# 第 3 回　促進曝露試験

## 3.　促進曝露試験

促進曝露試験は別名を促進劣化試験、または、促進耐候性試験などとも呼ばれ、屋外で起こる劣化を迅速に評価する目的で行いますが、試験の結果が屋外の変化を再現しているという誤解を招く可能性があるので近年は規格の名称として実験室光源曝露試験と言われるようになりました。まだ一般的ではありませんがこの名称も覚えておいてください。なぜ、誤解を招く可能性があるのかといいますと、試験条件の設定が光源の強さ、槽内の温湿度、ブラックパネル温度、水の噴霧のサイクルというパラメータで決められているのですが、複雑な屋外の環境を一定のサイクルで再現することの難しさがあり、現在行われている試験でも必ずしも屋外の変化を正確に再現できるとは言えないということを理解してください。その前提で現在の試験方法についてお話します。

### 3.1　光源の種類

現在使用されている実験室光源は、太陽光に最も近い光源としてキセノンアークランプ、日本で多用されているサンシャインカーボンアークランプ（オープンフレームアークランプとも言います）など全部で 5 種類あります。以下に各光源の特徴をお話しします。

#### 3.1.1　キセノンアークランプ

キセノンアークランプは石英管内にキセノンガスを封止して放電するランプで、太陽光を模擬するためにフィルターを透した光を放射します。図 8 にキセノンアークランプの分光分布を示します。これは屋外の昼光を模擬する一般的なフィルターで、タイプ S ボロシリケートというガラスの内側と外側の 2 重フィルターになっています。このフィルターはデイライト（昼光）フィルターと呼ばれます。この他にはガラス越しの太陽光を模擬するウィンドウガラスフィルターや、デイライトフィルターでも紫外部の立ち上がり波長が異なるものなどもありますがここでは省略します。

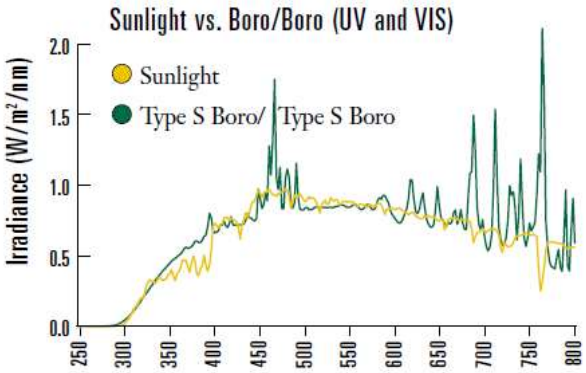

図８　キセノンアークランプの分光分布

### 3.1.2　カーボンアークランプ

カーボンアークランプはカーボン棒を燃焼させて光を放射するタイプのランプで、カーボン棒の種類によりサンシャインカーボン（オープンフレームカーボンとも言います）と紫外線カーボン（Enclosed Carbon Arc）と呼ばれる 2 種類があります。サンシャインカーボンランプは日本で最も多用されている光源ですが、国際的にはキセノンアークランプが主流です。図 9 にカーボンアークランプの分光分布を示します。サンシャインカーボンのデイライトフィルターは立ち上がり波長によって 2 種類ありますが、歴史的に 255nm から立ち上がるフィルターが多用されてきました。したがって太陽光では起きない変化が起こる可能性があり、また長波長側の分布が太陽光と異なります。しかし、試験する材料の吸収する紫外線領域とサンシャインカーボンアークランプの紫外線の強い部分が一致する場合は促進性に優れた結果をもたらすこともありデータの蓄積も多く耐候性評価では過去との比較が重要であることから現在も使用されています。紫外線カーボンも同様な理由で現在でも多くの規格[1)]に残っています。

1)　JIS D 0205 自動車部品の耐候性試験方法など

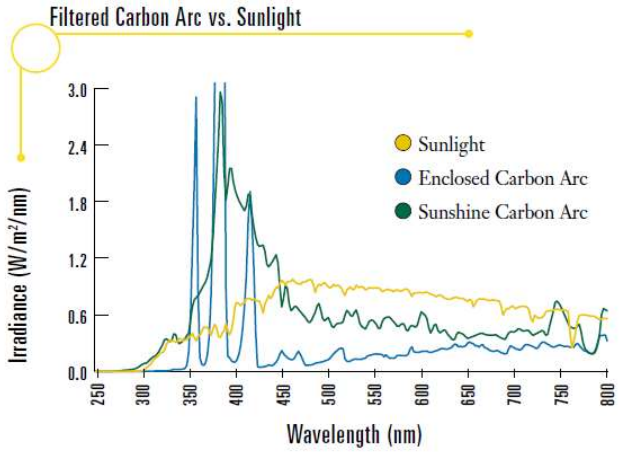


図９　カーボンアークランプの分光分布

### 3.1.3　紫外線蛍光ランプ

紫外線蛍光ランプは住宅用やオフィス用の蛍光灯と似ていますが紫外部に特化したランプです。ピーク波長によって種類が決められていて、図 10 は 313nm と 340nm にピークを持つランプの分光分布です。可視域から赤外域の光がほとんどなく、また、313nm にピークのあるランプ（UVB313 ランプ）は太陽光にはない短波長紫外線を含むため屋外曝露との相関に関する試験には有効とは言えません。しかし、このランプは安価で取り扱いも簡単なためランプと材料の特性を理解すれば材料間の相互比較やスクリーニングとして有効でしょう。

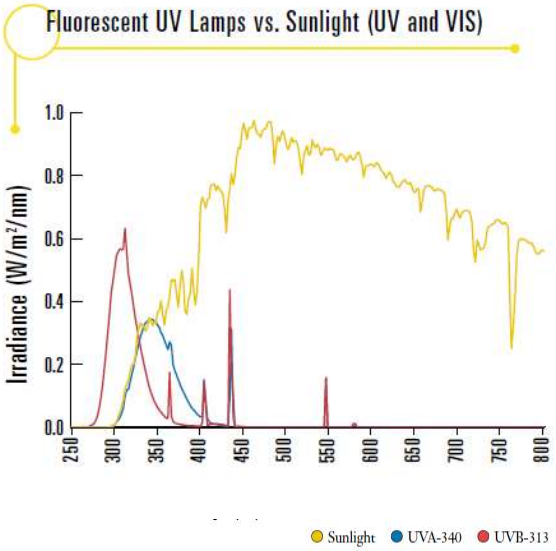


図 10　紫外線蛍光ランプの分光分布

### 3.1.4　メタルハライドランプ

メタルハライドランプは他の光源よりも比較的新しい光源で、水銀と各種金属ハロゲン化物を含む水銀ランプの一種です。耐候性試験用のメタルハライドランプは従来の実験室光源よりも放射照度が 10 倍以上強く促進性を持つ装置として日本で開発されました。国内には 3 社が製作していますが、3 社とも異なる分光分布を持っていて、試験条件も各社各様でした。近年、建築分野にこの光源を使用した試験方法の JIS[2] が制定され、今後、他の分野にも波及するかもしれません。

一方、アトラス社では促進性よりも太陽光との類似性を重視したメタルハライドランプを開発して、実際の自動車を試験室に入れて過酷な実環境をシミュレーションできるシステムや、自動車部品用の装置などとして実用化しています。図 11 に国内各社の分光分布を、図 12 にアトラス社の分光分布を示します。

2）JIS A 1501 樹脂製建具のメタルハライドランプによる促進耐候性試験方法

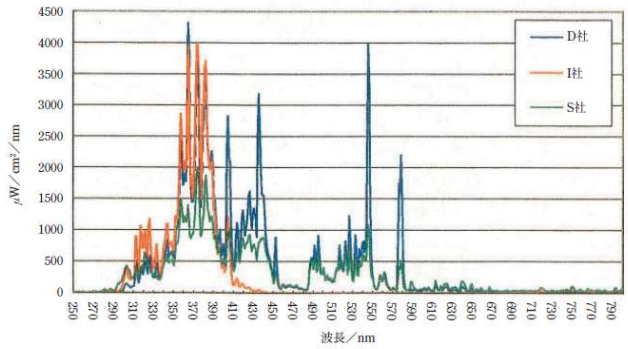


図 11　国内 3 社のランプの分光分布（塗料の研究 No,146 Oct2006）

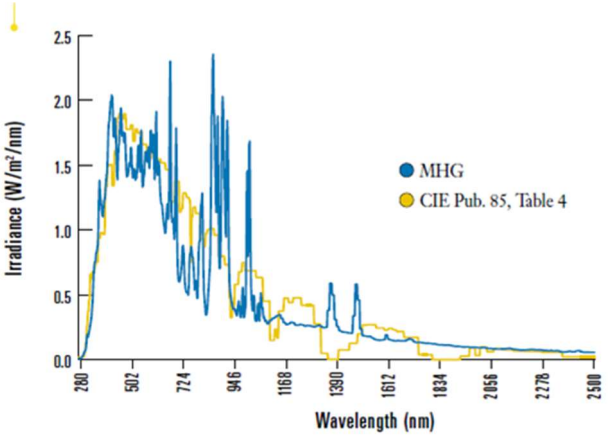


図 12 アトラス社のランプの分光分布

3.2　試験条件

試験条件は、試料に光源を照射しながら、水を定期的に噴霧したり、槽内の温度や湿度を制御したりすることが基本ですが、光の強さはランプによってそれぞれ強さが異なります。キセノンアークランプは 300～400nm の範囲で 60W/㎡と規定されています。これは赤道地帯の水平面での代表的な値とされています。日本でも真夏の快晴時にはこの程度の強さになることがあります。カーボンアークランプなど他の光源は太陽光の強さを基準としているわけではなく、光源が安定的に放電する電圧・電流値によって決められています。

槽内の温度はブラックパネル温度 63℃が一般的で、この値はマイアミでの最高温度が基準となっています。

水分の与え方には定期的にスプレーする方法と試料の表面に結露させるという方法があります。スプレーに関しては 2 時間の照射中に 18 分間のスプレーを加えるという方法が一般的ですが、この条件の根拠は過去の装置の機構上の理由という説が有力です。

現在も多くの規格でこの条件が使われていますが、前述したようにこの条件で本当に実環境を再現できるかということは疑問視されています。しかし、現状の条件でも過去から多くの実験結果の積み重ねによって耐候性の評価が行われて来ており、全てではありませんが屋外の状態を再現できる結果も得られています。一部の規格 [3] では実環境の昼夜の紫外線の強弱や濡れの状態を模擬した条件を取り入れるなどの取り組みも行われています。

3）ASTM D7869 Standard Practice for Xenon Arc Exposure Test with Enhanced Light and Water Exposure for Transportation Coatings

3.3　屋外曝露試験との関係の考え方

促進曝露試験の最大の目的は、屋外での変化を迅速に予測することですが、それをどう試験評価しているかというと、(1) 試験対象材料の屋外曝露試験と促進曝露試験の結果に基づいて比較する。(2) 試験対象材料と同種の材料の過去のデータから類推した促進曝露

試験の時間で比較する。(3) 屋外での紫外線量と促進曝露試験機の紫外線量が同等となる時間で比較する。この中で (1) は最も確実な結果が得られますが時間がかかるという理由から敬遠されることも多いのですが、屋外の結果はすべての促進曝露試験の基準になるものですので、この結果が出るまでの間に (2) や (3) の検討を行い総合的に判断することをお勧めします。ただし、(3) の促進曝露試験機の紫外線量による比較に関して注意しなければいけないことは、促進曝露試験の光源が太陽光に類似しているということが前提で、この前提を紫外部でほぼ満たすキセノンアークランプや EMMAQUA 以外の方法では単純に紫外線量のみによる促進倍率は誤解を招くということです。このことは試験対象材料がどの波長の紫外線によって劣化するのかということとも関係するのですが、太陽光と異なる分光分布の紫外線量による比較は過大な促進倍率になってしまい、実際の劣化度との相関がないという結果が起こり得ます。キセノンアークランプの他の光源に対する優位性はこの部分にあります。なお、この比較方法は熱の効果を無視していますので過剰な紫外線を照射するという可能性もあります。

ここで、屋外曝露試験と促進曝露試験の「相関性」と「促進性」という言葉についてお話します。「相関性」とはアトラス社の定義によると、屋外曝露と一致する結果を作り出す促進曝露試験方法の能力として定義されます。そして「相関性」があると判断する根拠は曝露後の光沢変化や、変色など個々の特性の変化です。「促進性」とは屋外での変化と比較して促進曝露で如何に迅速に試験できるかの尺度、つまり屋外曝露である特性変化が起こる時間と促進曝露で起こる時間の比率で表します。したがって、「相関性」の定義は、ある促進曝露試験方法がすべての材料のすべての特性値の変化に対して相関性がある・なしという言い方ではなく、あくまである材料のある特性値に関して相関がある・なしということになります。同様に「促進性」もすべての材料が同じ倍率で表されるものではありません。あくまでもある材料のある特性値に対してある促進倍率ということです。前述した屋外曝露と促進曝露の紫外線量による比較もあくまで目安です。ある促進曝露試験機は屋外曝露試験と相関あり、促進性ありなどという言い方は正しくありません。

◆お問い合わせ◆
豊通ケミプラス株式会社
自動車資材本部　技術サービス部　技術開発グループ
TEL :052-558-4621
mail : weather@toyotsu-chemiplas.com