

## どちらが安価で地球にやさしい？

従来ハイブリッド車 VS プラグイン・ハイブリッド車

原子力システム研究懇話会 堀 雅夫

石油の値上がりが続くなか、日本でも米国でも、トヨタのプリウスに代表されるハイブリッド車、いわゆる複数の動力源で駆動する自動車が集めている。ハイブリッド車の主流は、ガソリンエンジンと電気モーターを組み合わせたもので、エネルギー源はガソリン、つまり石油である。これをエンジンで機械エネルギーに変換して車を駆動するとともに、その一部を発電機により電気エネルギーに変換してバッテリーに貯蔵し、車の走行状態に応じてエンジン駆動とともに電気モーターで駆動させ、またブレーキ時に失われる運動エネルギーも電気として回収する。一方、最近注目されているプラグイン・ハイブリッド・電気自動車 (Plug-in Hybrid

Electric Vehicle, PHEV) は、外部から充電するための差込みプラグを備え、車を使用しない夜間などに商用電源からバッテリーを充電する。走行時には、ある距離までは主としてバッテリーで駆動し、バッテリーの充電量が減少するとエンジン駆動のハイブリッド走行に切り替わる。つまり駆動エネルギーはガソリンと外部から充電された電力である。果たしてどちらが安価で地球にやさしいか？ それはプラグイン車が大量に普及した場合、増設される発電所が火力(石炭、石油、天然ガス)なのか、再生可能エネルギー(太陽光発電など)か、原子力かによって決ってくる。いずれにせよ充電電力で走行した分だけガソリンの使用量が減り、充電電力に原子力や再生可能エネルギーを使えば、その分CO<sub>2</sub>の排出量を削減できることになる。



プラグイン・ハイブリッド車  
ダイムラークライスラーの「スプリンター」



ハイブリッド車 トヨタの「プリウス」

[米国における試算]

## ガソリン用石油消費74%減、原子力発電200基新設 運輸部門のCO<sub>2</sub>排出を大幅削減

プラグイン車ではダイムラーがリード

現在、プラグイン・ハイブリッド車を発表しているのは、米国電力研究所EPRIと協力して開発したダイムラークライスラーの配達用の商用バン「スプリンター (Sprinter)」のみである。プリウスでハイブリ

ッド車の先頭を走るトヨタは、「充電のためにプラグインする必要はありません」と広告して、まだプラグイン車市場への参入を表明していない。しかし、米国ではすでいくつかの小企業が独自に、プリウ

スなどのハイブリッド車をプラグイン・ハイブリッド車に改造するサービスを始めており、プラグイン・ハイブリッド車が実際に走行を始めている。

米国の車(大型を除く)の半数は、一日の走行距離が20マイル以下であり、既存のハイブリッド車にバッテリーを増設して充電可能にする程度の改造により、ガソリンの消費量をかなり減らすことができ、充電の電気代を勘定しても燃料費用の節減が可能になっている。本格的なプラグイン・ハイブリッド車が市場に出ると、最初の大ユーザーは郵便配達や宅配便の車、それに輸入石油の削減に取り組む政府の使用車などと見られている。

## 米国でプラグイン車の導入効果を試算

米国の車をこのプラグイン・ハイブリッド車に切り替えた場合のガソリン用石油の節減量、必要電力量、必要な新設原子力発電容量の試算が、先日開催された米国原子力学会の年会でテネシー大学のUhrig教授から発表された。

以下に試算と検討を要約して紹介する。

米国では2004年現在、2億2500万台の軽量輸送用自動車(1億3300万台の乗用車、9200万台の軽量トラック、SUV、バン、ピックアップなど)があり、ある1日をとると、平均してこれらの車の50%は20マイル以内の走行と推定される。プラグイン・ハイブリッド・モードでは、バッテリー容量の半分(35マイル走行)までは、バッテリーによる電気モーター駆動(電力走行)のみで、それ以降は通常のハイブリッド走行とし、上記台数の車が今後30年で、プラグイン・ハイブリッド・モードの走行ができるようになるとする。

試算では、上記の半数の車が1日15マイルの走行(全部電力走行)、残りの半数の車が1日35マイルを電力走行し、その後は通常のハイブリッド走行に切り替わるとしている。このようなプラグイン・ハイブリッド・モードの走行によるガソリン燃料の節減量は、非ハイブリッドガソリン走行の燃費を1ガロン当たり20マイルとすると、1日当たり670万バレル、石油消費量にして74%の削減になる。

## 電気で走るとガソリンの1/3~1/2の費用

走行費用に関しては、電気モーター、バッテリー、充電などを含む電気駆動システムの総合効率を70%、プラグインにすることによる重量増によるエネルギー増を15%と仮定すると、電力走行では1マイル当たり3.6セントの費用となり、これはガソリン価格を1ガロン2ドルとした時のガソリン走行1マイル当たり10セントの1/3程度と、電力走行の方が相当安くなる。ガソリン価格には税金が含まれているので、将来輸送用のエネルギーの主力が電力に切り替わったときにも全税金が同額になるように電力料金に税金が掛かるとして計算すると、電力走行の費用は1マイル当たり5.4セントになるが、それでもガソリン走行の半分くらいの費用である。

家庭における充電の可能性については、1日35マイルの電力走行分を8時間で充電する場合で220V 12A、2倍の急速充電でも24Aで、最近の家庭では普通200A以上の容量があるので問題ない。

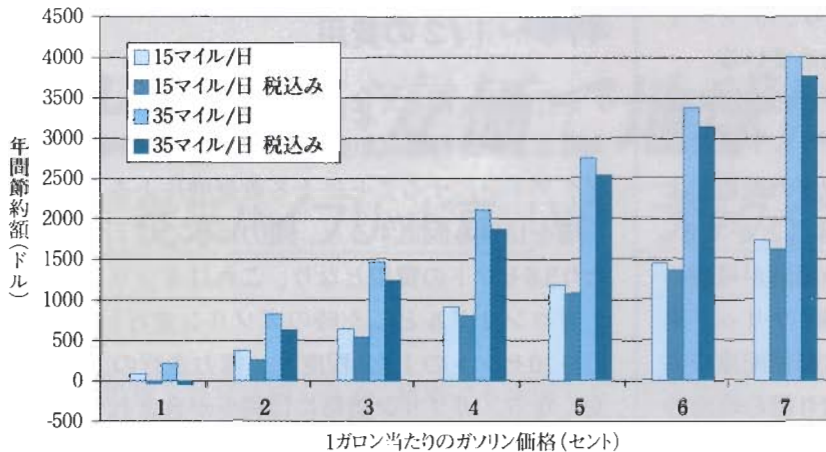
## 充電用は100万kWの発電所200基

さて、充電のための電力供給はどのくらいになるか? 8時間充電では424GW、すなわち100万kWの発電所424基相当の電力が必要になる。現在の米国の全発電容量は約850GWなので、夜間またはその他の時間でも、このような電力量を供給する余裕はない。もっとも米国での時差から実際の充電時間は8時間以上になり、また現在ある余剰電力も考えると、新たに必要になる発電設備は多分100万kW発電所200基程度となろう。このような原子力発電所の増設を今後30年間に行うことは大変な仕事ではあるが、実現可能である。

## 短期的導入、石油輸入量削減が可能に

現在のハイブリッド車をプラグイン・モードが可能な車に改良するのは、自動車メーカーにとって工学設計上の課題ではあるが、克服できない難題では

プラグイン・ハイブリッド車による1年間の燃料費節約 (Robert Uhrig, 2005)



ない。

結論として、米国の運輸部門の石油消費を削減するために、このプラグイン・ハイブリッド車による方法は、現在検討されている他の方法に比べて、より簡易で、より早く達成でき、費用対効果も良い。石油輸入問題の解決に短期的に大きな効果得られる実現可能な唯一の方法と考えられる。

### わが国でも効果的で現実的な方法

Uhrig教授が提案するプラグイン・ハイブリッド車導入によって運輸部門の化石燃料消費を削減する方法は、わが国においても輸入石油依存から脱却してエネルギー・セキュリティを向上させ、炭酸ガス排

出を削減するうえで、早い時期から導入可能な現実的な方法と考えられる。

トヨタ、ホンダなど日本の自動車メーカーは、ハイブリッド車の市販で先行し、技術的にも世界の先頭を走っているため、これを本格的にプラグイン化する素地は十分にある。一方、原子力発電はすでに日本の電力供給の1/3を占めており、実用電源として確立している。それゆえ、プラグイン・ハイブリッド車の導入と原子力発電の増設を連携的に進め、燃料・電力の供給インフラを各々の量的変化に対応して整理・整備していけば、輸送部門のエネルギーの供給安定化とクリーン化を短中期的に実現していくことができよう。

長期的には、クリーンエネルギー起源の合成燃料や水素を利用するエンジン、燃料電池、その組み合わせなど、より高度な目標に向かって行くことになる。

[参考資料]

- 1) Robert Uhrig, "Nuclear Generated Electricity for Hybrid-Electric Vehicles" TRANSACTION OF THE AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, June 2005, Volume 92, p.86-87
- 2) Robert Uhrig, "Using Plug-in Hybrid Vehicles to Drastically Reduce Petroleum-Based Fuel Consumption and Emissions" THE BENT OF TAU BETA PI, Spring 2005 p.13-19

## 試算 わが国にプラグイン・ハイブリッド車を導入すると… 電力の日負荷を平準化し、走行コストを大幅に低減

### 自家用乗用車を対象に試算

プラグイン・ハイブリッド車を日本で導入した場合の効果について、Uhrig教授と同様の手法を使用して、概略評価を行った。

プラグイン・ハイブリッド車を導入する車種としては、自家用乗用車、特に普通車、小型車などの

「登録自動車」と、「軽自動車」を対象とした。国土交通省・陸運統計要覧による2003年度統計データから、対象車種について次頁の表の値を使用した。

### 想定した走行パターン

プラグイン・ハイブリッド車とした時の商用充電

プラグイン・ハイブリッド車評価のためのデータ

		登録自動車	軽自動車
保有台数	(万台)	4262	1182
実働1日車当たり走行距離	km	40.7	27.9
実働率(*1)	%	66.9	72.7
1日車当たり走行距離	km	27.2	20.3
1年1車当たり走行距離	km	9900	7400
1km当たり燃料消費量(*2)	ℓ	0.12	0.09

\*1 実働率=実働延日車÷実在延日車×100 \*2 全部ガソリンエンジンと仮定

電力のみによる走行(電力走行)のパターンについては、国土交通省「自動車輸送統計報告書」などを参考に、して次のように想定した。

(1)登録自動車については、バッテリーにより電力走行可能な最大距離を1日当たり50kmとして、6割の車が実働1日当たり平均20kmの電力走行、4割が同40kmの電力走行をすとした。全走行距離に対する電力走行の割合は、この想定では69%となり、その分ガソリンが節減されることになる。

(2)軽自動車については、バッテリーにより電力走行可能な最大距離を1日当たり40kmとして、半数の車が実働1日当たり15kmの電力走行、残り半数の車が同30kmの電力走行をすとした。全走行距離に対する電力走行の割合は、この想定では78%となり、その分ガソリンが節減されることになる。

## 電力走行のコストは

電力走行のコスト評価には、Uhrig教授が使用したガソリン車とプラグイン・ハイブリッド車・電力走行の駆動効率値を用い、電力価格として東京電力の深夜B料金(23時～7時の時間帯、基本315円+6.3525円/kWh)を用いた。

①登録自動車は、1km走行当たりの電力コストは3.04円となり、ガソリン走行(レギュラーガソリンリッター122円)1km走行当たりの燃料費は14.6円の約1/5になる。電力走行により安くなる年当たりの差額は平均7万9300円。

②軽自動車は、1km走行当たりの電力コストは2.44円となり、ガソリン走行の1km走行当たり11.0円の約1/4.5になる。電力走行により安くなる年当たりの差額は5万1000円。

上記ガソリン価格に含まれる53.8円/ℓのガソリン

税を除いた価格で比較すると、電力走行コストはガソリン走行の6割安程度になる。走行距離当たりガソリン税相当の額が電力走行にもかかるとすると、電力走行コストはガソリン走行の3割安程度になる。

## 家庭で大きな需要電力

家庭における充電電力は、最大の1日50kmの電力走行を夜間8時間で充電する場合、100V 23.7Aとなる。車1台当たりの充電に使用する電力量は、平均月200kWhとなり、車の電力走行の充電は家庭における大きな電力需要となる。

## 原子力発電の必要性高まる

将来、対象車種の全数がプラグイン・ハイブリッド車になったとして、想定した走行パターンの電力走行をした分を夜間8時間で充電する場合、必要電力(需要端)は4470万kW、約45GWになる。

現在、1日のピーク電力と深夜電力時間帯8時間の需要電力には50GW程度の差があるので、上記の充電電力の相当部分は、余剰電力で補うことが可能であろう。車の電力走行が普及すると、昼間と夜間の電力需要が平坦化して、発電プラントの設備利用率が高くなる。

将来のわが国のエネルギー自給率向上、地球環境保全の見地、そしてプラグイン・ハイブリッド車を導入する趣旨から、電力走行の増加に対しては、電源構成を原子力などのクリーンで自給可能な発電にシフトする必要がある。

上記は、米国での試算と同じ手法による概算である。評価の確度を上げるには、自動車輸送統計の距離別帯・流動表の分析による走行パターンの想定、プラグイン・ハイブリッド車のデータに基づく電力走行距離の最適化や電力駆動効率の設定などが必要と考える。