

「LED 照明」に関する 調査報告

財建築コスト管理システム研究所
新技術調査検討会

1 はじめに

今、なぜ LED なのか。

日本で最初に白熱電球（家庭用）の製造を開始した会社がその製造を中止するというニュースが伝わったのはつい数ヶ月前のことでした。あのエジソンが発明したといわれる白熱電球、日本では約120年の歴史の幕を閉じることになりました。

その理由はご存知の通り、LED を応用した照明用 LED の商品化が可能となったからです（LED とは Light Emitting Diode の略）。

従来の白熱灯電球はもとより、電球形蛍光灯をも凌ぐ数々の利点があるといわれています。ここ数年、発光効率が大きく改善され、電球形はもとより LED を組み込んだ照明器具が各メーカーから次々と販売されるようになってきました。

今回は、この発展著しい「LED 照明」についての調査報告をしたいと思います。

2 LED 照明とは

現在、一般照明用 LED は、1996年に実用化されて以来、年々発光効率が向上しており、照明用途への商品化が急速に拡大しています。LED 照明推進協議会が公表している白色 LED（単体素子でかつ素子温度25°Cの時）発光効率ロードマップによると、2008年には、蛍光ランプにほぼ匹敵する100lm/Wに達し、2010年には150lm/Wに迫ると予測され、すでに単体素子では、白熱灯やハロゲン電球を凌ぎ、蛍光ランプに匹敵するレベルになってきています。

さらに照明器具に組み込んだ時の器具全体の発光効率の改善も進んでおり、ダウンライトをはじめ、各種の照明器具及び電球形 LED ランプも商品化され、今後も LED の小型化、長寿命の特長を生かした商品展開がいろいろ進むと考えられています。

また、LED には、従来ランプに比べて配光制御が容易で、光の利用効率を高められる特長があり、点滅や調光も比較的容易であるというソフト面の利用も多く考えられます。

LED の性能向上がさらに進み、こうした配光及び調光の制御という利用効率の改善が加わることによって、照明分野における省エネが加速的に進むことが期待されています。

このように、一般照明用 LED は、従来のランプにはない新たな照明環境を提供する可能性を秘

めており、次世代のあかりとして大いに期待されています。

3 LEDの特長

まず、LEDが従来の照明とはどのように違うかを説明します。最初に取り上げるのはその省エネ性です。白熱電球は60Wや40Wとかなり消費電力が高く（熱になってしまうことから）、それより省エネタイプの電球形蛍光灯でも40W相当で8W、60W相当で12Wくらいになります。しかし、LED電球であれば40W相当で4～5W、60W相当で7～8W程度とさらに低くなります。消費電力が下がれば、発電に伴うCO₂排出量ももちろん減ることになります。

もうひとつの特長が長寿命であること。家庭用のLED電球の場合、その多くが定格寿命4万時間という数値が多く、定格寿命が1,000～4,000時間の白熱電球や、6,000～12,000時間の電球形蛍光灯と比べて大幅なロングライフを実現しています。つまり、電球交換が面倒な場所に使うのには最適です。

電球形蛍光灯に比べて、スイッチを入れてから明るくなるまでの時間が短いこともLED電球の特長です。LEDは「発光ダイオード」という名称のとおり、それ自体が半導体なので、スイッチを入れればすぐに定格照度で灯ります。点滅に対する耐久性も高いので、頻繁にオンオフを繰り返すトイレや洗面所にぴったりだといえます。また電球形蛍光灯は周囲温度が低いと明るくなるまでに時間がかかる傾向がありますが、LED電球ならばそのようなことはありません。

蛍光灯に比べて紫外線や赤外線をほとんど出さない点にも注目したいと思います。書類が紫外線によって色あせを起こすこともないし、虫も集まりにくくなります。

落としても割れない点もメリットになります。電球や蛍光灯ではガラス製品のため、ぶつけたり、落として割れたりするとガラスが飛散し、危険なことになりますが、LED電球は表面が樹脂製のカバーになっているものがほとんどです。特に小さなお子さんのいる家庭や保育園、幼稚園での用途として着目して欲しい点です。

ただし、LED電球は電球の中に電源回路などが内蔵されているため、本体の重量が100～200グラムと従来の電球より重くなっています。

現状ではLEDが不得意な部分もあります。外観を見て分かるように、従来の電球とは異なり、LED電球は球全体が光るわけではありません。その分、光の横方向への広がりや器具後方への回り込みが少なく、風呂場など壁面に取り付けた場合、暗く感じられる部分も生じるので注意が必要です。これらを踏まえ、最近のLED電球は形状処理などを施し、光の拡散角度を広げた製品も出てきています。

4 LEDの仕組み・原理

LED発光の基礎的原理はイリノイ大学のニック・ホロニアック（Nick Holonyak）によって1962年に最初に開発されました。今日では様々な用途に使用され、今後蛍光灯や電球に置き換わる光源として

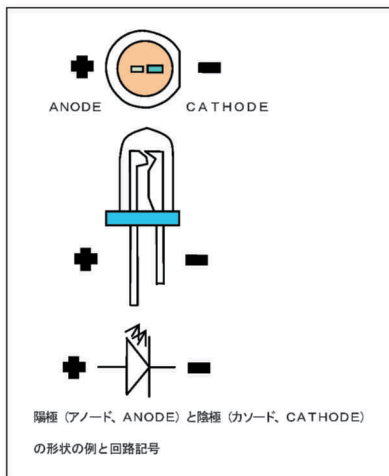
なくてはならないものとされています。

発光ダイオードは、半導体を用いたpn結合と呼ばれる構造で作られています。発光はこの中で電子の持つエネルギーを直接、光エネルギーに変換することで行われ、巨視的には熱や運動の介在を必要としません。電極から半導体に注入された電子と正孔は異なったエネルギー帯（伝導帯と価電子帯）を流れ、pn接合部付近にて禁制帯を越えて再結合します。再結合の際にほぼ禁制帯幅（バンドギャップ）に相当するエネルギーが光子、すなわち光として放出されます。

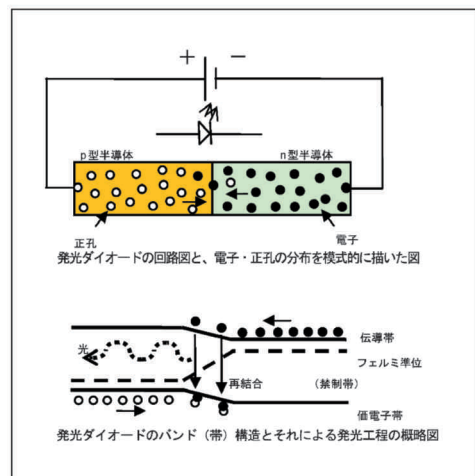
放出される光の波長は材料のバンドギャップによって決められ、基本的に単一色で自由度は低いですが青色、または紫や紫外線を発する発光ダイオードの表面に蛍光塗料を塗布することにより、白色や電球色など様々な中間色の発光ダイオードも作られています。

光の特性として、蛍光灯や白熱灯など他の多くの光源とは異なり、不要な紫外線や赤外線を含まない光が簡単に得られます。このため紫外線に敏感な文化財や芸術作品、熱照射を嫌う物の照明に用いられています。入力電流変化に対する光出力の応答が早く、通信などにも利用されるほか、照明に用いた場合には点灯と同時に最大光量が得られます。

下図にLED素子の形状と動作原理図を示します。



LED素子の形状図



LEDの発光原理図

5 白色発光ダイオードについて

白色発光ダイオードの白色光は、可視光線の全域にわたって連続したスペクトルによって実現される光です。発光ダイオードはある狭い範囲の波長のみを発光するため、本来の意味で白色光は実現できません。

しかし、人間の眼には光の三原色の混合や補色関係にある2色の混合も白色に見えるので、これを白

色光の代用とする方法がいくつか考案されています。

そのうちのひとつ、擬似白色発光ダイオードは現在の白色発光ダイオードの主流であり、青黄色系擬似白色ダイオードと呼ばれています。

視感度の高い波長である黄色に発光する蛍光体と青色発光ダイオードとを組み合わせることによって、視覚上で大変に明るい白色発光ダイオードを実現しています。

このように発表当時、いろいろと話題になった青色発光ダイオードの登場なくしては白色発光ダイオードの実現は不可能でありました。

6 LED 照明の種類

省エネ、高輝度で長寿命を実現できる白色 LED の開発に伴い、発熱によるエネルギー消費の大きい電球に代わり、新しい屋内・屋外照明用として期待されている LED。デザインや光色なども簡単に調整できるため自由度の高い照明が可能になります。現在では既存の照明に置き換わる性能を持った製品が各種開発されており、懐中電灯、乗用車ランプ、電球形照明、スポットライト、常夜灯、サイド照明、街路灯、道路照明灯など LED を使用した製品が次々に登場しています。

白熱電球のソケットに装着可能な「LED 電球」はここ数年、企業間競争などにより大幅に価格が下落しました。寿命や電気料金を考慮すれば、最終的に白熱電球や電球形蛍光灯よりも低コストであるとアピールする向きもありますが、明るさや照射範囲などは白熱電球や電球形蛍光灯とまったく同等とはいえ、今後さらなる改良が必要です。

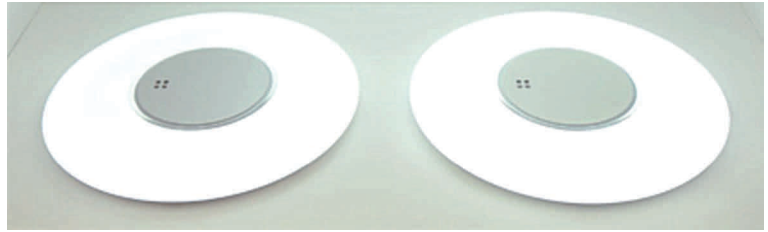
2010年時点で直管形蛍光管（FL40W形等）と同形状・同口金（T18：G13）のものや丸型蛍光管（FCL32W形等）と同形状・同口金（G10q）のものも発売され、LED チップの価格の下落に伴いコストメリットが出つつあります。カバーに透明と乳白色（半透明）の2種類があり、直下の照度を重視するなら透明のもの、広い照射角を求めるなら乳白色のものを選ぶことになります。

照明機器として LED 素子 1 個では十分な光束が得られないため、使用目的に合わせ LED 素子を複数個使用して照度を確保しています。100個以上の LED 素子を使用した製品も珍しくありません。このようなことから、蛍光管に比べて重量が増すために、ソケットが重みに耐えられずに落下する危険性があるほか、器具内の配線替えをしたり、安定器を取り除く必要があるタイプのものもあります。

このような煩雑さをなくすため、大手メーカーなどでは器具本体そのものを LED ユニット化した製品を発表してきています。



ダウンライト（天井埋込形）



シーリングライト（天井直付形）

LEDユニット化した製品例

7 LED照明のコスト推移

価格については、製造メーカーの増加につれて競争が激しくなり、店頭での販売価格も急激に下がってきています。下表に、発売以来ここ数年間の価格推移を示します。

種 類	時期（年・月）	価 格	備 考
電球形 LED ランプ（60W相当）	2008. 3	10,500円	発売時（東芝製）
同	2009. 3	4,000円以下	
同	2010. 3	2,000円台	
同	2011. 3	1,000円以下	推 定

8 今後の課題

各製品とも数年前の発売当時と比べ、かなりコストが安くなってきていますが、現状商品の代用としては数々のメリットがありながら、初期費用としてはかなり高額なものとなっています。

各メーカーともコスト低減に取り組み、さらなる競争を経て少しでも早く、誰もが納得のいく価格になって欲しいものです。

特にユニット化照明器具については初期段階とはいいながら（もちろん多くの機能が充実してはいますが）まだまだ現状品との差がありすぎます。

このあたりをうまく調整しながら廉価タイプの商品も開発され、消費者の選択が拡大すれば市場性が飛躍的に拡大するものと考えられます。

また、デザイン面についてもかなりの自由度がありますので、今までとはまったく異なった照明シーンを演出することが可能となり、われわれの生活環境をさらに楽しく豊かなものにして欲しいと思います。

【参考資料】

(株)日本電球工業会 資料
 パナソニック電工株式会社 カタログ
 シャープ株式会社 カタログ