

2024年8月21日

報道解禁制限あり【8月21日14時解禁】

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 / 日亜化学工業 株式会社

照明空間の明るさ評価に救世主

照度計校正に必須の光度標準電球の枯渇をLEDで解決

ポイント

- 白熱電球の標準スペクトルを再現するLEDベースの標準光源を開発し、国家計量標準により、その妥当性を確認
- LED素子の適切な安定化処理で点灯劣化の速度を既存の光度標準電球の20分の1に抑制
- 照度計の校正で世界的に懸念される光度標準電球の枯渇問題を解決へ



概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という）物理計測標準研究部門 神門 賢二 主任研究員、木下 健一 主任研究員、中澤 由莉 主任研究員、日亜化学工業株式会社（以下「日亜化学工業」という）は、国際照明委員会が定める白熱電球の標準スペクトルを発光ダイオード（LED）で再現し、既存の光度標準電球を代替する光源を開発しました。

照明空間の快適な明るさは照度計により評価されます。照度計（照度センサー）は、スマートフォンへの組み込みやディスプレイの調光に活用されるなど、身近な計測器です。2020年4月以降に販売された新型の自動車には、安全の観点から薄暮時間帯の無灯火を無くすために、オートライトが義務付けられました。周囲の照度が1000ルクス（lx）未満になると、ヘッドライトを自動的に点灯させる機能が搭載されています。自動車の安全管理の観点からも照度計を正しく使用するためには、国家計量標準にトレーサブルな校正を受けるなど、正確な照度の計測・管理が重要です。

照度計の校正は、照度計を販売する各メーカーおよび試験機関において、国家計量標準にトレーサブルに校正された白熱電球である「光度標準電球」を基準として行われています。しかし、白熱電球は世界的に生産されなくなってきており、光度標準電球の枯渇が問題になっています。

そこで、産総研と日亜化学工業は、光度標準光源が示す標準スペクトル（CIE 標準イルミナント A）を LED で再現した光源（イルミナント A 標準 LED）を開発しました。イルミナント A 標準 LED は照度計の校正に必要なスペクトルや照度値などの仕様を満たすだけでなく、LED 素子の安定化処理を適切に行うことで、点灯劣化を光度標準電球の 20 分の 1 程度に抑制できます。このため、現場での標準光源の校正周期の延長や測定精度の向上も期待できます。

なお、この技術の詳細は、2024 年 8 月 16 日に「*Measurement*」に掲載されました。

下線部は【用語解説】参照

開発の社会的背景

われわれは、照明により昼夜を問わず快適に生活することができます。照明空間の快適な明るさは照度計により評価されます。スマートフォンや自動車にも簡易的な照度計が組み込まれ、ディスプレイの明るさの調光やライトのオン・オフ制御に活用されています。照度は、物体表面を照らす光の量を表す物理量であり、法令で作業内容や空間用途に応じた「最低照度」ならびに JIS で「推奨照度」が定められています。照度計は、特定計量器に指定されるものがあるなど、重要かつ身近な計測器として、われわれの生活を支えています。さらには、近年販売されている自動車にはヘッドライトを自動的に点灯させる機能が義務付けられたように、光を活用したオートメーション化により照度計や照度センサーの市場規模はますます大きくなると予測されています。

照度計を正しく使用するには、照度の基準となる標準光源による校正が必要です。定められた標準スペクトルを再現し、また測定距離の起点が明確であるなどの特性を有する、「光度標準電球」が標準光源として長らく用いられてきました。光度標準電球を用いた照度計の校正体系は、産業界で長い期間、有効に機能してきました。しかし、世界的な白熱電球の生産中止により、この校正体系の維持が困難になっています。日本の国家計量標準機関である産総研には、照度計メーカーや試験機関から、イルミナント A のスペクトルを再現し、照度計の校正で使用できる新たな標準光源の開発の要望が多数寄せられています。

研究の経緯

光度標準電球の生産中止は、照明・光センサー産業全体の発展を妨げるため、緊急の解決策が必要です。産総研と日亜化学工業は、この問題を解決するために、LED を用いた標準光源の開発に着手しました。産総研は、光度標準電球の代替に必要なイルミナント A のスペクトルを再現する光源の照度値などの開発目標を定めるとともに、LED にすることの利点(点灯劣化の改善や取扱いの容易さなど)を明確化しました。開発にあたっては、全方向形標準 LED の共同開発（2021 年 08 月 30 日 産総研プレス発表）で得られた温度安定化技術や高精度評価技術などの基盤技術を用いています。日亜化学工業がイルミナント A のスペクトルを再現する LED ベースの標準光源を試作し、その試作品を産総研が国家計量標準を基に性能評価、および、製作にフィードバックを行い、産総研と日亜化学工業の有する技術の強みを融合してイルミナント A 標準 LED の開発を進めました。

研究の内容

イルミナント A 標準 LED (図 1a)は、ガラスバルブなどから構築される従来の白熱電球の標準光源と異なり、落としても簡単に壊れず、発光面が汚れない構造に設計されています。先端から内側奥の位置に、イルミナント A のスペクトルを再現する LED 素子が設置してあります。市販の照明用の白色 LED の多くは、青色 LED を励起光として黄色領域で発光する蛍光体を用いているため、青緑色領域や赤色領域で強度が弱い特徴があります。今回実装した LED 素子は青緑色領域や赤色領域でも発光する蛍光体を加え、各蛍光体の量を最適化することでイルミナント A のスペクトルを再現しています (図 1b)。イルミナント A 標準 LED は、点灯電流 300 mA、制御温度 90 °C の条件で点灯し、照度は 1 m の距離で約 180 lx になります。

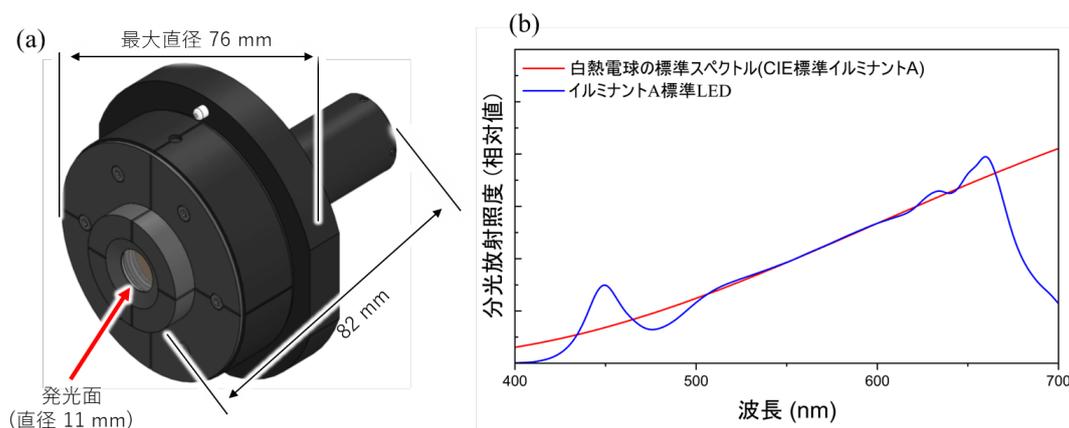


図 1 (a) イルミナント A 標準 LED の外観図、(b) スペクトル

※図は原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

LED 素子の放熱基板には温度制御のためのサーモジュールと白金測温抵抗体に取り付けてあり、発光部の温度を一定に保つことで、標準光源に必要とされる照度の安定性を実現しました (図 2 a: 点灯して安定になる 15-20 分経過後の照度を 100% として、4 時間で 0.02% (1 σ) 以下の変動)。また、周囲温度試験を行い、23 °C を基準とした周囲温度変動に対する照度変動が 0.04%/°C 以下であることも実証しました (図 2 b)。

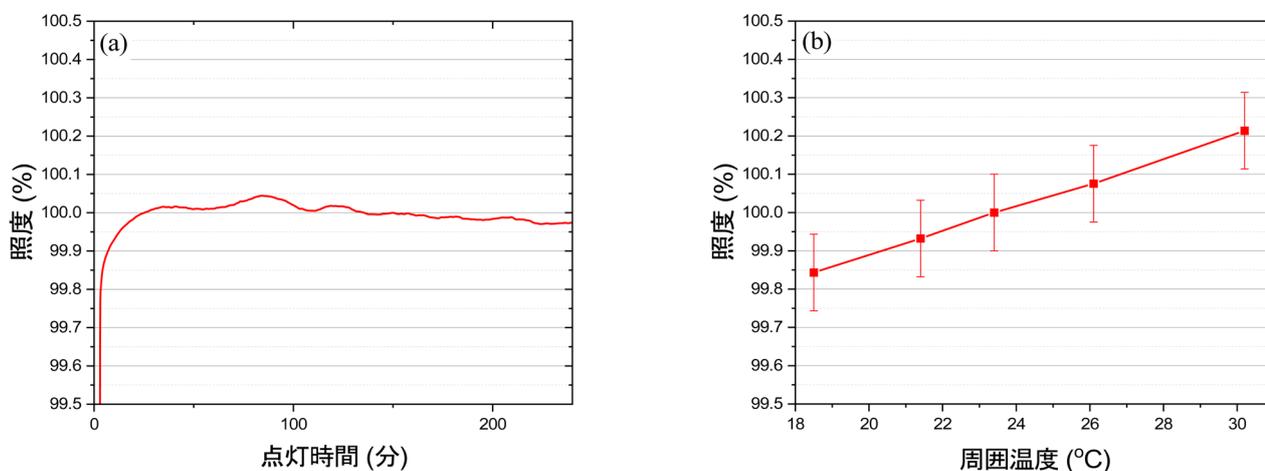


図 2 (a) 点灯時間に対する照度の変動, (b) 周囲温度の変化に対する照度の変動

※図は原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

図3は、イルミナントA標準LEDの点灯劣化試験の結果を示しています。従来の標準電球は、20時間程度点灯すると照度値が0.4~0.5%低下するため、例えば、20時間点灯ごとに再校正など、定期的に上位の校正機関で再校正を行う必要があります。イルミナントA標準LEDは組み立て前に実装するLED素子の安定化处理(点灯電流値よりも大きい電流値を流す枯化試験)を適切に行うことで、点灯劣化を約0.02%/20h(約400時間の劣化試験の結果の平均値)と、従来の光度標準電球に比べて20分の1程度まで抑制し改善することができました。点灯劣化が少ないという特性は、メーカー・試験機関における校正周期を従来の光度標準電球よりも長くできるだけでなく、SI基本単位の一つである光度の不確かさの改善につながります。

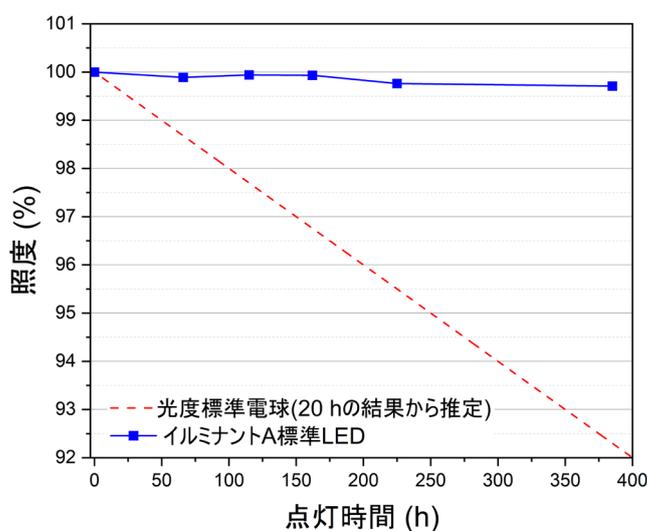


図3 光度標準電球とイルミナントA標準LEDの点灯劣化の比較

※図は原論文の図を引用・改変したものを使用しています。

さらに、産総研では、複数台の市販照度計に対して、標準光源にイルミナントA標準LEDを用いた場合と光度標準電球を用いた場合の校正結果の比較による妥当性の検証を行い、校正の繰り返しの再現性の範囲内で2つの校正結果が一致することを示しました。そして、所有している10機種以上の照度計評価データに対して、イルミナントA標準LEDのスペクトルがイルミナントAに完全に一致していないことに起因する誤差の解析を行いました。解析の結果、誤差が大きくなる可能性がある照度計の特性分析法や誤差を最小にするための補正方法を確立しました。一連の解析により、イルミナントA標準LEDが、光度標準電球を代替することが可能であることを実証しました。

今後の予定

イルミナントA標準LEDは、日亜化学工業からの販売を通じて、照度計の校正体系の維持に貢献します。さらに、イルミナントA標準LEDの校正可能な照度範囲の拡張を進めるとともに、スペクトル一致度の向上を進め、スペクトル一致度に起因する誤差のさらなる改善を目指します。産総研は、光度の不確かさ改善を目指し、イルミナントA標準LEDを利用した光度・照度単位の実現方法に関する精密分光測定技術の開発を進めます。

論文情報

掲載誌： *Measurement*

論文タイトル： LED-based standard source providing CIE standard illuminant A for replacing incandescent standard lamps

著者： Kenji Godo, Kenichi Kinoshita, Yuri Nakazawa, Kohei Ishida, Ai Fujiki, Mako Nikai, Yumiko Niimi, Hideki Teranishi, Tetsuya Nishioka

DOI： 10.1016/j.measurement.2024.115479

用語解説

光度標準電球

白熱電球やハロゲン電球など、フィラメントを用いた電球による標準光源のこと。熟練した職人が一つ一つ手作りするなどの高い技術で製造され、測定対象となる放射量や測光量によって、配光や電球形状が異なる。光度は、点光源を頂点とし、ある方向に向かう光束を、その方向への単位立体角あたりの光束に換算した値である。光度と照度の間には距離の逆二乗則と呼ばれる法則が成り立つため、光度値が校正された光度標準電球を用いれば、照度計の校正が可能である。

国家計量標準にトレーサブル（計量トレーサビリティ）

ユーザーの計量・計測機器から国家計量標準に至る校正の切れ目ない連鎖を指す。製品の安全性担保や輸出入などの円滑な商取引に欠かせない。

CIE 標準イルミナント A(イルミナント A)

国際照明委員会(CIE)で規定された白熱電球の標準スペクトルであり、約 2856 K の温度における黒体からの光のスペクトルである。光度標準電球は、イルミナント A のスペクトルを再現する光源として、照度計校正で使用されてきた。

特定計量器

計量法によって定められている取引もしくは証明における計量に使用される計量器のこと。例えば、"はかり"など。

機関情報

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

<https://www.aist.go.jp/>

ブランディング・広報部 報道室 hodo-ml@aist.go.jp

日亜化学工業 株式会社

<https://www.nichia.co.jp/jp/>

総務部 総務広報課 pr_hq@nichia.co.jp