

暴露と促進耐候性試験片の表面解析

— 塗膜の表面解析結果／塗料分科会報告 —

塗料分科会委員 田中 誠
(財団法人 鉄道総合技術研究所)

1. はじめに

本報告は、新発電システムの標準化に関連する要素機器・部品・周辺機器等の耐久性、防錆・防食性等の長期耐久性及び寿命予測の標準化のための調査研究を目的とした旧通商産業省工業技術院委託の「新発電システムの標準化に関する調査研究」の成果の一部である。

新発電システムの標準化に関する調査研究委員会の塗料系分科会では、新発電システムの諸設備の機能を有効に保持するため、塗装に関わる長期耐久性評価などを通じ、耐候性・防食性に優れた塗装系の開発、耐久性予測評価、標準化を目的に検討している。この中で、耐候性の長期耐久性試験方法の開発を目的に行われた B シリーズの検討において、試験片の表面観察及び分析を行ったので、この内容をここに報告する。

2. B シリーズでの試験概要

B シリーズでは、上塗り塗膜の耐候性検討のため、各種の上塗り塗膜の暴露試験と促進試験を 1992 年に開始した。暴露試験は、(財)日本ウェザリングテストセンターの銚子暴露場(以後:銚子)、宮古島暴露場(以後:宮古)、琉球大学工学部構内(以後:西原)、米国の Everglades Testing Laboratory(以後:マイアミ)の 4 箇所で 1997 年までの 5 年間実施した。暴露試験片は、1 年毎に回収され、測定・評価後に(財)日本ウェザリングテストセンターで保管している。促進試験は、カーボンアーク灯を用いた促進耐候試験(以後:SW 試験)及びキセノンアーク灯を用いた促進耐候試験(以後:XW 試験)を 2500 時間まで行った。さらに、一部の試験片について QUV による促進試験も行った。

B シリーズで用いた試験片は、暴露期間が 5 年間と短いので、表 1 に示すように、簡易な防食を目的に選定した下・中塗り塗料の組み合わせと 11 種類の上塗り塗料を用いて製作されている。上塗り塗膜の色彩は、顔料に二酸化チタンとカーボンブラックを用いて灰色に調色した 1 種類である。

表 1 B シリーズの試験片

No.	塗装系	
	下・中塗り塗料	上塗り塗料
B1	有機ジンクリッチ／エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料
B2	同上	ふっ素樹脂塗料
B3	同上	アクリル・シリコン樹脂塗料
B4	同上	シリコン・ウレタン樹脂塗料
B5	エッチングプライマー／鉛系さび止め／合成樹脂調合ペイント中塗	合成樹脂調合ペイント
B6	エッチングプライマー／鉛系さび止め／フェノール樹脂 MIO／塩ゴム用中塗	塩化ゴム系塗料
B7	ジンクロメートさび止めペイント	フタル酸樹脂塗料
B8	(りん酸塩処理)／プライマー	アミノアルキド樹脂塗料
B9	(りん酸塩処理)	紛体塗料
B10	(りん酸塩処理亜鉛めっき)／加熱硬化エポキシ樹脂塗料	加熱硬化ポリエステル樹脂塗料
B11	(フレキシブル板)／シーラ	つや有リエマルジョン塗料

備考: B1 から B10 までは鋼板に塗装

3. 促進試験及び暴露試験結果の抜粋

3.1 促進試験結果

促進試験として SW 試験、XW 試験及び QUV を実施しているが、ここでは SW 試験と XW 試験での 60 度鏡面光沢度測定結果から求めた光沢保持率について紹介する。ただし、初期の光沢度が低い試験片 B6（初期光沢度 40 以下）と B11（初期光沢度 60 程度）の結果は除外してある。

図 1 は、SW 試験の光沢保持率を横軸に、XW 試験の光沢保持率を縦軸に取り、各塗膜の 1000 時間後と 2500 時間後の値を比較したものである。

試験片 B5(合成樹脂調合ペイント)、B8 (アミノアルキド樹脂塗料) 及び B9 は、約 300 時間経過後に光沢が大きく低下した。試験片 B7 (フタル酸樹脂塗料) と B10 は、SW 試験 500 時間後から光沢度が低下し始め、1000 時間後には光沢保持率 50% 程度以下となったが、XW 試験では、1000 時間

まで光沢の大きな低下は見られなかった。これらの塗膜（比較的耐候性の低い）では、SW 試験が XW 試験より光沢保持率の低下が早いことが分かる。

試験片 B1 (ポリウレタン樹脂塗料) は、SW 試験、XW 試験とも 1000 時間後から光沢の低下が見られた。また、SW 試験と XW 試験での光沢低下傾向は、ほぼ同等であった。

試験片 B2 (ふっ素樹脂塗料)、B3 (アクリル・シリコン樹脂塗料) 及び B4 (シリコン・ウレタン樹脂塗料) は、SW 試験、XW 試験とも 1000 時間までは光沢保持率の低下が見られず、2500 時間で僅かに低下している。これらの高耐候性として知られる塗膜の光沢保持率の低下傾向は、前述の塗膜と異なり、SW 試験より XW 試験で低下が早いことを想定させる結果であった。

3.2 促進試験結果と暴露試験結果の比較

フタル酸樹脂塗膜とポリウレタン樹脂塗膜の SW 試験 2500 時間後の光沢保持率と銚子に 3 年及び宮古に 2 年暴露した試験片の光沢保持率がほぼ同等であったので、この結果を用いて促進試験と暴露試験の結果を比較した。なお、暴露試験では、試験片表面に付着する汚れや白亜化物を水で濡らしたウェスで洗浄除去する前と後で計測しているので、両結果を用いて比較した。

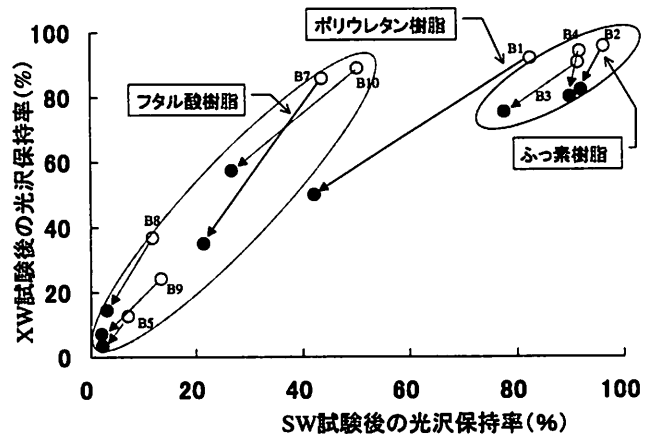


図 1 SW 試験と XW 試験の光沢保持率の比較
○：1000 時間後 ●：2500 時間後
初期光沢度の低い B6、B11 を除く

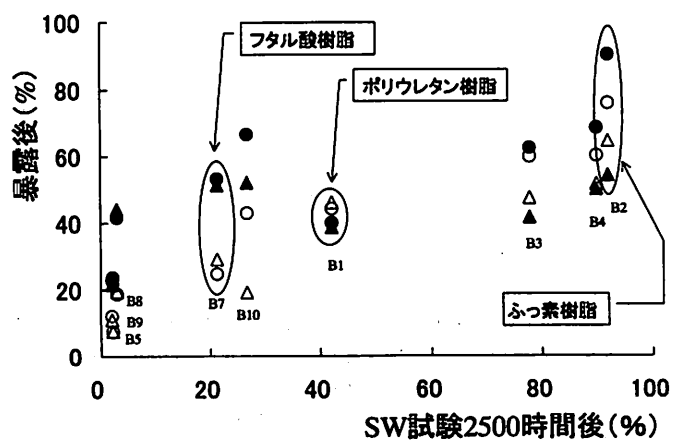


図 2 促進試験と暴露試験後の光沢保持率比較
○：銚子 3 年洗浄前 ●：銚子 3 年洗浄後
△：宮古 2 年洗浄前 ▲：宮古 2 年洗浄後

図 2 は、横軸に SW 試験 2500 時間後の光沢保持率を、縦軸に暴露後の光沢保持率を示したものである。試験片 B5、8、9 は洗浄前の暴露試験片の光沢保持率が SW 試験 2500 時間の光沢保持率より高い結果を示したが、ふっ素樹脂などの高耐候性と称される塗膜(試験片 B2、B3、B4) は、SW 試験 2500 時間後の光沢保持率より暴露後の洗浄前の光沢保持率が低い。

洗浄後の光沢保持率は、光沢保持率の低下の早い塗膜(試験片 B5、B7~B10) では、洗浄前より増加し、ポリウレタン樹脂塗膜(試験片 B1) や耐候性の高い塗膜(試験片 B2~B4) では、洗浄前より光沢保持率が低下する場合があることを示した。

以上に示したように、試験した塗膜は、促進試験及び暴露試験結果から光沢の変化で大きく次の 3 種に分類できると考えられる。

- (1) 試験片 B5、B7~B10: XW 試験より SW 試験での光沢低下が大きい。(2)、(3) に比較して暴露試験より促進試験での光沢低下が大きい。暴露試験片の水洗で光沢が増加(回復)する。
- (2) 試験片 B2~4: SW 試験より XW 試験での光沢低下が早い。(1) に比較して、促進試験より暴露試験での光沢低下が大きい。暴露試験片の水洗で光沢が低下する場合がある。
- (3) B1: SW 試験と XW 試験との光沢低下がほぼ同等である。暴露試験と促進試験との関係は、(1) と (2) の中間的な関係である。暴露試験片の水洗で光沢が低下する。

4. 塗膜表面の観察・分析

3 章で示したように、B シリーズで試験した 11 種の塗料の中から耐候性の挙動が異なると想定されるフタル酸樹脂塗膜、ポリウレタン樹脂塗膜及びふっ素樹脂塗膜について、XW 試験 2500 時間経過の試験片、暴露による初期変化の観察が可能な銚子、宮古に 1 年間暴露した試験片及び暴露後の変化が進んでいると想定される西原に 5 年間暴露した試験片を選択して、塗膜表面の観察・分析に供した。

4.1 観察・分析方法

塗膜表面の観察・分析は、光学式拡大観察(数百倍)、電子顕微鏡による拡大観察(数千倍から 1 万倍)、表面の元素分析及び顕微 FTIR 分析で行った。

(1) 光学式拡大観察方法

キーエンス社製デジタルマイクロスコープを用い、数百倍での拡大観察を行った。

(2) 電子顕微鏡観察及び元素分析方法

拡大観察及び元素分析は、日本電子(株)製 EPMA を用い、以下の条件で実施した。なお、一部試験片に関して、元素分析で検出された塗膜構成元素以外の元素について面分布を測定した。

拡大観察: 加速電圧 10kV、電流 10^{-10} A 以下、拡大倍率 3,000~10,000 倍

元素分析: 加速電圧 15kV、電流 10^{-8} A、ビーム径 100 μ m、分光結晶(LIF、PET、TAP)

なお、観察用試験片の切り出しに際し、表面を蒸留水で洗浄した。このため、試験片表面の水可溶性成分や緩く付着する成分が除去されていると考えられる。

(3) 顕微 FTIR 分析方法

電子顕微鏡観察用試験片と同様の方法で製作した試験片について、パーキンエルマー社

製顕微 FTIR 装置を用い、塗膜表面に直径 100 μm の結晶（ゲルマニウム）を押し付け、結晶と塗膜表面間で反射する赤外線の吸収スペクトルを測定した。

4.2 塗膜表面の観察・分析結果

(1) 光学式拡大観察結果

全ての試験片表面に粒子状の付着物が観察された（例：写真 1、ただし光学式での拡大観察の下限は直径数 μm 程度）。しかし、塗膜のき裂等の付着物以外の変状は観察されなかった。そこで、観察された粒子状付着物について、その概略の大きさと粒子の塗膜表面に占める面積比率を求め、表 2 に示した。XW 試験 2500 時間の試験片にも面積比で 0.05% ~ 0.1% の付着物が観察されるが、これは、XW 試験中に付着したとは考え難く、試験片保管中に付着したものと想定される。従って、試験片保管中に付着する粒子状付着物の量は 0.1% 以下と推定できる。

暴露地 3 箇所を比較すると、付着する粒子径と付着量が異なることが分かる。概略で宮古、西原に比較して銚子では、粗い粒子の付着が多いといえる。暴露期間 1 年では、粒子状物のフタル酸樹脂への付着が多く、ふっ素樹脂への付着が少ないなど塗膜種での違いが認められた。しかし、白亜化の進んだ西原における 5 年間暴露試験片では、3 種の試験片とも付着物の面積割合が 3% 程度と同じで、塗膜種の違いによる付着量の違いが認められなかった。これらより、暴露による粒子状付着物は、5 年程度の暴露では塗膜表面積の 5% 程度以下といえる。

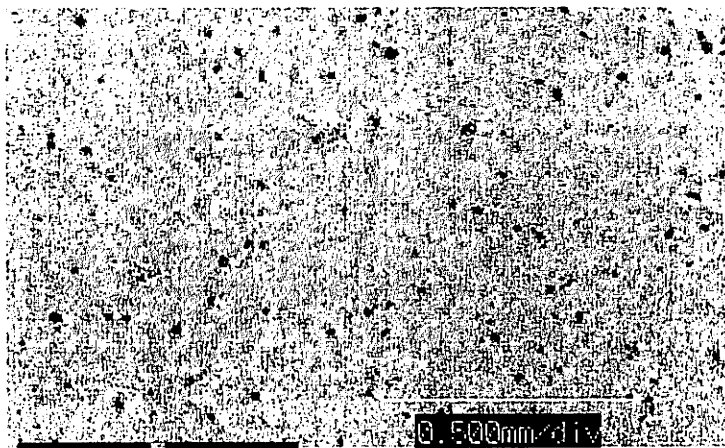


写真 1 銚子 1 年暴露のフタル酸樹脂塗膜の表面拡大写真

表 2 塗膜表面の光学式での観察結果

付着粒子の概略の直径 (μm)、面積比率 (%) 及び光沢保持率 (%)

試験内容	フタル酸樹脂		ポリウレタン樹脂		ふっ素樹脂	
	径、面積	保持率	径、面積	保持率	径、面積	保持率
XW2500 時間	5 μm 、0.1%	35	5 μm 、0.05%	50	5 μm 、0.05%	82
銚子暴露 1 年	20 μm 、5%	70	50 μm 、3%	71	50 μm 、1%	85
宮古暴露 1 年	20 μm 、0.5%	62	20 μm 、1%	77	20 μm 、0.5%	91
西原暴露 1 年	30 μm 、3%	70	30 μm 、1%	83	30 μm 、1%	94
西原暴露 5 年	30 μm 、3%	8	30 μm 、3%	14	30 μm 、3%	15

(2) 電子顕微鏡拡大観察及び元素分析結果

(a) 拡大観察結果

表面の拡大観察結果を表 3 に示す。観察した全ての暴露試験片表面に固体が衝突した跡と想定されるくぼみ（付着物の脱落跡？）や 1 μm 程度以下の微細な付着物が観察された。しかし、その塗膜表面に占める面積比率が小さく、暴露地、樹脂種間の差を検討できない。

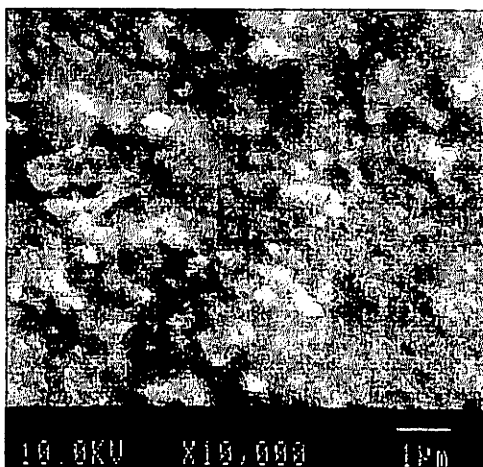
フタル酸樹脂塗膜では、暴露 1 年で全面に顔料粒子の露出が観察された。また、露出した顔料と樹脂の界面に隙間が観察された。

ポリウレタン樹脂では、1 年間の暴露で顔料周囲の樹脂の消耗、顔料と樹脂間のはく離による顔料の脱出と想定される空隙が観察された（写真 2）。

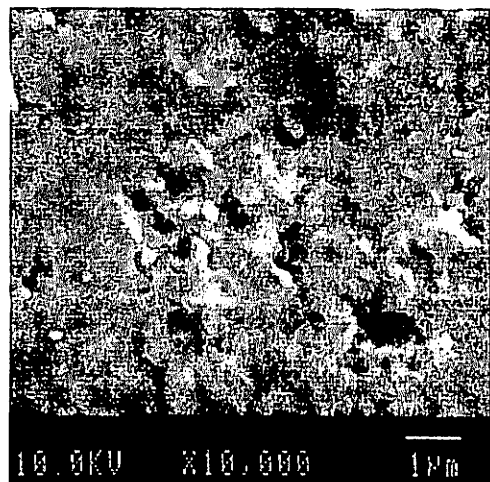
ふっ素樹脂では、1 年間の暴露で微小の空隙が観察された。西原に 5 年間暴露したふっ素樹脂では、表層部の顔料が抜け落ち、表面にフィルム状の樹脂の残存が観察された（写真 3）。これらの暴露試験片に観察された顔料周りの隙間や顔料が抜け落ちたような空隙は XW 試験 2500 時間の試験片には観察されなかった（写真 2、3）。

表 3 塗膜表面の拡大観察(3,000~10,000 倍)結果

試験片		観察結果
未劣化表面		樹脂の連続皮膜で覆われ、不鮮明な直径 $0.5\mu\text{m}$ 程度の凹凸が観察される。
フタル酸樹脂	XW2500 時間	全面が直径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 程度の顔料と想定される粒子で覆われている。
	宮古 1 年	直径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ 程度の顔料と想定される粒子とその間に樹脂が観察される。さらに、粒子と樹脂間に微細な隙間が観察される。
ポリウレタン樹脂	XW2500 時間	樹脂と想定される連続皮膜中に $0.2\sim 0.5\mu\text{m}$ 程度の顔料の一部が観察される。顔料と樹脂間に隙間は観察されない。
	銚子 1 年	樹脂と想定される連続皮膜中に $0.5\mu\text{m}$ 程度の顔料の一部が観察される。顔料と樹脂間に隙間と顔料抜けと想定される空隙が観察される。
	宮古 1 年	銚子暴露と同様だが、顔料と樹脂間の隙間及び顔料が抜けたと想定される空隙の密度がより密である
	西原 5 年	全面が直径 $0.5\sim 1\mu\text{m}$ の顔料と想定される粒子で覆われている。
ふっ素樹脂	XW2500 時間	ポリウレタンの XW と同様だが、顔料径が小さい。
	銚子 1 年	ポリウレタンの銚子暴露と同様だが、顔料径が小さく空隙が少ない。
	宮古 1 年	ポリウレタンの銚子暴露と宮古暴露の中間的な外観を呈している。
	西原 5 年	平坦な面と空隙で構成され、平坦な面は、顔料の抜けで樹脂が残存したためと想定される。表面に顔料と想定される粒子が少ない。

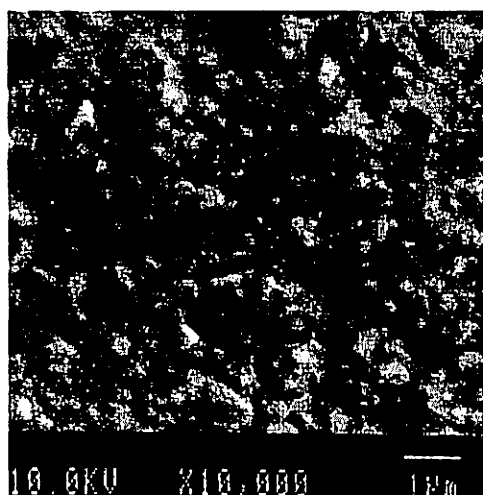


XW2500 時間後の表面

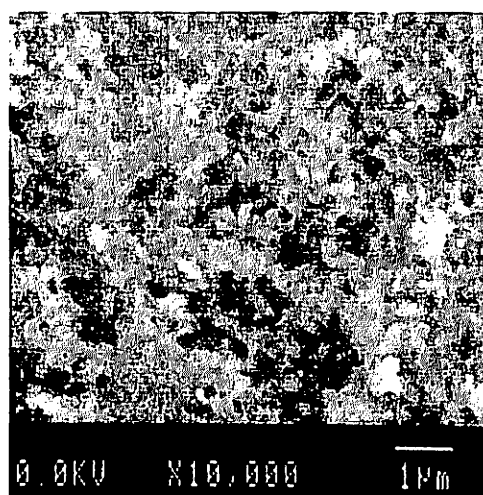


宮古暴露 1 年後の表面

写真 2 ポリウレタン樹脂塗膜の走査形電子顕微鏡拡大写真



XW2500 時間後の表面



西原暴露 5 年後の表面

写真 3 ふっ素樹脂塗膜の走査型電子顕微鏡拡大写真

(b) 元素分析結果

フタル酸樹脂塗膜とポリウレタン樹脂塗膜から顔料及びそのコーティング材起因のチタン (Ti)、アルミニウム (Al) が検出された。ふっ素樹脂塗膜では、樹脂起因の塩素 (Cl)、ふっ素 (F) と顔料及び顔料の表面処理剤起因の Ti、Al、けい素 (Si) が検出された。全ての塗膜表面から塗膜構成成分以外の元素として Si が検出された (窒素より軽元素は分析対象外)。

(c) 元素分布測定結果

元素分析で検出された Si の塗膜表面における分布を測定した。この結果、直径 $1\mu\text{m}$ 程度以下の範囲で Si 濃度の高い個所が点々と分布していた (図 4)。これは、塵埃起因 (鋳物) と想定される微細な付着物と考えられる。付着物の塗膜表面に占める面積比は、数%程度であった。

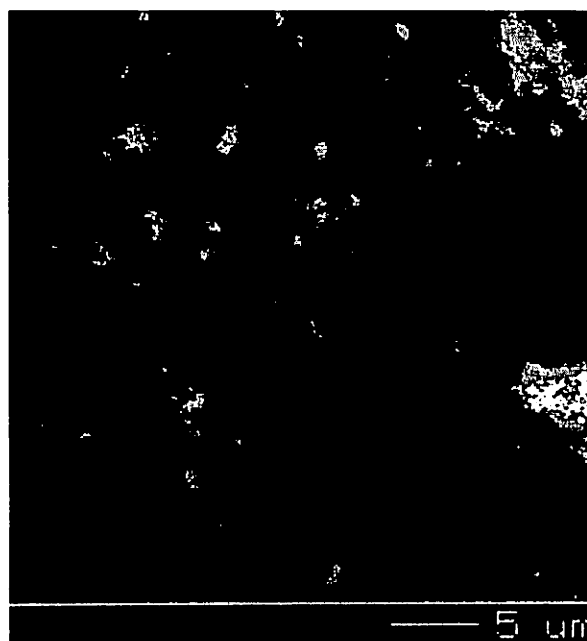


図 4 ポリウレタン樹脂塗膜表面の Si の分布図
銚子 1 年暴露、白点に Si 元素が多い

(3) 顕微反射 FTIR 分析結果

フタル酸樹脂塗膜表面は、XW 試験 2500 時間、宮古 1 年暴露とも樹脂起因の C-H 伸縮振動 ($2850\sim 3000\text{cm}^{-1}$) による吸収ピーク強度が低下し、表面拡大で観察された顔料リッチな表面に変化したことを裏付けている。ポリウレタン樹脂塗膜表面は、XW 試験 2500 時間の試験片においてウレタン結合の減少を想定させるスペクトル変化 (1670 及び 1550cm^{-1} 付近) が認められたが、銚子と宮古に 1 年間、西原に 5 年間暴露した試験片においては XW 試験片のような明白なスペクトル変化が認められなかった (図 5)。ふっ素樹脂塗膜

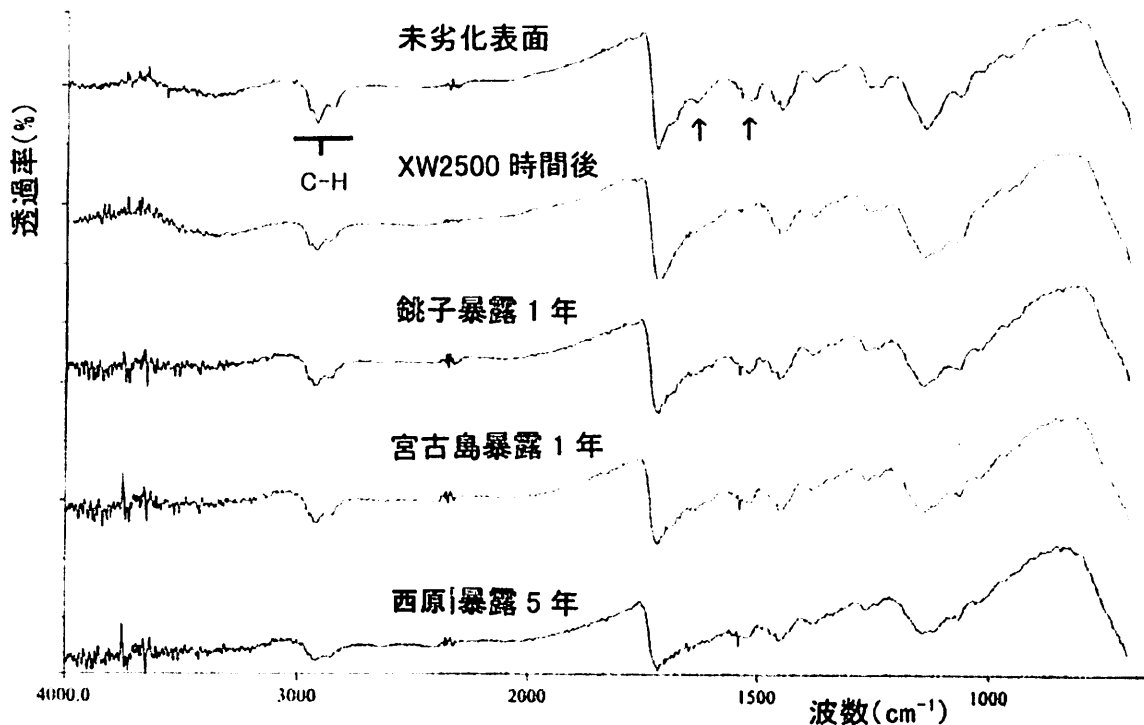


図 5 ポリウレタン樹脂塗膜の赤外線吸収スペクトル図

表面は、XW 試験片及び暴露試験片とも明らかなスペクトル変化が認められなかった。

5. 考察

XW 試験片及び暴露試験片表面の観察・分析結果から塗膜耐候性に影響する物理的影響と化学的影響について分けて考察した。

5.1 物理的影響について

塗膜表面には、塵埃からと想定される Si を主成分とする直径約 $1\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ の粒子状付着物があり、その表面に占める比率は 5%程度と考えられる。また、固体の衝突が原因と想定されるくぼみ等の凹凸も観察されたが、面積比率で 1%に満たないと考えられる。光沢に与えるこれらの影響を、その表面に占める面積に比例すると仮定すると、汚れの付着や異物の衝突等の物理的影響は 10%以下と推察される。

5.2 化学的影響について

G. Kaempfらが図6に示す塗膜表面の劣化モデルを 1974 年に提唱している。フタル酸樹脂塗膜の観察結果は、樹脂の劣化に伴う顔料の露出と顔料周りの隙間が見られ、図6の光安定性の高い樹脂のモデルに相当する変化をしていると考えられる。

一方、ポリウレタン樹脂塗膜とふっ素樹脂塗膜では、XW 試験で樹脂の劣化による顔料

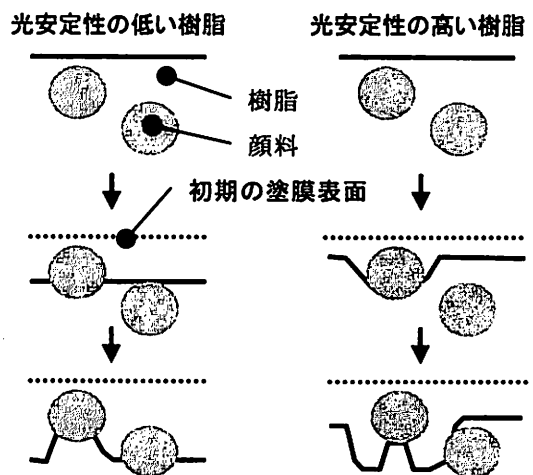


図 6 酸化チタン含有塗膜の劣化モデル
G.Kaempf,W.Papenrath,R.Holm: J.P.T.46,56(1974)

の露出が観察されたが、暴露試験片では樹脂の劣化より顔料の脱出痕と想定される空隙が観察された。また、ポリウレタン樹脂塗膜の赤外線吸収スペクトル測定で、光沢保持率 50% の XW 試験片で樹脂の劣化を示唆するスペクトル変化が見られたが、光沢保持率 14% まで低下した西原 5 年暴露の塗膜でスペクトル変化が認められなかった。さらに、試験片表面を水洗することで、光沢度が低下する現象も観察された。このように、今回の観察・分析結果はポリウレタン樹脂とふっ素樹脂の暴露による劣化を樹脂の光劣化を中心とした図 6 の塗膜劣化モデルで説明できないこと示すと考えられる。今回の観察・分析結果を説明するためには、劣化モデルとして図 7 の顔料周辺の樹脂劣化に伴う顔料脱出型などの新たなモデルを考える必要がある。

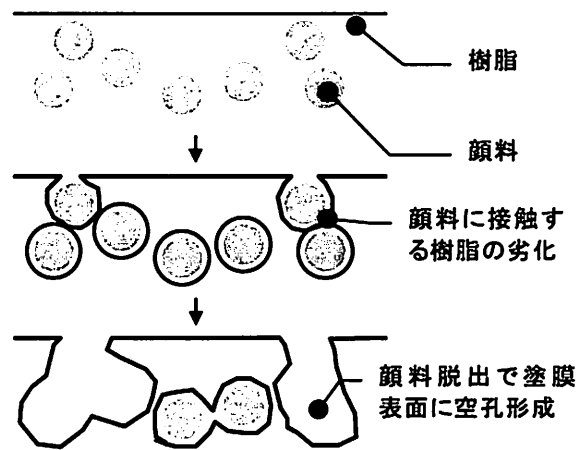


図 7 顔料脱出型の劣化モデル例

5.3 水洗前後の光沢度変化

フタル酸樹脂塗膜のように、樹脂の光劣化が支配的な塗膜の劣化は図 6 などのモデルで説明可能であるが、これらのモデルでは、水洗後の光沢の増加を説明できても、ポリウレタン樹脂塗膜やふっ素樹脂塗膜で見られた水洗による光沢減少を説明できない。

そこで、水洗での光沢度変化について、暴露試験片でのデータを整理し、図 7 のモデルの説明を試みた。B シリーズでは、暴露試験の期間が 5 年と短く、長期の変化を推察できないので、同じ上塗り塗料を用いて長期の暴露試験を行っている A シリーズの結果を用いて整理した。

図 8、9 は、水洗後の光沢保持率から水洗前の光沢保持率を引いた値を縦軸に、暴露期間を横軸にして示したものである。図中の光沢保持率変化量 (%) は、水洗で光沢保持率が増加した場合に正の値を、水洗で光沢保持率が減少した場合に負の値を示すことになる。

フタル酸樹脂塗膜は何れの暴露期間

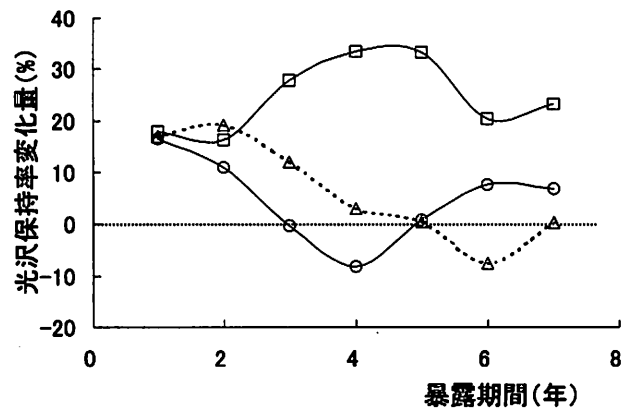


図 8 洗浄前後の光沢保持率の差(鉾子暴露)
○:ポリウレタン樹脂 △:ふっ素樹脂
□:フタル酸樹脂

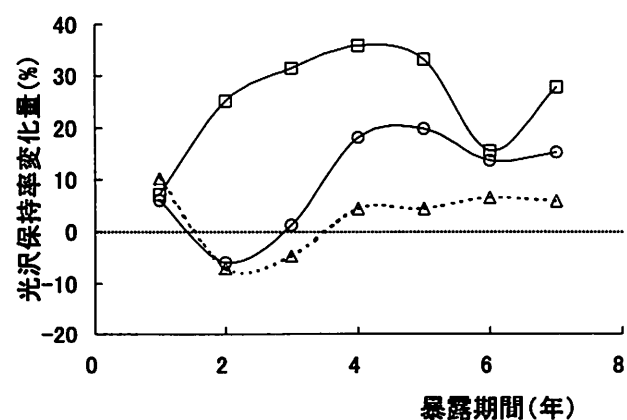


図 9 洗浄前後の光沢保持率の差(宮古暴露)
○:ポリウレタン樹脂 △:ふっ素樹脂
□:フタル酸樹脂

も水洗で光沢保持率が10%以上増加している。ポリウレタン樹脂塗膜とふっ素樹脂塗膜では、暴露初期に水洗で増加するが、光沢保持率が概ね50%程度まで低下した段階（銚子暴露3~4年、西原及び宮古暴露2年）では、水洗で光沢保持率が減少した。さらに暴露を継続すると、水洗で再度光沢保持率が増加するようになった。

これらの、暴露期間とともに変化する水洗後の光沢を、5.3で示した図7のモデルで次のように説明できる（図10）。

暴露初期：水洗で表面に付着した汚れ（10%程度以下と想定される）の除去により水洗前より光沢が増加する。

暴露中期：光沢保持率30~50%程度の段階では、水洗で表面に付着した汚れの除去の他に、図7のモデルに示す顔料脱出によりフィルム状に残存した平坦な樹脂部も除去される。その結果として、除去されたフィルムの下面（顔料及び樹脂の凹凸部）が露出し、汚れ除去による光沢増より表面粗さの増加による光沢低下が勝り、結果として光沢保持率が低下する。

暴露後期：光沢保持率が30%程度以下となると、初期の塗膜平坦部が殆ど消失した段階と考えられる。このため、表面の水洗で付着汚れと表面に残留する粉化物（表面に露出した顔料、樹脂片等）が除去され水洗前より光沢が増加する。さらに、塗膜内の顔料分布が均一な場合には、その後の暴露期間によらずほぼ同じ光沢度を維持することになる。

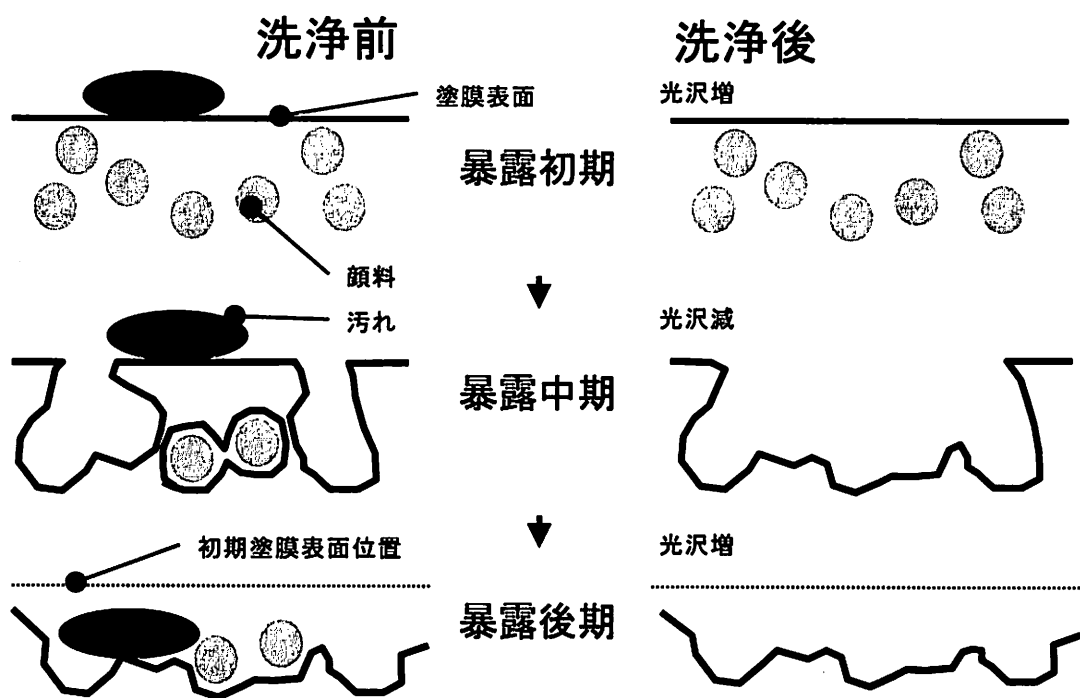


図10 暴露試験片表面の洗浄による光沢度変化のモデル図

6. まとめ

塗膜の耐候性評価の一環として、11種の上塗り塗膜（灰色）の促進試験と暴露試験を実施した。この結果、上塗り塗膜の光沢度の変化挙動が樹脂種で異なること、大きく3種の

変化挙動に分類できることが分かった。そこで、それぞれを代表する塗膜として、フタル酸樹脂塗膜、ポリウレタン樹脂塗膜、ふっ素樹脂塗膜の表面拡大観察、元素分析及び赤外線吸収スペクトル測定を実施し光沢度変化との関係を検討した、この結果をまとめると次のようになる。

- (1) 塗膜表面の光沢に影響する塵埃等の汚れ、物理的損傷（擦り傷など）などの物理的影響について表面の拡大観察と元素分析を実施した。この結果、けい素（Si）を主成分とする付着物や傷の存在が確認された。しかし、その塗膜表面に占める割合が10%以下であったので、5年程度の銚子、宮古島、西原における暴露では、光沢に与える物理的影響は10%以下と考えられる。
- (2) フタル酸樹脂塗膜では、促進試験（XW試験2500時間）、暴露試験（宮古1年暴露）とも樹脂の劣化で全面に顔料露出が見られた。暴露試験では促進試験に見られない顔料周りの空隙も観察された。ポリウレタン樹脂塗膜やふっ素樹脂塗膜では、促進試験片（XW試験2500時間）に樹脂劣化による顔料露出や凹凸が見られたが、暴露試験片（宮古1年暴露）では、促進試験で観察されなかった顔料の脱出が観察された。さらに、西原に5年間暴露したふっ素樹脂塗膜では、顔料が脱出し、樹脂がフィルム状に残留しているのが観察された。
- (3) 赤外線吸収スペクトル測定の結果、ふっ素樹脂塗膜では、促進試験（XW2500時間）、暴露試験（西原5年暴露）とも樹脂の劣化を示すスペクトル変化が観測されなかった。ポリウレタン樹脂では、促進試験片（XW2500時間）でウレタン結合を示す吸収ピークの減少が観測されたが、暴露試験片では西原に5年間の暴露でもスペクトル変化が検出されなかった。フタル酸樹脂塗膜は、全面の樹脂が劣化し、表面が顔料で覆われており、促進試験（XW2500時間）と暴露試験（銚子1年暴露など）とも樹脂の吸収が殆ど観測されなかった。
- (4) G. Kaempfらなどの樹脂の光劣化を中心とした塗膜劣化モデルでは、フタル酸樹脂塗膜などの光沢低下を説明できるが、耐候性の高いポリウレタン樹脂塗膜やふっ素樹脂塗膜などの塗膜表面の劣化形態や水洗による光沢低下などの暴露試験結果を説明できないことが分かった。そこで、樹脂の光劣化に匹敵するほどの顔料周りでの変化が光沢に影響していると仮定し、(2)、(3)の観察結果を説明するための顔料脱出型のモデルを想定した。このモデルを用いて、ポリウレタン樹脂塗膜やふっ素樹脂塗膜で観察された試験片表面の水洗による光沢低下現象の説明を試みた。この結果、樹脂の光劣化を中心にしたモデルより良く説明できることがわかった。

7. おわりに

本報告は、(財)日本ウェザリングテストセンターが実施した旧通商産業省工業技術院委託の「新発電システムの標準化に関する調査研究」において、塗料系分科会の活動で得られた塗装に関わる長期耐久性評価などの平成12年度成果の一部である。