

電力技術に関する最近の研究開発

電力技術研究部
部長 奥井 明伸

1. はじめに

鉄道総研は、平成17年度から21年度までの5年間の基本計画-RESEARCH 2005-を平成16年に策定し、研究開発に取り組んできた。一方、RESEARCH 2005策定時と比較すると、国内外の社会経済情勢ならびに技術動向は大きく変化し、鉄道を取り巻く環境も変わりつつある。そこで、これまでの研究開発の進展および鉄道を取り巻く昨今の状況の変化を反映させつつ、鉄道技術に関する総合的な研究所として各界からの負託に応える活動を効果的に推進し、鉄道の持続的発展を目指すために、基本計画-RESEARCH 2010-（平成22年度から平成26年度）を新たに策定した。

研究開発活動としては、「安全性の向上」「環境との調和」「低コスト化」および「利便性の向上」の実現を目指すことを研究開発の目標として掲げ、これらを達成するための研究開発の柱を「鉄道の将来に向けた研究開発」「実用的な技術開発」「鉄道の基礎研究」と定めて取り組むこととなった。

本稿では、研究開発の柱の一つである「鉄道の将来に向けた研究開発」として取り組む、電力関係の将来指向課題の計画概要について述べるとともに、最近の研究成果として電力貯蔵装置制御手法の開発と、地震時における架線系の信頼性向上について報告する。

2. 電力関係の将来指向課題

基本計画-RESEARCH 2010-では、将来指向課題を「JR各社のニーズ、社会動向などに応える課題」、「先行的な技術開発、鉄道の将来を指向した課題」、「鉄道総研の研究開発能力の高い分野や特長ある領域を活かせる課題」、「実用技術開発やこれに向けてクリティカルな問題の解決に結びつく課題、また、学術的な貢献を期待できること」と定義している。本基本計画の将来指向課題は5つの大課題を設け、それぞれが1～数件の個別課題からなる構成となっている。各研究室単位ではさらに個別課題の下に、子テーマがあり実質的な研究の遂行は子テーマの計画に沿って実施され、その成果が個別課題、大課題に反映されることとなる。

以下に電力関係の個別課題・子テーマの概要について述べる。

2.1 個別課題「電力の新供給システム」

JR各社では、駅構内電力用として既に太陽光発電システムの実用化が進んでいる他、運転電力用として風力発電システムの検討も始まっている。一方で電力貯蔵装置を中心に分散化電源システムについても検討、実用化が進んでおり、電力会社や経済産業省を中心に具体的検討が始まっている。また、超電導ケーブルは既に電力会社による交流での実用化の実績があり、鉄道総研においては、従来から直流電気鉄道の電圧降下対策としての適用が検討されてきた。このような背景のもと、従来の電力供給システムに代わる高電圧直流き電方式の最適電圧・省エネ・架線構成や、新素子の直流電鉄機器への適用による新しい電力供給方式の開発によるエネルギー効率の向上、自然エネルギー（風力、太陽光）・蓄電装置（電池、キャパシタ、超電導磁気軸受鉄道用フライホイール）などの分散化電源による電力供給信頼性向上を図るとともに、電力特性の評価、予測が可能なシミュレータを併せて開発する。また、電圧降下対策として有効な直流鉄道用超電導き電ケーブルについても併せて検討を行い実用化の可能性について検討することとしている。図1に成果活用イメージを示す。

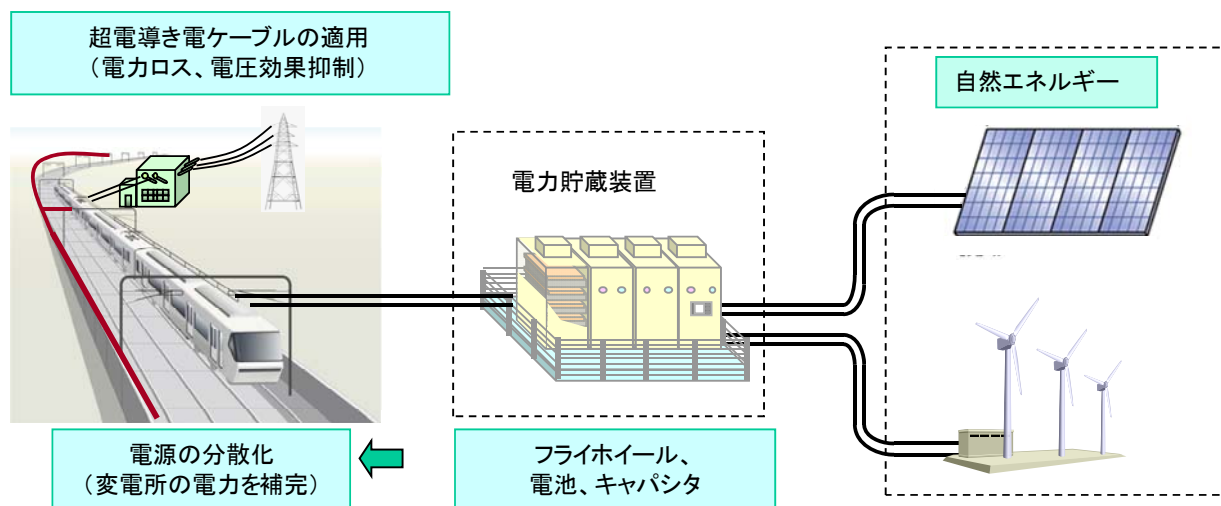


図1 電力の新供給システム成果活用イメージ

2.2 個別課題「新しい状態監視保全技術」

様々な設備を対象としたセンシング技術が、システムを超えた共通利用可能な技術として実施されてきている。これまで、特定の部材や変状個所に焦点を絞ったモニタリング技術について検討されてきたが、通常状態における設備全体の状態を継続的に把握することも保守点検の効率化のためには重要である。本個別課題は構造物、軌道、電車線を対象に、状態監視保全のための効率的な状態監視手法および異常検知・診断技術を確立することを目標としている。電力関係の子テーマとしては、車上からのセンシング技術として画像による集電系の検査と異常検出システムの開発、架線・パンタグラフの接触力の測定による電車線状態診断手法の開発がある。これらの開発によりちょう架線、補助ちょう架線などの上部線条の状態診断、トロリ線のひずみ・静高さ・張力の推定などが可能となり、保守業務の効率化が期待される。

2.3 個別課題「地震に対する安全向上」

巨大地震に対する安全性を議論する場合には、現行の設計地震動を超えるような大振幅の揺れはもちろんのこと、長周期成分や長継続時間の揺れに対して注意を払う必要がある。また、本振はもちろんのこと、続く余震群に対しても安全性を確保することが要求される。そのためには、現有構造物の耐震余裕度や残存耐力を適切に評価し合理的な安全性の評価方法を開発すること、新しい対策工法を提案することが必要である。電力関係の子テーマとしては、電車線構造物の被害軽減方法として、既設・新設設備の耐震方策の提案、要注意箇所抽出手法・診断手法の提案を行う予定である。

3. 最近の研究開発成果

3.1 電力貯蔵装置制御手法の開発

近年、電圧降下対策あるいは回生電力の有効活用、二酸化炭素排出量の削減を目的とした電力貯蔵装置が鉄道事業者に注目され、地上設備として適用され始めている。これまでの制御方式は充電および放電の開始電圧を固定しているため、電圧降下対策と回生電力の有効活用を両立させて機能させることが難しい。そこで、本テーマでは充電および放電の開始電圧あるいは入出力電流の大きさを、電力貯蔵媒体の状況に応じて変動させることで、両者の目的を両立させる制御方式を確立することを目標としている。

提案する制御方式の効果をシミュレーションにより確認し、さらに図2に示す電力貯蔵装置（電力貯蔵媒体は電気二重層キャパシタ）と整流器（直流変電所模擬）、実際の電気車を組み合わせて電力特性確認試験を実施することにより、電力貯蔵媒体の状況に対応した制御方式と従来制御方式の比較を行った。試験の結果を図3に示す。従来の固定電圧制御では電気二重層キャパシタの電圧が上限もしくは下限に向かうため、満充電もしくは空充電状態に陥りやすい傾向になった。一方、新制御方式では補充電または補放電を行うことで電気二重層キャパシタを安定した中間充電状態に保つことにより、電気車の力行、回生に伴う充放電エネルギーが増大し、同時に外線電圧をより安定化できることを確認した。

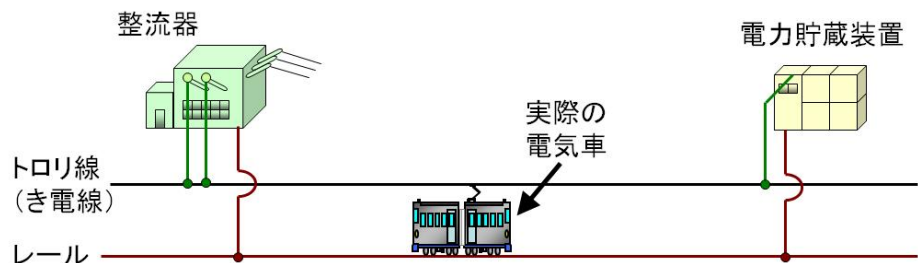


図2 電力貯蔵装置の制御方式検証のためのシステム構成

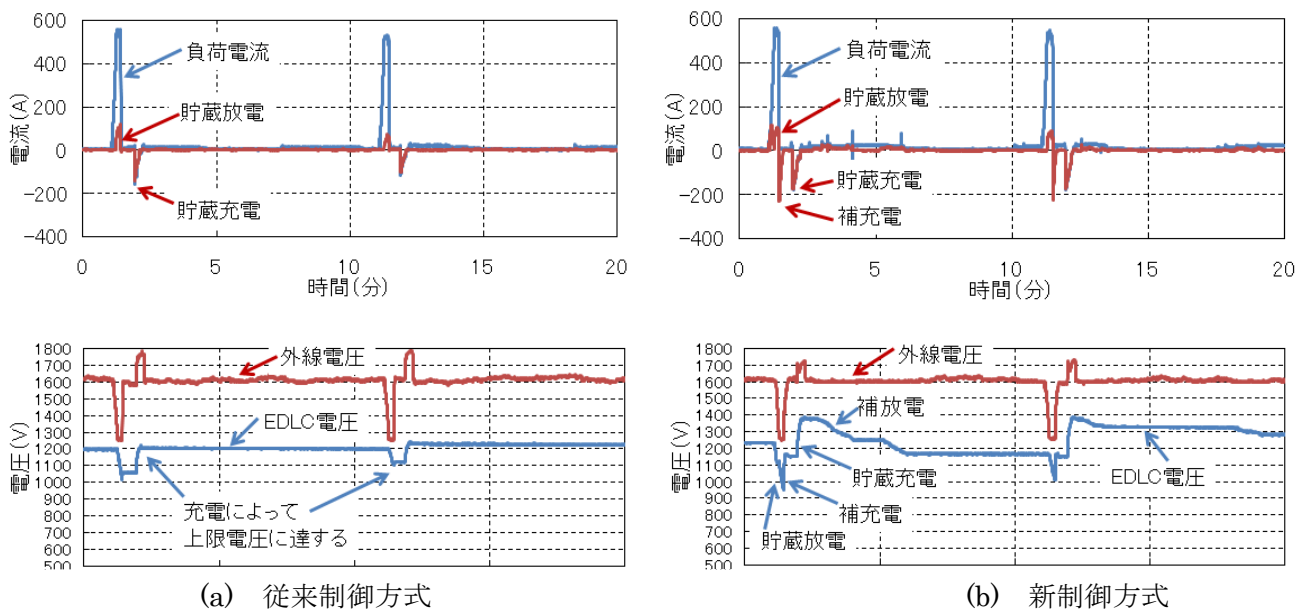


図3 電力貯蔵装置の充放電特性の比較(電気車単体負荷)

3.2 地震時における架線系の信頼性向上

巨大地震における被害軽減方法は前述した将来指向課題による実施するが、土木構造物に深刻な被害が生じない中規模程度の地震でも、架線の断線や架線金具の損傷等が発生し、輸送障害を引き起こすことがある。そこで、電車線や電柱等の電車線路設備の各構成部材について、荷重・変位特性や固有周期などの機械特性を試験測定により求め、3次元で運動可能なようにモデル化し、図4に示すように想定地震動に対する3次元運動解析シミュレーションを実施した。この結果、被害要因となることが明らかになったき電線等の支持点近傍の曲げ変形や、曲線引金具の圧縮接続箇所などに対して、具体的な強度向上策等を検討し、図5に示すような対策品を開発した。さらに、き電線等の鋼心アルミより線(ACSR)化、および電車線支持物の門型化を実施する対策案を提案し、新幹線の標準的な装柱について耐震性能が向上することを確認した。

また、今回構築した3次元運動解析シミュレーションは、既存設備について対策を実施すべき箇所の選定にも用いることができ、電車線路を構成する各部材の強度協調をはかりながら、耐震性の向上を効果的に実施することが可能となる。

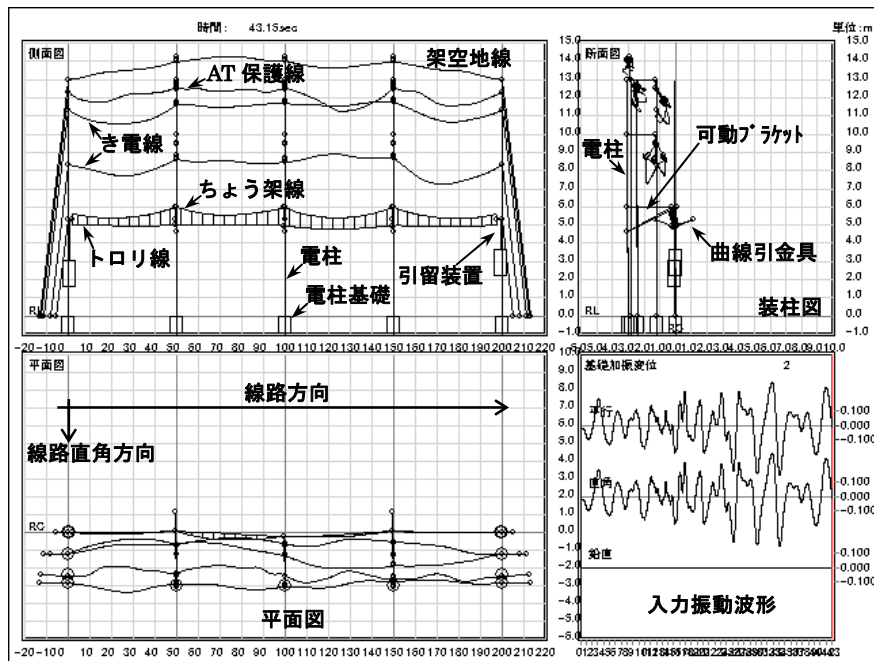


図4 電車線路の3次元運動解析シミュレーション

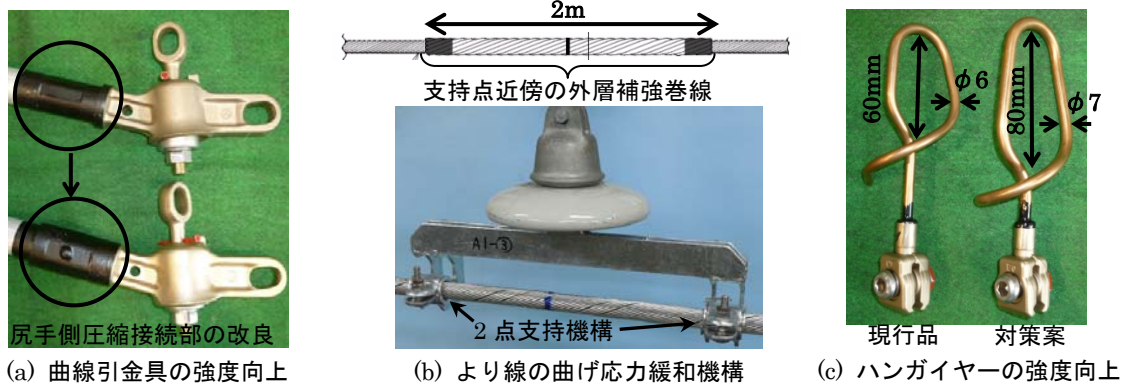


図5 解析結果にもとづいた具体的な強度向上策の検討（対策品の開発）

4. おわりに

鉄道総研の電力技術に関する研究開発状況の一部を紹介した。これらの研究開発にあたっては、現地試験などで多くの鉄道事業者の皆様のご協力を頂いており、本紙面を借りて深く感謝申し上げますとともに、成果の活用をお願いしたい。