

第8部 粉体電着塗装とプラスチック塗装小史

1. 塗料のワンディーラー／ワンメーカー制

1) 塗料ディーラー紳士録

昭和39年12月に武蔵野台地の西端に位置する国道16号沿いの川越・狭山工業団地にホンダ初の乗用車製造工場が完成し、「ホンダスポーツS800」の生産が浜松製作所から移管されて量産が始まった。当時の工場の周辺を取り巻いていたのは野菜や茶畑であったから「春一番」が吹き荒れる季節ともなれば土埃の進入に見舞われて塗装作業がストップする騒ぎであった。

ホンダの埼玉県狭山市への進出と同時にいち早く進出してきた塗料ディーラーは浜松の内山玄治商店であった。この創業者社長で浜松商工会議所会頭をも務める内山玄治さんは浜松に創業して間もないホンダ技術研究所の本田宗一郎社長とは昔ながらの地元経営者仲間であったとか。そして悲願の関東への進出に当たっては社長の秘蔵っ子として教育された若さに燃える青屋鉄一さんの姿が経営指南役の宮城さんと共に見受けられた。彼らは神東塗料のアニオン電着塗料、川上塗料のプラスチック用塗料、ポストック ジャパン（現在の日立化成）の塩ビシーラーなどのホンダ狭山工場への代理店としての開業であった。そしてホンダの浜松で誕生して間もない神東塗料のアニオン電着塗装を受け継いだ狭山製作所の下塗りラインにおける揺籃期（ようらんぎ）に演じられた数々のドラマの主役の一人でもあった。それは何度となく土日の休日を返上して夜を徹しての電着槽の塗料液の入れ替え作業を強行するメンバーを務めたことか。その時には塗料ディーラー、塗料メーカー、ホンダの三者から要員をだし合って特別作業チームを編成して行なうのが常であったから、いつもの常連であった青屋さんはいつの間にか熟達したリーダーに推される様になってしまい、先頭に立って段取りを進めて呉れていたことを思い出すのである。だから彼は正に日本のアニオン電着塗装の成熟と共にディーラーの役割の経験を積み重ねていたのであった。

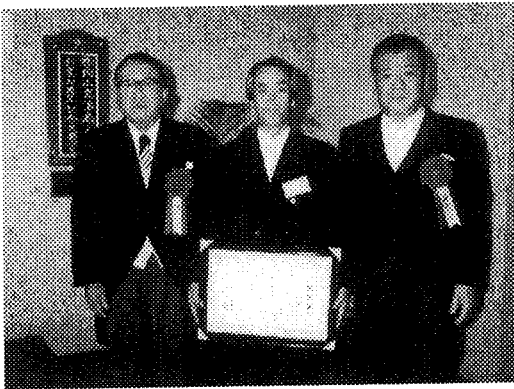
その頃、社長の内山さんは御老体に鞭打って浜松から上京し、狭山の出店の若き社員を指導する一方同時にホンダに与えたサービスの満足度を確かめるかのようにホンダの星野課長や私との面会を果たして帰って行くのであった。

やがて青屋さんの狭山営業所は念願の日本ペイントのホンダ狭山への代理権を取得してからは、鈴鹿工場へのカチオン電着塗料の導入を成功させ、また本命のアメリカPPG社のハイビルド（厚膜タイプ）カチオン電着塗料の国産化、そして狭山工場への納入に当たっていた。これに際してはホンダの技術研究所からの耐ブリストア性アップ、また塗装ライン技術者からの低溶剤化の実施などの無理難題を日本ペイント所沢営業所長であった岡本志郎さんとの名コンビで日本ペイントの自動車塗料本部のトップへのホンダの意向の伝達と説得に汗を流していたことは忘れえない出来事であった。そして彼が技術と営業の名コーディネーター振りを発揮したのは、我々ホンダの技術者の手が届きにくい自動車部品メーカーの経営者の良き相談相手となって絶大な信頼を勝ち得ていたことである。そして足回り部品の防食性向上のための前処理・カチオン電着塗装ラインの再整備、また大きく進展したプラスチック成形品への塗装ライン構築、燃料タンクへの特殊な防錆塗料の調達などへの技術的橋渡しを成功させホンダへの多大な貢献をなし遂げた。特に青屋さんに信頼を寄せていたのは(株)エフテック（元、福田プレス工業）や昭和製作所、八千代工業、森六商事などの経営者からのものである。またある時には、彼らが納入していた淡彩色メタリックシルバー塗料を塗布したクルマがブリストークレームを起こしたり、回収精製して納入した洗浄溶剤に含まれていた微量のホルマリンによる発疹騒動、納入した工場の床用塗料がホンダの倉庫に保管中に火事事故などの種々のトラブルに巻き込まれて責任感の強い青屋さんのことだからその苦勞は測り知れないものであったと思われる。

さて浜松生まれの彼が故郷へ戻ることなく狭

山のホンダの周辺で約三十余年間を全速力で駆け抜けて行ってしまったのは平成9年の早春の頃であった。彼の最後の技術と営業を兼ね備えた優れたプロモーター（推進役）としての業績はホンダの生産の歴史に多大な足跡を残していることをここに銘記するものである。

（株）内玄の青屋さんの良きライバルであった近江屋興業の狭山営業所長であった矢野忠男さんが関西ペイントを本格的にホンダ狭山に接近させて粉体塗装の自動車下塗り塗装を成功させた功績も、また青屋さんが押し進めた日本ペイントの厚膜カチオン電着塗装の成功と共に塗料ディーラーの活躍があったればこそその成功であると信じている。これは昨今の自動車メーカーと塗料メーカーとの直接折衝では得られない人間関係が成りたっていた古き良き時代の記憶の一端を紹介した。



創業50周年式典での青屋さん

2) ワンディーラー／ワンメーカー制への改革

その昔、狭山における乗用車の量産化が始まった頃、資材部長に就任したばかりの安川太郎さんが私に「塗装も一流メーカーと付合えるように勉強して大人になれ」と言われたことがあった。お陰様でそれから10年経過した今日では、自動車用塗料の五大メーカーを初めとして設備から塗装機器に至るまでそれなりの一流メーカーとの交流が実現しつつあった。これには涙ぐましい努力が費やされたことを思いだすのである。

昭和30年代の初めの頃「ホンダが危ない」とささやかれた時、塗料メーカーのK P社のディーラーであったS k社はいち早く納入済みの塗





料をそっくり引き上げたとの伝説が残っていた訳でもあるまいが、乗用車の塗装を始めたばかりのホンダには自動車塗料の第一人者であるK P社は我々のアプローチにも拘（かかわ）らず極めて冷淡であったのだ。この弱小のホンダにK P社の営業トップの眼を向けさせて、社内の優れた塗料技術者をホンダの担当として取り引きを続けさせるにはどうしても有力な塗料ディーラーの力を借りるのが得策であるとしたのである。

そこでホンダとの取り引きを希望していた国内最大の塗料ディーラーとしての名を知られるO社のトップにお願いしてこの難題を解決してもらったのも事実である。当時、地元での有力ディーラーは多くの塗料メーカーから代理店として営業を委されたから、多くの塗料メーカーの代理店を兼ねていることになっていた。そして顧客に合わせて適切な塗料メーカーを推薦して取り引きの交渉を始めるのであった。それくらいディーラーは強い影響力をメーカーに持っていたのである。

ホンダの場合は、地元浜松の有力ディーラーのU社は種々の過去のいきさつにより当初は狭山工場へ自動車用塗料メーカーのNP社、DNT社、S社、Y社の代理店としてコミュニケーションの窓口であると同時に塗料を納入していた。

しかし自動車塗料の需要量も品種も増大して来ていたし、また新しい塗料・塗装技術が夫々に外国から技術導入される様になって来るに従い、同一ディーラーが同時に同じ人間が複数塗料メーカーの代理店として活動するのは、それらがお互いに競合する事態に発展するとその公平な競合と我々の自由選択がディーラーの存在によって疎外される気配が顕在化してきたのである。

具体的な例としては、メタリック上塗り塗料でのNP社とDNT社との競合、電着塗料ではS社とNP社との競合における公正な情報の提供や将来技術の開発などの機密保持の点からの人間関係での信頼が欠けるようになってきた。特に後者ではホンダとのアニオン電着の共同開発関係にあったS社と新奇なカチオン電着塗料をいち早く技術導入したNP社の巻き返し活動の中での「世代交替」の時期が迫っていたから尚更であった。

塗料メーカー	ディーラー
 関西ペイント株式会社	 株式会社 扇 商 會
 日本ペイント株式会社	 株式会社 内山玄治商店
 日本油脂株式会社	 泉化成産業株式会社
 神東塗料株式会社	 近江屋興業株式会社
 大日本塗料株式会社	 扇屋塗料株式会社

ワンディーラー／ワンメーカー関係を示す商標

そして、若い技術者にフラストレーションが溜まって来ていたし、塗料メーカーの内部にもディーラーへの不満が高まりつつあった。

この現場の問題提起を本社の資材部に行なった所、購買担当室長であった富田潤一さんがこの主旨に賛同して、購買方針として「ワンディーラー／ワンメーカー制」の構築を進めることになった。

資材的としても複数による公正な競合が確保できるメリットを求めたのは言うまでもない。

この制度は決してディーラーの本来持っている機能そのものを否定するものではないことを説得していたのであったが、この商権組み移動する再編成は関係者を大いに悩ませたあげく、籤運（くじうん）の悪さに泣いていたメーカーにチャンスを与えたり、思惑が食い違いを生じたりして将来の栄枯衰盛の原因の一つをもたらしたことは否めない。この結果塗料メーカーとの風通しが良くなり技術系役員の本田への対応が迅速になったし、新技術の共同開発にも威力を発揮したし特に後の本田の国際化による諸外国への生産拠点の移行に際して海外塗料メーカーとの良好な連携プレーの構築にも大きな貢献を果たすことになる。

この再編成は全体として成功であると信じている。

何故ならば、この新しい布陣である内山玄治

商店（日本ペイント十川上塗料）、近江屋興業（神東塗料）、扇商会（関西ペイント）、扇屋塗料（大日本塗料十洋塗料）、泉化成（日本油脂）などが平成の現在まで有効に続いていることがその証明であろう。これはホンダが望んでいた四大上塗り塗料メーカーの競合、三大電着塗料メーカーの競合ができる理想的体制が実現したのであった。

2. 産業廃棄物「塗料スラッジ」の半減作戦

昭和40年代の中頃になると産業公害による環境汚染が社会問題としてクローズアップされるようになった。そこでホンダでは今までの事業所毎に進められていた公害防止活動に加えて本社に専務取締役を本部長とする公害本部を設けて環境に配慮した商品開発、および生産に伴う産業公害防止の統括推進をすることに強化された。その行動第一弾は未だ法の整備が遅れていた産業廃棄物について、その発生量の50%削減を目標に掲げる大号令が発せられた。そこで直に行なわれた現状分析からは塗装ブースから発生する「塗料スラッジ」がその発生量とその処分の難しさの点からこの製作所でも対策すべきトップに挙げられていた。

そして本部からは「塗料スラッジの発生を減らす為の塗着効率の向上対策が速やかに実行で

きないのであれば塗料スラッジの再生活用法を検討すること」とのご宣託であった。

そこで新規の生産技術を研究していたHTG（ホンダテクニカルグループ）が「塗料スラッジの再利用による削減」をテーマアップし、各製作所毎に異質競争主義のもとで技術開発に智恵を絞ることに決まったのである。

この「塗料スラッジ」の再生利用の命題は随分前に当時の社長であった本田さんからの指示によってオートバイ塗装の塗装ブース廃水から浮上分離した「塗料スラッジ」を精製、再配合して「黒色常温乾燥型塗料」を製造して、ホンダSF（サービスマスター）において乗用車整備工程の最後に床下回り部品に塗装する「シャーシーブラック」として無理にお願いして消費してもらっていた実績が浜松と鈴鹿の両製作所には存在していた。しかし今日の乗用車生産から発生する膨大な「塗料スラッジ」の量をその様な方法で塗料に再生したとしてもその消費先を見付けることはとても無理な相談であることは明らかであった。そこで安定的に消費が可能なものとして、自動車製造に消費される材料に使用させることを前提条件として開発を進めることになった。

まだ社会が産業廃棄物問題に目覚めていなかった時代に、先駆（さきが）けとしてこれらの「塗料スラッジ」を回収して活用する技術の開発に注がれた若き技術者の苦闘の歴史をここに留めて置きたい。今でこそ塗料スラッジは熱エネルギーの回収との大義名分のもとで焼却処理されているが、昨今の『地球温暖化防止のための炭酸ガス放出抑制』の視点からは焼却処理から回収活用の道を再評価することも意義が大きいと思われる。なおこの技術はHTGの笠井昭夫さんの手によって集大成されて公表されているし、昨今では菊地宇兵衛さんの手によって「塗料スラッジの顆粒状化技術」が東南アジアに技術移転されて廃棄物削減と再利用に活用されている。

1) 塗装ブースからの「塗料スラッジ」の回収

軽乗用車から小型車の生産に移行しつつあったホンダ狭山工場の塗装ラインでは塗装面積の大きな小型車の増産に加えて塗着効率の低い2C1Bメタリック塗装が大半を占めるようにな

ったことから、塗料の消費量が著しく増加し、そして被塗物に付着できなかったオーバースプレー塗料ミストから生ずる「塗料スラッジ」の発生量もまた一掃増大することになった。そこで従来から使用されてきた塗装ブースの両サイドに排気通路を設けて噴霧した洗浄水によって排気中の塗料ミストを捕捉する方式ではこれからの増加した塗料ミストを確実に捕捉除去することが困難であろうと危惧（きぐ）されていた。そこで排気流に含まれた多量の塗料ミストを高い除去効率で洗浄水に捕捉することのできる新式の「ベンチュリースフラバー方式」を備えた塗装ブースを採用することになった。これは塗装ブースの床板を中央部に向かって傾斜させて、その中央部にはスリット（隙間）を設けて、そこに「ベンチュリー」を設置したものである。その傾斜した床板の上部から十分な洗浄水を均一な水膜流としてスリットに向かって流し込むと同時に塗料ミストを含んだ排気流も一緒に吸引して洗浄水と気液混合させて塗料ミストを洗浄水に捕捉させる作用を持っている。そして塗料ミストを含んだ洗浄水は屋外に設けられた滞留経路を長く設計した「塗料スラッジ分離槽」に排出され、塗料スラッジを沈殿除去させて清澄となった洗浄水は再び塗装ブースへ還流させるものである。この様にしてオーバースプレーされた塗料ミストの大部分は「塗料スラッジ」として分離槽の底に沈殿させる。このスラッジを連続的に槽外に取り出して産業廃棄物として処分されるのが普通である。

この沈殿した塗料スラッジを分離槽の底に長期間堆積させておくと当初はバラバラであった塗料スラッジが水圧などによって圧縮されて粘着性を取り戻して餅状の大きな塊に変化して取扱いが困難になるので速やかな処理が望まれた。その粘着性の発現を促進する原因には塗装ブース内で循環している洗浄水の中に使用済みの色替え洗浄用溶剤やスプレーガン清掃溶剤などを投げ捨てることによる塗料スラッジ中の有機溶剤分の増加することがあった。この循環している洗浄水には塗料ミストを装置に付着させない為の「塗装ブース洗浄剤」が添加してあり、これは適度なアルカリ性の維持、そして発泡を抑制しながら水の表面張力を低下させるための界面活性剤が配合されている程度であって、当時は未だ塗料ミストの粘着性を無くして浮上分

離させることのできる「不粘着化剤(キラー剤)」が発明されてなくもっぱら沈殿させる形式が採用されていたからである。

ここで集められた「塗料スラッジ」は工業用水で洗浄してアルカリ性を取り除き、次に遠心分離機を使用して付着している水分を除去してから、金網などの上に薄く拡げて自然乾燥によって水切り乾燥と残っている有機溶剤の一部の揮発を促進させて「回収塗料スラッジ」ができた。

この「回収塗料スラッジ」には幾分か有機溶剤が未だ残っているので気温の高い場所に置いたり、袋詰めや厚く堆積させて放置すると下部の部分が圧縮されて粘着性を取り戻して餅状に変化して取扱いに苦労していた。

そこで塗料スラッジに炭酸石灰粉をまぶして残っている水分の除去と大きな固まりの形成を防止する工夫を菊地さんが考案して成果をあげていた。

またこの問題を避ける為に笠井さんは水洗した塗料スラッジをニーダー(混練機)に入れて練ることにより塗料スラッジはペースト状となり、同時に水分を分離除去する方法が研究され、この場合には多少の廃溶剤を加えて粘性のある液状物質として次の加熱乾燥粉化への原料とするものである。

そしてこの「回収塗料スラッジ」を再利用するのに都合のよい粉末状にしても安定である状態に加工する経済的な安定化策の開発研究をスタートさせることになった。

2) 「コンティニューエーター」による顆粒製造

この開発テーマは狭山のHTGの稲垣隆さんが担当した。彼は塗装ラインのシーリング作業のベテランからHTGメンバーに抜擢されて軽乗用車「ホンダ ライフ」の「モヒカンモール」の一体押し成形法を成功させ、その名を知られていた若き技術者である。

さて、「回収塗料スラッジ」の主成分は元々は高級な合成樹脂をベースに作られた自動車用焼付型上塗り塗料であるから、少しでもこの樹脂の特性を生かした再利用法を見出すのがこの研究の狙い目であった。そのためには「回収塗料スラッジ」を粉碎加工のできる最低限度の加熱乾燥処理を行なって粘着性を無くしてから再

利用に都合のよい粉碎を行ないたいと考えていた。そこで稲垣さんはより経済的な乾燥器探しに明け暮れる毎日が続いていた。ある時幸いにも、私は以前に粉体塗装ラインを建設する際に購入した「バッグフィルター」の製造メーカーである細川製作所(現在の細川ミクロン)のカタログの中に確か「粉末乾燥器」が載っていたことを思い出した。そこで早速稲垣さんが調べると、見覚えのあるカタログの中に粉末製造装置として「コンティニューエーター」(パドル回転攪拌式乾燥機)を発見した。そして、直ちに稲垣さんは細川製作所東京支店に出掛けて行き、その御好意によってこの試験用装置を約1か月間借用して実験ができるという有り難い幸運を握んだのであった。この装置の構造と作用は円筒形の装置本体の外側を熱媒体加熱ジャケットで覆われており、その円筒の中心には多数のパドル(ボートのオール状のもの)を装着した回転軸があって、上部から挿入された物質は加熱されながら回転パドルの作用によって攪拌混合され、加熱乾燥され、粉碎されながら前進移動する作用を受けて乾燥顆粒となって下部の排出口から装置外に排出される。この乾燥機を通過する間に塗料スラッジから蒸発する水分や有機溶剤や反応生成ガスなどは塗料スラッジの移動に逆行して流される通気ガスに促されて微細な粉末と共に系外に排出されて適切な処分がなされると言うメカニズムである。この乾燥機の運転条件は円筒の中心にある回転シャフトに植えられたパドルの角度、パドル先端と円筒内面との隙間寸法、パドルの回転数などの設定により乾燥機を通過する時間を決めることができ、また「塗料スラッジ」の中にある塗料樹脂の硬化反応の進行程度は加熱ジャケットの温度の設定によって調節できるのも得難い貴重な特徴である。この乾燥機一台で混合攪拌、加熱乾燥、粉碎などの三工程が一緒に処理することができる経済性を持って居たのである。

そして借用した装置を組立てて小規模な「半硬化塗料スラッジ顆粒」の試作が稲垣さんによって設備稟議(りんぎ)書にまとめられHTGのトップであった土田昭三さんに承認を頂くために提出したのであった。所が僅かではあるが「可燃性のある危険物である有機溶剤を含んでいる「塗料スラッジ」を加熱した容器内で機械的に攪拌する作業は無酸素条件下で処理すべき

である」との注文が付けられた。更に実験には塗装材料技術に強い菊地宇兵衛さんにも参加してもらうようにとの指示が与えられた。そこでHTGのサブリーダーを担当していた笠井昭夫さんが直接の責任者としてこの計画の防災面を重点に練り直すことにした。有機溶剤蒸気が存在し通過する経路内は空気を窒素ガスで置き替えた上、一定流量の窒素ガスを常に流すことを必須条件として定めた。そして実験室を独立建物とした上、換気装置と十倍量の炭酸ガス消火装置を設置することとし、乾燥装置からの排出ガスは当面は冷却凝縮することなくドラフト室から大量の空気希釈して煙突から排出させることにした。そして工場の防災、安全衛生、公害管理などの責任者からの承認を予め受けるサイン欄を設けて万全を期してスタートを切ったのである。

この実験では「塗料スラッジ」の品質を均質にする手段として廃溶剤を加えて溶解し、夾雑物を濾過除去してからこの装置によって顆粒にすることも考えたこともあったが、多量の溶剤を含む材料の処理には安全上のリスクと消除法の規制などにより実施は困難となってしまった。ここで回収された粗い小さな固まりをそのままこの装置に投入することにし、乾燥が終了して完成した顆粒を十分に混ぜて均質化を促すことにした。また加熱条件は加熱しても減量が起らないレベルまで硬化させないで、「半硬化塗料スラッジ顆粒」を製造することにした。その理由は再利用の狙い目である「熱融着防音シート（商品名メルシート）」の原料の一部を置き替えることを念頭に入れていたからである。この部品は乗用車の車体が下塗り塗装工程を完了した状態で、車内の床面に静置して次の中塗り乾燥の加熱温度により溶融して下塗り塗膜のうえに融着させる防音防振用の材料であって、その主体成分は塗料スラッジと親和性の有りそうなアスファルトであることが知られていたからである。

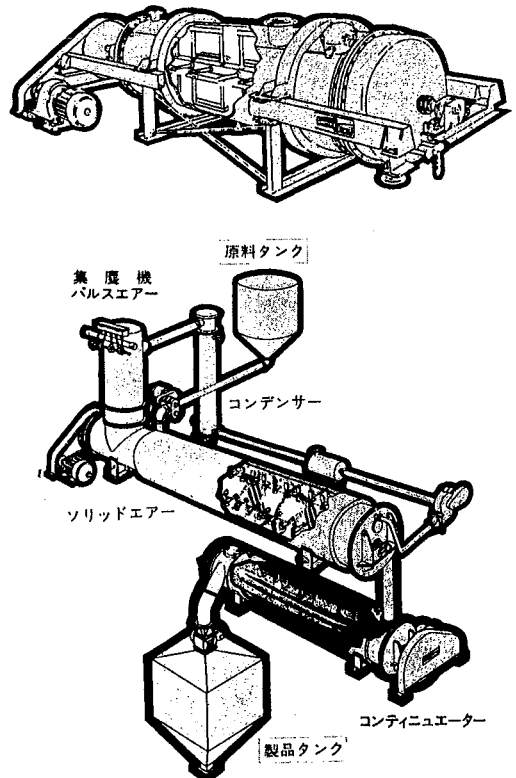
またこの他の自動車材料としては溶剤型の吹き付け塗料である「アンダーコート」や、車体の継ぎ目をシールする「塩ビシーラー」などが量的塗料スラッジの消化可能な材料であるが、夫々に混ぜる為には耐溶剤性や可塑剤性が求められ、そのためには完全硬化していないと再利用に支障を来す場合には加熱温度条件を変更し

て製造する必要があるからであった。

そして乾燥の完了した顆粒状の「半硬化塗料スラッジ」は粉碎を行なって再利用への準備を行なった。

一方、この実験を基礎として大量処理のプラント設計が可能であるとの細川製作所の技術者からの提案を得たことからその準備に入った。この乾燥装置を120℃前後で加熱する時に発生する排気ガスの中には水蒸気分と、有機溶剤、メラミン樹脂の硬化反応生成物であるホルマリンガスなどが存在しており悪臭が伴うから凝縮させずに焼却処分が最も経済的な処分であり、発生する熱エネルギーを加熱源に回収することが良策と考えられていた。

この研究の完了を待たずにHTGが解散することになり、業務は現場に移管されることになったことから外部委託を視野に入れて検討することになった。この研究の主体者として活躍した稲垣隆さんは新しく朝霞市（埼玉県）に設立されたホンダ汎用機器研究所の機能試験部門の研究員に抜擢されて赴任することになった。こ



細川式「コンティニューエーター」動作図

【注】ホソカワミクロンカタログ。

の年には現場の技術担当者に対する定員制が発足したことから、やっと育てた有能な生産技術者を手放すことになって私にとっては苦悩の時代であった。

3) 熱融着防音シートへの活用研究

再利用の準備の整った「半硬化塗料スラッジ粉末」は再び熱を加えると残っていた硬化成分の反応が起こって強い刺激臭のあるホルマリンなどが発生して硬化が進むことが判っていた。従ってこの粉末を活用する際には配合時に十分な加熱混合操作を行なう製造工程のある製品に活用すれば都合がよいことが判っていた。そこで熱融着防音シート（日本特殊塗料の商品名「メルシート」）の原料の一部に活用することをねらっていたから、この反応が車体に貼り付け熱融着する段階で起こると発泡が起こり使いものにならなくなる恐れが想定された。そこで「メルシート」の特許申請書にある明細書から判読できた製造工程には、先ず最初に加熱型ニーダーブレンダー（混練機）に熔融したブロンアスファルトと共に色々な配合物を加えて熱混合し練りあげてからシート状に押し出し成形して原反を製造するのであった。そこでこの「半硬化塗料スラッジ粉末」を最初に熔融アスファルトの中に投入して暫く混練して反応を垂完了させてから、次の成分添加作業に移行するとすれば極めて都合がよいことを発見したのである。そこで私はホンダ本社の資材部にこの塗料廃棄物から再生した「半硬化塗料スラッジ粉末」をメルシートの原料の一部に活用する目的を説明した上で、ホンダに「メルシート」を納入している日本特殊塗料の平塚工場の見学の申し入れを依頼した。

さて、ホンダの軽乗用車の揺籃（ようらん）期の頃の話であるが、車室内の騒音や振動の検定にはもっぱら社内に設けられた悪路走コースの走行時の官能試験によって検定されていた。それに対してその頃の日本特殊塗料の試験室には既に無響室や振動試験台、騒音周波数分析計器などを完備しており、特殊な防音床マットやメルシートなどの材料開発を遂行するという進んだ状況であった。私達は技術研究所が設計した仕様に基づいて作られた新形モデルの量産試作車が工場の走行試験で「振動や騒音の改善が必要である」と宣告された場合には、塗装ライ

ンの現場においてアンダーコートの塗り増しや防音シートの厚み増加や、防音シートの貼られていない隙間を埋めるなどの暫定的な作業が講じられるのが常であった。それ故に新しいクルマの試作が行なわれる時期には必ず塗装ラインサイドには日本特殊塗料の技術者が各種の厚さの「メルシート」の原反を選び込んで試作車の走行騒音テストの結果次第では直ちに出される「メルシート貼付け要領」の変更指示に合わせて、現場で「はさみ」を片手に「メルシート」部品を手作りで切り出して供給すると言う離れ技（はなれわざ）を演じてくれていた。そこには技術部長であった菊地武弘さんも時折姿を見せていたから顔見知りの仲であった。

従って私はその暫定処置をする効果的な対応策が見出せない場合には、日本特殊塗料にクルマを運んで徹夜で解析や試作検討を行なったことが何回かあったことが思い出される。

さて話をメルシート工場の見学に戻ると、この製造工程の様子は先に調べていた状況と全く同じであったことに安心した。しかし現場で目に見学したニーダーブレンダーでの混練するあり様と、アスファルトの臭いと添加される粉末や繊維類の埃など、それに機械の騒音に圧倒されたのであった。この最初の段階に「半硬化塗料スラッジ粉末」を10%程度加えて練るならば、私は幾らかでも硬化反応が起こってアスファルトとの間に何らかの物性的特性が生じることに期待を掛けていたのが実現しそうに思われた。

この平塚工場の大規模製造ラインで活用実験を行なえるほどの多量の「半硬化塗料スラッジ粉末」を直ぐに用意できなかったので試作実験のアイデアを話題にすることは避けることにして今日の見学を終った。やがて、私はこの回収粉末の「メルシート」への活用化の検討を再びホンダ本社資材部を通して日本特殊塗料に正式に要請したことにより、まず実験室段階から研究がスタートした。

そして菊地武弘技術部長さんは研究所での試作を行ない、その基本性能を確かめると同時にホンダの技術研究所の材料研究ブロックによる検査も並行して実施した。そして予想通り、この「半硬化塗料スラッジ粉末」を加熱ニーダーの中の熔融したブロンアスファルトに数%加えて混合攪拌すると煙があがって残っていたメラ

ミン樹脂の硬化反応が進んでいるらしく強い刺激臭を呈したアルデヒド類が蒸発していることが確認された。また性能の面では比重の調整が必要な他は特に支障はなく、低温物性が多少改善されたことを確認できた。

そこで量産試作実験を製造ラインを使用して実施する計画の準備を日本特殊塗料に申出たのであった。そして長い検討の末にやっと「特注品のメルシート」の委託生産をしている群馬県下の某ゴム成形会社の小規模製造ラインを借用して試作実験の立会いを行なうとの手筈にまで漕ぎ着けた。

この待ちに待った群馬での「半硬化塗料スラッジ粉末」を活用してメルシートを試作する立会い実験の当日がやって来た。この日には当事者である菊地宇兵衛さんと私に加えて思い掛けない各方面の実力者が参加したのには驚いた。例えば本社資材部からは化成技術出身の小松弘忠さん、元HTGの責任者であって既に東京シートに転籍していた土田昭三さん、それに技術研究所の材料研究ブロックの藤森義次さんなどの面々が顔を揃えていたから、これらの人々と挨拶を交わした日本特殊塗料の当事者である技術部長の菊地武弘さんは「何かありそうな雰囲気」を察して呆（あき）れ顔であった。

そして製造工程のスタートは予想通りの加熱型ニーダーブレンダー工程における混合作業において発生するホルマリン臭の強さが指摘された。これは塗料乾燥炉からの排気と同様な加熱分解による脱臭処理が必要であることが認知された。

しかし日本特殊塗料としては脱臭設備を追加設置するよりも、この様な硬化反応の起こらない「塗料スラッジ粉末」への変更を強く要請していた。その他の試作実験には大した問題もなく大成功の中で完了した。

しかし試作実験が大成功であったにも拘らず参加したメンバーの様子は何んとも異様な雰囲気漂い始めていたので、本日の結果の打合わせをそこそこに参加者の面々は引き上げる始末であった。

この群馬での試作実験を境にして不思議にも、日本特殊塗料とのこの研究はそれ以上に進行することはなかったのである。

4) 「メルシート」商戦に異常あり

私と菊地宇兵衛さんとで先に群馬で試作した塗料スラッジを活用した「メルシート」の性能の確認試験と実際に塗装ラインでの車体床面への貼り付け適用実験などもほぼ完了していた。しかし私には塗料スラッジの乾燥処理設備を実際に建設する計画は投資費用の確保と共に、その施設をどこに設置して誰が運営するのかの問題に決着を付けることができないでいた。そんな突破口が見出せずに悩んでいた私の所に本社の資材部の小松弘忠さんから寝耳に水の話が舞込んできた。それはHTG（ホンダテクニカルグループ）が解散してから乞われてプラスチック部品メーカーの東京シートの役員に転籍していた土田昭三さんから「塗料スラッジ粉末」を原料の一部に使用する条件で「熱融着性防音シート」を製造してホンダに納入したいとの提案が資材部にあったので承知して置いてくれとの話であった。

このような提案が行なわれる背景としては思い当たることが数々思いだされた。先ずホンダの資材部では新小型車「ホンダ アコード」の生産開始を目標にして部品や材料の「2社競合購買制」の原則を徹底して見直す運動が展開していた。その1社独占で支払い金額の大きい部品リストには日本特殊塗料の「メルシート」が登録されていた。そこで資材部としては今まで1社独占であったため全てが「ブラックボックス」の闇の中にあった「メルシート」のコスト構成や配合原材料原単位などの情報を明らかにして適正な部品コストの切り下げを実現するには競合メーカーの登場が求められていた。そのような時期に狭山のHTG（ホンダテクニカルグループ）がテーマアップしていた「塗装廃棄物の自動車材料へのリサイクル」を実現して廃棄物の50%削減を達成する対象に「メルシート」が取りあげられていた。それは塗料スラッジを回収して得られた粉末を「メルシート」の原料の一部に置き替える研究がスタートして、その研究への日本特殊塗料の協力要請を資材部を経由してお願いしていたのであったから、資材部でもこの動静に注目していたのであった。一方では、ホンダ傘下にあるプラスチック部品メーカーであった東京シートの事業を更に強化拡充することを求めていたホンダ資材部の意向に沿って、HTGの解散後に乞われて東京シートに

役員として転籍したプラスチック技術の主任技師であった土田昭三さんには新しい技術開発への指揮が期待されていた。そして土田さんは新しい「ホンダ アコード」向けに開発された表皮付き発泡ウレタン樹脂成形製のインストルメントパネル（計器盤）の製造工場の建設を担当しながら、一方では自分がHTGの指導者であった時に手掛けた塗装スラッジを活用した「熱融着製防音シート」の製造計画を各方面に提案していたのであった。

当の土田さんはHTGの重要テーマであったこの「塗料スラッジを回収、乾燥、粉碎して得られた粉末を「メルシート」の原料の一部に活用する方法」の研究成果を把握できる立場にあったし、そのHTGの成果を企業化することはHTGの理念にかなった展開であるとしてホンダのトップからも高い評価が与えられていたからでもある。

私は東京シートが「熱融着性防音シート（メルシート類似品の）製造計画」を誰が仕掛けたかは知る由もなかったが日本特殊塗料さんには大変信頼を裏切ったことになり陰鬱な立場に立たされた思いであった。実は私はこの時点で、ホンダと日本特殊塗料との間で「塗料スラッジを再活用してメルシートの一部にリサイクルする技術」の共同開発契約をまだ締結していなかったことはせめてもの慰めであった。

そして東京シートの「熱融着性防音シート」の製造計画を評価する為に原宿の本社の資材部に出掛けた。そこにはこのテーマを担当していた小松弘忠さんと資材部長の古山明さんが私の到着を待っていた。担当の小松さんは狭山の化成技術から囑望（しよくぼう）されて本社資材部門に転出して既に5年余り経過していた頃で特命業務の先頭をつとめていた。私は彼に日本特殊塗料への協力要請などを依頼していたこともあって塗料スラッジを回収して粉末増量剤とする研究や「メルシート」の原料の一部に置き替える計画についても十分に理解していたから、彼の上司である古山さんの求める質問にも適切に返答をすることができて、この東京シートの計画を実行することに決定したのだった。

そこで私の立場からは現在未だ「塗料スラッジの回収、乾燥、粉碎の設備」の計画の着工の見通しがついていないことから、最初から十分な量の粉末を供給することは約束できない旨を

念を押さざるを得なかった。これに対して土田さんは狭山工場から送られて来るであろう「半硬化塗料スラッジ粉末」を活用することは大義名分としている一方、東京シート自身で発生する産業廃棄物の一部もこの「熱融着性防音シート」の製造に活用する狙いを持っていたのであった。

そして、これにはホンダから支給される「半硬化塗料スラッジ粉末」を第1優先で消化する義務をつける一方、この産業廃棄物から得られた粉末に置き換わる原材料の妥当なコストを見積もってホンダに納入する部品のコストから相殺（そうさい）することに取り決められて、東京シートがこの「塗装スラッジ粉末を活用した熱融着防音シート製造」のプロジェクトの主役に踊り出たのであった。

やがて東京シートの行田工場に「熱融着性防音シート」製造ラインが完成し、東京シート製の「熱融着性防音シート」の試作部品が完成し、部品としての品質認証のための試験を予めこの計画に参加していた技術研究所の材料研究ブロックの主任研究員であった藤森義次さんをお願いすることになった。

やがて東京シート製の「熱融着性防音振動シート」は新しい小型乗用車「ホンダアコード」に採用されることとなり、それは塗装ラインでの加熱後に多少のガス発泡が生じたが、これもガス抜き針刺し工程を追加することによって解決し、防音防振効果は多少の向上が確認されたし、何よりもコスト低減は顕著であったことは資材部の得点として称賛された。

その一方、東京シートからは塗料のスラッジの粉末の供給を急がされるようになって慌てふためいていたのは化成の現場であった。しかしやがて起こった小型車生産への体質改革の嵐に巻き込まれて塗料スラッジの回収は一時たなあげとなってしまった。

このテーマは本来の産業廃棄物半減と言う目的から出発して、その後の展開はホンダの周辺に光と陰を投げ掛けながら約20年の寿命を保った後に、この商権は日本特殊塗料に返還されたと伝え聞いている。

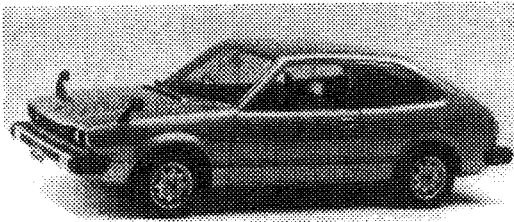
私にとっては本来の目的を達することもできず、その上に日本特殊塗料の関係者を裏切ったうえ、他部門の面々に上手に利用されたことは、心に深い禍根を今でもそのまま残しているの

ある。

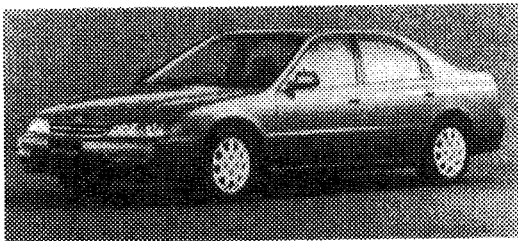
3. 世界のベーシックカー「ホンダ アコード」

1) 「ホンダ アコード」の生産開始

大ヒットを続けている経済車の「ホンダ シビック」に対して一ランク上の車格を目指した「ホンダ アコード1200」が世界で初めて成功したCVCCクリーンエンジンを搭載して世界に向けて発売されたのは昭和51（1976）年6月であった。それから20年後の1998年の今日、世界中で生産された「ホンダ アコード」の累計台数は軽く二千万台の万台を越えて、その「世界のベーシックカー」振りを誇っている。



(1) 初代アコード EX1200



(2) 5代目アコード 2.2VTL (1993)

累計生産二千万台を越えた「ホンダ アコード」の今昔

このクルマの生産は狭山工場のNo.2塗装ラインで始まった。このラインは狭山で最初に軽乗用車から小型車への製造体質の転換を果たした塗装ラインであり、現在「ホンダ シビック 4ドア 1500」を生産していた。このラインではホンダ独特な下/中塗り兼用粉体静電塗装を外板面に行ない、続いてアニオン電着塗装を車体の内面や裏面に塗装してから同時に下塗り乾燥を行なう「リバーズ電着塗装方式」が1年以上の生産実績を成功させて新モデルの「ホ

ンダ アコード」の生産開始を待ち受けていた。このラインの特徴は、厚膜の粉体塗膜が素地鋼板の表面に存在するダケ目やその他の種々の傷による表面欠点を確実に埋めて隠蔽する効果だけでなく、下塗り乾燥で硬化した分子量の大きな粉体中塗り塗膜の上に塗装された上塗り塗料の中に含まれる有機溶剤が下/中塗り塗膜へ浸透して、その下/中塗り膜を膨潤や軟化させて素地鋼板の表面状態を上塗りに投射される現象を抑える効果が指摘され、これらの双乗効果によって従来の3C3B（スリーコート スリーベーク）方式の外観を凌駕（りょうが）するスッキリした塗装外観を得ることができていた。今回はこれに加えて、待望のクリアー塗膜を最上層に塗装した「2C1Bメタリック塗装方式」を組み合わせることによって他を圧倒する優れた光沢のある外観と「シミ」などの汚染の生じない耐汚染性の強い塗膜を「ホンダ アコード」の上に実現したのである。

この極め付けを地で行くような話がある。それは当時の東京モーターショーに出品する「ホンダ アコード」を製作する際の出来事である。この硬くて厚い粉体中塗り塗膜の水研ぎ工程で、その最終段階では研磨目の極細の#800耐水ペーパーで丁寧に平滑に研ぎあげた後に、2C1B方式の「ライトシルバー色メタリック塗装」を施したクルマが完成した。このクルマの外観は光輝性の強い鮮映度の素晴らしさが他の出品車を圧倒したようで皆様の注目を集めたこのことを記憶している。

しかし、惜しむらくは粉体中塗りの表面の性状は粉体塗装特有のラウンド（凹凸のうねり）があって、これを完全に平滑にするためには膨大な研ぎ工数を必要とすることから、とても量産に適用することができなかった。そこで実際の生産における研ぎの程度は粉体塗膜の上に僅かに析出した電着塗料の“ざらざら”した粒子を取り除く程度の軽い研磨であったが、それでも今までのクルマよりも鮮映度が良いとの評価を得ていた。

当時の自動車用の中塗り塗料の設計コンセプトはその素地である電着塗装塗膜面に残る凹凸を隠蔽することに集中していたから、上塗りの外観向上の手段の確保は全て上塗り塗料に専ら任されている傾向が強かったことを示している。

この「ホンダ アコード」は最初に3ドアのハッチバックから生産が始まりやがて4ドアセダンなども揃った。この車体にも伝統の「モヒカン構造」が更に洗練されたデザインで受け継がれていた。勿論最初から拡販を狙っていた北米、欧州向けの輸出車には塩害防錆対策として車体の各部には各種の亜鉛めっきやジンクリッチプライマー塗装などを施した防錆鋼板が採用されていたことは言うまでもない。

ここでは高い名声を得た「ホンダ アコード」と共に長い技術的寿命を全うした新しい塗装技術の消長について追憶の中から回顧してみたい。

2) 「2C1Bメタリック塗装方式」の発明

ここでは今や「メタリック塗装法の標準工法」として世界に通用するまでに至った「2C1Bメタリック塗装方式」の誕生のエピソードとその素晴らしい塗装外観の裏に起こった耐候性品質のトラブルにより顧客様に与えた多大な迷惑の数々と、それに対して続けられた塗料材質の改良への努力についてもその経緯(いきさつ)を述べてみたい。

さて、1950年代に入ると、自動車用上塗り塗料には発明されたアミノアルキッド系樹脂による焼き付け型塗料の全盛の時代がやって来て、メタリック色塗装も次第に盛んになりつつあった。この2C1B方式が発明される端緒は、西ドイツのベンツ社や日本の日産自動車、トヨタ自工などが最高車格の乗用車のメタリック色の塗装仕様に採用していた「オーバーコートクリヤー塗装仕上げ」の工数削減を狙って考案されたと云われている。この塗装は完成したメタリック上塗り塗膜の表面を微細な粗さの耐水研磨ペーパーを用いて丁寧に軽く水研(みずとぎ)する、そして徹底的に水洗、清拭してから水切り乾燥を行なった後に、耐候性に配慮した透明なクリヤー塗料を塗装し焼き付け乾燥して完成させるもので、大変に工数の掛かった技法であった。これによって優れた光沢と平滑性のある優れた外観を得ることができたし、更に塗膜表面に付着する汚染物やメタリックに発生し易い「シミ」などを防ぐ特徴が喜ばれていた。

そこで、ベンツ社や日産自動車では最も工数の掛かる水研、洗浄、水切り乾燥などの工程を省略することを狙って研究を始めた。そして日

産では昭和37(1962)年頃にアミノアルキッド系のメタリックカラーとクリヤーコートを重ね塗りして同時に焼き付ける2C1B(ツーコートワンベーク)方式のメタリック塗装法を考案したとのことである。

この方式の手順は、研ぎの完了した中塗り塗膜の上に先ず、アルミニウム箔や顔料を配合したメタリックエナメル(ベースコートと言う)を下地を十分に隠蔽する程度に塗装し、次に塗装ブース内で数分間セッティングや温風吹き付けを行ない塗着したベースコートに含まれる溶剤をできるだけ蒸発させて粘度をあげて、最後に塗装されるクリヤー塗膜中の溶剤によってベースコート塗膜中のアルミニウム箔が動くことを抑制させるのである。そしてクリヤー塗装は下地であるベースコートのアルミニウム箔の突出が十分に隠蔽される程度の厚さに塗装し、先のベースコートと同時に焼き付け乾燥するものであった。

この方法での難題の一つは、ベースコート塗膜中のアルミニウム箔の動きを止めるためのメカニズムの工夫であった。これには単に塗着したベースコート塗膜中の溶剤を蒸発させて粘度の上昇することを期待するだけでなく、例えばCAB(セルローズアセテートブチレート)のような透明な物質をベースコート塗料中に配合することにより、ベースコートが塗装される途中に溶剤を蒸発させながら塗着することによって、塗着したベースコートの粘度が急上昇する性質を利用する方式がベンツ社で発明されて整ったメタリック外観が得られるようになった。

次の難問は初期のベンツ車や日産車に発生した耐候性が予想外に悪かったことである。このトラブルはクルマが顧客様の手に渡ってから2~3年後に主に車体の水平な塗装面の透明なクリヤー表面に白い曇りが生ずる現象であって、この曇りの部分を顕微鏡で観察すると、そこには無数の極く微細なクラックが発見された。これは耐候性の弱点を示した現象で、クリヤー塗料に使用されたアミノアルキッド系樹脂に原因があることが解明されたのであった。

やがて、1960年代からアメリカから世界に広まった耐候性の優れたアクリル系樹脂を主成分とした焼き付け塗料が自動車用塗料として採用されるようになり、日本ではメタリック塗料を

中心に採用されるようになった。そして2C1Bのクリアー塗料にもアクリル系樹脂塗料が採用されて、この問題は一見解決したものと思われた。

そしてこのアクリル系樹脂を採用した2C1B方式を欧州と日本の乗用車メーカーが競って活用することになり急速に普及して行った。この方式を採用して得られる予想もしなかった利点は、2C1Bメタリック塗装が完了した時点での再塗装を必要とする外観不良が激減したことであった。それはクリアー層の上に付着したごみ不良や僅かなクリアー面の欠点は軽いポリッシング作業で簡単に修正ができたからである。

しかしクリアー塗料の中に幾らか配合していたスチレン樹脂が災いして、日光に含まれる紫外線の照射によって劣化が進行しクリアー面に竹ボウキで掃いたようなすじ状の細かいクラックが顕在化したのであった。この問題が事前に予防できなかった理由としては、今まで信頼されて利用していた「促進耐候性試験機（ウェザオメーター）」から得られた結果がこの件に限っては「天然暴露試験」に相当する実車の結果と不幸にも一致しなかったからであり、それが紫外線のもたらした劣化であった。そしてスチレン樹脂の配合の検討と、その頃に開発された塗装乾燥炉の加熱条件下でも蒸発ロスの低い強力な紫外線吸収剤が塗料に配合されるようになってこのクリアーのクラック問題は解決の方向に向かったのだが、この飛び抜けて高価な紫外線吸収剤の配合には多大なコストアップを伴いその手当てに奔走したものである。

ホンダでの「2C1Bメタリック塗装法」への取り組みは昭和43（1968）年に発売した「ホンダ H1300」からであり、ホンダで初めての小型乗用車であって鈴鹿製作所の新しい塗装ラインから始まった。その技術開発のスタートは極めて早かったのはオートバイ塗装分野で流行していた「キャンデー塗装」などに啓発されたからであろう。そしてこの新しい塗装外観の塗装法は「ツルピカ（つるり ぴかり）塗装」を宣言した「ホンダ H1300」の素晴らしいイメージカラーとして社内外から喝采を浴びたのである。そして次の新機種である「ホンダ シビック1200」にも全面的に採用されてきている。

3) 2C1Bメタリック塗料の光線透過率制限

以前からのリスク項目として管理されていた下/中塗り兼用のエポキシ樹脂系粉体塗料の耐候性の弱点を保護するための上塗り塗膜の光線透過率を制限する作業が注意深く実施されて来ていた。この要件は「2C1Bメタリック塗装方式」が採用されると益々重要となるように思われた。今まで中塗りの材質が耐候性の弱いエポキシ系粉体塗料であることを理由にして、光線透過率を確保することが難しい「2C1Bメタリック塗装方式」の採用を拒んで来た私であった。

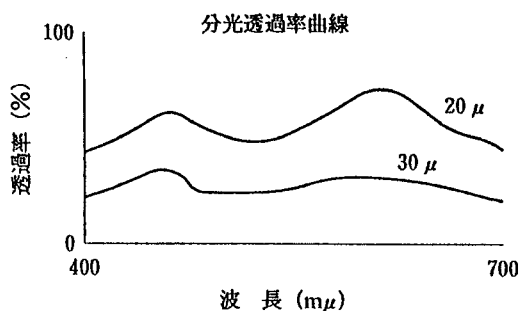
これに対して、この優れた外観と、しかも汚染による「しみ」の苦情の少ないクリアー塗膜を最上層に塗装するこの方式を新しいモデルの「ホンダ アコード」に今度こそ何としても採用させようとしていた技術研究所のカラーデザイナーはもとより、営業やサービスの面々をも巻き込んで我々に迫って来ていた。

そして更に決定的なインパクトを与えた事項は、既に「2C1Bメタリック塗装方式」をいち早く手掛けて来た鈴鹿製作所の塗装ラインでは長い実績を持っていた。そして現在は「ホンダ シビック1200」の上塗り塗装に適用を続けていた。ここで実証された2C1B方式の生産性の高さであった。それは再塗装を必要とする塗装不良の発生率が従来のワンコートメタリック塗装方式に比べて著しく低減させた事実であった。この理由は上塗り中や乾燥工程で上塗りクリアー塗膜の上に付着した「ごみ」などによる塗装不良の大半はクリアー塗膜上を軽くポリッシング作業を行なうだけで修正することが可能となったからであった。

そして今まで塗装修正作業のネックとなっていたメタリック色塗膜の補修塗装での色合わせの難しさからも解放してくれたことも大きかった。このテーマは化学雑誌「NOL」誌上に発表された日産自動車の生産技術のトップであった鶴田光男さんの『最近の自動車塗装の進歩』と題する論文の中で、この「2C1Bメタリック塗装」の発明により塗装不良率の大幅な低減を実現したことは「最近、最大の塗装技術の進歩」であると称賛していたからで、私自身でその実績を確認し納得して採用することにしたことを思い出している。今から考えると日産自動

車の塗装技術者の面々が多く犠牲を払いながら実用化させて業界にもたらした功績には感謝の念は忘れてはならないことである。

しかし、私には業界トップのトヨタ自工だけが「2C1Bメタリック塗装方式」を取って採用を保留していたことは気になって仕方がなかった。そこで私は独断と偏見でその理由を推測して納得していたのであった。トヨタ自工ではクリヤー塗料の耐候性向上の見通しは既に付いていたと思われるが、しかし懸念を持っていたのは2C1Bメタリック塗膜の光線透過の問題であったと思われる。それは一昔前の国内のマーケットで「カローラ」の淡い「うぐいす」色のメタリック塗装のクルマの水平部の一部に密着性劣化を思わせるメタリック上塗り塗膜のブリスターを伴う剥離を起こしているのを散見したことがある。その原因の第一は中塗り塗料に耐候性の低い樹脂か、又は顔料が配合されていたことであり、第二の理由はその上塗り塗料が光線透過し易い顔料配合であったか、または塗膜厚が不十分の個所が存在していたことが考えられた。事実塗膜が薄くなりそうな車体外板の位置にこのトラブルが発生していたことから容易に類推できた。そしてその仮説では日光が上塗り塗膜を透過して中塗り塗膜の表面を劣化させて密着性を失わせたものと推測したのである。



分光透過率曲線の実測例

【注】2C1B塗装の光線透過率規制値

紫外部 (340~400nm) : 0.5%以下。

可視部 (400~700nm) : 2.0%以下。

私の「2C1Bメタリック塗装方式」の採用に対する躊躇(ちゅうちょ)の理由もトヨタ自工の懸念と同じであった。やがてトヨタ自工も国内向けのクルマから2C1Bメタリック塗装

を採用することに踏切るとの噂であった。そして2年余のワンコートメタリック上塗り塗料の適用における光線透過率管理の実績から、今回の膜厚が半分となるメタリックベースコートの光線透過率の制限の確保ができそうな自信が得られていたので、この「2C1Bメタリック塗装」を採用することに決断した。そこで、材料担当の技術係から浜中辰彦さんと高野賢吾さんのコンビが選ばれて上塗り塗料の担当となつて、メタリックベースコート塗料自身の光線透過率制限値を塗料メーカーに順守させる役割を担うことになった。

そして、新形モデルの「ホンダ アコード」のイメージカラーは既に技術研究所のカラーデザイナーから提示された色彩標準板によれば「ライトシルバーメタリック」が2C1Bメタリック塗装方式を採用して作成されたことが標準板の裏に明記されていた。このように主力となる塗色は従来から下/中塗り兼用の粉体塗料の供給塗料メーカーである関西ペイントに製造を担当してもらう方法を取ることにしていた。彼らの意向はメタリックベースコートの膜厚範囲は15~20ミクロンが外観の安定性の点から適切であると推奨していたが、この膜厚は従来のワンコートメタリックエナメルの場合と比べて半分程度の薄さであったから、ベースコート塗料自身の光線透過率の特性はより厳しく管理することが求められた。

そこで膜厚の確保の安全性を考慮してホンダ狭山工場では実ラインのベースコートの最低膜厚限界値は17.5ミクロンと定められた。そして塗装ラインではエリクセン社製の「ウェット塗膜厚測定器」を使用して最低膜厚の管理を行なうことにした。

この色彩標準板に塗装されたベースコート塗料は特に白い光輝感(スパークル感)を強調した粒子サイズの大きなアルミニウム箔だけを僅かな顔料と共に配合設計されたものであった。それ故光線透過率が制限値を大幅に超過してしまった。そこで多少のスパークル感を犠牲にして微小粒子サイズのアルミニウム箔を追加配合せざるを得なくなった。従って許容される外観意匠性の交渉と塗料配合の工夫、塗装膜厚のバラつき縮小などのバランスを関係者同志の「苦渋(くじゅう)の選択」によって成立させることができた。この様なアルミニウム箔を微妙に

設計した配合の塗料を適切な粘度に希釈して、塗料循環パイプシステムの中を循環させておくのであるが、使用頻度の低い場合の扱いや、「行き止まり配管」の塗料のパーズの徹底などにより微妙に配合されたアルミニウム箔の粒度分布が大きく変化して光線透過特性を大きく狂わせる事態の予防などに多くの努力が要請された。

一方、塗装ブース内のレシプロケーター式自動塗装機やロボット塗装機などの配置計画などの塗膜形成の設計は技術係長の川村紀生さんのグループと上塗り塗装ラインの係長の笠井昭夫さんのスタッフとの共同作業の総力戦で遂行された。

そして、ベースコート塗膜を形成させるための塗装ステージの設定には今までとは異なる強い信念で最低膜厚限界値を確保するに十分な余裕を持たせることに全力を注いだ。それは一時的な増産や不良の連続発生などの異常事態に対処するために多少のコンベアスピードアップに耐えられる余裕を持つことであり、また恒久的な増産に対応する為の拡張方向への準備を設定しておくことであった。

そして既設の空気霧化静電ガン（REA）を取り付けたレシプロケーター式自動塗装機の一セットだけでは膜厚不足の部位が残るので、自動塗装機の前にロボット補正塗装を左右に1台配置した。そして自動塗装機の後にマニュアルの補正塗装とウェット膜厚の迅速測定のできるスペースを設けた。これは当初のルーフの左右の側面とボンネットの左右後端コーナーの膜厚不足を救うのに有効に働いた。

そして、塗装ブース内での色替え、静電ガン先の洗浄、休憩時の空（あき）などを効率的に確保する一方、前工程で発生したロス（空車）の悪影響を吸収することが可能な塗装前の車体のストレージライン（約15台収容）を塗装ブースの入口側に設けて塗装ブース長の適正化を図った。

このラインで生産する「ホンダ アコード」が全世界でヒットすることになり、増産に次ぐ増産（800→1050台/日）に対しては別に塗装ブースを新設することなく、各々の塗装ステージの延長を行ないながら膜厚の確保に奔走していた。このベースコートの膜厚確保に関係していた技術者は常に智慧を絞っていたことを思い

だすのである。

また焼付け乾燥炉では性能がアップした新しい紫外線吸収剤の加熱中の揮発ロスを幾らかでも防止するために焼付け温度条件の緩和を意識的に進めていた。

4) グループドミニベルの開発異聞

この「2C1Bメタリック塗装」のクリヤー塗膜の形成には従来からの空気霧化静電ガン（REA）付きの門型レシプロケーター式自動塗装機1基と回転霧化式の直径の小さなミニベル静電塗装機の1ステージを設置して稼働を開始した。ホンダの狭山工場には昔から普通の中塗り塗装工程が存在しなかったからミニベル静電塗装機を使用するのは初体験であったのだが、初めから塗装したクリヤーの膜の中に「エア噛（か）み」が発生して容易に消すことができなかった。そして塗料の調節や塗装条件の試行錯誤を繰り返していたが時に時を過ぎていた。一方現場では塗装後に大きな空気の泡は針を刺してつぶしながら生産が続けられていた。

ある日、この苦情に対して日本ランズバーク社の開発部長である多田義典さんが久しぶりに狭山工場を訪ねてくれたのだった。いつもなら彼とは長時間にわたる技術談義が続いて、最後には必ず彼の御得意のオーディオ談義に移り私は専ら聞き役に回っていた。そして時には彼、御自慢のプレイヤーとデッキを用いて海外レコード盤から録音したメンデルスゾーン作曲の交響曲「スコットランド」などのクラシック名曲のカセットを私にプレゼントしてくれたのだった。しかし、この日はそれ所ではなく、急ぎ足で塗装ブース内のクリヤー塗装された直後の車体を観察するやら現場の苦情を塗装ラインのベテランや塗料メーカーの技術者から聴取していた。そして駅前のレストランで昼食を取りながらも「泡消し」の話が続いていた。

私は「回転するベルの先端から放出される薄い塗料の液膜がベルの回転力と周囲から吹きだす空気の流れの力によって破碎されて微粒子が形成されると言うのが微粒化のメカニズムであるから、その吐出した塗料の液膜を予め短冊状になるようにすれば液膜が空気を巻き込むことがなくなるのではなからうか」との意見に対して、既にベルの先端にとげをつけたしたことも

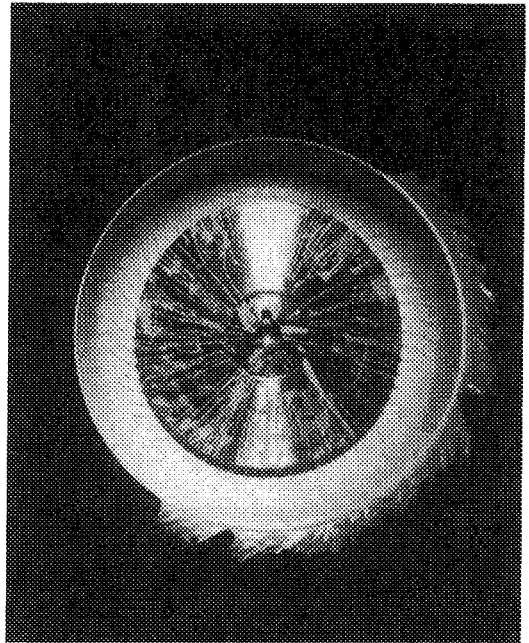
研究済みであるとのことであった。そこで何げなしに私は「ミニベルの内側に塗料を分配しながら通すための溝をいれたらどうだろうか」と発言したのだった。しかしそれには直接返答はなかったが、彼の様子では今までに行なってきたミニベルのカップに鋸状の突起を付けたり、そのエッジを薄く尖らせることを考えたり、カップの周囲からエアーを吹出させる工夫などの実験を反芻（はんすう）している様に見えたのだった。

その数日後に溝を入れたミニベルは大成功だとの電話が掛かって来た。その早さから考えると彼はとっくに溝入り案を持っていたに違いないと思われた。やがてこの溝（幅は約100ミクロン程度か）を刻んだミニベルが6個ホンダに持ち込まれて交換されて気泡の巻込みは解決したのであった。やがて世間に登場して高い評判となり始めた頃、多田さんと部下であった三井三千雄さん（ABBインダストリー、ランズバーグ事業部、副部長）が高速度カメラで撮影した溝付き（グループド）ミニベルから噴出する塗料の微細な液糸から微粒化する状態がバックの黒に映えていた写真が「塗装と材料」誌の表紙を飾ったのを見るにつけ強烈な印象を持ったことを今でも思い出される。

この溝付きミニベルの採用はクリヤーの吐出量を増加させることができ厚膜のクリヤー塗膜（30～40ミクロン）の実現に大きな貢献を果たした。その後十年近く経た1981年に私がアメリカのランズバーグ本社をインディアナポリス市郊外に伺った時、溝付きのミニベルを「“ホンダ”ミニベル」と呼んでいたことには驚かされた。このグループドミニベルの成功によって、日本ランズバーグ社の多田さん、三井さんはホンダ鈴鹿と共同で2C1Bのベースコート、クリヤーコートの両工程にこの溝入りのミニベルを使った回転霧化静電塗装を採用した自動車用2C1B自動塗装システムを完成させることになるが、この話はまた別に述べる積もりである。

その後、ミニベルの回転軸を支えるベアリングシステムの進歩から溝がなくても軽く毎分1万回転を越える超高速回転数ミニベルが流行したこともあったが、環境対策の為に溶剤の少ない塗料の採用に従って再び溝入りのミニベルが全盛の時代を迎えているのである。

この溝付きミニベル方式は原理的にも判り易



溝入り、溝無し型ミニベル回転霧化静電ガンの微粒化メカニズム

【注】ABBインダストリー(株)、三井三千雄氏提供（ベルの円周の半分ずつを、溝入りと溝なしで構成したカップを使用して写真撮影）。溝入り部は吐出液糸、溝なし部は吐出液膜から微粒化する。

く経済的な方法であったことが証明されたからこそ、日本ランズバーグはこの特許を世界主要国で取得したとの風聞を聞くにつけて、その開発の源流に私も参加したことは全く知られざる異聞である。

4. 粉体電着塗装（EPC）へのプロローグ

ホンダの創業者、本田宗一郎さんは語録の中で『成功は99%の失敗から生まれる』と我々を激励してくれてはいるのだが、これから4章にわたって述べる「粉体電着塗装（EPC）の実用化」では多くの失敗を重ねた「いきさつ」を回顧しなければならない。これにはどうしても「言い訳」や「後智恵」に終始してしまう自分に嫌気を覚えながら敢えて筆を進めている。この文章を書き終ってみると、元来固有技術に「のめり込み易い」性向の私が今回は工場のプロジェクトリーダーとなったことから、固有技術の「EPC」への執拗な突込みが鈍っていたことの思いにさいなまれている。

1) 小型車生産体質への長い道のり

ホンダでは二代目社長の河島喜好さん（現在は日本商工会議所副会頭）の提唱する「NHP（ニューホンダプラン）」の体質改革の波が押し寄せていた。埼玉製作所狭山工場に積み残されていた改革は軽乗用車用No.1ラインの小型車化への脱皮であった。今までの何回かの提案もその設備投資額の大きさから見送られてきていた。新しくトップになった鈴木正巳さんと工場長の池上秀男さんは数ヶ月後にこの閉塞状態を打ち破るかのように前代未聞の投資予算を「指し値」で実行することを宣言したのだった。その予算は我々の積算額の約80%レベルであったが私はこれを腹に納めて検討に入った。そして生産技術3羽鴉と呼ばれていた溶接の大沢輝正さん、塗装の川村紀生さん、組立の森田利捷さんらと図って現有設備を最大限に活用して小型車生産ラインの構築を「自ら松明（たいまつ）を掲げよ」（副社長藤沢武夫語録）を合言葉にして展開させた。

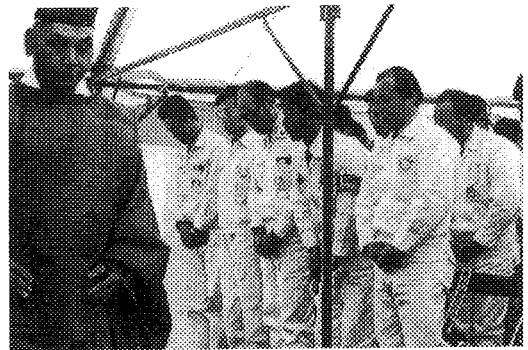
そして軽乗用車を日産270台生産しながら小型車日産500台への体質改革を遂行する「⑤プロジェクト」がスタートした。そして私がPLになり、3羽鴉に加えて工場管理の須藤登さん、事務局には猪股久雄さんがそれぞれ任命された。

この一年半に及ぶ長期戦の工事は多くの夜間・徹夜、休日に加えてゴールデンウィークや正月の連休までも使用する難工事であったから多数の従業員を時間外に動員することになった。それに加えて生産の作業現場で土木工事が並行して行なわれる悪条件であった。これを安全に遂行できたのもホンダ労組のバックアップが得られたからこそであり、そこにはホンダ労連の狭山分会執行委員長は私と狭山創設以来の塗装スタッフの仲間であった天野幸明さんであったから、彼の適切なアドバイスが私をある時には緊張感を、また勇気づけてくれていたことに負う所が大きい。この様な若さの溢れる強力なメンバーを得たことがこのプロジェクトを成功に導いた原動力であったと云えるであろう。

ここでの最初の仕事は新しい生産設備をレイアウトするためのスペースの創出であり、例えば排水処理場の上部空間には塗装ライン、既存の平屋建物の上部には3階建の組立工場、本工場の物流用下屋の上部には溶接ラインのような

人工地盤を確保する土木建設工事であり、この基礎工事のあり様は首都高速道路建設さながらであった。それ故、このスペース確保に優先的に予算が振り向けられたから、生産設備への予算の配分が圧迫され、技術者には予算の配分の重点主義を徹底して切り抜ける苦心をさせてしまった。

さて今回の塗装部門のメンバーは前回の粉体塗装導入の時に比べていささか弱体の感を否めないのは、既に粉体塗装を下/中塗りに採用して「ホンダ アコード」を生産しているNo.2ラインの現場には残っている解決しなければならない課題が多いことから星野課長の要請により技術系の笠井昭夫さんと富岡義雄さんの御両人が係長として出向いていたからである。そこで技師の川村紀生さんをヘッドに、材料品質の菊地宇兵衛さん、浜中辰彦さん、設備技術は新井弘さん、粕谷信夫さん、一方軽乗用車の生産を続けながら新ラインへの衣替えを行なう現場は電着に強い西尾桂司さんと粉体塗装の後始末に活躍した寺川克俊さんが当たる布陣によって進められた。



⑤プロジェクト工事起工式安全祈願祭のスナップ
【注】川村紀生さん：前列左端、筆者：前列左から3人目。

2) 小型乗用塗装プロセスの新たな選択

今度の塗装プロセスの選択に際しては既設の設備を活用することが至上命題ではあったが、これを実践させるのは中々の難問であった。現在の軽ライトバンの塗装プロセスはホンダ独自の“3C2B”塗装方式で、アニオン電着塗装の下塗りが完了して水洗工程が終了した所で、その濡れた表面の水滴をエアブローによって吹き飛ばしてから親水性溶剤を含んだエポキシ系中塗り兼用のガイドコート塗料をエアレス塗

装によって施してから一緒に焼き付け乾燥を行ない、空研ぎ（からとぎ）で表面を平滑にしてから常法の上塗り塗装を行なう変則的な方式であった。

そして先に小型車への転換を済ましたNo.2 塗装ラインの塗装プロセスは「下／中塗り兼用粉体静電塗装（外板面）＋リバース式アニオン電着塗装（裏内面）＋上塗り塗装」の“2C2B”方式が新規採用され、その鮮映度の優れた塗装外観と耐久性を示す強靱（きょうじん）な物理化学的性能のよさが評価されており、軽乗用車から小型車への格上げに伴う塗装品質のレベルアップは歴然としたものであった。従って今度もこの塗装プロセスを続いて採用するのが順当であると誰もが納得していた。

しかし私はこの粉体静電塗装をそのまま継承するにはいささか心に引っかかる問題が次第に大きく拡がりつつあった。それはNo.2 塗装ラインの小型車生産が始まって間もない頃、「粉体静電塗装作業」を視察された河島社長がふいに側近に漏らした粉体への感想は『こんなに粉っぽい“ダンゴ屋”はごめんだ』であったとの風評が社内に拡がった。特に我々当事者の胸にはこの話が「業務命令」として深く胸中に沈殿していたのであった。実はそれより数か月前に同様に粉体塗装ブースを見学された最高顧問の本田宗一郎さんからは「早くロボットを導入すべきである」との意見を頂いていたことがあった。それ故、我々は粉体塗装ブース内の中央に設置した全自動粉体塗装機の前後に配置された人手による補正粉体塗装作業のロボット塗装への転換を進めている最中であつたし、粉体塗装面の品質チェック、メンテナンスと清掃作業、粉体塗料の供給などの粉末と接触する作業者には「呼吸用空気が供給される防塵マスク」の着用方針を申し合わせていた所であった。これらの対策は微細粉塵を塗料から除去する方法に加えて、作業者の呼吸器に影響を与えることを絶対に回避する為の施策として作業者にも理解されていたのである。

このように経営者からは粉塵への安全衛生面への配慮に加えて、社内の周辺からは粉塵爆発への忠告などが粉体塗装を始めたばかりの私達の耳を頻繁に襲って来ていたからである。

そこで私の頭の隅に記憶されていた「粉体電着塗装」が再び浮かんで来た。これは今までの

空気中に懸濁させた微細な粉体塗料を使って静電塗装を行なう方法に替えて、微細な粉体塗料を電着塗液中に混合分散させて粉体塗料を電着塗装させるもので、粉塵のもたらしていた安全衛生面のリスクが抜本的に解消する点が特徴であったからである。

それは確か数年前のことで、狭山工場でアメリカ向け専用の大型オートバイを生産することになり、私はそのパイプフレームに施す黒色塗装ができる厚膜タイプの上塗り電着塗料を探していた。それに答えたのはアニオン電着塗装の導入以来の顔馴染（なじ）みの神東塗料東京研究所の電着技術者である鈴木為之さんで、彼がその時に洩らした情報は現在開発中の粉体電着塗装法であった。しかし残念ながら、この塗料は下塗り用を狙って開発していたから主成分のウレタン樹脂は耐候性が上塗りとしては不十分であったことから検討を断念したものであった。

やがて、ホンダのNo.1 塗装ラインの体質改革の噂を聞き付けて狭山工場を訪ねて来た神東塗料の営業本部長であった浜本滋幸さんの口から不意に飛び出した「為さんがやっている粉体電着はどうかね」の発言を私は見逃さなかった。その話を契機（きっかけ）に長い間机の引き出しの奥で眠っていた粉体電着塗装のサンプル品があったことを思い出した。それは錫めっきされた塗料サンプル小缶の蓋に直径5mm程度の孔を開けてから、粉体電着塗装を施したものであった。その蓋を開いて缶の内側を見ると粉体電着塗膜が隙間なく半艶黒色に塗装されており、缶の内側の膜厚も30ミクロンを越えていたし、私が木ハンマーで缶をつぶしてみたが何処にもクラックや剥離は見当らなかつたものである。私はこの粉体電着塗装技術がその後どのように進歩したかを確かめたい衝動にかられて、鈴木さんに電話を入れたのであった。やがて鈴木さんの技術説明会が開かれると、そこに出席していた川村さん以下の技術者の面々の興味を捕えたようであった。ここでこの技術説明の一端を披露しておこう。

『昭和40年代後半、粉体塗装が勃興期にあり、盛んにライン化が進められていたが、一方で安全性が議論されていた。しからばこれを水中で電着という合理性と安全性の高い方法で塗装すれば良いのではないかとこの発想からEPC（粉

体電着塗装)が發明された。これの開發の殆どは電着出身者であったが、応用分野はむしろ粉体塗料の分野に置いていた。そして得られる塗膜が厚いことと通電が短時間であることが特徴としてあがって来たからである。この合理性に裏打ちされたEPCリバース方式は必ず他の塗装プロセスを駆逐するとの確信と執拗(しつよう)さで開発に取り組んでいるのである。』と。

そして現在は技術部長の宮崎竜平さんを責任者として、実用化に取り組んでいるとのことであった。確かこの頃には通産省から新技術開発助成金を給付されて研究を進めていた様であった。

そこでとにかく、大至急に塗膜品質の一次性能を把握するための準備を進めた。そしてNo.2塗装ラインの前処理工程で処理した標準SPC試験板(冷延薄板鋼板)を急いで準備して、深川の木場にあった神東塗料東京研究所(元の帝国塗料(株)の社屋)に粉体電着塗装実験を行なう為に出かけたのは材料品質に強い菊地宇兵衛さんと私であった。そして得られた塗装試験板は狭山で試験評価された結果、従来の静電塗装による粉体塗装との比較したが一般塗装面には遜色のないことが確認された。

そこで早速に粉体電着塗装実験の規模をドアサイズ程度の大きさに格上げすることの合意が得られたので直ちにその準備に入った。

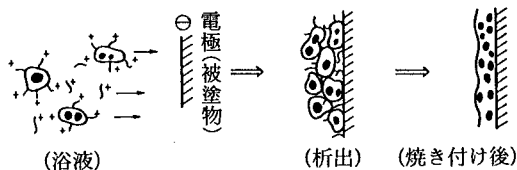
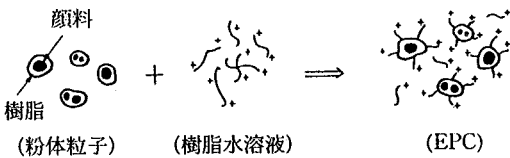
この時点で私は神東塗料の特許申請明細書や助成金を給付された新技術研究報告書などの開示を求める代わりに責任者の宮崎竜平さんが

「高分子加工」誌の1975年4月号に発表したEPC塗料の解説論文のコピーを頂いた。

そこで我々が実験などから知り得たEPC技術の情報の概略は次のようであった。

- ①: EPCは被塗物を陰極とするカチオン性電着塗装法の一つである。
- ②: 溶液中には粉体塗料を主とする10~20%の固形分が懸濁しており、残りは水と少量のアルコールである。
- ③: 水中では粉体粒子の帯電は僅かであり、界面活性剤を添加して帯電させても電気泳動現象は小さ過ぎるのであったから、帯電剤として水溶性樹脂である「バインダー」が添加されたのである。
- ④: 溶液中では「バインダー」は粉体粒子の表面に吸着して、粉体粒子に+帯電性を与える。
- ⑤: 使用される粉体塗料粒子のサイズは3~7ミクロン程度の微細粒子である。
- ⑥: EPCの進行するに従って溶液中には「バインダー」から解離した有機酸のーイオンが通電と共に蓄積するので、一極に隔膜を用いて過剰となった有機酸ーイオンを分離除去する。
- ⑦: 粉体塗料と「バインダー」の水溶性樹脂は共にエポキシ樹脂系で、ウレタン硬化である。
- ⑧: 通電時間が<15秒と短時間で>60ミクロン程度の厚膜が得られる。

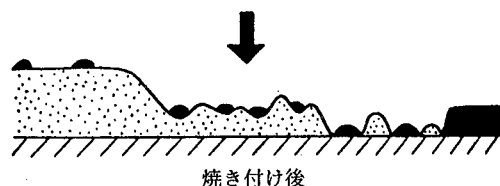
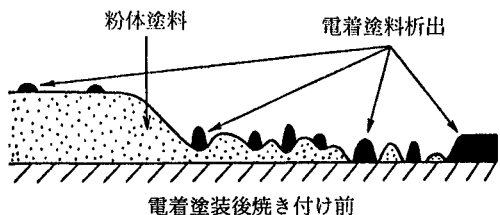
実は後からの反省であるが、この時点では私の心は粉体塗装が電着塗装法で可能となり、今まで多くの面々から懸念視されて来た微細粉塵のもたらす安全衛生面のリスク、引火爆発などの防災面のリスクなどが同時に解消できる喜びに頭を奪われていたのであろうか、冷静な技術的な洞察を怠ってしまった気配が濃厚である。その最たる観点はNo.2塗装ラインで車体の外板にアニオン電着塗装の下塗りを使用することに懸念を覚えて、電気化学的な影響を前処理皮膜に与えることの少ない粉体静電塗装を採用したことをすっかり忘れて、「カチオン性電着であるから素地や前処理皮膜への影響は少ないので大丈夫であろう」との先入観でことさらに科学的な検証の追及を行なわずに過ぎた結果がEPCと前処理皮膜との適合性の問題を見逃してしまったことに繋がっていたのである。



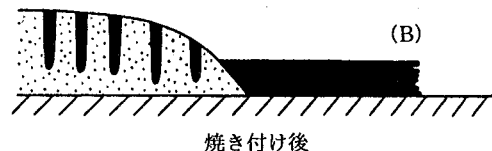
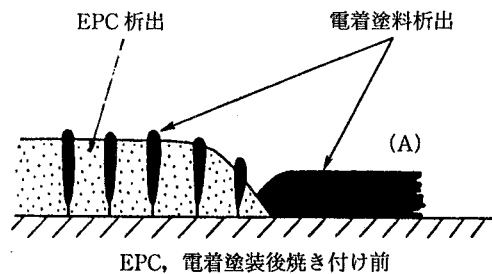
粉体電着塗装の原理、および塗膜形成の概念図

【注】粉体電着塗装の原理 (神東塗料提供)。

さて話を元に戻すと、ドアの外面の塗膜厚を約 >60 ミクロンを狙ったEPC塗装実験では、驚いたことにドアの内面の大半にはEPC電着塗膜が析出してはなかったし、EPC電着塗膜の末端の膜厚の推移は従来のアニオン電着塗膜のように徐々に膜厚が低下するのは異なり、ある所まで来ると膜厚は急激にゼロになってしまう、その先には全く塗膜らしきものは観察できなかった。



(1) 静電粉体塗装の電着塗料部分との境界部



(2) 粉体電着塗装と電着塗料との融着

粉体静電塗装とEPCとの電着境界面の模式断面図
 [注] リバース塗装方式の境界部の模式図(析出/乾燥硬化後)。

そこでホンダとしてはもう少しEPCの「付き回り性」をレベルアップしたいと神東塗料に要請したが、神東塗料の技術者からは「塗料の

配合を替えて調整すると外板の膜厚が低下することになるので、もう少し時間をもらいたい」との意見であった。そこでホンダではEPC塗膜を乾燥炉に入れて粉体塗膜を溶融フローさせてから、現在軽乗用車の下塗りに使用しているアニオン電着塗装を利用してリバース式塗装を行なった所、何の問題もなく塗装できることが確認された。ここでEPC電着塗膜とアニオン電着塗膜との境界部は単純な膜厚の段差のある線状の形態を示していた。そこで神東塗料では近い将来には、現在のアニオン電着塗料をEPC電着塗膜との接着適合性の良好なカチオン電着塗料に変更して境界部の裸耐食性の抜本的な解決を進めたいとの提案がなされた。とにかく、EPC塗膜が車体表面のどこまで析出させることができるかを確かめる必要があり、実車スケールの塗装実験を実行することになった。これには多額の費用が掛かることもあり、EPC電着塗装の全貌をトップに報告して、実車スケールへの展開の許可を頂くことになり、所長の鈴木さんとホンダエンジニアリング社長の篠宮茂さん、我が工場長の池上さんの出席の下で菊地さんと私の二人でEPC報告会の山を乗り越えたのであった。

3) 実車スケールでのEPC実証実験

神東塗料の千葉工場の一隅にはアニオン電着塗装の幕開け時代に設置された電着塗装実証プラントがあった。ここにはワンプース型スプレー式前処理装置、自動車ボディー単独用電着塗装装置、そして多目的用塗装ブースおよび熱風乾燥炉が揃っていた。この実験を遂行するチームは菊池宇兵衛さんの指揮下に電気設備担当の榎本国男さん、材料品質の高野賢吾さん、電着技術の塩沢信雄さんらが指名された。そして夏の盛りの約1か月間を家庭を離れて千葉県八千代市に滞在して日程に追われながら実験を繰り返していた。このメンバーに異色の電気保全の榎本さんを加えたのはこのEPC電着塗装が予想外に「付き回り性」が悪かったことから、少しでも塗料に関係なく「付き回り性」を向上させる手段として印加電圧の波形を制御する方法を検討して、いずれ購入する直流電源の整流器の仕様作りに反映させる特命事項を託していたのであった。

この実験に必要な多量のEPC用粉体塗料を

製造する為の準備に神東塗料の工場関係者は東奔西走する忙しさであった。特に上塗り塗膜を透過してくる紫外線などによる下/中塗り兼用のEPC塗膜の耐候性をレベルアップさせるために必要な特殊なウレタン樹脂用硬化剤の調達是最もクリティカルであった。この高価な硬化剤は遠く西ドイツからシベリア鉄道を経由して輸入を予定していたから尚更であった。また一般の静電塗装用の粉体塗料に比べて一段と粒子径が3~7ミクロンと小さく、しかも粒度分布の狭いことが必要なEPC用の粉体塗料を多量に製造するには特別な微粉碎機としての粒子同志を衝突させて微粉碎を行なう「ジェットミル」の準備に忙殺されていた。

この実験に供する塗装前の車体は狭山から防錆油で処理されて千葉へ送られてきた。そしてEPC塗装実験の当日の午前中に車体は前処理と水切り乾燥まで完了させて置き、午後のEPC電着塗装実験の直前に再び純水で車体表面を洗ってから電着槽へ入槽させる手順で行なった。(これが実ラインの条件と大幅に異なる点を見逃していたのだった。)

そして塗装外観で重要な車体外板部を>60ミクロンのEPC膜厚が得られる「付き回り性」を求めて、EPC電着液の調整と通電条件の設定に予想外の実験回数を費やした。

この実車スケールのEPC電着塗装実験状態から、将来にわたって新モデルの車体が登場することを考えると、その外板にEPC塗膜を確実に析出させることは必ずしも楽観的ではないであろうとの懸念がしてならなかった。

またEPC塗膜が析出していない部分の面積は予想通りに大きかったし、この車体内面には狭山工場に車体を戻してアニオン電着のリバース式塗装を実施することが確定した。

やがて8月に入って間もなく実車スケールのEPC塗装実験が完了に近づいたのでLPLの池上さんと神東塗料のトップを迎えてEPC電着塗装実験の最終確認セレモニーを千葉の実証プラント内で行なうことになった。当日の行事内容は、車体へのEPC電着塗装実作業の視察、予め準備した焼付け乾燥後の車体のEPC塗膜の外板部への塗着状態(付き回り性)、塗膜の外観、そして膜厚の分布状態を確認した。またEPC塗装後にホンダでリバース式アニオン電着塗装を終了した車体を解体した部品によって

EPC塗膜とアニオン電着塗膜との境界線の位置と外観を確認し、最後に上塗り塗装まで完成したEPC塗装プロセスの完成車と現行の粉体静電塗装プロセスの完成車との外観レベルの比較を検証した。これによって「中/下塗り兼用EPC(外板面)+リバース式アニオン電着塗装(裏内面)+上塗り塗装」の塗装プロセスの採用が決定した。

そして、EPC電着塗装テスト車体は完成車に組立られて、海浜塩害腐食環境の沖縄へ送られ、沖縄ホンダの社用車としてできるだけ錆易い海浜に近い道路を走って貰うことにした。そして夏を含めた10か月の試験走行によって防錆のレベルを検定しようとしていた。その後戻されたクルマは解体されてEPC-アニオン電着塗装の境界線の防錆レベルを評価した。

4) EPC共同開発協定と設備レイアウト

EPC粉体電着塗装法の採用を決定したプロジェクトチームは塗装ラインの構築を行なう各関連業者との共同開発協定を結ぶ交渉を始めた。そのメンバーにはEPC塗装技術と塗料を提供する神東塗料、EPC関連設備の設計と施工を担当する大気社、それにこの総括推進と資金の提供および塗装ラインの稼働と塗装品質の評価を担当するホンダで構成することになった。

しかしEPCとの関係が少なくない塗装前処理プロセスとその設備の設計施工を提供する前処理プロセスメーカーの加盟が難航したのは私の前処理プロセスの選定に原因していることを明らかにしなければならない。実は昭和40年代のホンダの塗装前処理プロセスのシェアは浜松の二輪が「ACPプロセス」である他の狭山の四輪3ライン、鈴鹿の二輪および四輪2ラインは「パーカー プロセス」の独断場であり、間もなく鈴鹿製作所では日本で最初のコンベアー式ハーフディップ/スプレー方式の前処理ラインが試みられて成功していたが何故か「ACPプロセス」に変更されてしまっている。そこで私は狭山工場の小型車への体質改革のチャンスに今後の国際化を見通してアメリカの乗用車用前処理分野を二分しているこの「パーカープロセス」と「ACPプロセス」の両方式を狭山工場に夫々を導入する方針を立てたのであった。そして先ずNo.2塗装ラインの小型車への転換の

際に“パーカー プロセス”を粉体静電塗装の前処理プロセスとして採用したので、今回のNo.1 塗装ラインはEPCの塗装前処理として“ACP”を採用する番であったから、ACP事業部を持って居る日本ペイントを選定することになった。所が、EPC塗装技術を開発した神東塗料は以前から“パーカー プロセス”の日本パーカーライジング社との間に技術協力関係を続けていたし、更にACPを持っている日本ペイントはカチオン電着塗料の分野での強烈な競争先であることから共同開発の机に着くことに難色を示したのであった。そこで私はホンダ狭山の前処理戦略を優先させることにして、塗装前処理プロセスメーカーの日本ペイントを含まない三社共同開発協定がスタートせざるを得なくなった。それがために塗装前処理技術とEPC塗装技術との密接な調整が薄くなったことは否めない。私は“ACP”の採用に当たっては日本ペイント化学事業部長の前田寿弘さんに「EPC塗装用に適する前処理プロセスの提供」を特にお願いをしたのであった。話を戻すと、この協定を結ぶ時点では神東塗料は自力で「EPC塗装技術」の基本部分を完成しているとの強い主張がなされたことから、神東塗料の供給する塗料材料、大気社の進める設備の設計と施工については「商業ベース」でホンダが調達することとした。従ってこの協定は日程の確保、秘密の遵守、特許権の帰属、目標遂行に不都合が生じた場合の負うべきリスクなどを定めた制約の緩やかなものであった。その証拠には、神東塗料はホンダとの共同開発を進める一方、国内ではいすゞ自動車での実用化計画、欧州ではヘキスト系のハーバーツ社へのEPC塗装技術の供与、アメリカではGM社へのプレゼンテーションなどの活動が行なわれていた。

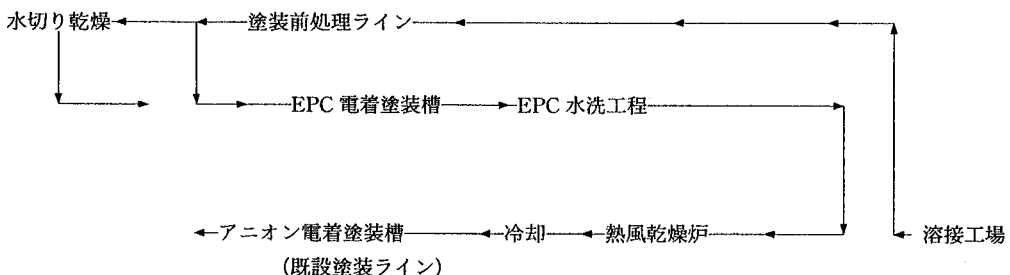
しかしながらホンダが最初に実用化した段階では不幸にもEPC塗装技術の完成度が十分ではなかったと思われるが、その問題点を逐次解決しながらより成熟したEPC技術の世界的展開を進めていたのであろう。

その背景にはホンダ側の担当する設備レイアウトを設定する技術者の立場からすれば、生産技術戦略である「投資金額の圧縮」と「工程長さの短縮」を実現する為には、実施までに不確定な、または曖昧(あいまい)な要件は切り捨てられており、若しも不幸にも不具合が発生した場合にはリスク対応によって処理する道を選ばせていたことも事実であった。

そこでこのプロジェクトに参画した全ての各社の技術者が経験した無理難題をクリアするための苦渋の選択は「将来への大きな心の糧(かて)」となったことであろう。

このプロジェクトに参加したメンバーは、神東塗料では技術部長であった宮崎竜平さんの下に、電着塗料技術者である鈴木為之さんと筒井伸和さん、技術陣と営業の折衝を担当した田島正利さんが主力であった。そして大気社は東京塗装設備部が担当し、技術部長の曾雌富士雄さんの下に、木村傑さん、上山悟さんが担当した。

次にEPC塗装設備に関わるレイアウトを述べたい。このプロジェクトがスタートした時には採用する塗装プロセスは成功裏に進展していたNo.2 塗装ラインの「下/中塗り兼用粉体静電塗装(外板面) + リバース式アニオン電着塗装(裏内面)」を継承する積もりでレイアウトを設定していた。それに基づいて前処理→水切り乾燥→粉体静電塗装までを新しい工程は既存No.1 塗装ラインと建物の北側に沿っている工業廃水処理場敷地の上部空間に人工地盤を建設して取



EPC塗装ラインの接続経路図

容する予定であった。その後実際にはこの部分により工程長のある前処理→粉体電着塗装槽→水洗工程までの工程をレイアウトする難題を川村さんに強要したのであった。

5. EPCを実用化した塗装ラインの消長

ここでは昭和52(1977)年5月にスタートした「下/中塗り兼用EPC(外板面)+リバース式アニオン電着塗装(裏内面)」の中/下塗り塗装プロセスが僅か足掛け4年間の操業で終焉(しゅうえん)を迎えることになるのだが、それまでに演じられた諸事件を時系列に沿って回顧する。そして続章ではその中の特記すべき技術的なテーマの経緯を考察することにした。

1) EPC電着塗装の量産試作の敗退

この計画のスタートから1年半が過ぎた5月連休に入ると、工事もいよいよ最終段階を迎えていた。それは連休前まで軽ライトバンを生産していた前処理設備を撤去し、その場所にウェットのEPC塗膜を加熱溶融フローさせる熱風乾燥炉が据え付けられた。そして工業廃水処理場の上に新設した「塗装前処理→EPC電着槽→水洗工程」を先に述べた熱風乾燥炉の入口とコンベアーで接続した。そして下塗りコンベアーラインの試運転を行ないながら新設計の車体用ハンガーが続々と投入されて量産試作開始の準備が整ったのは連休最終日の早暁(そうぎょう)であった。それに続いて午前中の20台の量産試作が始まった。そこで発見した種々の不具合にに急対応を行なって、午後の40台の量産試作を敢行した。

しかし、このEPC塗装では今まで経験したことのない「前処理皮膜の消失」や「車体外板面へのEPC塗膜の未析出個所の発生」などのEPCの根幹を揺るがす新しい問題が発見された。これらの原因究明と対策を講じるには少なくとも1か月の猶予が必要であろうと判断して、残念ながら翌日に控えたEPC電着塗装への移行を1か月遅らせる決断をした。

そして、元の軽乗用車の塗装プロセスに戻して量産を続けるために建浴済みのEPC電着槽の中を通電せずに通過させて、アニオン電着塗装、ガイドコート中塗り工程を使って生産を実行したが、この間に起こした約3,000台の生産

遅延の挽回には工場全体に大きな迷惑を掛けてしまった。

このような三連続徹夜作業の末にやっと僅かな台数の量産試作しかできない状態で、その翌日から量産に突入させると云う尋常(じんじょう)とは思えないリスクに満ちた計画がまかり通ったのも当時の日本の自動車産業の勃興期であったからこそ許されたのであろう。特に1980年代は工場の新設は海外に向けられる風潮にあり、国内の既存工場では重なる増産計画が課せられ、技術者にとっては正に「智恵比べ」の時代であった。

2) 量産開始までに対策すべき問題アラカルト

ここで今まで経験した課題を列記してみよう。

①：車体の先端部へのEPC塗膜の異常析出。

入槽通電方式を採用したために、車体の前部に電流集中が起こったことから「ラプチュア一領域」の塗膜析出となり、塗膜は泡を含んだ凹凸の激しい塗膜外観不良となった。そこで通電入槽を中止して入槽後通電方式に変更し、ここではバイポーラ現象に注意を払いながら実施した。

②：析出EPC塗膜厚の不足。

車体の天井板部の中央区域の膜厚が2/3程度しか析出しなかったため、電着条件や浴液の調整では解決できず、鉄棒製の補助+極を使用することで解決した。

③：EPC電着塗装の「付き回り性」の不足。

EPC塗膜が析出しなかった個所は車体の開口部(左右ドア、前後ウィンドウ)のコーナー部の奥まった所であった。それは僅かな面積ではあったが、電着浴液の調整や電着条件の変更などを試みたが解決しなかった。そこで補助極を使用する検討を進めたが、その煩雑な作業から実用的ではなかった。そこで「付き回り性」のレベルアップを神東塗料に要請し、それが成功するまでの暫定作業として、最終水洗が終了した所で塗膜面の水滴をエアブローによって吹き飛ばしてから、スラリー状に調整したEPC粉体塗料をスプレーガンで補修塗装することを実施した。

しかし、この作業場は大変混雑していたから

作業遅れが頻発して生産のリズムを狂わせたり、更に塗装作業がもたらす親水性溶剤の悪臭と塗料ミストの飛散などによる職場環境の悪化が問題で苦勞することになったが、何とかこの修羅場を切り抜けてもらいたいと願っていた。

所が、この私の楽観的な目論見（もくろみ）が外れてしまったことから、この補修塗装作業は長々と続けさせることになってしまった。

④：ウェットEPC塗膜に含む水分の除去不良。

析出したEPC電着塗膜は最終水洗が終了した時点でも、その厚膜の粉体塗料粒子同志の隙間には予想外の水分が残っていたのであった。通常の電着塗装ではEPCのような隙間はないことから析出した塗膜に含まれる水分は僅かであることとは大変な違いであった。そのような状態のまま次の熱風乾燥炉に入れたことから、急速に加熱されたことによって水の沸騰などが起こって泡などを含んだ凹凸のある外観不良が車体の各所に発生したのは驚かされた。そこで化成技術を指揮していた川村紀生さんは直に大氣社の設備設計技術者を呼んで、限られたスペースを使って可能な限りの水分の除去対策を効率的に行なう方式の検討を始めた。そしてEPC最終水洗の終了から熱風乾燥炉入口までの間に車体の側面を狙った暗赤外線加熱バンクを設置し、それらに混じって温風吹き付けノズルを配置した。そして熱風乾燥炉前半での水分蒸発を促進する熱風温度を抑えて風速アップした熱風吹き出しノズルの配置を行なった。これらの改善工事はEPC用の乾燥炉の設計に際して被加熱物の性状を十分に把握していなかったことが問われたのであった。そしてこの設備追加工事の費用の一部の負担を共同開発協定に基づいて大氣社に負担させる交渉を当時専務取締役であった安達浩さんで行なったようであった。

⑤：EPC塗膜面に生じた表面欠点。

量産を始めてみると、EPC塗膜面に生じた外観欠点数の多さには泣かされた。その最大のもの「はじき」であり、次は「前処理皮膜の処理斑（むら）」はEPC塗膜の析出量の差となり塗膜面の段差などが挙げられる。これらを取り除くための空研（からとぎ）作業が益々重要となり、No.2塗装ラインの粉体塗膜の研ぎで熟練を積んだベテランの応援を仰いで悪線苦

闘が長い間続いた。

この「はじき」の原因究明は紆余曲折（うよきよくせつ）を辿（たど）って、最終的には粉体塗料の電着浴への補給における分散不足と「バインダー」樹脂自身の持つ「はじき敏感性」となった。しかしながら、「はじき」は我々を最後まで苦しめ続けていた。

⑥：車体先端部の前処理皮膜の消失の波紋。

午前中に行なわれた20台の量産試作車はその車体先端部の異常析出を呈していた車体を再び試験用を使用する為にEPC膜を剥離する作業中に先端部外観不良部分の塗装前処理のリン酸亜鉛結晶が消失していることを発見した。そして直ちに行なわれた温水二次密着性や溶解したらしいリン酸亜鉛結晶の観察などから塗装前処理皮膜の受けたダメージは程度の差はあるものの車体全面に及んでいることが推測された。

そこで翌日からのEPC電着塗装を適用した量産開始を中止することにした。そこでその原因究明、そして対応策を神東塗料と共に検討した。その真の原因の究明はともかく、対症療法としては前処理後の水切り乾燥の程度が温水二次密着性に大きく関係していることが判明した。そこで前処理とEPC電着塗装との間に設けられていたコンベアメンテナンス用パイプスルートのスペースを借用して、通過時間を稼ぎながら赤外線バンクや温風発生器、扇風機などを動員して前処理皮膜の乾燥とエージングを促進させることにした。実は実験によれば被塗物温度を80℃83分程度保持した水切り乾燥をすれば十分であるとのことであったが、水切り乾燥炉を設置するスペースが確保できなかったからである。

3) EPCへの再挑戦と若返る技術陣

量産を1か月も続けると未解決の技術的難問に加えて管理面での苦情も無視できなくなってきた。その第1はEPC塗装コストの大幅なアップであった。それはEPC電着槽から出槽する車体の表面に単に沈降しているだけの粉体塗料が次の水洗工程に持ち込まれて水洗水粉体分離槽に沈殿していた。この粉体塗料は浴液中と比べて粒度分布が2倍程度が大きい方向に移動しており、この二次凝集した粉体塗料を再分散してから電着槽に戻して回収する為の設備の手配に手間どっていたからである。この他にも電

着槽内で攪拌流の不足している個所に粉体塗料粒子が沈降して安定した沈殿層を形成していることも補給塗料の増大をもたらしていた。そして、この段階では多くの暫定作業が残っており、その為に起こった臨時労務費の増加であった。それに加えて、暫定作業にともなって発生した職場環境の悪化に対する苦情であった。特に暫定作業の廃止に対する見通しが立たないことが多かったからである。このような管理者からの訴えを受けながら生産は続けられていた。

時期は忘れたが「車体の前処理皮膜の一部がEPC電着塗装中に消失してしまった」との情報を受けた日本ペイントのACP部を担当する前田寿弘さんがアメリカのACP社で、カチオン電着用として使い始めていた処理法の情報を携えて狭山工場を訪れてきた。それは処理液中のニッケルイオン濃度を $>400\text{ppm}$ 程度まで高めた方式であった。EPCとの関係を実験した報告によれば前処理完了後に水濡れ状態のまま直接EPC電着塗装を行なっても温水二次密着性試験は確かに合格しており、現行よりもこの点では優れていることには間違いはなかった。そこで川村紀生さんが中心となって早速ラインに採用を試みたのであったが、処理皮膜の斑(むら)の発生が中々抑えることが難しく苦労しながら採用し続けていた。

確かにその頃であったと思うが、別件で品川に日本ペイントのACP部を訪ねた席で、長老課長の渡辺ともみさんから「ホンダさんの塗膜性能はこのままでは問題ですよ、もっと塗膜性能の監視体制を強化しなければ」との他人事のような口振りの忠告には強い衝撃を受けたことを今でも覚えている。この問題の抜本的対応策として、クロムリンスも水切り乾燥も不要なカチオン電着塗装用の塗装前処理法を日本ペイントACP部がホンダに提供したのは約10年後のことで、その時は既にホンダがEPCを撤退してから久しい時期であった。それは今日国内でのカチオン電着塗装用の前処理法の主流となっている「マンガ・ニッケル・亜鉛のリン酸塩皮膜をフッ素化合物を高濃度に存在させた処理液中に浸漬法で形成させる方式」である。

一方、この頃の神東塗料の筒井伸和さんはアメリカ式のクロムリンス工程と水切り乾燥工程($>85^{\circ}\text{C}\cdot 3\text{分}$)の追加を実験によって確かめた上で実施をホンダに強く申し入れていたが、

ホンダとしては何とか水切り乾燥炉の設置を近いうちに始まる増産工事に合わせて実現させるのが精一杯であった。

このEPC電着塗装が稼動してから約半年ほど後に私と技師の川村紀生さんが後ろ髪を引かれながら急に現実となったアメリカへの生産拠点構築の企業プロジェクトに参加することになり、EPCプロセスの面倒は技師になったばかりの笠井昭夫さんと技術係長の富岡義雄さんが継承することになった。これは正に化成技術陣の若返りであったが、若者が背負った数々の技術的な後始末の重圧に悲鳴をあげながら新天地を切り開いてゆくのであった。

4) 増産対策とEPC改善対策

このEPC電着塗装を始めてから1年もたたないうちに、現在の日産500台を700台に増量するレイアウト改造工事のチャンスに恵まれた。そこで懸案であった正規の塗装前処理後の水切り乾燥炉を新設し、次にリバース式電着塗装に流用していた軽自動車時代からのアニオン電着塗装を廃止してカチオン電着塗装設備を改めて設置した。そしてその前後の熱風乾燥炉は夫々の要件に合わせて更新した。

これらのためのスペースは約1年前から始めていたLPG気化プラントを埼玉県高圧ガスの防災基準の改正の実施を理由にして別の場所に移設して捻出したのであった。この増産対策の完成を待ち兼ねていたように新しく開発した本格的なツーリングモデル「ホンダ プレリュード」の生産が始まった。

ここでリバース式カチオン電着塗装の採用がもたらす効用を述べてみよう。ここで用いられた神東塗料製のカチオン電着塗料は下/中塗り兼用のEPC塗料との相溶性に配慮した塗料設計がなされている。まずEPCを施してから熱風乾燥炉で硬化反応を極力抑えた温度まで加熱して塗膜を溶融フローさせてから冷却する。次にリバース式カチオン電着塗装をEPC塗膜の析出していない部位に塗装してから、先に析出しているEPC塗膜とリバース式カチオン電着塗膜を熱風乾燥炉で同時に十分に硬化させる塗装プロセスである。ここで先にフローさせたEPC塗膜に密接して析出したカチオン電着塗膜に含まれる水分の蒸発、塗膜のフロー、そして硬化反応の開始に至るまでの間に両方の塗膜を

互いの親和性を保ちながら相溶させることが可能となるための塗料樹脂や添加されている溶剤などの選定がカチオン電着サイドで行なわれていたと思われる。この様なメカニズムで密接している両者の塗膜はいずれも耐食性に優れたエポキシ系ウレタン樹脂で構成されていることから両者の境界線での耐食性低下が根本的に解決したことになる。それによって境界線の位置の設定に自由度が増し、合わせて境界線の外観にも良い結果をもたらしている。

さて、この増産対策ではEPCの「付き回り性」の不足をカバーしていた補助極と補修塗装に対する本格的な設備的対処は行なわなかった。それはEPC塗料自身による解決を目指していたからで、もう少し暫定対応を続ける判断であったようである。しかし、この暫定的な作業はどちらも人手による作業のため塗膜に触って外観欠点を作り易く安定した品質を得るのは容易なことではなかった。そして、幾ら待っても「付き回り性」のレベルアップは望めそうにもなかった。そこで、この作業環境を悪化させている補修塗装を廃止するためには、最低膜厚限界を多少切り下げることが前提条件にして、「付き回り性」をレベルアップさせると云う「苦渋の選択」しか残っていなかった。

この増産工事が終って、新モデルの「ホンダプレリユード」の量産試作がはじまった時で、丁度私がアメリカから一時帰国していた盛夏のある日のハプニングであった。それは全く誰の予約も了解もなくGMジャパン社の担当者が西ドイツの子会社であるオベル社の技術者を7名ほど引き連れて突如として狭山工場に現れて、「ホンダでやっている粉体電着塗装ラインを見学させてくれ」との口上であった。これに遭遇した私は止むを得ず、ひとまず社外のレストランの一室に案内して休憩してもらうことにした。そして当方の事情を説明した上で、公（おおやけ）には受けられないが、私の責任で限られた範囲を2名の代表者に見学していただくことで了解を願った。そして「リバース式カチオン電着塗装の終了して水洗工程から車体が出てくる所へ案内したのであった。そこでは車体の外板に塗装されたEPC塗膜の仕上がり状態と、今行なわれたリバース式カチオン電着塗装と前に析出していたEPC塗膜との境界面の状態を確認してもらった。そしてレストランに戻

ると彼らからの要請は、「質問の代わりに、ホンダが我々にサジェスションできる最も重要な事項を教えてください」とのことであった。私は見逃（みのが）しやすい問題を選んで返答したのであった。「通常の電着塗装では析出した塗膜中に含まれる水分は僅かなこともあって加熱に際してはそれ程の問題は生じないが、EPC電着塗装ではそれとは著しい相違があるので注意が必要である。それはEPC電着塗装後の水洗工程が終了した時点では析出した粉体塗料粒子が堆積してできたウェット塗膜層は100ミクロンに近い膜厚があり、その中は粉体塗料同志の間にある隙間がある。ここには予想外の多量の浴液や洗浄水が残留していることを忘れて欲しい。従って水洗終了から加熱乾燥炉入口までの間に水分を除去するに十分な時間とスペースが必要である。先ずエアブローによって大半の水分を排出させてから、温風吹き付け、予熱による水分の蒸発を促すことになる。これらの条件は実ラインを模した実験で確かめるべきであろう。」と答えた。

彼らの口ぶりからは、現在の欧州の自動車塗装の技術者の間では「EPC旋風」が「厚膜カチオン電着塗装」として注目を集めている。それは来たるべき自動車塗装ラインの有機溶剤削減規制への塗装法の選択研究に根ざしているとのことであった。確かに、この珍事の他にもGM社のEPCへの注目振りには、神東塗料がアメリカのデアボンにあるGM社の研究所からの要請でEPC T塗装技術のプレゼンテーションを実施したり、またGM社と資本提携しているいすゞ自動車のEPC導入の検討などが私の耳に達していたが、GM社には「有機溶剤排出規制」の他にどのような逼迫した事情があったのかは大変興味のあることである。その種明かしはこの部の終わりにある「東西の厚膜カチオン電着塗料の栄枯衰盛」に述べることにした。

5) EPCの挫折と粉体静電塗装への回帰

1977年から始まったアメリカへの長期出張から一時帰国した私は必ずEPCのその後の動静を聞かされて一喜一憂していたことを思いだす。日付けは定かではないが、ある時衝撃的な記事を掲載した日刊工業新聞の切り抜きが私に届けられたのだった。それは自動車産業欄の紙面一杯に「画期的なEPC（粉体電着塗装）法

の実用化進む』との大見出しの活字が隔っていた。そこには詳しい技術解説と共に「世界での実用化近し」との神東塗料の極めて積極的でプロパガンダの匂いのする談話がある一方、これに続くホンダの専務杉浦英男さんのコメントには「未だ改善しなければならない課題が残っている」とのネガティブな印象を与えていた。

実のところ、ホンダ狭山の当事者の面々は先の新聞記事が暗示しているように、解決すべき難題を多く抱えて悪戦苦闘していたから、将来の問題を云々するよりもホンダとしてはEPCの改善を進めながら生産を続けるか、またはEPCから撤退して粉体静電塗装への転換を取るべきかの分岐点に立たされていたのであった。この時点での技術的難題は次の4点であった。

- ①：急速な改善の兆（きざし）が見えない「はじき」などのEPC塗膜面の欠点数の多さ。
- ②：下／中塗り兼用の塗膜としての最低膜厚限界60ミクロンの維持と車体外板部への「付き回り性」の確保との二者択一。
- ③：EPC電着塗装（カチオン性電着塗装）に適合する塗装前処理の模索。
- ④：技術研究所信頼性検証チームからのEPCからの撤退勧告。

この④について述べておこう。これは当時技術研究所内にクルマの耐久寿命を検証するプロジェクトチームが発足して、「信頼性プロジェクト」と呼ばれていた。彼らの最初のテーマは塩害腐食寿命の検定法の確立であった。そこで完成間近い栃木ブルーピンググラウンド（実証試験場）の高速走行コースに併設していた塩害腐食試験設備を借用してカナダで実際に発生している錆や腐食の状態を短時間で再現することのできる促進塩害腐食耐久性試験法を確立しようとして模索していたのであった。最初に試みられた試験モードは予めボディの塗装面に素地鋼板に達した種々の傷を人工的に付けてから、先ず塩水プール、塩水噴霧トンネル、土埃防止用塩化カルシウム散布砂利道路または岩塩散布道路、可能ならば高速周回コースなどの走行試験が終了してから、実験室内に設置したクルマを一台収容できるキャビネットに入れて、設定した湿度と温度を速やかに実現できる腐食環境を与えて、結露や屋外の寒冷や暖房されたガレージ内などの条件を考慮した暴露試験と、室内の

自然環境への放置などのソーク試験を組み合わせさせて作られた24時間の1サイクルであった。これを80サイクル程度行なってカナダの塩害環境の3年を再現しようとしていた。このような予備的な条件で現存している4本の塗装ラインで製造した輸出車をサンプルとしてこの予備試験を敢行した。その結果得られた腐食の状態は必ずしもカナダや欧州の錆状態を再現したとは云えなかったが、夫々のクルマの錆の状況は少なからず差異が現れていた。そして腐食状態の観察から、下／中塗り兼用のEPC粉体電着塗装を採用している「ホンダ プレリユード」は下／中塗り兼用の粉体静電塗装を行なっている「ホンダ アコード」に比べて塗膜面の素地に達する傷を付けた個所の「錆、ふくれ」の程度がいささか劣ることが判明した。そこで信頼性チームではEPC電着塗装を粉体静電塗装に変更することを狭山工場のトップに提言していた。この時にカチオン電着塗装を下塗りに、中塗りに水溶性中塗り塗装を採用している「ホンダ シビック1200」に使われている3C3B塗装方式を推薦しなかった理由は現在欧州で起きている「スキャブ コロージョン」の原因が解明されていなかったからであろう。

これに対して、狭山工場No.1ラインの増産計画のPLであった主任技師の森川慎さんがこの見解に対して「この信頼性プロが使用した試験モードは市場での腐食との相関性に疑問があるので結論を出すのは早計である」との苦言を呈してくれていたことは忘れられない出来事であった。更に思い出されるのは、私が1977年からアメリカでの生産拠点を建設するプロジェクトに参画するに当たり心残りなのは錆プロの耐久錆対策を推進してきた者として、そのような長期的なクルマの耐久錆を検定することのできる腐食試験設備の必要性を提言していなかったことであった。例えばGM社のアリゾナブルーピンググラウンドにはクルマの塩害腐食試験施設が併設されていることから、このような施設をホンダも現在栃木県高根沢に建設中のブルーピンググラウンドに設けてもらいたいと考えていたのだった。そこでアメリカ出張の直前に取りあえず手持ちの関連資料を集めて栃木周回高速走行テストコース建設プロジェクトのPLをやっておられた顔見知りの石見（いわみ）一若さんに面会してこの趣旨を懇願したのであっ

た。その後の経過は知らなかったが、この私の提案した実車スケールの塩害腐食試験設備がこれも私が手掛けたEPC塗装プロセスの幕引きへの後押しをすることになろうとは思ひも寄らぬことであった。

これらの内外からのEPC電着塗装法に対する評価を念頭に入れた笠井昭夫さんはEPC電着塗装を粉体静電塗装に転換させる方針に意見を集約する努力を払っていた。それはこの粉体静電塗装法の持っていたリスクと云われた安全衛生や防災害面についても既に四年余の実績があることから、異論を主張していた第三者を納得させることができる時代になっていたからである。

やがて現場から管理的にも技術的にも課題が多く、しかもその解決への道筋が立たず、EPCへの意欲が減退しつつあることから化成課長の小林良充さんはEPC塗装からの撤退を具申したのである。この頃に品質部門から組立工場長になった大久保新介さんの強力な支持のもとで化成の技師であった笠井昭夫さんと塗装品質担当をしていた浜中辰彦さんらはEPC塗装プロセスの幕引きの根回しを着々と進めていた。そして彼らは粉体静電塗装への転換計画をスタートしたのである。

さて、ここでホンダに新たに選択された静電用粉体塗料を供給することに決まった日本ペイントの自動車塗料事業部の担当技術部長であった三木勝夫さんにコメントして頂くこととする。

まず、粉体塗料に求められる主要な要件がホンダから次の6項目にまとめられて提示された。

- ①：食性試験において粉体塗膜はカット線を起点とする素地からのクリープ剥離を起こさない。
- ②：チップング試験後の耐食性試験において打痕から「スキップ コロージョン（かさぶた腐食）」を起こさない。
- ③：メタリック上塗り塗膜の光線透過による粉体塗膜の劣化による上塗り塗膜の剥離を予防する安全策を講ずること。
- ④：外観向上のための粉体塗膜の中塗り塗料としての表面特性を向上させる。
- ⑤：粉体塗膜／電着塗膜の境界面の耐食性を確保すること。

- ⑥：粉体塗料の特性確保（ブロッキング安定性、造膜時の凹み（はじき）安定性、粉体塗料の搬送、吐出安定性、リバー式電着液への汚染の少ない粉体塗膜であること。）

これらの要件に対して各種の粉体塗料を比較検討した上で、前処理皮膜を侵すおそれのあるアミン硬化型を避けて、「ポリエステル／エポキシ硬化型粉体塗料」を推奨したことから、ホンダは採用を決めたのであったが、条件として日本ペイントACP部のスプレー式前処理方式と神東塗料のリバー式カチオン電着塗料はそのまま引き継いで使用することになった。

この新しい工程のラインで完成したクルマは栃木PGでの促進塩害走行腐食試験が行なわれ、前回の汚名を挽回したことは勿論である。

6. EPC；粉体電着塗装の予期せぬ難題

1) 「はじき（凹み）」への終わりなき闘い

何と云っても塗装ラインの生産のリズムを乱して作業者に大きな負担を掛けたのはEPC塗膜面に生じた「はじき」であった。それは狙ったEPC塗膜の膜厚は>60ミクロンの厚膜であったから、生じた「はじき」の大きさも深さも大きいのが特徴であった。それ故、素地鋼板を露出させることなく確実に「はじき」を取り除くには多数のベテランの熟練した腕に頼らざるを得なかった。

当初はこの「はじき」の発生傾向は一見して無作為のようであったから、その発生原因追及には塗料自身からなのか、粉体の補給の方法なのか、車体の隙間に残ったプレス油による汚染からなのか、または新しい設備の汚染による初期的なものなのかの判別はできなかった。やがて、EPC粉体塗料の補給タイミングと「はじき数」の急増との間に強い関連があることが明らかになった。そして「はじき」の主な原因は補給用の微細な粉体塗料の電着浴液への濡れと分散が不十分であることが突き止められた。

ここに設置された粉体塗料と「バインダー」と呼ばれた水溶性樹脂液の補給システムは神東塗料のコンセプトを基にして大氣社の上山悟さんが苦心して構築したものであった。

まず電着槽から浴液を水面負荷を小さく取った直径の大きな調整槽に移動させ、ここで浴液中の粉体塗料成分を沈降濃縮させた浴液を電着

槽に戻す作業を続ける。そして得られた調整層の上澄み液を補給槽に取り出して、攪拌しながら「バインダー」の水溶性樹脂液を溶解させた後、そこに粉体塗料を自動定量供給機から吐出された粉体塗料を補給層の液面に散布させ、攪拌を行なって浴液中に混合させる。そして十分に分散熟成させた後に、補給の終了した浴液を電着槽からの浴液により希釈混合しながら電着槽に戻す方式であった。

そこで「はじき」に直面した神東塗料の技術者は千葉工場から持ち込んだ「電磁式分散機」を天井から補給槽中に吊下げて2時間程度分散を促進させる作業を追加した。そして更に分散を徹底させる為に電着槽に戻す際にガラスビーズを充填した「サンドグラインダー分散機」を通過させることを実施したのが精一杯であった。

実はこのEPC塗料は静電用粉体塗料よりも「はじき敏感性」が強いようで、これを抑制することはホンダでは最後まで成功しなかった。その数年後にドイツの高級乗用車メーカーのBMW社で実施されたサイドラインにおけるEPC塗装の継続的な量産試験操業の際には塗料メーカーであるハーバーツ社では自社の塗料工場内で補給用粉体塗料を純水で湿潤してペースト状に加工した補給用塗料を準備して、塗装ラインでの分散を容易にする方式を採用した。これによって可成りの「はじき」を抑制することに成功したのであったが、最後まで僅かな数の「はじき」を絶滅することが難しかったようで、それが理由となってEPCの本格的採用は見送られたと言われている。

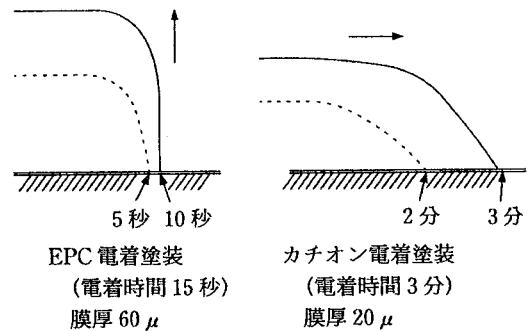
この「はじき」の発生には別の原因として「バインダー」である「エポキシ系水溶性樹脂」自身が持っている「はじき敏感性」が明らかになったのであった。実際にホンダがEPCから撤退した頃の「塗装技術」誌の1981年新年号に神東塗料のEPCの推進責任者であった宮崎竜平さんが「EPCの今後の課題」と題する報告の中で、「EPCにおいては厚膜であることとバインダーの性質から、「はじき」の出易いことがある。しかしこれらの問題は最近の技術で相当緩和されるようになった」と告白していることから、初期のEPCの「はじき」の酷さは尋常のものではなかったことが洞察できるであろう。

この「はじき」を取り除く為に「空研ぎ（からとぎ）作業」が行なわれていたが、これには常に局部的な素地鋼板の研ぎ出しのリスクが伴っているため、防錆品質の安定化の為に最大級の注意を払わなければならなかった。

2) 付き回り性と最低膜厚との「しがらみ」

量産試作を始めると車体外板の一部にEPC電着塗膜が析出しなかったり、膜厚が得られない個所があることに驚かされた。このような現象は神東塗料の千葉工場で行なった実車スケールでの事前塗装実験では見受けられなかった。この現象を目前で見ていた神東塗料の面々の「こんなはずはない」と言いたげな驚く様は忘れることができない。これは車体一台しか浸漬できない実験用電着槽における「付き回り性」と、実ラインの連続して浸漬させる舟底型電着槽での「付き回り性」の間に相似関係が崩れていたことを示している。

この「付き回り性」の不足は通電条件の変更や現在可能なEPC電着浴液の調整などでは解決できなかったが、陽極板の追加配置や補助陽極を使用するなどの方法は極めて有効な手段であった。



析出塗膜成長進行方向の模式断面

しかし陽極面積の追加や自動的に補助陽極をセットするためには車体が電着浴液中を移動することのない単独槽、即ち車体は1台だけしか浸漬できない電着槽を複数設置する方法が考えられたが、そのようなレイアウトを実現することはとても無理な話であった。

これは後日談であるが、1990年代に建設したスポーツカー製造を担当する栃木・高根沢工場やイギリス工場では単独層を複数設ける方式が

採用され、「付き回り性」の向上だけでなく車体の入出槽の際の運動操作により泡の絶滅や残留塗料液の完全たれ切り、タクトタイムの短縮などに大きな成果を上げている。確かに通電時間の短いEPC電着塗装への電着槽形態として好適であったことを見逃していたことが悔やまれたのであった。

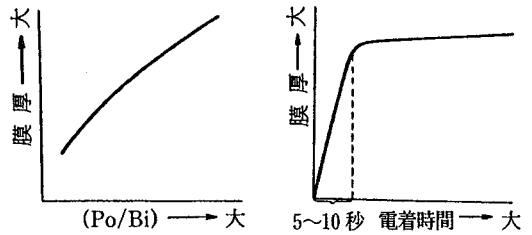
そこで車体毎に補助極を使用する方法を試みたが、補助極を脱着する手作業は繁雑であるばかりでなく析出したEPC塗膜に接触して外観不良を作ることから実用的でないことが判った。そこで先ず車体のルーフの中央部の膜厚不足にだけは技術担当の塩沢信雄さんが考案した鉄棒製の補助極を採用した。そして残った車体の開口部のコーナー部の少し奥まった個所のEPC塗膜の析出不良には、菊地宇兵衛さんが用意したスラリー状のEPC粉体塗料をマニュアルスプレーする補修塗装を行なうことにした。このようにして「付き回り性」のギャップを埋めるための暫定処置を進めるのに我々は東奔西走する毎日が始まった。

実は車体の外板部に補助極を使用しなければならぬ程「付き回り性」の悪い電着塗料にはお目に掛かったことはなかったし、またアニオン電着塗装の初期には車体内部に数本の補助極を挿入していたが、やがて析出した塗膜の見かけの電気抵抗を高める電着塗料の改善が完了して補助極の姿は消えて行った歴史を知っていた私はこのEPC電着塗料もいずれ時期が来れば「付き回り性」のレベルアップができるであろうと楽観視していた。しかしこの予測が見込み違いであることを知ることになった。

所で、現在設定されている下/中塗りの最低膜厚限界値が比較的厚めの「60ミクロン以上」と決められている背景には狭山No.2ラインで採用している下/中塗り兼用の粉体静電塗装が従来の塗装法とは逆に薄い膜厚を作ることが苦手であったからである。それに反して、EPC電着塗装では得られる塗膜厚には限界があり、現在の最低膜厚限界値はEPC電着塗装の最大膜厚限界値に近い値であったことに無理があったと思われる。

それは粉体静電塗装で定めた下限値はEPC電着塗装では最大膜厚限界値に近いことを意味していた。

やがて塗装技術を指揮していた笠井昭夫さん



EPCにおける限界膜厚特性（粉体粒子/バインダ比、電着時間と膜厚の関係）

は不本意ながらの決断に踏み切った。それは神東塗料に最低膜厚限界を幾分低下させても車体の外板部の全てにEPC塗膜を析出させることの検討を申し入れた。そして>45ミクロン程度に低下することにより何とか車体の外板に塗膜が析出できる手法を確立して、悪評を窮めたEPC塗膜の未析出部への補修塗装を廃止することになった。

3) 前処理皮膜を消失させた陰極電解現象

最初の量産試作の20台は通電入槽方式によりEPC電着塗装を行なったことから、車体の先頭部に当たるボンネットの先端部に電流集中によってラプチュア領域の析出が起こったらしく厚いスポンジ状の凹凸のあるウェットEPC塗膜が析出し、そして熱風乾燥炉で加熱溶融フローさせても塗膜中に気泡が残った表面が凹凸のある外観不良となってしまった。そこで早速このボディーからテストパネルを切り出して塗膜品質の確認を進めさせる一方、その他のボディーは再び塗装テスト用に供するために外観不良となったEPC塗膜の全面剥離をリムーバーにより行った所、ボディーの先端部に近づくに従って素地鋼板面上に形成していたはずの塗装前処理結晶皮膜が消失していることを発見した。

この現場を見た私の受けた驚きの衝撃で頭の中が真っ白になったことを今でも鮮烈に覚えている。この現象が目視で発見できたのも入槽通電法でEPCを行なった怪我の功名であった。

このように前処理皮膜と電着塗装との間に起こる奇怪な現象はアニオン電着塗装の初期に発生した「裏錆」と呼ばれる塗膜の密着不良現象であり、これはアニオン電着塗装が終了してからウェットの状態のままで休日を放置したことが原因であった。またアルミニウム合金製ボデ

ィーで知られる「ホンダ スポーツNSX」の試作段階で塗装前処理のクロメート処理後の水切り乾燥を省略した実験ではカチオン電着塗膜が密着不良をおこした事件を経験しているように私の塗装人生の前、中、後ろの3回もこの忌まわしい現象に遭遇しているのだ。このような事例が示す様に塗装前処理皮膜とそれに続く電着塗装による電気化学現象との間には重大な関係が潜んでいることを示す証拠であると思っている。

話を元に戻すと、残存している前処理皮膜の重量の分析から前処理皮膜の受けた溶解ダメージは程度の差があるとしても車体全体に及ぼす問題であることが判明した。そこで下/中塗り兼用のEPC電着塗膜の上に上塗り塗装を行なったボンネットからテストパネルを十数枚切り出して温水二次密着試験を実施した所、全面剥離から数個所の基盤目のコーナーが欠ける程度まで密着性にバラツキがあることが判った。このような現象はEPC電着塗装を採用する為に行なった塗膜性能試験では全く見受けられなかったことから、テストパネルの製作手順を実ラインのそれと比較解析することにした。先ず塗膜性能試験用のテストパネルは狭山No.2塗装ラインの前処理工程においてスプレー式リン酸亜鉛結晶皮膜を形成させた後、140°C×10分の雰囲気の水切り乾燥炉を通過させ、それらを翌日に神東塗料の東京研究所に持ち込んでEPC電着塗装を実施したのである。これに対して実ラインでは同様にスプレー式前処理工程を終了した後には約5分程度の自然放置状態を経過した後直接EPC電着槽に浸漬するものであった。そこで、塗装前処理終了からEPC電着槽に浸漬するまでの放置環境条件だけを変化させた実験を行なった。この結果、被塗物であるパネル自身の温度を>85°C83分の加熱条件で水切り乾燥させれば温水二次密着性に異常を示さなくなることが確認された。そしてこの条件に近づける為の暫定的方策を実施して量産を始めたのである。この時点ではこの前処理消失の真の原因追及よりも対症療法に専念しており、今まで経験したアニオン電着塗装の際の被塗物近傍が酸性となる現象から推測して、カチオン電着塗装の場合はアルカリ性となることは理解してはいたが、それに対しての何らかの処置を施そうとした記憶は全く覚えがなかった。この段階で私

が温水二次密着性試験や塩水噴霧試験など以上に過酷な塗膜の耐食性試験法に熟知していなかったことに加えて、塗膜性能が事前に評価したレベルに一応回復したことで「良し」としていたからでもある。その後の1980年代に開発された欧州の塩害腐食の典型である「スキャブ コロージョン（かさぶた腐食）」を再現できる促進腐食試験法である「乾湿複合サイクル腐食試験法」や、GM社がアリゾナ プルービンググラウンド（実証試験場）で行なっていると伝えられていた塩害腐食試験モードなどにより評価が行なわれるようになると、単に水切り乾燥炉の追加だけでは不満足となり、塗装前処理結晶自身の耐アルカリ性の改質や、前処理工程へのクロムリンス（受働態化）処理の復活などが必要となって来たのであった。それを考えるとこの神東塗料のEPCカチオン電着塗装の実施はそれ程発明の時期が早かったのである。

しかし、このような事実が判明する時点が到来する前にホンダはカチオン電着塗装のEPCから撤退して、前処理皮膜にダメージを与えない粉体静電塗装方式による下/中塗り方式に転換してしまっていたのであった。

ライン名	前処理方式	クロムリンス	水切り乾燥条件
ホンダ(試作)	スプレー式	なし	自然放置 5分
ホンダ(初期)	スプレー式	なし	温風乾燥, 12分
ホンダ	スプレー式	なし	85°C×10分+α
いすゞ自動車	全没浸漬(しんせき)式	なし	140°C×10分+α
BMW(量試)	縦型浸漬式	あり	あり(詳細不明)

EPC塗装ラインにおける前処理、及び水切り乾燥などの条件の変遷

4) EPC電着塗装の析出メカニズムの考察

EPC電着塗装において電気化学的作用によって被塗物表面の近傍に形成される強アルカリ性雰囲気により塗装前処理結晶皮膜が溶出すると云う予想外のダメージを受けて、その上に作られた塗膜の密着性や耐食性の低下をもたらしたり、またEPC電着塗料の構成要素として必要な「バインダー」の電着挙動によって生ずる析出塗膜中での偏在がもたらす完成塗膜の性能に対する疑念について考察するために、EPC電着塗装の析出メカニズムを私の独断と偏見によって解析を試みたい。

①：塗装前処理皮膜の性状。

被塗物鋼板面には塗装前処理によって析出させた耐アルカリ性が弱い「ホパイト型のリン酸亜鉛結晶」で覆われている。この結晶は絶縁性であるが皮膜としては結晶間の隙間があってイオンを通過させる見掛けの電気抵抗がある。

②：EPC電着浴液の構成要素。

- a. 通常の電着塗料樹脂分子に比べると驚異的に巨大な直径3～7ミクロンの粉体塗料粒子が浴液の攪拌流によって懸濁している。
- b. 浴液中には「バインダー」と呼ばれる電気泳動性を示す水溶性エポキシ系樹脂分子が溶解されており、その大半は粉体塗料粒子の表面に吸着し、粉体塗料を電着塗料に変身させる役目を演じている。その残りは浴液中に溶解しており、これを仮りに「遊離バインダー」と呼んで粉体塗料粒子に吸着している「バインダー」と区別して置きたい。
- c. その他の添加成分として僅かのアルコール類などの溶剤、pH緩衝剤などがある。
- d. 前処理工程から被塗物に付着して電着浴液に持ち込まれた処理液成分からなる無機イオン不純物。
- e. 電圧が印加されて、「バインダー」や「遊離バインダー」が解離して放出した有機酸根の一イオン。

③：バインダーの電気泳動性の発現。

バインダーの分子構造にはアミノ基が存在し、その一部が乳酸などの有機酸で中和されている。そして電圧印加によって析出領域に存在するバインダーは有機酸根一イオンを解離して、バインダー自身は十イオンとなり、被塗物へ向かっての電気泳動性を示すことになる。従ってバインダーが吸着している粉体塗料粒子は十に帯電したことになる。

④：粉体塗料粒子の電気泳動と析出挙動。

電圧が印加されて、十に帯電した粉体塗料粒子は被塗物方向へ電気泳動を行ない被塗物面を被覆しているリン酸亜鉛結晶皮膜上に到達する。この巨大な粉体塗料粒子はリン酸亜鉛結晶に進行を妨げられてこの上に析出することになり、次々と到達する粉体塗料粒子が堆積して析出塗膜層を形成する。そこで粉体塗料粒子表面に吸着しているバインダーの一部は粉体粒子か

ら離れて遊離バインダーとなってリン酸亜鉛結晶の隙間を通過して被塗物鋼板面に到達して放電し析出する。一方粉体粒子面に吸着したままのバインダーは水酸イオンを需容すると共に、十電荷をもらった水素イオンがリン酸亜鉛結晶皮膜の隙間を通過して被塗物鋼板面で放電し水素ガスとなり系外に発散する。粉体塗料粒子表面に吸着しているバインダーは次々と到達する粉体塗料粒子同志を接合させて析出した粉体塗料粒子層の形態を保つ役割を果たしていると考えられる。

⑤：被塗物面近傍の強アルカリ性電解液領域の形成。

電圧が十電極板と一極である被塗物との間に印加された時点から、被塗物に向かって電気泳動して来る電着塗料樹脂十イオン（EPCでは遊離バインダー）が最初に析出するまでに要する電着初期の時間帯を「タイムラグ」と呼んでいる。そして一極である被塗物鋼板面ではこの時間帯に流れる電流の殆どは水の電気分解に消費されて、水素イオンが放電して水素ガスが発生して浴液へ放散される。一方、被塗物鋼板面の近傍には残された水素イオンが次第に蓄えられてpHが上昇し、強アルカリ性電解液領域が形成される。

ここで到達するpH値に関連する条件が知られている。先ず被塗物鋼板面に到達した電着塗料樹脂十イオンが析出するpH値は被塗物の材質には無関係であり析出する塗料樹脂の種類（電離アミノ基濃度、クーロン効率など）で決まって来ること。次は到達するであろうpHは「タイムラグ」の長さが必要であり、それは電着浴液のパラメーター（pH、電気導電率）があり、それに電着条件（印加電圧、即ち初期電流密度）によって決まるものとされている。

⑥：リン酸亜鉛結晶の溶出ダメージ。

この強アルカリ性電解液領域内に耐アルカリ性に弱いホパイト型のリン酸亜鉛結晶が存在するから溶出ダメージを受けることが発見され、そのダメージを受けたリン酸亜鉛結晶皮膜の上に形成させた塗膜の密着性や耐食性が低下することが判明した。特に種々の原因によって被塗物鋼板上に形成されたリン酸亜鉛結晶皮膜の中に生ずる「ボイド」と呼ばれる結晶の析出が局部的に粗雑になっている個所では電流の集中が起こり易く、従ってより高いpHの上昇を招く

ことになり、リン酸亜鉛結晶の溶解を更に促進させる悪循環に落ち込むことになる。そしてこれが局部腐食の起点となることが推測されている。実際にこの「タイムラグ」を実験室的に測定して電着浴液の変動や新しい電着塗料の評価法に採用して自らが提供している前処理皮膜の溶出ダメージを監視する手段に利用する提案を前処理プロセスメーカーの日本パーカーライジングが提案している。残念ながら私はEPC電着浴液についてこれの実測を行なったことはなかったが、多分EPC電着塗装では「バインダー」の特性から相当に激しいものであったと思われる。

⑦：遊離バインダーの電着挙動。

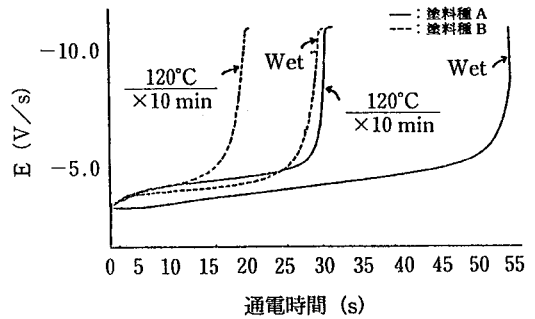
電圧が印加されると、十極板と一被塗物鋼板との間の電気力線上に存在し、しかも被塗物により近くに存在する遊離バインダーは有機酸根イオンを解離して自らは十イオンとなって被塗物面に向かって電気泳動を始める。そして被塗物面に析出している粉体電着粒子や前処理結晶同志の隙間を通過して被塗物鋼板表面に到達、放電して析出することにより被塗物鋼板面から「遊離バインダー」析出層が成長することになる。

この析出した「遊離バインダー」はその後の加熱工程で析出したEPC塗膜が融解する際に粉体塗料粒子に相溶して均一な塗膜を形成することが求められているから、過剰な「遊離バインダー」の析出量が多量になったり偏在すると均一な塗膜の形成が阻害されて「遊離バインダー」の偏在する不均一な塗膜となるおそれがあると考えられる。それ故、EPC電着塗装では僅か20秒未満の通電時間で粉体塗料粒子の析出が完了し、電流値は徐々に減衰するのは「遊離バインダー」の電気泳動が継続していることを示しているから、通電時間は最少にすることが望ましい。

そしてなによりも「粉体塗料粒子/全バインダー」比率を管理して「遊離バインダー」が過剰にならぬことが求められる。

⑧：前処理後水切り乾燥とクロムリンスの効用。

このリン酸亜鉛結晶が受けた溶出ダメージを抑制する「対症療法」として塗装前処理後の水切り乾燥が知られているが、これは被塗物を電着浴液に浸漬した時に結晶の周辺に水分がある



電着塗料種と水切り乾燥の有無の初期電圧-時間曲線

【注】カチオン電着塗装初期での素地に掛かる電圧 (eV) - 時間 (t) 曲線。

塗装種； A、B。水切り条件：WET、120°C。

日本パーカーライジング、田辺国昭さん提供。

と電着浴液に入れ替わるのに時間が必要であることから、乾燥すれば「タイムラグ」をそれだけ短縮することができるからであると説明されている。

また欧米で常識となっているクロムリンスはリン酸亜鉛結晶を受働態化して溶出を抑制し、リン酸亜鉛結晶が局部的に粗雑に析出している「ポイド」に対しては耐食性の低下を救済する機能があるからと説明されている。根本的対応策は耐アルカリ性の優れた塗装前処理皮膜を均一な欠陥の少ない処理法で形成させる方式が後になって日本で実用化された。

⑨：「粉体塗料粒子」とバインダーとの相溶性。

EPC電着塗装後の最終水洗工程が終了した時点での被塗物の上に析出している状態は、被塗物鋼板の上に先ずリン酸亜鉛結晶皮膜があり、その上に「バインダー」が表面に吸着している粉体塗料粒子が堆積した層で構成されている。そしてこれらの層には結晶間や塗料粒子間の隙には被塗物鋼板に接した方から「遊離バインダー」が放電して析出した樹脂層があり、その上にはアルカリ性電解液や水洗水などが充満しているものと考えられる。次にこの塗膜はエアブローによる水切り、温風予熱による水分の蒸発、そして加熱によって粉体塗料粒子やバインダーは熔融流動化してお互いに相溶し合っ て均一化し、表面が平滑した塗膜となる。

私の疑念は電着浴液のバランスが崩れて「バインダー」の析出が過剰になったり、または電

流の局所的な集中などによってバインダーが偏在するような場合で、粉体塗料粒子との相溶性の限度を越えたとすれば均一な塗膜の形成は難しくなりはしないだろうかである。またこれは別の話であるが、ある種のドライ粉体塗料の硬化システムの中で加熱中に存在した「フリーのアミン」が塗装前処理皮膜をエッチングしたらしく、耐食性が低下した事例があるとの御教示を頂いたことがあった。この加熱過程でこれに類似した現象が起こらないのであろうか。

そこで、神東塗料は「『バインダー』である水溶性エポキシ系樹脂は粉体塗料粒子の樹脂との相溶性と自己硬化性を確保することを塗料設計上の重要ポイントとしている」と述べていることが気になるからである。

それにしても、EPC塗装ラインの後半期の技術責任者として苦勞されていた笠井昭夫さんが私へのコメントとして『実験的確認を得た訳ではないが、浴液のバランスが崩れた時に、塗膜に弱点を「すだれ状」に作るような危惧（きぐ）を感じるがありました。』と述懐していたことが今日でも私の胸につかえているからである。

最後に、このカチオン電着現象を応用した電着塗装法、即ちEPC電着塗装やカチオン電着塗装にとって、被塗物面近傍に形成する強アルカリ性電解液領域によってリン酸亜鉛結晶が溶出ダメージを受ける問題は程度の差があるとしても共通の悩みであった。それらの塗装法を下塗りに採用した日本製の輸出車が塩害環境の欧米に輸出され販売されてから1~2年の短期間にクルマの塗装面に日本車に限って瘤状の異様な形状をした錆が発生したのであった。そしてその苦情に対して関連業界を巻き込んだ大規模な腐食調査団が続々と欧米に派遣され、彼らが持ち帰った情報に基づいて原因究明がなされた。そして、国内の自動車塗装ラインの前処理ラインでは殆どが耐アルカリ性に弱い「ホポイント型」のリン酸亜鉛結晶皮膜が使用されており、それに加えて欧米では前処理の標準方式になっているクロムリンス工程は全ての前処理ラインでは省略していたし、また前処理後の水切り乾燥工程の設置もバラバラであったのはアニオン電着塗装時代の前処理法をカチオン電着塗装にそのまま転用していたからである。所がカチオン電着では通電の初期に被塗物面の近傍に強ア

ルカリ性電解液領域が形成されたからこのリン酸亜鉛結晶が溶解されて密着性や、耐食性を低下させたことが判明した。特に前処理結晶の形成が局所的に粗雑になっている「ポイド」と呼ばれる個所では電流の集中する傾向があることからpHの上昇を促進し、これが益々リン酸亜鉛結晶を溶解すると云う悪循環に陥り、この個所が局部腐食の起点を提供することになると理解されている。

そして、その日本車特有の局所的な錆は「スキャブコロージョン（かさぶた腐食）」と命名され、欧州の自動車業会では日本車特有の錆現象であることから「ジャパニーブラスト」と呼ばれた不名誉なこととなったのである。この課題は次の第9部で詳しく述べることにした。

そしてEPC電着塗装ではそれに加えて、EPC電着塗装特有の「バインダー」のもたらす影響についての疑念は消えていない。今日から考えると、一介の「ドライ粉体塗料」をマジックさながらに「電着塗料」に、しかも「短時間で厚膜の得られるクーロン効率の高い革命的な電着塗料」に変身させる役目を演じていた「バインダー」と呼ばれた電気泳動性を持った水溶性エポキシ系樹脂の構造が予期しなかった難題の元凶になっていると云う「両刃の剣（もろはのけん）」であったとは全くの驚きである。

7. EPCのフィナーレ「一瞬の輝き」

1) 神東塗料の社史におけるEPC

先ずEPCの開発者である神東塗料の社史である「神東塗料物語」から引用してみよう。

「電着塗装というのは塗装に於ける一大革命です」と言う、電着塗装を日本に最初に持ち込んだ一人である元技術部長の佐藤光次郎さんはしみじみと語る。

「この電着塗装は従来化学的要素だけに支配されていた塗料の世界に電氣的要素を持ち込み、塗装の概念を変えるものだったからだ。その電着塗装も実用化されて約20年の間に大きく質的变化を遂げた。アニオン電着塗装の他にカチオン電着塗装が登場し、自動車塗装については激しい勢いでカチオンがアニオンを駆逐しようとしている。と言っても電着塗装はカチオンが万能かと言えば決してそうではなく、アニオンにはアニオンの良さがあり、カチオンにはカ

チオンの持つ欠点もある。早い話が電着にはアニオンとカチオンの二つの方式がありそれぞれ用途別に長所を生かして使えばよいと言うことである」。

さて、カチオンがアメリカのPPG社の手で華々しく登場したのとほぼ同じ昭和48年の頃に、実はもう一つの電着塗装方式が神東塗料の中で密かに産声をあげつつあった。粉体電着塗装（通称EPC；エレクトロ・フォレック・パウダーコーティング）と呼ばれるものがそれである。如何なる塗装方式なのか、開発者の一人である筒井伸和さんに説明してもらおう。

「これは従来の粉体塗装と電着塗装を合体させたものである。技術的に言えば粉体粒子を水の中に分散させ、それを電気によって被塗物に付着させる方法です」。アニオンやカチオンの電着塗装とどう違うかといえばアニオンやカチオンの場合は塗料が水に溶けた状態であるのに対して、粉体電着は塗料の粉末が水の中に浮いた（専門的には分散していると言う）状態になっていることである。勿論EPCは大きな特徴を持っている。それは従来の電着と比べ数倍塗膜が厚いということと、短時間でコーティングできると言う2点である。

「従来の電着は膜厚が20ミクロンというのが限界なのですがEPCだと50～60ミクロンまでコーティングができるし、また時間にしても従来3分掛かっていたものが15秒で済むのです」。勿論、短所もあり自動車ボディーなどの内部が塗れないこと、塗膜が不均一になり易いこと、コストが高いといった問題がそれだが、それは技術が若いといったことから来る問題も少なくなかった。「アニオンは壮年期、カチオンは青年期、EPCは少年期」と三つの電着塗装技術の完成度を表現している位だが、時間と共にそれらの欠点は改良されていくだろう。ともあれ厚膜塗装ということがEPCの最大の特徴でその特色を活かして今徐々にではあるが、自動車産業界に採用されつつある。勿論EPCは神東塗料独自の技術として、通産省の研究費援助を受け、特許も成立しているし、また昭和57年には色材協会技術賞に輝いているのである。

次にEPCの開発者の一人である鈴木為之さんのコメントを頂いたので掲げたい。

「そして開発中のEPCは識者の眼にとまりクルマの下塗りに活用したらと云う事で盛んに

開発を進めたが、システムを構成する材料技術や周辺の諸技術が未熟で開発のスピードに追いつけず結果として退散する事になってしまい、関係者に大変迷惑をかけた。

電着技術の開発に関係して多分に早い時期から、またEPCの開発を始めてからは確実に合理的なこの要素技術を他分野に、とりわけ電子材料の構成技術として応用できないかと熱心に考えていた。この厚膜をすると云う点に着眼してのEPCのこの分野（プリント基板）への応用は成功しなかった。しかし電着の一方の特徴は大変均一な塗膜を得ることであり、この特徴はカラー液晶に用いられるカラーフィルターの着色技術として結実し始めている。

EPCの50ミクロンの厚みに対し1ミクロンと云う両極端であるが、技術が実用化されるか否かの最大のポイントはその技術の合理性にあると考えている。特に他の分野で常用されている他の技術との競合での重大な意味を持つ。それは帰化生物が土着の生物を駆逐するように勝つか負けるかしかないことがあるからである。その技術への執着と拘り、タイミング、などが必要である。このカラーフィルターの10年の歳月を掛けたS社との開発実用化などはその例を示している。このEPCの持つ合理性は決して忘れてはならないものである。」

2) いすゞ自動車式EPC塗装プロセスの成功

昭和55（1980）年5月にHondaはEPCから撤退したのだったが、丁度入れ替わりにその6月からいすゞ自動車藤沢工場では「EPC（粉体電着塗装）+リバース式カチオン電着塗装方式」の下塗り塗装プロセスを採用して高級乗用車「アスカ」の生産が開始されると言う奇縁であった。

このEPC技術は今までにHondaで発見された諸問題を消化した第二世代のEPC塗装として生まれ変わっていた。このいすゞ自動車はEPCに興味を持っているとの話が神東塗料の宮崎竜平さんからもたらされたのは私がアメリカ進出のプロジェクトに専念していた頃であったから「いすゞ自動車の面々」と接触することはなかったが、確かその時に私は「Hondaが経験した諸問題のいきさつを正しく伝達すること」を宮崎さんに委ねたことを記憶している。



ASKA 2000 TURBO LT 83.3

EPC粉体電着塗装を採用したいすゞ自動車の「アスカ」

いすゞ自動車が狙ったEPCの目標は下／中塗り兼用の厚膜型電着塗装の“強靱（きょうじん）な”粉体塗料塗膜による塩害地における飛石チップングへの対策と大気汚染対策にあったことはいすゞ自動車、研究センターの塩島哲夫さんが「いすゞ技報、第64号」（1982年1月）で述べておられる。ここでは私の耳に届いている情報に基づいてホンダが手こずった難問をどのように解決したのかを考察してみたい。

まず「付き回り性」の狭いことが特徴のEPCではあるが、コンペアー式連続処理の電着槽を用いて乗用車車体外板部に余裕を持ってEPC塗装の厚い塗膜の析出を確保する為に最適な膜厚目標を設定したことはホンダが粉体静電塗装を念頭にした「>60ミクロン」の膜厚に執着したのとは大違いであった。同時にそれはEPC特有の「はじき敏感性」の影響を軽減することにも有効に働いたし、さらに「はじき」の抑制に「バインダー」の改良やドライ粉体塗料の補給時の分散の徹底などが図られたことは当然である。

次に欧米の塩害地において日本製のクルマにだけ発生していた「スキップ コロージョン」を無くすための塗装前処理皮膜の耐アルカリ性の向上には、神東塗料と親密な関係にある日本パーカーライジング社が当時カチオン電着塗装用に開発を進めていた「全没浸漬式前処理法による前処理」を採用し、更に140℃×10分の熱風水切り乾燥工程を設定させて万全を期していたのであろう。

さて、ここで採用した「リバース電着方式」とはまずEPC電着塗装を行なって車体外面部に下／中塗り兼用の厚膜を塗装し、次にその析

出したEPC粉体塗膜の硬化反応を極力抑える加熱を行ない溶融フローによって平滑化を行なった後に、「付き回り性」の良好なカチオン電着塗装を車体裏内面を狙って塗装してから、両者の塗膜を一緒に焼き付け硬化させる塗装プロセスである。これは「いすゞ技報」にはこのリバース電着方式の弱点であったEPC電着塗装との境界面の耐食性レベルの低下への懸念を払拭（ふっしょく）できたことが誇らしげに写真入りで解説されていた。この方式はホンダで行なった種々のEPC関連の塗装技術の中での数少ない成功例の一つであった。

風聞によれば、その後EPCの塗膜の上に関西ペイントが開発した水溶性中塗り塗料を適用するようになったとのことであった。この有機溶剤の排出の少ない水溶性中塗り塗料は厚膜を得ることが不得意であるから、厚膜のEPC塗膜の上に適用するのであれば、それ程無理をして膜厚確保に奔走しなくてもよいことから完璧な無公害塗装プロセスを構築できたことになる。

ここではホンダやBMWが追い求めた中塗りを省略した「2C2B（ツーコート ツーベーク）式乗用車塗装プロセス」に執着せずに、EPCの持つ性能一杯である「膜厚性」と「付き回り性」のバランスの良い条件を採用し、不足気味であるEPC膜厚を水溶性中塗りを追加採用することにより、EPCにも水溶性中塗りにも無理をさせずに厚膜の3C3B式乗用車塗装システムを作り上げて、EPCの持つ優れた防錆力と耐チップング性を発揮させたことが昭和62年までの技術的寿命を全（まっとう）うできたキーポイントであったと考察される。

いすゞ自動車が世界に唯一のEPC粉体電着塗装ラインに葬送曲を奏していた頃、アメリカのPPG社がEPCに対抗して開発したと言われている「厚膜型カチオン電着塗料“ハイビルドED#4”」がホンダ狭山で採用された時と一致しているのも今度はEPCの念願を引き継ぐと云う奇縁に巡（めぐ）り会ったのである。

3) 欧州でのヘキスト社のEPC戦略の展開

神東塗料がEPCの粉体塗料の主原料であるウレタン硬化剤を欧州から調達していたこともあってEPC塗装技術の情報が欧州に早くから伝わっていたらしく、ホンダがEPCを始めて

から1年たらずのうちに西ドイツのオペル社が突然狭山に大挙して見学に訪れたのには驚かされた。

また1979年頃、ホンダがEPC塗装法の熟成に技術的にも管理的にも岐路に立つと云う苦闘を強いられていたのとは裏腹に、EPCの発明者である神東塗料のEPC推進責任者であった宮崎竜平さんは米国、特に欧州の関係者へのEPC技術の普及のためのプレゼンテーションを熱心に展開していたのであった。その成果であろうか、やがてホンダのEPCからの撤退と同じ頃に皮肉なことに、欧州では神東塗料が提唱していた「下/中塗り兼用の厚膜が得られる「EPC（粉体電着塗装）+リバース式カチオン電着塗装」による低公害塗装」を目指した乗用車下/中塗り塗装プロセスに興味を示す塗料、塗装設備、それに乗用車などのメーカーが続々と現れた。その中の最も熱心であったのは西ドイツの有力な化学会社のヘキスト社であった。その理由はその昔アニオン電着塗料王国を誇っていたヘキスト系塗料各社はその後疾風の勢で欧州に攻め寄せて来たアメリカのPPG社の発明になる防食性の優れたカチオン電着塗料に侵食された屈辱を跳ね返す戦略として厚膜型のカチオン電着塗装の一種であるEPCに期待を寄せていたからであった。勿論ヘキスト社も傘下にあった電着塗料に強いオーストリアのピアノバ社でも特徴のあるカチオン電着塗料を開発して対抗していたが劣勢を取り戻すのは中々困難であった。このピアノバ社は約20年も前から神東塗料が当時から自動車用下塗り塗料として有名であった水溶性樹脂「レジドロール」、続いてアニオン電着塗料の製造技術を導入させて貰った親密な間柄であって、神東塗料も積極的に欧州への拠点としてEPC塗装技術の紹介を熱心に行っていたようであった。

やがて、ヘキスト社の傘下で自動車用塗料に強いハーバーツ社が神東塗料のEPC塗装技術の展開を担当することになり、塗料の製造から欧州の自動車メーカーへの技術紹介、そして実車スケールの実証試験などを積極的に推進する戦略が確立したのであった。そこにドイツの有力な塗装設備エンジニアリング会社であるオットーデュール社が自動車車体用に最適なEPC塗装実験設備を提供するための技術開発の共同研究をヘキスト社に申し入れたことから、共同

研究プロジェクトがスタートした。

1979年から翌年にかけて、オットーデュール社のスイス工場、そして西ドイツのハーバーツ塗料会社、更に西ドイツのフォード自動車会社に夫々40~50^ト程度のEPC電着槽を持った実証試験設備が建設されると言う過熱振りであった。その理由は、欧州で初めての有機溶剤の使用制限を含んだ大気汚染防止技術要綱（TALUFT）が西ドイツの大気浄化法の下で施行されようとしていたからである。これには自動車塗装ラインについての有機溶剤排出限界値が、「塗装した車体の電着塗装表面積“m²”当たり有機溶剤排出限界量を上塗り塗装方式別に「ソリッドカラー」/「メタリックカラー」について60/120gの適用が予定されていたから、EPC塗装プロセスを活用して下塗りおよび中塗りに有機溶剤を殆ど使用しない方式を実現しようとしていたからである。

そこで、神東塗料ではホンダのEPCをつぶさに実践して来た電着塗料技術者の筒井伸和さんをスイス工場の実験に立会わせて技術指導を行なわせた。そこには西ドイツのベンツ、BMW、フランスからのルノー、そして北欧州の各国からの自動車メーカーから、塗装前処理が完了した車体を持ち込まれて実車スケールの塗装実験が行なわれた。この時の筒井さんの感想は、「どうしても塗膜が厚いだけにコストが高くなること、それだけに当分は高級乗用車向けとなるでしょう。そして従来の下、中、上塗りの3回塗っていた塗装回数を、この厚膜の下/中塗り兼用のEPCを使えば2回で済むようになるのですが、それにはもう少し技術改良が必要なのですが、それが実現した時は大きくEPCが活用されて行くでしょう」と。

この実験では昔ホンダで手こずっていた粉体塗料の溶液への補給分散には「サンドミル」を設置して対応していた。それでもEPCの最低膜厚は50ミクロンでは数点の「はじき」が残りにこの解決が最後まで続いた。その他の問題として、確かにベンツ社、BMW社とハーバーツ社との協議ではEPC塗膜の耐候性が議論されており、当面メタリック仕上げは避けるべきであるとのことであったが、その後の検討でハーバーツ社はBMW社内の量産実験槽での塗装された数少ないボディーには中塗りを省略してメタリックも塗装できることを証明したのであ

た。

やがて、昭和56年（1981年）4月15日付けの日本工業新聞には「欧州車（ベンツ、フォルクスワーゲン、BMW）、来年から採用。

神東塗料の防錆力に優れたEPC（粉体電着塗料）。米国のビッグスリーも関心。』の大見出しと共に技術解説記事が誌面を踊った。その後1982年にBMW社がEPCを量産実験に移行させ、1983年4月にはベンツも部品の塗装にEPCを使い始めたし、近々ボディーへの採用の可能性も高まっていたとか。

しかし、この欧州でのEPCの葬送曲となった「はじき」の敏感性は静電用粉体塗料よりも抑制が一段と難しいことは続いていたようであり、同じカチオン電着でも膜厚を35～45ミクロン程度に抑えたPPG社の厚膜カチオン電着塗装ED#4でさえも浅い「はじき」は仕上げの妨げになるので対応策を講じていたようであった。

4) BMW社EPCライン見学記異聞

昭和56（1981）年の春、私は発足したばかりのアメリカ進出の乗用車生産のプロジェクトに参加していた頃、同様にこのプロジェクトのLPL代行として参画して来た前埼玉製作所長であった早野宏さんの所に化成課長の小林良充さんがやって来て何やら報告する様子であったので、私も同席して話を拝聴することにした。確か小林さんは苦しかったEPC塗装プロセスの後半を課長として指揮し、その後にEPC撤退の幕引きの役目も果たして化成を卒業すると言う段階で、早野さんから指示を受けて世界の自動車工場の視察に出掛けたのであった。そして小林さんは技術スタッフの中から若手のホープである東条英明さんを同道し、一行は北米を回って、外観の良いと言われる欧州の高級乗用車工場の見学にやって来た。この旅程での訪問先は浜中辰彦さんが苦勞してアレンジしたと聞いて居る。

そして、静電用粉体塗料技術で関西ペイントと関係のあったイタリアの塗料メーカーを通じて多少の交流のあったフィアット社の粉体静電塗装ラインをシシリー島の工場に訪れた。ここではホンダと同様にアメリカのデビルビス社製の自動粉体静電塗装機に加えて、車体の床回りの粉体静電塗装を塗装ロボットで丁寧に塗布し

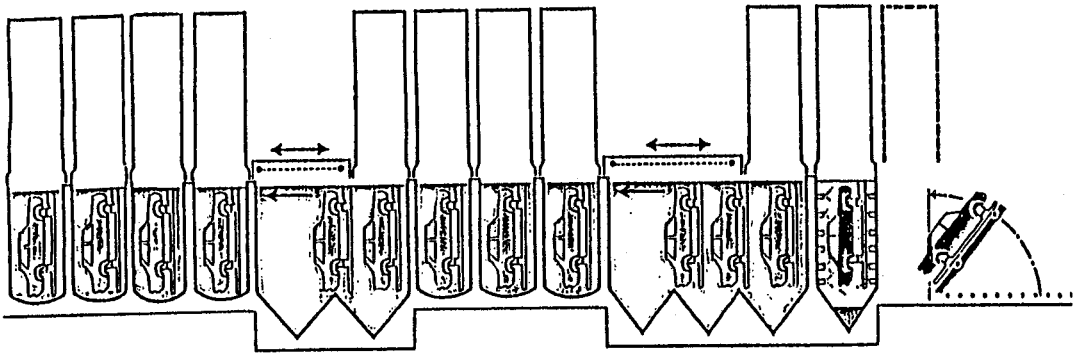
ていた。

次いでフランスのルノー社では塗装前処理に「リン酸鉄皮膜処理十クロムリンス（受働態化）処理」に驚かされた。そしてVW社の量産体制を確認し、最後にEPCの量産試作の検討を続けているBMW社を訪問した。

特に最後のBMWはホンダからEPCの実情を聴取しようと彼らの訪問を歓迎していた。このBMW社は乗用車の車体を垂直にハンガーに取り付けた状態で塗装前処理・電着塗装・その乾燥工程までを処理する画期的な処理・搬送法「フェルターク法」を実践していたことで知られている。これは単槽に車体を垂直に入槽することにより空気抜き性、水抜き性、電着塗装での極板配置の特徴から優れた「付き回り性」を実現し、車体水平部への異物の沈降付着を無くし、車体の内面の隅々まで処理が徹底できるなどの良好な処理条件を実現させるという下地処理への熱心さで知られていた。

ホンダの一行はこの新しい技術に賭ける意欲をこの「フェルターク」や今回始めた「EPC塗装」の実験などを眼前にしたのであった。BMW側のEPCに対する質問に対して、EPCラインの操業に苦心した管理者としての小林さんの現実的な意見がある一方、そのEPCプロセス自身の合理性を高く認めていた技術者としての東条さんの将来性を見込んだ意見とは自ずから答が異なっていたのであった。このEPCに対する両者の思い入れの違いのある返答に、当のBMW社の技術者の眼には多くの有益な示唆を与えたものと思われる。一見するとホンダマン同志の間での意見の相反は不幸な事のようにも伝えられているが、それはホンダの自由闊達な議論を醸成する社風であることを示すものであろう。それは「他人には極めて物事を深く考えさせるのに有効であることが多い」との意見はある塗料メーカーの役員からの慰めであった。

その証拠には、その後の1982～1983年に掛けて実働塗装ラインのサイドでの10～30台/日の継続的なEPC量産試験生産が遂行されたことである。この実験でも50ミクロン以上の厚膜を守り続けるEPC塗膜では「はじき」の深さも深く、パテペーストを筆で差し込んで行くなどの対応をせざるを得なかった。そこでEPC塗料の製造を担当していたハーパーツ社は「はじ



ドイツBMW社の「フェルターク法」車体搬送システム

き」の解消を目指して粉体塗料を社内で純水で湿潤させて泡を含んだ濡れたスポンジ状または歯磨きクリーム状の補給塗料を準備して浴液に補給する方法を実行したのであった。これによって従来のドライ粉体塗料をそのまま補給するよりも「はじき」は遥かに少なくなったが、残念ながらこの「はじき」の残存はEPCの本格的実用化への疑問を拭い去れなかったのだ。

私の考えではBMW社が欧州で唯一の乗用車のEPC塗装の量産実験を行なったのには、同社が実施していた車体を垂直に吊り下げて処理するフェルターク法は正にEPCに最適な条件を与えてくれていたからであろう。例えば通常なら車体の水平部に異物などの沈降に悩まされることが無くなり、また「付き回り性」と膜厚限界とのバランスに苦しんだホンダの例から解放されることのできる縦型浴槽の極板配置の自由度が得られる特徴、また車体の内部に沈降した粉体粒子の確実な洗浄回収などが指摘されるからである。これは実際にEPCを試みた人は成る程と納得するところである。

5) 東西の厚膜カチオン電着塗料の栄枯盛衰

(1) 厚膜電着塗装へのプロローグ

私はEPCの名誉の為にこの一節を設けた。私が“西”のアメリカのPPG社が開発した「厚膜カチオン電着塗料」の情報に接したのは1981年の春のことであった。その頃はアメリカへ進出する乗用車工場の建設プロジェクトで塗装ラインの操業認可をEPA（環境保護省）から取得する役割で出張していた。この前年には私がホンダ狭山工場のNo.1塗装ラインで実用化した“東”の神東塗料が発明した厚膜カチオン

電着塗装の一種である“EPC”（粉体電着塗装）から撤退した年に当たり、皮肉にもホンダと入れ替わっています。自動車藤沢工場の乗用車工場のEPC電着塗装ラインが稼働を始めようとしていた。一方、欧州ではドイツのヘキスト系の塗料メーカーであるハーバーツ社が神東塗料からEPC電着塗装を技術導入して、これを「“東”の厚膜カチオン電着塗料」として欧州の自動車業界にプレゼンテーションを積極的に行なって「EPC旋風」を巻き起こしていた。それはドイツの高級乗用車メーカーのBMW社がEPC電着塗装を使用して継続的な量産試作を始めようとしていた。これはヘキスト社のPPG社のカチオン電着塗料の進出への対抗戦略であったから、PPG社を強く刺激したのであった。

話を元に戻すと、この時私はホンダ オブアメリカ製造（HAM）の乗用車塗装ラインで採用する予定の溶剤削減対策を施したハイソリッド塗料による2C1Bメタリック塗装の外観確認試験に塗料メーカーへ訪問ツアーをしていた。その当日は遠路渡米してもらった日本ペイントの自動車塗料のトップであった美川信さんと合流してペンシルバニア州都であるピッツバーグ市郊外にあるPPG社の塗料研究所を訪問していた。その実験の合い間を狙ってPPG社の自動車営業技術部長であるE. J. カバルコさんから『最近GM社の塗装ラインで稼働を始めた新開発の「ハイビルド（厚膜）カチオン電着塗料」のプレゼンテーションを行ないたい』との要請であった。この席で、私などはその厚膜化に強い興味を持ったのに反して、不思議なことに彼の説明ではこのハイビルド（厚膜）化に成功したことよりも、何故か今までのカチオン

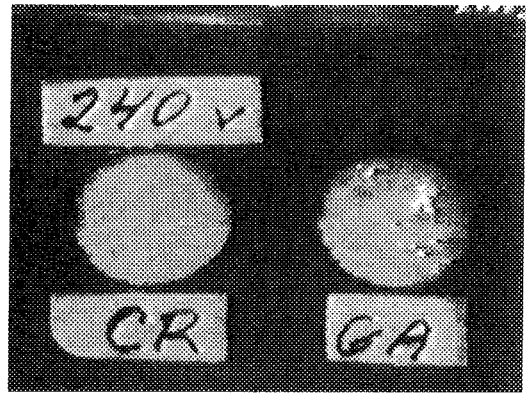
ン電着塗料では塗膜表面に「クレーター」が多発することで車体外板への適用が中断されていた“合金化溶融亜鉛めっき鋼板”への適用に成功したことに力点が置かれていたのだ。そこで私は日を改めてカパルコさんからこの「ハイビルド カチオン電着塗料」の誕生のいきさつを聞かせてもらった。

(2) GM社の乗用車防錆戦略の転向

現在の乗用車の防錆対策の狙い目は、床回りの構造体の腐食による強度低下防止には溶融亜鉛めっき鋼板を、車体外板の内側からの「穴開き腐食」防止には「ジंकロメタル」のようなジंकリッチ塗装鋼板などの防錆鋼板の適用、そしてボディ全体の防錆には下塗り塗装としては耐食性の優れた「カチオン電着塗装」の適用であった。所が近年の急速な高速道路網の発達と冬期間の安全交通を維持する為に路面に撒かれる凍結防止用の岩塩や滑り止めの砕石などの撒布量は年々増加しており、そのために腐食環境は益々厳しくなってきた。

そこで高速で走るクルマが跳(は)ね飛ばした砕石が高速で走って来るクルマの外板塗装面を直撃して、塗膜が剥がされ素地鋼板が露出して赤錆が発生する「チッピングダメージ」が無視できなくなって来た。特に防錆力の強い下塗りのカチオン電着塗膜は「チッピング ダメージ」の錆の横へ拡がることを抑える力が強く、錆は鋼板を深く腐食させて外からの「穴開き腐食」の苦情が出るのは時間の問題であると洞察したGM社の防錆技術者達がいた。彼らはこの対抗策には外板面にも亜鉛の犠牲防食が必要であるとの方針を定めた。その要請に沿って実用化されたのが「両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板(アニールド ガルバナイズド)」である。これは先ずめっき面を平滑にした両面溶融亜鉛めっき鋼板を開発して、次に熱処理して素地鋼板から亜鉛めっき層に鉄を拡散させて鉄-亜鉛合金めっき層を形成させたものである。これによって素地に達する傷が付いた際に純亜鉛めっき層では強い犠牲防食性が発揮されて素地の腐食は防止できるが傷の周囲に生成する強アルカリ性の「白さび」によって塗膜外観を悪化するのを防止させたのである。

しかし残念なことにこの鋼板の上に現行のカチオン電着塗装を適用するとその表面に「クレーター」が多発して外観を悪化させていたこと



カチオン電着塗装の通電中に発生するスパーク現象の観測写真

【注】透明クリヤーのカチオン電着による火花放電写真。
素地鋼板は合金化溶融亜鉛めっき鋼板、Mr. Schoff 提供。

から、外板への適用はできなかった。そこでGM社ではカチオン電着塗料サイドでこの「クレーター」の発生を解決することをPPG社に要請したのであった。これを受けたPPG社の塗料研究所で「クレーター」の発生メカニズムを追究したのはC. Schoffさんであった。

それは暗室の中でカチオン電着塗料のクリヤーを使って電着塗装を行ない、「クレーター」の発生の観察を行なった。それは通電終末期に突然析出しているクリヤー塗膜層の底からスパークが走った。その後塗膜を焼付乾燥した所、スパークの発生した位置に「クレーター」の発生を観察することに成功した。そこで膜厚限界値に近づいても塗膜全面に通電が継続させることのできる析出塗膜の構造にすれば絶縁破壊によるスパーク現象を回避できるであろうとの考えから、その析出塗膜構造の模索が始まった。そして開発された「ハイビルド カチオン電着塗料」は1981年にGM社の実塗装ラインに建浴され、「合金化溶融亜鉛めっき鋼板」を外板に適用したクルマの下塗り塗装として成功した。また膜厚が約50%程度アップしたことは電着塗装面に付着した異物を研磨作業によって除去する際に起こり易い素地の研(と)ぎ出しと、それに続いて亜鉛めっき層の損傷を防止することから防錆対策として有用であると認識された。これによって車体の外面の「チッピング ダメージ」による「穴開き腐食」への対応策が確立し、他者に先駆けて防錆長期寿命保証を世界に

宣言できたのである。

(3) 「クレーター」の発現しない析出塗膜構造の模索

さて、話をPPG社の塗料研究所を訪問した日に戻したい。この日のランチタイムは研究所長の招きで隣にあるゴルフコースのクラブハウスでひとときを過ごすことになった。その席での会話が弾むうちに所長から、『そこで、ホンダが実施している厚膜塗装の得られる“EPC”に刺激を受けて、我が社も厚膜塗装のできる“ハイビルドカチオン電着塗料”の開発に成功することができたのだと思っていますよ。しかしEPCの塗膜は均一性に欠けるとの噂があるようだ。』との言葉は印象深く覚えている。

確かに研究所長の云われるように、裏面を絶縁シールしたテストパネルのEPC電着塗装を行なうと、膜厚が限界値に達してからも電流は急激にゼロまで低下することなく、緩やかに減衰しながら電流は流れ続けることが知られている。それは析出した塗膜層には粉体粒子同志の隙間があり、それを通して十に帯電した「遊離バインダー」などの電気泳動が続いている証拠である。そして合金化溶融亜鉛めっき鋼板での「クレーター」現象は見受けられなかったことも事実であった。そこでPPG社の研究者がEPCの析出メカニズムを把握していたとすれば、「ハイビルドカチオン電着塗料」の析出塗膜を設計するに当たっては極めて有用な情報となったであつたはずである。そして析出塗膜の構造は従来のカチオン電着塗料の析出塗膜をマトリックス（母相）として、その中に新しく設計した温度上昇や有機溶剤や外力による変形に強いエマルジョン構造をしたカチオン電着塗料が適度な密度で析出している形態を作りあげた。この塗膜厚が限界に達した段階ではエマルジョン型のカチオン電着塗料の析出は終息するが、従来のカチオン電着塗料は析出している塗膜を通過して被塗物面で放電し析出塗膜の底に析出するので膜厚は僅かながら増加しながら電流は継続して流れる。析出している塗膜をカチオン電着塗料樹脂が通過できるメカニズムは、析出した強固なエマルジョンの壁の間を埋めて析出しているカチオン電着塗料は通電のジュール熱による温度上昇と溶同伴して来た溶剤の存在などの作用によって粘度が低下して流動性に富んだマトリックスとなっている。この両者の

接触面に沿って電気泳動して来たカチオン電着塗料はマトリックスを押しつけて被塗物面に向かって移動する一方、また被塗物面で発生した水素ガスはその圧力によって同様に逆行しながら浴液に向かって移動し放散すると考えられる。この時に流れる電流は従来のカチオン電着塗料だけが一極板から遠い車体の裏面などに析出が進んでおり、それらとバランスの取れた見かけの電気抵抗に従って外板面の二成分のカチオン電着塗料が析出している領域にも通電が行なわれ幾分か膜厚の増加が行なわれる。

この様に考えると“東”のEPC電着塗料と“西”のハイビルドカチオン電着塗料とは“遠い”親類関係にあるとさえ思えて来るのである。

(4) EPC粉体電着塗装への墓碑銘

私がこの「ハイビルドカチオン電着塗料」の紹介を受けてから狭山工場で採用に漕ぎ付けるまでには多くの関門を通過するのに四年間を費（つい）やした。そして、設備更新が完了した狭山No.2塗装ラインで1986年12月から生産を開始したホンダにとっての最高車格の「ホンダレジェンド」の4C4B（フォーコート、フォーベーク）塗装方式の下塗り塗料に採用される所まで到達した。

これによって「厚膜カチオン電着塗料」の設計手法が日本にも波及して、GM社には遅れてはいるがその後に展開される「薄目付け合金化溶融亜鉛めっき鋼板」を使用して乗用車の長期防錆寿命保証を宣言することに大きな貢献を果たした。そして“西”のPPG社の厚膜カチオン電着塗料「ハイビルドED#4」の開発のスタートに当って“東”の神東塗料の「EPC；粉体電着塗装」のアイデアがいささか寄与していたとのPPG社の塗料研究所長の話は「ホンダの私がEPCに捧げる墓碑銘」に相応（ふさわ）しいと思っている。

8. それからのプラスチック塗装技術小史

1) ホンダのプラスチック塗装技術の歩み

ここで本題に入る前にホンダが頑強なまでに守り通している「成形サイクルタイムの短いプラスチック材料の選択」と「塗装を必要としないプラスチック材料への願望」の生まれたルーツを探訪しておきたい。

それは太平洋戦争後にアメリカから押し寄せてきた新しい工業材料の一つである「プラスチック」に注目した社長の本田宗一郎さんがオートバイへの応用の機会を狙っていたことに始まる。そして機械工場には希な「応用化学出」の大卒技術者を数人揃えて勉強をスタートさせていた。そして昭和29（1954）年と言う早い時期にプラスチック材料を多く採用した初代スクーター「ホンダ ジュノオ号」を発売したのである。これにはアメリカで工業的に用いられていた“FRP（ガラス繊維強化ポリエステル樹脂）”による流線型をした成形部品を塗装して車体の全面を覆う外板部に採用し、それに加えて大きな風防にはアメリカ空軍の戦闘機の風防ガラスに使用されていた透明な“アクリル樹脂ガラス”が採用されていたのである。当時の“FRP”の成形は「ハンドレアップ」と呼ばれる人手により下金型の内側にガラス繊維の貼り付けと樹脂の注入を交互に積層してから上金型によって加圧加熱硬化させる初期の手法であった。この生産は成形サイクルタイムがすこぶる長かったし、また仕上がった成形品の表面にはガラス繊維の末端が顔を出していたり、気泡が並んでいたことから素地仕上げ作業では体中にガラス繊維が突きささったり、塗装では素材から生ずる気泡によるピンホール対策などに苦戦していた。これらの完成度の低い生産技術が命取りとなってしまった。この失敗から「短い成形サイクルでの、塗装を必要としないプラスチック材料の選定」との伝統が生まれたとのことである。

それから間もなくその教訓を地で行くように昭和30年代の初めに発売されて世界のモペットの標準スタイルとなった「ホンダ スーパーカブ」には大きなプラスチック成形部品が採用され全ての点で大成功を納めた。それは「シンボルカラーの「ホンダ ブルー」に着色したPE（ポリエチレン）樹脂」を使って射出成形された無塗装の「フロントカバー」であった。

そして昭和35年に完成したモペット月産10万台の生産能力を誇る鈴鹿製作所には、並列に設置された大型樹脂射出成形機からは僅か50秒足らずの成型サイクルタイムで成形部品が続々と作り出されていた。この大量生産にも適合する短い加工サイクルタイムの生産性の高さには当時の社長であった本田宗一郎さんは大変気に入られて、当時プラスチック技術をリードしてい

た岩井武夫さんや土田昭三さんを褒められたとのことである。確かにこの加工は本田さんが常々口にしていた『切り粉（切削屑）を出さない時間は加工時間には数えられない、ロスを減らし加工スピードをもっと上げて加工サイクルを短縮せよ』との生産思想を地で行ったものであったからである。それからはホンダでは、短い加工サイクルタイムの射出成形法が利用でき、そして不良成型品や射出ゲートなどの屑材などがリサイクルできる熱可塑性樹脂を採択することが鉄則となっている。

そして次に進出した乗用車製造では車体外板部品のプラスチック化に取り組み、軽トラック「ホンダ AK」ではボンネットを、ライトバン「ホンダ L700」ではフロントフェンダーを、軽乗用車「ホンダ N360」ではテールゲートを「ホンダ Z」ではリヤゲートなどを鋼板プレス部品に代えてABS（アクリル樹脂共重合体）樹脂によるプラスチックの射出成形部品が登場した。これらの外販部品は着色樹脂の無塗装では耐候性の弱さがもたらす耐衝撃力の低下や人気のメタリック塗装外観の形成をカバーすることができずラッカーなどの低温乾燥型塗装のお世話にならざるを得なかった。しかしデザインの自由度を確保し、軽量化や腐食の生じない性質、部品の一体化などの樹脂ならではのメリットを最大限に享受したことは業界の「先駆け」となった。

このプラスチック部品の塗装は車体塗装ラインとは全く別のプラスチック専用塗装ラインで行われ、そこでは車体用の金属塗料に合わせて調色したプラスチック塗料を使って塗装されるが、経時的な車体とプラスチック部品との塗装面の色彩の変化の色差と云う外観品質維持のわずらわしさ、専用の設備と塗料を用意するコストアップの二点からクルマの生産性を低下させる体質のためにそれ以降の小型乗用車の外板部品へのプラスチック化は見送られ、専らバンパーやフロントグリルなどの光輝クロムめっき部品のプラスチック化の方向を目指すようになったのであった。これまでホンダのプラスチック技術を統括してきた主任技師の土田昭三さんがホンダ系列の化成品メーカーの東京シート副社長へ転籍されたので、その後の指導者には技術研究所材料研究ブロックの主任研究員であった藤森義次さんが当たることになり「夢のプラス



世界のモベットの標準となった「ホンダ スーパーカブ」

チックボディ」の実現を狙うことになった。そして生産技術はホンダ エンジニアリングに集結し技師の熊谷駿夫さんらが担当し、一方プラスチック塗装ラインにはベテランの和智実さん、桜井貞雄さんが主力メンバーとなってプラスチック塗装の国際化を伴う新時代の塗装技術を築いて行くことになる。

2) フロントグリルのマスキング塗装法

1970年代まで世界の乗用車の先頭前面を飾った光輝クロムめっきを施したフロントグリルの主流は重厚な亜鉛ダイカスト成型品で作られていたが、やがて軽量でしかも腐食しない特徴を持ったPP（ポリプロピレン）樹脂の成型品の上に光輝クロムめっきを施した新製法がアメリカのフルサイズカーに登場して、当時の寒冷地域での苦情の出ていた塩害によるめっき部品の腐食発生を無くして好評であった。

ホンダの軽乗用車ではいずれも鋼板をプレス成型してクロムめっきを施したフロントグリルが採用されていたが赤錆の発生の苦情に悩まされていた。そして次の経済性を追求した小型乗用車開発の段階でアメリカ車のようなプラスチック製グリルにクロムめっきを施す高価な製法を採用することがコスト的に難しかったし、その頃からホンダではクロムめっきを施した「光りもの」が乗用車デザインから凋落するムードを察知していたようであった。そして着色したABS樹脂により成形したプラスチック製フロントグリルが「ホンダ シビック」に採用され、続いてその上に新鮮なカラーデザインと精緻なマスキング塗装を施した新製法のフロントグリルが「ホンダ アコード」に出現したのであった。後者には技術研究所の色彩デザイナーの日

向野さんが銃身の外観である「ガンメタルブラック」からイメージして光彩顔料を配合した「ガンメタブラック色」を設計して東京佑光社ペイントに製造させた低温焼き付け型アクリル塗料が一世を風靡（ふうび）したのであった。

狭山工場におけるそのスッキリとした精細なマスキングデザインの実現には従来の紙やテープを併用したFRP製マスキング治具に代わって「ニッケル電鍍金型マスキング治具」が初めて試みられた。

このマスキング治具は確か八王子市にあった共立電気会社がアメリカから技術導入して始めた事業で、プラスチック成型品を母型としてニッケル電鍍を行なって、プラスチック部品を下からと上から挟むようにしたマスキング金型治具を製作し、必要な補強を施した上で、上型には塗装する個所を切り抜き、下型には適切な空気の抜け道を作っていた。ここでマスキングの見切り線を正確に美しく仕上げる為には成形品の形状設計に特別な工夫を施すことが秘訣であった。

この作業方法は先ず被塗物であるフロントグリルをマスキングした金型治具にセットし、その上にマスキング上金型治具を装着して圧力を掛けて密着させ、次に塗装を行ってから、塗料で汚染したマスキング上金型治具を取り外し自動洗浄装置によって付着した塗料ミストを溶解洗浄して乾燥してから再び使用に供するものである。この一連の作業を組込んだ全自動マスキング塗装装置が普及している。

3) 黒着色PP樹脂製バンパーの登場

昔から乗用車の前後には重厚で光輝性のある「クロムめっきを施した鋼製のバンパー」の装着が常であった。それが1970年代に入ると、流れるような車体外面に合わせたような形状デザインの鋼製バンパーが車体色に塗装されて出現してきた。しかしホンダではカラーバンパーを踏襲することなく、世界の経済車を目指して開発した「ホンダ シビック」、それに続いて昭和51年（1976）モデルの“Car of the year”を獲得した初代「ホンダ アコード」が装着していたクロムめっきを施した輝くバンパーを廃止した二代目モデルには黒色を帯びたプラスチック製バンパーが採用されて異彩を放っていた。これは黒色に着色した耐衝撃性や耐候性の優れ

たPP（ポリプロピレン）樹脂を使って射出成形法によって作られたバンパー表皮材と防錆塗装を施したバンパー支持枠体との両者を組み合わせた部分交換可能な経済的なプラスチックバンパーであった。

このカラーデザインは見るからに車体色との対比で鋭いインパクトを与えたようで、クルマを一層精悍（せいかん）に見せる効果を発揮して好評を得たのであった。しかし、このバンパーの表面には「スリ傷」などを目立たなくする目的で「シボ加工」と呼ばれる微細な凹凸が付けられていたから、走行している間にその「シボ」の凹みに土埃（つちぼこり）などが埋め込まれて白っぽく汚れた外観になることの苦情が寄せられるようになった。その対応策に加えてカラーデザインを楽しもうとする意図からバンパーに塗装を施して欲しいとの要望が強くなってきた。やがて一部のデラックス仕様のクルマに塗装したPPバンパーが登場することになった。

そこでの難関は前節で述べたABS樹脂とは表面の性質が異なるPP樹脂は塗料や接着剤などの密着性がすこぶる悪いことであった。

このテーマに直面していたのは鈴鹿製作所の四輪化成の生産技術の松浦功さんであった。彼はPP樹脂に性質が類似している大型オートバイのPE（ポリエチレン）樹脂で成形された「フロントフェンダー」の塗膜密着性を確保するための塗装前処理法を活用するアイデアを着想したのであった。

少し話を戻すと、昭和40年代になって「ナナハン（排気量750ccの大形オートバイの通称）」の二代目モデルが開発されると、今まで光輝アルミニウム素材で作られていたフロントフェンダーは進化してより自由なデザインが可能なPE樹脂素材を射出成型したプラスチック部品に斬新なメタリックシルバーで塗装を施すアイデアが浮上した。しかしPE樹脂は今使われているABS樹脂とは異なりアルカリ脱脂洗浄やイソプロピルアルコールによる清拭の前処理では塗料が密着しないのが課題であった。だからと云って耐衝撃性が優れたSMC（シートモールディングコンパウンド）素材を使用したFRP（ガラス繊維強化ポリエステル）素材ならば焼き付け塗料が良く密着するのであったが「ホンダのプラスチック材料の選択の鉄則」に

反することから否定されていた。そこで松浦さんから相談を受けた私は昔から懇意にしている三恵技研工業の赤羽プラスチックめっき工場長の深沢清一さんが処理している家庭用ポットのPE樹脂成型部品への銅-ニッケルクロムめっきの前処理法である『重クロム酸+濃硫酸の高濃度溶液への浸漬処理法』を活用するアイデアを示唆しておいたのであった。そして彼はこの方式を鈴鹿製作所内で数年にわたり実施していたが、そこから生ずる廃液や洗浄排水などに含まれる高い濃度の六価クロムイオンの存在に対する厳しい排水規制が施行されたこともあって廃止を考えざるを得なかった。そして代案を散々に模索した結果、以前から顔なじみの西村直一さんがプラスチックめっき用薬剤を専門に取り扱っていたことを思い出して研究開発を頼み込んで何とかPP樹脂用塗装前処理薬剤を作り出したのであった。この西村さんは私がホンダに入社してめっき技術担当をしていた頃に西ドイツのヘンケル社の誇る強アルカリ脱脂剤“PS”の輸入代理店の白水化学の営業マンをしていた頃からの旧知の仲であったことから、昭和42年に狭山工場のNo.3塗装ラインの前処理工程に電解脱脂法の導入計画を新卒の松浦さんに担当させた時からの縁であった。当時、日本化学機材の研究所では似たようなテーマも手掛けていたこともあって数か月後には早くもPP樹脂表面をエッチングする前処理液としてトリクロロエチレンに極秘の樹脂成分を少量溶解したと云われるサンプルが提出された。それは既に工業化されていた“TFS（トリクレン塗装システム）”と呼ばれていた塗料を溶解したトリクロロエチレン液によって浸漬塗装する方法を思わせるものであった。そしてトリクレン洗浄装置を工夫した設備によってPE成型部品の塗装前処理の転向は成功したのであった。この処理を行った後に通風の良い所で樹脂に浸透したトリクロロエチレンを蒸発させてから、塩化ゴムを配合した特殊なプライマーを塗布するものであった。やがて狭山工場にもこの方法が導入されてツー tone カラーのバンパーの生産が軌道に乗ったのである。その塗装の密着性は良好であったが、「シボ」を施した凹凸のある素材の上に平滑な塗膜を仕上げるのには泣かされたようであった。

4) 高級乗用車に現れたR I Mバンパー

クルマ先進国である欧州やアメリカの高級乗用車メーカーでは今までのバンパーを中心としてその周辺のプロントスカート、フロントフェンダーの前下部などを一体化して複雑なデザインを実現できるプラスチック部品化の構想が模索されていた。このニーズに応えたのが西ドイツの化学メーカーでウレタン樹脂の発明で知られるバイエル社であった。そしてフレキシブル性の優れたウレタンラバーと云う新素材で大形部品を成型できる“R I M (反応射出成形)”を成功させたのだった。そして世界の高級車を任ずる「ベンツ」などが採用することになり、素晴らしくスッキリとした質感の優れた塗装外観を実現させ、このクルマの前面を飾る大形部品は「フェイスヤ」と呼ばれて世界に広がっていった。

この緻密で平滑な仕上がり面は特別な前処理なしに焼き付け塗料がすこぶる良く密着することが特徴であるが、特にその素材の優れたフレキシブル性に追従できる伸縮性ウレタン樹脂系塗料が用いられることが特徴である。しかし難点としてはR I M法は加工サイクルタイムが通常の射出成形法よりも約4倍と長いことから高価な成型機の所要台数が増えること、また材料は熱硬化性であるため不良品などのリサイクルができないこともあり、材質自身も高価であることから経済性を望むことは難しく、また成形後には表面に存在するシリコン系離型剤を除去するための溶剤洗浄が必要であり、そして塗装乾燥炉における加熱の際には素材の熱変形を防止するための箆状支持治具が必要であるなどが数えられる。

そして車体色を塗装したR I Mバンパーをフルサイズカーに全面的に採用したアメリカのビッグスリーではバンパーには車体用塗料とは異なるフレキシブル性を持たせた二液ウレタン樹脂系塗料を採用していたが、それらの塗膜同志の間の色合わせにはそれ程難渋していることはなかったようだ。それは元々GM社などではボディーの製造を担当している「フィッシャーボディー事業部」に所属しているボディー塗装ラインがあり、一方では乗用車艙装(アッセンブリー)事業部ではボンネット(フード)やフロントフェンダーなどのエンジン回りのシートメタル部品は専用部品塗装ラインで仕上げられて、

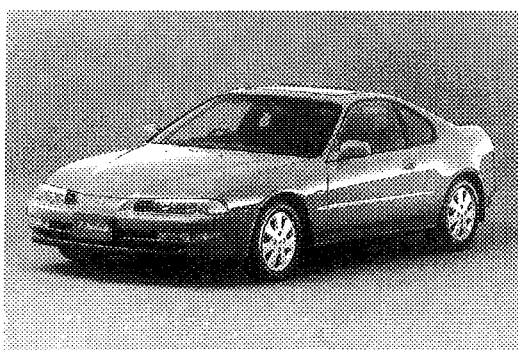
相互に組み立てられるのが伝統的な風習であったから両塗装ラインの間の色合わせやメタリック感の調整には塗装ラインの技術者も塗料メーカーの技術者も十分に熟達していたからであろう。実は私が1981年にアメリカのクリーブランド市にあるPPG社の自動車塗料工場を見学した際にはR I Mバンパー用のフレキシブル塗料の出荷検査では車体色と色合わせが慎重に進められていたし、開発中の水性ベースコート上塗り塗料の実車サンプルでもこの観点が重要なテーマとして説明されたことも印象的であった。

国内ではトヨタ自工や日産自動車が高級車用に限って導入したが、その経済性の確保には苦戦していたようで、素材自身とその流通、また特許実施権料などが欧米に比べても格段に高いことがささやかれていた。

それ故に一般大衆車メーカーとしては使い切れるものではなかったのである。それは欧米でも同様でエコノミー車やトラックなどのバンパーではより経済的なプラスチック化の手法が求められていた。先に述べたホンダと同様にPP樹脂の射出成形品を無塗装のまま装着する方法が普及し始めていた。また欧州で塗装を施すケースでもトリクロロエタンのような塩素系有機溶剤の使用を避けるために専らアルカリ洗浄をしてからロボットのアームに天然ガス燃焼バーナーを持たせて樹脂表面に均一に炎を接触させ表面を酸化させる処理法が工業化されており、ホンダのイギリス工場であるHUM(ホンダ オブ UK製造)でもこの方式で処理された塗装PPバンパーが採用されている。また欧州の高級車、例えばイギリスの「ローバー」ではバンパーを下塗り工程後で車体に仮に装着して同時に塗装することを狙った手法として、選択された樹脂材料にはフレキシブル性をあきらめて「ポカン材」と呼ばれるポリカーボネート樹脂系の素材が高温度射出成形法を使用して実用化に成功している。この成形品は湿式アルカリ洗浄による脱脂後に、プライマーを別ラインで塗装してから車体に仮止めし、中塗り工程以降の塗装と乾燥を車体と同時に行なうことが最大の特徴である。

さて、欧米で全盛を誇っていたR I Mウレタンラバーバンパーであったが、ホンダではプラスチック戦略から否定されていたのであった。そこで昭和56年(1981)9月に初めてのP

ルモデルチェンジを成功させた二代目の82年モデルの「ホンダ アコード」には黒色に着色したPPバンパーが精練されたデザインで前後をすっきりとまとめ上げて登場した。この特徴は三分割した樹脂フルフェースが採用され、現在の大型一体バンパーの原点になったものである。これは部分交換可能な良さも継承させていた上に、骨格であるバンパービームによってバンパーフェイスをヘミング加工によって瞬時に結合させる画期的な製法が採用されていた。また一部の機種には塗装カラーバンパーも供されていたのは勿論である。



バンパー周辺部品のプラスチック化による一体化

5) 安全対策に適合させる大型一体バンパー

これは他人（ひと）から聞いた話だが、クルマ社会の成熟しているアメリカでは道肩に沿って駐車しているクルマの列の間に残っている駐車スペースにクルマを駐車しようとしている際に自分のクルマのバンパーが駐車している他人のクルマのバンパーを多少押ししたり、接触することはお互いに容認されているとのことであった。それ故に乗用車のバンパーはクロムめっきを施した頑丈な鋼鉄製で固められているのだと聞いたこともある。しかし昨今のアメリカではクルマの人に対する安全性の観点からバンパーの堅固さを見直そうとする動きが高まりつつあるようで、“MVSS（自動車安全基準）”に新たに歩行者への安全性を確保する提案が連邦議会に提出されるとのことであった。それはクルマの前部が歩行者と接触した際には車自体の一部が或る程度変形して衝撃を吸収すると同時に車体の変形は自然に元の姿に戻るとする性質を要請するものであった。その性能試験には「ペンデュラム テスト（振り子試験）」が考案さ

れており、それは吊り下げられた鋼球を車体の前後面のバンパー近傍に衝突させて、その変形量とその復元性を評価すると云う厳しいものであった。これは大半のクルマにRIMウレタンラバーバンパーを採用しているビッグスリーにとっては対応は有利であろうと思われたが、逆に殆どフレキシブル性のないPPバンパーを装着していたホンダの小型乗用車への対応は一大事であり、これは一種のビッグスリーによる輸入車に対する貿易バリエーションではないかと勘ぐられたものである。そして、「ホンダのプラスチック戦略」を踏まえた上でのフレキシブルな樹脂素材の開発の中心は技術研究所の材料研究ブロックのマネージャーであった藤森義次さんをヘッドにしたチームの双肩に懸かっていた。

その複雑な一体化部品の対応範囲はPP樹脂成型部品となっているバンパーの表皮、フロントスカート、フロントフェンダーの前下部でありそれを先ず『成形サイクルタイムの短い射出成形が可能な熱可塑性樹脂』であり、しかも塗装ができて、変形に対して復元性のあるフレキシブルな性質を持った樹脂を開発しなければならないのである。実はこのような部品の一体化を狙った理由にはこの生産を担当する狭山工場の成型材加工部門には世界最強の型締め圧力が3,000トンと云う誇るべき大型射出成形機が二台も設置されていたからである。現在は不本意ながら細々と小部品の複数個取りの成型作業を担当しているだけであった。

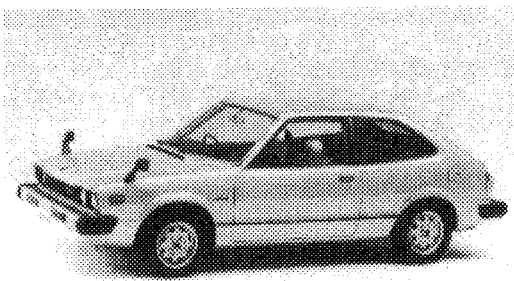
そして遂にホンダと三井東圧化学（後のグラドポリマー社）との共同研究によって生まれた、PP樹脂にEPラバー（エンジニアリングプラスチック ゴム）をブレンドした「ポリマーアロイ（高分子合金）材」が姿を現したのである。

しかし塗装に関する課題を上げると、先ず当初は塗膜密着性にPP樹脂と同様レベルの難しさがあることも我々にも知らされていたことである。そして少なくとも従来から採用していたトリクロロエチレンを主成分とするPP樹脂塗装前処理の装置が流用できることを前提にして、ブレンド材質の検討に入った。そしてトリクロロエタン単味液に浸漬洗浄するだけで成型品表面の一部を溶解させて程々の密着性を獲得したのであったが、従来から使われていた特殊なプライマーが必要なことは当然であった。

第二はこの素材にマッチしたフレキシブルな塗膜物性を備え、更にその乾燥条件は素材の耐熱変形温度である85℃以下である条件があったことから、そこで選択されたのは二液ウレタン樹脂系塗料であったから、当然のことながらバンパー専用塗装ラインが必要であった。従って車体塗装ラインとの色合わせやメタリック感の調整などの煩雑な作業が付随してきたことである。

この塗装プロセスには数年前に経験した静電塗装機からのプラスチック塗装ブースの火災の影響もあって静電塗装法の採用は見送られてしまった。そしてプライマー塗装には鈴鹿製作所の塗装技術とアロイ工業との共同開発により実用化したエア/エアレスのコンビネーション式エアレス塗装システムをその塗着効率の良さを狙って採用した。その後工程はウェット オンウェットによる上塗り塗装にエア霧化スプレーガンを装着した自動塗装機が設置された。

やがて、フロントのデザインを一新して車体カラーを塗装したフェイスを装着した84モデルの「ホンダ アコード」が颯爽と登場した。特にツートーンカラーに塗り分けられたフェイスは顧客様のニーズの多様化や高級指向に沿った外観仕様として喜ばれたのであった。また後日談であるが、ここでも頑固に守られた「熱可塑性樹脂材料への信奉」と云うプラスチック生産技術戦略は、それから10年後に持ち上がった「プラスチック資源のリサイクル運動」の嵐への対応に大きな先進性を発揮することになる。



最近のフェイス型塗装バンパーを装着した
「ホンダ アコード1600 (1976)」

6) P Pバンパーへの新塗装前処理への開発異聞

私が1982年の末にアメリカでの乗用車工場新設プロジェクトを終わってから間もなくこの課題がクローズアップしたので、早速トリクロロエタンを用いる塗装前処理について興味を持ってプラスチック塗装ラインの技術者の対応を見守っていた。その訳は私がホンダ埼玉製作所に入社した昭和36年に機械めっき工程の生産技術係として任命された直後のことで、エンジン部品の熱処理前に施す滲炭防止銅めっき工程の前処理として設置されたトリクロロエチレン溶剤脱脂装置での作業場の労働環境濃度対策に苦勞したことに関係している。それは単槽蒸気式トリクレン脱脂洗浄装置の寸法に対して洗浄物を入れる籠の寸法が大きすぎるとか、籠を吊るホイストの上昇や下降スピードが早すぎるから、また工場のドアを開閉した時の風の流れが作業場の周囲の空気を乱すとかが原因でトリクレン蒸気が槽縁から外に溢（あふ）れることが起こって、作業場雰囲気に含まれるトリクレン濃度が高くなるトラブルであった。そして新入社員の私に「法の定める許容濃度は150ppmであるが、ホンダの管理限界は法の1/10以下にすべき」と決まっているからとの御宣託であったし、後にそれは本田社長の安全宣言「安全なくして生産なし」の実現だとのことを教えられた。

そして今度の計画は大型部品を多量に処理することが求められるので確実な安全対策が欠かせないと感じていた。それに加えて、この塗装プロセスは狭山工場で稼動開始してから直ちに鈴鹿製作所やアメリカに進出したホンダ オブアメリカ製造 (HAM) の乗用車工場への技術移転が待っていたからである。特にアメリカの“OSHA (職業安全衛生法)”や大気浄化法による規制の厳しさもあろうし、また1981年の私の知見ではトリクロロエタンなどの塩素系有機溶剤はVOC (揮発性有機化合物) のカテゴリーから外されて、将来規制されるであろう成層圏オゾン層保護法の規制対象としてより厳しい排出が抑制されるとの見解を当局から得ていたのであった。数年後の後日談であるが、トリクロロエタンが成層圏オゾン層保護のモントリオール条約の強化により製造禁止が唱えられた頃に、アメリカの新聞が全米企業のトリクロロエタンの消費ランキングを発表したことがあつ

た。それにはRIMバンパーを主に採用していたビッグスリーは一社も登場しないのにも拘わらず、ホンダだけが上位にランクされる珍事が起こったのだった。それに注目したジャーナリストから多数の質問がホンダに寄せられて当事者はその対応に苦慮したと聞かされたのを思い出すのである。

やがて、樹脂素材と塗装前処理法、そして塗料などの全てが新技術として開発され、それらを活用して作られた塗装サンプル板はHES(ホンダ エンジニアリング規格)に制定されていたプラスチック素材上の塗膜の密着試験法を合格したとの知らせが藤森さんの部下であった小松泰典さんから現場の技術者に伝えられた。そしてトリクロロエタン液による塗装前処理法の設備の設置計画がスタートしたのであった。

この方法の手順は先ず常温のトリクロロエタン液を圧力ノズルで成型品の表面に付着している塵埃や離型剤などを洗浄除去してから、沸騰点に達している蒸気相の中に浸漬して成型部品表面に凝縮する高温のトリクロロエタン液によって素材に配合されて成分の一部を溶解させると同時に成形時に表層に発生する塗膜密着性を阻害する因子とされているWBL(脆弱層)を除去するエッチング効果が発揮されると説明されていた。

そこで先ずバンパーの洗浄が終って洗浄槽から出てきた時点ではバンパーの表面はすっかり乾燥状態であるが、素材の内部には多量のトリクロロエタンが吸収されており、自然放置では厚い肉厚素材から拡散してくるためには短時間では難しいことが小松さんからのデータから判っていた。仮にトリクロロエタンが残存したままで塗装を施して低温熱風乾燥を行なうとすれば、可成りのトリクロロエタンが乾燥炉循環熱風中に持ち込まれて蓄積して行くことになる。そして、それが高温の加熱装置を通過する際に熱分解して塩酸ガスを発生し、それが蓄積して塗膜の効用に品質トラブルを起こす危険が予測されたから、現状の乾燥炉熱風について分析してトリクロロエタンの存在を僅かながら確認した。そこで車体塗装の生産技術の笠井昭夫さんに示唆して部下の宮島俊二さんとプラスチック塗装ラインの桜井貞雄さんらを大気社枚方研究所に派遣してPP素材からのトリクロロエタン

の除去方法の工業的実験を行って除去装置の設計データを得ることにした。この研究所では塗装ブース排気の溶剤濃縮用の活性炭吸着処理システムの「ハニー ローター」の開発でその名を知られた森岡宏次さんの指導を頂いた。そしてトリクロロエタン洗浄後のバンパーからトリクロロエタンを強制的に揮発させ、除去を促進させる温風加熱炉の設計、その循環熱風に蓄積するトリクロロエタンガスを吸着回収する繊維状活性炭吸着装置、そして回収トリクロロエタンのリサイクル装置などの設備設計と施工が大気社により確実に行えるようになった。

それに平行して議論されたのがトリクロロエタン液全体を通しての取り扱いであった。今までは単にトリクロロエタンの沸点温度の上昇を目安として液の更新と、その老廃液を専門業者に委託して回収生成してもらった再生トリクロロエタンを使用する程度であった。しかし今回はバンパーに吸収されて回収されるトリクロロエタン量も多くなることから、これらの再生生成も自ら行おうとする予定であったからその成分管理の充実が必要に思われたし、僅かではあってもトリクロロエタンガスが塗装乾燥炉雰囲気まで到達することも予測されるので熱分解へのリスク対策も考えることになった。

先ず、この洗浄槽内の沸騰するトリクロロエタン液にバンパー素材から溶出する成分が蓄積して沸点温度が上昇するから、それに伴うトリクロロエタン自身の熱分解と塩酸の発生が促進されるので液の更新による沸点温度管理が必要である。次にバンパーが洗浄槽に出入りする際に湿分を含んでいる空気をトリクロロエタン蒸気層内に巻き込まれて沸騰するトリクロロエタン液中の水分を蓄積させて、それがトリクロロエタン自身の分解を促進することがある。そして最後に分解を抑制し生じた塩酸を中和するための触媒や中和剤などを配合した添加剤の液中での存在量や成分比率のバランスなどの確保維持が重要であることなどであった。これらのテーマは洗浄槽だけでなく活性炭吸着処理や再生生成過程を通して重要であった。とりわけトリクロロエタン液中の添加剤の成分分析やその補給手法などについての我々の知見の乏しいことから、これらのご指導を専門の東亜合成化学名古屋研究所の研究者から懇切に教えて頂いたことは感謝に堪えない。

次に加温された空気中に低濃度で存在するトリクロロエタンガスの熱分解を抑えるテーマはトリクロロエタン洗浄後に素材に吸収されたトリクロロエタンを追いつめるための加熱条件であり、その加熱熱源の温度の設計であり、また塗装乾燥炉熱風の中にトリクロロエタンが持ち込まれて蓄積しつつあることを予想した時の熱風加熱熱源の温度の設計などであった。これには如何なる場合でも120℃以上は避けるべきであるとの示唆を専門家から頂いた。これに基づいて加熱源には飽和蒸気方式や燃焼式の熱交換器を使った間接加熱が求められ、絶対に直下式燃焼方式の採用は否定された。また乾燥炉循環熱風の塩酸ガス濃度のモニタリング法、熱風炉機器の腐食防止材料の選定なども習得させてもらった。

私の心残りは、このトリクロロエタン処理の周辺の技術情報は大気社に委せっ放しにしている、積極的に公表する努力はしなかったことである。このためかどうかは判らぬが、多くの塗装乾燥炉内に塩酸ガスが蓄積してガスチェック不良や設備の腐食損傷などに泣かされたプラスチック塗装技術者も決して少なくはなかったようで、驚いたことにお膝元の狭山工場が発注していたサービス用部品の旧型モデルのバンパーを製造していたD I C（大日本インキ化学工業）社の滋賀工場が発覚したり、鈴鹿郊外にある協力メーカーの三恵技研工業の傘下のプラスチック塗装ラインでも同様の事態が起こっていたのであった。

9. ホンダ第4の乗用車塗装ラインの誕生覚え書

1) 「異質競合主義」下の小型乗用車への塗装プロセス考

昭和50年代に入った頃のホンダの乗用車塗装技術の動静を振り返ってみると、先ず第3次錆プロジェクトでは欧州で火の手が上がっていたクルマの表面錆の苦情も対策が功を奏して鎮静化に向いつつあり、耐久錆面では未だホンダが経験したことのない車体外板の内側からの「穴開き腐食」に対する防錆鋼板の選定が一段落したことから静寂なひとときであった。しかしクルマの生産面では軽自動車から小型乗用車生産体質への進展やその増産などによる小型車の需要

拡大への対応が急がれていた。そしてそれぞれが経験則と引き継いだ設備を活用して世の中に通用する小型車の生産方式を模索して来ていたから、その塗装プロセスは正に異質競合であった。

この頃のホンダの生産技術者はホンダが乗用車生産に参入した昭和38年頃の組織拡張期に製作所毎に集中していた生産技術部が解散してしまい、担当者は夫々の製造現場に分散配置される一方、夫々の部門のトップ技術者は拡大した各組織の長に転出してしまったが、現在でもその状態が続いている。しかしクルマの設計や試験研究を担う(株)ホンダ技術研究所と各種の金型や治具、それに生産機械設備などの生産段取りとその研究部門であるホンダ エンジニアリング(株)が別会社として独立発足し、専ら生産を担当する製作所との役割り分担が次第に明確になりつつあった。その時には現場に分散していた生産技術者の大半は現場を離れてホンダ エンジニアリングの夫々の部門へ移籍して行った。しかしこの整理もエンジンメーカーらしく機械加工を中心に金型の必要なプレス、樹脂成形、鋳造などの塑型部門、大型治具と大型溶接機の必要な車体溶接組立部門などが先行し、クルマの組立艱装や車体検査、そして塗装などの部門の技術分野の役割り分担の整理は大幅に遅れていた。従って製造現場に付属して共生していた塗装生産技術者達は生産するクルマの塗装仕様とそれを実現する為の塗装プロセス、塗装材料、塗装設備などの生産段取りの評価選定、そしてその購入、施工の推進、そして予定コスト、予算の立案と執行、試作したクルマの品質レベルの評価、市場クレーム情報の解析処理などの大半を自らの所属する組織である製作所、工場、化成課などの権限と責任で自作自演的ではあるが業務を遂行していた。

そして、製品の塗装仕様や製造法、原材料や品質管理などの試験法などを統括するホンダ エンジニアリング スタンダード（ホンダ技術標準；H E S）の制定は技術研究所の権限であったが、製品の塗装規格と塗装材料規格とその試験法などを統制する筈の乗用車塗装規格の制定が生産開始後10年余も経過した今日、未だ制定されていない状態であった。確かに当時の業界の常識では欧米の塩害地で発生している錆苦情やアメリカの南部での耐候性の悪さの問題な

どを解決する品質レベルを決定することは大変難しい段階であり、仮りに制定を強行したとしても目まぐるしく変化している市場環境が求める条件を満足させることができなかつたり、また製造現場が追従できないレベルであったりすれば権威を重んずるH E S制定委員会としてはそれらの制定を躊躇(ちゅうちょ)せざるを得なかつたからであろう。

そこで塗装生産技術者は制定されて久しいオートバイ塗装規格の準用、または先輩他社の塗装規格や文献、そして自らの研究報告、専門職化成分科会議事録などをベースに製品別(すなわち製作所別に通ずる)の暫定規格を製作所の責任で決定して、研究所や製作所の製品技術室が発行する製造図面、製造仕様指示補書に必要要件を記載させて権威付けを行なつてから実行に移していた。

そのような背景からホンダの伝統であった属地的な異質競争主義の風潮が最後まで残っていたのが塗装プロセスの技術分野であり他の部門がホンダとして統一化されている中で異質競争主義がひときわ目立った存在であったから、全社の注目を浴びることが多かった。

そこでホンダの経営トップはこれらを早急に打破するチャンスを伺っていたように思われる。それは乗用車生産をクルマの先進国であるアメリカや欧州に進出させる計画をスタートさせる時期が迫っていたからであろう。これを成功させるには、世界の同業他社に遅れを取らないレベルのクルマの開発から生産、販売、サービスに至る仕組みを充実させておく必要があつたからであろう。

ここでは異質競争下の塗装プロセスの話を単純にするために、軽自動車から小型乗用車に転向した狭山工場の塗装ラインと、最初から小型乗用車に取り組んだ鈴鹿製作所についての現状を夫々の立場で紹介しておこう。

まずクルマの外観を決定する上塗り塗装の分野では小型乗用車塗装の輩格である鈴鹿製作所のNo.2塗装ラインの塗装方式(塗料材料と塗装機器)を基準として夫々が歩調を合わせているが、異質競争の激しいのは、「塗装前処理から下塗り、中塗り塗装までの下塗り塗装プロセス」の分野である。ここではクルマの必要品質の認識と現状の品質レベルの認識などの基本的な考え方がお互いに相違しており、これに加えて

夫々が過去に積み上げて来た技術経歴の違いなどがお互いに理解されずに来たことに主因があり、それを属地的な競争主義が増幅させていたのが実態であると私は考えている。しかし外野から見ると単なる「異質競争主義」とするのが面白いのであろう。

①：鈴鹿のNo.2塗装ライン

この塗装ラインはホンダで初めて開発した小型乗用車「ホンダ H1200」の量産を行なう目的で軽トラック塗装ラインに続いて設置された。そしてこのラインの構想は元来世間に通用している乗用車塗装の標準的な「3 C 3 B (スリーコート スリーベーク)」の塗装プロセスを採用した。下塗り、中塗り塗装には通常的方式が採用されたが、上塗り塗装には誇るべきホンダ独自の色彩と塗膜外観などの意匠デザインを創造した「ツルリ ピカリ(つるびか)塗装」を標榜(ひょうぼう)した業界トップクラスの塗装を狙った野望に満ちた塗装プロセスであった。しかしこのクルマは長続きしなかつた。その数年後に開発された世界の経済車を銘打つた「ホンダ シビック」の生産に当たっては前処理と電着塗装には「80年代のあるべき乗用車塗装プロセス」を掲げて前処理工程には車体の隅々まで化成皮膜の形成を行わせて穴あき腐食対策をレベルアップするための「スプレー十ハーフディープ式前処理法」を日本で初めて採用した。これは従来の「スプレー式前処理」に続いて車体の下半分を「ディープ前処理」を追加したものであって、アメリカのクライスラー社が電着塗装導入以前の時代に発明して実用している方式に範を取っている。これは最近トヨタ自工などが試みている均一な緻密な皮膜重量のある皮膜を得ようとする「フルディープ式前処理」とは目的が異なるものである。そして下塗りにはアニオン電着塗装を引き続いて採用した。続く中塗り工程には有機溶剤の配合を抑えて防災性と大気汚染防止を狙った水溶性塗料を日本で初めて採用した。これは鈴鹿製作所のモベット塗装に使用するため発明されて使用されている水溶性塗料の防災第一の思想を発展させたものであり、これこそ正にホンダ独自の誇る技術とされていた。上塗り塗装にはクリヤー塗膜を最上層に塗装する2 C 1 B方式メタリック塗装を引き続いて採用していた。この3 C 3 B方式は約半分の輸出車生産を含めて約6年余りの実績を

誇っていた。

この二つの、水溶性中塗り、2C1Bメタリック塗装のいずれも「ホンダ独自の」新技術が異彩を放っていた。

蛇足ながら私の水溶性中塗り塗料への認識であるが、この水溶性中塗り塗料が選択された本音としては、まず化成課長の山谷嘉一郎さんが狭山が採用している粉体塗装の無公害性に対抗する異質な技術を探していたことは別としても、鈴鹿の塗装技術者が前の機種で経験した中塗り塗料の材質の不適性から生じたブリスター（フクレ）事故の反省から耐ブリスター性を厳重に評価する方法として沸騰水浸漬試験法が工夫されていた。そして中塗り塗料には第一に耐ブリスター性、第二に不燃性、第三に低公害性などが必須条件として強く浮上し、これを満たす中塗り塗料材質が模索され、神東塗料の水溶性中塗り塗料だけが合格したのであった。その代償とでも言おうか水溶性塗料の塗装環境の湿度変動による膜厚の不足（外観低下を招く）、塗膜物性のレベルなどの課題に長く続く挑戦をすることになっている背景があると思っている。

②：狭山工場のNo.2 塗装ライン

このラインはオートバイ塗装を活用した軽乗用車塗装ラインから小型乗用車塗装に転換した最初の塗装ラインであり、鈴鹿No.2 塗装ラインより数年おくれてスタートしている。それは元来、経済性を追及することを目的として構築された塗装ラインを出発点として小型車塗装への転身を工程のミニマム化することを目指していた。その実現には、省資源と省エネ、生産設備長の最短化、大気汚染・排水・塗料廃棄物などの公害性の最低化と、今までのホンダの塗装の弱点であった「外傷の付き易さと塗膜の耐食性レベルの低さ」の解消などを掲げて実用化に成功し、既に「ホンダ アコード」の輸出車を含めての生産を約4年間の実績を続けている。

ここでは塗装前処理には「スプレー＋フラッド（車体の床面を処理液で洪水にする新方法）式処理」を開発して実用化した。これは車体外板の下回りや床下の骨格部品の内裏側面の化成皮膜の形成を助ける為の工夫である。続いて下塗り塗装では、車体の外板部には従来のアニオン電着塗装に代えて下／中塗り兼用のエポキシ系粉体塗料の静電塗装を施す方式であり、一方

車体の内側や内面には従来のアニオン電着塗装を隅々まで塗装する方法が開発されて実用化した。この塗装方法は「下／中塗り粉体塗装＋リバー式アニオン電着塗装」と呼ばれ、この「リバー式塗装法」は車体外板に物性の弱いしかも塗膜の耐食性の劣るアニオン電着塗膜の適用を嫌ったことから発明した「ホンダ独自の」技術であったが、その後海外でも同様の目的で追従する自動車メーカーも現れた。

この下／中塗り塗膜の上に上塗り塗装を行なうと、変則的な2C3B（ツーコート スリーベーク）方式と呼ばれた塗装プロセスが完成する。

これは世界中で最大の自動車メーカーであるアメリカのGM社だけが採用を拒否しているものの、その他の自動車メーカーでは自動車塗装の下塗りとして定着していたアニオン電着塗膜は残念ながら物性が軟弱な性質であることから外傷が付き易く、また素地鋼板や化成皮膜が電着初期に起こるアニオン性の電気化学的現象によって影響を受けて耐食性が低下する現象と塗膜自身の耐食性レベルの低さなどを回避する為に考え出されたものであり、アニオン電着塗装を施す前に車体外板面にアニオン電着塗装以外の下塗り塗装を施すことから、塗装工程の順位が逆転しているので名付けられたものである。ここでは車体外板には厚膜の強靱（きょうじん）な密着性と耐食性の優れたエポキシ系粉体塗料を静電塗装することから今までの弱点が解消し、またアニオン電着塗装の特技である車体の内裏面の隅々まで確実な塗膜を自動的に塗装する機能は温存できるし、防錆鋼板の採用の拡大と合わせて裏側からの穴開き腐食の防止は一層充実したことになるとの考えであった。

これも蛇足であるが、狭山の軽乗用車はアニオン電着塗膜の上に直接上塗り塗装を施した2C2B法式の最も経済的な塗装プロセスであったから、国内でさえも外傷が付き易く、そして表面錆が拡がりやすく、しかも外観が「薄べったい」と評判が悪いなどの主原因はアニオン電着塗膜の性能が非力であったことが判明し、アニオン電着塗膜を補強するために電着塗膜を硬化させずに親水性溶剤を配合したエポキシ系ガイドコート塗装をウェット オン ウェットで追加して市場の不評に対応して成功を納めた。この「アニオン電着塗膜＋ガイドコート塗膜」を

ホンダの自動車塗装プロセスの異質競合の変遷

①フェーズ	フェーズⅠ	フェーズⅡ	フェーズⅢ	フェーズⅢ	フェーズⅣ	フェーズⅣ
②塗装ライン	狭山No.1ライン	狭山No.1ライン	狭山No.2ライン	鈴鹿No.2ライン	狭山No.1ライン	鈴鹿No.1ライン
③塗装方式	2C2B	2C3B	2C3Bリバース	3C3B	2C3Bリバース	3C3B
④適用車種	軽乗用車	軽乗用車	小型乗用車	小型乗用車	小型乗用車	小型乗用車
⑤前処理	スプレー式前処理	スプレー式前処理	スプレー式前処理	ハーフディップ式前処理	スプレー式前処理	フルディップ前処理
⑥	↓	↓	水切り乾燥	↓	水切り乾燥	↓
⑦下/中塗り塗装	アニオン電着塗装	アニオン電着塗装	下/中塗り粉体静電	アニオン電着塗装	下/中塗り粉体電着	カチオン電着塗装
⑧	焼き付け乾燥	↓	フロー加熱	焼き付け乾燥	フロー加熱	焼き付け乾燥
⑨	↓	w/wガイドコート塗装	カチオン電着塗装(内面)	水溶性中塗り塗装	カチオン電着塗装(内面)	溶剤型中塗り塗装
⑩	↓	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥
⑪上塗り塗装	空研ぎ	空研ぎ	空研ぎ	水研ぎ	空研ぎ	水研ぎ
⑫	↓	↓	↓	水切り乾燥	↓	水切り乾燥
⑬	上塗り塗装	上塗り塗装	上塗り塗装	上塗り塗装	上塗り塗装	上塗り塗装
⑭	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥	焼き付け乾燥

【注】 w/wはウェット オン ウェットを示す。

リバースの意味は下塗り電着塗装と中塗り塗装が逆位置になる塗装方式。

ホンダにおける異質競合主義塗装プロセス（～1983まで）。

レベルアップするために「下塗り／中塗り兼用の粉体塗装」に変身したわけで、決して突然鈴鹿製作所の水溶性塗料に対抗して粉体塗装が現れたことでないことを付け加えておきたいのである。

③：狭山No.1 塗装ライン

このラインは1977年5月から軽乗用車塗装ラインから小型乗用車塗装ラインに転換した塗装ラインである。そして先行した実績の良い狭山No.2 塗装ラインの「粉体静電塗装」の持っている「発生頻度（確率）は通常の溶剤型スプレー塗装よりも極めて低いが発生した際の損害の甚大さ」が懸念される粉体塗料粒子への静電気の帯電と蓄積、そして火花放電による着火、燃焼、希に起こる粉塵爆発現象などのリスクを回避した上で、粉体静電塗装の利点を継承することが可能な塗装プロセスが研究された。そして従来より微細なウレタン硬化型エポキシ系粉体塗料を特別なカチオン性樹脂水溶液に懸濁した電着浴を作り、その中に浸漬した車体をカチオン電着する新しい塗装方式である「粉体電着塗装（EPC）」を実用化した。それは、塗装前処理は従来からの「スプレー式処理」を使用し、次に下／中塗り兼用となるウレタン硬化型エポキシ系粉体塗料をカチオン電着塗装法によって車体の外板面に塗装し、続いて車体の内側に対しては「リバース式」で通常のカチオン電着塗装を施す「粉体電着塗装＋リバース式カチオン電

着塗装」である。

この下／中塗り塗膜の上に上塗り塗装を施せば先と同様な2C3B方式の塗装プロセスが完成する。しかし操業開始4か月足らずの段階では解決すべき問題が多項目存在し、現在は暫定作業によって生産を続けており、早急な解決の日を待ち望んでいる。

この方式は「はからずも」将来の自動車塗装の下塗りとして定着することになる「ウレタン硬化型エポキシ系樹脂を塗膜の主成分とするカチオン電着塗装法」を世界に先鞭をつけた進取性のある技術であった。

このように3本ある塗装ラインの塗装プロセスは三者三様の異質競合主義の真っ只中であって、まだ統一の方向性が芽生えていないのが実情であったが、最後に残された鈴鹿No.1ラインの軽トラック塗装ラインの小型乗用車との混流生産への体質改革の塗装プロセスを決定する時期が迫って来ていた。

いずれにせよ夫々の歩んで来た過去の歴史を互いに洞察できる塗装技術者の育成ができていなかったことは私を含めた塗装技術部門の専門職の責任であるだろう。

この時点でホンダの塗装生産技術者に欠けていたことは、商品の設計が狙った性能や品質が製造仕様によって実現されているかどうかの事前評価、製造品質が市場のニーズを満足できているかどうかの事前検証、新しい技術の開発の

各段階での評価で、特にホンダ独自の新技術と世界の業界の「ステート オブ アーツ (今日の技術の状態)」との整合性の評価などが指摘されているが、これらの役割が三者の間で明確になり、社内での統一見解として実行されることは乗用車の生産の国際化に先立って実現させる必要があることが新しく独立発足したホンダ品質部が認識し始めていた。

2) 異例の塗装プロセス決定報告会の教訓

季語を探している訳ではないが、昭和52 (1977) 年の梅雨の明けた盛夏の始まりであったろうか、私は狭山工場生産を始めてから僅か4か月目に入ったばかりの「下/中塗り兼用の粉体塗料をカチオン電着塗装法によって厚膜塗装を車体の外板面に行なうEPC (粉体電着塗装)」の初期的なトラブルの対応に奔走していた。その頃鈴鹿製作所ではホンダで最後まで残っていた軽トラックの生産を続けている鈴鹿No.1塗装ラインを生産を止めることなく小型乗用車との混流生産塗装ラインに転換させて、人気の高い「ホンダ シビック」を増産する計画がスタートを切ろうとしていた。

そこで、数年前には我々の埼玉製作所長として在任中に小型車用に転換する狭山No.1塗装ラインに「粉体電着塗装法」の採用の決裁を与えてくれた鈴木正巳さんはアメリカ本土に進出させる生産拠点の“サイト ロケーション (立地場所) 探し”の大役を終えて、乗用車製造を統括する専務取締役役に就任されて、全社に向かって小型乗用車の増産を督励する立場になられたばかりの頃である。

そこで、ホンダの塗装プロセスが三者三様で将来の方向性が定まっていないことに憂慮された鈴木さんから「鈴鹿での軽トラック塗装ラインの小型乗用車への転換にはどの塗装プロセスを採用するのかを報告せよ」との全く前例のないリクエストが狭山と鈴鹿の塗装技術者にもたらされた。本来の役割分担からすれば、この決裁はホンダ エンジニアリングの社長の担当事項である筈であるのだが、塗装技術はまだ製作所の塗装の現場に残っていたからその決裁は所属する製作所の所長の権限にまかされていたのであった。

そこで狭山の私は推薦する塗装プロセスとしては全ての面で好実績が出ている狭山No.2塗装

ラインの車体の外面には下/中塗り用の粉体塗料を静電塗装し、車体の内面にはアニオン電着塗装を行なう“粉体塗装+リバー式アニオン電着塗装法”とすべきであると考えてはみたが、以前から粉体静電塗装の粉塵爆発のリスクを唱えて反対していた鈴鹿の塗装技術者は受け入れを拒否するであろうと考え直して、それらのリスクを解消して利点を継承している「下/中塗り用の微細な粉体塗料を車体の外板面にだけカチオン電着塗装する“EPC (粉体電着塗装)”を施し、残った車体の内裏側には通常のカチオン電着塗装を行なう“下/中塗り用EPC+リバー式カチオン電着塗装法”を取って推薦することに決心した。しかし最大の課題は実績がないこと、そして塗装プロセスとしての完成度が不満足で解決すべき課題が数多く残っていたが、私はこの将来的な展望を考えてそれらの問題を鈴鹿製作所と共同で完成してもらいたいとの願望を受け入れてもらえるであろうと結論づけて、これらの塗装プロセスの開発を一貫して担当して来た菊地宇兵衛さんと鈴鹿製作所に出掛けた。

一方、鈴鹿では表面処理技術のトップであった李家卓さん、十数年も化成課長を続けている山谷嘉一郎さん、塗装設備計画担当の大橋利治さん、塗装品質を担当する松浦功さんらの面々により意志統一が図られており、次の塗装プロセスは現行の鈴鹿No.2塗装ラインで実績を上げている「80年代のあるべき乗用車塗装プロセス」を踏襲して更に進展させることを基本と決定し、狭山が推薦して来るであろう実績のある「粉体塗装+リバー式アニオン電着塗装法」を下/中塗りプロセスとする方式との彼我比較に念を入れていた。

それを聞かされた私は、そこには鈴鹿の塗装技術者が現行のアニオン電着塗膜の性能を今もって是認していると言う基本的な姿勢の違いが歴然としていたのには驚くばかりであった。そこに私が実績のない、しかも解決すべき課題を持っている「粉体電着塗装法」を推奨したことから、益々意見の集約の見通しは暗くなったのであった。そして、そのまま報告会を迎えることになってしまった。そこで鈴鹿の面々は狭山の推薦した「粉体電着塗装法」の完成度が低いことを理由にして採用を拒否する作戦に変更したのであった。

そして鈴鹿製作所のトップと鈴木さんの出席を願った報告会では、私の大先輩に当たる主任技師の李家さんは『狭山の推奨してくれた完成度の低い「粉体電着塗装法」の持っているリスクを背負いながら計画を進めることは困難である。従って長い実績を重ねて来た「80年代にあるべき塗装プロセス」である3C3B方式を継承して発展させたい。』との主張であった。それ故私は「粉体電着塗装法が現在抱えている問題点の状況と解決の見通しを報告する羽目（はめ）に終始せざるを得なかった。しかし最後に述べた私の主張は『若しも鈴鹿が「80年代のあるべき塗装プロセス」を踏襲するのであれば、現在下塗りに使用している塗膜性能の不足している「アニオン電着塗装」の使用を廃止して、現在実用化が進みつつあるEPCと同じウレタン系樹脂を使用している新技術の「カチオン電着塗装」に転向すべきであること』を譲らなかったのであった。これは私が6年前に塗膜の強度の低さによる傷の付き易さと耐食性の不足している「アニオン電着塗装」の将来に見切りを付けて車体の外板面への使用を中止し、アニオン電着塗装のようにアニオンの電気化学現象によって素地や化成皮膜に損傷を与えることのない塗膜の強度と耐食性の優れた粉体塗料へ転換したことは現在でも当たっていることから、現在ではアニオン電着塗料に変わって「カチオン電着塗装」がアメリカのPPG社とGM社、そしてドイツではヘキスト社とベンツ社が実用化に取り組んでいるからである。そしてこのカチオン電着塗料はウレタン硬化型エポキシ系樹脂を主体としており、これは私が鈴鹿に推奨した粉体電着塗料の粉体塗料と全く同一であることに注目してもらいたいのである。

この席上で鈴鹿が猶使用し続けようとしている水溶性中塗り塗料のもたらしている低レベルの膜厚形成能力と塗膜物性について言及しなかったのは私の気の弱さが露呈したからであった。

このようにして、属地的な異質競合主義（異なった経験とその認識からくる）に終始していた両者の主張はホンダにとって最後の修羅場を演出してしまったのであった。

しかしその後、この時の唯一の合意項目であった「カチオン電着塗装」による下塗り塗装は確実に展開を続け数年後には世界の乗用車の下

塗りをほぼ征服することになる。

3) 日ペが推奨する下塗り一貫品質保証体制の実現

この鈴鹿No.1軽トラック塗装ラインから転換した新小型乗用車塗装ラインの白眉（はくび）は日本ペイントが今まで熱心にホンダに営業し続けて来ていた「塗装工程の一貫品質保証体制」の受け入れに興味を示したことであろう。このような方式は広島のマツダが以前から実践していると言われており、「塗装前処理→下塗り電着塗装→中塗り塗装→上塗り塗装→完成車タッチアップ補修塗装」の全工程の塗料材料とその処理プロセスを独占的に日本ペイントが責任を持って設計し、製造し、供給するもので、その塗膜の品質保証責任の一切を負うとの契約の下で長年の実績を重ねて来ていたものである。ここではマツダの自動車組立工場に隣接した敷地に塗料製造工場と技術サービス部門を配置して物流コストの低減と品質変動を最少に抑えて、クルマの塗装品質を安定させその保証を行なうもので双方にとって大きなメリットをもたらしているとの話であった。

しかしこのような一社独占はホンダが進めて来た原材料の購買方針である「少なくとも2社での競合の原則」に逆行するものであるから、これに興味を持つことのできた人はおそらく独占専横で知られる四輪化成課長の山谷嘉一郎さんだけだと思われる。実は昭和48年（1973）にホンダと日本パーカーライジングが共同開発して鈴鹿No.2塗装ラインで実用化した塗装前処理の「スプレー+ハーフディープ式処理」の前処理ラインが今から数年前のある日突然に競合相手の日本ペイントACP部の支配下に入れられると言う珍事が起ったことから容易に類推できる所である。しかし、これが裏目になってしまったのは、欧州で発生した表面錆の苦情への対応策を進めるに当たっては、鋼板の表面性質も含めた塗装前処理プロセスを担当する日本ペイントACP部とアニオン電着塗料の分野で競争相手である神東塗料との間に意志の疎通を欠いた関係が生ずるに及んで、本来ならばベクトルを合わせて対処すべき所なのだが、それを調整して進めるのにホンダが払う苦勞が耐えなかった事実が伏線にあったから、ホンダも日本ペイントもこの「前処理—下塗り電着塗装—一貫品質保

証体制」に管理者として賛意を示したのである。

そして中塗りと上塗り塗装工程には日ペを含めた5社の塗料メーカーが採用されるが、塗装前処理→下塗り電着塗装までには日ペの「下塗り一貫品質保証体制」を採用することになった。これが可能になったのも、今まで鈴鹿のアニオン電着塗料の供給を独占して来ていた石産ペイント（酸化チタン顔料の石原産業の子会社で、アメリカのアニオン電着塗料の元祖であるグリデン社の技術導入により設立）が神東塗料に吸収合併する事件が発生したこともあって、ホンダが日本ペイントの製造するPPG社系のカチオン電着塗料を導入するチャンスが巡（めぐ）って来たことと、それに塗料メーカー他社が真似（まね）のできない社内に塗装前処理部門であるACP部とカチオン電着塗料との技術的な連携を取ることができたからである。

ここで中塗り塗料が一貫体制に組み入れることができなかったのは日本ペイントが鈴鹿の求める耐ブリストア性を評価している過酷な沸騰水浸漬試験に合格する水溶性中塗り塗料が提供できなかったからであると聞いている。

このラインの特徴は、ホンダが考えていた車体の内裏部に隅々まで化成皮膜を形成させようとして従来のスプレー式処理に「ハーフディプ式処理」を追加採用していたが、今度のカチオン電着塗膜は化成皮膜のない裸鋼板の上でも耐食性が優れていることから、前処理の目標を化成皮膜の緻密な結晶皮膜を必要な皮膜重量だけ得ることができて、しかも結晶の形成欠点の発生を抑えて均一な化成皮膜を形成させるための「フルディプ式処理法」によってディプ処理専用の処理液を採用することが主目的であるとの理由を掲げて日本ペイントACP部はこれまでの「スプレー+ハーフディプ式処理」を推奨しなかった。

そして電着塗料にはホンダで初めてのPPGライセンスの日本ペイント製のカチオン電着塗料が導入されたのであった。そして中塗り塗料には従来からの「燃えない塗料」を旗印に掲げた神東塗料製の「水溶性中塗り塗料」が引き続いて採用されていたことは、この段階でも未だ水溶性塗料の作業性や品質の問題点を我慢して大義名分である「燃えない」塗料の採用を続けざるを得なかったようだ。

残念なことに、この新装になった鈴鹿No.1塗装ラインでは前工程の溶接組立ラインの都合により国内向けの小型車「ホンダ シビック」と軽トラックの混流生産がスタートしたことから、この防錆力の優れた威力を塩害地向けの輸出車で発揮させることになるのは数年後からのことであった。しかし逆にその後欧州で起こった「スキヤブコロージョン（かさぶた腐食）」への対応策の研究には標準的な塗装プロセスとして他の塗装プロセスとの比較を行なう塩害地耐食性試験の際に利用され、ホンダ車、特に鈴鹿No.2塗装ラインの防錆力を引き上げる役割を果たしたことは明白であり、それは後の章で述べることにしている。

この小型乗用車塗装ラインへの転換工事は軽トラックの生産を続けながら実行され、長大なスペースを必要とする「フルディプ式処理」による塗装前処理ラインとカチオン電着塗装ラインは別に空地を求めて先行してレイアウトされ、次に軽トラック用の前処理、電着ラインを撤去して新しい中、上塗りラインなどが2年ばかりでやっと完成した。

そしてこの塗装ラインの完成が見通せる段階で工場の組織変更が行なわれ、「車体組立溶接→塗装→車体機装組立→車体検査」の乗用車生産ラインが夫々工場として独立した組織となった。これを契機に鈴鹿製作所の四輪塗装ラインの創設時から続けて化成課長を勤めて来た山谷嘉一郎さんが後進に道を譲ることになった。そして新しい混流ラインNo.1ラインの課長には二輪化成課長であった高城勲さんが就任し、一方、以前からの小型車生産の主力ラインのNo.2塗装ラインの化成課長にはその昔我々の狭山の技術スタッフから鈴鹿四輪塗装創立に参加した鈴木清公さんが就任した。この組織一新によって夫々の塗装ラインは士気が盛り上がり、この後の節に述べる多くの新技術開発をなし遂げた。

さて、私は鈴鹿の化成課長を長年にわたり勤めていた山谷さんとの直接的な折衝をするチャンスは殆ど無かったので、その印象の多くは鈴鹿の塗装技術者を通しての間接的に得たものであったから、僅かながら今もって強いインパクトを私に与えているエピソードが忘れることができない。

昔のことを思い出すと、あの懐かしい越後のお国訛（なまり）がトレードマークであった山

谷さんはその世界で名を知られた錦鯉の飼育の達人であったからであろうか、私などの塗装技術者にとっては技術的説得が最も難しい人物のひとりであったと云えるであろう。この話は既に第5部第8章の「2）ドラマチックな水溶性中塗りの消長」にも述べているエピソードである。それは山谷さんがトップから中塗りの粉体塗装化を示唆され、また部下の塗装技術者からの水溶性中塗り塗装の推奨の間に挟まれて下した苦渋の決断は、自費で正月休みを使ってアメリカのデトロイトにあるフォード社の生産研究所を訪ねて粉体塗装の見通しを尋ねに独断で出掛けたとの回顧談に見られる「盲滅法（めくらめっぽう）」な行動力と決断力には正直な所困惑するばかりであった。若しも行き先が下塗りのアニオン電着塗装の発明者であるフォード社ではなくて、現在は粉体塗装を中塗りに採用しているGM社であったとすれば答は違っており、ホンダの乗用車塗装プロセスの行方は変わっていたであろうと推測されるからである。元来塗装には門外漢であった山谷さんが化成課長となって最初に出会った「ホンダ H1200」でなし遂げた素晴らしいクルマの塗装外観「つるりぴかり塗装」への喝采と思ひ掛けないプリスター苦情の泥まみれの栄光を経験したことから塗装技術者の説得する新しい技術には強い疑念を持つようになったのは誠に不幸なことであったと云えよう。

4) 「濡れ羽色」塗装の系譜

鈴鹿の塗装品質を一貫して担当していた松浦功さんは新しい塗装外観の「キャッチ コピー」作りには天才的であったと言えよう。昭和44年(1969)5月に発売されたホンダ初の乗用車「ホンダ H1300」では上司であった主任技師の李家卓さんの薫陶(くんとう)を受けて新しい塗装外観の創造を狙った「つるりぴかり塗装(つるぴか塗装)」を標榜(ひょうぼう)してその開発に若き情熱を注いでいた。そして最上層にクリアー塗膜を塗装する2C1Bメタリック塗装法を応用した「キャンデーライク ゴールド色」ではベースコートに配合した油溶性有機染料をクリアー層にブリード(移行)させる方式であり、また雲母(うんも)顔料を配合したベースコートによる「パールトーン色」を登場させて喝采を浴びたのであった。その後手が

けた「ホンダ シビック」にも2C1Bメタリック色で広い領域の多くの色彩を登場させた。

今度の新しい小型車塗装ラインの上塗り塗装外観をイメージアップさせる塗装法を産み出すために担当の松浦功さんは苦しんでいた。そして先ず提案したのが、質感の高い「濡れ羽色」塗装法であり、クリアー層の厚膜化と平滑化によって生み出されるものであった。この命名は昔からの慣用句である『カラスの「濡れ羽色」』を借用したもので日本女性の艶のある黒髪をイメージさせる狙いであり、更に「塗れば色」と「濡れ羽色」とを引っかけたユニークさに溢れた「キャッチフレーズ」であった。この殺し文句は塗装技術者だけに留まらず技術研究所の色彩デザイナーや営業やサービスの面々にまでカラーイメージが「ひとり歩き」をして行った。このアイデアは2C1Bメタリック塗装法のクリアー塗膜を一段と平滑で光沢のある塗膜に仕上げることにより一層色の明度がさがり、色の冴えが高まり一層深みのある色彩を作り出すと云う原理に基づいた塗装法であった。それはクリアー塗装を二分割して塗装するもので、第一のクリアー塗装は下地のベースコートのアルミ箔の流動を起こさないように、そして被塗物の垂直塗装面の平滑性を確保する為に適切な膜厚を塗装し、次に塗装したベースコート エナメル塗膜を可能な限り平滑にさせてから、適切なクリアー塗膜を硬化させない程度の温風乾燥炉を通過させて平滑性と溶剤の揮発を促進させ、第二のクリアー塗装を同様に垂直面のオレンジピールを助長させない程度の膜厚を塗装するコンセプトであった。実際に濃色のメタリック色を垂直にしたテストパネルにこの方式で塗装したものは確かにそれなりの目指した「深み」のある効果を発揮しているように思われた。そして実車ボディーを同様に塗装して関係者に評価をしてもらうための展示会を催していた。偶然にもこのデモカーを御覧になっていた四輪車の生産を統括されていた専務であった鈴木正巳さんは大変興味を持たれ、全社的に検討することを示唆された。

この方式を実施に移すには、上塗り塗装ブース長が約1.5倍近く長くなることからレイアウト上の難しさが指摘されたり、顕著な効果を示す色の領域が狭く、最も外観を向上させなければならぬソリッドカラーには何の効果も与え

てくれなかったこと、またこの方式の屋外暴露試験による耐候性の確認が未完であったなどが理由となって今回の鈴鹿No.1塗装ラインでの実用化は見送られ、この実用化は次の新設塗装ラインに適用ができるように更に開発を進めることになった。

これに触発された「濡れ羽色」塗装願望を持った塗装技術者達の中には上塗り塗色に新しい意匠外観の創造に熱意を示していた。その塗装技術者の顔が替わってもこのアイデアをバックアップする塗料メーカーの塗料技術者の存在がこの開発を押し進める原動力となっていたようである。その例をタイトルだけ示すとしよう。

- ①濡れ羽色塗装；鈴鹿、(1978)
- ②アメリカ建国記念車オーバーコートクリヤー；狭山、(1979)
- ③ソリッドエナメル+濁りクリヤー；狭山、(1979)
- ④濡れ羽色塗装；アメリカ工場、(1981)
- ⑤4C4B塗装方式；狭山、(1981)
- ⑥水性ベースコート；狭山／アメリカ、(1988)

これらの中から約半分が実用化に成功し、③&⑤は日本塗装技術協会から、⑥は色材協会から夫々技術賞を授与されて、世間にながしかのインパクトを与えて来たことは今は亡き松浦功さんが敷いたレールの賜物であるに違いないだろう。

5) キャンバス色のカチオン電着塗膜の出現

今度初めて日本ペイントのカチオン電着塗料の導入に際して、松浦功さんはその下塗りとしての塗膜の色のあるべき姿を考え直そうとしていたようだ。それは当時大阪の日本ペイントの自動車塗料技術部長であった川井均さん（自動車塗料事業部長）の「カチオン電着塗装では被塗物が陰極となるから、そこから金属が溶出することがなく、金属イオンによる着色がないため白色の塗膜を得る可能性がある。」との説明を聞いていたのであろうか。

実際に日本ペイントの技術者を督励して、白色のカチオン電着塗料を実現させたのであった。

ここで今まで使われている下塗り電着塗膜の「グレー色」となった経過を述べておこう。先ず、昭和38年に浜松製作所の「ホンダ スポー

ツS600」の小規模生産ラインの塗装工程に日本で初めてのアニオン電着塗料が建浴された時には、その塗色は今まで下塗りに使用していた浸漬用水溶性塗料と同一の「茶褐色」が流用されていた。その後昭和39年末に完成した狭山製作所では移管された「ホンダ スポーツ」と新開発の軽乗用車「ホンダ N360」の塗装技術を担当した私は新しい塗装ラインの下塗りには「グレー色」のアニオン電着塗料を建浴した。実は私は下塗り電着塗料の色を「茶褐色」から他の色に変更するチャンスを狙っていたのであった。それは私が入社してめっき工場の生産技術担当となった時に教え込まれた「本田語録」の一節に根ざしている。当時ホンダで何故か世間の常識を破ってオートバイのブレーキペダルやギヤチェンジペダル部品に下地の銅めっきを行わずに、硬い鉄構素地に羽布掛けを入念に行ってから直接ニッケルめっき、続いてクロムめっきを施していたのだった。社長の本田さんの言を借りれば、『これらの部品は顧客様の皮のブーツに当てられてめっき層が摩耗して下地が露出し易いから、赤色を帯ている銅めっきが露出すると顧客様が鉄素地からの錆が出たと心配されるからである。赤い銅めっきの代わりに十分に厚い白銀色のニッケルめっきを施すようにすべきである』と。

それ以来ホンダの電着塗料は「グレー色」が踏襲され、特に電着塗膜の上に直接上塗り塗装を施した初期の軽乗用車「ホンダ N360」では下地の明度が接近しており下地の「スケ（透けること）」が目立たなくなることから重宝がられていた。

所で下塗りの色を白色にした理由を松浦さんに問うた訳ではないが、おそらく従来の軽トラックの塗装方式である「下塗りアニオン電着塗膜の上に上塗り塗装を施した2C2B方式」を引き続いて採用することを前提として、下地を白色にすることにより中塗り塗料や上塗り塗料の持っている色彩を確実に塗装させる狙いがあったものと推測される。それは下地がグレー色程度の明度であると多少上塗り塗膜が隠蔽膜厚を下回っても目立つことは少ないが、下地が白色であれば膜厚不足を見逃すことはなくなるからである。

そして間もなく、ホンダの最高顧問として本田宗一郎さんが久し振りに鈴鹿製作所を訪れて

新設された「フルディプ式前処理—カチオン電着塗装ライン」を視察された。その際に下塗りの完了した白色塗膜のボディを御覧になって、「塗装の下地は油絵で例えれば「キャンパスの色」だから、この色の選択は理にかなっている」と称賛されたとのことであった。しかしアニオン電着塗装時代の軽トラック塗装は2C2B塗装プロセスであったが、その後カチオン電着塗膜の上に直接上塗りを塗装する2C2B方式は耐候性の点でリスクが大きいたことが確認されて、小型乗用車と同様に水溶性中塗り塗装が施されることになり、白色カチオン電着塗装の意義が薄れてグレー色に戻ったのであった。

後日談であるが、1981年の盛夏、私はアメリカに出張して乗用車工場の建築エンジニアリング会社の選考会に臨んでいた時のことである。この評価会に評価委員として渡米されて来ていた鈴鹿製作所長の池上秀男さんが姿を見せていた。そして現地法人のホンダ オブ アメリカの社長である中川和夫さんとの雑談をされていた中で、「鈴鹿製作所の軽トラック/小型車の混流ラインの新しい塗装ラインでは下塗りのカチオン電着塗膜の色を「白色」に変更して、続いてその上に塗装される塗膜の適正な条件管理に役だてており、先日鈴鹿製作所を訪れた本田さんにも御覧に入れた所、『下地塗装は油絵に例えれば「キャンパスの色」であるから、これは理にかなった色の選択である』と評価された」との話題を披露されたようであった。その後中川さんから「今度のオハイオ工場には何色の下塗りカチオン電着塗料を採用する予定なのか」との御下問が私の所に伝えられた。私は鈴鹿の

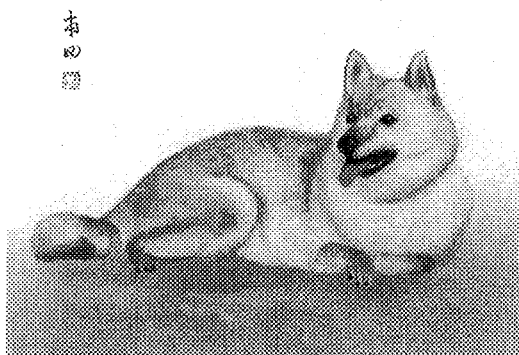
松浦さんが主張している白色には取って代わらないようにして、当地アメリカの自動車車体用の下塗りカチオン電着塗料の塗色についての“ステート オブ アーツ”（技術の現状）は黒色であって、その黒顔料のカーボンブラックを使った塗料の比重が小さいから着槽内での沈降の防止が楽である、しかも経済性が高く、塗装後に車体に発生した凹み（デント）の存在を目視検出し易いなどの理由を申し上げたのであったが納得された様子ではなかった。しかしこの話題は暫くの間ホンダ中に流れて関係者に大変迷惑を掛けて消えて行った。実の所、当時のアメリカでは電着塗料メーカーであるPPG社では、新しいカチオン電着塗料中に含まれる有機溶剤を削減する難題に苦慮していた時期でもあって、我々のカチオン電着塗料の「黒色」を「グレー色」に変更したいとの要望にも耳を傾けてくれる塗料技術者は見当たらなかった。

6) 水溶性中塗りを駆逐した一液型ウレタン樹脂系中塗り塗料の登場

このラインが稼働を始めて暫くした頃、鈴鹿製作所の主任技師として塗装、環境、省エネなど各方面の指導をして来た李家卓さんがホンダを離れることになり、塗装は溶接の主任技師であった大竹梅雄さんが合わせて指導することになったのである。しかし稼働を始めた軽トラックから小型車生産に体質変更を行なったNo.1塗装ラインの外観は必ずしも芳しくなかったし、これから輸出車の生産を始めるに当たって先行して検討していた耐チップング性も成績は芳しいとは言えなかったようである。

そこでアメリカのオートバイ工場の建設から帰国していた私に大竹さんから電話があり早速鈴鹿に出掛けることになった。この新しい乗用車ラインは課長の高城勲さんの下には小林三良さんが中/上塗りラインの係長として担当していた。彼はその昔狭山で私と一緒に技術スタッフであって、鈴鹿の四輪塗装部門の創立に狭山から参加した一人である。

この出張では小林さんに工程を案内してもらったが、以前から小型車に採用していた神東塗料の水溶性中塗り塗料の材質はともかく膜厚を稼ぐことが難しく、そのため上塗りの外観の鮮映度が今一つであり、耐チップング性も材質的の面はともかく、膜厚が薄いのは致命的である



本田宗一郎最高顧問の絵画作品

との判断をしていたとのことであった。

そこで私は以前に知った情報では、ホンダの欧州駐在のサービス技術者のIさんからの個人的意見としての話によれば日本からの輸入車の中では三菱自動車のクルマが外観も飛び石のダメージの点でも成績が良いとのことであった。これを知った私はこの情報の詳細を既に調査済みであった。それはホンダと同様の悩みを持っていた三菱自動車の水島工場では関ペのアニオン電着塗装の上に大日本塗料製の溶剤型一液型熱硬化性ウレタン樹脂系の中塗り塗料を採用して、外観向上に大変効果をあげていたことをしていた。そこで早速、関西ペイントにお願いして、ホンダの面々の紹介と中塗り塗装ラインの見学の許可を三菱自動車の水島製作所をお願いしてもらったのであった。

実はウレタン樹脂系塗料については、昭和47年頃に大日本塗料が乗用車の塗装面のメンテナンスフリーを狙って熱硬化一液型ウレタン樹脂系上塗り塗料「Vクロマ」の開発を成功させており、しかも鈴鹿のNo.2塗装ラインでは数年前に「ホンダ シビック」の濃色「ダークグリーン」ソリッドカラーの色落ちと傷つき対策塗料として「Vクロマ」を採用したことがあって信頼度は高かったことが幸いして、一液ウレタン樹脂系中塗り塗料が採用されて、その後昭和58年までその外観と耐チッピング性向上に寄与することになる。その背景には、この水溶性塗料の供給配管に溶剤型塗料の供給配管を併設する工事の際の配管洗浄中に災害が起こると言う不運なアクシデントに見舞われて、苦渋に満ちた立場を乗り越えて成功に導いた関係者の努力には多少係わりを持った私は敬意の念を忘れられない。

さて硬化剤であるイソシアネート類の塗装ブース内でのスプレー作業への安全衛生上の懸念を専門家の住友バイエルウレタンの桐原修さん（応用研究室課長）に多くの示唆をいただき、急性中毒の心配はないものの微細塗料ミストの吸入には注意を喚起されたことを思いだすのであった。この硬化剤としてブロック化ジイソシアネートを配合した熱硬化一液型ウレタン塗料の自動車用の上塗り、中塗りへの適用は世界でも珍しい事例であつたらしく、極くまた最近の例では日本ペイントがメタリック塗装のクリヤーの酸性雨への対応策としてメラミン樹脂によ

る硬化成分の一部をケトオキシムブロック化ジイソシアネートを配合することにより良好な成果を挙げていることからこの一液ウレタン系塗料はコストの面を除けば誠に優れた塗料である。しかし残念ながら、この時点に至っても鈴鹿No.2塗装ラインではコストアップを理由に水溶性中塗りの使用を取り続けていたのであった。

10. メタリック ベースコートへの回転霧化静電塗装の活用

2000年を迎えた今日の自動車塗装ラインでは、上塗り塗装の2C1Bメタリック色塗装のベースコート工程にも塗着効率の優れた回転霧化式（ミニベル型）静電塗装ガン装着した塗装ロボットや自動塗装装置だけを使用して仕上げることも珍しくはなくなった。この導電性のアルミニウム箔を配合したベースコート塗料に高電圧を印加するベル型静電塗装を採用して塗着効率を高めようとするにはエアガンとの仕上がり色差の問題の解決と静電スパーク防止の防災面などの懸念を解決しなければならなかった。ホンダの鈴鹿製作所では昭和55年（1980）に至って初めてミニベル型静電塗装とエアオートガンとの組み合わせによって実用化に成功した。そして1982年には初めてアメリカに進出した乗用車工場にも採用され、やがて始まった水溶性ベースコート塗装にも重要な塗装手法としてアメリカのオハイオ第1工場に採用されている。その後研究を続けていたトヨタ自工では1990年代に入ると新アイデアを注入した回転霧化方式静電塗装だけで色差の殆どない仕上がりを得る方式を実用化させている。

ここでは1970年代の末に始まった日本ランズバーク社—ホンダ（鈴鹿製作所）との共同研究が実を結んで、鈴鹿No.1塗装ラインを舞台とした省資源を狙ったミニベル型静電塗装法をベースコート工程に実用化するドラマを繰り広げた若者の記憶を回顧しておきたい。

1) ミニベル型静電塗装システム導入の背景

今迄の軽トラックの上塗り塗装ラインではソリッドカラー仕様だけであつたから塗着効率の優れたミニベル型静電塗装機が採用されていた。しかし今度は軽トラックに混流して小型乗

用車「ホンダ シビック1200」を生産することになったから、2C1Bメタリック塗装仕様のクルマを多く塗装することになった。従って今まで使用していたミニベル型静電塗装機をそのまま使用することは困難であった。その理由の第1には、エアガンとミニベルによる仕上がりには色差を生ずる問題があり、これはベースコートに配合されているアルミニウム箔の挙動の影響によって光の反射が異なるためとされている。第2に導電性のアルミニウム箔による高圧電位のリークや帯電電量の増大によるスパーク発生防止などの防災面から採用している塗装ラインは世界中になかった。そこで既にホンダの乗用車塗装ラインの2C1Bメタリック塗装を基軸とした塗装機のラインナップが定着していたから順当ならこれがそのまま導入される所であった。この内容はベースコートにはエア霧化REA静電ガンを採用した補正塗装と門型レシプロケータ自動塗装機であり、クリヤー工程にはミニベル型静電塗装ガンを装着した塗装機群で構成されており、新しい技術としては補正ロボットの充実程度であった。

しかしこのプロジェクトを進めていた若き塗装技術者は塗装効率の追及を諦められずに悩んでいた。そこには上塗り塗装を担当していた技術主任になったばかりの真玉利雄さんが多量のベースコート塗料がロスしているエア霧化REA静電塗装ガンの塗着効率の低さを改善させるアイデアを求めて苦心していた。一方、品質面ではベースコート工程のレシプロケータに装着したスプレーガンの軌跡によって生じた車体のサイドのアルミニウム箔の「たてむら（縦斑）」を消す為に余分な塗膜の重ね塗りなどの無駄な吹き付け塗装の行なわれていることに着目し、最初のステージはレシプロケータを使用せずにクリヤー工程で使用している固定式のミニベル型静電ガンが使えれば解決できそうな気がしていたし、同時に塗着効率が高まるから省資源にもなるかも知れないと考えていた。

丁度その頃、鈴鹿の塗装技術の主任技師であった李家卓さんがPLを務めていた全ホンダエネルギー委員会では省エネルギー投資に続いて、原材料の省資源投資についても限界回収率のレベルを切り下げて現場が省資源対策を進め易いようにする政策を打出したのであった。

この真玉さんのアイデアを聞いて暖かく見守

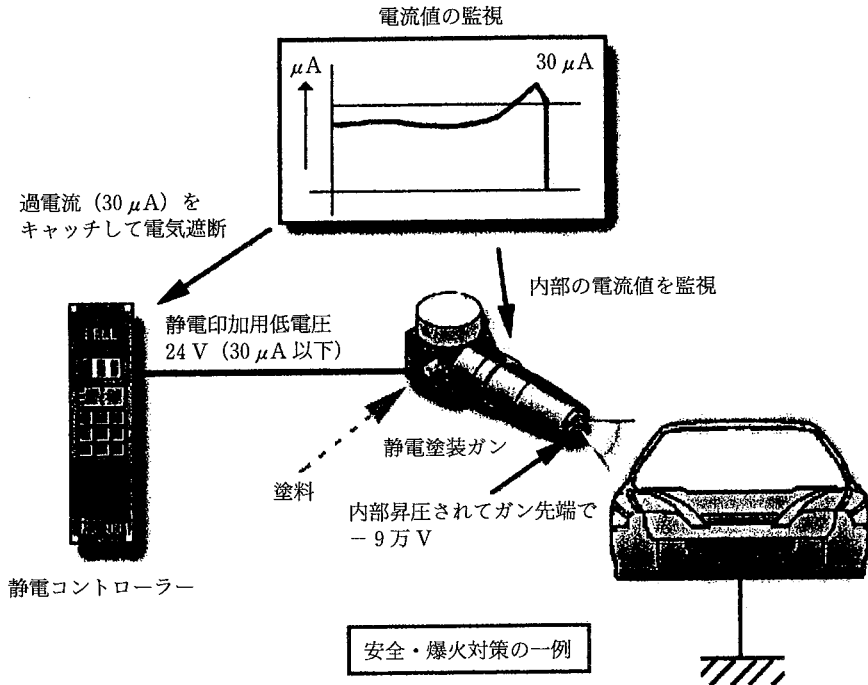
っていた李家さんは大いに賛同して激励する一方、静電塗装機メーカーの日本ランズバーグの小川社長に道を付けてくれていたのであった。

今までこの方法が世間で使用されなかった二つの理由が知られている。その最初は通常のエアーガンによる仕上がり外観に比べてミニベルによる仕上がりの色が濃くなったり暗くなる色調となる傾向を示すことであり、これには二つの原因が観察されている。まず第1に塗装ガンの先端から被塗物に向かって霧化されながら飛んで行く塗料粒子の中のアルミニウム箔を含んだ塗料粒子の速度は回転霧化式では極めて遅く被塗物面に軟着陸するような形で塗着するのに対して、エア霧化型ガンではその飛行速度は回転霧化型に比べて相当に速く、被塗物面に激突するような形でアルミニウム箔が被塗物面に貼り付けられるように塗着することが高速度写真で観察されている。それ故にベースコート塗膜内での光輝性アルミニウム箔の面が被塗物と平行に配列する方が光を多く平行に反射して明るく観察されるとの定説がある。

そして第2には塗装ガンの先端で微粒化されて形成された塗料の粒子を考えた時、その粒子の中にサイズの大きなアルミニウム箔を含まない粒子は顔料と樹脂で構成される比較的粒径サイズの小さいエナメル粒子であるから塗着効率の低いエア霧化型ガンでは被塗物に塗着せずに排気されてしまう。それ故に塗着した塗膜の中のアルミニウム箔の濃度が大きくなり、従って明るく観察されるとの説明である。逆に回転型は塗着効率が高いからより多くのエナメル塗料粒子を多く塗着することから暗くなるとの説明である。従ってミニベルで塗装できない個所へのエアガンによる補正塗装の個所や塗装不良が発生して補修塗装した個所がミニベルで塗装された個所より明るく仕上がってしまう不具合が重大な問題であった。

次の理由は-90KVの高電圧が塗料に配合されたアルミニウム箔によって塗料経路を通してリークするおそれがあることや、導電性のアルミニウム箔が付着して帯電スパークの発生を懸念する静電気的安全性の問題であった。

そこでこれらを解決する手法を実験的に模索する研究を始めることにした。やがてここで得られたアイデアは日本ランズバーグの開発部長であった多田義典さんとその部下の三井三千雄



回転霧化静電塗装機「ミニベル」の電気系統

【注】『ホンダ50年社史』より。

さん（ABBインダストリー、ランズバグ事業部長）に伝えられ、早速塗装機器の改造に取りかかったのがあった。

実は最大の決断はミニベル塗装機で下地の中塗り塗膜面を隠蔽する程度に塗装し、その暗くなった色彩を元に戻す為に後半では今迄のエア霧化式のREA静電塗装ガンを装着したレシプロケーター塗装機によって軽く塗膜表面を塗装する手法を前提として開発を進めることに決断したことであった。

まず、高電圧のリークを解決する為に塗料の最大導電率に制限を定めて使用する有機溶剤種やアルミニウム箔の種やサイズ、その配合比などの選択で解決する一方、塗料の供給経路を長くしたり、その直径を小さくしてその中の流速を上げてホース内面へのアルミニウム箔の沈着を防いだり、塗料供給中の圧力変動によるホース内の塗料のベーパーロックが起こしたスパークがホース内面を炭化させ、ホースに存在するピンホールによる絶縁破壊を防止するための二重管ホースの採用などを進めて来た。そして、塗装機の見通しが付いた所で、思い切って塗装ブース内の現行のレシプロケーターの前に設置

することにした。勿論このベルにはアルミニウム箔の通路を考慮した形状を持った溝付きの「ホンダベル」が用いられ、高電圧印加は従来と同様の回転ベルへの直接印加法が使われていた。

2) 解決すべき課題を抱えた生産開始に挑戦

ここで推進役の真玉さんが鈴鹿製作所の専門職誌「技術の広場」に寄稿した『ミニベル型静電自動塗装機の塗着効率の向上』と題する研究報告の一文を引用しておこう。

昭和55年5月に塗着効率の優れたミニベル型静電自動塗装機を新技術として鈴鹿No.1塗装ラインの上塗り工程のベースコート塗装の一部に導入して、メタリックカラーのベースコート塗装、およびソリッドカラーの塗装にも適用することを目指して量産が始まった。立ち上がり当初は色々な技術的な問題点がありましたが、皆の智恵と技術の結集で解決して行き、生産、品質の安定がはかられて来ました。

しかし、基本的なミニベル型静電塗装特性の問題点が未だ解決できずに残っていることも事実です。

- ①：メタリックカラーの仕上がり色がエア霧化式スプレーガンによる仕上がりよりも黒ぼくなる傾向があること。
- ②：塗着効率が良い為、出っぱり部に塗料が付き易く、凹み部は付きにくい場所があり、仕上がり塗装面を確認すると塗装膜厚にバラつきが生じている。
- ③：塗色（塗料メーカー）の違いによってミニベル型静電塗装の吹き付けパターン幅に違いが生じ、塗装膜のバラつきを助長しているが、例えばこれは塗料の電気伝導率、比重、塗料の固形分率、粘度などの違いに起因しているらしい。

④：塗料吐出量の違いによるミニベル型静電塗装の吹き付けパターンに違いが生じ、塗装膜厚がばらつく。

これらを解決する狙いとしては、

- ①：ミニベル型静電塗装機をポディーに追従させて一定のガン距離を保ち、塗装膜厚を均一化する。
- ②：塗料の違いによって生ずる吹き付けパターン幅をパターン調整用で設置してあるシェビングエア圧力を塗料条件に合わせた調整を行い常に安定したパターン幅にする。
- ③：エア霧化REAスプレーガンとミニベル型との色差を少なくする展開にはガン距離を小さくするなどを検討することが挙げられる。

いずれも精密な制御を行なえる塗装機が必要であることが判った。（引用文終了）

何れにせよ、前半のミニベル静電塗装機のステージでは中塗りの塗膜のグレー色を均一に隠蔽する程度にベースコートに10ミクロン程度塗装し、後半のステージでは色彩が明るく回復するようにエア霧化REA静電ガン（場合には静電電圧を印加しないで使用する）で7～8ミクロン程度に塗装する方法となっている。

この方式を既設の塗装ラインに導入するには改造費用が掛かる割には節減できる塗料もソリッドカラーの節約も含めても投資の回収は難しいようであった。また当時の車体塗装の色彩デザインの流行には光輝性の強いより白いシルバーメタリックカラーが好まれて、アルミニウム箔の配合に制限のあるこの方式が嫌われたことも否めない。そのような理由でこの方法を導

入する既存の塗装ラインは一向に現れなかった。

私がアメリカのオートバイ工場建設の現場から一時帰国していたのを狙ったのであろうか、日本ランズバーグの開発部長の多田さんが久しぶりに狭山を訪ねて来た。彼の要望は「鈴鹿で成功裏に稼働しているメタリックベースコート塗装用のみにベル静電自動塗装機の開発をスタートするに当たり、これが成功した時にはホンダの他の塗装ラインにもこの方式を順次採用させるとの約束の実現を促進してほしい。」との口上で私に迫って来たのであった。

しかし私はこの方式については意匠性の面から必ずしも賛成していた訳ではなかったから、その返事を曖昧（あいまい）な態度に終始していたこともあってか、それに対して多田さんは「ホンダの塗装技術を代表する主任技師なのだから全ホンダに号令を掛けられる筈（はず）ではないか。」との強硬な捨てゼリフを残して行かれたのであった。それを云わせる程、この塗装機の開発には予定外の人手間と出費が掛かった苦勞が重なったのであろうとの解釈をして私の胸にしまい込んだのであった。

やがてその多田さんへの埋め合わせのできるチャンスが巡（めぐ）って来た。半年後にいよいよアメリカに乗用車工場の建設計画がスタートし、私はこのプロジェクトでは工場の建設に必要な連邦環境保護省（USEPA）から工場建設／操業許可を取得する業務をウエストヴァージニア大学卒の若いアメリカ人の技術者を指導しながら進めることになった。その中の難問は塗装工場の上塗り塗装ラインで消費できる有機溶剤の許容限度値が規制されていることである。それは「被塗物に塗着した塗料固形分体積当たりに使用できる有機溶剤の重量」で定義されていた。これを算出するには、使用した塗料の固形分体積に塗着効率を乗じて車体に塗着した塗料固形分体積を計算し、それによって使用した有機溶剤の重量を除すことにより得られることになる。その為には塗着効率の実測を実施するか、またはそれが困難な場合にはEPAが法律で別に定めた塗装機器別の塗着効率値（移行率）を利用して計算することが許されていた。

いずれにしても、塗料に含まれる有機溶剤の含有率を削減するか、そして可能な限り塗着効率値が高い塗装機器を一台でも多く使用して塗

着効率を高める方法が規制を満足させる手段であった。

そこで最も高い塗着効率を与えられている回転霧化式静電自動塗装機に当たる鈴鹿製作所で稼動に成功したミニベル型静電塗装機のメタリックベースコート工程の一部に採用することを塗装計画のリーダーであった富岡義雄さんに提案して実行することになった。この成果についてはいずれ披露することにしよう。

溶剤排出規制の適合計算に使用できる塗着効率

	塗 装 機	塗着比 (%)
1	エアスプレー	40
2	エアレススプレー	45
3	手動式静電スプレー	60
4	自動式静電塗装機 (非回転ヘッド)	85
5	自動および手動式	
6	静電スプレー (回転ヘッド)	90
7	ディッピング	90
8	カーテンコーター	90
9	ローラー, 印刷	90
10	電着塗装	95

【注】 これは塗着効率を実測不可能の場合に使用することが認められている。アメリカEPA。