

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）—

豊田 宏*1

米田 順子*2

梗 概

膜構造物用膜材料における汚れ付着について、種々の色相のC種膜材料を用いて屋外暴露試験を実施し評価した。汚れの評価方法は官能検査および測色により行った。その結果、汚れは濃色より淡色の膜材料の方が目立ち、その汚れ感覚は明度変化の数値に対応する。材料の汚れ度合を比較する目的においては、色差測定による方法が望ましい。

1. はじめに

膜構造物は常に屋外で使用されるため、汚れにさらされる運命にある。膜構造物の主要材である膜材料のコーティング材には、主に四フッ化エチレン(PTFE)または軟質の塩化ビニル(PVC)が用いられている。特にPVC膜材料は、日射などの加熱および水分の作用により、PVC中に配合されている可塑剤が表面へブリージングし、汚れ物質を吸着するために、著しく汚れやすくなる。また、自動車、工場の排気ガスの油煙および塵埃などの汚れが膜材料に付着した場合、膜構造物の美観を損なう点で重要な問題になる。汚れ付着を防止するための防汚性の向上は、建築分野のみならず自動車用外装、カーペットなどの繊維業界における幅広い分野で望まれている共通の課題である。

建築物外壁仕上げ材料の汚染・汚れに関しては、松下ら〔1〕、神山ら〔2〕、奥田ら〔3〕、石川ら〔4〕の研究があり、これらは、建築物外壁の汚染の実態の把握が中心である。また、小野らは、合成高分子系仕上げ材料のよごれの評価方法に関する研究〔5—7〕において、よごれの実情を調査し、これ

に対応するよごれ促進試験方法を開発するとともに、合成高分子系仕上げ材料のよごれの評価方法を確立している。

橋高らの建築物外壁仕上げ材料の汚染の評価方法に関する一連の研究〔8—11〕においては、建築物外壁仕上げ材料の汚染について実情を調査した後、屋外暴露試験と相関性の高い降雨汚染促進試験方法を確立した貴重な研究がある。

しかしながら、膜構造用膜材料の汚れに関する研究は数例〔12—16〕みられるが、これらは膜材料の汚れ評価を色差測定により行なっており、実際に人間が感じる汚れ程度（主観的評価）との対応については検討がなされていない。また、膜材料の汚れにおける重要因子である色彩的効果について検討した例もない。この色彩と汚れの関係が明確になることにより、色が自由に変えられるPVC膜材料の用途展開および販売促進の利点になると思われる。

本研究では、異なる色相のC種膜材料〔17〕について、最も実状の汚れ評価に近いと思われる屋外暴露試験を1年間行った。見かけの汚れ評価は、主観的方法である官能検査および客観的方法である測色に

*1、*2 太陽工業（株） 品質保証部

より行い、色相と汚れ感覚の関係および主観評価と客観評価との対応について検討した。

2. 実験材料ならびに方法

2-1 試料

試料として、ポリエステル基布に軟質のPVCが両面にコーティングされた市販のC種膜材料10種類を用いた。表-1にPVCの色相を示した。これらの試料はPVCの色相のみが異り、基本構成は全て同一である。基布は、たて糸、よこ糸ともポリエステルの1000dが使用された平織物で、織糸密度は17×17本/インチである。PVCの表面にはアクリル系樹脂が防汚剤として処理されている。膜材料の質量は930g/m²、厚さは0.8mmであった。

2-2 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、大阪府枚方市にある太陽工業株式会社において、幅30cm×長さ140cmの試験片を特に荷重をかけずに南面45°に設置した暴露台に取り付けて1年間行った。図-1に屋外暴露試験状況を示した。

2-3 評価方法

(1) 官能検査

各色相の試験片について屋外暴露試験を所定時間実施した後、試験片を4cm×6cmに切り出し、これと同じ大きさのオリジナル試料の横に並べてボール紙に貼付けたものを官能検査用試料とした。

検査員は、すべて健康な成人50人で、本試験の目的について事前に説明を受けている。オリジナル試料と屋外暴露した試料間の主観的な汚れ度合に従って、官能検査用試料を、汚れが目立つ、普通、目立たないの3グループに分ける。次にそれぞれのグループの試料をさらに3グループに分けていく手法により、10、9、8、...、2、1の数値によって表した。この数値は汚れ評価値と名付けられ、値の大きな数字は汚れが目立つことを示す。なお、官能試験は、ほぼ一

様な照度分布（高さが90cmの机の上での平均照度が500 lx）を有する実験室で行った。

(2) 測色

測色は（株）日立製作所製 自記分光光度形U-3410を用い、三刺激値(X,Y,Z)を求める方法により行った。試料の大きさは4cm×6cmとし、波長範囲380～780nm、標準光源C、および2度視野の条件下で測定した。色差はL*a*b*表色系により求めた。試料数3の平均値で示した。

(3) 電子顕微鏡観察

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25kvで観察した。

3. 結果及び考察

3-1 官能検査

屋外暴露試験を1年間行った後の試料について、官能検査による色相別汚れ評価を行った結果を図-2に示した。汚れ評価値より茶、緑などの濃色の試料では付着した汚れが目立ち難く、反対に白、アイボリー、黄などの淡色の試料では付着した汚れが目立ち易いことがわかる。

3-2 走査型電子顕微鏡による観察

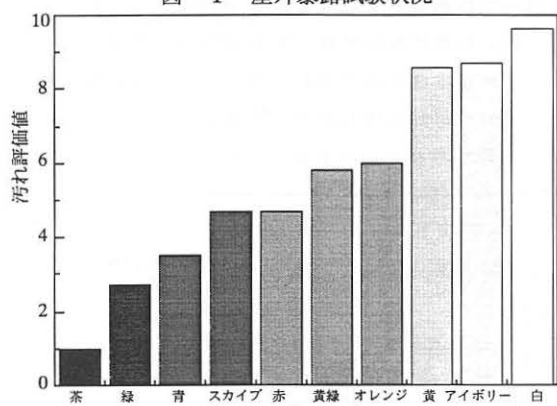
同一素材のPVC膜材料において、屋外暴露試験を同条件で行った時、試料表面への汚れ付着量は色相に関係なく一定であると考えられる。この事を確認するために、汚れの目立ち難い茶色と目立ち易い白色のPVC表面を走査型電子顕微鏡で観察し、その結果を図-3に示した。特に、試料表面への洗浄処理などは行っていない。両色のオリジナル試料の表面は特に凹凸がみられず滑らかである。一方、屋外暴露試験を1年間行った試料表面には、0.1～10μm程度の汚れ物質の付着が観察できるが、両者における汚れ物質の付着状態に差はみられない。

表-1 屋外暴露試験に用いたPVC膜材料(C種)の色相

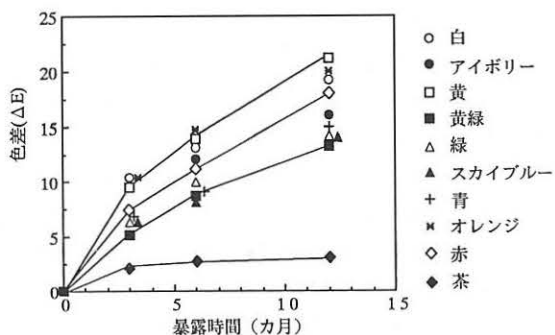
	白	アイボリー	黄	黄緑	緑	スカイブルー	青	オレンジ	赤	茶
H	5.6GY	4.8Y	4.8Y	0.7G	5.3G	1.1PB	3.9PB	8.9R	3.3R	8.2R
V	9.4	9.0	8.4	6.5	5.1	5.5	4.8	6.0	5.2	4.0
C	0.2	3.2	10.0	7.4	6.0	8.2	8.1	10.7	11.0	0.9



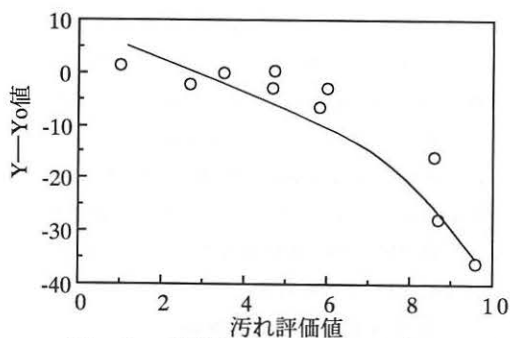
図一 屋外暴露試験状況



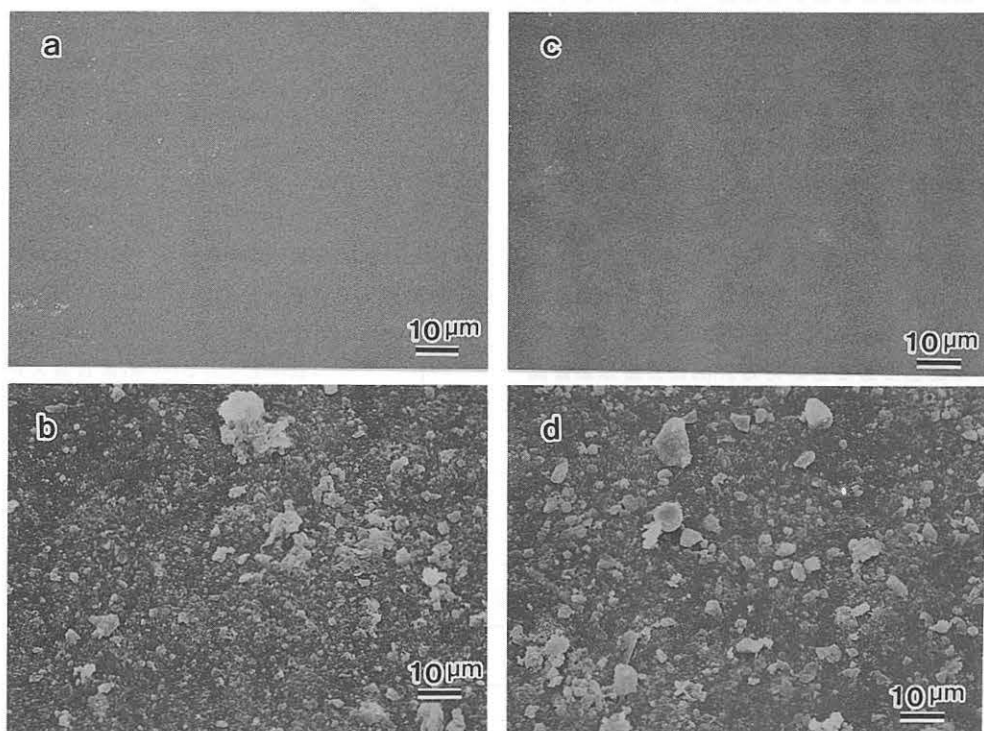
図二 屋外暴露試験後の官能検査結果



図四 屋外暴露試験後の色差測定結果



図五 屋外暴露試験1年後の汚れ評価値と明度差Y-Yo値の関係



図三 PVC表面のSEM観察結果(a: 白色オリジナル, b: 白色1年暴露後, c: 茶色オリジナル, d: 茶色1年暴露後)

3-3 色差

図-4に屋外暴露試験後の試料を測色し、オリジナル試料に対する色差を $L^*a^*b^*$ 表色系で求めた結果を示した。どの試料も屋外暴露時間とともに色差の増大が認められる。また、屋外暴露試験後3カ月間で色差の増加が顕著にみられ、その後は徐々に緩和する傾向があることがわかる。また、屋外暴露試験1年後の結果から茶色を除く各色相の試料の色差(ΔE)は、13.5から20.7の範囲にあるが、膜材料の色相と色差変化との間には特別な関係は認められない。この事は、色相が異っても汚れ付着量はほぼ一定であることを示しており、先ほど示した電子顕微鏡写真観察の結果に合致している。しかし、茶色に関しては次の様に説明できる。屋外暴露した試料表面には、黒色粒子の付着がみられる。茶色の試料は、この汚れ物質の色相に近いために、汚れ物質が付着しても三刺激値(X,Y,Z)の変化が少なく、これが色差に反映していると考えられる。

3-4 汚れ評価値と測色との対応

官能検査の結果から、試料の濃淡差によって汚れ感覚が異なることがわかった。三刺激値(X,Y,Z)のY値は、試料の濃淡を表す物理量“明度”として表わされる。茶色のように明度が低ければ同一の汚れ付着量では明度変化が少ないという報告がある[18]。そこで、官能検査と明度変化の対応について調べてみた。表-2に屋外暴露試験前後のY値(明度)を示した。付着した汚れが目立ち易い白、アイボリー、黄色のオリジナル試料の明度はそれぞれ91%、82%、60%である。一方、茶色の試料の明度は7.7%であり、淡色試料に比べると低いことがわかる。また、他の6色の明度は14%から32%の範囲にあり、今回の実験材料の中間色であるといえる。次に、屋外暴露試験を行った後の試料の明度変化 $Y-Y_0$ 値[18]および $1-Y/Y_0$ 値[11]を用いて、官能検査結果との関係について調べた。結果を図-5および図-6に示した。ともに、汚れ評価値の増加にともない明度変化の絶対値が大きくなり、主観評価と明度変化

が対応していることが明らかである。また、オリジナル試料の明度が白、アイボリー、黄色では60%以上であるのに対して、中間色6色(32~14%)との間に30%以上の明度の開きがある、この差が、図-5、図-6中の汚れ評価値6から9付近の間の空白を意味する。汚れ評価値3から6付近の中間色6色間においては、これらの明度の範囲が比較的狭いために、主観評価する時に誤差が生じ易くなったものと考えられる。

図-7に色差と官能検査結果の関係を示した。茶色以外の色相においては、汚れ評価値(色相)に係らず色差はほとんど変化しないため、材料を比較する目的で汚れを客観評価する時は、色差による方法が適当であることが示唆された。

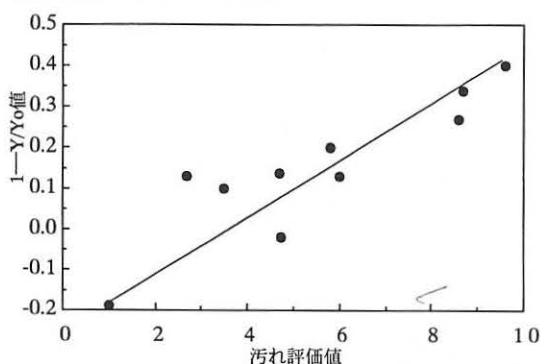


図-6 屋外暴露試験1年後の汚れ評価値と明度差 $1-Y/Y_0$ 値の関係

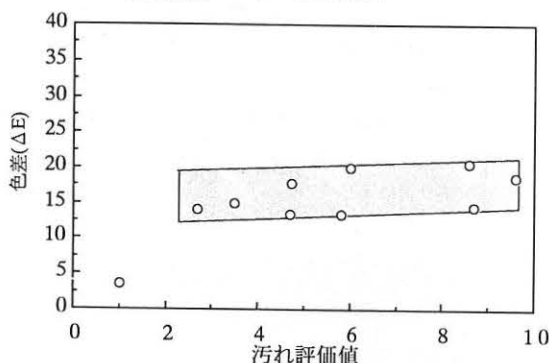


図-7 屋外暴露試験1年後の汚れ評価値と色差(ΔE)の関係

表-2 試料のY値(明度)測定結果

単位(%)

	白	アイボリー	黄	黄緑	緑	スカイブルー	青	オレンジ	赤	茶
オリジナル(Y_0)	90.9	82.0	59.6	32.2	17.8	21.8	14.2	24.0	16.3	7.7
1年暴露後(Y)	54.9	54.1	43.7	25.8	15.4	18.7	14.1	21.0	16.7	9.1

4. まとめ

(1) PVC膜材料の官能検査により汚れ評価を行った結果、濃色より淡色の膜材料の方が汚れが目立つことがわかった。

(2) 汚れ評価値による汚れ感覚と客観測定による明度変化の数値との間に関係がある。

(3) 色差測定による汚れ評価において、色差は色相に係わらずほぼ一定であることから材料の汚れ程度を比較する時は、色差測定による方法が妥当である。但し、汚れ評価は淡色の試料を用いることが望ましい。

5. 参考文献

- 1) 松下清夫, 宇野英隆, 内田祥哉, 木村昌夫: 建物のよごれに関する研究—よごれの原因と範囲序論—日本建築学会論文報告集, 第69号, 1961年10月。
- 2) 神山幸弘, 石川広三: 建築物の外壁面における汚れについて—第一報, 汚れの要因と分類—日本建築学会大会学術講演梗概集, 1970年9月。
- 3) 奥田正二, 本多征四郎: 外装材の汚れに関する研究—Gloss Meterのよる汚染の測定—日本建築学会論文報告集, 1969年8月。
- 4) 石川広三: 外壁面の汚れ性状に関する調査—降雨による濡れ条件の評価のための基礎的研究—日本建築学会大会学術講演梗概集, 1974年10月。
- 5) 小野英哲, 吉岡丹: 合成高分子系仕上材料のよごれの実情—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1)—, 日本建築学会論文報告集, 第324号, 1969年8月。
- 6) 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。
- 7) 小野英哲, 馬場浩, 吉岡丹: 合成高分子系仕上材料のよごれの評価指標および評価方法の提示—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3)—, 日本建築学会論文報告集, 第356号, 1985年10月。
- 8) 橋高義典: 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。
- 9) 橋高義典: 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。

10) 橋高義典, 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。

11) 橋高義典: 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。

12) 渡辺昌文: 膜構造建築物の形状による汚れの傾向—国際花と緑の博覧会のパビリオンを中心に—膜構造研究論文集, No.5, 1991年12月。

13) H.Toyoda, T.Taga, and T.Torii: Dirt level of coated fabric materials for membrane structures in different outdoor exposure test locations, *Durability of Building Materials and Components* 6, Vol.1, 1993.

14) 栗林和彦, 須藤拓, 菊田道宣, 須田健一: 膜材料の耐汚染性に関する検討—(その1) C種膜材料を使用した実建物による各種実測—日本建築学会大会学術講演梗概集, 1992年8月。

15) 須藤拓, 菊田道宣, 須田健一, 栗林和彦: 膜材料の耐汚染性に関する検討—(その2) C種膜材料屋外暴露試験による検討—日本建築学会大会学術講演梗概集, 1992年8月。

16) 須藤拓, 須田健一, 栗林和彦: 膜材料の耐久性・耐汚染性に関する検討—(その3) 各種膜材料の人工促進劣化試験後の物性変化に関する検討—日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993年9月。

17) 膜構造建築物技術基準・同解説、社団法人日本膜構造協会、p.26 (1989)

18) 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。

Effect of color variation of PVC-coated fabric(Type C) on stain appearance

— Evaluation of stain of membrane materials for membrane structures (Part. 1)—

Hiroshi Toyoda *1

Junko Yoneda *2

SYNOPSIS

Stain appearance of Type C membrane materials for membrane structures was studied after subjecting them to outdoor exposure tests. Evaluation of stain appearance was carried out by sensory test and colorimetry. It can be said that stain is more conspicuous in the case of light colored membrane materials than darker ones. It can also be said that sense of stain degree corresponds to value of brightness of the materials. For the purpose of comparing the materials for stain degree, it is desirable to evaluate by color difference.

*1, *2. Taiyo Kogyo Corporation