

連携記事

LEDの普及に向けた取り組み事例

Activities for the Spread of LED in Japan

小島 彰

(社)日本鉄鋼協会 専務理事

Akira Kojima

1 はじめに

著者は(財)金属系材料研究開発センター在職時にLED照明技術開発プロジェクトに関わり、併せてLEDの社会への普及を促進する目的で設立されたLED照明推進協議会に関わったことがある。これらの経験は一面的であるが、これらの経験を踏まえてテクノスコープ記事(本号54ページ)を若干補足したい。

2 我が国発の革命的技術

最初に強調したい点は、LED (Light Emitting Diode 発光ダイオード) は、我が国が世界に先駆けて青色や白色のLEDを開発した我が国のオリジナル技術で、照明技術を根底から変える力を有する革新的な技術である点である。

光源の推移で見るとLEDは、第1世代のランプ、第2世代の白熱電球、第3世代の蛍光灯と対比して第4世代の光とも言われている。電子技術の歴史の中では真空管がトランジスタへ革命的に転換し電子技術の開発スピードが加速されたが、同様な革命的变化が光技術の進歩においてLEDに期待されている。

現在のようなLED技術が確立されるのは、1960年代以降のことで、光の三原色、赤(R)、緑(G)、青(B)の内、赤色と緑色が最初に開発され、70年代に黄色、90年代には日本のメーカーによって青色が開発された。青色ダイオードは、20世紀中の実現は困難といわれていたが、発光ダイオードの材料として化合物半導体のZnSeに世界の多くの研究者が取り組む中で、化合物半導体GaNに注目していた我が国の赤崎勇教授により世界で始めて青色LEDの発光が実現した。これを機に開発競争が激化したが、1993年には日本の日亜化学工業から青色LEDが市場に投入され、青色LEDの実用化時代を迎えた。さらに、1996年には青色LEDとYAG蛍光体

を組み合わせた白色LEDが同じく日亜化学から市場投入された。

天然の光と比べて演色性の課題はあるものの、初めてLEDで実現させた成果は大きなものである。白色光を得たことによって、表示用のみならず、照明も視野に入れて応用分野が拡大することになり、LEDをめぐる技術開発競争が世界的に一層拡大することとなった。

LEDは、電気エネルギーを光に変換する発光素子、特定の波長の光を他の波長の光に変換する蛍光体、素子及び蛍光体を固定する封止樹脂から構成される。また、素子は通常放熱のための金属材料の上に設置される。

発光素子は発光波長に適した化合物半導体の内部にPNジャンクションを構成する結晶層を基板の上に成長させている。実際のLED発光器具は、この発光パッケージとこれに直流電力を供給するためのユニット、発光を制御するドライバー装置が付加され、LED発光装置が構成される(本号54ページ図参照)。

PNジャンクションで電子と正孔が結合し光が発生し、半導体層を通過して外部へ取り出される。LEDの効率の議論する場合はこの外部取り出し効率が問題となる。また、白色光のように蛍光体で波長を変換する場合はその変換効率も白色光の効率に関係してくる。

LEDの発光効率を示す指標としては、lm/W (ルーメン毎ワット) が挙げられる。白色LEDは当初の発光効率は5lm/W程度であったが、その後多くの改良が加えられ性能は著しく向上した。現在の発光効率は100lm/Wにまで達し、誕生後15年という短期間に20倍の性能向上が図られたことになる。発光効率のロードマップはLED照明推進協議会のホームページに示されている²⁾。2010年で100から140lm/Wとされている。蛍光灯の効率が100から120lm/Wであるので、白熱灯のみでなく、蛍光灯を凌駕するようなレベルまで進展してきた(図1)。

3 LEDの特徴

LEDの特色を示すと以下のとおりである。

①省エネルギーへの期待

照明用途では、白色LEDは白熱電灯と比べれば発光効率で上回っていたが、これまでは蛍光灯には及ばず、LEDで省エネを図る状態ではなかった。このためLED照明は局所照明など限定用途向けに使われてきた。最近になり、前述のように効率面でも蛍光灯を凌駕する状況になってきて状況が変化した。特に今後の技術開発による効率向上への期待も大きく、文字通り第4世代の光源として注目されている。

最近大手メーカーも含め照明用のLED器具が開発実用化され、競争も激化し、価格が大幅に下がったことに加え、政府のエコポイント制度にも組み込まれ、本格的な普及段階を迎えている。

これに対して特定の色表示が求められる表示、ディスプレイ用途では、以前から電球を凌駕しており普及が進んでいた。例えば、LED交通信号機や自動車のリア・コンビ・ランプなどでは電球方式に比べ大きな省エネが得られる。例えば著者が調べたところ、交通信号機では70Wの電燈式のものに比べてLED方式は14Wで、1/5程度の電力消費量であった。

②長寿命

LEDは白熱電球や蛍光灯と対比して、直接発光素子で電気を光に変換する方式であるところから一般に長寿命である。現在販売されているLED照明器具の寿命は、40,000時間以上が謳われているが製品による幅も大きい。これはまだ商品としての歴史が浅く、製品設計も多様な状況であるためと考えられる。照明器具の寿命は初期の性能に対して70%まで性能が低下するまでの時間と定義されており、電球のように玉切れというわけではない。照明器具の点灯時間を考慮すると、LED照明器具の寿命は10年以上と予想される。この

ようなライフタイムを考えると、これまで照明器具は器具＋光源というコンセプトで考えてきたが、光源を組み込み一体型照明器具という新しい照明製品の期待が高まっている。

家庭内での照明器具では高齢化時代の進行の中で、光源取り替え作業に伴う転倒事故の回避などの効果が今後評価される可能性が高い。また、長寿命により、高層建築物（例えば東京スカイツリー、高層ビルの航空標識等）への応用、メンテナンスフリー化による保守コストの低減などが期待されており、公共部門でも今後採用が高まると考えられる。

③小型化

大きなチップを使って大容量な光を発生するLED器具の開発も進んでいるが、発光部分のチップは極めて微小で強力な光を発信することから、LEDは基本的に微小光源である。微小光源を多数配置して自由なデザインの新たな照明デザインの実現が可能となり、人間工学の応用として使うことも可能である。

これまでは携帯電話での利用がLED需要を牽引してきたが、この一因として微小光源としての機能が評価されていた。また光源の省スペースにより組み込む製品の機能性向上や小型化が可能になったものもある。

④制御性・応答性

半導体による発光なので制御が容易で、調光制御による最適照明やフラット・パネルのバックライト光源として環境に合わせた光の強度調整が可能である。また自然採光と組み合わせた照明の省エネルギー化を図る場合も制御の容易さは大きな利点である。一方、オンオフの早い応答特性は信号伝達手段として最適で、LEDを活用した可視光通信についても研究が進展している。自動車の車のストップランプにLEDを利用するのは省エネルギーだけでなく、より早く後続の運転者に状況を伝える観点からも意味がある。

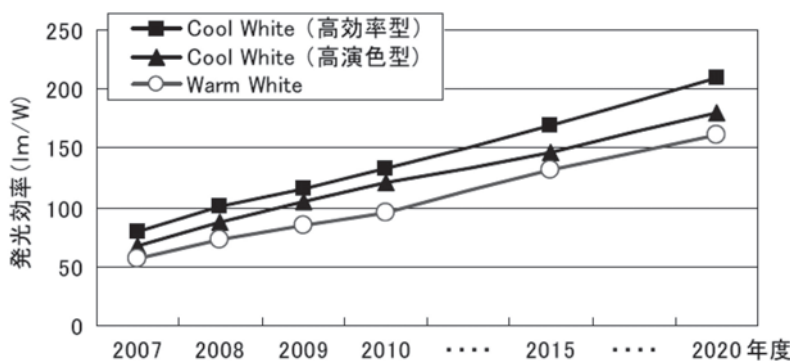


図1 発光効率(白色LED)のロードマップ^{1,2)}
出典：LED照明推進協議会ホームページ

⑤低環境負荷

LEDは蛍光灯と異なり、水銀を使わず、クリーンであるというイメージが強い。また、ガラス器具がないので破損しにくく、光源取り替えに伴う廃棄物の減少という効果も期待されている。

また、LEDは指向性が強いので必要な部分だけ照らすことが可能である。照度設計上も自由度が取れ、光の有効活用となる。余分な光が不要なところまで照らすという光害問題への対策としても有効である。

④ これまでの発展の歩み

現時点では照明用途として期待が高まっているが、これまでのLED歩みをみると、用途としては、表示ディスプレイが圧倒的であり、それも小さなものから次第に大型化してきた。LEDの需要が急増したのは携帯電話への利用が進んだからである。キーパッド、着信ランプ、液晶パネルのバックライトなど、1台に20～30のLEDが組み込まれている。携帯電話はしばらくLED需要の約5割を占めてきた。

最近では液晶テレビのバックライト光源にLEDが採用されて、第2の需要拡大期を迎えている。LEDバックライト薄型テレビは、最初に日本のメーカーが市場投入したが、韓国メーカーの戦略的市場投入により世界的な競争が激化し需要も急増した。これを受けてLEDの需要が急増したのである。

照明用に使われるLEDはこれまでは5～10%程度と低かったが、日本で相次いで電球代替型のLED照明器具が各社により投入され、さらに政府のエコポイント制度でも取り上げられたためLED照明ブームを迎えている。電球代替型のみならず蛍光灯代替型のLEDも市場投入されており、様々なLED照明器具が今後の需要を創出しよう。

照明用と並んで期待が大きいのが自動車用需要である。自

動車ではリア・コンビ・ランプなどヘッドランプ以外の需要が大きかったが、数年前から、高級車でLEDヘッドランプが採用されている。ハイブリッド車、電気自動車のなどエコカーの浸透によって自動車でもLEDの利用が高まっている。

我が国のLED生産の推移は図の通りであり(図2)、年を追って生産数量が急増している。これに対して生産金額の伸びはさほどではなく、単価の低下が統計上からも類推される(図3)。最近になって世界的にLED生産に対する投資は世界的に急増しており、LEDを巡る競争が激化している。中でも韓国、中国、台湾ではLEDを次世代のリーディング産業にしようとの政策的意図も働き、活発な技術開発が進められており、我が国発の技術を維持していくためにも関係者の一層の奮起が求められている。

⑤ 需要開拓への取り組みの一例

著者は、前述の通りLED照明推進協議会に関わったが、協議会の目的は新技術であるLEDの社会への普及を促進することである。総合科学技術会議など政府の議論でも、新技術の社会への早急なる普及を図り、技術開発成果の具体化を促進するため、科学技術政策とイノベーション政策とを一体的に進める方法論が提唱されている。こうした新技術の社会への普及活動を協議会で行ってきた。

LED交通信号機は今でこそ一般に広く設置されているが、我が国の10年前の普及率は、欧米はもとより、シンガポール、台湾、中国といったアジア諸国と比べて低かったのである。少なくともこの分野では、日本発の新技術なのに、実は普及面では日本は遅れていたのである。前述のように交通信号機のLED化は省エネルギーには寄与するが、初期投資が従来タイプに比べて高いことがネックとなっていたようである。一方電灯式は予防保全で定期的に取り換えのための作業が

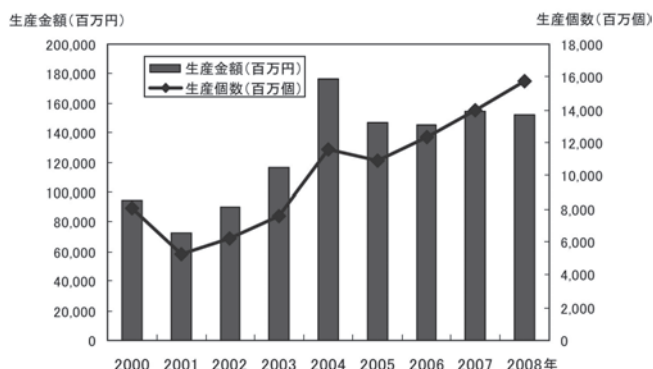


図2 我が国の発光ダイオード生産推移³⁾

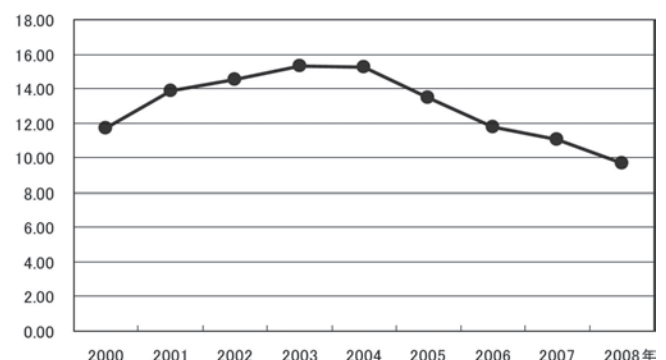


図3 発光ダイオード生産単価の推移(円/個)³⁾

出典：経済産業省生産動態統計(機械統計)から著者作成

必要でこうしたコストも考慮して比較をする必要がある。信号の機能として視認性は重要であるが、LED信号機の視認性の良さは電球方式に比べて格段に優れている。

また、毎日国民の目に触れる交通信号機をLED化することはLEDそのものの社会全般の関心を高める上からも効果大きい。こう考えて交通信号機のLED化に取り組んだ。都府県の警察本部や都府県庁にも足を運んだ。LED信号機の「グリーン購入法」対象品目への採用やLED信号機普及のための助成制度を経済産業省や環境省に働きかけた。その結果、都道府県警察が進めている信号機のLED化に対して、設置費用の一部を助成する制度も試験的に採用された。そうした活動を続けている中で、東京都では信号機のLED化計画が動き出し、これらを受けて、他の自治体でもLED信号機の普及が進展している。

こうした例から理解されるように、新技術の開発と普及は別問題であることが多い。民生品の世界では基本的によい製品が低価格であれば市場メカニズムで普及していく。一方公的機関が関与する部分については、市場メカニズムに加えて普及のためのアクションが必要である。たとえば、自動車用ランプは安全基準での対応で公的規制を受けるし、信号機、道路航空管制表示灯などは公共調達分野である。新技術は社会に普及して役に立つのであり、これらを促進するための枠組みが必要である。こうした視点を踏まえて「LED照明推進協議会」が平成16年6月に設立され、LED新技術を早く社会へ定着させるため、技術開発と並行して技術普及の活動が行われている。

同協議会では、シンポジウム、展示イベント、LED関連製品・技術の紹介、ロードマップ策定、標準化活動、各種機関への働きかけなどに加えて、一般消費者にLEDの知識を身に付けてもらうためのLED検定やLEDハンドブック、LED信頼性ハンドブックの作成、ウェブでの公開などに取り組んでいる。

特に新技術の普及の初期段階においては、一般の人に新技術のイメージを広く知ってもらい、イメージを作ってもらうことは大きな効果がある。LEDでは2005年に開催された愛知万博において照明デザイナーの石井幹子氏にプロデューサーを依頼し、「光未来展」を企画し、その中でLEDを未来の照明というコンセプトで広く一般の方にアピールすることができた(図4、5)。

特にこの中でLED工作教室を開催し、実際にLEDのパーツを組み合わせ、万博のイメージキャラクターが付いた「キッコロ・ライト」を点灯させるイベントには多くの参加者が競争で駆けつけてくれた。LEDのイメージを社会に訴えるよい機会となった。

6 LEDの課題

最近のLED照明をめぐる競争の激化や広告宣伝の効果もあり、LEDは日本の社会に定着してきた。新技術の普及のために努力してきたが、行き過ぎは禁物である。LEDが実力以上に評価され、誤った認識が生まれることは健全な普及には逆効果となる。消費者と直接接する製品については正確な知識を消費者に伝えることが重要である。例えば、「LEDは永久に使える」、「LEDは熱が出ない」などの表現はLEDの実態とは異なる。変換効率が100%でない限り熱の発生は不可避である。LEDの光変換効率は温度上昇により低下することもあり、LED照明の最大の課題は放熱のマネジメントとも言われている。また、熱や紫外線等の発散により、材料の劣化は



図4 愛知万博「光未来展」LED工作教室の様子

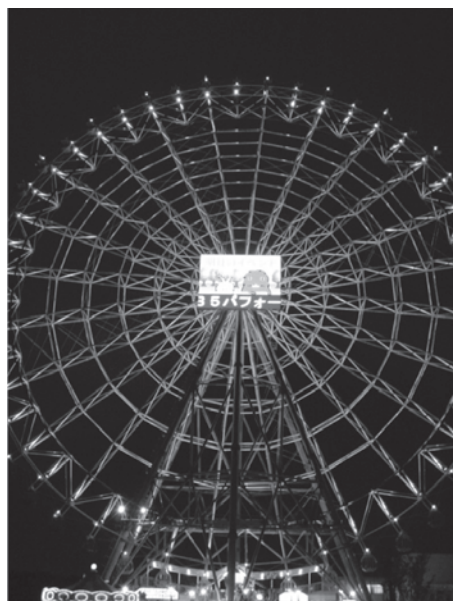


図5 愛知万博の大観覧車に取り付けられたLED表示パネル

確実に進む。確かに既存の照明光源と比べて長寿命ではあるが永遠ではない。白色LEDは演色性が自然光に比べて劣る。指向性の強い光が生物に与える影響についても研究が進められている。LEDにとっては、効率向上や経済性の向上以外にもまだまだ解決すべき課題がある。

LEDが様々な材料から構成されていることを考えると、材料面での技術開発がLEDの進展に重要な役割を果たすことは言うまでもない。鉄の歴史と比べるとLEDのそれははるかに短い期間ではあるが、技術の進歩、製品の向上という側面では共通するものがある。LEDのこれまでの歩みや需要拡大への取り組みなどが鉄鋼技術関係者の参考になるところがあれば幸いである。

参考文献

- 1) LED照明ハンドブック, LED照明推進協議会編, (2006), 23.
- 2) LED照明推進協議会ホームページ：
<http://www.led.or.jp/index.htm>
- 3) 経済産業省生産動態統計（機械統計）の中の電子管，半導体素子及び集積回路：
http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/03_kikai.html

(2010年10月25日受付)



図6 街の活性化を狙った世界最大のLED大型ディスプレイの昼と夜(米国ラスベガス市フリーモント通り)