

## 各種光源下における高輝度蓄光材の残光輝度評価

### Luminance measurement of the long afterglow phosphorescent sheets excited by various lamps

酒井英樹 Hideki Sakai  
土井 正 Tadashi Doi

大阪市立大学  
大阪市立大学

Osaka City University  
Osaka City University

**Keywords:** 高輝度蓄光, りん光, 光源, 防災.

#### 1. はじめに

照明光源にわずかに含まれる紫外線で励起され、消灯後、または、停電時にりん光（残光）を発する蓄光顔料を使った蓄光式誘導標識が、小型店舗や地下街などで、使われはじめている。自照式誘導標識と比べると極端に発光輝度は低い。しかし、平成 21 年の消防法施行規則の改正<sup>1)</sup>により、一定の条件を満たせば、充電電池を内蔵した自照式誘導標識の代わりに用いることが可能となり、充電電池の定期的な交換などが不要であるため、省資源・省エネルギーの観点から今後ますます普及して行くことが想定される。

しかし、その性能指標である残光輝度は、JIS Z 9107<sup>2)</sup>において、常用光源蛍光ランプ D65、または、キセノンアーク灯の下で励起した場合について規定されており、仕様書には、この値が記載されることになる。よって、照明光源として現在普及しつつある LED 灯（蓄光材の主な励起源である紫外線放射量が少ない）の下では、蓄光材が十分に励起されず、停電を伴う災害避難時に問題となることが考えられる。

そこで、本研究では、LED 灯を含む各種光源で励起された蓄光材の残光輝度測定を行った。その結果、同じ照度（200[lx]）で励起した場合、蛍光

灯に比べ、LED 灯で励起された蓄光材の残光輝度は概して低く、とくに、電球色相当 LED 灯は、消灯直後（2 分後）で D65 灯の 4 分の 1 の輝度、20 分後で半分程度の残光輝度であった。

以上のことから、光源の種類によっては、停電避難時に想定している残光輝度が得られない可能性があり、蓄光式誘導標識を利用している施設等で新しい光源を導入する際は、照明としての観点からのみでなく、蓄光材の励起光としての評価が必要である。

#### 2. 実験方法

蓄光材の残光輝度の測定は、JIS Z9107<sup>2)</sup>を参考に、 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ に調温された暗室内に実施した。励起されていない状態（金属容器内で 48 時間以上遮光した状態）の試験試料を、表 1 に示す 7 種の照射光源によって 200[lx]で 20 分間励起し、消灯 2 分後、10 分後、20 分後の残光輝度を輝度計（コニカミノルタ輝度計 LS-100）で測定した。

なお、蓄光材の残光輝度評価<sup>2)</sup>では、消灯後 30 分と 60 分の輝度も示すことが求められているが、予備実験の結果、それらの残光輝度は、20 分後までの測定値から累乗近似によって、 $1[\text{mcd}/\text{m}^2]$ の精度で推定できた。よって、測定は消灯 20 分後までとし、30 分後、60 分後は、推定値を用いて示すこととした。

試験試料には、高輝度蓄光材として知られる根本特殊化学の蓄光シート（ルミノバ、シート状、一般タイプ、市販品）を用いた。その主成分である蓄光顔料（アルミン酸ストロンチウム結晶）としての仕様（カタログ値）は、励起波長 200 - 470[nm]、りん光発光ピーク波長 520[nm]である。

この蓄光シートを  $70[\text{mm}] \times 75[\text{mm}]$ の大きさにカットし、アルミ板に貼付けた試料片を 3 個作成した。表 1 の 7 種の光源それぞれについて、試料を入れ替えて残光輝度測定を 3 回を行い、その 3 回の平均値をそれぞれの光源下における残光輝度値とした。

表 1 励起に用いた光源一覧

照射光源	光源色	相関色温度* [K]	発光効率** [lm/W]
1:常用光源D65	昼光色	5779	35.0
2:蛍光灯(3波長形)	昼白色	4830	65.0
3:蛍光灯(3波長形)	電球色	2675	67.5
4:LED灯	(白色)	4708	81.9
5:LED灯	(電球色)	2702	55.1
6:白熱灯(シリカ電球)	(電球色)	2921	16.9
7:高圧ナトリウム灯	-	(0.530,0.422)	80.0

\*コニカミノルタ色彩照度計 CL-200 で測定。光源 7 は xy 色度。

\*\*発光効率は仕様(光束[lx], 消費電力[W])から算出した。

### 3. 結果と考察

測定結果を表2に示す。すべての経過時間において、各光源（光源2から6）とも、JISで規定されている常用光源蛍光灯D65（光源1）と比べて低い残光輝度を示している。D65灯は特別な用途でのみ使われることを考えると、日常的な照明光源の下では、規定値以下の残光輝度しか期待できないことがわかる。ただし、D65灯と同じ蛍光灯である光源2と3については、日常的に使われる製品（60W相当電球型蛍光灯）であるにも関わらず、D65に比較的近い残光輝度を示しており、とくに、色温度の高い昼白色蛍光灯（光源2）は、D65の90%以上の輝度を示している。

一方、発光原理が異なるLED灯（光源4と5）については、それぞれ光源2、3とほぼ同じ相関色温度（表1）であるにも関わらず、その残光輝度は概して低い。とくに、電球色相当LED灯（光源5）は、白熱灯（光源6）よりも残光輝度が低い。本実験では、紫外線量は測定していないが、紫外線放射量が少ないというLED灯の特徴により、照度200[lx]、照射時間20分では、蓄光材を十分に励起できていないことがその原因と考えられる。なお、同じ発光原理である蛍光灯同士、LED灯同士であれば、色温度の高い方が、残光輝度が高い。これは、今回用いた蓄光材の励起波長が200 - 470[nm]であり、可視光の短波長領域による寄与があるためと考えられる。

街路照明、防犯灯として使われる高圧ナトリウム灯（光源7）については、60分後を除き、LED灯よりもさらに低い輝度となっている。

消防法<sup>1)</sup>では、D65灯で励起した表示面の消灯20分後の平均輝度が100[mcd/m<sup>2</sup>]以上のものを高輝度蓄光式誘導標識（100[mcd/m<sup>2</sup>]未満は高輝度と呼ばない）と定義していることから、仮に、光源と蓄光材とを一体のもの（システム）と見なし、20分後の残光輝度が100[mcd/m<sup>2</sup>]以上の組み

合わせを「高輝度蓄光システム」と呼ぶことにすると、D65灯（光源1）の他には、光源2、3の蛍光灯がそれに該当することになる。

ただし、発光効率（表1）を考えると、効率のよいLED灯（光源4）を200[lx]よりも高い照度で使用すれば、消費電力は同じで、点灯時には明るく、かつ、消灯後の残光輝度も100[mcd/m<sup>2</sup>]以上にするには可能であると思われる。また、励起波長が異なるなど、組み合わせる蓄光材によっては、異なる結果が出る可能性も考えられる。

### 4. まとめ

本実験で明らかになったことをまとめると、  
 1) 蓄光材（アルミン酸ストロンチウム結晶）を同一照度で励起した場合、常用光源蛍光灯D65で励起した場合が最も残光輝度が高く、3波長形蛍光灯、LED灯、白熱灯、高圧ナトリウム灯の順に残光輝度が低下する。  
 2) 発光原理が同じ蛍光灯同士、LED灯同士であれば、色温度が高い方が、残光輝度が高い。  
 3) 蓄光式誘導標識を使用している場所に設置する光源は、照明としての観点からのみでなく、蓄光材の励起光としての評価が必要である。

謝辞 本研究は、平成22-23年度科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究22650171、代表：酒井英樹）の援助を受けた。また、測定に協力いただいた杉本彩香氏（大阪市立大学）に感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 平成21年消防庁告示第21号「誘導灯及び誘導標識の基準の一部を改正する告示」（平成21年9月30日）
- 2) JIS Z9107:2008 安全標識—性能の分類、性能基準及び試験方法（2008）

表2 残光輝度の測定結果

照射光源	光源色	2分後	10分後	20分後	30分後*	60分後*
		[mcd/m <sup>2</sup> ]				
1:常用光源D65	昼光色	828	239	130	96	55
2:蛍光灯(3波長形)	昼白色	771	224	125	92	53
3:蛍光灯(3波長形)	電球色	500	176	102	80	50
4:LED灯	(白色)	444	155	98	75	48
5:LED灯	(電球色)	208	93	61	50	35
6:白熱灯(シリカ電球)	(電球色)	372	150	92	74	49
7:高圧ナトリウム灯	-	127	70	59	50	40

\*)20分後までの測定値から推定した値。