

2108 世界初の燃料電池ハイブリッド鉄道車両の開発

Development of the Fuel Cell Hybrid Railcar

竹田 進治・JR 東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター

Shinji Takeda, R&D Center, East Japan Railway Company

川崎 淳司・JR 東日本研究開発センター 先端鉄道システム開発センター

Junji Kawasaki, R&D Center, East Japan Railway Company

Key Words: Environmental burden reduction, Secondary Battery, Fuel Cell Hybrid System, Hydrogen

JR 東日本では、環境負荷低減をめざした新しい動力システム開発を目的に、NE トレイン (New Energy Train) の開発を 2000 年から進めてきた。第 1 ステップは、ディーゼルハイブリッド車両の開発で、2003 年に車両が完成し、2004 年度にかけて各種試験を行った。

第 2 ステップは、さらなる環境負荷低減を目的に、世界初の燃料電池ハイブリッド電車の開発を進めている。NE トレイン (ディーゼルハイブリッド) を改造し、2006 年 7 月から車両メーカー構内において、燃料電池を動力源としたハイブリッド制御や高圧水素を取り扱うための各種試験を実施し、2007 年 4 月からは本線走行試験を実施している。今回の開発は、将来の燃料電池のブレークスルーに対応するために、鉄道車両に燃料電池を適用するための技術を確立することをめざしている。

1. はじめに

JR 東日本グループは、1992 年に「事業活動と環境保護の両立」という基本理念を制定し、この理念のもと、行動指針と数値目標を定めて、具体的な環境保全活動に取り組んでいる。鉄道は環境負荷の小さい交通手段と言われているが、二酸化炭素排出量削減のため、列車運転用エネルギー削減の様々な取り組みを行っている。

これまで VVVF インバータ制御や回生ブレーキなどの省エネルギー車両の開発を進めてきたが、さらなる環境負荷低減と性能向上をめざし、新しい鉄道車両動力源の開発を目的とした、NE トレイン (New Energy Train) の開発を進めてきた。まず第 1 ステップとして、ディーゼルハイブリッド車両としての開発を行い、実用化の目途が立ったことから、NE トレインの第 2 ステップである、世界初の燃料電池ハイブリッド電車の開発を開始した。

2. NE トレインの開発

NE トレインの開発は動力システムの革新により車両の環境負荷低減を目標としている。まず、ディーゼル車のエネルギー効率向上をめざすため、鉄道車両としては世界で初めてのハイブリッドシステムを搭載した試験車を製作し、2003 年 5 月より車両の基本性能・ハイブリッドシステム性能・省エネルギー効果等を確認するための試験走行を実施した。その結果、従来のディーゼル車と比較して、約 20% の省エネルギー効果が得られることが分かった。

このように、ディーゼルハイブリッドの効果が確認できたことから、営業車として世界初のハイブリッド車両となる、キハ E200 形車両 3 両を小海線に導入し、2007 年 7 月 31 日から営業に使用を開始する。

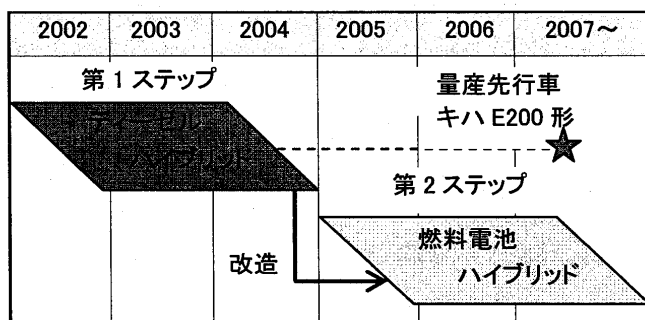


図 1 NE トレイン開発の流れ

Fig. 1 Development of the New Energy Train

2005 年からは、さらなる環境負荷低減と自律分散型エネルギーシステム車両の開発をめざした燃料電池ハイブリッド電車の開発を開始した。NE トレイン開発の流れを図 1 に示す。

3. 燃料電池ハイブリッド電車の開発

3-1 開発目標

燃料電池は、地球環境に優しく、化石燃料の枯渇にも対応可能な動力源として、各界から注目されている。そこで、従来の車両と比較してさらなる環境負荷の低減をめざし、水素を燃料とした燃料電池を動力源とした車両の開発を行うこととした。

特に、今回の開発においては、

- ① 将来の燃料電池技術のブレークスルーに対応可能な、燃料電池を用いた車両システム技術の開発
- ② 燃料電池システムを鉄道で使用する場合の課題の把握

を開発目標とした。②の課題については、燃料電池を制御する技術的な課題の他に、高圧水素ガスを取り扱うための法令

上の課題や安全対策上の課題も含む。

3-2 燃料電池ハイブリッド電車のエネルギー管理制御

ハイブリッドシステムの開発において、走行に必要なエネルギーを得るための発電装置と蓄電池のエネルギーバランスを制御する、エネルギー管理制御システムの開発は重要な開発要素である。

エネルギー管理制御システムは、車両加減速、燃料電池発電量制御及び蓄電池の充放電制御など、様々な制御を行うため、燃料電池、蓄電池、水素タンク、昇圧装置、インバータといった各装置からの情報を集約している。今回開発した燃料電池ハイブリッド電車では、ディーゼルハイブリッド車両で開発したエネルギー管理制御システムを改修し、燃料電池の特性に合ったエネルギー管理を実現した。

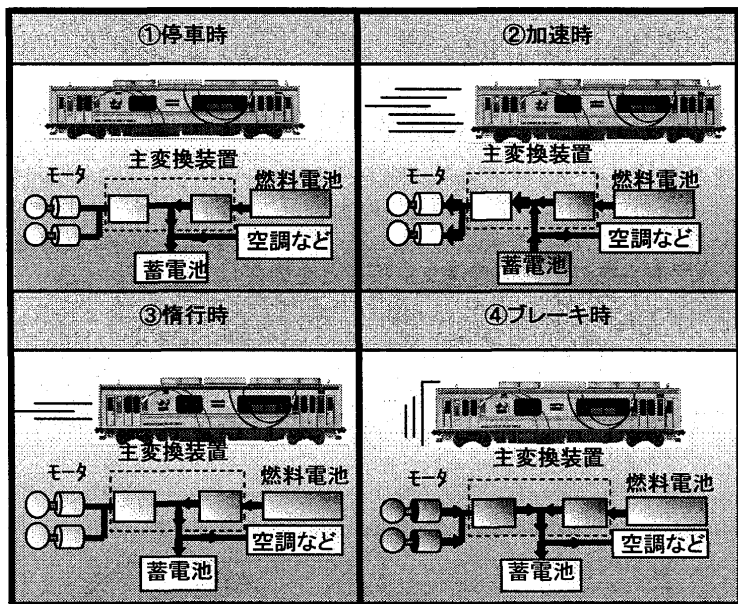


図2 主な車両制御モード

Fig.2 Operation state of the fuel cell hybrid system

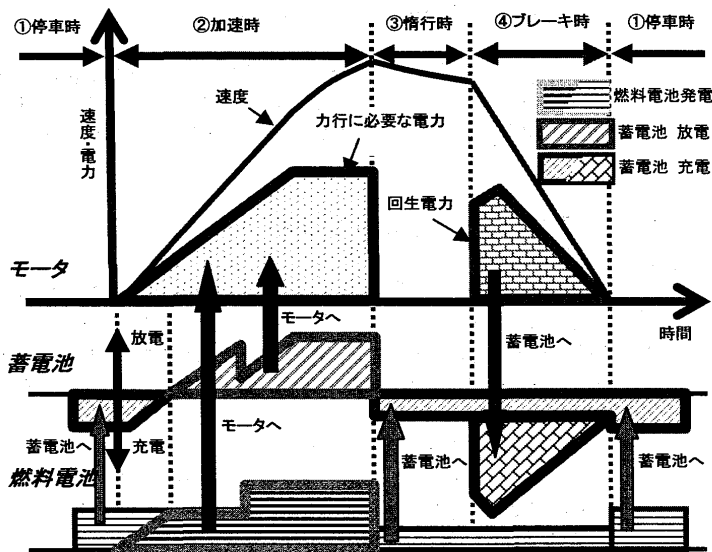


図3 燃料電池ハイブリッドのエネルギーの流れ

Fig.3 Scheme of distribution of storage power and fuel cell power

- ① 停車時は、燃料電池から蓄電池に充電し、加速時に必要なエネルギーを蓄える。
- ② 加速時には、走行に必要なエネルギーを燃料電池と蓄電池の両方から供給する。
- ③ 惰行時には蓄電池への充電を行い、次の加速時に必要なエネルギーを貯蔵する。
- ④ ブレーキ時は回生ブレーキ電力を蓄電池に回収する。

このように、燃料電池と蓄電池を組み合わせることにより、効率的なエネルギー管理を実現した。図2に主な車両制御モードを、図3に燃料電池ハイブリッドのエネルギーの流れを示す。①～④の順に車両制御モードを移行させることにより、駅間を走行する。

4. 構内走行試験

2006年7月から車両改造を行ったメーカーの構内で50km/hまでの走行試験を実施した。構内走行試験では、改良したエネルギー管理制御システムの動作確認のほか、低温時の燃料電池特性、燃料電池冷却性能、水素供給方式の安全性検証、車両加減速性能等の試験を行った。

5. 本線走行試験

2007年度は、本線走行試験で100km/hまで加速し、営業運転に近い状態における燃料電池ハイブリッド電車の性能評価を実施した。主な試験項目は次の通りである。

- ① 燃料電池発電効率の測定
- ② 走行燃費の測定
- ③ 夏季・冬季の気象条件における性能試験
- ④ 走行安全性の評価

そして、2007年4月には世界で初めて燃料電池を動力源として本線を走行した。(図4)

6. おわりに

現在行っている100km/hの走行試験により、燃料電池搭載における課題の把握や、環境負荷低減効果の確認を行うと共に、機器の小型・軽量化やエネルギー管理制御システムの最適化などの改善によって、さらなる省エネルギー化をめざす。



図4 本線走行試験

Fig.4 Test runs of the NE Train