

TODAY

イノベーションに理屈は不要

(一財)機械システム振興協会
専務理事・イノベーションセンター長

相澤 徹

最近、新聞・雑誌などでイノベーション理論が論じられているのをよく目にするが、筆者のようにこれまで民間企業でオープンイノベーションに首を突っ込んだり、今も現職でイノベーション創出に取り組んでいる者の目からすると、既に成功したイノベーションについての後講釈、後知恵などを幾ら勉強しても将来の役に立つとは思えない。

一口にイノベーションと言っても大から小まで様々な事例があるが、既に成功したものは、いずれも個別具体的な現実、現場の中で、アイデア、創造力、実行力、突破力、市場の出現などの要素が、偶然ともいえるタイミング、きっかけで組み合わせり、強烈な個性のリーダーシップのもとで、事業化、成功に至ったものと言えるだろう。言葉は悪いがイノベーションやベンチャーが「千三つ」と言われる所以である。

従って、後知恵の「イノベーション一般理論」をいくら学んだからといって、それによって新しいイノベーションが起こせる、或いはその方向性が分かるとはとても思えない。

筆者の勤務する機械システム振興協会では、2014年以来「イノベーション戦略策定事業」というタイトルのもと外部団体への委託事業の形を通じ、個別のイノベーションプロジェクト創出に取り組み、既に39プロジェクトが完了している。

2019年度では、X線CT装置を活用するデジタルエンジニアリングやシニア就労のマッチングシステムなどのプロジェクトを行ったが、これまでのどのプロジェクトを取ってみても、具体的な成果を生み出すには相当な努力が必要である。

この戦略策定事業での経験や他のベンチャー支援団体にも関わっている筆者の経験から、あえて日本のイノベーション、ベンチャー創出活動について何点か申し述べたい。

①これまでの日本のイノベーション、ベンチャー創出活動では、既存の技術の改良(深掘り)やそれ

を他分野で応用(横展開)するといったものが多く、社会全体に横串を刺して社会システムに変革をもたらすような波及効果の大きいものが無かった。そこまでに至る発想力、構想力がそもそも無かったのである。従って、日本では、どうしても蛸壺の中での開発、創出になり勝ちで、多くの場合、開発、創出が成功したとしても、大きく成長するケースはまれで、多くの場合最後に他のよりサイズの大きい企業に買い取られるしかない。

②しかも技術者がプロジェクトの中心となると、自分の開発してきた技術可愛さから、どうしてもプロダクトアウトならぬテクノロジーアウト(技術第一主義)の発想になってしまい、マーケットイン(「お客の欲しいものは何か」主義)の発想にならないのでうまくいかない。良い技術、製品は、そのままでも必ずユーザーから高い評価を受けるはずだという思い込みが、次のステップへの飛躍を阻むことになる。

③中小企業やベンチャーでの開発が難しい、それならば大企業が有望なのかというと、今の日本の大企業体制、サラリーマン制度の下で、リスクと裏腹のイノベーション、ベンチャー創出は制度的にとてできない。

④最近、オープンイノベーション活動も盛んだが、外部から取り入れようとする新技術に対して、受け入れ側企業の技術陣がどういう態度を取るかが問題になる。

このように、我が国でイノベーション、ベンチャーが中々進まない理由を挙げればきりが無い。

結局のところ、スティーブジョブスが言ったようにイノベーション、ベンチャーを進めるには「Stay Hungry, Stay Foolish」なリーダーが現場において、眼前にそびえる様々な問題を突破していくしかない。まさに経済学で言うところのAnimal Spiritsが必要なのである。

最後に、これからの課題として考えるべきことは、Animal Spiritsを発揮してフロンティアを開拓していく主体は若い人に限られるのだろうかということである。若い人が中心になりつつも、経験豊かなシニア人材に何らかの貢献が出来るのではないだろうか。これは人生100年の時代を迎えている日本にとって多いに有利な点と思われる。

電動自動車用モーターに関する国際会議 Advanced E-Motor Technology 2020 @ベルリンに参加して (一財)金属系材料研究開発センター 磁性材料研究部長 豊田 俊介

1. はじめに

高効率モーター用磁性材料技術研究組合 MagHEM の技術調査活動の一環として、2月11日～13日にドイツ ベルリンで開催された電動自動車用モーターに関する国際会議 Advanced E-Motor Technology 2020¹⁾に参加するとともに、ドイツ、ハンガリーの関連する機関を訪問し、欧州における自動車電動化の市場・産業・政策動向を調査したので概要を報告する。

2. 会議の概要

International Conference Advanced E-Motor Technology は米国ニューヨークに本拠地を置く IQPC (国際生産性本部) が主催する電動自動車用モーター技術に特化した国際会議で、2013年から毎年ドイツで開催され、今回が8回目。関連する国際会議 Thermal management for EV/HEV と同時開催され、2日目の午前に合同セッションがあった。一般講演はなく、18の講演はすべて招待講演で、最終日に8つのワークショップが行われた。参加者は両会議合わせて200名程度、ドイツ、スイス、英国、フランスなど欧州からの参加が約8割、アジアから約1割、北米その他約1割であり、参加機関は、欧州に拠点を置く自動車メーカー、部品メーカー、素材メーカー、設備メーカー、コンサルティング会社、大学・研究機関などであった。



ベルリン
大聖堂
ブランデンブルク門
Advanced E-motor 会議
開催ホテル
講演会場

3. 自動車電動化動向に関する講演

・ **Committing on Full Electric Vehicles – Future of Electric Motor** (会議冒頭の電気自動車とモーターに関するパネルセッション)

電動化の推進には注意深さが必要で、電動化という新大陸開拓の鍵は、規制、投資、情緒といった要素が握っている。例えばチャージ時間に30分という時間を費やすことを無駄と考えるかどうかは情緒的な要素となり、顧客が何を望むか、顧客のメリットは何かが重要。技術的には、エネルギー変換効率の最適化、究極的にはゼロエミッション、が求められ、リサイクル性も必要。量産車種のすべてのグレードにおいて燃費が大切。主機モーターにはパワー密度とトルク密度が求められ、電子機器、ソフトウェア、パワーエレクトロニクスなど、総合的な技術が必要。車体においてはアルミやカーボンファイバーなど軽量化による燃費向上が図られているが、デザインなども電動車用にカスタマイズする必要がある。投資も技術もまだ幼少期の段階にある、などとの議論がなされた。

・ **China Specifics for E-Motor – Market, Policy and Cultural Factors** (電気自動車の最大市場となっている中国からの、中国市場、政策、文化的な特徴について、電動自動車の有望性に力点を置いた講演；Daimler Greater China Ltd., 中国)

中国では2019年に2100万台の乗用車が販売されたが、このうち120万台のNEVが販売され、2024年には520万台のNEVが販売されると予想している。北京や上海では既に自動車登録ライセンスが取れない状況となっているが、人口1000人当たりの自動車保有台数は、米国837台、独589台、日本591台に対して中国全土では173台と少なく、自動車保有台数の大きな拡大ポテンシャルがあると考えられる。中国では70%が初めての自動車購買層であり、ドイツでは48歳でプレミアムカーを購入するのにに対し、中国では33歳でプレミアムカーを購入する。

顧客は環境、省エネ、エンジンノイズに関心があり、電動自動車は排ガスとCO₂排出量のEuro5規制に適合する。北京には5.4万台という充電設備のネットワークがあるため給油より便利な状況。半分以上の顧客は購入の際に、電動自動車を検討に加えており、電動自動車を選択する理由として、環境適合性を68%が、電費の安さを58%が、技術の先進性を44%が挙げている、とのことである。

・ **Electric Racing: How e-racing Can Help e-passenger Cars** (レーシングカー技術の乗用車への応用と市場へのPRという観点からの、電気自動車レースへの取り組み；Mahindra Racing UK, 英国)

Mahindra社はインドを拠点とする自動車製造企業で、トラクターメーカーとしては累積300万台販売し世界的企業の1つとなっている。自動車は約100万台/年製造しており、電気自動車のフォーミュラーEレースに参加している。レーシングカーのスペックは、52kWhのバッテリーを搭載し、100km/hまでの加速は2.8s、最高速度は280km/h。現在フォーミュラーEは6シーズン目を迎えており、世界12か所を転戦している。TV視聴者は当初の1.9億人/シーズンから現在4.1億人/シーズンへと大きく拡大している。

レースカーの技術的課題は総合的な効率向上で、重量と抵抗の低減が求められている。4つのアキシアルフラックス型モーターをダブル駆動で用いており、磁石同期モーター技術と低損失磁性材料が適用されている。制御には最新のSiCのスイッチング技術が用いられ、自己学習と自動最適化機能を有している。ギヤはシンプルなシングルギヤが用いられており、バッテリーにはフルシーズンでの耐用性が求められる。各システムの信頼性も重要。モーターレースにおいてもマネジメント含めたコストが重要であり、廃棄物を減らしリサイクルにも心掛けている。

・ In-wheel Motors as a Mobility-as-a-Service Solution (モビリティサービスの形態の1つとしてのインホイールモーター; Protean Electric UK, 英国)

車社会では大気汚染と渋滞が問題となっており、世界の70億人全てが車を個人所有することはできない。インホイールモーター車は、サービスとしてのモビリティMaaSを適用の機会と考えている。インホイールモーターはロータが外側となり、回転数が少ないため磁石保持が容易にできる。ドライブトレインとの干渉が無いため、車体を真横に動かすことができ、操作性、接続性、データ化、AIによる自動運転、電化との適合性も良い。技術的には振動、衝撃、温度変動を考慮した耐久性が課題として挙げられる。複数台でのサービスなど、都市におけるモビリティ群としての実用化を狙っている。

4. 電動自動車モーターに関する講演

・ Chances and Challenges for E-Motor Development from Vehicle Dynamics Perspective (車両の運動性能という観点からみた、電気自動車のモーターと駆動システムの配置や機構; Geely Auto Technical Deutschland GmbH, ドイツ)

中国の自動車メーカー Geely 社は欧州ブランド ボルボ、ロータスの MA などにより規模を拡大してきた。2019年4月に初めての電気自動車を発売し、2020年にはガソリン車含め150万台の乗用車を販売する計画である。

顧客がどの電気自動車を購入するかはブランドに左右され、知名度が必要。電気自動車は一種のステータスシンボルとなっており、現状、環境性能よりも強い購入動機となっている。運転の楽しさ、低いランニングコストなどもポイント、とのことである。

電気自動車は電池重量が増えるのでハンドリング特性が1つの課題。一方、モーターの素早いレスポンスはトラクションコントロールには有利に働く。フロントとリアにそれぞれモーターを配する構造をベースに、加減速時やコーナーリング時のトルク分布を検証した。1つのモーターでの左右の車輪のトルクを制御する方法として、重ね合わせ制御や個別制御が考えられる。ベーシックグレードからスーパーカーまでの電気自動車パワートレイン配置のイメージが提示された。

・ Requirements for E-Motors from Production Point of View (電気自動車のコンセプトカー e-tron の紹介と、完成車メーカーとしての電動機システムへの要望; Audi AG, ドイツ)

Audi 社は長期的には CO₂ ニュートラルなプレミアムカーを提供し、優れた持続可能なモビリティと最上の顧客体験を送り届けることを旨としている。Audi では電気自動車のプレミアムプラットフォームとして e-tron シリーズを上市した。e-tron をベースに、Audi e-tron に加え、e-tron GT concept、Audi Q4 e-tron concept などが計画されている。e-tron 55 Quattro はフロント 125/135kw、247/309Nm、リア 140/165kw、314/355Nm の2つのモーターを配する。e-tron は2018年7月にハンガリーで生産が開始され、2019年12月には累積10万台を記録した。

製品製造の観点からのモーターへの要望事項は、汎用的に調達できること、ユニットのコスト効率、基本的な信頼性、製造バラつきに影響されない静粛性である。材料には遵法的であること、高パワー密度に寄与し、高電圧に対応し、リサイクル性があることなどが求められる。特許状況も重要。総所有コスト、省エネルギー、カーボンフットプリントなど、コストとともに環境負荷低減、持続可能性も重要。モデルチェンジが電動化の1つのタイミングとなる。電動化の道は困難を伴うが全力を傾けてゆくとのことであった。



Audi 社 e-tron (Advanced E-motor 展示会場)

・ Optimisation Methods in Electric Drive Design (電動自動車用モーターの最適設計フロー; Jaguar Land Rover, Motor Design Limited, 英国)

プラグインハイブリッド自動車用の永久磁石モーターの高効率・小型・省コストの最適化事例を紹介。設計の流れは、車両の基本構造の決定、車両の諸元の決定、モーターの諸元(効率、パワー密度、コスト)と複数の物理的特性の最適化、詳細形状・配置の最適化、の順に行われる。電磁気解析、熱解析、構造解析等の複数のシミュレーションソフトを用い、400ケースを2日間で評価した。

・ 800V System permanent magnet machine and multispeed transmission (プレミアムクラス SUV 用の 800V ドライブシステム; Valeo Powertrain Systems, フランス、Valeo Siemens eAutomotive Germany GmbH, ドイツ)

電気自動車用の永久磁石モーターをトポロジーで最適化設計。実運転条件での効率と航続距離を最適化。SiC インバーターを備えた多変速トランスミッションを艱装。二重湿式クラッチなどの電気自動車用トランスミッションは設計が難しい。

・ High Speed Inductive Position Sensor for E-machines (モーターの高速化に対応した誘導位置センサー; Melexis NV, ベルギー)

電動乗用車市場は2020年で1300~1400万台であるものが、2025年には4500万台になると予想している。この間の年平均成長率は27%。電動自動車では効率の最適化、トルク制御、高い安全性が必要で、このために高精度でコスト効率の良いロータ位置センサーが求められる。従来のVRレゾルバーに替えて、主機モーター、電動ステアリング、電動ブレーキなどへの適用を見込んでいる。70万回転までセンシングが可能で-40~160℃の環境温度にも対応が可能。

・ 高効率モーター用磁性材料技術に関するトピックス

ドイツのハーナウを拠点とする先端磁性材料および製品を製造する Vacuumschmelze 社より、磁束密度の高い Fe-Co 合金のハイグレード軟磁性薄板 VACOFLUX X1 の PR が展示会場にてなされた。Fe-50Co-V に代表される薄板材料は航空機用高パワー密度発電機などで使用されているが、同社は鋼種の選択肢の拡大、自動車用途向けと

して材料特性の最適化などで、ハイエンド電動自動車などへの応用を模索している。VACOFLUX X1 は、コバルト量を調整し(17wt.%)、コストと性能をバランスさせたもの。電磁鋼板よりも磁束密度が高く、より高いトルクが得られる。VACOFLUX X1 を用いたステータと8極の磁石同期モーターの展示があった。

会議中にグループ討議が設けられ、高パワー密度で高効率モーターのための高性能材料について、磁石材料は保磁力(耐減磁)、コスト効率、安定したサプライチェーンが課題、アモルファスは磁束密度が課題、圧粉磁心は強度が課題であり、航空宇宙分野でも同様の課題を抱えている。パワエレと電動機の統合においては、磁性材料と制御方法が進展の鍵を握っている、などの議論があった。

5. 希土類元素低減に関する講演

・ **Presentation from car manufacturer on: Traction motors for EV and HEV with low rare earth material** (希土類磁石フリーの主機モーター; Renault Group, フランス)

希土類磁石は価格変動が大きく、2011年の高騰前と比べると現在でも高い。ルノーは希土類磁石を用いない巻き線型同期モーター EESM を開発。1990年代後半より改良を重ね、コンパクト EV ZOE に採用した。永久磁石型同期モーターに比べて高速域での効率が高い。磁石などのグローバルなコスト削減を狙いとして、永久磁石を部分的に用いたハイブリッド誘導フラックススイッチングモーター HEFSPM を試作し評価している。

・ **E-Motor integration and how to improve NVH** (希土類磁石フリーの動的可変誘導モーター; Faw Car Co., Ltd, 中国)

FAW 中国第一汽車集团有限公司は、中国三大国有自動車メーカーの一つで、中国ビッグ5の一角を占める。今回、NVH(騒音・振動・ハーシュネス)特性に優れた新しいモーター構造の提案があった。EVの主機モーターの83%が製造コスト、16%が材料コスト。製造コストは複雑な巻き線が主要決定因子。材料コストはNd-Dy磁石が全体コストの9%を占め最大、銅が4%、電磁鋼板が3%、アルミが1%である。Nd-Dy磁石は価格変動も大きく2010年代前半の急騰時には磁石コストがモーターコストの半分以上を占めたこともある。

新しく開発された動的可変誘導モーター DRIM は、アルミ棒を用い、レアアース不要で、減磁リスクがない。モーターで重要視される総合効率、コスト、安全性信頼性、システム統合時の不具合リスクなどにおいて優位性を有している。磁石モーターの欠点の1つが、高速回転時の電氣的ノイズである。今後、DRIMのデザインの最適化とパワーエレクトロニクスによる駆動制御を進める。

・ **Achieving truly sustainable drivetrains** (希土類磁石を用いない高密度スイッチトリラクタン্সモーター; Newcastle University, 英国)

リサイクル性という観点から、レアアース磁石を使わず、アルミを使用するため銅除去の必要のない高密度スイッチトリラクタン্সモーター HDSRM を開発し、試作評価している。課題はNVH、熱制御、耐久性。

6. 電動自動車の熱制御に関する講演

・ **New Thermal Management Solutions for EVs - An integrated and energy-saving approach for Cabin, Battery and e-Motors** (エンジンを搭載しないため別途熱源が必要となる電気自動車用の、高効率な暖冷房ヒートポンプユニットの開発; Centro Ricerche Fiat, イタリア)

キャビンやバッテリーの熱制御用のコンパクトな自然冷媒ユニットを開発し、現在試験評価を実施している。エネルギーを最も消費する-10℃の寒冷ケースでは49%、+35℃の暑熱ケースでは15%エネルギー消費が抑制され、平均でランニングコストが15%節約される。冷媒ユニットのCOPは1.4程度。初期投資、システム構成からB、Cグレード車がターゲットと考えられる、とのこと。

・ **Cooling methods for power electronics** (電動自動車主機モーター用インバーターの冷却技術; YASA Ltd., 英国)

YASA社は電気モーターとパワエレ機器の設計と製造を行う企業で、ヘガネス社の圧粉磁心 Somaloy[®]を用いた、アキシシャルギャップ型高性能モーターを、電気自動車やハイブリッド車用として開発している。

今回は、インバーターの冷却技術について講演があった。電気パワートレインの効率、信頼性、コスト、寸法、重量を考える場合、温度上昇を抑制するために、熱流体や放熱板を含めた機器のレイアウトが重要。インバーターロススイッチングロスが大部分。離散的に配したインバーターの水冷、インバーターモジュールの水冷、離散的に配した電源デバイスの直接油冷など、熱制御はパワエレの小型化と耐久性向上の鍵を握っている。

・ **Development of next generation fluids for thermal management** (急速充電時のバッテリー発熱を抑制するための冷却媒体; Shell Global Solutions Deutschland GmbH, ドイツ)

2050年までに全世界のモビリティの需要は現在の3倍となり、現状技術のままでは自動車によるCO₂排出量は80%増大してしまう。電動車の熱流体や潤滑材はこの削減に寄与する。急速充電はバッテリーへの熱応力を増大させる。冷却方法にはガス冷却、液体冷却、相変態潜熱を利用した冷却があるが、Shellの液化技術によれば既存冷媒であるハイドロフルオロエーテルよりも効率的に冷却できる。耐食性は評価済みであり70℃の可燃性テストをクリアしている。水冷却はイオンが入ると導電性が上がってしまう点が問題である。

・ **Battery thermal management system using an highly advanced dielectric fluid** (電動自動車用バッテリーの冷却媒体; TOTAL, フランス)

電動自動車はCO₂排出削減の1つの解決策である。より安全で、環境汚染や負荷をなくし、効率的にしてゆくためには、電気モーター、パワエレ機器、動力伝達装置、バッテリー用熱流体などの向上が必要である。バッテリー寿命は熱履歴と相関があり、その伸長には冷却効率、安全性、信頼性を最適化した誘電性流体が重要である。TOTALが開発した電気化学セルを有する先進誘電流体によるバッテリーの直接冷却方法を、これまでの自然空冷、強制空冷、低GWP冷媒、水グリコールによる間

接冷却と比較検討した。バッテリー寿命と急速充電における耐熱応力性の向上には、熱制御システムの進歩が不可欠。

・ **New Thermosetting Resin Systems For E-Drives With High Power Density** (電動システム用の新しい熱硬化性樹脂; Huntsman, 米国)

Huntsman社は米国の化学製品メーカーで、電動自動車、航空宇宙、風力発電などの電気モーターのステータとロータに封入して用いられる高機能絶縁材を開発している。SiCインバーターの採用などにより電圧レベルが上がると、絶縁材のボイドは部分放電の要因となる。絶縁材には-40~+180℃、油環境などでの熱放散性能、耐クラック性、化学安定性、耐環境性が求められる。エポキシ系の母相と充填材からなる新しい熱硬化性樹脂について、機械的+熱的応力を加えての部品評価を行った結果について報告があった。

・ **Using advanced insulation to improve thermal management and increase e-motor efficiency for improved vehicle range** (高電圧永久磁石モーター巻線への先進コーティング材料; Victrex, 英国)

Victrex社は、英国を拠点とする、高性能ポリマー・溶液ソリューションのサプライヤー企業。220℃まで使える巻線へのコーティング等を手掛けている。ジャガー社の最初の電気自動車I-Paceをベンチマークに、先進絶縁材PEEKを評価し、スロット形状の工夫と合わせ、エナメルコーティングモーターに比べ平均効率が90.4%から91.1%と0.7ポイント上がり、10.7km航続距離が延びることを確認。

7. モーターの特性評価に関する講演

・ **How to accelerate the E-Drive calibration process** (電動システムの環境特性の迅速評価装置; AVL List GmbH, オーストリア)

VW社は2028年までに70もの新しい電動自動車モデルを上市し、2030年には90を超えるモデルを電動化する計画を発表している。こうした急速な電動化に対応するためには、電動システムの航続距離、運転のし易さ、信頼性、騒音・振動・ハーシュネス、などの特性を、実環境を模擬した条件で迅速評価する必要がある。AVL社では環境温度や応力をパラメータとして、モーターやインバーターを計装化して評価するシステムを開発した。評価は全自動化されており、350の項目を2時間で評価できる。例えばこの評価システムでは、高精度動的トルクセンサーでトルクのゆらぎを評価でき、結果を開発にフィードバックすることで、トルクリップルを最小化することができる。

・ **モーターの磁気特性評価技術に関するトピックス**

ベルギーのルーベンを拠点とする磁気測定器メーカーMAGCAM社より、3Dの磁場マッピングが可能なminicube3Dを搭載した回転スキャナー付き磁場可視化装置の展示デモンストレーションがあった。Minicubeは2Dアレイ上のホールセンサが組み込まれた半導体チップを特長とした磁気カメラ。

8. 欧州における自動車電動化の市場・産業・政策動向

8-1. ドイツにおける電動化動向

ベルリンの関連する機関、adelphi社²⁾、独立行政法人日本貿易振興機構(JETRO)のベルリン事務所³⁾を訪問し、西欧(ドイツ)における自動車電動化の市場・産業・政策動向等をヒアリングした。adelphi社はドイツベルリンに本拠地を置く、気候変動、環境、持続可能な開発等に関する独立系シンクタンクであり、公共政策のコンサルティングなどを行っている。

ドイツ経済は2018年まで自動車産業や中国の発展等の影響もあり順調に拡大してきた。また財政収支も黒字を続けてきた。2019年には米中貿易摩擦の影響などでドイツ経済は減速し、乗用車販売も2019年には減少した。

ドイツ国内のGDPは自動車関連企業の多い西ドイツ地域と南ドイツ地域で69%を占めている。ドイツには約1800社の日系企業が拠点を設けており、現在の最大の課題は人材の確保となっている。ベルリンでは優秀な技術人材が比較的獲得しやすく、ITやフィンテックなどスタートアップ企業が発展しており、産官学連携や産業クラスターの活用も多い。

米国電気自動車メーカーのテスラ社はベルリンに電気自動車SUV工場を建設する計画を発表している。再生可能エネルギーの100%供給もベルリン進出の決定要因の1つと推定される。ドイツ自動車メーカーは中国における新エネルギー車NEVクレジットの獲得を目指し、電気自動車製造で実績のあるメーカーと提携するなど、電気自動車の製造拡大に向けた動きを特に2017年以降活発化させている。

VW社は、電気自動車の戦略車ID.3を2020年に欧州全域の市場で発売し、2020年から2024年までの間に330億円を電動化に投資し、2028年までに70近くのEVモデルを投入し、2030年までに電動自動車の割合を40%以上とし、2050年までにグループ全体での脱炭素化を実現するとの方針を発表している。

ダイムラー社は、2022年までに全てのモデルで電動化を実施し、2025年までにEVとPHEVの売り上げを15~25%とし、電気駆動モデルの拡充のため100億ユーロを投資する方針を発表している。

BMW社は、現在すでに世界の10か所でEVを製造しており、2020年にもドイツ、中国で新たにEVモデルを開始する計画を立てていた。2023年までに25以上の電気駆動モデルを発売する方針を発表している。

ドイツでは、電気自動車の製造・開発に国内の工科大学を母体とした多くのスタートアップ企業が参入している。ドイツでは電動化と平行して、自動運転、デジタル化、ネットワーク化の分野でも投資、開発、実証実験、提携、サービス展開が多面的に進められている。

ドイツ連邦政府は2050年までに再生可能エネルギーの総エネルギーに占める割合を60%まで、総電力消費に占める割合を80%まで引き上げることを目標としている。2018年現在、ドイツの6470億kWhの電源構成に占める地上風力は14%、洋上風力は3%、太陽光発電は7%、バイオマスは7%で、全再生可能エネルギーの占める割合

は35%である。再生可能エネルギーの変動対応のため、停止中の火力発電で2GWを予備電力として確保する。今後、洋上風力を2030年までに15GWまで拡大する目標を立てている。課題は、再生可能エネルギーの利用拡大による、家庭用・産業用電力価格の増大の抑制である。

日本の運輸セクターからのCO₂排出量は2001年をピークに単調減少傾向にあるのに対し、ドイツではピークの2000年に比べ絶対値は少ないもの、2012年以降、ドイツの経済成長に伴い増加傾向にある。日本における旅客輸送に占める自動車の割合は55%であるのに対し、ドイツは87%、日本における鉄道の占める割合は29%であるのに対し、ドイツは8%となっている。日本の貨物輸送に占める自動車の割合は51%であるのに対し、ドイツでは73%、船舶の占める割合は日本が44%に対しドイツは9%、鉄道の占める割合は日本の5%に対しドイツは18%となっている。このようにドイツは旅客・貨物輸送いずれにおいても自動車への依存度が日本に比べて高い。

2017年までのBEV、PHEV（HEVを除く）の世界各国の累積販売台数は、中国が約120万台、米国が約80万台、日本が約20万台となっており、ドイツの約10万台も含め、2010年以降徐々に増加している。全世界の電気自動車の累積台数約500万台に対して、公共充電設備は普通速度が40万基、急速が14万基となっている。急速公共充電設備は特に中国で普及が進んでおり、全世界設置数の78%を占めている。ドイツでは現在2.1万基の公共充電設備を2030年までに100万基まで増やすという方針をドイツ連邦政府が発表している。2018年の燃料電池自動車の稼働中台数は全世界で約1.1万台であり、国別では米国、日本、韓国、ドイツの順となっている。燃料電池自動車の水素ステーション数は、日本、ドイツ、米国、フランス、中国、韓国の順となっており、1水素ステーションあたりの燃料電池車の台数は数台から数十台となっている。

ドイツでは輸送セクターにおける温室効果ガスの排出量を、2030年までに1990年比で40~42%削減する目標を立てており、2020年までに100万台の電気自動車を、2030年までに600万台の電気自動車の導入することを目標としている。ドイツ、日本ともに、燃費規制、電動化、公共交通の振興、複合一貫輸送などロジスティクスの最適化、高度道路交通システム、エコドライブなどを政策や法令で督促している。

8-2. ハンガリーにおける電動化動向

ハンガリーの関連する機関、ハンガリー自動車工業会 KILIÁN CEO、ハンガリー電気自動車工業会 VÍGH 代表、JETRO ブタペスト事務所⁴⁾よりそれぞれ、中・東欧（ハンガリー）における自動車電動化の市場・産業・政策動向等をヒアリングした。

現在、ハンガリーはヴィシュグラード（ハンガリー、ポーランド、チェコ、スロバキア）の構成国で、主要産業は自動車・部品、通信機器、電気機器、製菓、など。貿易の主要相手国はドイツが最大で27%を占める。EV化の動きとしては、充電スタンドのネットワーク構築、購入補助金、免税、環境フレンドリー自動車の優遇、EVバスの導入、など、EV普及に向けた政策が進められている。2019年にはハンガリー内にEVを含む自動運転テストコースとしてザラ・ゾーンが稼働した。ハンガリーには自動車・部品製造業を中心に約160社の日系企業が進出している。ドイツなどの欧州、韓国メーカー他がEVモーター、EVバッテリー、EV・HEV生産対応工場を2017年以降、新たに投資・稼働させている。業種によらず、企業集積エリアでの人材確保と高賃金が課題となっている。こうした電動化の動きの背景として、欧州の排ガス規制への対応が挙げられる。世界的な電動化の流れと同期する形で、研究開発、製造拠点等の投資・整備を進めたい、とのことであった。

9. まとめ

ドイツ ベルリンで開催された電動自動車用モーターに関する国際会議 Advanced E-Motor Technology 2020 に参加するとともに、ドイツ、ハンガリーの関連する機関を訪問し、欧州における電動自動車用モーターの技術動向、自動車電動化の市場・産業・政策動向等を調査した。

自動車の心臓部であるガソリンエンジンが、一世紀以上の歴史を経てなお進化し続けているのに対し、会議冒頭のパネルセッションで述べられたように、難易度の高い電動自動車の主機モーターは、まだ幼少期の段階にあると考えられる。定格点のない可変動作、インバーター制御、Δ200℃に及ぶ環境温度の変化、磁石・軟磁性材料技術、抜熱技術と耐腐食性、絶縁技術、焼き嵌めや遠心力などによる応力の影響、製品の回転精度、生産プロセス技術、磁路設計と耐久疲労強度、効率の維持、等々、電動自動車用モーター開発は総合的技術の基にある。さらにまた、小型・高効率・低コストなどの観点から、最適モーターに唯一解はなく、車格、駆動形式、他の構成ユニット、モビリティの使われ方（気候・平地/山岳地・トレーラーの有無、等々）など、それぞれの要求性能にカスタマイズしたモーターを設計・製造する能力が必要になると考えられる。

参考文献

- 1) <https://www.automotive-iq.com/events-e-motor-conference/>
- 2) <https://www.adelphi.de/en/profile/about-us>
- 3) <https://www.jetro.go.jp/biznewstop/europe/de/biznews/>
- 4) <https://www.jetro.go.jp/biznewstop/europe/hu/biznews/>

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第402号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2020年4月1日
発行人 小紫正樹
発行所 一般財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階
TEL (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285
ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>
E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp