

ハイブリッド自動車のコスト低減と 業界構造の変化

風間智英



自動車メーカーは環境問題や脱石油への対応策として電気自動車、天然ガス自動車、燃料電池自動車などを開発してきたが、使い勝手と価格とのバランスが悪いため概して普及していない。そうした状況下、環境性能と走行性能を両立させたHEV（ハイブリッド自動車）が販売台数を伸ばしている。HEVは2010年には年間約150万台の市場になるものと試算される。

HEV市場が拡大する過程では、業界構造が激変する可能性がある。HEVでは日系自動車メーカーが大きく先行しているため、欧米メーカーは技術提携を急いでいる。また、HEVは自動車のエレクトロニクス化を促進するため、エレクトロニクス技術を磨く努力を怠った自動車メーカー、部品メーカーは市場から退かざるを得ない一方、電機メーカーは自動車市場への本格参入を狙えるポジションにある。エレクトロニクス化はモジュール化をも促進するが、これは部品メーカーに事業領域の再定義を突きつける。

HEV関連メーカーは、この急激な変化に対応するために、今の段階から中長期的な事業戦略と技術開発ロードマップを構築しておかねばならない。

日系メーカーがリードしてきた ハイブリッド自動車市場

■ 日米では税制や規制が販売を後押し

HEV（ハイブリッド自動車）とは、2つ以上の動力源を持つ自動車のことである。現在話題となっているのはエンジンとモーターを動力源とする自動車である。

2004年のHEVの販売台数は約16万8000台、累積販売台数は同年末で40万台を超えた。2004年は前年比115%増と、1998年から2003年までの年平均成長率35%と比較しても、大幅な市場拡大となっている（図1）。

地域別のシェアでは、北米が52%、日本が41%であり、ヨーロッパは6%にとどまった。これには法規制（燃費規制）の動向や優遇施策が影響している。

日本では、燃費規制はそこそこ厳しいが、むしろ低燃費の車に優遇策を施す方針にある。HEV購入者は、税負担が軽減されることに加え、基準車両とHEVとの差額の半分の購入補助として受け取ることができる。経済面で非常に手厚い優遇策といえる。

アメリカでは、カリフォルニア州のZEV

（無公害車）規制が見直されたことが、HEV開発の誘因になっている。そもそもZEV規制は、カリフォルニア州で販売する自動車の10%を無公害車にすることを義務づけるものだった。この規制に対してGM（ゼネラル・モーターズ）をはじめとする自動車メーカーが法律違反との見解で裁判を起こし、これに勝ったため、規制の見直しが行われてきた。

カリフォルニア州側は、ZEV規制を軟化させ、電気自動車の導入義務を小さくし、代わりにHEVなどSULEV（超低公害車）の導入で代替できるようにした。これがHEV導入の追い風要因となっている。また、優先レーンの走行を許可するといった優遇策をHEVに提供している。

一方、ヨーロッパのHEV市場が伸び悩んでいる。この理由は3つ考えられる。

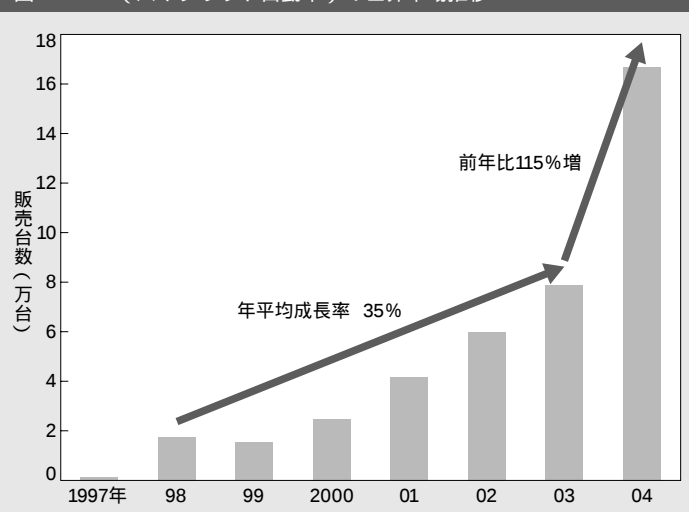
第1に、HEV販売の中心にいる日本メーカーの存在感が比較的薄いことである。

第2に、ヨーロッパの自動車メーカーはCO₂（二酸化炭素）排出量の削減に直噴ディーゼルで対応する方針を持っていることである。ヨーロッパの燃費目標は、2008年までにCO₂排出量で140g/kmを達成することになっており、厳しい基準となっている。評価は自動車メーカー平均で行われるため、大型車の比率が高いメーカーが頭を抱えている。

第3は道路事情である。「ヨーロッパでは都市内走行よりも高速クルージングで車を利用する時間が長い。よってHEVのメリット（燃費）が十分に訴求できない」と、ある欧州系自動車メーカーは指摘している。

一方、メーカー別では、トヨタ自動車台数ベースで80%と圧倒的なシェアを占め、トップであった。2位はホンダで18%、3位は2004年に少量販売したフォード・モーターで2%であった。日系メーカー、特にトヨタ自

図1 HEV（ハイブリッド自動車）の世界市場推移



動車が圧倒的に先行しており、他社はこれから追撃に移る状況である。

市場急拡大の牽引役「プリウス」

2004年のHEV市場急拡大の牽引役はトヨタ自動車の「プリウス」であった（図2）。同年にはホンダが「アコード」、フォード・モーターが「エスケープ」を発売したが、市場投入時期が年後半から年末にかけてだったこともあり、市場拡大に貢献していない。

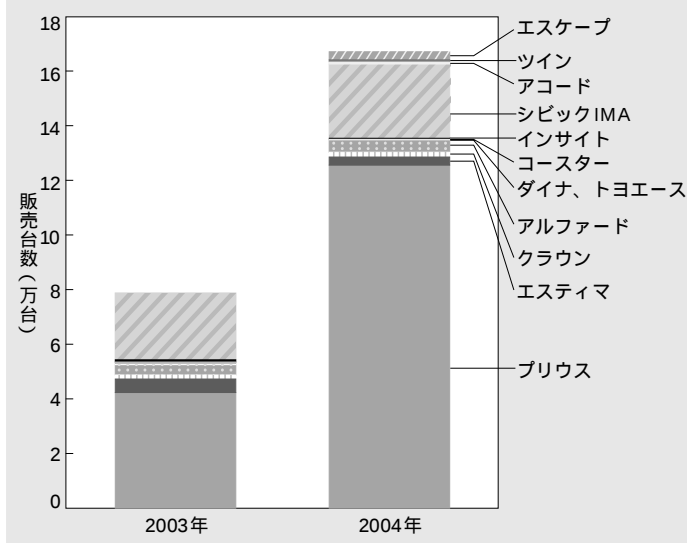
プリウスが好調な理由は3点考えられる。

第1は原油価格の高騰である。特にアメリカでは、2003年から原油価格高騰に対する関心が高まり、販売台数が増加した。その証拠に、ホンダの「シビック・ハイブリッド」もアメリカで販売台数が増加した。

第2は新車効果である。プリウスは2003年9月にフルモデルチェンジを行った。それまでに買い控えていた消費者が一気に購入するため、一般的にフルモデルチェンジ後は販売台数が増加する。ただし、今回のフルモデルチェンジ後のプリウス販売台数は、前プリウスのフルモデルチェンジ、マイナーチェンジ時のそれを大きく上回った。これはモデルチェンジに伴ったコンセプト変更が消費者に受け入れられた証拠である。トヨタ自動車は「THS（トヨタハイブリッドシステム）」というシステムを開発し、低燃費を犠牲にせずにハイパワー化を実現した。HEVの付加価値を向上できたことが、販売台数増加につながったと解釈できる。

第3に、トヨタ自動車はプリウスに対する市場ニーズに生産が追いつかず、2004年4月に生産能力を月産7500台から月産1万台に引き上げた。これも急激な販売台数増加につながった。ただし、これは市場ニーズの裏打ちが前提であるため、補助的要因といえる。

図2 2003年、2004年の車種別HEV販売台数



最近のトピックス

世界的に激化する開発競争

前述したように、「原油価格の高騰」と「車のハイパワー化」によりHEVの需要は高まってきている。なかでも北米市場が注目されており、北米市場を主戦場としている日・米・独の自動車メーカーからHEVの市販計画が相次いで発表されている（表1）。

これらのメーカーは、北米のメイン車種であるSUV（多目的スポーツ車）でHEVを投入し、燃費効果とハイパワー化を訴求していくものと思われる。また、HEVはモーターのアシスト度合いによって分類できるが、高機能タイプが主流になりつつある。

トヨタ自動車は米中での現地生産も

日系自動車メーカーはHEVの分野で先行している。なかでもトヨタ自動車は、さらに先行すべくHEVの市場投入に最も積極的な姿勢をとっている。2004年にはSUV 2車種でHEVを投入し、販売も好調である。今後は「アリスト」や「セルシオ」などの「レクサス」ブランドでHEV投入が進む見込みで

ある。また同社は、アメリカと中国でHEVの現地生産に踏み切る模様である。

ホンダは2004年に北米の主力車種であるアコードでHEVを投入し、これから販売台数を伸ばしてくる。日産自動車も2006年から北米でHEVの販売を開始する。この際にはトヨタ自動車のHEVシステムを搭載することになっている。ただし、その後は同社オリジナルのHEVが投入される可能性もある。

米系メーカーの2006年以降に注目
HEV需要の高まりを受け、出遅れていた

米系自動車メーカーもその開発・上市に積極的な姿勢を見せ始めた。また、カリフォルニア州のZEV規制対応において、HEVは重要な役割を担う。これも米系メーカーがHEVの上市に積極的になる要因となっている。

フォード・モーターは2004年末に「エスケープ・ハイブリッド」を発売した。「マリナー」や「トリビュート」でもHEVを上市する予定であり、2005年以降販売台数が本格的に増加する。ただし、「東京モーターショー2005」でのコメントでは、トリビュートは北米向けに50台程度販売するにとどまる模様

表1 自動車メーカーのHEV市販計画

メーカー	車名	発売 時期 (年)	タイプ				ハイブリッドシステム			
			コンバ クト ハッチ バック	セダン	スポー ツ クーペ	ミニバ ン SUV	ピック アップ	マイク ロ	マイル ド	ストロ ング
トヨタ自動車	プリウス	1997		●						●
	エスティマ	2001				●				●
	クラウン	2001		●				●		
	アルファード	2003				●				●
	RX400h (ハリアー)	2005								●
	ハイランダー (クルーガー)	2005				●				●
	GS450h (アリスト)	2006		●						●
	カムリ	2006		●						●
	LS (セルシオ)	2007		●						●
ホンダ	インサイト	1999			●				●	
	シビック	2001		●					●	
	アコード	2004		●					●	
日産自動車	ティーノ	2000				●				●
	アルティマ	2006		●						●
GM	シボレー・シルベラード、シエラ	2004					●	●		
	サターンビュー	2006				●			●	
	シボレー・マリブ	2007		●					●	
	シボレー・タホ	2008				●				●
	GMCユークン	2008				●				●
フォード・モーター	エスケープ	2004				●				●
	マーキュリー・マリナー	2005				●				●
	マツダ・トリビュート	2005				●				●
	フォード・フュージョン	2007		●						●
	マーキュリー・ミラン	2008		●						●
ダイムラー・クライスラー	ダッジ・ラム・トラック	2004					●	●		
	スプリンター・ハイブリッド	2005				●				●
	ダッジ・デュランゴ	2008				●				●
VW	アウディQ7	2008				●				●
	VWトゥアレグ	未定				●				●

注1) ハイブリッドシステムについて。

マイクロ：アイドルストップ機能を主とする。発進時の若干の出力補助・エネルギー回生を行うもの。システム電圧は42Vのものが多い

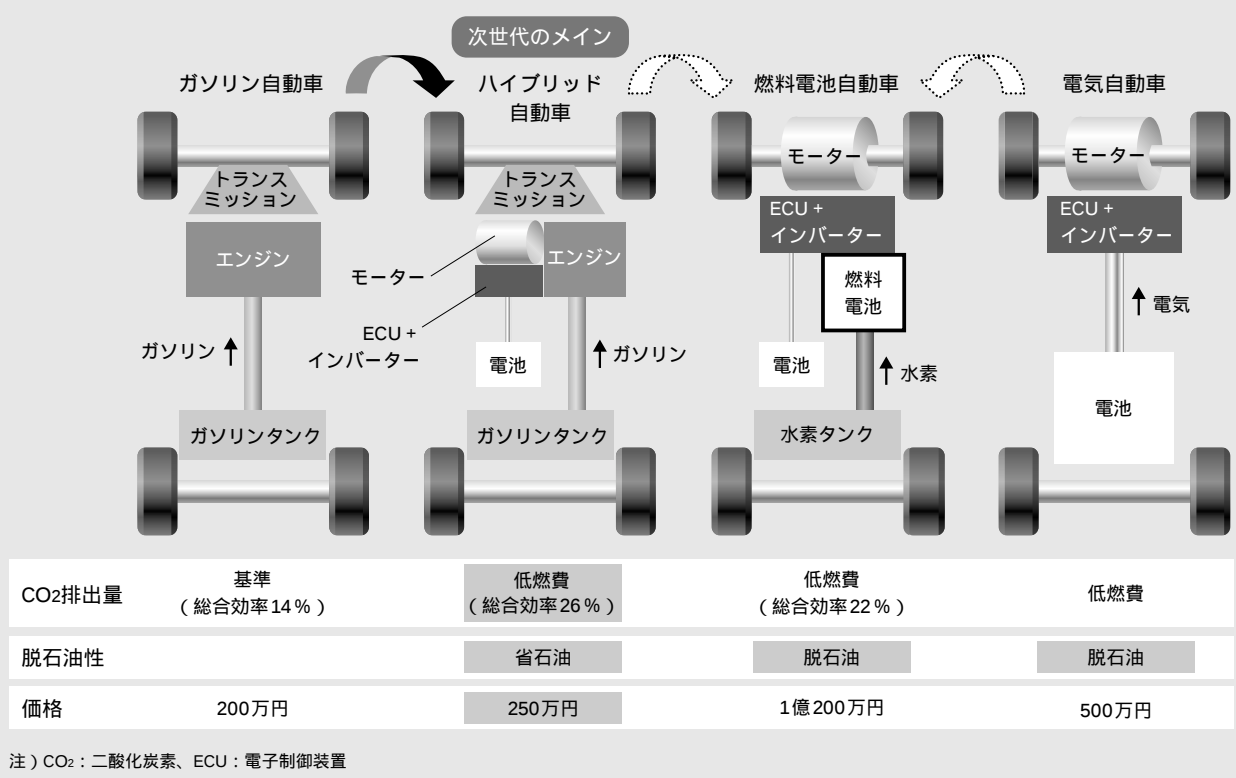
マイルド：アイドルストップ機能、発進時の出力補助、エネルギー回生を行うもの。高速走行時にも若干の出力補助を行う。システム電圧は150V程度。

マイクロよりも燃費低減効果は大きい

ストロング：マイルドの機能に加え、高速走行時の出力補助、電気モータのみの走行が可能なもの。最も複雑なハイブリッド機構である。システム電圧は200V以上となるケースが多い

2) GM：ゼネラル・モーターズ、VW：フォルクスワーゲン
出所) 各種報道などより作成

図3 自動車の競合技術の比較



である。GMは2004年末に「シルベード」でHEVを発売したが、これはフリート用で、一般ユーザーへの販売はない。GMのHEVの本格販売は2006年以降である。ダイムラー・クライスラーも、2006年以降からHEVの販売を本格化するものと見られる。

アピールし始めた欧州系メーカー

ヨーロッパでは厳しい燃費目標を達成するために、欧州系自動車メーカーは直噴ディーゼルエンジンの開発にリソースを注いでいる。しかし、2005年9月に行われたフランクフルト国際自動車ショーでは、欧州系メーカーもHEVの開発をアピールし始めた。これは北米市場でのHEVの重要性が高まったためと考えられる。ダイムラー・クライスラー、BMW、VW（フォルクスワーゲン）、アウディなどの発表が目立った。

量販車の実現には遠い競合技術

自動車メーカーは燃料電池自動車が究極の車であると位置づけ、ここ数年多額の開発リソースを投入してきた。しかし、燃料電池自動車を本格的な量販車に仕立てる意思是、当面ないものと思われる。コスト低減の見通しが立っていない、CO₂排出量ではHEVの方が現在のところ有利である、水素インフラが整備されていない——ためである。

原油価格の高騰は、HEVの場合と同様に、燃料電池自動車の量産化の誘因になる。しかし現時点では、HEVに軍配が上がっている模様である。「今年に入って燃料電池に対する開発投資が減少傾向にある」と感じている材料メーカーが少なくないことから、自動車メーカーは、開発リソースをHEVに集中させてつとめと見られる。また、電気自動車の開発も紙面を賑わしているが、こちらも当面

は量販車にならない(図3)。

市場の見通し

普及の鍵を握るコスト低減

2010年の市場規模は約150万台

ユーザーニーズを勘案しながら、自動車メーカーの開発動向と市場投入計画をもとに、HEVの市場を「固め」に試算した。原油価格は将来的には落ち着くと仮定した。現在の原油価格はイレギュラーであるを見た方が、事業計画を検討するうえで安全である。

各社の投入モデル数をもとに試算した結

果、HEV市場は2010年で約150万台、2004～10年の年平均成長率は44%となった(図4)。

HEV市場の成長はほぼ確実と見られるが、課題も存在する。大きな課題はコストの低減と部品メーカーの確保である。原油価格も大きく影響するが、自動車業界ではコントロールできない要件なので、取り上げない。

コストの低減

HEV事業の最大の課題であり、KFS(重要成功要因)となっているのはコストの低減である。トヨタ自動車はHEVで利益を上げられるようになったと発表しており、コスト低減が着実に進んでいることがうかがえる。一例として、学習効果や部品のコスト低減効果に関する累積販売台数を見ると、同社が圧倒的に先行している(図5)。

しかし、トヨタ自動車以外の自動車メーカーは、ハイブリッド化によるコスト増を車の利益から持ち出していると思われる。アメリカのSUV市場は「ドル箱」といわれおり利益率が高いため、HEVを導入してコストを吸収することは可能だろう。しかし逆にいえば、HEVが売れば売れるほど利益率が悪化する。現在、米系自動車メーカーの業績が思わしくない状況にあるため、コスト低減が進まないと、利益を圧迫するHEVの販売にブレーキがかかる可能性がある。

トヨタ自動車を追いかける競合メーカーにとって、HEVの開発コスト負担は重荷である。また、上市当初は量産効果が見込めないという問題もある。これらを解決するために、自動車メーカー間でHEVの共同開発体制が構築されてきた。システムの標準化や部品の共通化により、コスト低減を進めるものと思われる。たとえば、GM、ダイムラー、クライスラー、BMWは共同で大型車のHEV開

図4 HEVの市場試算の結果

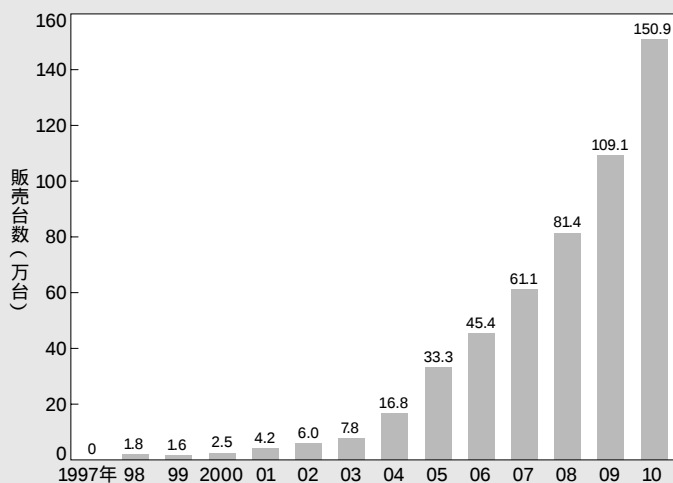
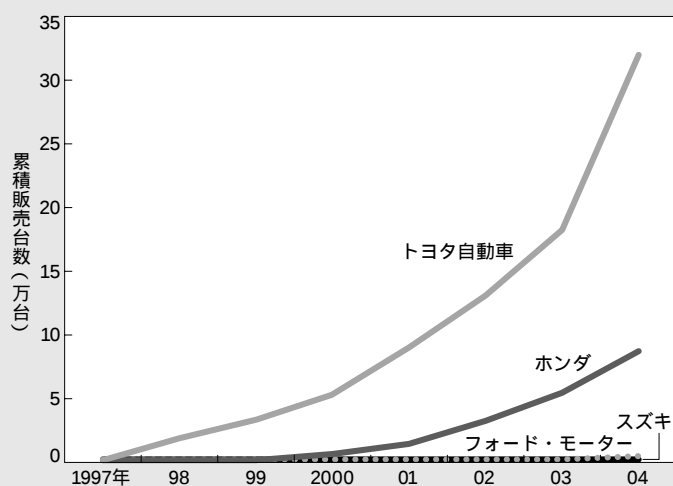


図5 メーカー別の累積販売台数



発を目指している。VW、アウディ、ポルシェも、HEVの共同開発体制を構築した。

ちなみに、上記のグループでは欧州系自動車メーカーが構成メンバーとして多い。その理由について、ある欧州系部品メーカーは、「欧州系自動車メーカーはHEVよりもディーゼルエンジンを環境対応の主力と考えており、HEVの技術的位置づけが低いため共同開発という手段をとっている」という。

話を元に戻そう。上記の共同開発により、コスト低減のベースを作ることができた場合に、次に問題となるのは部品自体のコスト低減である。トヨタ自動車やホンダなどの先行メーカーはもちろん、このレベルに着手済みである。HEVシステムのコア部品はモーター、インバーター、電池といわれている。

モーターでは、磁石材料のコスト低減を進めつつ、設計段階まで踏み込んだ巻線工程の改良、自動化の推進などによってコスト低減を実現している。インバーターでは、搭載しているIGBT（パワー半導体）のコストが高いが、量産効果によるコスト低減が見込まれる。電池は、高出力密度化により搭載数量を削減することでコスト低減を図っている。これがコスト低減につながるのは、量そのものだけでなく、電池の歩留まりが上がるためである^{注1}。トヨタ自動車では大幅な電池数量削減を実現したが、この背景には昇圧回路の開発があり、新規参入する自動車メーカーと大きく水を開けている。

■ 部品メーカーの確保・育成

数少ない有力なHEV用部品メーカーを共同開発先または調達先として確保することも、大きな課題である。「引き合いは多数あるが、今はほとんどお断りしている」と語るHEV用部品メーカーが少なくない。このた

め、自動車メーカーのHEV市場への参入が部品メーカー側のリソースにより制約を受けられる可能性がある。同時に需給バランスから見て、HEVのコストが高止まりする可能性も考えられる。

HEV用部品の内製・調達方針は、日系自動車メーカーと欧米系自動車メーカーとで異なっている。日系メーカーは部品を調達し、モジュールやシステムを内製する傾向が強い。一方、欧米系メーカーはモジュールやシステムで調達する傾向が強い。

たとえば、トヨタ自動車はHEVのコア部品をすべて社内で開発している。また調達面でも、モーター、IGBTを内製している。電池も子会社から調達しており、コア技術をグループ内に留保している。一方、フォード・モーターは駆動系モジュール（モーター、インバーター、トランスミッション）をアイシンAWから調達し、電池モジュールを三洋電機から調達している（図6）。

問題となるのは欧米系自動車メーカーである。HEVの部品メーカーは少ないが、モジュールメーカーはもっと少ない。駆動系モジュールを供給できる企業は、アイシンAW、ZFザックス（コンチネンタル・テーベスと業務提携）、ロバート・ボッシュ、日立製作所など数社に限られる。電池では、現在ニッケル水素電池がHEVで採用されているが、実績があるのはパナソニックEVエナジーと三洋電機の2社だけである。よってモジュールメーカーの確保・育成が課題となる。

開発において、材料メーカーもきちんと巻き込めるかどうかも課題である。材料メーカーはさまざまな用途に向けて材料を供給している。材料メーカーが既存用途である程度の利益を確保しながら順調にビジネスを進めている場合、自動車用に材料を供給することに

図6 トヨタ自動車とフォード・モーターのHEV用部品調達の違い

	トヨタ自動車 (プリウス)			フォード・モーター (エスケープ)		
システム	ハイブリッドシステム 【内製】			ハイブリッドシステム 【内製】		
モジュール	駆動系モジュール 【内製】		電池パック 【PEVE】	駆動系モジュール 【アイシンAW】		電池パック 【三洋電機】
部品	モーター 【内製】	インバーター 【内製】	電池セル 【PEVE】	モーター 【東芝】	インバーター 【三菱電機】	電池セル 【三洋電機】

注) PEVE: パナソニックEVエナジー

躊躇するケースがある。自動車メーカーによるコスト低減圧力が、既存事業での材料価格下落を誘引し、事業の魅力を下げってしまう可能性があるためである。自動車メーカー、自動車部品メーカーは、このような点も考慮したコスト低減計画を検討しないと、開発が立ち行かなくなってしまう。

業界構造の変化

進展する車のエレクトロニクス化

課題はあるものの、部品メーカーはHEV向け事業を強化しつつあるため、HEV市場はやはり成長していくと思われる。そこで最後に、HEV市場が拡大する過程で起こり得る業界構造の変化にも言及しておく。

電機メーカーの本格参入の可能性

HEVの普及に伴うインパクトの1つは、「車のエレクトロニクス化の促進」である。カーナビ、AV（音響・映像）等の車載電子機器の増加、内装部品の電動化などにより、車のエレクトロニクス化は着実に進んできた。今後は、駆動系部品や油圧を利用していた部品までがエレクトロニクス化されるだろう（次ページの図7）。この際に、電気系の

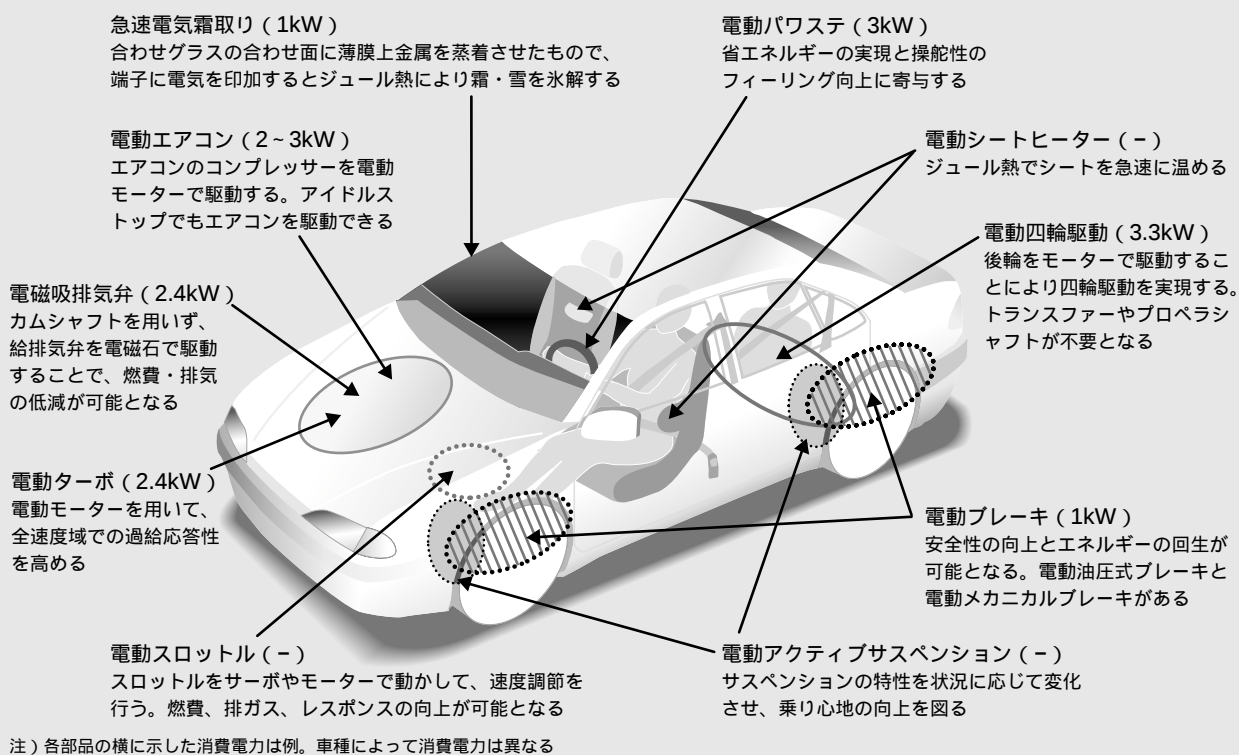
電圧が低い（現在は14V）ことが足かせとなっている^{注2}。HEVは高電圧のシステム（150～650V）を採用しているため、エレクトロニクス化の足かせを外す役割を持っている。

HEVによって、車のエレクトロニクス化が第2フェーズの幕を開けると、既存部品をエレクトロニクス技術と融合させて付加価値向上を狙う動きや、高付加価値を生み出す新たな電気アプリケーションを開発する動きが重要性を増す。これらの開発の巧拙が、既存の自動車メーカー、部品メーカーのポジショニングを大きく変えると考えられる。

エレクトロニクス技術に強い電機メーカーは、HEVの市場拡大を期に、自動車市場への本格参入を狙える位置にある。しかし、業界の垣根は思った以上に高い。自動車業界への参入障壁というとコストが取り沙汰されるが、それだけではない。信頼性、耐久性、温度環境、振動などの使用条件が電機業界とは異なっており、設計思想や生産技術に大きな隔たりが存在している。

そうすると、電機メーカーは自動車部品メーカーと提携しながら、自動車業界に本格参入するシナリオが考えられる。どの部品メーカーと協業し、どの自動車に、どんな部品で

図7 検討されている車載機器の例



参入するのかといった事業戦略の巧拙が、電機メーカーにとって勝敗の分かれ目となる。

モジュール化の促進に伴う 事業領域の再定義

車のエレクトロニクス化はさらにモジュール化を促進することになる。たとえば「パイワイヤ技術」により、操作系と駆動系が物理的に分離する。これは物理的なモジュール化を促進する。また、制御系は集中的に配置され、それらは統合したシステムとなっていく。パイワイヤ技術自体は安全性の確保が難しいため、中長期的に実現していくものと思われるが、現時点でモジュール化の方向性やモジュールの括り方の変化を検討し、ビジョンを持つことは可能である。

HEVの普及スピードは速く、これに伴いエレクトロニクス化、モジュール化が促進さ

れる。自動車部品メーカーは、モジュールを供給するのか、部品のスペシャリストになるのか、将来の事業領域を定め、現在の事業から将来の事業への展開ロードマップを今から描いておき、不足するリソースの補完手段を検討すべき時期に来ている。

業界への提言

コア技術の開発・確保に向けて

今後の自動車の高付加価値化は、エレクトロニクス技術に依存するところが多い。HEV技術はこのエレクトロニクス化の基盤となる。現在のところHEVは自動車市場で小さな比率しか占めていないが、技術的に見ると将来のコア技術といえる。

自動車メーカーは、HEVについて「コア技術留保」の議論を行っておく必要がある。この際の視点は、競合他社との性能面での差

表2 技術評価と部品メーカーとの役割分担のイメージ

		競合他社との性能面での差別性		
		重要	やや重要	重要でない
収益面での重要性 (コスト、付加価値など)	重要	自社開発 自社生産	グループ内開発 自社生産	共同開発 or 他社開発 自社生産
	やや重要	自社開発 グループ内生産	グループ内開発 グループ内生産	共同開発 or 他社開発 グループ内生産
	重要でない	自社開発 調達	グループ内開発 調達	共同開発 or 他社開発 調達

別性と、収益面（コスト、付加価値）での重要性である。これにより、開発・生産における部品メーカーとの役割分担を明確にしておくことが求められる（表2）。

特に欧米系自動車メーカーは、当面は技術提携などによって日系自動車メーカーにコストで追いつくことが優先課題となる。しかし将来は、それぞれが自動車メーカーの特色を出していく必要がある。車のデザインなどの意匠だけでは差別化はおぼつかない。

自動車メーカーは上記のほかに、どの地域のどの車種で、どんなタイプのHEVを投入するのか、またどんなエレクトロニクス技術を付加するのかといった商品戦略や、部品メーカーの確保などが重要である。

自動車部品メーカーも、将来の自社の存在感を高める機会を逃さないためにも、自動車メーカーとの役割分担を練っておく必要がある。役割分担については、最終的に自動車メーカーの意思決定に依存することになるが、自社なりの理想の姿を描いておくべきである。特にHEV部品に強い日系部品メーカーは、日系自動車メーカーとの取引を基準に考える傾向がある。現状では、技術提案型のコミットメントを行う欧米系部品メーカーの方がシステム供給に対して積極的に見える。

そのほかに、相乗効果を念頭に置いた取扱製品の選択と集中や、新たなエレクトロニク

ス機器（キラーアプリケーション）の開発、そのための共同開発、M&A（合併・買収）も戦略構築の重要なポイントである。

素材メーカーは、HEV関連材料の事業化に関してフィージビリティスタディーを行う時期に来ている。特に設備投資を行うか否かの意思決定が難しい。しかし、参入企業が少ない現時点で、自社製品を標準品に仕立て上げることに価値があると思われる。そのためには、有力な部品メーカーを特定するための情報収集活動が非常に重要である。

注

- 1 電池は数百セルを直列接続して用いる。この数百セルの容量がある許容範囲内にそろっていなければならない。もし電池の容量バランスが崩れていると、そのセルから劣化が進み、電池モジュール全体が使用不能になってしまう。
- 2 エレクトロニクス化により、車内での消費電力が増加する。低電圧のシステムのままでは電流が大きくなる。電流増加に対応するため、電線径を太くする必要がある。これによりコストと重量が増加してしまう。電圧を高くすれば、流れる電流を小さく抑えることができるため、問題は解決する。

著者

風間智英（かざまともひで）

技術・産業コンサルティング部上級コンサルタント
専門は二次電池・燃料電池・自動車業界の事業戦略、新規事業戦略