

巻頭論文

鉄道トータルエネルギー・環境ソリューションへの取り組み



四方 進*

Total Railroads Solutions, Supporting Progress Toward a Low-carbon Society

Susumu Shikata

要旨

三菱電機は、幅広い高度な技術で社会に貢献する交通システムプロバイダーとして、基幹製品である車両システムを始めとして信号、通信、指令、電力、駅、車両基地等の鉄道システムの各分野で開発実績を積み重ねてきた。また鉄道の省エネルギー化に向けて、車両搭載製品の小型軽量化や制御の高効率化、回生電力の有効利用等、業界に先駆けて取り組んできた。

一方、世界的には地球温暖化防止と経済成長を両立させる低炭素社会の実現に向けて、次世代社会インフラの構築が急務となっている。国内では東日本大震災以降のエネルギー政策の見直しや電力供給事情の変化を背景にスマートコミュニティ、スマートグリッドと呼ばれる新たな取り組みが加速している。

当社はこのような社会的背景も踏まえ、これまでの取り組みを更に進めて、鉄道のエネルギーの全体最適化を目指す

ソリューションに新たに取り組んでいる。

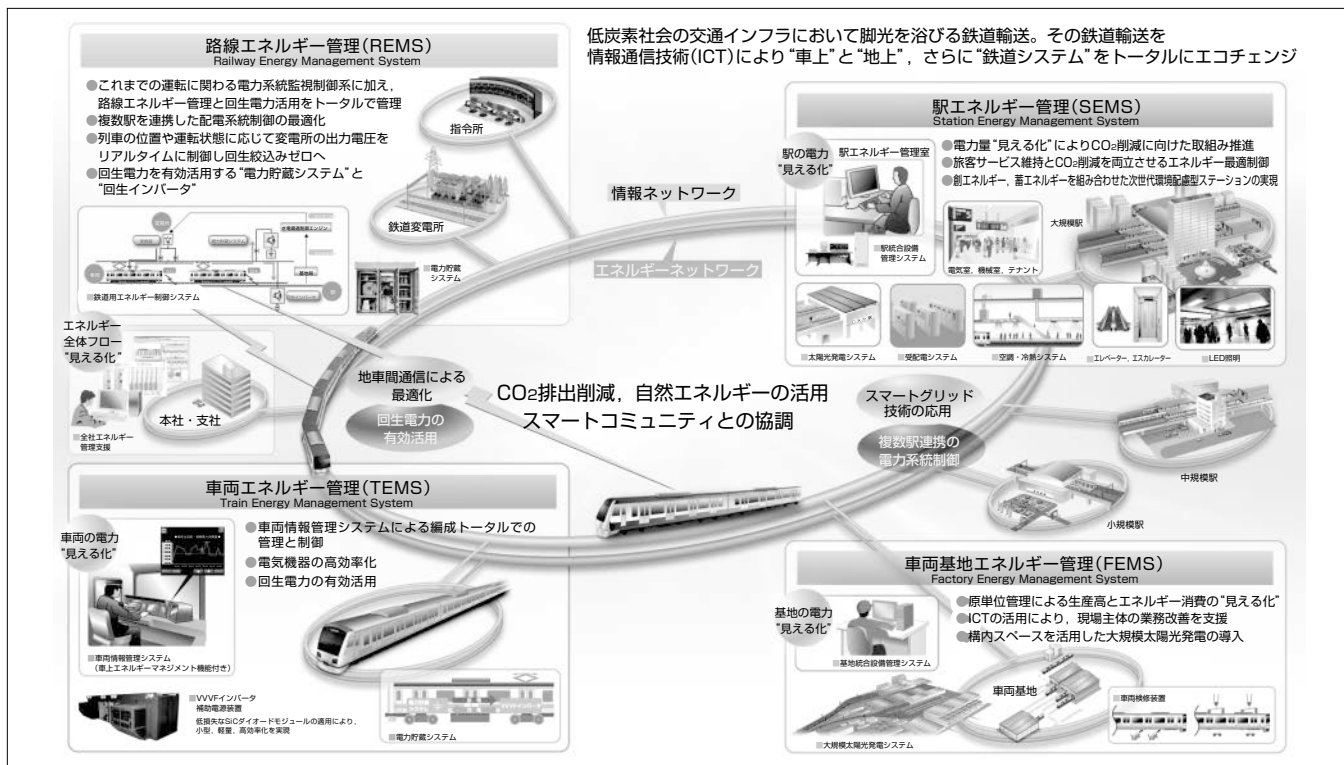
広範で多様な鉄道設備を対象としたソリューションを推進するにあたり

- ・列車における車両エネルギー管理(TEMS^(注1))
- ・駅における駅エネルギー管理(SEMS^(注2))
- ・車両基地における車両基地エネルギー管理(FEMS^(注3))
- ・路線全体を対象とした路線エネルギー管理(REMS^(注4))

の4分野を定義した。この各々の分野で、創エネルギー、蓄エネルギーを実現する新たなエネルギー機器の導入や個別設備の高効率化に加え、情報通信技術(ICT)の活用によって設備群を協調・連携させることによる高効率化を推進し、鉄道システム全体のエネルギー最適化を目指すものである。

この“鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション”の取り組みによって来るべき低炭素社会の牽引(けんいん)役でもある鉄道の更なる発展に貢献していく。

特集 II



(注1) Train Energy Management System
(注2) Station Energy Management System

(注3) Factory Energy Management System
(注4) Railway Energy Management System

鉄道トータルエネルギー・環境ソリューションへの取り組み

当社は、低炭素社会の牽引役を担う鉄道のエネルギー全体最適化を目指し、車両エネルギー管理、駅エネルギー管理、車両基地エネルギー管理、そして路線エネルギー管理の各分野で、創エネルギー、蓄エネルギーを実現する新たなエネルギー技術と情報通信技術(ICT)を活用したトータルなエネルギー・環境ソリューションを提供していく。

*専務執行役 社会システム事業本部長

1. ま え が き

地球温暖化防止と経済成長を両立させる低炭素社会の実現に向けた動きとして、発電所を中心とした従来の集中・片方向型から、需要側で自然エネルギーをできる限り導入した分散・双方向型に社会のエネルギー供給のあり方が移行しつつある。鉄道でも既に車両や駅又は電力系統のそれぞれの領域で創エネルギー、蓄エネルギー等の新たなエネルギー技術や製品の導入検討が進みつつあるが、現時点では部分的又は実験的な取組みの段階である。

本稿では、これらを更に進め、鉄道のエネルギー全体最適化の実現に向けて当社が取り組んでいる“鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション”について述べる。

2. 鉄道トータルエネルギー・環境ソリューション

2.1 これまでの鉄道の省エネルギー化の取組み

鉄道におけるエネルギーの需要と供給の関係を図1に示す。鉄道の電力需要は、列車を運行するための運転エネルギーと駅や車両基地等の地上施設を運営するための駅(群)エネルギーで構成される。運転エネルギーはき電系統、駅(群)エネルギーは配電系統と呼ばれる自営電力系統を通じて負荷である列車、駅等にそれぞれ供給される。

電力需要の大半を占める運転エネルギーの省エネルギー化は古くからの命題であり、これまでも当社は業界をリードした取組みを進めてきた。

一つは車両システムの高効率化を目指す取組みであり、主電動機、空調装置等個々の車両機器の高効率化・制御の高度化、回生ブレーキシステムの実用化とともに、それらを車両編成全体として制御する車両情報統合管理装置の開発に取り組んできた。

また、回生電力の有効活用にも取り組んできた。当社は列車ブレーキ時に運動エネルギーを電力に変換する回生ブレーキを実用化し、列車から発生する回生電力の有効活用による運転エネルギー利用の効率化を進めてきた。しかし、回生車導入率の増加に伴い力行車(電力を消費して加速する列車)が回生電力を吸収しきれない状況が発生したこと

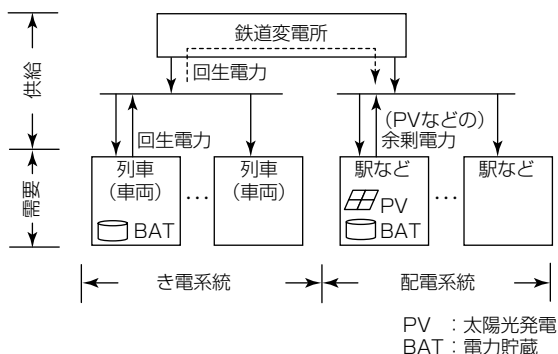


図1. 鉄道におけるエネルギーの需要と供給

から、余剰回生電力を地上側で吸収するための地上余剰回生電力吸収装置(回生インバータ)を導入してエネルギー利用率の向上を図ってきた。

2.2 新たに取り組むソリューションの狙い

これまでの鉄道の省エネルギー化の主な取組みについて述べたが、エネルギー消費の最小化、自然エネルギーの最大活用とエネルギーの高度利用を目指した低炭素社会の実現に向けて、これから鉄道に求められるキーワードは全体最適化である。部分的・個別的な省エネルギーから地域社会との協調も視野に入れてエネルギーの全体最適化を見据えた“鉄道のシステムチェンジ”が必要になるものと考えられる。

そのキーとなるのは系統上に分散し時々刻々変化する需要と供給の関係をリアルタイムに把握して全体として協調連係させる情報通信技術(ICT)である。

鉄道トータルエネルギー・環境ソリューションは、新たなエネルギー技術とICTを活用したエネルギー管理システムの構築によって鉄道のエネルギー全体最適化を目指す。

2.3 鉄道エネルギー管理の構成

図1に示すように鉄道におけるエネルギー需要の基本単位は列車と駅等の施設であり、それを系統(き電・配電)が束ねる構造となっている。そこで図2に示すような4つのエネルギー管理の分野を定義した。

- ・車両エネルギー管理(TEMS) : 列車を対象
- ・駅エネルギー管理(SEMS) : 駅を対象
- ・車両基地エネルギー管理(FEMS) : 車両基地を対象
- ・路線エネルギー管理(REMS) : 路線全体を対象

TEMS, SEMS, FEMSはそれぞれエネルギー需要単位ごとのエネルギー管理であり、REMSはき電系統の“運転エネルギー管理”と配電系統の“駅(群)エネルギー管理”を包含した路線全体のエネルギー管理に位置付けられる。このようなエネルギー管理の構成によって列車、駅等の建物それぞれ独自に行う部分最適化と路線全体の最適化を並行して進めていこうとするものである。

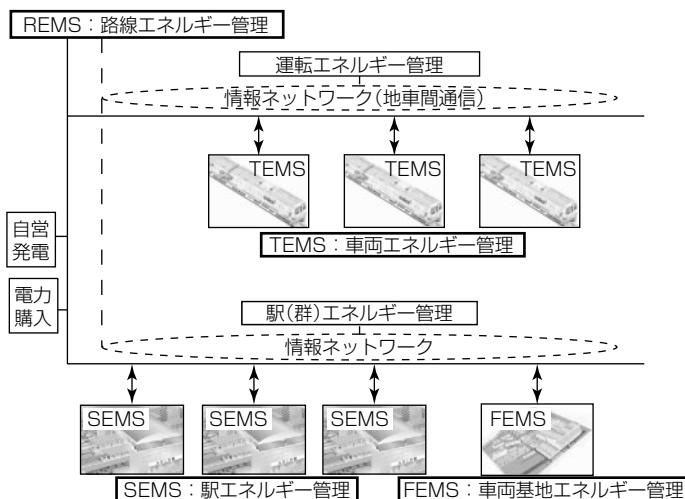


図2. 鉄道エネルギー管理

3. エネルギー管理システムへの取組み

各エネルギー管理システムでは3つの観点・階層で取組みを進めている。1点目は、個々の設備・機器によって省エネルギー、創エネルギー、蓄エネルギーを推進する取組みである(設備・機器層)。2点目は、設備・機器ごとの制御とそれらの間の協調によって最適化制御を推進する取組みである(制御層)。3点目は、エネルギーの需要と供給の状況を管理して継続的に改善を進めるための取組みである(管理層)。

3.1 車両エネルギー管理システム(TEMS)

車両エネルギー管理システム(TEMS)は列車のエネルギー最適化を進める取組みである。

TEMSでは図3の構成で、主に新たなデバイスを適用した電気機器の効率改善・機能向上と、複数機器を連携制御した改善の2方向からのアプローチで取り組んでいる。

電気機器の効率改善・機能向上として、現在、2つのデバイスの適用システムを重点的に開発中である。1点目は、SiCデバイス適用推進制御装置と高効率全閉形誘導電動機を組み合わせた新型主回路システムで、新型素子を活用した効率向上と回生領域の拡大等の機能向上効果が得られる。これについては特集論文“環境配慮型鉄道車両用パワーエレクトロニクス機器の最新動向”に述べる。2点目は、蓄電デバイスの適用で、回生電力の利用拡大や、ディーゼル車の効率改善が実現できる。これについては特集論文“蓄電デバイスの車両推進制御システムへの応用”に述べる。

複数機器を連携制御した改善の1点目は“編成制御及び省エネルギー機器制御”であり、編成でのブレーキブレンディング制御の適用や、機器を稼働させるタイミングの最適化などによる改善である。2点目は“省エネルギー運転制御”である。ATOを用いている路線では、通常運行時には最適な走行パターンによる省エネルギー走行が可能だが、運転変更やダイヤ乱れ等があった場合でも、地上設備からリアルタイムに情報を入手することで、ATO運転による最適な省エネルギー走行が継続できるようにする取組みである。これらの2つの点については特集論文“省エネルギー化に取り組む列車運転制御システムの最新動向”に述べる。

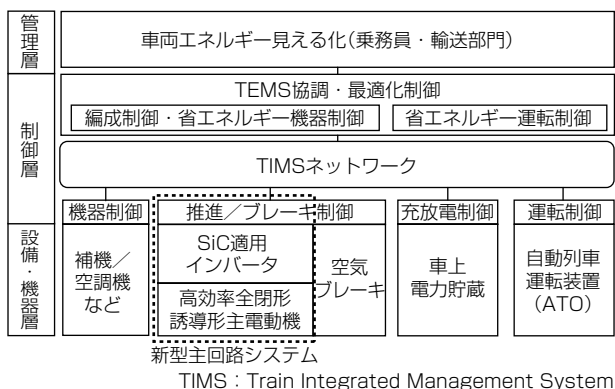


図3. 車両エネルギー管理(TEMS)

またTEMSでは、車両情報統合管理装置(TIMSS)ネットワークと地車間連携ネットワーク(無線通信)を活用し、編成ごとの詳細な電力データや走行条件等を取得し“車両エネルギーの見える化”を実現する。この見える化を推進エンジンとして、適用する各種省エネルギー施策について定量的に評価し、効率的な車両システムを実現していく。

3.2 駅エネルギー管理システム(SEMS)

駅エネルギー管理システム(SEMS)は駅のエネルギー最適化を進める取組みで、その概要を図4に示す。

駅では、乗客が安心・安全に、また快適に鉄道を利用するための諸設備(空調、照明等)に加え、今後は立地条件や規模等、駅の特性に応じて太陽光発電を中心とした再生可能エネルギーや電力貯蔵等の新たなエネルギー機器の積極的な導入が期待される。

また今後、エネルギー事情の変動が想定される中、乗客に対するサービスをどのように成立させていくかが課題となる。そのために、駅に必要なサービス、駅特有の設備を考慮した省エネルギー制御、及び駅エネルギーの需要と供給を最適化する仕組みが必要になると考えられる。

そこで当社はこれらを実現するSEMSとして3つのテーマで取組みを進めている。

1点目は、駅におけるエネルギーの需要と供給を計測し、関係部門に必要な情報を提供する“駅エネルギーの見える化”である。現時点では駅内のエネルギーに関する計測、収集の仕組みが十分構築されておらず、エネルギー消費の実態や改善見通しが分からないことが多いのが実態である。何を計測し、収集データをどのように活用するのか明確化するとともにシステム開発と実証実験を進めている。

2点目は、照明・空調といった主要な駅設備の電力消費を抑制する“駅設備の省エネルギー制御”である。設備ごとの制御の高度化による省エネルギー化に取り組むとともに、従来ビル分野で培ってきたエネルギー管理技術を進化、発展させ、サービスと省エネルギーを両立させる最適な制御方法を検討している。

3点目は、様々な特性を持つ駅への再生可能エネルギーの導入とその安定的な利用を目指す“再生可能エネルギーの導入と制御”である。商業施設を包含して今後も電力需

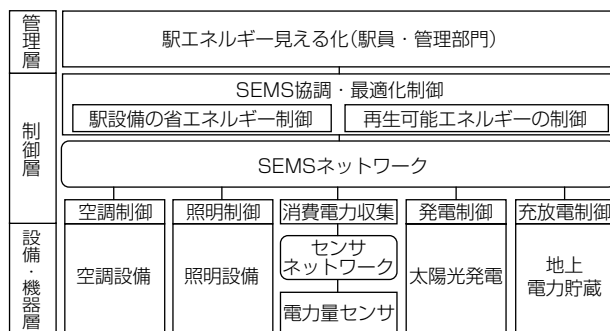


図4. 駅エネルギー管理(SEMS)

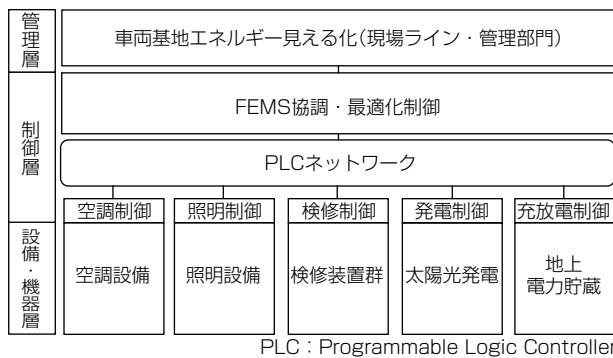


図5. 車両基地エネルギー管理(FEMS)

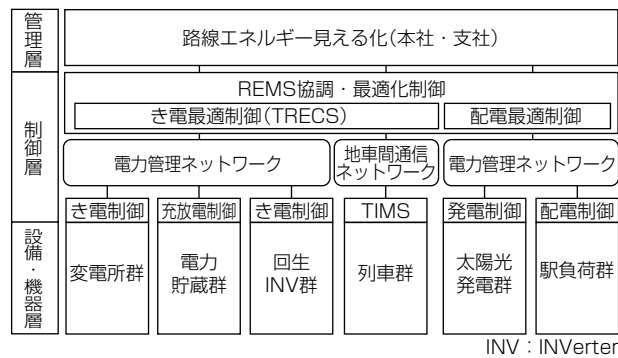


図6. 路線エネルギー管理(REMS)

要の増大が想定される都市圏の大規模駅，電力需要は小さく比較的スペースに余裕があるため太陽光発電の設置に適している郊外の小規模駅，その中間の駅等，それぞれの立地条件に適した太陽光発電導入の取組みと安定的で効果的な利用のため，電力貯蔵を含めた各種のスマートグリッド技術の適用を検討している。SEMSについては特集論文“駅エネルギー管理システム”に述べる。

3.3 車両基地エネルギー管理システム(FEMS)

車両基地エネルギー管理システム(FEMS)は車両基地(車両工場などを含む)のエネルギー最適化を進める取組みで，その概要を図5に示す。

車両基地では駅と同様の空調，照明等のユーティリティ設備に加えて車両の定期的な検査・修繕業務のための検修装置，機械設備が数多く稼働している。また車体，台車，機器各々のメンテナンスを行う複数のラインがあり，これらの設備・機器やライン全体を対象としたエネルギー管理が課題となっている。

そこでこれらの装置や設備を制御しているPLC及びPLCネットワークを活用して車両基地全体の設備管理を高度化するソリューションに取り組んでいる。各装置・設備の稼働状態，メンテナンスの生産高，消費エネルギー等の情報をPLCネットワークを通じて収集・データベース化してエネルギー原単位管理を導入することによって，生産性と省エネルギー化の両面で検査・修繕業務の継続的な改善に貢献することを目指している。

また車両基地には比較的広いスペースがあり大規模な太陽光発電の立地条件として適していると考えられるため，自然エネルギーの供給基地としての可能性を検討している。

3.4 路線エネルギー管理システム(REMS)

路線エネルギー管理システム(REMS)は路線全体のエネルギー最適化を進める取組みで，その概要を図6に示す。

REMSでは，列車の運転エネルギーを供給するき電系統と駅や車両基地等の地上施設にエネルギーを供給する配電系統のエネルギー最小化・最適化を図る制御システムの開発を推進している。

き電系統では回生電力の活用が最大の課題である。従来，変電所に回生インバータを設置して回生電力を有効利用する手法が取られて来たが，設置場所の制約，新旧車両による回生電力の制御特性の違い等の理由によって，路線全体で見ると必ずしも100%回生電力を利用できていなかった。この課題を解決し，き電系統の最適化を図るため，車上の車両情報統合管理装置(TIMs)，地車間通信ネットワーク，電力管理ネットワーク等のICT技術やシステムを活用して，移動体である車両からリアルタイムに収集した情報に基づいて変電所の出力電圧や電力貯蔵システムの充放電量を協調・最適化制御する“き電最適制御システム(TRECS)”の開発を進めている。TRECSについては特集論文“路線全体の回生エネルギー有効活用”に述べる。

もう一方の系統である配電系統でも太陽光発電・分散電源や電力貯蔵といった創エネルギー，蓄エネルギー機器が積極的に導入されることで，複数駅にまたがる需要と供給の協調や系統の最適化制御が課題となる。これらの解決には一般の電力系統で検討されているスマートグリッド技術の適用が有効と考えている。当社は伊丹地区に構築されたスマートグリッド・スマートコミュニティ実証実験設備を用いて配電系統の技術検証が可能であり，REMSへの適用検証にも活用していく予定である。

また本社や支社の設備管理部門，エネルギー管理部門等，組織の役割に応じてエネルギー需要，供給に関する情報を適切に提供することが求められる。REMSでは路線全体のエネルギーに関する情報を収集，データベースに蓄積して役割に応じた“路線エネルギー見える化”を進めている。

4. む す び

鉄道のエネルギー最適化に向けて当社が推進するトータルエネルギー・環境ソリューションへの取組みについて述べた。当社はこれまで蓄積した幅広い技術力とたゆまぬ研究開発によって新たなチャレンジに取り組み，今後の低炭素社会を支えるインフラとしてますます重要性を高める鉄道システムの発展に貢献していく所存である。

特集 II