

電気自動車の普及と充電インフラ

株式会社ビー・フロンティア

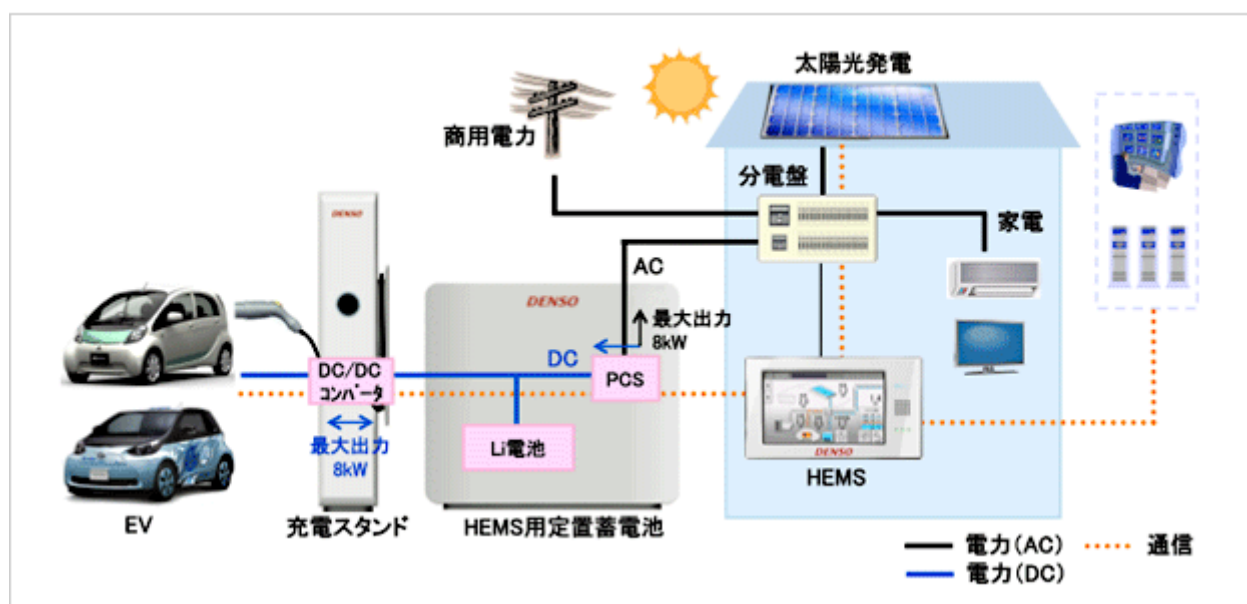
顧問 福島利明

〔1〕電気自動車の普及

電気自動車は100%電気で作る電気自動車（EV）と、バッテリーとガソリンエンジンが稼働するプラグインハイブリッド自動車（PHV）の2つに大きく分けられる。EV（Electric Vehicle）は搭載されている電池に蓄えた電気で作るモーターを回転させ走行する。PHV（Plug-in Hybrid Electric Vehicle）はプラグで充電可能な電池のほかに、エンジンも搭載して双方を併用して走行する。バッテリーの電力不足時には、ガソリンエンジンを使用したハイブリッド走行が可能で、PHEVとも呼ばれる。

前報でも述べたように、電気自動車を蓄電池として扱い、太陽光発電などと組み合わせて住宅やビルで電力供給に活用する取り組みが始まっている。すなわち、HEMS（ホーム・エネルギー・マネジメント・システム）やBEMS（ビル・エネルギー・マネジメント・システム）と、EV/PHVの連携、ひと言でいえば「V2H」（ビークル・トゥ・ホーム）の取り組みである。EV/PHVでは、住宅で発生し蓄えられた電気を、充電スタンドを介してクルマのバッテリーに供給する。その逆の流れとして、EV/PHVのバッテリーで余った電気を住宅に供給することが可能になる。今後、EV/PHVが普及するにつれて、V2Hにおける相互電力供給の流れはますます重要になってくる。

V2H(ビークル・トゥ・ホーム)～DCでの充放電～



<相互電力供給の流れ>

日本自動車工業会は、普及促進策がないとの前提に立って、自然体で 2020 年の普及率を最大で 10%+ α 程度と考えている。政府の EV/PHV 保有・販売の将来予測は 2020 年において保有 385 万台・販売 106 万台、2030 年には保有 1,740 万台・販売 240 万台、2050 年には保有 3,970 万台・販売 290 万台となっている。(環境省・次世代自動車普及戦略検討会)

アメリカは 2015 年までに EV/PHV を 100 万台導入、欧州ではドイツが 2020 年までに 100 万台、フランスが 200 万台を国家目標として掲げている。(目標はいずれも販売累積値)

各国とも、目標達成に向けて充電インフラ整備や補助金制度など普及施策を講じているところである。

国内では以下のメーカーが電気自動車を製造販売している。

(1) 三菱自動車工業

世界初の電気自動車量産メーカーであり、現在 3 車種を取りそろえている。

i-MiEV (2009 年 7 月発売)の 2012 年販売台数は 2,295 台。

(2) 日産自動車

世界最大の電気自動車量産メーカーで、LEAF (2010 年 12 月発売)の 2012 年販売台数は 11,115 台。

(3) 本田技研工業

2012 年 8 月からフィット EV を国内リース販売開始。

(4) 光岡自動車

2012 年 10 月に 3 輪電気自動車、雷駆-T3 を発売。

(5) マツダ

2012 年 10 月よりマツダデミオをベースとした電気自動車のリース販売を開始。

(6) トヨタ自動車

世界初の量産ハイブリッド車、プリウスを 1997 年に販売開始。ガソリンスタンドの燃料補給のみで、電気自動車 (EV) の長所を享受でき、新たな充電インフラを整備する必要がないのが大きな利点で、2013 年 3 月末のプリウス累計販売台数は 293 万 4800 台となっている。

2012 年 1 月からプリウス PHV を販売開始。2013 年 3 月、第 83 回ジュネーブ国際モーターショーで二人乗り小型電気自動車 i-ROAD を公開。

[2] 充電インフラの整備

EV や PHV を普及させるうえで、家庭や賃貸駐車場のコンセントからの普通充電のほかに、ガソリンスタンドのように街中や高速道路のサービスエリアで急速充電できる設備の充実が欠かせない。普通充電器は、単相交流 200V または 100V が使用され、充電時間はかかるが、設備導入費用の負担が比較的少なく、長時間駐車する住宅や事務所などのプライベートエリアや、時間貸し駐車場・宿泊施設などで利用される。急速充電器は、電源に三相 200V を使用し、出力 50kW が一般的であるが、高圧供給による契約が必要な場合が多く、設置にコストがかかる。高速道路のサービスエリアなど短時間での充電が必要な場所で利用される。

普通充電、急速充電のどちらにおいても、必要とされる充電装置の基本機能は

- ① 商用交流電源からの電力を変換により直流として出力する、
- ② 電池の定格電圧・電流や残存容量の条件に対応した電圧・電流で電力を供給する、
- ③ 電池のフル充電を検知して充電を停止する、

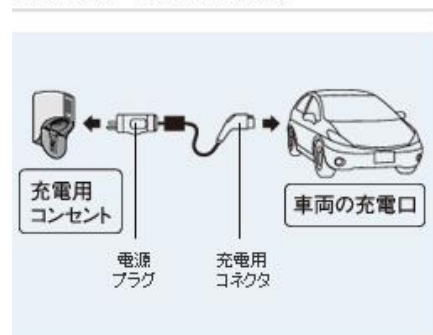
という3項目であり、これらの機能を果たすためにさまざまな方式の充電装置が検討され、実用化されている。

この充電装置において、車両外の電源から車両に電力を供給するコネクタ部のプラグとレセプタクルの組合せを「充電カプラ」という。この充電カプラは通電方式から、「接触式」と「非接触式（ワイヤレス）」に大別される。接触式は、通電方法として金属どうしの接触を用いて、電氣的に電力伝送するものであり、非接触式は一般にコイルとコイルを向かい合わせ、その間の空間を介して（ワイヤレス）電磁氣的に通電させて電力伝送するものである。ワイヤレス充電については次章で述べる。

国内の接触式充電インフラはおもに自治体や民間企業によって整備が進められている。2013年4月現在、登録充電スタンド数は普通充電が6445ヶ所、急速充電が1870ヶ所となっている。2020年に普通充電器200万基、急速充電器5000基の設置目標を掲げており、目標の実現に向け、民間主体のインフラ整備への道筋構築を進めているところである。

充電ケーブルの接続イメージを図1、車載充電ケーブルの例を図2に示す。

〈図1〉充電ケーブルの接続イメージ
(車載充電ケーブル使用の場合)



〈図2〉車載充電ケーブルの例 (2013年3月時点)



〔3〕ワイヤレス給電（無線給電、無線充電）

ワイヤレス給電とは、一般に電気エネルギーがいったん電磁エネルギーに変換されて、空間を經由したのち再び電気エネルギーとして利用される技術を指している。「マイクロチップ」に代表されるようなセンサチップや「FeliCa」を中心とする IC カードなどもその範疇に含まれている。電気自動車用途ではワイヤレス給電を、“電力を使用するために、空間を通してエネルギーを送る技術”と定義すると分かりやすい。

前章でも述べたように、今後の普及が期待される電気自動車にとって、バッテリーの充電技術が重要となっている。ガソリン自動車並みの走行距離を実現させる一方で、自動車自体の性能にかかわる居住性、運動性を確保するためには、容積や重量のかさばる二次電池の大容量化は避けたいところである。またガソリン車では、ガソリンスタンドに数分立ち寄ればエネルギーが補給できるのに対し、通常の電源で 10 時間前後、急速充電器でも数十分の充電時間を要する電気自動車は利便性に欠ける。ゆくゆくは「知らないうちに充電が完了していた」という状況の実現が望まれる。こうした二次電池の問題への解決策として、インフラ側から絶えず充電が可能で、あたかも半永久の大容量電池を搭載したかのような「ワイヤレス給電」は、今後最も重要なテーマとなる可能性を秘めている。

EV に使用可能と考えられるワイヤレス給電方式としては、

- ・電磁誘導方式
- ・磁界共鳴方式
- ・マイクロ波方式

の 3 種類があげられる。

このうち大きなエネルギーを伝送しやすいのは電磁誘導で、磁界共鳴、マイクロ波の順に難しくなる。反対に、最も遠くまでエネルギーを伝送できるのがマイクロ波で、磁界共鳴、電磁誘導の順に距離を延ばすための難易度が高まる。技術の成熟度合いに関しては、電磁誘導方式がすでに実用段階に入っているのに対して、磁界共鳴は実証段階、マイクロ波は基礎的な研究開発の段階と言える。

電磁誘導はコイルを貫く磁界が変化すると起電力が発生する物理現象である。2つのコイルを並べ、片方のコイル（1次コイル）に電気（交流）を流すと磁界が発生し、その影響を受けたもう片方のコイル（2次コイル）に電圧が生じる。電磁誘導方式ではコイル同士の距離が離れると給電が難しくなり、路面に設置した送電部（1次コイル）から車両の床下に取り付けた受電部（2次コイル）への高効率な送電をどう実現するかが課題となっている。また、送電部と受電部の中心軸がずれると効率が極端に落ちるため、充電するためには両者がほぼ正確に重なるように駐車する必要がある。

磁界共鳴方式は、2006年に米国マサチューセッツ工科大学（MIT）が実用化の可能性を発表した新しい技術で、電磁的な共鳴現象を利用してエネルギーを伝送する。同じ周波数で共鳴させる伝送原理のため位置ズレに強く、送電距離も電磁誘導方式より長く取れる。

マイクロ波方式は、通信や放送にも使われている電波をエネルギーの伝達にも利用しようとする考え方で、宇宙空間に太陽光パネルを設置し、地上に送電する技術として研究が進められている。EVへの給電を想定した至近距離での送電も試みられているが、送電効率は低く実用化には至っていない。

ワイヤレス給電の技術で先行するのは米国企業であり、技術の蓄積は 1990 年ごろから始まっている。パテント・リザルト社が米国特許におけるワイヤレス給電技術について、各社の優位性を分析した結果を表 1 に示す。

表 1. 特許総合力と出願件数 (米国)

順位	権利者	総合力 (権利者スコア)	開発規模 (出願件数)	個別力 (最高スコア)
1	Access Business Group	953.8 pt	89	80.5 pt
2	MIT	792.0 pt	60	77.2 pt
3	Qualcomm	583.8 pt	80	79.4 pt
4	Witricity	540.0 pt	26	80.4 pt
5	POWERMAT TECHNOLOGIES	189.1 pt	16	74.2 pt

- ・特許の優位性は出願件数だけでは決まらない。パテント・リザルト社は市場における特許の注目度を数値化した。特許審査官の引用が多いことや、出願した企業が権利化に対して意欲が高いこと、競合会社からの無効審判を跳ね返した実績がある場合に、高いスコアをつけている。総合力は平均値以上のスコアを集計した値であり、個別力は最高スコアの値を示す。

今回分析の対象となったワイヤレス給電分野は、大きく 3 つに分けることができる。

1 つは、業界団体である WPC (Wireless Power Consortium) が主導する電磁誘導方式を用いた「Qi」規格関連で、主に携帯型機器 (例えば iPhone) への利用を目指しており、製品化が進んでいる。

もう 1 つが Qualcomm が推す電磁誘導方式で、電気自動車への適用を狙っている。

3 番目が、MIT と WiTricity* が主導する磁界共鳴方式で、自動車メーカーへの影響力が強く、トヨタ自動車や三菱自動車、IHI などが提携している。米国では 2010 年 10 月に自動車部品の有力企業である Delphi と、開発協力体制を構築している。

WiTricity* : Massachusetts Institute of Technology (MIT) から共鳴型と呼ばれるワイヤレス給電技術の独占的なライセンスを受け、2007 年に設立されたベンチャー企業

ワイヤレス給電技術は米国だけでなく、日本でも研究開発が盛んである。国内では既に EV が量産されており、各社ともワイヤレス給電について熱心に取り組んでいる。日本は家電メーカーの技術力も強く、ワイヤレス給電技術は家庭用電気製品でも役に立つ。パテント・リザルト社が国内特許の優位性を分析した結果を表 2 に示す。

表 2. 特許総合力と出願件数（日本国内）

順位	権利者	総合力 (権利者スコア)	開発規模 (出願件数)	個別力 (最高スコア)
1	セイコーエプソン	625.7 pt	150	74.2 pt
2	Access Business Group	416.0 pt	33	74.9 pt
3	トヨタ自動車	415.4 pt	140	76.8 pt
4	パナソニック電工	400.3 pt	176	76.5 pt
5	Qualcomm	310.9 pt	28	63.0 pt

日本特許でも、米国の **Access Business Group** と英国の **Qualcomm** が上位に入っている。上位 5 社を占める企業のうち、トヨタ自動車が磁界共鳴方式に取り組んでいる。他の 4 社の特許は電磁誘導方式に関するものである。

国内での電気自動車向けワイヤレス給電の取り組み例を以下に述べる。

(1) トヨタ自動車

2011 年 4 月にワイヤレス給電技術の開発を進める米国のベンチャー企業 **WiTricity** と提携しており、その際、増資も一部引き受けていて、EV/PHV への普及促進を目指している（図 3）。

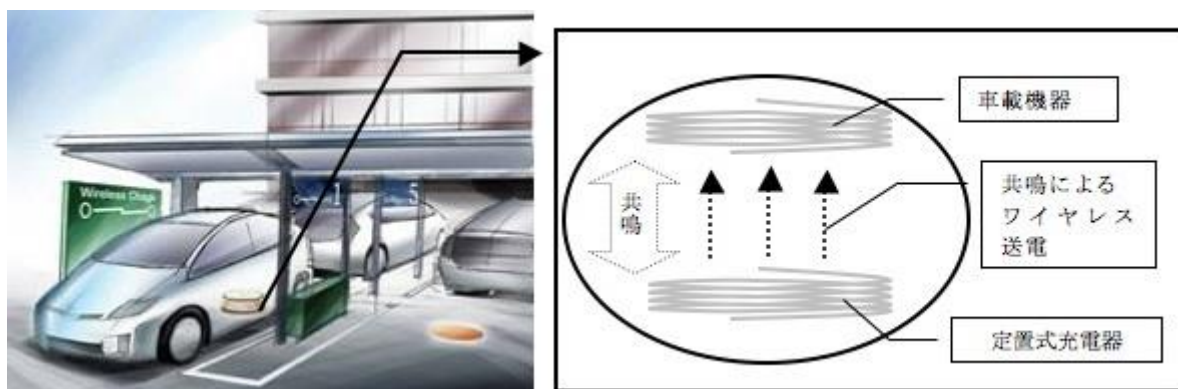


図 3. トヨタ自動車考えるワイヤレス給電の利用イメージ

駐車場の床下に設けた定置式充電器の上に、ワイヤレス充電用車載機器を搭載した EV を駐車すると、共振によるワイヤレス送電によって充電が始まる。ケーブルやプラグコネクタは不要であり、充電器に EV の一部を密着させる必要もない。

(2) 三菱自動車

三菱自動車と IHI、米国 WiTricity は 2011 年 9 月、EV に最適なワイヤレス充電方式の構造や、インフラの適用を目指して研究開発を推進することで合意した。トヨタ自動車と同じく、共鳴型ワイヤレス給電方式を検討している。

(3) 日産自動車

昭和飛行機工業と共同開発した電磁誘導方式のシステムを使い、現行のリーフの次世代で搭載を目指している。アドバンスドパーキングシステムと呼ばれる、ナビ画面で駐車位置を指定すると、前進・後進の案内が表示され、目標位置への駐車が可能となるシステムを開発した。(図 4)

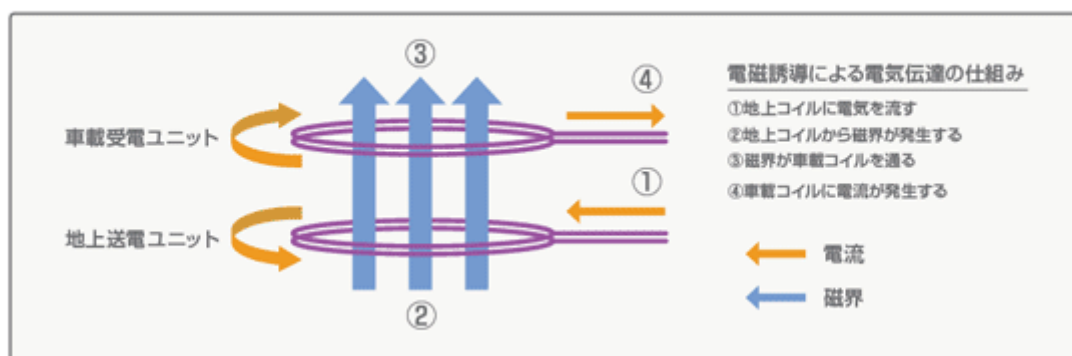
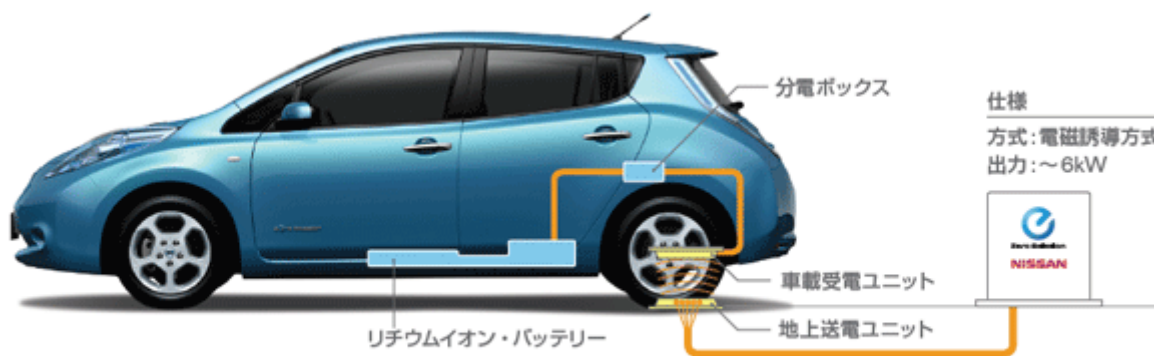


図 4. 日産自動車の電磁誘導方式

(4) ボルボ

日本電業工作とボルボ・テクノロジー・ジャパンは 2012 年 7 月、10kW という大出力のマイクロ波を用いる EV 向けのワイヤレス給電システムを試作した。ボルボ・テクノロジー・ジャパンの親会社であるボルボは、グループ傘下の UD トラックス (旧日産ディーゼル) などが開発中の電動トラックや電動バスなどへの採用を検討している。このワイヤレス給電システムは、マイク

ロ波を受信するアンテナと、受信したマイクロ波を電力に変換する整流回路を組み合わせた「レクテナ」と呼ばれるデバイスを使用している。今回開発されたマイクロ波方式の給電システムは、送電モジュールと受電モジュールの距離が 10 メートルほど離れていても、給電効率が大幅に低下しないことを特徴としている。

(5) 豊橋技術科学大学

豊橋技術科学大学の波動工学研究室は 2012 年 6 月、道路の路面下に設置した電極から、タイヤを介して車両内に電力を供給する技術の基本原理を実証した。パンタグラフと架線を使って電力を供給する電車のように、道路から EV に電力を供給するシステムであり、停車中に大容量の電池に充電するのではなく、走行中に給電し続けることが可能となる。道路から供給される電力で走行する EV は、「電化道路電気自動車 (EVER : Electric Vehicle on Electrified Roadway)」と呼ばれる。システムの概略を図 5 に示す。



図 5. 走行中給電システム

周波数が数 MHz の高周波電流を用いれば、通常は絶縁体であるコンクリートやタイヤのトレッドは誘電体として働き、道路下の電極とスチールベルト間で電流が流れる。

[4] まとめ

本報ではスマートグリッドの発展・整備に必要な電気自動車の普及および充電インフラについて述べた。金属どうしの接触を用いる従来の充電インフラは自治体や民間企業によって整備が進められている。一方、インフラ側から絶えず充電が可能で、あたかも半永久の大容量電池を搭載したかのようなワイヤレス給電は、各企業及び研究機関で開発中であり、今後最も重要な役割を占めるといわれている。

電気自動車が普及するにつれて、車載用バッテリーの新たな開発・改良技術が重要になっている。次報では、電気自動車用のリチウムイオン電池の開発、技術動向について報告する予定である。