総 説

ハイブリッド車の動向と磁性材料への期待

久保 馨

トヨタ自動車(株)HVユニット開発部, 〒471-8571 豊田市トヨタ町1番地.

Trend of the Hybrid Vehicle and Expectation to the Magnetic Materials

Kaoru Kubo

Toyota Motor Corporation Hybrid Vehicle Unit Development Division, 1 Toyota-cho, Toyota 471-8571.

Received November 29, 2004

SYNOPSIS

Environmental issues are greatly affected by the automobiles. One of the solutions is to introduce Green Cars into the market. Currently, Hybrid vehicles are green cars with good environmental performance and are expected to be popularized. HVs should have motor, inverter and batteries in addition to the conventional ICE vehicle units. Therefore, being compact, light-weighted and low cost are highly required.

Specific output of PM in current HVs has improved about 3.5 times more than a DC motor in early EV.

As of motor size, if 700 MGOe from MEXT's* prospect will be implemented, it is possible to reduce the motor size by 30 to 40% with only material change.

It is quite safe to say that HVs' revolution with overwhelming fuel economy, environmental performance and quietness is achieved by materials improvement of units such as motor.

*Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

KEY WORDS

Hybrid Vehicle, Efficiency, Magnetic Material, Permanent Magnetic Motor

1 緒 言

21世紀は「環境の世紀」と言われ、20世紀の負の遺産である地球環境問題、都市環境問題、エネルギー問題の早期解決が期待されている。自動車業界が今後永続的發展を遂げるためにはこれらの問題を解決することが責務である。

現在日米欧の政府により従来基準に対し非常に厳しい排気規制や燃費規制が検討されている¹⁾(Fig.1)。

米国では2005年よりカリフォルニア州で販売台数の10%をZEV(Zero Emission Vehicle)に義務付けする規制がはじまる。

欧州ではステップIVの排気規制と2009年からCO₂ 140 g/kmの自主規制がはじまる。

日本でも2005年から新長期排気規制がはじまる。これらの規制対応には従来の改良レベルでは到底達することが出来ない基準もあり、各自動車メーカーは開発に力を注いでいる。対応の現実的解の一つとしてハイブリッド車(以下HV)の導入がある。本論文ではこのHVの主要ユニットであるモータの概要と構成部品の材料である磁性体への期待について述べる。

2 何故ハイブリッド車か

各種動力源のWell To Wheel(原油精製から車両走行までの)CO₂排出量(燃料消費)をFig.2に示す。ガソリン自動車のCO₂排出量を1とすると、ハイブリッド車は半分しかなく、究極のエコカーといわれるFCHVと比較しても遜色がなく極めて優れているといえる。何故HVはCO₂排出量が少ないか、言い換えれば何故効率が良いかの理由を以下に述べる。

一例としてFig.3にトヨタプリウスに搭載しているトヨタハイブリッドシステムIIの動作モードでHVの走行時におけるエネルギー収支を示す。図中太線で示した線が走行に必要なエネルギーであり、エンジン出力を破線で示す。

車両停止時やエンジン効率の悪い動作点ではエンジンを積極的に停止し無駄な燃料を消費しない。走行中はエンジンが最高効率になるように制御し、電池充電量不足時には余剰エネルギーを電池に蓄える。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て空中に放出しているが、HVは駆動用モータを発電機として利用し、減速時の運

Fig.1 The conditions surrounding HVs.

Fig.2 Well to Wheel CO₂ emissions.

Fig.3 Reason why HV is efficient.

動エネルギーを電気エネルギーに変え、電力として電池に蓄えている。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、HVは従来のガソリン車に比べ効率(燃費)を改善することが可能である。

ハイブリッドシステムには動力伝達構造の面から、シリーズとパラレルに分類される。また機能の面からトヨタではマイルドHVとストロングHVに分類している(Fig.4)。

マイルドHVは車両停止時のエンジンアイドリング回転停止、加速時に必要な追加動力をモータが補うモータアシスト、減速時の運動エネルギーを、モータを発電機として利用して電気エネルギーに変換し電池に戻す時に生じる回生ブレーキを備えている。さらにEV走行を可能としたシステムをストロングHVと定義している。マイルドHVからストロングHVになると燃費の向上、EV走行による静粛性等機能は充実するが、反面コスト低減の課題も大きくなり、今後の動向が注目される。

HVでは限られた搭載スペースの中で従来の内燃機関に加えてFig.5に示すようにモータ、インバータ、電池などの体積のある専用部品を搭載しなければならないため、各コンポーネントの小型軽量化が強く要求される。加えて、普及のためには低コスト化が重要な課題であることは言うまでもない。

3 磁性材料への期待

3.1 磁石への期待

Fig.6に東京モーターショーで発表された駆動モータ形式の推移を示すが、過去に多かった直流モータや誘導モータに対し、近年では永久磁石モータが採用される例が多くなってきている。

これは高性能な希土類永久磁石が高温特性等の性能向上だけでなくコスト面でも自動車用途として利用可能になったからであり、これにより飛躍的なモータの出力密度の向上が可能になってきた。

Fig.4 Hybrid Functional Category.

Fig.5 Special units to HVs.

Fig.6 Trend of Traction Motor for EV/HV.

Fig.7に例としてトヨタでのモータ出力密度の推移を示す。
'03年モデルのプリウスでは初期のEV-10で採用した直流モータに比べ約3.5倍の出力密度を達成している。

3.2 モータコア材料への期待

もう一つの強い要求が損失低減である。乗用車用途の場合、特に使用頻度の多い市街地走行は、車両駆動用モータでは軽負荷域の使用頻度が高いことが特徴となる(Fig.8)。現在、モータコア材料として電磁鋼板を用いているが、Fig.9に示すモータの損失特性からわかるように、軽負荷領域での鉄損の占める割合が大きく、さらなる燃費向上を図るために鉄損を低減する強い要求がある。一方、圧粉磁心も性能の向上など新たなコア材料として注目されてきている。また、圧粉磁心はその高周波特性の良さからリアクトル用コア材料としての可能性も高いものと思われる。

先述の永久磁石を初め、モータやその他部品に使用されている磁性材料の高性能化はHV技術革新のキー技術の一つである。低コスト化もあわせてこの分野での新しい提案を期待したい。

3.3 磁性材料の性能向上による効果

科学技術庁(現文部科学省)の「第5回技術予測調査」によれば、

Fig.8 Frequency Map in Urban Drive condition.

Fig.9 Characteristics of Motor Loss.

2002年: BHmaxが70MGOeを超える永久磁石材料が開発

2003年: 飽和磁化3T以上のバルク磁性材料が開発

という予測があった。

この予測が実現していれば、材料変更だけで現状のモータ体格を30~40%の低減が可能という大きな効果が得られることになる。

このように磁性材料のブレークスルーは磁性材料の適用に大きな変化をもたらすことから今後、この分野の新しい提案を期待したい(Fig.10)。

Fig.7 Transition of Motor Power Density in Toyota.

Fig.10 Effect in Traction Motor.

Fig.11 Evolution of HVs.

Fig.12 Task and Prospect in the future.

4 将来のHVの方向性

トヨタは、従来のトヨタハイブリッドシステム(THS)を進化させたTHS IIを搭載した新型プリウスを2003年9月に発売した。燃費志向であった従来のシステムに対し、燃費(エコ)と走り(パワー)を両立させたシステムであり次世代のHVの進む方向ともいえる (Fig.11)。

5 課題と今後の展望

先に述べたようにハイブリッド車は従来のガソリン車に新たにモータ、インバータ、電池の搭載が必要になる。HVの本格的普及に向け、ユニットレベルでは小型化と低コスト化に

取り組み、更なる技術革新が必要になる。

車両側でも圧倒的な燃費向上、環境性能、静粛性に加えFun to drive な走りの向上にむけて開発を進めていく必要がある (Fig.12)。

将来のクルマ即ちHVの進化を材料の革新が支えているといっても過言ではないであろう。

文 献

- 1) California Zero Emission Vehicle Regulation established by CARB (2003), 2005-2007 MY Truck CAFÉ Rule established by NHTSA (2003) and others.