

校正等の実施 分光全放射束

1. 背景

製品ごとに多種多様なスペクトルを持つ LED 照明の普及に伴い、光源のエネルギー効率や光の質（光源色）に対する顧客の品質要求が厳しくなっている。こうした動きの中で、光源に対する正確な測光データが求められており、従来の国家標準にトレーサブルな全光束（lm）測定に加えて光源色の測定ニーズが高まっている。光源色などの性能を正確に評価するためには、分光測定に基づく評価が必要不可欠であり、従来の全光束標準ではなく、スペクトル情報を正確に与える分光全放射束標準の使用が必要である。

これまで、白熱電球に代表される従来光源においては、標準光源と被校正光源のスペクトルの形が同一または類似しているため、分光せず直接測光量を測定する校正方式が主流であった。しかしながら、LED 照明においては、素子や蛍光体の組み合わせに依存して多種多様なスペクトルの製品が可能である（下記図）。そのため、従来の校正方式では、スペクトルの違いに基づく補正を正確に行うことが困難となる問題が生じている。そのため、分光測定に基づく分光全放射束標準の供給が求められてきた。産総研では、2014 年に可視波長域（波長 360 nm から 830 nm）における分光全放射束標準を実現し、依頼試験制度に基づき校正サービスを実施してきた。その後、JNLA 制度に基づく認定試験所の運用等を通じて、国家標準にトレーサブルな測定の重要性が広く関係業界内で認知されるようになり、同時に、光源色に代表される照明用光源に対する品質要求の一層の高まりから、より高精度な測定を製造現場で求められるようになり、分光全放射束標準の校正ニーズが増大した。現在、複数の光分野の JCSS 登録事業者より、分光全放射束標準の JCSS 化の要望が出されている。

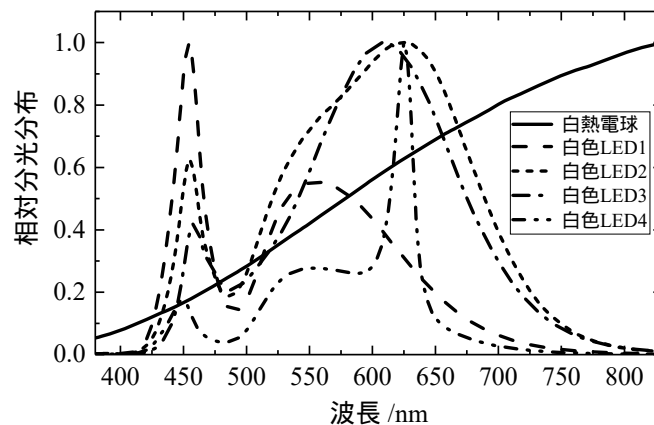


図 白熱電球、各種白色 LED のスペクトルの例

2. 特定標準器

分光全放射束標準は、以下の 6 個の指定済み特定標準器を使用して実現される。

- ・自己校正測定装置
- ・比較受光器

- ・単色平行光発生装置
- ・分光視感効率近似受光器
- ・配光測定装置
- ・分光放射輝度照度測定装置

3. 特定標準器による校正

(1) 特定標準器の概要

- ・自己校正測定装置

入射する光のパワーと入力電力との等価性を利用して、入力電力を電気標準に基づいて校正する事により、入射する光の絶対放射パワー（W）を極めて高精度に校正可能な極低温放射計である。

- ・比較受光器

複数の光検出器（シリコンフォトダイオード）の配置を工夫してトラップ構造とすることで、光検出器全体の実質的な反射率をほぼゼロとした受光器である。同一のレーザー光源からの光を自己校正測定装置および比較受光器に交互に入射し、校正された入射光の絶対放射パワー（W）に対する比較受光器からの信号強度を求めることで、レーザー波長点での比較受光器の、波長に対する応答（分光応答度（A/W））が校正される。

- ・単色平行光発生装置

ランプ等の白色光源と分光器を組み合わせて、ほぼ単色で平行な光放射を紫外域、可視域および近赤外域において、分光した状態で発生可能な装置であり、光検出器の分光応答度の高精度校正に用いられる。また、レーザー波長点で求められた比較受光器の分光応答度（A/W）に基づき、レーザー波長点以外での分光応答度を求める機能を有している。

- ・分光視感効率近似受光器

人間の目の感度（分光視感効率）に近似した分光応答度を持つ受光器である。単色平行光発生装置から発生した単色平行光を、分光視感効率近似受光器に入射させ、その信号強度を測定することにより、分光応答度（A/W）の校正が可能である。分光視感効率近似受光器は、開口面積が校正された精密アパーチャを有しており、得られた分光応答度（A/W）から、分光視感効率に基づく測光量への変換により、照度応答度（A/lx）が求められる。そして、照度応答度（A/lx）の校正値から、設置位置での照度（lx）、更には逆二乗則に基づき光源の光度（cd）が校正される。

- ・配光測定装置

校正対象となる光源から全方向に発生される光束（全光束：lm）の総和を測定するための装置である。校正対象光源を中心とした回転アームに取り付けられた校正済み受光器によって、各空間位置での光度分布（または光源からある距離での仮想球面上での照度分布）が求められる。光度（cd）は単位立体角に含まれる光束（lm/sr）として定義されるため、得られた光度分布（または照度分布）を全空間（ 4π sr）で積分することによって、光源の全光束（lm）が求められる。

- ・分光放射輝度照度測定装置

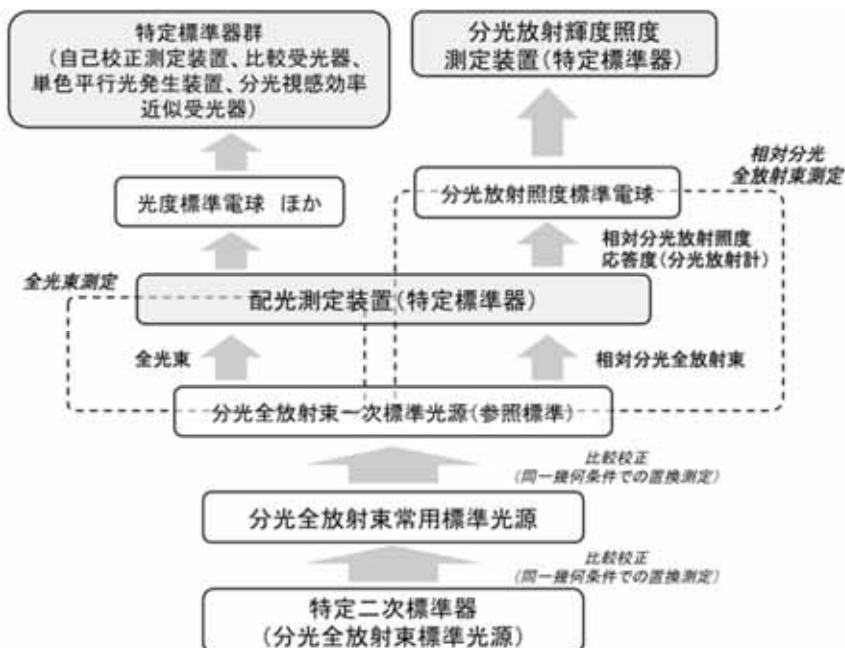
校正対象光源から特定位置に設置された拡散反射板を介して、分光器に導入された光を測定した際の検出器系からの出力信号と、同じ幾何条件で標準光源を測定した場合の出力信号との比較に基づき、校正対象光源の単位面積、単位波長あたりの放射パワー（分光放射照度（ $W/m^2/nm$ ）を、紫外域、可視域および近赤外域で校正可能な装置である。

(2) 特定標準器による特定二次標準器の校正方法

上記の特定標準器群のうち、自己校正測定装置、比較受光器、単色平行光発生装置、分光視感効率近似受光器、および配光測定装置を用いることで、全光束標準（lm）が実現される。また、分光放射輝度照度測定装置を用いることで、分光放射照度標準（ $W/m^2/nm$ ）が実現される。これらの標準量については、現状の jcss 体系において、各特定標準器（群）に基づく特定副標準器校正が行われている。

分光全放射束標準（ W/nm ）は、全光束標準と分光放射照度標準を組み合わせることによって実現される。具体的には、配光測定装置に取り付けたマルチチャンネル型分光放射計を、分光放射照度標準電球を用いて校正した後に配光測定することにより、測定対象光源の各角度方向における相対分光放射強度（単位立体角あたりに放出される分光放射束の相対値）が求められる。得られたデータを空間積分することで、相対分光全放射束（全空間に放出される分光放射束の相対値）となる。次に、従来の $V(\lambda)$ 受光器を用いた配光測定によって、同じ測定対象光源の全光束を求める。得られた全光束値と、相対分光全放射束を分光視感効率に基づき測光量に変換した値との比を求めることで、相対分光全放射束を絶対分光全放射束に変換する係数が得られ、これにより分光全放射束標準が実現される。

これら特定標準器群に基づき分光全放射束標準を実現する体系を以下に示す。



4. 計量法第 135 条第 1 項に基づく校正実施機関

国立研究開発法人産業技術総合研究所

5. 特定二次標準器

(1) 特定二次標準器の指定

分光全放射束標準光源であって、校正範囲が 360 ナノメートル以上 830 ナノメートル以下であるもの。

(2) 特定二次標準器の具備条件

A) 仕様など

1. 定格 24V-150W のハロゲン電球で、E26 - E11 口金変換アダプタを伴うもの。
2. E26 - E11 口金変換アダプタの口金の先端からハロゲン電球のフィラメントの中心までの長さが約 135 mm であること。
3. フィラメントは、十分に枯化されたもので、ピッチ及び太さが均一でキズその他の欠点がないこと。
4. ガラス球は、無色透明で、キズ、脈理、気泡など測光に影響のある欠点がないこと。
5. 口金は、ガラス球に正しく固定され、接触不良のおそれがないこと。
6. 器物番号は、測光上の特性を妨げない部分に明確に表記されていること。
7. 同種のものを 2 個以上保有することとし、またこれらを群管理すること。

B) 校正範囲

波長：360 nm 以上 830 nm 以下

(校正値は上記波長範囲において、5 nm 間隔の離散波長点で与えられる)

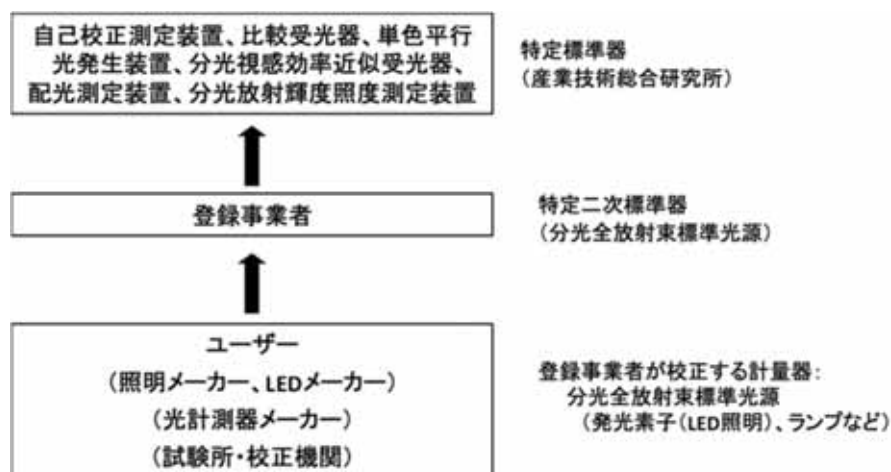
分光全放射束： $2 \text{ mW nm}^{-1} \sim 100 \text{ mW nm}^{-1}$

C) 特定標準器等による校正の期間

校正周期は 3 年である。

6. トレーサビリティ体系図および測定の不確かさ

(1) トレーサビリティ体系図



(2) 測定の不確かさ

特定標準器による校正等における相対拡張不確かさ($k=2$)は、下記のとおりである。

- ・相対拡張不確かさ (校正測定能力、 $k=2$) 3.3 % - 4.9 % (波長域に依存)

【内訳】

360 nm - 400 nm : 4.9 %、 405 nm - 450 nm : 4.2 %

455 nm - 600 nm : 3.3 %、 605 nm - 830 nm : 3.4 %

登録事業者が行う校正における相対拡張不確かさ($k=2$)は、3.5 %から 5.5 %程度を想定している。

以上