

外装仕上材の汚れ防止性能の評価

—その1 暴露6ヶ月までの試験結果—

茂木正史* 小河義郎* 中村裕介*

1. はじめに

建築用塗料の歴史を概観すると、溶剤系では塩化ビニル樹脂塗料からアクリル樹脂塗料、次にアクリルウレタン塗料へと耐候性向上の流れがあり、20年ほど前からはアクリルシリコン樹脂塗料やふっ素樹脂塗料などの超高耐候性機能を有する塗料が生み出されてきた。水系でも水性ペイントからエマルジョンペイントへと耐候性の向上が図られた。一方、耐候性能の向上により塗り替え時期の延長が可能になると、美観維持の観点から長期間でも汚れない機能が望まれるようになった。そのため、近年、耐久性だけではなく汚れ防止の性能を付加された材料が開発、市販されるようになった。本研究では各社から市販されている低汚染型材料について、その汚れ防止性能の程度や銘柄間のばらつきを評価した。本論は低汚染型塗料の暴露6ヶ月までの試験結果について報告する。

2. 低汚染化の原理

図-1に低汚染化の原理を示す。低汚染型塗料は通常樹脂と複合したセラミック成分や光触媒作用により塗膜表面が親水化され、塗膜表面に付着した水接触角が小さくなっている。写真-1に水接触角の異なる塗装表面の水滴の状態を示す。水接触角が小さくなると

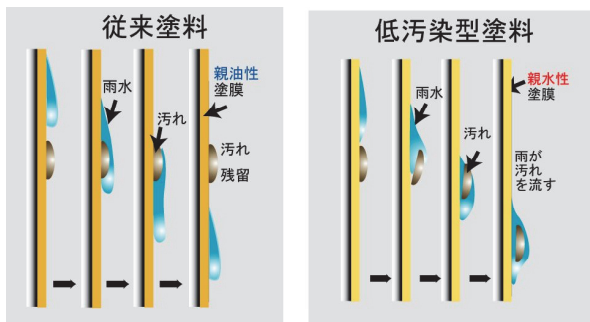


図-1 低汚染化の原理 (雨ががりの外壁)

雨水が汚れ物質の下に入り込み汚れを浮かして流してしまうので汚れにくくなる。また、低汚染化塗料は表面が低帯電性となっており、静電気を帯びた汚れを寄せ付けにくい機能も持っている。

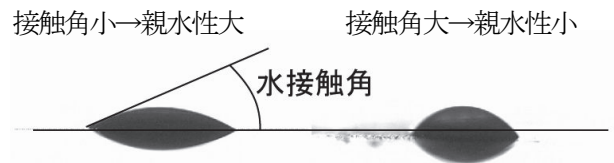


写真-1 水滴の水接触角

3. 試験概要

3.1 試験対象塗料

表-1に試験対象塗料と以下の説明で使用する記号名を示す。建築用塗料として一般的に用いられているものから6メーカー、53種類を選定した。アクリルウレタン樹脂系、アクリルシリコン樹脂系、ふっ素樹脂系を中心とし、溶剤系については比較のために非低汚染塗料も含めた。また、環境面を配慮した弱溶剤系や水系も選んだ。光触媒は5メーカーの5種類である。

表-1 試験対象塗料と記号名

	樹脂種類	溶剤	種類数	記号
低汚染型	ふっ素樹脂	溶剤系	5	FO1~FO5
	ふっ素樹脂 (弾性)	溶剤系	2	FOD1、FOD2
	ふっ素樹脂	弱溶剤系	1	Fo1
	ふっ素樹脂	水系	3	FW1~FW3
	アクリルシリコン樹脂	溶剤系	5	SO1~SO5
	アクリルシリコン樹脂(弾性)	溶剤系	1	SOD
	アクリルシリコン樹脂	弱溶剤系	2	So1、So2
	アクリルシリコン樹脂	水系	6	SW1~SW6
	アクリルウレタン樹脂	溶剤系	5	UO1~UO5
	アクリルウレタン樹脂(弾性)	溶剤系	2	UOD1、UOD2
	アクリルウレタン樹脂	弱溶剤系	6	Uo1~Uo6
	アクリルウレタン樹脂	水系	3	UW1~UW3
	アクリル樹脂・ウレタン樹脂	水系	2	AU1~AU2
	光触媒	-	5	P1~P5
	セラミックハイブリッドアクリルシリコン樹脂	水系	1	SH
非低汚染型	ふっ素樹脂	溶剤系	3	FN1~FN3
	アクリルシリコン樹脂	溶剤系	3	SN1~SN3
	アクリルウレタン樹脂	溶剤系	2	UN1~UN2
	水性エマルジョン	水性	1	EN
	合計		58	

*技術研究所

3.2 試験体

試験体は JIS K 5600-1-4 に準じアルミ板を用いた。

図-2に試験体の形状を示す。傾斜を設けて雨筋汚れが発生しやすい形状とした。色は白色である。

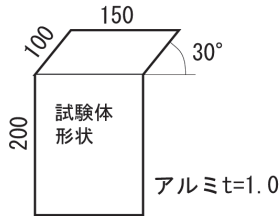


図-2 試験体形状

3.3 暴露方法

暴露地はつくばと相模原とした。表-2に暴露試験場所の条件を示す試験体はステンレス製の架台に設置した。つくばにおける暴露状況を写真-2に示す。

表-2 暴露試験場所の条件

場 所	茨城県つくば市	神奈川県相模原市
方 位	南 向 き	南 向 き
周辺環境	畑地が多く砂埃を中心とする汚れが多い	工場地帯で道路にも近くばい煙や排気ガスの汚れが多い



写真-2 暴露状況 (つくば)

3.4 評価項目

評価項目は以下とした。

- ・表面観察
- ・明度差 (汚れ評価)
- ・水接触角 (親水性評価)
- ・光沢残存率 (耐久性評価)

4. 試験結果

4.1 表面観察

写真-3に汚れ状況の例を示す、暴露6ヶ月を経て光触媒 P3 はまったく汚れてない。一方アクリルウレタン系 Uo5 は斜め部に汚れが蓄積しており、垂直部には雨だれ跡が観察される。なおアクリルウレタン系の下部で汚れていないのは、光沢残存率の測定のために洗浄している部分である。



写真-3 つくば暴露6ヶ月の試験体表面 (例)

4.2 明度差

本検討では汚れを初期の明度に対する明度差 (ΔL^*) で評価した。以下に示す各タイプの塗料について両暴露地とも3ヶ月まで時間とともに明度差が下がるが6ヶ月では上昇し、汚れが回復する傾向が見られる。この傾向は暴露後3ヶ月までの降雨量に比べ暴露4ヶ月からの雨量が多くなったため、降雨による洗浄効果が大きく働いたためと考えられる。図-3に暴露後のつくばと相模原の雨量を示す。

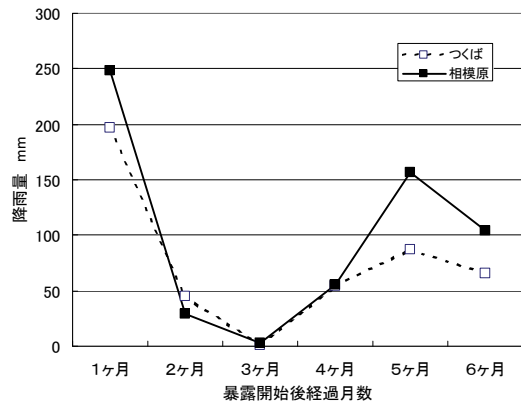


図-3 暴露開始後の降雨量 (アメダス)

暴露3ヶ月までと比べ、それ以降の雨量が多くなっていて、特に4ヶ月目の雨量が多かった。図-4にはつくばで暴露しているふっ素系塗料の非洗浄部の光沢残存率を示す。図-5に示した明度差と同様に6ヶ月で光沢の回復が見られるのは、暴露3ヶ月までに塗料の表面に蓄積した汚れがそれ以後の降雨のために洗浄されたと考えられる。

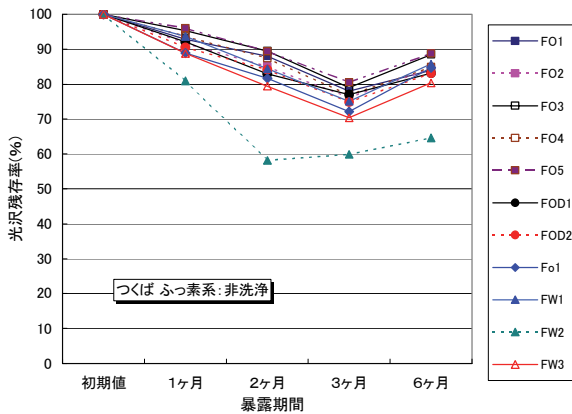


図-4 ふっ素系塗料の光沢残存率の変化

a. ふっ素系塗料の明度差

図-5につくば暴露におけるふっ素系塗料の明度変化、図-6に相模原暴露におけるふっ素系塗料の明度変化を示す。つくば暴露と相模原暴露での明度差の変化は同様の傾向を示している。FW2（水系）の明度の低下が著しいが、その他は暴露6ヶ月で ΔL^* が-5から-0.5までの幅に分散している。溶剤系と水系を比較すると水系の方が明度の低下が大きく、汚れやすいという結果となっている。溶剤系の中で弱溶剤系は1種類（Fo1）であるが、明度の低下が大きい。また、溶剤系の中で弾性タイプは明度の低下が中位置を占めて

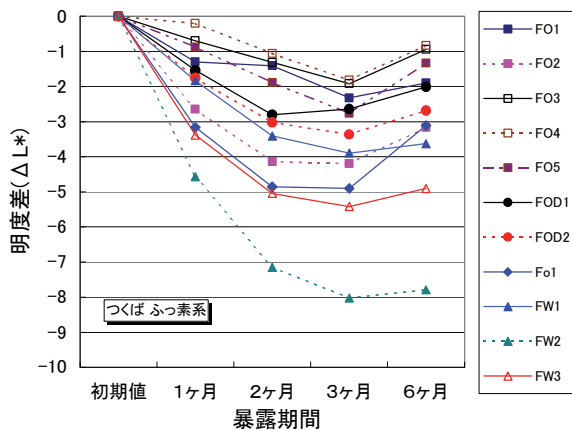


図-5 ふっ素系の明度差の変化（つくば）

おり、この結果では非弾性タイプと同等と言える。

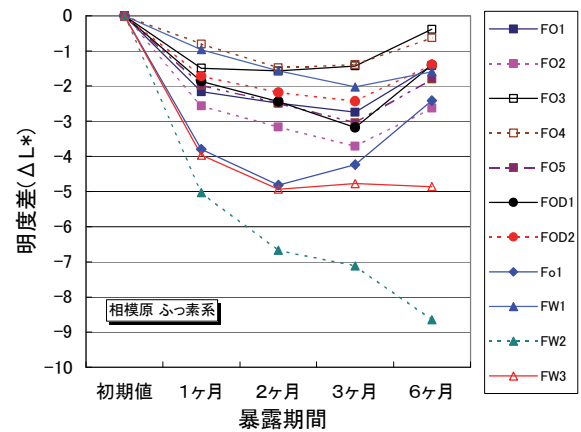


図-6 ふっ素系塗料の明度差の変化（相模原）

b. アクリルシリコン系塗料の明度差

図-7につくば暴露におけるアクリルシリコン系塗料の明度変化、図-8に相模原暴露におけるアクリルシリコン系塗料の明度変化を示す。両暴露地での各塗料の明度差の順位は同一傾向を示している。暴露6ヶ月でつくば暴露の明度差は-6から-2、相模原暴露の明度差は-6から-1に分布しており、つくば暴露ではSo1とSo3が他より目だって明度の低下が少ない結果となっている。溶剤系と水系を比較すると、暴露6ヶ月における明度差の平均値は、つくばで溶剤系が-3.8、水系が-5.3であり、相模原では溶剤系が-3.2、水系が-4.6で、共に溶剤系より水系の方が汚れやすい結果となった。溶剤系の中で弱溶剤系は2種類あるが、So1はアクリルシリコン系塗料全体の中で上位の群に、So2は下位の群に属している。溶剤系の中で弾性タイプは1種類のみ(SOD1)であるが、非弾性タイプより明度の低下が大きい結果となった。

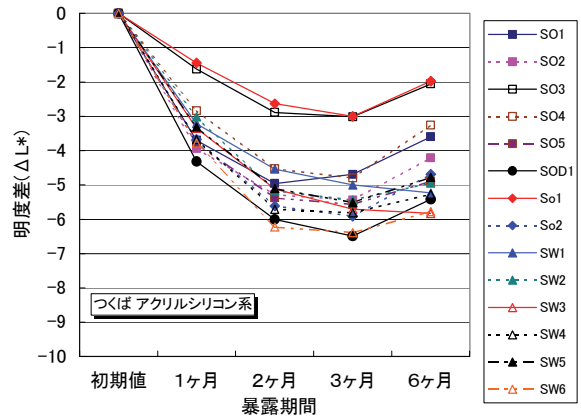


図-7 アクリルシリコン系の明度差の変化（つくば）

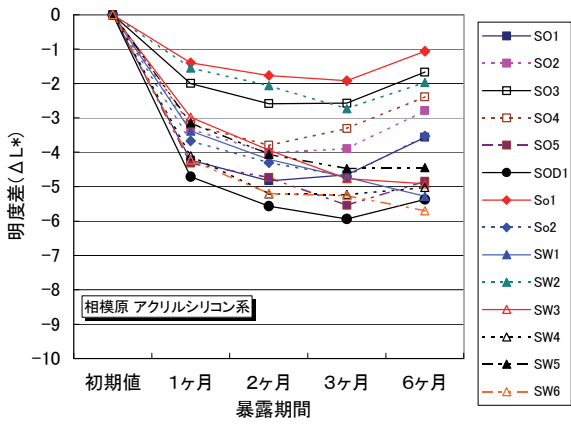


図-8 アクリルシリコン系の明度差の変化 (相模原)

c. アクリルウレタン系塗料の明度差

図-9につくば暴露におけるアクリルウレタン系塗料の明度差の変化、図-10に相模原暴露におけるアクリルウレタン系塗料の明度差の変化を示す。

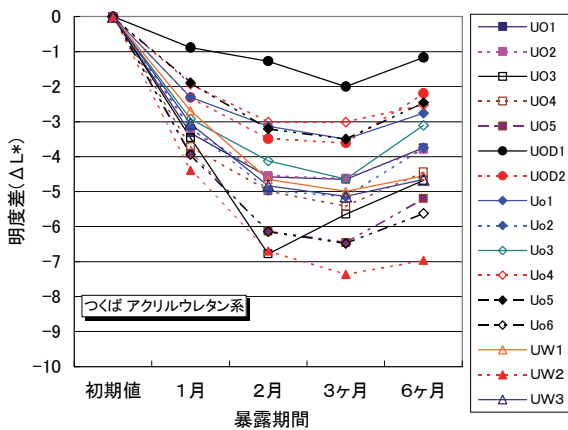


図-9 アクリルウレタン系の明度差の変化 (つくば)

両暴露地での各塗料の明度差の順位は同一傾向を示している。暴露6ヶ月でつくば暴露、相模原暴露とも明度差は-7から-1の範囲に分布している。溶剤系と水系を比較すると、暴露6ヶ月における明度差の平均値は、つくばで溶剤系が-3.5、水系が-5.4であり、相模原では溶剤系が-3.0、水系が-5.7となっており、共に溶剤系より水系の方が汚れやすい結果となった。溶剤系13種類の中で弱溶剤系は6種類あるが、暴露6ヶ月における明度差の平均値は、つくばでは非弱溶剤系が-3.6、弱溶剤系が-3.4、相模原では非弱溶剤系が-3.2、弱溶剤系が-2.7となっており、共に弱溶剤系の方が通常の溶剤系よりも明度差の低下が少なかった。溶剤系の中で弾性タイプは2種類(UOD1、UOD2)であるが、つくば暴露、相模原暴露の双方でアクリルウレ

タン系塗料全体のなかで最も明度差の低下が小さく、汚れにくい結果となった。

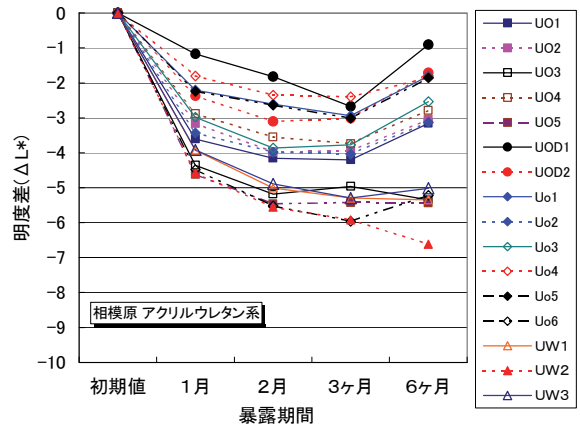


図-10 アクリルウレタン系の明度差の変化 (相模原)

d. 光触媒の明度差

図-11につくば暴露における光触媒の明度差の変化、図-12に相模原暴露の光触媒の明度差の変化を示す。

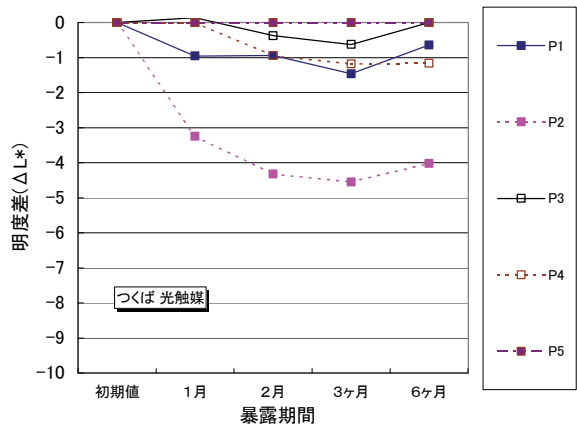


図-11 光触媒の明度差の変化 (つくば)

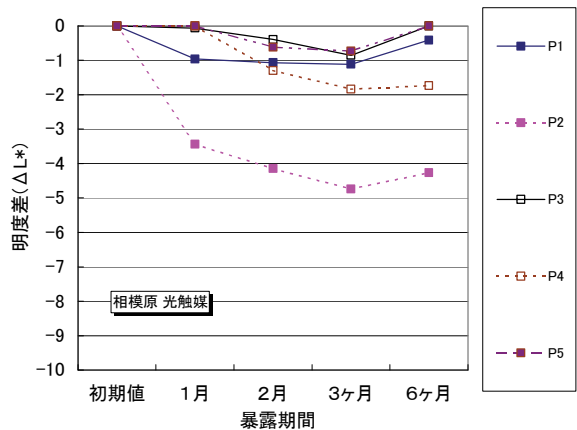


図-12 光触媒の明度差の変化 (相模原)

5種類の材料を試験しているが、P2が他と比べて明度の低下が大きくなっている。それ以外の明度の低下は前に述べた塗料系材料と比べて小さく、暴露6ヶ月の明度差はつくば、相模原とも-2以上に留まっている。

e. 樹種別の明度差

図-13 に樹種別明度差の比較（つくば・6ヶ月）、図-14 に樹種別明度差の比較（相模原・6ヶ月）を示す。図では最大-最小の幅と平均を示している。つくばと相模原で同じ傾向となっている。平均値では、光触媒、ふっ素系、アクリル系、アクリルシリコン系の順に明度差小さい。サンプル数も少ないが光触媒はばらつきが少なく、アクリルウレタン系は最大最小の幅が大きく、最大はアクリルシリコンの最大よりも大きいし、最小はアクリルシリコンの最小よりも小さい。

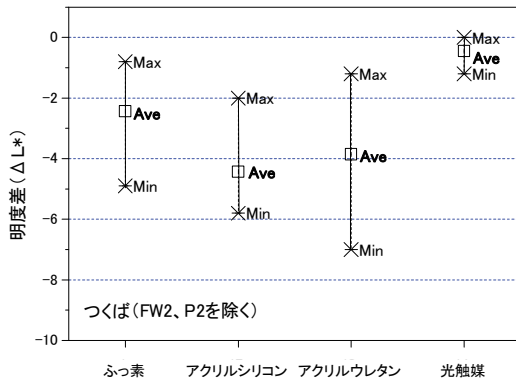


図-13 樹種別明度差の比較（つくば・6ヶ月）

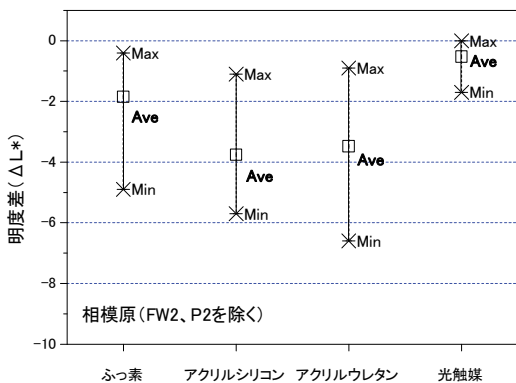


図-14 樹種別明度差の比較（相模原・6ヶ月）

4.3 低汚染塗料と通常塗料の比較

図-15 に低汚染塗料と通常塗料の比較（つくば・6ヶ月）、図-16 に低汚染塗料と通常塗料の比較（相模原・6ヶ月）を示す。すべての系統の塗料についてその平均値は、低汚染タイプの方が通常タイプよ

り明度差が小さい。しかし、低汚染タイプの塗料で通常タイプの塗料よりも明度差が大きく汚れやすい銘柄も存在する。

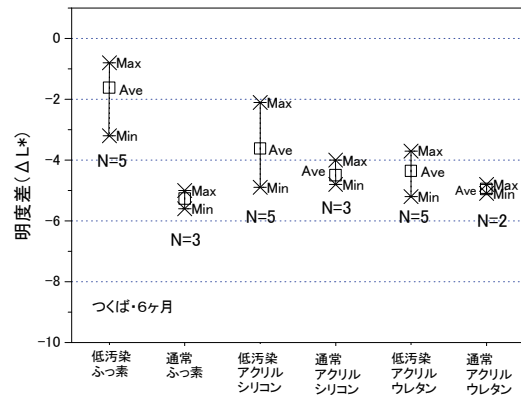


図-15 樹種別明度差の比較（相模原・6ヶ月）

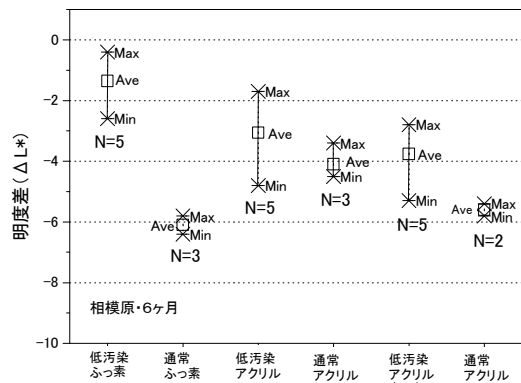


図-16 低汚染と通常塗料の比較（つくば・6ヶ月）

4.4 水接触角の影響

図-17 につくば暴露におけるふっ素系塗料の水接触角の変化を示す。水接触角の初期値は60度~85度の範囲にあり、時間の経過とともに低下している。全体的な傾向として暴露初期（1~2ヶ月）における水接触角の低下速度が大きいものが多い。図-5に示したつくば暴露のふっ素系の明度差の変化で、FW2やFW3の明度の低下が大きい（汚れやすい）が図-17で水接触角が大きく親水性が小さいことと対応している。

図-18 につくば暴露におけるふっ素系塗料の水接触角の平均値と暴露6ヶ月の明度差の関係を示す。水接触角は暴露期間中の変化を考慮して平均値で評価した。図-18より水接触角と明度差（汚れ）は明らかに相関があり、水接触角が大きいほど明度差が小さく（汚れが大きく）なっている。

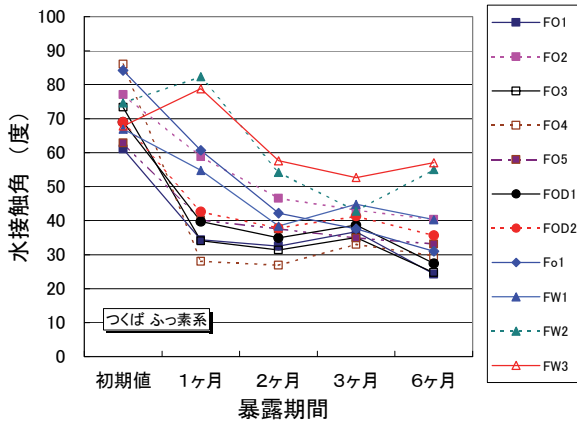


図-17 水接触角の変化 (つくば・ふっ素系)

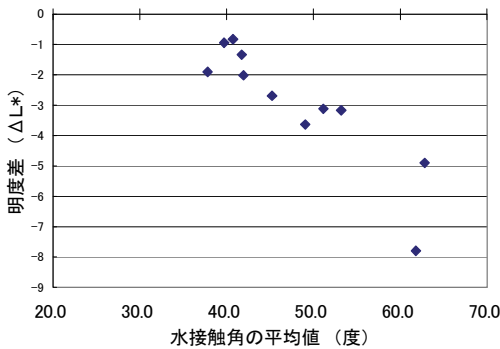


図-18 水接触角と明度差 (つくば・ふっ素系塗料)

図-19 につくば暴露におけるふっ素系の低汚染型塗 (F0) と通常塗料 (FN) の水接触の変化を示す。

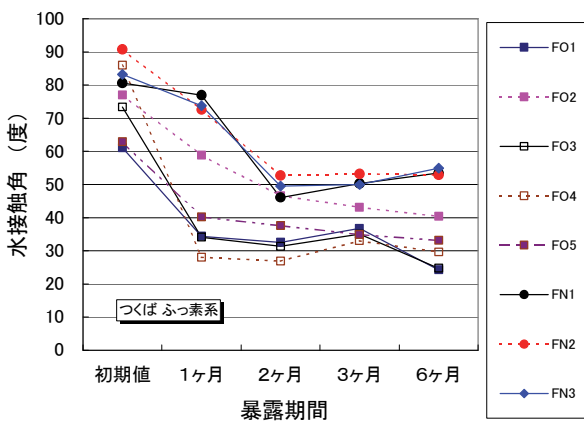


図-19 水接触角と明度差 (つくば・ふっ素系塗料)

低汚染型の F02 の水接触角がやや大きいですが、水接触角の値は低汚染型塗料のグループと通常塗料のグループに分かれており、低汚染型塗料の方が小さい値で推移している。また、時間とともに水接触角が小さくなる傾向はフッ素系塗料に関しては、低汚染型塗料が1ヶ月で大きく低下するのに対して通常塗料は2ヶ月

を要して大きく低下し、その後ほぼ一定値を保っている。

5. まとめ

通常塗料を含めた低汚染型塗料 53 種類と、光触媒 5 種類の汚染防止性能を評価するために実施した 6 ヶ月間の暴露試験で以下の結果を得た。

- i. つくばと相模原で各樹脂種類の塗料の汚れが進行する状況は類似の傾向であった
- ii. 環境配慮から VOC 対策のために、弱溶剤系や水系の塗料の普及が活発であるが、汚染防止性能では弱溶剤系は樹脂種類によって溶剤系は勝るものと劣るものがあるが水系はすべて溶剤系より劣っている
- iii. 樹脂種別に汚染防止性能を比較すると、光触媒の性能が圧倒的に良く、ついでふっ素系樹脂、アクリルウレタン系塗料、アクリルシリコン系塗料の順であった
- iv. 樹脂種類ごとに低汚染型塗料と通常塗料を比較すると、その平均値はすべての樹脂で低汚染型塗料の方が通常塗料よりも汚染防止性能が高かったが、低汚染型塗料で通常塗料よりも汚れやすい銘柄もあった
- v. 水接触角と明度差には明らかな相関関係があり、水接触角が小さいと汚れにくい

6. おわりに

持続的社會に対応する建築を成立させるためには、外装材料の美装機能を長期化させることが重要であり、開発が進んでいる低汚染型材料の性能と特性を見極めて効果的に利用してゆく必要がある。今後さらに長期の性能を調べるとともに、促進試験の有効性についても検討する予定である。

最後に資料の提供や試験の実施に助言をいただいた材料メーカー担当の方々に謝意を表する。

【参考文献】

- 1) 茂木、矢野他「外壁用塗料の耐候性能評価に関する研究 その 33 屋外暴露 7 年までの試験結果 (暴露地：つくば市)」、建築学会学術講演梗概集、p. 847、1997 年