

## 平成 9 年度照明学会第 30 回全国大会

## S-29 受光器分光応答度測定の諸問題・総論

## — 测定の意義と校正、確かさの評価 —

中川 靖夫

(受光器分光応答度測定方法に関する調査委員会委員長・埼玉大学)

## 1. はじめに

受光器の分光応答度は受光器の最も重要な特性で、測光・測色の確かさを決める基本的な量であることはよく知られている。しかし、その測定方法は、同じ分光測定技術である光源の分光分布測定に比べて、体系化が立ち後れており、規準となるべきものが定まっていない。すなわち、光源の分光分布測定については、JIS Z 8724「光源色の測定」や照明学会技術基準JIEC-002「分光測光による測光標準用放電ランプの全光束測定方法」が定められて、それらをガイドとして、規約化された普遍性のある測定結果が得られるようになっている。それに対して、受光器の分光応答度測定については、JIS C 1609「照度計」のなかで簡単に触れられているのみであった。このような立ち後れの原因には、トレーサビリティ体系に乗った分光応答度の標準器の供給が遅れていた事情も絡んでいた。しかし、近年、波長 250~1150nm での分光応答度標準が電子技術総合研究所から供給されるようになり、この問題は解決した。そこで、照明学会では、平成 6 年度から、受光器の分光応答度測定に関する研究調査委員会を発足させて、測定の規準作成作業を行ってきた。本シンポジウムの主体は、この委員会の研究成果であって、最終報告書は学会規準として広く一般の利用に供する予定である。

報告書の内容は、本体（本文）、付属書、参考、解説に分れ、まず、本体では光電検出素子単体及び受光器ヘッド（例えば照度計の受光部）の分光応答度測定法とその関連事項を述べる。付属書は 2 部に分れ、その 1 では、輝度計のような結像光学系を持った受光器の測定方法を規定し、その 2 では、分光測定の実施に際して迷光による誤差の要因となる光学材料（特に黒色面）の分光反射特性、フィルタなどの蛍光発生についての調査・実測データを示す。参考では、光電素子、フィルタ、拡散面などを一体化した状態で測定した分光応答度の値と、これらの構成要素をそれぞれ単独で測定した値を掛合わせて計算した合成値の比較を、種々の実測例について示している。これは、測定器の性能や検出器の特性から一体化した状態での測定が困難な場合にとる対策への指針を与えるものである。最後に、主として本体について、規定した事項や方法などについて周辺の事項や背景などを含めた解説を加えることとした。報告書の形態は、ほぼ JIS に準ずるものとして、将来の JIS 化にも備えることとした。上記の内容の要点、及びこの作業に関連して行った照度計相対分光応答度の国内比較については、本稿に続くシンポジウムの各項目で述べられる予定であるので、本稿では以下にこれらに関連した重要な事項である、分光応答度の標準器の校正の期間と、測定値の確かさの評価に関する考え方について述べる。

## 2. 受光器標準の校正期間について

分光応答度の受光器標準として推奨されているシリコンフォトダイオード（SPD: S1337-1010BQ など）は安定度の高い固体素子であり、標準電球のように消耗性のあるものでもないので、一度校正すれば相当長期間使用出来るのではないかと思われているようである。これは一面では当っているが、可視波長域以外、特に紫外域に対しては全く誤解であると云える。図 1, 2 は SPD の分光応答度を経時に測定した結果の例であるが、波長 450nm 位から短波長側では 1~2%/年 の経時的な応答度の低下が認められ、その程度は波長が短くなるほど大きい。これは、Si 表面の SiO<sub>2</sub> 膜の経時変化によるものと考えられ、SPD の使用の有無にはあまり関係がない<sup>1)</sup>。従って、1%程度の確かさを保つためには、分光応答度の標準受光器の校正期間は、紫外域での使用を考えるならば 1 年程度とすべきであろう。可視域での変化はこの例ではすくないが、数年間で数% の変化があった場合もあるので、最長でも 2~3 年で校正を行うべきである。表 2 に波長 560nm での絶対応答度の経時変化の例を示す。なお、標準は複数個（通常 3 個）を一組として同時に相互チェックしながら使用する。

## 3. 分光応答度の確かさの考え方

分光応答度の確かさは受光器（素子）自身の評価と、対象への適合性の評価の二段階で考える。

Measurements of Spectral responsivity-General Yasuo Nakagawa

## 平成9年度照明学会第30回全国大会

(1) 受光器自身の確かさの評価: これは、分光応答度の確かさを、光源の分光分布の確かさを考えるときと同じように、波長ごとの値について %で評価するような方式である。このときの確かさは、標準の確度と測定技術の精度で決まる。この場合は、分光応答度の確かさは、有効な波長範囲内で、できるだけ同じ程度であることが理想的である。従って、確かさの表現は波長ごとの応答度の値に対する %表示とし、その幅(大きさ)  $w$  が波長に対する応答度の変化にかかわらず一定になるようとする(相対誤差を一定にする)。しかし、実際問題としては、これを適用する応答度の範囲を例えれば最大値の10%(または5%)までとするような制限は必要である。受光素子単体の分光応答度の評価はこの考え方によるのが普通である。

(2) 対象との適合性を含めた評価: 実際の応用面では、受光器の多くは特定の光効果(作用)の検出に使用されるため、分光応答度  $S(\lambda)$  それ自身の正さの評価のほかに、対象となる現象の分光作用特性  $S_o(\lambda)$  (例えば分光視感効率  $V(\lambda)$ )への一致が問題になる。この場合には測定技術のほかにフィルタや拡散面などとの組合せの分光的な整合性の評価までが入ることになる。このようなときの許容差  $d(\lambda)$  を(1)と同じように考えて、 $d(\lambda) = \{(S(\lambda)/S_o(\lambda))-1\} \times 100\%$ として、これを波長に対して一定値  $w$  となるようにすると非常に厳しい規制になる。一般に、 $S_o(\lambda)$  と  $S(\lambda)$  の整合を行うときは応答度の高い波長域での一致性をよくすることが常識であり、作用を起こさせるための光源も応答度の高い波長域で放射パワーが大きいものを用いるのが普通である。もし、光源の分光分布が作用の有効波長域で一定ならば、その分光的な作用パワーは  $S_o(\lambda)$  に比例するので、 $S_o(\lambda)$  の小さい波長では相対誤差を大きく許容でき、その波長的な重みは  $(S_o(\lambda))^{-1}$  に比例する。つまり、相対誤差の許容範囲を  $w/S_o(\lambda)$  にすることができる。この考え方は、照度計のような測定器で電球光のような連続スペクトルの放射を評価する場合には妥当性がある。しかし、光源からの放射を、作用特性の観点で評価する度合いの大きい場合、例えば、ACGIH(米国産業衛生官会議)で制定した有害紫外放射作用スペクトルに対する一般光源の効果などを考えたときには、誤差が大きくなりすぎる可能性がある。従って、このような場合を考慮した誤差の波長的な重みが検討されなければならない。この対策の一案として、波長的な重みの係数として  $(S_o(\lambda))^{1/2}$  を使用することが考えられる。これは、測定の信号対雑音比 (S/N) が信号の振幅の平方根に比例することを根拠としていて、測定技術上からは妥当性があるので、実際の事例について検討してよいと考えられる。

文献 1) 中川、大谷、谷治: 平成7年度照明学会東京支部大会 42 (1995)

表1 試料の履歴

試料群	個数	入手年	受光径	測定時期	使用歴	備考
A	1	1982	10.0 φ	1982/89/95	常用	電極旧形式
B	2	1989	9.5 φ	1989/94	常用	
C	3	1992	6.0 φ	1992/95	保存	国内比較用 <sup>a)</sup>

表2 S(560) の経年変化状態

(単位  $\mu A \cdot \mu W^{-1} \cdot cm^2$ )

試料名	1982	1989	1994	1995
A-1	0.1975	0.1971	—	0.1976
B-1	—	0.1800	0.1808	—
B-2	—	0.1816	0.1825	—

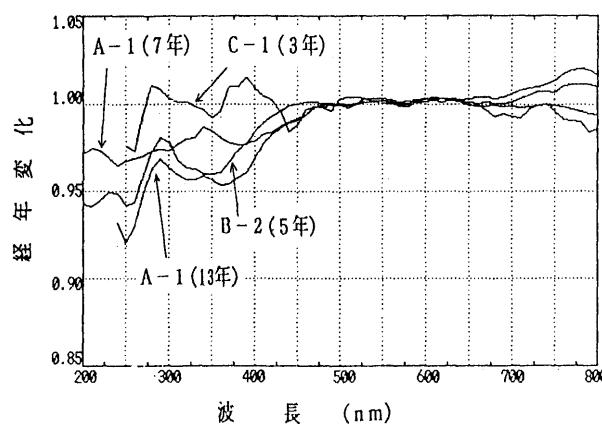
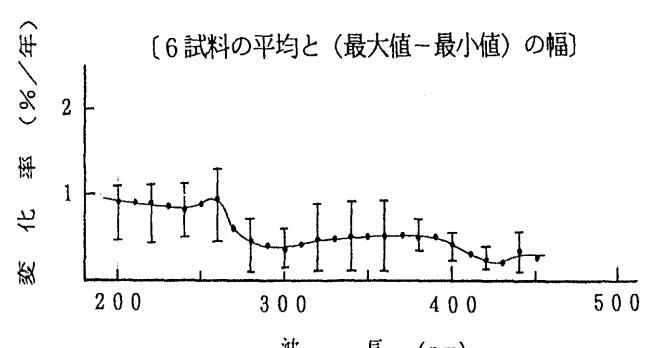


図1 相対分光応答度の経年変化

図2 SPD相対分光応答度  $S(\lambda)$  の  
経年変化率 (%/年)