

# 海外交通事業でのSDGs実現に向けた取組み

関根久美子\*  
Kumiko Sekine  
藤田泰貴†  
Yasuki Fujita  
甲村哲朗‡  
Tetsuo Komura

山下良範‡  
Yoshinori Yamashita  
松本剛嗣‡  
Taketsugu Matsumoto

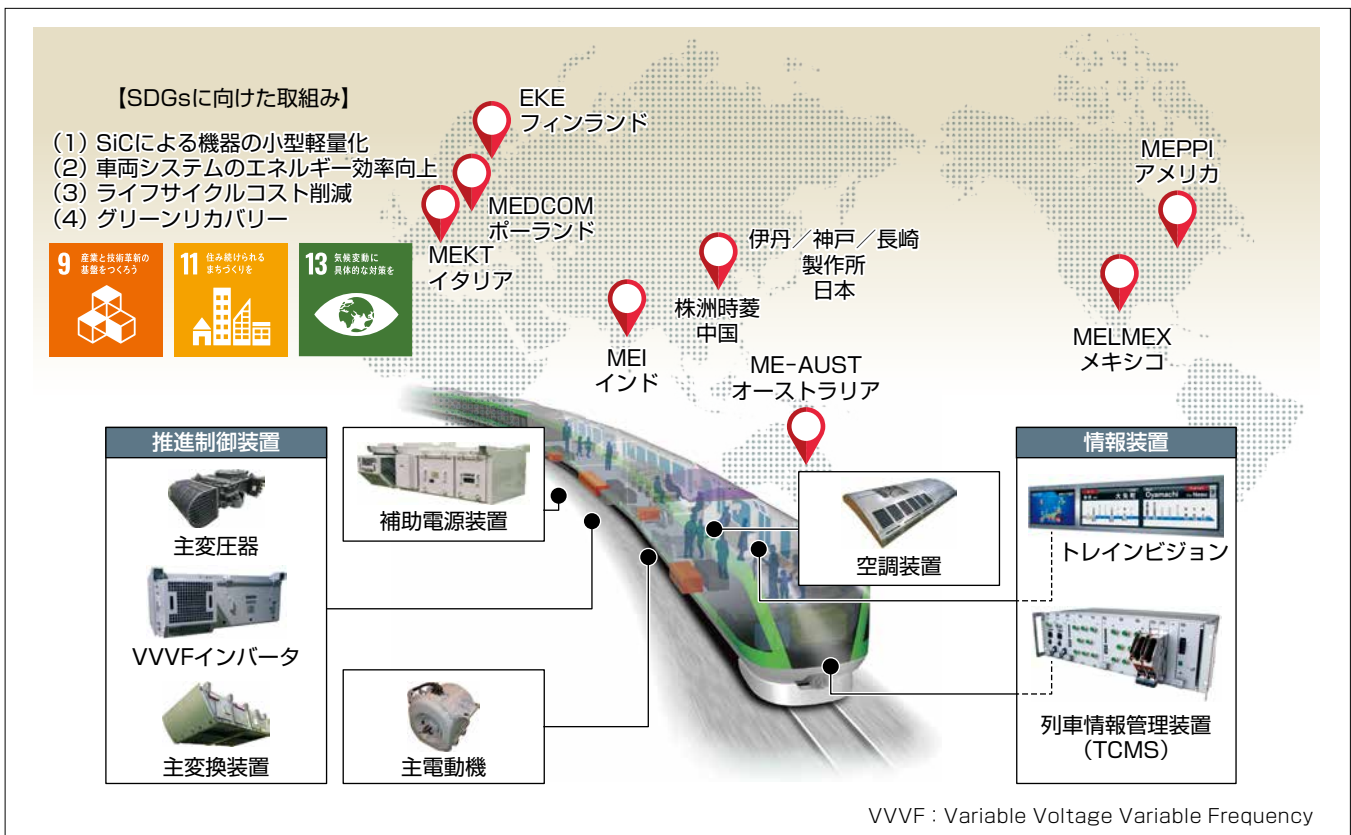
Activities in Overseas Transportation Business Field to Realize SDGs

## 要旨

三菱電機の海外交通事業は1960年のインド国鉄向け車両用電機品納入を皮切りに、欧州、北中南米、豪州、アジア各国に事業を展開し、2020年3月現在までに日本を除く計36か国・地域の57,400両以上に当社製品を供給してきた。60年に及ぶ軌跡の中で、メキシコ、豪州、米国、中国、インドに生産拠点を設置し、現地生産要求にも対応してきた。近年では、車両用空調装置生産のMitsubishi Electric Klimat Transportation Systems S.p.A.(MEKT：在イタリア)への出資(2014年4月)や鉄道車両用補助電源装置・推進制御装置等のパワーエレクトロニクス機器メーカーのMEDCOM Sp. z o.o.(在ポーランド)への出資(2015年10月)、列車統合管理システムや保全

技術に秀でたEKE-Electronics Ltd.(在フィンランド)への出資(2020年6月)を通じ、グローバルな技術開発に取り組んできた。さらに、省エネルギーによる低炭素社会への貢献や、安全・安心・安定輸送、さらには快適性の追求など、国連のSDGs(Sustainable Development Goals)への取組みも積極的に行っている。

効率化・最適化と安全・安心が両立する社会システムが求められるポストコロナ下では、これまで当社が築き上げてきた車両用電機品の高い品質と省エネルギーの実現、さらには保守合理化による省人化等を通じ、持続可能な社会の発展に貢献していく。



## 総合電機メーカーの技術シナジーを実現する当社グローバル体制

1960年代からの当社の海外交通事業の歴史の中で、推進制御装置や補助電源装置等の海外生産拠点を世界8か国に展開している。1社で“走る、止める、制御する”の全てを実現するだけでなく、多種多様な幅広い製品・技術を持つ総合電機メーカーとして、SiC(シリコンカーバイド)パワーデバイスによる機器の小型軽量化、車両システムのエネルギー効率向上に向けた技術開発のほか、ライフサイクルコスト削減等SDGsに向けた取組みを実施してきた。

## 1. ま え が き

当社の海外交通事業は、過去60年間の歴史で、世界市場でのインフラ構築を通じた安全・安心・安定輸送、さらには快適性の提供を使命として展開してきた。それに付随して、技術開発では、市場ごとに要求される規格への対応、機器の小型軽量化、省エネルギー、メンテナンス性向上などのニーズを実現した。

近年、地球温暖化など環境問題への意識が高まり、特に鉄道の制度や技術の中心である欧州では、コロナ禍を契機としたグリーンリカバリーなどの経済政策とも関連して、環境優位性が高い鉄道への期待が高まっている。また、欧州の鉄道産業の競争力強化のため、EU(European Union)の資金を投入したShift2Railなどの技術開発スキームが進められている。EUの鉄道政策や認証制度、規格開発などと連携した体系的な技術開発が行われ、これらの制度や規格はグローバルにも展開されている。さらに、2015年に国連総会で採択され、持続可能な社会の実現を目指すSDGsへの取組みとして、脱炭素社会の実現に向けた活動などが推進されている。

本稿では、これらの外部環境のトレンドを把握しつつ、自社技術を核とした海外メーカーとの連携によって、持続可能な発展に寄与する取組みについて述べるとともに、当社が今後世界市場で果たす役割について述べる。

## 2. 海外での当社の交通事業展開

当社の海外交通事業は、1960年のインド国鉄向け交流電気機関車から始まり、スペイン車両メーカーとの協業による同国鉄向け電気機関車の受注、1970年代のオーストラリア、メキシコでの電機品受注と現地生産拠点となるME-AUST(1974年)、MELMEX(1976年)立ち上げへと拡大する。その後、ニューヨーク州都市交通局向けには1997年に車両用空調装置、1999年に車両用電機品を受注し、米国市場に本格的に参入して現地生産を開始した。中国では急速に拡大する都市交通網整備に伴い、天津1号線向け車両用電機品受注を契機として多くのプロジェクトに参画し、2005年に現地生産拠点である株洲時菱を設立した。インドには2001年のデリー地下鉄で再進出を果たし、自己資金案件の増加による国産化要求の高まりに合わせて2015年に現地生産を開始した。欧州では2006年にロンドン地下鉄向け車両用空調装置を初受注し、現地生産を目的として2014年にイタリアの鉄道車両用空調装置メーカーを完全子会社化し、当社空調技術との融合によって製品力強化を図った。同

年、当社欧州販売拠点も整備・拡大し、車両用電機品と空調装置を併せた販売強化に努めてきた。2015年には、鉄道車両補助電源装置、推進制御装置等の製造・販売・保守を展開していたポーランドの鉄道車両電機品メーカーMEDCOMに資本参加した。MEDCOMはパワーエレクトロニクス応用技術や小型軽量化技術に優れており、当社のパワー半導体を含む先端技術との融合による製品競争力強化を展開中である。至近では、2020年6月に列車統合管理システムや保全技術に強いフィンランドのEKEへ出資し、今後、車両保守業務の合理化を実現していく。

当社は、グローバルなビジネス展開の過程で国産化を目的とした生産拠点の整備を進めてきた。同時に市場の最新トレンドを吸収し、顧客の要求に迅速に応えることを目的として、海外メーカーとのアライアンスを拡大しながら、鉄道車両用電機品を通じてSDGsの実現に貢献していく。

## 3. 技術開発活動

SDGsに向けた技術開発について、MEDCOM、EKE、MEKTとの連携を次に述べる。

### 3.1 SiC素子適用による機器の小型軽量化

当社は2012年2月に地下鉄車両向けとしてハイブリッドSiC素子適用の推進制御装置の営業線への導入<sup>(1)</sup>を皮切りに、通勤型車両向けとしてフルSiC素子の適用<sup>(2)</sup>や、新幹線車両向けの主回路システムへのフルSiC素子の適用など、世界に先駆けて<sup>(注1)</sup>SiC素子の鉄道車両への適用を推進し、機器の小型軽量化を達成してきた。SiC素子の低損失特性を生かし、補助電源装置(以下“APS装置”という。)の小型軽量化についてMEDCOMとともに取り組んでいる。従来のAPS装置では入出力を絶縁する変圧器が装置全体の体積・質量に対して大きなウェイトを占めていた。そこで変圧器の小型・軽量化に着目し、SiC素子を適用した高周波リンク方式のAPS装置を開発した。高周波リンク方式は、**図1**に示すように、高周波駆動インバータ、変圧器及び整流器を組み合わせることで、入出力回路の絶縁を行う方式である。Si(シリコン)-IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)からSiC-MOSFET(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)への置換によって、インバータの高周波スイッチングを実現し、高周波化

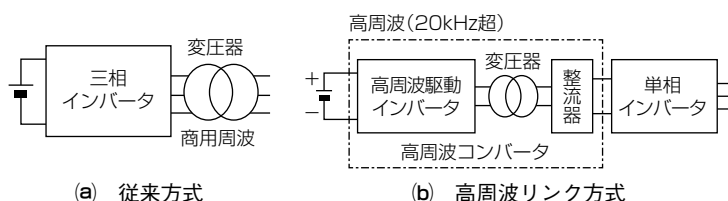


図1. APS方式の比較



図2. SiC素子適用の高周波リンク方式APS装置



図3. SiC素子適用のE-BUS向けAPS/推進制御装置

によって変圧器の小型軽量化を実現した。この結果として、装置全体の大幅な小型軽量化を図ることが可能になった。一例として、図2に示す95kVA容量のSiC素子適用のAPS装置では、同等出力容量の従来方式の装置に比べて、体積を約30%減、質量を約60%減にすることができた。

APS装置に加え、MEDCOMではSiC素子を適用した装置として、E-BUS(電気バス)向けに補助電源装置と蓄電池充電装置を一体化した推進制御装置を開発している。装置外観を図3に示す。屋根上に艤装(ぎそう)される装置であり、SiC素子を適用することで従来に比べて最大30%の損失低減が可能になり、蓄電池による走行距離の向上に貢献し、また、体積・質量共に40%削減を実現している。さらに、E-BUS向けには車載装置のほかに、地上設置の蓄電池充電装置も開発しており、充電容量は30kWから急速充電用の650kWまで、様々なニーズに対応している。

(注1) 2012年9月27日現在、当社調べ

### 3.2 車両システムのエネルギー効率向上

従来の鉄道車両用主回路システムでの損失を分析すると、車両システム全体での発生損失に対してインバータの電力損失が占める割合は低い<sup>(3)</sup>。このことから、主回路システムで低損失なSiC素子を適用するだけでは、車両システム全体では十分な損失低減が期待できない。そこで、当社は車両の性能曲線に着目し、SiC素子を適用し、低インピーダンスモータと組み合わせ、高速領域から必要ブレーキ力を回生ブレーキで負担することで回生電力量を向上させ、車両システム全体としての省エネルギー効果を高めてきた。さらに、必要な編成引張力の大きさに応じて稼働するユニッ

トを編成内で制御する構成や、編成内のユニット搭載位置によってブレーキ力を変化させて滑走による回生ブレーキ力の低下を防ぐ構成等、長編成向けに編成全体での省エネルギー化や最適構成の施策を実施してきた。MEDCOMでは、LRV(Light Rail Vehicle)などの短編成で、スーパーキャパシターを利用した高効率駆動システムの開発を行っている。頻繁に加速と減速を繰り返すLRV向け推進制御装置では、蓄電池に比べて内部抵抗が低いスーパーキャパシターを適用することで短時間での充放電が可能になり、高効率で省エネルギーにも寄与するシステムになっている。

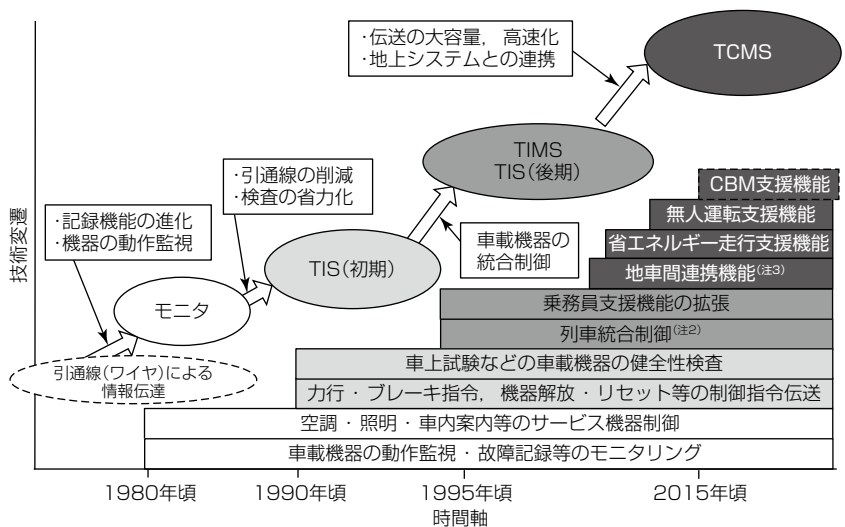
### 3.3 ライフサイクルコスト削減

当社及びEKEでは列車統合管理システム(Train Control and Management System: TCMS)及び車両遠隔保守支援システムを鉄道事業者に提供している。

TCMSは、図4に示すように機器の監視や制御だけでなく、省エネルギー走行支援機能、地上設備との通信(地車間連携機能)を活用したメンテナンス支援機能、自動運転支援機能など、車両の頭脳として、鉄道車両の安全・安定輸送に活用領域を広げている<sup>(4)</sup>。

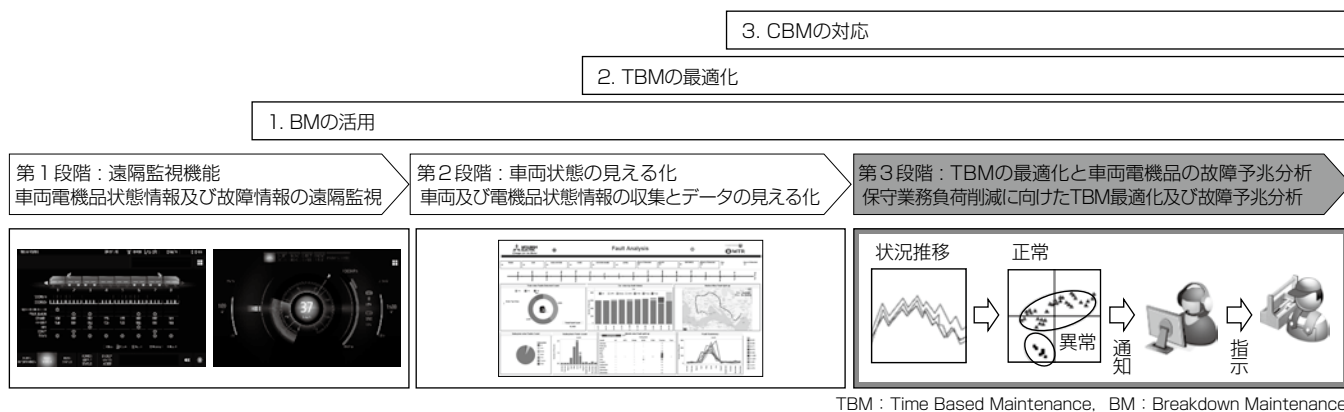
近年、鉄道車両保守の更なる省力化・効率化に向けてIoT(Internet of Things)やビッグデータなどのデジタル技術を活用した鉄道車両の遠隔監視、状態基準保全(Condition Based Maintenance: CBM)のニーズが高まっている。当社とEKEは更なる鉄道車両のライフサイクルコスト低減に向け、両社の技術を活用し、図4に示すTCMSを用いたCBM支援機能及び図5に示す鉄道車両遠隔保守・状態基準保全支援システムの実現を目指している。

第1段階が遠隔監視機能で、この機能は車両遠隔保守支援システムとして既に製品化している。TCMSが収集し



TIS: Train control Information management System, TIMS: Train Integrated Management System  
 (注2) 編成全体としての動作が最適になるように電機品を統括制御する機能  
 (注3) 地上システムとTCMSが連携した車両保守支援及び列車運用支援機能

図4. 当社列車統合管理システム(TCMS)の機能変遷



TBM : Time Based Maintenance, BM : Breakdown Maintenance

図5. 当社が考える鉄道車両遠隔保守・状態基準保全支援システム

た車両搭載機器状態情報を無線経由で地上に収集し、リアルタイムで監視可能になり、故障発生時には指令員、検修員が故障内容を確認し、障害復旧作業の迅速化に寄与している。また地上から機器のログ情報やパラメータ変更を行うことで保守業務の省力化にも寄与している。

第2段階が車両状態の見える化である。TCMSから収集した車両搭載機器の稼働情報等を日時、走行位置、車両速度、環境条件等の付帯情報を含めたデータベースとして蓄積する。蓄積したデータを様々な観点で統計的に編集した結果を見える化し、機器ごとの稼働状況特性や故障の前兆把握の兆候有無を分析するような検討を可能にする。

第3段階が、CBMへの取組みである。車両搭載機器の稼働情報の中から機器の劣化傾向や特異データの特定を行う仕組みを構築し、故障発生前に機器を交換することでダウンタイム低減とメンテナンス周期最適化の実現を推進する。

### 3.4 グリーンリカバリー

鉄道車両用の空調装置は、R407CやR134aなどのHFC(ハイドロフルオロカーボン。代替フロン)冷媒で、GWP(Global Warming Potential: 地球温暖化係数)1500前後を採用しているが、地球温暖化に対するGWP規制が強化されてきており、低GWP冷媒への切替えが必要な時期になっている。現在、欧州案件をターゲットとしてGWP1の自然冷媒CO<sub>2</sub>の空調装置の基礎開発を進めており、冷媒変更に加えて圧縮機のインバータ制御による省エネルギー化も検討している。今後、MEKTでの製品化開発、市場でのフィールドテストを経て、欧州市場への展開を計画している。また、コロナ禍を受けて、鉄道車両空調での換気機能の重要性が注目されている。短期的には外気取り入れ量の制御変更によって換気量の増加を図る。換気量を増やすと熱負荷が増加し、車内空気の冷却性能が低下するという課題があるため、中長期的な取組みとして、換気機能強化に取り組むとともにエネルギー効率の改善を検討していく。

## 4. むすび

コロナ禍を経験する中で、鉄道事業に求められるニーズにも多様な変化が見られる。2020年6月にベルリンで開催されたドイツ連邦政府主催の“Rail Summit”では、2030年までに鉄道の乗客を倍増させ、将来的に、全ての主要都市間の鉄道運航頻度を30分間隔まで短縮し、利用客の利便性を向上させることなどが掲げられた<sup>(5)</sup>。これには、2018年から欧州で広まった反フライト運動(フライトシェイム)の影響もあると思われる。当社は北米市場ではニューヨーク市都市交通局向けにCBTC(Communications-Based Train Control)のサプライヤー認証を取得済みであり、移動閉塞による輸送力の向上と安定輸送に貢献できる。また、Shift2Railでは、持続可能な移動サービスを提供する統合プラットフォームの構築には、新技術を用いた多様なアプローチが不可欠であり、デジタライゼーション、オートメーション、テレコミュニケーション、サテライトサービスが重要とされている<sup>(6)</sup>。総合電機メーカーである当社は、専門メーカーでは提供できない複数事業にまたがる技術シナジーを通じて、今後も鉄道ビジネスでのグローバルな社会貢献に邁進(まいしん)する。

### 参考文献

- (1) 大橋 聡, ほか: SiCパワーモジュール適用鉄道車両用の高効率インバータシステム, 第49回鉄道サイバネ・シンポジウム, No.505 (2012)
- (2) 中口勝己, ほか: DC1500V架線対応フルSiC適用VVVFインバータ装置実証結果について, 鉄道車両と技術, No.225, 10~14 (2015)
- (3) 山下良範, ほか: SiCパワーモジュールを用いた鉄道車両用主回路システムの開発, 鉄道車両と技術, No.190, 6~11 (2012)
- (4) 甲村哲朗: 列車統合管理システム(TCMS)の最新技術と今後の展望, JREA, 60, No.3, 6~11 (2017)
- (5) German government commits to rail at national summit, Railway Gazette International, July 1st (2020) <https://www.railwaygazette.com/policy/german-government-commits-to-rail-at-national-summit/56852.article>
- (6) Shift2Rail, Annual Activity Report 2018, Shift2Rail Joint Undertaking, 14 (2019)