

## プラグインハイブリッド自動車と夜間電力活用 輸送部門の石油消費削減に向けて

ユニバーサルエネルギー研究所 堀 雅夫

### 映画「誰が電気自動車を殺したか？」の問いかけ

2006 年の夏、“Who Killed the Electric Car?”と題するドキュメンタリー映画が米国で劇場公開された。これは、1990 年代にカリフォルニア州のゼロ排出自動車(ZEV)規制によって電気自動車が導入され、これを全体の 2%,10%と増加する計画が 90 年代の終わり頃に中止になった事実に基づいた映画。

この映画の主演は、規制導入の切っ掛けともなったゼネラル・モーターズの“EV1”という優れた電気自動車で、これはリース契約だったので規制変更とともに、使用継続を希望するユーザーからも全部引き上げられてしまった。

誰がこの電気自動車を殺したのか？ 石油会社か？ エンジン車との共食いを恐れた自動車会社自身か？ パワー・ポリティックスか？ 或いは、ラグジュアリーを求める消費者か？ 有罪は？ 映画は多数の関係者の証言を入れてミステリー風に進行する。本来は発展している筈だった電気自動車が消えて、エネルギー効率上画期的なハイブリッド車が出てきたとは言え、これはガソリンが動力源。そこで映画は犯人捜しで終わらず、電気自動車に代わる「プラグインハイブリッド車」への期待が語られる。

この映画に象徴されるように、米国は輸入石油依存からの脱却のために自動車の脱石油へ盛り上がっている。そのための最も手っ取り早く実効的な手段がプラグインハイブリッド自動車の導入とされており、2006 年 1 月の大統領一般教書で発表された「新エネルギー・イニシアティブ」の中の自動車への燃料供給目標の 1 番目に、プラグインハイブリッド車用の新型電池の開発を挙げている。米国の電源構成は、石炭 50%、原子力 20%、石油は僅か 2%なので、自動車が充電電力で走行する

ことによる石油節減効果は大きい。

### プラグインハイブリッド自動車とは

プラグインハイブリッド自動車(PHEV)は、ハイブリッド車の電池容量を大きくし、充電するための差込み(プラグ)を備えた車で、ある距離までは充電電力で走行し、電池容量を超える距離はエンジンで走行する。

現在は、米国で既存ハイブリッド車(主にプリウス)をプラグイン化した改造車が約 20 台、米国電力研究所(EPRI)との協力によるダイムラークライスラー社のプラグインハイブリッド試作車(写真1)が数台走行している段階だが、ニューヨーク州が州政府保有のハイブリッド車 600 台をプラグイン化する計画を発表するなど、地方自治体や電力会社などでプラグインハイブリッド車の導入を促進する動きが出ている。米国でも、日本でも、プラグインハイブリッド車のキーテクノロジーである高性能・低コスト電池開発の政策的推進・支援が始まっているので、数年後の市場導入が期待される。

写真1 ダイムラークライスラーの  
スプリンターPHEV



ハイブリッド車は「二つ以上の駆動用のエネルギー蓄積装置とパワートレインを持った車」と定義される。表 1 に、内燃機関と電気モーターのハイブ

リッド車のパワートレイン(エンジン、モーターなどからタイヤまでの駆動系)の種類・配置・伝達方法による各種の形式を示す。この中で「外部充電(プラグイン)可能」と示されている形式が電池・モーターなどの増強によりプラグインハイブリッド車になり得るものである。

表1 ハイブリッド自動車の種類とプラグイン化

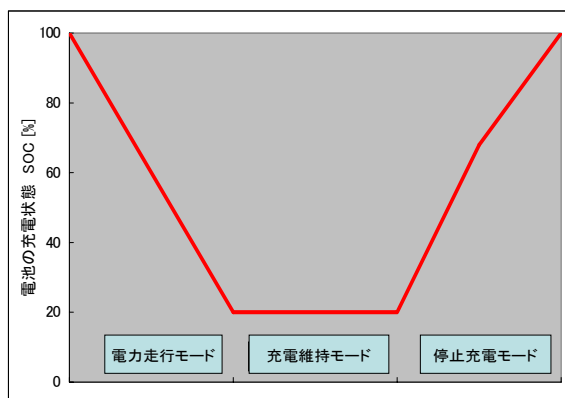
車両形式	エンジン自動車 ICEV	ハイブリッド自動車 Thermal-Electric HV					電気自動車 BEV
		ICEV + Booster	Parallel HEV	Series / Parallel HEV	Series HEV	BEV + Range Extender	
駆動系の大小	エンジン 大 ← → 小		電池・モーター 小 ← → 大				
外部充電	外部充電 なし		外部充電 (プラグイン) なし/可能   あり				

- ICEV=内燃機関自動車 HEV=ハイブリッド自動車 BEV=電池電気自動車
  - ハイブリッド自動車は、内燃(熱)機関および電気モーターから車輪への動力伝達方式により、Parallel(並列)、Series(直列、Serialとも言ふ)、Series/Parallel(並列/直列/両方、Fullとも言ふ)などに分類
  - Boosterは電気式エンジンブースター、Range Extenderは外付けのエンジン発電機
- 二瓶・清水 「エンジンテクノロジー」39号(2005) P.43の表に加筆・変更

### プラグインハイブリッド車の走行モード

図1は、プラグインハイブリッド車の走行パターンを模式的に示したものである。走行モードは、充電した電池電力により走行する「電力走行モード」が基本で、電力走行により電池の充電量が所定の値まで低下した後は、エンジン動力により走行する「充電維持モード」に移り、電池の充電状態は低いレベルで維持される。電池は、駐車中に商用電源にプラグインして充電する「停止充電モード」によって、満充電状態に戻る。

図1 PHEVの走行・充電モード



電力走行モードには、電池電力のみで走行する電気自動車と同様な「純EVモード」と、加速時や高速走行時など要求パワーが大きい場合に電池・モーターシステムの出力性能をカバーするためにエンジン走行を加える「ブレンド(混合)モード」がある。このブレンドモードを使用すると、現在のパワートレインを流用できるために開発コスト・リスクが少なく、米国エネルギー省のプラグインハイブリッド車開発プランでは、短期目標としてブレンドモード、長期目標として純EVモードの走行を目指している。

### 課題は電池のコスト

プラグインハイブリッド車を市場に導入するための最大の課題は電池のコストである。ハイブリッド車を改造する場合、その費用の過半は電池のコストで、改造専門業者の発表している値段は1台100万円を超えている。使用する電池は、性能・耐久性などからリチウムイオン電池が最も適しており、技術開発や標準化・大量生産などによるこのコスト削減が必須である。

経済産業省の研究会が2006年8月に発表した次世代電池技術開発に関するアクションプランでは、10年間保有のトータルコスト(車両費+燃料費)がプラグインハイブリッド車とエンジン自動車と同等となるには、現在1KWh当たり20万円の電池のコストを1/7に低減する必要があり、2015年頃にプラグインハイブリッド車を量産化するためには、2010年頃までを実施期間とする電池開発プロジェクトを展開する必要があるとしている。

米国の自動車メーカーが共同設立した「新型電池コンソーシアム」(USABC)のリチウムイオン電池開発では、短期目標として\$300/KWh、長期目標として\$200/KWhを掲げており、この目標が達成されるとプラグインハイブリッド車はエンジン自動車に対して保有費用の点でも優位に立つことになる。最近のリチウムイオン電池技術の急速な進展や、さらに従来からの鉛酸電池の画期的改良(電極を鉛からカーボングラファイトに変えることにより出力密度4倍・寿命2倍・製造コストはリチウムイオン電池比1/10)などから、2010年頃にはプラグインハイブリッド車の実用導入が可能との見方が出ている。

### 日本にプラグインハイブリッド車を導入すると

プラグインハイブリッド車導入の効果を評価するには、自動車が1日に走る距離の分布すなわちドライブパターンを知る必要がある。図2は、国土交通省の自動車輸送統計から筆者が推定した全国平均の自家用乗用の登録自動車(普通車、小型車)と軽自動車の1日の走行距離に対するその距離まで走行する車の台数割合を示したもの。

図2 自家用乗用車のドライブパターン

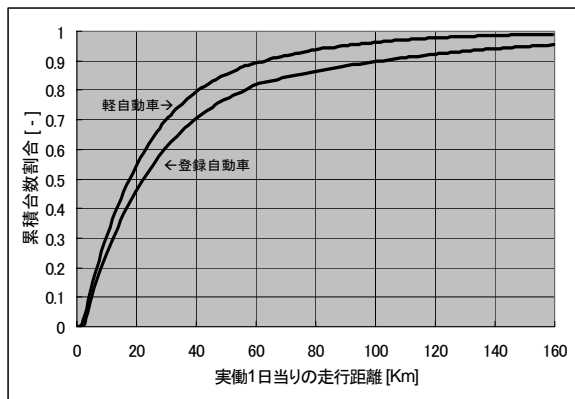


図3から、軽自動車の半数は1日に18Km以下、登録自動車の半数は1日に22Km以下の走行と推定される。この図の走行距離と台数割合の関係から、搭載する電池の容量に対する電力走行割合が計算できる。その結果は、軽自動車では35Km、登録自動車では60Kmの距離を電力走行できる電池を搭載した場合、平均して全走行距離の70%を電力で走行することができることになり、その分ガソリン消費量を削減できることになる。

電力走行はガソリン走行より、燃料源から総合したエネルギー効率が高く、CO<sub>2</sub>排出も低い。走行経費は、電力走行はガソリン走行の約1/5(ガソリン価格は122円/リッター、電力料金は深夜電力利用で10円/KWhの場合)と安く、70%電力走行のプラグインハイブリッド車のガソリン+電気のコストは、ガソリンエンジン車の1/3、ハイブリッド車の2/3と低くなる。個々のユーザーの走行パターンに合った容量の電池を注文搭載すれば、電力走行割合を高くでき経済性・環境性をさらに向上できる。

### 将来は電源構成を原子力にシフト

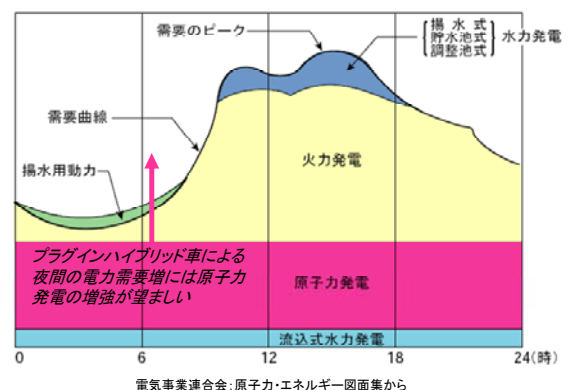
プラグインハイブリッド車の充電は、夜間駐車中に行うのが普通で、これによって新たな夜間電力需要が生じ、昼夜の電力需要は平坦化に向かう。

充電に必要な電力量は、自家用乗用車の全台数(2004年は合計で約5400万台)が将来プラグインハイブリッド車になり平均70%の電力走行をし深夜時間帯8時間に充電するとした場合に、日本全体で35GW(100万KW35基)程度と推定される。

現在の夜間需要・設備容量から見て、50GW程度以上の設備余裕があるので量的には新たな設備を必要としないが、現在の深夜時間帯の電力の相当部分はベースロードとして稼働している原子力発電によって供給されているので、新たな需要は化石燃料による火力発電の夜間運転を増やすことにより賄うことになる。それ故、エネルギー自給・地球環境の観点から、プラグインハイブリッド車の導入による新規電力需要の増加に応じて電源構成を化石燃料発電から原子力発電にシフトしていくことが望ましい。(図3)

図3 一日の需要変動と電源構成

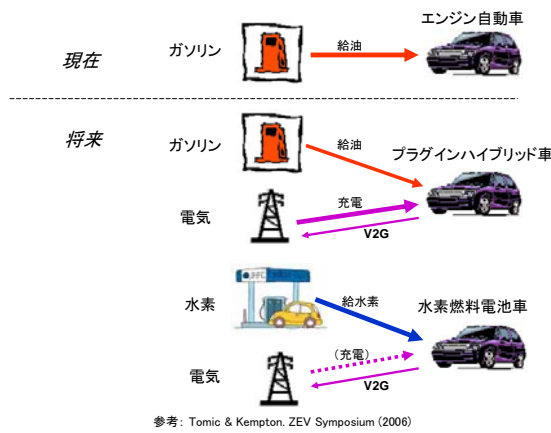
#### 需要の変化に対応した電源の組み合わせ(ベストミックス)



### “V2G”の可能性

“V2G”とは、Vehicle-to-Gridの略で、自動車からグリッド(電力網)への電力の融通のことを意味する(図4)。プラグインハイブリッド車には、車を駆動できるほどのパワーのある電池を搭載している。自動車は96%の時間は駐車中なので、この時間に電池をプラグインしてグリッドに接続しておき、グリッド側が必要とする電力の融通サービスを行い、車側もそのサービスに見合った対価を得ようという仕組みがV2Gである。

図 4 V2G: Vehicle-to-Grid のコンセプト



米国における試算では、プラグインハイブリッド車の電池出力を1台当たり約15KWとすると、車の全台数の1/4(5000万台)がプラグイン化すると米国の発電プラントの全容量600GWに匹敵する電力になる。

今、考えられているV2Gのサービスで、具体例について評価・検討が進められているのは

- ◆ 電力系統運用に対する調整・非常用電力供給などのサービス
- ◆ 風力発電などの変動電源に対する調節機能(例: サクラメント市の風力発電)
- ◆ 鉄道などの変動需要に対する調節機能(例: サンフランシスコの鉄道BART)

などである。V2Gは水素燃料電池車でも同様の可能性がある。

## プラグインハイブリッド車、そしてその先

ハイブリッド車で世界をリードするトヨタ自動車は、プラグインハイブリッド車を環境・エネルギー問題に対する切り札と位置付けて研究開発を進めている。現在は、電池のコスト、容量、信頼性に課題があり、市場導入にはこのブレークスルーが不可欠としている。

ゼネラル・モーターズは、EV1以来電気自動車から遠ざかっていたが、最近同社の首脳は「燃料電池プロジェクトとして始めたものが今は電気自動車プロジェクトになっている」と語るなどプラグインハイブリッド車の開発を加速している模様で、シリーズ・ハイブリッド型プラグイン車のプロトタイプを近々発表するとのニュースも流れている。

プラグインハイブリッド車の開発計画・コンセプトはこのほか幾つか発表されており、電池のコスト・性能などの課題が解決されれば、水素燃料電池車に比べて早い時期の実用化が期待できる。

長期的には、プラグインハイブリッド車から、電気自動車、水素燃料電池車、バイオ燃料・合成燃料車、これらを組み合わせたハイブリッドなど、さらなる効率化・クリーン化に向かって多様なアプローチが期待できる。そして、これらのパワートレインを駆動する電気・水素・合成燃料などのエネルギー・キャリアーの製造では、エネルギー自給と地球環境のために、原子力の役割が増大していくと考えられる。