

話題の
PRODUCT

プロダクツ

電気自動車



一般家庭への普及段階に入った電気自動車 残された課題は商品としての魅力づくり

GM、トヨタ自動車相次いで一般販売を開始するなど、電気自動車をめぐる動きがあわただしい。

かつてから低公害車の切り札といわれながら、普及はあまり進まなかった。

電気自動車の普及に拍車がかかっている理由と、今後の動向などについて報告する。



カリフォルニア州規制で注目を集めるEV

1996年秋、アメリカと日本で一般ユーザーを対象とした電気自動車(EV : Electric Vehicle) 2車種の販売が開始された。1つは、GM(ゼネラル・モーターズ)のEV1、もう1つがトヨタ自動車のRAV4L EVだ。価格は、EV1が3万4000ドル(約385万円。実際には3年契約のリース販売のみで、公的補助を加えるとリース料は月500~600ドル)、RAV4L EVが495万円と発表されている。これまでもEVの販売は行われていたが、自治体などが業務用に導入する例がほとんどで、一般ユーザーへの販売は稀だった。普及のネックとなったのは、車体購入や維持管理にかかる高コストと、航続距離などの性能面での制約だ。

EVの歴史は意外に古く、ガソリン車(GV : Gasoline Vehicle)より古く19世紀にまでさかのぼる。しかも、初期のGVは十分な性能が出せず、最高速度などはEVによって記録されていたという。しかし20世紀に入ると、内燃機関の技術開発が急速に進んだのと対照的に、電池の性能向上が進まず、EVは忘れ去られていった。

1960年代後半、公害問題が深刻となり、自動車メーカーは独自にEVの開発に着手し始める。これを後押しする形で、1971~76年まで、通産省も大型工業技術開発制度を適用して、6年間に57億円の資金が投入された。ところが、GVの排ガス規制に関する技術開発が進み、再びEVへの社会的関心が薄れてしまう。

再度EVに注目が集まるのは、1990年に米国カリフォルニア州で制定された「大気汚染防止に関する規制法案」だった。この法律は、1998年までに、自動車メーカーが製造販売する車輛の2%を無排出ガス車(ZEV : Zero Emission Vehicle)とすることを義務づけた。その後1996年3月に見直され、2003年までにZEVの比率を10%とすると修正されている。現在ZEVの条件を満たすのはEVしか存在しないため、メーカー各社はEVの開発にしのぎを削る結果となった。

技術革新著しいモーター・コントローラー・電池

最高速やトルクといった動力性能に関しては、現在のEVはGVとまったく遜色のないレベルに到達している。EVの性能を決定する技術要素としては、動力源であるモーターと電池がもっとも重要だ。

これまでEVの動力用モーターには、直流モーターが使われてきた。比較的安価で高出力を得られるからだ。ただ直流モーターは構造上、ブラシを必要とする。このため小型化に難があり、機構が複雑になると同時に、耐久性や効率にも問題があった。

最近主流となりつつあるのが交流モーターだ。交流モーターは、電機子¹⁾の構造を簡単にでき、ブラシを必要としないため、高速回転が可能になる。このため同じ大きさで、直流モーター



■市販されたトヨタRAV4L EV(上)。24個のニッケル水素電池が底部に搭載されている(下)。(Photo:(c)畑中力)

より大きな出力を得ることが可能になった。現在、誘導モーター²という方式が使われているが、エネルギー効率、小型化がさらに有利なブラシレスDCモーター³に注目が集まっている。

モーターと同時に、コントローラーの技術革新も見逃すことができない。EVでは、速度や出力をモーターにかかる電流電圧で調整する。コントローラーは、電池の直流電圧を目的に応じた出力に変換する装置だ。直流モーターでは、チョッパ回路を使って電圧変換を行う。交流モーターでは、半導体スイッチのオンオフにより直流電圧を交流出力電圧に変換するインバーターが必要になる。

直流モーターで使われるチョッパ回路の原理は、半導体に流すパルス電流をスイッチングすることで、回路全体に流れる電流をパルス化し、オンオフの比率を変化させることで電流を制御している。交流モーターでは、コントローラーで直流から交流に変換すると同時に、アクセルの踏み込みに応じてモーターの回転数に合わせ、変調の周波数や電流、電圧を制御する。またそれらのベクトルをそろえる必要もある。このためインバーターは回路が複雑になる。

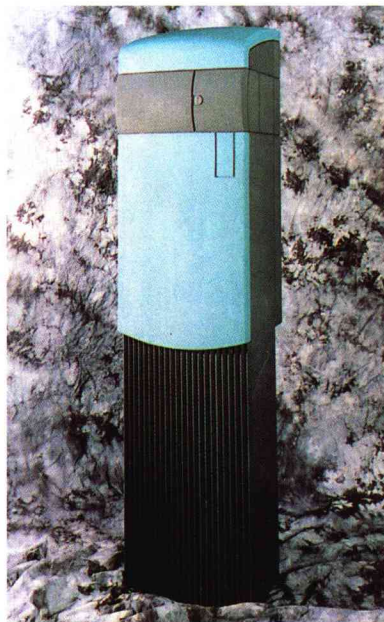
従来、チョッパにはトランジスタが使われていたが、1980年代以降、よりエネルギー損失の少ない、IGBT⁵やパワーMOS-FET⁶といった半導体の開発が進んだ。従来70%程度だったエネルギー効率が、ブラシレスDCモーターでは約90%まで向上しているという。こうした開発が、EVの性能面での進化を支えたと言ってもいい。

もう1つの技術要素である、EV用2次電池の技術開発も進んでいる。従来、EVの最大のネックは電池であるといわれてきた。これまでEV用に使用されてきたのは、鉛蓄電池だ。2次電池としては、非常に長い歴史をもつ鉛蓄電池だが、エネルギー密度⁷、パワー密度⁸、充放電率⁹、寿命¹⁰などのバランスに優れ、代替できる電池がなかなか現れなかった。

家庭用2次電池としては、ニッケルカドミウム電池がよく使われている。鉛蓄電池に比べエネルギー密度が2～3割高く、寿命も長いのだが、有害なカドミウムを使用するため、普及には難があった。そこでカドミウムの代わりに水素化金属を使ったニッケル水素電池が開発されている。現在、ニッケル水素電池は、鉛蓄電池に比べエネルギー密度が2倍の70Wh/kg、電池の寿命である充放電回数も、2倍の1000サイクル以上に達している。

ニッケル水素電池よりもさらに有望視されているのが、リチウム電池だ。金属リチウムを使用した電池では、発火事故を起こすなど不安定だったが、リチウムをイオン化する技術が開発されて、改善されてきている。現在、リチウム電池では、エネルギー密度は鉛蓄電池の約3倍（100Wh/kg）、出力密度が2倍の300W/kg、寿命も1200サイクルに達している。

ブラシレスDCモーターとニッケル水素電池を搭載した



■家庭や駐車場で充電するために開発された誘導式充電システム。規格が統一され、最近のEVには充電器が搭載されているものが多い（テルファイオートモーティブシステムズ社製）。

RAV4L EVを例にとると、最高速125km/h、1回の充電による航続距離215km（10-15モード）を実現している。最高出力は45kW（61.2ps）/2600～8600rpm、代々トルクは165Nm（16.8kg・m）/0～2600rpmで、シティコムーターとしては十分な性能だろう。

消費者にとって魅力的なEVの開発が望まれる

性能面ではGVに近づいたEVだが、まだ解決しなければならない問題も多い。それはコストと商品としての完成度の、大きく2つの側面から見ることができるだろう。

EVは量産効果が上がらず、どうしても割高になりがち。特に電池が価格全体に占める割合が高い。RAV4L EVの場合、ベース車の価格が3ドアのAT・最上級仕様でおよそ212万円。EV車の495万円は倍以上ということになる。

また鉛蓄電池は寿命が短く、2年ごとに交換する必要がある。費用はおよそ50万円ほどかかる。ニッケル水素電池では7～8年は保つのではないかとされているが、正確なデータが積み上げられているわけではない。ただ燃料代を比較すると、EVはGVの約1/3で済むといわれている。電池の価格がこの範囲に収まってくれば、EVのメリットも出てくる。

EVを商品として見た場合、随所に完成度の低さが目に付いてしまう。1つは、パッケージングの問題だ。

EVは、すでに生産されているGVの車体を改造して生産するコンバート車を中心。重量があり体積のかさむ電池を収納するため、従来はトランクや後部座席を潰したりしていた。これではGVと比較して商品価値が落ちてしまう。RAV4L EVはベース車がレジャービークル(RV)のため車高が高く、車体下部に電池を収納することで、GVとまったく同じ座席やラゲージスペースを確保できている。



■本田技研が発表したHONDA EVのモータールームと荷室。EV専用ボディのため、容量が十分確保されている。RAV4L EVや日産のプレーリージョイEVなど、RVがベース車として利用されるのも、居住空間を犠牲にしないですむことが理由だ。(Photo:(C)畑中力 HATANAKA TSUTOMU)

もう1つは信頼性の問題である。たとえば電池の性能や寿命について、実験で得られた理論値と実際が異なる現象が知られている。当初電池の品質のバラツキが原因と考えられていたが、最近電池ごとの充電のアンバランスも原因であることがわかってきた。

EVでは、20個以上の電池が直列につながれている。充電する際、各電池の内部抵抗値や温度に差があると、全体では満充電しているように見えても、個々の電池の充電状態に差が出てしまう。この状態のまま充放電を繰り返すと、電池間の性能差が次第に大きくなり、寿命にも影響を与えてしまう。電池個々をマネジメントする仕組みと、データ集積に基づいたノウハウの確立が必要だろう。

さらに、EVの利用形態を周知する必要もある。1充電での最大航続距離を200kmと仮定すると、EVを安全に走行できるのは、自宅から半径50～60km圏が目安となる。EV用電池の充電には、数時間を要する。朝家を出て、夜自宅のガレージに戻り、安い夜間料金を利用して充電を済ませるというのが、EVの利用パターンだ。日本全国どこでも簡単にガソリンが補給できるGVとは、この点が根本的に違う。もちろん緊急充電も可能だが、充電に20～30分かかり、しかも満充電になるわけではない。そのうえ場合によっては電池の寿命も短くなってしまう。

資源エネルギー庁は現在、エコステーション2000計画を推進している。EVをはじめとする低公害車の燃料供給設備を、全国のガソリンスタンド2000カ所に併設しようというもののだが、EV用緊急充電設備の設置には、1施設でおおよそ3300万円の資金が必要になる。自宅以外でEVに充電するというのは、ユーザーにとっても、社会資本の整備の側面から見ても、あまり効率の良いものではなさそうだ。

ユーザーにとって、EVを所有することにどのようなメリットが

あるのか。より魅力的な製品として完成度を高めていくと同時に、税制上の優遇措置や駐車規制の緩和など、法制面での対策をふくめた、総合的な普及政策が課題となってくるのではないだろうか。

取材協力：(財)日本電動車両協会
写真提供：(財)日本電動車両協会、畑中力、
カー・アンド・ドライバー編集部

- *1 電機子：モーターを構成する基本部分の1つ。電気エネルギーを回転エネルギーに変換する。
- *2 誘導モーター：交流モーターの1種。巻線を施した3つの電極に時間をずらして交流電流を流し回転磁界を発生させて巻線型の回転子を回す。
- *3 ブラシレスDCモーター：交流モーターの1種。同期モーターの回転子に永久磁石を使用したもの。
- *4 EV用モーターの回転数とトルクの関係（DCブラシレスモーターの例）

$$n = 2\pi V / \phi Z \quad T = \phi ZV / R$$

n：モーター回転数 V：電圧 ϕ ：総磁束 Z：電機子の巻線数 T：トルク R：抵抗
- *5 IGBT：Insulated Gate Bipolar Transistor 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ
- *6 パワーMOS-FET：Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ
- *7 エネルギー密度：電池の重量もしくは容積当たりの電力容量。1充電走行距離を決定する。
- *8 パワー密度：電池の重量もしくは容積当たり取り出しことができる最大の電力量。加速力と最高速度に影響する。
- *9 充放電率：充電に用いた電力量に対する電池から取り出せる電力量の割合。総合効率に影響する。
- *10 寿命：電池が規定の性能を示せなくなるまでに充放電を何回繰り返せるかの回数。
- *11 10・15モード：10モードに代わり1991年から採用された燃費テストの運転方法（モード）。従来の一般道を基準としたモードに、高速走行の要素を加味した15の走行パターンが追加されている。