

防錆を革新する耐食性の 迅速評価技術と装置

マツダ株式会社

代表取締役社長 丸本 明

マツダ(株) 技術研究所 浅田 照朗

マツダ(株) 技術研究所 佐々木 将展

マツダ(株) 技術研究所 江崎 達哉

マツダ(株) 技術研究所 重永 勉

マツダ(株) 技術研究所 高見 明秀

はじめに

マツダでは技術開発の長期ビジョン「サステナブル Zoom-Zoom 宣言 2030」に基づき、全てのお客様に「走る喜び」と「人生の輝き」を提供すること、この実現のため「お客様の期待を常に上回る品質を提供し続ける」ことを目指している。

クルマの品質は、お客様の安全・安心に直結し重要である。世界の様々な環境でも腐食させないため、塗装に代表される腐食対策が施される。この対策費の総額は4500億円/年（国内）に上る（Zairyo-to-Kankyo, 50, 490-512 (2001)による）。この対策を高精度、高効率に実現する技術は、品質革新に必須で、加えて商品価値向上に大きく寄与する。従来の防錆技術開発では、試験槽内に腐食環境を再現、過酷にして市場15年相当のダメージを3ヶ月程度で与え、腐食（サビ）の程度を性能の判断指標とする。時間が掛かるうえに、結果は定性的であった。弊社では、対象物をサビさせることなく、耐食性を電気化学的に短時間で高精度に定量する技術を実用化した。

開発のねらい

高い防錆品質を有するクルマを高効率に実現

するために、クルマの主要な防錆手段である防錆塗膜の耐食性を迅速に定量する技術を開発することとした。この新技術開発では、防錆塗膜の性能発現機構（腐食原理モデル）に基づいた、モデルベース開発を活用した。それにより、従来の実腐食環境を模擬した試験法から脱却して、対象物の耐食性を短時間（従来数ヶ月⇒数分）で定量する技術の構築を目指した。また、開発技術を活用して、新材料や新工法の技術開発効率と精度を飛躍的に向上させ、従来は実現不可能であった高防錆塗膜を開発すること、専門知識を有さない製造作業従事者による製造領域での品質の造り込みや製品性能の日々管理を実現することを狙った。また、場所を選ばず実験室以外の工場や野外においても専門性不要で容易に試験を行い、結果判断できる装置を開発し、非常に多くの部品で構成されるクルマの技術構築プロセスを変革することで品質革新を目指した。

装置の概要

開発した耐食性の評価装置は小型軽量で可搬でき、短時間に防錆塗膜の性能を定量できる。本装置における耐食性の評価原理を次に示す。鋼板（鉄）は水と酸素の存在でサビ（腐食生成物）を形成する。クルマでは、水と酸素を防錆塗膜で

遮断してサビの発生を抑制している。つまり、防錆塗膜を腐食因子である水・酸素・イオン物質が透過し、鋼板に到達すればサビは発生する。この防錆塗膜の性能発現機構に基づき、防錆塗膜に電圧を印加して、腐食因子である水とイオン物質の透過し易さを電流の変化を見ながら、閾値となった電圧で定量する。これにより、対象物を腐食(サビ)させずに短期に耐食性(≒サビ抑制期間)を評価できるようにした(図1参照)。

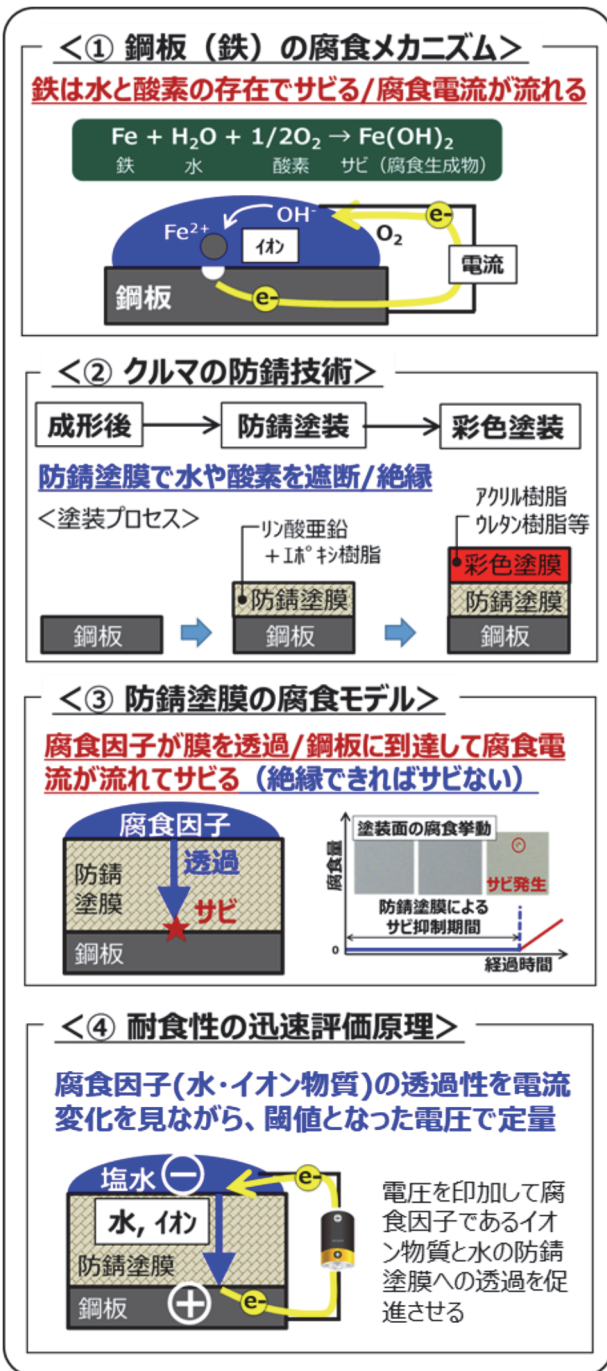


図1 鋼板の腐食メカニズムと防錆塗膜の性能発現機構に基づく耐食性の迅速評価原理

技術上の特徴

本技術は塗装部の詳細な腐食劣化挙動把握、解明から導かれた腐食モデルに基づき、塗装部の耐食性に関わる腐食因子の膜透過性を直接定量する電気化学的な評価技術である。従来、数ヶ月を要した試験を数分で実現でき、加えて専門知識を有さない製造作業従事者が対象物の耐食性を直接、場所を選ばず実験室以外の工場や野外で確認することができる。以上のことから、図2に示す従来技術の課題を全て克服して、腐食対策の高精度/高効率化によって、防錆品質の造り込みプロセスを変革して品質革新を実現できる。次に、本技術の有効性を、具体的に従来技術と比較して述べる。



図2 従来技術の課題

- 防錆技術開発に対する有効性(図3参照)
 - 1-1) 試験期間・従来技術では、試験槽内に腐食環境を再現、過酷にすることで、市場15年相当を3カ月程度で試験するが、これでは十分ではない。防錆技術の開発には複数回の試験が必要で、ひとつの技術を開発するには、少なくとも数年を要する。一方、新規に開発した耐食性の迅速評価技術は、塗膜性能に影響する塗装の膜厚や膜質を含めた耐食性(≒サビ抑制期間)を電圧

値という物理指標により、一般的な電着塗料の場合、従来比 25,000 倍と迅速に定量できる。例えば、従来技術（実腐食試験）でサビの発生に 3 ヶ月を要する電着塗料の性能レベルであれば、5 分未満で試験ができる。

1-2) 精度・従来技術では、腐食にともなう視覚的变化を目視で判断するため、結果が人の経験に依存した。本技術は、防錆塗膜の腐食因子遮断性を物理指標（電圧値）で定量するため、人によるバラツキがない。また、この電圧値と従来法における耐食性（≒サビ抑制期間）は相関していることを確認している。

これまでも、実腐食試験法の代替法として、インピーダンス法やターフェル法など電気化学的な方法が検討されてきた。しかし、試験の所要時間が長い、同じデータを見ても研究者により見解が異なる、工場などの電磁波ノイズの多い場所や複雑形状物には適用できない等、制約が多く、産業界での実用性に欠けた。本技術は、塗膜の腐食因子の遮断に関わる物理特性を直接計測することで、試験時間の短期化を実現した独創的なもので、工場等の電磁波ノイズの多い場所で、複雑形状物の耐食性を誰もが迅速に評価できる実践的、且つ革新的な技術である。

実用上の効果

クルマの防錆品質は市場での腐食環境に加え、多岐にわたる性能に影響を及ぼす因子が存在する。防錆塗膜であれば塗料組成や塗装条件、被塗物（塗装対象物）であれば製造要件、品質管理面であれば加工工具の交換頻度等の管理要件が、これらに該当する。性能に影響を及ぼす代表的な因子の相互作用を定量化しようとする、試験数は優に数千を超える。この複雑な相互作用を制御して品質を確立するためには、従来技術（実腐食試験）では、試験時間、試験槽の容量、試験精度の面で限界があった。

本技術は前述したように、試験の迅速性、高い精度と実践性を兼ね備えており、腐食防食領域で永年の課題であった技術開発の精度と効率の向上に大きく寄与するものである。本技術の有効性を示す事例として、弊社における足廻り部品の品質の造り込みへの活用について示す。

本技術を足廻り部品用の新材料（塗料）開発、新工法（溶接）開発や品質管理に活用することで、従来比 2 倍以上の耐食性能を 1/5 以下の短期間で実現することができた。これは、防錆品質を確立するための塗料組成や塗装条件、被塗物の製造要件や品質の管理要件などの複雑に絡み合う相互作用を詳細に見極め、性能改善に必要な要件を精度良く、効率的に制御できたことによ


		従来法 実腐食試験	開発技術 迅速評価法
試験装置		 3.5×1.5×2 m 据え置き型	 ポータブル (約3kg)
	技術開発	試験時間 数ヶ月 例) 3ヶ月 加速性/市場相関性は 相反する	数分 例) 5分 迅速性 25,000倍 (電着塗料の例)
品質管理	精度	定性的 サビの程度を目視判断する ため、結果が経験に依存	定量的 電圧値で高精度定量 (人の経験に依存しない)
	現場適用性	煩雑で不向き 対象物の切断後、 搬送して長期試験	簡便で実践的 一般の製造作業従事者が 対象物の耐食性を製造現場 で直接確認できる
	管理頻度	例) 月毎	例) 日々 日々管理法として採用

図3 耐食性の迅速評価技術と装置の特徴

2. 品質管理に対する有効性（図3参照）

現場適用性/管理効率について、従来技術（実腐食試験）では、製造条件が耐食性に与える影響を確認するために部品の切断、搬送、試験と手順が煩雑で、結果が判明するのに数ヶ月を要した。本技術を適用することで、一般の製造作業従事者が複雑形状物のあらゆる部位の耐食性を電気化学的に直接、迅速に定量して、製造条件の維持管理や最適化に対して結果を容易にフィードバックできる。これにより、品質管理の精度と効率を劇的に向上させることができる。

る(図4参照)。その他、市場でのクルマ用防錆塗膜の性能劣化状況の把握等にも広く活用し、幅広い領域で実績を挙げている。現在、全産業における国内の腐食対策費の総額は約 3.9 兆円/年で、その約 6 割の約 2.3 兆円/年が塗装によるものである(Zairyō-to-Kankyō, 50, 490-512 (2001)による)。本技術の活用領域は、塗装による防食を行う全産業界が対象となる。例えば、運輸、家電、建設、住宅などで、技術開発から保守に亘る広い領域での活用が期待され、これらの全産業界で防錆品質の革新を起し得る。

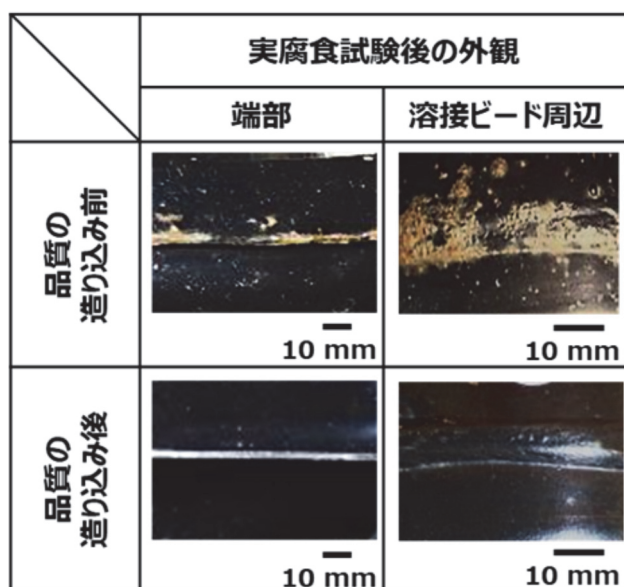


図4 迅速評価技術の活用により短期開発した足廻り部品用防錆技術の耐食性向上効果

概要：防錆塗膜の評価面積当たりの最低性能ではなく、平均性能を簡易に定量する方法および評価装置に関するもの
その他 5 件を出願中。

むすび

塗装材料の研究開発分野は、経験則に基づく研究開発方法が主流である。従来技術を凌駕する機能をもつ新材料を短期に研究開発して産業に繋げ、日本の工業技術力を向上させるためには、現状の開発方法では限界があった。今回開発した耐食性の迅速評価技術は、防錆塗膜の腐食現象を単純化してモデル化することから発想して導かれた新しい評価技術であり、防食技術開発の精度と効率の両立に大きく貢献できることが実証された。本成果とその取り組みのアプローチ方法は、今後の腐食防食領域における研究開発の在り方を指し示すリードモデルになり得る。また、本技術は幅広い塗装系でさまざまな用途に適用可能であることから、塗装鋼板を製造または使用する全業界での応用が期待でき、将来的には耐食性評価のスタンダードとなり得る技術である。引き続き、鋭意研究開発に努める所存である。

知的財産権の状況

開発した耐食性の迅速評価技術及び装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 6436688 号

名称：塗装金属材の耐食性評価方法及び耐食性評価装置

概要：耐食性を短期・高精度に評価するための電気化学的な方法および評価装置に関するもの

② 日本国特許第 6213426 号

名称：塗装金属材の耐食性評価方法及び耐食性評価装置