

省エネに向けたLED照明の動向について

(一財) 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

本検討会では、LED照明について過去3回紹介しています。既に紹介したテーマは、71号「LED照明(2010年10月)」、78号「LED照明器具の現状と課題、今後の展開(2012年7月)」、91号「照明制御システムの動向について(2015年10月)」です。その後、更に省エネに関する取組みが加速するとともに、照明制御システムも進化しており、最近のLED照明の動向について改めて紹介します。

2 LED照明の概要

ここで、LED照明の概要について再確認しておきたいと思います。

2.1 LEDの原理と構造

LEDとは、「Light Emitting Diode」の略です。半導体には、P型とN型があり、P型の⊕(正孔)とN型の⊖(電子)が出会うことでその接合面(PN接合面)が発光します。P型半導体、N型半導体それぞれ配合する元素の種類や組み合わせによって発光する色が異なります。平成5年に窒化ガリウムをベースにした高効率の青色LEDが実用化され、一般照明用としての白色LEDの開発・商品化が進み、現在では多くの照明器具の主光源として使われています。この技術はノーベル賞を受賞したのでご存じの方も多と思います。青色のLEDに黄色の蛍光体を添加した樹脂

でパッケージしたものがいわゆる白色LEDチップです。この蛍光体についても様々な組み合わせがあり、最近では演色性の高い照明器具も開発されています。

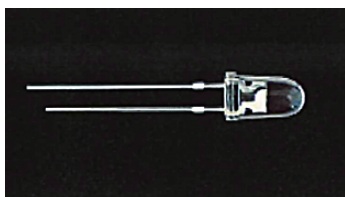
2.2 LEDの形状

LEDの形状は、概ねLED砲弾型(図1)とLED表面実装型(図2)の2種類に分けられます。

LED砲弾型は、自転車のライト、ペン型ライトなどに用いられ、LED表面実装型は、LED素子をプリント基板上に載せて素子と電極を繋げた電子部品で、広い角度に照射できることから照明に使われます。

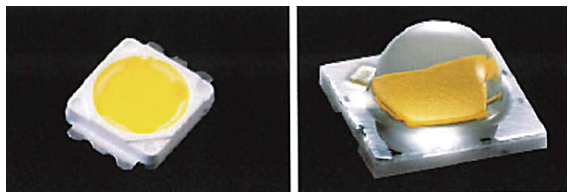
なお、JIS(日本産業規格) C8154「一般照明用LEDモジュール安全仕様」に用語及び定義があり、その一部を抜粋すると、

- ①LED:(注記3)LEDとは、LEDダイ(もしくはLEDチップ)又はLEDパッケージを含み、その技術を代表する一般的な用語としても使用される。
 - ②LEDパッケージ:一つ以上のLEDダイを封じ込んだ独立した電子部品。
 - ③LEDモジュール:プリント配線板などの上に、LEDパッケージなどを実装した口金を備えない光源。
- とされています。



出典：(一社)照明学会ホームページより

図1 LED砲弾型

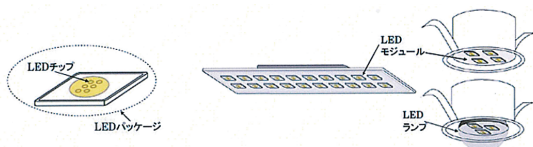


出典：(一社)照明学会ホームページより

図2 LED表面実装型

2.3 LED照明器具の構成

LED照明器具は、LEDパッケージを基盤に実装、または複数のLEDを平面的、立体的に配列するなど一つのユニットとして取扱いができる「LEDモジュール」で構成されています(図3)。



出典：(一社)照明学会ホームページより

図3 表面実装型(左)とLED照明器具(右)

2.4 LED照明の分類

2012年11月29日、LED照明産業を取り巻く現状(経済産業省商務情報政策局の資料5)には、参考扱いとして、以下のとおり述べられています(図4)。

LED照明の分類は、大きく、LED照明器具とLEDランプに分かれます。

LED照明器具は、器具と光源(LEDパッケージ)が一体化しており、器具毎交換して設置されます。

また、LEDランプは、既設の従来型器具を活用し、光源部分(白熱灯、蛍光灯)をLEDに置き換えることを目的にしたもので、電球形LED



出典：経済産業省商務情報政策局資料より

図4 (参考) LED照明の分類

(LED電球)と直管蛍光灯形LEDランプに分かれます。

また一方で、普及の初期には、既設の従来型器具を活用したLEDランプへの交換の際に直管蛍光灯器具で、初期に事故が多発したとの事例がありました。

事故防止の観点から、LEDランプの一部を「電気用品安全法」の省令に「エル・イー・ディ・ランプ」、「エル・イー・ディ・電灯器具」として追加し、法規制の対象(平成24年7月1日施行)としました。

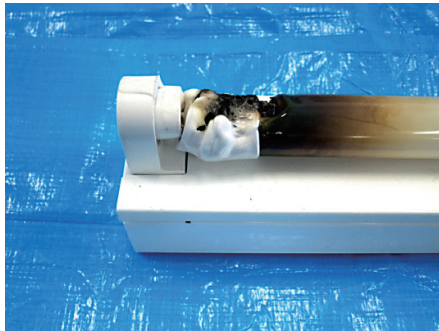
これを受けて、(一社)日本照明工業会では、平成25年度から、長期間使用した蛍光灯照明器具は、ランプだけを「直管蛍光灯形LEDランプ」に交換するのではなく、「LED照明器具」へ交換する(適合品器具には、PSEマークがついている)旨の啓発・啓蒙に取り組んできました。

当時の火災事故の一例及びLEDランプの適否は、以下のとおりです。

○東京消防庁 火災事例

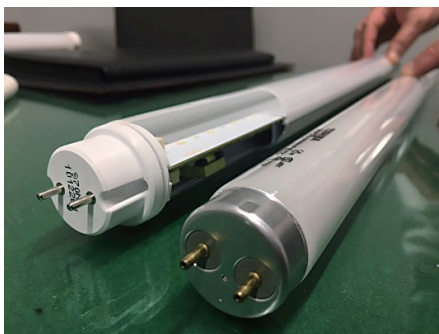
出火年月 平成28年7月
出火建物 耐火造住宅天井(間接照明)
出火原因

半導体式の蛍光灯照明器具に、ラピッドスタート式専用の直管LEDランプを誤設置したため出火に至ったもの。

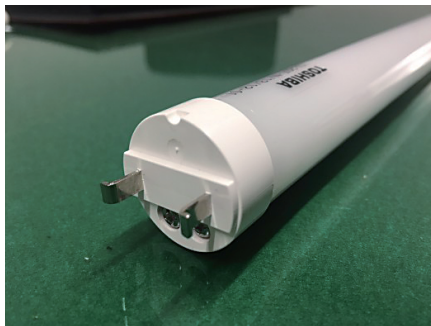


(A) 火災が確認された照明器具

出典：(一社)日本照明工業会より



(B) LEDランプの不適品の恐れ（従来品と口金が同形状）



(C) LEDランプの適合品（L字の形状型）

(B)(C)出典：TBSラジオ「森本毅郎スタンバイ！」
2017年4月3日放送より

図5 既存蛍光灯へLEDランプ交換で火災

参考に、住宅用LED照明器具への取替え時には、室内天井の引掛シーリングなどを確認して行います（図6）。

現在、消費者庁ホームページ（平成31年3月27日ニュースリリース）によると、LED照明に関する事故情報が、平成30年度では43件寄せられています。



出典：パナソニック(株)ホームページより

図6 住宅用LED照明器具への取替え

3 照明器具及びランプの技術の変遷

経済産業省の照明器具等判断基準小委員会最終取りまとめ（蛍光灯器具）（平成20年）から、技術の変遷の一部を述べます。

3.1 白熱電球及び白熱灯器具

白熱電球は、暖かな光色、小形の形状などの特長を持ち、更に、安定器を必要としないメリットから、照明器具として、一般家庭、施設用ビル等において広く使用されていました。

一方、白熱電球及び白熱灯器具に関する近年の技術的なイノベーションは特に見られておらず、平成20年頃では、約10%程度の省電力を達成するに留まっていました。

3.2 電球形蛍光ランプ及び蛍光灯器具

電球形蛍光ランプ及び蛍光灯器具においては、以下のようなイノベーションが行われており、効率改善が図られていました。

- ① 点灯回路の改善：グロースタート式、ラピッドスタート式（昭和50年頃から）
- ② 安定器の改善：損失改善、絶縁材料改善（昭和53年頃から）
- ③ 低消費電力形安定器、ランプの改善、ランプ細径化による省電力品開発（昭和60年頃から）
- ④ Hfランプ、インバータの開発、電子安定器（インバータ）採用とその専用ランプの開発（平成5年頃から）
- ⑤ Hfランプ、インバータの改善、インバータ

専用ランプの改善、インバータの改善（平成12年頃から）

3.3 電球形LEDランプ及びLED照明器具

電球形LEDランプ及びLED照明器具においては、以下のようなイノベーションが行われており、効率改善が図られていました。

- ⑥ 直管形LED照明器具の開発：直管形蛍光ランプと互換性をなくし、安全性を高めたLED照明器具（平成20年頃から）
- ⑦ 一体形LED照明器具の開発：光源部を一体化し、効率を高めたLED照明器具（平成24年頃から）
- ⑧ LED照明器具の改善：高効率LEDチップの採用（平成25年頃から）

3.4 LED化への移行

4次「エネルギー基本計画」（平成26年4月11日閣議決定）において、LED化への方向性が示されたことにより、技術の進化が期待されているところです。

4 省エネルギーの実現に向けた現況

第4次「エネルギー基本計画」（平成26年4月11日閣議決定）において、「高効率照明（例：LED照明、有機EL照明）については、成長戦略実行計画（工程表）のフローにより、「2020年までにフローで100%、2030年までにストックで100%の普及を目指す。」とのLED化への目標が示され、着実に照明の省エネ化が進むことになりました。第5次計画（平成30年7月3日閣議決定）でもこの計画は継続されています。

建築産業分野においては、照明に限らず、関係省庁（経済産業省、国土交通省、環境省）が連携して、ZEB（ゼブ：ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）、ZEH（ゼッチ：ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）に取り組んでいます。次に、省エネに関する現況を述べます。

4.1 エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）

4.1.1 建築物省エネ法の制定に向けた、省エネ法の改正

省エネ法は昭和54年に制定され、規制される事業分野は、①工場等、②輸送、③住宅・建築物、④機械器具等の四つに分かれていました。③住宅・建築物を除く他の分野の未達成が減少する中、③住宅・建築物のエネルギー消費量が著しく増加し、全分野の1/3を占めている実態を踏まえ、省エネ法から「③住宅・建築物」の建築部門が切り離されることになりました。

新たに、平成27年7月、「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」が公布され、平成29年4月1日より、「建築物省エネ法」が施行されました。以下の2種類の法律によって取組みがなされています。

(ア) エネルギーの使用の合理化等に関する法律【経済産業省】（呼称：省エネ法）

(イ) 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律【国土交通省】（呼称：建築物省エネ法）

これらの取組みの中で、照明について、以下に述べます。

4.1.2 トップランナー制度

平成10年、省エネ法改正で省エネルギー対策の一つとして、「トップランナー制度」が導入されました。トップランナー制度とは、3～10年ほど先の年度を「目標年度」として定め、その目標年度までに、基準値を策定した時点において、最も高い効率の機器等の値を超えることを目標とした最高基準値方式です。

LEDを使った電球は、平成25年11月にトップランナーの品目となり、更に、平成31年4月、LED電灯器具の「省エネ性能の評価方法」が整備されたことにより、「LED電灯器具」も追加されました。

4.2 国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律【環境省】（グリーン購入法）

グリーン購入とは、「購入の必要性を十分に考慮し、品質や価格だけでなく環境のことを考え、環境負荷が出来るだけ小さい製品やサービスを、環境負荷の低減に努める事業者から優先して購入すること」とされています。普及の促進手段として、調達項目の照明器具分類に、「LED照明器具」とLEDランプ（電球形LEDランプ）が記載されています。なお、口金を経てLEDランプへ給電する構造を持つ照明器具は、当面の間、LED照明器具の対象外とされています。

5 LED 照明器具等の出荷状況

（一社）日本照明工業会から公表されている「照明器具自主統計」令和元年（2019）9月分により、照明器具の出荷推移 平成24年度（2012）から平成30年度（2018）の状況を述べます（表1及び図7）。

5.1 出荷状況（自主統計）

LED化の方針が閣議決定された平成26年度（2014）を区分点として、LED照明器具等の累計比較を試みました。

平成24年度（2012）から平成25年度（2013）までの累計では、住宅用30%、非住宅用21%、非住宅用屋外2%、従来光源器具47%を占めていました。

その後の平成26年度（2014）から平成30年度

（2018）までの累計では、住宅用49%、非住宅用37%、非住宅用屋外4%、従来光源器具10%を占めています。

これらを比較すると、平成26年度（2014）以降は、住宅用19%増、非住宅用16%増、非住宅用屋外2%増、従来光源器具37%減となっており、この結果からLED化が着実に進んでいる傾向が示されています。

5.2 製造・販売の経過と動向

平成27年12月2日、一部の報道機関が「2020年を目標に白熱灯（白熱電球）、蛍光灯（蛍光灯）製造が禁止となる。」旨の政府方針を報じましたが、（一社）日本照明工業会において、経済産業省に確認したところ、「製造が禁止とされることはない」旨の見解を得ました。

現在、各社は地球温暖化対策計画の中で政府目標として掲げている2030年に2013年度比でCO₂

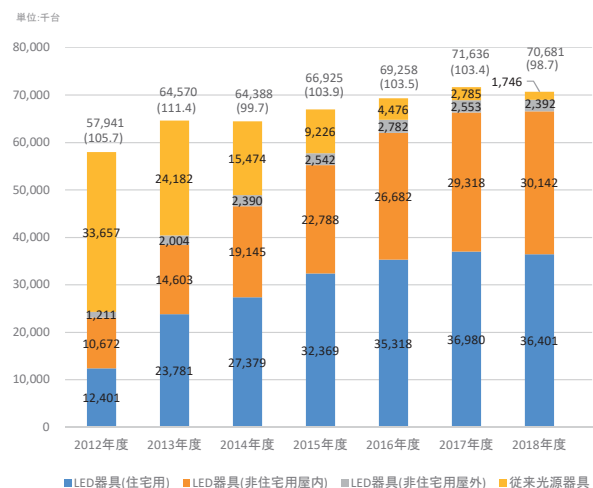


図7 照明器具自主統計出荷推移 (2012年度～2018年度)

表1 照明器具自主統計出荷数量 (2012年度～2018年度)

年度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
出荷数量 (千台)							
LED器具 (住宅用)	12,401	23,781	27,379	32,369	35,318	36,980	36,401
LED器具 (非住宅用屋内)	10,672	14,603	19,145	22,788	26,682	29,318	30,142
LED器具 (非住宅用屋外)	1,211	2,004	2,390	2,542	2,782	2,553	2,392
従来光源器具	33,657	24,182	15,474	9,226	4,476	2,785	1,746
計	57,941	64,570	64,388	66,925	69,258	71,636	70,681

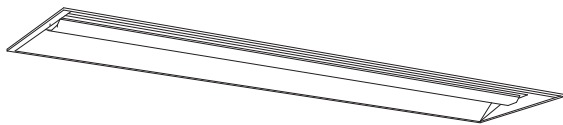
※本会照明器具 自主統計参加会社 29社データ

削減26%に寄与するため、商品のLED化を継続的に推進し、より高効率なLED照明の開発・普及に注力しています。

2030年までの目標から、既存の光源器具からLED照明器具への置き換えが順次進むと、蛍光灯器具及び蛍光灯ランプ等について、適切な時期に、製造業者からの「製造中止」の発表が予測されます。今後、照明器具の更新時には、既存製造メーカーへの問い合わせが必要になると考えられます。

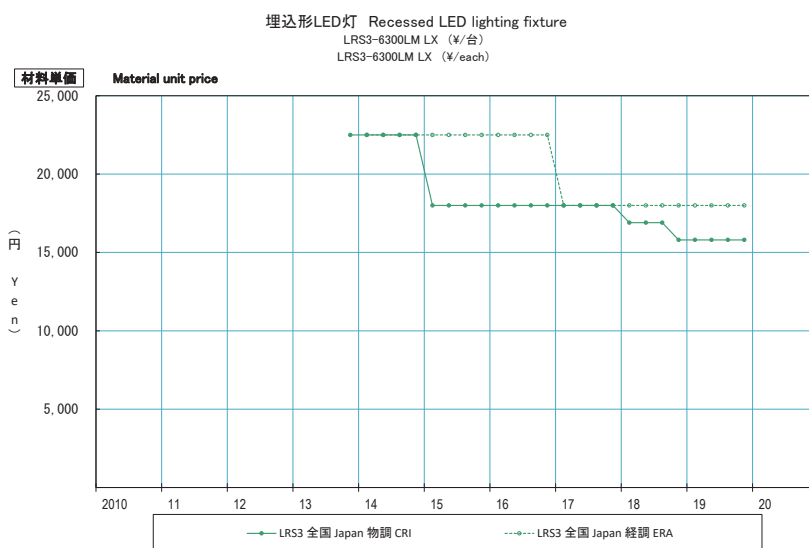
6 LED 照明器具価格の現況

図8のLED照明器具の埋込型LED灯（LRS 3-6300LM LX）は、図9グラフの機材価格（刊行物単価）どおり、2014年から2019年の推移は2014年から約25%下げ、現在、約1万7千円前後で、価格傾向は横ばいです。



出典：国土交通省大臣官房官庁営繕部「公共建築設備工事標準図（電気設備工事編）平成31年版」より

図8 LED照明器具の形状（LRS 3）



出典：当研究所作成「建築コストの経年変化」より

図9 埋込型LED照明器具の価格推移

7 LED 照明の省エネシステム

LED照明器具を用いた、照明システムの省エネに関連する様々な技術の最新動向を述べます。

7.1 照明制御の最新動向

7.1.1 照明制御のためのセンサ

照明制御センサには、熱線センサ（従来形、微動検知形）、照度センサ、画像センサが用いられています。

熱線センサは、人体から放射される赤外線を検知する方式で、人の動きを温度変化としてとらえ、検知した人の在／不在情報を活用して、人が不在となっている領域の照明を消灯または最低限必要な明るさまで調光することができます。しかし、従来型は、座って作業をするような小さな動きでは検知しにくい欠点がありましたが、最近ではこれを改善し、「微動検知形」が開発されました。

照度センサは、外光を利用した省エネ照明制御に用いられ、主に執務室の天井面に設置されます。センサの検知範囲内の床面、机上面などからの反射光を入射光量として記憶し、照明器具の光出力を自動調整します。

画像センサは、撮影素子を利用して人の不在、または空間の明るさを検知して照明制御を行うためのセンサです。従来の熱式センサが不得意な微動検知、移動検知、明るさ検知機能をセンサ単体で実現しています。更に、マスキング機能（検知エリアを細分化して検知範囲の設定が可能）、検知エリア分割（分割エリアで人検知、明るさ検知などが可能）ができ、採用が増えています。

また、一般によく使われる言葉

に「人感センサ」がありますが、これは表現方法が異なり、人の在／不在情報を検知して照明を制御する熱線センサや画像センサのことを指します。

7.1.2 調光調色制御

近年のLED化により、照明器具の相関色温度を変化させることが、比較的手軽にできるようになり、この調光調色制御は、主に商業施設やオフィスなどで空間に適した雰囲気を演出するために活用されています（図10）。



資料提供：パナソニック(株)

図10 商業施設の調光調色採用イメージ

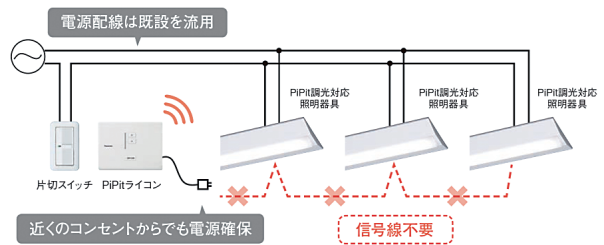
オフィスでは、生産性を維持しながら省エネを実現できる調光調色制御法も開発されています¹⁾。これらの調光調色制御を実現するためには、明るさの変化に加え、色温度の変化を制御することが必要となります。従来方式では、JIS規格で規定されたPWM信号（Plus Width Modulationの略称）を用いられますが、調光調色制御では2系統設置する必要があるため、近年は、デジタル信号を活用する照明制御システムが増加してきました。このデジタル通信方式は、国内で規格化されていないため、各製造会社は独自の通信方式を採用するか、DALI（Digital Addressable Lighting Interfaceの略称であり、IEC62386にて認定された国際的な規格）などを採用するなど様々な対応をしています。

7.1.3 無線通信

照明制御システムは、コントローラから照明器具へ制御信号を通信することで、照明器具の明るさや相関色温度を変化させています。従来、この

制御信号は信号線を介して通信する有線通信が一般的でしたが近年の携帯電話やITネットワーク環境における無線通信技術の進歩とともに、照明制御システムにおいても無線通信の活用が拡大してきました。この無線通信化によって、配線設計や配線工事が省けるため、照明制御システムが導入しやすくなりました。

特に改修工事で既設設備に信号用の配線がない場合は、新たな信号線の追加が必要となり、施工性が悪く敬遠されることが多かったのですが、無線通信の活用により、施工性が著しく改善し、採用が増加しています（図11）。



資料提供：パナソニック(株)

図11 改修工事で無線通信メリット

現在、照明制御システムでは、主に2.4GHz帯と920MHz帯の無線周波数帯が使用されています。

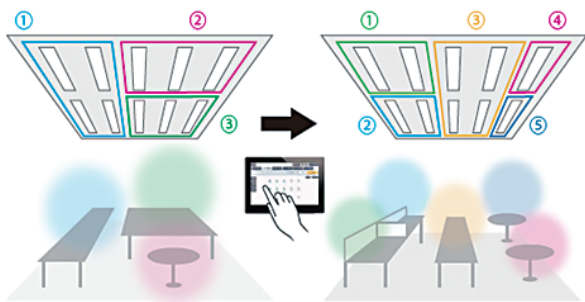
2.4GHz帯は無線LAN（Wi-Fi）やBluetooth通信などで使用され、スマート端末（スマートフォン、タブレット端末など）を始め、様々な機器で幅広く活用されているため、様々な機器と連携しやすい反面、混信が起りやすい欠点があります。

一方、920MHz帯は平成24年より電波法で開放された周波数帯で、スマートメータなどの一部の非住宅設備に活用され、専用コントローラが必要になるなど、汎用性に乏しい反面、混信が起りやすく安定した通信が実現できます。なお、無線通信は使用環境によって、混信、干渉、減衰などによる問題が発生する場合がありますため、導入の際は十分な検討が必要になります。

7.1.4 スマート端末の活用

近年、スマートフォンやタブレット端末といったスマート端末を用いて、現場で照明器具の設定操作を行うことができるため、運用上の手間も省けるため、操作・設定として、手軽で利便性の高いスマート端末を採用するケースが増加しています。

スマート端末では、照明器具の配置のマップ表示なども可能で、従来は複雑な操作が必要であった設定変更も、直感的に操作が簡単にできるようになります（図12）。



（レイアウトの変更に合わせて、照明の制御単位（①～⑤）、調光率、色温度を変更可能）

資料提供：パナソニック(株)

図12 スマート端末による設定変更イメージ

更に、ネットワークへの接続が可能のため、離れた場所からの制御も可能になり、照明制御システム以外の様々な設備を連携させて制御することも可能になります。一方、ネットワーク環境に繋がるため、セキュリティ面に注意する必要があります。

また、技術の進歩が速く製品の移り変わりが激しいことやOSのバージョンアップも頻繁に行われるため、将来の保守やメンテナンス面でも注意する必要があります。

7.1.5 高演色光源の採用

省エネ実現法の一つに、演色性向上光源の採用があります。これは、演色性の高い光源を採用することにより、照明された空間内に存在する有彩色物体群の目立ち感が向上し、結果として、演色

性の低い光源に比べ、より少ない光束で同等の空間の明るさ感が得られるようになります²⁾。

8 おわりに

LED化は、第4次「エネルギー基本計画」（平成26年4月11日閣議決定）により、方向性が示され、「2020年までにフローで100%、2030年までにストックで100%の普及を目指す」とされており、本年が達成の年となっています。

さらに、第5次「エネルギー基本計画」（平成30年7月3日閣議決定）においては、第4次の目標を引き続き実施するとされており、令和3年（2021）からは「2030年までにストックで100%の普及」に舵を切ることになります。

更なるLEDの改善、省エネに向けた照明制御機器の開発など、様々な課題がありますが、関係各位のご努力に期待するものです。

本新技術調査レポートが読者のLED照明に対する理解に役立てば幸いです。

最後に、「7 LED照明の省エネシステム」をまとめるにあたり、パナソニック(株)ライフソリューションズ社 岩井彌氏に多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

（参考文献）

- 1) 戸田直宏「LEDによる調色調光制御による新たな可能性と課題」『電気設備学会誌』36-1、pp.16-19（2016）
- 2) 納谷、橋本「高演色性蛍光ランプの照明下での明るさ感」『照学誌』67-6、pp.260-265（1983）
- 3) 「特集 照明制御と次世代照明」『電設技』2019年11月号 VOL165-11 No804
- 4) 経済産業省商務情報政策局情報通信機器課「LED照明産業を取り巻く現状」（2012.11.29）