

白色LEDの技術ロードマップ

2005年9月(初版)

2008年4月(改訂)

LED照明推進協議会

1. 白色LEDにおける発光効率の技術開発動向

LED照明推進協議会(以下、JLEDS)の技術・標準化推進委員会では、LED照明の普及促進を目指すことを目的として、白色LEDの発光効率について技術ロードマップを作成しました。

一般照明用白色LEDの発光効率は、2015年頃、150 lm/W に到達する見込みです。

● 発光効率(白色LED)のロードマップ

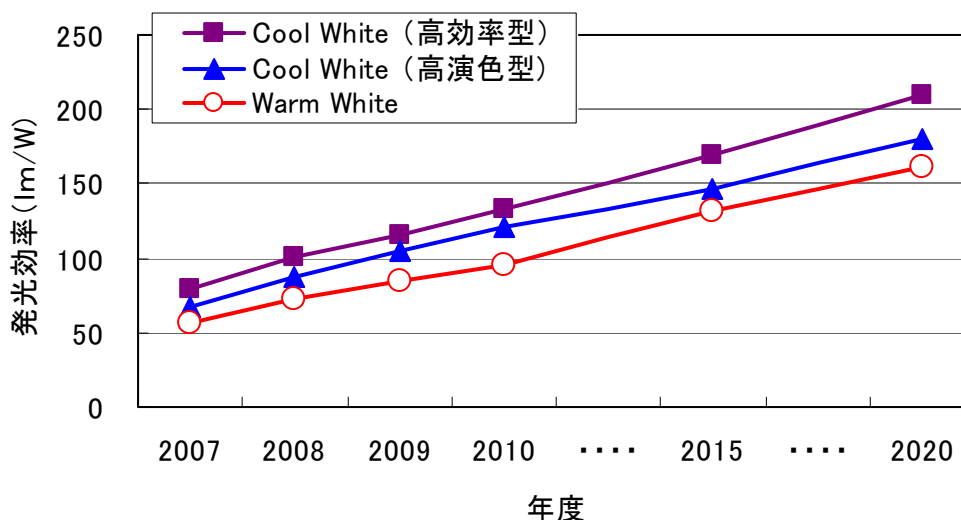


図1 発光効率ロードマップ (アンケート結果)

発光効率については、2009年頃までに現状の蛍光灯と比較しても十分なものになると考えられます。しかし、大きな問題は価格(lm/円)で、現状では蛍光灯に比べると2桁以上の差があることから、これを下げていくことが今後の技術的課題になってきます。

注意事項:

- ・ 本ロードマップは、JLEDSに参加する会員企業に対して、アンケートを実施、その結果を集計したものである。
- ・ アンケートではHigh Power LED 技術開発ロードマップについて実施した(主に一般照明用途とし、液晶バックライト用途、自動車用途、産業機器用照明は対象外とした)。
- ・ アンケートでは Cool White (高効率型)、Cool White (高演色型)、及び Warm Whiteについて実施した。あえて色温度などを定義せず、色度範囲などは企業によって異なる。
- ・ 測定条件は、企業によりまちまちであり、一定条件の元での値ではない。
- ・ チップサイズが大きくなることで、発光効率が必ずしも向上するとは限らないため、今回の集計では、チップサイズの大きさは考慮していない。

2. 拡大する市場規模

発光効率や光束の向上に加え演色性の改善など光の質の向上、および省エネなど環境問題の後押しがあり、白色LEDが用いられる市場規模や用途も拡大していくと考えられます。

2015年には従来光源(白熱電球、蛍光灯、HID)の置き換わりが進み、全て置き換わるとすれば約1兆円程度の市場規模になると想定されます。
さらに、2020年までにはLED独自の照明用途が進むと想定されます。

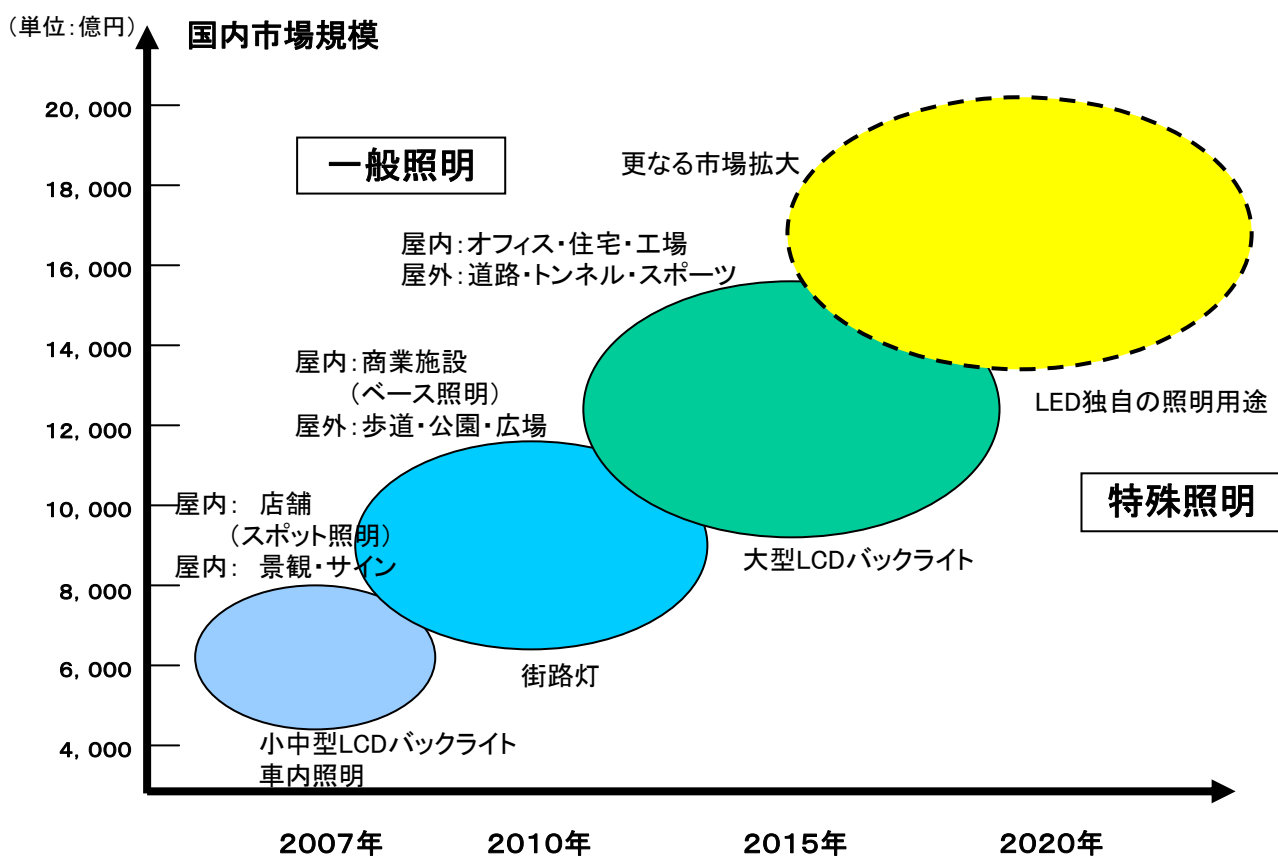


図2 国内市場規模の概念図(照明市場全体)

一般照明用途としては、省エネルギーという観点から各国が政策レベルでLED照明普及に取り組んでいることで、景観・店舗用がさらに普及が進み発光効率で100lm/Wを超える2010年頃には、商業施設を中心に普及が進むと想定されます。

オフィスや住宅といった一般的な照明としては、発光効率や光束がさらに向上し、照明の質が改善されてくる2015年以降に普及が進んでいくと期待されています。

その他の照明用途としては、既に普及が進んでいる小中型LCDバックライトを中心として、2010年頃までには自動車のヘッドライトや街路灯での普及が進むと思われます。

その後、大型LCDバックライトの普及が進んでいくと期待されます。

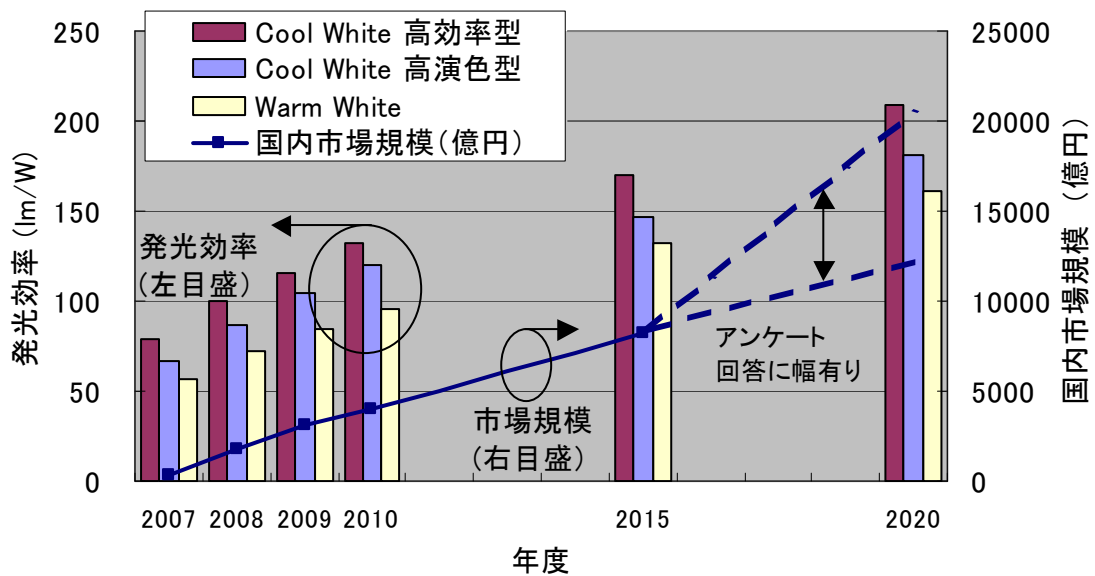


図3 国内市場規模に関するアンケート結果(一般照明)

3. 白色 LED の寿命

3-1) 寿命の定義

白色 LED は最近まで寿命の定義が定まっておらず、その普及にあたり議論が繰り広げられていました。

この課題について、関係団体(照明学会、日本電球工業会、日本照明器具工業会、日本照明委員会、JLEDS など)が議論し、2007 年 7 月 20 日付で照明用白色 LED の寿命に関する標準仕様書が制定されました。

TS C 8153 : 照明用白色 LED 装置性能要求事項

標準仕様書(TS)とは日本工業標準調査会(JISC)の審議において、市場適合性が確認できない、又は技術的に開発途上にあるなど、JIS 制定へのコンセンサスが得られませんでした。将来 JIS 制定の可能性があると判断され、公表される標準文書です。

この標準仕様書の中で、照明用白色 LED の寿命は以下のように定義されています。

- ・ LED の寿命

規定する条件で点灯した LED の全光束又は CIE 平均化 LED 光度が、点灯初期の値に対して、70%になるまでの総点灯時間

- ・ LED モジュール、電球形照明用白色 LED の寿命

規定する条件で点灯した LED モジュール又は電球形照明用白色 LED の全光束が、点灯初期の値に対して、70%になるまでの総点灯時間

詳細は、本編を参照下さい。

3-2) 周辺材料の開発の必要性

LEDの特徴としては、長寿命が大きなメリットの一つとして挙げられてきました。近年、既存の光源の置き換えを図るため、LEDにも大光量を求められるようになり、その結果、大電流化が進んだことで、LEDチップ近傍の樹脂や蛍光体といった周辺材料に及ぼす影響が大きくなり、LEDの寿命への影響が指摘されています。

このため、LEDの寿命を延長させる上でも、封止材料、蛍光体材料、ボンディング材料などのLEDを構成する材料の開発の重要性が高まっています。

例えば、LEDの寿命に最も大きな影響を与える封止材料の劣化は、LEDチップからの放射光と熱による樹脂材料の変質が原因となっています。LEDチップの発光波長が短波長になるほど、LEDチップからの放射光が増大するほど、そして注入電流密度が増加し発熱量が増加するほど材料の変質が進み、LEDの劣化が加速されます。

通常のエポキシ樹脂の場合、LEDチップに大電流を流すような使い方では、LEDチップの周囲の温度は150℃～200℃レベルとなり、光束維持率70%を寿命として考えると、その寿命は1,450 時間になるという報告もあります。

これに対応するために、主な封止材料であるエポキシ系樹脂、シリコン系樹脂それぞれの材料の耐光性、耐熱性を改善する技術開発や、LEDパッケージの放熱性を改善することで発生した熱を速やかに外部に放出できるような技術開発が進められています。

封止樹脂については、最近では、エポキシ樹脂の中でも近UV(近紫外線)光に強いエポキシ樹脂も登場してきています。これは多少、熱に弱いという点もありますが、80℃レベルでLEDパッケージの放熱対策を講じれば、大電流とはいえ、大きな変色を抑制できる見通しが立っています。

また熱による変質の少ないシリコン系の樹脂を用いることで、封止材料の寿命を改善する動きもあります。ただ、シリコン系樹脂は、その性質から接着性が弱い、透湿性がある、ゴミが付着しやすい、といった問題が指摘されており、これらを克服するための技術開発が進められています。

両者の弱点を克服する複合樹脂の開発も進められています。例えば、シリコン変性エポキシ樹脂のように、近UV(紫外線)光に強く、接着性があり、かつ硬度がある封止材料も開発されています。

また、LEDパッケージを構成する材料や構造設計の開発により放熱性が改善し、大光量のLED製品でも、内部の最高温度が80℃～100℃近傍に保持できるとの報告もあります。こうした対策により封止材料の寿命も、ひいてはLEDの寿命も大幅に伸びる方向にあります。

このように、LEDチップ自体の積極的な技術開発はもちろんのこと、それに伴う樹脂や蛍光体(特に有機系)などの周辺材料開発の必要性が高まっています。

なお現時点でも、放熱対策を前提とした場合、大電流を流したとしても発光時のLEDチップの温度が80℃程度に抑えることができれば、寿命40,000 時間で、70%～80%レベルの光束維持率は可能であり、照明への展開が期待されています。

4. 白色 LED の測光方法について

4-1) JIS 規定済の測光方法

白色 LED の測光方法は、「JIS C8152 照明用白色発光ダイオード(LED)の測光方法」(2007/7/20 制定)にて標準化されました。以下にその抜粋を示します。

サンプル LED と値付けられた標準 LED (光度標準 LED または光束標準 LED) とを、受光器に対して同位置で点灯し比較することで測定を行います。受光器としては JIS C1609-1 による一般型 AA 級照度計、またはそれに相当する特殊型照度測定器、分光測光器を用います。

標準 LED の取扱注意事項としては下記の項目があります。

- 初期変動を避けるため、定電流で 100 時間以上の枯化点灯を施したものを使用する。
- 点灯開始からチップ温度(ジャンクション温度)が一定になる規定時間点灯して、電気特性及び光出力が安定したことを確認してから測定を開始する。
- 周囲温度の変動幅は 2°C 以内とし、定電流条件で点灯する。温度制御ソケット(チップ温度制御機能付き点灯ジグ)を用いて安定的に点灯させてもよい。

4-1-a) 光度測定

光度測定は CIE 平均化 LED 光度を測定します。距離条件は下表に示します。

表 1 CIE 平均化 LED 光度測定の距離条件

測定条件	受光器アパーチャ面積 mm ²	測定距離 d mm	設定される視野(立体角) sr
コンディション A	100	316	0.001
コンディション B		100	0.01

LED の測光軸は機械軸とし、LED における測定距離の基点は LED の先端とします。受光器における距離の基点は受光器の距離の基準位置とし、基準位置が設定されていない受光器の場合は受光器の先端面とします。

JIS C8152 には発光部の大きい LED の光度測定方法についても規定されています。

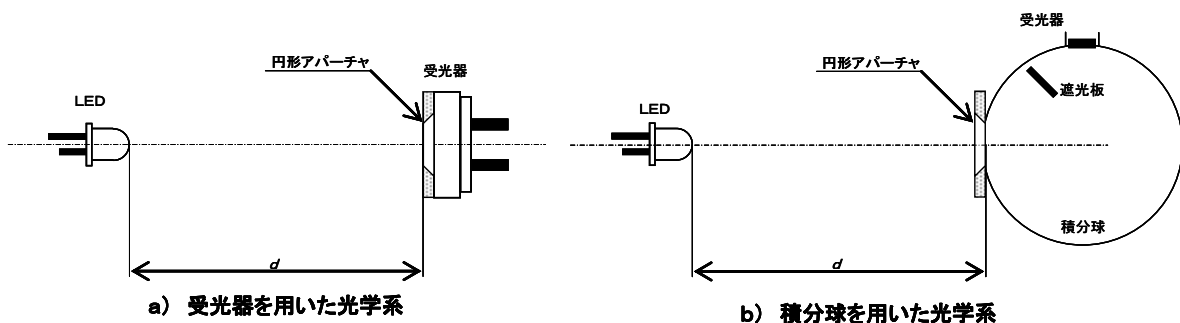


図4 CIE 平均化 LED 光度測定の位置関係

4-1-b) 全光束測定

照明用白色 LED の全光束測定は、積分球を使用して、サンプル LED と同じ位置で点灯し、全光束が値付けられた標準 LED との比較によって測定します。

LED の点灯位置は LED から放射される光が積分球内に導入できる構造とします。積分球の開口部の大きさは、開口部面積の合計が内壁面積に対して4%以内であることが望ましい。積分球の直径は100mm 以上のものを使用することができ、直径 200mm~500mm が望ましい。後方に反射のない LED では直径 60mm 以上のものを使用することができます。

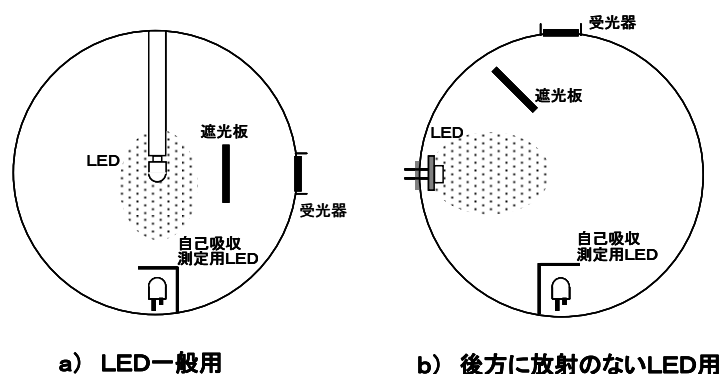


図5 全光束 LED 測定用の積分球の構成例

4-1-c) 光源色測定

光源色測定は、分光分布が値付けられた測色用標準電球を用いた分光測色法によって測定します。LED の光色は指向性を持つことがあるので、通常、光源色測定の受光条件としては LED の全光束測定に対する受光条件を用います。

4-2) 注意事項

LED パッケージメーカーよりカタログ提示されている LED の発光効率、パルス的な点灯方法による $T_j=25^{\circ}\text{C}$ 付近での測定値であることが多く、照明器具として実使用条件での発光効率はカタログ値の 50% 程度に低下します。

4-3) 残る課題

LED 光源については上記のように測光標準が決まりましたが、器具としての測光方法についてはまだ標準化されていません。今後の課題となっています。

5. 今後の課題と方向性

LED は発光効率の向上や高出力化によって、サイン、ディスプレイ用途だけでなく、一般照明用途としての普及が始まっています。LED には、まだ解決すべき課題があるのが現状ですが、様々な利点があることから、今後も大きく普及していくものと思われます。

今後の LED の課題や方向性として、次のようなものが考えられます。

5-1) 照明器具としてのコスト

一般照明として普及するのに、最も大きな課題はコストです。LED 照明器具は、従来形の蛍光灯器具、HID 器具に比べて、5～10 倍するのが現状です。LED 照明器具が高いのは、LED 自体が高いからだと思われがちですが、それだけが要因でなく、放熱板、電源装置、配光を制御するレンズ、パネルなどが必要になるため、どうしても高価な照明器具になってしまいます。コストを安価に抑え、採用されるレベルになるには、解決すべき要因がまだ多いといえます。

5-2) 演色性、色温度と発光効率

ロードマップに示されるように、Cool White で高効率形の白色 LED は、発光効率、光束ともに他の光源に遜色ないレベルに達し、それを超えようとしています。しかし、高演色形や低色温度系の白色 LED になると、まだ十分とは言えません。一般的な屋外照明では効率が重視され、色温度や演色性はさほど問題になりませんが、屋内照明や屋外景観照明の用途では、光の質が要求されます。LED の普及のためには「光の量」だけでなく、「光の質」を高めることも重要と言えます。

5-3) 色バラツキ

LED を照明器具にするには、器具内に複数の LED を並べる必要があります。このとき隣り合う LED に少しでも色のバラツキがあると、ユーザーに不良品と認識され、商品として成り立たなくなります。このためパッケージメーカ、照明器具メーカともに色の選別には苦慮しており、低コスト化への課題となっています。

5-4) 「局部照明」から「全般照明」へ

LED 照明はスポット的な照明や明るさを必要としない場所など、局部照明的な用途に用いられることがほとんどでした。しかし、高効率化と高出力化により、適切な明るさと均斉度が求められる全般照明にも展開が可能となりました。例えば店舗照明のベース照明用のダウンライト、屋外照明では、防犯灯、歩道灯などの事例が出てきました。今後さらにその事例が増えていくと思われます。

5-5) 照明ソフトの提案

LED 照明器具はユーザに興味は示されるものの、高価なため、実際の採用には至らない場合も見受けられます。しかし、LED にはランプ交換などのメンテナンスコストの削減、小電力による電力費と CO₂ の削減、水銀フリーなどの利点があり、LCC(ライフサイクルコスト)や地球環境で考えれば、有効な提案になる照明用途もあります。LED 照明を普及させるには、照明用途などのソフト面を十分に考慮し、提案する必要があります。

5-6) LED 独自の用途開発

LED は今後「省エネ」、「環境」などの社会的要因を背景にブレイクする可能性が高いと思われていますが、ブレイクの方法にはいくつか考えられます。

まず一つ目は、よく言われるストーリーで「LED の高効率化と低価格化が実現し、現在の蛍光灯と HID 市場の大部分が置き換わる」というものです。しかし、これはマーケットがそのまま LED にスライドしただけで、照明市場全体の規模に大きな変化はありません。

二つ目は、非常に楽観的ですが「従来の照明手法と異なる LED ならではの新しい光環境が開拓され、照明市場全体が拡大する」という理想的なストーリーです。

成熟産業と言われている照明業界が、今後画期的な発展を遂げるためには、LED の特徴をうまく利用し、新しい用途開発を行わなければなりません。

LED照明推進協議会では、LEDの特性を十分にPRし、照明用途はもちろんのこと、幅広い分野での利用を図るべく、活動を実施していきます。

<本件に関するお問い合わせ先>

特定非営利活動法人 LED照明推進協議会

〒105-0003

東京都港区西新橋1-5-11 第11東洋海事ビル6階

Phone: 03-3592-1382

FAX: 03-3592-1285

E-Mail: info@led.or.jp

URL: <http://www.led.or.jp/>