

# 東海道新幹線 保全作業の省力化を実現する 新しい磁器がいしの鉄道環境下への適用

技術開発部 電力技術チーム 電力変革グループ グループリーダー 加藤 直文  
技術開発部 電力技術チーム 電力変革グループ 主任研究員 池田 尚也

## 1 はじめに

東海道新幹線では、電線と支持物（電柱など）との間に電気が流れないように、多くの磁器がいし（以下「がいし」）を使用して絶縁しています。海に近い場所や雨洗効果のないトンネル内などでは、塩などの汚損物質によるがいしの絶縁性能低下を防止するため、シリコンコンパウンドを塗布し、性能維持のため1～2年ごとに定期的な塗替えを実施しています。シリコンコンパウンドは、アモeba効果による耐汚損性や高い撥水性を有しており、塩害区間等の汚損環境下において優れた絶縁性能維持効果を発揮します。しかし、シリコンコンパウンドの塗布・塗替作業は、夜間に高所にて手作業で行っているため、身体的負担が大きく、多大な労力と費用を要しています。（写真1）

当社では、将来の労働力人口の更なる減少を見据えた業務改革の一環として、この作業を廃止できる新しいがいしの鉄道環境下における適用に向けて、日本ガイシ株式会社と検討を行い、実証試験を重ねてきました。



写真1 シリコンコンパウンド塗布作業

本稿では、新しいがいしの仕様と長期にわたり実施している様々な実証試験の結果について紹介します。

## 2 新しい磁器がいしの検討

シリコンコンパウンドの塗布・塗替作業を廃止するための新しいがいしには、通常使用しているがいしに要求される性能に加えて、十分な耐汚損性とより簡便なメンテナンス性が必要です。そこで、「コーティングがいし」と呼ばれるがいしに注目しました。コーティングがいしは、RTV（Room Temperature Vulcanizing：室温硬化）シリコンゴムを製造段階で予めコーティングしたがいしです。特徴として、ゴム内部の低分子シリコンが汚損層表面に染み出すことによる耐汚損性や高い撥水性に加え、定期的な塗替えが不要で長期的に使用可能な点などが挙げられます。また、コーティング範囲はがいし全面が基本となりますが、懸垂タイプでは施工性向上及びコーティング範囲の削減も考慮し、沿面距離の長い下面側のみコーティングしました。各がいしのコーティング前後を表1に示します。また、懸垂がいしの試験品は、通常がいしと見分けるため茶色釉薬のがいしを使用しました。

表1 通常のがいしとコーティングがいし

	通常のがいし	コーティングがいし
懸垂		
長幹		

### 3 コーティングがいしの適用に向けた評価

東海道新幹線沿線の汚損区分は、海岸からの距離による標準的な汚損区分を基本に、沿線環境等を考慮して、明かり区間の「一般」「軽汚損」「中汚損」「重汚損」「超重汚損」とトンネル坑口および内部の7区分となっています。コーティングがいしを東海道新幹線に導入するためには、様々な汚損区分や環境に応じた性能評価が必要です。そのため、2017年から当社敷地内だけでなく、様々な環境下での実証試験を継続して実施し、性能評価を行ってきました。

#### (1) 勝木塩害実験所における加圧曝露試験

公益財団法人鉄道総合技術研究所が所有する勝木塩害実験所（新潟県村上市）にて、20kV加圧曝露架台にコーティングがいしを架設して加圧曝露試験を実施しました。勝木塩害実験所は日本海海岸に位置し、冬季は日本海側からの季節風と波しぶきを直接受けるため、非常に厳しい汚損環境となっています。（写真2）当該箇所の絶縁設計上の汚損区分は、当社管内の7区分より過酷な汚損環境である「特殊地区」に該当し、東海道新幹線沿線よりも汚損が厳しい環境となっています。

試験は2018年から開始し、シリコンコンパウンドの塗替え期間である2年間で評価を実施しました。現在は長期耐久性と清掃効果の確認を目的として、懸垂、長幹タイプを各2組ずつ架設し加圧曝露試験（2022年10月～）を実施しています。（写真3）



写真2 勝木塩害実験所（提供：公益財団法人鉄道総合技術研究所）



写真3 加圧曝露試験 試験状況

#### (2) 勝木塩害実験所試験の試験結果

加圧曝露試験品の電気的性能を評価するために、漏れ電流値を継続的に測定しています。加圧曝露試験における瞬間最大漏れ電流値を図1に示します。

2018年の試験開始以降すべての試験品がフラッシュオーバーすることなく推移しており、特殊地区でも問題なく適用できることを確認しました。勝木塩害実験所の特徴の通り、塩害が厳しくなる冬季に漏れ電流値が大きくなっており、特にコーティングがいし（長幹1）については大きな漏れ電流値を瞬間的に記録しました。波しぶきの影響を直接大きく受けたためと推測されますが、それでもフラッシュオーバーには至らず絶縁性能を維持できています。一方、冬季が終わると漏れ電流値はまた小さくなる傾向を示しており、雨洗効果や自浄作用による耐汚損性の回復を確認することができました。また、曝露に伴うコーティングの剥離なども見られませんでした。

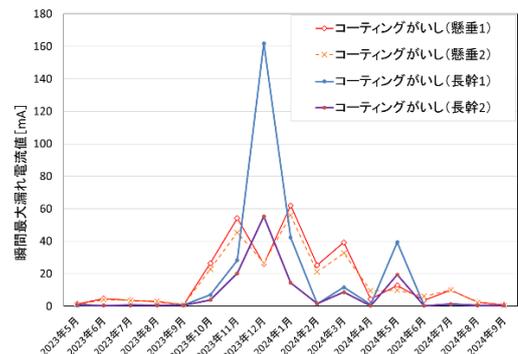


図1 月ごとの瞬間最大漏れ電流値

#### (3) 東海道新幹線本線でのフィールド試験

鉄道環境下における性能評価を行うため、湘南地区・小田原地区の中汚損、重汚損区分及び熱海地区のトンネル内部を対象として東海道新幹線本線でのフィールド試験を実施しました。（写真4）評価期間は2022年5月から2024年5月までの2年間としました。



写真4 フィールド試験 試験状況

#### (4) フィールド試験の試験結果

約 6 ヶ月ごとに試験品の一部を抜き取り、「表面状態観察および撥水性確認」「付着汚損度測定」「霧中耐電圧試験」の項目について評価しました。

撥水性確認は、水滴の付着度を IEC TS 62073 のスプレー法で規定される HC [Hydrophobicity Class] (HC1～HC7 の 7 段階：HC1 が最も良好で水玉が独立、HC7 が最も悪く水膜を形成) で評価しました。各がいしにおいて、撥水性が最も低下している部分の試験結果を表 2 に示します。すべての撤去品で放電痕や試験に伴うコーティングの剥離はなく、湘南地区を除く明かり区間とトンネル内部で HC1～HC3 の良好な撥水性を確認できました。しかし、湘南地区 (明かり・跨線橋下) においては部分的な撥水性の低下が確認されました。当該箇所は河川近傍で風が影響し土埃が付着しやすく、高速道路直下で雨洗効果がないという特殊な環境下にあり、部分的に汚損物質が蓄積したためと考えられます。

表 2 撥水性試験結果

フィールド試験地区	がいし	汚損区分	撥水性
湘南 (明かり・跨線橋下)	コーティング懸垂	中汚損	HC6
熱海 (トンネル内部)		トンネル内部	HC2
小田原 (明かり)		重汚損	HC3
湘南 (明かり・跨線橋下)	コーティング長幹	中汚損	HC6
熱海 (トンネル内部)		トンネル内部	HC3
小田原 (明かり)		重汚損	HC1

「付着汚損度測定」では、撤去品の等価塩分付着密度 (以下、ESDD : Equivalent Salt Deposit Density) および不溶性物質付着密度 (以下、NSDD : Non-Soluble Deposit Density) を脱脂綿拭き取り法にて測定しました。測定結果を表 3 に示します。前述の湘南地区を除き、ESDD はすべての地区で中汚損地区の設計値未満 (0.06mg/cm<sup>2</sup>) であることを確認しました。NSDD は送変電用磁器がいしの設計値 (0.1mg/cm<sup>2</sup>) に対しいずれも大きな値となり、特にトンネル内部の長幹がいしは 2.5mg/cm<sup>2</sup> と大きい値を示しました。これは、撥水性維

表 3 付着汚損度測定結果

フィールド試験地区	がいし	汚損区分	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	NSDD (mg/cm <sup>2</sup> )
湘南 (明かり・跨線橋下)	コーティング懸垂	中汚損	0.14	0.4
熱海 (トンネル内部)		トンネル内部	0.018	0.52
小田原 (明かり)		重汚損	0.060	0.65
湘南 (明かり・跨線橋下)	コーティング長幹	中汚損	0.035	0.96
熱海 (トンネル内部)		トンネル内部	0.034	2.5
小田原 (明かり)		重汚損	0.0084	0.028

持のため、コーティング内部の低分子シリコンが汚損層表面に染み出すことで汚損物をトラップしたためと考えられます。

「霧中耐電圧試験」では、霧中定印繰返し法にて耐電圧を調査し、漏れ電流値を計測しました。新幹線の電車線路における最高電圧である交流 30kV を基準に、2 倍の 60kV、3 倍の 90kV の電圧を加圧して絶縁性能を評価しますが、供試試料によって同等の電圧ストレスとなるよう調整しました。試験の結果、すべての試験品で目標汚損耐電圧値の 3 倍においてもフラッシュオーバーすることなく、高い汚損耐電圧の維持を確認することができました。一例として、最も漏れ電流の増加が見られた湘南地区 (明かり・跨線橋下) のコーティングがいし (懸垂) の試験結果を表 4 に示します。この場合でも昇圧時の漏れ電流値は最大 11mA 程度であり、フラッシュオーバー発生リスクに対して十分余裕があります。

表 4 代表例 霧中耐電圧試験結果 (湘南地区)

印加電圧 [kV]	電圧ストレス [kV/unit]	最大漏れ電流 [mA]
22.5	7.5	4.25
45.0	15.0	7.25
67.5	22.5	11.4

フィールド試験の結果から、撥水性の部分的な低下や汚損物の付着が発生しても十分な絶縁性能を維持できることが分かりました。一方で、雨洗効果のないトンネル内部や跨線橋下の環境においては汚損物の蓄積による性能低下が懸念されるため、定期的な清掃が必要と考えます。

## 4 おわりに

本稿で紹介したコーティングがいしは、鉄道環境下への適用が可能で、保全作業の省力化に大きく寄与するものと考えます。2025年度より、明かり区間の中汚損、重汚損区分から順次コーティングがいしを東海道新幹線の本線に導入する予定です。この RTV シリコーンゴムを塗布したコーティングがいしの鉄道環境下への導入は、国内初となります。今後も、長期運用に向けた試験を継続して評価していきます。特に雨洗効果のないトンネルなどへの導入に向けて、清掃効果の検証と清掃周期の検討に取り組んでいきます。

### 参考文献

- 1) 田中大河ほか:「RTV シリコーンゴム塗布がいしの鉄道環境下への適用に関する検討」, 電気学会産業応用部門大会, No.5-31, 2023
- 2) IEC TS 62073, “Guidance on the measurement of hydrophobicity of insulator surfaces”, 2016
- 3) JEC-0201 「交流電圧絶縁試験」, 1988



加藤 直文  
電力技術チーム  
電力変革グループ  
技術士（電気電子、CPD 認定）、第1種電気主任技術者、電気学会、日本技術士会

鉄道固有の技術と他分野の新技术を融合して持続可能な鉄道システムを構築するとともに、技術開発業務に携わる研究員の電気保安を確保していきます。



池田 尚也  
電力技術チーム  
電力変革グループ

コーティングがいしは多大な労力をかけている保全作業を効率化できる新たな設備です。今後も保守・保全の省力化に貢献出来るよう技術開発を進めていきます。