小 光 度 標 準 電 球†

正会員 菊地 久吉* 専門会員 石野 正敏**

専門会員 斉藤 一郎*

1. ま え が き

標準電球を使用していると、電球に目盛られている測光量が、点灯によって減少したり変化したりしないものであれば良いとつくづく感じる。ことに光度標準電球は測光ベンチ上で、測光方向を設定するときに相当に神経を使うわけであるが、それでもなかなかぴったりと規定の測光方向を再現することはむずかしい。

また、発光ダイオードのように数 10 mcd のような小さい光度を測定するとき、基準となる光度標準電球が 10 cd ではあまりにも光度比が大き過ぎて、実用的に問題がある。

これらの難点を解消するためには、光度標準電球として次の要件を備えたものが望ましい。

- (1) 動程特性が良く、再校正の頻度が少ないこと。
- (2) 光度の測光方向の再現の良いこと。
- (3) ガラス球の形状が小さいこと。
- (4) 光度値の小さいこと。

この要件を備えた光度標準電球を実現しようとするに際し、新しく光度標準電球を設計、製作するのは市場性などより困難なことが多いので、既存の標準電球を利用して、その性能をより高めるという方法をとることにした。この方針に従い、まず上記の要件を最も良く満たす可能性のある東芝 6 V 5 lm 光束標準電球（真空）を検討対象として選定した。

2. 試作小光度標準電球、試験条件および装置の概要

試作電球の基本となる 6 V 5 lm の電球（真空、コイルフィラメント）は、本来は自動車用電球などの小型電球の光束測定に用いる東芝低電圧小光束標準電球系列の一つである。幸いなことにこの電球はベースアップ（光束用）、ベースダウン（光度用）両用で使用可能とされているため、今回、電球の基本設計はそのままとし、単に E17 口

図 1 小光度標準電球

金の替わりに、図 1 に示すようなステアタイト製の口金を取り付けることとし、この電球を 7 個試作した。

光度標準電球としての重要な特性の一つである測光方向の良い再現性については、これまでの標準電球ではあまり考慮されていなかったようで、電球のセッティングのたびごとに光度測定値が変化して、標準器としての信頼性を低めていたわけであり、これを改善することも今回の目標の一つである。

図 2 ホ ル ダ

① L 形金具（黄銅）② 電極受け金（黄銅）
③ テフロン ④ 端子

試作した電球は、さきに発表した¹⁾ ハロゲン電球用電球ホルダ（図 2）と一体になるように取り付けられた。このホルダは、測光ベンチ上に設定した電球キャリア（ホルダに対する方向規定ガイドレール付きの台座がある）に、常に正しい姿勢を保って容易に着脱することができる仕組みにな

† Photometric Standard Lamp with Low Level Luminous Intensity

* 電子技術総合研究所

Hisakichi Kikuchi, Ichiro Saito

** 韓東芝

Masatoshi Ishino

っている（すなわち、反復着脱しても電球の光度測定の方
向は常に一定に保たれる）。

試験電球は、あらかじめ定格電圧 6 V（実際には電源の
つごうで直流 5.77 V）で 15 時間エージングを行ない、その
後、試験電圧を直流 4.5 V に定め特性の試験を行なった。

なお電球の点灯は、常に極性を一定とした直流点灯（動
程試験時の点灯を含む）である。

電球点灯用直流電源は 0.05% の安定度のものであり、電
球の電圧はデジタル電圧計で、電流は $0.1\ \Omega$ の標準抵抗
器の電圧降下をデジタル電圧計で測定した。各デジタル
電圧計の精度は $\pm 0.01\%$ であり、標準電池により表示値
を校正した。

光度測定には手製の $V(\lambda)$ 受光器を用いたが、安定性、
直線性の優れたものである。分布温度の測定には、分布温
度標準電球により表示値を校正したミノルタ色彩計（BM-
2 E）を用いた。

3. 各特性の試験結果

3.1 水平および鉛直配光

2 個の試験電球について測定した。水平配光は 図 4
に、鉛直配光は 図 5 に試験結果を示す。両配光とも角度
0 を含む $\pm 2^\circ$ の範囲において 1% の幅の中に収まって
おり、しかも 0° を中心としてほぼ対称配光となっている。

(a)

(b)

図 3 配光測定装置

(a) 水平配光 (b) 鉛直配光

3.2 電圧特性

図 6 に光度、電流および分布温度の電圧依存性を示す
（規定の試験電圧より大きく上昇させて試験するため、1
個の電球による試験結果である）。

電圧と電流の相関は線形であり、電圧と分布温度の相関

図 4 水平配光

図 5 鉛直配光

図 6 電圧・光度・電流・分布温度の特性

もほぼ線形である。4.5 V にごく近い範囲においては、1
% の電圧変化に対して光度変化は約 4% である。

3.3 動程特性

5 個の試験電球について試験を実施した。

光度、電流および分布温度の測定は、点灯 0～50 時間、
50～150 時間、150～350 時間の区間において、それぞれ 10
時間ごと、25 時間ごと、50 時間ごとに行なった。合計の測
定回数は 14 回であり、1 回の測定は基準電球 2 個を含む 7
個に付いての往復測定である。各電球の往復測定値の平均
から試験光度を求めた。この往復測定値の再現性は 7 個中
6 個の電球については、14 回の測定を通じ $\pm 0.1\%$ 以内で
ある。なお測定は点灯 5 分後に行なった。

動程特性は 図 7、図 8 に示すように、350 時間に至る
まで、光度は -3.5% 以内、電流は -0.35% 以内の変化で
ある。分布温度は最初 2350 K であったが最後は 2340 K と

図7 動程特性 (a)

図8 動程特性 (b)

なった。なお電球のガラス球の黒化は肉眼では認められなかった。

4. 試験結果の考察

JIS C 7526光度標準電球（一般用）の規格が、標準電球の性能を評価するときの根拠となるので、これと今回の試験結果とを比較対照する。ただ規格に定めてある光度標準電球はガス入りであり、分布温度 2856 K における使用を目的としたものであるから、その点においてやや適切さを欠くことになるかも知れない。

ここにもくろんだ小光度標準電球は、電気的入力小さいこともあって形状が小型である。これは大きな利点であろう。表 1 に JIS の規格値と今回の試験結果を対比して示す。

表 1 JIS 規格値と小光度標準の特性

特 性	条 件	JIS の規格値	小光度標準電球
水平角度特性	左右 2°	1.5 % 以内	1 % 以内
鉛直角度特性	上下 2°	3 % 以内	1 % 以内
動 程 特 性	点灯 100 時間までの光度変化	10 時間あたり 0.5 % 以内	10 時間あたり 0.2 % 以内

表から明らかであるが、測光方向近傍の角度特性は左右、上下とも規格値を十分上まわるものであり、かつ配光曲線がきわめて滑らかで優れた特性を備えている。これに加えて電球はランプホルダと一体になっているから、ランプホルダの受光器方向の面に小さな平面鏡を張り、受光器の位置から水平にレーザ光でこれを照射して、その反射ビームが入射ビームに一致するように、ランプホルダを電球

キャリア上にセットすれば、誰が電球をセットしてもまず間違いなく測光方向は正確に定め得るであろう。一般工業測定ではここまでやる必要はないが、たとえば国際比較などのような場合には将来こうありたいものである。

電圧特性については、分布温度が電圧にかなり良く比例するので、低い分布温度の標準としても使い道があるかも知れない。光度の変化が電圧変化の約 4 倍というのは通常の標準電球とはほぼ同様の特性である。測光標準器としては分光分布が波長に対して選択性の無い形（いわゆる等エネルギー分布の光源）が理想的と思われ、標準電球の場合も分布温度が高いことがより望ましい。この小光度標準電球は真空電球であることと、長寿命、小光度を目標にしたため 2350 K に分布温度を定めてあり、この点は好ましいものではないがやむを得ない。

動程特性については、エージングを 5.77 V で 15 時間行なったのは過剰のエージングであったように思われる。5 V で 1 時間と、4.5 V で 5 時間ぐらいが適当であろう（この電球の定格電圧 6 V は、良い動程の観点からは高過ぎるようである）。これらのことは電流の動程が約 80 時間までは変化がきわめて小さく、その後、大きな傾斜度をもつようになっていることと、光度の動程は最初から減少していることをあわせ考えると、点灯 80 時間ぐらいまでの間はフィラメントの再結晶の進行による電気抵抗の減少と、フィラメントの蒸発によるフィラメントのやせによる電気抵抗の増加とが電流値の平衡を保っていたものと思われ、光度が最初から減少の一途をたどっているのは、フィラメントから蒸発したタングステンの付着によるガラス球の黒化に伴う光の吸収の影響であろう。点灯 100 時間以降は電流の減少は時間に対して直線的であり、フィラメントのタングステンの蒸発によるフィラメントのやせは、最初から時間に対して線形に進行していたのであらうと想像される。光度変化のほうはやせによる電気的入力の減少と、ガラス球の黒化の進行と、フィラメント表面の蒸発による粗面化の進行に伴う放射率の増加などの組み合わせにより、電流変化とは異なった曲線を描いたものと思われる。もしもエージングがより適切であれば、100 時間ぐらいまでは電流はやや増加し、光度はもっとゆるやかな変化をしたことであらう。

ともかく、結論としては JIS の規格値よりは十分良い特性を示し、真空電球でありながら点灯約 50 時間ごとに校正すれば、約 1 % の正確さを保って 350 時間ぐらいの有効寿命があることが確認されたわけである。最初に分布温度を測定すれば、同じ点灯電圧で一貫して使用しても分布温度の変化は実用上無視しても良い場合が多いと考えられる。

5. む す び

LED や液晶表示などの光度の小さい発光素子の光度測定において基準となる小光度標準を開発した。この標準電球は分布温度 2350 K において光度 180 mcd であり、配光、動程特性共に JIS の規格値を上まわっており、標準電

球として十分な精度を備えている。この標準電球の口金は2本ピンのステアタイトになっており、これをさらにL形金具のホルダに取り付けると、測光方向設定の再現性がきわめて優れたものになる。

この標準電球をガス入りにすれば、動程特性はさらに向上すると思われる。今後、検討したいと考えている。

参 考 文 献

(1) 菊地ほか：照学誌 59-8 (昭50) 416～422
(2) 須崎：電子科学 20-12 (昭45) 20
(3) 斉藤ほか：照学誌 61-2 (昭52) 78～86
(4) 斉藤ほか：照学誌 61-5 (昭52) 251～254

(受付1984年2月3日)

新 製 品 紹 介

アマルガム方式採用の小型・高光束
電球形蛍光ランプ《ライトカプセル》

松下電器産業株式会社では、電球形蛍光ランプ《ライトカプセルG17形（ボール形）、T17形（筒形）》の電球色とバルック色の4品種を発売した。

ライトカプセルは蛍光ランプのもつ高効率、長寿命と白熱電球のもつ小型・片口金構造の特徴を兼ねそなえたもので、既設の電球と置き換えるだけで、大幅な節電が実現できる経済光源として好評である。

今回発売したライトカプセルG17形、T17形は、新開発のダブルアマルガム方式と呼ばれる新発光管を採用することにより、コンパクトサイズの17Wで60Wボール電球に相当する明るさが得られる電球形蛍光ランプである。

＜ダブルアマルガム方式とは＞

発光管の温度が、高温のときに高効率になるアマルガムの特性を利用した新しい方式。発光管はダブルU形のコンパクトな形状で、ランプの温度特性を決定する主アマルガムをステム管内に、点灯直後の光束（明るさ）の立ち上がりを速やかにする補助アマルガムを両電極のリード線に取り付けた構造である。

＜特 長＞

(1) 消費電力17Wでボール電球60Wに相当する明るさ。700lm。

＜定 格＞

種 別	品 番	光 色	寸 法 (mm)		口 金 ねじ部	周波数 (Hz)	定格電圧 (V)	定格入力 電流 (A)	定格消費 電力 (W)	全光束 (lm)	光 度 (cd) (直下)	定格寿命 (h)	重 量 (g)	価 格 (円)
			外径	長さ										
G 17 形	BFG 17LE/A	電 球 色 (2800 K)	104	156	E26	60	100	0.300	17	700	70	6,000	450	2,300
	BFG 17LE/B					50								
	BFG 17EX/A	バルック (5000 K)	104	156	E26	60	100	0.300	17	700	70	6,000	450	2,300
	BFG 17EX/B					50								
T 17 形	BFT 17LE/A	電 球 色 (2800 K)	78	160	E26	60	100	0.300	17	700	58	6,000	450	2,300
	BFT 17LE/B					50								
	BFT 17EX/A	バルック (5000 K)	78	160	E26	60	100	0.300	17	700	58	6,000	450	2,300
	BFT 17EX/B					50								

（問い合わせ先 松下電器産業株式会社管球事業部
〒569 大阪府高槻市幸町1番1号
電話 (0726) 82-5521

ダブルアマルガム方式の発光管構造

T17形

G17形

(2) 電気代・発熱量を約1/3に低減。

6,000時間使用で1灯当たり6,460円も点灯費（ランプ代+電気代）を節約（60Wボール電球比、30円/kWhで計算）。

(3) 長寿命設計。定格寿命6,000時間。

(4) 色の見え方を重視した希土類蛍光体を採用。しかも光色は暖かみのある電球色と、さわやかなバルック色。

(5) 高級感のある乳白仕上げのガラス製グローブを採用。