

LED高天井用ベースライトの 軽量化技術

松原大介* 高橋庄太**
野澤秋寛*
樋口暁紀**

Weight Reduction Technologies for LED High-bay Lighting

Daisuke Matsubara, Akihiro Nozawa, Akinori Higuchi, Shota Takahashi

要 旨

近年、地球温暖化に対する環境意識の高まりや、東日本大震災による電力不足を背景とした省エネルギー要求が高まっている。また、国際連合環境計画における水銀に関する条約によって、2020年以降、一般照明用水銀ランプの製造、輸出及び輸入が禁止となるため、金属蒸気を光源とするHID(High Intensity Discharge)ランプのLED(Light Emitting Diode)化が加速している。また、大光束の施設用照明では、HIDランプからの器具交換を考慮して、軽量化の要求も高まっている。

このような状況の中で、三菱電機は、2015年12月に従来製品で採用してきたアルミダイカスト製ヒートシンクに対して、アルミ板金製ヒートシンクを採用することによ

て、大幅な軽量化を実現したLED高天井用ベースライト“GTシリーズ(角タイプ)”を開発した。GTシリーズ(角タイプ)には、多くのバリエーションモデルがあり、特に、省エネルギー性を訴求した省電力モデルでは、発光効率の高い日亜化学工業(株)製SMDタイプLEDを低電流駆動することによって、主要機種のクラス1500(水銀ランプ400W相当)で、固有エネルギー消費効率170.2lm/W、器具質量2.9kgという業界トップクラスの省エネルギーと軽量化を実現した。また、省エネルギーや軽量化だけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、運搬工場や、組立工場などの過酷な使用環境に対応したクレーン用耐衝撃モデルも開発した。

クラス1500(水銀ランプ400W相当)



省電力モデル



クレーン用耐衝撃モデル

	省電力モデル	クレーン用耐衝撃モデル
全光束(lm)	16,000	17,300
固有エネルギー消費効率(lm/W)	170.2	151.6
質量(kg)	2.9	3.7
LED光源寿命(時間)	40,000	60,000
LEDパッケージ	SMDタイプ	COBタイプ
配光	広角	広角

SMD : Surface Mount Device
COB : Chip on Board

LED高天井用ベースライト“GTシリーズ(角タイプ)”

2015年12月から発売しているLED高天井用ベースライト GTシリーズ(角タイプ)は、発光効率の高い光源とアルミ板金製ヒートシンクの採用によって、省エネルギーと軽量化を業界トップクラスで実現している。また、基本性能の高さだけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、特殊環境に対応するバリエーションモデルも豊富にラインアップしている。

1. ま え が き

近年の環境意識と省エネルギー要求の高まりの中で、大光束の施設用照明で、光源のLED化が加速している。既存のHIDランプからのリニューアル需要も多く、省エネルギーと合わせて、軽量化も製品の重要な訴求項目となっている。

このような状況の中で、三菱電機は、2015年12月に、従来製品で採用してきたアルミダイカスト製ヒートシンクに対して、アルミ板金製ヒートシンクを採用することによって、大幅な軽量化を実現したLED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)を開発した。多くのバリエーションモデルの中で、特に、省エネルギー性を訴求した省電力モデルでは、発光効率の高い日亜化学工業(株)製SMDタイプLEDを低電流駆動することによって、主要機種のクラス1500(水銀ランプ400W相当)で、固有エネルギー消費効率170.2lm/W、器具質量2.9kgという業界トップクラスの省エネルギーと軽量化を実現した。また、省エネルギーや軽量化だけでなく、顧客の幅広いニーズに対応するため、運搬工場や、組立工場などの過酷な使用環境に対応したクレーン用耐衝撃モデルも開発した。

本稿では、省電力モデルとクレーン用耐衝撃モデルの開発について述べる。

2. LEDの発光効率と寿命

2.1 LEDの発光効率⁽¹⁾

照明器具の固有エネルギー消費効率は、使用するLEDの発光効率に大きく依存する。ここでは、省電力モデルに搭載したSMDタイプLEDの特性について述べる。

LED単体の発光効率は、駆動電流が低いほど上昇する(図1)。しかし、低電流化に伴い、LEDから放出される光束は低下するため、照明器具として必要な光束を確保するためには、LEDの搭載個数を増やす必要があり、製造コストは増大する。照明器具の固有エネルギー消費効率と

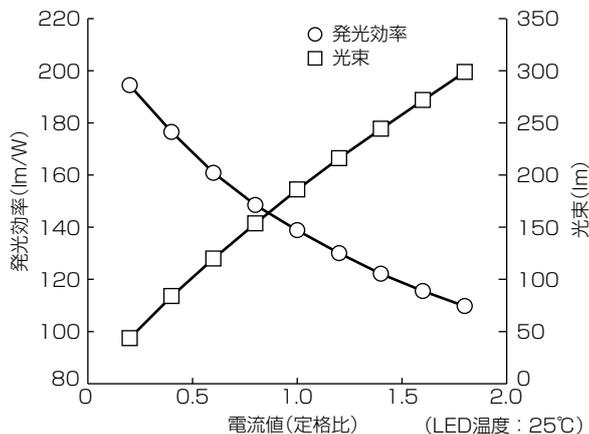


図1. LED単体の発光効率と光束

製造コストのバランスを考慮して、搭載するLEDの数を決める必要がある。また、LED単体の発光効率は、LEDの温度によっても変化する。LEDのカソード側電極部の温度(以下“LED温度”という)と、発光効率の関係を図2に示す。LED温度が低いほど、発光効率は上昇する。

2.2 LEDの寿命⁽²⁾⁽³⁾

一般照明用途に用いられるLEDの寿命の定義については、JIS C8105-3によって、“全光束が、点灯初期に測定した値の70%に下がるまでの総点灯時間”と定義されている。LEDは固体光源であるため、従来光源のように電子放射物質が消耗して不点灯になることがなく、点灯時間に応じて徐々に光束が減少していく(図3)。JIS C8105-1によれば、一般的な照明器具の交換の目安は8~10年程度とされている。このため、LED照明器具としては、40,000時間(夜間点灯で約10年、常時点灯で約5年相当)後、初期の全光束に対して、光束比70%以上を目標に設計されることが多い。これに対して、三菱電機LED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)の省電力モデルは、点灯初期の光束値に対して、光束比85%以上で設計しており、照明器具交換の時期が来ても、一般的な照明器具よりも明るさを維持している。

また、図3に示すように、LED温度が、高温時と低温時では、点灯初期からの光束比が変わってくるため、目標光束比を達成するためには、LED温度を設計目標温度以下にする必要がある。

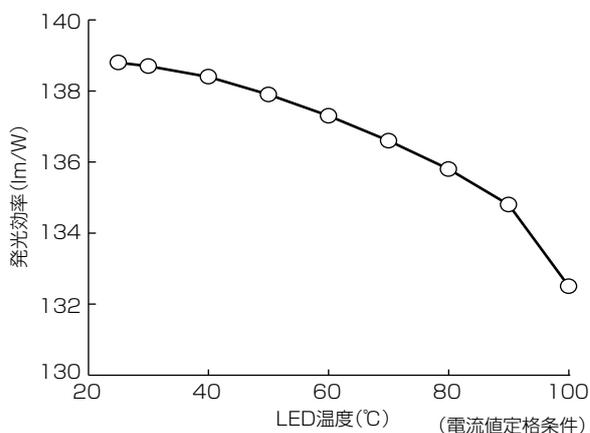


図2. LED単体の発光効率

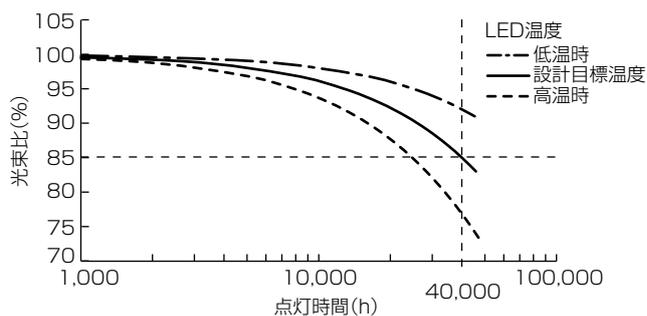


図3. LEDの光束比

3. 照明器具放熱部の設計

3.1 ヒートシンクの構造

LEDは半導体素子であり、発光に伴い発熱する。照明器具の光束と固有エネルギー消費効率から、LEDでの消費エネルギーは決まる。LEDの仕様によって異なるものの、消費エネルギーの7割程度が、熱エネルギーとなり、LEDの温度を上昇させる。一般的に、照明用LEDの低温化に対してはヒートシンクが用いられる。放熱性能と質量はトレードオフの関係にあるため、LEDの低温化にはヒートシンクの質量増大が伴う。先に述べたように、施設用照明で、軽量化は重要な訴求項目であり、同じ放熱性能でも、より質量の小さいヒートシンクが求められる。今回、開発したLED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)では、従来のアルミダイカスト製ヒートシンク(図4(a))に対して、アルミ板金製ヒートシンク(図4(b))を採用することによって、大幅な軽量化を図っている。

板金製ヒートシンクでは、放熱フィンとベース部の接合が重要になってくる。接触面の熱的接合が不完全であると、LEDから発生する熱を放熱フィンに十分に伝えることができず、想定した放熱性能が発揮できない。結果として、照明器具の固有エネルギー消費効率と光源寿命を悪化させる。今回、開発したヒートシンクは、隣接する放熱フィン2枚を1組として、ダボカシメによってベース部と接合させている(図5)。

ダボカシメによる接合方式を採用することによって、放熱フィンとベース部の間に、熱伝導グリスなどを使用せず

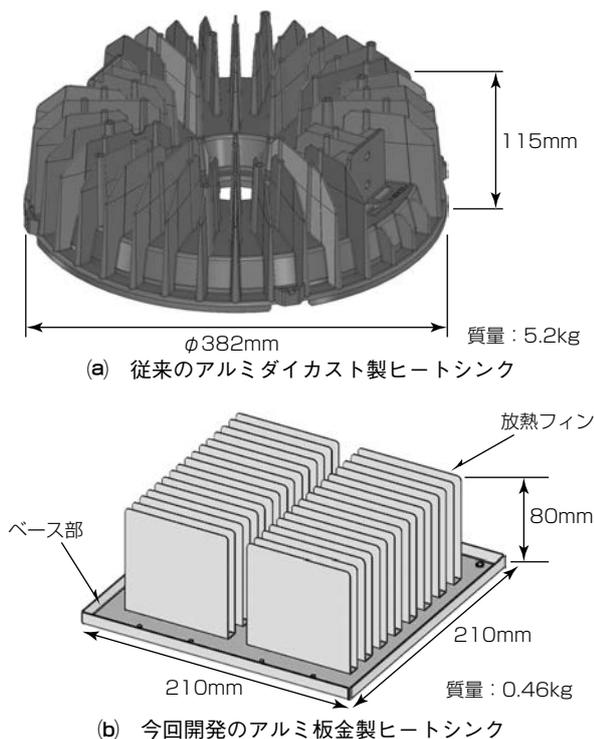


図4. ヒートシンクの構造

に、十分な熱的接合を確保できる。また、ロウ付けや溶接といった他の接合方式に比べても生産性が高い。

3.2 ヒートシンクの設計

板金製ヒートシンクの設計については、熱流体解析によってLED温度を計算している(図6)。解析による仕様検討では、板金製ヒートシンクの放熱フィンの高さ、幅、板厚、枚数、ベース部の板厚をパラメータとしている。全てのパラメータを組み合わせた仕様で、LED温度を計算してヒートシンクの質量との関係をプロットした(図7)。

図7で、LED温度が低温化するほど、高効率となる。また、図3に示すように、低温化に伴い、初期の全光束に対する光束比も高くなる。このため、高効率化と軽量化を

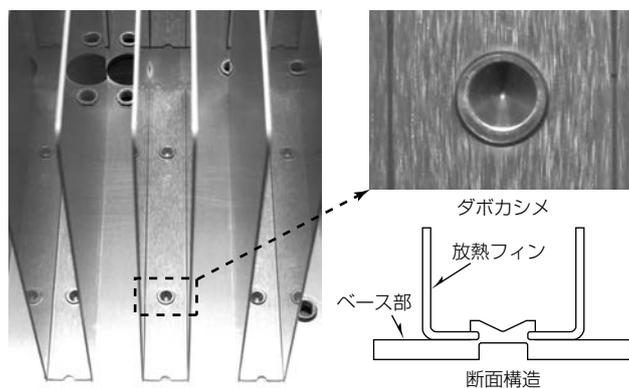


図5. ヒートシンクの接合部構造

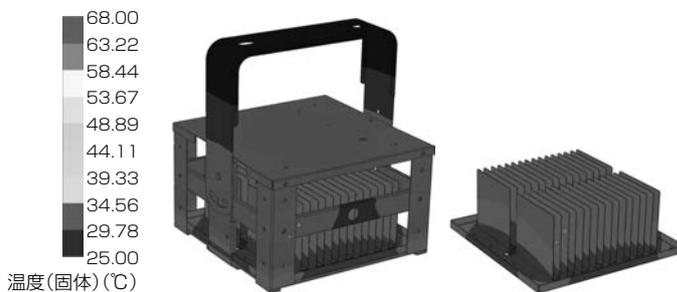


図6. 解析結果一例

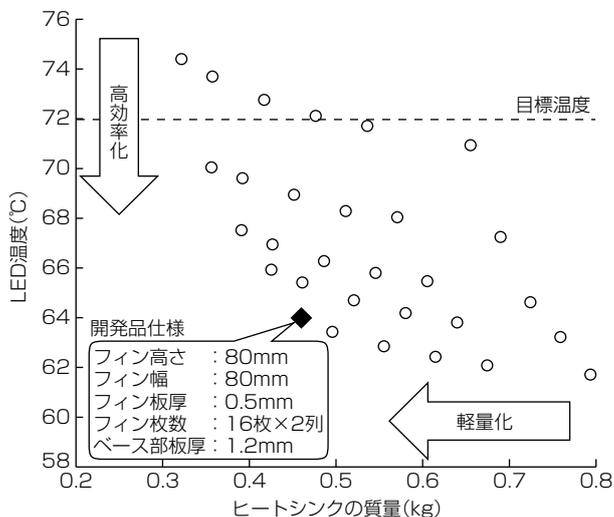


図7. LED温度とヒートシンクの質量の関係

両立させる仕様は、図7のグラフの左下に位置することになる。最終的なヒートシンクは、同グラフの◆印の仕様を採用した。アルミ板金製ヒートシンクの質量は0.46kgとなり、従来のアルミダイカスト製ヒートシンクの5.2kgから、91%の軽量化を達成した。

4. クレーン用耐衝撃モデル

LED高天井用ベースライトGTシリーズ(角タイプ)では、運搬工場や組立工場などにおけるホイストクレーンへの設置を想定して、激しい振動・衝撃環境でも使用できるクレーン用耐衝撃モデルを開発した(図8)。複雑な構造をとることなく、一般モデルよりも更に耐振動・衝撃性能を向上させ、他の機種と同様に、2本のボルトで施工できる構造となっている(図9)。

従来、三菱電機にはクレーン用のLED照明器具に関する規格が存在しなかった。そのため、クレーン用耐衝撃モデルの開発に当たり、試験基準の策定から実施した。実際にクレーンに発生する加速度を様々な現場で測定することで、市場で発生し得る振動・衝撃レベルを把握し、基準値を導出した。振動が加わる部品の試験方法として、三菱電機が持つ包装材の振動試験規格などを活用した。

定常的な振動に対する試験基準値は、実環境の再現性が高いランダム振動で規定した。入力する周波数帯域や振動レベルは、実測値の最大値を基に十分な余裕度を確保した値とした(図10)。また、耐久試験時間は、市場での様々な使われ方を考慮して、厳しい使用環境を想定している。一方、クレーンの起動時や停止時に発生する過渡的な衝撃に対しても同様に、市場で想定される環境より厳しくかつ過剰でない妥当な試験基準値としている。

試験条件を次に示す。

- (1) 耐衝撃 5G：衝突速度40m/min(3軸方向各60,000回)
- (2) 耐振動RMS(Root Mean Square)値：4.5m/s²(周波数帯5~200Hz)

照明器具の構造体は、耐振動・衝撃性能を向上させるために、一般モデルをベースに対策している。アームや支柱は作用応力低減や剛性確保に配慮した形状とし、LED電源については振動モードを考慮した基板配置とした(図11)。

開発したクレーン用耐衝撃モデルの耐振動・衝撃性能は、市場で想定される作業現場の値を大きく上回っている。今後は、市場データを蓄積していくことで、軽量化や低コスト化など、更なる製品力向上や環境配慮型製品の実現を目指す。

5. む す び

LED高天井用ベースライトは、今後も成長が期待できる市場である。省電力モデルとクレーン用耐衝撃モデルについて述べたが、このほかにも、高温用モデル、重耐塩モデル、耐油煙モデル、プール(耐塩素)用モデルなど、豊富



図8. クレーンへの施工例

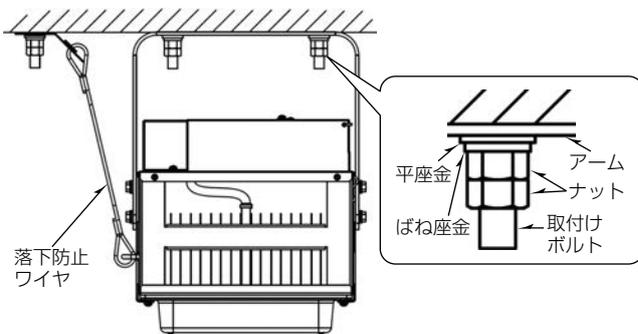


図9. 取付け構造

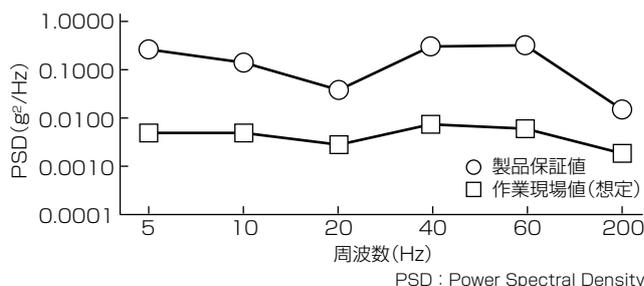


図10. 振動PSD仕様

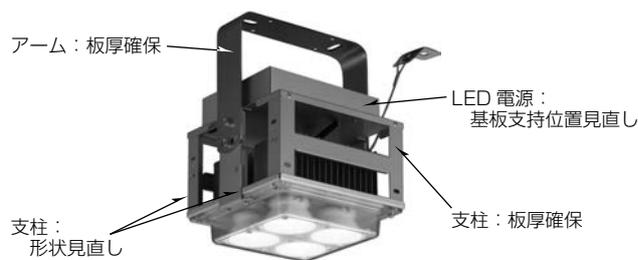


図11. クレーン用耐衝撃モデル外観

なバリエーションモデルを開発している。今後も、顧客の幅広いニーズに対応するため、LED高天井用ベースライトの開発を進めていく。

参考文献

- (1) 日経エレクトロニクス編：LED2012-2013 スマートライティングが切り拓く新市場，日経BP社 (2012)
- (2) LED照明推進協議会：LED照明信頼性ハンドブック，日刊工業新聞社 (2008)
- (3) LED照明推進協議会：LED照明ハンドブック(改定版)，オーム社 (2011)