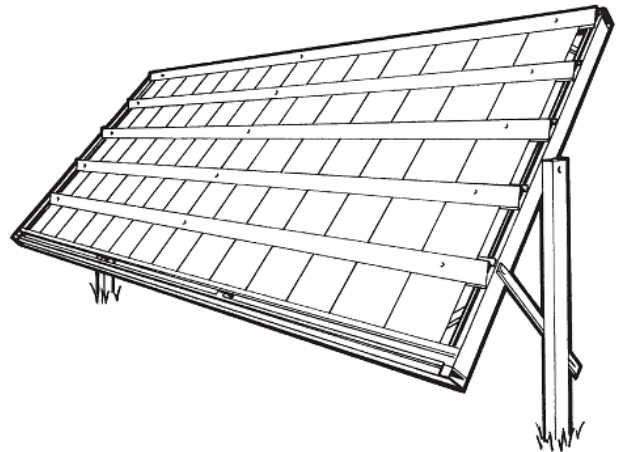


屋外暴露試験の各種試験方法と基礎について

屋外暴露試験では様々なサンプル設置方法や暴露試験方法があります。これらの方法はサンプルの材質や実際に最終製品が曝されるような設置環境によって変更すべきです。そして全ての方法には特徴があり、メリットデメリットがあります。よって、屋外暴露試験を実施するにあたってどの方法が適しているのか改めて確認する必要があります。Q-Lab 社ではフロリダとアリゾナの 2 拠点の試験場を所有しています。特にこの 2 拠点は、ベンチマーク屋外暴露試験場として広く世界に知られています。Q-Lab 社所有のフロリダサイトは世界最大の屋外暴露試験場として非常に有名です。

フロリダサイト

フロリダの気候は 1 年中高照度の太陽光、高温多湿、そして降雨量が多いことで知られています。これらの光、熱、水の要素がバランスよく存在し、サンプルに対して強く作用するためかなり厳しい環境です。よって、サンプルの耐候性を調べるにあたって理想的な試験場です。なぜなら、この厳しい環境はサンプルが曝されるであろう「最悪の環境」だからです。フロリダは北半球において、ほとんどのサンプルを最も速く劣化させることがわかっています。これはフロリダがベンチマーク屋外暴露試験場として世界に広く知られている理由の 1 つです。



アリゾナサイト

アリゾナの気候は 1 年中高照度、高温、乾燥地域であり、このような環境で実際に利用されるサンプルに対しての評価において有効な試験場です。アリゾナで試験される理由の 1 つとして、フロリダの紫外線照射量を 20%程上回ることが挙げられます。また、アリゾナの気温は 8℃程フロリダより高く、ブラックパネル温度では 10℃程高くなります。また、アリゾナでは急激な温度変化もあり、これはサンプルに収縮と膨張作用を加え、物性的な劣化を引き起こすことがあります。

設置方法と試験面角度 の選択について

全ての屋外暴露試験は異なります。サンプルの設置方法と暴露試験面角度は、

- 照度
- サンプル温度
- 湿りや濡れ時間

の3つに大きく寄与してきます。

暴露試験面角度について

暴露試験面角度は、基本的には高い照度をサンプルに当てることを目的に、赤道に対して向けられます。

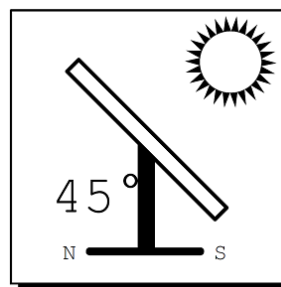
屋外に設置されるサンプルは、太陽の直射光にてエネルギー量が最大になります。よって、暴露試験面角度によってサンプルに照射される照度値は変化します。また、季節によって太陽の位置関係は変化します。フロリダとアリゾナでは、夏場では太陽はほぼ真上にきます。よって、例えば水平面に対して 5° の方法で設置されたサンプルは、 45° の方法のものと比べると強い照射を受けます。一方、冬では太陽は真上まではいかず、角度がついた位置関係になる為、 45° の方法で設置されたサンプルの方が強い照射を受けます。

以上のことから、暴露試験面角度はサンプルが受ける照射量と熱量を決定する重要な要素になります。また、降雨、結露、風の影響にも関わってくるため、サンプルの濡れ時間にも影響し、結果的にサンプルの劣化に対して強く寄与してきます。

暴露試験面角度の選択において一般的には、サンプルの最終的な設置環境に近いものを選択します。正しい角度での試験結果は現実的であり、また試験の裏付けになります。

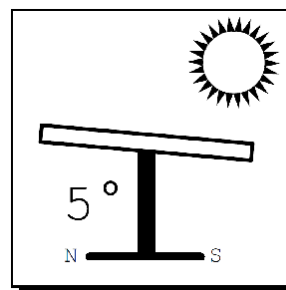
次に各種暴露試験面角度の特徴を紹介していきます。

南面 45°



これは最も一般的な設置方法です。この角度はどの業界のサンプルでも選択されています。また、最終的に設置される環境の角度が定まらないようなサンプルでも選択されています。

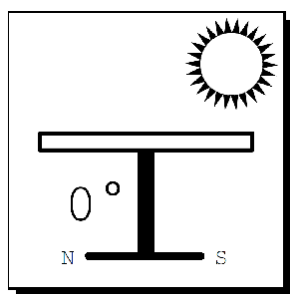
南面 5°



これは自動車業界向けのサンプル、もしくは普段 5° もしくは水平に近い環境で使用されるサンプルに対して選択されます。ほぼ水平な設置環境になるため、表面上の水は流れ落ちずサンプル表面上で蒸発します。よって、結露や降雨からの水の影響も受けやすく、濡れ時間も長くなります。

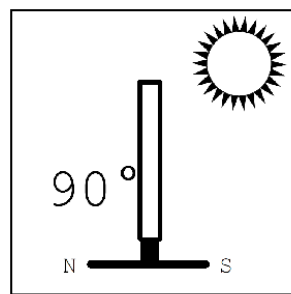
南面 45° の方法と比べると夏場にはより多くの照射量を受け、また、サンプル表面温度も高くなるため、より厳しい環境になります。

0° (水平)



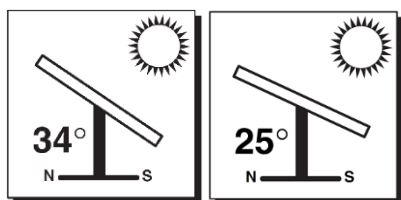
水平面での設置方法はあまり選択される試験方法ではありません。通常は 5° で傾けて、サンプル表面上の水を流れ落とすことが行われます。ただし、立体物のサンプルは設置しやすいため、よく実施されています。また、建材サンプルのような浸漬環境が求められる場合でも選択されます。

南面 90°



住宅向けのサンプルでよく選択される試験方法です。照射量をかなり低減し、サンプル表面温度も低く、濡れ時間も短いです。サンプルの設置にあたっては下のサンプルに水が垂れてこないような工夫をします。この方法は白カビの発生にも適しています。

緯度角



北緯 25° がフロリダ試験場の緯度になります。また、北緯 34° がアリゾナ試験場のものです。よって、南面 25° もしくは南面 34° で設置された場合に最も多くの照射量を受けます。この方法はサンプルへの照射量を最も大きくしたい場合に実施されます。ソーラーパネルの発電量を調べるために選択されることもあります。

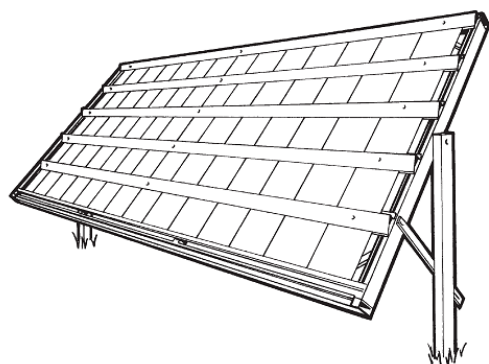
可変角度

可変角度方法はサンプル表面への照射量を最大化させるために、季節ごとに設置角度を変えていく方法です。大体年間を通して 10% 程度増大させることができます。季節ごとの可変角度は以下の表のようになります。

可変角度スケジュール	
月	角度
4 月～8 月	5°
9 月	25°/34°
10 月～2 月	45°
3 月	25°/34°

サンプル設置方法(マウンティング)

屋外暴露試験では通常、規格に基づいた暴露試験装置を使います。サンプルがしっかりと保持され、暴露試験以外からのダメージを受けないように工夫して設置されます。ほとんどの暴露試験装置は腐食に強いアルミニウムでできており、暴露試験面角度を調整できるような構造になっています。暴露架台は堅固に設置されており、サンプルが脱落しないような取り付け機構になっています。サンプルの種類は大きく分けて平板もしくは、立体物です。繊維のような変形しやすいサンプルは、取り付けのために特殊な治具が必要になることもあります。



直接暴露試験

最も広く試験されている方法は直接暴露試験です。サンプルは直接暴露架台に取り付けられるため、サンプル表面は太陽光に直接曝されます。この方法では大気中の光、水、熱を含めた全ての要素がサンプルの劣化に影響します。

直接暴露試験で用いられる暴露架台は最も一般的なもので、様々なサンプルを取り付けることができます。最も一般的なサンプルの形状は平板です。通常、アルミニウム、スチール、木材、もしくは樹脂でできています。ラックに取り付ける通常サイズは

150×300mm パネルですが、汎用性が高いため 75×150mm サイズの小さなパネルでも取り付け可能です。パネルはクランプで固定され、サンプルの一部分をマスキングします。

オープンバック試験

直接暴露法で試験されるサンプルは裏当ての有無を選択できます。オープンバック試験(裏当て無し)では、特別に補強の必要のないガラス、フィルム材、樹脂、金属、コイルコーティング材、プラスチックレンズ材などがよく試験されています。この試験方法ではサンプルの表面と裏面が大気に曝された環境になります。

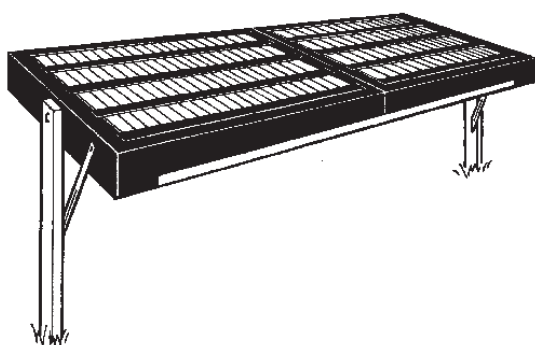
バック試験

立体物などの補強の必要のあるサンプルや、サンプル表面温度を高めたい場合にはバック試験(裏当て)がされます。通常、サンプルは合板上に設置されます。オープンバック試験と比較すると、サンプルは長い濡れ時間と高い温度に曝されることになります。この方法では、屋根材料、サイディング材、エラストマー、自動車コーティング材、インダストリアルコーティング材、コイルコーティング材などが主に試験されています。立体物サンプルなど、補強のために裏当てが必要でサンプルへの熱量は求めない場合、メッシュ試験が選択されます。

Q-Lab 社の直接屋外暴露試験は JIS Z2381, ASTM G7, ASTM D1435, SAE J1976 などに準拠した方法で実施されています。

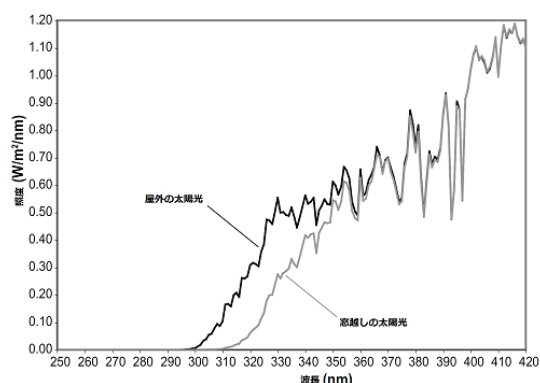
ブラックボックス暴露試験方法

ブラックボックスは、自動車のトランクやボンネットの内の様な車内環境に近い環境で試験できます。アルミニウム製の箱型フレームで、サンプル裏面はボックスと密接するように取り付けられます。もし、隙間が空いてしまうような場合にはダミー片を取り付けて、完全に隙間をなくします。ブラックボックスの傾きは特に指定されていませんが、通常 5° で実施されます。この角度は車の外装表面に基づいた角度です。オープンバック法と比較すると、高い熱と長い濡れ時間にサンプルは曝されます。この試験方法は JIS Z2381, ASTM D4141, GM 9163P などに規定されています。

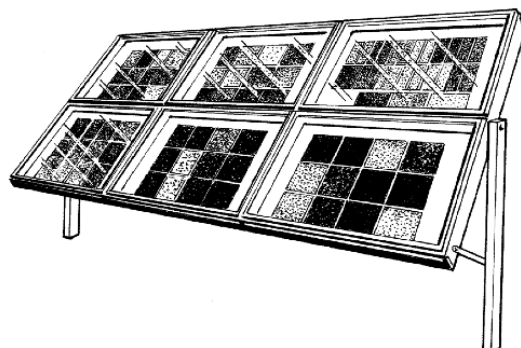


アンダーグラス暴露試験方法

どんな素材のガラスでも、特にサンプルに劣化を与えるといわれている短波長側の紫外線光をカットします。下図は最も一般的な窓ガラス越しの太陽光のスペクトルになります。この図の通り 370nm 以上の波長域での光は完全に透過しています。ただし、 310nm 以下の波長域では完全にカットしています。

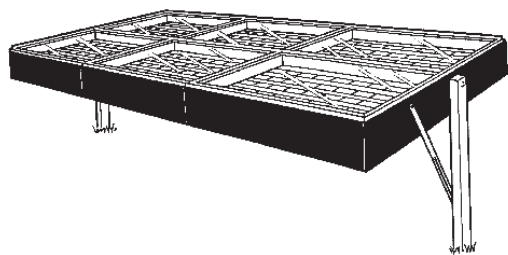


アンダーグラス法は主に室内で利用されるサンプル向けに実施されます。サンプルは通風された状態で、厚み 3 インチのガラス越しに暴露されます。このガラスは一般的な住宅用の 2 枚合わせガラスに相当します。このガラスは短波長側の UV をカットします。また、直接的な降雨や結露などからもサンプルを守ります。ただし、屋外の湿気には曝されます。ガラスは周期的に清掃されます。それは、表面に汚れやカビが付着して照度が弱まらないようにするためです。ほとんどの場合、裏当てされた状態で試験されます。フロリダサイトでは、 45° で設置され、照度を高めることを目的とした場合には 5° で設置されることもあります。



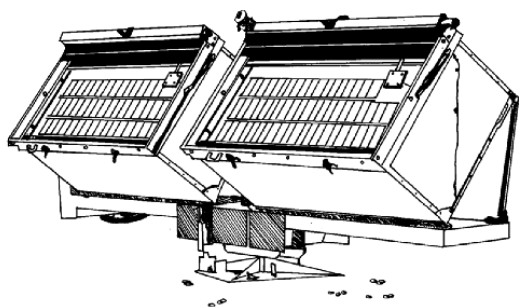
アンダーグラスブラックボックス暴露試験方法

ブラックボックス試験でガラス越しにサンプルを曝す試験方法は、車内の部品サンプルなどでよく実施されています。ガラスは降雨からサンプルを守り、車内環境での太陽光と同様な照度を再現します。通常のアンダーグラス暴露試験と比べるとサンプル表面温度は高くなり、晴れた日だと 100℃を超えることもあります。ブラックボックスは 5° に傾けて暴露させることが一般的ですが、サンプルへの照射量を最大化するために可変角度で試験することもあります。



AIM Box(エイムボックス)暴露試験方法

この試験方法では、例えばダッシュボードの様な比較的大型な車の内装部品のサンプルでよく実施されます。AIM Box は Automobile Interior Material の略であり、GM9538P 試験規格に定められていることで有名です。AIM Box はアンダーグラスブラックボックスよりも大型で、立体サンプルの試験に向いています。



白カビ暴露試験

白カビの繁殖促進のためには太陽光量を減らし、表面温度を低下させ、多湿な環境が必要です。通常、直接屋外暴露法にて 90° の角度で暴露されることが多いです。

塩水促進屋外暴露試験

この試験方法は直接屋外暴露試験(5° もしくは 45°)と週 2 回の 5%濃度の塩水噴霧を実施します。サンプルが完全に塩水を吸水するまで噴き付けられます。試験片が吸水するために、表面が完全に乾いている状態を確認した上で噴霧されます。この方法は歴史的に長く認められており、金属表面の腐食を予測するのに最も適しているといわれています。

熱の要素について

熱は耐候性業界において劣化因子の 1 つとして挙げられています。熱自体がサンプルに影響を及ぼすこともありますが、紫外線からの光反応を促進させることもあります。なぜなら、熱は電子や光子の熱運動を活発化させ、反応促進につながるからです。アリゾナはその高い気温と大きな温度変動、そして太陽光の照度が強いことから屋外暴露試験場として理想的な環境です。最高気温はフロリダサイトを 8℃程上回り、試験結果に大きな違いをもたらします。また、ブラックパネル温度では10℃程上回ります。裏当ての有無やブラックボックスでの温度の違いは以下のようになります。

表面温度比較		
設置方法	ブラックパネル	ホワイトパネル
オープン	50℃	40℃
バック	70℃	50℃
ブラックボックス	80℃	60℃

バック試験は通常、サンプル表面温度を上昇させる働きをします。裏面の合板はサンプルに対して断熱材のような働きをします。バック試験はオープンバック試験と比べて20℃程高くなるといわれています。ブラックボックス試験ではより大きな温度上昇をサンプルに与えます。ブラックボックスは熱がこもりやすいため、ヒートシンクのようになります。太陽によって温められていき、サンプルの表面温度はオープンバックと比較すると 30℃以上上回ります。

湿度、水の要素について

ブラックボックスやバック試験でのサンプルは裏当てされていないサンプルよりも、より長い濡れ時間になります。その理由は結露が起こるからです。

結露が形成されるには、サンプルの表面温度が大気温度よりも低い必要があります。結露を生み出す露点は大気の温度や湿度によって変わります。大気の湿度が高いほど結露は形成しやすいです。

毎晩、サンプルは大気温度が下がってくると、放射冷却します。サンプルは急激に冷やされ、大気温度よりもサンプル表面温度の方が低くなります。それと同時にサンプル本体とサンプル表面付近の空気とで対流が起こり、熱のやり取りが発生します。時間が経つと放射冷却と対流の熱量が均一化されます。オープンバックの裏当てされていないサンプルは大気の影響が顕著で、放射冷却よりも対流からの熱のやり取りの方が強く作用します。一方、断熱化されたサンプルの方がオープンバックのものと比べると熱の放射量は多く、放射冷却速度も速いです。結果的に断熱されたサンプルの方が、速いタイミングで結露を発生し、より長い時間濡れます。

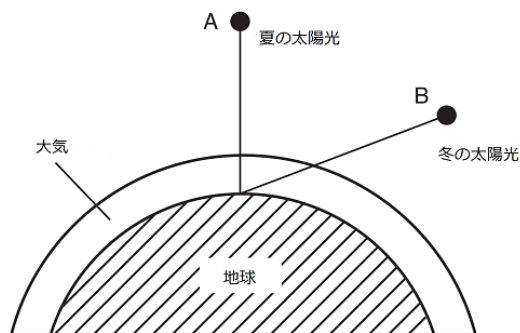
季節変動について

屋外暴露試験において季節変動から起こる環境の違いを把握しておくことは非常に重要です。特にサンプルの耐用年数が短い様なものは尚更です。重要な3つの要素としては、

- 太陽光の照射量と照度
- 湿度と濡れ時間
- サンプル表面温度の平均値と最大値が挙げられます。

太陽光の季節変動

冬の季節での太陽は高度が低いため、太陽光は斜光としてサンプルに照射されます。これはサンプル設置方法で大きな違いを生み出します。太陽光は大気を透過して地表に降り注ぎます。これはエアマスといって、太陽光がどれだけ大気によって遮断されるかの指標として用いられています。例えば、夏場のような太陽光が真上に位置する場合だとエアマスは1.0。冬場のような斜光照射だと、大気中をより長い距離貫通する為エアマスは大きくなり1.5程度になります。つまり、冬場の太陽光の方が大気に遮断され、地表への照射量は少なくなります。結果的に季節によって太陽光の照度やスペクトルは異なります。



温度の季節変動

サンプルが曝される温度は、大気温度と太陽光からの照射エネルギーによって決定します。大気温度は夏だと高い傾向にあり、太陽光からの放射熱が加わるとブラックパネル温度は80℃程まで達します。

湿度、水の季節変動

フロリダの夏はかなり降雨回数が多く、湿度が高いため結露しやすい環境です。結果的にサンプルの表面は1日の50%以上濡れることがわかっています。一方、12月から4月は乾燥します。この期間では降雨量も減ります。乾燥期間ではあるのですが、湿度は比較的高いため、結露によってサンプルは濡れます。大体1日の25%は濡れていることがわかっています。

アリゾナサイトは降雨がほとんどなく、湿度も低いため濡れ要素はあまり考えられていません。ただし、人為的に水を噴射させて水の劣化要素を加えることは有ります。

短期間のテスト

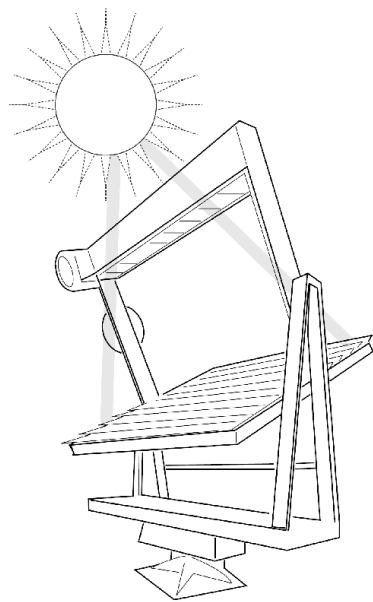
長期間のテストであれば、季節変動からの劣化結果の差異は平均化される傾向にあります。ただし、短期間のテストだと大きな違いをもたらす可能性があります。例えば、シール、デカール、印刷インキ、繊維サンプルなどの耐用年数が短いものを試験する場合には注意が必要です。このような季節変動からの結果の差異は、サンプルの劣化パターン、劣化等級などに影響して、サンプルの耐候性評価を困難にすることがあります。

最も理想的な短期間での屋外暴露試験方法は1季節ごとにサンプルを試験することです。1つの季節でしか試験できないならば、最も厳しい夏の環境ですべきです。

促進屋外暴露試験

屋外暴露試験も専用の装置を使って、通常よりも厳しい環境を作り出し、試験を促進させることができます。例えば合板で裏当てされたサンプルは高い温度と長い濡れ時間に曝されます。また、可変角度設置方法で常に高い照度をサンプルに当て続けることも挙げられます。

太陽追跡集光暴露試験方法



もう一つの促進屋外暴露試験装置として、アリゾナで行われている太陽追跡集光暴露試験装置 **Q-TRAC**(キュートラック)も挙げられます。これは朝から夕方まで太陽光を自動で追いつけ、サンプルに常に照射され続ける環境を作り出します。また、フレネル反射鏡を10枚搭載しており、集光された強い光がサンプルに照射されます。太陽光を常に追いつけ、集光した強い光をサンプルに照射することから、光の側面で屋外暴露試験を促進させます。**JIS Z2381, ASTM G90**などに適合しています。

最後に

耐候性データは新素材の選択や、手元の素材をも向上させるために不可欠です。また、サンプルを劣化させる要因は世界の場所や季節によって変動します。

フロリダサイトとアリゾナサイトは屋外暴露試験においてベンチマーク試験場として広く知られています。それぞれ異なる気候環境ですが、サンプルを劣化促進させる要素があります。フロリダは高照度、極めて高い降水量、そして高温多湿です。一方、アリゾナは極めて高い照度と高温乾燥であることが特徴です。屋外暴露試験においては様々な設置方法や照射方法があり、全てにおいて優位点と制限点があります。サンプルの素材や最終的に利用される環境によって試験方法を決定していく必要があります。

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



お見積書や詳細のお問い合わせはこちら

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