

# LED 照明と太陽光発電

技術士（電気電子・総監） 富田 孟

近年、多くの方々の節電意識が高まり、LED 照明や太陽光発電の設置が増えてきた。前者は電気を光に変換するものであり、後者は逆に、光を電気に変換するものである。両者は、機能、形状、設置場所等において共通点はなく、全く別物であるとするのが通常の扱いであるが、動作原理的には、PN 接合型ダイオードの可逆動作であるのはとても興味深い所であり、更に太陽光発電のトラブル回避に役立つことを願って、浅学を省みず、両者を並べて書き記すものである。

## 1. LED 照明

### 1.1 ダイオード

ダイオードとは、一方向にのみ電流が流れる特性を持った 2 端子の半導体部品である。一般的に使われるのは、シリコンダイオードである。構造は P 型半導体と N 型半導体が結合したもので、外部から電圧をかけると、P 型半導体から N 型半導体の方向（順方向）には電流が流れるが、反対方向（逆方向）には流れない。この性質を利用して、電力分野では、交流を直流に変える整流器として使われる。また、電子機器においても小容量のダイオードが多数使われる。

ダイオードに電流が流れると、僅かながら電圧が下がる。(0.3 ~ 0.7V) それに伴って電力損失が起きる。ダイオードの抵抗値は一定ではなく、電流によって変わる。これを非線形特性という。

### 1.2 発光ダイオード

発光ダイオード (LED : Light Emitting Diode) は古くからあって、表示灯として使われていたが、最近になって照明器具として誰もが知る所となった。電気特性としては、前記のダイオードと全く同じであるが、ダイオードは通電時の内部電圧降下によって電気エネルギーが熱として失われるのに対して、LED は熱だけでなく、一部が光となって発光する。

以前からあった LED が発する色は、3 原色（赤、緑、青）のうちの 2 つ、赤色と緑色だけであった。青色はエネルギーレベルが高いために、従来 material と技術では発光させることが出来なかったが、赤崎勇（名城大学教授）、天野浩（名古屋大学教授）、中村修二（米カリフォルニア大学教授）の 3 人の研究成果によって、ついに青色の発光に成功した。その成果はノーベル賞に値する画期的なものであった。

### 1.3 LED 照明の特徴

青色発光ダイオードの出現によって、LED を照明に使う道が開けた。多数の LED からなる LED 管球を使った照明器具が LED 照明器具である。一般に、LED 管球の平均寿命は約 4 万時間とされ、蛍光灯の約 6,000 時間、白熱灯の約 1,000 時間に比べて LED 管球が長寿命であることは間違いない。

光の量を光束という。単位は[lm]（ルーメン）である。LED 管球の発光効率[lm / W]は、蛍光灯と大差は無いが、蛍光灯は全周囲に発光するのに対して、LED 管球は発光方向を限定できるので、照明器具としての実効効率は高く、約半分の電力で蛍光灯とほぼ同じ効果が期待できる。一般用途（白色、昼光色）には、青色 LED と蛍光塗料の組み合わせで作られているが、3 原色の LED を使うと、制御装置によってあらゆる色相を発光することが出来るので、高度な演出が可能となる。舞台照明などで実用化されている。

初期の製品は輝度が高く、演色性において蛍光灯に劣るとされていたが、最近の LED 管球は蛍光灯と全く変わらず、見分けが付かない程である。

現時点では価格が高いのが難点であるが、2019 年 3 月には、日本国内での蛍光灯の製造が中止の見通しなので、価格の低下と共に普及が加速するであろう。

#### 1.4 蛍光灯から LED 照明への更新

既存の蛍光灯から LED 照明に変更する場合に次の選択肢がある。

- (1) 器具ごと全部取替える
- (2) 蛍光灯器具の安定器と点灯管をはずして、管球を取替える
- (3) 蛍光灯器具の安定器は残したまま、点灯管をはずして、管球を取替える

費用は(1) が最も高く、(3) は器具の改造を必要としないので最も安い。

省エネ効果としては、(1) と (2) は同等であるが、(3) は蛍光灯の安定器の損失が残るため、効率が低くなる。また、蛍光灯の器具が古い場合は安定器の寿命が LED 管球よりも短い可能性があるため、一般社団法人日本照明器具工業会や各地の自治体では (3) の方法はなるべく採用しないよう勧告している。

## 2. 太陽光発電

### 2.1 太陽電池の原理

太陽光発電 (PV : photovoltaics) は多数の太陽電池 (solar cell / photovoltaic cell) とパワーコンディショナ (インバータの一種) から構成された発電設備である。太陽電池は乾電池や蓄電池の仲間ではない。太陽電池は前述の LED と同じく P 型半導体と N 型半導体からなるダイオードである。LED との違いは、エネルギーの流れが逆になっている。太陽電池に光を照射すると、N 型半導体には励起された電子が現れ、P 型半導体には電子が抜けた空洞 (ホール) が生じる。これを電気回路として言い換えると、太陽電池に光が照射されると、+ 極 (P 型半導体側) に + 電荷、- 極 (N 型半導体側) に - 電荷が生じて、+ 極と - 極の間に負荷をつなぐと負荷に電流が流れる。電流の流れる向きは、LED とは逆方向となる。

負荷をつなぐずに光を照射すると、発生した電荷は行き場が無いので、内部で P 型半導体から N 型半導体の方向に電流が流れる、すなわち、内部還流が生じて熱に変わる。したがって、通常の発電機とは異なり、太陽電池は無負荷の時に自己負担が最大となる。

## 2.2 太陽電池の電圧・電流特性

太陽電池の電圧・電流特性は図 1 のような特性となる。光照射がない時の特性はダイオード及び LED と同じである。(青線) ただし、電流座標はダイオードの場合と土方向が逆に描かれている。

光が照射されると、グラフは照射量に比例して電流軸の+側に平行移動する。(赤線)

等価回路は図 2 に示す通り、電流源とダイオードと 2 つの抵抗で構成できる。電流源とは内部抵抗がきわめて大きい電源で、照射された光量に対応した電流を発電する。無負荷起電力はほぼ一定であるが、温度が高くなると電圧は下がる傾向にある。

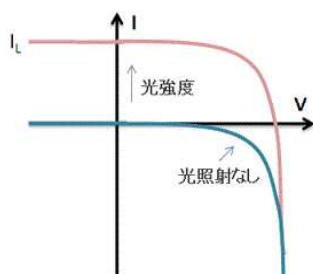


図 1 太陽電池の電圧・電流特性

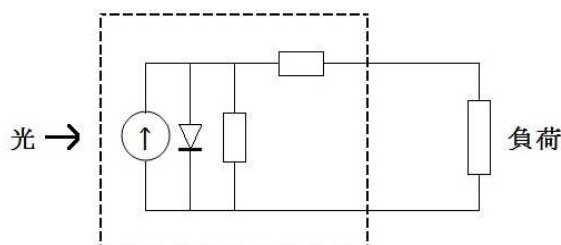


図 2 太陽電池の等価回路

## 2.3 太陽電池モジュール (太陽光パネル)

太陽電池 1 セルの出力電圧は 0.5V 程度なので、多数の太陽電池を直列につないで、電圧を高くして、1 枚のパネルに仕上げて製品としている。これをモジュールという。例えば、60 セルを直列にして 30V のモジュールとする。光照射量を  $1[\text{kW}/\text{m}^2]$  とした時、モジュール出力は、 $120 \sim 150[\text{W}/\text{m}^2]$  である。長年の研究開発にも関わらず、変換効率は余り向上していない。

## 2.4 太陽電池の劣化

太陽電池の寿命は 15 ~ 20 年と、結構長く使えるとされているが、出力は年月が経つにつれて低下する。経年劣化の度合いは様々なデータがあるが、大体、 $0.5[\%/\text{年}]$  位を想定して計画するのが良いとされる。

経年劣化とは別に、2005 年から 2010 年頃に、中国や EU など、高電圧 (DC1000V レベル) で構成される発電所において、短期間で急激に劣化する現象が起きて大問題となった。これを PID (Potential Induced Degradation) 現象という。発生メカニズムは、高温・多湿・高電圧の環境において、モジュール表面のガラス内のナトリウムがイオン化することで、ガラスに電気が流れ、電流漏れが起きるとされている。PID 現象は封止材とバックシート (保護材) の性能に起因するものであるから、日本国内の太陽光パネルメーカー各社は、PID 現象を起こしにくい封止材とバックシートを採用することで対処している。最近では外国製も多く使われているので、PID 対策の有無を確認した上で採用する必要がある。

## 2.5 太陽光発電所の水害対策

先般の豪雨によって、各地で太陽光発電所が大きな被害を蒙っている。日当たりの良い山の傾斜地

などでは土砂崩れによって完全崩壊した箇所もある。また、河川付近では、水没により、屋外設置の  
パワーコンディショナが短絡事故によって全滅した例もある。これから新設する場合には、これらを  
教訓にして、立地を十分に検討することが肝要である。

以上

公益社団法人日本技術士会近畿本部登録近畿 PE 技術相談室

<http://kinkipesodan.xsrv.jp/>