

## 第6部 クリーンなエンジンと粉体塗装

### 1. クリーンエンジン“CVCC”への挑戦

#### 1) アメリカ大陸の大気汚染事情

初めての乗用車排ガス規制「マスキー法」の話の前にその背景である当時の光化学スモッグの汚染状況を述べる必要があるようだ。あの有名な「光化学スモッグ」はロスアンゼルス周辺の地形と気候がもたらす特有な大気汚染とされ1960年以来多くの市民を悩ませていた。1966年にはこの汚染が大気中の高濃度の窒素酸化物、炭化水素の存在と強い紫外線によって生成する高能度のオゾンを中心とする光化学スモッグであるとの発生メカニズムが解明された。その主原因は乗用車の排ガスであることが判っていたが対応策が見当たらず、手取り早い工場からの排気ガス中の炭化水素の排出を抑制する規制が始められた。そして「ベンゼン、トルエン、キシレン」などの有機溶剤の使用を制限すると言う世界初の“Rule 66”が施行された。この規制には単なる排気ガスだけでなく、直火式乾燥炉などで炎に触れた有機溶剤は光化学を起こす能力が増加することから排気中の溶剤ガスの熱分解処理も求められていた。そして最大の溶剤を排出する乗用車の塗装ラインへの世間の風当たりは厳しくなっていた。

これに対して光化学反応性の低い成分で組成した「免除溶剤」が開発され、この溶剤を使った「溶剤置換型塗料」が生まれた。その代表には「NAD（非水分散）型塗料」がフォード社の手で実用化されたし、一方競争相手のゼネラルモーターズ（GM）社は僅かな溶剤しか使用しない「水溶性塗料」を開発し採用して対応した。

やがて、1970年代になる頃、この光化学スモッグが平地の多い地形の高速道路が密集した大都市圏にも発生するようになり、急速に全米に広がって行き、その被害は悪化の傾向を示していた。

1970年には連邦環境省（USEPA）が発足し大気浄化法を施行して大気汚染の抑制に乗り

出した。ここでも乗用車排ガスへの対応は後回しになり、工場からの排出ガスの規制が中心となったので世間の関心は光化学スモッグ対策は有機溶剤の排出削減と啓蒙された。

1977年頃にアメリカへの生産拠点の進出のために、オハイオ州の首都コロンバスに州庁の高層ビルを初めて訪ねた時のことである。朝から無風が続き、日射の強いインディアンサマー（残暑）の一日であった。午前10時ともなるともう50階の高さから上は薄暗いスモッグに覆われつつあり、眺望が悪くなり飛行場が閉鎖される騒ぎとなった。午後になって風が吹いてスモッグが消えるまでに街路樹の「メイプル」の葉が褐色に縮れたり穴が開いたり被害を受けていたし、眼に刺激を受けた人が出たとのことであった。ここはロスアンゼルスのような盆地ではないから毎日被害が出る訳ではないが、それでも年に数回の暗い昼間を経験するようになっていた。この頃コロンバスは政治学術研究都市であって工場は少ないが、2本の縦貫ハイウェイと2本の国道フリーウェイが市街を取り巻く二重の環状ハイウェイと交差している交通の密集地域であったから、明らかに車の排ガスが原因の光化学スモッグであると言われた。悪いことに、この発生した高濃度の光化学スモッグの大気団は西風に吹かれて風下に移動する「トラベリング」現象を起こして被害を上げた。

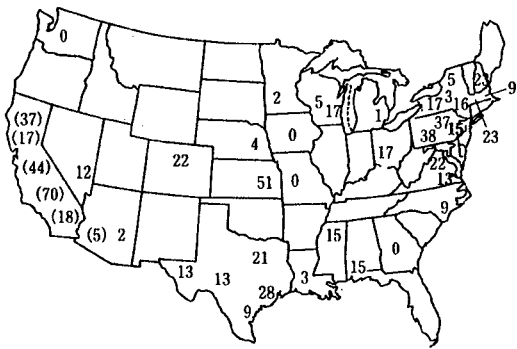
この次第に増加する年間発生日数は国民の健康上の問題と認識されるようになってきた。

この汚染の拡大を憂慮した議会筋では、今まで聖域で手を付けていなかった乗用車排気ガスの清浄化を目指した画期的なマスキー法を上程することになったのである。

これは達成期日を限って、走行距離当たり一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物の排出量の削減を提案したものであった。更に燃費向上の施策として燃費の公表、軽量小型化の啓蒙などが薦められた。

実はその後四半世紀の努力にも拘らず大気汚染の状況は好転することなく、乗用車の排気ガ

ス規制、その検査メンテナンス体制、燃費競争、車両の軽量化と燃費規制案、代替アルコール燃料、電気自動車の強制的割当販売と継続した規制が今日も続けられている。



アメリカの大気汚染日数（1974年4月～10月）

【注】( ) 値の数字はオゾン（オキシダント）の日数を示す。

## 2) 「マスキー法をパスするクリーンエンジンを創れ、スタートラインはみんな同じだ」

アメリカ議会に提案されたマスキー法の全貌が世界中に伝わると、現状技術水準（State of arts）を全く無視した目標値に対してビッグスリーはもとより世界中のカーメーカーからは「とても実現不可能」とのコメントが寄せられていた程の無茶なものであった。

この情報に接した本田さんはこの檄（げき）をオールホンダに向けて宣言した。それは今までホンダに貼られ続けた「クルマの最後発」のレッテルを返上するチャンスの到来とばかりの激励でもあった。

その後のマスキー法の行方を阻む様々な障害が現れて紆余曲折（うよきよくせつ）が続いた。一方昭和47年1月に環境庁は日本版マスキー法とも言うべき乗用車の排ガス規制を入れた大気汚染防止法を2年後に実施すると発表した。その理由は日本の平地面積当たりの車両保有台数はアメリカの十倍にも達することから、工場からの溶剤排出抑制よりも厳しい自動車排ガス規制が光化学スモッグ対策として必要となったとの説明であった。

この絶対的な社会的使命の下で号令一下、技術研究所では本田さんの育てた技術者がこれに取り組んだのである。

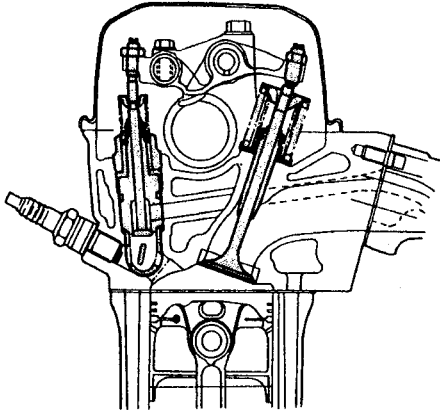
丁度この頃は空冷エンジンを載せた「ホンダ H1300」に続く世界を狙ったミニマムカーの「ホンダ シビック」の開発時期の最中で、このエンジンは水冷式とする若手と空冷を再度挑戦しようとする本田さんとの競り合いの最中でもあった。勿論、本田さんはこの時点でも持論である「熱効率の高い空冷エンジンを用いてマスキー法をクリヤーすべきである」との強い主張をしていたが、これに対して弟子の若い技術者の大半はどう考えても「水冷エンジンのほうが排ガス制御にとって有利である」との主張が高まりつつあった。しかし長年指導を受けて来た本田さんの指示も尊重したいと考える人もいて混迷が深まりつつあった。この雰囲気を知った副社長の藤沢武夫さんは後に誰もが知るようになった「熱海会談」を研究所の技術者連を熱海に集めて彼らの意見を聞く機会を設けたのであった。そして翌日、技術研究所に本田さんを初めて訪ねて「今度は若者の主張する水冷の開発を許してやってくれ」との提言に対して、本田さんの拒否にあってしまっただ。そこで藤沢さんは「もうそろそろ社長になるのか、技術者でいるのかを決める時期に来ているのではないですか」との一言が本田さんの心を動かし、水冷のエンジンの開発が認められたとはホンダ伝説の一つである。

そして「シビック水冷エンジン」をベースにクリーンエンジンの開発に拍車がかかる。

遂に昭和46年（1971）にCVCC（複合渦流燃焼制御）と名付けられた新しい燃料の燃焼システムを組み入れたエンジンを開発し、EPAの1975年の規制値を世界で最初にパスする偉業をなし遂げた。この研究はガソリンの燃え方を徹底的に追求したとかで、エンジンのスタート時のシリンダー内部でどのように炎が伝播して燃焼につながるかのメカニズムを直接的に観察する高速度写真撮影が成功した。この知見から新しい燃焼方式の発明に至ったものであるとか。

通常の方式では燃焼後の排ガスを触媒などで後処理する考え方であるのに異なり、この方法は燃焼の形態を改善することにより未燃焼ガソリンに起因するHC、COの濃度を低下させ、合わせて吸入するガソリンの濃度を下げて高い燃焼温度によるNOxの生成を抑制しながら安定した燃焼を保たせるものである。この強烈な着

火用の火炎を放射するために特別にガソリン濃度の高い少量の燃料を供給する副燃焼室を作り、ここで電気スパークにより着火させ、渦巻き状となった火炎が主燃焼室に給気された希薄な燃料ガス内に噴出されて安定な着火燃焼を維持させるものであった。



複合渦流燃焼制御 (CVCC) エンジン

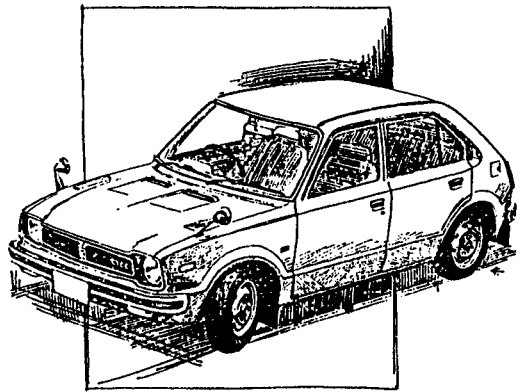
これは正にホンダの公害本部の宣言するスローガンの「元から出すな」の実践その物である。

昭和41年から始められたこの研究の指揮をとった杉浦英男さんの回想談「迷路からぬけだす」の一文を引用したい。

『こんなに先の見えない仕事は初めてであった。CVCCで行けるとの見通しができた昭和46年秋までは、失敗の連続、本当に参った時期であった。そんなある日、あるグループの工夫とあるグループの智慧を組み合わせたらとの提案があった。コンピューターにデータを入れてみると、うまい結果が出た。これが皆を奮起させるきっかけになった。所が後から判った事であるが、コンピューターのプログラムが一部間違っていた。だから回答も、正解とは行かなかったのだが、一度精神的にはずみが付くと面白いものでとうとう迷路を抜けだす事ができたのである。』（「ホンダの歩み」より）

そして本田さんの「技術は一社が利益の為に独占すべきではない」との英断から世界のカーメーカーに技術供与する事になった。

やがてこの新しいクリーンエンジンCVCCを載せた最初の車は「ホンダ シビックCVC C1500 4ドア」車となり、アメリカへの輸出も見込まれていたのだが、この名譽のある生産



シビック1500 4ドアセダン

世界初の排ガス対策車「ホンダ シビックCVC C1500 4ドア」

を担当する工場はまだ決まっていなかった。

この成功に一見無縁の塗装技術者である我々にも思わぬ大きなインパクトを与えずには置かなかった。このクリーンな車の製造には、是非とも排気ガスと同様に光化学スモッグの一原因とされる有機溶剤の排出を抑制したクリーンな塗装の実現が我々の志となって一層燃え上がっていたのだった。

## 2. 軽乗用車から小型乗用車体質への飛躍

### 1) 埼玉製作所狭山工場の“NHP”の実践

新しい川島体制が打ち出した大号令は“NHP”（ホンダ ニュー プラン）と銘打った体質改革運動の嵐であった。これは新社長が主唱する基本方針である「永続性のある企業基盤の確立」を標榜（ひょうぼう）するものである。それは「企業の国際化」、「消費者運動重視」、「環境保護／省エネルギー」などへの新しい難問を抱える1970年代に対する「問題発生への対処から問題の先取り解決の実現」を目指すものと説明された。

そこで我々は世界に通用する車作りとしての生産効率と品質保証の優れた工場作りを小型車への飛躍を目指して真剣に検討していた。

狭山工場は設立以来生産していたホンダスポーツから軽乗用車に至るまで全くオートバイが稼いだ収益を「クルマ作りの勉強代」に持出していたのであった。そこで蓄積した経験を活かして世界に通用する小型乗用車への脱皮こそが狭山工場の体質改革の目標であると位置付け

ていた。そしてこの狭山が生産を担当する新小型車“X”が新しいクリーンエンジンを載せた「ホンダ シビックCVCC1500 4ドアセダン」として姿を現わしたから、この改革の推進に一段と拍車が掛かったのも無理もなかった。これこそは世界最初になし遂げた排ガス浄化対策車の名誉を担(にな)った車であり、このクリーンなイメージの車を生産するにふさわしいクリーンさを先取りした画期的な塗装技術によって実現すべきであるとの考えに“化成人”の誰もが熱意を示し拍手を惜しまなかった。

この狭山における改革プロジェクトの指導者は所長の水野鏡治さんが当たり、乗用車組立工場長には浜松製作所から浅野嘉英さんが、技術研究所の管理室長から工場長代理に鈴木澄夫さんの二人による管理/技術のヘッドにより指導され、我らの塗装の良き理解者としての上司に恵まれた一時代であった。これを推進する全化成を挙げたプロジェクトチームは化成課長の星野忠夫さんをトップに私も参加して組織された。この時に筆頭の係長であった鈴木弘さんはNHP企画メンバーに任命され、長い間の化成人から飛躍することになった。その後も大いに化成プロジェクトに貴重な意見を与えてくれた。

この厳しい難問を解決する為に、生産技術と保全技術のメンバーが現場の生産の主力メンバーの中に合流する新しい姿の改革プロジェクトを作りスタートを切った。

## 2) 新塗装ラインの革新的コンセプト

このNHPの理念を踏まえて生産技術のトップであった篠宮茂さんとホンダエンジニアリング社長の石川富士雄さんが提唱したのが「競争力のあるミニマム工程数ラインの実現」である。伝聞によれば石川さんがフォルクスワーゲン社を訪問した折に、最初に手渡された資料が自動車製造時程フロー図であったとかで、これには鋼板ロールがプレスされ、溶接組立、塗装を経て艤装組立が完了し、検査、出荷に至るまでの必要時間が記載されてあった。それらの時程を自分の経験と比べてみて驚く程短かかったことに強い衝撃を受けたとのことであったとか。

当時ホンダでは設備や作業時間を徹底的に“Net & Loss”に分析して議論することが流行しており、例えばコンペアー上の車体同志の隙

間の長さの妥当性が議論され、不良の修正スペースなどがロスとして厳しく批判されていた。チームでは新しいラインのコンセプトを検討に入る前に、今まで経験し蓄積してきた全ての「生産上のノウハウの再点検」と市場で発生している顧客様からの苦情である「クルマの品質の一斉検証」の2点を連動させながら徹底的にリストアップすることから始められた。

その中の特にラインの管理者の星野忠夫さんの強い指示でより工程で発生する全ての「外観不良」の現実の内容を徹底的に分析することであって、それに多くの時間と手間を掛けて行なった。このデータに基づくその解決法と修正法を塗装プロセス、レイアウト、材料などの点から検討を開始させた。それ程塗装の作業は不具合の後始末に明け暮れていたかであって、受け取る鋼板車体の表面欠陥や汚れに始まり、各工程でのごみ付着、欠陥除去のミス、塗装自身の不良などが波の様に重なって、その処理のために生産のリズムが乱されるのが実態であった。

顧客様への迷惑の中で最も強い反省点は、新規に開発した車の生産開始の初期段階における鋼板車体の仕上り精度の極めて悪かったことである。生産のスケジュールの逼迫から、この仕上げ不良の修正する役割は塗装が引き受けざるを得ないことが常であった。そこであわてて設定した暫定修正法には「半田修正後の処理」、「スプレーパテ」、「厚い膜厚で研磨し易い中塗り」などの材質の選定と共に作業工程スペースの準備や技能の不足があって、結果として1年以内に塗膜に「ふくれ錆」、「割れや剥離」、「変色やしみ」、「プリスター(小水泡)」などが発生したことである。

一方、アメリカの光化学スモッグ対策としての有機溶剤排出抑制は「揮発性有機物質(VOC)」排出抑制と定義を一新して、各種の業界に対してその地域の汚染レベルに応じた規制が求められる体制となった。そして自動車塗装ラインではその抑制目標はロスアンゼルス(GM社サウスゲート工場が実施している水溶性塗装の溶剤排出レベルとして既存の工場に適用を打診している段階にあるようだった。それに呼応して世界中でそれに匹敵する新しいVOC抑制技術の開発も進められつつあった時代である。

このような背景から世界初のクリーンエンジンを載せた乗用車にふさわしい産業公害対策を

実現した塗装ラインを目標とすることを宣言した。それは省資源、省エネルギー、公害対策（大気、水質の汚染防止、廃棄物の削減）などの具体化であり、同時にラインの短縮とコストの低減、そして小型車として新しく設定した塗装外観と品質の実現を狙った。

生産技術開発を担当したHTG（ホンダ テクニカル グループ）では多くの候補テーマの中から取えて

- ①ホーロー式塗の上塗り粉体塗装法による有機溶剤排出削減できる粉体塗装システム
- ②溶剤置換型NAD上塗り塗料
- ③電着塗料回収UF装置
- ④乾燥炉排気焼却システム
- ⑤粉体中塗り塗膜用の自動研磨システム開発

などが改めて「NHP」の一環として、日程を限った実用化研究がスタートした。これらの提案に対してクルマの排ガス対策のニーズを理解していた我が経営トップの誰もが塗装の有機溶剤削減対策に傾倒しつつある塗装技術者に水をさすこともなくむしろエールを送ってくれた良き時代でもあった。

この計画は軽乗用車専用のNo.1～2ラインを撤去して、そこへ2ライン分以上の生産能力を持つ新小型のNo.2ラインを建設するものである。この工場は板金組立（溶接）から艤装組立までの工場全体を通して最短で分岐の少ない車体搬送システムを作りあげ、同時に中心である塗装工程の前後には夫々前後の工程の特性の違い、即ち板金組立は車体形状中心ロット、塗装工程の同一色ロット、艤装組立は工数平準化機種組み合わせ準位を求めると言う要件を幾らかでも調整吸収するストレージラインを設けて生産効率のアップを狙った。ここで初めて「塗装前ボディー」と「塗装後ボディー」のストレージラインを含む搬送システムのコセプトを確立することができた。

最終的な塗装ライン構築は「前処理→粉体塗装→電着塗装→研ぎ→上塗り→リペアー」の分岐の全くない一本ラインでつながれた。

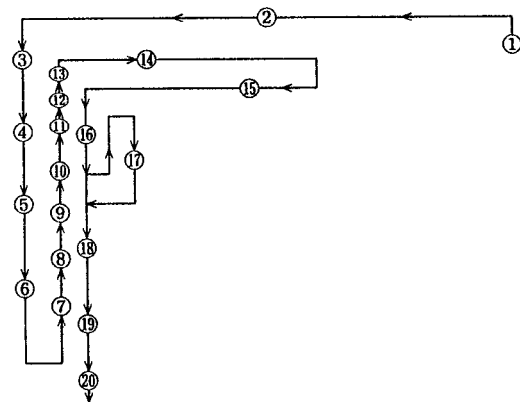
そして塗装工場内には塗装不良による組立ラインの組立順位の変更を少なくするためのリペアー塗装ラインの設置と、ライン停止などの影響を無くし連続作業を可能とする適切なストレージラインを直列に設定した。

そして地上の工場周囲の物流線を確保する為

には塗装ラインは全て2階、3階とする画期的工場レイアウトが英断された。

特に「上塗り塗装ライン」は1本であったから、コンベアスピードでは世界最高速度に近いものであり、自動化した塗装装置群の最も効率の高い使い方を実現した。私はこの構想をまとめるに当たっては常にGM社の塗装ラインの生産体質を念頭に入れていたことを強烈に思い出すのである。

そして生産能力も最初は850台/2直(840分)でスタートし、約15年後の最終的には1150台/2直まで基本レイアウトを変更せずに能力拡大の対応を可能にした潜在能力を確保した生産プロセスであった。このクルマの増産に明け暮れた時代を通してこの塗装ラインが長い寿命を達成できた技術の根源を続いて探ってみたい。



粉体塗装ライン構成

- 【注】①：溶接ラインより、②：スプレー式前処理ライン、③：水切り熱風乾燥炉、④：粉体塗装ライン、⑤：粉体溶融加熱炉、⑥：電着塗装ライン、⑦：粉体・電着熱風乾燥炉、⑧：シーリングライン、⑨：アンダーコート塗装、⑩：シーリング乾燥炉、⑪：空研ぎ研磨ライン、⑫：水研ぎ研磨ライン、⑬：水切り乾燥炉、⑭：上塗り塗装ライン、⑮：上塗り熱風乾燥炉、⑯：上塗り検査ライン、⑰：リペアー塗装ライン、⑱：内面ワックス塗布、⑲：塗装完了ストレージライン、⑳：艤装（ぎそう）組み立てラインへ。

### 3) 序説「親父の好きなホーロー仕上げ」と粉体塗装

これは新版「いろはかるた」の文句ではない。ある時に本田さんは「車の塗装は『ホーロー（琺瑯）』のような肌でなければ」との言があったと伝わってきた。その真意は判らずじまいで

あったが、我々の間でのその発言への「解」は一つではなかった。

私は学生時代の窯業（ようぎょう）の講座でホーローコーティングの話が甦って来て独断と偏見で解釈すると、それは「その厚さを感じさせる肌の滑らかさ」であり、「膜の硬さと汚れを寄せ付けないクリーンさ」、また「冷たい質感と鮮やかな色合い」などの特性ではなかったか。そしてサンドブラストされた粗い素地鉄板面の上に仕上げられる平滑な美しいホーロー肌にはその膜の形成メカニズムに秘密があるように思っていたのであった。それはガラス質となる石英や長石などの微細粉末を水に懸濁した「うわぐすり（釉薬）」を塗装するのは流し塗り、浸漬塗り、スプレー塗装、電着塗装などが使われるが、いずれも形成された微細粉末層にふくまれる水分を完全に蒸発させた形がホーロー仕上げの出発点となる。次に加熱炉に入れられて微粉末堆積層を融解させて平滑になるまで焼成するのである。粗いサンドブラスト素地表面にも拘らず平滑な肌が得られるのは十分な膜厚の確保、それが十分に溶解し、しかもホーロー膜が平滑さを形成する際に発生する収縮や残存する応力歪（ひずみ）が無いことに基づいているのであろう。

これに対して塗料の硬化メカニズムの過程は大きく異なっており、例えば溶剤の急速な蒸発、樹脂の硬化反応によるガスの発生と収縮、何よりも加熱時に塗料に含む溶剤が下地塗膜に浸透し、その塗膜を軟化膨潤させる現象を生じさせて、表面の平滑性は素地の影響を受けて悪化させることなどは大違いの一つである。

何故か、最近の塗装とホーローとの接点が語られることが多い。それはアニオン電着塗装の特許係争の資料集めで発見された日本特許の中に「うわぐすり（釉薬）」を電気泳動塗装法によって塗装してホーロー鉄器を製造するとの昭和12年の発明であった。また前述したオートバイの水溶性塗装にホンダで初めての塗装ロボットを導入したが、この北欧生まれのトラルファ塗装ロボットを我々よりも先に眼を付けて活用していた人はホーロー浴槽のホーロー塗装であった話も良く知られている。いずれ近い将来の塗装に粉体塗装やセラミック／無機質塗料の時代の到来によりホーローとの新しい縁が予想されるのである。

さて欧米で現実となっている粉体塗料が有機溶剤排出抑制の有力な手段として注目されている。確かにこの塗膜の形成メカニズムはホーローコーティングに極めて類似した点を持っていた。それは微粉末の形で作られた塗料が静電塗装によって素地の上に塗装された姿は丁度焼成炉に入る前のホーローと全く同じ状態なのである。この不思議な形態の一致は私にとって見逃せない強いイメージを「粉体塗料」に抱かせたのであった。

やがて塗料の面では軽乗用車N360数台を白とブルー色のソリッドカラー粉体上塗りを塗装した試験車が社用車に登場させるレベルには到達していた様であった。

そして、粉体塗装の実用上の難問題はこれから取り組むものとして、粉体塗装の持つ利点である「塗料スラッジの出ない塗装法」、「溶剤を必要としない塗装法」、「排気洗浄水を使用しない塗装法」、「塗装ブース条件の緩い省エネ体質」などの環境汚染三無主義の特徴が社内で急速に評価が高まったのであった。それは特にホンダ中の管理者を大いに注目させる話題となっていた。

粉体塗装に対抗する塗装技術としては既に鈴鹿製作所でモペットの上塗り、小型乗用車の中塗りに採用されていた水溶性塗装があり、これらの利害特質を対比する異質競争的なテーマ評価には当の塗装技術者も頭を悩ませていたが、しかしHTGの属地主義で夫々が競合しながら検討を薦めることに決着した。

#### 4) 電着下塗り／ガイドコート 中塗り改革

軽乗用車の外観をワンランク向上させた功労者はアニオン電着下塗り／ガイドコート 中塗り塗装方式の上に上塗り塗装をした3C2B（スリーコートツーベーク）システムであった。しかし、これをそのまま輸出向となるであろう「ホンダ シビックCVCC1500」に適用するには防錆レベルだけでなく外観にも懸念が残っていた。そしてガイドコートに特有な配合である刺激臭の強い親水性溶剤に対する労働環境対策が未解決であったから、この方式の持っている工程省略の特質を継承できる改革が求められた。

当時のアニオン電着塗料には新しく登場したポリブタジエン樹脂を電着樹脂に変成すること

によって塗膜自身の強度と防錆力の改善が進んでいたが、しかし素地と電着塗膜との密着性は強い衝撃によって短冊状の割れと剥離の起きるのは相変わらずであった。

大きな声ではばかれるが、当時のアニオン電着塗膜は従来の浸漬塗装法では完全に塗装できなかつた部位が塗装できたから車全体としての防錆効果は高く評価されたが、外傷の付き易い部位では従来の浸漬法による水溶性下塗塗装よりも衝撃による変形時に見られる割れや剥離などが劣っている点が見られるからである。

一方、八幡製鉄の利用研究所（川崎市）の前田重義さんはアニオン電着塗膜の析出メカニズムの研究成果を発表されていた。それによるとアニオン電着の析出する前段階ではリン酸亜鉛皮膜処理した鋼板表面において水の電解が起こり、それによって作られた水素イオンの蓄積が生じており、この前処理表面の酸性度により接近したアニオン電着樹脂が放電析出して凝固するものとされている。この時にリン酸処理皮膜結晶や素地がその酸性雰囲気によって前処理結晶のボイドなどの弱点に溶解ダメージをもたらすことが懸念されていた。これに対して前処理皮膜の水切り乾燥の有無、廃止されていたクロムリンス（リン酸皮膜の受動態化処理）の有無などの関連もふくめてリン酸亜鉛皮膜の耐酸性が議論されていた。

現実に我々のN360は駆動輪である前輪の跳ねあげる砂利により床下に近いサイドシルにも外傷部からの局部腐食や交通事故での接触時に起きる塗膜の短冊状の剥がれや放射状の割れ発生などが板金修理業者から問題として教えられていたからである。

この観点から考えると、前処理皮膜は従来の一般的な塗装用の前処理から電解反応にさらされる電着塗装用の強い皮膜が発明される必要があると考えられる。我々ホンダでもこの点への改革を試みた事例は狭山での鋼板の電解スマット除去法であり、鈴鹿での以前にも紹介した「鋼板の電解研磨＋2重リン酸皮膜処理法」なども成功の目途（めど）はついていなかった。

何と言っても、開発のいきさつが塗装工程のない所に割込んで作られたガイドコートであったから、未だ水で湿っている電着塗膜の上に塗装することからも塗料自身の配合はかなり無理をしていたし、得られる膜厚も標準中塗りに比

べて薄かった。それ故に有機溶剤規制への対応や静電塗装の導入や塗料スラッジの再利用などの面への対応は難しかった。この代替法には、溶剤型中塗りの通常の方法か、公害対策としてはアメリカのGM社の水溶性型中塗りがあり、フォード社の溶剤置換型のNAD中塗りも実用化されていた。まだ乗用車体用には未だ採用されていなかったが粉体塗装も欧米での主力の候補として注目された。

特に水溶性塗料はホンダの鈴鹿製作所の塗装ラインでモベット用の上塗り塗装に成功しており、その後発展して小型乗用車「ホンダ シビック1200」の中塗りにも採用されていることは前にも述べた。このホンダの水溶性塗装法はアメリカのGM社が実行している設備投資とランニングコストの掛かる完全に質度/温度調節された塗装ブースを採用する方法ではなくて、むしろ被塗物の予熱や塗料の加温、溶剤種/添加量などの溶剤の調節などの工夫により中程度の膜厚がえられる水溶性中塗り塗装を実用化するのに苦心を払っていたのであった。

このような背景のなかで、技術係長であった川村紀生さんが将来の夢であるが『ガイドコート＋上塗り』をまとめて粉体塗装化する飛び抜けたアイデアを提案した所、皆んなの賛同の聲が上がったのであった。しかし粉体塗装は既に「上塗り用」としてテーマアップしていたのでこのアイデアは至極当然であったが、直ぐ解決しなければならない問題として上塗り粉体塗装の色替え法、メタリック色の外観の再現、アルミニウム箔の静電気安全性が控えていたからこそこれは将来の夢のテーマであった。

そこで総合塗膜厚が十分に確保できることを条件として、取りあえず平行検討をすることとし、「電着塗装＋ガイドコート」の粉体塗装化をすることとし、①電着塗装＋ソリッドカラー粉体上塗り塗装と中塗り塗装方式兼を残した、②ガイドコートの粉体塗料化に集中する案、③「電着塗装＋ガイドコート」を粉体下/中塗り兼用とする方式の三案を決定した。

そこでこれらの候補を比較検討すると、今回の目的（産業公害対策、ミニマム工程数）などに最も適切なものとして、更に将来の夢の選択肢のある粉体塗装を仮りに中塗りの第一候補とすることに成った。

川村さんが粉体塗装に拘った理由の一つに

は、表面処理部門の主任技師であった李家卓さんが「専門職自己主張レポート」に書かれた「原色塗料のスプレーガン前混合による自動調色塗装法」の考え方を活用して粉体塗装による自動調色を考えていた様であったことを覚えている。また私もシェル化学社が発表した粉体塗料が加熱溶融工程で下塗り層と上塗り層に分離する二重層を形成する方式に夢を抱いていた時代でもあった。

何れにしても私にとっては鈴鹿が先行している水性中塗り塗装を採用しない大義名分を「膜厚確保が難しいとする」として他の人々に納得させることは頭痛の種であったことはまぎれもない事実である。

そして全課を挙げて従来の塗装プロセスからの洗い直しが問題点を粉体塗装が解決できる稼動か、一方、技術者は防錆耐食性、更なる生産拡大への適応性、表面欠点修正性、経済性（省エネルギー、省資源）、公害対策性（水質、大気、廃棄物）などの面までを比較評価することに忙しかった。

上塗り	粉体上塗り	上塗り	(外面) 上塗り
ガイドコート		粉体中塗り	下/中塗り (内面)
ED	ED	ED	粉体 ED
軽乗用車 N 360 ガイドコート 方式、3C2B。	川村係長の提案 ED-粉体上塗り 2C2B。	粉体中塗り方式 3C3B。	粉体リパース電着方式 2C3B。 (採用プロセス)

各種塗装プロセスの塗膜構成断面比較

### 5) 上塗り塗装方式の選択は消去法で

軽自動車業界で初めてのメタリック塗装は市場で喝采を受けていた方式は昔ながらのワンコートメタリックであった。しかしこのメタリック塗装現場では幾つかの「ウィークポイント」が打ち上げられその都度の対応策に苦心していた。その第1は塗料に含まれるアルミニウム箔の並びの悪さからの不合格率の多さであり、不良の修正には熟練下塗装技能がなければ極めて難しく、直ぐ全面塗り直しになってしまった。その理由には長さの十分でない塗装ブースのためにメタリック塗装の膜厚がどうしても不足気味になりやすかったから、塗料の隠蔽力を上げようとしてアルミニウム箔配合率をアップする

傾向があったからと考えていた。これはアルミニウムの並びをよくするにはできるだけ溶剤で帰着下塗料を何回も塗り重ねるのが常道であったからである。

第2にメタリック塗膜の最表面の近くにもアルミニウム箔が存在していたから、酸性の強い「すす」などの大気汚染や鳥の糞などにより黒変し易かった。特に淡い色のメタリック塗色にはアルミニウム箔の配合量、サイズを選択などに難渋の選択をしていた。

従って外観的にも性能的にも現場の作業性の向上の点からも、また溶剤排出の削減の面でも何らかの革新的塗料を求める気運が高まっていた。ここでは当時の選択肢について紹介するに止めて、この選択の結末は節をあらためる。

第1の候補は鈴鹿での「ホンダ H1300」以来引続いて採用されていた伝統の2C1Bメタリック塗装であった。これは「メタリックベースコート」を塗装した上にウェットオンウェットでクリヤー塗装を行なう方式である。この方式は平滑さと光沢の良い外観とアルミニウム箔の黒変の生じない上に、更に僅かなごみ付着による塗装不良などは軽ポリッシングによって容易に修正できる利点を実証されていたからで、その採用に期待が持たれていた。

さて溶剤規制のあるアメリカでは先のGM社の水性塗料とフォード社のNAD塗装がメタリック塗装に実用化されていたが、何れも従来のワンコートメタリック方式であった。この技術も日本でも様々な検討が始まっていた。

第3の粉体塗装ではソリッドカラーについては色替え問題を解決すれば利用可能であったが、メタリック塗料については原理的にアルミニウムの配列が従来と異なること、アルミニウム箔の持つ静電帯電特性からの安全性が危惧されていて当面の候補とはならなかった。

これらの背景から、クリヤー付きのメタリック塗装の採用による溶剤削減の両立ができるかどうか議論的であった。

この塗料の選択と並んで重要視された項目は不運にも上塗りの外観に不具合が生じてしまい塗直しを宣言された不良品の効率的な処置方法の検討である。軽乗用車ラインではオフラインで欠点を除去し「全面研ぎ」をして、上塗りメインラインに同一色ロットがきた時にそれと合流して再塗装される方式であった。



これに対して全く別の修理専門の塗装ラインを設けて熟練したスプレーマンの手でマニュアルで再塗装する方式が検討された。ここでは全面再塗装だけでなく、マスキング塗装により必要最小限の塗装を行なうことのできる対応を塗装技能のアップ、メインラインとは異なる適切な塗料の準備、焼付温度の低下による黄変防止などにより可能にすべく研究を始めていた。

この場合このリペアー方式の改革に続いて、小型車にふさわしい完成車塗装修正（タッチアップ）の方式をコスト的にも塗装品質においても軽乗用車のレベルを超える方式が模索された。これは常温乾燥ラッカーからメインラインの塗料を再調色し低温化触媒の添加により低温焼付法が可能となり、加えて新しく登場した遠赤外線加熱ユニットにより効率的な乾燥法に期待した。

### 3. 粉体中塗り／電着リバース方式の登場

#### 1) 二者択一の危機

新塗装ラインの検討期間はあっという間に過ぎ去ってしまっていた。そこに出来上がった約370項目に及ぶ改善点の洗出しリストとそれに対する各々の塗装プロセスの比較表を前にしてのプロセス決定のミーティングが開かれていた。そこには班長以上30余名の管理者と技術者全員が出席して、「下塗りアニオン電着後粉体塗装中塗り方式」か、または「下／中塗り粉体塗装後アニオン電着方式（リバース法）」かのどちらを採用するかを決着を付けようとしていた。

半日以上も議論しても結論が得られず、議長役をしていた星野忠夫さんの発言の「技師たる者に不可能はないはず、早く決めろ」と結論を促された。そこで私は2-3項目のリスクがあることを覚悟して「電着塗装＋ガイドコート」を「下／中塗り兼用の粉体塗装＋内面電着塗装」に変更する方を採用した。明かにした選択理由は、

- ①前処理－アニオン電着塗装の間に起っている電解による密着問題の起きない従来タイプの塗装方式を外板に使用したい。
- ②粉体塗装は膜厚を薄くするのは得意でないので経済的の観点から「電着＋ガイドコート」の粉体化を合わせて進めたい。

③粉体塗装によるメタリック色は原理的にも難しく、ソリッド色は色替え問題があるので、今回は中塗りに徹して進めたい。

これに加えて3つのリスク項目としては、

- ①粉体塗料の樹脂にエポキシ樹脂を選んだのは粉体塗料としての製造、安全、品質などの種々の面からも最も経験の蓄積があり安定している樹脂系である。しかしエポキシ系樹脂には中塗りとしての耐候性への危惧に対する対策が必要であること。
- ②粉体塗装と電着塗装の境界線（面）の耐食性レベルの低下対応策。
- ③粉体塗料に含まれる微小粒子の安全衛生上の挙動（爆発と吸入障害）に対する知見不足。これらへの対応はリスク管理により対応が可能と考えていた。

人生に選択の決定的瞬間が数回訪れると言われるが、今回の経験はまさにそれに該当する事件であったし、その結果として背負ったリスク管理の重荷はその後十二年余りも続くことになるとは遥かに予想を越えていたと言えよう。

勿論この考えには材料メーカーである関西ペイントの自動車塗料技術部の賛同を得ていたことが大いに私の自信を裏打ちしてくれていた。

この粉体塗装採用の情報に対して社内の各方面からの異論が唱えられたのであったが、何としても強い味方であったのは担当工場長であった鈴木澄夫さんと、前職であった技術研究所管理課長の広い人脈から、我々の新しい小型車用塗装ラインのあるべき姿を陰ながらチェックしていて呉れたのであった。また当の責任者であった星野忠夫さんも同様で自身も塗装の品質を決める最重要点は下地の処理が一元的に粉体塗装面に集中して管理できると言う現場の分析に同意をしていたから、私の裁定には満足していたと思っている。

ホンダの化成人の誰もが知っている「新しい車を開発する毎に初期の車のプレス、板金仕上げの悪さを塗装工程でカバーするために行なった工夫（厚膜で研ぎ易い中塗りや半田仕上げの修正）がいつも顧客の苦情を引き起こしている実例がある」の解決にはこの膜厚で強度のある粉体中塗りの効果を期待しない者はいなかった。

この粉体プロジェクトの推進は、材料技術を最近ホンダに材料研究者として中途入社した菊

地宇兵衛さん、設備技術を川村紀生さん、富岡義雄さんはNHPの委員を兼任で、粕谷信夫さんであり、上塗り塗装は浜中辰彦さんなどであった。粉体塗装ラインの現場は葛巻隆一さん、小野泉さんが担当し、最重要な粉体塗装面の研磨の現場は寺川俊克さんが係長となり、佐藤貞雄さんらの布陣であった。

## 2) 粉体塗装のパートナーは関西ペイントに

我々は乗用車車体への粉体塗装を適用するテーマの共同開発研究を二社の自動車用塗料メーカーに打診していた。そして関西ペイントは技術トップの新谷（しんがい）喜代造さん以下の技術陣がこの粉体塗装＋電着塗装のリバース法に賛意を表明していた。この電着塗装が中塗り塗装の後に行う逆順序の処理方式に関べではインバース方式と呼んで研究していた。またイギリスのプレストスチール社（名車ローパーの車体部門）ではスプレー塗装した水溶性下塗りを焼き付け後に電着塗装を行う方式をインバース法としてイギリス特許を申請していたからでもあろうか。

一方の日本ペイントはリバース方式とエポキシ樹脂系粉体塗料の両方に否定的な見解を取ると言う対照的な意志表示であったと記憶している。

そして単に粉体塗料の供給だけでなく自動車塗装プロセスの全体の開発という観点での共同開発に関べと締結されたのであった。そのように内容が拡大した理由には、粉体下／中塗り塗装自身の性質が電着塗装や上塗り塗料へも深い影響を及ぼす関係があったからだ。

そして最初の議論的は粉体下／中塗り塗料がどのくらいの価格で供給されるかであったのも、厚膜となって塗料使用量の増えそうなこのプロセスの経済性は塗料のコストが握っていたからである。当時のホンダでは共同開発に際して取るべき態度について本田さんの考えが示されていた。それは「開発される工業材料はすべてからく全ての人に使って頂いてこそ普及ができることが本筋である、その結果により製造コストが下がるようにすべきである」とあった。これに沿って初期開発者のメリットを先取りするように検討してはどうかとの示唆もあったから、私達はそれ程苦勞せずに関べとの折衝ができた。

そのコスト基準はガイドコートを固形分100%換算が「めど」となり、このようなコストの考え方がカチオン電着塗料導入にも活用された。

そして関べの東京の営業部長であった田中昭二さん、営業課長の戸田弘夫さんの強いバックアップの下で、技術の責任者として指名された研究所技術部長の近藤泰蔵さんによって協定はスムーズにスタートを切った。

この頃に関べでは新しく発足したエンジニアリング部門の寺沢秀夫さんが就任して、新しい公害対策に取り組んでいた。その一環として粉体塗料の安全問題も担当することになった。それは粉体塗料を製造する塗料メーカーにとっても極めて重要なテーマであると同時に、それを消費するホンダにとっても同様であったから大変に心強い仲間となって面倒をみて頂くことになる。

## 3) デビルビス社の粉体塗装システム

私は世界中の自動車車体用の粉体静電塗装システムを探し回っていた。そこでアメリカでの情報にはフォード社のメヌッチェン工場に車体の粉体塗装試験設備一式が完成したとの情報があった。その施設のメーカーはスプレーガンの元祖で知られるデビルビス社であることが判った。当時のフォード社の研究の主目的は上塗り粉体塗装に向けられていて、メタリック塗装の粉体塗装化の一貫としてクリヤー粉体塗装などの研究をすすめる、特許を次々と申請していた。

この自分史を執筆している1996年の今日も、ビッグスリーが連邦EPAの資金も導入して新しい環境対応塗装システムの共同開発研究機構を設立して、そのテーマの一貫にこの30年前に研究していたテーマの「粉体クリヤー」が再登場しており、その実証プラントがフォード社のウィクソン工場（デトロイト郊外）に建設されて活動を進めている。彼らの息の長い執拗（しつよう）な研究態度には驚かされる。

一方欧州では粉体静電ハンドガンを使って乗用車車体を試験的に粉体塗装する実験が上塗りや中塗りとして各所で実施されていたし、また粉体塗装設備業界も公開実験を行なったりしていた。フランスの静電塗装機器メーカーのサメス社は自動車ラインの粉体化のシステムのコンセプトを発表したりしていた。

しかし、世界の静電塗装機の第一人者として自他共に許していたアメリカのランズバーグ社は何か粉体塗装機器への開発に出遅れていた様であった。実はホンダの強い要請にも拘らず日本ランズバーグの小川社長や技師長のシュライバーさんは歯切れが悪かったのだ。事実我々が中塗り粉体塗装の採用を決めていた頃に遅ればせながら6色自動色替え式多軸粉体静電ガンを発表したのであった。

世間では粉体静電塗装機でのスパークによる粉体への着火、そして延焼・粉塵爆発へと続く災害の拡大の構図への危惧の念は多かった。それ故に私はこれに対する安全対策が最も頭痛の種であった。そこで先ず少なくとも粉体関連機器はアメリカで常識になっている火災保険会社が火災に関連する施設に求めている防災認証システムである“UL”、“FM”を取得しているものを導入したいものと願っていた。

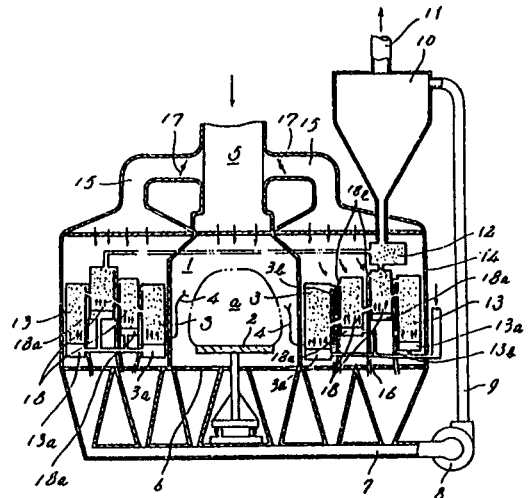
この防災認証は機器類の製造メーカーが保険業界が設立した夫々系列の研究所に申請し、長期間の試験と起用を掛けて取得する「お墨付き」であるから、新しく登場した粉体静電塗装機のことであるから試験中のケースもあるだろうと考えていた。勿論デビルビス社、サメス社とも夫々の地域での認証を取得しているとの返答であったのだが。そこで今までのフォード社での静電塗装機器の実績などからデビルビス社のシステムがより完成度が高いとの情報であった。幸いなことに、ホンダとデビルビス社の間には数年前から信頼関係が築かれていたのであった。私がアメリカ出張で見聞したものに「優れた外観のメタリック塗装を仕上げるには十分な量の霧化エアが供給できるようにして、十分な塗料吐出量の塗装ができることが重要である」と力説したデビルビス社のスプレーガンの手引書に出会っていたからである。そして軽乗用車へのメタリック塗装の採用のために塗装ブースが新設する際に全面的にスプレーガン、エアトランスフォーマー、エアホースなど霧化エアなどの霧化用エアが通る器具類をワンサイズアップした直径“3/8インチ”を採用することに決めた。特にこの時に導入したデビルビス社のスプレーガンでの仕上がりが良くスプレーマンの人気の高かった。

それ故、旧知のスプレーガンの販売元である日本デビルビス社の金子以伸さんに相談を持ち

掛けた。そして金子さんの本社への誠意ある折衝から、やがてプレゼンテーションが送られて来るという手回しのよい熱の入れ方であった。

それはフォード社向けに用いた基本構想に多少の手を入れて、ホンダの要件であるドア周りの人の出入りによって傷の付き易い部分、ボンネット、トランクなどの蓋物の周囲を十分に塗装する為のマニュアル塗装ブースと車体外板と床面を自動塗装する塗装ブースに分けた本体、自動塗装システム、マニュアル塗装機、塗料供給装置の一式の構成で断面図が添えてあった。

一方、サメス社の粉体機器の国内販売をしていた日本パーカーライジング社EPOC（エポック）部がホンダの要請に熱心に対応して呉れていた。やがて、車体用粉体塗装設備のプレゼンテーションを携えたフランス人技術者が来日した。特に話題となったのは、塗料供給装置が回転ナイフエッジによる塗料かき落とし方式であったこと、サイクロン併用のバッグフィルターの作動に議論が集中したものの、塗装機以外のシステムへの提案は安全問題も含めて提案が少なかったのは残念であった。この粉体塗装設備の発注に際しては、敢えて板金製の塗装ブース本体も含めた一式を輸入して塗装システム全体の設計ノウハウを取得する方針として、排気ファン、集塵装置（バッグフィルター）はマイクロンフィルター社のライセンス先である細川製作所（現在のホソカワミクロン）に一任する



乗用車用粉体塗装設備断面

【注】米国デビルビス社のコンセプト。

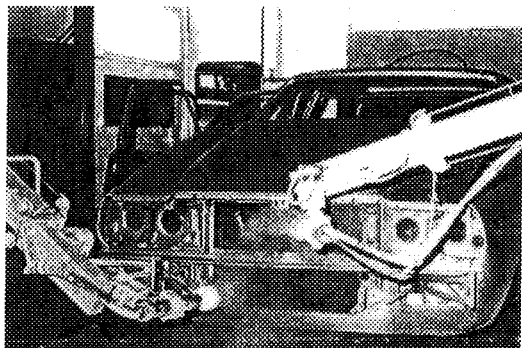
こととし、空調と乾燥炉は建材社に製作を委託した。そのラインのコンベアーは中西輸送機が設計制作を担当した。

そしてアメリカからデビルビス本社の副社長メットカフさん（後にトレド銀行頭取）が来日して、埼玉製作所の所長の水野鏡治さんから直接サイン入りの製作依頼書を受け取るセレモニーによってスタートを切ったのであった。

このプロジェクトが成功してから一年後位経過した頃であったろうか、アメリカのデビルビス本社が世界に向けて発刊している“D V N E W S”に掲載された一文を転載しておこう。

『本田技研狭山工場の自動車ボディー用粉体プライマーサーフェーサー塗装ライン』

昭和48年11月25日は、ごく一部のを除いて何の意味も持たない日である。この日、本田技研狭山工場の新しいシビックのプライマー塗装ラインから、関係者の見守る中で、世界で初めて、本格的生産ラインで粉体塗装されたボディーが流れ出し始めたのである。



稼働した粉体塗装ライン風景

この2・3年前には、粉体塗装に対する第一次のブームは去っていたが、公害低減という社会的使命と品質向上、コストダウンという一見相反するテーマに回答を出すため、当時、狭山工場の技術者たちは既成観念や流行にとらわれることなく世界中の新しい塗装データを集め、必要があれば現地に担当者を派遣して現状を調査していた。

デビルビスの粉体塗装システムはその中の一つであった。当時、米国の自動車メーカーは日本に比べてかなり遅れて電着プライマーラインの普及が終わったところであり、粉体塗装はトップコート用として検討されていた。

フォードはメヌッチェンにデビルビスの粉体塗装装置を主体としたパイロットプラントを設置し粉体塗料開発と実車の生産を並行し、ゼネラルモーターズは、テクニカルセンターでデビルビスのテスト粉体塗装設備を購入し、クローズドシステムの可能性を研究していた。

本田技研は、アメリカホンダを通じて必要な情報を集めると、米国デビルビス本社の研究所、塗料メーカーなどを訪問し、その実態と可能性を検討した。

間もなく、米国デビルビスの日本における子会社である日本デビルビスのテストセンターに粉体塗装のテスト用自動機が設置され、本田技研は手吹きガンを入手して、基礎データを集めた。

この間日本の塗料メーカーの辛抱強い協力を得ることができた。

そして塗料の管理、移送を含むノウハウと塗装品質に確信を得た本田技研は粉体塗装の採用を決定した。トップコート用としての可能性を含めながら、実働ラインとしてはプライマーとして出発するというものである。

本田技研狭山工場は、当時の社内の担当者のもとより、塗料メーカー、設備協力先の技術者を米国デビルビス本社に送り、打ち合わせと作業の進行に万全を期すと同時に、本質的な意味で新しいプロジェクトに挑戦するチーム作り成功したのである。この時点で、この計画はなかば成功したと言えよう。

デビルビスの供給したものは、自動塗装ブース、4丁の自動ガンの付いたカムと油圧で動作するトップマシン、2丁の自動ガンの付いた2基のサイドマシン、自動塗装機を制御するマスターコントロールパネル、手吹きブース、6丁の手吹きガン、クローズドループによる粉体回収再利用システムであり、これらの設置工事は、デビルビスの日本における技術提携先である大気社によって行なわれた。

この塗装ラインによって、本田技研では塗膜の耐久性向上、コスト低減、要員の節約などの点で、かなりの効果をあげることができた。

間もなく、狭山工場は上級車のアコードの生産を行なうことになった。化成課の担当者は、蓄積したノウハウを生かしてラインの改善、更新を進めた。コンベアーの高速化に対応すべく、トップマシンの自動ガンの数は4丁から5丁

に、サイドマシンは各2丁から3丁に増設され、フロア部にも自動粉体ガンを取り付け、ボディーの耐久性の向上をはかった。

トップマシンの上下スピードの増大とストロークの延長のため、油圧ポンプの容量アップとマシンの改造、制御カムの改造が行なわれた。手吹きブースは改造され、2台の塗装ロボットが設置され、ロボットはコンベアーに同期して移動しながら、エンジンルーム、コンパートメント、トランク内部などを人間に代わって塗装している。

前処理されたボディーは粉体で下塗りされ、焼き付けられたあとに電着で補強される。

オーバースプレーされた粉体は、回収再利用されるので、有効利用率は97%におよぶ。

コンベアーは、本田独自の設計で、ブース底部で駆動され、ボディーはアンダーキャレジから上にのびた支台で保持される方式になっている。

そして、計画通り、ラインは稼動し開始することができた。

その時のラインの概要は、ほぼ次の通りである。

塗装物：自動車ボディー

目的：プライマーサーフェーサー塗装

塗料：グレイ色特殊変成エポキシ系粉体塗料

塗膜厚：50～60ミクロン

コンベアースピード：5.5m/分

生産量：16,000台/月産 (15hr/日)

#### 4) 粉体塗装に意欲を示した大気社の行動

この様に布陣を決めたものの中心であるべき日本デビルビス社には静電塗装機器と英語に強い羽牟辰郎さんだけが技術系社員であり、とても全体調整をお願いする訳には行かなかった。

それにしても、輸入する設備の現地検収、組立手順の習得、設備の受け入れ、その組立施工、関連設備との調整業務、試運転を指揮するには塗装設備専門技術者が必要と考えていた。そこで塗装ブースの空調装置と乾燥炉を担当することになっていた建材社に人材をホンダに出向してもらうことを申し入れたが両社とも良い返事は得られなかった。そこで先ず私は建材社が日本デビルビスから設備の組立工事と工事全体調整を受注する方式を提案することにした。所がデビルビス本社ではこの新しい自動車用の

粉体塗装設備のノウハウを安易に日本の塗装設備業者に任せる事はできないとのことであったから、建材社がデビルビス社からライセンス契約を締結した上で日本デビルビス社から改めて工事を受注するならとの妥協案がだされた。そこで私は建材社のトップである曾雌富士雄さんにこのライセンス料を払ってこの仕事を進めてもらうことを頼むために出かけた。誰が見ても単なる組立作業の施工に対してアメリカ流の技術提携契約を「がめつく」要求して来た理由は、私が取えてこの板金製の塗装ブースまでも一式揃えて何故輸入したかを見抜いていたのであろうか。

そこで、この粉体塗装技術の持っている防災や安全衛生の面での粉体の取扱いなどの問題やその他の多くのノウハウを含むものであることを説明して、これが今後の建材社の業務展開に必ず役割を果たすであろうから是非この提案を受け入れてくれとお願いしたのであった。彼の先を見通した英断によってライセンスが締結され、この事業に人材が投入され積極的に進むことになった。これは日本デビルビス社が形式的にまとめ上げたことになり、この建材社の取った前向きの行動はその技術的知見を吸収した技術者を育て、その後同社が自動塗装機システムの事業を展開させる際の基礎作りの役割を果たすことになったのだが、この仕事の担当は久本卓志さん、西村雅晴さんがチームをリードしてくれたのである。

この自動車塗装ラインの増設が盛んな時期であったことから建材社ではホンダ狭山の塗装ラインの工事は大阪が担当し藤井静光さん以下の新進気鋭の中矢義郎さんが関西流を持ち込み、初めての国際交流の仕事に汗を流すことになる。

この時代に塗装業界の新技術「粉体塗装」に賭ける意気込みの強さは頻発する光化学スモッグの被害が促しているものであろうか、事実ホンダに続いて、三菱重工業の岡崎工場建設プロジェクトの面々の見学があったり、日産九州トラック工場の上塗り粉体塗装チームの来訪があった。一方トヨタの田原工場の電着後の中塗り粉体塗装の実施、イタリアのフィアット社の粉体塗装リパース電着法の実施へ発展してゆくのである。

## 5) 技術者の国際交流と粉体安全問題

アメリカのデビルビス社に発注した粉体塗装設備の総合日程が極めて厳しかったから、設備製造図面の承認と出来上がった設備の輸出前の検収がデビルビス社の工場ですべて決まる必要があった。そこでホンダから技術者を駐在させて図面の承認、そして設備の検収はホンダと組立工事を担当する建材社の技術者が立ち会うことに決めた。そして第1陣は川村紀生さん、続いて富岡義雄さんがオハイオ州のトレド市にあるデビルビス本社に長期出張することにした。その当時は余り頼りにならない英会話であったが、未知の業務への貪欲さと若さはホンダスピリットで過ごしながら、先進の世界での視野を身につけるべく国際交流の活動に汗を流していた。このご両人の出張に対してあらぬ批判を投げつける者もいるのを知らない訳ではないが、その後にご両人が共にアメリカにホンダが進出する大イベントとなったホンダ オブ アメリカ製造のオハイオ工場の設立、運営においてこの時に培（つちか）った国際感覚の資質を開花させたことからこの忙しい時期での海外出張は意義が深い対応だと思っている。

私は過去に2度の海外出張の経験から今回は留守役に徹することに決めていた。それは「粉体」をもたらす「粉塵爆発」の危険なイメージによって周辺の多くの人々からの忠告や懸念の声に対応するため忙殺されていたからでもある。この「粉塵爆発」への安全対策には、西ドイツの安全規則やフォード社の取った対策を漏れなく踏襲するだけでなく、幸いにも国内では浦和市にあった炭塵爆発研究で知られる石炭研究所（今の資源研究所）の諸先生や労働省の労働安全研究所の内藤技官に何度となく御指導を頂くチャンスに恵まれた。

その結果、粉体塗装ブース内のスパーク検知装置、ブースから集塵装置へのダクトの完全アース、塗装ブース内への落下物の捕獲ポケット、火災伝搬防止金網、バッグフィルター内への注水装置、集塵装置爆風開放口の整備などのハード、それに加えて工場建物環境の清掃マニュアル、設備メンテナンスなどの基準類の整備を私自身で督励し、そのチェックに毎日励むことにしていた。

粉体塗装ラインが完成する直前に、浜松製作所でアルミニウム鋳物工場の湿式集塵機がメン

テナンス作業中に爆発し、溶接作業者が死亡する事故が発生した。これが「アルミ粉塵の爆発」だとの誤った情報が飛び交い、我々の粉体塗装の集塵装置にあらぬ疑いの眼が一斉に向けられた。この事故の原因が汚れた湿式集塵機の内壁に付着して堆積した泥の中に取り込まれたアルミニウムの微細粉がアルカリ性となった洗浄水と反応して発生した水素ガスをスポンジ状の泥の膜の中に取り込んでいて、そこへ、清掃せずにアーク溶接したことから爆発したことが再現実験で判明するには相当時間を費やしていた。この原因究明を命ぜられた鈴鹿製作所の鑄造の主任技師であった八島信雄さんと当事者の広川工場長はこの事故報告を社内に行っていたのだが、その中でも相変わらず悪意に充ちた集塵装置の「粉塵爆発」の危険性を触れ回っていたことは我々に大きなインパクトを与えていたことは忘れられない。

しかもこの頃には石炭鉱山での炭塵爆発事故が何故か連発し、TVニュースに報道される毎に皆さんに粉体塗装料の粉塵爆発性の心配をさせた。しかしながら、実に20年余の粉体塗装の時代を無事故で生産を達成することができたのも多く頂いた注意の賜物であろうか。

## 4. 黎明期の粉体塗装の毎日

生産を始めて見ると、第一番にそれを阻（は）んだものは全く予想もしなかった「ボテ」と呼ばれた塗装面にできた塗料の山である。これは塗料をガン先を送るための長いホース内に溜まった塗料が一度に噴出したことが原因であった。次には予測を遥かに超えた異な物が油などによる塗膜の「はじき（凹み）」の多さであった。しかし最も恐れられていた「粉塵爆発」の原因になる青白いスパークや着火現象の発生する気配もなかったので意を強くしていた。

そして未だ未知の「粉体塗装のあるべき現場の管理体制」を創りあげる迄は朝から晩まで粉体塗装ブースの周囲をウロウロして作業上の問題点の摘出とその清掃の「率先垂範（そっせんすいはん）」に精を出す毎日が続いていた。

### 1) 検出できなかった被塗物帯電スパーク現象

粉体静電スプレーガン系統のスパーク防止メ

カニズムはともかくとして、アース不足による被塗物の帯電や粉体付着層の帯電などによるスパークを原因とする着火防止対策と監視対策が重要なことは知っていた。そして何らかの理由による大量の粉体の空中へ巻き上げられた雰囲気に引火、爆発に至る二次災害防止のための清掃作業の達成レベルの管理などへの我々の知見は貧弱であったことは否めない。

粉体塗装ブース内での静電気帯電によるスパークの存在を検出するための紫外線センサーを取り付けていささか安心をしていた。所が、一週間位経過した頃、塗装中のボディーから「ジーリジリジー」との異常な音が発生しているのをスプレーマンが知らせて来た。早速塗装ブース内の照明を消して見ると車体の後部に付けた鋼板部品のテールゲートの裏側で車体と接触している開閉用の塗装治具とボディーの間で青白いスパークを発見した。それは場所が部品の裏であったため先のスパーク検出センサーにはスパークは届かなかったのである。誠に幸運にも塗装している粉体塗料の噴出は裏側に直接に吹き掛からなかったから着火を免れたのであった。このテールゲートの開閉ヒンジにプラスチック製スペーサーが使用されていたこと、開閉用の塗装治具が上塗り塗料で絶縁状態であったことが原因であった。

実験により事実この程度の部品の帯電のスパークでは粉体塗料は容易には着火しなかったが、これが溶剤型塗料なら着火は免れなかっただろうとの見解であった。そして塗装ブース前にアース確認装置を設置することにしたもの、この事件は色々の観点からの教訓となった。

## 2) 「ボテ」と「はじき」と闘う寺川軍団

それらの欠点の発生原因の追求と絶滅対策は技術スタッフが精力的に取り組んでいたが、運悪くこれらの欠点を持って生まれた粉体塗装が完了した車体を何とか上塗り工程に送り込むには素地の鉄板を露出させることなくこの凹凸を徹底的に研ぎ落として平滑にしなければならない。元来、この研摩（とぎ）工程は課長の星野忠夫さんの意志である塗膜の欠点を見逃すことのない唯一の上塗りへの関所として充実した体制が組まれていた。そこには後で不良を修正する人数も事前の研ぎ工程に配置して不良率の低いラインの構築を狙って工程品質能力の充実し

た研摩作業が作られた。

我々の下／中塗り兼用粉体塗膜の研摩性は下塗りの的であって余り良い物ではなかったから、その研磨工程の前半には粉体塗装面の異状付着やごみ、素地の影響などの僅かな欠陥を集中的に除去する工程が研摩力の強い空研ぎ方式のマニュアル研摩で構成されていた。そして後半はホンダスポーツ以来廃止していた水研法を復活させて丁寧な仕上げを狙って粉体塗膜全面にある特有の大きなオレンジピール肌を除去するのは自動水研機群の担当とする計画であった。

このキーポイントを任されたのはその体力のある指導力で知られた班長の寺川俊克さんとその代行であった今は亡き佐藤真雄さんらのグループであった。この初期の段階において、彼らがなし得た成果は並々ならぬ「やる気の集団」であればこそと賞賛された奮闘ぶりであった。

このホンダにしか通用しない「ボテ」と呼ばれた粉体塗装特有の欠点は平滑な粉体中塗り面に突然現れた粉体塗料の積もったものであって、名付け親は誰かは知らないが、まことに現象を良くイメージした現場用語の傑作であると感心したものである。この粉体の山を削るには特殊な「かんな」までが工夫して作られたり、はじきの削り取りにはアメリカ製の回転サンダーのパットに感圧性接着剤を塗って、新しく開発した滑り剤を併用した空研ぎ専用サンドペーパーを貼付けて研摩速度の高い空研ぎを行った。この回転サンダーは偏心カムの高速回転によって、円板が追従して回転するもので、数年前のアメリカ出張でGM社の上塗り塗膜のBSB（ベークサンドベーク）のオイルサンディングに使用していたものを活用したのである。そして注目されたのは、耐溶剤性の強い粉体中塗りであるから、立前通りの「高い鮮映度の上塗り外観」を得る条件は中塗り面の研ぎ仕上がり次第であることが判っていた。そして後半の水研には研摩剤を付着させたポリネットを使用して研摩能力を向上することに努力が払われた。ここで「ホンダ50年史」に掲載された「非常識な着想が要求された水研自動機」の一文を引用しておこう。『1973年（昭和48）に完了した狭山工場体質改革時、粉体中塗りシステムが世界の量産ラインとして初めて導入された。高いタフネスを追及した下／中塗り兼用の粉体塗膜（硬度、H～2H、通常塗膜はF～H）は既知

の研磨材料、方法（空研ぎ）ではコスト、品質両面から狙いの目標に達成しないことが判った。

そこで当時金属表面磨きに使用されていた不織布タイプの研磨材に着目し使用が可能なのは証明できたものの、強すぎる研削力から研磨むらと言う新たな課題が発生した。この対応として試行錯誤を繰り返し、研磨ヘッド回転方向を既知水研自動機と逆方向とするなどの解決策を見出した。結果として見た目には他社導入の水研自動機と同じだが常識外の研磨ヘッド、回転方向、制御方法を持つ、ホンダオリジナル水研自動機が誕生した。』

この二つの現象とオレンジピールの大きい粉体塗装の表面性状は最後までこの研ぎの技能に支えられ続けたことは粉体塗装の数々の利点の陰に隠れていたのであった。その証拠には自動車ショウに出品する車両は粉体塗装後の研磨を徹底的に微細な粗度まで仕上げるにより数段に外観向上することが可能であった。

実際にラインが稼動し始めると粉体塗装ガンからの異常吐出による異状付着した塗膜面や巨大なはじきの多発があって、この除去に大いに苦戦した。この盛大な研磨作業から発生する粉塵対策は粉体塗料の取り扱いと同様に安全衛生上の重要なテーマとなった。

### 3) 空気制御方式の自動粉体塗装機

先の「ボテ」の現象であるが、ハンドガンでは発生することは殆どなかったが、自動塗装機では多発した。この自動塗装機とそれに付属する制御板、塗料供給装置などは塗装ブースの左サイドに設置してあったから、塗料を流動層槽から引き出して塗装ガンまで送る長い塗料ホースが配管しており、そのたるみや曲がり角などに毎回の吐出オンオフの際に塗料が残留して何かの拍子に突出するのであった。

塗料吐出の開閉は流動層槽にあるインジェクターの駆動エアを空気圧制御で開閉して行っていたが、今から考えると隔世の感があるのだが、これを指摘された設計技術者は平然として「何しろ粉体自動塗装を連続6時間も稼動した経験がなかったから」との言いわけであった。

この粉体塗装にだけある塗装不良は対策によりやがて終息したが、コンベアー装置などの非常停止が頻発するような機嫌（きげん）の悪い

時に希に発生して研磨の連中を恐怖に陥れた。その二年後に自動塗装機ゾーンの後点検用マニュアルブースを完成させて、外観不良の塗装した粉体はエアで吹き飛ばして再塗装する粉体塗装ならではの対応で完全になくなった。

この解決には空気制御の配管の交錯する制御盤を改造する際には、日本デビルビス社の羽牟辰郎さんの英会話が活躍した舞台であったし、我々も初めて取り組む空気配管図を片手に制御機構を勉強したのであったが、マスターが速かったのは矢張り電気保全の技術者であった。

### 4) 「油はじき」と工場雰囲気汚染

粉体塗装の始まりから現れた「はじき」であったが、その車体当たりの数と大きさは長い周期性を持った大発生を繰り返した。それとの関係は粉体塗装を廃止する迄切れずに続いた。

塗られた粉体塗料が炉中で熱溶解と流動することにより平滑な塗膜ができる過程で被塗物面や塗膜の内に存在している「はじき要因物質」の働きにより「はじき」が形成されるのである。初期状況は予測を越えた数の多さと、その後や周期的に発生する「はじきの群れ」や「巨大はじき」に悩まされていた。

これらを発生させる原因、「はじき要因物質」の存在は従来の塗装からすれば少ないはずであるが、塗料自身が持っている「はじき敏感性」を助長する性質が粉体塗料には多い様に考えられた。例えば、

- ①溶剤型塗料や電着塗料のように塗装中に「はじき要因物質」を溶解したり、拡散してくれる溶剤や水などがあるのに比べて、無溶剤の粉体塗料にはその作用が劣っているからである。
- ②溶剤型塗料での「はじきの制御」には界面活性剤の添加が自由であるのに対して、その可溶化剤である溶剤がないために使用が制限されることがある。
- ③膜厚の大きい粉体塗膜では強い「はじき要因物質」（例えばシリコンオイル）に汚染した被塗物では直径の大きな深さが素地に達するような「巨大はじき」を作りやすく、これらの修正をするのは難しい。
- ④私達が少しでも粉体塗膜の肌を平滑にしようとして塗料技術者に無心をする余りに塗料樹



脂の表面張力を下げ過ぎて逆に「はじき敏感性」を増大させることを繰り返していたものである。

そこで対策として、前処理皮膜の汚染や粉体塗料の汚染、粉体の取扱いに使用する圧縮空気の清化などに徹底して注意を払って来た。例えば、原因の明らかな「油はじき」対策には、前処理装置の搬送をフローコンベアーを採用し汚染を防止した。前処理水切り乾燥の際に車体の板の隙間に残存する防錆油分混りの水が熱により突沸して皮膜を汚染するのを防止したり、また車体の水平面に落下する空圧/油圧制御機器からの放出される空気に含まれる潤滑油ミストの外部放出などを実施したが、「つば」を吐いた様な形状の原因不明の「はじきの群(むれ)」が時々発生し研摩マンを震えあがらせた。

さてこのはじきの群れの現象は昔溶剤型塗料でも経験したことがあり確か霧化用エア中の油を含む水滴が原因とされていた覚えがあった。とりわけ粉体塗装では塗料中に空気を吹込んで流動層を作り、それを空気インジェクターで輸送し、空気によって更に拡散して塗装するし、自動塗装機自身の制御も安全上から空気で作動させており、塗料に接触する大量の圧縮エアにはコンプレッサーからの潤滑油ミストや空気中の湿分の凝縮水を清浄にすることが「はじき」の防止の第1歩との認識で徹底的に取り組んだ積もりであったのだが、あらぬトラブルを経験することになってしまった。

当初のコンセプトはコンプレッサーをオイルフリータイプ、空気清浄装置には化学吸着方式を考慮していたが、コンプレッサーのカーボン製ピストンリングの摩耗粉の発生、そして化学吸着剤を熱風再生する時の吸着物質の熱分解物のはじき要因物質となる危惧から採用が中止となった。そこで新塗装ライン専用の圧縮空気ループ配管を設け、それに従来の水冷ガスクーラー付きの通常型コンプレッサーから冷凍式脱湿器を経た清浄空気を供給することにした。それから分岐した粉体塗料用圧縮空気は専用配管により再度アメリカ製の冷凍式脱湿器で処理して使用先に分配する念の入れ方を採用した。

このアメリカ製の空気清浄装置は粉体ブースサイドに並列に設置され、その出口以降の配管は溶剤で脱脂洗浄して組み立てができる徹底したクリーン対策で臨んでスタートした。約1か

月余り経過した頃に、何故か午後4時～6時頃になると「はじきの群れ」が散見されるようになったのである。実はその頃に2台設置した空気清浄装置の交替を行っていたことを私はすっかり忘れていたのであった。しかも後から使用開始した装置の冷媒配管にクラックが入りガス漏れが起こったのであった。私は清浄空気の露点温度管理などの設定をアメリカ仕様とするためにわざわざ装置を輸入したのにこのうっかりミスのお陰でこの装置の威力を認識したのであった。そしてこの汚染した清浄空気のパイプラインを再び分解して溶剤脱脂をしたのであった。

「はじき」現象はその後日替わりメニューの様に次々と現れてその新しい原因の撲滅に精を出す運命であった。

その「はじき」トラブルの極め付けが粉体塗装を始めてから数年後に訪れた。それは車体が粉体塗料の加熱溶融が完了した所で「巨大はじき」が散見されはじめ、やがてどの車体にも発生して生産が混乱するようになった。数日後になってやっと原因が再現テストで判明した。粉体塗装工程はコンクリートの床で作られた2階部分であったが、その真下の艀装組立ラインではドア開閉部にある水や埃の進入を防ぐための発泡性ゴムシールをドア内側に組み付ける工程が作業していた。そこで最初のドア開閉時にこのゴムシールの「反り返り(そりかえり)」を防ぐ為にその表面に僅かのシリコンオイルのスプレーを行なう作業が突然に行なわれたのだった。この強烈な「はじき要因物質」であったシリコンオイルのミストが工場の空気調節の空気の流れに乗って2階の塗装工場に流れて来たのであった。元来自動車工場内では塗装設備内はごみの進入防止のために空気圧は加圧条件に維持されているが、塗装工場の建物はあとから追加した換気などの為に空気圧が負圧気味になってしまうことが時々存在すると外部から空気を吸い込むことになる。丁度この現象が研摩工程で発生していたことと、その床を物流用搬送コンベアーが通貫していたことから汚染が始まったのであった。この事件に遭遇したのは5代目化成課長となった大原清治さんであって多大の費用を掛けてこの床の穴を塞いだことにより「巨大はじき」から解放された。このような工場雰囲気の汚染は調査すると工場床面の艶出し

ワックス乳剤、プラスチック成形用の離型剤スプレー、油圧機器のブリード排気の油、塗装修正時に使用するシリコン入りポリッシングコンパウンド等々があって塗装や接着工程への信頼度を損なう潜在的なトラブルの原因が作られる。アメリカのGM社では当時殆どの工場では乗用車の上塗り塗装には外観の優れた「マジックミラー（魔法の鏡）」と名付けられた熱可塑性ラッカー塗装であり、その塗膜は乾燥してからオイル研磨によって塗膜上の塗料ダスト、オレンジピールやごみなどを完全に除去し、再加熱熱流動させて完全に平滑な光沢のある塗膜に仕上げるBSB（ベークサンドベーク）方式であった。従って工場が僅かな「はじき要因物質」に汚染しているところの熱溶解を仕上げるのができなくなるので乗用車組立工場内には塗膜の表面の界面張力を乱す界面活性剤を含んだ材料の納入の抑制を徹底する工場管理が確立していたことを思い出した。勿論、納入される全ての塗料にも配合される界面活性剤の強さの使用制限が実施されていたこともよく知られている。

今や、溶剤を含まない構造用接着剤を使用するウィンドウガラスの車体への直接接着や部品の接着組立などが流行しているから、接着疎害を生ずる工場雰囲気清浄化は重要な視点となる。

話題は変わるが、熱溶解して平滑にした粉体塗膜の更に平滑さを求めることは粉体塗装の宿命であろう。それを求め過ぎると「はじき敏感性」が逆に助長されることがあることは前述した。ホンダのラインでは安全対策の一環として3部分に設置したバッグフィルターの雰囲気は乾燥炉からの熱気と日照による建物の温度上昇によって、作業止中には集塵機内に存在する粉体塗料の温度が上昇してブロッキングの危険が指摘されていた。従って耐ブロッキング温度を低下させて熱流動を良くして平滑化を向上させようとする企ては採用できないのである。この制限は逆に「はじき」の発生を防止したことにもなったが、一方粉体塗装を廃止する原因の一つとなった肌の改善の見通しの暗さを与えていたとも言える。今からならば、塗着効率を向上して完全なクローズド化を実現して、循環空気は冷い温度の低酸素雰囲気とすることにより肌の良い粉体塗装を夢想するばかりである。

## 5) バッグフィルター内は「ブラックボックス」だ

私の「粉塵爆発」についての知見は昔、松本で観た古い洋画の大団円（だいだんえん）のラストシーンであった。それは荷揚げ作業中の埠頭に近い穀物倉庫内に逃げ込んだ犯人が発射したピストルの火炎によって穀物微粉塵が爆発した場面であって中々頭から離れないでいる。前に調べた安全に関する文献には粉体塗装の各ステップの中で着火する個所としては静電スプレーガン、塗装スプレーガン先か、またはバッグフィルター内のバッグ表面であると述べられていたし、事例としてバッグフィルターを絶縁棒でたたいたことにより静電スパークして着火した例があげられていた。何れもスパーク防止するためのアースや高電圧カット装置などが用意されていても有り得る話なのである。それに全く経験のないバッグフィルターは私にとって「ブラックボックス」そのものであることを知った。

さて、生産開始から2週間になるのにバッグフィルターからの回収塗料量が余りにも少ないのが心配であった。経験のある関西ペイントの意見では、3階部分に設置したバッグフィルターの周囲の気温が40～45℃と意外に高いことから塗装ブースの排気が停止した時には内部にある塗料温度が上がりその粘性が増加して斜面を滑り落ちないのではとの懸念が伝えられていた。この3階の床が鋼板製で密閉でなかったから粉体加熱炉の熱気が上昇し滞留したことと、爆発時の建物外壁が容易に外れる簡単な構造にしたので日照や外気の影響で気温が上昇した。

そして、私はバッグフィルター内部の様子を調べてみたいとの衝動にかられていた。そこでこれからの長いバッグフィルターとの付き合いを考えると、ここで専門家の細川製作所の保全ベテランから手ほどきをしてもらい、当面はバッグフィルター内部の作業には監督として指導をしてもらうことにした。初めてのバッグフィルター内の点検では、バッグに捕捉された塗料の帯電は効率よくアースされていた。また中の状態は未だ粉体塗料が連続的に回収できるほど堆積していないことが判明した。しかし鋼板製のホッパー傾斜部ではスムーズに粉体塗料が滑り落ちることができなく、堆積した粉の上を移動するのではないかと観察され、周囲温度の低

下策の必要性が判った。このバッグフィルター内の粉体塗料を速やかにリサイクルさせて内部に残留する粉体量を最小限にしようとする努力をしたが成果が上らなかった。

私の関心は若しもバッグフィルター内で爆発が起こった際の2次災害防止であった。そして先ず塗装ブースの空調が止まっている時間帯には防爆ベントの開放負荷の検査であったのは、爆風の塗装ブースへの逆流を少しでも緩和させる為であり、また運転時には建物内に蓄積される粉体塗料のダスト量の清掃管理であった。

## 5. 下/中塗り兼用粉体塗装法のもたらす利点アラカルト

この粉体下/中塗り電着リパースシステムを含む2C2B自動車塗装方式のメリットについては、これがホンダの軽乗用車独自の3C2B塗装プロセス、即ちアニオン電着塗膜をエアブローしてからウェット オン ウェットでガイドコート中塗りを行ない、同時に焼き付けて、次に上塗り塗装を行う方法からの改革であること、そしてメリットには「結果オーライ」となった項目も少なくなかったことを念頭に入れて検討を試みた。

### 1) 外板塗装面のウィークポイントの優先解消

アニオン電着塗装の弱みは衝撃によって素地から短冊状の割れや剥離が起きることであるが、これは従来使われていた水溶性下塗り塗料の浸漬塗装によって得られた塗装ではそれ程顕著ではなかったと思っている。従って、この現象は電着中に前処理表面に起こる水の電解により生成した酸性雰囲気層が前処理結晶や素地に、そして析出した電着塗膜へもダメージを与えるのが遠因と推察しているのである。前部で述べた通りホンダ鈴鹿製作所では前処理皮膜の改革を2層皮膜化成法（リン酸鉄+リン酸亜鉛カルシウム）を試みていたが成功しなかった。そこで私は主要な外板部に対しては粉体下/中塗りを静電塗装で行なってこの水中での電解現象を除くことにしたものである。次はその結果通常の塗装法に比べて厚膜が得られること、得られる塗膜の耐溶剤性の強さが上塗り外観を向上させる利点などをもたらしている。

### (1) 電解現象のない前処理と下塗りの関係の確保

少なくとも外板塗装面だけは電解現象の影響のない従来の塗装と同レベルの性能を確保することを狙っていることは先にも上げた。確かに粉体塗装無公害性の眼目からすれば「後智恵」と言われる向きもあろう。この前処理面での電解現象の他に私の気になったことは、世界の自動車塗装ラインの前処理工程に標準的に採用されているクロムリンス（受働態化処理）が、日本国内では全く省略されている点もこの電解現象に無関係ではあるまい。この省略はアニオン電着が登場すると前処理と電着塗膜との関係を悪化させているとの見解も考えられる。これは鋼板への伝統的な塗装法においてはクロムリンスの顕著な効果は示さなかったことから省略されたのか、または日本の社会を吹き荒れたクロム禍（重金属アレルギー）に安易に迎合した結果であろうか知る由もないことである。しかし、その後登場した亜鉛めっき鋼板へのアニオン電着塗装を適用するに際してもこのクロムリンスが省略されたままの前処理が使用され続けているのが現状である。これが乗用車の初期錆の進展における海外車との性能差の一因となったのではないかと考えたりしている。従って当時の前処理プロセスメーカーや塗料メーカーの技術的曖昧（あいまい）な無見識な態度は将来に禍根をもたらしたとするのは過酷であろうか。

私は電着塗装発祥のフォード社のウィクソン工場の見学で見た前処理ラインからアニオン電着槽に搬送される車体から垂れ落ちる黄色のクロムリンス液の色が妙に頭に焼き付いているからであろうか。

### (2) 粉体下/中塗り塗膜の厚膜効果

粉体塗装のもたらす膜厚の向上する耐衝撃性、耐摩耗性強化は予測していたが、気の付かなかったのは、素地鋼板表面上に許容できる表面欠陥（スクラッチやプレス時のごみの凹痕）の程度が大きくなったことであり、プレス・板金工程などの表面修正作業が大幅に省略ができた。これは大型プレス部品で車体を構成するホンダのプレス工場での作業を楽にした点は驚くべき成果として大きく評価された。

また顧客が車への乗降や荷物の出し入れの際の出入り口の周辺やドアなどの開閉部品や車体の端面には塗装膜厚の大きい粉体塗膜を積極

的に塗装したから外傷や砂などによる摩耗に起因する錆などの出やすさを防止できたことがユーザーに究めて評判が良かった。

### (3) 上塗りの鮮映外観を向上させた中塗り特性

焼付け後の粉体中塗り塗膜の架橋分子量が大きく、平滑に研磨するには苦労したけれども次に吹き付けられた上塗りの溶剤の浸透に対して抵抗が強いことから、上塗りの鮮映度（当時は塗装面に写る名刺の文字の解像力で評価）の顕著な向上が認められていたが、数年経過後に行なわれた関西ペイントの恒例の市場ペイントサーベイ（外観調査）によって統計的にその効果が検証されたのであった。

### (4) 粉体塗装システムの環境対応性

粉体塗装が全く水や溶剤を使用しない非液体の塗装システムであるだけでなく、高速度・高密度・最短の省スペース、塗装ブースの空調条件の緩和の省エネルギー、塗着しなかった塗料のリサイクル化、非粘着性によるメンテナンスの容易性などの特徴は予定通りであった。

### (5) 膜厚当たりの総合経済性

塗着しなかった塗料のリサイクルが可能とすれば塗膜厚のアップに伴う塗料使用量の増加する量は決して大きくはならないし、塗料単価もガイドコートのような溶剤型中塗りの固形分100%として換算するとすれば材料面の経済性が認められる。これに加えて先のメリットを合計すれば総合的には採算が合うと考えていた。しかし現実には意外な膜厚の制御に苦しむことになった。このメリットは塩害地におけるチップングダメージを防止するために総合塗膜の最低膜厚限界を「100ミクロン以上」などと引き上げようとする段階に入ると、粉体中塗りの経済のメリットが顕在化してくるのである。

## 2) 車体内面専用のアニオン電着の有意性

外観を重視する外板の下地塗装が粉体塗装になったのでアニオン電着塗装は仕上がりを求める条件から解放され、もっぱら粉体塗装との境界面の耐食性と車体の内側強度メンバーの内側への完全な塗膜形成（付き回りと膜厚確保）を要件としたアニオン電着塗料を設計すればよいことになった。

### (1) 新要件のリバースアニオン電着塗装法

先ず第1の要件の粉体塗膜との境界面の耐食性向上には粉体の薄膜高表面抵抗部への電着

性、粉体塗膜との乾燥炉内での相性、水洗から乾燥炉の初期までの電着塗膜溶解抵抗性などが求められる。第2の要件の耐食性向上は防食顔料の配合量アップ、高電圧絶抵抗性などが求められていたが、肌の平滑性や水洗時のウェット塗膜のはがれ防止のための塗膜強度アップなどは不要となった。次いで、リバース用アニオン電着塗料に対する最適塗装条件の効果的な設定が必要である。例えば塗料液濃度、液温度、電極配置、電圧・電流・時間プログラム、電着後水洗法などがある。

実はこのような特殊な塗料の供給は経済的な理由で好まれず、実現したのは数年後に関西ペイントによるカチオン電着塗装へ変更する機会まで待たなければならなかった。

従来の電着時間3分を全て内板や箱状内部への電着時間に振り向けられるので付回り、膜厚の品質向上が実現できたし、何よりの利点はその後の増産対策は設備延長なしに通電条件変更のみで対応できたことである。

### (2) 電着乾燥と粉体硬化の兼用炉

今まで車体の下周り電着塗膜の焼付け乾燥条件はどちらかと言えば下限ぎりぎりであったが、今回の粉体塗膜の硬化条件によりこの危惧



粉体・電着境界面の顕微鏡写真

【注】平面部 ×50

は一掃された。しかも外観への影響がないので直接に高温ゾーンに入れることができ乾燥炉の短縮にもなった。一方粉体塗装後の乾燥炉は粉体塗膜層を融解流動（フロー）させて塗膜の電気抵抗値を確保するだけでよいのであった。特に将来の生産能力拡充する場合の工程能力を引き出す際には塗膜が液体を含まないことから工程の長さを延ばさずに熱源の負荷的な対応が有効的に実行できたことも利点である。

## 6. 新しい粉体塗装プロセスのリスマネ報告

この新しい粉体塗装を用いた塗装ラインの小型乗用車への体質改革のスタートアップは組立工場長であった鈴木澄夫さんの有難い指示の下で順調に展開していった。やがて半年後には次世代のトップへの交代があって、技術研究所長から取締役埼玉製作所長になった鈴木正巳さんが着任し、同時にひと昔前に狭山の組立課長であった池上秀男さんが鈴鹿製作所から組立工場長として就任されて、この新ラインの熟成と第2ステップの残存する軽乗車ラインの体質改革に取り組みられることになった。このご両人にとってホンダ内部でも話題を提供してきていた狭山工場の粉体塗装の動静は気にかかるころであったようで、今まで外部において聞かされていた粉体塗装プロセスの建て前と実際のラインで発生している事態との乖離について鋭く指摘されることもあって我々を右往左往させていた。そのような頃、新所長への長時間にわたる業務報告会があって、私はおそらく聞かれているであろう粉体塗装の「強み」を並べるよりもむしろ「ウィークポイント」の今後の展開について報告したのであった。ここではその報告である「リスク マネージメント報告」を中心として粉体塗装プロセスの「弱点」の全体を考察しておきたい。

### 1) 日産自動車に先を越されたリバース特許

我々の粉体塗装電着リバース方式の新ラインの工事が最盛期の頃になって、こともあろうに同業の日産自動車から1件の「自動車体の塗装方法」と題する特許出願の公開公報が回覧されて来た。この内容が今我々の目指している塗装方法と殆ど同一であり、しかも「審査請求」がなされていたから数年中には審査が始まること

を示していたのには仰天（ぎょうてん）した。彼らの出願は我々の出願日より先であったけれど、我々の設備発注日が彼らの出願日より1年余り早かったから「先行実施権」を取得することは可能であろうから、先ず冷静に対策を検討することにしていた。その結果、できれば我々の出願権を失っても日産の出願を葬り去ることがベストであることが確認された。その為には絶対確実な方法は「粉体塗装後リバース電着塗装」をずばり含んでいる文献や特許出願、新聞記事などの公知資料を発見して特許庁に反証資料の提供を行なうことである。

私はかつてその情報を聞いたことのあるのは粉体塗装先進国で、しかも自動車産業の発展している西ドイツではなかったかと予想して精力的に調査を開始することにした。この作業は関係各社に分担をお願いして工業新聞、工業系雑誌、特許出願公報を徹底的に探し回ったのである。その努力の成果は全部明らかにすることはできないが、欧州デビルビス社が全く同一内容の文献を発見したことにより解決を見たものと紹介しておきたい。この調査には2年分のドイツ資料を分担してチェックした欧州デビルビス社、関西ペイント平塚研究所図書室長の亀野川さん、ホンダの特許部門の面々にこの自分史を借りて最大の感謝を捧げるものである。

それにしても同じ考えをする人が各所に居るものだと感心し、アイデアの段階での出願を急ぐべきことを肝に銘じた事件であった。勿論このネガリス報告の段階では正に文献探索の最中であったことは言うまでもない。

### 2) 懸念された「粉塵爆発」への感受性

TVの連想ゲームではないが、ホンダの誰もが「粉体」は直接的に「粉塵爆発」にリンクする程皆様に心配を掛けていたようであった。私の立場からすれば粉体塗料よりも溶剤型塗料の方が有機溶剤を含んでいるからずっと引火、着火、爆発を起こしやすいのである。しかし粉塵爆発のもたらす二次災害の酷さは希に発生する炭鉱の炭塵爆発のイメージを否定できるものではない。それ故当世はやりのリスク管理の視点からは、その発生頻度が低い、発生時の重大性は大きい、被害の拡大性が大きい性質に注目することと考え直した。

そこで私達にとって「ブラックボックス」で

ある「粉塵爆発」へのリスク管理はこの世界の権威者の教えを頂き、それを確実に履行していることを皆様に公開して安心して頂くことにした。

今まで粉塵爆発の対象には石炭粉塵、穀物、アルミニウムなどの金属粉、樹脂粉末で燃焼性レベルが高いものだが、新しい粉体塗料独自の性質の有無の知見が必要と考えたのである。

そこで、粉体塗料を製造する塗料メーカーにとって安全問題は我々と同様であろうから、関が指導を頂いている労働安全研究所の内藤技官をお願いをしてもらうことになった。

やがて現場の診断を終えて、危険性は粉塵の蓄積量に比例するから先ず清掃第一であり、これから1年後の建物全体の粉体塗料粉塵の汚染量の程度によりその危険性が決まるので、6か月後に再び診断してみることにした。そして、当面は毎日私がラインの安全性を検査することを申し述べたものの、いつまでもその緊張感が消え失せることもなかったのも周囲の人の注目の賜物である。

実際には堆積する粉塵は粉体塗料の他に研磨作業で発生する粉塵が意外に広い範囲の面積を汚染しており、これらは建物の細かい鉄骨、ダクト、設備などの水平部に降り積もっているからこれらを圧縮空気などで吹き飛ばすことが絶対に無いようにして、確実に真空式清掃法が容易にできる形状や構造に配慮した建物設計が必要なることを痛感した。

### 3) 低速度生産の不得意な粉体塗装

当初は、いかに使用効率が高い粉体塗装ではあったが膜厚が予定の2倍を越えたり、粉体塗料が集塵装置内に滞留したりしては材料コストアップが免れないのは無理もなかった。

そこで粉体塗料の仕込量、回収量から得られる使用量を毎日測定していると、これは自動塗装機の静電ガンからの塗料吐出量とそのオンオフタイミングの制御の可否に掛かっていることが判って来た。そして塗料供給用の流動槽内に設置してある粉体輸送用のインジェクターの吐出量の調整を行なったが低い吐出量側の安定は極めて難しいことが判った。そこで塗装時のコンベアスピードを定格生産能力一杯まで引き上げてそれに見合う吐出量の設定を試みた。この対応によって塗膜厚の制御が安定する見通し

が付けられるようになった。

粉体の輸送をホースの中で安定的に流動槽からスプレーガンまでの長い距離を行なうには、ホースの太さ、搬送用空気量、含まれる粉体の量などが適性範囲にある必要があるのに、我々の都合から生産の段階的な増加に合わせてコンベアスピードを設定することを押し付けたのが原因であった。それはアメリカのデビルピス社から直輸入したこの粉体塗装設備の詳細な仕様はアメリカのビッグスリーの塗装ラインの生産スピードに適合させて設定してあったことを改めて認識したのであった。元来、粉体塗装自身が潜在的に高速度塗装能力のある方式であったから尚更であったであろう。このような生産台数が小さい時点ではできるだけコンベアスピードを下げ補正塗装マンの人数を節約しようとするからであった。

やがて3ヶ月後にはフル生産に近くなったし、逆に塗装ラインの増産の検討を始める具合であったから、膜厚は落ち着きを取り戻して来たし、この潜在能力を発揮する日も近い。しかし溶剤型塗装よりも車体部位や車同志の両者の間での塗膜厚のバラつきは格段に大きくこれを縮小するのは難しい技であった。このテーマの解決の主役は粉体塗装の初代班長の葛巻隆一さんとその代行の小野泉さんの粘り強い管理能力のおかげであると思っている。確か、小野さんが粉体を輸送するためのインジェクター制御の精度を維持する為にそのノズルの交換をよくやっていたが、そのノズル内面に固着した高密度の粉体塗料を除去するのに苦勞していた。そこでノズル清掃作業には溶剤に一晩浸漬することを許したが、しかし粉体塗料のエポキシ樹脂が溶剤に溶解して皮膚などから吸収される危険の懼れがあるので気をつけると注意を促していた。やがてノズルの材質をクロムめっきして付着が激減したのだった。

### 4) 粉体/電着の境界帯の防食性アップ

これは前にも述べたようにリバース電着の持っている宿命的なウィークポイントであった。このテーマへの建て前は、「粉体塗膜に硬化反応を起こさせないように加熱して、それを融解させてこれになじみ易い同一系の樹脂を配合した電着塗料を開発してリバース電着塗装してから同時に焼き付ける方法」によって境界面の解

消を狙うことであった。しかし初期は両者の樹脂系の統一化の開発の時間の不足と、また経済的な余裕が揃わなかったことから進まなかった。この理想の姿が一応実現したのは数年後の粉体電着の後半期での試みができたが、粉体リバース電着では遂に実現しなかった。

このラインが完成に近づいた頃であったろうか、日本パーカーライジングの技術部長であった内藤保さんからドイツの塗装雑誌に載った「テストピースによる粉体電着のリバース塗装面の耐食性の劣化」と題する報文を届けてもらったのには驚いたが、逆に一層身を入れてネガリスに対応にあたる決心を固めたものである。

さて、この当面の対策は、その境界帯の位置を選定することとその広がり制限する粉体塗装法を心がけた。しかし現実には必ずしもそれが満足できない部位も少なくないことから全体レベルアップの手段として粉体塗膜に適切なグラファイトを配合して薄膜に電着塗装が析出できる導電化をはかった。この方式は導電性が高過ぎると大切な車体の外面にも僅かな電着塗料の析出が見受けられるようになって限界があった。

更に電着塗装完了後に濡れたまま放置すると電着塗膜の薄い部分が再溶解する可能性が指摘され、電着塗料の設計変更、ライン休止の際の電着塗膜の濡れたままの放置車体の絶無を急いだ。

この電着塗膜の再溶解性は電着塗料の回収に使用するUF装置の透過液の中の溶剤成分や濃度についても考慮した電着塗料の設計に反映してもらった。

このプロセスの採用を決めた当初に合格点として予測していた粉体／電着境界面の耐食性レベルはその後の塩害地向け輸出車の錆対策の強化策への追従に苦労したものである。それは当時の防錆対策は幾らやってもこれで十分とは言えない時代であったから尚更である。その頃から新設の栃木ブルーピング グランド（実証試験場）内でテストを始めるようになった欧米の塩害錆発生市場シミュレーションを狙った耐久防錆品質検証試験が技術研究所の信頼性検証グループによって試みられるようになっていた。やがて塩害耐久錆発生試験モードが開発されて防錆対策の評価に利用されるようになり、この検証のヘッドであった高木忠男さんは通常

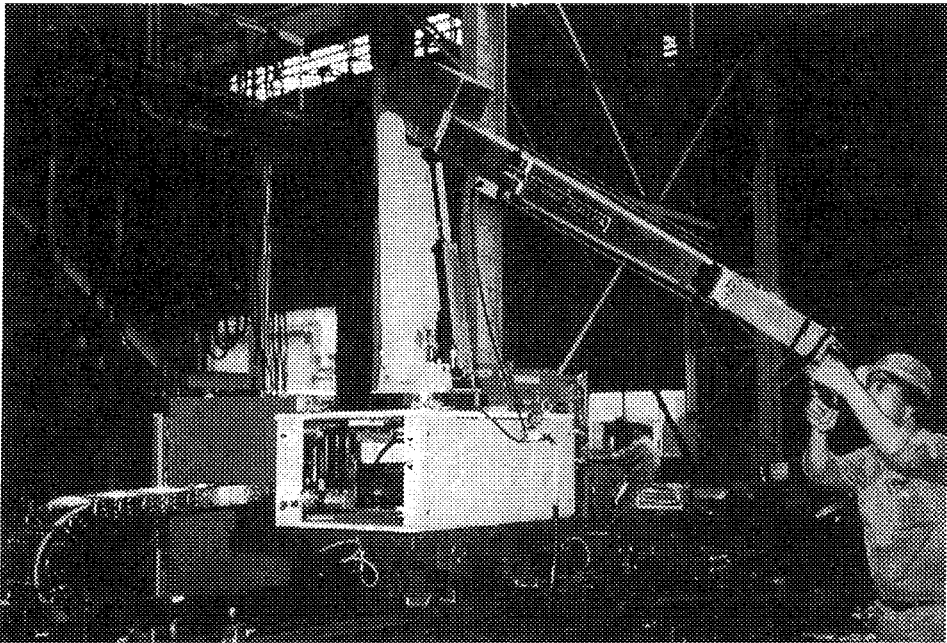
のクルマと粉体リバース電着塗装プロセスを使ったクルマとの防錆の力の才を鋭く追求する手を緩めなかったのであった。この試験法によって防錆レベルの競争が始められた。そして境界面を持たない通常法のクルマは次第に耐食性レベルを向上させて行くのに対して、リバース方式のクルマはそれに追いつくことが精一杯のわざであった。

そこで海外市場での実績をチェックしながら適切な対応に精を出したものである。例えば下／中塗り粉体塗装リバース電着塗膜の境界線の存在する位置を意志を入れて設定したり、後から防錆塗料を追加塗装する対策を実施した。特に走行時の塩水が掛かり易い床面の境界部には専用ロボットによりジンクリッチペイントを追加塗布することにした。それに加えて更に上塗りの塗布、アンダーコート塗布、亜鉛めっき鋼板の優先採用、防錆ワックス塗布などを順次市場の耐久テストに対応して実施するとした。

## 5) 微細粉塵の呼吸に対する安全衛生上の懸念

通常の塗装ブースでは有機溶剤中毒予防規則があつてスプレーマンの健康に係わる安全衛生上の配慮がなされているが、粉体塗装ブースでは粉塵からの保護と云うほかに、塗料自身が粉塵であることに起因する特別の安全衛生上の懸念が考えられていた。それは粉体塗料中に含まれる極微細粉塵についてであり、それは現在工業的に粉体塗料製造法に使われている粉碎工程では必然的に生成する物であった。今の所我々が希望する粒子径範囲の粉体塗料だけを製造することの粉碎技術が存在しておらず、粒子径の大きな粉体は「ふるい」により除去し、より微細な粉体は風力分級法によって除去しようとしているのである。しかし特に後者では微細な粒子を確実に除去するとすれば、粉体塗装のために有用なサイズの粒子径の粉体も相当程度が一緒に除かれてしまうからコストアップは容認できないレベルになり、実践は無理であった。この背景を知りながらも私は関への近藤さんに微小粒子の除去を強く要請した。

それは、粉体塗料を取扱う際には通常塗料に含まれる少量の微細粒子径の粒子が粉塵として舞い上がり作業者の呼吸位置に到達することが少なく無いだろう。特に直径0.3ミクロン以下



粉体塗装ライン用のロボット製作風景（神戸製鋼所）

【注】自走式粉体塗装用のロボット検収風景。神戸製鋼所提供。

のサイズの粉塵があれば呼吸気に混じって吸入されて再び排気されずに肺の中に残留し、その殆どは「タン」になって吐き出されるが一部は肺に残留する恐れがあると安全衛生の教科書は教えている。そこで微細粉塵の除去の励行、次いでマスクなどの保護具着用励行、「うがい」の励行、取扱い場所の局所排気、最後に粉体を取り扱う作業者は原則的なジョブのローテーション計画などを実施することにした。

粉体を製造する関への会津工場では、この0.3ミクロン以下の粉塵の除去を始めると塗料製造歩留り率が数%低下することに見舞われていた。そして関への技術者はこのロスをリカバーするための粉碎技術の研究に傾注していたのであった。

## 6) エポキシ系粉体中塗りの耐候性不足

この頃既に、耐候性が低い中塗り塗膜の上に淡彩色のメタリック色上塗り塗料が膜厚の不十分な状態に塗られた場合には、上塗り膜を透過した太陽光線によって中塗り表面が劣化してブリストアや剥離が発生することは知られていた。

そこで、特に上塗りを透過して来る紫外線と可視光線の透過率制限を関西ペイントの協力に

よって設定した。これを達成するには上塗り塗料自身の光線透過性を抑制する顔料などの配合技術による制限、そして上塗り最低膜厚の設定とその確実な確保維持である。この他に上塗り塗料中に紫外線吸収剤などの配合なども実施された。これによって実害は発生しなかったようである。しかしこの光線透過率制限は新色開発に当たってデザイナーの自由度を奪うこともあって不協和音の原因となったことが耳に痛い。

## 7. 粉体塗装作業への内外の評価

### 1) 最高顧問の本田さんと社長の河島さん

あの排気ガス対策車「ホンダ シビックCV C C1500 4ドア」の生産が順調になった頃、暫く振りで本田さんが工場の視察にやって来られ、新しくなった小型製造ラインを見て頂けるチャンスがやって来た。勿論、新塗装ラインの中心にあるガラス張りの粉体塗装ブースを見学したことは言うまでもない。そしてブースの中のマニュアル塗装作業員を見て、「早急にロボット塗装化を進めなさい」と言われ、粉体塗装の能書（のうがき）の説明にはウンウンと愛想がよかった。そして「この粉体塗料が塗膜になる過程は原理的に“ホーロー引き”と同じです」



との説明をしたが、「あっそうか」と以前に言われた「車の塗装はホーローのような肌でなければ」はもう頭の中にはなかったのであろうか。特に関心を示されたのは「塗着しなかった粉体塗料は全て回収して再利用するので塗料のスラッジが全く出ないことです」との説明にうなずかれたのであった。

それから何か月後に今度は河島社長がやって来て粉体塗装ブースの作業を見られて、「私がホンダに入社してこの粉体塗装のような“ダンゴ屋”をやらされたら会社を辞めるかもしれない」と暗にマニュアル塗装作業の無人化を強く求めたようであった。その後も河島さんは上塗り塗装ブースの作業現場に入られて環境の悪さを指摘されたことから、その自動化、無人化を強くバックアップもしてくれたのであった。しかし現時点では、乗用車塗装のメインラインに使用できる信頼性のある塗装ロボットは未だ無理だとの見解であったのだが、その頃には既に鈴鹿の二輪車塗装工場の新設には初めて北欧から塗装ロボット「トラルファ」を導入して水溶性塗装の補正塗装に成功してから2年程経過していたから、ホンダのトップはロボット化の推進に強い関心を持っていたのであろう。この両首脳の発言を受けて、採算の合わないロボット化の計画に苦戦しながら新任所長の池上秀男さんの支持により無人化が推進され、狭山におけるロボット塗装の幕開けとなった。それは既にノルウェイのトラルファから技術を導入して国産化を果たしたばかりの神戸製鋼所の懸命な努力の結果、この粉体ブースのコンベアーに同期して移動するロボットによる粉体塗装は大成功となった。

これも不思議な縁でこの「トラルファ ロボット」は欧州デビルビス社が製造販売権を取得したことから、アメリカでの販売も始めたようであった。後にアメリカに進出したオートバイ工場には早速このロボットが導入されている。我々の仕事の展開の成否には人や会社との縁が大きく支配していると感じることしきりである。

また、この事件での河島社長の云われた「ダンゴ屋の粉を無くすための方策として試みられた「湿式粉体塗装」が次の時代に模索される伏線となる訳である。

## 2) 日本塗装技術協会の技術賞受賞

粉体塗装リバース電着ラインの生産が順調に伸び1年を経過した頃、恒例の日本塗装技術協会の技術賞の公募が行なわれていた。ある業界の先輩から応募してはとのお話もあって、我々の粉体塗装を世間の皆様に評価を頂くチャンスでもあるとのことで、私が推薦人となって材料品質担当の菊地宇兵衛さんを代表者として技術賞候補に応募した。

これを機会に菊地さんが我々のプロセスを紹介する報告論文を学会二誌に発表し準備を整えた。その技術賞選考委員会には菊地さんと共に私が出席して諸先生方からの質問にお答えしたのであった。その採用理由は専ら塗装法の持つ公害対策性(有機溶剤、廃棄物、無排水)、省エネルギー、省スペースなどに関心が集まった。実際に国内の市場ではクルマの衝突事故の際の塗膜の剥が電着塗膜よりも少なく、板金修理の人々から「修理の手間が少なくて済む」との評価を得られていたとも紹介した。そして昭和51年度技術賞を「粉体静電塗装の自動車への実用化」の標題の下で受賞した。

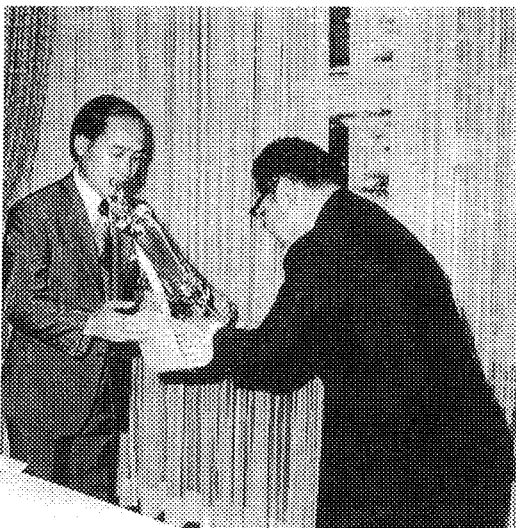
この受賞には陰で協力を賜った関係各位に謝意を捧げるものである。例えば、日本パーカーライジングのフロアーコンベアー方式による車体への水滴汚染(コンタミ)の無いリン酸亜鉛皮膜処理プロセス、中西輸送機の発案になる通電とオーバースプレー粉体塗料の回収にアイデアを注入した静電粉体塗装用フロアーコンベアーシステム、関西ペイントによる電着塗装との境界帯対策と上塗り用塗料の光線透過率規制などを配慮した粉体塗料の開発供給、粉体塗装設備システムを提供した日本デビルビス、その関連塗装設備の構築の技術的フォローを担当した建材(大気)社などの皆様である。

この粉体塗装はその後十年余間の無事故創業を経てその技術的使命を全うしたことは、そこで製造された400万台を越える乗用車の市場での実績の評価がそれを示すのに余りある。粉体塗装については、海外ではイタリアのフィアット社のシシリー工場がこれと類似の塗装プロセスを採用していたし、トヨタ自動車では田原工場の一ラインが電着後塗り粉体塗装を試行し始めていたし、日産では九州工場でトラックの上塗り粉体塗装を目指していた。

この受賞の頃になると私も毎朝の工場長ミー

ティングに粉体塗料だらけの顔で出席するようなことも少なくなる程粉体塗装も安定してきていた。

当時、ホンダは粉体塗装の実用化の情報を受賞の関係もあって雑誌に発表をしたが、粉体塗装リバース電着塗装システムについては特許の問題があったから公表を控えていた。しかしこのプロジェクトのメンバーであった関への技術陣にはこのリバースシステムを本来的な省スペース、省エネルギー、公害防止塗装であるとして何とか世の中に問いたいとの願望が高まっていた。そこで1984年に関平塚技術研究所の松井駒治さんが「塗装技術」誌（23巻11号）に「自動社塗装における進歩」と題して発表した。これには粉体中塗り・インパース電着塗装法の特徴をエネルギー、公害対策、スペース、外観、物性等を比較表にまとめた有用な文献として知られている。当時、関への製品技術部の技術課長でホンダを担当していた松本靖司さんはその後鹿沼工場長としてバックアップを惜しまなかった一人である。現在も、この方式の信奉者が健在であるとの話が伝えられることがある。またその一人とも言われる石渡淳介さんは粉体開発当初は日本エレクトロニクス社に出向していたが、やがて上塗りの紫外線透過問題を指導するようになり、この粉体系塗装の耐候性トラブルを未然に防いだのも彼のお陰であると感謝している。



日本塗装技術協会技術賞を受賞した菊池宇兵衛氏

【注】『ホンダ社報』より転載。

## 8. 溶剤置換による上塗り塗装の溶剤対策

ここまで粉体塗装の陰にかくれてしまっていた革新技術で「NAD（非水分散型）上塗り塗料」の誕生へのエピソードを紹介しよう。

### 1) 消去法で選択されたNAD型塗料

当時の乗用車用上塗り塗装技術の先端では次に掲げる四種の塗料が見受けられた。

#### ①最上層にクリアーを塗装したメタリック塗装法（2C1Bメタリック塗装方式）

これは欧州や日本で開発されて実用化された塗装方式で、光彩顔料を配合したメタリックベースコートエナメルを塗装した後にセッチングや空気吹きつけなどによって揮発性溶剤成分を蒸発させてからウェットオンウェットでクリアーを塗装するメタリック塗装方式であり、外観品質、耐汚染性、塗装不良を激減させる塗装方式などが優れた点とされている。そしてベンツ、日産自動車採用しており、ホンダの鈴鹿製作所が開発して小型用車「ホンダH1300」に「ツルリピカリ塗装」と銘打って採用して好評を得ており、続いて「ホンダシビック1200」に引き継がれた。

しかし、私は以前からこのクリアーを最上層に塗った2C1Bメタリック方式の塗装の採用は未だ時期早尚（じきそうしょう）と考えていた。その理由の第1はこの初期のクリアーが迅速耐候試験には合格したのだが、市場で2シーズンの夏を超えた車の水平部に微細なクラックが発生する問題が顕在化しつつあったからである。事実メラミン樹脂系クリアーを使用したベンツのアメリカ輸出車が紫外線の強烈な地域でクラックを発生させたとかであったし、またトヨタ自動車やアメリカのビッグスリーもこのタイプの塗装方式の採用には静観の姿勢を崩していなかったからである。その第2には、このベースコートの塗装には濃度を高く配合した光彩顔料（アルミ箔）を奇麗に配列させるために従来方式より多量の溶剤を使用する必要があることが公害対策に逆行すると懸念されていたことが課題である。

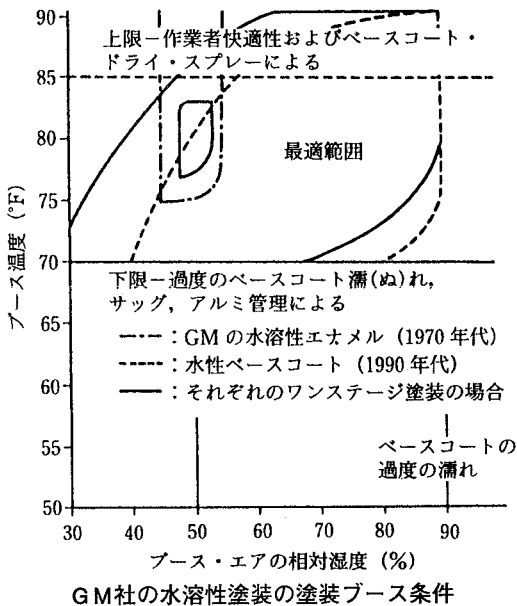
#### ②GM社が実用化している水溶性塗料

これはアメリカの有機溶剤排出抑制に満足させるために開発された塗装法であり、特殊なBSB（ベークサンドベーク）方式が採用さ

れており、ワンコートメタリック方式である。

GM社の水性塗料とは形式が異なるが、国内での水性塗料には既にホンダ鈴鹿製作所のモペットの上塗りに実用化しているものがある。この方式では作業性が塗装ブースの環境の湿度の変化に影響を受け易いために溶剤の調節や被塗物の予熱などを工夫する方法で実用化していた。それに引きかえGM社の水性塗料では塗装ブースの安定した空調調節(温度、湿度)には高価な設備に莫大な蒸気エネルギーを使って安定した作業性を得て成功しているとのことである。

国内では自動車用塗料の水溶性塗料に立候補する塗料メーカーは未だ存在しなかった。



【注】US-BASF社提供。

### ③溶剤置換型NAD(非水分散型)塗料

これもアメリカの有機溶剤排出抑制規制を満足する為に開発され、フォード社にて実用化されている。これも従来からのワンコートメタリック方式ではあるが肉持ち感のある外観が特徴であった。この方式は関西ペイントがフォード社ペイント事業部から、田辺化学工業がクックペイント社から技術導入して開発中である。

### ④一液型ウレタン樹脂系上塗り塗料(大日本塗料の「Vクロマ」)

独自に開発した熱硬化性一液型ウレタン樹脂系塗料で溶剤型であり、この硬化機構のため

かコストは高かった。そして耐汚染性の優れたメンテナンスフリー性と新しい色彩外観をセールスポイントとしている。

第三の男ならぬこの「Vクロマ」については何故かメタリック色への適用については菌切れが悪かった。

我々が僅かな知見しか持ち合わせていないにも拘らず表舞台に登ったのは、NAD塗料であった。これの持つ特徴は開発者のフォード社が「グラマラス(豊艶な)」な外観と呼んだけあって外観は2C1B並ではないが従来に比べ一段と優れていた。しかも光化学活性の低い溶剤置換型塗料である点が注目された。確かに、田辺化学工業の東京営業課長であった桑田俊夫さんはNADのPRに熱心であった。そしてクック社から輸入した塗料用樹脂を用いてNAD上塗りアクリル塗料を試験的に提供する作戦活動を進めていた。噂では日産系の高級スポーツタイプ(フェアレディZ?)に試行され好評であるとのことであった。

この塗料は光化学活性の低い溶剤を主に配合していたので塗料用樹脂を溶解する力は弱く、樹脂は界面活性剤の力により溶剤中に安定に分散された状態で塗料が製造された。この結果分散型塗料は同一粘度では従来の溶解型より固形分率を高くできるから、より厚い塗膜を容易に得ることができるようになった。今まで膜厚の確保に苦勞していたから、メタリック塗装作業にはまたとない朗報であった。そして従来の溶剤中のトルエン、キシレンのような光化学活性の高い溶剤成分は極力抑えた置換型溶剤は従来より溶剤の比重が小さくなるだけでなく低コストとなる高い経済性が宣伝されていた。

そして電着/ガイドコートの粉体化を最優先とし、上塗りには設備を従来と変えることなく実施できる溶剤置換型のNAD塗料を採用することになった。

## 2) NAD塗料導入の成果と弱点

関ベが担当した「ダークブラウンメタリック色」は当時の流行色であって、チョコレート色の色層をすかして見える金色のメタリック箔の輝きは「ホンダ シビックCVCC1500 4ドア」のイメージカラーとして賞賛を浴びた。この塗料は顔面通りの豊艶な厚みのある外観が魅力となっていたし、我々の2C1Bメタリッ

ク塗装を採用できなかった劣等感を吹き飛ばした。

華やかな粉体塗装の話題の陰に隠れていたNAD開発にはホンダ側の浜中辰彦さん、高野賢吾さんがタッグチームで担当し、それを受けて関ベ平塚研究所の羽賀哲二さんが熱心な対応をしてくれた。このチームは粉体中塗りの弱点を補うための上塗り塗膜の光線透過防止の塗料配合規制管理と塗装ラインでの膜厚の確保へのノウハウの蓄積への努力はその後に大きな成果をもたらした。

確かこの頃、入社以来塗装材料技術と塗膜品質を統括する技術者としての将来を囁望（しょくぼう）されていた化学出身の笠井昭夫さんがこの粉体プロジェクトの前面に出ることなく、課長の星野忠夫さんの強い要請によりラインの係長に転向していたことは将来の技術面の戦力不足をもたらしたと言えよう。

英語で「グラマーな」と呼ばれたこのNAD特有な外観の艶さと肉持ち感が粉体塗装中塗りの下地として強い耐溶剤性と相まって、新しい冴えたブラウンの新有機顔料の色彩などの三拍子揃った新しい外観を創造し得たとの満足感に自画自賛をすることしきりであった。

しかし難点はいささか弱い耐ガソリン性と多少塗膜の硬度が低く感じられたことで、それに人気の濃色からの「すり傷の見え易さ」の苦情があったことである。また「すり傷の目だつのはホンダの塗装外観レベルが上がった証拠なんだよ」と販売店のオーナーに慰められる始末であった。

そしてもう一つの「ブルーメタリック色」はホンダスポーツ以来のメタリック塗料を担当して来た大日本塗料が納入することになり、皮肉にもむしろブラウンメタリック色よりも順調な仕上がりにあったのに残念ながら人気の方は今一つで生産数は少なかった。そして驚いたことは、後日談であるが「驚くなかれ、この仕上がりの良い塗料は田辺化学工業にNAD樹脂を委託製造してもらっていたものである」と聞かされた時には私は唖然（あぜん）となったことを覚えている。この状況からも、当時の関ベの技術課長であった石渡順介さんが「実はあの時のNADでは一歩も二歩も田辺化学のNADに先を越されていたとの思いであった」と回顧していることがあったのも理解できる話である。

### 3) 田辺化学工業のNAD顛末記

メタリック色の成功に続いて第3色は「ダークグリーンソリッドカラー」が候補色となった。この濃色であるからエポキシ粉体への光線の透過防止の対応も容易であろうし、フォード系NADの関ベへの良い技術的な刺激となることを期待して、田辺化学工業のクック式NADを使ってみようかと決心した。ホンダと田辺化学工業とは既に鈴鹿製作所の乗用車ラインへ上塗り塗料が納入されていたこともあって、東京営業の桑田俊夫さんは狭山工場にNADのPRを熱心に繰り広げていた。ある時に桑田さんは創業者で社長の田辺島太さんをわざわざ狭山まで同道してもらって、アメリカのクックペイント社との強い信頼の絆（きずな）がどのようにして出来上がったかの苦労話をさせたから、我々はこれを聞かされる羽目になったのであった。それに共鳴した訳でもないがとにかく採用することに決めた。

この難しそうなるダークグリーン色は厚膜塗装を得意とするNADには適していたようでその外観は好評であった。しかし私の意図に反して田辺化学の技術者は約束の光線透過率を規定通りに維持する努力に欠けておりこの指導に苦勞していた。加えて市場で発生した「すり傷が付き易い」との苦情が多くあり、やはり濃色のブラウンメタリック色に比べて著しくひどいと批判であった。

こともあろうに田辺化学ではホンダに知らせることもなくその対策として「滑り剤としてのワックス」を添加したのであった。この結果市場の板金修理の際のリコート性（再塗装性）が悪化して層間剥離クレームを起こすと言う珍事の発生となった。

前にもアメリカのグリデン社の技術で軽トラックの上塗り電着塗装のトライをしていた時に、ドア開閉時にハンドルの凹みの塗装面に「爪傷」が付き易い問題が発生し、この対策にワックスが添加されたことから「巨大クレーター」を発生させた事故を経験していたのであったから私が予測できなかったことは残念であった。どうもワックスの添加はアメリカの塗料メーカーの常套（じょうとう）手段なのであろうか。

この事故が致命傷となって幸運？にもこのダークグリーン色は廃色に追い込まれてしまい、

そして狭山工場と田辺化学工業との不運な関係は終末を迎えたものと思われた。

しかしドイツの化学メーカーで自動車用塗料にも実績の高いBASF社の世界戦略が再び田辺化学工業のホンダへの再接近を促すことになるのであった。その第一は田辺化学工業の技術提携先であるクックペイント社のデトロイト自動車塗料工場だけがBASF社のアメリカ戦略の橋頭堡として買収されてBASFアメリカ社となったことであり、その第二はBASFの日本戦略としての提携先がこの縁によって田辺化学工業が選ばれて、ドイツ式の外観の優れた自動車上塗り塗料が持ち込まれようとしていた。これに続く第三はアメリカでの展開を更に強化するために大手自動車塗料メーカーに属する化学メーカーであるイモント社の塗料部門を買収したのであった。1980年代の中頃にはホンダは北米の自動車製造活動に措いて塗料をイモント社から納入してもらっていたので、間接的に田辺化学工業の技術者がBASFアメリカ社の支援のために北米の現地のホンダに現れることになるのである。しかし、カナダのICI子会社と水性ベースコートを手東塗料と共同で技術導入していた日本油脂がBASFの水性ベースコートの技術を積極的に求めていたことから、BASFは田辺化学工業との関係を解消し、日本油脂に乗り換えたのは御承知の通りである。そ



在りし日の活躍する田辺島太社長と桑田さんの姿

【注】桑田俊夫さん提供。

して再び田辺化学工業との接触は途絶えてしまった。

今日振り返って見るとホンダとの関係維持に熱心に動いてくれていた桑田俊夫さんには「実のならない仕事」を繰り返させてしまった思いが拭い去れないのである。

#### 4) 大日本塗料の一液ウレタンとの不思議な因縁

この粉体中塗り塗膜への上塗り塗料の第3候補として登場したのは大日本塗料の「Vクロマ」と命名された熱硬化性一液ウレタン樹脂系塗料で意欲的にデモンストレーションをしていた。これは新しい肉持ち感のある外観と汚染に耐えるメンテナンスフリー性を提案していた。その技術説明のリーダーの化学屋を自認していた脇本さんと開発技術者が再三にわたって狭山工場に來訪し、この技術の先見性の説明とそれを証明する素晴らしい外観の塗装パネルを持参していた。この技術は京都大学化学教室のバックアップによって完成した開発の苦勞話を披露していた。しかし私達の興味と疑問である「どのような仕組みで一液化ができたのか」、「ブロック剤は何を使用しているのか」、「何故黄変性の心配をしなくてよいのか」、「若しも熱硬化不足の場合には残存する硬化剤材の心配はないのか」、「安全衛生上の留意点はどうか」などについてはノーコメントに近い口の硬さであった。私達は大型オートバイ用のFRP（ガラス繊維強化ポリエステル）部品のプラスチック用二液ウレタン塗料での非黄変性化への知見を日本油脂との議論で得ていたし、またイサム塗料の供給するSFサービス用補修塗料の二液ウレタン塗料「アトロン」との係わりもベースにして懸念していたのであった。

とにかく塗装テスト実験を行ない、その鮮映度と光沢、メンテナンスフリー性を評価してくれとの一点張りであったし、どうもDNTの意向はメタリック色よりもソリッドカラーのアクリル樹脂化への代替新技術として推薦していた。

しかし、有機溶剤対策の大義名分を求めてNAD塗料に傾倒しているホンダの意図を理解したDNTの営業は「Vクロマ」の水洗を諦めて、ホンダの意向に合わせるための方策として止むを得ず田辺化学工業のNADの委託生産を考え

たものであろう。

その後暫くしてから、田辺化学工業のNAD塗料のダークグリーン色のソリッドカラーは「すり傷の見え易さ」の苦情の多発から、狭山では廃色となってしまったが、並行して生産していた鈴鹿の「ホンダ シビック1200」では廃色とすることができずに対策に苦慮していた。当時材料技術を担当であった松浦功さんが苦しみの中から大日本塗料の「Vクロマ」を暫定採用することの了解を研究所から取り付けた。それはこの塗料のメンテナンスフリーに狙いを付けたものであり、この高価なウレタン樹脂塗料の採用であった。これが可能になったのもホンダの意向とDNTの実績取得の意欲の合意から生まれたもので、コスト負担もお互いの歩みよりに負うところが大きい。その採用によって「すり傷付き」の苦情は鎮静化に向っていた。このような優れた性能にも拘らずそれ以上の拡大発展はその経済性の故に望むべくもなかった。

その数年後に起こった塩害地へ輸出した乗用車の塗装面に小石などが当たって生ずる「石はね傷(チッピング)ダメージ」問題がクローズアップしつつあった。当時、鈴鹿の乗用車ラインでは神東塗料の水溶性中塗り塗料を使用していたが、特に軽トラックラインから小型車用に転換したばかりのラインはその強化対策に苦慮していた。丁度その頃、欧州のサービス技術者から「日本からの輸入車の中では三菱自動車のクルマが評判が良い」との情報が伝えられていた。その頃私の得ていた情報によれば、三菱自動車の水島工場では関へのアニオン電着塗装の上に、大日本塗料の一液ウレタン樹脂系の中塗り塗料を採用して、外観向上に大変効果をあげていたとの話であったから、早速鈴鹿製作所の担当係長であった小林三良さんにこの話を伝えたのであった。彼は狭山工場での私の部下の技術スタッフであった時に防錆技術学校を1年掛けて卒業したことからホンダ専門職制度の最初の技術主任に認定された程の努力家であった。そして早速三菱自動車の水島製作所の見学をさせて頂き、当時使用していた水溶性中塗りに替えてこのウレタン樹脂系中塗りを採用することになり、昭和58年までその外観と耐チッピング性向上に寄与することになる。このブロックイソシアネートを使用した一液ウレタン塗料の自動

車用の上塗り、中塗りへの適用は世界でも珍しい事例であった。この一液ウレタン系塗料はコストの面を除けば誠に優れた塗料であったのだった。

## 9. 上塗り塗装設備の革新技術

### 1) 本格的R E A静電自動塗装ライン

今まで軽乗用車の上塗り塗装の一部には日本ランズバーグ社製の空気霧化式のR E A静電ハンドガンを採用し、このガンを簡単なレシプロケーターに装着して車体のサイドの自動塗装を行ない塗料節約とメタリック塗装の膜厚の確保に成果をあげていた。今度は中塗り粉体塗膜の耐候性の弱点をカバーする為には最低膜厚の確保が決め手であることから、塗着効率の高い静電塗装を全面的に採用することになった。

当時はオートバイ塗装や自動車部品に使用していたより効率の高い回転霧化のランズバーグNo.2ベル型静電塗装機(直径6-8インチ、1,500rpm)では平面部の多い自動車車体の上塗りには仕上りに無理があり、特にメタリック塗料への適用は使用電圧の高いことなどから安全性が心配されていたので採用できなかった。

そして、差し当たり安全性も無難であり、若しも不具合が発生したら静電電圧を切れば普通のエアスプレーに転換できるR E A静電ガンを本格的に使用して自動塗装ラインを構築することに決心した。そして特別に製作したガンの運行線速度を50m/分のレシプロケーターにR E A静電ガンを装着し、一方印加電圧についてはメタリック色の仕上がり具合に合わせて段階調節できる工夫を実施していた。

当時は、静電塗装でメタリック塗装を行なうと明るさが下がり色が濃くなる現象が知られており、この理由は単に静電印加によりメタリック塗料中のアルミニウム箔が傾いて光の反射が減少するものと推定されていたから、電圧を下げることでお茶を濁していたものである。実は、静電塗装は今まで塗着せずに逃げていた微細に微粒化された塗料粒子が静電引力により塗着することにより塗着効率が向上するものであり、この微細な塗料粒子には大きなアルミニウム箔は含まれていないから相対的にアルミニウム箔の含有率が低くして暗くなるとの理屈が判明するのは未だ先のことである。しかしこのラインで

はメタリック塗料の光線透過率を維持する為に、微細な直径のアルミニウム箔を大きなサイズのアルミ箔に配合する手段が取られたことが幸いして色差を減らす働きを示したと思われた。何しろ従来の上塗りの2ラインの能力を1本にした新上塗りラインでは上塗り塗装ブース内のコンベアスピードは7m/分程度の高速となっていた。これに対応する初めてコンピュータ制御によるオンオフ、空気圧力制御、吐出量段階制御、電圧制御、倣い（ならい）制御などを行なう画期的なもので、日本ランズバーグ社による自動車ラインの本格自動化のスタートでもあった。

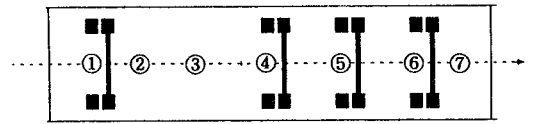
この制御システムはオムロン社のプロセッサを使用しており、この操作訓練の為に特別チームを育成して、電気保全系と塗装技能者の中から選ばれた数名が三週間の特訓を受けた。このリーダーには一級電気技術者の免許を持った久木和夫さんが当たり、この若者をホンダの自動塗装機のメカトロニクスの元祖となる技術者に育てた。このメンバーには後にホンダオブアメリカの自動塗装ラインの構築に活躍し、そして狭山工場のメカトロニクス学校長になった三浦教克さん、メカトロ技術主任の先駆けとなった自動塗装機管理マンの長嶋茂雄さんらもそのメンバーである。

この2台のゲート式レシプロケータ自動塗装機のスプレーガンの移動線速度は当時としては相当に早く、この開発には日本ランズバーグ社でも開発したばかりの方式であったが、さすがに親会社の油圧機器メーカーであるトキコ社のメカニズムはこの分野の先達となった。例えばガイドレールとガンを取り付けた移動台車の関係の耐久性は抜群であった。この画期的装置導入への意気込みは営業部長の木曾淳二さん、開発部長の多田義典さんを始めとして、制御関係を指導していた吉田精吾さんなどが徹底していた。

この自動塗装システムの欠点は時として発生する白っぽい線状縦すじである。これは2台の自動塗装機の間隔が固定されており、コンベアスピードの少しの変化によって夫々のレシプロする軌跡が重なったりするとメタリック箔の反射の強い所が線状に浮き上がって完成車検査から苦情が訴えられた。このような欠点を排除する制御をシステムに組み込むのを忘れていた

のであった。

この後2年たらずで、メタリック塗装後のクリヤーを自動塗装する回転ベル霧化式静電塗装機「ミニベル」を装備するという進化が待っていた。



NAD上塗り塗装ライン構成

【注】①：静電除去ブラシ、②：清掃ゾーン、③：マニュアル補正ゾーン、④：第1 REA自動塗装機、⑤：第2 REA自動塗装機、⑥：第3 REA自動塗装機、⑦：マニュアル後補正。

## 2) 塗装ブースの新技术「スピンプット式スクラバー」

乗用車塗装ラインにも本格的な静電塗装の時代を迎えた。今まで被塗物に付着できずに排気流に乗って捨てられていた微細塗料粒子の一部は静電力によって被塗物に付着できるようになり塗着効率が向上することになった。従って排気中のオーバースプレーされた塗料ミストは従来より微細なものが中心となるから除塵効率は従来よりは低下することになる。このような背景から新しい塗装ブース排気の湿式洗浄方式が求められていた。

今度の上塗り塗装ラインはアメリカのGM社に範を取ったもので複数の塗装ブースを作らずに1本の直線で構成したのであった。

当然ながらコンベア速度は速くなるから長い塗装ブースが必要となった。そして長さ当たりの塗料消費量も増加しており、従来型の排気洗浄方式では洗浄用水量の増大も問題であった。

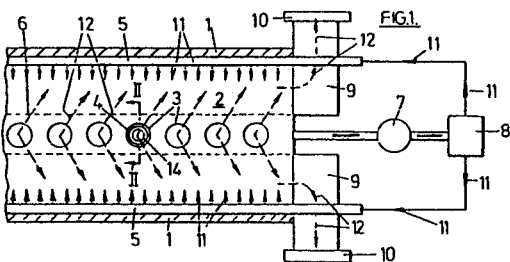
従来のブース排気洗浄システムの心臓部はスウェーデン特許を持つ「ベンチュリースクラバー」のノズル部分を輸入して使用していた。このノズル部分では洗浄水と塗料ミストを含んだ排気が気液混合されて、塗料ミストが洗浄水側に捕捉され、排気は水滴を除去装置を経て放出される。一方、塗料ミストを含む廃水は下流の塗料スラッジ分離除去装置を経て再循環する方式である。この特許となっている気液混合ノズルの形状と供給される洗浄用水量とが塗料ミス

トの除去効率を支配するものである。ホンダでは鈴鹿製作所の塗装ラインには「ベンチュリースクラバー」を使用していたが、狭山工場の軽乗用車塗装ラインは旧式の除去効率の低い洗浄水スプレー水膜洗浄であった。

当時、大気社の枚方研究所ではイギリスのドライシス社式の「スピンプットスクラバー」を用いた排気洗浄システムの実証実験中であった。このプロジェクトの設備担当の川村紀生さんがこれに着目し、塗装ブース断面模型による水流試験による整流実験、実証プラントでの微細粒子の除去効率などを実験した上、この方式がよりよい効果を発揮できることを確信したのであった。この方式を安易に採用できた理由がある。それは新しい上塗りブースの予定地は元組立ラインが設置してあった2階のコンクリートスラブ床であって、塗装工場としては天井が低いことが難点であった。それは「ごみ不良」を減らすには、スプレーガンからのオーバースプレーが巻き上げられて天井に付着したり、天井から給気の乱流をなくすためには整流を作る必要がある。それには塗装ブースの上の空気供給ダクトのスペースを十分に取り、ブース内の天井の高さも十分取ることが必要となる。

そこで逆に2階の床を抜いて塗装ブースを構築することにしたため、高さの必要な「スピンプット」を容易に採用できるようになるという一石二鳥のアイデアであった。この様にして通常より深さの大きさを確保したスピンプットを設置することができた。

一方、微細粒子の除去をするスピンプット式スクラバーにとっても洗浄用水量とその水質は極めて重要な条件であるから、洗浄排水中の塗料ミストの浮上分離する循環水貯留槽を整備し



新しい塗装ブース排気洗浄スクラバー／  
スピンプット方式

【注】大気社提供。

て結果除去率の向上を促進しようと考えていた。

大気社の枚方研究所での実証プラントによる実験で採用を決めたが、その過程で議論の相手を務めたイギリス通でしられる浜田栄一さん、研究技術者の前川禎佑さん、森岡宏次さんなどホンダの川村紀生さんらとの信頼関係による所が大きい。

### 3) フラッドボンデ処理法とクロムリンス

粉体塗装を採用した理由の奥にはリン酸亜鉛皮膜が電着塗装の過程でダメージを受ける事実があることは再三述べてきた。前処理を施した車体の表面は電着槽内で通電した初期には酸素ガスの発生する電気分解段階があり、リン酸亜鉛皮膜のできたばかりの弱いほやほやの結晶の表面が酸性接近層の出現によりアタックされることが定説になっていたからでもある。一方、粉体塗装では前処理皮膜をいじめることも少ないので従来のスプレー塗装と同様に塗膜と前処理の間の性能が維持できるはずであると考えていた。しかし「粉体塗装にふさわしい前処理とは何か」が口ぐせの私は日本パーカーライジングに検討を依頼したのであった。今は亡き技術課長であった後藤一生さん、田辺国昭さんがその矢表（やおもて）に立たされた。色々の実験と議論の末に水切り乾燥に替わって加熱処理の実施とクロムリンスの採用が推奨された。

このラインは工場の一辺に前処理ラインがレイアウトされていた。そこにはスラットコンベアーの上に車体を乗せて移動しながらスプレー処理をする方式の前処理ラインがあった。その理由は車体の水平部の上部には余分な治具などを皆無にして処理面に水跡、しみなどの汚染が落ちることのない前処理を期待したからで、従来の吊り下げ方式を採用しなかった。この建物の一辺の長さではクロムリンスを設置するだけのスペースを取ることができずに割愛せざるを得なかった。

これと全く同じことが数年前の軽トラック車体のワンコート上塗り電着塗装ラインの前処理でスペースの不足した所に設置したクロムリンスの維持がいかに困難かを知っていたからである。しかしこの選択は車体に亜鉛めっき鋼板が採用されるに従ってこの判断は大失敗であったことを思い知らされた。



それは電着塗装がカチオンタイプになり、それに適合した浸漬法による鉄成分を多く含むリン酸亜鉛結晶皮膜の登場に対して我々は追従できなかったし、更に数年後に開発されたスプレー法でも可能な、亜鉛めっき鋼板にも適用できるカチオン電着用のマンガン／ニッケル／亜鉛の三元金属のリン酸塩皮膜法が普及するまでは全く対応策が取れずに苦労したからである。

結局は、粉体塗装は高温加熱硬化温度だけが前処理結晶にリスクを与えると判定され、熱処理的水切り乾燥炉が設けられることになった。しかし当初は車体の一部の冷却不足で車体温度が高くて粉体塗料が溶融膜となり易く静厚が不足したことがあった。

暫くすると浸漬法の前処理が常識となったことから、我々も車体の床面下にある車体補強レインホース（函状構造体）の内面に前処理皮膜を完全に付けることが求められた。

前処理工程の長さ延長が不可能なので、その代替案として、処理液の噴出量を増加させて車体の内部に注入して床面を洪水とする方法が考案されて、「フラッド（洪水）法」と命名されていた。

## 10. 顕在化した粉体塗装の光と陰

### 1) 衝突した粉体塗料下塗り車の塗膜性能

エポキシ樹脂系粉体塗料を下／中塗りに用いた「ホンダ シビックCVCC1500 4ドア」が発売されて2か月くらい経った頃のうれしい話である。いつも出荷したクルマの外観品質の苦情しか言って来ない狭山の出荷センターの所長の本俣順さんから久しぶりの電話が掛かってきた。「実は、陸送キャリアが名神高速道路の茨木（ばらき）の出口で転倒事故を起こしたんだが、クルマの損傷がひどいので廃車するので、若しも塗装で塗膜試験用に使いたいなら狭山に戻して上げるがどうするかね」との親切な話題であった。この電話の主の本俣さんは昭和46年頃に浜松製作所から狭山に転勤し、我々の化成課の化成課長代理を数か月務めたことがあった。そして新設された工場内の営業部門の出先としての出荷センターの初代の所長となっていた。化成に籍を置いていたせいがあるが、木俣さんは数少ない塗装部門の応援団の一人となって来ていたのだ。そして後半は

ホンダ系列の光明倉庫に転じて海外ノックダウン工場への部品供給に携わっており、時折輸出品の防錆処理に係わる難問を持ってこられた。たしか防錆油の浸漬処理後に揮発する溶剤の安全衛生問題であったり、アメリカのフォード社が東南アジア方面に出荷するプレス鋼板部品の防錆に使用していた気相防錆剤（アンモニア臭気の強い）を現用の防錆油に代替の可否であったりして私を困らせたことも懐かしい。

さて話を戻すが、このクルマの塗膜解析は塗装品質を担当していた新井深之助さんの役割であった、彼はシーリング作業の特性上からボディ構造に熟知していたことに着目されて「車体構造仕様」の技術スタッフに抜擢されていたのである。

そして戻って来たクルマの損傷をひと目見て、新発売の「ホンダ シビックCVCC1500」と軽ライトバン「ホンダ NL360」との塗膜の損傷の形とその塗装膜厚の余りの違いに唖然（あぜん）としたのであった。いずれの車も激しくアスファルト路面にたたきつけられ、滑走したことは間違いなく、大きな変形や打痕だらけであった。しかし「粉体塗装」のシビックには路面により擦（こす）られ、削りとられた「すりきず」があり、何本かの平行した直線状に残っている塗膜の生々しい様子に対して、「電着塗装ガイドコート」の軽ライトバンは見覚えのある平行な割れ目と短冊（たんざく）状の剥がれが眼についた対照的な姿であった。

そのうちにこの話題が関係者に伝わり塗装への関心が高まって来たようだったので、公式にこのクルマの展示会を催すこととして、技術研究所、品質サービス、営業などの外部と化成部門の面々が見学を訪れたのであった。この損害の違いの理由としては、何しろ新車だから経時変化を確かめる必要があったから、下塗り塗膜の形成メカニズムの違いではなかろうかとの答えは時期早尚（じきそうしょう）であると思っていた。そこで一目して判る膜厚の違いが大きかったことと塗膜材質の違いを当面の理由としてお茶を濁した積もりでいた。勿論、関べからのデータではこの粉体塗膜の耐候性後の耐衝撃性も上々だとのことだったが、この成果の早さには自分ながら驚かされたものである。

今、この現場の写真をお見せできないのは残念であるが、この成果は板金塗装業界の人々の

口から「シビックの1500は修理し易い」との評判が聞かれたことから明らかであろう。

しかし一部の関係者からは、薄く塗装できない粉体塗装の塗膜厚と容易には厚膜を確保することができない従来の塗装法との両立には余りにも不自然さがあるので、「本来あるべき塗膜厚」の検討をすべきであるとの意見が大勢を占めたのであった。

本来ならば、塗装の厚みなどはホンダ技術規格（HES）に社格別に設定されているはずであるのが、乗用車用塗装規格は未制定であったから、我々製作所では早急に暫定規格を提案してくれとの要請を技術研究所に申し入れていたのであった。実際には既に発効されているオートバイ用の規格にある単独塗膜での試験法や基準値とそれに膜厚が参考値として記載されていたものを参考にしていた。しかし総合膜厚については何もなく全く自由であると言う状態であった。

その膜厚実測試験に際しては塗装膜厚標準が車体の場所別（例えば水平部、ドア上／下部、ドア開口部など）にしかも下限膜厚値が決められているベンツを測定の対象として調査に取りかかった。

当時社内には防錆仕様の研究に購入したベンツ、ボルボ、アウディなどがあつたし、その他に国内の小型を対象にして調査を新井さんに指示した。そして得られた膜厚実測値はドラスチック（劇的な）な比較表を記載した報告となって関係者に配布されると、激しい議論が沸騰して収拾がつかない状態となった。そしてこの企画への批判が新井さんに集中して彼を苦しめたのは誠に申し訳なかった。この問題が収斂（しゅうれん）するのは、更に数年後の1980年に始められたアメリカ工場への塗装規格決定まで待たねばならないのである。それは研究所の耐久品質責任者であった大倉孝男さんがカナダでのチッピング対策として裁定した最低塗膜厚と下限値は一般面では100ミクロン、飛石部115ミクロンとなった。従って当面、狭山は粉体塗装の膜厚を下げることに集中することになり、一方アニオン電着塗装＋水溶性中塗り、またはガイドコートラインではそれらの膜厚を稼ぐための方法に腐心するのであった。

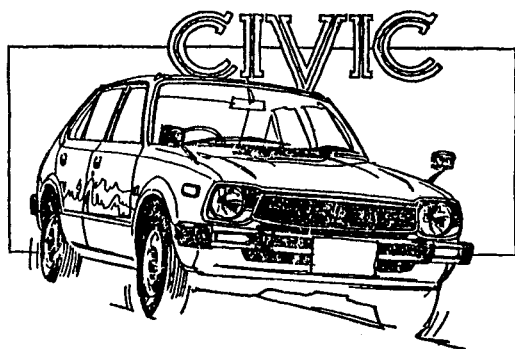
## 2) 「新車試乗記」に載った塗装の失態

世界初の排ガス対策車である「CVCC—シビック1500 4ドア—セダン」の発売に先駆けて恒例の各ジャーナリスト関係者への「試乗貸出し」が始まっていた。そのなかでも「モーターファン」誌では数か月掛けた「耐久性能を検証する試乗記」が企画されていて、1台のクルマが貸出しされて行ったのだった。

このクルマの新車発表に続く発売開始の時節に合わせた様に、「モーターファン」誌上を飾って「ホンダ シビックCVCC1500」の長期間走行テストを記録した試乗レポートである。

それはすこぶる好評の記事に埋まっていたのだったが、特に説明はなかったがその一角に「何故塗装のサビがでたのか？」との疑問符いりのキャプションの付いた写真が掲載されていたのであった。この原因を解析すると全く初歩的なミスが発見されたのだった。この15mm程度の楕円形に塗膜が剥げて赤錆が露出していた場所は、リヤバンパーと車体の隙間を目隠しする鋼板製の「エプロン」の右隅であった。

このエプロンと車体との取り付け面を塗装するために部品を車体に未取り付けの状態に塗装工程に投入されていたのである。ところがデザイナーの気分であろうか、このエプロンの板の全周の縁がせり上がる形になっていたのである。その凹みには水が溜まり易かったのにも拘らず水抜き孔が設けられてなかったのを我々の塗装技術者が見逃してしまったのであった。それ故、前処理工程の洗浄水の水滴が溜まった状態のまま水切り乾燥工程に入ったから、そこには汚染の「水あと」ができてしまったのである。更に悪いことにこのエプロンの直ぐ上には車体に取り付けられたテールゲートがあって、その内面



ホンダ シビックCVCC1500 4ドア—

の隙間から滲（にじ）み出る汚染した水滴がエプロンに滴たり落ちていたから尚更である。

塗膜の厚みの大きい粉体塗料では塗膜の応力が大きいから汚染が有れば直ちに密着不良を引き起こす懸念が有ることは充分に知っていたはずである。そこで前処理において車体に水滴などの汚染を絶無にするためわざわざフロアコンベアーを採用していたのに痛い見逃しを演じてしまったことは恥じ入るばかりであった。

## 11. フォード社の電着塗装特許の決着

数年間もくすぶり続けていたフォード社のアニオン電着塗装法の特許係争にやっと大きな動きが出たのは昭和40年代の末である。

この技術の国内でのスタートは昭和39年夏にホンダー神東塗料のチームが浜松で少量生産の「ホンダ スポーツ360」への実用化に成功してから、急速に各社の新設する自動車ラインに採用が広がった。その背景には、その秋に日本工芸が参加者が約1,200人の技術者を数えた「電気泳動塗装法発表会」を開催しその技術の国内への普及を宣言した。この日本工芸社長の坂東舜一さんはひと昔前に「回転霧化静電塗装機」の技術でアメリカのランズバーグ社と激烈な特許紛争を闘った経験からであろうか、早々にこの技術については特許申請を数多く済ませていた。そして産業界、学会、行政など各方面の有力者を発起人とした「電気泳動塗装協会」の発足を提言して、自社の持つ50余件の関連特許権をこの協会に提出して我が国の産業界に公開し、外国勢への防波堤にしようと考えていた。

それと前後して、白色顔料の「酸化チタン」のトップメーカーの石原産業の社長であり、既に電着塗料を生産販売していた子会社の石産ペイントのパトロンである石原広一郎さんは酸化チタンの技術提携先のアメリカのグリデン社がフォード社とアニオン電着塗装を共同開発していたことから、その縁によってフォード社が現在日本に特許出願中であるアニオン電着塗装法の特許の実施権を予め取得し、国内に公開する計画を昭和43年に既に公表していたのである。

この様な熱気の中の「アニオン電着塗装技術」は産業界の注目を浴びるテーマに登場して、またもや静電塗装に続く大きな日米の特許紛争にも発展しようとしていたのである。

確か、昭和45～6年のことだと思うがフォード社が日本に「アニオン電着塗装法」の一連の特許申請の内容が判明したことから、業界は大騒ぎになった。そしてフォード社の特許出願に対して類似のめっき技術やラテックス、珪瑯（ホーロー）のうわぐすりなどの電気泳動塗装法の技術の公知資料をベースにしたり、電着法の特許は戦前に誰かが既に日本特許を取得していたことなどを理由に異議申し立ての行動となったようであった。それで多くの技術者はフォード社の申請が日本特許になるのは5分5分であろうと甘く考えていたから、暫く様子を見ようとのことになっていた。

やがてある時、フォード社の化成品部長のグリーン氏と弁護士の2人連が二度目の来日をし、帝国ホテルに全国から関係者を招待して塗装技術のプレゼンテーション会を開催するという低姿勢を示した。ここで披露された技術は「アニオン電着塗装法」に加えて「電子線硬化塗装技術」の二つであった。

後者は乗用車用内装プラスチック成形部品にシリコン系樹脂塗料を塗装し無酸素雰囲気中で電子線照射により瞬間的に硬化させる技術であった。

フォード社ではデトロイトのプラスチック成形部品工場から全米の乗用車組立工場にこれらの塗装したプラスチック部品を輸送する際に、「すり傷」の付かないシリコン塗装を使用して費用の掛かる部品梱包を廃止するメリットを強調していた。蛇足ながら、後にこの技術は関西ペイントが技術導入して日本エレクトロンキュアリング社を設立して、鈴木自動車にこのプロセスを納入してその実用化を目指すことになる。この頃は絶頂期であったフォード社では自動車部品はもとより、自動車製造に必要な鋼板、窓ガラス、プラスチック材、自動車用塗料などを自前で製造する体制を保持し、その一環でこのような新技術が開発されていたのである。

さて、これはフォード社の狙いは早い話が「早く特許契約を結んだ方が得策ですよ」と関係業界に申し入れていたのであった。

そこで先ず、この特許交渉は塗料業界の代表による交渉に舞台は移ったのであったから、そのメンバーの一人である神東塗料の岩崎正男さんの回顧録からこの「ドラマ」を引用したい。

そこで塗料業界には大手7社で組織した「同

和会」があったから、早速メンバーの営業責任者が集まって鳩首会議を開き、「まずこの問題は我々の問題であると同時に自動車産業の問題でもあるということで、自動車工業会の特許部に連絡を取った。そして若しも特許料を払うならどちらが払うべきかを議論した所、結局は塗料メーカーが負担せよとなってしまった」。勿論塗料メーカーが負担することになったとしてもそれはコストに転嫁される訳であるが、それにしても特許成立となった場合は大きな負担が掛かって来ることは目に見えている。そこで塗料メーカーは強硬な態度を取るようになった。

「随分高いロイヤリティを言っていましたけど結局我々はそんなものは払えないと突っぱねたのです。当時は特許が成立する前でしたから我々も強気の態度が取れたのです」。

そして昭和48年の春になって、係争の続いていたフォード社の特許が遂に成立してしまい、ここに特許交渉は新しい局面を迎えたのです。

「間もなく、あのグリーン氏が再び来日、大阪のロイヤルホテルで交渉をやりましたが向こうは電着塗料の販売額の5%のロイヤリティを払えと主張していましたが、我々は5%では高すぎると主張しました。それは当時フォード社が欧州で結んでいた契約が2%だと言われていたものですから、どう見ても5%は高すぎると主張した訳です」。

そうして特許成立後の第1回の交渉はもの別れに終了した。そして第2回目交渉は場所を変えて翌年49年8月にアメリカで行なわれるこ

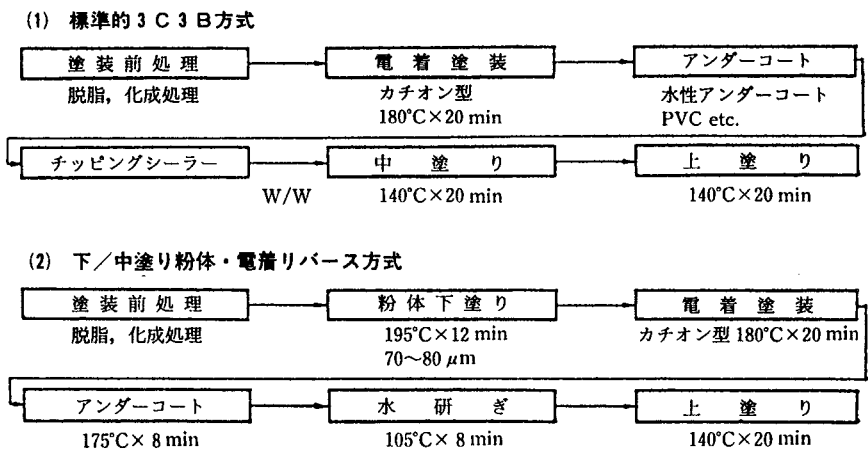
とになった。

「私は夏の暑い盛りにデトロイトに行った。私以外は関ベから山口信治さん、日ベから鈴木正夫さん、日油からは岡田敏さんの4人が代表であった。我々は2%と言う案であったのだが、向こうはどうしても5%の線を譲らない。

それで交渉は中々成立しない。最後の日になっても妥協点が見付からないのでこれで交渉を打ち切って帰ろうとしたとき、向こうは譲歩してきたのです」。

3%まで譲歩しようと言う案であった。メンバーは急ぎよ会議を開き日本に連絡を取って検討を計った。そして結局日程を1日伸ばして8月8日、その日は丁度ニクソン大統領がウォーターゲート事件で失脚した日でもあった。そして3%のロイヤリティで妥結したのだった。アメリカは法に対して非常に厳しい姿勢で臨む国であることを嫌になる程知らされた。(回顧談終了)

日本や欧州の自動車塗装が「アニオン電着塗装フィーバー」の最中に、フォード社のお膝下のアメリカのデトロイトでは何故かGM社とクライスラー社は「アニオン電着塗装」を採用することなしにその他の防錆技術でクルマを製造していた。また塗料メーカーのPPG社はフォード社に対抗して新奇のカチオン電着塗料を開発しつつあり、その強力な防食性を両社に売込み、実車でその実用性を検証する段階になり始めていた。皮肉なことに、日本では全ての自動車ラインがこのアニオン電着塗装を使用してしまったのは、急速な生産拡大に伴う新塗装ライ



乗用車の塗装ライン工程の比較

ンの建設にはこの優れた生産性、自動塗装の方法に傾倒したからであると思われる。そして基礎技術についてはいずれにしてもアメリカの動向を窺（うかが）いながらもっばら増産対策に精励していたのが我々の実態であったと言えよう。

確かに、ホンダは石産ペイントから既にアメリカ特許料を支払い済みのアニオン電着塗料を鈴鹿製作所の塗装ラインで採用しており、一方ではアニオン電着塗装の塗膜物性に疑いを持っていたホンダの狭山工場では粉体塗装／電着塗装リバーラインを稼働していた。

フォード社のグリーンさんはこの事情を知っていたのであろうか。一度目の来日では親密な関係である鈴鹿製作所の主任技師の李家卓さんを訪ねて石産ペイント製のアニオン電着塗装ラインを見学し、次の二度目の訪日の際には狭山工場の粉体／電着リバー塗装ラインを見学して、電着塗装との逆転した塗装順序に色々の質問を投げ掛けていた事が思いだされる。

フォード社との特許係争が解決したのに、皮肉にも日本には次のカチオン電着塗装技術の特許の波が襲い掛かって来る日も近いのである。