

# QUVと密閉型 カーボンアーク との比較

風化(ウェザリング)は、プラスチック、繊維、コーティング、その他の有機物質の損傷の重要な原因です。促進耐候試験機を使用してこの損傷をシミュレートし、研究開発、品質管理、および材料の認定を行います。広く使用されている2種類の促進耐候試験機、即ちQUV (ASTM G-53) および密閉型カーボンアーク (ASTM G-23) があります。試験機は、光スペクトル、湿気シミュレーションの方法、必要なメンテナンス、価格、および運用コスト等のいくつかの重要な分野で異なります。

## 発光スペクトル

カーボンアークは、太陽光をシミュレートするために、太陽光のスペクトル全体を再現する必要があるという考えに基づいて設計されています。QUVでは異なるアプローチを使用します。QUVランプは、太陽光自体を再現しようとするものではなく、太陽光による損傷の影響のみを再現します。屋外にさらされる耐久性のある素材のほとんどすべての損傷が短波長UVによって生じるため、この方法は有効です。結果として、QUVランプは、スペクトルのUV部分への一次発光を制限します。これにより、カーボンアークとは異なるスペクトルが得られ、通常は異なる試験結果が得られます。

カーボンアークとQUVの違いを理解するには、まず太陽光のスペクトルを確認します。

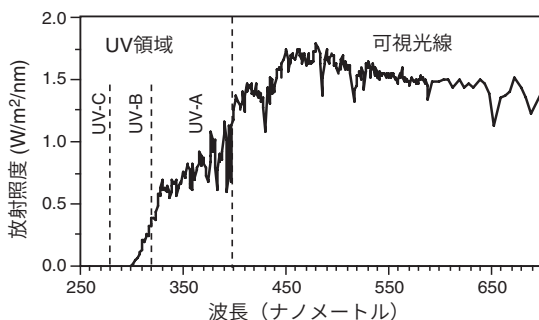


図.1 - 太陽光スペクトル

## 太陽光スペクトル

通常、太陽光による電磁エネルギーは、紫外線、可視光、および赤外線エネルギーに分割されます。図1は昼夏の太陽光の分光分布 (SPD) を示します。赤外エネルギー (図示されていません) は、可視赤波より長い波長で構成され、約760ナノメートル (nm) 以上から始まり、可視光は400~760 nmの放射と定義されます。また、紫外線は400 nm未満の放射で構成されています。国際照明委員会 (CIE) は、図1に示すように、スペクトルのUV部分をさらにUV-A、UV-B、およびUV-Cに細分化しています。

## 短波長カットオフ(遮断)の重要性

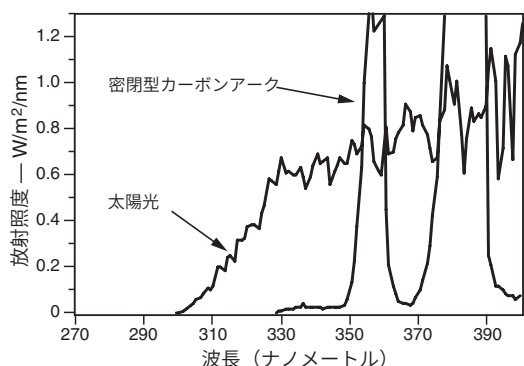
光化学的劣化は、光子による化学結合の分解によって発生します。化学結合の種類ごとに、反応を引き起こすのに十分なエネルギーを持つ光の臨界波長があります。しきい値より短い波長の光は結合を壊すことができますが、強度(輝度)に関係なく、波長の長い光は結合を壊すことができません。そのため、光源の短波長カットオフは非常に重要です。例えば、特定のポリマーが295 nm (ソーラーカットオフポイント) 未満の紫外線のみに敏感な場合、屋外では光化学的劣化が発生しません。同じポリマーが280 nmのスペクトルカットオフを持つ実験室の光源にさらされると、劣化します。短い波長を生成する光源はより促進された試験を行います。試験機の波長のカットオフが材料の最終使用環境よりもはるかに低い場合は、異常な結果が生じる可能性があります。

逆に、光源に短波長UVが不足している場合、太陽光に曝されると劣化するはずの物質が影響しないことがあります。あるいは、実際の使用と同じ方法(または同じ程度)では劣化しない場合があります。

## 密閉型カーボンアークのスペクトル

1918年以降、密閉型カーボンアーク(紫外線カービンアーク)は、促進耐候試験機および耐光性試験機のソーラーシミュレーターとして使用されてきました。多くのASTMおよび連邦試験法では、今もなお使用方法が指定されています。この装置の光出力を太陽光と比較すると、いくつかの欠点が明白になります。図2は、夏の太陽光と密閉型カーボンアークとのUVスペクトル分布 (SPD) の比較を示しています。密閉型カーボンアークのUV出力は、主として2つの非常に大きなエネルギースパイクと350nm以下の極めて少量の出力で構成されています。

図.2 –密閉型カーボンアークと放射照度 (W/m<sup>2</sup> /nm)



最も短いUV波長は最も損傷を引き起こすため、密閉型カーボンアークは、ほとんどの材料に対して非常に遅い試験となり、短波長UVに敏感な材料では相関性が悪くなります。図3に、同じSPD比較を異なる垂直スケールでグラフ化し、スパイクからのすべての出力を含める例を示します。

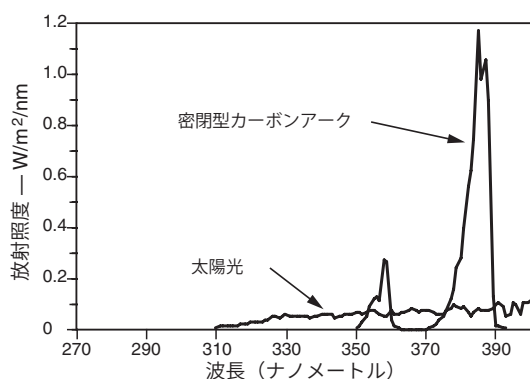


図.3 –密閉型カーボンアークと太陽光

カーボンアークのカーボンロッドは毎日の交換が必要です。発光スペクトルは、カーボン毎に異なる場合があります。これにより、短期試験の結果に大きなばらつきが生じ、カーボン出力の差を平均化するのに十分な長さの暴露で問題が発生する場合と発生しない場合があります。

### QUV ランプのスペクトル

様々な暴露用途に対して、異なるスペクトルを持った種類のQUVランプがあります。詳細に関しては、「Q-PANEL Bulletin LU-0816, Choice of Lamps」をご参照ください。

### UV-B ランプ

UV-Bランプは、最も広く使用されているQUVランプです。コーティングの光沢保持とプラスチックの材料の信頼性のための屋外暴露と良好な相関関係を示しています。しかし、ソーラーカットオフ(太陽光遮蔽)下の短波長出力は、特にプラスチックや繊維材料の色保持に関して、異常な結果を引き起こすことがあります。UV-Bランプを搭載したQUV試験機は、密閉型カーボンアークよりも一般的に試験結果が大幅に促進されます。

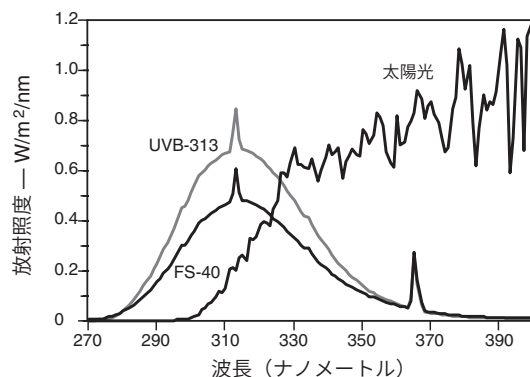


図.4 – UVB-313とFS-40

### UV-A ランプ

UV-Aランプは、QUVと屋外試験の相関性を高めるために開発されました。通常、UV-Bよりも結果が遅くなりますが、より現実的です。UV-Aランプは、プラスチック、繊維、コーティングの試験に使用されています。

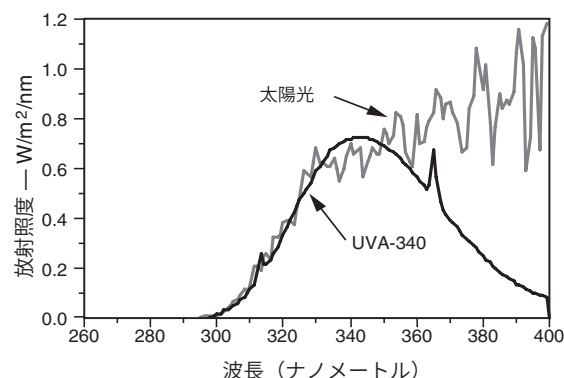


図.5 – UVA-340と太陽光

図5は、UVA-340と太陽光の最大スペクトルとの比較を示しています。このランプは、約365 nmから295 nmのソーラーカットオフ(太陽光遮蔽)までの優れた太陽光シミュレーションです。

### QUV 放射制御

QUVは紫外線蛍光ランプを使用して太陽光の効果を実験室でシミュレートします。蛍光ランプのメリットの1つは、ランプが寿命を迎えるまで一貫したスペクトルの安定性です。言い換えれば、蛍光ランプは経時と共にその出力(輝度)を失っても、そのスペクトルは本質的に同じです。スペクトルのこの一貫性によって放射照度の制御が容易になります。

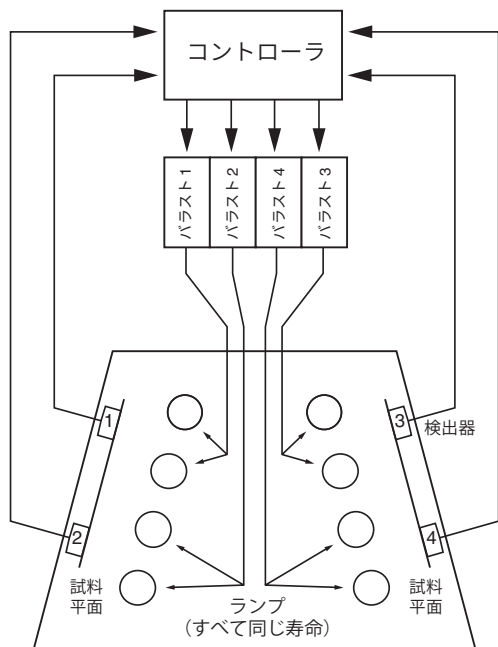


図 6 - Solar Eye照度制御システム

QUVのSolar Eye照度制御システム (QUV/seおよびQUV/sprayモデル) は、平板試料トレーに装備された4台のセンサーを介して継続的にUV強度を監視するプログラム可能なコントローラで構成されています。4チャンネルフィードバックループシステムは、UVランプへの出力を調整して、プログラムされた照射レベルを維持します。図6に、照度制御システムの機能の仕組みを簡単に示します。希望する放射レベルを設定するだけで、Solar Eyeシステムはそれを自動で維持します。

各センサーは2本のランプの強度を監視し、センサーの定期的な校正はユーザーが行います。校正はアメリカ国立標準技術研究所 (NIST) でトレース可能です。

Solar Eyeシステムのもう一つのメリットは、押しボタン式の放射照度設定により、正確な放射照度レベルを修正できることです。UVA-340ランプによって、Solar Eyeシステムを異なる用途に対して様々なレベルで操作が可能になり、現実的な試験条件を維持することができます。例えば、図8に示すように、UVA-340ランプによって、Solar Eyeシステムを設定して下記の太陽光条件のどれでもシミュレートすることができます。

- 75%増大 (QUV/basic以上) することにより、高速な結果が得られます。
- 相関関係を犠牲にすることなく迅速な結果を得るための代表的 (夏の正午の太陽光に相当) なもの。QUV/basicの放射照度。
- 340 nmにおいて放射照度0.35 W/m<sup>2</sup>/nmに低減され、いわゆる「平均最適」太陽光またはキセノンに適合します。

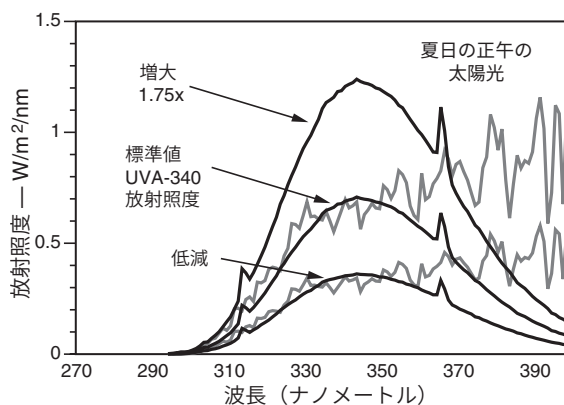


図 7 - UVA-340ランプ対太陽光

UVB-313ランプを使用すると、非常に高速なテスト、品質管理アプリケーション、または非常に耐久性の高い素材のテストのために、増大 (標準より75%高い) で操作できます。また、照射レベルをQFS-40ランプと同等に設定し、ランプ寿命を大幅に延長することもできます。(図8)

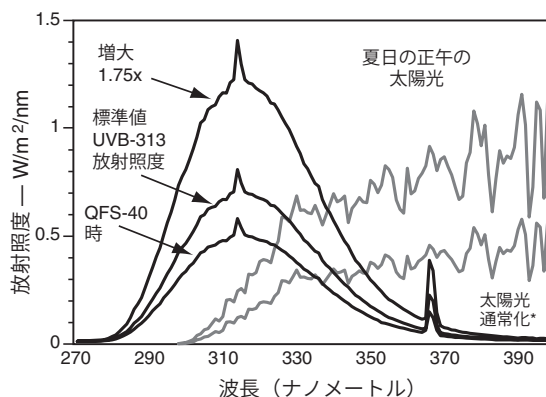


図 8 - UVB-313高速結果を許可

### QUV/BASIC および手動照度制御

QUV/basicはQUVの基本バージョンです。経費が重要視される試験所では、依然として広く使用されています。QUV/seと同じものですが、Solar Eye自動照度制御システムを内蔵していません。QUV/basicでは放射照度の調節は出来ませんが、単純な回転・交換システムによってランプエイジングの補正を行います。

**回転システム:** 各試験機は、各側に4個ずつ計8個のランプを使用しています。ランプ操作の400時間毎に各バンクで最も古いランプを置き換えて照度を制御します。その時点で、残りの6個のランプが図9に示すように回転します。放射照度は寿命/出力曲線上の4つの異なる点におけるランプの平均です。この平均は時間の経過とともに比較的安定しているため、複数のランプを搭載した試験機は、単体のランプを搭載した試験機よりも大きなメリットをもたらします。

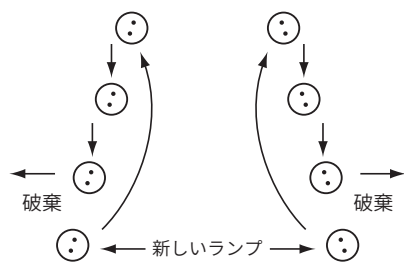


図 9 - 回転/交換の流れ

このシステムには、2つの固有のデメリットがあります。1つ目は、製造上の限界によるランプのすべてのロット毎の相違に対して補正する方法がない点です。2つ目は、ランプが時間の経過と共に劣化するため、回転と回転の間で光出力が低下する点です。このことは一部のランプの種類では重大ではありません。例えば、UVA-340の出力低下はわずかに約5%ですが、他のランプでは非常に重要な場合があります。FS-40ランプ出力は15%低下することがあります。

## 湿気シミュレーション

### 密閉型カーボンアーク

カーボンアークは、断続式水噴霧システムを使用して雨や露の影響をシミュレートします。これに関してはいくつかの問題があります。

- 試験片に水が染みたり汚染されたりするのを防ぐためには、蒸留水または脱イオン水が必要です。
- タンクからの冷水が、高温の試料に噴霧され、熱衝撃が発生して水が急速に蒸発しますが、水分が試料に浸透する時間がありません。
- タンクからの水は酸素が不足している可能性があります。

### QUV湿潤システム

QUV試験機は、その湿潤サイクルに対して結露を用いますが、結露サイクルは、下記の理由により、水噴霧よりもより現実的でより厳密です。

1. 結露は、水噴霧よりも戶外の湿気の攻撃をより現実的にシミュレートします。屋外暴露で発生する湿りは、その大部分が雨ではなく露によって起こります。屋外での湿りの時間に関する詳細については、技術開示 LU-0821 「Know your Enemy: The Weather and How to Reproduce it in the Laboratory」をご参照ください。
2. QUV試験機での結露は、高温下で水分効果を促進させます。
3. QUV試験機によって湿気は数時間で試験片を貫通します。一般的なQUV結露サイクルは、50°Cで4時間です。
4. QUV試験機での結露は、面倒な蒸留器や脱イオン装置を使用せずに、水の純度と酸素飽和度を確保します。

## メンテナンス

カーボンアークは、毎日の清掃とカーボンロッドの交換が必要です。この手順には、一般的に毎日1時間以上かかります。フィルターは頻繁に掃除し交換してください。これとは対称的に、QUV試験機の保守要件は毎月約5分で済みます。

QUV試験機は、一日24時間、週7日休まず完全自動運転します。これによって、カーボンアークよりも年1回のテスト時間が大幅に長くなります。

## コストに関する検討

### 購入価格

QUVはカーボンアークと比べて安価で購入できます。

### 運用コスト

密閉型カーボンアークの一般的な運用コストは、年間で約5,000ドルかかりますが、QUVを継続して使用した場合、1年間で約1,000ドルの経費で済みます。



For sales, technical, or repair support, please visit:

**Q-Lab.com/support**

Westlake, Ohio USA • Homestead, Florida USA • Buckeye, Arizona USA  
Bolton, England • Saarbrücken, Germany • Shanghai, China