

# Vague

日塗検ニュース  
2009

## 目 次

巻頭言	
伝統技術と気 .....	1
試験方法シリーズ	
試験開始時期が屋外暴露試験に与える影響について .....	2
太陽熱高反射塗料の性能評価（第九報） （JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」における不確かさ） ...	6
技術解説	
JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」の技術解説 －波長間隔が不連続に与えられた太陽日射の重係数と 日射反射率の計算方法－ .....	12
トピックス	
I S O 便り .....	16
ニュース .....	19
業務案内 .....	21

(財)日本塗料検査協会理事  
市立前橋工科大学大学院教授  
櫻野紀元

漆器や陶器、染色の技術は、既に縄文時代に、その基礎が築かれていました。それぞれのデザインや色彩には普遍性があり、長い年月を経ても飽きることがありません。そしてそれらは、概して、長期間の使用が可能です。漆には抗菌効果があるので、漆器に入れた食べ物は傷みが遅いといえます。

木材の切り方や使い方も縄文時代、人々はほぼ習熟していました。その頃は、木を細かく切り刻んで加工するための金属製の道具はありませんでしたから、荒削りな木材で小屋組みし、厚い板を造作に用いていました。

冶金技術は、古墳時代にその基礎が確立し体系化されました。その後、技術が進んで木を薄く切る加工道具が作られ、薄板によるさまざまな部材や家具が作られるようになりました。

乾燥に伴う収縮など、木の性質を熟知した人々が造る木工製品をはじめ、木造建築物や木製家具は狂いが無くしっかりしていて、長期間の使用が可能です。

こうした技術は、人々のたゆまぬ創意工夫と、長い年数におよぶ試行錯誤によって生み出されました。

さて、「気」は天地を満たすエネルギーです。「気」は宇宙にみなぎる、星々を動かす大きなエネルギーです。地球に生息する私たちは、その「気」を取り込んで生命体を維持し、活動しているのです。

ところで、人の手が多く投入されるほど、作られたものに多くの「気」が込められる、といえます。

熟慮に熟慮を重ね、念入りに作られるものには、多くの「気」が込められるのです。

このことは、古今東西の思想家をはじめ科学技術者たちによって解説されています。サイコ・サイバネティクス（心理学や脳の生理機能と制御工学とを総合した新しい学問体系）の分野では、これが主要な研究の対象になっています。

わが国の伝統的な技術は、人々の巧みな「気」の取り込みによって開拓され創られた、と考えられます。そして今日の先進技術のものは、その伝統的な技術の中に見ることができます。

例えば今日、建築の分野における免震や制震技術、超高層建築を可能とする柔構造技術のものは、伝統的な木造建築物にあります。ニューセラミックス技術のものは、何千年もかかって培われた陶器や磁器の技術にあります。超合金や金属表面をミクロン単位で平滑に仕上げる技術のものは、伝統的な冶金や金属加工技術にあります。

これまでの優れた日本の技術と、それを培ってきた日本人の「気」は、今後とも世界を支える技術を生み出すもと、になると思います。



## 試験開始時期が屋外暴露試験に与える影響について

財団法人 日本塗料検査協会

西支部 検査部 岡 本 未 佳

### 1. はじめに

屋外暴露試験は、最も実用に近い状態で耐久性評価を行える試験方法であるが、日射量、降水量や湿度などの制御のできない天候要因が大きく影響を及ぼす試験方法でもある。屋外暴露試験において試験結果に影響を及ぼすといわれる様々な要因の中で、特に太陽光の与える影響は大きい。その中でも、短波長領域の紫外線はエネルギー量が大きいため、塗膜劣化に大きく影響することが知られている。

屋外暴露試験については、JISやISO等の規格によって試験方法が規定されている。屋外暴露試験方法が記されているJIS K 5600-7-6によると、試験開始時期は4月又は10月の2通りあり、どちらを選んでもよいことになっている。しかし、実際に4月開始と10月開始では、試料によっては若干異なる結果が得られる場合がある。そこで、試験結果に影響を与える要因についての検証を行うこととした。

### 2. 銚子暴露試験場の気候変化

日本塗料検査協会では、JISによる屋外暴露耐候性試験を、JIS K 5600-7-6 附属書1で推奨されている暴露試験場である(財)日本ウエザリングテストセンター銚子暴露試験場で実施している。図1に、銚子暴露試験場の所在を示す。

千葉県銚子市にあるこの暴露場は、関東平野の最東端に位置し、北は利根川、東と南は太平洋に面しており、年間を通して比較的風が強く、風力発電も盛んに行われている。気候は比較的温暖で、冬場は暖かく、夏場は涼しい海洋性気候であり、年間平均気温は15℃前後である。

昨今懸案事項となっている地球温暖化の影響によって、最近では気候条件が変化し、屋外暴露試験の結果が厳しいものになっているのではないかとの懸念の声も聞かれることから、過去10年間にわたる銚子暴露試験場の気象データを調査した。

過去10年間の銚子暴露試験場の気象データを図2に示す。

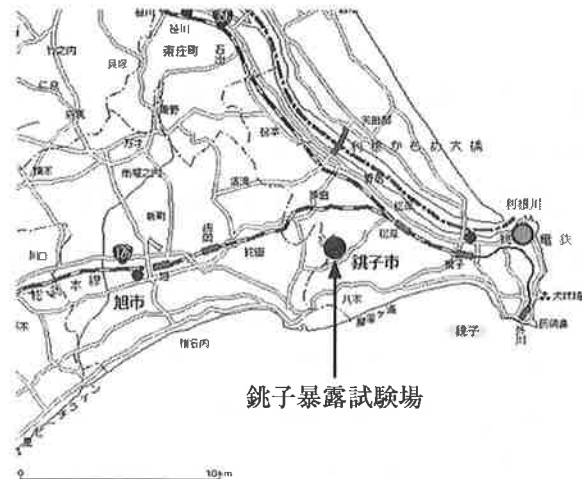


図1 (財)日本ウエザリングテストセンター  
銚子暴露試験場

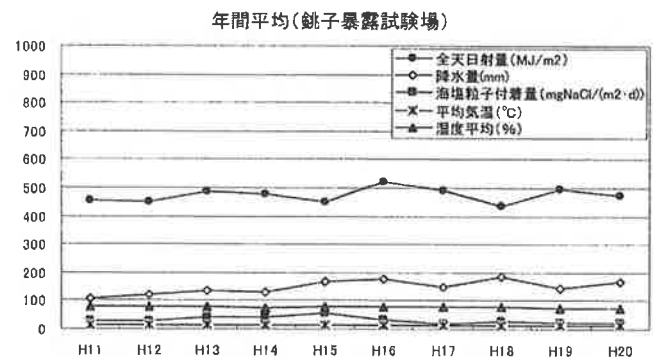


図2 平成11年～平成20年までの気候変化

平成11年～平成20年までの10年間の、銚子暴露試験場における全天日射量、紫外線量、降水量、海塩粒子付着量、気温および湿度の年間平均値を数値化したものを表1に示す。図2および表1より、銚子暴露試験場は過去10年間をみても大きな変動はないことがわかる。表1より、屋外暴露試験において、試験結果に最も影響が大きい要因の1つとされている紫外線量のみを抽出して、図3に示した。

表1 平成11年～平成20年までの気候変化

年度	年間平均（銚子暴露試験場）					
	全天日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )※	紫外線量 (MJ/m <sup>2</sup> )※	降水量 (mm)※	海塩粒子付着量 (mgNaCl/(m <sup>2</sup> ・d))	気温平均 (°C)	湿度平均 (%)
H11	453.17	27.91	107.0	26.1	15.3	77
H12	449.08	27.36	119.3	29.1	14.8	78
H13	487.54	25.34	133.9	39.8	14.5	78
H14	478.46	25.39	130.8	40.4	14.5	76
H15	449.14	24.76	165.0	56.3	13.7	78
H16	523.01	27.43	176.1	32.0	14.8	78
H17	492.83	26.25	147.7	19.3	13.9	77
H18	436.07	22.74	186.8	29.0	14.9	79
H19	497.37	23.88	141.4	21.2	15.2	76
H20	469.99	22.21	166.3	24.4	14.6	76

※年間月平均

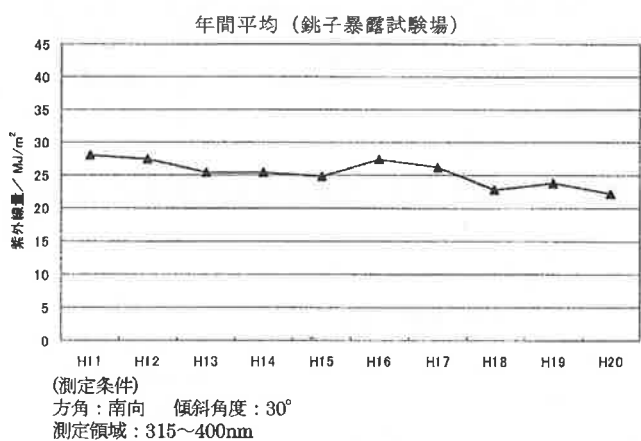


図3 銚子暴露試験場における紫外線量 (MJ/m<sup>2</sup>) 推移

図3より、この10年間で紫外線量は22～28 MJ/m<sup>2</sup>で、ほぼ横ばいに推移していることがわかる。

### 3. 屋外暴露試験開始時期の影響(1)

JISによる屋外暴露耐候性試験および防せい性試験は、一部を除き、原則として毎年4月または10月に試験を開始することが各製品規格に規定されている。また、試験期間も各製品規格により3か月～36か月の範囲内で規定されている。

表2に示したのは、JIS K 5663 合成樹脂エマルションペイント1種に相当する試料で作製した試験片を用いて、12か月間屋外暴露試験を実施した結果である。結果より、試料A、Bともに秋季に屋外暴露試験を開始した場合に比べて、春季に試験開始した場合のほうが塗膜欠陥（割れ）の程度が大きくなることが確認された。

なお、評価方法はJIS K 5600-8-1と、JIS K 5600-8-2またはJIS K 5600-8-4による。

表2 JIS K 5663 1種 暴露結果

試験期間	割れの等級 (方向性のない割れ)	
	試料A	試料B
H18. 4月～H19. 3月	4(S3)c	4(S3)c
H18. 10月～H19. 9月	2(S3)c	1(S3)c
H19. 4月～H20. 3月	4(S3)c	3(S4)c
H19. 10月～H20. 9月	1(S4)c	1(S4)c

備考) 使用塗料：JIS K 5663 1種 相当品

暴露期間：12か月

評価例) 2(S1)c：割れの量の等級が2、大きさの等級が1で全塗膜層を貫通している割れ

表2に示した試験結果と、暴露期間による気候条件との相関関係を明らかにするため、表3にそれぞれ暴露期間ごとの気象データをまとめた。

表3より、全天日射量、紫外線量、降水量および海塩粒子付着量の12か月間の総量は、試験開始時期によって変動はみられるが、暴露試験結果との明確な相関は認められない。

塗膜劣化の進行レベルは、塗料の構成要素によって大きく変化する。塗膜劣化に影響する要因のひとつである全天日射の中で、地表に到達する近紫外線(UV-A、UV-B)は、特に影響の大きいことが知られている。

この領域の波長の光は、約293～398kJ/mol付近のエネルギーをもつ。これは、有機物の基本であるC-C結合エネルギー(約348kJ/mol)などに匹敵する。有機物の結合エネルギーよりも大きなエネルギーをもった波長の太陽光線(紫外線)に曝されることによって、塗膜の劣

表3 試験期間(12か月)ごとの気候条件

時期 (銚子暴露場)	12か月の総量				12か月の平均	
	全天日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )	紫外線量 (MJ/m <sup>2</sup> )	降水量 (mm)	海塩粒子付着量 (mgNaCl/(m <sup>2</sup> ・d))	平均気温 (°C)	湿度平均 (%)
H18. 4月～H19. 3月	5411.27	272.58	2095.5	317.4	15.3	78.3
H18. 10月～H19. 9月	5931.74	285.60	2094.0	322.0	15.4	76.6
H19. 4月～H20. 3月	5992.67	286.83	1772.0	289.2	14.8	75.5
H19. 10月～H20. 9月	5600.10	265.60	2091.0	282.2	14.5	75.9

化が進行することになる。

図4に示したのは、屋外暴露試験を実施した平成18年4月～平成19年3月までの1年間（春季）の、銩子暴露試験場における紫外線量、降水量、海塩粒子付着量および平均気温を抽出したものである。

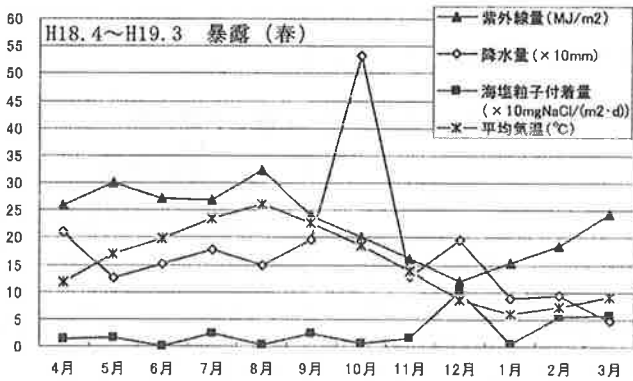


図4 平成18年4月～平成19年3月の気象データ推移

図4より、紫外線量は1年間を通して、平均気温とともに夏季に最も高い値を示すことがわかる。また、降水量は秋季に最も多く、海塩粒子付着量は冬季に多い。

塗膜劣化は、太陽光線のエネルギーによる化学的作用だけでなく、温度変化や、雨水による塗膜の膨潤・湿潤作用、光エネルギーと水分による塗膜の加水分解などの様々な因子が相互に繰返し作用し合って起こる。

図5、図6および図7には、それぞれ平成18年10月～平成19年9月分（秋季）、平成19年4月～平成20年3月分（春季）および平成19年10月～平成20年9月分（秋季）の紫外線量、降水量、海塩粒子付着量および平均気温を示した。

以上の気象データ推移より、例年1年間を通して、紫外線量は夏季に最も高い値を示し、冬季に最も低い値を示している。夏季は紫外線量・気温ともに高いことから、太陽光線のエネルギーによる塗膜の分解劣化が最も促進される時期と考えられる。そして、その後の降水・海塩粒子の付着により、相乗効果でさらに塗膜劣化は促進される。

更に春季開始暴露と秋季開始暴露とでは、紫外線量が最大となるタイミングが異なることがわかる。即ち、春季に屋外暴露試験を開始する場合、紫外線量のピークを迎えるまでの期間が4か月程度であるが、この紫外線での劣化と同時に、同期間の比較的多い降水量等の相乗効果により、初期段階での塗膜ダメージが与えられることとなる。また、秋季に開始される場合、紫外線量のピークを迎えるまで約10か月程度あり、初期段階での紫外線量は春季開始に比べて比較的少なく、降水量も少ない。これらのことから、塗膜形成後に「耐光性」と「耐水性」の影響を同時に受けるまでの期間の違いが、屋外暴露試験結果に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

クを迎えるまで約10か月程度あり、初期段階での紫外線量は春季開始に比べて比較的少なく、降水量も少ない。これらのことから、塗膜形成後に「耐光性」と「耐水性」の影響を同時に受けるまでの期間の違いが、屋外暴露試験結果に影響を及ぼしている可能性が示唆される。

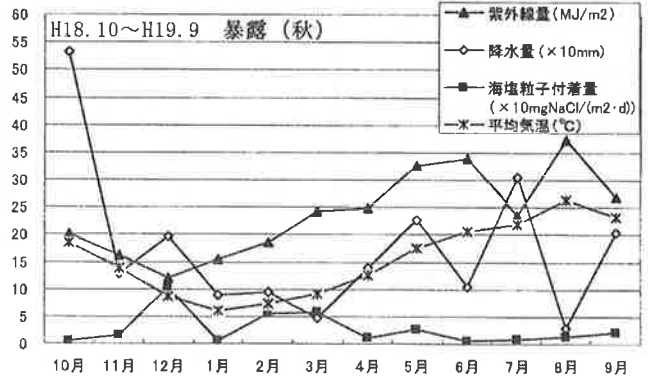


図5 平成18年10月～平成19年9月の気象データ推移

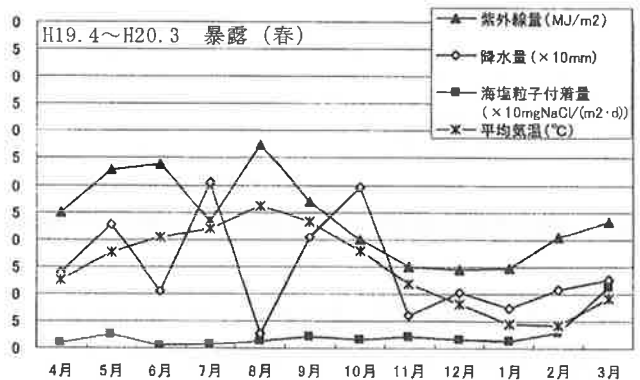


図6 平成19年4月～平成20年3月の気象データ推移

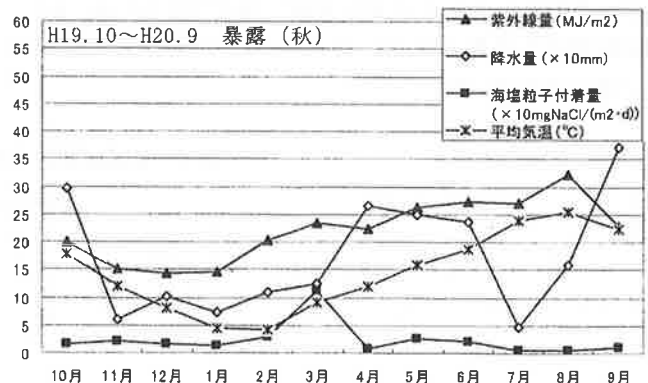


図7 平成19年10月～平成20年9月の気象データ推移

#### 4. 屋外暴露試験開始時期の影響(2)

JIS K 5621 一般用さび止めペイント 2種に相当する試料で作製した試験片を用いて、6か月間屋外暴露試験を実施した結果を表4に示す。1シーズンではあるが、秋季に屋外暴露試験を開始した場合に比べて、春季に試験開始した場合のほうが塗膜欠陥（さび）の程度が大きくなることが確認された。

なお、JIS K 5621は2008年1月の改正によって試験方法が変更となったため、H19.4月～9月およびH19.10月～H20.3月までのものとした。

表4 JIS K 5621 2種 暴露結果

試験期間	さびの等級	
	試料C	試料D
H19.4月～H19.9月	Ri1(S4)	Ri1(S4)
H19.10月～H20.3月	異常を認めない	異常を認めない

備考) 使用塗料：JIS K 5621 2種 相当品  
暴露期間：6か月

評価例) Ri2(S3)：さびの面積の等級が2で大きさの等級が3のさび

表4に示した試験結果と、暴露期間による気象データとの相関関係を明らかにするため、表5に6か月の暴露期間ごとの気象データをまとめた。

表5より、全天日射量、紫外線量、降水量および海塩粒子付着量等の全要因においてかなりの差が認められる。平均気温は当然であるが、春季の6か月と秋季の6か月とでは、春季と比較して秋季では紫外線量が約2/3となり、降水量も減少している。海塩粒子付着量は春季の約2.4倍となるが、対象期間である6か月の内の1か月（3月）を除くと、春季・秋季ともさほど変わりはない。またこの1か月は、暴露試験終了直前であり、海塩粒子付着量が防せい性に与える影響は小さかったものと

思われる。

春季開始のほうが秋季開始と比べて、海塩粒子付着量を除く全ての気候条件の影響を大きく受けていることを示している。これらのことから、試験期間が6か月のような短期間となる場合では、試験開始時期は極めて大きな影響を与えていることがわかる。

#### 5. おわりに

JISによる屋外暴露耐候性（防せい性）試験は、一部を除き原則として毎年4月または10月に試験を開始することが各規格で規定されているが、屋外暴露試験を開始する時期によって試験結果に影響を及ぼす可能性が今回改めて示唆された。このことは、試験期間が3か月や6か月といった短期間である場合において、暴露開始時期によっては試験結果が大きく左右される可能性があることを示している。これを受けて、3か月、6か月のような短期間の試験を行う場合には、暴露開始時期を「4月」に統一するような提案の必要性が示唆された。いずれにせよ、実際に塗装される市場では、1年間を通して期間に関係なく塗装されることから、塗料設計者は、最も条件が厳しいと思われる時期に屋外暴露試験を行い、品質確認を行っておく必要があるであろう。

#### 参考文献

- 1) 気象年報、財団法人 日本ウエザリングテストセンター 銚子暴露試験場、平成10年～平成20年
- 2) 瓜谷詔夫 他：防食塗料と塗装、大日本塗料株式会社、第9章、pp250-254
- 3) 第41回 塗料講座、社団法人 色材協会、pp96-98

表5 試験期間（6か月）ごとの気候条件

時期 (銚子暴露場)	6か月間の総量				6か月間の平均	
	全天日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )	紫外線量 (MJ/m <sup>2</sup> )	降水量 (mm)	海塩粒子付着量 (mgNaCl/(m <sup>2</sup> ・d))	平均気温 (°C)	湿度平均 (%)
H19.4月～H19.9月	3274.21	179.09	1008.0	84.1	20.4	82.0
H19.10月～H20.3月	2718.46	107.74	764.0	205.1	9.3	69.0

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

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、種々の対策が講じられていますが、これらは既に構築されている都市や建築物に対して簡便に実施することは困難です。そこで、既設の建築物等については、塗るだけで蓄熱を抑制することが期待できる「高反射率塗料」が注目され、近年、普及しつつあります。最近では、国や地方自治体が普及に向けた助成を始めるなど、益々注目されるようになってきました。しかし、普及当初は、高反射率塗料の性能を客観的に評価するための試験方法等が確立されていなかったために、塗料メーカーや販売各社が独自の方法でアピールしているのが現状でした。

そこで、社団法人日本塗料工業会を中心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）として制定しました（JIS K 5602<sup>(1)</sup>「塗膜の日射反射率の求め方」平成20年9月）。このJIS規格が制定されたことにより、遮熱塗料の1つである「高反射率塗料」については統一した試験方法で試験を行うことが可能となりました。これで、高反射率塗料の評価手法については、ユーザーに与えていた混乱を一往解消できたと思われませんが、今度は、日射反射率の優劣（高い／低い測定値）についての競争が始まっているように感じています。このような性能の競争は好ましいことであり歓迎したいところですが、同時に測定結果の信頼性（精度や限界等）についても十分に定量化した上で行われなければ、根拠の無い数字だけが一人歩きしたりして、再びユーザーに混乱を与える事態になりかねません。

ところで、試験や測定の結果には必ず不確かさが付随します。不確かさとは、「計測における不確かさの表現ガイド（Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, GUM）」によると、「合理的に測定量に結びつけられ得る値のばらつきを特徴づけるパラメータ」と定義されています。分かり難い表現ですが、従来の「誤差」に代わる概念として近年普及してきました。「誤差」

は、「誤差＝測定値－真値」で表される分かり易い考え方でしたが、肝心の「真値」を知ることができない以上、我々のように実際の測定値を扱う者にとっては机上の空論になってしまいます。そこで、現実的な手法として「不確かさ」の概念が普及してきました。

不確かさは、JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」によって求められる値（日射反射率）についても付随してきます。日射反射率の測定結果に高い精度を求めようとすると、当然ながら試験手法にはそれ以上の精度が求められます。JIS K 5602に規定する日射反射率の測定手法は、どの程度正しい測定を行うことが可能なのでしょうか？ JIS K 5602の解説を見ると、測定の不確かさに関する記述があり、これによると合成標準不確かさが1.21%であると記載されています。しかし、その値は、日々の試験で経験している値より少し大きいようにも感じています。

そこで、今回は、JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」における不確かさをJISの記載より更に詳細に評価してみました。

## 2. 「塗膜の日射反射率の求め方」における不確かさ

### 2.1 測定量

JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」において不確かさの対象となる量は、分光光度計により測定される塗膜の分光反射率と標準とする太陽日射が考えられます。ただし、標準とする太陽日射（太陽日射の真値）を定義することは困難であることと、非常に複雑な自然環境を不確かさとして考慮することは適切でないと考え、今回は、「不確かさは含まれていない定数」として扱うことにしました。

### 2.2 測定方法

#### 2.2.1 試験片の作成

JIS K 5602に従い、塗料を塗る下地の板（試験板）には、JIS K 5600-4-1に規定する隠ぺい率試験紙（写真1）を用い、その黒地部分の分光反射率を測定します。これは、塗膜によっては光（太陽光中に含まれる波長範



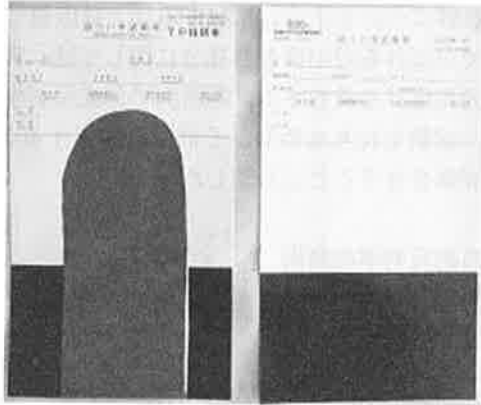


写真1 隠ぺい率試験紙の例(右)と、試験紙に塗料を塗布した例(左)

間 300～2500nm の光) を透過する場合があります、その場合、下地の反射率によって測定される塗膜の分光反射率に影響を与えるため、安定した下地を決める必要があります。ただし、JIS K 5600-4-1 に示す隠ぺい率試験紙は、可視光領域(波長範囲 380～780nm) の特性についてのみ規定しています。ここでは、太陽光(波長範囲 300～2500nm) を対象としているため、JIS K 5600-4-1 で定める可視領域の波長範囲だけでは要求性能を満たしているとは限りません。そこで、隠ぺい率試験紙を製造している各社の試験紙を複数用意して試験板を作成し、この試験板を測定して求められた日射反射率のばらつきを試験板(隠ぺい率試験紙)の不確かさとして評価に加えることにしました。

なお、塗料の塗り方及び乾燥方法は、塗料メーカーの指定する方法によるものとしています。当然ながら、「高反射率塗料」は、各社様々な設計思想により開発されており、その性能を発揮する上で塗装系が極めて重要な役割を担っているためです。

## 2.2.2 標準太陽日射の定義

日射反射率を塗膜の分光反射率から求めるには、標準となる太陽日射を定義する必要があります。JIS K 5602 では、ISO 9845-1 “Solar energy -- Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions -- Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1.5” から引用しています。ちなみに、この ISO 9845-1 は太陽日射を用いている他の JIS 規格(JIS R 3106「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」、JIS A 5759「建築窓ガラス用フィルム」、JIS C 8910「一次基準太陽電池セル」等)でも参照されています(図1)。なお、日射反射率の評価は全天日射(直達

日射+間接日射)が望ましいとする報告があり<sup>(2)</sup>、JIS K 5602 では、ISO 9845-1 に記載された全天日射のデータを標準太陽日射として定義されています(JIS R 3106 は、直達日射のみ考慮)。

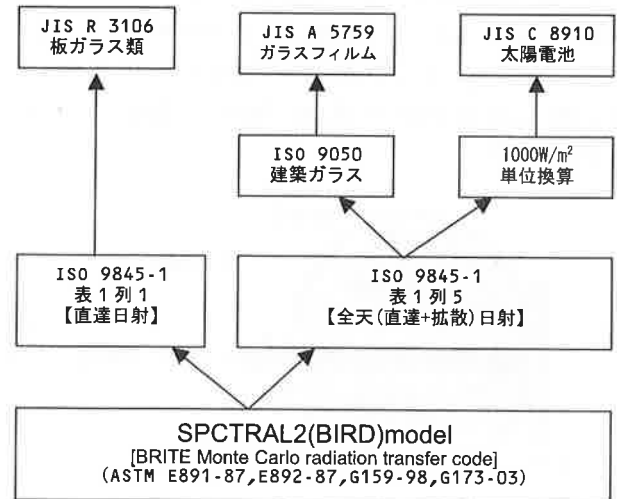


図1 JIS 規格の太陽光スペクトルが決まる過程

## 2.2.3 分光反射率の測定

### (1) 標準白色板

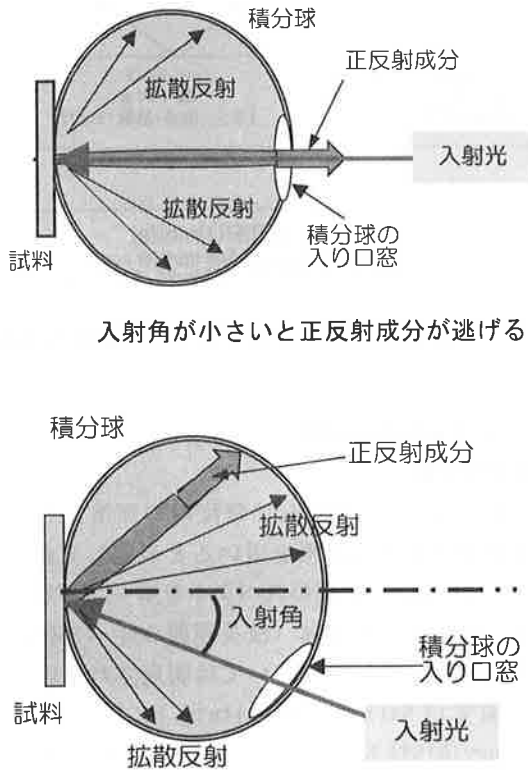
JIS K 5602 では、100%拡散反射の標準として発泡ふっ素樹脂系標準白色板を用いると規定しており、ここでは、labsphere 社製のスペクトラロン(写真2)を用いました。拡散反射体(波長範囲 300～2500nm)の国家標準は、まだ日本においては制定されていませんが、米国では National Institute of Standards and Technology(NIST) にトレーサブルの物が入手可能です。labsphere 社より校正証明書付きのスペクトラロンを購入すると、校正証明書と共に CD-ROM が添付されており、250～2500nm まで 1nm 間隔で絶対反射率に対する校正値が記録されています。この校正値は、標準板の「かたより」成分として補正します。また、校正証明書には校正の標準不確かさが記載されているため、この値を校正値の不確かさ(Bタイプ)として用いました。



写真2 スペクトラロンの外観

(2) 試料の正反射（鏡面反射）成分と測定の幾何学条件

分光光度計では、試料表面で反射した拡散反射光を積分球で捕捉し、積分球内に設置した検出器でその強度を検出します。ここで、試料が持つ正反射（鏡面反射）成分も日射反射の成分として検出したいため、試料に対し入射角を付けて測定光を照射する必要があります（図2・下）。なぜなら、正反射成分は入射角を付けていないと積分球の入射光用窓から光源に向かって逃げてしまうためです（図2・上）。



入射角が小さいと正反射成分が逃げる

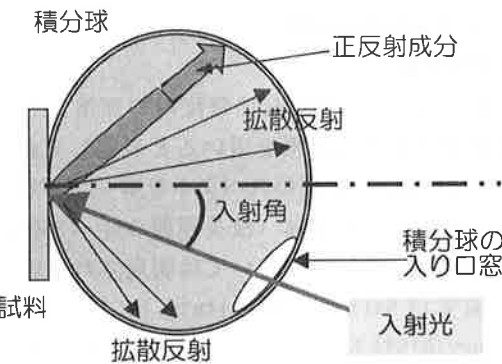


図2 入射角が小さいと正反射成分が逃げる

ここで、測定の幾何学条件による複雑な問題が発生します。すなわち、入射角を付ける事で、物理則（フレネルの法則）に従う「入射角と反射率の関係」が発生します。また、塗膜の正反射成分は、鏡のような完全な鏡面反射ではなく、一般に拡散反射成分と混ざった状態（鏡面反射と拡散反射の境界が明確でない）であるため、この両反射成分を明確に分離することが困難です。したがって、積分球の直径や入射光用の穴の大きさ等も反射成分の捕捉（あるいは、積分球より逃げる割合）に影響を与えるものと考えられます。

一方、分光光度計の積分球の構造や測定の幾何学条件は、測定器のメーカーや機種によって固定されている場合が多く、通常、測定者が自由に変更することができません。したがって、これらの幾何学条件等が測定結果に

与える影響について十分に検討することは困難です。

そこで、これらの不確かさ成分に関しては、異なる銘柄の分光光度計を所有する試験所間で分光反射率の安定した同一試料を持ちまわし、それぞれ測定することでAタイプ評価を行うことにしました。

2.2.4 日射反射率の算出

塗膜の日射反射率は、JIS K 5602 に従い以下の式で算出します。

$$\text{日射反射率(\%)} = \frac{\text{塗膜からの日射反射量}}{\text{太陽光の全日射量}} \times 100$$

$$R(\%) = \frac{\sum_{\lambda} [E_{\lambda} \Delta_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \cdot STD_{\lambda}]}{\sum_{\lambda} E_{\lambda} \Delta_{\lambda}} \times 100$$

ただし、

- R : 求める塗膜の日射反射率 (%)
- $E_{\lambda} \Delta_{\lambda}$  : 波長 ( $\lambda$ ) における、標準太陽光スペクトルの重係数 ( $W / m^2$ )
- $\rho_{\lambda}$  : 波長 ( $\lambda$ ) における、試料の分光反射率の測定値 (%)
- $STD_{\lambda}$  : 波長 ( $\lambda$ ) における、標準白色板の絶対反射率 (校正値) (%)
- $\sum_{\lambda} E_{\lambda} \Delta_{\lambda}$  : 標準太陽光スペクトルを波長 ( $\lambda$ ) で積分した累積積算照度 = 1000 ( $W / m^2$ )

3. 不確かさの要因

検討すべき不確かさの要因を表1にまとめました。また、測定のモデル式と不確かさの算出式を次式に示します。

$$R = \frac{\sum_{\lambda} [E_{\lambda} \Delta_{\lambda} \cdot \rho_{\lambda} \cdot STD_{\lambda}]}{1000} + \epsilon_{\text{Meas}} + \epsilon_D + \epsilon_m + \epsilon_B$$

$$u^2(R) = \frac{\sum_{\lambda} [E_{\lambda}^2 \Delta_{\lambda}^2 \cdot \rho_{\lambda}^2 \cdot u^2(STD_{\lambda})]}{1000^2}$$

$$+ u^2(\epsilon_{\text{Meas}}) + u^2(\epsilon_D) + u^2(\epsilon_m) + u^2(\epsilon_B)$$

$$= \frac{u^2(STD_{300-2200\text{nm}}) \cdot \sum_{\lambda=300}^{2200} [E_{\lambda}^2 \Delta_{\lambda}^2 \cdot \rho_{\lambda}^2]}{1000^2}$$

$$+ \frac{u^2(STD_{2200-2500\text{nm}}) \cdot \sum_{\lambda=2200}^{2500} [E_{\lambda}^2 \Delta_{\lambda}^2 \cdot \rho_{\lambda}^2]}{1000^2}$$

$$+ u^2(\epsilon_{\text{Meas}}) + u^2(\epsilon_D) + u^2(\epsilon_m) + u^2(\epsilon_B)$$

表1 不確かさの要因

記号		不確かさの要因と求め方	
$u_c(R)$	$u(\varepsilon_{\text{Meas}})$	分光光度計の光学的な幾何学構造の違いによる不確かさ。測定器のメーカーや機種で決まるので、分光光度計の銘柄が異なる試験機関で共同実験を行う。	
	$u(\varepsilon_D)$	分光反射率測定の日違いの不確かさ。実験によって求める。	
	$u(\varepsilon_m)$	分光反射率測定の日違いの不確かさ。実験によって求める。	
	$u(STD)$	$u(STD_{300-2200\text{nm}})$	標準白色板の校正の不確かさ。校正証明書に付記されている値(300~2200nm)をBタイプとして用いる。
		$u(STD_{2200-2500\text{nm}})$	標準白色板の校正の不確かさ。校正証明書に付記されている値(2200~2500nm)をBタイプとして用いる。
$u(\varepsilon_B)$	下地(隠ぺい率試験紙)の不確かさ。実験によって求める。		
$E_\lambda \Delta_\lambda$ 及び $\sum_\lambda E_\lambda \Delta_\lambda$		標準太陽光スペクトルが持つ不確かさ。この値は、ISO 9845-1から参照するものとし、不確かさは無視する。	

4. 実験の計画及び不確かさの算出法

4.1  $u(\varepsilon_{\text{Meas}})$  (分光光度計の光学的な幾何学構造)

分光光度計の光学的な幾何学構造の違いによる不確かさで、これらは分光光度計を購入した時点で決まってしまう。測定器のメーカーや機種によって決まるので、通常、ユーザーが自由に可変することはできません。そこで、分光光度計の銘柄が異なる試験機関で共同実験を行って求めました。

4.2  $u(\varepsilon_B)$  (下地(隠ぺい率試験紙)の銘柄違い)

安定した塗料を可能な限り均一に塗装した試験片を作成し、これを銘柄の異なる分光光度計で求めた分光反射率より日射反射率を求めました(表2)。ただし、このデータは同一試験機関内で種々の銘柄の分光光度計を取り揃えることができなかつたため、異なる試験機関による共同実験により求めたものです。また、下地である隠ぺい率試験紙の銘柄違いについても同時に実験し、それ

表2 分光光度計の銘柄違いと下地(隠ぺい率試験紙)の銘柄違いが試験結果に及ぼす影響

分光光度計の機種(M)	下地の銘柄(B)	日射反射率(%)				
		繰返し(n)				
		1	2	3	4	5
A社・モデルA	TP1	52.56	52.54	52.53	52.43	52.47
	NT1	52.21	52.27	52.22	52.23	52.25
	TP2	52.52	52.40	52.43	52.40	52.49
	NT2	52.37	52.33	52.37	52.39	52.35
B社・モデルA	TP1	52.79	52.63	52.71	52.78	52.79
	NT1	52.49	52.56	52.56	52.37	52.37
	TP2	52.64	52.76	52.59	52.66	52.61
	NT2	52.59	52.53	52.54	52.66	52.71
C社・モデルA	TP1	52.79	52.81	52.79	52.84	52.81
	NT1	52.63	52.56	52.56	52.63	52.62
	TP2	52.74	52.79	52.80	52.74	52.79
	NT2	52.78	52.73	52.70	52.71	52.70
C社・モデルB	TP1	52.58	52.79	52.60	52.59	52.76
	NT1	52.60	52.36	52.35	52.57	52.41
	TP2	52.78	52.66	52.67	52.54	52.50
	NT2	52.47	52.48	52.73	52.73	52.61

それぞれのばらつき要因を分散分析によって分離させました(表3)。

表3 分散分析表<sup>(3)</sup>

要因	S	f	V	E(V)
$\epsilon_{\text{MeasM}}$	1.19260	3	0.39753	$\sigma e^2 + 20 \sigma M^2$
$\epsilon_{\text{BB}}$	0.62655	3	0.20885	$\sigma e^2 + 20 \sigma B^2$
誤差 e	0.37145	73	0.00509	$\sigma e^2$

なお、実際の測定は、どこか一つの試験機関の分光光度計が用いられ、更にある一種の銘柄(機種)が用いられるため、それぞれ算出した要因の標準偏差をそのまま不確かさに見なしても良いでしょう。そこで期待値より、それぞれの要因の標準不確かさを求めると、

$u(\epsilon_{\text{Meas}})$  (分光光度計の光学的な幾何学条件等) :

$$\sqrt{\frac{V_M - V_e}{20}} = \sqrt{\frac{0.39753333 - 0.00508836}{20}} = 0.140079 (\%)$$

$u(\epsilon_B)$  (下地(隠ぺい率試験紙)の銘柄) :

$$\sqrt{\frac{V_B - V_e}{20}} = \sqrt{\frac{0.20885000 - 0.00508836}{20}} = 0.100936 (\%)$$

であると算出されました。

#### 4.3 $u(\epsilon_D)$ 、 $u(\epsilon_m)$ (測定日及び繰り返し)

安定した塗料を可能な限り均一に塗装した試験片について、測定日を変えてそれぞれ9回測定しました(表4)。その結果、測定日違いのばらつきは非常に小さい結果であることが解ったため、測定日違いによる効果は無視して良いものと考え、誤差項にプールし(表5)、全データの標準偏差を繰り返しの不確かさとしました。なお、JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」では、繰り返し1回の測定結果で報告しても良いことになっています(繰り返し測定の規定は無い)。

表5 分散分析表  
(測定日違いによる効果を誤差にプール)<sup>(3)</sup>

要因	S	f	V	E(V)
繰り返し e	0.95527	26	0.03674	$\sigma e^2$

$u(\epsilon_D)$  (測定日違いの不確かさ) = 0

$u(\epsilon_m)$  (繰り返し) =  $\sqrt{\sigma e^2} = \sqrt{0.03674131} = 0.19168$

#### 4.4 $u(STD)$ (標準白色板の不確かさ)

$\epsilon_{STD(300-2200nm)}$  (波長範囲 300 ~ 2200nm)

$\epsilon_{STD(2200-2500nm)}$  (波長範囲 2200 ~ 2500nm)

発泡ふっ素樹脂標準白色板(labsphere社のスペクトラロン)を購入しますと、米国NISTトレーサブルの校正証明書が添付されています(図3)。ここに標準不確かさが与えられているため、これをBタイプとして用いました。ただし、波長の範囲によって与えられている不確かさが異なるため、ここでは、それぞれの不確かさに

表4 測定日と試験の繰り返しが試験結果に及ぼす影響

測定日(D)	繰り返し(n)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10月25日	52.45	52.53	52.60	52.01	52.49	52.60	52.60	52.33	52.55
10月26日	52.43	52.49	52.60	51.94	52.42	52.30	52.56	52.24	52.51
10月27日	52.45	52.43	52.60	51.98	52.44	52.32	52.58	52.24	52.52

表6 標準白色板の感度係数及び不確かさ

不確かさの要因		太陽光スペクトルの含有率(感度係数)	校正証明書に記載されている不確かさ	不確かさ
$u(STD)$	$\epsilon_{STD(300-2200nm)}$	波長範囲 300 ~ 2200nm 98.4 (%)	0.5 (%)	0.492 (%)
	$\epsilon_{STD(2200-2500nm)}$	波長範囲 300 ~ 2200nm 1.59 (%)	2.0 (%)	0.0318 (%)

太陽光スペクトルが含まれている比率を乗じて求めました (表6)。

**ESTIMATE CALIBRATION UNCERTAINTY**  
 The random uncertainty, expressed by standard deviation, of reflectance measurements performed by Labsphere, Inc. is less than 0.005 for the spectral range 300-2200 nm, and is less than or equal to 0.020 over the spectral range 250-2500nm.

図3 校正証明書の記載内容

5. 不確かさの合成

以上の結果をバジェットシートにまとめ、表7に示しました。その結果、標準不確かさが±0.56%であると算出されました。

6. おわりに

建築設計の分野では、日射反射率が1~2%曖昧であると建築物の熱設計に支障をきたすそうです。そこで、日射反射率の測定値がどの程度信頼できるのかについて、強い関心が寄せられていました。

今回、この試験方法における不確かさが約±0.56% (標準不確かさ) と求まりました。それでも、シビアな要求に対しては十分であるとは言えませんが、概ね良好で妥当と思われる不確かさが得られました。ただ、経験的 (何となく経験しているばらつき) に、「±0.3%くらいでは」と想像していたのですが、詳細に検討したと

ころ、それより大きい結果となりました。バジェットシートを見ると、標準白色板の不確かさが最も大きいことを示しています。通常の測定業務では、複数の標準白色板を替えながら試験することは少なく、いつも決まった同じ標準を用いることが多いです。このことから、通常の経験ではより大きな不確かさ要因 (標準白色板) に気付かなかったものと思われます。

更に精密な試験を要求する場合、表7に示したバジェットシート中で最も大きい不確かさを与えている標準白色板の不確かさを小さくする努力が求められます。今回用いた標準白色板は、米国NISTの標準にトレーサブルな物ですが、今後、日本においても標準白色板の国家標準 (波長範囲300~2500nm) を進めているとの事です (現時点で、300~1600nmまでの波長範囲で標準化されている)。日本における標準白色板についても期待したいところです。

7. 参考文献

- (1) JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」、財団法人規格協会、平成20年9月制定
- (2) 酒井英樹、永村一雄、井川憲男：分光反射率に基づく建築材料の日射反射率の測定方法—測定条件の妥当性の検討—日本建築学会環境系論文集、No. 616(20070630) pp. 31-36
- (3) (独)産業技術総合研究所計測標準研究部「分散分析プログラム」を用いて算出

表7 「塗膜の日射反射率の求め方」バジェットシート

記号		感度係数	標準不確かさ	標準不確かさ 感度係数を考慮	不確かさの要因	
$u(R)$	$u(\rho_\lambda)$	$\epsilon_{Meas}$	1.0	0.140 (%)	0.140 (%)	分光光度計の銘柄等
		$\epsilon_m$	1.0	0.192 (%)	0.192 (%)	繰り返し
		$\epsilon_D$	1.0	無視	無視	測定日
	$u(STD)$	$\epsilon_{STD(300-2200nm)}$	0.9841	0.5 (%)	0.492 (%)	標準白色板
		$\epsilon_{STD(2200-2500nm)}$	0.0159	2.0 (%)	0.032 (%)	
	$u(\epsilon_B)$		1.0	0.101 (%)	0.101 (%)	下地 (隠ぺい率試験紙)
合成標準不確かさ $u(R) = \sqrt{0.140^2 + 0.192^2 + 0.492^2 + 0.032^2 + 0.101^2}$				0.56 (%)	日射反射率 (%)	
拡張不確かさ (K=2) $Uc = u(R) \times 2$				1.1 (%)		

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<sup>(1)</sup>「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 / m<sup>2</sup>)

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価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 に記載された重価係数と

### 半端な波長間隔について

JIS K 5602 に記載された重価係数を表-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 に示された重価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 の重価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 の重価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 の重価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 の重価係数に示す波長前後のデータ (データ数は重

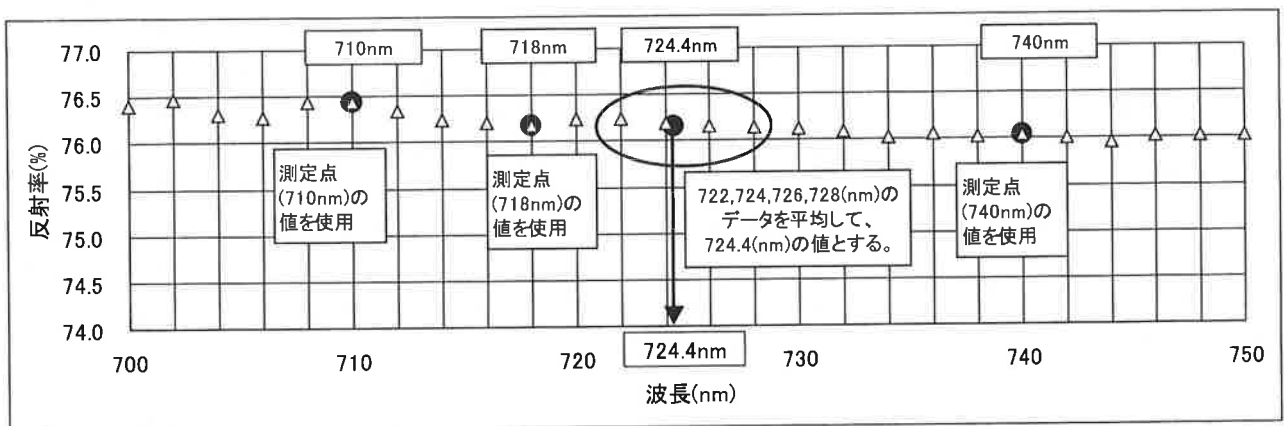


図-1 方法 1 (測定点が無い波長の反射率として、その前後 2 波長 (計 4 個) のデータの平均値を採用する)

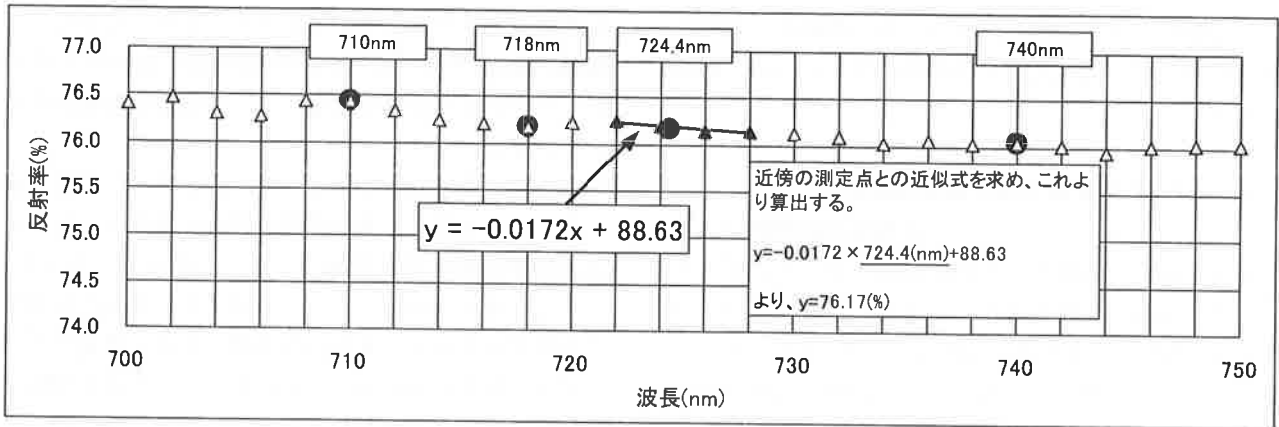


図-2 方法2 (測定点が無い波長の反射率として、その前後2波長(計4個)の近似式から推定した値を採用する)

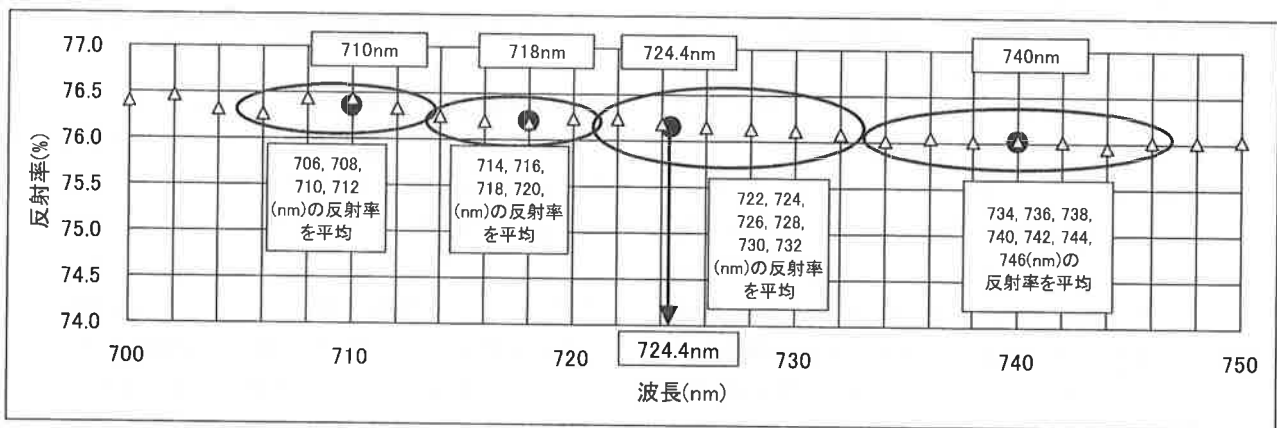


図-3 方法3 (測定したデータを全て用い、近傍のデータの平均値を採用する)

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きれないため、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

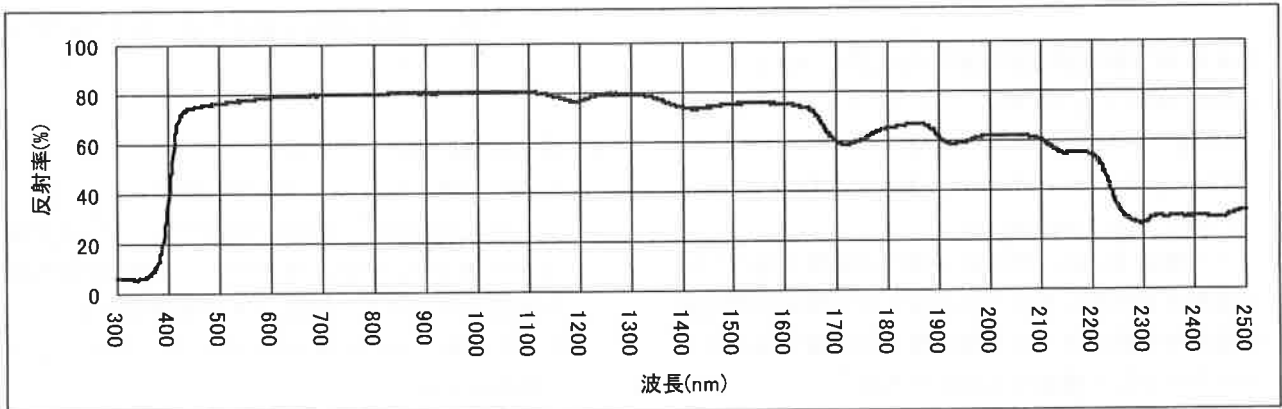


図-4 塗膜 (Sample-3) の分光反射率

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

ISO/TC35/SC9 国内委員会事務局

財団法人 日本塗料検査協会

井上 温雄

## 1. まえがき

ISO/TC35/SC9は「塗料の一般試験方法」に関する規格の制定と改訂を担当している。TC35/SC9では、規格提案が可能で、投票の義務を負うP(Participation)メンバー22カ国と文書回付を受け、意見提出とDISとFDIS投票の権利を有するO(Observer)メンバー25カ国が中心となって活動し、現在までに124件のISO規格を制定している。

ISO/TC35/SC9、各WG国内委員会では、約70名の委員の方々のご協力を頂きながらISO活動を行っている。今回は、昨年の7月以降のISO/TC35/SC9の活動状況の報告を行う。

## 2. 日本のNP(新業務項目提案)の状況について

2-1 ISO 12013:Determination of cross linking using the pendulum-damping test-ISO 12013-1: Start of cross linking, ISO 12013-2:Glass-transition temperature

この測定方法は、剛体振子物性試験機を用いて測定温度を連続的に変化させ素材上での塗料の硬化開始温度や塗膜のガラス転移温度を対数減衰率をパラメーターとして測定する方法である。

この規格は、基準認証研究開発事業で「剛体振子による塗料と塗膜の物性測定方法」として規格検討を行ないH20年に日本が提案し承認された。現在、CD(Committee drafts)を審議中である。

2-2 ISO 13129:Electrochemical measurement of protective performance of coated steel-Current interrupter technique

カレントインタラプター法は直流インピーダンス測定に基づく塗装鋼板の防食特性の測定評価法である。即ち、高抵抗を持つ塗装鋼板に微小直流定電流を印加し、その電流切断時の電位減衰応答からその塗装鋼板の電気化学的パラメーターである電位、塗膜抵抗、塗膜容量そして塗膜下金属下地の分極抵抗(腐食反応抵抗)、分極容量(二重層容量)を測定し

解析することができる。装置の測定可能な抵抗値の範囲として $10^{11}\Omega$ までは可能であると云われている。この規格はH21年に日本が提案し承認され、現在、CDを作成中である。

2-3 ISO 15181-4:Determination of release rate of biocides from antifouling paints-Determination of pyridine-triphenylborane (PTPB)release rate

ISO/TC35/SC9/WG27は、非スズ系防汚剤のリスクアセスメントを目的にASTM D01.45と分担し9種類の防汚剤の溶出速度の測定方法の標準化を進めてきたが、日本が提案したISO 15181-4が制定されたことで予定した溶出速度の測定方法の標準化は終了した。

## 3. 規格の改訂状況について

3-1 ISO 1518:Scratch test(JIS K5600-5-5)

原理、試験装置、精度が追加され、引っかき傷長さが60mmから40mmに変更され、試験中の湿度制御が削除されている。現在、CDを審議中である。

3-1 ISO 2811:Determination of density(JIS K5600-2-4)

・ISO 2811-1:Pyknometer methodとISO 2811-2: Immersed body(plummet)methodは、精度の変更があり、溶剤と塗料原料の夫々に対して精度が設定された。

・ISO 2811-3:Oscillation methodは、精度が修正されている。

何れも、CDが承認されたのでDIS投票に入る。

3-2 ISO 4628-8:Evaluation of degradation of coatings-Assessment of degree of delamination and corrosion around a scribe or artificial defect

この規格には、欠陥部を標準図版を用いてレイティングする評価と欠陥部の長さを測定する評価が規定されている。どちらの評価を使用すべきかが明確

になっていないのは規格として不相当との意見があり、今回の改訂で欠陥部の長さを測定する評価方法が主体となり、円形の欠陥部の長さを測定する評価も追加された。現在、CDを審議中である。

### 3-3 ISO 9117:Drying tests

- ・塗料やワニスの硬化性の測定方法を ISO 9117 に纏めることになり、ISO 4622(JIS K5600-3-5) が ISO 9117-2:Pressure test of stackability となった。変更点としては、用語と定義、原理の項が追加され、試験中の湿度制御が削除されている。
- ・ISO 1517(JIS K5600-3-2) が ISO 9117-3:Surface-drying test using ballotini となり、原理の項が追加されている。

共に、DIS が承認されたので FDIS 投票に入る。

- ・旧 ISO 16052 の Drying time using a mechanical recorder が ISO 9117-4:Method using a mechanical recorder、DIN 53150:Drying grade 2to7 が ISO 9117-5:Modified Bandow-Wolff method として提案されたが、共に、賛同国不足で不採用となった。

### 3-4 ISO 12137:Determination of scratch resistance

- ・ISO 12137-1:Method using a curved stylus、ISO 12137-2:Method using a pointed stylus では scratch resistance が評価されているので、規格名や定義も mar resistance から scratch resistance に変更されている。現在、CDを審議中である。

### 3-5 ISO 15181-6:Determination of release rate of biocides from antifouling paints-Determination of Tralopyril release rate

新規防汚剤 Tralopyril の溶出速度の測定方法である。超音波処理の手順や製品の純度の確認方法が変更されている。CD が承認され DIS 投票に入る。

### 3-6 ISO 16773:Electrochemical impedance spectroscopy(EIS)on high impedance coated samples

- ・ISO 16773-3:Processing and analysis of data from dummy cells は、高インピーダンス塗膜の塗装鋼板試料の劣化状態をダミーセルを用いて、電気化学的インピーダンススペクトル測定を行って評価する方法を規定している。
- ・ISO 16773-4:Examples of spectra of polymer-coated specimens は、高インピーダンス塗膜のスペクトル例を示している。

共に、FDIS が承認され ISO 規格が制定された。

### 3-7 ISO 28199:Evaluation of properties of coating systems related to the application process

塗料や塗料原料の評価は、ユーザーの使用条件で評価されるのが一般的であるが、ISO 28199 はこの評価の標準化を提案している。規定された塗装系でベースコートやトップクリヤーを傾斜塗り塗装で膜厚を変えて、塗料の色安定性、隠蔽塗装膜厚、色もどりや濡れ性などの特性を評価する方法等を規定している。日本では、ユーザーの個別の意向が強いのでこの規格が日本で有効に利用される可能性は低いと判断し棄権としたが、FDIS が承認された。

### 3-8 ISO 10890:Modelling of biocide release rate from antifouling paints by mass-balance calculation

この規格は、防汚塗膜からの防汚剤の溶出速度を mass-balance 法で求めるものでリスクアセスメント用のデータを得る方法として適していると考えられるが、DIS では溶出速度の測定方法やモデルに用いた塗料や防汚剤等について多数のコメントがあり、大幅な変更が予定されているため、再度、DIS として審議することになった。

### 3-9 ISO/TC8/SC2 の NP: 船底塗料用防汚剤のリスクアセスメント

有機スズ系防汚剤を含む防汚塗料は AFS 条約で使用禁止されているが、有機スズを含まない防汚塗料についても適切な環境評価を行ない、新たな禁止物質を判定する基準を規定することを目的として H20 年に日本から NP され承認された。WG27 は TC8/SC2 とリエゾンを締結したので、今後、この規格案について、TC8/SC2 に意見を提出していくことになった。

## 4. 定期規格見直しについて

2008 年 10 月の定期見直しで 11 規格の見直しがあったが、その内、次の 2 規格の改訂が決定した。

### 4-1 ISO 2813:Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20° 60° 85° (JIS K5600-4-7)

ドイツからメタリック塗料での測定方法を新たに追加すべきとの意見が出されている。日本から標準光源 C は CIE 標準光源ではないので D65 への変更と参照波長を水銀スペクトル e 線の 546.1nm への変更等を提案している。今後、WG22 で検討される予定である。

4-2 ISO 11998:Determination of wet-scrub resistance and cleanability of coatings (JIS K5600-5-11)

研磨パットの代替品が試験されており、試験結果に基づき改定案が提案される予定である。

## 5. 最近制定された ISO 規格

ISO から制定された TC35/SC9 の規格は下記の通り。

規格No.	規 格 名
15181-4:2008	Paints and varnishes-Determination of release rate of biocides from antifouling paints Part4:Determination of pyridine-triphenylborane(PTPB)concentration in the extract and calculation of the release rate
23811:2009	Paints and varnishes-Determination of percentage volume of non-volatile matter by measuring the non-volatile matter content and the density of the coating material, and calculation of the theoretical spreading rate
16773-3:2009	Paints and varnishes-Electrochemical impedance spectroscopy(EIS) on high-impedance coated specimens- Part3:Processing and analysis of data from dummy cells
16773-4:2009	Paints and varnishes-Electrochemical impedance spectroscopy(EIS) on high-impedance coated specimens- Part4:Examples of spectra of polymer-coated specimens
9117-1:2009	Paints and varnishes-Drying tests- Part1:Determination of through-dry state and through-dry time

## 6. あとがき

今回は、最近の ISO/TC35/SC9 の審議案件を中心に各 WG の主査や委員の方々の報告書などを参考にさせて頂きながら活動状況を報告した。

毎年 5 月末に開催される ISO/TC35 国際会議は、今年は北京で開催予定であったが、100 年に一度の経済危機の影響を受け中止となった。次年度は、日本で開催される予定であり、関係者各位のご協力をお願いする次第であります。

以上

# ニ ュ ー ス

## JIS マーク表示認証業務

- ・当協会が平成 20 年 11 月 4 日から平成 21 年 6 月 30 日までに認証した鋳工業製品は表 1 のとおりです。
- ・改正標準化法に基づいて当協会が行っている JIS マーク表示認証業務の内容及び塗料関連 JIS に関する最近の改正情報については、日塗検のホームページに掲載していますので、下記の URL にてご確認下さい。

URL : <http://www.jpia.or.jp>

表 1 平成 20 年 11 月 4 日から平成 21 年 6 月 30 日までに認証した鋳工業製品

認証番号	認証取得者の名称	認証区分(規格番号)	規格名称	認証年月日
JP0508060	カナエ塗料株式会社	JIS K 5674	鉛・クロムフリーさび止めペイント	2008/11/ 4
JP0408018	スズカファイン株式会社	JIS K 5660	つや有合成樹脂エマルジョンペイント	2008/11/ 4
JP0308023	太洋塗料株式会社	JIS K 5665	路面標示用塗料	2009/ 1/15
JP0508050	カナエ塗料株式会社	JIS K 5625	シアナミド鉛さび止めペイント	2009/ 2/27
JP0408019	菊水化学工業株式会社	JIS K 5665	路面標示用塗料	2009/ 2/27
JP0408020	株式会社 トウベ製造	JIS K 5660	つや有合成樹脂エマルジョンペイント	2009/ 3/27
JP0508059	大日本塗料株式会社	JIS K 5551	構造物用さび止めペイント	2009/ 3/27
JP0508063	川上塗料株式会社	JIS K 5572	フタル酸樹脂エナメル	2009/ 3/31
JP0508064	川上塗料株式会社	JIS K 5670	アクリル樹脂系非水分散形塗料	2009/ 3/31
JP0509001	中外商工株式会社 大阪工場	JIS K 5970	建物用床塗料	2009/ 5/30

## 建築基準法に基づく性能評価書の発行

- ・建築基準法施行令第 20 条の 7 に基づく建築材料の性能評価を終え、当協会が平成 21 年 1 月 1 日から平成 21 年 6 月 30 日までの間に発行した性能評価書は表 2 のとおりです。

表 2 平成 21 年 1 月 1 日から平成 21 年 6 月 30 日までに発行した性能評価書

認可番号	発行日	対象条文	告示対象	商品名	申請会社
JP-0162	H21. 1. 23	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	ダイアボンドCK461, ダイアボンドCK461A, ダイアボンドCK461B, ダイアボンドCK461SP, ダイアボンドCK471, ダイアボンドCK472	ノガワケミカル株式会社
JP-0164	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	NBシーラー	株式会社 服部商店
JP-0165	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	サンキSSシーラー	三喜工業株式会社
JP-0166	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	シルバーシーラー	石原機械株式会社
JP-0167	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	ADシーラー	高分子化成株式会社
JP-0168	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	GPシーラー	株式会社ジーピーシー
JP-0169	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	エアコーク	フジモリ産業株式会社
JP-0170	H21. 6. 29	令第 20 条の 7 第 4 項	ゴム系溶剤形接着剤	シルバーシーラー	三喜工業株式会社

## 外部発表

・当協会が平成21年1月1日から平成21年6月30日までの間に外部発表したものは表3のとおりです。

表3 外部発表一覧（平成21年1月1日～平成21年6月30日）

	発表題目	発表者	発表先 雑誌名	出版社 主催者
投稿	テクニカルレポート「コンクリート表面被覆材の耐久性向上に関する検討」	藤田庫雄	コンクリート工学 平成21年2月号 (高速道路総合技術研究所と共同投稿)	コンクリート工学協会
講演	表面被覆材共通試験の屋外暴露1年目結果報告	山田卓司	第61回 補修用樹脂小委員会	日本材料学会
講演	「塗膜の日射反射率の求め方」における不確かさ	清水亮作 櫻井 剛	不確かさクラブ 平成20年度総会	産業技術総合研究所
投稿	クールペイント性能の精密測定法	清水亮作	太陽エネルギー 2009年 Vol. 35, No. 3	日本太陽エネルギー学会

## 塗料試験方法研究会

・当協会が主催している当研究会にて平成21年1月1日から平成21年6月30日までの間に実施した勉強会は表4のとおりです。

表4 塗料試験方法研究会 勉強会（平成21年1月1日～平成21年6月30日）

部 会 年 月 日	勉強会の内容	場 所	参 加 者
西部会 平成21年2月20日	施設見学 「SPRING-8」 工場見学 「キリンビール」	播磨学園都市 兵庫県三田市	11社19名

# 業 務 案 内

塗料、ロードマーキング材、建築内外装用仕上げ塗材、コンクリート補修材、ライニング材等、美粧、保護用施工材料の総合的試験機関です。お気軽にご相談下さい。

## 1. JIS 規格・外国規格・団体規格・その他法令・基準などに基づく塗料等の試験・検査

### 2. 試験方法及び評価技術の調査・研究

- (1) 官公庁・各種団体などの委託による、塗料等の調査・研究
- (2) 新規試験方法・評価方法の開発研究
- (3) 塗料試験方法研究会の主催

### 3. 標準化業務

- (1) ISO/TC35/SC9「塗料試験方法」の国内審議団体及び国内事務局
- (2) 塗料・塗膜及びその原材料に関する試験方法、製品、加工等の JIS 原案の作成・提案

### 4. コンサルティングや技術指導

各種試験方法や評価方法などのアドバイス・コンサルティング

### 5. 情報提供業務

各種塗料・塗膜試験に必要な基準・資料・試験材料等の作成と提供

### 6. 性能評価及び環境測定業務

- (1) 建築材料からのホルムアルデヒド放散に係る性能評価及び証明
- (2) 環境保全に関する測定・分析及び計量証明

### 7. JIS マーク表示認証に係る審査・認証

なお、塗料の各種試験を行う際に必要な、以下の試験材料及び書籍を東・西両支部にて販売しています。

#### [試験材料]

- |   |                 |
|---|-----------------|
| ■「鉛筆引っかき値」用検定鉛筆（6H～6B）                        | ¥210（1本）        |
| 注文は6本単位（異種硬さの混合6本可）でお願いします。                   |                 |
| ■「表面乾燥性」試験用パロチニ他一式                            | ¥10,500         |
| ■「白亜化」測定用テープ                                  | ¥1,575（1箱50枚入り） |
| ■「白亜化」測定テープ貼り付け台紙                             | ¥2,500（1箱50枚入り） |
| ※なお、「隠ぺい力」に使用する日本塗料検査協会検定の隠ぺい率試験紙は下記で販売しています。 |                 |
| 日本テストパネル㈱ 06-6953-1661 / 太佑機材㈱ 06-6768-3891   |                 |

#### [書籍]

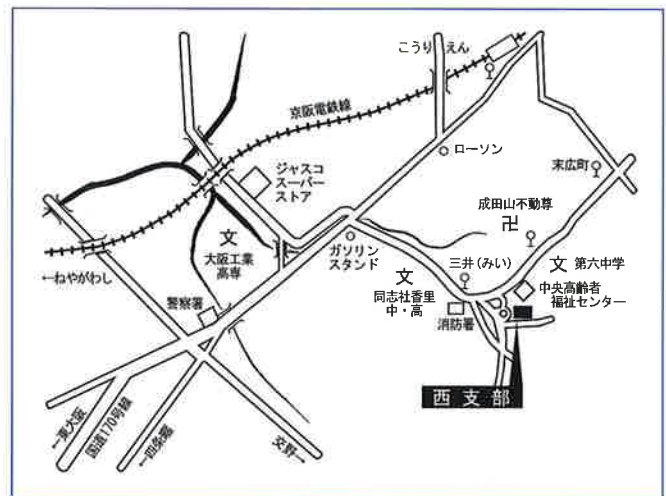
- |                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| ■塗料試験設備の管理・取扱基準（2002年度版）        | ¥26,250 |
| ■塗膜の評価基準（2003年度版）               | ¥10,500 |
| ■塗膜の評価基準（2003英語版）               | ¥12,600 |
| ■視覚による塗膜表面の欠陥（2002年度版）          | ¥8,400  |
| ■塗料試験方法 No.3（防食性試験方法）           | ¥10,500 |
| ■塗料用合成樹脂の赤外吸収スペクトル集（2004年度版）    | ¥6,300  |
| ■技術資料 2006（日塗検ニュースの試験方法をまとめたもの） | ¥3,150  |

業務案内の詳細及びニュース欄の公開情報に関しては下記の日本塗料検査協会のホームページにてご覧になれます。また、塗料の試験・検査のご依頼、塗料の試験方法に関する調査研究のお問い合わせ等気軽にご相談下さい。

お問い合わせ先

東海以北 → 東支部(E-mail: east@jpia.or.jp)

近畿以西 → 西支部(E-mail: west@jpia.or.jp)



交通 JR・小田急 藤沢駅下車  
 徒歩 25分 又はタクシー  
 バス 藤沢駅南口小田急デパート前  
 江の電バス 8番乗場より  
 ・渡内中央行 小塚地下道下車  
 進行方向に直進約5分  
 ・教養センター循環 みどりの園下車  
 進行方向に直進1分

交通 京阪香里園駅下車  
 徒歩 25分 又はタクシー  
 バス 京阪バス3番乗場より三井団地  
 三井団地又は寝屋川市駅行  
 三井(みい)下車三井団地に  
 向かって徒歩2分(看板有)



財団法人 日本塗料検査協会

<http://www.jpia.or.jp>

本 部	〒150-0013	東京都渋谷区恵比寿3丁目12番8号 東京塗料会館205
東 支 部	〒251-0014	神奈川県藤沢市宮前428番地 電話 0466(27)1121 FAX 0466(23)1921
西 支 部	〒572-0004	大阪府寝屋川市成田町2番3号 電話 072(831)1021 FAX 072(831)7510