

「塗料とコーティング」

～雪氷固着防止コーティングの開発裏話～

神奈川大学理学部教授、工博

(財)日本塗料検査協会理事

大石 不二夫

昭和61年9月に日刊工業新聞社から「機能性コーティング」という単行本が発刊された。今は亡き今井丈夫博士(筆者の鉄道技術研究所時代の先輩)編で、ご本人をはじめ筆者を含む十人の分担執筆になる318頁のハードカバーの本である。

この本の完成間際に、何という書名にするかの相談があった時のことが、昨日のこのように思い出される。本誌への原稿を依頼されたとき、先ずこのシーンが目に浮かび、思わず引き受けてしまった。

一昨年から日塗検の理事を引き受けていることから、お鉢が回って来たものと思えるが、塗料プロパーではなく、高分子材料全般を専門領域としてきた筆者にとっては、破格の機会である。思いつくままに「塗料とコーティング」について、放談してみたい。

前述の本の書名を決める編集幹事の相談の席へ場面を戻そう。“「最近の特殊塗料」でいかがでしょうか?”という出版社の担当者へ、“「特殊塗料」では地味過ぎるし、読者が塗料分野に限られ、塗装技術が含まれない印象となるので賛成出来ない。「機能性コーティング」は如何であろう!と強調したのが筆者である。双方が譲らぬままに、温厚なる今井先輩が、断を下して「機能性コーティング」と決定された。この書名のせいか、本書は塗料業界ではどれほど普及したかは知らぬが、高分子材料の分野では話題を呼んだ。

なぜ、これほどネーミングにこだわったか?

まず、本書の目次構成を見てほしい。

- 1 樹脂ライニング
- 2 制振コーティング
- 3 船舶防汚コーティング
- 4 雪氷固着防止コーティング
- 5 電波吸収材料
- 6 静電防止コーティング
- 7 電磁波シールドコーティング
- 8 情報記録紙コーティング
- 9 磁性コーティング
- 10 耐熱セラミックコーティング
- 1 光重合型樹脂のコーティング材への応用

かような内容では、特殊塗料と機能性コーティングのどちらがよいですか?

「塗料」というと、業界ではともかく、一般には「ペイント」すなわち「塗装材料」というイメージであり、「コーティング」というと Coating が「塗料、塗装」の意味であるから、「塗料材料と塗装技術」というイメージになる。つまり塗料メーカーにとっては、「塗料」が馴染むが、鉄道のような塗料のユーザーにとっては、塗料材料よりむしろ塗装系や塗装された塗膜が大切であるため、「コーティング」というネーミングが適している。かつて、鉄研で企画室に出向していた時、“鉄研に塗料グループ(その後、筆者が高分子グループと合わせて統括したことがある)は必要だろうか?”とあるトップから問われ、“いや、中身はコーティング技術です”と答えて、削減を免れたこともある。かくの如く、ネーミングはかなり大事なことであり、本協会の名称も21世紀を間近に控え見直すほうが良いのではないかと考えている。

では本題の雪氷固着防止コーティングの開発裏話に入ろう。

雪氷固着防止コーティングとは、雪や氷が着きにくく、着いても除きやすくするコーティング技術を村瀬平八氏と筆者が共同開発、実用化し、その材料が関西ペイント(株)から「デフロシリーズ」の名で市販されたものである。つまりわれわれが命名した固有名詞である。この内容と開発経緯については、大石・村瀬の連名で前述の本の4章に、約40頁にわたり詳しく紹介しているので参照されたい。ここでは、裏話を披露してみたい。

「開発は人なり」とは筆者の開発体験から導かれた基本原則である。これについては、拙著「開発工学—シーズ・ニー



ズジョイントテクノロジー」(朝倉書店)を参照されたい。

雪氷固着防止コーティングの開発は、村瀬平八氏が主役であるが、その出会いは、神奈川大学へ移る平成2年のおよそ十年前で、当時交流していた豊田合成㈱の内海開発部長が、鉄研の小生(当時40歳頃)のところへお連れになった時であった。その内海氏は現在、郷里の尾張一の宮にて開発コンサルティングで活躍中であるが、当時の数年以前、車の販売が不振の年(今年も酷いが)、トヨタ自工㈱からの要請に応じて、一年に新車を百台売りさばいた凄腕の人であった。

内海氏は開口一番“この村瀬はわが親類で、関西ペイントのDITの研究者の一人です。最近、高分子の表面エネルギーを制御することに成功し、水の接触角を異常に高くすることもできる”と。次いで、もみあげの長い、欧州の学者のような風貌の本人が“これは植物が零下の気温でも凍死しにくいことに着眼して、試作したコーティング材料です”

“それはどういう原理ですか?”と私が問うと、“リチウムイオンです。これが微量含まれると、水が凍結するとき、H-O-Hの角度が98°から104°へ広がりにくく、凍結しても脆弱な氷となるので剥がしやすい”と村瀬氏は応えた。その瞬間、私の頭には当時鉄道で要請の強いが、難問とされた雪氷害対策への応用が閃いた。しかも初対面でその風貌と独創的な発想、自信に満ちた話術に魅せられ、即日に村瀬氏との共同研究、開発をスタートすることとした。次いで、“DITとは何ですか?”と問うと、“Development of Innovation Technologyの略で、関ヶ原の技術研究所の中に、十人程度の専門的研究者を集め、それぞれに革新的なテーマを持たせ、雑用から開放して、研究に専念させる新しい組織です”とのことで、わが国の企業ではユニークな夢の持てる組織だなーと感心した。

こうして村瀬・大石を中心とした共同研究が始まった。

それまで、関心はあったが参加はしていなかった「雪氷害とその対策」の調査から着手し、雪氷の専門家(当時、鉄研には雪氷研究室があり、雪や氷の研究者が数名いて、塩沢に雪害実験所もあり)へもアプローチし始めた。

まずはじめに、村瀬氏が合成した新コーティング材料を試験鉄板に塗布し、自作した水滴の氷結時の接触角測定装置で測定後、鉄研にて小生が雪氷研究室の零下30℃までの小形低温室の中に、分厚い防寒衣を着込んで入り、試験板に冷

やした水を一滴垂らして薄い氷を作り、測力計で氷の剪断剥離強度を測定した。夏場では室内が30数度、低温室内は零下10℃と、その差は40℃もあり、私自信の冷熱サイクルテストでもあった。この荒行で、試作コーティングの着氷力が極めて小さくほとんどゼロであり、当時最高の撥水性コーティングであったフッ素樹脂(PTFE)と比べて抜群であった。その一方、雪氷関係の測定装置作りも初め、小生の研究室に「人工着雪試験装置」、村瀬のDITに「着氷力測定装置」をそれぞれが設計、試作した。前者については、まず北海道大学低温研究所の人工雪実験設備を見学し、その規模の大きさに驚嘆した後、山形大学理学部の矢野勝敏教授が考案、試作して活用していた中型の装置を見学させていただき、ご指導により百数十万円にて試作した。冷風を循環させながら超音波加湿器で水蒸気を挿入し、人工的に雪を作り、斜めに置いた試験板に雪を付着させ、それを測力計で雪の剪断剥離強度を測定した。人工雪は結晶にはならず、いわば霜であった。当時、スガウエザリング技術振興財団が数億円かけて、本格的な人工降雪試験装置を完成直後であり、見学したところ雪の結晶がやっと得られた時で、試験板を持ち込み着雪の程度を非公式に測定して頂いたが、発表は待つてほしいとのことであった。村瀬氏が試作した「着氷力測定装置」の方も本格的な装置であり、引張と剪断の両方式で精密に測定が可能となり、村瀬氏と名西靖氏(近年、若くして世界され、ご冥福を祈る)が次々と合成した新コーティング材料-氷用の変性シリコン系(IRC-S)④と⑥、雪・氷用の変性ふっ素系(IRC-F)⑧、変性ふっ素-シリコン系⑩と⑪等の接触角・着雪力・着氷力等の測定評価が精力的に進められた。室内実験で抜群の効果が確認しながら、鉄道の現場試験の提案も平行して進めた。その前の関門として、塩沢実験場における天然雪を用いた雪風洞装置により着雪試験(雪氷研究室主催)を行った。変性ふっ素-シリコン系⑩は、湿潤雪にもかかわらずほとんど着雪が見られず感嘆の声が上がり、その晩には試験に立会ってもらった村瀬氏らと乾杯した。その後、札幌の郊外で、リニヤモーターカーのガイドウェイの雪害実験として、実物の地上コイルを設置して、屋外での雪試験に参加し、水分の少ない乾き雪ではこの⑩を塗布した板をほぼ垂直に立てた場合には、雪の付着は見られず、喝采を浴びた。

また低温室内で現物のコーティング材料を塗布したトロリー線（銅製）にキャラメル状の氷のブロックを凍結させ、引張方式で剥離強度を計測した（集電研究室主催）。無塗装ではかなり強固に着氷するが、変性シリコーン系（IRC-S）⑥は、全く付着しない。これならトロリー線の霜害対策に有望であると評価された。さらに、冬季に塩沢実験場の屋外で模擬車体（板状）へ降雪を吹きつけてコーティングの有無による着雪の差を調べた（車両構造研究室主催）。その間、わがチームメンバーを始め、多くの方々のご協力を得た。そして、いよいよ現場試験である。

◇ パンタグラフの着雪防止

パンタグラフの舟体は断面がコの字を伏せた形をしており、走行中に雪が付くと前方が重くなり下がり、風圧を受け、パンタを下げ、トロリー線から離れ事故となる（パン降下事故という）。この舟体に変性ふっ素-シリコーン系⑩を塗付すれば、この事故が防げるはずであり、雪国の金沢での大規模現車試験にこぎ着けた。特急「加越」の数編成の列車の半分のパンタグラフにわれわれが直接塗布し、当時の金沢運転所で一冬の間、追跡調査が行われた。現場試験には必ず村瀬氏らを同行し、直轄で試験塗装したり、雪氷の状況や現場の要求と一緒に見てもらった。このことが共同開発の成功の一因となった。しかし、試験塗装を終えて、金沢の宿（国鉄の保養所、犀川荘）に着くと間もなく、例になく口論となった。この時の口論の種が、冒頭に出した「塗料」と「コーティング」の間なのである。村瀬氏は塗料の開発、小生は施工、適用技術も含めたコーティングの開発と受け止め、前者は企業の新製品の単独開発、後者はユーザーとメーカーとの共同開発と認識していたことが互いに分かり、お互いの立場を理解することができた。口論も互いの腹の内がわかり時には良いものである。風呂と一緒に入り、冬の越前蟹の味を堪能した。

このパンタグラフの着雪防止の現車試験の結果、始発時のパンタの雪着凍結による上昇不能事故や運転途中のパン降下事故の発生に対する試作コーティングにより防止効果が確認されて、パンタグラフ着雪防止法として実用化が実現し、当時の仕様書に登録された。

ここまで数年かかったが、開発で最も難関の「実用化」を突破できたことは、村瀬氏と同慶の到りであり、互いのチームメンバーを交えて乾杯した。この一時こそ、苦勞の多い

開発の醍醐味である。

◇ トロリー線の霜害

パンタグラフに電気を供給するトロリー線に霜が着くと、パンタとの間で離線し、アークが発生して、パンタが破損したりトロリー線が切れて大事故になる。この霜害の発生し易い信州の志賀高原の付近の現場のトロリー線に、氷用の変性シリコーン系（IRC-S）⑥を試験塗付した。6千ボルトの通電中に絶縁梯子に乗って、刷毛で塗料を塗るのはスリルがあった。その後、極寒期に現地調査にうかがった。初電の通過を寒さを堪えて待っているのだが、霜が着くと真闇にアークが光るはずだが、一向に光らない。次第に明るくなり、気温が徐々に上がってくる。また出直してきても、霜が着くとは限らない。止むなく「トロリー線に水を掛けて、霜を作ったらどうか？」と提案したら、「とんでもない！もしその霜で事故が発生したらどうするのだ」と現場の責任者に怒られた。しかし、次の列車が通過しても、アークは飛ばない。ついに現場も折れて、人工着霜実験が断行された。絶縁梯子に乗って、トロリー線にヤカンで水を掛ける、すぐ凍り直径1mm位の氷の粒ががっちりトロリー線のしゅう動面に点在した。そこへ全速で急行列車が突入してきた。一瞬目を覆いたくなかったが、アークがチカチカと発生し、試作コーティングを塗付した区間だけはアークが飛ばない！皆の拍手が聞こえた。成功だ！塗付区間は氷の粒は付着していたが付着力が弱く、パンタの接触で簡単に離れて、アークが発生しないのである。

こうして試作コーティング⑥はトロリー線の霜害防止用として実用化できた。

◇ 新幹線車両の雪害

数年にわたる悪戦苦闘のあげく、開発に成功しなかった。エピソードも多いが、紙面が尽きてしまった。またの機会に譲りたい。

なお、開発途中で船舶や航空機の応用も試みられ、川崎港に停泊中の観測船「宗谷丸」のメインマストへの試験塗付や日航のジャンボ機のドレインマストへの着氷防止への試験塗装なども実施され、国際会議での共同発表で注目を集めたり、やり甲斐のある共同開発であった。 以上