

財団法人 日本塗料検査協会

東支部 検査部 清水亮作

1. はじめに

高反射率塗料の性能指標の1つである「日射反射率」を求める試験方法を確立し、日本工業規格 (JIS) として制定されました。これにより、高反射率塗料の性能を統一した評価手法によって行う事ができるようになりました (JIS K 5602⁽¹⁾「塗膜の日射反射率の求め方」平成20年9月)。

ところで、この JIS K 5602 「塗膜の日射反射率の求め方」による試験を試みた場合、多くの方々は、いくつかの疑問点に遭遇することと思います。これまでに日塗検に寄せられた相談のうち代表的な疑問点を挙げますと、

- (1) JIS K 5602 に記載された基準太陽光の重価係数 (表-1) は、波長間隔が一定でなく、また半端な値が記載されています。最近の分光光度計はコンピュータでデータ処理をしており、波長が規則的な一定間隔で出力されるため、JIS の表-1 と必ずしも一致しない波長が出てきます。この場合、どう処理すれば良いのでしょうか。
- (2) 100% 拡散反射の標準白色板 (スペクトラロン) を購入すると、校正証明書と CD-ROM が付随しており、それによると反射率 100% ではなく約 99% となっています。校正データは CD-ROM に記載されているようですが、このデータをどのように使用したら良いのでしょうか。JIS には、校正方法に関する記載がありません。
- (3) 日射反射率の計算方法が分かりません。具体的な方法を教えてください。計算用のコンピュータソフトはありませんか。
- (4) 試験板には「隠ぺい率試験紙」を用いることになっていますが、これは何ですか。何種類かの銘柄が入手可能ですが、お勧めはどれですか。

このような問い合わせを多く頂いております。

そこで、日塗検でも、これらの繰返し質問される疑問点を整理し、分かりやすく具体的に解説したいと考えま

表-1 JIS K 5602 に記載されている
基準太陽光の重価係数 (W / m²)

λ (nm)	重価係数	λ (nm)	重価係数	λ (nm)	重価係数
300.0	0.0000	718.0	0.9429	1462.5	0.1629
305.0	0.0024	724.4	0.6657	1477.0	0.1547
310.0	0.0131	740.0	1.7813	1497.0	0.2913
315.0	0.0380	752.5	1.5228	1520.0	0.5181
320.0	0.0731	757.5	0.6001	1539.0	0.5166
325.0	0.1083	762.5	0.4606	1558.0	0.5285
330.0	0.1626	767.5	0.4239	1578.0	0.5264
335.0	0.1989	780.0	1.3687	1592.0	0.3489
340.0	0.2090	800.0	2.2415	1610.0	0.4341
345.0	0.2214	816.0	1.5647	1630.0	0.4794
350.0	0.2337	823.7	0.6374	1646.0	0.3884
360.0	0.5085	831.5	0.6722	1678.0	0.7380
370.0	0.6010	840.0	0.8078	1740.0	1.2310
380.0	0.6983	860.0	1.9640	1800.0	0.6145
390.0	0.7259	880.0	1.9370	1860.0	0.0994
400.0	0.8782	905.0	2.1295	1920.0	0.0097
410.0	1.0998	915.0	0.7172	1960.0	0.0454
420.0	1.1863	925.0	0.6877	1985.0	0.1422
430.0	1.1426	930.0	0.2770	2005.0	0.1194
440.0	1.2024	937.0	0.2347	2035.0	0.1919
450.0	1.4324	948.0	0.3186	2065.0	0.2430
460.0	1.5831	965.0	0.7236	2100.0	0.2650
470.0	1.6110	980.0	0.8914	2148.0	0.4165
480.0	1.6255	993.5	0.9526	2198.0	0.3893
490.0	1.6044	1040.0	3.3852	2270.0	0.5168
500.0	1.5640	1070.0	2.0179	2360.0	0.6026
510.0	1.5880	1100.0	1.5957	2450.0	0.3793
520.0	1.5557	1120.0	0.5283	2494.0	0.0885
530.0	1.5485	1130.0	0.1509		
540.0	1.5819	1137.0	0.1139	合計	100.0000
550.0	1.5764	1161.0	0.5728		
570.0	3.1029	1180.0	0.7689		
590.0	2.9347	1200.0	0.8951		
610.0	2.9183	1235.0	1.6028		
630.0	2.9574	1290.0	2.4894		
650.0	2.8911	1320.0	1.0079		
670.0	2.8488	1350.0	0.4296		
690.0	2.5551	1395.0	0.0777		
710.0	2.4785	1442.5	0.1379		

した。今回は、まず始めに、(1)の「波長間隔が一定でない重係数から日射反射率を求める方法」について解説いたします。

2. JIS K 5602 に記載された重係数と

半端な波長間隔について

JIS K 5602 に記載された重係数を表-1 に示します。これを見ると、波長 300 ~ 350nm までは 5 nm ステップで記載されていますが、350nm からは 10nm ステップになっています。更に、710nm までは素直に 10nm ステップなのですが、710nm の次からは 718nm, 724.4nm, 740nm, 752.5nm, 757.5nm... と不規則な波長が続いています。

一方、今日の分光光度計はコンピュータで制御しているものが一般的であり、その多くの機種で測定データは一定の波長間隔で規則正しく出力されます。従って、表-1 に示された重係数と合致する波長の反射率を測定するためには、300 ~ 2500nm の波長範囲を 0.1nm 間隔で 22000 個ものデータを測定しなければなりません。22000 個ものデータを測定しても、実際にその中から使われるのは表-1 に示した 106 個のデータに過ぎず無駄だと言えますが、もっと大きな現実問題として、その測定に要する時間が上げられます。分光光度計の機種やスキャン速度の設定にもよりますが、通常、1 件の測定に 1 時間程度を要することでしょう。JIS K 5602 を活用されたい多くの方々にとって、1 件 1 時間の測定時間は許容できるものではなく、長くても数分で終わりたいのが実情だと思われれます。

分光光度計による分光反射率の測定時間を短縮する有効な手段として、測定する波長間隔を広く取る方法が考えられます。例えば、日塗検が所有する分光光度計で 300 ~ 2500nm を波長間隔 0.1nm で測定すると 1 時間程度の測定時間を要しますが、2 nm 間隔の測定では 3

分程度で完了することができます。しかしながら、2 nm 間隔の測定では、表-1 の重係数に合致する波長のデータがいくつか得られないという厄介な問題が生じてしまいます。

そこで、今回は、JIS K 5602 に基づいた測定方法から意図的に逸脱し、測定時間の短縮を優先するために分光反射率を粗い波長間隔 (2 nm) で測定してみました。そして、測定されることなく飛ばされた波長の反射率をその波長近傍のデータから内外挿の手法で推定する方法を試み、厳密に JIS K 5602 に基づいた方法と算出される日射反射率とを比較してみました。ここで、両者に大きな差異が認められなければ、厳密な試験には通用しないとしても、社内の内部検討等、試験結果の用途を考慮した上で有効な検査業務の効率化が期待できます。

3. 内外挿法による未知データの推定

内外挿法によって測定していないデータを推定する方法として、次に示す 3 通り (4 通り) のアイデアについて検討してみました。すなわち、

(方法 1) 2 nm 間隔で測定し、表-1 の重係数と合致する波長についてはその波長の反射率を採用し、存在しない波長については近傍の前後 2 波長 (計 4 個) のデータの平均値を採用する方法 (図-1)。

(方法 2) 2 nm 間隔で測定し、表-1 の重係数と合致する波長についてはその波長の反射率を採用し、存在しない波長については近傍の前後 2 波長 (計 4 個) のデータから一次の近似式を求め、この近似式に表-1 の波長 (測定出来なかった波長) を与えて、その波長における反射率を推定する方法 (図-2)。

(方法 3) 2 nm 間隔で測定した全データを用い、表-1 の重係数に示す波長前後のデータ (データ数は重

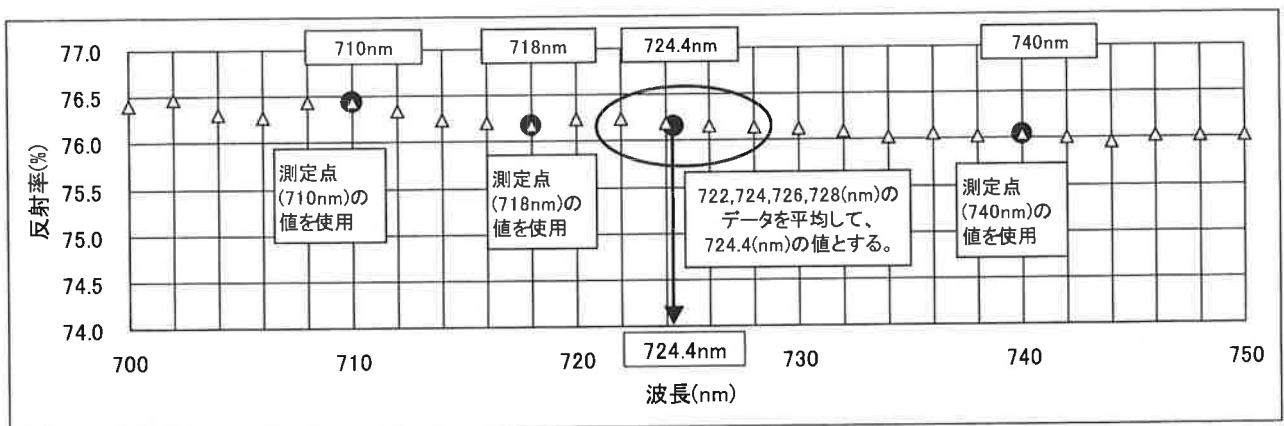


図-1 方法 1 (測定点が無い波長の反射率として、その前後 2 波長 (計 4 個) のデータの平均値を採用する)

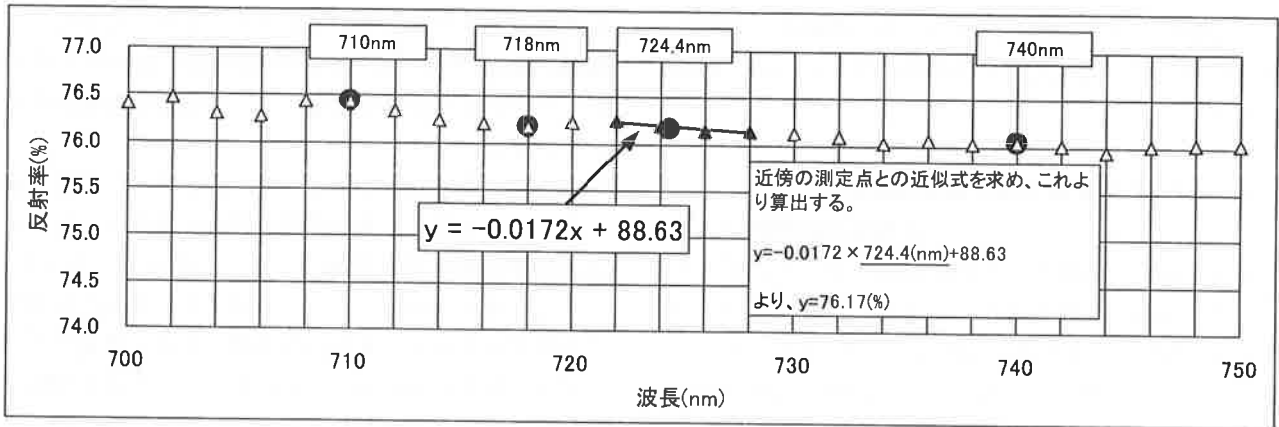


図-2 方法2 (測定点が無い波長の反射率として、その前後2波長(計4個)の近似式から推定した値を採用する)

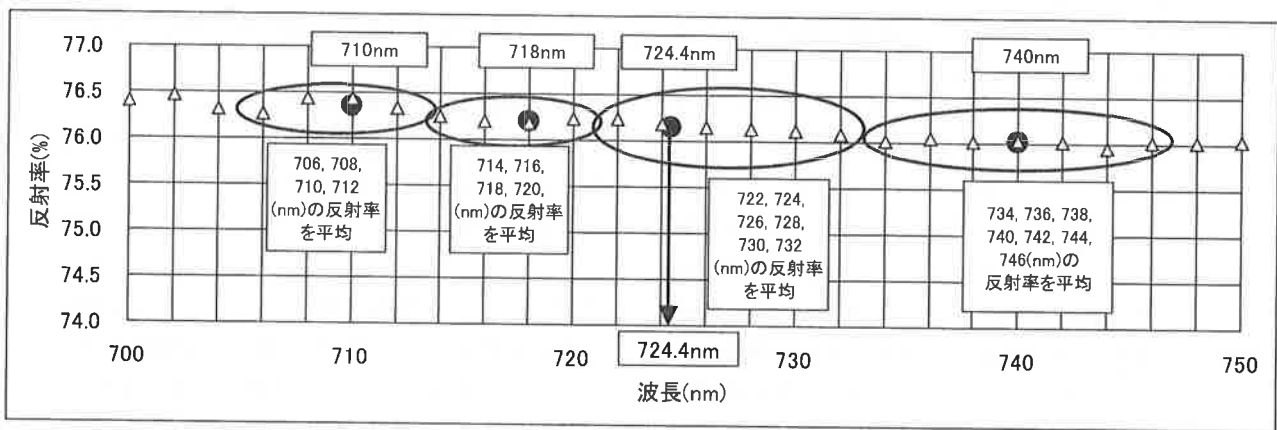


図-3 方法3 (測定したデータを全て用い、近傍のデータの平均値を採用する)

係数の波長間隔によって異なる)の平均値を採用する方法(図-3)。

(方法4) JIS K 5602に基づき、0.1nm 間隔で測定した分光反射率より厳密に日射反射率を算出。

について、ある塗膜の分光反射率を測定し、それぞれの手法で算出した日射反射率をJIS K 5602に基づいた方法(方法4)と比較してみました。

4. 結果及び考察

検討の結果を表-2にまとめました。3通りの方法の全てで、厳密にJISに基づいた算出方法(方法4)と完全に一致した算出結果が得られました。本号の日塗検ニュース「太陽熱高反射率塗料の性能評価(第九報)」にJIS K 5602「塗膜の日射反射率の求めかた」の不確かさについて解説しています。これによると、本試験方法には0.56%の不確かさ(標準不確かさ)が推定されています。表-2の結果を厳密に見ますと、方法3にはJIS K 5602に基づく方法との間に0.01%ほど差が出て

おりますが、測定の不確かさを考慮すると無視できるものと判断できます。

よって、塗膜の分光反射率の測定間隔を2nmとし、これより今回示した3通りの方法で日射反射率を算出した場合、算出(内外挿)手法に差異は認められず、どの方法を用いても良いことが分かりました。

ただし、今回評価したサンプルの分光反射率は、波長に対する分光反射率が比較的滑らかな変化を示すものです(図-4)。すなわち、赤外吸収スペクトル等に見られるような急激なピーク・ディップ(山・谷)は存在しないため、今回用いた内外挿法では大きな差異が現れなかったと考えられます。もし、分光反射率に顕著な変化があるようなサンプルの場合、再考が必要になるかもしれません。なお、経験的ではありますが、塗料(塗膜)の場合、分光反射率に顕著な変化を持つものは見られません。その点は楽観できるかもしれませんが決して完璧とは言い切れないため、測定した分光反射率をグラフ化する等して確認することが重要であると考えます。

今回の結果を見ると、更に波長の間隔を粗く測定して

表-2 内外挿法の違いによる日射反射率の算出値

サンプル	算出手法	日射反射率 (%)			備考
		全波長領域 300 ~ 2500(nm)	可視光領域 300 ~ 780(nm)	近赤外光領域 780 ~ 2500(nm)	
高反射率塗料 (Sample-1)	方法4	67.46	69.33	64.98	K5602に基づく方法
	方法1	67.46	69.33	64.98	無い波長の前後平均
	方法2	67.46	69.33	64.98	一次の近似関数
	方法3	67.45	69.32	64.98	全データを使う平均
高反射率塗料 (Sample-2)	方法4	78.21	77.68	78.91	K5602に基づく方法
	方法1	78.21	77.68	78.91	無い波長の前後平均
	方法2	78.21	77.68	78.91	一次の近似関数
	方法3	78.20	77.68	78.90	全データを使う平均
高反射率塗料 (Sample-3)	方法4	73.78	72.39	75.62	K5602に基づく方法
	方法1	73.78	72.39	75.62	無い波長の前後平均
	方法2	73.78	72.39	75.62	一次の近似関数
	方法3	73.77	72.39	75.61	全データを使う平均
拡散反射標準 (スペクトラロン)	方法4	100.0	100.0	100.0	K5602に基づく方法
	方法1	100.0	100.0	100.0	無い波長の前後平均
	方法2	100.0	100.0	100.0	一次の近似関数
	方法3	100.0	100.0	100.0	全データを使う平均

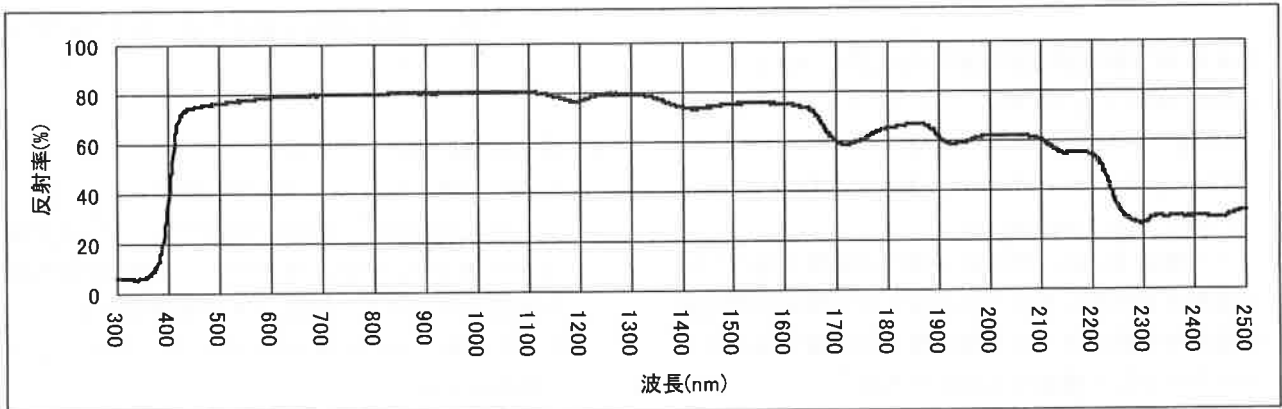


図-4 塗膜 (Sample-3) の分光反射率

も問題は出ないかもしれませんが (例えば、5 nm 間隔)。しかし、前述したように分光反射率が顕著に変化するサンプルでは無視できない誤差が発生する恐れもあるため、事前に十分な検討が必要であると考えます。

5. おわりに

今回は、「波長間隔が一定でない重係数から日射反射率を求める方法」について、その疑問にお答えしました。これにより、JIS K 5602 の疑問 (不安) の1つが解消できたと思います。次回は、100%拡散反射標準に関する疑問について解説する予定です。

日塗検では、高反射率塗料の客観的で正しい評価手法について検討しています。高反射率塗料の普及に向け、今後とも社会に貢献できるよう努力しております。

6. 参考文献

- (1) JIS K 5602 「塗膜の日射反射率の求め方」、(財)日本規格協会、平成 20 年 9 月制定