

LED照明の歴史と現状と今後の課題

パナソニック株式会社エコソリューションズ社ライティング事業部 松島公嗣

1. 照明の歴史（いつから LED 照明が世の中に出てきたか）

人類が最初に手にした第1世代の光源である炎は、雨や風の影響が大きく、安定的な使用が困難でしたが、ろうそくや石油ランプを考案して長らく使用してきました。これに対して、第2世代の光源は、1870年代終わりごろに発明された白熱電球です。この2つの光源は、熱放射の原理（高い熱の物体で、分子レベルの振動により生じたエネルギーが電磁波《光》の形になる）で光を得ています。その後、第3世代の光源である、蛍光ランプ・高輝度放電ランプが、1930年前後に発明され、現在に至っています。第3世代は、放電発光（あるエネルギーをもつ分子中の電子のエネルギーが低いレベルに移動する際放出される電磁波《光》）を応用しています。

第4世代の電気を流すと発光する半導体、発光ダイオード LED (Light Emitting Diode) の発光原理は、1907年に報告されています。1962年に、赤色 LED が発明され、表示用途で普及し始めました。1986年には、光の三原色（後述）の内、青色 LED の基礎技術が日本人の手で発明され、技術革新を経て高輝度の量産可能な白色 LED が1996年に生まれました¹⁾。この第4世代の白色 LED は、個体照明光源 SSL (Solid-State Light source) とも言われています。

2. LED の発光原理

では LED はどうして光るのか、図1のLEDの発光原理を用いて簡単に説明しましょう。

LED は、p型半導体とn型半導体を接合したものです。p型半導体は正孔（プラスの性質）が、n型半導体は電子（マイナスの性質）が多い半導体です。直流電圧をかけると、p-n 接合面（発光面）に向かって電子と正孔が集まり、LED に電流が流れます。p-n 接合面で、反対符号の電子と正孔が衝突し再結合します。このとき電子と正孔が各々持っていたエネルギーより小さいエネルギーになった結果、余ったエネルギーが電磁波《光》として放射されます²⁾。

LED が赤・緑・青色など異なる単色を発光するのは、半導体の材料によりエネルギーレベルが異なるからです。エネルギーが高い場合は青色に、低い場合は赤色になります。

3. 白色 LED の発光原理

光の三原色である赤色、緑色、青色を図2に示します。このRGB3色もしくは、赤色とシアンのように補色の2色を混ぜると、白色が得られます。

次に、白色 LED の代表的な発光方式を図3に示します。最初に開発された白色 LED は、青色 LED から得られる青色光と、青色光で刺激されて黄色（青色の補色）を発光する蛍光体を組み合わせたもので白色光を得ます（次ページ図3a）。この分光

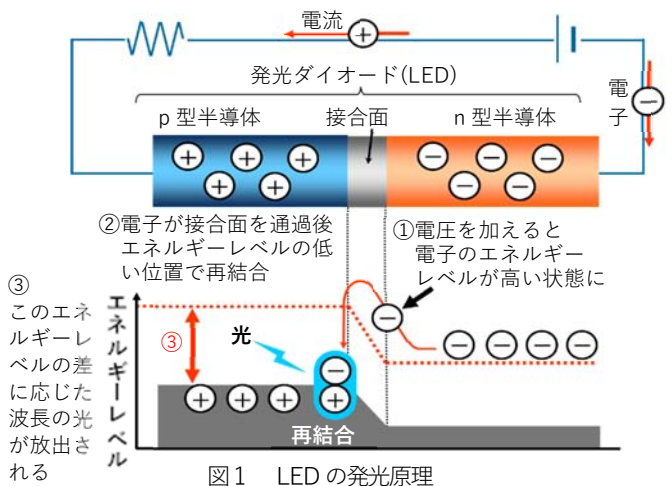


図1 LEDの発光原理

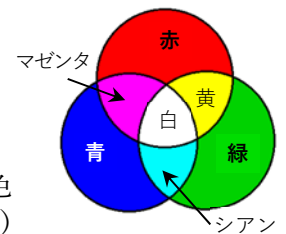


図2 光の三原色

目次

1...	LED 照明の歴史と現状と今後の課題	パナソニック株式会社 松島公嗣
3...	食用廃油を活用したプリン石けんづくり	生ごみリサイクルプロジェクト 白井静子
4...	地球温暖化防止事業「菜の花を植えよう！」を開催しました	
4...	環境情報合同交流会 2017 参加者募集	
4...	プロジェクト等の活動報告と活動予定	これからのフォーラム活動 編集後記

分布の例を図4に示します。平均演色評価数 Ra (物体の色の見え方を評価する指標) が 70 程度ですので、物の見え方が不自然になることがあります。これに対して、青色 LED と、黄色蛍光体に赤色蛍光体 (+ 緑色) を付加した LED が図 3b、紫色 (近紫外) LED + RGB 蛍光体の白色 LED が図 3c です。b の方式は、Ra が 90 近傍となり、今日現在では、このタイプが店舗や病院など色の見え方が重視される施設に採用されています。c の方式は、Ra が 90 以上となりますが、エネルギー消費効率 (発生する光束の量 [ルーメン、lm]) と入力電力 [W] の比、[lm/W]) の向上が課題です。

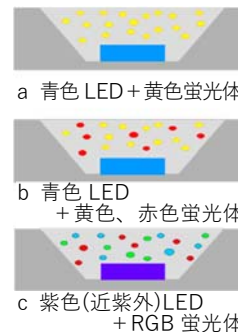


図3 白色LEDの発光方式

4.LEDの特徴

- (1)省エネルギー性が高い。蛍光灯照明器具では 100 lm/W 程度でしたが、白色 LED の普及型 (Ra 83) では、照明器具で 190 lm/W の製品があります。
- (2)可視域の望みの波長を比較的自由に制御できるので、特長を持つ光を設計できます。
- (3)紫外放射や赤外放射をカットできます。照射対象の温度上昇や劣化が低減できます。
- (4)長寿命です。既存光源の白熱電球や蛍光灯ランプは、フィラメントの劣化が寿命の原因で、白熱電球では数千時間、蛍光灯ランプは 1 万時間前後でした。これに対して LED は、半導体素子から出る光の要素が大きいため、1~4 万時間と、長寿命です。
- (5)水銀 Hg のような環境に有害な物質を含みません。

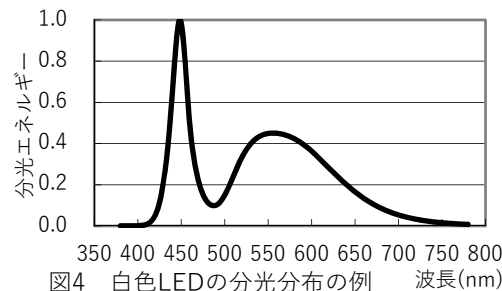


図4 白色LEDの分光分布の例 波長(nm)

5.LEDの留意事項

直流素子のため、商用電源を変換して、適切な電流を発生する電源装置を必要としています。

LED 素子から、赤外放射の電磁波はほとんど含まれていませんが、LED に投入した電力の約 70% が熱になります。したがって LED 素子からは熱を放射します。このための特別な放熱対策が必要で、LED そのものは比較的小さく軽量ですが、電源装置を含む照明器具に仕上げると、ある程度の質量 [kg] になります。

6.使われ方

6.1 住宅

電球形 LED ランプは、消費電力 [W] ではなく、定格光束 [lm] を基準にクラス分けされています²⁾。例えば、電球 40 形相当は、325 lm 以上 485 lm 未満、電球 60 形相当は、810 lm 以上 1,160 lm 未満とされています。電球形 LED ランプを既存の白熱灯照明器具に使用する際は、光の出る方向にも注意が必要で、直下方向のみに光が出るタイプは、全方向に光を出すタイプの照明器具には不向きです。



図5 住宅照明器具の例

空間全体に光を広げるシーリングライトは、リビングルームに推奨されています。最近では、調色といって、光色 (色温度、ケルビン [K]) の調整が可能な製品もあり、暖かい印象から涼しい印象まで一つの照明器具で得ることができます。また、全体を乳白パネルで覆い、広がりのある光と、指向性のある LED (スポットライト) を使い分けることで、影の少ない状態と、影が強くメリハリのある状態を使い分けることができる製品もあります。この配光を選べる LED ベースライトの例を図5に示します。

6.2 オフィス、学校、店舗などの施設分野

施設分野では、照明器具の取付け方式 (直付け・埋込み)、用途 (事務所、会議室、教室など)、光色 (電球色~昼光色)、必要な明るさ (600~10,000 lm)、パネルやルーバの種類、演色性、調光・調色 (色温度可変)、明るさセンサや人感センサの有無のように、様々なニーズがあります、これを各々単独で製



図6 施設照明器具の例

品化すると品種が増えることとなります。このため、基本となる本体と、機能別の発光部を組み合わせる方式が有効です。このタイプの施設用 LED ベースライトの例を図6に示します。普及タイプの LED ベースライト 160 lm/W では、約 2.4 年で、電源装置に効率の良い半導体を使用した省エネタイプの 190 lm/W は、約 3.2 年で従来の蛍光灯器具と同等のコスト (初期投資と電力料金の合計) になります。

7.LEDの未来

現在、年間に出荷される全照明器具に占める白色 LED 照明器具の割合は、金額ベースで 81% です³⁾。一方で、主な部品である LED 素子やその集合体である LED モジュールの生産効率が課題で、既存の蛍光灯照明器具より高いコストになっています。それらの一つ一つの構成要素を改良することで、近い将来は LED 照明器具をお求めやすい価格で提供し、2020 年には SSL 照明器具のフロー (年間出荷量) 100%、ストック (ある一時点で市場に存在する量) 50%、2030 年時点でストック 100% を目指し、2020 年に CO₂

30%削減、2030年にはCO₂48%削減⁴⁾を目指しています。

なお、LED照明器具への切り替え効果は、省エネルギーだけでなく、調光・調色により、くつろぎ感や文字の見やすさ向上など、照明の質を高めることができます。これらも訴求して、LEDへの交換を加速していきます。



松島公嗣（まつしま こうじ）

1975年松下電工株式会社（現パナソニック株式会社エコソリューションズ社）入社。照明器具の設計、照明応用ソフト開発を担当、現在に至る。

【参考文献】

- 1) 照明学会編：専門講座テキスト（2016）
- 2) 照明学会編：照明コンサルティングQ&A改訂版（2017）
- 3) 照明学会編：照明学会誌年報号（2017）
- 4) 経産省商務情報政策局：LED照明産業を取り巻く現状（2012）

食用廃油を活用したプリン石けんづくり

生ごみリサイクルプロジェクト 白井静子

1. プリン石けん

天ぷら油などの廃油は、生活排水など雑排水と一緒に、下水道や河川に流すと環境汚染の原因になります。しかし、苛性ソーダを加えて反応させることで「石けん」として再利用することができます。さらに、米のとぎ汁EM（Effective Micro-organisms 有用微生物群）発酵液や、EMセラミックパウダーを混ぜることで反応が促進し、汚れ落としだけではなく、肌にも優しい良質な「EM廃油石けん」ができます。この石けんは、一般の石油系合成洗剤に比べ、自然界の微生物の働きによる分解が早くて汚染源になりにくく、下水道や河川、湖沼や海を浄化する微生物の働きを助け、浄化を促進する力があるとのデータがあります。

近畿1,450万人の水がめの地で生活している者として、汚れた水を下水に流さない工夫の一つです。

このプリン石けん一つでお家の汚れ洗浄は間に合います。私たちは、食器洗い、流し、風呂、トイレ、洗面所、掃除と使っています。特によごれのひどい運動靴や作業服も使ってみて、びっくりする程にきれいになります。また、食器洗いでは、予めいらなくなったシャツなどの布切れで汚れを拭き取ってからプリン石けんを使うと、石けんの量が少なくて済みます。汚れた水は植木や花の水やりに使っています。おかげで夏でも水道料金は変わりません。

このプリン石けんは、泡切れが良く、すすぎ水が少なく済みます。また、EMの作用で排水溝の有機物の汚れが分解され、腐敗雑菌の繁殖を抑え、抗酸化性物質生成で酸化を防ぎ、排水溝はきれいになり、腐敗臭がしません。

2. プリン石けんのつくり方

①2～3日太陽に当てた食用廃油1.8L、苛性ソーダ250g、冷ご飯茶碗1杯、米のとぎ汁EM発酵液0.3L、EMセラミックパウダー25g、沸騰したお湯1.5Lを蓋が出来る20L程度のペール缶か1斗缶に全部入れてよくかき混ぜる。

苛性ソーダを使うので換気と皮膚付着に十分注意する。

②2日程おいて沸騰したお湯1.5Lを入れ、よくかき混ぜる。

③雨のかからない軒下に置き、数日おきに熱湯を入れてかき混ぜることを4～5回繰り返して20日程でできあがりです。

最初のかき混ぜやすいが、2～3回目はかなり混ぜにくくなります。固くならないうちによくかき混ぜる。4～5回目になると比較的混ぜやすくなります。温度が下がると固くなる（固形石けん）ので、4月～9月の温かいときにつくると良いでしょう。

④500mLのペットボトルに小分けして保存します。キャップに2～3mmの穴をあけた250cc程度の大きさのペットボトルに入れて使うと使い易い。温度が下がると粘度が上がり出にくくなり、穴が詰まることがあります。水を少し入れて攪拌し薄めると出やすくなります。詰まった穴は楊枝などで簡単にあきます。



◇地球温暖化防止事業「菜の花を植えよう!」を開催しました

9月30日(土)、雄琴菜の花畑で大津市地球温暖化防止事業「菜の花を植えよう!」を開催し、7名が参加されました。

はじめに事業の説明を受けた後、こぼれ種で自生し育った菜の花の苗を掘りあげます。菜の花は虫食いがあるので、子どもでも見分けられます。この苗を、あらかじめスタッフが耕しておいた畝に植えつけ、水やりして作業は完了。最後に菜種油で揚げたばかりのフライドポテトを試食し、終了しました。



■プロジェクト等の活動報告と活動予定

《ビオトープづくりプロジェクト》

10月15日、北大路どろんこことぶで水場の補修工事を行いました。凸凹をならし、土嚢を薄く並べることでスノコを敷きやすくしました。

《生ごみリサイクルプロジェクト》

10月20日、市民活動センターにてEMボカシづくりを行いました。9月に作ったプリン石けんが完成します。(p3参照)

■これからのフォーラム活動

環境情報合同交流会 2017 参加者募集

日時：11月18日(土) 11:30~16:30

会場：ピアザ淡海2階207会議室

11:30 企業、団体の活動紹介展示

13:00 基調講演

「琵琶湖から地球まで...すべてがにつながる環境問題」

琵琶湖環境科学研究センター長 内藤正明氏

14:10 テーマ別ディスカッション

「びわ湖」「食品ロス」「気候変動適応」「環境と経済」

申込先：大津市地球温暖化防止活動推進センター

☎526-7545 または info@otsu.ondanka.net

プロジェクト等の名称	日時	場所・内容
プロジェクト・学習研究グループ		
生ごみリサイクル	11月 3日(祝) 14:00	ふれあいプラザ//「生ごみを有効に活用しよう!」
ビオトープづくり	11月 19日(日) 9:00	春日山ビオトープ//池へ下る階段づくり作業
里山保全	11月 11日(土) 10:00	山中比叡平まちづくりセンター周辺//「山の日」
	11月 20日(月) 10:00	春日山公園//定例会
エネルギー	11月 7日(火) 10:00	大津市センター//定例会議
	12月 5日(火) 10:00	大津市センター//定例会議
委員会・実行チーム・事業部		
地球温暖化防止事業実行チーム	11月 4日(土) 14:00	ふれあいプラザ//エコドライブ理論講座
	11月 14日(火) 13:00	月の輪自動車教習所//エコドライブ体験講座
	12月 9日(土) 10:30	ピアザ淡海//三方よしエコフェア 2017 出展
温暖化防止対策事例集作成チーム	11月 9日(木) 13:30	大津市センター//作業会
環境情報合同交流会実行チーム	11月 7日(火) 13:30	大津市センター//会議
おおつエコフェスタ実行チーム	11月 28日(火) 13:00	大津市センター//会議
おおつ市民環境塾実行チーム	11月 1日(水) 10:00	大津市センター//会議
自然家族事業南部版実行チーム	11月 28日(火) 10:00	大津市センター//会議
里湖づくり事業実行チーム	11月 17日(金) 9:30	琵琶湖環境科学研究センター//湖底耕耘
事業部 KES 普及推進グループ	11月 14日(火) 14:00	生涯学習センター//審査員グループ会議

*大津市センター：大津市地球温暖化防止活動推進センター(明日都浜大津 4F)

《編集後記》 今年の夏はフォーラムの事業が多く実施された。月遅れとなった記事ができてしまったほどである。一方で、これから年度末に向かって事業が減る点が悩ましい。委託事業中心なので年度替わりの時期は活動が表に出ず、編集者泣かせの時期である。今号はまとまった記事の投稿をいただいた。プロジェクトの活動が良くわかり参考にもなる。是非、他のプロジェクトも自分たちの活動をPRする場として「フォーラム通信」「活動だより」を活用してほしい。記事の端境期は特に。(K.N.)

特定非営利活動法人 おおつ環境フォーラム
(大津市地球温暖化防止活動推進センター)
〒520-0047 大津市浜大津4-1-1 明日都浜大津4F
Tel : 077-526-7545 Fax : 077-526-7581
E-mail : forum@eco-otsu.net
HP : http://eco-otsu.net
編集責任：西山 克己