

ディーゼルハイブリッド車両の開発

1. はじめに

東日本旅客鉄道(株)(以下、JR 東日本)では、非電化区間を走るディーゼル鉄道車両の環境負荷低減を目指し、ディーゼルエンジンと蓄電池を組み合わせた動力システムを有するディーゼルハイブリッド車両の開発を進めてきたが、2007年7月に量産先行車両キハE200形ハイブリッド車両(図1(b))の営業運転を長野県・小海線において開始した(図1)。

本稿では、2004年度までに試験車両NE(New Energy)トレイン(キヤE991形)(図1(a))で行った開発概要について紹介する。

2. 試験車両の構造

エンジンと蓄電池で構成するハイブリッドシステムには、エンジンの機械的動力をいったん電気エネルギーに変換し、蓄電池のエネルギーを組み合わせモータ駆動するシリーズハイブリッドシステムを採用し、電車の技術を最大限に活用した。蓄電池には出力密度が高く軽量高出力とすることが可能なりチウムイオンを用いている。また、ディーゼルエンジンは、燃料噴射系に高圧電子制御システムを持つコモンレール式であり、有害物質の排気を低減している。

ブレーキ時の回生電力を有効に利用し、ハイブリッドシステムを最適制御するため、各装置からの情報を集約して最適な動作を実現する「エネルギー管理システム」を用いている(図2)。このシステムを用い、以下の(1)~(6)のモードでエネルギーを管理する。

- (1) 駅発車時：蓄電池の出力のみで発車する。速度約30km/hでエンジン起動する。
- (2) 加速中：エンジンは最適な効率で動作する。必要な出力に応じて蓄電池の充放電を行う。
- (3) 上り坂：エンジンは最大出力で動作する。
- (4) 下り坂：回生ブレーキにより蓄電池を充電する。満充電になると、エンジンの排気ブレーキにより抑速運転を行う。
- (5) ブレーキ中：エンジンは停止し、回生エネルギーでバッテリーを充電する。
- (6) 駅停車中：エンジンは停止し、サービス電源は蓄電池から供給される。

3. 試験結果

走行試験は、2003年から2004年にかけて営業線を用いて車両基本性能、省エネルギー効果、環境対応試験などを実施した。

ハイブリッドシステムが従来のディーゼル車と比較してエネルギー効率を高くできるのは、蓄電池の有効利用により、ブレーキ時の回生エネルギーを活用できることにある。よって、回生エネルギー率(=回生エネルギー/走行エネルギー)が重要な指標となる。駅間距離が短い場合、ブレーキ回生の頻度が高くなるため、多くのエネルギーを回収することでハイブリッドシステムを有効利用することができ、燃費向上効果も大きくなる。一方、勾配区間において、下り勾配では蓄電池が満充電状態となり回生エネルギーを吸収しきれないこと、上り勾配では力行率が著しく高くなること、およびハイブリッドシステムによる重量増の影響がでるため、燃費向上効果が小さくなる。図3は走行試験を行った三つの線区を示している。平坦で駅間距離が短い線区で最も回生エネルギー率が高い結果を示している。

また、走行試験で得られた実測データを基に線路条件の異なる線区におけるハイブリッドシステムの燃料消費量低減効果を検証した。比較対象はJR東日本の最新の気動車とし、実線区の線路データに基づく走行シミュレーションと比較を行った。回生エネルギー率と同じく、平坦で駅間距離が短い線区で燃料消費率削減効果が大きく、その効果は最大で20%の低減が見込まれる結果となった。

4. 営業運転の開始

試験車両(NEトレイン)の開発結果を基に、量産先行車両キハE200形ハイブリッド車両3両を新造し、営業運転を開始した。キハE200形は、1両で走行可能とし、鉄道車両へのバリアフリー化のニーズをふまえ、床面高さを低くし、トイレを大型化し車椅子での利用に配慮している。

5. おわりに

今回営業開始したキハE200形はハイブリッドシステムを搭載した営業用としては世界初の鉄道車両である。これまでの試験走行結果と営業運転での各種確認を行い、今後の量産車に反映していく予定である。



図1 ディーゼルハイブリッド車両の開発

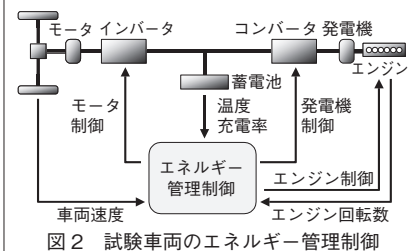


図2 試験車両のエネルギー管理制御

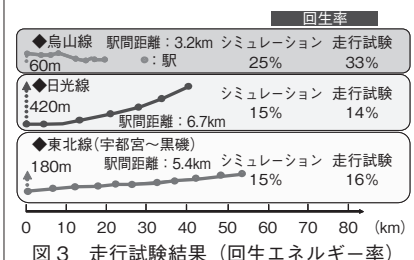


図3 走行試験結果(回生エネルギー率)

また、現在、さらなる環境負荷低減を目指して(NEトレインの第2ステップ)、ディーゼルハイブリッドを燃料電池ハイブリッドに改造し、各種試験を行っている。

(原稿受付 2008年1月7日)

[川崎淳司 東日本旅客鉄道(株)]

●文献

- (1) 大村哲郎, キハE200形ハイブリッド車両、鉄道車両と技術, No.129, (2007), 14-20.
- (2) Nomoto, H., Development of the NE Train, EVS21, (2005-4). CD-ROM.
- (3) 大村哲郎, NE Train (ハイブリッド車両)の開発, 第2報:ハイブリッド車両の走行試験結果, 第11回鉄道技術・政策連合シンポジウム(J-RAIL2004), (2004-12), 237-240.