

高効率LEDダウンライト E-CORE™

E-CORE™ High-Efficiency LED Luminaires

井上 優

■ INOUE Masaru

次世代の照明用光源として期待される白色LED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード) は、屋外の視線誘導や店舗照明、あるいは新幹線の読書灯に代表される特殊照明など、様々に応用分野を広げている。年々LEDの効率は向上しており、2006年には100 lm/W級の素子が調達可能になった。効率向上とともに光量アップも実現し、局部照明に限られていた用途も全般照明に拡大しようとしている。LED照明ビジネスを拡大していくために、市場に投入する新商品には小型・薄型、高性能(明るさと効率)、及び経済性の3点を兼ね備えていることが求められている。また、LED照明は従来の照明に比べ、水銀レスや消費電力が小さいなどの特長があり、環境負荷の低減にも大きな期待が持てる。

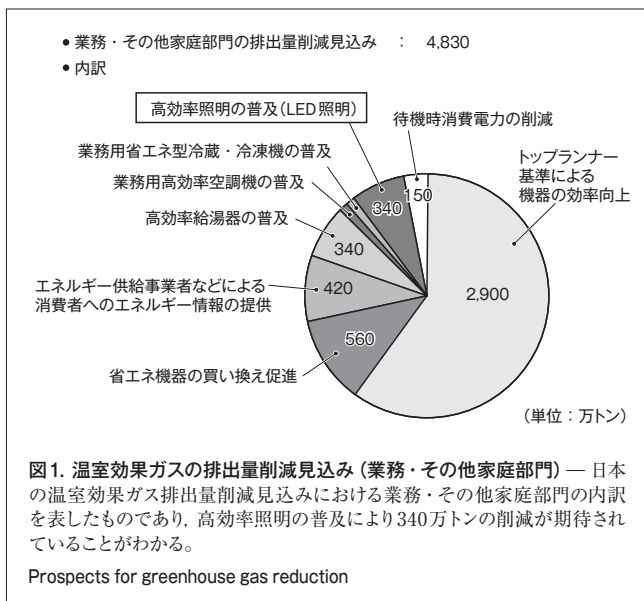
東芝ライテック(株)は、白熱灯器具に比べて小型で効率と経済性に優れ、京都議定書の目標値を満足するLEDダウンライト E-CORE™を開発した。

White light-emitting diodes (LEDs) are expected to be the next-generation light source for lighting applications, which are expanding to various areas including outdoor visual guidance, store lighting, and special lighting such as overhead reading lights in Shinkansen trains. The efficiency of white LEDs has been improving year by year, with 100 lm/W-class elements having become available in 2006. Moreover, the light intensity has been increasing with the improvement in efficiency. In order to broaden the LED lighting business to the general lighting area, new products must satisfy the following three requirements: (1) miniaturized and thin design, (2) high performance in both brightness and efficiency, and (3) cost and economic efficiency.

Toshiba Lighting & Technology Corporation has developed E-CORE™, a new series of LED downlights that are superior to incandescent luminaires in terms of miniaturization, performance, and economic efficiency and therefore place a reduced burden on the environment.

1 まえがき

京都議定書では、日本の温室効果ガス排出量を、2008～2012年の間に2005年に対して8.7% (2億8310万トンに相当)



削減することを目標としている。このうち、業務・その他家庭部門における排出削減見込み量は4,830万トンで、高効率照明において340万トンの削減を目標値としている(図1)⁽¹⁾。

一方、照明による年間のCO₂(炭酸ガス)排出量は56百万トンに上り、これは日本のCO₂総排出量の4.1%に相当する。従来の各光源による総消費電力量、CO₂総排出量、及びCO₂総排出量比率を表1に示す。これに対してLED(Light Emitting Diode: 発光ダイオード)の総合効率は、2006年に100 lm/W級の素子が調達可能となったことで、現在では白熱電球

表1. 従来光源のCO₂総排出量比較

Comparison of total CO₂ emissions of conventional illuminants

	総消費電力量 (GWh)	CO ₂ 総排出量 (kt)	CO ₂ 総排出量比率 ⁽²⁾ (%)
白熱電球	16,300	6,860	0.50
ハロゲン電球	1,700	720	0.05
蛍光灯	96,100	40,470	2.97
HIDランプ	19,300	8,130	0.60
合計	133,400	56,180	4.12

HID: High Intensity Discharge (高輝度放電)
CO₂総排出量比率: 日本のCO₂総排出量に対する各光源のCO₂総排出量の比率
日本のCO₂総排出量: 1,364,000 kt

の約5～10倍相当まで上がっている。具体的には表1に示されるように、すべての白熱電球をLEDに置き換えられれば、日本のCO₂総排出量の約0.5%を削減することができる。

東芝ライテック(株)は従来から、地球温暖化防止のために照明器具の開発で貢献できることは何であるかを考え、京都議定書の目標達成計画で要求されているエネルギー消費量1/5以下と価格3.8倍以下を達成するとともに、市場ニーズに応えられるLED照明器具を常に念頭に置いて開発を進め、今回、これらを満足し、白熱電球ダウンライトに比べ小型で、効率や経済性に優れたLEDダウンライト E-CORE™を商品化した。ここでは、その仕様や特長について述べる。

2 基本仕様

今回開発したLEDダウンライト E-CORE™の外観を図2に示す。この製品は筐体(きょうたい)、反射板、LED、電源、及び電源端子台などで構成され、従来の白熱電球を用いたダウンライトとほとんど変わらない。しかし、光源である4個のLEDそれぞれに反射板を備えている点が、外観デザイン上の大きな特徴である。

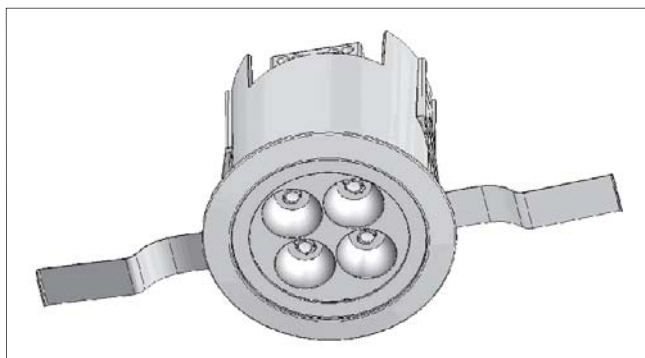


図2. 外観 — 4個のLEDそれぞれに反射板を備えている点が、外観デザイン上の大きな特徴である。

E-CORE™ high-efficiency LED luminaire

大きな特徴となっている。

製品のラインアップは、効率(lm/W)を重視するタイプと演色性(Ra)を重視するタイプの2種類に用途分けするとともに、それぞれを2種類の光源色(白色、電球色)及び2種類の反射板1/2ビーム角(広角タイプ、中角タイプ)に分類することで8種類を基本機種として設定し、更に、断熱施工に対応できる機種(SGI形)を2種類加えて、合計10種類とした。製品ラインアップ及びそれぞれの基本仕様と特徴を表2に示す。

3 開発品の特長

3.1 小型

小型化のポイントは、筐体(放熱器)の小型化と適正な部品配置ができるスペースの確保である。熱設計は、LEDから発生する熱を効率よく外気に逃がす構造とした。具体的には、断面をほぼH形の構造とすることにより、LEDを実装した基板を直接筐体に密着させ熱伝導させることで、熱を外気に逃がす熱経路で設計している。その際LED基板は、銅はくの面積をできるかぎり広くとり、熱抵抗を極力抑えるようにした。製品の断面構造を図3に示す。

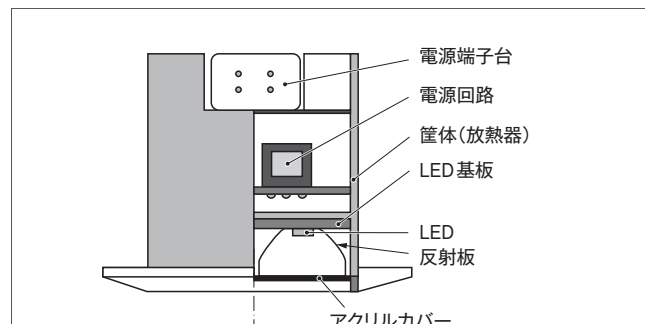
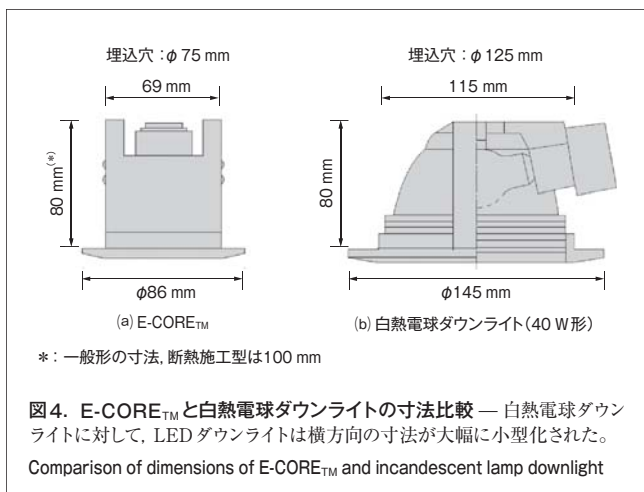


図3. 断面構造 — 図のような主要部品の構成と配置により小型化を実現した。
Cross-sectional view of LED downlight

表2. 製品ラインアップ

E-CORE™ product lineup

形式	形名	仕様					
		特徴	器具光束 (lm)	光色 (相当色)	演色評価数 (Ra)	反射板	電源
一般形	LEDD-44001W-LS1	効率重視	265	白色	78	広角(90°)タイプ, 白色	内蔵形
	LEDD-44001L-LS1		200	電球色	70		
	LEDD-44003W-LS1		265	白色	78	中角(50°)タイプ, 銀色鏡面	
	LEDD-44003L-LS1		200	電球色	70		
	LEDD-44002W-LS1	演色性重視	190	白色	92	広角(90°)タイプ, 白色	
	LEDD-44002L-LS1		160	電球色	92		
	LEDD-44004W-LS1		190	白色	92	中角(50°)タイプ, 銀色鏡面	
	LEDD-44004L-LS1		160	電球色	92		
断熱施工形	LEDD80000SW-LS1	効率重視	265	白色	78	広角(90°)タイプ, 白色	
	LEDD80000SL-LS1		200	電球色	78		

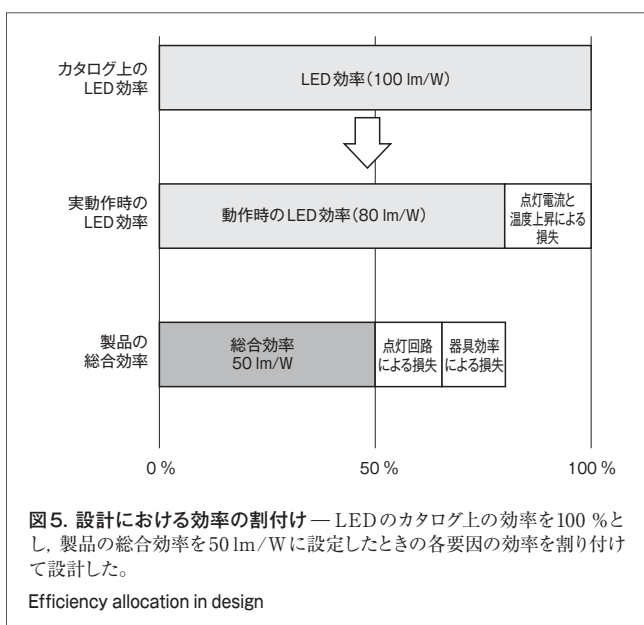


また、この構造により電源を収容するスペースが確保され、更に、電源端子台を器具上部に配置することで商用電源を直接引き込むことが可能となり、従来の白熱電球ダウンライトと同等の施工性を確保した。

このように、適切な放熱設計と図3のような部品配置とすることで、従来の白熱電球ダウンライトに対して小型化を実現することができた。白熱電球ダウンライトとE-CORE™の寸法比較を図4に示す。

3.2 高効率

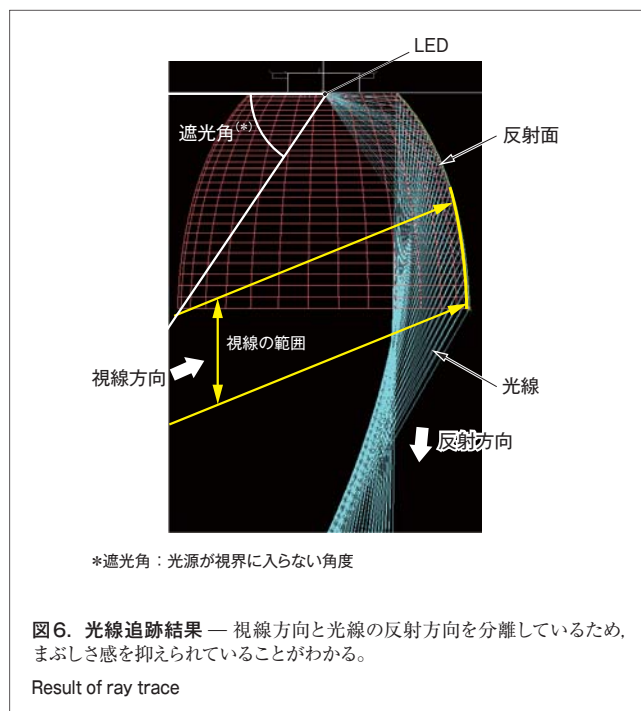
製品としての総合効率の目標値を50 lm/Wと設定した。カタログ上のLED効率は100 lm/Wであるが、実動作においてはLED点灯時の大電流と温度上昇により、効率は20%程度低下する。更に、製品としては光学的な損失や点灯回路による損失を考慮する必要がある。実際の設計ではLEDの効率は20%の低下を見込んで80 lm/Wとし、光学的な効率を



83%, 点灯回路の効率を80%で割り付けて設計を行った。

効率割付けの概念を図5に示す。

ここで開発品の光学設計について簡単に述べる。製品の効率の低下を抑えるため、反射板には反射率90%以上の高反射材料を採用した。反射板は、白色と銀色鏡面の2種類の反射面について設計したが、反射面の仕様によって配光特性が異なる。白色反射面は、LEDから出射された光を完全拡散反射するため配光は丸形に近くなり、照射面の輝度むらや照射むらはほとんどない。それに対して銀色鏡面の反射面は、指向性を持った光として反射するため、シャープな丸形となり、輝度むらや照射むらが目だってしまう。また、反射した光がまぶしく感じられないよう、十分に遮光角が確保できる反射カーブを形成する必要がある。実際の設計では、光線追跡により視線方向と反射光線の方向が分離するように反射面を形成することで、まぶしさ感を抑えるようにした。光線追跡結果を図6に示す。

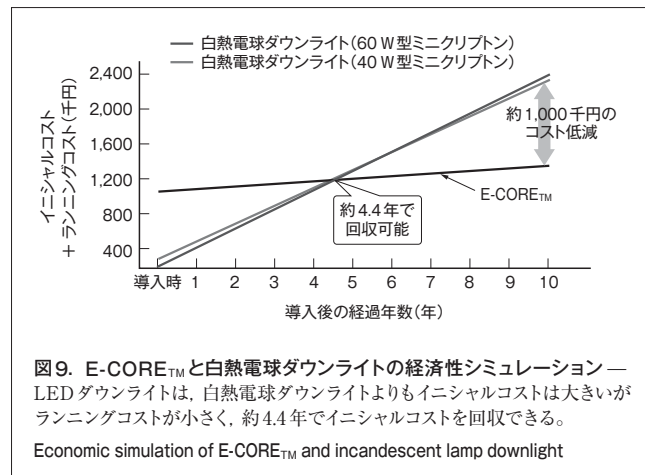
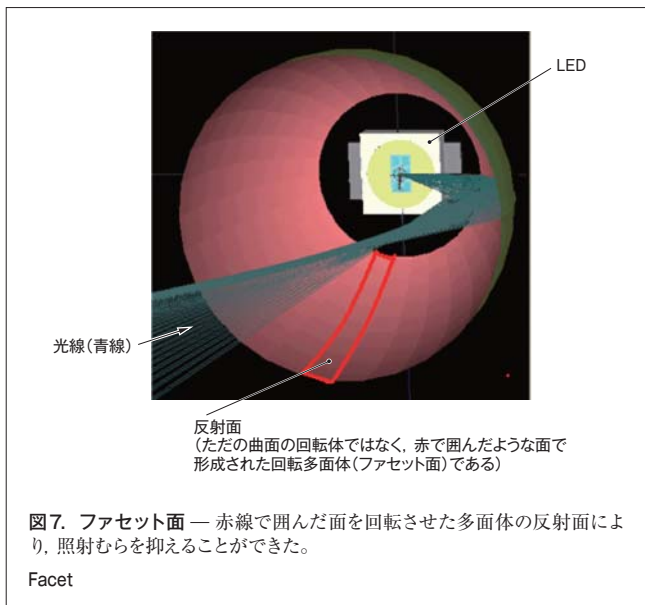


また、色むらに対しては、銀色鏡面の反射面を多面体で形成するファセット面にして反射光を拡散させ、更に、光源に近い反射面には薄いシボ^(注1)を施すことで自然な照射パターンを形成し、色むらが目だたない工夫をした。ファセット面を図7に、シミュレーションにより得られた照射パターンを図8に示す。

3.3 経済性

E-CORE™と白熱電球40 W形ダウンライトの基本性能の比較を表3に示す。

(注1) 光を拡散するために、サンドブラストやエッチングにより表面を粗くすること。



行ったもので、E-CORE™と白熱電球ダウンライトにつき、大型コーヒーショップを想定した場合のインシヤルコスト+ランニングコストを比較したものである。

前述したように器具光束がほぼ同等であるため、同数の設置台数であると仮定するとインシヤルコストはE-CORE™のほうが大きいですが、ランプ交換がなく消費電力が小さいため、約4.4年で差額を回収できる計算となる。

4 あとがき

小型、高効率、及び経済性の3点を兼ね備え、かつ地球温暖化防止にも貢献できるLEDダウンライトE-CORE™を実現できた。また、LEDを光源として扱う場合の色むらなど、今後更に改善すべき技術的な課題も明確となった。

市場では、更に高出力化した白熱電球60 W相当のダウンライトへの要求が高まっており、40 Wタイプの反響なども見ながら商品化を進めていく。

文 献

- (1) 環境省. 京都議定書目標達成計画の進行状況. < <http://www.env.go.jp/press/file-view> >, (参照2007-10-17).
- (2) 日本電球工業会. 照明における省エネ提案. < <http://jelma.or.jp/> >, (参照2007-10-17).
- (3) 井上 優. “高効率 LEDダウンライトの開発”. 第40回照明学会全国大会講演論文集. 福岡, 2007-08, 照明学会, 東京, 2007, p.191.

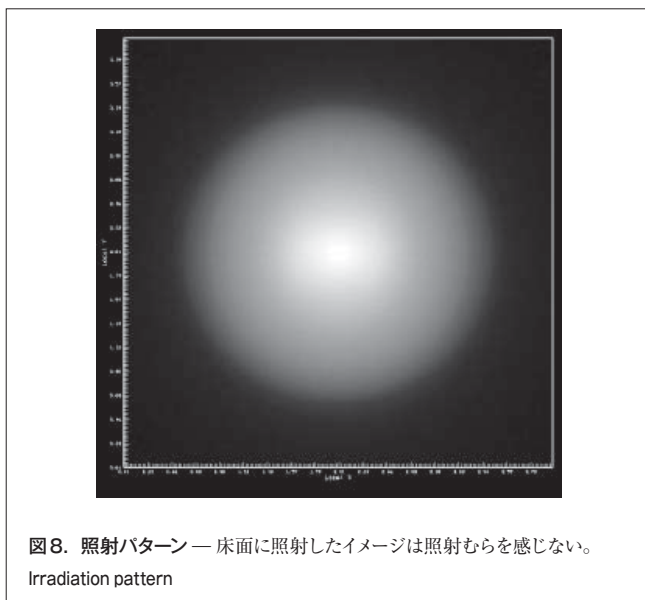


表3. E-CORE™と白熱電球ダウンライトの基本性能比較

Comparison of basic performance of E-CORE™ and incandescent lamp downlight

	E-CORE™	白熱電球ダウンライト (40 W形ミニクリプトン)
器具光束 (lm)	265	230
寿命 (h)	40,000	2,000
消費電力 (W)	5.3	36
総合効率 (lm/W)	50	6.4

E-CORE™の器具光束は白熱電球ダウンライトとほぼ同等であるが、消費電力が約1/7と小さく、更に、寿命が40,000時間と長寿命であるため、インシヤルコストが抑えられる。

図9は、具体的な事例を用いて経済性のシミュレーションを



井上 優 INOUE Masaru

東芝ライテック(株) 電材事業部 器具技術部。
LED光源を用いた照明器具の設計開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.