

# 照明計画から見たLED照明の可能性

## Potential of LED Lighting from Viewpoint of Lighting Design

甘利 徳邦      武内 永記

■ AMARI Norikuni      ■ TAKEUCHI Eiki

近年、発光ダイオード(LED)照明器具が拡充されるなか、照明計画を行ううえで、単なる既設の白熱電球や蛍光灯器具からの置換えや省エネ設計だけでは十分な顧客の満足を得ることはできない。

東芝ライテック(株)は、LEDの特性を生かすだけでなく、視環境や実用性あるいは演出性にも配慮した器具の選定、配灯計画、及びシステム設計を実施して、商品力を超えた提案をすることで、他社との差別化を図ってきた。LEDを用いた照明計画の更なる発展と普及を目指して、グレア(まぶしさ)抑止といったソフト面や、出力アップといったハード面の課題を克服するため、現在開発を進めている。

With the wide dissemination of light-emitting diode (LED) luminaires in recent years, the mere replacement of existing products and energy-saving planning is not sufficient to ensure customer satisfaction in lighting design.

Toshiba Lighting & Technology Corporation has been putting forward differentiated proposals to enhance the specifications of LED luminaires through the selection of products, lighting plans, and system design taking into consideration the visual environment, practical utility, and rendition as well as optimal use of the features of products. In order to contribute to the further advancement and diffusion of LED lighting, we have been engaged in research and development of LED lighting design to overcome many issues related to software and hardware performance including control of glare and increase in output power.

### 1 まえがき

地球温暖化防止が緊急の課題となっているなかで、実用レベルのLED照明器具が登場し、その飛躍的な省エネ効果が社会に大きなインパクトを与えている。

石油ショック以降、省エネ問題が高まるたびに照明は幾度か話題に挙がってきた。既存の白熱灯や蛍光灯器具では省エネの抜本的な解決策がないこともあり、オフィスや生産現場などでは必要な部分まで消灯するなど、一過性の対策で対応していた。LED照明の登場は、こうした壁を打破するとともに、持続可能な省エネを実践できるツールとして注目されている。



東芝ライテック(株)は、LEDダウンライトE-CORE™シリーズを2007年に発表して以来、次世代照明の本命として現在まで製品ラインアップを拡張している。

ここでは、照明計画という生活に密着した実空間で、照明の質を落とすことなく地球環境に貢献する当社の技術と、その実施例について述べる。

### 2 照明設計におけるLED器具の優位性

LEDは、光源そのものの発光効率の高さが特長の一つであるが、実空間を照らす照明器具としても既存の製品とは一線を画している。

表1. 一般電球形とLEDダウンライトE-CORE™900シリーズの比較  
Comparison of incandescent and E-CORE™ 900 series LED downlights

項目	E-CORE™ LEDダウンライト	100Wミニクリプトンダウンライト	備考	
外観				
形名	LEDD-70003MW-LS8	ID-76130B(W)		
ランプ	LEDモジュール	KR100V90WW		
ランプ光束 (lm)	1,091	1,480		
器具光束 (lm)	971	1,140		
器具効率 (%)	89	77	LEDは高効率	
消費電力 (W)	13.3	90	LEDは省電力	
ランプ寿命 (h)	40,000	2,000	LEDは長寿命	
実空間での比較*	設置台数	36	36	同じ台数で比較
	照明率 (%)	87	70	LEDは高照明率
	平均照度 (lx)	473	509	ほぼ同照度 (500 lx)
	総消費電力 (W)	479	3,240	
年間CO <sub>2</sub> 排出量 (kg)	560.2	3,791	LEDはCO <sub>2</sub> を年間85%削減	

\*計算面の大きさ 8.5×8.5 m, 天井高 2.7 m, 反射率 70% (天井), 50% (壁), 10% (床), 計算面 床上0.8 m, 保守率 1 (初期), 年間点灯時間 3,000時間

オフィスをはじめとする室内空間の必要な照度を得るため、照明器具の数量を算出する照度計算式として、一般に光束法が利用されている。

光束法は、式(1)で表わされる。

$$E = \frac{F \times U \times M \times N}{A} \quad (1)$$

$E$  : 平均照度 (lx)

$F$  : 器具 1 台当たりのランプ光束 (lm)

$U$  : 照明率

$M$  : 保守率

$N$  : 照明器具数

$A$  : 計算面積 ( $m^2$ )

式(1)では、照明器具が発する全光束を扱い、計算面における平均照度を算出することができる。LEDは点光源で指向性が強いので、器具内における光の減衰が通常のランプを搭載したものとは比べ小さく、器具外へ効率よく配光することができる。これにより、計算面に入射する光の配分比である  $U$  を高くすることができ、従来と同等の  $E$  を少ない  $N$  で実現できる。

白熱灯 100 W を搭載したダウンライトと LED ダウンライト E-CORE™900 シリーズの、器具単体と実空間に設置した際の性能比較を表 1 に示す。同一空間に同じ台数の照明器具を設置した場合、LED ダウンライトの  $U$  は 17 % 高くなり、作業面を同程度に明るくできる。また、省エネ性能では、消費電力及び年間二酸化炭素 ( $CO_2$ ) 排出量は約 1/7、ランプ寿命は 20 倍になる。

### 3 LED照明器具の納入事例

業務ビルでのエネルギー消費量の約 20 % は照明であり、空調に次いで高いと言われている。LED 照明器具を導入することで、大幅な省エネ効果が見込まれるうえ、冷房負荷の低減にも貢献できる。

ここでは、当社の LED 照明器具を室内並びに屋外に設置した事例について述べる。

#### 3.1 ラゾーナ川崎プラザへの大量納入

JR 川崎駅西口の東芝堀川町工場跡地に 2006 年 9 月、“大屋根に覆われた街”をコンセプトにオープンした大型商業施設であるラゾーナ川崎プラザ（事業者：NREG 東芝不動産（株）、三井不動産（株））に、LED 照明器具が大量採用された<sup>(1)</sup>。

ラゾーナ川崎プラザの共用部内には約 7,000 台のダウンライトが設置されているが、2009 年 2 月にそのうちの約 2,300 台を LED 照明器具に交換した。これにより、交換した照明の消費電力量は交換前に比べ約 67 % 削減でき、 $CO_2$  排出量は年間 139 t (LED 照明交換により 97.9 t、それに伴う空調負荷により 41.9 t) 削減された。照明効果の観点からも、各テナント入口上部の垂れ壁部分を明るくし、空間に光のリズムを作る目的を果たしている (図 1(a))。

更に同年 10 月には、フードコートと食料品売場の約 1,000 台



を追加交換し (図 1(b))、全共用部の約 1/2 に当たる合計 3,400 台の LED 化を完了した。

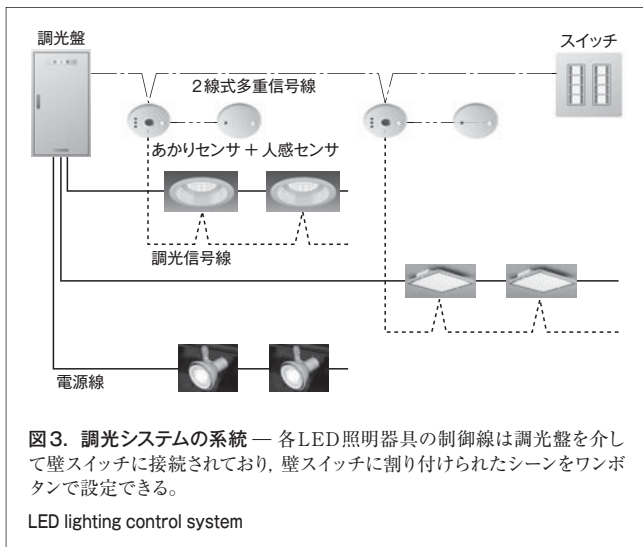
これは、光環境のコンセプトをこれまでと変えずに大幅な省エネを実施した好事例である。

#### 3.2 実用性と照明環境の品質向上への展開

実際の私たちの生活エリアや行動エリアの照明計画にあたり、LED 照明器具自体の高効率ばかりに頼った消費電力削減の手法は一側面の対応に過ぎない。照明は空間の機能を最大限に有効活用できる実用的なものでなければならず、使いごちのよい照明運用をした結果、省エネ効果も発揮されるように計画を展開すべきである。このような手法として、調光制御システムがある。任意の一室あるいはビル全体を、用途や時間に応じて調光制御することで、快適性を確保しつつむだを省くことができる。

会議や、セミナー、ワークショップなどを行う多目的会議室を例に述べる (図 2)。照明器具にはすべて LED を使用し、ベースライトとダウンライト、並びにスポットライトで構成される。これらは一つの調光盤に制御線で結ばれ、用途に応じて照明シーンを切り替えられる。また同時に、あかりセンサや人感センサとも連動させ、日中の昼光や人の不在状況を感じして





照明器具の出力を下げる(図3)。いずれの照明器具も常時100%点灯することはなくなり、その結果、単にLED照明器具を導入する以上の消費電力を削減できた。

省エネと実用性を獲得することが良い照明環境の十分条件とは言えない。「屋内作業場の照明基準」<sup>(2)</sup>には、照度以外に均斉度や、平均演色評価数 Ra、屋内統一グレア評価値 UGR (Unified Glare Rating) といった指標が明記されている。従来のLED照明器具を用いた照明計画では、照明効率を重視するあまり、照明効率とおおむね反比例の関係にある Ra が犠牲になる傾向があった。しかし、ここで示した例では、700 lx から用途に応じた調光により照明器具は Ra 92 を保持しており、これらを両立させることで視環境としても違和感のない照明空間を作り出している。

### 3.3 街路での安全・安心と景観のデザイン

街路空間では、LEDの高輝度という特性を生かし、照明用光源として用いられる以前から、ビルファサードのカラーライティングや街路樹のイルミネーションなどの分野で多用されてきた。私たちの生活に比較的密着した存在であったが、夜道の安全を確保する観点でLEDを採用するようになったのは最近のことである。街路照明では、LEDは夜間の暗い背景に対してその輝度が強過ぎるので、目がくらみ、周囲の状況を把握することが極めて困難になってしまう。このため街路照明では、照度のほかに、まぶしさを抑えた照明器具の設置の高さと配光のバランスをとる必要があった。

LED防犯灯を商店街に導入した事例を図4に示す。防犯性能を満たす水平面・鉛直面照度<sup>(3)</sup>が得られるとともに、グレアが抑えられており、バランスが図られている。消費電力も従来の水銀ランプ防犯灯では電灯料金区分<sup>(4)</sup>で“100 VA 超え”グレードであるのに対し、LED防犯灯では“40 VA 未満”グレードまで引き下げることができる。また、発している光が紫外線成分をほとんど含まないため、低誘虫効果を発揮する。



寿命も60,000時間と極めて長く、おおむね15年は改修せずに済み、LEDの導入メリットが顕著に表れる。

図5は商業エリアの街路に低いLED照明器具を導入した事例である。間接照明手法を用いた器具をこまめに配置し、通行者の安全確保を図った。器具上部から照射された光が下部のピラミッド形反射板で反射し、路面水平方向に拡散する。光源を直視することなく路面に光を取り出すことでグレアは十分に抑えられ、小電力ながら景観的にも楽しい照明となった。計画対象によっては、手法を根底から検討することで良好な環境が実現できることを証明している。

## 4 LED照明計画の課題と展望

ここまで述べてきたように、室内、屋外を問わず、快適な空間作りを支援する照明設備としてLED照明器具を導入することはなんの違和感もない計画となってきた。しかし、照明計画をスムーズに行っていくにはまだ以下に述べる課題が残っている。

### 4.1 視環境の最適化に欠かせないグレアの抑制

屋外照明のグレアについて3.3節で触れたが、オフィスをは



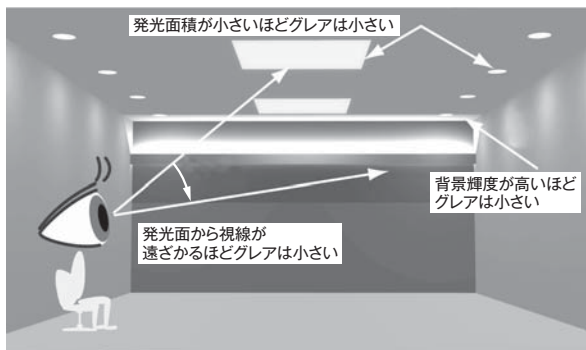


図6. グレアの抑制 — 光源と背景との輝度対比を下げることでUGRは小さくなる。

Concept for suppression of glare

じめとする屋内照明でも抑制すべきものである。グレアを抑えるには発光面積を小さくするか、背景輝度を上げることが必要になる(図6)。前者は素子技術に依存する場合が多い。後者では、下方光束から側方や上方へシフトした配光設計が求められるが、グレアはそのうち側方光束との関係が強い。また、LED基板の構造から上方光束を上げることも困難であり、背景輝度を上げることにジレンマに陥る。

既に一部の鉄道車両の客室内では、LED照明器具を試験導入して運行している。導入に先駆けて実施した評価試験では、従来の蛍光灯に比べ、LED照明器具は省エネを図りながら十分な照度を容易に得られる<sup>(5)</sup>が、主観評価でまぶしいという結果が得られた。また、中づり及び天井脇の広告には十分な光が届かず見えづらい。更に座った乗客は新聞などが明るく読みやすいが、立った乗客はその逆となる。すなわち、グレアを抑えようとするれば下方光束が主体となり、逆に高い位置での明視性を改善しようと側方光束を上げればまぶしさの点で視環境が悪化することになる(図7)。

オフィス空間では、全般照明としてLED照明器具の導入が進みつつあるが、同じくグレア抑制の点で対策が十分ではない。局部照明と全般照明を組み合わせることで省エネが期待できるタスクアンビエント照明はわが国では普及のきっかけをつかめていないが、グレア抑制の手法を追求するなかで、LED照明器具がそれをけん引する切り札になりえるのではないか。机上面照度の確保以外に、壁面や天井など視界に入るあらゆる被照射面を照明する専用のLED照明器具をレイアウトし、空間輝度の適正化を図ることなどが考えられる。

#### 4.2 省メンテナンスの最大活用

LEDが貢献するもう一つのケースとして、高所の照明がある。高所作業は人件費や作業用機材の経費が大きいため、長寿命でメンテナンスが軽減できるLED照明器具は格好の設備である。工場、倉庫、体育館など天井の高い建築物や、屋外のスポーツ施設、空港のエプロンなどの施設に最適である。こ

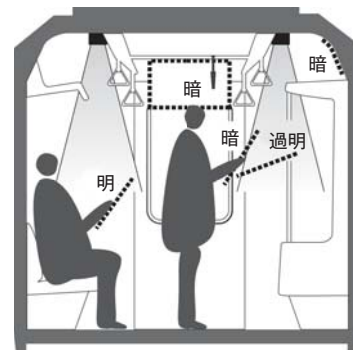


図7. 鉄道客室における照明評価のイメージ — 明るさに偏りができ、乗客の位置により明視性にもばらつきが発生する。

Evaluation of lighting on train

こでの課題はLED照明器具の高出力化であり、ハード面の性能向上が普及のための鍵となるが、その実現は時間の問題である。

## 5 あとがき

省エネは、持続可能な社会を実現するための有効な対策の一つである。私たちの環境意識も高まり、以前と比べて消費生活にも現れてきている。

照明では、その象徴であるLED照明器具が電球や蛍光灯に取って代わる時代が迫ってきており、LED照明のソフト面及びハード面のメリットを十分に生かしながら、時代に沿った照明環境作りに励んでいくことが当社の使命と考えている。

## 文 献

- (1) NREG 東芝不動産；三井不動産。"JR「川崎」駅前の大規模商業施設「ラゾーナ川崎プラザ」でLED照明約2,300台導入”。三井不動産ホームページ。<<http://www.mitsuifudosan.co.jp/corporate/news/2009/0203/index.html>>。(参照2010-05-27)。
- (2) ISO 8995-1/CIE S008:2002. 屋内作業場の照明。
- (3) 警察庁生活安全局. 安全・安心まちづくり推進要綱. 2004, 9p.
- (4) 東京電力. 電気供給約款. 2009, 132p.
- (5) JIS E 4016:1992. 鉄道車両の照度—基準及び測定方法。



甘利 徳邦 AMARI Norikuni

新照明システム事業統括部 事業戦略推進室参事。  
新照明機器のマーケティング推進業務に従事。照明学会会員。  
New Lighting Systems Div.



武内 永記 TAKEUCHI Eiki

東芝ライテック(株) 営業本部 営業推進部 エンジニアリング  
センターチーフデザイナー。照明設計及び特注照明器具の  
デザインに従事。  
Toshiba Lighting & Technology Corp.