

## 特定副標準器の指定及び特定標準器による校正等の実施について (コイルM字型以外の単平面型光度標準電球及び単平面型分布温度標準電球)

- ・光度及び分布温度の特定副標準器として、日本電気計器検定所が保管する「コイルM字型光度標準電球」及び「コイルM字型分布温度標準電球」（以下、合わせて「コイルM字型標準電球」）が指定されている。
- ・既存光源市場の縮小と部材供給の困難化により、コイルM字型標準電球は既に生産が終了しており、新規に入手することはできない。
- ・光度標準及び分布温度標準において、今後も安定したトレーサビリティ体系を維持していくため、コイルM字型以外の単平面型光度標準電球及び単平面型分布温度標準電球（以下、合わせて「単平面型標準電球」）を特定副標準器として追加することとしたい。

### 1. 背景

光計測に関する標準のうち、光源から特定の方向へと放射された光の強さを表す指標である「光度」、及び光源の分光分布（色）を黒体温度で表した指標である「分布温度」の特定副標準器として、日本電気計器検定所が保管するコイルM字型標準電球が指定されている。これらは平成5年に指定され、その後変更されていない。

しかしながら近年、地球温暖化対策、水銀規制法令等を背景に、蛍光灯、ハロゲンランプ等の既存光源は年々生産量が減少しており、その副次的な影響として、コイルM字型標準電球についても生産に必要となる高度なランプ部材の確保が困難となり、2017年9月末にその生産体制が終了し、新規に入手することはできない。また、各国の国家計量標準機関を中心に、コイルM字型標準電球を含む標準電球を代替できる標準光源の研究開発が進められているものの、2025年時点でまだ確立していない。そのため近い将来、光度標準及び分布温度標準の安定供給の維持が難しくなる懸念がある。

光度標準および分布温度標準の校正において標準光源に求められる特性として、光源と受光器の位置関係を正確に設定できることが挙げられる。このため標準電球としては、フィラメントが単一平面内に張られ、それによって測光方向および測光距離の起点を容易に定められる「単平面型標準電球」が用いられる。

コイルM字型標準電球は、単平面型標準電球の一種であり、M字型に張られたコイルフィラメントにより基準面を厳密に規定できること、観測方向付近で角度むらが小さく設置誤差の影響を減らせることに加え、点灯再現性及び点灯安定性にも優れていることから、特定副標準器として指定され用いられてきた。しかし現在では、電源装置や制御ソフトの高性能化による点灯再現性・安定性の向上や、CCDカメラやレーザ装置を用いた設置・位置決め技術の高度化による設置再現性の向上が進み、コイルM字型標準電球に限定せずとも、単平面型標準電球によって、特定副標準器に求められる性能を実現できるようになっている。

コイルM字型以外の単平面型標準電球についてもコイルM字型標準電球と同様の理由により既

に生産が終了しているが、コイルM字型標準電球に限定しなければ一定数の在庫が存在していることが分かっている。そこで、在庫不足の問題を改善し、安定したトレーサビリティ体系を維持するため、コイルM字型以外の単平面型標準電球を特定副標準器として追加し、より広範な標準電球を含む「単平面型標準電球」を光度及び分布温度の特定副標準器とすることとしたい。

## **2. 特定標準器等**

### **2-1. 光度**

#### (1) 特定標準器

単色平行光発生装置、分光視感効率近似受光器、比較受光器及び自己校正測定装置であって、国立研究開発法人産業技術総合研究所が保管するもの（変更なし）

#### (2) 特定副標準器

単平面型光度標準電球であって、日本電気計器検定所が保管するもの（事実上の範囲拡張）

### **2-2. 分布温度**

#### (1) 特定標準器

分光放射輝度照度測定装置であって、国立研究開発法人産業技術総合研究所が保管するもの（変更なし）

#### (2) 特定副標準器

単平面型分布温度標準電球であって、日本電気計器検定所が保管するもの（事実上の範囲拡張）

## **3. 特定副標準器の概要**

### **3-1. 光度**

#### (1) 名称：単平面型光度標準電球

#### (2) 特定副標準器の具備条件：

- (a) フィラメントが単一平面状に張られ、測光方向及び測光中心（測光距離の起点）が容易に定められるものであること。
- (b) フィラメントは十分に枯化され、ピッチ及び太さが均一で、測定に影響を与えるキズ、サグ、その他の欠点がないこと。
- (c) フィラメントがつり線に接触する部分は、コイルしていない部分で接触していること。
- (d) フィラメントとつり線は、接触状態が容易に変化しないような構造であること。
- (e) フィラメントは、ガラス球内の適当な位置に、ゆがみなく張られていること。
- (f) ガラスバルブは、無色透明で、キズ、脈理、気泡など測定に影響のある欠点がないこと。
- (g) 口金は、ガラスバルブに正しく固定され、接触不良のおそれがないこと。

### 3-2. 分布温度

(1) 名称：単平面型分布温度標準電球

(2) 特定副標準器の具備条件：

- (a) フィラメントが単一平面状に張られ、測光方向及び測光中心（測光距離の起点）が容易に定められるものであること。
- (b) フィラメントは十分に枯化され、ピッチ及び太さが均一で、測定に影響を与えるキズ、サグ、その他の欠点がないこと。
- (c) フィラメントがつり線に接触する部分は、コイルしていない部分で接触していること。
- (d) フィラメントとつり線は、接触状態が容易に変化しないような構造であること。
- (e) フィラメントは、ガラス球内の適当な位置に、ゆがみなく張られていること。
- (f) ガラスバルブは、無色透明で、キズ、脈理、気泡など測定に影響のある欠点がないこと。
- (g) 口金は、ガラスバルブに正しく固定され、接触不良のおそれがないこと。

## 4. 特定標準器等による校正

### 4-1. 光度

(1) 特定標準器群を用いた特定副標準器の校正

特定標準器群を使用して特定副標準器を校正する流れを図1に示す。

①自己校正測定装置による比較受光器の分光応答度校正（レーザ波長点）

自己校正測定装置は主として極低温放射計から構成される。極低温放射計は入射する光のパワーと入力電力との等価性を利用して、レーザのパワーを高精度に決定する装置である。パワーが校正されたレーザを比較受光器（Si-PD トラップ検出器）に入射し、比較受光器からの出力電流を測定する事で、レーザ波長での比較受光器の分光応答度[A/W]が校正される（図1のAに対応）。

②単色平行光発生装置による分光視感効率近似受光器の校正及び照度応答度の決定

単色平行光発生装置は、ハロゲンランプ等の白色光源からの光を分光し、準単色な光放射を発生させる事が出来る装置である。この装置を用いて、分光応答度が校正された比較受光器を基準として、分光視感効率近似受光器との比較校正を行い、分光視感効率近似受光器の分光応答度[A/W]を校正する。この時、当該装置の持つ内挿機能より、レーザ波長以外での単色光のパワーも評価される。さらに、分光視感効率近似受光器に開口面積が校正された精密アパーチャを組み合わせる事により、分光視感効率近似受光器の照度応答度[A/lx]を得ることができる（図1のBに対応）。

③作業用標準器の校正と、それによる特定副標準器の校正

上述の照度応答度が校正された分光視感効率近似受光器を用いて、正確な距離設定が可能な測光ベンチ上で作業用標準器を測定することで、作業用標準器が校正される。校正された作業用

標準器を用いて、同じ測光ベンチ上で特定副標準器と比較測定することで、特定副標準器の光度[cd]が校正される（図1のCに対応）。

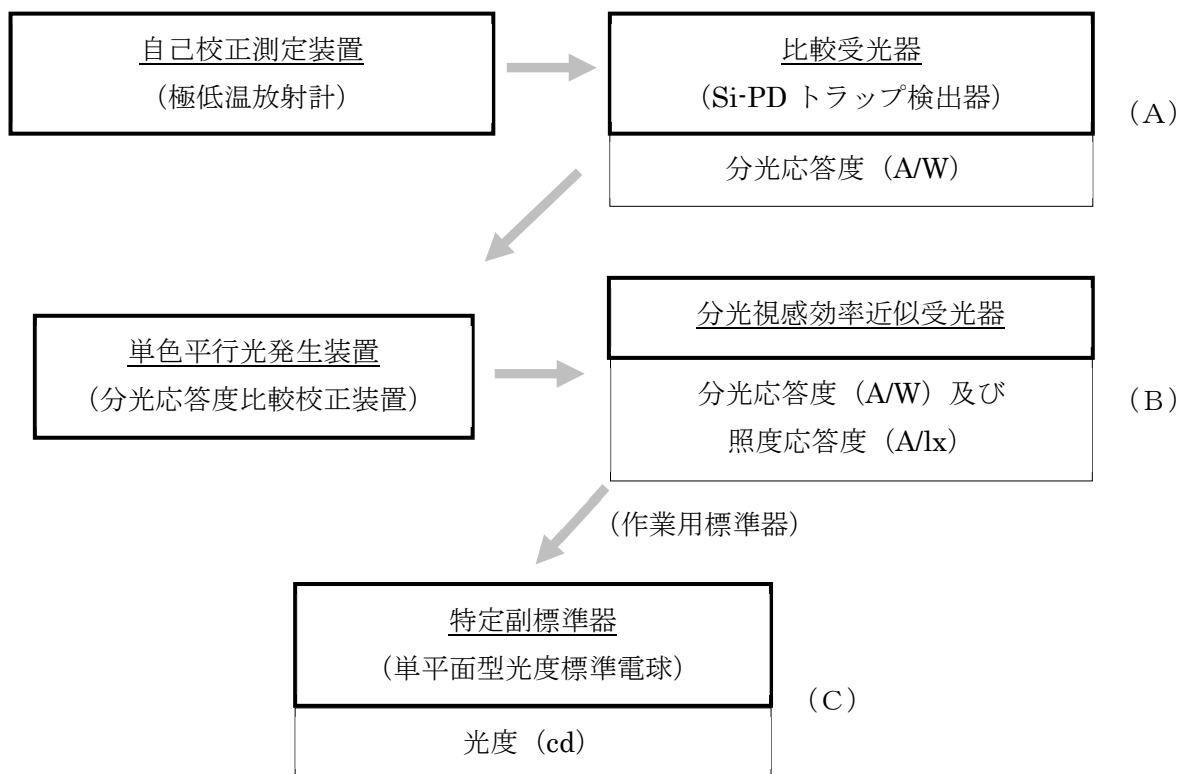


図1：特定標準器群を用いた特定副標準器校正の流れ（光度）

(2) 特定副標準器を用いた特定二次標準器の校正

特定副標準器を使用して特定二次標準器を校正する流れを図2に示す。

①作業用標準器の校正

作業用標準器の校正は、測光ベンチを用いて測光軸上の同じ位置（同じ測光距離）に特定副標準器と作業用標準器を設置したときの光出力を比較することで作業用標準器の光度[cd]が校正される。

②特定二次標準器の校正

特定二次標準器の校正は、①で校正された作業用標準器を用いて、①と同様に比較測定することで特定二次標準器の光度[cd]が校正される。

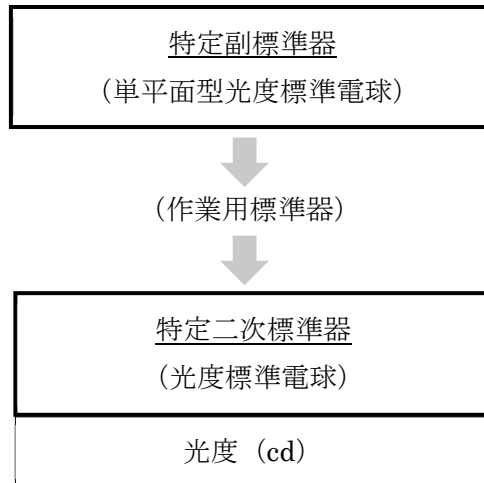


図 2：特定副標準器を用いた特定二次標準器校正の流れ（光度）

#### 4-2. 分布温度

##### (1) 特定標準器を用いた特定副標準器の校正

特定標準器を使用して特定副標準器を校正する流れを図 3 に示す。

分光放射輝度照度測定装置は、校正対象光源から特定位置に設置された拡散反射板を介して、分光器に導入された光を測定した際の検出器系からの出力信号と、同じ幾何条件で標準光源を測定した場合の出力信号との比較に基づき、被照射面における単位面積、単位波長あたりの放射パワー（分光放射照度 $[(W/m^2)/nm]$ ）を、紫外域、可視域および近赤外域で校正可能な装置である。この装置を用いて、分光放射照度作業用標準器と分布温度作業用標準器からの出力を、各波長で比較校正することにより、分布温度作業用標準器の分光放射照度が校正される。次に、分布温度作業用標準器を基準として、同様の比較測定の原理により、特定副標準器の相対分光分布を測定し、最も近い黒体の温度として、特定副標準器の分布温度 $[K]$ を決定する。

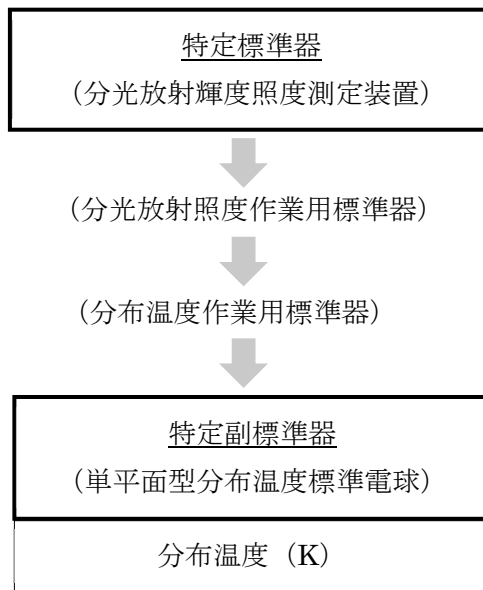


図 3：特定標準器群を用いた特定副標準器校正の流れ（分布温度）

(2) 特定副標準器を用いた特定二次標準器の校正

特定副標準器を使用して特定二次標準器を校正する流れを図 4 に示す。

①作業用標準器の校正

作業用標準器の校正は、測光ベンチ上に設置した 2 種類の分光応答度を持つ測光器を用いて特定副標準器と作業用標準器の応答比を比較することで分布温度[K]が校正される。

②特定二次標準器の校正

特定二次標準器の校正は、①で校正された作業用標準器を用いて、①と同様に比較測定することで特定二次標準器の分布温度[K]が校正される。

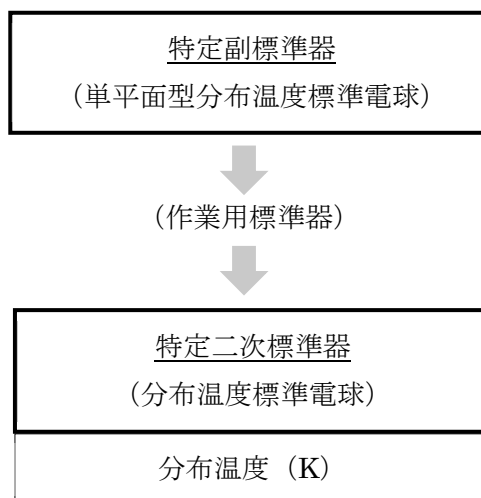


図 4：特定副標準器を用いた特定二次標準器校正の流れ（分布温度）

## 5. 特定標準器による校正等を行う者（計量法第 135 条第 1 項）

### 5-1. 光度

(1) 特定標準器による校正を行う者  
国立研究開発法人産業技術総合研究所（変更なし）

(2) 特定副標準器による校正を行う者  
日本電気計器検定所（変更なし）

### 5-2. 分布温度

(1) 特定標準器による校正を行う者  
国立研究開発法人産業技術総合研究所（変更なし）

(2) 特定副標準器による校正を行う者  
日本電気計器検定所（変更なし）

## 6. 特定二次標準器

### 6-1. 光度

(1) 光度標準電球であって、校正範囲が 10 カンデラ以上 3000 カンデラ以下のもの

(2) 特定標準器による校正等の期間（校正周期）  
3 年

### 6-2. 分布温度

(1) 分布温度標準電球であって、校正範囲が 2000 ケルビン以上 3000 ケルビン以下のもの

(2) 特定標準器による校正等の期間（校正周期）  
3 年

## 7. 追加の影響

単平面型標準電球を特定副標準器として校正する際に影響する不確かさ要因としては、点灯安定性、設置再現性、逆二乗則からの外れが挙げられる。コイルM字型標準電球以外の単平面型標準電球を用いてそれぞれの項目を評価し、コイルM字型標準電球と比較した結果を表 1 に示す。なお、コイルM字型標準電球の数値は過去の評価結果に基づくものである。表 1 から、コイルM字型標準電球以外の単平面型標準電球においても、コイルM字型標準電球に劣らない結果となっているため、同等の不確かさで校正が可能である。

表 1：主要な不確かさ要因の比較

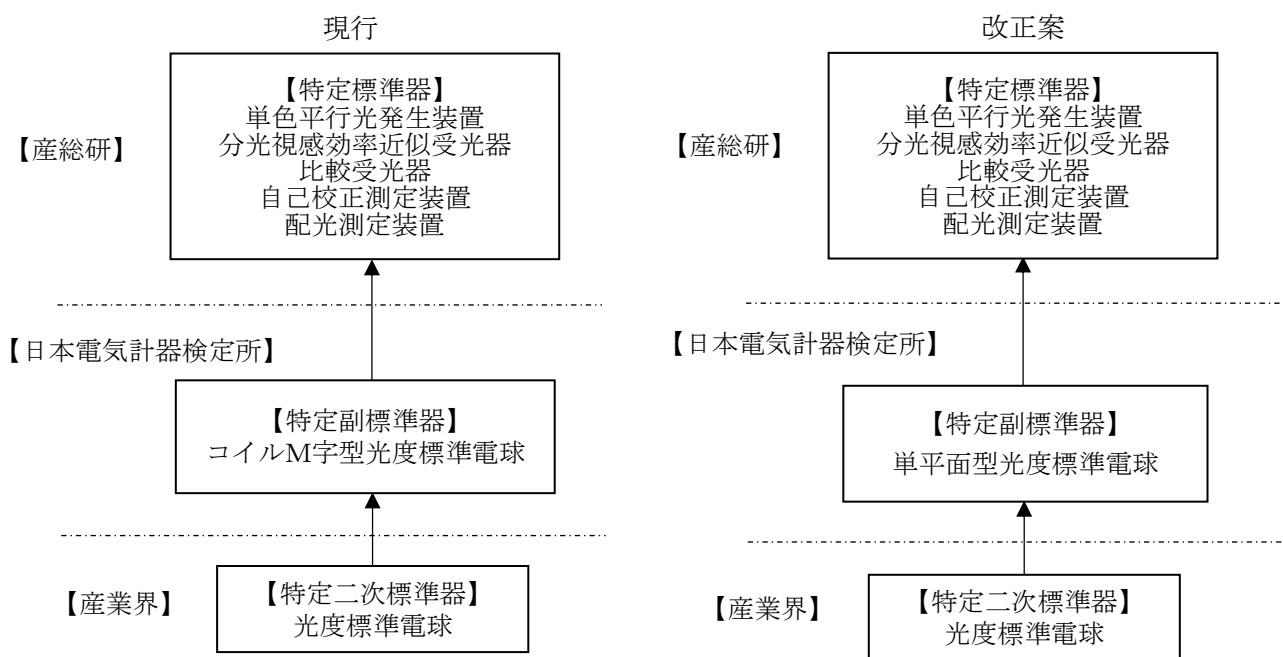
項目	相対標準不確かさ [%]	
	コイルM字型標準電球	コイルM字型標準電球以外の単平面型標準電球
点灯安定性	0.02	0.02
設置再現性	0.06	0.04
逆二乗則からの外れ	0.14	0.09

## 8. トレーサビリティ体系図及び測定の不確かさ

### 8-1. 光度

#### (1) トレーサビリティの体系図

コイルM字型以外の単平面型光度標準電球を特定副標準器として追加し、単平面型光度標準電球を特定副標準器とする前後のトレーサビリティの体系図を以下に示す。



#### (2) 測定の不確かさ

①特定標準器による特定副標準器の校正不確かさは次を想定している。

相対拡張不確かさ 0.64 % ( $k=2$ )

②特定副標準器による特定二次標準器の校正不確かさは次を想定している。

相対拡張不確かさ 1.0 % ( $k=2$ )

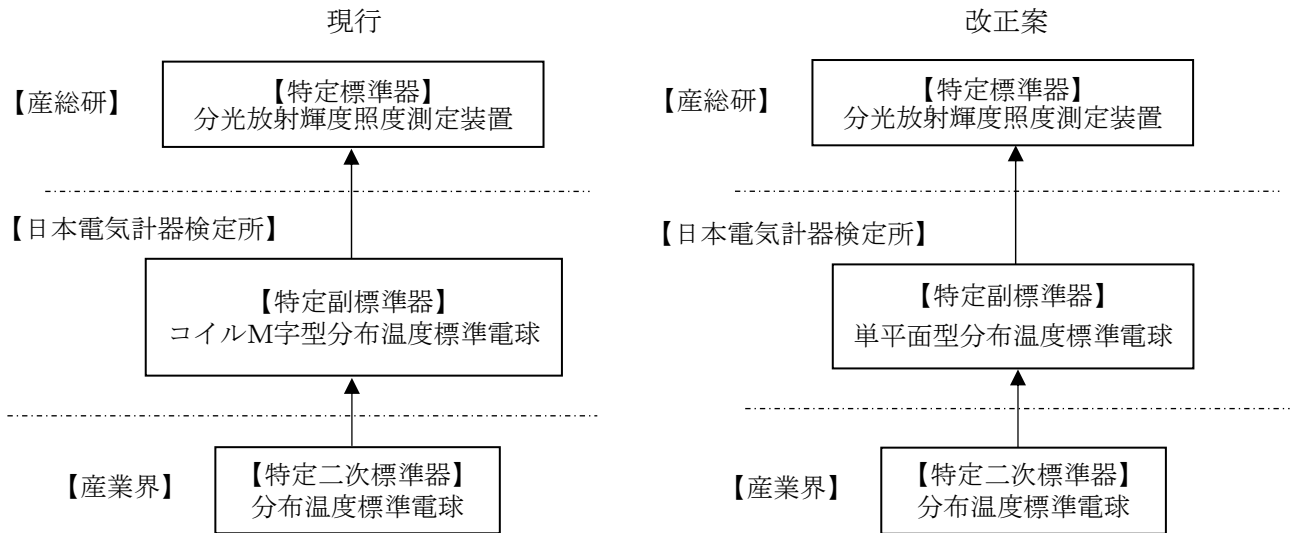
③特定二次標準器による校正対象計量器の校正不確かさは次を想定している。

相対拡張不確かさ 1.1 % ( $k=2$ )

## 8-2. 分布温度

### (1) トレーサビリテイの体系図

コイルM字型以外の単平面型分布温度標準電球を特定副標準器として追加し、単平面型分布温度標準電球を特定副標準器とする前後のトレーサビリテイの体系図を以下に示す。



### (2) 測定の不確かさ

① 特定標準器による特定副標準器の校正不確かさは次を想定している。

拡張不確かさ 15 K ( $k=2$ )

② 特定副標準器による特定二次標準器の校正不確かさは次を想定している。

拡張不確かさ 17 K ( $k=2$ )

③ 特定二次標準器による校正対象計量器の校正不確かさは次を想定している。

拡張不確かさ 18 K ( $k=2$ )