

白熱電球に代わる省エネ光源のLED電球

High-Efficiency White LED Lamps to Replace Incandescent Lamps

田中 敏也 大澤 滋

■ TANAKA Toshiya ■ OSAWA Shigeru

照明における二酸化炭素 (CO₂) 排出量の削減のため、白熱電球に代わる省エネ光源として電球形蛍光ランプや発光ダイオード (LED) を用いたLED電球が商品化されている。そのなかでも次世代照明として、波長の異なる複数の光を重ね合わせて白色の光を出力する白色LEDが注目されている。白色LEDの発光効率は既に蛍光ランプの効率に追いつく勢いで開発が進んでおり、既存電球と置換え可能なE口金付きのLED電球への要求が高まっている。

東芝ライテック (株) は、このような市場の要求に応えるため、一般照明用で白熱電球の置換えを目的としたE口金付きのLED電球を開発した。LED電球の定格寿命である20,000時間使用した場合、電気代とCO₂の排出量が白熱電球に比べて大幅に削減される。

Eco-friendly self-ballasted fluorescent lamps and light-emitting diode (LED) lamps are being developed with the aim of reducing carbon dioxide (CO₂) emissions. In particular, white LED lamps are expected to be the next-generation light source. The efficiency of white LED lamps is now approaching that of fluorescent lamps, and there is worldwide demand for high-efficiency white LED lamps with E-type screw bases to replace existing incandescent lamps.

Toshiba Lighting & Technology Corporation (TLT) has developed white LED lamps with E-type screw bases that can replace general-purpose incandescent lamps. After 20,000 hours of operation, these white LED lamps show a significant reduction in electricity cost and CO₂ emissions in comparison with incandescent lamps.

1 まえがき

一般家庭で消費される電力量の約16%が照明で使用されていることから、省エネで環境にやさしい環境調和型製品が求められており、なかでも、次世代照明として白色LEDが注目されてきている。白色LEDの発光効率は既に白熱電球やハロゲン電球を超えており、既存電球と置換え可能なE口金付きのLED電球に対する市場の要求が高まりつつある。しかし、まだ市場で発売されているものは主に装飾用途が多く、一般照明用として使うには光量が少ない。

今回東芝ライテック (株) は、点光源で光の制御が容易であるLEDの特長を生かし、レフランプの白熱電球“レフランプミゼット形電球40W (RF100V38WM)” (以降、白熱電球 (ミゼットレフ) と略記) の仕様を目標とした、一般照明用として使用可能なLED電球を開発した。ここではその概要と特長について述べる。

2 LED電球の概要

当社は、2007年7月にLED照明で総合効率50lm/Wを実現した、電源ユニット内蔵タイプの高効率LEDダウンライト器具“E-CORE_{TM} (イー・コア) 40”を商品化した⁽¹⁾。E-CORE_{TM}は

表1. LED電球の主な仕様

Main specifications of LED lamps

仕様	LED電球		白熱電球 (ミゼットレフ)
	LEL-SL5N-F (白色相当)	LEL-SL5L-F (電球色相当)	RF100V 38 WM
外観			
光学特性	最大光度 (cd)	270	180
	全光束 (lm)	240	160
	1/2ビーム角 (°)	55	
	相関色温度 (K)	5,200	2,800
	Ra	70	
経済性	消費電力 (W)	5.3	
	寿命 (h)	20,000	
形状	全長 (mm)	101	
	最大直径 (mm)	66	
	質量 (g)	200	

Ra: 平均演色評価数

(財) 店舗システム協会が主催する“JAPAN SHOP SYSTEM AWARDS 2008”で最優秀賞を受賞するなど2007年度に各種団体から多くの賞を得ている。

この結果からも、LEDが次世代照明用光源として関心が高いことがうかがわれる。今回開発したLED電球は、このE-CORE™の技術を生かし、白熱電球の置換えが可能のようにコンパクトなボディーにLEDと電源回路を収納し、E26口金付きとした。LED電球の主な仕様を表1に示す。

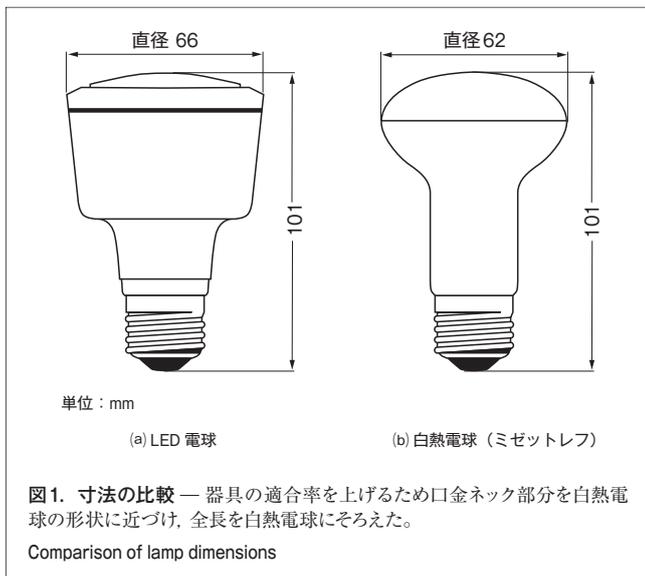
発光色のラインアップとして、色温度2,800 Kの電球色相当と色温度5,000 Kの白色相当の2光色をそろえている。LED電球の光学特性は、電球色相当で白熱電球と同等になるよう設計しており、LEDの発光効率の高い白色相当では最大光度が白熱電球に比べ約1.5倍になる。また、消費電力は白熱電球の38 Wに対して5.3 W、定格寿命については、白熱電球が1,500時間(h)に対してLED電球は20,000 hになるように設計した。LED電球の寿命は、初期の明るさに対して70%の明るさまで低下した時間、又は点灯できなくなる時間のいずれか短い時間と定義している。

3 LED電球の特長⁽²⁾

3.1 形状

内蔵する電源回路の基本構成と部品はLEDダウンライト器具“E-CORE™40”と共通としたが、そのままではランプ寸法が要求仕様に収まらない。そこで、ランプ内部の接続配線であるLEDモジュールと電源回路との接続を変更し、一部部品の見直しを行い電源回路を小形化した。また、ランプ形状は器具の適合率を上げるため口金ネック部分を白熱電球の形状に近づけ、全長を白熱電球にそろえる一方で、電源回路を内蔵するために必要なスペースと、同時にLED及び電源回路の放熱に必要な表面積を確保するために、最大外径は直径66 mmとした。

LED電球と白熱電球との寸法の比較を図1に示す。



3.2 構造

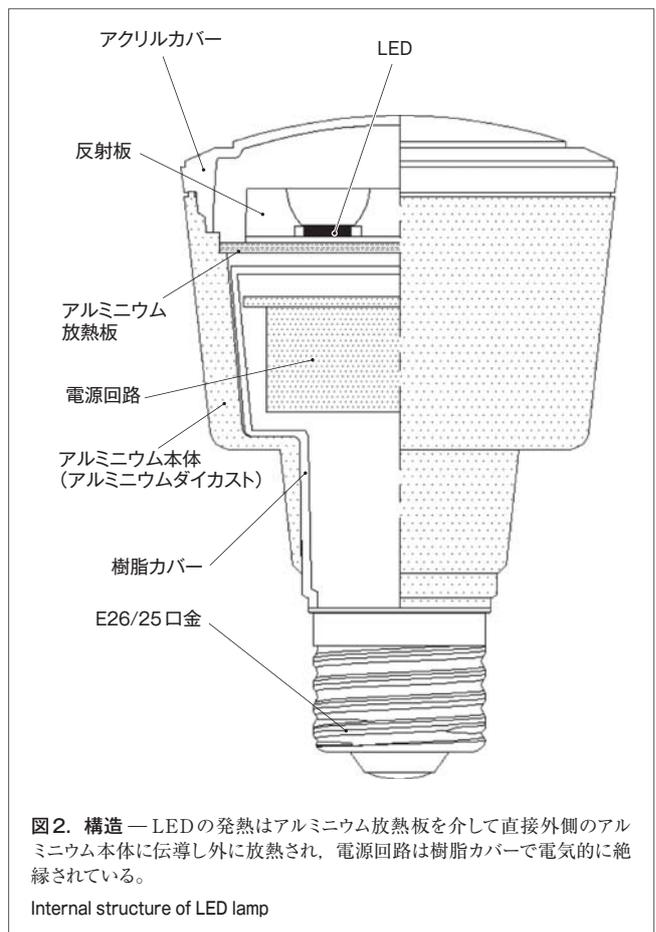
LEDの光束寿命は主に熱で決まるため、点灯時にLEDのジャンクション温度が一定値以下になるような放熱設計をすることが重要となる。

このLED電球においては、適用器具を除いて密閉型器具や断熱施工器具への使用は不可能とし、その他の器具内においてはLEDの寿命20,000 hを満足するために、器具内点灯時にLEDのジャンクション温度が100℃以下になるよう、構造設計を行った。構造を図2に示す。

LEDの熱は、アルミニウム放熱板を介して直接アルミニウムダイカストのランプ本体に熱伝導し外気へ放熱されるよう熱経路を形成し、電源回路は、電気的絶縁を施すため樹脂カバーで分離される構造とした。

3.3 光学特性

今回の製品には、1 WのパワーLEDを4個同一円周上に均等に配置しているLEDモジュールを採用している。それぞれのLED素子に対して反射板を設け配光を制御するE-CORE™と同一方式を採用した。反射板の設計にあたっては試作評価の回数を削減するためにシミュレーションをしつつ行った。設計ツールとして市販の光学シミュレーションソフトウェアを用い、ランプの全長及び外径寸法の制約のなかで、



最大光度と1/2ビーム角が白熱電球（ミゼットレフ）と同等になるように設計した。

なお、光源モデルはLEDメーカーのデータに基づいて作製し、シミュレーションは光線追跡法で反射板形状の最適化を検討した。シミュレーション結果を図3に示す。

LEDは温度上昇とともに発光効率が低下するため、実動作における効率を考慮してシミュレーションを行うことで、図4に示すように、最大光度、配光とも電球とほぼ同等の特性が得られた。また、LED特有の問題である点灯時のLED個々の色ばらつきや照射面の色むらを抑制するために、前面カバーに拡散性を持たせた。

以上の結果から、目標とする仕様を満足するランプを開発することができ、白熱電球と比較した場合の電気代が20,000 h使用して約14,400円の削減となり（図5）、CO₂排出量も255 kgの削減効果が得られた。（図6）

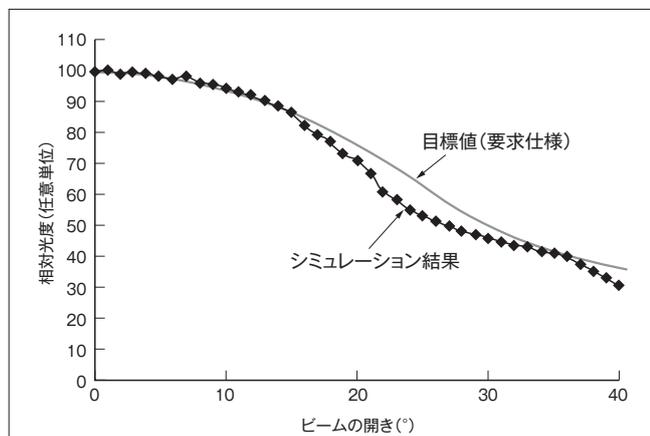
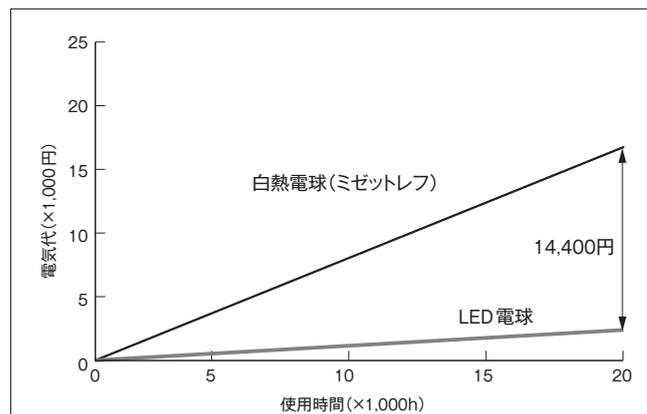


図3. シミュレーション結果 — シミュレーションの結果から、ほぼ電球の配光に近い特性が得られる。

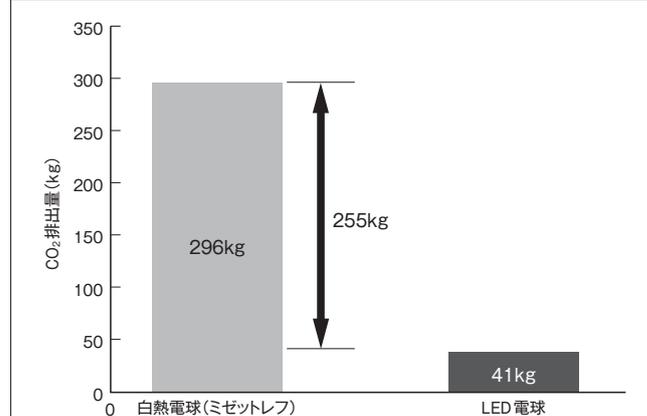
Results of simulation of luminous intensity by reflector



*電気代の算出基準は、電力料金の目安単価22円/kwhによる(税込)。

図5. 経済性の比較 — 20,000 h使用した場合、LED電球での電気代は白熱電球に比べて約14,400円安くなり、ランプの交換頻度も約13回削減できる。

Comparison of economic efficiency of lamps



*CO₂排出量は排出係数 0.39kg-CO₂/kWh を用いて算出した。

図6. CO₂排出量の比較 — 20,000 h使用した場合、LED電球でのCO₂排出量は白熱電球に比べて約255 kg少なくなる。

Comparison of CO₂ emissions of lamps

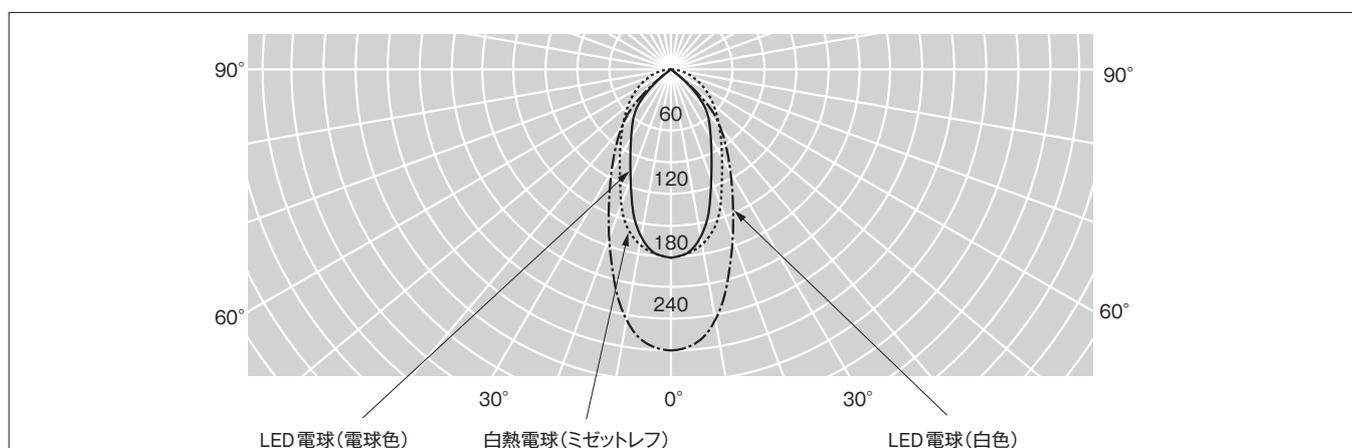


図4. 配光の比較 — 中央から下に向けて表している数字は光度（単位：cd）を、周りの数字は配光角（単位：°）を示す。実測値から電球に近い配光が得られた。

Distributions of luminous intensity

4 今後の展開

今回商品化したLED電球ミゼットレフ40Wタイプは特殊ランプの置換えになるが、口金上向き点灯のダウンライト器具と組み合わせることで一般照明用として使用可能なランプである。今回のランプ及びパッケージを図7に示す。

現在更に高出力化の要求があり、今回のLED電球と同一形状でミゼットレフ60Wタイプを開発中である。



図7. 製品及びパッケージ— ランプは、2007年度のグッドデザイン賞(Gマーク)を受賞した。パッケージは、パッケージの色分けによる発光の識別と、ひと目でLEDとわかるように大きく“LED”表示した。

Midget reflector 40 W-class LED lamp

5 あとがき

東芝ライテック(株)は、CO₂排出量の削減に貢献するため、2010年をめどに、東芝発祥事業の一つとして120年間にわたり継続してきた一般白熱電球の当社での製造を中止し、年間約4,000万個製造(2006年度実績)している生産ラインを一部の電球を除き廃止することを決定した。現在、電球形蛍光ランプやLED照明などの省エネ製品に置き換える事業活動を推進している。

今回、白熱電球の代替光源として、白色LEDを使用したE口金付のLED電球を商品化した。LED電球は白熱電球に比べ長寿命で省エネの光源である。これからもLEDの発光効率率は年々よくなる一方、価格は年々下がることが予想されるので、ますます需要の広がりが期待できる。当社は、白色LEDを採用した新光源によるいっそうの商品化を進めていく。

文献

- (1) 井上 優, ほか. “高効率LEDダウンライトの開発” 平成19年度照明学会第40回全国大会公演論文集. 福岡工業大学, 2007-08, (財)照明学会. 東京, 2007, p.191.
- (2) 大澤 滋, ほか. ミゼットレフ40W形LED電球の開発. 2007年度下期東芝ライテック技報. 55, 56, 2008, p.4-5.



田中 敏也 TANAKA Toshiya

東芝ライテック(株)技術本部 器具技術部参事。
電球形蛍光ランプ, LED電球の開発・設計に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



大澤 滋 OSAWA Shigeru

東芝ライテック(株)技術本部 器具技術部主務。
LED電球の開発・設計に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.