

# 基調論文 | デンソーにおけるHV/EV向け製品開発\* Product Development for HV/EV in DENSO

小林 徹也  
Tetsuya KOBAYASHI

With increasing concern about the global warming and the depletion of crude oil, the automotive industry is aggressively developing low-carbon-emission vehicles and fuel-efficient vehicles. This paper describes the reason why HV/EV market is expanding. Then we report DENSO's HV/EV components and future trends.

## 1. はじめに

はじめに、2011年3月11日に発生した東日本大震災にて被災された皆様には心よりお見舞い申し上げます。この震災によって福島第一原子力発電所が大変な事態に陥りましたが、我々に地球環境や省エネルギーの重要性、安全とは何かということを改めて教えてくれました。デンソーは復興のための人的支援や金銭的支援を行いました。 “世界と未来をみつめ、新しい価値の創造を通じて、人々の幸福に貢献する”ことを企業理念とするデンソーとしては、将来に向けて人々の幸福に貢献する製品開発を推進していくことも重要な責務です。製品開発には少なからず困難が伴うものですが、デンソーのHV（ハイブリッド車）/EV（電気自動車）製品開発の歴史は今まで苦難の連続でした（先の特別寄稿論文「デンソーにおけるHV/EV向け製品開発の歴史」参照）。今後も強い意志をもって困難に挑戦し“新しい価値”の創造を加速することが使命だと考えております。

本稿では、社会動向や自動車産業の情勢を踏まえ、デンソーのHV/EV製品開発の取り組みを論じたいと思います。

## 2. 社会動向

近年、「地球温暖化」と「原油枯渇」という2つの地球規模の問題が注目されるようになっている。

国際エネルギー機関（IEA）によれば、人類が現状のままエネルギー消費を増やし続けると、2030年にはCO<sub>2</sub>排出量が現在の1.4倍以上となり、地球全体の平均気温は6℃上昇する見通しである<sup>1)</sup>（Fig. 1）。そして、2009年12月に開催されたCOP15会議では、大気中のCO<sub>2</sub>量を450ppm以下に減らすために取り組むことが提案されている。

また、IEAは、人口増加によるエネルギー消費量の

増加および石油採掘コストの上昇に起因して、2020年に原油価格は\$100（1バレル当り）を超えると予測している<sup>2)</sup>（Fig. 2）。

さらには、2011年3月に発生した東日本大震災により原子力発電所が深刻な事態となったことを受け、代替エネルギーの見通し如何によっては、世界的に火力発電量が増加に転じる可能性も否定できず、原油価格の高騰が加速する可能性もある。

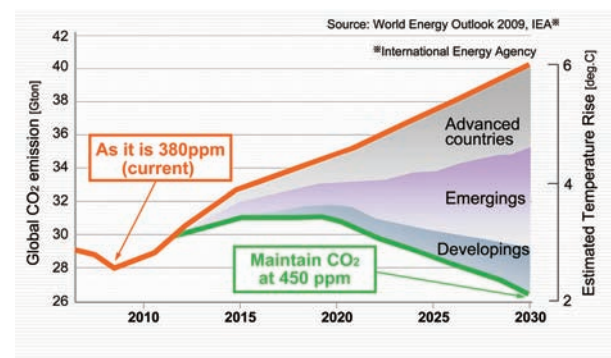


Fig. 1 Relation between global CO<sub>2</sub> emissions and rising temperature

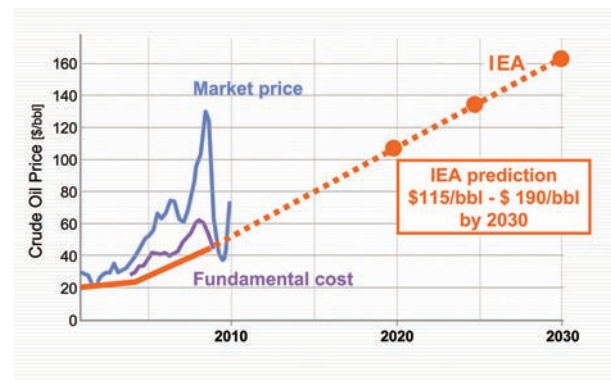


Fig. 2 Forecasted oil price

\*2011年9月6日 原稿受理

### 3. 自動車産業への影響

この「地球温暖化」と「原油枯渇」という問題は、自動車産業にも大きな影響を及ぼしており、各国で販売される自動車に対して「CO<sub>2</sub>排出量規制」や「燃費規制」といった規制が設けられている。各国の規制をCO<sub>2</sub>排出量に換算した図をFig. 3に示す。

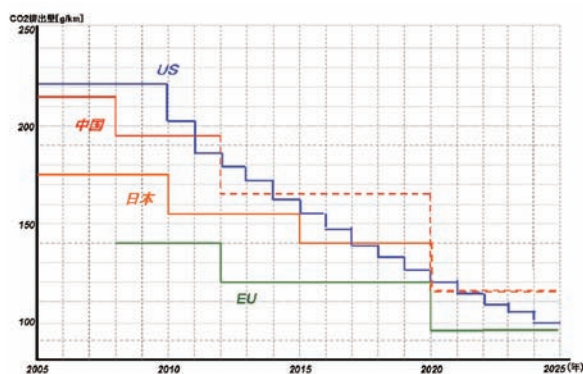


Fig. 3 Regulation of CO<sub>2</sub> emission

日本では、2015年に16.8km/Lとすることが決定しており、2011年8月には2020年で20km/Lとすることが発表された。

米国では、2020年に14.9km/Lとすることが決定されている他、米国カリフォルニア州のZEV (Zero Emission Vehicle) 規制では、同州で年間の販売台数が6万台以上の大手自動車メーカーに対して、一定の比率を電気自動車や燃料電池車などのZEVにすることやハイブリッド車とすることを義務付けており、この規制をクリアできないメーカーは罰金を支払うことになる。

EUでは2012年以降の乗用車（新車）のCO<sub>2</sub>排出量はEU平均で120g/km以下とすることが定められているが、エコイノベーションと認められた技術を装着する場合は、最大で7g/kmがクレジットとして認められるという優遇制度も提案されており、今後採択される予定となっている。

また、HVのマーケットシェアとガソリン価格にはFig. 4に示すような興味深い関連性があり<sup>3)</sup>、これはユーザーがHVの車両価値アップ（従来車に対する）額とガソリン代を天秤にかけているためと予想される。車両価値アップ額は技術の進化と量産効果により小さくなっていくとともに、原油価格の高騰が続くと消費者心理に強く働きかけて、HV/EVの普及に拍車をかける可能性を予感させる。更に、車両メーカーにとって

も、政府による燃費規制等の環境保護車購入施策の強化を受けて、HV/EVの普及を進めざるを得なくなってきた。

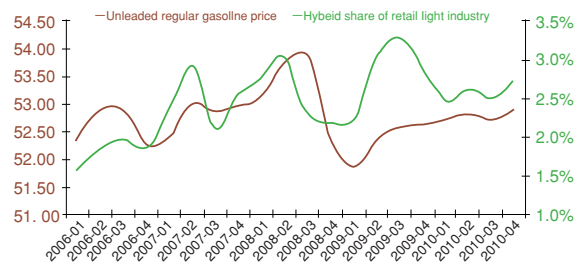


Fig. 4 U.S. Hybrid Vehicle Market Share & Gasoline Prices

### 4. パワートレインの動向

上述のとおり、各国で自動車に対する規制が厳しくなる中で、自動車のパワートレインに変化が起きている。Fig. 5に示すとおり、当面は内燃機関のみの車両が主流であるが、日本、欧州、アメリカなどで燃費効果の高いアイドリングストップ車やHVの比率が増加していき、長期的にはEVも増加していく見通しである（当社予測）。

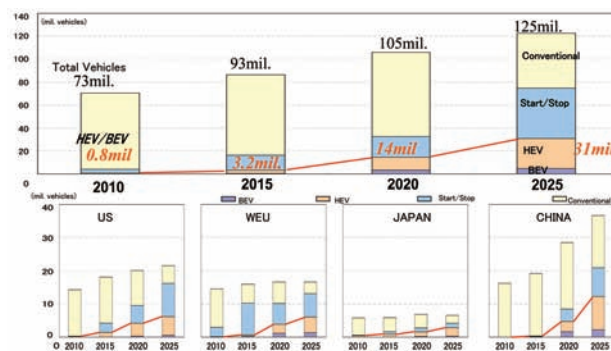


Fig. 5 HV/EV market estimation

このようにアイドリングストップ車やHVが普及していく状況であるが、その機能や燃費効果が異なるため、Fig. 6にアイドリングストップ車とHVの機能と燃費効果の概算を示す。アイドリングストップ車は従来車からの変更点が少ないという利点があるが燃費向上率は小さい。これに対して、HVシステムは、既存の

トランスミッションを用いる1モータの平行HVシステムとトランスミッションを廃止した2モータのストロングHVシステムがあり、その機能と燃費効果が異なる。

ICE: Internal Combustion Engine STA: Starter MG: Motor Generator Base system: PFI  
TM: Transmission ●: Planetary gear

構成	アイドルストップ	ハイブリッド		
		1モータ		2モータ
		マイルド	ストロング	ストロング
7代目ストップ	○	○	○	○
EV発進	×	△	○	○
EV走行	×	△	○	○
加速アシスト	×	△	○	○
再生	△	○	○	○
U/G動作点改良	×	△	△	○
燃費向上率	△	○	○~◎	◎

Remark ◎:excellent ○:good △:average ×:bad

Fig. 6 System comparison

Fig. 7に、主な車両メーカーのHV/EVシステム動向を示す。

日本では、HV開発の歴史的経緯を踏まえて、トヨタはTHS（トヨタ・ハイブリッド・システム）と呼ばれる2モータのストロングHVを広く車種展開をしている。日産は、過去に一度THSを採用したことがあるが、現在はEVと1モータのストロングHVを推進している。本田はマイルドHVを小型車に展開しているが、普通車用途として2モータのストロングHVの開発を発表している。

北米では、トヨタのプリウスに対抗するため、2モータのストロングHVをGM・Fordとも推進している。ただし、GMはマイルドHVとしてeAssistも展開している。

欧州では、伝統的にエンジンに注力しており、ダウンサイジングを積極的に進めているため、ハイブリッドでもエンジンリッチ／電気リーンのマイルドHVを推進している。

中国では、外資系と地場系で方向に違いがあり、外資系は本国で採用しているシステムを持ち込む傾向があり、一方、地場系はEVに注力／推進しつつ、HVについても手がけている。

注) 各社ホームページ及びマスコミ情報より引用

HV/EVシステム	日本			北米		欧州	中国
	トヨタ	日産	本田	GM	Ford	VW	
マイルドHV (1モータ)	設定なし	設定なし	IMA (Integrated Motor Assist)	eAssist (BAS)	設定なし	設定なし	設定あり
ストロングHV (1モータ)	設定なし	1モータ 2クラッチ	設定なし	設定なし	設定なし	1モータ 2クラッチ	開発中
ストロングHV (2モータ)	THS (Toyota Hybrid System)	設定なし	開発中	2mode (two-mode hybrid system)	設定あり	開発中	設定あり
EV 又は EREV (Extended Range Electric Vehicle)	開発中	設定あり (Leaf)	開発中	設定あり (e-REV/NEXT/Ford Focus Energi)	開発中	開発中	設定あり

Fig. 7 HV/EV systems of automotive manufactures

### 5. デンソーの取り組み

上述のとおり、各車両メーカーによって様々なHV/EVシステムが開発されている。これらの様々なシステムのニーズに対応するため、デンソーはシステムパートナーとして、高性能で低コストの製品を提供していくべく技術開発を推進している。

デンソーでは、Fig. 8に示す開発体制で、HV/EVのサブシステムとして、走行制御システム、電源系システム、空調系システムを開発している。

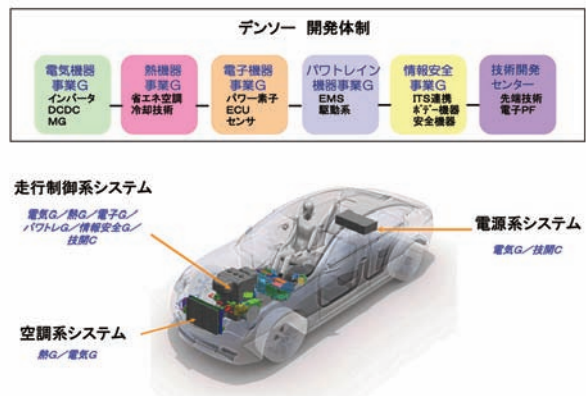


Fig. 8 DENSO system technologies for HV/EV

次に、これらのサブシステムに用いられる製品群をFig. 9に示す。

デンソーが持つ、冷却技術、パワエレ技術、制御技術の総合力を駆使し、省燃費を目指す高効率化、小型・軽量化、普及を目指す低コスト化を推進してきている。



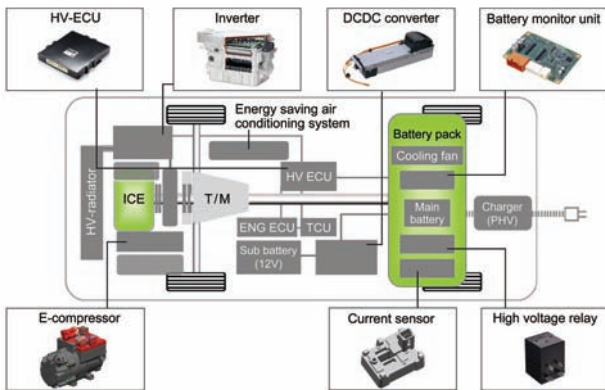


Fig. 9 HV/EV products of DENSO

以下、主たる製品についてその概要について述べる。

## 5.1 走行制御システム

### 5.1.1 HV-ECU

HV-ECUは、エンジン出力とモータ出力を車両負荷や走行状態等に応じて最適配分すると同時に、減速時にはエネルギー回生して電気として蓄える機能を制御する装置で、車両の燃費向上に寄与する。デンソーは2008年に、電源制御、始動制御、充電制御、ゲートウェイ通信の機能を統合し、独自の自動車半導体技術を駆使したパワーマネジメントECUの量産を開始し、以降HV-ECUの機能もパワーマネジメントECUに統合した。デンソーは、増え続けるECU (Fig. 10) を“統廃合”で抑止すると同時に、複数の車載システムを相互に連動させる統合制御により、新たな付加価値を生み出すことを目指している。

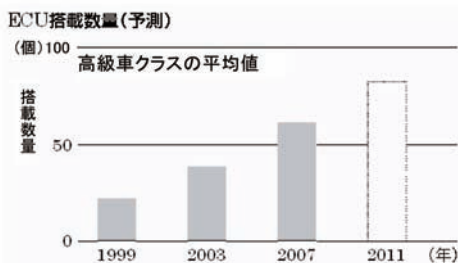


Fig. 10 The number of ECU

### 5.1.2 インバータ

HV用のインバータは、エンジンコンパートメントに搭載されるため体格が小さいこと、より高い動力性能を発揮するため高出力であることを両立させる必要がある。

デンソーは、両面から放熱する新しい概念のパワーモジュールを採用することにより、チップ当たりのヒートシンク面積を2倍にするとともに、そのパワーモジュールを両側から冷却板によって挟み込む構造とすることで、当社従来技術（片面放熱）に対して単位体積当りの出力を約60%向上させた (Fig. 11)。当該デンソー独自の両面放熱技術を採用したインバータは2007年のレクサスLSHVに採用され本格量産を始めている。今後は、新たなパワーデバイス (SiC等) の開発や、それに合わせた冷却方式、高耐熱材料の開発など、デンソー独自技術を更に磨き昇華させることで“オンリーONE製品”を提供していく。

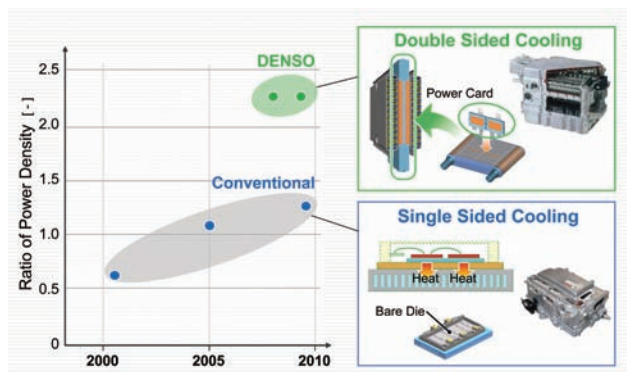


Fig. 11 Comparison of power density

## 5.2 電源系システム

### 5.2.1 DCDCコンバータ

高電圧バッテリーから補機バッテリーへ電力変換し電力供給する装置であり、従来車のオルタネータ（発電機）に相当する。現在、インバータに一体化された水冷タイプと電池パック近傍に搭載される空冷タイプの2種類を製品として揃えている。デンソーは独自の2トランス方式を採用することで (Fig. 12)、高効率を実現している (Fig. 13)。今後は独自の自動車半導体技術採用による小型・低コストの追求と同時に、増え続ける補機系の電気負荷の現状を踏まえ、更なる電力変換効率向上を目指すことで、車両の燃費向上に貢献していく。

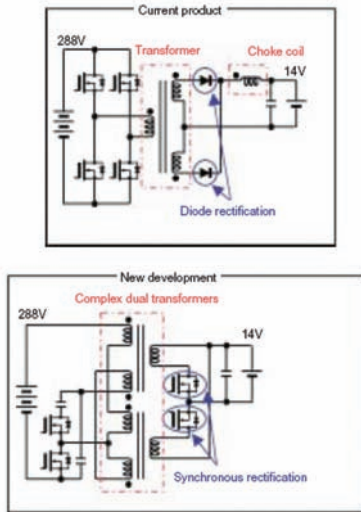


Fig. 12 Power conversion method

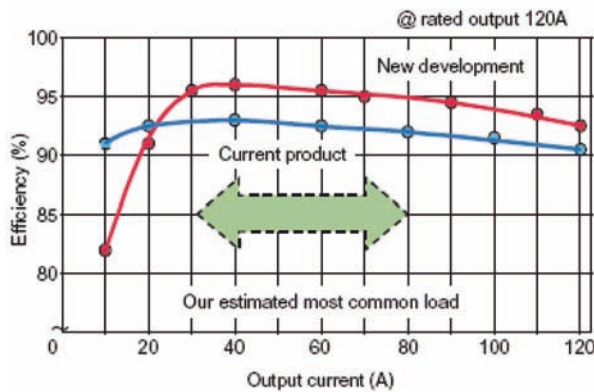


Fig. 13 Conversion efficiency curve

### 5.2.2 電池監視ユニット

デンソーはニッケル水素電池用とリチウム電池用の2種類を製品として揃えている。電池監視ユニットは高電圧電池制御の鍵を握るコンポーネントであり、ニッケル水素電池用途では、デンソー独自技術であるダブルフライングキャパシタ方式 (Fig. 14) により小型、低コストと高性能の両立を実現している。またリチウム電池用途では、独自の電池セル均等化技術 (Fig. 15) および故障診断技術 (Fig. 16) を採用している。今後は急速に市場拡大するリチウム電池の監視技術開発に注力し、高電圧バッテリーシステムの簡素化に貢献していく。

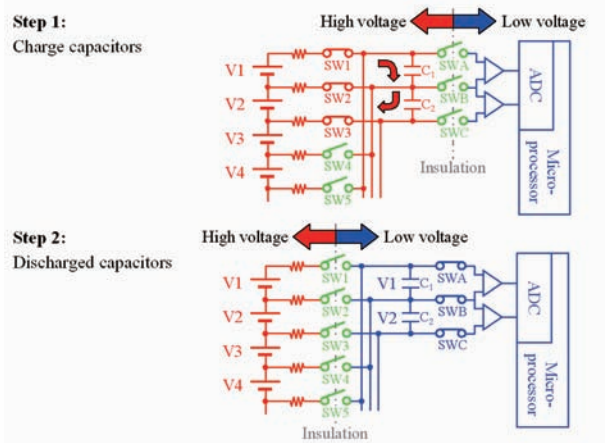


Fig. 14 New voltage detection method

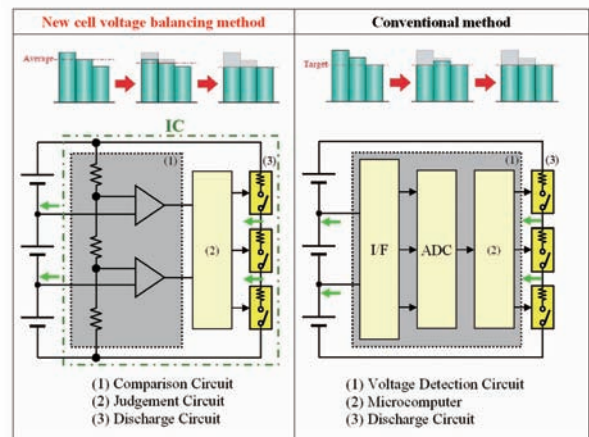


Fig. 15 New cell voltage balancing method

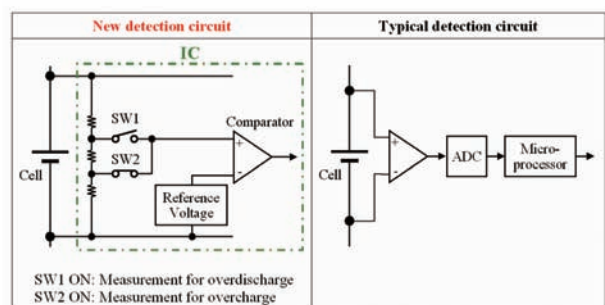


Fig. 16 New detection circuit embedded in the IC

### 5.2.3 高電圧リレー

HV/EVに搭載される高電圧バッテリーとコンポーネント (インバータ等) の間には、高電圧系の回路の接続および遮断を行う高電圧リレーが設けられている (Fig. 17).

高電圧リレーは、高電圧であるがゆえに遮断時に端子間にアークが発生して遮断性能に影響を及ぼす。このため、デンソーの高電圧リレーでは、アーク消弧用磁石を用いることで小空間での大電流遮断を実現する構成としている。

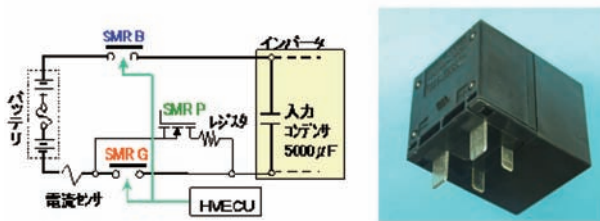


Fig. 17 High voltage relay

### 5.2.4 電流センサ

デンソーは、高電圧系の電流値を測定する電流センサとして、プリント基板レスのシンプルな構造を採用している。この電流センサでは、コアギャップに挿入されたホールICが磁束密度に比例したアナログ電圧を出力する構成としている (Fig. 18)。

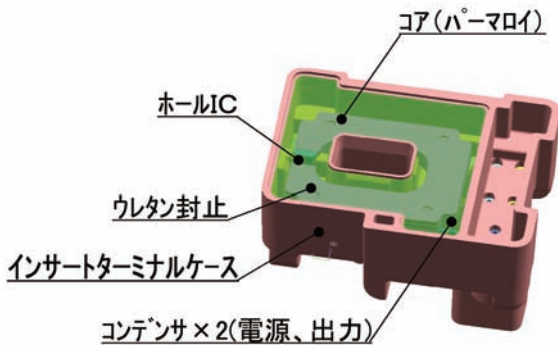


Fig. 18 Current sensor

### 5.3 空調系システム

空調システムは、暖房側はエンジン廃熱を利用した従来の温水式をベースに、エンジン停止時温水供給する電動ウォーターポンプと暖房時の換気損失低減可能な内外気2層エアコンユニットを採用し、冷房側は電動コンプレッサを採用したシステムである。電動コンプレッサシステムは、エンジン置きを可能とする高効率

の電動小型スクロールコンプレッサと低騒音DCブラシレスモーターが一体となったコンプレッサ部と、性能を回転数可変で最適制御するためのインバータ部で構成される。電動コンプレッサシステム構成をFig. 19に示す。HVに電動コンプレッサシステムを採用することで、エンジン停止時にも冷房可能にしつつ、燃費向上に貢献している。

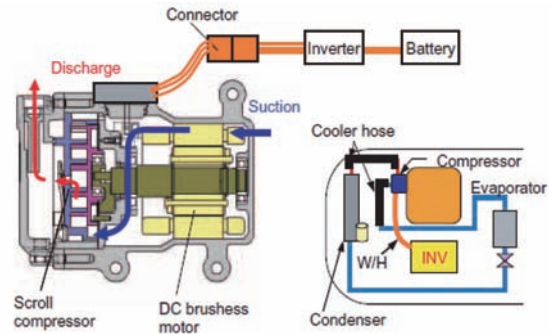


Fig. 19 Electrically-driven compressor

## 6. 今後の展望

あるアンケート結果によれば、ガソリンが200円/L以上だと“車には乗らない”と答えた人が30%を越すという数字があります。過去、HV/EVは新規技術を身に纏い、エコで経済的な車という消費者マインドを刺激する車の一つでしたが、今では自動車引き続き移動手段の主役でいられるかどうかという命題解決の手段になりつつあります。本稿ではデンソーとしてのEV/HVに関する取り組みについて説明しましたが、技術開発は発展途上にあり、命題に対する答えを未だ出せておりません。

デンソーは、すでに量産化した上記製品の他にも、モータジェネレータや車載用充電器、電池/電池監視ユニット/クーリングファンなどを一体化した電池パックやヒートポンプなどの新製品開発も進めています。これらの製品が揃えば、HV・EVシステムに必要なほとんどの製品を供給できることとなります。また多くの製品を揃えることで、組合せや機能の再配置などによる相乗効果や付加価値を見出すことができるようになります。各製品単独での“うれしさ創出”のフェーズから、デンソーならではのモジュールやサブシステムの提案による“新しい価値の創造”フェーズにシフトしていきたいと、デンソーは考えています。

<参考文献>

- 1) World Energy Outlook 2009, International Energy Agency (IEA)
- 2) World Energy Outlook 2008 (IEA)
- 3) Polk view, April 2011 (Polk)

---

<著者>



小林 徹也  
(こばやし てつや)  
EHV機器技術2部  
HV/EV製品の開発・設計に  
従事