

促進暴露試験ハンドブック

〔 〕 促進耐候性試験

平成 21 年 4 月 1 日

財団法人 日本ウエザリングテストセンター

促進暴露試験ハンドブック

まえがき

屋外において使用される各種工業材料及び製品は、使用される大気環境の影響を受けて初期に保持していた性質、性能、機能等が時間の経過に伴って低下してくる現象があり、この変化に耐える性質が耐候性^{注1)}である。

注1) 耐候性の用語は、JIS K 5500 (塗料用語)では「屋外で、日光、風雨、露霜、寒暖、乾燥などの自然の作用に抵抗して変化しにくい塗膜の性質」、JIS D 0205 (自動車部品の耐候性試験方法)では「自然環境のうち、主として日光、雨雪、温度、湿度及びオゾンによる劣化に対する抵抗性」などと定義している。

このため、屋外で使用される各種工業材料及び製品の耐候性を把握することは、品質評価、寿命予測、材料選定などの面から極めて重要である。

この耐候性を評価する試験方法として、大気環境下で行う大気暴露試験と、室内の試験機により大気環境中における特定の環境因子を主要因子とした促進暴露試験がある。

本書は、耐候性を評価するための促進暴露試験について解説する。

促進暴露試験は、塗料、プラスチック、ゴムなどの有機系材料の色、光沢、強度等の変化を評価する試験と、金属素地、メッキなどの無機系材料の耐食性を評価する試験の二通りに区分され、それぞれの呼称も異なっている。

このため、本書の構成は、前者の試験について“〔 〕促進耐候性試験”と称し、後者の試験については“〔 〕促進腐食試験”と称する2部構成とした。

〔 〕促進耐候性試験

この試験方法は、太陽光の分光分布に近似させた人工光源を用いて、温度、湿度及びぬれを試験条件に組み込んだ試験であり、光源の種類がキセノンアークランプ、オープンフレームカーボンアークランプ、紫外線カーボンアークランプ、紫外線蛍光ランプ及びメタルハライドランプ等がある。

〔 〕促進腐食試験

この試験方法は、主に塩分、温度及び湿度の影響による腐食試験であり、塩水溶液又は人工酸性雨液を用いた連続噴霧試験及びそれらの試験水溶液噴霧と湿潤・乾燥をサイクルで組合わせた複合サイクル試験がある。

本書では、促進耐候性試験及び促進腐食試験を行うための試験機がどのようなものであるかご理解していただくため、試験機の特徴、試験規格、試験を実施する上での注意点などを解説し、試験機の日常点検、管理及び校正について、財団法人日本ウエザリングテストセンター（以下、JWTCと称す）が実施している内容を紹介する。

なお、本書は今後とも改善を加えていく所存ですので、ご利用者各位にはお気付きの点やご意見を是非、JWTCにお寄せください。

[] 促進耐候性試驗

[] 促進耐候性試験

目次

	ページ
1. はじめに	候 1
2. 促進耐候性試験の基礎	候 1
2.1 試験装置の概要	候 1
2.2 光源	候 1
2.2.1 キセノンアークランプ	候 3
2.2.2 オープンフレームカーボンアークランプ	候 3
2.2.3 紫外線カーボンアークランプ	候 4
2.2.4 紫外線蛍光ランプ	候 4
2.2.5 メタルハライドランプ	候 4
2.3 試験条件	候 5
2.3.1 放射照度	候 5
2.3.2 黒板温度	候 6
2.3.3 水分の負荷条件	候 7
2.3.4 ガラス製フィルターの種類	候 7
3. 促進耐候性試験の実施	候 8
3.1 促進耐候性試験の計画	候 8
3.2 光源の選択	候 8
3.3 試験条件の設定	候 9
3.4 試験時間の設定	候 10
3.5 試験片の準備	候 11
3.5.1 試験片の形状	候 11
3.5.2 比較試験片	候 12
3.5.3 試験片の標識	候 12
3.6 装置の管理	候 12
3.6.1 ランプの管理	候 12
3.6.2 ガラス製フィルターの管理	候 12
3.6.3 照度計の管理	候 13
3.6.4 ブラックパネル温度計の管理	候 13
3.6.5 水質の管理	候 13
3.6.6 排気処理	候 13
3.6.7 試験片の入れ替え	候 14
4. 屋外暴露試験と促進耐候性試験との関係	候 14
4.1 実測値による比較	候 14
4.2 ポリエチレンリファレンス試験片の利用	候 15

4.3 紫外線量による比較.....	候 17
4.3.1 分光分布の影響.....	候 17
4.3.2 広帯域(300 ~ 400nm) 紫外線量による比較.....	候 17
4.3.3 狭帯域(290 ~ 320nm) 紫外線量による比較.....	候 18
5. 最後に.....	候 18

1. はじめに

促進耐候性試験を行う目的は、屋外で使用される製品の品質や劣化（変化）の傾向を迅速に評価すること及び材料の選定など様々であるが、試験を実施するに当たってはどのような試験をどの位の時間行ってよいのか等試験条件の設定に迷う場合が多い。また、その試験結果が屋外暴露試験とどのような関係にあるのかという問題についても明確な回答が得られにくい場合があり、さらには装置の特性をよく理解して実施しなければ、再現性低下や誤った結果の解釈に至るなど不安定要素がある。このようなことから、このハンドブックは、これから促進耐候性試験を計画している方を対象に、この試験を行うに当たって注意すべき点や試験条件の詳細を解説し、効果的な試験を行う手助けとすることを目的としている。

2. 促進耐候性試験の基礎

促進耐候性試験とは、屋外暴露試験後に観察される材料の変化に近似のものを迅速に再現する試みとして、人工光源の照射を行いながら、直接水噴霧を行い又は行わずに温度、相対湿度及び照射エネルギーの変化を含む周期的実験条件での暴露試験方法をいう。使用される光源によってキセノンアークランプ式耐候性試験、オープンフレームカーボンアークランプ式耐候性試験（サンシャインカーボンアークランプ式耐候性試験ともいう。）、紫外線カーボンアークランプ式耐候性試験、紫外線蛍光ランプ式耐候性試験、メタルハライドランプ式試験等がある。

2. 1 試験装置の概要

促進耐候性試験機は、試験片に光の照射及び水の噴霧を行うための試験槽と、試験槽の中央に取り付けられた発光部、発光部の周りに設けられた回転機構を備えた試験片保持枠（ラック）、噴霧装置、試験槽内部の温湿度を調整する装置等からなる。図 2-1 にオープンフレームカーボンアークランプ式耐候性試験機の例を示す。

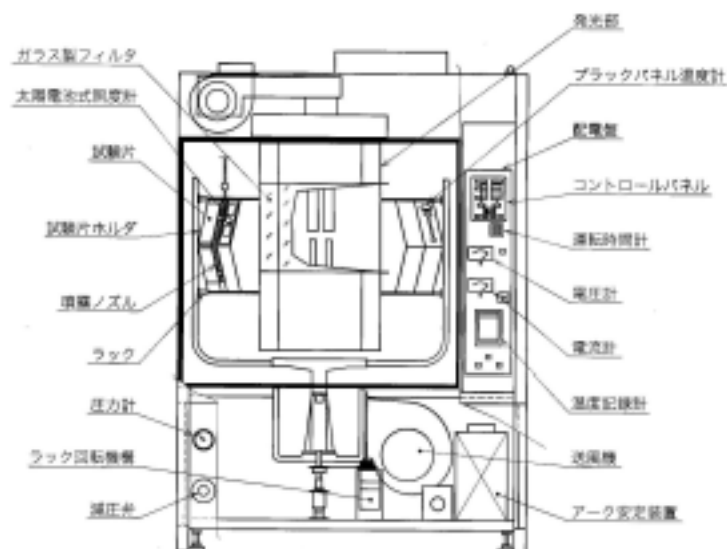


図 2-1 オープンフレームカーボンアークランプ式耐候性試験機の例¹⁾

2. 2 光源

促進耐候性試験の光源は、現在、キセノンアークランプ、オープンフレームカーボンアーク

ランプ、紫外線カーボンアークランプ、紫外線蛍光ランプ、メタルハライドランプ等がある。
 図 2-2～図 2-4 に各光源の分光分布の例を示す。以下に各光源の特徴を記述する。

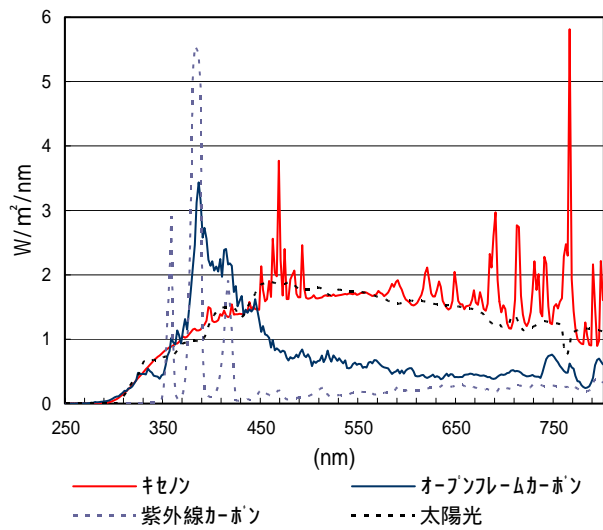


図 2-2 各種光源の分光分布の例²⁾

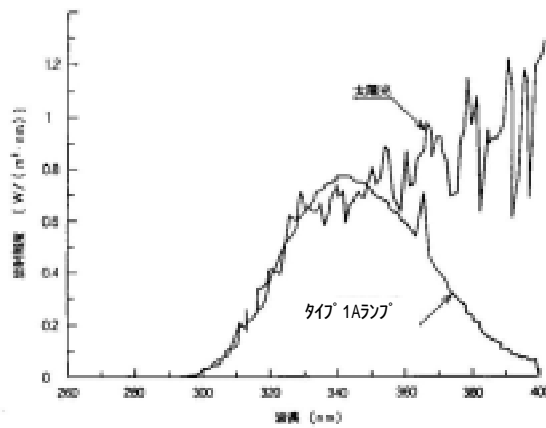


図 2-3 紫外線蛍光ランプ（タイプ 1 A(UVA-340)ランプ）の分光分布の例³⁾

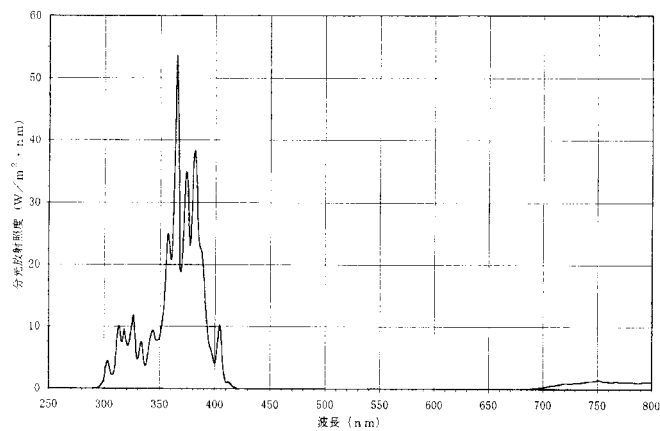


図 2-4 メタルハライドランプの分光分布の例⁴⁾

2. 2. 1 キセノンアークランプ

キセノンアークランプは、石英ガラス製発光管に封入されたキセノンガスが放電により励起され、基底状態に戻る時に発光する光を利用する。ランプとガラス製フィルターとの組み合わせによって現在使用されている光源の中では 300～400nm の範囲の紫外線の分光分布がもっとも太陽光に近く、促進耐候性試験の主流となっている。ガラス製フィルターには太陽の昼光を模擬するタイプとガラス越しの昼光を模擬するフィルターがある^{5)、6)}。同じタイプのフィルターでもメーカーによっていわゆる立ち上がり波長がわずかに異なる。また、使用時間の経過とともに紫外部の短波長部が減少し長波長側が増えるという特徴があり、ランプとフィルターの使用時間の管理が重要である。図 2-5 にキセノンアークランプ試験機の内部とランプ点灯時の状況の例を示す。



図 2-5 キセノンアークランプ試験機の例

2. 2. 2 オープンフレームカーボンアークランプ

オープンフレームカーボンアークランプは、中心にセリウムを含んだ芯があり、表面を銅の被覆がされているカーボン棒で、上下 4 組計 8 本から成るタイプが多い。通称サンシャインカーボンアークランプともいい、300～350nm 付近までは太陽光と比較的近似しているが 360nm 以上に大きなピークを持っている。ガラス製フィルターは、昼光を模擬するタイプとガラス越しの昼光を模擬するタイプがある¹⁾。現在最も多く使用されているタイプは、255nm からの短波長紫外線を透過するので太陽光には含まれない短波長紫外線を含むという理由と、太陽光と長波長側の分光分布が大きく異なるという理由から屋外との相関性を疑問視する声もあるが、我が国においては歴史的に多くの実績を持ち、全ての促進耐候性試験の基本とも言える光源である。図 2-6 にオープンフレームカーボンアークランプ試験機の内部とランプ点灯時の状況の例を示す。



図 2-6 オープンフレームカーボンアークランプ試験機の例

2. 2. 3 紫外線カーボンアークランプ

有芯と無芯の2種類のカーボン棒を上下対にして用いる。密閉されたガラスグローブの中で点灯する。現在使用されている様々な光源の中では最も古くから使用されており、維持費も比較的low価格であるが、350nm 以下には放射照度がほとんどないため短波長紫外線を吸収する材料に対しては効果が期待できない。図 2-7 に紫外線カーボンアークランプ試験機の内部とランプ点灯時の状況の例を示す。



図 2-7 紫外線カーボンアークランプ試験機の例

2. 2. 4 紫外線蛍光ランプ

紫外線蛍光ランプは石英ガラス製発光管に封入されたガスが放電により励起して発光し、この光が蛍光体を発光させる。紫外部の分光分布が釣鐘型をした可視・赤外部の放射照度をほとんど持たないランプであり、紫外部のピーク波長によって種類が決められている。ピーク波長が 340nm 周辺、351nm 周辺及び 313nm 周辺のランプが使用されている（それぞれ、タイプ 1A (UVA-340) ランプ、タイプ 1B (UVA-351) ランプ及びタイプ 2 (UVB-313) ランプと呼ぶ³⁾。可視・赤外部にほとんど放射照度を持たないため、試料の表面温度がどの色でもほぼ同じになるという特徴がある。

2. 2. 5 メタルハライドランプ

メタルハライドランプは石英ガラス製発光管に封入された水銀及び金属ハロゲン化合物が放

電により励起され、基底状態に戻る時に発光する光を利用する。紫外部の放射照度が極めて高く、オープンフレームカーボンの10倍以上強い紫外線を放射する。表面の色変化などには促進性が認められその用途が広がっている。現在国内では数社が製造しているが、メーカーによって使用するフィルターと照度計の仕様が異なる。2007年に照度計が標準化された⁷⁾がまだ標準化前の照度計がかなり使用されている。また、このランプによる試験方法はまだ標準化されていないため様々な試験条件で試験が行われており、試験結果の相互比較あるいは試験方法の標準化が課題となっている。図2-8にメタルハライドランプ試験機の内部とランプ点灯時の例を示す。



図 2-8 メタルハライドランプ試験機の例

2. 3 試験条件

促進耐候性試験の試験条件の基本的な内容は、①放射照度、②黒板温度（ブラックパネル温度又はブラックスタンダード温度）、③水分の負荷条件、④ガラス製フィルターの種類、という4つの組み合わせで決められている。基本的な条件として、ブラックパネル温度が63℃、水噴霧は120分照射中18分噴霧が最も多い。これら試験条件の根拠について以下に記述する。

2. 3. 1 放射照度

キセノンアークランプの放射照度は、JIS K 7350-2⁵⁾ (ISO 4892-2⁸⁾ の整合規格)において300～400nmの範囲では60W/m²と規定されている。この値は国際照明委員会 (CIE) が発行している文書No, 85⁹⁾ による赤道地帯における水平面での代表的な太陽光の分光放射照度が基準となっている。この値は当財団銚子暴露試験場でも真夏の快晴時の真昼時に観測されることがあり、この照度のキセノンアークランプのイメージとしては真夏の最も強い太陽光をイメージしてよい。また、JIS K 7350-2 の旧版 (1995年) では放射照度の規定として290～800nmで550W/m²となっていたが、この値は300～400nmの範囲における60W/m²と同等である。

オープンフレームカーボンアークランプの放射照度は300～700nmの範囲において255W/m²±10%とJIS B 7753によって規定されている。また、紫外線カーボンアークランプは300～700nmの範囲において500±100W/m²とJIS B 7751¹⁰⁾によって規定されている。これらの値はいずれも照度が最も安定する放電電流電圧として、オープンフレームカーボンアークランプは50V・60A、紫外線カーボンアークランプは135V・16A時の照度となっている。ただし、紫外線カーボンアークランプは前述したように350nm以下にほとんど放射照度がなく、また、358nmと386nmを

ピークとする二つの強烈な発光帯があるため、放射照度だけで比較するとオープンフレームカーボンアークランプより促進性があるという誤解を与えてしまうので、放射照度あるいは紫外線量だけで他の光源と比較してはいけない。

紫外線蛍光ランプは3種類のランプが使用されているが、300～340nmの放射分布が太陽光に近いタイプ1A(UVA-340)ランプの分光放射照度は、米国アリゾナ州フェニックス市における夏至の正午、快晴時での太陽光の300～340nmの分光分布に近似するように作られている。

メタルハライドランプの放射照度は、紫外域においては $100\text{mW}/\text{cm}^2$ ($1000\text{W}/\text{m}^2$)という値が一般的であるが、この値は安定した放電が得られる電力時の値からきており、特に他の光源や太陽光の何倍ということで決められたわけではない。また、照度計が標準化される前と後では計測する波長域や斜め方向からの入射に対する反応性の違い等があるので、標準化前後の照度計による照度は同じ値であっても単純に比較できない場合があるのでメーカーに問い合わせる必要がある。

2. 3. 2 黒板温度

促進耐候性試験の試験条件を規定する上で光とともに重要なのは試験片の温度である。しかし、試験片といっても様々な種類があるので、何かを基準として規定しなければならない。そこで、最も高温に曝される黒板の温度を基準とすることが一般的である。近年、その仕様について二種類の規定があり使用されている。一つはブラックパネル温度計(BPT)と言われるステンレス板を黒く塗装し表面に温度センサーを取り付けた従来からあるタイプのもの、もう一つはブラックスタンダード温度計(BST)と呼ばれ、ステンレス板を黒く塗装しているのは同じであるが、裏面にプラスチック(PVDF)の断熱材を張り付け、ステンレス板と断熱材の間にセンサーを入れたものの二種類がある。図2-9にブラックパネル温度計とブラックスタンダード温度計の例を示す。

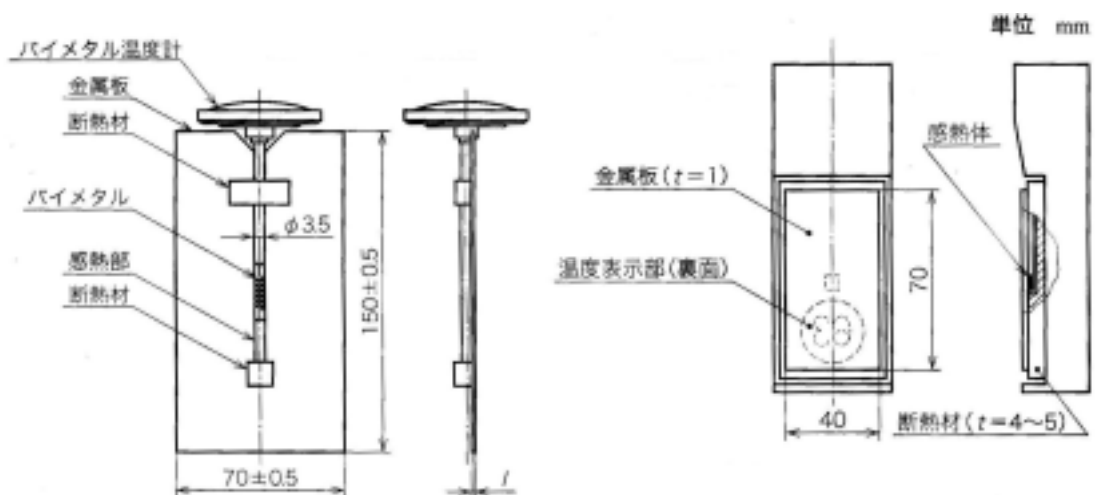


図2-9 ブラックパネル温度計(左)とブラックスタンダード温度計(右)¹⁾

JIS K 7350-2(ISO 4892-2)はブラックスタンダード温度計を推奨しているが、ブラックパネル温度計を使用することもでき、我が国ではブラックパネル温度計が最も多く使用されている。このブラックスタンダード温度計は暗色系のプラスチックのような熱容量の大きな試験片の温度に比較的近いと言われている。一般的な条件では光が照射されている間の温度差はブラック

スタンダード温度計のほうが若干高い程度であるが、水分をスプレーしたときの温度の低下の程度がブラックパネル温度計よりも小さいと言われている。また、両温度計の温度差は常に一定の関係にあるのではなく光の強さ、槽内温度、風速等によって異なり、槽内温度が一定の場合は照度が高いほどブラックスタンダード温度のほうが高くなる¹¹⁾。

ブラックパネル温度計を使用した時の条件は $63 \pm 3^\circ\text{C}$ という値が最も一般的である。この値は米国マイアミでの屋外のブラックパネル温度の最高温度を基準としている¹²⁾。この値は当財団宮古島試験場での最高温度の平均(1999年～2002年)にもほぼ等しい。因みに銚子暴露試験場における同期間の最高温度の平均は約 55°C である。

2. 3. 3 水分の負荷条件

有機系材料の劣化に及ぼす水分の影響は主に加水分解が考えられるが、それ以外にも水分による低分子量の添加物の抽出、水分が可塑剤のような働きをして分子が運動しやすくなることによる作用などが考えられ、水分を負荷したほうが負荷なしの試験よりも変化が大きい場合が多い。この水分の負荷条件として液体と湿度の二つがあり、それぞれ試験方法として条件が決められている。

液体の水の負荷方法は試験片に水を直接スプレーする方法と、試験片表面に結露させる方法がある。耐候性試験の分野では水のスプレーをする試験を促進耐候性試験といい、水をスプレーしない場合は促進耐光性試験とっている。水のスプレーを加えるだけで促進耐候性試験と言えるかどうかは問題があり、この名称によって屋外の変化を再現できると言う誤解を与える一因にもなっているが、従来からこのように呼称されてきた。多くの規格ではスプレーの条件として120分の照射時間中に102分の光のみの照射と18分間の光の照射とともに水のスプレーを行うサイクルが一般的であるが、JIS D 0205¹³⁾では60分中に12分のスプレーとなっている。この理由は昔の装置の機構上の理由という説とある地域の降水量と降雨日数から決められたという説があるが、いずれにしてもこれによって屋外での降雨の影響を再現できているとは必ずしも言えない。スプレーによる試験片温度の低下は促進性を損なうこともあり得る。そのようなことから、水分の影響をより屋外の実環境に近づける方法として、光を止めて暗黒を作りその間試験片の表面に結露させるようなサイクル¹⁴⁾もある。同じ考え方から、オープンフレームカーボンアークランプを使用したデューサイクル試験と呼ばれる方法もある。これは、明と暗をそれぞれ1時間ずつ交互に繰り返し、暗黒時に試験片の裏面に水をスプレーして表面に結露させるのであるが、特徴として光源のフィルターを外してしまうので短波長の紫外線が放射され、促進性はあるが屋外暴露試験との相関性に関しては疑問視されている。

湿度の条件としては、光を照射している間の槽内湿度の値としてほとんどの規格では50%と規定されている。この値の根拠は不明であるが、欧米の比較的低湿度の気候が基準となっているのかも知れない。JIS K 7350-2(ISO 4892-2)では湿度に影響を受けやすい材料は65%で行うことを推奨している。

2. 3. 4 ガラス製フィルターの種類

キセノンアークランプとオープンフレームカーボンアークランプはランプ自体からは270nm以下の光から紫外、可視及び赤外にかけての光を放射する。したがって、太陽光を模擬するためにはガラス製フィルターと組み合わせて使用する。使用するフィルターには昼光を模擬する

タイプと窓ガラス越しの日光を模擬するタイプがある。日光を模擬するタイプは基本的に300nm以下の光をカットするが、完全に300nm以下をカットしているわけではなく、いわゆる立ち上がり波長はメーカーや種類によって微妙に異なり、300nm以下の光もわずかに含まれる。また、オープンフレームカーボンアークランプに使用する日光を模擬するフィルターは2種類あり、255nmからの光を透過するフィルターと275nmからの光を透過させるタイプがある。現在最も一般的に使用されているのは255nmからの光を透過するタイプである。窓ガラス越しの日光を模擬するタイプは320nm以下の放射照度を低下させている。

紫外線カーボンアークランプに使用されるフィルター（ガラスグローブという。）は、275nmからの光を透過する日光を模擬するタイプのもの1種類である。

紫外線蛍光灯は、前述したように、ランプ自体が放射する光のピーク波長によって日光を模擬するタイプとガラス越しの日光を模擬するランプがある。

また、メタルハライドランプは、ランプ自体からは230nm付近の紫外線から近赤外までの光を放射するのでガラス製フィルターと組み合わせて使用するが、使用するフィルターの紫外部から可視近赤外部の透過率、特に可視部の透過率が装置のメーカーによって大きく異なり、紫外部の光に特化したタイプと可視光を含むタイプに分けられる。

3. 促進耐候性試験の実施

3. 1 促進耐候性試験の計画

促進耐候性試験を行う目的が使用材料の選定であったり、製品の屋外での特性変化を予測するために行う場合は、試験方法や試験条件が適切であるかが重要である。しかし、上述した試験要件は屋外での劣化因子の一部を強調した試験であるので、屋外で起こる現象をすべて忠実に再現しているわけではない。したがって、促進耐候性試験を計画するにあたり何を促進するかという対象を決める必要がある。表面の変化なのか、内部の変化も含めた機械的強度なのか、表面の変化でも変色、光沢の変化、クラックの発生等それぞれ発生メカニズムが異なるので、ある現象は再現できても他の現象は再現できないという場合もある。対象とする劣化現象を絞り込むことが必要である。

また、実施した促進耐候性試験の結果が屋外での変化を再現しているかを確認することが重要であるが、どのように確認するかについて決められた方法はない。化学的な構造変化を調べるか、外観上の変化を見るかなど方法は様々であるが、屋外暴露試験により屋外での実際の変化と比較することが最も客観的で一般的な納得を得られる方法である。しかし、新製品を開発するたびに屋外暴露試験を行うのは理想的ではあるが、時間的にできない場合も多い。したがって、標準となる耐候性既知の似た組成の比較材料を作っておき、その材料との比較を検討するのも一つの方法である。

3. 2 光源の選択

高分子材料の光劣化反応は照射された光の中の吸収した光のみが起こし得る。したがって、どの波長を吸収しているかは重要な情報である。しかし、現実的にはどの波長によって劣化が起こるのかという情報は限られており、すべての材料の劣化に関係する波長は明確ではない。表3-1¹⁵⁾に各種プラスチックの吸収波長の例を示す。300nm付近の短波長紫外線を吸収する材料が多いことが分かる。また、エステル結合では370nm、ウレタン結合では340nmの光も吸収す

るという報告¹⁶⁾があり、材料が吸収する波長の光が多い光源又は少ない光源の場合は促進性あるいは屋外での試験結果との相関性に影響を及ぼす。促進耐候性試験の光源は様々な分光分布を持っているので、これらの光源の特徴をよく理解しておくことが重要である。

表 3-1 各種プラスチックの吸収波長の例¹⁵⁾

種類	最大吸収波長 (nm)	有効波長 (nm)
ポリエチレン	<150	300, 310-340
ポリプロピレン	<200	310, 370, 320-380
ポリ塩化ビニル	<210	310, 320, 310-370
ポリメチルメタクリレート	<240	290-315
ポリビニルアセテート	<250	<280
ポリスチレン	<260	318
ポリカーボネート	260	295, 310, 345
ポリエチレンテレフタレート	~290	290-320
ポリアリレート		350-385
ABS		340-380
ポリサルフォン		310-312
ポリエステル		325

3. 3 試験条件の設定

多くの製品規格あるいは試験方法規格では、紫外線照度や水のスプレーサイクル、ブラックパネル温度といった基本的な条件はほぼ共通している。連続照射でブラックパネル温度 63℃、スプレー間隔は 120 分間照射中 18 分間噴霧サイクルが最も多い。したがって、規格がない場合は JIS K 7350-1~4¹⁷⁾ (ISO 4892-1~4 に整合している) に、又は、JIS A 1415¹⁸⁾ に準拠して行えば既存の多くのプラスチック材料製品との相互比較は可能になる。しかし、これらの試験条件は高分子材料の屋外での劣化状況をすべて再現できるものではないので、使用した条件では屋外で起こる劣化現象が十分に再現できていないと判断される場合は、屋外と促進暴露での劣化機構に異なる点があるかどうかを検討し、光源を変更するか、試験条件（例としては、前述した明暗サイクルやスプレーサイクルあるいは照度やブラックパネル温度）を変更するかなどを検討する。

近年、メタルハライドランプはその促進性により多用されているが、試験方法は規格化されていない。この場合に考慮すべき点としては、紫外線の照度は装置として決まった照度でよいとしても、連続照射か又は照射と暗黒結露のサイクルか、水分の負荷時間等が問題になるであろう。試験条件の設定は、材料によって、あるいは対象とする物性変化の劣化機構によって異なっていると看做しても、どのような試験条件がよいのかは明確ではない。しかし、メタルハライドランプの場合は、その促進性により比較的短時間で結果が得られるので、何種類かの条件を行ってみることを推奨する。はじめは連続照射・水スプレー無しで、次に暗黒結露又はスプレーありを行って比較してみるとよい。暗黒結露の時間サイクルは、照射と暗黒の比率が 1:1 又

は2:1とする場合が多い。また、ブラックパネル温度は他の光源と同じように63°Cにすることが一般的であるが、この光源は可視から赤外域にかけてのエネルギーが少ないのでサンプルの色による温度差が他の光源より少ないことに注意が必要である。

3. 4 試験時間の設定

最終的な劣化形態を想定して、その状態になるまでに必要な時間を照射することが望ましいが、それがどの程度の時間なのかが不明な場合がほとんどである。したがって、耐候性がある程度分かっている製品との比較から相対的に推定することが多いが、比較材料もない場合は屋外の紫外線受光量を基準とする場合が最も多い。しかし、この場合は光源と太陽光の分光分布が異なること、温度や水分の影響を無視していることから、屋外と同じ変化になる時間ということではない。このことについては次項で説明する。

また、上述した試験方法規格は試験の条件を決めているが、この試験を何時間行うかについては決められていない。試験時間を設定する際の参考として表3-2に各種製品規格に規定されている試験時間を示す。ただし、これらの試験時間はもともと製品の初期の品質を評価する（定められた品質を有しているか否か）ためのものであったので、屋外での耐久性を評価するには不十分なものが多い。（試験条件の詳細は各規格を参照されたい。）

また、規格により試験時間が決められている場合を除き、特性値がある一定の値になる時間を推定するような場合は何段階かの時間水準をとり、また、水準毎の試験片の数量は少なくとも3個として、統計的手法が適用できることが望ましい。

表 3-2 各種製品規格の試験時間の例

JIS 番号	規格名称	試験時間
JIS A 4714:95	硬質塩化ビニル製窓用サッシ	カンシャイン 240 時間
JIS A 4801:91	鋼製及びアルミニウム合金製ベネシャンブラインド	紫外線フェード 100 時間
JIS A 5422:02	窯業系サイディング	カンシャイン 1000 時間
JIS A 5905:94	繊維板	カンシャイン 250 時間、紫外線ウェザー 500 時間
JIS A 5908:94	パーティクルボード	紫外線フェード 48 時間
JIS A 6021:00	建築用塗膜防水材料	カンシャイン 250 時間
JIS A 6111:96	透湿防水シート	カンシャイン、ケノンとも 44MJ/m ² (カンシャインで約 150 時間、ケノンで約 200 時間)
JIS A 6901:97	せっこうボード製品	紫外線フェード 48 時間
JIS A 6909:00	建築用仕上塗材	ケノン A 法 300 時間、B 法品質によって 2500、1200 又は 600 時間
JIS D 4604:95	自動車部品-シートベルト	カンシャイン 100 時間 BP83 雨無し C フィルター
JIS H 8602:92	アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化塗装複合被膜	カンシャイン 250 時間
JIS K 2236:97	自動車用つや出しワックス	カンシャイン、ケノンとも 150 時間
JIS K 2246:94	さび止め油	カンシャイン 600 時間
JIS K 2396:94	自動車用つや出しコーティング剤	カンシャイン 150 時間以上
JIS K 5981:92	合成樹脂粉体塗装製品の塗膜	カンシャイン、グレートによって 120、240、500、1000 及び 2000 時間の 5 段階
JIS K 6718-1:00	プラスチック-メタクリル樹脂板-タイプ、寸法及び特性-第 1 部:キャスト板	ケノン 1000 時間又はカンシャイン 600 時間
JIS K 6718-2:00	プラスチック-メタクリル樹脂板-タイプ、寸法及び特性-第 2 部:押出板	ケノン 1000 時間又はカンシャイン 600 時間
JIS K 6732:81	農業用ポリ塩化ビニルフィルム	カンシャイン厚さにより 200、300、400 時間又はデュサイクル 180、270、360 時間
JIS K 6735:99	プラスチック-ポリカーボネート板-タイプ、寸法及び特性	カンシャイン 600 時間 (ケノンも可ただし時間の記述なし)
JIS K 6772:94	ビニルサークロス	紫外線カーボン 100 時間
JIS K 6774:98	ガス用ポリエチレン管	カンシャイン 600 時間 (屋外の場合 3.5GJ)
JIS K 6775-1:98	ガス用ポリエチレン管継手-第 1 部:ヒートフュージョン継手	カンシャイン 600 時間 (屋外の場合 3.5GJ)
JIS K 6775-2:98	ガス用ポリエチレン管継手-第 2 部:スピゴット継手	カンシャイン 600 時間 (屋外の場合 3.5GJ)
JIS K 6775-3:98	ガス用ポリエチレン管継手-第 3 部:エレクトロフュージョン継手	カンシャイン 600 時間 (屋外の場合 3.5GJ)
JIS K 6783:94	農業用エチレン・酢酸ビニル樹脂フィルム	カンシャイン 400 時間
JIS S 3107:98	自動車窓ガラス用フィルム	カンシャイン B フィルター 200 時間
JIS S 2029:84	プラスチック製食器	カンシャイン C フィルター 8 時間
JIS S 2048:97	携帯用クーラーボックス	カンシャイン C フィルター 8 時間
JIS S 2041:73	プラスチック製洗い容器	カンシャイン 8 時間
JIS Z 9107:77	安全標識板	カンシャイン 200 又は 100、デュサイクル 20 時間、ケノン 1000 又は 200、高エネケノン 340 時間
JIS Z 9117:84	保安用反射シート及びテープ	デュサイクル 80 又は 20 時間、カンシャイン 1000 又は 250 時間
JIS Z 1651:02	フレキシブルコンテナ	カンシャイン 200 時間以上又は UVB 蛍光灯 200 時間以上
JIS Z 1710:77	燈油用ポリエチレンかん	カンシャイン 100 時間

3. 5 試験片の準備

3. 5. 1 試験片の形状

一般的な促進耐候性試験機の標準的な試験片の大きさは、縦 150 mm 横 70 mm で厚さが 1 mm 程度であるが、実際の製品から切り出して試験する場合も多く、箱型になっていたり厚い試験片を試験する場合も少なくない。厚さ 50 mm 程度までの試験片や横幅が 200 mm 程度までの試験片は工夫次第で取り付け可能であるが、厚い試験片や大きな試験片を回転ドラムに取り付け

た場合は、それだけ光源に近づくことになるので通常の試験片取付位置よりも強い光が当たることになる。光の強さは光源からの距離の二乗に反比例するので、光源と試験片の距離が半分（実際はスプレーノズルなどがあるので不可能であるが）の場合は4倍強い光が当たることになる。

3. 5. 2 比較試験片

試験用の試験片とともに耐候性の諸特性が分かっている比較試験片を同時に暴露するか、比較用としての標準的な試験片を作っておくことを強く推奨する。

3. 5. 3 試験片の標識

試験片の裏側又は光に暴露されない面に、耐久性のあるインク又はテープによって試料名を記入しておくことよい。

3. 6 装置の管理

促進耐候性試験の問題のひとつとして、同じ装置を異なる時期に使うと以前と同じ結果が得られないという実験室内の再現性の問題、又は異なる装置で同じ条件の試験をしても同じ結果が得られないという実験室間の再現性の問題がある。

実験室内の再現性は試験が数千時間に及ぶ長期の試験の場合はなおさらで、装置の置かれている環境によっては試験片の温度が季節による気温変動や水温の変化の影響を受け、さらに光源の分光分布がランプやガラス製フィルターの経時変化により変化するため再現性に影響を及ぼす。

実験室間の再現性は、光源の問題に加え、装置によってブラックパネル温度は同じでも槽内温度が異なることがあること、使用するガラス製フィルターの立ち上がり波長はメーカーによって微妙に異なること、紫外線計の特性や制御方式が異なることなどに影響される。さらに、この問題は装置だけの問題ではなく、ユーザー側の適切な管理も不可欠である。

3. 6. 1 ランプの管理

実際の運転に当たっては、キセノンランプやメタルハライドランプは試験時間を設定してスイッチを押せば連続運転が可能であるが、ランプ冷却水の水質によるガラスフィルターの汚れなどがあるので、一週間程度で一度停止しフィルターを掃除することや装置の点検をすることが望ましい。

オープンフレームカーボンと紫外線カーボンでは、カーボンの取り付け方に注意が必要であり、上下のカーボンを正しく垂直に取り付ける。試験終了時にカーボンの燃えた後が竹を切ったように斜めに燃焼していたらカーボンが正しく取り付けられていなかった証拠である。

3. 6. 2 ガラス製フィルターの管理

ガラス製フィルターはソーラリゼーション（ガラスに含まれている金属成分が紫外線の影響で変化し、透過率や色が変わる現象）の影響で短波長部の透過率が低下してくるので、使用時間の限度を守らなければならない。オープンフレームカーボンの場合は8枚で1組になっている場合が一般的であるが、8枚を一度に交換すると交換前後で短波長部の紫外線照度に差が

出るので、500 時間で 2 枚交換するようなサイクルを作る必要がある。また、カーボンを交換する毎にフィルターの掃除もする。

装置によってはランプやフィルターの使用時間が自動的に表示できるものもあるが、そうでないものも多いので、運転を開始した時と終了した時のフィルターの使用時間を記録しておくことが重要である。

3. 6. 3 照度計の管理

紫外線照度の管理は試験機の運転中最も重要である。照度計が内蔵されて自動的に照度を制御するタイプの試験機では、照度計自身が常に紫外線や熱の影響を受けているので定期的に校正する必要がある。校正用の外付け照度計を用意しておくといよい。また、この校正用照度計はメーカーによる定期的な校正が必要である。

照度計を校正する際は、槽内の試験片ホルダーに取り付けられている試験片によって反射の影響が異なるため一定の条件にする必要がある。JIS B 7753 では試験片ホルダーすべてをステンレス板で満たすことを規定しているが、メーカーによっては試験片ホルダーすべてを取り除いてしまうことを推奨している場合がある。

3. 6. 4 ブラックパネル温度計の管理

現在の試験機は、ブラックパネル温度計が内蔵され常にモニターされると同時に、自動的に制御できるようになっているものが多い。しかし、ブラックパネル温度計自身も表面の塗膜が劣化するので、定期的なチェックが必要である。これについても校正用のブラックパネル温度計を用意して定期的に内蔵された温度計をチェックする。表面の光沢度が低下したりチョーキングしている温度計は光の吸収率と熱の伝導率が異なってくるので、校正用の温度計との差が $\pm 2^{\circ}\text{C}$ を目安に交換する必要がある。

3. 6. 5 水質の管理

試験片にスプレーする水の管理も重要である。規格¹⁷⁾では導電率が $5\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、固形物の含有量が 1ppm 以下の水を使用することになっている。水質の悪い水の使用はサンプル上に斑点を残すことになるばかりではなく、キセノンランプ等の照度を減少させることになるので十分な管理が必要である。

規格が規定する水はイオン交換や逆浸透膜によって得られるが、これら純水を製造する装置の管理も重要である。イオン交換樹脂の再生やフィルターの交換を定期的に行わなければならない。

参考として表 3-3 に当財団での水質管理の例を示す。スプレーに使用する水の電導率は $1\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下である。また、イオン交換する前後の水質は、毎年メーカーに依頼して分析を行っているが、イオン状シリカの量は $0.1\text{mg SiO}_2/\ell$ 以下である。

3. 6. 6 排気の処理

オープンフレームカーボンアークランプ又は紫外線カーボンアークランプは、カーボン棒の燃焼によって灰分やガス等を発生する。これは排気ダクトによって室外へ排出するようにしないと装置の設置されている実験室内が汚染されるため、燃焼室からの排気ダクトは必須である。

また、試験槽内の温度コントロールのために槽内の空気を実験室内の空気と入れ替える形式の装置は、熱を含んだ空気の排出により実験室の温度が上昇することがある。この場合は、排気を室外に導くようにするか、実験室内を空気調節しないと試験槽内の温度コントロールが難しくなる場合がある。

表 3-3 当財団の水質管理の例

工程	備考
① 地下水くみ上げ	
② ろ過フィルター	濁度除去
③ 軟水化处理	
④ ろ過フィルター	濁度除去
⑤ イオン交換 1 回目	1 μ S/cm 以下/湿度発生槽へ
⑥ イオン交換 2 回目	1 μ S/cm 以下/スプレー用
⑦ ろ過フィルター	微粒子除去
⑧ スプレー	

3. 6. 7 試験片の入れ替え

試験片を取り付けるラックは垂直型や傾斜型があるが、傾斜型でも照射位置により照射量のバラツキや空気の流れによる温度差が生じるので、一定の時間間隔で上下の入れ替えをすることが望ましい。

4. 屋外暴露試験と促進耐候性試験との関係

促進耐候性試験の課題は数々挙げられるが、最大の課題は、促進耐候性試験の何時間が屋外暴露試験の何年に相当するかという時間的關係に関することであろう。しかし、プラスチックの耐候性は、材料自身の因子（分子量やその分布、結晶化度、厚さ、成形方法や条件、安定剤など添加物等々）と試験条件の因子（屋外暴露の場所による環境の違い、促進試験での光の種類と強さ、分光分布、温度、湿度、これらを負荷させるサイクル条件等々）、また、どのような物性を対象とするかによっても異なるのでその評価を困難にしている。しかし、これでは試験時間の設定や試験結果を評価する際には不便であるので何らかの目安が必要である。

4. 1 実測値による比較

促進耐候性試験はある材料・製品が期待される品質をどの程度屋外で維持できるかという予測をするために必要であるが、その予測手法については熱劣化試験のように劣化因子のレベルを数段階にとって行う反応速度論的な手法の適用が非常に困難であるので、屋外暴露での実測値と比較するという原始的な手法にならざるを得ない。また、期待される品質というレベルは分野によって異なるので、得られた相関に関するデータも表現がバラバラである。さらに、プラスチックの耐候性は材料側の因子によっても大きく異なるので、あくまでも限定された材料の限定された物性値による関係である。しかし、現状ではこれらから共通する現象の抽出や最大公約数的な情報を引き出していかざるを得ない。

現実的に行われている方法の一つとして、屋外暴露試験と促進耐候性試験である物性値がある値に到達する時間を比較することが行われているが、この場合は屋外暴露試験、促進耐候性試験ともに時間に対して直線関係がないときはどの時点での値かによって時間的關係が異なることに注意が必要である。そこで、屋外暴露試験と促進耐候性試験の結果を回帰分析し、両者が等価になる時間を求めた方が多くの情報を得られる。しかし、実際の劣化曲線は複雑な形状を取ることが多く、また、耐候性試験はバラツキが大きいということもあり、このような扱いができない場合も多い。そこで、現在のパソコンの表計算ソフトでは同じグラフ上に時間軸を複数とり二つの曲線が重なるようにプロットすることができるので、この場合は任意の時間での関係を見ることができる。図 4-1 に屋外暴露試験と促進耐候性試験の関係についての例¹⁹⁾を示す。

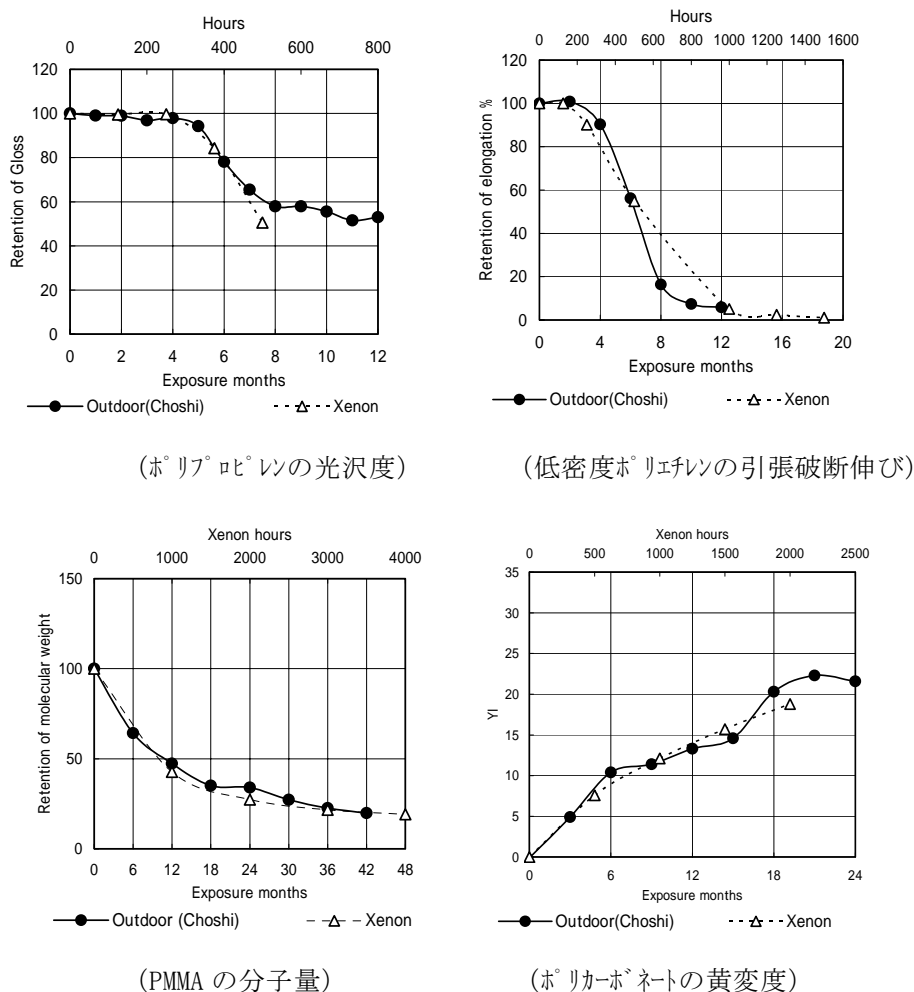


図 4-1 屋外暴露試験とキセノンアークランプ試験の関係

4. 2 ポリエチレンリファレンス試験片の利用

現在の材料・製品は長寿命を期待されるものが多いので、促進試験においてある程度の劣化を生じさせるためにはかなりの長時間を要する。これは屋外暴露試験では尚更であるので、促進試験の基準となるべきデータがなかなか得られないということもある。そこで、たとえ明確な変化を生じなくてもその試験時間が何年分に相当するかということを知る必要がある。

屋外において材料・製品のある物性が低下するという事は、紫外線が照射され劣化反応が開始された後多くの段階を経た最終的な結果である。その最終的な結果になるまでの複雑な過程の道筋が明らかになれば劣化反応の途中段階でも将来の予測ができると考えられるが、その解明・解析はあまりに複雑である。

ひとつの試みとしてポリエチレンフィルム（耐候性評価用リファレンス試験片）の光酸化反応速度を比較した例を示す²⁰⁾。多くのプラスチックの劣化反応は紫外線の照射により開始される光酸化反応であり、これにより分子量の低下を起し各種物性値の低下をもたらす場合が多い。この光酸化反応は紫外線によって分子中にラジカルが生じ、そのラジカルが酸素と反応してその後水素引き抜きなどから成る一連の自動酸化反応である。この酸素と反応する段階では温度が重要な役目を果たしており、温度が高い環境のほうが反応が早くなる。しかし、紫外線と温度の相乗的な効果を物理的に表現する手段がないため、単純な紫外線量のみでの比較ではその評価は困難である。

このポリエチレンフィルムは分子鎖中に二重結合を導入したもので、光酸化反応が容易に起こりカルボニル基が生成する。このカルボニル基の生成量（カルボニルインデックス：ベースライン法による 1715cm⁻¹ 付近の吸光度と 2020cm⁻¹ 付近の吸光度の比）を暴露環境の紫外線と熱の作用の指標とする。図 4-2 に暴露したポリエチレンフィルムの赤外吸収スペクトルの例を示す。

この試験片を屋外では 1 か月月毎に暴露し、また、促進試験では 100 時間程度の暴露を繰り返して、両者によるカルボニル基の生成量を比較した結果を表 4-1 に示す。この関係はこの試験片のみによる関係であるが、カルボニルインデックスを屋外暴露試験と促進耐候性試験の共通の尺度とすることで、材料・製品の経時変化がカルボニルインデックスによるマスターカーブによって表される²¹⁾ことがある。

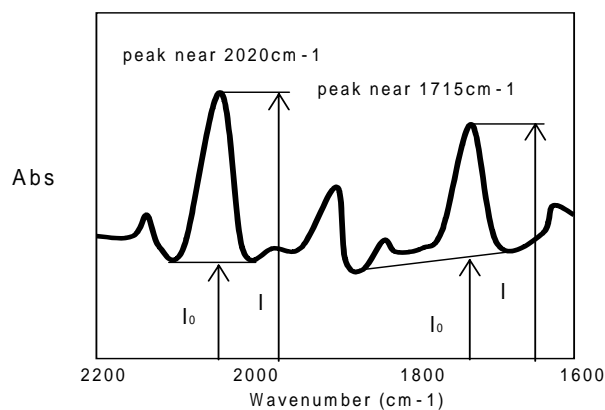


図 4-2 赤外吸収スペクトルの例

表 4-1 ポリエチレンリファレンス試験片による実験室光源暴露と屋外暴露^{a)}の関係の一例

光源	カルボニルインデックスによる比較
キセノンアークランプ ^{b)}	900～1100 時間
オープンフレームカーボンアークランプ ^{c)}	600～800 時間

a) 銚子 1 年の積算カルボニルインデックス値：9.3 とした。

b) キセノンアークランプ 60 時間の積算カルボニルインデックス値：0.6～0.5 とした。

c) オープンフレームカーボンアークランプ 60 時間の積算カルボニルインデックス値：0.9～0.7 とした。

4. 3 紫外線量による比較

プラスチックの劣化反応は必ずしも光酸化反応だけであるとは言えず、また、劣化過程の道筋も明らかになっているとは言えないので、すべての材料に上記の関係を当てはめることは不可能である。

最も現実的に行われている方法は、プラスチックの屋外での最大の劣化因子は紫外線であるので、屋外の1年に相当する試験時間として屋外暴露試験と促進耐候性試験での紫外線量が等しくなる時間を目安にするということである。しかし、この場合は前述したように、太陽光と促進試験の光源の分光分布が違うこと、プラスチックは固有の紫外線吸収特性を持っているので紫外域全体の紫外線を吸収するわけではないこと、さらに、熱や水分の影響あるいはフィルターの立ち上がり波長やその経時変化の影響などを無視しているため、必ずしも屋外暴露試験と同じ変化を起こす時間ではない。

4. 3. 1 分光分布の影響

ある物質の光化学反応はその物質に吸収された光のみによって起こる。どの程度吸収するかという基本的な原理は Lambert-Beer の法則によって次の式によって表される。

$$\text{吸光度 } A = \log(I_0/I) \quad \dots\dots (1)$$

I_0 : 入射光の強さ

I : 透過光の強さ

吸収される量としては入射光と透過光の差であるので、吸収量は次の式によって表される²²⁾。

$$\text{吸収量 } Q = I_0 - I = I_0 (1 - 10^{-A}) \quad \dots\dots (2)$$

太陽光や実験室光源は入射光の強さ (I_0) が波長により分布を持っており、また材料も波長によって吸光度 (A) が異なるので、材料が吸収する紫外線量としては(2)式のような掛け算が必要である。しかし、現実には材料の吸光特性が不明な場合がほとんどであり、また、光源の分光分布のデータも公表されたものがないので、紫外域全体のエネルギーを比較せざるをえないのが現状である。

4. 3. 2 広帯域 (300~400nm) 紫外線量による比較

キセノンアークランプの 300~400nm の範囲の照度は、JIS K 7350-2 (ISO 4892-2) により赤道地帯の太陽光を規準としており、全放射照度約 1090W/m² の 6% である 60 W/m² が規定されている。この光を 1 時間照射したときの試料が受けるエネルギーは、放射照度に時間を掛算することによって求められる。

$$60 \text{ W/m}^2 \times 3600 \text{ 秒} \times 10^{-6} = 0.216 \text{ MJ/m}^2/\text{hr} \quad \dots\dots (3)$$

銚子における南面 30 度の年間紫外線受光量は、300~340MJ/m² 程度である。この値と同じ受光量になるために必要な時間は、

$$300/0.216 \sim 340/0.216 \approx 1400 \sim 1600 \text{ 時間} \quad \dots\dots (4)$$

オープンフレームカーボンアークランプの紫外部の照度はメーカーの資料²³⁾によれば約 80W/m² であるので、(1)式と同様に、 $80 \text{ W/m}^2 \times 3600 \text{ 秒} \times 10^{-6} = 0.288 \text{ MJ/m}^2/\text{hr} \quad \dots\dots (5)$

$$\text{したがって、} 300/0.288 \sim 340/0.288 \approx 1050 \sim 1200 \text{ 時間} \quad \dots\dots (6)$$

これらの値はあくまでも促進耐候性試験機が変動なく運転されたと仮定している。しかし、オープンフレームカーボンアークランプの場合は電圧・電流の変動により照度も±10%程度変

動している。一方、キセノンアークランプではガラス製フィルターの経時変化が起こり、紫外部の分光分布が変化して短波長部の紫外線量が少なくなる傾向を示す。広帯域で比較した場合は短波長部のわずかな変動は無視されるが、プラスチックの劣化には無視できない場合もある。

4. 3. 3 狭帯域 (290~320nm) 紫外線量による比較

キセノンアークランプとオープンフレームカーボンアークランプはどの程度短波長紫外線を放射しているかについて、JIS K 7350-2 (ISO 4892-2) ではキセノンアークランプの放射する狭帯域紫外線の量として250~400nmの中の2.6~7.9%まで許容しており、実測では270~400nmまでの約4.5%であった。オープンフレームカーボンアークランプは同様にJIS K 7350-4 (ISO 4892-4) において6.7%まで許容されており、実測では約5%であった。

屋外の狭帯域紫外線量はいわゆるUVB光として測定されたデータが報告されている²⁴⁾。これによれば全日射エネルギーのおよそ0.2%であるので、これを銚子の年間日射量約5000MJ/m²と掛算して約10MJ/m²程度と推定した。この値と等価となるためのキセノンアークランプの所要時間は先の実測値から次のように計算した。

キセノンアークランプの短波長部の紫外線の照度は60W/m²の4.5%として、 $60 \times 0.045 \times 3600 \times 10^{-6} = 0.00972 \text{ MJ/m}^2/\text{hr}$ 、

したがって、 $10 / 0.00972 = \text{約 } 1050 \text{ 時間}$ ……(7)

オープンフレームカーボンアークランプは5%として、 $80 \times 0.05 \times 3600 \times 10^{-6} = 0.0144 \text{ MJ/m}^2/\text{hr}$ 、

したがって、 $10 / 0.0144 = \text{約 } 700 \text{ 時間}$ ……(8)

いずれの場合も広帯域紫外線での比較よりも30%程度時間が短縮される。これらをまとめて表4-2に示す。

表4-2 屋外(銚子)の紫外線量^{a)}と等価になる時間の例

光源	広帯域 (300~400nm) による比較	狭帯域 (290~320nm) ^{c)} による比較
キセノンアークランプ ^{b)}	1400~1600 時間	約 1050 時間
オープンフレームカーボンアークランプ ^{b)}	1050~1200 時間	約 700 時間

a) 銚子の1年間の紫外線量を300~340MJ/m²とした。

b) 放射照度はキセノンアークランプ60W/m²、オープンフレームカーボンアークランプ80W/m²とした。

c) 屋外での紫外線量は日射量の0.2%(50MJ/m²)、キセノンアークランプは紫外部の4.5%、オープンフレームカーボンアークランプは紫外部の5%と仮定した。

5. 最後に

上に述べた紫外線量による屋外暴露試験と促進耐候性試験との関係は、すべて紫外線計が計測した値と暴露された高分子材料が受ける紫外線量が同じと仮定している。屋外暴露試験や促進耐候性試験に使用される紫外線計は斜め方向から入射する光に対して入射角のコサインに比例する特性を持っているが、高分子材料が必ずしも紫外線計と同じ特性を持っているとは限らない。透明な材料は屈折して試料内部に入射し、また、光沢度の高い材料は表面で反射される光もあることから紫外線計が受ける受光量とは必ずしも一致しないと言われている²⁵⁾。

また、4.2 項に述べたように一般的に温度が高い環境のほうが化学反応の速度が大きくなるので、促進耐候性試験でも見かけ上紫外線劣化を促進していると思われる場合が多く、屋外暴露試験と促進耐候性試験の結果を紫外線量の関数として同軸上に表してみると、促進耐候性試験のほうが同じ紫外線量によって屋外より早く劣化している例が多い。したがって、紫外線量によって試験時間の設定をする場合は、屋外での変化に対して安全率をかけているのと同じ意味合いになるので試験時間の設定の根拠としては最も受け入れられやすい。しかし、劣化速度は必ずしも光の強さに比例せず、また、材料が吸収しない波長の紫外線は影響しないので、太陽光線と強さの異なる光源や分光分布の異なる光源の促進性を誤解する基ともなっている。

以上、促進耐候性試験を行う上で理解しておいたほうがよいと思われる項目、問題点、屋外との関係などについて述べた。促進耐候性試験は今まで述べてきたように不安定な要素が多い試験であり、一定条件で長時間試験をするにはユーザー側でもある程度の努力が必要である。促進耐候性試験の特性をよく理解し効果的な試験を行える助けになれば幸いである。

参考文献

- 1) JIS B 7753 : サンシャインカーボンアーク灯式の耐光性試験機及び耐候性試験機
- 2) Atlas Electric Devices Company, Weathering Testing Guidebook
- 3) JIS K 7350-3: 実験室光源による暴露試験方法, 第 3 部 : 紫外線蛍光ランプ
- 4) JTM G 01:2000 メタルハライドランプ方式試験機
- 5) JIS K 7350-2 : プラスチックー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
- 6) JIS B 7754 : キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機
- 7) 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
- 8) ISO 4892-2 : Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 2: Xenon-arc sources.
- 9) CIE No85:1989 : Technical Report - Solar spectral irradiance.
- 10) JIS B 7751 : 紫外線カーボンアーク灯式の耐光性試験機及び耐候性試験機
- 11) J. Boxhammer : BST/BPT-Comparison Study Draft report on the status work, ISO/TC61/SC6/WG2 September 1996
- 12) Richard M. Fischer and Warren D. Ketola : Surface temperature of materials in exterior exposures and artificial accelerated tests, ASTM STP 1202 pp.88-111
- 13) JIS D 0205 : 自動車部品の耐候性試験方法
- 14) SAE J1960 1989 : Accelerated exposure of automotive exterior materials using a controlled irradiance water-cooled xenon arc apparatus.
- 15) Kamal and Huang, Hand book of polymer degradation. pp.127-168, MARCEL DEKKER, INC, 1992
- 16) 矢部、田桐、岡本 : 塗料の研究 No, 146 Oct. 2006
- 17) JIS K 7350-1~4 : プラスチックー実験室光源による暴露試験方法、第 1 部 : 通則、第 2 部 : キセノンアークランプ、第 3 部 : 紫外線蛍光ランプ、第 4 部 : オープンフレームカーボンアークランプ
- 18) JIS A 1415 : 高分子系建築材料の実験室光源による暴露試験方法
- 19) (財)日本ウエザリングテストセンター : 新発電システムの標準化に関する調査研究, 平成 13

年 3 月

- 20) ISO/TR 19032 : Plastics - Use of Polyethylene Reference Specimens (PERS) for Monitoring Laboratory and Outdoor Weathering Conditions.
- 21) (財)日本ウエザリングテストセンター：新発電システムの標準化に関する調査研究成果報告書、平成 8 年 3 月
- 22) 井上、高木、佐々木、朴：光化学 I、丸善(株)、pp. 40、2004 年
- 23) スガ試験機(株)資料：1993-9
- 24) 小峯、早福、古明地、岩崎：東京都環境科学研究所年報、pp. 225-230、2002 年
- 25) P.Trubiroha, A.Geburtig, V.Wachtendorf:GUS Pub.No, 5, pp. 61-72, 2004