

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(17) 前号より続く

須賀茂雄
木村哲也

(8)試験片面の放射照度

試験片面における放射照度は、1)キセノンアークランプの定格、2)キセノンアークランプと各フィルタの組み合わせ、3)放電電力、4)試料回転半径(キセノンアークランプと試験片面との距離)、5)試料ホルダの構造、6)試験片の材質・色による違い、7)キセノンアークランプ・フィルタの使用時間等により異なる。

①キセノンアークランプの放電電力と分光放射照度分布

キセノンアークランプの特色として、テクニカルニュースNo. 224の促進耐候(光)性試験機の歴史と発展(14)に、「他の光源と異なり、電気入力の変化に、相対分光放射照度が変化しない」ことが特長になっていると記載したが、具体的に放電電力を変化させた時の放射照度はどのように変化するのだろうか？

ランプの定格によりその使用可能範囲は異なるが、スーパーキセノンウェザーメーターSX75型で、インナーフィルタ：石英/アウターフィルタ：#295を用いキセノンアークランプの放電電力を変化させた時の試験片面放射照度測定を行なった。

試験片面の分光放射照度測定結果を図35に、各波長域の放射照度の測定結果を表5に、放電電力5.0kW時の放射照度を基準にした時の各放電電力の試験片面放射照度比を表6に示す。各波長域とも放電電力5.0kW時の放射照度を基準にした時、放電電力の変化に対してその比がほぼ一定になっていることが分かる。このことから、キセノンアークランプは電気入力の変化に対して、相対分光放射照度が変化しないことがわかる。

図35 キセノンアークランプの放電電力と分光放射照度

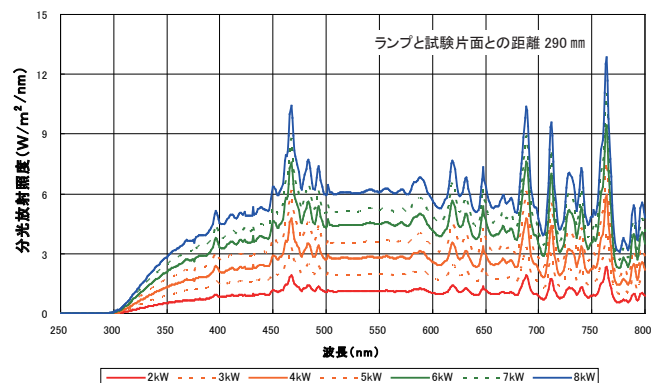


表5 キセノンアークランプの放電電力と試験片面放射照度

試験機：スーパーキセノンウェザーメーター SX75型 (ランプと試験片面との距離290mm)
7.5kWキセノンアークランプ フィルタ条件：インナー 石英/アウター #295 (ランプ20時間点灯後)

波長(nm)	各放電電力時の放射照度(W/m ²)						
	2.0kW	3.0kW	4.0kW	5.0kW	6.0kW	7.0kW	8.0kW
280～300	0.04	0.07	0.10	0.12	0.15	0.18	0.20
300～400	47.49	82.17	119.89	155.05	190.69	222.04	258.57
400～500	111.40	193.90	277.83	358.96	441.47	510.91	606.48
500～600	112.57	196.53	282.41	362.37	451.87	522.07	616.54
600～700	111.74	194.88	281.42	359.32	448.98	524.50	610.77
700～800	102.88	179.79	259.11	330.83	413.38	484.38	562.89
280～800	486.12	847.34	1220.76	1566.64	1946.53	2264.07	2655.45

表6 放電電力5.0kWの放射照度に対する各放電電力の試験片面放射照度比

波長(nm)	各放電電力時の放射照度比						
	2.0kW	3.0kW	4.0kW	5.0kW	6.0kW	7.0kW	8.0kW
280～300	0.303	0.529	0.772	1.000	1.210	1.423	1.641
300～400	0.306	0.530	0.773	1.000	1.230	1.432	1.668
400～500	0.310	0.540	0.774	1.000	1.230	1.423	1.690
500～600	0.311	0.542	0.779	1.000	1.247	1.441	1.701
600～700	0.311	0.542	0.783	1.000	1.250	1.460	1.700
700～800	0.311	0.543	0.783	1.000	1.250	1.464	1.701
280～800	0.310	0.541	0.779	1.000	1.242	1.445	1.695

②キセノンアークランプの定格

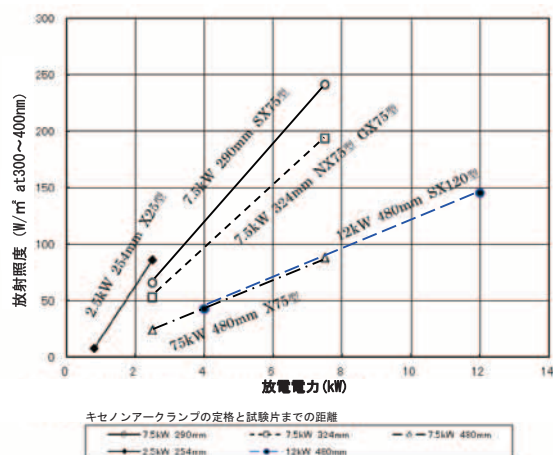
スガ試験機では、促進耐候(光)性試験機専用のキセノンアークランプを自社製作するため、平成元年に日高研究所にランプ専用棟を建設した。ランプ製作の全ての工程において、発光管加工・電極部品の処理などのランプを構成する個々の部品を材料から一から作り出す生産体制をスタートさせた。キセノンアークランプは照明用が主体で、ショートアーク(電極間距離が短く、直流点灯)方式のランプが多かったが、促進耐候(光)性試験機に用いるキセノンアークランプは試験機の性質上安定性に優れ、長寿命のランプが望まれるので、電極間距離が長く、電極の損失が両電極に分散し直流点灯方式に比べ寿命の長い交流点灯方式が望ましい。キセノンアークランプを社内で製作することにより、キセノンアークランプの技術的な背景を学び、促進耐候(光)性試験機に適合したキセノンアークランプの製作・改良が可能になり、新しい促進耐候(光)性試験機の開発も可能になった。現在製作しているキセノンアークランプには、水冷式アークランプとして、12kW、7.5kW、7kW、2.5kW、1.5kW、空冷式アークランプとして、2.5kW、1.5kW、750Wがある。キセノンアークランプは、他の放電ランプ(蛍光灯・メタルハライドランプ等)と同様に連続放電を続けていくためには最小の放電電力が必要である。この放電電力以下では、放電は不安定になり点滅を繰り返したり、消灯したりして、キセノンアークランプに多大な負荷がかかる。従って、キセノンアークランプはこの最小放電維持電力を超える範囲で使用する必要がある。また、キセノンアークランプは他のランプと同じように定格以上の放電電力で長期に使用すると、電極の蒸発劣化、ランプ発光管の劣化を招き、寿命が短くなるので、最小放電維持電力と定格電力の範囲内で使用することが望ましい。キセノンアークランプの特徴として、前述のようにその相対分光放射照度は放電電力を変化させても変化しないので、ランプの定格により、その放射照度範囲は決まることになり、使用するキセノンアークランプにより、試料回転半径・試料ホルダが決まることになる。これらのランプの仕様は、試験機の構造、試料回転半径/固定試料台方式の違い、試験片に照射する光の強さ(放射照

度)等使用目的によって選択され、各種の試験機の仕様に合わせ使い分けられている。

図36に現在よく使用されている促進耐候(光)性試験機の水冷式キセノンアークランプの放電電力と放射照度の関係を示す。定格が同じキセノンアークランプではランプ-試験片面までの距離が異なると放射照度の範囲は異なる。定格が異なるランプでもランプ-試験片面までの距離が同じならば、放射照度は放電電力によりほぼ同じになる。水冷式キセノンアークランプは、ランプ冷却を水で行うため、空冷式のランプに比べ、単位面積当たりの放射輝度を大きくでき、ランプハウスも小さくできるので高い放射照度での試験が可能である。又、強制的に水で冷却しているので、ランプからの赤外部の強い熱エネルギーを水が吸収し、試験槽内の温度上昇を抑えられるので、促進耐候(光)性試験機の光源として多く使用されている(スガテクニカルニュース No. 224 (14) 参照)。

図36 水冷式キセノンアークランプの放射照度と放電電力

(キセノンアークランプの定格と試験片までの距離の違い)
フィルタ組合せ：インナー 石英/アウター #295
ランプ20時間点灯後



石英ガラス加工 (ガラス加工旋盤でランプ形状に加工します)

空冷式キセノンアークランプは、ランプ冷却を空気で行うので、冷却水の準備ができない試験室等の場所に設置することができ、特に試験片数の少ない小型の促進耐光性試験機において良く用いられる。

③キセノンアークランプの点灯回路

キセノンアークランプの点灯回路のブロック図を図37に示す。キセノンアークランプは、放電電力調節トランス1を通じて初期点灯し、その時が最小の初期放電電力である。電力調整器を調節することにより、放電電力調節トランス2を流れる電流が変化すると同時に放電電力調節トランス1及び2の二つのトランスを通じてキセノンアークランプへ電流が流れることになり、電力調整器により、最大放電電力まで可変する。図38に放電電力と放電電流および各トランスにかかる電圧を、図39に放電電力と放電電流および各トランスを流れる電流の関係を示す。二つのトランスを組み合わせるダブルリアクタ方式により、放電電力可変時の放電電圧電流波形の欠如を防ぎ、キセノンアークランプの初期放電開始を容易にし、各放電電力において安定して点灯することが可能になっている。

図37 キセノンアークランプの点灯回路のブロック図

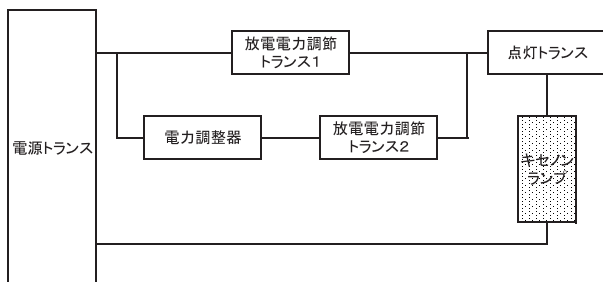


図38 放電電力と放電電圧・トランス間電圧

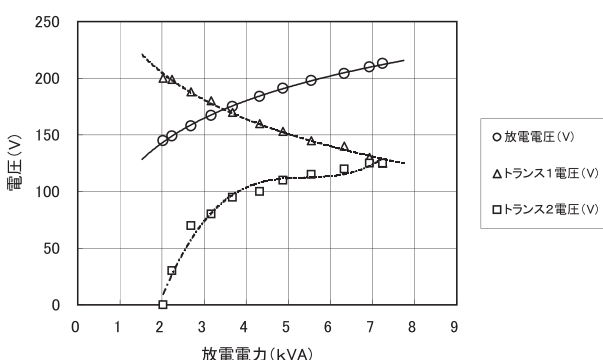
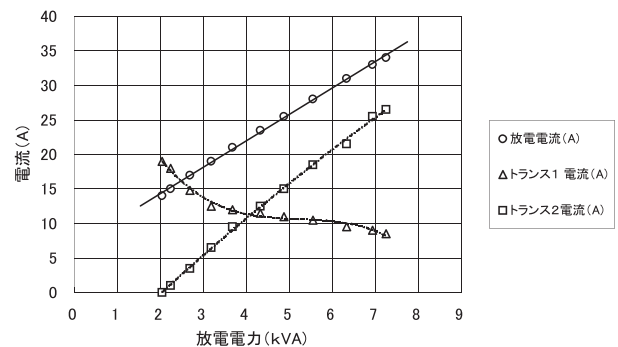


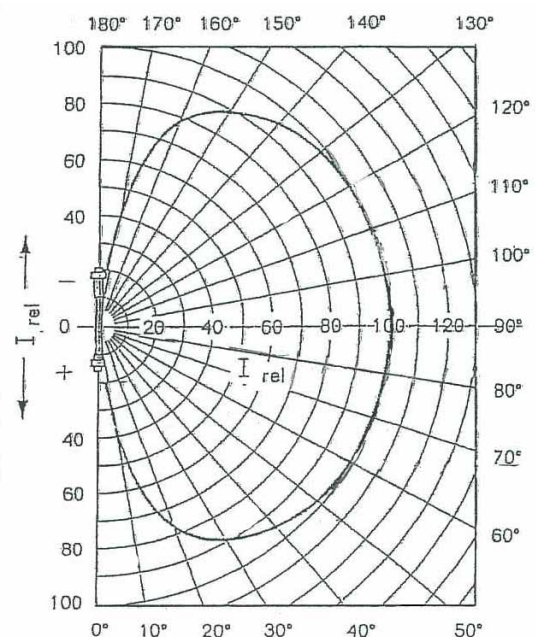
図39 放電電力と放電電流・トランス間電流



④キセノンアークランプの配光分布

キセノンアークランプの配光分布は、ランプの電極を結ぶ中心線に対しての同心円上については均等であるが、スガテクニカルニュースNo. 224(14)に記載したように、ランプとなす角度により、その放射照度分布は異なる(図40)。テストピースとは異なり大きな実物の試験試料の照射試験を行う促進耐候(光)性試験機では、複数個の光源を用いて照射することが多く、できるだけ均一に照射する必要があるためキセノンアークランプからの光がどのような方向へのくらのエネルギーで広がるかの配光曲線を測定することが重要である。

図40 キセノンロングアークランプの配光曲線



⑤ 試料回転枠の大きさと試験片面放射照度

スガ試験機の促進耐候(光)性試験機の試料回転枠径は機種により異なっている。図36に示すように、試料枠の半径は機種により異なり、SX75型は290mm、NX75型・GX75型は324mm、SX120型・X75型は480mm、GX25型・NX25型は254mmで、試料枠径が大きいと同じ放電電力でも試験片の受ける放射照度は低くなり、小さければ高くなる。又試料枠径により、試料ホルダのセットできる枚数も異なるので、目的に合った促進耐候(光)性試験機を選択する必要がある。

⑥ 試験片面の放射照度分布

試験片面がキセノンアークランプに対して平行になっている垂直回転試料枠を有する促進耐候(光)性試験機では、試料ホルダがランプと並行のままでは上中下面の放射照度はばらつきを生ずる。このため、キセノンアークランプの配光曲線に合わせて試料ホルダに傾斜をつけると同時に試験片(標準試験片 150 × 70 mm)の大きさを考慮して、試験片面の放射照度の均斉を図っている※。キセノンアークランプの長さ、試料回転枠径、同時試験可能試験片枚数により異なる設計を行い機種によりその傾斜角は異なる。

図41は、スーパーキセノンウェザーメーターSX75型の試料ホルダ中段の中央の試験片面放射照度を紫外部(300~400nm)180W/m²に調整した時の試料ホルダ上段・中段・下段の中央とそれぞれの試験片の±40mm離れた上下の9点の放射照度の測定例で、その放射照度分布は±5%以内に設計されている。図42は試料枠径がφ960mmのキセノンウェザーメーターX75型の中段中央の放射照度を紫外部(300~400nm)48W/m²に調整した測定例で、その照度分布も±5%以内になっており、ランプから試験片面までの距離がスーパーキセノンウェザーメーターSX75型と比較して長いので、試料ホルダの傾斜もスーパーキセノンウェザーメーターに対して小さくなっている。

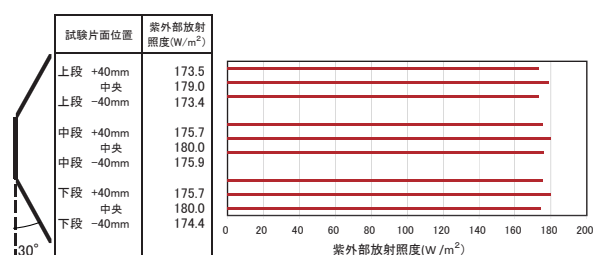
※試験片面放射照度の均一性についての規格には、JIS K 7350-2 プラスチック—実験室光源による暴露試験方法—第2部:キセノンアークランプ(ISO 4892-2 に対応)の4.1.4 試験照度の均一性に「試験片への放射照度の均一性を保つために、暴露領域内のすべての位置の放射照度は、最大値の80%以上とする。

この要求を満たさない場合は、すべての試験片を均一に照射するため、定期的な試験片の配置替えが必要である。」と記載されている。又、JIS K 5600-7-7 塗料一般試験方法 第7部:塗膜の長期安定性 第7節:促進耐候性(キセノンアーク法)(ISO11341に対応)の6.装置 6.2 に「放射照度は試験片のどの点においても、全面積の総放射照度の算術平均の±10%以上変動してはいけない。」と記載されている。

試験片面の放射照度を均一にすることは促進耐候性試験を行うためには極めて重要な条件である。

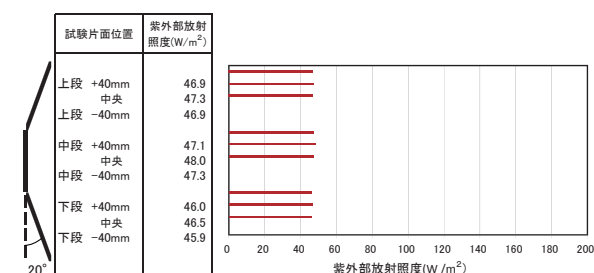
【図41】スーパーキセノンウェザーメーターSX75型の試験片面放射照度

(条件:試験片ステンレス板 SUS-2B、t1mm、ランプ25h使用)



【図42】キセノンウェザーメーターX75型の試験片面放射照度分布

(条件:試験片ステンレス板 SUS-2B、t1mm、ランプ25h使用)



⑦ キセノンアークランプと各フィルタを組み合わせた試験条件

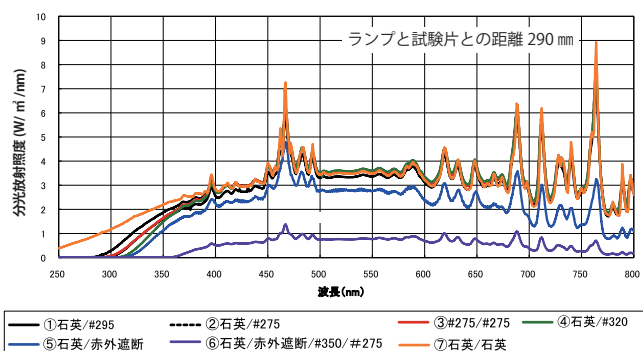
表7にキセノンアークランプと各フィルタを組合せた時の試験条件と用途を、その分光放射照度分布を図43に、試料枠径580mmの放電電力4.8kW時における放射照度を表8に示す。テクニカルニュースNo. 225(15)に記載したように、光学フィルタ#275、#295、#320、#350、赤外遮断フィルタの立ち上がり波長の違いにより、紫外部の短い波長域の放射照度の大きさは変化する。

この光学フィルタの立ち上がり波長の違いを利用して、自然日光に近似した分光放射照度分布を持つ促進耐候(光)性試験機の光源を選択する。このため、光源に使用する光学フィルタは、その分光透過率、経時変化、耐熱性、耐水性に優れていなければならない。

表7 キセノンアークランプのフィルタの組み合わせとその試験条件

No	フィルタの組み合わせ (インナーフィルタ /アウターフィルタ)	試験条件及び用途
①	石英/#295	屋外の太陽光の分光放射照度分布に近似した光源で、屋外で使われる塗膜・プラスチック・金属・建材・衣類等あらゆる材料・製品の試験
②	石英/#275	屋外の太陽光より若干短波長側の光を含む光源
③	#275/#275	屋外の太陽光の分光放射照度分布と近似した光源
④	石英/#320	屋内の太陽光の分光分布に近似した光源で、窓ガラス越しの室内光を受ける塗膜・プラスチック・衣類等の試験
⑤	石英/赤外遮断	熱に弱い部品の試験
⑥	石英/赤外遮断 /#350/#275	保存中のカラー写真画像の色安定性の試験
⑦	石英/石英	豊富な短波長の紫外線による試験

図43 キセノンアークランプのフィルタの組合せによる分光放射照度分布



自然昼光の代表でもあり、規格ISO 16474-2のusing daylight filters method A (JIS K 5600-7-7), ISO 4892-2のwith daylight filters method A (JIS K 7350-2), ASTM G 155-05a with daylight filters に適合す

表8 キセノンアークランプのフィルタの組み合わせによる各波長域の放射照度の一例

(ランプと試験片面との距離290mm、ランプ20時間点灯後)

(単位 W/ m²)

波長 (nm)	放電電力 4.8kW						放電電力 2.2kW	放電電力 4.8kW
	①石英/#295	②石英/#275	③#275/#275	④石英/#320	#275/#320	⑤石英/赤外遮断	⑥石英/赤外遮断 /#350/#275	⑦石英/石英
250～300	0.12	2.26	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	38.15
300～400	145.61	175.54	154.05	137.36	127.95	105.32	12.37	214.61
400～500	337.10	363.53	362.46	361.61	361.36	285.02	74.78	361.14
500～600	340.30	360.86	359.24	364.60	363.69	276.48	78.23	352.75
600～700	337.44	357.23	355.85	362.24	361.31	237.11	66.14	342.40
700～800	310.68	328.23	326.91	332.71	332.47	158.00	33.59	318.98

るインナーフィルタ石英/アウターフィルタ#295の組み合わせは、#275/#275のフィルタの組み合わせの分光放射照度比とほぼ同じである。

ISO 18909 Photography — Processed photographic colour films and paper prints — Methods for measuring image stabilityで規格化されたカラー写真画像の色安定性の試験方法に適合する石英/赤外遮断/#350/#275のフィルタの組み合わせは、室内で保存される写真と同じように、屋外に比べてより短い紫外域の光が少なく、赤外域の光も少ない条件を再現している。この規格は、JEITA (電子情報技術産業協会規格) CP-3901 A デジタルカラー写真プリント画像保存性試験方法—屋内耐光性試験方法として国内でも規格化されている。

【参考文献】

- 1) JIS K 7350-2 プラスチック—実験室光源による暴露試験方法—第2部:キセノンアークランプ
- 2) ISO 4892-2 Method of exposure to laboratory light sources—Part 2 Xenon—arc lamps
- 3) JIS K 5600-7-7 塗料一般試験方法 第7部:塗膜の長期耐久性—第7部:促進耐候性及び促進耐光性(キセノンランプ法)
- 4) ISO 11341 Paints and varnishes—Artificial weathering and exposure to artificial radiation—Exposure to filtered xenon-arc radiation
- 5) ISO 16474-2 Paints and varnish—Method of exposure to laboratory light sources—Part 2 Xenon—arc lamps
- 6) ASTM G 155-05a Standard Practice for operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials
- 7) ISO 18909 Photography—Processed photographic colour films and paper prints — Methods for measuring image stability
- 8) JEITA (電子情報技術産業協会規格) CP-3901A デジタルカラー写真プリント画像保存性試験方法—屋内耐光性試験方法試験方法