

—国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所—

[シリーズ No.12]

DX・i-Construction
建設技術展示館

「超撥水材料 HIREC」「結露防止シート G-プレス」 「防錆粉体塗料 SAPOE5000」技術の紹介

NTT アドバンステクノロジー株式会社 マテリアル&ナノテクノロジー・ビジネス本部

かわだ くみこ
ビジネス企画部門 川田 久美子

1. はじめに

少子化などによる人口減少や高齢化の進展により引き起こされているインフラメンテナンスを担う人材の不足や熟練の技術・ノウハウの消失は大きな課題であり、今後さらにこの傾向が強まることが懸念されている。

新設・既存のインフラをいかに長く使い続けるかというインフラ設備の長寿命化の課題については、単に老朽化したインフラを補修するだけでなく、計画的かつ効率的な予防保全の取り組みが重要である。

本稿では国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所 建設技術展示館で現在展示している当社、NTT アドバンステクノロジー株式会社 (NTT-AT) の3つの技術「水を強力に弾き、着氷や着雪も防ぐ技術『超撥水材料 HIREC®』」、「湿度調整で腐食を防ぐ技術『結露防止シート G-プレス®』」、「塗装で腐食を防ぐ技術『防錆粉体塗料 SAPOE® 5000』」について説明する。

これらは実際に通信関連設備で、設備のメンテナンスコスト削減や長寿命化を目的に導入され実績を上げている。今回、通信以外のインフラでの適用例なども含め各々の技術について紹介する。

2. 超撥水材料 HIREC

「超撥水材料 HIREC」は屋外の構造物や設備において、水や雪、氷の付着によって引き起こされる課題を解決するための技術である。

HIREC の撥水メカニズムは、化学的効果と物理的効果により実現している。まず化学的効果として、表面自由エネルギーが低い材料を使用しており、水がその表面に広がるのが抑制されるという性質を利用している。物理的効果としては、HIREC の塗装表面に非常に細かい凹凸構造を形成することで水滴は凸部分にしか接触せず、塗装表面に触れる面積が極めて小さくなるという性質を利用している。

表面と水滴の接触角が大きい（180°に近い）ほど水滴は球体に近い形状となる（写真-1）。HIREC 塗装表面は水滴との接触角が 150° 以上で

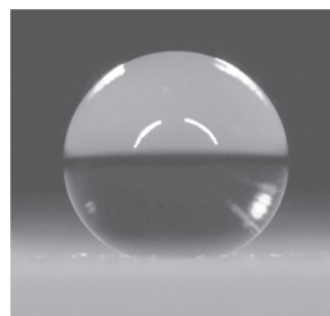


写真-1 HIREC 塗装表面上の水滴

あり、一般的な撥水材料（100°程度）よりも大きな接触角を持つ。接触角が大きいほど、水滴は球体に近い形状となり、広がらず転がりやすくなる（図-1）。



図-1 水滴の接線と表面とのなす角度（左：一般的なフッ素加工の表面，右：HIRECの表面）

HIRECの開発の背景は、主に雪氷による通信設備の安定稼働と保全に関する課題を解決することであった。屋外の無線中継鉄塔（写真-2）などに設置されているアンテナの送受信面に雪氷が付着することによる通信障害や、設備に付着した雪氷の重みによる設備自体の損傷、また落下による事故発生といった課題の解決が求められていた。



写真-2 NTT無線中継鉄塔

着雪氷の対策としてはさまざまな案が検討されたが、例えば融雪ヒータの設置は電源の確保が困難であったり、既存の難着雪材料では期待する効果が得られなかったりと、問題があった。そこで、既存設備に現場で塗装でき、かつ長期間効果を維持できるHIRECが開発された。

写真-3は、HIREC塗装をしていないアンテナとHIREC塗装をしたアンテナの着雪の状態の比較である。

撥水加工をしていないアンテナでは受信面が目視できないほど全面が雪で覆われているのに対し、HIRECを塗装したアンテナには、受信面にほと

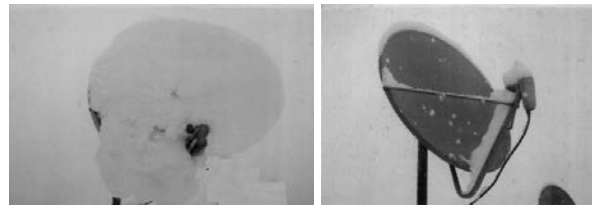


写真-3 HIREC塗装有無によるアンテナへの着雪の比較（左：撥水塗装なし，右：HIREC塗装）

んど雪が付着していないことが確認できる。

HIRECはこのように着雪氷の防止に効果があるため、アンテナだけでなく、橋梁、モノレール車両、高架道路外壁、道路標識屋根部、高速道路設備、風力発電設備のブレード・ナセル、その他各種鉄塔などに採用されている。

また、降雨などによりアンテナやアンテナを保護するレドーム表面に水膜ができると、電波が減衰し通信品質が劣化してしまう。この事象の対策として、5Gやミリ波通信、気象レーダー（Xバンド、Cバンドレドーム）などの高周波帯を中心に、電波減衰を抑制し通信の安定性を確保するために適用されている。

その他、^{かいし}碇子への海水や潮風に含まれる塩分などの付着を防ぎ、絶縁性を保つ目的にも使用されている。

一方で、これらの例のように屋外設備に適用する場合、考慮しなければならない事象として、大気中の塵埃や汚染物質が塗膜上に堆積することで撥水性能が低下するという問題がある。撥水性能の維持のためには、塗膜表面の清掃や再塗装といったメンテナンスが必要となるが、こうしたメンテナンスには時間とコストがかかり、設備によっては交通規制や電波停止など大規模調整が必要となる場合がある。そこで、塗料に光触媒を添加し自己洗浄機能を持たせて、HIRECシリーズの屋外用途品として開発した。

太陽光が当たると塗膜表面から徐々に崩壊し、下から常に新しいHIREC面が露出することで、約3年間超撥水性能を維持できる設計としている。

写真-4は、屋外に暴露した光触媒なしの撥水塗装表面と光触媒ありの撥水塗装表面の外観の比

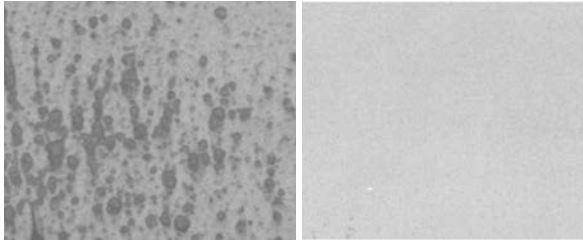


写真-4 セルフクリーニングの効果例（左：光触媒なし（屋外暴露1年 接触角：110°）、右：光触媒あり（屋外暴露3年 接触角：143°）

較である。光触媒がない場合は1年の屋外暴露で、降雨等による汚れの痕跡が残り、屋外暴露後1年で水の接触角が110°まで低下した。一方、光触媒を含有させたHIRECは、塗膜表面に汚れが残留せず、屋外暴露3年後であっても水の接触角が140°を超え、十分な撥水性能が保たれていた。

図-2は、HIRECを塗布した試験片の屋外暴露後における接触角の測定結果である。

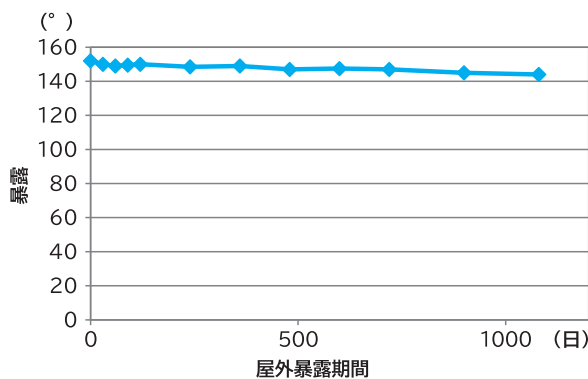


図-2 屋外暴露試験による接触角の変化

初期の接触角は150°以上であり、屋外暴露後3年経過しても140°以上の良好な撥水性が保たれていることが分かる。

この光触媒機能により、通常1年も持たない撥水性を3年以上の長期にわたって保つことができ、撥水機能の維持に要するメンテナンスコストの低減を可能にする。

まとめると、「超撥水材料HIREC」は、その高い撥水性、防雪・防水性、そして自己洗浄機能によって、さまざまなインフラ等設備の安全性、信頼性、そして維持管理コストの削減に貢献する技術である。

3. 結露防止シートG-プレス

NTT-ATの「結露防止シートG-プレス」は、通信インフラ設備の湿気による障害を防ぐために開発され、現在では、鉄道や道路など通信以外のインフラ設備にも導入されている。特に電気設備において、腐食や電氣的障害を低減し、その信頼性と安定稼働を支える重要な役割を担っている。

一般的に防水構造について、「水が入らないので、錆びる心配はない」と考えがちであるが、密閉空間であっても昼夜等の温度変化により相対湿度が変動し高湿や結露状態になったり、液体の水の浸入は防いでも気体である水蒸気の浸入は防げなかったりする場合もあり、防水だからといって水分による腐食の危険性はないとは言い切れない。

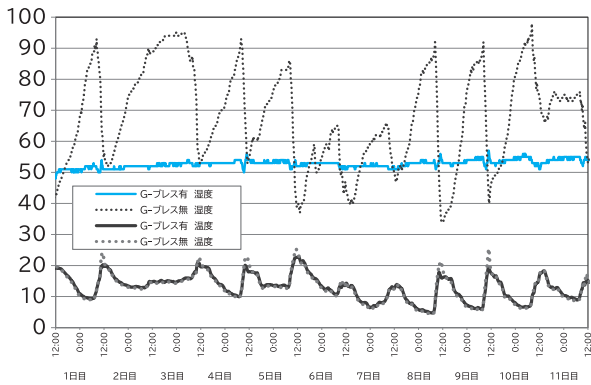
G-プレスは、湿度の変化に応じて、水蒸気を「吸放出」する機能を備えている。周囲の湿度が上昇すると、空気中の水蒸気を吸収し、シート内部に蓄える。この効果により空気中の水分量が減少し、結露の発生を抑制できる。また、周囲湿度が低下し、乾燥状態になると、シート内部に蓄えていた水蒸気を放出する。

つまり、自動的に吸湿と放湿を繰り返すことで、長期間の湿度調節が可能のため、除湿機を稼働させることによって生じる電気代や、シリカゲルや塩化カルシウムなどを使用した除湿剤の交換作業といったメンテナンスコストを低減できる。

そして、電気製品や半導体などの精密機器は過剰に低湿度な環境も嫌うため、除湿ではなく調湿の方が望ましい。

図-3は、実際に配電盤内にG-プレスを設置した場合と未設置の場合の温湿度変化を比較した結果である。

G-プレス設置、未設置の配電盤は写真-5のとおり、隣り合って設置されており、温度変化ではほぼ同様な挙動を示した。しかし、湿度変化では大きな違いが確認された。G-プレスを設置していない配電盤内の湿度はピーク時では90%を超え、腐食や故障のリスクが高まっていることが



※前日17:00にG-プレスを設置した後、約9時間経過し温湿度が安定した時点を目安とした。

図-3 配電盤のG-プレス設置有無の比較試験



写真-5 試験に使用した配電盤

分かる。一方、G-プレスを設置した配電盤内の湿度は50%近傍に振りが抑えられ、良好な状態が保たれている。

G-プレスは軽くて薄いシート状で、折り曲げられることもでき、わずかなスペースでも設置可能なため、さまざまな分野で活用が進んでいる(写真-6)。



写真-6 結露防止シートG-プレス

G-プレスは通信関連の屋外設備などで、結露や高湿度による回路のショートや腐食を防ぎ、通

信サービスの安定稼働に貢献しているが、それ以外の設備でも導入されている。

例えば、道路の電光掲示板や信号機、ETC設備などで、天候に左右されずに安定稼働を維持するための湿気対策に使用されている。また、湿度の高いトンネル内の機器にも使用されており、非常用機器の緊急時における通信確保に役立っている(写真-7)。

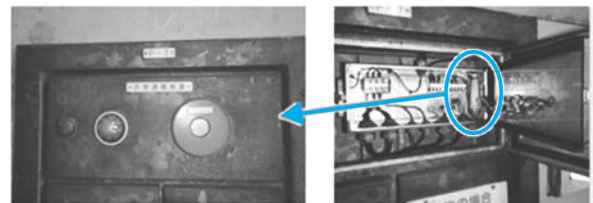


写真-7 トンネル防災設備 非常通報装置 端子箱での使用例

また、鉄道の車両や踏切制御盤、駅ホームなどのカメラ、その他、太陽光発電の制御盤や気象ライブ中継カメラ、ダムの監視カメラ、港湾設備など、特に天候の影響を受けやすい重要な設備で故障を未然に防ぐ目的で導入されている。

4. 防錆粉体塗料 SAPOE5000

「防錆粉体塗料 SAPOE5000 (サポー 5000)」は、金属材料の腐食防止に特化した粉体の防錆塗料である。具体的には、屋外構造物を長期にわたって錆から保護することを目的として開発した熱可塑性ポリエステル樹脂の粉体塗料であり、極めて高い防錆性能と長期耐久性を有する。

塩害地域や火山ガス・温泉ガス発生地域など、従来の塗装では錆が発生しやすい過酷な腐食環境下においても、優れた防錆力を発生する。

屋外環境下でも35年以上の耐久性が期待できる設計としており、さらに亜鉛めっき鋼板に直接塗装が可能であり、塗膜が強固に付着するため、めっき層との二重防食効果を発揮する。

写真-8は、SAPOE5000を塗装した試験片と溶融亜鉛めっき鋼板の試験片の塩水噴霧試験2000

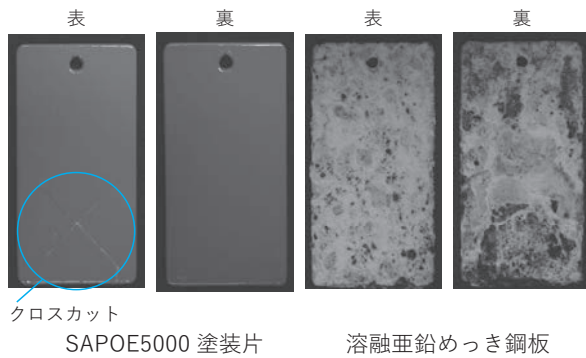


写真-8 塩水噴霧試験 2000 時間実施後の試験片

時間後の写真である。

溶融亜鉛めっき鋼板は腐食が進み、全体が錆で覆われてしまっている。一方で、SAPOE5000 塗装片は試験前に人為的に行ったクロスカット部のわずかな白錆のみで、それ以外には異常が見られず、極めて高い防錆性能を示した。

実際に東京都・三宅島での屋外暴露試験の様子を示したものが写真-9 である。

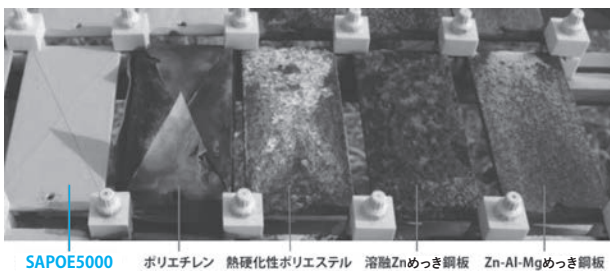


写真-9 三宅島における暴露試験

この試験場は海岸に近く、風向きによっては海水が直接かかるほどの塩害地域であり、かつ、試験実施期間中に起きた噴火により火山性ガスに曝された場所である。

溶融亜鉛めっき鋼板を含む他の防食試験片では全面に赤錆が発生し腐食が進行してしましたが、SAPOE5000 は試験前に人為的に入れたクロスカット部でさえも大きな異常は見られなかった。

SAPOE5000 は粉体塗装のため施工（塗装）は専用の工場で行う必要があるが、被塗装物をプラスト処理し、およそ 300℃ まで加熱し SAPOE 5000 を塗装（流動浸漬法または静電塗装法）し、

焼成・冷却（水冷）するといった工程を経て、300 μm 以上の厚膜を形成することができる。

粉体塗料は VOC（揮発性有機化合物）の発生がほとんどないため、塗装作業や地球環境にも優しい。SAPOE5000 の適用事例としては、鋼管柱や信号柱、鉄塔、アンカー、砂防ダムやマンホール蓋、ワイヤーなど、多様なインフラ設備がある（写真-10）。



写真-10 設備への SAPOE5000 適用例

総じて、SAPOE5000 は高い防錆性能と環境配慮性を両立し、長期にわたるインフラ設備の耐久性向上に寄与する塗料といえる。

5. おわりに

インフラ設備の長寿命化とメンテナンスコスト削減を目的に開発・導入された3つの先進技術、「超撥水材料 HIREC®」、「結露防止シート G-プレス®」、「防錆粉体塗料 SAPOE®5000」について紹介した。

HIREC は高い撥水性と自己洗浄機能により雪氷付着や水膜による障害や事故を防ぎ、多様な屋外設備の信頼性向上に寄与する。G-プレスは湿度変動に応じて水蒸気を吸放出し、調湿することで精密機器の故障リスクを低減し、インフラ設備を含め幅広い分野で活用されている。SAPOE 5000 は過酷な腐食環境下でも長期の耐久性を保ち、環境負荷低減に配慮した防錆粉体塗料としてインフラ保護に貢献している。

これらの技術は実際の通信関連設備で長年にわたり効果を発揮しており、今後さらに多様なインフラ設備への適用拡大が期待されている。