

環境技術研究所の取り組みについて

Research Topics in Environmental Engineering Research Laboratory

柳瀬 直仁*¹

Naoto YANASE

Principal Chief Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory,
Research and Development Center of JR East Group



Abstract

Environmental Engineering Research Laboratory aims at realizing energy management and energy efficient railway system. In this paper, research topics done in the laboratory are described in five categories: next generation energy grid, energy saving train control by connecting train and ground facilities, utilization of battery, utilization of hydrogen energy, and improving energy efficiency of facilities.

●**Keywords:** Energy grid, Battery post, Energy saving train control, Battery, Hydrogen energy, Fuel cell, Energy efficient facility

1. はじめに

環境技術研究所は2009年4月に発足し、以来10年にわたって、当社の鉄道事業での「エネルギー・マネジメントの確立」や「省エネ技術の鉄道への応用」を目指し、エネルギー分野を中心に研究開発を行ってきた。

当社のエネルギーフローを考慮すると、省エネを実現するためには、列車運転系のエネルギー及び建物系のエネルギー消費を削減することや、蓄電装置の導入やエネルギー需給のマネジメントの実施によりエネルギーの効率的な利用を図っていくことが重要である。また、水素エネルギーのような未利用エネルギーの活用を検討することで、エネルギー利活用の多様化を図っていくことも重要である。

当社では2030年度までにエネルギー消費量25%減、CO₂排出量40%減（いずれも2013年度比）といった高い目標を掲げている。また、2017年に制定された「技術革新中長期ビジョン」の中の「エネルギー・環境」分野では、鉄道エネルギー・マネジメントを確立するために、「次期エネルギーネットワーク」、「地上・車上の協調による自動省エネ列車制御」、「蓄電池活用」、「水素エネルギー利活用」、「機器効率向上」といった技術的目標を掲げている。これらの目標を達成するための、当研究所での研究開発の事例を紹介する。

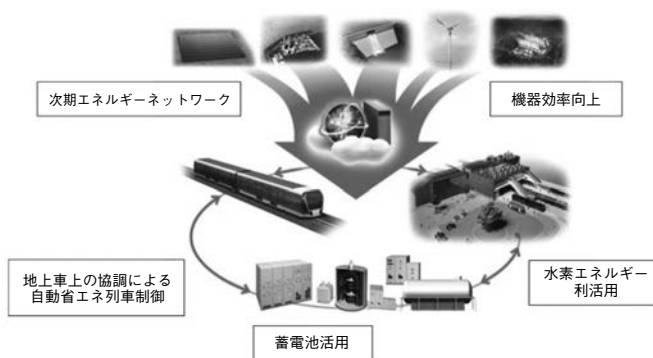


図1 環境技術研究所の取り組み

2. 次期エネルギーネットワーク

エネルギーを有効活用するため、電力ネットワーク上のエネルギー・マネジメントに関する研究開発を進めている。特に最近では地上に蓄電装置を設置しエネルギーを有効活用することに注目している。

2・1 回生電力貯蔵装置（バッテリーポスト）

回生電力貯蔵装置とは、電車のブレーキ時に発生する回生電力を、地上に設置した電力貯蔵装置に蓄え、力行時に電車に供給するシステムである。変電所を回生電力貯蔵装置に置き換えられれば、変電設備のスリム化によるメンテナンスの省力化が可能となる。2017～2018年度に内房線大貫変電所にて貯蔵装置の性能を検証する実証試験を行い、貯蔵装置から電車が必要とする電力が供給可能であることを実証した。

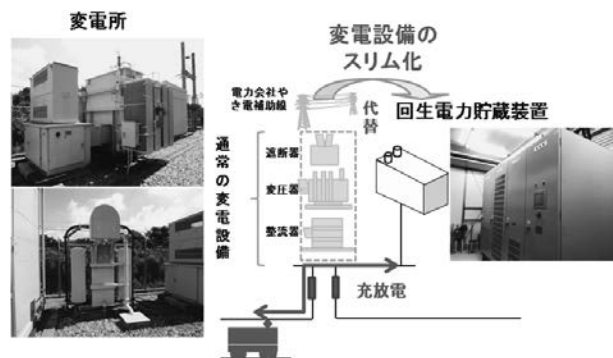


図2 回生電力貯蔵装置概要

2・2 フライホイール蓄電システム

フライホイール蓄電システムとは、円盤（フライホイール）を回転させることによって、電力を運動エネルギーとして貯え（充電）、必要に応じて運動エネルギーを再び電力に変換（放電）するシステムである。フライホイールは、長期の耐久性があり充放電の繰り返しによる性能劣化がないこと、応答性・メンテナンス性に優れていること、出力と蓄エネルギー量を独立に設計できることなどの特徴がある。

2・2・1 超電導フライホイール蓄電システム

電車のブレーキ時に発生する回生電力を蓄える、超電導フライホイール蓄電システムを開発している。大型のフライホイールを超電導技術により浮上させることで、摩擦損失によるエネルギーの減少を抑制するだけでなく、軸受の摩擦がなくなるため定期的な大規模なメンテナンスを行う必要がなくなる。

これまでに当社と山梨県、（公財）鉄道総合技術研究所の三者で「鉄道用超電導フライホイール蓄電システムの技術開発に関する基本合意」を締結した。相互に連携し、鉄道用超電導フライホイール蓄電システムの世界初の実用化に向け開発を推進し、中央線穴山変電所に試験装置を設置して実証試験を行っていく予定である。

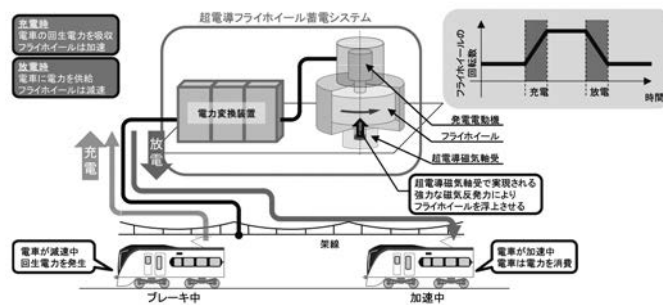


図3 鉄道用超電導フライホイール蓄電システムの概要

2・2・2 小型フライホイール

ホームドア等の駅設備に対し、蓄電装置を導入することにより、エネルギー有効活用や、駅設備増加に伴う配電設備の増強を避けることが可能となる。この蓄電装置として出力数十kWの小型のフライホイールに着目し、ホームドア開閉試験といった実フィールドでの試験を行い、良好な性能を確認した。

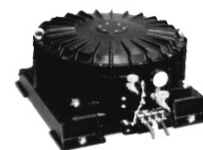


図4 小型フライホイールの外観

3. 地上・車上の協調による自動省エネ列車制御

列車の運転と地上設備の制御を協調させることで省エネを図ることができると考えられる。現在、そのための基礎技術の開発を行っているが、将来は地上・車上の連携技術、省エネ運転、さらに地上蓄電システムや車上蓄電システムなどを組み合わせていくことで、鉄道システム全体の省エネを図っていくことを目指している。

3・1 省エネ運転

列車の消費エネルギーは、同じ運転時分であるにもかかわらず、力行やブレーキのタイミングといった運転操作次第で相当な差が

発生することがわかっている。これまで中央線E257系や宇都宮線E231系などで測定した運転曲線のうち、最も省エネになる運転曲線を抽出し、この省エネ走行パターンごとの運転を実行してみたところ、最大25%もの省エネルギーになることがわかった。その後、運転士が省エネ運転を実施できるように省エネ運転を学習できるツールを開発し、いくつかの現業機関で省エネ運転への取り組みを試行した。省エネ運転は大規模な設備投資をせずに大幅な省エネルギー化が図れる有効な手法である。今後運転士による運転への応用だけでなく、自動運転にも応用できるので、将来的には省エネ運転が自動で達成できる仕組みの開発を目指していきたい。

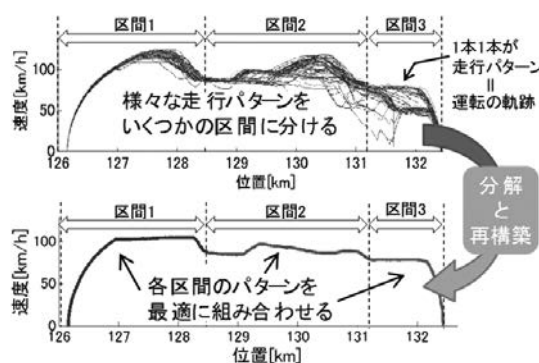


図5 省エネ走行パターンの生成

3・2 省エネ制御

電車のモーターについて、その特性の中で効率の高い領域で駆動するように制御すると、省エネ化を図ることができる。しかし、ある速度で効率の高い点を選ぶとトルクが決まるが、全モーターをその点で駆動してしまうと、編成としてトルクが過大になったり過少になったりする。そこで、編成中で駆動するモーター数を可変させることにより、効率の高い点でモーターを動かしつつ、任意の速度で走れるようになる。これまで、この概念で制御を行った走行試験を行い、省エネ効果を確認しており、実用化に向け開発を進めているところである。

3・3 回生電力貯蔵装置 (バッテリーポスト)

2・1で紹介した回生電力貯蔵装置の実証試験では、列車の位置情報を利用して貯蔵装置の制御を行う、地上車上連携試験を実施した。列車位置と充放電電圧の制御を連関させれば、列車のいないときの放電など、不要な充放電動作を減少させることになり、蓄電池の寿命延伸を図ることができる。この試験では、設備のスリム化 (30%容量減) や長寿命化が図れる見通しを得ることができた。

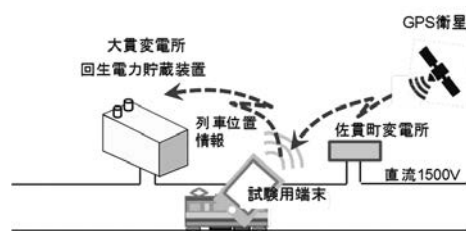


図6 回生電力貯蔵装置の地上車上連携試験

4. 蓄電池活用

電気エネルギーを有効活用するためには、発電と消費の時差を吸収することのできる蓄電池の活用技術が必須となる。回生電力貯蔵装置は前述したので、ここでは車両に搭載する蓄電装置に関する開発例を紹介する。

4・1 蓄電デバイス搭載電車

電車のブレーキ時には回生電力が発生するが、首都圏ではこの電力は他の電車の力行等にうまく利用されている。しかし地方線区では列車本数が少ないため、発生した回生電力は使い切ることができず、車上に搭載された抵抗器で熱として消費されてしまう。エネルギー効率を向上させるためには回生電力を蓄電デバイスに溜め、次の力行で消費するようなシステムが望ましい。そこで、急峻に発生する回生電力を蓄え、かつ力行時に急峻に電力を放出することができるような電車の特性に合った蓄電デバイスを利用した電車システムの研究を行っている。

4・2 ディーゼルハイブリッド車両の蓄電池長寿命化

ディーゼルハイブリッド車両には蓄電池が搭載されているが、車両のライフサイクルコストを低減するためには蓄電池の長寿命化が有効である。これまでの研究により、蓄電池への充放電の制御を工夫することで、蓄電池の長寿命化が図れる見通しを得ることができた。今後詳細な検証を行っていく予定である。

5. 水素エネルギー利活用

エネルギー利活用を多様化していく一環として、水素エネルギーを利用した燃料電池鉄道車両の要素開発を進めている。

燃料電池鉄道車両で使われる水素は高压ガスの状態で貯蔵される。高压ガスに関しては高压ガス保安法とその関連法令があるが、鉄道車両という移動体で利用されることはあまり想定されていないため、法的課題の解決が不可欠である。これまで、安全性検証試験の検討やリスク検証を実施し、検証試験の一例として、高压水素を貯蔵する水素貯蔵ユニットに関する安全性検証試験などを行ってきた。今後、水素システムや主回路システムなどの設計の深度化を進め、燃料電池鉄道車両の設計に適用していく予定である。



図7 開発した水素貯蔵ユニット

6. 機器効率向上、その他

6・1 高効率散水消雪設備

新幹線の安定輸送のため、豪雪地域の沿線に散水消雪設備が設けられているが、冬季しか使用しないにもかかわらずエネルギー消費は大きく、会社全体のエネルギー消費の1%以上を占めている。そこで、省エネ型散水消雪設備制御システムを開発した。複数ある熱源機の運転効率を比較して運転の優先順位を決定する機能を採用し、また出力を細かく制御可能にすることで、省エネ化を図った。また実導入を考慮し、設置台数を削減するため1台当たりの出力向上を図ったり省スペースな設計とした。このシステムの導入により、燃料消費量およびCO₂排出量の10%削減を期待しており、引き続き効果の検証を続けていく予定である。

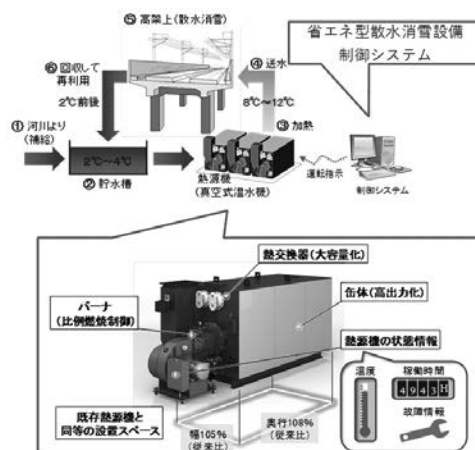


図8 省エネ型散水消雪設備の概要

6・2 需給連携システム

ある地域で生産、消費するエネルギーについて、需要（電気や蒸気等）に合わせて供給（電気や灯油、ガス等）を調整することで無駄を省くことができる。これまで、ある都市の駅と駅周辺のビル等を含むエリアの実データを用い、そこで消費するエネルギーの予測が可能かどうかを検証し、その予測どおりにエネルギー供給をしてやることで省エネ化が図れる見通しを、シミュレーションにより得ることができた。今後この手法について試験的な導入を図り、効果を検証していく。

6・3 駅の温熱環境最適化や省エネ化

駅空間を快適にするには温熱環境を整えることが有効であるが、広い駅空間を空調するには莫大なエネルギーが必要となる。これまで、地下駅空間に関しては、最適な温熱環境を設計するためのシミュレーションツールを開発した。現在は部分的な空調のみでお客様の温熱環境の満足度を高める空調方法、すなわち少ないエネルギーで効果を最大化する方法の研究を行っている。また、地方の駅を対象とした、駅舎版ゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）の実現のための研究を行っている。

7. おわりに

本稿では、技術革新中長期ビジョンに沿って当研究所の取り組みを紹介した。今後もエネルギーマネジメントや省エネに向けた研究開発を進めていくので、関係者の御指導御支援を引き続きよろしくお願い申し上げます。