

[目次]

コラム

LED 照明の導入で安全・安心・健康生活の実現を .....	173
屋外 LED 表示装置への防水加工 .....	175
LED で植物栽培-その 1 .....	176
LED で植物栽培-その 2 .....	177
過渡熱抵抗測定 .....	178
可視光通信 .....	180

## ● LED 照明の導入で、安全・安心、健康生活の実現を ●

東海大学准教授 竹下 秀

我が国では、LED 照明が急速に普及し、家電量販店などでは蛍光灯や蛍光灯を使った照明器具よりも電球形 LED ランプや LED 照明器具を多く見かけるようになりました。また、街中でも LED を使った照明を見かける機会が増えたのではないのでしょうか？このように LED 照明は一般家庭などの主力照明として我が国ではその地位を確立しつつあります。これは、LED 照明が従来の照明よりも省エネルギーであるという理解が広く一般に浸透したためと考えられます。しかし、LED 照明の長所は単に省エネルギーであることだけではありません。従来の照明と比較すると数多くの長所があります。LED 照明の長所を生かした照明を導入することで、私たちの生活空間の安全を確保し、私たちが安心して暮らせるだけでなく、私たちにとって健康的な生活を実現できます。

LED 照明の最大の長所は光の色を変えられることです(調色と呼びます)。リビングの天井中央にシーリングライトが取り付けられているご家庭が多いと思います。LED を使った高性能型シーリングライトの場合、シーリングライト付属のリモコンで簡単に調色できます。さらに、明るさを変えることができます(調光と呼びます)。これは、生活の場面に応じた生活空間の雰囲気、照明によって私たち自身の手で簡単に変えられることを意味しています。従来の照明で生活空間の雰囲気を変える場合には、照明器具本体や照明器具に組込まれている光源を取り換えなければならず大変な作業が必要です。それでは、私たちにとって健康的な生活を実現するためには、基本的にどのように光の色と明るさを変えればよいのでしょうか？

私たちは体の中に時計を持っており、準 24 時間周期の生活リズムを生まれながらに持っています。しかし、この生活リズムは準 24 時間とある通り、地球の 24 時間周期ではなく、24 時間よりも若干長いことが知られています。これを地球の 24 時間周期のリズムに合わせる働きをしているのが、朝の太陽光に含まれる青色の光です。この太陽光の働きは LED 照明で簡単に実現できます。私たちがすっきりした目覚めを得るためには、朝目覚める少し前から青色成分の多い光を徐々に明るくすればよいのです。具体的には、昼光色・昼白色と呼ばれる光を徐々に明るくなるようにすればよいでしょう。さらに、青色成分の多い照明は作業効率を高めることが知られています。朝から夕方までの労働時間帯は青色の成分の多い照明にするとより一層仕事ははかどるでしょう。一方、夕方から消灯・就寝までの時間帯は一日の仕事から解放され、睡眠に至るまでの安息時間です。この時間帯は青色の成分が少ない光を使用し、少し暗くすると効果的です。例えば電球色と呼ばれる光を選択し、こころもち暗めに点灯すればよいでしょう。LED 照明は、このような調色・調光を簡単に実現可能なので

す。この推奨する光の色や明るさの変化は、地上に到達する太陽光の一日の色や明るさの変化とよく似ています。すなわち、LED 照明を使って調色・調光することは、一日の太陽光の変化を人工的に実現することであり、地下街などの太陽光の届かない空間で仕事をしている人にとって大切な照明なのです。

LED 照明のこの他の長所として、ランプ外郭にガラスを使用していないので割れないという特徴を持っています<sup>1\*</sup>。小さなお子さんが長い棒でチャンバラごっこなどをして、天井に取り付けられている蛍光灯ランプを割って怪我をしたという話を聞いたことがあります。LED 照明は、このような事故を防ぐことができます。

以上のように、LED 照明は、単に省エネルギーだけではありません。調色・調光ができるので、私たちの体のリズムを整えて健康的で、かつ効率的な生活が実現できるのです。さらに、蛍光灯のように割れることがないので、特に小さなお子さんをもつご家庭や学校にとって優しい照明なのです。LED 照明を導入して生活空間の安全を実現し、さらに、安心して健康的な生活を手にしてほしいと思います。

1\* ランプ外郭にガラスを使っている製品も散見します。ご使用の際に製品ラベルをご確認ください。

(資料：LED 照明の生体安全性について～ブルーライト(青色光)の正しい理解のために～)

## ● 屋外 LED 表示装置への防水加工 ●

ビルの壁面や競技場などで見かける大型の LED 表示装置。これらは多数の RGB(赤・緑・青)の LED ランプをドットマトリックス状に配置した LED 表示モジュールからなっている。野外に設置されることから常に風雨や直射日光にさらされるといった過酷な環境下でも安定な動作を保つことが要求される。こういった LED 表示装置用途には、特殊なシリコン樹脂封止材が使われている。図 1 に示すように、砲弾型 LED をシリコン層で封止する事で、降雨からモジュールを守っている。

表 1 に示すように、黒色の LED 表示装置用シリコン封止材として、室温硬化型と加熱硬化型がある。このシリコン封止材は広範な使用可能温度範囲を有し、防水性だけでなく、太陽光に含まれる UV(紫外線)に対する耐候性・耐変色性等にも優れている。

図 2 に、シリコン封止材とウレタン樹脂の UV 照射安定性の比較試験結果をまとめた。各材料の 2mm 厚シートを作製し、365nm の UV 光を照射した。シリコンで硬さが変化しないのに対して、ウレタンはひび割れとともに材料強度が低下する。

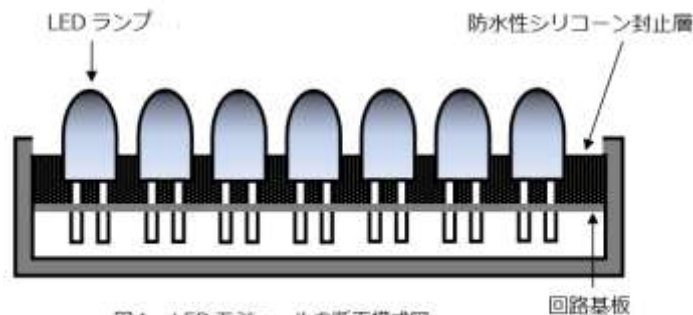


図1 LEDモジュールの断面模式図

表1 LED表示装置用シリコン封止材特性例

硬化方法		室温硬化型	加熱硬化型
特性		ゴム	ゴム
外観		黒	黒
粘度	(A)Pa・s	1.8	1.9
	(B)Pa・s	—	1.7
混合比	(A:B)	100:2	100:100
粘度(混合後) 23℃	Pa・s	1.8	1.7
作業可能時間 23℃	h	2	2
硬化条件	℃/h	23/72	80/1
密度 23℃	g/cm <sup>3</sup>	1.11	0.99
硬さ		28 (タイプA)	15 (タイプE)
引張強さ	MPa	0.8	—
切断時伸び	%	130	—
引張せん断接着強さ	MPa	0.42(A)	接着性あり

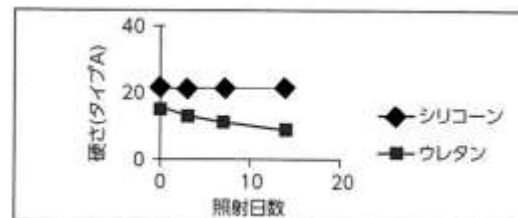


図2 UV照射による材料の劣化試験

(365nm 照射: 100mW/cm<sup>2</sup>)

## ● LEDで植物栽培 その1 ●

最近、野菜の価格が不安定と感じられたことはありませんか？ご存知のように野菜の収穫量は気象の変動に大きく影響を受けます。ここ数年の異常気象によって、野菜の価格が不安定になっていることはよく耳にすることです。そこで、野菜を含む植物全般を工業的に栽培しようとする取組みがすでに始まっています。

植物は可視光により成長をします。すなわち、300nm～800nm の範囲の波長の光を、植物に含まれる葉緑素などの物質が吸収し、光合成を行うことで成長します。特に 400nm～700nm の波長の光では、光合成が効率よく行われます。さらに形態形成のためには、300nm～800nm の波長の光が必要となります。

図1は光合成作用曲線です。人間の眼の視感度に相当するものです。この曲線から光合成には赤色光の効果が最も高いことがわかります。

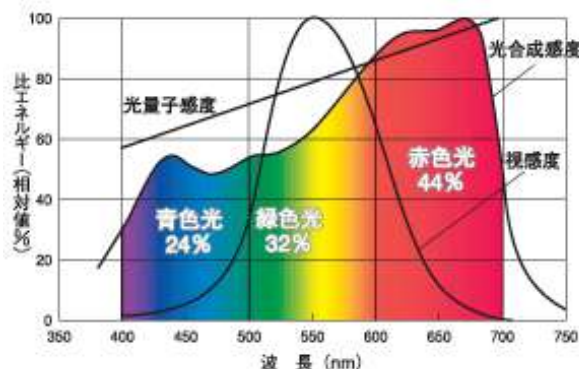


図1 光合成作用曲線

### 【用語解説】

光合成: 光のエネルギーを用いて、二酸化炭素と水から有機化合物を合成する植物にとっては重要な光反応。クロロフィルという色素が光を吸収し、その役割を果たします。

## ● LEDで植物栽培 その2 ●

植物は光合成で成長しますが、それ以外に形態形成が重要な光反応です。その形態形成には、420nm~470nmの波長の青色光、および550nm~800nmの波長の赤色光が必要とされています。結局、光合成には赤色の光の効果が最も大きく、葉の正常な形態形成には青色の光が必要になります。もちろん、植物の種類や成長段階等に応じてこれらの色の光の最適な割合があると考えられています。いずれにしても、植物の成長においては必ずしも太陽光のような白色光が必要ではなく、特に緑色の光は重要ではないことがわかります。

植物を栽培する際には、必ずしも白色光が必要ではなく、実際に赤色と青色のLEDで植物が栽培できることが実証されています。代表的なLEDのスペクトル分布を図2に示します。LEDは必要な波長成分の光のみの光源が作製可能であり電力効率の高い人工光育成が実現されます。

LEDを使った植物栽培の利点は、決まった時期に、予定している量を安定的に出荷することが可能になることです。また、気象等の変動の影響も受けないために植物の形状も安定し、さらには閉鎖された空間でできるため、細菌の付着が少なく鮮度が長持ちする利点もあります。

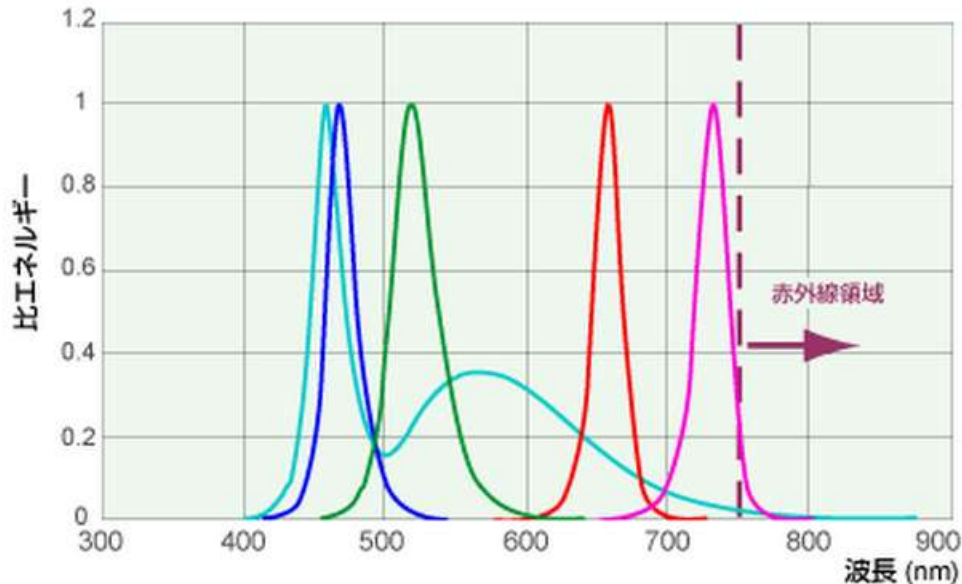


図2 LEDのスペクトル曲線

### 【用語解説】

形態形成: 種子発芽、花芽分化、開花、子葉の展開、葉緑素合成などの植物の質的な変化をさします。フィトクロームという色素の働きで誘起されます。

## ● 過渡熱抵抗測定 ●

過渡熱抵抗を測定する事によりLEDのジャンクションから放熱器へ至る熱伝導の具合を知ることができます。

### 1. 過渡熱抵抗測定

図のようなLEDチップを使用し、放熱器を取り付けた場合（LED モジュール）の過渡熱抵抗測定結果をグラフで説明します。図およびグラフは一般例です。

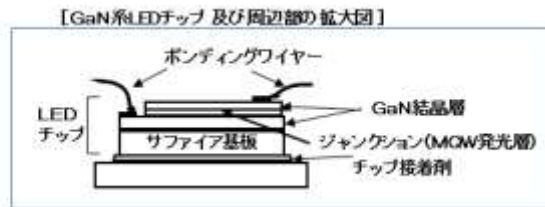
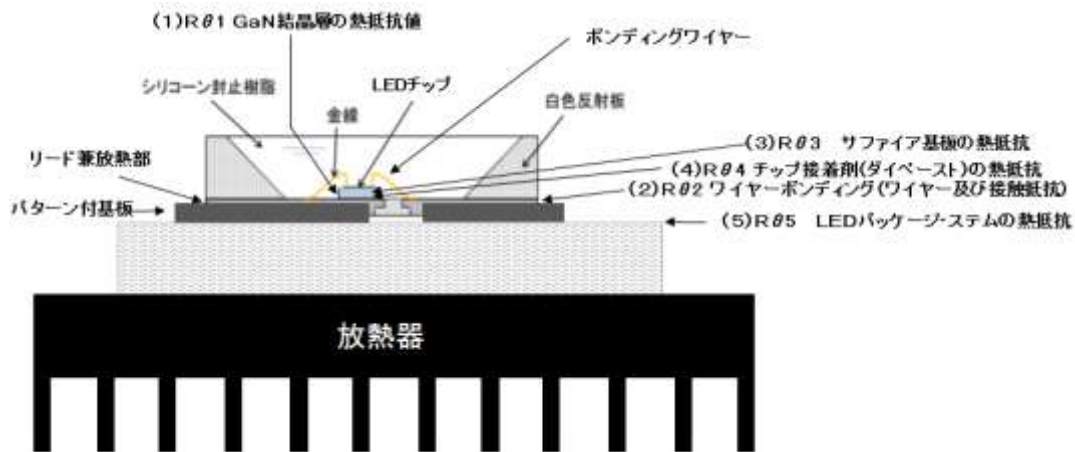
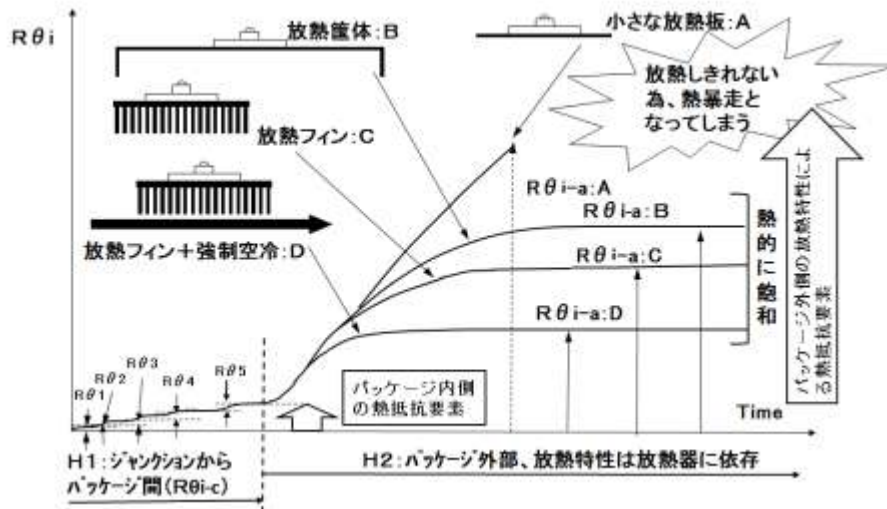


図 LEDモジュールの構成例



グラフ 過渡熱抵抗例

## 2. 測定結果の説明

### 2.1 H1 区間 (ジャンクションからパッケージの外部: $R\theta_1 \sim R\theta_5$ ) の説明

グラフの  $R\theta_1$  から  $R\theta_5$  は LED チップおよびパッケージ化するための材質、および接続時の接触による熱抵抗を表します。熱抵抗が小さい程すぐれています。各材料の接続が悪ければ熱抵抗値が大きくなり放熱性が悪くなります。過渡熱抵抗測定を行うと材質、各接続状況の評価が可能です。各  $R\theta$  の例としては

- (1)  $R\theta_1$  GaN 結晶層の熱抵抗値
- (2)  $R\theta_2$  ワイヤーボンディング (ワイヤーおよび接触抵抗)
- (3)  $R\theta_3$  サファイア基板の熱抵抗
- (4)  $R\theta_4$  チップ接着剤 (ダイペースト) の熱抵抗
- (5)  $R\theta_5$  LED パッケージ・ステムの熱抵抗
- (6) パッケージ内熱抵抗値:  $R\theta_{j-c}$  (Junction\_to\_Case) =  
 $R\theta_1 + R\theta_2 + R\theta_3 + R\theta_4 + R\theta_5$

### 2.2 H2 区間 (放熱特性は放熱器に依存: $R\theta_{j-a:A}$ , $R\theta_{j-a:B}$ , $R\theta_{j-a:C}$ , $R\theta_{j-a:D}$ )

放熱器および熱的接着剤の放熱特性が過渡熱抵抗および飽和熱抵抗として測定できます。

### 2.3 不良解析

過渡熱抵抗を測定する事によりジャンクションから放熱器に至るまでの材料および作業の不良を発見する事が可能です。例えばワイヤーボンディング不良は  $R\theta_2$  が、チップ接着剤にボイドがある場合は  $R\theta_4$  が大きくなります。

なお、LED パッケージ内部の熱容量は小さく熱は非常に短い時間で伝わるので、パッケージ内部の過渡熱抵抗を測定するには短時間 (例えば 20msec 程度) の測定が可能なシステムが必要です。そのような装置をうまく活用すれば、流動製品の工程内検査も実施することができます。



## ● 可視光通信 ●

可視光通信協会 会長  
慶應義塾大学大学院 教授  
春山 真一郎

2014年のノーベル物理学賞は、青色発光ダイオード（LED）を発明した赤崎勇氏、天野浩氏、中村修二氏の3氏に授与されましたが、発明された技術をもとに、1990年代以降、照明器具、交通信号機、ディスプレイなど様々な分野で可視光LEDが使用されています。

可視光光源の光を点滅させることで情報を伝達することが可能ですが、可視光LEDを用いると容易に点滅させることができるため、可視光通信の送信デバイスとして期待されています。また、受信デバイスとしては、図1に示されているように、フォトダイオードとイメージセンサーがあげられます。フォトダイオードは、可視光LEDから送信される光の強度を検出することで動画などのデータ伝送を行うことができます。一方、デジタルカメラで使われているようなイメージセンサーは、光強度信号を受信できるだけでなく、その光が到来する角度を正確に検出することができます。

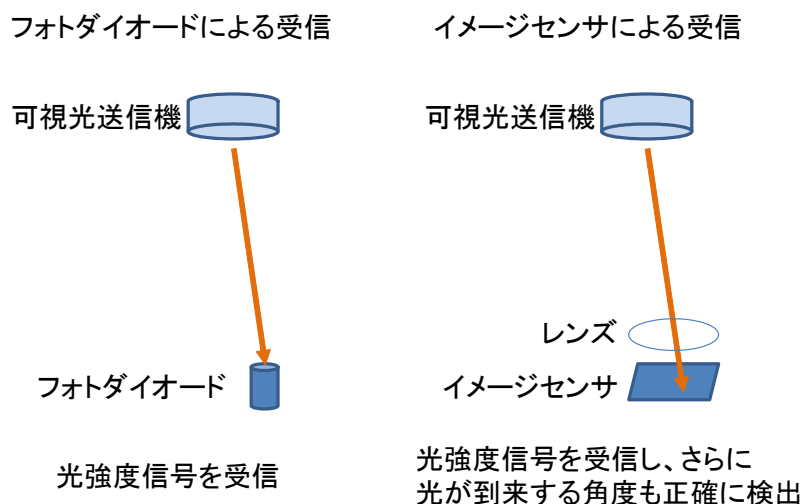


図1 異なる受信デバイスによる可視光受信方式

この特性を用いると、送信機や受信機の正確な位置を検出したり、複数の光信号を混信することなく同時に受信したりすることができるため、AR (Augmented Reality: 拡張現実)、ナビゲーション、ロボット制御、並列通信などの応用が検討されています。図2にARの応用例が示されていますが、ビルに設置された可視光LEDからデータを送信し、イメージセンサーで可視光受信を行った後、撮像されたイメージに送信されたコンテンツを重ねることで現実の世界にバーチャルなコンテンツを付加して表示することができます。

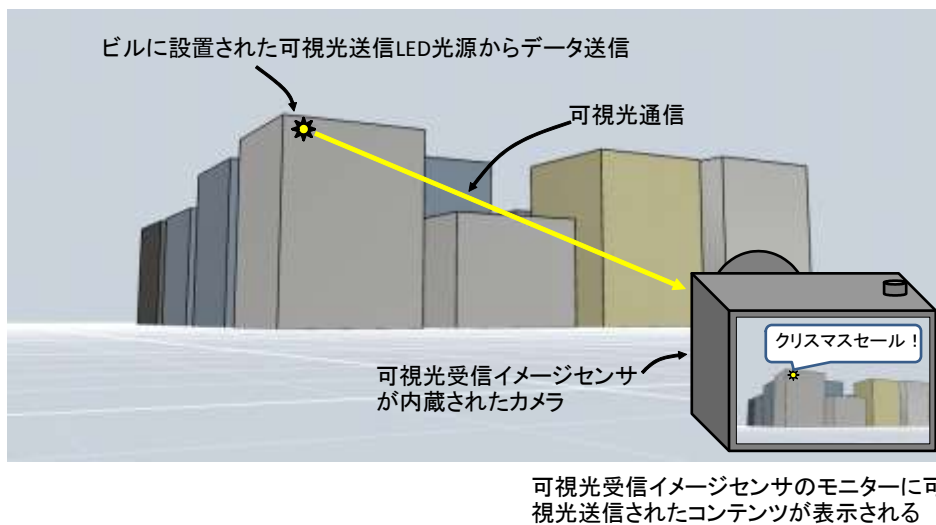


図2 可視光通信のAR（拡張実現）への応用

可視光通信協会 (Visible Light Communications Association) では、このような可視光通信の特徴を生かした可視光通信方式の標準化やプラットフォームの検討を行っています。

### 【用語解説】

可視光通信: 可視光を用いて情報伝達を行う通信のこと

フォトダイオード: 光検出器として働く半導体のダイオード

イメージセンサー: 対象物をレンズで投影させ、結像した像の光の明暗を二次元状のセンサーアレーで電気信号に変換することにより画像を撮影するデバイス

AR: Augmented Reality、日本語では拡張現実といい、現実の環境を、コンピュータを用いて拡張する技術、特に現実の景色の場合は、その景色を拡張する技術のこと。