゲン電球形LDR7L-N-E11(狭角)100V点灯時との比較。

は光拡散カバーの部分大きく（筐体部分を小さく）する必要があり、構造の点において放熱と配光はトレードオフの関係になっている。

日立は、筐体部分の設計において熱解析技術を適用することで、高出力でありながらコンパクトな放熱筐体構造が実現できた。また、配光を広げるために、拡散性の高い光拡散カバーを採用した。

### 3. 蛍光灯照明（マルチリングでの発光効率向上と長寿命技術）

蛍光灯分野では、家庭用の新しい蛍光灯ランプとして多重環形蛍光灯ランプ「マルチリング」を開発し、その特長を生かした照明器具を製品化した。この製品は、トップランナー方式による2012年度省エネルギー基準に照らし合わせると、最高レベルのエネルギー消費効率を達成した照明器具であり、ランプの寿命はトリプルコイルなどにより、21,000時間の長寿命である。

また、二重環構造である「ペアルミック」に対し、三重環／四重環構造であるため、ランプの発光面積が広くなり、照明器具のカバーからの明るさの均一性が図れた新しい光を実現した。以下では、マルチリングの基本構造と特長および技術の効果について述べる。

#### 3.1 マルチリングの基本構造と特長

マルチリングの基本構造は、大きさが従来の蛍光灯ランプと同じ外径400 mm以下の3本以上の環形発光管をブリッジ接合によって順次連結し、一つの放電路を形成した構造となっている（図6参照）。また、その構造上の特長により、発光管を長くすることで、発光面積を増やし、管壁負荷（発光管単位面積当たりの入力電力）を低減し、発光効率を向上させることで全光束を大きくすることに成功した。

#### 3.2 効果

マルチリングの代表的な効果を実現する技術について以下に述べる。

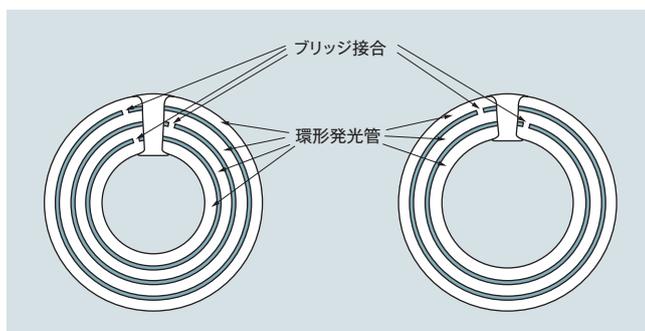


図6 | マルチリングの基本構造

四重の環形発光管で作成したマルチリング130 W形と三重の環形発光管で作成したマルチリング90 W形の外観形状を示す。

#### (1) 明るさ（発光効率）の向上

マルチリングの代表機種として、主に8～12畳の広さで使用される90 W形を取り上げて説明する。

発光効率を従来（ペアルミック100 W形）比で10%以上向上させるため、マルチリング90 W形の発光管の長さを約3 mとし、従来比で約1.4倍、発光面積も同じく約1.4倍とした（図7参照）。さらに発光管形状と寸法に応じて放電電流を最適化し、ランプ管壁負荷を約 $\frac{1}{3}$ に低減することで、ランプ全体の温度を低下させることができ、ほぼ同等の明るさを従来よりも低い消費電力で得ることが可能となった。また、新形状口金を採用したことと、複数あるブリッジ接合の形状と位置をそれぞれ最適化したことで、照明器具内で明るく点灯させることが可能となった。

#### (2) 長寿命化

電極には放電に必要な熱電子の供給源であるエミッタの保持能力が高いトリプルコイルと、発光管内面に形成したUV (Ultraviolet) カット機能付き保護膜を引き続き採用し、エミッタの消耗とガラスの着色を抑制することで、明るさの低下を抑えている。

#### (3) 均一な発光

長年培ってきた高精度なガラス加工技術に磨きをかけ、3本以上の環形発光管を同一平面内の同心円状にほぼ同一の約3 mmの狭い間隔で並べたことに加えて、カバーデザインを工夫することにより、点灯時にムラが少なくきれいに光らせることができた（図8参照）。

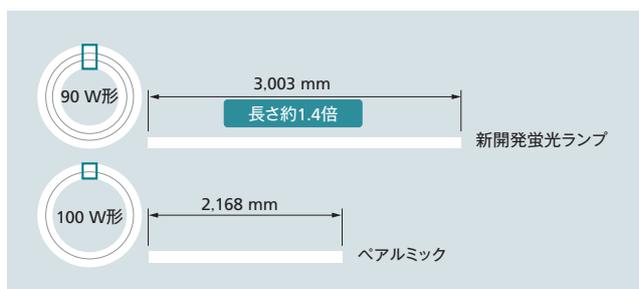


図7 | ランプの発光管長の比較

マルチリング三重環（90 W形）とペアルミック二重環（100 W形）の発光管長を比較して示す。

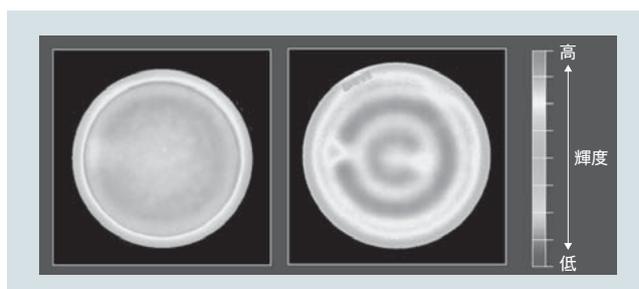


図8 | 器具カバーの輝度ムラ測定結果

マルチリング四重環（130 W形シーリング器具）を左に、ペアルミック二重環（100 W形、40 W形の2本を使ったシーリング器具）を右に示す。

#### 4. 直管蛍光灯形LED(使い勝手を追求)

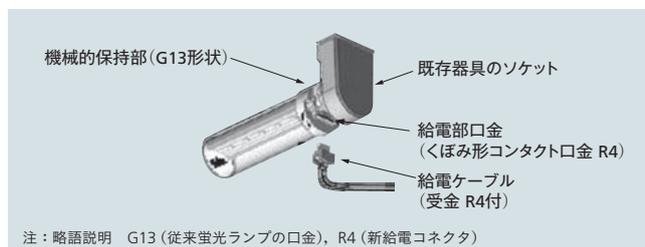
ビル、事務所、工場などの主照明としては、これまで直管形蛍光灯が多く使用されてきた。蛍光灯の高効率化も進んでおり、消費効率が100 lm/W以上の高効率ランプが標準的となっているが、LEDの高効率化に伴い、省エネルギーのため直管形蛍光灯をLED照明へ置き換える動きが活発である。特に、既存の蛍光灯器具を利用してLED化することは、顧客のリニューアルニーズにも対応しており、LED化の市場を大きく広げるものである。

日立は、既存の蛍光灯器具を利用する方法に特徴を持った「直管形LEDランプ リニューアルセット・搭載器具」を2011年7月に発売した。その特徴は、直管形LEDランプの「外部給電方式」にあり、仮に従来の蛍光灯を誤装着しても通電されない安心設計である(図9参照)。通常、蛍光灯器具は口金を差し込む受け口部分のソケットからランプに通電するが、この製品では給電ケーブルからランプに通電する新システム「外部給電方式」を採用している。

また、このような既存ソケットを利用する方法に加え、ソケットなど一部の部品を交換する方法と既存器具一式を交換する三つのリニューアル方法を用意しており、使用状況などに合わせて顧客がリニューアル方法を選択できる利便性を持たせた。

性能面では、高効率LEDモジュールや余分な明るさを自動で調光する照度補正形回路の採用、放熱を考慮した構造設計などによって低電力化を図った。当社従来の2灯用蛍光灯器具に比べ、消費電力を44%削減(明るさ約94%)<sup>※2)</sup>し、2灯用器具で平均48 Wを実現した。また光源の定格寿命は約3倍<sup>※2)</sup>の40,000時間であり、ランプの交換回数を減らし、メンテナンス性を向上させている。

※2) 当社蛍光灯器具(FLR40形) 逆富士形2灯用NM4203-DSC(消費電力85 W, 保守率0.70)と直管形LEDランプ搭載器具逆富士形2灯用NME4205-PK14(平均消費電力48 W, 保守率0.74)との比較。



注：略語説明 G13(従来蛍光灯の口金), R4(新給電コネクタ)

図9 | 直管形LEDランプ端部(給電部の仕組み)

機械的保持は従来のG13口金を用い、電力給電をR4コネクタで行う新システムを用いている。

#### 5. おわりに

ここでは、省エネルギー性能だけでなく、明るさと長寿命を兼ね備えた高性能照明の開発について述べた。

新しい省エネルギー照明としてLED照明への期待は大きく、すでに海外メーカーや異業種からの参入も含めて開発競争が激化している。そのような中でユーザーの支持が得られる照明を提供していくためには、価格や省エネルギー性能に加えて、ぜひたくとは異なる実質価値を作り上げることが重要である。したがって、単なる「明かり」ではなく、長寿命化によるメンテナンス性の向上や物の見え方、色の見え方といった照明の質にも配慮した「灯り」を創造していくことが課題となる。

今後、日立グループの技術力を結集して、最新のLED照明はもちろんのこと、蛍光灯照明を含めた高性能照明をスピーディに開発し、照明事業を社会貢献できる環境関連事業として伸ばしていく所存である。

#### 参考文献など

- 1) LED照明推進協議会：白色LEDの技術ロードマップ(2008年4月改定)  
[http://www.led.or.jp/data/docs/JLEDS\\_Technical%20Report%20Vol2.pdf](http://www.led.or.jp/data/docs/JLEDS_Technical%20Report%20Vol2.pdf)

#### 執筆者紹介



##### 仙葉 和久

1978年日立照明株式会社入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 照明設計部 所属  
現在、照明製品の設計に従事  
照明学会会員



##### 赤井 寛

1983年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 照明本部 所属  
現在、LED照明の設計開発に従事



##### 高橋 喜将

1997年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 青梅照明本部 設計部 設計グループ 所属  
現在、蛍光灯の開発および製品化に従事  
照明学会会員



##### 原田 玲夫

2008年日立ライティング株式会社入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 青梅照明本部 設計部 設計グループ 所属  
現在、蛍光灯の開発および製品化に従事  
照明学会会員