

【WG報告】 日建連式 塗装材料促進汚染試験方法

技術研究部会 材料施工専門部会 外装材の汚れ評価に関する WG

今回実施した促進汚染実験の結果をもとに、日建連式として、促進汚染試験方法を提案する。以下にその内容を示す。

1. 適用範囲

建築物の外装に用いる塗装材料の汚れの促進汚染試験方法について規定する。

2. 塗装試験体の作製

塗装試験体の作製は、以下の手順で行う。

- 1) 基材は、表面処理（アロジン処理）したアルミニウム板またはフレキシブル板などを用いる。
- 2) 基材の寸法は 100 × 150mm 以下、アルミニウム板の場合の厚さは 1 ～ 2mm、フレキシブル板の場合の厚さは 4mm 程度とする。
- 3) 塗装材料は平滑な仕上げとし、色相は白色でマンセル記号 N 9.0 以上とする。
- 4) 材料の塗装方法、塗付量、乾燥方法は製造会社が指定する方法で行う。また、基材との密着性を確保するために適切な下塗を用いてもよい。
- 5) 塗装後の乾燥は製造会社が指定する方法で行う。乾燥後は、試験片表面が試験結果に影響を及ぼさないように保管する。
- 6) 試験体の枚数は 3 枚とし、すべて試験に供する。

3. 懸濁液の作製方法

- 1) 懸濁液の配合は表-1とする。カーボンブラックはカーボンブラック FW-200（粒径 0.002 ～ 0.028 μm ）を用いる。
- 2) 懸濁液の作製は、カーボンブラックをイオン交換水に攪拌機を用いて攪拌しながら混合する。混合した液にガラスビーズ（粒径が 1.4 ～ 2.0mm 程度のものが望ましい）を全容積の約 1/3 加え、攪拌機を用いて回転数 2500rpm で分散する。ガラスビーズは、20メッシュの金網を用いて分離する。懸濁液の分散度は 10 μm 以下にする。懸濁液の分散度の確認は粒ゲージで行う。

表-1 懸濁液の配合

種 類	重量比 (%)
カーボンブラック（カーボンブラック FW-200）	5.0
イオン交換水	95.0

4. 塗装試験体の前処理方法

塗装試験体の前処理方法は、以下の手順で行う。

- 1) 塗装試験体を、温度 50 ± 1 ℃の温水に3日間浸漬する。（温度 50 ± 1 ℃の恒温槽内に水槽を設置し、試験体全面が浸かる状態とする）
- 2) 温水より引き上げた塗装試験体は直ちに、温度 23 ± 2 ℃の5%硫酸水溶液に3時間浸漬する。
- 3) 浸漬後、塗装試験体表面に付着している硫酸を流水で洗い流し、温度 23 ± 2 ℃、相対湿度 50 ± 5 %の条件で1日以上乾燥する。
- 4) 前処理を終了した塗装試験体は1週間以内に汚染試験を行う。

5. 汚染試験方法

5.1 試験前の色差測定

- 1) 試験前の塗装試験体の明度（ L_0^* ）を色彩測色計を用いて測定する。
- 2) 測定位置は、色彩測色計の測定径に応じて、図-1に示す塗装試験体の上部、中央部、下部の3点、または、5点とする。
- 3) 明度 L_0^* は、3点（5点）の平均値をJIS Z 8401により、小数点以下1けたにまるめて示す。

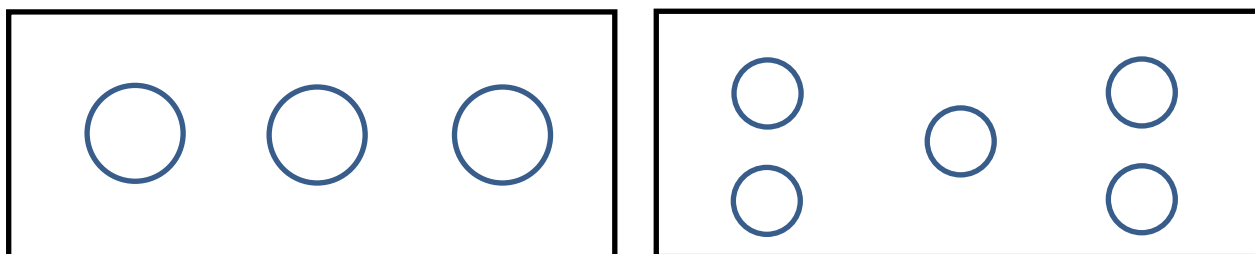


図-1 測定箇所例（左：測定径50mm 右：測定径：8mm）

5.2 汚染処理

- 1) 懸濁液は均一な状態に攪拌混合して、平置きした塗装試験体の表面にエアスプレーまたは刷毛で、塗装面が見えなくなるまで、均一に塗付する。
- 2) 懸濁液の塗布前と塗布後の重さを測定し、その差を塗装試験体に塗布された量を記録する。

- 3) 懸濁液を塗り付けた塗装試験体は、室温（温度 23 ± 2 °C、相対湿度 50 ± 5 %の条件）で、塗布面の光沢がなくなるまで乾燥する（目安として1時間程度）。

5.3 洗浄処理

- 1) 塗装試験体の表面に固着したカーボンブラックを超音波洗浄機で洗浄処理を行う。超音波洗浄機は、試験体全体が洗浄槽内の水に浸漬する大きさの洗浄槽を持ち、周波数は28～45 kHzを発生させる出力を持つものとする。
- 2) 槽内に試験体の短辺が浸漬する深さまで水道水を入れ、超音波洗浄機を起動させる。
- 3) 試験体の長辺をピンセット等で挟み、水面に対して垂直に入水させる。洗浄中、槽の内面に触れないようにする。
- 4) 洗浄する時間は20秒とする。
- 5) 洗浄後すぐに引き上げ、引き上げの際に塗装試験体表面に再付着したカーボンブラックを300ccの流水で洗い、除去する。
- 6) 一時縦置きして水切りを行い、その後平置きして、塗装面の水滴がなくなるまで、室温で乾燥させる（目安として1時間程度）。

5.4 試験後の色差測定

- 1) 試験後の塗装試験体の明度（ L^* ）を色彩測色計を用いて測定する。
- 2) 測定位置は、図-1に示す塗装試験体の上部、中央部、下部の3点または5点とする。
- 3) 明度 L^* は、3点（5点）の平均値をJIS Z 8401により、小数点以下1けたに丸めて示す。
- 4) 明度差 ΔL^* は、下式によって算出する。

$$\text{明度差 } \Delta L^* = \text{試験後の平均明度 } L^* - \text{試験前の平均明度 } L_0^*$$

■日建連式塗装材料促進汚染試験方法（解説）

日建連式塗装材料促進汚染試験方法の解説を以下に示す。

I. まえがき

環境問題が注目され、建物の高耐久化が要求されるようになったことで、外装仕上材等の建材の耐久性能が向上すると推測される。そのため性能評価にかかる時間がより長くなり、比較的短時間で評価を行うことのできる促進試験の重要性がより高まってきた。

ここで、汚れに着目してみると、促進試験方法に関しては、建材試験センター法、土木研究所法などが提案されている。前者については、汚れのメカニズムを忠実に再現しているが、高価な装置を必要とすることから、あまり実施されていない。また後者については、方法が簡便ではあるが、トンネルや透光板等、土木構造物およびその付帯設備に使用される材料を対象としているため、建築系の仕上げ材料の評価には適していない。その結果、メーカー各社は独自の試験方法で自社製品を評価しており、ユーザーとして同じ土俵で適切な評価を行うことができないのが実状である。

そこで、（一社）日本建設業連合会では、適切な試験方法を提案すべく、「外装材の汚れ評価に関するWG」にて、屋外暴露試験の実施、促進汚染試験方法の検討等様々な活動を行った結果、暴露試験結果と相関の高い促進汚染試験方法を確立することができた。ここにその成果を示す。

II. 本文解説

1. 適用範囲

本試験方法は、建築物の外装に用いる塗装材料の汚れを対象としており、塗装材料の劣化や、汚れの対象はカビ等の生物由来のものやシーリング材に起因する汚れのものは対象外とした。

2. 塗装試験体の作製

- ・ 基材の種類、寸法については、測定面積、超音波洗浄装置の寸法などを考慮して決定した。
- ・ 色相については、明度差が大きくなるように、また、塗装、乾燥方法については、塗料の性能が十分発揮されるように、製造会社の推奨する方法で行うこととした。



図-1 塗装試験体の例

3. 懸濁液の作製方法

- ・促進汚染物質については、カーボンブラック粉体のまま使用することも試みたが、塗材別の差が生じるほどは汚れず、また、汚染中に粉が舞うなど、試験場所その他を汚す恐れがあるため懸濁液を用いることとした。

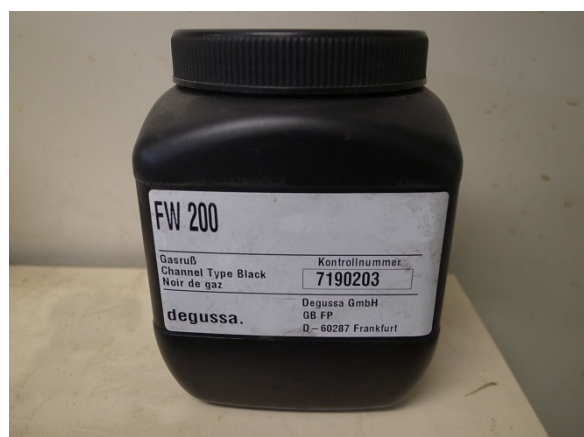


図-2 カーボンブラック FW-200 と懸濁液の状態

4. 塗装試験体の前処理方法

- ・前処理方法は、塗装試験体表面を屋外暴露した状態（暴露 3 ヶ月時）を再現するために行うものである。その指標として、前処理した試験体の水接触角が、暴露 3 ヶ月時と合うように前処理方法を検討し、決定した。
- ・前処理（酸）によって劣化する塗装材料の場合は、他の種類の塗装材料との比較に本方法を用いることは避ける。

5. 汚染試験方法

5.1 試験前の測色

- ・ 色彩測色計の性能については、本実験で使用した機種を標準とする。

表-1 標準とする色彩測色計

製品例	①	②	③
計測器	簡易型分光色差計	色彩色差計	色彩色差計
受光素子	フォトダイオード	シリコンフォトセル	シリコンフォトセル
測定用光源	多色 LED	パルスキセノンランプ	パルスキセノンランプ
測定径	φ 8 mm (標準) または φ 4 mm	φ 50 mm	φ 8 mm
測定再現性	$\Delta E^* = 0.02$ 以下 (φ 8 mm) $\Delta E^* = 0.05$ 以下 (φ 4 mm)	$\Delta E^{*ab} = 0.07$ 以内	$\Delta E^{*ab} = 0.07$ 以内

5.2 汚染処理

- ・ 平置きした塗装試験体の表面にスプレーまたは刷毛で、塗装面が見えなくなるまで、均一に塗布する。
- ・ 刷毛で塗布する場合は、懸濁液がはじかれて塗装面が見える場合もあるが、その際は、その箇所に懸濁液を載せるように塗布する。

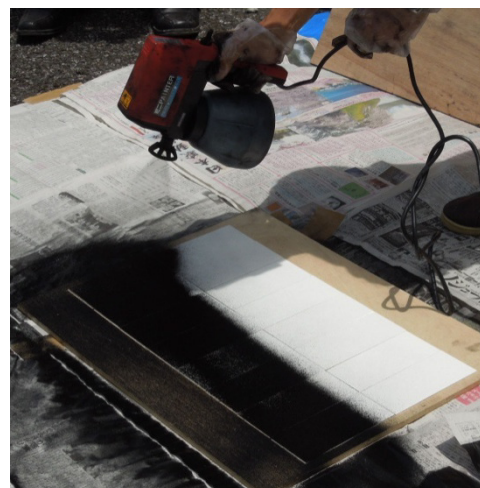


図-3 懸濁液の塗布状況 (左: 刷毛塗り 右: スプレー塗り)

- ・懸濁液を塗り付けた直後の試験体を洗浄すると洗い流されてきれいになり、差が出なかった。また、乾燥温度を60℃以上の高温で乾燥した場合、カーボンブラックの固着が強くなりすぎ、実暴露結果との相関が得られなかった。そのため、懸濁液を塗り付けた塗装試験体は、室温（温度20℃、相対湿度50%程度）で、塗布面の光沢がなくなるまで乾燥させる（目安として1時間程度）こととした。



図-4 塗布後の表面の状況（左：塗布直後 右：1時間乾燥後）

5.3 洗浄処理

- ・洗浄時の洗浄状態の個人差をなくすために、本試験方法では超音波洗浄機を採用した。超音波洗浄機の仕様は、試験体全体が洗浄槽内の水に浸漬する洗浄槽の大きさを持ち、周波数は28～45 kHz を発生させる出力を持つものとした。
- ・周波数が低いほど洗浄能力が高く、高いほど微細な隙間などの洗浄が可能となるが、本試験体では 100 kHz になると試験体全体を振動させることができず、カーボンブラックを除去する能力が極端に低下したため、周波数帯を28～45 kHz とした。

表-2 超音波洗浄機の例

製品例	①	②	③
定格出力 (W)	100	100	100
公称発振周波数 (kHz)	38	28、45、(100)	28、45
電源入力	AC100V 50/60Hz	AC100V 50/60Hz	AC100V 50/60Hz
槽内寸法 (mm)	W=237 D=137 H=100	W=240 D=140 H=100	W=240 D=140 H=150
外形寸法 (mm)	W=319 D=217 H=194	W=290 D=208 H=249	W=279 D=265 H=310
容量 (ℓ)	2.6	3.0	5.0
質量 (kg)	3.7	4.4	7.0



図-5 超音波洗浄機の例（左から、表-2の①～③）

- ・超音波洗浄する時間は20秒とした。これ以下では十分にカーボンブラックを除去できず、また、20秒を超えて洗浄しても、除去状況に変化はなかったため、洗浄時間を20秒と定めた。



図-6 超音波洗浄の状況

- ・超音波洗浄後すぐに、塗装試験体表面を 300cc の流水で洗い流す。これは、試験体を引き上げるときに再度付着するカーボンブラックを洗い流すことを目的としており、洗い流すのに必要十分な水量を定めた。
- ・一時縦置きして水切りを行い、その後平置きして、塗装面の水滴がなくなるまで、室温で乾燥する（目安として1時間程度）。拭き取りなどの個人差をなくすために、室内での自然乾燥とした。

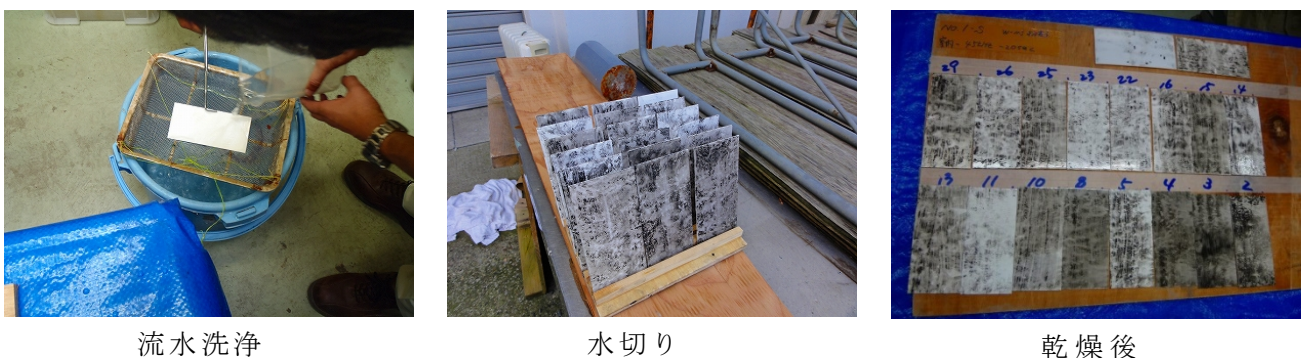
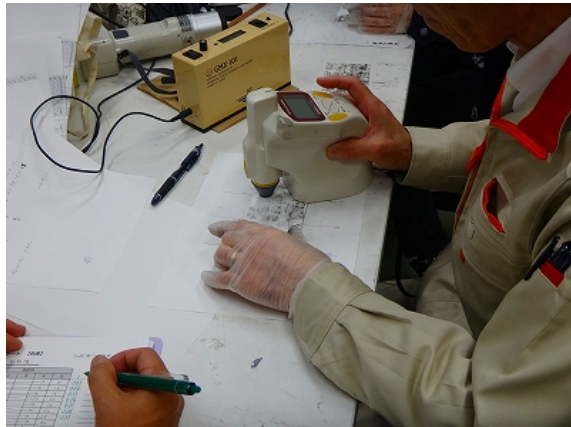


図-7 超音波洗浄後の処理状況

5.4 試験後の色差測定

- 測定箇所汚れ具合については、本文に定めた測定位置で行うことが基本であるが、塗装材料の表面状態によっては一部にカーボンブラックのムラがあることも考えられるため、その場合は、位置をずらすなどの配慮も必要となる。



色彩測色計① 測定状況



色彩測色計② 測定状況

図-8 色差測定の場合

6. 試験結果の評価

- 複数の製品をスクリーニングする場合、明度あるいは明度差の大小により性能を比較することができる。
- 例えば、図-9 に示すように、促進汚染試験と屋外暴露試験とのデータの関係式を求めておくことで、促進試験の結果から実環境における汚れ具合 (ΔL^*) を推定することができる。

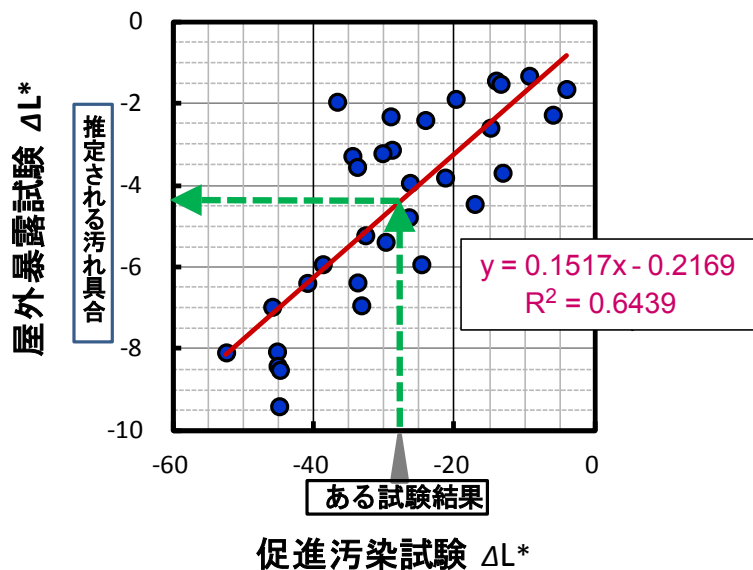


図-9 促進汚染試験と屋外暴露試験との明度差 (ΔL^*) の関係 (例)

7. 今後の課題

- 前処理による塗膜劣化への影響に関しては、以下の前処理方法と塗装材料・方法にて、塗膜劣化の可能性があり、詳細の検討が必要である。

① 温水処理(50℃) に対する熱可塑性材料

② 酸処理 (5% 硫酸) に対する 1 液形塗料、加熱硬化形塗装

- 本試験方法の前処理を行った後と、屋外暴露試験 3 ヶ月時との水接触角の関係において、低汚染品については、水系に比べて溶剤系でデータのばらつきが見られる。これは、親水化メカニズムの違いによると推察される。さらに、低汚染品の溶剤系および汎用品の一部について、前処理による水接触角の低下が不十分であり、より適切な前処理方法の余地がある。

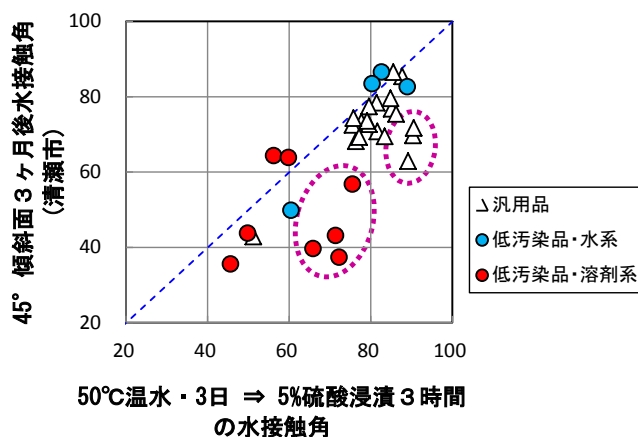


図-10 促進試験前処理と屋外暴露との水接触角の関係（低汚染品・汎用品別）

- 本試験方法による測定結果(ΔL^*)の値は、屋外暴露試験と比べて大きい（約 7 倍）。汚れ物質に関して、たとえばカーボン量を制御することで、この差を縮める余地がある。