

促進耐候（光）性試験の歴史と発展（16）

前号より続く

須賀 茂雄
木村 哲也

（7-1）（フィルタ式）放射照度計の校正

スガ試験機（株）では、促進耐候（光）性試験の歴史と発展（7）「太陽エネルギーの測定」で記載したように、1965年にマツダ研究所・芋谷暁士郎氏の指導の下に、放射照度計（当時は積算照度計と呼称）を実用化し、紫外部・可視部・赤外部の3波長域に分けて放射露光量の測定を始めた。太陽の放射照度（放射露光量）・促進耐候（光）性試験機の試料面の放射照度（放射露光量）の測定を時代に先駆けて行い、その相関を研究してきた。放射照度計の校正方法の基本的な考え方・実施方法について、1966年にスガテクニカルニュースNo.21、23に詳細に発表し、同時に屋外の自然昼光・促進耐候（光）性試験機の放射照度（放射露光量）の測定を過去約半世紀に渡って行ってきた。初期の放射照度計は受光器と計測部・その間を接続する受光部コードから構成されていたが、現在は計測部正面に受光器を組み込んだ一体構造のポータブルタイプ（充電電池内蔵型）になり、簡単に試験中の放射照度を測定できる（写真1参照）。



写真1. 放射照度計

受光器は、通常、光電素子・波長選択フィルタ・拡散フィルタ・防塵用フィルタ・絞板等で構成されている。波長選択フィルタは光源の測定波長範囲を決定するフィルタでカットオン波長・カットオフ波長を選択する光学フィルタである。光学フィルタはJIS Z 8120光学用語に記載されているように、光学系に利用するために特定の屈折率アッベ数

でクラウンガラス群とフリントガラス群に大別され、異物・不均質性・ひずみのような欠陥が少ない。その使用目的から原料として特に純度の高い規格で管理されており、原料の秤量及び混合も一般のガラスの場合より、正確かつ入念に行われる。また熔融用つぼも光学ガラスの性質に重大な影響を与えるので、その選択・配合・成型・焼成などそれぞれ熔融する光学ガラスの性質により決められる。光学フィルタの代表的な分光透過率曲線を図29-1及び2に示す。色ガラスフィルタは、一般的に基本の無色のガラス（紫外部のカットオフ波長の分光透過率に違いがある。スガテクニカルニュース No.225 図15、図17参照）に重金属や希土類のイオンを溶け込ませて色をつけるが、着色材の性質・量、着色する各成分の割合、着色物質の酸化段階、基本ガラスなどで色は変化する。紫外部で透過する黒色・青色フィルタ（紫外透過フィルタ）、可視部で選択透過する青色・緑色フィルタ、可視部で急激な透過性を持ち赤外部まで透過するフィルタ（黄・橙・赤色フィルタ）、可視部で高い透過性を持ち紫外部・赤外部で吸収するフィルタ（赤外遮断フィルタ）、可視部で分光透過率がほぼ一定の波長依存性の少ないフィルタ（ニュートラルフィルタ）を含め、種々のフィルタがあり、その特性を確認しなければいけない。各フィルタの肉厚を調整し、カットオン波長・カットオフ波長を考慮し、測定波長域に適合するフィルタの組み合わせを設計することが、放射照度計の受光部として重要である。光学フィルタは内部品質として、①泡含有率、②脈理、③屈折率の均質性、④歪複屈折等の管理をされ、仕上工程の化学的耐性として①耐酸性、②耐アルカリ性、③耐水性等の区分確認があり、一般のガラスに比べて品質管理が厳重に行われている。さらに使用される環境の温度により分光透過率の立ち上がり波長、立下り波長の変化がある。一般に温度が上がるとその分光透過率は長波長側にシフトし、その傾斜が大きいほど温度の影響は大きい。立下り波長はその影響は小さいが、短波長側へシフトする（図30参照）。測定波長域を決める光学フィルタは光源からの強い紫外部から赤外部の光を受けるのでその保護には気をつけなくて

$$I_0 = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda) \times S(\lambda) d\lambda$$

I_0 : 受光器の応答出力

$E(\lambda)$: 光源の分光放射照度

$S(\lambda)$: 受光器の相対総合分光感度

$\lambda_1 \lambda_2$: 測定波長範囲のカットオン、オフ波長

ここに

$$S(\lambda) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} T_a(\lambda) \times T_d f(\lambda) \times T_f(\lambda) \times C(\lambda) d\lambda$$

$T_a(\lambda)$: 防塵用フィルタの分光透過率

$T_d f(\lambda)$: 拡散フィルタの分光透過率

$T_f(\lambda)$: 波長選択フィルタの分光透過率

$C(\lambda)$: 光電素子の分光応答度

この I_0 に相当する電氣的出力が、光源の測定波長範囲の放射照度と等しくなるように校正する必要がある。受光器の総合の分光透過率（防塵用フィルタ・拡散フィルタ・波長選択フィルタの分光透過率の積）と光電素子の分光応答度 $C(\lambda)$ を乗じたものが、図31-1の受光器の相対総合分光感度 $S(\lambda)$ になる。この受光器で光源の分光放射照度を受光するので、最終的には図31-2の赤線部分と0ラインに囲まれた面積が受光器の応答出力 I_0 （受光した分光放射照度に相当する電気出力）となり、青線のキセノンアークの分光放射照度の300～400nmの放射照度と等しくなる。

受光器の校正については、ISO 9370, JIS K 7363, ASTM G 130で規定され、前号でも記載したようにISO 9370の6.3.6、JIS K 7363の6.4.3に「この校正手順に用いる分光放射計は、国家標準にトレーサブルな標準放射源を基準にして校正する。」とあり、さらに附属書A（参考）A.2.1（放射源に対する放射計の応答出力）においては、「フィルタ式放射計を校正するための放射源は、その分光分布（分光放射照度）が国家標準にトレーサブルであるとともに、対象とする放射計の応答波長域での分光分布が指定されていなければならない。このような放射源として、認定業者から供給される分光放射照度標準（ハロゲン電球）で分光分布を測定したキセノンランプ等を使用できる。」とある。スガ試験機(株)は、JCSSの校正事業者登録制度に登録されており、分光放射照度標準電球・水冷7.5kWキセノンランプを基準にフィルタ式放射照度計の校正を上記の方法で厳密に行っている。

図31-1 受光器の相対総合分光感度 ($S(\lambda)$)

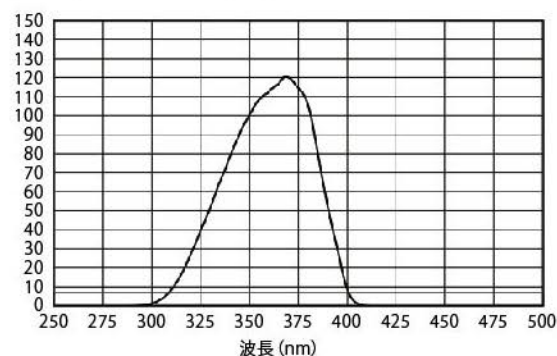


図31-2 キセノンアークの分光放射照度 ($E(\lambda)$) とキセノンアークの分光放射照度×受光器の相対総合分光感度 ($S(\lambda)$)

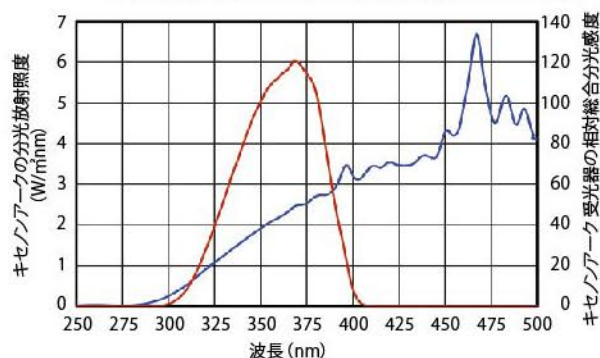


図32-1 干渉フィルタの分光透過率と入射角度の関係

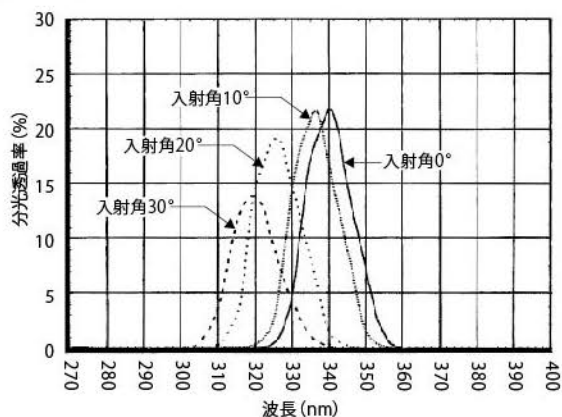
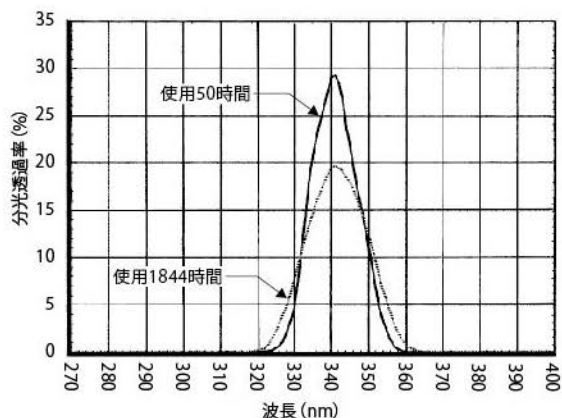


図32-2 干渉フィルタの分光透過率の経時変化



(7-2) 狭帯域タイプ (測定波長半値幅<20nm) 放射計の問題点

促進耐候 (光) 性試験機の放射照度を340nm、420nmの特定波長で測定している場合がある。その場合、本当に340nm、420nmの分光放射照度を測定しているのだろうか?光を分光して、1nm毎に測定することは日常行われているが、促進耐候性試験機の放射照度を試験中に常時測定することは困難である。そのため、波長選択フィルタとして、干渉フィルタが用いられることが多い。干渉フィルタは金属等の蒸着膜を用いた狭帯域の透過用フィルタで、半値幅は一般に約20nmである。従って、340nm或いは420nmのみの単色光を受光しているわけではなく、波長幅では約40nmの範囲の光を受光し、その平均値に近い放射照度を340nm、或いは420nmの放射照度としている事になる。

また、蒸着膜を用いた干渉フィルタには、次のような問題点がある。①JISK 7363の規格では「中心波長は±2nmでなければいけない」と規定されているが、ピーク波長を正確に合わせることは時間と費用をかければ可能であるが、汎用品では製作上困難である。分光器では可能であるが、波長幅1nmの干渉フィルタの製作は不可能で、一般にはピーク波長を中心に±20nmの波長域の光を測定していることになる。②入射角度により、ピーク波長の位置が変化する。図32-1に示すように、光源に対して受光器への入射角度が変わると、測定波長のピーク波長・分光透過率が変化する。試験機に取り付けられた受光器は、光源からの直射光だけでなく、受光器に入るあらゆる角度からの光を受光するので、受光器への入射光はあらゆる角度からの光を合成したものになり、波長範囲・分光透過率が変化する。従ってピーク波長が340nm或いは420nmと呼称しても、実際にはかなり短い波長の光を含む合成された波長域の光を受光していることになる。③図32-2のように干渉フィルタは、通常の光学フィルタに比べて経年変化の度合いが大きい。干渉フィルタは使用時間とともに、ピーク波長の分光透過率が低下するとともに、透過率の波長幅が広がることが分かる。このため、干渉フィルタを用いた受光器は、光学フィルタを用いた受光器に比べ、管理を厳しくする必要がある。スガ試験機(株)では、(7-1)で説明した光学フィルタの分光透過率を自社で測

定し、光学フィルタを重ね合わせて、干渉フィルタを使用せずに、340nm、或いは420nmの狭帯域の放射照度を測定する受光器を確立している。光学フィルタを採用することにより、干渉フィルタが避けられない上記の欠点を補っている。

(7-3) 放射照度計の仕様

屋外の自然昼光・促進耐候(光)性試験機の放射照度を測定する放射照度計には、目的に応じて種々ある。表3にその仕様を示す。

表3 放射照度計の仕様

用途	型式	仕様
キセノンアークランプ用	RAX34	測定波長域300~400nm (340nm、420nm、 290~800nm、 300~700nm用もあり) 放射照度・放射露光量表示
サンシャイン カーボンアーク用	RAS37	測定波長域300~700nm (300~400nm用もあり) 放射照度・放射露光量表示
紫外線 カーボンアーク用	RAU37	測定波長域300~700nm (300~400nm用もあり) 放射照度・放射露光量表示

1台でさまざまな光源の分光放射照度が測定可能な「分光放射照度計SRA型」もあります。

【参考文献】

- 1) スガテクニカルニュース No.21、23
- 2) JIS K 7363 プラスチック—耐候性試験における放射露光量の機器測定—通則及び基本的測定方法
- 3) JIS C 1613 メタルハライドランプ方式試験機用高エネルギー紫外放射照度計
- 4) ISO 9370 Plastics -- Instrumental determination of radiant exposure in weathering tests -- General guidance and basic test method
- 5) ASTM G130-12 Standard Test Method for Calibration of Narrow- and Broad-Band Ultraviolet Radiometers Using a Spectroradiometer
- 6) ガラス工学ハンドブック 朝倉書店
- 7) JIS Z 8120 光学用語
- 8) 色の測定と応用 福田 保 日刊工業新聞社