

# 青色LED搭載コントロールユニットの開発

馬野 勝三<sup>\*1)</sup> 西原 敏<sup>\*1)</sup> 松本 吉弘<sup>\*1)</sup>

## 1. はじめに

現在、産業分野を始め、制御機器類の省エネルギー・省メンテナンス・省スペースは社会的な要請となっており、表示灯における光源についても、消費電力の大きい白熱球仕様（以降白熱球と呼ぶ）から低電力のLED仕様（以降LEDと呼ぶ）への転換が進んでいる。また、LEDは白熱球のような球切れの心配もなくメンテナンスフリーであり、工数削減にも役立っている。

当社における表示灯の開発においても、当社独自技術により、JIS C 7709に基いた口金を使用する面発光LED球（以降LED球と呼ぶ）及び当社角形集合表示灯SLCシリーズを代表とする広範囲の照光面に対して使用する面発光LEDユニット（以降LEDユニットと呼ぶ）を表示灯に搭載し、発売している。

本稿では、この独自技術と輝度面・寿命面・価格面において実用化された青色LEDチップを融合し、顧客のニーズに対応した青色LED搭載表示灯及び照光押ボタンスイッチなどコントロールユニットを業界初として開発したので、以下に報告する。

写真1に当社の代表的なコントロールユニットであるφ22丸穴取付コントロールユニット・HWシリーズ、角胴形小形コントロールユニット・MCMシリーズ、及び角形集合表示灯SLCシリーズを紹介する。

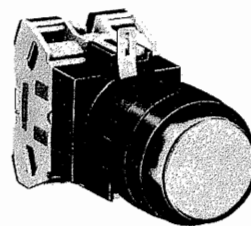
## 2. 開発のねらい

当社は創業50周年を迎え、“HMI (Human Machine Interface) ソリューション” 事業の展開を打ち出し、『人と機械の最適環境の創造』を目指している。特に、表示灯を含む当社コントロールユニットの開発コンセプトとして“Save (省) & Safety (安全性)”を掲げている。今回、開発した青色LED搭載コントロールユニットについてもこのような考え方に立脚しており、当社が長年培ってきた機構技術・精密加工技術・デバイス技術に代表される独自技術と、実用レベルの輝度と寿命を確

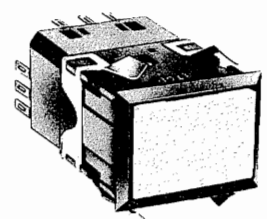
\*1) 研究開発部

立した青色LEDチップとの融合を図ることにより、製品化が可能となった。

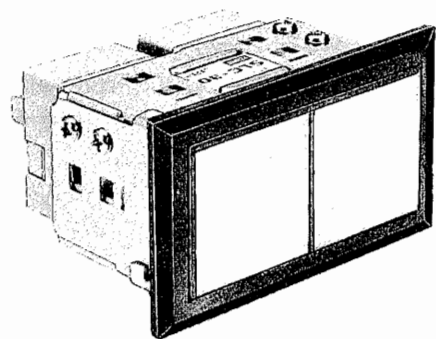
3章に、青色も含めた色に関する位置づけについて、規格及び市場での観点から説明する。



φ22丸穴取付  
HWシリーズ



角胴形小形  
MCMシリーズ



角形集合表示灯 SLCシリーズ

写真1 当社代表的コントロールユニットの外観写真

## 3. 表示色について

### 3.1 表示色の意味づけ

表示灯の色に関しては、IEC 73にその内容が記載されており、特に工作機械の表示色（IEC 204-1）として「表示灯の色及び機械の状態に関するその意味」の中で定義づけされている。引用した内容を表1に示すが、長波長に位置する赤色や黄色については、「非常事態」や「注意」の意味づけがされており、比較的短波長に位置する緑色については正常な状態を表し、安全性の意味合いが強い。そして、この中において最も短波長である

表1 表示灯の色及び機械の状態に関するその意味  
(国際電気標準会議 I E C-73、204-1より引用)

色	意味	説明	操作者の行動	用途の例
赤	非常事態	危険な状態	危険な状態に対処する即時行動(例えば非常停止の操作)	圧力/温度が安全限界外である。電圧降下。破損。停止位置を越えての行き過ぎ。
黄	注意	異常状態: 切迫した臨界状態	監視及びまたは介入(例えば意図した状態を再度確立する)	温度/圧力が正常限界を越えている。保護装置のトリップ。
緑	正常	正常な状態	任意	温度/圧力が正常限界内である。進行の許可。
青	義務的	操作者の行動を要求する状態を表示。	義務的行動	予め設定した値を入力する指示。
白	中性	その他の状態: 赤、黄、緑、青、を使用するのに疑義のある場合いつでも使用してよい。	監視	一般情報

青色についてもその意味が「操作者の行動を要求する状態を表示」として定義されている。

### 3.2 表示灯の色における使用例

現状の工場設備盤面に使われている表示色に関して、当社において調査した各業種での実際の使用例を表2に掲げる。ユーザー側の表示色に対する目的を確認した場合、確かに I E C規格の色との意味づけと合致させているところはあるが、反面、違う用途でも使用している場合がある。

### 3.3 青色LEDの追加

従来の制御機器における表示灯や照光押ボタンスイッチについては表示色がLEDの場合赤色・緑色・橙色(当社:アンバー色)・黄色・乳白色の5色が既に実用化されており、白熱球についてはフィルタ(当社名称:色板)を用いることにより青色を含めた6色が実用化されている。

白熱球とLEDユニットを搭載した当社角形集合表示灯SLC30シリーズに関する輝度を図1に示す。図中の白熱球とLEDユニットの各輝度値については、当社表示灯製品標準仕様での値である。これからわかるように、白熱球の場合、青色・赤色・緑色に関しては、乳白色・黄色を基準として約16~22%の輝度しか得られていない。しかしながら、赤色・緑色については白熱球よりも明るいLEDの実用化がなされており、ユーザーにおいて白熱球とLEDの選択が可能となる。青色については、現状が限界であった。

ここで、表示色として青色が追加された時の6色表示の使用例を図2に示す。高輝度青色LED表示灯が市場

表2 業種別工場設備盤面表示使用例

[当社調査]

ユーザー	表示色に対する使用目的	
洗剤メーカー	乳白	電源、停止
	赤	運転、重故障
	橙	軽故障
	緑	PC RUN
水処理メーカー	乳白	電源、電磁弁開閉状態
	赤	運転、重故障
	橙	異常、軽故障
	緑	停止
製氷機メーカー	乳白	脱水中、排出中、電源
	赤	運転、異常リセット、中断、ブザー停止、開閉
	橙	異常、断水、緊急停止
	黄	リセット、ランプテスト
	緑	停止、製氷中、計量中、満水、切

に導入されることにより、危険色として使用される用途が多い赤色とは正反対に位置する、安全色として使用できると考える。効果として、危険と安全の識別が容易で確実なものとなり作業者の安全性を高めることができる。この度、青色LEDの製品化実現には、デバイス分野で青色LEDチップの開発が進み、輝度・寿命及び価格における問題点が克服され、加えて量産体制が整ったことによる。

次に、この青色LEDチップを搭載したコントロールユニットについて説明する。

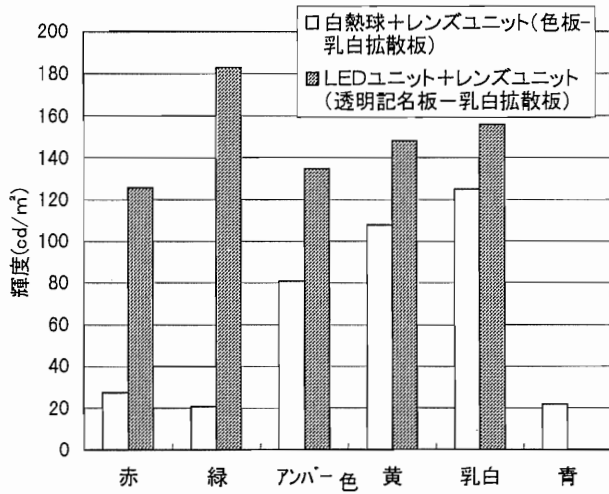
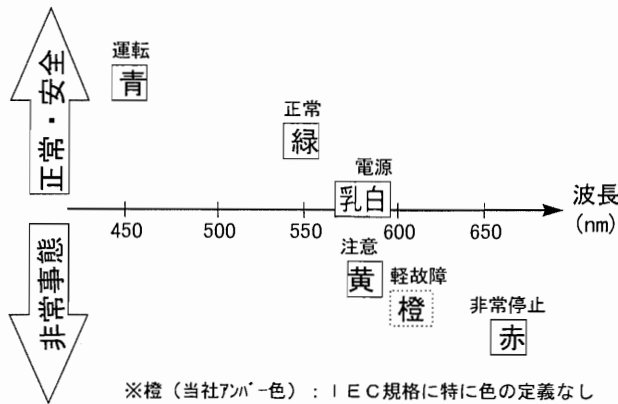


図1 白熱球とLEDユニットの輝度比較



※橙（当社アンバー色）：IEC規格に特に色の定義なし

図2 6色表示の使用例

#### 4. 青色LED搭載表示灯の開発

例として角形集合表示灯（SLC30シリーズ）の光源に関する白熱球からLEDユニットに至るまでの歴史を図3に示す。これは、各開発段階を世代別として表しているが、第1世代としては光源に白熱球を用い、表示色は色板を採用することにより、表1の規格に準じた色を実現している。第2世代としては光源に外形サイズがφ3mm DiscreteタイプLEDを採用し、LED独自の発光色に加え、色板を採用することにより、第1世代同様、規格に準じた色を実現している。

次に、最新の第3世代であるが、LEDチップを光源として、面発光が可能なユニット化を図った。これを搭載した角形集合表示灯SLCシリーズにおいては、ホログラム拡散板を導入し、より視認性を向上させたタイプや、消灯時にも表示色が判断できるように色板を用いたタイプ、そして乳白拡散板を用いて、消灯時照光面を乳白色としたタイプのものがあり、使用目的により選択幅を広げている。なお、ホログラム拡散板についての詳細説明は別途文献を参照されたい。

ここで、各表示灯の表示色に関する内容について、もう少し具体的に説明する。

例えば同じ表示灯であっても、使用目的により、消灯時にも点灯時と同じ色表示が必要な場合と、特に必要でない場合がある。図4に代表的な表示灯のレンズユニットの構成を示す。

工作機械においては、φ22丸穴取付・HWシリーズなどに代表されるように、各色の光源に対して着色してい

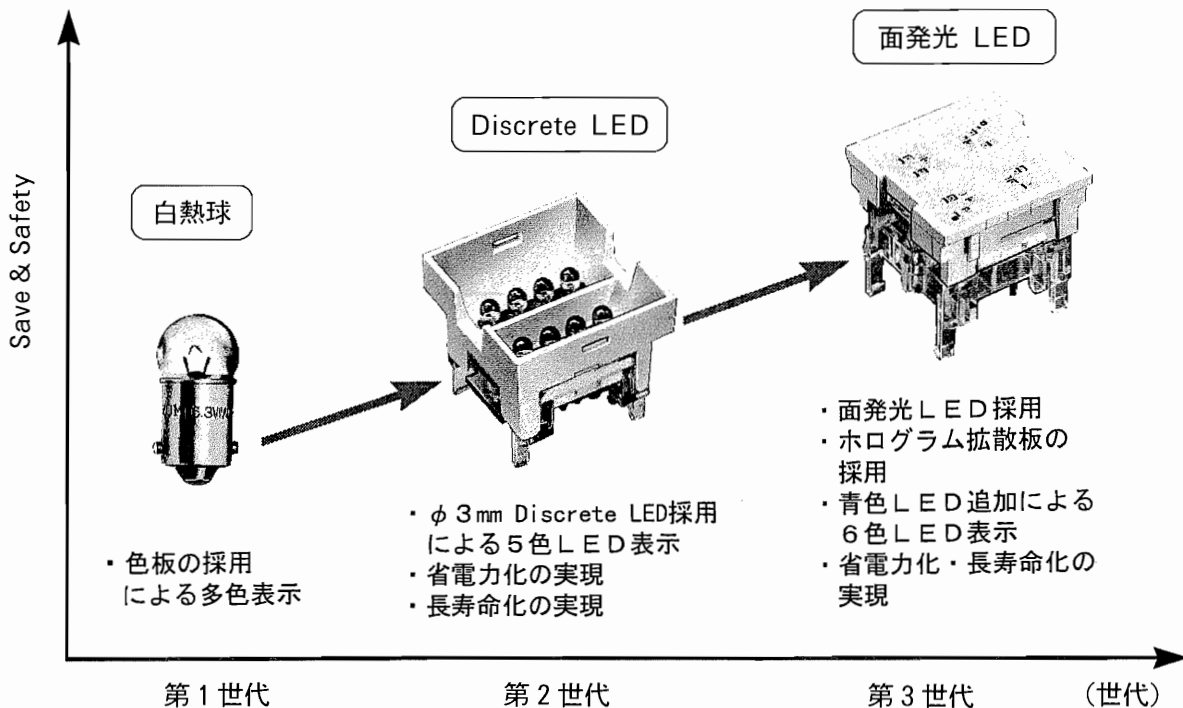


図3 当社表示灯光源の歴史（例：角形集合表示灯）

るレンズを使用している。つまり、青色LED球については青色のレンズを使用する。逆に、角形集合表示灯SLCシリーズについては、特に要求がない限り、第3世代の説明内容として述べた、ホログラム拡散板、色板、乳白拡散板の各タイプについては各ユーザにて選択できる形をとっており、標準仕様として色板は使用せず、透明記名板-乳白拡散板としている。

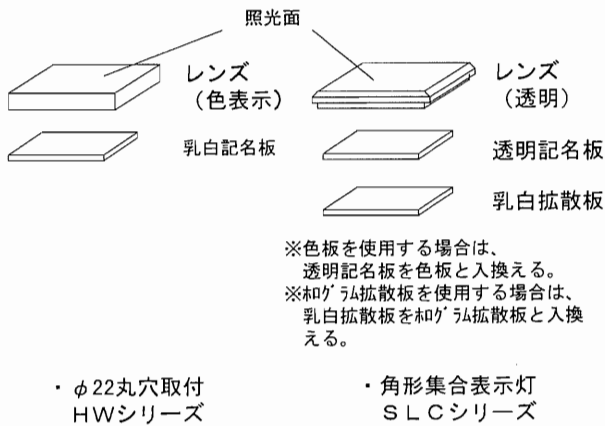


図4 代表的表示灯のレンズユニット構成

次に、当社独自技術で開発した第3世代のLED光源について、基本的な構造を説明する。

4.1 光源の種類

当社青色LED表示灯に於ける第3世代の光源の形態としては、当社φ16~φ22コントロールユニットに搭載する球タイプのLED球及び、当社角形集合表示灯SLCシリーズに搭載する角形タイプのLEDユニットの2種類に大別することができる。次に、LEDユニットの構造について説明する。LED球の構造については紙面の関係上説明を割愛するが、ほぼLEDユニットと同様の構造となっている(写真2参照)。

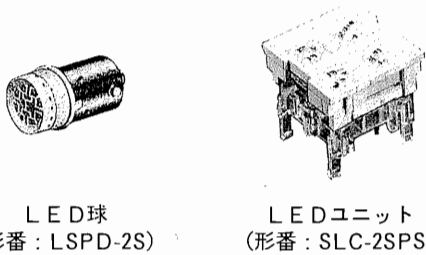


写真2 当社LED光源の種類

4.2 LEDユニットの構造

LEDユニットのモジュール部の構造を図5に示す。LEDユニットは、基板上にLEDチップをボンディング(接合)実装するチップオンボード(COB)と呼ばれる構造となっている。基板は、LEDチップ実装面を白

色レジスト塗装し、また、光を照光(レンズ)面へ効率的に反射させるための成形部品であるリフレクタに、インサート成形した一体構造となることで照光面側への光の反射効率を上げている。そして、実装面をエポキシ樹脂によって覆うことにより、LEDチップを保護すると同時に、広拡散角均一面発光を可能としている。この“光のコントロール”を可能とした技術は、照光面へ光源を近づけることができ、表示灯において均一な照光面を保ちながら光源の持つ光量を十分に発揮し、高輝度化を実現している。

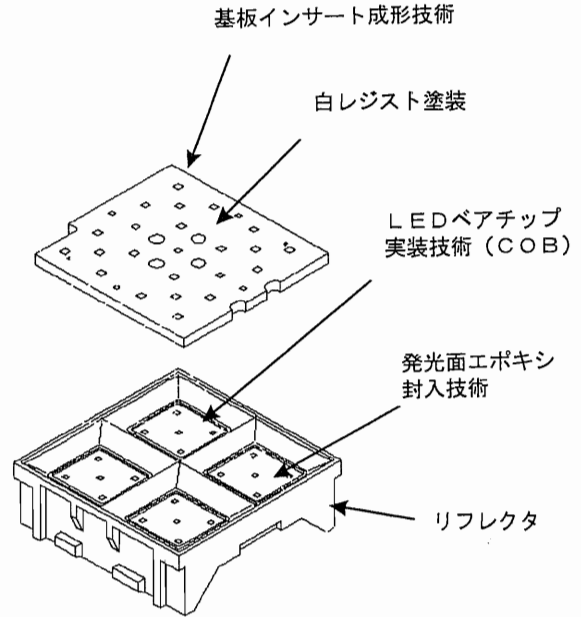


図5 LEDユニット(モジュール部)構造図

この光源を搭載した表示灯の“Save&Safety”の方向性として、次の項目を検討した。

4.3 Save(省)とSafety(安全性)について

1章で述べたように、Save(省)を目的として光源にLEDを採用したが、これは次の3つの省に結びついている。

- (1) 省電力化
- (2) 長寿命化による省メンテナンス
- (3) 光源の薄型化・短胴化による表示灯全体の省スペース化及び軽量化

そして、表示灯でいうSafety(安全性)とは、高視認性を確保することにより作業者に容易に現状を認識させることにある。これを満たすために、次の6項目が必要であると考えられる。

- (1) 高輝度化
- (2) 広視野角化
- (3) 照光面の均一化
- (4) 長寿命化による認識の安全性の確保

(5) 低電力化による発熱量の低減及び周辺機器への熱的影響の緩和

(6) 表示色の多色化による状態表示認識の明確化

(1)~(5)項目については、LED技術を確立したことにより向上したが、(6)項目については必ずしも十分とはいえなかった。

これらの項目を考慮した上で、青色LED球・青色LEDユニットの仕様を決定した。主要仕様を表3に、外形図・内部回路図を図6に示す。

今回開発の製品は、第1ステップとしてダイレクト式24V仕様のみである。

表4に青色LED球・LEDユニットを搭載するコントロールユニットを示す。搭載機種としては、φ16~φ22丸穴取付コントロールユニットシリーズ、角胴形MCMシリーズ、角形集合表示灯SLCシリーズを製品化した。

### 5. 青色LED搭載表示灯の実用化

当社における角形集合表示灯SLC30シリーズに関して、次の2つの光源タイプの消費電流値及び輝度値比較を図7に示す(当社比)。

A. 光源：青色LEDユニット

レンズユニット：透明記名板+乳白拡散板

B. 光源：白熱球、

レンズユニット：色板+乳白拡散板

#### 5. 1 省電力化の実現

図7より、白熱球仕様の消費電流値約30mAと比較して青色LEDユニットは高輝度を確保しながら約1/3の10mAと省電力化を実現している。

表3 当社青色LED球・青色LEDユニット主要仕様

仕様項目	青色LED球			青色LEDユニット	
	LSPD-2S	LFPD-2S	LAPD-2S	SLC-2SPS	SLC-2EPS
当社形番	LSPD-2S	LFPD-2S	LAPD-2S	SLC-2SPS	SLC-2EPS
定格使用電圧(注1)	AD/DC24V	DC24V	DC24V	AD/DC24V	AD/DC24V
許容電圧範囲	±10%	±10%	±10%	±10%	±10%
定格電流(at DC)	13mA	10mA	10mA	10mA	20mA
LED素子数	3チップ	2チップ	2チップ	4チップ	8チップ
保護素子(注2)	Di-Br	Di	Di	Di-Br	Di-Br
使用口金 (JIS-C7709)	Ba9S/13口金	SX6S/5.4口金	当社A6 シリーズ専用	—	—

(注1) 定格使用電圧はダイレクト24Vのみ

(注2) Di-Br (ダイオード・ブリッジ回路)、Di (ダイオード) : LEDと直列に配列し保護する。

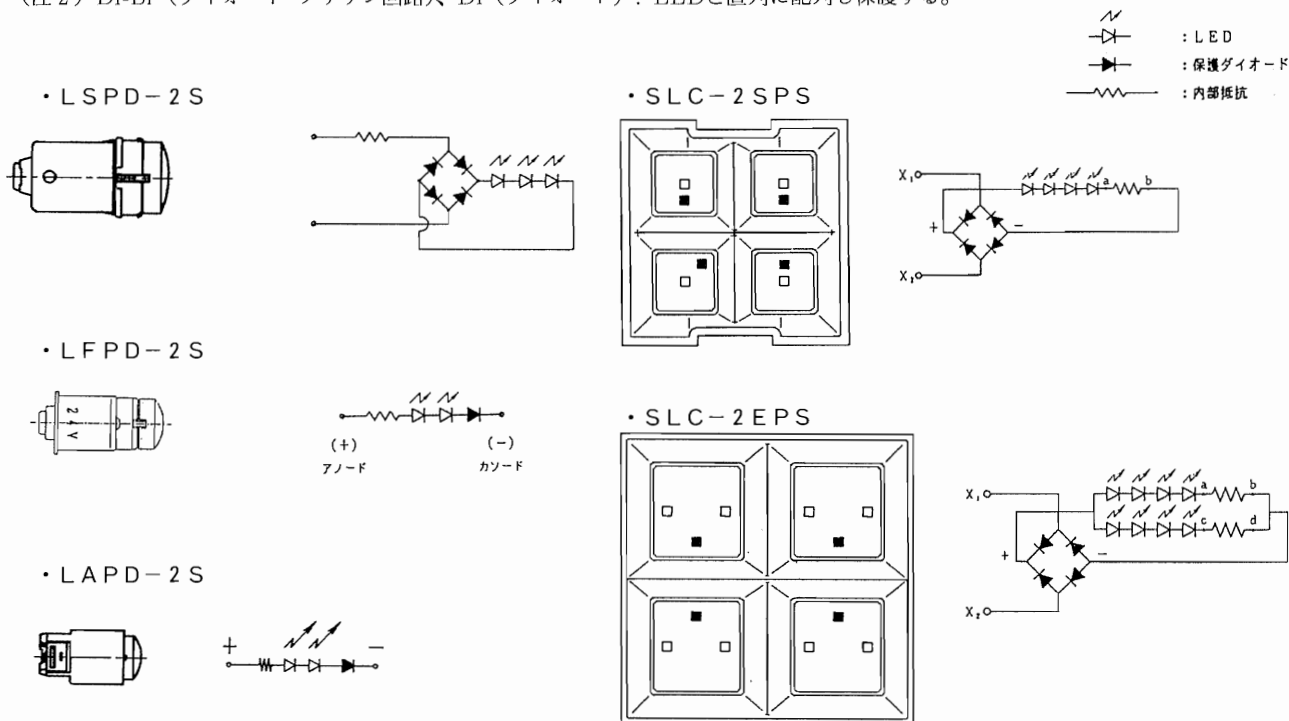


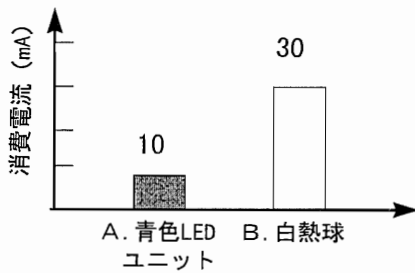
図6 青色LED球・青色LEDユニット外形図及び内部回路図

表4 青色LED搭載コントロールユニット

基本サイズ	シリーズ	種類	LED形番
φ22取付穴	HW	照光押ボタン・セクタスイッチ/表示灯(角形・丸形)	LSPD-2S
	LW	照光押ボタン・セクタスイッチ/表示灯(角形・丸形)	LSPD-2S
φ16取付穴	AP6S	表示灯(角形・丸形)	LSPD-2S
	H6	照光押ボタン・セクタスイッチ/表示灯(角形・丸形)	LFPD-2S
	L6	照光押ボタン・セクタスイッチ/表示灯(角形・丸形)	LFPD-2S
	A6	照光押ボタン・セクタスイッチ/表示灯(角形・丸形)	LAPD-2S
25×25	MCM22D	照光押ボタン/表示灯(角形)	LFPD-2S
25×32	MCM23D	照光押ボタン/表示灯(角形)	LFPD-2S
φ32	MCM280D	照光押ボタン/表示灯(丸形)	LFPD-2S
□30	SLC30	集合表示灯(角形)	SLC-2SPS
□40	SLC40	集合表示灯(角形)	SLC-2EPS

※全てダイレクト式

(1)消費電流値



(2)輝度値

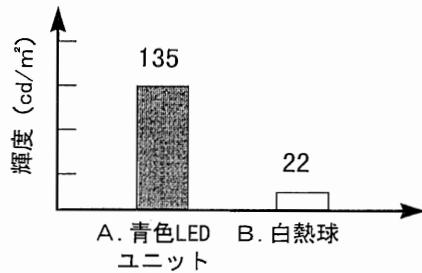


図7 白熱球とLEDユニットの消費電流値及び輝度値比較

5.2 高信頼性の実現

点灯寿命としては、当社での目安であるが白熱球の約1千時間と比較し、約3万時間であり約30倍となる。ここでいう点灯寿命というのは、LEDの場合、初期の輝度に対して半減した時点であり、白熱球の場合は球切れによる完全な不点灯状態までの時間を製品仕様の目安として設定している。

この長寿命化により省メンテナンスを可能とし、同時に、球切れによる機械状態の認識不良を無くし、作業者への安全性の確保についても実現したといえる。

5.3 高視認性の実現

図7より、白熱球に対して約6倍の輝度を確保できている。これは、より視認性を高めることができたといえる。

そして、例として角形集合表示灯SLC30シリーズの青色を含めた6色LEDに関する輝度値(レンズユニット仕様:透明記名板-乳白拡散板)を図8に示す。

これは、波長450nm~660nmの幅広い領域、つまり、赤色・緑色・アンバー色・黄色・乳白色・青色の6色において同じレベルの輝度を実現していることを示しており、青色LEDが実用化できたことがわかる。

以上3項目より当初の目的である“Save(省)&Safety(安全性)”を考慮した青色LED搭載コントロールユニットが実用化できたといえる。

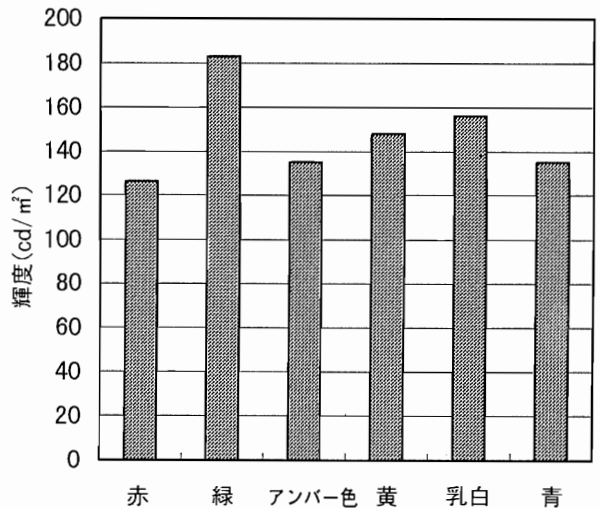


図8 6色LED表示灯の輝度

## 6. 今後の課題と展望

### 6. 1 課題

青色LEDチップのデバイスとしての特性として、構造上静電気などの逆起電力による静電破壊の問題が当初より揚げられているが、当社が発売する抵抗・ダイオードを実装した状態の製品としては、当社試験（IEC 801-2の規格値における厳しきレベル3に準拠）において静電破壊が起きていないことを確認している。この耐静電気に関しては、現在のところ他色LEDチップと比較して、直接LEDチップに大きな帯電電位が生じないよう取扱に注意をする必要がある。

### 6. 2 展望

高輝度青色LEDチップの供給が可能となった現在、赤・緑・青の光の3原色を用いたフルカラー化も可能となってくる。特に、白色発光のLEDの製品化が要求されてくるのではないかと考える。現在のところは乳白色（ランプ色）が実用化されているが、ここでいう白色とは蛍光灯色のことであり、認識においてより向上させていく。

そして、今回開発した青色LED球・青色LEDユニットは、現在ユーザ各位に使用して頂いている当社他色LEDコントロールユニットに対し、互換性を最優先として保証しているが、当社独自技術により光源の薄型化は可能となったことから、次の大きなステップとして、光源及びコントロールユニットにおける本体全体の薄型化・軽量化を図る必要性もあると考えている。

今後も、より高度な“人と機械の最適環境の創造”を追求していく所存である。

## 7. おわりに

青色LED搭載表示灯の開発にあたり、製品化する上でご協力頂いた生産技術センター高木俊和リーダー、ハイデック株式会社太田勉課長、その他関係部署の皆様にご場を借り深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 国際電気標準会議 IEC 73:1991、Coding of indicating devices and actuators by colours and supplementary means
- 2) 国際電気標準会議 IEC 204-1:1992、Electrical equipment of industrial machines  
Part1: General requirements, section 10.3
- 3) 国際電気標準会議 IEC 801-2:1991、Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment :  
Part2: Electrostatic discharge requirements
- 4) 日本工業規格 JIS C 7709 : 電球類の口金及び受金の種類と寸法
- 5) 間宮 勝、錦 朋範、馬野勝三、田辺伸一、高木俊和、藤田俊弘 :  
“ホログラムと面照光LEDを用いた高視認性表示技術の開発”・Human Interface '96、p.493~p.500、主催 : 計測自動制御学会・企画 : ヒューマン・インタフェース部会
- 6) 馬野勝三、田辺伸一、松本吉弘 : “高輝度面照光LED表示灯の開発” IDEC REVIEW 1996、p.34-41 和泉電気株式会社

