

## 車両検修庫におけるLED照明の開発



迫田 紀生\*

車両センターの留置線や車両検修庫の照明設備には、水銀灯が多数使用されている。水銀灯は配光角が広いことや、インシヤルコストが安価という長所があるが、消費電力量が大きいという短所がある。JR東日本グループは地球温暖化防止への取組みとして、鉄道事業のCO<sub>2</sub>総排出量削減をめざしている。本研究ではその一助となるよう、水銀灯に変わるLED照明を開発し、消費電力量の低減などについて検証した。

●キーワード：LED、水銀灯、消費電力量、グレア

### 1. はじめに

車両センターでは水銀灯が多数使用されている。小さなランプで強い光が得られ、広範囲を照らすことができることから採用されているが、消費電力量が大きいという欠点がある。一方、近年は白熱電球に代わり、消費電力量が少なく長寿命であるLEDの導入が進んでいる。このLEDの長所を水銀灯の代替として活かせれば、車両センターの照明負荷の低減が期待できる。

そこで本研究では、車両センターの車両検修庫で使用されている水銀灯に代わるLED照明を開発し、その特性や消費電力量低減などの効果を検証した。

### 2. LED 照明の開発

#### 2.1 試作機の性能目標

LED照明の試作するにあたり、車両検修庫で標準的に使用されている400Wタイプ水銀灯の仕様を基準とした。具体的には照度および配光角、重量は水銀灯と同等とすることとした。また、消費電力は水銀灯の半分以下を目標とした。

#### 2.2 試作機の検証

LED照明の基礎データ収集のため評価機を作成した。評価機は、光源は1,250ルーメンのLEDモジュールを28個、さらに明るさの適正値を確認するため、一部のモジュールに消灯できる機能を付けた。そのため重量が約7kgとなり、目標である5kgを下回ることができなかったが、明るさや配光角の確認のため試作機を点灯させて照度を測定した。その結果、光源は半分の14モジュールでも水銀灯以上の照度を確保できることが分かった。以上より1次試作機を作成した。

図1に開発した1次試作機の外観を示す。1,250ルーメンの

LEDモジュールを14個使用し、実用性を考慮して放熱のためのファンや塵埃対策のためのアクリルカバーを取り付けた。LEDモジュール数半減などによる軽量化で、重量を目標の5kgとすることができた。



図1 LED照明の1次試作機

開発した1次試作機について各種データを測定した結果、性能目標を達成していることが確認できた。

図2は水銀灯および1次試作機をそれぞれ4灯点灯させた場合の照度分布である。照明は床面から5.3mの高さに設置し、照度は床面から1mで測定した。

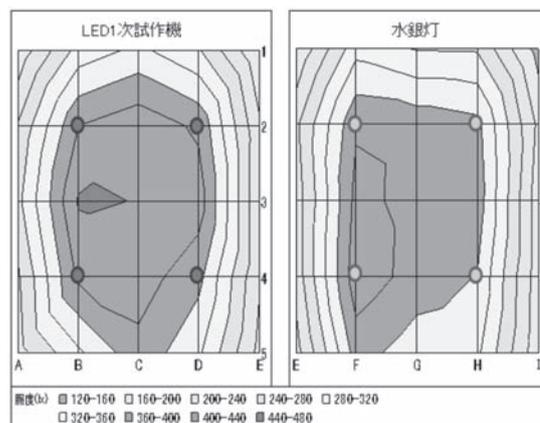


図2 水銀灯および1次試作機の照度分布

照度分布はどちらも同じような広がりを示しているが、1次試作機の方が全体的に高い照度が得られていることが分かる。この結果から、水銀灯と同等以上の照度および配光角が得られていると言える。

表1に水銀灯および1次試作機の仕様を示す。1次試作機的全光束は水銀灯よりも低いが、LEDの光は直進性が高いため、図2の結果のとおり照度は確保できている。消費電力は191Wとなり、水銀灯の半分以下となった。

表1 水銀灯および1次試作機の仕様

項目	水銀灯	LED照明
器具重量	5kg (灯具・安定器含む)	5kg (灯具・電源部含む)
全光束	22,000ルーメン	17,500ルーメン
配光角	100°	100°
消費電力	400W	191W (入力電圧200V時)

1次試作機の仕様については目標を達成したが、光源を直接見たときの眩しさ(グレア)が新たな課題となった。そのため、グレア対策についても検討した。

## 3. 眩しさ(グレア)対策

### 3.1 光源でのグレア対策の検討

グレアを改善するための方法はいくつかあるが、照度や配光角なども確保しなければならない。そこで3種類のグレア対策を実施したLED照明を新たに試作した。

#### 3.1.1 光源の遮光角の変更

遮光角とは、照明器具においてランプが目に入らない限界線と器具の水平線とのなす角度のことである。遮光角を大きくするとランプが目に入りにくくなるのでグレア対策となるが、照度や配光角が小さくなる可能性がある。

光源位置を1次試作機よりも15.5mm天井側に移動させた2次試作機(パターンA)を作成した。図3にその外観を示す。

15.5mmよりもさらに天井側に移動させた場合も検討したが、光ムラが発生したため採用を見送っている。

#### 3.1.2 光源の数の変更

2次試作機(パターンA)をベースとして、1モジュールの光量が大きく、光源の数を減らしたタイプ(パターンB)を作成し、光源の数による影響を調査した。全光束量をパターンAと同じにするため、2,500ルーメン/モジュールのLEDを7個使用した。図4にパターンBの外観を示す。



図3 2次試作機(パターンA)の外観



図4 2次試作機(パターンB)の外観

#### 3.1.3 発光面の有効面積の変更

1次試作機および2次試作機(パターンA、B)は、光源が集中しているため眩しく見える。そこで光源の間隔を広げて均一に配置することで眩しさを低減できるか確認するため、2次試作機(パターンC)を作成した。図5にパターンCの外観を示す。なお、本パターンは有効面積を大きくすることを目的としたため重量が10.5kgとなった。

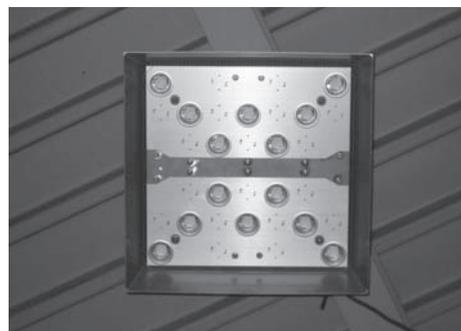


図5 2次試作機(パターンC)の外観

### 3.2 前面パネルによる眩しさ(グレア)対策の検討

#### 3.2.1 パネルの種類による対策

光源の試作の他、LED照明のカバーにパネルを3種類用いグレアの検証を行った。

パネルは標準パネルのほか、アクリル板に表面加工が施されているダイアカットパネル、および偏光ガラスを使用したグレア

アカットパネルを用いてグレア対策の比較検証を行った。  
本研究で使用した前面パネルを表2に示す。

表2 使用した前面パネル

パネル	メーカー・製品名等
標準パネル	住化アクリル販売 クリアアクリル
グレアカットガラス	セントラル硝子 ミストレックス
ダイアカットパネル	三菱レイヨン K5001

### 3.2.2 光源とパネルの距離による対策

前面パネルと光源との距離を変化させることにより、グレアにも変化があると考えられる。そのため、パネルと光源との距離を変えて測定を行い、距離によるグレアへの影響を比較した。

## 4. 測定結果および検証

### 4.1 グレアの評価指標

照明器具のグレアの評価指標には、「UGR法」「輝度制限法」「輝度分布による評価」などがある。

UGR法は照明器具を設置した施設の眩しさを評価する値であり、グレアの程度に影響をおよぼす光源の輝度、光源の大きさ、光源の位置、天井面・壁面など光源の発光面の背景となる周辺の明るさを変数とした計算式によってグレアの程度を評価する方式である。

一方、輝度制限法は定められた照明器具の取り付け範囲における輝度がある値以下に制限する方法であり、照明器具固有の特性値を示す。また、輝度分布法はさまざまな対象物の明るさ（輝度）の違いおよびその空間的な配置関係に基づき、グレアを評価するものである。また輝度分布による評価は、光源の輝度およびその分布を測定するもので、輝度の大小により眩しさを評価するものである。

よって、今回の照明器具の眩しさを評価するには、輝度制限法や輝度分布による評価が適切な指標であると考えられるので、これらの方法に基づき測定した。

### 4.2 輝度制限法による評価

最初は輝度制限法に基づいて、2次試作機3パターンそれぞれに、パネルを取り付けて輝度を測定した。その結果、試作機のパターンや前面パネルの違いによる輝度の差はあったものの、いずれもグレア分類の評価がG1a（不快グレアを十分制限した照明器具）で同一となった。前面パネルを光源から離すと、光源が視野に入りやすくなり、輝度が高くなるためである。そのため、本研究ではグレアの適切な指標とはならなかった。

### 4.3 輝度分布による評価

#### 4.3.1 輝度分布の測定

輝度制限法で結果が得られなかったため、輝度分布法による測定した。測定風景を図6に、輝度分布図と輝度断面図を図7にそれぞれ示す。各光源の輝度が高いため、輝度を16分の1にする減光フィルタを輝度計に取り付けて測定した。

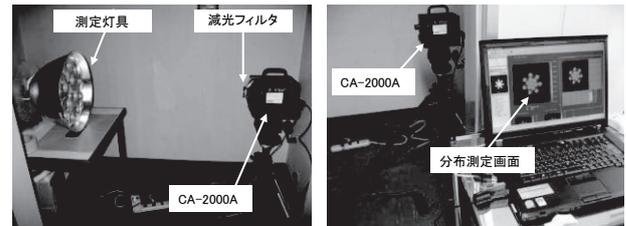


図6 輝度分布の測定風景

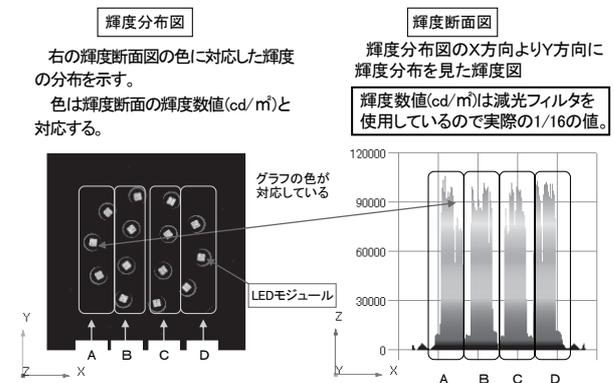


図7 輝度分布図と輝度断面図

#### 4.3.2 光源の違いによる比較

2次試作機パターンA、B、Cの各光源の特性を評価するため、標準の前面パネルを取り付けた状態で輝度を測定した。また、1次試作機についても同様に測定し、図8の結果が得られた。なお、光源とパネルの距離は0mmとしている。

パターンAと1次試作機は、同じ光束のモジュールを使用しているため同等の輝度となっている。しかしモジュール配置の違いにより、1次試作機の方が輝度分布の広がりがある。パターンBは、パターンAの2倍の光束をもつモジュールを使用したため、輝度が287,000cd/m<sup>2</sup>と高く、直接見ると眩しい結果となった。また、パターンCはパターンAのモジュール間隔を広げた配置となっているため、他の試作機よりも輝度が抑制されていることが分かった。

この結果から、LEDモジュール単体の輝度を低く、モジュール間隔を広げた方がグレア対策に有効であることが分かる。

なお、前面パネル無し状態で測定を行ったところ、いずれのパターンにおいても標準パネルを付けた状態と輝度にほとんど差が無かった。このことから、標準パネルにはグレア抑制効果がないことが分かった。

(cd : カンデラ)

パターン	輝度分布・断面	最大輝度 (cd/m <sup>2</sup> )
A		104,000
B		287,000
C		93,000
1次 試作機		106,000

図8 各光源の輝度分布の測定結果

### 4.3.3 前面パネルの違いによる比較

2次試作機に対し、前面パネルの種類および光源からの距離を変えた場合の輝度分布および最大輝度を測定した。各パターンで測定を行っているが、代表例としてパターンAの結果を図9に示す。

図9より、どちらのパネルも標準パネル104,000cd/m<sup>2</sup>より輝度が低くなる結果が得られた。また、グレアカットガラスよりもダイアカットパネルを用いた方が低輝度となっており、グレア抑制に効果があることが分かる。

また、光源からパネルを25mm、50mmと離すことにより、輝度分布のパターンがさらにほんやりとした結果となっている。グレアカットガラスでは25mmで55,000cd/m<sup>2</sup>、50mmで32,000cd/m<sup>2</sup>と輝度が低くなっている。一方、ダイアカットパネルでは25mmで32,000cd/m<sup>2</sup>、50mmで30,000cd/m<sup>2</sup>であり、パネルを光源から離しても輝度の変化は少なかった。このことから、光源とパネルを離すことでグレア低減の効果はあるが、パネルの種類によって光源との距離によるグレア抑制効果は異なることが分かる。しかし輝度制限法の結果より、試作機を見る角度によっては光源が見えてしまうので、全方向でグレアを抑制したい場合は検討が必要である。

なお、パターンB、Cの光源についても同様の傾向であることを確認している。

光源と パネル の距離	パネル	
	グレアカット ガラス	ダイアカット パネル
0mm		
	75,000 cd/m <sup>2</sup>	60,000 cd/m <sup>2</sup>
25mm		
	55,000 cd/m <sup>2</sup>	32,000 cd/m <sup>2</sup>
50mm		
	32,000 cd/m <sup>2</sup>	30,000 cd/m <sup>2</sup>

図9 パネルの種類および距離による輝度分布および最大輝度

## 5. おわりに

本研究では、車両検修庫の水銀灯に代わるLED照明の開発および検証を行った。

1次試作機では、水銀灯と同等以上の性能で消費電力量を半分以下にしたLED照明の開発をした。しかし眩しさ（グレア）が新たな課題となったため、グレア対策を検討した。

グレア対策については、3パターンの光源の2次試作機で輝度分布を測定した結果、光源を集中させるよりも間隔を離した方が、グレア対策に有効である。さらに、前面パネルの種類や位置を変えて輝度分布を測定した。角度によって光源が見えてしまうため、光源が直接見えないようにする対策が必要であるが、パネルはグレアカットガラスよりもダイアカットパネルの方がグレア抑制に効果がある。

開発したLED照明の導入により、照度を水銀灯と同等以上を確保しながら、車両センターの照明負荷軽減が期待できる。