

第9部 カチオン電着塗装とチップングダメージ

1. 写真展「蒸気機関車日本縦断」

狭山工場で始めた下／中塗り兼用静電粉体塗装も軌道に乗り始めて、僅かのゆとりが感じられる時期があった。そして狭山工場の立上がりから共に仕事をしてきた2代目化成課長の星野忠夫さんが鑄造工場へ移動し、艦装組立出身の安部吉保さんが第3代目の化成課長に就任した時期でもある。

この忙しかった15年間の休日の大半を費やして二足目の草鞋（わらじ）であるSL撮影のために全国の撮影地点を求めて駆け回ってきた。その中には我ながらの新しい撮影名所の発掘も少なからず見受けられるようになった。そして朝日新聞社九州本社が主催した『山陽新幹線博

多開業記念のSL写真展』では特選、準特選などに入賞の栄誉を受けることが出来た。その展覧会と同時に展示作品を集大成した写真集がそのものズバリの『SL写真集』と銘打って発売された。このイベントを契機にして自信が付いた私は折からの国鉄SL引退を機会にして私もSL写真の集大成を行なって、個展で締めくくりたいとの意欲がみなぎってきたのだった。

ここでは白黒の部で準特選となった「木曾川の春」と題する作品を紹介したが、ここは岐阜県との県境にも近い南木曾（なぎそ）の河原で偶然発見した撮影ポイントではあったが、その後季節を見計らって何回も訪れたが最初の作品を越えることには恵まれなかった。これ程の偶然を掴むためには撮影チャンスの数を増やす努



「木曾川の春」

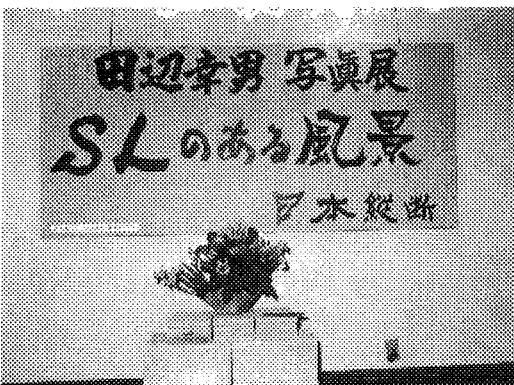
力をする他には術（すべ）がないのがSL写真行なのである。

特にこの数年間は渋谷から狭山に移転して「狭山スタジオ」を運営していたテクニカルフォトグラファーを自認していた関智衛さんを師と仰ぐ写真集団『全日写連・狭山支部』に参加して、初めてプロの厳しい指導を受けることができた。仲間はホンダの写真部のメンバーも多くいたが、スナップの仲正善さん、お祭の写真を「塗装技術」表紙に連載したに小杉義男さん、秩父の石仏をテーマに川越で個展を開いた吉田一正さん、婦人科で新宿で「いろはにおえど」と題する個展を開いた木俣順さんの面々と競って腕を磨いた時代でもあったから、果たして私のレベルが個展の展示に耐えるかどうかは未だ疑わしかった。

そこで、今までに撮り溜めた2万余枚のネガから人様に見せられそうな150枚を厳選して、予め四ッ切りサイズの作品の制作を繰り返しながら師匠の関さんから指導を受け、やっとのことでお墨付きを頂くことができたのであった。そしていよいよ写真展の開催に傾倒することになった。

それから半年の間にわたって吉田さん直伝の暗室技能（引き伸プリント技術）を用いて、全倍サイズ20枚、全紙70枚、カラー全紙20枚で構成される作品を完成し個展を催すことができた。

今は故人となってしまった関智衛さんの強力な指導とむさしの会写真部の仲間達との切磋琢磨（せっさたくま）があったればこそなんとか人様に見ていただける写真が出来るようになったのであった。



著者の個展正面入り口の風景

あの浦和の埼玉会館には1週間に1,200人余りの同好の人々が来場するという盛況であった。

入口正面には淡いピンク色の台紙に黒々と揮毫（きごう）された題字額を掲げた。これは関さんの友人の宮沢（あさひ銀行勤務）さんの書と仲間の片寄さんの経師による協同作品だった。

また入口の左には無理をしてSL写真を制作して頂いた関さんの「多摩川を渡る横浜ポートレートの復活」と仲間の仲さん「鯉のぼりある風景（関西本線鈴鹿越えのD51）」を招待作品として飾った。

このイベントについては、宣伝PR、タイトル作成、展示、バックグラウンドミュージックの編成、会場案内までの多くの支援を課長の星野さん、安部さんを始めとする職場の人々から頂いたことも感謝を忘れられない。

やがて僅かなゆとりの日々が過ぎ去って、狭山工場に最後まで残った軽乗用車のNo.1ラインの小型乗用車を月産5千台増産することを目指した計画プロジェクトの役回りが待ちかまえていた。

2. 接着剤への溶剤MEKの希釈の功罪

2. 1. 風雲急を告げるブレーキ配管の腐食

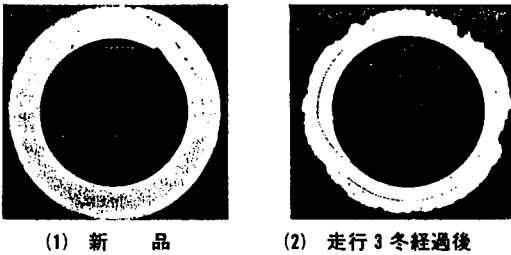
1) 「フルトンチューブ」とは何だ

欧州で発行された錆対策のバイブル“Cars go to Rust”には車体の床下または室内に設置してある配管類、なかんずくブレーキ配管とガソリン配管の腐食による漏れが安全上最も注意すべき点であると強調していた。またイギリス通産省での1971年のいわゆるHoar報告ではクルマの腐食の中で何としても重大なのは、その安全面への影響であろう、イギリス（自動車協会によれば、英国で0～4年使用の車13500台のうち、1%がブレーキパイプラインに強い腐食を生じ、4%がさびていたという情報も知られていた。その原因は大気汚染による冬期間の降雪の酸性度を帯びるようになってきたこと、そして凍結期の安全確保のために路面へ散布する融雪用岩塩やスリップ止め用の碎石などが配管に外傷を付けたり、腐食を促進させて配管の肉厚を侵食して漏れの発生をもたらすから

である。

そこで耐久錆チームのメンバーの研究所材料研究の藤森義次さんがこのテーマに顔を出していたから急に熱が入り始めた。それは彼がひと昔前に僅かサンプル程度に輸出されていた「ホンダ スポーツS800」をカナダでの市場点検に出かけた時に遭遇した事件があったからである。それはブレーキ配管のジョイント部に使用していた「アルミニウム製パッキング」が塩泥水による孔食により虫食い状になった腐食事件を経験していたからであろう。

そこで生産中のホンダ車を調べるとこの指摘に当てはまる跳び石による外傷、取り付け部品による泥詰まり腐食などの個所が発見された、そこで錆の苦情の最も多かった茨城の鹿島SF（サービス工場）から廃車のパイプを送ってもらいその断面を観察した所、その写真から最大減肉は1/4に達していたのだった。



ブレーキパイプの腐食切断面

さてこの圧パイプは家庭冷蔵庫の背面に良く見かける放熱管と同じ構造の巻締めタイプであって、アメリカの製造技術による「フルトンチューブ」であることがわかった。そしてホンダが使用している耐圧パイプの製造は茨城県古河にある三桜工業が専門メーカーであった。

ここでフルトンチューブの製造原理を紹介しておこう。まず銅めっきを施したテープ状のフープ鋼材（鋼条）を内径に相当する芯金（しんがね）を入れてロール成形により2回半ほど巻締めて内外直径を精度よく仕上げる。

そして銅めっき同士が密着してできた銅めっき層を熱融着させるため無酸化加熱炉を通過させて「銅蝟（ろう）付け」して、漏れと強度の品質信頼性の高いパイプ疎管が出来あがる。そして最後に外面にはバリアー型の防食銅めっきが施され、必要形状とニップルを挿入した後に

両末端のフレアー加工（ラッパ状にひろげる鍛圧成形）を行ない配管部品となるのである。

2) 既販車用の交換部品のアイデア製法

現在、北欧や北米で走行しているホンダ車のブレーキ配管を必要に応じて交換するためには寸法、配置、ジョイント法などを変更することなく信頼性のある外傷と腐食の防止対策を立案するには優れたアイデアが急ぎよ求められた。同時に現在生産中のクルマにも適用するには車両の認定条件に触れないで防錆対策を行なう必要があったから尚更であった。そしてこの秘密な行動はホンダ系列内で処理する必要がありその対応策には色々の制限が多かった。

確か研究所の藤森さんのアイデアは、走行中振動する車軸の一部に取り付けられた油圧式ブレーキドラムにセットしてあるブレーキシリンダーと車体側の配管との間を連絡するブレーキホースは耐油性耐圧ゴムホースであるのに注目して、フルトンチューブをブレーキホースの外層と同じゴム材質でゴムライニングする方法を考え出した。このゴムライニングには設備の準備が数か月必要なので、緊急の対応策としては予め完成したゴム管の中にフルトンチューブを単に挿入するだけの方法なら外観も変わらないのでどうだろうかとの提案がなされたが、この時点では他社がどのような対策をするかを確かめるだけの余裕が無かったから、この方式の製造法の確立に集中したのである。そしてメンバーにはホンダ技術研究所から藤森義次さん、狭山工場の部品品質から藤原俊昭さんと錆プロの耐久錆の私の三人、それに山下ゴムの吉兼澄夫さん、三桜工業の技術部長であった野村幸人さんが加わった。

まず三桜工業が従来からやっているフルトンチューブの防錆処理であるバリアー防食型の銅めっきの代わりに、擬製防食型の垂鉛めっき＋クロメート処理を実施することを「ゴムライニング」が開始するまでに準備を済ますようお願いした。それはゴムとの接着性向上を確保する手段として欠くべからざる処理であった。

次にフルトンチューブにかぶせるゴム管の製作を埼玉県の上福岡市にある山下ゴムに依頼した、これはフルトンチューブの外径に対しての十分な締め代（しめしろ）を取った内径の耐油性のゴム管である。

そして、藤森さんを始め錆プロの面々が試作を行なうために準備したゴム管を持参して三桜工業に出かけたのは暑い夏の午後であった。

この何とやさしい温かみのある『三桜（さんおう）』を名乗る工場は利根川の東岸の茨城県側の土手を下った古河市の街はずれにあり、桜並木に取り囲まれた自然のなかにあった。

その社名の『三桜』の温かみのあるやさしさが気になったのは、この利根川中流に伝わる民話に登場する「河童（かっぱ）」の話がマンガ家清水昆さんの描くCM「河童天国の酒“黄桜”」を連想させたからであろうか。

果たせるかな、三桜の専務の篠原健康治（三桜工業会長）さんの開口一番に、「戦前は大宮航空工業として群馬県太田市近郊にあった中島飛行機の機械部品を製造していたが、戦後の窮乏期にはからずも管んだ焼酎『三桜』の醸造業の苦しい時代があった、この時代を忘れないための証（あかし）として、自動車部品工業になっても三桜を引き継いでいるのです、そして本業となったフルトンチューブの製造は昭和30年代の中頃の金偏景気で銅地金が高騰し、銅管のコスト対策として銅めっきした鉄板で耐圧管を作る方法がアメリカにあるとの情報から技術導入が始められたのです」。

さて試作であるが、このフルトンチューブの製造技術をアメリカから導入した技術部長の野村幸人さんは自信ありげに微笑を浮かべて立ち上がった。彼は助手に長いゴム管の一端を軽くつぶしながら持たせて、自分は手に持ったゴム管の一端から圧縮空気を吹き込みながらゴム管を膨らまして、その中に手品の様な早技で先をつぶしたフルトンチューブの長い直管を投げ入れたのには皆が見とれていたのだった。

この試作の成功に勢い余って、当面の交換サービス部品の生産計画まで取り決めて引き上げたのは真夜中を過ぎていた。

しかしこの方式ではゴムの表面に深い傷がついたり、劣化で割れが生じたりするとたちまち裂けてしまうから、早急にゴムライニングにしなければと汗をかく日が続いた。

3) ゴムライニングの金属／ゴム接着性への挑戦

急がれたゴムライニング加工の担当は古い取り引き先の山下ゴムであった。そして古河市の

三桜工業から長さ3mの直素管を埼玉県大井町の山下ゴムまで運搬してライニングを施してから再び古河に戻して配管形状と端末ジョイントの加工を完成させ、再び埼玉県のホンダ狭山工場に納入するという長い生産工程となった大仕事であった。そこで山下ゴムでは社長の山下勝（現在、会長）さんは鶴飼工場長（専務取締役）さんを旗振りに指名し、そして検査のベテランの吉兼澄夫（常務取締役）さんを担当として準備を進めていた。

当時、山下ゴムも御多分に漏れず製造ノウハウの漏れるのを極端に嫌ったゴム業界の例にたがわなかったから、このライニングの試作などの準備は全て山下ゴム自身で可能であるから任せてくれと頑張っていた。私達は止むを得ず静観することにし、試作品の完成するのを待っていた。

このライニング工程は、素管の表面には既に亜鉛めっきクロメート処理が施されており、直ちにプライマー（金属／ゴム接着剤）の塗布、自然乾燥となる、次いで押し出し成形機を使用し素管を芯金（しんがね）どして周辺にゴムを押し出しながらライニングが行なわれる。そしてゴム表面をガーゼの包帯で巻き締めた後、蒸気加熱釜で熱加硫を施してライニングが完成する、そして最後に抜き取り検査法によるゴムの密着性試験が待っているというのが工程である。

素管に暫定的にプライマーを浸漬塗装し、次いで手巻き作業でゴムライニングを施し、加硫して製造した試作品ができ上がり、狭山の部品品質の藤原さんが考案した過酷な密着試験が始まった。これはライニングされたゴム表面に長さ10cm程度の直線状の素地に達する傷をカッターナイフで付け、更に中央部に直角に円周方向に同様の傷を付けた後に、傷を外側にして直径30mmのマンドレルを用いてU字状にまげてから、手に持ったペンチでゴムの口の開いた傷の割れ目を引っ張って剥離するのを試験するものである。

その結果は所々に接着剤層が内部凝集破壊して剥離した形跡が見受けられたことから、第1にプライマーの塗布の不適切さが指摘された。

この接着強度が解決が遅れていたのも、私が山下ゴムのトップと交渉して、プライマー塗布の方法の改善に立ち向かうことになった。山下

ゴムの方法は従来からの緩衝ストッパー部品に適用しているプライマー塗布を流用していた、これは鉄鋼製ブラケットにリン酸亜鉛皮膜処理した後に、溶剤に溶解したプライマー溶液中に浸漬法で塗布してから自然乾燥させ、次いでゴムを金型加圧熱加硫を実施しているものであった。

ここでの問題は、部品の形状の相違、素地表面の粗度の違い、プライマーの厚みと溜まり易さ、強力な金型加圧熱加硫と温和な包帯巻縮めの差、密着試験法の相違などの点を考慮して、プライマーの塗布は微小スプレーガンによる吹き付け塗装が適切ではないかと判断したのであった。早速テストを繰り返し替えたところ、薄く均一なプライマー塗布層が必須条件であることがわかってきた。

そこで微小膜厚の塗装装置を設計するためには、どこの濃度までプライマーを溶剤希釈すればよいか、溶剤の成分変更の必要性はないか、素管の移動速度とプライマーの吐出量の設定、ブラッシング（急速な溶剤の蒸発により温度が下がり空気中の湿分がプライマー表面に凝縮する現象）の防止法などの検討が必要であったので、私は接着剤の成分はともかく希釈溶剤の成分だけは開示して欲しいと山下ゴムにお願いした、そしてそれはMEK（メチルエチルケトン）単味であることがやっと判明した。

ところが、極小口径ハンドピースガンなどの専門メーカーである桂精機製作所などに微細口径の自動型スプレーガンの製作を交渉したが断られて行き詰まってしまった。そこで今まではこの仕事の情報が外部へ漏れるのを恐れて口外するのを我慢していたのであったが、ここで意を決してスプレーガンの元祖であるアメリカのデビルビス社に製造依頼を打診することになった。

幸いにも粉体塗装設備の輸入で信頼関係が保たれていたのであろうか日本デビルビスの社長の金子以伸（現、旭サナック取締役、東京支店長）さんの所へ連絡がはいり、「ゴム接着剤の塗布で類似の用途らしい製品を手掛けたことがあるから、」と同時の仕様と見積りが送られてきたのには驚いた。彼らの構想では微小圧大量空気調整装置と接着剤圧送装置を含んでおり、自走する直径8～12mmのパイプに向かって50mmの距離に三個ガンを配置するものであっ

た。

このスプレーガン一丁が10万円と高価な特殊な輸入品の組み合わせ設備の値段の高さには社長の山下勝さんもいささか戸惑っていたようであった。この設備のお陰で希釈溶剤の成分変更も不要であったし、特殊微小径ガンの精度のよい微粒化によって最大の難関であった薄膜で均一な接着剤皮膜が一往復塗装で安定的に得られる成果をあげた。

そして藤原さんは加硫釜から出たばかりのパイプの包帯を取り外すと借しげもなくカッターナイフで十字に傷を入れて例の厳しい試験を皆の目の前でやって見せたのであった。

そして次第に接着剤の厚みを下げる目的でMEK希釈率をあげたり、ゴム強度の調整もあって一週間後には検査に合格するようになり、量産が始まったのである。この素早い対応が成功したのも現場の指揮を取っていた吉兼澄む夫さんの何時も微笑を絶やささない人からの賜物であることを思いだす。

やがて次の新モデルでは配管レイアウトが改善され、三桜工業が開発したより簡便、経済的な防錆仕様が適用となって、このゴムライニング技術も役目を果たし終わるのも近くなった。

この高いコストの過剰品質気味の防錆仕様に掛けた錆プロの気概には工場管理のトップマネジメントも一目置いて静かに動静を見守ってくれたものであったし、それと同時に素早い対応を進める一方、並行して経済的な製品の確立をなし遂げた三桜工業の進取の気風には絶大なエールを贈ることを忘れてはいない。

我々のこの苦闘にあけてくれた頃、トヨタ系では臼井国際興業が粉体塗装法の実用化を試みていたようであったが、同じ三桜工業が納入していた日産系はどのような対応をしていたかは漏れ受けたまわることはなかった。

またこのイベントに健闘してくれた野村さんは顧問として健在との由、一層の健勝を祈るものである、私も年に数回は那須の板室温泉に出かける節には宇都宮線（東北本線の一部）の電車が利根川の長い鉄橋を渡ると必ず三桜工業や山下ゴムでの青春時代に共に汗をかいてくれた人々の顔が思い出される。

またこの仕事で品質管理を担当していた藤原さんにとっても大きな収穫であったと思っている。彼は私が埼玉製作所でめっき技術係をして

いた時、装飾めっきラインのめっき液と膜厚管理を担当していた勤労学生でよくめっき技術の論争をしたものである。その10年後の彼の成長は眼を見張るばかりであった、それには彼の上司であり、私の同僚である藤波恒雄さんの教育が効を奏していたと彼自身が私に良く話をしていたことを思い出すのである。

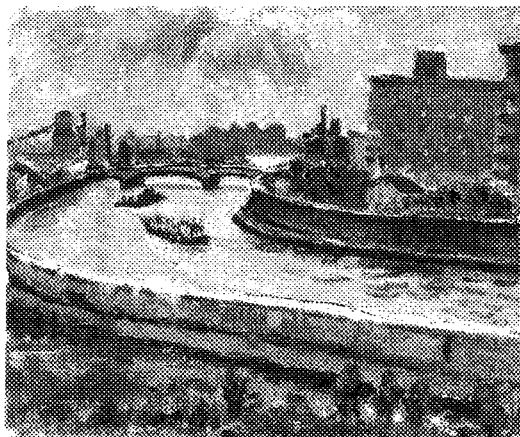
2. 2. 粉体接着剤の悲劇

1) プロローグ、画伯社長荒井さんからの年賀状

新年に配達されて来る年賀状の束の中から風景画の描かれた荒井芳男（荒井製作所会長）さんからの賀状を探し出すのが楽しみとなっていたのだが、いつしか賀状の到来も途絶えて音信がなくなってしまった。荒井さんが創業した会社はエンジンを組み立てる際に部品同士の接合面から内部の潤滑油が滲み出ることを防止するために接合面に挿入する耐熱耐油性のゴム製の「オイルシール」を製造している専門メーカーであるが私とは縁のない業界であった。しかしここで三回も悲劇的な縁に結ばれるとは思っても寄らなかったことである。その最初は産業公害推進グループとしての視察要請であり、次は本題の粉体接着剤事件であり、最後は乾燥炉爆発事件の原因究明であっていずれもゴム/金属間の接着剤の希釈溶剤MEK（メチルエチルケトン）に係わるものであった。しかしお会いしたのは二度目のトラブル顛末報告の席だけで在ったのに義理難く次の年から賀状を頂いたり、また喜寿を記念して出版された豪華な画集も送っていただいた。そのなかに、ホンダを取り巻く部品メーカー経営者の間で知られる「アイデア社長」や「画伯社長」振りを彷彿（ほうふつ）させる若かりし日のエピソードが油絵を始めた頃の作品『初秋の隅田川（1982）』に添えられたキャプションに見付けた。

『小さな町工場兼住宅を出て、ガスタンクの側を歩いてこの絵を描きに出掛けた。当時、大きい電蓄を買ってきて仕事中の従業員にベーターベンを聞かせた。今は有名なグラフィックデザイナーになられた福田繁雄さんとふと近所に絵を描きに行ったりした、この絵は苦しくとも楽しかった懐かしい時代を思い起こさせる。』

そこに顔を出している福田さんが東京芸大、



年賀状になった「初秋の隅田川」荒井芳男作品

美術学部助教授であった頃に荒井さんに捧げた「秀才の歌」の一文もこの画集を飾っていた。

『人間には二つのタイプがあります、一度脳細胞を刺激したら、二度と忘れないで、その本質を積み重ねて行くと云う秀才型と、あらゆる状況においても、閃きが直感に連動して、物の原点を見定め決断をした天才型です。しかし人間と云うものは良く出来ているものでこの秀才と天才という二つの才能は、どうしても一人の人間には、一緒に備えられないようにできているのです。天も公平なことをするものだと思っているのです。天も取りこぼすことだってあるわけで、荒井さんはその取りこぼされた一人だと思うのです。秀才天才型と云うタイプなのです。私が芸大の学生時代に荒井さんの家を訪ねて、物の原理の面白さや機能とそのシステムの発想についてよく話をしたことがありました。私もあらゆる現象を視点を替えてもう一度考えて見るということ、いわゆるアイデアが好きでしたがそれに輪を掛けたアイデアマンが荒井さんだと思っています。物の本質や物理工学の追究で当然のように荒井さんは自然の奥に溢れている美しさに魅せられていたようです。』

2) 芯金入りオイルシール

確か猛暑続いた年の晩夏の頃であった。狭山の管理事務所長の長岡達男さんから「荒井製作所の筑波工場で最近粉体塗装を始めて苦労しているので、何か良いアドバイスをしてやってくれ」との依頼があった。私にはその粉体塗装の用途に疑念が生じたので電話で確かめたところ

ろ、「それはオイルシールの芯金への接着剤塗布」との返答にはいささか困惑したのだった。実は私は数年前に産業公害防止状況の視察に同社を訪れたことがあり、その時に接着剤塗布工程での有機溶剤“MEK”の強烈な刺激臭の洗礼を受けたことを思い出したからである。

ここで「芯金入りオイルシール」の製造工程について説明しておこう。まず芯金は鋼条や鋼線材をリング状に成形してから、蝋付けなどを行なって、酸洗いにより錆やスケール、蝋付けフラックスなどを洗い落として、水切り乾燥させて接着剤塗布室に運び込まれる。

そしてステンレス製手さげ籠の中に所定数量の芯金を投入して製造ロットの準備が完了する。金属-ゴム間接着剤の準備は揮発性の高い“MEK”によって接着剤を所定の低い濃度まで希釈してから浸漬作業用タンクの1/3の深さまで建浴すればよい。この接着剤液の濃度は芯金表面に付着する接着剤層の厚さを薄く保つための重要条件であって、作業中に溶剤が蒸発してタンク内の接着剤濃度が濃縮したりすると、接着剤層の厚さが過剰となり接着剤層自身が凝集破壊を起こす接着不良を生じさせるからである。

この浸漬タンクの液中に手さげ籠を浸漬して芯金に付着している空気の泡が残らないように攪拌した後、液面から籠を引き上げて、タンク内で籠を回転させて遠心力によって余分に付着している接着剤液を振切ってから、強い通風のあるドラフト室の中に放置して“MEK”の大部分を自然蒸発させる。この“MEK”を余りにも急速に揮発させると部品の温度が低下して空気中の湿気が部品の表面の接着剤面に結露して白く曇ってしまう「ブラッシング現象」を起こす。すると、接着不良となるので室温に注意する必要がある。このドラフト室に吸い込まれる空気は工場の天井に近くの暖かい空気が使われるような配慮がされている。

次に温風乾燥器に芯金を移して接着剤層の中に僅かに残っている“MEK”を加熱乾燥して強制的に揮発させれば接着剤塗布は完了する。この芯金に付着した接着剤層内からの“MEK”の蒸発メカニズムを考察すると、接着剤の濃度が42%程度までは接着剤層内の対流によって表面に運ばれた“MEK”が直接蒸発するので自然通風でも十分な速度である。しかし、

それ以上の濃度になると接着剤層内の“MEK”の層内の移動はもっぱら拡散で行なわれるから速度は極端に遅くなって蒸発は困難になるので、蒸発を促進させるためには矯正加熱乾燥が必要となるのである。それは接着剤層の中に“MEK”が残存すると次の工程であるゴムの加熱加硫工程で発泡の原因となり、接着不良を引き起こす恐れがあるから慎重な条件設定が求められている。次は「加圧・加熱式金型ゴム加硫成形法」によって芯金の周囲に耐油性ゴムをライニングを施して熱加硫すればオイルシールが完成する。

この部品の接着性能試験は抜き取り検査法により選別された検査試料を破壊的な剥離試験によって品質保証をしていたから、絶対に接着性の不良品が出ないようにするには関連工程の接着性能に対する工程品質能力を十分に確保する目的で念をいれた生産プロセスが組まれていたようだった。

この作業の中心で機能を発揮している有機溶剤の“MEK”の性質は従業員や安全衛生面からも、防災面からも、また最近の公害面からも決して好ましくないことには常々頭を悩ませていた荒井さんであった。そしてその頃、ホンダの周辺では華々しい粉体塗装の成功話が持ち切りであった、そしてその特徴の中には有機溶剤を全く使用しないで塗装作業が行なわれていることに強い興味を覚えていた。そこで荒井さんは「有機溶剤を使わない接着剤、「粉体接着剤」の実現に没頭することになったのであった。

この金属-ゴム間接着剤の分野では以前から有力な欧米メーカーが高い品質の信頼性を武器に高いコストでありながら大きなシェアを誇っていた。そしてユーザーが求める希望条件への対応はその品質への影響などのリスクを理由にして殆ど拒否されていた。しかし最近になって、やっと国産メーカーが台頭し始めてきたことから市場参入への激しい販売競争が始まっていた時期であった。そして印刷インキ業界大手の大日本インキ化学工業でも新しく工業用接着剤の分野への参入戦略を進めていた最中であった、そこで同社の営業マンが足繁く荒井製作所を訪れてきていた。その話を聞きつけた荒井さんは大日本インキの接着剤部門の営業マンCさんと呼んで、この新しいアイデアである「粉体接着剤」の開発の可能性を打診したのであった。こ

の社長自らの熱心な要望に対して、大日本インキの接着部門の営業、技術のトップはそれぞれの思惑（おもわく）を考えた末にこの難問題である「金属—ゴム間接着剤の粉体接着剤への転換」の研究開発に応ずる決定を下したようであった。

3) 有機溶剤の世話にならない接着剤塗布

長過ぎた前置きから急いで話を元に戻そう。私はこの件を他人（ひと）まかせには出来なかったので翌朝筑波に車で直行したのだったが、その道中もあの芯金への粉体塗装が頭の中から離れなかった。そして到着すると挨拶はそこそこに当事者の工場長に試験運転を始めている「粉体接着剤静電塗布ライン」の完成に至るまでの概要を述べてもらった。

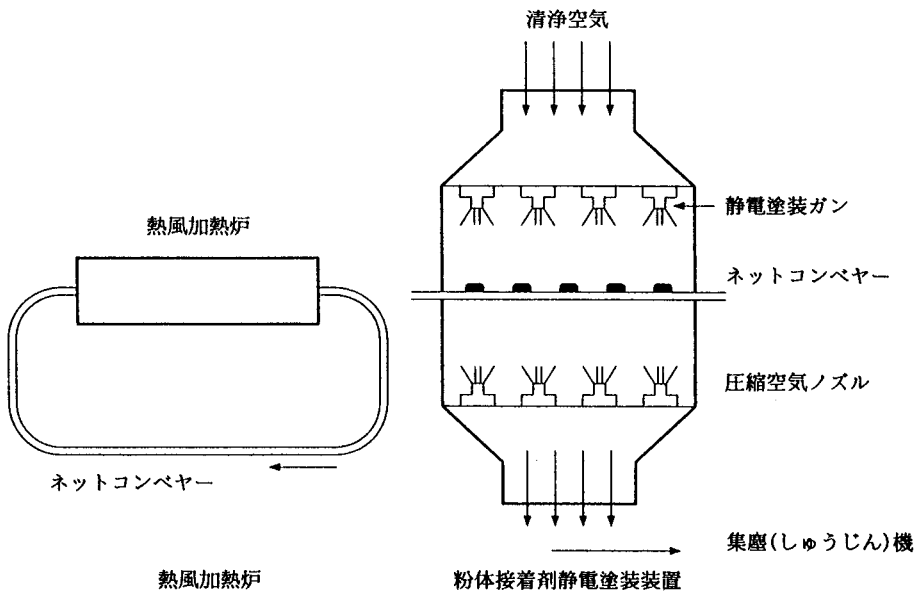
これは私の受けた推量であるが、粉体接着剤の開発を引き受けた大日本インキの工業用接着剤部門の技術者の当初の考えは「現行の浸漬塗装法によって塗布された薄膜の接着剤層を単に模倣して粉体接着剤を作り静電塗装で塗布するとすれば従来のような薄い膜を得ることはとても不可能なことは承知であったであろう。そこで塗布される接着剤層が厚膜であるような新しいコンセプトに基礎づいた粉体接着剤の開発を進めたと考えてよいだろう。そして試行錯誤の中から試作品の粉体接着剤を作りあげた、この

粉体の粒子サイズは一般の粉体塗料に比べて出来るだけ微細にして薄膜塗装に適合させる工夫がなされていた。そして手持ち式の粉体静電ガンを使って針金で吊り下げた芯金を塗装して接着性能試験を行なった。次に量産を考慮してステンレス金網の上に芯金を並べて上下から静電塗装ガンにより塗装を行ない、そして加熱溶融した接着剤が付着しないテフロンコーティングを施した金網の上に粉体塗装の済んだ芯金をピンセットで扶んで移動させてから加熱炉で溶融させて同様に接着試験を実施した。

そしてこれらの実験データをベースにして量産試作の可能な試験設備を製作する段階にはいった。そして静電塗装の試験に協力してもらった日本ランズバーグ社に設計製作を一切依頼することになった。

ここで先ず完成している試験装置の概要を説明しよう。この試作ラインの前半部分はステンレス製ネットコンベアーが通貫した粉体静電塗装室で占められており、後半はテフロンコーティングしたネットコンベアーが通貫する加熱炉で構成されており、両コンベアーは乗り換装置で連結されており、塗装された芯金が自動的に移動させるものである。

先ず前半を3分割した中央部は粉体静電塗装室であり、その前の部分のコンベアースペースは被塗物の芯金を適切に並べる工程であり、そ



オイルシール芯金用粉体接着剤塗装ライン概要

の後のコンベアスペースは塗装された芯金の様子をチェックすると同時に次の後半の加熱炉用のコンベアへの乗り換えに当たっての適切な配置に修正する作業がおこなわれる。塗装ブースではネットコンベアを上下に挟んで粉体静電塗装自動ガンが一列に対向に配置されている。この塗装ブースの天井のフィルターから吹き出される新鮮空気は部品に付着しなかった粉体接着剤と圧縮空気で飛ばされたコンベアに付着した粉体接着剤を伴って集塵器を通して外に放出され、粉体接着剤はそこから回収されるのであった。

4) 粉体接着剤塗布に陰を落とす品質保証

そこで工場長を促して既に試験運転を始めている「粉体接着剤静電塗布ライン」を案内してもらった。そこは新しく増築したばかりの天井の高い広々とした多目的スペースの一角を低いパーテーション（簡易間仕切り）で区分した所に一列に並んで静まり返っていた。そして装置と対面してみると、まるで今まで試験運転をしていたと疑うばかりのたずまいで放置されていた。私が訪問することは予め承知のはずであるのに、清掃をするどころか、私が仮に希望したとしてもこれ以上の試験などはご免だよ、と言わんばかりの状況であり、彼らがこの研究を継続する意欲を失なったことの意味表示のようにも感じられた。そして事務所に戻って「事の顛末（てんまつ）」の話の聞かせてもらいながら、どのように軟着陸させれば喜ばれるかを考えていた。

そこでは最初に、この試作ラインを試験的に運転して標準的な作業条件を把握したので、量産試作を開始したのであった。

そこで試作した製品ロットから抜き取り検査法に従って選別された検査用試料を最終段階のゴムライニング工程まで完了させて、接着性試験を実施した。粉体接着剤塗布法の製造ロット全体が不合格となる頻度が従来の浸漬法による接着剤の塗布の製造ロットよりも格段に大きいことが判明したのであった。その接着性試験に不合格になるような試料はいずれも接着剤層の凝集破壊現象が生じて不良と判定されており、その接着剤層の厚さが過剰であることが発見された。この不良品となるであろう膜厚過剰の芯金を加熱炉に入れる前に選別することは大変手

間が掛かるだけでなくその検査自身の信頼度も低く、それにコスト的損失も容認できるものではなかった。

私はこれらの経過を把握した上で3社の責任者が持っている将来への展望を確かめることにした。先ず最も重要な粉体接着剤の開発を担当している大日本インキ化学工業の工業用接着剤部門の責任者に数回の意向打診を試みたが遂に顔を見せることはなかった。一方、試作設備の検収がストップして困惑していた日本ランズバーグの営業Dさんは大日本インキの粉体接着剤の体質改善に望みを託していたようだった。

そこで、塗装技術者である前にホンダの管理者の一人としての私の立場からすれば、このような重要部品では何よりも品質信頼性の確保が最優先であるから、ここでは白紙撤回が最良であると結論した。その理由は①金属—ゴム接着剤は原理的に塗布される接着剤層の厚みは越えてはならない上限値が存在すること、②粉体の静電塗装は薄膜塗装条件の維持が困難であり、いずれの条件が崩れても膜厚が大きくなる傾向があること、③薄膜にする為に粉体接着剤の粒度を微粉化することは、粉体接着剤の吸湿性、ブロッキング性を損なう芳香に助長すること、などである。

そこでホンダとの信頼関係にある日本ランズバーグのことであるから、営業部長の木曾淳二さんをお願いして営業的に後始末を付けて頂くように懇願したのであった。

そして、これらの顛末（てんまつ）を「ピラ」に要点を書いて「アイデア社長」の荒井さんの説得に当たったことにより大団円を迎えることになったのである。

5) 遂に起こった希釈溶剤の乾燥炉内での爆発

それから半年も経ない内に取引先様と共に工場の安全衛生上の課題を推進する立場にあるホンダ埼玉製作所和光工場の安全担当技師の松島勝さんから電話があって、荒居製作所での乾燥炉の爆発事故の対応策の検証に同席してくれとのことであった。その工場の作業の様子はおおむね承知していたので、理研計器製の携帯型可燃ガス濃度測定計（爆発計）を借用して筑波へ出かけた。それは接着剤を浸漬塗布したオイルシールの芯金を通風ドラフトの中で常温乾燥し

た後に、金網の上に処理した部品を広げて観音開き扉の付いた電熱式乾燥炉にその金網を挿入して乾燥を始めたところ、爆発して扉が吹き飛ばされて人命事故となってしまったのであった。

そして一応の対応策の報告を聞かせてもらったが、原因究明の詰めが甘くて的確な対策が立案されたとは云えないレベルであった。

そこで事故を起こした部品を使って標準的な作業を行ってもらい、常温乾燥の前後、加熱乾燥の前後における溶剤の蒸発量とその重量の変化を測定したデータを取ってもらった。これによりどの場所で、どの位のMEKが散逸しているのかを認識した上で、その量がどのような作業条件の変動で増加する傾向が在るかを確かめることにした。それには、①部品の選択は1回の処理ロットで乾燥炉での溶剤蒸発が最も大きな物を選んだ場合、②一ロットに処理する部品点数が多くなった場合（実際に起こっている程度で）、③浸漬塗装する接着剤溶液の濃度が高くなった場合、④通風ドラフトで常温乾燥させる時間が短かった場合、⑤通風ドラフトの気温が低い場合。（工場内の気温が低い早朝などの場合）、⑥乾燥炉のヒーターの発熱量を強く設定した場合、または設定温度を高くした場合、⑦乾燥炉本体が十分に温度が上昇している所に部品を挿入する場合などである。

次にこれらの最悪条件を組み合わせた作業をおこなって、最初に計測した溶剤の蒸発量と比較検討する。次に、標準作業と、最悪条件作業における乾燥炉上部からの排される空気中のMEKガス濃度の推移を爆発計で測定して爆発下限値への到達%を記録させる。それには大型の注射器で排気ガスを吸飲して冷却してから爆発計で測定することが出来るであろうと指示した。

これらの実験結果から通常ではどの程度の安全倍率が確保されているのか、またどのように変動すると安全が脅かされるのかを確認する。

何れにせよ爆発事故が起こる条件は、乾燥炉内の雰囲気可燃ガスの爆発限界濃度に達している状態であって、そこに乾燥炉内に着火源となるような着火エネルギーが存在していなければならないから、この場合の可燃ガスはMEKの蒸発したガスであろうし、着火源は電熱ヒーターであろうと推定される。

したがって、この防止対策はこの二つの条件を起こさないようにすることが基本となろう。

これとは別に、現在の工場の雰囲気がMEKガスの爆発下限濃度にたいしてどの程度の状態になっているかを暫く測定調査して、換気システムの再検討を全職場と設備周辺についておこなうことを勧告しておいた。

おそらく、生産の拡大や遅れに際して能力が瞬間的に不足して、溶剤の常温通風の時間の不足や、乾燥炉への投入数量の過大などが高濃度ガス雰囲気をもたらすことになるであろうから、この溶剤を乾燥させる作業域では平均能力ではなくて20分間程度の処理能力を月間平均処理能力の二倍程度以上を確保して、そのような異常事態でも異常濃度にならないように工場を設計することと、乾燥炉の熱源を溶剤を含んだ空気が発熱体に触れることが無いように設計することが必須であることを要請した。同時に停電などの際に溶剤を含んだ空気が屋外へ排出するように設計し、ヒーターに逆流しないように設計すべきであることを付け加えた。このような事故も画伯社長が試みた無用材の粉体接着剤が成功していれば当然防げたであろうことを考えてはみたものの、接着剤のMEKによる希釈は接着剤の機能を引き出すための必須条件であるので当分変化は無かろうからと松崎専務に念を押してから、後味の悪い再訪に別れを告げた。

3. 世界を席卷し始めたカチオン電着塗装

アメリカのデビルピス氏が発明した塗装法の大革命である「スプレーガン」に続く第二の革命と云われた「アニオン電着塗装」が1963年に実用化された。そこで本筋に入る前に電着塗装法が歩んできた道を振り返っておきたい。

今から40余年前にアメリカのフォード社では近頃の乗用車の寿命が車体の腐食によって急速に短くなりつつある傾向を察知していた。そこで革新的な車体の防錆方法を確立する目的で、アメリカ中の防錆技術関連業界や学会に声を掛けて一大プロジェクトを主宰したのであった。そして発明したのが「アニオン電着塗装法」であった。その初期のアニオン電着塗料は植物油を変性したカルボン酸基を持った樹脂重合体をアミン類などの塩基で中和させて水溶性を確保したのが電着塗料であった。この塗料を溶解し

た電着浴液に車体を浸漬して被塗物を陽極にして電解することにより車体の隅々まで自動的に下塗り塗膜を析出させることができた。この塗膜は当時のスプレーや浸漬法による塗装用の塗料よりも塗膜性能はいささか劣っていたが、車体の隅々まで自動的に確実に塗膜を付着させる事が出来るために未塗装部分から錆抜け易かった欠点が無くなり評価が高くなったのである。そして1963年にはデトロイト市郊外のフォード社の「サンダーバード車」を製造しているウイクソン工場で実用化に成功した。ここでは「フィーロ法」とよばれる中和度の低く設計した補給用塗料を超音波ミキサーを利用し補給して、電着作業によって蓄積する中和材のアミンの濃度を管理する方式が採用されていた。しかし、フォード社のお膝元の北米では競合相手のGM社とクライスラー社がこの技術の採用には否定的であったが、欧州や日本での自動車塗装ラインの殆どがこのアニオン電着塗装を下塗り塗装法として採用するという普及振りであった。丁度その頃の日本では自動車製造工場の新設ブームの最中であったから、いずれの塗装ラインでも防錆力が高いこともあったが、むしろ自動化された塗装による生産性アップが確保できるアニオン電着塗装を競って採用したからその普及は早かった。一方、フォード社は世界中のアニオン電着塗料を製造販売している塗料メーカーから特許実施料と塗料納入価格の数%を徴収する戦略によって世界を席卷（せっけん）したのであった。

しかし欧米の冬期間の高速交通の確保のために凍結防止剤として路面に散布しなければならない岩塩の量は年毎に急増していったことから、クルマの腐食環境は益々激しさを増していたのである。その頃になるとアニオン電着塗装法に対する不満が指摘されるようになり、例えば「電着塗装は期待されたほどの防食性を発揮していない」とか、「ロッカーパネルの穴あげによる電着の付き回り向上だけでは防食は不十分である」とか、「電着は塩害に無力であり、亜鉛鋼板との組み合わせにも問題がある」、などといわれる。

さらに日本では、電着は防食より省力化に主眼が置かれ、その上、塗面の平滑さに重点をおくために、エッジ部の防食や糸錆耐性は低レベルにあることを、塗料メーカーも認めているよ

うだ。そして自動車メーカーでは塗膜自身の強化や防錆力の向上を更に要求する声が強まってきた。そこでアニオン電着塗膜の材質を強化する為に、初期に使用していたマレイン化油系樹脂からポリエステル系やポリブタジエン系樹脂などによる変性へと進化させた。日本ではポリブタジエン系樹脂で変成して強化した「スーパーアニオン電着塗料」などが登場したのもその頃である。

一方では、アニオン電着塗膜の弱さに見切りを付けた例としては、1970年代のホンダの狭山工場やイタリアのフィアット社シシリー工場などで実施された粉体静電塗装が挙げられる。これは車体外板面には強靱（きょうじん）な下/中塗り兼用のエポキシ系樹脂粉体塗料を静電塗装し、車体の内側には付き回り性の良い特徴を活かしてアニオン電着塗膜を隅々まで塗装させる組み合わせ方式であった。これにより車体外板面では電着塗装過程で前処理面で起こるであろう電気化学的現象による素地鋼板や前処理皮膜、電着塗膜への影響を避けようとしたものであり、その下塗りとしての物理的性質を向上させることをねらったのである。

また日本でのアニオン電着塗料のトップメーカーである神東塗料が次世代の電着塗料を目指して独自に開発していたのが厚膜と高耐食性、通電15秒という生産性の高さなどを狙った「粉体電着塗装法（EPC）」である。この塗料は極微粉末のエポキシウレタン系樹脂粉体塗料をカチオン性水溶性樹脂を溶解した水溶液に濡らして水中に懸濁させて、カチオン性の電着塗装を行なう方式であった。そして乗用車の下塗りと中塗り兼用の塗膜として実用化を進めた。そして1977年になるとホンダ狭山工場やいすゞ自動車藤沢工場、ドイツのBMW社などで工業化が進められており、その消長は第8部で既に述べたところである。

やがて、従来のアニオン型電着塗料に対し、防食性に優れたものとしてカチオン型電着塗料が熱心に検討されるようになった。

この塗料は塗着される際に鋼板が陰極になるので、金属の溶出がなく、塗膜形成樹脂も塩基性なのでそれ自身防食に有利であり、また塩水のナトリウムイオンによる加水分解にも強いことが期待されていたからである。

そして1972年になるとアメリカの大手塗料メ

メーカーであるPPG社は優れた耐食性を狙ってエポキシ樹脂やアクリル樹脂にアミノ基を導入しそれを有機酸で中和して作った塗膜強度の強いカチオン性の電着塗料を発明した。そしてこの溶液の不安定さや付き回り性の悪さ、焼き付け温度の高過ぎることなどの難点を例えば硬化剤にブロック化したジイソシアネート類の配合などにより克服して1977年1月にはGM社の自動車ボディー塗装ラインに「カチオン電着塗装」として工業化に成功した。その後1978年末にはGM社、フォード社を主体とする塗装ラインがカチオン電着塗装に切り替えられたのであった。

丁度1977年と云えば、アメリカでPPG社のカチオン電着塗装の実用化試験が始まったとしてであり、日本ではホンダが神東塗料のカチオン電着塗装法の一つである「粉体電着塗装（EPC）」を実用化した年でもあった。

一方欧州では少しアメリカに遅れてあったが、1969年移行はカチオン電着塗装の研究が活発となり、ドイツのヘキスト化学社系の塗料メーカーであるハーバーツ社によって発明され、優れた防錆力と付き回り性によってアニオン電着塗装の放逐はアメリカよりも早くペンツ社の全ての塗装ラインをカチオン電着化に踏み切らせた。

また1977年10月には日本でも最初の自動車ボディー塗装ラインにカチオン電着塗装が試みられ、商業的に稼働開始した。そして1980年にはほぼ50%に当たる約40ラインがカチオン電着化されて輸出車に優先的に適用されるようになった。

一方アメリカでは、1980年に入ってPPG社は今までの懸案であった合金化溶融亜鉛めっき鋼板の上に施したカチオン電着塗膜面に生じる「クレーター」による外観欠点の課題を完全に解決した「ハイビルト（厚膜）カチオン電着塗料」を登場させた。やがて1982年になるとPPG社が1972年にお願いしていた一連のカチオン電着に関する基本的な特許権を世界的に成立させて世界中を従属させることになったのである

1) PPG社のカチオン電着塗装への世界戦略

私がアメリカの自動車用塗料メーカーであるPPG社が電着塗装の技術の開発研究を進めて

いたことを知ったのは昭和46（1971）年頃であったと思われる。それは突然アメリカのPPG社代理人と日本ペイントとの連名による「特許権侵害警告状」がホンダに送達されて来た時からであった。それはPPG社が1969年にアメリカ特許を出願し取得している技術が近日中に日本特許を取得するであろうことを理由にして警告するものであった。その内容は『電着塗料溶液を限外濾過（UF）や逆浸透（RO）などの膜分離技術を利用して処理することにより得られた糖化液により電着塗装後の被塗物を洗浄する方法によって、電着塗装工程をクロードシステムにして、汚染排水の削減と石油資源である塗料の回収を可能にする』とする時代のニーズを解決した重要な発明であった。この技術は今までのフォード社が供与していた一連の「アニオン電着塗装」の特許権には含まれていないものであった。そして日本特許を出願した8件（昭和45～47年）であり、アメリカ特許の優先権主張を武器にして日本の関係者に脅しを掛けたものであった。その頃日本でも既にアメリカの水処理メーカーのドルーオリバー社やベンチャー企業のアブコア社などが提供する膜分離モジュールを使用した装置による洗浄排水からの塗料の回収を行なう事例の情報が我々にも届いており、それらより効率的な分離膜の模索や、それを使用した工業化への試みを始めていた矢先のことであった。そこで各社はPPGの特許出願に対して異議申立を行なうなどの対抗策を講ずる一方、ホンダでは鉛蓄電池のセパレーター用に開発された湯浅電池製の「ユミクロン」を発掘して、アニオン電着塗装ラインで塗料の回収の工業化に努力しながら、長期間に及ぶ特許係争に突入したのを静観していた。

ところが驚いたことに、それから間もなく、従来から乗用車の下塗り塗装に定着していた「アニオン電着塗料」に替えて、PPG社が発明した耐食性と付き回り性が一段と向上した「カチオン電着塗料」への転換が続々と行なわれる変革の嵐が世界中を吹き荒れることになったのである。

それ故、日本の塗料メーカーもカチオン電着塗料の製造技術やそれに付随している隔膜式による電着溶液管理法などを含めた特許実施権を獲得しなければならない事態となり、先行して特許係争の起こっていた「膜分離技術による塗

料回収システム」も同時に取得する方が有利であろうと云うことになった。そこでPPG社からの技術供与を受けたのは以前から技術提携下にあった日本ペイントに続いて関西ペイント、日本油脂などであった。ただ神東塗料だけはオーストリアの樹脂メーカーであるピアノバ社（既にヘキスト系の傘下に入っている）からヘキスト系のカチオン電着塗料技術を導入していたから、塗料回収システムの実施権だけをユーザーの意向によって獲得したようであった。これは正にPPG社が描いたカチオン電着塗装の世界戦略のシナリオ通りに事は運んでいたと思われる。

今から考えると、PPG社のアニオン電着塗装に対する巻き返しの戦略は、単に電着塗料自身の開発だけに留まらず、フォード社の電着技術陣が手を染めていなかった周辺にあるニーズの解決策の研究を進める作戦であったと思われる。その一つは先に述べたUF膜などの膜分離技術を応用した電着塗装後の洗浄工程のクロード化であり、更に電着塗装作業の継続に従って電着溶液中に蓄積してくる有機酸イオンを系外に取り除くための「陽極隔膜法」を開発して採用している。それはアメリカのサイブロン社が開発したアニオン交換膜「IONAC MASTWU」を隔膜とした「隔膜式溶液管理法」を確立したのである。確かこのサイブロン社は1960年頃のアニオン電着の黎明（れいめい）期に、イギリスのICI社が発明した「KOH中和型アニオン電着塗料に使われた隔膜法」の隔膜を提供したことで知られていた。

これによって、カチオン電着塗料の製造技術、隔膜式電着溶液管理法、膜分離技術による洗浄工程のクロード化システムと塗料回収法ナドの特許権をひとまとめにしてカチオン電着塗料の製造を望む世界中の塗料メーカーにライセンスするという息の長い世界戦略であったのは全くの驚きであった。

ところで、このPPG社の特許とは一線を隔（へだ）てたものとして、ドイツのヘキスト系の「カチオン電着塗装法」があり、これは系列下の塗料メーカーであるハーバーツ社が欧州を中心に展開して、アメリカからのPPG社のカチオン電着塗装法と激しく競合していた。

この塗料の材質はPPG社と同様なエポキシ系樹脂を母体としたウレタン結合による硬化方

式であるが、配合されている硬化剤のジイソシアネート類の片側のイソシアネート基を予め主体樹脂と結合させたことが特徴であったと聞かされていた。これによってイソシアネート基をマスキングしているブロック剤が乾燥炉内で揮発する量はPPG社のカチオン電着塗料よりも少ないことから、乾燥炉内を汚染するポロポロとした「ヤニ」の発生量が少なく、それが塗料の加熱減量を少なくする利点も含めてセールスポイントとしていた。それに加えて、電着塗装作業の進行に伴って溶液中に蓄積してくる有機酸イオンを除去するために、予め中和度を低く設定した補給塗料によってそれらを中和させる「フィード法」を採用したこと、隔膜などの設備費用の節減と有機酸のリサイクルによる省資源にも役立つとされていた。そして、日本国内では神東塗料の「カチオン電着塗料」がヘキスト系の方式であったが、その理由は電着塗装の登場する前に自動車用下塗り塗料の主流であった水溶性下塗り塗料の時代まで遡（さかのぼ）らねばならない。その当時神東塗料は世界的に知られた水溶性樹脂「レジドロール」を製造していたオーストリアのピアノバ社からその技術を導入して製造した水溶性下塗り塗料「エスピア」が大成功を納めた。それに続いて登場して来たアニオン電着塗料、そしてカチオン電着塗料についても同様に技術提携関係を続けていたし、逆に厚膜カチオン電着塗料である「粉体電着塗装技術」を彼らに技術輸出していたし、その後ピアノバ社がドイツの大化学会社であるヘキスト社の傘下に組み込まれたことからヘキスト系の塗料メーカーであるハーバーツ社との提携関係になっている。いずれにせよ1980年半ばには神東塗料もPPG社のカチオン電着塗装の特許実施権を取得したと聞いている。その理由は自動車メーカーの要請もあったであろうが、液管理の観点からフィード法に何らかの不具合が生じていたのではなかろうかと推定しているのだが。

2) GM社の先駆的な乗用車防錆戦略

実のところ、私はアメリカのPPG社が防錆力の優れたカチオン電着塗料の開発に成功した「いきさつ」は殆ど知らない。その当時の私は乗用車の外板の下塗り塗装として全盛であった「アニオン電着塗装」に見切りを付けて、車

体外板の下／中塗り兼用の塗装としてエポキシ系粉体塗料の静電塗装を実用化したり、続いてエポキシ系樹脂をウレタン結合で硬化させる粉体塗料を用いた「粉体電着塗装（EPC）」の実用化に傾倒していたこともあって、PPG社の「カチオン電着塗料」の動静には余りにも疎（うと）かった。それに加えて、アニオン電着塗料の導入時代から現在に至るまで変わらない神東塗料とホンダとの密月関係が続いていたこともあって、いち早くPPG社の「カチオン電着塗料」を国産化を果たした日本ペイントもホンダへのアプローチも余り意欲的とは云えなかった。更に不幸なことに、ホンダに対する塗料ディーラーであるU社はホンダ浜松製作所でアニオン電着塗装の導入から神東塗料と苦勞していたが、ある時、事もあろうに日本ペイントの全ホンダへのディーラー権を取得したから日本ペイントのカチオン電着塗料の技術紹介や営業活動を疎遠なものとしてしまったと思われる。

私が始めてPPGのカチオン電着塗料に真剣に注目したのは昭和40年代の末頃のことであろうか、アメリカホンダの四輪サービス技術者の岡部さんが私に送ってくれた一ページ大の新車広告を載せた新聞を眼にしたからである。それにはGM社のシボレー部門が製造している小型乗用車「シベット（Chevette）」の防錆品質向上をPRしていたのであった。そこには、①車体の下回りには溶融亜鉛めっき鋼板（ガルバナイズド）の採用。

②車体外板の内側からの孔開き腐食対策にはジंकリッチ塗装鋼板「ジंकロメタル」の採用で、フード、クォーターパネル、サイド、下部、ドアすきんばねなどに適用している。

これは鋼板の裏面に強力な防錆力を発揮する「亜鉛末－クロム酸溶液」を塗布して熱処理して鉄に密着した下地処理膜であり、その上に線状エポキシ樹脂と亜鉛末を主体とする焼き付け型ジंकリッチ塗装を施した新開発の防錆鋼板であった。ここに配合された亜鉛末は鉄との直接接触がないので腐食電池を構成しにくく、クロム酸で不動態化され、またはエポキシ樹脂で保護されていることから亜鉛の消耗も少なく防錆受描画期待できるとなっている。③現在、他社で自動車ボディーの下塗りに使用しているアニオン電着塗装よりも更に強力な防錆力がえら

れる新開発の「カチオン電着塗装法」を採用、④従来販売店で施していた車体下面のアンダーコート塗布を廃止し、工場の責任でアンダーコート＋防錆油塗布を実施する、などが主な戦略の内容であった。

今まで競争相手であるフォード社が発明した「アニオン電着塗装法」が世界に普及しているにも拘らずその採用を拒んで来たGM社がそれに対抗していた塗料メーカーのPPG社の発明した「カチオン電着塗装法」を第1番目に採用したのであった。今までフォード社がPRしていた「乗用車々体の隅々まで塗り残しなしに外板面と同様な下塗り塗膜が自動的に形成され、それ故に車体の裏側からの孔開き腐食を抑制することにより車全体の防錆レベルアップする」との意見に対抗して、GM社では水溶性下塗り塗料の浸漬塗装が十分に塗装されない個所には事前にジंकリッチプライマーを塗装して対応していたのであった。しかしGM社はそれらの作業の品質の信頼性が低いことに悩まされていたが今度の新しい防錆戦略はこれらの危惧（きぐ）を一掃するものであったと言えるであろう。それに加えて今回採用したカチオン電着塗料は化成皮膜のない裸鋼板でも良好な防食性を示したこともあり、GM社はこの防錆戦略では車体の前処理方法には従来から採用している標準的な「クロムリンス（受動態化）処理」が付属しているスプレー式リン酸亜鉛皮膜処理法がそのまま継続された。今回はクライスラー社の「ハーフデップ式処理法」やドイツのBMW社の「フェルターク式縦吊り浸漬処理法」などの狙った車体の隅々まで化成皮膜を形成させる狙いはGM社にとって裸鋼板の上でも耐食性が良好なカチオン電着塗料と強力な防錆鋼板の採用で不要になっていたからである。

このような積極的な防錆品質向上をGM社が実行する背景には、当時のラルフ・ネーダー氏が指導する消費者運動の矛先（ほこさき）が今まで吹き荒れていた「クルマの安全問題」から「クルマの腐食による商品性の損害にむかってくることを察知したからであり、また顧客様自身のクルマが他のクルマに比べて不当に錆寿命が短いことを自覚したり、または他の顧客がクルマのディーラーから特別な無償サービスを受けた事実を知った場合などに行政の消費者苦情窓口はその不公正さを訴える行動に向う事例を

十分見通していたからであろう。

これに対応する戦略的な車体腐食防止の決め手とは『新開発の防錆鋼板である「ジンクロメタル」とこれもまた新開発の「カチオン電着塗装」の採用』とする大キャンペーンを始めることになった。この防錆戦略が図に当たると、アニオン電着塗装の元祖であるフォード社は何の拘りもみせずカチオン電着塗装への切替えを断行してしまったことは彼ら自身がアニオン電着塗膜の限界を認めていたことに他ならない。そしてGM社と共にアニオン電着塗装の採用を拒んでいたクライスラー社もこの戦略に追従したことは勿論である。そしてこの戦略は爆発的な速さで世界中の自動車ラインにインパクトを与え、特に従来からのアニオン電着塗装法を駆逐する有り様はすぎまじかったの一言に尽きるのであった。

この優れたカチオン電着塗料ではあったがよいことばかりではなかった。その第一には塗膜面が素地に達するような傷を受けると、その傷から発生した錆はアニオン電着塗膜のように水平に拡がらずに顧客様の気が付かないうちに鋼板を深く腐食させるから、いずれ孔食を作ったりして補修を面倒にすることが懸念されるようになってきた。この対策には外販の鋼板面にも亜鉛のような擬製防食性を持たせる必要性が議論されるのは次の時代のテーマである。

4. 日本製輸出車を襲った「かさぶた腐食（スキャブ コロージョン）」

1) 欧州からの奇妙な錆苦情の発生

国内への「カチオン電着塗装」の普及は先ず以前からPPG社との技術提携関係にあった日本ペイントがいち早く国産化に成功した。そして品川工場に設けた実車スケールのカチオン電着実証塗装実験施設を活用した委託テストを通じてPRしたことから1977年10月に最初の量産塗装ラインで稼働が開始した。それより少し遅れてアニオン電着塗料をリードして来た神東塗料は水溶性樹脂の導入以来の技術提携関係にあるオーストリアのピアノバ社が開発したヘキスト社系のカチオン電着塗料を国産化して自社のアニオン電着塗料を納入している塗装ラインに導入する事を全力で進めた。つづいて自社技術で開発したカチオン電着塗料を標榜（ひょうば

う）していた関西ペイントもカチオン化戦列に参加していた。この激しいカチオン電着化の波の中では日本ペイントの躍進振りはめざましかった。

一方、いずれの自動車メーカーも輸出車の防錆力の強化を期してアニオン電着塗料のカチオン電着塗料への転換を急いでいたから、日本のカチオン化は一気に進むことになった。

私の記憶に残っている日本ペイントのカチオン電着塗料の印象は、その頃埼玉県和光市にあったホンダ技術研究所材料研究ブロックの藤森義次さんの所で連続塩水噴霧試験を約千時間行なったテストパネルを見せてもらった時のことで、確か素地に達するクロスカット傷からの錆の進展は片側0.5mm以下であり、その上素地鋼板に化成処理をおこなわない裸鋼板に直接塗装したのも驚異的な防錆力であったのも額面通りであった。この耐食性と二次物性の強さを発揮する根源は使用している塗膜の主要成分がエポキシ樹脂をウレタン結合した重合体であることが支配的なのか、または電着初期に被塗物面に酸性の接近層を生ずるアニオン電着性ではなく、アルカリ性の接近層が生ずるカチオン電着性であるために、鋼板や化成皮膜に影響を与えないのが支配的なのか、どちらなのかは実験的には把握してはいなかった。

そこでホンダのカチオン化の経過を示すこととしよう。先ず1977年の狭山No.1 塗装ラインではカチオン電着塗装法の一つである粉体電着塗装（EPC）が神東塗料によって開発され実用化を踏み出していた。そして早くも翌年にはそのリバース式アニオン電着塗料に替えて神東塗料のフィード式補給法のカチオン電着塗料が建浴された。しかし、残念ながら粉体電着工程は1980年に日本ペイントの供給するホリエステル系の粉体塗料を静電塗装する方式に変更してしまったことは前の第8部で述べたところである。次いで1979年にホンダ鈴鹿製作所の輸出車製造の主力ラインであるNo.2 塗装ラインに使用され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と技術提携、その後神東塗料に吸収合併された）製のアニオン電着塗料を神東塗料のヘキスト系の「カチオン電着塗料」に切り替えたのであったが、1981年には日本ペイントのカチオン電着塗料に再び変更さ

せられた。そして鈴鹿のNo.1 塗装ラインの軽トラック用塗装ラインが小型乗用車用へ改革する際には日本ペイントが強くホンダに提唱していた前処理を含む下塗り塗装を一貫品質保証体制を初めて受け入れることになり「日本ペイントACP部の「フルデップ式処理」の塗装前処理+日本ペイントのカチオン電着塗装」を採用した。やがて1980年には最後まで残っていた狭山のNo.2ラインの粉体静電塗装後のリバース式電着塗装に関西ペイントの「カチオン電着塗料」が登場し、1984年に完成した八千代工業四日市製作所のホンダの軽トラック塗装ラインには関西ペイントのカチオン電着塗装が3C3B塗装システムの下塗りとして採用された。これでホンダのカチオン化はひとまず完了した。

当時、既に欧州に輸出され販売されてしまった初期のクルマには欧州行き輸送の混載貨物船での荷役作業による外傷、装飾部品の取り付け作業による外傷、装飾部品と車体との接触による腐食、車体板金部品のエッジ部からの錆などの初歩的問題が原因となって下塗りのアニオン電着塗膜がダメージを受けて耐食性の低さも露呈して錆の拡がりが目立ってしまった。それによって「日本車は錆易い」との防錆品質の悪さが評判になり、それらの錆は不名誉な「ジャパニーズラスト」と呼ばれるレッテルを貼られる始末であった。しかし各自動車メーカーは独自の防錆対策を競って実施を重ねていたし、一方、欧州行の輸送も自動車専用運搬船を共同で就航させるなどの努力を続けた甲斐（かい）もあって錆の苦情も次第に鎮静化への道を進んでいた。

そのような時期に、防錆力の不足しているアニオン電着塗料に替えて防錆力の優ぐれたカチオン電着塗料の下塗りを施したクルマが防錆対策車として続々と出荷されるようになった。これによって今まで苦勞してきた錆の苦情から開放されることを誰もが期待したのは当然のことであった。しかし不幸なことにその期待はたちまち脆（もろ）くも裏切られる運命となってしまったのだった。

それはカチオン電着塗装を下塗りに適用した日本製のクルマが塩害腐食環境の激しい欧州に販売されて、ひと冬走行したクルマの車体外板の塗装面に今まで見たことのない異様な瘤（こぶ）状の錆が数か所程度発生するものであった。

これは「おでき」の「かさぶた」のように見えたことから「スキップ コロージョン（かさぶた腐食）」と呼ばれるようになった。

また不思議なことに、この種の錆を現地製のクルマに発見することは難しく、もっぱらメーカーを問わずに日本製のクルマに特有の現象であったから、以前から使われていた不名誉な防錆品質の弱さの代名詞である「ジャパニーズラスト」が人々の口に再び登場するようになってしまった。

そこで、この事態に直面していた現地からの報告によれば、「この形態の腐食が日本からの輸入車に特有な錆であること」が強烈なインパクトを国内の関係者にもたらしたのであった。

2) 塗装プロセスの彼我比較と腐食の再現方法

そこで日本の自動車メーカーのビッグツウであるトヨタ自工と日産自動車がそれぞれ主宰して製鉄などの素材メーカーの研究所、前処理プロセスメーカー、電着塗料メーカーなどの関連業界の技術者や研究者を糾合（きゆうごう）した現地調査団を欧米に派遣して、現状の把握と素材鋼板や塗料材料を含めた塗装プロセスの彼我比較調査を精力的に行っていた。一方では、並行して従来からの連続塩水噴霧試験では経験したことのない「スキップ コロージョン」を再現できる促進腐食試験法を模索することによりその発生原因追及と対応策を進める目的でそれぞれが共同研究体制を進めることになった。

先ずそこで得られた彼我比較を述べて見る。

①：日本では車体外板には“片面”亜鉛めっき鋼板の類（たぐい）が多用されていた。この防錆鋼板の初期には、外面に当たる“鋼板面”を作るための亜鉛めっき層を除去する作業の影響により、その後に行なわれる塗装前処理の皮膜形成性が決して良好とは云えない状態のものもあった。そこで素地エッチング製を強化した化成皮膜処理液が開発されている。しかし欧米ではこのタイプの防錆鋼板の使用例はすくなく、鋼板か、または片面ジंकリッチ塗装鋼板「ジंकロメタル」や溶融亜鉛めっき鋼板などが仕様されていた。

②：欧米では塗装前処理工程に入る直前で、ケロシンなどの有機溶剤を用いたブラシ洗

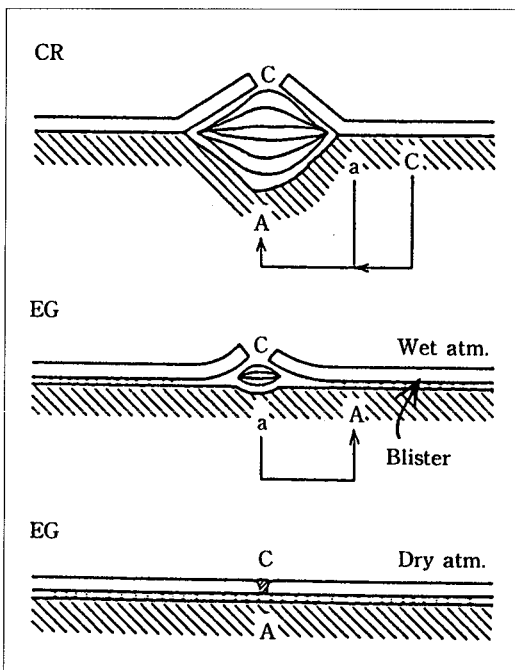
浄、またはウエス布による清拭(せいしき)などを行ない車体外板の鋼板面の汚染物(グラファイトなど)を取り除く工程が設けられていた。

- ③：欧米の標準化された前処理工程の最終工程には「クロムリンス処理」が必ず設けられていた。この目的は化成皮膜の形成が悪い個所の極端な耐食性の低下を救済する、または亜鉛めっき層の上の塗膜の温水浸漬二次密着性の低下を防止するなどが挙げられている。日本では殆どのラインがこの工程を省略している。また排水を直接下水道に放流するためにイギリスでは三価クロム化合物を用いたクロムリンスが行われていた。
- ④：欧米では塗装前処理皮膜の水切り乾燥を行なう熱風乾燥炉が設けられている場合が多く見受けられる。日本では水切り乾燥を省略している事例がすくなくない。
- ⑤：欧米のカチオン電着塗料には鉛化合物の配合率が日本より高いように思われる。その証拠には、PPG社の提供するカチオン電着塗装の技術資料に記載されている洗浄工程をクロード化する為に設けられている電着液のを限外濾過装置から得られる透過溶液中に含まれる鉛が約800ppmの高濃度で存在することから明らかではなかろうか。

そしてこれらに対する塗装技術者の是正行動もそれぞれの会社の置かれた事情によってまちまちであるものの遅々として進められたのが実情である。当初、この「スキャブ コロージョン」に成長する発端(ほったん)は塗膜が受けた跳び石などによるチッピングダメージの微細なクラックや目だたない外傷であって、北欧のバルト海に面したオランダなどの湿度の高い厳しい腐食環境によって進展したものと推測していた。そこで「スキャブ コロージョン」を再現する為の研究に際して、テストパネルの塗膜に傷の程度を幅広く付ける方法として、トヨタ自工では「矢じり法」を、日産自動車では「ダイヤモンドショット法」を開発して腐食の再現に努力していた。

また、多くの錆を調べていると中には塗膜が膨(ふく)らんでいるけれども外傷を発見できない事例が多く存在していることが判明してき

た。そこで浮上してきた仮説としては、この腐食の発生の数や密度などの形態から、塗膜全面の問題というよりは、傷がなくても鋼板素地面や前処理皮膜などの下地の一部の局所的個所に何らかの原因が存在することによって「塗膜下腐食」が生ずるであろうとの見解が出るようになった。それを助長する考えかたには密着性の優ぐれた、しかも強靱(きょうじん)な物性を持ったカチオン電着塗膜であるからこそ塗膜と素地との間に異常点が存在すれば「塗膜下腐食」となるのであろう。



スキャブ コロージョンの断面構造

【注】冷延鋼板上に発生したスキャブ コロージョンのモデル。矢印はガルバニック電流の方向を示す。

その欠陥の例として前処理皮膜の中に存在することもある「ボイド」と呼ばれるリン酸亜鉛結晶の形成が悪く粗雑な個所などが挙げられた。さて、腐食を再現するための促進腐食試験モードの検討が進められていた。それには欧米で最も腐食問題の激しいと言われる北欧のバルト海に面したオランダなどの国々や、北米では大西洋岸の多霧地帯で知られるカナダのノバスコシア地方などで使用されているクルマがさらされている環境条件を模擬したり、それに加えて1970年代から既にクルマの塩害腐食試験とし

てフォード社が実施していた“APG（アリゾナ プルービング グランド）腐食テストなどの情報を参考にしていたと思われる。これは高速周回コースを持った実証試験場（ブルービングランド）に付属したクルマの環境試験装置を使用してクルマを走行と腐食試験の組み合わせで行なう試験法であり、その腐食環境を作る設備には塩水噴霧試験や、多湿冷寒や暖房した車庫内を模した高音多湿などが用意されている。また当時、遅ればせながら国内でも同様な施設の建設と運用の動きが活発になってきていた。そして生まれたのが、塩水噴霧試験に加えて温度／湿度を変化させた環境に放置するソーク時間との組み合わせで一日の試験サイクルモードを作成し、これを繰り返す方法を試行錯誤しながら再現条件を模索する大規模な実験が進められた。そして得られた試験法は「複合サイクル促進腐食試験」として確立された。

私がアメリカから帰国して間もなく日本パーカーライジング池上研究所に居られた技術課長の田辺国昭さんに招かれて、研究所の一角で行なわれていた膨大な腐食試験の状況を見せてもらい、最早連続塩水噴霧試験だけを頼った自動車外板塗装面の耐食性を評価することは時代遅れあることを認識させられた。この複合サイクル腐食試験には冷熱乾湿露囲気を提供する高価なキャビネットが必要であった。そこで塗装の現場にこの試験設備を整えることは難しかったので、塗装ラインの防錆品質の変動を把握するための簡便方法としてホンダ技術研究所材料研究ブロックの小松泰典さんが試みていた簡便法の「スキップC法」を採用することにした。これは塩水浸漬と降雨を避けた通風のある屋外放置を繰り返す方法であり、試験を行なった季節によって試験サイクル数の補正が必要であったが予備テストにも重宝された。

3) カチオン電着における前処理皮膜の溶出現象

話は二十数年前に遡（さかのぼ）るが、アニオン電着塗装が自動車車体の下塗りに実用化されたばかりの頃のことである。車体の外板上に析出したアニオン電着塗膜には膜厚の筋目状の凹凸が素材鋼板の製造時の冷延ロール方向と平行に出来ることが時折あり、これが発生すると何百台のクルマの特定の部品が外観上の大問題

となっていた。我々の実験で得た推測は製鋼作業中で不純物スラグや脱酸材のアルミニウム化合物などが混入した原板が冷間圧延された際に鋼板表面に現れて来たのであろうとの疑念であった。この外観不良を修正するための人手の供出を製鉄メーカーに要請したりしていた。そのような電着塗装を施してから判明してくる鋼板表面の品質不良に降り懸かった疑念を晴らす為にアニオン電着塗装の析出メカニズムの解明が待たれていた。この問題に直面されていたのが川崎市にあった八幡製鉄所の利用研究所の前田重義さんであった。やがて、その研究の成果が学会誌や講習会で発表され、その知見は我々塗装技術者に多くの示唆を与えてくれていたことが思い出される。

その後にカチオン電着塗装が普及してから業会を苦しめた「スキップ コロージョン」という日本からの輸出車に特有な腐食問題が発生したこともあって、前田さんは再びカチオン電着塗装の析出メカニズムの解明を行なって、素地鋼板への疑いを払拭しようとしていたのであろうか。そしてこの研究は昭和57（1982）年の「防食技術」誌上の「カチオン電着塗膜の耐水密着性支配因子」が発表される迄に他の多くの知見が提供された。

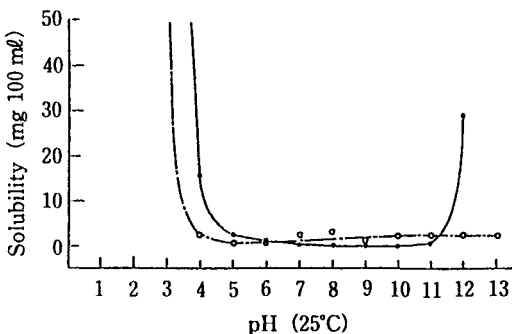
また、これに前後して電着塗料を営業していない大日本塗料の技術部長であった永田工さんが研究されていたアニオン電着塗膜のウイークポイント、そして新しいカチオン電着塗膜への防錆性能への懸念などの当事者では公言が難しい厳しい現実を「電着塗装工程とスキップコロージョン」（色材、53巻、8号、1980）、「電着塗装法とスキップコロージョン」（塗装工学、15巻、2～3号、1980）、「スキップコロージョンに及ぼす表面処理剤とプライマーの影響」（色材、54巻、1号、1981）などに発表された。これらは我々自動車塗装技術者に強烈なインパクトを与えると同時に啓蒙をしてくれたことは忘れてはなるまい。これらの知見が腐食の抜本的な解決策の構築に対して多大な貢献を頂いたと思っている。

それによれば、カチオン電着塗装の通電開始直後から電着塗料樹脂イオンが陰極である被塗物面に析出（勿論被塗物接近層が樹脂を凝固させるPHに達しているひつようがあるが）するまでの電着初期時間帯では電流の殆どは水の電

気分解に費（つい）やされており、水素イオンは被塗物表面で放電し水素ガスとなって系外に放散する一方、被塗物近傍に残った水酸イオンが蓄積して次第にpHが上昇し、強アルカリ性の電解液層を形成することが確かめられた。

また、当時世界の自動車塗装ラインにおける塗装前処理によって形成される化成皮膜結晶の大半は「ホパイト型」であった。この結晶は耐アルカリ性が弱かったから先の強アルカリ性の電界液層と接触するとその一部は溶解されるダメージを受けることが判明した。そして広い面積を持つ車体の外板の鋼板面には金相学的な不純物や溶解性の小さいマルテンサイトの偏析、またはグラファイトなどの異物の付着などによる顕微鏡的な局所的な化成皮膜結晶の形成の悪い個所が在することがあり、これは「ボイド」と呼ばれる塗装前処理のウィークポイントである。ここでは結晶皮膜が薄かったり、結晶が粗雑だったりするから見かけの電気抵抗は他の正常な個所に比べて小さくなり、印加電圧によって電流の集中が起ったとすればそこではより強いアルカリ性雰囲気形成されるから一層リン酸亜鉛結晶が溶出するという悪循環に陥ると考えられる。このようにして「ボイド」が塗膜下腐食の起点となって、オランダなどの湿度の高く激しい塩害腐食環境では局部腐食が発現して「スキップ コロージョン」まで進展するものと考えられた。そして大きな努力によって確立した「スキップ コロージョン」を再現する腐食試験によってこの解釈がほぼ証明されたのである。

このような観点から分析すれば、欧米の自動車塗装ラインに設けられている塗装前処理の標



二種類のリン酸亜鉛結晶のアルカリ溶解度の測定

【注】○：Phosphophyllite、●：Hopite

準システムでは工程の終末には「クロムリンス処理」が必ず付属しており、その効用は特にこのボイドの耐食性の急激な低下を救済する効果が期待されているが、日本では種々の理由によりこの「クロムリンス処理」は随分昔から省略されているのが実態であることから「スキップコロージョン」が日本製輸出車の専売特許となっている原因のひとつとも考えてもよいのではなからうか。

4) 対症療法か根治療法かの苦渋の選択

「スキップコロージョン」の対症療法としては現地調査団が明らかにした欧米と日本国内との素材鋼板を含めた装プロセスの彼我比較から得られた結果を是正する行動を実施することにほかならない。しかしそれには、防錆鋼板の再選定、前処理の前の車体表面の溶剤清掃、「クロムリンス処理」工程の追加、前処理後の水切り乾燥の実施、カチオン電着塗料の見直しなどの実施にはそれぞれが異なった障害を解決しなければならないから、それを出来るものから順時実行に移す方策を採用していた。この項目の中でも最も有効と思われ「クロムリンス処理」の実施には日本の社会的事情によってクロム酸や鉛化合物などが公害の元凶（げんきょう）とする社会のアレルギー状態のために実施を目指した塗装技術者は見当たらなかった。

なかでも積極的な例には、トヨタ自工が前処理ラインの先頭にボディの鋼板表面を強力な自動洗車ブラッシングを行って「溶剤ワイピングもどき」の予備洗浄を追加する指示を全工場に出したとの噂が知られている。これこそ鋼板表面の汚染物を機械的に取り除く目的であることは明らかである。

一方、誰が考えても最も有効な根治療法としての手段は耐アルカリ溶解性の優ぐれた化成皮膜結晶を緻密に皮膜重量を十分に、しかもボイドなどのウィークポイントの発生を抑えて処理が可能な新しい前処理プロセスの開発を望むものであった。その為には鋼板表面の化成処理性の向上と並んで化成処理液の反応性の強化などの手法は勿論考慮されていたであろう。これにいち早く取り組んだのは「クロムリンス処理」や「水切り乾燥」などを採用しないで、防錆鋼板の変更も行わずに塗装前処理の本質を改善して経済性を維持できる抜本的な対策を強く志

向していたのはとりわけトヨタ自工であったことが知られている。そして「トヨタ自工—日本パーカーライジング」の共同研究から鉄鋼板専用の耐アルカリ製リン酸亜鉛結晶皮膜処理法が成功を納める一方、それに数年遅れて鋼板にも亜鉛めっきにも万能な新しい三元金属によるリン酸亜鉛被膜処理プロセスが登場することになる。このいずれもが「クロムリンス処理」と化成皮膜の「水切乾燥」が不要な点では共通して全く日本的な革新技術であると言えるだろう。

5) 世界へ発信したカチオン電着塗装用の新前処理技術

「スキャブ コロージョン」の正体が次第に明らかになってくるにつれて、先ず耐アルカリ溶解性の優ぐれた化成皮膜結晶の発見に努力している前処理プロセスメーカーの成果に塗装技術者の期待が高まってきていた。ここでは少し長いスパンの期間を考えてこの新しい技術の誕生への経過について話を進めたい。しかし我々日本の自動車塗装技術者が「スキャブ コロージョン」の解消に奔走している間に欧米の自動車メーカーでは車体の外板鋼板の塗装面にも亜鉛の擬製防食性を与えるための両面防錆鋼板の技術的検討が進められた。この訳は、欧米の塩害地では近年ますます激しくなってきた自動車が跳(は)ね飛ばす岩塩や碎石が高速で走って来る他の自動車の塗装面を直撃してチップングダメージを与え、それが放置されると腐食が進行して外側から穴開き腐食を起す危惧(きぐ)が議論されたからである。

その理由のひとつにはカチオン電着塗膜は一旦傷が素材に到達すると、そこで発生する腐食は水平に拡がらずに素地鋼板を深さ方向に進行する傾向を察知していたからでもある。そこで、この問題は塗装前処理技術とも強く関連があり、しかも日本ではこの問題とスキャブ コロージョンの抜本的な対策とが並行して進められることになるのだが、話を明快にさせるために「ここでは「スキャブコロージョン」対策のための日本的塗装前処理技術に限って取り上げることにする。

(1) 「トヨタ自工—日本パーカーライジング」共同研究の成功

「スキャブ コロージョン」の対症療法のな

かでも有効であろうと思われる前処理工程に「クロムリンス処理」を追加する手段を好まない業界関係者の選んだ道は、先ず多く存在する亜鉛系リン酸塩結晶の中から結晶自身の耐アルカリ溶解性が優ぐれているものを発見し、その皮膜結晶を形成できる処理薬液と処理方法を開発することに集中していた。それと同時に、化成皮膜の局所的なウィークポイントである「ボイド」の発生を抑えることにも配慮を払っていた。この「ボイド」は被処理物の鋼板表面の不均一性が原因となってリン酸亜鉛結晶の形成が乱れて薄膜や粗雑になる局所的な欠点である。そしてこの欠点の解消には製鉄メーカーと前処理プロセスメーカーの両面からの対策が求められていた。

その先鋒は「トヨタ自工—日本パーカーライジング」の共同研究チームであった。

先ず耐アルカリ溶解性の強い亜鉛系リン酸塩結晶を種々の化成処理皮膜の中から検索した末に発見したのは今までの「ホパイト」型結晶の中の亜鉛の一部を鉄に置き替えた形式の結晶「フォスフォフェライト」であった。そしてこの結晶型を従来の「ホパイト」を主体とする皮膜の中に出るだけ多く含ませることの可能な処理条件の開発に精を出していた。そして鋼板面が処理液に濡た瞬間に溶出してくる鉄イオンを素早く形成中の結晶に取り込ませるメカニズムの追究を始めていた。

ここで当時日本パーカーライジング総合研究所の自動車技術室長をされていた置田宏さんが1980年9月に色材協会名古屋支部が主宰した「カチオン電着塗装シンポジウム」で述べられているこの技術的な見解を引用させて頂くとする。そう言えば私が昭和40年代の初めにホンダ狭山工場「軽トラック用のワンコート上塗りアクリル系電着塗装」を石産ペイント(酸化チタン顔料メーカー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と技術提携していた)との共同開発中に新鋭の塗料技術者として紹介されたことが懐かしく思い出される。

さてこの耐アルカリ溶解性の優ぐれた結晶の含有率を“P比(%)”と呼んで重要な指標とすることを提唱しており、スプレー+フラッド(車体床面を処理液で溢れさせる)式処理は50~70%、スプレー+ハーブデップ式処理は60~

80%、フルデップ式処理は95%以上であること、そして“p比”が高くなると「クロムリンス処理」の効果が顕著でなくなることも判明し、特にスプレー式処理液をデップ式処理に使用しても目標の性能が発揮できないことも付け加えている。

そして、結晶の形成が緻密で十分な皮膜重量が得られ、更に「ボイド」などの発生を抑制できる均一処理性を確保することなどの観点を工夫して反応性の高いフッ素化合物を高濃度に添加したフルデップ処理用処理液が完成したのである。

この処理方式の最初の難点は長大な浸漬処理用設備への変更の大変さであり、そして次に車体の一部を構成している亜鉛めっきを施した防錆鋼板ではその表面に「鉄分」が存在しないので形成する化成皮膜結晶は従来からの耐アルカリ溶解性の弱い「ホバイト」型となる問題であった。特に後者の問題は結晶上に塗装したカチオン電着塗膜は温水浸漬二次密着性のレベルが低いことが認められ、これは従来と同様な現象であるが、現在車体に適用される亜鉛めっきの面積が拡大しつつある傾向からこの問題を無視するのは得策でないとの技術的判断であろう。これこそ欧米で常識となっている前処理に付属している「クロムリンス処理」が威力を発揮しているところであることは承知の上のことであったに違いないと思われる。

当時、トヨタ自工では既に車体外板の裏面には耐腐食性の良好な鉄20%程度の亜鉛リッチな鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板を開発して採用していたが、この技術の流れを継続するためにこのめっき層の上に重ねて鉄>80%程度の鉄リッチな鉄—亜鉛合金電気めっき層を薄く施した「片面複層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板」を実用化することに成功した。これにより車体全面への塗装前処理は「スシャブ コロージョン」対策を行ない、そして亜鉛めっき面での温水浸漬二次密着性の維持も可能になり、更に将来の車体外面への亜鉛の擬製防食性を求めた場合には「両面副葬鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板」の適用準備も完成させたことになる。

この防錆鋼板の開発は新日鐵名古屋製鉄所との共同研究によって実現したもので、新鋭の高速電気亜鉛めっきラインが同書に完成するに及んで広く市場の要請にも応じられる体制が整え

られ新防錆鋼板「エクセライト」と命名されて販売された。

この前処理方式の大きな特徴は何と言っても、このプロセスでは高価なしかも健康に有害性を指摘されている重金属類（ニッケル、マンガ、クロム）などを極力使用しない方向を選択したことであり、その代償として防錆鋼板には「エクセライト」の使用が必須となったのであった。この選択は1990年代の産業界に求められている環境保全政策の一つとして求められている「製品の製造過程から寿命が尽きて廃却に至る迄に環境に与えた影響を最小化する努力」に対応を容易にさせる特徴が評価される。また世界的に活動が盛んになってきている国際標準化機構の提唱している“ISO14000（環境管理システム）”を進める企業に取っても朗報と言えるであろう。

最後に、この自動車塗装の下塗りプロセスを防錆鋼板も含めて総合的に再評価すれば、この経済性の高さと環境影響の低さが浮き彫りになるはずであり、最も称賛するところである。

さて、ホンダでは今まで車体の隅々まで化成皮膜を形成させる目的で「スプレー+ハーフデップ式処理法」が採用されてきたが、今回の技術が公表されると均一性の高く緻密で皮膜十面を確保する化成皮膜の性能改革を目指した「フルデップ式処理法」への転換をすることとし、そして新設する塗装前処理ラインには「フルデップ式処理」を採用する基本合意が成立したのであった。そして鈴鹿製作所で稼動している「スプレー+ハーフデップ式処理のNo.2ラインの変更と、No.1ラインの「フルデップ式処理」への更新により二ラインが日本ペイントACP部が提供していることは別として、1980年に富岡義雄さんのチームが計画し、1982年に操業を開始したアメリカオハイオ乗用車工場のNo.1塗装ラインには高P比の得られる「フルデップ式処理報」の塗装前処理プロセスがホンダで初めて採用された。それは日本パーカーライジングからアメリカパーカー社にこの技術を移転した上で、日本からの支援を受けて成功裏にスタートした。しかしアメリカではこの処理法に適合する防錆鋼板である「エクセライト」を採用しない方針であったから、亜鉛めっき層の上のカチオン電着塗膜の温水浸漬二次密着性のレベルを確保する目的と、そして現地調達で冷延鋼板

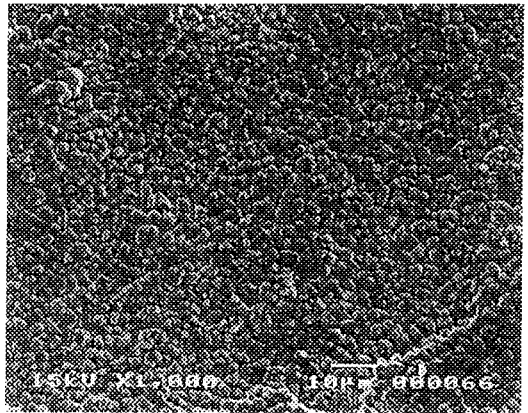
の表面品質レベルが覚つかないことから仮りに「ボイド」などの弱点が発生した際の救済策を兼ねて、アメリカの自動車塗装の前処理の“State of Arts”（技術の現状）となっている「クロムリンス処理」を採用したのであった。

やがて1986年になると狭山工場でも最高級乗用車「ホンダ レジェンド」の生産開始に合わせて塗装プロセスを更新したNo.2 塗装ラインが完成した。ここでの前処理プロセスには引き続いてアメリカオハイオ工場と同様の方式が採用された。そしてここでは従来から採用してきた防錆鋼板の片面亜鉛電気めっき鋼板を取替えてこの処理方式に適合する防錆鋼板「エクセライト」に変更することはしなかった。その理由は我々が以前から車体外板の塗装面にも亜鉛の擬製防食性が求められる事態に近い将来に到来するであろうから、既にアメリカで採用されていて国際的に通用する「両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板」採用の志向を固めていたからである。そこで懸案の亜鉛めっき層上に施したカチオン電着塗膜の耐温水浸漬二次密着性の低下を防ぐ為には、この塗装ラインが海外工場のマザーラインとしての使命を理由にしてオハイオ工場と同様に「クロムリンス処理」を導入している。

このラインが過当してから1年ほど経過した頃、このフルデップ処理用処理液の反応性の強さを証明する事件が起こった。それはこのラインで正常に処理皮膜が形成されている新日鐵製の片面電気めっき鋼板でプレスされたボンネット部品を「ホンダ レジェンド」の委託生産を依頼しているイギリスのBL（ブリテッシュレイランド）社のARG（オースチン ローバーグループ）のオックスフォード工場にあるパイレン社（アメリカのパーカー プロセスの提携会社）が提供している「スプレー+ハーフデップ式処理」の化成皮膜処理を行なったところ皮膜の形成が薄く使用に耐えない状態であった。この部品の鋼板面を研磨紙を使って機械的に研磨してから再度化成処理を試みたところ、皮膜の形成が正常の状態に戻すことができたのであった。この事実から、狭山工場におけるこの処理液の均一処理性の強さを確保する為の工夫がなされていることを改めて認識した事件であった。

終わりに当時の塗装品質を担当していた狭山の浜中辰彦さんの言によれば下/中塗り兼用、

静電粉体塗料を採用していた狭山No.2 塗装ラインでは日本パーカーライジングが提供している「スプレー+フラッド式処理」ラインでも高P比を狙って研究が進められ、「フルデップ式処理法」には負けるものの内部凝集力の大きな粉体塗料塗膜の耐食性試験での密着性工場に大きな貢献を果たしたことを力説していたことを強く記憶している。



【注】液：PB-3004、素材：SPC



【注】液：PB-3004、素材：亜鉛めっき（GA）

新しいカチオン電着用リン酸皮膜処理の結晶

（2）防錆鋼板を選ばないカチオン電着用前処理法の登場

この頃国内でのカチオン電着塗装用の前処理法として海外の塩害地の腐食環境に耐えうるものは鉄鋼素地用としては「トヨタ-日本パーカーライジング」が共同で開発した素材から溶出した鉄イオンを多量に結晶に取り込んだ耐アルカリ性の強い皮膜を得られるフルデップ式の前処理法が唯一であった。そのために車体に使用

する鋼板は鋼板かまたは亜鉛めっき鋼板の上に鉄めっきを施した特別な亜鉛めっきの鋼板の使用が必須である点が弱点であった。一方では前処理プロセスメーカーに対して現行の「スプレー式処理」を「フルデップ式処理」への変更するような大きな設備レイアウト変更が不要であって、しかもどんな素材にも適用できるカチオン電着用前処理皮膜の形成法の登場を待ち望んでいる塗装技術者の声が高まっていた。

そこで未だ従来からの塗装前処理を続けている塗装ラインにおける「スキップ コロージョン」対策としては現行の前処理液にニッケルイオンを高濃度まで添加する方法が日本ペイントACP部が推薦していたし、確かこの方法はアメリカのパーカー社がカチオン電着塗装向けに提案していた「ハイ ニッケル法」も知られていた。

先ず素材万能の点からはリン酸塩結晶の成分を全て処理液から供給できる方法でなければならなかった。そこでニッケルに続いて選ばれた金属イオンがマンガンであり、日本パーカーライジングでは昔から伸線加工、精密冷間鍛造の素材前処理として金型やダイスの摩耗を防ぐ潤滑性処理として、リン酸マンガン結晶皮膜処理が重宝されていたことから、このマンガンをとヨタ方式の鉄イオンの代わりに使用する方法が着想されたとか。確かに日本パーカーライジングの「リユースライト」であったと思うが、私は8mm映写機の回転軸に使用したり、ホンダでも埼玉製作所の精密鍛造部門でもこれを採用していた憶えがある。

そこで日本パーカーライジングでは「ハイニッケル処理法」に加えてマンガンイオン濃度を～500ppmを添加することを推奨する期間が二年程あったように記憶している。

さて、国内でこの処理液中にマンガン、ニッケル、フッ素などのイオンを700～800ppm程度の高濃度に、亜鉛イオンを200ppm程度に抑えた配合により処理液の反応性をフッ素によって促進させて、「フルデップ式処理」で均一性の高い、緻密な、耐アルカリ溶解性の優れたリン酸亜鉛系結晶を形成させる新しい前処理液が1980年代の後半に現れてきたことは間違いなからう。そして日本ペイントはこの新しい処理液を鋼板や亜鉛めっき鋼板の表面に耐アルカリ性の強い緻密な結晶を均一に形成できる処理法

で、勿論クロムリンスの不要なカチオン電着の塗装用の前処理法として積極的なPRを行っていた点は競争相手の日本パーカーライジングとは対照的であった。いずれにせよこの技術の実用化により「クロムリンス」は不要となったことは事実である。

後日談によれば、皮膜結晶の中にマンガン、ニッケル、亜鉛の3種の金属で構成するリン酸塩皮膜を形成させる前処理法の特許申請が各社から行われ、やがてこの特記申請が公開されると特許権を目指した係争事件が始まった。それ故、この方式のスタート時点では前処理メーカーによって対応が微妙に異なっているのもうなづけよう。

私の知見では、ホンダに最初にこの新しい前処理法を積極的に推薦したのは、鈴鹿製作所に2本の「フルデップ式処理」の前処理ラインを独占していた日本ペイントACP部であったと記憶している。確かに当初は技術提携先のアメリカのACP社からの技術導入であるとの話であったように聞いていたのだったが、その数年後に日本ペイント自身が出願していた日本特許請求の内容が公開公報により明らかにされたのには驚かされた。

一方、前節で述べたように狭山No.2塗装ラインでは昭和61(1986)年に塗装プロセスを更新した際にはアメリカオハイオ工場と同様な日本パーカーライジングが提供する高P比の化成皮膜が得られる「フルデップ式処理法」に転換していた。その後1年半ほど経過した頃であろうか、鈴鹿で採用していた日本ペイントの推奨する「マンガンイオンを高濃度まで添加した前処理法」の実績の良さが伝えられたことから、狭山でもこの方式への転換を日本パーカーライジングに要請したのであったが、マンガンイオンの添加濃度を500ppm以上に増量することには何故か賛成が得られなかった。実はその理由が明らかになったのは、日本パーカーライジングが出願した「マンガン添加処理液」に関する公開公報を手に入れてからで、その特許請求範囲にはマンガンイオンの配合量の適正範囲は～500ppmまでとなっていたこと、それとマンガン添加に関する特許出願が業界で最も早いことなどを発見したからである。

その後少し遅れて日本ペイントの特許出願した公開公報が公表されると、特許請求範囲に記

載されているマンガンの適正添加濃度範囲は～700ppmであったことが知られた。ここで日本ペイント、日本パーカーライジング、その他の関係各社を交えた長期戦の特許係争にはいつているとの風聞であった。しかし幸いなことに国内の自動車メーカーがこの処理方式を使用する分には現在の所別段の障害がないのは大きな恩恵であるといえよう。

この処理法は国内では「フルデップ式処理」が主流であるが、「スプレー式処理」でも可能であり、また今後車体の軽量化のニーズによりアルミニウム合金材が鋼板や亜鉛めっき鋼板とを混用した車体が出現した際にも対応が可能であると言う「素材万能」の威力が発揮されるであろう。

しかし日本発の新技术であるが、海外での受け取り方には、処理液にマンガンやフッ素を多

量に使用した上に、更に貴重なニッケルを高濃度で使用するなどの浪費性とこれらの重金属の環境に与えるインパクトを指摘される上に、欧州におけるニッケルに対する嫌悪感が高まってきたことから果たして「クロムリンス」の廃止と競合できるかは疑問が残るところではある。

6) 異色の塗装技術者の活躍覚え書

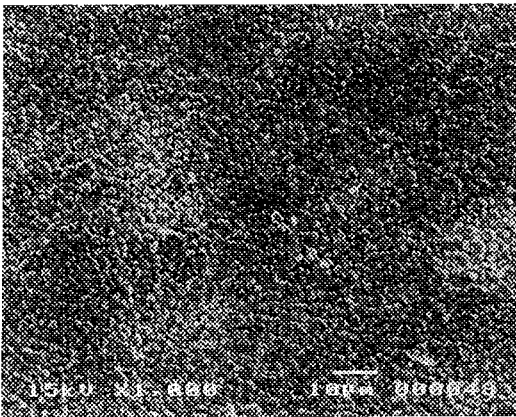
ホンダが鎧戦争に突入した頃であろうか、鈴鹿製作所の四輪化成部門に待ち望んでいた工学系の学院卒者のひとりが配属されてきたのが本節の主人公である佐藤登さんである。当時の四輪塗装の品質管理と塗装材料技術を統括していた松浦功さんは彼が電気化学専攻であることに留意して、材料技術スタッフとして車体の鋼板材質、塗装前処理、電着塗装、車体防錆などの下塗り塗装プロセスを担当させた。私が鈴鹿製作所を訪れた時に松浦さんから紹介されて、当時話題になっていたニッケルイオンを高濃度に添加した化成処理液から得られる結晶皮膜の中でのニッケルの所在形態、そしてその機能についての議論をしたのが最初の出会いであった。

その後、車体のフロント スカートの採用された「合金化溶融亜鉛めっき鋼板」に塗装したアニオン電着塗膜の表面に「クレーター」が多発した外観とらぶるが起こった。そして各種の防錆鋼板に対して電着塗装条件と「クレーター発生」との関係を系統的に実験しているとの話が伝わって来た。そして間もなく彼が投稿したその実験ノートが突然「塗装工学」誌上に姿を現したのにはいささか驚くやら、彼の特異な才能とその野望には戸惑（とまど）ったことを覚えている。

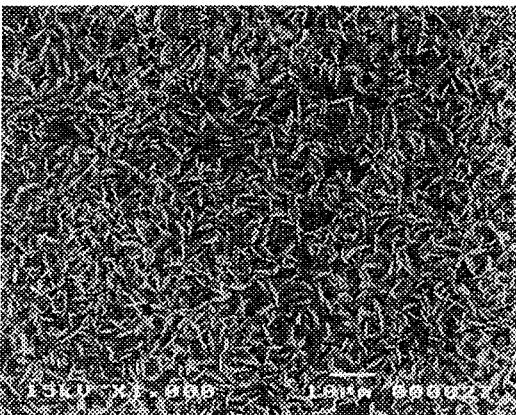
これを皮切りにして塗装前処理分野の周辺のテーマの研究や実験、または解説などの報告を続々と関係の学会誌に投稿するような成長振りであった。

さて、その内容だが、その中にはとても自動車メーカーに所属する現役の塗装技術者が技術文献情報となり得る形の報文として学会誌上に公表するにはいささか躊躇（ちゅうちょ）せざるを得ないようなことが散見されるようになってきていた。

その一例を挙げると、1984年の色材協会誌に投稿した「リン酸亜鉛系化成処理特性に及ぼす



【注】素材：SPC、液：PB-L3027 H



【注】素材：亜鉛めっき（GA）、液：PB-L3027 H
マンガン、ニッケル、亜鉛の三元金属リン酸塩皮膜顕微鏡写真

自動社用鋼板の表面キャラクタリゼーション効果」と題する報文がある。この中の説明には『従来のリン酸亜鉛皮膜はカチオン電着塗装の下地処理として不適合でありそれが耐腐食性が弱かった理由である』と公表したのであった。この生まれつき素性の悪い日本製のクルマが現実に世界の塩害地を走り回っていることを考慮すればいささか無見識ではなかったか。

この内容は公表された時点では、1970年から1980年代の10年余の長きにわたって日本の自動車業界を苦しめた欧米塩害地に輸出したクルマの「ジャパニーズ ラスト」との錆戦争の終盤に近い頃に関係しているからであった。それは欧米の塩害地の市街を盛大に錆が生じた日本製のクルマが走っているだけでなく、この短い年月で生じた塗装表面の錆に激しい苦情を持った顧客様が現存しており、更にこの錆がカナダ政府の制定したクルマの錆に対する寿命年のガイドラインである「錆コード」への違反や消費者運動のターゲットになって顧客様が起こした訴訟や行政の消費者窓口への提訴などの紛争が進行中であつたであろうからである。これらに対して日本製のクルマ特有の錆の出る原因に関わる論拠や錆に関係する日本と欧米の生産条件の“ステート オブ アーツ (技術の現状)”の違いの根拠などを示唆していることが懸念されるからである。

彼の投稿はそれ程社会的にも技術的にも興味の集まるテーマであつたればこそ学会誌の編集委員がこれを執筆させようと熱心に懇願することが無かつたとは言わないものの、いささか「勇み足」であるとの謗(そしり)を免れないところであろう。また私の所にも投稿の依頼や彼の投稿への許可や推薦の電話が掛かってくることには閉口していたのも事実である。

その後の彼の研究は次第に塗膜の耐食性を支配している因子のひとつである塗装前処理技術の中の皮膜結晶の物質構造論を最新の機器分析法を駆使して解析することに集中するようになった。その例を示すと、

- ①1986年の日本化学会誌に、アメリカで始められたカチオン電着塗装に適合スル塗装前処理法である「ハイ ニッケル前処理浴」などから形成させた化成皮膜について「XPS法を用いて結晶中のニッケルの存在形態とその役割を解析した研究」がある。

- ②1980年代の中頃、前節で取り上げた新しい前処理法で得られた化成皮膜結晶中のマンガンの所在形態を機器分析を利用して解析した研究を関係学会誌に投稿している。

- ③1980年代の中頃には、前節で述べた日本で実用化した「クロムリンス処理や水切り乾燥」の工程が不要で、しかも鉄構/亜鉛系めっきなどの素材種を選ばないカチオン電着塗装に適合した新しい塗装前処理法「ニッケル、マンガニオンを高濃度に配合した処理液によるフルデップ式処理法」の技術を概観した報告を日本車の錆戦争の中心地でもあるオランダで刊行されている英文の表面処理技術系の学会誌に公表して、日本の新しい防錆技術を世界に発信した。

そして、遂にこれらの研究を集大成して博士論文を完成させ、東京大学から工学博士の称号を授与されるという快挙をなし遂げるに至った。これはホンダの塗装部門では初の快挙であつた。

ここで私の“おかげもく”を許して頂くこととして、その当時は日本の自動車々体用前処理プロセスメーカーのビッグツウである日本パーカーライジングと日本ペイントACP部はお互いにこの「マンガニオン添加浴による新しいカチオン電着塗装用塗装前処理法」に関する日本特許の出願が行われており、特許係争の前哨戦が始まろうとしている時期であつた。従つて本来ならば当事者である両社の技術者がそれぞれの研究の成果と自らの商品の技術的な衆知を兼て研究報文を学会誌などに発表すべきところが不可能になってしまった。そこで、その商品を購入して使用する立場の自動車メーカーの技術者が敢えて代役を努めたことは関係業界にとって喜ばしいことであつたであろう。また、ホンダの鈴鹿製作所の塗装前処理ラインを独占していた日本ペイントの新しい前処理剤の国際戦略にも密接な関係もあつたであろうと推測している。

その後1989年9月に千葉の幕張るメッセで開催された亜鉛めっき鋼板技術に関する国際シンポジウム「GALVATECH 89」では日本で発明されたカチオン電着塗装に適合する二種類の新前処理法の概要を前処理プロセスを使用する立場にあるトヨタとホンダの技術者が「呉越同舟」でそれぞれを講演することにより欧米か

らすれば日本独特の遅れた技術情報が世界に向けて発信したのであった。その意味は塩害地である欧米ではそのようなニーズが社会的にも技術的にも逼迫していなかったからであり、逆に日本ではこの新技術開発が待望されていたのとの違いに私は疑問をすてきれていない。

それは先ず、「トヨタ自工—日本パーカーライジング」共同開発による耐アルカリ溶解性の優ぐれたリン酸鉄亜鉛結晶「フォスフォフェライト」を形成させる新フルデップ式処理法を中心として、この処理に適合する副層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板の開発を含めた塗装前処理プロセスの構築を「Yasuhiko Tsuzuki」さん他4名により講演がなされた。

その次にはホンダの「Noboru Sato」さんが講演した技術は前節で述べた「ニッケル—マンガン—亜鉛のリン酸亜鉛系結晶皮膜を形成させるフルデップ式処理法の新前処理技術」であって、特に鋼板／亜鉛めっきの素材を選ばない特徴といずれにも共通した「クロムリンス処理と水切り乾燥」の工程を必要としない日本独自の特徴を持っていた。

今まで述べて来た佐藤さんの実績の陰には直属の上司であった松浦さんの亡き後、間接的な上司となった大橋利治さんが熱心に進めていた後進の技術者の育成のバックアップがあったればこそと思っている。そして塗装部門を卒業してからは、(株)本田技術研究所に嘱望されてその才能を伸展させていることには大きな拍手を贈りたい。

5. 塗装工場からの悪臭への苦情対策の歩み

武蔵野の西はずれにある川越・狭山工業団地の角に建設されたホンダ初の乗用車組立工場が操業を始めてから約10余年の歳月が流れた昭和50年代の始めの頃のことである。当初は僅か日産50台の「ホンダ スポーツ S800」の少量生産であったが、今は小型乗用車「ホンダ アコード」などを日産1,600台の大量生産を行なうまで急成長を遂げていた。一方、当初は工場の周辺にも武蔵野の原風景である「雑木林の大きな落日」、それに独特な緑の模様を描く狭山茶「やぶきた」の茶畑を見ることができたのであったが、やがて近くに郊外電車の新しい駅ができると、それを取り巻くように商店街、高層

マンション、そして住宅街が発展し自然の豊かな風景は失われ典型的な近郊都市の姿に変貌していた。いつの間に、私の好んだ工場の窓から眺められた初冬の逆光の中の富士山の姿も失われてしまった。

この「ホンダ アコード」の増産体制が進んだ頃から新しく採用したクリヤーを最上層に塗装する2C1B（ツーコート ワンベーク）メタリック塗装が始まると、その外観と耐久性の良さが認められメタリック色の占める比率が急増するようになってきた。これによって小型車になって塗装表面積の増加、生産台数のアップ、それに溶剤消費量の多い2C1Bメタリック塗色の増大などによる溶剤の排出量の増加に加えて、使用される塗料樹脂には新しく異様な臭気を発するアクリル系樹脂が2C1Bメタリック塗料の主成分となったことが溶剤臭をより強烈な悪臭との印象に変えていた。

このような諸条件や環境の変化が重複してきたことから、多少の塗着効率の向上や塗料の低溶剤化などの溶剤使用量の節減にも拘らず排出される溶剤の量は確実に急増してきていた。そして近隣からは「溶剤臭」と「塗料ミストの付着汚染」の苦情が、遠方からは塗装乾燥炉からの排気の「刺激的な焦げ臭」の苦情が耐えずに工場に届くようになり、とても今までの応酬話法では済まされなくなってきていたのである。

1) 塗装乾燥炉排気への直燃式脱臭装置の適用

小型乗用車の増産体制が整った頃であろうか、工場から精々1km以内の程度離れた地域の同一の人々から「ホンダの方向から弱い季節風の吹く日には刺激的な臭気が波状的に押し寄せてくることがあり困惑している」との苦情の電話が続いてくるようになった。そこでその臭気を確認する努力の成果があって、塗装乾燥炉に特有なアルデヒド類の刺激臭であることが確かめられた。この種の被害が工場から離れた地域に発生すること、そして体質的に臭いに敏感な人々だけが苦情を伝えてきていることなどから、この約150℃の排気ガスが季節風に流され拡散しながら地上に着地したことが推測された。そこで即応できる策としてそれぞれの煙突の排気口の高さを地上から15mまでに延長し、煙突の保温と排気流を妨げるような陣傘などを

取りつけないで、できるだけ排気ガスの拡散を促進させて着地点の着地濃度が低くなることを狙ったものであった。それと並行していずれ有機溶剤の排出抑制がくれば第1番めに規制される塗装乾燥炉からの排気中の有機物質の処理が来ることを想定して脱臭装置の設置計画を進めることになった。

さてこの頃私の所に思いがけない海外資料が送られてくるという幸運が舞い込んできた。それは本社品質部門で世界の自動車排気ガス排出規制に係わる条約、法や規則の動向を常に監視している担当者であった網戸隼二さんから回送されてきた資料であり、アメリカ連邦環境保護省が大気浄化法の規定に従って発刊した「自動車組立工場の塗装工程から排出される揮発性有機化合物（VOC）の排出の抑制技術ガイドライン（CTG）」であった。

これには排気中の有機物質を熱分解する焼却法としては「触媒式低温酸化法」よりも「直燃酸化法」を推奨する理由が説明されていた。それには「触媒式低温酸化法」は省エネルギーにはなるけれども排気中に含まれる成分（排気ガスや粉塵）によっては触媒毒となる物質が存在する場合があります、例えばカチオン電着塗装の錫塩化物、新硬化システムの有機けい素化合物などがあげられ、特に昨今のように環境対応を追求した新しい形式の塗料種が続々と登場していることから制約の少ない直燃酸化法を熱回収方式と組み合わせて使用することが好ましいとのことであった。それに有機物の処理効率を90%を保証するには直燃法ならば焼却温度の監視記録で十分であるのに対して、触媒法では焼却前後の排気中の有機物質の含有率の測定が適切な頻度で必要となるからである。

そこで2年計画で熱交換機を付属させた直燃式脱臭装置を大気社の設計施行によって順次設置することになった。現在では直燃料脱臭装置その物を発熱源として使用する「ワンバーナー方式」、または蓄熱式熱回収装置と組み合わせる方式などを採用している。

蛇足ではあるが、鈴鹿製作所では近隣にある中学校への臭気対策として、特に塗装乾燥炉排気ガスや鋳造工場のシェルモールド型成形炉排気がすなどを有機物を含む工業廃水を処理する活性汚泥処理方式の工程で吸収させて脱臭する方法が富士化水工業との共同研究が行なわれ脚

光を浴びていたことが思いだされる。

2) 塗装ブースからの溶剤臭への苦情との闘い

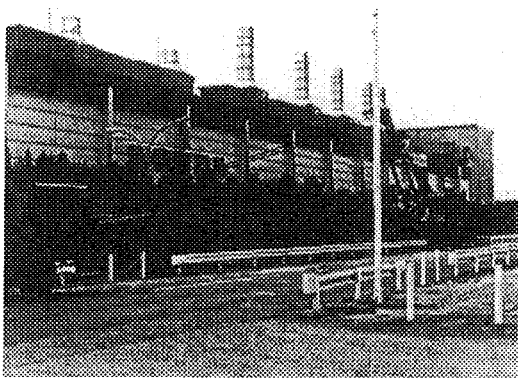
当初は平屋であった塗装工場をその後に取り巻くように増築された2～3階建の塗装工場は工業団地と住宅地域が道路を挟んで接する境界線を兼ねるホンダの敷地境界線に迫っていた。この工業団地にこの工場を建てる際に外から見た工場の景観を整える目的で煙突類の高さが低く抑えられていたこともあって、冬の北西の弱い季節風が吹く時には湿気を帯びた塗装ブースからの「溶剤臭」を帯びた排気は建物の谷間に澱（よど）みながら、季節風が周辺の高い建物を乗り越える時に生ずるダウンドラフトによって地上を這うようにして工場直近の住宅街に拡散していった。このような時に特にアクリル樹脂に残っていたアクリルモノマーの異様な臭気はその人々を悩ませていた。また夏期の休日に行なわれる塗装ブースの清掃作業が終ってから試運転した塗装ブースからの排気は腐敗臭を帯びることが希にあり、苦情の電話が殺到することもあった。それに臭気ではないが、極く近隣の地域では屋外駐車したクルマのフロントガラスや塗装面の一部に粘着性の残っている塗料ミストの塊が飛散して付着し、太陽熱により固着して除去が困難となる汚染問題があった。これが重なりと降雨の際には水切れがわるくなり視野が悪くなる安全問題に発展していた。もっとも、この被害を受けるクルマは周辺の人々と同時に来客やホンダの役職者のクルマにもひろがり苦情は日増しに増えていった。

この原因は排気の洗浄層をすり抜けた塗料ミストが煙突の内壁に付着して成長した塗料ミストの塊が気流に吹き飛ばされたものであったし、またこの被害の急増したのは塗料の塗着効率の工場をねらって微粒化の優れた回転霧化式静電塗装機が導入されてからであるように思われた。そして余りにも多い苦情に対して塗装の熟練者が清掃溶剤を使って除去する作業を巡回して密に行なう作戦で一時をしのいでいた。しかし塗装工場の位置が余りにも敷地境界線に近過ぎることが避けられない事実である。

(1) アメリカ式排気用の高い煙突の実践

1975年のころであったろうか、埼玉製作所長の池上秀男さんから、「近隣に大変迷惑を掛け

ている狭山の塗装ラインからの臭気の苦情に対する緊急処置について助言を頼む」との電話であった。そこで私は勉強したばかりのアメリカ流の塗装工場の排気用煙突の建て方を借用することにした。アメリカでは工程からの排気は全て煙突を経由して外部に排出させなければならない規則がある。その煙突の建て方は煙突から出た排気流ができる限りの拡散が得られる条件が定められていた。例えば、煙突から排出された気流がより速い上昇気流となるようにするため、煙突は垂直に一直線的であって、気流の障害となる煙突の直径の絞り、陣傘やカウリングなどの工作物の取り付けは禁止されており、そして煙突は屋根や付近にある建物の軒（のき）よりも少なくとも3～5m以上の高さが求められ、また煙突先端での排出速度の維持も必要に応じて指導されていた。それ故、アメリカでハイウエーからの車窓に眺める事のできる自動車組立工場では、塗装工場らしき屋上には煙突が高く林立している風景が当り前のように受け入れられていたのであった。



狭山工場の屋上に突然現れた排気筒群

しかし我々は暫くの間納得できないでいた。そこで私は塗装部門の技術を受け継いでいた技師の笠井昭夫さんにアメリカの事情を話した上で、狭山の塗装工場は近隣の住宅街に接している位置にあるのだから、有効高さを十分に取った煙突を高い建物の屋根上に建設して臭気を含んだ排気の着地位置を遠くなるようにすることを助言し、更に工場の外観が異常に見えることから近隣の自治会と市の環境行政を通じて高い煙突の有効性のPRと根回し作戦の配慮を付け加えたのであった。この計画は笠井さんの指示

で技術担当の富岡義雄さんが大気社の力を借りて推進することになった。そして屋根の上に出た排気口に続いて塗料ミストの塊を捕捉する粗いフィルターボックスを設けて、その上に高い排気筒を塗装ブースごとに7本程度設置することを思い切って実践した。この為には排気速度を維持する為に排気ファンの性能曲線を調べて排気抵抗の増大に対応する技術的検討が大気社によって進められた。やがて急に屋根の上に出現した排気筒の林立には近隣の人々を驚かせたが、この有効性が明らかになったことから苦情は次第に鎮静化したようであったとか。

(2) ホンダ狭山工場の臭気苦情撲滅戦略

それから間もなくの頃、駅の近辺を中心に高層マンションが続々と建設されるに至って、その一部の限られた住人からの「溶剤臭」についての苦情が新しく発生した。しかしこの高層マンションと工場との相対位置関係からこの高層マンションが夏と冬の季節風の風下となる頻度は極めて小さいことが判明したことから苦情に対する対応は個別に試みることにした。また周辺全体では一部の人々がホンダの臭気の苦情を市の環境行政に訴える回数も増加の傾向が見受けられた。そして「溶剤臭」への苦情は近隣の自治会や行政を巻き込んで騒然となってきた。そして市の環境部では臭気の実態調査を計画し、まず「臭気の発生源の実地調査」と「被害地域での連続的な「臭気測定」などの方策への同意を自治会とホンダに求めてきたのであった。

そこでこのような情勢に対して、私は今度こそは「ホンダの企業姿勢を明らかにする」必要性を感じたので、「臭気苦情」を抜本的に解決するまでの見通し計画を立案して自治会や環境行政の人々に示すことにより相互の信頼関係を確立した上で、この課題の解決に至るまでの猶予期間を認めていただく作戦を上申したのであった。

それには、①：工場敷地の中央部以奥に塗装工場を移転する、②：欧州式の集合排気筒を採用して高煙突化して臭気を拡散させる、③：塗装ブース排気を活性炭吸着処理により脱臭するなどの三案が含まれていた。

そこで、①は工場敷地中央部を横断している東京電力の送電線の超高压化工事に合わせた移動計画の折衝中のことであり、また②は100メ

ートルを超える高煙突設置場所の確保に難渋しており、いずれも長期的課題であった。そこで③を当面の行動として進めることになった。この方法の実施例は僅かではあるが他の業種で知られていたので、小規模容量のパイロット設備によって大規模スケールの具現化への道筋を探し求める計画を提案した。そこで脱臭と溶剤排出削減を目指してホンダ狭山工場の塗装ラインで約1/25スケールである毎分400立方メートルの処理能力を持った活性炭吸着装置のパイロットプラント(実証試験装置)を設置して約一年間に及ぶ実用化実験を行う計画ができた。そしてパイロットプラントを運転しながら脱臭の過程を地元の環境行政や自治会の人々にも見学してもらい、「溶剤臭」対策の「難事業」を理解してもらおうと同時に、近い将来に塗装ライン全体への全面的な実施展開に必要であろう資金と期間などの見通し計画を理解していただき、完成までの時間的猶予を頂くことを期待したのであった。

3) 塗装ブース排気の脱臭・溶剤削減のための活性炭吸着処理パイロットプラントの運転覚え書

そして技師の笠井昭夫さんの指示の下で、設備技術担当の宮島俊二さんがこの計画を進めることになり、塗装設備エンジニアリングの大気社からは枚方技術研究所から森岡宏次さんが直接技術的アドバイスを頂くことになった。

実はこの塗装ブース排気からの有機溶剤を除去するテーマは臭気対策として勿論重要であったが、私にとっては有機溶剤の除去そのものが将来欧米の地に乗用車工場を建設するに際しての大気汚染防止上の重要テーマであったからである。このような早い段階で多くの知見が得られることは願ってもないチャンスと喜んでいた。

(1) 排ガス濃縮装置「ハニーローター」の登場

この塗装ブース排気の持っている性質には、①排気に含まれる溶剤が低濃度であること、②処理すべき風量が大规模な容量であること、③排気中には微細な塗料ミストが含まれていること、④排気中には湿式廃ガス洗浄装置で処理していることから相対湿度が飽和状態に近いこと、⑤使用される活性炭吸着装置に最大蓄えら

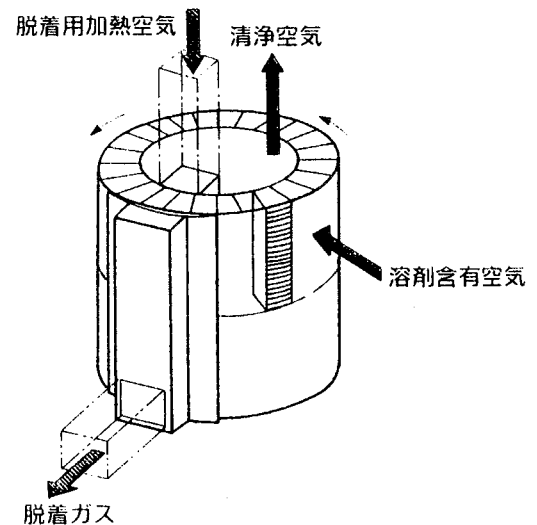
れる可燃性溶剤成分の量が大量であるための防災上のリスクが大きいこと、⑥排気中には活性炭に吸着して脱着が比較的難しい成分の存在、例えば高沸点成分などが懸念されること。

⑦塗装ブース周辺には設置スペースが無いので屋上への設置が可能なこと。

などの活性炭吸着処理法には適さない条件があることを承知の上で調査が始まった。

そこへホンダの塗装設備を設計施行していたエンジニアリングの大気社でも研究開発を進めていたのだった。それは革新的な繊維状活性炭を活用した小型、軽量の装置で低濃度・大容量の溶剤ガスを効率的に吸着濃縮できる「ハニーローター」が実用の域に達していたとのことであった。そこで既存の「固定床式粒状活性炭吸着装置」と「ハニーローター」とを技術的に比較検討した上で、実用化を検証するためのパイロットプラント建設への機種選定を進めた。その結果、既存の塗装工場の建物の屋根上に設置することが必須条件であることから、処理設備の重量が約1/3程度で済ませることのできる「ハニーローター」を採用することになった。それは東洋紡績が発明した強靱(きょうじん)な炭素繊維を活性炭化して製造した繊維状活性炭を用いてペーパー状に加工した素材があったからである。それを大気社が成形加工を施して、横断面が「ハニカム(蜂の巣)状構造」となる

吸着ロータ(シリンダ型)



ハニーローターの構造

シリンダー型に配置した回転体の「ハニーローター」を製作することに成功したのであった。

この吸着ローターを毎時数回転の早さで回転させて、塗装ブースからの排気である溶剤ガスをハニカム断面に通過させて溶剤成分を吸着しながら、その回転体の一部に130℃の脱着（再生）用加熱空気を通過させて吸着、脱着を連続的に行なう方法を完成させた。この回転体が一回転する間に吸着工程と再生工程が連続的に完了することになる。この脱着用の加熱空気量は被処理ガス量の数分の一から数十分の一と小さいために吸着された溶剤成分は数倍～数十倍に濃縮された溶剤ガスとして取り出される。この吸着剤の繊維状活性炭ペーパーは吸脱着特性が優ぐれ、再生エネルギーも小さい特性があり、更にハニカム成形により機械的強度が高まり、そのハニカム活性炭に対する通過速度が1.5～3.0メートル/秒と速いために装置の大きさが半分、重量は1/3と軽量化が実現できたのである。また多くの利点としては、吸着した溶剤の脱着には蒸気を使用せず熱風が採用されているので取扱いが簡便であり、装備される活性炭量が小さくなったことから貯留される可燃性の溶剤量も縮小できるので防災のリスクが小さくなり、ハニカム情断面は空気抵抗が小さいことから送風動力は省エネルギーが実現できるし、更に吸着脱着切替え操作がない連続操作のために被処理空気の風量、通気抵抗の変動がなく塗装ブース内に付属している洗浄装置などへの気流を乱ださないなどの利点が挙げられていた。そして、処理風量が毎分400立方メートルの小規模容量の「ハニーローターシステム」を稼働している狭山工場のNo.2 塗装ラインの上塗り塗装ブースに設置することになった。この塗装ブース内のベースコート工程のマニュアル吹き付け補正塗装ゾーンの排気から処理すべき排気ガスを導出して乾式ペーパーフィルターにより塗料ミストを濾過してから、「ハニーローター」により活性炭吸着処理を行い、次に脱臭された排気は相対湿度が高いので約65%程度に調整してから自動塗装機ゾーンへの給吸気としてリサイクルさせる構想であった。一方、熱風により再生濃縮された溶剤ガスは白金系触媒式燃焼装置によって酸化分解され、その450℃の排ガスにより濃縮溶剤ガスの予熱と再生用熱風の加熱、先の相対湿度調整のヒートアップ熱に利用

した後に大気中へ放出されることになる。

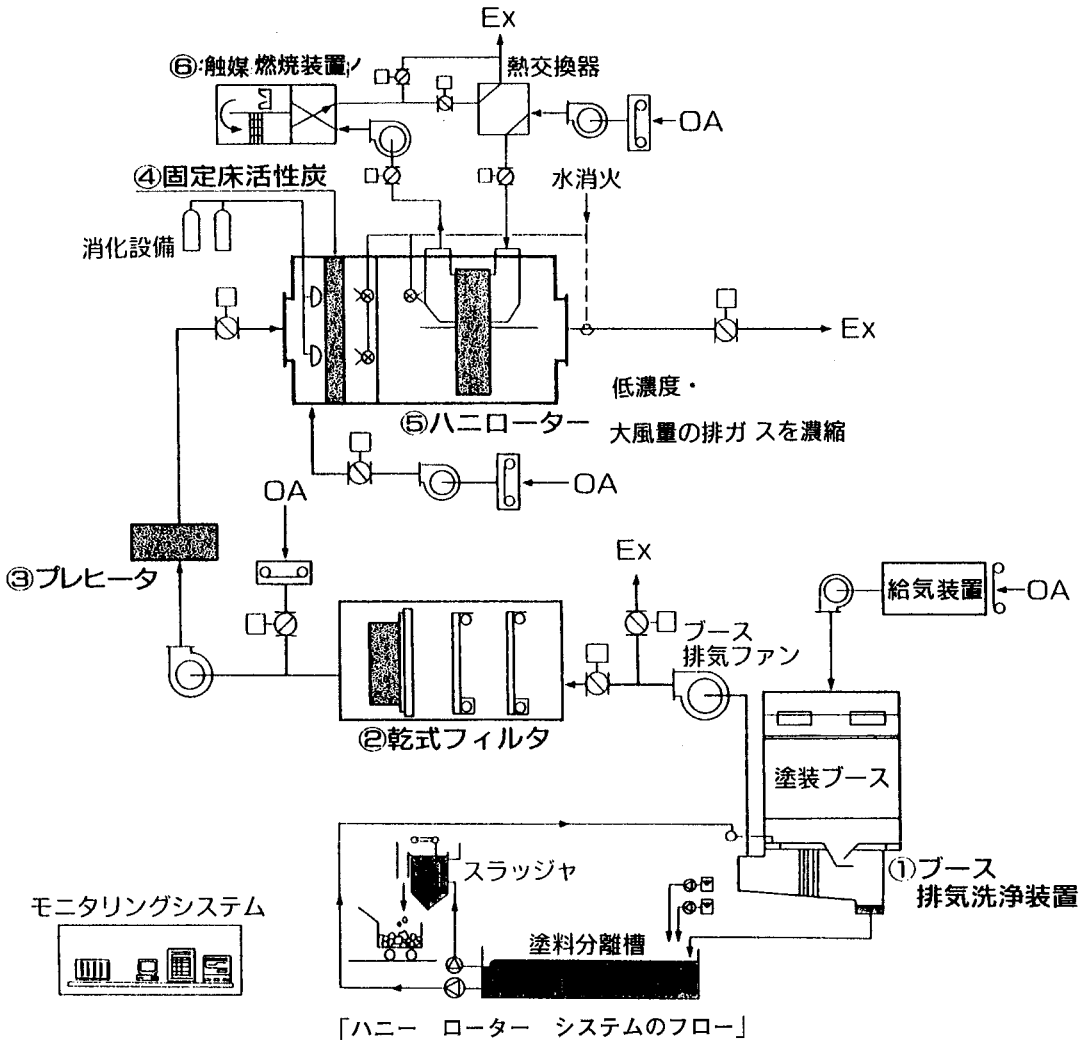
(2)「ハニーローターシステム」の実用化と海外への進展

この試験運転は1977年の夏まで続けられ、その総合溶剤除去効率が最下限の85%を維持できなくなったことが最大の課題であった。その主な原因は排気ガス中に僅かに存在が認められた活性炭からの離脱が難しい可塑剤成分であった。またこれに類似した性質を持つ物としては塗料の配合成分である高沸点溶剤や添加剤などもあげられたことから、「ハニーローター」の前段に容易に交換可能な粒状活性炭層を設けて対応した。

そして、安定運転技術の習得、総合処理効率維持方法の確立、経済性を見通し、システムのスケールアップの設計データの取得、全ての実ラインへの配置に必要な資金と設置工期などの検討が勢力的にまとめられた。ここで得られた経済性は除去された溶剤トン当たりのコストを\$3,000～4,000（為替レート180円/\$）と算出されたが、この経済性を向上させるには塗装ブース排気の溶剤濃度をレベルアップさせる方法があり、それには塗装ブース排気を十分に除塵してから再び塗装ブースへの給気にリサイクルさせて排気ガス中の溶剤濃度を上げてから、その一部を「ハニーローター」で処理する方法が考えられる。また「ハニーローター」だけの処理効率は被処理ガス中の溶剤ガスの種類と濃度などにより変動するが、一般の塗装ブースでは70～150ppmの場合に、2メートル/秒の風速で約95%の処理効率が期待できるとされている。

その後大気社ではアメリカのメトロエンジニアリング社に「ハニーローター」の技術輸出を行ない、設計と施工を含めた営業活動を始めることになった。また欧州でも有力な空調メーカーで知られるABB社が技術導入して活動を始めていた。

1978年に私はホンダのアメリカでの最初の生産拠点としての大型オートバイ工場の建設プロジェクトを進めていた時、プラスチック部品の塗装作業から大気中に排出する溶剤の排出抑制に対する対応策の一つとして「ハニーローターシステム」の経済性データをオハイオ州EPA（環境保護庁）に提出したことがあった。このホンダ狭山で得られた経済性では未だアメ



リカで普及させるにはコストが高すぎるとの見解が示された。そして、1981年から始まるホンダのアメリカでの乗用車生産拠点の建設プロジェクトに際して、塗装ラインからの有機溶剤の排出規制への最悪のオプションとしてメトロエンジニアリング社の「ハニローターシステム」の採用の是非についての意見書を工場立地申請書に添付して情報提供したことがあった。この時にも経済性の点から採用を養成されたことは無かった。

そして国内ではこのシステムの実用化に対して日本塗装技術協会から技術賞が大気社の森岡さんらの面々に贈られている。

(3) GM社の「ハニローター」視察団の来訪

1977年の秋には、「ハニローター システ

ム」の一年間にわたるのパイロット試験が終って、担当していた宮島さんはテストデータのまとめに追われていた。丁度その頃、タイミングを計っていたかのようにアメリカのGM社の「溶剤排出抑制技術調査団」の一行が突然ホンダ埼玉製作所狭山工場を訪れてきた。そして最近までパイロット試験運転をしていた「ハニローター システム」を視察させてほしいとの申し入れであった。この団長にはGM社の取締役で“PAINT STANDERD；塗料標準”の肩書きを持っているハルステッドさんであり、彼はあの有名なGM社の「水溶性塗装プロセス」の開発者として業界に知られた人物であったのだった。

その訪を知らされた私は「繊維状活性炭の発明者である東洋紡績からと「ハニローター

システム」のエンジニアリングを担当した大気社の両社からそれぞれの専門家にも同席してもらって準備を整えた。そして当日は宮島さんから設備の概要と1年間の運転状況、最終的にまとめた実用機の経済性の見通しを報告した。その時、彼らは既にこのシステムを承知の様子であり、質問は専らこのシステムの経済性の評価経過に集中していたのには驚かされた。その経済性は図で示したフローシートに基づく実用機のレベルで想定して、除去溶剤重量噸当たりコストが\$3,000(為替レート:180円/\$)程度と推測された。これに対して彼らの意見は「このレベルではアメリカ連邦EPA(環境保護省)がRACT(妥当性のある利用可能な抑制技術)として期待している経済性は除去溶剤重量米噸当たり\$2,000であるとされているから、更なる改善が求められよう」とのことであった。

この調査団が派遣された背景についてのホンダ側からの質問に対して、ハルステットさんは既に連邦EPAに提出済みの「GM社の溶剤排出規制への対応戦略」と呼ばれる分厚い資料をプレゼントしてくれたのであった。そこで私の独断と偏見ではあるがその要旨をここに披露しておこう。

先ず1960年代、南カリフォルニア地域だけに特有な今まで経験したことのない刺激性のある「光化学スモッグ」と呼ばれる大気汚染が頻発したのであった。この現象を抑える手段として「工場などからの有機溶剤を大気中へ放出することを制限する」と言う世界で初めての公害防止規制条例“Rule 66”が施行された。そこには多量の溶剤を排出している自動車組立工場の塗装ラインに対して約80%の溶剤の排出削減が求められたのであった。この規制に有力塗料メーカーであるイモント社(現在のUS-BASF)が南カリフォルニアにあるGM社のヴァンナイ(VanNuys)工場に水溶性上塗塗料を供給し始めていた。この当時には塗装前の車体温度を予め上げて保温したり、高湿下の塗装にはホットエア シュラウドをつけたスプレーのガンを開発したり、高粘度の塗料を塗り重ねる方法や分割塗装工程(一カラー2回塗り:でSplit Coar Application) *節末注)などの数々の工夫を行ったが技術的バリエーションや外気の変動を乗り越えることが出来ずに中断して、改めて塗装環境の調整を整備する方針に転換せざる

を得なくなってしまったようだ。その後この経験を踏まえて、GM社はロスアンゼルス郊外にあるサウスゲート乗用車工場に対しては現行の溶剤を多量に消費する熱可塑性ラッカー塗装を規制に適合させなければならなかった。そこでデトロイトにある技術研究所を動員して大変な苦勞を重ねて「水溶性塗装システム」を高価な塗装設備を採用して実用に化に持ち込んだ。そしてこの工場に厳しい温度-湿度範囲を確保できる塗装ブース用の空調施設が整えられ量産化がなし遂げられた。

その後「光化学スモッグ」の被害が全米にも拡大して深刻化の様相をみせていた。1970年代に入ると、連邦政府は大気浄化法を制定し、次いでEPA(環境保護省)を新設して、「光化学スモッグ」の発生原因とされる大気中のオゾンの環境基準を制定した。それを達成させるにはオゾンの先駆物質である炭化水素類(有機溶剤の主成分)の大気中への排出を各産業の生産現場に抑制させる規制を施行したのであった。

例えば、現在操業中の乗用車組立工場の塗装作業に対しては既にGM社のサウスゲート工場実用化に成功していた「水溶性塗装システム」の採用をRACT(利用可能な妥当性のある抑制技術)として定義した上で、法に基づいて全米の既存乗用車工場に対してこのRACTの実施計画の提出をビッグスリーに迫っていたのであった。

一方、GM社は現在使用している伝統的な「熱可塑性アクリル系ハイツリッドラッカー塗料によるBSB(ベーク サンド ベーク)塗装システム」から「水溶性塗装システム」に逐次転換する長期計画を既に提出していたのであった。

そして、オクラホマ シティに新設した乗用車工場には「水溶性塗装システム」を第3番目の実用化塗装ラインとして1970年代末に稼働を開始させようとしていた。

そして次のステップでは五大湖地域の自動車の都デトロイトを中心とした既存乗用車組立工場群の塗装ラインを「水溶性塗装システム」に転換する計画がスタートしたのだったが、この五大湖に挟まれた地域の気候は今まで水溶性塗装システムを実用化してきたロスアンゼルスやオクラホマのような雨の少ない年中乾燥した気候の安定している地域とは異なり、日間の湿度

一温度の変化が激しいことが判明したのであった。そして安定した水溶性塗装を実行するには敏速に即応して狭い温度-湿度の範囲に空気調和させることが必須条件であった。その為には一定濃度の塩化リチウム水溶液に空気を接触させる「カサバ式空気調節装置」を採用する必要がある、これを運転するには莫大な蒸気エネルギーが源が要求された。そして現在の段階では安定した仕上がり外観や塗膜厚さを確保するための必須条件であって、これを緩和して拡げる見通しは暗かった。しかし、この頃に発生した二度に及ぶ石油危機の襲来と石炭燃焼による大気汚染の深刻化の点からもこの蒸気エネルギー浪費体質は受け入れがたい社会的要件となっていた。このような条件変化からGM社では「水溶性塗装システム」への転換を断念して、溶剤の排出率が「水溶性塗装システム」と比べて等価以下となる「塗装システム」の研究開発とその実用化を推進する方針転換をEPAに請願したのであった。

この手段としては、①塗装ブースから排出される溶剤ガスを追加設置した「活性炭吸着処理装置」により除去する方法、②現在より溶剤含有率の低いハイソリッド塗料を開発して採用する方法、③塗料の消費量を節約できるより高塗着効率を得られる静電自動塗装機を採用する方法などの組み合わせが想定されていたのである。そしてGM社は技術調査団を結成し、ドイツ連邦EPAの資金援助の下でベンツ社が担当して実験している塗装ブース排気からの溶剤ガスの「固定床式粒状活性炭吸着処理システム」、それに処理された排気の循環リサイクルの実証試験の実情視察を行わない、そしてそれと「ハニローター システム」との比較する目的の視察であったのである。

やがてGM社はハルステッドさんの調査団の出した意見を踏まえて、「活性炭吸着処理システム」を追加設備は採用を避けて、もっぱら「水溶性塗装法」に匹敵する溶剤排出率を狙った「水性塗料」や「ハイソリッド塗料と高塗着効率の得られる静電自動塗装機の採用との組み合わせ」による溶剤抑制技術の開発を指向する方針を決定している。これに対してフォード社では現行塗料のハイソリッド化と塗装ブース排気の一部を「固定床式活性炭吸着処理装置」の追加設備との組み合わせを採用するという異

なった方針をとっているのには興味をそそられる。

*節末注) 割塗装工程 (一カラー 2 回塗り: Split Coat Application)

これは水溶性塗料でした、カラーの塗装を一貫して行う塗装工法であって、二つの乾燥炉を前後に並べたそれぞれの加熱条件(℃×分)には限界を設けてある。この方法のもたらす利点の生産性面では、①ワキに対する鋭敏さの消去、②75ミクロン厚のカラーコートが各ブースで25ミクロンずつの塗装で容易にえられる、③変動する湿度の条件に対するスプレー操作の鋭敏さを小さくする、④ツートン カラーがかのうとなる、があり、次に品質特性としては①塗工程間で補修が可能、②塗膜へのゴミの侵入が少なくなる、③小さい表面のゴミが軽いパフかけで容易にとれ、④カラーコントロールがよい、などが挙げられている。

この工程順序は次の通りである。

- ①フラッシュオフ; 3~5、第1乾燥炉; 77℃86分、第2乾燥炉; 155℃×14分。
- ②水圈、その後更にカラー2回塗り、フラッシュオフ; 3~5分、第1乾燥炉; 77℃86分、第2乾燥炉; 155℃×24分、
- ③ウェット オン ウェット塗装工程カラ4回塗り; フラッシュオフ; 3~5分、第1乾燥炉77℃86分、第2乾燥炉; 155℃×30分。

(第二乾燥炉前のフラッシュオフは不要である、アメリカのイモント社技術資料より抜粋。)

4) 埼玉県悪臭防止条例への対応

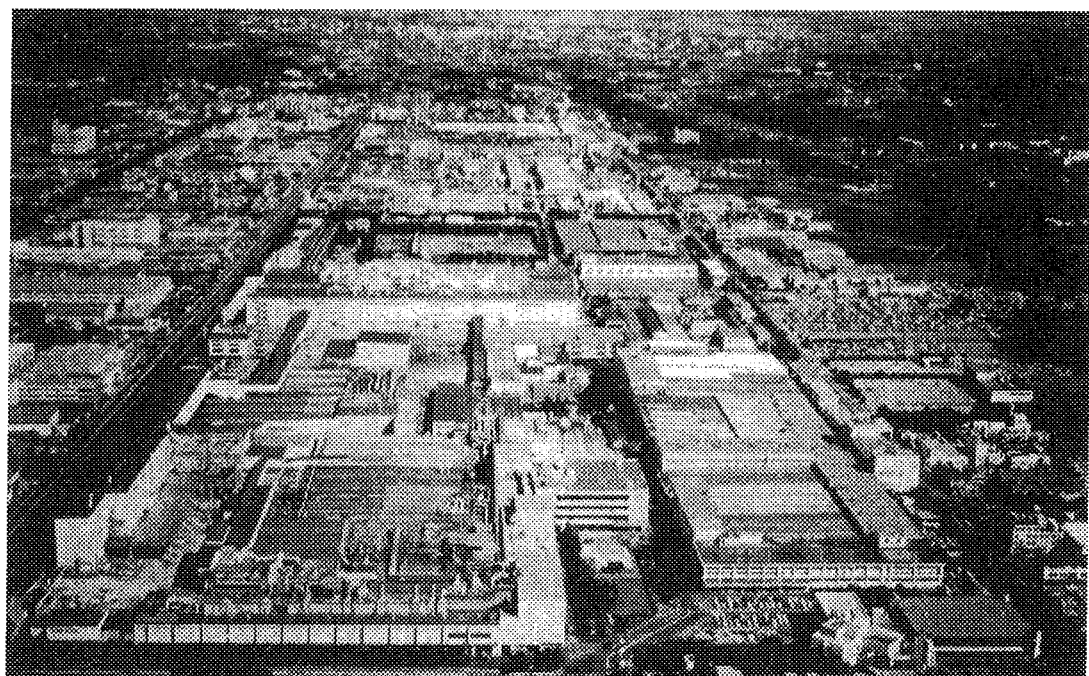
そして1981年に私はアメリカでの乗用車組立工場の操業許可申請を州環境保護庁に受理されたところで帰国し狭山に戻ってみると、狭山の塗装工場の臭気問題は埼玉県の悪臭防止条例の改正案の受け入れの是非を問う渦中に巻き込まれていたのであった。その改正案によれば、排出する口、および敷地境界線での臭気倍率による規制が計画されていた。その現行の適用地域には工業専用地域は適用外であった。しかしその後発生した川越・狭山工業団地におけるホンダ狭山工場の塗装ラインからの臭気公害事例が取り挙げられていた。ホンダ狭山のように工業専用地域と一般住宅地域とが接触している敷地境界線に面している塗装工場の場合の取扱いの

問題であった。そしてホンダに意向打診が行なわれた。これに対してホンダから意見具申が行なわれ、県当局とホンダ狭山のトップとの間でホンダ狭山の塗装ラインの臭気問題の解決の方向が内諾され、工業専用地域に関しては現行を変更しないことで決着した。

そこで提出されたホンダの対応策は、『低濃度の臭気物質を含む大容量の塗装ブースからの排気を脱臭処理する技術は未だ工業的に利用できるレベルに到達していないことを認識した上で、工業専用地域と一般住宅地域が接する敷地境界線に面している現在の塗装ラインをそのような境界線から十分に離れた工業専用地域に再配置すると同時に、塗装ブースからの排気を放出する条件（排気口の地上からの実高さ、排気の排出速度、排気の温度など）の設定を排気が地上に着地した際に臭気が十分に拡散希釈されているに十分であること、そしてこの塗装工場の移設工事の逐次完成させるまでに要する猶予期間の配慮がえられること』であった。

この結論を得ることが出来たのも埼玉製作所長であった石津谷彰さんの先を見通した英断の賜物であったといえるだろう。

この塗装工場の移転（新設）は①塗装設備の更新、②ホンダ初の高級乗用車「レジェンド」のための塗装プロセスの格上げ、③海外乗用車塗装ラインのためのマザー機能（水性塗装の試行）、④臭気苦情対策、の4点を同時に対処する大イベントであった。そして第1期が1986年に完成し、その後4年の歳月と莫大な資金を投じて完成した。この工場は既設の乗用車組立工場の上に、3階建の高層建築物の中に配置され、地上30mの屋上に排気装置を設置することにより、塗装ブース排気は十分に拡散されて臭気問題が完全に解決したのだったが、その代償としてであろうか、高層建築物によるテレビ電波受信障害が発生し共同アンテナ施設を供与して解決するという付録があった。この一連の計画の構想とスタートはアメリカで乗用車塗装工場を軌道に乗せて帰国していた富岡義雄さんが担当し、アメリカで経験した知見がこの計画に生かされたのであった。



悪臭対策の終了した狭山工場

【注】最も手前に今まで使用した煙突群が見える。最も遠い所に3階建ての新塗装工場が見える（新塗装ライン完成記念テレホンカードより）。

6. 生産能力の捻出競争の時代

1) 無理難題に挑戦する塗装生産技術者の育成

ホンダの小型車生産体制が整ったのは昭和53(1978)年頃である。それは、鈴鹿製作所にはホンダ初の小型車専用のNo.2塗装ライン、軽トラック塗装ラインから転身したNo.1塗装ラインがあり、埼玉製作所狭山工場には小型車用に新設されたNo.2塗装ライン、軽乗用車から転向したNo.1塗装ラインの4本である。その次に新設ラインは国よりも企業の国際戦略であった自動車先進国の北米や欧州への生産拠点となるであろうとされていた。

さてそこで、ほぼ二年おきに行なわれる製作所トップの交替劇で誰が来ようとも最初に手掛ける命題は内外での需容が伸び続けている「ホンダ シビック」や「ホンダ アコード」を幾らかでも増産する計画を遂行することにあつたようだ。それは現有のプレスやプラスチックの成形金型や大型溶接治具などの高価な専用設備の潜在している能力を活用して、その他の塗装や艦装組立、品質検査などの汎用設備には最少の増産予算で月産500台から多くても2,000台の小規模な増産計画を立案することであつた。この計画がもたらす増益額に対して増産に費やす投資額をいかに減らすかに懸かっていたから、正に各部門の生産技術者が腕を振るって智恵を出すかが決め手であつた。

しかし、このような「造れば売れる商売」ができるのも1980年代の中頃の日本経済がバブル期に入った頃までであつた。その後の顧客様の求めるクルマは仕様の個性化や外観意匠の高い質感性などの商品性への拘(こだわ)りが現れたからである。従って僅か約10年の間に日産約750台から1,200台まで増産を繰り返したことになり、これによりもたらされ利益は国際化に注ぎ込まれたものと思われる。

この増産の時代は創業者の本田宗一郎さんの経営方針である「三つの喜び」、それは「造って喜び、売って喜び、買って喜ぶ」の実現を満喫できた右上がり経済発展の佳き時代でもあつた。

そこで、各部門のそれぞれが捻出した増量を競って提案する会議ではそこで最低の増産量を示した部門がギブアップした所で増産規模が内

定された。この集まりはホンダ用語で「我慢会(ガマンカイ)」と云われており、この競合に破れることはその部門の志を著しく損なうことになつたので、ここで生産技術者の管理を任かされている私達には苦渋の「ひととき」であつた。

そこで競合に勝てる計画を立案する為の「無理難題」を打破するアイデアを創り出せる生産技術者の力が求められた。当然のことながら、優れた生産技術者の育成と維持確保が私などの役割であり、それには若い生産技術者の製作所間の人材の移籍交流は抑えられたが、逆に隣接した技術分野への所内留学が奨励され、結束の強い技術集団の育成に努めた。そう云えば1981年にアメリカで最初のオハイオ乗用車製造工場の塗装ラインの構築から軌道に乗せるまでの大事業を成功させた富岡義雄さんも忙しい中に1年間溶接組立に留学してから技師に任用された塗装生産技術者であり、また同じ時期に艦装組立の森田利捷さんは隣の塗装部門に留学し、その最中に増産計画を担当し、今までの水研(みずとぎ)方式を工程長の短い空研(からとぎ)方式にプロセス変更を成功させた「つわもの」の一人であつたことが思い起こされる。

このような生産技術者集団は相次いで進められた海外乗用車製造工場の建設に製作所代表として出勤してホンダイズムの現地風土への移転に汗を流したのである。この我々の作った増産計画の評価を通じて我々生産技術者を指導してくれていたのは埼玉製作所長をされていた鈴木正巳さんであり、その後四輪車の生産を統括する専務となつていた。

その昔「生産管理」畑のエキスパートで知られる鈴木さんによる指導の要(かなめ)は、先ず妥当な利益採算の取れる限界の投資金額を示唆してから、その範囲内で増産の可能な法案を考えさせる方針が取られていた。これは若き生産技術者にとっては「無理難題」を押し着けられたと誰もが感じて反発をしたものであつた。これはひと昔前に私も聞いた話だが、生産技術者の元締めとしてホンダエンジニアリングの初代社長となつた篠宮茂さんが浜松の生産技術課長から部長に昇格した時に社長の本田宗一郎さんから「お前の仕事は若い技術者達に『正しい無理難題』を与え続けることだ。」とささやかれたことだつた。

私の記憶に今でも強い印象を残している鈴木

さんの言動がある。それは、生産台数のアップを求める際には決してコンベアーのスピードアップや稼働時間の確保に走らせず、先ず第1にコンベアー上を運ばれてくる「車体のピッチ」に注目する。そして車体同士の間に取り残されている隙間寸法は誰がどのような理由で決めたのか、そしてその妥当性の来たる所はどこかを質問することになっている。そしてその隙間寸法を縮めるためには自由にピッチを必要に応じて細かく変更することができるとコンベア方式の採用を求めた。従って余りにも大きいサイズのコンベアーを採用していることから、ピッチの変更ができない理由をコンベアーに求めるのであれば大目玉を頂くのが「おち」であった。この使用するコンベアーのサイズの妥当性の観点から、一本のコンベアーの長さの設定が適切であるかどうかまで遡ることになる。これは単なる事例を取りあげたが、全て生産技術者自らが自問自答すべきことである。

そして、鈴木さんの塗装技術者に向けた殺し文句は、「塗装ラインのように設備装備率やエネルギー消費率の格段に大きい工程ではコンベアスピードアップのための設備延長の検討は後回しにして、コンベアー上の小さなロスでも見落とさない解析を自問自答することから始めよう」とであった。

私は当初、アメリカのGM社で行なわれているクルマを受注後二週間以内に顧客に納車するシステムを維持する為に工場では、受注した順番通りに生産するために最初から出荷までOHC（オーバーヘッド コンベアー）にボディーを吊り下げて塗装も艤装組立も品質検査も一貫して行なうことを実践していた。そのために塗装では、上塗り塗装ブースでは色替えが何時でも自由にできるように、塗装機の色替えや塗装中の塗料ミストが次のボディーを汚染しないように十分な間隔を保ったコンベアー ピッチが取られていたのが羨（うらや）ましい限りであった。しかしここで鈴木さんの考え方を実践することに転向したのだったが、GM社が追及していた分岐のない一本ラインの塗装工程レイアウトを追及することに集中することになった。そこで乗用車組立工場の主要な部門を「生産順序計画」の面で眺めると、先ず車種ごとの大型溶接器具による組立システムの溶接組立部門では機種ロット生産が行なわれ、次に艤装組立部

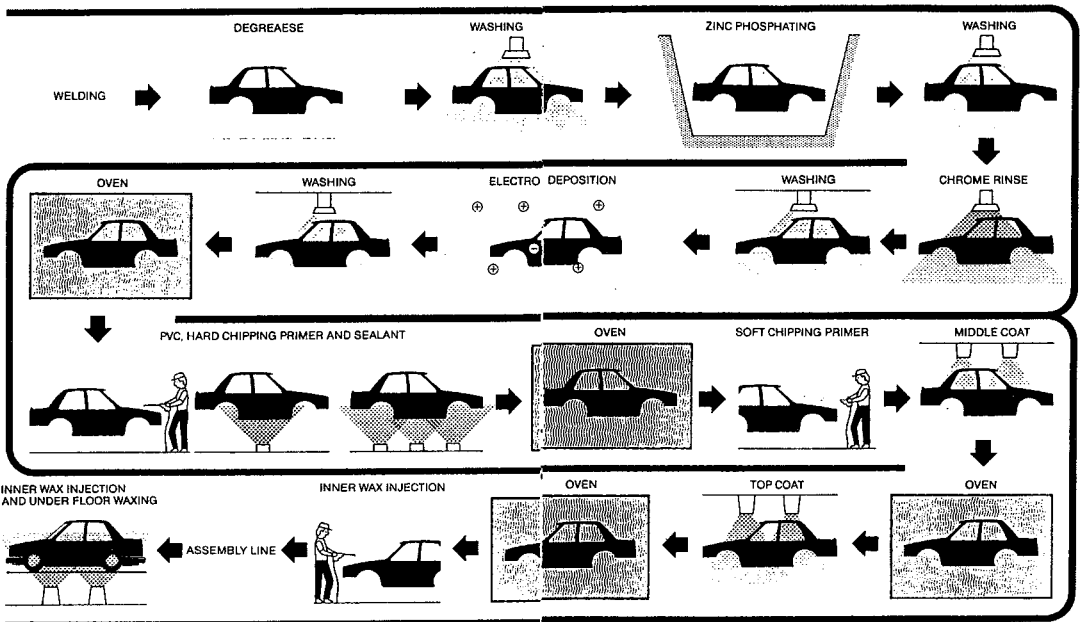
門では機種/仕様タイプ差による組立て工数を平準化させる生産順序の組み替えを行なうことが求められていたのである。この両工程に挟まれた塗装工程では設備装備率の高い塗装設備をフルに稼働させる観点から同じ塗色の車体を多く集めた塗色ロット編成の「生産順序計画」が求められていた。それらの特性を考慮した「生産順序計画」を実現するには、塗装前でホワイト ボディーの色別に整列するためのストレージ コンベアー、塗装後には再塗装ボディーを含めた「生産順序」を艤装組み立ての求めるように組み替えることのできる塗装完了ボディーのストレージコンベアーなどを準備することになる。

これらの設備を設置するスペースは主に屋上や屋根裏などから捻出することになった。しかしこの計画を鈴木さんが納得していただけるような理論的な説明をすることは極めて難しく、何度も汗をかいて実現を目指した。特にこの設備投資は難工事が連続したことから高価となって通常の採算が得られなかったことが最も厳しかったが、増産の手段として大変貴重であったことは認めてもらった。

2) 世界最速、最短工程長を誇る塗装ラインの消長

私は狭山に最初の小型乗用車塗装ラインを作る際には、アメリカホンダのセールスキャンペーンに使われている“Simple is the best! (簡潔こそ最高)”を旗印として掲げて計画を進めたことを思い出した。それは今までも塗装に関係のある人々以外の人々、特に上司からは「塗装は話が複雑で中味が良く見えないから、塗装は乗用車工場の“ブラック ボックス”だ」などと云われ続けていたからである。今度こそ利害の対立する隣接部門の溶接組立や艤装組立にも受け入れ易く、また何とか誰にも判り易い塗装プロセスやレイアウトを目指したのであった。

そして構想したのが枝別れのない一方通行のコンベアーを連結した一本ライン形式であった。先ず前処理→下/中塗り粉体静電塗装（車体外面）→リバーズ式電着塗装（車体内裏面）→シーリング/アンダーコート→水研（みずとぎ）→上塗り塗装までを通関していたのである。また再塗装の必要な不良ボディーはメインライ



世界最速の乗用車塗装ライン

(狭山第2塗装ラインの生産能力：「ホンダ アコード」1,200台/15時間)

ンとは全く別の補修専門塗装ラインを設けて、従来の再塗装をメインラインの塗装ブースで行なう方法を採用しなかったのは、常に再塗装ボディーの撲滅を塗装ラインの悲願として管理を徹底させたからである。

そして前処理から粉体塗装までは車体の上からの落下物を皆無にすることを目指してコンベアー上に直接ボディーを載せるスラット コンベアー方式を採用した、次の電着塗装からシーリング/アンダーコートまではボディーを吊り下げて下回りの処理を容易にしたOHC（オーバーヘッド コンベアー）が採用された、そして水研（みずとぎ）から上塗り塗装までは台車に載せて牽引するCHC（カー ホール コンベアー）で構成していた。

これは私がその昔見学させてもらったGM社の工場で教えられたGM社独自の「受注後の2週間以内に顧客に納車する乗用車販売政策」であった。これを実践するには工場の生産の仕組みは「受注順序生産方式」であった。それには絶対に生産の順位を崩さないためにコンベアー方式は最初から最後の品質検査や出荷に至るまで吊り下げ方式のOHCコンベアーで一貫していた。その為には塗装ブースでは色替えが自由に行なえる方式が考案され、塗装不良に対して

はコンベアー上で再塗装や修正を行ない加熱再溶融（リフロー）させて補修ができる特殊な性質を持たせた「熱可塑性アクリルラッカー上塗り塗料」を採用して、「ベーク サンド ベーク（加熱溶融後、オイル研磨、そして加熱再溶融）方式」をその為になぞらわ開発して問題を解決していた。この塗装はガソリンに溶解し易い欠点があったが塗膜外観が鏡のように平滑である特徴を「魔法の鏡（Magic Mirror）」と名付けて、塗色数の多さと共に誇らしいセールスポイントにしていた。そこで私はこの中の塗装メインラインではボディーの生産順序が崩れることのない本ラインのスルアイデアを借用して作られた塗装ラインの基本レイアウトは「ホンダ アコード」の何回かのサイズアップや塗色数の追加などに加えて、度重なる増産対策などの改造や変更にも耐えて、この方針をかたくなに守り通したのである。その結果一本の塗装ラインで二交替制（840分）で最大1,200台/日の高速度、高密度生産をなし遂げたのであった。

この塗装ラインで採用していた下塗り塗装プロセスは「下/中塗り兼用静電粉体塗装（車体外面）+「リバース式電着塗装（車体の内裏面）」であり、この最初に設置した塗装設備の潜在的な能力は予想外におおきかったことには驚かされ

た。例えば、粉体塗装設備では粉体静電ガンからの粉体塗料の吐出量の増加によって軽く二倍の高速塗装が可能であったし、またリバース式電着塗装ではその外観を気にすることなく電着浴槽中の塗料固濃度、印加電圧、塗料自身のクーロン効率などのアップによって大幅なレイアウト変更を行わずに済んだことは塗装生産技術者を喜ばせた。

この上塗り塗装ブースでは、ボディーの加工条件次第によってボディー同士の間隔をそれぞれできるだけ短く設定できるCHCを設置した。その条件とは色替え色相の順番、また車種の変更の順番、スプレーガン先のノズル洗浄、同じ塗色が連続するとき、塗料の色替え洗浄のときなどに合わせて最少のボディー間隔を選べる「可変ピッチ方式」であった。やがて更に色替えロスを減らす目的で「塗装ラインにボディーを受け取る際には大きな塗色ロット編成した生産順序」にして塗装加工を行なった。

その為に塗装前に溶接組立が完了したボディーを効率的に同一塗色ごとに整理させるストレージコンベアと、塗装完了済車体を今度は艀装組立の都合の良い順序に整理させるための塗装完了ボディーストレージコンベアを準備する事になった。

このような粉体静電塗装を中心にした下/中塗り塗装、それに塗色大ロット生産の上塗り塗装ラインなどによる2C1Bメタリック塗装を中心にした塗装ラインは、二交替制の実働拘束840分で1,200台の「ホンダ アコード」の生産を1986年に達成した。この当時としては上塗り塗装ラインのコンベアスピードは7.5m/分程度に到達しており、私の知見では世界最高速、高密度の塗装ラインであったと思っている。

この上塗り塗装ブース内の塗装機器のラインアップは、先ずベースコート塗装では補正用のコンベア同期平行移動型塗装ロボット、門型レシプロケータが3ステージにエアー霧化式静電塗装スプレーガンを装着していた、次のクリヤー塗装ではエアー霧化静電塗装スプレーガンを装着した一ステージのレシプロケータと6基の回転霧化溝入りミニベル型静電ガンを装備下1ステージの自動塗装機を採用し、補正用途して塗装ロボットを付属させていた。

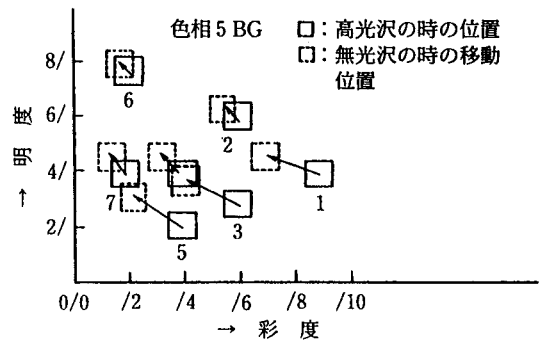
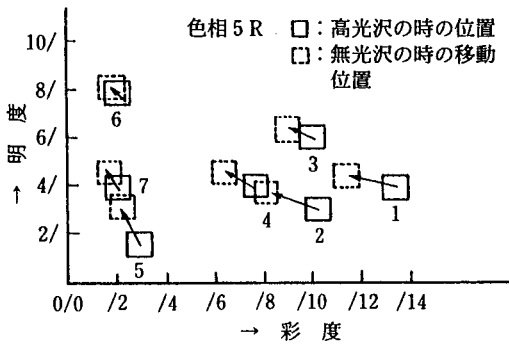
ところが、今までの「造れば売れる」という時代が去り、顧客様はクルマの商品性に拘（こ

だわ）り、例えば仕様や意匠外観への個性化や高質感覚性の追及の時代に一変するのは日本経済がバブル期にさしかかった1980年代の前半のころであった。この風潮を察したホンダのトップは今まで曖昧に過ごしていた乗用車の車種別の「塗装外観商品性の格付け」戦略を始める一方、ホンダの最高級車種の「ホンダ レジェンド」の開発、そして「ホンダ アコード」の上級車種への転身をスタートさせた。そしてこれらの上級車の生産が埼玉製作所狭山工場の担当に決って、塗装外観は世界の高級車である「ベンツ」の塗装外観を超えるものとの概念が一方的に下された。そこで今まで増産を達成してきた塗装ラインを更新する命題が発せられ最高車種は4C4B（フォーコート フォーベーク）方式の塗装プロセスに転換することになった。そして1986年には今までここで相次ぐ増産に貢献して来た下/中塗り兼用の静電粉体塗装を実現した世界最高スピードを誇った狭山No.1およびNo.2ラインはその技術的使命を終ったのである。

3) 増産時代に生まれた濁りクリヤー方式 塗装法—2コート1ベーク方式ソリッドカラーの実用化

(1) 「濡れ羽色」塗装のひとり歩き

鈴鹿製作所の自動車塗装の品質を担当していた技師の松浦功さんが1978年に提唱した「濡れ羽（ぬれば）色塗装」のキャッチフレーズだけが未だホンダの中を「ひとり歩き」して私達を戸惑わせていた。これは2C1Bメタリック塗装のクリヤー塗装を2回に分けて塗装して外観の革新を狙った発想であったが種々の理由で不発に終わってしまっていた。しかし時にはトップ筋から「狭山工場の「濡れ羽色塗装」はいつから始まるのですか」などと冗談半分の声が我々を返答に困らせていた。そこで私は余り画期的な外観アップは期待することは無理だが、ベースコートを塗装した後に「加温セッチング」を行なってベースコート塗膜からの溶剤の揮発を促進し、同時に塗膜表面を加温フローさせて平滑化させることによりクリヤー塗装後の外観のレベルアップが得られるとの知見を持っていたので、このアイデアを「狭山の濡れ羽色塗装」として試みてはどうかと塗装技術のヘッドを務めていた技師の笠井昭夫さんに示唆したのであ



光沢による色の変化

【注】光沢の優れた「濁りクリアー」が、深みのある外観を得ることのできる原理を示している。どのような色相の色でも、光沢が高くなると明度が低く、彩度が高い(さ)えた色になる。

『塗装工学』、19 [7]、(1984) 所載。

った。

丁度その時、増産のために上塗り塗装ブースの延長工事が計画されており、「ベースコート塗装ブース」と「クリアー塗装ブース」を切り離してそれぞれを延長するチャンスに合わせてそれぞれを連結するセッチングゾーンを微温風セッチングに変更する案が浮上した。この設備計画を指揮していた富岡義雄さんが苦勞の末にトップから承認を取り付けて実用化を進めたのであった。この温風セッチングにはコンベアーがストップしてもベースコート塗膜が硬化温度に達するようなオーバーランを起こす心配のない温水循環加熱型輻射パネルと緩速の温風循環などの条件を満たす装置を大気社に設計試行させた。

現在採用されてから久しい2C1Bメタリック塗装方式がもたらした成果は、外観レベルの向、上や大気汚染による「しみ」などの発生防止などの性能面だけでなく、ラインで発生した軽度の塗装不良のホリッシング修正ができることによる再塗装不良の激減、アフターマーケットでの補修塗装における色合わせの容易化などの生産性向上が顕著であった。

しかし未だ30%程度のシェアを保っているソリッドカラーはこれらの恩恵を受けられなかったから、ソリッドカラー塗膜の上にもクリアー塗装を追加した2C1Bソリッドカラーの実用化は自動車塗装技術者の念願となっていた。しかし多くの努力にも拘らずなかなか成功させることは難しかった。その理由にはソリッドカラーの主要な顔料である「酸化チタン(チタン

白)」などがクリアー層を透過した光線によって劣化されてクリアー塗膜の密着不良を起こすからであり、またクリアーに配合できる強力な紫外線吸収材が未だ発明されていなかったこと、またクリアー表面が曇り易くスツキリとした外観が得られにくかったことなどであったようだ。

しかし狭山では笠井さんを始めとして特に塗膜品質を担当している浜中辰彦さんらは執拗(しつよう)2ソリッドカラーへのクリアー塗装の実現を模索し続けていた。それにはホンダのカラーデザイン戦略には高価な濃色の赤系や黄色系のソリッドカラーの彩色デザインが頻繁に登場していたからである。これらは大気汚染による変色や「しみ」の発生に悩まされたり、まれに発生するソリッドカラー塗膜の早期チョーキングによる色落ち事故などの防止のためにも、また塗装不良の再塗装率の低下などへの強い期待があったからである。

確かに私が1978年の夏にアメリカのオハイオ州コロンバス市に滞在していた時の苦い経験であったが、ビッグベアー(大熊)ショッピングセンターのパーキングでクルマを降りた所で、「アコード」に乗っているホンダの顧客様に突然呼び止められたのであった。それは彼のクルマのベージュ色のソリッドカラーの塗装面が激しいチョーキング現象を起こしており、触れた指が赤く成ると云う異常事態への鋭い苦情を訴えられたのであった。帰国後の浜中さんの言い訳はこの塗色は大日本塗料製であり、当時は同様な事故が他の塗料メーカーやクルマでも多発

しており、使われたイギリス製の新顔料のトラブルは全く事前の品質チェックでは捕まえることができなかつたとかであった。

(2) クリヤーでない「ニゴリ」クリヤーの発明

世の中には笠井さんと同様な考えで研究を進めている塗料技術者が存在していた。それは日本油脂の塗料事業部の戸塚工場に居るとの情報日本油脂のディーラーである泉化成の中田紀夫さんからもたらされた。その当時狭山では日本油脂はオートバイ用やプラスチック用の塗料メーカーとしての折衝が主であり、当時は日本油脂からの乗用車用上塗り塗料の購入が抑えられていたからで、それは過去に起こったイギリスでの保護ワックス「ブルーコート」の品質クレームで顧客様に迷惑を掛けた際の対応姿勢に対するペナルティが影響を及ぼしていたからであった。それ故にそのような情報を知らなかつたのも無理はなかつたであろう。

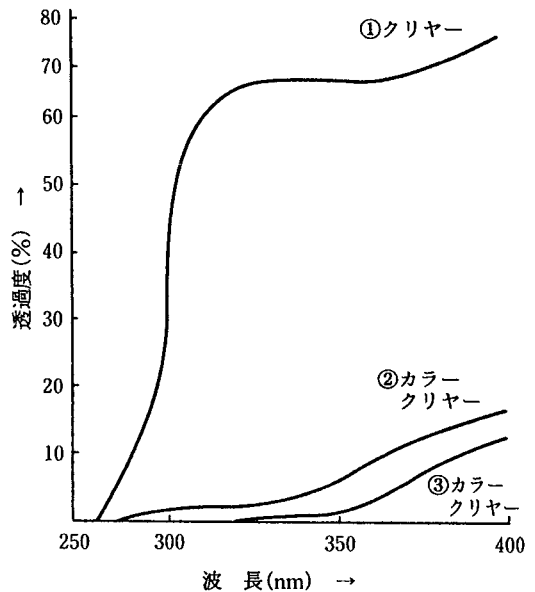
その塗料技術者は萩原史巨（ふみお）（日本油脂自動車塗料部海外担当部長、JPNケミカル(株)）さんの存在であった。ここで先ず「濁りクリヤー方式」の発明者である萩原さんの回想文を頂いているので紹介するとしよう。

「この方法を開発したきっかけは1970年代始めに北米に輸出したレッド、イエローのクルマが短期間で著しくチョーキングし、莫大なクレームになるという深刻な状況があったことがあり、その耐候性の良い顔料と樹脂を見付けだすことが開発のポイントであったのでした。しかしクリヤーの中に微量の顔料を配合する「濁りクリヤー」の発想のヒントになった事柄の第1はオートバイ用上塗り塗装に流行していた「キャンデートーン」に配合している染料を顔料に替えることの研究であった。この日本油脂が創造した「キャンデートーン」の塗膜の構成は下地としてアルミニウム箔をリーフィングさせた膜の上に染料で着色したクリヤーを塗装したもので、鮮やかな深みのある色彩はオートバイの色彩デザインに新風を巻き起こしていた。その第2はクルマの補修塗装の達人である塗装技能者禁（職人さん）が行なう技（わざ）の中に、補修部は分の境界部の「ボカシ」に使うクリヤーに車体色の塗料（いわゆる「ネタ」）を極く微量加えて禁「クマ」ができにくい仕上がりを得る方法であったのです。そしてこの「濁りクリヤー」の狙いは、①光沢（艶）が上がると色

の明度が低くなり、彩度が高くなって、結果として色に深みが出る。

②クリアーに微量の顔料を入れると顔料が紫外線を吸収して耐候性が良くなる、③クリアー掛けしてあると補修がし易くなる、などが数えられるのであった。

そしてこの萩原さんの発明は、隠蔽力の大きな同系の色相のベースコート塗装してから暫くセッチングを行ない、その上にクリヤーに同系色相の耐候性の優れた顔料を微量配合し丁寧に分散した塗料を塗装する。このベースコートは下地を隠蔽するに十分な膜厚と、余り膜厚が大きくならないように顔料配合を設計する。そしてクリヤーは隠蔽膜厚は極めて大きいから下地との膜厚バランスを色彩を考慮して設定する。この適切なコンビネーションによって極めて特異な深みのある色彩感が表現できるのである。



クリヤーおよび濁りクリヤーの紫外線透過率曲線

【注】①：顔料無添加。

②：バインダー100部に対しアゾ系レッド顔料2.5部添加。

③：バインダー100部に対しシャニン系ブルー顔料2.5部添加。

(3) 困難を窮めた品質承認活動

そこで笠井さんは技術研究所の造形研究プロジェクトの色彩デザイナーであった二木桂治さんとの

共同作戦で「濁りクリヤー」を応用した赤と黄系の新色を開発し、その試験パネルを作りあげた。そして乗用車の上塗り塗膜の耐久性に厳しい眼を光らせるようになった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の所に完成したばかりの新色塗装試験パネルを持ち込んで適合承認のための試験を進めてもらうことにした。何しろ日本油脂はホンダの最初の小型乗用車である「ホンダ H1300」が鈴鹿製作所で生まれた際に採用した油溶性有機染料を用いたキャンデーライクと呼ばれた「ゴールドメタリック色」を提供して耐候性の不足を来たした前科があったから尚更であったのであろう。ともかく暴露試験をフロリダの暴露試験場で最も過酷な試験を1年間行なうから結論は少なくとも2年は掛かるとの引導を渡されてしまった。

確か1年余の慎重な試験を経て赤系の新色は何とか御墨付きを頂くことができたが、黄色系は更に1年余の年月の検討が続けられた。

この「赤系の濁りクリヤー」の塗装作業は2C1Bメタリック塗装用として設置されていたベースコート用のエア霧化静電ガンを装着したレシプロケータ、クリヤー用の回転霧化静電塗装自動機をそのまま使用して所定の膜厚バランスの仕上げができるようになった。この「濁りクリヤー」のベースコートはメタリックベースコートとは異なりアルミニウム箔などは配合していない通常のエナメルであるから膜厚も隠蔽力の関係でメタリックベースコートよりも厚くなっていることから、その点では先に設置してあった「温風セッチングゾーン」が有効に作用するという幸運にも恵まれたのであった。これにより鮮映度の高いしかも深みのある外観を求めた高価な赤色系ソリッドカラーを適用したクルマの大量生産に成功したのであった。

この深みのある赤色のクルマが出回るとディーラー様はもとより、口の悪い営業やサービスの面々にもすこぶる評判がよかった。その頃はオイルショックを乗り越えた日本経済がバブル景気に入ろうとする時節であり、「猛烈からビューテフル」のキャッチコピーに象徴される高品質指向への転換を求めている時期でもあった。そして当時ホンダの四輪生産の総括をしていた専務の鈴木巳さんの耳にもこの「狭山の濡れ羽色塗装」ならぬ「濁りクリヤー」の好評ぶ

りが伝わり、狭山の浜中さんに称賛の言葉が伝達されると同時に全社的にこの塗装法が適用できる体制を取って大衆者までイメージカラーとして採用するようにとの示唆が出されるという加熱ぶりとなったのである。

また、モーターショウの時期が近づくと狭山では下／中塗り兼用の粉体塗膜に特有の大きなうねり肌を徹底的に研磨して平滑にしてから、その上に新奇な色彩の「濁りクリヤー方式」の上塗りを塗装して作られたた素晴らしく鮮映度の優れた格別の外観のクルマが出品されて注目を集めたこともあった。

しかしこの塗装法にも思いがけないウィークポイントが見付かった。それは「濁りクリヤー」のベースコートの塗装が塗着効率の低いエア霧化静電塗装スプレーガンにより行なわれていたから塗料の消費増によるコストアップには泣かされていた。またその他に、素晴らしい深みのある赤や黄色のクルマをアフターマーケットで通常の補修塗料によって再現するには何回かの重ね塗りをせざるを得なかった。しかし補修塗装業界では「ニゴリクリヤー」方式を強要されるのは好まないとの意向があったのは意外であった。

(4) エピローグ、アメリカに渡った「ニゴリクリヤー」

やがて、1983年にはこの赤色系の濁りクリヤーの塗色がHAM（ホンダ オブ アメリカ製造）の乗用車塗装ラインでも使用することになり、塗料の製造は日本油脂との関係の深いデトロイト市にある自動車塗料メーカーのイモント社に技術移転され成功を納めた。その関係とはイモント社系の自動車補修塗料部門には名門のRM（リンシード メイソン）塗料があり、一方イモント社は印刷インキ部門も有名であって日本の東洋インキ製造とは技術提携の関係にあった。戦後イモント社がに日本国内に日本RM塗料社を設立するに当たって東洋インキ製造との合弁事業としてスタートしアメリカ流のクルマの補修塗料の普及に成功した、この塗料は日本油脂が製造を担当していたのであった。その後東洋インキ製造から経営を譲り受けた日本油脂はイモント社と合弁で事業を続ける間柄となったと聞いている。

実は、これに先立って連邦環境保護省に大気浄化法の規定に基づいて提出した「発明技術猶

予」の申請書の狙いは、現在施行されている自動車塗装工場の有機溶剤の大気中排出への制限を猶予してもらうことであった。それはアメリカの自動車業界では使用していない2C1Bメタリック塗装法と「ニゴリクリヤー」を応用した2C1Bソリッドカラー塗装法を発明技術として認定してもらい、5年間の規制値基準の適用を免除してもらう目的であった。この際に私が用いた「濁りクリヤー」を“Tintej Clear”と表記しこの塗装法を“NMNMB C C T C C”（ノンメタリック ベースコート 濁りクリヤーコート）とした書類が官報に公開され、業界に知られることとなった。そして1981年の秋から塗装工場の試験的操業が無事に始まった。

その後数年も経ないうちにアメリカのビッグスリー各社はメタリック色の2C1B化を達成しその勢いで間もなくソリッドカラーにもメタリック色と同様にクリヤーを塗装する方式に踏み切ったのには驚かされた。この経済的な方法がこれ程早く可能にさせたのは耐候性の優れたアクリル樹脂系がソリッドカラ塗料に使用されていたこともあろうが、新しく開発された強力な紫外線吸収材の出現に負うものであろう。それに比べて日本ではソリッドカラーへのアクリル樹脂系への転換もまた、クリヤー塗膜の追加へ一歩も踏み出していないのは単なる経済性だけの理由であろうか。今や、アメリカ市場では昔の欧州や日本車の塗装外観の優位性は昔話となりつつあるようで、遅れていたアメリカ車の新しい塗装外観に押され気味であることは否めない。

この成功を契機として日本油脂は狭山工場での乗用車用上塗り塗料の第3の納入メーカーとしての確固たる基盤を作ることに成功した。これには昭和40年代の保護ワックスのトラブル以来私がペナルティを課して狭山工場への乗用車塗料への取引を抑制してきていたが今回の実績が計器となって事実上解除となったのであった。この長い不遇の時代を執拗に接触してきていた日本油脂の営業の橋本邦三さん、またホンダと日本油脂とのパイプ役を果たしてきたディーラー泉化成の中田さんの努力にも敬意を示すところである。そして昭和60年度第14回日本塗装技術協会技術賞「2コート1ベークソリッドカラー自動車塗装法の実用化」が選ばれ、ホン

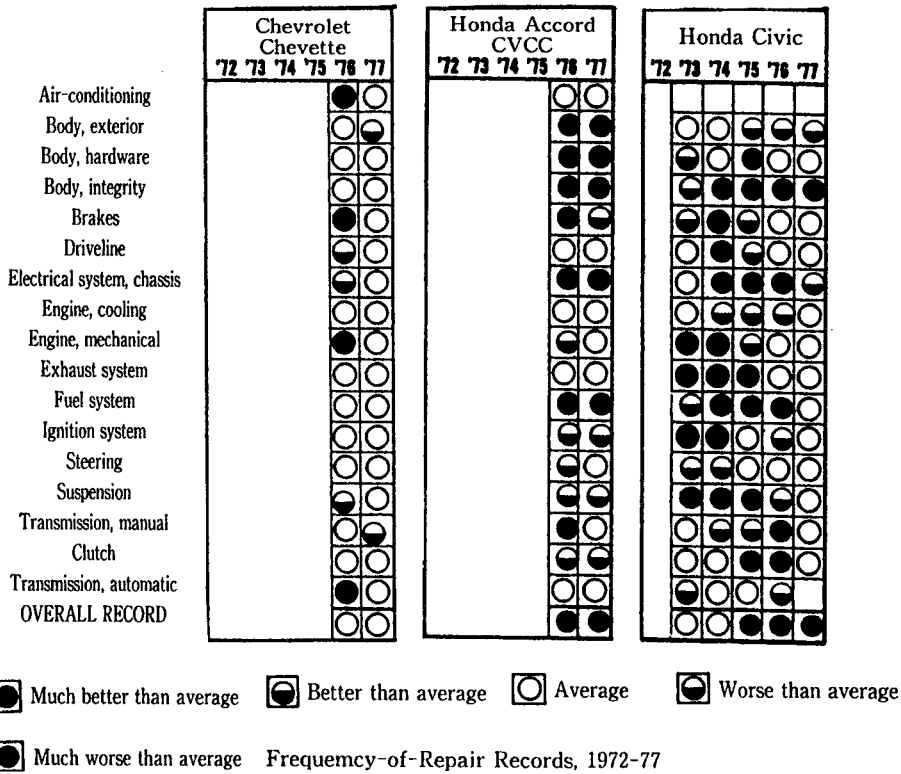
ダの浜中辰彦さんと日本油脂の萩原史巨さんが共同研究者として表彰を受けた。また現在もハイヤーなどの特別注文車塗色である「フォーマル ブラック」への掛け替えのない塗装法としても引き継がれている。

7. 不名誉な「ジャパニーズ ラスト」からの決別

1978年頃にはホンダには4本の乗用車塗装ラインが完成し、大衆車の「ホンダ シビック」の輸出車と国内向けのそれぞれの専用ライン、そして標準車の「ホンダ アコード」、ツーリングスポーツの「ホンダ プレリュード」の塗装ラインのラインナップが揃い、世界の顧客様のニーズに合わせて生産能力の強化が続けられていた。そしてホンダの国際化路線を更に進めるに当たり、特に北米で吹き荒れていたクルマの安全性や商品性寿命に対する消費者運動への適切な対応を視野に入れて、今までの増産に傾倒した体制の陰に隠れて弱くなっていた品質保証体制の再構築を進めることが叫ばれてきていた。そして本田技術研究所の社長であった久米是志（第3代目ホンダ社長）さんをホンダの専務取締役就任に就任させて商品の信頼性運動の旗振りを始めさせた。そのターゲットの中には市場で発生する顧客様の苦情に答える為の市場クレーム費用の徹底的な統計的分析と対応策への活動であり、また昭和54（1979）年に完成したばかりの栃木PG（ブルーピング グランド；（実証試験場で高速走行コースを中心とした施設）を活用した製品の発売前の信頼性検証の体制強化なども進められた。この矢おもてに立たされたのは欧米で塩害地域に販売したクルマの車体の腐食や塗装面の錆の苦情であった。そして当初は今までと変わらぬ『錆の苦情といえなんでも塗装技術者に任せて置けばよい』との風潮のままであったが、やがて全部門の関係問題として取り組む方針が示され我々塗装技術者の苦しい立場にも次第に明るさが戻り始めていた。

1) 読者に公開された乗用車の耐久品質評価情報

1960年代に大衆消費財製品の質性能や使い勝手などを実験を行なって比較評価した結果を製



1972～77年の故障頻度の記録

【注】『コンシューマーレポート』(1978、APR.)

東京都中央図書館所蔵。

筆者注：この図は原本ではカラー印刷なので不明な点がありますが御了承ください。

造メーカーの実名入りで誌上公開する雑誌として日本の先駆けとなった「暮らしの手帳」誌は余りにも有名である。そのオリジン（源流）はアメリカの「コンシューマーズ レポート（消費者からの報告書）」誌であったとか。この誌上には大衆消費財に混じって「クルマ選びのガイド」として各銘柄の乗用者の品質レベルを代表する17種類の 카테고리別の修理回数の記録を調査し、過去の実績と並べて年1回の特集を刊行し続けているとの話は聞いて知っていた。

そして私が1977年9月にアメリカに進出する生産拠点の事前調査に出張していた時、オハイオ州都のコロンバス市郊外にあるスーパーの店頭の貼り紙に『乗用車のニュー モデル選択のための必携ガイド』を見つけて買ったのが「コンシューマーズ レポート」誌であった。これには最後発のホンダの輸出の先鞭を切った世界の経済者と言われた「ホンダ シビック」が、それに続いて3年遅れて世界の標準車と自負し

ている「ホンダ アコード」も顔をだしていた。そこで早速コピーを取って日本の塗装技術者に送った覚えがある。

この評価はクルマの品質である商品性や性能面を含めた17項目のカテゴリをABC順に評価していた。例えば空調装置、続いてボディー（外観、建て付け、内装）、ブレーキ性能、走行性能、電装系、エンジン冷却系、排気系、燃料系、エンジン始動性等々から最後の全項目平均までについて、クルマを購入してから数か月間に受けた修理回数を全社平均を算出し、それを含めた上下五段階評価したものであり、そして過去のモデルイヤー毎の実績と比較して品質の動向が分る用に並べた上で、北米で販売されている各銘柄を網羅した「星取り表」のデータを公開するものであった。

これはニューモデルの購入ガイドとしてだけでなく、中古車の品定めガイドとしても利用されている。このように評価され公開されたデ

ータはクルマの販売戦略のテクニックに使用され新聞などの広告宣伝やテレビのコマーシャルに登場させて消費者の知る権利として使用する事が認められている。従って、自動車メーカーとしても評価の向上に努力せざるを得なくなってきた。また我々のような後発メーカーにとっては他の銘柄の品質の歴史を勉強し自分の業務に反映させるには極めて強い動機付けとなったことは確かである。

その後に行ったことだが、乗用車の腐食問題の先進国であるカナダでは「コンシューマーズレポート」の中古車版ともいえるであろうか、「レモネード」誌が発行されており、この表紙には強烈な黄色を放った一個の大きなレモンが印象的であった。その内容も強烈な辛辣（しんらつ）さに満ちており、例えば日本製の軽量で走行性能の優れた小型乗用車の中古車ガイドの欄には、『これは十分に車体の腐食劣化を評価してから選ばないと「ハイウエーを走る棺桶」に乗ることになるので御注意を』といった具合であった。このユニークな誌名のネーミングは中古車を選ぼうとする読者や中古車を取り扱う業界の人々に取っては眼の褪（さ）める酸すばい爽快な味であり、逆に自動車メーカーの品質技術者に取っては反省の苦々（にがにが）しい味を示唆しているのだと聞いたことがある。

やがて、1980年代の中ごろになると、より専門的なシンクタンクやマーケティングの組織が、例えばJ. D. パワー社では自らが開発した様々な顧客様満足度指数（CSI；カスタマーズ サテスファクション インデックス）をモデルイヤー毎に算出して契約者に提供する活動を始めている。最初は乗用車販売系列の販売とサービスのCSI、次いで購入後1年間の故障修理などの初期的な品質面のCSI、更に長期耐久性のCSI、最近では新車の販売前の欠点数のCSIなどにまで市場調査が行なわれている。そして自動車メーカー間の激しい品質競争を巻き起こしている。今まで日本車や欧州車が上位を独占していたが、最近はビッグスリーも本腰を入れるようになり、クルマの持つ信頼度レベルの競争の時代を迎えようとしている。

このような品質情報が公開される背景には、北米での消費者運動の盛上がりの一環であった「クルマの安全性問題」が山を越えたところであり、これからは「クルマの寿命に係わる腐

食／錆などの商品性問題」に矛先が向けられようとしている社会の流れによるものと受け止められている。

この「コンシューマーズ レポート」誌上で公開された多くの銘柄の中から敢えてホンダ車の評価だけを表にして参考に掲げたが、クルマの大人気にも拘らず必ずしも万全とはいえなかったからこそ、ホンダ製品の品質信頼性の向上が叫ばれるようになってきている。

2) 第4次錆プロジェクトとオランダからの塗装面の錆苦情

この品質活動を始める第1歩として、一年間に世界中の顧客様からの苦情を満足させて差し上げる為に支払われたクルマの修理代のクレーム費を発生国別、機種別、対象部品別そして販売した保証機関中の1台辺りの費用別などに解析したところ、驚いたことに欧州のオランダおよびベルギーにおける車体塗装面の錆が急に突出してきていることが露見した。もしもこの問題が他の欧州の国々や北米に拡大すれば経営的にも影響を及ぼし兼ねないとの憂慮される事態であった。そこで急いで第4次錆プロジェクトの速やかな発足が指示された。そしてプロジェクトリーダーに鈴鹿製作所品質管理室長であった小田健司さんが指名され、活動期間を二年間と限ってスタートを切った。

このチームの狙いは、先ず欧州二国の錆クレーム費用の突出した原因追及、補修塗装の適正な適用化、補修塗装作業の適正化、費用の圧縮、防錆技術面からの塗装プロセスの弱点の発見と対策などが挙げられた。このメンバーには塗装部門から鈴鹿製作所から松浦功さん、埼玉製作所狭山工場から笠井昭夫さん、事務局に鈴鹿市場品質の岩井正樹さんがそれぞれの部下を引き連れて参加した。

そこで欧州におけるこれ迄の塗装面の錆問題の経過を述べておきたい。発売と同時に爆発的な人気を博していた「ホンダ シビック1200」は、昭和48（1973）年に入ると北米と欧州への本格的な輸出が始まり、これがホンダの乗用車輸出の本格的なスタートであった。そして最初の錆の苦情は、クルマを欧州に運搬した混載貨物船における積載と荷降ろし作業によって付けられた外傷から船倉の高音多湿と混載貨物の梱包用木材から発生する酸性ガスなどの腐食性を

帯びた輸送環境の間に発生したものであった。この「混載」とは貨物船の船倉の最下層に他の貨物に混じって梱包をしていない裸のクルマを積載するものである。その積んだ貨物の上に鉄構板の床材を取り付ける作業の際に大きな鉄錆の塊りが容赦なくバラバラと落下してクルマの水平部の塗装面を直撃して傷を付けたり、塗膜の上に付着して錆の発生起点となったのである。欧州航路の貨物船は途中に熱帯地域で数多くの寄港をしながら荷役作業を繰り返す為に、最も遠い欧州の国々の港へ輸送する少量のクルマは最下層の船倉に積み込まれることが常であったからこの被害が最も受け易かったのである。そして終着港に到着して陸揚げした後、保険会社の損害インスペクター（検査鑑定人）によって外装部品の破損や塗装面の凹みや錆が発見された。そして出荷前の新車整備として、保護ワックスの除去、そして点検や塗装面の補修塗装が実施された。この塗装面の錆を修理した費用の負担区分について、荷役や船輸送環境の責任で保険で対応するのか、または簡易膜厚計を胸のポケットに差したインスペクターの主張する「ホンダ車の塗装の膜厚が薄く弱いためである」から保険補償はできないとする保険会社代理人との費用負担の議論が現地とホンダ本社サービス部との間で情報が交錯して、いたずらに年月を過ごしていた。そして最後にはクルマの水平部に発泡スチロール製のプロテクターをホンダが装着したことでこの問題は一件落着いた。

次にはクルマが顧客様の手に渡り、冬のバルト海から吹き寄せる湿気を含んだ季節風の吹き荒れるオランダやベルギーで走行し始めたクルマでは、先ず塗装面に装飾部品を直接組み付けた際に出来た塗膜の外傷から流れる赤錆汁や塗膜面についた外傷からの錆とそれが拡がった錆の詰まった「ふくれ」など、そして車体鋼板の端面の「バリ」や合わせ目などからの錆などが眼について苦情になった。これらの錆は欧州車が6～7年前に既に経験し解決済みの問題であったから、これらは「ジャパニーズ ラスト」と呼ばれ初期錆の代名詞となった。これらの状況を調査し、各社各様の多くの錆対策が施されると初期的な錆の苦情は数年で鎮静化に向って行った。

その後判明した新しい深刻な錆苦情が発生

した。それは塗膜表面には外傷の有無が判然としないが塗膜が大きく膨らんで、その内側には錆が詰まっており、次第に膨らんだ塗膜の表面に「ひび割れ」が発生し遂には塗膜が破裂するものであり、時には周囲の塗膜を剥離させる現象を伴っていることもあった。このような錆は車体のあちこちに数個程度発生した。この珍しい「ふくれ」は外観から皮膚病の「おでき」の「かさぶた状」に見えたことから現地では「かさぶた腐食（スキップ コロージョン）」と呼ばれるようになった。これはホンダ車というよりも日本からの輸出車特有の錆現象の代名詞となっており、その原因が判然としなかった。

この第4次錆プロが発足した頃、先に述べた経過の後半に当たり、冬期の路面凍結防止の為に散布する岩塩碎石や滑り止めの碎石がクルマのタイヤに跳（は）ね飛ばされて走行して来る他のクルマの塗装面を直撃して、素地にまで達する外傷を与える「チップングダメージ」と「スキップコロージョン」とそれに伴う「クリープ状剥離」などが解決すべき課題となったのである。

この「スキップコロージョン」の発生原因究明とそれへの対応策についてはこの部で前述してあるので、ここではホンダ車の対応策に限らせて頂く。

この錆現象は従来のアニオン電着塗料よりも格段に耐食性が優れているカチオン電着塗装に転換してから発生するという皮肉な現象であった。これで欧州での「ジャパニーズ ラスト」と呼ばれた悪評も一掃できることは間違いないと期待が高まっていたのに、それを裏切る結果となってしまったのである。

この錆プロが発足した1979年には国内の関係業界で進めていた「スキップ コロージョン」の発生メカニズムの追究と、促進腐食試験による再現テスト、抜本的な塗装前処理—カチオン電着塗装との適合性の改良などの方向が数年掛けて少しずつ解明された時期であった。それらの知見をホンダに当てはめると、

- ①：カチオン電着塗装の初期段階に素地表面近傍の接近層が強アルカリ性を呈することによる前処理皮膜の局所的溶解損害。
- ②：その溶解促進する水の電気分解によるアルカリ性の到達PH値と通電開始から電着樹脂の析出開始までの初期団塊の時間など

は使用する電着塗料の持っている特数、例えばクーロン効率、中和度、輪率などに支配される。

- ③：前処理皮膜結晶の種類による耐アルカリ性の差。
 - ④：前処理皮膜の形成に際して局部的に結晶形成に乱れのある「ボイド」の存在。
 - ⑤：素地鋼板表面の前処理性の劣る個所の存在、特に初期の片面防錆めっき鋼板の鋼板面の表面性状が前処理皮膜処理性が劣っていたこと。
 - ⑥：前処理皮膜の溶解阻止に効果のある前処理後の水切り乾燥、前処理後のクロムリンス処理の存在しなかったこと。
- などを挙げることができる。

このような局部的ダメージを受けた前処理皮膜の上に形成されたカチオン電着塗膜、中塗り塗膜、上塗り塗膜によって完成した総合塗膜は欧州の気候条件と腐食環境条件によって塗膜下腐食を起こしたものと定説が出来上がりつつあった。このような経過からみても錆の補修塗装費用は慢性的な出費を繰り返しながら、遂に爆発的に激増した最初がオランダとベルギーであった。

ここでPLの小田健司さんは発足後半年目に現地に専務取締役の久米さんを迎えて中間評価会を行なった。そこではホンダ車ではどうも車種間の錆苦情のレベルが違いが存在すること、また他社ではマツダ、三菱のクルマが比較的成绩がよかったことなどを議論した。そこで他社はともかくホンダの車種、即ち塗装ライン別の錆に係わる塗装プロセスが明かにされた。それは先ず輸出車の主力を生産していた鈴鹿のNo.2塗装ラインは「スプレー＋ハーフデップ併用式前処理」とドイツのヘキスト社系である神東塗料のカチオン電着塗料との組み合わせであり、そして僅かに輸出車を生産していた狭山No.1塗装ラインでは通常の「スプレー式塗装前処理」と神東塗料が独自に発明しホンダが実用化したカチオン電着塗装法の一つである「下／中塗り兼用の粉体電着塗料」との組み合わせであり、これらは「カチオン性」の電着塗装法を採用している点が共通していた。そして欧州への輸出台数は少ない狭山No.2塗装ラインは「スプレー＋フラッド（床面を処理液を溢れさせ車体下回りの内部、床下の強度部材の内側の処理を

促進する手法）式前処理」と「下／中塗り兼用の粉体塗料の静電塗装」との組み合わせがあり、最後にもっぱら国内むけの生産を行なっている最も新しい稼働を始めたばかりの鈴鹿No.1塗装ラインは最も新式の「フルデップ式塗装前処理」とアメリカのPPG社系である日本ペイント製の「カチオン電着塗料」との組み合わせであった。

そこで「スキップ コロージョン」と塗装プロセスとの間に何らかの大きな関係が存在しているように思われたので、そこで好成绩の粉体静電塗装を採用している「ホンダ アコード」を除き、また粉体電着塗装から粉体静電塗装に転換が進行している狭山No.1塗装ラインを別として、残る鈴鹿の2種類の下塗りプロセスをそれぞれ前処理、電着塗装の4種類の組み合わせの塗装プロセスで試験車を製造しこの冬期間をオランダで試験走されて1年後に錆の発生レベルを久米さんに評価してもらう方法を提案した。一方、クルマからの飛び石による塗膜の「チッピング ダメージ」については後の章でのべることになるが、カナダのトロント市近郊の多くの車線を持っている高速道路を主に走行しているモニタリング試験車群を基準にして「チッピング試験法とその評価法、それによる耐チッピング性基準」の開発研究を技術研究所が担当することになった。

そして1981年の末に再びベルギーを訪れた久米さんに出席していただいた最終評価会によって、今まで輸出車の主力生産ラインである鈴鹿No.2塗装ラインのヘキスト社系カチオン電着塗料に品質上の疑問があり、同時に塗装前処理では「スプレー＋ハーフデップ式処理」は「フルデップ式処理」に比べて劣る傾向が明らかになり、これらの結果が承認された。

このPLの小田さんが間もなく技師長に昇格されて埼玉製作所（狭山工場も含まれる）のナンバーワンとなって着任してから、私は第4次錆プロの述懐談を何度か拝聴したことを思い出す。この2年間に及ぶ苦しい長期戦となった錆プロに終止符を打った松浦さんと笠井さん、そして彼らが率いる現地での長期滞在チームの面々とPLの小田さんの一行は最後の打ち上げ会をバリ市内の三つ星レストランで行っていた時のエピソードである。この席で欧州の慣習を破ったことになるのではあったが、意気軒昂

(いきけんこう)な九州男子の松浦功さんが突然立ち上がって故郷宮崎の民謡の「刈干し切り唄」を朗々と高らかに歌い上げたのであった。初めは不審そうな表情を見せていた同席のアメリカ人やフランス人のお客さんも哀愁を帯びた調べを受け入れたのであろうか、歌い終わると拍手喝采で応じてくれていたとの話を語られていた。私には松浦さんが歌ったのは宮崎市生まれの宮崎民謡だったのか、または本場の宮崎県高千穂地方で歌われている山の斜面に生えている茅「カヤ」を柄の長い大鎌で薙ぎ倒しながら歌う素朴な節回しの作業唄だったのかは知る由もなかったが、唄の文句にある『この山の刈干しや済んだヨー あすは田圃(たんぼ)でエー 稲刈るかヨー』とあるのは正に重労働の茅刈りを済まして、収穫の喜びのあふれる稲刈りに移るとは「錆プロ」の打ち上げにピッタリであり、また集(つど)ったメンバーの郷愁のあふれる心情を歌っているように思えて妙であると思った。それ程ストレスが溜まる長い苦渋の欧州鏽対策であったのであろうと思うにつけて私も感慨がまた深くなるのを覚えるのであった。

3) 藤森裁定による下塗り塗装プロセスの変更

第4次錆プロの使命を終ったPLの小田さんはホンダ技術研究所の品質保証活動を進めていた研究所常務取締役の大倉孝男さんと材料研究ブロックのマネジャーであった藤森義次さんに欧州での最終評価を伝え、鈴鹿No.2塗装ラインの「スキップ コロージョン」の絶滅対策としてカチオン電着塗料の再選定軸にして、下塗り塗装プロセスの改質の特命を伝えた。

この時点では、「スキップ コロージョン」の発生メカニズムはほぼ解明されていたが、それへの対策となると方向性は未だ定まっておらず、各社各様で次善の策を講じていたのが現実であった。その中で脚光を浴びていたのは「トヨタ自工-日本パーカーライジング」が共同開発した鉄構板素材面専用のカチオン電着塗装に適合した化成皮膜を得ることができる「フルデップ式処理法」を用いた新しい塗装前処理が実用化されつつあった。

そして藤森さんは大変悩んだ末に決定した裁定は鈴鹿製作所が最も受け入れ易いことを考慮

して作り上げたものが次のようであった。それは『先ず電着塗料は世界のシェアの大半を持っており、しかも既に鈴鹿No.1塗装ラインで採用しているPPG社系の日本ペイント製カチオン電着塗料に変更し、同時に車体の隅々まで化成皮膜を形成させる目的で採用した塗装前処理「スプレー+ハーフデップ式処理」を廃止して、同様に鈴鹿No.1塗装ラインで採用した日本ペイントACP部の推奨している処理の均一性向上と結晶の改質を狙うことのし易い「フルデップ式処理」に設備も処理薬剤も変更すること。』であった。

そしてこれを鈴鹿塗装技術者を説得した上で製作所長などのトップに進言する一方、関係する塗装材料メーカーにもホンダの方針を説明して了承をえるために汗を流したとか。

ここで鈴鹿No.2塗装ラインの下塗り塗装プロセスの変転の歴史を振り返ってみたい。

確か昭和49(1974)年頃に「ホンダ シビック1200」の増産に対処するために、「80年代のあるべき乗用車の塗装プロセス」と銘打った鈴鹿のNo.2塗装ラインの大幅な工程レイアウト変更が鈴鹿製作所の李家さんと技術研究所の藤森さんの賛同を得て進められていた。このチャンスに車体の裏内側からの腐食が進行して「穴開き腐食」となることを防止する一助として、塗装前処理の化成皮膜を車体の内面や裏側の隅々まで確実に形成させるアイデアで、前半を従来からの「スプレー式処理」によって車体外板面を処理し、続いて「ハーフデップ式処理」を追加して車体の下回りを浸漬処理するもので、両方共従来からの「スプレー式処理用の処理液」が流用されていたようであった。

一方、電着塗料は鈴鹿製作所の自動車塗装ラインを開設した時から採用していた石産ペイント(チタン白顔料メーカーの石原産業の子会社)のアメリカのフォード社が開発したアニオン電着塗装の塗料を発明したブリデン社の技術を導入してアニオン電着塗料を国産化して納入していた。しかしこの石産ペイントは1970年代の後半になるとカチオン電着塗料の時代が到来し、これを乗り越える見通しが付かなくなり業務を神東塗料に譲渡して塗料製造から撤退してしまっただけで、そしてアニオン電着塗料は神東塗料のドイツのヘキスト社系のカチオン電着塗料に切替えられた。この特徴は隔膜法を使用しない「フ

ード法」による塗料の補給法であり、乾燥炉内に付着する「ヤニ」の主な原因とされる硬化剤のブロック化剤の揮発料が少ないことが知られていた。これによって防錆力が強化されて安心して輸出車の生産に励めるようになった。ところが奇妙なことに今まで日本パーカーライジングが技術を提供を続けていた「スプレー+ハーフデップ式処理」が突然事もあろうに競争相手の日本ペイントACP部に変更させられるという珍事が起こった。私の推測ではカチオン電着塗装に適合する前処理技術については前述したトヨタ自工との共同研究の成果もあって、「スプレー+ハーフデップ式処理」をできるだけ速やかに「フルデップ式処理」に変更する事を強く提言したのが原因で、丁度激しい営業戦いを仕掛けていた日本ペイントの公正に陥落したのではなかろうか。当時日本パーカーライジングの置田宏（総合研究所、自動車技術研究室長）さんの発言には「スプレー式処理用の処理液をデップ式処理に流用しても期待する性能の化成皮膜は得られない」と強調していたことから明らかである。

この「スプレー+ハーフデップ式処理」を引き継いだ日本ペイントACP部は当面そのまま運営を続けていたが、何としても続いて施されるカチオン電着塗装は競争相手の神東塗料製が採用されていたから両社の間では、その後起こった「スキップ コロージョン」への対応策に対して円滑な協調関係が得られなかったことは想像に難くないし、ホンダにとって不幸な出来事であった。そしてその後の動静は日本ペイントの営業が描いたであろうシナリオ通りに推移してゆくのである。

やがて、ヘキスト系の神東塗料も、自社技術の関西ペイントもPPG社のカチオン電着塗料技術の特許実施権を取得したことからも、この藤森裁定は正しかったことを示している。しかし同じ進行中であった狭山出身の塗装生産技術者である富岡義雄さんをリーダーとするアメリカに進出するオハイオ乗用車工場に採用する塗装前処理には「鈴鹿への藤森最裁定とは異なる方針を合意して、改革が先行していた日本パーカーライジングが提供する新しいカチオン電着塗装に適合する“P比”の高い化成皮膜（鉄を含有したリン酸亜鉛結晶を95%以上も含む耐アルカリ性の強い火勢被膜）が得られる「フル

デップ式処理」を使った技術を選定していたことから、「藤森裁定」が鈴鹿向けの妥協案であったことの側面を示していると考えられよう。

このような日本パーカーライジングの動静に対して沈黙を続けていた日本ペイントACP部が「カチオン電着塗装用前処理法」と銘打って推奨した「マンガニーニッケルの重金属イオンとフッ素化合物などを高濃度に、そして亜鉛イオン濃度を抑えた処理液で「フルデップ式処理」で化成皮膜を形成させる法式」が登場したのは1980年代の末頃からであった。

4) 実車による模擬的促進塩害腐食試験法とカナダ鎔大台

ホンダの品質を総括する専務取締役役に就任している久米（三代目ホンダ社長）さんが技術研究所の社長であった頃に提唱した《商品の寿命を支配する耐久品質、例えばクルマの操縦走行安全性を支える足回り部品の腐食劣化の耐久性などの検証を発売前に実車で済ましておくべきである》との方針を研究所の常務取締役であった石津谷彰さんに指示していた。そこで技術研究所内に“マルS”信頼性検証グループを発足させ、そのPLには研究所の技師であった高木忠男さんが指名され、当面は研究所の各部門から人材を集めて活動を開始していた。

その頃、海外サービス部から車体の錆耐久品質のレベルアップの相談を受けていた石津谷さんは取り敢えず昭和54（1979）年初から運用開始の予定である栃木PG（プルピング グランド；実証試験場）の高速周回テストコースに付属して準備をすすめていた塩害腐食試験施設を



塩害腐食試験コースの設けられた実証走行試験場（栃木プルピング グランド）

先行利用させてもらって、先ず現在クルマの生産を続けている四本の塗装ラインでそれぞれ製造させた輸出仕様車の塩害腐食耐久性の検証を始めることにした。

先ず腐食試験に先立って、試験車の水平面と垂直面の塗装面に人工的な外傷をトヨタ自工式の「矢じり法」や「クロスカット法」によって作り錆の発生を促進させて評価が容易にできる工夫を施した。また碎石を散布した道路を伴走車を前にした試験車を走らせてボンネット先端部にチッピング ダメージの傷付けを試みたが気温が高いことから成功せず、その後ボンネット部品を車体から取り外して寒冷環境下で「グラベロメーター法」により予め傷を付ける方法が採用された。

それに準備した試験モード（案）は塩水プール、塩霧トンネル、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と、実験室内に設置した実車を一台収容できる湿度と温度の環境を設定したプログラムに従って速やかに変化できるキャビネット内での腐食環境暴露（例えば寒冷な屋外から暖房されたガレージ内に駐車し、再び寒冷な屋外へでるような模した高温多湿、屋外の低温多湿環境暴露などへの急速な切替えなど）、実験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で作った1サイクルが24時間を構成するものであった。そしてこの試験を約3か月間でカナダのトロント地域での約3年間の腐食を再現する濃縮促進試験を狙って研究が始められた。

一方、同時に製造させたクルマをカナダのトロント市付近で走行させるモニタリング試験を開始し、当面の腐目標車はトロント地域から適切に選んだ中古車を栃P Gに運んで使用することにした。

やがて、この先駆的な栃木P G腐食試験によって得られた傾向は先の節で述べた第4錆プロのオランダでの実走試験の結果を予見するものであった。最も程度が悪いのは狭山No.1塗装ラインの日本ペイントACP部の提供する「スプレー式処理」の前処理と神東塗料の開発した「粉体電着塗装」の組み合わせであった。次いで「80年代のあるべき乗用車の塗装プロセス」と呼ばれた鈴鹿No.2塗装ラインのクルマであって、日本ペイントACP部が提供する「スプレ

ー十ハーフデップ式処」の塗装前処理とヘキスト社系神東塗料の「カチオン電着塗装」との組み合わせであった。

そして良好な成績を示したのは鈴鹿No.1塗装ラインの最も新しい塗装プロセスである日本ペイントの下塗り一貫品質補償体制を採用した「フルデップ式処理」の前処理とP P G社系「カチオン電着塗装」との組み合わせであり、また狭山No.2塗装ラインの日本パーカーライジングの提供する「スプレー+フラッド式処理」の前処理と関西ペイントの開発した「エポキシ系粉体塗料の静電塗装」との組み合わせ方式であった。

これらも一旦素地に達する傷が付けられた場合には、全社は錆がアニオン電着塗装の用に水平にひろがることはなく、むしろ腐食は垂直に鋼板に孔食を起こす傾向に進むことがあり、後者では外傷は付きにくいけれども一旦傷が素地に達すれば高さの大きい「ふくれ」が発生して外観を著しく悪くする弱点が指摘された。

これらの知見は市場の苦情とも一致する傾向が見られたこともあって、まず石津谷さんは狭山工場にたいして狭山No.1塗装ラインの「粉体電着塗装」を狭山No.2塗装ラインで採用している「粉体静電塗装」に戻すことを進言したことは第9部で述べた所である。

やがてこの“マルS”信頼性検証グループは新設されたホンダ品質部技術センターとして組織化されて耐久品質検証部門が正式に発足した。そしてトップの高木さんから錆解析グループの発足に際しての人材の要請を受けた狭山の塗装技術のトップであった笠井昭夫さんは補修塗装のベテランで塗装外観に精通していた高田憲彦さん、塗装技術スタッフから新鋭の松下秀明さんが選ばれて活躍することになった。

そして検証試験モードとトロント市での塩害値モニタリング車との整合性のチェック、毎年の新形モデルの検証、他社との彼我比較、新防錆技術の事前検証、市場からの苦情の再現試験と改善点の指摘と改善効果の検証などが主要な業務となり、当初は塗装面の錆から内側からの穴開き腐食、機能部品の腐食強度劣化、チッピングによる塗装面からの穴開き腐食などのテーマに拡大して行った。

やがてカナダで走行していた塩害腐食モニタリング車の腐食状態の生きたままでの検証が重

要な業務として認識され、とくに栃木PGでの試験モードによる腐食の程度との照合もますます重要さが増してきていた。これを機会に、オールホンダの防錆品質の関係者の代表をカナダのトロント市にあるカナダホンダに招待して1年間の錆活動を総括する報告会、通称「オールホンダ カナダ錆大会」を毎年厳冬の2月に品質部技術センターが主催することを提案した。

そして1980年の第1回大会には技術研究所の二代目の品質保証を進めていた大倉孝男さんがホンダの品質担当取締役となられて、この大会の評価者として臨まれた。また狭山から塗装技術代表として笠井昭夫さんが、事前準備には技術担当の浜中辰彦さんが参加してその基礎作りに汗を流した。

ここに述べてきた完成車による錆耐久品質検証試験の結果と市場での苦情との傾向が一致していたこともあったからであろうか、塗装ラインの塗装プロセスの軌道修正を決断する根拠を提供してくれたことは、このチームの発足時期が正に時を得ていたことはホンダの塗装技術に取って幸いであったといえるであろう。その例には、我々が第3次錆プロで採用した片面亜鉛めっき鋼板の効果、第4次錆プロの出したカチオン電着塗料の選別、粉体電着塗装から粉体静電塗装への転向、アメリカのオハイオ工場の塗装プロセスの事前検証などに結実していると思われる。それと忘れられないのはこのリーダーであった高木忠男さんの温和な人柄と隠れたその情熱によって、またこの他人のウィークポイントを指摘し、更に正しい軌道に戻させると云う人間関係の難しい業務をスムーズに進めていたことには敬意を抱いているものである。そして彼の口ぐせであった「継続は力なり」を有言実行していたのである。

その後1990年代に入ってから、オランダに匹敵するクルマの腐食環境条件が揃っている北米で最も腐食の激しい地域がカナダの大西洋岸のファリファックス地方（ノバスコシア州）に存在することが発見され、いよいよ本格的に12年保証を実車で検証し、最高レベルの防錆品質の構築がスタートすることになる。

8. 高速度チップング ダメージ対策の変遷

足回りや外板の内側からの穴あき腐食への対

策が進んで、次にはボディー塗膜面の高速度チップングによるダメージからの錆（コスメティック コロージョン）がクローズアップされるようになった。この現象はハイウエーを高速で疾走するクルマのタイヤに跳（は）ね飛ばされてくる岩塩、碎石や小石などのように重量は小さいが衝突される塗膜面との相対速度は極めて大きく高いエネルギーを持った衝撃によってクルマの塗膜が受けた損傷からの錆であった。これに対する欧米と日本からの輸出車への対応策の変遷について述べよう。

1) 欧州車のチップング対策の今までの経過

厳しい塩害腐食地域でありながらアウトバーンのような速度制限のないハイウエーのあるドイツを初めとする北欧ではクルマの塗装の膜厚を厚くすることが有効であるとして、当初の高級車には4C4B（フォーコートフォーベーク）の厚膜の塗装プロセスが採用され、さらにベンツやボルボ、ローバーなどの塗装規格の膜厚標準値を見ると車体のサイド下半分の膜厚は一段と厚い最低幕圧限界値が指定されていたのには驚かされた。また一部のクルマでは外板鋼板にも亜鉛メッキ層がほどこされており、それは内面からの穴あき腐食への対策のために敢えて止むをえず両面溶融亜鉛めっき鋼板を使わざるを得ないためなのかも知れないが、これに強力な衝撃により素地に達する傷が付くと赤錆は出ないが、逆に擬製防食性が強いので「白さび」の腐食生成物が生じて外観を汚くすることが見受けられることもあるようだ。一般の経済車の塗膜厚さも日本車やアメリカ車に比べて厚膜であるように思われる。

何れにせよ素地鋼板露出するほどに塗膜が高いエネルギーを持った衝撃によって剥離することを防止するアイデアが求められていた。そこで1965年頃のアニオン電着塗装の導入時期から素地密着性や塗膜強度の改善を試みていたが著しい成果は望めなかったため、最初は中塗り塗膜が衝撃を受けて内部凝集剥離を起こすように設計してアニオン電着塗膜の剥離を防ぐ方式が提案された。これは中塗り塗料に配合した特殊な性質をもった顔料の作用を利用したもので、その顔料形状の鋭角な先端に衝撃エネルギーが集中し、それによって平板状の顔料自身が壁解（へきかい）することにより中塗り塗膜の凝集

剥離を起こさせて素地鋼板の露出を防止するメカニズムであった。これが実用化されたのであったが、残念ながら春になってみると錆の発生はほぼ防止できたものの上塗り塗膜の剥離した個所の外観が余りにも悪い状態が見られ、その個所の補修塗装の「わずらわしさ」が顧客様に嫌われてしまったのであった。事実中塗り塗膜の剥離の程度を調節する事が難しく時には大きく剥離して目だったことも少なくなかったといわれている。

そして次のアイデアとして登場したのは、気温が -20°C の寒冷環境になっても塗膜の伸びがある程度維持されていて衝突エネルギーを吸収できる機械的物性を持たせた構造のウレタン系樹脂材が開発された。この材質を微粒子状に加工した材料（ウレタン樹脂ビーズ）を配合した特別の塗料をチッピングダメージを強く受ける車体の部位の下塗り電着塗膜の上に塗装し、その上にウェットオンウェットで中塗り塗装を施してから同時に焼き付け乾燥するものである。先の塗膜の端末を「ボカシ塗装」した部分の境目の外観が悪くならないように手入れをしてから仕上げる方式である。この形態の塗料はチッピングガードコート」、または「ソフトチッピングプライマー」などと呼ばれて多く採用された。またこれとは別に中塗り塗料自信をそのような衝撃エネルギーを吸収することのできる体質に設計して、それを外板全面に塗装して外観の低下を回避する方法も試みられていた。またこの「チッピングガードコート」を上塗り塗料として設計して上塗り塗装が完了した車体の下部などに塗装する新しいツートンカラー塗装とする方式も高級車に現れた。

さて、耐チッピング性試験法の面では、前述した「ナット落下法」よりもサイズの小さい飛び石が高い衝撃エネルギーを持った高速度チッピングに対しては「クロー（Crow）法」と呼ばれる金属製のカラスの口ばしに似せた形状の先のとがった先端で「てこの原理」を利用して、塗膜面に適切な強さでとがった先端を打ちつけて傷をつける方法も開発されて飛石によるチッピング対策の研究を進めていたようであった。

その後北米でのビッグスリーによるクルマの防錆寿命の長期保証の動きの一環として表面錆5年を保証するために外販素材面に亜鉛のめっき層を施した防錆鋼板が使われたこともあって

欧州にもその動きが伝わってきていた。その極め付けは、1985年10月に東京湾の晴海で開催された第26回東京モーターショーでの展示の光景に見られた。それは輸入車館の西ドイツのオーディ（Audi）社の展示ブースであり、ドーム状の高い天井からワイヤーで吊り下げられた塗装前の素材鋼板姿の乗用車ボディが人々の目を奪っていたのである。これは車体外板の全面を溶融亜鉛めっき皮膜で被覆して塩害腐食地域での走行で生ずる跳ね石によるチッピング傷からの表面錆に対しての防錆力の万全さを誇示するためのPRであったことから、防錆技術に興味を覚える見学者に多大なインパクトを与えていたことを憶えている。また86年モデルの「オーディ100/200」には外板の全パネルに $53\sim 70\text{ g/m}^2$ の両面溶融亜鉛めっき鋼板を使用し、ボディの縦吊り方式の「フェルターク法」によるフルディップ塗装前処理、次いで、ロックパネル等の一部ボックス内にホットメルトワックス、アンダフロアに厚み1.5mm塩ビゾル系コーティングを実施して防錆対策の充実を誇っていた。その後の日本パーカーライジングによる調査ではオーディ車には電気亜鉛めっき鋼板が、BMW車ではニッケル—亜鉛合金電気めっき鋼板の採用が予定されているとのことであった。

2) アメリカのビッグスリーのチッピング対策

1970年代半ばのGM社のクルマの防錆戦略は先ず床回りの構造体の腐食による強度低下には溶融亜鉛めっき鋼板を、外板が裏内面からの穴あき腐食には「ジクロメタルを、車体全面には防錆力の強いカチオン電着塗装膜を下塗りに採用して万全の体制を誇っていたが、近年の急速な大気汚染による降雪の酸性度化や、ハイウェイの発達と冬期間の安全交通の確保のために凍結防止用の岩塩や滑り止めの碎石などの撒布量は年々増加していることから腐食環境はますます厳しくなっていた。それ故に防錆力がすぐれていて錆の広がりがない平面的に拡がらないカチオン電着塗膜ではあったが、その強い塗膜を打ち破って素地に達するチッピングダメージを与えるような強い衝撃エネルギーを持った飛び石がひと冬に数か所位は発生して、赤い錆汁が流れる汚い外観となるだけでなく、この錆

は板を深く浸食することが判ってきて、それらの対応策に苦慮するようになっていた。このような強烈な衝撃は塗膜を少々改善しても100%防止することは難しいとするのがGM社の考えであった。

1960年代のクルマからは車体外板の床面に近い部位のロッカーパネルだけには内面の厳しい腐食環境から生ずる穴開き腐食への対抗策として外観が粗雑ではあるが両面溶融亜鉛めっき鋼板（両面で目付量 240 g/m^2 以上）が採用されていた。これにより前輪のタイヤが巻き上げた砂利などの直撃によるチップングダメージからの赤錆は完全に防がれていたが、傷が付いた亜鉛めっき面はその強い擬製防食性のために「白さび」のような腐食生成物が発生して外観を汚くなってしまうことがあったが、車体下部なので容認されていたのだ。それ故にこの溶融亜鉛めっき鋼板を車体の上部外販面に使用することは悲観的であるとする意見と、合金化溶融亜鉛めっき鋼板を使って生ずる黒赤色の錆は避けて白錆を容認できるのではないかとの意見に別れた。

そこで鋼板メーカーに対して外板用の防錆鋼板に具備すべき要件は次の3項目が示された。

- ①表面側亜鉛めっき面の平滑な外観を確保する。
- ②仮り鋼板素地が露出したとしても亜鉛めっき層の強烈な擬製防食性による著しい「白さび」が発生して外観を損なわないこと。
- ③プレス成形時にめっき膜の剥離やパウダリングを極力抑えること。

そこでこれに対して鋼板メーカーの開発した対策は次のようなものであった。

第1の亜鉛めっき鋼板の表面の平滑製を確保するために、先ず溶融した金属亜鉛槽からめっきされた鋼板を引き上げる際に槽底の沈殿物が付着してできる「ブツ」や、まためっきされた鋼板が冷却される過程で表面に形成される亜鉛の結晶の形成による花模様（スパングル）のために生ずる凹凸であり、これを消して平滑な表面を得ることを目指した。当時はより大きく立派な花模様があればある程優れた亜鉛めっきであるとの象徴であったから、この要請を受けた製鉄所の亜鉛めっき技術者は大変困惑したようであった。やがて有害な小粒ドロソスや酸化物の付着やめっき層の目付量の制御、波状凝固など

種々の欠陥は高圧高速ガス噴射ワイピング工程により、また高圧水蒸気噴射、亜鉛粉末吹付けによるミニマム・スパングル製造方法も出現した。

そして表面性状の優れたUSスチール社の「ウルトラ スムース」と呼ばれる溶融亜鉛めっき鋼板が出現した。

そして第2については純亜鉛めっきの強烈な擬製防食性を抑える方法として亜鉛の溶解速度を遅らせる手段には亜鉛の合金化が研究されていた。やがて溶融亜鉛めっき鋼板を熱処理して鉄素地から亜鉛めっき層内への鉄の熱拡散現象を利用した「合金化溶融亜鉛めっき鋼板（アニールド ガルバナイズド）」が実用に近づいたのであった。

そして最後のプレス成形性の改善には亜鉛めっき目付け量を制御することにより、表面には比較的小さい 30 g/m^2 程度の合金化亜鉛めっき層を、裏面には目付け量 100 g/m^2 程度の厚膜めっきを形成させ、熱処理によって一部が合金化されるが半分以上の厚みは溶融亜鉛めっき層が残ることによりプレス成形性の低下を防止しながら目付け量を厚く維持する手法が発明された。

そして表面が平滑で目付量が外販 30 ／内板 $100\text{ (g/m}^2)$ の差厚めっきを施した両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板が開発されて純亜鉛めっきの溶融亜鉛めっき鋼板とが競合しながら普及することになった。

しかし残念なことに、両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板は既に自動車塗装ラインで使われているカチオン電着塗装を施すと硬化焼き付け乾燥が済んだところで、できた塗膜面にはとても修正できない程の直径 0.1 から 1 mm ほどの多くの「クレーター（凹み）」の発生に見舞われたのであった。このような現象はアニオン電着塗装の際でも高電圧印加の条件下で溶融亜鉛めっき鋼板にも僅かに観察されることが知られていたが、これ程酷い「クレーター」は初めての経験であった。これは表面に鉄濃度の低い亜鉛-鉄合金めっきの場合に最も生じ易く、めっきの目付量には関係なく、ま電圧の上昇に伴って激しくなるようであった。その原因は鋼板の表面組成成分の不均一さにより鋼板への電流密度の不均一化→ガス発生の局部集中が起るためであろうと考えられた。鋼板サイドでは表面処理鋼板

クライスラー社の2C2Bプロセス

(PPG提供)

ステップ	プロセス	使用塗料	注 記
1	前処理		
2	電着塗装	ED-11 (PPG)	膜厚: 30~35 μm
2A	ED遠赤外		
2B	パウダーチップング	パウダー	ロッカーパネル部 125 μm (但し、2工場のみ)
3	ED乾燥炉	170°C×30'	
4	EDサンディング	#325 ロータリーサンディング	
5	シーラー	PVC	
6	チップングプライマー	ハイソリッドウレタン	ロッカーパネル部及び 車体エッチ 膜厚: 35 μm
7	ベースコート	ハイソリッド, アクリル, メラミン	膜厚: ソリッド 25 μm メタリックマイカ 15~20 μm
8	クリヤーコート	1. ハイソリッドアクリル, メラミン	膜厚: 35 μm ~40 μm
		2. NCT-II (PPG)	膜厚: H: 45 μm V: 40 μm
9	仕上乾燥炉	120°C×30'	1工場のみ, NCT-II

の表面抵抗を均一にし、ローカルな電流の集中を防ぐことや表面処理鋼板の避雷針効果を避けるため表面を出来る限り平滑にするなどの努力をすることとした。そこでGM社はカチオン電着塗料の発明者であるPPG社に対してこの「クレーター」現象をカチオン電着塗料の改質によって解決するよう強い要請を行なった。そして数年に及ぶ研究によって、現行のカチオン電着塗料の溶液中に新しく開発した「ハイビルド（厚膜）ED#4カチオン電着塗料」を添加することにより大幅な電着条件を変化させずに「クレーター」の発生しないカチオン電着塗料の改質法を完成した。

この方法での変化点は多少の電圧上昇と車体の外板面の膜厚が35~40ミクロンまで増加すること位である。の約二倍となる膜厚アップ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の認識で受け入れられたのであった。

そして1981年にはGM社の実塗装ラインでの実用化に成功して一気に普及が始まった。

この合金化溶融亜鉛めっき鋼板は市場での耐食性実績があり外板裏面のめっきを低コストで厚くできる大きなメリットがあるため、めっき表面の粗度の改良や合金化溶融亜鉛めっきの上

層に鉄系の電気めっきを施した2層めっきで冷延鋼板と変わらない塗装仕上り性を得る方法が考案されている。従って両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板の外板への採用により、あのプレス成形製の悪かった「ジクロメタル」の技術的寿命は終わったのであった。そして外板面にある亜鉛めっき層の損傷を避けるために新しい「レーザー溶接法」や構造用接着材などの使用により従来のスポット溶接やミグ溶接が置き換えられた。

これとは別に高速度メッキ技術の新しい展開により厚膜の電気めっき“70/70 g/m²”が可能になって、1986年頃からアメリカに5ラインの新鋭電気めっき設備が稼働することになり、合金メッキや厚メッキの電気めっき鋼板が使われるようになってきている。その理由としては、①製造工程で熱処理を受けないので原板と同一材質特性のめっき鋼板を得ることができる、②表面性状が均一で滑らかである、③めっき付着量のコントロールが容易である、の三点があげられよう。現在純亜鉛めっき、亜鉛-ニッケル合金めっきが主流であるが、亜鉛-鉄合金めっきのアメリカでの発展が近いと思われる。

これらの経過からアメリカのビッグスリーは表面錆5年以上の防錆保証を宣言することが出来るようになり、世界の自動車メーカーに大き

なインパクトを与えることになり、日本でも5年ほど遅れて1980年代の中頃からそれぞれが独自の技術で防錆戦略の再構築競争に突入することになる。

その後ホンダのアメリカでの乗用車生産が始まってから1983年頃になると、PPG社に日本から技術移転して作らせた欧州式の耐チップング性を持たせたハイソリッド中塗り塗料やチップングガードコートなどが次第に注目を浴びるようになってきた。最近知った情報によれば、クライスラー社ではカチオン電着塗装が完了した後の洗浄工程が終了した塗膜面に車体の下回りに耐チップング性を高めた粉体塗料を静電塗装によって塗装して、カチオン電着塗膜と同時に熱効果乾燥を行なう塗装プロセスを実用化していることがPPG(カナダ)社の自動車技術マネージャーのロン中村さんからもたらされたし、GM社の多数の塗装ラインで厚膜の中塗り塗料に粉体塗料の静電塗装を採用していることもあり、粉体塗料の厚膜性と塗膜物性の点からも優れた耐チップング性中塗り塗料としての認識が高まりつつある。

3) クレーターを絶滅した新カチオン電着塗料の出現

GM社はカチオン電着塗料の発明者であるPPG社にこの合金化溶融亜鉛めっき層の上に塗装したカチオン電着塗膜の面に発生する無数の「クレーター」現象を確実に絶滅できるカチオン電着塗料の改良を強く求めた。これを解決した「ハイビルド(厚膜型)カチオン電着塗料ED#4」の発明に係わるエピソードは第8部の後半に述べた「東西の厚膜カチオン電着塗装の栄枯盛衰」にも述べてあるのでご覧ください。

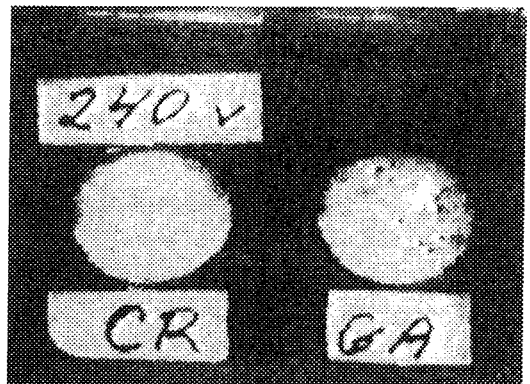
実はこの話は私が1980年にアメリカに進出したホンダオブアメリカ製造の乗用車工場の建設プロジェクトの仕事でPPG社の自動車塗料営業技術部長であったE. J. カパルコさんから聞いた話をまとめたものである。

この要請を受けたPPG社の塗料研究所では先ずカチオン電着塗装の最中に「クレーター」を起こさせる原因物質が生成されるメカニズムの解明に取り組んだ。そして主任研究員のC. Schoffさんは顔料を配合していないクリアー状のカチオン電着塗料を使って暗室の中で電着実験を試みたのであった。そして、電着塗装が進

行して析出した塗膜の見かけの電気抵抗が上昇する終末期になると電流は減衰してくるが、突然ある個所の析出した透明なクリアー塗膜の中で絶縁破壊と同時にコロナ放電スパークが起こることが観察できた。この個所にはスパークの高熱によって僅かな硬化反応を起こしたであろうと推定される位置に焼き付け乾燥後に塗膜面に「クレーター」の発生を確認した。これらの実験から「クレーター」の発生メカニズムは「先ず初めに、局部的な電流集中によってその部分に急激な温度上昇が起り、その熱で電着塗料が硬化して核となり、焼付時のりフローを阻害して塗膜欠陥になる」と突きとめた。

これらを減らす手段としては、カソード表面に発生する水素ガスを容易に放出させるために、電着塗料の攪拌を強くしたり、カソード表面に発生する水素ガスを少なくするために塗料のクーロン効率を大きくする、コロナ放電の起る電圧以下に塗装電圧を下げるために析出塗膜の粘性を下げ、電着塗膜の抵抗を小さくする、膜抵抗を減少させる手法は電着時の塗料温度を上げる、樹脂の分子量を下げる(粘度の低下)などの一般的手段を検討していた。

このC. SC. Schoffさんはその後1989年9月に千葉県幕張のメッセで開催された亜鉛めっき鋼板技術に関する国際シンポジウム「GALVATECH 89」に研究発表する為に来日し、そのチャンスに彼の開発した「ハイビルドED#4カチオン電着塗料」を採用していたホンダ狭山のNo.2塗装ラインを訪問され、暗室で観察したスパーク発生の写真をプレゼントしてくれた。



合金化溶融亜鉛めっき鋼板上にカチオン電着塗装中に発生する「放電スパーク」の観察写真

そこで析出塗膜が絶縁破壊を起こさない析出塗膜の構造に着目したカチオン電着塗料の改質に研究が進められたと言う。

さて、元来昔の自動車塗装その下塗りには水溶性塗料への浸漬塗装法が採用されており、ここで得られる膜厚は約15ミクロン程度がせいっぱいであったから、その後開発された種々の電着塗料も狙った膜厚は20ミクロン程度となっていた。それで現行のカチオン電着塗装では約18ミクロンが限界値であった。

昨今の腐食環境が一段と厳しくなり、電着塗装面に付着した異物や異常析出などを取り除く際に素地鋼板を露出させてしまう危険から電着塗装の塗膜厚をレベルアップして欲しいとの声が大きくなっていったから、PPG社でも厚膜化の開発テーマがスタートしていたのであった。その1970年代の末頃にドイツのヘキスト社系の塗料メーカーのハーバーツ社が日本の神東塗料が発明した「粉体電着塗装（EPC）法」を利用した厚膜型カチオン電着塗料を導入し、ボディスケールの実証塗装実験を行うための研究施設を建設し、各社からの要望に答えて、厚膜の粉体電着塗装を実車ボディに塗装するサーニスをこなう営業活動を始めた。この実験を足がかりにして欧州の自動車メーカーにこの厚膜カチオン電着塗料の売り込みをはかり注目を浴びていた。この活発な営業活動は同様に厚膜カチオン電着塗料の開発をすすめていたPPG社に強い刺激となって厚膜カチオン電着塗料の開発チームに拍車が掛かった訳であった。

そこで電着塗料の改良を進めるに当たっては電着条件の中の通電時間の変更や大幅な通電条件の変更、浴液塗料の全面取り替えなどを行わずに厚膜を得る方法が模索された。それには先ず塗料のクーロン効率を向上させること、そして塗料の析出が通電時間中継続することなどが考えられた。そこで前者は電着樹脂自身の構造に工夫をして従来の電気量でも塗料の析出量が増加させることが出来るようにするには、神東塗料の厚膜カチオン電着塗装である粉体電着塗料では微細粉体塗料のカチオン化が行なわれており、そこでPPG社のアイデアはエマルジョン化した樹脂をカチオン化にする技術であった。そこで仮りに従来の18ミクロン程度の膜厚が限界のカチオン電着塗料を「A塗料」と呼び、クーロン効率を高めたエマルジョン化した塗料

を「B塗料」と呼ぶことにして話を進めたい。

厚膜の析出塗膜を得る試みとして、「A塗料」の浴液の中に「B塗料」を適切な比率で添加した浴液を使ってカチオン電着塗装を試みたところ、「B塗料」の添加比率によって膜厚の増加した塗膜が得られた。そしてこの場合には通電時間内での電流減衰は「A塗料」だけの浴液よりも電流の減衰は多少すくない現象を示していた。このことから電着塗装の終末期でも僅かながら電流が維持されており、その電流は陽極板から遠い車体の内裏側への「A塗料」の析出と外板面への僅かな析出が継続されているものと推測された。この方法により厚膜カチオン電着塗装ができる見通しが得られたのであった。

そこで先の実験で厚膜の塗膜が形成された通電の終末段階での通電現象と析出塗膜の構造モデルを模式的に考察してみる。

この段階では、析出するための泳動電位の高い「B型塗料」は最も極板に近い車体の外板部位への析出は既に完了しており、僅かな電流の一部は「A型塗料」イオンが電気泳動しながら既に析出している塗膜を通過して被塗物表面に到達し放電、析出している一方、同時に被塗物表面で発生する水素ガスが析出している塗膜を通過して浴液中に放散する現象に費やされると考えられる。この二つの物質移動が析出している塗膜を通過して行える理由は析出している塗膜の構造形態に起因しているであろう。

先ず「B型塗料」の添加比率が極めて低い場合は「A塗料」がマトリックス（母相）となって析出しており、その中に分散分布して「B塗料」のエマルジョン粒子が存在して居るであろう。一方比率が高い場合には「B塗料」のエマルジョン粒子が被塗物面に堆積して析出しており、その隙間に「A塗料」が充満して析出していると思われる。

この析出した塗膜は今まで通電した電気量に応じて発生する「ジュール熱」の蓄積によって温度が上昇しており、それと「A塗料」と同伴して泳動してきた溶剤分などの相乗効果で粘性が低下している状態にあり流動性は高いと思われる。一方のエマルジョン粒子は設計上熱にも溶剤にも機械的力にも強い骨格構造となっているので形状の変化は殆ど少ない者と思われる。このような強度のある粒子と流動性の高い粘性体が接触している境界面に被塗物方向に向かっ

て電気泳動して来た「A塗料」イオン、それに逆行して浴液方向へ移動する水素ガスなどのもたらす圧力による剪断力（せんだんりょく）の作用により容易に移動してそれらの物質移動通路を提供するものと推定されたのである。

このような電流の通過経路となる箇所が塗膜前面に散在している構造モデルであるから、先に課題となっている絶縁破壊や放電スパークの現象を絶無にすることが実現したのであった

しかし、この二成分系の塗膜が従来のカチオン電着塗膜と同一の性能を発揮させるためには多くの対応策が必要で三年の歳月を要したとのことであるとか。

4) 日本の高速チッピング対策の行方

欧米での自動車メーカーが「チッピング ダメージ」による表面錆の対策を始めた頃、日本からの塩害地向けの輸出車では未だ初歩的な表面錆の対策に翻弄されており、続いて起ったカチオン電着塗膜の「スキップ コロージョン」の対策に追われて右往左往していた。そして更に古くて新しいチッピング ダメージからの表面錆への対策が錯綜しながら検討が進めなければならなくなっていた。ここでは輸出車の耐チッピング性の向上を目指した第1ステップの塗膜の強化対策までを述べることにした。

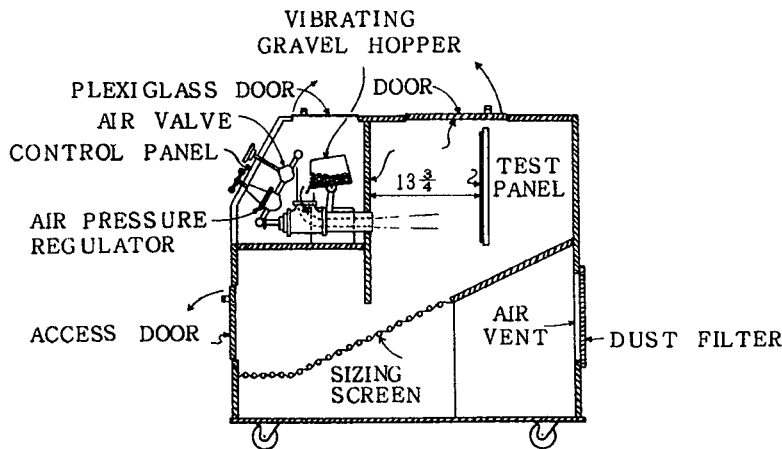
(1) 私の昔のチッピング対策の記憶

私がチッピング現象に注目したのはホンダが軽乗用車の生産に忙殺されていた昭和40年代の中頃であった。それは前輪駆動車の先駆（さき

が）けであった軽乗用車「ホンダ N360」では前輪のタイヤが巻き上げる砂混じりの泥水や小砂利がフロントフェンダー後端や車体の床回りの前半部や車体のサイドの下側のサイドシル（アメリカ車ではロッカーパネル）の塗膜に損傷を与えて露出した素地鋼板の腐食を促進させるとの苦情が海浜や重工業地帯のSF（ホンダ直営地域サービス工場）の工場長から伝えられていたからである。

そこで前輪駆動車の先輩であるイギリスの「オースチン ミニ」などを手本として検討した対策はフロントホイールハウス内の後面に「スプラッシュガード」と呼ばれる鋼板を追加するか、または大きなゴム製の「マッドガード（泥よけ）」を取り付けるかのどちらかであった。そして私はこれらを追加する設計変更の申請を技術研究所の車体設計者やデザイナー達に執拗（しつよう）に繰り返していた。しかし、車体の板組み構造の関係から「鋼板製スプラッシュガード板」の取り付けは却下されてしまい、不本意ながら小さな「ゴム製のマッドガード」の新設が次のモデルチェンジである「ホンダライフ」からなんとか採用されるようになり、ホンダの前輪駆動車の伝統的なスタイルがスタートしたのであった。

この交渉に当たり彼らを説得する為のチッピング ダメージの評価データーやサンプル板などの作りには、自作したアメリカ式の「グラベロメーター」を大いに活用したのが最初であった。これは日産自動車の技術者が寄稿した「チ



グラベロメーター⁹⁾

グラベロメーターの概要図

チップング ダメージの評価試験法」と題する報告が「自動車技術」誌に掲載されていたことを思いだして、それに紹介されていたアメリカの「SAE-J400 グラベロメーター」の解説を読み直した上で、その装置の総組立図を著者から送って頂き、「グラベロメーター」の装置を自作したのであった。

しかしこの上に短い「マッドガード」ではホイールハウスの一部に砂利混じりの泥水の直撃を防ぐことができず、そこに塗布されているアスファルト系アンダーコート塗膜が摩耗してしまうと鋼板が露出して腐食が始まる問題が指摘されるようになった。そこで私はこのアンダーコートの代わりに欧州車が採用し始めていた寒冷時にも弾力性を失わない「塩ビゾル系スプレーシーラー材」を採用する対応をアンダーコートの製造メーカーである日本特殊塗料に依頼して実行したのであった。しかし材質の選択も大切だが、それよりも確実に塗膜厚さを必要な個所に確実に塗布することが最優先であることを自覚させられた。

その後の小型車「ホンダ アコード」では下塗りのアニオン電着塗装の代わりに厚膜塗装ができる下／中塗り兼用粉体静電塗装が採用されて、外板下回りの総合膜厚は軽く100ミクロンを越えることになり、耐チップング性の良さは他のクルマを圧倒するようになっていた。またフロントホイールハウス内には欧州車に普及していたプラスチック成形品の「インナーフェンダー」を採用したことでアンダーコートの役割は軽くなり耐チップング性は一段と強化されて欧州塩害地でも通用するレベルになった。

(2) 大倉さんの示唆した総合膜厚の最低限界値

ホンダで公式にチップング ダメージの苦情が狙上（そじょう）に登ったのは1970年代の末に発足した欧州での「表面錆」の原因究明を目指した「第4次錆プロ」の時であった。それは欧州や北米からクルマの所期的錆に混じって明らかに一冬の欧米で高速道路を走行する際に他のクルマが跳（は）ね飛ばした碎石が車体塗装面を直撃して与えたチップング ダメージからの表面錆であった。そして欧米の自動車メーカーが採用している耐チップング対策の“State of Arts”（技術の現状）は何んであろうかの議論が巻き起こっていた。

まず、これを試験板の上で再現させて、対抗

策を研究するためにはダメージを与える定性的な試験法が求められていた。

そこで床下のアンダーコートなどの砂利による寒冷時の衝撃によって生ずるダメージを模する方法としてアメリカの「グラベロメーター方」や欧州の「ナット落下方」などの古典的手法を利用することが試みられていた。この方法では他のクルマのタイヤが「はねとばした」小さい碎石が高速度で走ってくるクルマの塗装面を直撃して損傷を与える新しい高速チップング ダメージを再現するには適切ではなかった。

そこで日産自動車の技術研究所では「ダイヤモンドショット試験法」を開発して、それに用いる試験装置の製造権を理化学試験器メーカーに与えて広く世間に向けて発売させた。これはダイヤモンド結晶の一個だけをガラス管にセットしてから、圧縮空気で試験板に吹き付ける方法であり、衝撃速度は70～200km/hrの範囲に設定して高速走行時の飛石との衝突ダメージをシミュレートすることができた。このチップング問題の基礎的研究に大きな貢献を果たした。またトヨタ自工は「やじり衝撃法」と呼ばれる塗膜への衝撃傷を定量的に再現する簡便な方法を考案し高速チップングへの研究に活用していたし、また類似した方法に「クロウ法」が欧州で使われていることも良く知られていた。ホンダ技術研究所では「グラベロメーター方」の改善をこころみたり、試験条件環境を-20℃にするやら、試験パネルの保持方法の工夫などを試みてカナダのトロントの高速道路を発したときに受けるダメージの再現を目指していた。そして取られる対応策はそれに追従していたのであった。

しかしホンダでは塗装プロセスが特異なことからその対応策の受け入れは容易なものではなかった。それは狭山が下塗り／中塗り兼用の“粉体”塗装を、鈴鹿では下塗り電着塗装の上に“水溶性”中塗り塗料を施す異例の塗装プロセスであったからスムーズな対応が難しかった。ここではホンダが進めて来た苦渋のチップング対策の経緯を追って述べよう。

その頃、技術研究所で品質信頼性の確立を指揮していた研究所常務の大倉孝男さんは現在の状況からホンダ自身が正式なチップング ダメージの評価試験法や規格、それに合格する塗装プロセスを整備するには相当な時間が必要であ

ろうことを察したのであった。そこで大倉さんは欧州の高級車が実行している総合塗膜の厚さを増強して耐チップング性をそれなりに向上させている傾向を把握した上で、当面塗装現場の人々に対して生産する輸出車の膜厚を幾らでも向上させる工夫を督励することとし、その目標を示唆する戦略を心に決めたのであった。これが「総合塗膜の最低膜厚限界値」であって、車体の一般塗装面では100ミクロン、チップングを受け易い部分を120ミクロンとする『大倉ドクトリン（原則）』がホンダの塗装技術者を苦しめたのであった。

この呼び掛けを受けて、塗装ラインの現場ではそれぞれの現状を踏まえて膜厚のレベルアップの手段を模索しながら最善を尽くすべく行動に移っていた。

まず狭山工場では膜厚アップが容易な下/中塗り兼用の粉体塗装を採用していたから一般面の総合塗膜を100ミクロン以上にするのは楽であった。しかし当初の耐チップング性が優れているとの評価を受けていた粉体塗装の塗膜であったが一旦素地に達する強烈なダメージを受けると粉体塗膜自身が持っている高い内部凝集応力などの影響によって錆のクレーブが大きく拡がり錆の被害を大きくする弱点があることが明らかになった。そこで塗装技術をリードしていた技師の笠井昭夫さんは塗装品質の担当であった浜中辰彦さんとの検討によりチップングダメージを受け易い部位に今までの粉体塗料を厚塗りすることに疑念があることを確認し、先ず現行の粉体塗料の内部凝集力の緩和の検討と同時に欧州で採用されているチップング ガードコート方式を粉体塗料にも適用する方針を固めた。やがて関西ペイントから真に耐チップング性に配慮した粉体塗料系が開発されたのであった。

一方、鈴鹿製作所の輸出車生産の主力塗装ラインであるNo.2 塗装ラインでは以前から採用している神東塗料の水溶性中塗り塗料では急な膜厚のレベルアップは難しかった。また大倉さんの示唆していたチップング ダメージを強く受ける部位にだけ下塗り電着塗膜の上に部分塗装する「チップング ガードコート（別名；ソフトチップング プライマー）」の適用を何とか水溶性中塗り塗料との組み合わせで実現仕様と神東塗料に打診していたがこれも芳しくなかつ

た。

当時、軽トラックから小型車塗装ラインに転換したばかりのNo.1 塗装ラインでは塗装仕上がり外観レベルが向上しないことから水溶性中塗り塗料の使用を続けることを諦めて、既に大日本塗料の溶剤型の一液型熱硬化性ウレタン樹脂系中塗り塗料に変更していた。この経緯については既に第8部の「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」に詳しく述べている。そしてこの中塗り塗膜がはからずも優れた耐チップング性を示したことは幸運であった。そこで鈴鹿No.2 塗装ラインでは材料コストの高価なウレタン樹脂系中塗り塗料の採用を避けて世間に現存する溶剤型中塗り塗料の中から耐プリスター性と耐チップング性が優れた塗料を選定する作業を急ピッチに進めていた。しかし耐チップング性を重要視した中塗り塗装プロセスが落ち着くまでには未だ紆余曲折（うよきよくせつ）が待ち構えており、例えば日本油脂がホンダに熱心に紹介してくれていた方式がある。それは前々節で述べた欧州で最初に考えられた方式で、「チップングの衝撃エネルギーを受けた中塗り塗膜自身が優先的に凝集剥離を起こして、下塗り電着塗膜に損傷が到達することを防ぐ方法」であったが、剥離する「中塗り塗膜+上塗り塗膜」の剥離の程度を適切に選択することが難しいことから実用には至らなかった。

つぎに鈴鹿製作所の発行する専門職技術誌である「技術の広場」に新進気鋭の塗装技術者である技術主任の飯山和人さんが発表した一文をここに引用して対応策の難しさを披露しておこう。『昭和58（1983）年1月から「ホンダ シビック」のラインに「ソフトチップングプライマー」が導入されています。従来から欧北米で問題になっていた冬期間道路に散布する凍結防止剤と一緒に散布するスリップ防止用の小石、砂などによる車体のダメージが増加している。特に車のノーズが低くなり、ボンネット前面にダメージが酷くなって来ている。塗膜の機能としては「ソフト チップング プライマー」はチップングダメージを与える下方へ行くとする力を横方向へ拡散させて、素地（鉄板面）へ傷が到達するのを防いで、電着塗膜の上でチップング ダメージを止める役目を果たしている。従来はチップングダメージが素地まで到達

して錆が発生して錆汁で黄色くなって外観を悪くしていたのが防止できるのです。

今回の塗料は塗膜に上のような機能を持たせ、且つ下塗り電着塗膜の上に塗装した「ソフト チッピング プライマー」を乾燥させないでウェットの状態の上に中塗り塗装を直接塗布かさねるために、従来から使用していた水溶性中塗り塗料を溶剤型中塗り塗料へ変更し、柔軟な塗膜を得るためにポリエステル樹脂を使い、チッピング ダメージの傷の大きさを小さくする為に特殊な顔料(ウレタン系樹脂ビーズ)が配合されています。

(3) やっと登場したHES「塗膜の耐チッピング性試験法」

ホンダでは1980年末になると北米での最初の乗用車生産開始を2年後に控えて、塗料の購入契約の品質保証条項を間違いなく締結する為にはどうしても塗装材料の試験法とその水準を定めたHES(ホンダ エンジニアリング スタンド)の塗料規格の制定が待たれていた。それに加えて欧州で展開していた「第4次錆プロ」の活動からも早急に耐チッピング性の評価試験法とその水準の決定を督促する意見がホンダ技術研究所に伝えられていた。

そこでホンダ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は部下の小松泰典さんを督促して試験法の制定を進めさせていた。それはカナダのトロント近郊で実走している防錆モニタリング車のボンネットの先端の傾斜している塗膜面がひと冬の期間に受けるチッピング ダメージを「ダイヤモンドショット法」と「グラベロメーター法」を利用して-20℃の試験条件でその他の試験条件を工夫して再現を試みたのであった。そして得られた「改良グラベロメーター試験法」を用いて各製作所の塗装ラインで採用していた耐チッピング性を考慮した中塗り塗料やチッピングガードコートなどの材料や、またアメリカ向上用に予定している中塗り系の候補塗料などを使用して総合塗膜厚さや上塗り塗料材質などを変化させた数千枚に及ぶテストパネルを作成し試験が始まった。その結果、アメリカ向けに準備していた日本ペイント製の溶剤型ハイソリッド型中塗り塗料と、鈴鹿No.1ラインの大日本塗料の一液型熱効果性ウレタン樹脂系中塗り塗料、内部凝集力を緩和改質した下/中塗り兼用粉体塗料、そ

れに合わせて用意された「チッピング ガードコート(ソフトチッピング プライマー)」などが合格したのであった。

そしてこの塗装規格を制定しても現場に混乱を起こすことなく輸出車生産が続けられる見通しが付いたところで藤森さんはHES委員会に制定を上申したのであった。

そこで使われた「改良グラベロメーター」試験では用いられた碎石の材質、碎石サイズ、噴射量の選定、試験室の温度、噴射圧力、噴射距離と角度、試験パネルの支持法などの試験条件が工夫され、そしてその評価法は塗膜剥離面積率を標準化したレーテングNo標準板で比較評価する方法であった、そしてテストパネルに銅めっきを施して素地露出点を検出して素地到達個数率を算出する二つの評価法を採用し、その最低水準が制定され、同時に参考値として総合塗膜厚さの最低限界値が併記された。この大イベントに参加したのは鈴鹿の松浦功さんと飯山和人さんが当たり、狭山では笠井昭夫さんと浜中辰彦さんが担当し、私も招かれて評価会には出席したことが思い出される。この利害関係が起りやすいテーマの推進には主役の技術研究所の藤森さんが巧妙なりードによって難関を乗り越えて実用性の高い耐チッピング性塗装規格を作りあげること最大の貢献をなし遂げたのである。また大倉さんが意を決して示唆した施策は血の滲むような先を読むことから得られた「最低膜厚限界値」がこの成功の原動力となったことは明らかである。

9. 「ふるさとの森」と本田さんの経営方針

ホンダ二代目社長の河島喜好さんと名コンビを組んだ副社長の西田通弘さんはもっぱら企業を取り巻く社会との接点の問題に取り組みされており、多くの学際的立場の方々の意見を企業経営に活かすことに熱心であった。その一つにこれから述べる「ふるさとの森づくり」があげられる。そこで先ずホンダ50年史「語り継ぎたいこと」(1998年刊)に載った西田さんの回想文の引用から始よう。

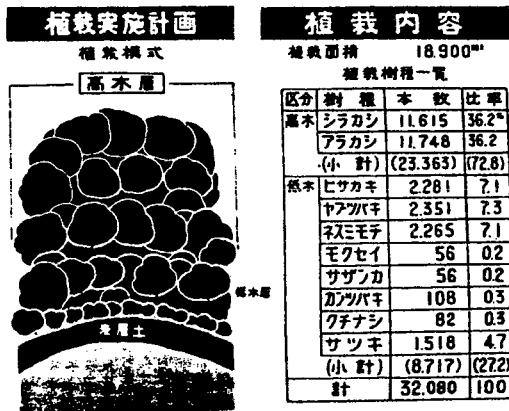
ホンダ役員の西田さんが宮脇昭(横浜国大名誉教授、横浜国大環境科学センター所長)さんの「ふるさとの森づくり」理論を初めて聞いたのは1976年の同窓会でのことだった。宮脇教授

も西田さんと同じ旧制横浜高等工業学校（現横浜国大工学部）出身で西田さんの後輩に当たる。それまで聞いたことがなかった「鎮守（ちんじゅ）の森構想」に西田さんはいたく感激した。それは『日本の「鎮守の森」に見られる生態系を都市の中や工場の周辺に沢山再生させようとする提案であった。この英語に訳することの難しい「鎮守の森」には眼に見えないものの居ると信じられている社禁（やしろ）の領域であるから人の手の入らない自然環境が保たれている所である。そしてこれこそが日本人の「ふるさとの森」であると云えるのである。この「鎮守の森」にはそれぞれの地域に根ざした植生が繁茂しており、多様性の濃縮された生態系であって、高木、中高木、亜高木、低木、下草、のように垂直の拡がりや水平の拡がりがある大きな特徴なのである。』と。

同じような考え方の人間ばかりを集めれば、最初はうまく行くかも知れないがその会社は変化に弱く、必ずダメになる。」それが本田宗一郎さんの持論なのだ。「企業に役立つと思われる人間だけでなく多様な人間をそのまま抱え込むことで組織は活性化し強い企業になる」。「ふるさとの森」は環境面でも人面でも真に役立つ理論だ。そう直感した西田さんは宮脇教授を会社に招き、役員室で話をしてもらった。本社だけでなく各事業所を回ってもらい、講演会を実施した。こうして宮脇理論は色々な角度からホンダに取り入れられ浸透していった。

「私は宮脇さんの思想を紹介しただけ、考え方が行き渡ればあとはあれこれ言わなくても自然と走り出した」。本田さんが常々云っていた考え方がベースとなり「ふるさとの森」と言う形ができてきたのだ。

全社的にふるさとの森実行委員会が発足したのは、それから数か月後のことであった。各事業所の実行委員は宮脇教授と一緒にそれぞれの地域の自然をくまなく調査して歩いた。その成果は分厚い一冊の本となり、現在宮脇教授が所長を務める横浜国大環境科学センターに保管されている。森作りの基本は土を盛り上げて作るマウンド。既に芝生とアスファルトで奇麗に整地されていた工場では樹木が整然と植えられていた場所を掘返し、芝生を剥がして土を盛り上げ一からやり直した。「折角奇麗に整地してあるのにもったいない」との声も聞こえた、その都度ふるさとの森の考え方を説明し納得してもらおう努力を重ねた。そして1977年からいよいよ25万本の苗木が熊本、鈴鹿、浜松、埼玉の各製作所と栃木研究所に運び込まれた。直径10センチほどのビニールポットで育てられた小さな苗木だ。ある工場ではその土地の新入社員が、また他の工場では全従業員が総出で敷地内にこの苗木を植えていた。その後の3年間は苗木が小さい為根元の乾燥防止に「わら」を敷き詰めた。「わら」の下は暖かい為ねずみが住み着き、根をかじった。枯れた苗木は植え直さなければならなかった。雑草との戦いもあった。直ぐに苗木よりも大きくなるので気が抜けなかった。夏は激しい乾燥から苗を守るため水撒きが日課となった。軽トラックの荷台にドラム缶を乗せ急こしらえの散水車が毎日繰出した。特に乾燥の強い場所には塩かビニールのパイプに無数の孔



「ホンダふるさとの森づくり」キャンペーンの看板

そして講話が終わると思わず宮脇教授の所へ飛んでいって握手を求めた。早速著書を何冊も買い込み、むさぼるように読んだ。宮脇植物生態理論は昔から日本の自然を形成してきたその土地の樹木を植え、いわゆる「鎮守の森」を作ること、本来の生態系を生かした自然を維持しようとするものであった。高木、亜高木、低木と厚みのある層を形成しており、その中に種々雑多な樹木が共存している。この“雑多な”というところに西田さんは引かれた。これは社長の本田宗一郎さんが日ごろからおっしゃっていた企業の在り方と同じではないか。「強い木、弱い木、高くそびえる木もあれば、その根元を固める低木もある。会社にも色々な人間がいる。

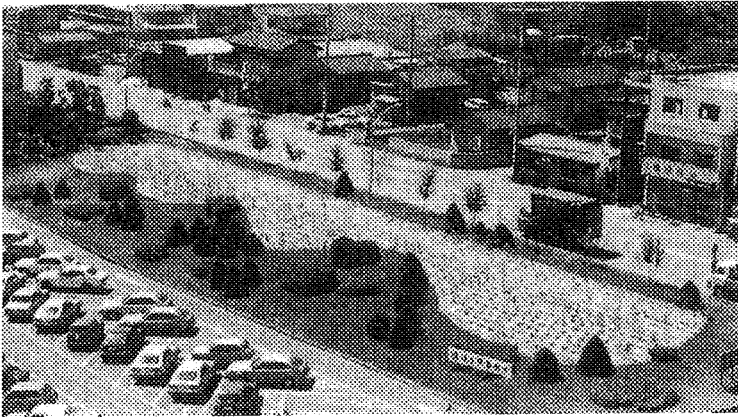
を開けたものを繋いで作った散水用の治具を設置、何時でも水を供給できるように工夫した。こうした日常の世話は実行委員の仕事だったが手が足りず各課に応援を要請した事もあった。3年になって敷くわらの中にヒバリが巣を作り卵から雛がかえった。

当時、狭山工場で実行委員を務めていた環境保全係長の佐々木和夫さん達が「自然が戻ってきた」と感じた瞬間だった。カッコーが鳴くようになり木の実を食べに他の鳥たちも集まってきた。鳥の糞に混じていた種が芽を出して植えなかったはずの木が育ち自然の底力を感じさせられた。苦労が報われたのだ。

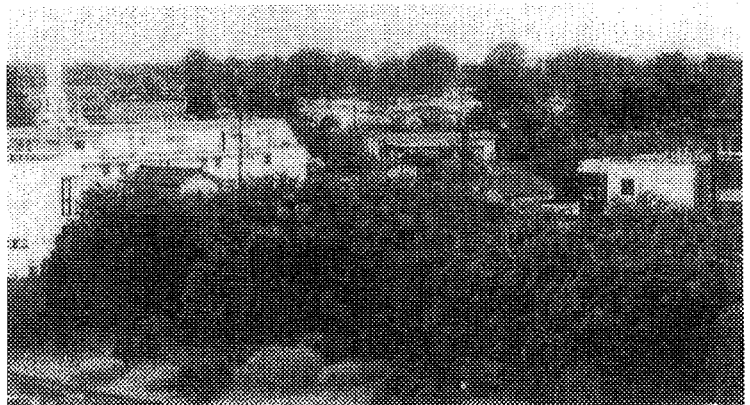
カシの木は10年たってドングリの実をたわわに付けた。幾重にも重なった葉が涼しい木陰を作り従業員に憩いの場を提供した。その葉はリビングフィルターとなり工場から出る騒音や臭

いを吸収し、防火壁の役割を担った。(引用終り)

私はこの「ふるさとの森」活動の始まる前まで狭山工場の産業公害防止推進グループを指揮する立場に在ったから、工場の周辺の植栽には気をつけていた。その昔工場敷地の南側に新鋭の鉄鋳物工場が建設され、夜間も連続作業を行うキュポラが創業を始めると近隣の自治会から夜半の高い原材料投入の騒音による安眠妨害が訴えられたことが起こった。それは銑鉄インゴット、スクラップ圧縮塊、コークス、石灰石、蛍石などの重量物をバケットに配合計量しエレベーターによってキュポラの中段に投入口から落下させるから、「ガラガラドーン」と低い音が周期的に発生するのである。当時の工業団地の周囲は借りあげ従業員の駐車場かまたは野菜畑であって何の障害もなく騒音は集落へ届い



1977年、ふるさとの森づくり開始当時の埼玉製作所狭山工場の正面付近。白っぽく見えるしきわらの部分に苗木が植栽されている



10年後の1987年同位置を写す。苗木は樹高10mを超えて、森のような茂みになってきた

10年後の成長した「ふるさとの森」

【注】ホンダ埼玉製作所・狭山工場、1987年。

ていたのである。

しかし発生源の防止対策が僅かしか遮蔽できず対策に公害防止チームは苦慮していた。

そこで私は同様な苦勞をされている製鉄所の高炉の対策事例を調査することを提案し、千葉臨界工業地帯の環境保安林に教を乞うために担当の山田忠正さんを出張させた。そして吸音植樹として高木の「マテバシイ」低木として「さんご樹」を選定した。この「まてばしい」は濃密な枝と葉のために騒音の吸収は期待ができるとの話であったが、若い苗木では遅いので若木を狭い境界線上に200mにわたって一列の交互に植えたのである。

ここの武蔵野の土壤に適合したのであろうか数年後にはその厚く茂った常緑の葉は良く騒音を吸収する効果を発揮したのである。その後10年足らずで堂々とした森に成長した3-5ホーンの騒音レベルを低下させたとのことである。鑄造工場は廃止になったが、いずれこの南国生まれの「まてばしい」の林は狭山市の有名樹木の仲間入りを果たすことになるであろうか。

蛇足ではあるが姉妹工場である埼玉製作所和光工場にはホンダ創立15周年記念の「メタセコイア」が高い巨木に成長している。この樹はいまは亡き本田宗一郎社長の手になる記念植樹であって、年末のクリスマスツリーとしての電飾が地元の恒例行事となっている。これらの植栽も「ふるさとの森」の中に取り込まれている。

【マテバシイ】

- a 花のついた枝
- b 雄花
- c 雌花
- d 葉のついた枝



(1) 部分図

騒音防止林の「マテバシイ」

【注】出典：大百科事典⑩、平凡社、p.125 (1985)。

この「ふるさとの森づくり」の作業が始まった1978年の頃、私はアメリカの中西部のオハイオ州の片田舎にホンダで初めての生産拠点を建設する実務者として出張していた。ここでは第1期の大型オートバイ製造工場の為に購入した「とうもろこし」畑と農家の屋敷周りの自然林の残る約60エーカーのサイトレイアウト（敷地利用区画計画）に取り組んでいた。勿論、そこにも日本で進められている「ふるさとの森づくり」理論をどのように活用するか配慮は重要な視点であった。私のしごととしては現存している自然林を残しながら工場の体裁を整えることに集中していた。この自然林には「オーク（カシ）」や「メイプル（カエデ）」、「ヒッコリー」などの成長の遅い高木に混じって野生の「姫リンゴ」などと共生する多くの雑木が繁茂しており落ち葉などの堆積した厚い腐養土層がスポンジ状となった湿地であった。

10. 上塗り塗膜の剥離を起こしたNOx汚染

1) クルマの上塗り塗膜の剥離トラブルの発端

今では「熱風乾燥炉内の熱風中に含まれる窒素酸化物（NOX）の濃度が上昇した時、程度の差はあるものの自動者塗料系では硬化した塗膜面は密着性が低下して、その上に塗装した塗膜が剥離を起こす危険がある」ことは塗装技術者の常識となっている。この現象がホンダの鈴鹿No.2塗装ラインを襲ったのは1982年10月のことで、約二千台余に及ぶ完成車の上塗り塗膜がマスキングテープを取り除く程度で簡単に剥離したのであった。この状態に直面した塗装品質の責任者であった松浦功さんの茫然自失（ぼうぜんじしつ）振りも無理もなかった。それは現行の水溶性中塗り塗料を耐チップング性の良好な溶剤型中塗り塗料に変更するための候補材の絞り込みの最終段階のライン塗装テストの最中に起こった。このテストに望んだのは日本ペイントと日本油脂の二社であったが、日本ペイント製中塗り塗料をテストしたクルマだけにこのトラブルが発生したのであった。

この一報を聞いた私にはその原因が中塗り塗料か、上塗り塗料にあるのか、または乾燥炉の焼き付け条件によるのかの判断をし兼ねてい

た、そこでこれと類似のトラブルが世間にも起こっていないかを教えて頂く為に多方面の知人に電話を掛け続けていた。それは当時の自動車塗装ラインではどこでも輸出車が塩害地で冬期間に受ける飛び石によるチッピング ダメージを軽減する為の中塗り塗膜の改質に取り組んでいたからである。

そして原因究明が進められている間に私が某社から得た情報によれば、「最近マツダで同様なトラブルがあったとの噂を耳にしたのだが」との知らせが届いた。そこで私はマツダが使用している全ての塗料が日本ペイント製であることや、また塗装設備の大半はホンダと同様に大気社の設計施行していたことを思い付いたのであった。そこで早速、大気社にお願いして「現在マツダとホンダ鈴鹿で使用されている中塗り用熱風乾燥炉の加熱システム、特に昼休み休憩時間中に乾燥炉内に車体が放置されているかどうか、休憩時間の終了時に低燃焼から高燃焼条件に移行する温度制御をやっているか、設置してある熱発生炉の最大発熱量と循環風量との比率などを比較すること」を調査してもらい、そしてこのトラブルと加熱システムによるNOXの発生との関係を疑った考察を行なった。

そこで私は狭山工場で使用している下/中塗り兼用粉体塗膜と上塗り塗料との間、上塗り塗料同志のリコート性に及ばずNOX濃度の剥離限界濃度の関係を関西ペイントに実験してもらうように技術担当の浜中辰彦さんに指示していた。

実は私を大変慌てさせたのは、1982年9月から試験操業を始める予定のアメリカのオハイオ工場で採用するハイソリッド型中塗り塗料には耐チッピング性が好成績であった日本ペイント製が有力視されねおり、そのライン塗装テストを既に溶剤型中塗りに切替えが済んでいた鈴鹿No.1塗装ラインで実施していたからである。確かに塗料をハイソリッド化するには溶剤分を削減しても塗装作業に適した低粘度を確保できる樹脂には低分子量化の手法が使われており、その焼き付け硬化反応を促進する為に強酸触媒を配合する方式が採用されているらしく、塗られた塗料の温度が上昇すると共に触媒作用が発現する仕組みになっているから尚更NOXとの接触の影響が心配となっていた。

2) 上塗り剥離トラブルの原因究明

鈴鹿の塗装技術者と日本ペイントの自動車塗料事業部の技術部長であった三木勝夫（工業塗料事業部副本部長、三木技術事務所）さんのグループによる詳細な原因究明が我慢強く続けられた。そしてその成果を技術研究所や狭山の関係者に報告してくれるとのことで私は浜中辰彦さんと鈴鹿に出掛けた。先ず、日本ペイントの中塗り塗料を塗装したクルマが全てが剥離する訳でもなく、またその上に塗装している上塗り塗料の種類にも無関係であり、剥離する個所も車体の全面ではなく、車体の下回りに多い用であった。そして加工履歴の調査からトラブルのクルマの加工時間の分布は全体に散らばっているのではなく数か所に集中する傾向が注目された。一方、上塗り塗膜がマスキングテープ剥離した個所の中塗り塗膜表面の鉛筆高度は6Hに達する異常硬化が起こっていることは明らかになった。次に、この異常硬化状態の再現実験を試みた所、塗料への酸触媒の添加の有無、加熱条件のオーバーベークの180℃×120分と実ラインの180℃×14分、乾燥雰囲気中へのNOX添加の有無（濃度0～50ppm；これはテストピースを入れた塗料缶にNOXガスを注入して加熱する）などの加工条件を交絡させて中塗り塗装の実験を行なった。そして得られた結果は、先ずこの塗料には配合不要の酸触媒を敢えて添加した場合の全てに異常硬化が起こり酸成分の関与を示唆していた、次に50ppmNOX濃度と180℃×14分以上の乾燥条件の場合には剥離トラブルの再現することが確認された。

そこでこれらの再現塗膜と実車のトラブルを起こした中塗り塗膜についての表面的な性質や物理的性質が同一であるかを検証する為の解析を進めた。最初に塗膜表面の化学的性質をFT-IR（フェルミ返還赤外分光法）に加えてESCA（電子スペクトル化学分析法）によって行なったところ、両者のデータは酷似したものであった。また塗膜自身の物性測定として、引っ張り試験で抗張力やヤング率を、更にバイブロン試験によって振動減衰度から架橋密度計測、ゲル率測定による佳境過大などの結果から、両者は極めて酷似していることが判明した。特に通常の塗膜と比較して異常硬化塗膜の架橋密度は40%も上昇していたことが特徴的な結果であった。

この原因追及は松浦功さんの下で前処理の技術担当をしていた佐藤登さんが最も得意としていた機器分析技術を駆使して、塗膜面の表面分析を行なって原因の裏付けに成功したのであった。これはホンダで初めての機器分析法を塗装トラブルの解明に活用した記念すべき成果であった。

その後、現行の上塗り塗料のリコート性とNOXとの関係を一斉に調査した関西ペイントの報告では、NOX汚染に二倍程度強い2C1bメタリック塗料の場合を別とすれば、中塗り塗料と上塗り塗料のソリッドカラ塗料のリコートはいずれも50ppm程度で通常の焼き付け乾燥条件でマスキングテープ剥離が発生することが明確になった。これに対して日本ペイント製中塗り塗料自信がNOXに敏感であったことも判った。

そしてこのトラブルを契機に全ての熱風乾燥炉のNOX発生の低減対策の必要性が浮き彫りになった。

3) 世界を震撼させたNOxによる塗膜剥離トラブル

昭和40年代の中頃であったか、着火時に多量の黒煙と煤を排出する重油燃焼式間接型熱風乾燥炉を廃止して、アメリカ式のLPG（液化石油ガス）燃焼式直火型熱風乾燥炉に転換する大事業が狭山工場で行われた。そこには有名なエクリップス社の「ライン エアーヒート バーナー」やマキソン社の「プレミックスガスバーナー」を採用することになった。今度は燃焼ガスをそのまま乾燥炉内に直接循環させる直火式であるから燃焼ガス成分が塗膜の硬化に影響しないことを深く検討した。中でもNOXの発生についての各種燃焼条件下の発生データを入力して勉強したことが思いだされた。我々の使用している直火式塗装用熱風乾燥炉のように循環熱風が熱発生炉内を流れる中に燃焼炎が存在するような形式では、燃焼炎が周囲から循環熱風により冷却されるから燃焼炎の長さは短く、NOX（半分はNOガスである）の発生は他の用途よりもそれ程大きくなく、空燃比、燃料ガスの噴出孔面積などの燃焼条件が替わっても変動は少なく、燃料の消費量の増大によりNOX発生量は比例して増大するとのことである。

実例から平常負荷であれば精々20ppm程度で

あったことが提示されていた。しかし前節の実験から判るように、塗膜の異常硬化は熱風温度によらず、もっぱら50ppm程度NOXの存在によって引き起こされることを当時は見落としていたことが反省させられた。

そこで鈴鹿製作所の両塗装ラインの中塗り塗装熱風乾燥炉内の一定個所の熱風雰囲気中のNOX濃度を作業時間を通して測定したところ、45分間の食事休憩時間後にNOX濃度値が平常値の2倍程度の最大濃度（16～24ppm）に達していることが判った。この理由は食事休憩中の乾燥炉の熱発生炉は最低燃焼状態に炎を維持する状態で経過するから炉内の熱風温度は次第に低下してくる。そして休憩終了前15分頃になると低燃焼制御から通常温度制御に戻って最大燃焼が指示される。この温度制御方式は循環熱風の熱発生炉に流入する熱風温度を検出して基準温度のさから燃焼を指示する方法の「リターン制御法」である。昼休み後の温度が低いから熱発生炉には全開の最大燃焼が指示されるのが通常である。この温度の回復が行なわれている最大燃焼時にはNOXの発生量は平常時の3～4倍となり、炉内に吹き出す熱風のNOX濃度は乾燥炉内の濃度よりもある程度高くなることは避けられないであろう。このNOX濃度のレベルは循環熱風量に対して設備されている熱発生炉の最大燃焼熱量が大きい程、即ち昇温速度が早い程高いレベルに達するから吹き出し熱風のNOX濃度を予めチェックする必要がある。

ここで更に注意すべきは、休憩中に車体が乾燥炉内に停止して放置されているとNOX濃度の高い熱風の吹き出しが停止している車体面を直撃することがあれば異常硬化をもたらす原因となることは明らかであり、実際に下/中塗り兼用粉体塗膜面での現象を狭山の技術担当であった前島謙一郎さんが確認している。

そこで既設の直火型熱風乾燥炉とのNOX汚染を避ける手段としては①長い休憩時の際には乾燥炉内部に車体を放置しない搬送コンベアシステムの採用、②休憩時間終了直前の温度上昇にはNOX濃度の上昇を抑制する為に最大燃焼を70%燃焼レベルに切り下げる、③休憩時終了前のNOX濃度の高い熱風が車体の塗装面を直撃しないようにその時間帯だけ吹き出し口にシャドウマスクを取り付けてNOXの拡散をはかる、などが考えられるであろう。

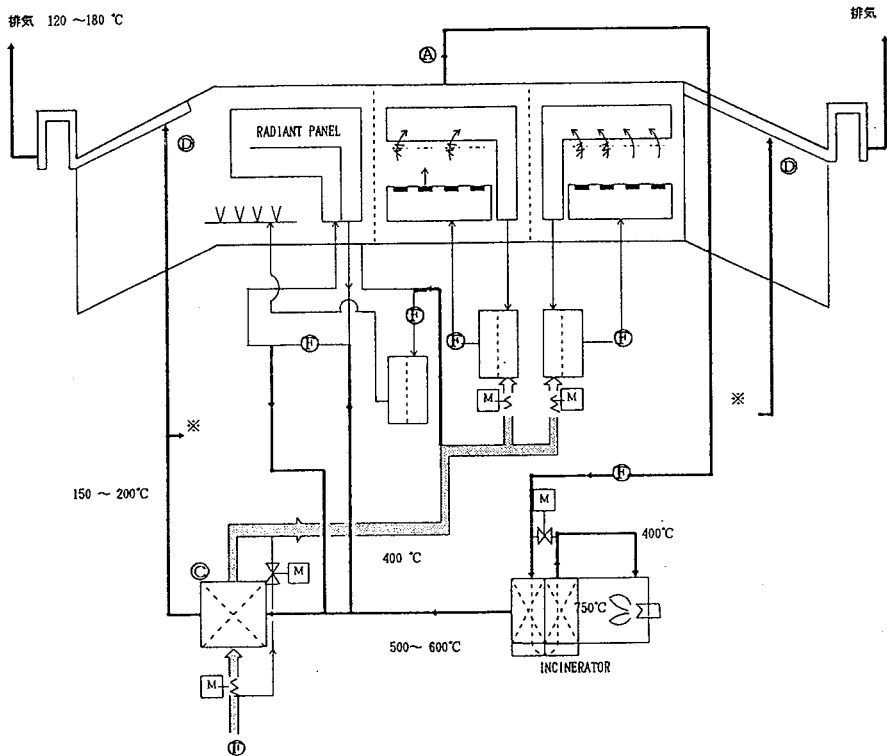
この事件の頃の1982年秋に操業を開始したアメリカのオハイオ工場では日本ペイント製のハイソリッド中塗り塗料を使用して生産をスタートしていたが、その中塗り乾炉は前半に輻射ばねる加熱方式を付属したガス燃焼直火型熱風乾燥炉ではNOX濃度の監視を行ないながら万全の対策を行っていた。

ホンダではこの事件の2年後の1984年以降の新設塗装ラインの中塗り塗装以降に設置される熱風乾燥炉には乾燥炉に「ワンバーナー加熱システムにより間接加熱と熱風炉内循環熱風の吸引排気の高熱分解処理を採用する例が多くなった。」ここに掲げた狭山No.2塗ラインに大気社が設計施行したワンバーナーシステムの熱風フロー概念図を掲げた。そのフローシートでは「マルA」から炉内の溶剤を含んだ熱風ガスを吸引し、熱交換器で約400℃まで予熱した後750℃のインシネレーターで処理する、この処理ガス(500~600℃)は「マルB」の輻射パネルゾーンへ供給されて、パネル内を通過して放熱した後、更に「マルC」でフレッシュエアーの予熱を行い、「マルD」で入口梯形部のヤ

ニ防止パネルを通過して熱を有効に使った後(120~180℃)屋外に排出される。一方「マルC」にて予熱されたフレッシュエアー(約400℃)はオープン各ゾーンの熱源として、分散給気されるのである。これによって今まで熱風乾燥炉を起因とする塗膜品質障害の根絶を狙うと同時に、排気の脱臭と有機物質などの除去などの大気汚染防止を実施している。

またその頃、アメリカのGM社が新しく建設する自動車組立工場の塗装乾燥炉の調達のための設備仕様書が国内の塗装設備メーカーに提示されており、それを見ていた私はGM社が従来からのガス燃焼直火型加熱式熱風乾燥炉の採用を中止して、前半に輻射線パネル加熱ゾーンを持った間接式熱風乾燥炉の採用を指向していたことを知った。それには丁寧なことにコンペーストップがあった際には輻射線パネル加熱ゾーンにおいてのオーバーヒートを避ける為の緊急冷却措置のできる仕組みを要求していたのには感心させられた。彼らは有機溶剤排出削減の為に目まぐるしく変化している塗料材質に対して燃焼ガスからの一酸化炭素、二酸化炭素、M

ワンバーナーシステム フローシート



ワンバーナーシステムによる熱風乾燥炉の概念

乾燥炉に起因する塗装不良とその解決法

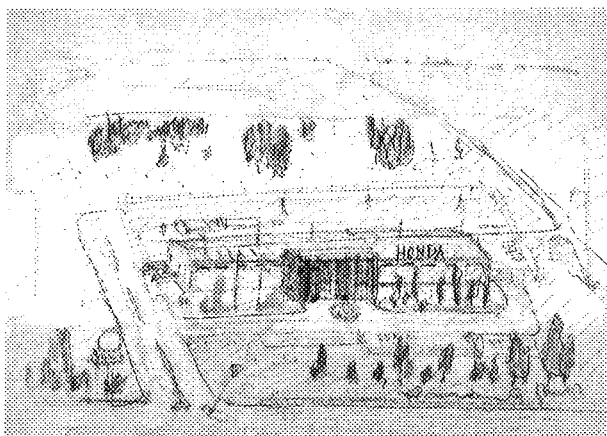
要因 塗装不良	N o x	S o x	溶 剤 濃 度	ヤニ濃度	PCV可塑剤 (DOP)	*トリクロロエタン (塩酸ガス)
層間剥離	○	(イオウ分 多いと間接化 される)				○
ス ケ			○			
黄 変		○		○	○	
主な対策	間接加熱化	間接加熱化	脱臭装置	脱臭装置	脱臭装置	間接加熱化 (低温熱文化)

*ブラッシュック塗装乾燥炉

OX、硫黄酸化物(SOX)などのガス成分による汚染の影響を受けなくするために間接加熱方式を選択していたのであった。それにより塗料材質の設計における自由度を塗料技術者に与える方針であると云われている。

その2年後に、私が「ホンダ バラード」の姉妹車である「トライアンフ アクレーム」を生産しているイギリスのBL(ブリテッシュレイランド)社のARG(オースチンローバーグループ)のロングブリッジ工場を訪問した時のことである。この工場の別ラインでは今もって抜群の人気を保っている「オースチンミニ」の生産が連綿と続けられていたのには驚かされた。そこで「トライアンフ アクレーム」に現在用いられている中塗り塗料の耐チップング性が余り芳しくなかったのがホンダのアメリカのオハイオ工場で使用している耐チップング

性に配慮しているハイソリッド型中塗り塗料を紹介したところ、塗装技術者であったメイソンさんが「私の所の中塗り乾燥炉は現在は都市ガス燃焼の直火加熱式熱風炉ですが、近いうちに間接加熱式に変更する予定なので、これが完成後に検討させて欲しいとの発言であった。彼の言によれば、「欧州でフォード車が中塗り塗膜の綿密着性低下による上塗り塗膜の剥離クレームが発生した品質トラブルがあり、それは直火加熱式熱風乾燥炉内のNOXに起因しているとの情報が有名となっているからです」とのことであった。私はその詳細を聞き出すことは出来なかったが、多分有機溶剤規制に対応する為の強酸触媒型ハイソリッドと塗料であったのではなかろうかと推測している。この剥離トラブルは1980年代の世界の乗用車塗装の一大トピックであったことを認識させられたのであった。



HAMオードバイ工場の前面の風景スケッチ (1979)