

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。しかしながら、これらの対策は既に出来上がっている都市や建築物に対して実施することは困難になります。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。

言うまでもありませんが、「高反射率塗料」と呼ばれるタイプの塗料製品は、太陽からの日射を反射することで遮熱性能を発揮しています。したがって、施工初期の日射の反射性能が良好である事は勿論、供用後においても初期の反射性能が長く持続することは、このタイプの塗料製品にとって極めて重要です。ところが、現時点においては初期性能ばかりに注目が集まり、建築用の外装材等に使用し、年月を経た後の性能については、十分に評価されているとは言えません。

そこで当協会では、実際に市販されている「高反射率塗料」を試験板に塗布し、屋外に暴露することで初期の日射反射率が経年によってどのように変化するのか、また、付着した汚れを洗浄することで、汚れ成分によって低下した日射反射率がどの程度回復するのか等について検討してきました。また、暴露試験では長い検討期間を要するため、促進試験による評価手法の可能性についても併せて検討してきました。

今回、暴露試験を始めて約3年間が経過しましたので、促進耐候性試験の結果と併せて中間結果を紹介いたします。

2. 試験方法

2.1 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、当協会の所在地である神奈川県藤沢市で行っています。用いた「高反射率塗料」の塗装系を表1に示しました。この暴露試験では、いろいろな色の試料について検討していますが、今回は、汚れの影響が最も顕著に現れる無彩色の白（明度Y=86～88）について

評価しました。暴露は、2005年2月1日より開始し、途中422日後、632日後及び1155日（3年2ヶ月）後に調査を実施しました。なお、汚れの付着と蓄積に関して比較的厳しい条件を選択するため、水平暴露で行うこととしました。

暴露開始632日後及び1155日後の試料では、試験板の下部約1/4（150×70mm）のみ、水道水を含ませたネル布で軽く数回拭き取り、この操作で落とせる汚れを拭き落としました。なお、暴露1155日後の試験板は、前回に汚れを拭き取った箇所と同一箇所を再度拭き取ることとしました。

表1 試験に用いた塗料と塗装系

Sample A	塗料樹脂	膜厚
工程		
下塗	(1)エポキシ	40 (μm)
中塗	(1)アクリルエマルジョン (2)アクリルエマルジョン	700 (μm) 700 (μm)
上塗	(1)アクリルシリコン (2)アクリルシリコン	25 (μm) 25 (μm)
Sample B	塗料樹脂	膜厚
工程		
下塗	(1)変性エポキシ	50 (μm)
中塗	(1)エポキシ	100 (μm)
上塗	(1)アクリルウレタン (2)アクリルウレタン	30 (μm) 30 (μm)
Sample C	塗料樹脂	膜厚
工程		
下塗	(1)変性エポキシ	60 (μm)
中塗	(1)アクリルエマルジョン (2)アクリルエマルジョン	150 (μm) 150 (μm)
上塗	(3)アクリルシリコン エマルジョン	20 (μm)
Sample D	塗料樹脂	膜厚
工程		
下塗	(1)エポキシ	75 (μm)
中塗	(1)ふっ素	65 (μm)
上塗	(1)ふっ素	65 (μm)

2.2 促進耐候性試験

サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験機 (SWOM) で合計 3000 時間まで照射し、試験の途中 200 時間毎に日射反射率を測定しました。(試験条件：50V, 60A 放電、ブラックパネル温度 $63 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、120 分間中 18 分間散水)

3. 結果および考察

暴露試験の経過日数と日射反射率の変化を図 1 に示しました。図 1 に示した結果は、付着した汚れを拭き取っていません。図 1 を見ると、Sample A、B 及び D においては、日射反射率に初期値からの顕著な変化は認められません。また、塗膜の目視評価においても、顕著な汚れ等は確認していません。一方、Sample C の日射反射率は、暴露 500 日で初期値に対して概ね 30% (初期値に対する日射反射率の保持率) ほど低下しました。ただし、更に暴露日数が経過しても、それ以上の低下が続く傾向は示しませんでした。また、Sample C は、目視においても明らかに汚れの付着を確認しており、その程度は、初期値の明度 $Y=86.4$ であったものが、1155 日暴露後には $Y=61.3$ まで低下していました。

ここで、Sample C には汚れの付着を認めている事から、その近傍に暴露している他の Sample の表面に対しても、少なくとも Sample C と同量の汚れ物質が飛来しているものと考えられます。それにもかかわらず、Sample A、

B 及び D では、Sample C が見せたような日射反射率の低下傾向は示していません。このことから、Sample A、B 及び D においては、塗膜に何らかの汚染を防止する機能が働いているものと考えています。更に、Sample C が示した日射反射率の低下傾向は、汚れによる要因以外に樹脂組成の化学変化等が伴っている可能性も否定できません (汚れ物質が日射反射率をどの程度低下させるのかについては、現時点で明確になっていません)。

そこで、これらの疑問 (日射反射率の低下は、汚れによるものか、樹脂劣化によるものなのか) を明確にするため、外部環境から汚れ物質等の飛来が無い促進耐候性試験機を用い、塗膜表面の樹脂を強制的に劣化させてみました (図 2)。その結果、Sample A 及び B では 1500 時間を超えたあたりから、塗膜表面にチョーキングが確認されるようになり、日射反射率が上昇する傾向を示しました。これは、チョーキングによって塗膜表面に露出した顔料成分の日射反射率が比較的高いため示される現象であると考えられます。Sample D は、試験時間 3000 時間後においても日射反射率に目立つ変化は認められません。この試料の上塗塗膜は、高い耐候性を示すことで知られているふっ素系樹脂であり (表 1、Sample D)、この塗膜 (樹脂) の性質が良く示されています。一方、Sample C では、試験時間 1500 時間を超えたあたりから日射反射率が低下する傾向を見せました。なお、この Sample C は、汚れの付着を伴う暴露試験で日射反射

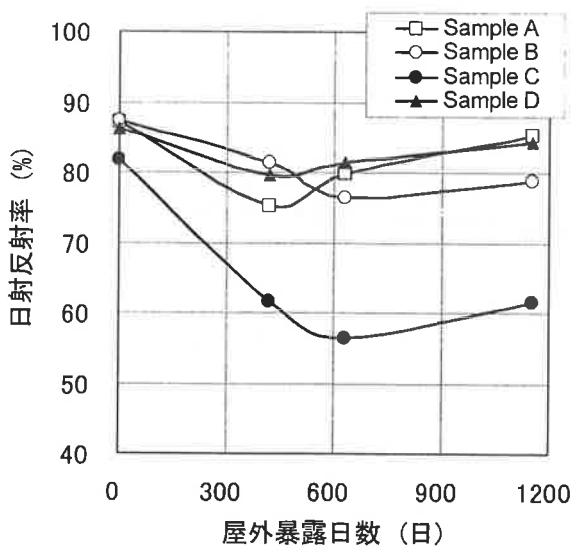


図 1 屋外暴露試験の結果

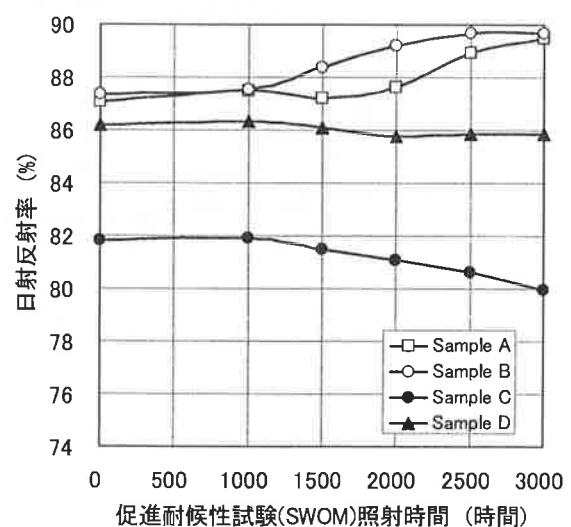


図 2 促進耐候性試験 (SWOM) の結果

率が初期値より 30%ほど低下（初期値に対する日射反射率の保持率）しましたが、促進耐候性試験では数%程度しか低下していません。

図 3 に、1155 日間暴露後の洗浄前の分光反射率から洗浄後の分光反射率を差引いた差スペクトルを示しました。洗浄の前後で分光反射率に差が無ければ（汚れ等の影響が無ければ）、この差スペクトルは±0を示すはずですが、ここに現れた差スペクトルは洗浄の前後で変化した分光反射成分であり、主に洗浄によって拭き取られた汚れ成分の分光反射率を示していると考えられます。

図 3 を見ると、広い波長範囲に渡ってスペクトルに山・谷が存在することも無く、特異な波長依存は見られませ

ん。ただし、近赤外領域では可視領域に比べ差スペクトルが±0に若干近くなり、汚れ成分による影響が少なく出る傾向が見受けられます。長波長領域では、汚れ成分を透過する性質がより強く現れているものと考えられます。

次に、カーボンアーク式促進耐候性試験機（SWOM）を用いて 3000 時間の照射を行った試料の分光反射率から、初期値の分光反射率を差引いた差スペクトルを図 4 に示しました。この促進耐候性試験では試料表面に汚れ物質が付着することはありません。したがって、この差スペクトルは塗膜表面が耐候劣化することによって変化した分光反射成分を示しているものと考えられます。図 4 を見ると、図 3 に示した汚れ成分の場合とは異なり、特に近

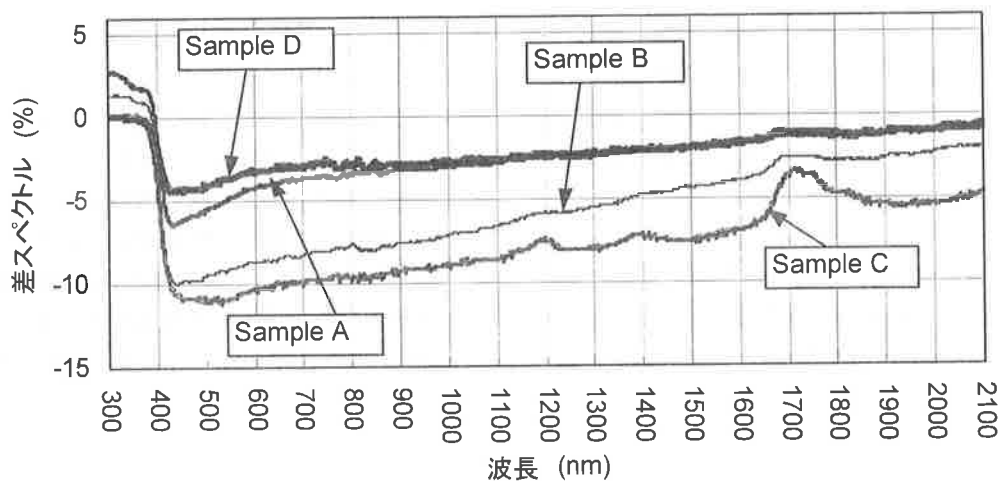


図 3 屋外暴露 1155 日後の洗浄前後における分光反射率の差スペクトル

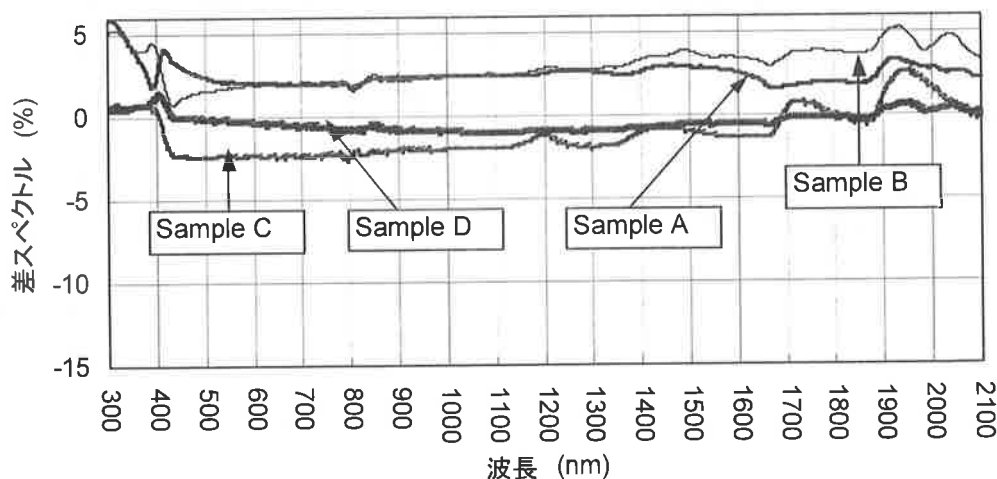


図 4 初期値と SWOM3000 時間後における分光反射率の差スペクトル

赤外領域において差スペクトルに山・谷が認められます。すなわち、反射率により大きな変化を与える波長とそうでない波長が存在しています。最終的に算出される日射反射率（図2）を見る限り、塗膜の耐候劣化は日射反射率に対して深刻な問題にはならないと読むことも出来ますが、図4を見ると、日射反射率の算出に用いる波長範囲（300～2500nm）において、塗膜表面の反射特性が変化していることも事実です。もしかすると、年月が経過するにしたがって無視できないくらい大きな差となるかもしれません。

これらの結果は、促進耐候性試験の結果から想定するものです。それでは、より現実に近い暴露試験の結果はどうなのでしょう。暴露試験1155日後のデータについて、促進試験の場合と同様に差スペクトル（初期値と1155日間暴露後（洗浄後）の分光反射率の差）を求め、図5に示しました。その結果、促進耐候性試験の結果（図4）ほど顕著ではありませんが、近赤外領域において汚れ成分（図3）では見られないような差スペクトルを確認しました。すなわち、暴露試験においても日射反射率の算出値に影響を与える波長範囲で塗膜表面の反射特性が変化していることが認められました。

4. おわりに

経年による塗膜の汚れは日射反射率を低下させます

が、飛来してくる汚れ物質は避けることができません。したがって、「高反射率塗料」には汚れの付着を防止する機能が付加されていることが求められるでしょう。また、汚れてしまった場合にも、洗剤等を用いずに容易に清掃できる事も重要だと思われます。今回、検討に用いたSampleは、一般に市販されている「高反射率塗料」ですが、これらの多くは既に防汚染性及び洗浄性の機能が付加されていました。

耐候劣化は、促進耐候性試験及び暴露試験ともに日射反射率の算出に影響を与える波長範囲（300～2500nm）の反射率を変化させました。その大きさは、本検討（藤沢市で暴露した約3年間）においては微小なものでありましたが、更に年月が経過した場合の影響については注視する必要があると考えます。

なお、この波長域（300～2500nm）において塗膜を形成する樹脂（又は顔料）の分子構造、あるいは表面のミクロ的な性状等にどのようなメカニズムが働いて特定の波長で反射率が変化するのかについては解明できませんでした。また、塗装系や上塗塗膜の樹脂組成と日射反射率の経年変化の関係についても、Sampleの種類が十分ではなく理解するには至りませんでした。これらは、今後の課題として取り組んでいきたいと考えています。

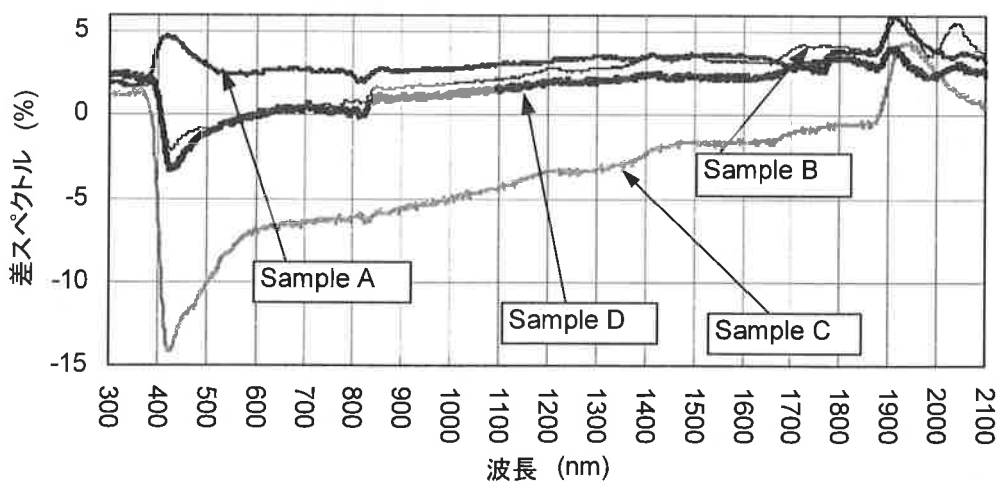


図5 初期値と屋外暴露1155日後（洗浄後）における分光反射率の差スペクトル