

- 鉄道一般
- 車両
- 施設
- 電気
- 運転・輸送
- 防災
- 環境
- 人間科学
- 浮上式鉄道

鉄道用材料に関する 研究開発の動向



上田 洋
Hiroshi Ueda
材料技術研究部長

鉄道では、数えきれないほど多くの材料が使われていますが、大きな特徴として、屋外で長期間使われる材料が多いこと、レールや車輪、トロッコ線、すり板、軸受などのように、擦れ合う材料が多いことがあげられます。これらの材料は時間とともに変化するため、安定して使うためには各材料の時間変化とうまく付き合うことが必要です。また、鉄道システムの変革につなげるための新材料・新技術の開発も重要です。ここでは、鉄道総研が進めているこれらの研究開発について紹介します。

はじめに

鉄道では、数えきれないほど多くの材料が使われています。鉄道の安全・安定運行を支えるためには、各材料がそれぞれの役割をしっかりと果たすことが必要です。

とくに、材料の使い始めは十分な性能をもっているが、時間とともに変化し、途中でその役割を果たさなくなってしまうことがあります。これは、列車運行などへの影響がなく簡単に交換可能な材料であれば大きな問題にはなりません。使用部位によっては事故や故障を誘発します。

したがって、鉄道システムを安全・安定に運営していくためには、使用材料の時間変化とうまく付き合うことが重要です。

また、鉄道システムを変革するためには、新材料・新技術の開発が重要であり、これらの研究開発についても積極的に進めています。

ここでは、このような鉄道用材料の研究開発について紹介します。

鉄道用材料における課題¹⁾²⁾

鉄道用材料では、時間変化の影響が

大きい課題として、

- ・屋外で長期間使われる材料
- ・擦れ合う材料(しゅう動材料)

への対応があります(図1)。材料の時間変化とうまく付き合うために、使用材料に対する劣化機構の解明、評価手法の開発、対策手法の開発を進めています(図2)。

また、鉄道システムを変革するため、材料分野に求められる技術開発として、新材料・新技術の開発によるシステムチェンジがあげられます。

たとえば土木構造物では100年以上の耐久性が期待され、実際に100年以上使用されている構造物も増えています。車両では、土木構造物ほど長期間は使用されませんが、それでも自動車よりは長く使われます。

一般に、屋外は屋内と比べて温度変化や日照、雨水による影響が大きいです。これらは材料の劣化を生じやすいので、このような環境による影響を知り、対処していく必要があります。

水との付き合い

コンクリート構造物では、劣化原因の多くに水が影響しており、水とうまく付き合うことが重要です。現在、補

屋外で長期間使われる材料

屋外で長期間使われる材料について、

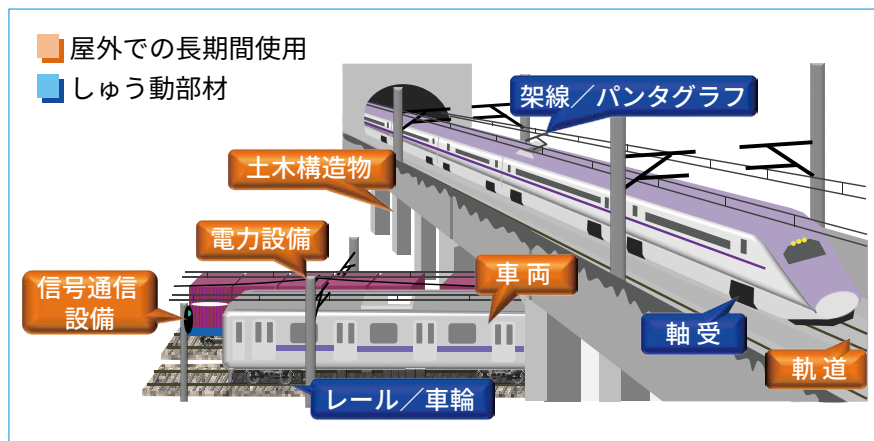


図1 鉄道用材料の特徴

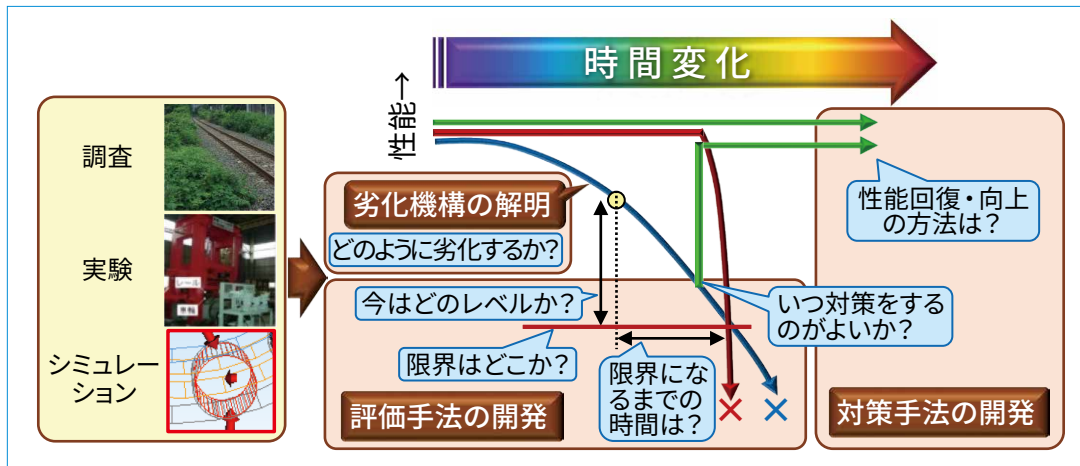


図2 材料の時間変化との付き合い

修材を施工した際のコンクリートへの水の浸透性について研究を進めており(図3)、より効果的な補修材料や補修方法の開発につながります³⁾。鋼構造物では、塗替の方法や周期が耐久性に大きく影響しますが、こちらも水の影響を含めた研究を進めています。

化学反応との付き合い

材料は、化学反応により変化することも多く、時間変化と付き合うためには、化学反応を理解することが重要です。コンクリートは、一見変化しないようにも見えますが、実際には内部で日々複雑な化学反応を生じていて、まるで生き物のようです。このような化学反応によって生じる劣化機構を解明するための一環として、エトリンタイト(図4)とよばれる物質の遅延生成によるコンクリートの膨張劣化に関する研究を進めています²⁾。

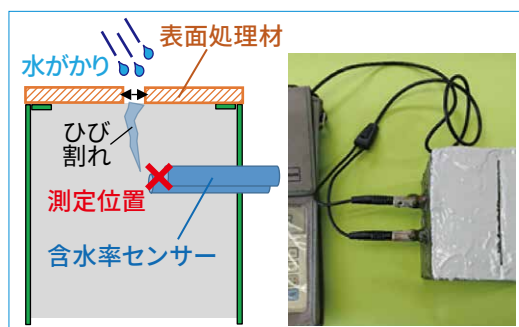


図3 コンクリート用補修材への水分浸透試験

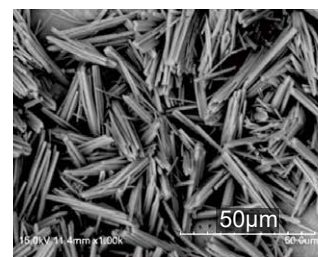


図4 電子顕微鏡によるエトリンタイトの観察



図5 車輪フランジの摩耗を低減する踏面摩擦材

擦れ合う材料

鉄道は、大地の上を車両が走ることで旅客や貨物を運ぶシステムであるため、動く部分と動かない部分が存在します。その境界部分として、たとえばレールと車輪、車軸や主電動機軸、歯車軸などの軸受部分、トロリー線とパンタグラフすり板があります。これらの擦れ合う材料(しゅう動部材)は、材料にとって厳しい環境で用いられて

おり、材料の性能に時間変化を生じやすい部分です。

これらの部分では、たとえば摩耗の少ない車輪を開発した際に、レールの摩耗が著しく大きくなってはいけません。また、材料表面にしばしばできる微細なき裂や変質を摩耗によって除去できることもあるので、摩耗低減のみを求めてもかならずしも良い結果にはなりません。この分野の研究開発は、

相手の材料を理解し、広い視野をもって臨むことが必要です。

車輪の摩耗低減と潤滑との両立

車輪では、フランジ部は摩耗を減らすために潤滑性が求められるのに対して、踏面では空転・滑走を防ぐために粘着性が求められます。そこで、これらを両立させるために、車輪フランジの摩耗を低減する踏面摩擦材を開発しました(図5)¹⁾。

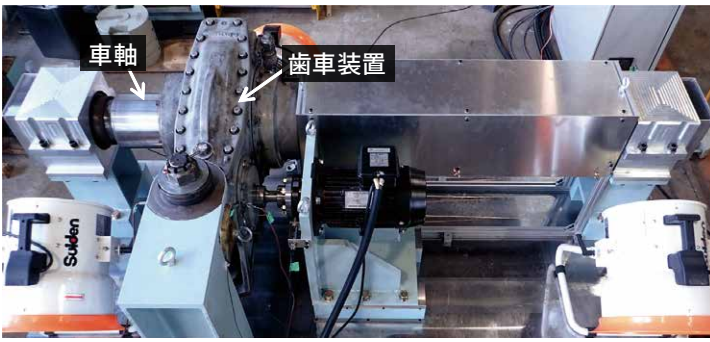


図6 実機歯車装置の回転試験機

この材料は、車輪踏面の粘着力確保とフランジ部の潤滑性確保という相反する要求に対し、踏面部の増粘着研磨材とフランジ部の固体潤滑剤を一体成型した材料を用いることにより、相反する性能を両立させたことに特長があります。

車両用歯車装置の故障防止

電車や電気機関車が走行する際、主電動機で発生する力が歯車装置を介して車軸・車輪に伝わりますが、この歯車装置を支える軸受が焼き付くと走行に大きく支障します。そこで、実機歯車装置の回転試験機(図6)を製作して、焼き付き原因のひとつである小歯車部の隙間の減少が歯車装置の温度や振動に与える影響を調べる²⁾とともに、この隙間の管理を不要とする新たな構造の開発を進めています。

駆動用機器潤滑油の分析

エンジンなどの駆動用機器内部に発生する異常摩耗や焼き付きなどの兆候を検知し、営業線上での機器の損傷を防止するために、潤滑油中に混入した鉄粉の濃度を分析する方法があります。これまでは、分析装置が大型で高価なために配備箇所が拠点工場に限定されており、採取した潤滑油をそこまで輸送することが必要でした。

そこで、検修現場において車両の隣で分析できる小型で取り扱いが容易な潤滑油分析装置を開発しました(図7)⁴⁾。ここで使用しているセンサーは、車両

への搭載が可能であり、今後リアルタイムでの測定への適用も期待できます。**シミュレーション技術を用いたパンタグラフすり板材料の物性推定**

材料の開発・評価は、従来から実施してきた現場における現象把握と実験による手法に加え、シミュレーション技術を組み合わせて、より良い材料の開発・評価につなげることを目指しています。現在、パンタグラフのすり板を対象として、X線CTを用いたイメージベースモデルを用いて材料の物性を推定する手法の開発を進めています(図8)²⁾。

新材料・新技術の開発によるシステムチェンジ

材料分野の研究開発が貢献する大きな事柄として、新材料や新技術の開発によるシステムチェンジがあり、大きなイノベーションにつながります。

超電導き電ケーブルの開発

鉄道システムを変革するための研究開発として、電気抵抗がゼロである高温超電導材料を鉄道のき電線として用い、電圧降下なしに送電可能な超電導き電ケーブルの開発を進めています。最近では、東日本旅客鉄道株式会社殿の協力のもと、中央本線のき電系統に本システムを接続して実車両を走行させる試験を行い、電圧降下が抑制されること、列車の走行に支障なく円滑に超電導き電システムを切り離せること



図7 開発した潤滑油分析装置

を実証しました(図9)⁵⁾。

超電導き電ケーブルは、材料の冷却に必要な液体窒素を入れる圧力容器と配管をもち、これらは鉄道の新時代到来を予感させますが、見方を変えると、これらの容器や配管は蒸気機関車を彷彿させます。鉄道では、空気圧や油圧を含めて圧力容器や配管と古くから付き合っており、その意味では取り扱いやすい技術であるともいえます。

情報化に対応した材料技術

近年、情報通信技術の発展にともない、IoT、ビッグデータやAIなどの活用が期待されており、鉄道技術においても積極的な活用が求められています。材料技術が情報化に役立つ例として、センシング材料の開発があります。現在、車両の軸ばねに設置されている防振ゴムの内部に、圧電材料を用いた荷重検知センサーを組み込み、軸ばねにかかる荷重を検知する技術開発を進めています(図10)¹⁾。一般に、センサーが増えると、得られる情報が増える一方で、設置したセンサーが落失するおそれも増えますが、この材料は既存部品の内部にセンサーを組み込むことで落失のリスクをなくせるといった特長

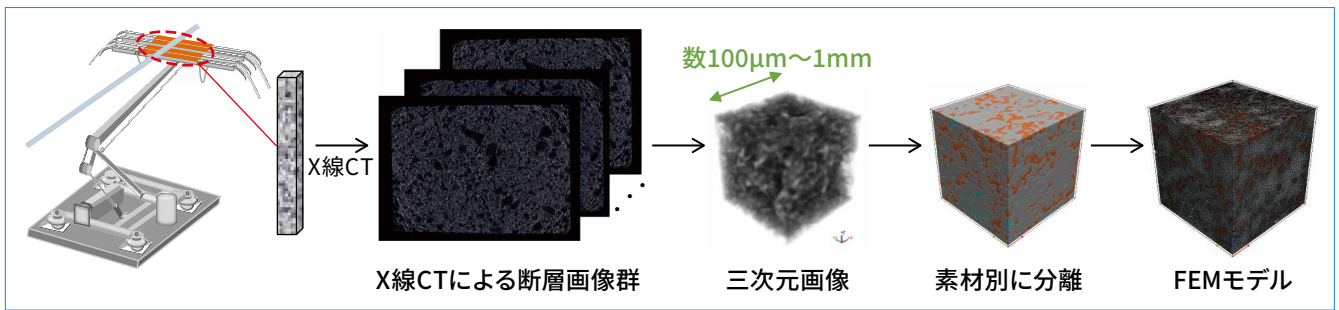


図8 材料の微視的構造モデルシミュレーションによるすり板の物性評価

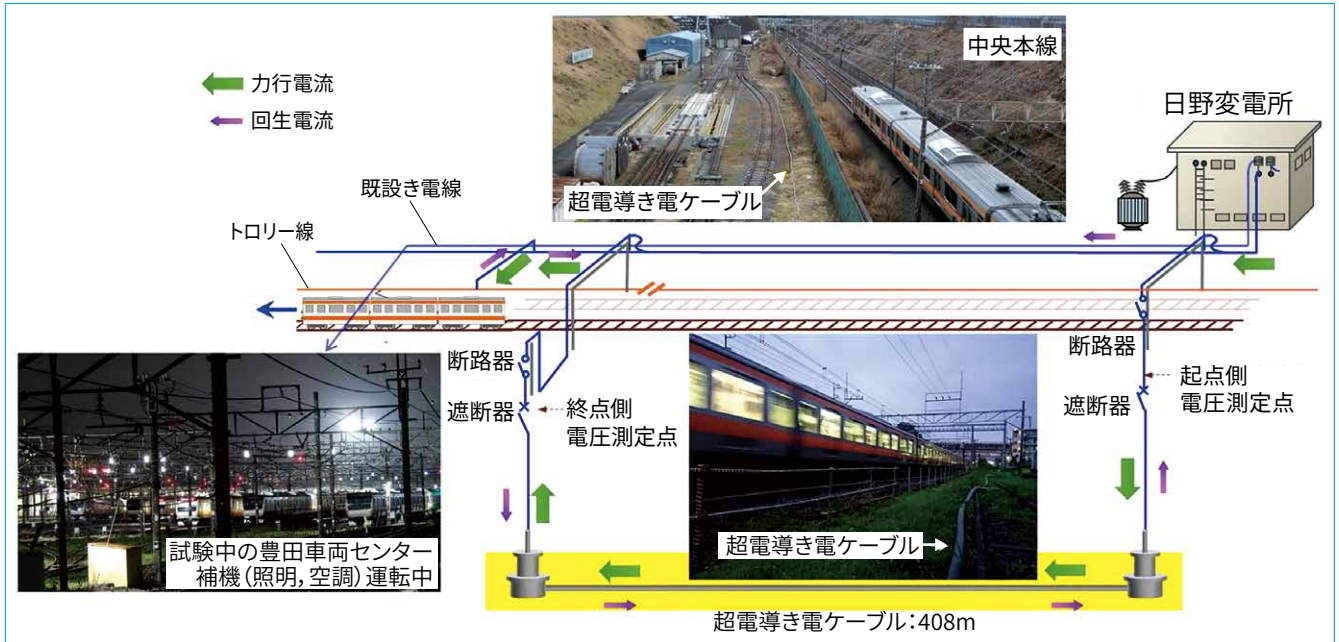


図9 日野土木実験所に敷設した超電導き電システム

があり、今後のセンシング時代に役立つことを期待しています。

おわりに

鉄道には、多種多様な材料が使われています。その一つが不具合を生じるだけで安全・安定性に支障を来すことがあります。各材料は、メーカーによる確実な製造と、鉄道事業者による確実な保守、また、ここに関わる多くの関係者の努力を通じて健全に使われています。今後、さらなる安全性の向上、省力化、コスト低減、環境への対応など、現在の激変する事業環境を踏まえながら、鉄道材料に関する研究開発を進めていきます。[RRR]



図10 軸ばね防振ゴムとセンサーの埋設状況

文献

- 1) 上田洋：材料技術に関する最近の研究開発，鉄道総研報告，Vol.33，No.11，pp.1-4，2019
- 2) 上田洋：材料技術に関する最近の研究開発，鉄道総研報告，Vol.34，No.10，pp.1-4，2020
- 3) 鈴木浩明，鶴田孝司，上原元樹：コンクリートのひび割れや塗膜割れが躯体への水分浸透と鉄筋腐食に与える影響，鉄道総研報告，Vol.34，No.10，pp.5-10，2020
- 4) 鈴木淳一，木川定之，生駒一樹，高重達郎：可搬型潤滑油分析装置による自動車エンジンおよび変速機の異常診断，鉄道総研報告，Vol.34，No.10，pp.29-34，2020
- 5) 鉄道総合技術研究所：超電導き電システムの電気鉄道（直流1500V）への適用試験を実施しましたー中央本線での走行試験を実施，ニュースリリース 2019年8月6日