

財団法人 日本塗料検査協会  
清水亮作  
技術開発部 前川晶三

## 1. はじめに

近年、地球温暖化現象やヒートアイランド現象が大きな社会問題となっており、東京都や大阪府といった大都市では、今年度よりこれらの対策に助成金を交付する等の具体的行動が始まっています。これらの対策の中には「遮熱塗料」の普及も含まれており、基準を設けてそれに合格するものが積極的に採用されることとなっています。従って、「遮熱塗料」の性能や特徴を客観的に評価できる試験方法が非常に重要となりますが、標準化された手法はまだ確立されておらず、「板ガラス類」の規格である JIS R 3106 を参考にして日射反射率を測定しているのが現状です。

日塗検では、出来る限り早く「遮熱塗料」の試験方法を標準化するべく検討しています。「板ガラス類」の規格である JIS R 3106 については、既報の日塗検ニュース(116号、117号、118号)でも述べていますが、今回は、更に詳細に踏み込み、塗膜に適応するにあたり明確にすべき事項について紹介いたします。

## 2. JIS R 3106 の詳細

### 2.1 JIS R 3106 について

JIS R 3106 は、板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射熱取得率の試験方法について規定した JIS 規格であり、被試験体はタイトルに示す通り、主として鏡面反射特性を持つ透過体が対象です。一方、我々が対象としている「遮熱塗料（塗膜）」は、一部の塗膜層を除き、光を透過しない拡散反射体であり、JIS R 3106 の想定とは大きく性状が異なります。従って、JIS R 3106 を塗膜に適応する場合、更に付加する条件が無いかを十分慎重に吟味する必要があります。

### 2.2 分光測光機の性能

JIS R 3106 では、測定に用いる分光測光機に以下の性能を満足することと規定しています。

- a) 波長範囲 波長目盛の範囲は、300～2500nm とし、300～2100nm の範囲で下記 c) の測光精度をもつものとする。

- b) 分解能 分解能は、300～380nm 未満の波長では 5nm 以下、380～780nm の波長では 10nm 以下、780 を越える波長では 50nm 以下とする。
- c) 測光精度 780nm 以下の波長範囲では、測光値の正確さは最大目盛の 1% 以下で繰返し精度は 0.5% 以下、780nm を越える波長範囲では、それぞれ 2% 以下及び 1% 以下とする。
- d) 波長精度 分光測光機の波長目盛の偏りは、780nm 以下の波長範囲では分光器の透過波長帯域の中心波長から 1nm 以下、780nm を越える波長範囲では 5nm 以下とする。

ここで注目したいのは、波長範囲に 300～2500nm を指定しているにもかかわらず、測光精度を 300～2100nm の範囲しか規定していないことです。この理由は定かではありませんが、太陽光には 2500nm 付近の波長成分まで含まれているにもかかわらず、現在広く普及している分光測光機では 2100nm を超える波長領域を正確に測定することは困難である事情に配慮したものと想像しております。

そこで、日塗検が所有する分光測光機についても簡単な実験を試みてみました。図 1 は、同一の試薬ビンに入った（同一ロットの）硫酸バリウム ( $\text{BaSO}_4$ ) の分光反射率を成型日違いで測定した結果です。 $\text{BaSO}_4(1)$  は、成型後約 2 ヶ月間が経過しており、その間、通常の室内で保管していたものです。一方、 $\text{BaSO}_4(2)$  は、試薬ビンから取り出して直ちに成型し、その直後に測定しました。なお、 $\text{BaSO}_4(1)$  の分光反射率は、1900～2600nm の波長範囲で概ね 100% 近傍で一定の値を示していますが、これは、このデータを 100% 反射率のベースラインに採用したためであり、この  $\text{BaSO}_4$  がより正確で安定していることを意味するものではありません。

図 1 を見ると、 $\text{BaSO}_4(1)$  と (2) で 2100nm 以下では概ね同じ反射率を示していますが、2100～2600nm の反射率は

明らかに異なった傾向を示しています。元は同一の試薬ビンに入ったBaSO<sub>4</sub>から成型したもので、この違いは成型後に置かれた保管環境（試薬ビンの中と一般的な室内）が影響したものと考えられます。BaSO<sub>4</sub>は、常温において化学的に安定していることが知られており、今回、化学変化を伴う変質が起こっているとは考えられません。この現象は、保管中に空気中の何らかの物質がBaSO<sub>4</sub>に吸着し、その物質の吸収が現れたためと考えています。最も疑わしい物質として湿気（水）があり、これを確認するためにBaSO<sub>4</sub>(2)に極僅かな水（水蒸気）を含ませて測定したところ、予想通り2100nm以上の波長でBaSO<sub>4</sub>(1)の反射率に近づく傾向を示しました（図1のBaSO<sub>4</sub>+水）。

以上の結果より、標準物質や積分球の内面にBaSO<sub>4</sub>を用いる分光測光機では、2500nm付近の測光精度を保証することは（試験室及び標準板の保管湿度を高度に管理できなければ）困難であると思われる。

### 2.3 測定条件

JIS R 3106では、標準にアルミ蒸着板等の鏡面反射体を用い、試料裏面に光トラップを設けた上で、15°を超えない入射角における正反射成分を積分球で捕らえる

ことと規定しています。測定対象が「ガラス類」である限り、この条件は妥当であると考えられますが、測定対象が「塗膜類」となると適応性を検証する必要があります。

塗料は一般に、金属や木材等の光が透過しない被塗物に塗装されて扱われるため、試料裏面の光トラップは省略しても良いと考えますが、鏡面反射成分を測定の対象とすることには問題があると考えます。なぜなら一般的な塗膜表面は、拡散反射（成分）が主であるためです。現に、塗膜の日射反射率測定に関する文献や塗料メーカー各社の試みでは、「拡散反射」が反射成分の主体と考え、100%反射の標準にJIS R 3106で規定している鏡面反射体（アルミ蒸着板）ではなく、拡散反射体（BaSO<sub>4</sub>）を用いている場合が多いようです。また、塗膜の可視領域の測色においても、一般に鏡面反射（正反射）成分を含まない測定（SCE）を行っています。

日塗検でも、塗膜を対象とした評価にはJIS R 3106の規定から多少乖離して拡散反射体を標準としたほうが好ましいと考えています。

次に、測定の入射角について考えてみます。「塗料及び塗膜」の場合、「ガラス類」とはやや事情が異なり、少し複雑です。なぜなら、塗料製品の中には、仕上がっ

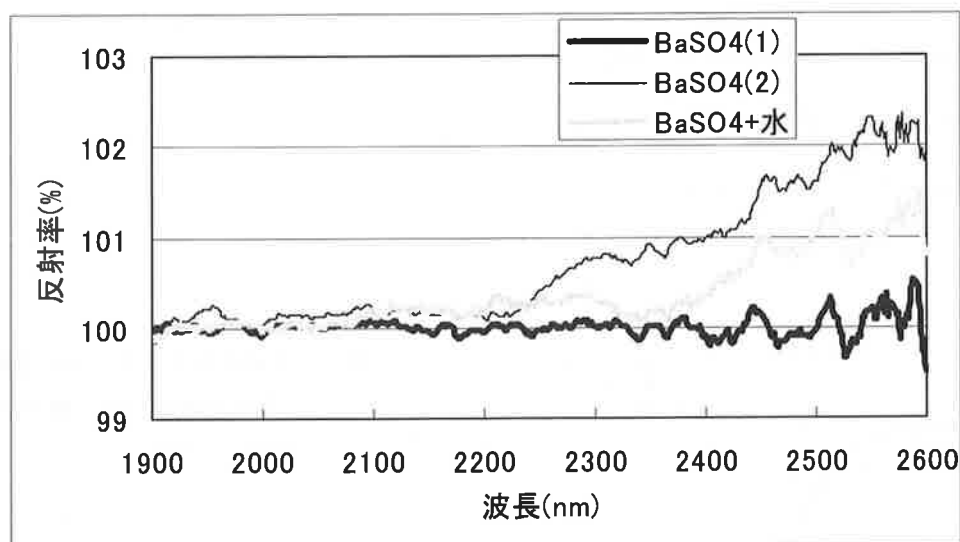


図1 成型日が異なる同一ロットのBaSO<sub>4</sub>標準の分光反射率

た塗膜表面が拡散反射成分のみならず鏡面反射成分も含まれる場合があるためです（中には、「つや有り」等積極的に鏡面反射成分を含む製品も存在します）。

まずは、入射角と（分光）反射率測定の実理について模式的に紹介します。図2は、入射角 $0^\circ$ で測定した場合を模式したものです。積分球の入射用窓と測定試料とを入射角 $0^\circ$ （試料と直角に入射）で入射した場合、鏡面反射（正反射）成分は入射用窓の方向に戻ってくるため積分球の外に出てしまい反射成分として積分（カウント）されません。すなわち、鏡面反射成分（正反射光）の全てが積分球の外に出てしまったと仮定すると、この測定方法では拡散反射成分のみを積分（カウント）していることになります。一方、図3は試料に対して入射角を持って入射した場合を模式しています。この場合、鏡面反射（正反射）成分は試料表面で入射角をもって反射するため、積分球の入口用窓から外に出て行くことなく積分球内に留まり、反射成分として積分（カウント）されます。この原理より、「入射角」のみを問題にすることは好ましくなく、積分球の大きさや入口用窓の大きさも同時に考慮しなければならないと言えます。

以上、事情を複雑にしている現実について紹介しましたが、では、現実問題としてどうすればよいのでしょうか。現時点での回答はまだ出ておらず、現在、(社)日本塗料工業会を中心とする遮熱塗料の委員会で審議している最中です。方針が定まりました後に報告しますが、日塗検では遮熱塗料の利用者（エンドユーザー）にとって有意義な知見を与えられるよう努力しております。

#### 2.4 測定条件と日射反射率

前述した通り、塗膜の日射反射率測定においては、既存規格である JIS R 3106 に全てを準じて測定することには無理がある事、また、鏡面反射（正反射）成分の扱い等、さらに詳細に検討しなければならない事が判ってきました。では、これらの検討課題が現在既に普及している遮熱塗料でどの程度の差となって現れるのでしょうか。もし、これらの検討課題が実際にはほとんど影響しないレベルであるならば、早急に標準化を目指すとする目標には有り難い傾向とも言えます。

そこで、実際に市販されているいくつかの遮熱塗料について、種々の測定条件で実測し比較してみました（表1及び表2）。

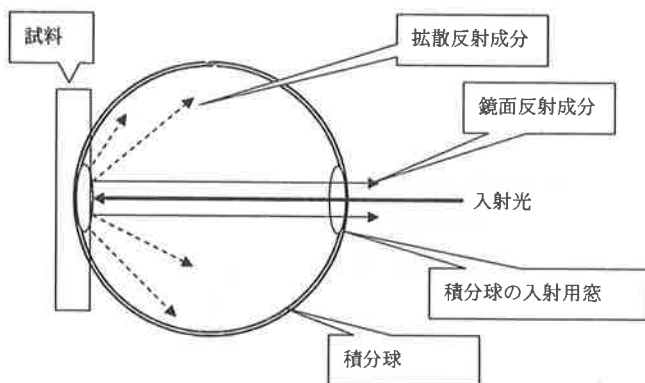


図2 入射角が $0^\circ$ の場合

（鏡面反射成分は、入射光の入口穴から積分球の外に出て行ってしまい、カウントされない。）

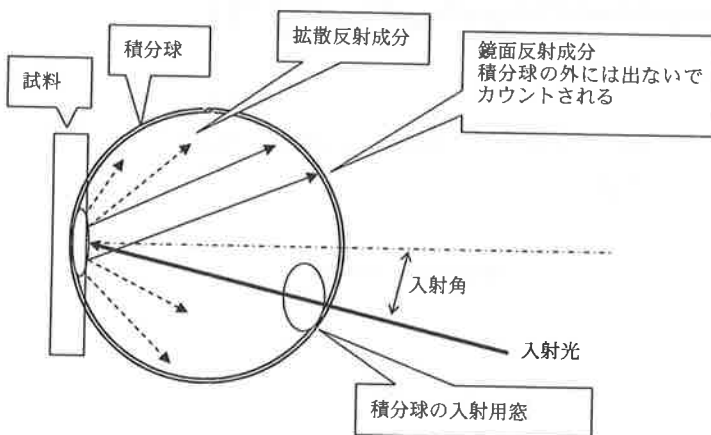


図3 入射角を持って入射する場合

（鏡面反射成分は、積分球内に留まりカウントされる。）

まず、入射角が異なった場合です。表1の「遮熱塗料のつや有り」を見ると、「つや消し」に比べ入射角による日射反射率の差異が大きくなっており、約3%の差が認められます。一方、「つや消し」の試料では、0.5%の差に留まっています。この違いを「有意の差」と見るか「無視できる差」と見るかは安易に決められませんが、塗料設計において日射反射率を1%向上させるための技術や検討努力を勧奨すると、「無視できない有意の差」と見るほうが妥当であると思います。

次に、JIS R 3106に定める方法に従って、100%反射の標準に鏡面反射体（アルミ蒸着板）を用いた場合と、拡散反射体（BaSO<sub>4</sub>）を用いた場合の比較を試みました。入射角は8°で入れ、鏡面反射（正反射）成分も積分（カウント）しています（表2）。

表2を見ると、極めて大きな差異が認められましたが、現時点でこの大きな差異がどのような原因で現れたのか、その詳細を解明するには至っておりません。標準に鏡面反射体を用いたほうが高い日射反射率を示している事から、鏡面反射体で求めた100%反射のベースラインが拡散反射体で求めたベースラインより相対的に低かったことが考えられます。このことは、（単純に考えると）入射角8°では鏡面反射成分の全てを積分球の中に捕らえる事ができず、積分球の外に逃げてしまったことが原因の1つと推定されますが、現時点で詳細な原因は不明です。

以上の結果より、上記の測定条件は日射反射率の測定結果に「無視できないレベル」で影響を与えると考えたほうが良く、標準化に向けて十分に検討し、明確に規定しなければならない条件であると認識しました。

### 3. 塗膜の日射反射率測定の標準化

塗膜の日射反射率測定においては、その全てをJIS R 3106に準じて測定することには無理があることが明らかとなりました。今後、条件付でJIS R 3106を参照する手法で進めるべきか、塗料専用の規格として全く新しく制定する手法で進めるべきなのか、日塗検だけでは方向を決められない大きな壁が立ちはだかりましたが、各界からユーザーまで幅広くかつ柔軟に意見を聞きながら、より有意義となる試験方法を確立したいと考えています。

### 4. おわりに

今回は、「塗膜の日射反射率の測定＝JIS R 3106に準じたら良い」とする考え方が、昨今広く浸透してきましたが、そう単純な事ではなく、まだまだ詳細を検討し明確にしていかなければならない点について紹介しました。

日塗検では、この新しい塗料の正しい評価手法を早く確立し、社会に貢献していきたいと思っています。

表1 入射角0°と入射角8°で測定した日射反射率（%）

試料	入射角0° (拡散反射のみ)	入射角8° (拡散反射+正反射)
一般塗料・グレー（つや有り）	4.3	7.4
遮熱塗料・グレー（つや有り）	50.3	53.2
遮熱塗料・グレー（つや消し）	51.6	52.1

表2 拡散反射標準と鏡面反射標準で測定した日射反射率（%）

試料	入射角8° (標準＝BaSO <sub>4</sub> )	入射角8° (標準＝アルミ蒸着板)
一般塗料・グレー（つや有り）	7.4	9.0
遮熱塗料・グレー（つや有り）	53.2	63.8
遮熱塗料・グレー（つや消し）	52.1	62.5