

ミキサ車部品へのジルコニウム化成処理の適応

西田 竜一 ・ 山崎 寛史

1 はじめに

KYB熊谷工場は、特装車両事業部（以下特装）とHC事業部熊谷駐在の生産拠点であり、特装はミキサ車（写真1）の架装物を製造・架装、そしてお客様の要望に応じて塗装まで施し、世界中のメーカ及びディーラに販売している。

近年、工事現場などで使用されているダンプ車を始め、ミキサ車などは、お客様のイメージを重要視する傾向にあり、普通乗用車と比べて過酷な環境下で使用されている車両にもかかわらず、外観も普通乗用車と変わらない状態を維持しようとする傾向にある。そこでミキサ車の架装物に下地塗装を施すために使用しているのが、カチオン電着塗装設備である。

本報はその設備を更新するにあたり、突発補修費を無くし、塗装剥がれクレームゼロ立ち上げを目標として実施してきた内容について紹介する。



写真1 主力モデルのミキサ車

2 電着塗装とは

電着塗装（以下、電着）とは、液状の塗料や樹脂が入った浴槽に電極と被塗物（以下、ワーク）を入れて直流電流をかけ、ワークの表面に塗膜（以下、塗膜）を作る塗装方法の一種である。

電着は大別すると、カチオン電着（以下、カチオン）とアニオン電着（以下、アニオン）がある。カチオンは、ワークを陰極（-）とし、電極を陽極（+）

にして塗膜を作るのに対して、アニオンはワークを陽極とし、電極を陰極とする方法である。両者とも下地塗装として使用されることが多い。

3 設備更新の背景

特装では約25年前から8割強の部品に下地塗装をカチオンで実施してきた。

特装で扱っているワークは重量物が多く、ワークとワーク搬送用ハンガを合わせると最大で800kgにもなるため、それらを搬送する装置への負担も、長年の蓄積により大きかった。

さらに、設備の老朽化に伴い、突発の補修費が増大傾向にあり、設備で使用しているポンプや電装部品などの代替品もなくなりつつあった。

今回の設備更新に合わせて電着工程のレイアウト（図1）及び、塗装品質向上のため、前処理方法の検討も行うこととした。

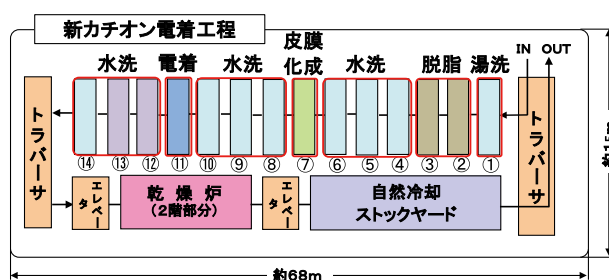


図1 新カチオン電着工程レイアウト

4 前処理方法の選定

電着前処理の化成処理の方法として、特装で使用していたリン酸鉄処理のほかに、自動車材料塗装下地としてリン酸亜鉛処理やジルコニウム処理などがある。

今回の選定目標としては、近未来型の環境にやさしくスラッジ発生量も極少のジルコニウムを本命と

し、比較対象としてリン酸亜鉛のテストも同時に行うことにした。

テストを実施する材料は特装で使用している黒皮材、酸洗材とした。材料の強度違いや板厚違いにより購入先も異なるため、それらによる違いも考慮した上で、さらに前処理液業者所有のテストピース(基準板：冷延鋼板)を含めることで、計4種の板材を使用し比較評価を実施することにした。

ここで、それぞれの処理方法のメリット及びデメリットを紹介する(表1)。

表1 メリット、デメリット比較表

	メリット	デメリット
リン酸鉄	処理液の管理項目が少ない 排水処理の手間がほとんどない	屋内用の処理 耐食性が低い
ジルコニウム	重金属フリー 耐食性はリン酸亜鉛同等 マルチメタル対応 (鉄、アルミ、Znメッキ等)	リン酸亜鉛と比較し 実績が少ない
リン酸亜鉛	リン酸鉄に対し耐食性が高い	複製物(スラッジ) が大量発生

5 性能評価確認試験

今回の設備更新にあたり下記の評価試験を実施した。

5.1 耐衝撃性

客先での使用条件を想定し、デュポン式を採用(重り1kg、高さ500mm)。

(JIS K5600に準拠、写真2、写真3)

本テストでは、電着後上塗り塗装を施したワークの塗装剥がれ度合い(凹凸の表裏)を確認する。



写真2 デュポン試験機

評価基準は下記に示す。

- 凹部(重りを落とした表面)、評価点4以上
- 凸部(重りを落とした裏面)、評価点3以上

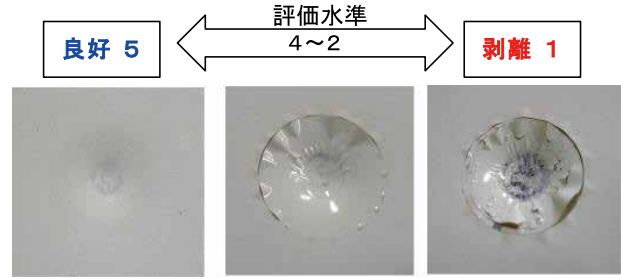


写真3 デュポン式 評価基準(凹部)

5.2 耐SST性

中性塩水噴霧試験(Neutral Salt Spray Test)により耐食性の促進試験(600時間)、クロスカットからの最大錆幅、最大膨れ幅を測定(JIS Z2371に準拠、写真4)。

本テストでは、クロスカットした切り口の錆の進行度合いを確認する。

自社内評価基準は下記に示す。

- クロスカット部の片側さび幅、3mm以下
- クロスカット部の片側膨れ幅、6mm以下

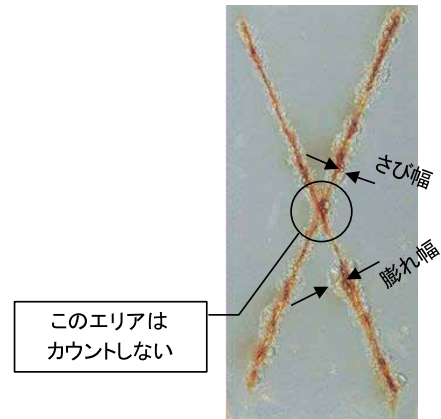


写真4 クロスカット例

5.3 密着性

一次(初期)の2mm碁盤目(100*100マス)評価と二次(耐湿後:50℃, 98%, 120時間)の2mm碁盤目評価。(JIS K5600に準拠、写真5)

本テストでは、電着後上塗り塗装を施したワークの下地塗装剥がれ度合いを確認する。

評価基準は下記に示す。

- 一次、マス目残り100/100
- 二次、マス目残り100/100

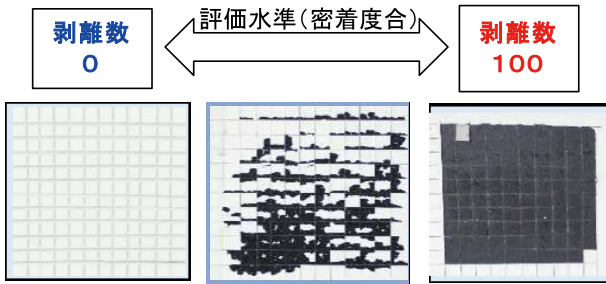


写真5 基盤目 評価基準

5.4 耐CCT性

複合サイクル腐食試験 (Combined Cycle corrosion Test) により耐腐食性の促進試験 (200 サイクル)。この試験は耐SST性の試験よりも自然環境に近い条件で行い、かつ塩水噴霧、乾燥、湿潤等を含んだサイクル試験。

本テストでは、自然環境に近い条件下でのクロスカットした切り口の錆の進行度合いを確認する。

6 評価ステップ

それぞれの評価基準を基に4回にかけて評価テストを実施した。各回の内容は下記の通り。

1回目： メーカー標準の皮膜化成処理液を使用。

塗装に対する条件が厳しい部品を製作してジルコニウムとリン酸亜鉛の処理をし、市場モニタを実施した。市場モニタの実施については、沿岸部や離島など使用条件が厳しい場所にて使用されている顧客を選択。

結果として、どの場所においても両者共に、現行リン酸鉄と比べ、塗膜剥がれの現象も見られずモニタ品の状態は良好であった。

2回目： モニタの経過が良好であることから、ジルコニウム及びリン酸亜鉛の処理条件を変更した計7種 (表2) にて再処理をし、性能評価確認試験を実施。

表2 2回目の処理条件表

水準No	前処理種	条件
1	ジルコニウム	標準 (AZ濃度: 11.0pt)
1UU		上々限 (AZ濃度: 14.0)
1U		上限 (AZ濃度: 12.5pt)
1D		下限 (AZ濃度: 8.0pt)
1DD		下々限 (AZ濃度: 5.0pt)
2	リン酸亜鉛	標準
3		結晶粒径調整

結果として、標準よりもAZ濃度をワンランク上げた“1U”及び“1UU”が高評価であった。

3回目： 2回目で高評価であった水準を中心に条件をさらに変動させ、新たに黒皮ハイテン材とアルミ材を追加し、計6種にて処理を実施。

結果としてどの材料に対しても塗装性能が良好な管理値を見い出せた。

4回目： 最終仕様の皮膜化成処理液を使用して、熊谷工場の新設備でも同じ結果となることを実証する試験を実施。

結果として、熊谷工場の新設備でも同じ結果が出るということが証明された。

全4回の評価試験より、ジルコニウムはリン酸鉄以上の性能を持ち、リン酸亜鉛と同等であることがわかった。以上のことから熊谷工場としてカチオン電着工程で使用する皮膜化成処理液をジルコニウムとすることに決めた。最終的な新設備での評価を含めた結果は下記の通りである。

7 性能評価確認結果

7.1 耐衝撃性 (デュボン式評価 表3, 表4)

凹部ではそれぞれの平均で、リン酸鉄は3.92、ジルコニウムは4.95、リン酸亜鉛は4.77となり、凸部ではそれぞれ平均で、3.34、4.62、5.0となった。結果として、ジルコニウムが一番優れている結果となった。

表3 凹部塗装剥がれ度合い (重りを落とした表面)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材 SS400	黒皮 海外材 SS400	酸洗 国内材	アルミ A5000系	黒皮 590 ハイテン材	SPC 標準板
リン酸鉄	M社製	3.3	2.0	5.0	未実施	4.3	5.0
ジルコニウム	P社製	4.7	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
リン酸亜鉛	P社製	未実施	5.0	5.0	未実施	4.3	5.0

表4 凸部塗装剥がれ度合い (重りを落とした裏面)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材 SS400	黒皮 海外材 SS400	酸洗 国内材	アルミ A5000系	黒皮 590 ハイテン材	SPC 標準板
リン酸鉄	M社製	2.0	3.7	4.0	未実施	5.0	2.0
ジルコニウム	P社製	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7
リン酸亜鉛	P社製	未実施	5.0	5.0	未実施	5.0	5.0

7.2 耐SST性 (表5, 表6)

最大錆幅及び最大膨れ幅のそれぞれ平均は、リン酸鉄は2.06mm及び8.0mm、ジルコニウムは1.98mm及び2.22mm、リン酸亜鉛は1.7mm及び3.37mmとなった。

表5 耐SST性 最大錆幅 試験結果 (600時間後)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
		最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)
リン酸鉄	M社製	2.8	2.3	1.7	未実施	1.6	1.9
ジルコニウム	P社製	1.8	2.3	2.1	0.0	1.8	1.9
リン酸亜鉛	P社製	未実施	2.3	未実施	未実施	1.3	1.5

表6 耐SST性 最大膨れ幅 試験結果 (600時間後)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
		最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)
リン酸鉄	M社製	11.0	11.3	3.7	未実施	10.0	4.0
ジルコニウム	P社製	3.0	6.1	0.0	0.0	1.3	0.7
リン酸亜鉛	P社製	未実施	5.7	未実施	未実施	3.8	0.6

7.3 密着性 (表7, 表8)

一次密着は全て問題なし. 二次密着はリン酸鉄以外全て問題なし.

表7 密着性結果 (一次密着)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
リン酸鉄	M社製	100/100	100/100	100/100	未実施	100/100	100/100
ジルコニウム	P社製	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
リン酸亜鉛	P社製	未実施	100/100	未実施	未実施	100/100	100/100

表8 密着性結果 (二次密着)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
リン酸鉄	M社製	2/100	19/100	100/100	未実施	68/100	99/100
ジルコニウム	P社製	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
リン酸亜鉛	P社製	未実施	100/100	未実施	未実施	100/100	100/100

このテストを始めた当初は実施していなかったが上記の評価結果が出た後から, リン酸鉄とジルコニウムのみではあるが, 耐CCT性 (複合サイクル試験 表9, 表10) を200サイクルまで実施した. この試験の200サイクルは, 6~7年の年月相当を想定した試験となる.

200サイクルの結果は下記の通り, リン酸鉄では測定不能もあり, 結果は芳しくなかった. ジルコニ

ウムは平均で最大錆幅2.52mm, 最大膨れ幅11.2mmとなり想像以上の良い結果となった.

表9 耐CCT性 最大錆幅 試験結果 (200サイクル)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
		最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)	最大錆幅 (mm)
リン酸鉄	M社製	5.5	測定不能	2.5	未実施	3.8	測定不能
ジルコニウム	P社製	2.4	1.9	2.3	0.0	3.6	2.4

表10 耐CCT性 最大膨れ幅 試験結果 (200サイクル)

処理内容	化成条件	黒皮 国内材	黒皮 海外材	酸洗 国内材	アルミ	黒皮 590	SPC
		SS400	SS400	SS400	A5000系	ハイテン材	標準板
		最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)	最大膨れ幅 (mm)
リン酸鉄	M社製	全面膨れ	全面膨れ	全面膨れ	未実施	17.2	全面膨れ
ジルコニウム	P社製	11.4	18.5	7.9	0.5	7.2	11.0

8 管理項目

塗装品質を確保するには以下の管理が重要である.

8.1 処理液の管理

処理液の測定は, 午前午後の計2回/日を実施している. 前処理は管理できるすべての項目を実施しているが, 塗料の管理は計測器等の追加投資が必要となるため, 現段階では塗料メーカーに一任している. 前処理工程の管理7項目を以下に示す.

1) 予備脱脂 (遊離アルカリ度):

管理値15.0~30.0pt

2) 脱脂 (遊離アルカリ度): 管理値15.0~30.0pt

3) 第三水洗 (汚染度): 管理値2.0pt以下

4) 化成 AZ濃度: 管理値8.0~33.0pt

5) 第六水洗 (電気伝導度): 管理値50μS/cm以下

6) 純水シャワ (電気伝導度):

管理値2.0μS/cm以下

8.2 浴槽の処理時間

メーカー推奨値が60秒~120秒という基準がある. 搬送装置の上昇下降時間も浸漬していることを考慮して浸漬時間を決定した.

8.3 カチオン電着乾燥炉の条件

乾燥炉の条件は, 焼付けMAP (被塗物保持条件, 図2) と数種類のワークの物温測定結果 (写真6) から, 乾燥炉内の設定を190℃ 48分とすることで, 物温を焼付けMAP範囲内 (MAP内の六角形の内側) でキープできることがわかった.

焼付けMAP

焼付け条件範囲

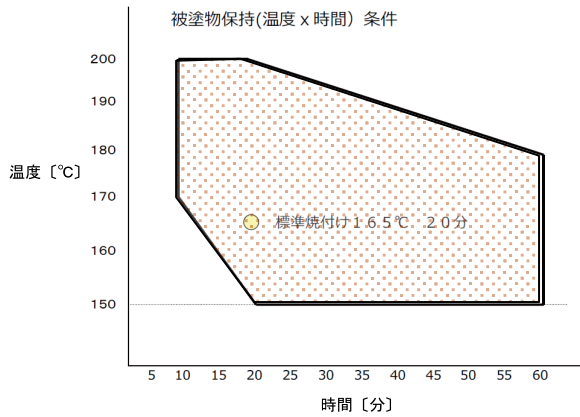


図2 焼付けMAP (被塗物保持条件)



写真6 物温 (フロントフレーム) 測定実施例

9 残された課題

カチオンを実施している部品で、CO₂レーザーにて切断を行っているのは7割ほどあり、現状はコンプレッサの圧縮空気をアシストガスとして使用している。そのために切断面に酸化被膜が生成されてしまう。従って、レーザー切断面でカチオンが施される面に対しては、カチオンを施す前にグラインダにて削り、酸化被膜を除去している。この作業を廃止するために、アシストガスの窒素化の検討もしくはCO₂レーザーに代わる加工方法の検討が必要である。

10 おわりに

品質安全宣言も完了し、2019年6月より量産を開始した。今回の設備更新にあたり、ご指導ご協力頂いた社内外関係者の方々に、この場を借りて心よりお礼申し上げます。

著者



西田 竜一

1994年入社。特装車両事業部製造部製造係を経て、2017年4月より製造部生産技術課。ミキサ車生産関連業務に従事。



山崎 寛史

2007年入社。特装車両事業部製造部生産技術課課長。ミキサ車生産関連業務に従事。