

# 鉄道への期待と東芝の技術イノベーション

## Future Expectations for Railways and Toshiba's Technological Innovations

石橋 尚之

■ ISHIBASHI Naoyuki

鉄道は、環境にやさしいエコロジカルな交通手段であるとよく言われる。確かに、鉄の車輪が鉄のレールの上を滑る姿は疑いもなく省エネなものである。一方、地球環境はますます悪化を続けており、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の削減目標が議論されている。東芝ではこれら環境対策はもちろんのこと、装置の小型化、軽量化、省メンテナンス化、低騒音化など様々な課題を技術的に解決するため、高い目標に向かって挑戦し続けている。

最先端技術を研究することは鉄道の未来にとって有意義なことであるが、近未来の技術を実現し製品として市場に投入することもたいへん重要なアクションである。当社は、複合電機メーカーとしての利点を生かしなが、鉄道という複雑な技術の集合体をそれぞれの時代のニーズに沿った形にして、業界を先導していきたいと考えている。

Railways are considered to be one of the most environmentally conscious transportation systems. With the aim of not only reducing carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions but also solving technological issues related to railways, Toshiba is continuously making efforts to achieve innovations in the field of railway transportation systems such as the development of compact and lightweight equipment, realization of low-maintenance systems, reduction of noise, and so on.

The development of new technologies for both today and tomorrow is our main goal. As a worldwide leader in the production of electronics, we are providing solutions that answer the needs of railway transportation systems.

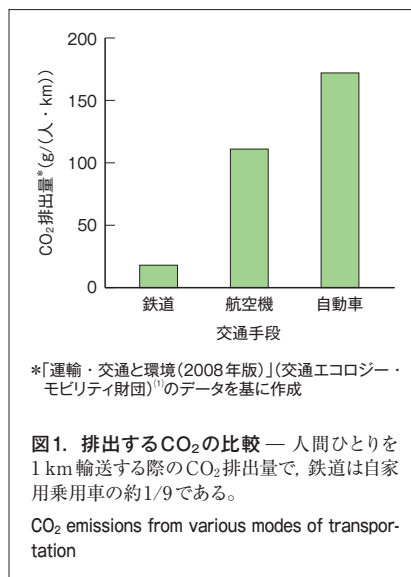
### 鉄道への期待

東京の平均気温はここ100年間で約3℃も上昇し、海面水位に関しても今後100年で約60 cmも上昇すると言われている。言うまでもなくこれらの原因はCO<sub>2</sub>の排出である。環境問題には騒音や電磁波など様々な課題があるが、やはりもっとも重要なのはCO<sub>2</sub>であろう。

鉄道システム技術に携わる東芝も、この問題を避けて事業を継続することはできない。この特集で取り上げている技術は、いずれも環境問題に少なからず関連したものである。鉄道に期待される環境への効果はたいへん大きく、今後地球環境のために鉄道がますます大きな役割を果たしていくものと考えられる。

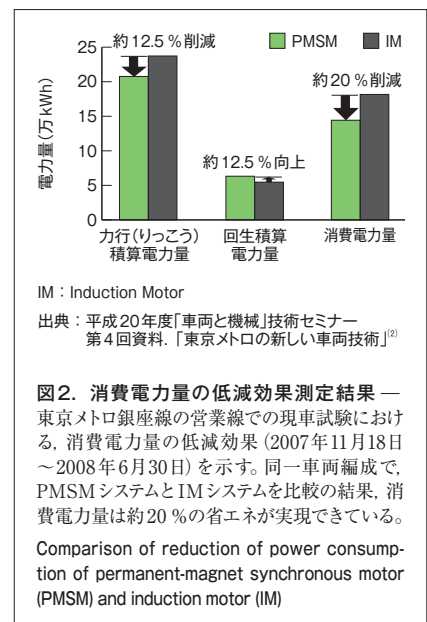
### 省エネシステムの証明

鉄道が省エネな交通手段であることは過去に様々なデータが物語っている。例えば、CO<sub>2</sub>排出量の比較もその一つ



である(図1)。

同じ鉄道システムでも過去から未来に向けてかなりのスピードで進化を続けている。当社が最近営業線に試験投入したPMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor: 永久磁石同期電動機)を使用した鉄道用駆動システムは、従来



の省エネと言われている最新のVVVF (Variable Voltage Variable Frequency) 制御システムを更にしのぐ性能を実現している。詳細は特集の論文に掲載しているが、そのデータの一部を図2及び表1に示す。

表1. 騒音の低減効果測定結果

Comparison of noise reduction test results for PMSM and IM

車両制御 (km/h)	床上1.2 m騒音 (dBA)	
	PMSM	IM
20	70.5	76.0
65	85.0	86.7

このシステムがゴールにはならないと考えているが、今できることをまず実行し、更に改善と進化を続けていくことが当社に課せられた使命と認識している。

### 蓄電池の進化

蓄電池を活用したシステムも重要な環境対策技術の一つである。そのシステムも試行錯誤を繰り返しながら今後ますます発展していくものと思われる。当社も蓄電池利用のハイブリッド機関車を現在開発している(囲み記事参照)。最終的には燃料電池や太陽光発電のような架線レスに適用可能なシステムの構築に発展するものと考えられるが、当面は二次電池を利用するため、電池の性能がシステムの性能に大きな影響を与えることになる。

当社はSCiB™という低温特性に優れ、急速充電が可能な二次電池を開発しており、この電池を今後いかに有効に活用していくかが大きなポイントである。



(a) ミニモデル評価用電池パック



(b) 二次電池 SCiB™

図3. ミニモデル評価用電池パックと二次電池 SCiB™ — 高い安全性及び長寿命性能と、わずか5分間で容量の90%以上の充電が可能な急速充電性能を備えている。

Battery pack for mini model evaluation and SCiB™ battery

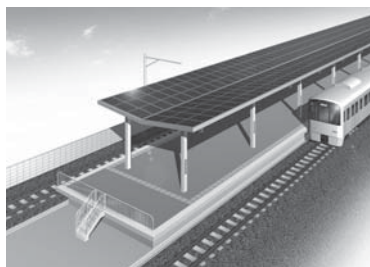


図4. 太陽光発電を利用した駅プラットフォーム — 駅の天井に太陽光パネルを設置し、発電した電力を駅インフラなどで活用する省エネシステムである。

Platform utilizing photovoltaic generation

既に鉄道用の電池パック開発を終え、ミニモデルによる充放電試験も問題なく終了している(図3)。今後、SCiB™の

早期実現化に向け開発を加速していきたいと思う。

太陽光発電の応用も課題である。今回の特集には含めていないが、自然エネルギー活用の一つのキーファクターになるものと考えている。総合技術の結集である鉄道システムの中に、いかに有効利用していくのか、十分に議論していきたい(図4)。

### 海外への取組み

海外での鉄道建設も活発である。当社は、様々な業種からの支援を受けながら、2007年に台湾新幹線の開通に貢献した。あれから3年、順調に営業運転が行われている。日本の高速鉄道を海外に輸出する試みは今後も拡大していくと予測される。このような環境の中で、日本の鉄道事業者やメーカーの協調がますます必要になっていくものと思われる。

また、国際規格への日本の参画が今後重要な課題になっていくものと思われる。当社はIEC(国際電気標準会議)のTC9(鉄道電気設備とシステム専門委員会)/WG43(列車内情報制御伝送系ワーキンググループ)で、Ethernetの国際規格を提案中である。国際規格への参入はたいへん手間の掛かる作業であるが、これらの経験を生かしながら日本の鉄道を世界で通用する強固なもの

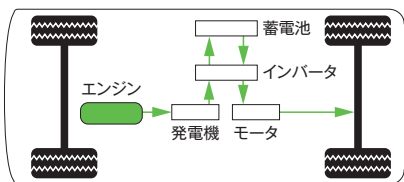
## ハイブリッドシステム

鉄道はもともと環境にやさしい輸送機関と言われているが、今以上の改善を図るためには“ハイブリッド”も一つの手段である。以下に自動車を例に三つのハイブリッドシステムについて述べるが、鉄道システム

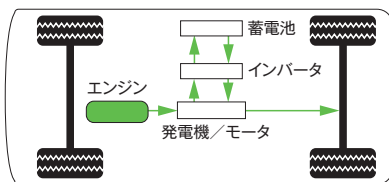
ムへも適用されていくと予測される。

- (1) シリーズタイプ ガソリンを燃料にエンジンが発電機を回す。発電機で電気を作って蓄電池に蓄え、蓄電池の電気でモータを回す

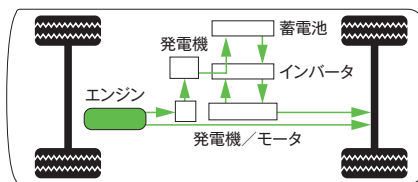
- (2) パラレルタイプ エンジンが車輪を回し、補助にモータが使われる
- (3) シリーズパラレルタイプ エンジンだけが動いたり、モータだけで走行、又は両方を使って走行する



(a) シリーズタイプ



(b) パラレルタイプ



(c) シリーズパラレルタイプ

にしていく必要があると考えている。国際規格化に関しては関係省庁のリーダーシップの下、当社も総力を挙げて前面に立って推進していく方針である。

## 機関車

機関車事業も重要な柱である。当社は鉄道事業110年の歴史の中で次々と新しい機関車を作り上げてきた。例えば、交流電気機関車ED72(図5)やED73などである。今となってはノスタルジックな感は否めないが、当時は最先端の技術の結集であった。技術革新と技術継承を絶やすことなく継続してきた結果、“機関車の東芝”が現存しているのである。

当社は、国内では唯一電気品を含めた車体一括での製造ができるメーカーである。海外では、中国や南アフリカ、トルコ、マレーシアなどへ機関車用電気品を輸出しているが、これらの受注には、車体及び電気品を一括して製造するメーカーとしての経験が少なからず評価されているものと思われる。

国内では高機能な機関車が今後も主流となるが、海外では資源の輸送をはじめとする基幹輸送手段としての需要が更に拡大していくと予測される。国ごとに事情は様々であるが、当社の環境に対する考え方を提案しながら、次の機関車プロジェクトにも新しい技術を投入していきたい。



図5. 交流電気機関車ED72 — 試作車を昭和36年に製造、昭和37年からは量産車20両を製造し、鹿児島本線の輸送力増強に貢献した。  
Type ED72 AC electric locomotive

## 電力システム

当社の鉄道用電力システム製品も拡大中である。交通関連の電力システムでは新幹線用変電所、在来線用交流及び直流き電変電所、低圧用交流及び直流き電変電所、駅用配電所などを担当しているほか、超高圧の給電所や電力管理システム、駅の設備を管理するシステムなどを設計、製造している。

比較的規模の大きいところでは、東海道新幹線の運転周波数(60 Hz)へ東日本地区の電源周波数(50 Hz)を変換するための周波数変換変電所をIEGT(Injection Enhanced Gate Transistor: 注入促進型絶縁ゲートトランジスタ)を用いた静止型で実現した例などがある(図6)。

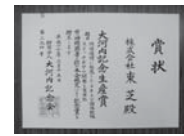
また、環境対策品の一例として、固体絶縁スイッチギヤがある(図7)。これまでSF<sub>6</sub>(六フッ化硫黄)ガスを使用していた特別高圧機器をガスレスとしエポキシモールド化することによって、環境性能はもとより小型化、安全性の向上、省メンテナンス化を図ったものである。この装置はその性能の高さが認められ、大河内記念賞や岩谷直治記念賞などを受賞した。

海外への展開も活発で、日本で実績のある技術をベースに低コストで高品質なシステムを提供していく計画である。今後は、リアモーターカー用電源シス



図6. 東海旅客鉄道(株) 沼津周波数変換装置 — 周波数変換装置の開発により、東海道新幹線に安定電源を供給し、その安定運行に寄与している。

Frequency conversion equipment for Central Japan Railway Company



(大河内記念賞)

図7. 固体絶縁スイッチギヤ — 従来、空気やSF<sub>6</sub>ガスで絶縁していた閉鎖配電盤内蔵機器をエポキシで絶縁構成したものである。高度な製造技術が必要であり、現在36 kVクラスまで製品化を実現している。

Solid-insulated switchgear

ムや環境にやさしい蓄電応用システムの構築など新たな課題もあり、まだまだ進化を続ける可能性のある分野と考えている。

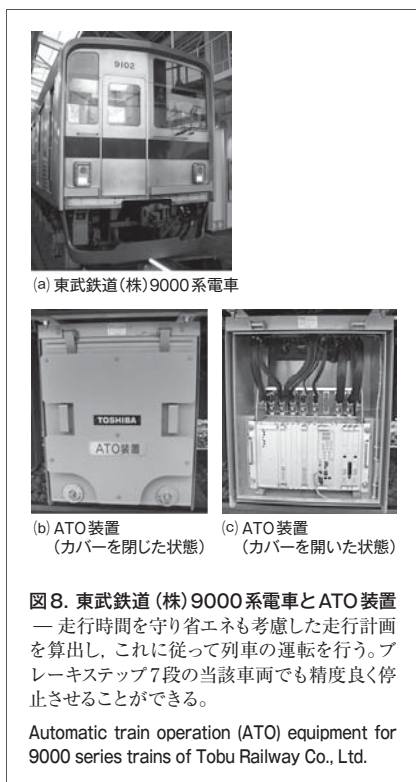
## 安全性、快適性への挑戦

鉄道はサービス業であり、最終的な目的は旅客や貨物を安全、快適そして正確に目的地へ届けることである。これらのニーズに対して、当社はATO(Automatic Train Operation: 自動列車運転)装置をはじめとする各種制御機器の開発及び製造を行っている。

自動的に列車を運行するシステムであるATO装置(図8)には当社独自の学習機能を搭載することで、安全に乗りごこちよく正確に目的地に到着することができるようになってきている。

快適性では乗りごこち改善のための研究を産学共同で進めているほか、東海道新幹線N700系では車体傾斜システムを開発し、抜群の乗りごこちを実現するなど車両システムとしての様々な課題に挑戦している。

制御では、計画系も見た目以上に難しい技術である。鉄道運用の計画系は通常のダイヤ作成のほか、異常時の車両運用、構内作業ダイヤ作成、乗務員運用計画など多岐にわたる。これらの最適解を得ることに多くの課題があり、



当社のコア技術力を適用しながら問題解決にチャレンジしている。

これからの車両は、機器の設計及び製造だけでなく、列車システムとしての最適性能が議論される時代になることに疑いの余地はないと考えている。

### 利便性の追求

鉄道の重要な使命の一つとして“早く着く”ことがある。早さではリニアモーターカーに勝るものはない。既に発表されているとおり、2025年には東京-名古屋間を超高速リニアモーターカーが営業運転を開始する計画である。

当社は、浮上式リニアモーターカーの開発当初から参画し、長きにわたる技術革新と技術継承を経て実用化の一役を担うことができるようになってきている。

利便性では軌間可変鉄道なども夢の技術と言える。鉄道の歴史を塗り替える技術として当社も協力を惜しむことなく技術者を投入している。FGT (Free Gauge Train) の技術の一部を図9に示す。

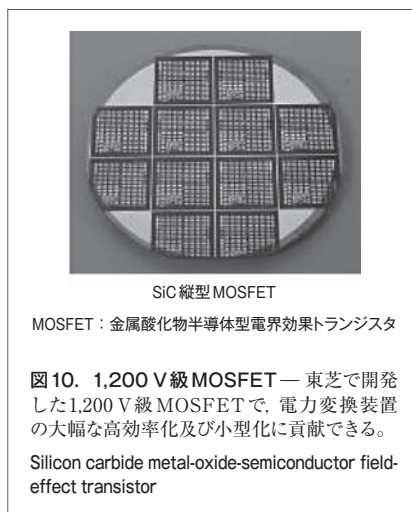
また、鉄道旅客が直接接するものに



駅務機器がある。駅員に定期券を見せっていた時代は遠い昔のことではない。急速な技術の発展により、鉄道を超えた利用価値を生み出す各種無線ICカードシステムにも当社の技術力が少なからず活用されているのである。

### これからの技術イノベーション

鉄道が制御技術主体となっても、やはり柱となるのはパワーエレクトロニクス技術である。当社は次世代のデバイスとしてSiC (炭化ケイ素) デバイスの開発に取り組んでいる(図10)。SiCは、従来のシリコン (Si) では達成できなかったより高周波でのスイッチングを可能にするワイドギャップ半導体である。これによ



り更に高い温度での使用が可能となり、冷却性能の簡素化が実現できる。

制御分野でもイノベーションが進むと思われる。無線技術を用いた移動閉そくはもちろんのこと、地上と車上をつなぐ様々な技術革新によりデータの有効活用が更に進むものと考えられる。これらの機能を生かした運行情報サービスなどにも当社の技術が活用できるものと考えている。

### 今後の取組み

今できることはスピーディに実行していく。そして、遠い将来の夢を実現するために研究開発にも積極的に対応していく。これが当社交通システム事業部の基本姿勢である。若い人材が鉄道事業の魅力認め、将来のために働きがいのある職場を提供していくことが当社に課せられた使命であると認識している。

まだまだ進化が期待できる“鉄道システム”である。10年後にはどのような鉄道社会になっているのか、常にイマジネーションを働かせながら、鉄道技術の将来像を描き続けていきたい。

### 文献

- (1) 交通エコロジー・モビリティ財団。“地球環境問題の現状”。運輸・交通と環境 (2008年版)。  
<[http://www.ecomo.or.jp/environment/kotsu2008/data/unyu\\_koutuu\\_to\\_kankyuu\\_2008\\_2-1.pdf](http://www.ecomo.or.jp/environment/kotsu2008/data/unyu_koutuu_to_kankyuu_2008_2-1.pdf)> (参照2009-06-09)。
- (2) 留岡正男。“東京メトロの新しい車両技術”。平成20年度「車両と機械」技術セミナー第4回配布資料。東京、2008-12、日本鉄道車両機械技術協会。講演番号8。
- (3) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構：フリーゲージトレイン技術研究組合。軌間可変電車：フリーゲージトレイン。2007、7p。



石橋 尚之  
ISHIBASHI Naoyuki

電力流通・産業システム社 交通システム技師長。  
電気学会会員。  
Transmission Distribution & Industrial Systems Co.