

財団法人 日本塗料検査協会
技術開発部 前川 晶三
清水 亮作

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、都市の緑化、断熱性に優れた建築、冷暖房効率の向上等、種々対策が講じられているが、これらは既に出来上がっている都市や建築物に施すことは容易ではない。そこで、既設の建築物等への対策として、塗装するだけで蓄熱が抑制できる「太陽熱高反射塗料」が大きく注目されている。

一方、「太陽熱高反射塗料（遮熱塗料）」と呼ばれる塗料は、既に各社より製品化されているが、その性能を評価する試験方法は確立されたものが無く、各社独自の手法で評価しているのが現状である。また、表現も統一されておらず、適切とは言えないものも見受けられる。この塗料の性能や特徴を客観的に評価できる試験方法が望まれている。

「太陽熱高反射塗料の性能評価」として、既報の「日塗検ニュース」116号、117号で日塗検の取り組みの一端を紹介してきた。今回は太陽熱高反射塗料の遮熱性能を評価する一手法として測定される「塗膜の日射反射率測定方法」について、標準化に向けた日本塗料検査協会の取り組みについて紹介する。

2. 太陽熱高反射塗料の性能評価例

太陽熱高反射塗料の各社カタログや、報文などで紹介されている性能評価には大別すると

① 遮熱効果の確認試験（室内外での温度測定）

② 日射反射率の測定結果

の2種類であった。①の遮熱効果の確認方法は、室外ではミニハウスや施工実績建屋などで太陽熱高反射塗料と一般塗料で塗り分けた場合の室内温度を測定したりサーモグラフ写真を撮ったりして低減効果を調べている。グレー色（社）日本塗料工業会塗料用標準色見本帖 N-70）について5階建て建屋屋上に塗装し比較測定した結果、9月中旬の晴天下で室内天井内部の最大温度差は一般塗料に比べて約1.1℃太陽熱高反射塗料の方が低い結果が得られている¹⁾。室内での試験は人工光源を利用してミニボックス等で温度測定を行い効果の確認を評価してい

る。日塗検ニュース116号に報告した中の写真1はその測定装置の1例である。

②の日射反射率の測定は多くのメーカーが実施し、その結果がカタログなどに記載されている。しかし、これらのデータの多くは試験片作製方法、測定した塗膜の色調、測定波長範囲等の日射反射率の結果に影響すると推定される基本的な情報が明示されていない場合が多い。

分光反射率のデータは、その塗膜の詳細な分光特性を知るには有用な情報を与えてくれるが、塗料製品の性能を簡単に把握するには必ずしも使い易い指標ではない。そこで、分光反射率の特性を1つの数値で評価できる指標として「日射反射率」が考えられ、これを算出する試験方法として塗料分野ではないが、JIS R 3106「板ガラス類の透過率・反射率・放射率・日射反射率の試験方法」やJIS A 5759「建築窓ガラス用フィルム」等がある。この「日射反射率」を用いて塗料製品の太陽熱反射性能を評価する手法を日塗検ニュース117号で提案した。

3. 塗膜の日射反射率測定例

太陽熱高反射塗料（塗膜）の日射反射率測定方法を標準化するに当たり、反射率に影響を及ぼすと推定できる要因を選択しその影響を確認した。

3.1 太陽熱高反射塗膜単独での測定結果

遮熱機能を有する太陽熱高反射塗膜単独で日射反射率を測定した場合の下地の影響を調べた。塗膜の特性の一つに隠ぺい力（塗膜が下地の色の差を覆い隠す能力）があり、塗膜の色調により異なる。塗膜を通して下地の色が見えるということは光が透過していることを示す。JIS K 5600-4-1に規定する隠ぺい率試験紙（黒と白とに塗り分けた下地を有する試験紙）に太陽熱高反射塗料黒色を塗装し、白地と黒地における日射反射率を測定した。その結果を図1に示す。白地と黒地の反射率は可視領域では同じであるが、近赤外領域で異なっている。光が塗膜を透過し下地の白地と黒地の反射率の影響を受けているのがわかる。この結果から、太陽熱高反射塗膜単独での日射反射率の測定は光が塗膜を透過して下地の影

響を受ける可能性があるという認識が必要である。

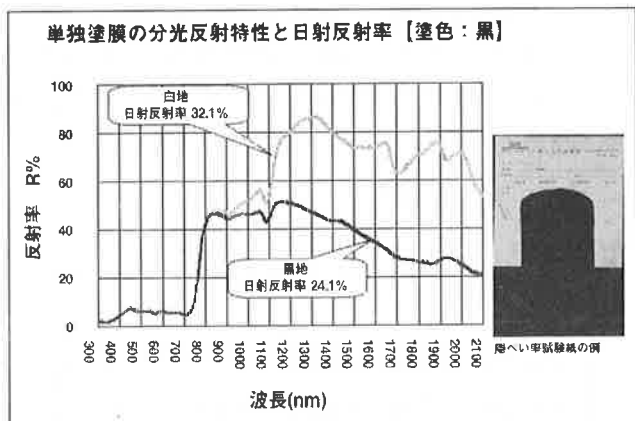


図1 白地 / 黒地に塗装された塗膜単独の分光反射率と日射反射率の例 (測定色: 黒)

3.2 塗膜の色調の違いによる測定結果

色の違いにより太陽熱を受ける程度が異なることは経験上判っている。即ち暑い時期には白系の衣服を着用し、寒い時期に黒系のコートを着用することで、太陽熱を反射、吸収する生活の智恵として生かされている。3.1で述べた隠ぺい率試験紙に太陽熱高反射塗料白とグレー(日塗工色見本帖 N-50 程度)をそれぞれ単独に塗装し、白地の部位の反射率を測定した。その結果を図2に示す。可視領域では反射率が大きく異なるのは色の差を反映している。近赤外領域における反射率も白の方が大きく、結果として日射反射率の結果は白が88.9%、グレーが60.1%であった。太陽熱高反射塗料の性能を示す日射反射率の結果には、測定した色調を明記する必要があることがご理解いただけると思う。

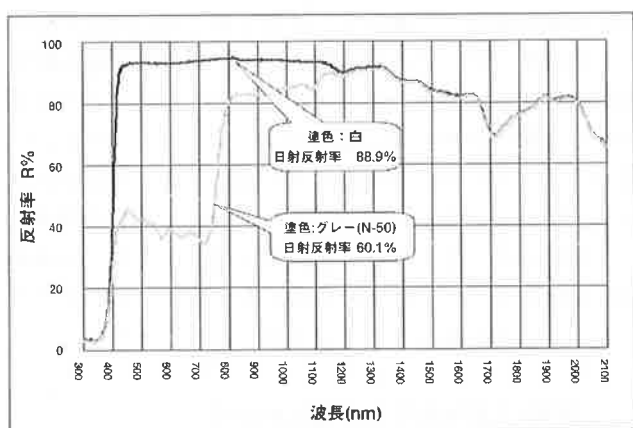


図2 塗膜の色調の違いによる分光反射特性と日射反射率の例

3.3 塗装系による測定結果

塗装する場合、種々の塗料を組合せて対象となる被塗物を最も効果的に塗装目的を達するように設計されるのが一般的である。この組合せを塗装系という。実際に塗装される組合せで太陽熱高反射塗料の反射率を測定するために、隠ぺい率試験紙に塗装系で塗装して試験片とし、白地と黒地の反射率を測定した。その結果を図3に示す。白地と黒地の反射率は同一曲線を示して差がなかった。塗装系では太陽光が下地まで透過することなく、下地の影響を受けなかったことを示している。太陽熱高反射塗料の日射反射率の測定は実際に塗装される組合せで測定することが必要である。

3.4 太陽熱高反射塗料の膜厚差による測定結果

塗装系では塗装対象塗料について塗装すべき塗付量(g/m²)又は塗装膜厚(μm)等が提示してある。太陽熱高反射塗料でも同様である。塗装する際、規定通りの膜厚で塗装されなかった場合に日射反射率にどのように影響されるかを調べた。測定に供した塗料は規定膜厚が500 μmに設定された塗料であった。隠ぺい率試験紙に膜厚を4段階で塗装し、白地と黒地の反射率を測定した。その結果を図4に示す。規定膜厚以下では白地と黒地の日射反射率の結果に差があり、規定膜厚で両者の日射反射率の値が一致している。規定膜厚以下では太陽光が透過し、下地の影響を受けて日射反射率が低くなり、遮熱効果も低減する可能性がある。このことから、測定する為の試験片作製には塗料の塗付量又は膜厚の規定が必要であることが判る。即ち、塗装仕様に規定される塗付量又は膜厚で試験を行うことが大切である。

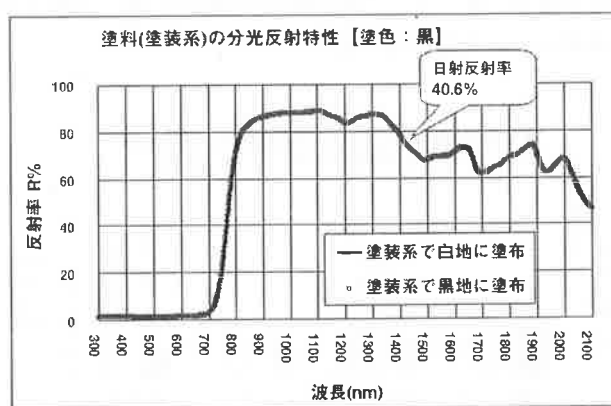


図3 塗装系で評価した分光反射特性と日射反射率の例

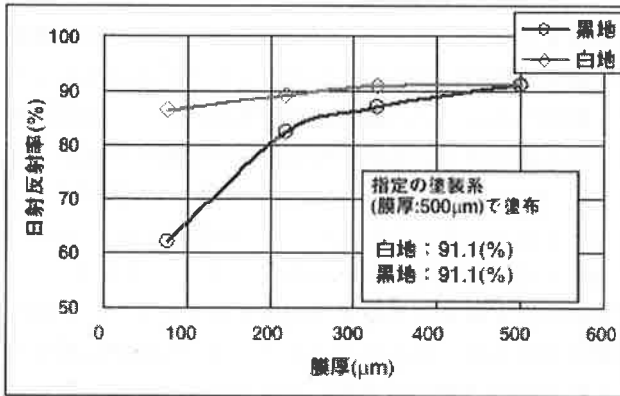


図4 膜厚と日射反射率との関係

3.5 測定波長領域について

各社の資料に記載されている日射反射率の測定結果では、測定波長領域が明記していないか、してある場合でも300～2100nm、350～2100nmや780～2100nmと統一されていない。太陽熱高反射塗料の日射反射率測定方法として標準化されていないことが大きな理由であるが、日射反射率の算出に引用するJIS規格にJIS A 5759とJIS R 3106の2種類があることも影響していると推察する。

隠ぺい率試験紙にメーカー4社の太陽熱反射塗料グレー（日塗工色見本帖N-60程度）を単独で指定の塗付量で刷毛塗塗装した。下地が白地の部分の反射率を測定し、300～2100、300～800及び800～2100nmの波長範囲で日射反射率を算出した結果を図5に示す。単独塗膜である為透過して下地の影響が出ている可能性が高いが、測定波長域によって日射反射率の値が大きく異なることが判る。従って、日射反射率の測定結果には測定波長領域を明示する必要がある。

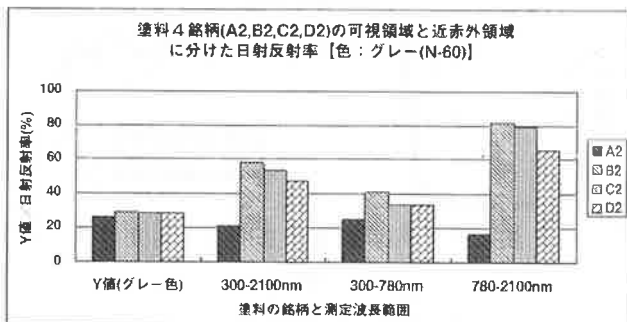


図5 測定波長領域の例

4. 日射反射率の算出

日射反射率の算出方法については日塗検ニュース117号で詳述しているので省略する。JIS R 3106では太陽

光の分光分布範囲（300～2100nm）を84分割し、さらに短波長域をより細かく細分しているのに対し、JIS A 5759では波長範囲350～2100nmを等間隔で36分割している。JIS R 3106の方がより厳密に算出していると言えるので、JIS R 3106の付表2を用い次式(1)で算出することを提案する。

$$\text{日射反射率}(\rho_e) = \frac{\sum_{\lambda} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \rho_{1,n}(\lambda)}{\sum_{\lambda} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots (式1)$$

$E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$ …… JIS R 3106の付表2における重価計数
 $\rho_{1,n}(\lambda)$ ……測定した分光反射率

JIS R 3106によって日射反射率を算出する際、波長領域（300～2100nm）の分光反射率を測定することになっている。JIS R 3106付表2によると、測定波長の間隔が等間隔ではなく、短波長側が細分されている。一方、分光光度計の出力するデータは、2nm間隔等の等間隔で出力されるものが一般的である。今、例えば2nm間隔でサンプリングした場合、この表に書かれている波長間隔の間に入るデータはどう扱うべきか。表にある波長のみを選択して算出することも考えられるし、表の波長を中心とした前後のデータの平均（例えば1000nmの反射率は、976～1024nmの測定値を平均する）を用いる等の選択肢もありうる。

そこで実際に両者の方法で日射反射率を算出し、比較してみた。2nm間隔で波長範囲300～2100nmの分光反射率を測定し、JISの付表に示された波長における反射率のみを選択した場合と、付表で示された波長を中心とする前後のデータの平均値を用いた場合の日射反射率算出結果は、これらのデータ処理方法の違いにより算出される日射反射率に殆ど影響を与えないことが判った。従って、どちらの手法を用いても問題は無いと思われるが、試料の分光分布に鋭いピークやディップが存在するような場合は、若干の差異が出る可能性がある。日本塗料検査協会では、これらの場合にも配慮し、中心とする前後のデータを平均する手法を用いることとした。

5. 塗膜の日射反射率測定方法の提案

以上の検討結果から、太陽熱高反射塗料（塗膜）の日射反射率の測定方法として以下の通り提案する。

1) 試験片の作製

・試験板の種類

(1)常温乾燥型塗料の場合は隠ぺい率試験紙 (JIS K 5600-4-1 に規定する) とする。

水溶性塗料等ではじいて均一に塗装できない場合は依頼者と協議して塗装可能な白地 / 黒地のある面に塗装する。

(2)焼付型塗料の場合は実際に使用される素材を使用する。

・塗装方法

吹付け塗り、刷毛塗り、ローラー塗りなど塗装系に指定された方法

・塗装回数

下塗、中塗、上塗及び塗り回数等指定された塗装系にて塗装

・塗付量又は膜厚

塗装系に指定された各塗料の塗付量 (g/ m²) 又は乾燥膜厚 (μm)

・塗装間隔

各工程間の塗装間隔は塗装系に指定された間隔とする

・塗装後の養生

試験片の養生を行う場所は JIS K 5600-1-6 に規定する標準条件で行い、最終工程塗装後 7 日間乾燥して測定に供する。

2) 日射反射率の測定

上記の 1) で作製した試験片の白地と黒地の塗装部分で分光測光器にて日射反射率の測定を行う。日射反射率を測定する際の波長範囲は 300 ~ 2100nm とし、分光測光器の入射角度は 15° を越えないこととする。分光測光器は、一般化学分析用の近紫外、可視光及び近赤外波長域の分光光度計に、受光用の積分球を付属したもので、JIS R 3106 に規定する性

能を満足するものとする。

3) 日射反射率の算出

日射反射率の算出は JIS R 3106 に準じ、式 1 で算出するものとする。この際、 $E_{\lambda} \cdot \Delta \lambda$ には JIS R 3106 の付表 2 における波長範囲 300 ~ 2100nm の数値を用いる。また、付表 2 に記載の波長を中心とする前後のデータを平均する手法にて算出する。

4) 測定結果の報告

測定結果報告には少なくとも次の事項を明記する。

・測定した製品の種類及び明細

例えば下塗 / 中塗 / 上塗の商品名など

・試験片の作製条件

例えば塗装方法、塗装回数、塗付量又は膜厚、塗装間隔など

・測定した上塗の塗色名

・白地と黒地における塗膜部分の日射反射率測定結果

・測定波長範囲

6. おわりに

今回は、日射反射率の評価手法に関し小さな疑問点を検討した結果をご紹介します、これらの疑問点を明確にした測定方法を提案した。太陽熱高反射塗料が有すべき特性には日射反射率以外に長期耐久性が不可欠であり、今後の課題であると考えます。暴露試験などを実施し、塗面の汚れや紫外線劣化により、熱反射特性がどう変化するかを見極めていく予定である。本報告に、種々のご意見を賜れば有難い。

参考文献

- 1) 西村欣英ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集 41165 2004 年 8 月