

建築物外装に適用したふっ素樹脂塗装システムの 31 年間にわたる追跡調査

○ 中野 智覚^{*1} 岡本 享^{*1} 澤 義智^{*1} 高柳 敬志^{*2}

1. はじめに

建築物外装に適用した塗装システムは、経年により塗膜劣化が生じる。この現象や程度等は、周辺環境の外的要因に大きく影響され、その外的要因としては、主に太陽光に含まれる紫外線、降雨、沿岸地域の塩分、埃・塵・排ガス等による汚染等が挙げられる。特に太陽光に含まれる紫外線照射の影響は深刻であり、耐候性の低い塗膜は、容易に外観不良等の塗膜劣化を引き起こす。また、これらの塗膜劣化に対する改修作業は、多大な労力と費用が必要とされる。

30 年来、太陽光の紫外線照射に対して耐性をもつ耐候性塗料がメーカ各社から上市されており、中でもふっ素樹脂塗料〔本報告では、日本建築学会 建築工事標準仕様書 JASS 18、国土交通省監修 公共建築改修工事標準仕様書に記された FEVE 系常温乾燥型ふっ素樹脂エナメル（以下、ふっ素樹脂塗料と称す）について述べる〕は、長期間にわたり街の景観を保護できる高耐候性塗料として注目されてきた。

ふっ素樹脂塗料とは、ふっ素原子が結合された樹脂を主剤とする塗料であり、自然界の最大紫外線エネルギーの 411 [KJ/mol] に対して、ふっ素樹脂の主鎖結合エネルギーの方が 414-424 [KJ/mol] と高いため（例えばポリウレタンの主鎖結合エネルギーは 379 [KJ/mol]）、ふっ素樹脂は高い耐久性、耐候性を発現するものと期待される。

そのため、ふっ素樹脂塗装システムは近年の省資源・省エネルギーという意識の高まりに応えられるものとして多くの建築物に採用されてきており、

丈夫な塗膜性能と外観を長期間美しく装う意匠性、特にメンテナンスフリーが高く評価されている。

ふっ素樹脂塗料が上市されて既に数十年が経過した。従来の塗料と比較して、ふっ素樹脂塗料がはるかに優れた高耐候性を有していることは促進耐候性試験、屋外暴露試験等で評価されてきている。

しかしながら塗料の真の耐候性は、現実の建物が色々な環境で塗装され、その経時変化が少ないという結果で初めて評価される。そのため、塗装された建築物の経時的な追跡調査は極めて重要である¹⁾²⁾。

本報告では、高耐候性を有するふっ素樹脂塗装システムを適用した建築物外装の 31 年間にわたる追跡調査結果について報告する。長期間にわたる実績状況を把握しておくことが、今後のさらなる塗料開発の発展に寄与すると考える。

2. 追跡調査

2.1 調査物件

追跡調査を実施した建築物の竣工は 1962 年（昭和 37 年）、追跡調査した外壁の改修が施工されたのは 1983 年（昭和 58 年）である。

建築物は、素材に GRC（ガラス繊維強化セメント）板が使用されており、塗装仕様として下塗りにエポキシ樹脂塗料、中塗りとしてふっ素樹脂塗料、最後に上塗りとしてふっ素樹脂塗料（色：青）を現地に重ね塗りしている。

適用した塗装仕様を表 1 に示す。

表 1 適用塗装仕様

工程		使用材料	施工
		標準所要量	
1	下塗り	エポキシ樹脂塗料	現地
		0.12~0.14kg/m ²	
2	中塗り	ふっ素樹脂塗料	現地
		0.12~0.14kg/m ²	
3	上塗り	ふっ素樹脂塗料	現地
		0.14~0.17kg/m ²	

2.2 調査項目

調査対象とした建築物の配置図と調査箇所を、図 1 に示す。

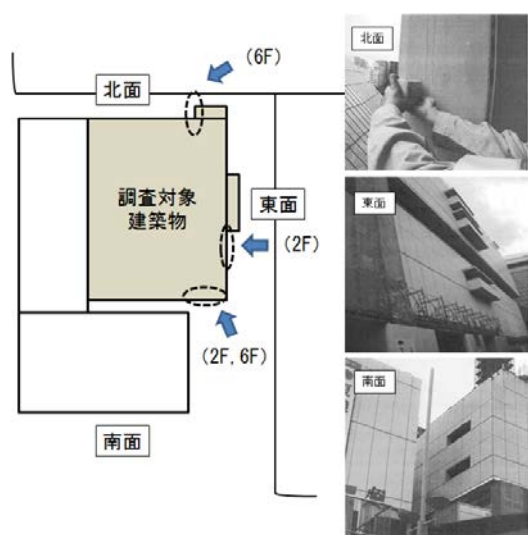


図 1 調査対象建築物の配置図と調査箇所

調査は、施工から 31 年経過した建築物外装の外観評価、光沢度測定、採取した塗膜片の FT-IR 分析等を実施した（表 2 参照）。

表 2 調査項目と調査箇所

評価項目		方位	階	調査期間
1	外観評価	目視	東面	1983~2014
		物性	東面	2014
			南面	
		光沢・色変化	東面	1983~2014
2	FT-IR 分析	南面	6F	2014
		北面	6F	

2.2.1 外観評価

建築物（東面）について、経時的な塗膜の外観評価を目視調査した。評価項目は、塗膜の白亜化、汚れ、ふくれ、割れ、剥がれの 5 項目であり、過去計 4 回にわたり調査を実施した。

31 年経過した塗膜の物性評価として JIS K 5600-8-6（白亜化の等級）、JIS K 5600-5-6（付着性）に準じて、31 年経過した塗膜の確認を行った。

白亜化及び付着性の評価基準を写真 1 に示す。

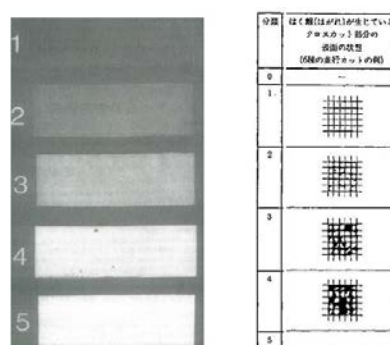


写真 1 白亜化・付着性の等級

また、建築物（東面）の経時的な外観評価として、塗膜の光沢、色変化の 2 項目についても調査を実施した。

2.2.2 塗膜の分析

最も日照条件が厳しい南面 6F、および日の当りにくい北面小口 6F から塗膜片を採取し、フーリエ変換赤外顕微分光装置による赤外分光分析（顕微 ATR 法）による既存塗膜の分析を行い、現状でのふっ素樹脂塗膜の状態を確認した。

3. 調査結果と考察

3.1 外観評価結果

外観評価の追跡調査結果を表 3、表 4 に示す。





施工から 25 年経過時点で若干の白亜化が確認されたが、ふっ素樹脂塗膜自体にふくれ、割れ、剥がれなどの不具合は認められなかった。また、塗膜の付着性自体は 31 年経過した後も非常に良好なことから、ふっ素樹脂塗膜の下地保護機能は保持されていると考えられる。

表3 建築物の長期状況（東面）

調査 年度	経過 年数	外観評価				
		白垂 化	汚れ	ふく れ	割れ	剥が れ
1983	0	○	○	○	○	○
1986	3	○	○	○	○	○
1993	10	○	○	○	○	○
2008	25	-	○	○	○	○
2014	31	△	△	○	○	○

〈評価段階〉 ○：正常 △：部分的不具合
×：不具合 -：データの欠如

表4 31年経過した塗膜の物性評価

試験 項目	調査 箇所	JIS 等級	粘着テープの外観	評価
白垂 化	東面 2F	2~3		△
	南面 2F	2~3		△
付着 性	東面 2F	分類0 25/25		○
	南面 2F	分類0 25/25		○

〈評価段階〉 ○：正常 △：部分的不具合 ×：不具合

光沢度の追跡調査結果を図2に示す。

施工から10年経過時点では、光沢度は60~70と高く色彩保持も非常に良好であったが、31年経過後は光沢度が13~16程度に低下しており、色彩も当初の青よりもだいぶ褪せて白味を帯びた状況であった。

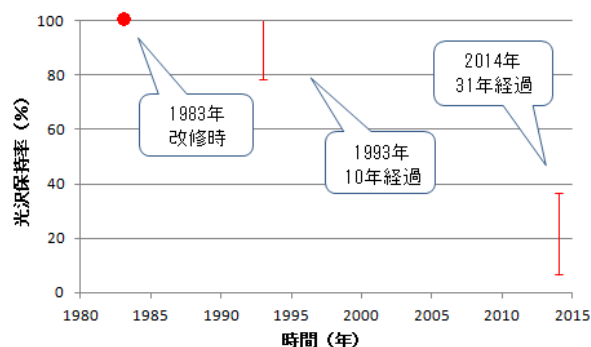


図2 光沢保持率の経時変化

過去の調査事例として、2008年（施工後25年経過）に管理者に聴取を実施した結果を以下に示す。

- ① 適用した塗装システムに起因する、不満足な点は無く、満足している。
- ② 客先から塗装外観でクレームをいただいたことは無い。
- ③ メンテナンスは10年程したところで一度洗浄した。
- ④ 本建築物より後に施工した近傍ビル（外装：ポリウレタン系塗装システム）は既に2度塗り替えている。

3.2 塗膜の分析結果

今回採取した塗膜片 FT-IR 分析結果を図3、4に示す。これらの分析結果から、以下の知見を得た。

- ① ふっ素樹脂由来のピークに大きな変化は見られない。
- ② 図3（南面）及び図4（北面）の丸枠で示した部分は硬化剤であるイソシアネート由来のピークであり、ほとんど変化は見られない。
- ③ 特に1520 [cm⁻¹]付近では架橋基であるウレタン結合由来のピークが図3、4の点線枠にはっきりと確認される。

従って、架橋部位などの切断が大きく発生している可能性は低いと考えられる。これにより、日照条件の厳しい南面でも日の当りにくい北面同様ふっ素樹脂塗膜は保持されていると判断される。

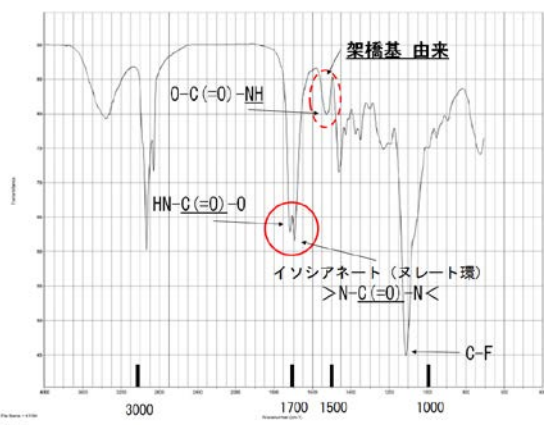


図3 ふっ素樹脂塗料 31 年経過塗膜（南面 6F）
IR スペクトル

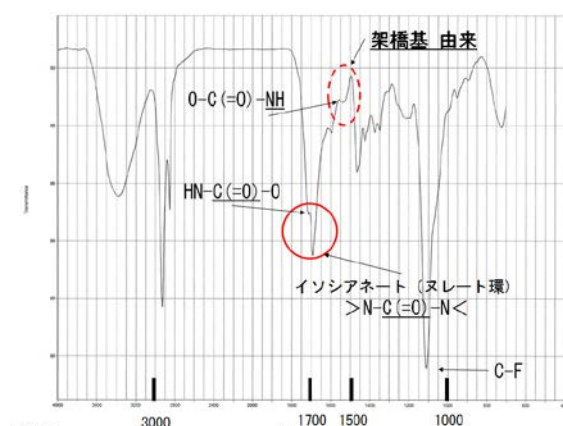


図4 ふっ素樹脂塗料 31 年経過塗膜（北面 6F）
IR スペクトル

顕微 ATR 法の測定方法では、試料内部へ光が到達する深さはおおよそ 5 μ m 程度である。通常、ポリウレタン塗膜を長期間にわたって屋外にて暴露した場合、塗膜内部の深い部分まで架橋基であるウレタン結合が消失してしまう事³⁾を考慮すると、ふっ素樹脂塗膜の最表面付近にウレタン結合がはっきりと残存しているのが確認出来た事は、ふっ素樹脂の優位性を示唆している。

4. まとめ

建築物外装に適用したふっ素樹脂塗装システムの 31 年間にわたる追跡調査により、塗膜外観は光沢低下・退色しているものの建築物を保護するふっ素樹脂塗膜自体は、ほぼ健全に保持されているものと考

えられる。

また施工当時、白顔料である酸化チタンの光触媒反応による塗膜の早期劣化等の悪影響についてあまり知られていなかった。しかし、酸化チタンについて知見が無かった当時のふっ素樹脂塗料でさえ、31 年後も十分に塗膜の下地保護性は機能している。現在では、対策済み酸化チタンを使用したふっ素樹脂塗料が既に開発されており、建築物外装のさらなる長寿命化が期待される。

5. 今後の予定

本報告では、日本で 31 年経過した最も古い建築物について追跡調査を行い、種々の知見を得た。

現在、ふっ素樹脂塗料が塗装された建築物は数多く存在する。それらの建築物は経過観察中であるが、いずれの物件も施工して十数年経過しているが状態は良好である。今後、それらの調査結果がまとまり次第、適宜報告していく予定である。

最後に今回の追跡調査に対して、ご指導・ご協力を頂きました office OHSAWA 大澤 悟氏、株式会社竹中工務店 技術研究所 井原 健史氏、同 森田 翔氏に厚くお礼申し上げます。

《参考文献》

- 1) 高柳 敬志, 木村 功: 超耐候性ふっ素樹脂の特性と応用事例, 塗装技術, 6 月号, pp59-67, 1993
- 2) 高柳 敬志, 増田 祥: ふっ素樹脂塗装の性能調査, 日本建築仕上学会 2009 年大会学術講演会研究発表論文集, pp235-238, 2009
- 3) 高柳 敬志: 塗料用ふっ素樹脂の高耐候性評価方法と評価結果, 平成 23 年度ウエザリング技術研究成果発表会予稿集, 2011
- 4) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS18 塗装工事, pp63-65, 2001
- 5) 建築保全センター: 公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編) 平成 16 年版, pp221-223, 2004
- 6) 建築保全センター: 建築改修工事監理指針 平成 25 年版, 2013

*1 AGC コーテック株式会社

AGC COAT-TECH Co., Ltd.

*2 AGC 旭硝子株式会社 化学品カンパニー

AGC Chemicals, ASAHI GLASS Co., Ltd.