

材料技術研究部



材料技術研究部では、鉄道で使用される材料の長寿命化や高機能化、劣化原因の解明、劣化状態の評価手法やメンテナンス手法の構築、新材料の研究開発などに取り組んでいます。研究開発の対象は、屋外などで長期使用される材料や、しゅう動材料などとして使われることが多い材料で、基礎から実用化までのさまざまなフェーズで研究開発を行っています。ここでは、材料技術研究部が取り組んでいる最近の研究開発の例を紹介します。

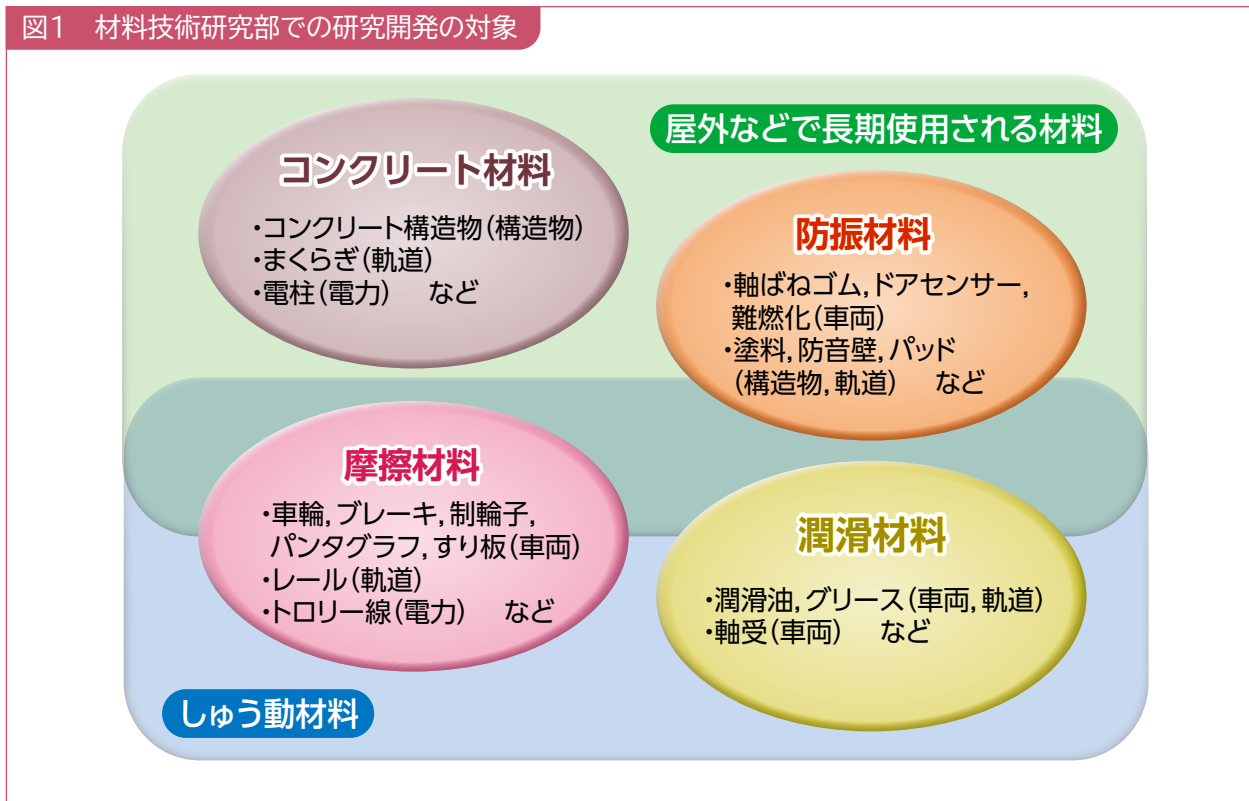
材料技術研究部長 松井元英
 材料技術研究部ウェブサイト <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd49/>

はじめに

鉄道には、鉄鋼やアルミ、銅といった金属系材料、コンクリートやセラミックスといった無機系材料、ゴムや塗料、潤滑油といった有機系材料、炭素系などの複合材料が構造的、機能的

な要求・目的に応じて使い分けられています。これらの材料は、150年に及ぶ長い鉄道の歴史の中で、耐久性不足の解消や、新たな機能付加の要求などに、繰り返して挑戦してきたことで発展してきました。しかし、昨今の鉄道を取

図1 材料技術研究部での研究開発の対象



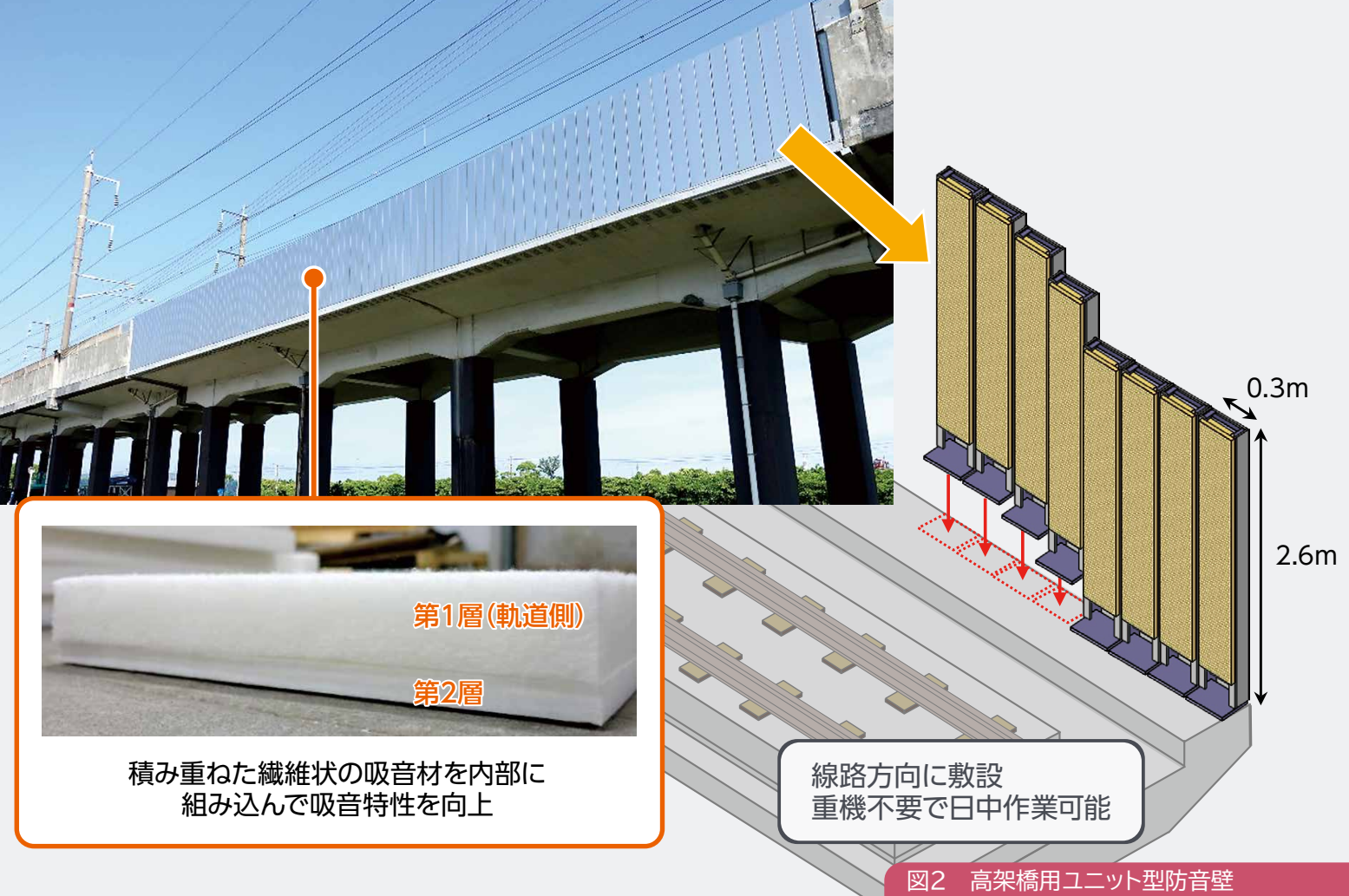


図2 高架橋用ユニット型防音壁

り巻く環境は、人口減少による労働力不足やコロナ禍による労働環境の変容、デジタル技術革新、脱炭素化などで、これまでと比して大きく変化してきています。このような周辺環境の変化に対する柔軟な対応が、今後の材料技術に求められると考えられます。

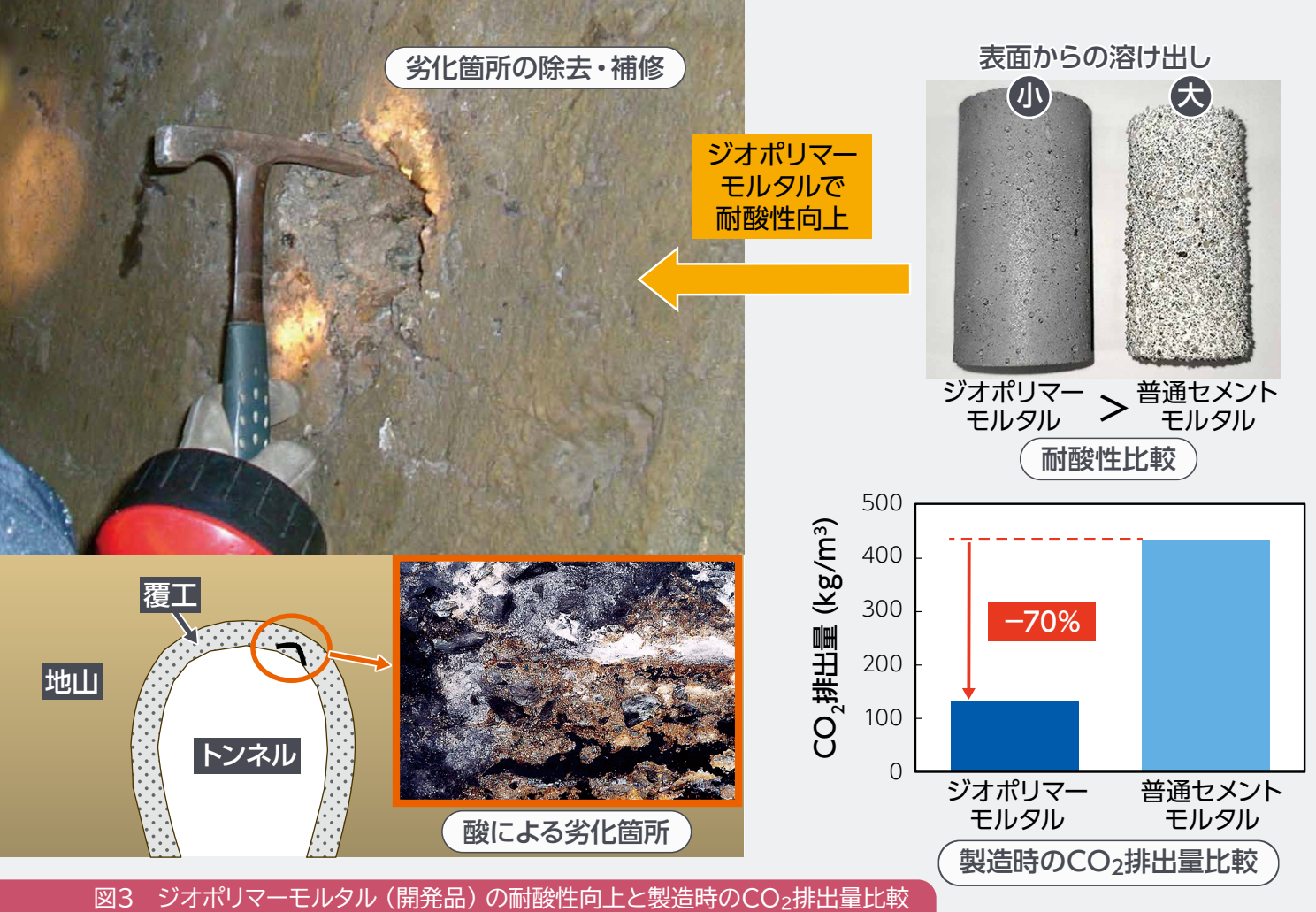
材料技術研究部には、コンクリート材料、防振材料、潤滑材料、摩擦材料の4つの研究室があり、屋外などで長期使用される材料や、しゅう動材料などに対して、長寿命化や高機能化による老朽化対策、劣化原因の解明、劣化状態の評価手法やメンテナンス手法の構築、新材料の適用などの研究開発を行い、鉄道の安全性の向上に加え、周辺環境の変化への対応をめざしています(図1)。ここでは、最近の研究開発の一部として、労働環境の変容への対応をめざした老朽化対策に関する研究開発や、脱炭素化への対応をめざした老朽化対策に関する研究開発、

安全性の向上をめざした材料の高機能化に関する研究開発、将来の新材料の適用を目指したシミュレーション技術に関する研究開発を紹介します。

労働環境の変容への対応をめざした老朽化対策 —高架橋用ユニット型防音壁—

屋外で長期使用された鉄道高架橋防音壁の老朽化対策として、取替えが計画されています。新たに設置される防音壁には、取替えを効率的に進めるために、優れた施工性や高い防音性能を有することが求められています。

そこで、取替え用の新たな防音壁として、鋼製で内部に繊維状の吸音材を組み込んだユニット型防音壁を開発しました(図2)。これは、一定幅の柱状部材を線路方向に連結させて防音壁にするもので、この一つの柱状部材を1ユニットとよんでいます。柱状部材内にポリエステル



繊維を積み重ねた吸音材を使用して、吸音性能を向上させ、新幹線用防音壁の要求性能を満たすことを確認しています。また、同じ高さのコンクリート製の防音壁と比較すると、重さを約1/3に軽くすることで、施工に重機を必ずしも必要としないので、適切な安全対策をとれば、日中に作業することが可能です。今後、開発したユニット型防音壁をもとに、営業線沿線の低騒音化に貢献できるような研究開発を行っていきます。

脱炭素化への対応をめざした老朽化対策 —CO₂排出量が少ないジオポリマー補修用モルタル—

長期使用されたトンネル内などで、酸性の地下水が流れ出る箇所や、ディーゼル車両からの排気ガスなどが付着した箇所では、付着した酸の影響でトンネルのコンクリートが溶け出す場合があります。コンクリート表面が溶け出した

箇所では、溶け出したことで傷んだ部位を除去し、必要に応じてモルタルで補修します。通常の補修には普通セメントモルタルがよく使用されますが、酸性の箇所の補修では耐酸性の高いモルタルが必要になります。

そこで、耐酸性を有するジオポリマー[®]の特徴を生かした補修用モルタルを開発しました。通常の補修に使用される普通セメントモルタルと比較すると、ジオポリマーを活用したモルタルでは溶け出しがほとんど見られず、高い耐酸性を有していることが確認されています（図3）。また、社会的に脱炭素化が求められる中で、製造過程でのCO₂排出量が多くなる普通セメン

ジオポリマー

シリカ、アルミナ成分を含むガラス状粉体とアルカリ溶液から作られる無機物質のポリマー。

流動点

油が流れにくくなる温度。

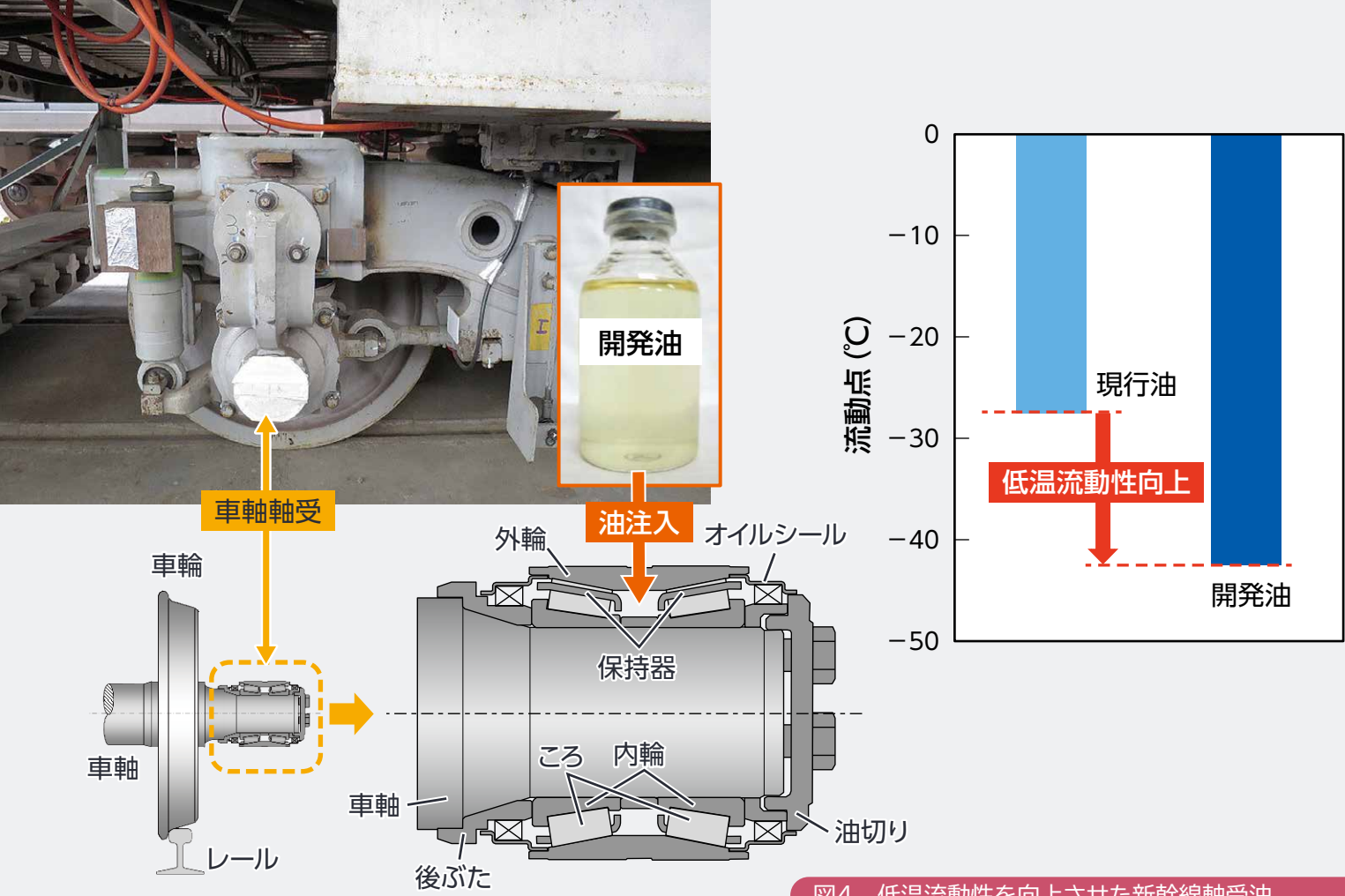


図4 低温流動性を向上させた新幹線軸受油

トモルタルと比較して、この補修用モルタルではCO₂排出量を70%程度削減できることがわかっています(図3)。さらに、ジオポリマー中の原材料の種類と配合比率を調整することで、普通セメントモルタルを使用したときと同じような作業性を確保しています。

安全性の向上をめざした材料の高機能化
—寒冷地対応の新幹線車軸軸受油—

軸受とは、車両において回転する輪軸を両側で支えるしゅう動部材で、内部を油などで潤滑することで滑らかな回転を確保しています。新幹線の路線網が寒冷地に延伸することになったことで、車軸軸受油には低温での流動性向上がより求められるようになりました。そこで、低温から高温までの温度域で粘度変化の小さい高度精製鉱油をベースに、低温流動性に優れた軸受油を開発しました(図4)。現行の軸受油から

流動点[®]が低くなり、-40℃でも流動性を有していることがわかります。実物の車軸軸受を使用した室内試験で、80万km相当の耐久試験を行った結果、開発した軸受油には特に異常は認められず、良好な耐久性を有していました。また、目視での軸受油の管理を容易にすることで、効率的なメンテナンスを支援できると考えられることから、紫外線による赤色化を抑制し、軸受の異常による軸受油の変色を早期に発見しやすくしています。

将来の新材料の適用をめざしたシミュレーション技術
—耐摩耗材料開発に向けた材料シミュレーション—

新規の材料開発を行う際、通常はたくさんの実験を試行錯誤的に繰り返して目的の材料を探索していきます。しかし、この方法では、時間、労力とコストがかかるため、材料シミュレーションを効果的に活用する研究開発を進めてい

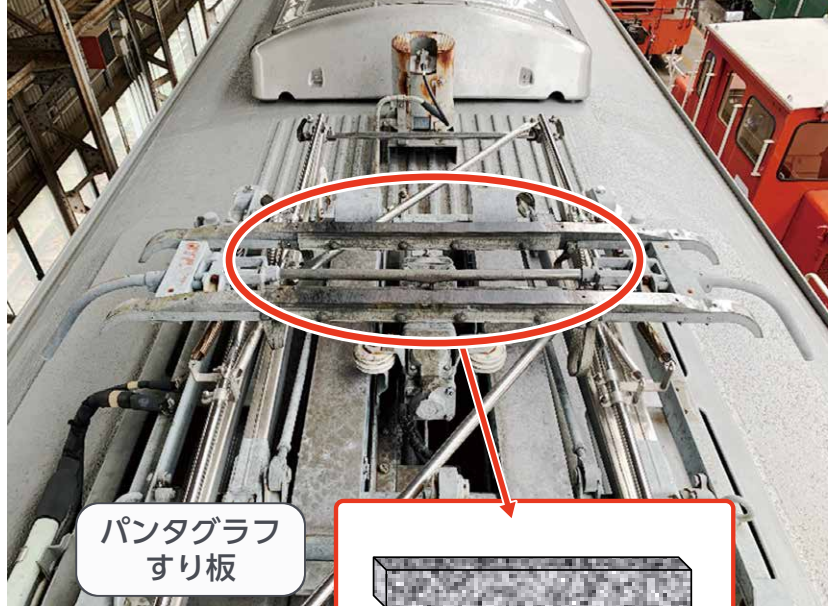
ます。材料シミュレーションを効果的に活用できれば、試行錯誤的な実験を極力省き、新規材料を開発するうえで必要となる材料の設計や、発現される物性の推定が容易になると期待できます。現在、研究を進めている材料シミュレーションの例を示します(図5)。しゅう動部材であるパンタグラフすり板を対象として、X線CTですり板の断層画像を取得します。これをもとに構成したマイクロモデルをシミュレーションに取り込み、**均質化解析**をすることで、物性を推定しています。現在は、既知の物性に対するシミュレーションの推定精度を検証している段階ですが、耐摩耗材料に必要な物性であるヤング率、電気抵抗率などを良好に推定できることを確認しています。今後は、ほかの耐摩耗材料にも適用してこの手法を深度化していく予定です。

おわりに

ここでは、材料技術研究部における最近の研究開発の一部を紹介しました。詳細に興味があれば、ホームページ (<https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd49/>) をご覧いただければ幸いです。

文 献

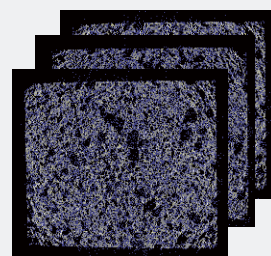
- 1) 佐藤大悟, 豊原匡志, 阿部幸夫, 山本健次郎, 中村祐太: 新幹線高架橋防音壁の更新に向けた軽量吸音壁の適用性評価, J-RAIL 2022講演予稿集, S7-3-3, 2022
- 2) 上原元樹, 佐藤隆恒: セメントを使用しない左官用ジオポリマーモルタルの開発, 鉄道総研報告, Vol.36, No.11, pp.5-10, 2022
- 3) 鉄道総合技術研究所: 低温性能とメンテナンス性に優れた新幹線車軸軸受油, 主要な研究開発成果 (2021年度), <https://www.rtri.or.jp/rd/seika/2021/1-10.html> (入手日: 2023年4月14日)
- 4) 鉄道総合技術研究所: 数値シミュレーションによる摩擦材料の物性評価手法, 主要な研究開発成果 (2020年度), <https://www.rtri.or.jp/rd/seika/2020/5-28.html> (入手日: 2023年4月14日)



パンタグラフ
すり板



X線CTによる
断層画像群

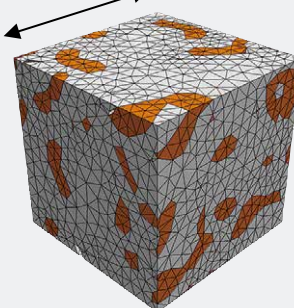


構成材料別に
分離



FEMモデル
作成

数100 μ m~1mm



→均質化解析
→物性推定
精度検証

図5 材料シミュレーションの例

均質化解析

不均質なマイクロ構造を等価な均質体のモデルとして解析する手法。