

車両技術に関する最近の研究開発

車両制御技術研究部

部長 小笠 正道

1. はじめに

鉄道総研では今期5年間の基本計画である RESEARCH2010 に基づき活動を進めており、2013年度はその4年目に当る。研究開発の目標として、「安全性の向上」、「環境との調和」、「低コスト化」、「利便性」の4つを掲げており、車両関係では特に「安全性の向上」と「環境との調和」に重点的に取り組んできている。また各種シミュレーション技術についても力を入れている。

本稿では2012年度の研究開発成果や取り組みの中から、環境面では、省エネルギー化に資する技術として交流電車の主回路構成をうまく活用した蓄電池電車化の開発状況⁽¹⁾と、省エネルギー化支援技術としてディーゼル車の燃費モニタの開発について紹介する。また安全性の向上の面では、新しい構想に基づく小型空力ブレーキの開発⁽²⁾について、風速400km/h条件下での風洞基礎試験結果などを紹介する。

2. 交流電車の蓄電池電車化

架線下を走行する電車で蓄電池を搭載することで、回生有効活用による省エネルギー効果が期待できるとともに、蓄電池の電力で非電化区間も走行可能となり効率化にも貢献できる可能性がある。交流電化区間を走行する電車においても蓄電池搭載によるメリットが存在する。

以下にJR九州と共同開発中の交流電車の蓄電池電車化の開発状況の一部を紹介する。

2.1 直流電化区間に蓄電池電車を適用する意義

現状の直流電化の多くの区間では、電気車の回生ブレーキによる電力を電力会社等の電源系統に返還できないので、通常は電気車間で電力を処理する必要がある。近傍に他の電気車が在線しない場合は回生ブレーキが絞込まれ、使用されないエネルギーは最終的に熱となって放散される。蓄電池を搭載することでその放散されるエネルギーを自車の蓄電池に蓄え、自車の電源として利用することができる。それにより消費エネルギーの無駄を削減することができる。

また、蓄電池電車は蓄電池の電力により非電化区間を走行できるため、車両の運用効率化や気動車の保有両数縮小にもつながる。

2.2 交流電化区間に蓄電池電車を適用する意義

交流電化区間の変電所では電力の双方向移動が可能で、電気車からの回生電力を電力会社等の電源系統に返還できるため回生ブレーキが動作しないことが少ない。このことから交流電化区間の電気車に蓄電池を搭載する利点が少ないものと考えられていた。しかし、交流電車に限られてはいないが、蓄電池電車が電化区間から非電化区間に直接乗り入れることができるため、あえて非電化区間用の車両を所有せずに済む場合もあり、コスト低減の可能性が期待される。

具体的な波及効果として下記の事柄が期待できる。

(1) 非電化区間において「電化」をしなくても「電車が走る」(簡易電化)

- ① 加速力の向上に伴う運転時分の短縮
- ② 幹線(電化区間)から地方ローカル線(非電化区間)への直通運転
- ③ メンテナンスの効率化・簡素化

- ④ 給油設備の削減
- ⑤ 沿線イメージの向上による旅客の増加
- (2) 「電車」の課題を解決する

- ① 交流電化区間から直流電化区間への乗り入れ
- ② 自然災害等による停電時に、最寄り駅まで自力走行

2.3 技術開発のポイント

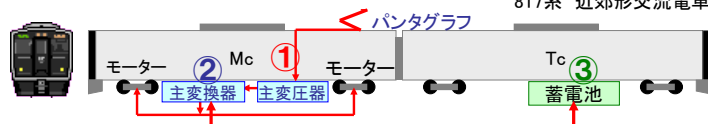
技術開発項目を図1に示す。

主蓄電池として新たに直流1,400V級の車載高電圧リチウムイオンバッテリーシステムを開発し、床下搭載としている。その結果、既存の直流中間回路に主蓄電池とその開閉回路を追加するだけで良くなり、電力変換器の追加が不要となった。蓄電池の急速充電や調整充電は、当初からこの車両に搭載されていたPWM整流器が兼用して制御を行う。

また、交流電化区間は架線電圧が高いことから、急速充電時に蓄電池を大電力で充電する際にも、集電装置での集電電流を低く抑えることができる。そのため、直流電化区間における急速充電で剛体架線等の設備を必要とするのに対し、交流電化区間では通常のトロリ線のまま対応可能となるメリットがある。

① 交流架線から、蓄電池への充電

- 交流架線(20,000V)から蓄電池への充電制御
- 蓄電池から、照明・空調等(補助回路)への給電制御
- 交流架線と蓄電池のモード切換え制御



② 近郊形交流電車の改造 ③ 蓄電池の車両床下搭載

- 「蓄電池システム」の付加
- 床下設置の蓄電池箱の設計
- 既存主回路機器の活用
- 床下環境条件での蓄電池温度管理
- 機器の最適分散配置(ぎ装設計)

図1 技術開発項目(交流電車の蓄電池電車化)

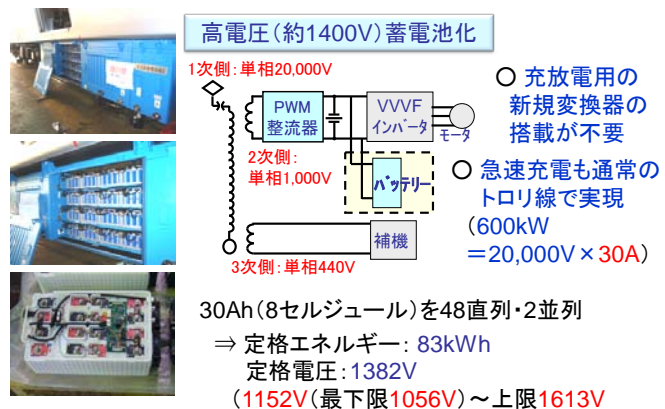


図2 主回路方式と高電圧蓄電池の床下ぎ装

2.4 共同開発における鉄道総研の協力内容

設計において、搭載蓄電池の必要容量の試算と公称電圧に関する提案、主回路構成や安全性に関わる点のアドバイスをを行った。また走行試験の項目設定とデータ取得評価を担当している。

2013年度の走行試験では、想定どおりの運用が可能かどうか、1充電航続距離、1年を通じた気象条件変化に伴う蓄電池状況、推定寿命を把握し、量産化に向けた改善点の抽出を行う。

3. ディーゼル車の燃費モニタの開発

運行経費の節減や環境対応を背景に「効率的な車両運用」や「省エネ運転」の取り組みが進められている。各種省エネ方策によるエネルギー削減効果の定量的把握が重要であることから、ディーゼル車においても燃料消費量を簡易な方法で正確に把握したいとの要望が高まっている。

そこで、車両情報やエンジン制御情報を利用してエンジンの燃費性能データなどから簡易に燃料消費量を計算する手法を検討し、本手法を適用して運転台のモニタ装置に燃料消費量などを表示する「燃費モニタ装置」を開発した。

3.1 燃料消費量の把握方法と簡易計算手法

一般的にディーゼル車両の燃料消費量を把握するには、「流量計の仮設による測定」や「燃料タンクの給油量の記録の利用」が考えられる。前者の場合、インジェクタなどから戻る燃料は高温・高圧で気泡を含んでいるため、これらへの適切な処理を図る計測技術や仮設作業に多くの労力を要する（図3）。一方、後者の場合には精度面で課題が大きい。

そこで、走行中の車両情報やエンジン制御情報及びエンジンベンチで取得したエンジンの燃費性能などを示すデータを用いて、燃料消費量を簡易に計算する2手法を提案した（図4）。

簡易法1は、エンジンベンチで取得した燃費性能のデータを用いて、走行中のノッチ指令とエンジン回転数の情報から燃料消費量を計算する手法である。一方、簡易法2は、エンジンベンチで取得した燃費性能とラック位置マップの関係から求めた噴射量特性（吸入、圧縮、燃焼及び排気の一行程で一つのシリンダへ噴射する燃料の量）のデータを用いて、走行中のラック位置とエンジン回転数の情報から、より正確に燃料消費量を計算する手法である。

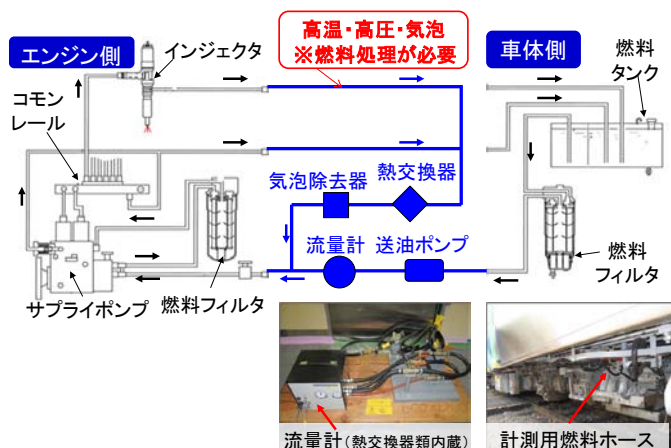


図3 流量計を用いた燃料消費量の測定例

3.2 簡易計算手法を適用した燃費モニタ装置

簡易法1による燃料消費量（瞬時値 L/h と積算値 L）や走行燃費（km/L）などをリアルタイムで表示・記録する燃費モニタ装置を開発した（図5）。走行試験の結果、燃料消費量の計算値（モニタ装置）と実測値（流量計による測定）は、変速機のクラッチ切換え時などノッチ指令とは異なる値で制御される領域で若干相違が見られるものの、概ね一致しており、その差は3%前後であった。

この結果から、簡易計算手法としての有効性を確認できた。

提案した燃費モニタ装置により運

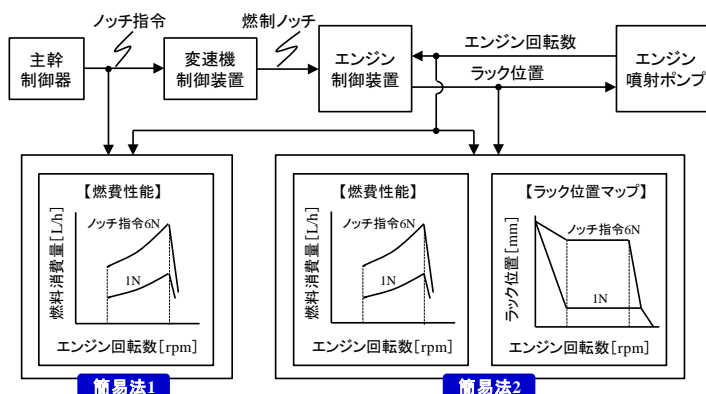


図4 燃料消費量の簡易計算手法

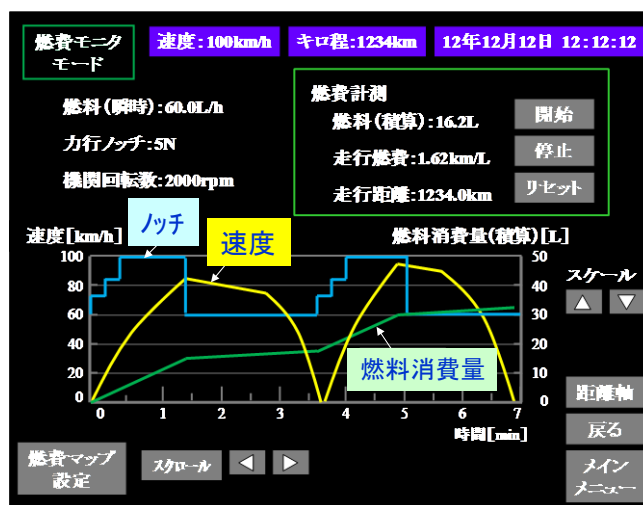


図5 燃費モニタ装置の表示画面

転台で燃料消費量を容易に確認できる他、記録データで詳細な分析を行うことが可能となり、特に省エネ運転の検討や効果検証などの面で役立つものと期待される。

4. 小型空力ブレーキ開発

速度 350km/h を越える営業運行速度に対するブレーキ性能向上（減速距離短縮）の観点から、非常ブレーキ用途として、粘着に頼らない空気抵抗ブレーキの開発を行っている。

屋根上に小型の抵抗版（500mm×200mm）を分散配置して空気流による抗力を得るもので、風の主流方向に対し抗勢側と助勢側の 2 枚を 1 セットとしたものである（図 6）。

非常ブレーキ指令を受けて最初にバネ力で開放されて起動し、その後は走行風を動力源として空気抵抗によって自然に開度を得る「トルクバランス形水平展開機構」方式を開発した。この装置は格納高さ 50mm の省空間に収まることから、客室容積の圧迫を最小限にとどめることができる利点がある。

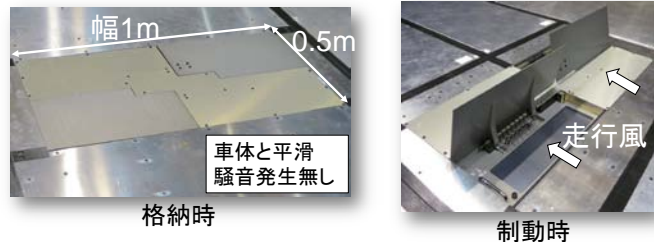
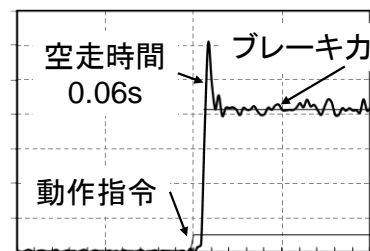


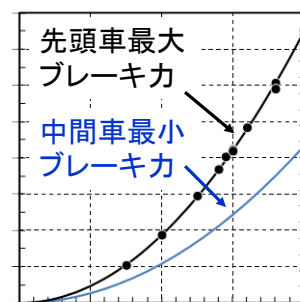
図 6 小型空気抵抗ブレーキ実物大試作機の外観

米原の風洞を用いて、実車の屋根上流れを模擬した風洞実験を実施した結果、空走時間は 0.06 秒と短く、ブレーキ力は速度 300km/h で 841N、速度 400km/h で 1,494N の実測値が得られた（図 7）。この結果に基づいて、小型空気抵抗ブレーキを列車の幅方向へ 1 セット、長手方向に 2.5m 間隔で最大 10 列を配置する構造とすることで、明かり区間の速度 300km/h で減速度 1km/h/s（現行非常ブレーキの約 1/3）を確保できる見込みを得た。



(a) 動作時の特性

現行の粘着ブレーキと併用することで地震等の緊急時に約 1.3 倍の減速度が得られる見込みがあることから、ブレーキ距離のさらなる短縮が期待できる。



(b) 1台あたりのブレーキ力

5. おわりに

「安全性の向上」と「環境との調和」に関する成果を紹介した。

なお、交流電車の蓄電池電車化は JR 九州が国土交通省からの補助金を受けて開発中のものであり、鉄道総研は設計、走行試験、評価において協力している。

文献 1) 「開発進む交流電化方式蓄電池電車 (JR 九州)」, 交通新聞 2013 年 5 月 31 日, 2 面, (May.2013)
 文献 2) 高見, 「小型分散方式による新幹線用空気抵抗ブレーキの開発」, 日本機械学会論文集 (B 編), No.2013-JBR-0328, pp.69~78, (Jul.2013)

図 7 実物大試作機による風洞試験結果