

253.7nm 放射照度測定値の国内比較

正会員 大久保和明 (松下電器産業株式会社) 専門会員 中川靖夫 (埼玉大学)
 正会員 佐藤幸広 (三共電気株式会社) 専門会員 河本康太郎 (東芝ライテック株式会社)
 正会員 干場芳洋 (岩崎電気株式会社) 正会員 戸沢均 (株式会社トプコン)

Comparison of 253.7nm Irradiance Standards in Japan

Member **Kazuaki Ohkubo** (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.),

Fellow Member **Yasuo Nakagawa** (Saitama University), Member **Yukihiro Sato** (Sankyo Denki Co., Ltd.),

Fellow Member **Kohtaro Kohmoto** (Toshiba Lighting & Technology Corp.),

Member **Yoshihiro Hoshiba** (Iwasaki Electric CO., LTD.) and Member **Hitoshi Tozawa** (TOPCON Corp.)

ABSTRACT

The 253.7nm irradiance standards were compared among five Japanese organizations—Sankyo Denki Co., Ltd, Toshiba Lighting & Technology Corp., Iwasaki Electric Co., Ltd., Topcon Corp., and Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. Three of the participants calibrated their standard by optical filters and thermal detector having its absolute responsivity. Those of the other two participants were calibrated using a Si-PD, silicon photodiode, having absolute responsivity to 253.7nm line spectral irradiance.

All the standards were measured with a 253.7nm irradiance transferring detector consisting of a GaAsP-photodiode and a narrow bandpass optical interference filter around 253.7nm.

As a result, the 253.7nm irradiance scales of the two of the participants using thermal detector calibration and the one of them using Si-PD calibration agreed well within $\pm 1.5\%$ deviation. The other two's scales were deviated by 5% to 10% from the average of the first three's.

KEYWORDS : 253.7nm irradiance, spectral responsivity, thermal detector, silicon photodiode

1. まえがき

紫外放射の産業応用の拡大や、放電ランプのディスプレイや自動車前照灯などの民生分野の拡大等に伴う安全性の問題から、紫外放射の定量的な評価が重要な課題となっている。このため現行の JIS Z 8811「殺菌紫外線の測定方法」および JIS Z 8812「有害紫外放射の測定方法」を見直すべく、1997年度に両規格の改正原案作成委員会が組織され、両規格を統合した JIS Z 8811「紫外放射の測定方法」の改正原案を作成した。この原案作成に際し委員会は、以前から問題になっていた253.7nm放射照度値の国内メーカー、研究機関の偏差の状態の調査を行った。調査は、殺菌ランプなどの放射源を標準として使用する機関が多いため、ホトダイオードに254nm付近のみを透過する干渉フィルタとを組み合わせ、殺菌ランプの253.7nmの水銀輝線放射にのみ応答する受光器を構成して回送し、各機関の標準による放射照度値をこれに値付けて、相互比較する形で行った。また今回の JIS 改正で新たに採用した、シリコンホトダイオードの絶対分光応答度と光学フィルタを用いて、253.7nm輝線放射の放射照度を値付けする方法

本論文の一部は、平成10年度照明学会全国大会で大久保和明が講演した。

(Si-PD 逆校正法) で求めた値との比較も行ったので以下にその内容を報告する。

2. 参加機関とそれぞれの253.7nm放射照度目盛の来歴

今回比較に参加した機関は、松下電器産業(株)、三共電気(株)、東芝ライテック(株)、岩崎電気(株)、(株)トプコンの5機関である。表1に、各機関が保持している253.7nm放射照度目盛の標準とそのトレーサビリティを示す。253.7nmの水銀輝線放射の産業応用は、

表1 国内機関の253.7nm放射照度目盛
Table 1 Traceability of participants' 253.7nm irradiance scale.

機関	標準の形態	値付け方法	トレーサビリティ	校正時期
A	GL15	サーモパイル差動フィルタ法	光度、分光放射照度標準電球 (埼玉大学)	1997
B	Si-PD	Si-PD 逆校正法	分光応答度標準受光器 (電子技術総合研究所)	1997
C	GL15	サーモパイル差動フィルタ法	光度、分光放射照度標準電球 (埼玉大学)	1996
D	GL15	サーモパイル差動フィルタ法	黒体炉 (電気試験所大阪)	1961
E	Si-PD	Si-PD+フィルタの分光特性からの値付け	分光応答度標準受光器 (電子技術総合研究所)	1997

殺菌ランプとして40年以上の歴史があるにもかかわらず、その放射照度目盛のトレーサビリティは、整備されていないのが現状であった。国内で最初に公的機関として殺菌ランプの253.7nm放射照度の値付けが行われ、産業界に供給されたのは1961年で、当時の電気試験所大阪支所（現電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター）が、当時の放射標準であった黒体炉の絶対目盛にトレーサブルなサーモパイル差動フィルタ法（3章で解説）を開発して実施したものである¹⁾。しかしこの標準の供給は公的機関として維持管理される体制が作られなかった。機関Dは、その当時供給された標準殺菌ランプGL10を機関内部で維持管理し現在に至っている。その後、1987年に埼玉大学で、先のサーモパイル差動フィルタ法の誤差を低減するとともに、電子技術総合研究所が維持管理する光度標準電球、分光放射照度標準電球にトレーサブルなサーモパイル差動フィルタ法を開発した²⁾。機関A及び機関Cは、この方法で1997年および1996年にそれぞれ埼玉大学で値付けられた標準殺菌ランプGL15を保持している。このとき使用された光度標準電球及び分光放射照度標準は、1994年に電子技術総合研究所から供給された値を使用した。1989年には、松下電器産業株式会社がシリコンホトダイオードの自己校正法によって求めた絶対分光応答度を使用した、253.7nm放射のシリコンホトダイオード逆校正法（Si-PD逆校正法：4章で説明）を開発した³⁾。この方法は、サーモパイルより高感度なシリコンホトダイオードを使用すること、光学フィルタの分光透過率を測定する必要がないことから、実施が容易で、NIST（米国標準技術研究所）と先の埼玉大学と3者の相互比較を行った結果、 $\pm 1.5\%$ 以内の一致が得られている⁴⁾⁵⁾。その後この、Si-PD逆校正法は照明学会技術基準に採用された⁶⁾。今回のJIS改正原案でも、この逆校正法を「標準受光器による253.7nm放射照度の値付け方法」として採用した。このため機関Bは、この方法によるトレーサビリティと値付けを想定し、電子技術総合研究所が供給する、シリコンホトダイオードの自己校正法⁷⁾に基づいて値付けられた絶対分光応答度を用いた、Si-PD逆校正法（受光器標準）で参加した。

機関Eは、この電子技術総合研究所で絶対分光応答度が値付けられたシリコンホトダイオードに、分光透過率を測定した、254nm付近にのみ透過する干渉フィルタとを組み合わせる標準受光器を構成して使用している。

3. サーモパイル差動フィルタ法

殺菌ランプの253.7nm水銀輝線放射を値付けするサーモパイル差動フィルタ法は、先に述べたように1960年に佐土根、森田によって開発された方法¹⁾で、二次標準（光度標準電球など）を用いず、当時の我が国の一次標準である黒体炉で、直接、絶対応答度を値付けしたサーモパイル（熱形放射検出器）を用いた方法である。1987年には、中川らが二次標準である光度標準電球と分光放射照度標準電球を用いて、絶対応答度を値付けしたサーモパイルを用い、さらに測定の対象となる殺菌ランプからの赤外放射の補正方法を確立することで測定精度を向上させた²⁾。この方法の測定の手順は、図1に示すように、分光応答度が波長に対してほぼ一定であるサーモパイル（熱形放射検出器）の絶対応答度の値付けを一次標準である黒体炉、または二次標準である光度標準電球、ないしは分光放射照度標準電球を用いて行う。次に図2に示す2種類の光学フィルタ、一つは253.7nmを含む透過帯域を持ち、一つは253.7nmを含まず、他の帯域特性は先のフィルタとほぼ同様な帯域特性を持つ光学フィルタを、それぞれ先のサーモパイルに

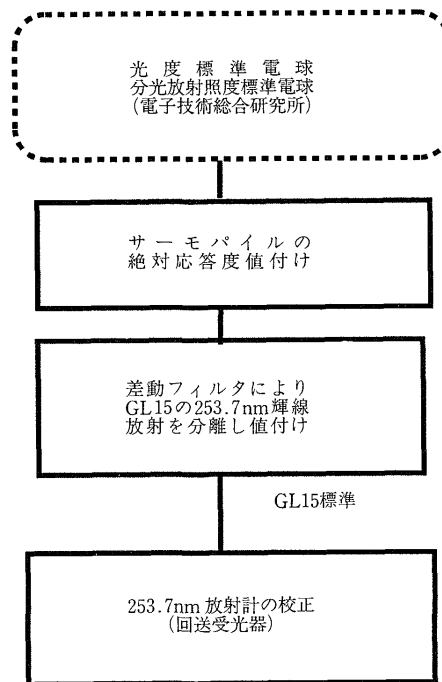


図1 サーモパイル差動フィルタ法の値付け手順

Fig. 1 Procedure of 253.7nm irradiance calibration based on thermal detector in combination with optical filters.

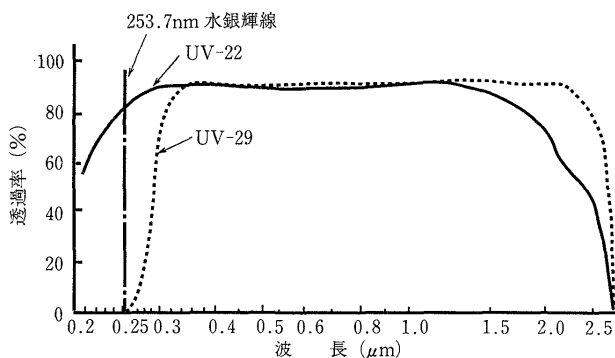


図2 サーモパイル差動フィルタ法に使用したフィルタの分光透過率

Fig. 2 Spectral transmittance of optical filters used for 253.7nm irradiance calibration based on thermal detector.

装着して測定し、その差分から殺菌ランプの253.7nm輝線放射のみを分離して求める方法である。当時は、シリコンホトダイオードの自己校正の技術が確立されておらず、高感度なホトダイオードや光電管の分光応答度の絶対値はサーモパイルなどの熱形放射検出器を用いて校正されていたので、信頼度の高い測定方法として、サーモパイルが直接使用された。なお、この方法は、殺菌ランプの253.7nm放射を値付けして、標準放射源とする方法である。

4. Si-PD逆校正法

シリコンホトダイオードの逆校正法（Si-PD逆校正法）は、1989年に632.8nmの波長He-Neレーザを用い、シリコンホトダイオードの受光面の表面反射率と内部量子損失等から、その絶対応答度を求めるシリコンホトダイオードの自己校正法⁷⁾に基づく方法として大久保らにより開発⁸⁾されたものである。Si-PD自己校正法は、紫外波長域では使用できないため、その632.8nmでの絶

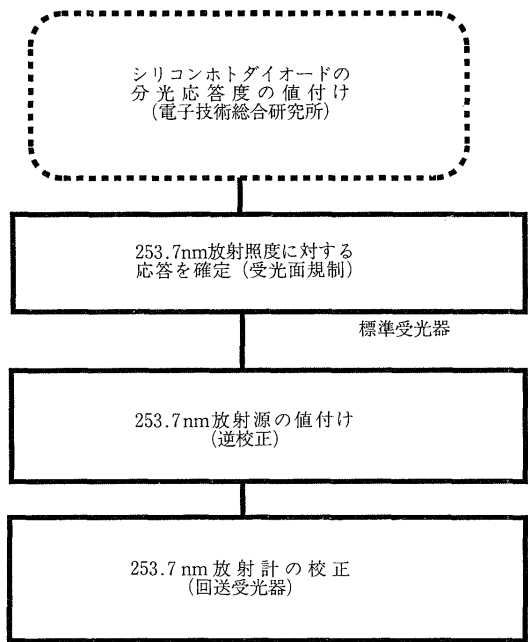


図3 Si-PD 逆校正法の測定手順
Fig. 3 Procedure of 253.7nm irradiance calibration based on Si-PD.

対応答度から、熱形放射検出器によって波長253.7nmでの絶対応答度を求め、そのシリコンホトダイオードと開口面積を精密に求めたアパーチャとを組み合わせることにより、波長253.7nmの放射照度を求める標準受光器が得られる。この標準受光器を用い、図3に示す手順で、図4に示す、殺菌ランプGL15と254nm付近にのみ透過帯域を持つ光学干渉フィルタとを組み合わせた253.7nm単一放射源に対する放射照度を、逆に校正する方法である。この方法は、253.7nmの水銀輝線放射の放射照度を測定する放射照度計（例えば殺菌放射照度計など）を校正するために開発されたが、これによって校正された放射照度計（波長253.7nmの輝線放射のみを検出する放射検出器）を用いて殺菌ランプの253.7nm放射照度の値付けを、サーモパイル差動フィルタ法以上の精度で容易に実現できる。

一方この方法は、シリコンホトダイオードの自己校正法と熱形放射検出器による相対分光応答度測定技術が要求されることが課題となる。この課題に対して電子技術総合研究所は、この両方の技術を持ち、現段階でシリコンホトダイオードの絶対分光応答度の値付けを、依頼試験として対応しており、将来的に、この絶対分光応答度の値付けをJCSS (Japan calibration service system)

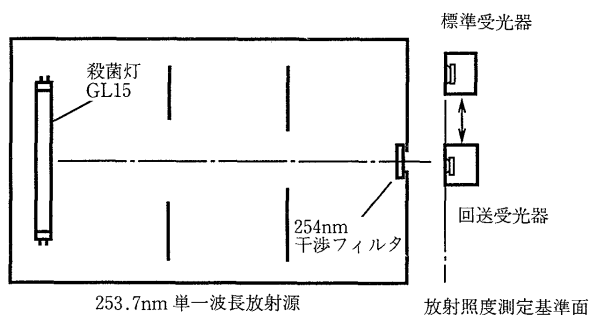


図4 波長253.7nm放射源の逆校正の光学系
Fig. 4 Setup geometry of 253.7nm irradiance calibration based on Si-PD.

表2 Si-PD 逆校正法とサーモパイル差動フィルタ法の比較
Table 2 Comparison of 253.7nm irradiance calibration methods.

	Si-PD 逆校正法	サーモパイル差動フィルタ法
トレーサビリティ	Si-PD(分光応答度)	標準電球(光度, 分光)
受光器	Si-PD ($Z_{in} = 10^7 \Omega$) 45mV/ μ W/cm ² 高感度で安定	サーモパイル 0.2 μ V/(μ W/cm ²) 低感度で擾乱に弱い
フィルタの分光透過率	不要	精密な測定を要求
常用標準の形態	受光器標準 (PD)	放射源 (GL15)
難易	実施が容易	高度な技術と設備を持つ校正の専門機関で実施

に組み込み、国内でのトレーサビリティを保証することを予定している。これにより、Si-PD 逆校正法を用いれば、光の校正事業者から得られる、トレーサビリティが保証された253.7nmの絶対分光応答度を用いて253.7nmの放射照度の値付けが容易に実施できることから、この方法がJIS 改正原案作成委員会で採用された。表2に、Si-PD 逆校正法とサーモパイル差動フィルタ法の比較を示す。Si-PDは、浜松ホトニクス製S1337-1010BQを使用した例である。また、サーモパイルは、エプレイ製Ag-Bi, 16対を使用した例である。

5. 比較測定の手順

相互比較は、中央局（機関B）が用意した回送受光器で、各機関の253.7nm放射照度標準を測定して行う。比較は当初、殺菌ランプGL15を回送する方法を検討したが、殺菌ランプを標準として使用する機関で、回送GL15との比較に使用する受光器の特性（例えば分光応答度の波長帯域幅が広がると、他の波長の輝線が測定値に混入し、誤差要因となる）を統一する事が難しいことから、同一の受光器を回送して、それに各機関の標準ランプからの値を移して比較することにした。

回送受光器の構造を図5に示す。ホトダイオードは浜松ホトニクス製GaAsPホトダイオードG2119を使用した。干渉フィルタはActon製254S1Dである。図6に使用したGaAsPホトダイオードG2119の相対分光応答度を、また図7に使用した干渉フィルタ254S1Dの分光透過率を示す。GaAsPホトダイオードG2119は波長680nm以上ではほとんど応答しないため、シリコンホトダイオードに比べて迷光の影響が少ない。特に今回の様に殺菌ランプを測定する場合、700nm以上の輝線放射は、除去が可能である。

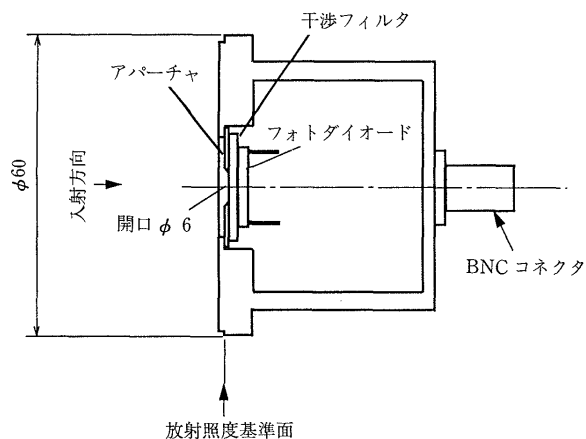


図5 回送受光器の構造
Fig. 5 Construction of 253.7nm irradiance transfer detector compared with participants' standard.

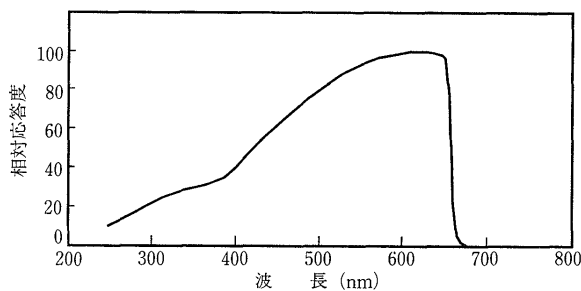


図6 GaAsP ホトダイオード G2119の相対分光応答度
Fig. 6 Relative spectral responsivity of GaAsP-PD, G2119.

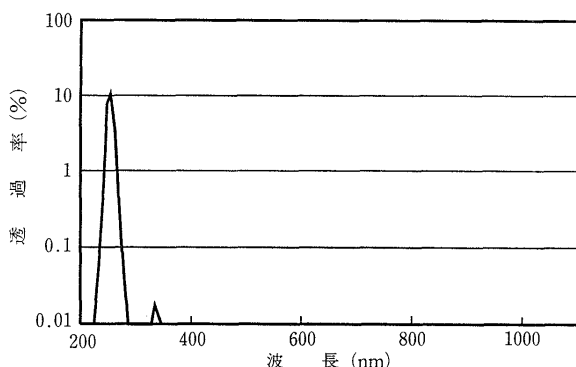


図7 254nm 干渉フィルタ (254S1D) の分光透過率
Fig. 7 Spectral transmittance of interference filter, 254S1D.

また回送には、前置増幅器（電流-電圧変換器）として浜松ホトニクス製ホトセンサアンプ C2719を付属し、各機関において、共通の前置増幅器を使用し、増幅度（電流電圧変換係数）の設定誤差の影響を回避した。

回送受光器は5機関を2機関ずつの2グループに分け、下記に示す順序で回送した。

- (a) 中央局(B) →機関A →機関E →中央局(B)
- (b) 中央局(B) →機関C →機関D →中央局(B)

殺菌ランプ GL15を放射標準として保有する機関 A, C, Dでは、253.7nm の放射照度の値付けされている距離1.2mの位置に回送受光器を設定して放射照度の値を回送標準に移した。受光器標準で参加した機関 B, Eは、十分エージングした GL15を点灯し、距離1.2mに基準面を設定し、その面での放射照度を、受光器標準と回送受光器とで測定し、受光器標準の値を GL15を仲介として、回送受光器に移した。

6. 測定結果と検討

6.1 回送受光器の再現性

回送順序(a)には、回送受光器 ST97-01を、また回送順序(b)には、回送受光器 ST97-02をそれぞれ用意し回送した。これらの回送受光器の回送前後の再現性の測定は、Si-PD 逆校正法で253.7nm の放射照度を値付けした標準受光器（シリコンホトダイオード）を基準として、図4の光学系を用いて回送受光器の253.7nm 輝線放射に対する応答度を測定した。測定は、標準受光器-回送受光器-標準受光器を一組として、それぞれ光路脱着を実施し3回行った。回送後における測定の結果を表3に示す。回送前の再現性は、回送後に比べ若干小さかったが、ばらツキの幅はいずれも1%以内であった。

表3 Si-PD 逆校正法による回送受光器の値付けの再現性(回送後の測定)
標準一試料一標準の測定を1組として、試料の光路脱着を測定ごとに行い3回実施。

Table 3 Reproducibility of Si-PD based 253.7nm irradiance calibration for transfer detectors.

回送受光器	ST97-01	ST97-02
1回目	13.180	12.303
2回目	13.132	12.356
3回目	13.083	12.342
平均	13.107	12.334
バラツキの幅 (%)	0.7 (%)	0.4 (%)

値： $Z_{in}=10^7(\Omega)$ での応答度 (mV/ μ W/cm²)

表4 回送前後の受光器の応答度の変化

Table 4 Difference of transfer detectors' responsivity between at start of the comparison and end of it.

受光器	回送前	回送後	変化(%)	前後平均
ST97-01	13.011	13.107	+0.74%	13.06
ST97-02	12.378	12.334	-0.36%	12.37

値：応答度 (mV/ μ W/cm²)

また、回送前後の回送受光器の応答度の変動を調べた結果を表4に示す。回送には約30日かかったが、それぞれの回送受光器の応答度の変化は±1%以内で、この値は、3回の繰り返し再現性と同程度であり、問題となる経時的な応答度の変化は無いと考えた。

6.2 各機関の測定の再現性

今回の各機関の測定の再現性について表5に示す。GL15を標準としている機関 A, CおよびDにおいては、GL15の点灯再現性も含まれる。再現性の測定は、時間間隔がふざろいではあるが、いずれもランプまたは受光器の測定光路への脱着を行っている。どの機関も、ばらツキの幅は、1%以内であり、どの機関の標準 GL15も受光器標準と同程度の再現性を持つ安定な標準であることが明らかとなった。

6.3 253.7nm放射照度目盛の偏差

比較測定による各機関が維持管理している253.7nm放射照度目盛の偏差を表6に示す。基準値は、機関 A, B, Cの平均値とした。これは、機関 D, Eが他の3機関と比較して大きな差が生じたため、基準値算出から除外した。機関 A, B, Cの目盛は±1.5%以内で一致した。機関 A, Cはこれまで標準的に使用されてきたサーモパイル差動フィルタ法で、機関 Dは、今回 JIS 原案作成委

表5 各機関の測定の再現性

Table 5 Reproducibility of participants' 253.7nm irradiance measurement data.

回送受光器	機関	標準の形態	バラツキの幅	備考	
ST97-01	B	Si-PD	0.74(%)	約30日後の再現性	
	A	GL15	0.22(%)	同日3回の再現性	
	E	Si-PD	0.44(%)	連続3日の再現性	
ST97-02	B	Si-PD	0.36(%)	約30日後の再現性	
	C	GL15	No.1	0.57(%)	連続2日の再現性
			No.2	0.58(%)	
	D	GL15	GA-59	0.38(%)	同日3回の再現性
GA-60 GA-61			0.43(%) 0.43(%)		

表6 253.7nm放射照度目盛の国内比較結果
(機関A, B, Cの平均値からのはずれ)

Table 6 Percent differences of participants' 253.7nm irradiance scale from the average of participant A, B and C.

機関	値付け方法	トレーサビリティ	校正時期	平均からのはずれ(%)
A	サーモパイル差動フィルタ法	光度, 分光放射照度標準電球 (埼玉大学)	1997	+1.5
B	Si-PD 逆校正法	分光応答度標準受光器 (電子技術総合研究所)	1997	-0.6
C	サーモパイル差動フィルタ法	光度, 分光放射照度標準電球 (埼玉大学)	1996	-0.9
D	サーモパイル差動フィルタ法	黒体炉 (電気試験所大阪)	1961	-5.3
E	Si-PD+フィルタの分光特性からの値付け	分光応答度標準受光器 (電子技術総合研究所)	1997	+10

員会が採用した Si-PD 逆校正法で、いずれも過去 2 年以内に校正された値である。また、機関 A, C に供給された埼玉大学の値と、機関 B が実施した Si-PD 逆校正法は、1990年に NIST を交えた 3 者比較⁴⁾でも、今回と同様に $\pm 1.5\%$ 以内で一致したことから、今回の基準値は比較的信頼性が高いと考える。

機関 D の目盛は、サーモパイル差動フィルタ法を最初に実施した当時の電気試験所大阪支所から供給を受けた目盛 (GL10 に値付けされた) を 40 年近く機関内で維持されたもので、1987 年に、中川らが確立した殺菌ランプからの赤外放射の補正²⁾が行われていない可能性が考えられる。

機関 E は、電子技術総合研究所で絶対分光応答度を値付けられたシリコンホトダイオードに、分光透過率を測定した、254nm 付近にのみ透過する干渉フィルタとを組み合わせて標準受光器を構成したが、受光素子と光学系との相互反射等、標準を構成する過程に問題があることが、機関 E の担当者から報告があり、特にここでは原因について論議せず、結果のみの記述にとどめた。

7. まとめ

今回の比較の結果、メーカー間の 253.7nm 放射照度目盛のはずれ幅は、 $\pm 10\%$ 以内であったが、適正な値付け方法とトレーサビリティにより $\pm 1.5\%$ 以内に改善する見通しが得られた。また委員会が採用した SiPD 逆校正の値は、サーモパイル差動フィルタ法と独立なトレーサビリティであるが、両者がよく一致したことから、この方法による値の信頼性が確認できた。電子技術総合研究所は分光応答度標準の JCSS システムへの採用を予定しており、定期的な校正システムが確立されれば、サーモパイル差動フィルタ法ほどの高い測定技術を必要としない Si-PD 逆校正法を使うことにより、メーカー間の 253.7nm 放射照度目盛りのずれが解消されることが期待される。

ただし、今回採用した Si-PD 逆校正法は、253.7nm 放射照度の絶対値を求める方法として、実現が容易で精度が高く国家標準とのトレーサビリティが明確な方法であるが、この方法で、例えば今回使用した回送受光器を常用標準として使用することを推奨するものではない。今回の比較は短期間であったため問題とならなかったが使用した干渉フィルタやホトダイオードは、紫外放射による経時変化が懸念され、そのデータも十分検討されていない。その点、従来の殺菌ランプ GL は標準としての使用実績もあり、十分枯化したランプを標準として使用した場合、その 253.7nm 出力は 100 時間程度は十分安定である。今回の比較においても、標準と

して使用される GL15 は再現性に優れ、安定であることが実証されている。また、機関 D の場合、殺菌ランプ標準の値付け以降 40 年近くも、上位標準による校正を受けずに、値を継ぎ足して維持 (殺菌ランプを親標準として、殺菌ランプの子標準に値を移して維持) した値の偏差が 5% 程度であったことから、殺菌ランプ標準の安定性の良さは明らかである。

したがって、253.7nm 放射照度の目盛の一次標準は、受光器として維持し、産業界で使用される実用標準は GL15 などの殺菌ランプとして、光の校正事業者として認定を受けた機関 (JCSS 認定事業者) によって定期的な値付けや供給ができる体制を作ることが望まれる。

最後に、本比較の実施に際して、御協力いただきました JIS Z 8811/8812 改正原案作成委員会の各位、ならびに日本保安用品協会に深く感謝いたします。

参考文献

- (1) 佐土根範次, 森田政明: 「殺菌灯, ブラックライトの全放射測定」, 照学誌, 44-10, pp.529-540 (昭35).
- (2) 中川, 大谷, 谷治, 河合: 「253.7nm 放射照度 (殺菌放射照度) の値付け」, 照学誌, 71-10, pp.646-650 (1987).
- (3) 大久保和明, 大野義弘: 「シリコンフォトダイオードの自己校正法に基づいた 253.7nm 放射の絶対測定」, 照学誌, 73-10, pp.619-624 (1989).
- (4) 大久保和明, 大野義弘, 中川靖夫: 「シリコンホトダイオードの自己校正法に基づいた 253.7nm 放射の絶対測定 (2) 一測定方法の確度の検討」, 照学誌, 75-6, pp.282-287 (1991).
- (5) K. Ohkubo, Y. Ohno and Y. Nakagawa: "Calibration of 254-nm irradiance based on the silicon photodiode self-calibration technique", Appl. Opt., 32-25, pp.4815-4821 (1993).
- (6) 照明学会技術基準「紫外放射の標準と校正技術」, JIEG-007 b (1994).
- (7) 大野義弘, 西山英夫: 「シリコンホトダイオードの絶対応答度の可視域における自己校正とその確度に関する検討」, 照学誌, 75-6, pp.314-319 (1991).

(受付日 1998 年 9 月 22 日 / 採録日 1998 年 11 月 5 日)



おおくぼ かずあき
大久保 和明 (正会員)

松下電器産業(株)照明研究所

〒619-0237 京都府相楽郡精華町台光3-4

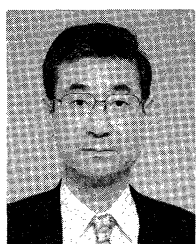
昭和28年4月2日生まれ。昭和54年3月埼玉大学大学院工学研究科電子工学専攻修士課程終了。同年4月松下電器産業株式会社に入社し、松下電子工業株式会社照明事業部に出向。昭和57年5月松下電器産業株式会社照明研究所に所属し現在にいたる。主として測光測色および紫外・赤外の放射測定に関する研究に従事。平成7年博士(学術)、昭和63年照明学会研究奨励賞、平成3年照明学会論文賞受賞。電子情報通信学会、日本色彩学会会員。



なかがわ やすお
中川 靖夫 (専門会員)

埼玉大学工学部電気電子システム工学科
〒338-0825 埼玉県浦和市下大久保255

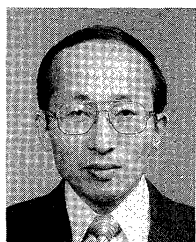
昭和9年12月15日生まれ。昭和32年3月東京立大学工学部電気工学科卒業。同年3月理研光学工業株式会社(現㈱リコー)入社。昭和40年4月埼玉大学助教授。現在同学教授(工学部電気電子システム工学科)。電気電子計測、計測データ処理、オプトエレクトロニクスの講義を担当。紫外・赤外放射測定、分光測定方法の研究に従事。昭和43年工学博士。昭和41年日本写真学会技術賞、昭和45年照明学会研究奨励賞、昭和54年照明学会賞、平成3年照明学会論文賞、平成3年通商産業大臣賞受賞。電気学会、応用物理学会、日本分光学会、日本写真学会、日本赤外線学会、OSA 各会員。



さとう ゆきひろ
佐藤 幸広 (正会員)

三共電気株式会社
〒254-0076 神奈川県平塚市新町1番35号

昭和24年12月10日生まれ。昭和48年3月日本大学文理学部化学科卒業。同年4月三共電気工業株式会社入社。現在三共電気株式会社技術部部长。



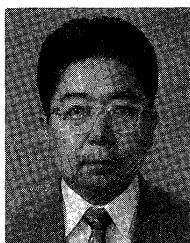
かうもこうたろう
河本康太郎 (専門会員)

社団法人日本電球工業会

1962年3月大阪大学工学部電気工学科卒業。同年4月株式会社東芝入社。1998年11月より、社団法人日本電球工業会勤務。照明学会光放射の応用・関連計測研究専門部会委員長。日本照明委員会第6部会国内委員会委員長。東京農工大学工学部非常勤講師。

ほしば よしひろ
干場 芳洋 (正会員)

著者の要望により著者紹介を掲載しません。



とさぎ ひとし
戸沢 均 (正会員)

株式会社トプコン技術本部研究所
〒174-8580 東京都板橋区蓮沼町75-1

昭和30年10月9日生まれ。昭和54年3月千葉大学工学部電気工学科卒業。同年4月、東京光学機械(株)(現㈱トプコン)に入社。産業機器技術部にて照度計、紫外線強度計、色彩輝度計、分光放射計などの開発・設計に従事。平成9年4月技術本部研究所に移籍し現在にいたる。日本照明委員会会員。