

教育, 協働, 技術 ~照明で盛り上がる関西

紫外 LED 測光システムの紹介

Introduction of Measurement Systems for UV Spectral Radiation

◀キーワード: UV-LED, 紫外放射, 積分球, 配光測定装置, 分光検出器, 不活性化

◀KEYWORDS: UV LED, UV radiation, integrating sphere, gonio-photometer, spectrophotometer, inactivation

ABSTRACT

In September 2019, Morinomiya Center of Osaka Research Institute of Industrial Science and Technology installed ultraviolet photometry systems in response to growing UV LEDs development and spread of industrial application of them. The new systems include an integrating sphere, a luminous intensity distribution photometer, and standard light sources. The integrating sphere has a diameter of 5.3 inches and is designed to measure radiant flux from UV-LEDs mounted on substrates up to 60 mm in diameter. The luminous intensity distribution photometer is capable of measuring at a test distance of up to 1 m, and light sources up to 10 cm in length can be measured. In this paper, we will introduce the details of the installed systems and measurement examples.

1. はじめに

地方独立行政法人大阪産業技術研究所は大阪府立産業技術総合研究所（産技研）と大阪市立工業研究所（市工研）が2017年4月1日に統合し設立された研究所である。現在はそれぞれ当研究所の和泉センター、森之宮センターとして活動している。

筆者が所属する森之宮センターでは統合前の2011年4月に積分球と配光測定装置などを備える「次世代光デバイス評価支援センター」を設置した。これはLEDチップから直管ランプ、各種照明器具および平面ディスプレイなど幅広いLED応用製品の総合的な光学性能評価が可能な関西初の施設であった。当時は直管LEDランプやLED電球が普及しはじめた頃でもあり、初年度は1,300件の測定依頼を頂いた。現在でも多くの企業から測定依頼を頂いている。今回は2019年に当センターに追加導入した紫外LED測光システムを紹介する。

紫外放射は印刷塗装における乾燥、半導体やフラットパネルディスプレイの製造プロセスにおける露光、瞬時加熱、基盤洗浄、食品製造や衛生管理における液体や空気を対象にした殺菌など様々な用途で利用されている¹⁾。特に最近では、新型コロナウイルス感染症の拡大防止に向けた殺菌（不活化）作用が注目されており当センターへの問い合わせも増加している。従来この紫外放射の光源には水銀灯やハロゲンランプが使用されていたが、最近ではLEDへの置き換えが進んでいる。紫外LEDのメリットには水銀フリーのため環境負荷が小さい、単一波長のためフィルタレスにできて光源を小型化、軽量化できる、また予備点灯不要などが挙げられる。現時点ではまだ発光効率が低いが、新技術の開発で解決されることによって普及が進むと予想されている²⁾。

紫外放射で所望の効果を得るにはその強さや照射範囲を正確に知る必要があるが、当センターの紫外LED測光システムの積分球を使えば比較的簡単に全放射束が得られ、

配光測定装置を使えば照射範囲や範囲ごとの強度を正確に知ることができる。

2. 概要

紫外LED測光システムを構成する、積分球と配光測定装置、および測定時の基準となる標準電球の仕様を表1に示す。導入した分光検出器は1台で、受光用のガラスファイバーの接続先を変えることで積分球と配光測定装置での測定に対応する。それぞれの装置の仕様により、積分球の測定では重水素ランプとハロゲンランプ両方を用いて220~850 nmの範囲を測定することができ、配光測定装置では重水素ランプを用いた220~400 nmの範囲が測定可能

表1 紫外LED測光システムの仕様

Table 1 Specification of UV Spectral Radiation Measurement Systems.

積分球	
積分球径	直径5.3インチ
分光検出器	大塚電子(株) MCPD-9800 2285C 測定波長域 (220~850 nm)
測定可能範囲*	約0.04 mW ~0.8 W
試料サイズ	直径60 mm 以下
配光測定装置	
測定規格	JIS C8105-5を準用
装置タイプ	JIS C8105-5付属書 B.3. (a)
測光距離	100, 316, 500, 1,000 mm
分光検出器	MCPD-9800 2285C (220~400 nm)
測定可能範囲*	約0.01 μW/sr ~0.1 W/sr
試料サイズ	直径100 mm 以下
標準電球	
重水素ランプ	浜松ホトニクス(株) L7820-02 JCSS 校正範囲200~400 nm
ハロゲンランプ	ウシオライティング(株) JPD100V500WCS JCSS 校正範囲250~2,500 nm

*: 測定可能範囲はスペクトル形状に依存

である。また安全のため、点灯確認時は防護メガネをかけ、点灯後の測光操作は装置と別の部屋から行う。

次節以降に、標準電球、分光検出器、積分球、配光測定装置の詳細を測定例とともに述べる。

2.1 標準電球

紫外LED測光システムで使用する標準電球は重水素ランプとハロゲンランプの2種類であり、それぞれ200~400 nm, 250~2,500 nmの波長範囲で分光放射照度のJCSS校正を受けている。図1に両標準電球の分光放射照度を示す。標準電球を測定する際は専用のレールを使用することで測光距離を正確に保つことを可能にしている。図2にハロゲンランプを積分球で測定するときの設置方法、図3に重水素ランプを配光測定用受光部で測定する時の設置方法を示す。積分球ではハロゲンランプと重水素ランプを用いて220~850 nmの測定波長域を実現しているが、重水素ランプを測定する場合は図2のハロゲンランプを図3のよう

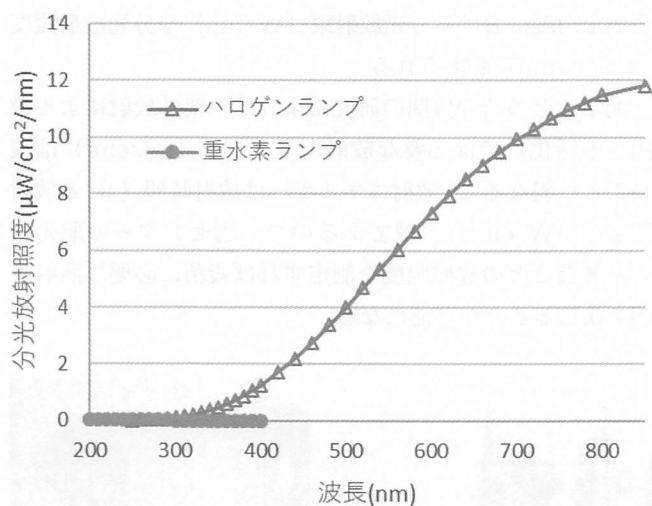


図1 標準電球の分光放射照度

Fig.1 Spectral irradiance of the standard lamps.

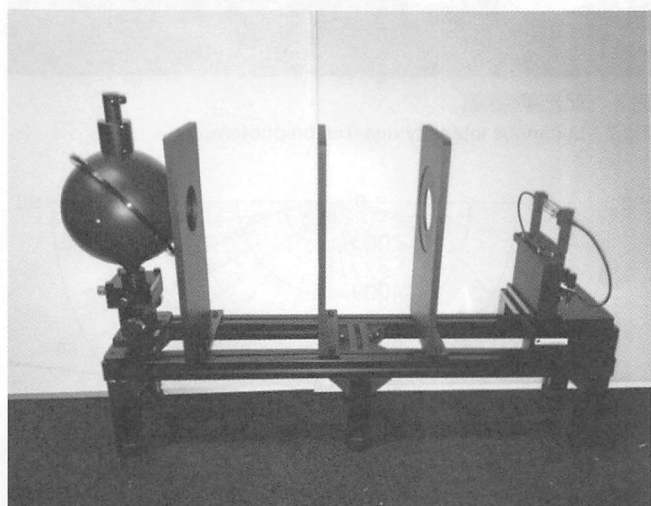


図2 積分球によるハロゲンランプの測定

Fig.2 Measurement setup for standard halogen lamp with integrating sphere.

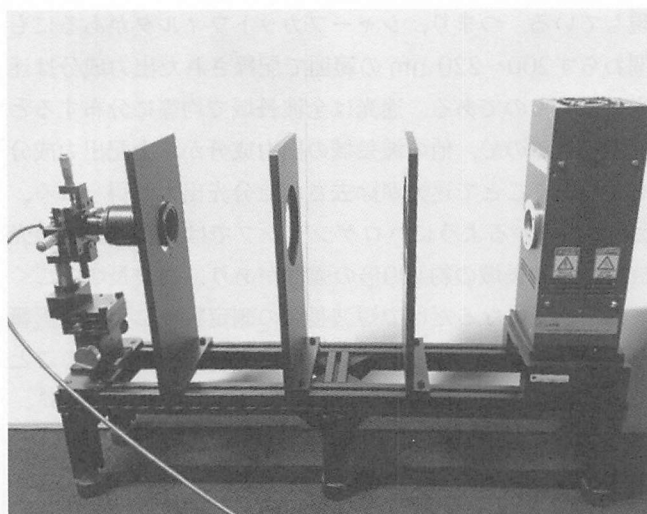


図3 配光測定装置による重水素ランプの測定

Fig.3 Measurement set up for standard deuterium lamp with luminous intensity distribution photometer.

に重水素ランプに交換して測定する。全ての場合で標準電球から受光部までの距離は500 mmになるよう設計されている。

積分球で図2のような配置で標準電球の測定を行っているのは、標準電球が積分球内に入らないためである。この測定では標準電球の分光放射照度のJCSS校正値と積分球の開口部面積から積分球内へ入射する分光放射束を求め、この分光放射束と分光検出器出力の対応関係を記録する。

2.2 分光検出器

導入した分光検出器は図4に示す大塚電子(株)製のMCPD-9800 2285Cで、波長220~850 nm間を512分割してスペクトルを測定できる。この分光検出器の特徴の一つに低迷光機能がある³⁾。この機能は、分光検出器に備わる220 nm以下の波長をカットするシャープカットフィルタと200 nm以上の波長を測定可能な受光器アレイで実

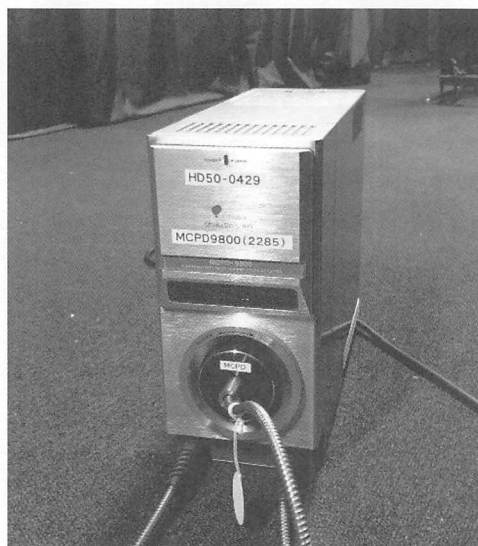


図4 分光検出器

Fig.4 Array spectrometer.

現している。つまり、シャープカットフィルタがあるにも関わらず200~220 nmの範囲で記録された出力成分は迷光によるものである。迷光は全波長域で均等に分布すると仮定できるので、他の波長域の出力成分から上記出力成分を差し引くことで迷光が除去された分光出力が得られる。図1から分かるようにハロゲンランプでは、長波長域の光放射は短波長域の約100倍の強度があり、長波長域のごく一部が迷光になるだけで短波長域の測定精度に大きな影響を及ぼす。本分光検出器はこの低迷光機能を搭載することで、迷光率を従来の約1/5に減らすことに成功している⁴⁾。

2.3 積分球

積分球は比較的コンパクトなスペース、短い時間で測定可能なことが特徴である。当センターに導入した紫外測光用積分球を図5に示す。写真の他に光源の自己吸収特性を測定するための光源を備えている。積分球は Labsphere 社製で、内壁コーティング材には、紫外域の範囲まで高い反射率、拡散性、耐久性を実現する同社のスペクトラロン

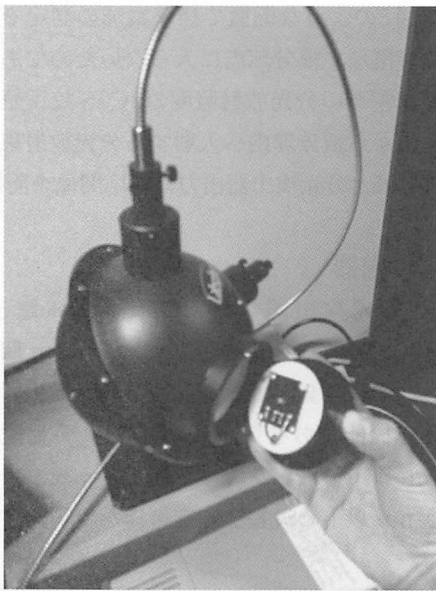


図5 積分球
Fig.5 Integrating sphere.

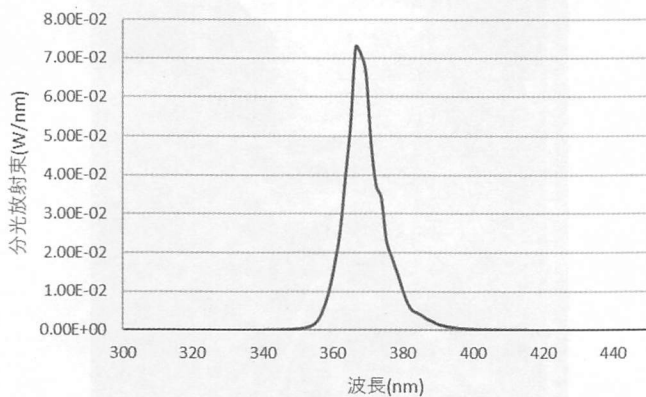


図6 積分球による分光放射束測定例
Fig.6 Example of spectral radiant flux measurement by integrating sphere.

が採用されている。被測定光源は図5のようにポート部に壁面取り付けられ、 2π 条件で測定される。積分球での測定例を図6に示す。このように積分球での測定では分光放射束 (W/nm) とこれらの総和である全放射束 (W) が得られる。

2.4 配光測定装置

紫外放射で期待する殺菌や乾燥の効果を得るには、照射範囲や強度が設計通りになっている必要がある。これらを確認するには配光測定が必要となる。配光測定装置を図7に示す。測定は可視光光源の配光測定に関する JIS C8105-5を準用して行う。写真に写っているのは、基盤に LED を実装したような板状の光源を取り付けるアタッチメントであるが、これ以外に E26の口金をもつ電球用や砲弾型 LED 用のアタッチメントも用意している。図8に測定例を示す。配光測定装置では図8に示した放射強度 (W/sr) の分布と放射照度 (W/m^2)、球帯係数法による全放射束 (W) が得られる。また分光検出器を用いているので各測定角度における分光放射束 (W/nm) や分光放射照度 ($W/m^2/nm$) も得られる。

大学などの研究機関の研究によれば、紫外放射による殺菌 (不活化) では必要な放射エネルギー (mJ/cm^2) は波長ごとに異なる⁵⁾。放射エネルギーは放射時間 (s) と放射照度 (mW/cm^2) の積であるので、当センターの配光測定で波長ごとの放射照度を測定すれば殺菌に必要な照射時間を決めることが可能になる。

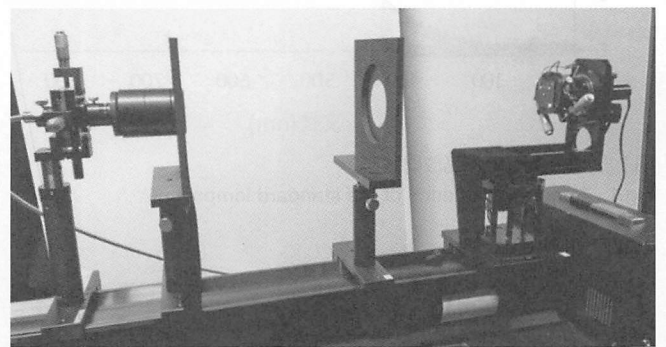


図7 配光測定装置
Fig.7 Luminous intensity distribution photometer.

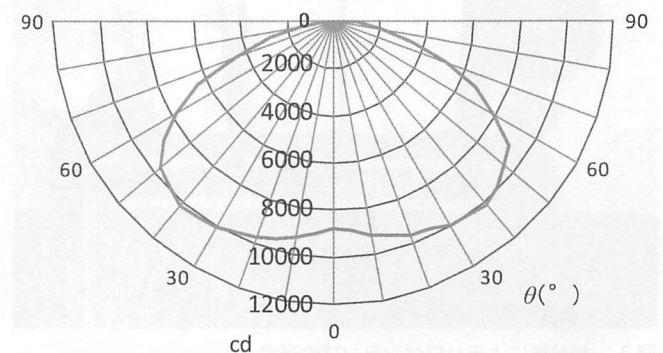


図8 配光測定例
Fig.8 Example of luminous intensity distribution measurement.

3. 企業支援

当センターでは上述した装置を用いた紫外測光に関する企業支援を行っている。料金は1測定当たりで決める方法と、1日当たりの装置使用で決める方法などがある。詳しくは問い合わせして頂きたい。現在のところ、放射照度や放射強度分布を必要とされる企業の方が多く、配光測定装置がよく利用されている。当センターの我々以外のグループでは、持ち込み頂いた光源を使った菌の不活性化試験なども行っている。

4. おわりに

本稿では企業支援に向けて当センターで導入した紫外LED測光システムを紹介した。同システムには積分球と配光測定装置が含まれており、短時間に分光放射束や全放射束を測定することも、正確に放射範囲と強度を測定することも可能である。

測定対象が比較的小さな光源に限られているが、その理由はJCSS校正された標準電球の紫外域での強度が弱く、大きな積分球や測光距離の長い配光測定装置で精度良く標準電球を測定できないからである。紫外域でより大きな発光強度をもつ標準電球が望まれる。

また現時点では積分球や配光測定装置による紫外域測光

に関するJIS規格は制定されていないが、これらの整備に合わせて当センターの装置を規格に適合させていくことが今後の課題である。

参考文献

- 1) 照明学会：照明ハンドブック，9，光放射の応用，オーム社，第3版（2020）。
- 2) 森下朋浩：紫外線放射LEDの実際，照学誌，105-2，pp.72-75（2021）。
- 3) 大久保和明：紫外分光放射計測におけるポリクロメータの迷光低減，照学誌，98-12，pp.618-621（2014）。
- 4) 大塚電子(株)マルチチャンネル分光器 MCPD-9800/6800 <https://www.otsukael.jp/product/detail/productid/26>（2022.3.25アクセス）
- 5) 徳島大学プレスリリース https://www.tokushima-u.ac.jp/fs/2/0/1/3/0/1/_/20201027press-2.pdf（2022.3.25アクセス）

著者紹介

北口 勝久

1992年大阪府立大学工学部機械工学科卒。1998年大阪市立工業研究所入所。2017年大阪産業技術研究所に組織変更。森之宮センターで、測光関連の企業支援に従事。

連絡先

(地独)大阪産業技術研究所 森之宮センター環境技術研究部
〒536-8553 大阪府大阪市城東区森之宮1-6-50
TEL: 06-6963-8149
E-mail: kitaguti@orist.jp

新・照明教室 照明の基礎知識 中級編（改訂2版・LED対応）



今回発行の「照明の基礎知識 中級編」は、前回の改訂版が平成17年に発刊されて以来、およそ10年目の改訂となりました。この間にLED照明の急速な普及があり、今回多くの章で取り扱っています。改訂2版では、最新のLED照明の内容を多く取り入れ、全面改訂いたしました。新たに索引を付け、また、付録も新しい内容に更新しております。学校のテキストや社員教育等にご活用いただけますようお願い申し上げます。

発行 2019年2月

装丁 B5判 110ページ 本文2色

税込価格 1,650円 会員価格 1,210円

送料 実費をいただきます。

申込方法 書籍名、冊数、会員番号、送付先（氏名、住所、勤務先、部署名、電話番号、FAX番号、E-mailアドレスを記載の上）事務局宛FAXまたはE-mailでお申込み下さい。請求書を同封の上、書籍を発送致しますので、指定口座にお振込み下さい。

TEL：03-5294-0101 FAX：03-5294-0102 E-MAIL：publication@ieij.or.jp