

省エネと快適な光環境を実現するLEDベースライト

LED Base Light for Realization of Energy Saving and Comfortable Lighting Environment

渡邊 博明

西村 潔

伊藤 賢一

■ WATANABE Hiroaki

■ NISHIMURA Kiyoshi

■ ITO Kenichi

近年、LED（発光ダイオード）の高効率・高出力化に伴い、LED照明器具の用途は部分照明から全般照明へ移行しつつある。これによって、これまで白熱灯の代替として省エネ効果を発揮するものが主であったのに対して、蛍光灯の代替商品も多く見られるようになった。

東芝ライテック（株）は、蛍光灯ベースライト（商業施設向け全般照明）と比べ約35%の省エネが図れ、業界最高^(注1)の総合効率84 lm/Wを達成するLEDベースライトを2009年に商品化したが、製品単価が高いという経済面と、快適光環境を実現するうえでまぶしさ感（グレア）を軽減する遮光設計に課題があった。

当社は、これらの課題を解決するため、COB（Chip on Board）実装技術を用いたモジュール光源の採用で総合効率110 lm/Wを実現できる見込みを得るとともに、遮光性の改善によって、省エネと快適光環境の両立を実現するLEDベースライトの開発を進めている。

The purpose of light-emitting diode (LED) luminaires has been shifting from partial lighting to general lighting applications due to the development of LEDs with high efficiency and high luminosity in recent years. LED luminaires are therefore replacing not only incandescent lamp luminaires but also fluorescent lamp luminaires.

Toshiba Lighting & Technology Corporation commercialized an LED base light that attained an energy saving of about 35% in comparison with fluorescent lamp luminaires and achieved the industry's best general efficiency of 84 lm/W in 2009. However, the cost was so high that it was not possible to recoup the initial investment, and the cutoff design to provide a comfortable lighting environment was not yet sufficient. To overcome these problems, we have been devoting continuous efforts to the realization of an LED base light with a general efficiency of 110 lm/W through the use of chip-on-board (COB) assembly technology and an improved cutoff design. We are now developing an LED base light that realizes both energy saving and a comfortable lighting environment.

1 まえがき

東芝ライテック（株）は、2009年に業界最高の総合効率84 lm/Wを達成するLEDベースライトを商品化した。蛍光灯ベースライトと比べ製品単体の省エネ効果は約35%となったが、製品単価を含めた初期投資を製品使用段階の省エネ効果で償却するには10年以上かかることから、製品ライフサイクル全体としての省エネ効果という点で不十分であった。また、LEDに対する遮光角も十分ではなく、快適光環境の実現については以降の製品開発の課題として残った。

このような従来製品の課題を次期開発品へ効率よく反映させる仕組みとして、市場商品評価の把握（DR-F）がある。これは、LED照明器具をはじめ、あらゆる製品の開発ステップごとに行っているデザインレビュー（DR）の中の1ステップである。成長過程にあるLED照明器具では、商品化サイクルが早く、業界内の競争も激しいため、DR-Fを行い、課題を反映した新製品の商品化を短期間に進めることが必須である。

(注1) 2009年2月現在、一般照明用LED器具において、当社調べ。

ここでは、従来製品の課題と、その対策を反映した新商品（以下、開発品と呼ぶ）を開発するうえで必要になった技術について述べる。

2 市場商品評価のフィードバックと要求仕様

2.1 従来製品の仕様

2009年に商品化したLEDベースライトの外観を図1に、主要特性を表1に示す。



図1. LEDベースライト（従来製品）— 総合効率84 lm/Wと業界最高を達成したが、製品ライフサイクル全体としての省エネ効果や、快適光環境の実現に課題があった。

Conventional LED base light

表1. 従来製品の主要特性

Main characteristics of conventional LED base light

項目	仕様
器具寸法	1,134×234×50 mm
器具光束	4,800 lm
消費電力	57 W
総合効率	84 lm/W
器具質量	4.8 kg
遮光角	15°

2.2 開発品の要求仕様

前述の従来製品に対するDR-Fの結果を開発品にフィードバックして設定した要求仕様を表2に示す。

快適光環境の実現⁽¹⁾につながる、グレアを低減するための遮光角の設定においては、既存の蛍光灯器具で比較的グレアが低減できている30°を目標とした。また、総合効率については、開発品を商品化した際に同種製品の性能と比べて優位になるように要求仕様を設定した。

表2. DR-Fから得られた開発品の要求仕様

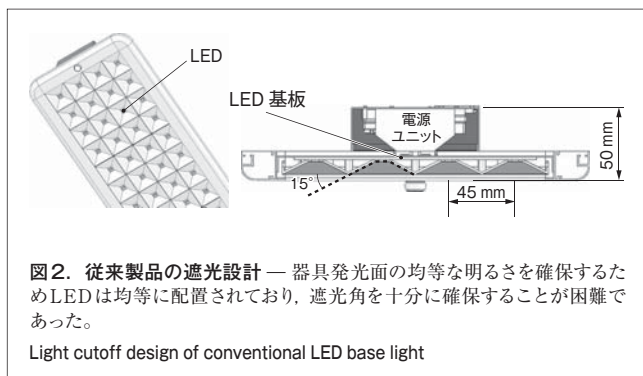
Requirement specifications for product under development

DR-Fで得られた課題	要求仕様
グレアの改善	遮光角30°
更なる省エネ	総合効率110 lm/W
LED配列時の輝度差低減(LEDの粒々感低減)	LEDの直線的かつ近接配置
軽量化	4 kg未満
量産性向上	ねじ数半減(68→34本)

3 要求仕様を実現するための設計技術

3.1 遮光設計

快適光環境の実現にあたり遮光設計は重要である。従来製品の遮光構造(図2)では器具発光面での均等な明るさを確保するため、器具開口面にLEDを均等に配置させた。その



Light cutoff design of conventional LED base light

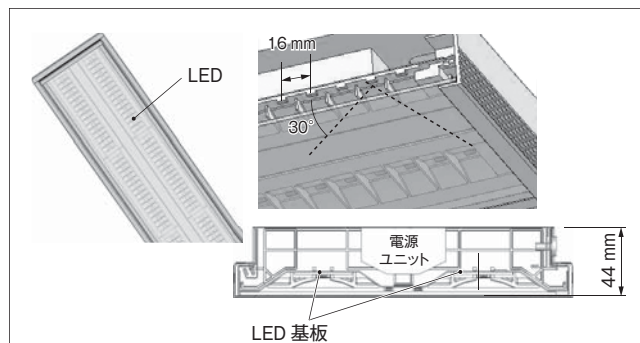


図3. 開発品の遮光設計 — LEDを器具の長手方向に2列に配置することで、従来に比べ器具の厚さを同等以下としながら遮光角30°を確保した。

Light cutoff design of product under development

表3. UGR算出条件

Conditions for calculation of unified glare rating (UGR)

項目	UGR算出条件
部屋の大きさ (m)	14.4×14.4×2.8 (高さ)
作業面の高さ (m)	0.8
反射率 (%)	天井: 壁: 床= 70: 50: 10 作業面20
器具配置	作業面照度が750 lx以上で均等配置
比較方法	器具長手方向での比較

一方で、器具の薄型化が要求されるため、十分な遮光角を確保することが困難であった。

これに対して、開発品は図3に示すように、器具の長手方向にLEDを2列に配置し、LED間の距離を狭めることで器具の厚さを同等以下としながら、目標である30°の遮光角^(注2)を確保した。

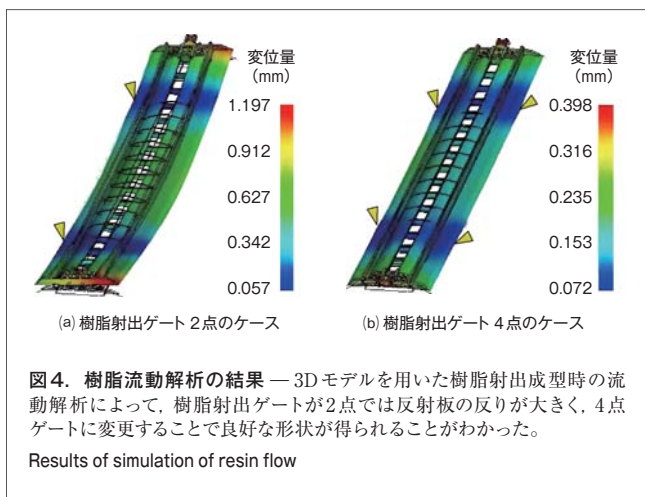
これによって、表3に示す算出条件において不快グレアの指標である統一グレア指標 (UGR) を、従来製品の22から開発品では19に抑えることが可能になった。

3.2 構造設計

前節で述べた遮光設計を実現するためには、制約がある照明器具の寸法のうち、遮光設計に有効な部分の寸法をより多く確保するための構造設計が重要になる。

LEDの点灯維持には専用の電源ユニットを器具内に収容する必要がある。図2及び図3に示すように、開発品は従来製品と比べて、2列に配置されたLEDの間に発熱源となる電源ユニットが配置でき、電源ユニットと基板の上下方向の重なり合いがない構造をとることができる。このため開発品では、LEDの間隔を狭めることで生じるLEDの放熱の低下も改善される配置となる。このようにLEDの放熱設計も考慮したうえで、遮光角の向上をはじめ、LEDの粒々感の低減、器具薄型化による空間での圧迫感低減など、総合的な光環境をより改

(注2) 反射板付器具で、器具長手方向の遮光角。



善したベースライトを実現することができた。

一方、今回採用した反射板は薄型化及びコスト低減の観点から樹脂成型品とした。LEDを2列に配置した開発品では、反射板も必然的に長尺形状(280×70×10 mm)となり、成型品としては反りに対して不利な形状になる。このため反射板形状を3D(3次元)モデル化し、樹脂の射出ゲート数や板厚などをパラメータとして、コンピュータによる樹脂流動解析を行った(図4)。その結果、目標とする反り量である0.5 mm以下を確保するためには、樹脂射出ゲートを当初検討していた2点から4点へ変更する必要があることがわかった。これに基づいて設計した金型を用いて作製した成型品の反り量は、約0.3 mmとなり、目標を満足する良好な形状を得ることができた。

3.3 高効率化設計

総合効率(lm/W)は製品の省エネ効果を表す指標の一つであり、LEDの発光効率、器具の出射効率、電源ユニットの回路効率から算出される。このうちLEDの発光効率を除く二つのファクタについては既に約90%の実力があり、省エネ効果を向上させるためには、LEDそのものの発光効率の向上が不可欠である。

総合効率を目標である110 lm/Wにするためには、LED自体の発光効率を140 lm/W程度とする必要がある。しかし、ベースライトのように、LED 1パッケージ当たり100 lm程度の光束が必要になる大光束の製品に使われるLEDでは、発光効率は100 lm/W前後であるのが現状である。

一方、LEDには入力電流を抑えると発光効率が向上するという特徴がある。したがって、定格より低い入力電流でLEDを点灯させることで、発光効率を高めることが可能になる。しかし、所定の光束を得るためには投入電流を絞った分だけ多くのLEDが必要となりコスト高になってしまう。

当社は、この課題を解決するために、開発を進めているCOB(Chip on Board)実装技術を用いたモジュール光源の採用を検討した。効率化の考え方は前述のとおりだが、SMD

(Surface Mount Device)形LEDのようにチップ以外にパッケージなどの余分な部品を必要としないことから、比較的低コストで高効率化を達成できる。

COBモジュール光源の一例を図5に示す。COBの場合、基板上に実装したチップの周囲に蛍光体を塗布することができるため、LEDの粒々感が低減され、光環境をより改善した照明器具が実現できる。

詳細設計の結果を基に、COBモジュール光源の目標仕様を決定し(表4)、器具ラインアップの必要光束に応じてこのCOBモジュール光源を4~8枚搭載することで、製品の総合効率として110 lm/Wを実現できる見通しを得た。

3.4 量産性の改善

照明器具において光環境の快適性や省エネ改善が不可欠であることは言うまでもないが、一方で、これらの性能を確保しつつ量産性も向上させる必要がある。量産性向上の一例として、器具組立て性の改善がある。LED製品の中でも特にベースライトのような高光出力製品では、複数のLED基板が搭載され、それぞれの放熱を確保するために基板固定用のねじを多数用いることになる。

今回、快適光環境の実現に不可欠な反射板の保持構造を見直すことによって、ねじを減らす設計とした。

従来製品の反射板固定方法を図6に示す。LED基板と一っしょにシャーシへねじ固定しており、反射板1枚に対して4か所のねじで固定する設計になっている。これに対して開発品では、図7に示すように反射板両端の形状を変え、反射板の一端が隣り合う反射板の他端を押さえ込む構造とすること

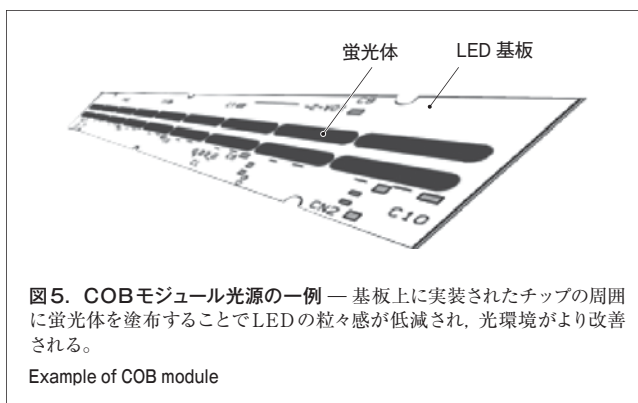


表4. COBモジュール光源の目標仕様

Target specifications of COB module

項目	目標仕様
モジュール寸法	260×32 mm
光束	1,060 lm
消費電力	7.7 W
モジュール効率	138 lm/W

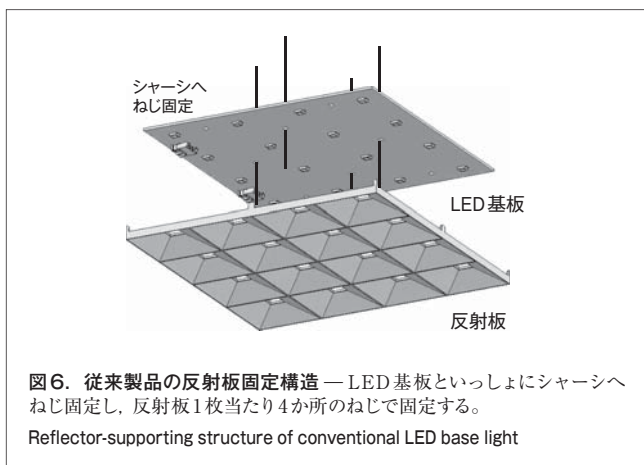


図6. 従来製品の反射板固定構造 — LED基板といっしょにシャーンシヘねじ固定し、反射板1枚当たり4か所のねじで固定する。
Reflector-supporting structure of conventional LED base light

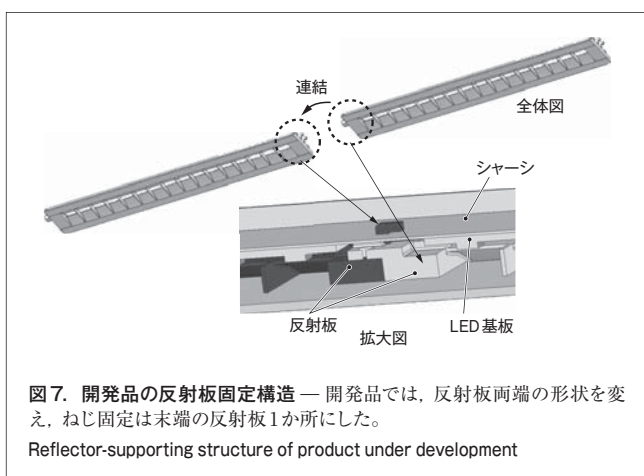


図7. 開発品の反射板固定構造 — 開発品では、反射板両端の形状を変え、ねじ固定は末端の反射板1か所にした。
Reflector-supporting structure of product under development

で、ねじ固定は末端の反射板1か所にした。

これによって、反射板を固定するねじは従来製品の24本に対して開発品は2本となり、また、基板を長尺形状とすることで基板を固定するねじの数量も24本から18本に減らすことができた。今後、量産性の更なる改善など、製品開発を進める。

4 開発製品の実現仕様

3章で述べた設計技術によって実現できた要求仕様に対する開発品の外観を図8に、製品仕様を表5に示す。

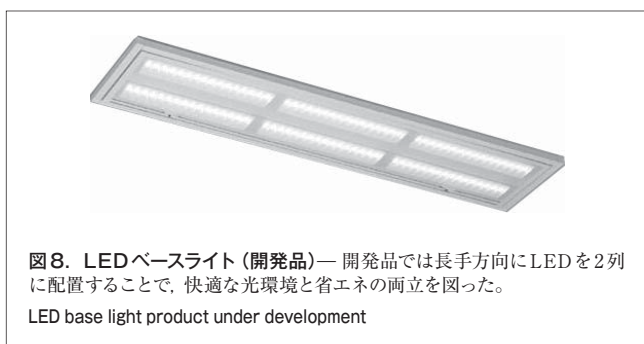


図8. LEDベースライト (開発品) — 開発品では長手方向にLEDを2列に配置することで、快適な光環境と省エネの両立を図った。
LED base light product under development

表5. 開発品の製品仕様

Specifications of product under development

項目	要求仕様	製品仕様
遮光角 (°)	30	30
総合効率 (lm/W)	110	110*
LEDの配置	LEDの直線的かつ近接配置	従来45 mmピッチに対して16 mmピッチの直線配置
質量 (kg)	4未満	3.7
ねじ本数	ねじ数半減 (68→34)	34

* COB光源モジュール搭載器具の場合

開発品は、いずれの項目においても開発当初に掲げた目標を満足することができた。

5 あとがき

LEDベースライトを開発するにあたり、DR-Fを実施し従来製品における課題をまとめ、開発品へ生かすことができた。LED配置と光学設計の見直しによって、遮光角30°、UGR19を満足し光環境としてより良好な照明器具とした。また、COBモジュール光源の採用によって、総合効率110 lm/Wが実現できる見通しを得た。COBモジュール光源の量産設備を立ち上げ、2010年度内の市場投入を予定している。

これらを支える構造設計及び量産性についてはいっそうの改善が必要ではあるが、従来製品における課題の解決を達成しつつある。今後も市場動向を詳細に調査して把握し、省エネかつ快適光環境の実現に向けたLED照明器具の開発を推進していく。

文献

- (1) 小谷朋子, ほか. LEDを用いた快適照明空間を実現するための取組み. 東芝レビュー. 65, 7, 2010, p.20-23.



渡邊 博明 WATANABE Hiroaki

東芝ライテック(株) LED技術統括部 LED器具技術部。
LED照明器具の設計・開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



西村 潔 NISHIMURA Kiyoshi

東芝ライテック(株) 技術本部 光源開発部グループ長。
LED照明用モジュールの設計・開発に従事。照明学会会員。
Toshiba Lighting & Technology Corp.



伊藤 賢一 ITO Kenichi

東芝ライテック(株) LED技術統括部 LED器具技術部。
LED照明器具の設計・開発に従事。
Toshiba Lighting & Technology Corp.