

# 鉄道車両用LED照明システム

LED Lighting System for Rolling Stock

石井 功

Ishii Isao

浅原 満

Asahara Mitsuru

島田 富美朗

Shimada Fumio

岩村 重典

Iwamura Shigenori

近年、省エネルギー要求が高まる中で、車両用客室照明においても蛍光灯からLED照明採用のニーズが増加している。日立グループは、車両メーカーとしての経験や実績を踏まえ、蛍光灯を単にLED照明へと置き換えるだけでなく、最適な色合いやインテリアデザイン効果を考えながら、省エネルギー効果として40～60%の消費電力低減を実現した。また、専用電源の採用や長寿命回路の設計により、ライフサイクルコストを既存汎用LED照明の約2倍とすることができた。今後は、客室用LED照明の機能をさらに進化させたシステムとして、車両の前照灯ほかの照明をLED化するために開発を推進していく。

## 1. はじめに

日立グループは、1997年から独自のコンセプトによる鉄道車両であるA-trainを開発し、市場に送り出してきた。10年以上が経過した近年では、仕様・デザイン性・安全性・リサイクル・メンテナンスとともに、人に優しく地球環境に配慮したさらなるエコ技術の導入が強く求められるようになってきている。車両用客室照明においても蛍光灯からLED (Light Emitting Diode) 照明採用のニーズが増加している中で、日立グループは、単なる汎用LED照明を適用するだけでなく、車両独自の規格や試験をクリアし、車両メーカーの経験や実績を踏まえた車両用LED照明を開発した。

また、近年の新技术・製品開発では「運用側」とそれを作る「作り手側」双方の理論や認識のずれが不具合要因を発生させ、製品化に結び付かないケースも多々見受けられる。このような状況を踏まえ、今回の開発では「モノづくりの原点」を振り返り、過去の失敗から学ぶ技術と最新技術を融合させた製品開発を、「鉄道車両用LED照明装置」を通して実施している。

ここでは、LED照明の目的と特徴、鉄道車両用の室内

LED照明、およびLED照明システムについて述べる。

## 2. LED照明導入の目的と特徴

### 2.1 LED照明の特徴

LED照明システムの特徴を以下に示す。

#### (1) 消費電力の低減

LED照明は、一般に従来の照明と簡単に置き換えられて、エネルギーコスト、CO<sub>2</sub>排出量ともに約半分に削減できると言われており、省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)・地球温暖化対策推進法(地球温暖化対策の推進に関する法律)などを実践するためには、簡単かつ効果の大きな対策とされている。

#### (2) チラつき発生の防止

LED照明装置は直流電圧・電流で動作するので、蛍光灯のようなチラつきは発生しないため、眼球への疲労も軽減することが見込め、車内の照明には最適である。

#### (3) 紫外線が出ない

発光ダイオードが発する光のスペクトルは半導体と蛍光体によって決定されるため、蛍光灯や白熱灯など他の多くの光源と異なり、照明として不要な紫外線や赤外線を含まない。また、虫の可視光域である紫外線をほとんど発生しないため虫の飛来も激減する。屋内はもとより屋外での照明でも虫に悩まされることもなく、照明器具も汚れにくいことが特徴である。

#### (4) ライフサイクルコストの低減

LED素子寿命は約40,000時間とされており、従来のハロゲン球や蛍光灯では頻繁に発生していた「交換」、「点灯管理」、「在庫管理」、「廃棄物処理」の手間を大幅に縮小できる。LED照明装置の寿命は、明るさが初期点灯時の70%になったときである。LED照明装置は原理上、ハロゲン球や蛍光灯のように「玉切れ」が発生しないため寿命

の前に交換する必要も、玉切れに対応するために在庫を抱えておく必要もない。

## 2.2 鉄道車両用LED照明装置の搭載条件

鉄道車両用LED照明装置の搭載条件は、(1)機能(安全)、(2)消費電力低減、(3)デザイン性、(4)メンテナンス、(5)環境への配慮を考慮していることである。この5項目の確認ができた段階で初めて採用されるものであり、実際に鉄道車両に搭載するうえでは、各鉄道会社の設備環境や搭載される車両環境を十分に把握し、特に安全に配慮したものでなくてはならない。

## 2.3 照度基準の考え方

鉄道車両では、JIS (Japanese Industrial Standards: 日本工業規格) の照度に関連する規格である JIS E4016「鉄道車両の照度—基準及び測定方法」によって照度基準をクリアすることが必須条件となる。客室内の場合、床面から850 mmの高さでは200 lx以上必要と定義されている。蛍光灯の波長(約550 nm)に比べてLEDの波長(約450~500 nm)は短く、青白い光が特徴である。このため、蛍光灯より白く発光強度も1.3倍程度となり、蛍光灯に比べて映し出された対象物の文字などがくっきり映る。

## 2.4 照度と放射角度の相対関係について

蛍光灯の放射角度は放電管のため360°となる。これに対し、一般的なLED照明を採用した光の放射角度は約120°程度であり、蛍光灯の放射角度360°に対して約 $\frac{1}{3}$ しかない。このため、LED照明は蛍光灯に比べて反射による照度アップの期待も少なくなる。

初期に開発・採用した間接型LED照明は放射角度140°程度と通常のLEDよりも20°程度広く設計しており、今回開発した直接照明タイプでは173°程度まで広げている。

## 3. 車両用室内LED照明

### 3.1 室内LED照明灯具の省エネルギー化

LEDは蛍光灯よりも省エネルギーではあるが、さらなる省電力化をめざして開発を進めた。LEDの光の強さは、おおむね電流値に比例するため、照度を損なわずに電流値が上がらない素子および回路構成を確立した。また、照明を拡散させるためのシートも拡散機能を残し、かつ光の透過率が高いシートを採用した。この結果、現車搭載データでは蛍光灯比で消費電力を約40~60%低減した。

### 3.2 室内LED照明灯具の長寿命化

汎用品のLEDは一般的に寿命が40,000時間と説明され

ているが、今回開発したLEDは熱影響を受けにくい長寿命回路設計・基板構成にしており、16年間・100,000時間の長寿命を実現した。電源装置については、非常灯対応DC (Direct Current) 100 VやAC (Alternating Current) 200 V/254 Vいずれの電源装置も蛍光灯灯具と形状を合わせている。また、電源装置も専用電源設計として耐劣化性部品を選定することで寿命をLED素子と同じ16年間・100,000時間としており、灯具全体で長寿命化を図っている。

### 3.3 演色性の高いLED照明

今回開発した車両用LED照明装置では、「目に優しい」技術の特徴としてLED拡散レンズを使用しない「光」本来の性質を利用した「光」の合成・増幅技術を採用した。また、「光の三原色(青・赤・緑)」から「青・黄・赤・緑」を混合した演色性の高い白色光を出す最新技術を開発し、LED照明として現車搭載した(図1、図2参照)。

### 3.4 室内LED照明灯具の構成

今回開発した最新のLED照明灯具は、どの車両にも適用でき、改造車両においても改造作業が最小限となる構成としている。また、LED基板ベースはアルミニウム型材構造を採用し、照明のカバーについては車両構造に合わせて

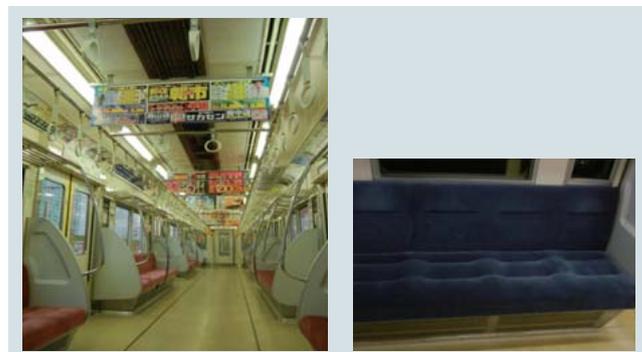


図1 | 従来蛍光灯車内環境および青色シート  
改造前の蛍光灯照明での車内と優先座席シートを示す。



図2 | 演色性の高いLED車内環境および青色シート  
改造後の演色性の高いLED (Light Emitting Diode) 灯照明での車内と優先座席シートを示す。鮮やかなブルーの色合いが強調されている。



図3 LED照明構造およびLED基板

基板を搭載している本体はアルミニウム型材、カバーには強化ガラスに透過率の高い拡散シートを貼っている。LED基板はブロック単位で容易に交換できる構造としている。

て変更可能な構造としている。

また、保守性も向上させており、基板は将来的にLED素子が改廃となった場合でも基板単位で交換できる構成としており、基板の交換時も接続コネクタを取り外して基板単位で交換可能な構成としている（図3参照）。

### 3.5 室内LED照明灯具の搭載事例

前述したLED素子の技術を、間接照明に始まり、既存車改造から新造車へ適用した事例を以下に示す。阪急電鉄株式会社の9000系には、いち早く車両用LED照明が導入された。半間接照明でLED初期タイプを搭載している（図4参照）。

その後、改造車両として京王電鉄株式会社の8000系には演色性の高いLED素子を採用した直接照明タイプを導入した。側天井の広告にも照明光が当たるように側面から

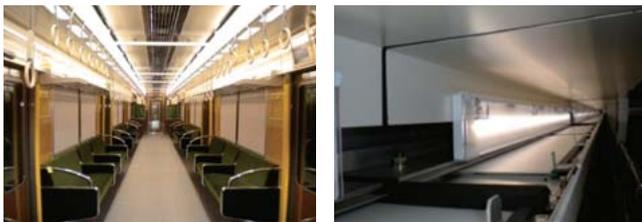


図4 阪急電鉄株式会社納め9000系のLED間接照明タイプ（新造車）

日立グループが初めて車両に搭載した初期型LED照明タイプで、床面に対して垂直に搭載している。従来の蛍光灯と同じ色合いを出すように色温度を選択した。



図5 京王電鉄株式会社納め8000系のLED直接照明タイプ（改造車）

既設の蛍光灯具からLED灯具に改造した直接照明タイプを搭載している。蛍光灯具に比べてフラットな構造のため、開放感のある天井空間になっている。



図6 九州旅客鉄道株式会社納め817系のLED直接照明タイプ（新造車）代表的なA-trainに搭載した室内天井構造を示す。シンプルで広い室内空間になっている。

光が出る構造とした（図5参照）。

新造車としては、九州旅客鉄道株式会社の817系に直接照明タイプを搭載した。A-trainの一つの特徴である空調吹出し口に照明を取り付けるタイプをLED化し、より広い車内空間を作り出している（図6参照）。

## 4. LED照明システム化におけるLED前照灯

### 4.1 鉄道車両用前照灯

現在、前方視認性を向上させるための車両用前照灯は、ハロゲンランプやHID (High Intensity Discharge) ランプを採用しているが、交換周期が1年程度となっており、短いケースでは3か月で交換する場合もある。また、前照灯は安全確認のために重要な装置であり、故障した場合は即座に交換をする必要があるが、交換の手間が掛かっているのが実情のようである。そのため前照灯は、長寿命かつ視認性に優れた装置であることはもちろん、交換や改造でも容易に対応できるものでなければならない。照明装置の構成を図7に示す。

### 4.2 LED前照灯の特徴

室内照明での開発ノウハウを生かし、省エネルギー化、信頼性、長寿命化、取り付けの容易化を図っている。省エネルギー化は消費電力70%低減、信頼性については他製品で実績のあるレンズを採用し、4年以上暴露試験を実施して紫外線による劣化がない樹脂を採用した。また、Lowビーム側のLEDが故障した場合でもHighビーム側のLED

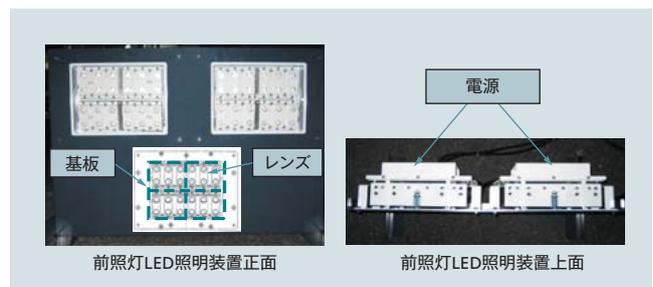


図7 LED前照灯照明構造

4ブロックに分割した構造としており、主に上側がHighビーム、下側がLowビーム用である。電源を裏側に搭載した構造である。



図8 | Highビーム点灯とLowビーム点灯

Highビームは、上側2ブロックと下側1ブロックを点灯する。Lowビームは下側1ブロックを点灯する。1ブロックが不点灯となった場合は隣のブロックに切り換え可能である。

でバックアップ回路として冗長性を上げている(図8参照)。

## 5. LEDシステム開発の展望

LEDシステム開発の展望を以下に示す。

### (1) 電源統一化

現在はAC電源タイプと非常用のDC電源タイプの2種類あるが、電源統一することにより、電源装置の集中化や非常時でもバッテリー電源供給によって全灯点灯させることが可能となり、乗客を安心させることができる。また、電源を集約することにより、交換時の作業容易化やコスト低減が可能となる。

### (2) 天井機器モジュール化

天井裏の配線やラジオ輻(ふく)射装置、スピーカなどの機器をLED灯具内に集約することにより、天井構造をシンプルにすることだけでなく、艤(ぎ)装容易化によって信頼性向上やリードタイム削減が図れる。

### (3) モニタ装置との連携

モニタ装置の時刻や距離などの条件で、昼夜やトンネルの有無で最適な照度の変更をすることが可能となり、乗客の快適性向上や、さらなる省エネルギー化の実現が期待される。

## 6. おわりに

ここでは、LED照明の目的と特徴、鉄道車両用の室内LED照明、およびLED照明システムについて述べた。

LED照明は従来の蛍光灯やHIDランプよりもコストは高いが、今後の量産効果でのコスト低減、省エネルギー効果、長寿命でのLCC (Life Cycle Cost) 効果により、LED照明システムの採用がさらに増加していくと考える。日立グループは単なる照明の置き換えに終始するのではなく、車両システム全体を見据えて乗客の快適性をより向上させながら、鉄道事業者への経営効率向上につながる省エネルギーや保守性向上も見据えた車両システムの開発・構築を推進させていく。

## 執筆者紹介



### 石井 功

1989年日立製作所入社、交通システム社 笠戸交通システム本部 車両システム設計部 所属  
現在、公民鉄・在来線車両の電気・艤装設計に従事



### 島田 富美朗

1971年日立製作所入社、交通システム社 営業統括本部 国内車両システム部 所属  
現在、国内車両システムの取りまとめに従事



### 浅原 満

1989年日立笠戸エンジニアリング株式会社入社、日立交通テクノロジー株式会社 笠戸事業所 車両エンジニアリング部 所属  
現在、主に公民鉄・在来線車両の車体設計および改造工事案件に従事



### 岩村 重典

1992年日立製作所入社、交通システム社 営業統括本部 国内車両システム部 所属  
現在、国内車両システムの取りまとめに従事