

JR-EAST Innovation 2013 パネルディスカッション1部

「鉄道システムの省エネルギー」

パネリスト：

早稲田大学大学院
先進理工学研究科 電気・情報生命専攻 教授
早稲田大学先進グリッド技術研究所(RIANT) 所長

林 泰弘氏

トヨタ自動車株式会社
HVシステム制御開発部 部長

阿部 眞一氏

住友電気工業株式会社
インフラ事業推進部 次長 兼
インフォコミュニケーション・
社会システム研究開発センター 主幹

矢野 孝氏

東日本旅客鉄道株式会社 取締役 総合企画本部経営企画部長

高橋 眞

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 所長

真保 光男

コーディネーター：

東日本旅客鉄道株式会社 執行役員
総合企画本部技術企画部長 兼 JR東日本研究開発センター所長

尾高 達男

(尾高) 今回のJR-EAST Innovation 2013では、パネルディスカッションを二本立てで用意させていただいております。前半のテーマは、エネルギーを使う方の技術革新、そして、後半のテーマは、エネルギーを創る方の技術革新ということで設定いたしました。私は、前半のテーマ、エネルギーを使う方の技術革新、すなわち省エネルギーについて、進行を担当いたします尾高です。

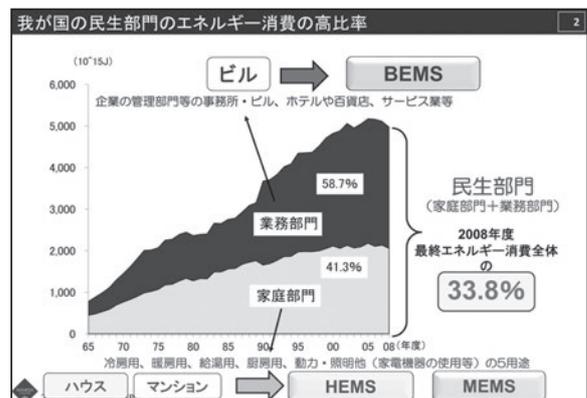
さて、パネリストの方を紹介させていただきます。本日は、社外から3名の有識者の方にお越しいただきました。また、社内からも2名参加しております。では、各パネリストから、省エネルギーとご自身の関わり合いを中心に自己紹介をお願いします。まず、早稲田大学の林先生、よろしくお願ひします。

(林) 早稲田大学の林です。私は、エネルギーの消費のスマート化という研究をこれまで進めてきております。

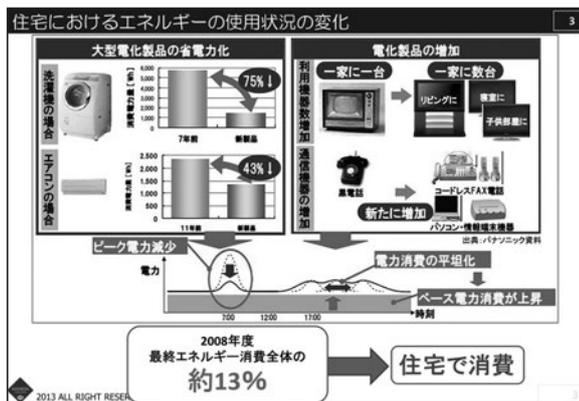
その中でも、住宅のエネルギーマネジメントシステムであるHEMSと、デマンドレスポンスという電気を使う側の人々が自主的に省エネのために応答するという研究等を進めております。なぜ省エネのマネジメントシステムが必要であるかを説明します。



わが国の民生部門のエネルギー消費の高比率には、業務部門、家庭部門があります。2008年度のデータですが、消費全体で最終エネルギーの33.8%が、ビルやハウス、マンションで消費されています。家庭部門はその中の約41%ですので、全体の約13%は住宅で消費されているということになります。

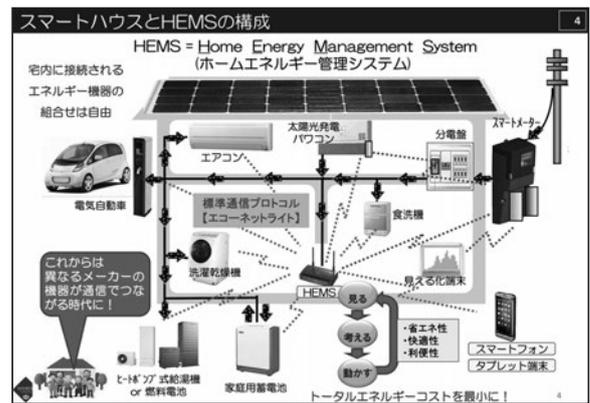


よく言われているのが、エコポイントのつく大型電化製品は、省電力されていると考えられていると思います。家電を買に行っても、省エネ家電、省エネ家電と言われていると思います。おっしゃるとおりで、左側の図を見ていただくと分かると思うのですが、例えば、洗濯機ですと7年前に比べまして、75%削減されており、エアコンも43%削減されています。しかし、皆さまが自分のご自宅を想像していただくと分かると思うのですが、例えば、黒電話に代わり、コードレスやファクス電話が入ってきていますし、パソコンとか情報端末機器もあります。テレビについても、一家に1台ではなく数台あるというような状況です。スライドの下部分を見ていただければ分かると思うのですが、電気そのものを使う機器が多く入ってくると、1台1台は省エネでも、住宅で消費する率が増えてきているということが言われています。



さらに、昨今の状況を鑑みていただくと分かると思うのですが、スマートメーターがこれから導入されてきます。スマートメーターというのは、自分の家の電気の使用量を30分ごとに見えるようにするものです。今まで、1か月に1回しか、何キロワットアワー使ったという量しか見えなかったものが、30分ごとに自分の家の電気を使っている状況が見えるようになるということになります。そうしますと、その自分の家の使った電気を見て、どうやって電気を使えばいいのかということ、考えたくなくとも思います。さらに、FIT（再生可能エネルギーの固定価格買取制度）ということで、今太陽光で発電した電気が高い値段で買い取られます。さらに、家によっては、電気自動車やPHV（プラグインハイブリッド自動車）がありますし、また、蓄電池があると、家の中で電気を創る、使う、ためるという三つの仕事が、普通にできる状況が今まさにきています。昨年聞いた話ですが、あるハウスメーカーの新築住宅3000棟には、太陽光、蓄電池およびHEMS（ホームエネルギー管理システム）が入っているといわれています。HEMSというのは何かと言いますと、家の中のエネルギー管理の司令塔です。例えば、30分ごとに家全体が、どれくらいの電気を使っているか見えるようになりますので、無線通信で、いろ

いろな家電機器とつなぎ、自分の家の電気の使い方を考える、そして動かす、というのがHEMSです。今までは一つの会社の家電機器しかつながらなかったのですが、これからはいろいろな異なるメーカーの機器が、標準の通信規格（エコネットライト）でつながるようになります。そうすると、家の中に接続されているエネルギー機器の組み合わせが自由にできる環境がまさに今整いつつあります。

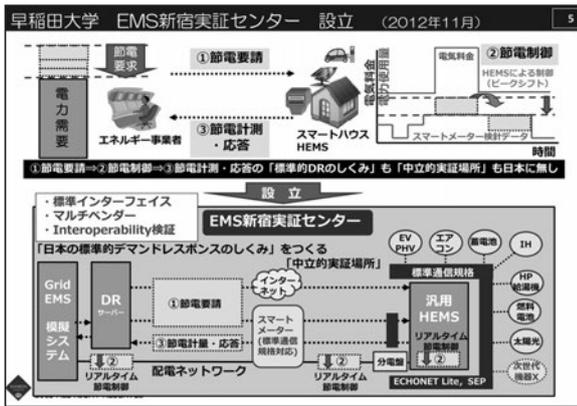


そのような中、どの様にこのHEMSを考えていくかといった例として、電力会社から節電の要請や電気料金のメニューが、一般の家庭に届くことを考えます。

次ページのスライドの右上の図は横軸が時間で、縦軸が電力の使用量ですけれども、電気料金がこのように時間帯別で届いた場合、自分たちの家の電気の使い方をどのように変えるかということが問題になります。この一連の流れを、デマンドレスポンスと言いますが、今まで中立的に実証する場所が日本には全くありませんでした。これからは、このようなことを行う場合は、どうしても「学」が中心となって、中立的な立ち位置でいろいろな会社のいろいろな機器がこのようにつながるようなプラットフォームを作るべきではないかということから、早稲田大学でエネルギー管理システムの新宿実証センターを、経済産業省から予算を頂き開設したのです。

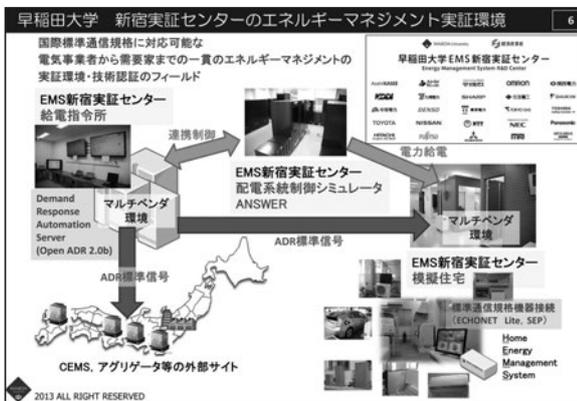
そのポイントは、標準インターフェースということで、どのような家電機器も標準通信のエコネットライトという規格でつなげます。パソコンがUSBでどんな機器もつながることと同じものが、今家の中で、まさに起こりつつあります。いろいろな家電機器をつなげれば、それらの機器がどれくらい使っていて、どれくらい動かせるかということが分かる時代がもうすぐ来るということです。

また、マルチベンダーというのは、使う側の立ち位置で会社を選ばなくても、どの家電機器でも好きに選んでいいというような状況を想定しています。



そのような中で、新宿実証センターは国際標準通信規格に対応可能な電気事業者（節電の指令を行う）から需要家（電気を使う家）までを一貫してエネルギーのマネジメントするような実証の環境、技術の認証のフィールドということを目指しております。

大きく三つありまして、その一つが給電指令所で、東京電力が実際に節電信号通信を行う機能を早稲田大学のこの場所に持ってきて、同じように節電の信号をクラウド経由で送ることができます。一方で、受ける側も四つの模擬の家のシステムを作りまして、その中で、いろいろな家電機器が、標準通信規格とか、アメリカのSEPという規格でつながるようなものになっているということで行っております。会社としては、25の企業がつながり、実証実験をまさに今進めており、これを来年度まで実施していくという状況です。これが、その写真になりますけれども、要は、ヒートポンプ給湯器、燃料電池、PHV、蓄電池など、いろいろなものがそのセンターの中にあるというような状況です。



(尾高) それでは、トヨタ自動車の阿部様、お願いします。

(阿部) トヨタ自動車HVシステム制御開発部の阿部です。96年、初代プリウスの開発のときにハイブリッドに関わりだして以来、弊社のハイブリッド全体、特に制御を中心として燃費を良くする、走りを良くするという業務を担当しております。

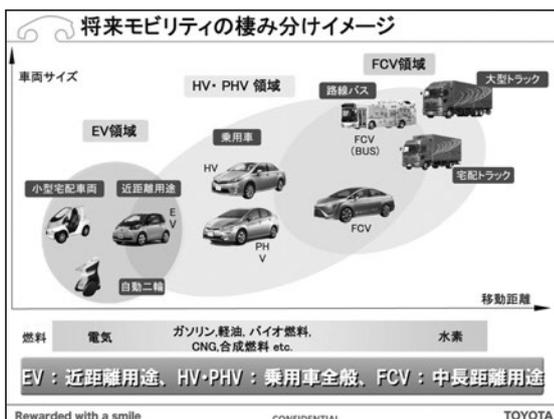
最初に、トヨタの環境に対する基本スタンスです。まず、省エネルギーですが、燃費の良い車を出すこと、そして燃料多様化への対応、それからこれが一番重要ですが、エコカーは普及してこそ環境へ貢献するという、この3つを柱として進めております。従来、自動車はほとんどのものが、石油を起源とした一次エネルギーとして、作られてきました。従来車の燃費を上げると同時に、ハイブリッドで燃費を良くする。さらに今後、いろいろな一次エネルギーからできる電気をうまく活用するという、弊社としてはプラグインを積極的に提案しようと考えております。



そして、普及してこそということ、下はアクア、カローラから、上はミニバンまで、フルラインアップで、商品をそろえることができました。おかげさまで、今年の3月に、世界中で累計500万台を超えるハイブリッド車、特に、昨年と今年に関しましては、年間120万台のハイブリッド車をお買い上げいただきました。このように、普及させることで環境に対して貢献するといふことができつつあるかと考えております。



トヨタ自動車考える将来モビリティのすみ分けイメージですが、移動距離の短いものについては電気、非常に移動距離の長いものにつきましては水素で、マーケットの広い自動車に関しましては、HV、PHVあるいはFCV、といった車をわれわれとしては現在考えております。



阿部 眞一 氏
トヨタ自動車株式会社
HVシステム制御開発部 部長

1981年名古屋大学大学院工学研究科機械工学専攻修了。トヨタ自動車株式会社入社後、トヨタ自動車(本社)エンジン部、Toyota Technical Center USA Los Angeles、トヨタ東富士研究所、トヨタ自動車(本社)BRVF、パワートレーン制御開発部を経て、現在、HVシステム制御開発部部長。現在は、カローラ、アクアから、レクサス全車種の量産ハイブリッド車の制御開発を部長として統括。エンジン、モータ、電池といったユニットを最高効率で制御することで、車両として燃費だけではなく、スムーズなドライバビリティや、信頼性の確保など、よいクルマ造りに貢献。日本機学会会員、日本自動車技術会会員。

(尾高) ありがとうございます。では、住友電気工業の矢野様、お願いします。

(矢野) 住友電工、矢野と申します。私が現在所属しておりますのは、コーポレートスタッフ部門のインフラ事業推進部と申します。

スマートエネルギーシステムの企画および事業開発を担当しております。もう一つ兼務しておりますのが、こちらが元々の本業なのですが、ちょっと長い名前で恐縮ですが、研究開発部門のインフォコミュニケーション・社会システム研究開発センターです。入社後、光通信用化合物半導体デバイスおよび光伝送システムの開発に従事し、それから通信キャリアのメトロコアネットワークのシステム開発を行ってまいりました。現在はホームゲートウェイやHEMS等の通信機器の開発と、クラウドサービスの開発を行っております。



矢野 孝 氏

住友電気工業株式会社
 インフラ事業推進部 次長 兼
 インフォコミュニケーション・社会システム
 研究開発センター 主幹

1985年京都大学大学院工学研究科修了。
 住友電工に入社。光通信用化合物半導体デバイス及び光伝送システムの開発に従事。その後、通信キャリア向けメトロ・ネットワークのシステム開発(L1/L2/L3)に従事。米国駐在を経て、HEMS/BEMS等の通信機器及びクラウド・サービスの開発に従事中。2012年よりRedox Flow型蓄電池等、スマート・エネルギー・システムの企画及び事業開発を担当。

本日の主題との関連においては、図の一番右に示します、家庭用の消費電力の「見える化」ソリューションとなります。弊社のものとスマートメーターなどよりも短い時間間隔、例えば3分間隔で電力情報をクラウド側に上げることができます。

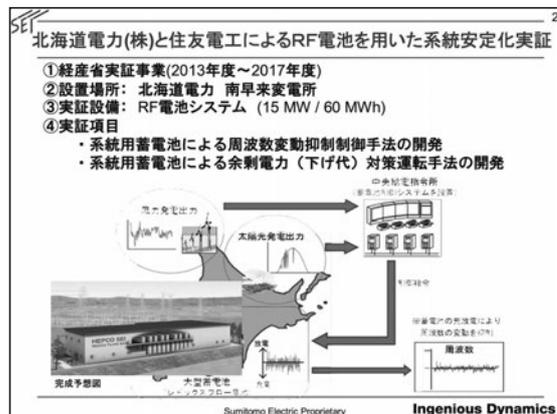
① 自己紹介

(コーポレートスタッフ部門) インフラ事業推進部 (*12~)
 (研究開発部門) インフォコミュニケーション・社会システム研究開発センター (兼務)

- 光通信用化合物半導体デバイス及び光伝送システムの開発
- 通信キャリア向けメトロ・ネットワークのシステム開発(L1/L2/L3)
- HGW, HEMS等の通信機器開発及び、クラウドサービス開発に従事中
- (*12~) スマート・エネルギー・システムの企画及び事業開発を担当

Sumitomo Electric Proprietary Ingenious Dynamics

次に現在の本務の方の業務をご紹介します。この図は北海道電力と弊社共同で取り組んでおります、レドックスフロー蓄電池を使った系統安定化実証PJです。特に北海道においては、近年再生可能エネルギーの増大に伴う系統の不安定化が懸念されています。横山先生の基調講演でもご紹介された技術をはじめ様々な系統安定化手法がありますが、本PJでは特に下げ代対策等の運用手法の開発を行う為に、15メガワット×4時間、60メガワットアワー (MWh) という非常に大きな蓄電池を系統の中に設置し、使いこなしていくという実証を予定しています。



そしてこちらの図に示すようなソリューション群を一つのベクトルに揃えることが、私の現在の仕事です。新しい電力エネルギー社会の実現を目指して、弊社ではここに示します、環境負荷の低減、電力品質の維持・向上、それからセキュリティの確保という、三つの価値を実現するために、発電、送配電、蓄電から需要家までのソリューション開発に取り組んでおります。



(尾高) ありがとうございます。矢野様、今、情報通信技術関係の製品の開発と、それと、システム全体のインテグレーターというようなお仕事にも取組まれていると考えてよろしいでしょうか。

(矢野) はい。その通りです。

(尾高) それでは、後程いろいろお聞きしたいと思います。今回は、JR東日本から高橋経営企画部長、ならびに、真保環境技術研究所長の2人がパネリストとして参加しております。では、自己紹介をお願いします。まず、高橋部長、お願いします。

(高橋) JR東日本の高橋です。私からは、企業経営全般という立場から、弊社全体としての環境経営、環境問題の取組みについてご紹介します。

まず、経営企画部は、JR東日本グループ全体を含めまして毎年の事業計画や経営計画を策定するのが大きな業務の一つですが、その中で環境経営というのも非常に重要な一環ということで組み入れています。

特に、環境経営の推進につきましては、経営企画部の中に環境経営推進室というものを設けてまして、室長1名を筆頭に、現在6名体制で構成しています。環境経営推進室は二つのグループに分かれており、環境マネジメントグループは、CO₂エネルギー削減目標の目標作りとその達成に向けた活動を行います。環境コミュニケーショングループは、駅現場等を含めた社内向けの環境啓蒙活動、社外向けの環境広報、CSR広報といったようなことを主に行っております。

さらに、地方の機関であります支社には、支社全体のマネジメントを担当する企画室というところがありますが、その中に環境問題に携わっている社員がいて、現場に至るまでの仕組みが出来上がっています。

次に、グループ経営構想における環境マネジメントについてですが、私どもの会社が発足したのが1987年ですが、その後、昨年発表しました「グループ経営構想V」というところまで、経営構想を5回作ってまいりました。この経営構想のうち、二つ目の「ニューフロンティア21」から、環境というキーワードをはっきりと打ち出しており、重要な対象として対応してきたことがお分かりいただけると思います。

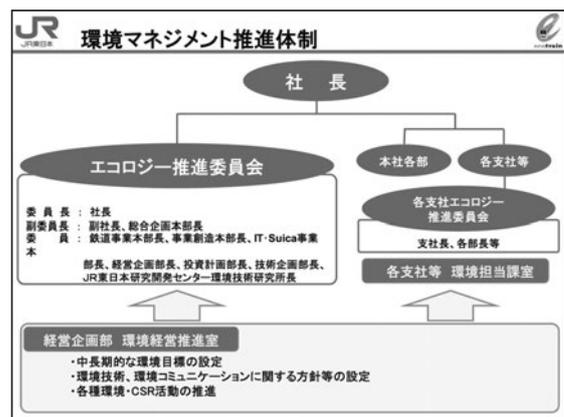
現在の「グループ経営構想V」におきましては、無限の可能性の追求ということで、特に、エネルギー・環境戦略の構築や、創エネ、省エネ、スマートグリッドにこだわった取組みを推進しているところです。

社内の推進体制としては、社長を委員長とするエコロジー推進委員会というのがあります。こちらの委員会は20年以上前の1992年に設置されております。ここで、環境問題に関する基本方針および指針の策定とその推進等々行っています。



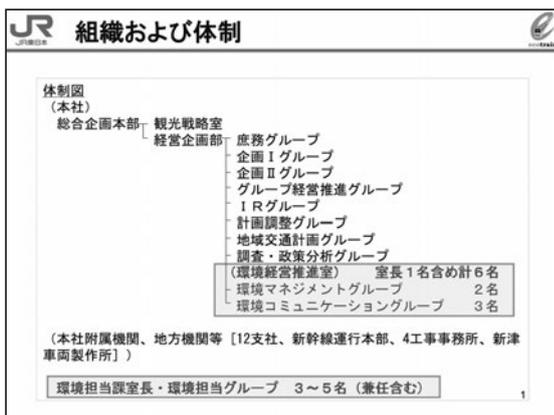
それから、環境経営推進室ですが、これは以前からグループとしては経営企画部の中にあつたのですが、3年前の2010年7月から室として独立した形になっております。

それから、各支社の方も、支社ごとにエコロジー推進委員会というものを設けてまして、支社長を筆頭に取組んでいるというところなんです。



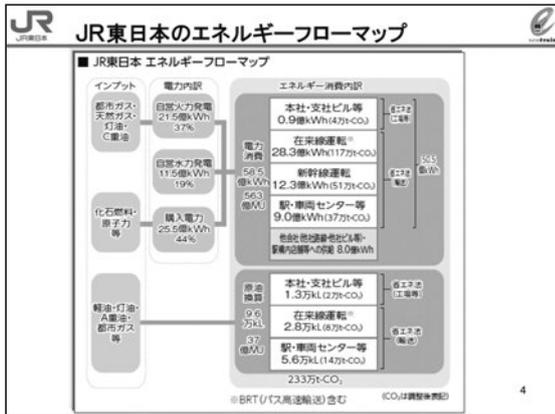
次に、当社のエネルギーフローマップです。当社は他の鉄道事業者とは異なり、自営の電力設備、水力発電所、火力発電所を持っており、56%を賅っています。

エネルギーの消費の内訳ですけれども、右側をご覧いただくと、在来線や新幹線の運転という、運転用電力のところ、非常にウェイトが高くなっております。全社の消費電力量50億キロワット余りに対して、約40億キロワット余りが運転用の電力ですから、約8割が運転用の電力ということです。



Special feature article

CO₂ベースで見ても、在来線の運転と新幹線の運転で170万トン弱ということで、全体が233万トンですので、運転電力関係からのCO₂の排出量は大体7割ぐらゐを占めているということです。大きなものは、電力として見ても、CO₂として見ても、運転関係の電力から発生しているものだということがお分かりいただけるかと思います。



最後に、環境目標と2012年度の実績です。2011年度までは、CO₂の排出量をストレートに目標としておりましたが、電力会社のCO₂排出係数に大きく左右されます。このため、震災後のいろいろな電力事情も勘案いたしますと、かなり電力会社のCO₂排出係数が変動するものですから、私どもできっちりとコントロールできる環境目標にしようということで、この二つを挙げているところです。鉄道事業のエネルギー使用量、それから、先ほど申し上げました自営の発電所がありますので、そちらのCO₂排出係数、これを目標として、今行っているということです。

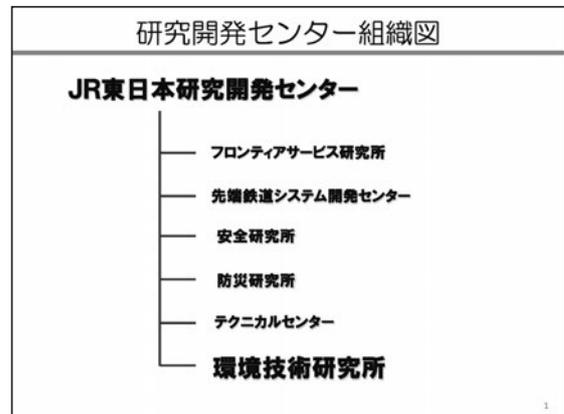
JR 環境目標と2012年度の実績

環境目標	2020年度達成目標	2012年度実績
鉄道事業のエネルギー使用量	8%削減(2010年度比) (526.8億MJ⇒484.8億MJ)	0.7%削減 (522.9億MJ)
自営電力のCO ₂ 排出係数	30%改善(1990年度比) (0.457kg-CO ₂ /kWh → 0.320kg-CO ₂ /kWh)	25%改善 (0.341kg-CO ₂ /kWh)

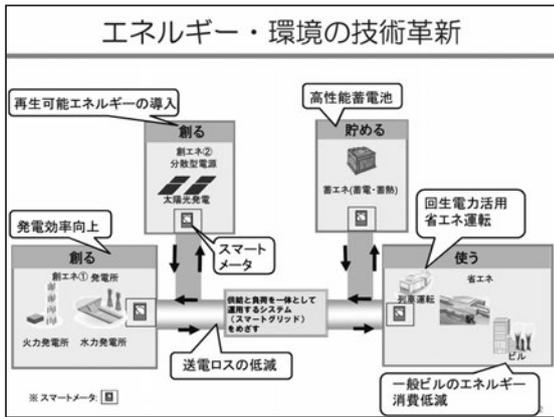


(尾高) それでは、真保所長、お願いします。

(真保) JR東日本環境技術研究所所長の真保です。研究開発センターの中には6つの組織がありまして、環境技術研究所はその6番目の組織として2009年に設立されました。



これは、JR東日本のエネルギー環境の技術革新戦略を1枚のスライドでまとめたものです。左側に創る技術を書いております、自営発電所の発電効率向上、それから、分散型電源としては太陽光などの再生可能エネルギーの導入が課題です。右側に使う方がありまして、列車運転や駅の省エネになります。当社は、その創る方と使う方、負荷と供給両方持っているのです、これをつないで供給と負荷を一体として運用するシステム「鉄道版スマートグリッド」という理念を掲げております。これを実現するためには、ためる技術やスマートメーターというような技術も必要になると考えています。



省エネの中でもウェイトの高い列車運転の消費エネルギーをどうするかということですが、1960年代の103系から最新のE231系まで通勤電車の消費電力量を山手線で比べますと、半分以下というところまで落ちて来ております。

	消費電力量	最高速度
103系(1963) 抵抗制御 発電ブレーキ	100	100km/h
205系(1985) 界磁添加励磁制御 回生ブレーキ	66	110km/h
E231系(1999) VVVF制御 回生ブレーキ	47	120km/h

東北新幹線における消費エネルギーの進化ですが、1982年の200系で時速240キロが最高速度でしたが、E5系は320キロまで速度向上しましたが、消費エネルギーについては3割ぐらい減っているという状況です。

	消費電力量	最高速度
200系(1982) 編成(12M) サイリスタ連続位相制御 チョップパルス連続制御 発電ブレーキ	100	240km/h
E2系(1997) 編成(8M2T) VVVF制御 回生ブレーキ	69	275km/h
E5系(2009) 編成(8M2T) VVVF制御 回生ブレーキ	67	320km/h

列車運転エネルギーは、主に車体の軽量化と、抵抗制御からVVVF制御というような主回路システムの進化により、減らしてきました。これをさらに減らしていくには、車両、地上の変電システム、それから走り方という、それぞれ総合的な革新が必要だろうということが考えられるので、このような開発マップを作っています。

現在のところは、新しい主回路システムを作って試運転する、変電所にこのように蓄電池を置いて回生エネルギーがより有効的に活用できないか試験をする、あるいは、山手線の運転エネルギーを測定して分析するというような取り組みを行っております。最終的にはこれらを全て合わせて、インテリジェントな省エネ運転、スマート省エネ運転を実現したいと考えています。



列車運転と並ぶもう一つの柱が建物系の省エネであります。ハードとしては、駅の中でも特に負荷の大きい地下駅空調の負荷低減の研究に取り組んでおります。



真保 光男
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 所長

それから、省エネの場合、このようなハードだけでなく、どうやってその省エネのマネジメントを構築するかということが大変重要な課題であり、「見える化」をすることによって、省エネマネジメントを支援するような開発も合わせて進めています。

建物系省エネの開発テーマ

<省エネシステム>

- ・ 地下駅空調の負荷低減の研究
- ・ 一般ビルのエネルギー消費低減の研究(ZEB)

<省エネマネジメント>

- ・ 総合車両センターエネルギー消費の「見える化」と評価
- ・ 省エネマネジメントモデル(支社・駅)の研究

(尾高) さて、前半のテーマは省エネルギーということを考えています。大変良い話ですから、反対する人は誰もいないわけですが、なかなか進んでいかないという台所事情もあると思います。どうしてもコスト効果が良くないとか、まだ技術が成熟していない、あるいは、一部分の技術だけで全体のシステム化が遅れているということなどが指摘されています。今日は、そこを乗り越えていくための技術や課題、技術革新の方向性等について、議論してみたいと思います。

それでは、各パネリストの方から、それぞれの持ち場で省エネルギーに向けて、一番努力している点、あるいは苦労されている点について、お話していただければありがたいと思います。それでは、JR東日本の高橋部長からお願いします。

(高橋) 環境経営を推進するにあたりまして、駅におけるエネルギーマネジメントの取組みについてお話いたします。

当社が「エコステ」と呼ぶ駅にさまざまな環境保全技術を取り入れる取組みをご紹介します。

まず、エコステとは、省エネルギー、再生可能エネルギーなどさまざまな環境保全技術を駅に導入する取組みということで、現在のところ中央線四ツ谷駅、岩手県の東北本線平泉駅、そして、千葉県の京葉線海浜幕張駅の3駅にすでに導入しています。

まず、エコステの4つの柱を具体的に申し上げますと、一歩進んだ省エネルギー化の推進ということで「省エネ」、それから再生可能エネルギーの積極的な導入ということで「創エネ」です。そして、お客さまがエコを実感できる施設の整備ということで、「エコ実感」というように呼んでいます。最後に、人と環境の調和により、活気を創出していくということで「環境調和」ということです。

「エコステ」モデル駅 ～ エキは、エコへ。

「エコステ」とは
省エネルギー、再生可能エネルギーなど、さまざまな環境保全技術を駅に導入する取組み。

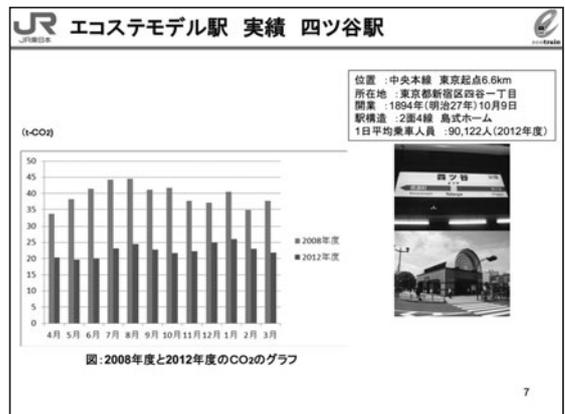


エコステ 4つの柱

- 一歩進んだ省エネルギー化の推進
【省エネ】
- 再生可能エネルギーの積極的な導入【創エネ】
- お客さまが「エコ」を実感できる施設の整備【エコ実感】
- 人と環境の調和により活気を創出
【環境調和】

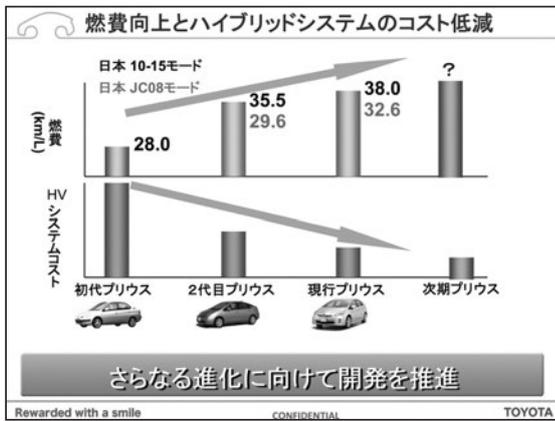
具体的に四ツ谷駅の例でお話します。四ツ谷駅は、2012年3月14日に使用を開始したところです。さまざまな環境保全技術の導入で、駅全体としての排出量を2008年度比で4割削減することを目標としています。最終的に、2012年度の実績は、電気のCO₂排出係数の影響を除外すると43%削減ということで、目標の40%を上回ることができました。

ただ、現実には、私どもの自営電力である水力発電の方は積雪量などに左右されますので、実際の削減量は35%になっておりますが、その影響を除けば43%ということで、目標達成できたということです。

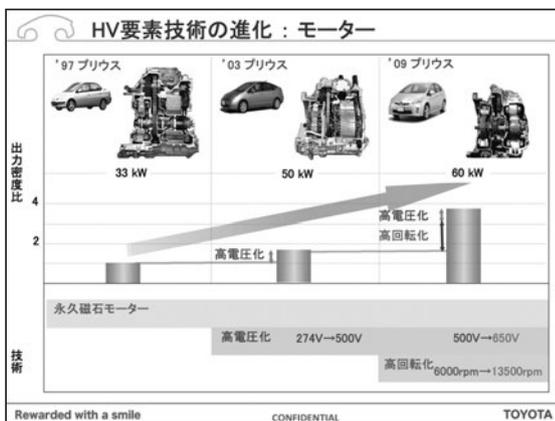


次に、千葉県の海浜幕張駅の場合ですが、これは2カ月前の9月13日に使用開始したばかりです。海浜幕張駅の周辺は、研究地区もあり、幕張ベイタウンや、幕張メッセ、マリンスタジアムといったような、いろいろな人が集まる所があります。いろいろな要素がある駅だろうということで、環境保全技術を導入する駅にふさわしいと判断して入れたところです。

ところが、燃費だけが良ければいいかというと、そうでもなく、同時に、利益を上げないといけません。ただし、お客さまに安く提供しないと買っていただけませんので、コストダウンにも非常に多くの力を注いでおります。初代のプリウスというのはかなりコストが掛かっていました。それに対して2代目は、約半分ぐらゐのコストで成立することができましたし、現在、販売しているプリウスについても、コストダウンしています。そして、現在、次期プリウスは、さらにコストを下げるとともに、燃費も上げるといふ、二律背反のことを同時に行い、お客さまにお買い上げいただくという努力をしております。

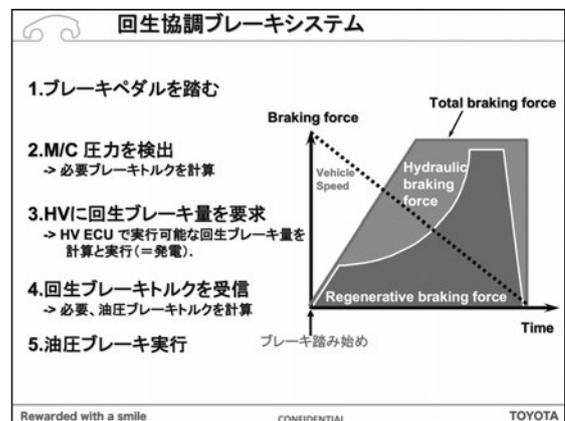


初代のプリウスのモーターを基準として、2代目のプリウスで行ったことは、電圧が288ボルトだったものを、500ボルトに上げました。さらに、今のプリウスは、中にリダクションギアというのを設けて、モーター回転数が6000だったものを1万3500ということで、さらに高回転化し、電圧も高電圧にすることで、出力密度で約4倍になりました。結果的にコストも下がりますし、性能にも振ることができます。また、モーターだけではなく、インバーターや電池などに対して、いろいろな技術を織り込み、性能向上、燃費改善、ならびにコスト低減について進めてきました。



それからもう一つ、電車でも非常によく使われている回生協調ブレーキです。これは横軸に時間、縦軸に減速力のグラフです。お客さまはここでブレーキを踏み始めますと、この図に示すようなブレーキ力、減速度を期待しています。モーターは、いつでも、全ての減速度を回生力により得られるわけではありません。お客さまのブレーキの踏み方により異なりますが、通常の車の油圧ブレーキと協調しています。お客さまがブレーキペダルを踏みますと、マスターシリンダーの圧力をブレーキECUが検出します。その情報を基に、どのぐらいの減速度が欲しいのかを計算しまして、ハイブリッドのモーターに対してどれだけ発電してください、それ以外の部分は油圧で減速を任せてくださいというように、ハイブリッドECUとブレーキ制御ECUの間で、相互でやり取りや協調をしながら、最終的に燃費の良い車であると同時に止めるという機能をしっかり担保するという制御をしております。

お客さまは、加速度だけではなく、ブレーキに関しても非常に敏感な判断がありまして、いつものブレーキとちょっと違うようなブレーキフィーリングがあると、「止まらない」とか、「危なかった」となりますので、こういう一人一人のお客さまに対して、しっかりと安全を担保すると同時に、できるだけ回生エネルギーを回収して、実際の燃費を良くするというところに、非常に苦勞しております。

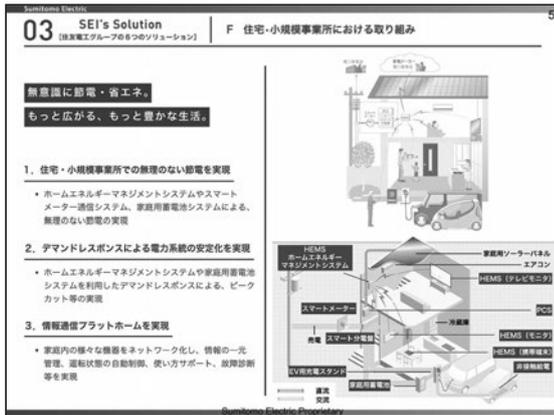


(尾高) それでは、建物系の省エネルギーについて、矢野様の方からご紹介いただきたいと思います。

(矢野) この図に示しますように、私共では現在、住宅や小規模の事業所における節電、省エネに取り組んでおります。一般家庭には様々なエネルギー機器がありますが、一般消費者に継続的な節電を促すにはなるべく手間が掛らないよう、無意識にできればなりません。そしてこの節電行動をうまく誘導喚起することで結果として、電力系統全体の安定化にも寄与する仕組み作りが現在、進められております。

例えば時間帯別の料金設定やビル向け等に始まっているデマンドレスポンス等はその例です。今後、節電に対する様々

なインセンティブプログラムも出てくると思います。そのような環境の中で、これらエネルギーサービスだけではなく、それ以外の生活に密着した付加価値サービスも同時に提供することで節電プログラムへの加入者を増やし、そして全体の節電量自体も増していく、というような相乗効果を狙ったシナリオの下、様々な研究開発が行われております。



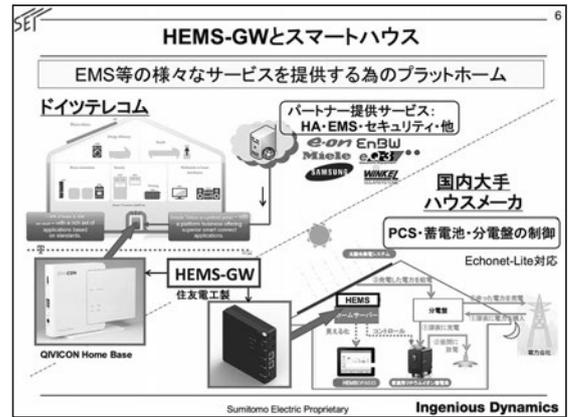
この図は、先ほど申し上げたホームゲートウェイ (HGW) の弊社の一例です。HGWは、先に述べた色々なアプリケーション、例えばHEMSアプリケーションや見守り、ヘルスケア等がありますが、これらをスマホのようにダウンロードすることで実行できる仕組みであるOSGというソフトウェアプラットフォームが入っております。

この図の左上は、ドイツテレコムでの使用例ですが、弊社の製品をご採用いただいております。

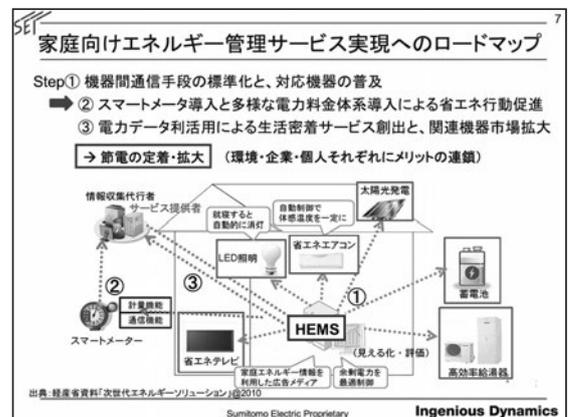
QIVICON (キビコン) というサービスネームで提供されています。ドイツテレコムは、プラットフォームサービスの提供に特化しており、その上で彼らのパートナーである、電力事業者や、高級白物家電会社などが提供する独自のアプリケーション、ホームオートメーションであったり、エナジー管理サービスであったり、セキュリティであったり、ヘルスケアであったりするわけですが、消費者はこれらアプリケーションを必要の都度ダウンロードして実行し、ドイツテレコムはそのサービスへの課金管理を含め、プラットフォーム全体の維持管理を提供する、という新しいサービスモデルがドイツでは始っております。

右下は、国内の某ハウスメーカーの例です。こちらはエネルギー管理に特化されていますが、ここに示すようにパワーコンディショナー、蓄電池等々のエネルギー機器の制御をエコーネットライトを使って、太陽光発電の自己消費から売電、蓄電の制御と管理をHGWから行っています。

このような家庭向けのエネルギー管理をもっと広げるために、国を挙げて今取り組んでいるわけですが、大きく分けてステップが3段階あり、現在1段階目が終わりつつあって、2段階目に入ろうとしているところです。



第1段階目は、機器間の通信手段の標準化と、対応機器の普及です。これは、後のパートでもご紹介させていただきますが、林先生以下、日本企業の25社と早稲田大学実証PJで取組んでいるところです。これに関してはエコーネットライトと呼ばれる通信プロトコルの標準化が完了し、そして重点8機器間のエコーネットライトによる相互接続性の確認まで完了しています。今後はこれら対応機器が実際に普及してゆく段階に入ります。その上で第2段階目として、来春から10年程度を掛けて、スマートメーターが全国7700万世帯に入り、新しい電力料金体系によって、省エネ行動を喚起促進する基盤が整備されてゆきます。そして第3段階目ですが、ビジネスとして一番悩ましいところなのですが、単純な節電だけではビジネスとしてはなかなか難しいということはほぼ共通認識になっており、これを打破する為には電力データを利活用することによる何らかの付加価値サービスを創出し、それによっても加入者を増やし、このマーケットが拡大していくスパイラルを実現する中で、環境、企業、個人、それぞれにメリットの連鎖を生み出し、そして初めて、節電が定着、拡大すると考えられています。



ということで、技術面の課題として、先程申し上げましたようにまず、通信手段の標準化が挙げられます。これはエコーネットライトという通信規格で、複数の異なる下位の通信技術に対応しております。家の中には例えば、WiFi始め、Bluetooth、ZigBee、これから出てくるWISUNやPLC等、多様な通信メディアがありますので、これらの間でもエコーネットライト通信がシームレスにつながらねばなりません。その為これを検証し、接続性を確立していかないとけません。

二つ目の課題としては、システム面および制度面の課題があります。家の中で機器間の通信が可能になるだけでは仕方がなく、スマートメーターの導入が進まないことには、きめ細かな電力情報の「見える化」ができません。それから、省エネやピークシフトの誘因を生み出すための多様な電力料金が制度的にも導入されなければ、なかなか難しいと思います。

また午前中の話題にもありましたが、需給調整としてのデマンドレスポンス（DR）リソース自身の信頼度の確保が必要になってきます。それから、ここが最も大事ですが、ビジネス面の課題として、費用対効果という意味で単純な節電だけでは難しく、如何に付加価値を作るか、企業間の競争と協力つまり、コオペティションと社会的イノベーションが必要です。

SET **家庭向け省エネ機器・サービス市場の課題**

- 技術面の課題
 - ✓ 通信手段の標準化：多種多様な機器間の相互接続性
 - ✓ 対応機器の普及
- システム及び制度面の課題
 - ✓ スマートメーター導入ときめ細かな電力管理
 - ✓ 省エネ・ピークシフトへの誘因を生み出す多様な電力料金
 - ✓ 需給調整としてのDR（デマンドレスポンス）・信頼度の確保
- ビジネス面の課題
 - 費用対効果。。。+α
 - 電力データ利活用と、生活密着サービスの創出
 - ✓ プライバシーとデータ2次利用のルール整備
 - ✓ 十分な付加価値を産む為の競争と協力、社会的イノベーション

Sumitomo Electric Proprietary Ingenious Dynamics

（尾高） 阿部様と矢野様より、産業界の大変ホットな話題を提供していただきました。鉄道における省エネのアプローチを、技術開発の立場から、真保所長、ご報告をお願いします。

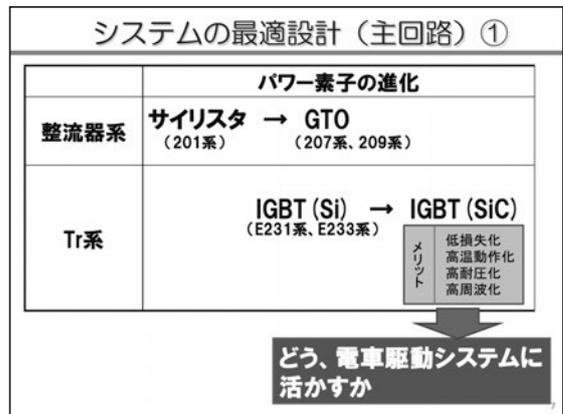
（真保） 鉄道技術者として苦勞をスライドにしました。

鉄道技術者として苦勞していること

- システムの最適設計による省エネ
- システムの最適運転・最適管理

二つありまして、一つはシステムの最適設計としましたが、省エネツールというのはありますが、それを入れることが、鉄道システム全体にとって最適であるかという視点がまず必要です。

もう一つは、エネルギーはシステムを使うことによって、エネルギー消費を生じるわけで、最適運転、最適管理という視点が必要です。

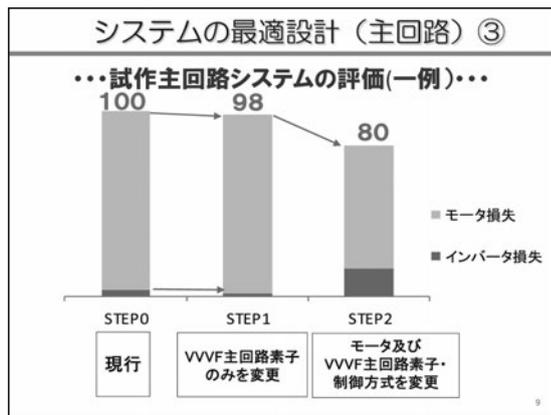


まず、鉄道システム全体の最適化について、その例を説明します。

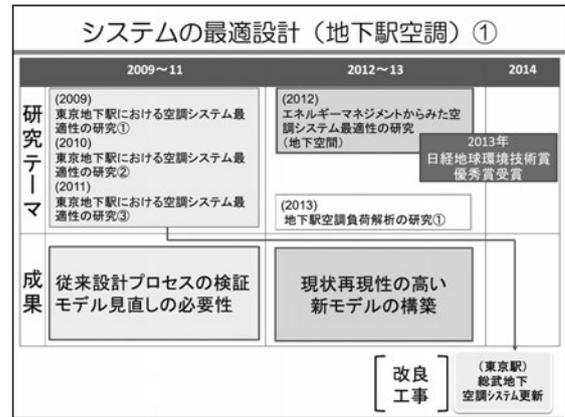
車両のモーターを駆動する主回路システムの進化を書いたものですが、パワー装置がサイリスタ、GTO、IGBTと進化する中で、201系、209系、E233系という形で進化してきました。新しい主回路素子として、従前のシリコンに代わるSiCというシリコンカーバイドの素子が期待されています。この素子のメリットは低損失ということです。しかし、これを使うことで、どのようにすれば電車駆動システムにとって良いかを検討する必要があります。SiCの主回路素子を用いた主回路システムの試作をして試験をしています。最初にインバーターを試作して、その後電動機の方も新設計をして、試験車両に搭載して試験をしました。



これは、エネルギーの損失のグラフですが、VVVFインバータの新しいパワー素子を変えるだけだと、インバータの損失は減っても、全体としてはあまり効果がありませんでした。モーター及び制御をも変え、電車駆動システム全体として最適にまとめたところ、大きなロスの低減効果を確認しました。部品だけでなくシステム全体としての最適化が必要であるということの一例を、ここで示しました。

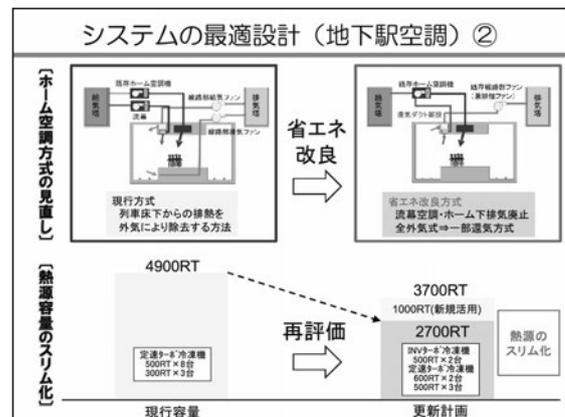


もう一つの例が駅です。負荷を知り、これに合った最適システムを設計するというのが非常に難しい課題です。東京駅や上野駅にある地下駅の空調は、容量が大きくて、消費電力も大きいので、その結果、総武地下の空調負荷の再評価を約3年かけて行いました。徐々に、現行の設備容量が大き過ぎて非効率であり、設計プロセスを見直した方が良いのではないかとことが明らかになりました。そして、2012年からは、新しい負荷評価モデルを開発しました。これについては、2013年11月7日に日本経済新聞社から地球環境大賞を受賞させて頂いております。

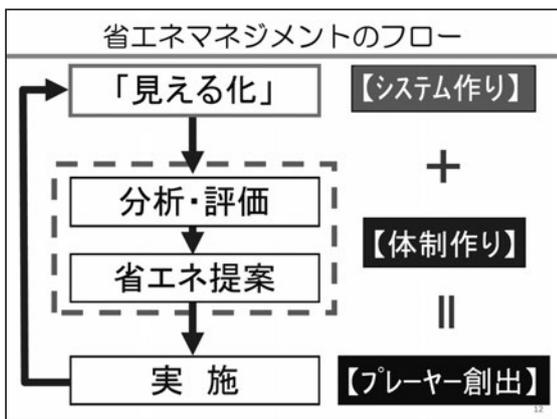


この成果をもとに、2013年10月から、総武地下の空調の省エネのため、改良工事が始まりました。その工事について、説明をいたします。

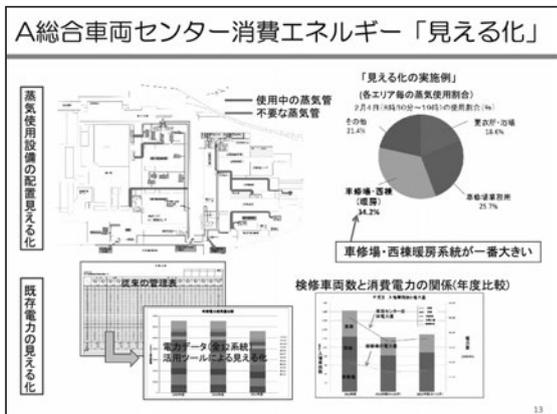
工事の概要は、ホーム空調の省エネ改良をすることと、これに合わせて負荷を再評価して、熱源をスリム化することです。スリム化だけでなく、余った能力を若干他の部分にも使ってみるという、その可能性が開けましたので、いずれにしても、省エネ改良して評価することが、最適システムに結びつくということであります。



もう一つの最適運転、最適管理を支えているのが、省エネのマネジメントです。フローのように「見える化」することにより、様々な課題、無駄を自ら解決する自律神経を作っていくようなことが必要です。



実際にある大きな現場で、蒸気配管、蒸気使用設備の配置の「見える化」と、電力の「見える化」を行いました。蒸気については、図面整備と合わせて、蒸気流量計を付けたところ、4分の1が実は使用していない配管であるということが分かりまして、ここをきっちりふたをする、あるいは撤去をすることによって、改善が図られます。「見える化」することが、課題や無駄を解決することにつながるということが、明らかになりました。



(尾高) 新しいモーターや主回路システム、システムの最適設計、エネルギーマネジメント、「見える化」、デマンドレスポンスなど、省エネルギーの技術において、それぞれの立場によって、ハードの技術、ソフトの技術が絡み合ったような、テクニカルワードが出てきたと考えます。これまでの話をまとめながら、省エネを実現する上での、攻めどころや今後の課題などを、林先生に要約していただけますでしょうか。

(林) お話を聞いておまして、大きく二つのキーワードに集約できると思います。

一つ目は、「ハードの高効率化による省エネ」という話があったと思います。例えば、先ほどの車両にもありましたけども、ハードにおいて個々のハードをどのように高効率化すればよいかという課題があります。一方で、個々のハードが高効率化されれば、今度、それを前提として、最新の情報技術等を用いて、全体をシステムとして最適にオペレーションする、全体最適を実現することが次の課題になります。これが、二目のキーワード、「スマート化による省エネ」というようになるのではないかと思います。

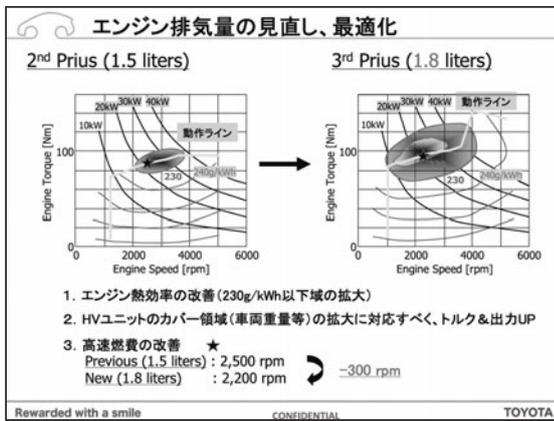
(尾高) 林先生から、「ハードの効率化による省エネ」、「スマート化による省エネ」という二つのキーワードを頂きました。このキーワードを基に、もう少し議論を深めてまいりたいと思います。それでは、阿部様、ハイブリッド自動車の効率化技術について、もう少しお話しいただけますでしょうか。

(阿部) ハイブリッド自動車のモーターの高効率化について、一つの事例を紹介いたします。

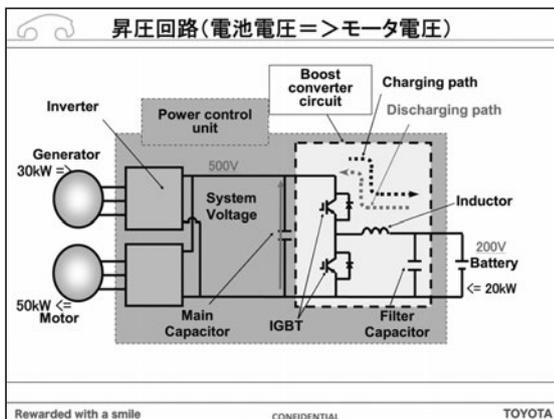
左側がプリウスのモーターです。この銅線は、断面は円形です。円の銅線をクルクルと巻いて、それぞれコイルを作っておりますが、右のアクアは、円ではなくて平角です。平角の銅線を組み合わせまして、コイルを構成しております。そうすることによって、モーターそのものの効率も上がりますし、結果としてサイズも小さくできます。こういったものづくりも進化をしておまして、アクアは、プリウスに比べて一歩進歩したモーターで高効率を図っています。



次はエンジンです。左は2代目のプリウス、右は現在のプリウスです。この色がついている所が、効率の良い運転点になります。これは、数字が小さいほど、同じ出力を出すのに少ない燃料で済むことを表しています。エンジンの効率化を図ることによって、燃費が良くなっていると同時に、排気量大きいもの（1.8リッター）ですから、プリウスだけではなく、より車の重いもの、例えばプリウスアルファですとか、そのような重い車にも展開できるということで、これらハードの高効率化というのは、車両の展開にとってとても、非常に重要なものになります。



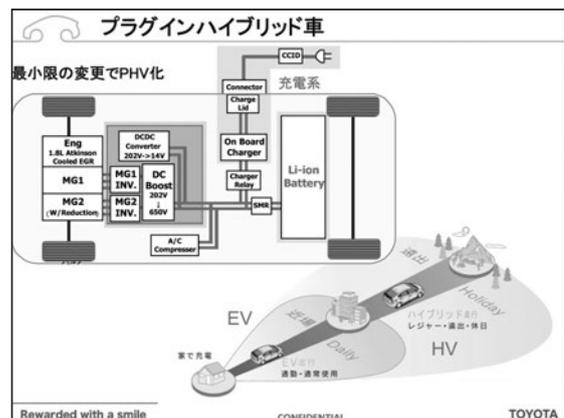
次に、昇圧回路です。ハイブリッド自動車にとって、電池をいかに小さくするかが大きな課題です。初代は300ボルト近かったため、たくさんの電池を積んでいましたが、2代目は200ボルトでした。つまり、約2割〜3割、電池の数を減らしております。ただし、性能としては、高電圧の方がモーターとしても性能が出ますので、その間に、昇圧回路というのを入れて、ソフトでうまく制御することにより、性能と燃費を両立させています。



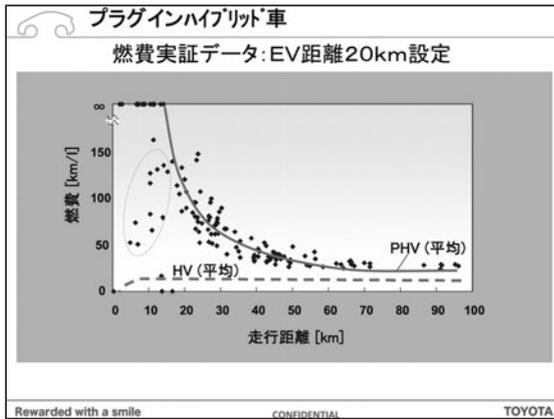
これは横軸に時間、縦軸を電圧としたグラフです。アクセルを踏んで、性能が欲しいときには500ボルトで、アクセルを踏んでない（モーターを、働かせる必要がない）ときは200ボルトというように、その時々に必要な電圧を制御して実現するというので、性能と効率の両立を図っています。



さらに、燃費の良くなる車ということで、現在トヨタだけでなくいろいろな自動車会社がプラグインハイブリッドを提案しております。このコンセプトですけれども、近頃は、EVでエンジンを使わないで、ただし、遠くなった場合は電池の制約がありEVだけでは難しい状況なので、ハイブリッド制御を行う。これを実現させるのに、従来のハイブリッドに充電系と、比較的（容量の）大きな電池を載せることによって実現できます。



実証実験の結果ですけれども、20キロしかEV距離がない車があります。そのような車ですと、近距離では当然のことながら、燃費は良いです。さらに走行距離の長い箇所でも、電池をたくさん載せていますので、回生でエネルギーが返ってくるため、従前のハイブリッドより燃費が良くなります。このような、新しいコンセプトを提案することにより、さらに燃費を良くするという提案をしています。



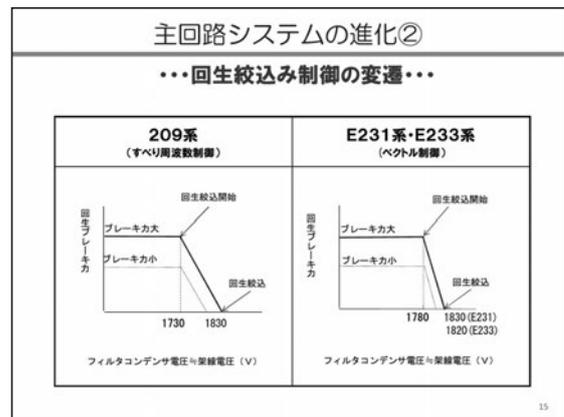
(尾高) プリウス開発の第一人者から、技術的に大変高度なお話をいただきました。さて、環境技術研究所の真保所長、鉄道車両におけるさらなる高効率化に向けた取組みについて、紹介してください。

(真保) ハードの高効率化に向けて、電車の主回路システムの進化について説明をします。

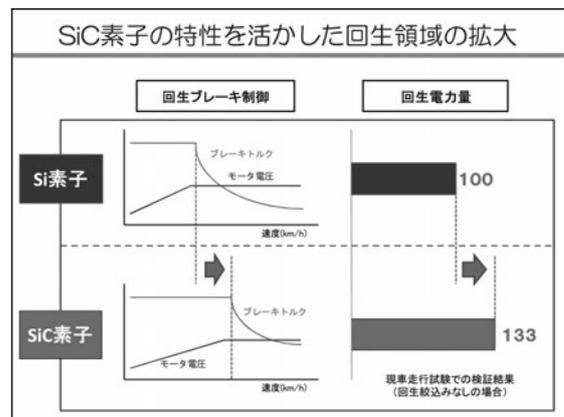
一口に、VVVFと言いますが、209系、E231系、E233系のインバーター回路を比較しますと、このように大きく変化しています。素子の能力が向上したことによって、周辺回路がシンプルになって、それら周辺の部品で消費していた電力もなくなり、高効率になっています。出力に3本線が出ていますが、ここに、3相誘導メーターがつながります。このように、ロスが主回路からも減ったのですが、制御の方も、非常に賢くなりました。

主回路システムの進化①			
・・・VVVF主回路システムの変遷・・・			
	209系 ^{SC41} 1992年	E231系 ^{SC60} 1999年	E233系 ^{SC90} 2006年
主回路方式	3相電圧形3レベルPWMインバータ	3相電圧形3レベルPWMインバータ	3相電圧形2レベルPWMインバータ
素子	GTO 2300V 3000A ダイオード 2500V 500A クランプダイオード 2500V 500A×2素子 過電圧抑制サイリスタ 2400V 601A	PM IGBT-ダイオード 2000V 600A クランプダイオード 2000V 400A 過電圧抑制サイリスタ 2400V 601A	IGBT 2300V 1200A 過電圧抑制シジラ 3300V 400A IGBT

これは、回生ブレーキ時の、電圧の制御のパターンを示したものです。回生エネルギーを吸収してくれる列車がないときは、架線電圧が上がってしましますが、1800ボルト以上にはあげてはいけないというルールがあり、そのため、回生ブレーキを絞り込みますが、昔は、マイコンの性能が低いとか、主回路の反応も遅いということで、早めに回生を絞る必要がありました。最近ではマイコンも高性能となり、制御の応答が速いことから、直前まで回生能力を生かすことができるため、省エネ性能が向上しました。



さらにこれを高効率にするということ、先ほどのSiC素子がさらに活かさないかということを考えました。ロスを減らす紹介をしましたが、今度は回生ブレーキの制御を工夫して、回生領域量をさらに拡大して効率を上げられないかということです。制御を上手に工夫すると、速度の高い領域で回生能力が向上し、回生電力量が約3分の1増すというような試験結果もでました。



実際の線区や区間でこれを本当に使えるかどうかという話もありますが、高効率に向けた可能性が一つ見えてきたということで、ご紹介いたしました。

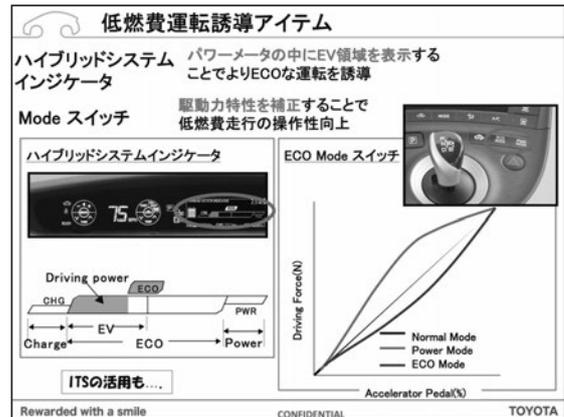
(尾高) 自動車と鉄道、双方から「ハードの高効率化による省エネ」のお話を頂きました。自動車と鉄道で条件が違うので、アプローチの仕方はかなり違っていると思いますが、自動車と鉄道車両、ずいぶん似てきたという印象を持ちました。

これから、「スマート化による省エネ」の議論を進めていきたいと思います。先ほどお話いただいた阿部様、昨今話題になっております、自動車の省エネ運転、ドライバーと自動車による、相互コミュニケーションによる省エネ運転、あるいは、これもホットな話題ですが、ITSを活用した省エネ運転というものも含めて、お話しいただけますでしょうか。

(阿部) 一度ハイブリッドに乗ると、どのような運転をしたら燃費が良くなるのかというのが、多くのお客さまの気になるところでして、このような情報をユーザーインターフェースとして、お客さまに提供できれば、さらに、車としての燃費が良くなるだろうということです。一つの事例として、低燃費運転誘導アイテムを、今のハイブリッドに載せておりますので、そのコンセプトについて説明をしたいと思います。

プリウスにお乗りいただいて、いろいろな画面があると思いますが、その画面の一つに、ハイブリッドシステムインジケータというのがあります。これは、色がついている所で、いつも使っていただくと、燃費が良くなるような仕組みになっています。例えば、パワーを必要とするときに色がついている所から外れて運転してしまうのは仕方ないことですが、できるだけこの色がついている領域内を走っていただくと、燃費が良くなるという仕掛けになっております。

それから、図の右側ですが、シフトレバーの右の方に、エコモードとパワーモードのスイッチがあります。これは、なかなかこの色がついている所にコントロールするのが難しいというお客さまが、このエコモードスイッチを押しますと、アクセルに対して、駆動力の出方が少しなだらかになる。要は、この色がついている所に入りやすいような仕組みとなっております。逆に、もう少し走りたいというお客さまは、パワーモードにすれば、少しアクセルを踏んだだけでも、車が元気に動くということで、お客さまの使い方によって、燃費を良くした走り方や、元気に走りたい走り方が選択できます。ユーザーインターフェースという面で見ると、こういうものも非常に役に立つと思います。



今、お話ししたのは、その瞬間で燃費を良くしたいとか、走りを良くしたいということなのですが、ここで少し、ITSの活用について説明します。社会には、いろいろな情報があります。例えば、ナビの情報で、もし3次元の情報も活用できたらということをも前提として考えます。ここから少し山を越えて、丘の向こうへ行くというような場面で、ナビを設定するとします。そうすると、電池の量には、限りがありますので、そのような情報がないと、最初のうちに、電池にたまった電気を使ってしまい、後で、普通のハイブリッドになってしまいます。ナビの情報で、途中で山があるということが分かれば、山を越えた後、山を下る際に回生エネルギーが返ってくるわけですので、山を越える前に、できるだけ電池を使って、山を下るときには多く回生するということが可能です。そういったトータルなエネルギーマネジメントをすると、瞬間のエネルギーマネジメント以上に、車の燃費は良くなります。今世の中にいろいろな情報があります。ITSの情報がありますので、そういったような情報をもらいながら、さらに、プラグインという新しいコンセプトの車を使いながら、将来としてはもっとも燃費の良いハイブリッド、あるいは、プラグインの車が提供できるのではないかなというように思っております。

(尾高) 住友電工の矢野様、建物系の省エネルギーにおいては、スマート化による省エネというのが大きな役割を果たすと思います。これを支える技術のポイントや問題点、あるいはそのようなものを含めた具体例など、今後の可能性についてお話しいただきたいと思います。

(矢野) 「スマート化による省エネ」には、まず、無駄を省くことによる効率化と、スマート化つまり賢く使うことによる効率化という方法があります。もう一つ、需要パターンを系全体として平準化することによる効率化という方法もあります。ここで言う系全体とはどこまでを視野に入れるかによって、大きく変わります。

まず、無駄を省くためには、当然ですけれども無駄を検知しなければならず、電力の「見える化」が必要になります。これはどこまでやってもきりが無いのですが、どこまで「見える化」するのかをまず見極め、段階的に実行することが必要です。

二つ目としては、平準化ですけれども、先ほどより、出てきておりますように、EMS、エネルギー管理システム、これは、HGWのような箱であってもクラウド上のサービスであっても、分散型であっても、その形態を問わないわけですが、インテリジェンスが必要です。そのEMSも、私共がやっておりますような、家庭内でしたらHEMS、ビルでしたらBEMS、マンションでしたらMEMS、工場でしたらFEMS、コミュニティレベルでしたらCEMSとなります。どの様に平準化するのかといいますと、これは極めて月並みですが、時間をずらして使うことに尽きます。一軒当たりの最大契約電力は決まっておりますので、時間をずらして使う、使わずに我慢する。あるいは、他の方の余剰の枠を融通してもらう。および、逆に余っている、自分が使わなくていいときは、ピークに対して余裕があるときは、その枠を融通してあげる。それを、広域でマネジメントする仕組みが必要です。それから、使わないときに貯めておいて、不足時に補うように使うということです。スマート化による省エネの方法としては、この三つしかないわけです。

9

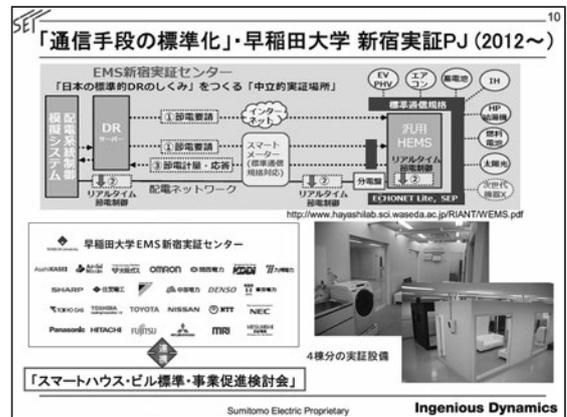
■スマート化による省エネ
無駄を省く(=効率化)
需要パターンを平準化する(系全体として)

✓ 無駄を検知する為の「見える化」
✓ 平準化する為のインテリジェンス、xEMS

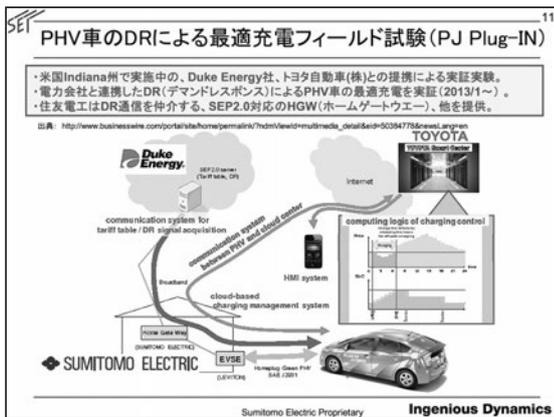
①時間をずらして使う
②他所の余剰を融通して貰う、融通する
③使わない時に貯めておき、不足時に使う
(xEMS: HEMS, BEMS, FEMS, CEMS)

Sumitomo Electric Proprietary **Ingenious Dynamics**

「見える化」に関して、若干重複しますが補足させていただきますと、前半のパートで紹介しましたように、まず、多様な機器の間をつないで、通信が通るようにしないといけないわけです。エコネットライトと一口に言っても、通信メディアが違ったりするわけです。下位の通信レイヤーには非常に細かい通信のパラメーターがあります。これら一つ一つ、メーカー間の癖というものをお互いに確認して調整しながら、ようやく相互に通信が通るようになってきました。これが早稲田大学の環境を使って、25社が集まって行っている成果の一つです。もう一つの仕組みといたしましては、デマンドレスポンスサーバーを用いた電力削減による融通の仕組みの実験も行っております。また、アメリカの通信規格であるSEP2.0を用いた相互接続実験も行っております。



この図は、トヨタとの提携による実証実験の例です。アメリカ・インディアナ州において、プラグインハイブリッド車のデマンドレスポンスによる最適充電の実験、これは「プロジェクトプラグイン」と呼ばれていますが、弊社も参加しております。これは、アメリカの最大の電力事業者であるデュークエナジーに、宅内エネルギー機器通信の標準規格であるSEP2.0、スマートエネルギープロフィール2.0に対応するサーバーを置いて、当社の機器、ホームゲートウェイがSEP2.0の通信を仲介します。その中で送られてくるシグナルとしては、時間によって変わる電力料金表であるタリフテーブルや、需要を抑制するデマンドレスポンスのシグナルが送られてきます。それをブリューの方に中継して、どのような充電を行うかをユーザーが判断するわけです。例えば電池残量 (SoC) がまだ十分ある場合は、電気料金の安いときに充電しようと思うでしょうし、夜間充電に自動的に遷移する。しかし、すぐ外出しなくてはならなくて、ちょっと電池残量が心配だというようなときには、高い料金の時間帯ですぐに充電を開始するでしょう。このような、料金感応型最適充電の実証実験をしております。

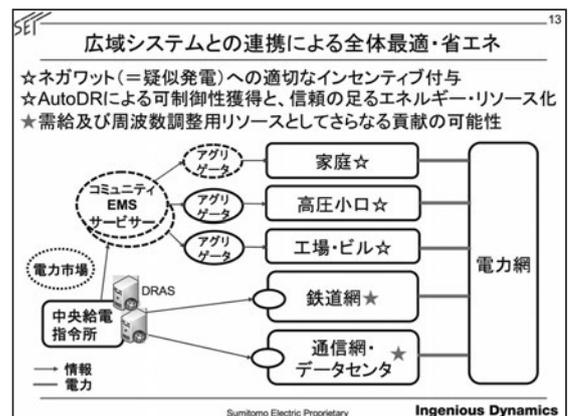


この図は、私共の横浜製作所でのFEMSの例ですけれども、先程ご紹介した1メガワットのレドックスフロー蓄電池と、それから、集光型の太陽電池 (CPV) とを組み合わせています。この他にはコジェネもありまして、2011年の震災以降、夏の需要期までの間に、急ピッチでこの辺りを増強いたしました。この工場の場合、最大受電電力が10メガワットです。そのうち、コジェネが約3.5メガで、蓄電池が1メガです。ピーク電力に対してこれらの総計は約50%に相当します。震災以降、需要削減要請を受けた際には、最大で20%を超えるピーク電力の削減に寄与しております。その際に、工場内の様々な設備の稼働計画とか、太陽電池も入ってきますので、翌日の発電能力の予測をしながら、工場全体の翌日の電力設備に関する運転計画を立て、これらを最適運転するというようなEMSシステムの開発も弊社でやっております。なおこちらは、横浜スマートシティ (YSCP) のCEMSからのデマンドレスポンス信号を受けてピーク削減を行う実証実験にも参加しております。



このように、省エネを進めるためには広域システムとの連携による全体最適・省エネという観点が重要です。そのもの自身の省エネ、節電というのは当然進めていかねばならないですが、ICTの立場からすれば、無駄を見つけ、そしてさらに視野を広げて他システムと連携・融通し合いながら、系全体として削減に寄与していくことで、電力システムの安定化に寄与していく。このことは社会的にも非常に重要で、チャレンジングなところ です。

それには、ここに星を三つほど描かせていただいています通り、これから始まるインセンティブの適切な付与によるメガワットの制度化、そして、削減できることに信頼性がないと万一の時に使えませんので、オートDRによる可制御性の獲得、つまり、エネルギーリソースとして活用できるようにすること。そしてこれらを通じ、需給調整力としての更なる電力系統安定化への貢献ということが、ICTの寄与できる部分として重要であると考えています。



(尾高) 今の矢野様のお話の中でも、早稲田大学の新宿実証センターのお話がまた出てまいりました。林先生、最近のトピックスで結構ですので、何か目新しいものがありましたら教えていただければと思います。

(林) はい。そうですね、HEMSといいますが、なかなか皆さん、イメージが湧きづらいと思っていて、実は早稲田大学で次世代のHEMSということで、「見える化」だけではなく、なるべく自動化にしていこうという技術実証というのも行っております。電気の使用量が30分ごとにこのように見えるようになり、一方で電気料金のメニューも、いろいろな料金メニューがこれから出てくるわけです。このような場合に、家では、標準の通信環境が整うと、いろいろな機器がつながるようになったときに、どうやって、どの機器をいつ動かせばよいかを考えなくてはいけなくなります。

最初は、「見える化」で電気料金が高いから手で動かせばいいとかやっていますが、これは非常に煩雑で不便であり、特に高齢者の方、主婦の方には非常に不評です。そのような中、余分な電気の使用を自動で避けたい、強制的に節電ニーズで行われるのを嫌うということがあり、HEMSの自動応答で、無理のない自動の省エネを可能としたいというニーズが非常に高まっております。

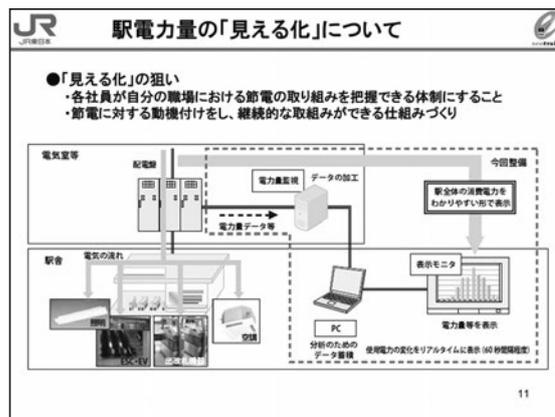
スマートメーターというのは、契約アンペアを遠隔通信で変更する機能を有しており、外から電力使用可能量を減らすことができます。災害等による電気使用制限などで、いつもの半分しか電気が使えないという状況があった場合、これまではどの家電をいづれだけ切っただけか分からなかったわけです。しかし、あらかじめどの機器がどれくらい使うかということが分かっているならば、自動でこれも制御できます。なお、冷蔵庫とか、クッキングヒーターとかそういうものは優先的に使うようにしてあります。

また、電気料金ですが、時間帯別料金で、電気料金が高くなったときに、電気自動車を充電していると、すごく高くなってしまいます。そのような場合も、自動でHEMSが、電気自動車の充電を電気料金が高いときにしないことで、自動で一番安いコストの充電ができます。このような実証実験を、実際いろいろなメーカーと一緒にやっております。

(尾高) 鉄道の取組みというのは、まだまだスマートといえるわけではないと思いますが、JR東日本でも、駅等のエネルギー消費の「見える化」というものを進めております。そこで、高橋部長、ぜひJR東日本における「見える化」のアプローチというものについてご紹介ください。

(高橋) 私どもの場合、駅で使っているものに、電力量計が全部付いているわけではありません。そのため、非常に見えにくくなっておりますので、まず、狙いとしては、駅社員が、自分の職場における節電の取組みを把握できる体制を作ること、それから、節電に対する動機付けを行って、継続的な取組みができる仕組みを作るということで、特に意識して行っています。

そこで「見える化」ということで、電力量計を今導入しております。10月末までで119駅の施工が終わっております。来年の3月までで、残り51駅、合わせて170駅の施工が完了する予定です。効果や実績ですが、先行して始めました市ヶ谷駅の例を挙げると、2011年8月から12月の平均で28%削減されました。ただ、これは震災直後ということもあって、全体も相当節電しておりまして、市ヶ谷駅以外の実績が19%削減というデータがありますので、差し引き9%ぐらいがこの市ヶ谷駅における「見える化」の成果であると考えています。

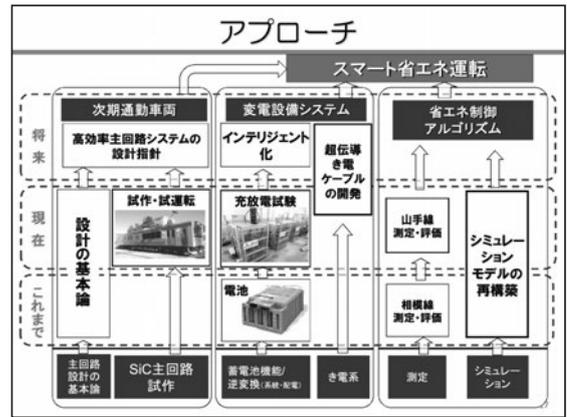


それから、もう一つの例として、目白駅ですが、これはもっと単純です。下の写真のように、改札事務室内に電力量のモニター計を置き、それからグラフをいろいろ作り駅社員に周知していこうということです。ある意味、省エネの機械を入れたとか、LEDに変えたとか、そういうことではないのですが、こうした社員に対する、節電を意識してもらうだけで、大体10%ぐらいの節電効果が出てきているということです。こうした取組みが非常に大切だろうと考えております。



現場での「見える化」推進にあたりましては、課題が二つほどあります。駅はお客さま関係の設備もたくさんあります。お客さまに直接関係のある場所ですと、これは利便性、快適性を損なうということになりますので、一律に何%というのは、いき過ぎを防ぐために、あまりやるべきではないだろうということです。そうした意味で、現場での自主性を尊重するとか、試行錯誤のプロセスに対するインセンティブ、その過程そのものに対して、インセンティブを与えていこうと考えているところです。

二つ目は、大きな駅ですと、自分の職場がどれくらいなのかというのが見えにくいということもあり、もう少し細かく区切った単位での対策が必要であろうというように思います。ただ一方で、個別にメーターを取り付けるとなると、経費的にもかかるものがあるため、トレードオフの関係の中で、どのような形でやるのが最適なのかというところを、現在、試行錯誤しているところです。



列車がもらったエネルギーは、輸送サービスに生かされるエネルギーと、実は生かされないエネルギーというのもあり、これは走行抵抗、機器損失、空気ブレーキに分かれます。このうち、空気ブレーキは、せっかく速度を上げても、空気ブレーキで運動エネルギーをどこかに逃がしてしまうというロスがあります。この三つの比というのが、実は走り方によってかなり変わってしまうので、これを測定分析によって評価をして、システム革新による攻めどころを見極めます。

JR 現場での「見える化」推進にあたって

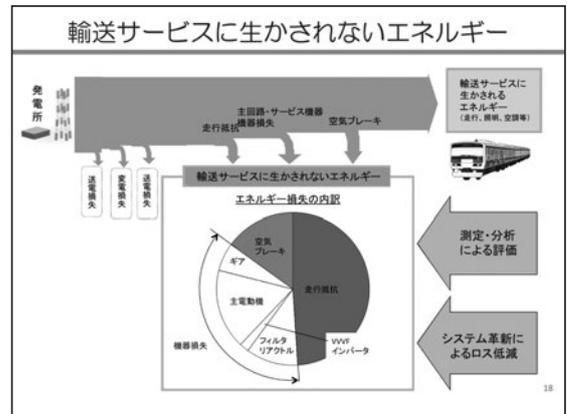
1. 駅という「お客さま設備」における省エネ活動の難しさ
 ... 目標設定について、電力量何%削減とは設定しづらい。
 ⇒ 現場での自主性尊重、試行錯誤のプロセスに対するインセンティブ・表彰制度の導入

2. より細かい範囲での見える化に対応したハード対策
 ⇒ 電力計・メーターの設置を現場の要請に合った形で設置

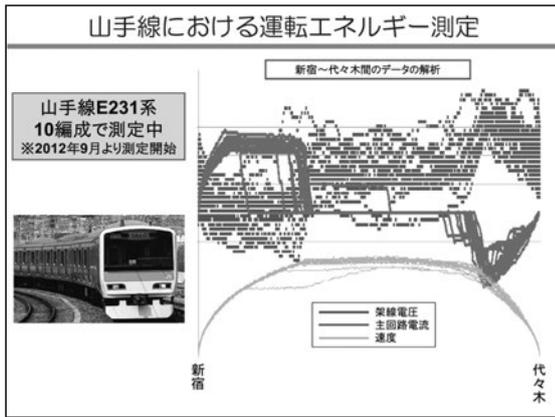
13

(尾高) 駅等のエネルギー消費の「見える化」についてご紹介いただきました。真保所長、先ほど、車両の主回路の高効率化についてお話していただきましたけども、トータルとしての列車運転のスマート化を考えると、今後、われわれがやらなくてはいけないこと、あるいは現時点で分かっていること等について、お話しください。

(真保) スマートな省エネ運転というのが究極の目標でありまして、これに向けて、今、試行錯誤しながら取り組んでいます。これは先ほどお見せした列車運転の省エネの開発マップです。一番右側に走り方が書いており、運転エネルギーの測定、ロスの実態を明らかにして、ロスをマネジメントする、省エネ制御アルゴリズムの開発を行っています。



実際に測って、山手線の10編成でデータを蓄積しております。新宿・代々木間で速度のランカーブとモーター電流データを実際にここに書きました。走りだすと、電流がプラスになって、蛇行は0、減速するときは、電流がマイナスになって、これが回生ブレーキを表します。マイナスになりますと、エネルギーが架線側に流れるので、架線電圧が上がります。上がり過ぎると、回生を絞り込まないといけないので、これを上げ過ぎないというのが、省エネ運転の一つの鍵になります。いろいろな運転パターンがあるのですが、どれが最適かというものを探すことも、アルゴリズムの一つの課題です。

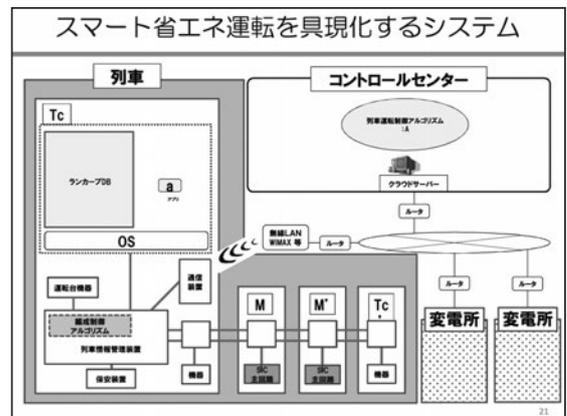


ロスを減らすということについて、機器ロスを減らす、走行抵抗を減らす、回生ブレーキを活用するという三つの攻め口がありますが、これらを車両主回路でやること、列車編成でやること、その列車の運転でやることという、責任分担を決めます。先ほど、SiCの主回路はロスが減って、回生ブレーキも活用できるというような話をしましたが、それ以外の課題についても、責任分担をそれぞれ決めて実行します。1階でできないことは2階で、最後に残ったところは3階なんですけども。3階は、だ行運転を活用する、最高速度を下げる、回生エネルギーを有効活用するのがベストミックスです。だ行運転を活用して最高速度を下げ過ぎると、省エネになって、定時運転が守れないので、このベストミックスをどう探していくかっていうことが、最終的な省エネ制御アルゴリズムの鍵になります。

	ロスを減らすアプローチ		
	機器ロスを減らす	走行抵抗ロスを減らす	回生ブレーキの活用
車両主回路システム	SiCを用いた主回路システム	—	SiCを用いた主回路システム
列車編成	列車編成制御アルゴリズム	—	—
列車運転	だ行運転の活用	最高速度を下げる	回生エネルギーの有効活用
	列車省エネ制御アルゴリズム		

この三つの制御を平面に落としたのが、スマート省エネ運転を具現化するシステムであり、まあ、列車の絵が少し頭でっかちで、運転台を持つ先頭車が大きくなっていますが、コントロールセンターや変電所とコミュニケーションしながらエネルギー管理をしています。車両や列車編成、この省エネ制御アルゴリズムについては、非常に基本的なパターンは自分で持ちながら、列車運転が乱れたときには、変更パターンをコントロールセンターからもらって、変更パターンをランカーブDBから読み出して、変更の運行パターンで走るというようになります。

神経系統としてインテロスという列車情報管理システムを研究開発センターで開発中ですが、これが全体の神経系統、頭脳になります。そして、インテロスは、エネルギーだけでなく、乗務員支援のような、安全面、それから、スマートメンテナンスというような機能を全部載っけるような共通のプラットフォームをめざします。そういう面では、省エネ運転を実現するというのは、いろいろなシステムが全部組み合わせられて、最終形のシステムになりますので、一つ一つ確実にステップを積みながら、具現化していきたいと思えます。



(尾高) ただ今、産業界とJR東日本の省エネの取組みをお聞きしました。私を感じたことですが、鉄道は世の中の最新技術をもっと取り入れながら、技術革新を進めていかなくてはならないという思いを強くいたしました。また、その一方で、鉄道技術における問題意識が、世の中の課題と同じ方向に向いてきたな、ベクトルは同じ方向に向いてきているということも感じた次第であります。林先生、今までの話をまとめていただけますか。

(林) キーワードを二つ申し上げましたが、一つ目の「ハードの高効率化による省エネ」ということについては、先ほど鉄道と自動車の話がありました。それぞれ別の条件と文化を持ちながらも、やはりトータルなシステムで努力するというような、似たような課題に向かっているということが、率直な感想です。

自動車においては、阿部さんの方から、ITSを用いた運行管理というような、とてもホットな話もありまして、ますます鉄道と自動車が近づいてきて、切磋琢磨するような流れになってきているのではないかと思います。こういうような中、お互いの良いものは取り入れていく時代にだんだん入ってきているのではないかと考えております。

一方、「スマート化による省エネ」ですけれども、鉄道の方は、努力されていると思いますが、これからであるという印象を少し受けました。決して駄目というわけではありませんので、ますますお願いしたいということです。ただ、鉄道という業態そのものが、運用と保守を本業としているということです。面的なアプローチ等が非常に得意なネットワーク系ではあるので、将来、一番好ましいモデルだと思っておりますので、提案されることを期待しております。

いずれにしても、ポイントとなるのは、鉄道技術というものの中だけでなくて、先ほど、情報技術とか、自動車技術とかいろいろな技術ありましたが、いろいろな技術と広くアライアンスを組みながら、鉄道技術を進化させていかなければならないと思っております。また、その成果を、ぜひ鉄道から発信するというのが、やはり公共のものであるということもありますので、社会にも非常に寄与することになるのではないかと考えております。

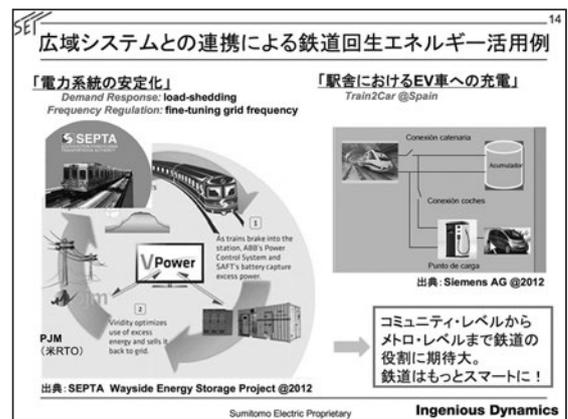
そういう意味でも、今回、省エネ技術におきまして、鉄道技術と産業技術が、今後アライアンスを組んでいくことによって、1+1が2ではなくて、3とか4になるという、相乗効果というものをご期待したいと思っております。

(尾高) 最後に矢野様ならびに阿部様から、JR東日本に対する、あるいは鉄道に対する注文や期待などお話ししていただきたいと思っております。まず、矢野様お願いします。

(矢野) 若干、私なりに調べたことを、今日の主題に沿って述べさせていただきます。

この図はこの場におられる皆様は既にご承知だとは思いますが、左はアメリカのフィラデルフィアの地下鉄です。鉄道の回生エネルギーを使って、実際にデマンドレスポンスや、ファーストDRをやっております。この地域のRTOであるPJMとの間で、実際に4秒単位で制御信号を受信して回生エネルギーを電力系統に対して充放電するという、広域との連携を行っている例です。

右側は、鉄道とEVとの連携の例です。回生エネルギーを駅舎でEVに充電しています。これはスペインの例です。

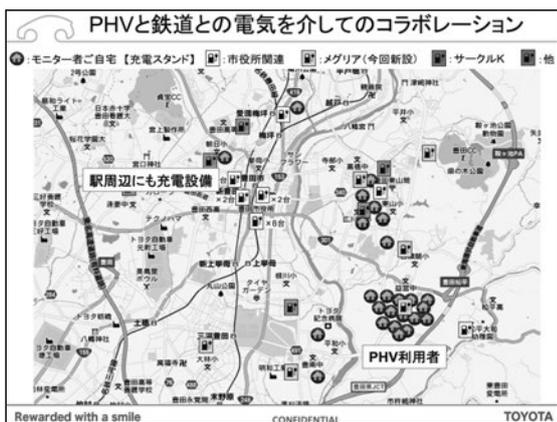


鉄道網自身の省エネ、スマート化ではJRグループの取組みは世界的にも非常に進んでいる訳ですが、電力系統等、鉄道網外と広域連携すれば、鉄道の持つ大きなポテンシャルをさらに公共への貢献という形で発揮できる可能性があるように思います。そういう意味で、ぜひ今後取組んでいただけたらと思います。

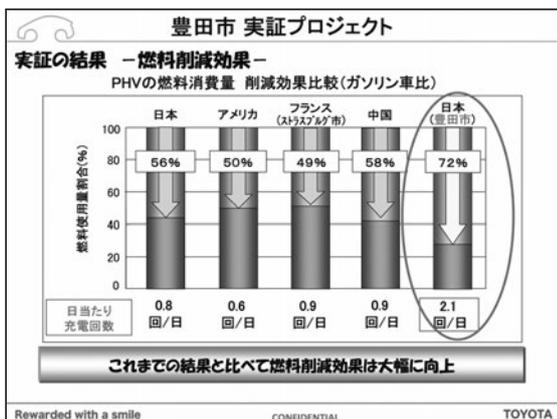
(尾高) それでは、阿部様お願いします。

(阿部) 今日いろいろお話を聞いて、自動車が電気を使うことになり、電気のロスを少なくするということが、技術の方向は非常に近いと思いました。電車は、1000ボルトを越える世界ですが、自動車も600~700ボルトであり、電気ロスを下げることが目標としていることは、電車も自動車も同じであり、特に、先ほど例として挙げられましたSiCについては、自動車業界としても非常に興味を持っていますので、このような技術交流は積極的に進めたいと思っています。

それと、先ほど矢野様が、駅舎でEVの充電をスペインでやられているということをお話されたのですが、トヨタでも、プラグインを使った実証実験を豊田市内でも行っております。家のマークがPHVを使っているお客さまで、ガソリンスタンドマークが駅舎の近くにある充電設備です。お客さまが様々な所で充電可能な駐車場の機会があるのですが、実際は家以外で燃費を良くする機会が少ないです。



これは、1日あたり何回充電したかを表したものです。豊田市以外ほとんどの場合、家にしか充電装置がありませんので、1回以下だということが分かります。でも、豊田市であちこち、例えば駅舎にあると、1日2回以上充電する機会があり、燃費の改善効果が一段と上がります。



ですから、自動車だけではなく、鉄道と一緒に、交通システムとして、省エネに貢献していきたいと思っておりますので、今後とも技術交流を行っていかねばならないなというように考えています。

(尾高) 技術交流、あるいは産業界との連携が、これから重要であることを再度認識いたしました。最後に、JR東日本から、今後の抱負や決意表明をお願いいたします。高橋部長、お願いします。

(高橋) 今、産業界のお二人から、大変貴重なご提言をいただきました。そのような方面もこれから取組んでいかねばいけません、改めて考えるきっかけになりました。

まず、「見える化」についてですが、われわれとして非常に大切だと思っております。やはり、最終的な目的は省エネルギーマネジメントにおけるPDCAサイクル、これをしっかり確立することだろうと考えています。従って、駅員等による節電意識の醸成も含めて、PDCAのサイクルを早く回す仕組みづくり、それから、取組みの結果がすぐに実績として分かって、すぐ次の取組みに生かしていけるというサイクルを、まず早く回したいということです。

冒頭、エネルギーフローマップでご覧いただきましたように、電力量ベースで8割、それから、CO₂の排出ベースで7割が列車運転の電力です。鉄道事業全体として大きな削減効果を狙うためには、人的、ソフト的な対策だけでは自ずと限界があります。

本日、ゲストの方々からも最先端の知見を得ることができましたので、私たち鉄道事業者としましても、こうした大きなエネルギー削減効果、それからピークカット効果を得るために、投資対効果を考えつつも、ICT等によって、使用電力を自動制御できる機構を搭載したハード対策、先ほど来、出ております列車運行のいろいろな省エネシステム等も含めて、一層前向きに取組んでまいりたいというように感じております。

JR 省エネルギーの深度化に向けて(決意表明) 

◎ 駅員等の人による節電意識の醸成も含め、省エネルギーマネジメントにおけるPDCAサイクルを早く回す仕組みづくり。
⇒ 職場での取り組みの結果が「直ぐに」実績で分かり、次の取り組みに「直ぐに」活かしていくというサイクル

◎ 鉄道事業全体で大きなエネルギー削減効果等を得るため、ICT活用等で使用電力を自動制御する機構を搭載したハード対策(駅等事業所の省エネシステム、列車運行の省エネシステム等)の一層の推進。

14

(尾高) 真保所長、お願いします。

(真保) 今日、産業界の先端の話聞いて、大変進んでいるという思いと、自分たちが目指している姿と共通点が多いということを感じました。今後は、この共通点について、いろいろな知恵を借りながら、お力添えをいただき、われわれの技術を進化させていかなければいけないという思いと、鉄道はやはりシステムを設計して、保守して、運用しているわけですから、そういう面では、鉄道だからできること、JR東日本だから発信できることを、追求していきたいということ、決意表明とさせていただきます。

(尾高) 会場の皆さま、本日は長時間にわたりご静聴いただきまして、誠にありがとうございました。パネリストの皆さま、ありがとうございました。では、省エネルギーに関するパネルディスカッションをこれで締めさせていただきます。どうもありがとうございました。



コーディネーター：尾高 達男
東日本旅客鉄道株式会社
執行役員 総合企画本部 技術企画部長 兼
JR東日本研究開発センター所長