

照度測定装置の製作及び自転車用LEDライト試験

1. はじめに

最近、自転車の前照灯に電球（フィラメント）と同じ程度に路面を明るく照らすことができる高輝度タイプのLED（発光ダイオード）ライトが開発され、電球より視認性が良いため、LEDライトを装備する自転車はかなり増えてきている。しかし、LEDは電球に比べ電気を光に変換する効率が良いことや寿命が長いなど、その特性が電球と異なる。また、JIS C 9502 自転車用発電ランプの規格では、光源が電球式に限定されていて、LEDライトについては規定されていない。そこで、今後のJIS改正審議のデータとするため、照度測定装置を製作し、LEDの特性試験を実施したので報告する。

2. 照度測定装置

当所が平成18年度に製作した照度測定装置は、表1に示すように暗室、スクリーン、照度計、定電圧電源、ライト取付台（三脚）で構成される。写真1に暗室、写真2に照度測定状況を示す。照度測定（円形配光特性）は、図1に示すように、ライトの基準中心とスクリーン面の中心（図3 b）のA点）を直角に一致させ、測定距離が5 mとなるようにラ

表1 照度測定装置の仕様

項目	仕様
暗室	奥行き6 m（測定距離：5 m）×幅2 m×高さ2 m 構造は鉄枠の骨組みで外側に暗幕、床面は黒色の敷物で光を遮断。
スクリーン	サイズ1.8m×1.8m、スクリーンの色：白色 円形配光特性（中心から30cmごとに計25点マーキング。）
照度計	色彩照度計 コニカミノルタ製 CL-200P 照度及び色度の測定（照度はJIS C1609 一般型AA級。）
電源	直流定電圧電源



写真1 暗室

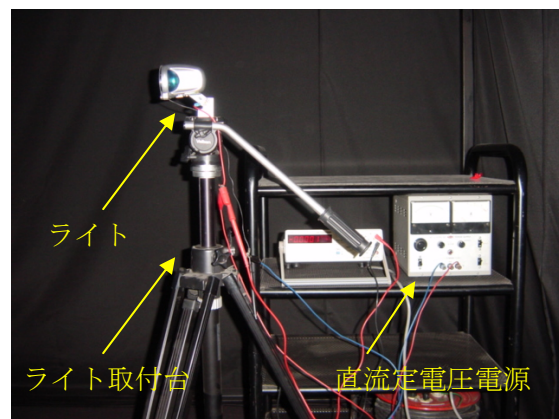


写真2 照度測定状況

イトを取り付ける。ライトを点灯させスクリーンに光線を照射し、照度計で照度及び色度を測定する。

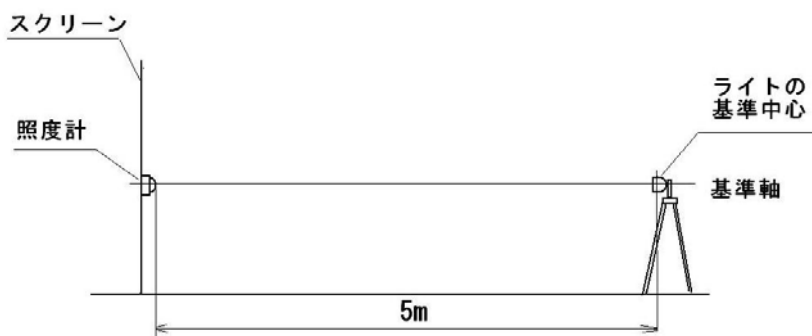


図1 照度測定の構成

3. 自転車用発電ランプのJIS規格

3. 1 前照灯の光度

JIS C 9502 5 前照灯の測光要件では、前照灯の光度は、次に規定する2種類の試験方法から、適切な配光特性を選んで測定しなければならない。

a) 横長形配光特性

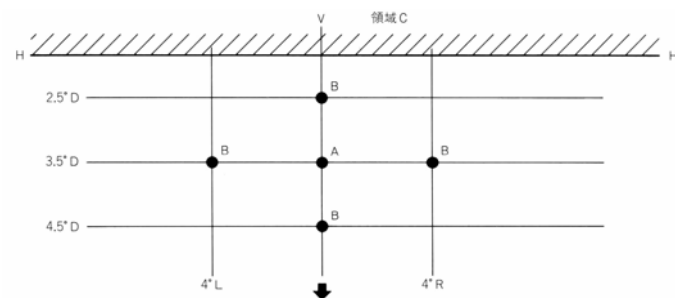
図2に示すスクリーン面の測定点A、B及び領域Cにおける光線の光度値は、次のとおりでなければならない。

$$400\text{cd} \leq A \leq 0.8 I_{\text{max}}, B \geq 0.5 I_{\text{max}}, C \leq 120\text{cd}$$

なお、 I_{max} は光線の最大光度値とする。

光度は、V面上の点Bと 3.5° D上の点Bによって囲まれた領域内のどの位置においても $0.5 I_{\text{max}}$ 以上でなければならない。また、 15° Uと 15° D及び 80° Lと 80° Rの間の範囲内のどの位置においても 0.05cd 以上でなければならない。H面から上方のどの位置においても 120cd を超えてはならない。

光度の測定は、逆二乗法則が適用できる十分に長い距離で行う。



H: 基準軸を含む水平面を示す。
 V: 基準軸を含む垂直面を示す。
 U及びD: それぞれ水平面から上方及び下方への角度を示す。
 L及びR: それぞれ垂直面から左方及び右方への角度を示す。

図2 a) 横長形配光特性

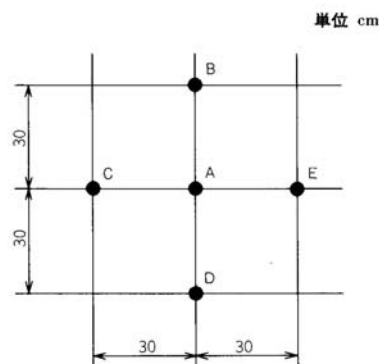


図3 b) 円形配光特性

b) 円形配光特性

図3に示すA点とそこから30 cm離れたB点～E点の合計5点を測定し、中心のA点の光度値は400cd (16lx) 以上で、B点～E点の平均値は100cd (4 lx) 以上なければならない。

試験電圧：交流または直流の定格電圧

照度計：JIS C 1609に規定するA級の照度計またはこれと同等以上の性能を持つ照度計

測定点：スクリーン面のA点と前照灯の基準軸とを直角に一致させ、その距離は5 mとする。

照度測定：試験電圧で電球を10分間点灯させ、特性がほぼ一定になったとき行う。

光度値の算出：光度値は、次の式によって算出する。

$$I = 2.5 E \quad I : \text{光度値 (cd)、E : 照度値 (lx)}$$

3. 2 前照灯から放射される光線の色

前照灯から放射される光線の色は、白色光又は淡黄色光であって、次に規定する色度座標による。

a) 白色光：光線の色はJIS Z 8701色の表示方法－XYZ表色系及びX₁₀Y₁₀Z₁₀表色系で、表2に示す色度座標による色度図の範囲内とする。

表2 白色光を限定する色度座標

x	0.285	0.453	0.500	0.500	0.440	0.285
y	0.332	0.440	0.440	0.382	0.382	0.264

b) 淡黄色光：光線の色はJIS Z 8701色の表示方法－XYZ表色系及びX₁₀Y₁₀Z₁₀表色系で、表3に示す色度座標による色度図の範囲内とする。

表3 淡黄色光を限定する色度座標

x	0.466	0.477	0.541	0.524
y	0.500	0.515	0.451	0.442

3. 3 バッテリーを使用した前照灯

a) 光度の維持

試験する装置に製造業者が明示する電球及び新しい一次電池（製造日から4週間以内）を取り付け、電球を全負荷で、1日に1回、連続30分作動させ、1週間につき連日5日間、のべ20日間（合計10時間）作動させる。この試験期間終了時の全負荷状態での電圧を測定し、その電圧を使用して光度を検査する。図2の測定点Aにおける光線の光度値は100cd (4 lx) 以上でなければならない。

4. 供試品

自転車用の照明装置は、前照灯、尾灯（今回測定対象外）と電源から構成される。前照灯の光源は電球とLED（JIS規格外）、電源にはダイナモ（発電）式とバッテリー（電池）式がある。電球には、普通球の他に電球内に封入されたガスによりキセノン球、ハロゲン球等の種類がある。またライトの光は放射の仕方により、円形に光が広がる円形配光特性と横方向の楕円形に光が広がる横長配光特性（ISOはこの方式）に分けられる。ダイナモには通常のダイナモとハブにダイナモが内蔵されたハブダイナモがあり、バッテリーには一次電池と二次電池（充電できるタイプ：今回測定対象外）がある。

今回測定したライトの種類と仕様を表4に示す。ライトの種類は、前照灯の光源がLEDと電球で、電源はそれぞれダイナモとバッテリーで、自転車店で購入した全45種類のライトから代表的なものの選択し、合計20種類を試験した。写真3～6に供試品を示す。

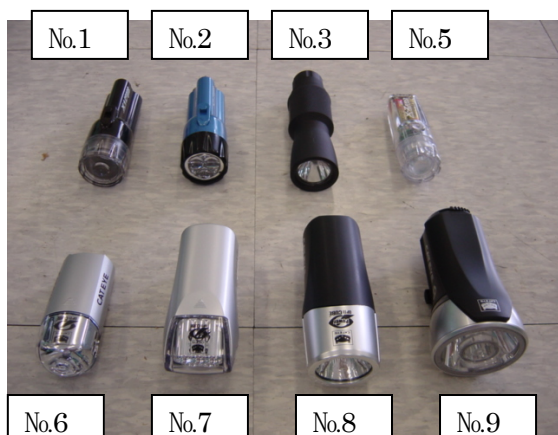


写真3 LED-バッテリー式



写真4 電球-バッテリー式

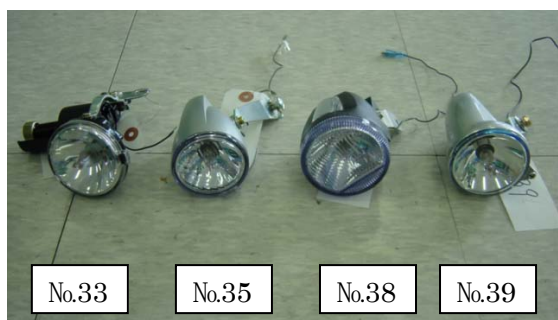


写真5 電球-ダイナモ式

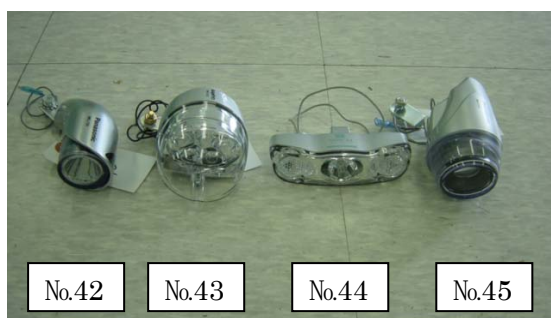


写真6 LED-ダイナモ式

また、ダイナモ式前照灯では、構成されるダイナモの定格電圧における光度のほか、実際に車輪を回転させて発電される電圧においても光度を測定するため、始めに、ダイナモの運転特性を調べた。表5にダイナモの種類と速度による電圧を示す。定格電圧は全て6Vであるが、標準運転時（時速15km/h）の端子電圧はダイナモの種類により異なるが6Vより若干下がった値となった。ダイナモ式ライトの測定では、ダイナモを駆動させるのではなく、直流定電圧電源により試験電圧をかけた。

5. 試験結果

照度及び色度の試験結果として表6に配光特性、照度、光度の維持、色度を示す。また、ライトを照射した時のスクリーンに映った光線を写真7に示す。ダイナモ式は定格電圧におけるデータ、バッテリー式は新しい電池での点灯直後におけるデータである。JISには規定されていないが、最大照度点が中央になるようにライトの位置を調整し測定した。

5. 1 配光特性

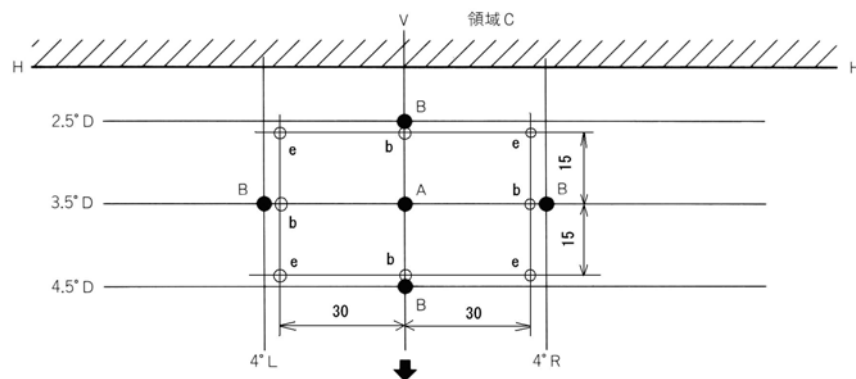
定格電圧（6 V）により撮影した、電球式（円形配光特性）のライトの光線を写真8に示す。その右に示した図4で、この時のライトの照度4lx（100cd）と16lx（400cd）の点を結んだ配光特性図を示す。図4の右側に各点の照度測定結果を参考として示す。このライトの電圧を速度30km/hのダイナモの端子電圧6.58Vに変化させた時の状況を写真9及び図5に示す。円形配光特性のこのライトでは中心部が最も明るく、外側になるに従い照度が下がり、スクリーンの端の暗いところでは1lx以下である。また電圧が上がるとともに照度が上がっていることが分かる。

次に電球式（横長形配光特性）のライトの定格電圧時の状況を写真10及び図6に、電圧を7.1V（速度30km/h）に変化させた時の状況を写真11及び図7に示す。横長形配光特性のこのライトでは、横方向に広い楕円形で、電圧が上がると横方向に明るくなることが分かる。

LED（円形配光特性）のライト（No.42）の定格電圧時の状況を写真12及び図8に、電圧を6.35V（速度20km/h）に変化させた時の状況を写真13及び図9に示す。LED（円形配光特性）のライト（No.43）の定格電圧時の状況を写真14及び図10に、また、このLEDは後述するように電圧が4.79V以上では照度に変化しなかったため、逆に電圧を下げて4Vに変化させた時の状況を写真15及び図11に示す。LEDは電球式に比べて青白い光であることが分かる。No.42とNo.43では6Vの時も4Vの時も4lxの範囲はほぼ同じであるが、No.43は16lxの範囲が大きく、中心部が明るい。

5. 2 電圧の変化と照度（ダイナモ式）

電球式（円形配光特性）2種類で、電圧を変化させたときの点A、点B～Eの平均値の照度を図12、13に示す。JIS規格の横長形配光特性では、図14に示すような点A、点Bによって囲まれた領域内の光度値が規定されている。今回製作した照度測定装置は円形配光特性測定用のスクリーンしか用意されていないが、図14に示した点b、eにより、簡易的に横長形配光特性を測定した。電球式（横長形配光特性）2種類で点A、及び点b（4点の平均）、点e（4点の平均）の照度測定した結果を図15、16に示す。電球式では円形、横長形配光特性ともに電圧が5V以下（速度10km/h以下）では照度が低く、電圧を上げていくと照度が上昇していく。表5のダイナモ運転特性からも分かるように、速度25km/h以降はダイナモの電圧があまり上がらずに飽和するような特性になっており、電圧が6.5V以上（速度30km/h以上）で照度が最大に近くなる。



H：基準軸を含む水平面を示す。
 V：基準軸を含む垂直面を示す。
 U及びD：それぞれ水平面から上方及び下方への角度を示す。
 L及びR：それぞれ垂直面から左方及び右方への角度を示す。

図 14 横長形配光特性

LED（円形配光特性）4種類で、電圧を変化させたときの点A、点B～Eの平均値の照度を図 17～20 に示す。LEDは、No.43 がダイナモの端子電圧 4.79V（速度 10km/h）以上では電圧を上げて照度は変わらなかった。No.42、44、45 についても、6 Vからさらに電圧を上げると照度が上昇しているようなグラフになっているが、これは点灯直後の最大照度を測定したためである。次項で説明するが、LEDは点灯直後が最大照度であり、その後直ちに照度が下落を始める。さらに、LEDの電圧が6 Vより小さい時は、照度の低下量が少ないが、電圧が6 Vより大きくなるほど点灯直後から照度が短時間で低下を始め、さらに照度の低下量も大きい。そのため照度が安定してから測定すると6 Vより大きな電圧では照度は変わらないことになる。

5. 3 LED（点灯後1時間の照度）

電球式は、JIS 規格では特性がほぼ一定になる 10 分後に測定することが規定されているが、LEDでは点灯直後の照度を測定していたところ、LEDの照度が点灯直後から低下することが分かり、LEDの点灯後1時間の照度の変化を調べた。LED 2種類の照度の変化を図 21、22 に示す。点灯後 10 分～15 分で約 10%照度が低下するが、30～60 分では 1%しか低下せず安定していた。LEDを測定する場合には、照度が低下せずにLEDの特性が安定する 30 分後から測定した方がいい。

5. 4 光度の維持（バッテリー式）

ライトに新しい電池を取り付けて連続点灯させた時の照度を測定した。電球式 2種類の点灯時間と照度の関係を図 23、24 に示す。No.30 は点Aの照度が 30lx から 10 時間後に 10.6lx と 1/3 に低下したが 4 lx の規定値以上となった。No.41 は点灯直後に 30lx を超えていたが、その後照度が低下し続け 8 時間しか持たなかった。

この時の電圧の変化を図 25、26 に示す。No.30 とNo.41 は点灯直後の電圧が同じ 3V であったが、No.30 は 10 時間後に 2.29V の電圧があったが、No.41 は電圧の低下が激しく、8 時間後に 0.85V まで下がった。

LED 3 種類の点灯時間と照度を図 27～29 に示す。No.3 は点 A の照度が 25.3lx から 10 時間後に 13.3lx と 60% に下がったが 4lx の規定値以上となった。No.8 は 35.2lx から 2.0lx に、No.9 も 58.4lx から 6.5lx に低下した。この、No.8、9 は点灯直後には No.3 より明るかったのであるが、7～8 時間後に照度が急激に下がった。

この他の LED (No.1、2、5、6、7) は点灯直後の照度がすでに基準を満たさなかつたため、測定していない。

5. 5 光線の色

図 30 に色度図による LED と電球の光線の色を示す。黒色線で囲まれた範囲内が可視光で、灰色線の範囲内が表 2 の白色光、黄色線の範囲内が表 3 の淡黄色光で、この 2 種類の色度座標の範囲内にあることが JIS で規定されている。また、光の三原色である「赤」、「青」、「緑」、及び「白」と「黄」の位置を参考に示す。LED のバッテリー式は点灯直後の照度がすでに基準を満たさず暗いもの (No.1、2、5、6、7) と明るいもの (No.3、8、9) の 2 種類に分けて示した。電球式は 8 種類全て白色光の範囲内でやや黄色に近い色をしていた。LED は、6 種類が白色光の範囲内であったが色度図の中央付近にあり、5 種類が規定された範囲を超えて青色に近い色をしていた。LED のバッテリー式で明るいものが、光線の色も基準を満たしていた。白色 LED は、青色 LED に黄色の蛍光体を組み合わせることで白色にしているため、やや青みがかかった白色に見えるが、色度図の光線の色分布によっても LED と電球の光線の色の違いが分かる。

6. まとめ

- 1) LED ライトは、ダイナモ式、バッテリー式ともに電球式のライト以上に照度が大きい製品があった。また、バッテリー式 LED では光度を十分に維持する製品があることが分かったが、光度維持の 10 時間の途中で照度が著しく低下するものもあった。
- 2) 電球式ライトのダイナモ式では、速度が上がると電圧が上昇し、照度も大きくなるため、15km/h より 30km/h の方が明るい。しかし、ダイナモ式 LED では、6V より低い電圧で最大照度に到達し、その後電圧を大きくしても照度に変化しないため、自転車の速度が 15km/h 以上では速度にかかわらず明るく路面を照らすことができる。
- 3) ダイナモ式 LED は、定格電圧 (6V) では点灯直後に最大照度となり、その後照度が低下するため、照度の低下がなく LED の特性が安定する 30 分後から測定しないといけないことが分かった。これは JIS D5500 自動車用ランプ類 7.2 配光試験で、“発光ダイオードを使用したランプは、23±5℃において、最高光度は初回の点灯から 60 秒以内に、最低光度は初回の点灯から 30 分経過後に試験することが望ましい” との規定が

ある。

- 4) LEDの光線の色は、見た目には青白く見えるが白色光の JIS の基準を満たす製品もある。
- 5) バッテリ式ライトは、JIS 自転車用発電ランプの規格に ISO 規格を整合化し追加する際に本文ではなく、附属書2に“バッテリーを使用した前照灯及びバッテリーを使用した電球式尾灯”として記載されている。そのため、光度の維持だけで、前照灯の測光要件の光度測定をしなくてもよいように読み取れてしまう。点灯時には、ダイナモ式と同様に光度値の規定が必要であるため、19年度に JIS を改正する際に、附属書ではなく本文に記載しないとイケない。
- 6) ライトの光の照射範囲で、中心部は明るい照射範囲が狭いライトと中心部はそれほど明るくないが広い範囲をフラットに照射するライトが存在するが、現在の JIS 規格では後者のライトは不合格となる。しかし、照射する範囲が広いと歩行者、自転車、自動車などに認識されやすいため、各社とも照射範囲を広くした製品の販売を始めており、フラットに照射するライトの性能規定を追加したり、パッケージにライトの照度、照射範囲を解り易く表示させるなど、規格の見直しが必要である。

表4 ライトの種類と仕様

No.	前照灯の光源 ※1	電源			点灯、点滅時間 ※3	
		ダイナモ種類※2	定格電圧(V) 定格出力(W)	バッテリー (一次電池)	点灯時間(h)	点滅時間(h)
1	LED(1灯)	—	—	単4×3本	100	200
2	LED(3灯)	—	—	単4×3本	40	160
3	LED(1灯)	—	—	単4×3本	24	—
5	LED(青色1灯)	—	—	単4×2本	40	80
6	LED(1灯)	—	—	単3×2本	80	320
7	LED(5灯)	—	—	単3×4本	100	200
8	LED(1灯)	—	—	単3×4本	60(hi)/120(low)	—
9	LED(1灯)	—	—	単3×4本	60	—
26	電球(キセノン)	—	6V	単3×4本	3	—
29	電球(クリプトン)	—	3V	単3×2本	4	—
30	電球	—	3V	単2×2本	17	—
41	電球(ハロゲン)	—	3V	単2×2本	—	—
33	電球	ダイナモ(A)	6V-2.4W	—	—	—
35	電球	ハブダイナモ(B)	6V-2.4W	—	—	—
38	電球	ハブダイナモ(B)	6V-2.4W	—	—	—
39	電球	ハブダイナモ(B)	6V-2.4W	—	—	—
42	LED(1灯)	ハブダイナモ(C)	6V-2.4W	—	—	—
43	LED(5灯)	ハブダイナモ(B)	6V-2.4W	—	—	—
44	LED(1灯)	ハブダイナモ(C)	6V-2.4W	—	—	—
45	LED(1灯)	ハブダイナモ(C)	6V-2.4W	—	—	—

※1 LEDの()内はLEDの灯数、電球の()内は封入ガスの種類を示す。

※2 ダイナモ()内は、表5のダイナモの種類を示す。

商品は8種類であるが、使われていたダイナモはA~Cの3種類であった。

※3 点灯、点滅時間は製品に表示されていた数値である

表5 ダイナモ運転特性

速度 (km/h)	電圧(V)		
	ダイナモ	ハブダイナモ	
	A	B	C
5	2.90	2.81	2.70
10	4.67	4.79	4.56
15	5.60	5.94	5.73
20	6.10	6.52	6.35
25	6.40	6.87	6.72
30	6.58	7.10	6.97

表6 照度、色度の試験結果

No.	前照灯の光源 ※1	電源		配光特性	照度 (lx)			光度維持※2		色度		
		ダイナモ種類	バッテリー (一次電池)		A	円形 (B~E)	横長形 b、d	照度A (lx)	時間 (h)	x	y	
1	LED(1灯)	—	単4×3本	円形	2.4	1.9	—	—	—	—	0.278	0.2489
2	LED(3灯)	—	単4×3本	円形	5.1	4.4	—	—	—	—	0.3256	0.3175
3	LED(1灯)	—	単4×3本	円形	25.3	6.9	—	—	13.3	(10)	0.2995	0.2872
5	LED(青色1灯)	—	単4×2本	円形	0.3	0.3	—	—	—	—	0.1379	0.0518
6	LED(1灯)	—	単3×2本	円形	5.3	2.3	—	—	—	—	0.3055	0.2906
7	LED(5灯)	—	単3×4本	円形	5.7	4.8	—	—	—	—	0.299	0.2462
8	LED(1灯)	—	単3×4本	円形	35.2	16.6	—	—	2	(10)	0.3153	0.3265
9	LED(1灯)	—	単3×4本	円形	58.4	11.5	—	—	6.5	(10)	0.2921	0.2985
26	電球(キセノン)	—	単3×4本	横長形	75	—	59.2	52.5	0	3	0.4252	0.3989
29	電球(クリプトン)	—	単3×2本	円形	8	2.3	—	—	0	5	0.4475	0.4062
30	電球	—	単2×2本	円形	30	1.9	—	—	10.6	(10)	0.4559	0.4095
41	電球(ハロゲン)	—	単2×2本	横長形	30.6	—	22.2	13.6	0	8	0.4271	0.4001
33	電球	ダイナモ	—	円形	17.3	7.5	—	—	—	—	0.4711	0.4144
35	電球	ハブダイナモ	—	横長形	16.5	—	10.5	7.4	—	—	0.4769	0.4139
38	電球	ハブダイナモ	—	横長形	7.2	—	6.1	5.6	—	—	0.4677	0.4103
39	電球	ハブダイナモ	—	円形	14.2	1	—	—	—	—	0.4954	0.4144
42	LED(1灯)	ハブダイナモ	—	円形	15.4	6	—	—	—	—	0.2236	0.3
43	LED(5灯)	ハブダイナモ	—	円形	44.4	10.7	—	—	—	—	0.2491	0.2118
44	LED(1灯)	ハブダイナモ	—	円形	30.8	10.2	—	—	—	—	0.2732	0.2524
45	LED(1灯)	ハブダイナモ	—	円形	31.8	20.7	—	—	—	—	0.321	0.3247

注: 青色の網掛けはJIS規格を満たす

※1 LEDの()内はLEDの灯数、電球の()内は封入ガスの種類

※2 照度は10時間後の中心Aの照度、時間は消灯するまでの時間

LED-バッテリー式

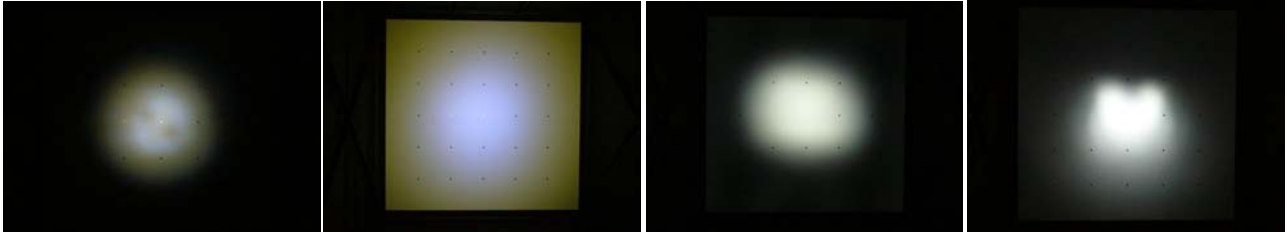


No.1

No.2

No.3

No.5



No.6

No.7

No.8

No.9

電球-バッテリー式



No.26

No.29

No.30

No.41

電球-ダイナモ式



No.33

No.35

No.38

No.39

LED-ダイナモ式



No.42

No.43

No.44

No.45

写真7 ライトの光

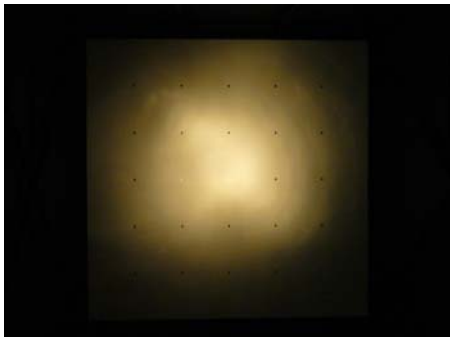
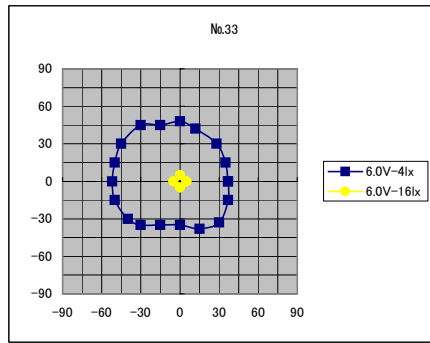


写真8 電球式 円形配光特性(No.33-6V)



注: X軸とY軸の単位cm
図4 電球式 円形配光特性(No.33-6V)

各点の照度		照度 (lx)					
	-60	-30	-15	0	15	30	60
60	1.2	2.1		3.0		1.8	0.7
30	2.3	9.3	11.0	9.3	6.3	3.9	1.1
15		9.5	13.0	13.0	9.0	5.0	
7.5							
0	3.2	8.5	13.0	17.3	10.0	6.0	1.4
-7.5							
-15		8.1	12.0	13.0	10.0	5.4	
-30	2.8	6.0	6.0	6.0	5.5	4.5	0.8
-60	0.9	1.5		1.3		0.8	0.3

注: 中心からの距離(cm)



写真9 電球式 円形配光特性(No.33-6.58V)

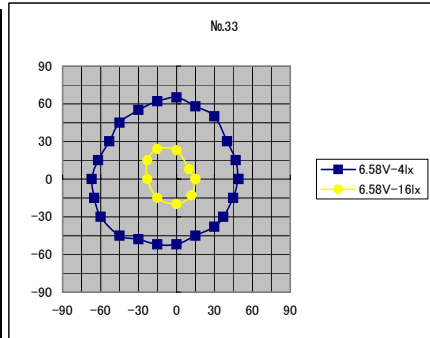


図5 電球式 円形配光特性(No.33-6.58V)

各点の照度		照度 (lx)					
	-60	-30	-15	0	15	30	60
60	1.8	3.3		4.6		2.7	0.9
30	3.4	14.0	15.3	13.5	10.0	6.2	1.7
15		14.1	19.3	19.8	14.0	7.7	
7.5							
0	4.9	12.2	19.3	25.6	15.9	9.3	2.1
-7.5							
-15		11.7	17.8	18.9	15.5	8.9	
-30	4.2	8.6	8.7	8.4	8.9	7.3	1.4
-60	1.5	2.2		1.9		1.2	0.5

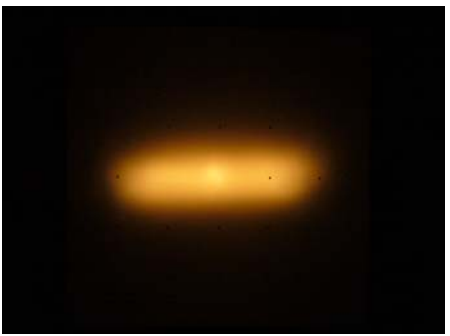


写真10 電球式 横長形配光特性(No.35-6V)

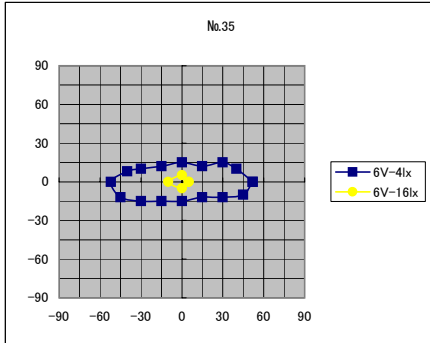


図6 電球式 横長配光特性(No.35-6V)

各点の照度		照度 (lx)					
	-60	-30	-15	0	15	30	60
60	0.2	0.2		0.4		0.3	0.2
30	0.3	0.6		0.9		0.9	0.5
15		2.2	2.6	3.0	3.4	3.4	
7.5		5.0	6.8	8.0	7.2	8.0	
0	2.2	11.5	13.0	16.5	12.0	11.5	1.8
-7.5		8.6	10.0	10.9	8.3	8.0	
-15		4.0	4.5	4.1	3.4	3.0	
-30	0.4	0.7		0.7		0.5	0.3
-60	0.2	0.2		0.2		0.2	0.2



写真11 電球式 横長形配光特性(No.35-7.1V)

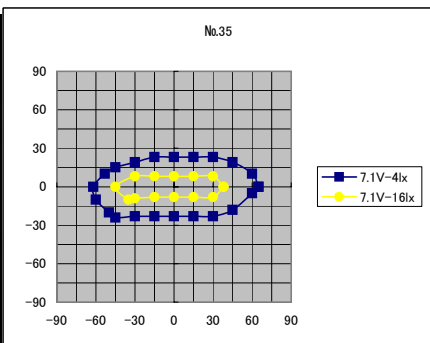


図7 電球式 横長配光特性(No.35-7.1V)

各点の照度		照度 (lx)					
	-60	-30	-15	0	15	30	60
60	0.4	0.6		0.6		0.7	0.6
30	0.9	1.6		2.1		2.3	1.3
15		5.5	6.0	7.2	8.0	7.8	
7.5		10.0	13.0	19.4	18.5	16.0	
0	5.0	24.0	24.0	34.0	25.0	26.0	5.0
-7.5		22.0	23.5	27.4	21.0	17.0	
-15		9.0	10.0	9.0	8.0	6.3	
-30	0.8	1.5		1.9		1.6	0.9
-60	0.5	0.7		0.7		0.6	0.5

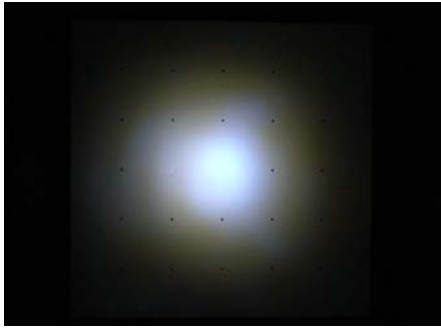


写真12 LED 円形配光特性(No.42-6V)

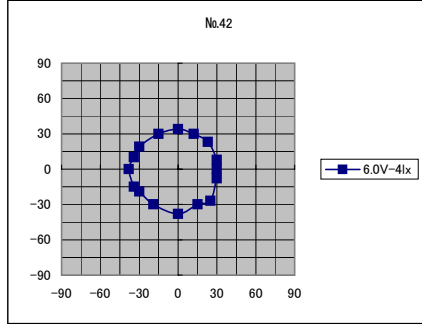


図8 LED 円形配光特性(No.42-6V)

		各点の照度						照度 (lx)		
		-60	-30	-15	0	15	30	60		
60		0.5	0.9		1.2		0.8	0.4		
30		1.0	2.9		4.6		2.3	0.7		
15			4.5	7.1	9.4	6.4	3.3			
7.5			5.1	9.0	12.8	7.4	3.8			
0		1.4	5.9	9.9	15.4	8.4	4.0	1.0		
-7.5			5.6	9.8	12.9	8.1	3.9			
-15			5.0	8.7	10.6	7.2	3.7			
-30		1.1	3.0		5.5		2.6	1.0		
-60		0.5	1.0		1.4		1.0	0.5		



写真13 LED 円形配光特性(No.42-6.35V)

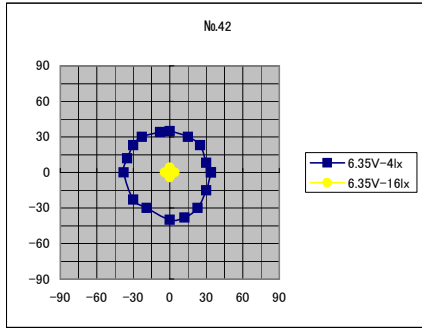


図9 LED 円形配光特性(No.42-6.35V)

		各点の照度						照度 (lx)		
		-60	-30	-15	0	15	30	60		
60		0.5	1.1		1.4		1.0	0.5		
30		1.2	3.4		5.3		2.8	0.8		
15			5.1	8.2	11.0	7.0	4.0			
7.5			5.9	10.5	14.3	8.4	4.3			
0		1.7	6.7	10.3	16.9	9.1	4.8	1.2		
-7.5			6.4	11.0	14.8	9.4	4.5			
-15			5.6	9.1	11.4	8.4	4.1			
-30		1.3	3.2		5.9		2.9	1.0		
-60		0.6	1.1		1.5		1.1	0.6		



写真14 LED 円形配光特性(No.43-6V)

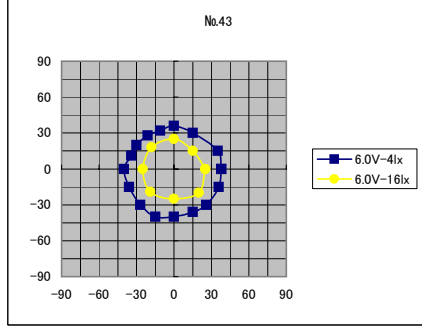


図10 LED 円形配光特性(No.43-6V)

		各点の照度						照度 (lx)		
		-60	-30	-15	0	15	30	60		
60		0.5	0.6		0.7		0.5	0.4		
30		0.6	1.9		7.5		2.3	0.5		
15			4.8	16.9	25.2	15.9	6.6			
7.5			7.7	24.8	35.2	24.5	9.2			
0		0.7	10.5	29.8	44.4	31.5	11.4	0.7		
-7.5			11.2	29.1	41.6	32.5	11.3			
-15			9.6	22.2	34.7	26.4	8.3			
-30		0.7	3.5		13.5		3.3	0.6		
-60		0.4	0.6		0.9		0.6	0.4		



写真15 LED 円形配光特性(No.43-4V)

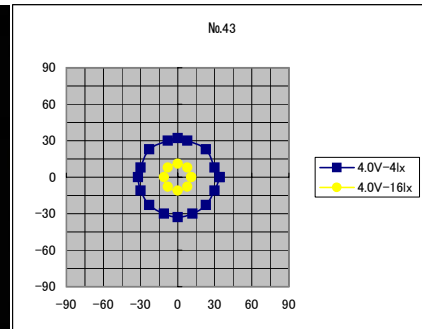


図11 LED 円形配光特性(No.43-4V)

		各点の照度						照度 (lx)		
		-60	-30	-15	0	15	30	60		
60		0.2	0.3		0.4		0.3	0.2		
30		0.3	1.1		4.3		1.3	0.2		
15			2.6	8.8	12.8	8.6	3.1			
7.5			3.9	11.6	16.6	11.3	4.2			
0		0.3	5.0	12.5	19.3	14.1	5.2	0.3		
-7.5			4.5	12.5	18.2	13.3	4.4			
-15			3.8	10.2	14.7	10.1	3.2			
-30		0.3	1.4		5.4		1.2	0.3		
-60		0.2	0.3		0.4		0.3	0.2		

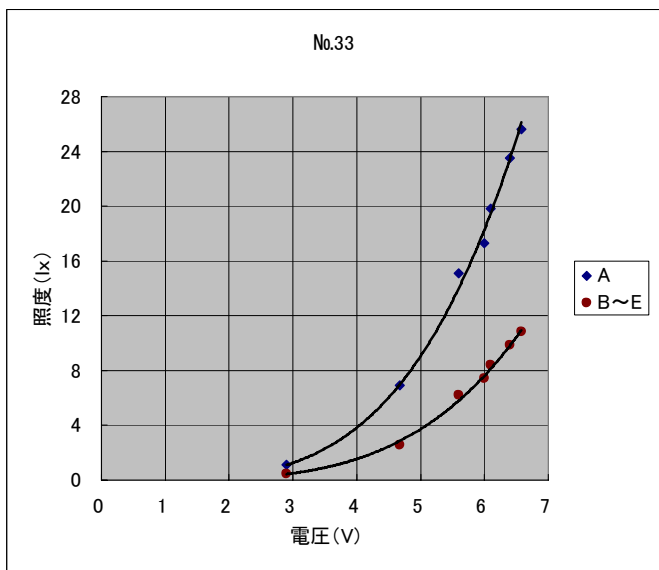


図12 電球式 電圧—照度 (No.33:円形配光特性)

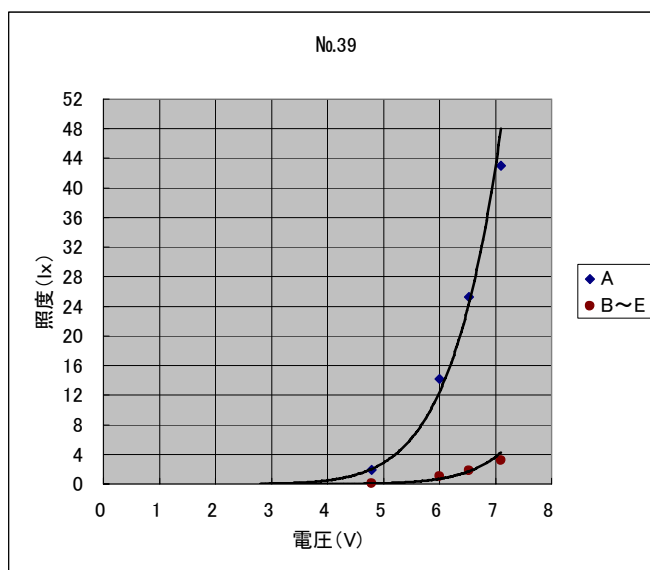


図13 電球式 電圧—照度 (No.39:円形配光特性)

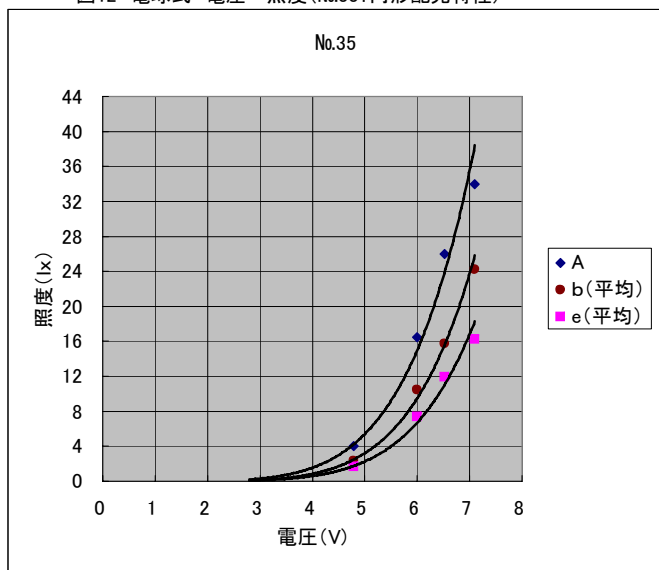


図15 電球式 電圧—照度 (No.35:横長形配光特性)

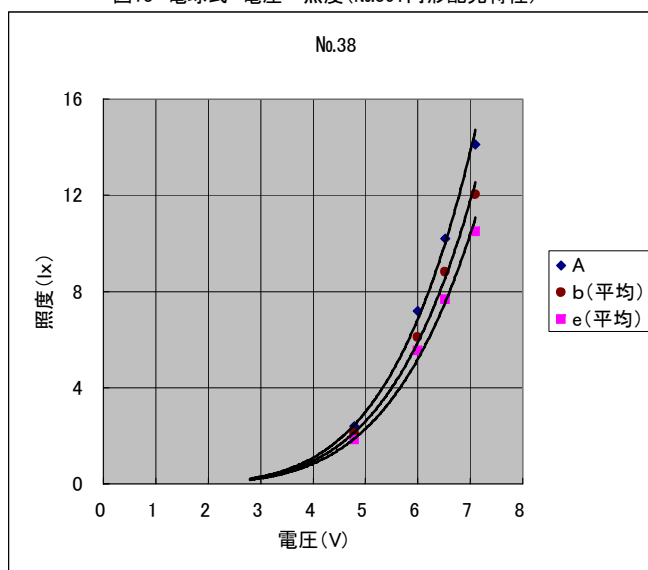


図16 電球式 電圧—照度 (No.38:横長形配光特性)

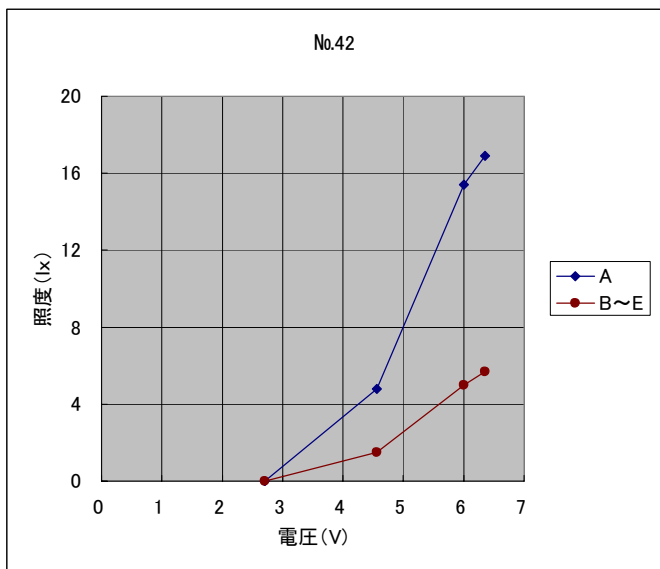


図17 LED 電圧—照度 (No.42: 円形配光特性)

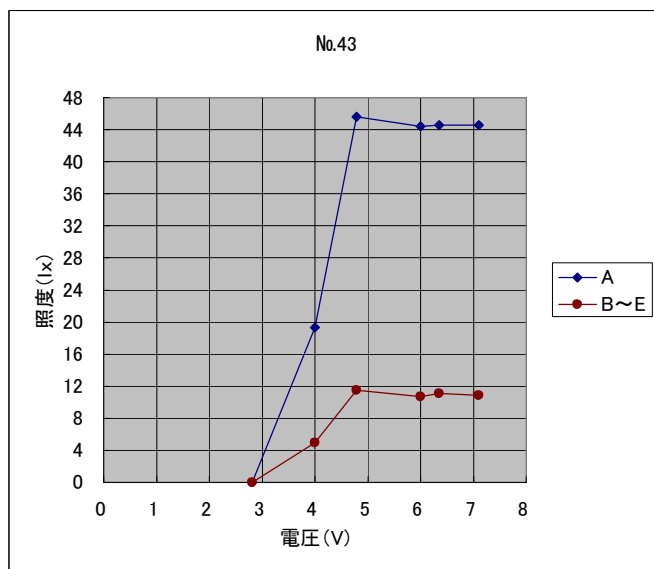


図18 LED 電圧—照度 (No.43: 円形配光特性)

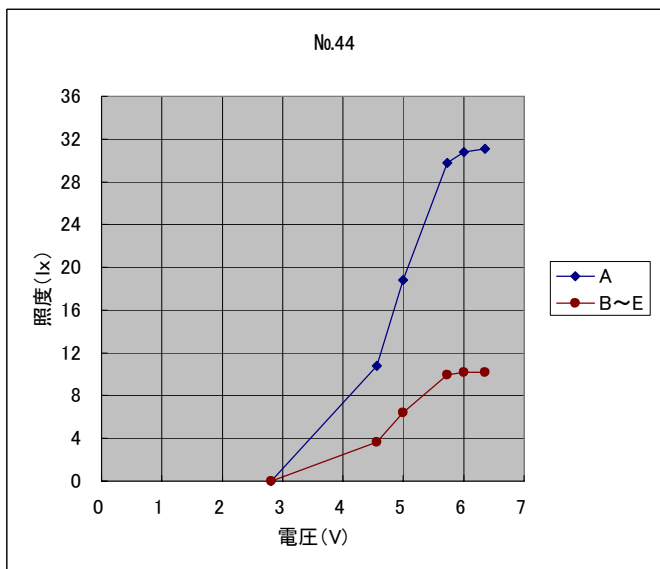


図19 LED 電圧—照度 (No.44: 円形配光特性)

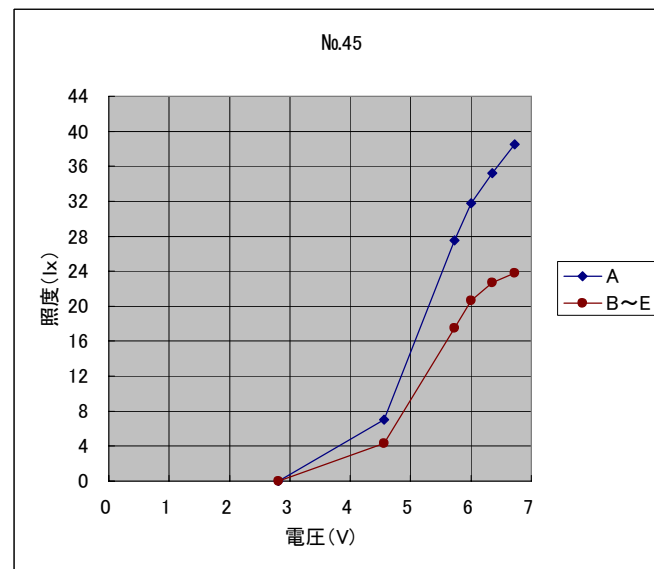


図20 LED 電圧—照度 (No.45: 円形配光特性)

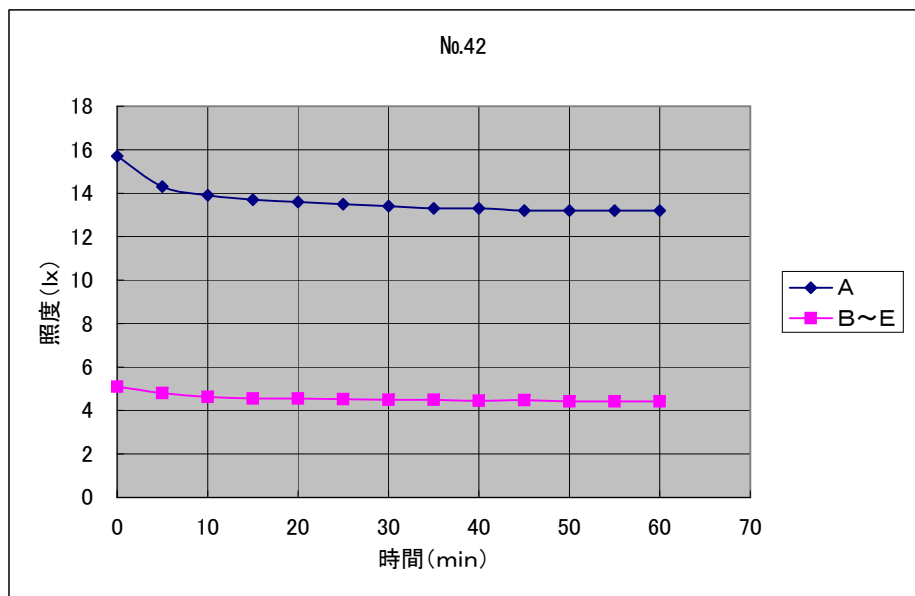


図21 LEDの点灯後1時間の照度変化 (No.42)

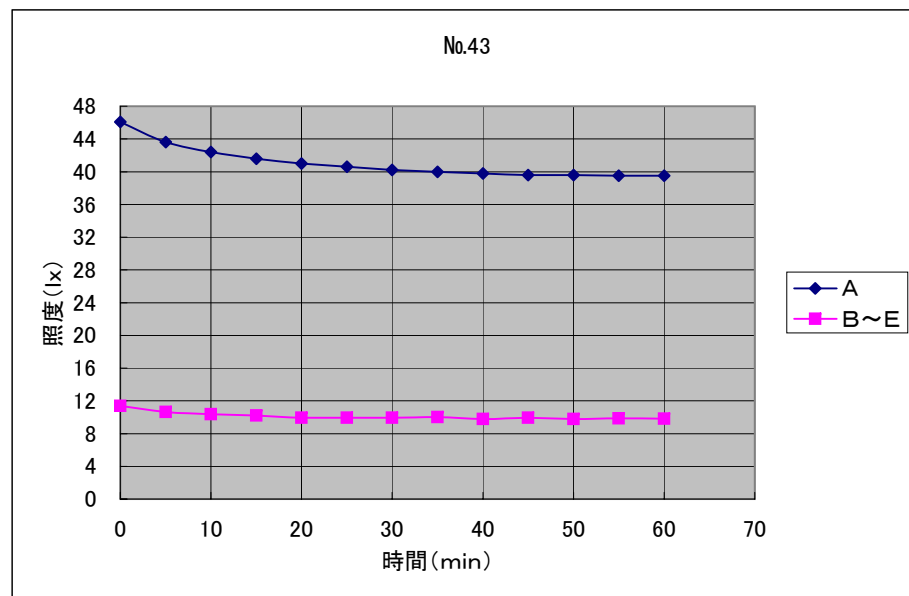


図22 LEDの点灯後1時間の照度変化 (No.43)

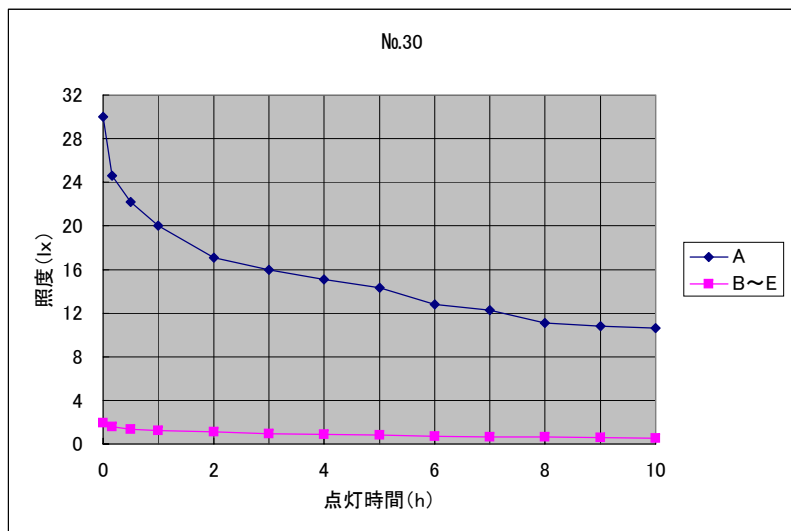


図23 電球式の点灯時間と照度(No.30)

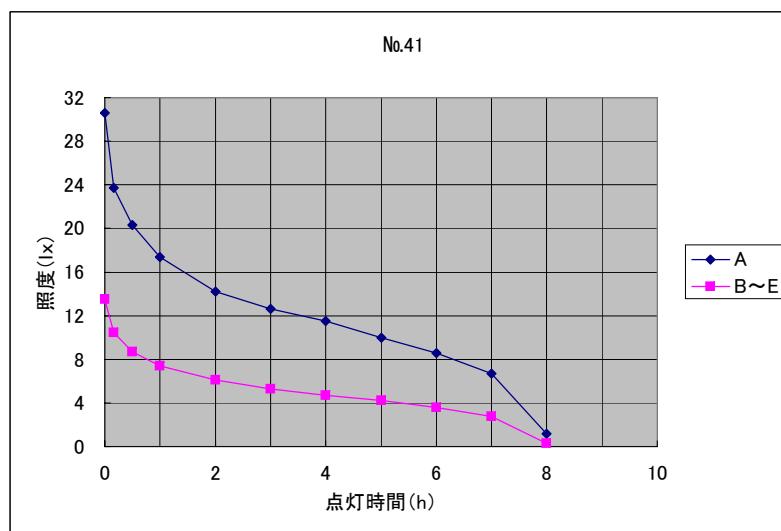


図24 電球式の点灯時間と照度(No.41)

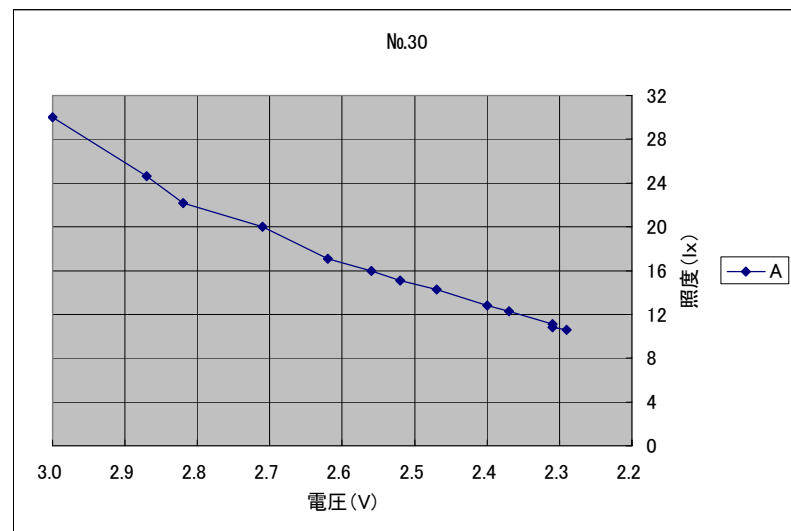


図25 電球式の電圧と照度(No.30)

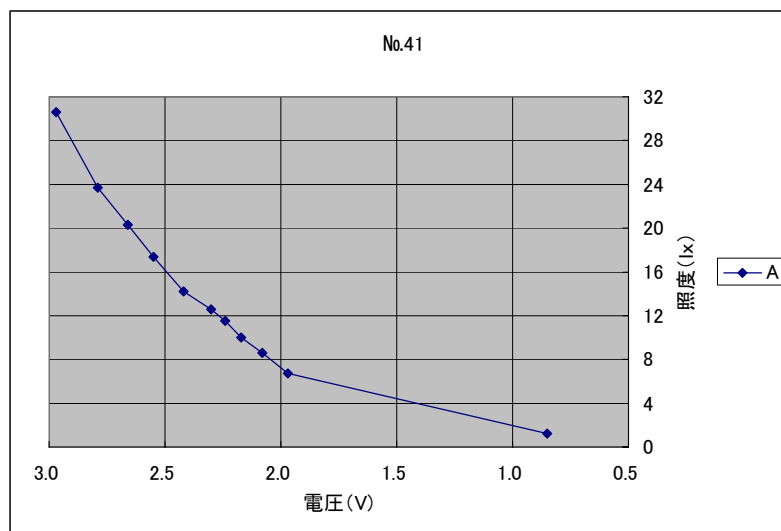


図26 電球式の電圧と照度(No.41)

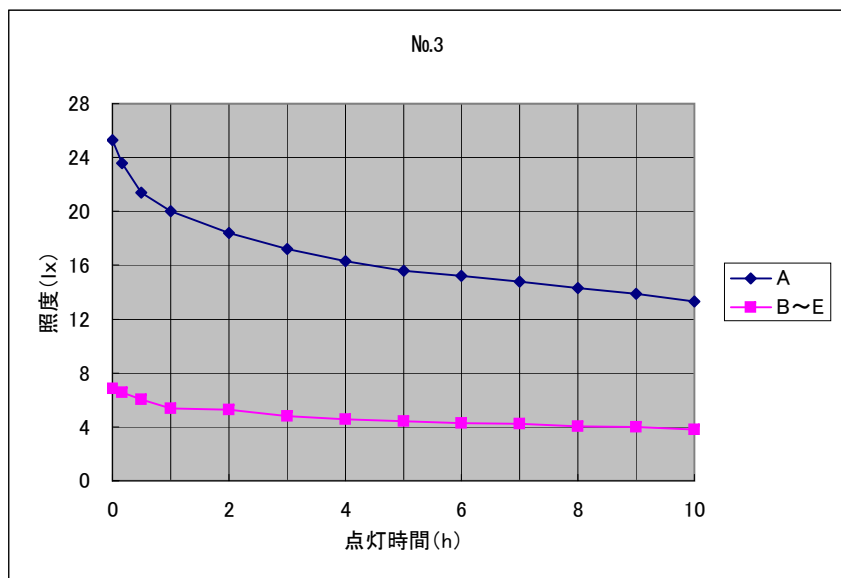


図27 LEDの点灯時間と照度 (No.3)

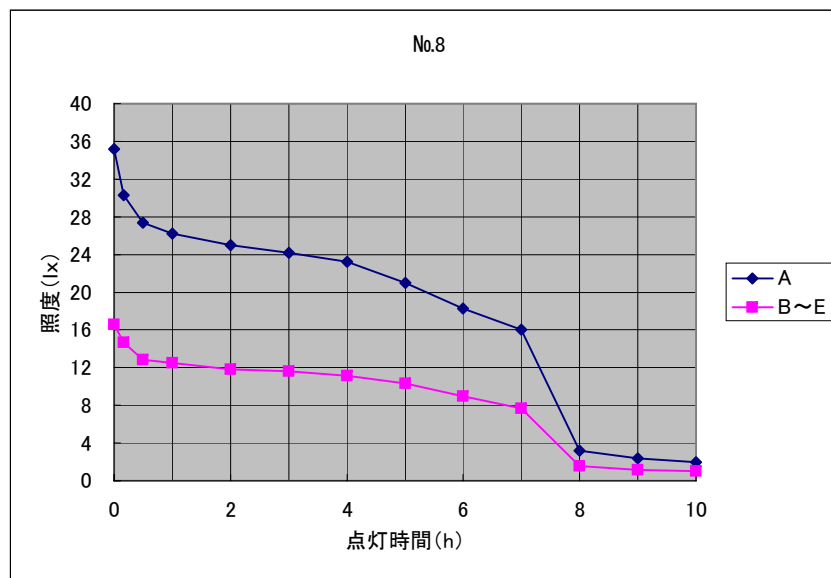


図28 LEDの点灯時間と照度 (No.8)

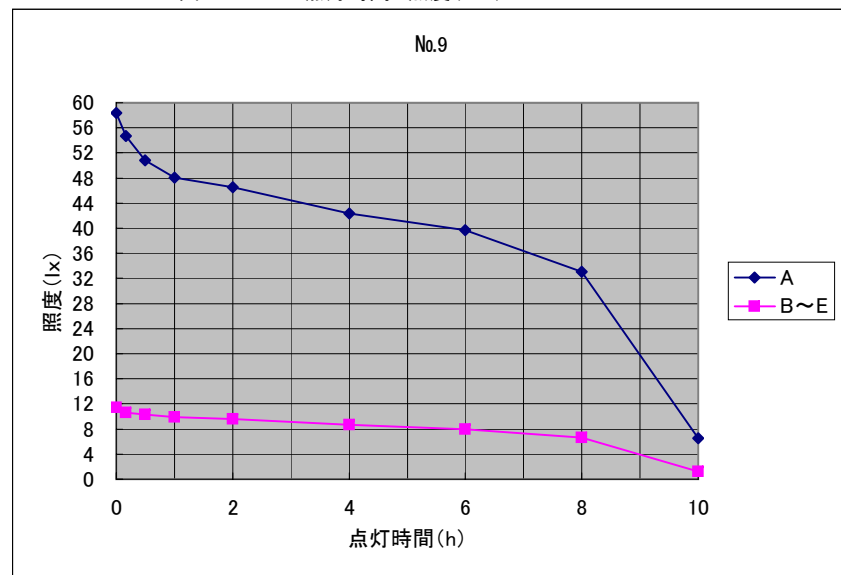


図29 LEDの点灯時間と照度 (No.9)

色度図

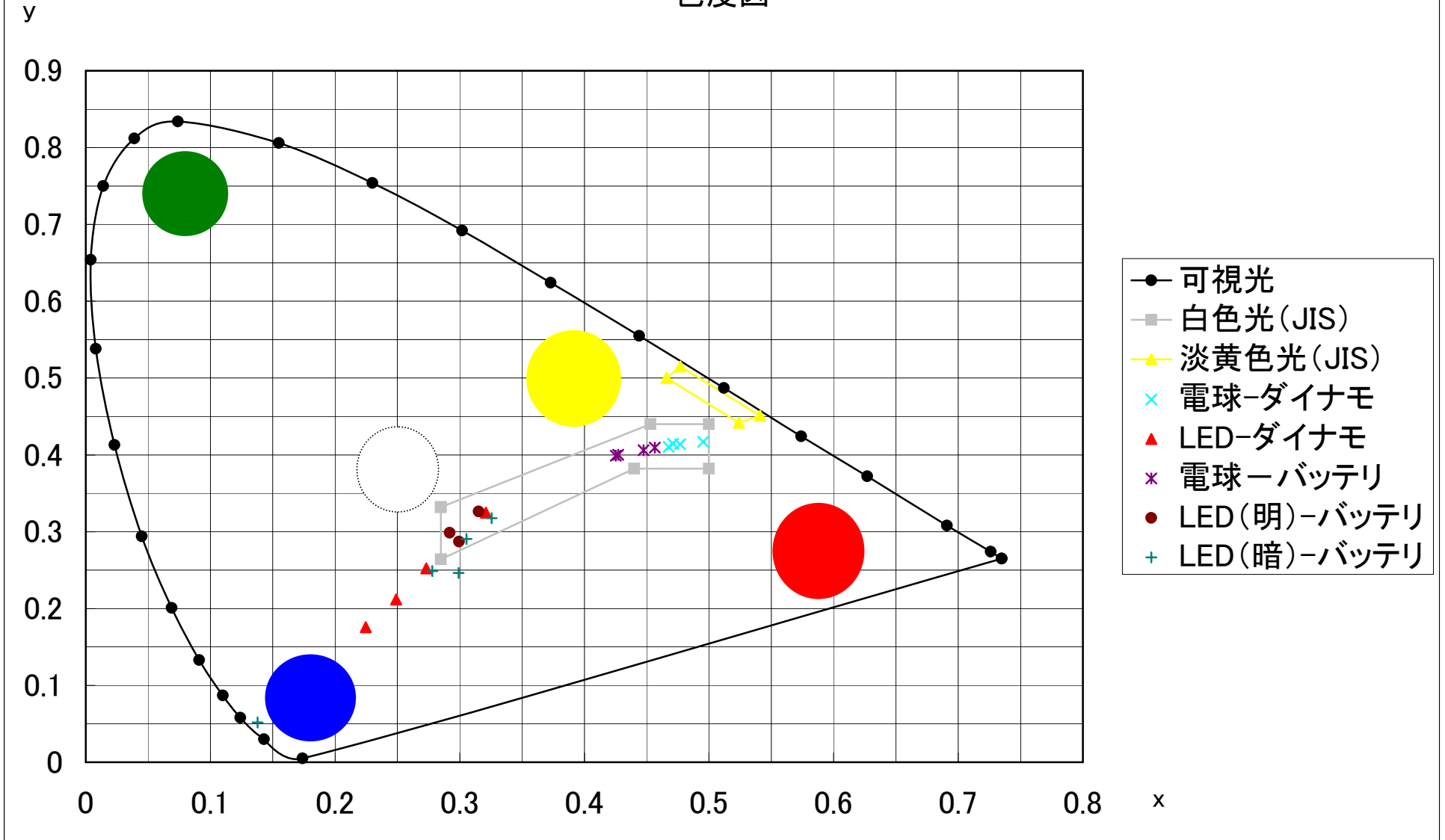


図30 光線の色
19