

営業用ハイブリッド鉄道車両の開発

中 神 匡 人

非電化区間を走るディーゼル車の環境負荷低減を目指し、鉄道では世界初の営業用ハイブリッド車両キハ E200 形を開発し、2007 年 7 月から小海線に投入した。ハイブリッドシステムによる省エネルギー効果や低騒音化に加え、新型の排ガス対策エンジンの使用により、窒素酸化物や粒子状物質の排出量を低減している。車体は、モニタ装置の導入による乗務員や検修作業の支援、機器のメンテナンス軽減など最新の技術成果を取り入れたほか、出入口段差の縮小、つかまりやすい吊手や握り棒の設置、車椅子対応トイレなど、人に優しい車両としている。

キーワード：鉄道車両、シリーズハイブリッド、リチウムイオン蓄電池、コモンレールエンジン、ユニバーサルデザイン

1. はじめに

JR 東日本では、非電化区間を走るディーゼル車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試験車両“NE (New Energy) Train”の開発を進め、2004 年度までの試験により鉄道車両へのハイブリッドシステムの適用が可能であることを確認した。

これにより、営業走行での環境負荷や蓄電池の性能、メンテナンス面での検証等を行い、その後の量産車を製作する際に反映することを目的とした量産先行車両キハ E200 形ハイブリッド車両を新造した(写真—1)。

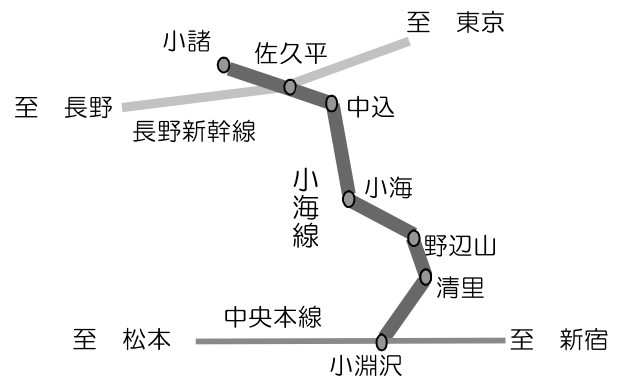


写真—1 キハ E200 形ハイブリッド鉄道車両

キハ E200 形は、ハイブリッドシステムにより回生エネルギーの有効利用を図るとともに、排気ガス中の有害物質を低減したエンジンを採用して環境負荷の低

減を図っている。また、車体幅の拡大や空調装置の能力向上などによるサービス向上、モニタ装置の導入による乗務員や検修作業の支援、機器のメンテナンス軽減など最新の技術を採用している。

今回、キハ E200 形車両 3 両を新造し 2007 年 7 月から小海線で営業運転を開始した。小海線は北部の平坦で駅間距離の短い区間と南部の勾配のある区間があり耐久走行に適した線区として選定した。なお、小海線は山梨県小淵沢と長野県小諸を結ぶ 78.9 km の路線であり、沿線には八ヶ岳を望む清里、野辺山などの観光地がある(図—1)。



図—1 小海線路線図

2. ハイブリッドシステム

キハ E200 形車両の最大の特徴であるハイブリッドシステムについて紹介する。

(1) 概要

エンジンと蓄電池で構成するハイブリッドシステムの構成には、シリーズハイブリッドシステムとパラレルハイブリッドシステムの大きく2種類がある。キハE200形では、JR東日本のもつ電車の技術を最大限に活用できることから、シリーズハイブリッドシステムを採用した。ハイブリッドシステムは、発電用のエンジン発電機、エネルギーを蓄積するための主回路用蓄電池、制御用インバータ・コンバータ装置及び車輪駆動用主電動機（モータ）から構成される（図-2）。

主回路用蓄電池は、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蓄電池を使用している。また、蓄電池に不具合が生じた場合の冗長性を考慮して2群構成としている。

発電用のディーゼルエンジンは燃料噴射系に高压電子制御システムをもつコモンレール式であり、排気ガス中の有害物質を大幅に低減し、環境にやさしいエンジンである。

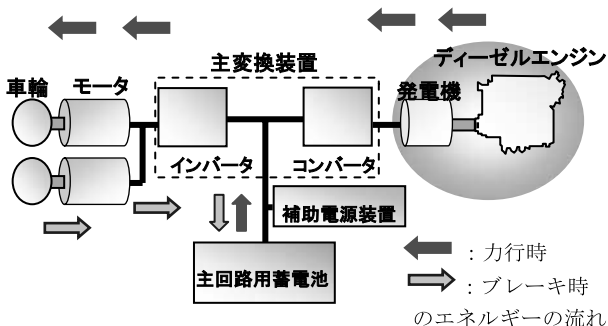


図-2 ハイブリッドシステム主要機器構成

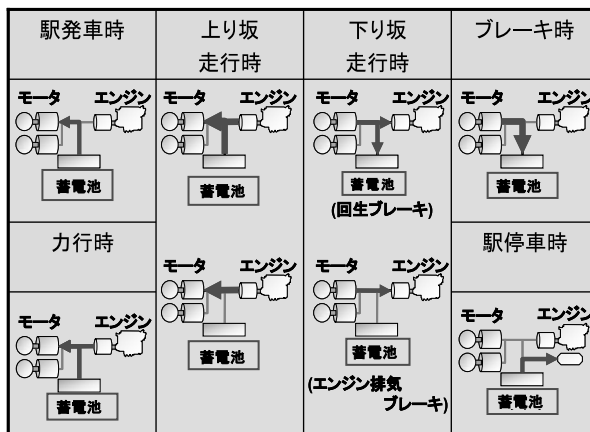
(2) ハイブリッドシステムの動作

ハイブリッドシステムは、エンジンの動作や蓄電池の充放電を最適に制御し、また、ブレーキ時の回生電力を有効に利用することでエネルギー効率向上を図る。車両の加減速の状態や、走行速度、蓄電池の充電状態などにより、その動作は異なるが、主な車両状態は、以下のようになる。

- ① 駅発車時：駅での騒音低減のため、駅発車時は蓄電池のみのエネルギーにてスタートする。速度30 km/h程度より、蓄電池とエンジンを併用する。
- ② 力行時：エンジン・発電機からの電力と、蓄電池からの電力を用いて、モータを駆動する。走行負荷に応じて蓄電池の充放電を行う。
- ③ 上り坂走行時：発電エンジンは最高出力にて稼働する。
- ④ 下り坂走行時：回生ブレーキにて蓄電池を充電するとともに、エンジン排気ブレーキにて速度制御を行う。

う。

- ⑤ ブレーキ時：発電エンジン停止。回生ブレーキにより蓄電池を充電する。
 - ⑥ 駅停車時：発電エンジン停止。蓄電池からサービス用エネルギーを供給する。
- 各状態を図示すると図-3のようになる。



※ → はエネルギーの流れを示す

図-3 主な車両制御モード

これら、エンジン・発電機の動作、コンバータ、インバータ、モータの制御、蓄電池の充放電などの個々の動作をいかに統合して最適に動作させるかが重要となる。そのため、キハE200形車両では、「エネルギー管理制御システム」という動力制御システムを開発し、各装置からの情報をそれに集約して、各装置の最適な動作を実現している。

3. 車両概要

(1) 車体構造

車両は、最小の編成単位である1両で走行可能とし、両運転台・トイレ付とした。また、交通バリアフリー法（高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律）の制定等、鉄道車両へのさらなるバリアフリー化推進のニーズをふまえた構造としている。

車体は軽量ステンレス構体の拡幅車体とした。床面高さは、レール面上から1,130 mmとし、従来小海線で使用しているディーゼル車に比べ45 mm低くしている。

乗降口は、開閉時にチャイム音を鳴らすとともに赤色のランプが点滅し、目の不自由な方、耳の不自由な方への案内機能を持たせているとともに、ドアステップ前の床面に黄色の滑り止めの設置や、ドアに黄色の

塗装をすることで、ドア自体の視認性の向上を図った。

優先席部の吊手は一般部より低くして身長の高いお客さまに対応するとともに、吊手の色を山吹色として、優先席部の識別を容易にしている。また、優先席部はスタンションポールも滑り止め付の湾曲タイプのものを使用して、立つ際にも座る際にも使いやすいよう考慮した（写真—2）。



写真—2 車内

後位寄りには車イススペースとトイレを設けた。トイレは JIS 規格に適合する電動・手動車いすで使用可能な空間を確保するとともに、客室内の見通しを妨げないように枕木方向の寸法をできるだけ抑えた構成とした。扉はボタン操作による自動扉とした。

(2) 車両性能

最高運転速度は 100 km/h としている。また、加速性能などは小海線で使用しているディーゼル車に合わせた。

(3) 運転室

運転室はワンマン対応運転室構造である。また、万一の踏切事故などに備えて、運転室はクラッシュブルゾンによる衝撃吸収構造を設けるとともに、背面仕切り部には非常救出口を設置している（写真—3）。



写真—3 運転室

(4) 運転台モニタ装置

運転情報や車両情報の表示、ワンマン装置制御などの乗務員支援機能や、冷暖房などサービス機器の制御機能、故障記録や試験関係の検修機能を持ったモニタ装置を運転台に装備している。

4. デザイン

外観のデザインは、小海線の持つ高原のイメージより青を基調とした配色とし、新システムであるハイブリッドシステムのロゴを配置した。前面は FRP により構成した新しいデザインとした。

5. おわりに

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。この車両は、小海線営業所に配属となり、性能試験、訓練運転を行い、2007 年 7 月 31 日から営業運転を開始している。営業運転を通じて各種確認を行い、その後の量産車を製作する際に反映していく予定である。 JCMA

【筆者紹介】

中神 匡人（なかがみ まさひと）
東日本旅客鉄道㈱
運輸車両部（車両開発）
在来線車両グループ
主席

