

# 第12部 水性ベースコート塗装による国際展開

## 1. 最強の第5次錆プロへの最後の御奉公

1980年代の中頃になると最大の乗用車市場であるアメリカでは益々盛んになってきた第三者機関による乗用車販売に関する市場マーケット調査は販売系列のサービスレベルの評価から、新車の購入六ヶ月後のオーナーからのアンケートデータから算出したCSI（顧客満足度指数）をクルマ銘柄別に提供する所まで発展した。またそのデータをTVコマーシャルに流して販売戦略に利用することも始まった。最近ではクルマの塗装面や車体の腐食なども含めた耐久性を追跡して年次モデルが比較検討できるデータの作成を手掛けるようになってきている。そしてこのデータの収集内容は年々充実して来る気配があり、それによって品質競争が促進されることは疑うべくもない状況にある。このような背景がビッグスリーの品質向上をもたらして来ており、今や「日本車は品質が良くて故障の少ないクルマである」とのキャッチフレーズも死語になりつつあるとか。

自動車業界の防錆目標値としては、アメリカ自動車メーカーが1984年に提示した“10-5-2年”がよく知られている。これは貫通錆10年、表面錆5年、エンジンルーム、床下廻りの表面錆2年を意味するものであった。また1985年のカナダ錆コードの改訂では飛び石、泥跳ねによる塗膜傷からの腐食である表面錆5年および、板合わせ部と耐塩水による腐食である貫通錆10年が制定されている。そこで最近のアメリカのビッグスリーは貫通錆に対するワランティーを競って延長しており、GM社は従来の5年/100キロマイルから6年/100キロマイルに、フォード社は5年/100キロマイルから6年/100キロマイル、クライスラーは5年/50キロマイルから7年/100キロマイルとワランティー強化を発表している。また欧州ではノルデックコードが表面錆3年、貫通錆6年であり、その保証が一般的であったが、ポルシェが86年モデルから貫通錆10年ワランティーを実施したのが

注目されている。

一方クルマの耐用年数については、日本の乗用車で9.3年であり、1990年度の予測は10.2年が示されており、1981年でのスウェーデンとアメリカでの平均寿命はそれぞれ15年、13年であり日本よりも長期間使用されている。これらの背景からホンダではクルマは12年位の寿命を持つべきだと考えられ、穴あき錆10年、表面錆5年、安全錆一生とする考えに達した。しかし、今まで議論していた「ジャパニーズラスト」で代表される錆による苦情は精々2年か3年の話であり、更にそれ以上の耐久性となると未だ不明確の点も多く、またサービス対応に依存して部品の交換を期待することを考えている部分も少なくなかった。ここで更に加速的に長期耐久力を効率的に、しかもバランス良く強力に展開するためのオールホンダプロジェクトチームが技術研究所の専務の紫野真さんのリーダーシップの下で昭和62年（1987）5月に発足することになった。勿論このチームはホンダの品質総括であった大倉孝男さんのバックアップを受けて従来になく強力に展開された。それは今まで情報受信人であった技術研究所自身が情報発信人になることを前提にしたことから容易に感じられる所であった。当時の狭山組立工場長であった宮木清さんの推薦もあって私も最後の御奉公を努めることにした。そのテーマは次の項目が取り上げられた。

- ①車体外板への両面垂鉛めっき鋼板の適用（プレス工場の体質改革、レーザー溶接法、ハイビルドカチオン電着塗料の導入、新化成皮膜処理液の導入）
- ②足回り機能部品の耐腐食強度低下対応としての塗装プロセスの再検証
- ③既存カチオン電着塗装ラインの通電時間3分確保の原則確立
- ④防錆車体設計と加工の改善（プレスバリ、鋼板合わせ目の隙間）

これらのテーマに参加する製造側の狭山工場のメンバーには塗装技術係長の沼田正さん、塗

装品質技術の白鳥聡さん、塗装生産技術のベテランの菊地宇兵衛さん、プレス材料技術の早崎正昭さんなどに加えて、四輪生産企画室の化成分科会ヘッドの富岡義雄さんも協力を惜しまなかったし、ホンダ エンジニアリングでもプレス、溶接技術部門がテーマによっては適切に参加するようになったのは今までに無いことであった。

## 1) 「表面錆 5 年」の達成技術戦略

この「表面錆 (コスメティック コロージョン)」と云う言葉はカナダ政府がクルマのユーザーの権利を守るために乗用車メーカーに義務付けた「乗用車錆コード」に定義されている乗用車塗装表面から発生する錆や腐食を云うものであって、当初は塗装のウィークポイントや部品の取り付け面からの発生などが対象の主力であったが、それらが改善されて現在は主として道路を走行中に対向車などが跳ねとばした小石や岩塩粒などの衝突から塗膜が受けた傷によって誘発される錆などが対象となっているのである。

そしてこのテーマの第一ステップは第9部の「8. 高速度チップング ダメージ対策の変遷」に既に述べているが、遅れていた日本での車体外板への両面亜鉛めっき鋼板の採用が第二ステップに当たり、ホンダではこの錆プロジェクトで解決されることになる。

(1) 外板への両面亜鉛めっき鋼板採用への外圧  
遠いアメリカ車のことはいざしらず、東京にセンセーショナルな外圧が突如現れた。

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光景である。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乗用車の鋼板車体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プング傷からの表面錆に対する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。またこの外板への亜鉛めっき鋼板の採用に加えて、塗装前処理には車体を縦吊りして浸漬処理することにより隅々まで処理が行

き届くことが特徴である「フェルターク法」も防錆力の強化にひと役買っている様子がPRされていた。

元々欧州では高級車である「ロールスロイス」や「ボルボ」、「ベンツ」などでは車体の内側からの穴開き腐食対策を主な目的に車体外板の両面に溶融亜鉛めっき鋼板を使用して、それ程めっき面の外観が平滑でもないのに苦勞して採用している例もあり、この場合にはチップングを受けて素地が露出しても赤錆が発生することが避けられる効用が知られていたが、より経済車にも外面の表面錆の防止を狙った対策が振興していることに日本の関係者に強い認識を与えたことになった。

私が日本パーカーライジング社国際部にお問い合わせして調査データを聞いた所に寄ると、86モデルの外板全面に溶融亜鉛めっき鋼板を採用したオーディ社ではその後はクルマ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。

その頃、アメリカのビッグスリーの内、GM社では溶融亜鉛めっき鋼板、フォード社は片面防錆鋼板、クライスラー社は合金化溶融亜鉛めっき鋼板を採用しており、1986年には5ラインの新鋭電気めっきラインが建設され比較的厚保めっき鋼板が製造できるようになって来つつあった。

一方、取り残された日本国内の関係業界では欧米の塩害地に輸出するクルマの車体外板へ適用すべき防錆鋼板の開発や選択を急がねばならなくなっていたことは事実である。しかしホンダでは外板に亜鉛めっき鋼板を採用することなどは未だ夢の話であった頃だったから、この展示はホンダの関係者に強い啓蒙を与えてくれたことは確かである。そこで私も「世界のクルマの高速チップング ダメージによる車体外板の腐食対策の現状」のレポートを作成して品質担当常務をやられていた大倉孝男さんへ上申したことがあったことを思い出す。

この光景の記憶が鮮明であったのには訳がある。この展示ブースで長いこと立ち止まって眺めていた私の肩を叩く人がいた。振り向くとそこには関西ペイントのOBの松本靖司さんの笑顔があり、奇遇を喜びあったからである。私が昭和43年頃に初めて関ベと折衝を始めた時のホ

ンダ担当の第1代技術課長であった松本さんには、軽乗用車「ホンダ ライフ」でのメタリックカラー仕上げ塗装の鋼板ボディとオフラインのプラスチック部品への塗装を軽乗用車として初めて開発するテーマを手掛けてもらったのであった。その後、鹿沼工場長として我々への塗料の製造や技術サービスの支援などに力添えをいただいた。その当時、愛知県下の塗料販売店の技術顧問で活躍されておられたが、更なるご健勝をお祈りする次第である。

## (2) 日本車の防錆寿命「表面錆5年」への対応

日本では欧州式の「ソフトチップング プライマー」や中塗り塗料の改質による耐チップング性向上策が一段落した1984年の頃、アメリカのビッグスリーが揃って『乗用車の自主的な防錆寿命保証目標は“10-5-2年”』を宣言したことが世界中の自動車メーカーに大きなインパクトを与えていた。それは御多聞にもれず日本にもこの情報の影響は大きかった。そして各社の営業や品質保証などの部門から販売政策上できるだけ早く対抗策を講じなければとの意見が高まって来た。しかしそれに対する感度はそれぞれの自動車メーカーによってまちまちであり、それぞれのメーカーが今まで進めて来たクルマの防錆対策方針、対応技術の選択、適用車種と時期、適用を優先する対象部品などの違いから外見上は激しい競争が行なわれたようにも見ていたであろうが、実の所現在採用している防錆技術との「しがらみ」に苦慮していたのが本音であった。

ここではクルマの車体外板が受けるチップング ダメージからの錆や腐食による表面錆に5年以上の寿命を実現する為の切り札である車体外板への「両面」防錆処理鋼板の採用を中心に「トヨタ自工」と「ホンダ」の事例を取りあげてみたい。

この課題を解決する必須要件を列記しよう。

- ①：塗装外観を阻害させない平滑なめっき表面の性状であること。
- ②：塗膜が素地鋼板に達する傷を受け素地鋼板が露出しても激しい白錆の発生によって外観を著しく損なわせないこと。
- ③：プレス加工時のパウダリング性、溶接連続打点性の低下などを起こさないこと。
- ④：プレス、溶接などの作業によって防錆処理層への損傷を与えないこと。

⑤：仮りに加工作業により生じた表面欠点を除去に当たっては極力防錆処理層の損傷を拡大させないこと、または損傷が著しい場合は部品を廃却すること。

⑥：スキップ コロージョンの発生を防止できる塗装前処理を選択すること。

⑦：カチオン電着塗装後の塗膜表面に外観を損なう「クレーター」などの欠点を生じさせない。

これらの要件を満足させるには、鉄鋼メーカー、前処理プロセスメーカー、カチオン電着塗料メーカー、自動車メーカー（プレス、溶接、塗装）などの関連業種間の協力体制が成功をもたらすことになったと信じている。

## (3) トヨタ自工の両面複層鉄-亜鉛合金電気めっき鋼板の展開

ここではトヨタ自工の車体外板への防錆鋼板の適用履歴について私の理解から始めよう。

先ずトヨタ自工では車体外板が内裏側から腐食して起こる「穴開き腐食」の防止策の強化には錆先進国であるアメリカのビッグスリーが既に全面的に採用していたジंकリッチ塗装鋼板「ジंकロメタル」の採用を見合わせていた。その最大の理由はプレス成形性が著しく悪いことに加えて大きな材料コストアップなどの経済性の悪さであったと思われる。そこでその防錆力に匹敵できる防錆鋼板の開発に乗り出させたのは品質保証関係者であったと云われている。まず現在市場にある防錆鋼板の熔融亜鉛めっき鋼板や亜鉛電気めっき鋼板によって同等の防錆力を得ようとするに亜鉛めっき目付け量は70 g/m<sup>2</sup>程度以上が必要であり、これではプレス成形の際にピンプルと呼ばれる微小な凹凸の外観上の欠点が出やすく、また溶接機器の電力容量が不足したり、連続溶接打点性が低下、塗装では耐水密着性に疑念が残ると言った問題があることから目付け量を減少させても耐食性の維持できる防錆鋼板を狙うことになった。やがて多くの議論の末に到達した防錆鋼板は新日鐵との共同研究によって実用化した「片面鉄-亜鉛合金電気めっき鋼板」であった。この開発の難点は防錆力を維持しながらプレス成形性や溶接性を裸鋼板並みに保つための亜鉛めっきの目付け量（膜厚）を3ミクロン程度まで減らすことであり、その為に亜鉛めっきの合金化の手段を採用し、また経済性を確保する為に鉄を合金化

の元素として選択して数々のめっき技術上の難関を乗り越えて鉄—亜鉛合金電気めっき層に到達したのであった。

次に起こった課題は欧州において日本製輸出車に特有な表面錆であると云われた「スキップコロージョン（かさぶた腐食）」の発生であった。多くの努力の末にこの主な原因が下塗りのカチオン電着塗装の初期段階に前処理の化成皮膜が析出している被塗物表面の近傍に起こった水の電気分解現象によって、強アルカリ性の電界液層が表面近傍に形成されて、化成皮膜の形成が弱い個所ではリン酸亜鉛結晶が溶解されて局部的腐食が発生したものと結論が判明した。そこで耐アルカリ性の優れた化成皮膜の形成法が「トヨタ自工—日本パーカーライジング」との共同研究によって実用化された。これは鋼板製の被塗物を前処理液にフルディプ（全没浸漬）させて、その鉄鋼板表面から溶出する鉄イオンを鋼板面に形成されつつあるリン酸亜鉛結晶の中に取り込んで耐アルカリ性の優れた結晶型「フォスフォファイライト」を多く含有している化成皮膜を形成させる方法である。それ故に素材材質は鉄鋼板に限られており、トヨタ自工が主として使用していた亜鉛リッチな鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板の表面では耐アルカリ性の結晶の形成は難しかった。そこで亜鉛リッチな鉄—亜鉛合金めっき層の上に先の「フォスフォファイライト」が形成できる程度の鉄リッチな鉄—亜鉛合金めっきを薄く更に電気めっきした「片面複層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板」を完成させたのである。これによって従来から懸案となっていた亜鉛系防錆鋼板面の上のカチオン電着塗膜の温水浸漬2次密着性の低レベルを欧米の自動車メーカーが常識として実施している前処理のクロムリンス処理工程を利用することなく払拭（ふっしょく）することも鋼板面での「スキップコロージョン」に合わせて解決したのであった。そして新日鐵名古屋製鉄所では新鋭技術を駆使した高速度亜鉛電気めっきライン一式を新設して、この新しい防錆鋼板の量産体制が整った。そしてこのプレス、溶接、塗装の各作業性や品質を阻害することを極力抑え、経済性の高さをセールスポイントにして市販を始めたのである。

さて、ここでアメリカのビッグスリーが打ち出した乗用車の「表面錆5年」の車体防錆寿命

保証制を実現する為の亜鉛めっき面が平滑な外観で、しかもプレス成形性の良好な範囲の亜鉛目付け量を30 (g/m<sup>2</sup>) 程度に抑え、一方裏面は亜鉛目付け量を100 (g/m<sup>2</sup>) 程度を確保してめっき層の一部を合金化せずに残してプレス成形性を確保した車体外板用の「合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (30/100)」が切り札として車体の外板に採用されていたことは日本国内にも十分に知られていた。

これに対応するトヨタ自工の戦略は今まで構築してきたカチオン電着塗装用のフルディプ式の塗装前処理法や複層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板などを活用して両面に複層鉄—亜鉛合金電気めっきを施した鋼板をチップング ダメージから生ずる表面錆への対抗策とする検討が進められた。

アメリカの両面合金化亜鉛めっき鋼板が目付け量を軽減しているとは言えども、電気めっき鋼板の持つプレス成形性の優れている点に加えて、今までのカチオン電着塗料でも「クレター」などの外観を阻害する問題も起こさない特徴は貴重であったと思われる。

しかし、今までの外傷などを受けない車体内裏面の防錆力だけを期待されるのとは異なり、零下20℃の寒冷時に高速度で衝突して来る飛石の持つ大きな衝撃エネルギーを受け止めるに当たっての亜鉛めっき層の目付け量（膜厚）の小さいことや高速度電気めっき層自身が持っている残存電着応力歪みなどの物性的な影響などが検討され、実車による市場検証などを経て実用化をめざしたものである。そして他社に先駆けて、最終的には、この章の前文に掲げた多くの必須要件を満たした「両面複層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板 (20/20)」を実用化することに到達したのであった。

私のように電気めっき技術の分野で飯を食って来た人間にとっては、光沢ニッケル電気めっきや二重ニッケル電気めっき層のような強烈な電析応力歪みに悩まされたことが思いだされて、前述の懸念を払拭（ふっしょく）できないのが正直な所であった。

最後に、ここまで述べたトヨタ自工が採用して来た一連の手法は経済性を一貫して追及しながら構築して来ていることには敬意を表するものである。例えば防錆鋼板では経済的な鉄を合金化元素に採用しており、塗装前処理ではマン

ガン、ニッケル、クロムなどの高価で環境問題も内在している重金属元素の採用を極力抑えているし、カチオン電着塗料には「クレーター」の発生を防ぐ為の厚膜カチオン電着塗料の採用などは不要であるなどの多くの視点が数えられるからである。

このようにして全ての準備が最も早期に揃ったトヨタ自工では表面錆対策を日本的な独自技術により成功させたのであった。そして新日鐵も自動車の車体外板用の両面防錆鋼板として、この「複層鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板」を「エクセライト」と命名して強力にPRしつつ市場に供給することになったのである。

一方、競合先でもある日産自動車でもよく似た経緯をたどって、川崎製鉄との共同研究によって開発した「下層に12%ニッケル—亜鉛合金電気めっきを、上層に0.5%リン—鉄合金電気めっきを5 (g/m<sup>2</sup>) 程度の薄めっきを施した両面複層ニッケル—亜鉛合金電気めっき鋼板」が割り高な材料コストと引き換えに得られた優れた耐食性、作業性を享受して実用化されていることは御承知の通りである。そしてその後合金化亜鉛めっき鋼板の上に鉄リッチな鉄—亜鉛合金電気めっきの薄幕層を施した鋼板が三菱自動車の「ニュー デポネア」(昭和61年8月発売)のチッピングダメージを受け易い部位のフード、ドア、フェンダーなどに採用されている。この鋼板は標準的なカチオン電着塗装でも「クレーター」を生じさせないで合金化溶融亜鉛めっき鋼板を利用できる点に特徴があり、その利用が拡大しつつあるとのことだった。

#### (4) 新日鐵の「エクセライト」技術者への苦言

話はいささか脱線するが、私が戸惑(とまど)いを隠せないのはこの新日鐵の「エクセライト」が発表されて間もなく、ホンダにも関係する資料やサンプルなどの情報もたらされた時のことである。その中にB5判の横を綴じた異形の体裁(ていさい)をした黒一色で印刷された「エクセライト」の技術説明書らしい小冊子が目眼に止まった。そのページをめくると、これから話題にする耐食性試験結果をしめす実験データのイラストが現れたのだった。

それはテストパネルの素材として冷延鋼板と「エクセライト」の二種類が取り上げられ、それに国内の乗用車の車体外板塗装の代表的な塗装プロセスである3C3B(スリーコート ス

リーベーク)方式によって総合塗膜が形成され、そしてその塗膜に素地に達するクロスカット傷が付けられてから、約1,000時間に及ぶ長時間の連続塩水噴霧試験が実施された。そして得られた試験済みパネルの錆の発生や浮き上がっている塗膜をテープで剥離した状態の外観を観察して、イラストに描写した図が実験データとして掲載されたのである。

さて、このイラストに描かれた試験の結果であるが、先ず冷延鋼板パネルでは“こともあろうに”塗膜は全面的にクリープ剥離してしまい、錆が傷から可成りの幅に広がっていた。一方の「エクセライト」パネルでは塗膜の剥離は殆ど認められず、錆はクロスカット部に沿って僅かに発生していると言う状況であった。

私が指摘したいのは今までカチオン電着塗料の導入などの際に行なった耐食性試験の経験では冷延鋼板の上の総合塗膜の塩水噴霧試験でもこれ程酷い塗膜のクリープ剥離を観察したことはなかったし、またカチオン電着塗膜は化成皮膜のない裸鋼板の上でも耐食性が有る程度確保できたのも事実であった。ここで一步譲ってこの試験結果を是認するとしても、極めて汎用的な塩水噴霧試験で塗膜が全面クリープ剥離を示す異常な結果が出た所で、これを「エクセライト」が耐食性に優れているとする実験データとして公表することにはいささか早計に過ぎると思うのである。

更に異論を唱えたとすれば、総合塗膜を付けた上で塩水噴霧試験をしているところから、この試験の狙いは車体外面のチッピングダメージを想定していると考えられる。従って両面「エクセライト」を利用して、外面は素地に達するような激しいチッピングダメージによる素地鋼板の腐食を防止することにあり、内側は内面からの穴あき腐食対策の目的にあることは明らかである。そうだとすれば腐食試験の前に行なわれる外販への傷つけ方法は単なるクロスカット傷よりも實際を模倣した寒冷環境での傷つけ法を設定した上でダイヤモンドショット法、矢尻方、グラベロメーター法を使うべきである。そして腐食試験も古典的な連続塩水噴霧試験に加えて、塩害地の腐食環境を模した複合サイクル腐食試験も必要であろうし、さらに腐食の評価も単なる外観観察だけでなく鉄鋼板の腐食減量や腐食深さなどの評価が採用されるべ

きであろう。

そうであるならば、「エクセライト」との耐食性を比較する競合材料としては冷延鋼板ではなくて、アメリカで既に多用されている外板用の「合金化溶融亜鉛めっき鋼板」やドイツと日産自動車が採用している「リンー鉄合金めっき層を上層に施した複層ニッケル—亜鉛合金電気めっき鋼板」などが取り上げられるのが妥当と云えるであろう。

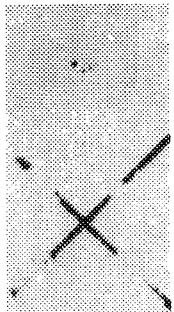
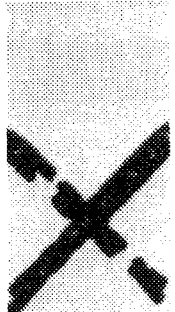
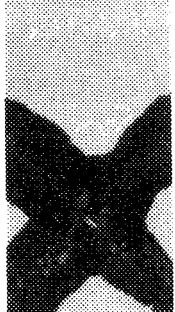
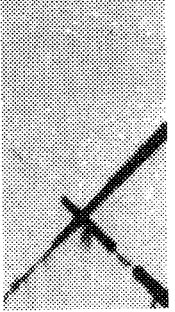
私の邪推からは、この実験パネルの塗装前処理の化成皮膜結晶の選択次第では、カチオン電着塗装の初期の被塗物面近傍に形成される強アルカリ性電界液層により化成皮膜が溶解を受けて耐食性（耐水密着性）が低下することも十分に考えられる所であるから、塗装前処理に何故スプレー法だけが採用されていたのかも疑問が残る。

何れにせよこのような極端な結果をもたらした実験計画そのものに落とし穴があったことを物語っているのである。

このような視点から、この実験データをこの資料に敢えて登場させたエクセライト技術者の良識を疑うものである。また「ゲスのかんぐり」であるが、新日鐵のエクセライト技術者は『どうせ日本の自動車メーカーは輸出車の車体外板にはプレス成形性と連続溶接打点性、「クレーター」の発生しないカチオン電着性などの抜群

な「エクセライト」以外の防錆鋼板は使いこなせないであろう』とするトップメーカーの驕（おご）りがあったのだろうか、または欧米の競合材料と真っ向から勝負するのを避けたのではなからうか。その証拠には数年後に、亜鉛目付け量の大きな合金化溶融亜鉛めっき鋼板の上に鉄リッチな鉄—亜鉛合金電気めっきを薄く重ねた「改良」エクセライト」？の噂が流れているからである。

確か1984年であったと思うが、新任のホンダ埼玉製作所所長の石津谷彰さん（後にホンダ常務取締役）と新日鐵の幹部との恒例の顔合わせ会議と新防錆鋼板の「エクセライト」の売り込みを兼ねて一行がホンダ狭山工場を訪れていた時のことである。私は予めこの会議に同席することを申し入れていたから、各位の話題が途切れた時を見計って、私は正式な書面を示して、先に述べた「エクセライト技術資料」の中に記載された『乗用車塗装の不当な耐食性評価データ』に対する抗議を申し入れた。勿論この席では答が出るはずもなく、筆頭の役員さんは持ち帰って担当部門から解答させたいとのことで話が終った。それから数週間ほど後に書面で解答が寄せられたもののピント外れの論旨にはとても納得できるものではなかった。そこで私はここに抗議の中味を披露して、新日鐵のエクセライト技術者や研究者の猛省を求めるものであ

エクセライト	シルバーアロイ	シルバージンク	冷延鋼板
			

エクセライトのカタログデータ

【注】腐食試験条件：SST 6 週間、35℃、5%食塩水噴霧。

塗装法：3コート。

化成：スプレータイプ。

電着：カチオンタイプ、20 $\mu$

3コート：90 $\mu$

1993年1月に改正された「エクセライト」のカタログより引用。

る。

その後の1993年に改訂再発行された「エクセライト」のカラー印刷で仕上がったカタログには新たな試験データが記載された。それには、鋼板種として鋼板、合金化溶融亜鉛めっき鋼板（シルバークロム）、亜鉛めっき鋼板（シルバークロム）、エクセライトなどが選択され、腐食試験法には連続塩水噴霧試験（SST）と複合サイクル腐食試験法（CCT）を採用しており、その事前に行なった塗装への傷付け法は相変わらずのクロスカット傷が採用されており、私の指摘した寒冷時の傷つけ法、例えば日産自動車のダイヤモンドショット法やトヨタ自工の矢じり衝撃法やホンダが使っていたグラベロメーター法は何故か採用されていなかった。また試験パネルへの塗装法は、どうしたことかスプレー式塗装前処理が採用されており、世の中で注目されているカチオン電着塗装に適合する塗装前処理が採用されずに3C3Bの標準的な塗装プロセスが適用されていたのには疑問が残った。

それから間もなくホンダでは全ての輸出車の車体の中で最大寸法のプレス部品である「サイドパネルアウター」には裏面に外傷が付けられるおそれの無いことから「片面」エクセライトが全面的に採用され続けているが、私の知る所では「両面エクセライト」が使われることはないだろうと思っている。

#### （5）ホンダの両面合金化溶融亜鉛めっき鋼板へのアプローチ

##### 〈1〉プロローグ、長期防錆保証プロジェクト活動の顛末記

名古屋はトヨタ自工の牙城であると同時に新日鐵の新防錆鋼板「エクセライト」の本拠でもあり、その中京地域の版図のなかにある三重県下にはホンダの乗用車生産拠点の鈴鹿製作所が立地している。ここでは1984年頃であったろうか、新日鐵の相模原研究所の表面処理研究の三吉康彦博士が団長を務める欧州訪問防錆技術視察団に参加していた塗装技術のトップである大橋利治さんが帰国してからホンダ内の乗用車車体の防錆寿命の長期化への議論が高まったようであった。

そして金属材料品質の指導者であった八島信雄さんをPLに戴いた「乗用車の長期防錆保証プロジェクト」を発足させることに成功した。この狙いの大義名分はホンダが現在輸出車の外

板に採用している雑多な防錆鋼板、例えば川崎製鉄の「ジंकロメタル」や新日鐵の「ウエルコート」などの材料コストの高価なジंकリッチ塗装鋼板系などを一括して経済的で加工作業性に優れた“片面”鉄—亜鉛合金電気めっき鋼板に統一して、大幅な材料費のコストダウンを得ようとするものであった。そして隠れた戦略としてアメリカのビッグスリーが宣言して業界に大きなインパクトを与えている乗用車防錆寿命保証プログラムに対抗して「表面錆5年」を確保するための車体外板面への「両面”防錆鋼板”として新日鐵の「エクセライト」の採用へのホンダ内での先鞭をつけようとするものであったと思われる。この視点は既にトヨタ自工が採用を表明しており、正に他の防錆鋼板を淘汰して「エクセライト」の拡販を狙う新日鐵名古屋の営業戦略そのものと見間違えた程のものには驚かされた。また鈴鹿のトップの中には「トヨタさんが進めていることだから技術的には心配しなくてもよいだろう」との信頼のエールを洩らした人は所長の入交昭一郎さん（いりまじり；後にホンダ副社長、退社してセガ エンタープライズ社長）であったとか。

このプロジェクトの実務的な展開は大橋利治さんがSPLとなり、塗装技術スタッフの佐藤登さんが主役を務めていた。やがて大橋さんから私の所に技術研究所と本社資材購買部のメンバーを含めた化成分科会の開催の要請があり、そこで「長期防錆保証プロジェクトの目的と基礎実験データの報告、それに加えて「両面”エクセライト”を使用した腐食走行実験車の製作提案など」を議題として招集した。そこでは技術研究所の材料研究ブロックのマネージャーであった藤森義次さんは「この提案はホンダとしては「時機尚早（じきしょうそう）」である」。それは近日中に技術研究所が発案するであろう「第5次錆プロジェクト（仮称）」のメインテーマが長期防錆保証の構築であろうとの情報があるからであった。それ故に“両面”亜鉛めっき系防錆鋼板の選択を待ってから実行すべきであるとの見解であった。

一方、私はこの“両面”防錆鋼板の候補材料としては、アメリカで実用化している外板用の「合金化溶融亜鉛めっき鋼板」を筆頭に、この「エクセライト」、それにドイツのBMW社や日産自動車が採用を決めている「ニッケル—亜鉛

合金電気めっき鋼板」をベースとして「上層にリン-鉄合金電気めっきを薄膜に施した複層化防錆鋼板」が挙げられるだけであり、ホンダとしては経済性の視点からは前の二者が候補対象であると考えられる。そこでアメリカ車に実用して数年経過している外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板（亜鉛目付け量；表面30、裏面100g/m<sup>2</sup>）はいつでもその実績を確認することは可能であるのだが、この鋼板を国産化してホンダに適合させるように改質させるにはまだ可成りの年月が必要であることを考えて「エクセライト」の塩害耐久力を早く検証しておくことは将来計画にとって得策であると主張したのであった。これはホンダが採用する鋼板種がアメリカ式の場合には全く新しいコンセプトの合金化溶融亜鉛めっき鋼板を製造できる設備を準備させるのには時間がかかるので、できるだけ早いホンダの意志決定が必要となって来るからであると説得した。

それに加えて、私はこの「エクセライト」には「ある懸念」を持っていた。それは元々このめっき層は外傷を受けることの無い外板裏面用に実用化された材質を寒冷時に強い衝撃を受ける外板面に流用する点であり、これは亜鉛めっきの目付け量が3ミクロンと小さいこと、それに加えて高速度電気めっきによるめっき層内に残存する電析応力歪みなどの物性的な影響などである。

そこでトヨタ自工さんが採用する予定にしている「両面」エクセライト」と同仕様の鋼板を新日鐵から提供してもらえらるなら、これを使って実車を製造して、カナダに送ってトロント市郊外を走っている防錆モニタリング試験車の仲間に加えてもらい、寒冷地でのチッピングダメージによる鋼板への防食性、外観の悪化の程度などの動向を早期に把握しておくことは結果がどのようになろうとも今後の仕事の遂行に役立つからであると主張した。それは恐らくトヨタ自工も同様な実験を行なっているであろうが、そこでの情報が正しくホンダに伝わるべくもなからうから、できるだけ早く走行を開始して毎年トロントで催すオールホンダ錆大会で両者のチッピングダメージによる表面錆の防止効果について比較検証を行なうことが望ましいのであった。

そしてこの提案が実行されて、その後に催さ

れたカナダ錆大会では「エクセライト」の先行防錆品質実験車のチッピングダメージの外観が評価された。その結果は技術研究所の材料研究ブロックの小松泰典さんから私は報告を受けたが、それによれば、実験室で零下20℃で「グラベロメーター」法で傷をつけて複合サイクル腐食試験を実施して得られた結果と同様にカナダのトロント郊外での走行車にも同様な塗膜外観を損なう「プリスターの発生」が指摘されていたのであった。

その後数年後の1987年になってやっと技術研究所の専務取締役の紫野真さんがPLとなって「防錆寿命世界No.1」を目標に掲げて「長期錆保証プロジェクト」がスタートしてこの「表面錆5年」がメインテーマとして取り上げられたのである。

## 〈2〉外板用合金化溶融亜鉛めっき鋼板の国産化とその採用への準備作戦

そして1989年には最高級車「ホンダ アキュラ（国内名；レジェンド）」のボンネットスキンから優先して新日鐵君津製鉄所が製造した「目付け量 45/45g/m<sup>2</sup>の合金化溶融亜鉛めっき鋼板」が初めて実用化に踏み出すことになる。それと並行して次の候補部品であるドアースキンには川崎製鉄がその準備に忙しかつたのである。しかし、新日鐵の計画していためっき表面の平滑性の優れ、プレス成形性の良好な合金化溶融亜鉛めっき鋼板を製造できる最新鋭技術を取り入れた一連の溶融亜鉛めっき設備の熟成は遅れていた。最大の品質上の問題はプレス成形時にめっき層の剥離や鋼板端面からのめっき層の脱落が起こすパウダリング性の改善であり、これらの剥落しためっき層屑が金型面に固着して汚染することから外観不良の成形品を作る問題の解消であり、それには鉄分濃度の制御のための熱処理条件管理の可能な設備やめっき層に含まれるアルミニウム添加量制御などが必要で鋭意督促しつつあった。やがて収斂した新鋭設備からの合金化溶融亜鉛めっき鋼板の品質は表面外観の平滑さ、プレス成形性の安定、目付け量めっき厚さの薄膜化などの点の進歩は素晴らしいであった。そして89イヤーモデルの「ホンダ アキュラ」のボンネットから始まった適用範囲は急速に拡がり、適用車種も90イヤーモデルから「ホンダ アコード」、「ホンダ インテグラ」と拡大を続けて行った。





ホンダで最初に外板面に合金化溶融亜鉛めっき鋼板を採用した「ホンダアキュラ」

一方ホンダの現場サイドがどのように工夫をしてこの鋼板の受け入れ作戦を展開してきたかを回顧してみよう。

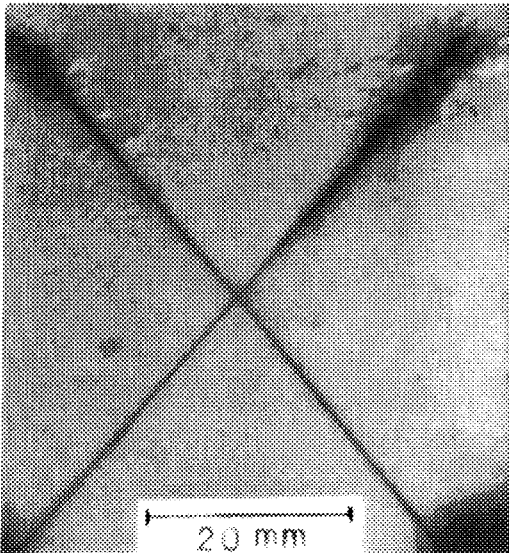
まず両面に亜鉛めっき層を施した鋼板を素材としてプレス部品を成型するプレス工場には克服しなければならない致命的な障害が存在するのである。それは今までの鉄鋼板を取り扱っていた時のように、仮にプレス成型品の表面に素材に付着していた鉄粉やごみ、または金型に付着していた屑やごみなどの原因では打跡や傷などができた場合には回転サンダーによって研磨除去することにより簡単に救済できたのであるが、今度は打痕を除去すると同時に亜鉛めっき

層も削られて鉄鋼面が露出してしまい、この箇所の耐食性は極めて悪くなってしまい何のためにも両面亜鉛めっき鋼板の採用が判らぬことになってしまうから、この部品は廃却せざるを得なくなるからである。これがクローズアップしたのはめっき層を回転サンダーで削り取った痕の鉄素地の露出した部分には細かい亜鉛めっき粉が鉄表面に喰い込んでいて、塗装後の耐食性試験ではクロスカットの錆の広がりには鋼板そのものよりも劣化してしまうことが1983年秋に技術研究所の沖縄海浜暴露試験場から戻って来た試験パネルによって明らかになった。

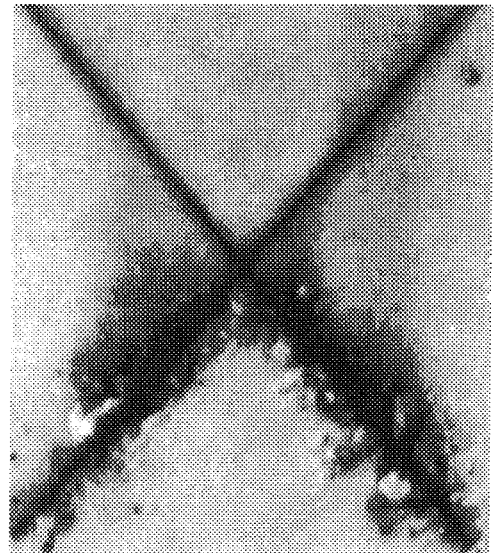
これの解決ができなければ外板面への防錆鋼板の適用は進められないと認識を持ったのであった。

これらを解決するためには不良率の低減とチッピングを受け易い部位のめっき層の損傷を受けた成形品の廃却などが必須条件として追及しようとしていたが、この実践は一朝一夕にできるものではなく、プレスラインの人々の意識改革から始まって三年余りの準備期間と多大な設備投資を費やした末に成功させたのである。ここに遂行された数々のテーマを羅列してご覧に入れよう。

①：プレス工場環境整備。(床面清掃、外



合金化溶融亜鉛めっき  
(GA: 45/45)



複層鉄-亜鉛合金電気めっき  
(ZFX (エクセライト): 20/20)

#### 外面の防錆めっき層を研磨した場合の耐食性低下実験

【注】めっき面をグラインダーで研磨してから、3コート塗装後、1.5年間ホンダ沖縄海浜暴露場で試験した。

気との遮断、搬入搬出重量物の出入り口の汚染整備など)

- ②: コイル材をブランキング材に加工した後に、一枚ずつブラシ洗浄などによるバリ、鉄粉などの異物除去洗浄とオイリング処理工程を含んだ洗浄ラインの設置。
- ③: プレス加工に伴い金型の表面に付着した異物(めっき層の剥離物、鉄粉、ごみ)を清掃する作業手順の整備。
- ④: 金型交換後の金型清掃装置の考案整備。
- ⑤: チッピングダメージを受けやすい部分に亜鉛めっき層が損傷を受けた成型品は廃却処分すること。
- ⑥: 研磨修正による鉄板露出部に対する補修亜鉛めっき法の開発研究。
- ⑦: 金型による外傷防止対応策として金型パッドの採用、金型の表面処理による亜鉛めっき層の削れや内部凝集によるしごき剥離などの防止。
- ⑧: プレス成型品の吊り下げストレージコンベアー搬送上での接触によるめっき層の摩耗や外傷の発生防止策を実施。
- ⑨: 四工程クランクプレスラインに適合した合金化溶融亜鉛めっき鋼板の開発要請。

一方、溶接組立工場ではドア、ボンネット、テールゲートなどの蓋物部品のスキンパネルと本体とのヘミング結合に際して表面の亜鉛めっき層への損傷の少ないレーザー溶接法の適用開発が進められていた。そして車体組立では亜鉛めっき層に損傷を与える表面欠点の修正は行わず、塗装工程で下塗り電着塗膜の上で修正する方式に変更した。

また塗装工程では1986年から順次完成した塗装ラインの更新に併せて、前処理にはスプレー式クロムリンス工程を付属させたフルディプ式化成処理方式が採用され、合金化亜鉛めっき鋼板が登場する1990年頃には「ニッケルマンガン亜鉛の三元金属イオンを配合したフルディプ式処理液」に転換していた。また下塗り電着塗料には合金化溶融亜鉛めっき鋼板面に「クレーター」などの表面欠点を生じないハイビルドカチオン電着塗料が日本ペイントによって国産化されて1963年から使用されて合金化溶融亜鉛めっき鋼板の導入の準備は全て整っていた。

さてこのテーマの起源を遡ると、私が1980年にアメリカで初めてGM社が表面錆5年以上の

寿命を目指して外板用の合金化溶融亜鉛めっき鋼板の実用化をPPG社の新しいハイビルドカチオン電着塗料の開発によって成功させた情報をPPG社の自動車塗料技術部長であったE. J. カパルコさんから聞いてから、技術研究所の藤森義次さんとの盟約でこの塗料の沸騰水浸漬試験で生じた微小ブリストアの改質とそして部品塗装ラインでの実証試験、その国産化などの経緯を経て、この「ビッグスリー方式」のホンダでの実用化の追及の夢は約8年掛かって遂に実現したものであり、更に藤森さんの後任となった小松泰典さんの変わらぬ飽くなき鋼板メーカーへの督促などの探究心のお陰で実現に到達したのであった。その後日本国内でもホンダの方式に同調する仲間ができたり、合金化溶融亜鉛めっき鋼板の上に鉄リッチな鉄-亜鉛合金電気めっき層や鉄-リン合金電気めっき層などを目付け量5 (g/m<sup>2</sup>) 程度の薄めっきした複層合金化溶融亜鉛めっき鋼板が登場して標準的なカチオン電着塗料でも「クレーター」の発生なしで合金化溶融亜鉛めっき鋼板を採用できるようになったとの噂を耳にすることは喜ばしい限りである。

さて、ホンダがクルマの生産に乗り出して約20余年を経て初めてプレス溶接組立塗装の車体製造三部門の人々がそれぞれの利害関係を超越して難題の多い「表面錆5年」と言う生産技術開発を成功させることができたのもこの錆プロの権威の下であるとは云え今後道を開いたものとして感慨が深いのであった。所が、この多くの部門の技術者が長期戦を闘って得られた成果を表面技術協会が公募した技術賞候補として「自動車用表面処理鋼板と界面制御技術」と題してホンダ鈴鹿製作所の対策メンバーで応募して、平成5年度技術賞を受賞したのであった。実の所私は定年後ではあったが恥ずかしいことながらこの話を他人から教示してもらうまでは全く知らなかったし、その後「表面技術(1993年)」誌に掲載されたホンダ鈴鹿製作所の佐藤登さんが平成5年度表面技術協会技術賞受賞技術としての「自動車用表面処理鋼板と界面制御技術」と題する論文を読んで、その余りにも厚かましきには唖然となったばかりであった。

## 2) 足回り機能部品の耐腐食寿命向上対策

今までの塩害腐食走行モニタリング地域としてはカナダのオンタリオ州都のトロント市周辺の高速度路が表面錆を誘発させるチップングダメージを受けやすいことやカナダホンダ社の根拠地がある便利さもあって多く利用され続けていた。しかし車体の足回り操縦機能を預かる部品の腐食減肉による強度低下を評価するには必ずしも充分とは云えなかったようだ。そこで技術研究所の耐久走行を担当していたチームはカナダ国内の各地を詳細に踏査して、車体の腐食減肉が顕著に現れている地域が大西洋岸のノバスコシア州近辺に存在することを突き止めたのであった。この地域は寒流と暖流の衝突する海域に面しており、気候的にも湿度、降雨、海塩粒子、岩塩散布などと道路や地形などの条件も相まって腐食を促進させているようであった。ここに塩害腐食モニタリングのベースキャンプを設定した研究所では多数の人員を張り付けてから既に三年は過ぎており優れた成果を上げ始めていた。そしてこのプロジェクトでは車体床下の骨格を構成する部品や、足回り走行機能保安部品の跳び石の衝突による損傷、局部腐食による減肉強度低下などを中心として12年間の寿命保証体制の確立を目的で進められた。ここでは統計確率理論を基礎にした腐食発生とその進展を推計する手法が初めて採用されて、本体の強度確保、防錆処理法の選択、メンテナンスサービス手順の設計などの対応策が練られたのであった。

今回のクルマの生涯耐久が実現できる足回り部品を目指して我々の表面処理チームは、

- ①：表面の塗装の品質レベルアップ
- ②：錆の出発点となる鋭角形状の除去
- ③：溶融亜鉛めっき鋼板の適用

などの対策がテーマアップされた。

その前提となる部品製造環境には、近年の物流改革による部品製造業の経営合理化を進める手段として、プレス加工業のメーカーが溶接、塗装、小組立などを一括して請け負う加工方式が奨励されていたようで、これらの部品製造会社では塗装設備、塗料材料、塗装作業段取りまでを塗料メーカーの技術サービスに依存しており、塗装品質を統括管理する人材が育っていない事例が多いのが実態であった。これらにおける塗装ラインの体質改善には設備投資が必要で

あり、人材の養成も急務であったから、ホンダとしての部品調達戦略の立案が求められていた。

先ず第1に、部品メーカーの経営者にカナダの塩害腐食走行モニタリング活動の実態を見学してもらい、この対応策の成否は保安部品メーカーとしての社会的責任であるとの意識改革を認識してもらうことからスタートしたのであった。

そしてそれらの部品調達の原則であるはずの現行の図面やその仕様やその試験法を述べているHES（ホンダ エンジニアリング規格）などの書類とこれから必要な防錆要件を満たすための仕様との整合を図る方法を検討した。恥ずかしいことだが現在の部品塗装規格は従来のオートバイ規格をそのまま流用した昔ながらの防錆黒塗装であって、その耐食性は塩水噴霧試験法が用いられ単に試験時間を延長しただけのものであったからカナダの実情とは大きく異なったものであった。そこでこれらの部品の寿命を支配しているのは、先ず小石や土砂などによる塗膜の損傷、塩分を含む泥による閉塞、それから拡がる錆の発生、そして錆の進行による部品本体の腐食のもたらす強度低下などの各段階での抵抗力の総合であることは間違いはないのだが、それらを全て実車のモニタリングで検証することは所用時間が掛かり過ぎて当面の対策には間に合わなかった。そこで先ず錆が発生するまでの要件として、外力による防錆塗膜の損傷防止と塗膜の耐食性の改善のための塗装仕様、その試験法、それを実現させる塗装プロセスの制定を進めることになった。先ず塗装仕様と試験法は技術研究所の材料研究ブロックのマネージャーの小松泰典さんと部下の高井雅一さんが中心となってまとめあげ、そして塗装プロセスは菊地宇兵衛さんに私がバックアップして作り上げた。その主な項目には、

- ①：カチオン電着塗装に適合する最新技術による塗装前処理として、フルディプ（全没浸漬）式リン酸亜鉛皮膜処理への転換である。これには鉄鋼板と溶融亜鉛めっき鋼板のそれぞれに対して塩害腐食を防止できる前処理法がもたらされ、それにはニッケルマンガンー亜鉛イオンを配合した処理液、またはクロムリンス工程の追加などの手法が検討されている。

- ②：カチオン電着塗装には上塗りを塗装しない場合には電着膜厚30ミクロンを確保でき、クレーター、ピンホールなどの欠点の無い塗膜が得られるハイビルド型カチオン電着塗料に転換させる。
- ③：電着塗膜用乾燥炉の加熱システムと温度制御方式に肉厚部品に適さない方式の利用が多く見受けられる。熱風乾燥炉の温度制御はリターン温度制御方式を採用して炉内温度の均一確保を狙った熱風吹き出し量分布を調整できるようにすることが求められる。
- ④：塩害雰囲気乾湿繰り返し腐食環境への耐食性を保証するカチオン電着塗膜の硬化を完全に保証するために部品の肉厚部分の乾燥炉通過時の温度測定による品質管理の実施（トラベリング 温度計による測定）。
- ⑤：膜厚の全数検査による電着時の通電不良品の排除の徹底実施、これは外観での選別は難しい。
- ⑥：プレス切断端面のバリの除去の徹底と、飛び石による打撃損傷を受ける塗装面には弾力性のある塩ビゾルコーティングの追加を指示すること、またボックス形状の内面の防錆強化としての塩分を含んだ泥の堆積を防止する栓の追加と内面熱溶ワックスまたは防錆油の塗布処理の追加。

これらの図面指定、試験法、塗装プロセスによって構成される三点セットは月例プロジェクト会議で承認された上で、これらを反映した設計変更の図面指示書を技術研究所設計、部品購買調達を含めた原価管理室、錆プロの三人の関係部門長のサイン入りの「お墨付き」の権威の下でコストアップを伴う対応策を定める部品メーカー各社の説得に当たる戦略が始められた。しかし、実際に部品メーカーの実態は増産に次ぐ増産によるコンペアースピードアップの結果もあって、防錆塗膜のカチオン電着塗装の焼き付け条件がデタラメになってしまっている現実に直面し、防錆力が発揮されていない事実に慄然としたのであった。そこでメンバーに急遽省エネ技術に詳しい塗装保全の石田日出男さんに加わってもらうやら、私が1988年10月に発刊された「塗装技術」誌の10月増刊号に執筆した塗装のシステム化における管理技術の中の周辺技術としての「塗膜焼き付け乾燥炉の運転管理」を

コピーして査察にでかけることになった。

### (1)「エンジン ブラケット」の東京増田製作所訪問記

肉厚な鋼板を素材としてプレス、溶接加工により作られる「ブラケット類」は車体に重量部品を取り付ける際に用いられる保安部品である。これを得意としていた東京増田製作所は羽田工業地帯にあり、1974年頃であったろうか、プレス部品メーカーとして電着塗装を導入してブラケット部品の一貫加工を実現する経営合理化を進めたいとホンダに相談にきたのであった。そこで私は技術スタッフでインドネシア乗用車工場の建設から帰ってきていた粕谷信夫さんを派遣して関西ペイント系列で構成された電着塗装ラインの導入を支援させたことが記憶に残っていた。この錆プロが発足して間もなく、その昔騒音振動分科会ヘッドとして私と産業公害推進の専門分科会の設立に活動したことのあつた副社長の野沢正さんから耐食性が芳しくない新鋭大多喜工場の査察を頼まれたからであった。そこで行った事前調査によると、先ず塩温水への浸漬と暴露を組み合わせた簡易腐食試験ではカット傷からの錆の広がりや容認できるレベルではなかった。そして塗装前処理は新工場の立地条件から無排水システムを採用せざるを得なくなり、ケミコート社のシステムが採用されていた。またカチオン電着塗料は先頃関西ペイントから日本ペイントの工業用カチオン電着塗料に変更する珍事が納まったばかりであった。

この時私はケミコート社の名を聞いて幾ばくかの懸念を感じていたのであった。

話は脇道にいささか離れるが、私は1983年末の忘年会の席で埼玉製作所長であり、品質担当常務も兼ねていた溝口健さんからささやかれたのは、「実は或財界誌のオーナーから紹介されたのだが、塗装前処理薬剤メーカーのケミコート社長がホンダの錆問題の解決に協力したいと申し入れてきているのだが」とのことであった。その意図を察知して、新年明け早々にケミコート社の井坂晃さんを原宿のホンダの本社にご足労頂いて溝口さんとお会いして頂いたのだつた。その主旨は「ホンダもクルマの錆で色々苦労されているようだが、わが社の前処理剤技術でその問題を解決されてはどうだろうか」とのことであった。確かに数年前に、鈴鹿製作所

の一部の塗装ラインの前処理が原因で前処理プロセスメーカーの交代劇があったことの情報が業界に噂として流れていたこともあったのは事実であるが、自動車ボディーの塗装前処理の分野は日本パーカーライジングと日本ペイントACP部の大手二社に独占されていたので、これに営業的な攻勢を仕掛けてきたものと思われた。そこで私は現在の技術的な課題点について実務担当技術者で十分に議論した上で、それでも受けて立つと云う方針があるならばホンダも検討メンバーに加えますよとの話し合いで会談は終りを告げた。そして同社の榎本技術担当顧問、本間技術部長と会議を持って、過去の乗用車の塩害地での錆発生と原因究明とそれへの対応策についての経過を開示しながら説明を試みたのであった。特に現在の課題の焦点は、「表面錆5年」を求めているカナダ錆コードを満足させるためには車体外板に両面亜鉛めっき系鋼板種の選択が急務となっていることを述べた。その実現のためには採用する防錆鋼板と鉄鋼板の両方にマッチしてカチオン電着塗料種にも欠点を生じさせないことと、最近開発された厳しい複合サイクル腐食試験に耐えられる塗装前処理リン酸亜鉛系化成皮膜の種類やクロムリンス工程の要否などの適切な組み合わせが求められており、これらをテスト車に仕立ててカナダのトロント地域における少なくとも一冬の塩害耐久走行モニタリング試験と、栃木ブルーピンググラウンド（高速走行実証試験場）で行う品質部技術センターによって実施される4ヶ月にわたる塩害耐久腐食促進試験の両方を行った上で決定しようとする努力が続けられている最中なのであることをざっくばらんに打ち明けたのであった。これらの背景を基礎にして再度開発計画を練り直すとの結論で終了した。その後井坂さんらも塩害地である北米を視察旅行に出掛けられてきたようで、現在の自動車メーカーの取り組んでいる状態の重大性をつぶさに認識されたのであろうか、協力の申し入れは撤回されたのであった。これは私の取った現状技術の課題を開示して事の重大性を正直に申し上げたことが正しい理解をもたらしたものと思っているのだが。このような因縁から再び自動車の機能保安部品の耐久寿命についてケミコート社と議論しなければならなくなったことは気が重かったからであろうか。

寒い三月の早暁に技術研究所高井さん、菊池さんの兩人と乾燥炉燃焼システムに詳しい石田さんと共に南房総の大多喜に向かった。驚いたことに工場の所在地は南房総半島の分水嶺に当たる低い山脈の頂上に近い所まで未だ整備されていない林道を登って行かねばならないことで、駅前からタクシーに乗せられたのであった。聞くところによれば、増田社長の故郷である大多喜市が隣町と共同で中学校を新設する予定で自然の豊かな丘陵にある私有林を切り開いて敷地造成が完成した所で、状況変化によって計画中止に見舞われてしまったことから、造成地の利用先を探していたのであった。その頃工場用地の取得を故郷に進めていた増田社長はこれに協力することになり、工業排水はゼロにする約束で工場建設を進めることになったとのことだった。そこで今まで採用していた関西ペイント系列のエンジニアリング会社は無排水塗装ラインの構築を打診したのであったが辞退されてしまい、当時無排水前処理システムを発表していたケミコート社に依頼して工場が完成に漕ぎ着けたとのことであるとの裏話を延々と聞かされたのには閉口した。



大多喜工場のロビーからのガラス窓越しの自然な風景

やがて工場建物の前面に接している管理棟の玄関を入ると、カーペットを敷き詰めた明るいオープンスペースのロビーに案内された。この二面の壁は床から天井まで総ガラス張りの窓で作られており、そこからは緑の芝生のマウンドを越えて私有林の杉林が眺められるのであった。「私も参加して1979年に完成させたアメリカのオートバイ工場のカフェテリア（食堂）からの光景に浸っているような錯覚を覚えて不思議

議な気持ちなのですよ」との感想を云ったところ、同席の増田専務は「実は社長がホンダ オブ アメリカ製造を訪れた時、オハイオのオートバイ工場の食堂でランチを御馳走になったのだったが、その窓からの印象に深く感じられてこのロビーのデザインを作ったのですから、そのような話を聞けば大変喜ばれることでしょう」とのことであった。しかしこのロビーのすがすがしい雰囲気と対照的に反して、塗装ラインはトラブルの山であったのには恐れ入った。

まず無排水式前処理はケミコート社の開発によるもので、蒸留式造水装置を用いて洗浄水を確保する方法であって、蒸発損失水量と濃縮廃液のケミコート社への返却によって水の推量と水質のバランスを取っているものであった。一方カチオン電着塗装システムはUF装置からの透過液を使った洗浄と塗料回収方式を利用したクローズド化が行なわれており、電極液の交換はドラム缶に回収して外部処理を委託していた。そして旧知のケミコート社取締役の榎本技術部長に対して近年中に溶融亜鉛めっき鋼板を素材に採用する可能性があるとの、その場合のカチオン電着塗装を行なった塗膜の耐水二次密着性が確保できる塗装前処理の対応を提案してくれるように依頼した。また同席していた日本ペイントの所沢営業所長の岡本志郎さんに対しては前処理最終純水洗浄水に含まれて部品に付着して電着塗料液槽に持ち込まれる不純イオン、例えばフッ素イオンなどの蓄積の影響を長期的に監視してもらいたいことと、塗装完成部品の耐食性品質保証体制の確立に援助をして欲しいことなどを依頼した。

最大のトラブルは塗膜の硬化不足であって、これが耐食性を低下させている最大の原因であることは確かであった。それは液化ブタンガス燃焼による直火式熱風乾燥炉には「ブラケット類」などの部品の焼き付け乾燥に適切でない条件が多く見受けられたのであった。

- ①：乾燥炉はU字状に折り返された山形式炉体の傾斜部の出入り口の延長上に工場出入りシャッターがあって物流に頻りに開閉されており、開閉の都度に南海風が吹き込んで乾燥炉内の熱風風圧を乱して焼き付け条件を不足させる要因となっている。
- ②：山形式熱風乾燥炉の出入り口傾斜部も含

めて、入口側と、出口側の隔壁板が省略されているために出口側の温度が低下してしまい焼き付け温度のキープ時間が不足している。入り口側の部品温度が80%程度上昇する位置まで断熱隔壁を設けることが必須である。

- ③：乾燥炉内熱風温度の制御方法が乾燥炉内部の1点の温度を検出して燃料ガス流量の比例制御を行っているが、ガスバーナーの燃焼状態を調べた所、一分間隔で最大燃焼と最低燃焼の間を往復して繰り返している異常状態であった。これは燃焼を制御する温度センサーが炉内の熱風吹き出し口の熱風に影響を受けており、部品がその位置近辺を通過することにより温度が下がってしまうことを示していた。そこで温度制御システムをリターン熱風温度検出方式に変更した上で、熱風吹き出し量の分配を再びやり直すことが必要である。
- ④：被塗物の最も熱容量の大きな部位を測定点にして乾燥炉内を通過しながら温度経過を測定できるトラベリング温度記録計を使用して焼き付けキープ温度とそのキープ時間を確認することを求める。
- ⑤：全数膜圧検査を実施して、見掛けの外観は良好でも通電不良で膜圧が半減しか付いていない部品を確実に排除すること。1000個に2個位はありそうだからである。ドイツ製の簡便な記録データの出る膜圧計が市販されている。それはハンガーが塗膜が蓄積して汚れており、部品の重量が小さく、しかも鋭角な通電のための接触点が確保し難い部品もあるからです。

これらの改善点を聞いていた東京増田製作所の本社トップの一員である松崎さんが対応策の実施に責任を持つとの提言があった。かれは商船学校出の機関長を経験しており、その後転職したとのことで熱管理の専門家であることを紹介されて納得して引き上げたのであった。

## (2) エンジンフレームへの溶融亜鉛めっき鋼板を導入する福田プレス工業

この部品はエンジンに変速器部分を結合した最重量部品を載せてから車体に間接的に結合するための架台を構成する部品であって、熱延鋼板をプレス成型した部品を最中(もなか)合わせにした端面の周囲をスポット溶接した形状で

あった。その防錆対策は黒色カチオン電着塗装であったが、その後外面で小石や土砂の当たる箇所へのPVC（塩ビ）ゾルのアンダーコートが塗布されるようになり、次いでボックス断面の内面にジंकリッチペイントの吹き込みが追加実施されていた。しかしその耐食性は充分とは云えず、

- ①：内面の電着塗膜が剥離して内面腐食が発生していること。
- ②：飛び石による板合わせ端面の塗膜の損傷と剥離からの錆の進展。
- ③：最近納品し始めた別部品の「アンダーアーム」の電着塗膜の硬化不良が原因と推定される耐食性不足。

などが指摘されており、更に長寿命化に対応するために「エンジンフレーム」は溶融亜鉛めっき鋼板の適用の候補の第一にランクされていた。

この部品の専門メーカーである福田プレス工業は本社工場が埼玉県久喜工業団地であって、プレスから溶接、塗装、組立までの一貫加工を行っていた。この錆プロが発足した頃に、イギリスのBLでの委託生産プロジェクトのPLを卒業していた品質管理室の藤波恒雄さんが福田プレス工業の常務取締役に移籍してきたことは私にとって大変都合が良かった。この工場が十数年前に塗装作業を導入して物流合理化を進めたのはその昔ホンダで化成課長を経験したことのある新井得之さんが取締役として迎えられ、日本ペイントのディーラーであった内山玄治商店の狭山営業所長の青屋銃一さんに塗装設備計画を依頼したことからスタートした古い工程であった。そして日々の技術サービスが主体となって塗装プロセス、塗装設備、塗装前処理、それにカチオン電着塗料の一式を選定、作業指導に到るまで面倒を惜しかなかった。しかしその後の相次ぐ増産体制への対応が不適切であったことや、塗装技術担当者の育成が思ったように進まなかったことから、塗装品質にトラブルが顕在化しつつあったのである。そしてこの錆プロが発足すると間もなく体質改善の必要性が浮上するに到ったのだった。

その事前調査によると塗装ラインが稼働してから10年余が経過しており、増産に次ぐ増産を重ねて改造を施してきた塗装設備は既に老朽化していたから少々の改善工事では済みそうもな

かった。そこで就任早々の藤波さんに錆プロの「お墨付き」を示して基本投資の決断を迫ることになったのも気の毒な話であった。

彼は材料検査出身の品質管理の専門家であったから、我々の示した改善要求項目を理解し納得するには、現在の塗装ラインの持っている欠点を具体的に検証しなければ前に進めない気質であった。そこで種々の実験データを作成したり、実際にホンダで起こっている課題の視察判断をしなければならなかった。最大のテーマは乾燥炉を通過する時間が増産によるコンベアースピードアップによって不足をしていたのを、無理矢理に焼き付け温度を上昇させてカバーする手段を実施していたことから、乾燥炉本体の熱的劣化が著しく、炉体の断熱材にはカチオン電着塗料から揮発した分解成分が多量に凝縮しており、乾燥炉温度の上昇から発火事故の起こる危険が迫っているように観察されたのであった。そして部品自身の温度上昇とその温度のキープ時間を直接部品面から測定して塗膜の硬化不足を補う方法の無いことを証明するのに苦労していた。特に最近獲得した「フロントアンダーアーム」の硬化不足は目に余るものがあって受注を返上すべきとの意見が錆プロのトップから示唆される騒ぎになったのであった。

これらの紆余曲折（うよきよくせつ）を経て乾燥炉は全面更新することに漕ぎ着けることができた。

次の課題は、近いうちに実現するであろう素材鋼板が溶融亜鉛めっき鋼板に設計変更される見通しを踏まえた塗装プロセスの対応準備であった。まず、内面の塗装前処理を完全にするためのフルディップ（全没浸漬）方式の前処理方式への転換は無事に了解されたが、次は亜鉛めっきの上に塗装されたカチオン電着塗膜の温水二次密着性を確保するための塗装前処理皮膜の体質改善が求められており、その方式の選択が難航していた。

まず亜鉛めっき層の上の塗膜の耐水密着性を得るためには欧米で常識となっている後処理としての「クロムリンス工程」を採用することが最も世界的には常道であるのだが、不思議なことに日本では公害問題の為に「クロムリンス」はいつの間にか消えてしまって久しかった。そして亜鉛めっき鋼板を使っている乗用車の塗装ラインでは日本の技術で開発されたと云われる

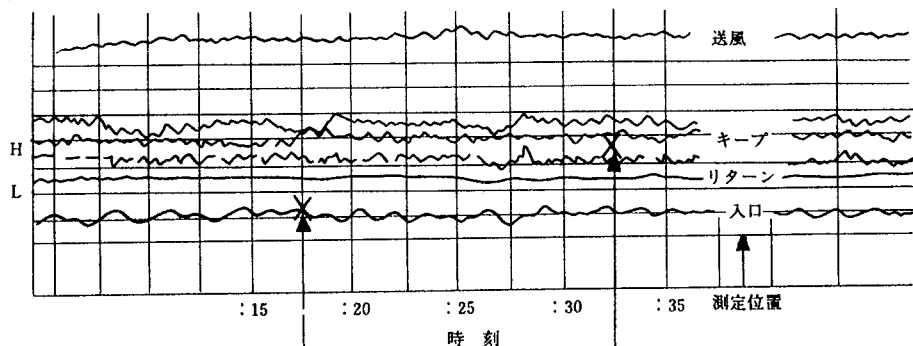
「ニッケル、マンガン、フッ素などのイオン類を高濃度に配合したリン酸亜鉛処理薬剤」を採用して「クロムリンス」無しで対応する事に成功しているのがであった。

前者は有害重金属であるクロムを使用するので、この採用を嫌っている技術者もあることからホンダ社内の意思統一が完全とは云えなかったし、それは特に鈴鹿製作所で強かった。一方、後者は特許係争中の技術であり、新しい技術であることから部品メーカーへの普及には時機尚早との意見があったこと、またこの工場の特異な事情としてフッ素の使用には制限があることが危惧されていた。私は前者をイオン交換樹脂法を利用してクロード化すれば環境的には問題は無いから推薦していたのであった。福田プレス工業の三重県下の亀山工場ではホンダの鈴鹿製作所の意向を呈したのであろうか、これに反対の意向を示していたことが決定を妨げていたのであった。しかし最終的に「クロムリンス」の採用が藤波さんの判断により決着した。

実はこの工業団地では自前の工業用水道を持っているようで、団地近辺にある大きな自然池を水源とするものだったがその水質の点では電気伝導度や硬度の上昇が見られたことから新設する塗装前処理の表面調整工程の補給水には不適當であることを発見したので純水製造装置を増設して工業用水に純水をブレンドすることにした。またこの工業団地の排水にフッ素イオンを放流することが可能かどうかには確信が持てなかったこともクロムリンス方式に傾いた理由であった。

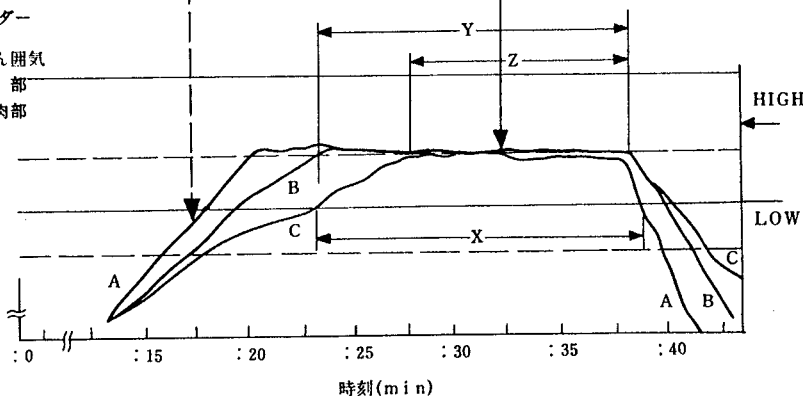
最後まで手こずっていたのは厚板プレスの際に生じるバリの除去であって、もう一度プレス工程を追加してバリを削り取ってしまう「コイニング工程」を検討していたがその確実性には疑問が残っていた。簡単な話、バレル研磨法を行えばバリ取りは可能であるのだが、溶融亜鉛めっき鋼板が採用されるとバレル研磨ではめっき層が摩耗してしまうので採用できないのである。塗装の立場からは溶融亜鉛めっきの採用よ

温度記録チャート



トラベルレコーダー

- A: がらふん閉気
- B: 薄肉部
- C: 最厚肉部



トラベルレコーダーを部品と共に炉内を通過させて得られる温度記録の例。

ビッグ ケミー社製 (代理店、オーウェル)



りもプレスバリのない方が効果的と思うのであるが、図面上では「バリの無きこと」と「溶融亜鉛めっき鋼板の使用」との文字がものを云うのであった。そこでバリを除去した後に亜鉛皮膜を電気めっき法で付ける方法と最近開発されたNCZ法が検討された。このNCZ法はその昔、日本油脂塗料事業部で技術部長をしておられた山本辰次郎さんが社長をされておられた会社で開発されて特許実施権を所有しているもので、亜鉛層を被覆した小さな鋼球を鉄部品にショットして、その表面を機械的亜鉛めっきする方法であった。これらの提案に対して福田プレス工業はプレスメーカーの面子（めんづ）に掛けてもプレス技術で解決したいと固執していた。

この塗装ラインの改革には白鳥聡さんが日本ペイントと藤波さんの間に割り込んでホンダの意志を実現するのに努力されていた。またカチオン電着塗膜の耐食性を支配する塗膜の硬化を判定するための被塗物面の温度経過を記録して焼き付け温度とキープ時間の充足を確認するためのトラベリング温度記録計の活用を強くもめたのであった。

### (3) ユタカ技研の「フロントアンダーアーム」

鋳プロがスタートした直後、栃木PGの品質部技術センターが実施していた塩害地における12年寿命耐久試験モードの変更試験が終了して、その車体の解体分析が行われていた。この評価会を視察に来た鋳プロのPLの紫野さんを愕然（がくぜん）とさせたのは車体ではなくて、足回り部品の代表格のフロントアンダーアームの複雑な形状の裏側の腐食が進行していたからであった。やがて狭山工場の私の所へ電話が入り「そんな品質の悪い部品メーカーは止めて、福田プレス工業（Fテック）社に変更したらどうか」との強い指示であった。

しかし、数日前に調査の済んだF社にしても硬化不良があつてとても人様の部品を処理する能力までは持ち合わせていないことを申し上げておいた。これは浜松のユタカ技研が製造した黒色防錆カチオン電着塗装を施した部品の裏側の黒い塗膜が溶解剥離して腐食が始まっていたのであった。このような現象は塩害耐久走行試験モードにおける加湿加温キャビネット中でのソーク試験条件が厳しくなると車体の奥まった部位に発見される現象であることを知っていた

から、簡単には解決することは難しいので緊急課題として改善計画を進めることにした。

このユタカ技研という会社はホンダ エンジニアリングが母体となって設立したプレス技研が中核となって作られた新部品メーカーであった。その創立者は私達の第一代目の狭山乗用車工場長を勤めた今は亡き北条昭雄さんであつて、創立当初には厚板ステンレス鋼板をプレスしてオートバイのフロント ディスクブレーキドラムを制作したり、その後にステンレス鋼板に深絞り成型を必要とする排気熱交換器などの製造へ展開した。

そこで未だ鋳プロの足回り機能保安部品への基本戦略が承認される前にユタカ技研の緊急技術指導を実施することとなった。そして菊地さんと塗装設備のベテランの石田さん、部品検査の若い担当技術者を伴って浜松へ急行した。我々の対応に現れたのは以前にホンダ本社の品質保証部の主役でおられた高柳勝彦さんであつて、品質トラブルへの苦情を申し入れるには「釈迦に説法」となってしまうと恐縮しながらも、「余りにも品質の管理レベルが機能保安部品にふさわしくない状態であることに鋳プロとしては大きな懸念を持っている。」とこちらの事情を申し述べたのであったのだが、どうも反応は鈍かった。聞いてみると半年位前にホンダ技術研究所の足回り部品調査チームがやって来て、塗装前処理の工程の編成替えの指示を受けたばかりであることが判り、我々への悪い印象の対応に終始していた理由が明らかになった。

そこで本工場を見学すると、熱風乾燥炉の温度制御方式が乾燥炉内の一点の場所の温度センサーによる比例制御であることから、何はともあれ「リターン制御方式」に改良すること、そして熱風吹き出し量のバランスを取り直すことを指示した。同時に部品自身の温度の上昇とキープ時間の測定と記録ができるトラベリング温度測定を行って硬化不良の発生を防止する対応を確立して欲しいことを通告した。正式の対応策は別に日時を改めることとして、大半の部品が外注されているので見学に向かった。

そこは浜松市内にある勝山塗装工場自慢のカチオン電着塗装ラインであるだけに、塗装プロセスには特段の問題はなかった。しかし部品の通電を支配している吊り下げ治具の通電特性の

管理が悪く通電を阻害する電着塗膜の付着の除去が実施されていないように見受けられた。そこで膜厚検査状況を調べたところ1日に数本と云うお粗末な姿であった。そこで一個でも膜厚不良が混入するならば、この機能保安部品の品質管理としては不合格と云わざるを得ない。直ちに全数検査に切り替えるべきである。そして1週間後までに約1万5千個の膜厚測定データの記録と不良品の修正方法、そして電着塗装吊り下げ治具の管理手順を報告することを求めた。このような軽量部品を重力だけで接触通電させる場合には特別な通電管理体制を取るかまたは全数膜厚検査を行うかを決めるのが常識的である。

そして帰社した後に納入されていた部品の膜厚を測定したところ、約3000個の中で一個の不良品が発見され、これは塗膜の艶が少し悪い程度であって外観では区別は無理であった。

そこで私は石田さんに頼んで吊り下げ治具の中の一個の部品だけの通電時間を自由に変更できる遠隔操作装置を考案してもらい、ユタカ技研の生産技術の鈴木一範さんをお願いして実験を行なった。このような軽量部品の電着通電の不具合発生経過を解析するために、3分の通電時間の内何%通電すれば品質下限界に到達し、外観検査で判定可能であるかを検定することになった。この結論は発生頻度が槽内浸漬数の中で1個なら最後の230秒通電されれば膜厚、外観共に下限界に入ることが検証され、膜厚が10秒の辺りから艶が悪くなることが認められた。この試験のデータと膜厚管理の実績の報告会が錯プロの年次総会で発表されて注目を浴びた。丁度その頃、トヨタ自動車でも部品メーカーの防錆品質改善プランを進めていたようであった。

それから1ヶ月位後に、足回り機能保安部品の長期寿命対策への「御墨付き」が提示できるようになり、それに少し先行して予告する意味を踏まえてユタカ技研の鈴木さんにその要旨をファックスに託して伝えておいた。それは彼の上司には昔、狭山工場の化成課長として私と長らく仕事を共にしていた星野忠夫さんがおられたので情報を入れておいただけであったのだ。所がユタカ技研ではそれが大論争となって品質担当の高柳さんが驚いてホンダ技術研究所の専務をしていた紫野さんに談判の電話を入れ

る騒ぎとなってしまった。このよな問題への対応は子会社の抵抗は大きく、しかもホンダOBの存在が必ずしも効果的な役割を果たしてくれるとは限らないのが残念である。そして1年余りを掛けて塗装ラインの体質改善が完了した。これを担当した鈴木さんは数年後に前節で登場したFテックと合弁で北米工場の建設を手掛けることになり更に発展して行くのであった。

### 3) 電着塗装の3分通電の原則を守れ

1963年頃のホンダの電着塗装は車体をホイスで吊り上げて電着塗料槽へ浸漬する方法で始まったが、その通電は確か150から180秒の範囲であったことが思い出される。それから数年後に船底型の電着槽が作られてコンベアーに吊り下げられた車体は連続的に移動しながら浸漬と通電が行われるようになった。その設備を設計する際には最速コンベアースピードにおいても電着塗装の通電時間は3分が維持できるように電着槽の長さを確保する理想的な姿であった。当時の電着塗料では電圧を許容範囲の最高電圧をかけても車体の内側への電着塗膜の析出はその範囲も膜厚も不満足であったから補助極を使用して何とか内面やボックス状となった車体の構造部への塗膜析出を促していたのである。その後塗料のタイプがアニオン電着からカチオン電着法に進化したことにより塗膜の付き回り性も向上して補助極が不要となったが、カチオン電着塗料の発売元であるアメリカのPPG社では次世代塗料の開発条件としての通電時間は3分を守って進められていたのであった。この間に日本の自動車工業の発展は目覚ましく増産に次ぐ増産が計られていたのでその対応策としてはコンベアースピードアップが繰り返されていたのが実態であったが、それだからと云って電着塗料槽の長さを延長することは難しく通電時間は次第に短縮される結果となっていたのも止むを得なかったようだ。その通電時間を補うために塗料の濃度を上げたり、印加電圧をアップさせたり、または休憩時間の稼働などを試みたが限界となってしまった。勿論、新しい車体の構造設計が飛躍的に進化して複雑な形状が淘汰されるようになれば良いのであるが、むしろ軽量化などのために構造を複雑に構えて強度を得る手法もとられることもあって期待通りには進まなかったのである。そのような段階で、技

術研究所の車体設計では竹内さんらが「有限要素法を用いた電着塗装の付き回り計算シミュレーション手法」の研究を進めて標準電着条件下での最適車体構造の設計を試みていたから、通電時間が短くなることは付き回り性に大きな影響を与えることは重大であった。これらの成果が「HONDA R & D Technical Review、8号」に発表されるにいたったのであった。

しかし、そのような背景が在るのにもお構いなく、通電時間が2分に接近する危険を呈する塗装ラインも出現し、明らかに車体内部の膜厚保分布が劣化している気配が見受けられるに到ったのであった。それに加えて1985年頃から始まったハイビルド（厚膜）カチオン電着塗料への転換には電着諸条件が標準状態であることが求められており、もっとも議論を避けていたこのテーマを取って今回の錆プロで議論させることになった。

一つの考え方として、車体の構造、塗料の改質、電着条件の設定などの種々の工夫を凝らして実験的に研究を行って短時間電着塗装法を開発して電着品質を維持することも不可能ではないかも知れないが、国際化するクルマの生産に対する万能性を阻害することになるであろうからとの意見で否定された。そして一年余りの議論の末に、錆プロの権威によって電着通電時間の3分確保の原則の厳守が指示された。この対象ラインはアメリカのHAMの第一塗装ラインであり、次には鈴鹿製作所の第一塗装ラインであった。そしてアメリカは次の夏休みに改造が進められ、鈴鹿ではスクラップ アンド ビルド方式で逐次対応に入っている。

さて、今までの錆対策はどうも屋上屋（おくじょうおく）を重ねている様相を呈しつつあったが、現在の1993年の円高や経済低迷の時代を迎えて、本当に必要な防錆対策の生き残りの時代に入ったようでこの時代に威力を発揮するのは連綿と続けられたカナダ塩害地耐久モニタリング走行で蓄えられたノウハウであり、その威力によって不要な、過剰な防錆対策の剥ぎ取り時代を正しく乗り切れることであろう。

## 2. 高質外観と脱溶剤を実現した水性ベスコート塗料の開発

### 1) 二つの「無理難題」との遭遇

昔の話しだが、今は海外生産担当のトップをやっている池上秀男さんが埼玉製作所所長に昇格された時、当時の副社長の篠宮茂さんから「所長の役目の一つには技術者の諸君に無理難題を与えることがある」との教訓を頂いたとの話しを聞いたことがあった。この時代の塗装生産技術者にも厳しい二つの無理難題が与えられていたのであった。

#### (1) 車体垂直面への超高品質塗装外観の実現

正にこの「無理難題」を地で行くような話が欧州乗用車戦略を指揮していた副社長の石川富士夫さんから塗装技術者に呼び掛けられた。「実は4 C 4 B 塗装プロセスで仕上げられたアメリカ向けの「アキュラ」よりも技術提携先の、イギリスのBL（ブリティッシュ レイランド）—ARG（オースチン ローバー グループ）がアメリカに輸出している「ローバー スターリング」の方がドアなどの垂直面の外観レベルが高いとの評価だよ」とささやかれたのは狭山工場でホンダが委託生産した「ローバースターリング」のラインオフ式場でのことであった。そこでイギリスから持ち込まれていた品質標準車である「ローバー スターリング」の塗装外観の調査を詳細に試みた。その塗膜厚分布によると運転席側ドア面には補修塗装が施されていた痕跡が明らかで、その他の部分であるフロントフェンダー面などに比べて平滑性などの外観は一段と良好であったのだ。何れにせよ「ローバー スターリング」は補修塗装を施す頻度も比率も極めて高いことから、そのように垂直面が良いことが屢々発生するのだと言訳をしたのであったが、石川さんは「ともかく全面を統一した外観に仕上げることを探求せよ」との指示であった。この課題は先に行った狭山工場の塗装ラインの体質改革のテーマの一つとして進めてはいたが見違える程の成果は上がって居なかったからこそ今回顕在化したと考えるべきであった。

この「無理難題」のターゲットにされたのは狭山工場で行進中の第一塗装ラインの更新計画があり、そして平成元年（1989）、1月に発表されたアメリカのHAM—ELP（ホンダ オ

ブ アメリカ製造のイーストリバティ工場)の新設ラインがあり、少し遅れて平成2年(1990)10月に建設を開始したイギリスのHUM(ホンダ オブ UK製造)の乗用車工場の新設ラインの3カ所であった。

そこでホンダでは単純明快な理論で水平部と垂直部との塗装外観を同一レベルに近づける方法についての構想が議論されていた。その第一は狭山工場から四輪生産企画室へ出向して化成分科会ヘッドを務めていた富岡義雄さんが考案した「バラシ塗装法」である。これは車体から外販パネルを外して部品として水平にセットして塗装する方式である。そこにはどうしても外して水平にできない部位の車体に残したスケルトン(骸骨)があるので、それらとのメタリック色感などが異ならないようにするためには、使用する塗料、塗装機、塗装ステージ数や塗装雰囲気などの条件を同一にする努力が求められていた。そしてHAMのELPプロジェクトの川村紀生さんは塗装生産技術をしていた経験から「この方法は塗装不良が発生しても修正塗装が迅速に経済的に済ませることがができるので生産性が高まる」とエールを送っていた。そして短所と思われる各部品同志のメタリック感や色合わせの煩雑さは今まで培ってきたプラスチック部品塗装のノウハウで解決できると楽観視しており、急いで具体化を強く要請していた。そこでホンダ エンジニアリングの塗装生産技術の新井弘さんはスケルトンになった車体と外した部品を水平にして同時に塗装し、乾燥させるラインの設計を試みていた。

その第二には熊本製作所のオートバイ塗装ラインでは最も外観レベルを求められる燃料タンクのクリヤー塗装工程で被塗物のタンクを回転させてクリヤー塗装をしてからUV(紫外線)硬化させる塗装プロセスを実用化し、その特許申請が済んでいたのであった。この方式を乗用車に応用しようとしたのであったが既にマツダが類似の方式を回転塗装法として発表しており、それに適する特殊な条件を揃えたクリヤーコート塗料は日本ペイントが開発して提供していた。この塗装プロセスの実施にはこれらの二社からの特許実施権の供与を受ける必要があるように思われていた。そこでホンダ エンジニアリングでは新井さんが将来開発される予定とされる本格的スポーツカー「ホンダ NSX」

に適用する高い外観を得るための塗装法候補として日本ペイントに塗料の供給の打診などをスタートさせていた。

第三の方法はイギリスの化学会社ICI(インペリアルケミカル イングストリー)が発明した偽塑(ぎそ)性と呼ばれる高チクソ性の粘度特性を示す水性ベースコート塗料を利用したメタリックカラー塗装法であった。この偽塑性とは、通常に放置した状態では缶から流れ出さない程の高い粘度を示すのであるが、強力で攪拌したり、圧力を掛けて小さな孔から流し出すような剪断(せん断)力を加えるとスプレー塗装ができる粘度まで急速に低下する性質であった。そのスプレーされた微粒子が垂直面の被塗物面に付着して塗膜が形成されて、先ほどの剪断力が消失すると再び急速に粘度が上昇して塗膜は重力によって垂れ下がるようなことは起こらない性質を発現するのである。このような性質を持った樹脂を使って固形分の低い塗料を作成して垂直面に塗布したとしても決して重力によって垂れ下がるような挙動は示さないから、次に低温乾燥によって水分を蒸発させると塗膜は厚さを縮小しながらその表面は流動性を帯びて、その肌は決して粗大になるおそれは無いからほぼ水平部に匹敵する外観が得られるとの説明がなされていた。実にこの塗料は既に「アクアベース」として発売されており、GM社のカナダのトラック工場やスウェーデンのボルボ社で実用化されているのであった。この塗料は溶剤削減だけでなく、垂直面の仕上がりは従来に比べて格段に改善される特徴がクローズアップしたのであった。

この系列の技術をホンダに最初に紹介してくれたのは関西ペイントの自動車技術部長の渡辺忠さんでICI社の方式に類似したタイプであった。次に現れたのは大阪の田辺化学工業と提携したドイツの化学メーカーのBASF社の駐在化学技術者のザッパさんであって、ICI社とは異なるレオロジー制御技術でつくられた低いチクソ性の水性ベースコートであった。このBASFはアメリカでクックペイント社のデトロイト自動車塗料工場を買収してUS-BASF社を設立し事業を展開していたことから、元々クックペイント社から技術導入をして自動車用塗料を製造販売していた田辺化学工業がBASFの日本への自動車塗料の展開のバ

ートナーとなった訳なのであった。そこで私は彼が持ち込んだベントツが採用すると云われていた水性ベースコート+二液（2K）ウレタン樹脂系クリヤーコートを組み合わせたシルバーマタリック色を塗装した垂直面の外観の良さも、またメタリック感のフリップフロップ性（メタリック塗装面を見る角度により明るさが急変する性質）の素晴らしさに魅せられたのである。この塗料は今まで我々が知っていたICI社系の偽塑性で高い粘度を示す関西ペイントやデュポン社の水性ベースコート塗料とはタイプが異なるようであり、低チクソ型（ニュートリアンタイプ）と呼ばれ、粒子設計やアルコール系溶剤などの助けにより粘度制御に対応したラテックスウレタン樹脂などであるようであり、そのために多少の「流れ易さ」があるとのことであった。その後ベントツ社のSindelfingen工場では1989年から採用されてシャープな外観を演出しているようだ。そこで私はザッパさんをお願いして中塗り塗装まで終了したドアパネルを用意して水平面と垂直面との外観比較サンプルをUS-BASF社のデトロイト近郊のサウスフィールドに新設した水性塗料実車塗装試験施設で制作して送り返して頂くことにした。この返ってきたサンプル板は垂直面外観向上策の実例として関係者への啓蒙に使われ、そしてこのサンプル板と水性ベースコートの原理について石川富士夫さんに説明するチャンスが到来した。そして垂直外観向上の切り札として水性ベースコート塗料を開発する了解を得たのであった。

さてその頃のホンダ以外での垂直面塗装外観のレベルアップに注目していたのは、まず日産自動車が「バラシ塗装法」を特許申請して公開広報が出ていたし、マツダでは「回転塗装法」を開発して限定車種に実用化しつつあった。これは世界最高の塗装外観の創造を目指したプロジェクトから生まれた考案で、乗用車を進行方向と同軸として回転できる塗装台車に載せた車体を塗装してから乾燥炉の前半で適切な回転速度でまわしながら硬化を進めるものであった。特に最上層に塗装するクリヤーコート層の厚さ、塗料の粘性挙動などを考慮したクリヤー塗料が日本ペイントにより提供されており、聞くところによると膜厚は250ミクロンであるとのことであったが、得られた外販の外観の均一性と素晴らしい鮮映度は特筆すべきものがあるよ

うだ。またマツダの防府工場にはこの塗装プロセスの実施できる塗装ラインが高額な設備投資を費やして建設されつつあるとのことだったが、この方式は経済性の点から限られた適用となるであろう。

## （2）海外工場に押し寄せるVOC規制

1987年の現在、ホンダは海外先進国への乗用車製造拠点を拡大を急がねばならなかった。その第一はアメリカのHAMの第二工場となるELP工場の新設である。その場所は年産30万台に達しているMAP（マリーズビル工場）に隣接していたことからVOC発生源が集中してしまうこと、それに加えて汚染地域に建設される新規ラインに求められるLAER（最低到達排出率）としては上塗りメタリックベースコートには水性ベースコート塗装であるとした連邦とオハイオ州の両EPA（環境保護庁）の意向であった。その理由はGM社がカナダのOshawaトラック工場では1986年より実用化している水性ベースコートをこれから新設する予定のSt. Therese工場やWentzville工場にも採用すると申請していたからのようであった。もしも水性ベースコートの採用を回避したいのであればMAPで使用中のハイソリッド塗料を採用した上で塗装ブース排気の一部を活性炭吸着装置によってVOCを除去する方式を採用せざるをえないことになったのである。

実の所、アメリカでの関連業界の情報では乗用車用の上塗り塗装システムとしての水性ベースコート塗装プロセスは塗料材質の面でも、専用の静電塗装スプレーガンや偽塑性塗料の供給システム、中間フラッシュ乾燥設備などの仕様の決定はホンダにとって未だ手探り状態の黎明（れいめい）期であったのが実態であった。そしてホンダの原則では新しい技術の実施は日本国内で十分に生産技術的課題を熟成した後に海外に技術移転することになっていたから、このプロジェクトリーダーの川村さんを大変困惑させていたのであった。

その時に幸いなことに、先の「無理難題」である垂直面の塗装外観向上の切り札として進められていた偽塑性を持った水性塗料の開発はホンダ技術研究所と狭山工場塗装技術と関西ペイントの共同開発が既に進行中であった。そして最初に試作された水性メタリックベースコート塗料を使って外観テスト塗装をクルマに施す

実験が既に行われようとしていたのであった。私は運良く日本に出張してきていたホンダ技術研究所アメリカのオハイオ研究所長であった藤森義次さんと、E L P塗装ライン計画の支援メンバーであった鈴鹿製作所塗装技術の技師であった宮崎正利さんをお願いして関平塚研究所で行われている水性ベースコート塗料によるメタリックカラーの実車塗装実験を視察してもらった。それにより水性ベースコート塗装プロセスの開発レベルを認識して頂くことができ、HAMに帰ってからE L Pの塗装ラインへの水性ベースコート塗装プロセスの採用について肯定的な見解を提言してくれたのであった。そこで迷っていたE L PプロジェクトのPLの川村さんは水平外観のレベルアップと溶剤削減の二つの要件を満足できそうな水性ベースコート塗装プロセスの採用を決断したのであった。そしてHAM執行副社長の久保新介さんからホンダ技術研究所長と埼玉製作所長の塚伸之さんに開発と実用化の実証の依頼を行ったことにより、このプロジェクトは一層加速されたのであった。

次は欧州戦略の中心であるイギリスのHUMの乗用車工場新設であった。この頃のイギリスは大気汚染対策の法規制が遅れていたことが幸いして、HUM乗用車工場の建設当初には何らの規制も無い状況であった。それ故に、このプロジェクトの生産段取りを任されていたホンダエンジニアリング専務の柳沢孝さんは開発を急いでいる水性ベースコート塗装プロセスの採用には冷淡であった。それはその水性ベースコートの開発にはホンダ エンジニアリングは今の所傍観していたからであろう。

しかし私が日本ペイントのロンドン事務所長であった坂本さんから入手してもらった資料では、イギリス政府環境省は大気汚染防止法を既に施行しており、それに基づいてV O C排出規制では業種別規則のルールメイキングの最中であり、自動車製造ラインの塗装作業については第6次の法律案が業界に開示されていた段階であることを知った。ここではアメリカで行なわれている下塗り、中塗り、上塗りの工程におけるそれぞれの塗着した「塗料固形分体積 (gal) 当たりのV O C重量 (lbs)」を規制する方式とは異なり、「電着下塗り塗膜面積 (m<sup>2</sup>) 当たりの塗装ラインを通して排出可能な溶剤重量

(g)」で示される絶対値を規制する方式が採用されていた。これはドイツの方式を継承しているもので、この規制レベルはそれ程高くはなかったのであったが、やがて発令される欧州連合の制定する統一規制の「溶剤排出限界値」が施行される時にはそれに遡って改訂するとの付帯事項が明記されていたのをキャッチしたのであった。そこで欧州諸国が規範として仰いでいるドイツ連邦政府の施行している大気汚染防止法のT A - L U F T (大気汚染抑制技術要綱) を取り寄せてから特許技術者である蒲谷繁一さんの手を煩わせて多額の費用を費やして専門弁護士に翻訳してもらい勉強したのであった。そしてこの資料に基づいて「欧州でのV O C規制対策への提言」を制作して欧州プロジェクトのトップに就任していた三宅章二郎さんに提出したり、社内の技術者に配布して啓蒙を進めた。その結果であろうか、HUMもHAM-E L Pと同様に上塗り塗装ラインには水性ベースコート塗装プロセスを、中塗りにはハイソリッド塗料で設備対応する方針がプロジェクトリーダーの横山保彦さんによって決定されて、生産段取りも遅ればせながらホンダ エンジニアリングが実施することになった。また都合の良いことにこの水性ベースコート塗料を共同開発している関西ペイントと提携関係にあるデュボン社は欧州でイギリスのI C I社と合弁でアイダック (I D A C K) ペイント社を営業していたからHUMへの塗料材質の技術移転はスムーズにできるものと思われた。

## 2) 欧米のV O C排出規制の推移と水性ベースコート塗料の誕生

ここでは「ペンツ メタリック」で知られる欧州独特の美しいメタリック外観と有機溶剤排出の削減を両立させた画期的な偽塑 (ぎそ) 性を持った水性ベースコート塗料が誕生するまでの背景について述べよう。1980年初頭での大気汚染問題には国境を越えて被害をもたらす光化学スモッグが欧州と北米で多発していたことから、国際的な議論が高まり国連環境計画が主導してその先駆物質であるV O C (揮発性有機化合物) の大気中への排出を抑制する国際条約の検討が進められていた。これに先だってアメリカでは大気浄化法に基づくC T G (抑制技術指針) が、西ドイツでは大気汚染防止法の下でT

A-L U F T (大気汚染防止技術要綱) が1982年の早い時期に制定され、E U (欧州連合) では統一規制として「有機溶剤を使用する工程からの排出限界値」などがそれぞれ工夫を凝らした手法を用いて行政的に規制を掛けてきていた。その先導的な役割を担わされたのは自動車製造ラインの塗装作業から排出される有機溶剤の抑制であった。特に先鋭的なドイツのT A-L U F Tでは1986年からの新設ラインに、また1991年には既存ラインも車体電着塗装膜表面積 $\text{m}^2$ 当たり45gの溶剤排出限界目標値が施行されたのであった。この値は70平方メートル程度の表面積を持ったクルマが全塗装ラインを通過する際に排出できる溶剤量は約3.1kg以下としなければならないから特に欧州車特有の質感を持った美しいメタリックカラーのクルマには相当に厳しいレベルであった。これに対応するために塗装ブース排気からの溶剤を活性炭吸着除去する方法や溶剤を多量に使用するメタリックベースコート塗料の体質改革として水性化などが懸命に開発研究された。

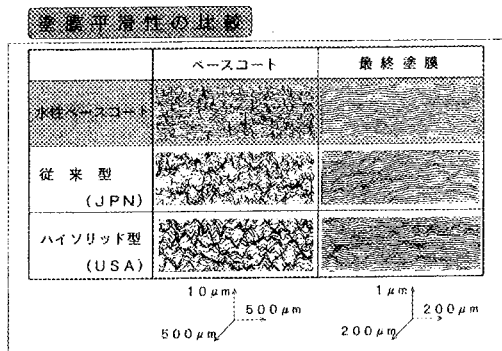
そしてこの溶剤排出抑制と美しいメタリック感を両立することのできる塗料がイギリスのI C I社によって発明された。それは偽塑性を持った水性塗料樹脂を応用したメタリックベースコート塗料「アクアベース」として開花したのであった。これは直ちにスウェーデンのボルボ社が1986年10月から、G M社がカナダのOshawaトラック工場で1986年12月から実用化に入ったのであった。

ここで偽塑性水性ベースコートのメカニズムについて述べておこう。この昔ながらの欧州式のメタリック塗装法では使用するメタリックベースコート塗料は10%を下回る低固形分であり、その組成には光輝性アルミニウム箔、着色顔料、塗料樹脂としてポリエステル-C A B (セルローズ アセチルブチレート) を添加した樹脂、揮発性溶剤などが配合されており、スプレーガンから噴霧されて微粒化された塗料粒子は飛行しながら多量の溶剤を蒸発させて空気流によって被塗物面に衝突して薄い塗料膜を形成する。その塗着した塗料は溶剤を失ったことからC A Bの性質で粘度と粘着性が増大するために被塗物に貼り付けられたアルミニウム箔や塗料顔料や樹脂は過大な流動を起こさないような作用をして塗膜を確実に被塗物面を被覆する

のである。この塗料は低固形分であるから約17ミクロン程度の膜厚を得るためには数多い塗り重ねのスプレー作業を繰り返す必要があり、この結果得られた塗膜層の中には被塗物と並行に積み重なったアルミニウム箔が存在しており、外から入射した光が美しく反射することが特徴なのであるが、同時に溶剤を多量に浪費する塗装法なのであった。

これに対して開発された水性メタリックベースコート塗料(A Q U A B A S E) はやはり低固形分の水性塗料であり、その主役の水性樹脂は「軽度に架橋した核部と官能基を含む水和成分が安定層をなす二重構造」の“Core / Shell (コアシェル) 型”エマルジョン(マイクログル)である。この水和層が低ずり速度で体積効果による見掛けの粒子濃度の増大に役立つ(粘度増大)、高ずり速度では粒子間の相互作用が断たれ自由に運動し粘度を低下させる偽塑性現象が起こるのであった。この塗料の成分はこの樹脂の他にアルミニウム箔、着色顔料、少量の親水性溶剤、多量の水分子で構成されている。そしてこの塗料をスプレーガンや回転ベルなどにより霧化させて微粒化させ空気流に乗せて被塗物に衝突させて付着させる。この微粒子が空中を飛行する際には溶剤も水分も蒸発する量は余り多くはないので低固形分は変化することも僅かである。しかし偽塑性の作用によって被塗物に付着した後は粘度が急増して塗膜やアルミニウム箔の流動を抑制する働きが発現する。そして塗装する厚みは塗料自身が低固形分であるから必要膜厚の十倍近い厚さの塗膜が被塗物の面に付着することができるのであり、スプレー作業時の湿度の影響を小さくすることもできるのである。

そして中間フラッシュ加温ゾーンにおいて水分と僅かな低沸点溶剤が蒸発して固形分率は90%程度まで上昇させるのである。このように被塗物面の塗料層の厚さが十分の一に体積収縮することにより塗料層内に存在していたアルミニウム箔は圧縮されるから被塗物と並行に積層されることになり、光学的な作用は先の欧州式メタリックと同様なフリップフロップ性や白感を示す素晴らしいメタリック感をもたらすのである。また過熱による体積収縮と平滑化が促進されるから従来の溶剤型ベースコートの塗膜



ベースコートと最終塗膜の平滑性を3次元粗度で比較

肌と比較すると表面粗度が明らかに向上しており、最終外観品質の平滑性に大きく寄与している。

そして世界的にはICIに続いて同床異夢(どうしょういむ)のレオロジーコントロール技術の模索をしており、BASF、ハーバーツ、AKZO、PPG、日本ペイントなどの塗料メーカーが入り乱れて実用化競争を繰り広げていた。この中のAKZO社はICI社と似た複層構造型の粒子分散系を、水系で重合することによって得ており、この粒子分散系の特徴ある粘度挙動パターンはICIのそれほど極端ではなく、比較的なだらかなカーブを描いているようであり取り扱いが楽とのことであった。

そして欧州GMであるオペル社は積極的にパイロット塗装ラインを設置して水性ベースコート塗装プロセスの完成に力を注いでいた。

一方、アメリカでは世界で初めての溶剤排出規制であった「RULE 66」がアメリカの南カリフォルニアで施行されて、これに合格する水溶性塗装プロセスをGM社が開発しロスアンゼルス社のサウスゲート工場実用化していた。これは従来から使用されていた熱可塑性アクリル樹脂系ラッカー塗装に比べて溶剤排出量は80%も削減することに成功したのであった。その後連邦EPAは自動車塗装ラインからの溶剤排出抑制技術の目標にはこの水溶性塗料の排出レベルを設定して全米のVOC排出の抑制行政に用いていた。しかしこの水溶性塗装プロセスはその塗装ブースの温度湿度を狭い範囲に調節しなければならぬ制約があり、予想外のエネルギー浪費体質であったので石油ショック以降にはEPAが自動車工場に実施要請をする「妥当性を備えた利用可能な抑制技術」とは云えなくな

ってしまったのである。そして業界ではそれと同等以下の溶剤排出レベルを実現できる手法を模索している状態が続いていたのであった。その候補策としては塗装ブース排気の活性炭吸着処理法によるVOC除去かハイソリッド塗料の開発と高塗着効率の静電塗装機との組み合わせなどが検討されていたのであった。

そこでトップメーカーのGM社ではICI社の水性塗料「アクアベース」が発明されると直ちにカナダICIのIDACK社から製造してもらいオンタリオ州にあるオシャワ(Oshawa)トラック工場でのバン塗装に1986年12月から実用化を始めた。続いてドイツにある欧州GM社が「オペル」を製造しているBochum工場に1987年12月から水性ベースコート塗料の実用化に踏み出した。

一方、アメリカの自動車塗料の大手であったデュポン社はそれに刺激されてICIの特許実施権を得て水性ベースコートの開発に勢力を注いでいたのであった。

### 3) ホンダの水性ベースコート塗装プロセス開発

その頃日本国内ではアメリカのデュポン社と自動車塗料分野で技術協力関係にあった関西ペイントはデュポン社が開発研究していた高質観メタリック外観と溶剤排出抑制が両立できる水性ベースコート塗装プロセスの情報を得て、自前で進めてきていた水性ベースコート塗料の完成を急がせることになった。そして自動車塗料技術部長の渡辺忠さんはホンダ技術研究所との年次技術検討会でホンダに水性ベースコート塗装システムを紹介していた。

そこで高外観品質塗装の原流にある「ホンダレジェンド」が防錆力と塗装外観を機能分担させた4C4B(フォーコートフォーバーク)システムを採用していたが、そこでは十分に実現が果たせなかった上塗りメタリック外観レベルアップの方策を模索していた技術研究所の材料研究ブロックのマネージャー小松泰典さんと宮崎研究員が近未来の塗装技術としてとりあげることになった。その一方では垂直面の塗装外観の抜本的向上を求められて苦悩していた狭山工場の塗装生産技術者とが連携して関西ペイントとの「水性ベースコート塗装プロセス」の開発を共同研究することが1987年に決まった。最



初に関への提示してきた水性ベースコート塗料はどちらかと言うとICIの発明した偽塑性を持っているように思われた。それ故に、この水性系塗料にまつわるネガティブな認識や、先入観があることは否定できない事実である。そこで逆説的であるがその点に重点を置いて開発を進めることが申し合わされた。

- ①：耐湿性、耐水性に弱点がある。
- ②：アルミニウム箔は処理を施して光輝性の劣化を防ぐ必要がある。
- ③：配合されている溶剤の安全性に懸念が残っている。
- ④：表面張力が3倍も高いため素材や塗膜へのぬれが劣るので「りわき」や「はじき」が生じ易い。
- ⑤：比重が大きいので「タレ」を助長し易い。
- ⑥：泡の出易い水性塗料である。
- ⑦：予備乾燥が必要である。
- ⑧：塗料面が乾き易く、溶けにくい。
- ⑨：溶解性パラメーターが高いためポリマーをイオン化して溶解・安定化しなければならない。
- ⑩：塗料と接触する圧送機器への材質対策の必要性がある。
- ⑪：蒸発潜熱が高く蒸発速度が遅く、「たれ」にも大きく影響する。
- ⑫：塗装ブース洗浄水の廃水処理の面倒な性質があり、特にアミン類は有機窒素汚染源となる。
- ⑬：水は導電体であるので静電塗装には塗料タンクの絶縁や外部荷電方式が必要である。

- ⑭：顔料選択の自由度の狭さから新色の再現に懸念がある。
- ⑮：経済性の悪い水性ベースコート：材料コスト、25%アップ、電力1.7倍、溶剤削減40%（日産の生産技術者保科さんの新聞での発言）、エネルギー浪費体質に懸念がある（トヨタの戸田さん）。

このようにいろいろの課題があるが、何んと言っても塗装ブースでの湿度コントロールが必要なことが最大の注目点であった。先ずホンダとしての開発のキーポイントとして「塗装ブース内の塗装雰囲気温度-湿度条件の適用範囲を拡げること」であった。これは気象条件の急変の多い日本国内で経済的に使用できる塗料を開発できるのは日本の塗料メーカーであればこそ達成できる事柄なのであり、また後発水性ベースコート塗料メーカーとしての最大のメリットであったことは関西ペイントにより実証されたのである。

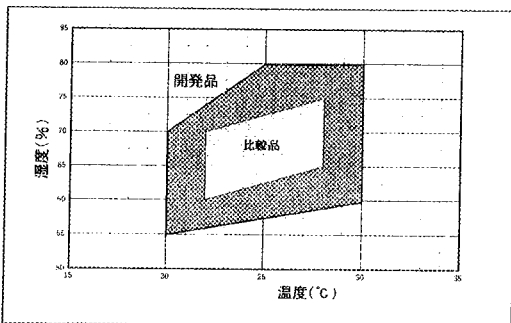
#### (1) 水性ベースコートの実車テスト設備の構築

この試作された水性ベースコート塗料を実際にクルマに塗装して塗装ブースの条件と作業性の関係や到達できる外観レベルなどの複雑な実験を繰り返すための塗装ラインの準備を始めた。それは共同開発のパートナーの関pegが約20数年前の公害問題の華やかな時代に水溶性塗装の開発の目的で設置していた湿度コントロールが自由自在に即応できる「カサバ式湿度調節装置」（塩化リチウム水溶液を適切な濃度と温度に調節し空気を洗浄して調湿する方法）を付属した塗装ブースが古いながら使用できたことであった。これにより狭山工場に設置するパイロットラインの空気調和装置の設計条件が得られることになり、水性ベースコートの最大の関心事である塗装ブースの湿度条件への適合実験が心配なくできたことは幸運であった。

また塗装スプレーガンは当面エアー霧化スプレーガンを使用することにした。次の課題は水性ベースコートを塗装した後に塗膜中に多量に含まれている水分、中和成分、溶剤などを塗膜表面にピンホール、ワキ、ハジキなどの異常を生じさせずに蒸発させて、クリアーコートを塗装した後の焼き付け乾燥でも平滑な仕上がりをもたらすフラッシュオフゾーン設備が必要なのであった。

そしてBASF社のザッパさんから頂いた資

開発水性ベースコートの適正塗装範囲



開発水性ベースコートの適正塗装範囲

(受賞記念講演資料より)

料によると「この比熱が大きく蒸発しにくい水分を強制的に乾燥させるためのホットエアブロー／赤外線ヒーターを組み合わせた装置が適切である。このホットエアブローでは温度均一性は良好であるが昇温が遅く処理時間が長くなるし、赤外線もヒーターでは昇温は速いが照射面を外れると極端に乾燥性が低下することに留意して量産性にすぐれた設計が望まれる」と提言されていた。そこでホンダのパイロットラインの設置計画を担当する予定の大気社の技術部の前川禎佑さんにエンジニアリングを依頼した。そして熱出力のコントロールが容易な電気式中波長遠赤外線加熱ゾーンに併用してガス燃焼式温風吹き出し循環乾燥炉をクルマの半分の長さで制作して塗装ブースの入り口に設置すると云う苦肉の策で作りあげた。ここで繰り返された塗装テストからは塗料の省エネ体質を創り出すのに大変効果的であった。

続いてアメリカのELPの塗装ラインに設置する設備の仕様と塗料の量産性と作業訓練マニュアル作成などを確かめるためのパイロット塗装ラインを現在更新工事中の狭小工場の第二塗装ラインの片側（生産能力は日産約500台）の上塗り塗装ブース内に急いで設置することになった。

先ずこの中間フラッシュオフゾーンの水切り乾燥設備は関西ペイントに設置したテスト装置から得られた知見をベースとして大気社の手によって無事にエンジニアリングと施工が完了した。

次に使用すべきスプレーガンの選択では、1986年に先鞭を付けたカナダのGM社も欧州のボルボ社も専らエアガンであったことから我々のテストも同様ですごしてきたが、その後1987年ともなるとドイツのVW（フォルクスワーゲン）社や欧州GMオベル社ではベル型静電ガンを水性ベースコートに採用することで量産に成功していることが伝えられて来た。我々も溶剤型塗料ではあるが、メタリックベースコート工程に前半をベル型静電塗装を後半をエアースプレー方式で組み合わせて上塗りプロセスを構成した実例が鈴鹿製作所No.1塗装ラインとアメリカのHAMMAP（ホンダ オブ アメリカ製造のマーリズビル工場）のNo.1塗装ラインで実施していることから、今回も同様なシステムを採用すべきであるとの意見は一致して

いた。それは塗着効率を高めて塗料の消費量を低減して溶剤排出率削減とそれにあわせて材料コストの削減に寄与しなければならないからであった。

水性ベースコート塗装の先進国のドイツでは“Behr社”が外部電極型静電塗装ガンを発明しており、この塗装ガンは円周状に並んだ約40本の電極の中心にある回転ベルから吐出され、制御エアの帯電によって被塗物の方向に絞られ電力線に沿って飛行させて被塗物に塗着させ、そして塗着効率を上げようとするものであり、色替えには絶縁などの煩わしさが無い利点があるが逆に塗装機の汚れがあること、直接電圧印可式に比べて数%程度塗着効率が低い点がウィークポイントと云われている。既に欧州GMオベル社のBochum工場に採用されて1987年12月より量産に成功しているとの情報であった。一方欧州ランズバーク社やサメス社などは直接塗料への電圧印加方式を提案していたが、その実用の実績は我々には不明の状態であった。そこで私は確実な実用化を急ぐホンダとしては多少塗着効率は低くなくても、清掃やメンテナンスに手間の掛かる逆転はあるものの、高圧直流電圧のリークなどの安全問題の無いBehr社方式を今回は採用すべきとの意見を私は示唆していた。

そしてこのプロジェクトリーダーの富岡義雄さんはドイツに静電塗装ガンの購入交渉に出かけた。そこで、Behr社では「日本には売れない」との強い口調であったが、アメリカ工場に設置するための日本で開発中の水性ベースコート塗料の実用性を検証するためのパイロットラインを設置するためだから売ってくれとの折衝が続いた。そして、最終的にアメリカ工場用の予備品としてなら売ってやろうとの話となって決着したのであった。この報告を聞いて私が思いあつたのは、確か十年位前のことだが日本の塗装プラントメーカーのTR社（トリニティ工業か？）がBehr社製の自動車用自動塗装装置の販売提携を結んでデモンストレーション装置を提供してもらったのであったが販売は一向に拡大しなかったと云う事件であったが、おそらく二度と日本に機器を渡したくないと思ったのであろうか。

そしてこの上塗り塗装ラインでは「ホンダアコード」の量産が通常の溶剤型の塗料を使用

して仕上げられていたが、水性ベースコートの量産試作を行う場合には併設されている専用の塗装機や中間乾燥炉を稼働させて通常の量産スピードでパイロット生産が大過なく進められていた。しかし最も多く量産している「シルバーメタリック色」に慎重に調色した水性ベースコート塗料であったのだが仕上がったメタリック感が異なるためにこれを調整するのに苦勞をしていたのであった。それはテスト塗装を施すクルマの量が極めて多かったことから、仕上がったクルマを社用車や従業員向け販売車として活用しても処分できずに、一部を量産車として流動させたいと思っていたからである。それ程水性ベースコートのメタリック感のフリップフロップ性の際だった仕上がりが外観は優れていたように思われていた。このプロジェクトのメンバーは技術研究所では材料研究ブロックのマネージャーの小松泰典さんと宮崎主任研究員であり、狭山工場では富岡義雄さんの下に設備では太田紀弘さんと塗装作業には高野賢吾さん、相馬俊夫さんが当たり、続いてアメリカ、イギリスへの技術移転にも貢献することになった。



1989年に初の水性ベースコートを採用した「ホンダ シビック 4 j r」

(アメリカのHAM-ELPにて)

一方、アメリカのHAM-ELPの塗装ラインでの水性ベースコート塗装の量産化は1989年より「ホンダ シビック」と「ホンダ アコードワゴン」を合わせて1日320台生産している。1989年12月の稼働以来、メタリックカラー5色ソリッドカラー2色の計7色に水性ベースコート塗料が採用されている。それには関ペがアメリカのデュボン社に技術供与して「ホンダ向けの水性ベースコート」を製造供給してもらった

のであった。この仕上がりの課題はクリヤーコート塗膜面に「ヘソの無いクレーター」が、そしてメタリックの中に光る異物が見られ泡なのか、乾いた樹脂の微細片なのか、正体不明な現象が発生して、この原因がアメリカ製水性ベースコート塗料にあることは突き止められたのだが、この解決には半年余りも費やしたのであった。そして関ペとデュボン社はアメリカに合弁の塗料会社（石渡淳介社長）を設立して塗料の製造にも日本的な管理が徹底できるような体制が取られてから円滑に業務が進むようになった。

## (2) ホンダ エンジニアリングによる直接高電圧印可式回転霧化静電塗装ガンの開発

その後暫くしてから、4C4B塗装の上塗り工程のクリヤーコート用の高速回転ベル型静電ガンを納入したサメス エンジニアリング社長の菅野孝夫さんから「塗料直接印加型静電塗装機」(サメス社製)の紹介があり、これは回転体の後ろに塗料タンク(300cc入り)があり、エア圧力で吐出されるところに特徴がある。このタンクの後ろには予備タンクがあり、この間に絶縁バルブを介して接続されていて、洗浄や色替えを行うようになっている。これは最初に水性ベースコートを実用化したことで知られるボルボ社Orslande工場に1990年頃迄に採用予定であると付け加えていた。その後、「水性ベースコート塗装法」の開発に参加したホンダ エンジニアリングは今まで水性ベースコート塗装システムの開発のPLをしていた富岡義雄さんをむかえて、今までHAM-ELPで使用していたBehr社の関接高電圧印可式静電ガンよりも高い塗着効率を求めて直接高電圧印可式静電ガンの開発を目指すことになった。やがて、1990年になってイギリスのHUM向けの塗装機の開発が完成した。これは水性塗料用静電塗装ガンEVB(ホンダ エンジニアリング ボルテージ ブロック)である。この特徴は塗装するたびに水性塗料をタンクに充填しタンク内の塗料に直接通電して静電塗装を行うシステムであり、塗料の充填が終了したら塗料吸収配管系から高電圧を絶縁する機構に特許が申請されている。この開発には日本ランズバーグ社との技術協力も大きな支えとなっていたことも忘れてはなるまい。

次いで1990年6月には本格的スポーツカー

「ホンダ NSX」の専門工場である栃木工場に、更に1991年には埼玉県が制定した「炭化水素排出抑制指導指針」への対応を目的とした埼玉製作所狭山工場の第一塗装ラインの水性ベースコート用の自動塗装機に適用されて、平成6年(1994)からモデルチェンジした「ホンダプレリウド」に2色の水性ベースコートを使ったメタリックカラーが登場して活躍している。しかし一本の塗装ブースで日産千台程度の高速生産を行う塗装ラインにはカラー変更のための洗浄に時間が掛かりすぎる課題を解決する努力が続けられている。

### (3) その後の水性ベースコートの伸展

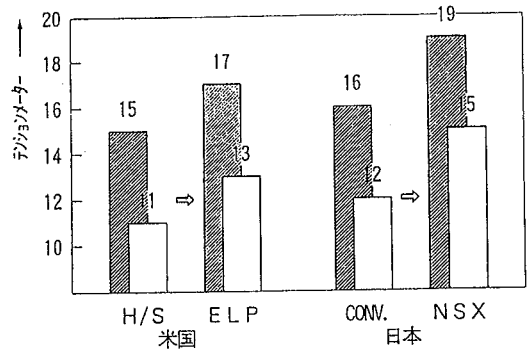
私はこの経過を踏まえて1990年の後半に「塗装技術」誌に柳辺忠郎の筆名で「自動車塗装に於ける水性ベースコートの展開を探る」を5回連載して、自動車のメタリック塗装の歴史からその高外観塗装と環境対策とを両立させた水性ベースコートの発明の経過、その工業化の実態をレポートして関係者から注目を浴びた。

また技術研究所の小松泰典さんは「自動車塗装における水性ベースコート」を日本塗装技術協会が主催した「自動車塗装と塗料のレオロジー」で講演してホンダの実績を報告した。

そしてこれ迄の実績が評価されて関西ペイント(渡辺忠さん、三辻勝さん)と本田技研工業(富岡義雄さん)、本田技術研究所(小松泰典さん)、ホンダエンジニアリング(柳沢孝さん)の4社の共同研究である「水性ベースコートの開発」に対して平成3年度色材協会技術賞が授与されることが1992年に発表された。そして埼玉県大宮市(現さいたま市)のソニックビルで授賞式があり、関への渡辺忠さんの記念講演が



平成3年度色材協会技術賞受賞記念テレホンカード (1991年)



テンションメーターによる外観品質差の検証

催された。

その後に展開された水性ベースコートを採用したクルマの外観検証を行なった所、次のデータが得られている。

続いて鈴鹿製作所の第一塗装ラインの更新に当たって実行した「下/中/上塗装の全工程」を水性塗料化する日本最初の「ISO14000」に適合を目指した革新塗装ラインが2001年に稼働開始している。

### 3. プラスチック塗装の静電塗装化への再挑戦

アメリカのHAM(ホンダ オブ アメリカ 製造)のELP(イーストリバティ工場)が水性ベースコート塗装プロセスで立ち上がって間もなくプラスチックバンパー塗装ラインの新設計画が持ち上がっていた。これに対してオハイオ州EPA(環境保護庁)は非公式に今回は新しく制定されようとしている規制を適用する見通しなので予め検討をするようにとの申し入れがあった。これは同社のMAP(マーズビル工場)内にある第2プラスチックバンパー塗装ラインが犯したVOC排出量届出量違反を指摘されたとかの事件があったからの配慮なのであろうか。

そして現在の乗用車が採用しているプラスチック部品の塗装面積は次第に増加して車体の約10%に達しており、しかもオフラインで塗装されていることから大気浄化法でのVOC排出規制の対象になりつつあった。しかしその扱いは様々であり、明確にされていないケース、全体に包括されているケース、区分され明記されているケースがあり、その中でも明確になった例

は次に挙げるミシガン州やロスアンゼルス(S C A Q M D(南カリフォルニア大気環境管理区)では同部類に対してより厳しい2.3~2.8 lbs/galが知られている。このような背景に呼応したのは、自動車の都と呼ばれるデトロイト市のあるミシガン州が全米のトップを切って「プラスチック部品への塗装作業からの有機溶剤排出抑制規則」を州法として施行したからであり、これに続いて連邦E P Aでもこれと類似のC T G(抑制技術ガイダンス)を発刊してR A C T(妥当な利用可能な抑制技術)として規制を行う方針を固めているとのことであった。この規制の方法は、先ず使用する塗料の機能タイプ別に塗料中に含有できる有機溶剤の許容限界値を“溶剤g/塗料容積1”で表示したことであり、併せて塗装作業の塗着効率が65%以上であるか、または使用するスプレーガンが別に規定されている「低圧高容積の霧化空気を消費するH V L Pガン」であることの二条件であった。

塗料種類	塗料 VOC (lb/gal)		
	'89-12-31	'92-12-31	
焼付 (内・外装)	プライマー 軟	5.0	4.5
	硬	4.0	3.5
	ベース	4.6	4.3
	上塗り クリヤー	4.3	4.0
	非ベース/クリヤー	4.7	4.3
常乾 (外装)	プライマー	6.1	4.6
	ベース	5.8	5.0
	上塗 クリヤー	5.4	4.5
	非ベース/クリヤー	6.3	5.0
常乾(内装)	6.3	5.0	
タッチアップおよび補修	6.3	5.2	

#### ミシガン州のプラスチック塗装に関する新VOC規制

そこでH A Mの生産企画を担当していた川村紀生さんは今まで伝統的に使用を避けていたプラスチック部品への静電塗装法を今度は採用せざるを得ないと覚悟したのであった。それは約15年ほど前に狭山工場のプラスチック成型ラインの上の三階に設置していたプラスチック塗装ラインで起こった全焼火災事故があったからで、それはベル型静電塗装機の取り扱いが原因であり、溶融して燃えながら流れ落ちるプラスチック材料の消火には大変手こずったことに懲りていたからである。

一方、狭山工場では最高級車「レジェンド」、対米輸出車の「アキュラ」に装着している複雑なスリートンカラーのプラスチックバンパーの増産がもためられ、これに应付するためのプラスチック塗装ラインの増産と体質改善を兼ねた増強計画がスタートしていた。この頃から東京湾岸地域の各都県では炭化水素類の大気中への排出抑制による光化学スモッグ警報の発令頻度の削減が環境庁から指示されて条例改訂や指導指針などの制定が進められていた時期であったから、このプラスチック塗装ラインにも静電塗装によって溶剤排出率の削減を図ろうとする気運が高まっていた。それに加えてアメリカでの溶剤排出抑制がプラスチック部品塗装にも拡大されることが明確になったこともこのプロジェクトを後押しする形となった。

そこでプラスチック工場の塗装生産技術陣を強化するためにベテランの技術主任である合田一樹さんが転籍して、プラスチック塗装の生産技術担当であった桜井貞雄さんと共にこの計画をスタートさせたのであった。

先ずH V L P低圧ガンまたは鈴鹿製作所で開発したエアレス/エアーコンビネーションスプレーガンを装着した塗装ロボット(トキコ製)で導電プライマーの下塗り塗装を行ない、次いでベースコートはエアー霧化静電ガンを付けた塗装ロボット群で塗装し、その後のクリヤーコートには回転霧化静電ガン(ミニベル静電)を装着した自動塗装機で塗装するラインナップで挑戦した。

この表面積の大きなバンパー面への導電プライマーを塗装した後にアースが外れて静電的に中吊り状態になったままで電界ゾーンに入ると多大な容量の帯電が生じて、それが何らかの条件で放電する際には強力なスパークを発生して引火するであろうことが机上で議論された。そこで被塗物のバンパー1個に対して少なくとも2カ所以上のアースポイントを設けると云う慎重な手法が取入れられた。そのアース不良を検出するシステム、それに火花放電による炭化水素の燃焼による紫外線を迅速に感知するシステム、塗装機ごとの不活性ガス消火装置などの防災システムを構築してリスク削減に努力を費やした。私は工場の新技術の安全審査の担当としてこのプロジェクトには特別な関心を払ってきたので、このプロジェクトが安全承認をうけて、

成功裏に生産を続けていることには大変喜んで  
いる。そして桜井さんはこのノウハウをアメリ  
カへ技術移転する役割を果たすことになるので  
ある。またこのプラスチック塗装ラインの静電  
塗装化はおそらくアメリカからの要請が無かつ  
たならば実現できなかったことであろう。

#### 4. カナダに教えられた二液ウレタン系塗 装の有害性作業

##### 1) 目を覚まされたカナダからの警鐘

昭和61年にカナダのオンタリオ州のトロント  
郊外に建設していたホンダ オブ カナダ製造  
(HCM) のアリストン工場が完成して「ホン  
ダ シビック」の生産を開始した。そしてその  
翌年にはプラスチック成型部門の新設に伴って  
プラスチックバンパーの塗装ラインも設置され  
ることとなった。その計画の全貌がオールホン  
ダ化成分科会で披露されて技術評価を受けるこ  
とになり、分科会ヘッドの高城勲さんと共に私  
もそれに臨んだ。ここで語られた二液(2K)  
ウレタン樹脂塗料を用いたバンパーの塗装ライ  
ンの作業に関する硬化剤に含まれる「イソシア  
ネート」に対する労働安全衛生上の配慮の厳し  
さには私を驚かせるに十分であった。例えばソ  
フト面では、法律による『人が直接的にイソシ  
アネートに暴露されることを禁止する』に基づ  
いて塗料供給メーカーであるPPG社では率先  
してホンダの関係者を集めて安全衛生トレーニ  
ングビデオによる教育訓練が始められていると  
のことであった。それには医学専門家によって  
塗装ブースの中であってもフレッシュエアー供  
給保護マスクの着用が何故必要であるのかを、  
その取り扱いによって懸念される健康上の障害  
などを丁寧に解説していたのであった。

一方、ハード面では硬化剤は窒素ガスを封入  
した専用コンテナの荷姿で供給され、自動的  
に二液定量ポンプを経由して塗装ブース内の塗  
装機に送られ、噴霧される直前に混合されて消  
費されるシステムであった。特に色替え洗浄廃  
液の回収やガンの清掃などの自動化が求めら  
れていたとのことであった。

その頃北米生産では先輩格のHAMのプラス  
チック塗装ラインでは全ての塗装作業者はフレ  
ッシュエアー供給保護マスクの着用を自主的に  
励行する伝統ができており、作業雰囲気環境

管理にはイソシアネート許容濃度測定を、OSH  
HAで定められているMDI(メチレンビスフ  
ェニルジイソシアネート)の8時間TWA(時  
間重み付け平均値)を定期的に測定していたの  
である。

このようにプラスチックバンパーの塗装作業  
を先進国のアメリカやカナダに技術移転してか  
ら初めて逆に技術を提供する側の技術者が安全  
衛生面の勉強をする始末であった。これも当地  
の人々が自分自身の安全や健康は自らで守ると  
云う心構えであり、元々子供の頃から鍛えられ  
た自己主張の習慣も加わって我々に強い印象を  
与えたのであろうか。確かその始まりはオート  
バイ工場ですスタートした塗装面へのストライ  
プ貼り付け部を摩耗から保護するために塗装す  
る非黄変性低温硬化型2Kウレタン樹脂クリヤ  
ー塗装から作られた伝統であろうか。それが続  
いて導入されたプラスチックバンパーにも継承さ  
れているのである。

これに引き替え日本国内のホンダ関係部門で  
は精々一般的な溶剤吸収缶を付けたスプレー作  
業用マスクの着用を求めている程度なのには愕  
然としたのであった。私は技術革新によって安  
全性が高まったと業界で宣伝されている2Kウ  
レタン樹脂塗料を使用しているホンダ純正補修  
塗料によるクルマの市場サービスの補修塗装作  
業やプラスチックバンパーへの塗装ラインでは  
人の健康に対する安全衛生上の懸念は無いもの  
と信じていたから尚更であった。

そこで別件だが、確か1980年代にカナダのフ  
ォード社の最高級乗用車工場で成功したと伝え  
られている「グラマラス(豊艶な)塗装」と呼  
ばれる素晴らしい外観を作り出しているのは  
「2Kウレタン樹脂クリヤール」であったことを  
思い出して、フォード社の塗装技術のトップで  
あったヤングさんの解説した安全対策報告を読  
んで一層驚きは頂点に達した。彼は「供給され  
るイソシアネート系硬化剤には4%以下のモノ  
マーを不純物として含まれる危険を考慮してお  
り、そしてイソシアネートモノマーは全塗料  
に対する重量比率で数百ppm程度と少なくな  
ってきているものの、ポリマー的なものを含め  
ると可成りの比率で含有していると考えておく方  
が良いだろう」と結んでいた。そこで、その要  
点を引用させて頂こう。

『1973年、フォード社は連邦EPA大気浄化

法に必ずやべく、塗装の材料とプロセスを改善するために、有機溶剤排出管理プロジェクトを発足させた。そして2Kウレタン樹脂塗料の開発は有機溶剤の排出を削減させるためのハイソリッド塗料を狙ってスタートした。そのテスト結果では耐候性、耐薬品性とも非常に優れており、当時懸案であった耐酸性雨対策の手段としても技術開発が急がれた。

そして1989年にセント トーマス工場で生産しているフルサイズ高級車「ピクトリア」、「マーキュリー」などに2Kポリウレタン樹脂クリアーを採用した。

さて、この工場におけるイソシアネートの安全衛生対策の骨子を記そう。

- ①：製造され、フォード社に納入されるまで、極度に揮発圧力が下げられている。スプレーするか、加熱しないかぎり、通常では放出はない。従イソシアネートはHDI（ヘキサメチレンジイソシアネート）モノマーの状態、全体の0.6~1.0%含有されている。
- ②：「イソシアネート放出管理計画」により、OSHA、NIOSH（国立安全衛生研究所勧告値）、カナダオンタリオ州の放出濃度基準よりも低い基準であるべく“0.002ppm”を作業上使用することとした。
- ③：使用規則と管理について、2Kウレタン塗料の適切な使用にあたってはどこでイソシアネートの放出が起こり得るか、詳細にわたる使用規則が必要である。その規則は、通常の管理と、突発事故時に対してのものであり、オンタリオではジイソシアネートの使用規則を法律で必要と定めており、なおかつ、労使間の合意が得られていなければならない。

実用的な管理規則として、遵守すべき項目は以下のとおりである。

- 〈1〉設備（機械）による管理と空調の設置
- 〈2〉保護具はフレッシュエアー供給マスクなど
- 〈3〉工場空調用監視モニター装置、及び記録計
- 〈4〉事前の作業説明と定期的な健康診断
- 〈5〉職場衛生と安全研修
- 〈6〉流出管理・廃棄物処理

#### 〈7〉応急手当

- ④：健康診断によって、呼吸器にイソシアネートに感作された作業員の発見と、感作されるか、または感作された疑いのある作業員の監視が必要である。万一の感作に備えて、常に理解を深めておくよう、感作への警告や、教育は定期的に行われなければならない。
- ⑤：緊急時に備えて漏れや廃棄処理に対する適切な処置手順が明確となっていること。
- ⑥：2Kウレタン樹脂塗料との兼用のできる一液ハイソリッド アクリル クリヤーコートが内装用としてBASFによって開発された。この1Kクリヤーは2Kクリヤーが外装用として塗布される前に、ウェットオン ウェットで塗布され、2Kクリヤーのマニュアル・スプレーの削減とロボットの使用削減、及び2Kクリヤーの単純塗布を可能にするものである。
- ⑦：2Kウレタン樹脂クリヤー導入の要件として、マニュアルによるスプレーは廃止し、塗装自動化することであったが、万一に備えて作業員の安全のために、フレッシュエアー供給式マスクが開発されていた。  
しかし、ハイソリッド アクリル ベースコートに2Kクリヤーコートへの兼用性のある1Kアクリルクリヤーコートの開発が、事態を好転させた。
- ⑧：システムは固定ガンとロボットにより、100%自動化され、2Kクリヤーがボディー外板に塗布される。静電ベル2ステージで、ほぼ100%の外板をカバーし、2台のロボットで補正する。  
エアーシールが2Kクリヤーゾーンの入口と出口に設置され、オーバースプレー（ダスト）を完全に遮断している。
- ⑨：計量器のモーターはスプレーブースの外に、ポンプは中に配置され、2Kはギヤーポンプで計量され、霧化直前に混合される。
- ⑩：特別なクリーンルーム、ロッカー、シャワールームが用意され、汚れてきたない場所とクリーンルームを分離している。
- ⑪：調査室は2Kクリヤーのイソシアネートタンクを隔離した。クローズドタイプの塗料調合システムに供給するよう設計された。窒素とドライエアーのブランケットが、

インシアネート・タンクとサブライ・タンクに用意されている。OSHAはタンクの排出口が必要であるとした。このため、ドライエアーが第一のプランケット材として選ばれ、より高価な窒素はバックアップ用となった。

⑫：インシアネートタンクには独自の器具が使われており、他のペイントシステムに間違って、供給されないようになっている。』

その後水性ベースコートを採用すると同時に組み合わせるクリヤーコートに2Kウレタン樹脂塗料を使用する傾向が進んでおり、ドイツのペンツ社では主力二工場が、アメリカではGMAD（アッセンブリー事業部）のSt. Thresse、Wenzville、Springhillなどの工場を採用していると云う盛況さとなってきている。

さて、これ程にもカナダの行政が「インシアネート」に厳しくなったのは単に世界で最も厳しい英連邦盟主であるイギリスの規制を見習ったのかとも思っていたのは早合点であった。これはその昔カナダでは寒冷地向け住宅建築の際には建物の断熱材として開発されたばかりのウレタンフォーム層を現場で塗布発砲させる工法が行われるようになり、そこでは発泡材を含んだ主材とインシアネートを含む硬化剤とを混合しながら壁に吹き付け塗布することから作業者は飛び散るミストや蒸発するガスなどを吸入したことから深刻な不可逆的な呼吸障害が多発したとの教訓の賜ものであることを教えてもらった。

一方、既に販売されたホンダ車への正規のアフターマーケット用補修塗料にも外観と耐久性の優れた2Kウレタン樹脂塗料がクリヤー塗膜を上層に塗装した2C1Bメタリック色のクルマへの適用に普及しているのがであった。そこでアメリカの補修塗料の主力メーカーであるデュポン社のアフターマーケット塗料事業部のトップから教えて頂いた所によると、現在アメリカで補修塗装に携わっていたスプレーマンが健康を害したとのことで塗料メーカーに損害賠償を求めている訴訟が百数十件も出されている状況にあり、過去の問題が顕在化したものであるとのことであった。これは主に欧州や日本からの輸入乗用車用の補修用塗料として輸入されていたが、その後海外の塗料メーカーからの技術供与によりアメリカの塗料メーカーも製造販売す

るようになったとのことだった。例えば大日本塗料からシャーウィン ウィリアムス塗料が技術供与を受けて「サムライ」と呼ばれる日本車向けの補修塗料を販売して人気を博しているとのことであった。勿論今は徹底した安全衛生上の教育プログラムが用意されて塗装ブース内でもフレッシュエアー供給マスクの着用が促されるようになってきているとのことだ。

やがてわれわれのホンダでも本格的なスポーツカーである「ホンダ スポーツNSX」の実現が近くなって、原色の冴えたソリッドカラーや高輝カラーの水性ベースコートの上の2Kクリヤー塗装の優れた塗装外観を得るために2Kウレタン樹脂系塗料による量産の塗装作業が行われる際の準備を急がねばならないことをさとりたり、既に盛大に活用している多くの部門への更なる啓蒙を進める義務感に駆られたのであった。

## 2) ホンダにおける二液ウレタン樹脂塗装の系譜

ホンダで初めて2Kウレタン樹脂塗料を使ったのは昭和37年に発足した鈴鹿サーキットランドで使うためのホンダならではの遊技施設を設計制作するために元白子工機工場跡に店開きをしたテックプロダクションであろうと思うのは有名な本田さんのエピソードが伝わっているからである。ここの最大のヒット製品はF-1レーサーを模したゴーカートで多摩テックの人気の的として走り回っていた。或る時ここを視察に訪れた社長の本田宗一郎さんが盛況のゴーカートの日の丸がピンク色に変色しているのを見とがめられて、「コカコーラの赤の看板でさえも永年色が変わらないのに、このピンク色とは何事だ」と製造元の瀬下さんが叱られたとか。この事件後からは、ここで作られる遊技車の塗装は厳しく品質が吟味されるようになっていた。その頃、塗料を納入していた塗料ディーラーの滝口商店の播磨さん（現、平鹿商事社長）は自動車の補修用塗料を選んで納入して信頼を勝ち得ており、特に手間の掛かるFRP（ガラス繊維強化ポリエステル）で作られた車体には仕上がり性が優れた2Kウレタン樹脂塗料と云う新製品を推奨していたのであった。

実はこの工機工場跡にはサービス部の全国に展開しているSF（サービスファクトリー）を



支援する車体補修技術部門が本拠を構えており、ホンダ純正補修塗料の色彩統括や塗料仕様の設定、補修塗装技能の訓練マニュアルなどを業務としていた。ホンダでも流行し始めたメタリックカラーが数多く登場するようになると今までの酸硬化触媒を添加して使う低温焼き付け補修用塗料では仕上がりに不満な点があったり、プラスチック製のボンネット、フェンダー、テールゲートなどを塗装する際には車体から取り外さなければならなかったことが不満であった。特にメタリックカラーの塗装は車体と同時に塗装して色差やメタリック感の違和感などのトラブルを無くす為に、プラスチック、鉄板も同時に塗装して仕上げたいとの希望が寄せられていた。そこで80℃でも硬化する品質の優れた新技術の2Kウレタン樹脂塗料を利用する動きが見受けられるようになってきた。そこでトップの植草一郎さんは以前からテックプロダクションで信頼を得ていたイサム塗料の2Kウレタン樹脂塗料を補修塗料として検討することになったようであった。そして昭和49年にはクリヤーを上層に塗装した2C1Bメタリック塗色がクルマに採用され始めるのと同時にイサム塗料と共同開発によって業界に先駆けた黄変性を改善した2Kウレタン樹脂低温焼き付け塗料とアクリルウレタンラッカー常温乾燥塗料の2本建てのホンダ指定補修塗料調色システムの普及を開始した。この塗料は材料コストが高く、しかも作業の安全性から厳しく塗装用マスクの着用や塗装ブースの完備などが必要な塗料であったが仕上がりの良さが認められ、現在も欠くことのできない自動車補修塗装システムとして世界中で活用されている。

またそれより少し前の昭和44年頃からであろうか、「ナナハン」などの大型オートバイにはプラスチック部品への塗装や塗装面に貼ったストライプテープの保護クリヤー塗装として貼マークの素材のスコッチカルやプラスチック素材に損傷を与えない低温焼き付けのできる2Kウレタン樹脂塗料が登場しつつあった。

これはその後クルマのプラスチックバンパーがフレキシブル性を持った塗装部品として全盛を迎えると、その塗膜の柔軟性と低温焼き付け性の特徴が利用されて2Kウレタン樹脂塗料の独壇場となった。この延長上で再び車体のフェンダーやドア表皮などのプラスチック化を実

現した「ホンダ CRX」の登場にはオフライン塗装として2Kウレタン樹脂塗料が採用されている。

最近ではアメリカ向け輸出車に求められるクリヤー塗膜の耐酸性雨性を求める対応策として硬化剤のメラミン樹脂の一部をIPDI（イソホロンジイソシアネート）のMEK（メチルエチルケトン）オキシムによるグロック化した硬化剤が置き換えられているクリヤーが採用されている。これにはIPDIモノマーは存在していないが微細な塗料ミストには同様な配慮が必要であろう。

今の品質競争の激しい世界の乗用車塗装を眺めると、前節で述べたアメリカのビッグスリーのフルサイズカーや欧州の高級乗用車には2Kウレタン樹脂クリヤーコートが採用されて環境対策、耐酸性雨対策、硬質外観を誇っている。いずれ近未来のホンダにも登場するであろう「フラッグシップ（旗艦）」となるクルマへの2Kクリヤーコートの採用が期待されているのである。

### 3) イソシアネートのもたらす健康障害とその安全衛生規則

最初に「イソシアネート」の健康に対する障害についての今日的な認識を調査してみた。

まず急性的には、ペーパーによる気道感作（かんさ）と、呼吸器や目の炎症、ただれがあり、直接、液に触れた場合には、接触部の炎症やアレなどが症状としてあげられる。特に、一度イソシアネートに感作されると、その人は恒久的に感作されて、たとえほんの少量のイソシアネートでも「喘息」と同様なアレルギー反応を引き起こす。

イソシアネートは通常の状態では基本的に揮発性があるものとして取り扱われる。最も危険なことは、人がペーパーを吸い込むことである。そこで現在硬化剤に使われている「イソシアネート」は高分子化や付加体化などを行って低蒸気圧化しており、残る懸念は不純物としての「イソシアネートモノマー」の存在とそれらの硬化剤を含んだ微細な塗料ミストなどの吸入とされており欧米では監視の手を緩めていないのが実情であるようだった。例えばOSHA発行の局所大気汚染物質の管理基準の中では、イソシアネートモノマーについて制御エアールのある

塗装ブースのみでの対策は不可能として、フレッシュエアー供給マスクの着用を推薦していることから判る。

最近になって微細な塗料ミストに含まれている硬化剤中の「イソシアネート基」の有害性が議論されるようになり、特に呼吸される空気に同伴して吸入されて肺の中に到達して吐き出されないような“0.3ミクロン前後”のミストは肺胞内で吸収され、あるいは長期間肺に沈着保持され、その肺の組織に不可逆的な機能障害を起こさせるから、「モノマーペーパー」と同様であるとの見解が出されるようになってきた。それ故に長期間にわたる作業従事者では慢性的障害を引き起こすことが実際に懸念されている。

次に各国の規制や材料メーカーの安全指針などを挙げてみよう。

#### ①：アメリカ

OSHA（職業安全衛生規則）による強制的な規制があり、それらが制定される前段階として関係者に有害性や危険性を警告する情報を開示するルールメイキング（法作成手順）が存在することが判った。それは“ACGIH（アメリカ行政産業衛生専門官委員会）”と呼ばれる機関が年刊で発行する“ACGIH”である。これは産業界に新しく導入され始めたり、既にOSHAで規制されているものの新たな事態が顕在化し始めたようなケースについて全米に配置されて活動している行政に属する産業衛生専門官が情報を集めて定期的に議論した結果を年次報告の形で一覧をまとめて発表するものである。これに併せて“ACGIH-DOCUMENT”も発刊されているのであった。前者には有害物質への人の暴露による危険を警告する対象物質ごとに当面管理すべき濃度限界値の勧告値が一覧として示されており、後者は顕在化した問題の事態とその分析、そして勧告値を決めた理由、その回避対策などをデータを示しながら解説している。前者の日本語版は横浜市にある沼野井法律事務所が発刊していることも知った。

次にOSHA（職業安全衛生規則）では蒸気圧の高いとされる“TDI”（トルエンジイソシアネート）と“MDI”（メチレンビスフェニルジイソシアネート）の二種類が規制の対象となっていた。しかしながら、“ACGIH”には“HDI”（ヘキサメチレンジイソシアネ

ート）、“IPDI”（イソホロンジイソシアネート）など数種が一覧に登録されており、これらは非黄変性ウレタン樹脂塗料にも配合される成分とされている。

また“ACGIH-DOCUMENT”には最近使用されはじめているイソシアネートはその蒸気圧を低下させて安全性を向上するために重合化や付加物などに編成して高分子化する方法が採用されており、イソシアネートペーパーの有害性は不純物として残存するモノマーの存在だけが残っている。しかしこれらの成分を配合した硬化剤を混合した塗料ミストがスプレーマンの呼吸する空気に伴って肺内に残留するリスクがある。それは“イソシアネート基”は肺の組織に不可逆的な機能障害を起こさせるからで、これへの対応策が急務であると警告している。

しかし量は少なくともモノマーでは極めて反応性が高いことからACGIHでは許容濃度（TLV-TWA：時間重み付け平均値としての閾値）の“5ppb”、最大許容濃度（TLV-STEL）の“20ppb”を勧告している。そのためには塗装ブースの中であってもフレッシュエアー供給マスクを常用することが推奨されていたのであった。

また別の知見として、許容濃度（TLV-TWA）が0.01ppmから0.005ppmに下げるように提案されている。この場合瞬間値は幾つまで許されるのであろうか、ACGIHの場合には天井値（C）が定められていない場合5倍までとされているから“0.025ppm”となる。残念ながら瞬間値を計る方法がなく、現在でも15分サンプリングで、“0.005ppm”を検出するのが精一杯である。

これに対して「GMD」（毒ガスモニタリングシステム）によれば4分TWAが測定可能となり、これによってACGIHの許容値の5倍を越える可能性は塗装ブース内でも十分に存在することが判った。これはスプレーミストの状態（ガンの運行と被塗物の形状と顔の位置と排気）などに大きく関係することになる。この点からもフレッシュエアー供給マスクが推奨される理由なのであろう。

また、製造メーカーであるアメリカ バイエル社のHDIのMSDS（物質安全データシート）によれば微細なミストの呼吸雰囲気中での許容濃度を“立方m当たり0.1mg以下”と明記

していた。

## ②：欧州

ドイツのアフターマーケットでの自動車補修業界では、2Kウレタン樹脂塗料で補修塗装作業を行なう際に注意すべき安全衛生上の課題は最近になって微細な塗料ミストに含まれている「イソシアネート基」の有害性が議論されるようになり、特に吸入されて肺の中に残ってしまい長期間にわたる作業者では慢性的障害が懸念されたのである。この観点から管理濃度の測定には、従来の空気中のペーパーを吸収させるためのインピージャーを使った吸収法の空気サンプリング法に替えて、空気と共に呼吸される微細塗料ミストも等速吸引することのできる吸着管法を行なうことを推奨しており、これはガラス管の中に活性炭層、および反応試薬である「1-(2-メトオキシフェニル)ピペラジン」で湿潤したガラス繊維などの充填層によってペーパーと微細ミストとを捕捉する方法である。

そして通常スプレーガンのノズルから噴霧された塗料の1次粒子は、平均粒子径30ミクロン程度と大きいのが、塗装面から飛散する二次粒子は極めて小さく、通常は10ミクロン以下のミストが殆どを占めている。特に2ミクロン以下の微粒子では作業環境空气中に長時間浮遊する特性を持っており、液体塗料ミストは有機溶剤成分の蒸発により時間と共に微少な粒子に変化することから、“PSミクロン前後”のミストや粉塵に対して99%以上の捕集効果を持つフィルター付きマスクの使用が望ましいとされている。

また亜慢性毒性については、BYER社のH J I（ヘキサメチレンジイソシアネート）のMSDS（物質安全データシート）に基づくポリメックイソシアネートは「ビューレット体、ヌレート体（二および三重合体）など」のミストなど、粉塵としての有害度をガイドラインとして定めている。

イギリスでは塗装ブースからの排気中に含まれる「イソシアネート基」の濃度限界値が自動車製造における塗装ラインの溶剤排出規制の中に定められているもので、イソシアネート基として“0.1mg/立方m以下（ただし粉塵は除く）”となっている。

## ③：最も情報の少ない日本国内

日本では労働安全衛生法、同規則、有機溶剤

中毒予防規則、特定化学物質等障害予防規則（特化則）、作業環境測定法規則などが逐次充実されつつあり、「イソシアネート」は特化則2よりTDI（トルエンジイソシアネート）が“0.02ppm”と規定されている。しかし1990年に法に先行して勧告を公表している日本産業医学会の許容濃度委員会においての勧告値では“0.002ppm”が提示される為、改訂の動きが進みつつあるといわれている。また他の資料ではTDIについて許容濃度“2ppb（0.014mg/立方m）”が、最大許容濃度が“20ppb（0.14mg/立方m）”が述べられている。

現在ではTDIの他にHDI（ヘキサメチレンジイソシアネート）、MDI（メチレンビスフェニルジイソシアネート）、IPDI（イソホロンジイソシアネート）、NDI（ナフタレンジイソシアネート）、XDI（キシレンジイソシアネート）などのモノマー類、あるいはHDIベースポリマーであるDesmodur N、TJDIベースのDesmojur Lなどの多量体、ブロックポリマーなどが工業的に使用されつつあるが、これらの新しいイソシアネートはミストも含めた暴露限界を定めるにはデータ不足であり、当面既に定められているTDIと同等レベルに管理することが望ましいのであろう。

## 4) 受け入れ易い2Kウレタン塗装用保護マスクの開発と普及

### (1) イソシアネートへの現状の再認識

平成2年3月になって私は技術スタッフの塩沢信雄さんと共に狭山No.1プラスチック塗装ラインでのプラスチックバンパーの塗装作業におけるHDI（ヘキサメチレンジイソシアネート）モノマーの特別環境濃度測定を労働安全衛生担当の桜井さんに依頼して実行し、現状認識を得た。そこでは、その塗装ブースは典型的なプッシュプル型式の制御風速0.3~0.5m/sの給排気方式であり、通常はACGIHガイドライン値を越えてないことを確認した。そして通常使用している有機溶剤ガス吸収缶付きの塗装用マスクの除塵効果を模して、塗料ミストの通過を阻止するためのガラスウールを充填したフィルターを通してインピージャー法で空気をサンプリングしてHDIモノマー濃度は通常のフィルターをつけない場合の約80%減少した値が得られた。これは塗料ミスト中に含まれるHD

Iモノマーが含有されており、塗料ミストを除去することでHD Iモノマーが減少したと判断した。またHG Iモノマー濃度についてはHD Iポリマーの規制ガイドライン値はないが、アメリカ バイエル社のHD IのMSDS（物質安全データシート）によれば微細なミストの呼吸雰囲気中の許容濃度を“立方m当たり0.1mg以下”と明記してあった。それ故防塵マスクの着用は必須であることは確実と思われた。

次のステップとして、平面の多いクルマの外板塗装を模した被塗物の塗装作業においてイソシアネートペーパーとすべての塗料ミスト、それに慢性呼吸障害を起こす恐れのある0.3ミクロン前後の微小サイズの塗料ミストの存在濃度の確認とその防護策を研究することになった。

先ず、現在自動車上塗り用に使われる2Kウレタン樹脂塗料に配合されるであろう「イソシアネート」についての知見を検討した。それには、HD I（ヘキサメチレンジイソシアネート）、MDI（メチレンビスフェニルジイソシアネート）、IPDI（イソホロンジイソシアネート）、XDI（キシレンジイソシアネート）などのモノマー、あるいはHD IベースポリマーであるDesmodur N、ビュレット体、シアヌレート体などの多量体、ブロックポリマーや付加化合物などが数多く挙げられたのであった。

そしてそれらのポリマー中には蒸気圧の比較的高い原料であるモノマーが不純物として%オーダーで残存しているのが通例である。このウレタン樹脂塗料の開発初期ではイソシアネートモノマーの揮発性を抑えるための低蒸気圧化を実現するために多くの努力が払われて多くのポリマーの形式が開発されてきたが、現在は新しい機能としてのハイソリッド化、耐酸性雨性、高質外観性などを求めて新たなイソシアネートが開発されつつある。従って、使用している塗料の中にどのような構造のイソシアネートが配合されているのかが開示されて、環境濃度の分析者がその検量線の作成のために必要な単味イソシアネートを確保する必要があるが、先端的な材料の配合を開示してもらうことは容易ではないのが実際であろう。

最近になってペーパーは勿論、微細な塗料ミストも含めたTLV-TWAが4分測のリアルタイムで測定できる毒ガス濃度モニタリングシステムがアメリカで市販されており、従来の測

定法との相関性も良好であるとのことも確認されている。これは我々にとって大変な難しい時節とはなってきたが、それらの多くのイソシアネートについてTLV-TWAなどの管理限界値も確定されていないことが多く混迷を深める結果となっている。そこで安全対策を経済的に進めるには、①自動化（無人化）、②フレッシュエア供給マスクの着用、③溶剤ガス吸引缶+高性能除塵フィルターを装着したウレタン塗装用マスクの着用などが挙げられよう。

これらの背景から、この研究には関西ペイントの平塚研究所の藤井泰弘さんと分析は坪井さんに協力してもらい、マスクの製造メーカーであり、しかも研究所を私のホンダ狭山工場に隣接した飯能市にもっている興研にも参加して頂くことになった。

## （2）GMDシステム社のイソシアネートモニター計の登場

この頃、「塗装技術」誌の座談会で「塗装ブース排気洗浄システムの進歩」と題する司会を依頼された際に、ホンダにキラー剤（塗料不粘着化剤）を納入してくれていた伯東化学の神戸（かんべ）さんに出席して頂く交渉をしていた時のことであった。この雑談の中でイソシアネートについての知見を尋ねたりしたことからこの伯東化学が「GMD毒ガスモニタリングシステム」の日本代理店をやっていることが判り、イソシアネートの測定もできるとの話を聞かせてもらおうと云う幸運に恵まれた。このシステムは文献に顔を出していたので知っていたもので、北米で使われている「イソシアネート用の毒ガスモニター」と呼ばれる測定機器が同社の松本さんから紹介されることになり、早速携帯用測定器を借用して実験に利用させてもらい大変重宝したのであった。

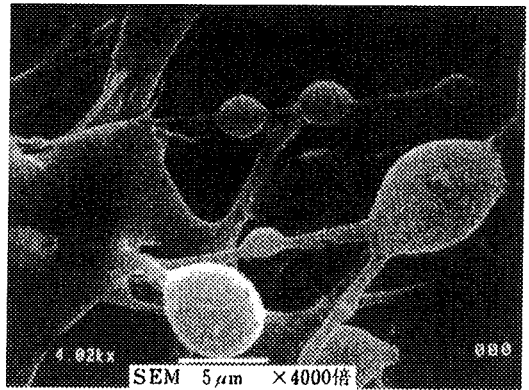
これは有毒ガスモニターの専門研究所であるGMD SYSTEMS社の技術であって、その検出の原理は特殊な薬品をしみ込ませた紙テープにガスが接触することによる化学変化に基づいている。紙テープを通してポンプによって吸引されたサンプル空気中にガスやミストがあるとテープの上に化学変化を生じて着色を生ずるので、この色の強さはサンプル中のガス濃度に比例するから、光ダイオードによりモニタリングするのであった。その表示にはリアルタイムの濃度（4分TWA）、15分TWA、8時間TW

Aの計測とHDI、IPDI、XJIなどを対象とした計器が提供された。そこで興研の木村一志さんは数ppb程度のHDIモノマーガスに対する濃度計測において極めて再現性が良く、また従来の分析法との相関性が良好であったことを認めて、その後のマスク開発の実験に活用することにした。

### (3) 簡単に利用できる2Kウレタン樹脂塗装専用保護マスクの開発

そこで興研の木村さんに日本人が受け入れ易い保護マスクを開発してもらうことにした。そして当面は原子炉メンテナンス作業で専ら使用する高性能防塵マスクを基礎にして検討を進めた。そして被塗物面から跳ね返ってくる塗料ミストの粒径分布の実験や溶剤と混在するガス状の「イソシアネート」との競合吸着現象などの研究の末に、従来から使用していた有機溶剤ガス吸収缶を併用して前後に粗、精密のフィルターを設けたウレタン塗料スプレー作業用保護マスクを完成させた。

この防毒マスクの試験において1ppb程度の濃度を連続に計測する必要があり、HPLC(クロマトグラフ法的一种)法などではサンプリングおよび分析操作等において非常に時間がかかることから今回のような試験には適さず採用できなかったのだが、DA Reilyのペーパーテープ検知法を応用したGMDシステム社製RIS・HDIモニターを使用することによりほぼリアルタイムで1ppb程度のHDIガス濃度を計測することができた。個人保護システムの観点と実際からは、現在塗装ブース内作業における有機溶剤の呼吸空気への含有量は、管理濃度の30%~50%に達しており、個人保護の



フィルターに捕集した塗料ミストの形態

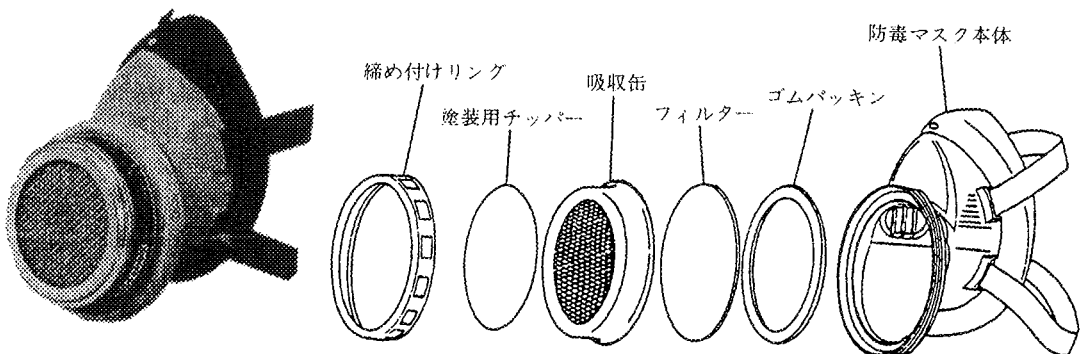
為に有機溶剤用吸収缶を用いたマスクを着用しているのが通常である。

「これに加えてイソシアネート(モノマーガス、ポリメリック体、その他)は別のカテゴリーとして除去されるべきものと考えなければならない」との見解であった。

このため追加フィルター、吸収缶によるイソシアネートモノマーガス体の吸着能力について検討した結果、木村さんは次の結論を得たのであった。

『排気設備が整備されていることによって少なくともモノマー濃度が0.05ppm以上にならない条件下で、有機溶剤用活性炭缶付き、チップパー、および除塵フィルター付きマスクを使用できるものとする。この条件以外、又は、不明の時にはフレッシュエアー供給式マスクとする。』

そこで、私は開発された保護マスクを得たので、当時の化成分科会ヘッドであった高城勲さんをお願いしてオールホンダの関係者に啓蒙することになった。尚、この有用な保護マスクの



有機ガス用防毒マスク(興研製)

【注】サカサ式R-8A型(国家検定合格第109号)

開発の経緯とその成果について「塗装技術」誌の1991年7月号に「先端塗装における呼吸器系保護」と題して興研(株)技術本部飯能研究所の木村一志さんと篠宮英樹さんが発表された。また横浜で開かれた日本産業衛生学会の年次研究会でも披露されて注目を浴びた。

## 5. 「ホンダ スポーツ NSX」の誕生

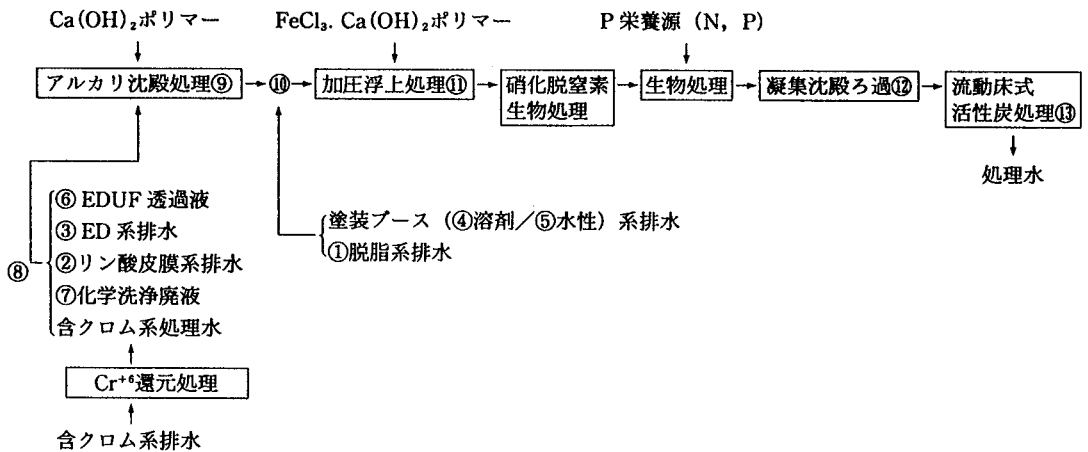
### 1) 高根沢工業団地への立地問題の混迷

ホンダは1970年代に入ると栃木県が鬼怒川北岸の河岸段丘の上に造成した高根沢工業専用地域に乗用車製造関連施設の立地を申請して広大な用地を取得することができた。県では鬼怒川河畔の伏流水を取水して県営工業用水道を造成地まで供給することと、造成地域からの廃水処理された工業廃水と雨水を鬼怒川に放流する公共下水道の敷設できる権利を準備していた。しかしホンダの乗用車製造工場の新設計画は具体化が遅れる一方、自前の高速走行のできるテストコースを備えた実証試験場（ブルーピンググラウンド）建設と、乗用車開発研究を担当するホンダ技術研究所施設の新設を先行する必要性に迫られていたから、当面は多量の用水や排水を必要とはしなかったので県営水道と下水道の建設は中断してしまったのであった。そしてテストコースと技術研究所からの生活排水や雨水は敷地の近傍を流れる農業用灌漑水利権が使われている小貝川水系に放流することになっていた。

その後栃木県や高根沢町からも乗用車組立工場の誘致を督促する声がホンダに伝えられていたが、1993年頃には新開発したスポーツカー専門組立工業の建設候補地として高根沢地区が浮上してきたのであった。しかし日量400トンの工業廃水を発生する乗用車塗装ラインでは鉛、ニッケル、マンガン、クロムなどの重金属イオンやフッ素イオン、有機窒素化合物などを使用していることからその廃水の放流先の選択に苦慮していたのであった。

そこでこの地方での河川の水質汚濁の問題やその規制動向、地域社会の敏感性などを調査することをホンダの環境対策技術を統括している設備管理分科会ヘッドである武政利夫さんと図って現地調査に併せて過去に県が実施していた工業地域造成のための環境影響調査報告書など

の解析を進めた。結論から言えばこの鬼怒川流域では漁業関係者は水質汚染に極めて敏感であり栃木県南部で発生しためっき業者からの排水による水田土壌のカドミウム汚染事件の記憶から農業関係者の工業廃水に対する懸念も決して小さくなかったのである。そのスタートは鬼怒川に注ぐ小支流に日量数千トンのと云われる工業廃水を放流する日産自動車栃木工場が操業開始してからは、その下流に当たる川底にいる水質指標となる水棲動物の種の変化が著しく水質汚染が進行していることが顕在化して水質汚濁防止活動グループや漁場関係者からの標的となったのであるとされていた。その後に対岸に造成された清原工業団地ではそこに立地する企業には厳しい自主規制に当たる公害防止協定が求められた上に、各工場からの処理済みの排水を合流させてから大規模な施設で凝集沈殿処理法によって排水の清澄性を確保する対策を実施してから鬼怒川に放流することにより地域社会から了解を得ることができたとのことであった。ここに立地しているキャノン社の清原工場ではレンズ研磨洗浄排水やクロムめっきの洗浄排水などを全て完全クローズド化を強いられて工業排水は一滴も河川へは流していない協定を守っていたのであった。そのような余りにも厳しい自主的な排水規制のために造成済み用地に進出しようとする企業に二の足を踏ませる結果となっていてまだ売れ残っているとのことであった。そして1980年代に入るとホンダのある高根沢町の南に当たる芳賀町でも工業団地を造成することが地域社会に認められた。ここでも立地する企業が結ばねばならない自主的な公害防止協定では、水質汚濁項目には害物を使用する製造プロセスからの廃水は「完全クローズド化」を義務付けられ、その上で廃水許容水質水準も県条例を上回る厳しさと云う前代未聞の厳格さであり、これは強力な環境ボランティアの入れ知恵と思われるものであった。例えば鉛イオンの排出濃度限界は0.1ppmとされており、これは水質汚濁防止法に定める水質分析法では検出限界を超えていたほどの厳しさで、県も水処理メーカーの栗田工業でもいささかあきれていたものであった。更にこの上に清原工業団地と同様に各工場からの廃水を合流させてから凝集沈殿処理法により清澄化した後に、更に流動式活性炭吸着処理装置を通過させて稲作水田への過剰な栄



高根沢工場排水処理フロー

養分となる恐れのある窒素分を除去して河川の灌漑用水を汚染させない努力を払うこととなっていたのには恐れ入った。ここまでくると日本で最も厳格な水質汚染防止地域の誉れの高いことだろう。それだけこの水田地帯は栃木の銘柄米である“芳賀米”の産地であることから納得できるようにも思われたが。

このような背景から新設する高根沢工場からの決して少量とは云えない日量約400<sup>ト</sup>の廃水を再び鬼怒川本流に放流することを県の支援を受けて約4kmの下水管を仮に敷設したとしても放流を簡単に地域社会が認める気配どころか反対し兼ねないと思われた。このような背景をホンダのトップが知っていたのかどうかは知らないが、ともあれ年産50万台規模の乗用車組立工場を建設しようとすれば以前の日産自動車のように事は運ばないことは必至であり、清原や芳賀の工場団地並みの廃水対策を講じなければならず、多大な投資とエネルギー消費と運転コストを負担することになって内陸立地の欠点に加えて大きな競争力の低下をもたらした筈であった。これが少量生産のスポーツカー専門工場であったことは幸運と云うべきであった。

この頃、技術研究所では特殊な廃水や試作車用塗装施設などからの日量15<sup>ト</sup>程度の廃水を加熱して蒸発乾固処理法が実施されており、悪臭を帯びた水蒸気の排出が懸念されながら運転していた。この方式によって日量400<sup>ト</sup>を処理することを主張した技術者もいたが、そのエネルギー浪費と臭気を帯びた水蒸気のもたらす大気汚染が近隣に所在する宮内庁の御料牧場に臭い

水滴を降らすような影響を与える懸念から私は強固に反対を宣言していた。そこで私の代替案は県と芳賀町の行政力にお願いしてホンダ系の企業も多数進出を決定している芳賀工業団地の配水系に高根沢工場の処理廃水を放流させてもらうことであった。その前提として地域社会にも貢献するであろう高根沢地区に所在するホンダの施設からの汚染廃水を高根沢工場内に新設する重金属、有機物、富栄養化物質である燐(リン)と窒素化合物などを処理除去する最新式廃水処理システムを経由して排水する前提であった。この方法は地域の行政に、地域社会の人々に、ホンダにとっても極めて安心感を与えることから実現できることになって一件落ち着いたのであった。この工場廃水システムの構築には鈴鹿製作所から実際の廃水を栗田工業の中央研究所に持ち込んで処理プロセスの実験を行って確立し、同社によって施設は落成したのであった。勿論のことであるが、協定書の述べている有害物質の法的な定義について解釈が明確とならず、国の水質汚濁防止法に基づく規例集を参考にしながら選択して、車体に採用しているアルミニウム材料の塗装前処理工程には完全クロード化を実施して芳賀工業団地の公害防止協定を正確に遵守することになった。そして平成2年(1990)1月栃木工場建設が発表された。

このプロジェクトは狭山工場に設置されて、そのPLには所長でありながら生産企画を統括していた常務の大塚伸之さんが就任し、それに高根沢工場長となる原田菊三さんの二人を立地問題で大いに悩ませた。そして廃水処理技術で

は狭山工場環境保全係長であった中村馨さんの協力を頂いたことは感謝に堪えない。私はこの成果を1995年頃に丸善より刊行された「用水廃水便覧」の応用編にある塗装工場廃水の処理事例として執筆したし、「塗装技術」誌の増刊号にも発表して啓蒙を図っている。

## 2) 間一髪のアルミボディの塗装前処理不全

私はその昔カメラメーカーでアルミニウム材料であるダイカスト部品や高力合金523の伸展材などの表面処理、例えば陽極酸化皮膜処理とその染色、フッ酸によるアルミニウム合金の酸洗処理、フッ素化合物被膜による塗装前処理などを経験した知見から自動車用外板材はともかく構造部用の高張力アルミ合金への表面処理には相当の準備研究が必要なことをホンダ技術研究所の材料研究ブロックのマネージャーとなっていた小松泰典さんに機会ある毎に情報を入れていた。特にアルミニウム合金材の自動車車体への応用を実践している名車「ランドローバー」を生産しているイギリスの表面処理技術情報を中心に集めていた。その頃丁度発刊されたその分野の技術を概説しているS. WERNICK他共著の“THE SURFACE TREATMENT AND FINISHING OF ALUMINIUM AND ITS ALLOYS” (アルミニウムとその合金の表面処理と塗装)を取り寄せて調査したものであった。そこには先ずアルミニウム材料の表面を研磨したり溶接などの取り扱い際に軟らかい表面に鉄粉などの異種金属物を象眼(埋め込む)するような事が有れば異常腐食の原因を創ることへの注意を喚起していた。また脱脂工程の目的については単に油脂類の除去作用だけでなく、アルミニウム材料の表面にできた自然酸化膜、熱処理などのような前加工によって形成された微量不純物偏折層、溶接時の表面汚染物があり、健全な化成皮膜を得るためには脱脂工程で油分の除去のみならず適度な表面のエッチングも要求されることに注目して処理液中に溶出蓄積する金属イオン類を含めた液管理に配慮する点が鉄鋼材の脱脂とは大きく異なることを教えられた。そして自動車ボディへの塗装前処理法には鉄鋼素材とアルミニウム合金材が混在したとしても処理可能なフッ素イオンを含んだ特殊なリン酸亜鉛系皮膜処理が実用されており、また

アルミニウム合金系材用には伝統的なクロメート法が適用されているとのことであった。

このプロジェクトが発足すると狭山工場の組立工場長であって前に自動車レースで欧州を転戦したことのある宮木清さんが団長となって欧州の有力なスポーツカーメーカーであるピニンファリーナ社やランボルギーニ社などに伺って高級スポーツカーを作る心構えを教えて頂くイベントがあった。この一行に加わった化成課長出身の鈴木清公さんに依頼してアルミニウム合金材を使ったボディの塗装前処理の実態を調べてもらった。そこでは各社から委託加工の注文も有るのでアルミニウム合金製、鉄鋼板製、亜鉛めっき鋼板製、またはそれらの混在するボディでも処理ができる特殊なリン酸亜鉛皮膜処理をクロムリンス後処理を付属させて使用しているとのことだった。特にランボルギーニ社からはホンダが希望するなら前処理技術のノウハウを提供する用意があるとの書面が届けられたのには恐縮した。

やがて車体の構造がアルミニウム合金を主体とすることに決まると、防錆上の懸案は糸状腐食と電位差腐食の二つがクローズアップした。

そこで採用される候補材料種がほぼ決まった所で技術研究所では前処理法とカチオン電着塗料を組み合わせてテストピースを使った実験が進められた。そして、少量生産であること、日本において成熟した技術であること、耐糸さび腐食性や長期防錆寿命に対応可能なことを考慮して日本パーカーライジングのモリブデン酸塩系のクロム酸クロメート処理法を外販の6000系アルミニウム合金材を選択して、日本ペイントのカチオン電着塗料が一次選定されてつぎのステップへ進むことになる。一方、異種金属の接触腐食には鉄鋼材料にアメリカのダイヤモンドシャムロック社の「ダクロ処理」を中心とした電位差腐食防止の手法を採用していた。

この所期段階の塗装生産技術は富岡義雄さんが企画を行い、塗装プロセスを狭山工場に戻っていた菊池宇兵衛さんが担当し、設備は小原英樹さんらが推進していた。

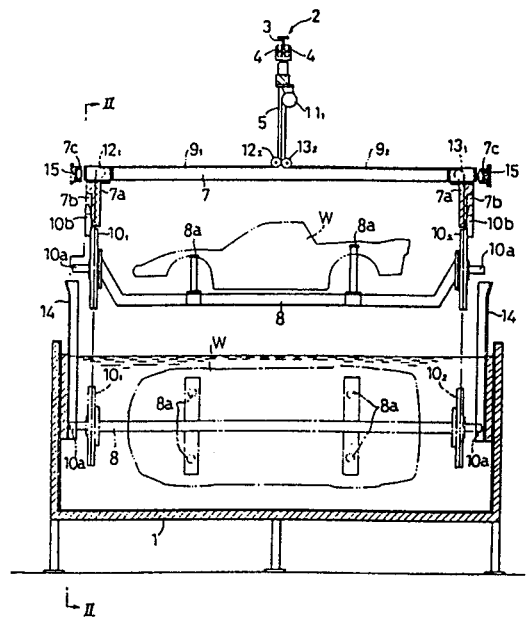
しかし工場新築敷地の選定が混迷していたことから工場建設の日程が大幅に遅れており、第1次のテスト車の試作作業については、塗装前処理も外部で処理せざるを得なかった。最初の試作車には栃木PG(ブルーピング グラウン



ド；実証試験場）で行われる4ヶ月を要する塩害腐食耐久走行試験に供せられるクルマも含まれており、前処理は日本パーカーライジングの子会社である前橋市のパーカー加工を借りて実施された。ここではクロメート処理後には最大80℃で15分放置程度の水切り乾燥を行ってから、一日後に狭山工場の第二塗装ラインに投入されて日本ペイントのカチオン電着塗装以降の工程が施されて完成車となった。このクルマでは何らの異常もなく成功裏に推移して我々は一息ついたのであった。

そして次の25台に及ぶ第2次試作車は前処理／カチオン電着塗装ラインだけが完成していた高根沢工場で試作されて中塗り塗装以降は狭山工場で作られたのであった。その中の1台は狭山工場に所在している品質認証部の自動車衝突試験が実施されたのであったが、衝突により破壊されたクルマの塗膜が素地から剥離するという珍事が発生した。最大のトラブルはフロントガラスをダイレクト接着法でボディの窓枠の塗膜面に接着していた箇所では、塗膜と素地のアルミニウム材表面との間で剥離現象が起これ、これは安全上の疑念を起こさせるに十分な事態であり、今まで経験したことのないトラブルであった。この現象の原因究明とその再現実験を目指して日本パーカーライジングの自動車技術部長の吉原俊雄さんと技術課長の田辺国昭さんと共に進めたのであったが、明快な答えは出なかった。私もカチオン電着塗装の際の印加する直流電圧の波形に原因があるのではないかと日本ペイントの電着塗料技術の谷村達夫さんの協力を得て探索を行ったが答えは同じであった。そこで前処理とカチオン電着塗装までの作業工程について第1次試作と今回の第2次試作との差異分析を詳細に行ったところでは、先ずクロメート処理後の水切り乾燥の有無が発見され、またクロメート処理からカチオン電着塗装までの経過時間の有無が抽出されたのであった。そこで水切り乾燥条件とクロメート処理液の変動レベル（溶出したアルミニウムや合金成分のイオンの存在）を変化させて検証した結果、もっとも寄与率の高かったのは水切り乾燥条件であった。これはホンダ エンジニアリングの技術者の独断専行の見解で水切り乾燥を省略してしまったものと判明した。当時も通常の塗装ラインの前処理後の水切り乾燥の必要

性には見解が分かれており、私は当面リン酸亜鉛皮膜処理のカチオン電着塗装への適合性が確定するまでは水切り乾燥の実施を奨励する立場であったが、世間にもまたホンダの中にも水切り乾燥を省略しても構わないとする意見を吐く技術者も少なくなかったから、クロメート皮膜の特徴を忘れて省略に走ったのではなかろうか。この顛末はPLとなっていた埼玉製作所の所長である岩井正樹さんの裁断によりホンダエンジニアリングの専務であった柳沢孝さんに強い抗議がなされて、同席していた技術研究所の小松泰典さんや私などのアドバイス陣の主張する第1次試作の処理条件を踏襲すべきであるとする方針に修正された。そこで私はこの一連の設備を施工したパーカー エンジニアリングに申し入れて電熱式温風発生器を利用して最高温度80℃で15分の水切り乾燥条件を發揮できる設備を応急的に完成させて量産開始に間に合わせる事ができて間一髪事無きを得たのであった。このような塗装前処理と電着塗装との間の水切り強制乾燥の有無についての失敗は当の菊池さんが担当した開発テーマで二度目の過ちであり、この箇所での水切り乾燥の程度はその前後の機能要件の余裕の変動に寄って大きく支配されていることが判っており、これもひとつの



モートルによるタクト式浸漬処理装置の特許申請図

保険的な条件確保の知恵ではなからうか。特に開発途上地域への技術移転には配慮が必要である項目と云えるであろう。

### 3) クロメート処理の完全クローズド化の開発

この高根沢工場の塗装ラインで使われている「有害物質」としては前処理のクロメート処理の「クロム」があり、カチオン電着塗装では「鉛」が該当していた。一方水質汚濁防止法の対象施設としては「酸アルカリ洗浄施設」には前処理のクロメート処理が該当するが、一方カチオン電着塗装はそれに該当していないとの見解であった。それに加えてカチオン電着塗装工程では洗浄工程はUF透過液による電着塗料のクローズド化は完成しており、ただ最終水洗によるUF透過液の持ち出しだけが完全クローズド化からは多少の疑念が残るだけなのであったから、クロメート処理のクローズド化の検討に集中することにした。クロメート処理には処理液の老廃液の処分と洗浄排水のクローズド化があった。従来は多重効用缶を利用したクロム洗浄水の蒸発濃縮回収法が実用化されていたが装置規模が大きくなることから私はクロムの鉦元(やまもと)還元とよばれる洗浄水の中に存在するクロムイオンやクロム酸イオンをイオン交換樹脂で細くして、それをクロム精練工場に戻して再生する日本電工方式を採用することを提言した。この方式で洗浄水を濾過するとイオン交換樹脂の容量を破過して最初に漏れて出てくるイオンはフッ素イオンであることから、これを指標として管理することが容易であることが判明し、また老廃液もそのまま処分が可能なので工場の洗浄工程サイドに交換可能なイオン交換塔を配置するだけで完全クローズド化が完成できたのであった。

その後8年ほど経過してから、鉄鋼板製のボディーの混合生産への転進から欧米で採用されていたリン酸亜鉛法が採用され、表面よりエッチングされた処理液中のアルミニウムイオンの蓄積がそのアルミ自身と鋼板の化成被膜生成を阻害するため、その除去法に新しい技術が導入されたことやクロムリンス工程が無くてアルミニウム材の上の糸錆発生を抑制できる手法が開発されて実用化したことにより、重金属イオンの完全クローズド化の面倒さからは解放され

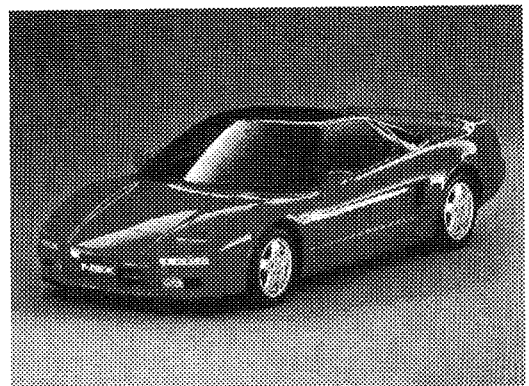
たのであった。

なお塗装プロセスでは、前処理/電着塗装ラインには浸漬槽へボディーを横向きにして強制的に浸漬して、内部の空気を完全に迅速に処理液と置換することのできる装置をホンダ エンジニアリングが少量生産ライン向けに開発して実績を挙げた。

### 4) 4C4Bに水性ベースコート塗装を採用した車体塗装と一体プラスチック塗装の実現

この「ホンダ スポーツNSX」では高質感外観を具現化した4C4B方式が採用され、上塗り塗料には水性ベースコート塗装プロセスがメタリックカラーに適用されている。また、このNSXではプラスチック製部品のリサイクルシステムの見通しを前提に、エアロダイナミックな(空気力学的な)デザインを成立させるために多くの部品が採用された。それには高耐熱樹脂材料として、リヤースポイラー用SMC、サイドシルガーニッシュ用6ナイロン/PP0系をオフラインで導電プライマー、第一中塗りを塗布し、アルミボディーのオンライン塗装で第二中塗りを塗布、焼き付ける。

バンパーフェイス(ポリエステルエラストマー)の様な若干耐熱性が低くボディーと面一構造を持つ物はオフライン塗装と云っても、ボディーと同一の水性ベースコートを使用し、クリヤーコートの焼き付け温度をボディーより若干下げて色合わせの容易化を工夫している例は特筆されるべきであろう。更にPPを素材とするバンパースカートは通常の低温での二液ウ



水性ベースコート/4C4B塗装プロセスを採用した「ホンダ NSX」(1990年)

レタン系塗料をオフラインで使用している。しかし、私が期待していた上塗り塗装への2K（二液）ウレタン樹脂塗料の採用は平成4年（1992）5月の立ち上がり当初には未だ熟成度が足りないのか採用の域に達していないようであった。

## 6. 鈴鹿製作所の高速・高密度・集約化自動塗装の誤謬

狭山工場の塗装ラインの高級車体質への転進が完成に近づき、HAM（ホンダ オブ アメリカ製造）のELP（イーストリバティ工場）の塗装ラインの水性ベースコート塗装プロセスも何とか軌道に乗り始めていた平成元年（1989）になると国内での最後の乗用車組立ラインとなるであろう新鋭自動化量産ラインが中級車種を対象にして鈴鹿製作所に建設するとの発表がなされた。そしてその規模は今までに例を見ない日産15時間稼働で1,500台を超える高速度量産を目指すことになった。そしてこの壮大なプロジェクトのPLには塗装生産技術者から組立工場長に昇進した大橋利治さんが就任し、その下で宮崎正利さんが塗装プロセスの構築のリーダーとして活躍することになる。一方塗装機装置の段取りを担当したホンダ エンジニアリングにはFA（ファクトリーオートメーション）部門が強化されて艦装組立作業の自動化と塗装作業の高速・高密度・集約型を狙った塗装ラインなどのコンセプト作りを急いでいた。このチームには狭山工場で塗装ラインの体質改革をリードしてきた塗装設備技術者の新井弘さんが参加して活躍することになる。

当初の化成分科会レベルでのコンセプトでは、塗装ラインのコンベアスピードを落として塗装作業スペースと時間に余裕を持たせてより確実に均一な塗膜厚の分布部を確保することにより均質な外観とより高い塗着効率を狙ってラインの復列化を許容する方針で検討がスタートしていた。このような方式は狭山工場の高級車塗装ラインにも再登場していたし、元々鈴鹿製作所で始まった小型乗用車生産の「ホンダH1300」用の第二塗装ラインが最初に採用したものであり、その昔トヨタ自工はアメリカのフォード社に範を取った「短冊（たんざく）型レイアウト」と呼ばれるものであった。

しかし次のステップでこのラインは中級車格以下のクルマの量産が目的であるから設備を高速度化、高密度化、集約化を自動化によって短小ラインを実現することがプライオリティとなったのであった。それはこのプロジェクトのパトロンだと云われていた生産技術を統括する石川富士夫さんの戦略であった「スプレー塗装工程には最小工程数で、高速度加工で、高密度の塗装設備で構成して、しかも1本ラインで自動機械への投資を集約化した常識を越えた全自動塗装ラインを狙うこと」を信奉することになったのである。

そして1970年代に狭山工場の塗装ラインが実践した下／中塗り兼用粉体塗装を含んだ「塗装プロセス」による世界最速の塗装ラインを狙ったものとは異なり、常識を越えた「自動化技術」によって更に短縮ラインを目指したものと云えるであろう。そして前処理から上塗り塗装までを直列のメインラインとしたレイアウトであり、主要工程は高速、高密度で集約化した自動化設備で固められた標準的な3C3B（スリーコート スリーベーク）塗装プロセスであった。この全貌を伝えて余りある記述として“HONDA NETWORK NEWS”平成3年（1991）2月15日号をかかげておこう。

『2月21日、大河内記念会は生産工学、生産技術の分野において顕著な業績を挙げた個人または団体に贈る第37回大河内賞を発表し、ホンダ エンジニアリング（EG）と鈴鹿製作所が共同開発した「高密度、集約型四輪車体塗装システム」が大河内記念生産賞に輝いた。これにともない3月13日東京日本工業倶楽部において贈賞式が行われ、EGの柳沢専務をはじめとする五名が出席した。このシステムはコンパクトに改良された塗装ロボットをステーションの周囲に集め、一度に数工程を消化すると云う新方式で、従来なら五時間を要した塗装工程が四時間に短縮できるばかりか、これまでは数台のまとめ塗りを前提に20色程度しかできなかった色替えが35色程度を一台単位で時間のロスもなく換えることが可能である。』

そして、更にホンダ エンジニアリングの塗装生産技術者が「社史 ホンダ50年の歩み」に寄稿した文章を引用しておこう。

『常識を打ち破った塗装ロボットの開発、1987年初頭、EGでは鈴鹿製作所の第3ライン

に導入する高効率塗装ラインシステムの仕様検討を急ピッチで進めていた。それは上塗り工程まで含めた高密度、集約型の四輪車体塗装システムの開発である。コンセプトはボディーを高速で運搬し、それに追従できる塗装ロボットにより、短時間で塗装を行うことであった。しかしボディー送りのスピードを従来の二倍にして短時間で塗装するためには独自の要素技術を新規に開発しなければならなかった。(中略)

ボディーの外板を塗装する上塗り工程は繊細な塗装技術が必要となる工程である。鈴鹿製作所では1969年に「ホンダ H1300」の立ち上げ時よりレシプロケータ（スプレーガン）を高速で上下、または水平に往復運動させる自動塗装機でボディー全体の約80%程度を塗装しているが、フロント部とリヤ部分の塗装工程、それにボンネット、トランク、ドアなどの内板塗装と呼ばれる工程は熟練者の作業に頼るしかなかった。レシプロケータに替わるものとして多軸ロボットの開発も急ピッチで進められていた。特にボディー全体を塗装するためには可動範囲を広くすることが要求された。レシプロケータは塗装ガンの可動範囲が二軸構成になっていることから上下方向や左右方向に対応しておらず塗装範囲に制約があった。新たに設定された外板塗装ロボットは塗装ガンのボディー面に対する追従性を上げることを狙いとして塗装ガンがボディーと連動するシステムを導入した他、電導サーボモーターによる五軸構成が採用された。更にロボットに装着するベル型静電塗装ガンが開発された。(中略)

内板塗装工程ではホンダ エンジニアリング独自の壁掛け式ロボットが設置され、このロボットはそれまで床置き式であったものをスリムでスムーズなアーム構造による壁掛け式にすることで従来の滞りがちであった塗装ブース内の空気流を整え、塗料ミストの吸引力を高めるのに役立った。またシフトベースの設置によりロボットがボディーの動きに追従してスムーズに移動できるようになり塗着効率が一段と向上した。塗装ロボットが塗料の跳ね返りを浴びることも無くなり併せて塗装品質上の問題も最小限に防ぐことができて生産性の向上になった。』(引用終わり)

そこで私は健康上の理由もあって、このプロジェクトの計画の半ばから現在に到るまで鈴鹿

製作所へ出かけることができなかったが、伝えられる時々の情報から実行されて行くコンセプトがもたらす塗装外観、塗着効率や溶剤の排出、それに防災上の安全などの点に潜在的リスクの存在が懸念されることを関係者に提言してきたのだったが。ここで岡目八目であるがそれらについての私見を述べておきたい。その第一は塗装ブース内での車体内側部分を担当する内装塗装ロボット群では外板塗装に比べて作業動作がより複雑なのでボディーを連続的に移動させる搬送方式に替えて一斉に塗装作業が終了すると同時にボディーが移動するタクト搬送方式を採用してロボットの動作精度を確保することを優先したのであった。このタクト運転の一サイクル時間の中に占める移動時間のために塗装作業時間が短くなることから、スプレーガンからの塗料吐出量の増加とスプレーガンの装着個数も増加せざるをえなくなるのである。それは取りも直さずマルチヘッド化(双頭ガン)された塗装ロボットが登場することになる。

そのことが塗着効率を低下させ、増加した塗料ミストによる塗装機やスプレーガン同志への塗料ダストの付着による汚染が著しくなって、その結果清掃頻度が増えて作業時間のロスが増加し、洗浄溶剤の消費量の予想を遙かに越えることにつながった。一次的ではあるが、中京地区で流通している洗浄溶剤の回収とリサイクルに異常をもたらしたり、その莫大な危険物の流通に防災関係の行政も懸念を隠さなかったことでも知られている。

またこの莫大な洗浄溶剤の消費は塗装ブース排気の洗浄水の中への溶剤や塗料の混入を促し、洗浄水に添加されるキラー剤(不粘着化剤)の効用を低下させ塗装スラッジの分離作業を阻害させたり、またその施設内の環境に蒸発した溶剤ガス濃度が与える安全上のチェックも気になるところである。

私の第二の懸念は防災上のリスク増大であった。塗装ブースの給排気システムをエンジニアリングを担当した大気社の技術開発部長であった前川禎佑さんに申し入れていた事柄がある。それは車体1台当たりの塗装ブース面積は一定であるから、車体回りを通過する空気流量も空調からの給気スピードが決まれば一定になる。この中に無計画な塗料吐出量の増加、スプレーガンの装着数の増大などの高密度化が行わ

れると、車体に付着しないで被塗物から跳ね返される空気流に乗せられた塗料ミストや有機溶剤の濃度は結果として引火安全限界を越えてしまう容積はコンベアスピードの遅い複列ラインと比べて格段に大きくなるであろう。そのような傾向はより過密な作業によってスプレーガンから被塗物面に吹き付けられて跳ね返ってくる霧化エアの空調からの空気流によって排気される効率が低下する事から助長されることも従来よりも厳しくなるのである。

そして静電塗装ガンを持ったロボットの動作や蓄積した静電容量などの何らかのエラーが原因となるスパーク引火が発生すると、それが一度に拡大延焼を起こす危険があると思われる。従って塗装ブース内の給気スピードの設定にはこの特殊性を考慮する必要があると提言していたのであった。この話は汎用自動塗装機では市販であるからそんなに無理はできないが、このラインではホンダ エンジニアリング製のマルチヘッド塗装ロボットを自由に過密に装備することができるからである。したがってこれらを考慮した炎検出装置と連動した消火設備の整備も欠かせないと思われる。

第三の懸念は塗装外観、特にメタリック感の発現レベルのことであるが、中級車格であるからそれは許容できる話であると主張する人もあるのだが。それは従来はレシプロケーターと呼ばれる高速度で往復運動をしているスプレー塗装の前を被塗物が遅いコンベアスピードで通過することから、メタリックベースコートでは数回の重ね塗りが行われてアルミニウム箔が多層に積層されて美しい伝統的なメタリック感を作り出しているのであるが、これを高速、高密度のそれ程運行速度の速くない塗装ロボットで仕上げることになるとメタリック感は相当に異なったものとなることは止むを得ないのである。このラインで仕上げられたクルマを観察したカラーデザイナー出身の製品開発担当役員をしていた岩倉さんは「ホンダのカラーデザインをつぶす気か」と鈴鹿製作所に怒鳴り込んだとの逸話も伝えられている位であった。しかしこれが前章で述べた偽塑（ぎそ）性水性ベースコート塗料を採用するような事態が来た時にはこの問題は一気に解消してしまうことは明るい希望である。そしてこの革新的塗装ラインは“塗装プロセス”と云うよりは専ら“驚異的な自動

化技術”の成果に対して「大河内賞」が授与される栄誉に輝いた。しかし、これは一に機械加工の技術の延長上で塗装機の動作の自動化だけに成功しただけであって、現代の社会的に求められている省資源、環境対応、メンテナンスの自動化などに全く配慮の欠けた低い塗着効率塗装ライン（所期は塗装材料費30%アップ、洗浄溶剤消費7倍であったとか）といわれる実績を示した様だった。この名誉ある「大河内賞」の名を汚さないためにも早急な再度の体質改革が求められており、このような高速、高密度な自動化塗装技術と塗装技術との不協和音の解消を望むものである。

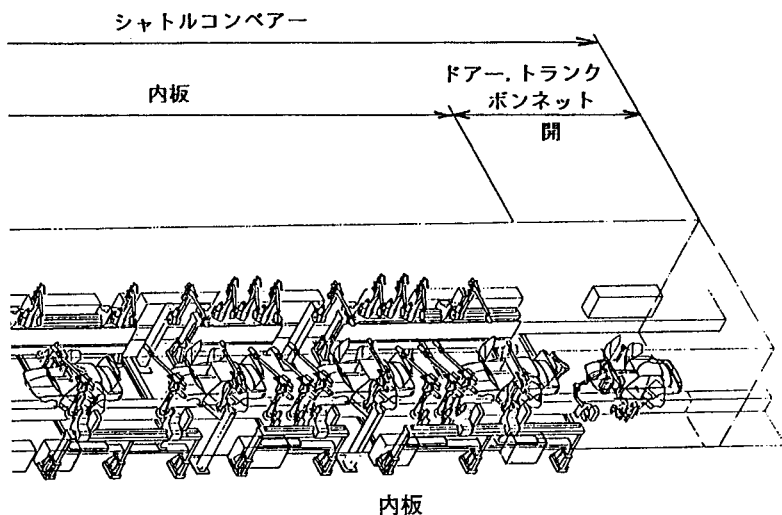
そこで、最後にこのラインの計画を推進した松岡勇さんの「NPライン（塗装NO-3ライン）について」の一文を紹介しよう。

『昭和60年代に入って、「品質ニーズ、防錆、外観など」の高まりと社内ではBP（Best Position）展開での効率3倍アップ論と相まって塗装部門としては体革ラインの建設を1986年に提案しGOとなりました。どうせ作るなら、10年先にも適用するラインを構築し世界一の塗装ラインを目指した高い目標の議定をし、今後ALL HONDAで展開される体質改革のモデルラインと言う位置付けにしました。

プロジェクト名称も“NP”（New PAINTING）とし、60余名のメンバーで構成され、目標に向かって、「やるきゃない」という意味で“WE WILL WIN”をスローガンで1987年（昭和62年）2月工事建設のキックオフ（建屋の基礎工事）が着工されました。

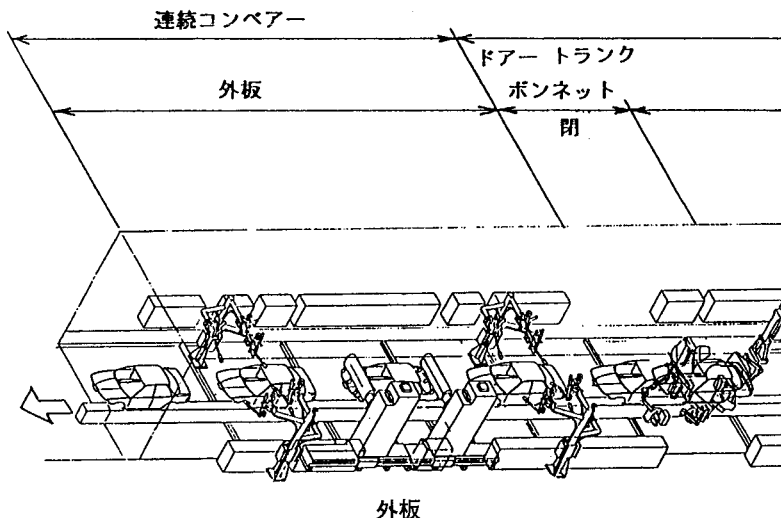
建物の大きさは、南北方向に65m、東西方向に150m、高さは3聴7層で一番高い所で36mの多層階塗装工場となり、その中にある装置、ROBOT群はよりシンプルで工程集約化（マルチ化）したシステムで構造されています。

生産開始は1988年（昭和63年）5月より日産100台でスタートしました。その後本格的量産（2交代1100台の日）は同年10月より行われ、装置、ロボットの未熟成と人の移動（既存?1、2ラインより）による習熟不足が相まって計画通りの量と質を確保できない時期があり、当時の久米社長はじめ役員室の皆様方が度々NPラインを訪れられ激励されたのもこの時期であり、毎日の量、質情報を役員室へ直接FAXを発信していました。



- ・ 塗装前にボンネット、ドア、トランク開 (専用工程化)
- ・ ステーション間 → 開状態で搬送
- ・ ロボット → スリム化、壁掛け型 → 1工程に8台集約化 → 短時間塗装
- ・ 内板塗装後 → ボンネット、ドア、トランク閉 → 外板工程投入 (専用工程化)

- ・ ライン構成：オープナー → 内板1 → 内板2 → R/B補正 → クローザー  
(R/B: 4台) (R/B: 8台) (: 8台) (: 4台) (R/B: 4台)
- ・ 塗装ガン : 全て小型高速回転ベル



- ・ BODY面直、短時間塗装
- ・ 高速コンベアー → マルチ化 (多数のガンを搭載)
- ・ BODY前/後面塗装可能な機能

- ・ 高速回転ベル (吐出量 → 微粒化最適条件限定)
- ・ ステージ構成：サイド → トップ → トップ → サイド
- ・ ガン配置 : トップ=3ガン並列、サイド=ロー → ハイ → ミドル

高速、高密度、集約型塗装プロセスレイアウト図

これほど塗装が内外に注目されたのは最初ではないかと、又最後にしたいと思っております。

この頃のエピソードを一つ紹介しますと、量と質を確保する為夜食のパンが配布され、腹ごしらえをしてから明日の生産の為の対策をする毎浅でありました。これを3ヶ月～4ヶ月繰り返しておりました。

量と、質はほぼ計画通りに達成することができたのですが、箇々の体重もいつの間にか、ウエートオーバーしていたと言うことです。この後この人達についてニックネームは“懲りない面々”“だそうです。

1989年（平成元年）に計画に対し、量、質共にクリアし、HAM 3ライン（ELP）に対し、NPで培った技術の水平展開及びマンパワーの支援をすることができて、LPも安定して立上ることができました。

NPラインの立上がりを今振りかえってみると、このラインは本当に目標達成できるのかな、と疑心暗鬼でありましたが一つ一つの問題を皆んなで考え行動した結果、昨年5月、目標値に対して棚卸しをしてみると、ほぼ達成していることが判り、やればできると言う事が皆んなの一致した答えでした。

又本年、日本の生産工学に権威ある大河内賞にノミネートされており現在審査中であります。これも化成先輩諸兄達から伝承されたチャレンジ精神の賜物だと思っております。

今後共チャレンジ精神とNPで得たPPAの必要性を基調に次の人達に伝承して行くつもりです。』（「鈴鹿化成部門30年の歩み」からの引用終わり）

## 7. 痛恨の新完成車防錆ラインの火災人命事故

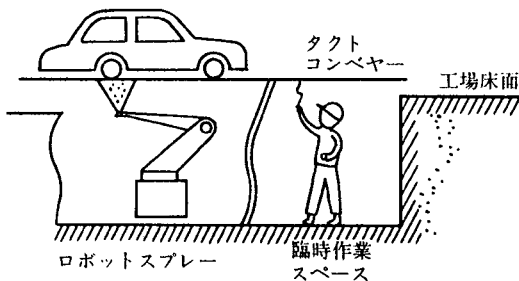
### 1) プロローグ、火災当日の長い一日

この大事故の起きた年の昭和63年（1988）の前半では何故か埼玉製作所では多くの人事異動があったばかりであった。上は製作所長は大塚伸之さんから岩井正樹さんに、車体工場長が笠井要さんから大沢輝正さんに、化成課長が鈴木清公さんから寺川敏克さんへ、塗装ラインの体質改善プロジェクトのSPLも新井弘さんがホンダ エンジニアリングに転出してカナダから帰国した粕谷信夫さんが3代目となって交代

し、そして工場に初めて大沢さんが設けた技術課長に榎本国男さんが新任されて間もなくであった。このため責任を感じる関係者の数が多くて原因究明の矢面に立たされた私にはこの成り行きを見守る眼と言葉の圧力には戸惑わされたのが正直のところであった。

さて、晩秋の11月の或る日の午後7時頃であったろうか帰り支度をしていた私の耳にサイレンを鳴らした消防車が構内に入り込んできた気配に驚かされた。外は既に暗く、視力の低下した私には現場に駆けつける事は無理なので、企画グループの伊藤勝さんに介護してもらって出荷した新完成車防錆ラインの見える所まで近づいて情報を得ようと努力していたところ、火災は防錆ワックス自動塗布ゾーンからであり、クルマが4台焼失したとのことで、既に二人の人身事故が起きたことも伝えられた。そして、やっと事務所に戻って待機していた所、安全信頼LPLを勤めている前所長であった大塚伸之さんが駆けつけてきて、岩井署長や技師長の堀口元春さんらが集まり鳩首打ち合わせが深夜まで続いた。そこでは私に測される原因の推測とその証明手段についての意見を求められた。そこで発火源を①クルマ自身の電気配線系統からの漏電、②クルマの点火系ミスによる燃料ガスの排気系への流入による触媒式再燃焼器の過熱、③塗装ロボット自身の漏電が過熱化衝突など、④塗料のエアーレススプレーによる剥離帯電と車体への蓄積の放電スパークを指摘しておいた。これに加えて塗料（防錆ワックス、アンダーコート）の化学反応性を加えた五方向から現場検証と原因究明と必要な再現実験をスタートさせることとしたい旨を説明しておいた。

この設備は塗装工場の体質改善の一環として現行の完成車タッチアップ（補修塗装）工場の脇に沿ってレイアウトされていたクロアークン



悲劇のピット作業（乗用車防錆ライン）

ベアー式搬送ライン上で床下の防錆ワックスと車体面の保護ワックスの塗布を行っていたが、これを新たに独立建物として大きな作業用ピットの上に架設したコンベアーで搬送されるクルマに同様な作業を行う完成車防錆ラインであった。その作業手順の違いは工場建物から屋外を自力で走行したクルマをこの防錆ラインへ搭載してからエンジンを切る段取りになっている。このラインの中央部で4台の電動式塗装ロボットによる下床一部へのアスファルト系アンダーコート塗布と防錆ワックスのエアレスによる塗布作業が行われ、次いで検査確認が行なわれてから温風加熱ゾーンを経由して出荷されるのであった。このクルマの搬送はタクト搬送方式によりタイヤを乗せたフロアーコンベアーが牽引する方式であった。

そして、この床下の防錆ワックスを塗布していた塗装ロボットの付近から出火、たちまち4台のクルマを全焼したのであった。塗装ロボットの工程の後ろに検査チェックと補正作業を担当していた二人が煙に巻き込まれて命を落とす結果となってしまったのである。

この塗装機器と材料供給装置はホンダ エンジニアリングの設計施工であり、その他の搬送設備や給排気設備と加熱ゾーンは狭山工場の塗装体質改革プロジェクトが企画して、パーカーエンジニアリングが設計施工を行っていたものであった。

## 2) 原因究明委員会の発足とその展開

翌朝には大塚さんの下で新技術安全審査委員会を主催している同僚の武政利夫さんが見えたので、早速彼に介護してもらって火災現場の視察に出かけた。焼失したロボットの据え付けてある床面に不思議にも小山のように盛り上がった材料の消却灰を発見してサンプルを採取して引き上げた。これはアスファルト系常温乾燥アンダーコートが燃えた後に残った灰であることが化学分析で判明した。これが火災を拡大させた張本人で在ることを伺わせた。

やがて、原因究明チームはこの塗装ロボットがホンダ エンジニアリング製であったことから原因究明チームは同社の品質保証責任者であった取締役の新川良さんがチーフとなり、私が補佐することになって、ホンダエンジニアリングから事務局に菊池宇兵衛さん、信頼性グルー

プから桂主任技師、三浦技師、車体技術の塗装から新井弘さん、富岡義雄さん、電気技術者のIさんが参加し、技術研究所からは材料研究ブロックの小松泰典マネージャー、燃焼工学の主任研究員の田中敦さん、製作所からは鈴鹿製作所から佐藤登さん、狭山工場から品質管理室から加納主任、当事者の榎本国男さん、粕谷信夫さんが参加するオールホンダ体制でスタートした。

そこで早速、私の考えたのは多くの専門家に援助を頂くことが第一だと感じた。そこで先ず燃えた防錆ワックスを製造しているパーカー興産の親会社の日本パーカーライジングをお願いして総合研究所の小嶋隆司さんに来社してもらい、幸運にも自治省消防研究所特殊火災研究室の川崎正士さんや労働省産業安全研究所電気研究部の田島先生を紹介して頂くことができた。そして、事故の顛末を聞いてもらって参考文献や解析手法の伝授を受けることになった。これには榎本国男さんと菊池宇兵衛さんが懇切丁寧に指導を受けてきて、大きな助けとなったことには感謝に堪えない。更に奇遇にも川崎先生は狭山市民であったことと、市の消防署とも知己の仲であったことには有難かった。

先ず解決したテーマの主なるトピックスの説明を、着火可燃物の特定（塗着した塗膜から蒸発した溶剤蒸気）、可燃物の特定は防錆ワックス、アンダーコート、床下に塗布されて硬化したPVC塩ビゾル被膜、着火源の特定（加熱、漏電による過熱、機械的衝撃火花、帯電スパーク）、発火点の特定、着火再現実験からの発生メカニズムの想定などから進めよう。

### ①：電動式塗装ロボットの解体調査

解体の結果から、アースの不全、衝突による損傷、電気配線の漏電、摩擦による異常摩耗などの異常はなかった。しかし、材料供給用耐圧ホースの焼損により塗布材料が多量に噴出して原材料供給系の圧力解放がなされていなかった模様であり、火災を拡大した要因となっているものと指摘できる。

### ②：火元となって全焼したクルマの漏電検証

翌朝になって、所長の岩井さんは先ず性能品質メンバーに命じて、焼けたクルマの電気配線系統にショートによる発火の痕跡の有無を検証させ異常の無いことを確認させた。

スタートキーは所定の位置にセットしてあつ



た。電気配線のワイヤーハーネスには断線や脱落によるショートの痕跡である銅導線の融解箇所は見えなかった。

### ③：出火時に塗布していた材料の特性

塗布していたのはパーカー興産製ヘビーWAX (1PR8B) であり、燃焼点50℃、発火点340℃の材料であることは提出されているデータと、タンク内に残っている材料とを、蒸留曲線により比較して検定した。常温では問題なくとも、80℃の雰囲気では溶剤の蒸発が促進されることが判明し、材料の温度を上げていく時、化学反応により発熱が促進され、自然発火に到る可能性を検証する為、示差熱分析を出光興産中央研究所とホンダ技術研究所で検定した結果は350℃付近で少し発熱（発火点に相当すると思われる）するが発火に到ることはなかった。

アスファルト系アンダーコートは塗布量が僅少であることから対象から外した。

### ④：防錆ラインに投入されるクルマの帯電と加熱の状態

常性能検査のための走行後に車体が帯電している静電電圧を日本ランズバークの三井三千雄さんから借用した静電電位計で計測した所、塗装面で-5KV、プラスチック部品のフロントビームスプラッシュガード部に-8KVの電位が認められたが、これも樹脂製であり放電スパークの発生は難しいと判定された。何れにせよ最近のタイヤの伝導性が改善されているためこのレベル以上には蓄電しないものと考えられている。

次に車の中の高温部である排気系に防錆ワックスが吹きつけられることにより、自然発火をする可能性を検証した。通常の作業状態における排気系の温度分布を調べたところ、完検テストコースB走行後が最も高く、キャタライザー側面で約300℃を記録した。

しかしその後の調整ラインを経由して当該防錆ラインに到達した時には、140℃が最高温度になっており、発火点には到らなかった。今回の車は、完検カードの追跡調査により、全て通常作業であった事が確認されている。

しかし、防錆ラインに投入されたクルマが運悪く4気筒のうち1本が点火ミスが発生して、未燃ガソリンが排気系に流入する最悪事態が発生すると過熱のおそれがあり、高温体の投入を阻止する対応策を講ずることを指示した。

⑤：静電気によるスパークが原因で防錆ワックスが燃える可能性を検討するにあたり、電気スパークの電圧と着火について調べた所、100℃に材料を加熱すると、5KVの電位差に於いて着火し、火災を生ずることが判明した。

⑥：防錆ワックスを高圧でノズル先端より高速で吹出させると剥離帯電現象により帯電した粒子となって噴出することが知られている。これを絶縁した鉄板に塗布すると-18KV程度の電位を得ることが容易にできる。この帯電量によって連続的に生ずる放電スパークのエネルギーで着火が可能かを実験した。

そこで、車のドアを絶縁状態（6Mオーム）に吊しておいて、導線によりライター用ガスを空気で希釈した後コップに対流させ、その中に装着した点火プラグに繋いで、防錆ワックスを40kg/cmの高圧でスプレーを2分程度続けると着火させることに成功した。

防錆ワックスは黒色に着色するためにカーボンブラック顔料を配合していることから絶縁性はそれ程高くないことから、散在して帯電した静電気を移動させることができるので、継続的なスパークを発生させることができたものと思われる。

### ⑦：防錆ワックスの着火実験

実物の車体床面の半分の規模の部品を塗布する際に発生する静電気を導線で別に用意した防錆ワックスを塗布したばかりの被塗物の鋼板に接続する。そしてアース状となっている針状電極をロボットアームに取りつけたスプレーガンに模して、先の被塗物面との間に放電ギャップを作らせて放電スパークを起こさせ着火させることに成功した。この詳細については次節で述べる。

⑧：車体のアース状態の変化について分析したがコンベアーが保護ワックスなどの絶縁性の皮膜に汚染されているとタイヤではアースは不完全となること、それに塗装位置では車体の位置決めのためにコンベアーからリフトアップされる時に傷防止のための硬質ゴム材の為に絶縁されることが判明した。

### ⑨：着火を助長していた給排気条件

塗布された防錆ワックス表面に生成する蒸発した有機溶剤の着火濃度限界内のガス層が対流する程度を支配しているのは送気排気の種類と雰囲気の温度であることは良く知られている。

特に被塗物面が下向きであることもあって、ここに設けられた排気システムは労働安全規則で定める「プッシュプル式排気システム」としては不完全であったこともそれを助長している。これはパーカー エンジニアリングの設計不適切といえるであろう。ここでは塗装ライン室内の全体換気として法的には設計されていたとの説明であったが、溶剤を含んだ防錆ワックスやアスファルト系アンダーコートのための塗装ブースとして考えると不適切極まりないと云えよう。

そして私はこのような解析結果をベースとして「着火メカニズム」を策定して結論とした。

①：静電気の発生

4台のロボットのエアレススプレーガンから30kg/平方cmの圧力で防錆ワックスが噴出される時に剥離帯電現象によりその微粒子は帯電して車体下床面に付着させられて静電気を帯びることになり、防錆ワックス自身と塗布された車体下床面が帯電した。

②：タイヤにより接地されている車体のアース状態がコンベアーの汚れや位置決めリフトによる支持などにより、不完全となったため、静電気が蓄積されたと推定される。

③：放電スパークの発生

塗装ロボットのアーム又はスプレーガンと、車体下面に塗られた防錆ワックスとの間に放電

ギャップが形成されて、放電スパークによる局所に防錆ワックス面の高温領域が生じた。

そして、スパークの発生した場所を特定することはできなかったが、床面に塗布されているPVC塗膜面の突起部分の存在が在りこれが避雷針効果をもたらしたものと推測される。これは実際に雨だれのように先の尖った突起がPVC乾燥炉中での加熱初期に発生する場合は頻発していることが検証されている。従って車体下面全体が放電電極となり得るものと考えられた。

④：ワックス塗布表面における極少量の溶剤蒸気層の生成およびワックスミスト

当設備における排気の状態では発生する可能性は否定できない。それは塗装された面に強制的な風速が積極的に与えられていないからである。

⑤：放電スパークエネルギーによる着火

スパークの発生した所に、燃焼可能混合気があり着火・燃焼したものと思われる。

これらの結果を報告書にまとめて消防署や労働監督署に報告して無罪放免としてもらった上でホンダとのトップへも報告が済んだ。この際には菊池さんが行ったビデオ撮影による放電出火シーンはこの事故の発生メカニズムを説得するには「百聞は一見にしかず」を証明したのであった。

完成車防錆 (F) 再現テスト

スプレー帯電 P/B ガンで着火既

[I] ハビワックス粒子に帯電した車体へ P/B ガン(アース)の

向にスパークが発生した。

再現実験

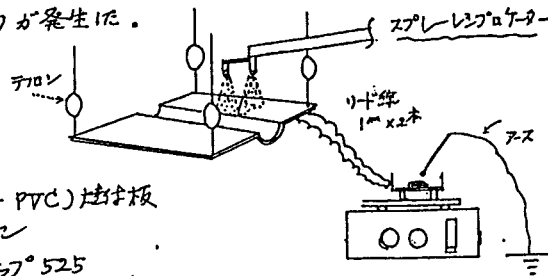
1. 被塗場:

F フロアパネル:  
(ED + PVC) 塗板

2. 絶縁: テフロン

3. 塗布条件:

- ・ チョップ 525
- ・ スプレ: 50 kg/cm<sup>2</sup>
- ・ 吐出量: 2500 l/min
- ・ 塗布速度: 1.5 m/min
- ・ ガン距離: 300 mm
- ・ 塗布範囲: 1 m



霧風	湿度: 16.3°C	湿度: 17°C
	湿度: 54% RH	湿度: 70~80%

・ アース径: 8mm φ  
・ アース径: 20mm φ

防錆ワックスの帯電スパークによる着火再現テスト実験

### 3) 発火メカニズムの実証に威力を示したビデオ映像効果

事故が起きてから既に3ヶ月が過ぎようとしており、PLの新川さんから専門の技術士に研究依頼を出してみようかとの提案があった位われわれの再現実験は成功していなかった。この寒い厳冬の夜半、船橋市にあるパーカー興産の研究室を借用して、ホンダ エンジニアリングの電気技術者Iさんらによる静電気発生グループと、菊池さんと化成の材料技術者でのビデオ趣味で知られる岩田さんの着火燃焼実証グループを動員して私はお世話になっていた。そしてパーカー興産取締役の井戸直行さんや増田研究室長の援助を頂いた上で出火メカニズムの再現実験に没頭していた。電気技術者は防錆ワックスのエアースによるスプレー作業によって発生させた帯電量によってスパークを発生させることが容易に成功しなかったことから、静電発生器を利用することも止むを得ないと主張して意見が対立していた。

そこで我々の主張の最後の実験を始めたのが午前1時をすぎていた。

ともかく発生した静電気がリークしないように段取りすることがむずかしかった。車体を模した塩ビアンダーコートを塗布してある床板を天井から吊り下げるのにテフロンチューブをつかって吊り下げるのであるがこの絶縁を強化したり、着火させるための防錆ワックスを塗布した被塗物を載せる台の絶縁には固形パラフィン層を二段にしたり、着火を促進させるために被塗物パネルは今まで下向きにセットして針状電極を近づけていたが手際よく速やかに接近作業ができるように上向きにセットすることに変更したり、被塗物の加温を温水を入れた袋で温める方法を採用するなどを行なった。そして被塗物面では実際に車体に存在するPVC(塩ビ)ゾルが乾燥炉の中の熱で垂れ下がって雨だれ状となった「尖った形状の部分」を放電位置とすることとした。防錆ワックスを塗布しつつある実物半分の床板に実際に防錆ワックスをスプレー塗装して、帯電した静電気を床板から導いた導線を予めアースから絶縁した防錆ワックスを塗布した被塗物(20cm四方)の後半部に接続して準備が終わる。そして先の尖った針状電極をロボットに装着されたスプレーガンを模したアースとして被塗物面の尖った表面に接近させて

放電ギャップを作り放電スパークを発生させる段取りである。そしてスプレーを始めて、電位が高まると塗装された防錆ワックスが「尖った塩ビ皮膜」の先の持つ避雷針効果によって集まってきて、着火して全面が炎に包まれて燃焼したのであった。この防錆ワックスの移動の様子が望遠ビデオ映像に捕らえられて、静電気の持っている威力を眼で見せてくれていたのには誰もが驚嘆したのであった。この実験の手法は必ずしも火災の現場を表していないが、重なる再現実験がなかなか実現できなかったことから、種々の面で着火現象が起きやすい条件をそろえている点があるものの、我々の実験の操作がロボット作業での運行スピードに比べて可成り遅いことなどを考慮するとも許容されるのではなかろうか。例えば、帯電した静電気が蓄積する場所と、着火する場所が異なる点、実験室の湿度は40%程度に下げている、実験場は無風状態として確保したり、溶剤の揮発を促すために気温は上げてあり、被塗物は温水で35℃に加温しており、防錆ワックスのスプレー圧力も高めとして帯電効果を高める方向で作業するなどの工夫がなされている。

さて、このビデオ映像の効果は予想外のものであって、私らが経験する僅か数本の開花した山吹の群落を撮影した映像が流れて、今真っ盛りとのアナウンサーの声に誘われて、現地の「山吹の里」を直ちに訪れて見ると、これから二週間後頃が満開ですよとの現実に打ちのめされる経験があるのと同じように、可成り衝撃的に現象が描写されるのには関係者は大いに驚かされたとのことであった。

これは数年前に浜松の塗装乾燥炉爆発実験の際の燃焼実験のスチール写真とは比べ物にならない程の説得力をもっていたのであった。今は静岡県の三島市で水道配管業の経営に転身した岩田さんのビデオ技術の腕の冴えでもあったのであろうか。いずれにせよ、この最終報告を社長の久米是志さんに行なったPLの新川良さんの述懐では「こんなに楽な事故報告ははじめてだった」とのことが何よりも語っている。

### 4) エピローグ

この対策にはピットを廃止してブリッジ状のコンベアー搬送に変更するのが筋であるが、今回はアースの徹底、空調の加湿、被塗物面を狙

った給排気の充実、避難路の改善、炎検知機及び消火装置の設置、高温のクルマの投入防止措置、緊急時の材料供給システムの緊急停止と圧力解放などを追加して幕を閉じた。しかしこの設備の推進者であったカナダ帰りの塗装生産技術者である粕谷さんは法的に追求されることはなかったが、この二人の死者を出したホンダの作業管理の不手際を大声でアナウンスする右翼団体と思われる街宣車が工場の周辺を練り廻る事態を終息させるために岩井さんは大変な苦勞をなされたとのことであった。この一連の実験では防錆ワックスを製造供給していたパーカー興産取締役の井戸直行さんのご支援には感謝に堪えないところである。この新しい完成車防錆ラインの仕様確定に際して私は無関心でいたことは今でも痛恨のいたりである。それは私がホンダに入社して間もなくめっき工場に人がピットに入って作業するレイアウトを行って本田宗一郎社長に怒鳴られた教訓を生かさなかったからである。

## 8. あとがき

ここで自分史の試みを終わる所にたどり着いた。ここでは生産現場における専門職として約35年の長き時を「四足のわらじ」を履き通してきている。それは先ず「塗装技術」であり、「環境保全技術」、「省エネ技術」が続き、最後は「鉄道写真趣味」であった。ここではまとめとして、昭和61年（1986）5月の「塗装工学」誌の巻頭言に書いた「技術の国際性」の一文を披露しておこう。『最近の貿易不均衡から来る経済摩擦が大きく取り沙汰され、その解決の一方法として製造業が海外に進出して商品の開発や生産の技術協力に留らず目からも製造工場を運営するケースが増えている。その場合、企業の国際化とか経営の現地主義などの基本的方針が論じられるのは勿論のことであるが、我々塗装技術に係る者がその様なプロジェクトチームに参加して、工場立地、レイアウト計画、建設、そしてその操業運営に当る時、数多く遭遇するテーマとして生産技術案の国際的選択の問題があり、大いに頭を悩ませるものの一つである。

この様なことの多くは彼我相互の文化の間に著しい違いのあるところに起き易く、又現地主義を標榜する一方では世界中の最も優れた技術

を活用する又とないチャンスでもあるからである。

それらの技術の違いが単なる発展過程のものではなくてこれが本質に根ざしたものであるとき、心して掛らないとReasonableな選択が得られないおそれがある。

技術の進歩はその必要ニーズによって促進されるものであるが、当然のことながらとりまく環境条件を踏まえることにより、少なからずその展開の方向が変化してくるし、その過程で逆に新しい目的を発見することさえも少なくない。

そこで『異文化間のコミュニケーションは目的の共有化が条件である。』との名言を思い起して彼我のチームメンバー間でのコンセンサス作りには惜しみなく時間をさいて来たことであった。

そのテーマとなった事項には必ず複数の目的が数え上げられ、例えば内容が同じであってもその優先順位（プライオリティ）を同一にすることこそが肝要なのである。

K T法の教えるところの決定分析の手法によれば目的はMustとWantの要件に分けられ、後者には項目毎に中味づけによるプライオリティが勘案される。そしてリスク項目の評価を考慮の上で決定案の選択をすることになっている。

この過程の中でも目的の共有化を図ることができれば決定の作業は半分終わったのも同然なのである。

この数年の記憶に生々しく残る例としては前処理のクロムリンス、ハイビルドカチオン電着塗装、車体外板への表面処理鋼板などである。

これらの選択は全てがきれいな事で済んでしまった訳ではない。

技術の世界にも流行があることは否定できない事実であろう。

むしろ流行を営業戦略に使っているとさえ言われる昨今である。

流行に乗るのは余り好まないが、大きな技術の流れを見失わないで、世界に通用する技術を創出する努力が一段と前必要な時期なのである。

今も激しい技術競争と商品の多様化の中での多くの技術革新が進んでいる。

この様な中でそれらの持つ目的が顧客の満足度の向上を妨げることがない事さえ確認されているのであるならば何にもこだわることなく自

由に選択することができる筈であるし、又逆に国内においても全く同じ視点を持つべきであることは論を待たないことであろう。

この様な技術の国際化を正しく進めてゆくためには視野の広い技術者の育成が必須であり、本誌の果す役割も大いに期待される所である。』

次に余り触れる機会の無かった省エネ活動のフィナーレを少し述べてみたい。正に定年を迎える数ヶ月前の1993年8月に、通産省東京通産局長からの「エネルギー功労賞」を頂戴すると云う有難い「はなむけ」に遭遇した。エネルギーとの出会いは昭和39年からの重油焚き間接式熱風乾燥炉のお守りから始まり、ブタンエアガス（LPG）への転換と蒸気エネルギーからの脱却、職場の省エネ/資源活動の推進、最後に天然ガス（LNG）への転換で卒業することになる。これは東京環状LNGパイプラインの完成のチャンスをつらえてその恩恵をホンダ狭山工場も受けるべく東京ガスー地元川越の武州ガスとの共同作戦で成功させ、これが動機となって所沢、狭山、川越、坂戸の市民もより安全でクリーンなエネルギーと出会うことになったのであった。

術」誌主宰の小柳行正さんへの感謝を第一に申し上げると同時に、「塗装技術」誌の読者の皆様から頂いた激励や御支援があったればこそと併せて感謝いたしております。

この原稿の制作に際して多くの知見や資料、そしてコメントなどの数々のご支援を寄せて頂いた関係業界の皆様、ホンダの同僚諸兄の皆様はその御力に対して感謝の念を改めて表しておきます。また、この文中には遠慮無く無断でご尊名を使わせて頂いた上に、不本意な表現も多々存在しているのではないかと危惧致しており、末尾ながら各位様にご容赦をお願い申し上げます。またこの連載に際して無理な校正をして頂いた理工出版社編集部の飯田さんにも併せて感謝の意を表します。最後に、この連載と自費出版に到る十余年もの長期間にわたって種々の慣れない作業を強いてきた妻に最大の感謝を捧げるものであります。「完」



天然ガス化完了記念テレホンカード

さて末尾に謝辞を述べさせていただく。この私の『東西自動車塗装スケッチ 自分史への試み』の標題を私に与えてくれて執筆の契機を作ってくれ、その上に八十数回にわたる未曾有な長期連載を許してくれた理工出版社、「塗装技