

照明器具と積分球のサイズが測定精度に与える影響

ミコライ・ブルジビラ

標準規格では、照明器具のサイズに基づいて積分球のサイズが規定されているが、製品開発やテストの多くの目的に対し、それよりも小さな積分球で、許容レベルの測定精度を得ることができる。

積分球は、光源の放射束や光束を高速かつ簡単に測定するためのツールである。パッケージLED部品や最終照明器具など、あらゆるサイズの光源の特性評価に一般的に使われている。製品開発やテスト測定では当然ながら、積分球テストによる正確な結果を文書として残すことが求められる。しかし、一部の標準規格で規定されているとおりに測定を実行しようとする、非常に大きな積分球が必要になり、高いコ

ストがかかる場合がある。本稿では、規定されているよりも小さな積分球を使用して所定のテストを行った場合に、精度にどれだけの影響が生じるかを調査することを目的に、一連の実験テストを行った結果を紹介する。ただし、正式に認可される実験結果を報告することを目的に、規定未満のサイズの積分球を使用することはできないことに注意してほしい。

測定システムの精度を最大限に高め

るには、システムのハードウェアやソフトウェアの選定時と使用時にいくつかの項目を検討しなければならない。特に、それが国際照明委員会(CIE: Commission Internationale de l'Éclairage)の規格に厳格に準拠しているかどうかである。厳格に準拠しようとする、サイズとコスト面でかなりの要件が課されるので、妥協策によって測定精度にどれだけの影響が生じるのかを把握したいと考える企業は多い。妥協策によって、対象作業の要件を満たす精度を維持しつつ、テストにともなう配線コストを最小限に抑えることができる可能性がある。

積分球の直径の選択

LED製品測定に関するCIE S025/2015規格に準拠して測定を行うには、特定のサイズ要件に従わなければならない。積分球の一般的な測定構成として、 2π 構成と 4π 構成の2つがある。最も一般的なのが 4π 構成で、テスト対象デバイス(DUT: Device Under Test)を積分球の中心に設置することが求められる。後方に光を放射しない光源をテストする場合は、DUTを積分球の外側に設置して、積分球の壁面にあるポートから光を照射する 2π 構成によって、 4π 構成よりも簡単に全光束を測定することができる。

4π 測定構成において、DUTの面積



図1 2mの積分球はかなりのスペースをとるが、CIE規格では、テスト対象の照明器具よりもはるかに大きな積分球を使用してテストを実施することが義務付けられている。

は積分球表面積の2%以下でなければならない。つまり、積分球の直径に対するDUTの割合は10分の1ということになる。DUTが外部に設置される2 π 構成では、ポート径は積分球の直径の3分の1以下でなければならない。

CIE S025は、世界中のすべての国でLED測定を統一することを目的に定められた国際規格である。同規格の条項は現在、欧州と北米照明学会（IESNA：Illuminating Engineering Society of North America）の光測定規格に含まれている。

結局のところ、ほとんどの実用的なサイズの積分球で測定できるのは、直径の小さなランプに限られる。図1に示したのは、2mの「GL Opti Sphere 2000」で、テスト対象の照明器具とは比べ物にならないほど大きいことがわかる。さらに大きな光源や照明器具の測定には、非常に大きな積分球か、ゴニオメーターを使用しなければならない。たとえば直径が3mを超えるような大きな積分球は、高額なうえに大きな設置スペースも必要になる。それと同程度に高額なゴニオメーターの場合は、周辺条件が一定であることと、光測定装置から大きく距離をとることが必要になる。どちらの手段も多くの企業や組織にとって、日常的な設計やテスト作業に使用するには、手が届きにくいものとなっている。

規定に従わないという選択

では、積分球測定の「黄金律」に従わずに非常に大きなDUTを測定したらどうなるだろうか。実際、実験結果の正式認可を求めている企業は、社内基準に従ってテストを行い、最大で積分球直径の30%までの大きさの照明器具を測定してよいとする測定方法を採用している。この方法による実験

表 さまざまな照明器具シミュレーションとDUTの測定結果

	1	2	3	4	5	6	7
DUT	LED	15×25	15×55	15×67	15×80	15×67	円形
面積 (cm ²)	2	1150	2350	2830	3350	4580	12,094
直径 (cm)	1	25	55	67	80	67	67
積分球表面積に対する割合 (* < 2%)	0	3	6	7	9	12	32
積分球直径に対する割合 (* < 10%)	1	23	50	61	73	61	61
吸収係数	1	1.9	2.79	3.23	3.71	4.52	4.81
一定の積分時間における信号レベル (%)	77	40	27	23	20	16	16
光束 (lm)	322.99	322.48	321.14	316.38	317.65	315.98	319.04
CCT (K)	3974	3978	3980	3977	3975	3972	3998
CRI	82.9	82.8	82.9	82.9	82.8	82.8	82.8
光束測定誤差 (%)	0	0.16	0.57	2.05	1.65	2.17	1.22
CCT測定誤差 (%)	0	0.1	0.15	0.08	0.03	0.05	0.6
CRI測定誤差 (%)	0	0.12	0	0	0.12	0.12	0.12
*推奨値							

室条件下での測定に対し、予想される不確かさは3～4%である。

比較的小さな積分球と大きなDUTという組合せの場合、DUTによって積分球反射が抑えられ、測定精度が低下するため、誤差が大きくなる。社内テストという目的に対して有意義な結果を導き出すという条件の下で、どのような妥協策が検討できるだろうか。本稿では、CIE規格に厳格に準拠する場合と比べて、驚くほど少ししか不確かさが増大しないことを裏付ける、一連のテストについて詳しく説明する。

テスト構成と方法

まずは、測定スタンドと、さまざまな照明器具のサイズをシミュレーションするための一連のDUTを考案した。基本的に各DUTは、同じLEDを異な

るサイズや形状の筐体に取り付けることによって構成されており、DUTのテスト干渉のさまざまな状況をシミュレーションするものとなっている。

直径1100mmの積分球とスペクトル範囲が340～780nmの分光放射計「GL Spectis 1.0」で構成される、積分球分光放射計「GL Opti Sphere 1100」を使ってテストを実施した。測定システムは校正済みだが、ロッドまたは測定スタンドの上に配置されたLEDのみを測定するリファレンス/ベーステストを用いた一連の実験測定の要件に合わせて校正されている。DUTのうちの最も小さいものをベースケースとし、ほかのDUT構成の結果をこのベースケースと比較した。図2に、異なるDUT構成を示す。

各DUT構成のテスト全体を通して、



図2 さまざまな照明器具のサイズと形状をシミュレーションするために、テストで使用したDUTの種類

以下の測定条件を厳格に維持した。

- ・TDKラムダ製のプログラマブルな安定化電源を使用
- ・LED積分時間とLEDスイッチオン時間は一定
- ・各測定間のLED冷却時間は3分以上

各DUT構成のテストを複数回繰り返した。DUTは、蛍光体変換型の白色LEDで、駆動電流0.6Aの場合の消費電力は5.6Wだった。

テスト結果の評価

得られた結果は、予想を上回るものだった。規格で定められている推奨レベルをとるところどころで上回っているにもかかわらず、誤差はわずか2%程度だった。

筐体のサイズと構造の影響については、意外な結果が得られた。15×25cm、15×55cm、15×67cm、15×80cm、50×67cmのDUTは黒色の発泡体でできており、円形のDUTは淡色のボール紙でできていて積分球の中

心円をほぼ満たすサイズだった。後者のほうが、それよりも小さな黒色発泡体のDUTよりも光束測定誤差が小さかった。測定結果は91ページの表に示したとおりである。

結論

正式に認可される実験テストを行うには当然、適用される規格に準拠する必要がある。しかし社内テストの場合は、照明器具のサイズを変えても、光束や比色分析値の測定結果の誤差は非常に

小さいことを、利用することができる。

DUTのサイズが大きくなるほど、光束の測定値は低下し、必要な自己吸収補正は大きかった。しかし再計算後、測定結果はかなり一定した。これは、反射率が97%よりも高い反射コーティング層を使って測定システムを適切に設計すれば、比較的大きなDUTに対しても、積分球の中で12回以上の反射が得られることを意味する。

積分球分光放射計システムの自己吸収係数を波長ごとに定義して、その合計値が測定対象物によって吸収される光束となるようにする必要があることに注意しなければならない。対象物のサイズと色によって、測定範囲全体で係数は異なる可能性があるので、正確な分光放射計または分光計を使用する必要がある。

規格で定められている測定原則に対して、より一般的な結論を導き出すには、さまざまな測定システムによって、さらなるテストと比較を行わなければならない。しかし本稿の実験により、正しいシステムと方法を採用すれば、規格で規定されているよりもはるかに大きな光源に対して、再現性と信頼性を備えた測定結果が得られることが実証された。

参考文献

- (1) CIE S 025/E:2015 Test method for LED Lamps, LED Luminaires and LED Modules, Vienna 2015.
- (2) Y. Ohno, "Integrating Sphere Measurements for CIE S025," CIE Tutorial and Expert Symposium on CIE S025, Braunschweig, Nov. 24-26, 2015.
- (3) T. Bergen, "General Introduction to CIE S025," CIE Tutorial and Expert Symposium on CIE S025, Braunschweig, Nov. 24-26, 2015.
- (4) W. Dybczyński, "Optical radiation measurement," Białystok 1996.
- (5) PN-91 E-04040/01 Measurement and determination of light output, 1991.
- (6) Y. Ohno, "Luminous Flux and Spectral Radiant Flux Measurements," NIST Photometry Short Course, 2011.
- (7) M. Przybyła, LED lighting, No. 3/2016, "Practical tips for LED measurements according to CIE S 025 / E: 2015."

著者紹介

ミコライ・ブルジビラ(MIKOŁAJ PRZBYŁA)は、ポーランド系ドイツGLオプティック社(Optic Lichtmesstechnik GmbH)のディレクター。URL: gloptic.com