

# EV関連技術(V2G, V2H)

赤須雅平\*  
笹本明彦\*\*

Technologies around Electric Vehicle(V2G, V2H)

Masahira Akasu, Akihiko Sasamoto

## 要旨

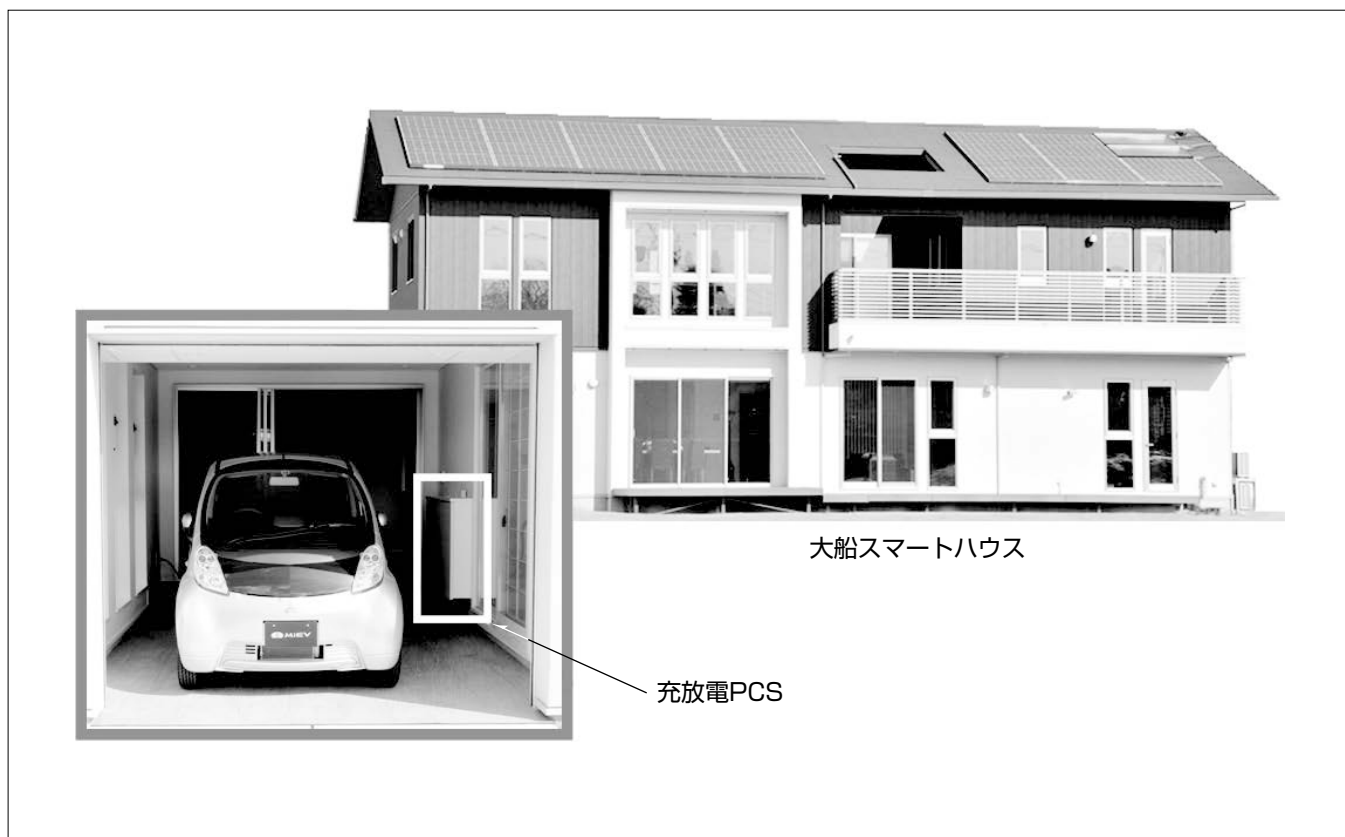
地球温暖化の有効な対応策として電気自動車(Electric Vehicle:EV)やプラグインハイブリッド自動車(Plug-in Hybrid EV:PHEV)が期待され、市場への投入が始まった。同時に、EV/PHEVの車載バッテリーを家庭で活用するV2H(Vehicle to Home)や、系統と連系し系統安定化手段として利用するV2G(Vehicle to Grid)の技術開発が進められ、特に東日本大震災後は、災害時に車載バッテリーを非常電源に利用したり、平常時の電力ピーク抑制のため車載バッテリーから家庭に電力を供給したりする機能の実現に向けた技術開発・検証が加速している。

V2GやV2Hでは、自動車としての利用に支障を来さないよう、充放電量を適切に設定し電力源として有効に活用

していく技術が必要となる。また、太陽光発電(PhotoVoltaic:PV)やエネルギーマネジメントシステム(EMS)との連携や、需給制御技術など系統に関する技術も必要である。

三菱電機はV2G及びV2Hの早期実現を目指し社内外の各種実証事業に取り組み、車載バッテリーの充放電技術、家庭や工場でのHEMS(Home EMS)やFEMS(Factory EMS)による制御、電力系統との連系技術の開発を行っている。

これら実証事業で開発するシステムと機器は近い将来、一般家庭、ビル、工場、コミュニティ等に導入されることによってEV/PHEVの付加価値が高まり、その普及が促進され、CO<sub>2</sub>排出量削減ひいては地球温暖化対策に大きく寄与するものである。



## 大船スマートハウスにおけるEV充放電実証実験風景

当社のスマートグリッド実証設備の一つとして鎌倉市大船に建設した大船スマートハウスでは宅内車庫に設置したEV/PHEV用パワーコンディショナ(PCS)でEV/PHEVの車載バッテリーを充放電し、蓄電や宅内への電力供給をする。高度化したHEMSによってEV/PHEVを太陽光発電と連系して制御し、ピークカット、ピークシフト、負荷平準化等の実証実験を行っている。

## 1. ま え が き

地球温暖化問題対処のため、我が国は2020年に温室効果ガスを二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)換算で1990年比25%削減する中期目標を掲げた。国内のCO<sub>2</sub>換算総排出量の20%は運輸部門が占め、中でも自動車からの排出量は90%におよぶ。自動車産業には自動車の燃費向上とCO<sub>2</sub>源となる化石燃料への依存度低減が強く求められている。

温暖化対策の切り札として、電気自動車(EV)やプラグインハイブリッド自動車(PHEV)等が期待され、市場に投入され始めている。同時に、EV/PHEVの車載バッテリーに注目が集まり、電力系統と連系し系統安定化手段として利用するV2G(Vehicle to Grid)や、家庭で活用するV2H(Vehicle to Home)の技術開発が始まった。

特に東日本大震災以降、災害時のEV/PHEV車載バッテリーの非常電源利用や、車載バッテリーから家庭への電力供給による電力ピーク抑制の実現に向けた技術開発・検証が加速され、当社も鋭意取り組んでいる。

本稿では、EV/PHEV車載バッテリーのV2G、V2Hによる有効活用について、当社で進行中の実証実験をふまえて述べる。

## 2. EV/PHEVの電力活用

### 2.1 次世代自動車

2008年に閣議決定された“低炭素社会づくり行動計画”では、運輸部門のCO<sub>2</sub>削減達成のためハイブリッド自動車(Hybrid Vehicle:HV)・電気自動車・プラグインハイブリッド自動車・燃料電池自動車(Fuel Cell Vehicle:FCV)・クリーンディーゼル自動車(Clean Diesel Vehicle:CDV)・天然ガス(Compressed Natural Gas:CNG)自動車等を次世代自動車と定義し、2020年までに新車販売の2台に1台を次世代自動車にするとした<sup>(1)</sup>。これを受けて2010年4月に経済産業省は“次世代自動車戦略2010”で表1に示す普及目標を政府目標として発表した<sup>(2)</sup>。

欧州では自動車からのCO<sub>2</sub>排出量規制が導入されている。自動車メーカーは欧州で販売する車両平均の排出量を2020年には95g/km以下にしなければならない。従来車でこの規制値を満足させるにはコンパクトカー以外ほとんど不可能であり、次世代自動車の投入は不可欠である。

表1. 2020~2030年の乗用車車種別普及目標(政府目標)

	2020年	2030年
従来車	50~80%	30~50%
次世代自動車	20~50%	50~70%
ハイブリッド自動車	20~30%	30~40%
電気自動車 プラグインハイブリッド自動車	15~20%	20~30%
燃料電池自動車	~1%	~3%
クリーンディーゼル自動車	~5%	5~10%

### 2.1.1 ハイブリッド自動車

ハイブリッド自動車(HV)のほとんどは内燃機関と電動機の組合せによるハイブリッド電気自動車(HEV)であり、内燃機関の出力を直接駆動力として利用し、電動機を補助的な駆動や回生に利用するものが多い。動力の組合せによって内燃機関を効率の良い領域で運転し、かつ、減速時のエネルギーを回生利用することで、従来車に比べ大幅なCO<sub>2</sub>排出量削減が可能となる。

現在市販されているHEVの代表車と言えるトヨタプリウス<sup>(注1)</sup>のCO<sub>2</sub>排出量は国内JC08モードで71g/km、欧州基準で89g/kmであり2020年規制値を満足している。ただし、HEVは燃料としてガソリン、軽油等を使用するため、脱石油とはならない。

(注1) プリウスは、トヨタ自動車株の登録商標である。

### 2.1.2 EV/PHEV

車載バッテリーを電力系統などから充電し、その充電電力で電動機を駆動する自動車にEVとPHEVがある。二次電池と電動機のみで常時動く自動車がEVである。また、HEVのバッテリー搭載量を増し外部から充電可とし、許容放電量内でEV走行を可能とした自動車がPHEVである。ともにバッテリー走行時に車両からのCO<sub>2</sub>発生はない。しかし、電力源となる発電所でのCO<sub>2</sub>排出を考慮する必要がある。

## 2.2 EV/PHEVのCO<sub>2</sub>排出量

2009年度国内一般電気事業者10社のCO<sub>2</sub>実排出係数データ、電力販売量から日本の電力でのCO<sub>2</sub>実排出係数を求めると411g/kWhとなる。例えば、市販EVである三菱i-MiEV<sup>(注2)</sup>のJC08モード交流電力量消費率は0.11kWh/kmである。これにCO<sub>2</sub>実排出係数を乗ざると、i-MiEVのCO<sub>2</sub>排出量は45.2g/kmとなる。また、トヨタから発表されているプリウスPHEV<sup>(3)</sup>の電力消費率6.57km/kWhからCO<sub>2</sub>排出量を求めると62.6g/kmとなる。HEVに比べCO<sub>2</sub>排出は少ない。EV/PHEVの充電を大量導入が進むPVなど再生可能エネルギーで行えば、CO<sub>2</sub>排出は完全にゼロとなり、環境の面からは最も優れた次世代自動車となる。

(注2) MiEVは、三菱自動車工業株の登録商標である。

## 3. V2G, V2H技術

### 3.1 EV/PHEVの電力貯蔵、発電能力

国内の1家庭1日あたりの電力使用量は約9.2kWhである。EV/PHEVの車載バッテリーは5~30kWhの容量があり、これから家庭に電力供給すれば、1台でほぼ家庭1日分の電力を賄える。

ここで問題となるのがEV/PHEVを使用できる時間である。国土交通省統計データ(2009年度)によると、登録車の実働率(1年間に何日自動車を使うか)は64.7%、実働1日の自動車の走行キロは38.62kmとなる。例えば、走行時の平均車速を30km/hとすると走行している時間は1.5時

間程度となる。路上駐車など駐車場以外での駐車を同じく1.5時間見込んでも、稼働日の21時間は駐車場に駐車されている。非実働日は終日、実働日でも大半の時間を大容量バッテリーとして活用可能であることが分かる。

自動車の登録台数は2011年度で年間約460万台である。2020年度も同じ登録台数とすると、政府目標では年間92万台のEV、PHEVが日本国内に出る。電池として使う容量を10kWh、充放電能力を3kWとすると、その容量は920万kWh、出力が276万kWとなり、大規模火力発電所並の能力となる。これが毎年増設されるとすれば、その有効活用を真剣に検討しなければならない。

3.2 V2G, V2HでのEV/PHEV活用

EV/PHEVの有効活用策としてV2GやV2Hが検討されている。V2Gとは太陽光発電設備と同様にEV/PHEVを電力系統に連系し、車両と系統の間で電力の融通をすることを言う。また、V2HとはEV/PHEVの車載バッテリーに蓄えられた電力を住宅内に供給し家庭で活用することを言う。EV/PHEVを移動手段として使わないときに、車載バッテリーを蓄電設備として利用する点が共通する。

3.2.1 V2G

V2Gへの社会的ニーズは再生可能エネルギー大量投入時の余剰電力吸収、そして電力需要ひっ迫時のピークカット、ピークシフトへの対応等が考えられる。EV/PHEVの蓄電、放電能力は電力の需要と供給のバッファとなり、その応答性の高さから従来にないフレキシブルな電力設備となり得る。まずは風力発電や太陽光発電のように発電電力が短時間で大きく変動する電力源の変動吸収に期待がかかる。図1は太陽光発電が集中して導入された場合の電圧問題とV2Gによる対策を示す。太陽光発電が集中して系統に逆潮すると、同図(a)のように系統電圧が上昇し、配電線末端側での逆潮は制限され、太陽光発電電力を無駄に抑制することになる。これは太陽光発電設備導入家庭に不公平を生じることになり、社会問題化する可能性がある。この余剰電力を近傍に駐車しているEV/PHEVに充電すれば、同図(b)に示すように系統電圧を低下でき、末端の太陽光発電導

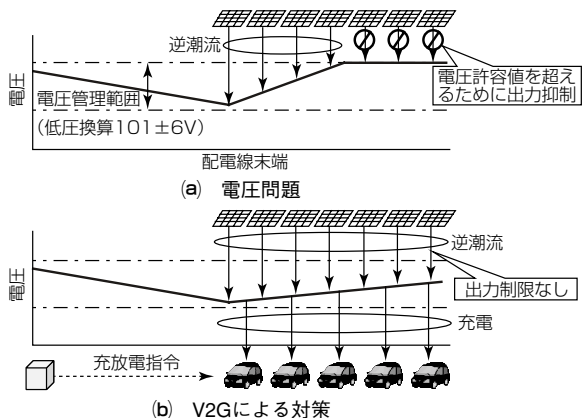


図1. PV集中連系における電圧問題とV2Gによる対策

入家庭も逆潮できることになる。EV/PHEVに蓄電した電力は、もちろんEV/PHEVの移動に使うことができるが、移動予定がない場合は、系統側の需要にあわせ逆潮すれば、電力需要平準化に貢献できる。電気事業者からの依頼や系統電圧の状況に応じてEV/PHEVの充電、放電をさせるには、当然その所有者には導入に際してのインセンティブと、V2G接続によるプロフィットが重要となる。ここに電気事業者と需要家の間を取り持つ新たなビジネスの発生も予測される。

3.2.2 V2H

EV/PHEVの所有者は、EV/PHEVを移動手段として使用しないときに、V2Hで家に接続するだけで省エネルギー、省コストが実現できれば新たなメリットを享受できる。

現状EV/PHEVをACコンセントにつなぐと、車載充電器は自動的に最大出力で車載バッテリーを充電する。太陽光発電の余剰電力分のような変動する電力の蓄電には充電制御が対応していない。V2Hで使用するEV/PHEVには外部コントロールによる充放電に対応できる仕組みの搭載が必要となる。

図2にV2Hの構成例を示す。EV/PHEVの急速充電口を利用して、DC接続で家と電力のやり取りをする。家に設置するEV/PHEV用PCSは系統からEV/PHEVの充電を行うためのAC/DC変換機能とEV/PHEVから宅内家電製品に電力を供給するためのDC/AC変換機能を持つ。EV/PHEVとDC接続することで、車載バッテリーの充放電をEV/PHEV用PCSが自由に制御できる。PCSの容量を大きくすることで短時間での充電なども可能となり、ユーザー満足度を上げることもできる。家とのデータ通信は充電ケーブル内のCAN(Controller Area Network)通信線を利用する。充放電制御プロトコルに関しては、急速充電インフラの普及を推進するために自動車会社、充電器メーカー及びこれを支援する企業・行政等によって構成されたCHAdeMO<sup>(注3)</sup>(CHArge de MOve)協議会で仕様化される。このCHAdeMO準拠による充放電制御技術をEV/PHEVだけではなく据置型のバッテリーへの適用を考えれば、家庭用DC電源設備の接続仕様の乱立を防ぐこともできるだろう。

ところで家への電力供給を可能とするV2Hの構成は、電力がEV/PHEVから系統に逆潮する可能性があるため、実運用上はその連系方法、保護方法、設備の認証等に関する制度面での整備が必要である。これが実現に際しての喫

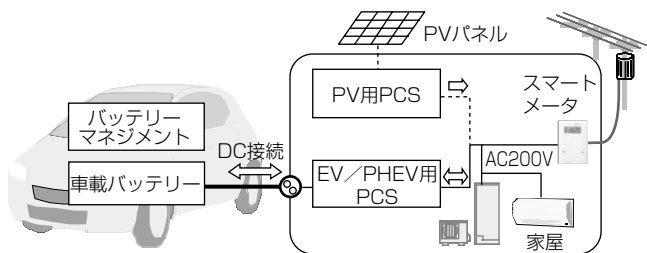


図2. V2Hの構成例

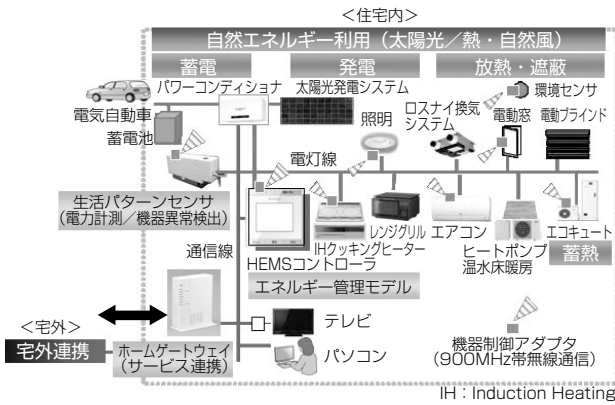


図3. 大船スマートハウスのHEMS実証実験

緊の課題と言える。

(注3) CHAdeMOは、東京電力㈱の登録商標である。

3.2.3 震災で見たEVの新たな一面

東日本大震災直後、ガソリンの供給が止まる中、EVは真っ先に復旧した電気によって充電が可能となり、移動手段、輸送手段として復旧に重要な役割を果たした。医療関係での貢献は有名な話である。一方、電力不足の下、電力を大量に消費するEVは好ましくないという意見が一部に出た。しかし、問題は電力量よりむしろ夏、冬の特定時間帯での電力需要の高まりへの対処、すなわち発電能力であることが認識され、ピークカット、ピークシフトの有力な手段としてEVの蓄電力、電力供給能力が注目されている。また、計画停電が懸念される中、停電時のEVから一般家庭への電力供給も期待が高く、EVを販売するカーメーカーはそれへの対応を発表している<sup>(4)</sup>。

3.3 実証実験への取り組み

当社はスマートグリッド社内実証実験に取り組んでおり、大船スマートハウスはEVの接続を前提としてHEMSを構成し、車載バッテリーの充放電制御技術開発を行っている<sup>(5)</sup> (図3)。

社外では、経済産業省・資源エネルギー庁の補助事業である次世代送配電系統最適制御技術実証事業に参画し、系統状況に応じた需要側機器の制御技術の開発に取り組んでいる。その一つとして太陽光発電の余剰電力をEVのバッテリーに蓄電し、蓄電した電力を家に供給するためのシステム、PCS開発にも取り組んでいる<sup>(6)</sup> (図4)。

また、経済産業省の補助事業“次世代エネルギー・社会システム実証事業”では“けいはんな”グループの一部として三菱商事㈱、三菱自動車工業㈱とともに、太陽光、EV、リユースバッテリーを利用したEMSによる工場需用電力の平準化技術の開発、検証を実施している<sup>(7)</sup> (図5)。

これら実証事業で開発するシステム、機器が近い将来、一般家庭、ビル、工場、コミュニティ等に導入されることによってEV、PHEVの付加価値が高まり、その普及が促進され、CO<sub>2</sub>排出量削減ひいては地球温暖化対策に大きく寄与することになる。

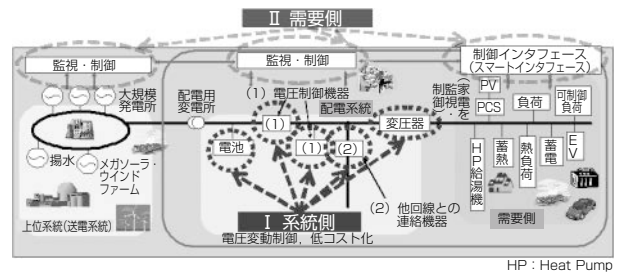


図4. 次世代送配電系統最適制御技術実証事業

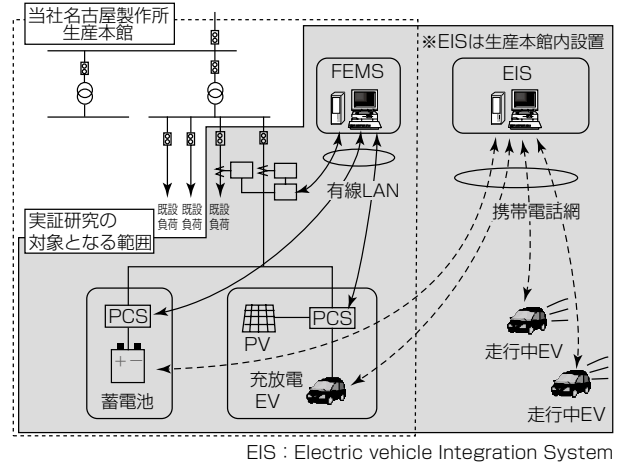


図5. 次世代エネルギー・社会システム実証事業

4. むすび

EV/PHEVはCO<sub>2</sub>排出量を大幅に抑制でき地球環境改善に大きく貢献できる。また、搭載する大容量バッテリーによって、従来車にはない新しい価値を生み出す、高いポテンシャルを持っている。家、コミュニティ、系統等インフラ側の充実にあわせ、連携を強化することで、従来は個人所有の自動車という製品が、社会の共有資源として活用できるようになる。将来に向け、EV/PHEVの有効活用、新しい価値創造に注力していきたい。

参考文献

- (1) 日本政府閣議決定：低炭素社会づくり行動計画(2008)
- (2) 経済産業省次世代自動車戦略研究会：次世代自動車戦略2010 (2010)
- (3) トヨタ自動車ニュースリリース：プラグインハイブリッド車を市場導入 (2009)
- (4) 日産自動車ニュースリリース：「日産リーフ」の駆動用バッテリーから一般住宅へ電力供給するシステムを公開 (2011)
- (5) 三菱電機ニュースリリース：「大船スマートハウス」でスマートグリッドの実証実験を開始 (2011)
- (6) 三菱電機ニュースリリース：「次世代送配電系統最適制御技術実証事業」の実施について (2010)
- (7) 三菱電機ニュースリリース：電気自動車を用いたスマートグリッド関連システムの開発に着手 (2010)