

新幹線60周年 座談会



室野剛隆

公益財団法人鉄道総合技術研究所
研究開発推進部 部長

田中徳和 様

西日本旅客鉄道株式会社
新幹線本部
新幹線車両部 部長

山東徹生 様

独立行政法人鉄道建設・
運輸施設整備支援機構
鉄道技術センター
設計部 部長

森川昌司 様

東海旅客鉄道株式会社
総合技術本部
技術開発部 部長

月岡寛人 様

東日本旅客鉄道株式会社
JR東日本研究開発センター
次世代車両システムユニット
ユニットリーダー

片岡宏夫 (司会)

公益財団法人鉄道総合技術研究所
企画室 室長

はじめに

司会 鉄道総研では、以前に本誌で主に技術の変遷という観点から新幹線50周年特集を取り上げたことがございます。今回は、60周年ということでこの10年新幹線がどのように進んできたのかその推移を振り返り、さらに今後に向けてということで皆様からお話をお伺いしたいと思います。

北陸新幹線

金沢～敦賀間の開業について

司会 北陸新幹線・金沢～敦賀開通から3か月が経ちましたが、まずは、利用状況はいかがですか？

田中 2024年3月16日に北陸新幹線の金沢～敦賀間が開業しました。開業から1か月間のご利用は、金沢～福井間で72.3万人（前年同曜日

敦賀駅での出発式



田中徳和 様

西日本旅客鉄道株式会社
新幹線本部 新幹線車両部 部長



フルプレキャスト高架橋



山東徹生 様

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
鉄道技術センター 設計部 部長

126%), 1日平均2.3万人でした。前年やコロナ前の2019年と比較しましても、大きく上回るご利用をいただいております。GWの多客期間においても、北陸新幹線上越妙高駅～糸魚川駅間で対前年比114%という状況で推移し、1月の能登半島地震の影響が大きく残る状況ですが、敦賀開業が北陸地域の復興、活性化に良い結果につながっていると考えています。

司会 大変面白いニュースですね。ところで、開業までには、技術的に苦労された点などがあつたと思いますが、いかがですか？

田中 北陸地区特有の湿気を多く含んだ雪質への対応など、新幹線車両における多雪地域の走行に対する課題への取り組みと、安全安定輸送を両立させることに苦労しました。着雪防止対策では、車両側では台車周辺などの端部ふさぎ板の左右両端部を雪底^{せつび}グミー構造としたり、地上側では落雪被害軽減のためボンド装着導線の配線ルートを変更するなど、金沢開業後に発生したトラブルを踏まえて運輸機構さんとともに設備改善を図りました。

司会 それでは、運輸機構さんにお聞きしますが、インフラ建設において新たに導入した技術などがあればご紹介ください。

山東 土木技術では、「斜杭基礎高架橋」を実用化しました。鋼管杭を開脚姿勢のように斜め外向けに設置することで、軟弱地盤での耐震性と軌道面における制振性を確保しました。開発

段階では鉄道総研さんには多大なご協力をいただきました。また、柱、はり、スラブを工場製作し、現場で組み上げる「フルプレキャスト高架橋」を初めて採用し、工期短縮と省力化を実現しました。今後の鉄道建設の生産性向上に向けて、先駆的な試みができたと思います。電気設備では、太い下管の上端を縮小して、細い上管の下端を拡大してはめ込む「異径差厚スリップジョイント柱」を採用しました。上管を軽くすることで耐震性に優れた電車線柱を実現できました。

この10年間における 新たな技術について

司会 JR東日本さんは、新幹線試験車両ALFA-Xを開発し、高速化に向けて精力的な技術開発をされていますが、簡単に開発状況を教えてくださいませんか？

月岡 「札幌延伸を見据えた次世代新幹線の開発」をミッションと定め、高速化だけを目指すのではなくこれまで進めてきた地震対策や極寒・雪害対策などを盛り込み、「さらなる安全性・安定性の追求」「快適性の向上」「環境性能の向上」「メンテナンスの革新・効率性」の4つをコンセプトとしたE956形式新幹線試験車両ALFA-Xを製作し、走行試験にて研究開発、評価を行っています。ALFA-Xは2019年5月に落成、2019年5月～2022年3月を走行試験フェ

イズIとし、東北新幹線 仙台～新青森間を中心に速度向上試験、環境確認試験、ブレーキ試験、乗り心地に関わる試験など車両の基本性能を評価しました。2022年4月以降は走行試験フェイズIIとし、耐久性能や次世代サービスの検証に主眼を置いた走行試験を実施しています。

司会 その中で、主な開発アイテムを教えてくださいませんか？

月岡 安全性・安定性の向上として、地震発生時により早く止まるための空力抵抗板ユニットやリニア式減速度増加装置、脱線しにくくするための地震対策ダンパー、台車状態を常時監視する台車センシングシステムなどがあります。また、乗り心地向上のための動揺防止装置、上下制振装置や、トンネル微気圧波や騒音などの環境性能向上のための2種類の先頭形状や低騒音パンタグラフを開発しました。その他、車両機器や地上設備を常時モニタリングしたデータをメンテナンスに活用する技術や自動運転に向けた基礎技術についても取り掛かっています。なお、空力抵抗板ユニット、リニア式減速度増加装置、走行風を利用した着雪防止対策、上下制振装置については、鉄道総研さんと協力しながら開発を進めています。

司会 JR東海さんのN700Sでは、さまざまな

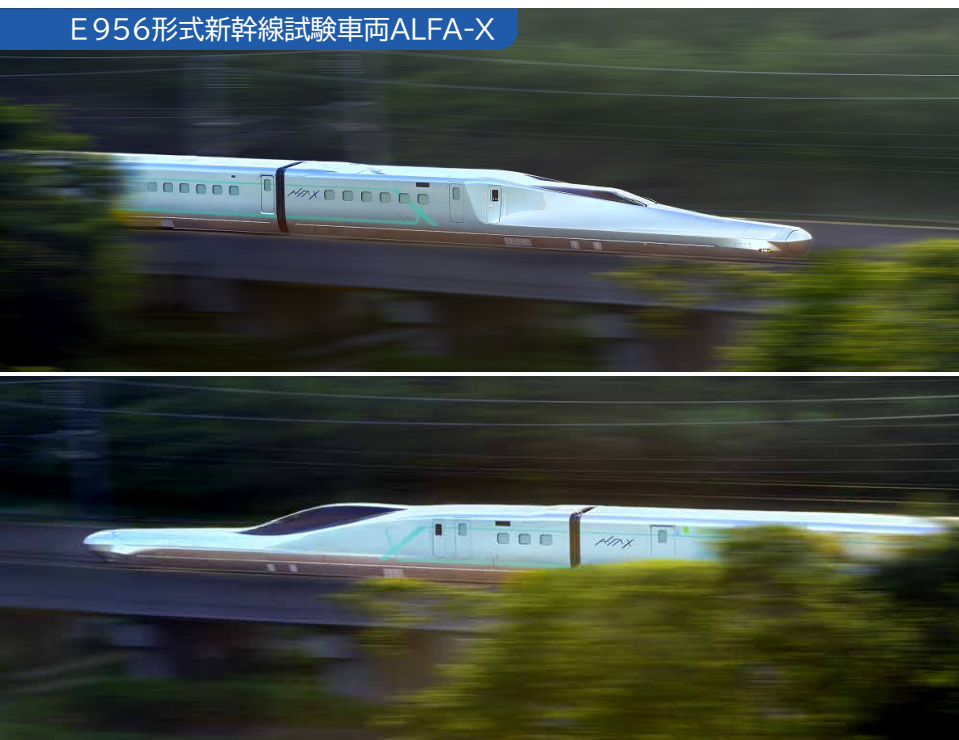
新しい技術が投入されていますよね。具体的にご紹介いただけますか？

森川 2020年7月にN700系以来のフルモデルチェンジとなるN700Sを投入しました。地震時のブレーキ距離のさらなる短縮や、大容量データ通信による状態監視機能の強化などの安全性・安定性の向上のほか、高速鉄道として世界初となる駆動システムへのSiC素子の採用など床下機器の徹底した小型・軽量化や、走行抵抗を低減した先頭形状（デュアルスプリームウイング形）などにより、省エネルギー性を実現しN700Aタイプと比較して7%の消費電力を低減しています。また、これまで別の車両に搭載していた主変圧器と主変換装置を同一の車両に搭載することで、16両編成の基本設計を用いて12両、8両などの編成長の車両を製作可能な「標準車両」を実現しています。さらに、制振性能の高い「フルアクティブ制振制御装置」による乗り心地向上なども導入しました。

司会 軽量化や省エネ、快適性の向上などに関して、さまざまな技術が導入されたことがわかります。ところで、バッテリー自走システムを導入されたと聞いたことがありますが。

森川 停電時にも自力走行可能な「バッテリー自走システム」を高速鉄道で初めて搭載しています。トンネル内や橋りょう上で停車した場合でも、お客様の避難が容易な場所まで自力走行

E 956形式新幹線試験車両ALFA-X



月岡寛人 様

東日本旅客鉄道株式会社 JR東日本研究開発センター
次世代車両システムユニット ユニットリーダー

が可能です。また、2026年度以降に投入されるN700Sからは、バッテリーによって空調を稼働させる機能を新たに設けます。これにより、停電時の車内環境を改善します。

司会 JR西日本さんではどうですか？

田中 2017年12月の重大インシデントを受け、台車の異常を早期に検知するシステムの開発を行ってきました。山陽新幹線では500系、700系、N700系8両編成に台車軸受の異常予兆を検知するための開発を、北陸新幹線ではW7系に台車枠・歯車装置の異常予兆を検知するための開発を行ってきました。台車以外の車体、電気機器についても、走行中の車両データを無線伝送で収集、分析することで、地上から車両状態を監視する取り組みを進めています。故障する前の傾向をデータで把握することで早期に修繕することや、複数箇所の動作状態、例えば側引戸や空調装置の動作データを比較し必要な修繕を行うなどの予兆検知、直近の動作データを活用して検査に置き換える検査代替などのCBMに取り組んでいます。

司会 JR西日本さんではAI活用も盛んですね？

田中 はい。例えば、冬季に架線に付着する霜が原因で発生するアークによるパンタグラフの溶損検知として、駅停車中のパンタグラフ舟体を撮影した画像を用いてAIで舟体の正常／異常判定を実運用しています。年を追うごとに機械学習させるデータが増え、検出精度が高くなっています。

司会 皆さんにご紹介いただいた技術開発の中には鉄道総研もご一緒させていただいたものもありますが、ほかにご紹介すべき技術はありますか？

室野 PHCシンプル架線を紹介します。従来の新幹線（東海道・山陽、東北、上越）では、3本の電線で構成されるヘビーコンパウンド架線が採用されていますが、これを2本の電線で構成されるシンプル架線に変更するとともに、ト

ロリー線に新たな材料として、銅合金トロリー線であるPHCトロリー線を採用する架線方式を開発しました。このPHCシンプル架線は、鉄道・運輸機構さん、JR東日本さん、鉄道総研の三者で開発しました。高強度と高導電性を兼ね備えており、新幹線の高速化に対応しています。また、架線を構成する電線が3本から2本に減るため、省メンテナンス化が図れます。順次、導入が進められています。

司会 ここ10年というスパンで見た場合、鉄道・運輸機構さんでは新たな技術開発はありましたでしょうか？

山東 西九州新幹線から開発、導入した技術として、土木ではPC構造GRS一体橋りょう、軌道では弾性まくらぎ埋込形スラブ軌道があります。また、軌道工事の電子化に積極的に取り組みました。最初に測量情報を現地のRFIDタグに保存して、スマホをかざして取得できるようにし、軌道スラブ敷設時の姿勢調整も水準器の代わりに姿勢センサーによって行いました。スラブにもタグを埋め込み、どこにどのスラブが設置されたか迅速に台帳管理ができます。以上の全体を「施工情報管理システム」として一元管理できるようにしました。また、施工基面上をさまざまな工事用機械や作業班が往来しますが、それらを管理する「運行ダイヤシステム」「作業統制管理システム」を開発して、現場管理を効率化しました。

司会 さまざまな工夫をされているわけですね。ところで、鉄道総研の強みとしてシミュレーションや計測技術などがあると思いますが、その点では新しい取り組みはありましたか？

室野 JR西日本さんから寒冷地対策の話題がありました。鉄道総研でも、列車の運行情報と沿線の気象情報から「着雪量」と「落雪の発生位置」をリアルタイムに推定する車両着落雪推定手法を開発しました。駅到着時の雪落とし作業の要否判断や落雪対策の優先区間の検討など



N700S



森川昌司 様
東海旅客鉄道株式会社
総合技術本部 技術開発部 部長

に活用できます。また、JR東日本さんから話題のあった騒音対策に関連して、独自設計のマイク配列を有する可搬式の二次元スパイラルアレイ装置を製作し、収録データに最新の音響処理技術を適用し、高解像度の移動音源探査を行えるようにしました。車輪スケール程度の空間分解能で音源分布を可視化できるため、台車部やパンタグラフなどの音源に対する騒音低減策の検討や低減効果の実証が可能となりました。

自然災害対応について

司会 この10年を振り返ると大きな自然災害もありましたが、その中でも大きな地震が多かった印象があります。今年の元旦の能登半島地震は記憶に新しいところですが、地震に対する技術開発もだいぶ進んだのでしょうか？

室野 この10年で震度6強を観測した地震は10回以上起きており、日本列島は地震活動期に入ったと言われており、今後も大地震の発生が危惧されています。鉄道総研では、巨大地震に対する強^{じん}靱化ということで、「事前対応」「緊急・即時対応」「初動対応」「復旧対応」の4つのフェーズに応じた研究開発を行ってきました。

司会 それでは、まず「事前対応」「緊急・即時対応」についてご紹介ください。

室野 事前対応は、地震発生前の地震対策です。構造物の耐震設計の技術基準を改定し、新設される新幹線構造物は震度7の地震に対して、安

全性・復旧性を満足するように設計され、飛躍的に耐震性は高まりました。車両の脱線対策では、ダンパーに高い減衰力を発揮させ、地震時の車体の揺れを抑制し、脱線しにくくする地震対策左右動ダンパーを開発しました。緊急・即時対応は、地震発生を検知し、速やかに列車を止める早期地震警報システムの即時性向上、精度向上に取り組みました。P波の処理方法を変更するとともに、ノイズ識別方法を見直しました。また、国立研究開発法人防災科学技術研究所および国立研究開発法人海洋研究開発機構と共同で海底地震観測網を活用した地震警報を開発し、JR各社さんと協力しながら導入しました。

司会 「事前対応」「緊急・即時対応」はJR各社さんでも、以前から積極的に取り組まれていますよね。

森川 東海道新幹線では、(i)高架橋柱の鋼板巻き補強や盛土のシートパイル締切工や地山補強土工など構造物の耐震補強、(ii)自社の地震計や気象庁が配信する緊急地震速報、防災科学技術研究所の海底地震観測網を活用した列車を早期に止めるための地震防災システムの導入や車両のブレーキ性能向上、さらに、(iii)車両の脱線・逸脱を防止する対策を実施してきています。

田中 JR西日本でも、同様に、高架橋や電車線柱の耐震補強、早期地震検知、逸脱防止対策などの地震対策に取り組んでいます。

司会 次に、「初動対応」「復旧対応」とは具体的にはどのようなものが開発されたのでしょうか。

室野 初動対応として、鉄道地震被害推定情報配信システムDISERを開発し、2019年から運用を開始しました。すでに数社で活用いただいています。地震後、数分で鉄道沿線の揺れの大きさや構造物の被害を予測し、鉄道事業者に配信するシステムです。地震後の点検範囲を絞り込むことで、運転再開までのダウンタイムを短縮可能です。また、復旧対応では、支承部の損傷を復旧しやすい箇所に集中させるような設計法を提案したり、盛土の復旧について、応急復旧工を必要としない、かご枠を使用した復旧工法を開発するなど、早期復旧を可能とする技術開発を行いました。

司会 2022年の福島県沖の地震で東北新幹線が脱線しました。運輸安全委員会から原因が示されていますが、この地震で得られた知見や今後の対応についてご紹介いただけますか。

月岡 多くの逸脱防止ガイドが機能して車両が軌道から大きく逸脱することを防いだことは、被害拡大を防止できたと考えています。ただし、想定された機能が発揮されずに逸脱が発生した輪軸がありました。排障器取付腕が設置されている輪軸については、走行中に脱線し逸脱すると被害が拡大する可能性があるため、レールにかかる部分の形状を改良してレールにかかりやすくしました。開発は完了しており、順次、営業車に展開する予定です。鉄道総研さんからもご紹介があった地震対策左右動ダンパーについては、導入に向けて開発を進めています。また、今回の脱線では空気ばねが過大な変形により空気抜けの状態になったものがあり、これが脱線を助長した可能性があり、空気ばねが脱線・逸脱にどのような影響があるのか見極めていく必要があると考えています。

次の10年間で新幹線に 求められる技術について

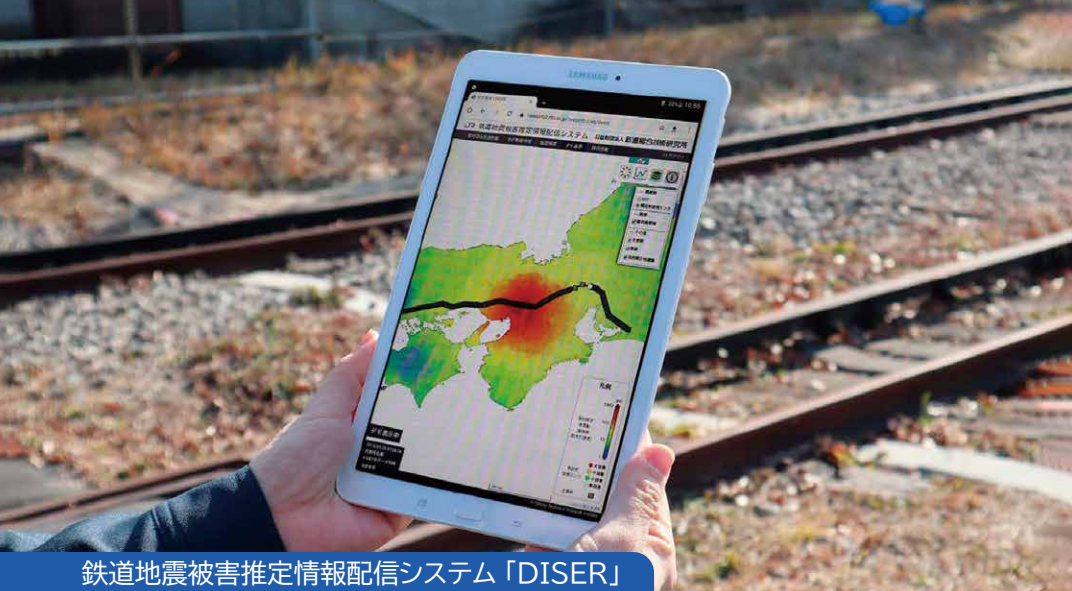
■札幌延伸

司会 最後に、次の10年間で新幹線に求められる技術について、議論をしたいと思います。次の10年を考えると、北海道新幹線の札幌延伸が大きなイベントとなります。まずは、この点に関していかがでしょうか。

月岡 北海道新幹線の札幌延伸では、これまでの新幹線では経験のない低温、降雪地域での運行となるため、これらに影響されずに安全・安定に走行できる技術が必要です。ALFA-X走行試験開始以降、毎冬、JR北海道殿のご協力のもと北海道新幹線区間での走行試験を計画し、低温、降雪条件での走行試験を実施しています。先ほど少し紹介しましたが、台車キャビティー内の着雪を抑制する「ヒータ付台車端部フサギ板」や台車カバーに走行風を取り入れるインタークを設けた「着雪抑制台車カバー」の着雪抑制効果を継続的に検証しています。また低温、湿潤条件下での粘着性能の確認のほか、粘着を改善させる「活性子」の開発なども行い、検証を進めております。

司会 建設という観点では、運輸機構さんとしては、建設コストの低廉化などが大きな課題だと思いますが、今後の取り組みはいかがですか。

山東 札幌延伸で、というわけではないですが、少しご紹介します。昨年「建設DXビジョン」を定めました。技術者や熟練技能者の減少や高齢化などを考えると、①現場作業の機械化・プレキャスト化、②施工計画や管理のデジタル技術による合理化が、労働生産性向上とコスト縮減との両立につながると思います。例えば、高架橋は工場製作したプレキャストコンクリート部材を現場では組み立てるだけを標準とするとか、などです。設計・施工管理全体でも、品質や出来形管理のデータ、重機や運搬車両のビッグデータをAIに分析させて工程全体を効率化できな



室野剛隆

公益財団法人鉄道総合技術研究所
研究開発推進部 部長

鉄道地震被害推定情報配信システム「DISER」

いか考えています。BIM/CIMについては、設計解析から維持管理までの利用を想定して、鉄道総研さんとも協力して研究していく予定です。

■デジタル技術、AI技術

司会 デジタル技術で労働生産性やコスト縮減につなげるという言葉ありましたが、JR西日本さんでは、デジタル技術、特にAI技術の活用が活発に進められていると聞きますが、新幹線への適用という観点で話題はありますか？

田中 省人化におけるAI活用という点では、先ほどお話しした画像認識にAIを用いた取り組みのほか、北陸新幹線で駅停車中に車両床下に付着した雪を落とす作業の要否判断にAIを活用した着雪量予測モデルを構築・実装しています。現在は敦賀延伸区間の予測モデル構築のためのデータ収集を進めています。また、広くデジタル技術という意味では、施設系統では乗務員と連携し、営業車の運転台で撮影した画像を自区所に持ち帰り分析することにより列車巡回、徒歩巡回を代替する業務改善に取り組んでいます。将来的には保守用車運転操作や除雪車などの作業装置操作の自動化、高架橋や擁壁、橋りょうなどへのドローンを活用した設備点検の検討を進めています。

司会 AIはJR西日本さん以外にも活用されていると思いますが、AI活用が進む中で、AI活用における課題はないのでしょうか？

室野 これまで目視によって行われていた業務

に対して、カメラ画像にAIを活用することで、自動化する取り組みが進んでいます。しかし、AIは万能ではありません。AIの判断に誤りがあれば、誤りを起こした理由を探り出して改善する必要があります。しかし、AIの判断の根拠がわからなければ、改善の方向性を定めることができません。そこで、鉄道総研では、列車前方の支障物を検知するための前方監視システムを対象として、AIによる見逃しが生じた場合に、その判断ミスの要因を推定する手法を開発しました。所内の検討では、危険を見逃した事象全てに対して、ミスの要因を特定することに成功しています。この手法は、AI開発時の性能確認などの用途にも使用できます。

■自動運転

司会 次に、コロナ禍を経て、列車運行やメンテナンスの省力化、省人化、無人化が喫緊の課題となりました。その1つが自動運転だと思います。新幹線での導入の見込みなどはあるのでしょうか。

森川 東海道新幹線の営業運転に自動運転システム(GOA2)を導入することを目指して取り組んでいます。東海道新幹線は駅間が長いことに加え、多数の列車設定による^{ちゆう}稠密かつ複雑なダイヤ構成となっています。そのダイヤ構成のなかで、制限速度や勾配などの地上条件、天候や安全確認による緊急徐行の場合などに応じながら、安全かつ正確、さらに快適な乗り心地などにも配慮した運転操縦が必要となります。こ

れを実現するため、走行中にリアルタイムに運転曲線を計算し、さらに省エネルギーな走行を目指した効率的な運転や、より良い乗り心地を考慮した運転を実現する高機能な新幹線自動運転システムを開発しました。現在は、本線上で同システムの走行試験を行っており、2028年頃から順次運用を開始することを目指しています。

■カーボンニュートラル

司会 次に、カーボンニュートラルに関してお話しを伺いたいと思います。

田中 カーボンニュートラルの取り組みでは、脱炭素社会の実現に向け、環境長期目標としてグループ全体のCO₂排出量を2050年に実質ゼロとすることをめざしており、取り組みの1つとして電力調達場面で再生可能エネルギーの導入を進めています。太陽光発電設備などによる再生可能エネルギー由来電力の導入により、2027年度中に当社新幹線全体の運転用電力(年間14.3億kWh)の約13%が再エネ電力に置き換わる予定です。

月岡 SDGsの実現など、今後ますます環境負荷低減が求められる中、CO₂排出量削減に向けた軽量化、エネルギー効率の向上、走行抵抗の低減などの技術は不可欠です。また、ライフサイクルを意識したリサイクル材料の採用拡大や、地球温暖化に影響のある素材の削減など環境へ配慮した技術開発が重要と考えています。

司会 リサイクルという話がありましたが、JR東海さんでは車両のリサイクルにも注目されていますね？

森川 車両製造では、廃車車体のアルミ部材選別工程を確立し、リサイクルアルミの車体材料としての信頼性や品質を確保しました。これにより新幹線で初めて強度の求められる車体への新幹線リサイクルアルミの使用を実現しました。さらに、2026年度以降投入のN700Sからは、リサイクルアルミの適用部位を拡大して従来の約1.6倍にし、車体用のアルミを製造する際の

CO₂排出量を、さらに削減しました。今後も省エネ化などCO₂排出量削減に資する技術開発を推進することで、新幹線の環境負荷を低減していきます。

■全般

司会 具体的な取り組みを皆さんからお話をいただきましたが、共通の課題が多いように思いますが、鉄道総研の取り組みとしてはどうでしょうか？

室野 各社で共通する技術課題が多い中で、技術革新を推進するには、組織の枠組みを超えて連携し、技術の共通化・共有化を図ることが重要です。それにより開発コスト・期間が短縮されますし、装置が共通化されることでメーカーからの供給もスムーズになります。そこで、鉄道総研では技術情報・データのシェアリングのためのルールやプラットフォームの構築について検討を進めています。例えば、線路内や沿線設備の画像データを共有するプラットフォームの構築を検討しています。現状は、各鉄道事業者が個別にデータ収集・開発を行っているため、画像データの収集条件やデータ量が限られ、開発にも多くの時間と労力がかかっており、各鉄道事業者が、画像データ／共通の処理技術／評価用データを共有できる基盤を整備するのがよいのではないかと考えています。

まとめ

司会 本日はこの10年の新幹線に関する各種技術の開発・改良や地震対策などへの各社様の取り組みをご紹介いただきました。こうして振り返りますと、常に安全性を確保しつつ新しい技術を取り入れ快適性の向上や省力化が進められてきたことがわかります。今後の課題についても意見交換を行うことができました。これからも、社会の変化に対応しながら国土を支える軸となる新幹線を手を携えて発展させていければと思います。本日はありがとうございました。