

膜材料の促進汚れ試験の検討

—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究（その4）—

豊田 宏 *1

鳥居 壮 *1

梗概

膜材料の防汚性をより早く評価する目的で、膜材料C種を用いて二種類の促進汚れ試験を行った。防汚性は色差測定および電子顕微鏡観察することにより評価した。いずれの方法も屋外暴露試験から得た結果と対応関係にあることがわかった。これらの促進汚れ試験を行うことで膜材料の防汚性の優劣が短期間で判定することが可能となる。

1. はじめに

膜構造物の”汚れ”は、美観を損なうという点から解決すべき重要問題である。膜構造物に用いられる膜材料の防汚性を評価する目的で、各種膜材料について屋外暴露試験を実施し、汚れ評価法の検討、防汚処理の効果の確認、地域差による汚れ付着程度、さらには暴露角度の影響などについて詳細に検討を行ってきた〔1-3〕。

ところで、屋外で使用される材料一般の防汚性を評価する場合、上述のように屋外暴露試験が最も実用的な方法ではあるが、この試験は気象および環境条件、地域、時期により支配され〔4〕、さらに試験時間が長期にわたるという二つの難点がある。そこで、より理想的な条件で短期間で防汚性の効果を評価するために人工的な環境を作り、その環境下で汚れ物質を付着させる促進汚染試験が提案されている。これらの試験は、光、熱、水、汚れ物質などを組み合わせながら、実情と一致するように条件を設定しようとするものである。例えば、小野らは床仕上材料のよごれ促進試験機（よごし機とあらい

機）を試作し、促進試験結果と実地の結果とは良く対応すると報告している〔5〕。橘高は外壁仕上材料の一連の汚染の評価方法に関する研究〔6-9〕の中で降雨汚染促進試験装置を試作し、促進試験と降雨時暴露試験との対応を調べ、良い相関性が得られる試験条件を見出している〔9〕。

他にも人工的な汚染試験〔10,11〕が実施されているが、これら全ては各自各様の方法と汚れ物質が用いられている。また、規格化された汚染試験として、ビニル床タイルの汚染性試験（JIS A 5705）、建築用外壁材料の汚染促進試験（建材試験センター規格JSTM J 7602T）および繊維製床敷物の汚れ試験（JIS L 1023）などが挙げられる。なお、呼子らはJIS L 1023によりカーペットの汚れ評価を行っており、カーペットの初期汚染性、防汚効果の確認、クリーニング性などの検討に適した方法であると述べている〔12〕。

しかしながら、上述した試験の中には、装置が非常に複雑で高価のものがあり、また、汚れ

*1 太陽工業株式会社 品質保証室

物質が入りし難く、すぐに対応できないものもある。

そこで、第一に、比較的簡易な方法であるJIS L 1023により膜材料の汚れ試験を試みることにした。

また、本研究では汚れ物質が付着しやすい塩化ビニル樹脂(PVC)がコーティングされた膜材料C種を対象に促進汚れ試験を行うが、PVC表面に汚れ物質が付着する機構は次の通りである。

すなわち、膜材料C種が屋外で使用されている間に、PVC中の可塑剤が、熱および紫外線などの影響により表面へブリードアウトし、空気中に浮遊している汚れ物質および雨水に含まれる汚れ物質を捕捉する。可塑剤のブリードアウトは時間及び温度の上昇とともに促進される。そこで、第二の実験として簡単な促進汚れ試験装置を試作し、温度および時間を変えながら試料に汚れ物質を付着させ、評価を行った。各々の促進汚れ試験後の試料の防汚性評価は、色差測定および電子顕微鏡(SEM)観察により行うとともに屋外暴露試験結果との対応関係についても検討を加えた。

2. 実験材料ならびに方法

2-1 試料

3種類の市販品の膜材料C種(基布:ポリエステル、コーティング材:PVC)を試料として用いた。表-1に試料の概略および防汚処理について示す。

表-1 試料(膜材料C種)の表面処理の概要

記号	防汚処理	色相
A	フッ化ビニル樹脂(PVF)フィルム(25 μ)ラミネート	白
B	フッ化ビニリデン樹脂(PVDF), フッ素ゴムコーティング	アイボリー
C	なし	アイボリー

2-2 促進汚れ試験A法

促進汚れ試験Aはカーペット用汚れ試験機を用いて行った。図-1に試験機の概要を示す。

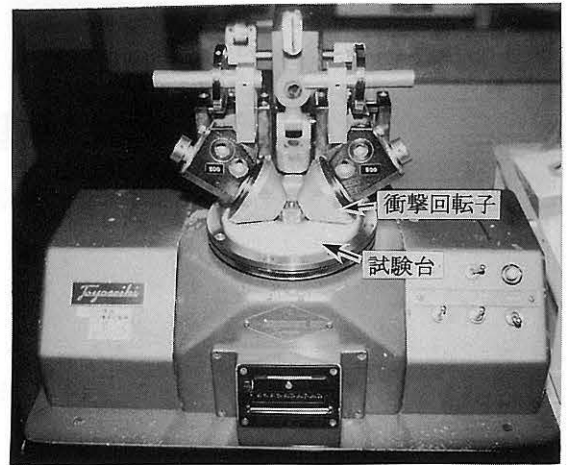


図-1 カーペット用汚れ試験機(JIS L 1023)

これはJIS L 1023 8.1 繊維製床敷物に関する試験方法の汚れ試験であり、ダイナミックローディングテストに汚れ試験用衝撃回転子を2個取り付けた装置を用意し、衝撃を加えながら標準汚れ物質(表-2)を落下させ汚れ物質を付着した後、500mmAq.のバキュームで余分の汚れ物質を除去する方法である。試料は直径14cmの円形である。試験台の回転数(汚れ回数)を三段階(50、100、200回)に変化させて試験を行った。

表-2 標準汚れ物質の成分及び質量比

成分	質量比 %
ピートモス	40
ポルトランドセメント (JIS R 5210)	17
はくとう土 (JIS K 8746)	17
けいそう土 (JIS K 8330)	17
カーボンブラック (JIS K 5107)	0.1
フェライト用酸化鉄(III) (JIS K 1462)	0.15
ヌジュール	8.75

2-3 促進汚れ試験B法

促進汚れ試験B法は綿研式回転型汚れ試験機(図-2)を試作し行った。本試作機は六角形の筒で、各面に6cm \times 6cmの穴が空いており、その上に8cm \times 8cmの試料が取付けられる。表-2に示す標準汚れ物質2gをガラスビーズ(1~2mm ϕ)10gに均一に付着させた後、これらを試験

機内に投入し、30 r.p.m.で筒を回転させ各試料に汚れ物質を付着させる。本実験では図-3に示すように恒温槽中に試験機を入れ、試験時の雰囲気温度および試験時間の影響を調べながら促進汚れ試験を行った。なお、各試験において所定の温度で前処理を1時間行った後、所定時間筒を回転させた。

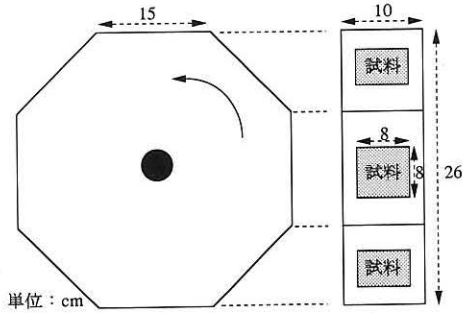


図-2 綿研式回転型汚染試験機

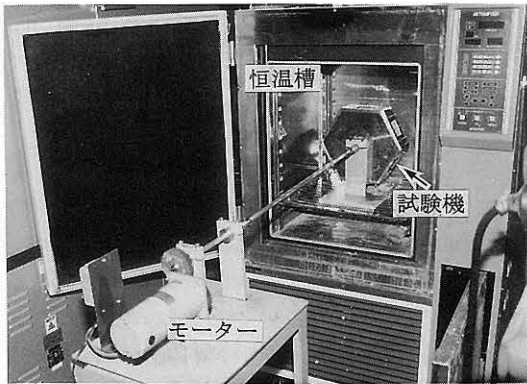


図-3 促進汚れ試験B法の試験状況

2-4 評価方法

測色は、自記分光光度形(株)日立製作所製U-3410を使用し、三刺激値(X,Y,Z)を求めた。測定波長範囲は380~780nm、標準光源はC、および2度視野とした。色差は $L^*a^*b^*$ 表色系により求め、防汚性の評価とした。いずれの方法ともに3枚の試料について測定し、平均値で示した。

2-5 電子顕微鏡(SEM)観察

日本電子(株)製走査型電子顕微鏡(JSM-5200LV)を用い、サンヨー電子(株)QUICK COATER(SC-701型)により試料に金蒸着を施した後、加速電圧15kvで観察した。

3. 結果および考察

3-1 促進汚れ試験A法

JIS L 1023の汚れ試験後の試料を測色し、試験前の試料に対する色差を求めた結果を図-4に示す。どの試料も汚れ回数の増加に伴い色差が大きくなるのがわかる。防汚性は試料A、試料B、試料Cの順で良い。また、これらの色差は汚れ回数が50回の間に急激に増加し、特に、表面処理をしていない試料Cでは顕著である。50回以降になると色差増加は緩慢になる傾向があり、試料Aおよび試料Bでは100回から200回にかけて緩和する。しかしながら、最も汚れ易い試料Cではこれらの回数においても色差は増大することがわかった。

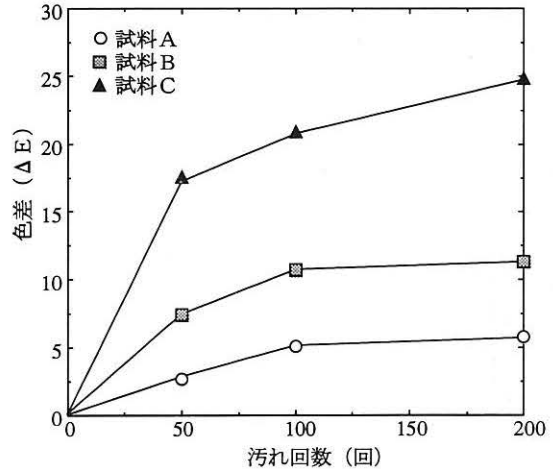


図-4 促進汚れ試験A法における汚れ回数と色差の関係

3-2 促進汚れ試験B法

図-5は促進汚れ試験B法において試験温度を変えて行った結果である。試験時間は30分である。この図からわかるように促進汚れ試験A法の結果と同様に試料A、試料B、試料Cの順で防汚性が良い。また、色差の温度に対する影響は、防汚性が悪い試料ほど受けやすいこともわかった。これは、特に試料CはPVCコーティング表面に防汚処理をしていないため、中の可塑剤が温度上昇とともにブリードアウトしやすくなるものと推察される。一方、試料Aでは

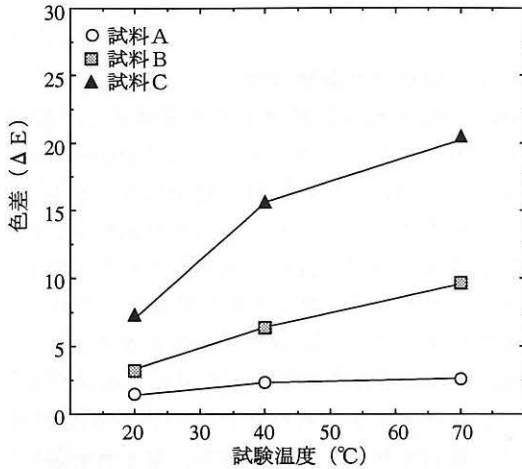


図-5 促進汚れ試験B法における試験温度と色差の関係 (前処理: 60分、試験時間: 30分)

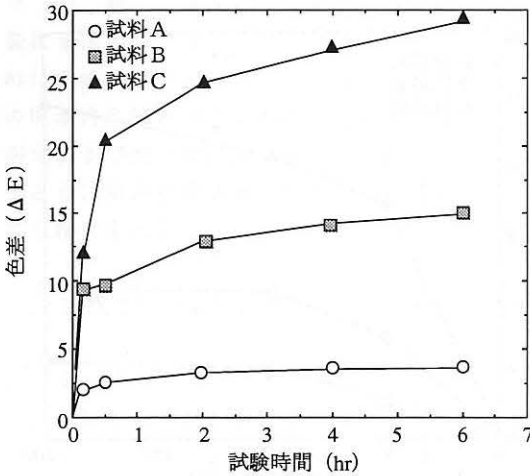


図-6 促進汚れ試験B法における時間と色差の関係 (試験温度: 70°C)

PVCの上にPVFフィルムがラミネートされているために、表面への可塑剤のブリードアウトがなく、防汚性の色差への温度依存性が少ないものと考えられる。夏場では膜材料の表面は70°C近くになることからこの温度近傍で試験を行うことがより有効であると思われる。

次に、試験温度を70°Cとし試験時間の影響を調べた結果が図-6である。試料Cでは他の試料と比較して試験時間の増加とともに色差も大きくなるが、どの試料も30分を越えると色差は比較的緩やかに増加することが認められる。

2-3 促進汚れ試験と屋外暴露試験の関係

はじめに述べたように今まで膜材料の防汚性は屋外暴露試験により評価し、これらを実用データとしてきた。次に、本実験で得られた促進汚れ試験結果と屋外暴露試験結果との関係を調べることにする。本実験と同一試料について当社(大阪府枚方市)で屋外暴露試験を1年間行い、これらの色差を測定した結果を図-7に示す。

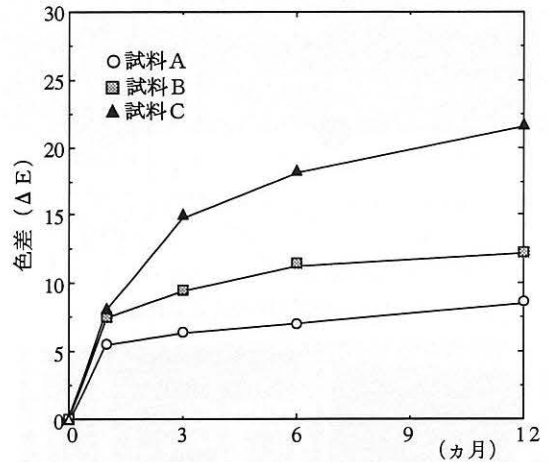


図-7 屋外暴露試験後の色差 (大阪府枚方市にて実施)

図-7は前報[2]の一部を抜粋したものであり、防汚性は試料A、試料B、試料Cの順で良く、図-4および図-6で示した各促進汚れ試験結果と良く対応がとれていると思われる。しかしながら、防汚性が最も良い試料Aについては屋外暴露試験の方が促進汚れ試験に比べて色差が増加する傾向にあることが認められる。そこで、試料Aの表面のSEM観察を行った(図-8)。ここでの促進汚れ試験条件は、後で述べる大阪府枚方市の屋外暴露試験1年間にほぼ相当するものと思われるもので、A法は200回、B法は70°C、30分である。屋外暴露試験1年後の試料では2~3μ以下の微粒子状の汚れ物質が全面に均一に付着しているがわかる。一方、促進汚れ試験A法200回後の試料では、試験台の回転方向に、汚れ物質が筋状に押しつけられたように点在していることがわかる。また、促進汚れ試験B法70°C、30分後の試料では、5μより大きな汚れ物質が所々に付着していることが観察される。従って、汚れ物質の付着状態において、促

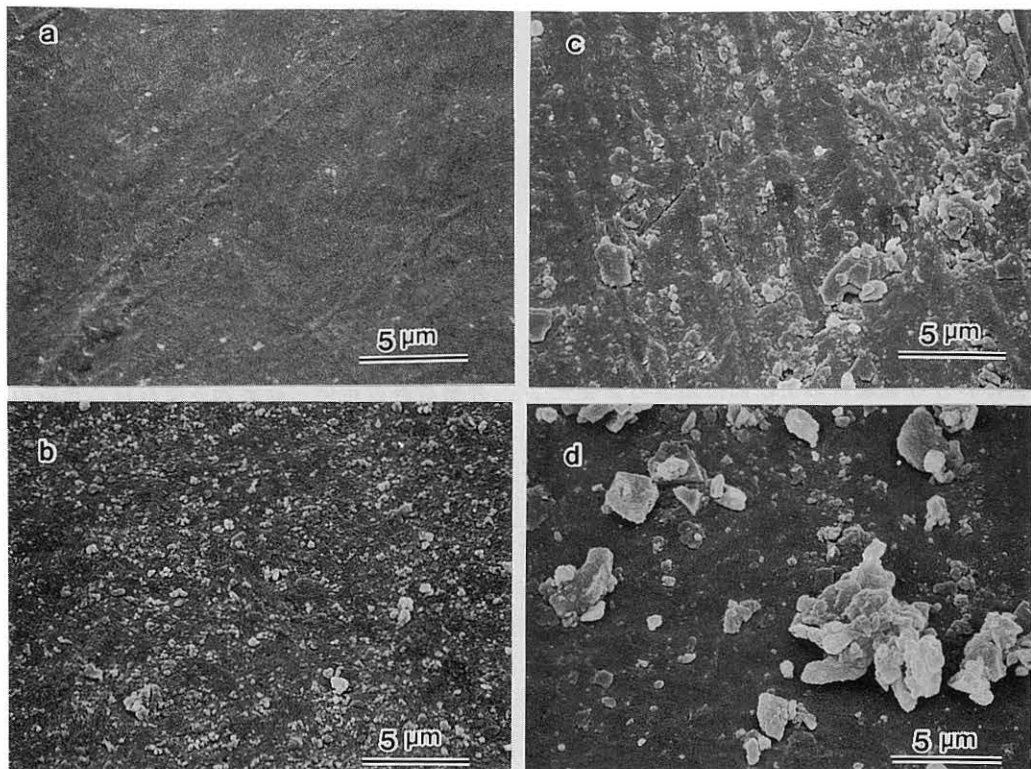


図-8 試料A(PVFフィルム)表面のSEM観察結果 a:オリジナル、b:屋外暴露試験1年後、c:促進汚れ試験A法200回後、d:促進汚れ試験B法70°C、30分後

進汚れ試験A法およびB法と屋外暴露試験した試料との間には差異が認められた。この理由は次のように考えられる。すなわち、試料Aは屋外暴露試験を行う間、大きな汚れ物質が付着したとしても雨、風などにより洗浄され、微粒子のみが残留するが、促進汚れ試験ではこれらの影響がなく、さらに短時間で汚れ物質を付着させるために、このような現象に差異が表れたものと推測される。

次に、大阪府枚方市での屋外暴露試験1年後の色差と各々の促進汚れ試験後の色差をプロットし、対応関係を調べたのが図-9である。この図から、色差による防汚性評価において促進汚れ試験A法およびB法と屋外暴露試験との間に対応関係があることが明らかになった。

今後、これらの促進汚れ試験を行うことで膜材料の防汚性の優劣が短期間で判定することが可能となると思われる。しかしながら、試験の信頼性を向上するためにさらに精度の良い条件を見出すことが望まれる。

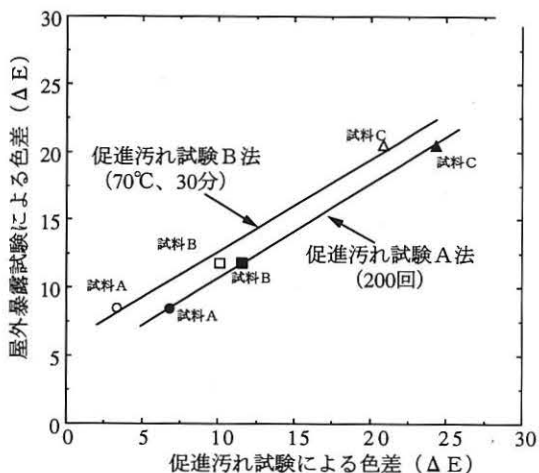


図-9 促進汚れ試験A法およびB法と屋外暴露試験との対応

参 考 文 献

1. 豊田宏,米田順子: PVC膜材料の汚れ付着に及ぼす色彩的効果—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究(その1)—膜構造研究論文集,8,p.119(1994).
2. 豊田宏,山本拓也,多賀正,鳥居壮: 膜材料の汚れ評価における地域差および防汚処理の影響—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究(その2)—膜構造研究論文集,8,p.125(1994).
3. 豊田宏,山本拓也: 膜材料の汚れに及ぼす暴露角度および構造—膜構造用膜材料の汚れ評価に関する研究(その3)—膜構造研究論文集,8,p.133(1994).
4. 早川浄,「高分子材料とその予測」,(株)アイピーシー, p.131(1989).
5. 小野英哲,馬場浩,吉岡丹: 合成高分子系仕上材料のよごれ試験機の設計・試作—合成高分子系仕上材料のよごれの評価方法に関する研究(その2)—日本建築学会論文報告集,第344号,1984年10月.
6. 橘高義典: 建築物外壁面の汚染の調査および基礎的研究—建築物外壁材料の汚染の評価方法に関する研究(その1)—日本建築学会論文報告集,第370号,1986年12月.
7. 橘高義典: 降雨試験装置の試作—建築材料の劣化試験方法に関する研究—日本建築学会論文報告集,第388号,1988年6月.
8. 橘高義典,上村克朗,小西敏正: 屋外暴露による外壁材料の汚染—建築物外壁材料の汚染の評価方法に関する研究(その2)—日本建築学会論文報告集,第393号,1988年11月.
9. 橘高義典: 外壁仕上材料の汚染の促進試験方法—建築物外壁材料の汚染の評価方法に関する研究(その3)—日本建築学会論文報告集,第404号,1989年10月.
10. 石神忍: 外壁の汚れの評価に及ぼす材料の色の影響,日本建築学会論文報告集,第479号,1996年1月.
11. 片脇清,寺田剛,神田三,高柳敬志: 第16回鉄鋼塗装技術討論会, p.21(1993).
12. 呼子嘉博,石川剛: 測色によるカーペットの汚れ評価に関する検討,大阪府立産業技術総合研究所報告技術資料No.1,1991年.

Accelerating tests for stain on membrane materials

—Evaluation of stain of membrane materials for membrane structures (Part. 4)—

Hiroshi Toyoda *1

Tsuyoshi Torii *1

SYNOPSIS

For faster evaluation of stain appearance on PVC-coated polyester fabrics, two kinds of accelerating tests were carried out. Stain appearance on specimens was evaluated by using colorimetry and scanning electron microscopy. It was found that the results from both of the accelerating tests corresponded to those results from outdoor exposure tests with respect to increase in color difference value.

The results suggest that stain degrees of membrane materials can be predicted in advance by carrying out these accelerating tests.

*1 Taiyo Kogyo Corporation