

Q-TRAC Natural Sunlight Concentrator

太陽追跡集光暴露試験装置

背景

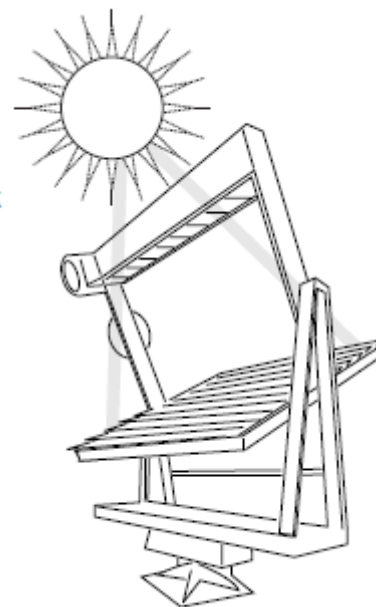
物質の耐候性研究は1900年代初頭、屋外の南向きの暴露台に垂直にサンプルを立てかける試験から始まりました。1908年にはASTMと塗料メーカー団体がアトランティックシティとニュージャージーにて塗料サンプルの屋外暴露試験を始めました。所要試験時間を短縮するために45度南向き暴露台を開発し、太陽光をより長くサンプルに当てることが可能となりました。この45度向き暴露台は最初の屋外耐候性試験の方法です。何年もの時をかけて、屋外暴露試験は様々な試験方法を作り出しており進化し続けています。1930年代に差し掛かると基本的な一軌道太陽追跡集光暴露試験装置が開発され、朝から夜まで太陽光を追跡可能になりました。この装置が民間に使用されるようになったのは1950年代です。1960年代には鏡が取り付けられ太陽光を集光し、更なる促進劣化をサンプルに与えることが可能となりました。

The Q-TRAC Natural Sunlight Concentrator

Q-TRAC 太陽追跡集光暴露試験装置はデュアル軌道の屋外促進劣化試験機です。これは太陽光を朝から夜まで自動追跡し、季節変動から起こる太陽光の高度変化を自動的に加味します。また、Q-TRAC に取り付けられている鏡は自然太陽光のフルスペクトル光源をサンプルに集光します。結果的にサンプルが受け取る太陽光の光量は何倍にも増幅します。

Q-TRAC は現在最も効率的な屋外暴露促進試験機の一つであり、サンプル劣化の検証時間を短縮しました。また、促進耐候性試験機でよく起こる問題のひとつとして、光が太陽光と完全一致しないということがあります。Q-TRAC は完全な自然太陽光で劣化させるので、その問題が全くありません。

Q-TRAC はアリゾナにしかないのですが、様々な地域の劣化を試験機内で再現することが可能です。例えば、南フロリダならば水スプレーサイクルをより長い時間試験します。速く、屋外劣化相関性の再現性がある Q-TRAC はどのようなマテリアルのサンプルに試験オプションとして非常に魅力的な方法でしょう。



Q-TRAC II は基本モデルの2倍大きな設置面積を兼ね揃えています

光の集光の仕方

鏡の方式: Q-TRACは10の平らな鏡を搭載しており、それは一つのカーブがかった大きな鏡を表すような配置をとっています。このような鏡の配置をフレネル反射鏡と呼びます。光が垂直に入射するとサンプルに向かって反射され集光されます（図1）。

鏡の配置は太陽光に対して6度の開きを持つように設計されています。これはサンプルに当たる光が散乱光ではなく太陽光の直接光であることを保証します。

Q-TRACに搭載されている鏡は高反射率でありQ-Labエンジニア達によってメンテナンスされています。310nmでのスペクトル反射率が65%を下回ると鏡は即座に交換されます。

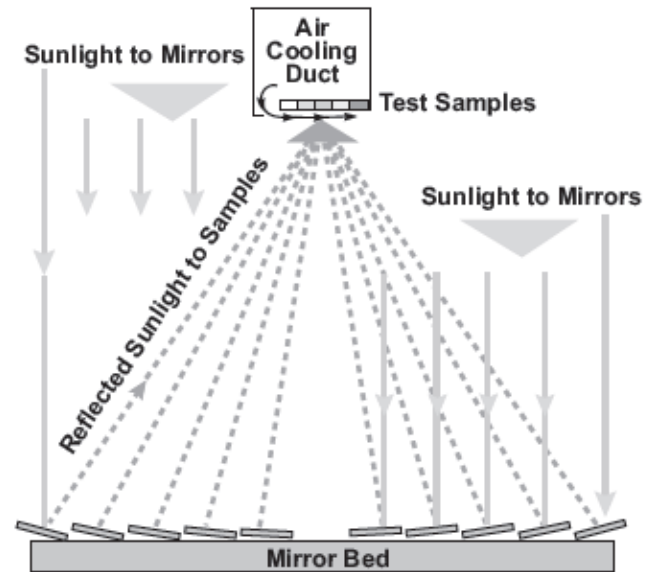


図 1: Q-TRAC はフレネル集光型装置です。太陽光は 10 の鏡でサンプルに向かって反射し集光します

太陽の追跡について

一軌道: 1960年代に開発された一軌道太陽追跡集光暴露試験装置は太陽光の軌道を追うことができます。これは日の出から日没までの太陽を水平に追います。ただし太陽の方位角は1時間に15度ずれることが分かっています。よって正確に太陽光を追うにはその高度までも追わなければなりません。一軌道太陽追跡集光暴露試験装置の場合は、マニュアル操作で6-8週間ごとに太陽光高度調整が必要です。ただし、この調整をしても正確に太陽の位置を追うことはできません。なぜなら太陽の高度は毎日変わっていくからです。

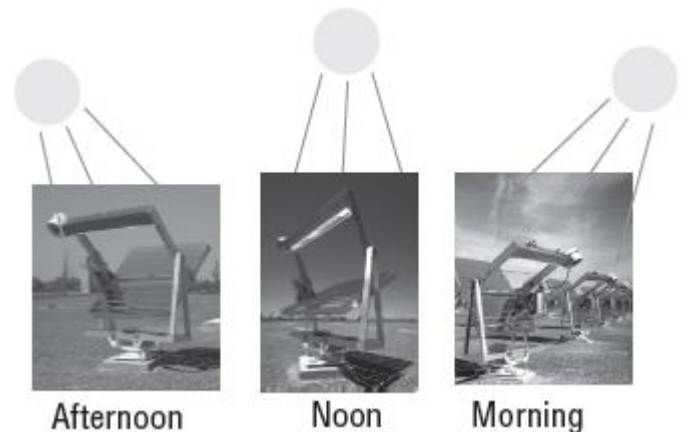


図 2: Q-TRAC は東から西までただ太陽光を追跡するだけでなく、季節変動から起こる太陽光の高度変化をも自動的に加味します。この機能はサンプルに与える太陽光を忠実に集光させ劣化促進に十分な太陽光量を保ちます

デュアル軌道: 新型のデュアル軌道モデルは自動的に太陽の方位角と高度を追跡することが可能です。太陽の高度を追うためにQ-TRACは縦方向に傾き、太陽の季節と日中の高度変化を自動的に計算します。追跡中も鏡の位置を普段のように太陽に対して垂直な位置関係を保ちます(図2)。

Q-TRAC の移動と傾きはサンプル設置付近に埋め込まれているソーラーセルで制御コントロールされています。一つは移動の制御をし、もう一つは傾きの制御をしています。精確な制御コントロールのためには、二つのソーラーセルが常に太陽光の光を受け取っていなければなりません。もしセルが陰に少しでも隠れた場合、Q-TRAC は自動的に試験機全体を安定化させようとしします（図 3）。

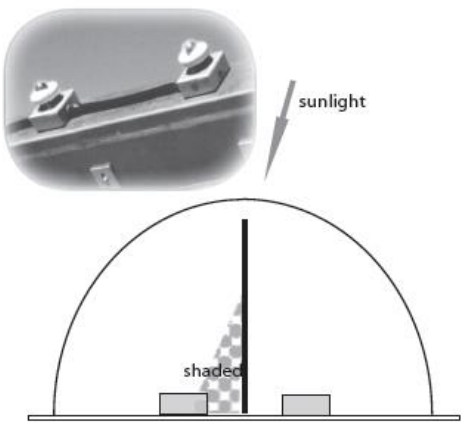


図3：ソーラーセルはターゲットボード上に設置されています。セルに影がかかるとQ-TRACのモーターが自動的に動きだし装置の向きを修正します

アリゾナ州の気候

Q-TRACは太陽光が出ているときでないと機能しません。よって、効率的に太陽光をサンプルに集光させるには、長い快晴の日で、散乱光の割合が小さく、大気中の湿度が低いことが必要です。一般的な指標として、日射計で太陽光の直達成分を測ったとき強度が75%以上であれば十分といわれています。快晴の日であったとしても、もし湿度が高い場合には太陽光が拡散してしまうため散乱光となり直接放射光の割合が75%以下になりがちです。米国内でこのような操作環境を満たす数少ない場所の一つはアリゾナ州フェニックスなのです。

表1：アリゾナ屋外暴露場気候データ

アリゾナ屋外暴露場気候情報			
緯度	経度	海拔	
北緯 33 度 23 分	西経 112 度 35 分	1055 フィート	
年間全日射量	TUV	全日射量	%SUN
直接暴露・南面 33°	334 MJ/m ²	8,004 MJ/m ² *	85%
気温	℃		
夏季平均気温	40 ℃	—	
年間平均最高気温	30 ℃	—	
年間平均最低気温	13 ℃	—	
平均気温	21 ℃	—	
平均湿度		降水量	mm
夏季最高湿度	28 %RH	月最大量	28
最高湿度	49 %RH	月最小量	2
最低湿度	21 %RH	月平均	16
年間平均湿度	35 %RH	年間総雨量	186
		年間雨日数：32 日	

サンプル設置・冷却方法

ターゲットボード: ターゲットボード、つまり試験片設置場所は鏡のちょうど向かいにあります。ターゲットボードに置くサンプルの大きさには上限があり、60×5.5[inch](152.42×13.97[cm])と決まっています。また、厚みは0.5[inch](13[mm])です。

サンプルの設置方法にもオプションがあり、断熱、非断熱、アンダーガラス(窓越し)が選択可能です。サンプルの置き方はターゲットボードに隙間なく直接置く場合、「バック」されます。「バック」の場合は隙間を作る「オープンバック」と比べると温度上昇が激しいです。

エアクーリングシステム: フレネル反射鏡によって作られた高い集光性を持つ太陽光はターゲットボードに激しい温度上昇を加えます。サンプルの雰囲気温度を適正なものとし、熱からの過剰劣化を阻止するために、エアクーリングダクトが搭載されています。ダクトからの空気はデフレクターによって押され、その空気はサンプル表面上に流れていきます(図 6)。ほとんどのサンプルの表面温度は大体±10℃の範囲で保たれています。万が一空気の流れが悪くなった場合、クラッチが自動的に働きQ-TRAC は集光をできなくなります。そうすることでサンプルに過剰な熱量を与えることから防ぎます。



図4: ターゲットボードは鏡の真向かいにありサンプルは太陽ではなく鏡を直接見えています



図5: サンプルの固定された様子

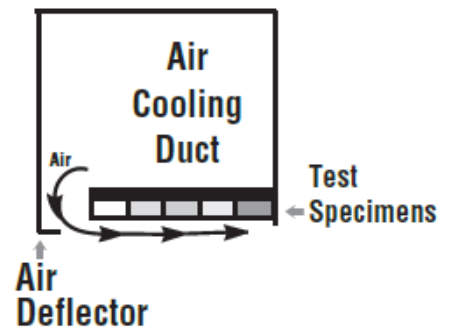


図6: ダクトを通した空気は冷やされた後サンプル上面に直接流れていきます

結露シミュレーション:スプレーサイクル

製品の市場での劣化を再現するために、いくつかのアプリケーションには水スプレーサイクルが必要です。Q-TRACに搭載されているマイクロプロセッサにより、屋外のサーマルショックや夜の結露を再現する水スプレーサイクルのカスタマイズプログラミングが可能です。サンプルから約18[inch](45.72[cm])離れている4つのスプレーノズルから高純度の純水が噴射されます。スプレーノズルは0.20-0.25 GPMの流量で均一なスプレーを吹きかけます。

夜中にはQ-TRACは回転し、5度の「ロックダウンポジション」を取ります。このときサンプルは上を向いている状況です(図8)。これは非常に重要な機構です。なぜならサンプルの表面を夜中結露で濡らし続けることができ、南フロリダのような長い濡れ時間を精確にシミュレーションできるからです。古い1軌道型はこの機構がなく、結露から発生する水の劣化をうまく再現することができませんでした。

Q-TRACで使用される水は逆浸透膜とイオン交換を用いた高純水です。高い温度ではサンプルが水道水に浸食されやすくなります。また、サンプル上に不純物を堆積させることもあります。これらの影響は普段屋外では起こりにくい要素です。もちろんQ-Labアリゾナでは水は定期的にチェックされており、純水の品質が守られています。

フロリダ屋外暴露シミュレーション:南フロリダでは湿度がサンプルの劣化に対して非常に強く働きます。このような亜熱帯の気候条件を再現するために、サンプルは日中と夜中いずれもスプレーし続けられます。スプレーサイクル試験内容としてSpray-1とSpray-2試験の二つがあります。

Spray-1 試験:日中、サンプルは1時間のうち8分間スプレー噴射されます。夜中は、Q-TRACは5度の「ロックダウンポジション」を取ります。そして9:00PM、0:00AM、3:00AMの3回8分間スプレー噴射します。Spray-1試験は建材、接着剤、樹脂関連のサンプルでよく試験される方法です。

Spray-2 試験:夜中のみスプレー噴射する試験方法です。「3分スプレー噴射 12分乾燥」のサイクルを繰り返し行います。これは7:00PM-5:00AMまで毎晩続けられます。日中にはスプレーサイクルはなく、太陽光照射のみです。Spray-2試験はコーティングサンプルに適しています。



図7: スプレー噴射の様子



図8: 5度のロックダウンポジションの様子

試験の終了基準

試験の時間設定:Q-TRAC での試験時間を測定する方法は複数あります。サンプルに期待していた劣化が現れたとき試験終了してもよいですし、色素値や光沢値を使って数値の減少量で試験を終了することもあります。Q-Lab はサンプルに照射される積算 UV 照射量(TUV 量)で決定することを推奨しています。

積算されたTUV量:試験終了時間の指標としてTUV照射量で決めることが推奨されています。なぜなら、ほとんどの物質は太陽光のUV域で最もダメージを受けやすいからです。大抵、フロリダやアリゾナでの年間平均TUV照射量と同じエネルギー量を照射したとき試験終了とみなします。この屋外太陽光の照射量データは何年も蓄積されたデータの平均値を用いています(表1)。

表2: フロリダアリゾナの年間UV照射量

Yrs.	TUV mega joules		Total mega joules	
	FL	AZ	FL	AZ
1	280	333	6588	8004
2	560	666	13176	16008
3	840	999	19764	24012
4	1120	1332	26352	32016
5	1400	1665	32940	40020

毎年、Q-TRACは概ねTUV照射量 $1420\text{MJ}/\text{m}^2$ をサンプルに照射します。このエネルギー量はフロリダ屋外暴露の5年分以上、アリゾナ屋外暴露の4.25年分の照射エネルギーに匹敵します(図10)。ただし、このデータの意味は決してQ-TRAC1年で屋外暴露試験の該当年数分の試験結果を全く同等に得られるというわけではありません。全ての促進耐候性試験に言えることですが、促進劣化に寄与するパラメ

ーターは無数にあります。それは、一例としてサンプルの組成、劣化具合、温度や湿度反応が挙げられます。ただし一般的には、Q-TRACではフロリダ屋外暴露試験と比べると3-10倍の劣化促進があると言えるでしょう。

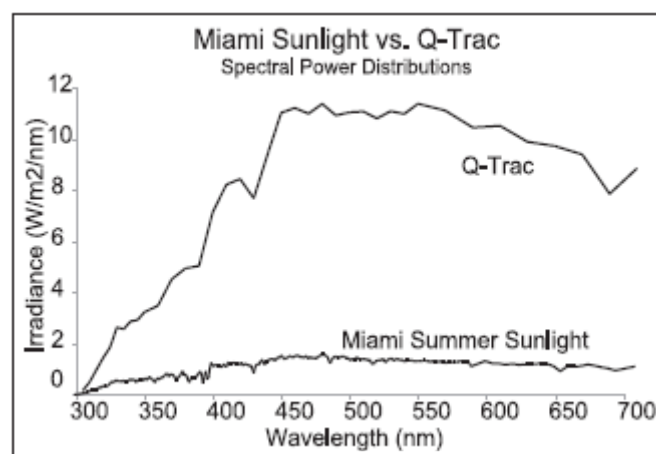


図10: Q-TRACとフロリダの照射量の違い

照射量の測り方:サンプル上に照射されるエネルギー量は直接測られておらず、鏡に照射されたエネルギー量を見ており、反射率を加味した上で鏡の枚数分を積算したエネルギー量が測定されています。エネルギー量はNIP(Normal Incidence Pyrheliometer)とTUVR(Total Ultraviolet Radiometer)によってモニタリングされています。

紫外線のみ測定:2つのTUVRは太陽光の紫外域照射光(295-385nm)を測定しています。1つのTUVRは太陽光の散乱成分を測定します。もう1つのTUVRは180度全体からの直達成分と散乱成分の両方を測定します。この2つのTUVR測定値の比較で太陽光の直達成分を算出することができます。この方法はTUV照射量測定において基本的です。

紫外、可視、IRの測定:NIPは太陽光の全直達成分(295-3000nm)を測定します。NIPは6度の開きを持つように設計されており、コリメーターが搭載されているので散乱エネルギーを除去します。

表 3: Q-TRAC の主な試験内容

サイクル名	サイクル概要	サイクル参考規格
Desert	日中：太陽光のみ 夜中：外気環境のまま	ASTM G90, サイクル 2 ASTM D4364, Procedure A SAE J1961, サイクル 2 ISO 877
Spray-1	日中：太陽光・水スプレー8 分/時 夜中：3 回水スプレー8 分間	ASTM G90, サイクル 1 ASTM D4364, Procedure B サイクル 1 ISO 877
Spray-2	日中：太陽光のみ 夜中：7:00PM-5:00AM まで 15 分毎 に 3 分間の水スプレー	ASTM G90, サイクル 3 ASTM D4141, Procedure C ASTM D4364, Procedure B サイクル 3 ISO 877
Freeze-Thaw	日中：太陽光・水スプレー8 分/時 夜中：1 時間浸水、12 時間冷凍	ASTM G90 サイクル 1 ASTM D5722
Interior(窓越し)	日中：太陽光のみ 夜中：なにもしない	ASTM G90 サイクル 2 ASTM D4364, ProcedureA

Q-TRAC試験方法

凍結融解試験(ASTM D5722):日中はASTM G90, 試験方法B, サイクル1に基づいた屋外暴露試験をします。夜中には全ての試験サンプルは試験機から取り外されます。そして21℃ ± 3℃の純水タンク内にサンプルを1時間浸水させます。そのあとサンプルは-18℃の冷凍庫の中に設置されます。その次の日の朝、サンプルはラボ内の室温に1時間設置され、凍結融解されます。再度、Q-TRAC試験機に設置しなおされ試験を繰り返していきます。このサイクル試験はコーティング材が塗布されたサンプルの劣化、例えば割れ、はがれ、剥離などの劣化促進を高めます。

Q-TRAC 太陽追跡集光暴露試験装置

太陽追跡集光暴露試験装置は 1960 年代から屋外暴露試験において劣化促進させるために使われ続けています。Q-TRAC は進化したデュアル軌道型構造で太陽の季節変動を自動的に加味しながら太陽光を朝から夜まで追跡し続けます。高反射率のフレネル反射鏡は太陽光をサンプルに反射させてかつ集光します。結果 Q-TRAC は 1 年間でサンプルにフロリダ屋外暴露試験の紫外線光量 5 年分のエネルギーを与えることができます。これはサンプルの検証を非常に短い時間にすることを可能にしています。

Q-TRAC が効率的にサンプルに劣化を与えるためには快晴条件が必要です。よってアリゾナ州フェニックスのような砂漠に近い気候でしか操作することができません。水スプレーサイクルは日中、夜中のサンプルの濡れ方を忠実に再現するためにプログラムできます。夜中には 5 度の「ロックダウンポジション」をとり、サンプルの表面上に水が長い間付着し続けるような環境を作ります。これは屋外での夜中に付着する結露を非常に忠実に再現します。



各種耐候性試験機群も取り扱っております。

複合サイクル腐食試験機

Q-FOG

- 腐食劣化の促進試験
- 塩水噴霧・乾燥・湿潤・シャワー*機能
- 大容量 & 高操作性



紫外線蛍光ランプ式耐候性試験機

QUV

- ワールド・ベストセラー・モデル
- 紫外線×結露×水スプレーの高劣化促進性
- シンプルかつ高性能



キセノン耐候性試験機

Q-SUN

- 空冷式キセノン耐候性試験機の世界標準
- 最も現実性のある促進劣化シミュレーション
- 利便性に優れたデザイン



輸入販売元

 **三洋貿易株式会社**

セールス & アプリケーションオフィス： 科学機器事業部

TEL 03-3518-1196

〒101-0054 東京都千代田区神田錦町 2 丁目 11 番地

E-Mail: info-si@sanyo-trading.co.jp