環境技術研究所の取組みについて

R&D activities on the Environmental Engineering Research Laboratory

東日本旅客鉄道株式会社　JR東日本研究開発センター　環境技術研究所　上席研究員
佐藤　春雄

In JR East Group, enormous energy, 5.06 billion kWh of electric power and 88 thousand kilo litters in oil equivalent is consumed in train operation and stations. In order to construct the railway system with greater consideration for the environment, the Environmental Engineering Research Laboratory has carried out Research and Development focusing on “establishment of energy management” and “application of energy conservation technology in railway systems”. In this article, Research and Development on energy and environment strategy by this laboratory is introduced

1. はじめに

列車を運転し駅を運営することを通じて、輸送サービスを提供するのが鉄道事業といえます。JR東日本はこの鉄道事業において、列車運転系における消費エネルギーと駅を始めとした建物系の消費エネルギーを合わせて、50.6億kwhの電力と燃料として原油換算で8.8万klという莫大なエネルギーを1年間で消費しており、この内の約8割が列車運転系で消費されています。

環境技術研究所は、この消費エネルギーを減らすべく、環境優位性の高い鉄道システムの構築をめざして、「エネルギーマネジメントの確立」と「省エネ技術の鉄道への適用」に関する研究開発に主として取組むとともに、JR東日本の「グループ経営構想V～限りなき前進～」に掲げられている、「無限の可能性の追求『「技術革新～エネルギー・環境戦略の構築』」をめざして研究開発に取組んでいます。図1に、エネルギー・環境戦略を具現化する技術革新のイメージを示します。

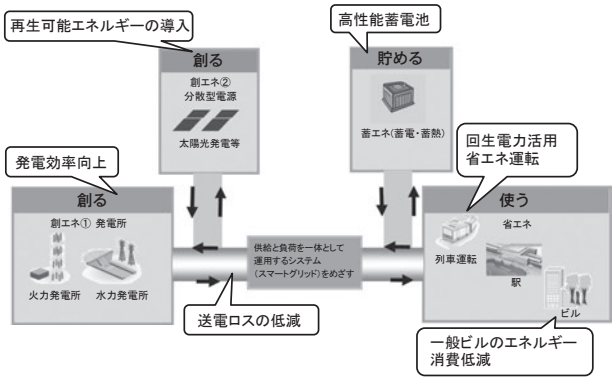

図1　エネルギー・環境戦略を具現化する技術革新

2. エネルギー・環境戦略の技術革新推進の課題

エネルギー・環境戦略を具現化する技術革新を推進するにあたり、エネルギー発生の観点からは再生可能なエネルギーの活用、エネルギー消費の観点からは、列車運転系・建物系の省エネルギー化、エネルギー消費・供給の観点ではエネルギーを消費する負荷とエネルギー供給を一体運用し最適化を図るといったことが課題となります。

エネルギー・環境戦略の技術革新を推進する上での課題を整理したものを図2に示します。

環境技術研究所ではこれらの課題を解決するための研究開発に取組んでいます。

Ⅰ　再生可能エネルギーの活用
Ⅱ　省エネルギー
　・列車運転系
　・建物系
Ⅲ　負荷と供給の一体運用

図2　エネルギー・環境戦略の技術革新推進の課題

3. エネルギー・環境戦略の技術革新実現への取組み

3.1　再生可能エネルギーの活用

再生可能エネルギーには、太陽光、風力、空気熱等があります。再生可能エネルギーの定義を図3に示します。

本項では、空気熱および地中熱を活用した研究開発について紹介します。

3.1.1　空気熱活用に関する研究

上越新幹線雪害対策設備の散水消雪設備の熱源として、空気熱を有効利用したヒートポンプを活用する研究に取組み

非化石エネルギー源

電気、熱又は燃料製品のエネルギー源として利用することができるもののうち、化石燃料（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれらから製造される燃料であって政令で定めるものをいう。）以外のものをいう。

再生可能エネルギー源

太陽光、風力その他非化石エネルギー源のうち、エネルギー源として永続的に利用することができると認められるものとして政令で定めるものをいう。

1 太陽光
2 風力
3 水力
4 地熱
5 太陽熱
6 大気中の熱その他の自然界に存する熱
7 バイオマス（動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用することができるものをいう。）

※エネルギー供給構造高度化法
（エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律）

図3　再生可能エネルギーとは

ました。貯水槽の水を空気熱源式ヒートポンプで予熱するため、ボイラの化石燃料の消費量の削減が図れます。また、予熱したエネルギーを最大限有効利用するため、既存ボイラシステムと複数台のヒートポンプを組合せた最適な制御方法を開発し、長期耐久試験（2012年度～2014年度）を行ない、ボイラの燃料消費削減とCO_2排出削減に効果があることを確認しました。（図4）

今後、この成果の導入の検討を進めていきます。

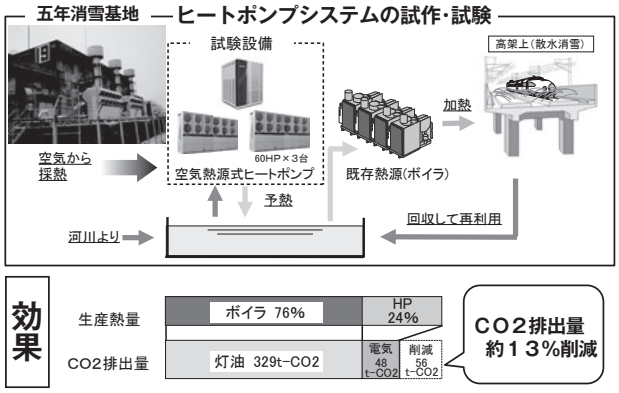

図4　空気熱ヒートポンプの新幹線消雪への応用

3.1.2　地中熱活用に関する研究

地中熱ヒートポンプシステムは、季節に関わらずほぼ一定の地中熱により、ヒートポンプのエネルギー効率が高いため省エネ性が高く、また、排熱が地中のため環境に優しい特徴を持っています。

これまでの研究で地中熱ヒートポンプの省エネ効果を確認する一方、運転時間が長くなると、地中の温度が上昇しヒートポンプの運転効率が低下するという課題が見出されました。今後は研究開発センターの敷地内に設置した地中熱ヒートポンプシステムの能力向上を図り、運転状況に応じて最適な地中熱回復時間を確保し運転効率と地中熱利用量の最大化を図る制御方法等の開発に取組みます。（図5）

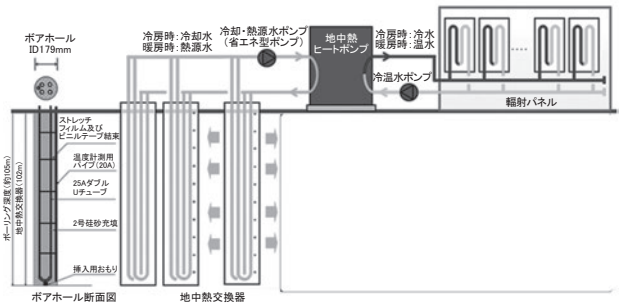

図5　地中熱ヒートポンプシステムの概要

3.2　省エネルギーへのアプローチ

省エネルギーに取組むには、まず、負荷の実態を知る必要があります。エネルギー消費構造は、最初に提供すべきサービスがあり、これが車両や設備の機器容量を要求し、更にこれがエネルギー消費を要求するという特徴を持ちます。負荷を減らさずに、エネルギー消費だけを減らすことは出来ませんので、負荷を知るための測定と評価、負荷を減らす工夫、更に負荷に見合った最適システムの構築というアプローチにより、省エネルギーを実現できます。（図6）本項では、この視点に立って取組んでいる列車運転系の省エネ、建物系の省エネの研究開発を紹介します。

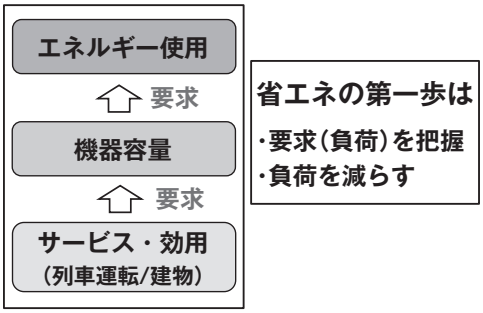

図6　省エネルギーの基本視点

3.2.1　列車運転系の省エネに関する研究

列車走行時の運転エネルギー消費状況を分析するため、電車の走行エネルギーや空調等の補機エネルギーの消費状況を計測し、運転エネルギーの消費量低減（力行エネルギー低減、回生エネルギーの増加・有効活用等）に向けた課題を明らかにすることに取組んでいます。

運転エネルギーについては、以前に単線の相模線で測定を行っています。その計測手法を基に、測定条件が複雑な山手線と高速かつ長距離を走行する新幹線の実態把握を行いました。

3.2.1.2　運転エネルギー定量化の取組み（在来線）

山手線での測定では、車両と変電所で同時に測定を行いました。運用されているE231系には列車情報管理システム（TIMS）が搭載されており、このTIMSでは走行時に架線

電圧や積算電力量を測定しています。この機能を活用して、一定期間の測定データを記録できるように記録装置を取付けた測定を実施しました。変電所では母線電圧とき電回線の測定を行いました。この測定により、山手線一周分の力行、回生および走行消費電力量、補機消費電力量が明らかとなり、山手線では回生率はほぼ一定であり、回生絞込みがほとんど発生していないことから回生エネルギーが有効に使われていることが判りました。(図7)

今後は、架線電圧の挙動など更なるデータの分析を進め、運転エネルギー削減、回生ブレーキ利用領域の拡大、省エネに最適な運転方法の確立に取組みます。

また、特急車や近郊運用での運転エネルギーの実態把握にも取組んでおり、通勤線区での測定結果と合わせて省エネ運転の実現に向けた検討に取組みます。

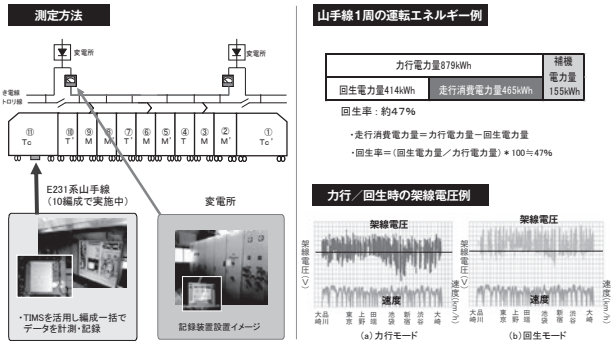

図7　山手線の運転エネルギー測定概要

3.2.1.2　運転エネルギー定量化の取組み（新幹線）

新幹線の測定は、E5系の情報管理装置（S-TIMS）の機能を活用するとともに、パンタ点電流をより正確に把握するため、全ユニットの変圧器（MTr）1～3次配線に電流計と電力変換装置（CI）内に記録装置を取付けて測定を行いました。(図8)

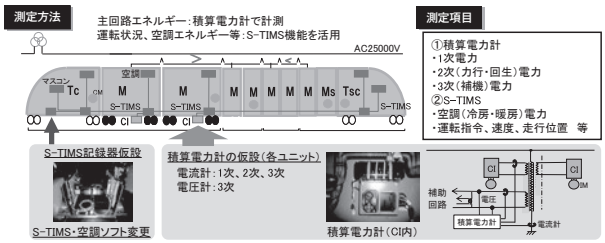

図8　E5系の運転エネルギー測定概要

その結果、定速制御による運転エネルギーが、全走行エネルギーの8割を占めることが判りましたので、今後は、定速制御の省エネ化の開発に取組みます。

3.2.2　建物系の省エネに関する研究

従来の地下駅の空調負荷計算手法では、列車の運転に伴い誘引する風（列車風）およびそれに伴う空調負荷の算出精度に課題があり、計算値と空調設備の実稼働値に大きな乖離が発生していました。

そこで、地下駅空調負荷解析の精度向上を図るために、トンネル内からホームに流入・流出する空気を、ホーム上での列車風の実測、数値流体力学による解析（移動物体CFD解析）や地下トンネル内の環境測定で高精度に解析し、また冷房する空間をブロックに分け、ブロック毎にトンネルから入る空気の影響具合を反映させる新たな計算モデルを考案することにより、地下駅の省エネルギーにつながる「地下駅空調負荷シミュレータ」を開発しました。(図9)

開発したシミュレーションは、1面2線ホームの駅が対象のため、更に、2面4線ホーム駅に対応する負荷解析シミュレーションの開発に取組みます。

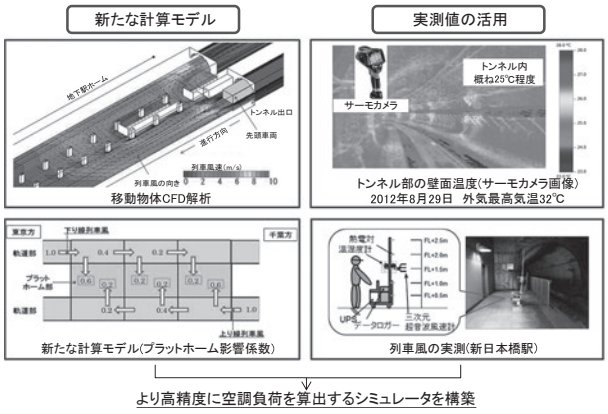

図9　大規模地下駅空調の負荷解析の研究

3.3　省エネマネジメントの構築

省エネマネジメントのサイクルは、エネルギーフローを「見える化」し、「分析・評価」から「省エネ提案」が出て、「実施」される流れとなります。(図10)

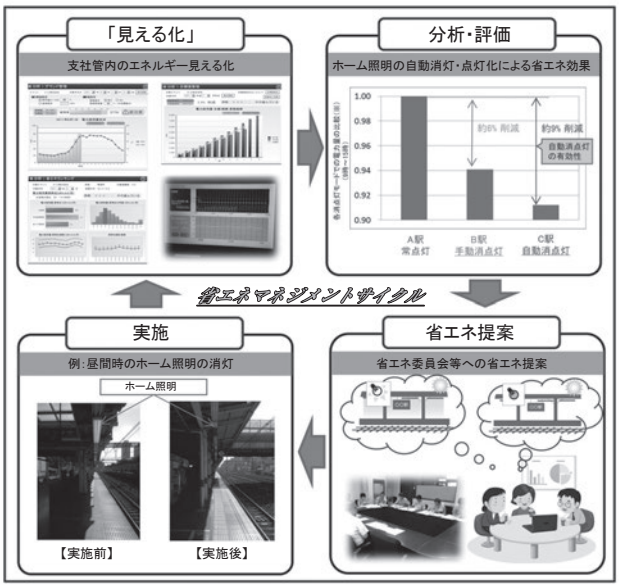

図10　省エネマネジメントサイクル

ここでは、モデル支社内の省エネマネジメントモデルを構築する研究開発の取組みを紹介します。

3.3.1　モデル支社の省エネマネジメントの構築

大宮支社をモデルとして、変電所や一部の駅など主要箇所の電力量データを計測して見える化を行い、支社内のエネルギー量を把握して、分析・評価を行い、節電をさらに取り組みやすくするための省エネマネジメントを構築する研究に取組んでいます。

使用電力量を把握するため、駅の消費電力量（見える化（駅電力表示装置）出力データならびに電力会社からの検針データ）および変電所からの供給電力量（-MICS（保全用情報収集システム）データ変換装置（開発品）の出力データ）をクラウドシステムに集約し、集約データをもとに支社全体および駅単位でのエネルギー使用分析を行い、省エネポイントを見出す手法の検討を行いました。（図11）

引続き、大宮支社と連携しながら、駅単位での分析手法を省エネ代表職場にて適用し、評価検証を進めます。

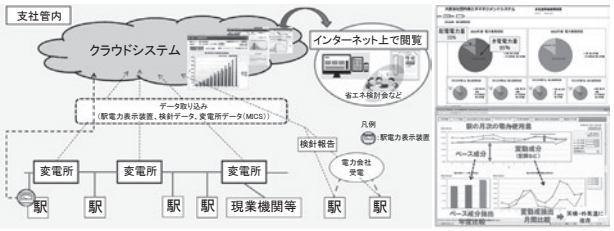

図11　省エネマネジメントの構築に関する研究

3.4　蓄電デバイスの鉄道システムへの応用の研究

ＪＲ東日本では、2009年蓄電池駆動電車を開発し、2014年3月には烏山線にてEV-E301系（ACCUM）の営業運転が実現しました。しかし、搭載されている蓄電池が大きく、重いため、蓄電池の小型・軽量化が課題となっています。

蓄電池技術の進歩は目覚ましく、特にHV、EV自動車用の蓄電池は出力、容量ともに増加しています。そこで、性能向上が著しい自動車用蓄電デバイスを鉄道システムへ応用して、主回路用蓄電池の小型・軽量化等を図るために、自動車用蓄電デバイスを鉄道車両に応用する場合の要求事項や課題を検討して、鉄道車両用に適した自動車用蓄電池セルを選定し、搭載に必要なモジュールおよびユニットの検討、試作そして検証を実施しました。（図12）

今後は、この蓄電池の特性、挙動、現行電池との性能比較等について、定置試験およびNEトレインへ搭載し走行試験等を行い、蓄電池駆動電車への実用性の検証に取組みます。

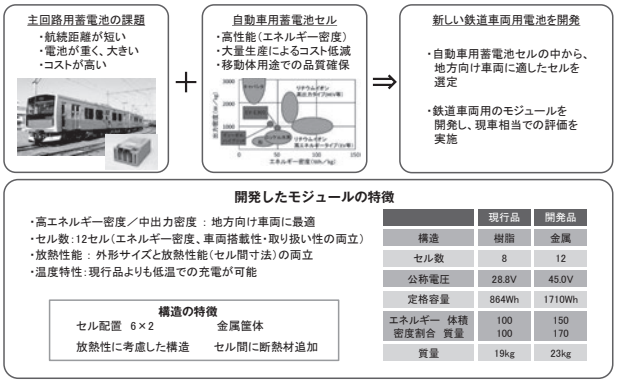

図12　蓄電デバイスの鉄道システムへの応用

4. おわりに

本稿では、消費エネルギーを減らすための取組みについて紹介しました。効果的に省エネルギーを進めるために重要なことは、「相手（負荷）を知る（把握する）」ことです。相手を知らずして戦うことはできません。これをやることで始めてデータの「見える化」や「分析・評価」が可能となり、省エネの検討、提案にたどり着きます。

環境技術研究所では、この考えを基に、省エネルギー要素技術および応用技術の研究開発を進め、環境負荷低減の提案を行って行きたいと考えております。