

クロムフリー・リン酸フリー 前処理技術の最新動向

手嶋 律夫*

「米国バルクケミカルズ社のクロムフリー系化成皮膜「E-CLPS®2100」は、米国アルミ建材市場の80%以上のシェアを誇る」という実績を掲げ、日本市場に展開を開始したのが1999年であった。

それから20年以上経過した2021年4月現在、自動車関係のELV規制や家電関係のRoHS規制、さらにEUのREACH規制などが当たり前の世の中になったが、全ての業種やアプリケーションで六価クロメートが完全にクロムフリーに、リン酸亜鉛が完全にリン酸フリーに切り替わる状況でないことは確かである。誰もが人体や環境への悪影響の懸念があることがわかっていても、完全代替が実現しないのはなぜだろうか。その問題は大きく2つあると考える。

1つは、塗装下地という性質上、組み合わせの塗膜・塗色は無数にありそれぞれの要求性能や耐用年数が違うため、全てのパターンにおいて六価クロメート、もしくはリン酸亜鉛と同等の塗装下地であるということの証明が非常に難しく、時間がかかってしまうことである。ただ、これは時間をかければ解決する可能性があるということで、各分野でコツコツ積み重ねてきた世界中の実績がようやく日本国内でも認められつつあると実感している。

そしてもう1つは、六価クロメート皮膜やリン酸亜鉛皮膜と同じ処理工程、同じ管理手法、

同じ単体皮膜性能を求めすぎているのではないかと、ということである。そもそもクロムやリン酸と同じ性質・性能を持ち、かつ、環境に優しい無機元素など存在しない。にもかかわらず、従来技術と同じ工程、同じ管理手法、同じ皮膜性能が課せられているように思われる。

本稿では、環境に優しい画期的な化成皮膜の開発を諦めたのではないかと、とのお叱りを受けそうではあるが、それは持続的な課題として取り組みつつ、現状の技術をどのように活用すれば従来技術の代替となるのか、いくつかの事例を交えてご紹介したい。

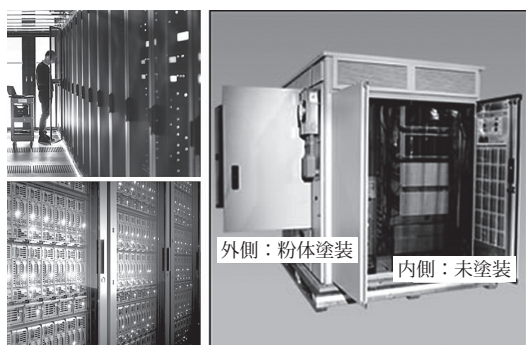
1. クロムフリー・リン酸フリー化成処理の「前工程」を考える

(1) 酸化膜の活用～エンクロージャー・システムの事例～

エリクソン、ルーセント・テクノロジー、IBMなど欧米の大手通信機器メーカーは、通信基地などに導入される大型CPUキャビネットを製造している。エンクロージャーとはそのCPUを格納する筐体(きょうたい)のことを指し、素材はアルミ展伸材で内側が化成皮膜のみ。外側は粉体塗装が施されている(写真-1参照)。

エンクロージャーには当初、六価クロメートの化成皮膜が適用されていたが、2006年のRoHS施行後はクロムフリー系(もしくは、三価クロム系)化成皮膜が必須となった(第1図参照)。

* てしま りつお (株)バルクケミカルズ・ジャパン
代表取締役



エンクロージャー・キャビネット

写真－１ 大型コンピュータールームとCPUエンクロージャーキャビネット

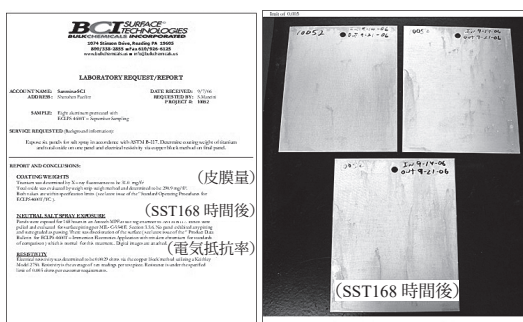


第１図 CPUエンクロージャーのクロムフリー化成処理工程

CPUを格納するためのエンクロージャーに要求される化成皮膜性能は以下の通りである。

- ① 耐塩水噴霧試験 168 時間（未塗装部，塗装部とも）
- ② 粉体塗膜との密着性（ゴバン目テープ剥離試験 100/100）
- ③ 未塗装部の電気抵抗率（ 0.005Ω 以下）

電気抵抗率はエンクロージャー独特の要求性能で，CPUに悪影響を及ぼす静電気帯電防止のため導電性を保つ必要がある。未塗装耐食性と導電性を同時に実現するのは，六価クロメート皮膜以外では非常に困難である。そのため，アルミ素地上にアルマイトよりもはるかに薄い酸化膜を前工程で生成することで，未塗装耐食



写真－２ CPUエンクロージャーの試験結果報告書

性の機能を付与することに成功した事例である。

写真－２に，CPUエンクロージャーの試験結果報告書を示す。

（２）メッキ技術の融合～ラスパート処理にヒントを得て～

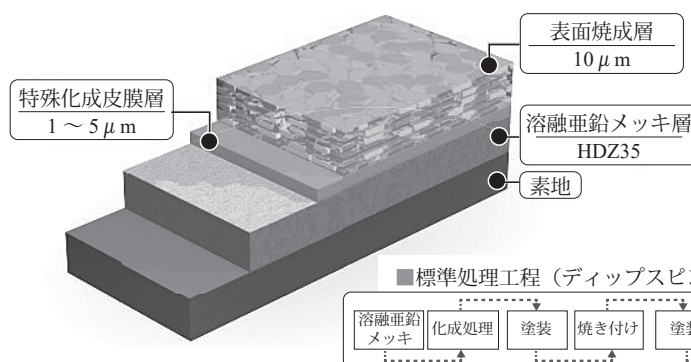
ネジやボルト・ナットを称するファスナー製品に広く適用されているラスパート処理（亜鉛メッキ～特殊化成皮膜～塗膜）のように，当社もメッキ技術を塗装前処理工程に取り入れることで性能向上が実現できないか，試行錯誤を継続している。その中の１つが，カチオン電着塗装におけるリン酸亜鉛皮膜の代替としての亜鉛ニッケルメッキの適用である。第２図に，溶融亜鉛メッキ上ラスパートの概念を示す。

自動車部品などに使われている亜鉛メッキ，または，亜鉛ニッケルメッキを施されている部品に電着塗装を行う場合，メッキ後にリン酸亜鉛での前処理工程を行ったうえで電着塗装を行う。それを亜鉛メッキ後にウエット・オン・ウエットでカチオン電着塗装の施す試作をスタートした（第３図参照）。

このウエット・オン・ウエット工程が実用化されると，以下のメリットが考えられる。

- ① リン酸亜鉛工程をスキップできる
- ② メッキ後の不導体化が不要で，塗膜密着性の阻害物質が被覆することがない
- ③ SPCC 素材においてリン酸亜鉛下地よりも高耐食性が期待できる

今後量産化に移行するためには，トータルコストの低減，メッキ仕上げ製品の枝分かれ工程，塗装下地として適正なメッキ膜厚など，クリアすべき課題は多いと思うが，継続して検証を進



出典：Neji-Samurai.com ホームページ

第2図
溶解亜鉛メッキ上
ラスパートの懸念

めている。

2. クロムフリー・リン酸フリー化成処理のIoT化によるプロセス管理「BDACS®」

(1) BDACS® の概要

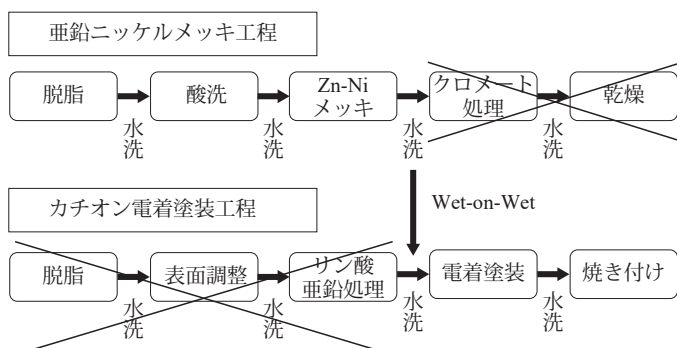
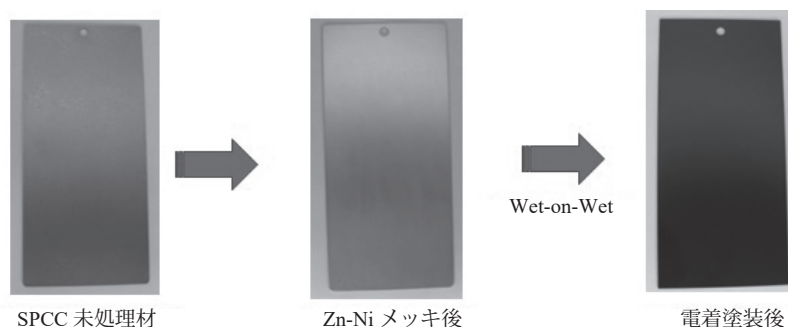
環境対応型といわれるクロムフリー・リン酸フリー化成処理は、総じて素地との反応が弱く薄膜型である。そのため、従来の化成皮膜と比較して管理幅が狭く、化成前工程の条件に大きく左右される。

その弱点を補うためにバルクケミカルズでは、20年以上前からIoT技術を導入して前処理ライン管理を行っており、そのシステムを「BDACS®（ビー・ダックス）（Bulk's Data Acquisition and Control System の略称）」と名付けている。

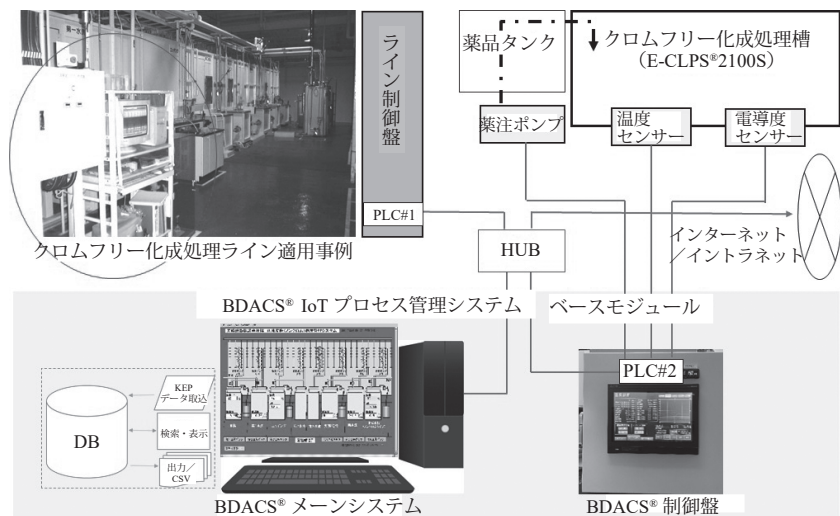
(2) BDACS® の適用事例とそのメリット

実際に稼動している塗装前処理ラインを例に、BDACS® の主な機能について説明する（第4図参照）。

① 薬品自動補給



第3図
亜鉛ニッケルメッキから
カチオン電着塗装



第4図
クロムフリー化成
処理ライン風景と
BDACS® 構成図

薬品槽にはそれぞれ電動時計と連動した薬品注入ポンプが付いている。それぞれの処理槽の管理条件の上下限を設定し、下限になると薬注ポンプが稼動、上限に達するとポンプが停止する仕組みである。滴定結果による手動補給と比べると、定常的に安定した処理液状態を保つことが可能である。

② 稼動状況のリアルタイムモニタリング／データベース化

ライン制御盤からは、コンベヤー ON/OFF、循環ポンプ ON/OFF、給水 ON/OFF などの情報が BDACS® 制御盤に送られ、それを BDACS® メーンシステム用 PC がリアルタイムに読み込んで稼動状況をアニメーションで表現し、取得データのリアルタイム表示を行っている。

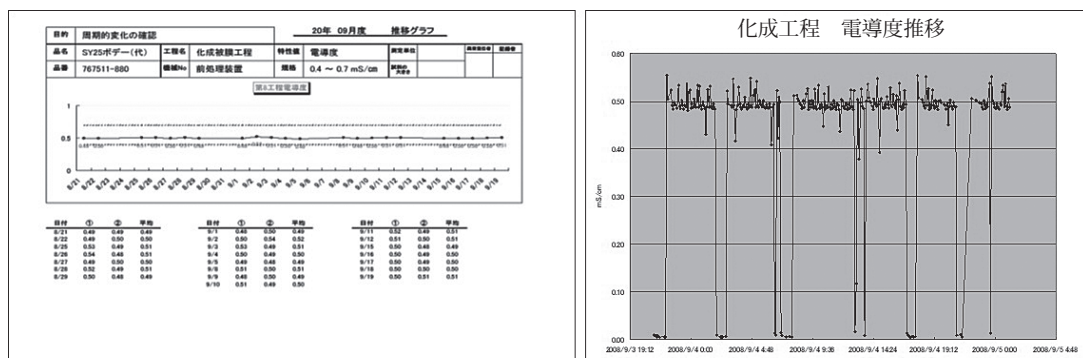
所得したデータはデータベース化されてお

り、過去の稼動時のトラッキングが可能である。また、手動で測定する滴定データの入力画面も用意されており、自動取得データと共に抱き合わせてデータベースに格納されている(第5図参照)。トラブルシューティング時のピンポイント対応など、管理値のデータベース化によるメリットは非常に大きい。

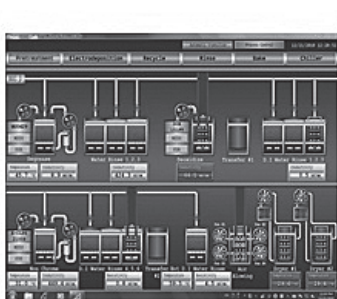
③ インターネットによる遠隔管理

BDACS® メーンシステム用 PC はインターネットで当社の技術部とつながっており、毎日遠隔モニタリングを行い、ラインが正常に稼動しているかどうかの確認を行っている。また、ライン稼動データのバックアップを定期的に当社側でも行っている。

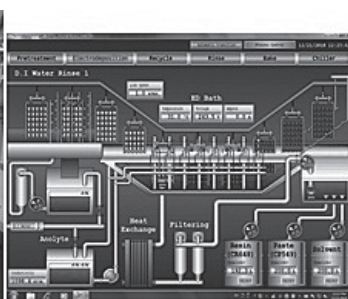
万が一ライントラブルが発生した場合、当社技術者が遠方にいてもモバイル端末を携帯して



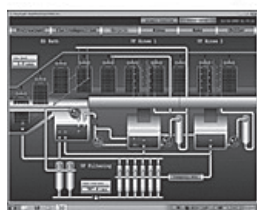
第5図 BDACS® データベースからの検索およびグラフ表示の例



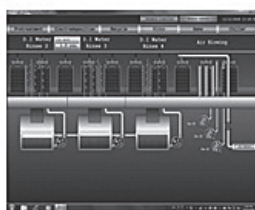
クロムフリー化成前処理ライン



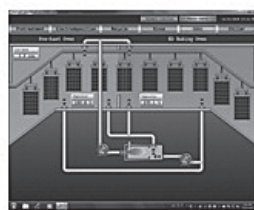
電着塗装ライン



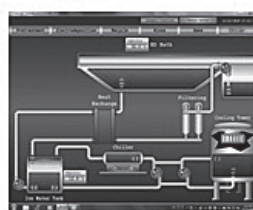
UF フィルタリング



純水洗



焼き付けオープン



冷却装置

写真-3 カチオン電着塗装ラインの BDACS® システム導入事例

いるので、即座にモニタリングを行い初期対応が可能である。

(3) BDACS® の応用

前処理工程に留まらず、BDACS® システムは塗装ライン全般や品質管理工程への適用も進めている(写真-3 参照)。

最近 IoT 化の流れに従い、膜厚計などの測定機器も Ethernet や Bluetooth での接続が可能となっている。BDACS® では双方向の制御を可能にした自動膜厚測定システムの構築もお手伝いさせていただいた。

クロムフリー化が最も困難と思われていた高層ビル用アルミ塗装建材において、いち早く完全クロムフリー化を実現している仕様が ある。

それは、化成処理の代わりに封孔処理を行わないアルマイト処理を塗装下地として採用した工程である。アルマイト処理から 24 時間以内に塗装を行わなければならないという制約のため、その工程を実施できるところが日本国内では数社に限られ、建築設計事務所や大手ゼネコンから承認を受けるまで大変な時間と労力を費やされたと聞いている。

現在ではアルミ建材の世界標準規格「QUALICOAT」で最も過酷な仕様である Class 1(塩害地仕様)において、このアルマイト下地

は「Anodic Pretreatment」として認定され、日本国内だけでなく EU の高層ビル建材にも幅広く適用されている。

製品に環境規制物質の排除を強く求められるライフサイクル・アセスメントの観点だけでなく、薬品自体を取り扱う現場作業環境の改善のためにも、一刻も早くクロムフリー化・リン酸フリー化を推進すべきであることは間違いない。

このアルマイト下地の例のように、化成皮膜自体の開発は継続しつつも、メッキなど従来と異なる技術を塗装下地に採用することや、IoT 技術を駆使したきめ細やかな管理手法を適用させることによって、クロムフリー・リン酸フリー化の適用範囲の拡大は実現していくのではないだろうか。

《参考文献》

- 1) CHROMIUM FREE PRETREATMENTS
“Technology Today”
Presented by Carl Gillman, Bulk Chemicals, Incorporated.
- 2) ELV DIRECTIVE 2000/53/EC “Commission Decision”
The Society of Motor Manufacturers and Traders Limited

- 3) 日本建築仕上学会『建築用アルミニウム合金材料 加熱硬化形溶剤系塗装標準仕様書・同解説書』, テツアドー出版, 2013 年
 - 4) 手嶋律夫「クロムフリー・リン酸フリー前処理技術の動向」, 『塗装技術』, 2013 年 6 月別冊号
 - 5) 「アルミニウム合金材料に対する環境配慮型塗装仕様の現状と標準化」, “日本建築仕上学会 第 12 回 建築仕上フォーラム資料”, 2016 年
 - 6) 近藤照夫「粉体塗装に関する最新の研究成果」, “平成 27 年度次世代ものづくり技術交流会 & ABA 勉強会”, 2016 年
 - 7) QUALICOAT Executive Committee, “SPECIFICATINOS FOR A QUALY LABEL FOR LIQUID AND POWDER ORGANIC COATINGS ON ALUMINIUM FOR ARCHITECTURAL APPLICATIONS 15th Edision” (2017)
 - 8) GSB International e. V. “International Quality Regulations For The Coating of Building Components” (2017)
- ※ E-CLPS®, BDACS® は, 米国バルクケミカルズ社および(株)バルクケミカルズ・ジャパンの登録商標である。