



# ハイブリッド自動車

朝倉 吉隆 (トヨタ自動車株式会社)

## 1. はじめに

地球温暖化により北極の氷が解けたり、異常気象の発生頻度が多くなったりいわれている。20世紀初頭から始まった石油文明も今世紀半ばには採掘可能な油田が枯渇するとの調査報告もある。石油文明とともに発達した自動車を中心としたモビリティ社会を持続的に発展させるためには、エンジンおよびパワートレイン技術の画期的な技術革新が必要であり、パワートレインの課題であるCO<sub>2</sub>削減(燃費向上)、排気ガスのクリーン化が積極的に取り組まれている。これらの課題を大幅に改善する現実的手段の一つとして、ガソリンエンジンと電気モータを用いたハイブリッドシステムがある(Fig.1)。ハイブリッド電気自動車(HEV:Hybrid Electric Vehicle)はエンジンを燃費のよい状態で運転させ、減速時やブレーキを掛けたときに自動車の運動エネルギーを電気エネルギーに変換させる回生ブレーキを用いることにより優れた低燃費性能をもち、電気モータによる走行が可能なることから静粛性にも優れた自動車である。

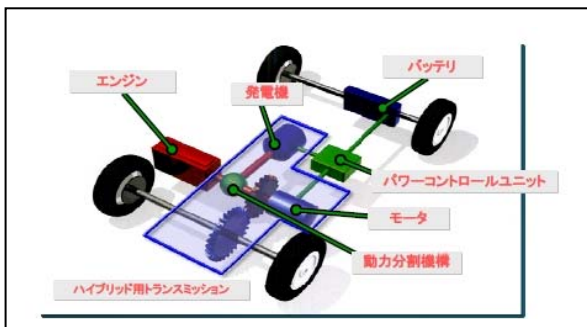


Fig.1 ハイブリッドシステム

1997年に量産型ハイブリッド乗用車であるプリウスの登場以来、日本メーカーだけでなく、欧米メーカーにおいても製品投入計画を具体化してきており、ハイブリッド自動車(以下HEV)の本格普及時代を迎えようとしている。

一方、電気自動車(以下EV)も電気を用いることから化石燃料に頼らない自動車として、再度注目を集めてきている。また、水素を電気エネルギーに変換し、モータで走行する水素燃料電池自動車FCV(燃料電池自動車:Fuel Cell Vehicle)の研究開発も世界の各自動車メーカーで取り組まれて

いる。いずれの自動車もクルマを動かす動力源として電気を用いることが共通であり、モータ、インバータそして駆動用電池の技術がこれらの新しい自動車技術の要となっている。FCVはガソリンエンジンの代わりに水素燃料を用いた発電システムを搭載したものであり、二次電池およびモータ駆動システムを用いることから電気自動車の仲間であると同時にハイブリッドシステムの一つともいえる。

本稿では限られた紙面であるが、ハイブリッド自動車の低燃費性能(CO<sub>2</sub>低減)の仕組みを中心に、その将来性を説明する。

## 2. なぜハイブリッド自動車は燃費が良いのか

自動車の燃費は、クルマの空力性能やタイヤの転がり抵抗など走行抵抗の大きさとエンジンの熱効率で決まる。内燃機関では、低負荷・低回転の領域の熱効率が低い。このため、停止・発進を繰り返す市街地走行や渋滞でのノロノロ運転での加減速の繰り返しではエンジンの燃費のよい領域が活用されない(Fig.2)。

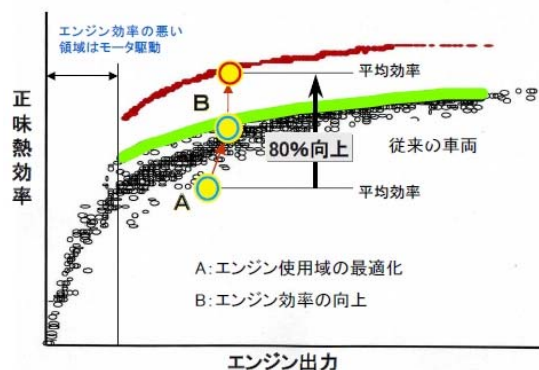


Fig.2 エンジン効率

ハイブリッド自動車での燃費向上の基本的な考え方は、車体の軽量化や走行抵抗低減等に加え、1)無駄な燃料を消費しない2)効率よく燃料を消費する3)捨てていたエネルギーを止める、または回収を行うことが挙げられる。この実現手段として電気モータ・発電機とエネルギーを一時的に蓄える駆動用電池を組み合わせたさまざまなハイブリッド自動車

が考案されている。

実際のハイブリッド自動車の動き方を説明しよう。Fig. 3は典型的なハイブリッド車でのエネルギーの使われ方である。

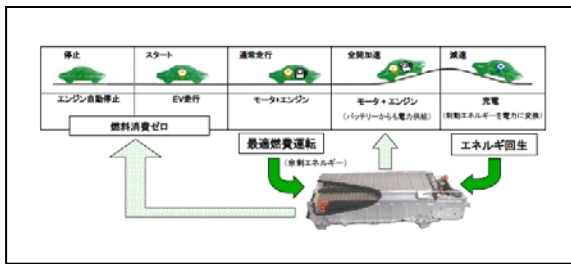


Fig. 3 エネルギーマネージメント

車両が停止している時、エンジンを積極的に停止し無駄な燃料を消費しない。またノロノロ運転の加減速もエンジンを停止し効率の良いモーター駆動のみで走行する。

加速時は加速に必要な余分の動力はモーターがアシストし、エンジンで余分な燃料は消費しない。通常の運転でエンジン効率の悪い場合でも、エンジンが最高効率になるように制御し、走行エネルギー以上の余剰エネルギーは電池に蓄え、前述のモーター駆動の電気エネルギーとして使う。制動時、通常のクルマは運動エネルギーをブレーキで熱エネルギーに変え大気中に放出しているが、ハイブリッド自動車は駆動用モーターを発電機として利用し、減速時の運動エネルギーを電気エネルギーに変え発電した電力を電池に蓄えている（この時に生じる制動力を回生ブレーキと言う）。蓄えられたエネルギーは、発進時や加速時のモーター駆動に使用される。このようにきめ細かいエネルギー管理をすることにより、ハイブリッド自動車は従来のガソリン車に比べ、効率（燃費）を大幅に改善することが可能である。

各々の対策による燃費向上の割合の例を Fig. 4 に示す。

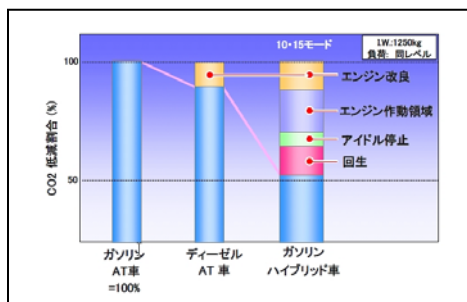


Fig. 4 燃費向上の割合

Fig. 5 はハイブリッド自動車の平成20年5月の国土交通省発表の燃費データで、ハイブリッド自動車の燃費が通常のガソリン車に比べて、格段に優れているのがわかる。

実際の運転で夏場にエアコン（特に冷房）の使用負荷が高くなり、燃費が悪くなることは衆知の通りである。内燃機関車の場合、特に低速時の冷房負荷が高くなるとエンジン回転を

高めてエンジン出力を上げる必要がある。このことが、燃費を悪くする要因のひとつである。ハイブリッド自動車の場合、電気エネルギー（電池）をたくさん積んでいるので電動エアコン（原理は家庭用エアコンと同じ）によりエンジンの運転に依存しなくてもエアコンの運転調節が可能となる。いろいろな電動化を行うことで燃費向上ができるのもハイブリッド自動車の特長と言える。

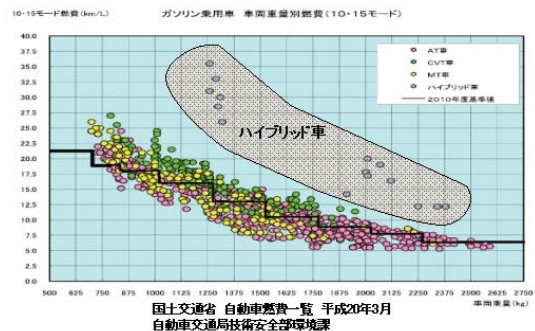


Fig.5 各車の燃費比較

### 3. プラグインハイブリッド車

ハイブリッド自動車より環境性能に優れた次世代自動車として注目を集めているのが Fig. 6 に示すプラグインハイブリッド車である。

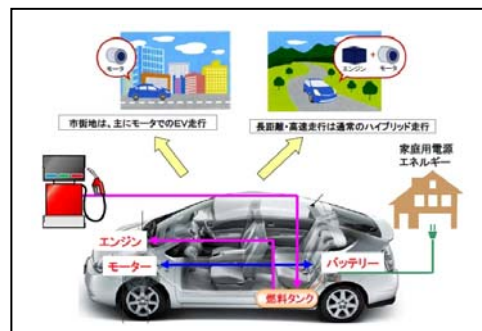


Fig. 6 プラグインハイブリッド車

従来のガソリンハイブリッド車のバッテリー容量を大幅に増加させ、さらに家庭電源などの外部からの充電を可能とするための充電装置を追加し、短距離走行では「電気自動車走行（EV走行）」を、急加速、登り坂走行など大きな動力が必要な場合や電池の充電量が低下した場合には、「ガソリンハイブリッド車（HV走行）」として走行する、電気自動車とハイブリッド自動車の双方の機能をもったクルマである。

EV 走行可能距離の拡大により、市街地のような短距離走行の際は、ガソリンを消費しないEV 走行が可能である。これにより、燃費の向上による、CO2 排出量の削減や化石燃料の消費抑制、大気汚染の防止に加え、深夜電力の使用により、電気代も含めたトータルの燃料代が安くなるといった経済的な効果も期待できる。燃費向上によるCO2 排出量の削減効果だ

けでなく、電力発電のエネルギー源の多様性により、石油エネルギー問題への対応性が期待されている。実用化のためには、EV走行距離、すなわち搭載する電池容量の設定と充電の利便性・充電時間の適正化など具体的な設計要件の市場調査が必要となる。電池量を多く搭載すればEV走行距離は増えるが車両価格のアップの他に搭載スペースの問題や充電時間が増える等の課題も生じる。いかに電池量と市場の要求性能のバランスをとるかが重要になってくる。Fig. 7は日本、欧州、北米での一日当たりの走行距離の調査例である。日本ではEV走行距離を20kmにすれば、約50%のユーザがカバーできる。実際の使われ方を調査するため、トヨタ自動車は2007年7月に大臣認可を取得し、実証試験を行っているところである。

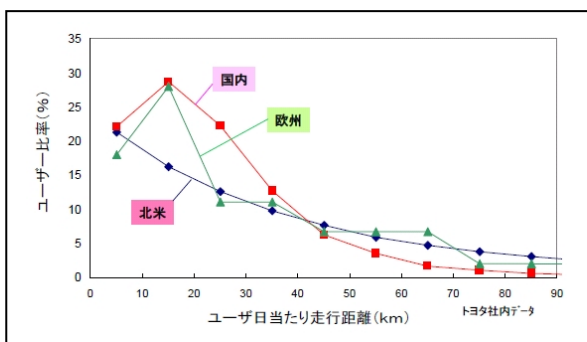


Fig. 7 日当たり走行距離の分布

#### 4. LCAについて

製品（この場合は車両）の生産から廃棄に至るまでのトータルライフで事前評価する手法をLCA（ライフサイクルアセスメント）という。ハイブリッド自動車は同クラスのガソリン車に対しモータ、インバータ、電池が従来の自動車に比べて電気駆動にするための部品が搭載されている。そこで、クルマの生産から廃棄までのLCAのCO<sub>2</sub>低減がどうなっているかを見てみよう。

ハイブリッド自動車は同クラスのガソリン車に対し、製造時や廃棄時にはCO<sub>2</sub>が多く出るが、走行中のCO<sub>2</sub>排出の低減効果が同クラスのガソリン車に対して圧倒的にすくないため、車両の生産から廃棄までのクルマの寿命トータルとしてハイブリッド自動車のCO<sub>2</sub>が少なくなるのである（Fig. 8）。

#### 5. おわりに

ハイブリッド技術はCO<sub>2</sub>低減に対し非常に有効な技術であることが理解頂けたと思う。ハイブリッド自動車に使われているモータ、インバータ、電池はエンジンの種類がガソリン、ディーゼルエンジンから天然ガスやバイオ燃料のエンジンにとって代わっても使われるパワートレインのユニット技術であり、電気自動車や燃料電池車に対しても同様に使われる共通の技術である。ハイブリッド自動車が本格的に普及することで、これらの共通技術がより高いレ

ベルに成長すること期待される。ハイブリッド技術は、現在だけでなく将来のCO<sub>2</sub>低減のコア技術として今後一層進化し、多くの車に搭載されることで地球温暖化防止やエネルギー危機の一助になると信じる。

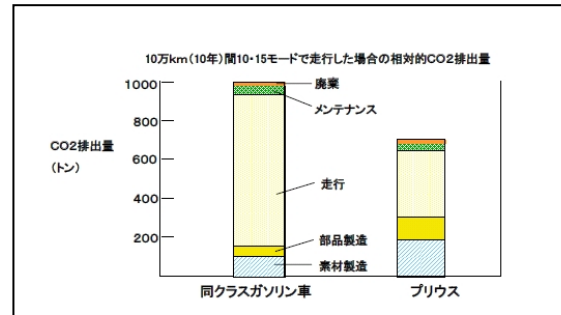


Fig. 8 プリウスのLCA