

光触媒を応用した外壁仕上材料の耐汚染性に関する評価

久保田 浩

Keywords: photocatalyst, ceramic tiles, coatings, stain, exposure test, difference of luminosity

光触媒, タイル, 塗料, 汚れ, 屋外暴露試験, 明度差

1. はじめに

近年, 二酸化チタンの光触媒作用(汚れ防止, 環境浄化, 抗菌など)を応用した建材(タイル, 塗料, 遮音壁など)が多く上市されている。設計者の関心も高く, 採用されるケースが多くなっている。本研究は, 光触媒作用の汚れ防止効果に着目し, 建築用の外装材の内, タイルおよび塗料について, 屋外暴露試験を実施して耐汚染性の評価を行った。

2. 供試材料

2.1 タイル

タイルの供試材料を表-1に示す。光触媒タイル2銘柄と, 比較用として光触媒機能を有していない表面を親水化した親水化タイル1銘柄と通常タイル1銘柄の計4銘柄とした。いずれも市販されている材料である。なお, 色は白色とし, 艶消しのマット釉タイルとした。

2.2 塗料

塗料の供試材料を表-2に示す。光触媒塗料11銘柄と, 比較用の低汚染タイプのふっ素樹脂塗料3銘柄である。光触媒塗料に関しては, 二酸化チタンの多い環境浄化タイプと, 二酸化チタンの少ない汚れ防止タイプの2種類について検討を行った。ふっ素樹脂塗料に関しては, ソリッド(白)とクリヤー(つや消し)の2種類の検討を行った。

3. 試験体

3.1 タイル

タイル試験体の形状を図-1~2に示す。図-1の試験体1は, シーリング材の種類の違いによる検討で, シリコーン系, 変成シリコーン系, ポリサルファイド系, 新規ポリサルファイド系, ポリイソブチレン系の5種類を用いて, 屋根面から流れた水がシーリング材を通してタイル

表-1 タイルの供試材料

Test materials of ceramic tiles

記号	種類
A-1	光触媒タイル
A-2	光触媒タイル
B	親水化タイル(光触媒機能を有していない)
C	通常タイル

表-2 塗料の供試材料

Test materials of coatings

記号	種類	機能	色
PS-1	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-2	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-3	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-4	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-5	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-6	光触媒塗料	汚れ防止	クリヤー
PS-7	光触媒塗料	汚れ防止	白
PN-1	光触媒塗料	環境浄化	白
PN-2	光触媒塗料	環境浄化	白
PN-3	光触媒塗料	環境浄化	白
PN-4	光触媒塗料	環境浄化	白
FS-1	ふっ素樹脂塗料	汚れ防止	白
FC-1			クリヤー
FS-2	ふっ素樹脂塗料	汚れ防止	白
FC-2			クリヤー
FS-3	ふっ素樹脂塗料	汚れ防止	白
FC-3			クリヤー

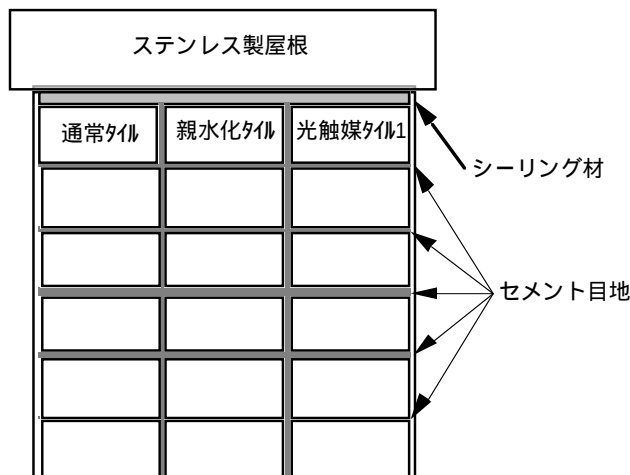


図-1 タイル試験体1

Test piece 1 of ceramic tiles

面に流れる形状とした．いずれも2成分形のシーリング材である．また，比較用としてシーリング材なしの試験体も作製した．

図-2の試験体2は，方位と暴露角度の違いによる検討で，タイルを南面と北面に向け，壁面と斜壁を想定し，水平面より30度と90度に傾けた状態で，壁面の中央には1成分形シリコン系シーリング材を打設して，シーリング材による影響も検討できる形状とした．

3.2 塗料

塗料試験体の形状を図-3に示す．雨筋汚れが付きやすいように，100×200×1mmのアルミ板の上部を水平面より30度に折り曲げた試験体について，メーカーの標準仕様で塗装した．ただし，クリアーに関しては，一般的な塗料で白色に塗装した後クリアーを塗装した．

4. 試験方法

4.1 暴露方法

暴露状況を写真-1～2に示す．当社技術センター屋上で，屋外暴露試験を行った．タイル試験体1は，南面に向けた状態で，タイル試験体2は，南面および北面に向けた状態で暴露試験を行った．塗料試験体は，南面および北面に向けた状態で暴露試験を行った．

なお，暴露地は，北西面が片側2車線の有料道路に面しており，料金所が近くにあるため，非常に汚れやすい環境にある．

4.2 測定方法

試験は，色彩色差計（ミノルタ社製，CR-300）を用いて，明度（ L^* ）を測定し，暴露前と暴露後の明度差（ ΔL^* ）を求めて，汚れの評価を行った．

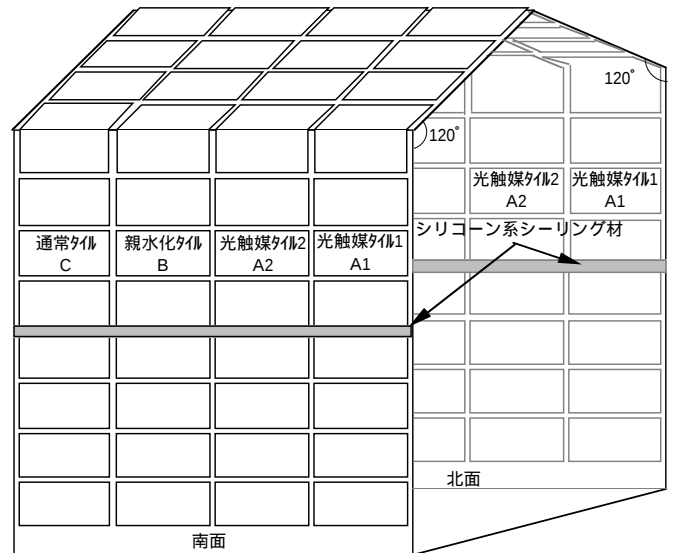


図-2 タイル試験体2
Test piece 2 of ceramic tiles

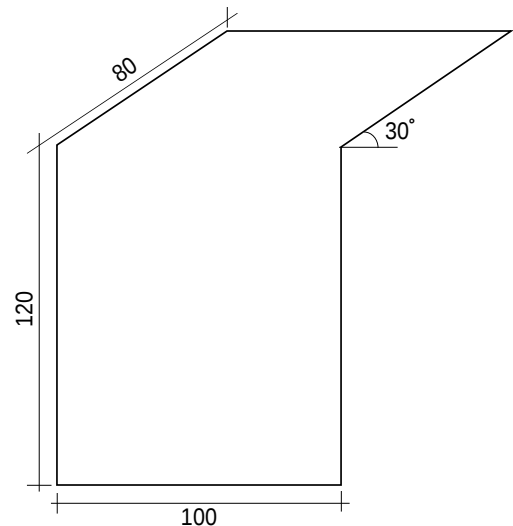


図-3 塗料試験体
Test piece of coatings



写真-1 タイル試験体1の暴露状況
Exposure test of ceramic tiles (Test piece 1)



写真-2 塗料試験体の暴露状況
Exposure test of coatings

5. 試験結果および考察

5.1 タイル

5.1.1 シーリング材の種類の違い

屋外暴露2年までの試験結果を写真-3および図-4～5に示す。写真-3に示すように、シリコン系シーリング材では汚れが顕著に認められた。しかし、その他のシリ



写真-3 シリコン系 ポリサルファイド系
暴露2年の状態 (試験体1)
Test result of ceramic tiles after 2 years exposure
(Test piece 1)

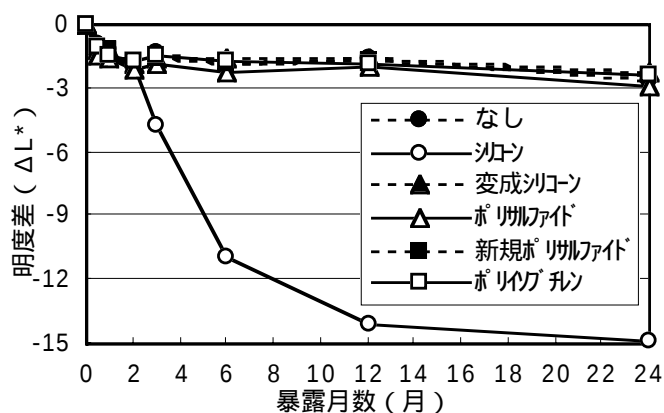


図-4 光触媒タイルの試験結果 (試験体1)
Test result of photocatalyst ceramic tiles (Test piece 1)

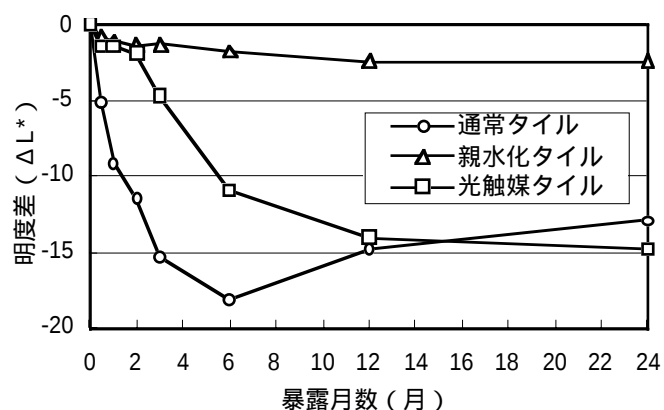


図-5 シーリング材直下の試験結果 (試験体1)
Test result of ceramic tiles under silicone sealant (Test piece 1)

ング材は、図-4に示すように、明度差は-3以上であり、顕著な汚れは認められず、シーリング材の種類による差がほとんど認められなかった。シリコン系シーリング材に起因する汚れに関しては、図-5に示すように、タイルの種類による差が認められ、親水化タイル<光触媒タイル<通常タイルの順で汚れが大きくなり、親水化タイルが最も耐汚染性に優れていることが分かった。

5.1.2 方位と暴露角度の違い

1) シリコン系シーリング材による影響

屋外暴露1年までの試験結果を写真-4および図-6に示す。試験体1に光触媒タイルを1種類追加して試験を行ったが、試験体1と同様で、親水化タイル<光触媒タイル<通常タイルの順で汚れが大きかった。しかし、1成分形シリコン系シーリング材を用いたため、2成分形よりは汚れが付きにくいことが分かった。また、図-6に示すように、方位による差が認められ、いずれのタイルも北面の方が南面と比較すると汚れやすい。これは、光触媒タイル特有の現象ではなく、北面特有の現象と考えられ、立地条件の影響で、汚れが付着しやすいと推定

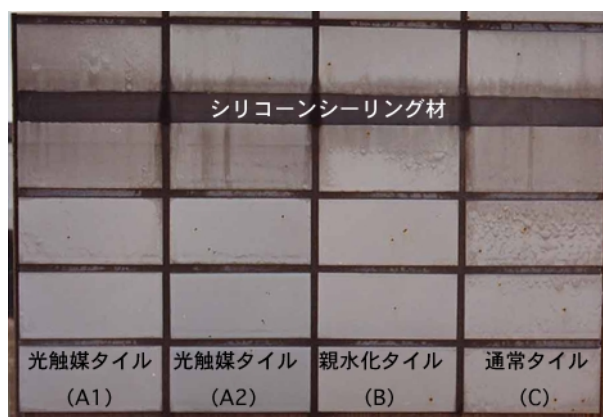


写真-4 シーリング材直下の北面暴露1年の状態 (試験体2)
Test result of ceramic tiles under silicone sealant after 1 year exposure at north direction (Test piece 2)

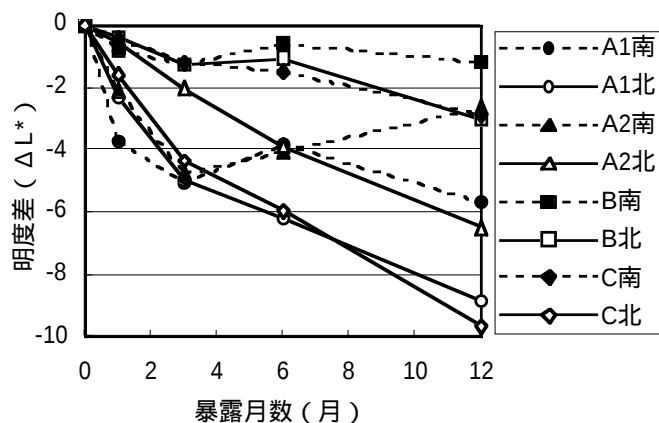


図-6 シーリング材直下の試験結果 (試験体2)
Test result of ceramic tiles under silicone sealant (Test piece 2)

される．以上の結果と5.1.1のシーリング材の種類の違いの結果から，光触媒タイルはシリコン系シーリング材の低分子の未反応成分（シリコンオイル）は分解できないことが分かった．

2) シリコン系シーリング材の影響がない一般部

屋外暴露1年までの試験結果を写真-5および図-7～8に



写真-5 一般部の北面暴露1年の状態（試験体2）
Test result of ceramic tiles after 1 year exposure at north direction (Test piece 2)

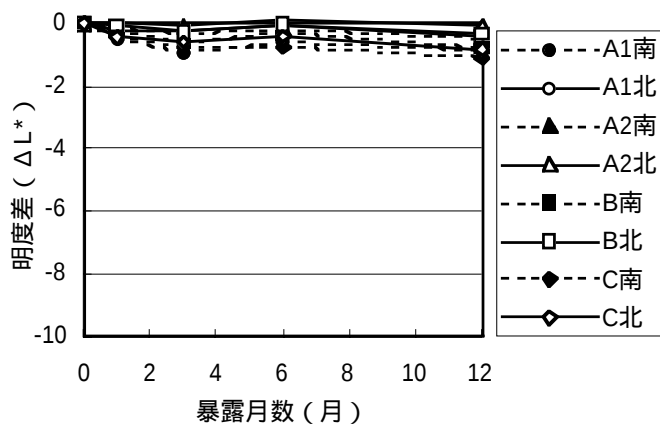


図-7 暴露角度90度の試験結果（試験体2）
Test result of ceramic tiles for 90° exposure (Test piece 2)

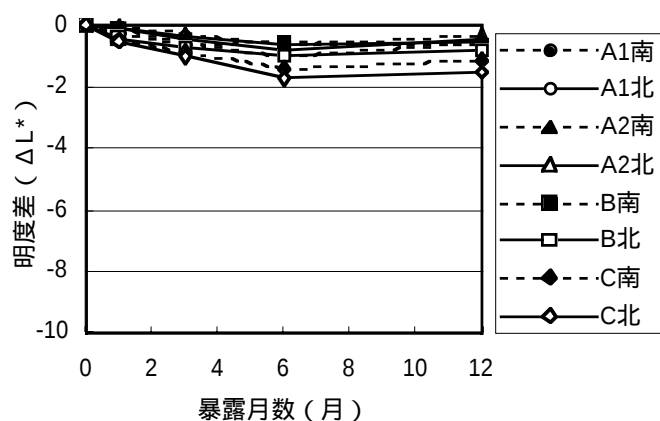


図-8 暴露角度30度の試験結果（試験体2）
Test result of ceramic tiles for 30° exposure (Test piece 2)

示す．これより，暴露1年で明度差が-2以上であり，目視でもほとんど汚れは目立たず，タイルの種類による差，方位による差および暴露角度による差はほとんど認められなかった．したがって，タイルそのものは汚れが付きにくい材料であり，外部で雨が当たる場所であれば通常のタイルでも汚れは大きな問題にならないと考える．

5.2 塗料

試験結果を写真-6～7および図-9～12に示す．

5.2.1 光触媒塗料

光触媒塗料は，低汚染タイプのふっ素樹脂塗料と比較すると，汚れが付きにくいことが分かった．方位による差も認められなかった．暴露角度による違いは，90度より30度が汚れやすい傾向が認められるが，ほとんど差はなかった．

汚れ防止タイプ（記号PS）と環境浄化タイプ（記号PN）を比較すると，差は認められなかった．汚れ防止タイプと環境浄化タイプの違いは，環境浄化タイプの方が

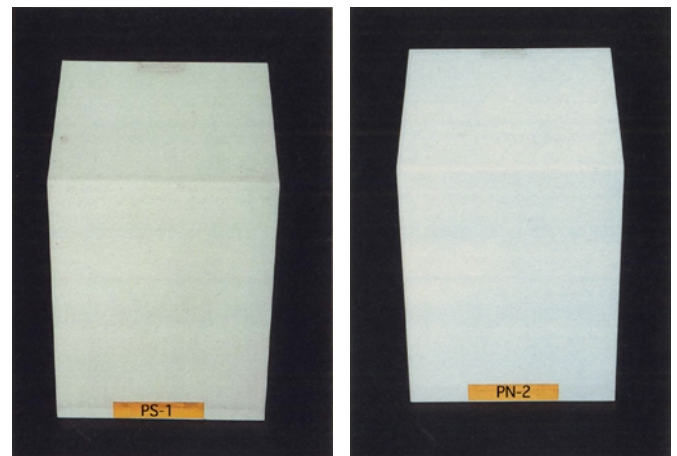


写真-6 光触媒塗料の南面暴露1年の結果
Test result of photocatalyst coatings after 1 year exposure

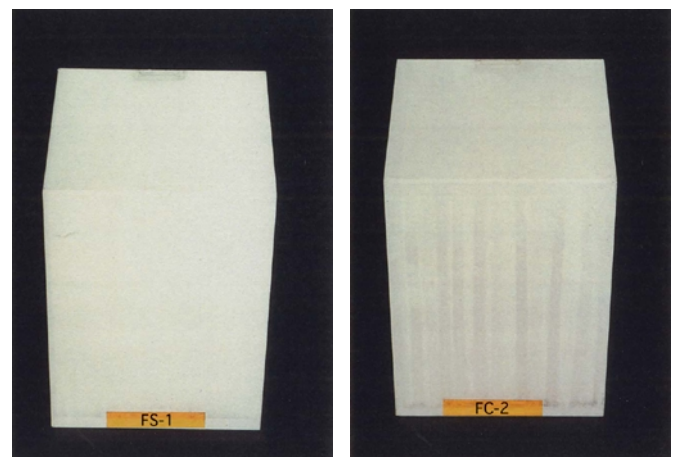


写真-7 ふっ素樹脂塗料の南面暴露1年の結果
Test result of fluoro resin coatings after 1 year exposure

酸化チタンの量が多いことである。したがって、光触媒塗料は、酸化チタンの量に関係なく、外部であれば方位や暴露角度に関係なく汚れ防止効果があると言える。

しかし、白亜化しているのが6銘柄で認められた。特に記号PN-1は、暴露初期から白亜化が発生し、これにより白くなっているために、明度が大きく+側になっている。これは、白亜化により酸化チタンが雨により流されることで付着した汚れも流されている可能性があり、光触媒効果で汚れを除去しているのが疑問である。さらに、白亜化による膜厚の減少が考えられ、割れや剥がれが発生しているのが3銘柄もあり、白亜化を含めると7割程度の8銘柄（1銘柄は白亜化と剥がれが発生）で耐候性に問題があることが分かった。

5.2.2 低汚染タイプのふっ素樹脂塗料

低汚染タイプのふっ素樹脂塗料は、銘柄間に汚れの付きにくさに差があり、写真-7に示すように雨筋汚れが目立つ銘柄が認められたり、光触媒塗料とほぼ同等の耐汚染性を有している銘柄も認められた。また、ソリッド（記号FS）とクリヤー（記号FC）に差が認められ、ソリッドの方が汚れは付きにくいことが分かった。これは、クリヤーはつや消しにしているので、凹凸が大きく汚れが付着しやすいためと考えられる。しかし、クリヤーは一般的にコンクリートの打ち放し塗装に用いられるので、今回の試験のように下地は白色ではないため、雨筋汚れはほとんど目立たないと推定される。

方位による違いは、北面は、南面と比較すると暴露角度90度では、暴露初期の段階で汚れやすい傾向が認められ、雨筋汚れが目立つが、暴露1年ではほとんど差がないことが分かった。これは、タイルと同様に立地条件の影響で、汚れが付着しやすいと推定される。暴露角度30度ではほとんど差が認められなかった。

暴露角度による違いは、暴露初期の南面で暴露角度90度より30度が汚れやすい傾向が認められるが、ほとんど差はない。ここでは、これまでの実績から最も汚れにく

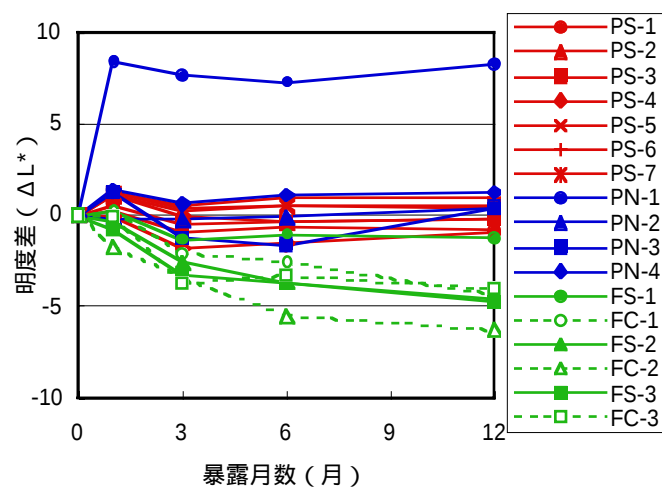


図-10 南面90度試験結果
Test result of coatings for 90° exposure at south direction

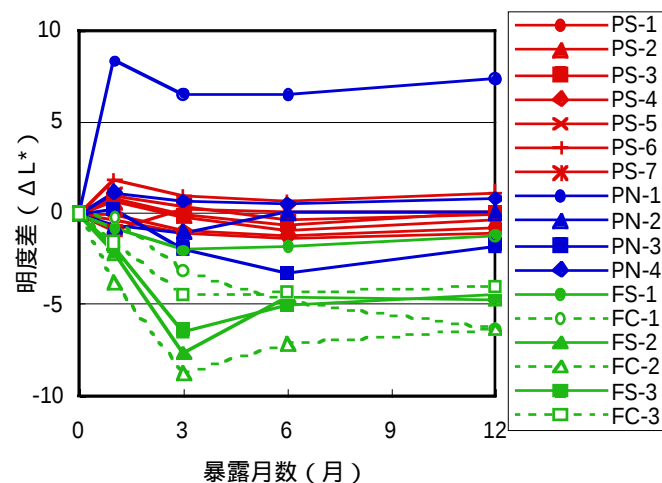


図-11 北面30度試験結果
Test result of coatings for 30° exposure at north direction

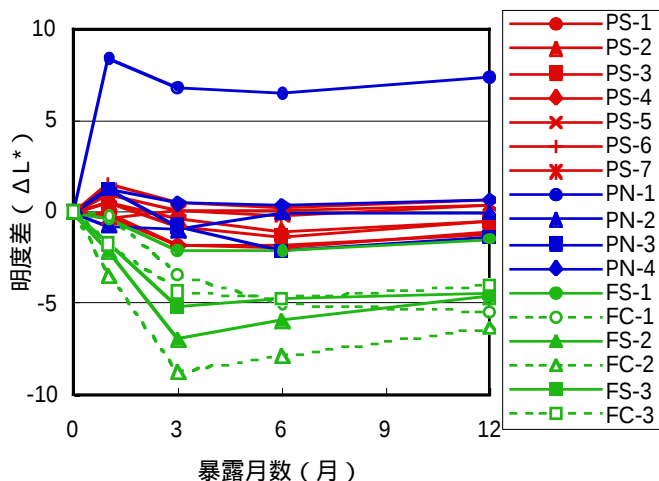


図-9 南面30度試験結果
Test result of coatings for 30° exposure at south direction

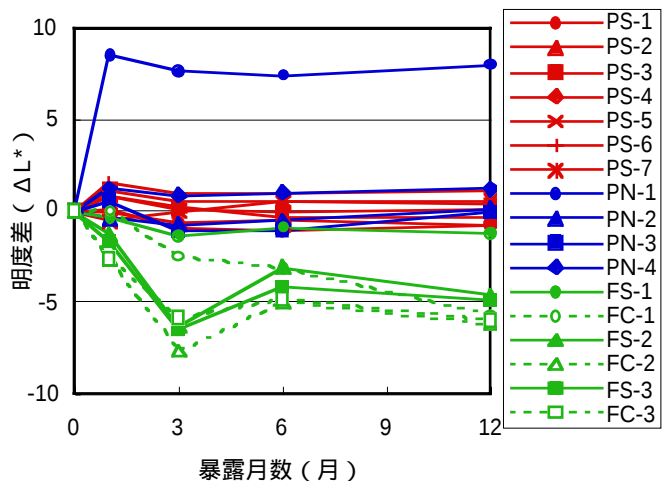


図-12 北面90度試験結果
Test result of coatings for 90° exposure at north direction

い銘柄を選定して試験したが、それでも銘柄間に差があることから、銘柄の選定は重要である。

なお、今回の試験では認められなかったが、試験塗装を実施した物件で写真-8に示すように、旧塗膜（アクリルウレタン樹脂塗料）の上に塗装した光触媒塗料の塗膜表面に浅い割れが認められた。これは、光触媒塗料は無機系の塗料を使用しているため、塗膜が非常に硬く、旧塗膜が柔らかい場合は、このような現象が起きる可能性が高いことを示している。旧塗膜の上に塗装する場合は注意が必要である。

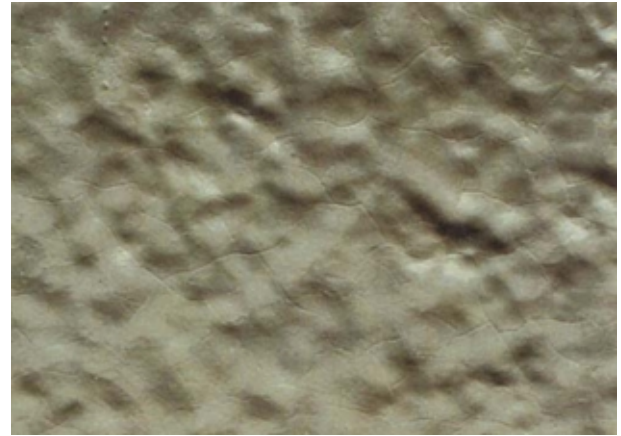


写真-8 光触媒塗料の浅い割れの発生状況
Checking of photocatalyst coatings

6. まとめ

6.1 タイル

結果のまとめを以下に示す。

シーリング材で汚れが問題になるのは、シリコーン系シーリング材に起因するもののみである。

シリコーン系シーリング材に起因する汚れは、親水化タイル<光触媒タイル<通常タイルの順で大きく、最も耐汚染性に優れているのは親水化タイルである。シリコーン系シーリング材の影響がない一般部では、ほとんど汚れは目立たず、タイルの種類による差、方位による差および暴露角度による差は認められなかった。

以上のことから、光触媒タイルは、シリコーン系シーリング材に起因する汚れに対しては、通常タイルよりは優れているが、あまり大きな効果がない。親水化タイルは、最も耐汚染性に優れているが、完全に汚れを防止できるものではない。また、シリコーン系シーリング材の影響がなく、特に意匠的に汚れやすい部位でない限り、外部で雨が当たる場所であれば通常のタイルでも問題はないと考える。ただし、設備工事や看板設置等の建築以外の工事範囲で1成分形シリコーン系シーリング材が使用されることが多々あるので、このような場合には汚れに対する注意が必要である。

6.2 塗料

結果のまとめを以下に示す。

光触媒塗料は、低汚染タイプのふっ素樹脂塗料と比較すると、汚れが付にくいだが、耐候性に問題がある銘

柄が7割以上あることが分かった。また、塗膜の上に塗装した場合、塗膜表面に浅い割れが認められるケースがあり、旧塗膜の上に塗装する場合は注意が必要である。

低汚染タイプのふっ素樹脂塗料は、銘柄間に汚れの付きにくさにやや差が認められ、一部の銘柄は光触媒塗料とほぼ同等の耐汚染性を有している。ソリッドとクリヤーを比較するとソリッドの方が汚れにくいことが分かった。

以上のことから、光触媒塗料は低汚染タイプのふっ素樹脂塗料と比較すると耐汚染性に優れていることが分かった。しかし、耐候性や塗り重ねによる問題が認められることから、採用には注意が必要である。また、光触媒塗料は膜厚が薄く、躯体保護効果がないため、塗装仕様の検討も必要である。したがって、現状では、総合的なバランスで低汚染タイプのふっ素樹脂塗料が優れていると言える。今後、光触媒塗料が発展するためには、耐久性の向上などの更なる検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 久保田浩：光触媒を応用した外壁仕上材料の耐汚染性に関する研究 その1 外装タイルの屋外暴露試験，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1材料施工，pp.379-380，2002。
- 2) 久保田浩：光触媒を応用した塗料の耐汚染性に関する評価，日本建築仕上学会2002年大会学術講演会研究発表論文集，pp.69-72，2002。